รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

ระบบติดตามอัตโนมัติ

Simple tracking and following system

นางสาวมณฑิรา วิถีสำราญธรรม

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์อิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงงานสหกิจศึกษา ระบบติดตามอัตโนมัติ
ชื่อ-สกุล นักศึกษา นางสาวมณฑิรา วิถีสำราญธรรม
คณะ วิศวกรรมศาสตร์ **ภาควิชา** อิเล็กทรอนิกส์
ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ อ.ชินภัทร นันทจิวากรชัย
ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน นายศุภนิมิต มีมุ่งกิจ
สถานประกอบการ บริษัท โตโยต้า มอเตอร์ ประเทศไทย จำกัด

บทคัดย่อ

ปัจจุบันนี้ ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีมีการพัฒนาอย่างก้าวไกล กระบวนการต่างๆใช้เทคโนโลยีเข้าไปช่วยในหลายๆด้าน โดยเฉพาะในระบบอุตสาหกรรม

แขนกลเป็นหุ่นยนต์ชนิดหนึ่งที่นำมาใช้งานในวงการอุตสาหกรรมการผลิต แต่ราคาแขนหุ่นยนต์นำเข้าที่พร้อมใช้กับโรงงานมีราคาสูงและเป็นซอฟต์แวร์ปิด ซึ่งส่วนใหญ่ไม่สามารถแก้ไขโปรแกรมได้เอง เพื่อที่จะสร้างแขนกลที่ถูกกว่าแขนหุ่นยนต์ที่นำเข้าจากต่างประเทศและสามารถปรับแก้โปรแกรมได้เอง จึงได้ทำการออกแบบวงจรเพื่อใช้ควบคุมแขนกลโดยใช้ Arduino เป็นตัวคอนโทรลเลอร์ในการสั่งงานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อควบคุมแขนกล โดยในการทำงาน ผู้ใช้สามารถเลือกรูปแบบการทำงานได้ 2 แบบ คือ แบบอัตโนมัติและแบบแมนนวล โดยในแบบอัตโนมัติจะใช้โมดูลกล้องตรวจจับสีและภาพระยะไกล เพื่อตรวจตำแหน่งและระยะของพนักงาน และแบบแมนนวลจะใช้สวิทช์ในการเลือกมอเตอร์และทิศทางของมอเตอร์ที่จะควบคุม

คำสำคัญ : ไมโครคอนโทรลเลอร์, มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง, แขนกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cooperative Title: Simple tracking and following system
Student intern name: Monthira Vitheesamrantham
Faculty: Engineering **Department:** Electronics
Advisor name: Mr.Chinnapat Nantajiwakornchai
Mentor name: Mr.Suppanimit Meemungkit
Company: Toyota Motor Thailand Co., Ltd.

Abstract

According to the technological advancements nowadays, Technology has been an important part in various fields, especially manufacturing industry.

This report purposes on Mechanical arms, robot that widely used in manufacturing industry. Most of mechanical arms in factory are imported and expensive. Moreover, the program controlling the robot cannot be adjusted to suit the environment. To create a cheaper and adjustable version of mechanical arms, Arduino, a microcontroller board, has been designed as a controller manipulating DC motors. The operation has two mode. The first one is Automatic mode; the machine will detect color and size to identify user's position and distance. The other one, Manual mode, user can control the machine via switch, to selects motor and controls the direction.

Keyword: Microcontroller, DC Motor, Mechanical arm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำโครงงานเรื่องระบบติดตามอัตโนมัตินี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีด้วยการได้รับความกรุณาจาก คุณปฏิวัติ ลาดศิลา ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำในการจัดทำโครงงานในด้านต่างๆ พนักงานที่ปรึกษา คุณศุภนิมิต มีมุ่งกิจ คุณณัฐภูมิ ปราณี ที่ร่วมกันจัดทำโครงงานและให้ความช่วยเหลือ ตลอดจนคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการทำโครงงาน และพนักงานในแผนกทุกท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและให้คำเสนอแนะ คำแนะนำต่างๆ ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ชินภัทร นันทจิวากรชัย ที่ให้คำแนะนำและแนวทางในระหว่างการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ขอขอบคุณผู้เขียนหนังสือที่ช่วยให้ผู้จัดทำได้รับความรู้และข้อมูลที่เป็นประโยชน์ ท้ายที่สุด ขอกราบขอบพระคุณ คุณบิดามารดา ที่คอยให้กำลังใจตลอดมา

ผู้จัดทำโครงงานขอขอบพระคุณท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้องไว้ ณ โอกาสนี้

มณฑิรา วิถีสำราญธรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I
บทคัดย่าภาษาอังกฤษ II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
สารบัญภาพ VI
สารบัญตาราง VII
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 1
1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย 2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
บทที่ 2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 3
2.1 วงจรแบ่งแรงดัน 3
2.1.1 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าแบบไม่มีโหลด 3
2.12 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าแบบมีโหลด 3
2.2 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ 4
2.2.1 Arduino Mega 2560 4
2.2.2 Arduino UNO R3 5
2.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor) 5
2.3.1 หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 5
2.3.1 ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 6
2.3.2 วงจรขับมอเตอร์แบบ H-Bridge 7
2.3.3 การควบคุมมอเตอร์ด้วยสัญญาณ PWM (Pulse Width Modulation) 8
2.4 กล้อง PIXY2 9
2.4.1 ข้อมูลจำเพาะ 10
2.5 เซนเซอร์วัดระยะ 11
2.6 โปรแกรม Arduino IDE 12
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการ 13
3.1 แผนการดำเนินงาน 13
3.2 คุณสมบัติของระบบติดตามอัตโนมัติ 13
3.3 หลักการทำงานของระบบติดตามอัตโนมัติ 13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.4 การทำงานของแต่ละสวิทช์ 15
3.5 ภาพแบบร่างของวงจรที่ออกแบบ 16
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน 17
4.1 ผลการดำเนินงาน 12
4.2 ผลทดสอบการหมุนของมอเตอร์ตามการเคลื่อนที่ของวัตถุ 12
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ 19
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน 19
5.2 ปัญหาและอุปสรรค 19
5.3 ข้อเสนอแนะ 19
บรรณานุกรม 20
ภาคผนวก 21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

ภาพที่ 1.1 ที่ตั้งสถานประกอบการ 1
ภาพที่ 2.1 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าแบบไม่มีโหลด 3
ภาพที่ 2.2 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าแบบมีโหลด 3
ภาพที่ 2.3 บอร์ด Arduino Mega 2560 4
ภาพที่ 2.4 Pinout ของบอร์ด Arduino Mega 2560 4
ภาพที่ 2.5 บอร์ด Arduino UNO R3 5
ภาพที่ 2.6 Pinout ของบอร์ด Arduino UNO R3 5
ภาพที่ 2.7 ส่วนประกอบและการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 6
ภาพที่ 2.8 วงจรขับมอเตอร์ไฟตรงแบบ H-Bridge 7
ภาพที่ 2.9 แสดงค่า duty cycle ที่ต่างกัน 8
ภาพที่ 2.10 กล้อง PIXY2 9
ภาพที่ 2.11 การตั้งค่าในโปรแกรม PixyMon 10
ภาพที่ 2.12 ชุดอุปกรณ์สำหรับหมุนและส่าย 11
ภาพที่ 2.13 โมดูล HC-SR04 12
ภาพที่ 2.14 โปรแกรม Arduino IDE 12
ภาพที่ 3.1 Block diagram กระบวนการทำงานของระบบติดตามอัตโนมัติ 14
ภาพที่ 3.2 ตัวต้นแบบที่ใช้ทดสอบโปรแกรม 14
ภาพที่ 3.3 แผงสวิทช์ควบคุมการทำงาน 15
ภาพที่ 3.4 Schematic ของวงจร 16
ภาพที่ 4.1 ตำแหน่งวัตถุที่ใช้ทดสอบ 17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลจำเพาะกล้อง PIXY2 10
ตารางที่ 3.1 แผนการดำเนินงาน 13
ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบการหมุนของมอเตอร์ 18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

โรงงานประกอบรถยนต์ของโตโยต้า มีการประกอบชิ้นส่วนอยู่ตลอดเวลา ซึ่งในกระบวนการการประกอบ พนักงานจำเป็นต้องเดินไปหยิบชิ้นส่วนและอุปกรณ์เพื่อนำมาประกอบรถ ซึ่งโครงงานเรื่องระบบติดตามอัตโนมัตินี้ จึงได้จัดทำขึ้นเพื่อลดภาระหน้าที่ของพนักงานในการเดินไปหยิบชิ้นส่วนมาประกอบบริเวณใต้ท้องรถ

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.3.1 เพื่อลดภาระการทำงานของพนักงาน

1.3.2 เพื่อลดต้นทุนการนำเข้าหุ่นยนต์แขนกลจากต่างประเทศ

1.3.3 เพื่อเสริมสร้างความรู้ในการต่อวงจรและการเขียนโปรแกรม

1.3.4 เพื่อนำประสบการณ์ที่ได้จากการปฏิบัติงานมาใช้ในการทำงานจริงในอนาคต

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 เขียนโปรแกรมควบคุมแขนกล 2 ข้อต่อ สามารถเคลื่อนที่ได้โดยใช้โมดูลกล้องจับภาพวัตถุ

1.3.2 ใช้โปรแกรม PixyMon ในการประมวลผลภาพดิจิตอลและปรับค่าเซนเซอร์ เพื่อจำแนกสีและขนาดของวัตถุ และระบุตำแหน่งของวัตถุบนแกน x, y

1.3.3 มีระยะเอื้อม 1.5 เมตร

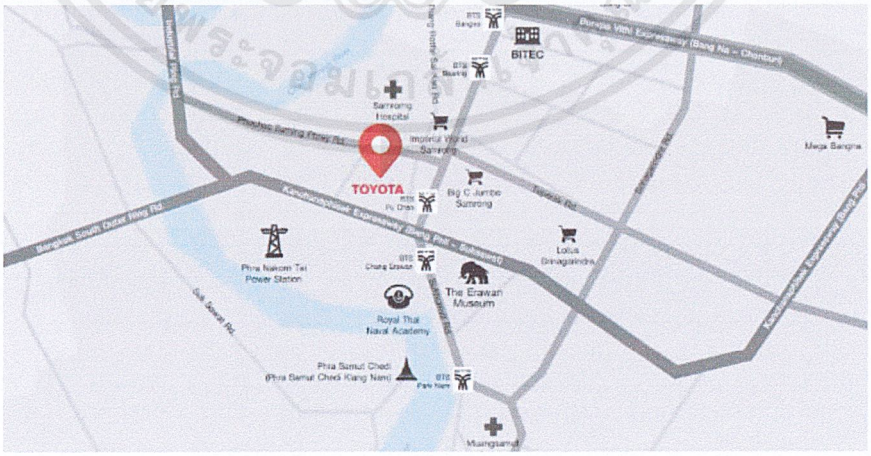
1.3.4 แขนกลสามารถบรรจุสิ่งของที่มีน้ำหนักไม่เกิน 20 กิโลกรัม

1.3.5 ระยะเวลาในการปฏิบัติงาน ตั้งแต่วันที่ 1 สิงหาคม ถึง วันที่ 29 พฤศจิกายน 2562

1.3.6 สถานที่ปฏิบัติสหกิจศึกษา บริษัท โตโยต้า มอเตอร์ ประเทศไทย จำกัด

ที่ตั้งของสถานประกอบการ : สำนักงานใหญ่และโรงงานโตโยต้า (สำโรง)

186/1 หมู่ 1 ถ.ทางรถไฟเก่า ต.สำโรงใต้ อ.พระประแดง จ.สมุทรปราการ 10130 ประเทศไทย



ภาพที่ 1.1 ที่ตั้งสถานประกอบการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย

1.4.1 ศึกษาการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์และศึกษาค่าพารามิเตอร์ของโมดูลกล้อง

1.4.2 สร้างแขนกลจำลองเพื่อทดลองและพัฒนาโปรแกรม

1.4.3 ติดตั้งแขนกลและทำการทดสอบ

1.4.4 ปรับปรุงโปรแกรมให้มีความเสถียรมากขึ้น

1.4.5 สรุปผลการดำเนินงาน

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 มีความรู้ความเข้าใจในด้านวงจรไฟฟ้าและการเขียนโปรแกรม

1.5.2 เรียนรู้ถึงหลักความปลอดภัยในโรงงาน

1.5.3 ได้รับแนวคิดและหลักการในการทำงาน ซึ่งช่วยในการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาอย่างเป็นระบบ

1.5.4 เรียนรู้วิธีการทำงานร่วมกับผู้อื่น

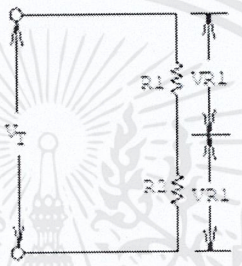
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 วงจรแบ่งแรงดัน

วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าใช้หลักการของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม เพื่อแบ่งแรงดันให้กับวงจรไฟฟ้าอื่นๆที่ต้องการใช้แรงดัน ในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมจะเห็นว่าแหล่งจ่ายไฟฟ้ามีการแบ่งแรงดันไปให้กับตัวต้านทานที่ต่ออยู่ในวงจร และแรงดันไฟฟ้าที่ถูกแบ่งไปนี้จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับค่าความต้านทานที่อยู่ในวงจร ซึ่งสามารถแบ่งได้ดังนี้

2.1.1 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าแบบไม่มีโหลด



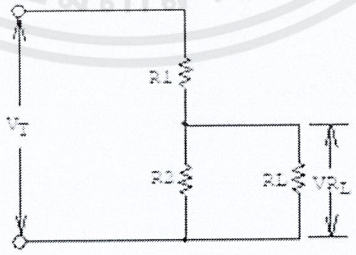
ภาพที่ 2.1 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าแบบไม่มีโหลด

จากวงจรจะได้ $$V_{R1} = V_T\left(\frac{R_1}{R_1 + R_2}\right)$$

$$V_{R2} = V_T\left(\frac{R_2}{R_1 + R_2}\right)$$

2.1.1 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าแบบมีโหลด

จากวงจรจะเห็นว่าโหลด R_L แบ่งแรงดันไฟฟ้ากับ R_1 ที่มีความต้านทาน R_2 ต่อขนานจะได้ว่า



ภาพที่ 2.2 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าแบบมีโหลด

$$V_{RL} = V_T\left(\frac{(R_2 // R_L)}{(R_2 // R_L) + R_1}\right)$$

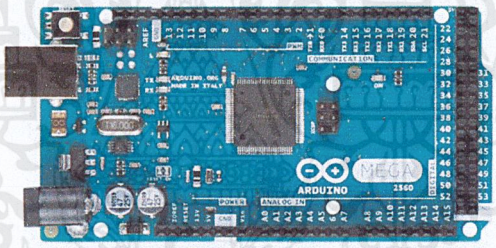
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

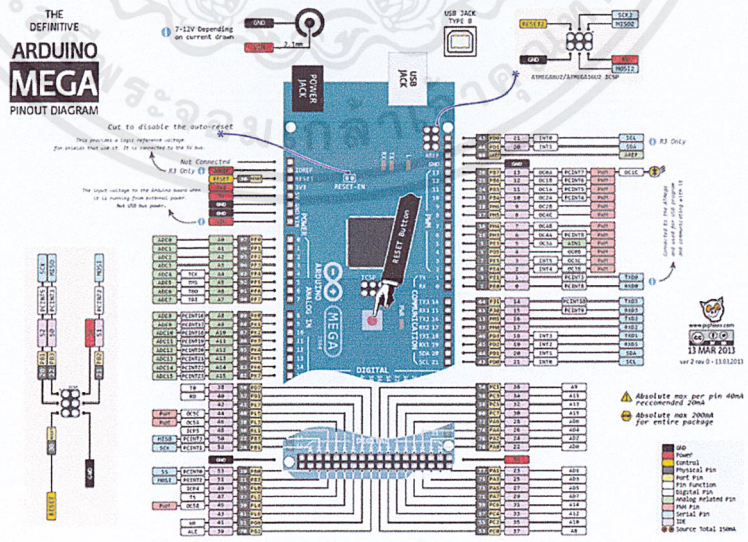
ไมโครคอนโทรลเลอร์คือระบบคอนโทรลเลอร์ขนาดเล็ก เรียกอีกอย่างหนึ่งคือเป็นระบบคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กๆ ที่สามารถนำเอามาประยุกต์ใช้งานได้หลากหลายโดยผ่านการออกแบบวงจรให้เหมาะกับงานนั้นๆ และยังสามารถโปรแกรมคำสั่งเพื่อควบคุมขาอินพุตและเอาต์พุต เพื่อควบคุมอุปกรณ์ต่างๆได้อีกด้วย ซึ่งก็นับว่าเป็นระบบที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย ทั้งทางด้านดิจิตอล และอนาล็อกยกตัวอย่าง เช่น ระบบสัญญาณตอบรับอัตโนมัติ ระบบบัตรคิว ระบบตอกบัตรพนักงาน และอื่นๆ

2.2.1 Arduino MEGA 2560

บอร์ด Arduino MEGA 2560 เป็นบอร์ด Arduino ที่ออกแบบมาสำหรับงานที่ต้องใช้ I/O มาก งานที่ต้องการรับสัญญาณจาก Sensor หรือควบคุมมอเตอร์หลายๆตัว อีกทั้งบอร์ดนี้มีหน่วยความจำแบบ Flash มาก ทำให้สามารถเขียนโปรแกรมเข้าไปได้มาก มีจำนวน Analog Input port 16 ช่อง Digital Input 54 ช่อง PWM 4 ช่อง Flash memory 256 kB ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้คือ ATmega2560 Clock 16 MHz ใช้ไฟเลี้ยง 7 ถึง 12V แรงดันของระบบอยู่ที่ 5 V Serial UART 4 ชุด I2C 1 ชุด SPI 1 ชุด



ภาพที่ 2.3 บอร์ด Arduino Mega 2560

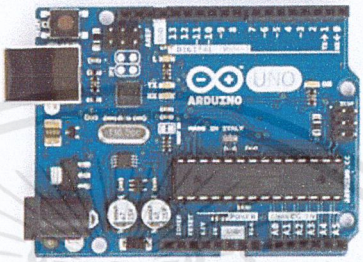


ภาพที่ 2.4 Pinout ของบอร์ด Arduino Mega 2560

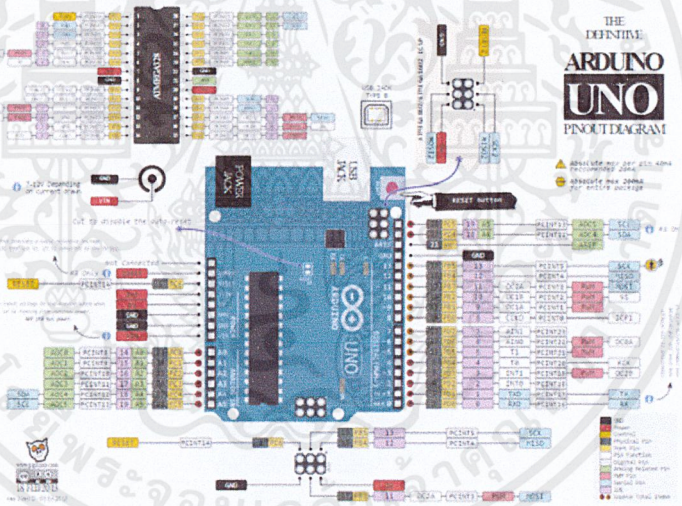
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 Arduino UNO R3

บอร์ด Arduino Uno R3 เป็นบอร์ดที่นิยมใช้งานมากที่สุดในบรรดาบอร์ดของ Arduino เนื่องจากมีราคาถูกเมื่อเทียบกับบอร์ดตัวอื่น มีจำนวนขา Analog Input 6 ช่อง Digital Input 14 ช่อง ใช้ ATmega328 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ Flash memory 32 KB ใช้กับ USB ได้ทันทีทั้งไฟเลี้ยงและการโปรแกรม และยังมี shield ที่ออกแบบให้เข้ากับบอร์ดArduino UNO R3 ให้เลือกมากมาย



ภาพที่ 2.5 บอร์ด Arduino UNO R3



ภาพที่ 2.6 Pinout ของบอร์ด Arduino UNO R3

2.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor)

มอเตอร์ไฟตรง (DC motor) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล โดยเมื่อจ่ายไฟให้แก่มอเตอร์ จะทำให้แกนของมอเตอร์หมุน จึงสามารถนำการหมุนของแกนมอเตอร์ไปใช้ในการขับเคลื่อนวัตถุให้เกิดการเคลื่อนที่

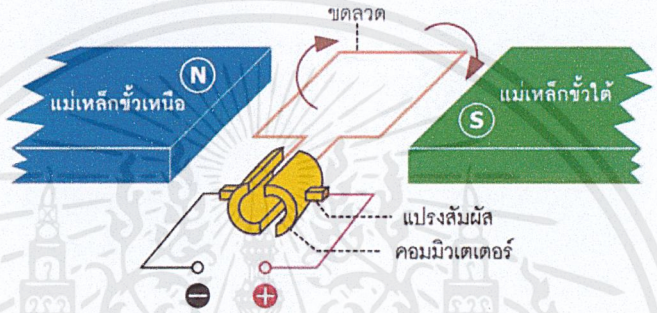
2.3.1 หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

การขับหรือทำให้มอเตอร์ไฟตรงทำงานเพื่อหมุนแกน ทำได้โดยจ่ายไฟเข้าที่ขั้วของมอเตอร์ และเมื่อกลับขั้วของการจ่ายไฟมอเตอร์ก็จะหมุนกลับทิศทาง สำหรับการอธิบาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของมอเตอร์โดยทั่วไปจะอ้างถึงมอเตอร์แบบ 2 ขั้ว เมื่อจ่ายไฟให้แก่มอเตอร์ผ่านทางแปรงสัมผัสซึ่งต่ออยู่กับคอมมิวเตเตอร์และขดลวด กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านขดลวดทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก และเกิดแรงดูดจากแม่เหล็กถาวร ทำให้ขดลวดสามารถหมุนได้

แต่การใช้ขดลวดเพียง 2 ขั้ว ทำให้การหมุนของมอเตอร์ขาดเสถียรภาพ เพราะในความเป็นจริงเมื่อคอมมิวเตเตอร์หมุนไป 90 องศาจะทำให้เกิดการลัดวงจรคอมมิวเตอร์ทั้ง 2 ชิ้น ทำให้กระแสไฟฟ้าหยุดไหล แต่แกนของมอเตอร์ยังหมุนไปได้ด้วยแรงเฉื่อย ทำให้จังหวะการทำงานนั้นไม่ต่อเนื่อง และทำให้อัตราเร็วในการหมุนไม่คงที่ ซึ่งทางแก้ไขนั้นจะใช้มอเตอร์แบบมีขดลวด 3 ขั้ว ที่มีการพันในทิศทางที่สลับกัน



ภาพที่ 2.7 ส่วนประกอบและการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

2.3.2 ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ผลิตมาใช้งาน มีโครงสร้างและส่วนประกอบคล้ายกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง มีส่วนประกอบที่สำคัญเหมือนกัน มีรูปร่างลักษณะภายนอกคล้ายกัน แตกต่างกันตรงการนำไปใช้งาน โดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงจะทำให้เกิดไฟฟ้าในรูปของแรงดันไฟตรงออกมา ส่วนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเมื่อจ่ายแรงดันไฟตรงให้มอเตอร์ ทำให้มอเตอร์หมุนเกิดพลังกลขึ้นมา

ส่วนประกอบหลักๆ ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

1. ขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field Coil) คือขดลวดที่ถูกพันอยู่กับขั้วแม่เหล็กที่ยึดติดกับโครงมอเตอร์ ทำหน้าที่กำเนิดขั้วแม่เหล็กขั้วเหนือ (N) และขั้วใต้ (S) แทนแม่เหล็กถาวรขดลวดที่ใช้เป็นขดลวดอาบน้ำยาฉนวน สนามแม่เหล็กจะเกิดขึ้นเมื่อจ่ายแรงดันไฟตรงให้มอเตอร์

2. ขั้วแม่เหล็ก (Pole Pieces) คือแกนสำหรับรองรับขดลวดสนามแม่เหล็ก ถูกยึดติดกับโครงมอเตอร์ด้านใน ขั้วแม่เหล็กทำมาจากแผ่นเหล็กอ่อนบางๆอัดซ้อนกัน (Lamination Sheet Steel) เพื่อลดการเกิดกระแสไหลวน (Edy Current) ที่จะทำให้ความเข้มของสนามแม่เหล็กลดลง ขั้วแม่เหล็กทำหน้าที่ให้กำเนิดขั้วสนามแม่เหล็กมีความเข้มสูงสุด แทนขั้วสนามแม่เหล็กถาวร ผิวด้านหน้าของขั้วแม่เหล็กทำให้โค้งรับกับอาร์เมเจอร์พอดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. โครงมอเตอร์ (Motor Frame) คือส่วนเปลือกหุ้มภายนอกของมอเตอร์ และยึดส่วนอยู่กับที่ (Stator) ของมอเตอร์ไว้ภายในร่วมกับฝาปิดหัวท้ายของมอเตอร์ โครงมอเตอร์ทำหน้าที่เป็นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กระหว่างขั้วแม่เหล็กให้เกิดสนามแม่เหล็กครบวงจร

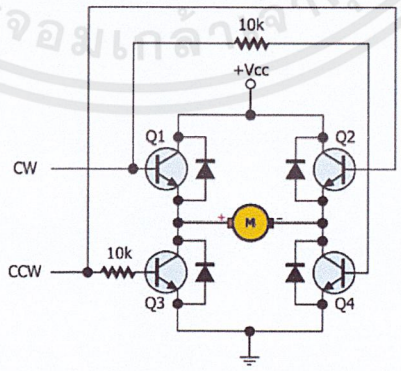
4. อาร์เมเจอร์ (Armature) คือส่วนเคลื่อนที่ (Rotor) ถูกยึดติดกับเพลา (Shaft) และรองรับการหมุนด้วยที่รองรับการหมุน (Bearing) ตัวอาร์เมเจอร์ทำจากเหล็กแผ่นบางๆอัดซ้อนกัน ถูกเซาะร่องออกเป็นส่วนๆ เพื่อไว้พันขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature Winding) ขดลวดอาร์เมเจอร์เป็นขดลวดอาบน้ำยาฉนวน ร่องขดลวดอาร์เมเจอร์จะมีขดลวดพันอยู่และมีลิ่มไฟเบอร์อัดแน่นขึงขดลวดอาร์เมเจอร์ไว้ ปลายขดลวดอาร์เมเจอร์ต่อไว้กับคอมมิวเตเตอร์ อาร์เมอเจอร์ผลักดันของสนามแม่เหล็กทั้งสอง ทำให้อาร์เมเจอร์หมุนเคลื่อนที่

5. คอมมิวเตเตอร์ (Commutator) คือส่วนเคลื่อนที่อีกส่วนหนึ่ง ถูกยึดติดเข้ากับอาร์เมเจอร์และเพลาร่วมกัน คอมมิวเตเตอร์ทำจากแท่งทองแดงแข็ง ประกอบเข้าด้วยกันเป็นรูปทรงกระบอก แต่ละแท่งทองแดงของคอมมิวเตเตอร์ถูกแยกออกจากกันด้วยฉนวนไมก้า (Mica) อาร์เมเจอร์ คอมมิวเตเตอร์ทำหน้าที่เป็นขั้วรับแรงดันไฟตรงที่จ่ายมาจากแปรงถ่านเพื่อส่งไปให้ขดลวดอาร์เมอร์

6. แปรงถ่าน (Brush) คือตัวสัมผัสกับคอมมิวเตเตอร์ ทำเป็นแท่งสี่เหลี่ยมผลิตมาจากคาร์บอนหรือแกรไฟต์ผสมผงทองแดง เพื่อให้แข็งและนำไฟฟ้าได้ดี มีสายตัวนำต่อร่วมกับแปรงถ่านเพื่อไปรับแรงดันไฟตรงที่จ่ายเข้ามา แปรงถ่านทำหน้าที่รับแรงดันไฟตรงจากแหล่งจ่าย จ่ายผ่านไปให้คอมมิวเตเตอร์

2.3.3 วงจรขับมอเตอร์แบบ H-Bridge

โครงสร้างแบบ H-bridge ออกแบบขึ้นมาเพื่อสลับขั้วแรงดันที่จ่ายให้กับมอเตอร์ ทำให้สามารถสลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์ได้ โดยโครงสร้าง H-bridge ประกอบด้วยสองส่วน คือ ส่วนตัดต่อกระแส หรือ switching element



ภาพที่ 2.8 วงจรขับมอเตอร์ไฟตรงแบบ H-Bridge

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อส่งสัญญาณลอจิก 1 มาที่อินพุต CW จะทำให้ทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q4 ทำงาน เกิดกระแสไฟฟ้าไหลผ่านมอเตอร์ ทำให้มอเตอร์หมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา

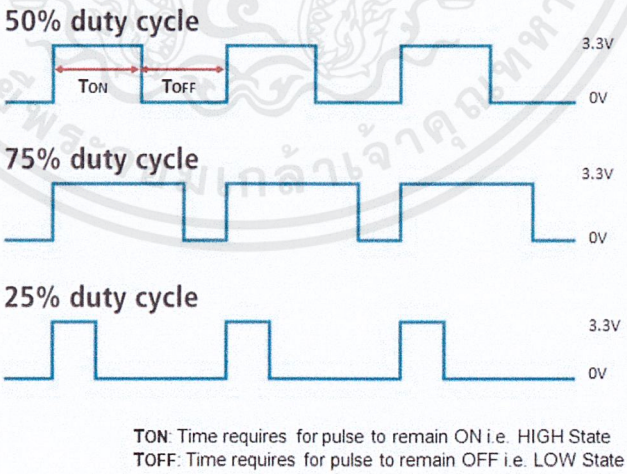
ถ้าหากส่งสัญญาณลอจิก 1 มาที่อินพุต CCW จะทำให้ทรานซิสเตอร์ Q2 และ Q3 ทำงานแทน เกิดกระแสไฟฟ้าไหลผ่านมอเตอร์ในอีกทิศทางหนึ่ง ทำให้มอเตอร์หมุนในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา

2.3.4 การควบคุมมอเตอร์ด้วยสัญญาณ PWM (Pulse Width Modulation)

มอเตอร์สามารถควบคุมได้ด้วยสัญญาณ PWM (Pulse Width Modulation) ซึ่งเป็นวิธีการมอดดูเลชั่นแบบหนึ่ง ซึ่งการมอดดูเลชั่นคือการรวมข้อมูลเข้ากับอีกสัญญาณหนึ่ง ซึ่งข้อมูลที่นำมารวมนี้คือ Duty cycle ซึ่ง duty cycle คือระยะเวลาที่สัญญาณมีสถานะเป็น High เทียบกับคาบเวลาทั้งหมด โดยคิดเป็นเปอร์เซนต์ และยิ่ง Duty cycle มาก มอเตอร์จะยิ่งหมุนเร็วมาก

รูปที่ 2.9 แสดงสัญญาณ PWM ที่แตกต่างกัน 3 สัญญาณ

- สัญญาณแรก แสดงสัญญาณ PWM ที่ 50% duty cycle คือ มีช่วงสัญญาณในการ on จะเป็น 50% ของคาบสัญญาณ และ จะมีช่วงสัญญาณ off เป็น 50% ของคาบสัญญาณ
- สัญญาณที่สอง แสดงสัญญาณ PWM ที่ 75% duty cycle คือ มีช่วงสัญญาณในการ on จะเป็น 75% ของคาบสัญญาณ และ จะมีช่วงสัญญาณ off เป็น 25% ของคาบสัญญาณ
- สัญญาณที่สาม แสดงสัญญาณ PWM ที่ 25% duty cycle คือ มีช่วงสัญญาณในการ on จะเป็น 25% ของคาบสัญญาณ และ จะมีช่วงสัญญาณ off เป็น 75% ของคาบสัญญาณ



ภาพที่ 2.9 แสดงค่า duty cycle ที่ต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากสัญญาณ PWM เป็นสัญญาณดิจิตอล จึงสามารถนำมาใช้ควมคุมวงจรขับแบบ H-bridge ได้ โดยสามารถปรับได้ทั้งความเร็วและแรงบิดของมอเตอร์ สามารถคำนวณได้จาก

$$\text{Average power} = \text{Max power} * t_on / t$$

โดย Max power คือกำลังมอเตอร์ เมื่อจ่ายกระแสอย่างต่อเนื่อง

t_on คือระยะเวลาที่มอเตอร์ทำงาน

t คือระยะเวลาทั้งหมดของ PWM

ในการควบคุมมอเตอร์ด้วยบอร์ด Arduino นั้น สามารถปรับค่า PWM ในโปรแกรมได้โดย สัญญาณ PWM ของ Arduino มีความละเอียด 8 bit หรือ ปรับได้ 255 ระดับ ดังนั้นค่าสัญญาณ 0 โวลต์ถึง 5 โวลต์ จะถูกแสดงเป็นสัญญาณแบบดิจิตอล จะได้ 0 ถึง 255 ซึ่งทำให้สามารถเทียบสัดส่วนคำนวนจากเลขจริงเป็นเลขทางดิจิตอลได้

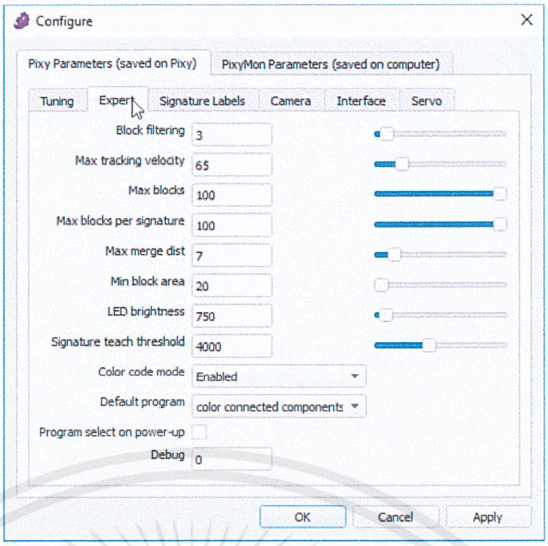
2.4 กล้อง PIXY2

Pixy2 เป็นรุ่นอัพเดทของโมดูลกล้อง Pixy จากผู้ผลิต PixyCam มีขนาดเล็ก ทำงานได้รวดเร็ว สามารถจำ, ตรวจจับและแยกแยะสีได้ทั้งหมด 7 สี และติดตาม (track) วัตถุสีต่างๆ โดยสามารถตรวจจับของได้พร้อมกันมากกว่า20ชิ้น นอกจากนี้ยังมีอัลกอริทึมในการตรวจจับและติดตามเส้นสำหรับใช้ในหุ่นยนต์เดินตามเส้น รวมทั้งสามารถตรวจจับป้ายบาร์โค้ดได้16แบบ สามารถสื่อสารกับไมโครคอนโทรลเลอร์ต่าง ๆ ผ่านทาง UART serial, SPI, I2C, USB, digital และ analog มีความเร็วในการตรวจจับภาพ 60 เฟรมต่อวินาที สามารถต่อ USB เพื่อแสดงผลในคอมพิวเตอร์ และสามารถนำข้อมูลดิบ (raw data) จากเซนเซอร์มาประมวลผลเองได้บนคอมพิวเตอร์

ภาพที่ 2.10 กล้อง PIXY2

ผู้ใช้สามารถสอนให้หาวัตถุที่ต้องการหาได้ง่ายและรวดเร็วด้วยโปรแกรม PixyMon ภายในโปรแกรมยังสามารถปรับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น ความสว่าง, จำนวนวัตถุต่อสี, ความละเอียดในการตรวจจับสี, แสงของหลอดled เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.11 การตั้งค่าในโปรแกรม PixyMon

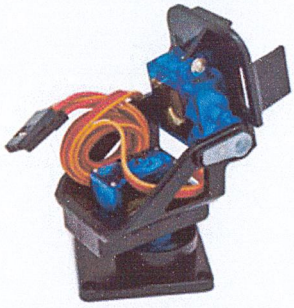
2.4.1 ข้อมูลจำเพาะ

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลจำเพาะกล้อง PIXY2

Processor	NXP LPC4330, 204 MHz, dual core
Image sensor	Omnivision OV9715, 1/4", 1280x800
Lens field-of-view	75°horizontal, 47° vertical
Lens type	standard M12
Power consumption	140 mA typical
Power input	USB input (5V) or (6V to 10V)
RAM	264K bytes
Flash	1M bytes
Available data outputs	UART serial, SPI, I2C, USB, digital, analog
Dimensions	53.4 x 50.8 x 35.6mm

กล้อง PIXY2 สามารถนำมาประกอบร่วมกับชุดอุปกรณ์สำหรับหมุนและส่าย (Pan and Tilt Camera Mount) โดยจะใช้ RC servo ขนาดเล็ก 2 ตัว ประกอบกับฐานพลาสติก ใช้สำหรับฟังก์ชันการติดตามวัตถุ เพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่มากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.12 ชุดอุปกรณ์สำหรับหมุนและส่าย

2.5 เซนเซอร์วัดระยะ

Ultrasonic Sensor Module HC-SR04 เป็นการใช้การส่งคลื่นเสียงที่ความถี่ 40 KHz ซึ่งเป็นความถี่ที่หูของมนุษย์ไม่สามารถได้ยินออกไปสะท้อนวัตถุที่ต้องการวัดระยะ แล้วจับเวลาเสียงสะท้อน เพื่อคำนวณระยะทาง เนื่องจากยังคงเป็นคลื่นเสียง ดังนั้นความเร็วของเสียงจึงแปรผันตามอุณหภูมิด้วย ดังสมการ

$$C = 331.5 + 0.607t \text{ (m/s)}$$

โดย C คือ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของเสียง

t (°C) คือค่าอุณหภูมิ ณ ขณะนั้น

ซึ่งหมายความว่า เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง ค่าความเร็วในการเคลื่อนที่ของเสียงก็จะเปลี่ยนไปด้วยเช่นกัน และในการคำนวณระยะทางสามารถคำนวณได้จาก

$$s = (t/2) \times C$$

โดย s คือ ระยะทาง

t คือเวลาในการเดินทางของคลื่นไปกลับ

C คือ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของเสียง

2.5.1 โครงสร้างภายในเซนเซอร์

1. Ultrasonic Transceiver ตัวรับ-ส่ง คลื่นอัลตราโซนิค เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการแปลงสัญญาณจากแรงดันไฟฟ้าที่สร้างขึ้นจากวงจร Oscillator ไปเป็นคลื่นความถี่อัลตราโซนิค โดยอาศัยการสั่นของ Piezoelectric Ceramics เพื่อส่งออกไปยังวัตถุที่ต้องการตรวจจับ และตัวรับคลื่นอัลตราโซนิคที่สะท้อนกลับมา แล้วแปลงกลับเป็นสัญญาณไฟฟ้า ใช้การส่งสัญญาณแบบพัลส์ เนื่องจากสามารถลดการผิดพลาดจากการวัดได้ดี

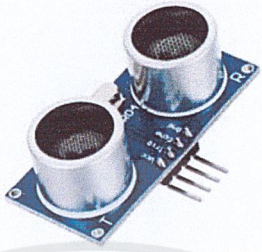
2. Amplifier วงจรขยาย เป็นวงจรที่ทำหน้าที่ขยายสัญญาณแรงดันไฟฟ้าจากตัว Ultrasonic Transceiver และเนื่องจากสัญญาณไฟฟ้าที่ได้มีขนาดเล็ก จึงจำเป็นต้องมีการขยายก่อนนำไปใช้งาน

3. Oscillator วงจรกำเนิดสัญญาณความถี่ เป็นวงจรที่ทำหน้าที่กำเนิดความถี่เรโซแนนซ์และส่งไปยัง Piezoelectric Ceramics เพื่อให้เกิดการสั่นเท่ากับความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธรรมชาติ ทำให้เกิดค่าแอมพลิจูดสูงสุดเท่าที่ทำได้ ซึ่งเป็นความถี่เดียวกับคลื่นอัลตราโซนิคที่ส่งออกไป

4. Output วงจรภาคเอาท์พุต เป็นวงจรที่ทำหน้าที่ส่งสัญญาณออกมาเพื่อติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกหรือตัวควบคุมอื่นๆ



ภาพที่ 2.13 โมดูล HC-SR04

2.6 โปรแกรม Arduino IDE

Arduino IDE คือโปรแกรมสำหรับใช้เขียนโปรแกรม, คอมไพล์ และอัปโหลดโปรแกรมลงบอร์ด Arduino หรือบอร์ดตัวอื่นๆ ที่คล้ายกัน เช่น Generic ESP8266 modules, NodeMCU หรือ WeMos D1 เป็นต้น แนวคิดการใช้งานโปรแกรม Arduino IDE

1. เขียนโปรแกรมด้วยภาษา C/C++ สำหรับ Arduino
2. คอมไพล์หรือแปลโปรแกรมภาษา C/C++ ให้เป็นภาษาสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์และบันทึกเป็น Intel Hex File
3. อัปโหลด Intel Hex File ลงบนไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งอยู่บนบอร์ด Arduino ผ่านสาย USB หรือผ่าน Programmer

ภาพที่ 2.14 โปรแกรม Arduino IDE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

3.1 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 3.1 แผนการดำเนินงาน

Process	Aug-19				Sep-19				Oct-19				Nov-19			
	W1	W2	W3	W4	W1	W2	W3	W4	W1	W2	W3	W4	W1	W2	W3	W4
Discuss specification																
Study C++ program																
Design circuit																
Design structure																
Make structure																
Assembly structure																
Coding program																
Wiring circuit																
Trial and evaluate																

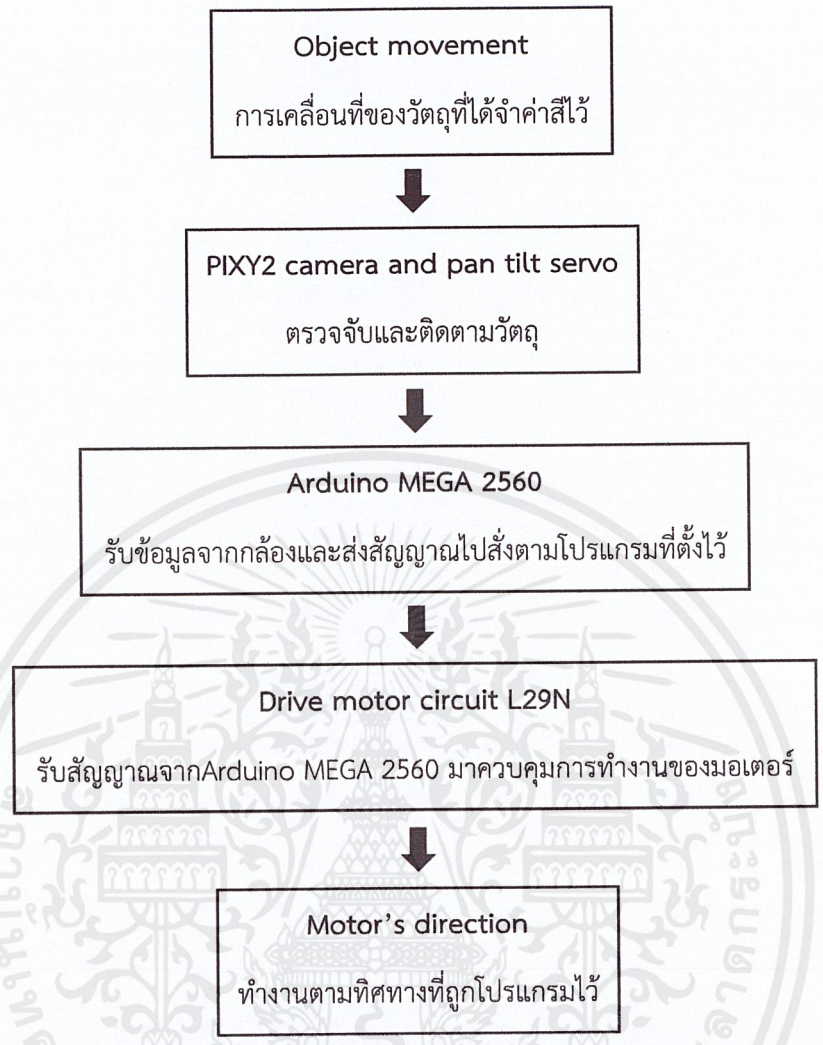
3.2 คุณสมบัติของระบบติดตามอัตโนมัติ

1. สามารถเลือกรูปแบบการทำงานได้ทั้งแบบอัตโนมัติและแมนนวล
2. ในการทำงานแบบอัตโนมัติ แขนกลจะเคลื่อนที่ตามสีที่สอนไว้
3. เมื่อทำงานถึงระยะเวลาที่กำหนด แขนกลจะเคลื่อนที่กลับสู่ตำแหน่งเริ่มต้น
4. ในการทำงานแบบแมนนวล ผู้ใช้สามารถบังคับแขนกลได้ด้วยสวิทช์

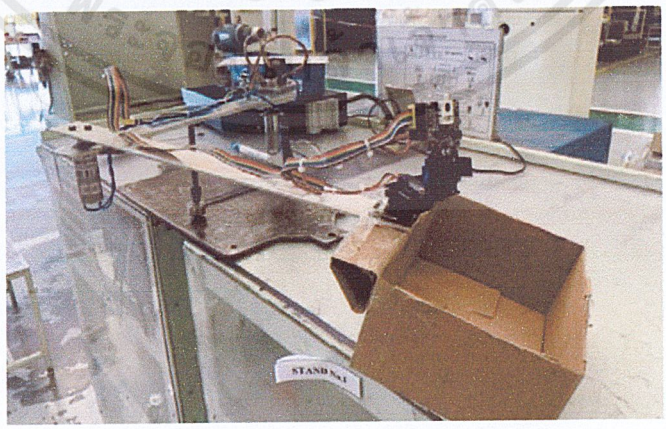
3.3 หลักการทำงานของระบบติดตามอัตโนมัติ

แขนกลถูกควบคุมการทำงานด้วย Microcontroller คือ Arduino MEGA 2560 โดยมีไฟเลี้ยง 5V ซึ่งแปลงแรงดันลงมากจากแหล่งจ่ายไฟ 24V โดยมี โมดูล L298N เป็นตัวขับมอเตอร์ให้ทำงาน ในการทำงาน จะใช้กล้อง PIXY2 เป็นเซนเซอร์เพื่อประมวลผลภาพและส่งข้อมูลมาให้ Arduino MEGA2560 เพื่อที่จะได้ทราบทิศทางการควบคุมมอเตอร์ ในการควบคุมมอเตอร์ เนื่องจากมอเตอร์ที่ใช้เป็นมอเตอรไฟฟ้ากระแสตรง ทำให้บอร์ด Arduino ไม่ทราบตำแหน่งของแขน จึงใช้เซนเซอร์วัดมุม CJMCU-103 มาช่วย ซึ่งจะทำหน้าที่บอกตำแหน่งของแขนกลให้บอร์ด Arduino ทราบ นอกจากนี้ยังระบบป้องกันความปลอดภัยด้วย Ultrasonic sensor HC-SR04 ที่ส่งข้อมูลให้บอร์ด Arduino UNO R3 เมื่อเซนเซอร์ตรวจเจอวัตถุที่เข้ามาใกล้เซนเซอร์ตามระยะที่ตั้งค่าการทำงานไว้ Arduino UNO R3 จะส่งสัญญาณไปยังรีเลย์ ซึ่งจะไปตัดการทำงานของมอเตอร์ ทำให้หยุดการเคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.1 Block diagram กระบวนการทำงานของระบบติดตามอัตโนมัติ



ภาพที่ 3.2 ตัวต้นแบบที่ใช้ทดสอบโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

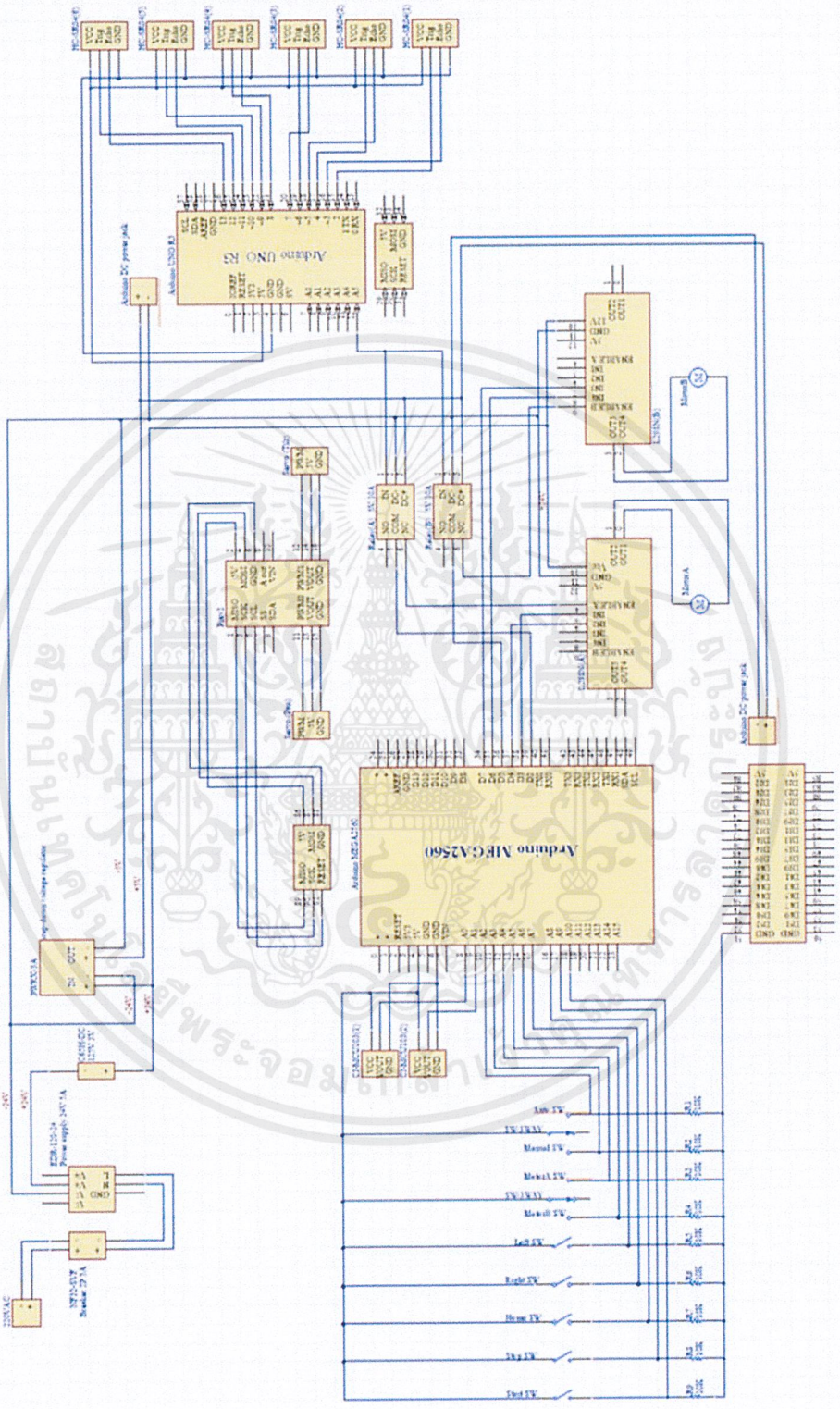
3.4 การทำงานของแต่ละสวิทช์

ภาพที่ 3.3 แผงสวิทช์ควบคุมการทำงาน

1. สวิทช์ Start : เริ่มการทำงานของระบบติดตามอัตโนมัติ (สำหรับโหมดอัตโนมัติ)
2. สวิทช์ Stop : หยุดการทำงานของมอเตอร์ (สำหรับโหมดอัตโนมัติ)
3. สวิทช์ Home : สั่งมอเตอร์ให้เคลื่อนที่สู่ตำแหน่งเริ่มต้น
4. สวิทช์ Auto / Manual : เลือกโหมดการทำงาน
5. สวิทช์ Motor A / Motor B : เลือกมอเตอร์ที่จะควบคุม (สำหรับโหมดแมนนวล)
6. สวิทช์ Left : มอเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกา
7. สวิทช์ Right : มอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 ภาพแบบร่างของวงจรที่ออกแบบ



ภาพที่ 3.4 Schematic ของวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

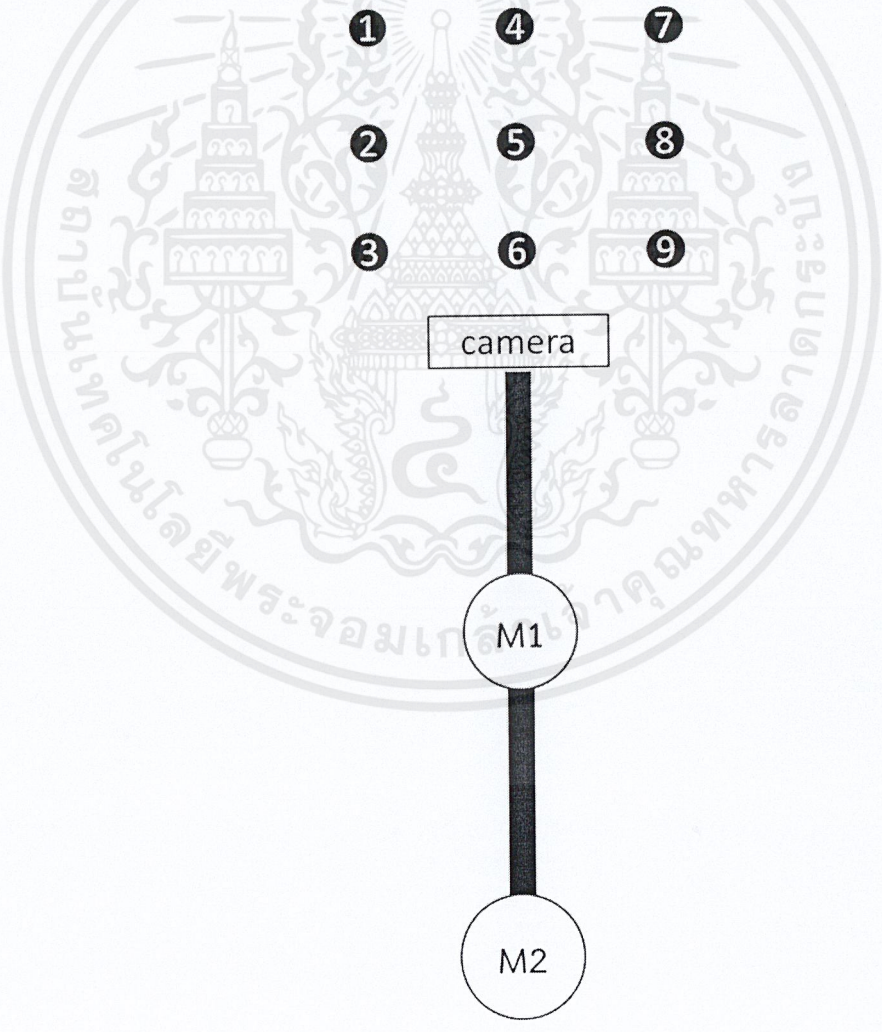
ผลการดำเนินงาน

4.1 ผลการดำเนินงาน

จากการดำเนินงานพบว่า เมื่อใช้ระบบติดตามอัตโนมัติที่โปรแกรมเอง แทนการซื้อหุ่นยนต์สำเร็จรูปจากต่างประเทศ ทำให้ต้นทุนลดลงไปได้ตามเป้าที่ตั้งไว้ และช่วยลดภาระการทำงานของเจ้าหน้าที่ โดยระบบติดตามอัตโนมัติสามารถตรวจจับและติดตามพนักงานได้ตามที่โปรแกรมไว้

4.2 ผลทดสอบการหมุนของมอเตอร์ตามการเคลื่อนที่ของวัตถุ

ทดสอบทิศทางการหมุนของมอเตอร์จากเงื่อนไขต่างๆ โดยปรับตำแหน่งของวัตถุตามตารางตำแหน่งใกล้และไกลเป็นระยะที่กำหนดไว้ในโปรแกรม



ภาพที่ 4.1 ตำแหน่งวัตถุที่ใช้ทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบการหมุนของมอเตอร์

ตำแหน่งของพนักงาน	ทิศการเคลื่อนที่ของมอเตอร์	
	มอเตอร์ตัวที่ 1	**มอเตอร์ตัวที่2**
1. ซ้าย ไกล	หมุนทวนเข็มนาฬิกา	หมุนทวนเข็มนาฬิกา
2. ซ้าย	ไม่หมุน	หมุนทวนเข็มนาฬิกา
3. ซ้าย ใกล้	หมุนตามเข็มนาฬิกา	หมุนทวนเข็มนาฬิกา
4. ตรงกลาง ไกล	หมุนตาม/ทวนเข็มนาฬิกา / ไม่หมุน (ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของแขนในขณะนั้น)	หมุนตาม/ทวนเข็มนาฬิกา / ไม่หมุน (ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของแขนในขณะนั้น)
5. ตรงกลาง	ไม่หมุน	ไม่หมุน
6. ตรงกลาง ใกล้	หมุนตามเข็มนาฬิกา	หมุนทวนเข็มนาฬิกา
7. ขวา ไกล	หมุนตามเข็มนาฬิกา	หมุนตามเข็มนาฬิกา
8. ขวา	ไม่หมุน	หมุนตามเข็มนาฬิกา
9. ขวา ใกล้	หมุนทวนเข็มนาฬิกา	หมุนตามเข็มนาฬิกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากการดำเนินงานในการพัฒนาระบบติดตามอัตโนมัติพบว่า แขนกลสามารถเคลื่อนที่ตามเงื่อนไขต่างๆที่ได้โปรแกรมไว้ได้ตามวัตถุประสงค์ ทั้งยังช่วยลดภาระการทำงานของเจ้าหน้าที่ สามารถปรับเปลี่ยนโปรแกรมได้ตามสภาพหน้างานและเงื่อนไขอื่นๆที่ต้องการ

และเมื่อผู้ใช้เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่างๆพบว่า มอเตอร์ทำงานตามทิศทางที่ได้โปรแกรมไว้ในไมโครคอนโทรลเลอร์ แต่พบปัญหาเกี่ยวกับความเร็ว เนื่องจากการเคลื่อนที่ของแขนและกล้องยังช้าเกินไปเมื่อเทียบกับคนที่เดินอยู่ตลอดเวลา ทำให้การเคลื่อนไหวของแขนกลไม่เป็นไปตามที่ผู้ใช้ต้องการ

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

1. หากวัตถุอยู่ในตำแหน่งที่เป็นขอบของระยะที่ตั้งไว้ จะทำให้โปรแกรมทำงานสลับไปมาระหว่างระยะทั้งสองช่วง ซึ่งส่งผลให้มอเตอร์ทำงานผิดพลาดและแขนกลไม่เคลื่อนที่ไปยังทิศที่ต้องการ

2. โครงสร้างของแขนกลยังมีความบกพร่องเล็กน้อย ซึ่งทำให้แขนกลไม่หยุดเคลื่อนที่ที่ได้รับคำสั่ง จึงไม่อยู่ตรงตำแหน่งที่ต้องการ

3. เนื่องจากนักศึกษายังขาดทักษะการเขียนโปรแกรม ทำให้ต้องใช้เวลาเรียนรู้และลองผิดลองถูก ทำให้งานเกิดความล่าช้า และโปรแกรมทำงานไม่รวดเร็วเท่าที่ควร

5.3 ข้อเสนอแนะ

ควรทำแผนการดำเนินงานให้ดี เพื่อที่จะได้มองภาพรวมความคืบหน้าของงาน และจัดสรรเวลาการทำงานให้เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ผศ.ดร. เดชฤทธิ์ มณีธรรม. 2560. **คัมภีร์การใช้งาน ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino.** กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

บทความเกี่ยวกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://menglab.blogspot.com/2017/04/h-bridge.html. สืบค้นเมื่อวันที่ 21 ธันวาคม 2562.

บทความเกี่ยวกับบอร์ด Arduino. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก https://www.thaieasyelec.com/article-wiki/basic-electronics/what-is-arduino-ch2-introduce-series-of-arduino.html. สืบค้นเมื่อวันที่ 23 ธันวาคม 2562.

Pixy camera. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก https://pixycam.com/pixy-cmucam5/. สืบค้นเมื่อวันที่ 2 ธันวาคม 2562.

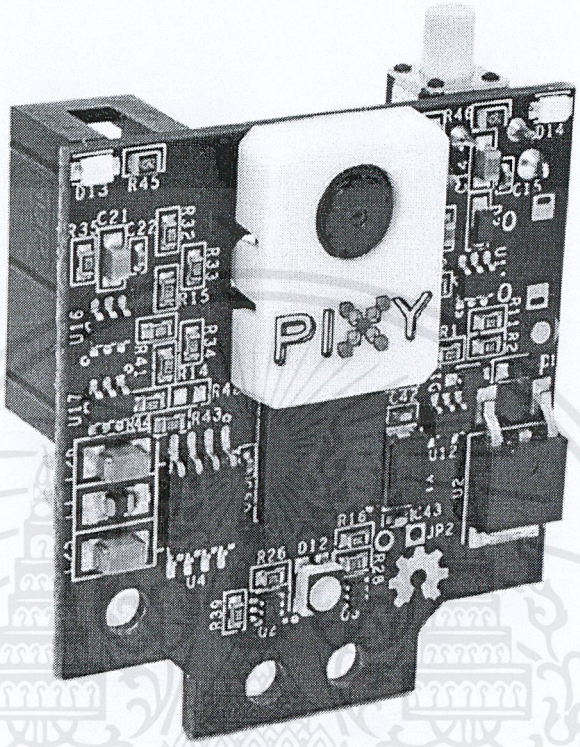
Ultrasonic sensor. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก https://www.factomart.com/th/factomartblog/structure-of-ultrasonic-sensor/. สืบค้นเมื่อวันที่ 27 ธันวาคม 2562.

Data sheet. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก https://www.alldatasheet.com/. สืบค้นเมื่อวันที่ 10 ธันวาคม 2562.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Pixy 2 CMUcam5 Smart Vision Sensor

SKU 102991074

Pixy2 is the second version of Pixy. It's faster, smaller and more capable than the original Pixy, adding line tracking/following algorithms as well as other features.

Here's what we've added to Pixy2:

- Pixy2 detects lines, intersections and small barcodes, intended for line-following robots
- Improved framerate – 60 frames-per-second
- Tracking algorithms have been added to color-based object detection
- Improved and simplified libraries for Arduino, Raspberry Pi and other controllers
- Integrated light source

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

And of course, Pixy2 does everything that the original Pixy can do:

- Small, fast, easy-to-use, low-cost, readily-available vision system
- Learns to detect objects that you teach it
- Connects to Arduino with included cable. Also works with Raspberry Pi, BeagleBone and similar controllers
- All libraries for Arduino, Raspberry Pi, etc. are provided
- C/C++ and Python are supported
- Communicates via one of several interfaces: SPI, I2C, UART, USB or analog/digital output
- Configuration utility runs on Windows, MacOS and Linux
- All software/firmware is open-source GNU-licensed
- All hardware documentation including schematics, bill of materials, PCB layout, etc. are provided

Typical Functions Overview

- Seven color signatures
- Hundreds of objects
- Teach it the objects you're interested in
- Pixy2 "tracks" each object it detects
- color code
- Detecting and tracking lines
- Detecting Intersections and "branching"

Give Me More Info

Part List

Pixy 2 CMUcam5 Image Sensor	1
FC-10P to FC-6P Cable	1
Screw Package	1

ECCN/HTS

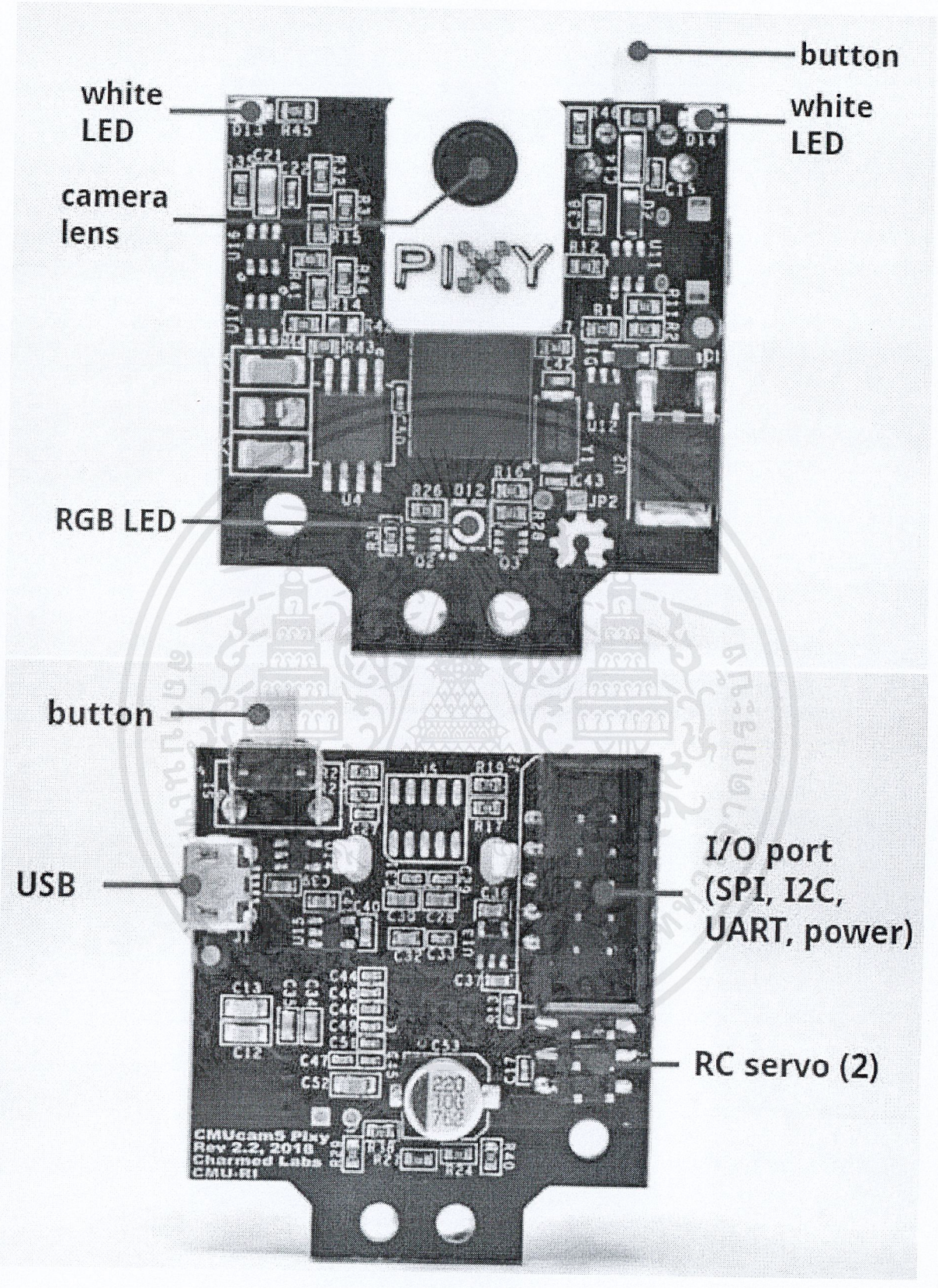
ECCN	6A993
HSCODE	9031900090

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Technical Details

Dimensions	42mm x 38mm x 15mm
Weight	G.W 20g N.W 10g
Battery	Exclude
Processor	NXP LPC4330, 204 MHz, dual core
Image sensor	Aptina MT9M114, 1296×976 resolution with integrated image flow processor
Lens field-of-view	60 degrees horizontal, 40 degrees vertical
Power consumption	140 mA typical
Power input	USB input (5V) or unregulated input (6V to 10V)
RAM	264K bytes
Flash	2M bytes
Available data outputs	UART serial, SPI, I2C, USB, digital, analog
Integrated light source, approximately 20 lumens	

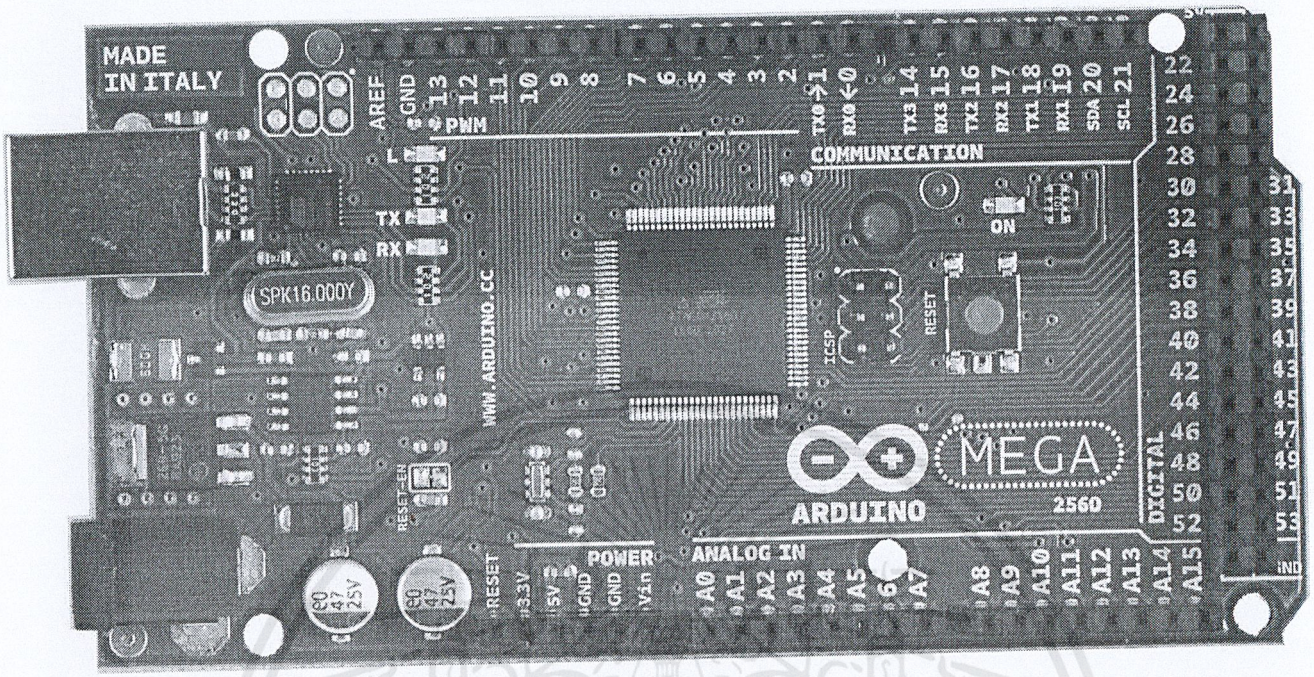
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

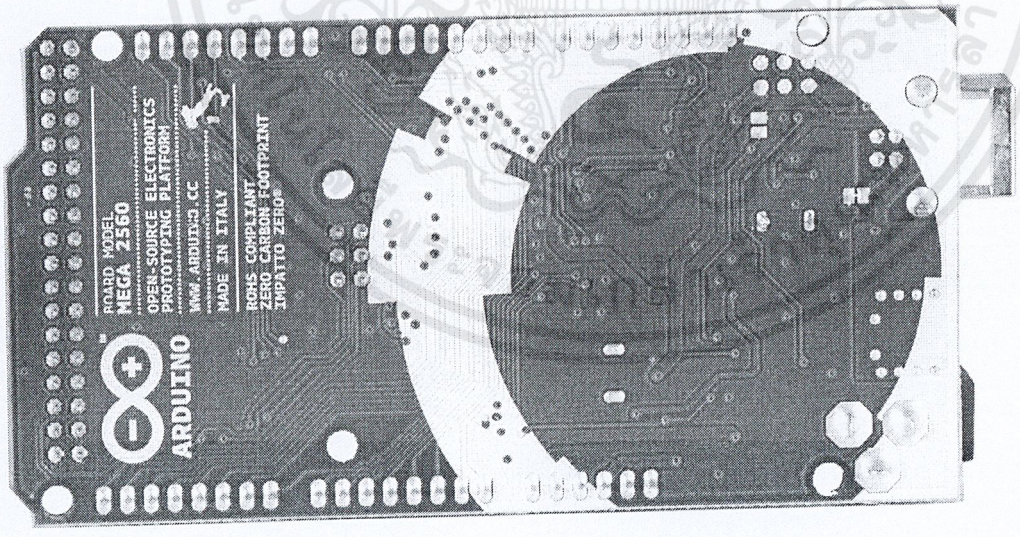


https://www.seeedstudio.com/Pixy-2-CMUcam5-Smart-Vision-Sensor-p-3091.html 9-6-18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Arduino Mega 2560





Overview

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The Arduino Mega 2560 is a microcontroller board based on the ATmega2560 (datasheet). It has 54 digital input/output pins (of which 14 can be used as PWM outputs), 16 analog inputs, 4 UARTs (hardware serial ports), a 16 MHz crystal oscillator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started. The Mega is compatible with most shields designed for the Arduino Duemilanove or Diecimila.

Schematic & Reference Design

EAGLE files: arduino-mega2560-reference-design.zip

Schematic: arduino-mega2560-schematic.pdf

Summary

Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 14 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz

Power

The Arduino Mega can be powered via the USB connection or with an external power supply. The power source is selecte automatically.

External (non-USB) power can come either from an AC-to-DC adapter (wall-wart) or battery. The adapter can be connected by plugging a 2.1mm center-positive plug into the board's power jack. Leads from a battery can be inserted in the Gnd and Vin pin headers of the POWER connector.

The board can operate on an external supply of 6 to 20 volts. If supplied with less than 7V, however, the 5V pin may supp less than five volts and the board may be unstable. If using more than 12V, the voltage regulator may overheat and damag the board. The recommended range is 7 to 12 volts.

The Mega2560 differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the Atmega8U2 programmed as a USB-to-serial converter.

The power pins are as follows:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **VIN.** The input voltage to the Arduino board when it's using an external power source (as opposed to 5 volts from th USB connection or other regulated power source). You can supply voltage through this pin, or, if supplying voltage via the power jack, access it through this pin.

- **5V.** The regulated power supply used to power the microcontroller and other components on the board. This can com either from VIN via an on-board regulator, or be supplied by USB or another regulated 5V supply.

- **3V3.** A 3.3 volt supply generated by the on-board regulator. Maximum current draw is 50 mA.

- **GND.** Ground pins.

Memory

The ATmega2560 has 256 KB of flash memory for storing code (of which 8 KB is used for the bootloader), 8 KB of SRAM and 4 KB of EEPROM (which can be read and written with the EEPROM library).

Input and Output

Each of the 54 digital pins on the Mega can be used as an input or output, using pinMode(), digitalWrite(), and digitalRead() functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an interna pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:

- **Serial: 0 (RX) and 1 (TX); Serial 1: 19 (RX) and 18 (TX); Serial 2: 17 (RX) and 16 (TX); Serial 3: 15 (RX) and 14 (TX).** Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. Pins 0 and 1 are also connected to the corresponding pins of the ATmega8U2 USB-to-TTL Serial chip.

- **External Interrupts: 2 (interrupt 0), 3 (interrupt 1), 18 (interrupt 5), 19 (interrupt 4), 20 (interrupt 3), and 21 (interrupt 2).** These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the attachInterrupt() function for details.

- **PWM: 0 to 13.** Provide 8-bit PWM output with the analogWrite() function.

- **SPI: 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS).** These pins support SPI communication using the SPI library. The SPI pins are also broken out on the ICSP header, which is physically compatible with the Uno, Duemilanove and Diecimila.

- **LED: 13.** There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.

- **I^2C: 20 (SDA) and 21 (SCL).** Support I^2C (TWI) communication using the Wire library (documentation on the Wiring website). Note that these pins are not in the same location as the I^2C pins on the Duemilanove or Diecimila.

The Mega2560 has 16 analog inputs, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default the measure from ground to 5 volts, though is it possible to change the upper end of their range using the AREF pin and analogReference() function.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

There are a couple of other pins on the board:

- **AREF.** Reference voltage for the analog inputs. Used with analogReference().
- **Reset.** Bring this line LOW to reset the microcontroller. Typically used to add a reset button to shields which block the one on the board.

Communication

The Arduino Mega2560 has a number of facilities for communicating with a computer, another Arduino, or other microcontrollers. The ATmega2560 provides four hardware UARTs for TTL (5V) serial communication. An ATmega8U2 on the board channels one of these over USB and provides a virtual com port to software on the computer (Windows machines will need a .inf file, but OSX and Linux machines will recognize the board as a COM port automatically. The Arduino software includes a serial monitor which allows simple textual data to be sent to and from the board. The RX and TX LEDs on the board will flash when data is being transmitted via the ATmega8U2 chip and USB connection to the computer (but not for serial communication on pins 0 and 1).

A SoftwareSerial library allows for serial communication on any of the Mega2560's digital pins.

The ATmega2560 also supports I2C (TWI) and SPI communication. The Arduino software includes a Wire library to simplify use of the I2C bus; see the documentation on the Wiring website for details. For SPI communication, use the SPI library.

Programming

The Arduino Mega can be programmed with the Arduino software (download). For details, see the reference and tutorials

The ATmega2560 on the Arduino Mega comes preburned with a bootloader that allows you to upload new code to it without the use of an external hardware programmer. It communicates using the original STK500 protocol (reference, C header files).

You can also bypass the bootloader and program the microcontroller through the ICSP (In-Circuit Serial Programming) header; see these instructions for details.

The ATmega8U2 firmware source code is available in the Arduino repository. The ATmega8U2 is loaded with a DFU bootloader, which can be activated by connecting the solder jumper on the back of the board (near the map of Italy) and then resetting the 8U2. You can then use Atmel's FLIP software (Windows) or the DFU programmer (Mac OS X and Linux) to load a new firmware. Or you can use the ISP header with an external programmer (overwriting the DFU bootloader). See this user-contributed tutorial for more information.

Automatic (Software) Reset

Rather then requiring a physical press of the reset button before an upload, the Arduino Mega2560 is designed in a way that allows it to be reset by software running on a connected computer. One of the hardware flow control lines (DTR) of the ATmega8U2 is connected to the reset line of the ATmega2560 via a 100 nanofarad capacitor. When this line is asserted (taken low), the reset line drops long enough to reset the chip. The Arduino software uses this capability to allow you to upload code by simply pressing the upload button in the Arduino environment. This means that the bootloader can

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

have a shorter timeout, as the lowering of DTR can be well-coordinated with the start of the upload.

This setup has other implications. When the Mega2560 is connected to either a computer running Mac OS X or Linux, it resets each time a connection is made to it from software (via USB). For the following half-second or so, the bootloader is running on the Mega2560. While it is programmed to ignore malformed data (i.e. anything besides an upload of new code), it will intercept the first few bytes of data sent to the board after a connection is opened. If a sketch running on the board receives one-time configuration or other data when it first starts, make sure that the software with which it communicates waits a second after opening the connection and before sending this data.

The Mega2560 contains a trace that can be cut to disable the auto-reset. The pads on either side of the trace can be soldered together to re-enable it. It's labeled "RESET-EN". You may also be able to disable the auto-reset by connecting a 110 ohm resistor from 5V to the reset line; see this forum thread for details.

USB Overcurrent Protection

The Arduino Mega2560 has a resettable polyfuse that protects your computer's USB ports from shorts and overcurrent. Although most computers provide their own internal protection, the fuse provides an extra layer of protection. If more than 500 mA is applied to the USB port, the fuse will automatically break the connection until the short or overload is removed.

Physical Characteristics and Shield Compatibility

The maximum length and width of the Mega2560 PCB are 4 and 2.1 inches respectively, with the USB connector and power jack extending beyond the former dimension. Three screw holes allow the board to be attached to a surface or case Note that the distance between digital pins 7 and 8 is 160 mil (0.16"), not an even multiple of the 100 mil spacing of the other pins.

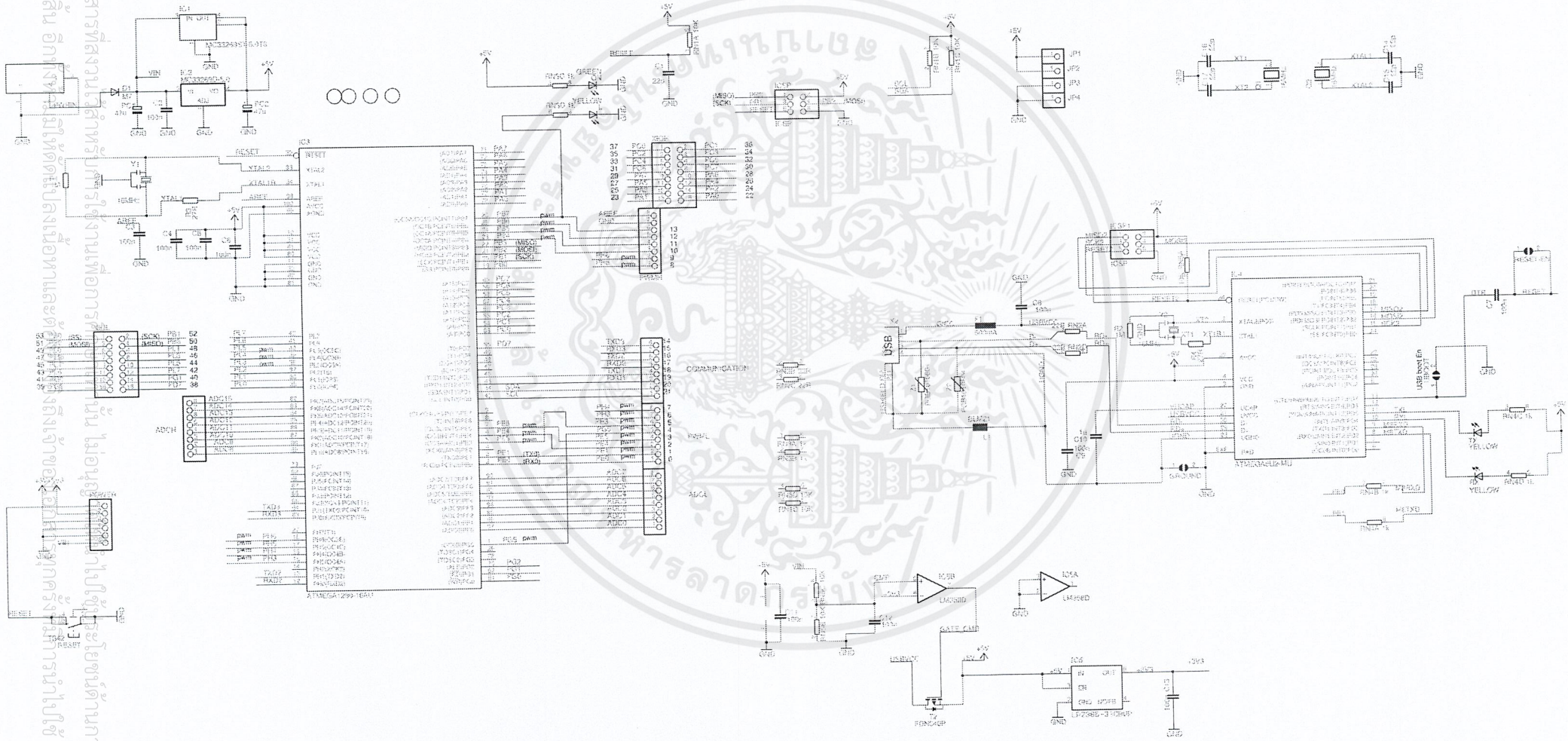
The Mega2560 is designed to be compatible with most shields designed for the Uno, Diecimila or Duemilanove. Digital pins 0 to 13 (and the adjacent AREF and GND pins), analog inputs 0 to 5, the power header, and ICSP header are all in equivalent locations. Further the main UART (serial port) is located on the same pins (0 and 1), as are external interrupts 0 and 1 (pins 2 and 3 respectively). SPI is available through the ICSP header on both the Mega2560 and Duemilanove / Diecimila. *Please note that I^2C is not located on the same pins on the Mega (20 and 21) as the Duemilanove / Diecimila (analog inputs 4 and 5).*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

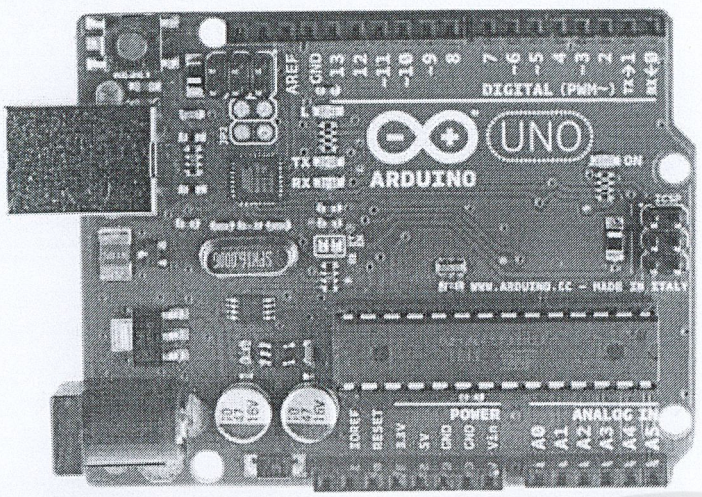
Arduino™ Mega 2560 Reference Design

Reference Designs ARE PROVIDED "AS IS" AND "WITH ALL FAULTS". Arduino DISCLAIMS ALL OTHER WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED, REGARDING PRODUCTS, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO, ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE

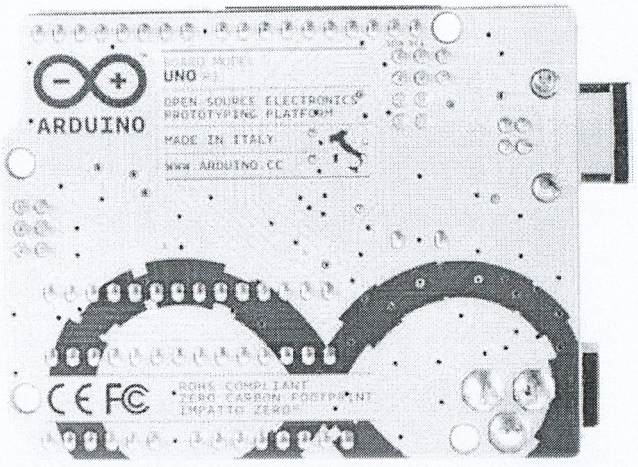
Arduino may make changes to specifications and product descriptions at any time, without notice. The Customer must not rely on the absence or characteristics of any features or instructions marked "reserved" or "undefined." Arduino reserves these for future definition and shall have no responsibility whatsoever for conflicts or incompatibilities arising from future changes to them. The product information on the Web Site or Materials is subject to change without notice. Do not finalize a design with this information.



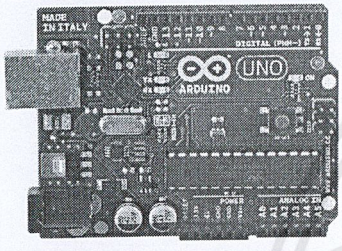
Arduino Uno



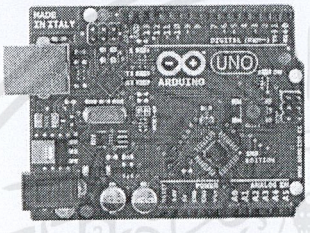
Arduino Uno R3 Front



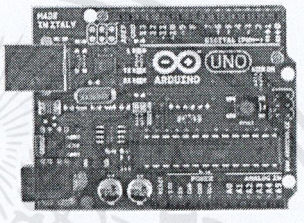
Arduino Uno R3 Back



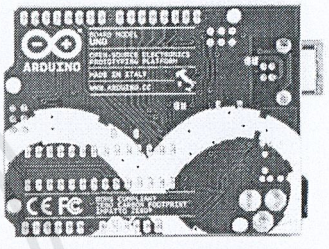
Arduino Uno R2 Front



Arduino Uno SMD



Arduino Uno Front



Arduino Uno Back

Overview

The Arduino Uno is a microcontroller board based on the ATmega328 (datasheet). It has 14 digital input/output pins (of which 6 can be used as PWM outputs), 6 analog inputs, a 16 MHz ceramic resonator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started.
The Uno differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the Atmega16U2 (Atmega8U2 up to version R2) programmed as a USB-to-serial converter.
Revision 2 of the Uno board has a resistor pulling the 8U2 HWB line to ground, making it easier to put into DFU mode.
Revision 3 of the board has the following new features:

- 1.0 pinout: added SDA and SCL pins that are near to the AREF pin and two other new pins placed near to the RESET pin, the IOREF that allow the shields to adapt to the voltage provided from the board. In future, shields will be compatible both with the board that use the AVR, which operate with 5V and with the Arduino Due that operate with 3.3V. The second one is a not connected pin, that is reserved for future purposes.
- Stronger RESET circuit.
- Atmega 16U2 replace the 8U2.

"Uno" means one in Italian and is named to mark the upcoming release of Arduino 1.0. The Uno and version 1.0 will be the reference versions of Arduino, moving forward. The Uno is the latest in a series of USB Arduino boards, and the reference model for the Arduino platform; for a comparison with previous versions, see the index of Arduino boards.

Summary

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328) of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz

Schematic & Reference Design

EAGLE files: arduino-uno-Rev3-reference-design.zip (NOTE: works with Eagle 6.0 and newer)
Schematic: arduino-uno-Rev3-schematic.pdf
Note: The Arduino reference design can use an Atmega8, 168, or 328, Current models use an ATmega328, but an Atmega8 is shown in the schematic for reference. The pin configuration is identical on all three processors.

Power

The Arduino Uno can be powered via the USB connection or with an external power supply. The power source is selected automatically.
External (non-USB) power can come either from an AC-to-DC adapter (wall-wart) or battery. The adapter can be connected by plugging a 2.1mm center-positive plug into the board's power jack. Leads from a battery can be inserted in the Gnd and Vin pin headers of the POWER connector.
The board can operate on an external supply of 6 to 20 volts. If supplied with less than 7V, however, the 5V pin may supply less than five volts and the board may be unstable. If using more than 12V, the voltage regulator may overheat and damage the board. The recommended range is 7 to 12 volts.
The power pins are as follows:

- **VIN.** The input voltage to the Arduino board when it's using an external power source (as opposed to 5 volts from the USB connection or other regulated power source). You can supply voltage through this pin, or, if supplying voltage via the power jack, access it through this pin.
- **5V.**This pin outputs a regulated 5V from the regulator on the board. The board can be supplied with power either from the DC power jack (7 - 12V), the USB connector (5V), or the VIN pin of the board (7-12V). Supplying voltage via the 5V or 3.3V pins bypasses the regulator, and can damage your board. We don't advise it.
- **3V3.** A 3.3 volt supply generated by the on-board regulator. Maximum current draw is 50 mA.
- **GND.** Ground pins.

Memory

The ATmega328 has 32 KB (with 0.5 KB used for the bootloader). It also has 2 KB of SRAM and 1 KB of EEPROM (which can be read and written with the EEPROM library).

Input and Output

Each of the 14 digital pins on the Uno can be used as an input or output, using pinMode(), digitalWrite(), and digitalRead() functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:

- **Serial: 0 (RX) and 1 (TX).** Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. These pins are connected to the corresponding pins of the ATmega8U2 USB-to-TTL Serial chip.
- **External Interrupts: 2 and 3.** These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the attachInterrupt() function for details.
- **PWM: 3, 5, 6, 9, 10, and 11.** Provide 8-bit PWM output with the analogWrite() function.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK).** These pins support SPI communication using the SPI library.
- **LED: 13.** There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.

The Uno has 6 analog inputs, labeled A0 through A5, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though is it possible to change the upper end of their range using the AREF pin and the analogReference() function. Additionally, some pins have specialized functionality:

- **TWI: A4 or SDA pin and A5 or SCL pin.** Support TWI communication using the Wire library.

There are a couple of other pins on the board:

- **AREF.** Reference voltage for the analog inputs. Used with analogReference().
- **Reset.** Bring this line LOW to reset the microcontroller. Typically used to add a reset button to shields which block the one on the board.

See also the mapping between Arduino pins and ATmega328 ports. The mapping for the Atmega8, 168, and 328 is identical.

Communication

The Arduino Uno has a number of facilities for communicating with a computer, another Arduino, or other microcontrollers. The ATmega328 provides UART TTL (5V) serial communication, which is available on digital pins 0 (RX) and 1 (TX). An ATmega16U2 on the board channels this serial communication over USB and appears as a virtual com port to software on the computer. The '16U2 firmware uses the standard USB COM drivers, and no external driver is needed. However, on Windows, a .inf file is required. The Arduino software includes a serial monitor which allows simple textual data to be sent to and from the Arduino board. The RX and TX LEDs on the board will flash when data is being transmitted via the USB-to-serial chip and USB connection to the computer (but not for serial communication on pins 0 and 1).
A SoftwareSerial library allows for serial communication on any of the Uno's digital pins.
The ATmega328 also supports I2C (TWI) and SPI communication. The Arduino software includes a Wire library to simplify use of the I2C bus; see the documentation for details. For SPI communication, use the SPI library.

Programming

The Arduino Uno can be programmed with the Arduino software (download). Select "Arduino Uno from the **Tools > Board** menu (according to the microcontroller on your board). For details, see the reference and tutorials.
The ATmega328 on the Arduino Uno comes preburned with a bootloader that allows you to upload new code to it without the use of an external hardware programmer. It communicates using the original STK500 protocol (reference, C header files).
You can also bypass the bootloader and program the microcontroller through the ICSP (In-Circuit Serial Programming) header; see these instructions for details.
The ATmega16U2 (or 8U2 in the rev1 and rev2 boards) firmware source code is available . The ATmega16U2/8U2 is loaded with a DFU bootloader, which can be activated by:

- On Rev1 boards: connecting the solder jumper on the back of the board (near the map of Italy) and then resetting the 8U2.
- On Rev2 or later boards: there is a resistor that pulling the 8U2/16U2 HWB line to ground, making it easier to put into DFU mode.

You can then use Atmel's FLIP software (Windows) or the DFU programmer (Mac OS X and Linux) to load a new firmware. Or you can use the ISP header with an external programmer (overwriting the DFU bootloader). See this user-contributed tutorial for more information.

Automatic (Software) Reset

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rather than requiring a physical press of the reset button before an upload, the Arduino Uno is designed in a way that allows it to be reset by software running on a connected computer. One of the hardware flow control lines (DTR) of the ATmega8U2/16U2 is connected to the reset line of the ATmega328 via a 100 nanofarad capacitor. When this line is asserted (taken low), the reset line drops long enough to reset the chip. The Arduino software uses this capability to allow you to upload code by simply pressing the upload button in the Arduino environment. This means that the bootloader can have a shorter timeout, as the lowering of DTR can be well-coordinated with the start of the upload. This setup has other implications. When the Uno is connected to either a computer running Mac OS X or Linux, it resets each time a connection is made to it from software (via USB). For the following half-second or so, the bootloader is running on the Uno. While it is programmed to ignore malformed data (i.e. anything besides an upload of new code), it will intercept the first few bytes of data sent to the board after a connection is opened. If a sketch running on the board receives one-time configuration or other data when it first starts, make sure that the software with which it communicates waits a second after opening the connection and before sending this data.
The Uno contains a trace that can be cut to disable the auto-reset. The pads on either side of the trace can be soldered together to re-enable it. It's labeled "RESET-EN". You may also be able to disable the auto-reset by connecting a 110 ohm resistor from 5V to the reset line; see this forum thread for details.

USB Overcurrent Protection

The Arduino Uno has a resettable polyfuse that protects your computer's USB ports from shorts and overcurrent. Although most computers provide their own internal protection, the fuse provides an extra layer of protection. If more than 500 mA is applied to the USB port, the fuse will automatically break the connection until the short or overload is removed.

Physical Characteristics

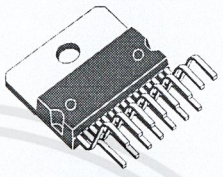
The maximum length and width of the Uno PCB are 2.7 and 2.1 inches respectively, with the USB connector and power jack extending beyond the former dimension. Four screw holes allow the board to be attached to a surface or case. Note that the distance between digital pins 7 and 8 is 160 mil (0.16"), not an even multiple of the 100 mil spacing of the other pins.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

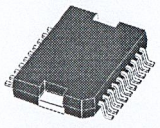
L298

DUAL FULL-BRIDGE DRIVER

- OPERATING SUPPLY VOLTAGE UP TO 46 V
- TOTAL DC CURRENT UP TO 4 A
- LOW SATURATION VOLTAGE
- OVERTEMPERATURE PROTECTION
- LOGICAL "0" INPUT VOLTAGE UP TO 1.5 V (HIGH NOISE IMMUNITY)



Multiwatt15



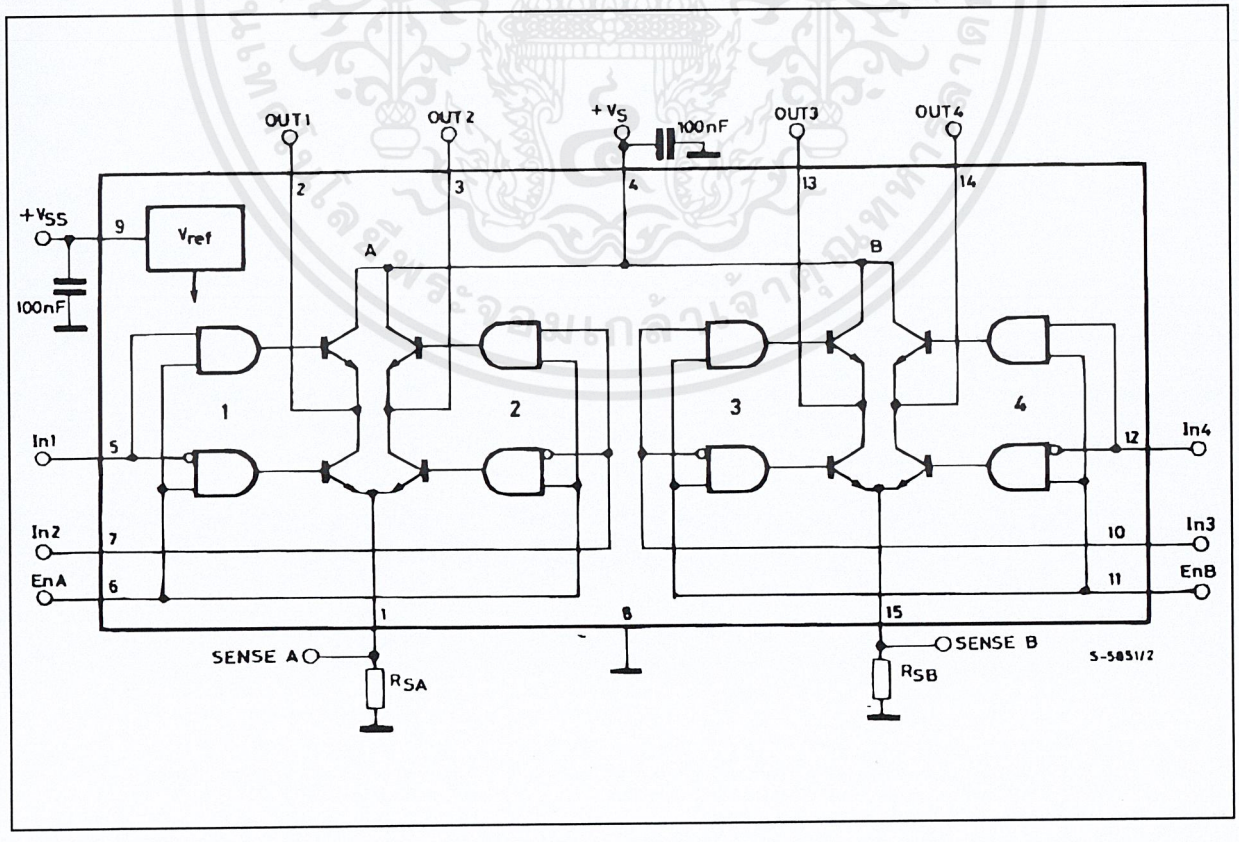
PowerSO20

ORDERING NUMBERS : L298N (Multiwatt Vert.)
L298HN (Multiwatt Horiz.)
L298P (PowerSO20)

DESCRIPTION

The L298 is an integrated monolithic circuit in a 15-lead Multiwatt and PowerSO20 packages. It is a high voltage, high current dual full-bridge driver designed to accept standard TTL logic levels and drive inductive loads such as relays, solenoids, DC and stepping motors. Two enable inputs are provided to enable or disable the device independently of the input signals. The emitters of the lower transistors of each bridge are connected together and the corresponding external terminal can be used for the connection of an external sensing resistor. An additional supply input is provided so that the logic works at a lower voltage.

BLOCK DIAGRAM

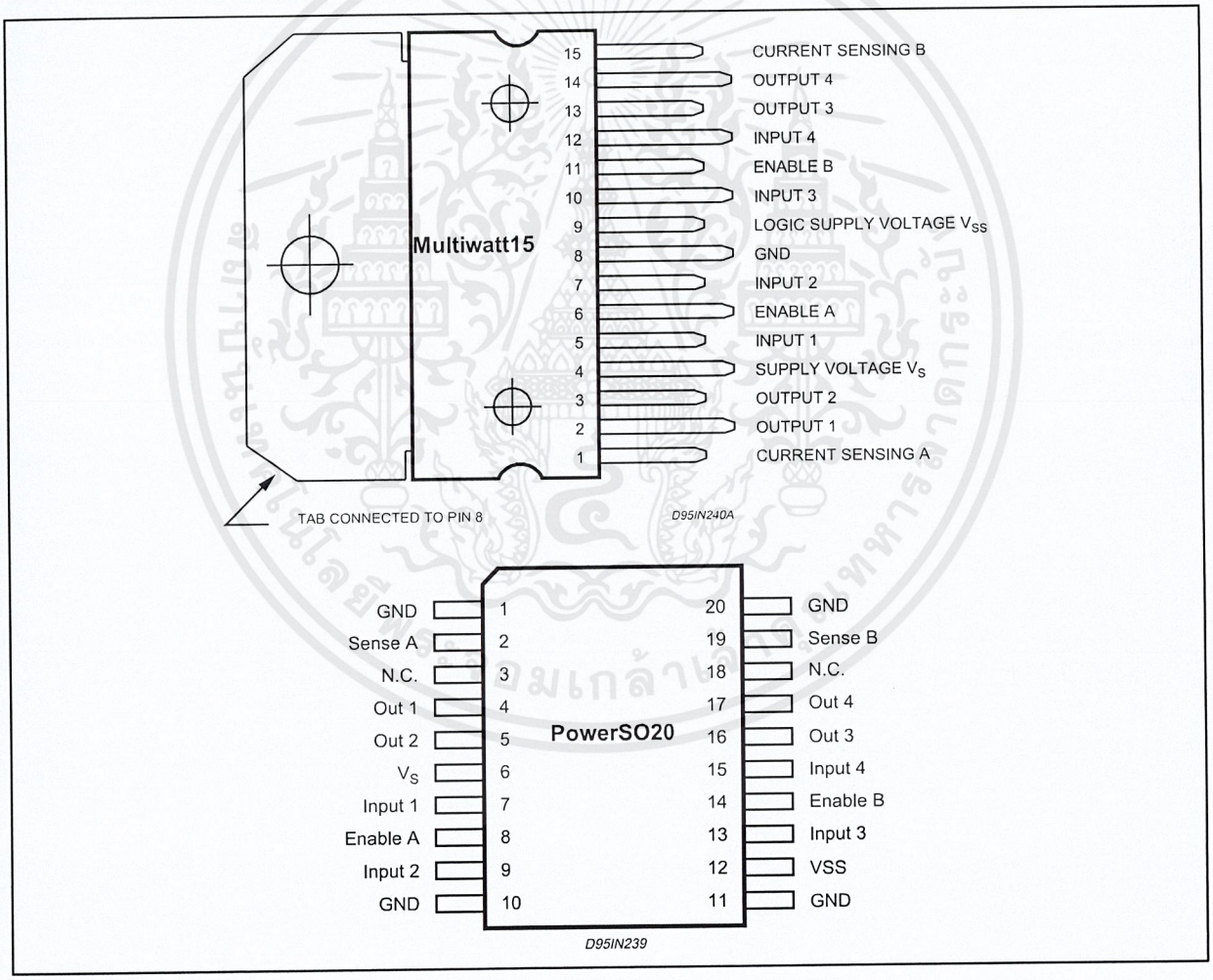


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_S	Power Supply	50	V
V_{SS}	Logic Supply Voltage	7	V
V_I,V_{en}	Input and Enable Voltage	–0.3 to 7	V
I_O	Peak Output Current (each Channel) – Non Repetitive (t = 100µs) –Repetitive (80% on –20% off; t_{on} = 10ms) –DC Operation	 3 2.5 2	 A A A
V_{sens}	Sensing Voltage	–1 to 2.3	V
P_{tot}	Total Power Dissipation (T_{case} = 75°C)	25	W
T_{op}	Junction Operating Temperature	–25 to 130	°C
T_{stg}, T_j	Storage and Junction Temperature	–40 to 150	°C

PIN CONNECTIONS (top view)



THERMAL DATA

Symbol	Parameter		PowerSO20	Multiwatt15	Unit
$R_{th\ j\text{-}case}$	Thermal Resistance Junction-case	Max.	–	3	°C/W
$R_{th\ j\text{-}amb}$	Thermal Resistance Junction-ambient	Max.	13 (*)	35	°C/W

(*) Mounted on aluminum substrate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIN FUNCTIONS (refer to the block diagram)

MW.15	PowerSO	Name	Function
1;15	2;19	Sense A; Sense B	Between this pin and ground is connected the sense resistor to control the current of the load.
2;3	4;5	Out 1; Out 2	Outputs of the Bridge A; the current that flows through the load connected between these two pins is monitored at pin 1.
4	6	V_S	Supply Voltage for the Power Output Stages. A non-inductive 100nF capacitor must be connected between this pin and ground.
5;7	7;9	Input 1; Input 2	TTL Compatible Inputs of the Bridge A.
6;11	8;14	Enable A; Enable B	TTL Compatible Enable Input: the L state disables the bridge A (enable A) and/or the bridge B (enable B).
8	1,10,11,20	GND	Ground.
9	12	VSS	Supply Voltage for the Logic Blocks. A100nF capacitor must be connected between this pin and ground.
10; 12	13;15	Input 3; Input 4	TTL Compatible Inputs of the Bridge B.
13; 14	16;17	Out 3; Out 4	Outputs of the Bridge B. The current that flows through the load connected between these two pins is monitored at pin 15.
–	3;18	N.C.	Not Connected

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_S = 42V; V_{SS} = 5V, T_j = 25°C; unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_S	Supply Voltage (pin 4)	Operative Condition	V_{IH} +2.5		46	V
V_{SS}	Logic Supply Voltage (pin 9)		4.5	5	7	V
I_S	Quiescent Supply Current (pin 4)	V_{en} = H; I_L = 0 V_i = L V_i = H		13 50	22 70	mA mA
		V_{en} = L V_i = X			4	mA
I_{SS}	Quiescent Current from V_{SS} (pin 9)	V_{en} = H; I_L = 0 V_i = L V_i = H		24 7	36 12	mA mA
		V_{en} = L V_i = X			6	mA
V_{iL}	Input Low Voltage (pins 5, 7, 10, 12)		–0.3		1.5	V
V_{iH}	Input High Voltage (pins 5, 7, 10, 12)		2.3		VSS	V
I_{iL}	Low Voltage Input Current (pins 5, 7, 10, 12)	V_i = L			–10	µA
I_{iH}	High Voltage Input Current (pins 5, 7, 10, 12)	Vi = H ≤ V_{SS} –0.6V		30	100	µA
V_{en} = L	Enable Low Voltage (pins 6, 11)		–0.3		1.5	V
V_{en} = H	Enable High Voltage (pins 6, 11)		2.3		V_{SS}	V
I_{en} = L	Low Voltage Enable Current (pins 6, 11)	V_{en} = L			–10	µA
I_{en} = H	High Voltage Enable Current (pins 6, 11)	V_{en} = H ≤ V_{SS} –0.6V		30	100	µA
$V_{CEsat\ (H)}$	Source Saturation Voltage	I_L = 1A I_L = 2A	0.95	1.35 2	1.7 2.7	V V
$V_{CEsat\ (L)}$	Sink Saturation Voltage	I_L = 1A (5) I_L = 2A (5)	0.85	1.2 1.7	1.6 2.3	V V
V_{CEsat}	Total Drop	I_L = 1A (5) I_L = 2A (5)	1.80		3.2 4.9	V V
V_{sens}	Sensing Voltage (pins 1, 15)		–1 (1)		2	V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
T_1 (V_i)	Source Current Turn-off Delay	0.5 V_i to 0.9 I_L (2); (4)		1.5		µs
T_2 (V_i)	Source Current Fall Time	0.9 I_L to 0.1 I_L (2); (4)		0.2		µs
T_3 (V_i)	Source Current Turn-on Delay	0.5 V_i to 0.1 I_L (2); (4)		2		µs
T_4 (V_i)	Source Current Rise Time	0.1 I_L to 0.9 I_L (2); (4)		0.7		µs
T_5 (V_i)	Sink Current Turn-off Delay	0.5 V_i to 0.9 I_L (3); (4)		0.7		µs
T_6 (V_i)	Sink Current Fall Time	0.9 I_L to 0.1 I_L (3); (4)		0.25		µs
T_7 (V_i)	Sink Current Turn-on Delay	0.5 V_i to 0.9 I_L (3); (4)		1.6		µs
T_8 (V_i)	Sink Current Rise Time	0.1 I_L to 0.9 I_L (3); (4)		0.2		µs
fc (V_i)	Commutation Frequency	I_L = 2A		25	40	KHz
T_1 (V_{en})	Source Current Turn-off Delay	0.5 V_{en} to 0.9 I_L (2); (4)		3		µs
T_2 (V_{en})	Source Current Fall Time	0.9 I_L to 0.1 I_L (2); (4)		1		µs
T_3 (V_{en})	Source Current Turn-on Delay	0.5 V_{en} to 0.1 I_L (2); (4)		0.3		µs
T_4 (V_{en})	Source Current Rise Time	0.1 I_L to 0.9 I_L (2); (4)		0.4		µs
T_5 (V_{en})	Sink Current Turn-off Delay	0.5 V_{en} to 0.9 I_L (3); (4)		2.2		µs
T_6 (V_{en})	Sink Current Fall Time	0.9 I_L to 0.1 I_L (3); (4)		0.35		µs
T_7 (V_{en})	Sink Current Turn-on Delay	0.5 V_{en} to 0.9 I_L (3); (4)		0.25		µs
T_8 (V_{en})	Sink Current Rise Time	0.1 I_L to 0.9 I_L (3); (4)		0.1		µs

1) 1)Sensing voltage can be –1 V for t ≤ 50 µsec; in steady state V_{sens} min ≥ – 0.5 V.
2) See fig. 2.
3) See fig. 4.
4) The load must be a pure resistor.

Figure 1 : Typical Saturation Voltage vs. Output Current.

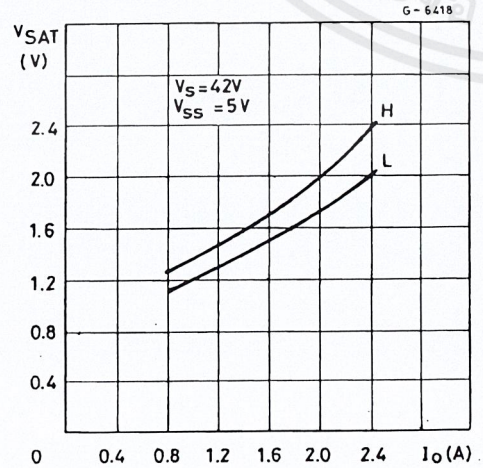
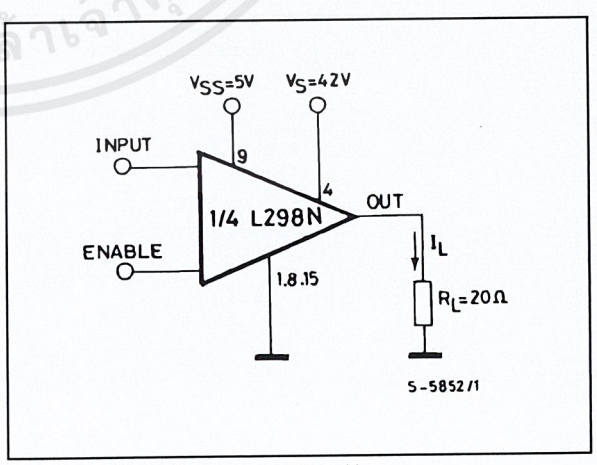


Figure 2 : Switching Times Test Circuits.



Note : For INPUT Switching, set EN = H
For ENABLE Switching, set IN = H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 3 : Source Current Delay Times vs. Input or Enable Switching.

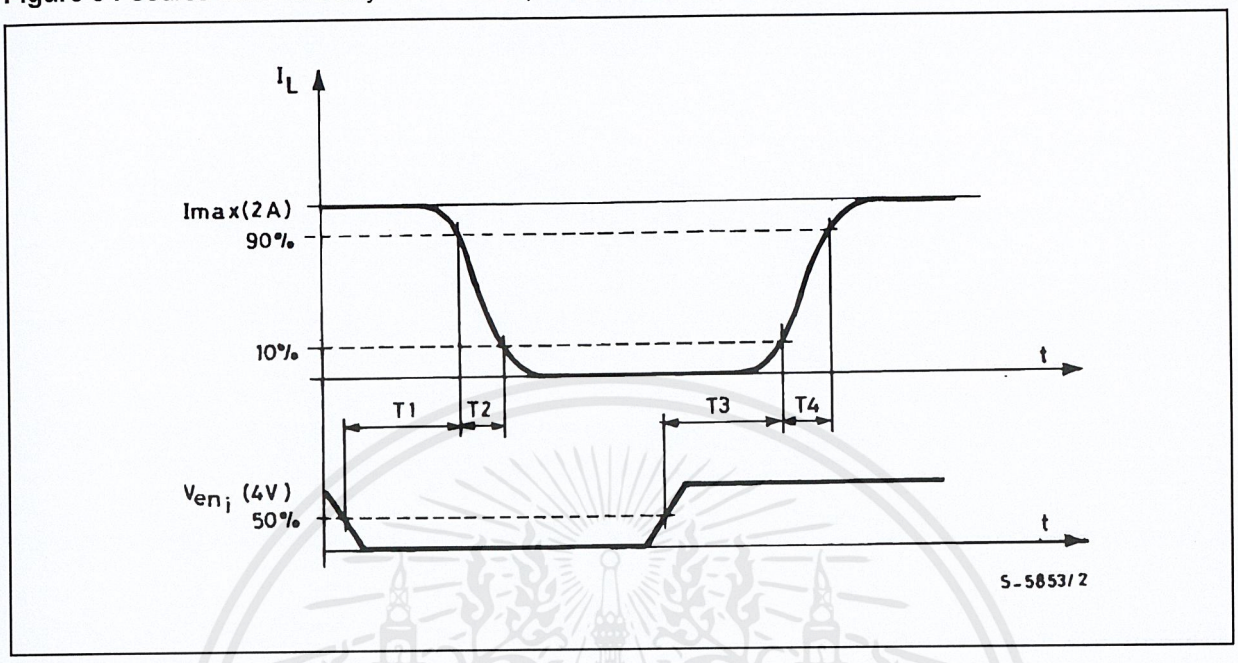
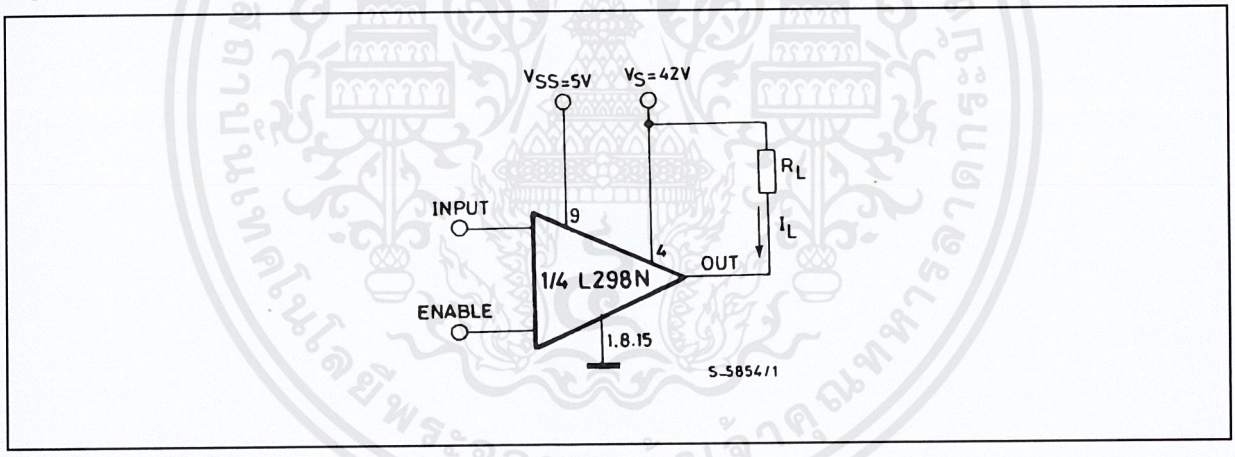


Figure 4 : Switching Times Test Circuits.



Note : For INPUT Switching, set EN = H
For ENABLE Switching, set IN = L

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 5 : Sink Current Delay Times vs. Input 0 V Enable Switching.

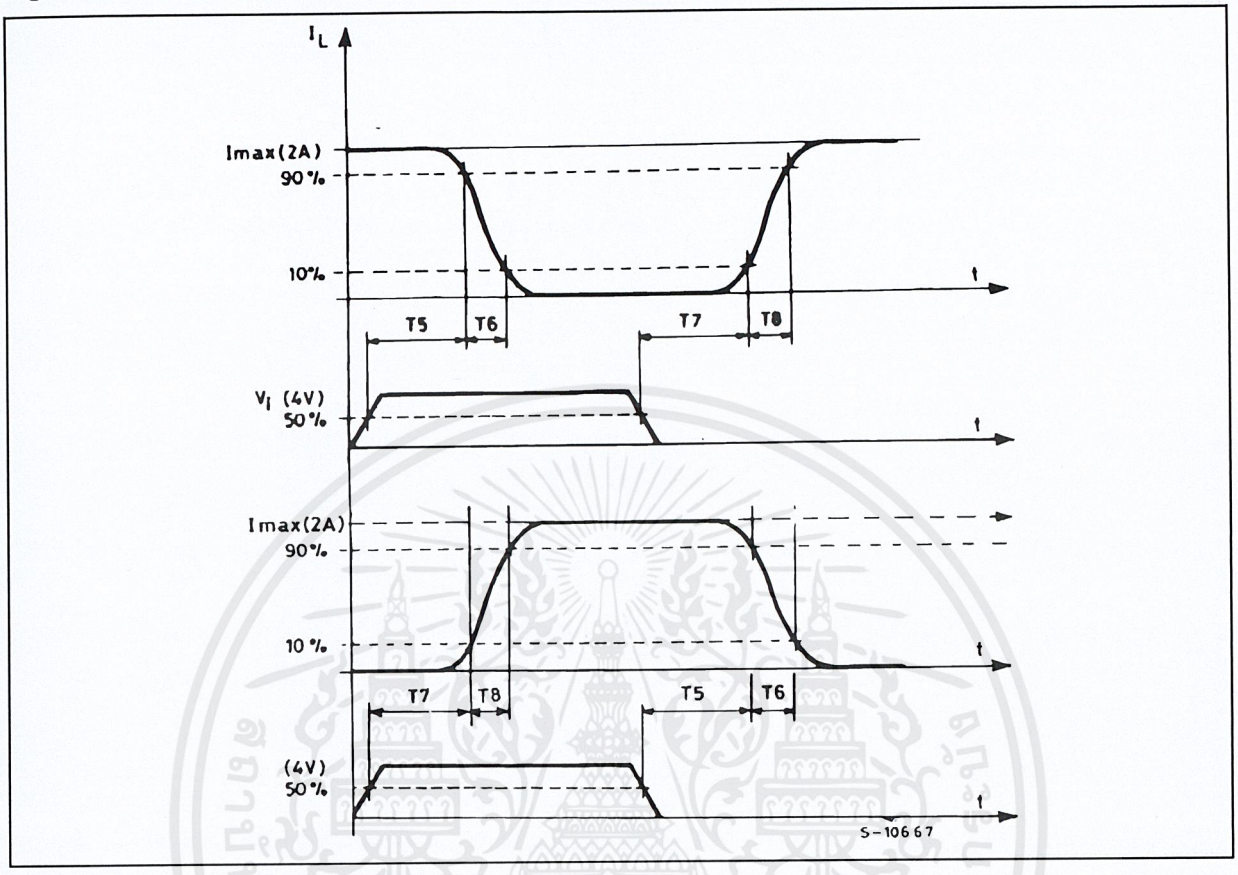
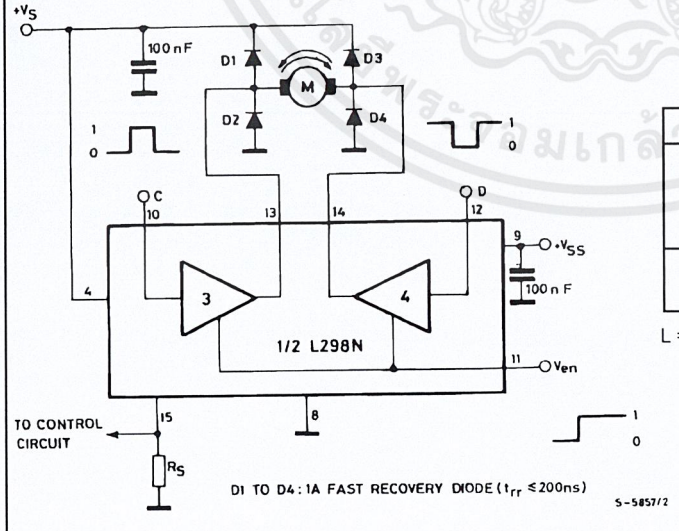


Figure 6 : Bidirectional DC Motor Control.



Inputs		Function
V_{en} = H	C = H ; D = L	Forward
	C = L ; D = H	Reverse
	C = D	Fast Motor Stop
V_{en} = L	C = X ; D = X	Free Running Motor Stop

L = Low H = High X = Don't care

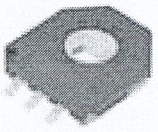
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rotary Position Sensors

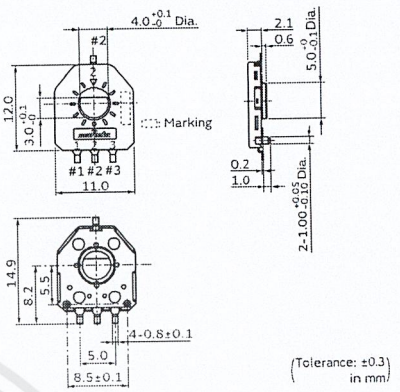
SMD/Lead Dust-proof Type 12mm Size SV03 Series

Features

1. High Durability: 300k cycles
2. Pb Free Soldering: 260°C
3. Operating Temperature: -40°C to +125°C
4. Rotational Rotor: Through Hole Type
5. Thin Type: 2.1mm
6. RoHS Compliant



SV03A

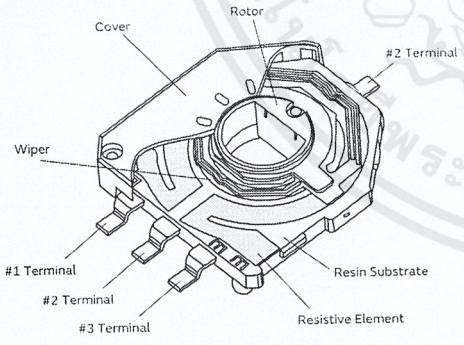


Applications

1. Switch for white goods
2. Digital still camera
3. Switch for automotive
4. Car audio
5. Multi-function printer
6. Robot
7. Motor drive unit

Part Number	Total Resistance Value (k ohm)	Linearity (%)	Effective Rotational Angle	Rotational Torque	Rotational Life	Rated Voltage
SV03A103AEA01	10 ±30%	±2	333.3° (Ref.)	1mN.m (Ref.:10.5gf.cm)	300k cycles	5Vdc

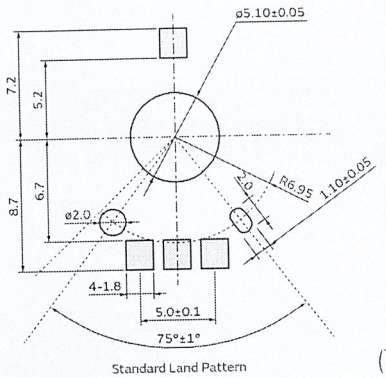
Construction



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

⚠Note • Please read rating and ⚠CAUTION (for storage, operating, rating, soldering, mounting and handling) in this catalog to prevent smoking and/or burning, etc.
• This catalog has only typical specifications. Therefore, please approve our product specifications or transact the approval sheet for product specifications before ordering.

Standard Land Pattern



Standard Land Pattern

(Tolerance: ±0.1 in mm)

Characteristics

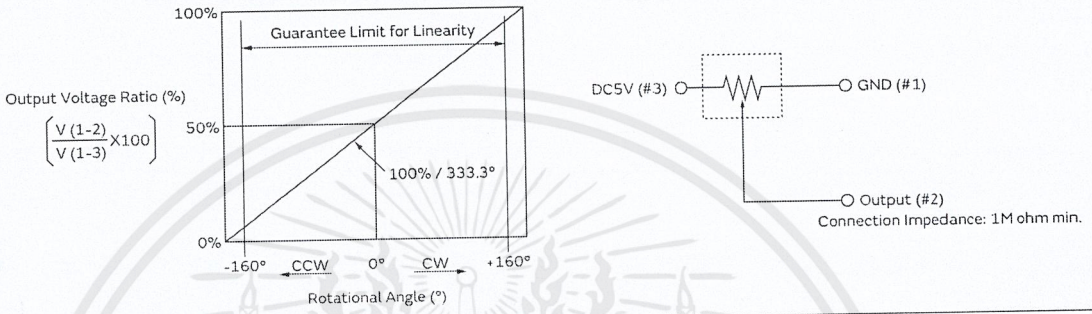
Temperature Cycle (Thermal Shock)	ΔTR : ±20% Linearity: ±3%
Humidity	ΔTR : ±20% Linearity: ±3%
Vibration	ΔTR : ±10% Linearity: ±3%
Shock	ΔTR : ±10% Linearity: ±3%
Humidity Load Life	ΔTR : ±20% Linearity: ±3%
High Temperature Exposure	ΔTR : +5/-30% Linearity: ±3%
Low Temperature Exposure	ΔTR : ±20% Linearity: ±3%
Rotational Life	ΔTR : ±20% Linearity: ±3%

ΔTR: Total Resistance Change

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SV03 Series Specifications and Test Methods

Tests and measurements should be conducted under the conditions of 15 to 35°C of temperature, 25 to 75% of relative humidity, and 86 to 106 kpa of atmospheric pressure unless otherwise specified. If questionable results occur that have been measured in accordance with the above-mentioned conditions, the tests and measurements should be conducted under the conditions of 25±2°C of temperature, 45 to 55% of relative humidity, and 86 to 106 kpa of atmospheric pressure. When the potentiometer is tested after soldering on PCB, it should be tested after being kept in a room (15 to 35°C, 25 to 75%RH) over 24 hours except "Resistance to soldering heat."

<table>
<tr><th>No.</th><th>Item</th><th>Test Methods</th></tr>
<tr><td>1</td><td>Linearity</td><td>Linearity should be specified a deviation with the below ideal straight line, between ±160° from the index point, which is 50% of output voltage.
The ideal straight line has 100%/333.3° as taper and pass the above index point.
Measurement is performed using the following measurement circuit, and the rotor should be rotated in a clockwise direction.
 
</td></tr>
<tr><td>2</td><td>Temperature Cycle (Thermal Shock)</td><td>The rotary position sensor should be subjected to Table 1 temperature for 5 cycles.
Then, the rotary position sensor should be kept in a dry box for 24 +8/-0 hrs.
<table>
<tr><th>Sequence</th><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th></tr>
<tr><td>Temperature (°C)</td><td>-40±3</td><td>Shift Time</td><td>+125±3</td><td>Shift Time</td></tr>
<tr><td>Time (min.)</td><td>30</td><td>5 max.</td><td>30</td><td>5 max.</td></tr>
</table>
Table 1: One cycle of temperature cycle</td></tr>
<tr><td>3</td><td>Humidity</td><td>The rotary position sensor should be stored in a chamber at temperature of +85±3°C and relative humidity of 85±5% for 1000±8 hrs. After removing from the chamber, the rotary position sensor should be kept in a dry box for 24 +8/-0 hours.</td></tr>
<tr><td>4</td><td>Vibration</td><td>The rotary position sensor should be log-sweeped by the sine oscillatory wave of the maximum amplitude 1.5mm, Acceleration 98m/s² (10G) under the condition of a vibrational frequency between 10Hz and 2kHz. In 1 cycle which is vibrated for each 20 minutes in the 3 direction of x, y, and z., 12 cycles should be applied during 12 hours in total.
Then, the rotary position sensor should be kept in a dry box for 1 to 2 hours.</td></tr>
<tr><td>5</td><td>Shock</td><td>The following shock test should be applied to the rotary position sensor: Half sine wave with the peak acceleration 14,700m/s² (1,500G) max. applied in each 3 times (total 18 times) in the 3 direction of x, y, and z with bidirectional.
Then, the rotary position sensor should be kept in a dry box for 1 to 2 hours.</td></tr>
<tr><td>6</td><td>Humidity Load Life</td><td>Full rated continuous working voltage not exceeding 5Vdc should be applied intermittently between terminal #1 and terminal #3 of the rotary position sensor, 1.5 hours on and 0.5 hours off, for 1000±8 hours in total in a chamber at a temperature of 85±3°C and relative humidity of 85±5%. After removing from the chamber, the rotary position sensor should be kept in a dry box for 5±1/6 hours.</td></tr>
<tr><td>7</td><td>High Temp. Exposure</td><td>The rotary position sensor should be stored in a chamber at a temperature of 125±2°C without loading for 1000±8 hours.
After removing from the chamber, the rotary position sensor should be kept in a dry box for 1 to 2 hours.</td></tr>
<tr><td>8</td><td>Low Temp. Exposure</td><td>The rotary position sensor should be stored in a chamber at a temperature of -40±3°C without loading for 1000±8 hours.
After removing from the chamber, the rotary position sensor should be kept in a dry box for 1 to 2 hours.</td></tr>
<tr><td>9</td><td>Rotational Life</td><td>The adjustment rotor should be continuously rotated within ±160° of effective electrical rotational angle, at the rate of 3 cycles for 1 second for 300 thousands cycles under the condition of 25±2°C of temperature without loading.
Then, the rotary position sensor should be kept in a dry box for 10±5 minutes.</td></tr>
</table>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้