

หุ่นยนต์ตรวจจับความเคลื่อนไหว
MOTION SENSING ROBOT

โดย

นางสาวสุทธิราภรณ์	กมลศิลป์
นายสุปดิษฐ์	ศรีเรือง
นายเสฏฐวุฒิ	จันทร์เกตุ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2557

หุ่นยนต์ตรวจจับความเคลื่อนไหว
MOTION SENSING ROBOT

โดย

นางสาวสุทธิราภรณ์ กมลศิลป์
นายสุปติษฐ์ ศรีเรือง
นายเสฏฐวุฒิ จันท์เกต

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2557

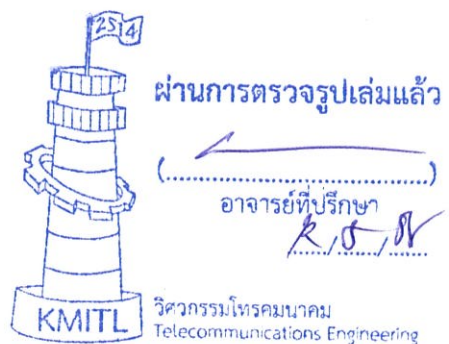
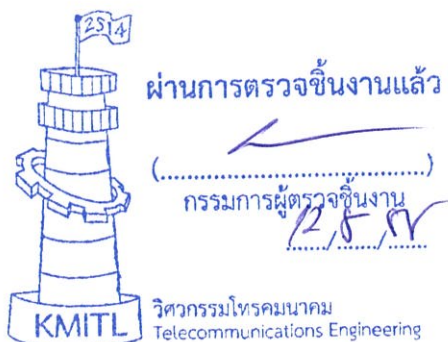
หุ่นยนต์ตรวจจับความเคลื่อนไหว
MOTION SENSING ROBOT

โดย

นางสาวสุทธิราภรณ์	กมลศิลป์	54011395
นายสุปดิษฐ์	ศรีเรือง	54011403
นายเสฏฐวุฒิ	จันทร์เกต	54011440

อาจารย์ที่ปรึกษา
ผศ.สมภพ แก้วมีชัย

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2557



ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2557

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง หุ่นยนต์ตรวจจับความเคลื่อนไหว
MOTION SENSING ROBOT

ผู้จัดทำ

- | | | |
|----------------------|------------|----------|
| 1. นางสาวสุทธิราภรณ์ | กมลศิลป์ | 54011395 |
| 2. นายสุปดิษฐ์ | ศรีเรือง | 54011403 |
| 3. นายเสกฐวุฒิ | จันทร์เกตุ | 54011440 |



..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.สมภาพ แก้วมีชัย)

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีในทุกด้าน ด้วยความช่วยเหลือจากผู้ช่วยศาสตราจารย์สมภพ แก้วมีชัย ซึ่งท่านเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาในปริญญาานิพนธ์นี้ ทั้งยังให้คำปรึกษา คำแนะนำและความช่วยเหลือที่ดี ที่มีประโยชน์อย่างยิ่งต่อการทำปริญญาานิพนธ์นี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีตลอดมา

ผู้จัดทำขอขอบคุณทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำ รวมทั้งเพื่อนๆ พี่ๆ ที่ช่วยแก้ไขปัญหาต่างๆ ทำให้ปริญญาานิพนธ์นี้เสร็จสมบูรณ์ ทางผู้จัดทำหวังว่าปริญญาานิพนธ์นี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้สนใจไม่มากนักน้อย หากในการจัดทำปริญญาานิพนธ์นี้มีข้อผิดพลาดประการใด ผู้จัดทำต้องขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

นางสาวสุทธิราภรณ์

กมลศิลป์

นายสุปดิษฐ์

ศรีเรือง

นายเสฏฐวุฒิ

จันทร์เกตุ

ผู้จัดทำ

หุ่นยนต์ตรวจจับความเคลื่อนไหว

MOTION SENSING ROBOT

โดย นางสาวสุทธิราภรณ์ กมลศิลป์	54011395
นายสุปดิษฐ์ ศรีเรือง	54011403
นายเสฏฐวุฒิ จันทร์เกตุ	54011440

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.สมภพ แก้วมีชัย

บทคัดย่อ

ปฏิญานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับระบบตรวจจับความเคลื่อนไหวที่แสดงผลออกทางหุ่นยนต์ ซึ่งสามารถตรวจจับความเคลื่อนไหวได้โดยการระบุตำแหน่งที่มีวัตถุตัดผ่าน โดยในระบบนี้ใช้ Photoelectric Sensor ขึ้นไปยังตำแหน่งของแผ่นสะท้อน เพื่อตรวจจับความเคลื่อนไหวเมื่อมีวัตถุตัดผ่านในรัศมีและตำแหน่งของ Passive Infrared Receiver (PIR) ซึ่งเป็นตัวตรวจจับความเคลื่อนไหวด้วยความร้อน โดยการควบคุมผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์และส่งสัญญาณผ่านระบบเครือข่ายแบบไร้สาย Wireless LAN ไปยังตัวหุ่นยนต์และทำการประมวลผล เมื่อทราบตำแหน่งให้หุ่นยนต์ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ตรวจจับความเคลื่อนไหวและแจ้งเตือนโดยการบันทึกภาพจากกล้องบันทึกภาพ (Internet Protocol Camera) และยังส่งข้อมูลให้กับโทรศัพท์มือถือ เพื่อตรวจสอบและควบคุมได้ในระยะไกล

ABSTRACT

This project is a study of the movement detector's system that displayed via a robot which can detect a movement by specify the object passing location. The movement detector's system uses Photoelectric Sensor to point the location of a reflector to detect when an object moves across the radius. The position of Passive infrared (PIR), which is a motion detector with heat, is controlled by the micro-controller and send signal through Wireless LAN to a robot and processing to location. The robot, afterward, serves as movement detector and notifies by capturing images via the camera (IP Camera) and also send informations to a mobile to monitor and control them remotely.

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	I
บทคัดย่อ	II
สารบัญ	III
สารบัญรูป	VI
สารบัญตาราง	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง	2
2.1 เซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว	2
2.1.1 Passive Infrared Receiver	2
2.1.2 คุณสมบัติของ PIR	3
2.1.3 โหมดสัญญาณเอาต์พุต	3
2.1.4 จุดเชื่อมต่อการใช้งานของ PIR Sensor	4
2.2 Photoelectric Sensor	4
2.2.1 คุณลักษณะโดยทั่วไป	5
2.2.2 Application	5
2.3 กล้องไอพี (Internet Protocol Camera)	5
2.3.1 ชนิดของกล้องไอพี	6
2.3.2 เทคโนโลยีของกล้องไอพี	6
2.3.3 การบันทึกภาพของกล้องไอพี	6
2.3.4 เครื่องข่ายที่สามารถรองรับของกล้องไอพี	6
2.3.5 ความปลอดภัยของกล้องไอ	7
2.4 มอเตอร์กระแสตรง	8
2.4.1 คุณสมบัติของมอเตอร์กระแสตรง	8
2.5 วงจรขับมอเตอร์	9
2.5.1 จุดเชื่อมต่อการใช้งานของวงจรขับมอเตอร์ L298N	10
2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR รุ่น ATmega328P	11
2.6.1 สถาปัตยกรรมขั้นสูงแบบ RISC	11
2.6.2 คุณสมบัติต่างๆของไอซี ATmega328P	12

2.6.3 ส่วนประกอบต่างๆของไอซี ATmega328P	12
2.7 DC-to-DC Step down LM2596 Module (3A)	14
2.7.1 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน	14
2.7.2 วงจรแรงดันตาม	14
2.7.3 วงจรสวิตชิง	15
2.8 ระบบเครือข่ายไร้สาย (Wireless LAN)	16
2.8.1 องค์ประกอบหลักของการทำงานของระบบเครือข่ายไร้สาย	17
2.8.2 รูปแบบการเชื่อมต่อของระบบเครือข่ายไร้สาย	17
2.8.3 อัตราการส่งข้อมูล	18
2.8.4 รูปแบบการสื่อสารแบบอนุกรม	18
2.8.5 การรับและส่งข้อมูลแบบอนุกรม	19
2.9 GSM (Global System for Mobile communication)	19
2.9.1 โครงสร้างของระบบ GSM	19
2.9.2 SMS	20
2.10 AT-COMMAND	20
2.10.1 COMMAND ที่เกี่ยวข้องกับการรับ-ส่ง SMS	21
2.11 Arduino	21
2.11.1 ข้อดีของ Arduino	22
บทที่ 3 การออกแบบและการจัดทำปริญญานิพนธ์	24
3.1 การออกแบบ	24
3.1.1 เซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว	25
3.1.2 โครงสร้างของหุ่นยนต์	26
3.1.3 ข้อจำกัดของหุ่นยนต์	28
3.1.4 พื้นที่จำลองในการทดลอง	28
3.1.5 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์	28
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	29
3.2.1 ส่วนของวงจร PIR	29
3.2.2 ส่วนของโมดูลไร้สาย (ESP8266)	30
3.2.3 ส่วนของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์	30
3.2.4 Flow Chart การทำงานของโปรแกรมที่ใช้ควบคุมการทำงาน	31
3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง	32
3.3.1 ส่วนของวงจร PIR Sensor	32

3.3.2 ส่วนของ Photoelectric Sensor	32
3.3.3 ส่วนของวงจรโมดูลไร้สาย	32
3.3.4 ส่วนของการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์	32
บทที่ 4 ผลการทดลอง	33
4.1 การทดสอบส่วนของวงจร PIR Sensor	33
4.2 การทดสอบวงจร Photoelectric Sensor	37
4.3 การทดสอบส่วนของวงจรโมดูลไร้สาย	39
4.3.1 ESP8266	39
4.3.2 SIM900	40
4.4 การทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์	41
4.4.1 ความเที่ยงตรงของการเคลื่อนที่	41
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	45
5.1 สรุป	45
5.2 ข้อเสนอแนะ	45
บรรณานุกรม	46
ภาคผนวก ก	โปรแกรม
ภาคผนวก ข	คู่มือการใช้งาน

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 โมดูลตรวจความเคลื่อนไหว (PIR Sensor)	2
2.2 ลักษณะการตอบสนองของเซนเซอร์เป็นรูปโคคน	3
2.3 จุดเชื่อมต่อการใช้งานของ PIR sensor	4
2.4 กล้องไอพี	7
2.5 วงจรภายในของมอเตอร์กระแสตรง	8
2.6 มอเตอร์กระแสตรง	8
2.7 วงจรขับมอเตอร์ L298N	9
2.8 สถาปัตยกรรมแบบ RISC	11
2.9 ไอซี ATmega328	12
2.10 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน	14
2.11 วงจรแรงดันตาม	15
2.12 องค์ประกอบพื้นฐานของสวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลาย	15
2.13 LM2596 Module	16
2.14 วงจร switching	16
2.15 การสื่อสารแบบซิงโครนัส	18
2.16 การสื่อสารแบบอะซิงโครนัส	19
2.17 วงจร Arduino	22
2.18 AVR เบอร์ ATMEGE168	23
2.19 ไอซี FT232	23
3.1 แผนภาพของหุ่นยนต์ตรวจจับความเคลื่อนไหว	24
3.2 Passive Infrared Receiver (PIR sensor)	25
3.3 Photoelectric Sensor	25
3.4 แบบโครงสร้างของหุ่นยนต์	26
3.5 หลักการหมุนของล้อ	26
3.6 ล้ออมนิที่ใช้ในหุ่นยนต์	27
3.7 โครงสร้างหุ่นที่ติดตั้งล้ออมนิแล้ว	27
3.8 โครงสร้างหุ่นที่ติดตั้งกล้องไอพี (IP Camera) แล้ว	27
3.9 การจำลองของพื้นที่	28
3.10 การเคลื่อนที่แบบอัตโนมัติของหุ่นยนต์	29
3.11 ขาใช้งานของ PIR	29
3.12 พอร์ตของ ESP8266	30

สารบัญรูป(ต่อ)

3.13 วงจรตรวจจับความเคลื่อนไหวและส่งข้อมูลผ่าน ESP8266	30
4.1 วงจร PIR Sensor ขณะที่ไม่มีสิ่งมีชีวิตผ่าน	33
4.2 ค่าแรงดันขณะที่ไม่มีสิ่งมีชีวิตผ่านของวงจรจากรูปที่ 4.1	33
4.3 วงจร PIR Sensor ขณะที่มีสิ่งมีชีวิตผ่าน	34
4.4 ค่าแรงดันขณะที่มีสิ่งมีชีวิตผ่านของวงจรจากรูปที่ 4.3	34
4.5 มุมในการตรวจจับของ PIR Sensor	35
4.6 รัศมีในการตรวจจับของ PIR Sensor ด้านหน้า	35
4.7 รัศมีในการตรวจจับของ PIR Sensor ด้านซ้าย	36
4.8 รัศมีในการตรวจจับของ PIR Sensor ด้านขวา	36
4.9 วงจร Photoelectric Sensor ขณะที่ไม่มีสิ่งมีชีวิตผ่าน	37
4.10 ค่าแรงดันขณะที่ไม่มีสิ่งมีชีวิตผ่านของวงจรจากรูปที่ 4.5	37
4.11 วงจร Photoelectric Sensor ขณะที่มีสิ่งมีชีวิตผ่าน	38
4.12 ค่าแรงดันขณะที่มีสิ่งมีชีวิตผ่านของวงจรจากรูปที่ 4.7	38
4.13 วิธีการวัดสเปกตรัมของ ESP8266 ที่ 2.4GHz	39
4.14 สเปกตรัมที่วัดได้จากโมดูลไร้สาย ESP8266	39
4.15 การใช้งาน AT-COMMAND	40
4.16 การต่อ SIM900	40
4.17 การวางหุ่นยนต์ที่ตำแหน่งเริ่มต้น	41
4.18 การเคลื่อนที่ไปข้างหน้าเพื่อทดสอบความเที่ยงตรง โดยยกตัวอย่าง 4 ครั้ง	42
4.19 การเคลื่อนที่ถอยหลังเพื่อทดสอบความเที่ยงตรง โดยยกตัวอย่าง 4 ครั้ง	43
4.20 การหมุน 180 องศา	43

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การควบคุมของมอเตอร์ A	10
2.2 การควบคุมของมอเตอร์ B	10
2.3 ฟังก์ชันการทำงานของ ATmega328P	13
4.1 เปรูเซ็นความคลาดเคลื่อนการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์	44

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันการโจรกรรมทรัพย์สินภายในที่พักอาศัยหรือสำนักงานพบได้มากขึ้นตามปัจจัยต่างๆ โดยสังเกตพบตามข่าวสารที่มีการเผยแพร่ตามสื่อทั่วไป ซึ่งสถานการณ์ดังกล่าวอาจก่อให้เกิดความเสียหายและสูญเสียทรัพย์สินได้ ซึ่งโครงการนี้ได้ศึกษาและสร้างแบบจำลองอุปกรณ์ตรวจจับความเคลื่อนไหวขึ้น เพื่อช่วยในการแจ้งเตือนเจ้าของทรัพย์สินให้ทราบถึงภัยคุกคามที่เกิดขึ้นกับทรัพย์สินของตนเองได้ในเบื้องต้น

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อออกแบบการทำงานของระบบตรวจจับความเคลื่อนไหวที่สามารถแจ้งเตือนได้ในเบื้องต้น
2. เพื่อตรวจจับความเคลื่อนไหวของสิ่งมีชีวิตในระยะเวลาที่กำหนดได้
3. เพื่อศึกษาและเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์
4. เพื่อศึกษาหลักการการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆที่นำมาประยุกต์ใช้ในโครงการ

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

1. สร้างหุ่นยนต์ที่สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างน้อย 2 ทิศทางและทำมุมไม่น้อยกว่า 90 องศา
2. มีอุปกรณ์ตรวจจับความเคลื่อนไหวไม่น้อยกว่า 3 ตำแหน่ง
3. สามารถบันทึกภาพและส่งภาพได้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 เซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว

เซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว (Motion Sensor) เป็นอุปกรณ์ที่แปลงการตรวจจับความเคลื่อนไหวเป็นสัญญาณไฟฟ้า โดยทั่วไปเซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวมี 3 ประเภทคือ

1. Passive Infrared Receiver Sensors (PIR Sensor) เป็นเซนเซอร์ที่รับความร้อนจากร่างกายเมื่อเคลื่อนที่ ไม่มีการปล่อยพลังงานออกมาจากเซนเซอร์

2. Ultrasonic เป็นเซนเซอร์ที่มีการปล่อยคลื่นอัลตราโซนิคออกมาและตรวจวัดการสะท้อนของคลื่นเมื่อวัตถุเคลื่อนที่

3. Microwave เป็นเซนเซอร์ที่มีการปล่อยคลื่นไมโครเวฟออกมาและตรวจวัดการสะท้อนของคลื่นเมื่อวัตถุเคลื่อนที่

2.1.1 Passive Infrared Receiver (PIR Sensor)

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้หลักการตรวจจับความเคลื่อนไหวด้วยการตรวจวัดความร้อนในพื้นที่ที่ต้องการ ความร้อนวัดได้จากการเปลี่ยนแปลงระดับรังสีอินฟราเรดที่ปล่อยออกมาจากวัตถุ เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ (สิ่งมีชีวิตทุกชนิด จะแผ่รังสีอินฟราเรดออกมาจากตัวเอง การแผ่รังสีดังกล่าวเกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในอะตอม ปริมาณรังสีจะมีมากน้อยตามแต่โครงสร้างทางเคมี และอุณหภูมิของวัตถุหรือสิ่งมีชีวิตนั้นๆ แผ่กระจายรังสีออกมาครอบคลุมความถี่ ในย่านประมาณ 0.74 ไมโครเมตร โดยเรียกแถบความถี่ในช่วงนี้ว่า รังสีอินฟราเรด (Infrared Region)) โดยพลังงานที่แผ่ออกมาจะถูกตรวจจับโดย ไพโรอิเล็กทริก (Pyroelectric) โดยจะต้องมีเลนส์ที่ใช้กรองแสงอินฟราเรดคือ (Fresnel Lens) เป็นตัวกรองแสงที่ไม่ใช่อินฟราเรดออก จึงทำให้สามารถตรวจจับสัญญาณลอจิกที่เปลี่ยนแปลงที่ขาเอาต์พุตได้

ส่วนประกอบที่สำคัญของ PIR Sensor

1. Pyro Electric
2. Fresnel Lens
3. Circuit Control

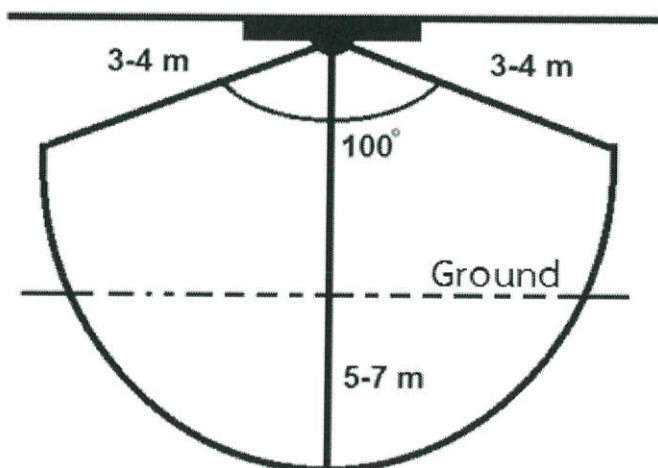


รูปที่ 2.1 โมดูลตรวจจับความเคลื่อนไหว (PIR Sensor) [4]

PIR Sensor เป็นแผงวงจรตรวจจับความเคลื่อนไหวด้วยการตรวจวัดความร้อน สามารถวัดได้ไกลถึง 5-7 เมตร มีขนาดเล็ก ถูกออกแบบมาให้ใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ง่าย โดยใช้ขาเชื่อมต่อเพียง 1 ขา และสามารถเลือกโหมดสัญญาณเอาต์พุตได้

2.1.2 คุณสมบัติของ PIR

1. ใช้ไฟเลี้ยง +3 ถึง +5 V ต้องการกระแสมากกว่า 3 mA
2. สามารถตรวจจับความเคลื่อนไหวได้ในช่วง 5-7 m.



รูปที่ 2.2 ลักษณะการตอบสนองของเซนเซอร์เป็นรูปโคน [4]

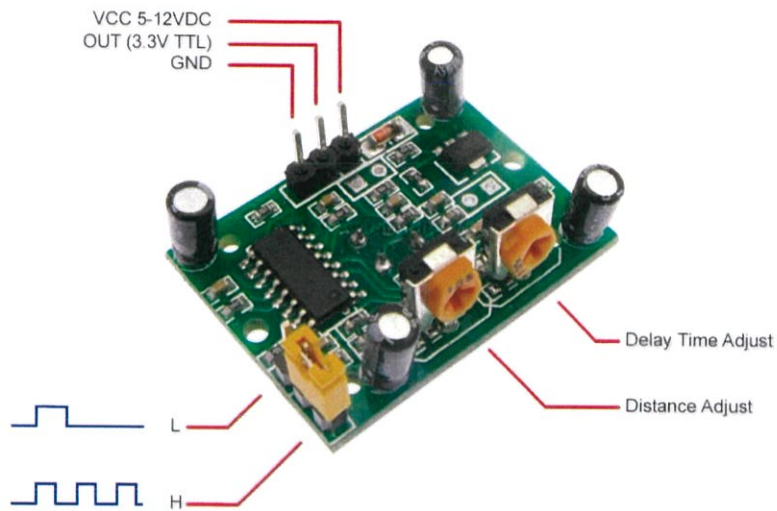
3. รัศมีในการตรวจจับ 100 องศา
4. สัญญาณเอาต์พุต 1บิต
5. อุณหภูมิในการทำงานอยู่ในช่วง 0 ถึง 50 องศาเซลเซียส (ใช้ในพื้นที่ร่ม)
6. ใช้เวลาในการเรียนรู้สภาพแวดล้อม 10 ถึง 60 วินาที ในช่วงเวลานี้ควรจะมีการเคลื่อนไหวน้อยที่สุดในพื้นที่ที่มีการตรวจจับ เพื่อให้สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง
7. ขนาด 32.2 mm x 24.3 mm x 25.4 mm
8. เอาต์พุตให้แรงขนาดขณะพบความเคลื่อนไหว 3.3 v ซึ่งสามารถใช้เป็นสัญญาณในการสั่งทรานซิสเตอร์เพื่อขับโหลดต่างๆต่อไป

2.1.3 โหมดสัญญาณเอาต์พุต

โหมดสัญญาณเอาต์พุตสามารถเลือกใช้งานได้ 2 แบบ คือ

1. สัญลักษณ์ H (HIGH) หมายถึง เอาต์พุตเป็น logic 0 เมื่ออยู่ในสภาวะปกติ และเอาต์พุตเป็น logic 1 เมื่อตรวจจับความเคลื่อนไหวได้
2. สัญลักษณ์ L (LOW) หมายถึง เอาต์พุตเป็น logic 0 เมื่ออยู่ในสภาวะปกติ และเอาต์พุตเป็นลูกคลื่น logic 1 สลับกับ 0 อย่างต่อเนื่อง (Pulse) เมื่อตรวจจับความเคลื่อนไหวได้

2.1.4 จุดเชื่อมต่อการใช้งานของ PIR Sensor



รูปที่ 2.3 จุดเชื่อมต่อการใช้งานของ PIR sensor [4]

การนำไปใช้งานจุดเชื่อมต่อสำหรับใช้งานมีทั้งหมด 3 จุด

1. ขาไฟเลี้ยง (+) สำหรับต่อไฟเลี้ยงแรงดัน +3.3 ถึง +5 โวลต์
2. ขาเอาต์พุต (OUT) สำหรับต่อเข้ากับขาอินพุตของไมโครคอนโทรลเลอร์
3. ขากราวด์ (-) สำหรับต่อกราวด์ 0 โวลต์

2.2 Photoelectric Sensor

แบ่งเป็น 3 ประเภท คือ DIFFUSE, RETROREFLECTIVE, OPPOSED

1. Diffuse Mode

เป็น Sensor ที่อาศัยหลักการยิงแสงไปที่วัตถุ แล้วสะท้อนกลับมา ซึ่ง Sensor ลักษณะนี้นิยมใช้งานโดยทั่วไปเนื่องจากใช้พื้นที่ติดตั้งน้อย เพราะใช้ผิววัตถุที่ตรวจจับเป็นตัวสะท้อนแสงกลับมา

2. Retroreflective Mode

เป็น Sensor ที่ต้องอาศัยแผ่นสะท้อน หรือที่เรียกว่า Reflect เป็นตัวสะท้อนแสงกลับมา ซึ่ง Sensor ลักษณะนี้สามารถนำไปใช้งานได้บริเวณที่มีการจำกัดพื้นที่การติดตั้ง นอกจากนี้แผ่นสะท้อนยังส่งผลทำให้ระยะการตรวจจับวัตถุ สามารถทำได้ไกลขึ้น

3. Opposed Mode

เป็น Sensor แบบที่ใช้ตัวส่งและตัวรับเนื่องจาก Sensor ลักษณะนี้มีทั้งตัวส่งและตัวรับ ดังนั้นจึงทำให้ระยะการตรวจจับวัตถุสามารถตรวจจับได้ระยะมากขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้งานในสภาพแวดล้อมที่มีฝุ่นมากกว่าปกติได้จากประเภทของ Photoelectric Sensor ทั้ง 3 ประเภทข้างต้น ทำให้ในเบื้องต้น สามารถตัดสินใจเลือกใช้รูปแบบการติดตั้งได้อย่างเหมาะสม

- สี, พื้นผิวของวัตถุที่ตรวจจับ (Color, Surface) สีต่างๆกัน มีผลต่อการดูดซับของแสง ลักษณะพื้นผิว เช่น ผิวมันวาวผิวขรุขระมีผลต่อการสะท้อนแสง

- ความแตกต่างของสี (Constast) เนื่องจาก Photoelectric Sensors จะมองเห็นวัตถุที่ต้องการตรวจจับเป็น Gray Scale หรือ เป็นสีเทานั่นเอง ดังนั้น Photo Sensors จะตรวจจับวัตถุที่มีค่า Constart สูงได้ดีกว่า วัตถุที่มีค่า Constrast ต่ำ

2.2.1 คุณสมบัติโดยทั่วไป

1. สามารถตรวจจับวัตถุแบบไม่ต้องสัมผัส
2. สามารถตรวจจับวัตถุมากกว่า 10 เมตร
3. สามารถตรวจจับวัตถุได้ทุกชนิด
4. สามารถตรวจจับ สี ขนาด ความลึก ตำแหน่ง พื้นผิวและอื่นๆ
5. แสดงการตอบสนองโดยการกระพริบของ LED
6. ความละเอียดสูง

2.2.2 Application

การประยุกต์ใช้งาน สามารถประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย ทั้งติดในการผลิตเพื่อตรวจสอบการบรรจุสินค้า การตรวจเช็คสินค้า หรือแม้กระทั่งใช้เป็นเซ็นเซอร์ตรวจการผ่านของรถ และปัจจุบันมี Photoelectric Sensors หลายรุ่น ให้เลือกใช้ รวมทั้งมีทั้งแบบกันน้ำ กันฝุ่น ดังนั้นการใช้งานต้องคำนึงถึงสภาพแวดล้อมและการนำไปใช้งาน

2.3 กล้องไอพี (Internet Protocol Camera)

กล้องไอพี (Internet Protocol Camera) หรือกล้องเครือข่าย (Network Camera) เป็นประเภทของ กล้องวิดีโอดิจิทัล (Digital Video Camera) มีหลักการทำงานเหมือนกล้องทั่วไปใช้สำหรับการเฝ้าระวัง และที่แตกต่างจากกล้องวงจรปิด (Closed Circuit Television) CCTV แบบอนาล็อก (Analog) คือ สามารถส่งและรับข้อมูลผ่านทาง ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ และอินเทอร์เน็ตได้ โดยผู้ใช้งานสามารถดูภาพสดจากระยะไกลบน ระบบอินเทอร์เน็ต หรือ ระบบเครือข่ายไร้สายได้ ผ่านทางโปรแกรมที่มาพร้อมกับกล้องไอพี (IP Camera) กับดูภาพผ่านทางเว็บเบราว์เซอร์ (Web Browser) และแบบกล้องไอพี (IP Camera) ไม่จำเป็นต้องต่อทำงานร่วมกับเครื่องคอมพิวเตอร์อยู่ตลอดเวลา ซึ่งแตกต่างจากกล้องเว็บแคม (Web Camera) ที่จะต้องต่อทำงานร่วมกับเครื่องคอมพิวเตอร์ตลอดเวลาถึงใช้งานได้ ฟังก์ชันการใช้งานต่างๆ ของกล้องไอพี (IP Camera) เหมือนกับกล้องอนาล็อก (Analog Camera) แตกต่างกันคือ สามารถส่งงานควบคุมและบันทึกภาพได้ในตัว ซึ่งในกล้องอนาล็อก (Analog Camera) ต้องต่อเข้ากับเครื่องบันทึกภาพดิจิทัล (Digital Video Recorder) ทั้งแบบ DVR Card ON-PC หรือ Standalone NON-PC หรือ PC Based และผ่าน CMS Software ถึงทำงานได้เหมือนกับกล้องไอพี (IP Camera) และกล้องไอพี (IP Camera) สามารถรับข้อมูลและส่งข้อมูลภาพและเสียงได้พร้อมๆ กัน

2.3.1 ชนิดกล้องไอพี (IP Camera) มี 2 ชนิด

1. กล้องไอพี (IP Camera) ชนิดรวมที่ศูนย์กลาง (Centralized) ซึ่งต่อเป็นศูนย์กลาง การบันทึกวิดีโอเครือข่าย (Network Video Recorder-NVR) เพื่อจัดการบันทึกวิดีโอ (Recording) และการจัดการสัญญาณเตือน (Alarm Management)

2. กล้องไอพี (IP Camera) ชนิดแยกจากศูนย์กลาง (Decentralized) ที่ไม่จำเป็นต้อง มีศูนย์กลางการบันทึกวิดีโอเครือข่าย (Network Video Recorder-NVR) ซึ่งเป็นกล้องที่มีการบันทึก การทำงานในตัว จึงสามารถบันทึกโดยตรงไปยังสื่อจัดเก็บข้อมูลดิจิทัล เช่น การ์ดหน่วยความจำ (SD Card) กับ แฟลชไดรฟ์ (Flash Drives) กับฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (Hard Disk Drives) หรือเครือข่ายเก็บ ข้อมูลแบบ Network Attached Storage (NAS)

2.3.2 เทคโนโลยีของกล้องไอพี (IP Camera) มีดังนี้

1. IP Technology (Internet Protocol Technology)

โครงข่ายการสื่อสารข้อมูลและอินเทอร์เน็ต ที่สามารถส่งและรับข้อมูลภาพกับเสียง ผ่านทางระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ และอินเทอร์เน็ตได้ในเวลาเดียวกัน

2. Hybrid IP Technology (Internet Protocol with Analog Technology)

เป็นการผสมผสานการทำงานระหว่างกล้องไอพี (IP Camera) กับกล้องแบบ อนาล็อก (Analog Camera) ให้สามารถทำงานร่วมกันได้อย่างสมบูรณ์แบบ คือ สามารถต่อใช้งาน แบบกล้องไอพี (IP Camera) กับต่อใช้งานแบบกล้องอนาล็อก (Analog Camera) ในระบบเดียวกัน หรือแยกระบบก็ได้ แต่ยังคงคุณสมบัติในการทำงานไว้ได้เป็นอย่างดี เพราะหากระบบเครือข่ายมี ปัญหาหรืออินเทอร์เน็ตใช้งานไม่ได้ ตัวกล้องยังคงทำงานได้แบบอนาล็อก (Analog) หรือในแบบ อนาล็อก (Analog) เกิดมีปัญหาก็กสามารถทำงานได้ในแบบเครือข่าย

3. Full HD IP Technology

เป็นกล้องไอพี (IP Camera) ที่มีความละเอียดสูง (Resolution) ระดับ Full HD 1080p (1920 x 1080 Pixels) สามารถจะกำหนดอัตราเฟรมในการบันทึกได้เต็มที่ (Full Frame Rate) 30 เฟรมต่อวินาที (FPS: Frame per Second) ซึ่งทำให้การแสดงผลภาพทั้งการดูและการบันทึก จะมีความคมชัดและละเอียดมาก

2.3.3 การบันทึกภาพของกล้องไอพี (IP Camera) มีดังนี้

1. บันทึกภาพลง Local Storage เช่น SD Card หรือ Flash Memory ที่รองรับอยู่ บนตัวกล้องไอพี (IP Camera)

2. บันทึกภาพผ่าน XNVR หรือ NVR หรือ CMS Software ที่ลงในเครื่องคอมพิวเตอร์ (Computer) แล้วบันทึกลง ฮาร์ดดิสก์ (Hard disk)

3. บันทึกภาพโดยต่อกับ Hybrid Digital Video Recorder เครื่องบันทึกภาพดิจิทัล ที่รองรับทั้ง กล้องแบบอนาล็อก (Analog Camera) และกล้องแบบไอพี (IP Camera) บันทึกลง ฮาร์ดดิสก์ (Hard Disk) ที่มีในเครื่อง

2.3.4 เครือข่าย (Network) ที่สามารถรองรับของกล้องไอพี (IP Camera)

1. สามารถเข้ากับโปรโตคอล (Protocol)

IPv4, HTTP, TCP, RTSP, RTP, RTCP, UDP, SMTP, FTP, ICMP, DHCP, UPnP, Bonjour, ARP, DNS, DynDNS and IPv6

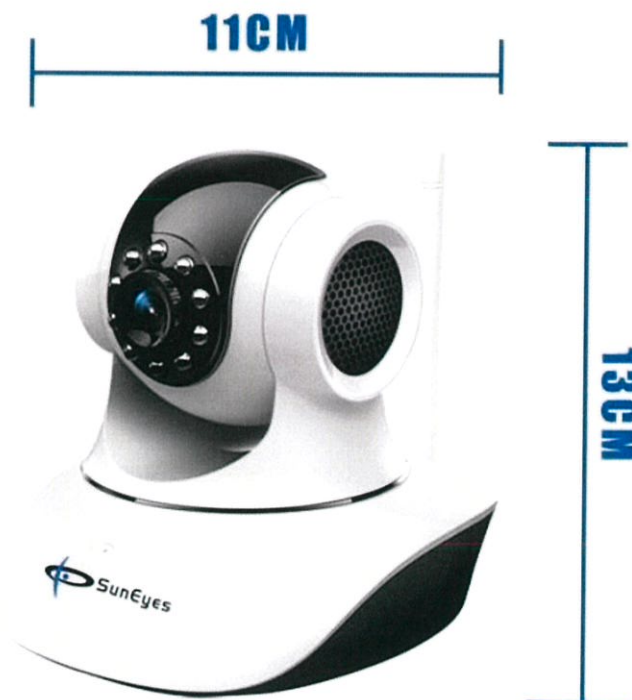
2.รองรับใช้งานระบบ (Supported) DDNS

- XXX DDNS – จากบริษัทฯ เจ้าของสินค้า (CCTV)
- DynDNS.org – เว็บไซต์ให้บริการใช้งานระบบ DDNS ฟรี
- Reference code with SDK มีโค้ดอ้างอิงการเขียนโปรแกรม (Reference code) กับชุดพัฒนาโปรแกรม (SDK) เพื่อให้นักพัฒนาโปรแกรมเขียนใช้งานเพิ่มเติม
- รองรับการเข้าถึงวิดีโอ จากเครื่องดูกล้องวงจรปิดสดผ่านทางเว็บเบราว์เซอร์ สำหรับ 10 clients
- รองรับ PoE (Power over Ethernet) ภายใต้อาณัติมาตรฐานที่รองรับ IEEE 802.3af (Standard Supported)

2.3.5 ความปลอดภัย (Security) ของกล้องไอพี (IP Camera)

1. ตั้งค่ากำหนดระดับการเข้าใช้งาน (Access level setup) โดยระดับการเข้าถึงของหลายๆ ผู้ใช้กับการป้องกันด้วยรหัสผ่าน (Multiple user access levels with password protection)

2. เครือข่ายความปลอดภัย (Network Security) จะให้การสนับสนุนสำหรับการกรองไอพี (Will support for IP Filtering)



รูปที่ 2.4 กล้องไอพี [9]

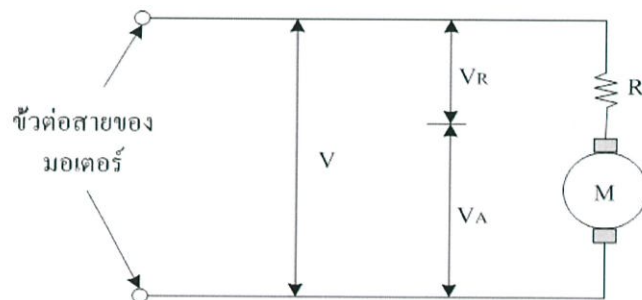
2.4 มอเตอร์กระแสตรง

เมื่อมีการผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปยังขดลวดในสนามแม่เหล็กจะทำให้เกิดแรงแม่เหล็กซึ่งมีสัดส่วนของแรงขึ้นกับกระแสแรงของสนามแม่เหล็ก โดยแรงจะเกิดขึ้นเป็นมุมฉากกับกระแสและสนามแม่เหล็ก ขณะที่ทิศทางของแรงกลับตรงกันข้ามกัน ถ้าหากกระแสของสนามแม่เหล็กไหลย้อนกลับจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกระแส และ สนามแม่เหล็กเป็นผลทำให้ทิศทางของแรงเปลี่ยนไป ด้วยคุณสมบัตินี้ทำให้มอเตอร์กระแสตรงกลับทิศทางการทำงานได้

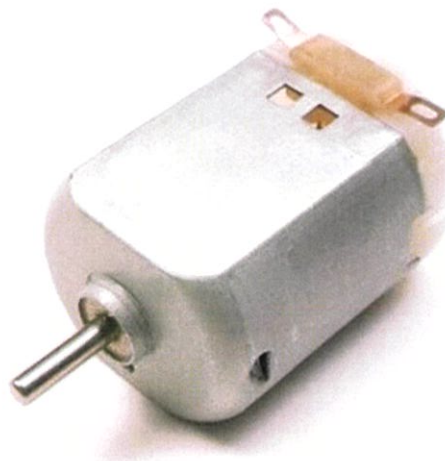
สนามแม่เหล็กของมอเตอร์ส่วนหนึ่งเกิดขึ้นจากแม่เหล็กถาวรซึ่งจะถูกยึดติดกับแผ่นเหล็กหรือ เหล็กกล้า โดยปกติส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ยึดอยู่กับที่ และ ขดลวดเหนี่ยวนำจะพันอยู่กับส่วนที่เป็นแกนหมุนของมอเตอร์

2.4.1 คุณสมบัติของมอเตอร์กระแสตรง

ในการอธิบายคุณสมบัติของมอเตอร์กระแสตรงให้ละเอียดนั้นต้องพิจารณาแรงดันที่ป้อนและความต้านทานของโรเตอร์ด้วย วงจรภายในของมอเตอร์เขียนได้ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 วงจรภายในของมอเตอร์กระแสตรง [1]



รูปที่ 2.6 มอเตอร์กระแสตรง [1]

โดยสมมติให้หุ่นโรเตอร์ไม่มีความต้านทานอยู่เลย อนุกรมกับความต้านทานซึ่งในที่นี้ก็คือ ความต้านทานของขดลวดนั่นเอง แรงดันที่ขั้วต่อสายของมอเตอร์ก็คือผลบวกระหว่างแรงดันที่โรเตอร์ (V_A) และ แรงดันตกคร่อมความต้านทานขดลวด (V_R)

แรงดัน V_A ถูกเรียกว่า แรงเคลื่อนเหนี่ยวนำป้อนกลับ (BACK EMF) ซึ่งเกิดขึ้นในโรเตอร์ ขณะที่หมุนแรงดันที่เกิดขึ้นนี้เป็นไปตามกฎของการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าจากการเคลื่อนที่ของ ตัวนำในสนามแม่เหล็ก สัมพันธ์กับแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำแม่เหล็ก และ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของ ตัวนำ แรงดันที่เกิดขึ้นจะมีขั้วตรงกันข้ามกับแรงดันที่ป้อนให้กับมอเตอร์ และ แปรผันตรงกับความเร็ว ในการหมุน ผลบวกของแรงดันที่โรเตอร์ (V_A) และแรงดันตกคร่อมขดลวด (V_R) ต้องเท่ากับแรงดันที่ ป้อนให้กับมอเตอร์ (V)

$$V = V_A + V_R \quad (2.1)$$

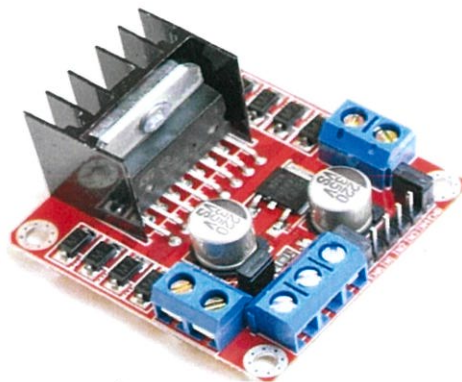
เมื่อพิจารณาตั้งแต่มอเตอร์หยุดนิ่ง ความเร็วมีค่าเป็นศูนย์ ดังนั้น $V_A = 0$, $V_R = V$ กระแสที่ไหลใน มอเตอร์หาได้จาก

$$I = V_R / R \quad (2.2)$$

เมื่อมอเตอร์เริ่มหมุนจะมีความเร็ว และ V_A เพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงตามความเร็ว V_R ซึ่งมีค่าเท่ากับ ความแตกต่างระหว่าง V_A และ V จะเริ่มลดลงกระแส I ก็จะเริ่มลดลงเช่นกันขณะที่มอเตอร์ยังมีความเร็วอยู่ ความเร็วจะเพิ่มขึ้น แรงบิดจะลดลงจนกว่าจะถึงจุดซึ่งแรงบิดของมอเตอร์รับภาระโหลดได้สมดุลพอดี ขณะที่มอเตอร์ไม่มีโหลด และ หมุนอย่างอิสระจะมีเพียงค่าความฝืดของแบร์ริง และ แรงต้านอากาศทำให้ V_A เกือบเท่ากับค่า V

2.5 วงจรขับมอเตอร์

ในส่วนของวงจรขับมอเตอร์ผู้จัดทำได้ใช้ IC L298N ซึ่งมีประสิทธิภาพสูง แต่ราคาย่อมเยา พร้อมระบบป้องกันต่างๆมากมาย ในแบบฉบับของ L298 สามารถขับมอเตอร์ได้ 2 ชุด และ สามารถ ขับกระแสได้สูงสุด 4A (เมื่อบริดจ์ 2CH เข้าด้วยกัน) ภายในบอร์ดได้ต่อ diode เพื่อกันไฟที่จะเข้ามา กระทบระบบเรียบร้อยแล้ว และยังมีแหล่งจ่ายไฟ 5v ในตัว (LM7805)



รูปที่ 2.7 วงจรขับมอเตอร์ L298N [1]

2.5.1 จุดเชื่อมต่อการใช้งานของวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ L298N

Terminal Con (สีน้ำเงิน)

1. OUT1, OUT2 : Output ไป มอเตอร์ A
2. OUT3, OUT4 : Output ไป มอเตอร์ B
3. 12 V: Input ไฟ +12 VDC เพื่อจ่ายให้กับมอเตอร์
4. GND: Input กราวด์
5. 5 V: Input ไฟ +5 VDC เพื่อเลี้ยง logic gate ใน L298 ปกติ วงจรได้ใส่ Regulate 5V มาในบอร์ดแล้วไม่ต้องต่อขานี้ แต่หากประสงค์จะใช้งานขานี้ ควรดึง Jumper 5V_EN ออกด้วย Connector (สีดำ)
6. ENA: Enable A
7. ENB: Enable B (หากต้องการควบคุมความเร็วมอเตอร์ต่อ PWM เข้าที่ขานี้หากใช้งานปกติไม่ต้องติดเพราะมีการต่อ pull up ไว้แล้วหรืออาจต่อ logic HIGH ทิ้งไว้ก็ได้)
8. IN1 และ IN2: ควบคุมมอเตอร์ A
9. IN3 และ IN4: ควบคุมมอเตอร์ B

ตารางที่ 2.1 การควบคุมของมอเตอร์ A

IN1	IN2	สถานะมอเตอร์ A
LOW	LOW	หยุด
HIGH	LOW	หมุนขวา
LOW	HIGH	หมุนซ้าย
HIGH	HIGH	หยุด

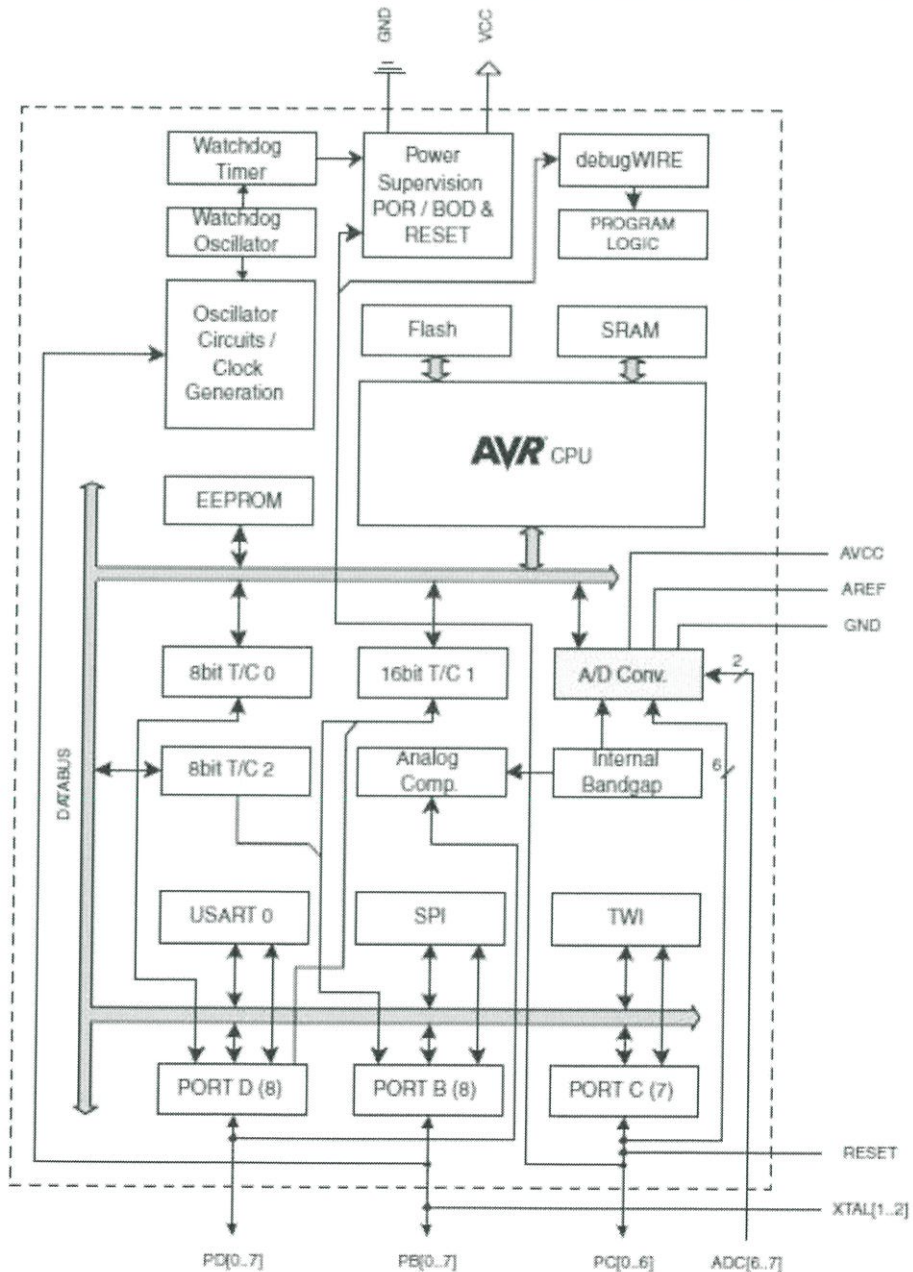
ตารางที่ 2.2 การควบคุมของมอเตอร์ B

IN3	IN4	สถานะมอเตอร์ B
LOW	LOW	หยุด
HIGH	LOW	หมุนขวา
LOW	HIGH	หมุนซ้าย
HIGH	HIGH	หยุด

2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR รุ่น ATmega328P

2.6.1 สถาปัตยกรรมชั้นสูงแบบ RISC (Reduced Instruction Set Computer)

1. RISC คือตัวทำให้การประมวลผลมีความเร็ว 1 คำสั่ง / 1 clock
2. ชุดคำสั่ง 131 คำสั่งต่อ 1 รอบนาฬิกา
3. รีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต 32 ตัว
4. ความเร็วในการประมวลผลมากกว่า 20 ล้านคำสั่งต่อวินาที (MIPS) ที่ 20 MHz



รูปที่ 2.8 สถาปัตยกรรมแบบ RISC [5]

2.6.2 คุณสมบัติต่างๆของไอซี ATmega328P

1. หน่วยความจำ

- แบบ 32 Kbyte สามารถเขียนลบโปรแกรมได้ 10,000 ครั้ง
- แบบ EPROM 1Kbyte สามารถเขียนและลบโปรแกรมได้ 100,000 ครั้ง
- แบบ SRAM 2 Kbyte

2. ไฟเลี้ยง

- ระหว่าง 1.8 ถึง 2.5 v

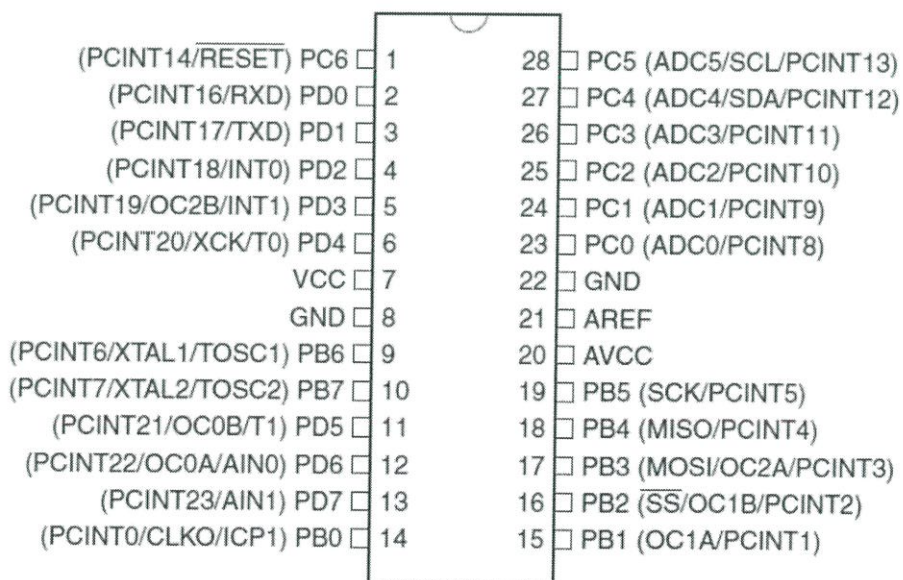
3. ความถี่สัญญาณนาฬิกา

- ระหว่าง 0 ถึง 4 MHz
- มีการรองรับอุปกรณ์ต่อพ่วง
- อุปกรณ์สื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมแบบ I2C และ USART

4. อื่นๆ

- มีระบบ Reset แบบอัตโนมัติเมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์
- มีฟังก์ชันตรวจสอบแรงดัน
- มีระบบการขัดจังหวะทั้งภายในและภายนอก
- มีระบบตรวจจับความผิดพลาดของ CPU
- มีโหมดอนุรักษ์พลังงาน 5 mode ได้แก่ Idle, ADC Noise Reduction, Power Save, Power-Down, Standby

2.6.3 ส่วนประกอบต่างๆของไอซี ATmega328P



รูปที่ 2.9 ไอซี ATmega328 [5]

ตารางที่ 2.3 ฟังก์ชันการทำงานของ ATmega328P

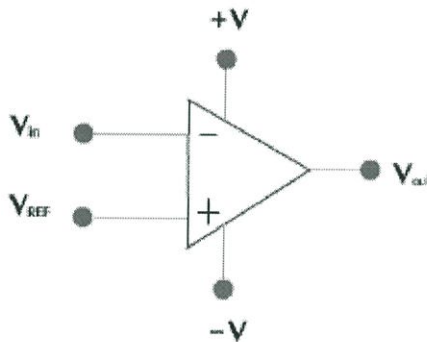
ชื่อ	รายละเอียด	ขา
GND	ขากราวด์ต่อสายดิน	8 , 22
VCC	ไฟเลี้ยง 1.8 ถึง 5.5v	7
Port B (PB 7:0) XTAL1/XTAL2/T OSC1/TOSC2	<ul style="list-style-type: none"> - เป็นพอร์ต 2 ทิศทางขนาด 8 บิต โดยสามารถ กำหนดให้ขาของแต่ละพอร์ตสามารถตั้งค่าให้ Pull up Resistor ได้ (ภายในเป็นอิสระแยกจากกัน เพื่อดึงแรงดันของลอจิก 1 ให้เท่ากับ 5 v) - สามารถใช้งานพิเศษตามความต้องการของ ATmega 328 โดยขึ้นอยู่กับ การตั้งค่าสัญญาณนาฬิกาที่ขา PB6 ที่ใช้เป็นแรงดัน Oscillator และขาอินพุตของวงจรสัญญาณ Clock Oscillator 	9 , 10 , 14-19
PC6/RESET	ขา Reset	1
Port D (PD 7:0)	<ul style="list-style-type: none"> - เป็นพอร์ตสองทิศทางขนาด 8 บิตโดยสามารถกำหนดให้ขาของแต่ละพอร์ตสามารถตั้งค่าให้ Pull up Resistor ได้ - สามารถใช้งานพิเศษตามความต้องการของ ATmega 328 	1-6 , 11-13
AVCC	ใช้จ่ายไฟให้กับวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล มักจะต่อเข้ากับขา VCC	20
AREF	แรงดันอ้างอิงที่ใช้งานในส่วน of วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลมักต่อกับ VCC	21
ADC7:6 (TQFP and QFN/MLF Package Only)	ขากำลังงานใช้แปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล	23-28
Port C (PC5:0)	<ul style="list-style-type: none"> - เป็นพอร์ตสองทิศทางขนาด 8 บิตโดยสามารถกำหนดให้ขาของแต่ละพอร์ตสามารถตั้งค่าให้ Pull up Resistor ได้ - สามารถใช้งานพิเศษตามความต้องการของ ATmega 328 	23-28

2.7 DC-to-DC Step down LM2596 Module (3A)

อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แปลงระดับแรงดันไฟฟ้าตรงลง โดยสามารถปรับค่าแรงดัน output ได้ โดย Potentiometer ที่มีอยู่บนบอร์ด สามารถจ่ายกระแสได้ถึง 3 A และใช้หลักการแปลงโดยวงจร Buck Converter ความถี่ Switching 150 kHz ทำให้ทำงานเงียบ และแรงดันเรียบ

2.7.1 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน

วงจรเปรียบเทียบแรงดันเป็นวงจรที่ใช้ในการเปรียบเทียบแรงดันระหว่างขาอินเวอร์ตติ้ง (Inverting) และขาอนอินเวอร์ตติ้ง (Non-Inverting) ของออปแอมป์



รูปที่ 2.10 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน [8]

$$V_{out} = +V_{ss}; V(+) > V_{in}(-)$$

$$V_{out} = -V_{ss}; V(+) < V_{in}(-)$$

เมื่อ V_{out} เป็นแรงดันเอาต์พุตของวงจรออปแอมป์

$V(+)$ เป็นแรงดันขาเข้าไม่กลับเฟสของออปแอมป์

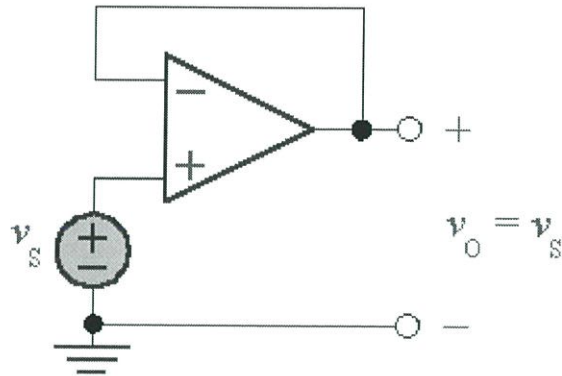
$V(-)$ เป็นแรงดันขาเข้ากลับเฟสของออปแอมป์

$+V_{ss}$ เป็นแรงดันเอาต์พุตของออปแอมป์ที่ออกมาทาง V_{out} เมื่อ V_{ref} มากกว่า V_{in}

$-V_{ss}$ เป็นแรงดันเอาต์พุตของออปแอมป์ที่ออกมาทาง V_{out} เมื่อ V_{ref} น้อยกว่า V_{in}

2.7.2 วงจรแรงดันตาม

วงจรลักษณะนี้จะมรคุณสมบัติการขยายเท่ากับ 1 เท่านั้น บางคนจะเรียกวงจรนี้ว่า บัฟเฟอร์ (Buffer) บางคนเรียก Isolation Amplifier วงจรประเภทนี้จะป้อนสัญญาณ V_{in} เข้าทางขา อินพุตบวกเพื่อไม่ให้สัญญาณที่ออกมาทางเอาต์พุตเกิดการกลับเฟส มีการลัดวงจรระหว่างด้านอินพุต ขาลบและเอาต์พุตด้วย ซึ่งเป็นลักษณะของวงจรป้อนกลับแบบลบเช่นกัน



รูปที่ 2.11 วงจรแรงดันตาม [8]

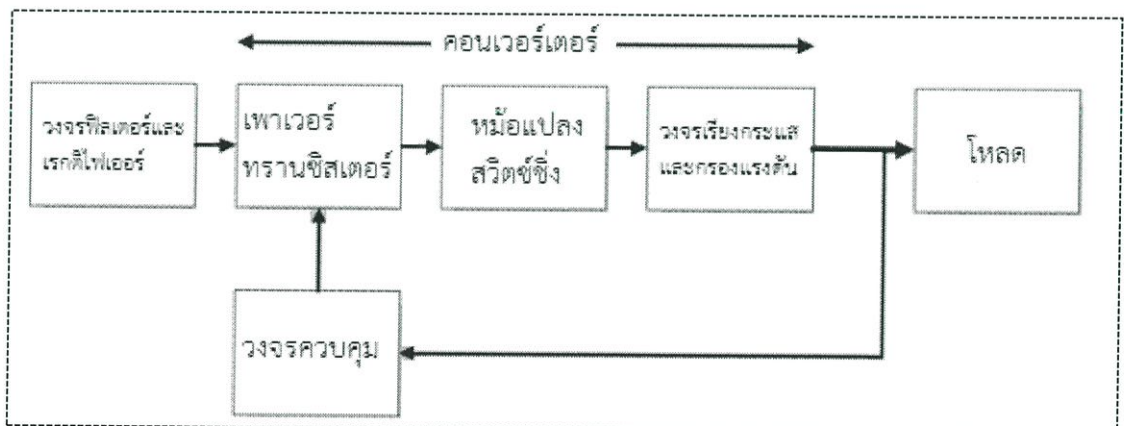
$$V_{out} = V_{in}$$

เมื่อ V_{out} เป็นแรงดันเอาต์พุตของออปแอมป์

V_{in} เป็นแรงดันขาเข้า

2.7.3 วงจรสวิตชิง

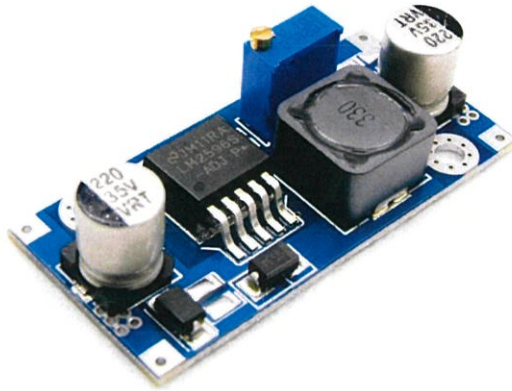
สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply) เป็นแหล่งจ่ายไฟตรงคงค่าแรงดันแบบหนึ่ง และสามารถเปลี่ยนแรงดันไฟจากไปสลับโวลต์สูง ให้เป็นแรงดันไฟตรงค่าต่ำ เพื่อใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ได้เช่นเดียวกันแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น (Linear Power Supply) ถึงแม้เพาเวอร์ซัพพลายทั้งสองแบบจะต้องมีการใช้หม้อแปลงในการลดทอนแรงดันสูงให้เป็นแรงดันต่ำเช่นเดียวกัน แต่สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายจะต้องการใช้หม้อแปลงที่มีขนาดเล็ก และน้ำหนักน้อย เมื่อเทียบกับแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น อีกทั้งสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายยังมีประสิทธิภาพสูงกว่า



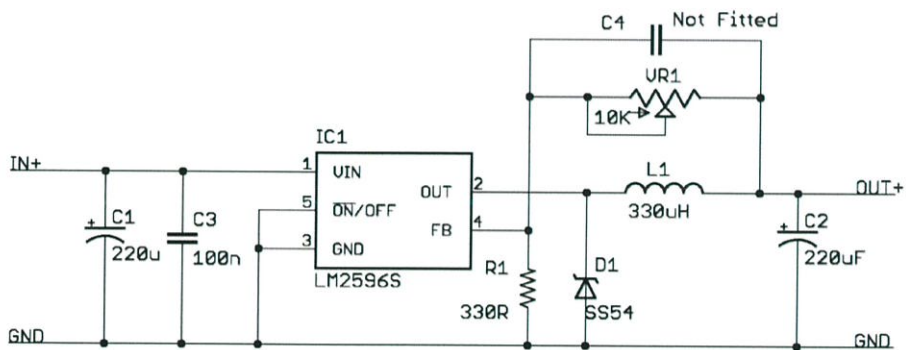
รูปที่ 2.12 องค์ประกอบพื้นฐานของสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย [8]

แรงดันไฟสลับค่าสูงจะผ่านเข้ามาทางวงจร RFI ฟิลเตอร์ เพื่อกรองสัญญาณรบกวนและแปลงเป็นไฟตรงค่าสูงด้วยวงจรเรกติไฟเออร์ เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์จะทำงานเป็นเพาเวอร์คอนเวอร์เตอร์โดยการตัดต่อแรงดันเป็นช่วงๆ ที่ความถี่ประมาณ 20-200 KHz จากนั้นจะผ่านไปยังหม้อแปลงสวิตชิงเพื่อลดแรงดันลง เอาต์พุตของหม้อแปลงจะต่อกับวงจรเรียงกระแส และกรองแรงดันให้

เรียบ การคงค่าแรงดันจะทำได้โดยการป้อนกลับค่าแรงดันที่เอาต์พุตกลับมายังวงจรควบคุม เพื่อควบคุมให้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์นำกระแสมากขึ้นหรือน้อยลงตามการเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่เอาต์พุต ซึ่งจะมีผลทำให้แรงดันเอาต์พุตคงที่



รูปที่ 2.13 LM2596 Module [8]



รูปที่ 2.14 วงจร switching [8]

2.8 ระบบเครือข่ายไร้สาย (Wireless LAN)

ระบบเครือข่ายไร้สาย (WLAN: Wireless Local Area Network) คือ ระบบการสื่อสารข้อมูลที่มีรูปแบบในการสื่อสารแบบไม่ใช้สาย โดยการใช้การส่งคลื่นความถี่วิทยุในย่านวิทยุ RF และ คลื่นอินฟราเรด ในการรับและส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่อง ผ่านอากาศ ทะลุกำแพง เพดาน หรือสิ่งก่อสร้างอื่นๆ โดยปราศจากความต้องการของการเดินสาย นอกจากนี้ระบบเครือข่ายไร้สายก็ยังมีคุณสมบัติครอบคลุมทุกอย่างเหมือนกับระบบ LAN แบบใช้สาย

ที่สำคัญก็คือ การที่ไม่ต้องใช้สายทำให้การเคลื่อนย้ายการใช้งานทำได้โดยสะดวก ไม่เหมือนระบบ LAN แบบใช้สายที่ต้องใช้เวลาและการลงทุนในการปรับเปลี่ยนตำแหน่งการใช้งานคอมพิวเตอร์

2.8.1 องค์ประกอบหลักของการทำงานของระบบเครือข่ายไร้สาย

1. ข้อมูล (Data) ข่าวสารต่างๆ สามารถถูกส่งแบบไร้สาย โดยเปลี่ยนจากสัญญาณวิทยุและสัญญาณโทรทัศน์เป็นเสียงและภาพ หรือเป็นข้อมูลด้านคอมพิวเตอร์ข่าวสารต่างๆ จะถูกส่งโดยผสมไปกับคลื่นวิทยุ ซึ่งคลื่นวิทยุเป็นแค่ส่วนหนึ่งในสเปกตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงที่เรียกว่าความถี่วิทยุ (Radio frequency) ข้อมูลทุกชนิดสามารถถูกส่งโดยการใช้ความถี่วิทยุ ความถี่วิทยุมีมากมายไม่ใช่มีแค่คลื่นวิทยุเอเอ็ม (AM) หรือเอฟเอ็ม (FM) ที่เรารู้จักเท่านั้น

2. โมดูเลชัน (Modulation) ข้อมูลจะถูกส่งผสมไปกับคลื่นความถี่วิทยุโดยกระบวนการที่เรียกว่า โมดูเลชัน เมื่อได้รับคลื่นสัญญาณจะผ่านกระบวนการ ดีโมดูเลชัน (Demodulation) เพื่อแยกเอาข้อมูลออกมา

3. อุปกรณ์ส่งสัญญาณและอุปกรณ์รับสัญญาณ คลื่นความถี่วิทยุพร้อมด้วยข้อมูลข่าวสารจะถูกส่งโดยอุปกรณ์ส่งสัญญาณ (Transmitters) และรับโดยอุปกรณ์ที่เรียกว่าอุปกรณ์รับสัญญาณ (Receivers)

4. โพรโตคอล (Protocol) คือ วิธีการหรือกฎระเบียบที่ใช้ในการสื่อสารข้อมูลเพื่อให้ผู้รับและผู้ส่งสามารถเข้าใจกันหรือคุยกันรู้เรื่อง โดยทั้งสองฝั่งทั้งผู้รับและผู้ส่งได้ตกลงกันไว้ก่อนล่วงหน้าแล้ว ในคอมพิวเตอร์โพรโตคอลอยู่ในส่วนของซอฟต์แวร์ที่มีหน้าที่ทำให้การดำเนินงาน ในการสื่อสารข้อมูลเป็นไปตามโปรแกรมที่กำหนดไว้ ตัวอย่างเช่น X.25, SDLC, HDLC, และ TCP/IP เป็นต้น

2.8.2 รูปแบบการเชื่อมต่อของระบบเครือข่ายไร้สาย

1. Peer to Peer (ad hoc mode) รูปแบบการเชื่อมต่อระบบแลนไร้สายแบบ Peer to Peer เป็นลักษณะ การเชื่อมต่อแบบโครงข่ายโดยตรงระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ จำนวน 2 เครื่องหรือมากกว่านั้น เป็นการใช้งานร่วมกันของ Wireless Adapter Cards โดยไม่ได้มีการเชื่อมต่อกับเครือข่ายแบบใช้สายเลย โดยที่เครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องจะมีความเท่าเทียมกัน สามารถทำงานของตนเองได้และขอใช้บริการเครื่องอื่นได้ เหมาะสำหรับการนำมาใช้งานเพื่อจุดประสงค์ในด้านความรวดเร็วหรือติดตั้งได้โดยง่ายเมื่อไม่มีโครงสร้างพื้นฐานที่จะรองรับ ยกตัวอย่างเช่น ในศูนย์ประชุมหรือการประชุมที่จัดขึ้นนอกสถานที่

2. Client/Server (Infrastructure Mode) ระบบเครือข่ายไร้สายแบบ Client/Server หรือ Infrastructure Mode เป็นลักษณะการรับส่งข้อมูลโดยอาศัย Access Point (AP) หรือเรียกว่า “Hot Spot” ทำหน้าที่เป็นสะพานเชื่อมต่อระหว่างระบบเครือข่ายแบบใช้สายกับเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย (Client) โดยจะกระจายสัญญาณคลื่นวิทยุเพื่อ รับ-ส่งข้อมูลเป็นรัศมีโดยรอบเครื่องคอมพิวเตอร์ที่อยู่ในรัศมีของ AP จะกลายเป็น เครือข่ายกลุ่มเดียวกันทันที โดยเครื่องคอมพิวเตอร์ จะสามารถติดต่อกัน หรือติดต่อกับ Server เพื่อแลกเปลี่ยนและค้นหาข้อมูลได้ โดยต้องติดต่อผ่าน AP เท่านั้น ซึ่ง AP 1 จุด สามารถให้บริการเครื่องลูกข่ายได้ถึง 15-50 อุปกรณ์ ของเครื่องลูกข่าย เหมาะสำหรับการนำไปขยายเครือข่ายหรือใช้ร่วมกับระบบเครือข่ายแบบใช้สายเดิมในออฟฟิศ, ห้องสมุด หรือในห้องประชุม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานให้มากขึ้น

3. Multiple Access Points and Roaming โดยทั่วไปแล้วการเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ กับ Access Point (AP) ของเครือข่ายไร้สาย (Wireless LAN) จะอยู่ในรัศมีประมาณ 500 ฟุต ภายในอาคาร และ 1000 ฟุต ภายนอกอาคาร หากสถานที่ที่ติดตั้งมีขนาดกว้าง มากๆ เช่นคลังสินค้า บริเวณภายในมหาวิทยาลัย สนามบิน จะต้องมีการเพิ่มจุดการติดตั้ง AP ให้มากขึ้น เพื่อให้การรับส่งสัญญาณในบริเวณของเครือข่ายขนาดใหญ่ เป็นไปอย่างครอบคลุมทั่วถึง

4. Use of an Extension Point กรณีที่โครงสร้างของสถานที่ติดตั้งเครือข่ายแบบไร้สายมีปัญหาผู้ออกแบบระบบอาจจะใช้ Extension Points ที่มีคุณสมบัติเหมือนกับ Access Point แต่ไม่ต้องผูกติดไว้กับเครือข่ายไร้สาย เป็นส่วนที่ใช้เพิ่มเติมในการรับส่งสัญญาณ

5. The Use of Directional Antennas ระบบแลนไร้สายแบบนี้เป็นแบบใช้เสาอากาศในการรับส่งสัญญาณระหว่างอาคารที่อยู่ห่างกัน โดยการติดตั้งเสาอากาศที่แต่ละอาคาร เพื่อส่งและรับสัญญาณระหว่างกัน

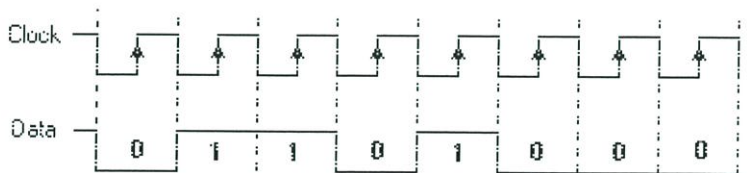
2.8.3 อัตราการส่งข้อมูล (Baud rate)

อัตราการส่งข้อมูล คือความเร็วของการรับ-ส่งข้อมูล เป็นจำนวนบิตต่อวินาที เช่น 300, 1200, 2400, 4800, 9600, 14400, 19200, 38400, 56000 เป็นต้นโดยที่การเลือกอัตราการส่งข้อมูลขึ้นอยู่กับชนิดของสายสัญญาณ ระยะทาง และปริมาณสัญญาณรบกวน

2.8.4 รูปแบบการสื่อสารแบบอนุกรม

มีอยู่ด้วยกัน 2 แบบ คือ แบบซิงโครนัส (Synchronous) และแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous)

1. การสื่อสารแบบซิงโครนัส (Synchronous) การรับส่งข้อมูล จะมีสัญญาณนาฬิกาซึ่งเป็นตัวกำหนดจังหวะเวลาการส่งข้อมูลร่วมอยู่ด้วยอีกเส้นหนึ่ง ใช้คู่กับสัญญาณข้อมูล ดังรูปที่ 2.15 ตัวอย่างเช่น การส่งสัญญาณจากคีย์บอร์ด



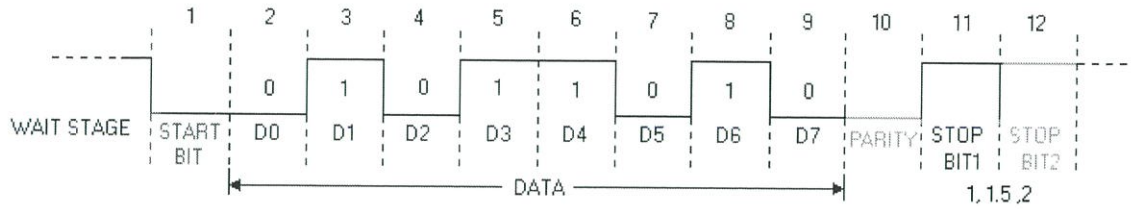
รูปที่ 2.15 การสื่อสารแบบซิงโครนัส [10]

2. การสื่อสารแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous) การรับส่งข้อมูล โดยไม่จำเป็นต้องมีสัญญาณนาฬิกาไปด้วย แต่จะใช้ตัวส่งและตัวรับ มีอัตราการส่งข้อมูลที่เท่ากัน ดังรูปที่ 2.16

รูปแบบข้อมูลแบบอะซิงโครนัส ประกอบด้วย 4 ส่วน คือ

- 1) บิตเริ่มต้น (Start bit) มีขนาด 1 บิต
- 2) บิตข้อมูล (Data) มีขนาด 5, 6, 7 หรือ 8 บิต
- 3) บิตตรวจสอบพาริตี (Parity bit) มีขนาด 1 บิต หรือไม่มี

4) บิตหยุด (Stop bit) มีขนาด 1, 1.5 หรือ 2 บิต



รูปที่ 2.16 การสื่อสารแบบอะซิงโครนัส [10]

2.8.5 การรับและส่งข้อมูลแบบอนุกรม

แบ่งออกตามลักษณะการใช้งานได้ 3 แบบคือ

1. แบบซิมเพลกซ์ (Simplex) เป็นการส่งหรือรับข้อมูล แบบทิศทางเดียวเท่านั้น
2. แบบฮาล์ฟดูเพลกซ์ (Half Duplex) เป็นการส่งและรับข้อมูลแบบสลับกันคือเมื่อด้านหนึ่งส่ง อีกด้านหนึ่งจะเป็นฝ่ายรับสลับกัน ไม่สามารถรับส่งในเวลาเดียวกันได้
3. แบบฟูลดูเพลกซ์ (Full Duplex) สามารถรับส่งข้อมูลในเวลาเดียวกันได้

2.9 GSM (Global System for Mobile communication)

GSM (Global System for Mobile communication) เป็นระบบเทคโนโลยีเคลื่อนที่ดิจิทัลที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในยุโรปและส่วนอื่นของโลก GSM ใช้การแปรผันของ time division multiple access (TDMA) และได้รับการใช้มากที่สุดของสามเทคโนโลยีโทรศัพท์ไร้สายดิจิทัล technologies (TDMA, GSM, and CDMA) การทำให้เป็นดิจิทัลและบีบอัดข้อมูลของ GSM จากนั้นส่งไปตามช่องด้วยอีก 2 สายต่อเนื่องของข้อมูลผู้ใช้ในแต่ละสล็อต สิ่งนี้ทำงานได้ที่แถบความถี่ 900 MHz หรือ 1800 MHz

ในการส่งข้อมูล ซึ่งจะใช้ Bandwidth รวมประมาณ 25 MHz จากนั้นขอยช่องสัญญาณในการส่งออกเป็นช่องย่อย ๆ โดยมีความกว้างช่องสัญญาณ (Bandwidth) 200 kHz สำหรับ 1 ช่องสัญญาณ (Channel) ดังนั้นโดยส่วนมากจำนวนช่องสัญญาณของ GSM จะมีได้ประมาณ 124 ช่องสัญญาณ โดยใน 1 ช่องสัญญาณจะรองรับผู้ใช้งานได้ 8 คน

2.9.1 โครงสร้างของระบบ GSM จะประกอบไปด้วย 3 ส่วนใหญ่ ๆ ดังนี้

1. SWITCHING SYSTEM (SS) ประกอบไปด้วย 5 ส่วน ดังนี้
 - MOBILE SERVICE SWITCHING CENTER (MSC) คือชุมสายของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM มีหน้าที่ควบคุมระบบและคิดเงินค่าใช้บริการ
 - HOME LOCATION REGISTER (HLR) เป็น DATABASE ใช้เก็บข้อมูลเกี่ยวกับชื่อ และที่อยู่ของเจ้าของโทรศัพท์เพื่อใช้ในการเก็บเงินค่าบริการ นอกจากนี้ยังเก็บข้อมูลตำแหน่งโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่อยู่ใน MSC ไหน การติดตั้ง HLR อาจจะติดตั้งอยู่ร่วมกับ MSC หรือแยกกันก็ได้
 - VISITOR LOCATION REGISTER (VLR) เป็น DATABASE ที่เก็บข้อมูลโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่เข้ามาอยู่ในชุมสายนี้ ในการติดตั้ง VLR ส่วนใหญ่จะติดตั้งร่วมกับ MSC เสมอ

- AUTHENTICATION CENTER (AUC) ใช้สำหรับเก็บ AUTHENTICATION เพื่อตรวจสอบว่าผู้ใช้โทรศัพท์ได้ลงทะเบียนอย่างถูกต้องหรือไม่ และ ENCRYPTION PARAMETER ซึ่งใช้สำหรับระบบการป้องกันการดักฟัง

- EQUIPMENT IDENTIFICATION REGISTER (EIR) เป็น DATABASE ที่เก็บข้อมูล IDENTITY ของเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ เพื่อป้องกันไม่ให้โทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ไม่ลงทะเบียน หรือได้มาโดยไม่ถูกต้องตามกฎหมาย เข้ามาใช้งานในระบบได้ การติดตั้ง EIR ส่วนใหญ่จะอยู่ร่วมกับ AUC

2. BASE STATION SYSTEM (BSS)

- BASE STATION CONTROLLER (BSC)

- BASE STATION TRANSCIEVER (BTS)

BASE STATION CONTROLLER (BSC) คือชุมสายหนึ่งที่ทำหน้าที่ควบคุมเกี่ยวกับคลื่นวิทยุในระบบ เช่น ควบคุมการ HANDOVER จัดการเกี่ยวกับช่องสัญญาณวิทยุต่าง ๆ และเก็บข้อมูลเกี่ยวกับ CELL นอกจากนี้ยังควบคุมกำลังส่งสัญญาณของสถานีฐานและโทรศัพท์เคลื่อนที่ ในการทำงานนั้น MSC แต่ละ MSC จะควบคุม BSC 1 BSC หรือมากกว่า และในแต่ละ BSC จะควบคุม BTS หลาย ๆ BTS

3. OPERATION & SUPPORT SYSTEM (OSS)

มีหน้าที่ในการควบคุมและรายงานสถานะภาพของอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบ เช่น ตรวจสอบเช็คความผิดปกติอะไรที่เกิดขึ้น และความรุนแรงมากแค่ไหน จากนั้นจะส่ง ALARM ไปยัง OMC (OPERATION AND MAINTENANCE CENTER)

2.9.2 SMS (Short Message Service) หรือเป็นบริการส่งข้อความสั้นๆ ลักษณะการใช้งานจะคล้ายกับการส่งอีเมล แต่จะสามารถส่งข้อความได้ไม่เกิน 160 ตัวอักษรผ่านทางโทรศัพท์มือถือ จุดเด่นของบริการ SMS คือ สามารถส่งไปยังผู้รับโดยไม่ต้องกังวลว่าพื้นที่ของผู้รับจะมีสัญญาณหรือไม่ ในขณะนั้น หากทางปลายทางไม่มีสัญญาณระบบ SMS นี้จะเก็บข้อมูลไว้จนกว่าปลายทางมีสัญญาณทางระบบจึงจะทำการส่งข้อมูลไปในทันที นอกจากนี้แล้ว SMS ยังสามารถส่งข้อความที่ได้รับมาต่อไปยังหมายเลขอื่นๆ ได้อย่างไม่จำกัดอีกด้วย การส่ง SMS (SMS Abbreviation) ที่ส่งได้เพียง 160 ตัวอักษร ต่อการส่ง 1 ครั้ง

2.10 AT-COMMAND

AT-COMMAND คือ ชุดคำสั่งมาตรฐาน ที่สามารถใช้ติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์สื่อสารต่างๆ เช่น โมเด็ม หรือ อุปกรณ์ DTE (Data Terminal Equipment) เพื่อโต้ตอบตั้งค่าหรือสั่งงานอุปกรณ์เหล่านั้น ให้ทำงานตามที่ต้องการ และสำหรับการติดต่อกับโทรศัพท์มือถือ จะใช้ชุดคำสั่งที่เรียกว่า GSM AT COMMAND

ตัวอย่างคำสั่งที่เป็น BASIC AT COMMAND

AT ตรวจสอบความพร้อมของอุปกรณ์ ถ้าสามารถติดต่อกันได้จะตอบกลับมาว่า OK

ATDT phone number; โทรไปยังเลขหมายปลายทาง (phone number)

ATH วางสาย

ATA รับสาย

2.10.1 COMMAND ที่เกี่ยวข้องกับการรับ-ส่ง SMS ชุดคำสั่ง AT COMMAND ที่ใช้กับโทรศัพท์มือถือได้มีอยู่มากมาย ทั้งการอ่านรุ่นโทรศัพท์มือถือ ตรวจสอบระดับแบตเตอรี่ ตรวจสอบระดับสัญญาณ แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเพียงคำสั่งที่เกี่ยวข้องกับการรับ-ส่ง SMS เท่านั้น

1. Message Format (AT+CMGF) เป็นคำสั่งกำหนดรูปแบบของข้อความที่จะให้แสดงออกมา โดย

AT+CMGF = 1 คือ แสดงข้อความในรูปแบบ TEXT

AT+CMGF = 0 คือ แสดงข้อความในรูปแบบ PDU CODE

2. List Message (AT+CMGL) เป็นคำสั่งที่ให้แสดงข้อความในสถานะต่างๆ โดยจะแสดงข้อความทั้งหมด มีลักษณะการใช้คำสั่งดังนี้

AT+CMGL=0 คือ แสดงข้อความที่ได้รับแต่ยังไม่ได้อ่าน (“REC UNREAD”)

AT+CMGL=1 คือ แสดงข้อความที่ได้รับและอ่านแล้ว (“REC READ”)

AT+CMGL=2 คือ แสดงข้อความที่เก็บไว้และยังไม่ได้ส่ง (“STO UNSENT”)

AT+CMGL=3 คือ แสดงข้อความที่เก็บไว้และส่งออกไปแล้ว (“STO SENT”)

AT+CMGL=4 คือ แสดงข้อความทั้งหมด (“ALL”)

หมายเหตุ หากกำหนด Message Format เป็น PDU CODE จะต้องเลือกสถานะโดยใช้ตัวเลข 0 ถึง 4 แต่หากกำหนด Message Format เป็น Text จะต้องเลือกสถานะโดยใช้ตัวอักษรที่วงเล็บด้านหลัง

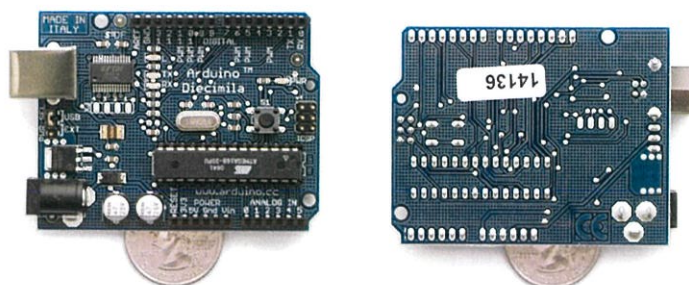
3. Read Message (AT+CMGR) เป็นคำสั่งที่ใช้อ่านข้อความที่เฉพาะเจาะจงได้โดยระบุตำแหน่งที่ข้อความนั้นถูกเก็บไว้

4. Send Message (AT+CMGS= “XX”) เป็นคำสั่งที่ใช้สำหรับส่งข้อความซึ่ง “XX” คือจำนวน Octet ของเลขฐาน 16 ที่ต้องการจะส่งทั้งหมด ยกเว้น Octet แรกที่เป็น “00”

2.11 Arduino

Arduino คือเครื่องมือที่จะทำให้คอมพิวเตอร์สามารถรับสัญญาณจากภายนอกและส่งสัญญาณไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอกได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าใช้เครื่องพีซีตั้งโต๊ะตัวบอร์ด ออกแบบจากไมโครคอมพิวเตอร์ชิปเดี่ยวและมีโปรแกรมพัฒนาสำหรับเขียนโปรแกรมให้บอร์ดทำงาน

Arduino สามารถประยุกต์ทำเครื่องใช้อัจฉริยะ รับสัญญาณจากสวิทช์ หรือ เซนเซอร์, และควบคุม หลอดไฟ, มอเตอร์, หรืออุปกรณ์อื่นๆ โครงการงาน Arduino เป็นได้ทั้งแบบทำงานอิสระ หรือทำงานติดต่อกับโปรแกรมที่ทำงานบนเครื่องพีซี ตัวบอร์ดสามารถประกอบขึ้นใช้เอง หรือจะซื้อสำเร็จได้



รูปที่ 2.17 วงจร Arduino [5]

ในตลาดไมโครคอนโทรลเลอร์มีตัวเลือกมากมาย เช่น Parallax Basic Stamp, Netmedia's BX-24, Pidgets, MIT's Handyboard, และอีกหลายเจ้าที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกัน คือทำโครงงานให้ใช้งานง่าย และเน้นการโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นหลัก Arduino ก็เช่นเดียวกันแต่มีข้อแตกต่างที่เห็นได้ชัดคือ

2.11.1 ข้อดีของ Arduino

1. ราคาไม่แพง

ราคา Arduino บอร์ดไม่แพงเมื่อเทียบกับ บอร์ดอื่น บอร์ด Arduino ที่ราคาถูกสุดสามารถทำใช้เองได้หรือซื้อสำเร็จด้วยเงินไม่เกิน 30 \$

2. ทำงานได้หลายแพลตฟอร์ม

โปรแกรมพัฒนา Arduino ทำงานได้ทั้งบนวินโดวส์, Macintosh OSX, และบนลินุกซ์ ในขณะที่บอร์ดอื่นทำงานได้เฉพาะบนวินโดวส์

3. ใช้งานง่ายและมีโปรแกรมพัฒนาที่ไม่ซับซ้อน

โปรแกรมพัฒนา Arduino ใช้งานง่ายสำหรับมือใหม่และมีความสามารถครอบคลุมต้องการของนักพัฒนามืออาชีพ

4. เปิดเผยแพร่โค้ด และ นำไปพัฒนาต่อยอดได้

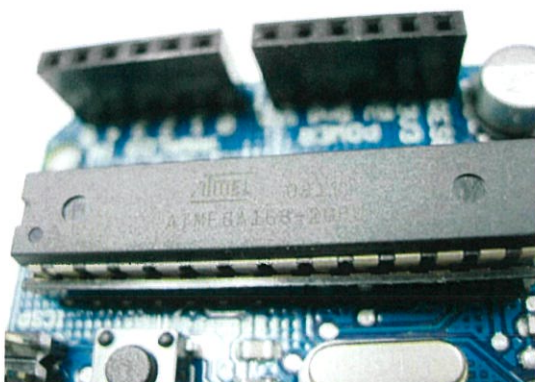
โปรแกรม Arduino ดีพิมพ์แบบเปิดเผยซอร์สโค้ด และสามารถเพิ่มเติมความสามารถผ่าน C++ library, ถ้าคุณต้องการศึกษาให้ลึกซึ้ง คุณสามารถเข้าไปเล่น AVR C ซึ่งเป็นต้นแบบของ Arduino, และคุณสามารถเพิ่มเติม AVR - C โค้ดได้โดยตรงถ้าคุณต้องการ

5. เปิดเผยแพร่ และ นำไปพัฒนาขาย hardware ได้

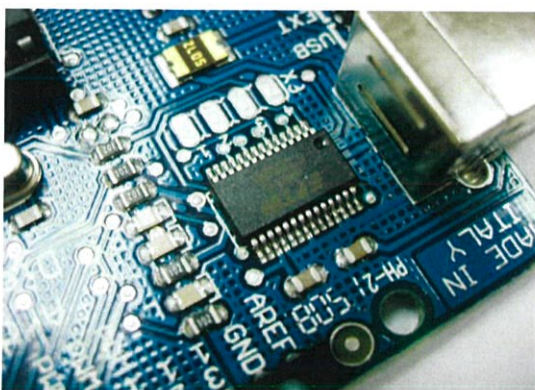
Arduino ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ของ Atmel เบอร์ ATMEGA8 และ ATMEGA168 วงจรของบอร์ดดีพิมพ์แบบเปิดเผยวงจรมายได้ Creative Commons License คุณสามารถนำไปดัดแปลงต่อขยายและเพิ่มประสิทธิภาพ เพื่อศึกษาการทำงานของมันได้ฟรี (อ้างอิงจาก <http://www.logicthai.net/>)

บอร์ด Arduino ใช้พัฒนาการใช้งาน Microcontroller ในตระกูล AVR ที่กำลังได้รับความนิยมอย่างสูงทั่วโลก เพราะว่าเป็น Open Source ท่านสามารถดัดแปลง ไปใช้งานได้ทั้ง

Hardware และ software ได้ทันที ภาษาที่ใช้กับบอร์ดนี้จะเป็นลักษณะของ C/C+ โดยจัดให้มี Libraries ต่างๆให้พร้อมให้เรียกใช้งานได้ทันทีมากมาย ครอบคลุมการติดต่อกับ I/O ต่างๆได้กว้างมาก การใช้งานก็ง่ายเพียงแต่เสียบสาย USB ติดตั้งโปรแกรมที่ให้มาด้วยท่านก็พร้อมที่จะก้าวเข้าสู่โลกของการประยุกต์ใช้ Microcontroller ได้ทันที



รูปที่ 2.18 AVR เบอร์ ATMEGA168 [5]



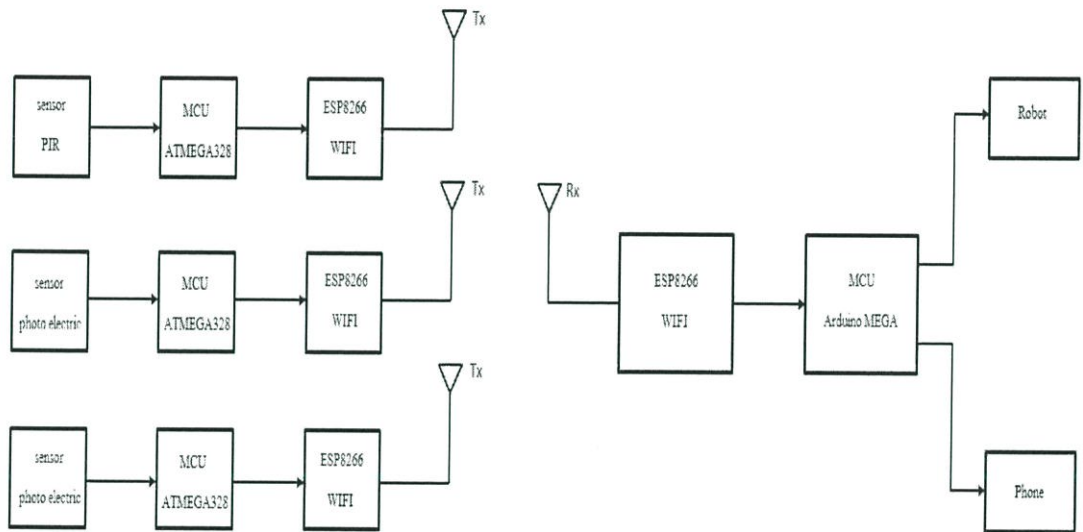
รูปที่ 2.19 ไอซี FT232 [5]

บทที่ 3

การออกแบบและการจัดทำปริญญาบัตร

3.1 การออกแบบ

แนวคิดในการออกแบบหุ่นยนต์ร่วมกับอุปกรณ์ตรวจจับความเคลื่อนไหว จะใช้การตัดผ่านจุดตรวจจับของเซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวแล้วส่งไปยังส่วนควบคุมหลักเพื่อประมวลผลการทำงาน จากนั้นส่งสัญญาณไปยังโมดูลไร้สายเพื่อเชื่อมสถานะของเซนเซอร์ ทำการประมวลผลอีกครั้งเพื่อนำไปควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แล้วทำการบันทึกภาพ

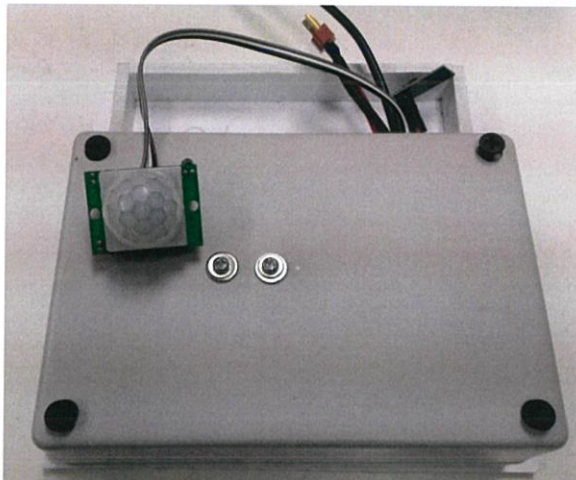


รูปที่ 3.1 แผนภาพบล็อกของหุ่นยนต์ตรวจจับความเคลื่อนไหว

การทำงานของบล็อกไดอะแกรมจะเริ่มจากเมื่อมีวัตถุตัดผ่านเข้ามาในเซนเซอร์จะมีการส่งสัญญาณไปยังส่วนควบคุม (MCU) จากนั้นส่วนควบคุมจะส่งสัญญาณผ่านโมดูลไร้สาย (ESP8266) เพื่อแจ้งให้หุ่นยนต์ทราบว่ามีการเคลื่อนไหวผ่านเซนเซอร์โดยที่หุ่นยนต์จะมีโมดูลไร้สายที่เป็นฝั่งรับที่ถูกควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะควบคุมให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปยังเซนเซอร์นั้นเพื่อจับภาพวัตถุที่ตัดผ่านแล้วส่งข้อความไปยังโทรศัพท์ต่อไป

3.1.1 เซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว (Motion detect Sensor)

1. Passive Infrared Receiver (PIR sensor) ตรวจจับความเคลื่อนไหวด้วยการตรวจวัดความร้อนในพื้นที่ที่ต้องการ เพื่อตรวจจับความเคลื่อนไหวโดยรวมของห้องที่ทำการทดลอง

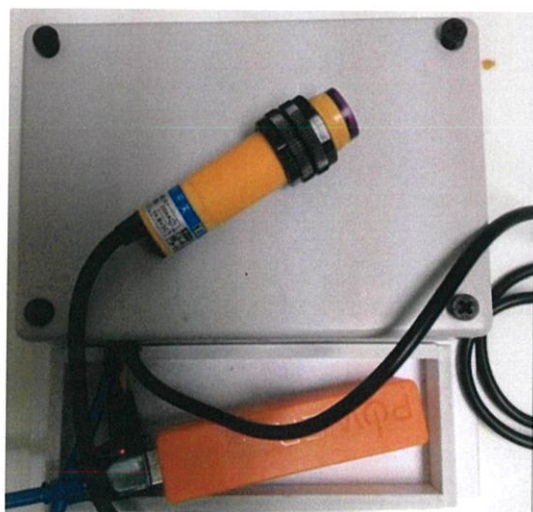


รูปที่ 3.2 Passive Infrared Receiver (PIR sensor)

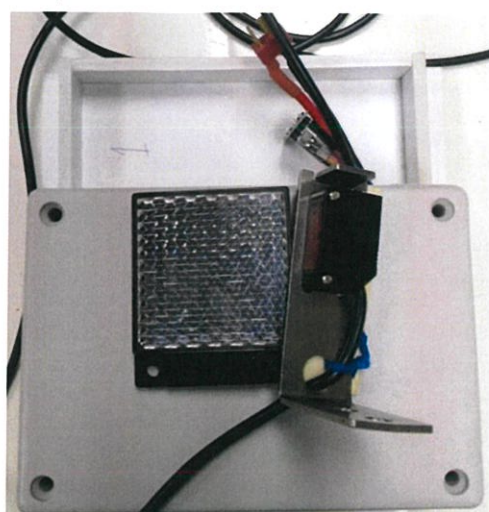
2. Photoelectric Sensor ซึ่งมีด้วยกัน 2 แบบ คือแบบ

- Diffuse Mode เป็น Sensor ที่อาศัยหลักการยิงแสงไปที่วัตถุ แล้วสะท้อนกลับมา เนื่องจากใช้พื้นที่ติดตั้งน้อย เพราะใช้ผิววัตถุที่ตรวจจับเป็นตัวสะท้อนแสงกลับมา

- Retro reflective Mode เป็น Sensor ที่ต้องอาศัยแผ่นสะท้อน หรือที่เรียกว่า Reflect เป็นตัวสะท้อนแสงกลับมา สามารถนำไปใช้งานได้บริเวณที่มีการจำกัดพื้นที่การติดตั้ง นอกจากนี้แผ่นสะท้อน ยังส่งผลทำให้ระยะการตรวจจับวัตถุ สามารถทำได้ไกลขึ้น



ก.



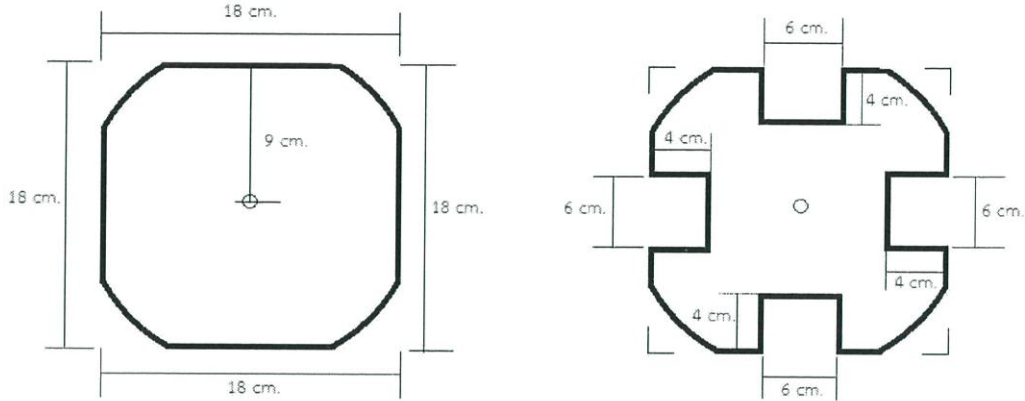
ข.

รูปที่ 3.3 ก. Photoelectric Sensor แบบ Diffuse Mode

ข. Photoelectric Sensor แบบ Retro reflective Mode

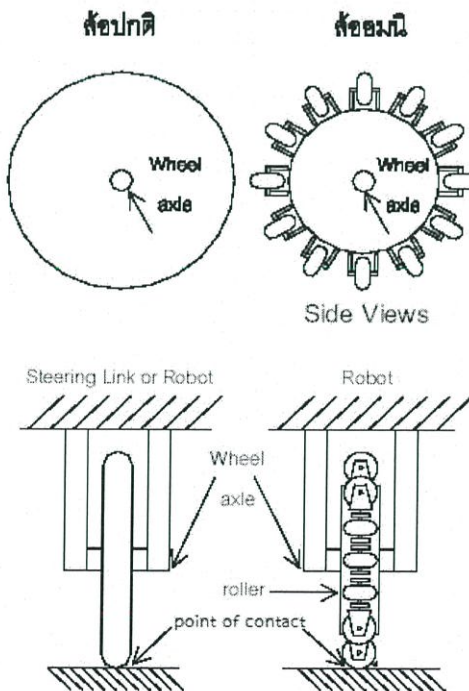
3.1.2 โครงสร้างของหุ่นยนต์

ในส่วนของหุ่นยนต์ได้ทำการออกแบบโครงสร้างก่อนแล้วทำการตัดแผ่นอะคริลิก เพื่อให้หุ่นมีความคงทนเพื่อสามารถรับน้ำหนักจากอุปกรณ์ที่จะติดตั้งต่อไปได้



รูปที่ 3.4 แบบโครงสร้างของหุ่นยนต์

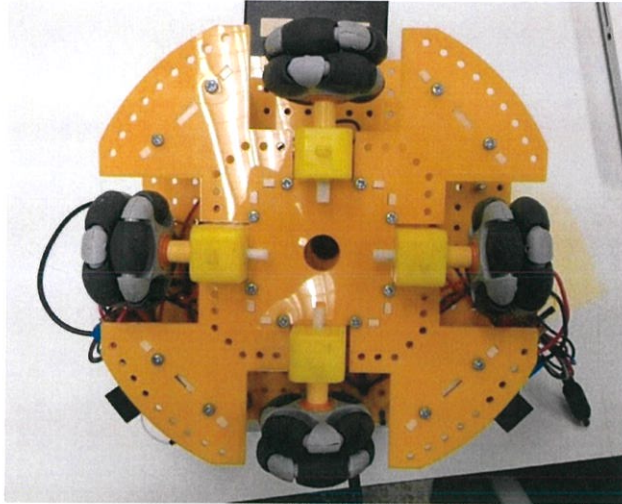
1. ล้ออมนิ (Omni-direction wheel) ในส่วนของล้อที่ใช้ในการทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่จะใช้ล้ออมนิ ซึ่งมีสามองศาอิสระ ประกอบด้วยทิศทางการหมุนตามแนวการวางของล้อ การหมุนของลูกกลิ้งที่ติดอยู่รอบๆ ของล้อ และการหมุนที่จุดสัมผัสระหว่างลูกกลิ้งกับพื้น



รูปที่ 3.5 หลักการหมุนของล้อ [6]



รูปที่ 3.6 ล้ออมนิที่ใช้ในหุ่นยนต์ [6]



รูปที่ 3.7 โครงสร้างหุ่นที่ติดตั้งล้ออมนิแล้ว

2. กล้องไอพี (IP Camera) ปัจจุบันกล้องวงจรปิด CCTV แบบ IP Camera นั้นเป็นที่สนใจจากผู้คนที่ต้องการความปลอดภัยและเผื่อระวังทรัพย์สินของตนเอง ซึ่งข้อดีของกล้องวงจรปิด CCTV ปิดแบบ IP Camera นั้นมี อยู่หลายข้อเลยทีเดียว ยกตัวอย่างจากทบทที่ 2 กล้องไอพี (IP Camera)สามารถติดต่อผ่านระบบเน็ตเวิร์ค โดยใช้แพ็กเก็ตแบบ IP ได้ ทำให้สามารถดูภาพที่แสดงผ่านเว็บไซต์ได้ทุกที่ หรือ มีความสามารถในการติดต่อกับ Internet ผ่านทาง Point to Point Protocol Connection (PPP Connection) ได้ด้วยตัวเอง โดยไม่ต้องใช้ ADSL Router และราคาถูก กับความสามารถของกล้องที่มี memory storage ภายในตัวและสามารถเพิ่มได้



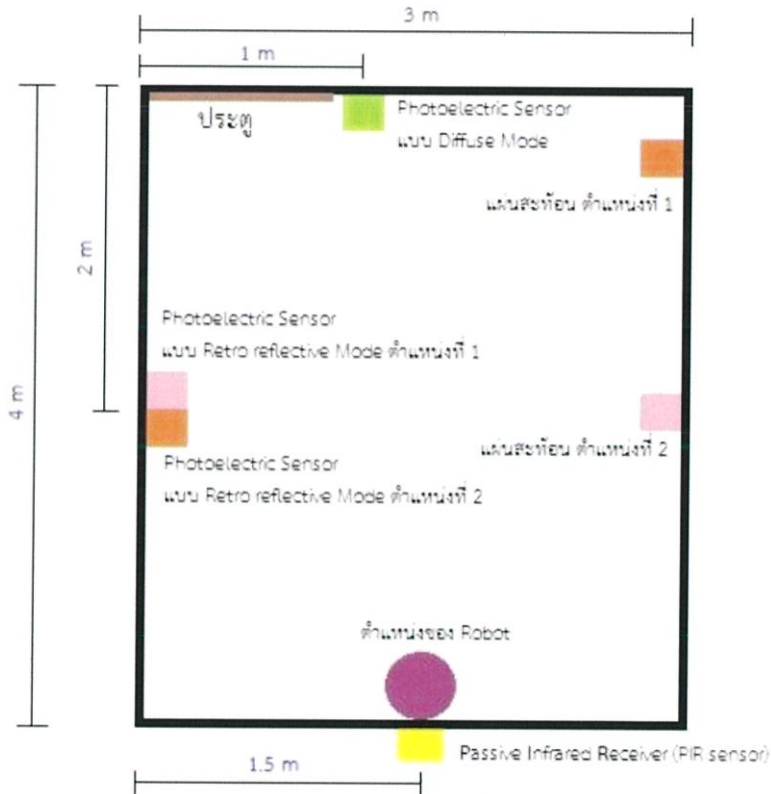
รูปที่ 3.8 โครงสร้างหุ่นที่ติดตั้งกล้องไอพี (IP Camera) แล้ว

3.1.3 ข้อจำกัดของหุ่นยนต์

1. หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ไปและกลับในทิศทางที่กำหนดไว้ได้ แต่อาจเกิดความคลาดเคลื่อน
2. หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่แบบหมุนรอบตัวเองทำมุมได้ไม่น้อยกว่า 90 องศา
3. ผู้ใช้งานหุ่นยนต์ไม่สามารถควบคุมหุ่นยนต์ในขณะที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่แบบอัตโนมัติ

3.1.4 พื้นที่จำลองในการทดลอง

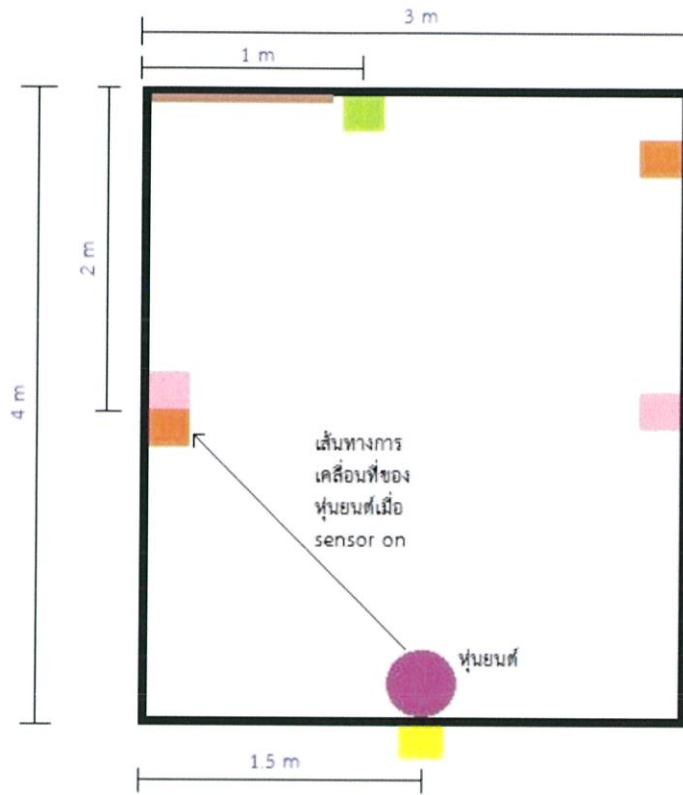
ทำการออกแบบพื้นที่จำลอง เพื่อใช้ในการทดลองอุปกรณ์ และทำการเก็บผลการทดลองโดย จำกัดขนาด 3x4 m. โดยกำหนดให้มี ประตู 1 ประตู



รูปที่ 3.9 การจำลองของพื้นที่

3.1.5 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

ทำการออกแบบ การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แบบ อัตโนมัติ เมื่อเซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวได้ ออกแบบให้ หุ่นยนต์เดินทางออกจาก ตำแหน่งของ Robot จากรูปที่ 3.9 ไปที่ตำแหน่งของ Photoelectric Sensor แบบ Retro reflective Mode ตำแหน่งที่ 2 จากรูปที่ 3.9 และทำการหมุนถ่ายภาพ ในทิศทางเข็มนาฬิกาไปยังตำแหน่งของแผ่นสะท้อนตำแหน่งที่ 2 เพื่อให้เห็นการเคลื่อนไหว ครอบคลุมได้ภายในพื้นที่จำลอง และเคลื่อนที่แบบหมุนอยู่กับที่ ในทิศทางเข็มนาฬิกา และทำการถอยหลังกลับมายังตำแหน่งของหุ่นยนต์เมื่อเริ่มต้น คือตำแหน่งของ Robot จากรูปที่ 3.9 และทำการ แสดงนบาย เพื่อให้ผู้ใช้งานเข้ามาทำการบังคับหุ่นยนต์อย่างอิสระ



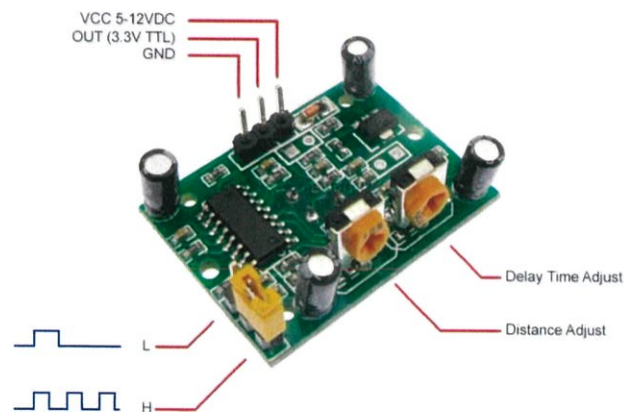
รูปที่ 3.10 การเคลื่อนที่แบบอัตโนมัติของหุ่นยนต์

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

การทดลองจำเป็นต้องใช้พื้นที่ที่จำลองขึ้นมาเพื่อให้การทดลองเป็นไปตามขอบเขตที่กำหนดไว้ และทำการทดลองอุปกรณ์ต่างๆ ตามรูปแบบของการทำงานในภาพรวม

3.2.1 ส่วนของวงจร PIR

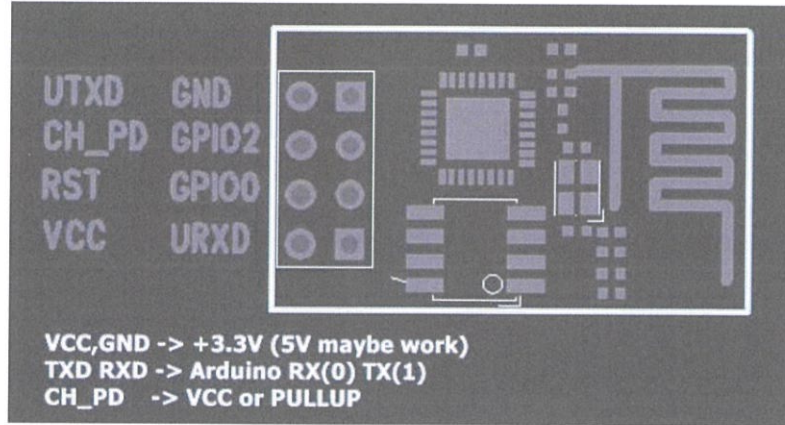
เป็นวงจรตรวจจับความเคลื่อนไหวด้วยการตรวจจับความร้อน สามารถวัดได้ไกลถึง 3-4 เมตร มีขนาดเล็ก ถูกออกแบบมาให้ใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ง่ายโดยใช้ขาเชื่อมต่อเพียง 1 ขา



รูปที่ 3.11 ขาใช้งานของ PIR [4]

3.2.2 ส่วนของโมดูลไร้สาย (ESP8266)

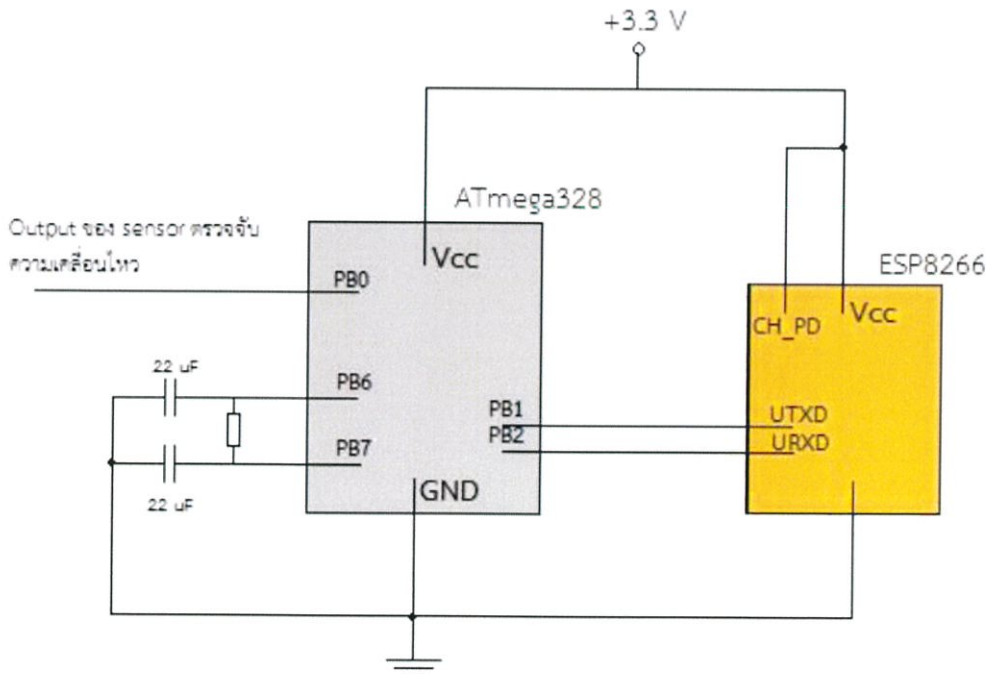
โมดูลไร้สาย ESP8266 เป็นโมดูลที่สามารถเป็นตัวรับและตัวส่งในตัวเดียวกัน ใช้สำหรับส่งสัญญาณที่ได้จากเซนเซอร์และรับสัญญาณจากเซนเซอร์เพื่อนำมาประมวลผล



รูปที่ 3.12 พอร์ตของ ESP8266 [2]

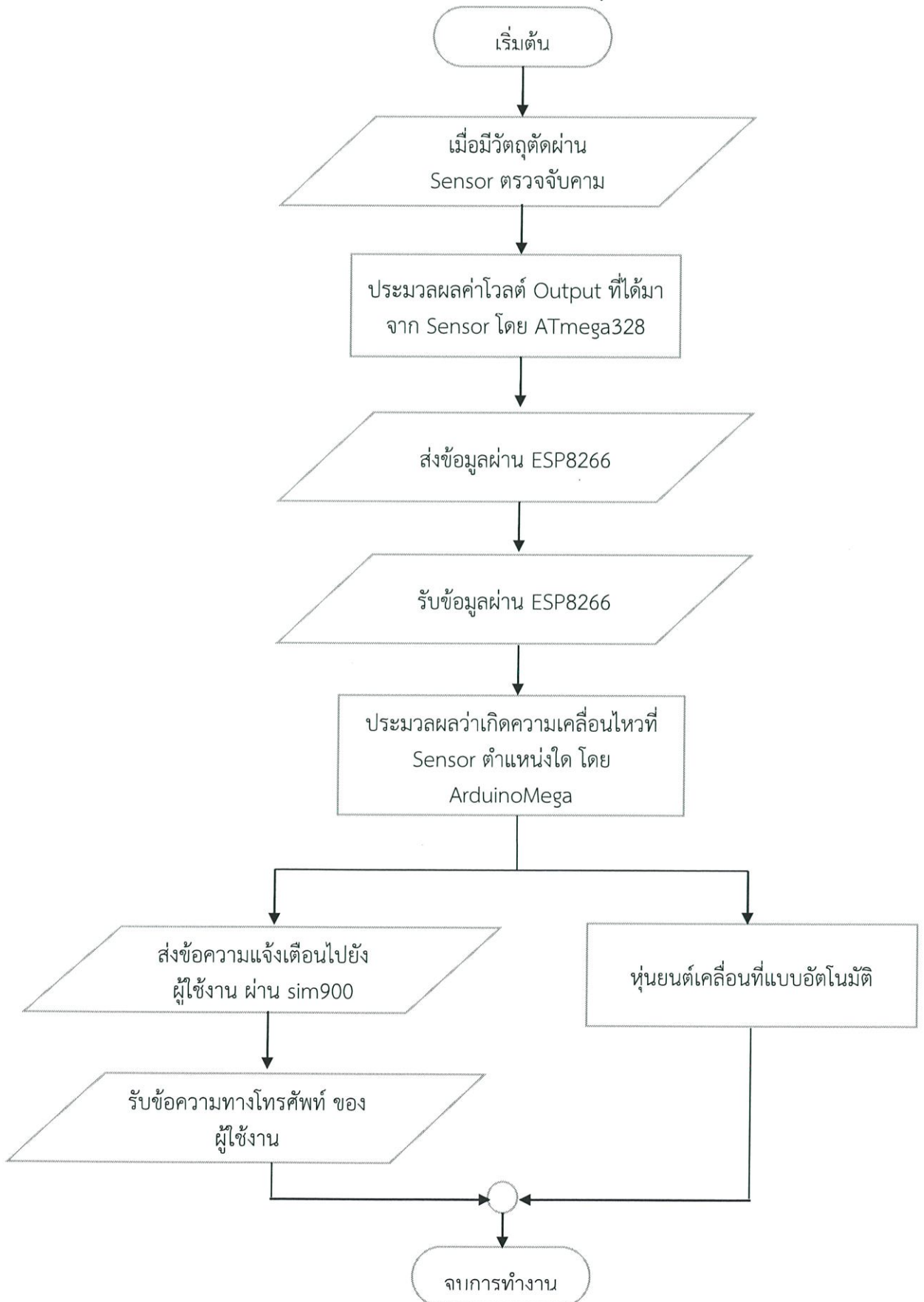
3.2.3 ส่วนของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

ส่วนของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ฝั่งส่งทางผู้จัดทำได้ใช้ IC ATMEGA328 มาเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุม เอาต์พุตจากขาเอาต์พุตจาก PIR และ Photoelectric Sensor จะเข้าที่ port PC0 ของ ATmega328 การต่อโมดูลไร้สายกับ ATmega328 คือ Port PB1 ต่อกับขา UTXD, port PB2 ต่อกับขา URXD ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 วงจรตรวจจับความเคลื่อนไหวและส่งข้อมูลผ่าน ESP8266

3.2.4 Flow Chart การทำงานของโปรแกรมที่ใช้ควบคุมการทำงาน



3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง

3.3.1 ส่วนของวงจร PIR Sensor

1. วัดค่าเอาต์พุตของวงจรเมื่อมีสิ่งมีชีวิตเข้าสู่ระยะตรวจจับ
2. วัดค่าเอาต์พุตของวงจรเมื่อไม่มีสิ่งมีชีวิตเข้าสู่ระยะตรวจจับ

3.3.2 ส่วนของ Photoelectric Sensor

1. วัดค่าเอาต์พุตของวงจรเมื่อมีสิ่งมีชีวิตเข้าสู่ระยะตรวจจับ
2. วัดค่าเอาต์พุตของวงจรเมื่อไม่มีสิ่งมีชีวิตเข้าสู่ระยะตรวจจับ

3.3.3 ส่วนของวงจรโมดูลไร้สาย

1. วัดค่าสเปกตรัมในขณะส่งสัญญาณ ESP8266
2. การใช้งาน SIM900

3.3.4 ส่วนของการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

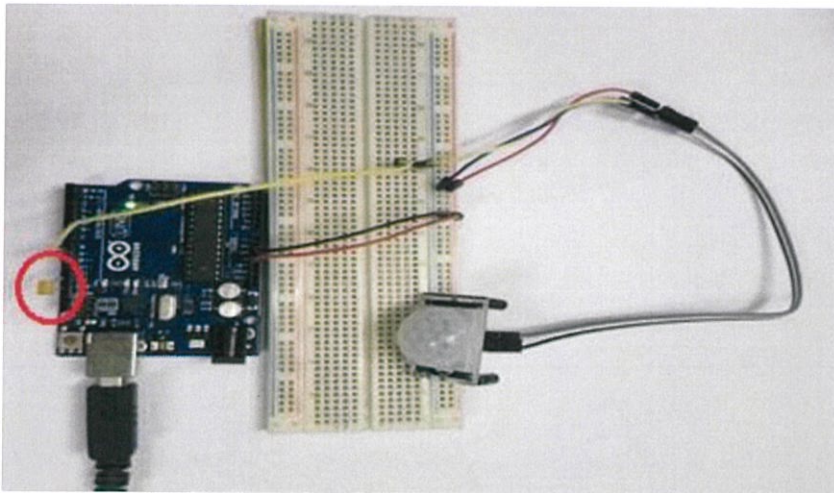
1. ความเที่ยงตรงของการเคลื่อนที่
2. ตรวจสอบการเคลื่อนที่ว่าได้มากกว่า 90 องศา

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ในบทนี้ จะกล่าวถึงการทดลองและผลการทดลอง โดยทำการทดสอบจากวงจรเซนเซอร์เลเซอร์ โดยทำการวัดแรงดันขณะที่ PIR Sensor และ Photoelectric Sensor PIR Sensor ในขณะที่มีสิ่งมีชีวิตผ่านและไม่มีสิ่งมีชีวิตผ่าน ซึ่งทั้งสองวงจรจะมีการควบคุมผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์โดยจะแสดงผลผ่านหลอด LED

4.1 การทดสอบส่วนของวงจร PIR Sensor

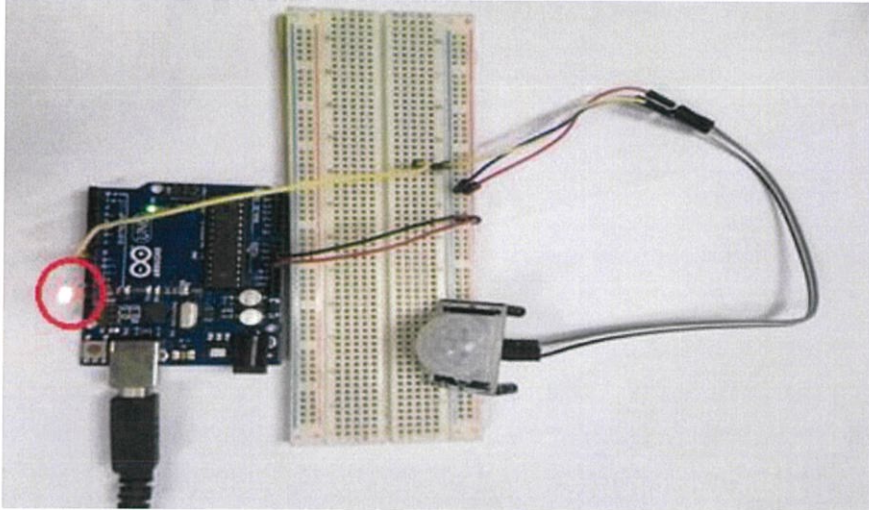


รูปที่ 4.1 วงจร PIR Sensor ขณะที่ไม่มีสิ่งมีชีวิตผ่าน
จากรูปที่ 4.1 เป็นการแสดงวงจร PIR Sensor ที่ต่อกับส่วนควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ ขณะที่ไม่มีสิ่งมีชีวิตตัดผ่าน จะเห็นว่าหลอด LED ไม่ติด



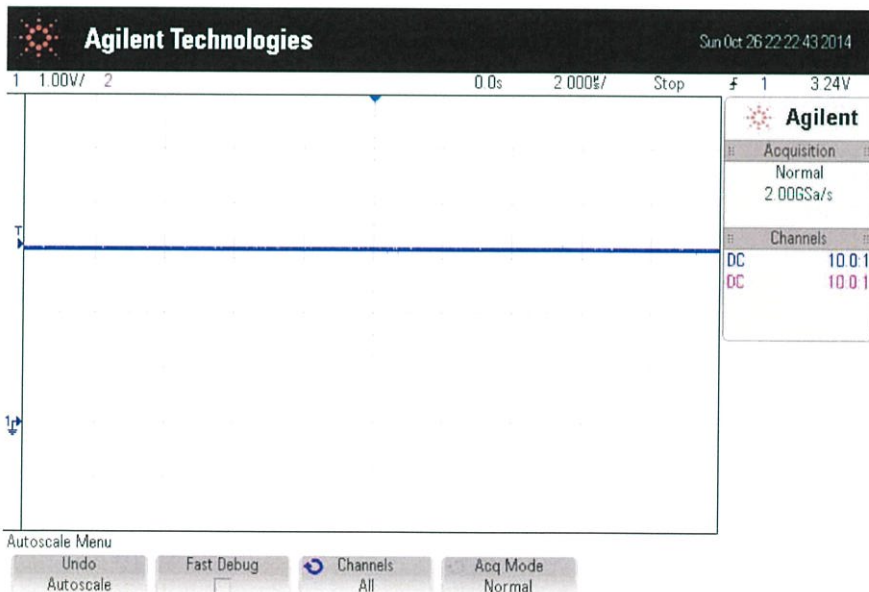
รูปที่ 4.2 ค่าแรงดันขณะที่ไม่มีสิ่งมีชีวิตผ่านของวงจรจากรูปที่ 4.1

จากรูปที่ 4.2 แสดงค่าแรงดันที่วัดได้จากวงจรในรูปที่ 4.1 ซึ่งเป็นวงจร PIR Sensor ในขณะที่ไม่มีสิ่งมีชีวิตผ่านวัดค่าแรงดันได้ -19.0 mV



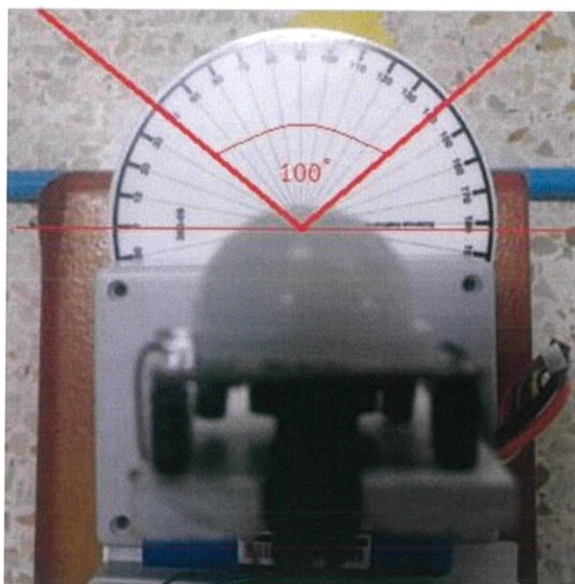
รูปที่ 4.3 วงจร PIR Sensor ขณะที่มีสิ่งมีชีวิตผ่าน

จากรูปที่ 4.3 เป็นการแสดงวงจร PIR Sensor ที่ต่อกับส่วนควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ ขณะที่มีสิ่งมีชีวิตตัดผ่าน จะเห็นว่าหลอด LED ติด



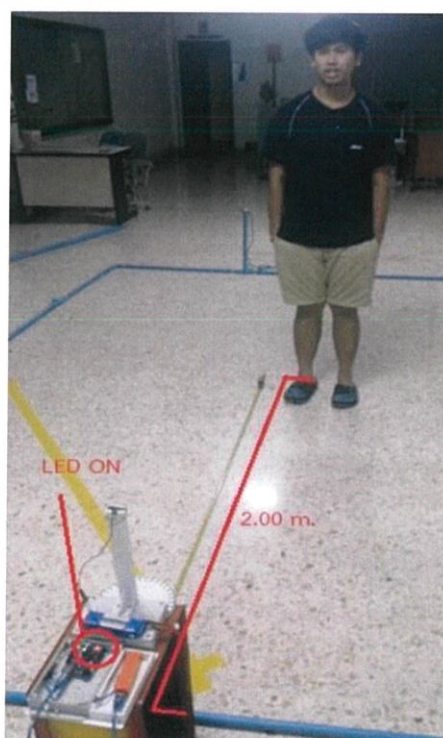
รูปที่ 4.4 ค่าแรงดันขณะที่มีสิ่งมีชีวิตผ่านของวงจรจากรูปที่ 4.3

จากรูปที่ 4.4 แสดงค่าแรงดันที่วัดได้จากวงจรในรูปที่ 4.3 ซึ่งเป็นวงจร PIR Sensor ในขณะที่มีสิ่งมีชีวิตผ่านวัดค่าแรงดันได้ 3.24 V

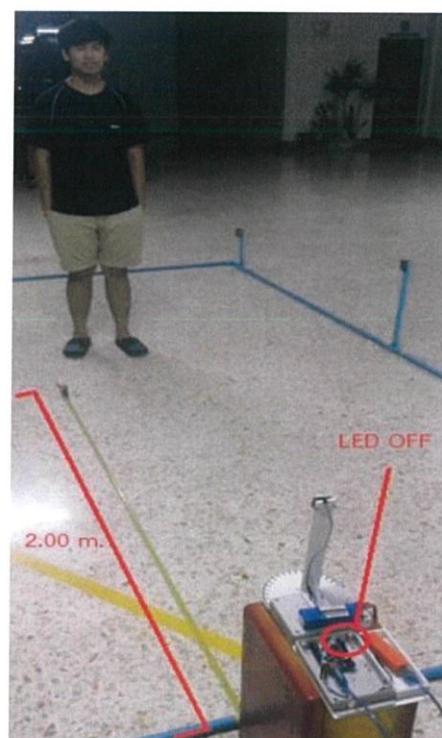


รูปที่ 4.5 มุมในการตรวจจับของ PIR Sensor

จากรูปที่ 4.5 แสดงมุมในการตรวจจับสิ่งมีชีวิตของ PIR Sensor โดยนำไม้บรรทัดมุม 360 องศา มาทำการเปรียบเทียบ จากจุดศูนย์กลางของ PIR Sensor เพื่อทราบรัศมีในการตรวจจับ ที่ 100 องศา



ก.

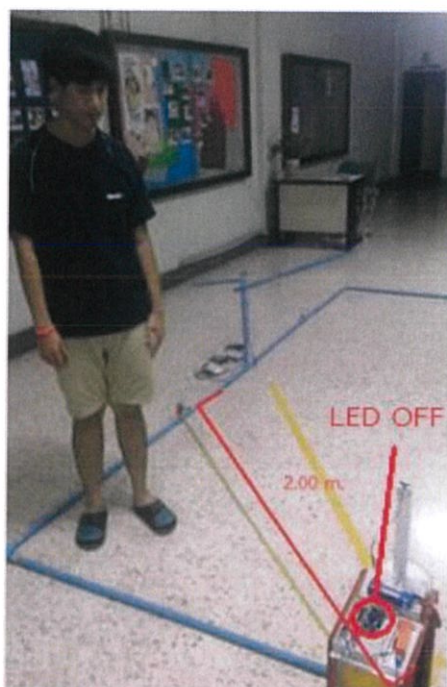


ข.

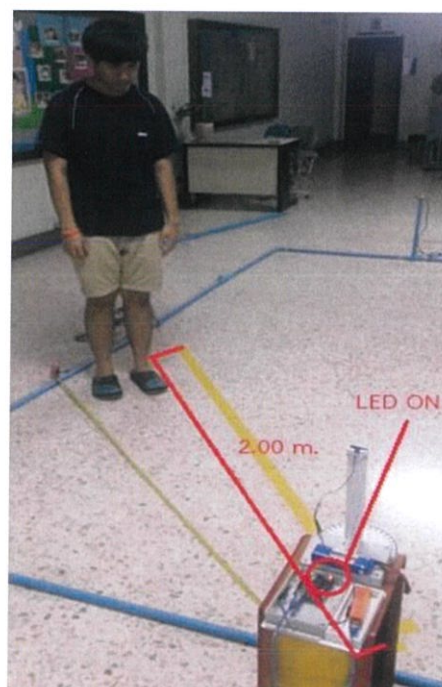
รูปที่ 4.6 รัศมีในการตรวจจับของ PIR Sensor ด้านหน้า

ก. ระยะที่ PIR Sensor สามารถตรวจจับสิ่งมีชีวิตได้ โดยสังเกตจาก LED ON (ภายใน 2 m.)

ข. ระยะที่ PIR Sensor ไม่สามารถตรวจจับสิ่งมีชีวิตได้โดยสังเกตจาก LED OFF (ภายนอก 2 m.)



ก.

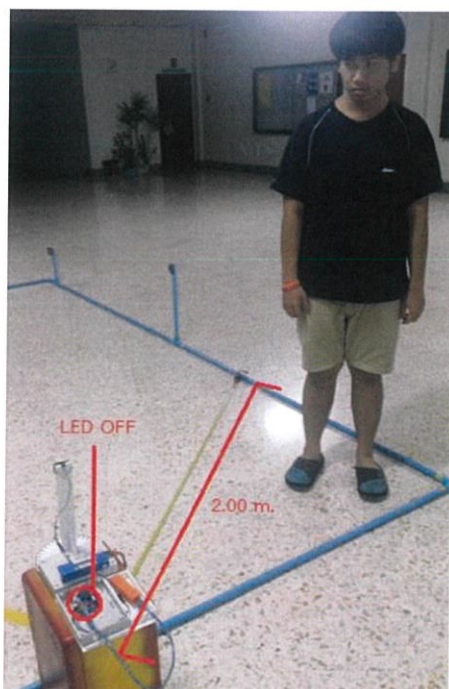


ข.

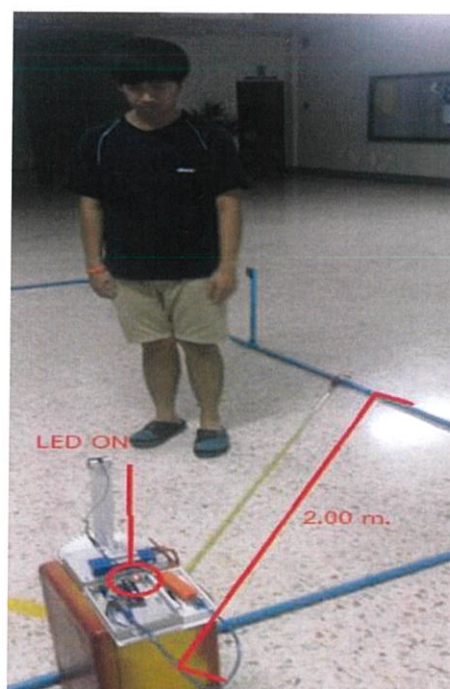
รูปที่ 4.7 รัศมีในการตรวจจับของ PIR Sensor ด้านซ้าย

ก. ระยะที่ PIR Sensor สามารถตรวจจับสิ่งมีชีวิตได้ โดยสังเกตจาก LED ON (ภายใน 2 m.)

ข. ระยะที่ PIR Sensor ไม่สามารถตรวจจับสิ่งมีชีวิตได้โดยสังเกตจาก LED OFF (ภายนอก 2 m.)



ก.



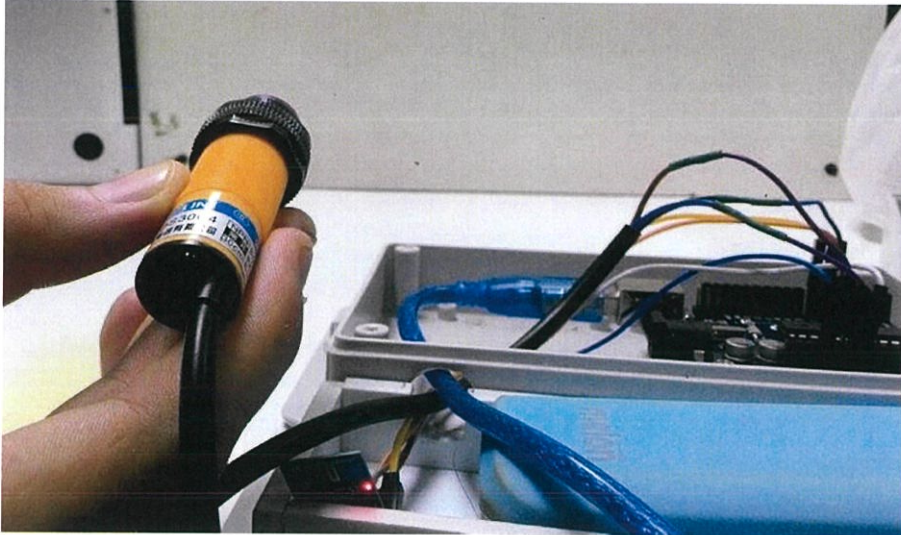
ข.

รูปที่ 4.8 รัศมีในการตรวจจับของ PIR Sensor ด้านขวา

ก. ระยะที่ PIR Sensor สามารถตรวจจับสิ่งมีชีวิตได้ โดยสังเกตจาก LED ON (ภายใน 2 m.)

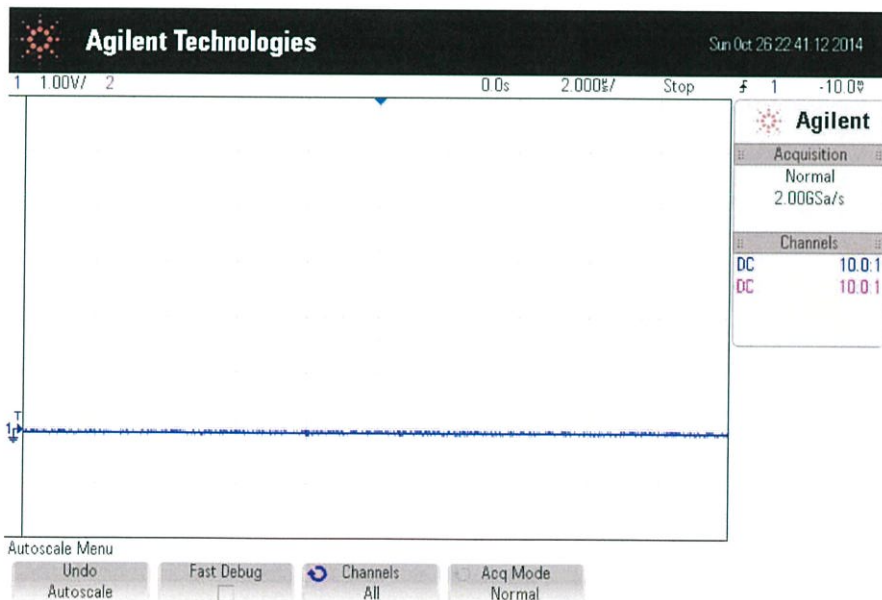
ข. ระยะที่ PIR Sensor ไม่สามารถตรวจจับสิ่งมีชีวิตได้โดยสังเกตจาก LED OFF (ภายนอก 2 m.)

4.2 การทดสอบวงจร Photoelectric Sensor



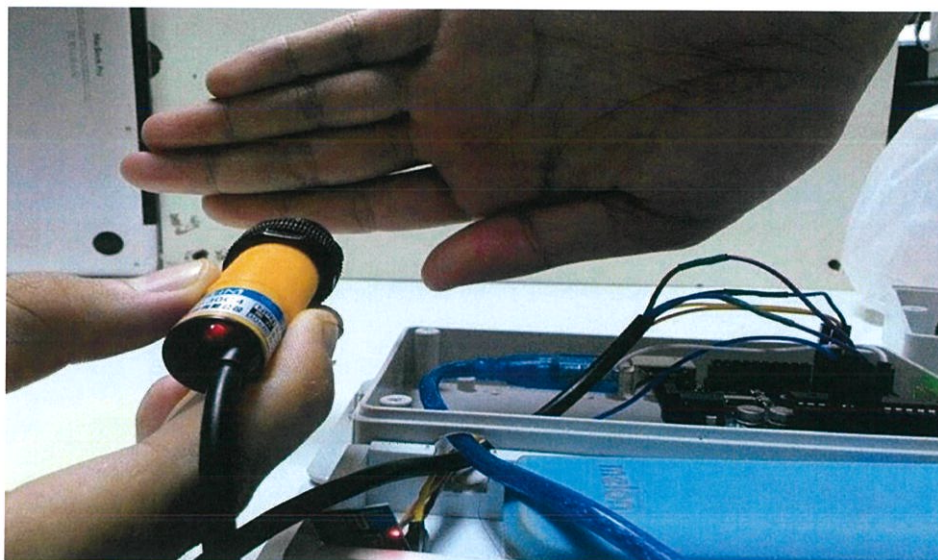
รูปที่ 4.9 วงจร Photoelectric Sensor ขณะที่ไม่มียิ่งมีชีวิตผ่าน

จากรูปที่ 4.9 เป็นการแสดงวงจร Photoelectric Sensor ที่ต่อกับส่วนควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ ขณะที่ไม่มียิ่งมีชีวิตตัดผ่านระหว่างวงจร Photoelectric Sensor จะเห็นว่าหลอด LED ไม่ติด



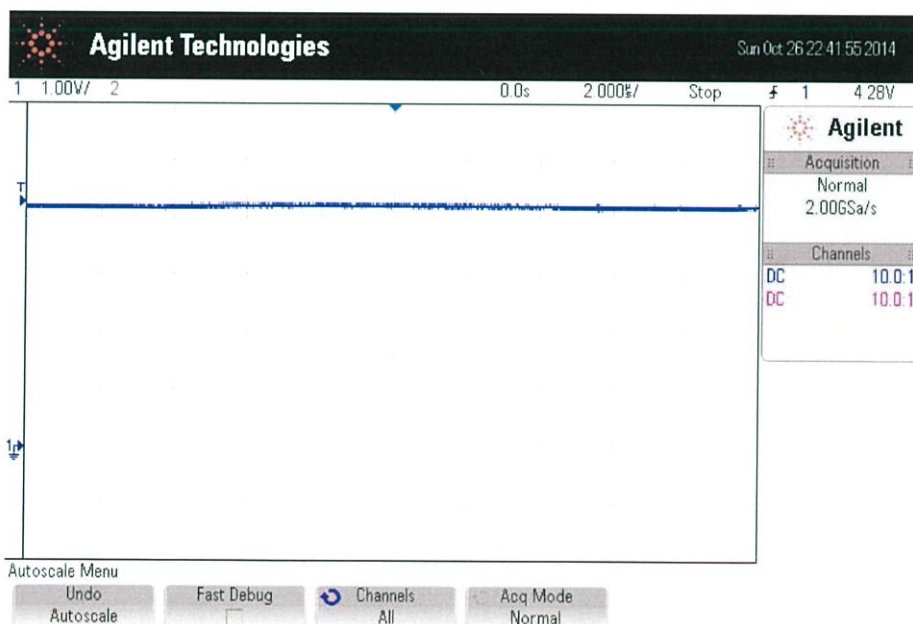
รูปที่ 4.10 ค่าแรงดันขณะที่ไม่มียิ่งมีชีวิตผ่านของวงจรจากรูปที่ 4.9

จากรูปที่ 4.10 แสดงค่าแรงดันที่วัดได้จากวงจรในรูปที่ 4.9 ซึ่งเป็นวงจร Photoelectric Sensor ในขณะที่ไม่มียิ่งมีชีวิตผ่านวัดค่าแรงดันได้ -10.0 mV



รูปที่ 4.11 วงจร Photoelectric Sensor ขณะที่มีสิ่งมีชีวิตผ่าน

จากรูปที่ 4.11 เป็นการแสดงวงจร Photoelectric Sensor ที่ต่อกับส่วนควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ ขณะที่มีสิ่งมีชีวิตตัดผ่านระหว่างวงจร Photoelectric Sensor จะเห็นว่าหลอด LED ติด

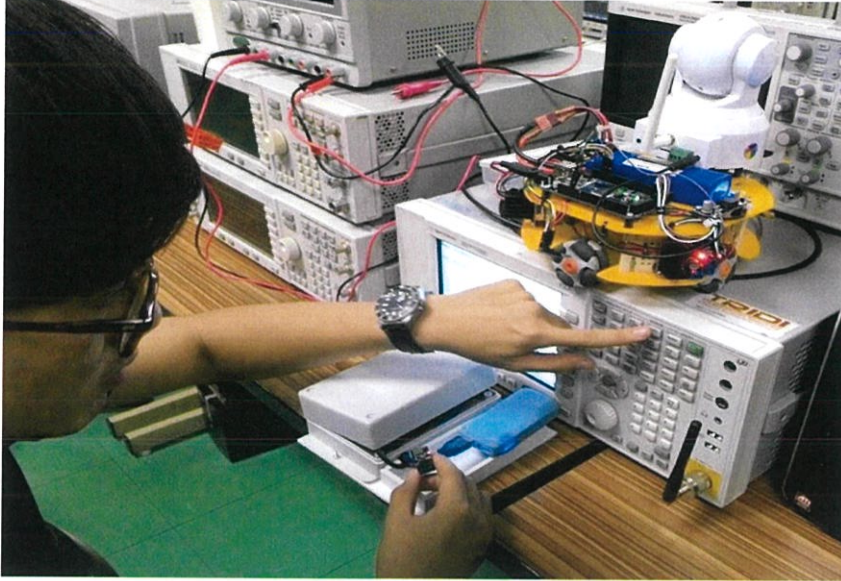


รูปที่ 4.12 ค่าแรงดันขณะที่มีสิ่งมีชีวิตผ่านของวงจรจากรูปที่ 4.11

จากรูปที่ 4.12 แสดงค่าแรงดันที่วัดได้จากวงจรในรูปที่ 4.11 ซึ่งเป็นวงจร Photoelectric Sensor ในขณะที่มีสิ่งมีชีวิตผ่านวัดค่าแรงดันได้ 4.28 V

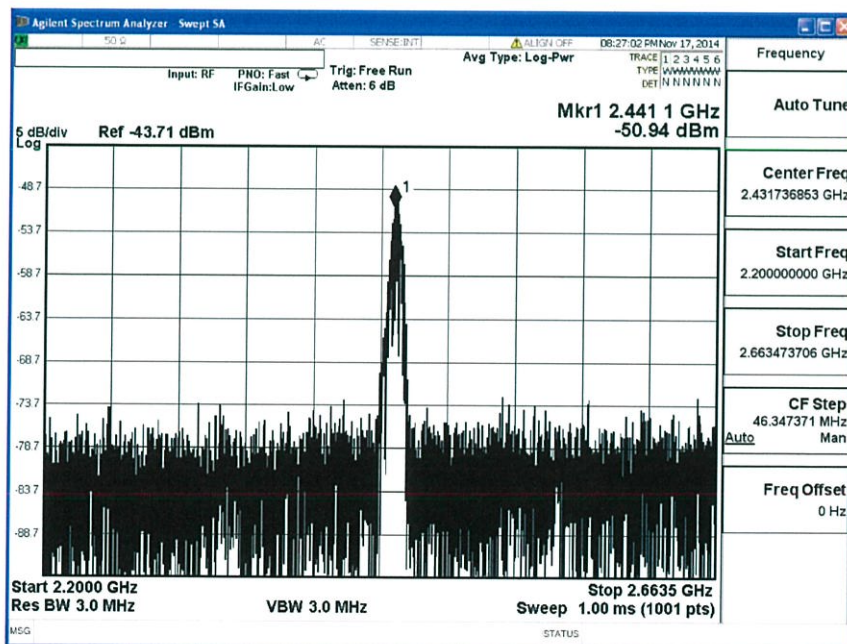
4.3 การทดสอบส่วนของวงจรโมดูลไร้สาย

4.3.1 ESP8266



รูปที่ 4.13 วิธีการวัดสเปกตรัมของ ESP8266 ที่ 2.4GHz

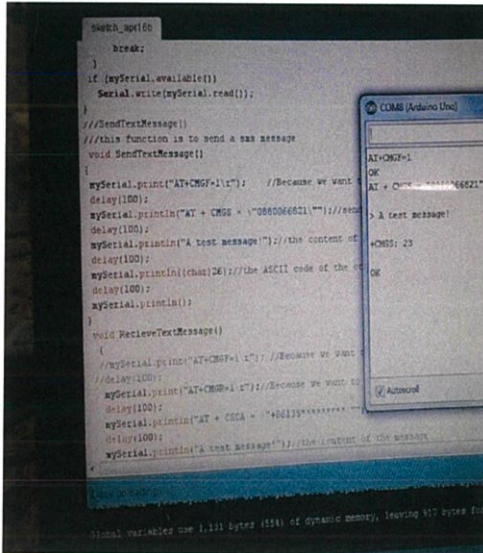
จากรูปเป็นการวัดสเปกตรัมโดยใช้เครื่องวัดสเปกตรัมของ ESP8266 ในขณะที่มีการส่งสัญญาณ จากส่วนของเซนเซอร์ไปยังตัวหุ่นยนต์



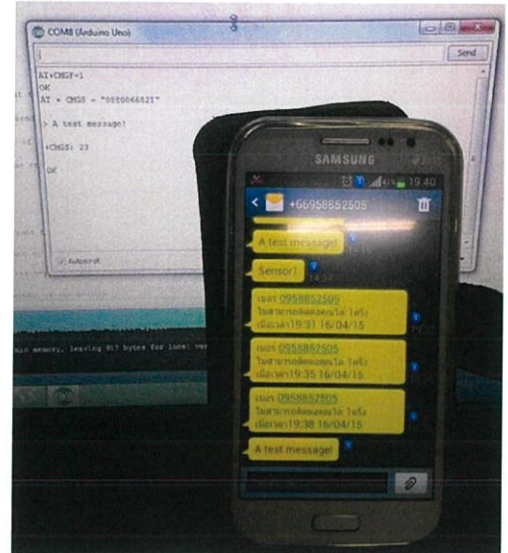
รูปที่ 4.14 สเปกตรัมที่วัดได้จากโมดูลไร้สาย ESP8266

จากรูปที่ 4.14 วัดค่าสเปกตรัมได้ 2.441 GHz

4.3.2 SIM900



ก.



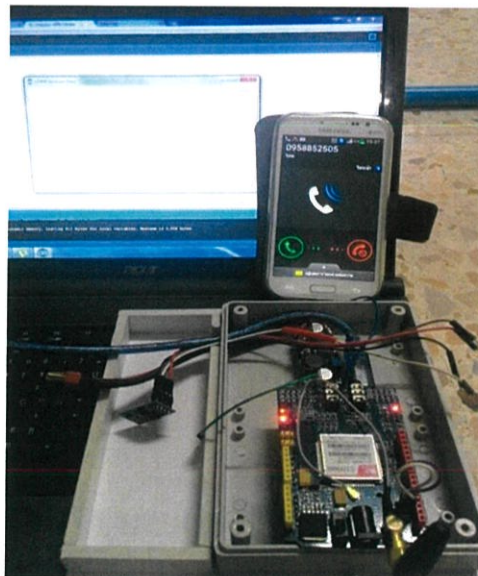
ข.

รูปที่ 4.15 การใช้งาน AT-COMMAND

ก. โปรแกรมที่ใช้ทดลองส่งข้อความบน Arduino

ข. AT-COMMAND และโทรศัพท์ที่ได้รับข้อความ

จากรูปที่ 4.15 แสดงการใช้งาน SIM900 โดยทำการใช้หมายเลขโทรศัพท์ GSM900 0895885205 ทำการส่งข้อความให้กับหมายเลข 0880066821 ว่า “A test message!”



รูปที่ 4.16 การต่อ SIM900

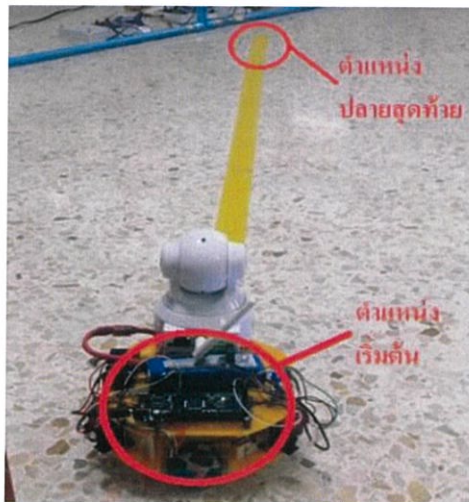
ทดลองต่อกับ AT-COMMAND บน Arduino เพื่อทำการ โทรศัพท์เรียก จาก 0895885205 ไปยังหมายเลข 0880066821

4.4 การทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

เนื่องจากการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์มีข้อจำกัดจากโครงสร้างที่เป็นล้อแบบไขว้ ตามรูปที่ 3.7 จึงต้องทำการทดสอบความเที่ยงตรงของการเคลื่อนที่ทั้งในการเดินทาง ถอยหลัง และการเคลื่อนที่แบบหมุนรอบตัวหุ่นยนต์เอง

4.4.1 ความเที่ยงตรงของการเคลื่อนที่

การทดลองทำการวางหุ่นยนต์ไว้ที่ตำแหน่งเริ่มต้น เพื่อทำการเดินทางไปยังตำแหน่งปลายสุดท้าย และทำการทดสอบความเที่ยงตรงของการเคลื่อน โดยทำการทดลอง 15 ครั้ง โดยยกตัวอย่างรูปเพียง 4 รูป



รูปที่ 4.17 การวางหุ่นยนต์ที่ตำแหน่งเริ่มต้น



ก.



ข.



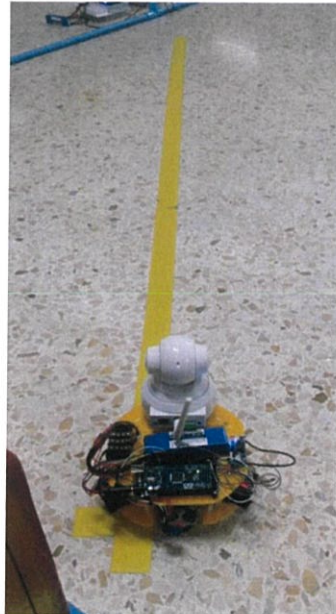
ค.



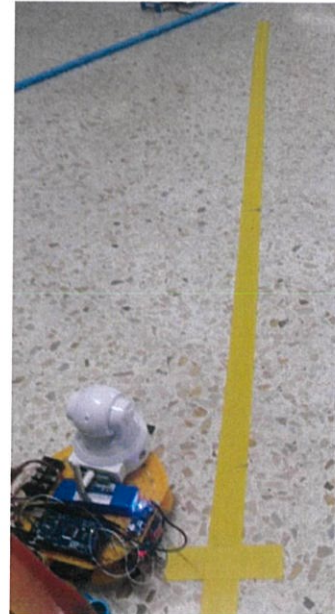
ง.

รูปที่ 4.18 การเคลื่อนที่ไปข้างหน้าเพื่อทดสอบความเที่ยงตรง โดยยกตัวอย่าง 4 ครั้ง

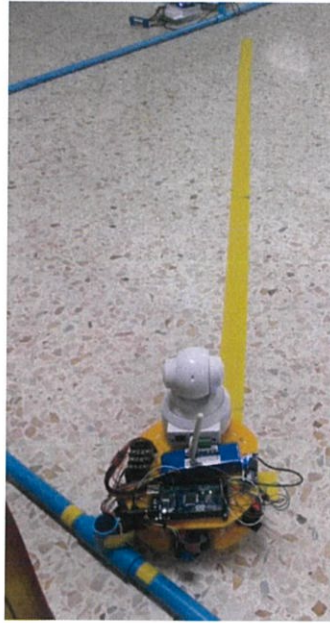
ตัวอย่างการทดลองทั้ง 4 ครั้ง ทำการทดลองโปรแกรมให้หุ่นเดินเป็นเส้นตรงไปข้างหน้าระยะ 3 m. โดยหุ่นยนต์มีความสามารถเคลื่อนที่ได้ 0.28 m/s



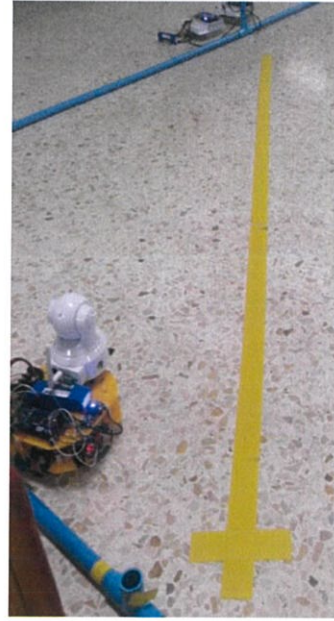
ก.



ข.



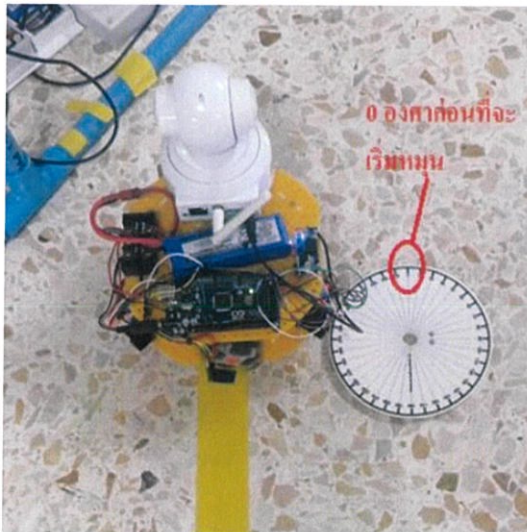
ค.



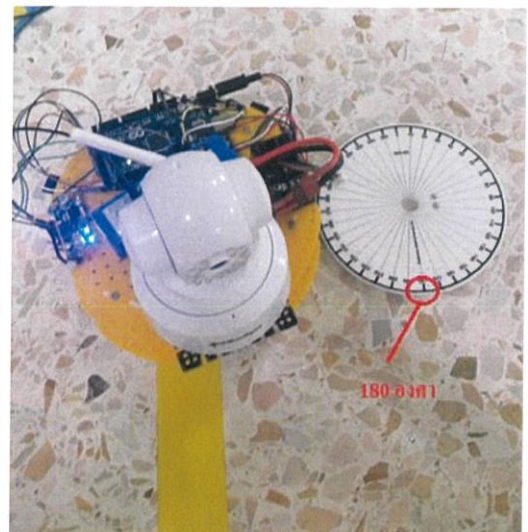
ง.

รูปที่ 4.19 การเคลื่อนที่ถอยหลังเพื่อทดสอบความเที่ยงตรง โดยยกตัวอย่าง 4 ครั้ง

ตัวอย่างการทดลองทั้ง 4 ครั้ง ทำการทดลองโปรแกรมให้หุ่นเดินเป็นเส้นตรงถอยหลังระยะ 3 m. โดยหุ่นยนต์มีความสามารถเคลื่อนที่ได้ 0.28 m/s



ก.



ข.

รูปที่ 4.20 การหมุน 180 องศา

ก. หุ่นยนต์ก่อนเริ่มทำการหมุนตัวกำหนดให้เป็น 0 องศา

ข. หุ่นยนต์หลังการหมุนไป 180 องศา

จากรูปที่ 4.20 แสดงภาพการหมุนของหุ่นยนต์ 180 องศาจากจุดเริ่มต้นที่ ในรูป 4.20 ก. และจากรูป 4.20 ข. เป็นภาพที่หุ่นยนต์หมุนไปที่จุด 180 องศา โดยหุ่นยนต์ทำการหมุน 180 องศา เป็นเวลา 1.7 s

โดยทำการสรุปความคลาดเคลื่อนของการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าและถอยหลังเป็นระยะ 3 m. (ระยะทาง 3 m. คือระยะทางที่ใช้ในการทดสอบ) เป็นตารางได้ดังนี้

ตารางที่ 4.1 เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

ครั้งที่	เคลื่อนที่ไป ข้างหน้า (องศา)	เปอร์เซ็นต์ ความคลาดเคลื่อน	เคลื่อนที่ถอยหลัง (องศา)	เปอร์เซ็นต์ ความคลาดเคลื่อน
1	+1	0.278%	+5	1.389%
2	+3	0.833%	+2	0.056%
3	-2	0.056%	+3	0.833%
4	0	0	+10	2.778%
5	-5	1.389%	+4	1.111%
6	-5	1.389%	0	0
7	-3	0.833%	+3	0.833%
8	-10	2.778%	-2	0.056%
9	0	0	-5	1.389%
10	-5	1.389%	+3	0.833%
เฉลี่ย	3.4	0.895%	3.7	0.928%

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

ในบทนี้ ภาพรวมจะกล่าวถึงการทดสอบโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมการทำงานของโครงการภาพรวมตั้งแต่การควบคุมโปรแกรม Sensor เพื่อให้ได้ข้อมูลที่นำมาใช้เพื่อทราบค่าและส่งมาเป็นตัวกำหนดให้โปรแกรมในส่วนของหุ่นยนต์ถัดมา และทำการส่งข้อความ SMS แจ้งเตือนโดยการเขียนคำสั่งผ่าน AT-COMMAND ในการโปรแกรมเพื่อให้การทดสอบเป็นไปตาม Flow Chart แผนผังการทำงาน และผลการทดลอง

ด้านการทดสอบจากวงจรเซนเซอร์เลเซอร์ โดยทำการวัดแรงดันขณะที่ PIR Sensor และ Photoelectric Sensor PIR Sensor ในขณะที่มีสิ่งมีชีวิตผ่านและไม่มีสิ่งมีชีวิตผ่าน ซึ่งทั้งสองวงจรจะมีการควบคุมผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์โดยจะแสดงผลผ่านหลอด LED เพื่อตรวจสอบสถานการณ์ทำงานและได้รับค่าที่เป็นเอาท์พุทเพื่อนำมาใช้เป็นข้อกำหนดในการทำงานในส่วนของหุ่นยนต์

การทำงานในส่วนของหุ่นยนต์เพื่อให้หุ่นยนต์ต้องการที่จะต้องมียินพุทที่ได้รับมาจากผลการทำงานของระบบ Sensor เพื่อนำมาแสดงผลเป็นการตอบโต้อัตโนมัติตามโปรแกรมที่ได้ทำการโปรแกรมไว้ เพื่อตรวจจับความเคลื่อนไหวตามตำแหน่งของ Sensor ในตำแหน่งต่างๆภายในพื้นที่ที่กำหนดขึ้นและทำการส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายไร้สายและระบบ GSM (GSM900) ส่งเป็นข้อความแจ้งเตือนผู้ใช้งานเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าตรวจสอบสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในพื้นที่ที่ได้จำลองขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรเลือกใช้งานแหล่งจ่ายไฟที่มีประสิทธิภาพเพื่อให้ได้ระยะการทำงานที่มากขึ้น
2. การทำงานของหุ่นยนต์ที่จำลองขึ้นยังมีความคลาดเคลื่อนในการเคลื่อนที่ ซึ่งได้ทำการแก้ไขโดยการระบุเส้นทางของหุ่นยนต์ขึ้นมาโดยใช้วิธีการที่ให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามเส้น
3. อุปกรณ์จะต้องทำการปรับปรุงเพื่อให้เหมาะสมกับการติดตั้ง โดยปรับปรุงรูปแบบของเซนเซอร์ให้สามารถติดตั้งได้ง่ายตามพื้นที่ที่ต้องการติดตั้ง

บรรณานุกรม

- [1] ARDUINO. “Motor Drive Module (L298N)”.
<http://www.arduino.in.th/product/216/motor-drive-module-l298n-2>
- [2] ArduinoAll. “สอน วิธี ใช้งาน ESP8266 Module โมดูลสื่อสารไร้สาย”.
<http://www.arduinoall.com/article/>
- [3] 123microcontroller. “การติดต่อสื่อสารด้วย SPI: Serial Peripheral Interface”.
<http://www.123microcontroller.com/Hardware-Interfacing/SPI-Serial-Peripheral-Interface-communication>
- [4] Thaisensormodule. “โมดูลเซ็นเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว”.
<http://thaisensormodule.com/index.php/light/pirsens1>
- [5] NRTC. “ทฤษฎีไมโครคอนโทรลเลอร์”.
http://dric.nrct.go.th/direct_fulltext.php?bid=250180&file=บทที่%20%20ทฤษฎี.pdf
- [6] นักประดิษฐ์. “การขับเคลื่อนแบบเวกเตอร์”.
<http://www.nawattakam.com/talk/index.php?topic=368.0>
- [7] Switching. “สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายเบื้องต้น”.
http://www.cpe.ku.ac.th/~yuen/204471/power/switching_regulator/control.html
- [8] DC-to-DC Step down LM2596 Module (3A). “อุปกรณ์ที่แปลงระดับแรงดันไฟฟ้าตรง”.
<http://www.arduitronics.com/product/570/dc-to-dc-step-down-lm2596-module-3a>
- [9] IP Camera. “กล้องไอพี (IP Camera) คือ อะไร”.
<http://www.vecthai.com/main/?p=4777>
- [10] Bbsutatip. “เทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สาย”.
<https://bbsutatip.wordpress.com/เทคโนโลยีการสื่อสารแบบ/>
- [11] Wireless Media. “สื่อกลางประเภทไร้สาย (Wireless Media)”.
<https://sites.google.com/site/41238pb/sux-klang-prapheth/sux-klang-prapheth-ri-say-wireless-media>
- [12] Tup. “องค์ประกอบของระบบสื่อสารข้อมูล”.
<http://www.tup.ac.th/tup/learning/ใบความรู้ที่%207%20องค์ประกอบของระบบสื่อสารข้อมูล.pdf>
- [13] Thai-zoom. “คู่มือการติดตั้งกล้องไอพี (IP Camera)”.
http://www.thai-zoom.com/cms.php?id_cms=8

ภาคผนวก ก
โปรแกรมที่ใช้

โปรแกรมทั้งหมดของ Client ที่ใช้กับ Sensor

```
#include<TEE_ESP_WIFI.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#define pinEN 9
#define ESP_Rx 10
#define ESP_Tx 11
int a =0;
int _sw =8;

String ssid="DNOP";
String pass="pond5555";
String serverip="192.168.43.168";
String port="8000";

long previousMillis = 0;
long interval = 1000;

ESP wifi(ESP_Rx,ESP_Tx,pinEN);

void print_debug(String data)
{
  Serial.print(data);
}

void setup()
{
  pinMode(13,OUTPUT);
  digitalWrite(13,1);
  Serial.begin(9600);

  wifi.begin(9600);

  Serial.println("ESP8226");
  wifi.Event_debug = print_debug;
  wifi.reset();
  wifi.setmode(STATION);
```

```
wifi.disconnectAP();
wifi.connectAP(ssid,pass);
wifi.multipleconnect(SINGLE);
String ip = wifi.myip();
wifi.startclient("TCP",serverip,port);
digitalWrite(13,0);
}

void loop()
{
  int sw = digitalRead(_sw);

  if(sw == 0){
    //Serial.println(sw);
    wifi.print("3");    // กำหนดตัวเซนเซอร์
    delay(1);
  }
  // Serial.println(a);

}
```

โปรแกรมทั้งหมดของ Client ที่ใช้กับ SIM900

```
#include<TEE_ESP_WIFI.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#define pinEN 9
#define ESP_Rx 10
#define ESP_Tx 11

SoftwareSerial mySerial (7,8);

String ssid="DNOP";
String pass="pond5555";
String serverip="192.168.43.168";
String port="8000";

long previousMillis = 0;
long interval = 1000;

ESP wifi(ESP_Rx,ESP_Tx,pinEN);

void print_debug(String data)
{
  Serial.print(data);
}

void setup()
{
  pinMode(13,OUTPUT);
  digitalWrite(13,1);
  Serial.begin(19200);
  wifi.begin(9600);
  Serial.println("ESP8226");
  wifi.Event_debug = print_debug;
  wifi.reset();
  wifi.setmode(STATION);
  wifi.disconnectAP();
  wifi.connectAP(ssid,pass);
```

```

wifi.multipleconnect(SINGLE);
String ip = wifi.myip();
wifi.startclient("TCP",serverip,port);
digitalWrite(13,0);
}

void loop()
{
String data = wifi.readStringdata();
if(data.length())
{
if(data=="1")
{
mySerial.begin(19200);
delay(3000);
mySerial.print("AT+CMGF=1\r");
Serial.print("AT+CMGF=1\r"); //Because we want to send the
SMS in text mode
delay(100);
mySerial.println("AT + CMGS = \"0883487252\"); //send sms message, be careful need
to add a country code before the cellphone number
Serial.println("AT + CMGS = \"0883487252\");
delay(100);
mySerial.println("sensor1");
Serial.println("sensor1");//the content of the message
delay(100);
mySerial.println((char)26);//the ASCII code of the ctrl+z is 26
delay(100);
mySerial.println();
wifi.begin(9600);
delay(100);
Serial.print(data);
}
if(data=="2")
{

```

```

    mySerial.begin(19200);
    delay(1000);
    mySerial.print("AT+CMGF=1\r"); //Because we want to send the SMS in text mode
    delay(100);
    mySerial.println("AT + CMGS = \"0883487252\"); //send sms message, be careful need
to add a country code before the cellphone number
    delay(100);
    mySerial.println("Sensor2");//the content of the message
    delay(100);
    mySerial.println((char)26);//the ASCII code of the ctrl+z is 26
    delay(100);
    mySerial.println();
    wifi.begin(9600);
    delay(100);
    Serial.print(data);
}
if(data=="3")
{
    mySerial.begin(19200);
    delay(1000);
    mySerial.print("AT+CMGF=1\r"); //Because we want to send the SMS in text mode
    delay(100);
    mySerial.println("AT + CMGS = \"0883487252\"); //send sms message, be careful need
to add a country code before the cellphone number
    delay(100);
    mySerial.println("Sensor3");//the content of the message
    delay(100);
    mySerial.println((char)26);//the ASCII code of the ctrl+z is 26
    delay(100);
    mySerial.println();
    wifi.begin(9600);
    delay(100);
    Serial.print(data);
}
if(data=="4")

```

```
{
  mySerial.begin(19200);
  delay(3000);
  mySerial.print("AT+CMGF=1\r"); //Because we want to send the SMS in text mode
  delay(100);
  mySerial.println("AT + CMGS = \"0883487252\"); //send sms message, be careful need
to add a country code before the cellphone number
  delay(100);
  mySerial.println("sensor4"); //the content of the message
  delay(100);
  mySerial.println((char)26); //the ASCII code of the ctrl+z is 26
  delay(100);
  mySerial.println();
  wifi.begin(9600);
  delay(100);
  Serial.print(data);
}
data="";
}
}
```

โปรแกรมทั้งหมดของ Server ที่ใช้กับ Robot

```
#include<TEE_ESP_WIFI.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#define pinEN 9
#define ESP_Rx 10
#define ESP_Tx 11

String ssid="DNOP";
String pass="pond5555";
String port="8000";
int spl=0;
int spr=0;

ESP wifi(ESP_Rx,ESP_Tx,pinEN);

void print_debug(String data)
{
  Serial.print(data);
}

void setup()
{
  pinMode(30,OUTPUT);
  pinMode(31,OUTPUT);
  pinMode(32,OUTPUT);
  pinMode(33,OUTPUT);

  pinMode(34,OUTPUT);
  pinMode(35,OUTPUT);
  pinMode(36,OUTPUT);
  pinMode(37,OUTPUT);
  pinMode(13,OUTPUT);
  digitalWrite(13,1);
  Serial.begin(19200);
  wifi.begin(9600);
  Serial.println("EPS8226");
```

```
wifi.Event_debug = print_debug;
wifi.reset();
wifi.setmode(STATION);
wifi.disconnectAP();
wifi.connectAP(ssid,pass);
wifi.multipleconnect(MULTIPLE);
wifi.startserver(port);
String ip = wifi.myip();
digitalWrite(13,0);
}
String data="";
void connectwifi(){
    digitalWrite(13,1);
    wifi.Event_debug = print_debug;
    wifi.reset();
    wifi.setmode(STATION);
    wifi.disconnectAP();
    wifi.connectAP(ssid,pass);
    wifi.multipleconnect(MULTIPLE);
    wifi.startserver(port);
    String ip = wifi.myip();
    // digitalWrite(13,0);
}

void forward (int spr,int spl){
    digitalWrite(30,1);
    digitalWrite(31,1);

    digitalWrite(32,0);
    digitalWrite(33,1);

    digitalWrite(34,1);
    digitalWrite(35,0);

    digitalWrite(36,1);
```

```
digitalWrite(37,1);

analogWrite(8,spr);
analogWrite(9,spl);
}

void backward (){
digitalWrite(30,0);
digitalWrite(31,0);
digitalWrite(32,1);
digitalWrite(33,0);

digitalWrite(34,0);
digitalWrite(35,1);
digitalWrite(36,0);
digitalWrite(37,0);
analogWrite(8,250);
analogWrite(9,250);
}

void right (){
digitalWrite(30,1);
digitalWrite(31,0);
digitalWrite(32,1);
digitalWrite(33,1);

digitalWrite(34,1);
digitalWrite(35,1);
digitalWrite(36,0);
digitalWrite(37,1);
analogWrite(8,250);
analogWrite(9,250);
}

void left (){
digitalWrite(30,0);
digitalWrite(31,1);
digitalWrite(32,1);
```

```
digitalWrite(33,1);

digitalWrite(34,1);
digitalWrite(35,1);
digitalWrite(36,1);
digitalWrite(37,0);
analogWrite(8,250);
analogWrite(9,250);
}
```

```
void stop_(){
    digitalWrite(30,1);
    digitalWrite(31,1);
    digitalWrite(32,1);
    digitalWrite(33,1);
```

```
digitalWrite(34,1);
digitalWrite(35,1);
digitalWrite(36,1);
digitalWrite(37,1);
analogWrite(8,0);
analogWrite(9,0);
}
```

```
void rr_(){
    digitalWrite(30,0);
    digitalWrite(31,1);
    digitalWrite(32,0);
    digitalWrite(33,1);
```

```
digitalWrite(34,0);
digitalWrite(35,1);
digitalWrite(36,0);
digitalWrite(37,1);
analogWrite(8,110);
analogWrite(9,110);
```

```

}
void ll_(){
  digitalWrite(30,1);
  digitalWrite(31,0);
  digitalWrite(32,1);
  digitalWrite(33,0);

  digitalWrite(34,1);
  digitalWrite(35,0);
  digitalWrite(36,1);
  digitalWrite(37,0);
  analogWrite(8,110);
  analogWrite(9,110);
}
void track (){
while(true){
  int sensorR= analogRead(A6);
  int sensorL = analogRead(A7);
  sensorR = sensorR/4;
  sensorL = sensorL/4;
  if(sensorR < 40){
    spr=50;
  }else{
    spr=200;
  }
  if(sensorL < 40){
    spl=50;
  }else{
    spl=200;
  }
  if(sensorR < 40 && sensorL < 40)
    break;
  forward(spr,spl);
  data = "";
  String data = wifi.readStringdata();

```

```
if(data.length())
{
  if(data=="M")
  {
    manual();
    //break;
  }
}
```

```
stop_();
delay(1000);
}
```

```
void uturn(){
  rr_();
  delay(1800);
  stop_();
}
```

```
void manual (){
while(true){
  String data = wifi.readStringdata();
if(data.length())
{
  if(data=="A")
  {
    forward(250,250);
  }
  if(data=="B")
  {
    backward();
  }
  if(data=="C")
  {
    left();
  }
}
```

```
if(data=="D")
{
    right();
}
if(data=="5")
{
    stop_();
}
if(data=="F")
{
    break;
}
if(data=="1")
{
    wifi.print(0,data);
    Serial.print(data);
}
if(data=="2")
{
    wifi.print(0,data);
    Serial.print(data);
}
if(data=="3")
{
    wifi.print(0,data);
    Serial.print(data);
}
if(data=="4")
{
    wifi.print(0,data);
    Serial.print(data);
}
}
}
}
```

```
void loop(){

String data = wifi.readStringdata();
if(data.length())
{
if(data=="1")
{
wifi.print(0,data);
track();
uturn();
track();
uturn();
Serial.print(data);
}
if(data=="2")
{
wifi.print(0,data);
track();
uturn();
track();
uturn();
Serial.print(data);
}
if(data=="3")
{
wifi.print(0,data);
track();
uturn();
track();
uturn();
Serial.print(data);
}
if(data=="4")
{
wifi.print(0,data);
```

```
track();  
uturn();  
track();  
  uturn();  
Serial.print(data);  
}
```

```
}
```

```
}
```

ภาคผนวก ข
คู่มือการใช้งาน

LM2596 SIMPLE SWITCHER® Power Converter 150 kHz 3A Step-Down Voltage Regulator

Check for Samples: LM2596

FEATURES

- 3.3V, 5V, 12V, and Adjustable Output Versions
- Adjustable Version Output Voltage Range, 1.2V to 37V $\pm 4\%$ Max Over Line and Load Conditions
- Available in TO-220 and TO-263 Packages
- Ensured 3A Output Load Current
- Input Voltage Range Up to 40V
- Requires Only 4 External Components
- Excellent Line and Load Regulation Specifications
- 150 kHz Fixed Frequency Internal Oscillator
- TTL Shutdown Capability
- Low Power Standby Mode, I_Q Typically 80 μA
- High Efficiency
- Uses Readily Available Standard Inductors
- Thermal Shutdown and Current Limit Protection

APPLICATIONS

- Simple High-Efficiency Step-Down (Buck) Regulator
- On-Card Switching Regulators
- Positive to Negative Converter

DESCRIPTION

The LM2596 series of regulators are monolithic integrated circuits that provide all the active functions for a step-down (buck) switching regulator, capable of driving a 3A load with excellent line and load regulation. These devices are available in fixed output voltages of 3.3V, 5V, 12V, and an adjustable output version.

Requiring a minimum number of external components, these regulators are simple to use and include internal frequency compensation, and a fixed-frequency oscillator.

The LM2596 series operates at a switching frequency of 150 kHz thus allowing smaller sized filter components than what would be needed with lower frequency switching regulators. Available in a standard 5-lead TO-220 package with several different lead bend options, and a 5-lead TO-263 surface mount package.

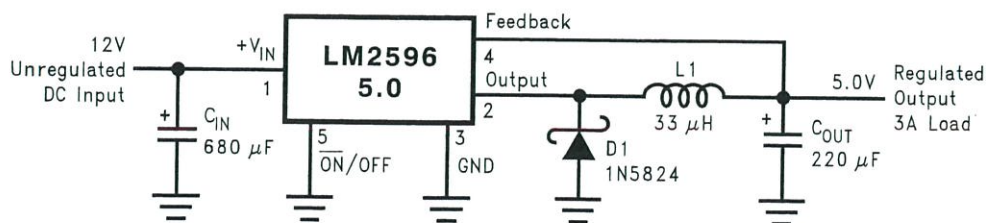
A standard series of inductors are available from several different manufacturers optimized for use with the LM2596 series. This feature greatly simplifies the design of switch-mode power supplies.

Other features include an ensured $\pm 4\%$ tolerance on output voltage under specified input voltage and output load conditions, and $\pm 15\%$ on the oscillator frequency. External shutdown is included, featuring typically 80 μA standby current. Self protection features include a two stage frequency reducing current limit for the output switch and an over temperature shutdown for complete protection under fault conditions. (1)

(1) † Patent Number 5,382,918.

Typical Application

(Fixed Output Voltage Versions)



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

SIMPLE SWITCHER is a registered trademark of Texas Instruments. All other trademarks are the property of their respective owners.

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of the Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

Connection Diagrams

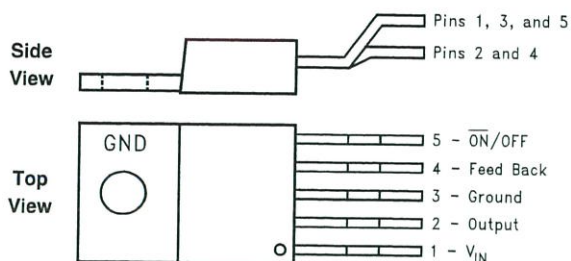


Figure 1. 5-Lead Bent and Staggered Leads, Through Hole TO-220 (T) Package
See Package Number NDH0005D

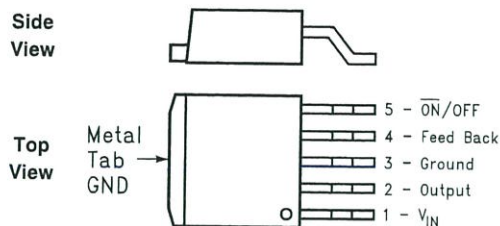



Figure 2. 5-Lead DDPAK/TO-263 (S) Package
See Package Number KTT0005B

 These devices have limited built-in ESD protection. The leads should be shorted together or the device placed in conductive foam during storage or handling to prevent electrostatic damage to the MOS gates.

Absolute Maximum Ratings ⁽¹⁾⁽²⁾

Maximum Supply Voltage	45V
ON/OFF Pin Input Voltage	$-0.3 \leq V \leq +25V$
Feedback Pin Voltage	$-0.3 \leq V \leq +25V$
Output Voltage to Ground (Steady State)	-1V
Power Dissipation	Internally limited
Storage Temperature Range	-65°C to $+150^{\circ}\text{C}$
ESD Susceptibility	
Human Body Model ⁽³⁾	2 kV
Lead Temperature	
DDPAK/TO-263 Package	
Vapor Phase (60 sec.)	$+215^{\circ}\text{C}$
Infrared (10 sec.)	$+245^{\circ}\text{C}$
TO-220 Package (Soldering, 10 sec.)	$+260^{\circ}\text{C}$
Maximum Junction Temperature	$+150^{\circ}\text{C}$

- (1) Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. Operating Ratings indicate conditions for which the device is intended to be functional, but do not ensure specific performance limits. For ensured specifications and test conditions, see the Electrical Characteristics.
- (2) If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the Texas Instruments Sales Office/ Distributors for availability and specifications.
- (3) The human body model is a 100 pF capacitor discharged through a 1.5k resistor into each pin.

Operating Conditions

Temperature Range	$-40^{\circ}\text{C} \leq T_J \leq +125^{\circ}\text{C}$
Supply Voltage	4.5V to 40V

LM2596-3.3 Electrical Characteristics

Specifications with standard type face are for $T_J = 25^\circ\text{C}$, and those with **boldface type** apply over **full Operating Temperature Range**

Symbol	Parameter	Conditions	LM2596-3.3		Units (Limits)
			Typ (1)	Limit (2)	
SYSTEM PARAMETERS (3) Test Circuit Figure 20					
V_{OUT}	Output Voltage	$4.75\text{V} \leq V_{\text{IN}} \leq 40\text{V}$, $0.2\text{A} \leq I_{\text{LOAD}} \leq 3\text{A}$	3.3	3.168/ 3.135 3.432/ 3.465	V V(min) V(max)
η	Efficiency	$V_{\text{IN}} = 12\text{V}$, $I_{\text{LOAD}} = 3\text{A}$	73		%

- (1) Typical numbers are at 25°C and represent the most likely norm.
- (2) All limits specified at room temperature (standard type face) and at temperature extremes (bold type face). All room temperature limits are 100% production tested. All limits at temperature extremes are ensured via correlation using standard Statistical Quality Control (SQC) methods. All limits are used to calculate Average Outgoing Quality Level (AOQL).
- (3) External components such as the catch diode, inductor, input and output capacitors, and voltage programming resistors can affect switching regulator system performance. When the LM2596 is used as shown in the Figure 20 test circuit, system performance will be as shown in system parameters of Electrical Characteristics section.

LM2596-5.0 Electrical Characteristics

Specifications with standard type face are for $T_J = 25^\circ\text{C}$, and those with **boldface type** apply over **full Operating Temperature Range**

Symbol	Parameter	Conditions	LM2596-5.0		Units (Limits)
			Typ (1)	Limit (2)	
SYSTEM PARAMETERS (3) Test Circuit Figure 20					
V_{OUT}	Output Voltage	$7\text{V} \leq V_{\text{IN}} \leq 40\text{V}$, $0.2\text{A} \leq I_{\text{LOAD}} \leq 3\text{A}$	5.0	4.800/ 4.750 5.200/ 5.250	V V(min) V(max)
η	Efficiency	$V_{\text{IN}} = 12\text{V}$, $I_{\text{LOAD}} = 3\text{A}$	80		%

- (1) Typical numbers are at 25°C and represent the most likely norm.
- (2) All limits specified at room temperature (standard type face) and at temperature extremes (bold type face). All room temperature limits are 100% production tested. All limits at temperature extremes are ensured via correlation using standard Statistical Quality Control (SQC) methods. All limits are used to calculate Average Outgoing Quality Level (AOQL).
- (3) External components such as the catch diode, inductor, input and output capacitors, and voltage programming resistors can affect switching regulator system performance. When the LM2596 is used as shown in the Figure 20 test circuit, system performance will be as shown in system parameters of Electrical Characteristics section.

LM2596-12 Electrical Characteristics

Specifications with standard type face are for $T_J = 25^\circ\text{C}$, and those with **boldface type** apply over **full Operating Temperature Range**

Symbol	Parameter	Conditions	LM2596-12		Units (Limits)
			Typ (1)	Limit (2)	
SYSTEM PARAMETERS (3) Test Circuit Figure 20					
V_{OUT}	Output Voltage	$15\text{V} \leq V_{\text{IN}} \leq 40\text{V}$, $0.2\text{A} \leq I_{\text{LOAD}} \leq 3\text{A}$	12.0	11.52/ 11.40 12.48/ 12.60	V V(min) V(max)
η	Efficiency	$V_{\text{IN}} = 25\text{V}$, $I_{\text{LOAD}} = 3\text{A}$	90		%

- (1) Typical numbers are at 25°C and represent the most likely norm.
- (2) All limits specified at room temperature (standard type face) and at temperature extremes (bold type face). All room temperature limits are 100% production tested. All limits at temperature extremes are ensured via correlation using standard Statistical Quality Control (SQC) methods. All limits are used to calculate Average Outgoing Quality Level (AOQL).
- (3) External components such as the catch diode, inductor, input and output capacitors, and voltage programming resistors can affect switching regulator system performance. When the LM2596 is used as shown in the Figure 20 test circuit, system performance will be as shown in system parameters of Electrical Characteristics section.

LM2596-ADJ Electrical Characteristics

Specifications with standard type face are for $T_J = 25^\circ\text{C}$, and those with **boldface type** apply over **full Operating Temperature Range**

Symbol	Parameter	Conditions	LM2596-ADJ		Units (Limits)
			Typ (1)	Limit (2)	
SYSTEM PARAMETERS (3) Test Circuit Figure 20					
V_{FB}	Feedback Voltage	$4.5\text{V} \leq V_{IN} \leq 40\text{V}$, $0.2\text{A} \leq I_{LOAD} \leq 3\text{A}$ V_{OUT} programmed for 3V. Circuit of Figure 20	1.230	1.193/ 1.180 1.267/ 1.280	V V(min) V(max)
η	Efficiency	$V_{IN} = 12\text{V}$, $V_{OUT} = 3\text{V}$, $I_{LOAD} = 3\text{A}$	73		%

- (1) Typical numbers are at 25°C and represent the most likely norm.
- (2) All limits specified at room temperature (standard type face) and at temperature extremes (bold type face). All room temperature limits are 100% production tested. All limits at temperature extremes are ensured via correlation using standard Statistical Quality Control (SQC) methods. All limits are used to calculate Average Outgoing Quality Level (AOQL).
- (3) External components such as the catch diode, inductor, input and output capacitors, and voltage programming resistors can affect switching regulator system performance. When the LM2596 is used as shown in the Figure 20 test circuit, system performance will be as shown in system parameters of Electrical Characteristics section.

All Output Voltage Versions Electrical Characteristics

Specifications with standard type face are for $T_J = 25^\circ\text{C}$, and those with **boldface type** apply over **full Operating Temperature Range**. Unless otherwise specified, $V_{IN} = 12\text{V}$ for the 3.3V, 5V, and Adjustable version and $V_{IN} = 24\text{V}$ for the 12V version. $I_{LOAD} = 500\text{ mA}$

Symbol	Parameter	Conditions	LM2596-XX		Units (Limits)
			Typ (1)	Limit (2)	
DEVICE PARAMETERS					
I_b	Feedback Bias Current	Adjustable Version Only, $V_{FB} = 1.3\text{V}$	10	50/ 100	nA nA (max)
f_o	Oscillator Frequency	See (3)	150	127/ 110 173/ 173	kHz kHz(min) kHz(max)
V_{SAT}	Saturation Voltage	$I_{OUT} = 3\text{A}$ (4) (5)	1.16	1.4/ 1.5	V V(max)
DC	Max Duty Cycle (ON)	See (5)	100		%
	Min Duty Cycle (OFF)	See (6)	0		
I_{CL}	Current Limit	Peak Current (4)(5)	4.5	3.6/ 3.4 6.9/ 7.5	A A(min) A(max)
I_L	Output Leakage Current	Output = 0V (4)(6)		50	μA (max)
		Output = -1V (7)	2	30	mA mA(max)
I_Q	Quiescent Current	See (6)	5		mA
				10	mA(max)

- (1) Typical numbers are at 25°C and represent the most likely norm.
- (2) All limits specified at room temperature (standard type face) and at temperature extremes (bold type face). All room temperature limits are 100% production tested. All limits at temperature extremes are ensured via correlation using standard Statistical Quality Control (SQC) methods. All limits are used to calculate Average Outgoing Quality Level (AOQL).
- (3) The switching frequency is reduced when the second stage current limit is activated.
- (4) No diode, inductor or capacitor connected to output pin.
- (5) Feedback pin removed from output and connected to 0V to force the output transistor switch ON.
- (6) Feedback pin removed from output and connected to 12V for the 3.3V, 5V, and the ADJ. version, and 15V for the 12V version, to force the output transistor switch OFF.
- (7) $V_{IN} = 40\text{V}$.

All Output Voltage Versions Electrical Characteristics (continued)

Specifications with standard type face are for $T_J = 25^\circ\text{C}$, and those with **boldface type** apply over **full Operating Temperature Range**. Unless otherwise specified, $V_{IN} = 12\text{V}$ for the 3.3V, 5V, and Adjustable version and $V_{IN} = 24\text{V}$ for the 12V version. $I_{LOAD} = 500\text{ mA}$

Symbol	Parameter	Conditions	LM2596-XX		Units (Limits)
			Typ (1)	Limit (2)	
I_{STBY}	Standby Quiescent Current	ON/OFF pin = 5V (OFF) (7)	80	200/250	μA $\mu\text{A(max)}$
θ_{JC}	Thermal Resistance	TO-220 or TO-263 Package, Junction to Case	2		$^\circ\text{C/W}$
θ_{JA}		TO-220 Package, Junction to Ambient (8)	50		$^\circ\text{C/W}$
θ_{JA}		TO-263 Package, Junction to Ambient (9)	50		$^\circ\text{C/W}$
θ_{JA}		TO-263 Package, Junction to Ambient (10)	30		$^\circ\text{C/W}$
θ_{JA}		TO-263 Package, Junction to Ambient (11)	20		$^\circ\text{C/W}$
ON/OFF CONTROL Test Circuit Figure 20					
V_{IH}	$\overline{\text{ON}}$ /OFF Pin Logic Input Threshold Voltage	Low (Regulator ON)	1.3	0.6	V V(max)
V_{IL}		High (Regulator OFF)		2.0	V(min)
I_H	$\overline{\text{ON}}$ /OFF Pin Input Current	$V_{LOGIC} = 2.5\text{V}$ (Regulator OFF)	5	15	μA $\mu\text{A(max)}$
I_L		$V_{LOGIC} = 0.5\text{V}$ (Regulator ON)	0.02	5	μA $\mu\text{A(max)}$

- (8) Junction to ambient thermal resistance (no external heat sink) for the TO-220 package mounted vertically, with the leads soldered to a printed circuit board with (1 oz.) copper area of approximately 1 in².
- (9) Junction to ambient thermal resistance with the TO-263 package tab soldered to a single printed circuit board with 0.5 in² of (1 oz.) copper area.
- (10) Junction to ambient thermal resistance with the TO-263 package tab soldered to a single sided printed circuit board with 2.5 in² of (1 oz.) copper area.
- (11) Junction to ambient thermal resistance with the TO-263 package tab soldered to a double sided printed circuit board with 3 in² of (1 oz.) copper area on the LM2596S side of the board, and approximately 16 in² of copper on the other side of the p-c board. See Application Information in this data sheet and the thermal model in Switchers Made Simple™ version 4.3 software.

Compact Sensor Offers Long Sensing Distance and Superior Noise-Immunity

- Photo-IC provides long sensing distance: 15 m for through-beam, 4 m for retroreflective, and 1 m for diffuse
- Integrated Photo-IC improves noise immunity to interference from inverters and other inductive loads
- New injection molding technology assures IP67 rating to withstand water and dust
- Switch-selectable, Light-ON/Dark-ON operation
- M8 connector-ready and 2-m, pre-wired models
- NPN or PNP output models available



Ordering Information

■ SENSORS

Sensing method	Light source	Appearance	Connection method	Sensing distance	Part number	
					NPN output	PNP output
Through-beam	IR		Pre-wired	15 m	E3Z-T61	E3Z-T81
			Connector		E3Z-T66	E3Z-T86
Polarized retroreflective	RED	(See Note 1.) 	Pre-wired	100 mm to 4 m 100 mm to 3 m (See Note 2.)	E3Z-R61	E3Z-R81
			Connector		E3Z-R66	E3Z-R86
Diffuse reflective	IR		Pre-wired	5 to 100 mm (wide view)	E3Z-D61	E3Z-D81
			Connector		E3Z-D66	E3Z-D86
			Pre-wired	1 m	E3Z-D62	E3Z-D82
			Connector		E3Z-D67	E3Z-D87

Note: 1. The Reflector is sold separately. Select the Reflector model most suited to the application.

2. Sensing distance can be extended to 4 meters when the E39-R1S reflector is used. The sensing distance is 3 meters when the E39-R1 reflector is used.

■ ACCESSORIES (ORDER SEPARATELY)

Slit for Through-beam Models (E3Z-T□□)

Order a slit for each emitter and receiver.




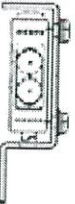
Slit width	Sensing distance (typical)	Minimum sensing object (typical)	Part number
0.5 mm dia.	50 mm	0.5 mm dia.	E39-S65A
1 mm dia.	200 mm	1 mm dia.	E39-S65B
2 mm dia.	800 mm	2 mm dia.	E39-S65C
0.5 × 10 mm	1 m	0.7 mm dia.	E39-S65D
1 × 10 mm	2.2 m	1.2 mm dia.	E39-S65E
2 × 10 mm	5 m	2.4 mm dia.	E39-S65F

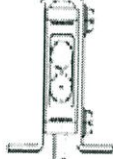
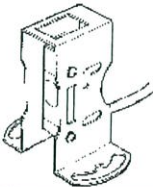
Reflectors for Retroreflective Models

Name	Sensing distance (typical)	Part number
Reflector	100 mm to 3 m	E39-R1
	100 mm to 4 m	E39-R1S
	100 mm to 5 m	E39-R2
	100 mm to 2.5 m	E39-R9
	100 mm to 3.5 m	E39-R10
Miniature Reflector	50 mm to 1.5 m	E39-R3
Tape Reflector	150 mm to 700 mm	E39-RS1
	150 mm to 1.1 m	E39-RS2
	150 mm to 1.4 m	E39-RS3

Note: The actual sensing distance may be reduced to approximately 70% of the typical sensing distance when using a Reflector other than the E39-R1 or the E39-R1S.

■ MOUNTING BRACKETS

Appearance	Description	Part number
	L-bracket, horizontal	E39-L104
	L-bracket, vertical	E39-L44
	Open top, 20° angle adjustability	E39-L43
	Protected top 5° angle adjustability	E39-L144

Appearance	Description	Part number
	Compact vertical protective cover bracket	E39-L142
	Vertical protective cover bracket	E39-L98

Note: If a through-beam model is used, order two Mounting Brackets — one for the emitter and one for the receiver.

M8 Connectors

Appearance	Cable type		Part number
Straight	2 m (6.56 ft)	Four-wire type	XS3F-M421-402-A
	5 m (16.40 ft)		XS3F-M421-405-A
Right angle	2 m (6.56 ft)		XS3F-M422-402-A
	5 m (16.40 ft)		XS3F-M422-405-A

Specifications

Item	Sensing method	Through-beam	Polarized retroreflective	Diffuse reflective	
		E3Z-T61/T66	E3Z-R61/R66	E3Z-D61/D66	E3Z-D62/D67
	NPN output	E3Z-T81/T86	E3Z-R81/R86	E3Z-D81/D86	E3Z-D82/D87
	PNP output				
Sensing distance		15 m	100 mm (4 m Note 1) (when using E39-R1S) 100 mm (3 m Note 2) (when using E39-R1)	White paper (100 × 100 mm): 100 mm	White paper (300 × 300 mm): 1 m
Standard sensing object		Opaque: 12 mm (dia. min.)	Opaque: 75 mm (dia. min.)	---	
Hysteresis		---			20% max. of setting distance
Directional angle		Both emitter and receiver: 3 to 15°	2 to 10°	---	
Light source (wave length)		Infrared LED (860 nm)	Red LED (680 nm)	Infrared LED (860 nm)	
Power supply voltage		12 to 24 VDC ±10% including 10% (p-p) max. ripple			
Current consumption		Emitter: 15 mA Receiver: 20 mA	30 mA max.		
Control output		100 mA max. at 26.4 VDC, open collector output (residual voltage: 1 V max.) L-ON/D-ON, switch selectable			
Circuit protection		Load short-circuit and reversed power supply protection	Reversed power supply connection, output short circuit, and mutual interference protection		
Response time		1 ms max.			
Sensitivity adjustment		One-turn potentiometer			
Ambient illumination (receiver side)	Incandescent lamp	3,000 lux max.			
	Sunlight	10,000 lux max.			
Ambient temperature	Operating	-25°C to 55°C (-13°F to 131°F)			
	Storage	-40°C to 70°C (-40°F to 158°F) with no icing or condensation			
Ambient humidity	Operating	35% to 85%			
	Storage	35% to 95% with no condensation			
Insulation resistance		20 MΩ min. at 500 VDC			
Dielectric strength		1,000 VAC, 50/60 Hz for 1 min			
Vibration resistance		10 to 55 Hz, 1.5-mm double amplitude or 300 m/s ² for 2 hours each in X, Y, and Z axes			
Shock resistance	Destruction	500 m/s ² 3 times each in X, Y, and Z axes			
Enclosure rating		IP67 (IEC60529)			
Approvals		CE			
Connection method		2 m cable or M8 connector			
Indicator		Operation indicator (orange) Stability indicator (green) Emitter has power indicator (orange) only			
Weight (packed state)	Pre-wired cable (2 m)	Approx. 120 g (4.2 oz)	Approx. 65 g (2.3 oz)		
	Connector	Approx. 30 g (1.1 oz)	Approx. 20 g (0.7 oz)		
Material		Case: PBT (polybutylene terephthalate); Lens: Methacrylate resin			
Accessories		Instruction manual (Order Reflector and Mounting Bracket separately.)			

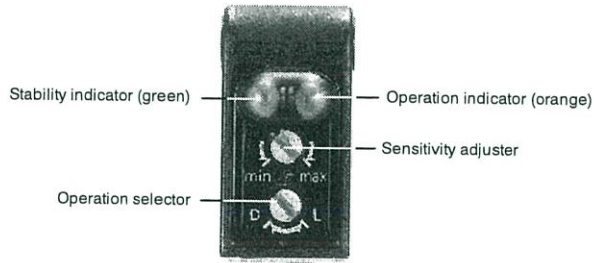
- Note:** 1. Sensing distance can be extended up to 4 meters when the E39-R1S reflector is used.
2. Sensing distance can be extended up to 3 meters when the E39-R1 reflector is used.

Nomenclature

Through-beam Models
E3Z-T6□ Receiver

Retroreflective Models
E3Z-R6□

Diffuse-reflective Models
E3Z-D6□



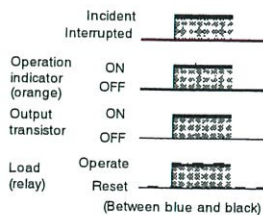
Operation

OUTPUT CIRCUITS

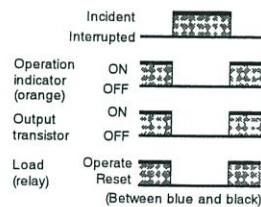
Model	E3Z-T61/-T66/-R61/-R66/-D61/-D66/-D62/-D67	
NPN output	Through-beam receiver Retroreflective model Diffuse reflective model	Through-beam emitter
Model	E3Z-T81/-T86/-R86/-D81/-D86/-D82/-D87	
PNP output	Through-beam receiver Retroreflective model Diffuse reflective model	Through-beam emitter
Connector pin arrangement	<p>Pin 2 is open.</p>	<p>Pins 2, 4 are open.</p>

TIMING CHARTS

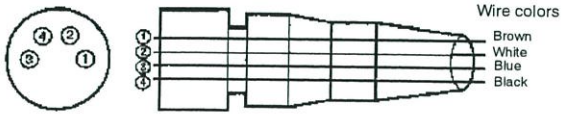
Light-ON (L-ON) Operation



Dark-ON (D-ON) Operation



CONNECTOR PIN-OUT



XS3F-M421-402-A XS3F-M421-405-A
XS3F-M422-402-A XS3F-M422-405-A

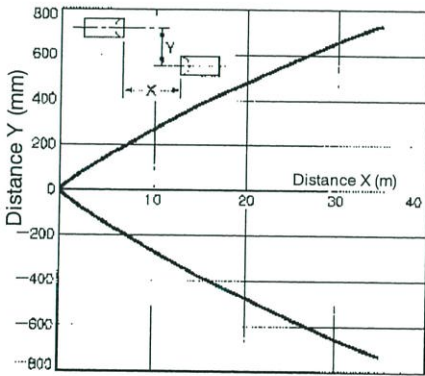
Classification	Wire color	Connector pin No.	Use
DC	Brown	A	Power supply (+V)
	White	B	Pin 2 is not used.
	Blue	C	Power supply (0 V)
	Black	D	Output

Note: The through-beam emitter does not use pins 2 and 4.

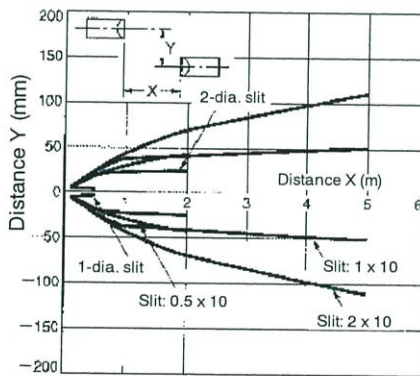
Engineering Data

PARALLEL OPERATING RANGE (TYPICAL)

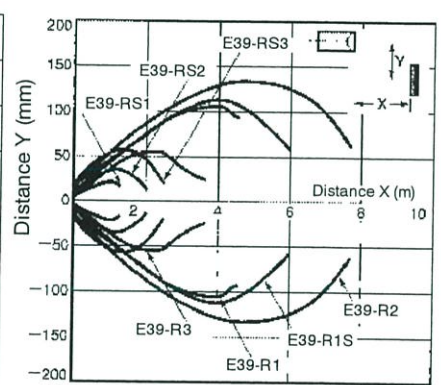
Through-beam Models
E3Z-T□1 (T□6)



Through-beam Models
E3Z-T□1 (T□6) and Slit

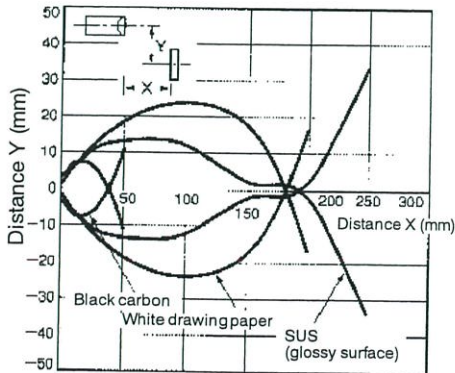


Retroreflective Models
E3Z-R□1 (R□6) and Reflector

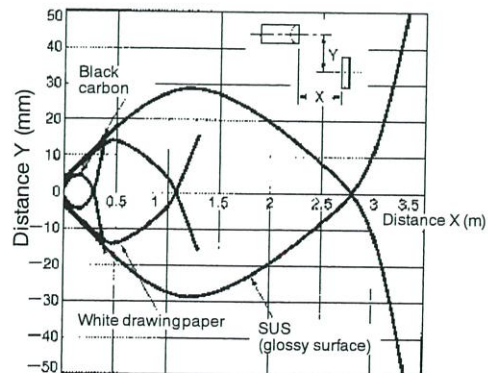


OPERATING RANGE (TYPICAL)

Diffuse Reflective Models
E3Z-D□1 (D□6)

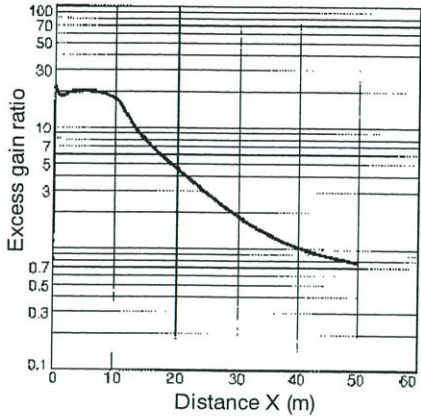


Diffuse Reflective Models
E3Z-D□2 (D□7)

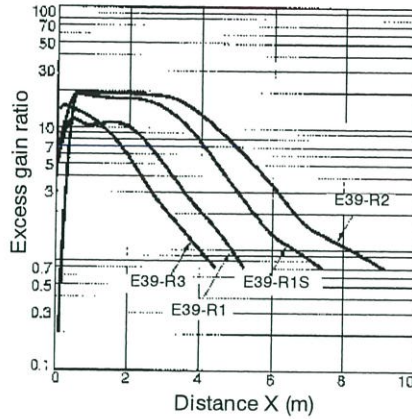


■ EXCESS GAIN RATIO VS. DISTANCE (TYPICAL)

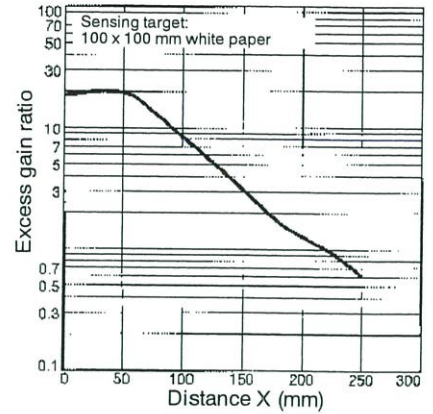
Through-beam Models
E3Z-T□1 (T□6)



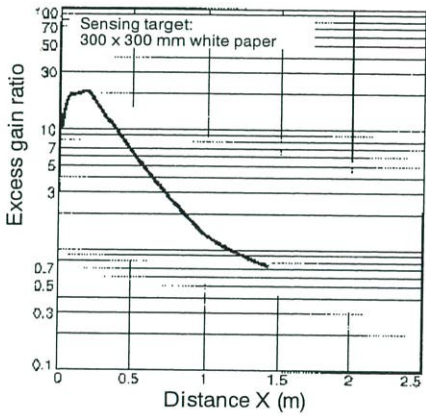
Retroreflective Models
E3Z-R□1 (R□6) and Reflector



Diffuse Reflective Models
E3Z-D□1 (D□6)

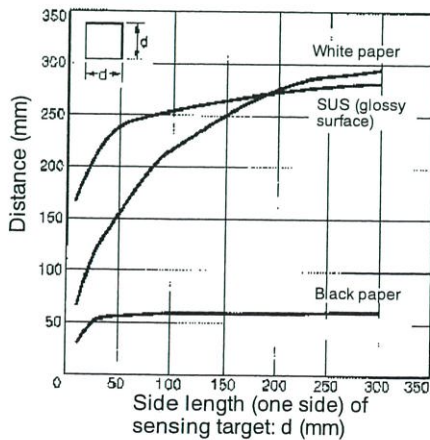


Diffuse Reflective Model
E3Z-D□2 (D□7)

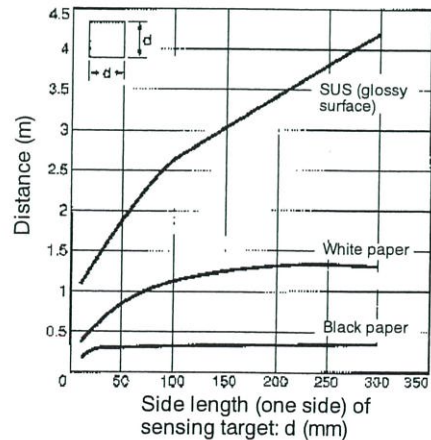


Sensing Target Size vs. Sensing Distance (Typical)

Diffuse Reflective Models
E3Z-D□1 (D□6)



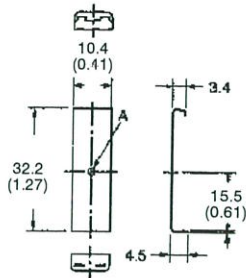
Diffuse Reflective Models
E3Z-D□2 (D□7)



Unit: mm (inch)

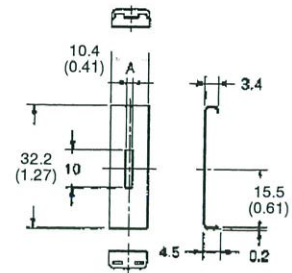
■ SLITS

E39-S65A
E39-S65B
E39-S65C



Model	Side A	Material
E39-S65A	0.5 dia.	SUS301 stainless steel
E39-S65B	1.0 dia.	
E39-S65C	2.0 dia.	

E39-S65D
E39-S65E
E39-S65F



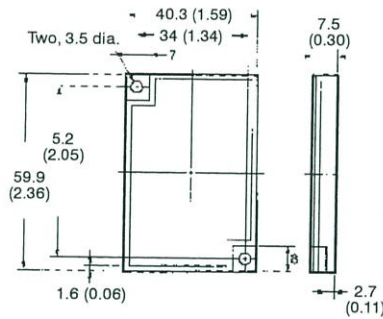
Model	Side A	Material
E39-S65D	0.5	SUS301 stainless steel
E39-S65E	1.0	
E39-S65F	2.0	

■ REFLECTORS

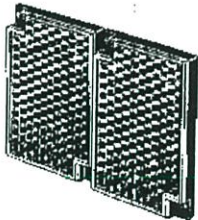
E39-R1
E39-R1S



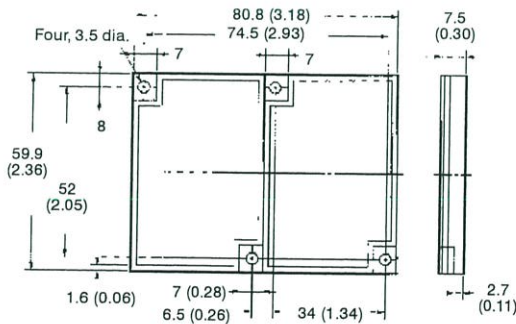
Material
Surface: Acrylic resin
Backside: ABS resin



E39-R2



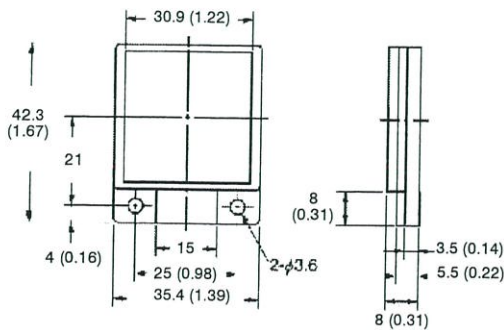
Material
Surface: Acrylic resin
Backside: ABS resin



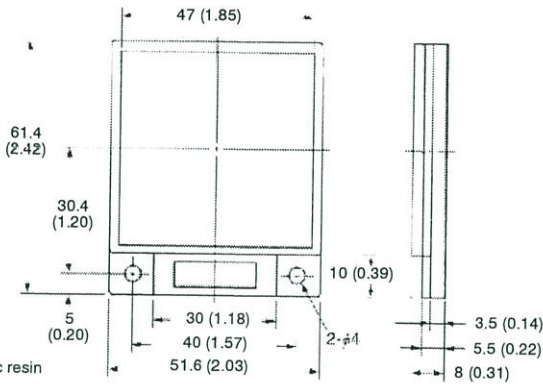
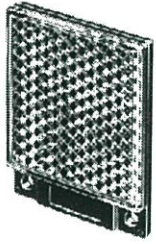
E39-R9



Material
Reflecting surface: Acrylic resin
Back: ABS resin



E39-R10



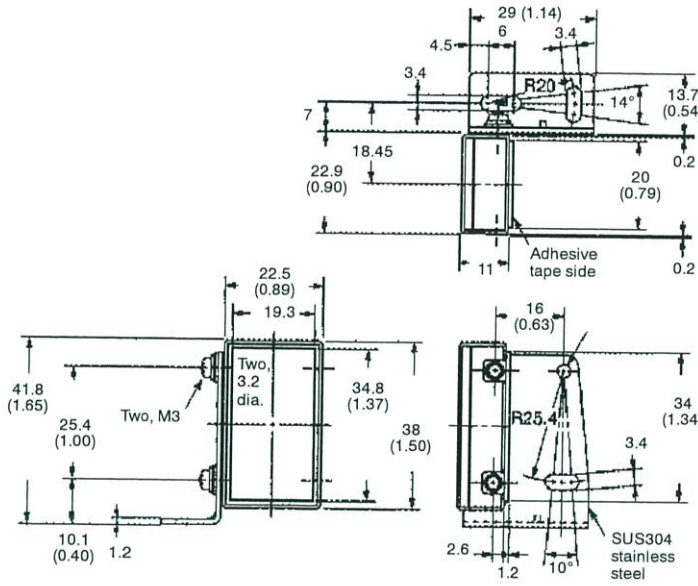
Material
 Reflecting surface: Acrylic resin
 Back: ABS resin

MINIATURE REFLECTOR

E39-R3



Material
 Surface: Acrylic resin
 Backside: ABS resin

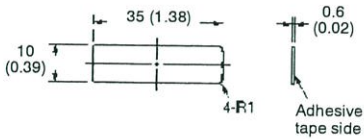


TAPE REFLECTORS

E39-RS1



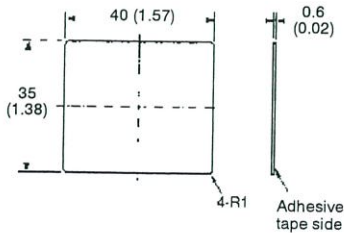
Material:
 Acrylic resin



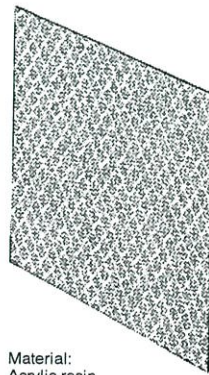
E39-RS2



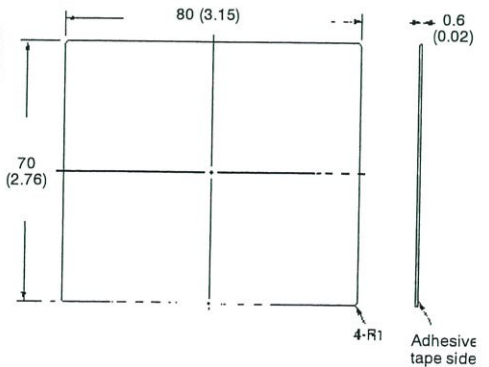
Material:
 Acrylic resin



E39-RS3



Material:
 Acrylic resin



1 Introduction

Espressif Systems' Smart Connectivity Platform (ESCP) of high performance wireless SOCs, for mobile platform designers, provides unsurpassed ability to embed Wi-Fi capabilities within other systems, at the lowest cost with the greatest functionality.

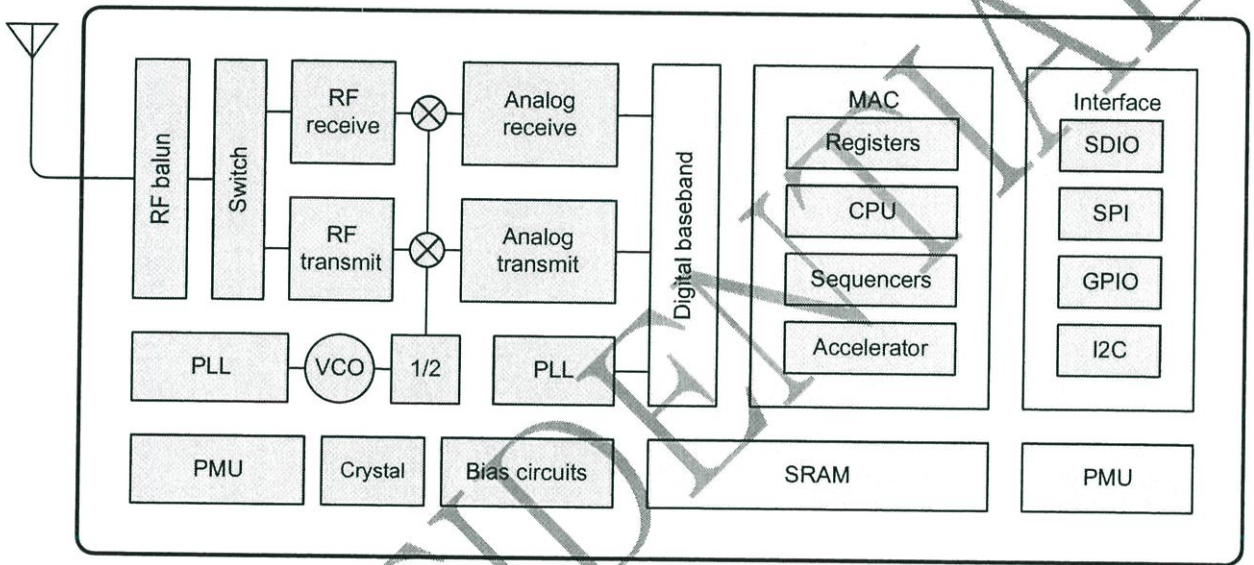


Figure 1: ESP8266 Block Diagram

2 Technology Overview

ESP8266 offers a complete and self-contained Wi-Fi networking solution, allowing it to either host the application or to offload all Wi-Fi networking functions from another application processor.

When ESP8266 hosts the application, and when it is the only application processor in the device, it is able to boot up directly from an external flash. It has integrated cache to improve the performance of the system in such applications, and to minimize the memory requirements.

Alternately, serving as a Wi-Fi adapter, wireless internet access can be added to any microcontroller-based design with simple connectivity through UART interface or the CPU AHB bridge interface.

ESP8266 on-board processing and storage capabilities allow it to be integrated with the sensors and other application specific devices through its GPIOs with minimal development up-front and minimal loading during runtime. With its high degree of on-chip integration, which includes the antenna switch balun, power management converters, it requires minimal external circuitry, and the entire solution, including front-end module, is designed to occupy minimal PCB area.

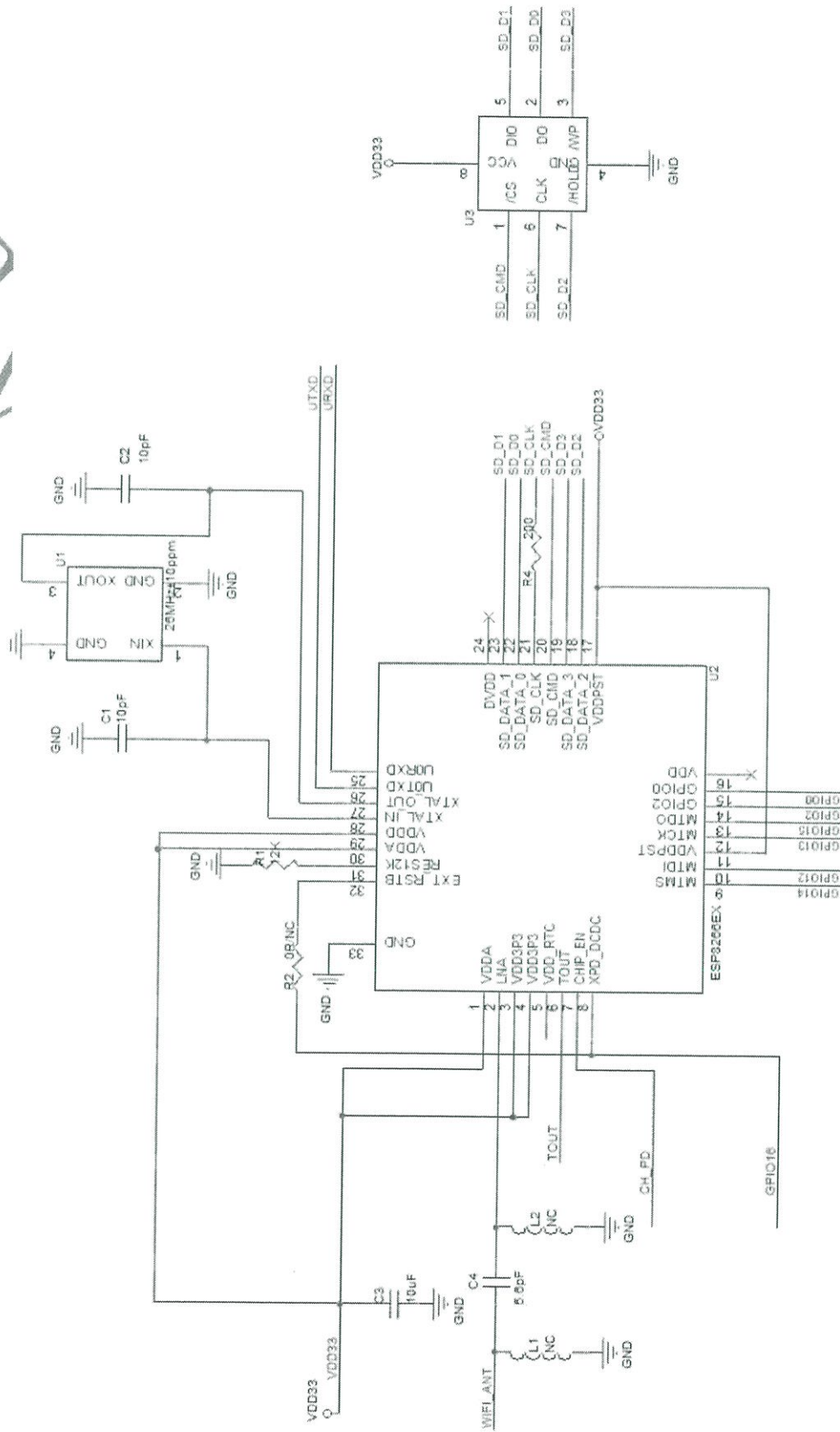
Sophisticated system-level features include fast sleep/wake context switching for energy-efficient VoIP, adaptive radio biasing for low-power operation, advance signal processing, and spur cancellation and radio co-existence features for common cellular, Bluetooth, DDR, LVDS, LCD interference mitigation.

3 Features

- 802.11 b/g/n protocol
- Wi-Fi Direct (P2P), soft-AP
- Integrated TCP/IP protocol stack
- Integrated TR switch, balun, LNA, power amplifier and matching network
- Integrated PLL, regulators, and power management units
- +19.5dBm output power in 802.11b mode
- Integrated temperature sensor
- Supports antenna diversity
- Power down leakage current of < 10uA
- Integrated low power 32-bit CPU could be used as application processor
- SDIO 2.0, SPI, UART
- STBC, 1×1 MIMO, 2×1 MIMO
- A-MPDU & A-MSDU aggregation & 0.4μs guard interval
- Wake up and transmit packets in < 2ms
- Standby power consumption of < 1.0mW (DTIM3)



4 Application Diagram



5 Ultra Low Power Technology

ESP8266 has been designed for mobile, wearable electronics and Internet of Things applications with the aim of achieving the lowest power consumption with a combination of several proprietary techniques. The power saving architecture operates in 3 modes: active mode, sleep mode and deep sleep mode.

By using advance power management techniques and logic to power-down functions not required and to control switching between sleep and active modes, ESP8266 consumes less than 12uA in sleep mode and less than 1.0mW (DTIM=3) or less than 0.5mW (DTIM=10) to stay connected to the access point.

When in sleep mode, only the calibrated real-time clock and watchdog remains active. The real-time clock can be programmed to wake up the ESP8266 at any required interval.

The ESP8266 can be programmed to wake up when a specified condition is detected. This minimal wake-up time feature of the ESP8266 can be utilized by mobile device SOCs, allowing them to remain in the low-power standby mode until Wi-Fi is needed.

In order to satisfy the power demand of mobile and wearable electronics, ESP8266 can be programmed to reduce the output power of the PA to fit various application profiles, by trading off range for power consumption.

5.1 Highest Level of Integration

By integrating the costliest components such as power management unit, TR switch, RF balun, high power PA capable of delivering +25dBm (peak), ESP8266 ensures that the BOM cost is the lowest possible, and ease of integration into any system.

With ESP8266, the only external BOM are resistors, capacitors, and crystal.



6 ESP8266 Applications

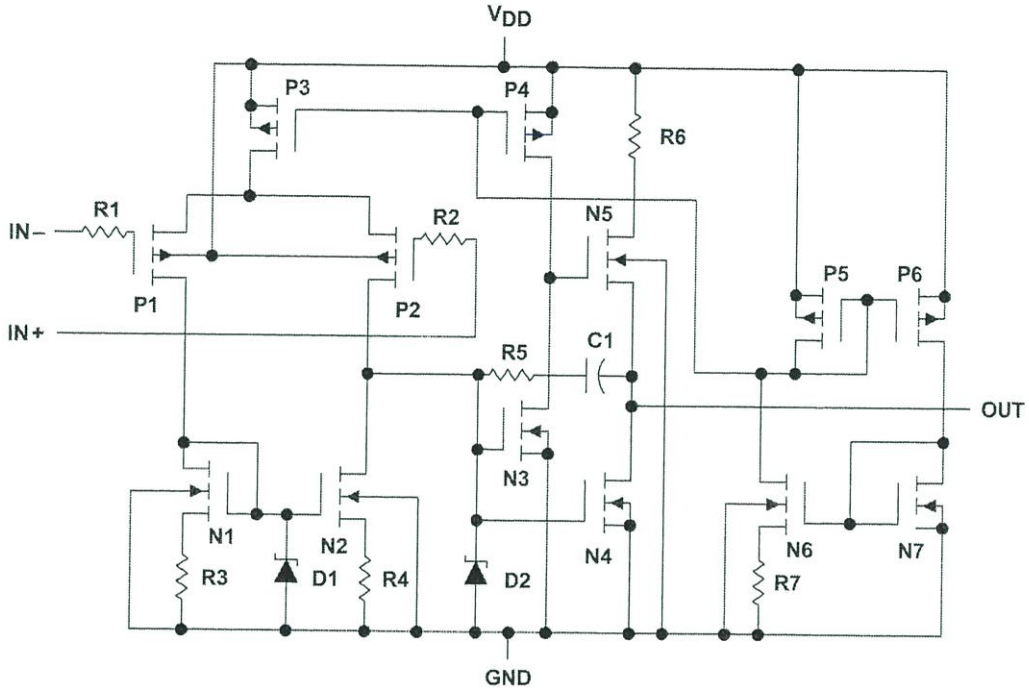
- Smart power plugs
- Home automation
- Mesh network
- Industrial wireless control
- Baby monitors
- IP Cameras
- Sensor networks
- Wearable electronics
- Wi-Fi location-aware devices
- Security ID tags
- Wi-Fi position system beacons

CONFIDENTIAL

TLC272, TLC272A, TLC272B, TLC272Y, TLC277 LinCMOS™ PRECISION DUAL OPERATIONAL AMPLIFIERS

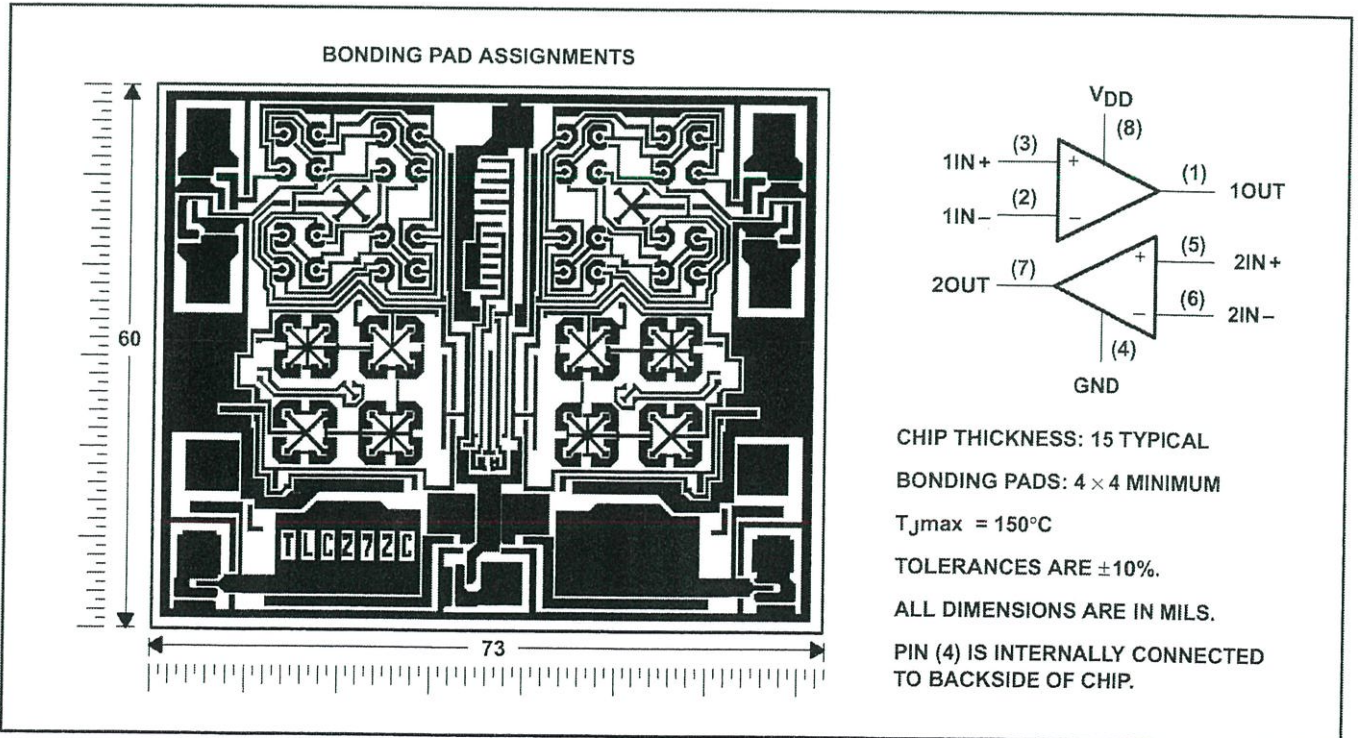
SLOS091B – OCTOBER 1987 – REVISED AUGUST 1994

equivalent schematic (each amplifier)



TLC272Y chip information

This chip, when properly assembled, displays characteristics similar to the TLC272C. Thermal compression or ultrasonic bonding may be used on the doped-aluminum bonding pads. Chips may be mounted with conductive epoxy or a gold-silicon preform.



1.1 Features

Features of the nRF24L01+ include:

- Radio
 - ▶ Worldwide 2.4GHz ISM band operation
 - ▶ 126 RF channels
 - ▶ Common RX and TX interface
 - ▶ GFSK modulation
 - ▶ 250kbps, 1 and 2Mbps air data rate
 - ▶ 1MHz non-overlapping channel spacing at 1Mbps
 - ▶ 2MHz non-overlapping channel spacing at 2Mbps
- Transmitter
 - ▶ Programmable output power: 0, -6, -12 or -18dBm
 - ▶ 11.3mA at 0dBm output power
- Receiver
 - ▶ Fast AGC for improved dynamic range
 - ▶ Integrated channel filters
 - ▶ 13.5mA at 2Mbps
 - ▶ -82dBm sensitivity at 2Mbps
 - ▶ -85dBm sensitivity at 1Mbps
 - ▶ -94dBm sensitivity at 250kbps
- RF Synthesizer
 - ▶ Fully integrated synthesizer
 - ▶ No external loop filter, VCO varactor diode or resonator
 - ▶ Accepts low cost ± 60 ppm 16MHz crystal
- Enhanced ShockBurst™
 - ▶ 1 to 32 bytes dynamic payload length
 - ▶ Automatic packet handling
 - ▶ Auto packet transaction handling
 - ▶ 6 data pipe MultiCeiver™ for 1:6 star networks
- Power Management
 - ▶ Integrated voltage regulator
 - ▶ 1.9 to 3.6V supply range
 - ▶ Idle modes with fast start-up times for advanced power management
 - ▶ 26 μ A Standby-I mode, 900nA power down mode
 - ▶ Max 1.5ms start-up from power down mode
 - ▶ Max 130 μ s start-up from standby-I mode
- Host Interface
 - ▶ 4-pin hardware SPI
 - ▶ Max 10Mbps
 - ▶ 3 separate 32 bytes TX and RX FIFOs
 - ▶ 5V tolerant inputs
- Compact 20-pin 4x4mm QFN package

1.2 Block diagram

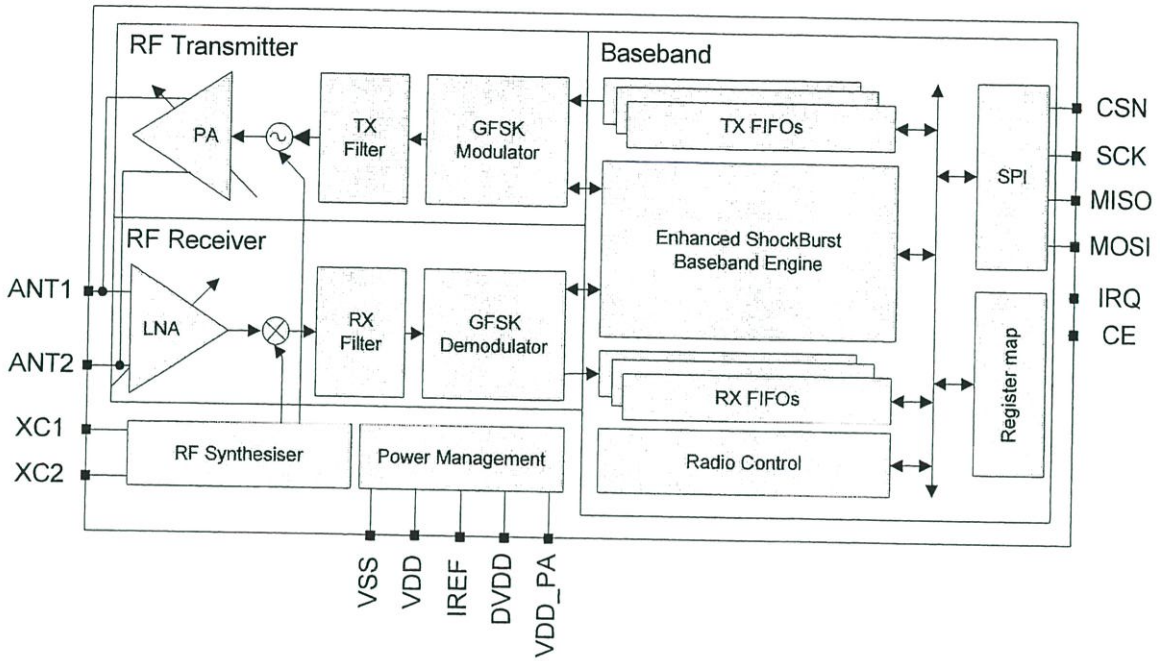


Figure 1. nRF24L01+ block diagram

2 Pin Information

2.1 Pin assignment

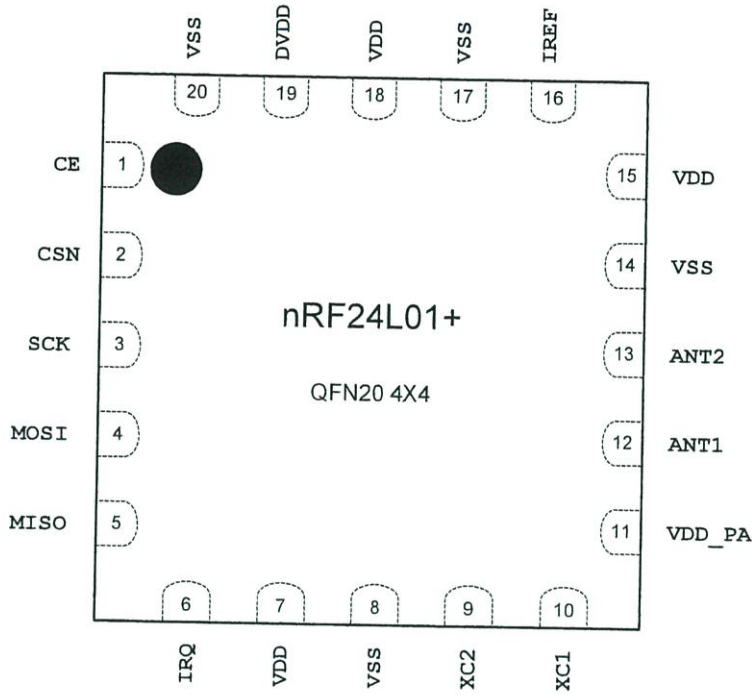


Figure 2. nRF24L01+ pin assignment (top view) for the QFN20 4x4 package

2.2 Pin functions

Pin	Name	Pin function	Description
1	CE	Digital Input	Chip Enable Activates RX or TX mode
2	CSN	Digital Input	SPI Chip Select
3	SCK	Digital Input	SPI Clock
4	MOSI	Digital Input	SPI Slave Data Input
5	MISO	Digital Output	SPI Slave Data Output, with tri-state option
6	IRQ	Digital Output	Maskable interrupt pin. Active low
7	VDD	Power	Power Supply (+1.9V - +3.6V DC)
8	VSS	Power	Ground (0V)
9	XC2	Analog Output	Crystal Pin 2
10	XC1	Analog Input	Crystal Pin 1
11	VDD_PA	Power Output	Power Supply Output (+1.8V) for the internal nRF24L01+ Power Amplifier. Must be connected to ANT1 and ANT2 as shown in Figure 32 .
12	ANT1	RF	Antenna interface 1
13	ANT2	RF	Antenna interface 2
14	VSS	Power	Ground (0V)
15	VDD	Power	Power Supply (+1.9V - +3.6V DC)
16	IREF	Analog Input	Reference current. Connect a 22kΩ resistor to ground. See Figure 32 .
17	VSS	Power	Ground (0V)
18	VDD	Power	Power Supply (+1.9V - +3.6V DC)
19	DVDD	Power Output	Internal digital supply output for de-coupling purposes. See Figure 32 .
20	VSS	Power	Ground (0V)

Table 1. nRF24L01+ pin function

3 Absolute maximum ratings

Note: Exceeding one or more of the limiting values may cause permanent damage to nRF24L01+.

Operating conditions	Minimum	Maximum	Units
Supply voltages			
VDD	-0.3	3.6	V
VSS		0	V
Input voltage			
V _I	-0.3	5.25	V
Output voltage			
V _O	VSS to VDD	VSS to VDD	
Total Power Dissipation			
P _D (T _A =85°C)		60	mW
Temperatures			
Operating Temperature	-40	+85	°C
Storage Temperature	-40	+125	°C

Table 2. Absolute maximum ratings

6.1.3.2 Standby-II mode

In standby-II mode extra clock buffers are active and more current is used compared to standby-I mode. nRF24L01+ enters standby-II mode if \overline{CE} is held high on a PTX device with an empty TX FIFO. If a new packet is uploaded to the TX FIFO, the PLL immediately starts and the packet is transmitted after the normal PLL settling delay (130 μ s).

Register values are maintained and the SPI can be activated during both standby modes. For start up times see [Table 16. on page 24.](#)

6.1.4 RX mode

The RX mode is an active mode where the nRF24L01+ radio is used as a receiver. To enter this mode, the nRF24L01+ must have the `PWR_UP` bit, `PRIM_RX` bit and the \overline{CE} pin set high.

In RX mode the receiver demodulates the signals from the RF channel, constantly presenting the demodulated data to the baseband protocol engine. The baseband protocol engine constantly searches for a valid packet. If a valid packet is found (by a matching address and a valid CRC) the payload of the packet is presented in a vacant slot in the RX FIFOs. If the RX FIFOs are full, the received packet is discarded.

The nRF24L01+ remains in RX mode until the MCU configures it to standby-I mode or power down mode. However, if the automatic protocol features (Enhanced ShockBurst™) in the baseband protocol engine are enabled, the nRF24L01+ can enter other modes in order to execute the protocol.

In RX mode a Received Power Detector (RPD) signal is available. The RPD is a signal that is set high when a RF signal higher than -64 dBm is detected inside the receiving frequency channel. The internal RPD signal is filtered before presented to the RPD register. The RF signal must be present for at least 40 μ s before the RPD is set high. How to use the RPD is described in [Section 6.4 on page 25.](#)

6.1.5 TX mode

The TX mode is an active mode for transmitting packets. To enter this mode, the nRF24L01+ must have the `PWR_UP` bit set high, `PRIM_RX` bit set low, a payload in the TX FIFO and a high pulse on the \overline{CE} for more than 10 μ s.

The nRF24L01+ stays in TX mode until it finishes transmitting a packet. If $\overline{CE} = 0$, nRF24L01+ returns to standby-I mode. If $\overline{CE} = 1$, the status of the TX FIFO determines the next action. If the TX FIFO is not empty the nRF24L01+ remains in TX mode and transmits the next packet. If the TX FIFO is empty the nRF24L01+ goes into standby-II mode. The nRF24L01+ transmitter PLL operates in open loop when in TX mode. It is important never to keep the nRF24L01+ in TX mode for more than 4ms at a time. If the Enhanced ShockBurst™ features are enabled, nRF24L01+ is never in TX mode longer than 4ms.

6.1.6 Operational modes configuration

The following table (Table 15.) describes how to configure the operational modes.

Mode	PWR_UP register	PRIM_RX register	CE input pin	FIFO state
RX mode	1	1	1	-
TX mode	1	0	1	Data in TX FIFOs. Will empty all levels in TX FIFOs ^a .
TX mode	1	0	Minimum 10µs high pulse	Data in TX FIFOs. Will empty one level in TX FIFOs ^b .
Standby-II	1	0	1	TX FIFO empty.
Standby-I	1	-	0	No ongoing packet transmission.
Power Down	0	-	-	-

- a. If CE is held high all TX FIFOs are emptied and all necessary ACK and possible retransmits are carried out. The transmission continues as long as the TX FIFO is refilled. If the TX FIFO is empty when the CE is still high, nRF24L01+ enters standby-II mode. In this mode the transmission of a packet is started as soon as the CSN is set high after an upload (UL) of a packet to TX FIFO.
- b. This operating mode pulses the CE high for at least 10µs. This allows one packet to be transmitted. This is the normal operating mode. After the packet is transmitted, the nRF24L01+ enters standby-I mode.

Table 15. nRF24L01+ main modes

6.1.7 Timing Information

The timing information in this section relates to the transitions between modes and the timing for the CE pin. The transition from TX mode to RX mode or vice versa is the same as the transition from the standby modes to TX mode or RX mode (max. 130µs), as described in Table 16.

Name	nRF24L01+	Notes	Max.	Min.	Comments
Tpd2stby	Power Down → Standby mode	a	150µs		With external clock
			1.5ms		External crystal, Ls < 30mH
			3ms		External crystal, Ls = 60mH
			4.5ms		External crystal, Ls = 90mH
Tstby2a	Standby modes → TX/RX mode		130µs		
Thce	Minimum CE high			10µs	
Tpece2csn	Delay from CE positive edge to CSN low			4µs	

- a. See Table 11. on page 19 for crystal specifications.

Table 16. Operational timing of nRF24L01+

For nRF24L01+ to go from power down mode to TX or RX mode it must first pass through stand-by mode. There must be a delay of Tpd2stby (see Table 16.) after the nRF24L01+ leaves power down mode before the CE is set high.

Note: If VDD is turned off the register value is lost and you must configure nRF24L01+ before entering the TX or RX modes.

6.2 Air data rate

The air data rate is the modulated signaling rate the nRF24L01+ uses when transmitting and receiving data. It can be 250kbps, 1Mbps or 2Mbps. Using lower air data rate gives better receiver sensitivity than higher air data rate. But, high air data rate gives lower average current consumption and reduced probability of on-air collisions.

The air data rate is set by the `RF_DR` bit in the `RF_SETUP` register. A transmitter and a receiver must be programmed with the same air data rate to communicate with each other.

nRF24L01+ is fully compatible with nRF24L01. For compatibility with nRF2401A, nRF2402, nRF24E1; and nRF24E2 the air data rate must be set to 250kbps or 1Mbps.

6.3 RF channel frequency

The RF channel frequency determines the center of the channel used by the nRF24L01+. The channel occupies a bandwidth of less than 1MHz at 250kbps and 1Mbps and a bandwidth of less than 2MHz at 2Mbps. nRF24L01+ can operate on frequencies from 2.400GHz to 2.525GHz. The programming resolution of the RF channel frequency setting is 1MHz.

At 2Mbps the channel occupies a bandwidth wider than the resolution of the RF channel frequency setting. To ensure non-overlapping channels in 2Mbps mode, the channel spacing must be 2MHz or more. At 1Mbps and 250kbps the channel bandwidth is the same or lower than the resolution of the RF frequency.

The RF channel frequency is set by the `RF_CH` register according to the following formula:

$$F_0 = 2400 + RF_CH \text{ [MHz]}$$

You must program a transmitter and a receiver with the same RF channel frequency to communicate with each other.

6.4 Received Power Detector measurements

Received Power Detector (RPD), located in register 09, bit 0, triggers at received power levels above -64 dBm that are present in the RF channel you receive on. If the received power is less than -64 dBm, $RDP = 0$.

The RPD can be read out at any time while nRF24L01+ is in receive mode. This offers a snapshot of the current received power level in the channel. The RPD status is latched when a valid packet is received which then indicates signal strength from your own transmitter. If no packets are received the RPD is latched at the end of a receive period as a result of host MCU setting CE low or RX time out controlled by Enhanced ShockBurst™.

The status of RPD is correct when RX mode is enabled and after a wait time of $T_{stby2a} + T_{delay_AGC} = 130\mu s + 40\mu s$. The RX gain varies over temperature which means that the RPD threshold also varies over temperature. The RPD threshold value is reduced by -5dB at $T = -40^\circ C$ and increased by +5dB at $85^\circ C$.

Features

- High Performance, Low Power AVR[®] 8-Bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
 - 131 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
 - 32 x 8 General Purpose Working Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 20 MIPS Throughput at 20 MHz
 - On-chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory Segments
 - 4/8/16/32K Bytes of In-System Self-Programmable Flash program memory
 - 256/512/512/1K Bytes EEPROM
 - 512/1K/1K/2K Bytes Internal SRAM
 - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
 - Data retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C⁽¹⁾
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
 - In-System Programming by On-chip Boot Program
 - True Read-While-Write Operation
 - Programming Lock for Software Security
- Peripheral Features
 - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescaler and Compare Mode
 - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
 - Real Time Counter with Separate Oscillator
 - Six PWM Channels
 - 8-channel 10-bit ADC in TQFP and QFN/MLF package
 - Temperature Measurement
 - 6-channel 10-bit ADC in PDIP Package
 - Temperature Measurement
 - Programmable Serial USART
 - Master/Slave SPI Serial Interface
 - Byte-oriented 2-wire Serial Interface (Philips I²C compatible)
 - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
 - On-chip Analog Comparator
 - Interrupt and Wake-up on Pin Change
- Special Microcontroller Features
 - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal Calibrated Oscillator
 - External and Internal Interrupt Sources
 - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby, and Extended Standby
- I/O and Packages
 - 23 Programmable I/O Lines
 - 28-pin PDIP, 32-lead TQFP, 28-pad QFN/MLF and 32-pad QFN/MLF
- Operating Voltage:
 - 1.8 - 5.5V
- Temperature Range:
 - -40°C to 85°C
- Speed Grade:
 - 0 - 4 MHz@1.8 - 5.5V, 0 - 10 MHz@2.7 - 5.5.V, 0 - 20 MHz @ 4.5 - 5.5V
- Power Consumption at 1 MHz, 1.8V, 25°C
 - Active Mode: 0.2 mA
 - Power-down Mode: 0.1 µA
 - Power-save Mode: 0.75 µA (Including 32 kHz RTC)



8-bit **AVR[®]**
Microcontroller
with 4/8/16/32K
Bytes In-System
Programmable
Flash

ATmega48A
ATmega48PA
ATmega88A
ATmega88PA
ATmega168A
ATmega168PA
ATmega328
ATmega328P

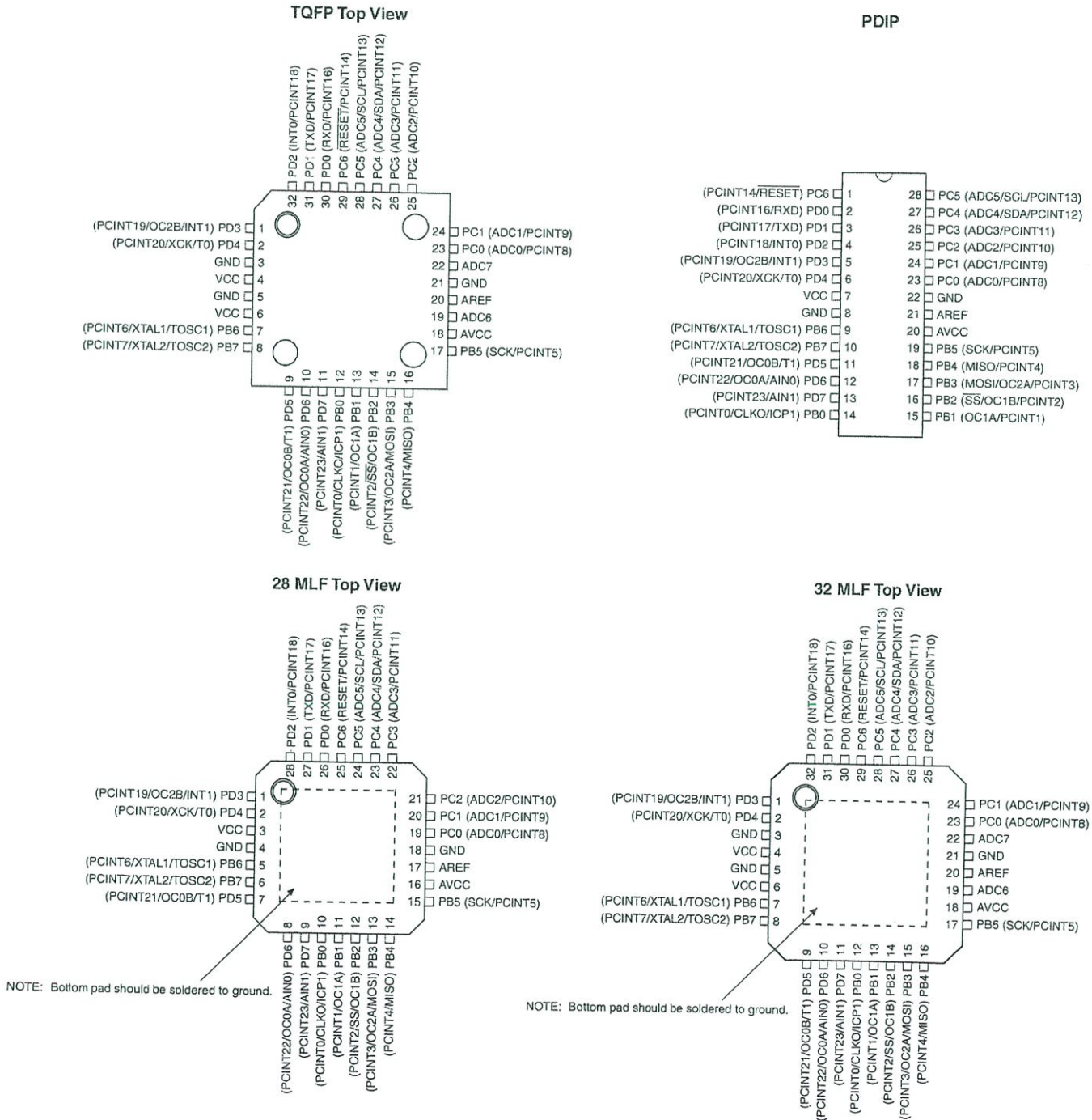
Summary



ATmega48A/48PA/88A/88PA/168A/168PA/328/328P

1. Pin Configurations

Figure 1-1. Pinout ATmega48A/48PA/88A/88PA/168A/168PA/328/328P



1.1 Pin Descriptions

1.1.1 VCC

Digital supply voltage.

1.1.2 GND

Ground.

1.1.3 Port B (PB7:0) XTAL1/XTAL2/TOSC1/TOSC2

Port B is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port B output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port B pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port B pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Depending on the clock selection fuse settings, PB6 can be used as input to the inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

Depending on the clock selection fuse settings, PB7 can be used as output from the inverting Oscillator amplifier.

If the Internal Calibrated RC Oscillator is used as chip clock source, PB7...6 is used as TOSC2...1 input for the Asynchronous Timer/Counter2 if the AS2 bit in ASSR is set.

The various special features of Port B are elaborated in "System Clock and Clock Options" on page 26.

1.1.4 Port C (PC5:0)

Port C is a 7-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The PC5...0 output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port C pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port C pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

1.1.5 PC6/RESET

If the RSTDISBL Fuse is programmed, PC6 is used as an I/O pin. Note that the electrical characteristics of PC6 differ from those of the other pins of Port C.

If the RSTDISBL Fuse is unprogrammed, PC6 is used as a Reset input. A low level on this pin for longer than the minimum pulse length will generate a Reset, even if the clock is not running. The minimum pulse length is given in Table 28-12 on page 323. Shorter pulses are not guaranteed to generate a Reset.

The various special features of Port C are elaborated in "Alternate Functions of Port C" on page 86.

1.1.6 Port D (PD7:0)

Port D is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port D output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port D pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port D pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

ATmega48A/48PA/88A/88PA/168A/168PA/328/328P

The various special features of Port D are elaborated in "Alternate Functions of Port D" on page 89.

1.1.7 AV_{CC}

AV_{CC} is the supply voltage pin for the A/D Converter, PC3:0, and ADC7:6. It should be externally connected to V_{CC} , even if the ADC is not used. If the ADC is used, it should be connected to V_{CC} through a low-pass filter. Note that PC6...4 use digital supply voltage, V_{CC} .

1.1.8 AREF

AREF is the analog reference pin for the A/D Converter.

1.1.9 ADC7:6 (TQFP and QFN/MLF Package Only)

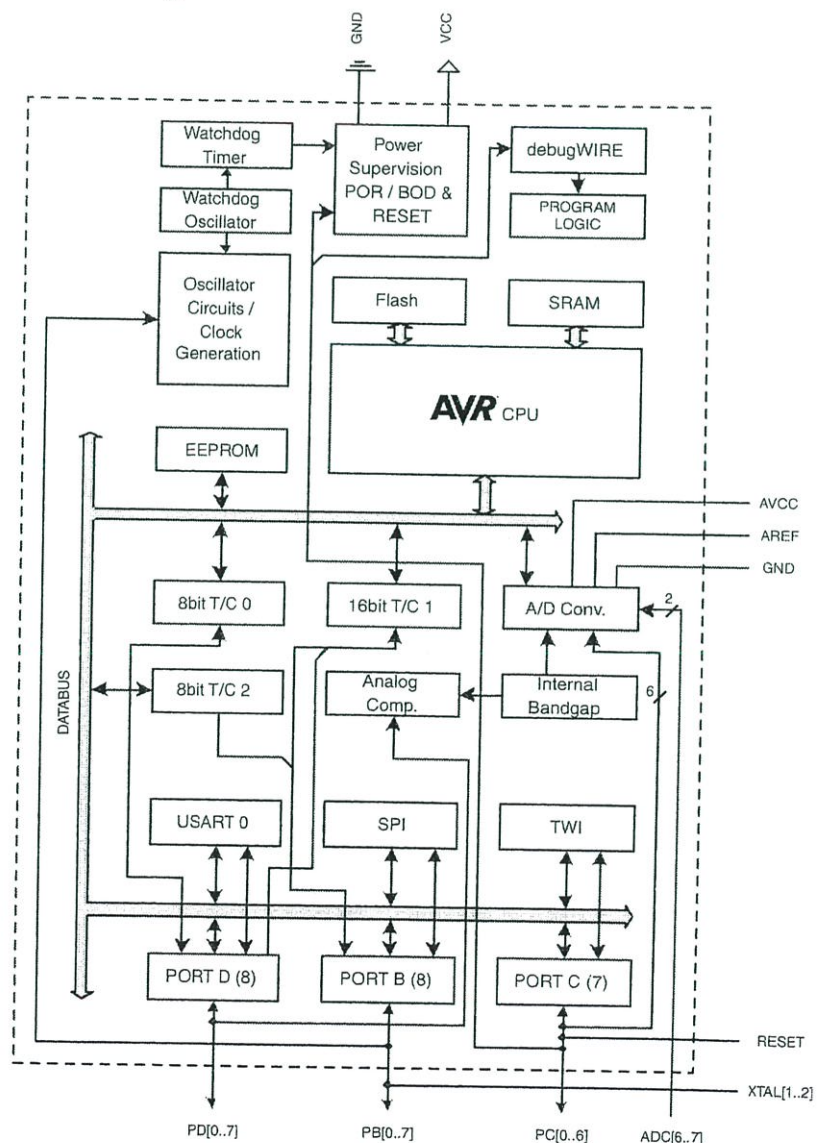
In the TQFP and QFN/MLF package, ADC7:6 serve as analog inputs to the A/D converter. These pins are powered from the analog supply and serve as 10-bit ADC channels.

2. Overview

The ATmega48A/48PA/88A/88PA/168A/168PA/328/328P is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR enhanced RISC architecture. By executing powerful instructions in a single clock cycle, the ATmega48A/48PA/88A/88PA/168A/168PA/328/328P achieves throughput approaching 1 MIPS per MHz allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

2.1 Block Diagram

Figure 2-1. Block Diagram



The AVR core combines a rich instruction set with 32 general purpose working registers. All the 32 registers are directly connected to the Arithmetic Logic Unit (ALU), allowing two independent

ATmega48A/48PA/88A/88PA/168A/168PA/328/328P

6.7 ATmega328

Speed (MHz)	Power Supply (V)	Ordering Code ⁽²⁾	Package ⁽¹⁾	Operational Range
20 ⁽³⁾	1.8 - 5.5	ATmega328-AU ATmega328-AUR ⁽⁴⁾ ATmega328-MU ATmega328-MUR ⁽⁴⁾ ATmega328-PU	32A 32A 32M1-A 32M1-A 28P3	Industrial (-40°C to 85°C)

- Note:
1. This device can also be supplied in wafer form. Please contact your local Atmel sales office for detailed ordering information and minimum quantities.
 2. Pb-free packaging complies to the European Directive for Restriction of Hazardous Substances (RoHS directive). Also Halide free and fully Green.
 3. See Figure 28-1 on page 321.
 4. Tape & Reel

Package Type	
32A	32-lead, Thin (1.0 mm) Plastic Quad Flat Package (TQFP)
28P3	28-lead, 0.300" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
32M1-A	32-pad, 5 x 5 x 1.0 body, Lead Pitch 0.50 mm Quad Flat No-Lead/Micro Lead Frame Package (QFN/MLF)



ATmega48A/48PA/88A/88PA/168A/168PA/328/328P

6.8 ATmega328P

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code ⁽²⁾	Package ⁽¹⁾	Operational Range
20 ⁽³⁾	1.8 - 5.5	ATmega328P-AU ATmega328P-AUR ⁽⁴⁾ ATmega328P-MU ATmega328P-MUR ⁽⁴⁾ ATmega328P-PU	32A 32A 32M1-A 32M1-A 28P3	Industrial (-40°C to 85°C)

- Note:
1. This device can also be supplied in wafer form. Please contact your local Atmel sales office for detailed ordering information and minimum quantities.
 2. Pb-free packaging complies to the European Directive for Restriction of Hazardous Substances (RoHS directive). Also Halide free and fully Green.
 3. See Figure 28-1 on page 321.
 4. Tape & Reel.

Package Type	
32A	32-lead, Thin (1.0 mm) Plastic Quad Flat Package (TQFP)
28P3	28-lead, 0.300" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
32M1-A	32-pad, 5 x 5 x 1.0 body, Lead Pitch 0.50 mm Quad Flat No-Lead/Micro Lead Frame Package (QFN/MLF)