ชุดสาธิตการแยกสีของวัตถุด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

The Demonstration for Object's Color Separation by Micro-controller

ณปภัช วิริยะภาพ

Napaphat Viriyaphap

ปริทัศน์ เล็กทิมทอง

Paritat Lektimtong

สิรวิชญ์ อิสริยะโอภาส

Sirawit Issariya-opas

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561

ชุดสาธิตการแยกสีของวัตถุด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

The Demonstration for Object's Color Separation by Micro-controller

โดย

ณปภัช วิริยะภาพ

ปริทัศน์ เล็กทิมทอง

สิรวิชญ์ อิสริยะโอภาส

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.แสงระวี บัวแก้ว

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2561

ภาควิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

เรื่อง ชุดสาธิตการแยกสีของวัตถุด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

The Demonstration for Object's Color Separation by Micro-controller

ผู้จัดทำ นายณปภัช วิริยะภาพ 58010335

นายปริทัศน์ เล็กทิมทอง 58010747

นายสิรวิชญ์ อิสริยะภาส 58011314

ปริญญานิพนธ์นี้ผ่านการตรวจสอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาเรียบร้อยแล้ว

ลงชื่อ _____ อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร.แสงระวี บัวแก้ว)

วันที่ 27 / พ.ค. / 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ ชุดสาธิตการแยกสีของวัตถุด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

นักศึกษา นายณปภัช วิริยะภาพ 58010335

นายปริทัศน์ เล็กทิมทอง 58010747

นายสิรวิชญ์ อิสริยะโอภาส 58011314

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

ปีการศึกษา 2561

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.แสงระวี บัวแก้ว

บทคัดย่อ

โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและการนำความรู้ทางด้านไมโครคอนโทรลเลอร์มาประยุกต์ใช้งานโดยการประดิษฐ์ชุดคัดแยกสี นับจำนวนและเก็บบันทึกข้อมูล หลักการทำงานเบื้องต้นแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือการประมวลผลภาพด้วยคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะนำภาพจากกล้องมาวิเคราะห์ตามอัลกอริทึมที่ออกแบบไว้ และเก็บบันทึกข้อมูลลงคอมพิวเตอร์ ในส่วนที่สองคือการควบคุมแขนกล ซึ่งประกอบด้วยด้วยเซอร์โวมอเตอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยที่คอมพิวเตอร์จะส่งคำสั่งไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อใช้ควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ ให้แขนกลเคลื่อนที่ และนำวัตถุไปวางในจุดที่ต้องการได้อย่างถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project title The Demonstration for Object's Color Separation by Micro-controller

Students Mr. Napaphat viriyaphap 58010335

Mr. Paritat Lektimtong 58010747

Mr. Sirawit Issariyaopas 58011314

Degree Bachelor of Engineering

Program Electronics Engineering Academic

Project Advisor Ph.D. Seangravee buakaew

ABSTRACT

This project has purposed to study and apply the knowledge of micro-controller to be used by separating color, counting and store data. The basic work principle is divided into 2 parts. The first part is digital image processing by computer. The digital image processing will take pictures from the camera to analyze according to the algorithm designed and store data to computer. The second part is the control of the mechanical arm. It's consists of servo motors and microcontrollers. The computer sends command into the microcontroller to control the servo motor to move the mechanical arm and placing the object correctly in the desired location.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... II

กิตติกรรมประกาศ..... III

สารบัญ..... IV

สารบัญรูปภาพ..... V

สารบัญตาราง..... VI

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย..... 1

1.2 ความมุ่งหมายและจุดประสงค์ประสงค์ของการศึกษา..... 1

1.3 ขอบเขตการวิจัย..... 2

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ..... 2

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง..... 3

2.1 หลักการและทฤษฎีการทำงานของแขนกล..... 3

2.1.1 หลักการและทฤษฎีการหาค่าแรงบิด(ทอร์ค)..... 3

2.2 หลักการและทฤษฎีการประมวลภาพดิจิตอล..... 5

2.3 หลักการและทฤษฎีการทำงาน Arduino Mega 2560..... 12

2.4 หลักการและทฤษฎีของ servo motor 13

2.4.1 ประเภทของเซอร์โวมอเตอร์..... 14

2.4.2 โครงสร้างของเซอร์โวมอเตอร์..... 14

2.4.3 หลักการของเซอร์โวมอเตอร์..... 15

2.4.4 โครงสร้างของระบบควบคุมเซอร์โวมอเตอร์..... 16

2.4.5 องค์ประกอบในการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์..... 17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.5 หลักการและทฤษฎีของไมโครคอนโทรลเลอร์ 18
2.6 หลักการและทฤษฎีของ OpenCV 19
2.7 หลักการและทฤษฎีของแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน 25
2.8 หลักการและทฤษฎีของสายพานลำเลียง 27
2.8.1 สายพานแบน 28
2.8.2 สายพานวี 32
2.8.3 สายพานกลม 35
2.8.4 สายพานไทมิ่ง 36
2.8.5 วัสดุที่ใช้เป็นสายพาน 37
บทที่ 3 วิธีดำเนินงาน 38
3.1 การออกแบบส่วนของตัวแขน 38
3.2 การออกแบบส่วนของมือจับ 40
3.3 โครงสร้างแขนกลหลังการออกแบบและนำมาประกอบ 42
3.4 โปรแกรมควบคุม 43
3.4.1 flow-chart แสดงการทำงาน 43
3.5 ออกแบบสายพาน 50
บทที่ 4 ผลการทดลอง 55
4.1 ทดลองควบคุม servo 55
4.2 ทดสอบค่ากระแสและแรงดันของมอเตอร์ DC ในส่วนของสายพาน 57
4.3 ทดลองโปรแกรมตรวจจับวัตถุ 59
4.3.1 หน้าหลักของโปรแกรม 59
4.3.2 หน้าต่างของการตั้งค่าช่วงของสีที่ต้องการตรวจจับ 60
4.3.3 ทดลองตรวจจับสีแดง 61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.3.4 ทดลองตรวจจับสีเขียว..... 61

4.3.5 ทดลองตรวจจับสีน้ำเงิน..... 61

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง..... 62

5.1 สรุปผลการทดลอง..... 62

5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง..... 62

บรรณานุกรม..... 63

ภาคผนวก..... 64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ **หน้า**

2.1 ภาพอธิบายส่วนประกอบของแขนกล..... 3
2.2 อธิบายการคำนวณค่าแรงบิดในตัวแขนกลและตัวหุ่นยนตร์..... 4
2.3 อธิบายการทิศทางการเคลื่อนที่ของแรง..... 4
2.4 อธิบายการทิศทางการเคลื่อนที่ของแรง..... 5
2.5 การแปลงภาพแอนะล็อกให้เป็นภาพดิจิทัล..... 6
2.6 ภาพแบบ binary หรือแบบขาวดำ..... 6
2.7 ภาพแบบ Grayscale..... 7
2.8 ภาพแบบ RGB..... 7
2.9 ภาพแบบ indexed..... 7
2.10 ระดับสีของ Grayscale ตามข้อมูลที่เก็บค่าสี..... 8
2.11 ความแตกต่างระหว่างสีแสงและสีวัตถุ..... 8
2.12 วงล้อสีแบบ RGB..... 9
2.13 โมเดลสีแบบ HSV..... 9
2.14 รูปที่เก็บในแต่ละ channel ในระบบสี RGB และ HSV..... 10
2.15 การ Smoothing โดยใช้ Median filtering โดยใช้ mask ที่มีขนาดต่างๆ กัน..... 10
2.16 การกำหนด Region of Interest ในส่วนที่ 1..... 11
2.17 การกำหนด Region of Interest ในส่วนที่ 2..... 11
2.18 บอร์ด Arduino Mega2560..... 12
2.19 เซอร์โวมอเตอร์ mg 995..... 13
2.20 ส่วนประกอบของเซอร์โวมอเตอร์..... 14
2.21 ภาพแสดงหลักการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์..... 16
2.22 องค์ประกอบของระบบควบคุมเซอร์โวมอเตอร์..... 16
2.23 บอร์ดเซอร์โวไดร์ฟมอเตอร์..... 17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

2.24 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ 18
2.25 ภาพโปรแกรม OpenCV 19
2.26 ภาพการประมวลผลภาพด้วยโปรแกรม OpenCV 19
2.27 ภาพการประมวลผลภาพด้วยโปรแกรม OpenCV 21
2.28 ภาพตรวจจับวัตถุในวีดีโอด้วยโปรแกรม OpenCV 22
2.29 ภาพการตรวจจับภาพของโมดูลวีดีโอ I / O 22
2.30 ภาพการตรวจจับภาพของโมดูล calib3d 23
2.31 ภาพการประมวลผลภาพของโมดูล features2d 23
2.32 ภาพการประมวลผลภาพของโมดูล Obj detect 24
2.33 ภาพการประมวลผลภาพของโมดูล Highgui 25
2.34 ภาพแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน 25
2.35 สายพานลำเลียง 27
2.36 ภาพสายานแบน 28
2.37 ภาพแสดงลักษณะการส่งกำลังแบบ Open Belt Drive 29
2.38 ภาพแสดงลักษณะการส่งกำลังแบบ Crossed or Twist Belt Drive 30
2.39 ภาพแสดงลักษณะการส่งกำลังแบบ Quarter Turn Belt Drive และแบบ Belt Drive With Idler Pulley 30
2.40 ภาพแสดงลักษณะการส่งกำลังแบบ Belt Drive With Idler Pulley 31
2.41 ภาพแสดงลักษณะการส่งกำลังแบบ Compound Belt Drive 31
2.42 ภาพแสดงลักษณะการส่งกำลังแบบ Stepped or Cone Pulley Drive 32
2.43 ภาพสายพานวี 32
2.44 ภาพแสดงลักษณะของสายพานวีปกติ 33
2.45 ภาพแสดงลักษณะของสายพานร่องวีร่วม 33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

2.46 ภาพแสดงลักษณะของสายพานวีแหลม 34
2.47 ภาพแสดงลักษณะของสายพานวีหน้ากว้าง 34
2.48 ภาพแสดงลักษณะของสายพานวีหลายรูปพรรณ 35
2.49 ภาพแสดงลักษณะของสายพานกลม (Ropes Belts) 35
2.50 ภาพแสดงลักษณะของสานพานไทมิ่ง (Timing Belts) 36
3.1 โครงสร้างในการออกแบบส่วนของแขนกล 38
3.2 โครงสร้างในการออกแบบส่วนของแขนกล 38
3.3 โครงสร้างในการออกแบบส่วนของแขนกล 39
3.4 โครงสร้างในการออกแบบส่วนของแขนกล 39
3.5 โครงสร้างในการออกแบบส่วนของแขนกล 39
3.6 โครงสร้างในการออกแบบส่วนของแขนกล 40
3.7 โครงสร้างส่วนของมือจับ 40
3.8 โครงสร้างส่วนของมือจับ 40
3.9 โครงสร้างส่วนของมือจับ 41
3.10 โครงสร้างส่วนของมือจับ 41
3.11 โครงสร้างส่วนของมือจับ 41
3.12 โครงสร้างส่วนของมือจับ 41
3.13 โครงสร้างส่วนของมือจับ 42
3.14 แขนกลสำหรับหยิบจับ 42
3.15 Flowchart ของโปรแกรมควบคุม 43
3.16 Flowchart ของโปรแกรมควบคุม 45
3.17 Flowchart ของโปรแกรมควบคุม 46
3.18 Flowchart ของโปรแกรมควบคุม 46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.19 Flowchart ของโปรแกรมควบคุม..... 48

3.20 Flowchart ของโปรแกรมควบคุม..... 49

3.21 รางสายพานที่ประกอบจากอะลูมิเนียมโปรไฟล์..... 50

3.22 แกนหมุนก่อนเข้าประกอบกับสายพาน..... 51

3.23 แกนหมุนหลังเข้าประกอบกับสายพาน..... 51

3.24 สายพานชนิด PVC..... 52

3.25 สายพานลำเลียง..... 52

3.26 block diagram ขั้นตอนการทำงาน..... 53

4.1 รูปกราฟของค่า duty cycle ของ servo motor ที่มุม 90 องศา..... 55

4.2 รูปกราฟของค่า duty cycle ของ servo motor ที่มุม 0 องศา..... 55

4.3 ภาพแสดงตำแหน่งของเซอร์โวมอเตอร์ในตัวแขนกล..... 56

4.4 ภาพแสดงตำแหน่งของเซอร์โวมอเตอร์ในตัวแขนกล..... 57

4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา(วินาที) และ แรงดัน(โวลต์)ของมอเตอร์ในกรณีมีโหลดภาระ..... 57

4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา(วินาที) และ แรงดัน(โวลต์)ของมอเตอร์ในกรณีไม่มีโหลดภาระ..... 58

4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา(วินาที) และ กระแส (แอมแปร์)ของมอเตอร์ในกรณีมีโหลดภาระ..... 58

4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา(วินาที) และ กระแส (แอมแปร์)ของมอเตอร์ในกรณีไม่มีโหลดภาระ..... 59

4.9 หน้าต่างโปรแกรมที่ออกแบบสำหรับคัดแยกสี..... 59

4.10 หน้าต่างการตั้งค่าสีที่ต้องการตรวจจับของโปรแกรม..... 60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.11 ตรวจจับสีแดงด้วยโปรแกรม..... 60

4.12 ตรวจจับสีเขียวด้วยโปรแกรม..... 61

4.13 ตรวจจับสีน้ำเงินด้วยโปรแกรม..... 61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางแสดงค่าของมุมเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัวในทุกช่วงขณะของการทำงาน..... 56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานเรื่องชุดสาธิตการแยกสีของวัตถุด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาของอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.แสงระวี บัวแก้วและอาจารย์ภายในภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ที่ให้คำปรึกษาแนะนำขั้นตอนในการลำดับการทำงานจนทำให้โครงงานสำเร็วไปได้ด้วยดี คณะผู้จัดทำจึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ของคณะผู้จัดทำที่คอยเป็นกำลังใจและสนับสนุนเงินทุนหลักในการทำโครงงานชิ้นนี้ รวมไปถึงเพื่อนๆที่คอยเป็นกำลังใจและให้คำปรึกษาตลอดการทำโครงงานชิ้นนี้ สุดท้ายนี้ทางคณะผู้จัดทำมีความหวังอย่างสูงว่าโครงงานชิ้นนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจไม่มากก็น้อย

นายณปภัช วิริยะภาพ

นายปริทัศน์ เล็กทิมทอง

นายสิรวิชญ์ อิสริยะโอภาส

ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ในปัจจุบันระบบอัตโนมัติได้เข้ามามีบทบาทในวงการอุตสาหกรรมของโลกเป็นอย่างมาก และยังเป็นระบบการทำงานที่มีแนวโน้มที่จะพัฒนาและเติบโตเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ และไม่นานจะกลายเป็นส่วนหนึ่งในชีวิตของมนุษย์เราอย่างแน่นอนและอาจจะมีหน้าที่หลักเพื่ออำนวยความสะดวกสบายในการดำเนินชีวิตแก่มนุษย์ ไม่ว่าจะเป็นระบบการใช้รีโมทคอนโทรลสำหรับเปิด-ปิดรถยนต์ หรือตัวจับวัดอุณหภูมิห้องในเครื่องปรับอากาศบางรุ่น เป็นต้น และหากพิจารณาถึงประโยชน์ของเครื่องจักรที่ใช้การทำงานแบบระบบอัตโนมัติ จะเห็นได้ว่าเครื่องจักรอัตโนมัติสามารถควบคุมและช่วยลดความเสียหายจากการทำงานโดยแรงงานมนุษย์ มีการทำงานที่สะดวก ง่ายดายและสามารถผลิตสินค้าที่ได้มาตรฐานเครื่องจักรอัตโนมัติสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท 1. ระบบเครื่องจักรกึ่งอัตโนมัติ หมายถึง เครื่องจักรที่นำระบบคอมพิวเตอร์เข้ามาเพื่อช่วยควบคุมการทำงาน หรือเพื่อใช้สำหรับทำงานในบางขั้นตอน ซึ่งระบบเครื่องจักรกึ่งอัตโนมัตินี้จะถูกนำมาใช้สำหรับควบคุมการทำงานบางประเภทที่ต้องการความแม่นยำ ความละเอียด หรืองานที่มีอันตรายสูง ส่วนสำหรับขั้นตอนอื่นๆนั้นจะเน้นการทำงานด้วยแรงงานคนเป็นหลัก 2. ระบบเครื่องจักรอัตโนมัติหมายถึง เครื่องจักรที่นำระบบคอมพิวเตอร์เข้ามาเพื่อช่วยควบคุมการทำงาน หรือเพื่อใช้สำหรับทำงานในทุกขั้นตอน เหมาะสำหรับงานที่ต้องอาศัยการควบคุมอย่างเต็มที่ในด้านความสะอาดหรือด้านคุณภาพ รวมทั้งเหมาะสำหรับงานที่ต้องใช้อุณหภูมิสูงมากซึ่งเป็นระดับอุณหภูมิที่มนุษย์ไม่สามารถทำงานได้ กระบวนการที่กล่าวมาข้างต้นนั้น ทำให้กลุ่มของข้าพเจ้าเล็งเห็นถึงประโยชน์ที่ได้จากการประดิษฐ์และศึกษาระบบอัตโนมัติ ไมโครคอนโทรลเลอร์และการทำงานของแขนกลว่าจะสามารถทำให้ข้าพเจ้าและสมาชิกมีความรู้และมีความสามารถในการทำงานกับสายงานด้านนี้เพื่อนำมาต่อยอดทางความคิดในอนาคต ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์การศึกษา

1.2 ความมุ่งหมายและจุดประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เป็นการฝึกการประดิษฐ์ผลงานของคณะผู้จัดทำเพื่อเป็นพื้นฐานในการปฏิบัติงานต่อไปในอนาคต รวมถึงทำงานร่วมกับผู้อื่น

1.2.2 นำผลงานจากโครงงานไปใช้ในการทำงานทางอิเล็กทรอนิกส์ต่อไปได้อย่างเหมาะสม

1.2.3 นำการความรู้ที่ได้จากการเรียนการสอนในภาคทฤษฎีนำมาปรับใช้ในการปฏิบัติงานจริง

1.2.4 ศึกษาการทำงานของแขนกลและดิจิตอลอิมเมจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 สามารถทำให้โปรแกรมแยกสีได้อย่างถูกต้อง

1.3.2 ใช้ Microcontroller ในการควบคุมการทำงาน

1.3.3 ตัวแขนกลมีความแข็งแรง และ รับน้ำหนักได้มาก

1.3.4 ตัวสายพานสามารถรับน้ำหนักของวัตถุตัวอย่างได้

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สายพานสามารถเคลื่อนที่และหยุดได้โดยการสั่งข้อมูลจากโปรแกรม

1.4.2 โปรแกรมสามารถแยกสีระหว่างวัตถุที่แตกต่างกันได้และสั่งการให้แขนกลนำมือไปหยิบวัตถุ

1.4.3 แขนกลสามารถหยิบวัตถุที่โปรแกรมสั่งการได้อย่างแม่นยำ

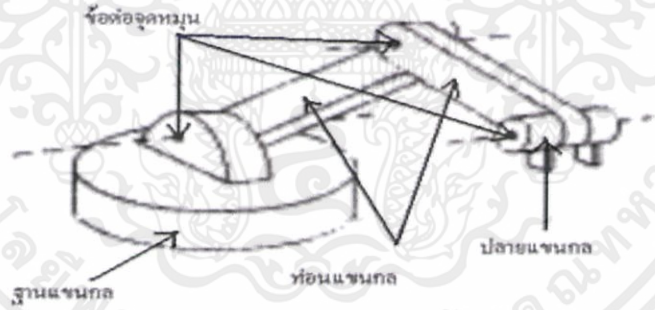
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

2.1 หลักการและทฤษฎีการทำงานของแขนกล

แขนกลอุตสาหกรรมนั้นมีส่วนประกอบอยู่หลายส่วนได้แก่ ฐาน (Base) ของหุ่นยนต์, ท่อนชิ้นส่วนที่เป็นแขนกล, ข้อต่อจุดหมุน (Joints) ตามชิ้นส่วนที่ต่อกัน, ปลายของแขนกลที่ใช้ทำงานยกตัวอย่างเช่นมือคีบจับ, หัวเชื่อม, อุปกรณ์ประกอบชิ้นส่วน, ปืนพ่นสี, หัวเจาะคอมพิวเตอร์ที่มาควบคุมแขนกลนั้นจะทำหน้าที่ควบคุมในส่วนที่เป็นมอเตอร์แบบสเต็บ (Step motors: เป็นมอเตอร์ที่จากมอเตอร์โดยทั่วไป คือมอเตอร์แบบสเต็บมีความสามารถในการหมุน และหยุดได้ตามความต้องการ ตามระยะที่ได้ตั้งโปรแกรมไว้ และสามารถทำซ้ำ ๆ กันได้ในการเคลื่อนที่ ส่วนมอเตอร์โดยทั่วไปเมื่อป้องพลังงานก็จะหมุนตลอด และเวลาหยุดจะหมุนฟรีไปหลายรอบซึ่งเป็นผลมาจากแรงเฉื่อย) มอเตอร์แบบสเต็บจึงทำให้หุ่นยนต์ได้เคลื่อนไหวได้ตามโปรแกรมที่ได้ตั้งไว้ นอกจากมอเตอร์แบบสเต็บแล้ว แขนกลที่มีขนาดใหญ่ที่นำมาใช้ในงานหนักอาจจะใช้มอเตอร์ไฮดรอลิกส์หรือมอเตอร์ลมนิวแมติกส์ แทนก็ได้ แขนกลจะมีระบบเซ็นเซอร์ไว้คอยตรวจจับการทำงานเพื่อให้หุ่นยนต์นั้นได้มีการเคลื่อนที่ได้อย่างถูกต้อง เกิดความแน่นอนในการเคลื่อนที่ของแขนกล



ภาพที่ 2.1 ภาพอธิบายส่วนประกอบของแขนกล

2.1.1 หลักการและทฤษฎีของการหาค่าแรงบิด(ทอร์ค)

การคำนวณแรงบิดของแขนกลมีจุดมุ่งหมายเพื่อช่วยให้เราสามารถเลือกมอเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับข้อต่อแต่ละข้อต่อของแขนกลได้ แรงบิด (T) ที่ต้องใช้ในแต่ละข้อต่อคำนวณเป็นสถานการณ์ที่เลวร้ายที่สุด (ยกน้ำหนักที่ 90 องศา) ตรวจสอบว่าหน่วยของคุณสอดคล้องกัน หน่วยที่พบมากที่สุดคือ kg-cm และ oz-in

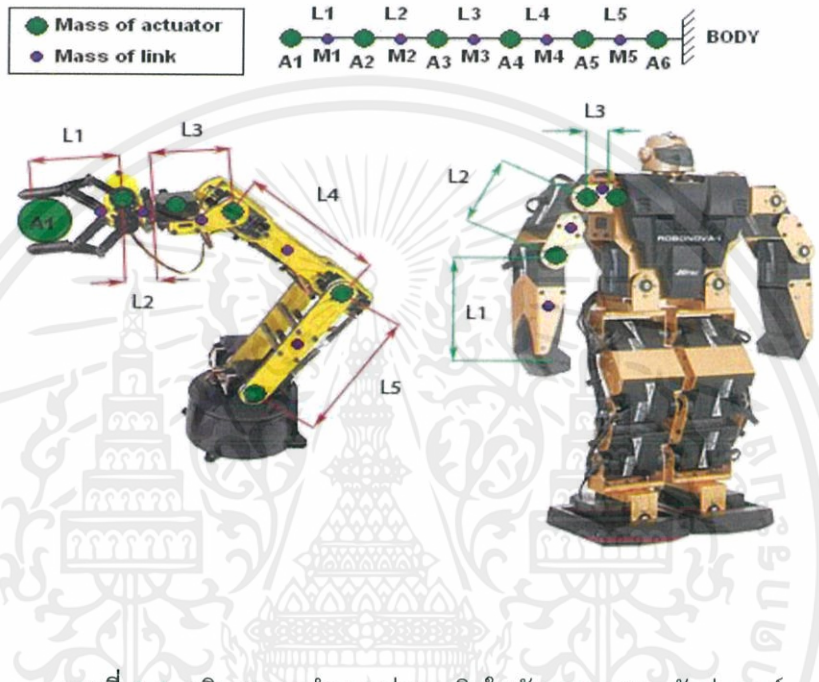
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

L: ยาวจากเดือยไปยังเดือย

M: มวลของการเชื่อมโยง

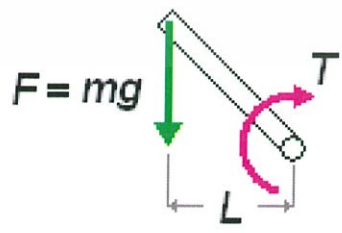
A: Actuator mass (เซอร์โวหรืออื่น ๆ)

A1: สามารถแสดงภาระที่กำลังยกขึ้น



ภาพที่ 2.2 อธิบายการคำนวนค่าแรงบิดในตัวแขนกลและตัวหุ่นยนต์

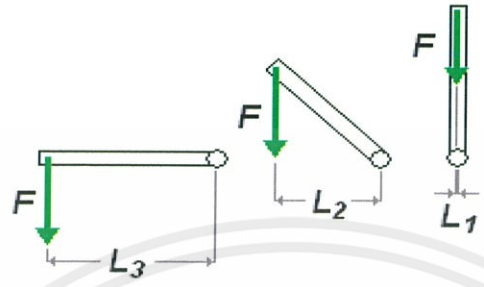
แรงบิด (T) หมายถึงการหมุนหรือบิด "แรง" และคำนวณโดยใช้ความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้:
T= F*L แรง (F) กระทำที่ความยาว (L) จากจุดหมุน แรงดึงดูด (g = 9.81m / s2) คูณด้วยมวล: F = m*g แรงที่กล่าวมาก็ถือว่าเป็นน้ำหนักของวัตถุ (W) : W = m*g แรงบิดที่ใช้ในการยึดมวลในระยะห่างที่กำหนดจากแกนหมุนคือ: T = (m*g)*L การทำสมดุลของแรงบิด



ภาพที่ 2.3 อธิบายการทิศทางการเคลื่อนที่ของแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

∑T =0=F*L-T ดังนั้นการแทนที่ F ด้วย m * g เราจะหาสมการข้างต้นได้ วิธีนี้เป็นวิธีที่ถูกต้องมากขึ้นในการหาแรงบิด (ใช้แรงบิด) T = (m*g)*L ในการประมาณแรงบิดที่ต้องการในแต่ละข้อเราต้องเลือกสถานการณ์ที่เลวร้าย



ภาพที่ 2.4 อธิบายการทิศทางการเคลื่อนที่ของแรง

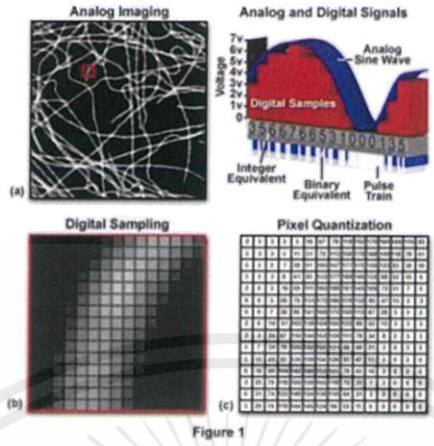
ในภาพด้านบนลิงค์ยาว L จะหมุนตามเข็มนาฬิกา พิจารณาเฉพาะส่วนที่ตั้งฉากของความยาวระหว่างเดือยกับแรงเท่านั้น เราสังเกตว่าระยะทางนี้ลดลงจาก L3 ไปเป็น L1 (L1 เป็นศูนย์) เนื่องจากสมการสำหรับแรงบิดคือความยาว (หรือระยะทาง) คูณด้วยแรงจะได้ค่าที่ยิ่งใหญ่ที่สุดโดยใช้ L3 เนื่องจาก F ไม่เปลี่ยนแปลง เราสามารถหมุนลิงก์ทวนเข็มนาฬิกาและดูผลเช่นเดียวกันได้ มันสามารถจะปลอดภัยที่จะสมมติว่าตัวกระตุ้นในแขนจะขึ้นอยู่กับแรงบิดสูงสุดเมื่อแขนยืดในแนวนอน แม้ว่าหุ่นยนต์ของคุณอาจไม่ได้รับการออกแบบเพื่อให้ได้ภาพจำลองนี้ แต่ก็ไม่ควรล้มเหลวภายใต้น้ำหนักของตัวเองหากยืดออกไปในแนวนอนโดยไม่ต้องโหลด น้ำหนักของวัตถุ ("ภาระ") ถูกจัดขึ้น (A1 ในแผนภาพ) คูณด้วยระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของมวลและแกนหมุนให้แรงบิดที่จำเป็นในเดือย เครื่องมือนี้พิจารณาว่าลิงก์อาจมีน้ำหนักมาก (W1, W2 ..) และถือว่าศูนย์กลางของมวลอยู่ที่ประมาณกึ่งกลางของความยาว แรงบิดที่เกิดจากมวลที่ต่างกันเหล่านี้จะต้องเพิ่ม T1 = L1*A1+(0.5L1*W1)

2.2 หลักการและทฤษฎีของการประมวลภาพดิจิตัล(Digital image processing)

การประมวลผลภาพดิจิทัล เกี่ยวข้องกับการแปลงข้อมูลรูปที่เป็นสัญญาณแอนะล็อกให้อยู่ในรูปของสัญญาณดิจิทัล เพื่อใช้ในการประมวลผลผ่านทางคอมพิวเตอร์ได้ และ ยังนำมาใช้ในการลดปัญหาของภาพเช่น ลดสัญญาณรบกวนภายในภาพเป็นต้น

ในการแปลงภาพให้เป็นสัญญาณดิจิทัลนั้น ระบบจะนำรูปที่รับเข้ามาไปคำนวณ โดยกระบวนการ Sampling และ Quantization และส่งข้อมูลออกมาในรูปแบบดิจิทัล คอมพิวเตอร์จะเก็บข้อมูลภาพลงหน่วยความจำ โดยการจองหน่วยความจำภายในเครื่องในรูปแบบของอาร์เรย์ โดยค่าในแต่ละช่องของ อาร์เรย์แสดงถึงคุณสมบัติต่างๆของรูปที่จุด พิกเซล นั้นๆ และตำแหน่งของช่อง อาร์เรย์ก็เป็นตัวกำหนดตำแหน่งของจุด พิกเซล ภายในภาพด้วย

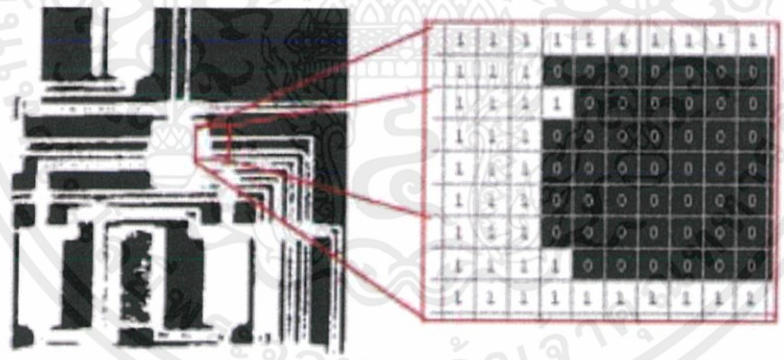
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.5 การแปลงภาพแอนะล็อกให้เป็นภาพดิจิทัล

ภาพดิจิทัลที่ได้จะมีรูปแบบการเก็บเป็นเมทริกซ์ ซึ่งจะมีการจัดเก็บภาพแต่ละชนิดต่างกัน ขึ้นอยู่กับระบบสีของภาพดังกล่าว โดยแบ่งชนิดของภาพได้ดังนี้

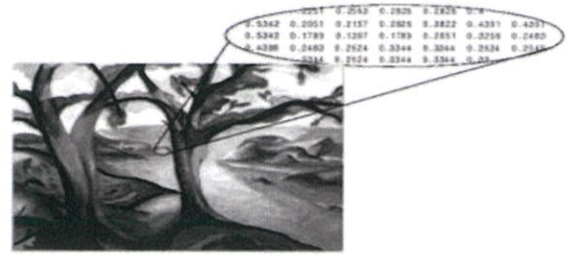
2.2.1 **Binary image** หรือ ภาพขาว-ดำ เป็นรูปที่ใช้เนื้อที่เพียง 1 บิต ต่อ พิกเซล โดยค่าสีจะมีแค่สองค่าคือ 0 หรือสีดำ และ 1 หรือสีขาว



ภาพที่ 2.6 ภาพแบบ Binary หรือ ภาพขาว-ดำ

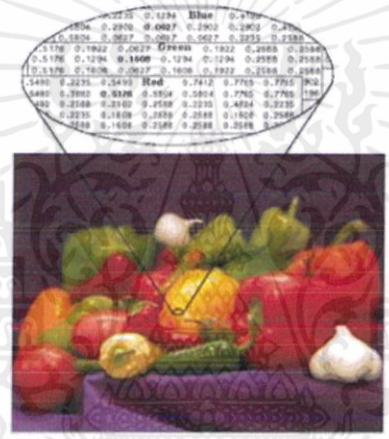
2.2.2 **Grayscale Image** เป็นรูปที่เก็บโดยใช้รูปแบบของอาร์เรย์ 2 มิติ โดยค่าที่เก็บจะมีค่าอยู่ในช่วงๆหนึ่ง ซึ่งระดับของสีขึ้นอยู่กับขนาดของบิตที่ใช้เก็บค่าสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



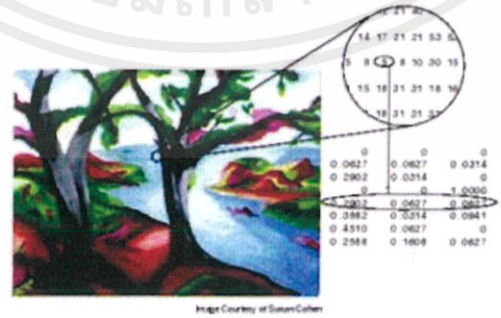
ภาพที่ 2.7 ภาพแบบ Grayscale

2.2.3 RGB Image หรือ True-color Image เป็นรูปที่เก็บโดยใช้อาร์เรย์ 3 มิติ ขนาด m x n x 3 โดยที่ m คือความยาว และ n คือความกว้างของภาพในหน่วยพิกเซล ส่วนมิติสุดท้ายนั้น ในแต่ละมิติจะเก็บค่าสีแยกกัน คือสีแดง(Red) สีเขียว(Green) และสีน้ำเงิน(Blue)



ภาพที่ 2.8 ภาพแบบ RGB

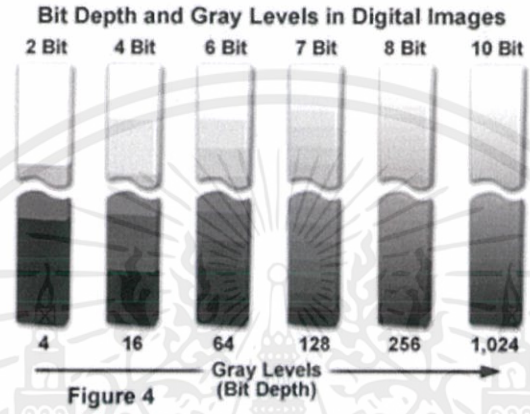
2.2.4 Indexed Image เป็นรูปที่มีรูปแบบการเก็บแบบ indexed คือ ภาพประเภทนี้จะเก็บค่าสีเป็น indexed และในแต่ละช่องอาร์เรย์ จะเก็บตำแหน่งของสีใน indexed นั้นๆไว้ข้อเสียของ Silicon : การทำให้บริสุทธิ์และอยู่ในรูปสารที่พร้อมจะทำเซลล์ฯ มีราคาแพง และ แตกหักง่ายในขบวนการผลิต



ภาพที่ 2.9 ภาพแบบ Indexed

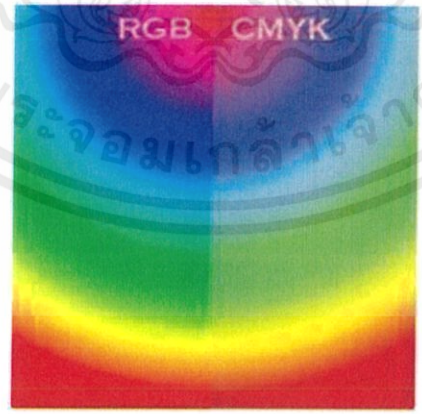
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5 ระบบสี (Color Mode) ระบบสี Grayscale เป็นช่วงของเฉดสีเทา ซึ่งแตกต่างกับภาพขาว-ดำ ที่มีเพียง 2 สี คือขาว กับดำ สีใน grayscale นี้ แสดงถึงความเข้มของสี (Intensity) ในระดับต่างๆ โดยสีดำเป็นส่วนที่มีความเข้มของสีน้อย และสีขาวจะมีความเข้มของสีมาก จำนวนระดับของสีขึ้นอยู่กับขนาดของบิตที่ใช้เก็บค่าสี โดยทั่วไปแล้วจะเก็บข้อมูลสีประเภทนี้ด้วยข้อมูลขนาด 8 บิต หรือ 1 ไบต์ ซึ่งจะให้ความละเอียดของสีที่ 256 เฉดสี



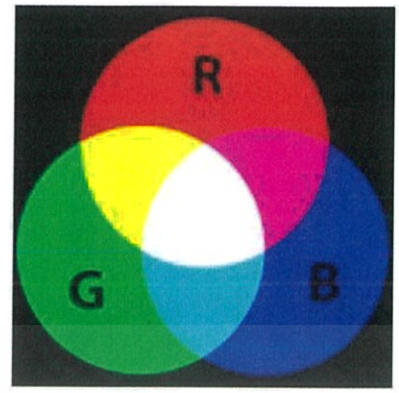
ภาพที่ 2.10 ระดับสีของ Grayscale ตามขนาดข้อมูลที่เก็บค่าสี

2.2.6 ระบบสี RGB เป็นระบบสีที่ประกอบด้วยแม่สีหลักสามสีคือ แดง (Red), เขียว (Green) และ น้ำเงิน (Blue) RGB นั้นเป็นระบบสีแสงและเป็นแบบ Additive คือถ้าไม่มีสีใดเลยจะมองเป็นสีดำในทางกลับกันหากมีครบทุกสีจะมองเป็นสีขาว จะต่างกับระบบสีแบบ Subtractive หรือระบบสีแบบ CMYK ที่เป็นสีที่เกิดจากการสะท้อน หรือเรียกกันทั่วไปว่าสีวัตถุ



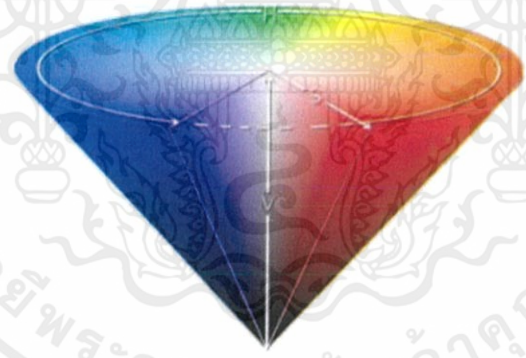
ภาพที่ 2.11 ความแตกต่างของ สีแสง (RGB) และ สีวัตถุ (CMYK)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



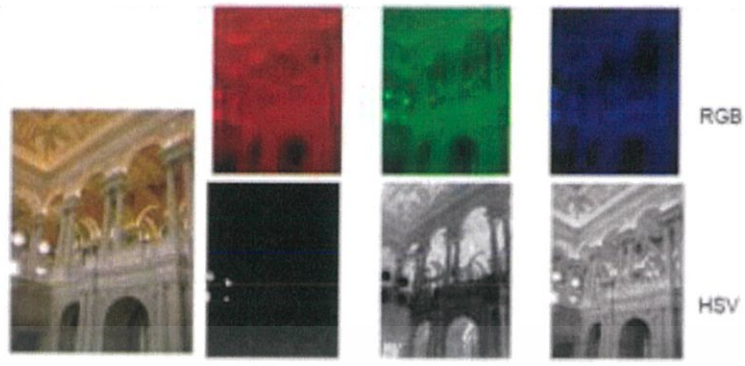
ภาพที่ 2.12 วงล้อสีแบบ RGB

2.2.7 **ระบบสี HSV (Hue, Saturation, Value) หรือ HSB (Hue, Saturation, Brightness)** เป็นระบบสีที่นิยมใช้กันในหมู่นักแต่งภาพ เนื่องจากเป็นระบบสีที่ใกล้เคียงกับความคิดของมนุษย์ได้ดีกว่าระบบสี RGB โดย Hue คือสีของภาพ,Saturation คือ ปริมาณความอิ่มตัวของสี ยิ่งมีค่านี้มาก ภาพจะมีสีสดยิ่งมีน้อย ภาพจะยิ่งมีสีน้อยลง จนในที่สุดจะกลายเป็นรูปที่ลักษณะแบบ Grayscale และ Value หรือ Brightness เป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณความสว่างของภาพ หากมีค่ามากภาพจะยิ่งมีความสว่างมาก



ภาพที่ 2.13 โมเดลสี HSV ในรูปแบบโคน (Cone)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.14 รูปที่เก็บในแต่ละ channel ในระบบสี RGB และ HSV

2.2.8 **การปรับปรุงภาพ (Image Enhancement)** กระบวนการปรับปรุงคุณภาพของภาพเป็นการปรับปรุงภาพให้เหมาะสมกับการประมวลผลต่างๆ เนื่องจากภาพที่รับเข้ามานั้นอาจมีสัญญาณรบกวน จึงต้องปรับปรุงคุณภาพของภาพก่อนที่จะนำภาพนั้นไปประมวลผลทางคอมพิวเตอร์วิชันต่อไป ซึ่งจะทำให้ประมวลผลได้ดีขึ้น โดยทั่วไปการปรับปรุงภาพทำได้ทั้งใน spatial domain และ frequency domain แต่ในโครงงานนี้ใช้การปรับปรุงภาพใน spatial domain ซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อ smooth ภาพ ในเอกสารนี้ใช้การปรับปรุงภาพด้วยการกรองแบบเฉลี่ยกึ่งกลาง เป็นการกรองข้อมูลภาพโดยใช้การสังฆวัฒนาเชิงเวลา (Spatial convolution) ซึ่งมีค่าน้ำหนักเป็น 1 เท่ากันตลอด ซึ่งหลังจากทำการการสังฆวัฒนาแล้วจึงนำผลลัพธ์มาทำการเฉลี่ย โดยเลือกค่ากึ่งกลาง ดังสมการที่

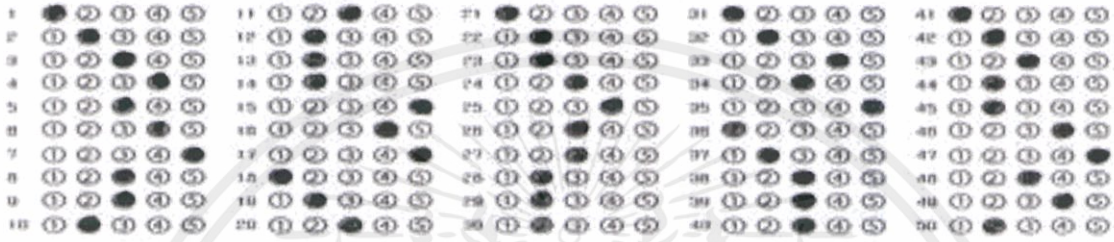
$$g(i,j) = \text{med}[x(i+r,j+s) \in A(i,j) \in Z^2]$$

ซึ่งการกรองแบบเฉลี่ยกึ่งกลางเป็นการกรองในลักษณะไม่เป็นเชิงเส้น โดยข้อดีของการปรับปรุงภาพด้วยการกรองแบบเฉลี่ยกึ่งกลางคือ ก่อให้เกิดการเบลอของภาพเพื่อให้จุดความเข้มของพิกเซลไปในโทนเดียวกัน

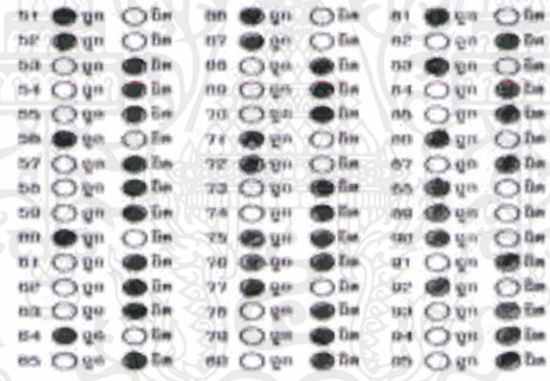
ภาพที่ 2.15 การ Smoothing โดยใช้ Median filtering โดยใช้ mask ที่มีขนาดต่างๆ กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.9 Region-of-interest (ROI) คือบริเวณที่เราสนใจ อาจจะเป็นบริเวณใดภายในภาพก็ได้ โดยการตีกรอบล้อมรอบบริเวณที่สนใจ ด้วยวงกลม กรอบสี่เหลี่ยม หรือกรอบรูปเหลี่ยมใดๆ เพื่อนำภาพเฉพาะส่วนดังกล่าวมาประมวลผล หรือเปลี่ยนแปลงภาพตามต้องการ โดยไม่มีผลกระทบกับส่วนอื่นๆ ซึ่งใน 1 ภาพ สามารถกำหนดได้หลายๆ ROI เมื่อกำหนดตำแหน่งต่างๆแล้ว จะสร้าง Mask ที่เป็น Binary Mask สำหรับใช้กำหนดขอบเขตที่จะมีการเปลี่ยนแปลงภายในรูปภาพนั้นๆ โดยให้ค่าส่วนที่สนใจเป็น 1 หรือสีขาว และให้ส่วนอื่นๆ เป็น 0 หรือสีดำ



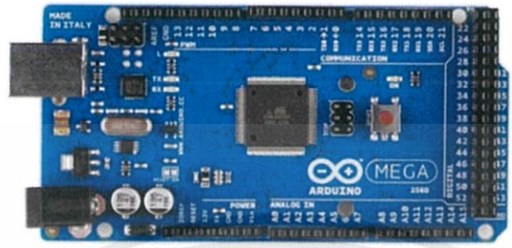
ภาพที่ 2.16 การกำหนด Region of Interest ในส่วนที่ 1



ภาพที่ 2.17 การกำหนด Region of Interest ในส่วนที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 หลักการและทฤษฎีของ Arduino Mega2560



ภาพที่ 2.18 บอร์ด Arduino Mega2560

Arduino Mega 2560 คือบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่พัฒนาจาก ATmega2560 มี 54 digital input/output โดยมี 14 ขา สามารถใช้เป็น output แบบ PWM ได้ มี analog inputs 16 ขา มี UARTs 4 ขา ทำงานที่ความถี่ 16 MHz สามารถเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ด้วยสายเคเบิล USB หรือใช้ adaptor AC-to-DC เพื่อเริ่มต้นใช้งาน และมีปุ่ม reset สามารถต่อเข้ากับ shields ที่ออกแบบเพื่อใช้งานกับ Arduino Duemilanove หรือ Diecimila.

Pin ทั่วไป

- VIN เป็น input voltage ของบอร์ด Arduino โดยใช้แหล่งจ่ายจากภายนอก
- 5V เป็น output pin ที่ควบคุม 5 V จากบอร์ด
- 3V3 เป็น 3.3 volt supply ที่สร้างขึ้นจาก regulator บนบอร์ด และให้กระแสได้สูงสุด 50 mA
- GND เป็น ground pin
- IOREF เป็น pin ที่ให้ voltage reference กับไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อเลือกค่าแรงดันให้กับ shield ที่มาเชื่อมต่อกับบอร์ด

หน่วยความจำ

ATmega2560 มีหน่วยความจำ 256 KB (8 KB ใช้สำหรับ bootloader) นอกจากนี้ยังมีอีก 8 KB สำหรับ SRAM และ 4 KB สำหรับ EEPROM

Input and Output

ในแต่ละ digital pins ทั้ง 54 pins บนบอร์ด Arduino Uno สามารถเป็นได้ทั้ง input และoutput โดยจะทำงานที่แรงดัน 5 V และให้กระแสสูงสุด 40 mA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟังก์ชันอื่นๆ

• External Interrupts: 2 (interrupt 0) , 3 (interrupt 1), 18 (interrupt 5), 19 (interrupt 4), 20 (interrupt 3), 21 (interrupt 2). pins เหล่านี้สามารถที่จะกำหนดค่าที่เรียกinterrupt ในค่าต่ำๆ, ขอบขาขึ้นและลง หรือเปลี่ยนแปลงค่า

• PWM: 2 ถึง 13 และ 44 ถึง 46 ให้ output PWM output 8-bits

• SPI: 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS) ใช้สำหรับรองรับการสื่อสารแบบ SPIโดยที่ไม่เกี่ยวข้องกันกับ ICSP header ซึ่งจะมีลักษณะคล้ายกับ Uno, Duemilanove และDiecimila

• LED 13 : เป็น build-in LED ที่เชื่อมต่อกับ digital pin 13 เมื่อ pin มีค่าเป็น HIGH LEDจะติด , แต่เมื่อ pin เป็น LOW LED จะดับ

• TWI : 20 (SDA) and 21 (SCL). รองรับการเชื่อมต่อแบบ TWI(I2C)

• บอร์ด Mega2560 มี 16 analog inputs แต่ละ pins ให้ความละเอียด 10 bits

• AREF. แรงดันอ้างอิง สำหรับ analog input

• Reset ใช้ในการ reset ไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยทั่วไปจะใช้โดยการเพิ่มปุ่ม reset ไว้บน shield เพื่อป้องกันปุ่มที่อยู่บนบอร์ด

2.4 หลักการและทฤษฎีของ servo motor

เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) เป็นมอเตอร์ที่มีการควบคุมการเคลื่อนที่ของมัน (State) ไม่ว่าจะเป็นระยะ ความเร็ว มุมการหมุน โดยใช้การควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback control) เป็นอุปกรณ์ที่สามารถควบคุมเครื่องจักรกล หรือระบบการทำงานนั้นๆ ให้เป็นไปตามความต้องการ เช่น ควบคุมความเร็ว (Speed), ควบคุมแรงบิด (Torque), ควบคุมแรงตำแหน่ง (Position), ระยะทางในการเคลื่อนที่(หมุน) (Position Control) ของตัวมอเตอร์ได้ ซึ่งมอเตอร์ทั่วไปไม่สามารถควบคุมในลักษณะงานเบื้องต้นได้ โดยให้ผลลัพธ์ตามความต้องการที่มีความแม่นยำสูง ขนาดของ Servo Motor จะมีหน่วยในการบอกขนาดเป็นวัตต์ (Watt) Servo Motor ของPanasonic จะมีขนาดตั้งแต่ 50W-15kWทำให้ผู้ใช้งานมีความหลากหลายในการใช้งาน

ภาพที่ 2.19 เซอร์โวมอเตอร์ mg995

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 ประเภทของเซอร์โวมอเตอร์

โดยทั่วจะมีทั้งดีซีและเอซีเซอร์โว ในเครื่องจักรรุ่นเก่าๆเราจะพบว่า DC Servo Motor มีการใช้เครื่องจักรกลอุตสาหกรรมมากกว่า AC Servo Motor เนื่องจากช่วงที่ผ่านมาการควบคุมกระแสกระแสสูงๆ นั้นจะต้องใช้ SCRs แต่ปัจจุบันทรานซิสเตอร์ได้พัฒนาขีดความสามารถให้ตัดต่อกระแสสูงและใช้งานที่ความถี่ได้สูงๆขึ้น จึงทำให้ระบบควบคุมทางเอซีและระบบเซอร์โวได้ถูกนำมาใช้งานมากขึ้น ซึ่งสามารถแยกประเภทของเซอร์โวได้ดังนี้

2.4.1.1 มอเตอร์ชนิดที่มีแปรงถ่าน

เซอร์โวมอเตอร์ชนิดนี้ที่สเตเตอร์จะเป็นแม่เหล็กถาวร ส่วนโรเตอร์ยังใช้แปรงถ่านและคอมมิวเตอร์เรียงกระแสเข้าสู่ขดลวดอาร์เมเจอร์ เหมือนกับดีซีมอเตอร์ทั่วไป

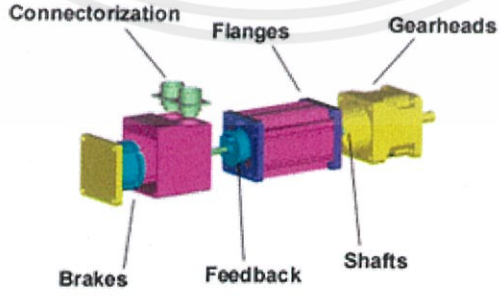
2.4.1.2 เซอร์โวมอเตอร์ชนิดที่ไม่มีแปรงถ่าน

เซอร์โวมอเตอร์ในกลุ่มนี้ประกอบด้วยดีซีเซอร์โว (DC Brushless Servo โรเตอร์ทำด้วยแม่เหล็กถาวร) เอซีเซอร์โว (AC Servo) ซึ่งมีทั้งแบบซิงโครนัสเซอร์โว อะซิงโครนัสเซอร์โว (การนำอินดัคชั่นมอเตอร์มาใช้ทำเป็นระบบขับเคลื่อนเซอร์โวมอเตอร์) และ สเตปปิ้งเซอร์โวมอเตอร์

2.4.2 โครงสร้างของเซอร์โวมอเตอร์

ข้อจำกัดอย่างหนึ่งของระบบควบคุมเซอร์โว ก็คือการใช้งานจะต้องเป็นแบบ Closed loop เท่านั้น การใช้งานระบบควบคุมเซอร์โวไม่สามารถเลือกควบคุมเป็นแบบ Open loop ได้เหมือนกันระบบขับเคลื่อนเอซี (AC Drives) การตอบสนองของระบบเซอร์โว เช่น อัตราเร่ง แรงบิด และตำแหน่งที่ควบคุม จะไม่เป็นไปตามวัตถุประสงค์หากไม่มีสัญญาณป้อนกลับไปยังชุดขับเคลื่อนเซอร์โว

การควบคุมการทำงานในระบบนี้อุปกรณ์ป้อนกลับหรือเอ็นโค๊ดเตอร์ (Encoder) จะมีบทบาทความสำคัญอย่างยิ่งเสมือนกับเป็นของคู่กันชนิดที่เรียกว่าขาดซึ่งกันและกันไม่ได้ ในทางปฏิบัติจึงทำเซอร์โวมอเตอร์และเอ็นโค๊ดเตอร์ ถูกออกแบบและผลิตสร้างขึ้นมาคู่กันในลักษณะเป็นแพ็คเกจ (Package ซึ่งมี Encoder ติดอยู่ที่ส่วนท้ายของมอเตอร์ ดังรูป



ภาพที่ 2.20 ส่วนประกอบของเซอร์โวมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Gearheads = เกียร์สำหรับลดความเร็วรอบเพื่อเพิ่มแรงบิด

Shafts = เพลาของมอเตอร์

Flanges = หน้าแปลนสำหรับติดตั้งมอเตอร์

Feed back = อุปกร์ป้อนกลับหรือ encoder

Connectorization = ขั้วต่อสายไฟเข้ามอเตอร์ และขั้วต่อสายสำหรับ Encoder

Brakes = ชุดเบรก

โครงสร้างของ AC servo Motor จะคล้ายกับมอเตอร์ 3 เฟสทั่ว ๆ ไป ซึ่งจะประกอบด้วย 2ส่วนที่สำคัญ คือ สเตเตอร์และโรเตอร์ โดยสเตเตอร์จะประกอบด้วยขดลวด 3 ชุด ขดลวดภายในจะต่อเป็นแบบสตาร์ (Star หรือ WYE) และมีสายต่อมาที่ขั้วต่อสายด้านนอก 3 เส้น (จุดนิวทรอลจะอยู่ด้านใน) ส่วนโรเตอร์ทำด้วยแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet) ไม่มีขดลวดพัน,ไม่มีคอมมิวเตเตอร์ และไม่มีแปรงถ่าน (Brushless)

โครงสร้างที่ไม่มีขดลวดพันไม่และแปรงถ่าน จะทำให้ประสิทธิภาพของมอเตอร์สูงขึ้น ไม่มีการสูญเสียในขดลวดทองแดง ไม่ต้องบำรุงรักษาเนื่องจากแปรงถ่าน ไม่เกิดประกายไฟเนื่องจากการเรียงกระแสจากแปรงถ่านผ่านคอมมิวเตอร์ไปยังขดลวดทองแดงที่พันอยู่ในตัวโรเตอร์

สำหรับวัสดุที่นำมาสร้างแม่เหล็กถาวรนี้จะแตกต่างกันไป โดยขึ้นอยู่กับราคาและเทคโนโลยีของบริษัทผู้ผลิตนั้นๆ ซึ่งมีตั้งแต่ชนิดที่ราคาถูกเช่น เซรามิก (เฟอไรต์) จนถึงการใช้วัสดุที่มีราคาแพงอย่างเช่น ซามาเรียม โคบอลต์ หรือ นีโอไดเมียม เป็นต้น (ปัจจุบันเอซีเซอร์โวมอเตอร์ส่วนใหญ่จะใช้วัสดุสารแม่เหล็กแบบนีโอไดเมียม เนื่องจากมีคุณสมบัติความเป็นแม่เหล็ก และความเหมาะสมเรื่องราคาดีกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุสารแม่เหล็กแบบอื่นๆ

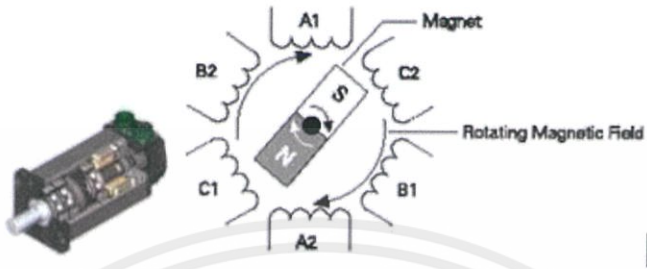
2.4.3 หลักการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์

การทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ชนิดนี้จะคล้ายกับการทำงานของซิงโครนัสมอเตอร์ 3 เฟส กล่าวคือเมื่อมีการควบคุมให้คอนโทรลเลอร์จ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไปยังขดลวดที่สเตเตอร์ แกนเหล็กของสเตเตอร์จะประพฤติตัวเป็นแม่เหล็กไฟฟ้า และหมุนเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่แปรผันตามความถี่ ซึ่งเรียกว่า ความเร็วซิงโครนัส (synchronous speed) หรือความเร็วสนามแม่เหล็กหมุน และจะดูดให้โรเตอร์ซึ่งเป็นแม่เหล็กถาวรหมุนเคลื่อนที่ตาม

จากลักษณะโครงสร้างของโรเตอร์และหลักการทำงานที่เหมือนกับซิงโครนัสมอเตอร์ซึ่งเป็นมอเตอร์แบบเอซี แต่ไม่มีแปรงถ่าน (Brushless) ไม่มีซี่คอมมิวเตอรเตอร์ จึงทำให้มอเตอร์ชนิดนี้มีชื่อเรียกขานแตกต่างกันออกไป เช่น เรียกทับศัพท์ว่า Permanent Magnet Synchronous Motor(PMSM) ซึ่งหมายถึงซิงโครนัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

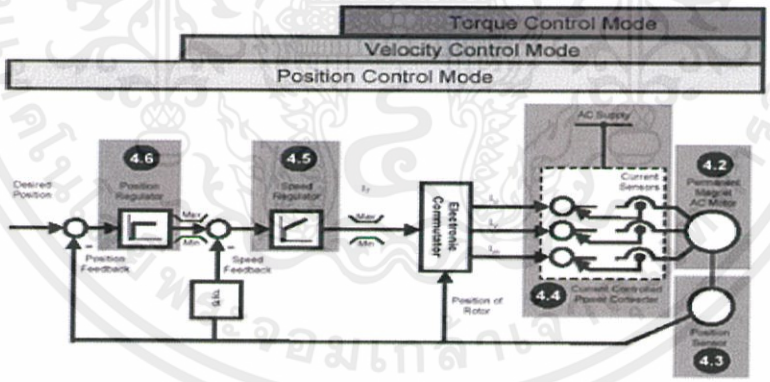
มอเตอร์ที่ไม่มีแปรงถ่าน บ้างก็เรียกว่าเอซีเซอร์โวมอเตอร์ (AC Servo motor) หรือบ้างก็เรียกสั้นๆย่อๆว่า AC Brushless หรือ Brushless Motor เป็นต้น



ภาพที่ 2.21 ภาพแสดงหลักการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์

2.4.4 โครงสร้างของระบบควบคุมเซอร์โวมอเตอร์

ลักษณะของระบบควบคุมเซอร์โวมอเตอร์จะเป็นระบบควบคุมแบบลูปปิด(Closed loop control) ซึ่งประกอบด้วย 3 โหมดการควบคุมคือ โหมดการควบคุมแรงบิด (Torque Control Mode) ซึ่งอยู่วงรอบหรือลูปในสุด โหมดการควบคุมอัตราเร่ง(Velocity Control Mode) และโหมดการควบคุมตำแหน่ง(Position Control Mode) ซึ่งอยู่ลูปด้านนอกสุด โดยมีองค์ประกอบที่สำคัญๆดังรูป



ภาพที่ 2.22 องค์ประกอบของระบบควบคุมเซอร์โวมอเตอร์

1. เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) (ตำแหน่ง 4.2)

2. ชุดควบคุมการขับเคลื่อนเซอร์โว (Servo Drive ,Servo Amplifier บ้างก็เรียกว่า servo controller)(ตำแหน่ง 4.4, 4.5, 4.6)

3. อุปกรณ์ป้อนกลับ (Feedback Device)(ตำแหน่ง 4.3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.5 องค์ประกอบในการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์

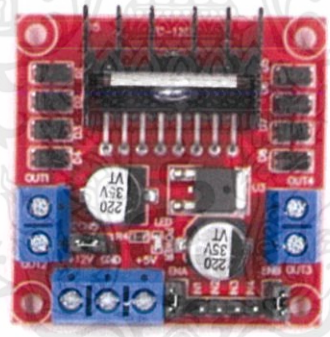
การทำงานเพียงตัว Servo Motor เพียงอย่างเดียวนั้นไม่สามารถทำงานได้ การที่จะให้ Servo Motor จะควบคุมลักษณะที่กล่าวมาข้างต้นนั้นต้องมีองค์ประกอบดังนี้

2.4.5.1 คอนโทรลเลอร์ (Controller)

หลักการทำงานหลักๆ หน้าที่ของ Controller คือ มีหน้าที่รับคำสั่งจากผู้ใช้งานว่าต้องการให้ Servo Motor นั้นเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่าไหร่และระยะทาง ใกล้หรือไกลแค่ไหน หน้าที่ตรงจุดนี้จะเป็น Controller จะเป็นตัวกำหนดให้กับตัว Servo Motor

2.4.5.2 เซอร์โวไดรฟ์เวอร์ (Servo Driver)

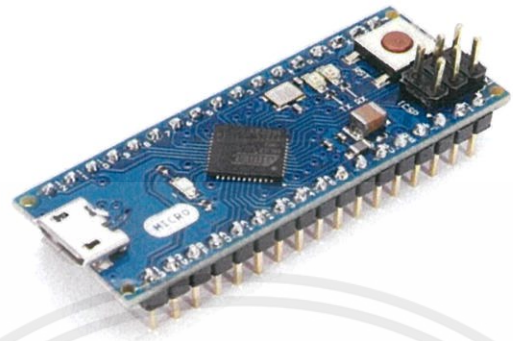
หน้าที่ของ Servo Driver คือ จะรับสัญญาณมาจาก Controller และสั่งการให้กับตัว Servo Motor เคลื่อนที่ตามที่ Controller สั่งการมา แต่ทำไม Controller ไม่สั่งการควบคุมไปที่ Servo Motor โดยตรง เนื่องจาก Servo Driver จะเป็นตัวที่ปรับตั้งค่าของตัว Servo Motor ให้ทำงานตามรูปแบบของการควบคุมไม่ว่า จะเป็นการควบคุม ความเร็ว(Speed Control) , แรงบิด(Toque) และ ตำแหน่ง(Position Control) ตัว Servo Driver จะเป็น ตัวกำหนดค่าตัวแปรหรือพารามิเตอร์ต่างๆ ให้กับตัว Servo Motor ให้ทำงานได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ เพราะฉะนั้นเมื่อใช้ Servo Motor ก็จะต้องมี Servo Driver เสมอ



ภาพที่ 2.23 บอร์ดเซอร์โวไดร์ฟมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 หลักการและทฤษฎีของไมโครคอนโทรลเลอร์



ภาพที่ 2.24 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ คือ คอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่ถูกรวมไว้ในชิปเดียวประกอบด้วยหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) วงจรอินพุท/เอาท์พุท หน่วยความจำแรมและแฟลช ตัวจับเวลา ตัวนับ เป็นต้น

2.5.1 โครงสร้างและส่วนประกอบ

- CPU
- Memory
- Port
- BUS
- วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา
- ส่วนประกอบอื่น ๆ

2.5.2 ประโยชน์ของไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือระบบอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นเปรียบเสมือนคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กอยากให้มันทำอะไรเราก็เขียนโปรแกรมที่เราต้องการยัดใส่ลงไป ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็เลยเข้ามาเกี่ยวข้องเพื่อรองรับกับความอยากนำไปควบคุมระบบที่ความรู้ความเข้าใจที่พวกเราอยากได้โดยให้มีขนาดเล็กที่สุด แต่ว่าไม่ใช่เพียงขนาดเล็กแค่นั้น มันยังสามารถป้อนชุดคำสั่งให้สามารถปฏิบัติงานได้อย่างอัตโนมัติ ด้วยแบบการเขียนโปรแกรมภาษาต่างๆตามความชำนาญ นักออกแบบพัฒนาผลิตภัณฑ์ ตลอดจนนักประดิษฐ์ทั้งหลาย ต่างหลีกเลี่ยงไม่ได้เลยที่จะต้องอาศัยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เข้าไปมีส่วนเกี่ยวข้องในการควบคุม แต่ครั้นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่นำมาต่ออนุกรมเพื่อความสามารถที่เราต้องการ นั้นก็ใหญ่โตเสียเหลือเกิน ดูเหมือนจะขัดแย้งกับความต้องการของผู้บริโภค และหลักการออกแบบผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

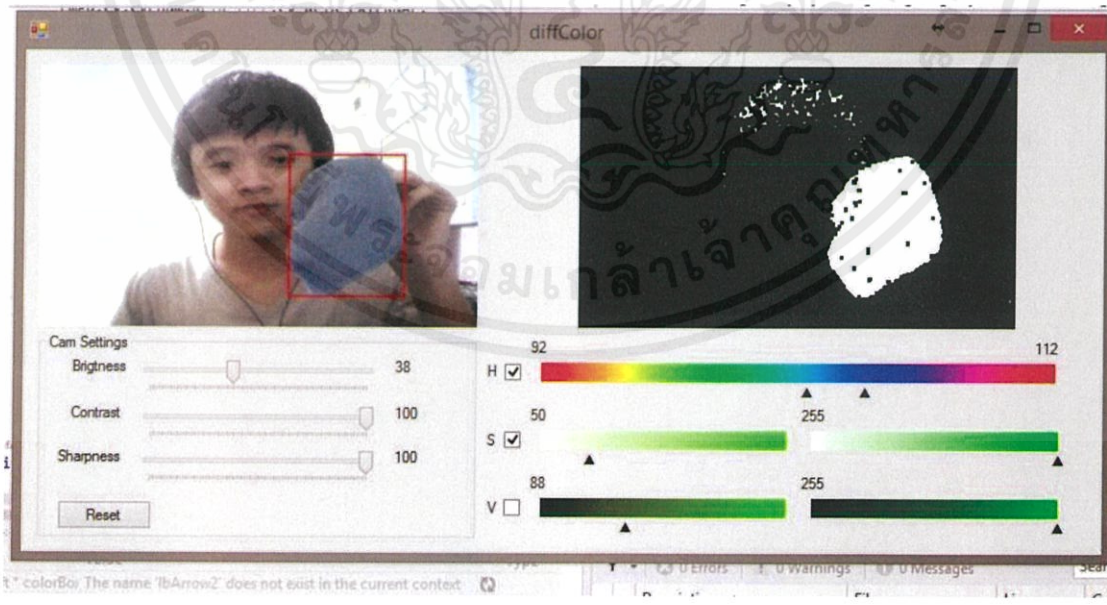
2.6 หลักการและทฤษฎีของ OpenCV

ภาพที่ 2.25 ภาพโปรแกรม opencv

OpenCV เป็นไลบรารีแบบหลายแพลตฟอร์มที่ใช้ในการพัฒนา แอพพลิเคชันวิชันซิสเต็ม แบบเรียลไทม์ ส่วนใหญ่มุ่งเน้นไปที่การประมวลผลภาพการจับภาพวิดีโอและการวิเคราะห์รวมถึงคุณลักษณะต่างๆเช่นการตรวจหาใบหน้าและการตรวจจับวัตถุ

2.6.1 การประมวลผลภาพด้วยคอมพิวเตอร์

การประมวลผลภาพ เกี่ยวข้องกับการแปลงภาพ การป้อนข้อมูลและการแสดงผลของการประมวลผลภาพ โดยเอาต์พุตยังเป็นภาพ



ภาพที่ 2.26 ภาพการประมวลผลภาพด้วยโปรแกรม OpenCV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 **วิสัยทัศน์คอมพิวเตอร์หรือคอมพิวเตอร์วิชั่น** คือการสร้างคำอธิบายที่ชัดเจนและมีความหมายของวัตถุทางกายภาพจากภาพ ผลลัพธ์ของวิสัยทัศน์คอมพิวเตอร์คือคำอธิบายหรือการตีความโครงสร้างในภาพ 3D

การประยุกต์ใช้หุ่นยนต์

- การกำหนดตำแหน่งหุ่นยนต์โดยอัตโนมัติ
- การนำทาง
- การหลบหลีก การเลี่ยงอุปสรรค

การประยุกต์ใช้ทางการแพทย์

- การจำแนกและการตรวจหา (เช่นการจำแนกโรคหรือเซลล์และการตรวจหาเนื้องอก)
- การแยกแยะ การแบ่งเป็นส่วนๆ 2D / 3D
- การฟื้นฟูอวัยวะมนุษย์ 3D (MRI หรืออัลตราซาวนด์)
- การผ่าตัดหุ่นยนต์ด้วยการมองของเครื่อง

แอพพลิเคชัน Automation อุตสาหกรรม

- การตรวจสอบทางอุตสาหกรรม (การตรวจจับข้อบกพร่อง)
- การประกอบชิ้นส่วน
- การอ่านฉลากบาร์โค้ดและแพคเกจ
- การเรียงลำดับวัตถุ
- การรู้จำ ความเข้าใจในเอกสาร (เช่น OCR)

คุณลักษณะของ OpenCV Library

การใช้ไลบรารี OpenCV คุณสามารถ –

- อ่านและเขียนภาพ
- จับภาพและบันทึกวิดีโอ
- ประมวลผลภาพ (กรอง, แปลง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

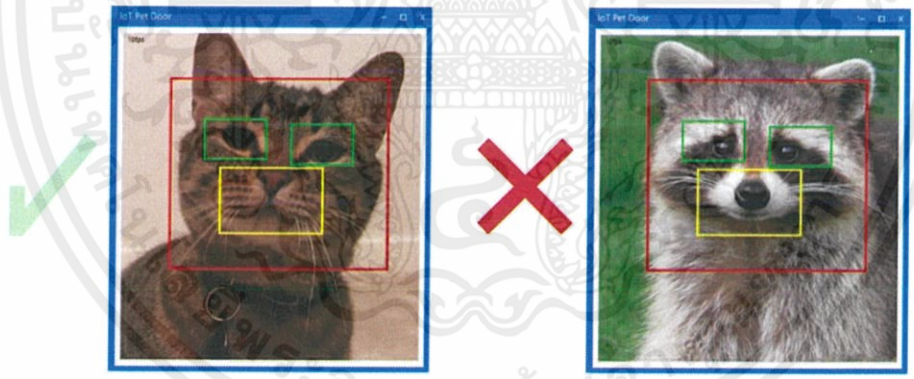
- ดำเนินการตรวจหาคุณลักษณะ
- ตรวจหาวัตถุเฉพาะเช่นใบหน้าดวงตารถยนต์ในวิดีโอหรือภาพ
- วิเคราะห์วิดีโอเช่นประมาณการเคลื่อนไหวในวิดีโอลบพื้นหลังและติดตามวัตถุในวิดีโอ

OpenCV ได้รับการพัฒนาขึ้นเป็นครั้งแรกใน C ++ นอกจากนี้ยังมีการผูกกับโปรแกรม Python และ Java ด้วย OpenCV ทำงานบนระบบปฏิบัติการต่างๆเช่น Windows, Linux, OSx, FreeBSD, Net BSD, Open BSD เป็นต้น

2.6.3 โมดูลไลบรารี OpenCV ต่อไปนี้เป็นโมดูลไลบรารีหลักของไลบรารี OpenCV

ฟังก์ชันหลัก โมดูลนี้ครอบคลุมโครงสร้างข้อมูลพื้นฐานเช่น Scalar, Point, Range ฯลฯ ที่ใช้ในการสร้างแอพพลิเคชัน OpenCV นอกเหนือจากนี้ยังรวมถึงอะเรมิติที่ใช้ในการจัดเก็บภาพ ในไลบรารี Java ของ OpenCV โมดูลนี้จะรวมอยู่ในแพ็กเกจที่มีชื่อ org.opencv.core

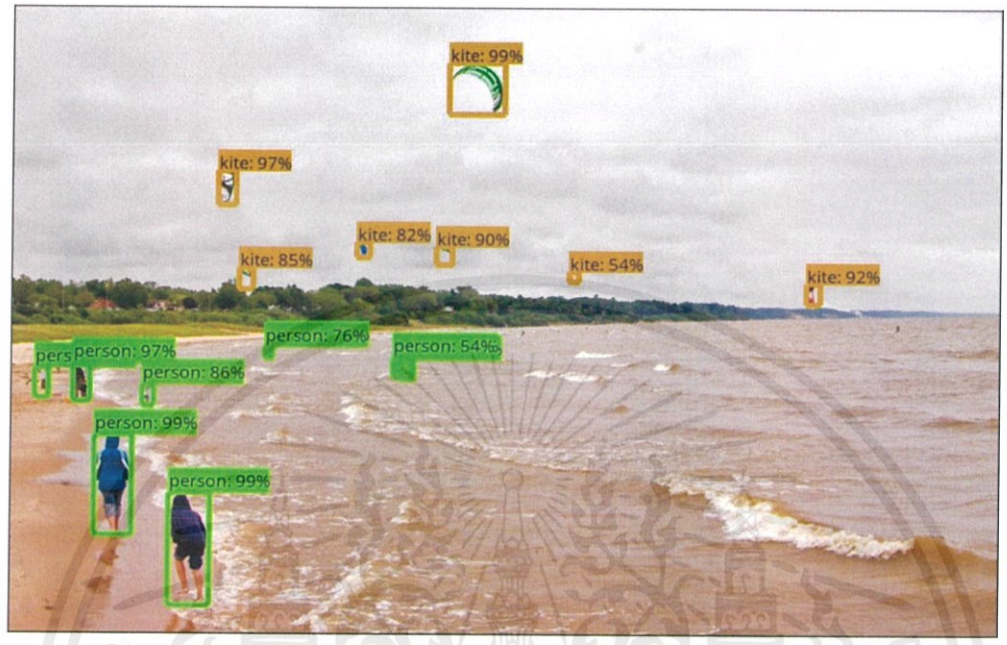
การประมวลผลภาพ โมดูลนี้ครอบคลุมการดำเนินการประมวลผลภาพต่างๆเช่นการกรองรูปภาพการแปลงรูปทรงเรขาคณิตการแปลงพื้นที่สีฮิสโตแกรมเป็นต้นในไลบรารี Java ของ OpenCV โมดูลนี้จะรวมอยู่ในชุดที่มีชื่อ org.opencv.imgproc



ภาพที่ 2.27 ภาพการประมวลผลภาพด้วยโปรแกรม OpenCV

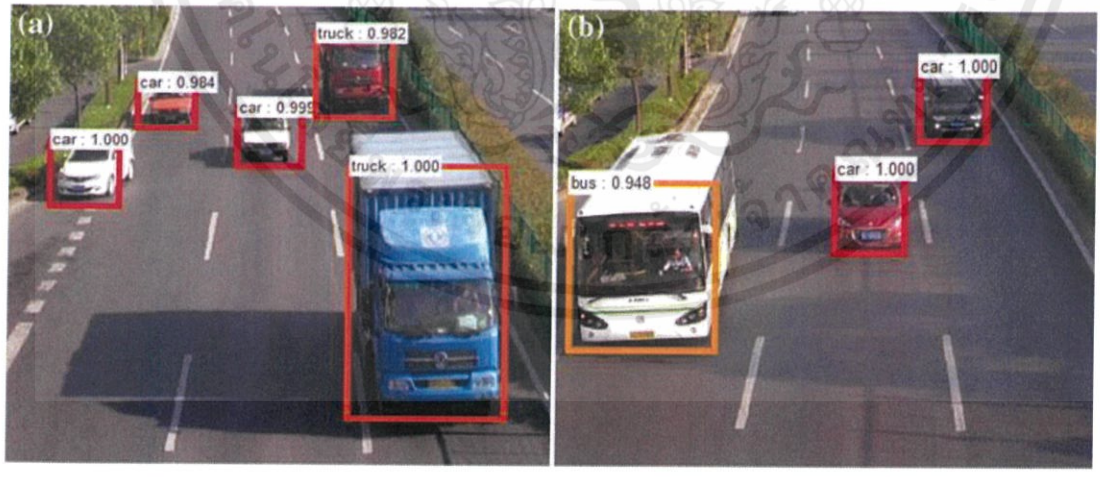
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วีดีโอ โมดูลนี้ครอบคลุมแนวคิดการวิเคราะห์วิดีโอเช่นการประมาณค่าการเคลื่อนที่การลบพื้นหลังและการติดตามวัตถุ ในไลบรารี Java ของ OpenCV โมดูลนี้จะรวมอยู่ในแพ็กเกจที่มีชื่อ org.opencv.video



ภาพที่ 2.28 ภาพตรวจจับวัตถุในวีดีโอด้วยโปรแกรม OpenCV

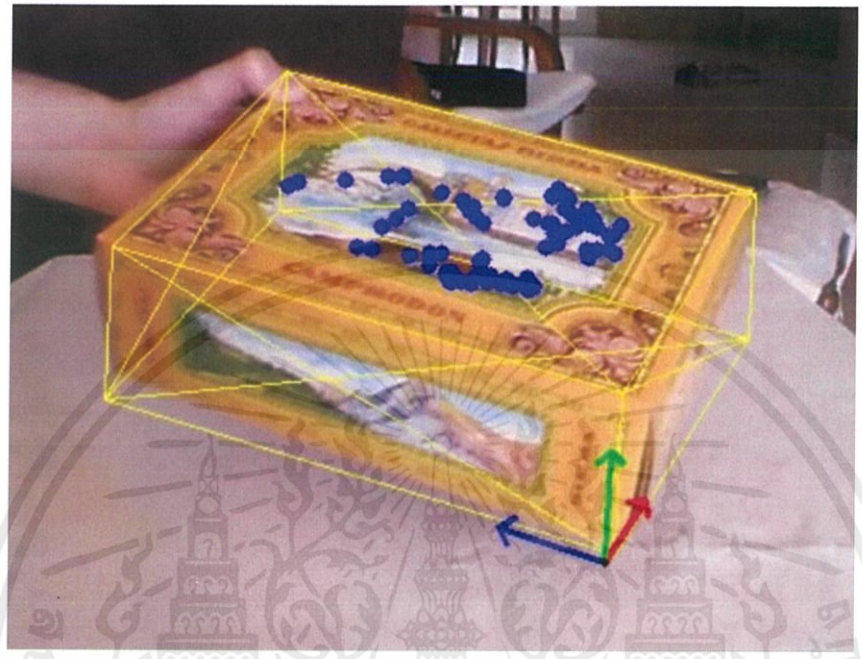
วิดีโอ I / O โมดูลนี้อธิบายถึงตัวจับสัญญาณวิดีโอและตัวแปลงสัญญาณที่ใช้ไลบรารี OpenCVในไลบรารี Java ของ OpenCV โมดูลนี้จะรวมอยู่ในแพ็กเกจที่มีชื่อ org.opencv.videoio



ภาพที่ 2.29 ภาพการตรวจจับภาพของโมดูลวีดีโอ I / O

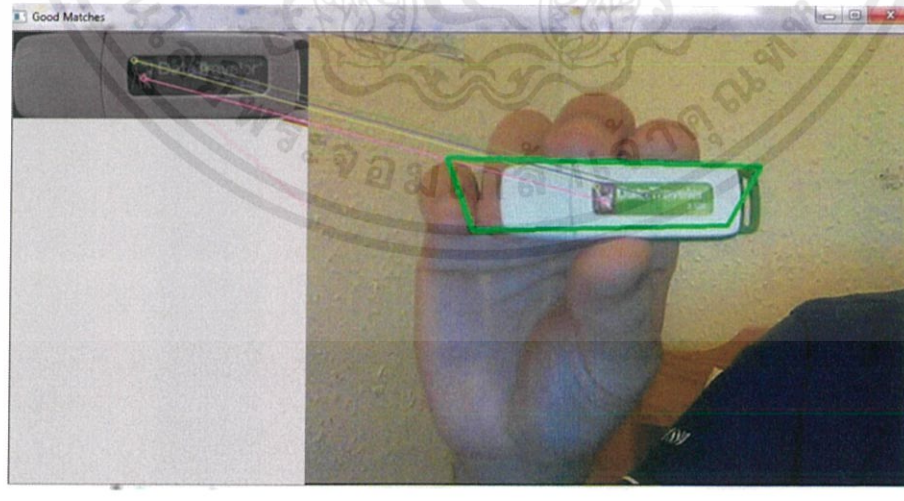
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

calib3d โมดูลนี้ประกอบด้วยอัลกอริทึมเกี่ยวกับอัลกอริทึมเรขาคณิต มุมมองพื้นฐานการสอบเทียบกล้องถ่ายรูปเดี่ยวและสเตอริโอการประมาณค่าของวัตถุการติดต่อแบบสเตอริโอและองค์ประกอบของการสร้างภาพ 3D ในไลบรารี Java ของ OpenCV โมดูลนี้จะรวมอยู่ในแพ็กเกจที่มีชื่อ org.opencv.calib3d



ภาพที่ 2.30 ภาพการตรวจจับภาพของโมดูล calib3d

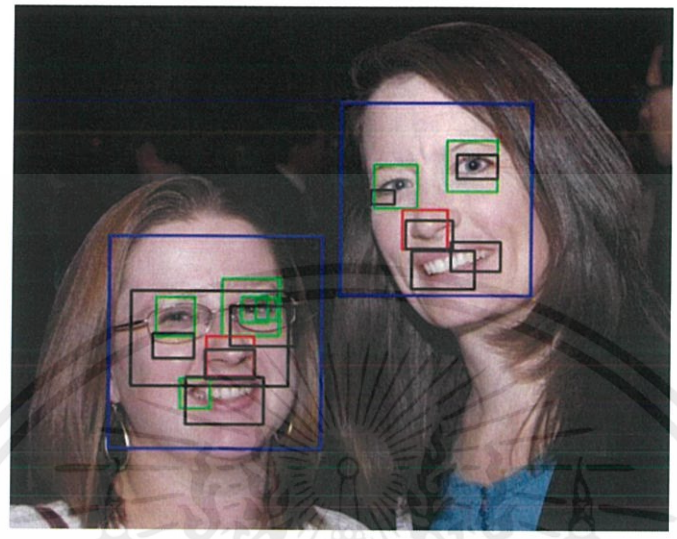
features2d โมดูลนี้มีแนวคิดในการตรวจจับคุณลักษณะและคำอธิบาย ในไลบรารี Java ของ OpenCV โมดูลนี้จะรวมอยู่ในชุดที่มีชื่อ org.opencv.features2d



ภาพที่ 2.31 ภาพการประมวลผลภาพของโมดูล features2d

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Objdetect โมดูลนี้รวมถึงการตรวจจับวัตถุและอินสแตนซ์ของคลาสที่กำหนดไว้ล่วงหน้า เช่นใบหน้าดวงตา แก้วคนรถยนต์เป็นต้นในไลบรารี Java ของ OpenCV โมดูลนี้จะรวมอยู่ในชุดที่มีชื่อ org.opencv.objdetect



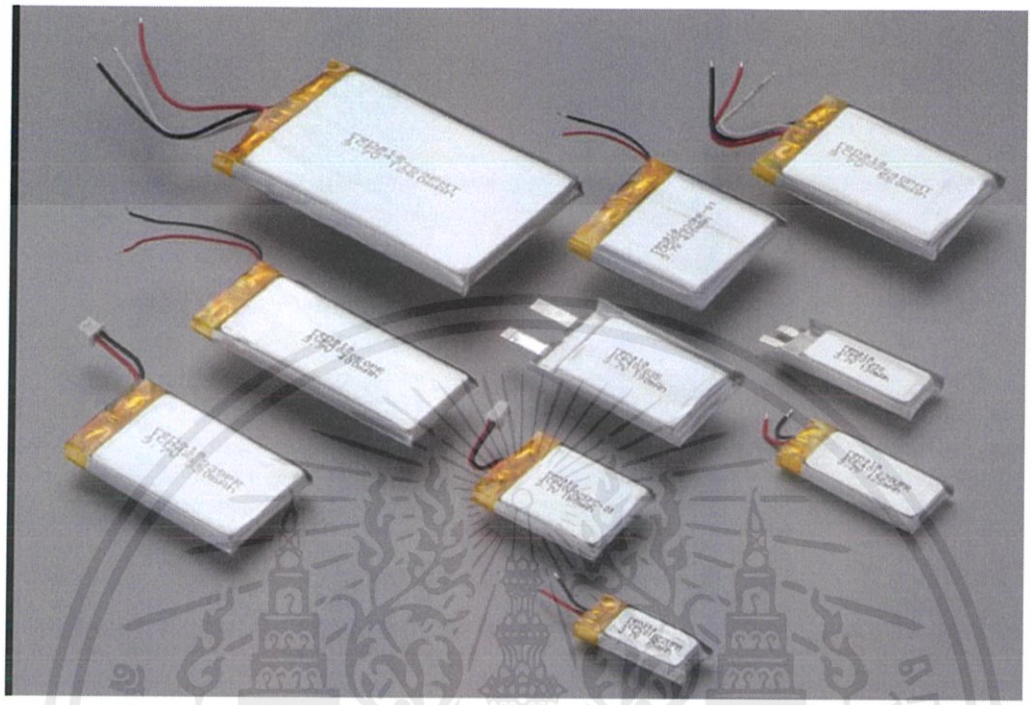
ภาพที่ 2.32 ภาพการประมวลผลภาพของโมดูล Obj detect

Highgui นี่คืออินเตอร์เฟซที่ง่ายต่อการใช้งานที่มีความสามารถแบบ UI ที่เรียบง่าย ในไลบรารี Java ของ OpenCV ลักษณะของโมดูลนี้จะรวมอยู่ในแพ็กเกจที่แตกต่างกันอยู่สองแบบคือ org.opencv.imgcodecs และ org.opencv.videoio

ภาพที่ 2.33 ภาพการประมวลผลภาพของโมดูล Highgui

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 หลักการและทฤษฎีของแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน



ภาพที่ 2.34 ภาพแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน

แบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนเป็นตัวเก็บพลังงานไฟฟ้าที่มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบา ทำให้อุปกรณ์ที่เคยมีขนาดใหญ่ เทอะทะ มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา พกพาสะดวก รวมถึงมีระยะเวลาใช้งานก่อนจะประจุไฟใหม่ยาวนานขึ้นมาก แบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนมีความสำคัญต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมรถยนต์ใช้พลังงานไฟฟ้า เช่น รถยนต์ไฮบริด รถยนต์ปลั๊กอินไฮบริด และรถยนต์ไฟฟ้า และยังมีความพยายามนำแบตเตอรี่ชนิดนี้ไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ เช่น ด้านอวกาศ ด้านการทหาร ด้านการไฟฟ้าและสาธารณูปโภค

2.7.1 แบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน ประกอบด้วยส่วนประกอบหลักที่สำคัญ 4 ส่วนคือ

1. ขั้วไฟฟ้า ได้แก่ ขั้วแคโทดและขั้วแอโนด

2. แผ่นกั้นในแบตเตอรี่ (seperator) ช่วยป้องกันกระแสลัดวงจรโดยทำให้ขั้วแคโทดไม่สัมผัสกับขั้วแอโนด

3. อิเล็กโทรไลต์ เป็นสารละลายที่มีเกลือของลิเทียมผสมอยู่ เป็นตัวนำที่ยอมให้ไอออนผ่านแต่ไม่ยอมให้อิเล็กตรอนไหลผ่าน ดังนั้นจึงเป็นตัวนำไอออนิกที่ดีแต่เป็นตัวนำอิเล็กทรอนิกที่ไม่ดี

4. ตัวรับกระแส (current collector) เป็นโลหะตัวนำทำหน้าที่ให้อิเล็กตรอนไหลผ่านออกสู่วงจรภายนอกและเกิดการนำพลังงานไฟฟ้าไปใช้ประโยชน์ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสามารถในการกักเก็บพลังงานของแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนที่สำคัญขึ้นอยู่กับชนิดและสมบัติของวัสดุที่นำมาทำขั้วแคโทดและแอโนด

2.7.2 วัสดุสำหรับทำขั้วแคโทด

วัสดุสำหรับทำขั้วแคโทดในปัจจุบันมี 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ วัสดุประเภทเลเยอร์ (layered structure) เช่น LiCoO2 วัสดุประเภทสปิเนล (spinel structure) เช่น LiMn2O4 และวัสดุประเภทโอลิวีน (Olivine structure) เช่น LiFePO4 วัสดุทำขั้วแคโทดของแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนที่ใช้ในอุปกรณ์พกพาส่วนใหญ่จะใช้วัสดุ LiCoO2 เพราะโคบอลต์เป็นธาตุที่มีปริมาณน้อย ราคาสูง และไม่ปลอดภัย ส่วนงานที่ต้องการความปลอดภัยสูงและใช้วัสดุปริมาณมาก เช่น รถยนต์พลังงานไฟฟ้า การเก็บพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานหมุนเวียน จะใช้วัสดุประเภทสปิเนลคือ LiMn2O4 ซึ่งเป็นวัสดุที่มีราคาถูกกว่าและปลอดภัยกว่า LiCoO2 (เนื่องจากใช้แมงกานีสเป็นธาตุหลักแทนโคบอลต์) และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม แต่มีข้อเสียในเรื่องโครงสร้างที่ซับซ้อน มีกลไกการเปลี่ยนเฟสขณะใช้งานของวัสดุที่ซับซ้อน และไม่เสถียรเมื่อใช้งานที่อุณหภูมิสูง (เกินกว่า 50 องศาเซลเซียส) ในขณะที่วัสดุประเภทโอลิวีน LiFePO4 ถึงแม้มีความสามารถในการเก็บพลังงานได้น้อยกว่าทั้งสปิเนลและเลเยอร์ แต่เป็นวัสดุที่มีราคาถูก เพราะธาตุเหล็กหาง่ายและราคาถูกกว่าโคบอลต์มาก และยังเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม มีความเสถียรมากที่อุณหภูมิสูง และมีความปลอดภัยสูง วัสดุ LiFePO4 เหมาะสำหรับใช้งานในอุปกรณ์ที่ต้องการความปลอดภัยสูง เช่น รถยนต์พลังงานไฟฟ้า หรือต้องการวัสดุปริมาณมากแต่ราคาไม่แพง เช่น สำหรับเก็บพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานหมุนเวียน และสำหรับงานใหญ่อื่นๆ

2.7.3 วัสดุสำหรับทำขั้วแอโนด

วัสดุที่ใช้ทำขั้วแอโนดส่วนใหญ่ใช้วัสดุประเภทคาร์บอน เช่น แกรไฟต์ โดยเมื่อประจุไฟ ลิเทียมไอออนจะเข้าไปอัดตัวอยู่ในโครงสร้างของแกรไฟต์ในรูปของสารประกอบ LixC6 ซึ่งมีความปลอดภัยสูงกว่าการใช้โลหะลิเทียมทำขั้วไฟฟ้าโดยตรง นอกจากวัสดุประเภทคาร์บอน วัสดุอื่นๆ ก็สามารถนำไปใช้ทำขั้วแอโนด เช่น LixSi LixGe และวัสดุที่มีขนาดระดับนาโนเมตร เช่น ซิลิคอนนาโนไวร์ (silicon nanowires) ได้ค้นพบว่าเหมาะสำหรับทำขั้วแอโนด เนื่องจากมีความสามารถในการรับลิเทียมไอออนมากกว่าแกรไฟต์กว่า 10 เท่า แต่วัสดุนี้มีข้อเสียคือการขยายตัวอย่างมากเมื่อถูกอัดลิเทียมไอออนเข้าไปในโครงสร้าง ซึ่งส่งผลให้วัสดุมีโอกาสเสื่อมสภาพและเสียหายได้ง่าย ทำให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่สั้นลง ส่วนวัสดุอีกชนิดหนึ่งที่ใช้ทำขั้วแอโนดได้คือ วัสดุ Li4Ti5O12 เป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติพิเศษคือ ไม่มีการหดหรือขยายตัวเมื่อถูกอัดลิเทียมไอออนเข้าไปในโครงสร้าง ส่งผลให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่ที่ทำจากวัสดุนี้ยาวนาน แต่วัสดุชนิดนี้มีข้อเสียคือมีความสามารถในการอัดลิเทียมไอออนได้น้อยเมื่อเทียบกับสารประกอบโลหะของลิเทียม ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเพิ่มปริมาณของวัสดุที่ทำขั้วแอโนด ซึ่งส่งผลให้ต้นทุนการผลิตเพิ่มสูงขึ้นและแบตเตอรี่มีขนาดและน้ำหนักที่มากขึ้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 หลักการและทฤษฎีของสายพานลำเลียง

ภาพที่ 2.35 ภาพสายพานลำเลียง

สายพาน (Belts)

คือการส่งกำลังด้วยสายพานเป็นการส่งกำลังชนิดแบบอ่อนตัวได้ซึ่งมีข้อดีข้อเสียหลายอย่าง เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการส่งกำลังแบบเฟืองและการส่งกำลังแบบโซ่ ข้อดีคือ มีราคาถูกและใช้งานง่าย รับแรงกระตุกและการสั่นสะเทือนได้ดี ขณะใช้งานไม่มีเสียงดัง เหมาะสำหรับการส่งกำลังระหว่างเพลาที่อยู่ห่างกันมาก ๆ และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาค่อนข้างต่ำ อย่างไรก็ตามข้อเสียของการขับด้วยสายพานก็มี คือ อัตราการทดที่ไม่แน่นอนนักเนื่องจากการสลิป (Slip) และการครีฟ (Creep) ของ สายพานและต้องมีการปรับระยะห่างระหว่างเพลาหรือปรับแรงดึงในสายพานระหว่างการใช้งาน นอกจากนั้นยังไม่อาจใช้งานที่มีอัตราทดสูงมากได้

หน้าที่สายพาน

สายพานในปัจจุบันใช้สำหรับส่งกำลัง การเคลื่อนที่และส่งถ่ายสิ่งของในรูปแบบต่าง ๆ สายพานถูกออกแบบให้เหมาะสมกับสภาพของการทำงาน ที่นิยมใช้กันมาก ได้แก่ สายพานวี สามารถส่งกำลังได้ดีกว่าสายพานแบบอื่น ๆ และมีราคาถูก ส่วนสายพานชนิดอื่นก็ขึ้นอยู่กับการใช้งานสามารถแบ่งชนิดของสายพานออกได้ 4 ชนิด ด้วยกันคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.1. สายพานแบน (Flat Belts)

ภาพที่ 2.36 ภาพสายานแบน

แสดงลักษณะของสายพานแบน (Flat Belts)

สายพานแบน เป็นอุปกรณ์อีกชนิดที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ใช้ในการส่งถ่ายกำลังจากพูลเลย์ของเพลาขับไปยังพูลเลย์ของเพลาตาม (เป็นอุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่เราต้องการให้เกิดการทำงาน เช่น ปั๊มน้ำ หรือ พัดลม เป็นต้น) โดยกำลังที่ส่งถ่ายจะขึ้นอยู่กับตัวแปรต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- ความเร็วของสายพาน
- ความตึงของสายพานที่พาดผ่านชุดพูลเลย์
- มุมที่สายพานสัมผัสกับพูลเลย์ (Arc of Contact) โดยเฉพาะพูลเลย์ตัวที่เล็กกว่า
- สภาพแวดล้อมที่สายพานนั้นถูกใช้งาน เช่น มีความชื้นอยู่ตลอดเวลา หรือมีไอแอมโมเนีย ซึ่งจะส่งผลให้อายุของสายพานสั้นลง

1.1 สายพานแบนสามารถจะแบ่งชนิดออกได้เป็น 3 ชนิดคือ

1. Light Drives เป็นสายพานที่ใช้กับงานเบาๆโดยที่ความเร็วของสายพานขณะใช้งานไม่เกิน 10m/s

2. Medium Drives เป็นสายพานที่ใช้กับงานหนักปานกลาง โดยที่ความเร็วของสายพานขณะใช้งานอยู่ระหว่าง 10-22m/s

3. Heavy Drives เป็นสายพานที่ใช้กับงานหนัก โดยที่ความเร็วของสายพานขณะใช้งาน สูงกว่า 22 m/s

1.2 ความหนาและความกว้างมาตรฐานของสายพานแบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

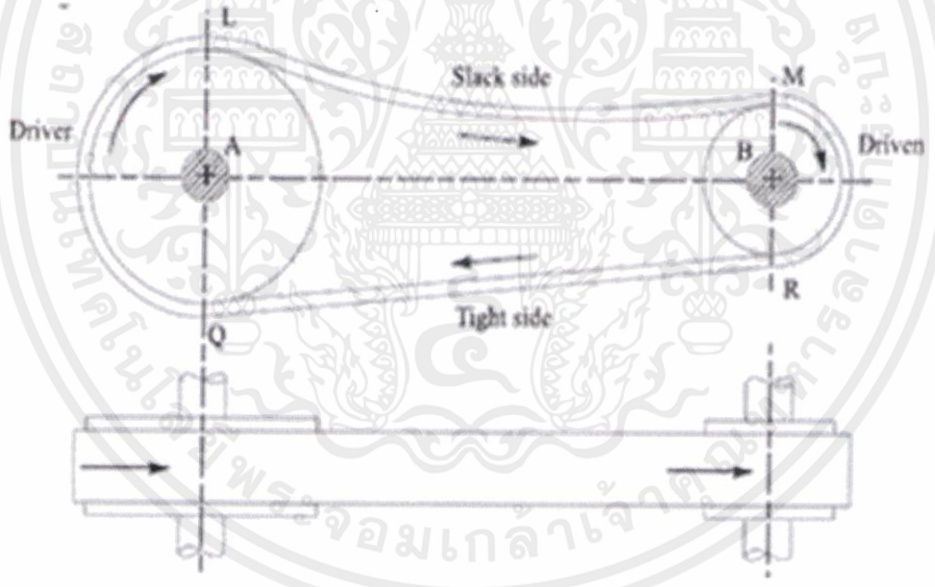
ความหนามาตรฐานของสายพานแบนก็คือ 5, 6.5, 8, 10 และ 12 mm โดยจะมีความกว้างมาตรฐานที่แต่ละความหนาเป็นไปดังต่อไปนี้

- ที่ความหนา 5 mm จะมีความกว้างระหว่าง 35–63 mm
- ที่ความหนา 6.5 mm จะมีความกว้างระหว่าง 50–140 mm
- ที่ความหนา 8 mm จะมีความกว้างระหว่าง 90–224 mm
- ที่ความหนา 10 mm จะมีความกว้างระหว่าง125–400 mm
- ที่ความหนา 12 mm จะมีความกว้างระหว่าง 250–600 mm

1.3 รูปแบบของการใช้งานสายพานแบน

การส่งกำลังจากพูลเลย์ตัวขับไปยังพูลเลย์ตัวตามด้วยสายพานแบนมีรูปแบบดังต่อไปนี้

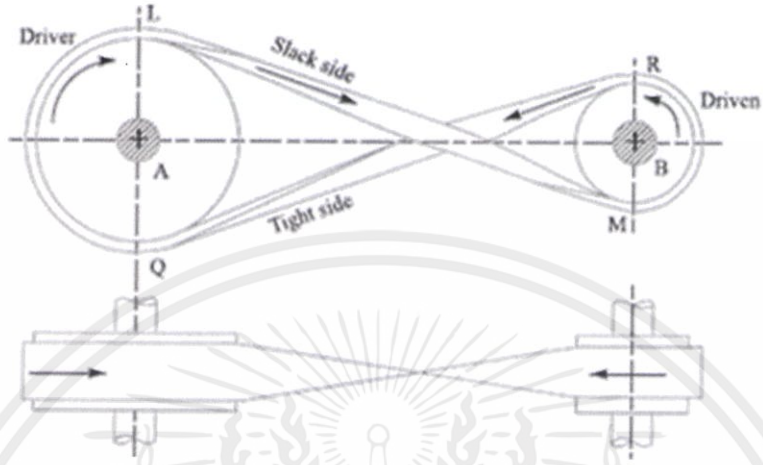
1) Open Belt Drive: เป็นการใช้งานแบบลักษณะที่พูลเลย์ขับไปยังพูลเลย์ตัวตามหมุนไปในทิศทางเดียวกัน



ภาพที่ 2.37 ภาพแสดงลักษณะการส่งกำลังแบบ Open Belt Drive

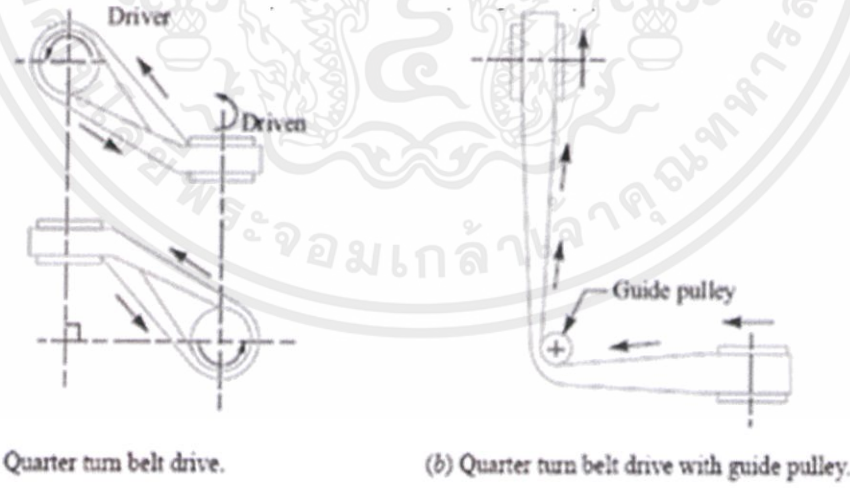
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) Crossed or Twist Belt Drive: เป็นการใช้งานสายพานแบนในลักษณะที่พูลเลย์ตัวขับ และตัวตามหมุนไปในทิศทางตรงข้ามกัน



ภาพที่ 2.38 ภาพแสดงลักษณะการส่งกำลังแบบ Crossed or Twist Belt Drive

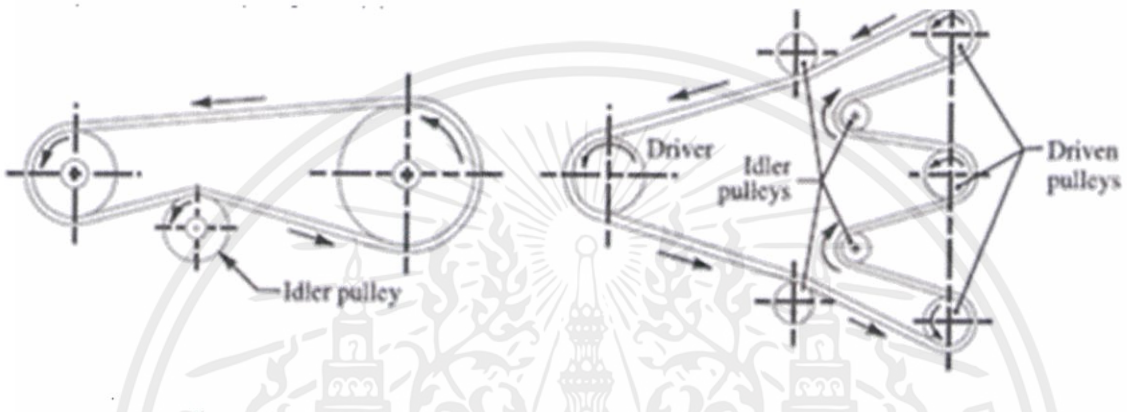
3) Quarter Turn Belt Drive: หรือในบางครั้งอาจจะเรียกว่า Right Angle Belt Drive เป็นการติดตั้งสายพานแบนในลักษณะที่ต้องการให้พูลเลย์ทั้งสองหมุนในทิศทางที่ทำมุมกัน 90 องศา และเพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้สายพานลื่นไถลออกจากพูลเลย์ ควรกำหนดให้ความกว้างของพูลเลย์กว้างมากกว่าหรือเท่ากับ 1.4 เท่าของความกว้างของสายพานแบน



ภาพที่ 2.39 ภาพแสดงลักษณะการส่งกำลังแบบ Quarter Turn Belt Drive และแบบ Belt Drive With Idler Pulley

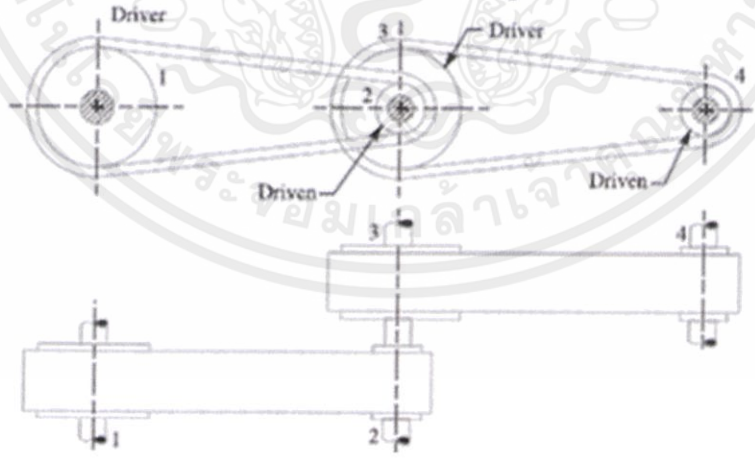
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1) Belt Drive With Idler Pulley: ปกติแล้วการติดตั้งสายพานแบนจะกำหนดให้ด้านที่ตึงของสายพานแบนอยู่ด้านล่าง และให้ด้านหย่อนอยู่ด้านบน เพื่อทำให้มุมโอบของสายพานแบนรอบ พูลเลย์ตัวเล็กมีค่ามากกว่า 120 องศา แต่หากการติดตั้งของสายพานแบนในลักษณะที่ให้สายพานด้านหย่อนอยู่ด้านล่างแล้ว จะทำให้มุมโอบของสายพานรอบพูลเลย์ตัวเล็กจะมีไม่มากพอ หรือน้อยกว่า 120 องศา ทำให้การส่งกำลังทำได้ไม่ดีพอ จึงมีการติดตั้งชุด Idler Pulley เพื่อปรับความตึงของสายพานแบนให้เหมาะสม



ภาพที่ 2.40 ภาพแสดงลักษณะการส่งกำลังแบบ Belt Drive With Idler Pulley

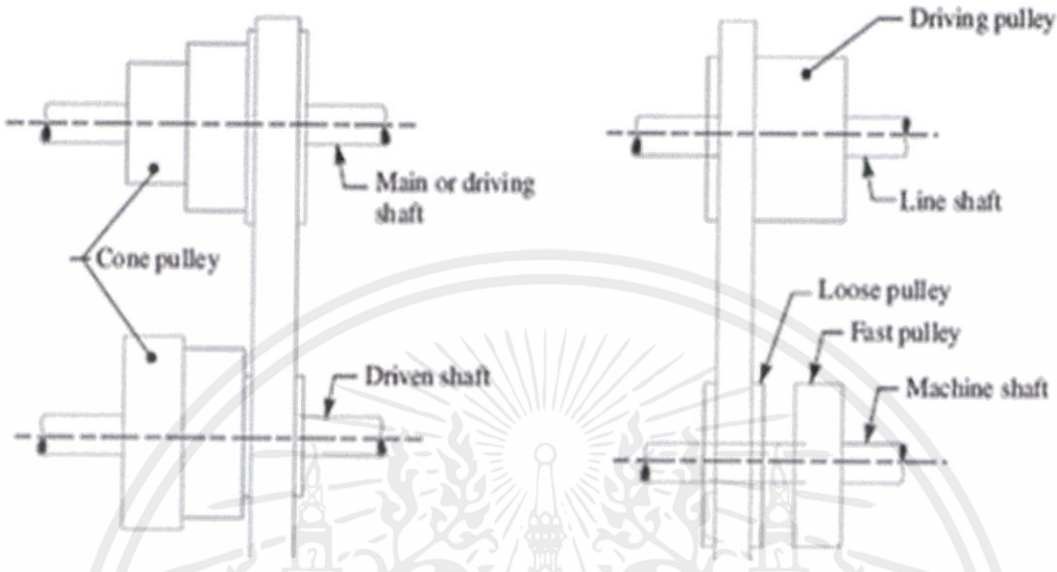
4) Compound Belt Drive: เป็นลักษณะการใช้งานสายพานแบนที่ต่อกับต้นกำลังขับเพียงชุดเดียว และไปขับพูลเลย์ตัวตามหลาย ๆ ชุด



ภาพที่ 2.41 ภาพแสดงลักษณะการส่งกำลังแบบ Compound Belt Drive

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) Stepped or Cone Pulley Drive: เป็นลักษณะการติดตั้งสายพานแบนที่ต้องการใช้งานเพื่อเพิ่มหรือลดความเร็วรอบ ของพูลเลย์ตัวตามในขณะที่พูลเลย์ตัวขับยังคงทำงานอยู่



ภาพที่ 2.42 ภาพแสดงลักษณะการส่งกำลังแบบ Stepped or Cone Pulley Drive

2.8.2 สายพานวี (V – Belts)

ภาพที่ 2.43 ภาพสายพานวี

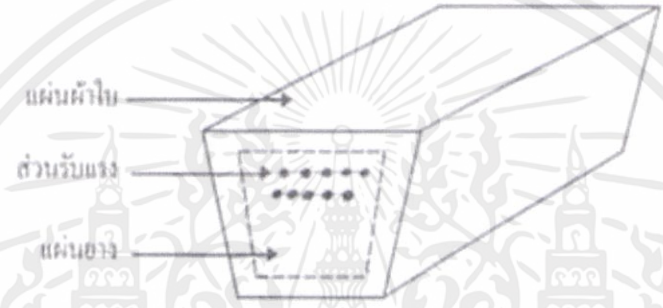
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่การใช้งานสายพานวี

สายพานส่วนใหญ่ใช้กับเครื่องจักรกลตามโรงงานต่าง ๆ สามารถส่งกำลังได้ในตำแหน่งต่าง ๆ ได้ แต่ไม่สามารถส่งกำลังแบบไขว้เหมือนกับสายพานแบน ลักษณะการใช้งานของสายพานวี เช่น สายพานของเครื่องกลึง สายพานของรถไถนาเดินตาม เป็นต้น

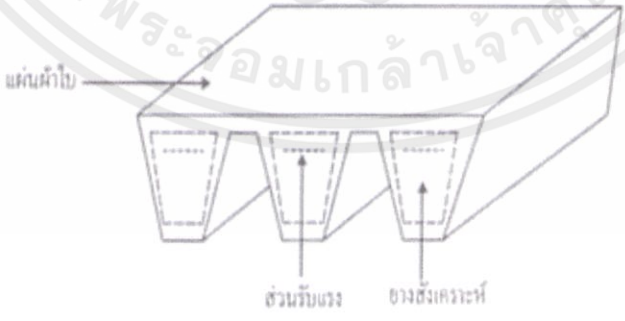
สายพานวี (V – Belts) สามารถแบ่งชนิดออกได้อีกดังต่อไปนี้

1) สายพานวีปกติเป็นสายพานที่ใช้งานกันโดยทั่วไปกับเครื่องจักรกลธรรมดา ที่ใช้ความเร็วรอบไม่มากนัก ทำด้วยแผ่นยางสลับกับผ้าใบเป็นชั้น ๆ



ภาพที่ 2.44 ภาพแสดงลักษณะของสายพานวีปกติ

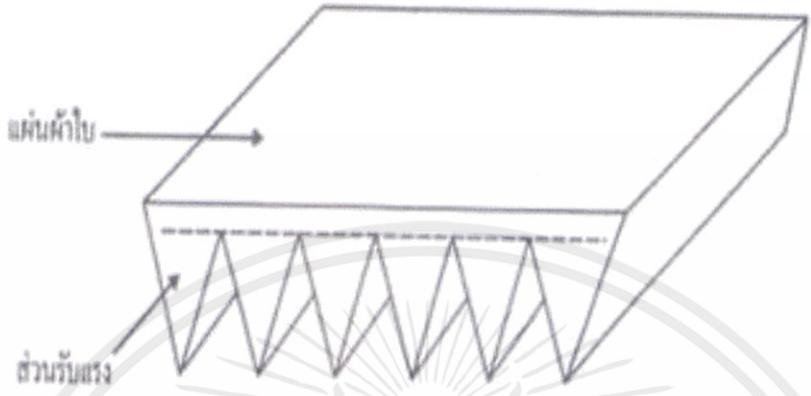
2) สายพานร่องวีร่วม เป็นสายพานที่สร้างลิ่มหลายลิ่มมารวมกันในเส้นเดียว ปัจจุบันนิยมใช้มาก สายพานแบบนี้จะมีแผ่นปิดยางสังเคราะห์ จึงเหมาะสมกับงานที่มีการถ่ายเทโมเมนต์หมุนที่ไม่สม่ำเสมอ และระยะห่างแกนเพลามีค่ามาก ๆ



ภาพที่ 2.45 ภาพแสดงลักษณะของสายพานร่องวีร่วม

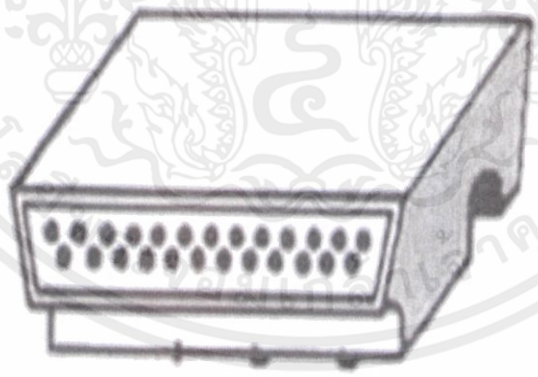
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) สายพานวีแหลม เป็นสายพานวีเช่นกัน สามารถกระจายแรงตามแนวรัศมีไปยังแผ่นปิดด้านบนสายพานอย่างสม่ำเสมอตลอดหน้ากว้าง จึงเหมาะใช้กับแกนเพลาที่มีระยะห่างมาก ๆ และรับแรงสูง



ภาพที่ 2.46 ภาพแสดงลักษณะของสายพานวีแหลม

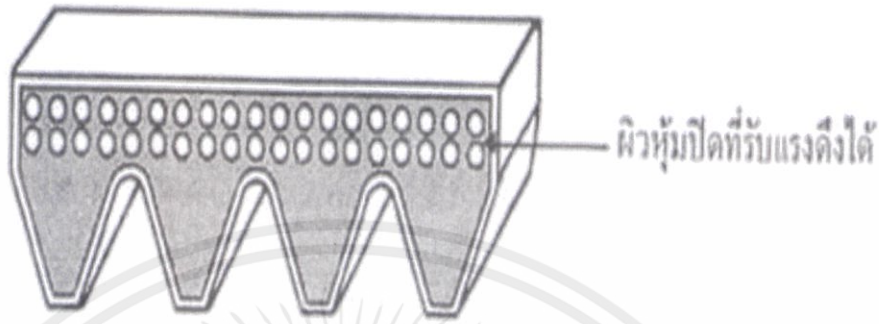
4) สายพานวีหน้ากว้าง เป็นสายพานรูปร่างพิเศษที่ใช้สำหรับการส่งกำลังที่มีการปรับความเร็วรอบตามความต้องการ



ภาพที่ 2.47 ภาพแสดงลักษณะของสายพานวีหน้ากว้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) สายพานวีหลายรูปพรรณเป็นสายพานที่ผิวชั้นบนเป็นพลาสติกหุ้มอยู่โดยรอบ ทำหน้าที่เป็นผิวรับแรงดึง ส่วนเนื้อสายพานร่องวีเป็นสายพานที่เรียงต่อกันไปที่สวมสัมผัสผิวร่องล้อพลูเลย์ได้แนบสนิทพอดี ซึ่งทำให้แรงตามแนวรัศมีถูกถ่ายเทไปยังด้านบนสายพานเหมาะกับงานที่มีอัตราทดสูงมาก ๆ



ภาพที่ 2.48 ภาพแสดงลักษณะของสายพานวีหลายรูปพรรณ

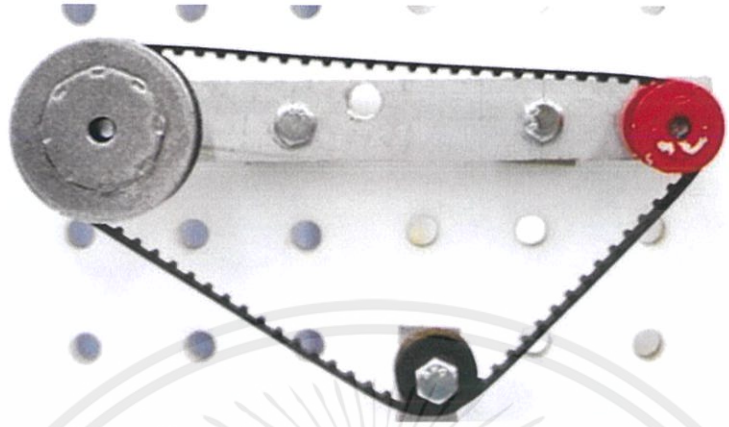
2.8.3 สายพานกลม (Ropes Belts)

ภาพที่ 2.49 ภาพแสดงลักษณะของสายพานกลม (Ropes Belts)

สายพานกลมที่มีหน้าตัดเป็นรูปวงกลม การส่งกำลังด้วยสายพานกลมจะให้ความยืดหยุ่นสูงมาก และสามารถปรับตั้งทิศทางการหมุนได้หลายทิศทางตามความต้องการของผู้ใช้ สายพานกลมทำจากพลาสติกโพลียูริเทน จะต้านทานน้ำ น้ำมัน จาระบี และน้ำมันเบนซิน ขณะการทำงานจะไม่เกิดเสียงดัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.4 สายพานไทมิ่ง (Timing Belts)



ภาพที่ 2.50 ภาพแสดงลักษณะของสานพานไทมิ่ง (Timing Belts)

สายพานไทมิ่งมีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลียมคางหมู และจะมีฟันเฟืองตลอดความยาวของสายพาน เป็นสายพานที่มีแกนรับแรงด้วยลวดเหล็กกล้า หรือทำด้วยลวดไฟเบอร์ฝังอยู่ในยางเทียม ฟันของสายพานทำด้วยยางเทียม แต่สูตรประสมพิเศษเพื่อให้คงรูปพอดีกับล้อของพูลเลย์ ซึ่งจะหุ้มด้วยเส้นใยไนลอนเพื่อลดการสึกหรอ สายพานชนิดนี้สามารถงอตัวได้ดี ใช้กับพูลเลย์ล้อเล็ก ๆ ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตรได้ เนื่องจากร่องสายพานจะมีขนาดเดียวกับบนร่องพูลเลย์ ทำให้เกิดการขบกันเหมือนฟันเฟือง จึงไม่เกิดการลื่นไถลขณะส่งกำลัง สามารถใช้เป็นตัวส่งกำลังงานในเครื่องยนต์ โดยเป็นตัวขับเฟืองเพลาข้อเหวี่ยงและเพลาราวลิ้น และจะไม่ส่งเสียงดังขณะทำงาน

2.8.5 วัสดุที่ใช้เป็นสายพาน

คุณสมบัติของวัสดุที่นำมาใช้ทำสายพาน จะต้องมีความเหนียวและยืดหยุ่นได้ มีอัตราการยืดหยุ่นตัวต่ำในกรณีการยืดตัวแบบถาวร ทนต่อการดัด บิดไป-มาได้ ทนต่อน้ำ น้ำมัน สารเคมีต่าง ๆ ได้ ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้ไม่อาจทำได้จากวัสดุชนิด เดียวจึงมีการนำวัสดุมาประยุกต์เข้าด้วยกัน เช่น เส้นด้าย ลวด และยาง หรือพลาสติก เพื่อให้การใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

สายพานที่มาทำมาจากหนัง เป็นสายพานที่มีความฝืดสูง มี 2 ชนิดคือสายพานหนังเคลือบด้วยวัสดุที่ทำมาจากพืช และสายพานหนังเคลือบวัสดุที่ทำมาจากแร่ การแบ่งประเภทของสายพานหนังจะแบ่งตามปริมาณไขมันของหนัง คือ ประเภทหนังที่อ่อนตัวได้น้อย กับประเภทหนังที่อ่อนตัวได้มาก การใช้งานจะแบ่งออกตามชนิดของหนังที่ใช้งานหมุนช้า ๆ งานทั่วไป (หมุนปานกลาง) และการหมุนที่ความเร็วสูง

สายพานที่ทำมาจากผ้าผสมสารอื่น ๆ แบ่งออกเป็นแบบทำมาจากฝ้ายผสมใยไม้ ขนสัตว์ ใยไหม ใยป่าน ใยลินิน เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีของสายพานที่ทำมาจากผ้า คือ ความสม่ำเสมอของโครงสร้างภายในสายพาน ทำให้ไม่มีรอยต่อได้ วิ่งเรียบ แต่มีจุดอ่อนคือขาดง่าย

สายพานที่ทาด้วยกาว ทำมาจากสารที่มีความยืดหยุ่นตัวดี มีความเหนียวมากกว่าสายพานหนังทนฝุ่นละอองได้ดี การเลือกใช้งานต้องระมัดระวังให้มาก

สายพานผ้าที่หุ้มด้วยยางพารา ในลักษณะการหล่อ สามารถเติมสารเคมีต่าง ๆ ลงไปเพื่อให้ทนต่ออุณหภูมิสูง น้ำมัน และฝุ่นละออง แต่ถ้ามีน้ำหนักในตัวมากในขณะที่หมุนจะเกิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ได้ง่าย

สายพานที่ทำมาจากสารพวกพลาสติก เช่น พวกไนลอน มีการใช้งานกันอยู่น้อยอยู่ในวงจำกัด มีความเหนียวสูง ไม่มีการยืดหยุ่นขณะทำงาน ใช้กับความเร็วรอบสูง ๆ ได้ดี บิดตัวได้ง่าย บางชนิดจะหุ้มยางเทียมไว้เพื่อให้เกิดความฝืด ทนต่อการกัดกร่อนได้ดี

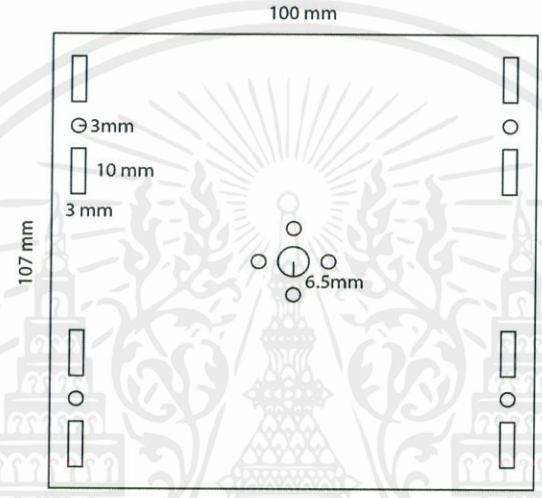
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

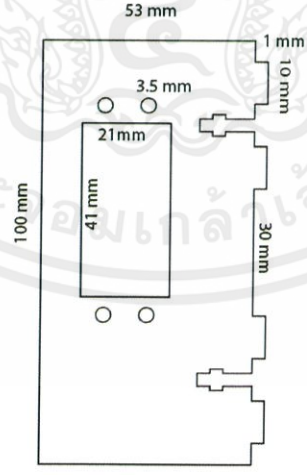
วิธีการดำเนินงาน

ในการออกแบบแขนกลสำหรับใช้ในการหยิบ เราใช้โปรแกรม ai illustrator ในการออกแบบชิ้นส่วนในแต่ละชิ้นแล้วนำไปขึ้นรูปในอะคริลิคโดยมีลำดับการออกแบบดังนี้

3.1 การออกแบบส่วนของตัวแขน

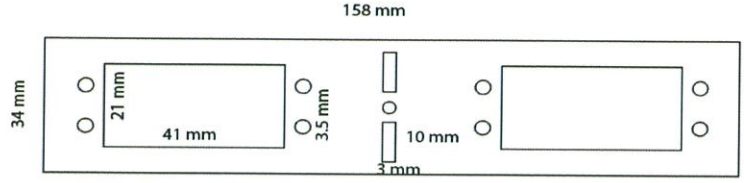


ภาพที่ 3.1 โครงสร้างในการออกแบบส่วนของแขนกล

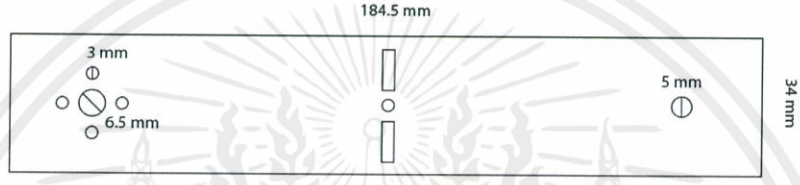


ภาพที่ 3.2 โครงสร้างในการออกแบบส่วนของแขนกล

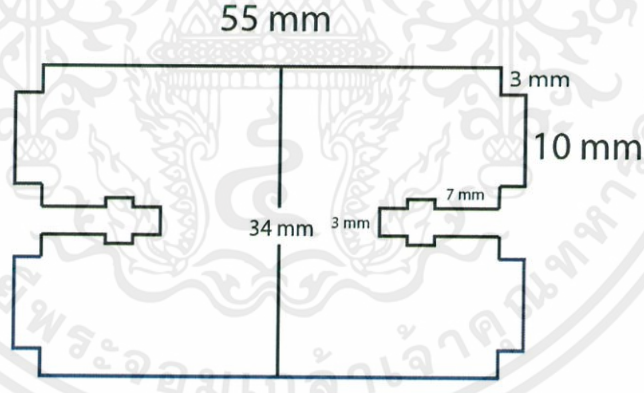
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.3 โครงสร้างในการออกแบบส่วนของแขนกล

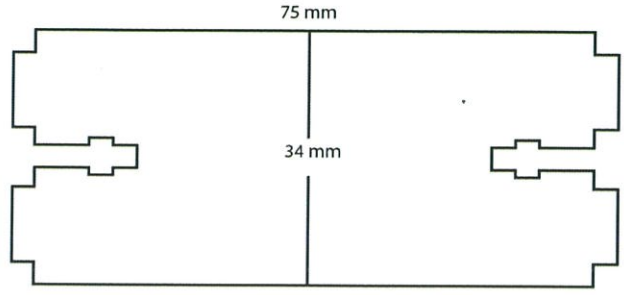


ภาพที่ 3.4 โครงสร้างในการออกแบบส่วนของแขนกล



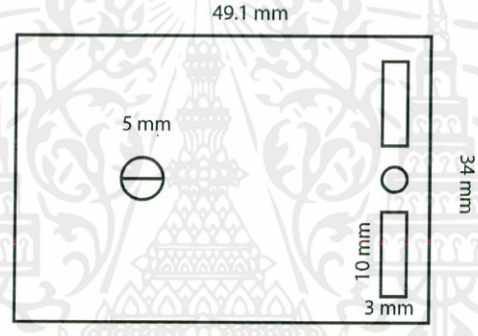
ภาพที่ 3.5 โครงสร้างในการออกแบบส่วนของแขนกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

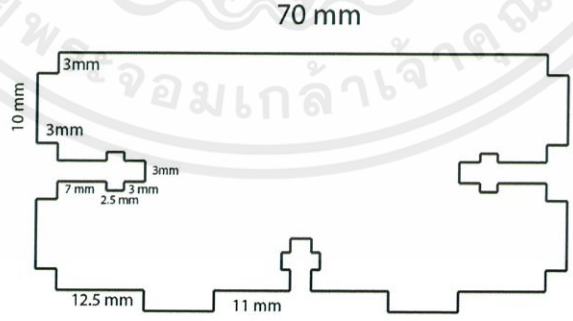


ภาพที่ 3.6 โครงสร้างในการออกแบบส่วนของแขนกล

3.2 ออกแบบส่วนของมือสำหรับจับ

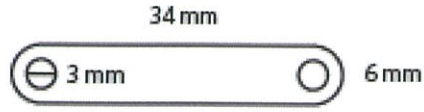


ภาพที่ 3.7 โครงสร้างส่วนของมือจับ

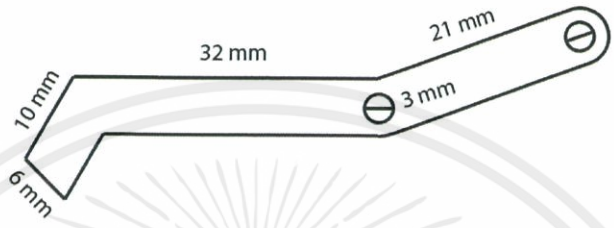


ภาพที่ 3.8 โครงสร้างส่วนของมือจับ

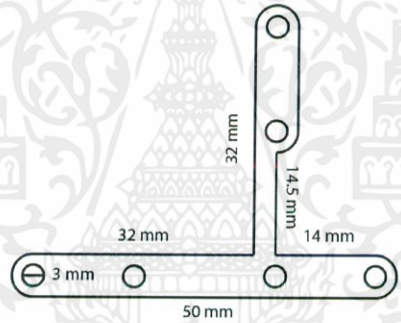
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



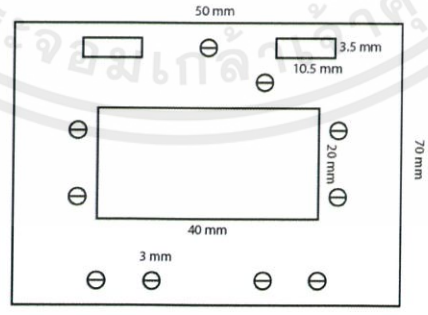
ภาพที่ 3.9 โครงสร้างส่วนของมือจับ



ภาพที่ 3.10 โครงสร้างส่วนของมือจับ

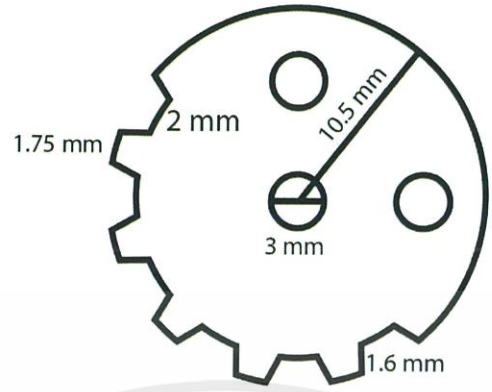


ภาพที่ 3.11 โครงสร้างส่วนของมือจับ



ภาพที่ 3.12 โครงสร้างส่วนของมือจับ

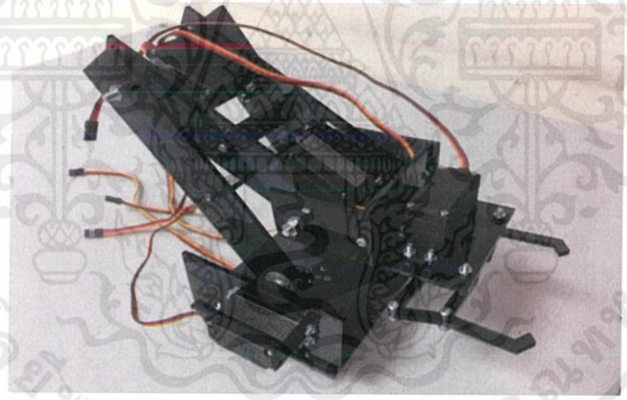
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.13 โครงสร้างส่วนของมือจับ

3.3 โครงสร้างแขนกลหลังกระบวนการออกแบบแล้วนำมาประกอบ

- เมื่อนำชิ้นส่วนที่ออกแบบมาประกอบ จะได้แขนกลที่พร้อมใช้งานตามภาพ



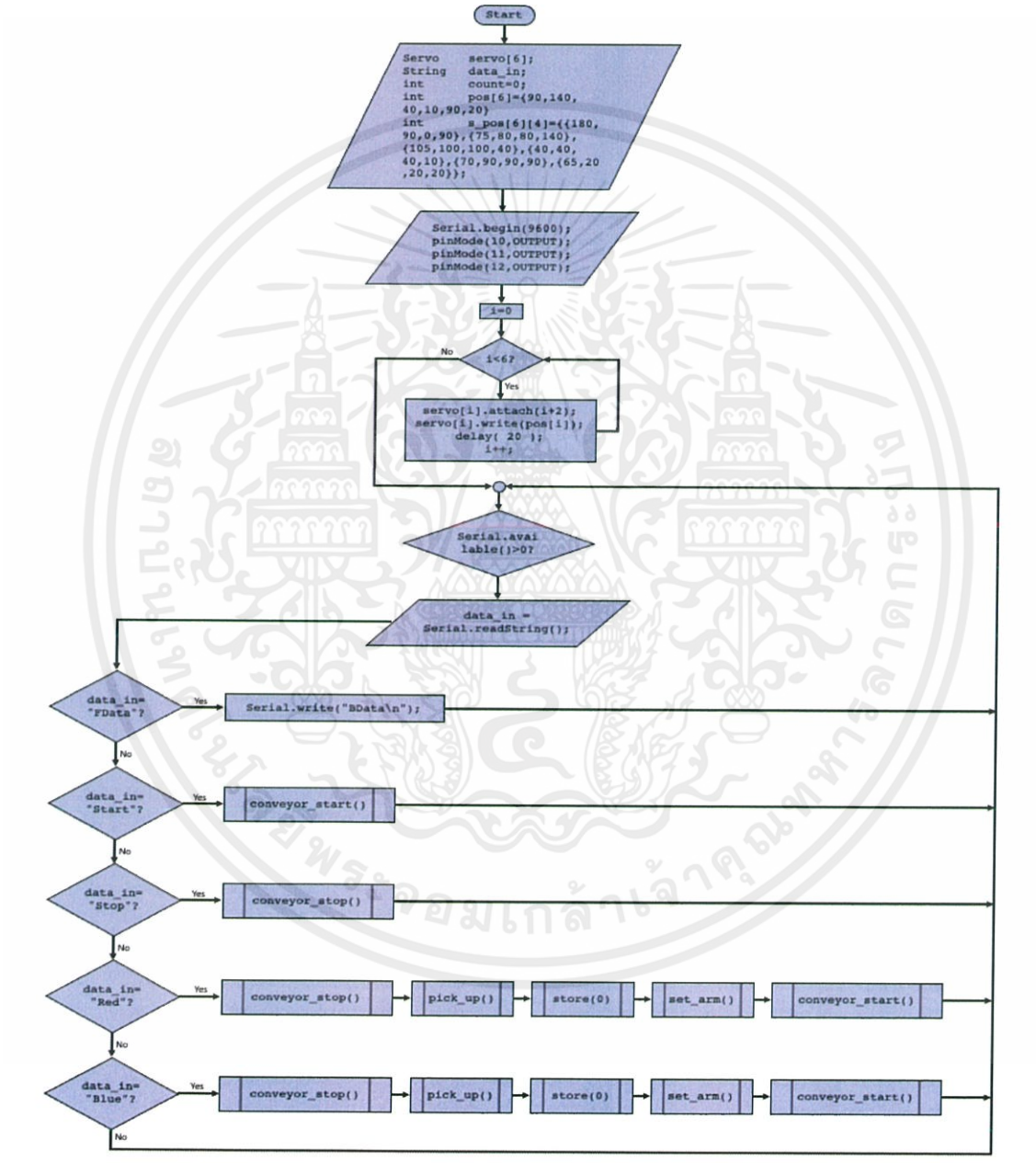
ภาพที่ 3.14 แขนกลสำหรับหยิบจับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 โปรแกรมควบคุม

3.4.1 Flow-Chart แสดงการทำงานทั้งหมดของโปรแกรมที่ใช้ในการคัดแยกรูปภาพ

3.4.1.1 ฟังก์ชัน Main()



รูปที่ 3.15 Flowchart ของโปรแกรมควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 ประกาศตัวแปร

- servo[6] ตัวกำหนดเซอร์โวมอเตอร์
- data_in เก็บข้อมูลที่รับมาจาก Serial Port
- count=0 ตัวแปรสำหรับนับจำนวน
- pos[6] เก็บค่าตำแหน่งมุมของเซอร์โวมอเตอร์
- s_pos[6][4] เก็บค่าตำแหน่งมุมที่เซอร์โวมอเตอร์ต้องหมุนไปในแต่ละฟังก์ชัน

2 ตั้งค่า Serial Port และ Pin

- Serial.begin(9600); กำหนด Baud Rate = 9600
- pinMode(10 ,OUTPUT); กำหนด Pin10 เป็น output
- pinMode(11 ,OUTPUT); กำหนด Pin11 เป็น output
- pinMode(12 ,OUTPUT); กำหนด Pin12 เป็น output

3 กำหนด Pin และ มุม ให้กับเซอร์โวมอเตอร์

- servo[i].attach[i+2]; กำหนด Pin สัญญาณให้กับเซอร์โวมอเตอร์
- servo[i].write(pos[i]); คำสั่งให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปยังมุมที่กำหนด

4 ตรวจสอบข้อมูลใน Serial Port ว่ามีหรือไม่

- Serial.available(); คำสั่งตรวจสอบข้อมูลว่าได้รับแล้วหรือไม่

5 เก็บข้อมูลที่อ่านจาก Serial Port

- data_in = Serial.readString(); อ่านข้อความและเก็บไว้ในตัวแปร data_in

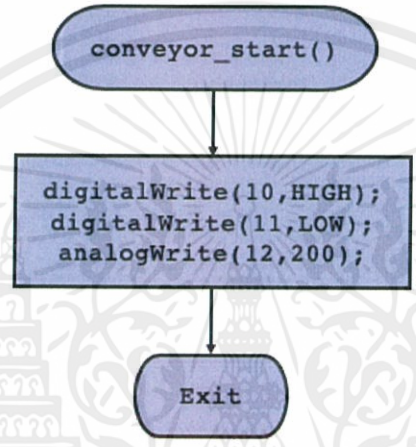
6 เงื่อนไขการตรวจสอบข้อมูลที่ได้รับ

- data_in = "FData" ถ้าเป็นจริง จะทำการเขียนข้อความ "BData\n" ลงใน serial port
- data_in = "Start" ถ้าเป็นจริง จะเรียกใช้ฟังก์ชัน conveyor_start()
- data_in = "Stop" ถ้าเป็นจริง จะเรียกใช้ฟังก์ชัน conveyor_stop()
- data_in = "Red" ถ้าเป็นจริง จะเรียกใช้ฟังก์ชัน conveyor_stop(), pick_up(), store(0), set_arm(), conveyor_start() ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- data_in = "Blue" ถ้าเป็นจริง จะเรียกใช้ฟังก์ชัน conveyor_stop(), pick_up(), store(1), set_arm(), conveyor_start() ตามลำดับ
- กรณีไม่มีเงื่อนไขไหนเป็นจริง จะทำการรอรับข้อมูลใน serial port ต่อไป

3.4.1.2. ฟังก์ชัน conveyor_start()

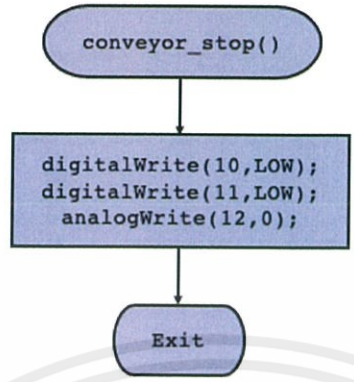


รูปที่ 3.16 Flowchart ของโปรแกรมควบคุม

- digitalWrite(10 ,HIGH); กำหนดให้ Pin10 เป็น Logic HIGH
- digitalWrite(11 ,LOW); กำหนดให้ Pin11 เป็น Logic LOW
- analogWrite(12 ,200); กำหนดให้ Pin12 มีสัญญาณPWM Duty Cycle = 78.43%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

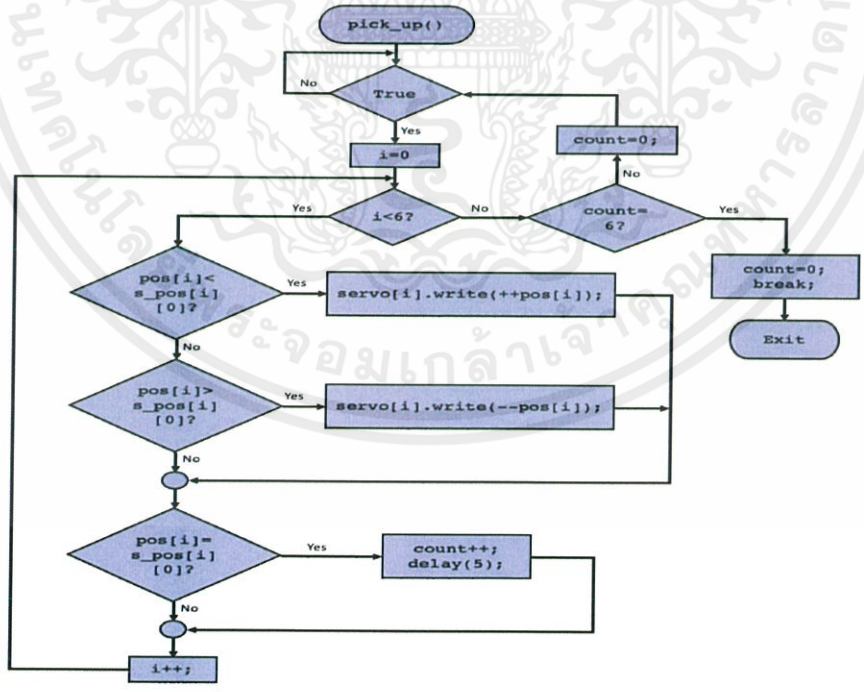
3.4.1.3. ฟังก์ชัน conveyor_stop()



รูปที่ 3.17 Flowchart ของโปรแกรมควบคุม

- digitalWrite(10 ,LOW); กำหนดให้ Pin10 เป็น Logic LOW
- digitalWrite(11 ,LOW); กำหนดให้ Pin11 เป็น Logic LOW
- analogWrite(12 ,0); กำหนดให้ Pin12 มีสัญญาณPWM Duty Cycle = 0%

3.4.1.4. ฟังก์ชัน pick_up()



รูปที่ 3.18 Flowchart ของโปรแกรมควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 เงื่อนไขการตรวจสอบมุมของเซอร์โวมอเตอร์ถึงมุมที่กำหนดไว้หรือไม่

- pos[i] < s_pos[i][0] ถ้ามุมของเซอร์โวมอเตอร์น้อยกว่ามุมที่กำหนด จะทำการหมุนเซอร์โวมอเตอร์ทวนเข็มนาฬิกาไป 1 องศา
- pos[i] > s_pos[i][0] ถ้ามุมของเซอร์โวมอเตอร์มากกว่ามุมที่กำหนด จะทำการหมุนเซอร์โวมอเตอร์ตามเข็มนาฬิกาไป 1 องศา
- pos[i] = s_pos[i][0] ถ้ามุมของเซอร์โวมอเตอร์เท่ากับมุมที่กำหนด จะทำการเพิ่มค่าตัวแปร count=count+1

2 เงื่อนไขการตรวจสอบนับจำนวน

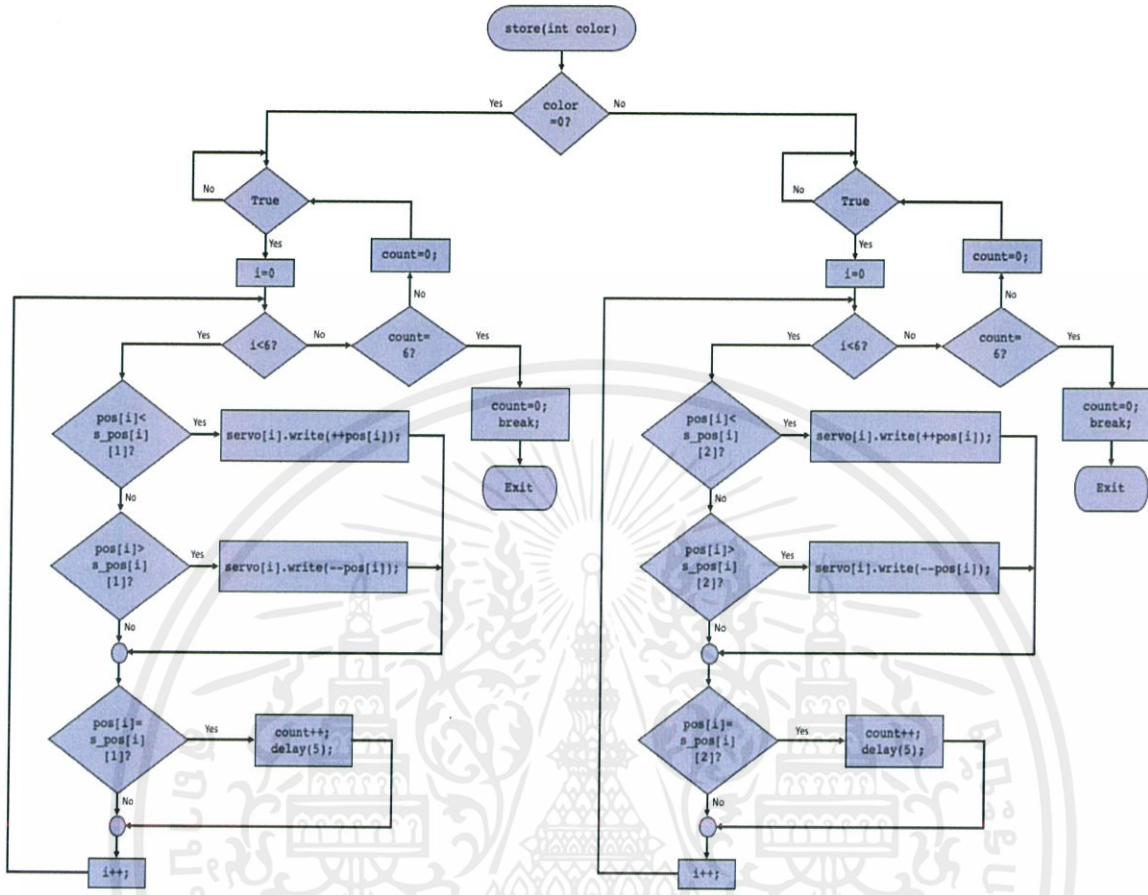
- count = 6? ตรวจสอบ count = 6 จริงหรือไม่

  ถ้าเป็นจริง จะกำหนด count ให้เท่ากับ 0 และทำการออกจากฟังก์ชัน

  ถ้าไม่เป็นจริง จะกำหนด count ให้เท่ากับ 0 และทำการหมุนเซอร์โวมอเตอร์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1.5. ฟังก์ชัน store(int color)



รูปที่ 3.19 Flowchart ของโปรแกรมควบคุม

1 เงื่อนไขการตรวจสอบสีเพื่อเลือกมุมที่จะต้องหมุนไป

- color=0? ถ้าเป็นจริง จะเป็นการเลือกมุมที่ต้องหมุนไปของสีแดง (x=1)

  ถ้าไม่เป็นจริง จะเป็นการเลือกมุมที่ต้องหมุนไปของสีน้ำเงิน (x=2)

2 เงื่อนไขการตรวจสอบมุมของเซอร์โวมอเตอร์ถึงมุมที่กำหนดไว้หรือไม่

- pos[i] < s_pos[i][x] ถ้ามุมของเซอร์โวมอเตอร์น้อยกว่ามุมที่กำหนด จะทำการหมุนเซอร์โวมอเตอร์ทวนเข็มนาฬิกาไป 1 องศา

- pos[i] > s_pos[i][x] ถ้ามุมของเซอร์โวมอเตอร์มากกว่ามุมที่กำหนด จะทำการหมุนเซอร์โวมอเตอร์ตามเข็มนาฬิกาไป 1 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- pos[i] = s_pos[i][x] ถ้ามุมของเซอร์โวมอเตอร์เท่ากับมุมที่กำหนด จะทำการเพิ่มค่าตัวแปร count=count+1

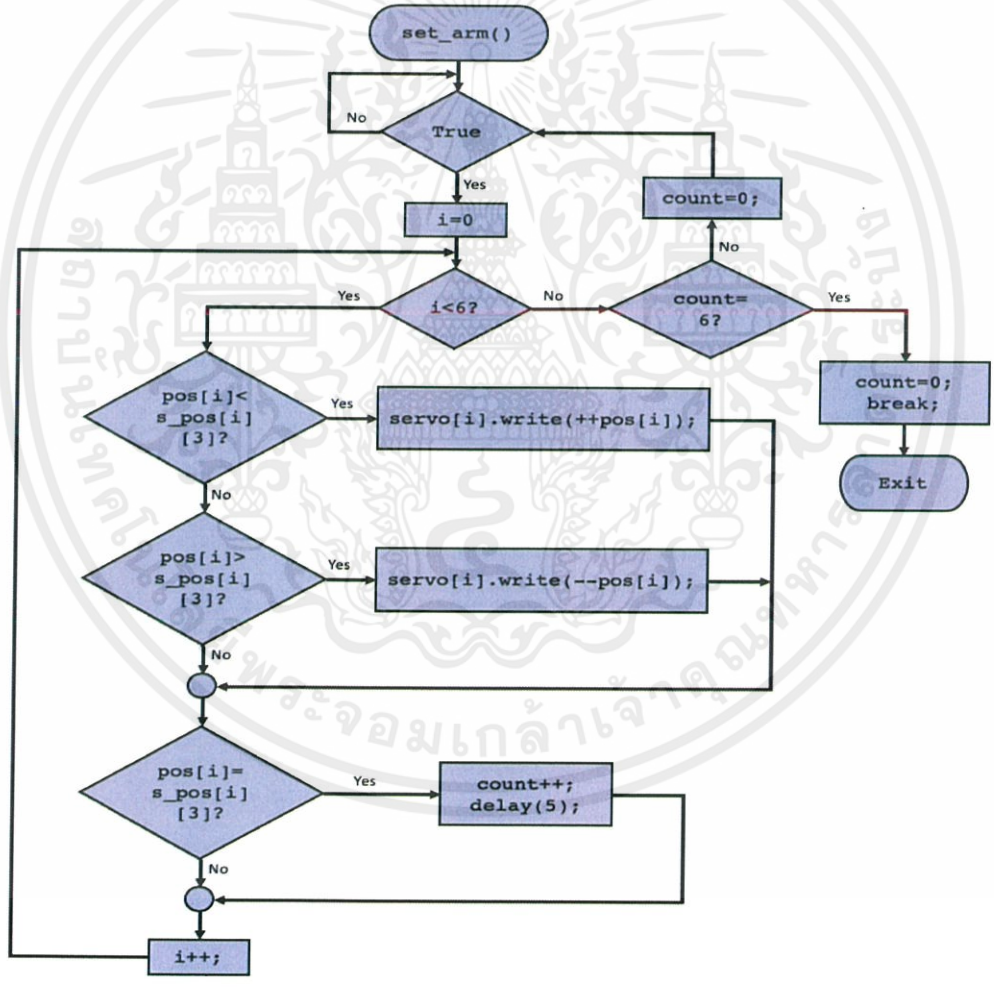
3 เงื่อนไขการตรวจสอบนับจำนวน

- count = 6? ตรวจสอบ count = 6 จริงหรือไม่

ถ้าเป็นจริง จะกำหนด count ให้เท่ากับ 0 และทำการออกจากฟังก์ชัน

ถ้าไม่เป็นจริง จะกำหนด count ให้เท่ากับ 0 และทำการหมุนเซอร์โวมอเตอร์ต่อไป

3.4.1.6. ฟังก์ชัน set_arm()



รูปที่ 3.20 Flowchart ของโปรแกรมควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 เงื่อนไขการตรวจสอบมุมของเซอร์โวมอเตอร์ถึงมุมที่กำหนดไว้หรือไม่

- pos[i] < s_pos[i][3] ถ้ามุมของเซอร์โวมอเตอร์น้อยกว่ามุมที่กำหนด จะทำการหมุนเซอร์โวมอเตอร์ทวนเข็มนาฬิกาไป 1 องศา

- pos[i] > s_pos[i][3] ถ้ามุมของเซอร์โวมอเตอร์มากกว่ามุมที่กำหนด จะทำการหมุนเซอร์โวมอเตอร์ตามเข็มนาฬิกาไป 1 องศา

- pos[i] = s_pos[i][3] ถ้ามุมของเซอร์โวมอเตอร์เท่ากับมุมที่กำหนด จะทำการเพิ่มค่าตัวแปร count=count+1

2 เงื่อนไขการตรวจสอบนับจำนวน

- count = 6? ตรวจสอบ count = 6 จริงหรือไม่

  ถ้าเป็นจริง จะกำหนด count ให้เท่ากับ 0 และทำการออกจากฟังก์ชัน

  ถ้าไม่เป็นจริง จะกำหนด count ให้เท่ากับ 0 และทำการหมุนเซอร์โวมอเตอร์ต่อไป

3.5 ออกแบบสายพาน

3.5.1 รางสายพาน - ประกอบขึ้นมาจากอะลูมิเนียมโปรไฟล์ เนื่องจากมีน้ำหนักเบาและแข็งแรง

รูปที่ 3.21 รางสายพานที่ประกอบจากอะลูมิเนียมโปรไฟล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

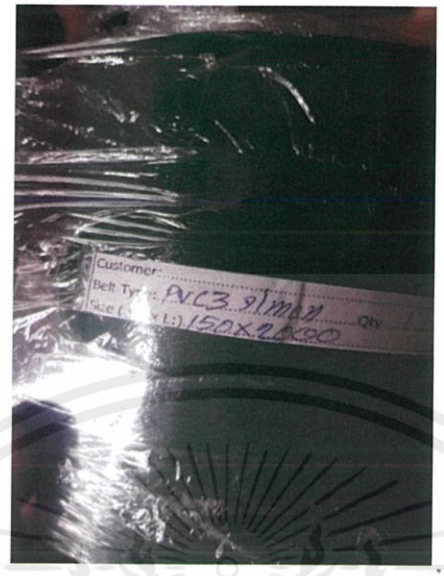
3.5.2 **แกนหมุน** - ใช้เป็นแกนหมุนสำหรับขับสายพานไปข้าวหน้าหรือถอยหลัง

รูปที่ 3.22 แกนหมุนก่อนเข้าประกอบกับสายพาน

รูปที่ 3.23 แกนหมุนหลังเข้าประกอบกับสายพาน

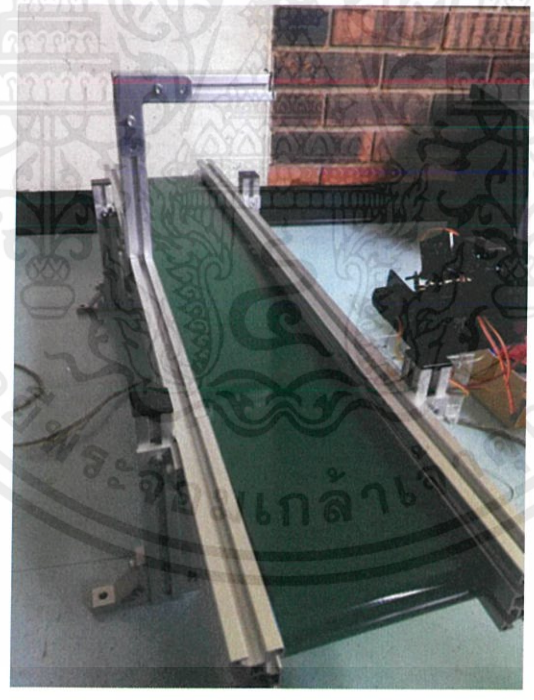
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.3 สายพาน – ใช้สายพานชนิด PVC ขนาดยาว2เมตร กว้าง 15เซนติเมตร



รูปที่ 3.24 สายพานชนิด PVC

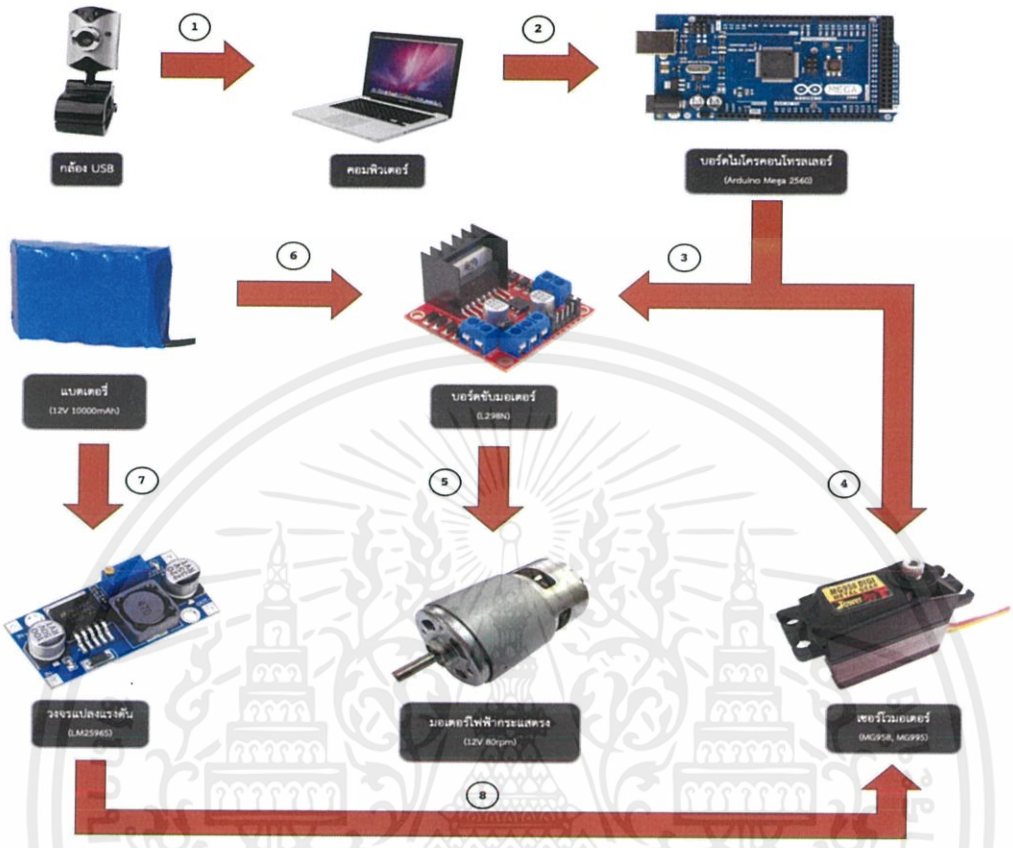
3.5.4 ประกอบสายพานเข้ากับรางสายพาน–ประกอบทุกส่วนเข้าด้วยกันและทดสอบการทำงาน



รูปที่ 3.25 สายพานลำเลียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.5 block diagram สำหรับขั้นตอนการทำงานของชุดคัดแยกสีของวัตถุ



รูปที่ 3.26 block diagram ขั้นตอนการทำงาน

ขั้นตอนการทำงานของระบบ

ระบบการทำงานทั้งหมดสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน ดังนี้

1. การวิเคราะห์ภาพ

เริ่มต้นจากการรับภาพจากกล้องUSB แล้วทำการส่งข้อมูลรูปภาพให้แก่คอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์ทำการวิเคราะห์ภาพที่ได้รับด้วยโปรแกรมที่ถูกเขียนขึ้นมาเพื่อคัดแยกสีวัตถุ แล้วทำการส่งข้อมูลข้อความให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์

2. การควบคุมมอเตอร์

หลังจากไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รับข้อมูลข้อความจากคอมพิวเตอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการอ่านข้อมูลข้อความ และทำตามคำสั่งตามที่ได้ถูกโปรแกรมเอาไว้ เพื่อส่งสัญญาณให้บอร์ดขับมอเตอร์ไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงซึ่งมีหน้าที่ควบคุมสายพานลำเลียง และเซอร์โวมอเตอร์ซึ่งมีหน้าที่ควบคุมแขนกล

3. แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง

แหล่งจ่ายไฟของระบบนี้ คือ แบตเตอรี่ลิเธียมไอออนขนาด 12V 10,000mAh ซึ่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าแบ่งออกเป็น 2ส่วน คือ บอร์ดขับมอเตอร์เพื่อเป็นแรงดันไฟเลี้ยงแก่วงจร และโมดูลแปลงไฟ(DC-DC Converter) ซึ่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าอินพุตขนาด 12V และให้แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตขนาด 6V เพื่อเป็นแรงดันไฟเลี้ยงให้แก่เซอร์โวมอเตอร์

หมายเหตุ

หมายเลข 1 คือ ข้อมูลรูปภาพ

หมายเลข 2 คือ ข้อมูลข้อความ

หมายเลข 3 คือ สัญญาณควบคุมบอร์ดขับมอเตอร์

หมายเลข 4 คือ สัญญาณควบคุมเซอร์โวมอเตอร์

หมายเลข 5 คือ แรงดันไฟเลี้ยงมอเตอร์กระแสตรง

หมายเลข 6 คือ แรงดันไฟ 12V

หมายเลข 7 คือ แรงดันไฟ 12V

หมายเลข 8 คือ แรงดันไฟเลี้ยง 6V

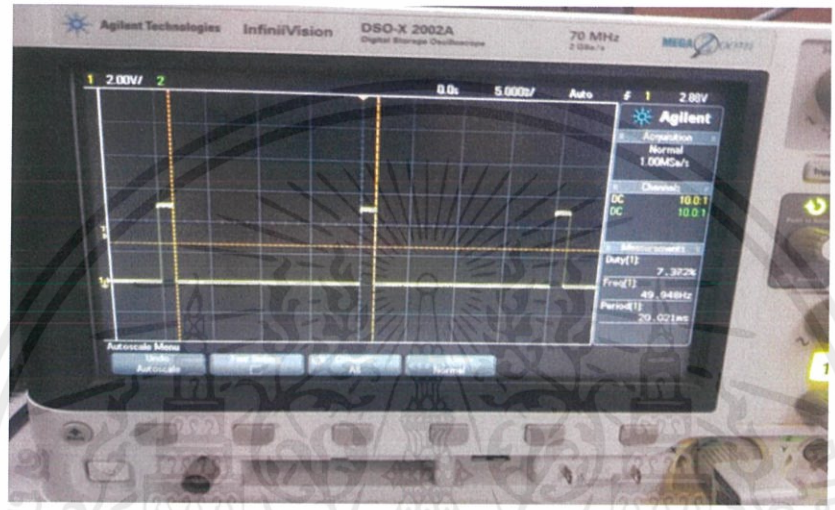
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

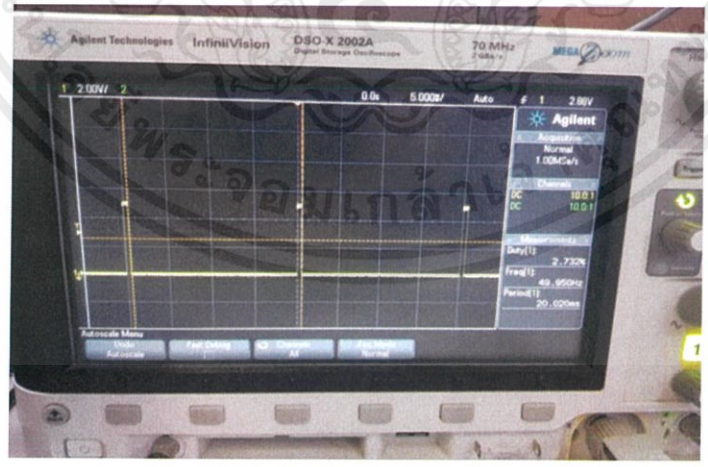
4.1 ทดลองควบคุม Servo

- ค่า duty cycle ของ servo motor ขณะเริ่มทำงานที่ส่วนฐาน มุม90องศา



ภาพที่ 4.1 รูปกราฟของค่า duty cycle ของ servo motor ที่มุม 90 องศา

- ค่า duty cycle ของ servo motor ขณะเริ่มทำงานที่ส่วนฐาน มุม0องศา



ภาพที่ 4.2 รูปกราฟของค่า duty cycle ของ servo motor ที่มุม 0 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงค่าของมุมเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัวในทุกช่วงขณะของการทำงาน

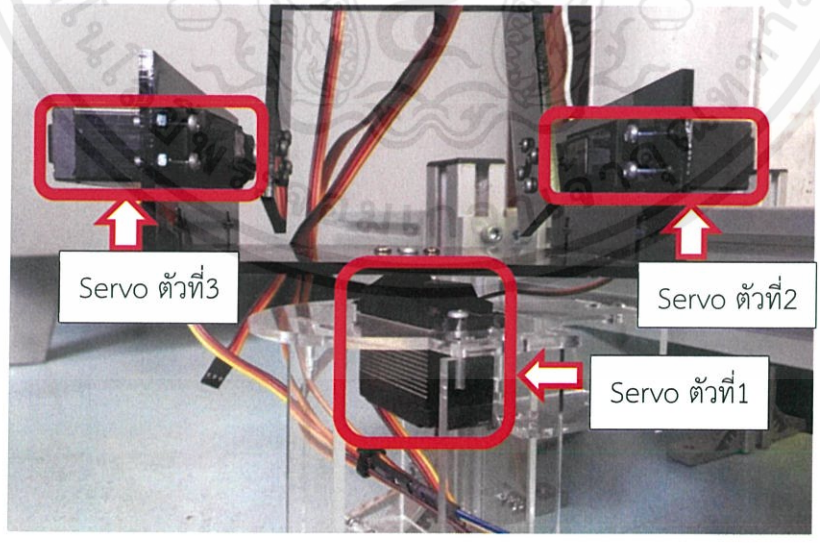
Servo	ค่ามุมเริ่มต้น (องศา)	ค่ามุมหยิบวัตถุ (องศา)	ค่ามุมเก็บวัตถุ (องศา)	
			วัตถุสีแดง	วัตถุสีน้ำเงิน
1	180	180	90	0
2	0	155	160	160
3	180	25	20	20
4	180	130	140	140
5	0	180	180	180
6	0	0	0	0

จากตารางเป็นการบอกถึงค่ามุมของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัวที่ใช้ในการหมุนไปยังตำแหน่งต่างๆ ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 3 ตำแหน่ง คือ

1. ค่ามุมเริ่มต้น คือ ค่ามุมของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัวขณะที่เริ่มต้นการทำงานหรือในขณะที่แขนกลไม่ได้ทำงานหรือหลังจากแขนกลทำการเก็บวัตถุเรียบร้อยแล้ว

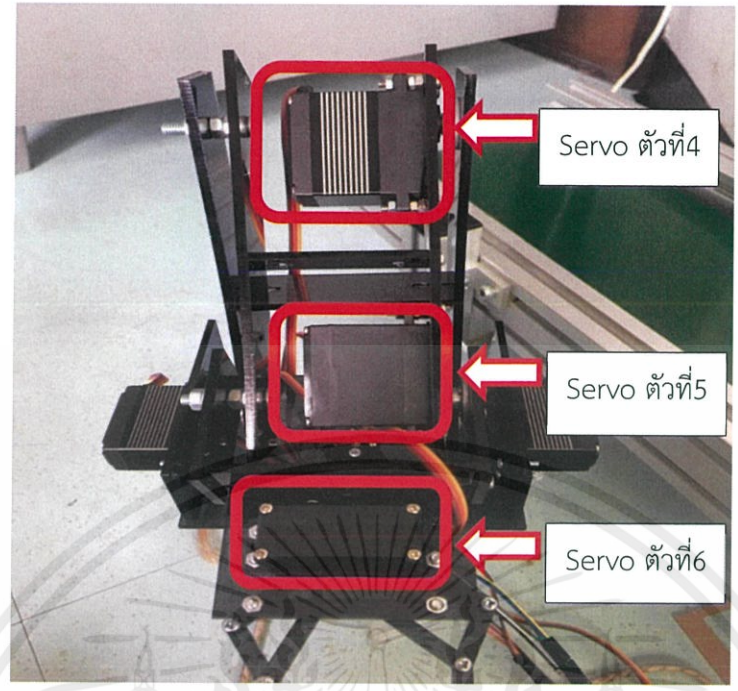
2. ค่ามุมหยิบวัตถุ คือ ค่ามุมของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัวที่ต้องหมุนไปเพื่อหยิบวัตถุจากสายพานลำเลียงและนำไปเก็บไว้

3. ค่ามุมเก็บวัตถุ คือ ค่ามุมของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัวที่ต้องหมุนไปเพื่อเก็บวัตถุ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ตำแหน่ง คือ เก็บวัตถุสีแดง และเก็บวัตถุสีน้ำเงิน



ภาพที่ 4.3 ภาพแสดงตำแหน่งของเซอร์โวมอเตอร์ในตัวแขนกล

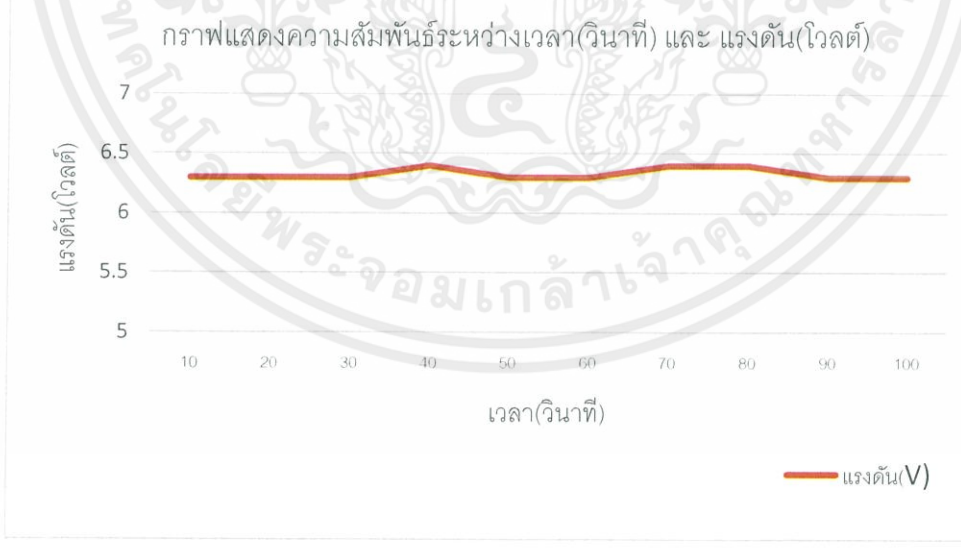
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.4 ภาพแสดงตำแหน่งของเซอร์โวมอเตอร์ในตัวแขนกล

4.2 ทดสอบค่ากระแสและแรงดันของมอเตอร์ DC ในส่วนของสายพาน

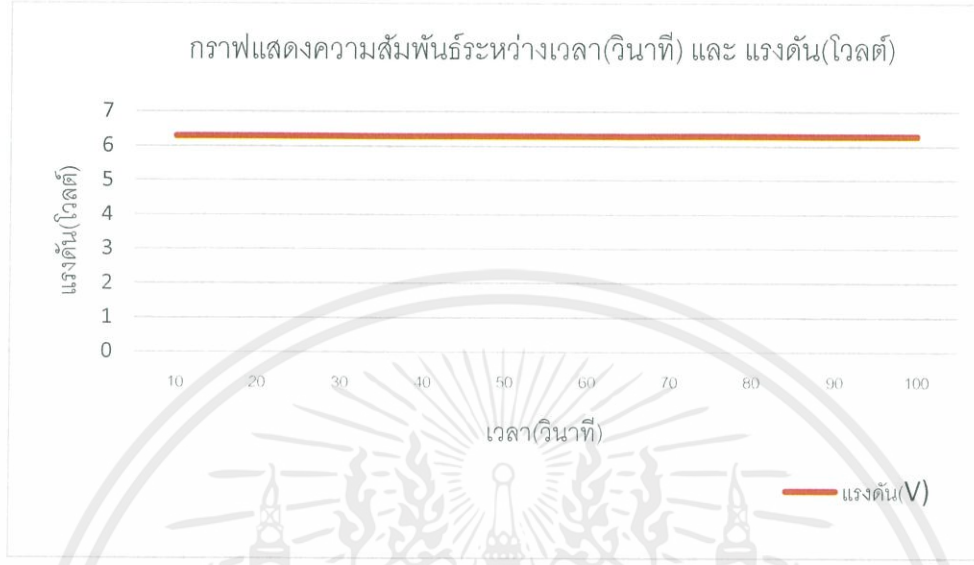
4.2.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา (วินาที) และแรงดัน (โวลต์) ของมอเตอร์ในกรณีมีโหลดภาระ



ภาพที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา(วินาที) และ แรงดัน(โวลต์)ของมอเตอร์ในกรณีมีโหลดภาระ

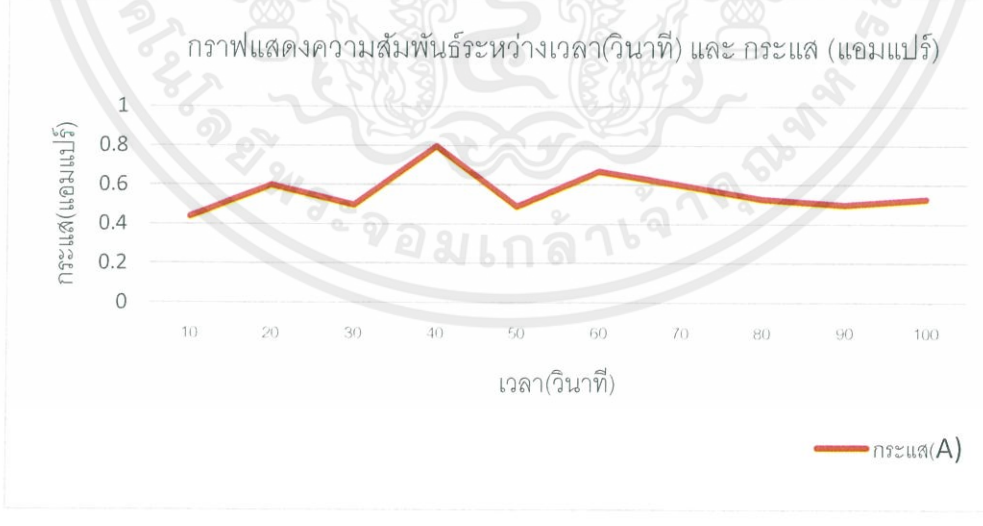
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา(วินาที) และ แรงดัน(โวลต์) ของมอเตอร์ในกรณีไม่มีโหลดภาระ



ภาพที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา(วินาที) และ แรงดัน(โวลต์)ของมอเตอร์ในกรณีไม่มีโหลดภาระ

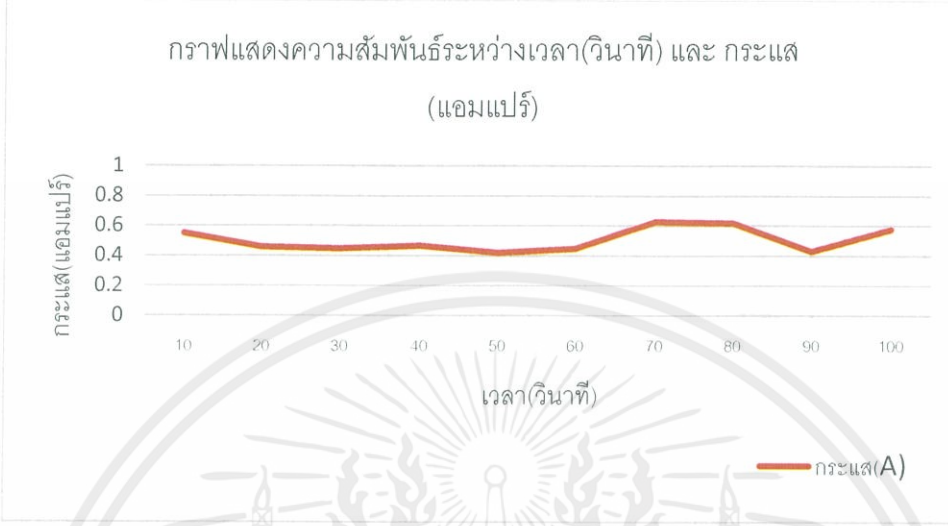
4.2.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา(วินาที) และ กระแส (แอมแปร์)ของมอเตอร์ในกรณีมีโหลดภาระ



ภาพที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา(วินาที) และ กระแส (แอมแปร์)ของมอเตอร์ในกรณีมีโหลดภาระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา(วินาที) และ กระแส (แอมแปร์)ของมอเตอร์ในกรณีไม่มีโหลดภาระ

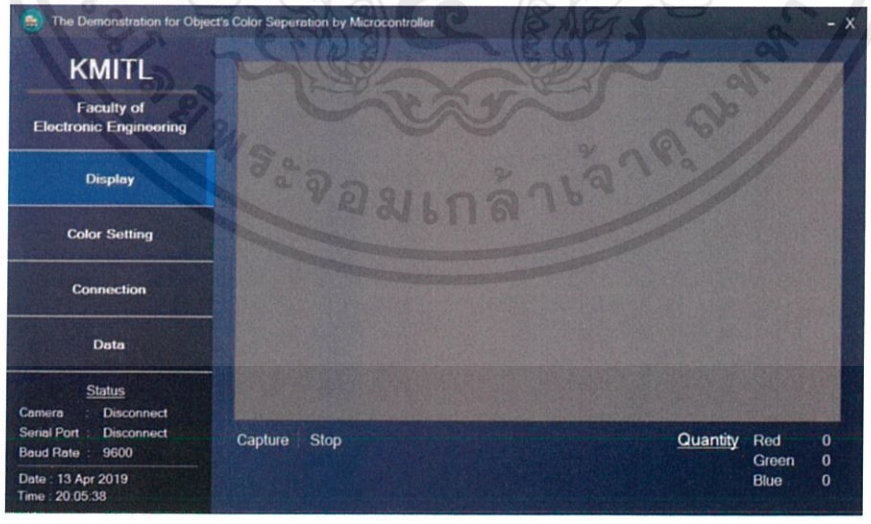


ภาพที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา(วินาที) และ กระแส (แอมแปร์)ของมอเตอร์ในกรณีไม่มีโหลดภาระ

4.3 ทดลองโปรแกรมในการตรวจจับวัตถุ

ตัวโปรแกรมเขียนด้วยภาษาVisual Basic ด้วยโปรแกรมVisual Studio 2015 โดยใช้ไลบารี่ EMGU-CV 3.4.1 ซึ่งเป็นไลบารี่ที่มีพื้นฐานมาจาก Open-cv 3.4.1

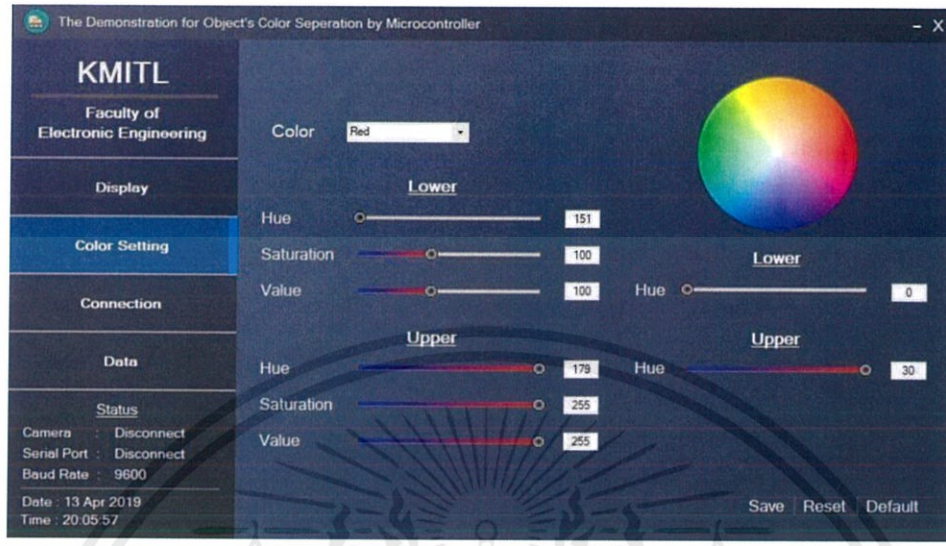
4.3.1 หน้าต่างหลักของโปรแกรม



ภาพที่ 4.9 หน้าต่างโปรแกรมที่ออกแบบสำหรับคัดแยกสี

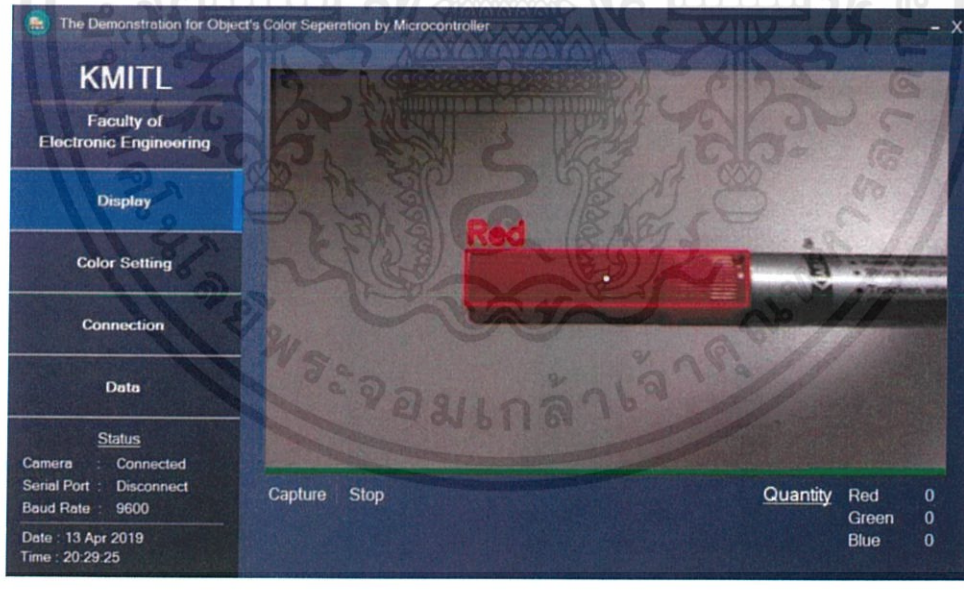
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 หน้าต่างของการตั้งค่าช่วงของสีที่ต้องการตรว จจับ



ภาพที่ 4.10 หน้าต่างการตั้งค่าสีที่ต้องการตรวจจับของโปรแกรม

4.3.3 ทดลองตรวจจับสีแดง



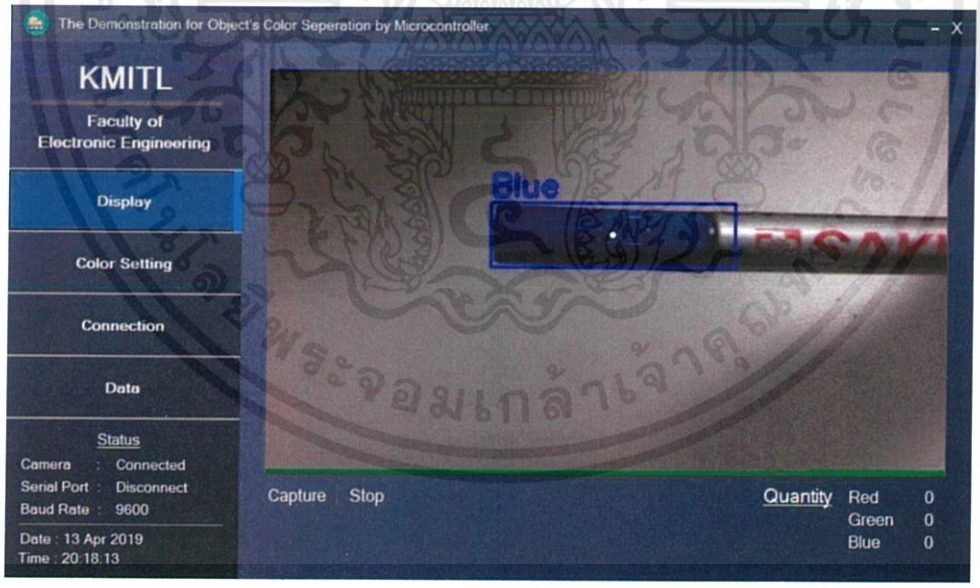
ภาพที่ 4.11 ตรวจจับสีแดงด้วยโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.4 ทดลองตรวจจับสีเขียว

ภาพที่ 4.12 ตรวจจับสีเขียวด้วยโปรแกรม

4.3.5 ทดลองตรวจจับสีน้ำเงิน



ภาพที่ 4.13 ตรวจจับสีน้ำเงินด้วยโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลอง ชุดสาธิตการแยกสีของวัตถุด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่กลุ่มของข้าพเจ้าวางไว้โดยเมื่อมีวัตถุเคลื่อนที่ผ่านกล้องและวัตถุนั้นไม่ได้อยู่ในคำสั่งที่ตั้งค่าไว้โปรแกรมจะส่งคำสั่งไปให้ไมโครคอนโทรเลอร์เพื่อไปควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ที่แขนกลและมอเตอร์กระแสตรงเพื่อไปจับวัตถุนั้นออกได้อย่างถูกต้อง แต่เมื่อมีการตรวจจับวัตถุที่มีสีเดียวกันกับสายพานโปรแกรมจะเกิดความสับสนทำให้กลุ่มของข้าพเจ้าต้องพัฒนาปัญหานี้ต่อไป

5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองจะพบว่าเซอร์ดโวมอเตอร์ที่ซื้อมานั้นใช้การไม่ได้จากทั้งหมด 6 ตัว เราสามารถใช้งานมันได้เพียง 3 ตัวเท่านั้นเนื่องจากงบประมาณไม่เพียงพอในการหาซื้อเพิ่มเติม ในส่วนของแขนกลมีอาการกระตุกเนื่องจากเซอร์โวมอเตอร์ไม่ได้คุณภาพเท่าที่ควร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] http://narong.ece.engr.tu.ac.th/ei444/document/11-Servo_motor_59.pdf

[2] https://www2.mtec.or.th/th/e-magazine/admin/upload/298_63.pdf

[3] http://digital.csic.es/bitstream/10261/127788/7/D-c-%20Arduino%20uno.pdf

[4]https://www.arduitronics.com/article/1E0%B8%B1%E0%B8%99%E0%B8%81%E0%B9%88%E0%B8%AD%E0%B8%99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

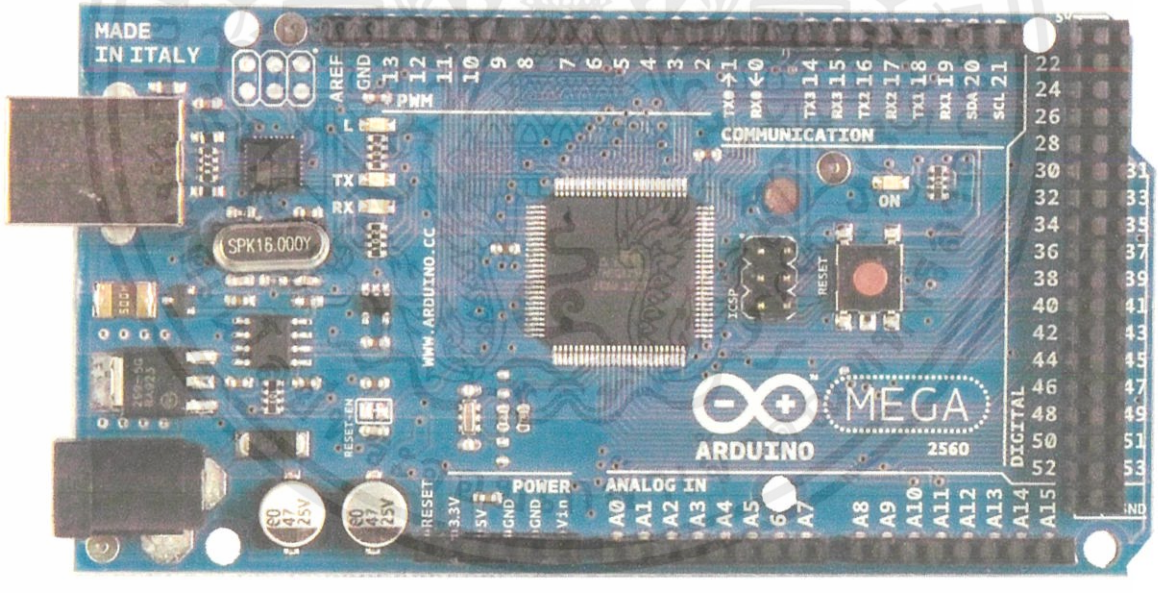
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RobotShop
www.robotshop.com
La robotique à votre service! - Robotics at your service!

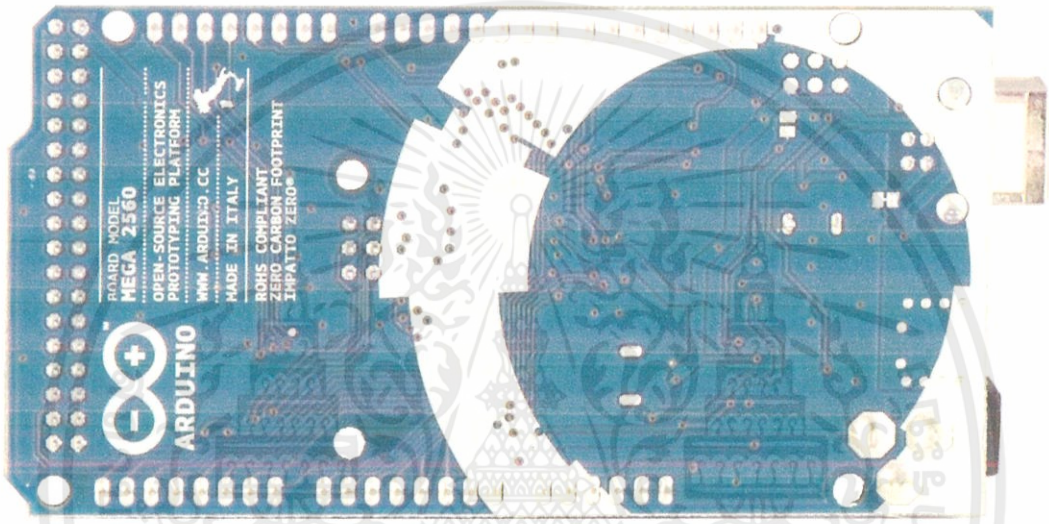
ARDUINO

Arduino Mega 2560 Datasheet



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RobotShop www.robotshop.com
La robotique à votre service! - Robotics at your service!



Overview

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 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 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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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.** The regulated power supply used to power the microcontroller and other components on the board. This can come 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 internal 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.
- **I2C: 20 (SDA) and 21 (SCL).** Support I2C (TWI) communication using the Wire library (documentation on the Wiring website). Note that these pins are not in the same location as the I2C 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 they 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.

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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.

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 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 I2C is not located on the same pins on the Mega (20 and 21) as the Duemilanove / Diecimila (analog inputs 4 and 5).*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

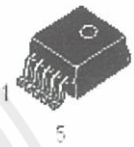
FEATURES

- 3.3V, 5.0V, 12V, 15V, and Adjustable Output Versions
- Adjustable Version Output Voltage Range, 1.23 to 37V +/- 4%. Maximum Over Line and Load Conditions
- Guaranteed 3.0A Output Current
- Wide Input Voltage Range
- Requires Only 4 External Components
- 150Khz Fixed Frequency Internal Oscillator
- TTL Shutdown Capability, Low Power Standby Mode
- High Efficiency
- Uses Readily Available Standard Inductors
- Thermal Shutdown and Current Limit Protection
- Moisture Sensitivity Level(MSL) Equals1

TO-220

TO-220V

TO-263(D2)



1. Vin
2. Output
3. Ground
4. Feedback
5. On/Off

Applications

- Simple High-Efficiency Step-Down(Buck) Regulator
- Efficient Pre-Regulator for Linear Regulators
- On-Card Switching Regulators
- Positive to Negative Converter(Buck-Boost)
- Negative Step-Up Converters
- Power Supply for Battery Chargers

DESCRIPTION

The LM2596 series of regulators are monolithic integrated circuits ideally suited for easy and convenient design of a step-down switching regualtor(buck converter).

All circuits of this series are capable of driving a 3.0A load with excellent line and load regulation. These devices are available in fixed output voltages of 3.3V, 5.0V,12V, 15V, and an adjustable output version.

These regulatiors were designed to minimize the number of externalcomponents to simplify the power supply design. Standard series of inductors optimized for use with the LM2576 are offered by several different inductor manufacturers.

Since the LM2596 converter is a switch-mode power supply, its efficiency is significantly higher in comparison with popular three-terminal limear reguators, especially with higher input voltages.

In many cases, the power dissipated is so low that no heatsink is required or its size could be reduced dramatically. A standard series of inductors optimized for use with the LM2596 are available from several different manufacturers. This feature greatly simplifies the design of switch-mode power supplies. The LM2596 features include a guaranteed +/- 4% tolerance on output voltage within specified input voltages and output load conditions, and +/-15% on the oscillator frequency (+/- 2% over 0oC to 125 oC).

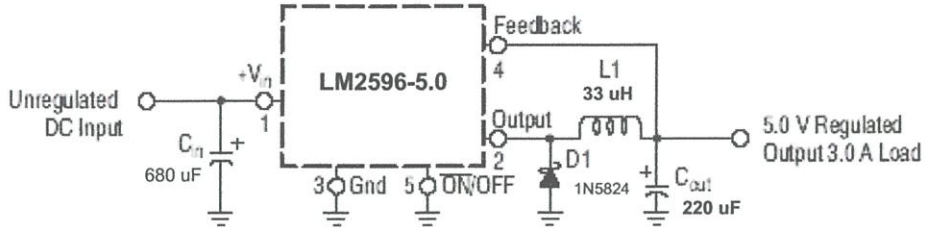
External shutdown is included, featuring 80 uA(typical) standby current. The output switch includes cycle-bycycle current limiting, as well as thermal shutdown for full protection under fault conditions.

ORDERING INFORMATION

Device	Marking	Package
LM2596T-X.X	LM2596T-X.X	TO-220
LM2596TV-X.X	LM2596T-X.X	TO-220V
LM2596R	LM2596R-X.X	TO-263

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Application (Fixed Output Voltage Versions)



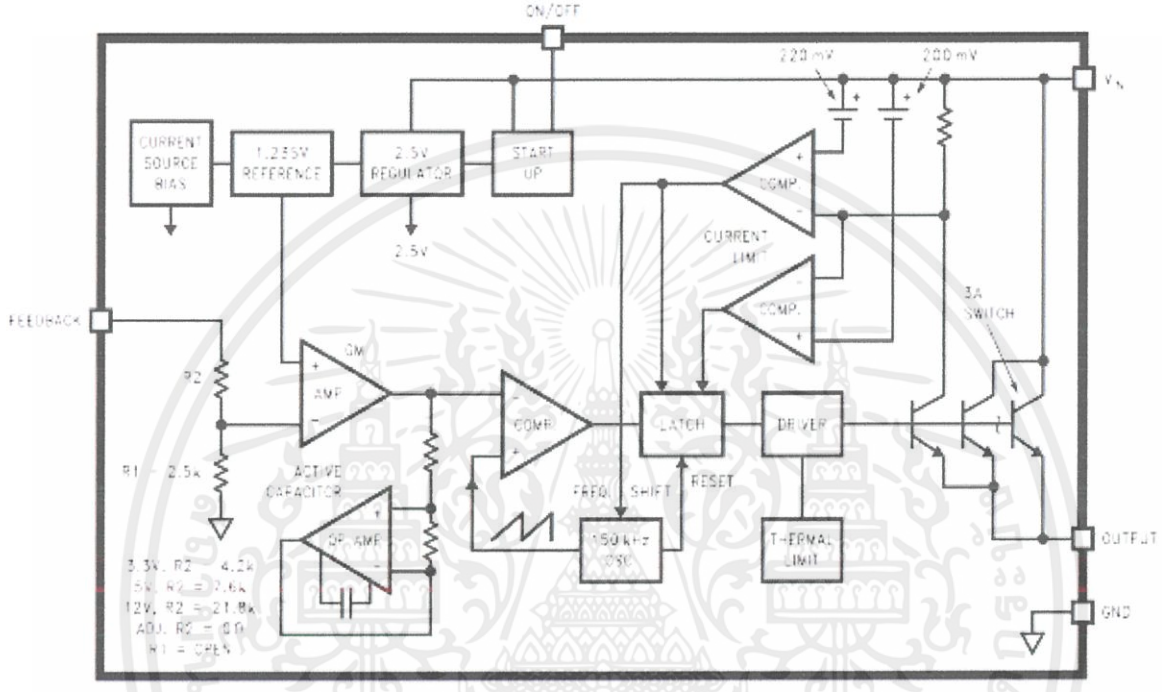


Figure 1. Block Diagram and Typical Application

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

(Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur.)

Rating	Symbol	Value	Unit
Maximum Supply Voltage	V_{in}	45	V
ON/OFF Pin Input Voltage	–	$-0.3\ V \le V \le +V_{in}$	V
Output Voltage to Ground (Steady–State)	–	–1.0	V
Power Dissipation TO–220, 5–Lead Thermal Resistance, Junction–to–Ambient Thermal Resistance, Junction–to–case TO–263 Thermal Resistance, Junction–to–Ambient Thermal Resistance, Junction–to–case	 P_D $R_{\theta JA}$ $R_{\theta JC}$ P_D $R_{\theta JA}$ $R_{\theta JC}$	 Internally Limited 65 5.0 Internally Limited 70 5.0	 W C/W C/W W C/W C/W
Storage Temperature Range	T_{stg}	–65 to +150	°C
Minimum ESD Rating (Human Body Model: C = 100 pF, R = 1.5 kΩ)	–	2.0	kV
Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)	–	260	°C
Maximum Junction Temperature	T_J	150	°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OPERATING RATINGS (Operating Ratings indicate conditions for which the device is intended to be functional, but do not guarantee specific performance limits. For guaranteed specifications and test conditions, see the Electrical Characteristics.)

Rating	Symbol	Value	Unit
Operating Junction Temperature Range	T_J	–40 to +125	C
Supply Voltage	V_{in}	40	V

ELECTRICAL CHARACTERISTICS / SYSTEM PARAMETERS ([Note 1] Test Circuit Figure 2)
(Unless otherwise specified, Vin = 12 V for the 3.3 V, 5.0 V, and Adjustable version, Vin = 25 V for the 12 V version, and Vin = 30 V for the 15 V version. ILoad = 500 mA. For typical values TJ = 25°C, for min/max values TJ is the operating junction temperature range that applies [Note 2], unless otherwise noted.)

Characteristics	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
LM2596-3.3 ([Note 1]. Test Circuit Figure 2)					
Output Voltage (V_{in} = 12 V, I_{Load} = 0.5 A, T_J = 25 C)	V_{out}	3.234	3.3	3.366	V
Output Voltage (6.0 V ≤ V_{in} ≤ 40 V, 0.5 A ≤ I_{Load} ≤ 3.0 A) T_J = 25 C T_J = –40 to +125 C	V_{out}	 3.168 3.135	 3.3 –	 3.432 3.465	V
Efficiency (V_{in} = 12 V, I_{Load} = 3.0 A)	η	–	73	–	%
LM2596-5.0 ([Note 1]. Test Circuit Figure 2)					
Output Voltage (V_{in} = 12 V, I_{Load} = 0.5 A, T_J = 25 C)	V_{out}	4.9	5.0	5.1	V
Output Voltage (8.0 V ≤ V_{in} ≤ 40 V, 0.5 A ≤ I_{Load} ≤ 3.0 A) T_J = 25 C T_J = –40 to +125 C	V_{out}	 4.8 4.75	 5.0 –	 5.2 5.25	V
Efficiency (V_{in} = 12 V, I_{Load} = 3.0 A)	η	–	80	–	%
LM2596-12 ([Note 1]. Test Circuit Figure 2)					
Output Voltage (V_{in} = 25 V, I_{Load} = 0.5 A, T_J = 25 C)	V_{out}	11.76	12	12.24	V
Output Voltage (15 V ≤ V_{in} ≤ 40 V, 0.5 A ≤ I_{Load} ≤ 3.0 A) T_J = 25 C T_J = –40 to +125 C	V_{out}	 11.52 11.4	 12 –	 12.48 12.6	V
Efficiency (V_{in} = 15 V, I_{Load} = 3.0 A)	η	–	90	–	%
LM2596-15 ([Note 1]. Test Circuit Figure 2)					
Output Voltage (V_{in} = 30 V, I_{Load} = 0.5 A, T_J = 25 C)	V_{out}	14.7	15	15.3	V
Output Voltage (18 V ≤ V_{in} ≤ 40 V, 0.5 A ≤ I_{Load} ≤ 3.0 A) T_J = 25 C T_J = –40 to +125 C	V_{out}	 14.4 14.25	 15 –	 15.6 15.75	V
Efficiency (V_{in} = 18 V, I_{Load} = 3.0 A)	η	–	98	–	%
LM2596-ADJ ([Note 1]. Test Circuit Figure 2)					
Feedback Voltage (V_{in} = 12 V, I_{Load} = 0.5 A, V_{out} = 5.0 V, T_J = 25 C)	V_{out}	1.217	1.23	1.243	V
Feedback Voltage (8.0 V ≤ V_{in} ≤ 40 V, 0.5 A ≤ I_{Load} ≤ 3.0 A, V_{out} = 5.0 V) T_J = 25 C T_J = –40 to +125 C	V_{out}	 1.193 1.18	 1.23 –	 1.267 1.28	V
Efficiency (V_{in} = 12 V, I_{Load} = 3.0 A, V_{out} = 5.0 V)	η	–	73	–	%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS / Device Parameters

(Unless otherwise specified, Vin = 12 V for the 3.3 V, 5.0 V, and Adjustable version, Vin = 25 V for the 12 V version, and Vin = 30 V for the 15 V version. ILoad = 500 mA. For typical values Tj = 25°C, for min/max values Tj is the operating junction temperature range that applies [Note 2], unless otherwise noted.)

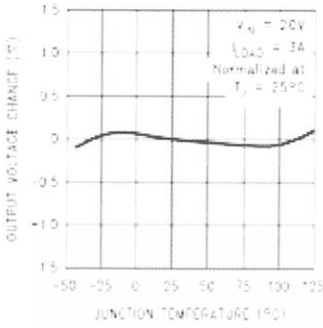
Characteristics	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
ALL OUTPUT VOLTAGE VERSIONS					
Feedback Bias Current (V_{out} = 5.0 V [Adjustable Version Only]) T_J = 25°C T_J = 0 to +125°C	I_b	 – –	 10 –	 50 100	nA
Oscillator Frequency [Note 3] T_J = 25°C T_J = 0 to +125°C	f_{osc}	 127 110	 150 – –	 173 173	kHz
Saturation Voltage (I_{out} = 3.0 A [Note 4]) T_J = 25°C T_J = 0 to +125°C	V_{sat}	 – –	 1.16 –	 1.4 1.5	V
Max Duty Cycle ("on") [Note 5]	DC	-	100	–	%
Current Limit (Peak Current [Notes 3 and 4]) T_J = 25°C T_J = 0 to +125°C	I_{CL}	 3.6 3.4	 4.5 –	 6.9 7.5	A
Output Leakage Current [Notes 6 and 7], T_J = 25°C Output = 0 V Output = –1.0 V	I_L	 – –	 - 2	 50 30	mA
Quiescent Current [Note 6] T_J = 25°C T_J = 0 to +125°C	I_Q	 – –	 5 –	 - 10	mA
Standby Quiescent Current ($\overline{ON}$/OFF Pin = 5.0 V ("off")) T_J = 25°C T_J = 0 to +125°C	I_{stby}	 – –	 80 –	 200 250	µA
$\overline{ON}$/OFF Pin Logic Input Level (Test Circuit Figure 2) V_{out} = 0 V T_J = 25°C T_J = 0 to +125°C V_{out} = Nominal Output Voltage T_J = 25°C T_J = 0 to +125°C	V_{IH} V_{IL}	 - 2.0 2.0	 1.3 – 1.3 –	 0.6 0.6 - -	V
ON/OFF Pin Input Current (Test Circuit Figure 2) V LOGIC = 2.5V (Regulator OFF) V LOGIC = 0.5V (Regulator ON)	I_{IH} I_{IL}	 – –	 5 0.02	 15 5.0	µA

1. External components such as the catch diode, inductor, input and output capacitors can affect switching regulator system performance.
   When the LM2596 is used as shown in the Figure 1 test circuit, system performance will be as shown in system parameters section .
2. Tested junction temperature range for the LM2596 : T_{LOW} = –0°C T_{HIGH} = +125°C
3. The oscillator frequency reduces to approximately 18 kHz in the event of an output short or an overload which causes the regulated output voltage to drop approximately 40% from the nominal output voltage. This self protection feature lowers the average dissipation of the IC by lowering the minimum duty cycle from 5% down to approximately 2%.
4. Output (Pin 2) sourcing current. No diode, inductor or capacitor connected to output pin.
5. Feedback (Pin 4) removed from output and connected to 0 V.
6. Feedback (Pin 4) removed from output and connected to +12 V for the Adjustable, 3.3 V, and 5.0V ersions, and +25 V for the 12 V and15 V versions, to force the output transistor "off".
7. Vin = 40 V.

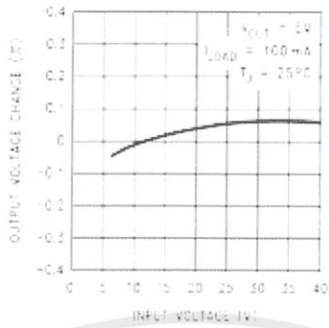
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS (Circuit of Figure 2)

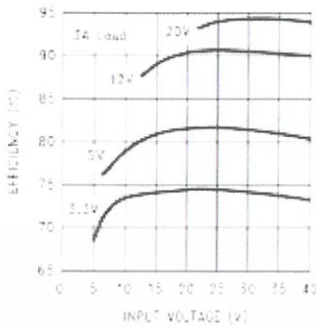
Normalized Output Voltage



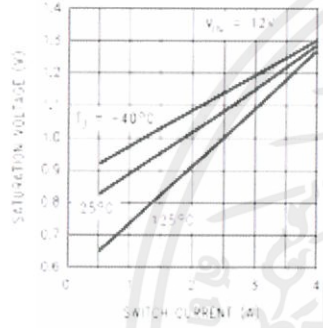
Line Regulation



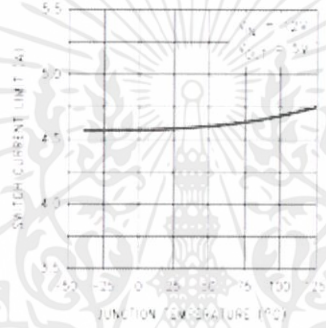
Efficiency



Switch Saturation Voltage

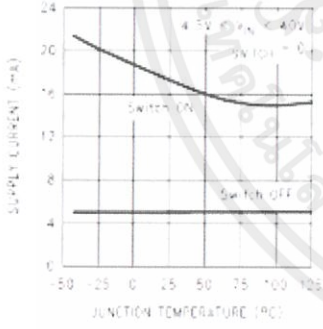


Switch Current Limit

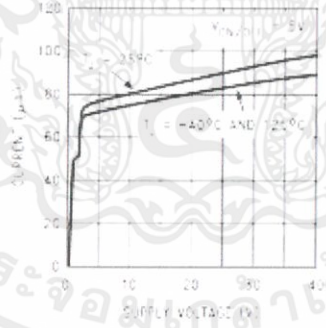


Dropout Voltage

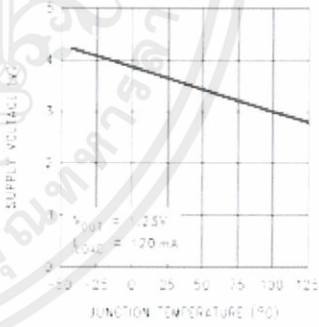
Operating Quiescent Current



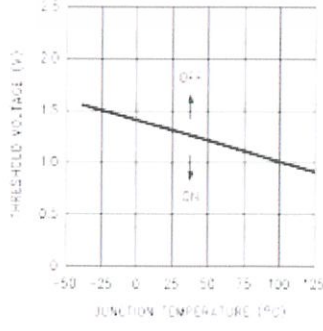
Shutdown Quiescent Current



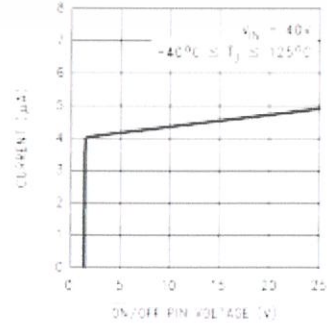
Minimum Operating Supply Voltage



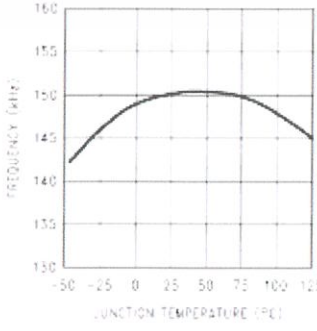
$\overline{ON}$ /OFF Threshold Voltage



$\overline{ON}$ /OFF Pin Current (Sinking)



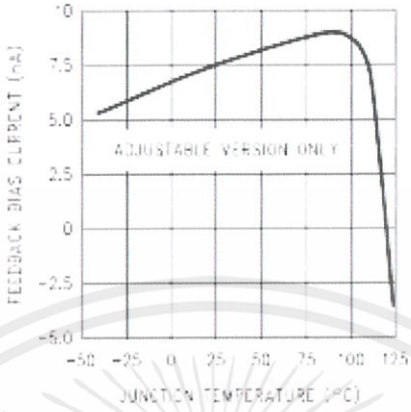
Switching Frequency



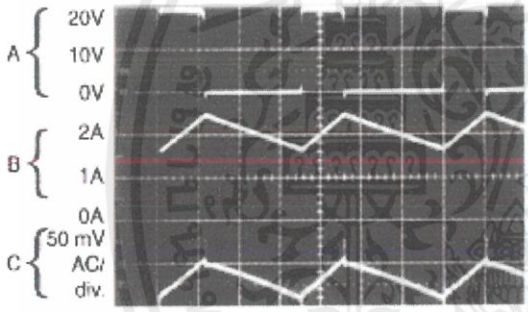
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS (Circuit of Figure 2)

Feedback Pin Bias Current



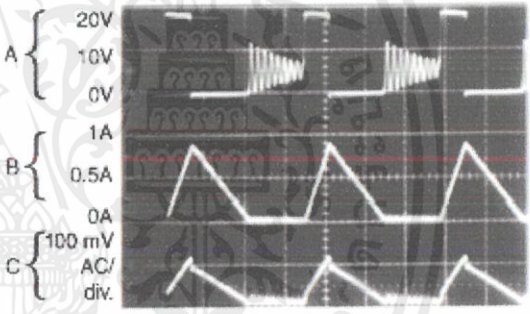
Continuous Mode Switching Waveforms
V_{IN} = 20V, V_{OUT} = 5V, I_{LOAD} = 2A
L = 32 µH, C_{OUT} = 220 µF, C_{OUT} ESR = 50 mΩ



Horizontal Time Base: 2 µs/div.

A: Output Pin Voltage, 10V/div
B: Inductor Current 1A/div
C: Output Ripple Voltage, 50 mV/div

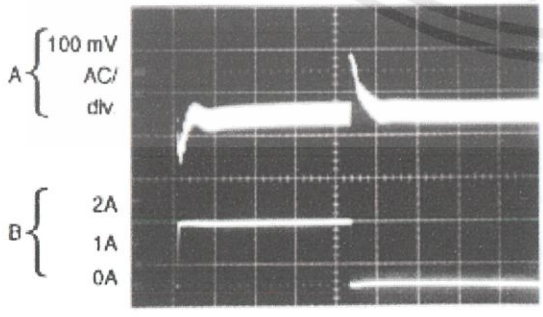
Discontinuous Mode Switching Waveforms
V_{IN} = 20V, V_{OUT} = 5V, I_{LOAD} = 500 mA
L = 10 µH, C_{OUT} = 330 µF, C_{OUT} ESR = 45 mΩ



Horizontal Time Base: 2 µs/div.

A: Output Pin Voltage, 10V/div
B: Inductor Current 0.5A/div
C: Output Ripple Voltage, 100 mV/div

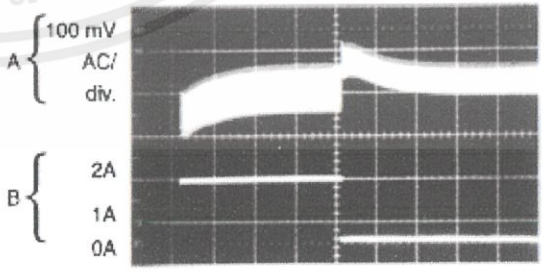
Load Transient Response for Continuous Mode
V_{IN} = 20V, V_{OUT} = 5V, I_{LOAD} = 500 mA to 2A
L = 32 µH, C_{OUT} = 220 µF, C_{OUT} ESR = 50 mΩ



Horizontal Time Base: 100 µs/div.

A: Output Voltage, 100 mV/div. (AC)
B: 500 mA to 2A Load Pulse

Load Transient Response for Discontinuous Mode
V_{IN} = 20V, V_{OUT} = 5V, I_{LOAD} = 500 mA to 2A
L = 10 µH, C_{OUT} = 330 µF, C_{OUT} ESR = 45 mΩ

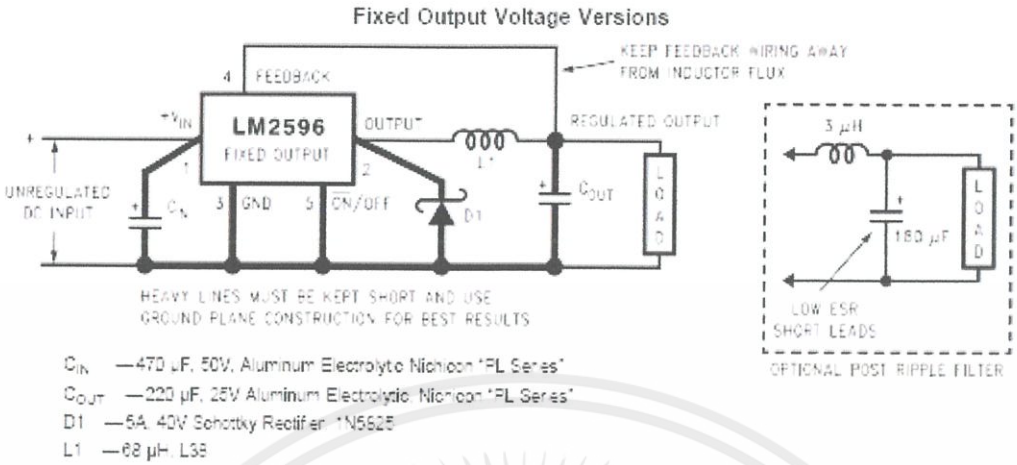


Horizontal Time Base: 200 µs/div.

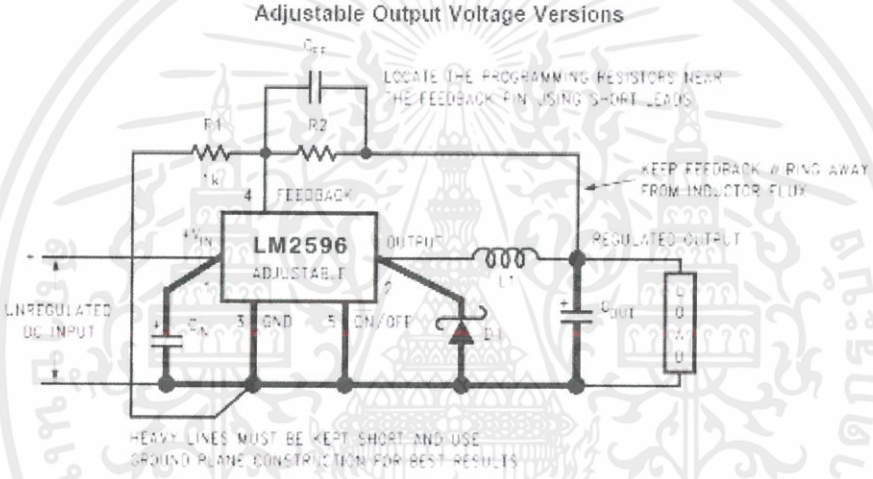
A: Output Voltage, 100 mV/div. (AC)
B: 500 mA to 2A Load Pulse

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Circuit and Layout Guidelines



C_{IN} —470 µF, 50V, Aluminum Electrolyte Nichicon "PL Series"
C_{OUT} —220 µF, 25V Aluminum Electrolytic Nichicon "PL Series"
D1 —5A, 40V Schottky Rectifier 1N5825
L1 —68 µH L38



$V_{OUT} = V_{REF}\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$ where $V_{REF} = 1.23V$ $R_2 = R_1\left(\frac{V_{OUT}}{V_{REF}} - 1\right)$

Select R_1 to be approximately 1 kΩ, use a 1% resistor for best stability.
C_{IN} —470 µF, 50V Aluminum Electrolyte Nichicon "PL Series"
C_{OUT} —220 µF, 25V Aluminum Electrolytic Nichicon "PL Series"
D1 —5A, 40V Schottky Rectifier, 1N5825
L1 —68 µH L38
R1 —1 kΩ, 1%
C_{FF} —See Application Information Section

Figure 2. Typical Test Circuits and Layout Guide

As in any switching regulator, layout is very important. Rapidly switching currents associated with wiring inductance can generate voltage transients which can cause problems. For minimal inductance and ground loops, the wires indicated by heavy lines should be wide printed circuit traces and should be kept as short as possible. For best results, external components should be located as close to the switcher IC as possible using ground plane construction or single point grounding.

If open core inductors are used, special care must be taken as to the location and positioning of this type of inductor. Allowing the inductor flux to intersect sensitive feedback, IC groundpath and COUT wiring can cause problems.

When using the adjustable version, special care must be taken as to the location of the feedback resistors and the associated wiring. Physically locate both resistors near the IC, and route the wiring away from the inductor, especially an open core type of inductor.

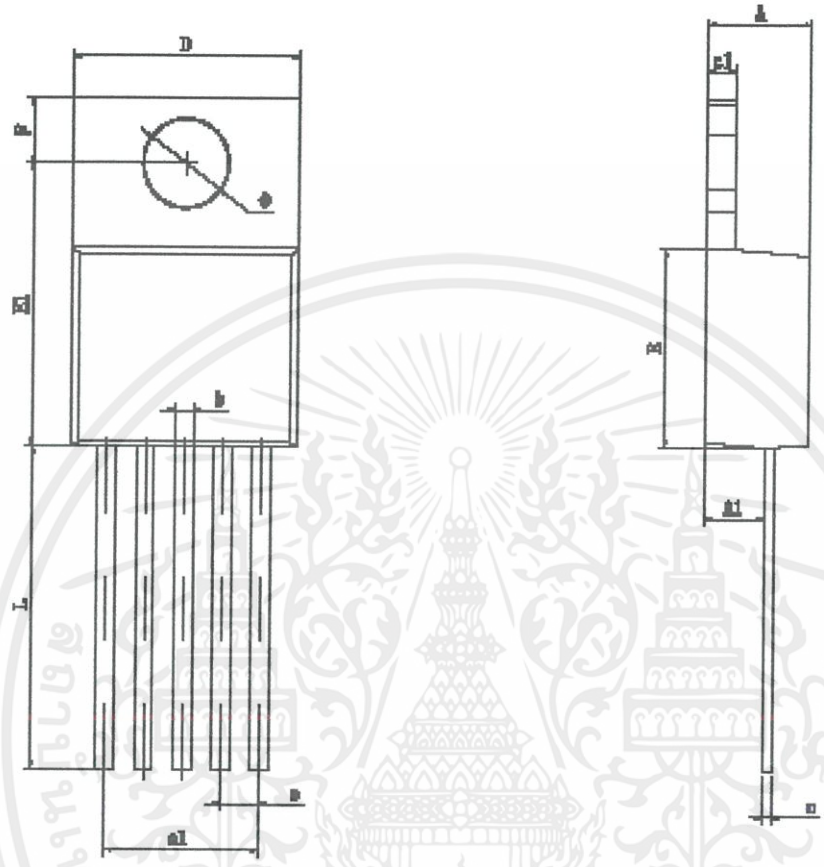
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIN FUNCTION DESCRIPTION

	Symbol	Description
1	Vin	This pin is the positive input supply for the LM2596 step–down switching regulator.In order to minimize voltage transients and to supply the switching currents needed by the regulator, a suitable input bypass capacitor must be present .(Cin in Figure 1).
2	Output	This is the emitter of the internal switch. The saturation voltage Vsat of this output switch is typically 1.5 V. It should be kept in mind that the PCB area connected to this pin should be kept to a minimum in order to minimize coupling to sensitive circuitry.
3	Gnd	Circuit ground pin. See the information about the printed circuit board layout.
4	Feedback	This pin senses regulated output voltage to complete the feedback loop. The signal is divided by the internal resistor divider network R2, R1 and applied to the non–inverting input of the internal error amplifier. In the Adjustable version of the LM2596 switching regulator this pin is the direct input of the error amplifier and the resistor network R2, R1 is connected externally to allow programming of the output voltage.
5	ON/OFF	It allows the switching regulator circuit to be shut down using logic level signals, thus dropping the total input supply current to approximately 80 mA. The threshold voltage is typically 1.4 V. Applying a voltage above this value (up to +Vin) shuts the regulator off. If the voltage applied to this pin is lower than 1.4V or if this pin is left open, the regulator will be in the "on" condition

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

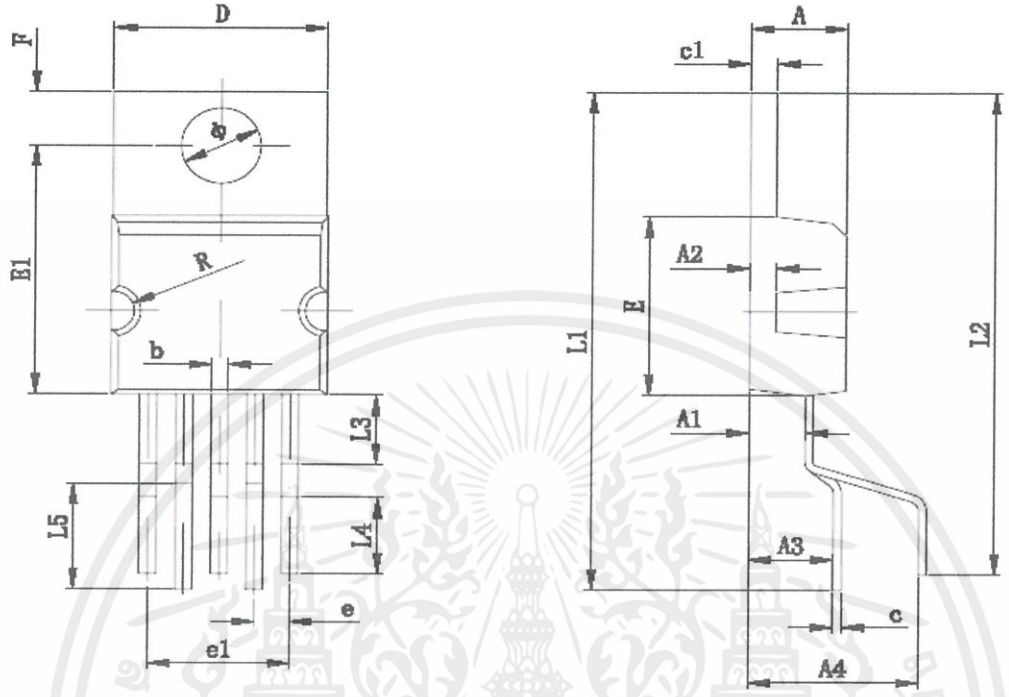
PACKAGES DIMENSION : TO220-5L



Symbol	Dimensions In Millimeters		Dimensions In Inches	
	Min	Max	Min	Max
A	4.470	4.670	0.176	0.184
A1	2.520	2.620	0.099	0.111
b	0.710	0.910	0.028	0.036
c	0.310	0.530	0.012	0.021
c1	1.170	1.370	0.046	0.054
D	9.650	10.150	0.386	0.400
E	8.200	8.600	0.323	0.339
E1	11.760	12.160	0.463	0.479
e	1.700TYP		0.067TYP	
e1	6.700	6.900	0.264	0.272
F	2.590	2.690	0.102	0.114
L	13.500	13.900	0.531	0.547
Φ	3.790	3.690	0.149	0.153

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

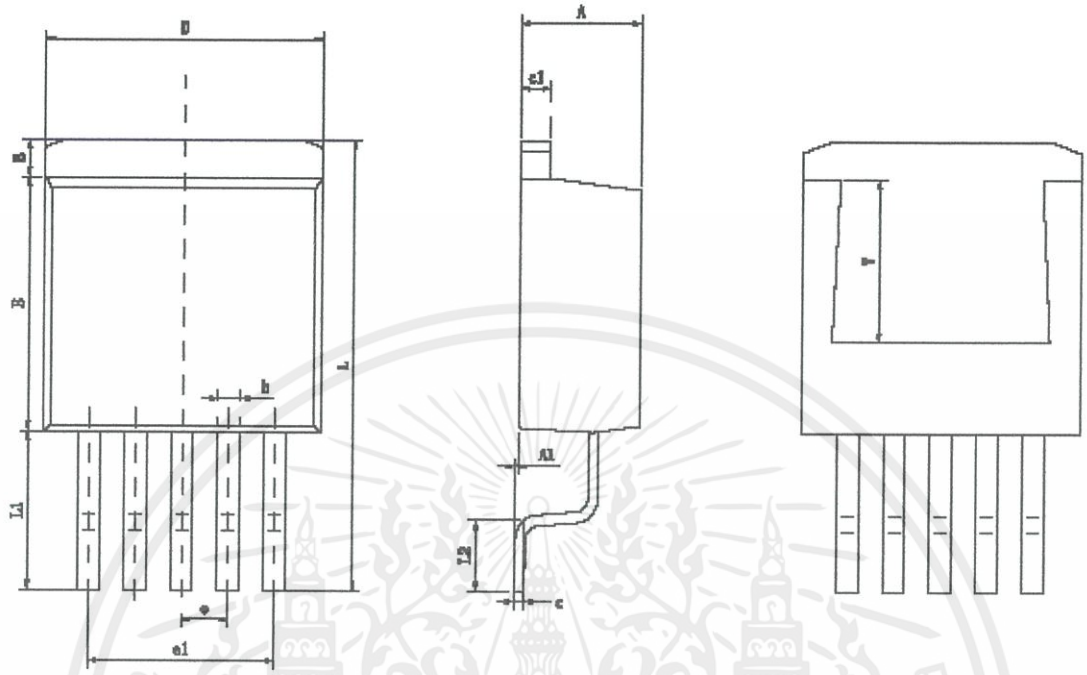
PACKAGES DIMENSION : TO220V-5L



Symbol	Dimensions In Millimeters		Dimensions In Inches	
	Min	Max	Min	Max
A	4.470	4.670	0.176	0.184
A1	2.520	2.820	0.099	0.111
A2	1.170	1.370	0.046	0.054
A3	4.250	4.550	0.167	0.179
A4	8.250	8.550	0.325	0.337
b	0.710	0.910	0.028	0.036
c	0.310	0.530	0.012	0.021
c1	1.170	1.370	0.046	0.054
D	10.010	10.310	0.394	0.406
E	8.900	9.300	0.350	0.366
E1	12.460	12.860	0.491	0.506
e	1.700TYP		0.220TYP	
e1	6.700	6.900	0.264	0.272
e2	3.300	3.500	0.130	0.138
F	2.590	2.890	0.102	0.114
L1	25.100	25.500	0.988	1.004
L2	24.300	24.700	0.957	0.972
L3	3.400	3.600	0.134	0.142
L4	3.800	4.000	0.150	0.157
L5	5.300	5.500	0.209	0.217
R	0.950	1.050	0.037	0.041
Φ	3.790	3.890	0.149	0.153

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PACKAGES DIMENSION : TO263-5L



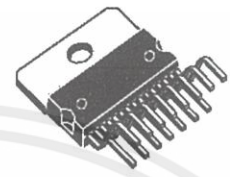
Symbol	Dimensions In Millimeters		Dimensions In Inches	
	Min	Max	Min	Max
A	4.470	4.670	0.176	0.184
A1	0.000	0.150	0.000	0.006
B	1.560	1.760	0.061	0.069
b	0.710	0.910	0.028	0.036
c	0.310	0.530	0.012	0.021
c1	1.170	1.370	0.046	0.054
D	9.880	10.180	0.389	0.401
E	8.200	8.600	0.323	0.339
e	1.700TYP		0.067TYP	
e1	6.700	6.900	0.264	0.272
L	15.140	15.540	0.596	0.612
L1	5.080	5.480	0.200	0.216
L2	2.340	2.740	0.092	0.108
V	5.600REF		0.220REF	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

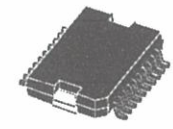
L298

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



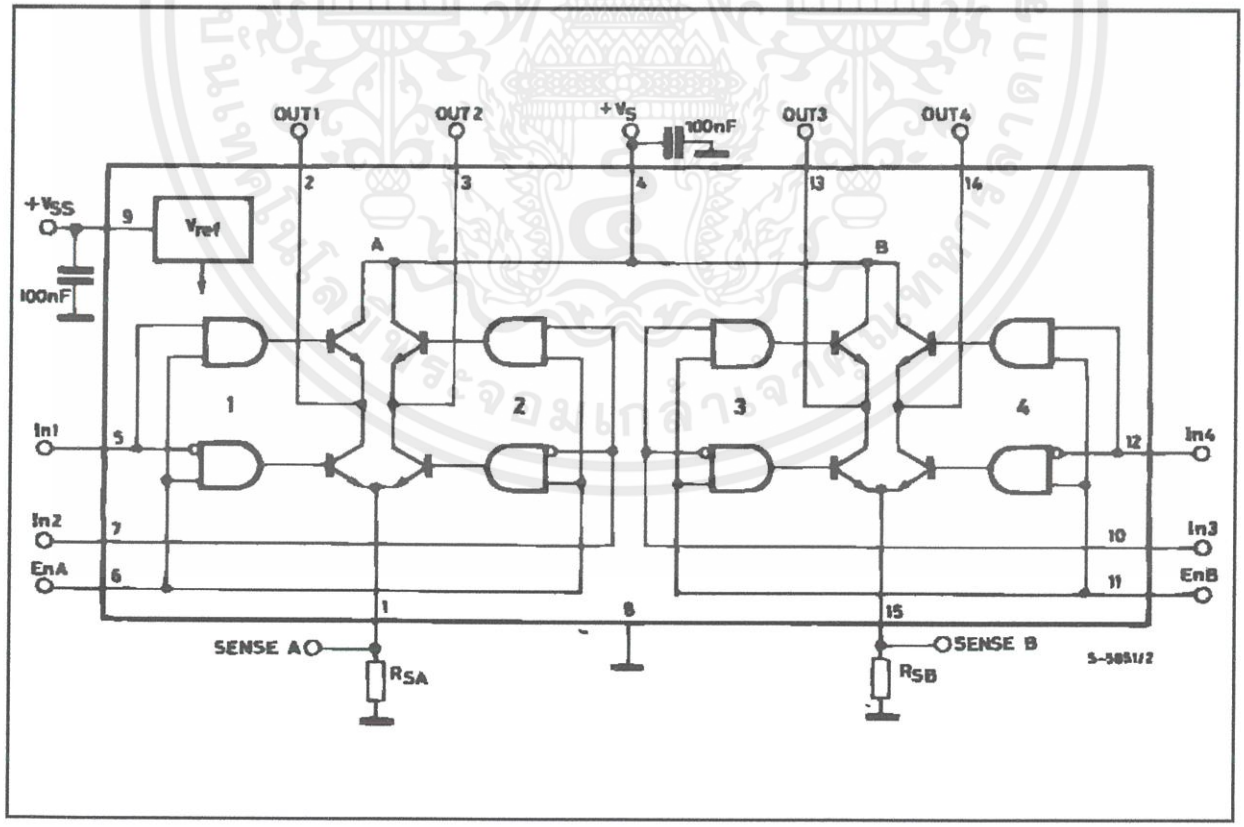
PowerSO20

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

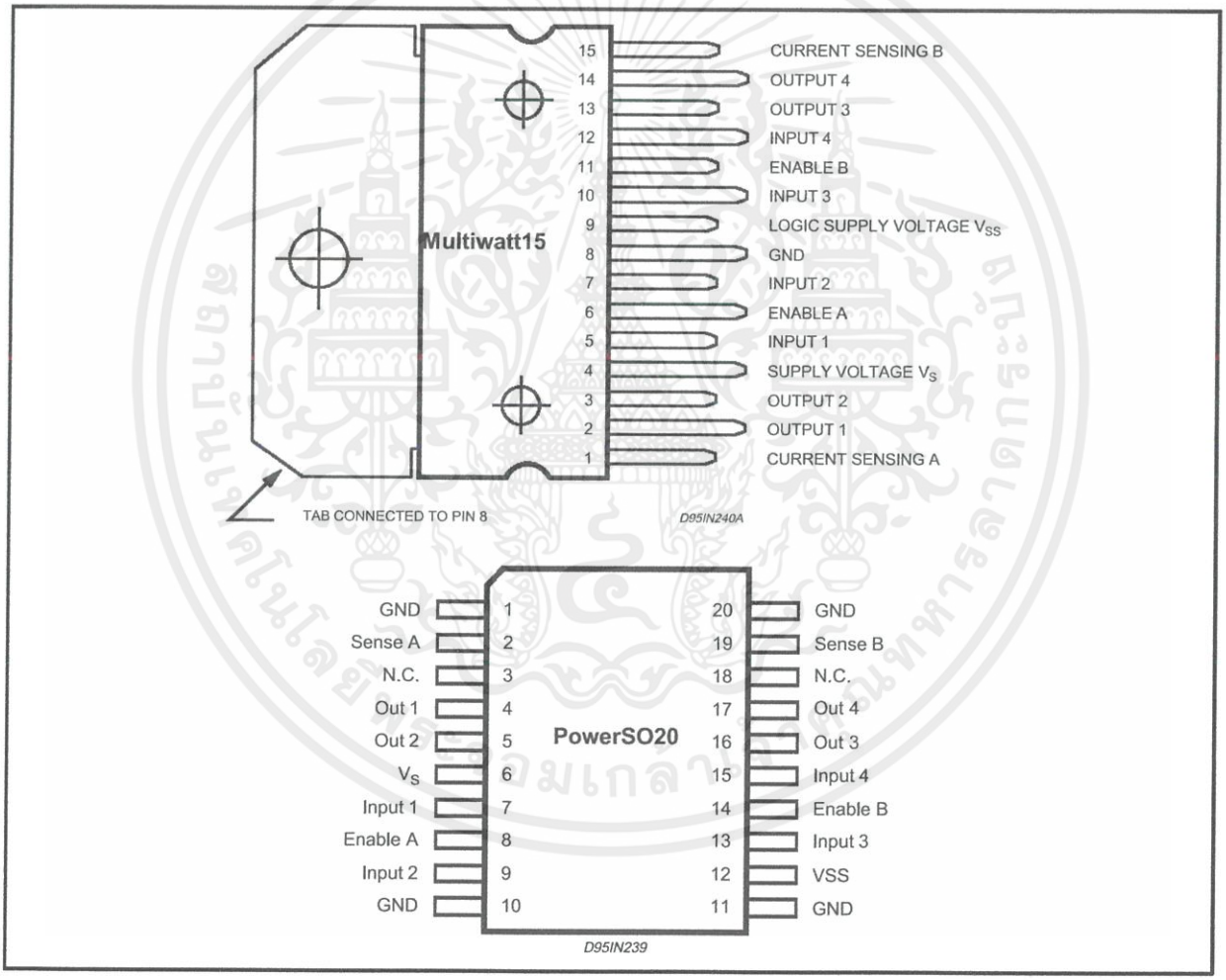


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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		13	22	mA
		V_i = H		50	70	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		24	36	mA
		V_i = H		7	12	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	0.95	1.35	1.7	V
		I_L = 2A		2	2.7	V
$V_{CEsat(L)}$	Sink Saturation Voltage	I_L = 1A (5)	0.85	1.2	1.6	V
		I_L = 2A (5)		1.7	2.3	V
V_{CEsat}	Total Drop	I_L = 1A (5)	1.80		3.2	V
		I_L = 2A (5)			4.9	V
V_{sens}	Sensing Voltage (pins 1, 15)		–1 (1)		2	V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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.

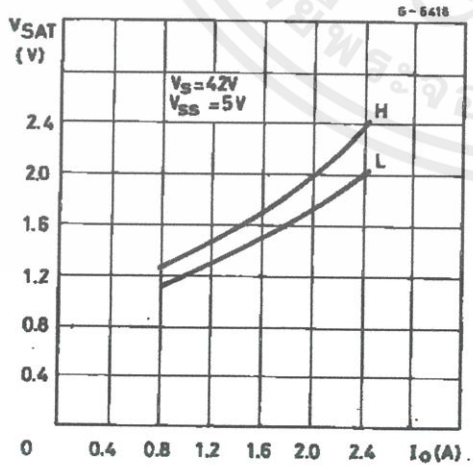
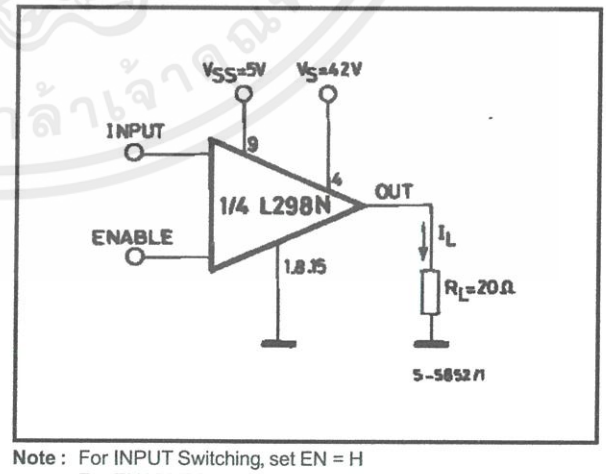


Figure 2 : Switching Times Test Circuits.



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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

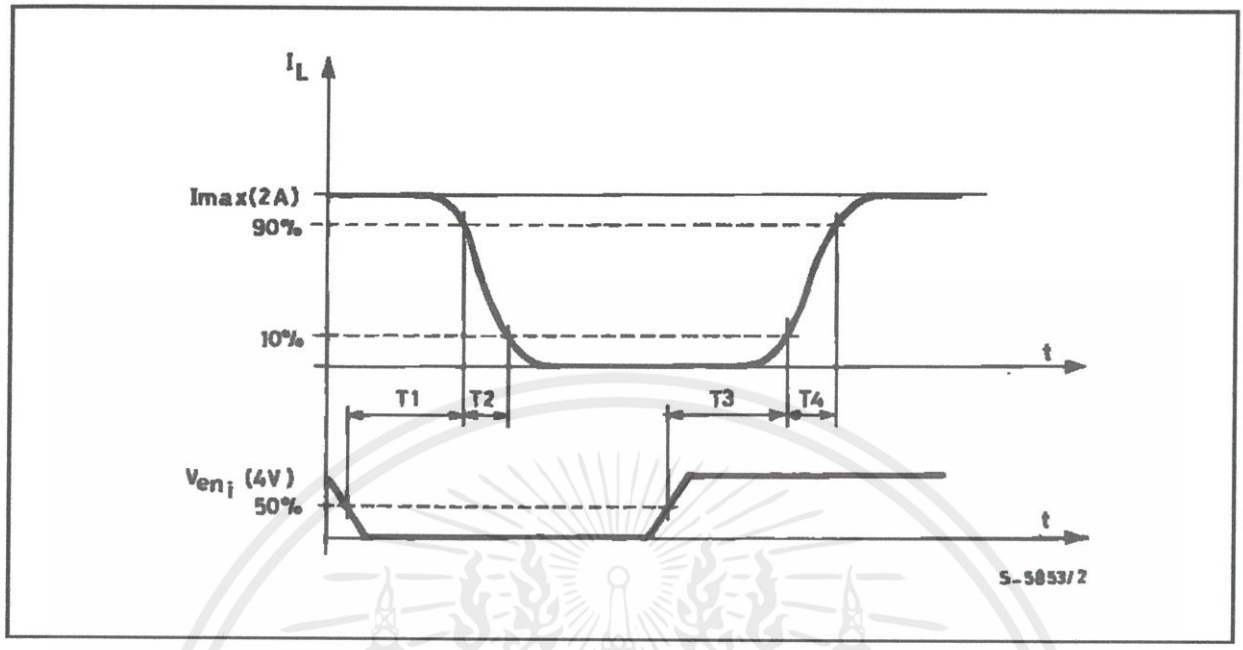
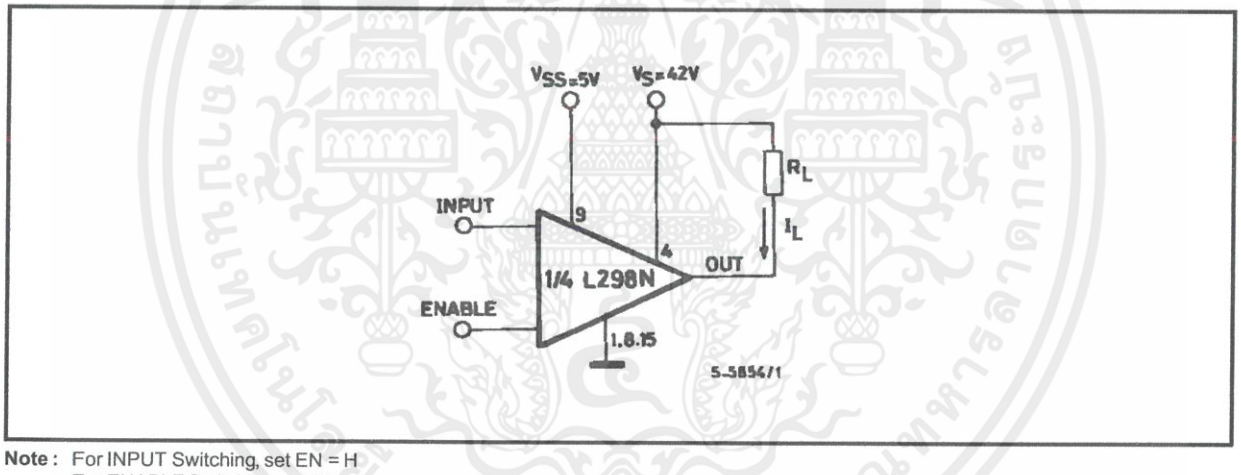


Figure 4 : Switching Times Test Circuits.



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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

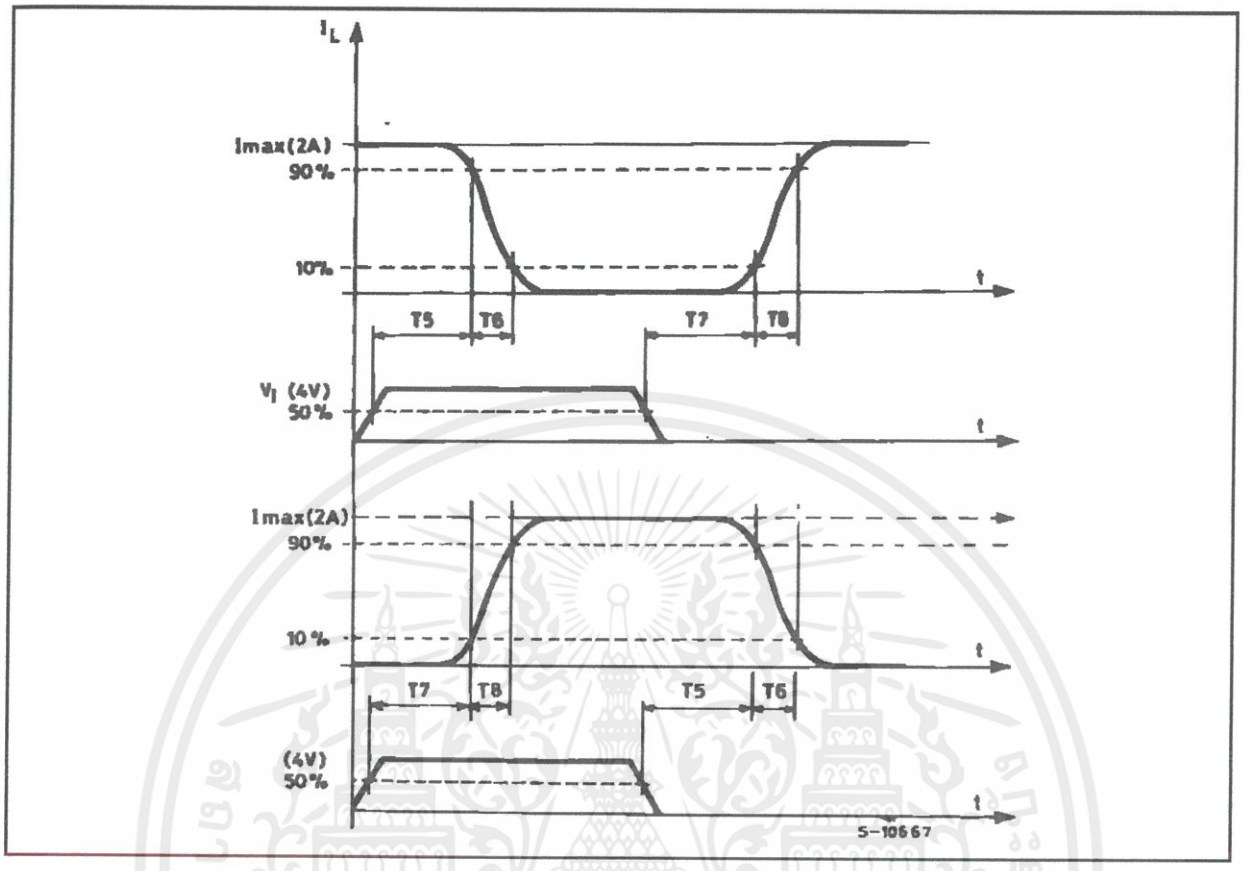
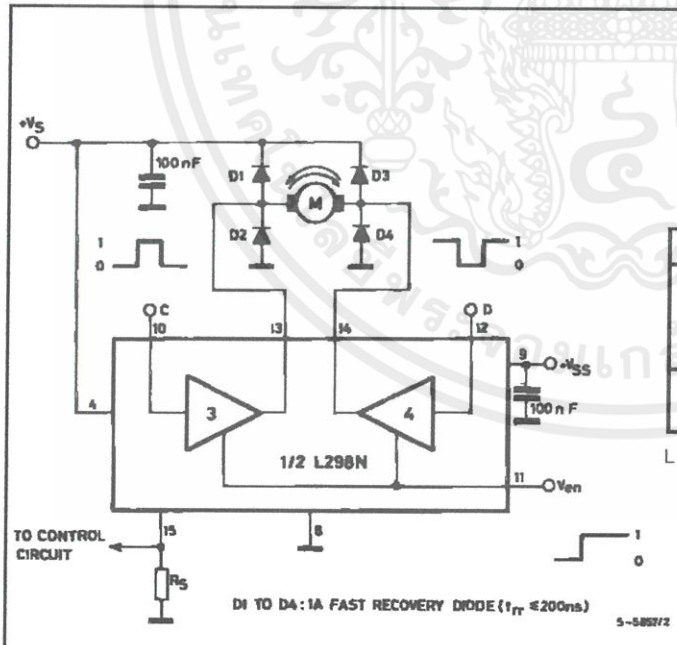


Figure 6 : Bidirectional DC Motor Control.

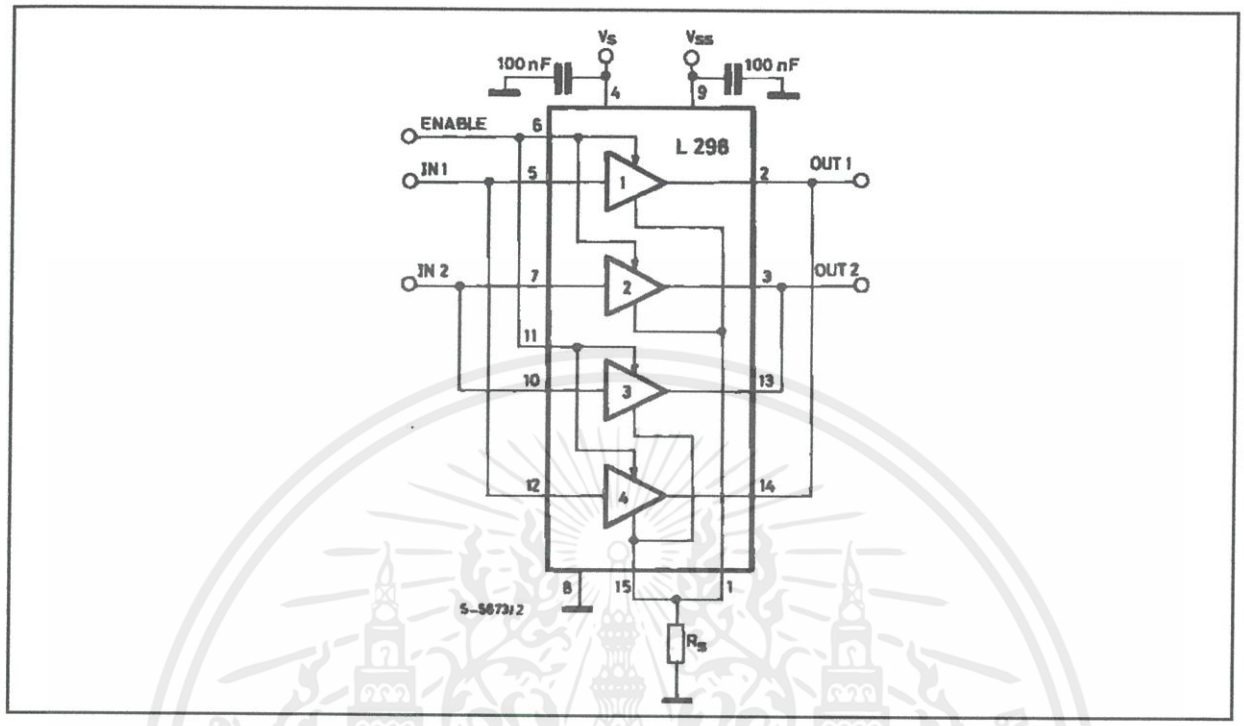


Inputs		Function
V_{en} = H	C = H ; D = L	Forward
	C = L ; D = H	Reverse
	C = D	Fast Motor Stop
V_{en} = L	C = X ; D = X	Free Running Motor Stop

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 7 : For higher currents, outputs can be paralleled. Take care to parallel channel 1 with channel 4 and channel 2 with channel 3.



APPLICATION INFORMATION (Refer to the block diagram)

1.1. POWER OUTPUT STAGE

The L298 integrates two power output stages (A ; B). The power output stage is a bridge configuration and its outputs can drive an inductive load in common or differenzial mode, depending on the state of the inputs. The current that flows through the load comes out from the bridge at the sense output : an external resistor (R_{SA} ; R_{SB}.) allows to detect the intensity of this current.

1.2. INPUT STAGE

Each bridge is driven by means of four gates the input of which are In1 ; In2 ; EnA and In3 ; In4 ; EnB. The In inputs set the bridge state when The En input is high ; a low state of the En input inhibits the bridge. All the inputs are TTL compatible.

2. SUGGESTIONS

A non inductive capacitor, usually of 100 nF, must be foreseen between both Vs and Vss, to ground, as near as possible to GND pin. When the large capacitor of the power supply is too far from the IC, a second smaller one must be foreseen near the L298.

The sense resistor, not of a wire wound type, must be grounded near the negative pole of Vs that must be near the GND pin of the I.C.

Each input must be connected to the source of the driving signals by means of a very short path.

Turn-On and Turn-Off : Before to Turn-ON the Supply Voltage and before to Turn it OFF, the Enable input must be driven to the Low state.

3. APPLICATIONS

Fig 6 shows a bidirectional DC motor control Schematic Diagram for which only one bridge is needed. The external bridge of diodes D1 to D4 is made by four fast recovery elements ($t_{rr} \leq 200$ nsec) that must be chosen of a VF as low as possible at the worst case of the load current.

The sense output voltage can be used to control the current amplitude by chopping the inputs, or to provide overcurrent protection by switching low the enable input.

The brake function (Fast motor stop) requires that the Absolute Maximum Rating of 2 Amps must never be overcome.

When the repetitive peak current needed from the load is higher than 2 Amps, a paralleled configuration can be chosen (See Fig.7).

An external bridge of diodes are required when inductive loads are driven and when the inputs of the IC are chopped; Shottky diodes would be preferred.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This solution can drive until 3 Amps In DC operation and until 3.5 Amps of a repetitive peak current.

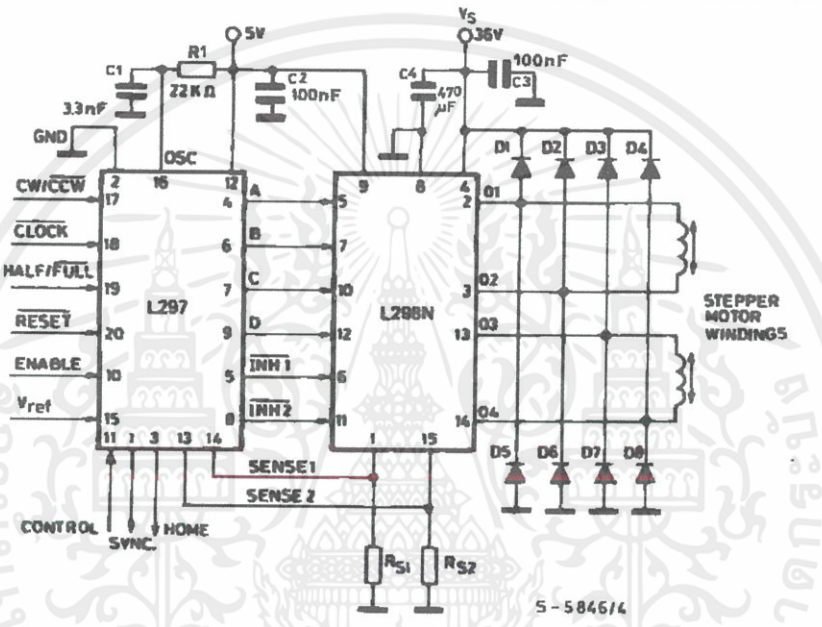
On Fig 8 it is shown the driving of a two phase bipolar stepper motor ; the needed signals to drive the inputs of the L298 are generated, in this example, from the IC L297.

Fig 9 shows an example of P.C.B. designed for the application of Fig 8.

Fig 10 shows a second two phase bipolar stepper motor control circuit where the current is controlled by the I.C. L6506.

Figure 8 : Two Phase Bipolar Stepper Motor Circuit.

This circuit drives bipolar stepper motors with winding currents up to 2 A. The diodes are fast 2 A types.



$R_{S1} = R_{S2} = 0.5\,\Omega$

D1 to D8 = 2 A Fast diodes { $V_F \leq 1.2$ V @ I = 2 A ; trr ≤ 200 ns

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 9 : Suggested Printed Circuit Board Layout for the Circuit of fig. 8 (1:1 scale).

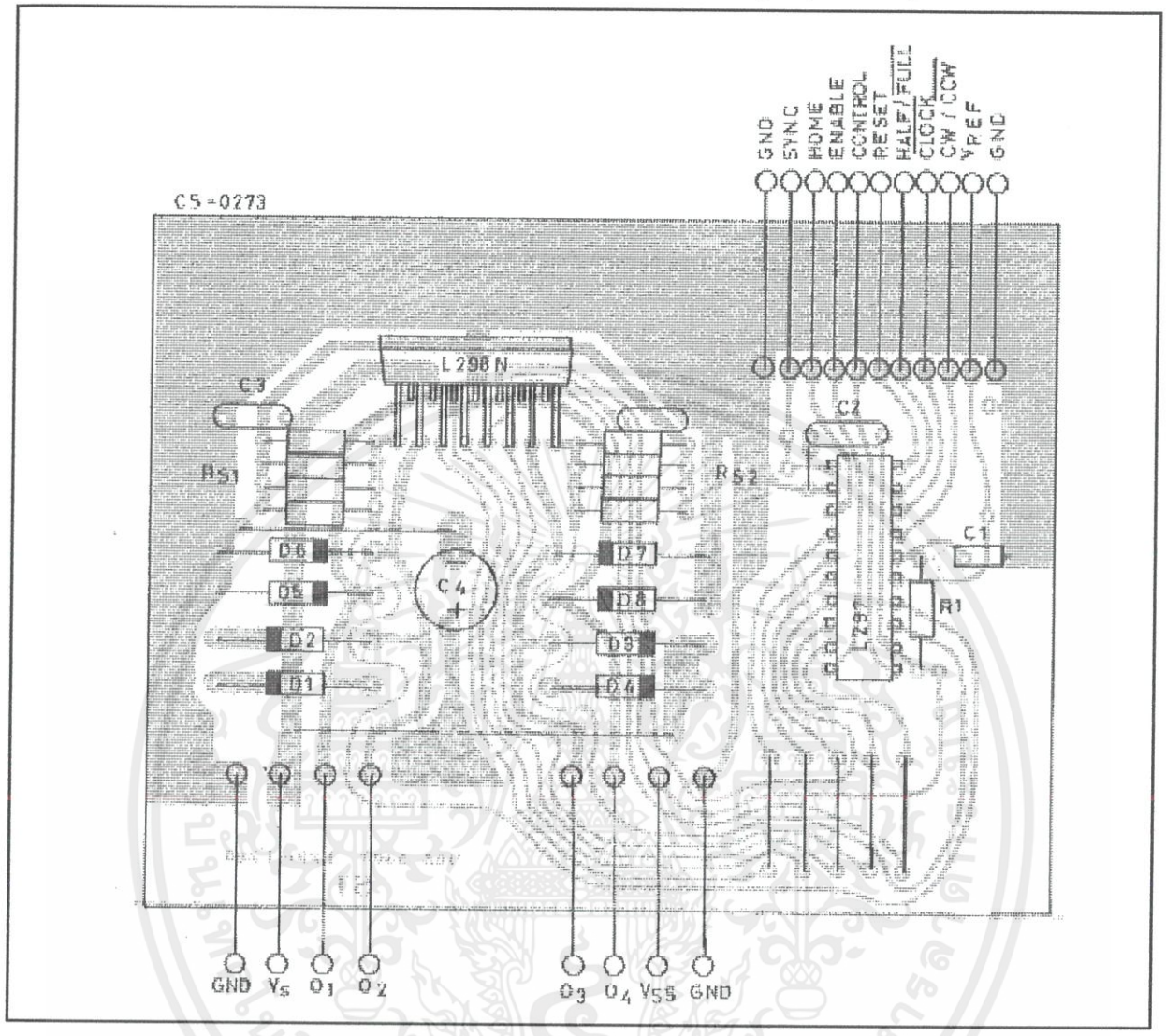
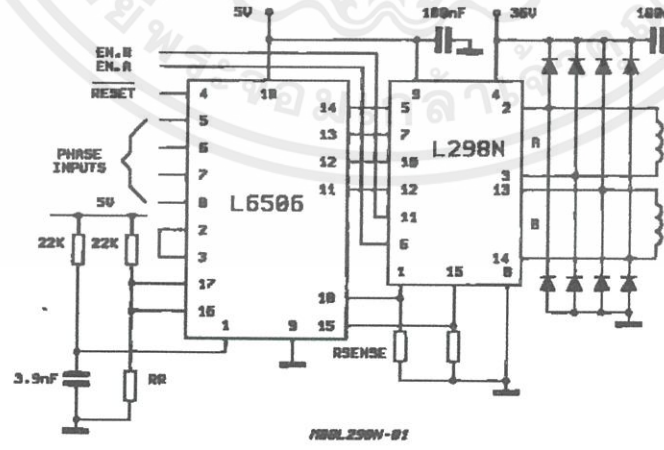


Figure 10 : Two Phase Bipolar Stepper Motor Control Circuit by Using the Current Controller L6506.

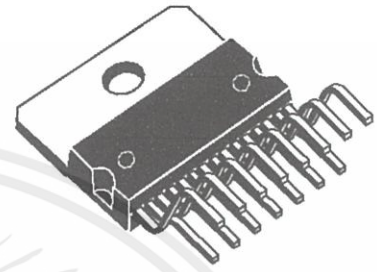


R_R and R_{sense} depend from the load current

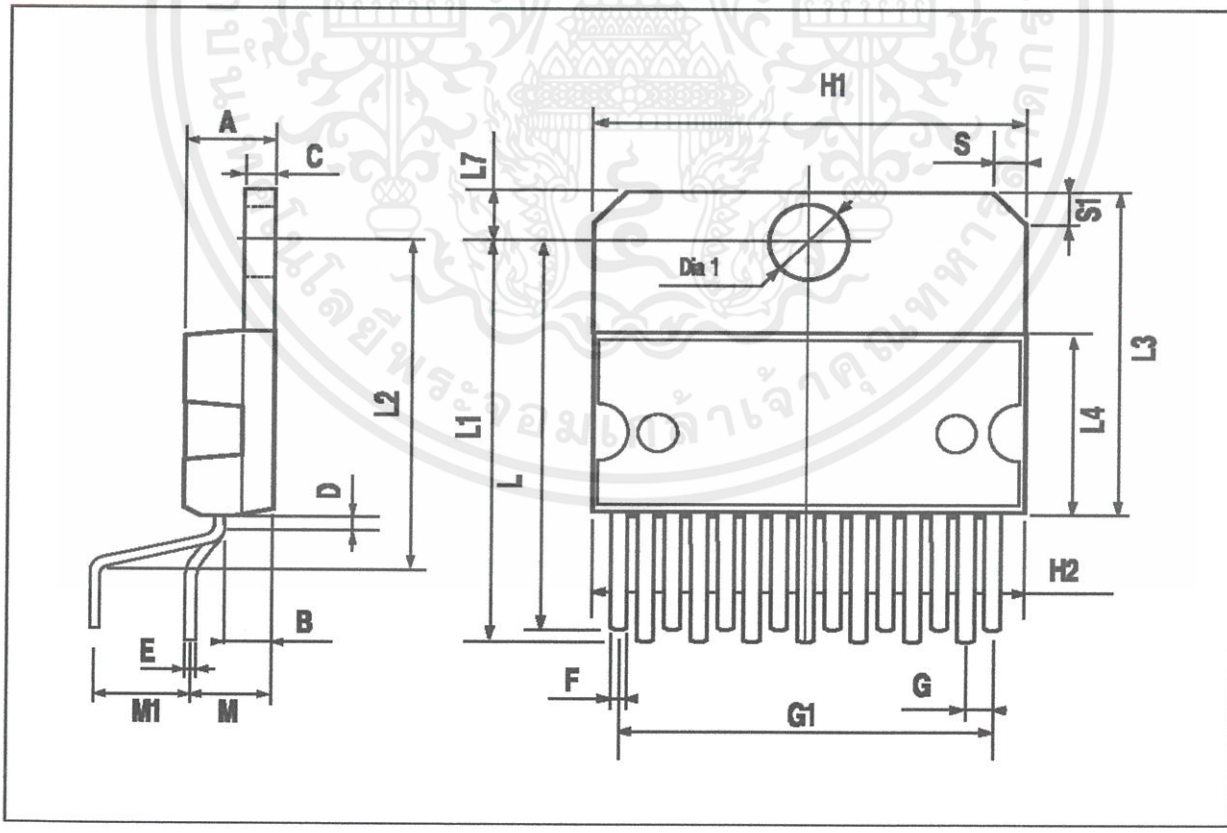
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			5			0.197
B			2.65			0.104
C			1.6			0.063
D		1			0.039	
E	0.49		0.55	0.019		0.022
F	0.66		0.75	0.026		0.030
G	1.02	1.27	1.52	0.040	0.050	0.060
G1	17.53	17.78	18.03	0.690	0.700	0.710
H1	19.6			0.772		
H2			20.2			0.795
L	21.9	22.2	22.5	0.862	0.874	0.886
L1	21.7	22.1	22.5	0.854	0.870	0.886
L2	17.65		18.1	0.695		0.713
L3	17.25	17.5	17.75	0.679	0.689	0.699
L4	10.3	10.7	10.9	0.406	0.421	0.429
L7	2.65		2.9	0.104		0.114
M	4.25	4.55	4.85	0.167	0.179	0.191
M1	4.63	5.08	5.53	0.182	0.200	0.218
S	1.9		2.6	0.075		0.102
S1	1.9		2.6	0.075		0.102
Dia1	3.65		3.85	0.144		0.152

OUTLINE AND MECHANICAL DATA



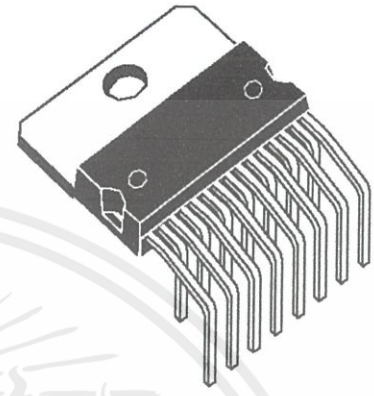
Multiwatt15 V



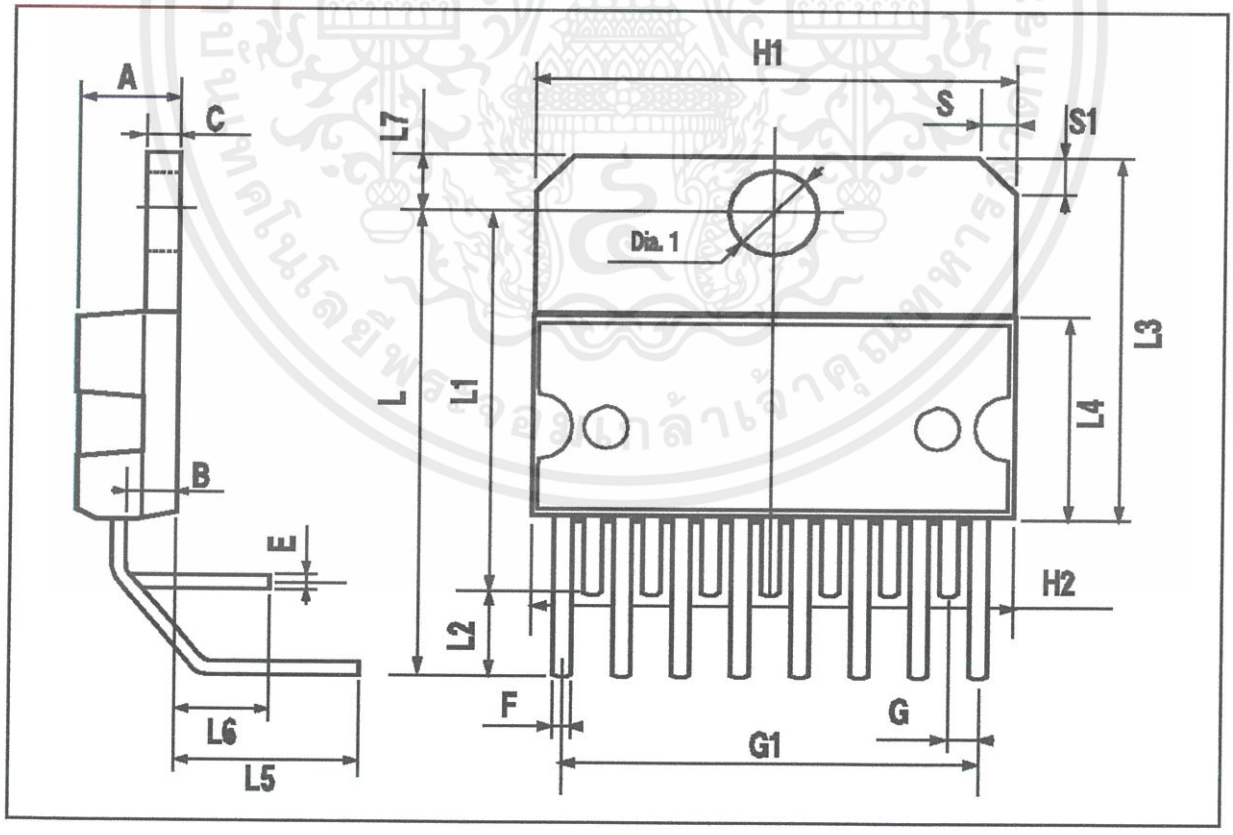
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			5			0.197
B			2.65			0.104
C			1.6			0.063
E	0.49		0.55	0.019		0.022
F	0.66		0.75	0.026		0.030
G	1.14	1.27	1.4	0.045	0.050	0.055
G1	17.57	17.78	17.91	0.692	0.700	0.705
H1	19.6			0.772		
H2			20.2			0.795
L		20.57			0.810	
L1		18.03			0.710	
L2		2.54			0.100	
L3	17.25	17.5	17.75	0.679	0.689	0.699
L4	10.3	10.7	10.9	0.406	0.421	0.429
L5		5.28			0.208	
L6		2.38			0.094	
L7	2.65		2.9	0.104		0.114
S	1.9		2.6	0.075		0.102
S1	1.9		2.6	0.075		0.102
Dia1	3.65		3.85	0.144		0.152

OUTLINE AND MECHANICAL DATA



Multiwatt15 H

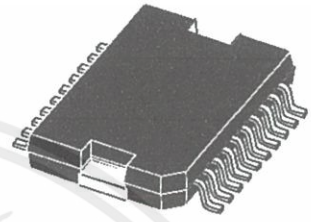


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			3.6			0.142
a1	0.1		0.3	0.004		0.012
a2			3.3			0.130
a3	0		0.1	0.000		0.004
b	0.4		0.53	0.016		0.021
c	0.23		0.32	0.009		0.013
D (1)	15.8		16	0.622		0.630
D1	9.4		9.8	0.370		0.386
E	13.9		14.5	0.547		0.570
e		1.27			0.050	
e3		11.43			0.450	
E1 (1)	10.9		11.1	0.429		0.437
E2			2.9			0.114
E3	5.8		6.2	0.228		0.244
G	0		0.1	0.000		0.004
H	15.5		15.9	0.610		0.626
h			1.1			0.043
L	0.8		1.1	0.031		0.043
N	10° (max.)					
S	8° (max.)					
T		10			0.394	

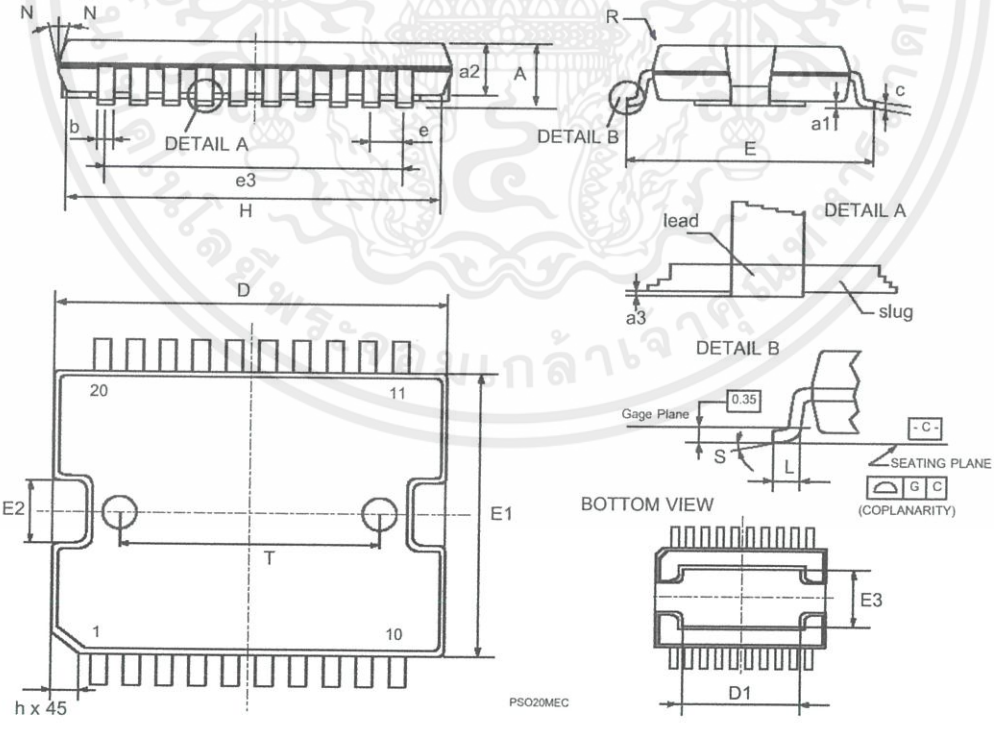
(1) "D and F" do not include mold flash or protrusions.
- Mold flash or protrusions shall not exceed 0.15 mm (0.006").
- Critical dimensions: "E", "G" and "a3"

OUTLINE AND MECHANICAL DATA



JEDEC MO-166

PowerSO20



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Information furnished is believed to be accurate and reliable. However, STMicroelectronics assumes no responsibility for the consequences of use of such information nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of STMicroelectronics. Specification mentioned in this publication are subject to change without notice. This publication supersedes and replaces all information previously supplied. STMicroelectronics products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without express written approval of STMicroelectronics.

The ST logo is a registered trademark of STMicroelectronics

© 2000 STMicroelectronics – Printed in Italy – All Rights Reserved

STMicroelectronics GROUP OF COMPANIES

Australia - Brazil - China - Finland - France - Germany - Hong Kong - India - Italy - Japan - Malaysia - Malta - Morocco - Singapore - Spain - Sweden - Switzerland - United Kingdom - U.S.A.

http://www.st.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้