เครื่องวัดขนาดไอซี
อัตโนมัติโดยใช้อุปกรณ์ถ่ายด้วยขนาดเล็ก

Automatic Integrated chip (IC) dimension tester

พฤฒพงศ์ พฤฒินันท์
PHRUTTHAPHONG PHRUTTINAN

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมยานยนต์
ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2557

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องวัดขนาดไอซี
อัตโนมัติโดยใช้อุปกรณ์ฝังตัวขนาดเล็ก
Automatic Integrated chip (IC) dimension tester

พฤฒพงศ์ พฤฒินันท์
PHRUTTHAPHONG PHRUTTHINAN

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 139476
วัน.เดือน.ปี..... 3 พ.ย. 2558
.b.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AUTOMATIC INTEGRATE CHIP(IC) DIMENSION TESTER

PHRUTTHAPHONG PHRUTTHINAN

THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN INFORMATION ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2014

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	เครื่องวัดขนาดไอซีอัตโนมัติโดยใช้อุปกรณ์ฝังตัวขนาดเล็ก
รายชื่อนักศึกษา	นาย พฤฒพงศ์ พฤฒินันท์ รหัสนักศึกษา 54010886
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ
พ.ศ.	2557
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์	รศ.ดร.อรรถสิทธิ์ หล่าสกุล
	อ.มนชนก ศรีเสือขาม

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้รับการอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

.....

(รศ.ดร.อรรถสิทธิ์ หล่าสกุล)

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ เครื่องวัดขนาดไอซีอัตโนมัติโดยใช้อุปกรณ์ฝังตัวขนาดเล็ก
รายชื่อนักศึกษา นาย พฤฒพงศ์ พฤฒินันท์ รหัสนักศึกษา 54010886
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมสารสนเทศ
พ.ศ. 2557
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ รศ.ดร.อรรถสิทธิ์ หล่าสกุล
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ร่วม อ.มนชนก ศรีเสือขาม

บทคัดย่อ

ปัจจุบัน ระบบการประมวลผลภาพนับว่า ได้มีการนำมาใช้ประโยชน์มากมายหลายด้าน เช่น ในกิจการการโทรคมนาคม โทรศัพท์ หรือในคอมพิวเตอร์ทั่วไป โดเฉพาะอย่างยิ่งในโรงงานอุตสาหกรรม ที่ใช้ในการตรวจสอบวัตถุต่างๆ เป็นต้น ในโครงงานนี้ ขอเสนอการนำเอาการประมวลผลภาพมาใช้ในการ วัดขนาดของตัวอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น ขนาดของตัวไอซี สำเร็จรูปในขนาดต่างๆ โดยการนำตัวประมวลผลขนาดเล็กและราคาถูก คือ บอร์ด Raspberry pi มาใช้งานเป็นตัวประมวลผลหลัก ทำงานด้านการประมวลผลภาพ ในความซับซ้อนที่ไม่มากนัก ทำงานร่วมกับ กล้อง webcam และอุปกรณ์ควบคุมอื่นๆอีกเล็กน้อย ก็จะได้เป็นเครื่องตรวจวัดขนาดไอซีราคาประหยัดได้ ดังนั้นตัวเครื่องจึงประกอบไปด้วย ส่วนของ Hardware คือตัวกล้องที่ติดตั้งบนระบบสายพานลำเลียง ซึ่งระบบจะทำงานแบบอัตโนมัติคือ ตั้งแต่การลำเลียง แผ่นถาดใส่อุปกรณ์เข้าสู่ตัวเครื่องเพื่อถ่ายภาพ จากนั้นเครื่องก็จะทำการตัดสินว่าขนาด ผ่าน/ไม่ผ่าน แล้วแสดงผลออกบอกผู้ใช้ถึงผลการตรวจสอบ จากนั้นก็ทำการลำเลียงอุปกรณ์ตัวต่อไปมาทำการตรวจสอบโดยอัตโนมัติเป็นวงรอบเช่นนี้เรื่อยๆ ต่อไป ดังนั้น เมื่อโครงงานนี้สามารถทำได้ตามเป้าหมายแล้ว ยังสามารถนำไปต่อยอดไปสู่การใช้งานตรวจสอบอื่นๆ อีกเช่น ชิ้นส่วนของอุปกรณ์รูปยนต์เหล่านี้เป็นต้น จึงคาดว่าน่าจะเป็นประโยชน์ต่อโรงงานหรือบริษัทต่างๆในวงการอิเล็กทรอนิกส์หรือยานยนต์ได้ในอนาคต เนื่องจากว่าการบำรุงรักษาและตัวราคาเครื่องที่ไม่แพงนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	AUTOMATIC INTEGRATE CHIP(IC) DIMENSION TESTER
Student	Mr. Phrutthaphong Phrutthinan Student ID. 54010886
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Information Engineering
Year	2014
Thesis Advisor	Assoc.Prof. Attasit lasakut
Thesis Co-Advisor	Miss Monchanok Srisuakam

ABSTRACT

Current imaging technology Have a role in human daily life more and more channels. It combines imaging technology and put it in the phone. Portable Computers the recognition Identification of access devices. In industry, it is usually used for pattern recognition purposed. In this project, we use digital image processing applied to decision the size of Integrate Circuit (ICs) or other component that can be used. By using small processor 32 bits such as Raspberry pi, the image processing can be achieved for some applications. We proposed the small system of IC's size inspection, which consist of Hardware of imaging system that installed on the belt moving system. This overall system will be tested for performance inspection that display in the end of report. We hope that, this project will be useful for company that using a lot of ICs for manufacturing. And this project can also be expanded to use to inspect other object such as vehicle component by changing the software detection algorithms. Moreover, this system can be implemented and maintenance easy which low cost.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จเรียบร้อยได้ด้วยดี เนื่องจากคณะผู้จัดทำได้รับความช่วยเหลือทางด้านคำปรึกษาทางวิชาการ หรือจะเป็นทางด้านอุปกรณ์ในการจัดทำโครงการมาเป็นดี จากท่านอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ รองศาสตราจารย์ ดร.อรรถสิทธิ์ หล่าสกุล ซึ่งปริญญานิพนธ์นี้จะไม่สำเร็จลุล่วงได้เลย ถ้าไม่มีท่านอาจารย์คอยให้คำแนะนำและช่วยเหลือ พระคุณของอาจารย์ คณะผู้จัดทำขอขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณครอบครัวที่เป็นกำลังใจในการทำงาน เป็นแรงผลักดันไม่ให้ย่อท้อต่ออุปสรรคที่เจอเสมอมา รวมทั้งขอขอบคุณ พี่ๆน้องๆทุกคนที่เป็นกำลังกำลังใจ พร้อมทั้งให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ มาโดยตลอด

สุดท้ายขอขอบคุณ เพื่อนๆภาค และเพื่อนต่างภาคที่ค่อยช่วยเหลือกันไม่ทอดทิ้งกัน แล้วสละเวลามาช่วยอยู่ตลอดเวลา เป็นกำลังใจในยามเหนื่อย และขอขอบคุณ ทุกท่านที่มีส่วนร่วมทำให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

พฤฒพงศ์ พฤฒินันท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
สารบัญตาราง VII
สารบัญรูป VIII

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1
1.2 จุดประสงค์ 1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน 2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 2
1.5 อุปกรณ์ที่ต้องใช้ 2
1.5.1 ฮาร์ดแวร์ (Hardware) 2
1.5.2 ซอฟต์แวร์ (Software) 3
1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน 4

บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ 5
2.1 Raspberry Pi 2 Model B 5
2.2 การประมวลผลภาพ 7
2.3 Matlab with Image Processing 10
2.4 ซอฟต์แวร์และไลบรารี่ที่ใช้กันในงานด้านการประมวลผลภาพ 11
2.5 ความรู้พื้นฐานด้านการประมวลผลภาพดิจิตอล 12
2.6 การจัดแสงแบบไฟลบเงา (Fill Light) 13
2.7 การหาค่าฮิสโตแกรมของวัตถุภาพ (Edge Detection Histogram) 14
2.8 วิธีการหาขอบภาพ (Edge Detection) 14
2.9 ระบบสายพานลำเลียง (Conveyor belt System) 19
2.10 ระบบการเคลื่อนที่ 21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

3.1 ภาพรวมของระบบ....22
3.2 ส่วนของขบวนการฮาร์ดแวร์....23
3.3 ส่วนของขบวนการซอฟต์แวร์ในการวิเคราะห์ภาพ....24
3.4 ซอฟต์แวร์และไลบรารี่ที่ใช้กันในงานด้านการประมวลผลภาพ....24
3.5 ลำดับขั้นตอนการทำงานโดยรวมของโครงงาน....28

บทที่ 4 ผลการทดลอง

4.2 ผลการทดลองการทำงานของระบบขับเคลื่อน + ระบบประมวลผล (python)....34
4.3 ผลที่ได้จากาการวิเคราะห์ภาพ จากโปรแกรม Python....35
4.4 การตรวจวัดแบบ แนว 90 องศา, 270 องศา ไอซี ICL7106CPLZ P0535BCK8....38
4.5 การตรวจวัดแบบ แนว 0 องศา, 180 องศา ไอซี ICL7106CPLZ P0535BCK8....39
4.6 การตรวจวัดแบบ แนว 135 องศา, 315 องศา ไอซี ICL7106CPLZ P0535BCK8....40
4.7 การตรวจวัดแบบ แนว 45 องศา, 225 องศา ไอซี ICL7106CPLZ P0535BCK8....41
4.8 การตรวจวัดแบบ แนว 0 องศา, 180 องศา ไอซีw29c020-12....42
4.9 การตรวจวัดแบบ แนว 90 องศา, 180 องศา ไอซีw29c020-12....43
4.10 การตรวจวัดแบบ แนว 135 องศา, 315 องศา ไอซี w29c020-12....44
4.11 การตรวจวัดแบบ แนว 45 องศา, 255 องศา ไอซี w29c020-12....45
4.12 การตรวจวัดแบบ แนว 0 องศา, 180 องศา ไอซี HM6116LP-3....46
4.13 การตรวจวัดแบบ แนว 90 องศา, 270 องศา ไอซี HM6116LP-3....47
4.14 การตรวจวัดแบบ แนว 135 องศา, 315 องศา ไอซี HM6116LP-3....48
4.15 การตรวจวัดแบบ แนว 45 องศา, 255 องศา ไอซี HM6116LP-3....49
4.16 การตรวจวัดแบบ แนว 90 องศา, 270 องศา ไอซี SN74LS373N XXC09034....50
4.17 การตรวจวัดแบบ แนว 45 องศา, 255 องศา ไอซี SN74LS373N XXC09034....51
4.18 การตรวจวัดแบบ แนว 135 องศา, 315 องศา ไอซี SN74LS373N XXC09034....52
4.19 การตรวจวัดแบบ แนว 0 องศา, 180 องศา ไอซี SN74LS373N XXC09034....53
4.20 การตรวจวัดไอซี EPM7128SLC84-15 W BEJ240249A....54
4.21 การตรวจวัดไอซี 35D9R0T TUSB3210PM....55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง.....57

5.2 ปัญหาและอุปสรรค.....57

5.3 แนวทางการพัฒนา.....60

บรรณานุกรม 61

ภาคผนวก ก วิธีการใช้งานของระบบ .....

ภาคผนวก ข Data Sheet .....

ภาคผนวก ค Source Code .....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1.1 ตารางเวลา....4
4.1 การตรวจวัดแบบ แนว 90 องศา, 270 องศา (หมายเลข ICL7106CPLZ P0535BCK8) 38
4.2 การตรวจวัดแบบ แนว 0 องศา, 180 องศา (หมายเลข ICL7106CPLZ P0535BCK8) 39
4.3 การตรวจวัดแบบ แนว 135 องศา, 315 องศา (หมายเลข ICL7106CPLZ P0535BCK8) 40
4.4 การตรวจวัดแบบ แนว 45 องศา, 225 องศา (หมายเลข ICL7106CPLZ P0535BCK8) 41
4.5 การตรวจวัดแบบ แนว 0 องศา, 180 องศา (Winbond หมายเลข w29c020-12)....42
4.6 การตรวจวัดแบบ แนว 90 องศา, 180 องศา (Winbond หมายเลข w29c020-12)....43
4.7 การตรวจวัดแบบ แนว 135 องศา, 315 องศา (Winbond หมายเลข w29c020-12)....44
4.8 การตรวจวัดแบบ แนว 45 องศา, 255 องศา (Winbond หมายเลข w29c020-12)....45
4.9 การตรวจวัดแบบ แนว 0 องศา, 180 องศา (MALAYSIA 9020 HM6116LP-3)....46
4.10 การตรวจวัดแบบ แนว 90 องศา, 270 องศา (MALAYSIA 9020 HM6116LP-3)....47
4.11 การตรวจวัดแบบ แนว 135 องศา, 315 องศา (MALAYSIA 9020 HM6116LP-3)....48
4.12 การตรวจวัดแบบ แนว 45 องศา, 255 องศา (MALAYSIA 9020 HM6116LP-3)....49
4.13 การตรวจวัดแบบ แนว 90 องศา, 270 องศา (หมายเลข SN74LS373N XXC09034)....50
4.14 การตรวจวัดแบบ แนว 45 องศา, 255 องศา (หมายเลข SN74LS373N XXC09034)....51
4.15 การตรวจวัดแบบ แนว 135 องศา, 315 องศา (หมายเลข SN74LS373N XXC09034)....52
4.16 การตรวจวัดแบบ แนว 0 องศา, 180 องศา (หมายเลข SN74LS373N XXC09034) 53
4.17 การตรวจวัดแบบ แนว 0 องศา, 90 องศา, 180 องศา, 270 องศา ALTERA MAX....54
4.18 การตรวจวัดแบบ แนว 0 องศา, 90 องศา, 180 องศา, 270 องศา TUSB3210PM....55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 บอร์ด Raspberry Pi 6
2.2 ส่วนประกอบบอร์ด 6
2.3 คอนเน็คเตอร์สำหรับเชื่อมต่ออินพุตเอาต์พุต 7
2.4 ขั้นตอนการประมวลผล 7
2.5 การบีบอัดภาพ 8
2.6 การปรับปรุงคุณภาพภาพ 8
2.7 Restoration 8
2.8 Image Analysis 9
2.9 ภาพถ่ายจากเครื่อง MRI 9
2.10 ภาพถ่ายจากเครื่อง CT SCAN 9
2.11 โมเดล 3 มิติสังเคราะห์จากภาพถ่ายเครื่อง 9
2.12 logo SimpleCV 10
2.13 ผลลัพธ์ SimpleCV 10
2.14 Pixel 11
2.15 Pixel ที่ทำการ zoom 11
2.16 การแปลงภาพเป็นภาพขาวดำ 12
2.17 ระบบสี Grayscale 12
2.18 การถ่ายแบบไม่มีการจัดแสง 13
2.19 การถ่ายแบบมีการจัดแสง 13
2.20 การจัดแสงในทฤษฎี 13
2.21 การจัดแสงในที่ออกแบบไว้ 13
2.22 ตัวอย่างการหาขอบด้วยวิธี Gradient 15
2.23 การกำหนดค่า Threshold 15
2.24 การหาขอบด้วยวิธี Lapacian 16
2.25 ขั้นตอนวิธีการหาขอบโดยวิธี Canny 16
2.26 สายพานลำเลียงขนาดเล็ก 19
2.27 สายพานลำเลียงขนาดใหญ่ 19
2.28 แผ่นปะเก็น 19
2.29 ลูกกลิ้งลำเลียง 20

เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

2.30 สายพานลิ่ม (V-Belt) 21
2.31 มอเตอร์ DC 12V 21
3.1 แสดงภาพรวมการทำงานของเครื่อง 22
3.2 ภาพรวมคร่าวๆของเครื่องตรวจวัดขนาดอุปกรณ์วงจรรวม (IC) 23
3.3 การออกแบบโครงสร้าง 24
3.4 ภาพระบบประมวลผลภาพโดยทั่วไป 25
3.5 แสดงผลการหาขอบภาพ 26
3.6 แสดงวิธีการที่นำเสนอ 26
3.7 แสดงจุดศูนย์กลางและเส้นรอบจุดศูนย์ในทุกองศา 27
3.8 แสดงภาพที่ได้หาเส้นผ่านศูนย์กลางของทั้งสองด้านของวัตถุที่ต้องการวัดขนาด 27
4.1 ภาพวัตถุ (ไอซี) 29
4.2 ภาพสองระดับ 30
4.3 วิธี Erode + Dilation 30
4.4 วิธีการ Candy Edge + หาจุด Centroid 31
4.5 หาระยะความยาว 31
4.6 หาระยะความยาวทีละจุดเรื่อยๆถึง 360 องศา 32
4.7 กราฟแสดงค่ามุมกับระยะจากจุด Centroid ไปถึงขอบภาพ 32
4.8 วาดมุมลงที่ละจุด 33
4.9 คำนวณหาพื้นที่ 33
4.10 ไอซีอยู่ในถาดที่เตรียมไว้ 34
4.11 ถาดเคลื่อนที่ 34
4.12 ถาดหยุด ณ จุดที่กำหนดไว้ 35
4.13 วัตถุ (ไอซี) ที่จะทำการตรวจวัด 35
4.14 ถ่ายวัตถุ (ไอซี) ที่จะทำการตรวจวัด 36
4.15 ภาพวัตถุ (ไอซี) แบบภาพสองระดับ 36
4.16 ภาพวัตถุ (ไอซี) ที่ผ่านการ Candy Edge 37
4.17 คำนวณหาผลลัพธ์ 37
4.18 ICL7106CPLZ แนว 90 องศา, 270 องศา 38
4.19 ICL7106CPLZ แนว 0 องศา, 180 องศา 39
4.20 ICL7106CPLZ แนว 135 องศา, 315 องศา 40
4.21 ICL7106CPLZ แนว 45 องศา, 225 องศา 41
4.22 Winbond แนว 0 องศา, 180 องศา 42
4.23 Winbond แนว 90 องศา, 180 องศา 43
4.24 Winbond แนว 135 องศา, 315 องศา 44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

4.25 Winbond แนว 45 องศา, 255 องศา 45
4.26 MALAYSIA แนว 45 องศา, 255 องศา 46
4.27 MALAYSIA แนว 90 องศา, 270 องศา 47
4.28 MALAYSIA แนว 135 องศา, 315 องศา 48
4.29 MALAYSIA แนว 45 องศา, 255 องศา 49
4.30 SN74LS373N แนว 90 องศา, 270 องศา 50
4.31 SN74LS373N แนว 45 องศา, 255 องศา 51
4.32 SN74LS373N แนว 135 องศา, 315 องศา 52
4.33 SN74LS373N แนว 0 องศา, 180 องศา 53
4.34 ALTERA แนว 0 องศา, 90 องศา, 180 องศา, 270 องศา 54
4.35 35D9R0T แนว 0 องศา, 90 องศา, 180 องศา, 270 องศา 55
5.1 ภาพวัตถุ (ไอซี) ที่แสงไม่เพียงพอ 58
5.2 ภาพสองระดับที่แสงไม่เพียงพอ 58
5.3 การคำนวณที่ผิดพลาดของตัวโปรแกรม 59
5.4 ปัญหาไอซีบางตัววัดไม่ได้ 59
5.5 ปัญหาของบางชิ้นหาไม่มีขายตามท้องตลาด 60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ปัจจุบันเทคโนโลยีการถ่ายภาพ ได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของมนุษย์มากขึ้นเรื่อยๆ ไม่ว่าจะเป็นการรวมเทคโนโลยีถ่ายภาพมาใส่ไว้ในโทรศัพท์มือถือ คอมพิวเตอร์แบบพกพา การจดจำเจ้าของ การจำแนกบุคคลที่เข้าถึงอุปกรณ์ต่างๆ ในกลุ่มอุตสาหกรรมก็มีการนำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความสะดวก ในการทำงานเราเรียกเทคโนโลยีนี้ว่า กระบวนการประมวลผลภาพ และยังสามารถประยุกต์ใช้ในหลายๆ งานที่เทคนิคอื่นทำได้ยาก โดยเฉพาะในด้านการตรวจสอบ ผลิตภัณฑ์ ดังนั้น จึงมีการประยุกต์ใช้งานในภาคอุตสาหกรรมกันอย่างหลากหลาย เช่น การตรวจ-สอบฉลากผลิตภัณฑ์ การตรวจสอบสีของผลิตภัณฑ์ การตรวจสอบตำแหน่ง และขนาดของผลิตภัณฑ์ การใช้กระบวนการประมวลผลภาพในการคัดลอก โมเดลจากผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่ การวัดขนาดของวัสดุ การอ้างอิงตำแหน่ง เช่น การกำหนดตำแหน่งใน การเชื่อมการกำหนดตำแหน่งในการขันสกรู การกำหนดตำแหน่งในการประกอบเทคนิคประมวลผลภาพ ยังมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เช่น การพัฒนาเทคนิคเพื่อให้สามารถประมวลผลได้เร็ว และถูกต้องยิ่งขึ้น การพัฒนาฮาร์ดแวร์ ที่ใช้ให้มีขนาดเล็กลง การรวมเทคนิคประมวลผลภาพ เข้ากับเทคนิคอื่น ๆ จนกลายเป็น สมองกลประดิษฐ์ (artificial intelligence) ที่สามารถคิดและ ตัดสินใจได้ใกล้เคียงกับมนุษย์ และเชื่อได้ว่าในอนาคต ประมวลผลภาพจะเข้ามามีบทบาทกับการดำรงชีวิตประจำวันของเรา มากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นด้านความบันเทิง การแพทย์ ความปลอดภัยและในโรงงานอุตสาหกรรม

ด้วยราคาของ Embedded computer มีราคาที่ลดลงมาก ประกอบกับในปัจจุบันโปรแกรมการประมวลผลด้านภาพนั้นสามารถสร้างใช้งานได้กับ Free ware ด้วยเช่นกัน เช่น โปรแกรม OpenCV และสำหรับอุปกรณ์ขนาดเล็กก็เป็น SimpleCV ดังนั้น จึงได้มีแนวคิดนำโปรแกรมดังกล่าวมาใช้งานกับ Embedded computer ขนาดเล็กคือ Raspberry pI มาสร้างเป็นเครื่องวัดขนาดไอซีราคาประหยัดขึ้นนั่นเอง

1.2 จุดประสงค์

1. เพื่อศึกษาและพัฒนาเทคนิคประมวลผลภาพ ซึ่งเป็นสิ่งที่ใกล้ตัว คนในปัจจุบันมออกแบบสร้างเครื่องวัดขนาดไอซีขนาดเล็กราคาประหยัด
2. เพื่อให้เพิ่มทักษะการออกแบบให้สามารถประมวลผลได้รวดเร็ว และถูกต้องยิ่งขึ้น
3. เพื่อพัฒนาระบบเป็นทาทางเลือกในการประยุกต์ใช้งานในภาคอุตสาหกรรม
4. เพื่อศึกษาการเขียนโปรแกรมบน Raspberry pi 2 Model B
5. เพื่อเป็นแนวทางตัวอย่างในการสร้างอุปกรณ์ประมวลผลภาพโดยใช้อุปกรณ์ฝังตัวขนาดเล็กสำหรับงานอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวน ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

1. ปริญญานิพนธ์นี้เป็นต้นแบบในการออกแบบระบบการตรวจสอบขนาดอุปกรณ์ (ไอซี) โดยใช้เทคนิคประมวลผลภาพ เข้ามาช่วย
2. ปริญญานิพนธ์นี้สามารถควบคุมการใช้งานโดย Raspberry pi 2 Model B
3. ปริญญานิพนธ์นี้สามารถตรวจวัดขนาดของชิ้นงานที่เลื่อนตามรางได้อย่างต่อเนื่อง
4. ปริญญานิพนธ์นี้ในต้นแบบสามารถตรวจขนาดได้อย่างน้อย 2 ขนาดของชิ้นงาน

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ปริญญานิพนธ์นี้สามารถเป็นต้นแบบการพัฒนาต่อยอดเทคนิคประมวลผลภาพเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ และความสะดวกในการทำงานของภาคอุตสาหกรรม
2. ปริญญานิพนธ์นี้สามารถเป็นต้นแบบการใช้เทคนิคประมวลผลภาพร่วมกับระบบสายพานลำเลียง โดยใช้อุปกรณ์ฝังตัวขนาดเล็กในการประมวลผล
3. ได้รับความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับการเลือกใช้อุปกรณ์
4. ได้รับความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับระบบปฏิบัติการ Linux
5. ได้รับความรู้ ความสามารถในการเขียนโปรแกรม Matlab
6. ได้รับความรู้ ความสามารถในการเขียนโปรแกรม Python

1.5 อุปกรณ์ที่ต้องใช้

1. ฮาร์ดแวร์ (Hardware)
   - โครงเหล็กในการทำเป็นฐานของสายพานลำเลียง
   - กล่องทึบแสง (เพื่อควบคุมปริมาณแสง)
   - หลอดไฟ LED
   - อุปกรณ์ Roller แบบอลูมิเนียม
   - อุปกรณ์ลูกยาง
   - อุปกรณ์สายพานขับเฟือง ความยาว 43 cm.
   - อุปกรณ์เฟือง 5 mm.
   - อุปกรณ์ลูกปืน รูเบอร์ 6
   - อุปกรณ์ อะแดปเตอร์ แปลง 220V เป็น 12V
   - อุปกรณ์ อะแดปเตอร์ USB
   - อุปกรณ์ มอเตอร์กระแสตรง
   - อุปกรณ์ Rubber Belt
   - Raspberry pi2 Model B 1GB
   - Case Raspberry pi + Heatsink

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สาย CABLE USB
- สาย LAN
- SD CARD 32 GB
- กล้อง LifeCam HD-5000 auto focus
- โน๊ตบุ๊คสำหรับพัฒนาโปรแกรม

2. ซอฟต์แวร์ (Software)
   - ระบบปฏิบัติการ Linux
   - โปรแกรม SimpleCV
   - โปรแกรม Matlab ใช้ในการประมวลผลภาพจากคอมพิวเตอร์
   - โปรแกรม Python ใช้ในการประมวลผลภาพจากบอร์ด
   - โปรแกรม PuTTY
   - โปรแกรม WinSCP
   - โปรแกรม Advanced IP Scanner

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

หัวข้อ	พ.ศ. 2557							พ.ศ. 2558		
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.ย.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1. กำหนดปัญหาและความต้องการของระบบ	←	→								
2. การออกแบบ hardware สายพาน		←	—	→						
3. ศึกษาข้อมูลและทฤษฎีระบบสายพานลำเลียง				←	→					
4. การออกแบบระบบ software วิเคราะห์ภาพ				←	—	—	—	→		
5. การออกแบบส่วน hardware ร่วมกับ software					←	—	—	—	→	
6. การทดสอบและแก้ไขงาน								←	—	→
7. ทำเอกสารรายงาน									←	→

บทที่ 2
ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้

ในการดำเนินการ เพื่อจัดทำปริญญานิพนธ์เรื่องเครื่องวัดขนาดไอซีอัตโนมัติโดยใช้อุปกรณ์ฝังตัวขนาดเล็กผ่านแอพพลิเคชั่นบนระบบปฏิบัติการ Linux นี้ ได้มีการดำเนินการศึกษา ค้นคว้าและรวบรวมบทความ ทฤษฎีรวม ถึงเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้มีความเข้าใจถึงหลักการทำงานและขั้นตอนวิธีทำงานนำมาใช้เป็นความรู้ในการวิเคราะห์และออกแบบระบบให้ได้โครงงานที่มีประสิทธิภาพ บทความและทฤษฎีรวม ถึงเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องดังกล่าว ได้แก่

2.1 Raspberry Pi 2 Model B 1 GB

บอร์ด Raspberry Pi เป็นบอร์ดคอมพิวเตอร์ 32 บิต ขนาดเล็กขนาดเท่ากับเครดิตการด รองรับระบบปฏิบัติการ Linux ที่พัฒนาโดย Raspberry Pi Foundation ที่ช่วงแรกหวังว่าจะใช้ผ่านสื่อการเรียนการสอน การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับเด็กๆ แต่ด้วยเป็นบอร์ดที่ราคาไมแพงมาก ใช้งานง่ายเมื่อเทียบกับบอร์ดอื่นๆ เหมาะสำหรับผู้เริ่มต้น ทำให้เป็นที่นิยมแพรหลายสู่บุคคลทั่วไปอย่างรวดเร็ว

ปริญญานิพนธ์นี้ได้เล็งเห็นว่าด้วยบอร์ด Raspberry pi นี้ มีความสามารถสูงในระดับที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Linux แต่มีขนาดที่เล็ก, กินกำลังไฟต่ำอีกทั้งราคาที่ถูกลงอย่างมาก เมื่อเทียบกับความสามารถกับ บอร์ดอีกหลายแบบในระดับเดียวกัน เช่น Beagle broad, Panda board ก็ยังคงมีความสามารถดีกว่า และที่สำคัญราคาถูกกว่าบอร์ดอื่นๆ ทำให้บอร์ดนี้น่าจะเหมาะกับการนำมาทำโครงงานนี้เป็นอย่างยิ่ง

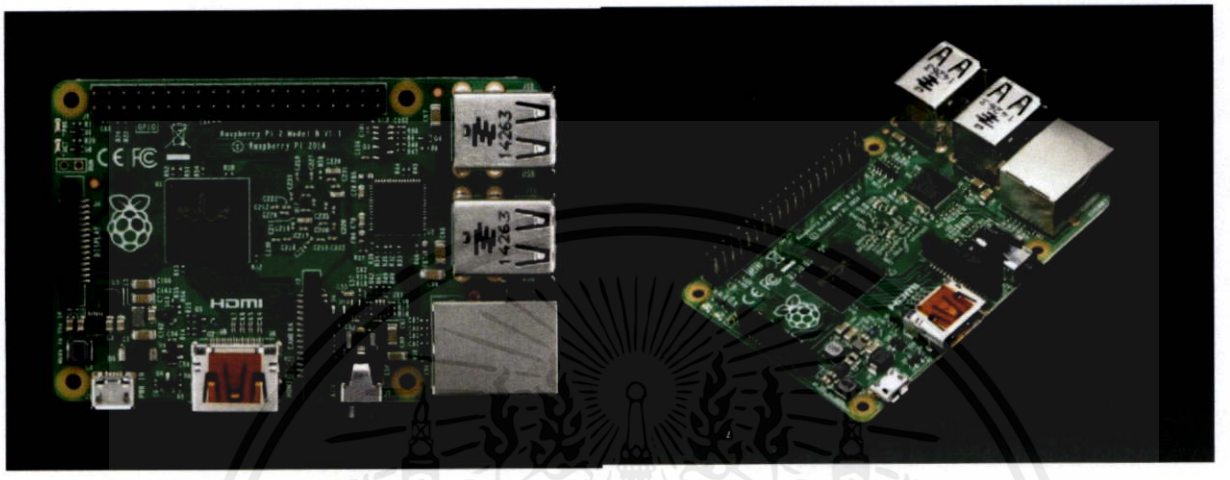
2.1.1 คุณสมบัติบอร์ด Raspberry Pi 2 Model B

- ใช้ชิพ SoC Broadcom BCM2835 ซึ่งรวม CPU,GPU และ SDRAM ไว้ในตัวถังเดียวกัน
- หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) 700 MHz ARM11 ARM1176JZF-S core
- หน่วยประมวลผลภาพ (GPU) Broadcom VideoCore IV,OpenGL ES 2.0, OpenVG 1080p30 H.264 high-profile encode/decode
- หน่วยความจำ SDRAM 512 MB
- ขั้วต่อ USB 2.0 จำนวน 4 พอร์ต
- ขั้วต่อสัญญาณภาพทั้งแบบแจ็ค 3.5 mm และ HDMI (เลือกใช้)
- ขั้วต่อสัญญาณเสียงโดยใชแจ็ค 3.5 mm หรือ ผ่านทางขั้ว HDMI
- คอนเน็คเตอร์สำหรับเชื่อมต่ออินพุตเอาต์พุต (GPIO) ,SPI , I²C , I²S (GPIO ต่างๆ ไมสามารถรับแรงดันอินพุต 5 VDC ได สูงสุดแค 3.3 VDC)
- ระบบปฏิบัติการของบอร์ดจะทำงานผ่าน SD CARD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

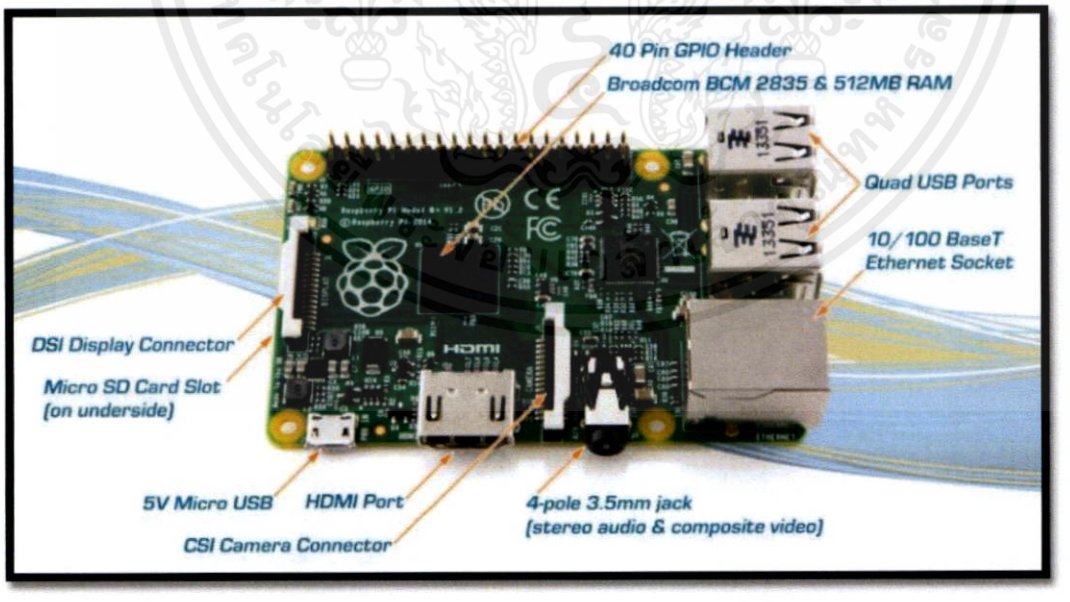
- ขั้วต่อ LAN 10/100 Mbps
- ใช้ไฟเลี้ยงบอร์ด 5 VDC กระแสอย่างน้อย 700 mA
- ขนาดของบอร์ด 85.0 x 56.0 mm

2.2.2 บอร์ด Raspberry Pi 2 Model B



รูปที่ 2.1 บอร์ด Raspberry Pi

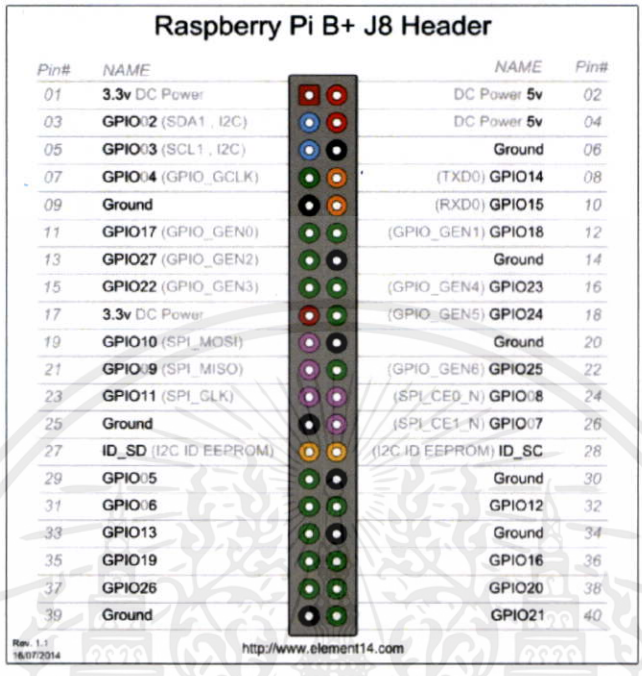
1. คอนเน็คเตอร์ MICRO SD CARD ซึ่งจะติดตั้งอยู่ใต้บอร์ด
2. LED แสดงสถานะต่างๆ ของบอร์ด Raspberry Pi



รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบบอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. คอนเน็คเตอรสำหรับเชื่อมตออินพุตเอาตพุต (GPIO) ,SPI , I²C , I²S และ UART โดยตำแหนงขาตางๆ แสดงดังรูป



รูปที่ 2.3 คอนเน็คเตอร์สำหรับเชื่อมต่ออินพุตเอาต์พุต

2.2 การประมวลผลภาพ

การประมวลผลภาพ คือการนำเสนอรายละเอียดของวัตถุ (Object) โดยการจับเอาหรือถ่ายเท (Maniltipulation) รายละเอียดของภาพที่ได้จากวัตถุเพื่อนำรายละเอียดของภาพเหล่านั้นไปทำประโยชน์ให้ มากยิ่งขึ้น วิธีการทาง การประมวลผลภาพ จะต่างกับวิธีการทางคอมพิวเตอร์กราฟฟิก กล่าวคือ วิธีการทาง คอมพิวเตอร์กราฟฟิก ตัวคอมพิวเตอร์เองที่จะเป็นตัวที่สร้างภาพ แต่เทคนิคทาง Image Processing นั้นใช้คอมพิวเตอร์สำหรับจัดเก็บข้อมูล

รูปที่ 2.4 ขั้นตอนการประมวลผล

- นำภาพมาทำการประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ภาพที่ได้มีความชัดเจนขึ้น
- ภาพ อาจได้มาจากภาพถ่าย เทปวิดีโอ ฟิล์มจากการแพทย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

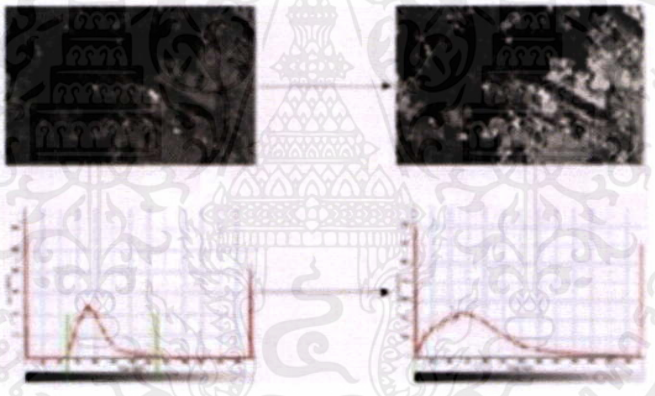
- เริ่มต้นจะต้องทำการเปลี่ยนข้อมูลให้อยู่ในรูปของไบนารี(Binary) ให้คอมพิวเตอร์สามารถเข้าใจข้อมูลภาพได้
- จากนั้นทำการจัดการกับภาพ เช่น ปรับสี ความคมชัด เป็นต้น

การประมวลผลภาพ แบ่งเป็น 5 แขนงดังนี้

1. เป็นการบีบอัดภาพกราฟฟิกส์ เพื่อให้ภาพมีขนาดเล็กในการจัดเก็บ ในสมัยก่อนไฟล์ภาพจะเป็น bmp ซึ่งใช้เนื้อที่ในการจัดเก็บมาก คุณภาพจะลดลงตามค่าบีบอัด

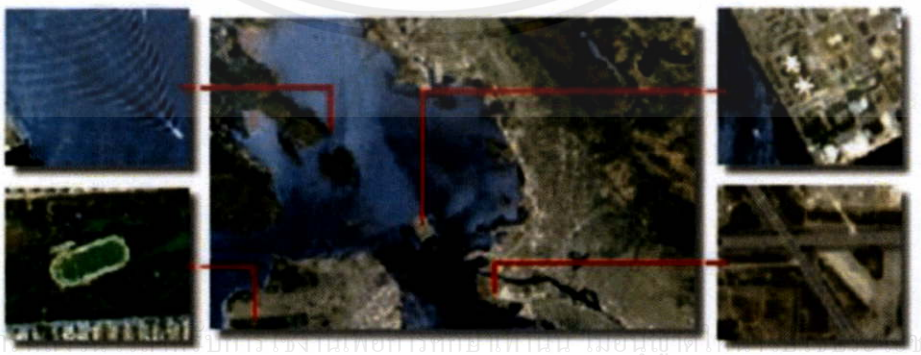
รูปที่ 2.5 การบีบอัดภาพ

2. Image Enhancement เป็นการเพิ่มความถูกต้องให้กับภาพ มากกว่าภาพต้นฉบับ



รูปที่ 2.6 การปรับปรุงคุณภาพภาพ

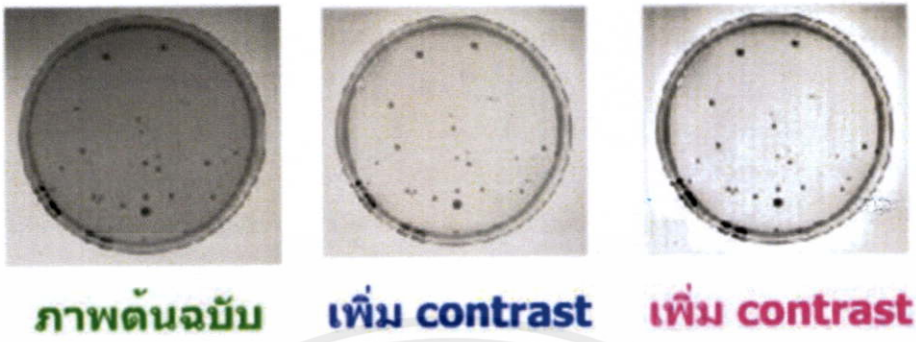
3. Restoration คล้ายกับ Image Enhancement แต่เน้นไปที่วัตถุ 3 มิติ มากกว่า 2 มิติ



เอกสารนี้เป็นเอกสาร[illegible]เพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้[illegible]ชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

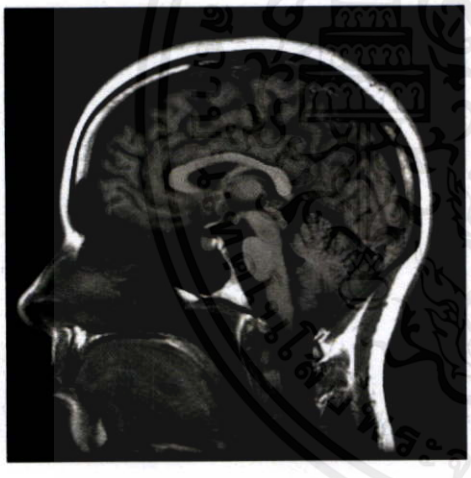
รูปที่ 2.7 Restoration

4. Image Analysis เริ่มต้น คือ ถ่ายภาพวัตถุที่ต้องการ จากนั้นทำการปรับเพิ่มความถูกต้องให้ภาพ

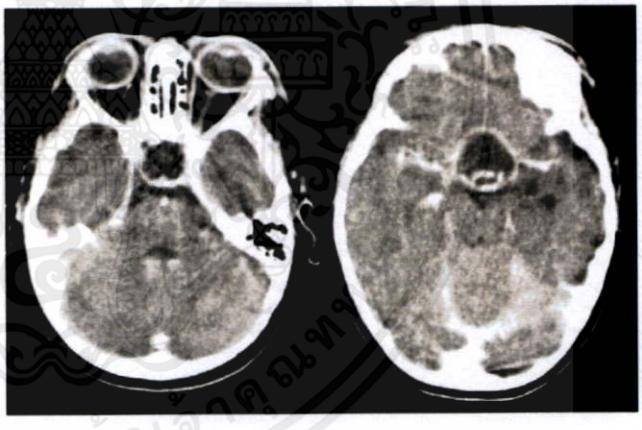


รูปที่ 2.8 Image Analysis

5. Image Synthesis ใช้หลักการสนามแม่เหล็กและคลื่นวิทยุ เพื่อตรวจสอบสมองและส่วนอื่นๆของร่างกาย สามารถถ่ายรูปเนื้อเยื่ออ่อนของสมองได้ดีกว่า CT Scan อุปกรณ์ราคาสูง ต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศ มีราคาแพงประมาณ 70 ล้านบาท



รูปที่ 2.9 ภาพถ่ายจากเครื่อง MRI



รูปที่ 2.10 ภาพถ่ายจากเครื่อง CT SCAN

รูปที่ 2.11 โมเดล 3 มิติสังเคราะห์จากภาพถ่ายเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 Matlab กับการประมวลผลภาพ

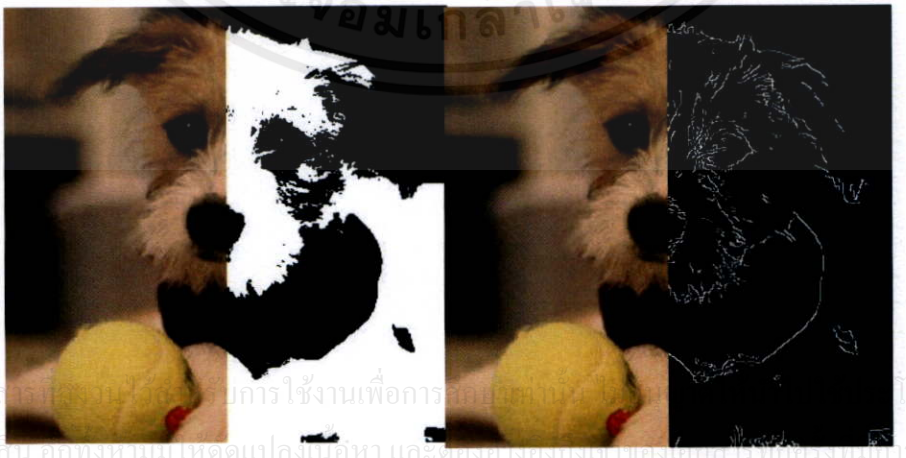
เป็นซอฟต์แวร์ในการคำนวณและการเขียนโปรแกรม โปรแกรมหนึ่ง ที่มีความสามารถครอบคลุมตั้งแต่ การพัฒนาอัลกอริธึม การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และการทำซิมูเลชั่นของระบบการสร้างระบบควบคุม และโดยเฉพาะเรื่อง ประมวลผลภาพ และ wavelet การสร้างเมตริกซ์ ผลิตโดยบริษัทแมตเวิรกส์

Matlab เป็นโปรแกรมที่ช่วยในการคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์ ที่ส่วนใหญ่จะกระทำการบนเมตริกซ์หรือ Array เราจะเอา Matlab มาใช้กับการประมวลผลภาพรูปภาพของเรานั้น จะต้องเป็นภาพดิจิตอลที่เก็บค่าตัวเลข (ค่า pixel) เมื่อเราอ่านภาพเข้าไปในโปรแกรมแล้ว โปรแกรมจะเก็บค่าตัวเลข ไว้ในรูปแบบของ เมตริกซ์

2.4 ซอฟต์แวร์และไลบรารี่ในงานการประมวลผลภาพ

รูปที่ 2.12 logo SimpleCV

SimpleCV ตัวนี้เป็นอีกตัวที่ได้รับการพัฒนาต่อยอดจาก OpenCV โดยหลักๆ เจ้าตัวนี้ใช้ในการประมวลผลภาพทางคอมพิวเตอร์ โดยพัฒนาโปรแกรมร่วมกับภาษา Python ซึ่งจะมุ่งเน้นที่ความเข้าใจง่ายของรูปแบบภาษา เมื่อนำไปใช้งานโค้ดที่เขียนจะกระชับ เข้าใจง่ายกว่า ให้ผลลัพธ์ได้ตามที่ต้องการ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.13 ผลลัพธ์ SimpleCV

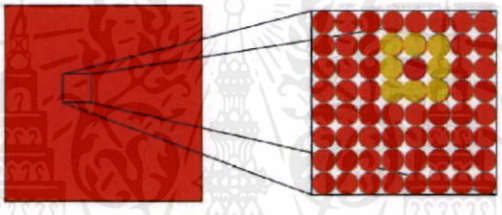
2.5 ความรู้พื้นฐานด้านการประมวลผลภาพดิจิตอล

การประมวลผลภาพดิจิตอล จะเกี่ยวข้องกับการแปลงข้อมูลภาพให้อยู่ในรูปแบบข้อมูลดิจิตอล เพื่อที่จะสามารถนำเอาข้อมูลนี้ไป ผ่านกระบวนการต่างๆด้วยคอมพิวเตอร์ ได้ ซึ่งการทำงานของคอมพิวเตอร์ ระบบการรับข้อมูลเข้าหรือส่งข้อมูลออกจะอยู่ในรูปแบบดิจิตอลเท่านั้น ในการประมวลผลภาพดิจิตอล เมื่อระบบได้รับข้อมูลภาพเข้าไปแล้วจะทำการคำนวณและส่งออกมาเป็นข้อมูลที่ใช้แทนข้อมูลภาพดิจิตอลเหล่านั้น

การเก็บข้อมูลภาพลงหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์สามารถทำได้โดยการจองหน่วยความจำของเครื่องไว้ในรูปของตัวแปรอาร์เรย์ โดยค่าในแต่ละช่องจะแสดงถึงคุณสมบัติของจุดภาพ และตำแหน่งของช่อง array เป็นตัวกำหนดตำแหน่งของจุดภาพ

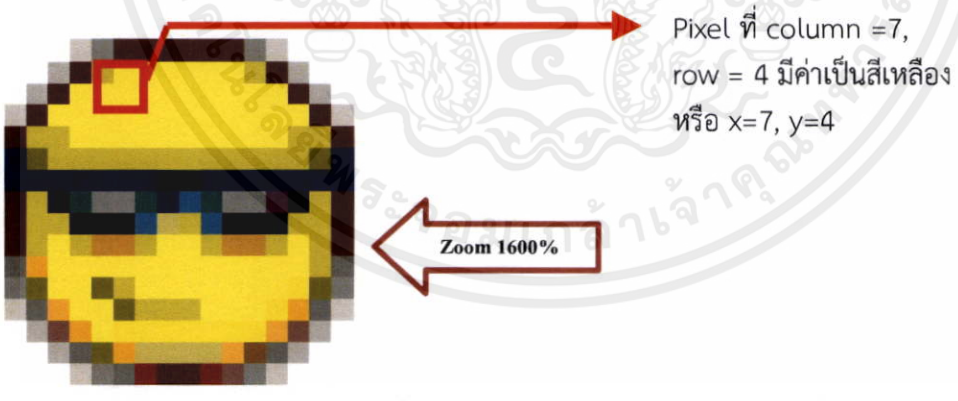
2.5.1 จุดภาพ

จุดภาพ เป็นหน่วยที่เล็กที่สุดของภาพที่แสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์



รูปที่ 2.14 Pixel

- Pixel Coordinate (column x, row y)



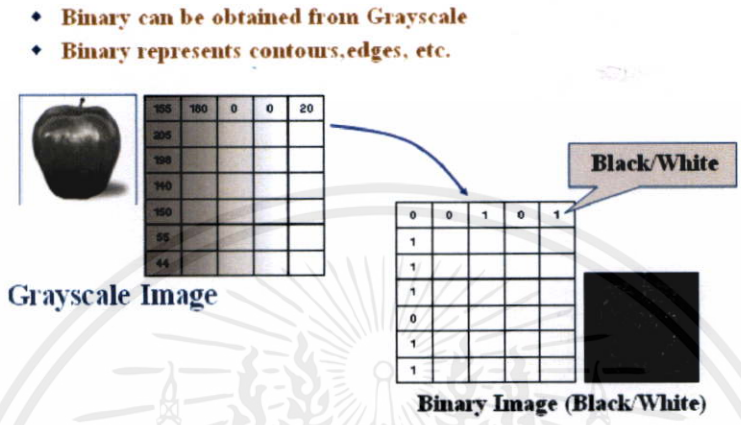
รูปที่ 2.15 Pixel ที่ทำการ zoom

2.5.2 ภาพสีเทา

การแปลงภาพเป็นภาพขาวดำมีขั้นตอนคือ แปลงภาพสีเป็นภาพสีเทา แล้วแปลงภาพสีเทาเป็นภาพขาวดำอีกที การแปลงภาพสีเทา เป็นภาพขาวดำ จำเป็นต้องกำหนดค่า Threshold เพื่อให้ได้ภาพขาวดำที่เหมาะสม ค่า Threshold มีไว้สำหรับกำหนดว่าค่าความสว่างของรูปในแต่ละจุดภาพ เมื่อแปลงเป็นภาพขาวดำแล้วจุดภาพ ดังกล่าวควรจะเป็น

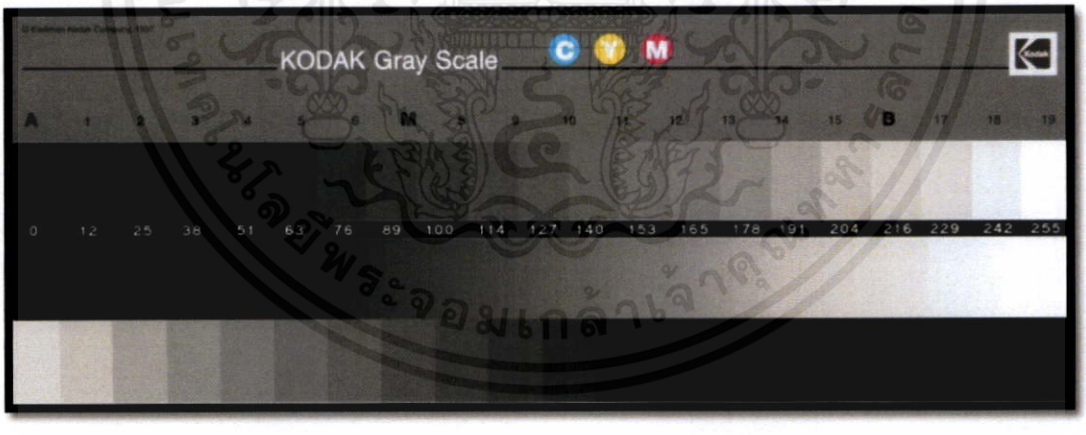
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สีดำ หรือสีขาว ตัวอย่างเช่น เรากำหนดค่า Threshold ไว้ที่ 128 แล้วอ่านค่าความสว่างใน จุดภาพแรกของรูปได้ 200 ดังนั้นเมื่อทำการแปลงเป็นภาพขาวดำแล้วจุดภาพ แรกนี้จะต้อง เป็นสีขาว เป็นต้น หลายคนอาจจะเข้าใจผิดว่าภาพสีเทา เป็นภาพขาวดำ แต่ความจริงแล้วไม่ใช่ ภาพ สีเทาเป็นภาพที่มีระดับของความสว่างอยู่ โดยทั่วไปจะอยู่ที่ 0-255 ภาพสีเทา ก็คือภาพที่มีค่าสี R,G,B เท่ากันหมด ส่วนภาพขาวดำมีแค่ 0 กับ 1



รูปที่ 2.16 การแปลงภาพเป็นภาพขาวดำ

ระบบสีของภาพสีเทา คือระบบที่มีค่าของสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงินเท่ากัน ภาพจึงออกมาในโทนสีขาวดำ



รูปที่ 2.17 ระบบสี Grayscale

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 การจัดแสงแบบไฟลบเงา (Fill Light)

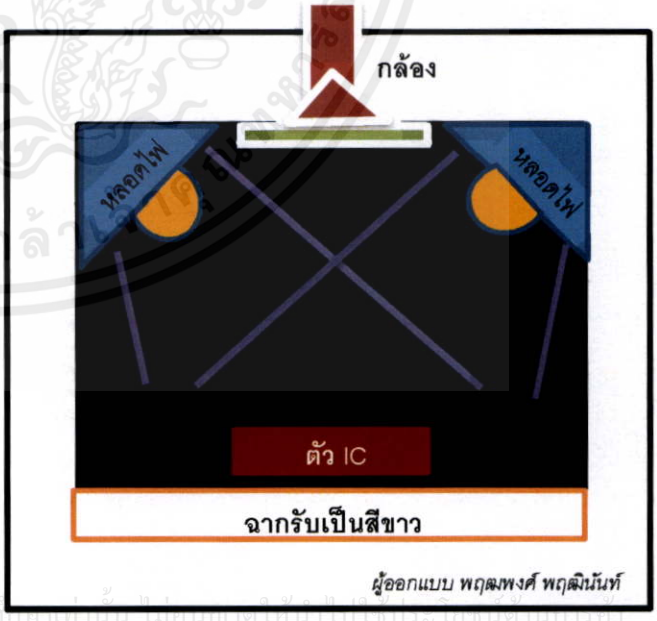
ผลกระทบของทิศทางและความเข้มของแสงมีผลต่อภาพถ่ายอย่างมาก เพราะจากการทำการทดลองพบว่าเมื่อไม่มีการจัดแสงจะทำให้เกิดเงา และตัวเงานี้เวลาคำนวณมันจะนำไปคิดด้วยซึ่งเป็นค่าที่ผิดพลาด ฉะนั้นเราควรทำการจัดแสงให้เหมาะสมกับการทดลอง

รูปที่ 2.18 การถ่ายแบบไม่มีการจัดแสง

รูปที่ 2.19 การถ่ายแบบมีการจัดแสง

ไฟที่ส่องไปยังวัตถุเช่นเดียวกับไฟหลัก ใช้เพื่อลบเงาที่อาจเกิดจากไฟหลักและทำให้เห็นรายละเอียดด้านข้างของวัตถุ โดยแสงจากไฟลบเงาจะสว่างน้อยกว่าไฟหลัก หรือเป็นแสงที่นุ่มนวลกว่านั้นเอง

รูปที่ 2.20 การจัดแสงในทฤษฎี



รูปที่ 2.21 การจัดแสงในที่ออกแบบไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 การหาค่าฮิสโตแกรมของวัตถุภาพ (Edge Detection Histogram)

เทคนิคการหาขอบของวัตถุภาพเป็นคุณสมบัติหนึ่งที่สามารถเป็นตัวแทนของวัตถุในภาพได้อย่างชัดเจน ด้วยคุณสมบัติของขอบที่ไม่ขึ้นกับการเปลี่ยนตำแหน่ง การหมุน และการเปลี่ยนขนาด เมื่อนำมาสร้างฮิสโตแกรมแล้วสามารถได้ลักษณะเด่นสำหรับการเปรียบเทียบข้อมูลได้อย่างชัดเจน ซึ่งการหาค่าฮิสโตแกรมของขอบวัตถุภาพนี้ ได้นำเอาเทคนิคการหาขอบภาพโดยวิธีการ Canny มาประยุกต์ใช้ โดยการดัดแปลงขั้นตอนจากวิธีการหาขอบของ Canny หลังจากการคำนวณค่า Gradient แล้วจึงคำนวณพิกเซลภาพตามทิศทางค่ามุมของแต่ละกลุ่มทิศทาง ซึ่งสามารถแสดงทิศทางของจุดขอบบนพิกเซลภาพได้ ในงานวิจัยของ Wang และ Zhang ได้ใช้วิธีการหาหาฮิสโตแกรมของวัตถุภาพ จำนวนทั้งหมด 37 กลุ่มทิศทาง โดยกลุ่มทิศทางที่ 36 แรกมาจากการนับจำนวนของจุดขอบภาพที่สามารถเกิดทิศทางบนวัตถุภาพ เมื่อทำการควอนไทซ์ ครั้งละ 10 องศา และกลุ่มทิศทางสุดท้ายเป็นการนับจำนวนจุดขอบทั้งหมดที่ไม่มีทิศทางมุม คำนวณได้จากสมการที่

$$H(i) = h(i) / M$$

เมื่อ H(i) คือ จำนวนจุดขอบในแต่ละทิศทางที่เกิดขึ้น
M คือ จำนวนพิกเซลทั้งหมดที่เกิดขึ้นบนวัตถุภาพ

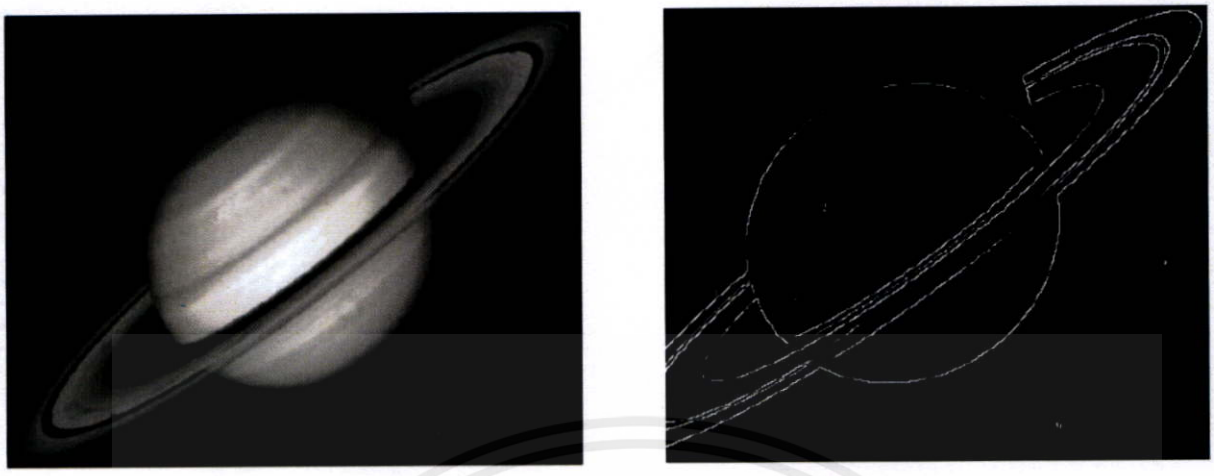
2.8 วิธีการหาขอบภาพ (Edge Detection)

การหาขอบภาพ คือ การตรวจสอบว่าเส้นขอบลากผ่านหรือใกล้เคียงกับจุดใด โดยคำนวณจากการเปลี่ยนแปลงของความเข้มในตำแหน่งที่ใกล้เคียงกับจุดดังกล่าว [17] (ภาพที่ 2-2 (ก)) ซึ่งวิธีการหาขอบนั้นมีด้วยกันหลายวิธี แต่อย่างไรก็ตามสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มหลัก คือวิธี Gradient และวิธี Laplacian โดยในแต่ละวิธีมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.8.1 วิธี Gradient

เป็นความคิดแรกที่ใช้วิเคราะห์หาขอบภาพ โดยใช้วิธีการวัดความเป็นแปลงความเข้ม (Gray level) ของจุดภาพที่กำลังพิจารณากับจุดภาพที่อยู่ข้างเคียง เพื่อการตัดสินใจต่อไปว่าเป็นขอบภาพหรือไม่ โดยวิธีนี้จะหาขอบด้วยการหาจุดต่ำสุดและจุดสูงสุดในรูปของอนุพันธ์อันดับหนึ่งของภาพ โดยจุดที่เป็นขอบจะอยู่ในส่วนที่เหนือค่า Threshold จึงอาจทำให้เส้นขอบที่ได้มีลักษณะหนา ตัวอย่างวิธีการหาขอบของกลุ่มนี้ เช่น Roberts, Prewitt และ Canny เป็นต้น

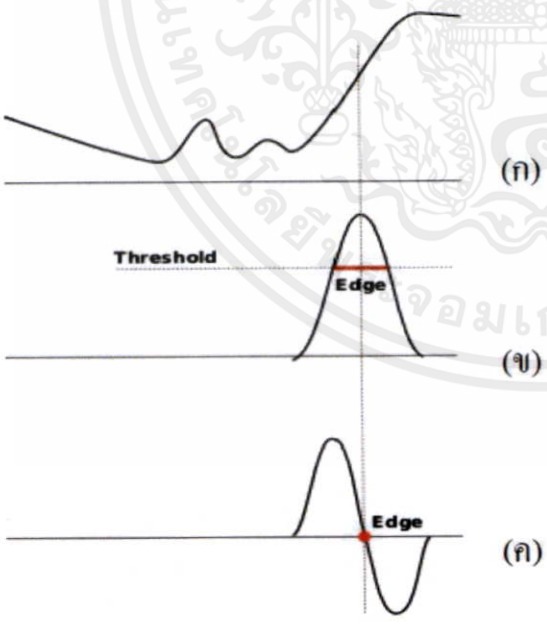
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.22 ตัวอย่างการหาขอบด้วยวิธี Gradient

2.8.2 วิธี Laplacian

วิธีนี้จะหาขอบโดยใช้อนุพันธ์อันดับ 2 โดยใช้จุดที่ค่า เป็น “0” ซึ่งวิธีนี้จะใช้เวลาในการคำนวณมากกว่าวิธี Gradient สามารถใช้กรองความถี่ต่ำได้ขอบโครงภาพ ตัวอย่างวิธีการหาขอบของกลุ่มนี้ เช่น Laplacian of Gaussian และ Marrs-Hildreth เป็นต้น



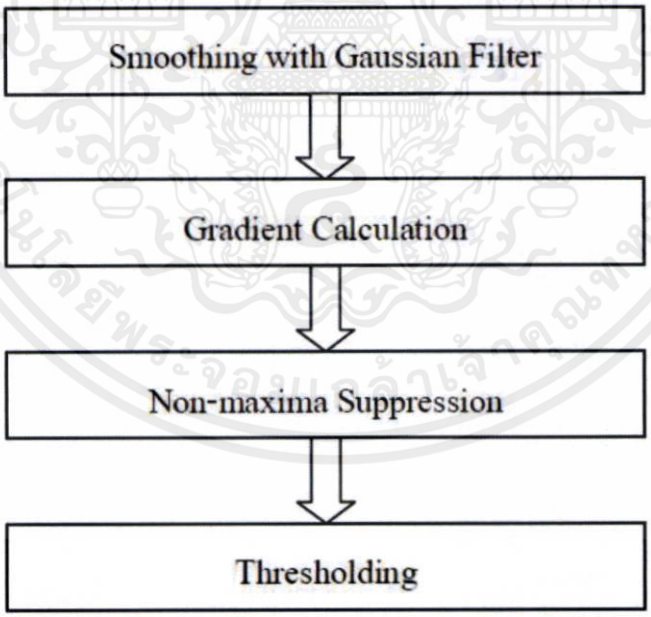
กราฟ ก แสดงถึงความแตกต่างของระดับความเข้มสี
กราฟ ข แสดงการหาขอบด้วยวิธี Gradient Method
กราฟ ค แสดงการหาขอบด้วยวิธี Laplacian Method

รูปที่ 2.23 การกำหนดค่า Threshold

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.24 การหาขอบด้วยวิธี Lapacian

ในปริญญานิพนธ์นี้เลือกใช้วิธีหาขอบ ด้วยวิธี Canny ซึ่งเป็นวิธีการหาขอบที่สามารถเลือกทิศทางการเกิดขอบภาพได้ และได้ผลดีในการหาขอบในภาพ ซึ่งอยู่ในประเภทวิธีการหาขอบแบบ Gradient ขั้นตอนวิธีการหาขอบโดยวิธีของ Canny



รูปที่ 2.25 ขั้นตอนวิธีการหาขอบโดยวิธี Canny

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การทำงานของ Canny Edge Detection นั้นเริ่มต้นจากการปรับภาพให้เรียบ (Smoothing) ด้วยตัวกรองเกาเซียน (Gaussian Filter) เพื่อกำจัดสัญญาณรบกวน หลังจากนั้นคำนวณค่าขนาด (Magnitude) และทิศทาง (Orientation) ของเกรเดียนท์ โดยใช้การหาอนุพันธ์อันดับหนึ่ง ในขั้นตอนถัดมาจึงใช้ Non-maximas suppression กับ Gradient Magnitude เพื่อทำให้ได้ขอบที่บางลง และในขั้นตอนสุดท้ายใช้ Double Thresholding อัลกอริทึมเพื่อระบุจุดภาพที่เป็นขอบและช่วยเชื่อมต่อขอบ โดยในแต่ขั้นตอนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.8.3 การขจัดสัญญาณรบกวน (Smoothing with Gaussian Filter)

ในขั้นตอนแรกของการหาขอบโดยอัลกอริทึมนี้จะต้องกำจัดสัญญาณรบกวนออกก่อนโดยใช้ตัวกรองเกาเซียน ซึ่งสามารถคำนวณได้จากการใช้หน้าต่าง (Mask) ขนาดเล็ก ขนาดของหน้าต่างเกาเซียนนี้ หากมีขนาดกว้างจะมีผลทำให้ลดสัญญาณรบกวนได้มาก แต่ถ้ากว้างมากเกินไปจะมีผลทำให้ขอบย่อยๆ ที่เป็นส่วนรายละเอียดนั้นหายไป สำหรับการคำนวณหาภาพที่ได้จากการใช้ตัวกรองเกาเซียน เป็นดังสมการที่

$$S_{ij} = I(i,j) * G(i,j;\sigma)$$

เมื่อ S_{ij} คือ ภาพภายหลังการกรอง
$I(i,j)$ คือ ภาพที่ต้องการหาขอบ
$G(i,j)$ คือ ตัวกรองแบบ Gaussian
σ คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการกระจาย

2.8.4 คำนวณหาทิศทางการเป็นขอบภาพ (Gradient Calculation)

ในขั้นแรกนำ Smoothing Image S_{ij} มาสร้าง x,y partial derivatives $P_{i,j}$ และ ตามลำดับ $Q_{i,j}$ ดังสมการ

$$P_{ij} = \{S_{i,j+1} \quad S_{i,j} + S_{i+1,j+1} \quad S_{i+1,j}\} / 2$$

$$Q_{i,j} = \{S_{i,j} \quad S_{i+1,j} + S_{i,j+1} \quad S_{i+1,j+1}\} / 2$$

เมื่อ $P_{i,j}$ คือ ค่าความแตกต่างในแกนแนวนอน
$Q_{i,j}$ คือ ค่าความแตกต่างในแกนแนวตั้ง
$S_{i,j}$ คือ ค่าความเข้มแสงของจุดภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

139476

หลังจากนั้น ดำเนินการแปลงรูปแบบจากสี่เหลี่ยมจตุรัส ไปเป็น Polar (Rectangular-To-Polar Conversion) เพื่อหาขนาดและทิศทางของเกรเดียนท์ ตามสมการที่

$$M_{i,j} = \sqrt{P_{i,j}^2 + Q_{i,j}^2}$$

$$\theta = \arctan\frac{Q_{i,j}}{P_{i,j}}$$

จากสมการข้างต้นจะสามารถหาค่ามุม θ ออกมาได้ เมื่อแทนค่าตัวแปรในฟังก์ชั่น arctan(x,y)

2.8.5 การขจัดค่าที่ไม่มากที่สุด (Non-maxima Suppression)

สำหรับการหาขอบโดยวิธีการ Canny จุดที่ถือเป็นเส้นขอบได้นั้นต้องเป็นจุดที่ให้ค่าสูงสุดเฉพาะที่และเป็นทิศทางเดียวกับ Gradient ด้วย ซึ่งด้วยวิธีดังกล่าวนี้ทำให้ได้ขอบที่บางเพียง 1 จุดภาพ ภาพที่ได้หลังการทำ Non-maxima Suppression จะให้ค่าเป็นศูนย์ในทุกจุดยกเว้นจุดที่เป็น Local Maxima Points ซึ่งจะยังคงค่าเดิมไว้

2.8.6 ตรวจจับขอบภาพแบบไบนารีด้วยการทำ Thresholding

Threshold เป็นการแปลงภาพระบบ Grayscale ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0-255 ให้ เป็นภาพที่มีค่าเพียงสองระดับ (Binary Image) โดยมีเงื่อนไขว่า ถ้าความเข้มแสงของ จุดภาพใดมีค่าต่ำกว่าหรือเท่ากับค่า threshold ให้จุดภาพนั้นมีค่าเป็น 0 หรือเป็นสีด า และจุดภาพ ใดที่มีค่าสูงกว่าค่า threshold ให้จุดภาพนั้นมีค่าเป็น 1 หรือสีขาว

ในการสร้างภาพแบบไบนารีด้วยวิธีการทำเทรชโฮลด์นั้น มีหลักการพิจารณาคือ จะพิจารณาจุดของ ภาพว่าจุดใดควรจะเป็นจุดดำหรือจุดขาว พิจารณาได้จากสมการ

g(x,y) = 0 if f(x,y) < threshold value

g(x,y) = 255 if f(x,y) >= threshold value (2)

เมื่อ f(x,y) คือ ตำแหน่งพิกเซลของภาพต้นฉบับ

g(x,y) คือ ตำแหน่งพิกเซลของภาพผลลัพธ์

Threshold เป็นการทำค่าของจุดภาพมีค่าเพียง 2 สถานะคือขาวและดำ มีสูตรดังนี้

Grayscale = 255 ; if grayscale >127

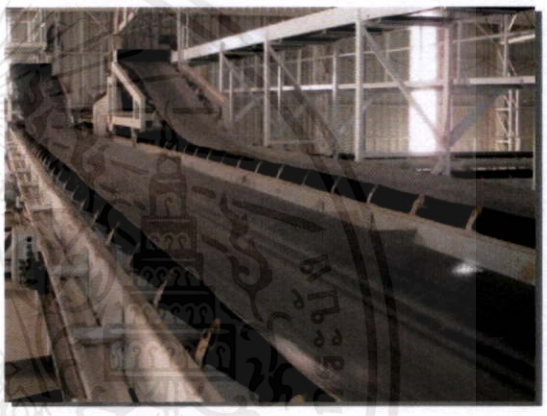
0 ; else

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 ระบบสายพานลำเลียง (Conveyor belt System)

เราสามารถออกแบบ และ ผลิต สายพานลำเลียงมากมายหลายชนิด เพื่อความเหมาะสมในการใช้งานในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมอาหารและยา อุตสาหกรรมการผลิตและประกอบชิ้นส่วนอิเล็คทรอนิกส์ อุตสาหกรรมขนส่งบรรจุภัณฑ์ อุตสาหกรรมรถยนต์ และ อุตสาหกรรมผลิตปูนซีเมนต์ เป็นต้น ระบบสายพานลำเลียงเป็นระบบลำเลียงที่เหมาะสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นงาน ทุกชนิด เป็นระบบสายพานที่เป็นตัวนำพาชิ้นงาน อุปกรณ์ลำเลียง (Conveyor) ใช้ลำเลียงในแนวราบทางตรงหรือทางโค้ง มีลูกกลิ้ง (roller) เป็นตัวขับเคลื่อนให้ชิ้นงานเคลื่อนที่สามารถทนรับน้ำหนักได้ดี ดังนั้น ระบบสายพานเป็นตัวพาชิ้นงานจึงเหมาะสำหรับ โรงงานอุตสาหกรรมทุกประเภท ที่ใช้ในกระบวนเคลื่อนย้ายชิ้นงาน

รูปที่ 2.26 สายพานลำเลียงขนาดเล็ก



รูปที่ 2.27 สายพานลำเลียงขนาดใหญ่

2.9.1 สายพาน (Conveyor Belt) ---> ในส่วนนี้ใช้แผ่นปะเก็นแทน

ใช้รองรับวัสดุที่ลำเลียง สวนใหญ่ทำมาจากยางโครงสร้างของสายพานประกอบดวยยางชั้นบน และยางชั้นลาง แกนรับแรงทำด่วยผาใบ(Fabric) หรือลวดเหล็ก(Steel Cord) นอกจากนี้ยังมียางบางระหวางชั้นผาใบ (Cushion Rubber) ในการออกแบบ

รูปที่ 2.28 แผ่นปะเก็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สายพานลำเลียงนั้นจะพิจารณาถึงคุณสมบัติของยางสายพาน ความแข็งแรง ความหนาและความกว้างของสายพาน ในส่วนนี้เราได้ใช้แผ่นปะเก็นแทน ปะเก็น (gasket) คือวัสดุ ที่มีลักษณะเป็นแผ่นกั้นระหว่าง หน้าสัมผัสวัสดุ สองชิ้น ที่จะนำมายึดหรือ ประกบติดกันเพื่อป้อกันการรั่วไหลของๆเหลว หรือ อากาศ ที่บรรจุอยู่ภายใน เช่นที่ฝาสูบ หรือ อ่างน้ำมันเครื่อง และที่ต้องใช้ก็เพราะหน้าสัมผัสจะไม่เรียบพอ การขยายหรือหดตัวของโลหะสองชิ้นทีประกบกันไม่เท่ากัน จากการที่เป็นโลหะคนละชนิดกัน หรืออื่นอีกหลายปัจจัย จะสังเกตว่าปะเก็นจะใช้วัสดุที่ทั่วไปอ่อนนิ่มกว่า พื้นที่สัมผัสทั้งสองด้านที่ตัวมันไปแทรกอยู่

2.9.2 ลูกกลิ้งลำเลียง (Steel Roller)

รูปที่ 2.29 ลูกกลิ้งลำเลียง

ลูกกลิ้งลำเลียง Roller Conveyor System มี 2 ประเภท

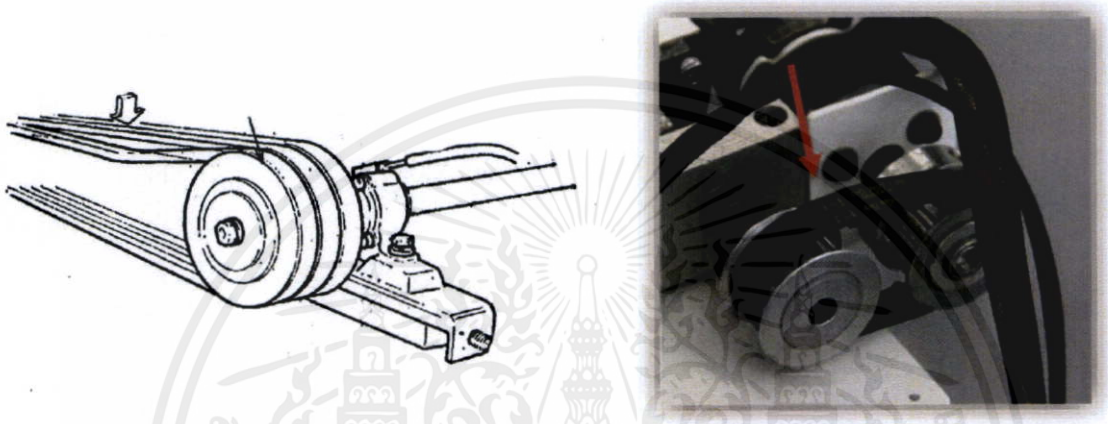
1. ระบบลูกกลิ้งลำเลียง Free Roller Conveyor System (แบบไม่ใช้มอเตอร์ขับเคลื่อน) ระบบลูกกลิ้งลำเลียง จะใช้ลูกกลิ้งที่หมุนตัวอิสระในการทำงานเป็นหลัก หลังจากชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการผลิตมาเรียบร้อยแล้ว ถูกบรรจุใส่กล่องหรือลัง และนำวางบนลูกกลิ้งแล้วใช้แรงจากการผลักให้เคลื่อนที่ไปข้างหน้า
2. ระบบลูกกลิ้งลำเลียง Drive Roller Conveyor System (แบบใช้มอเตอร์ในการขับเคลื่อน) จะใช้โซ่และมอเตอร์ช่วยในการขับเคลื่อน หลังจากชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการผลิตมาเรียบร้อยแล้ว ถูกบรรจุใส่กล่องหรือลัง และนำวางบนลูกกลิ้ง โซ่และมอเตอร์ก็จะทำหน้าที่ในการเคลื่อนย้าย สามารถกำหนดความเร็วในการลำเลียงและรับน้ำหนักของชิ้นงานได้มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 ระบบการเคลื่อนที่

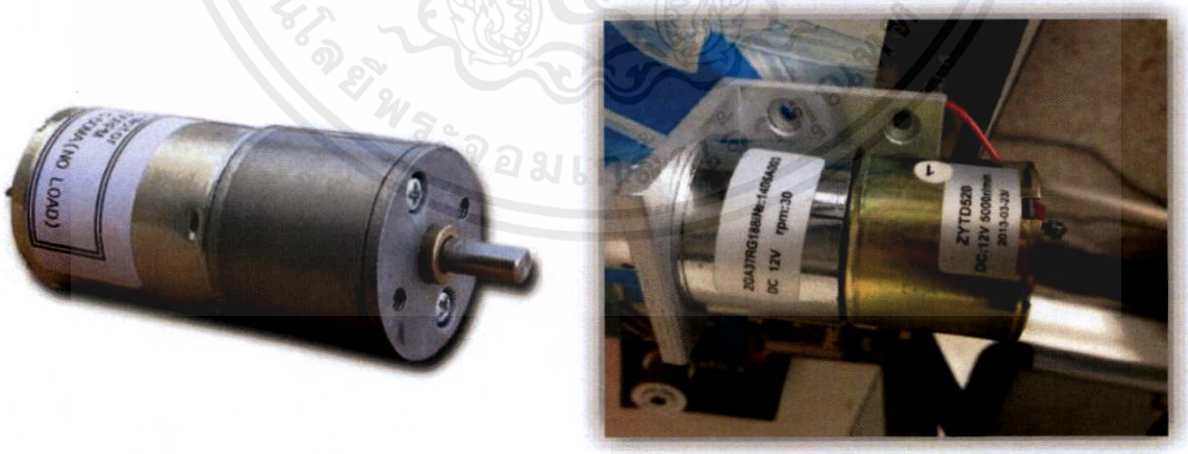
ในการขับเคลื่อนจะใช้สายพานและพูลเลยเปนตัวลำเลียงวัตถุจากตนทางไปยังปลายทาง ซึ่งสายพานลำเลียงที่นิยมใช้ โดยทั่วไปเชน สายพานแบน (Flat belt) สายพานแบบหุ้มตัว (Fold edge) และสายพานลิ่ม (V-belt) เปนตน

การทดลองครั้งนี้จะใชชนิดแบบสายพานลิ่มที่ลักษณะคลายกับสายพานแบนสายพานลิ่มมีรูปหน้าที่ตัดเปนรูปสี่เหลี่ยมคางหมู ดานขางหนาทั้งสองเอียงสอบเขาหากันทำมุม 38 ถึง 44 องศา สายพานลิ่มสงถายกำลังดวยพูลเลย ผิวเกลี้ยงเปนรอง



รูปที่ 2.30 สายพานลิ่ม (V-Belt)

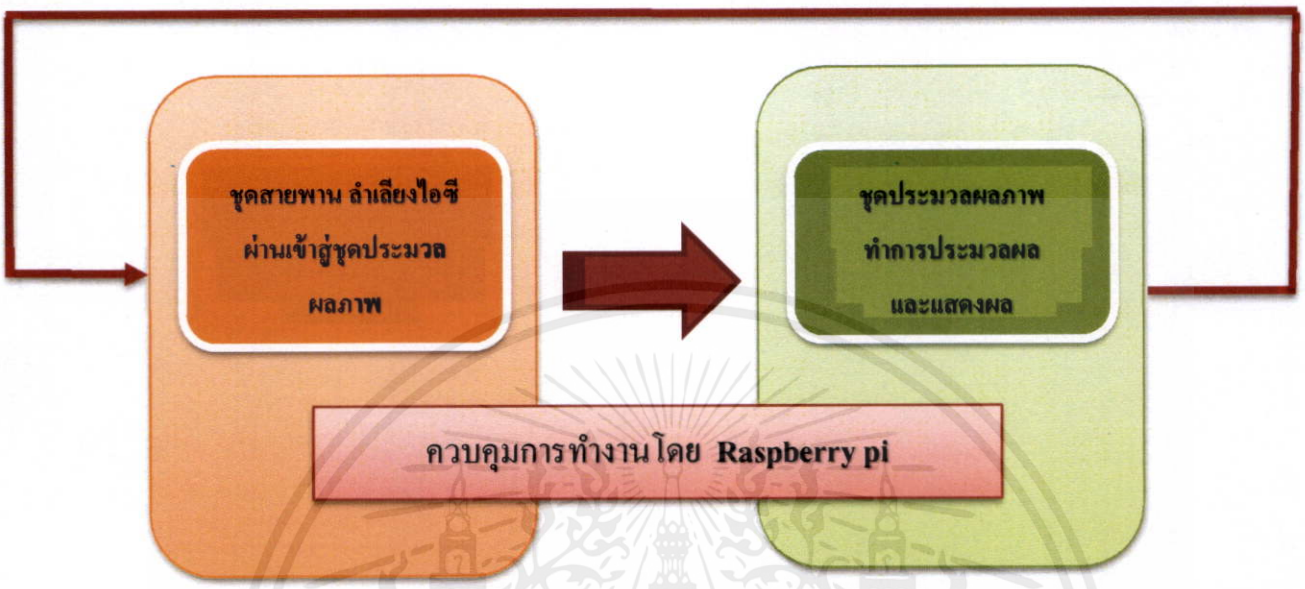
ในสวนของมอเตอรที่ใชเปนมอเตอรกระแสตรงแบบทดรอบโดยใชเฟองเพื่อลดความเร็วรอบและเพิ่มแรงบิดในการหมุนซึ่งจะเปนประโยชนในการสรางชุดขับเคลื่อนที่ใหกำลังสูง



รูปที่ 2.31 มอเตอร์ DC 12V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การดำเนินการวิจัย



รูปที่ 3.1 แสดงภาพรวมการทำงานของเครื่อง

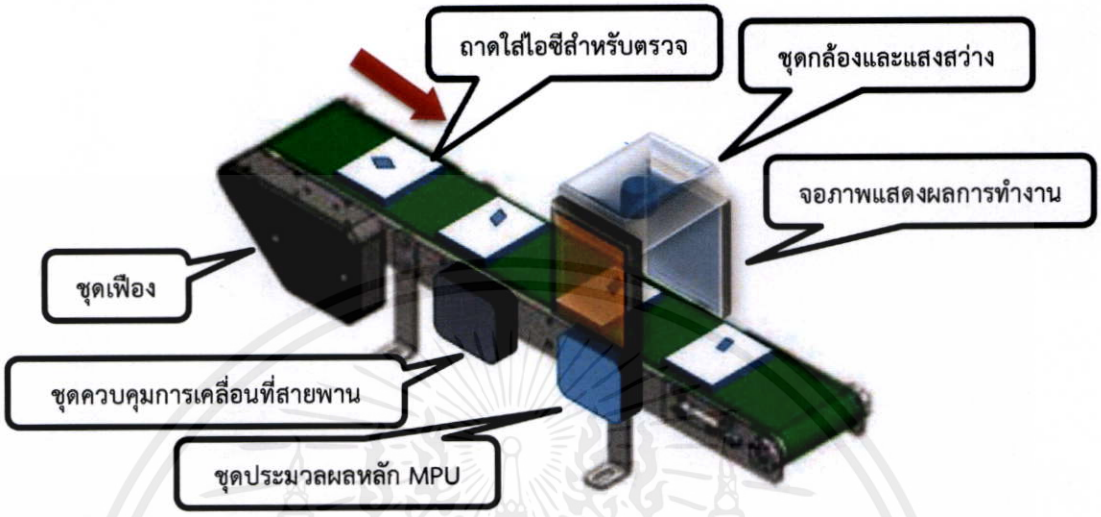
3.1 ภาพรวมของระบบ

ในการออกแบบระบบ นั้นจะเริ่มจากการออกในส่วนฮาร์ดแวร์คือ โครงสร้างของชุดของสายพานลำเลียง เพื่อจะทำการคำนวณหาระยะจุดโฟกัสของกล้องได้อย่างถูกต้อง และเพื่อสะดวกต่อการติดตั้งระบบการจัดแสงให้ภาพถ่ายที่จะทำการประมวลนั้นออกมาได้คุณภาพภาพที่ระบบประมวลผลจะสามารถทำการประมวลได้โดยให้มีการติดเงาของวัตถุให้น้อยที่สุด เพื่อให้ค่าที่มีความผิดพลาดหรือผิดเพี้ยนไปจากเดิมให้น้อยที่สุด ต่อมาจะเป็นการออกแบบในด้านซอฟต์แวร์คือ ชุดประมวลผลภาพและการแสดงผล โดยชุดประมวลผลภาพนั้นจะทำการประมวลบนบอร์ด Raspberry pi ซึ่งจะใช้ภาษา python ที่บอร์ดรองรับได้ ควบคู่กับการใช้ไลบรารี่ simpleCV ในการเขียนโค๊ต เพื่อทำการประมวลผลภาพ ตัว Raspberry pi ยังทำหน้าที่ในการสั่งรีเลย์ ในการแสดงผลลัพธ์เป็นสัญญาณไฟสีเขียวและสีแดง เพื่อให้ทราบว่า วัตถุที่ทำการประมวลผลภาพมีผลลัพธ์ที่ถูกหรือผิด แล้ว Raspberry pi มีหน้าที่ในการสั่งการรีเลย์ ในทำการขับเคลื่อนระบบสายพานลำเลียงอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ส่วนของขบวนการฮาร์ดแวร์

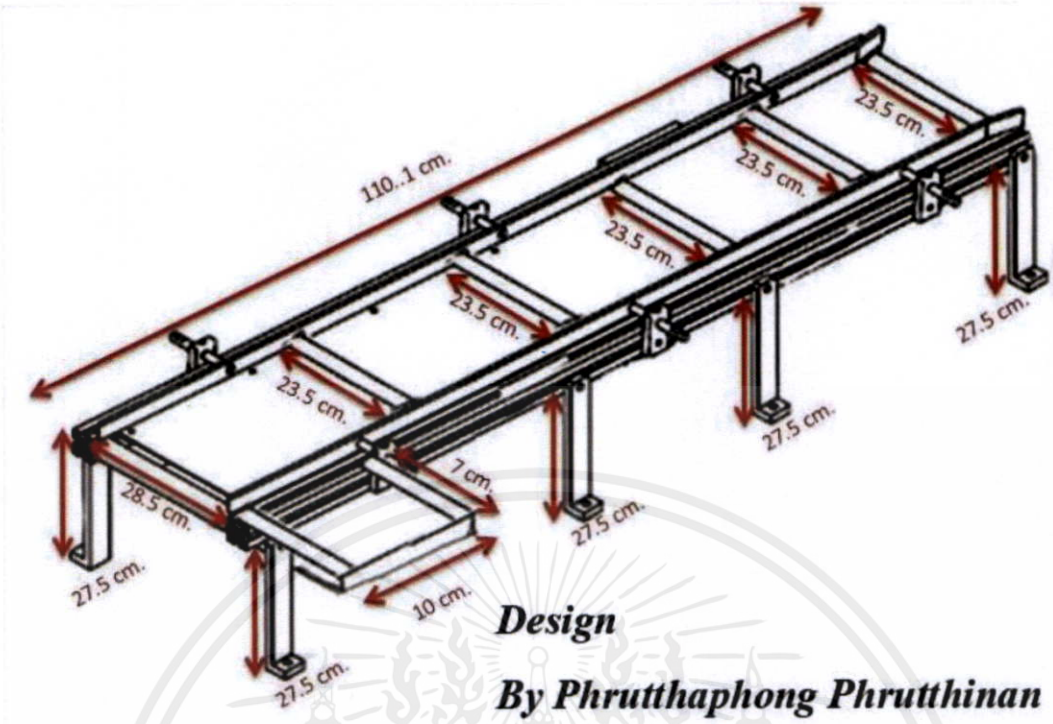
รูปแบบแนวคิดเครื่องต้นแบบที่ควรจะเป็นแสดง ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ภาพรวมคร่าวๆของเครื่องตรวจวัดขนาดอุปกรณ์วงจรรวม (IC)

คุณลักษณะเครื่องตรวจวัดขนาดอุปกรณ์ ใช้ตรวจวัดขนาดของอุปกรณ์ไอซีแบบอัตโนมัติ หมายถึง ผู้ใช้เพียงเปิดเครื่องให้ทำงานเท่านั้น โดยตัวจะเครื่องวัดจะทำการ เคลื่อนอุปกรณ์มาเข้าสู่ระบบถ่ายภาพ, ตรวจสอบ และแสดงผลที่ได้เอง โดยได้จัดรูปแบบของระบบ ดังรูปที่ 3.2 จะจัดเป็นชุดขนาดเล็ก(ยาวประมาณ 60 c.m. และ กว้างประมาณ 10 c.m.) โดยการทำงานนั้น เริ่มต้นจะมีการป้อนข้อมูลที่จำเป็นกับระบบก่อน เช่น ขนาดของความผิดพลาดที่ยอมรับได้สูงสุดเป็นต้น จากนั้นก็กดสวิตช์เริ่มทำงานได้เลย ตัวเครื่องจะเคลื่อนที่ป้อนตัวไอซีที่อยู่บนภาชนะถาด เข้าตามทางสายพาน (ตามลูกศร) ตัวสายพานจะวิ่งในอัตราคงที่ค่าหนึ่งที่สอดคล้องกับความเร็วในการประมวลผลของชุดประมวลผลหลักที่เลือกใช้ โดยชุดถาดที่บรรจุไอซีจะเคลื่อนเข้ามาสู่ภายในชุดโดมที่ติดตั้งกล้องและชุดระบบแสงสว่างไว้ และเมื่อเข้าสู่ในระยะที่เหมาะสมแล้ว ก็จะถูกจับภาพไปประมวลผลและแจ้งผลการตรวจวัดออกสู่หน้าจอภาพทันทีต่อไป โดยถาดชุดต่อมาก็จะถูกเคลื่อนเข้ามาตรวจสอบในลักษณะเช่นนี้ต่อเนื่องกันไปเรื่อยๆ ดังนั้นจุดเด่นของปริญญานิพนธ์นี้ นอกจากตัวโปรแกรมการวิเคราะห์วัดขนาดที่ได้ออกแบบได้อย่างเหมาะสม กับความสามารถของโปรเซสเซอร์แล้ว ระบบยังสามารถติดตั้งและใช้งานได้ง่าย, รวดเร็ว โครงสร้างการทำงานของกลไกที่ไม่ซับซ้อนทั้งในส่วนของฮาร์ดแวร์ด้วย ทำให้วิศวกรสามารถทำการแก้ไขปรับปรุงข้อผิดพลาดเพื่อพัฒนาทั้งสองส่วนได้เอง จุดเด่นประการต่อมาคืออุปกรณ์ทุกชิ้นสามารถหาได้ในเมืองไทย ในราคาที่ไม่สูงมาก ทำให้ระบบทั้งหมดโดยรวมราคาจึงถูกว่าของต่างประเทศมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



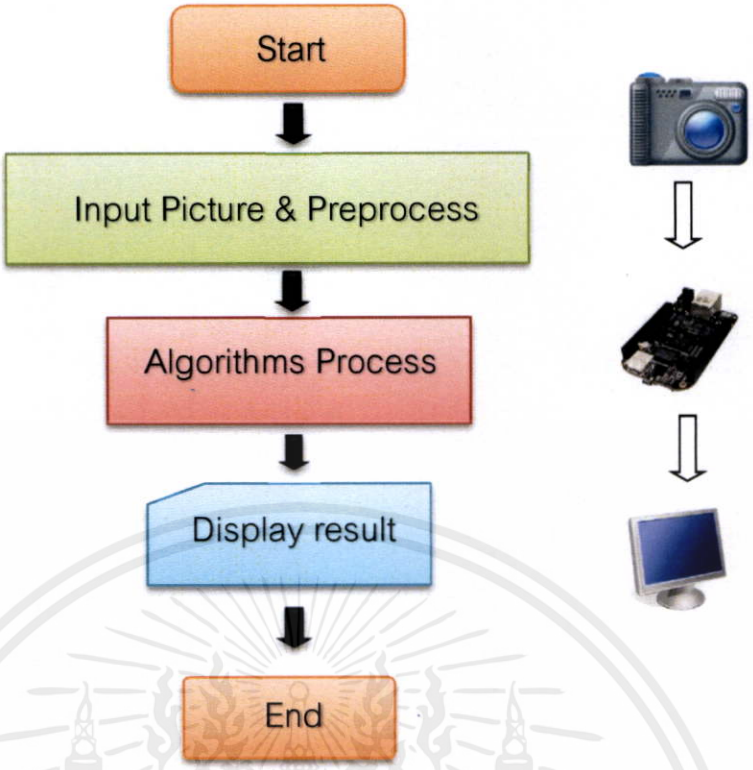
รูปที่ 3.3 การออกแบบโครงสร้าง

ในการออกแบบโครงสร้างได้ใช้วัสดุที่เป็นเหล็ก เพื่อความแข็งแรงทนทานต่อการรับน้ำหนักบรรทุก และทำให้ระบบการขับเคลื่อนสายพานมีการสั่นสะเทือนให้น้อยที่สุด ส่งผลให้การถ่ายภาพออกมาชัดที่สุด จากการออกแบบได้กำหนดความสูง 27.5 cm. ความยาว 110.1 cm. ความกว้าง 23.5 cm. ตัวฐานเอาไว้ติดตั้งมอเตอร์ขับเฟือง 10x7 cm. โดยการออกแบบได้ทำการกำหนดขนาดเครื่องให้พอเหมาะกับชนิดอุปกรณ์ที่มีและความเหมาะสมกับชิ้นงานที่จะทำการตรวจสอบ ในส่วนของลูกกลิ้งลำเลียงได้ใช้วัสดุเป็นอลูมิเนียม ระยะ 23.5 cm. ในส่วนฐานด้านร่างได้มีการออกแบบเพิ่มเติมให้ด้านร่างมีชั้น เพื่อว่าสายไฟและรองรับการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆเพิ่มเติม โครงสร้างได้บนได้มีการออกแบบใช้วัสดุไม้เป็นตัวครอบให้เป็นที่ทึบแสง เพื่อให้เวลาจับภาพไม่มีปัจจัยแสงจากภายนอกเข้ามารบกวน

3.3 ส่วนของขบวนการซอฟต์แวร์ในการวิเคราะห์ภาพ

หลักการของโปรแกรมวิเคราะห์ขนาดอุปกรณ์ โดยปกติรูปแบบของการทำงานในภาพรวมของระบบก็จะเป็น แบบมาตรฐานโดยทั่วไปของการประมวลผลภาพดิจิตอล คือ ดังรูปที่ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

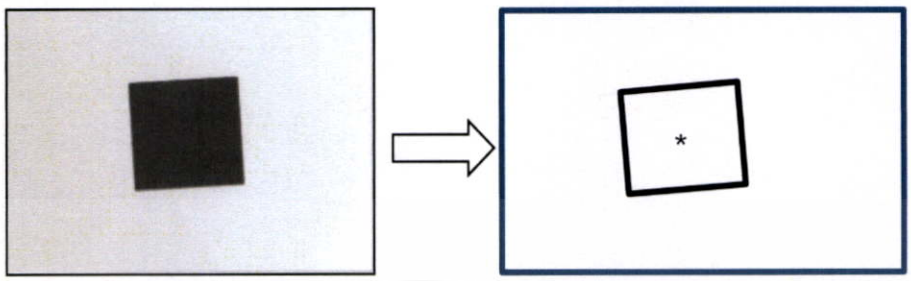


รูปที่ 3.4 ภาพระบบประมวลผลภาพโดยทั่วไป

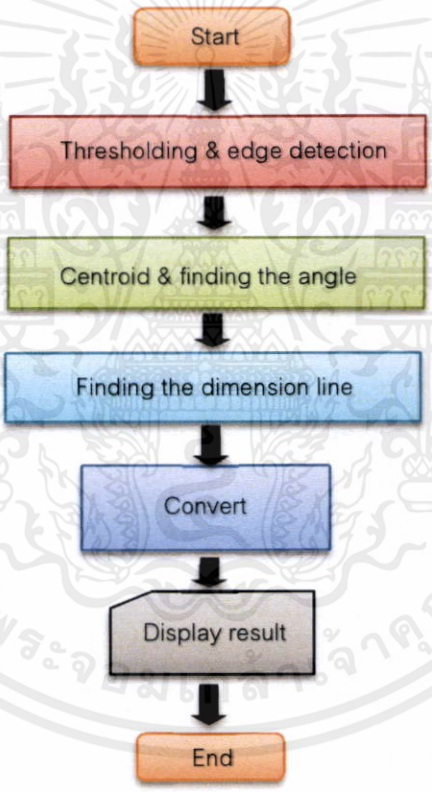
ส่วนรับภาพก็จะเป็นกล้องที่ให้ภาพดิจิตอลในระดับความละเอียดที่พอเพียง ส่วนนี้อาจต้องมีการนำระบบเลนส์มาช่วยให้ได้ภาพที่ดีที่สุด โดยปกติก็จะมีการปรับปรุงภาพก่อนการประมวลผลหาสิ่งที่ต้องการ แต่ในปริญญานิพนธ์นี้ภาพที่ได้จะอยู่ในระดับที่ดีอยู่แล้วเนื่องจากว่าตัวเป้าหมายในงานวิจัยนี้จะเป็นภาพอุปกรณ์ไอซีซึ่งจะมีสีเพียงดำเท่านั้น ประกอบกับมีการจัดแสงที่เหมาะสมทำให้ภาพที่ได้นั้นค่อนข้างสมบูรณ์อยู่แล้ว จึงไม่ต้องมีการปรับปรุงอะไรมากนัก ส่วนสำคัญที่สุดคือส่วนของวิธีการประมวลผลหาขนาดนั่นเอง และเนื่องจากว่าระบบต้องทำงานอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นความไวในการทำงานจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญ ลำดับการประมวลผลจึงต้องไม่ซับซ้อนจนเกินจำเป็น ซึ่งเพราะอันที่จริงแล้ววิธีการหาขนาดของวัตถุในภาพนั้นจะมีวิธีการที่มากมายหลากหลายทั้งในโปรแกรมใช้งานจริงซึ่งต่างก็ให้ความถูกต้องที่ต่างกัน แต่เท่าที่ค้นหาข้อมูลแล้ว โปรแกรมเหล่านั้นล้วนแล้วแต่ต้องการใช้ประสิทธิภาพในการประมวลผลสูงมาก ซึ่งก็ต้องทำงานบนคอมพิวเตอร์ที่ความเร็วสูง (หรือฮาร์ดแวร์เฉพาะ) จึงไม่เหมาะสมกับลักษณะงานที่งานวิจัยนี้กำลังต้องการแก้ปัญหาอยู่ และด้วยวิธีการใหม่ที่ผู้ปริญญานิพนธ์นี้ได้ทำการทดลองมาระดับหนึ่ง และทดสอบในหลายครั้งที่ผ่านมาทำให้วิธีการใหม่นี้น่าจะเหมาะสมที่สุดกับงานปริญญานิพนธ์นี้ โดยลำดับการทำงานสามารถอธิบายง่ายๆ ต่อไปนี้ จึงสามารถเขียนได้ด้วยตามโฟลว์ชาร์ต ดังแสดงในหน้าถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บล็อกแรกคือ Thresholding and edge detection ส่วนนี้จะนำภาพที่จับได้นั้นมาหาขอบภาพก่อน โดยจะมีการทำเป็นภาพสองระดับก่อนเพื่อความง่ายในขบวนการต่อไป ดังรูปที่ 3.5 โดยขบวนการนี้สามารถใช้วิธี Candy edge detection ได้



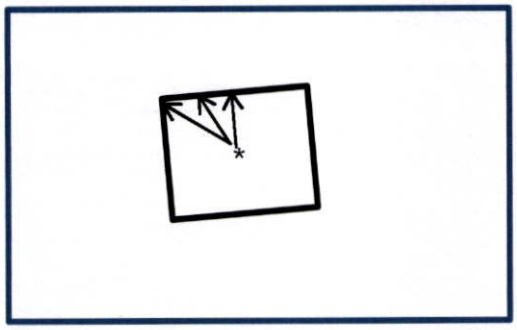
รูปที่ 3.5 แสดงผลการหาขอบภาพ



รูปที่ 3.6 แสดงวิธีการที่นำเสนอ

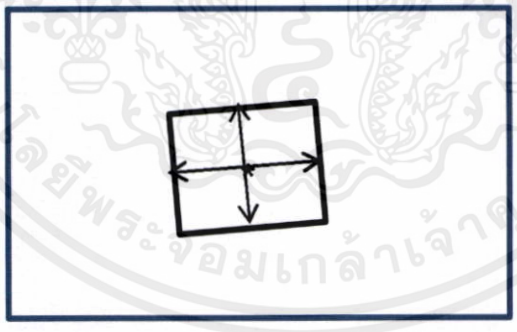
บล็อก Centroid and finding the angle ส่วนนี้เป็นการหาจุดศูนย์กลางวัตถุทั้งนี้เพื่อหามุมรอบทิศของตัวไอซีนั้น ก็จะได้เส้นที่สั้นที่สุดซึ่งแสดงถึงจุดกึ่งกลางของเส้นขอบในแต่ละด้านนั่นเอง วิธีการนี้จะเร็วและไม่ซับซ้อน ดังรูปที่ 3.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 แสดงจุดศูนย์กลางและเส้นรอบจุดศูนย์ในทุกองศา

บล็อก Finding the dimension line ส่วนนี้เป็นการหาจุดกึ่งกลางวัตถุทั้งสี่ด้านเพื่อนำไปสู่ การหาความยาวผ่านจุดศูนย์กลางของวัตถุนี้ก็จะได้เป็นเส้นตรงทั้งสองด้านที่เราต้องการหาความยาว และสุดท้ายก็ทำการ เปลี่ยนค่าความยาวในแบบ pixels นี้ไปสู่หน่วยวัดที่ใช้ เช่น เซนติเมตร เหล่านี้เป็นต้น อนึ่ง เนื่องจากค่าของ ความกว้างของจุดภาพเป็นเซนติเมตรนี้จะเป็นการวัดค่าเก็บไว้เป็นค่าคงที่ก่อน โดยนำภาพที่มีจุดภาพที่ได้จากกล้องในความละเอียดที่สูงที่ 640 x 512 มาทำการทดสอบ ซึ่งก็ให้ความละเอียดผิดพลาดที่ยอมรับได้ (ยิ่งละเอียดมากก็จะได้ความผิดพลาดต่ำลง แต่การคำนวณจะช้ามากขึ้น) ฉะนั้นระบบนี้หากติดตั้งระบบเสร็จแล้วก็ไม่ควรจะมีการปรับเปลี่ยนส่วนของการติดตั้งกล้อง เช่น ความยาวของระยะกล้องถึงวัตถุเป็นต้น เพราะจะทำให้ค่าที่ได้คลาดเคลื่อนได้



รูปที่ 3.8 แสดงภาพที่ได้หาเส้นผ่านศูนย์กลางของทั้งสองด้านของวัตถุที่ต้องการวัดขนาด

โดยเริ่มต้นจะดูจากผลการวัดโดยทำงานบนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลทั่วไปก่อน ก็ประมาณตอนนี้ว่าน่าจะได้ผลความผิดพลาดที่ยอมรับได้ ดังนั้นโดยสรุปแล้วจะเห็นได้ว่าวิธีการหาขนาดของวัตถุนี้จะเน้นที่ไม่ซับซ้อน เพื่อที่จะสามารถสร้างและบรรจุให้ระบบคอมพิวเตอร์แบบฝังตัวทำงานได้อย่างรวดเร็ว และกำหนดไว้เบื้องต้นคาดว่าจะใช้ หน่วยประมวลผลขนาด 32 บิต (มีอยู่หลาย บอร์ดที่ต้องเลือกให้เหมาะสม) ซึ่งคาดว่าโปรแกรมส่วนตรวจวัดนี้จะสามารถทำได้ตามจุดมุ่งหมาย อนึ่ง โดยวิธีการที่นำเสนอนี้ คือการแสกนวัดความยาวที่ทุกมุมรอบตัวอุปกรณ์ถึงขอบตัวอุปกรณ์ ดังนั้นก็

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้เพื่อการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น่าจะสามารถนำไปสู่การวัดความเป็นวงกลมของอุปกรณ์แบบอื่นได้ เช่น ไดโอด, ถ่านซึ่งมีรูปร่างแบบกลมขนาดเล็ก เป็นต้น ซึ่งปัจจุบันอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เล็กๆมักจะมีรูปร่างแบบวงกลมมากขึ้น และในงานวิจัยนี้ก็จะได้ทำการเพิ่มเติมในส่วนนี้เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อการใช้งานให้มากที่สุด แต่อย่างไรก็ตามส่วนที่สำคัญอีกส่วนหนึ่งที่ต้องทดลองทดสอบให้ใช้งานได้จริงก็คือ ส่วนสายพานลำเลียงถาดบรรจุไอซี เคลื่อนที่เข้า/ออก ที่จะต้องไม่เกิดการสั่นเสมือนมากจนทำให้การจับภาพมีปัญหา ดังนั้น การสร้างส่วนของการควบคุมมอเตอร์เพื่อการเคลื่อนที่สายพานจึงเป็นต้องให้ความสำคัญเป็นพิเศษเช่นกัน

3.4 ลำดับขั้นตอนการทำงานโดยรวมของโครงงาน

ลำดับขั้นของแผนการวิจัย ก็ดังแสดงให้เห็นในแบบตารางการทำงาน โดยจะมีรายละเอียดเหตุผล ดังต่อไปนี้

ในลำดับแรก เนื่องจากเป็นงานวิเคราะห์ภาพด้วยคอมพิวเตอร์ดังนั้นในส่วนของงานแรกที่จะต้องทำคือ ต้องสร้างส่วนอินพุทของการับภาพ เช่น ระบบการขับเคลื่อนสายพานและระบบส่องสว่างและการจับภาพด้วยกล้องดิจิตอลให้สมบูรณ์ที่สุดก่อน ไม่ว่าจะเป็นการสร้างกล่องเพื่อติดตั้งตัวกล้องและระบบแสงที่จะต้องจัดให้อยู่ภายในตัวกล่องก็ต้องทำให้สมบูรณ์เพราะหากได้ระยะที่สมบูรณ์แล้วก็ไม่จำเป็นต้องขยับส่วนใดๆ ภายในกล่องอีกในงานอันแรกจึงเป็นการสร้างส่วนของกล่องที่ใช้สำหรับถ่ายภาพนั่นเอง

ลำดับต่อมาในขั้นตอนที่สอง เป็นงานในส่วนของโปรแกรมที่ใช้วิเคราะห์ขนาดของอุปกรณ์โดยจากที่ได้กล่าวไว้แล้วข้างต้น ที่ โดยโครงงานจะมีการเลือกตัวโปรเซสเซอร์ บนบอร์ดสมองกลฝังตัวที่เหมาะสมที่สุดคือ ซึ่งนอกจากจะอยู่ในเงื่อนไขที่ว่าขนาดเล็ก (กำลังงานไฟที่ใช้ต่ำ)แล้ว ส่วนของอินพุต เอาต์พุตที่ก็ต้องมีตอบสนองต่อการใช้งานด้วย เช่น ช่องสัญญาณรับข้อมูลภาพ (กล้องดิจิตอล), ส่วนเอาต์พุตแสดงผลการทำงาน (จอภาพ) เหล่านี้ก็ต้องสามารถมีตอบสนองได้เช่นกัน และแน่นอนว่าตัวบอร์ดจะต้องสามารถทำงานในความเร็วการประมวลผลที่รับได้ด้วย (ซึ่งปกติโปรเซสเซอร์ขนาด 32 บิต ก็จะมีความสามารถเพียงพอ) และสุดท้ายคือราคา ซึ่งก็ได้เป็นบอร์ด Raspberry pi นั่นเอง

ลำดับขั้นตอนที่สาม คือการประกอบส่วนของระบบสายพานขนาดเล็กทำงานร่วมเป็นระบบกับส่วนของซอฟต์แวร์ ซึ่งจะต้องมีการควบคุมกำหนดสิ่งที่ควรจะได้จากระบบสายพานขนาดเล็กนี้ เช่น ควบคุมผลกระทบของเรื่องความสั่นสะเทือน ในขณะเคลื่อนย้ายไอซีเป้าหมายเพื่อไม่ให้มีผลที่ไม่ดีต่อระบบการถ่ายภาพสำหรับการนำไปประมวลผล และความเร็วสูงสุดของระบบสายพานที่ควรจะเป็น ที่จะได้ประสิทธิภาพมากสุด โดยจะได้ออกแบบภาคขับมอเตอร์ประกอบเป็นกล่องควบคุมต่างหากสำหรับควบคุมการเคลื่อนไหว โดยการทำงานทั้งหมดจะรับคำสั่งควบคุมแบบอัตโนมัติจากตัวกล่องประมวลผลหลักที่ได้เลือกไว้แล้วในขั้นตอนที่สอง

ลำดับสุดท้าย เมื่อประกอบทุกส่วนร่วมกันแล้ว ก็กำหนดรูปแบบการใช้งาน เช่น การตั้งค่าต่างๆที่จำเป็น (ค่าผลการวัดเบี่ยงเบนต่ำสุดที่ยอมรับได้เป็นต้น) ทดสอบและแก้ปัญหาที่อาจมี จนได้บทสรุปของวิธีใช้งานให้ง่ายที่จะนำสู่การใช้งานจริงต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

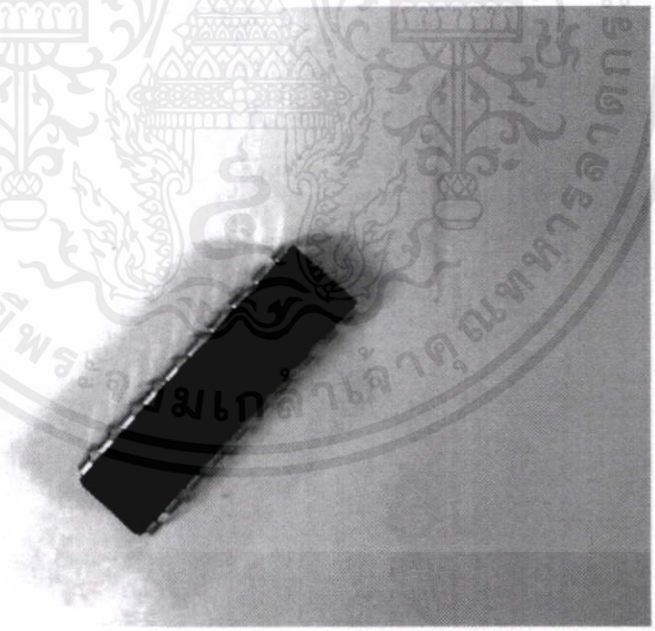
บทที่ 4
ผลการทดลอง

การทดลองเราได้ทำการทดลองผ่านคอมพิวเตอร์ในระยะแรกแล้วทำการเขียนโดยการเขียนโปรแกรม Matlab เพื่อทดสอบกระบวนการทำงานการประมวลผลภาพว่าสามารถนำไปทำได้จริง ส่วนในระยะที่สองได้ทำการนำกระบวนการในขั้นตอนแรกมาประยุกต์เพื่อทำการเขียนลงบอร์ด Raspberry pi2 mode B โดยใช้ภาษา Python รวมกับการประยุกต์ใช้ ไลบารี่ SimpleCV เพื่อทำการตรวจสอบขนาดไอซี โดยดูที่พื้นที่และรูปทรง (สี่เหลี่ยมผืนผ้าหรือจัตุรัส)

4.1 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ภาพ จากโปรแกรม Matlab (ระยะที่หนึ่ง)

ในส่วนนี้ได้ทำการถ่ายภาพไอซีจากกล้องแล้วนำภาพมาประมวลผลผ่านคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรม Matlab เพื่อทดลองกระบวนการและเทคนิคประมวลผลภาพว่าสามารถนำไปต่อยอดในระยะที่สอง คือ การนำกระบวนของระยะแรกการมาดัดแปลงเป็นภาษา Python เพื่อที่จะนำไปใช้การรันในบอร์ด Raspberry pi

ขั้นตอนที่ 1 : ทำการจับภาพของวัตถุ (ไอซี)



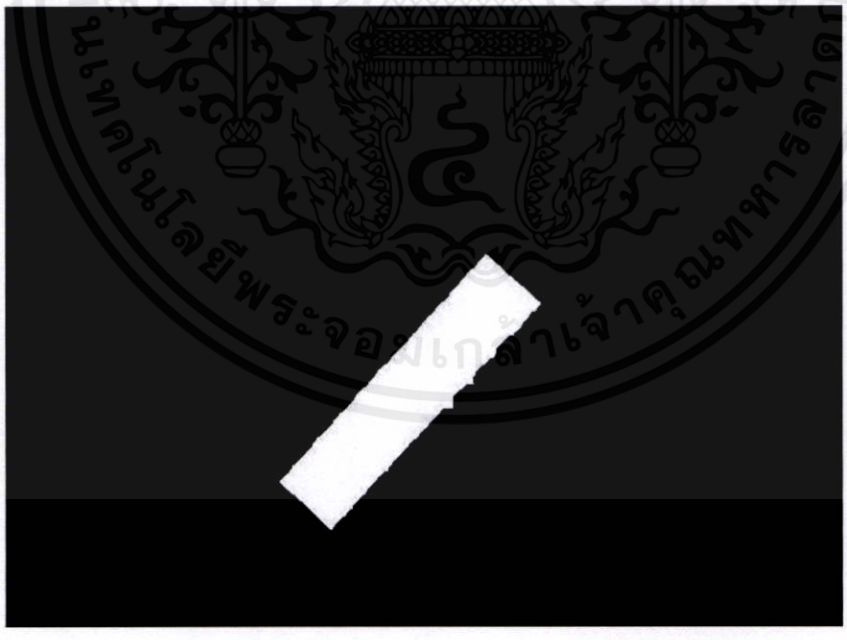
รูปที่ 4.1 ภาพวัตถุ (ไอซี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 2 : ทำการเปลี่ยนภาพเป็นภาพสองระดับ

รูปที่ 4.2 ภาพสองระดับ

ขั้นตอนที่ 3 : ใช้วิธี (Erode + Dilation) เพื่อทำให้ผลลองขาไอซีที่ไม่เรียบ ทำให้เรียบที่สุด



รูปที่ 4.3 วิธี Erode + Dilation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 4 : ทำการหาขอบภาพของภาพสองระดับ โดยวิธีการ Candy Edge (เพราะช่วยกำจัดสัญญาณรบกวนให้ด้วย) ทำการเก็บค่าตำแหน่ง (x, y) ของเส้นขอบรอบรูปไอซีนั้นไว้ในอาเรย์ และทำการหาจุด Centroid (x, y) ของภาพสองระดับไอซีนั้น

รูปที่ 4.4 วิธีการ Candy Edge + หาจุด Centroid

ขั้นตอนที่ 5 : ทำการหาระยะความยาวระหว่าง จุด Centroid (x, y) กับจุดตำแหน่งขอบรอบรูปไอซีนั้น ทุกจุดแล้วนำมาเรียง

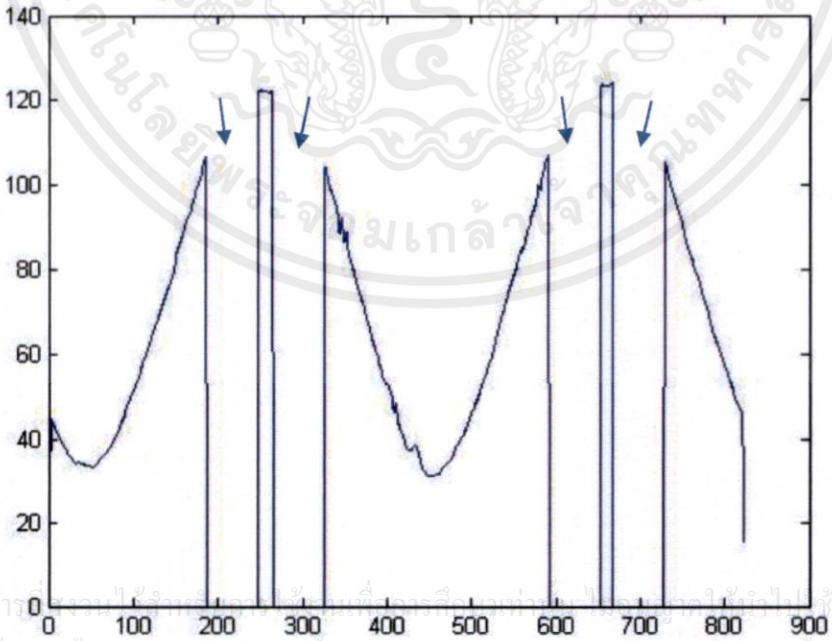
เอกสารนี้เป็นเอกสาร ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.5 หาระยะความยาว

ขั้นตอนที่ 6 : ทำการเรียงเริ่มจากมุมที่ 0 องศาไปทีละจุดเรื่อยๆรอบตัวไอซี

รูปที่ 4.6 หาระยะความยาวทีละจุดเรื่อยๆ ถึง 360 องศา

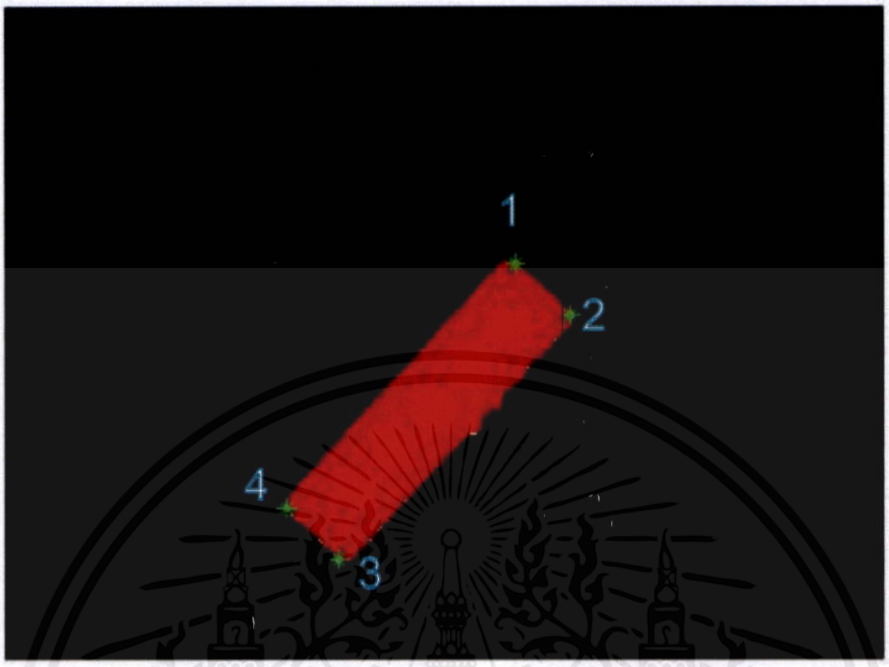
ขั้นตอนที่ 7 : มีการหาจุดสูงสุดของทั้งหมดก่อนซึ่งก็คือ มุมแรกนั้นเอง จากนั้นก็ตัดจุดที่อยู่รอบจุดสูงสุดนี้ออกไป เช่น ก่อนหน้านี้ 10 จุด และหลังอีก 10 จุด ทั้งนี้เพื่อไม่ให้ค่าที่ใกล้เคียงนี้ปรากฏเป็นจุดที่มุมที่สองนั้นเอง ให้ทำเช่นนี้ไปเป็นจำนวน 4 ครั้ง เราก็จะได้ จุดของมุมทั้งสี่มุม เรียงตามลำดับ นั่นเอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.7 กราฟแสดงค่ามุมกับระยะจากจุด Centroid ไปถึงขอบภาพ

ขั้นตอนที่ 8 : นำจุดสูงสุดทั้ง 4 มุมมาวาดลงที่ละจุด โดยเรียงตามลำดับมุม



รูปที่ 4.8 วาดมุมลงที่ละจุด

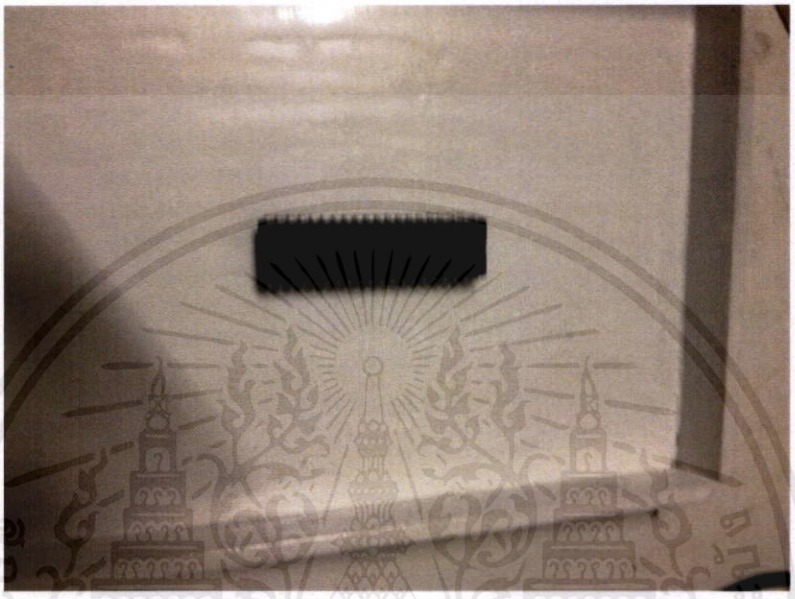
ขั้นตอนที่ 9 : นำจุดแต่ละจุดมาหาระยะความกว้างและยาว และคำนวณหาพื้นที่

รูปที่ 4.9 คำนวณหาพื้นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

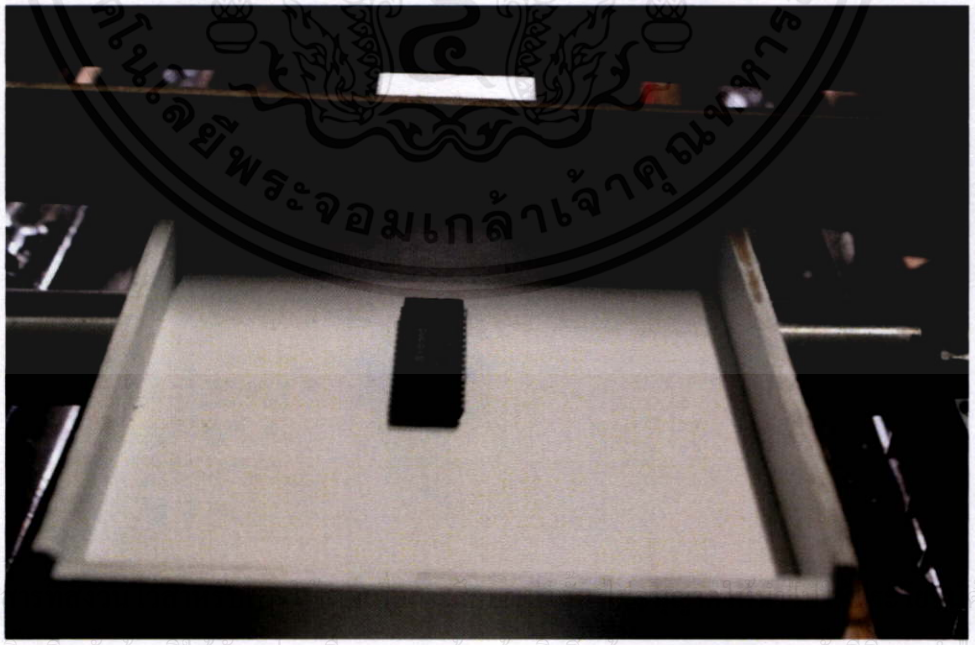
4.2 การทำงานของระบบขับเคลื่อน + ระบบประมวลผล (Python) (ระยะที่สอง)

ในการทดลองนี้จะเป็นการทดลองระบบขับเคลื่อนสายพานกับระบบประมวลผลภาพ โดยในขั้นตอนแรกทำการใส่วัตถุ (ไอซี) ลงในถาดที่เตรียมไว้ซึ่งตัวถาดจะเป็นพื้นสีขาวเพื่อง่ายต่อการทำภาพเป็นภาพสองระดับ



รูปที่ 4.10 ไอซีอยู่ในถาดที่เตรียมไว้

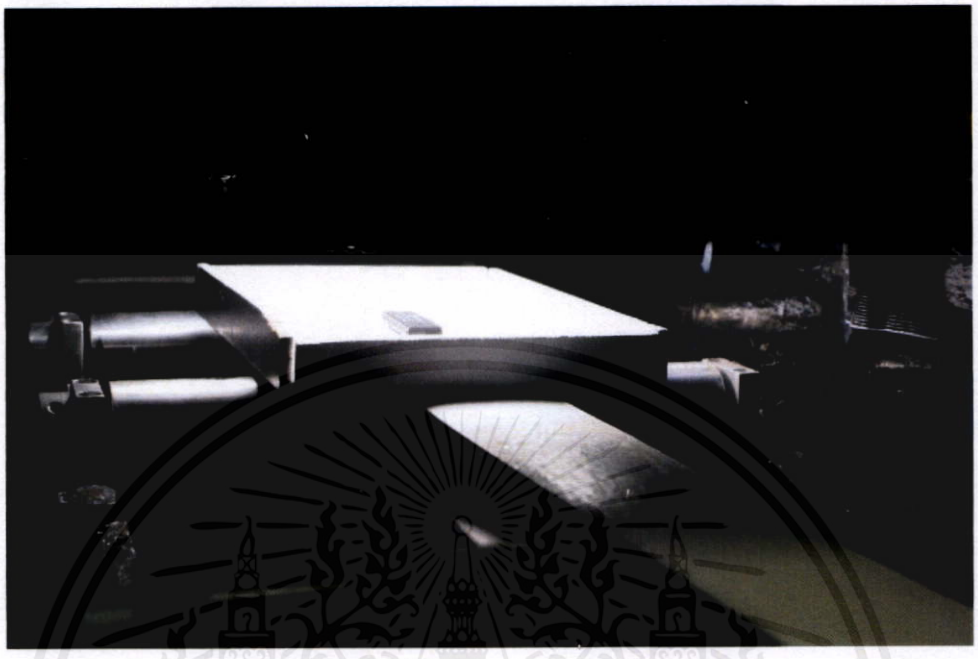
ต่อมาพอระบบทำการเปิดมอเตอร์ตัวถาดจะค่อยๆ เคลื่อนที่ไปตามสายพาน



รูปที่ 4.11 ถาดเคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอก ล้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเคลื่อนที่ไปได้สักระยะตัวถาดจะถูกหยุดอยู่ตรงจุดที่ได้เตรียมไว้ เพื่อทำการถ่ายภาพเพื่อประมวลผลกล้องจะทำการจับภาพและนำไปประมวลผลต่อไป



รูปที่ 4.12 ถาดหยุด ณ จุดที่กำหนดไว้

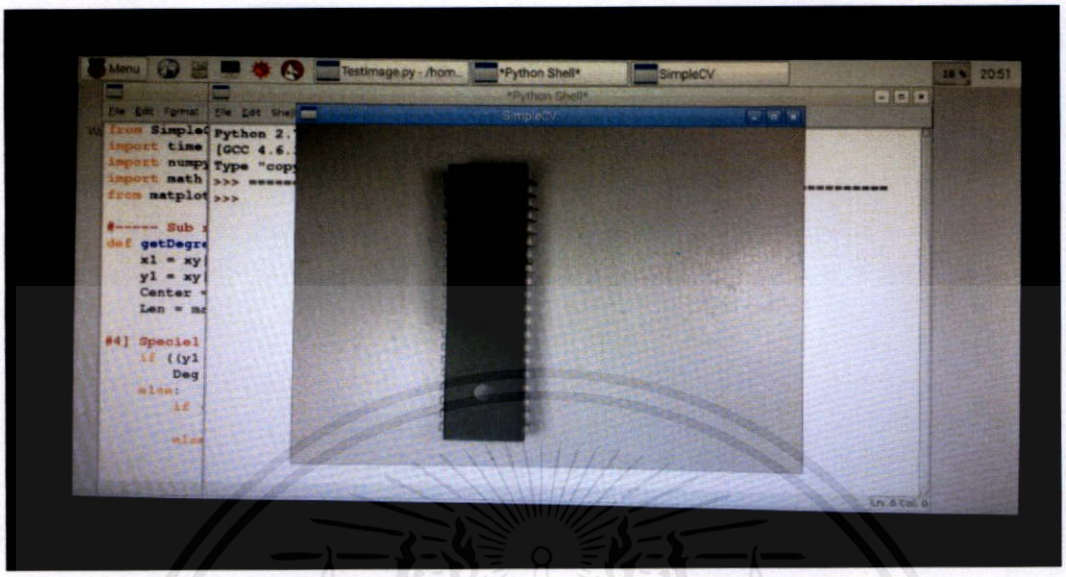
4.3 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ภาพ จากโปรแกรม Python (ระยะที่สอง)

กระบวนการคล้ายกับในโปรแกรม Matlab แต่นำมาเขียนเป็นภาษา Python ลงบนบอร์ด และประยุกต์ใช้กับระบบสายพานโรงงานให้ทำงานสอดคล้องกัน

รูปที่ 4.13 ไอซี ที่จะทำการตรวจวัด

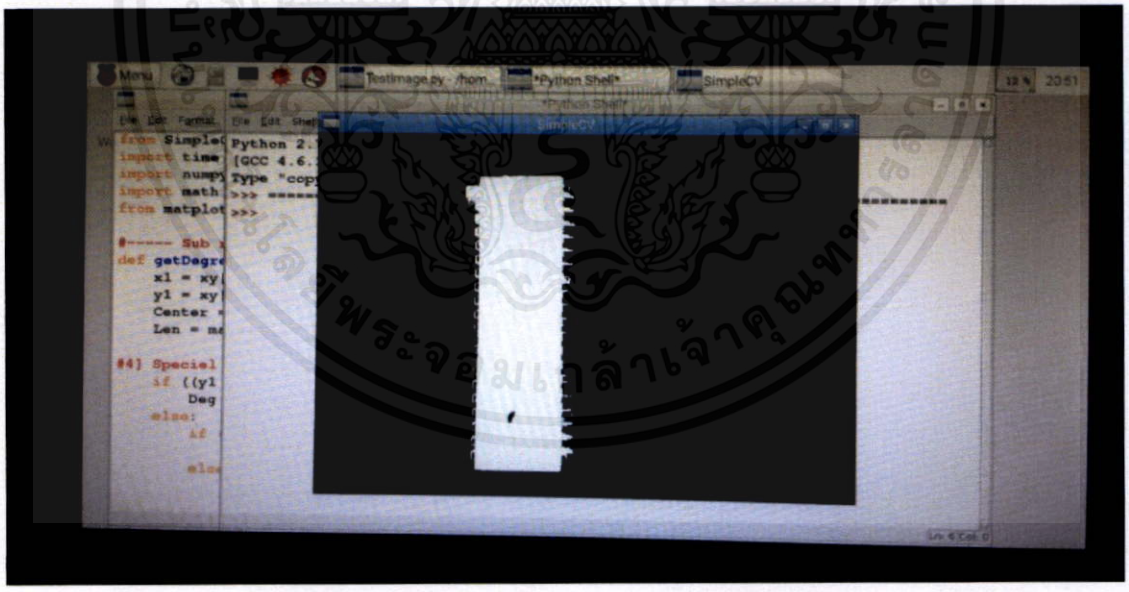
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 1 : ทำการจับภาพของวัตถุ (ไอซี)



รูปที่ 4.14 ถ่ายไอซี ที่จะทำการตรวจวัด

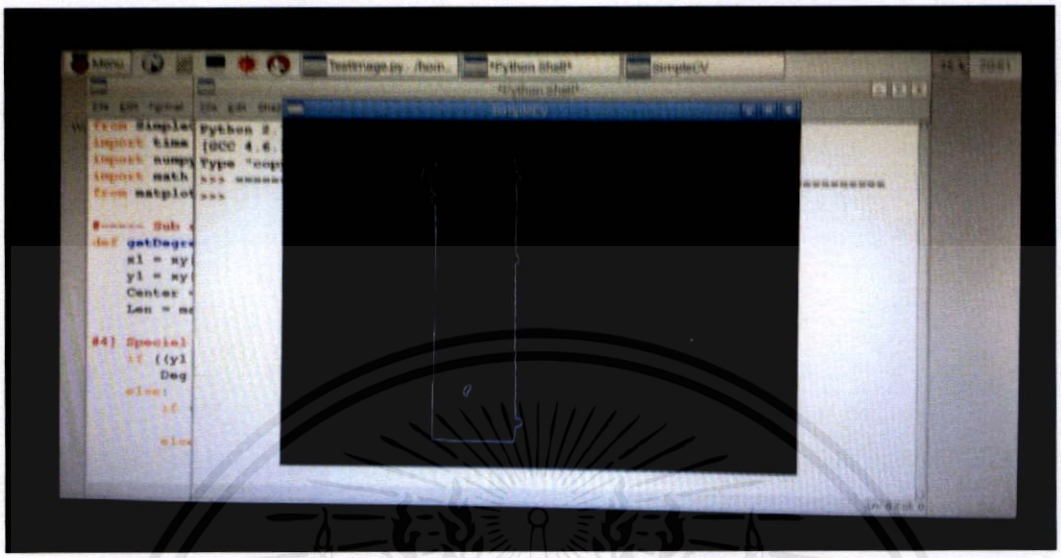
ขั้นตอนที่ 2 : ทำการเปลี่ยนภาพเป็นภาพสองระดับ ใช้วิธี (Erode + Dilation) เพื่อทำให้ผลองขาไอซีเรียบที่สุด



รูปที่ 4.15 ภาพไอซี แบบภาพสองระดับ

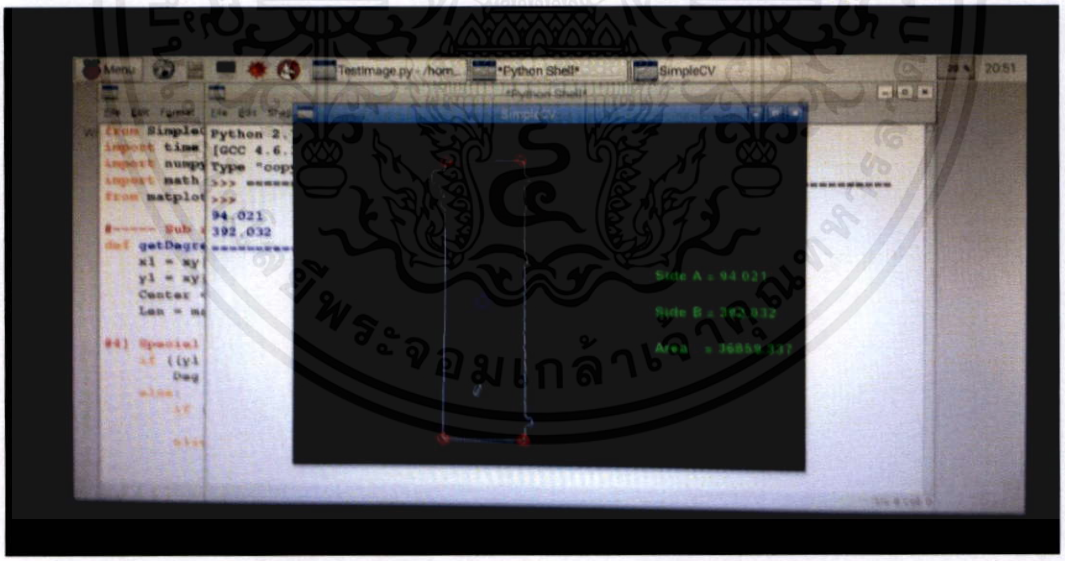
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 4 : ทำการหาขอบภาพของภาพสองระดับ โดยวิธีการ Candy Edge



รูปที่ 4.16 ภาพไอซี ที่ผ่านการ Candy Edge

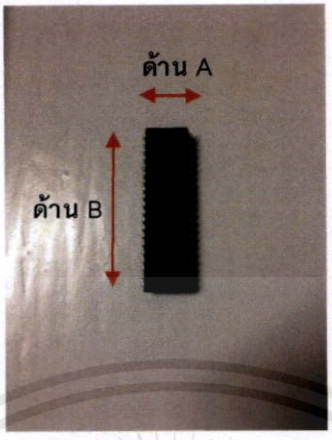
ขั้นตอนที่ 5 : ทำการคำนวณแบบระยะแรก สุดท้ายจะได้ผลลัพธ์ เป็น Side A, Side B, Area



รูปที่ 4.17 คำนวณหาผลลัพธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การตรวจวัดแบบ แนว 90 องศา, 270 องศา (หมายเลข ICL7106CPLZ P0535BCK8)



ทำการวัด 10 รอบ 3 ครั้ง

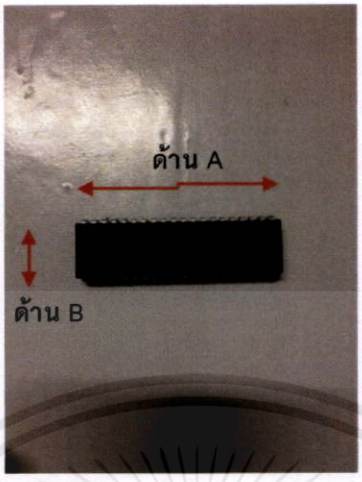
รูปที่ 4.18 ICL7106CPLZ แนว 90 องศา, 270 องศา

การตรวจวัด	Processed 1	Processed 2	Processed 3
ทำการวัดครั้งที่ 1	83.006 (ด้าน A) 331.006 (ด้าน B)	83.0 (ด้าน A) 331.006 (ด้าน B)	83.0 (ด้าน A) 331.006 (ด้าน B)
ทำการวัดครั้งที่ 2	82.024 332.038	82.024 332.038	82.024 332.038
ทำการวัดครั้งที่ 3	82.0 333.006	82.0 333.006	82.0 333.006
ทำการวัดครั้งที่ 4	82.0 333.002	82.006 333.002	82.096 331.386
ทำการวัดครั้งที่ 5	83.096 331.386	83.096 331.386	83.096 331.386
ทำการวัดครั้งที่ 6	82.024 332.054	82.024 332.054	82.024 332.054
ทำการวัดครั้งที่ 7	83.054 330.074	84.054 332.054	83.054 330.074
ทำการวัดครั้งที่ 8	84.024 331.074	84.024 330.097	83.054 331.074
ทำการวัดครั้งที่ 9	81.025 332.074	81.025 332.074	81.025 332.074
ทำการวัดครั้งที่ 10	83.024 331.038	84.006 331.038	84.006 331.038

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ICL7106CPLZ แนว 90 องศา, 270 องศา

4.5 การตรวจวัดแบบ แนว 0 องศา, 180 องศา (หมายเลข ICL7106CPLZ P0535BCK8)



ทำการวัด 10 รอบ 3 ครั้ง

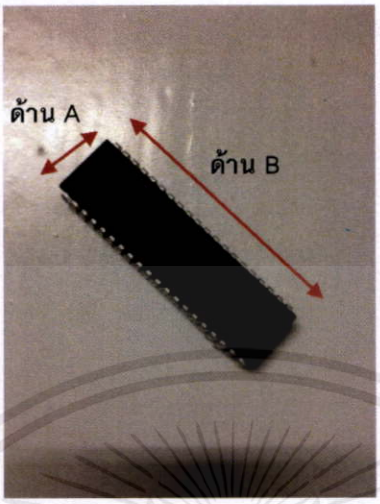
รูปที่ 4.19 ICL7106CPLZ แนว 0 องศา, 180 องศา

การตรวจวัด	Processed 1	Processed 2	Processed 3
ทำการวัดครั้งที่ 1	334.001 (ด้าน A) 85.006 (ด้าน B)	334.001 (ด้าน A) 85.006 (ด้าน B)	334.001 (ด้าน A) 85.006 (ด้าน B)
ทำการวัดครั้งที่ 2	333.182 86.052	333.038 86.0	333.038 86.0
ทำการวัดครั้งที่ 3	335.024 86.0	335.024 86.0	334.006 86.0
ทำการวัดครั้งที่ 4	333..054 86.006	335.054 86.006	333.054 86.006
ทำการวัดครั้งที่ 5	332.006 86.006	332.06 86.006	332.006 86.006
ทำการวัดครั้งที่ 6	333.002 86.006	333.002 86.006	333.002 86.006
ทำการวัดครั้งที่ 7	333.038 85.024	333.038 85.024	333.038 85.024
ทำการวัดครั้งที่ 8	334.15 86.023	334.15 86.023	334.15 86.023
ทำการวัดครั้งที่ 9	336.054 85.024	336.054 86.023	336.037 86.023
ทำการวัดครั้งที่ 10	333.636 85.376	333.636 85.376	333.636 85.376

ตารางที่ 4.2 ICL7106CPLZ แนว 0 องศา, 180 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 การตรวจวัดแบบ แนว 135 องศา, 315 องศา (หมายเลข ICL7106CPLZ P0535BCK8)



ทำการวัด 10 รอบ 3 ครั้ง

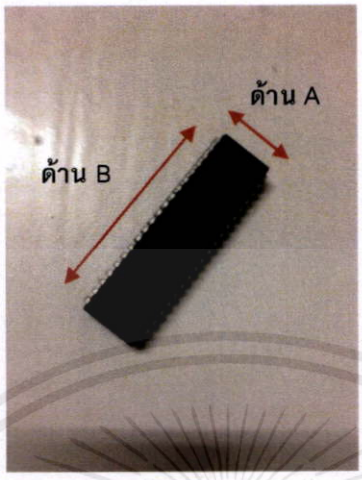
รูปที่ 4.20 ICL7106CPLZ แนว 135 องศา, 315 องศา

การตรวจวัด	Processed 1	Processed 2	Processed 3
ทำการวัดครั้งที่ 1	79.025 (ด้าน A) 335.149 (ด้าน B)	79.025 (ด้าน A) 335.149 (ด้าน B)	79.025 (ด้าน A) 335.149 (ด้าน B)
ทำการวัดครั้งที่ 2	81.216 331.717	81.216 331.717	81.216 331.717
ทำการวัดครั้งที่ 3	78.816 336.073	78.237 332.701	78.257 331.887
ทำการวัดครั้งที่ 4	78.816 330.637	79.202 332.036	80.112 332.036
ทำการวัดครั้งที่ 5	77.897 334.903	77.897 334.903	79.259 334.903
ทำการวัดครั้งที่ 6	77.524 334.431	77.524 334.431	77.524 334.431
ทำการวัดครั้งที่ 7	77.524 332.88	77.524 332.88	77.524 334.431
ทำการวัดครั้งที่ 8	77.897 332.051	79.259 332.415	79.259 332.88
ทำการวัดครั้งที่ 9	78.772 332.291	78.772 332.291	78.772 332.291
ทำการวัดครั้งที่ 10	77.897 333.542	77.897 333.542	77.897 333.161

ตารางที่ 4.3 ICL7106CPLZ แนว 135 องศา, 315 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวน
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 การตรวจวัดแบบ แนว 45 องศา, 225 องศา (หมายเลข ICL7106CPLZ P0535BCK8)



ทำการวัด 10 รอบ 3 ครั้ง

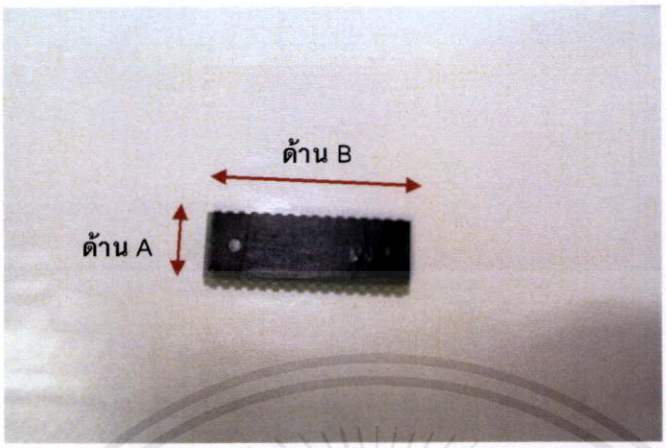
รูปที่ 4.21 ICL7106CPLZ แนว 45 องศา, 225 องศา

การตรวจวัด	Processed 1	Processed 2	Processed 3
ทำการวัดครั้งที่ 1	76.851 (ด้าน A) 337.338 (ด้าน B)	77.698 (ด้าน A) 333.398 (ด้าน B)	75.472 (ด้าน A) 333.588 (ด้าน B)
ทำการวัดครั้งที่ 2	76.851 332.026	77.076 332.026	76.851 332.026
ทำการวัดครั้งที่ 3	74.626 331.254	74.626 331.254	78.851 332.026
ทำการวัดครั้งที่ 4	78.243 333.156	78.873 332.385	78.23 330.643
ทำการวัดครั้งที่ 5	78.873 330.606	78.873 330.606	78.873 332.606
ทำการวัดครั้งที่ 6	78.6 331.204	78.6 331.204	78.6 331.204
ทำการวัดครั้งที่ 7	78.816 331.006	78.816 331.006	78.816 331.204
ทำการวัดครั้งที่ 8	77.801 330.22	78.6 331.204	78.6 331.204
ทำการวัดครั้งที่ 9	78.816 329.229	78.816 329.229	77.421 329.229
ทำการวัดครั้งที่ 10	78.006 332.415	79.404 331.622	79.404 331.622

ตารางที่ 4.4 ICL7106CPLZ แนว 45 องศา, 225 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.8 การตรวจวัดแบบ แนว 0 องศา, 180 องศา (Winbond หมายเลข w29c020-12)



ทำการวัด 10 รอบ 3 ครั้ง

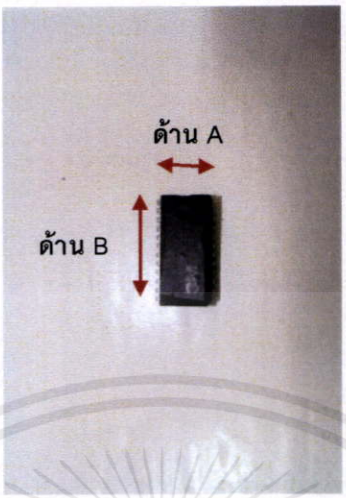
รูปที่ 4.22 Winbond แนว 0 องศา, 180 องศา

การตรวจวัด	Processed 1	Processed 2	Processed 3
ทำการวัดครั้งที่ 1	83.006 (ด้าน A) 260.031 (ด้าน B)	83.006 (ด้าน A) 260.031 (ด้าน B)	82.006 (ด้าน A) 260.048 (ด้าน B)
ทำการวัดครั้งที่ 2	84.0 261.002	82.0 261.008	82.006 260.008
ทำการวัดครั้งที่ 3	83.006 260.069	83.006 260.069	83.006 260.069
ทำการวัดครั้งที่ 4	82.0 261.002	82.0 261.002	82.0 261.002
ทำการวัดครั้งที่ 5	82.0 260.008	82.0 260.008	82.0 261.008
ทำการวัดครั้งที่ 6	82.006 261.048	82.006 261.048	82.006 261.048
ทำการวัดครั้งที่ 7	84.0 261.002	84.0 261.002	83.0 261.002
ทำการวัดครั้งที่ 8	83.006 262.093	83.006 262.093	83.006 262.093
ทำการวัดครั้งที่ 9	82.0 262.017	81.0 262.017	81.0 262.017
ทำการวัดครั้งที่ 10	83.006 261.0	83.006 261.0	83.006 261.0

ตารางที่ 4.5 Winbond แนว 0 องศา, 180 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.9 การตรวจวัดแบบ แนว 90 องศา, 180 องศา (Winbond หมายเลข w29c020-12)



ทำการวัด 10 รอบ 3 ครั้ง

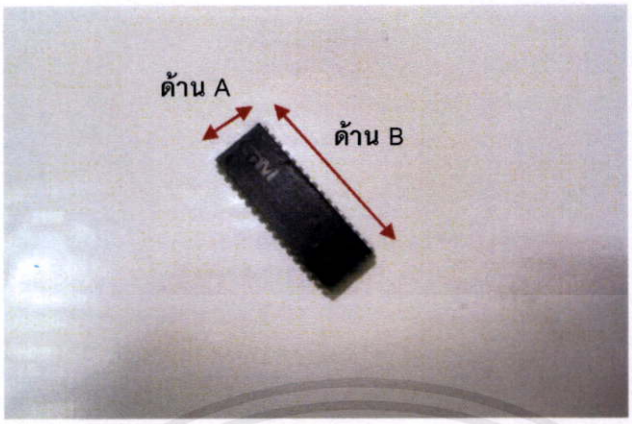
รูปที่ 4.23 Winbond แนว 90 องศา, 180 องศา

การตรวจวัด	Processed 1	Processed 2	Processed 3
ทำการวัดครั้งที่ 1	81.025 (ด้าน A) 261.002 (ด้าน B)	81.006 (ด้าน A) 261.002 (ด้าน B)	81.006 (ด้าน A) 261.002 (ด้าน B)
ทำการวัดครั้งที่ 2	79.0 260.031	81.006 259.008	81.006 259.006
ทำการวัดครั้งที่ 3	83.006 258.031	82.006 258.017	83.006 258.031
ทำการวัดครั้งที่ 4	81.025 257.194	83.024 257.158	83.024 257.158
ทำการวัดครั้งที่ 5	79.006 261.002	81.006 260.0	81.006 260.0
ทำการวัดครั้งที่ 6	83.0 258.017	83.0 258.017	83.0 258.017
ทำการวัดครั้งที่ 7	82.0 258.0	82.0 258.0	82.0 258.0
ทำการวัดครั้งที่ 8	82.0 258.008	82.0 258.008	82.0 258.008
ทำการวัดครั้งที่ 9	82.024 259.048	82.024 259.048	83.024 259.048
ทำการวัดครั้งที่ 10	80.006 260.002	82.0 259.002	82.0 259.002

ตารางที่ 4.6 Winbond แนว 90 องศา, 180 องศา

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.10 การตรวจวัดแบบ แนว 135 องศา, 315 องศา (Winbond หมายเลข w29c020-12)



ทำการวัด 10 รอบ 3 ครั้ง

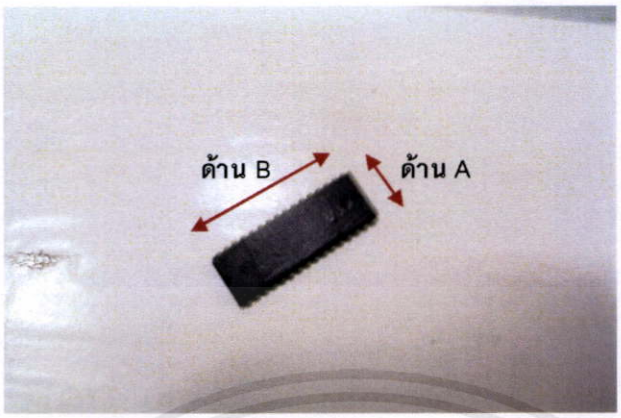
รูปที่ 4.24 Winbond แนว 135 องศา, 315 องศา

การตรวจวัด	Processed 1	Processed 2	Processed 3
ทำการวัดครั้งที่ 1	75.286 (ด้าน A) 260.555 (ด้าน B)	73.246 (ด้าน A) 261.457 (ด้าน B)	73.246 (ด้าน A) 261.457 (ด้าน B)
ทำการวัดครั้งที่ 2	75.432 260.192	77.466 259.915	74.653 260.192
ทำการวัดครั้งที่ 3	74.404 260.601	74.404 260.601	74.404 260.601
ทำการวัดครั้งที่ 4	75.213 261.603	72.422 262.031	72.422 262.031
ทำการวัดครั้งที่ 5	74.623 261.008	76.609 260.0	76.609 260.0
ทำการวัดครั้งที่ 6	76.551 260.432	76.551 260.432	76.551 260.987
ทำการวัดครั้งที่ 7	76.217 263.03	75.604 263.03	76.217 263.03
ทำการวัดครั้งที่ 8	77.006 261.628	75.604 261.628	77.006 261.628
ทำการวัดครั้งที่ 9	75.286 260.21	75.928 260.967	75.928 260.967
ทำการวัดครั้งที่ 10	73.539 260.931	73.539 260.931	73.539 260.931

ตารางที่ 4.7 Winbond แนว 135 องศา, 315 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.11 การตรวจวัดแบบ แนว 45 องศา, 255 องศา (Winbond หมายเลข w29c020-12)



ทำการวัด 10 รอบ 3 ครั้ง

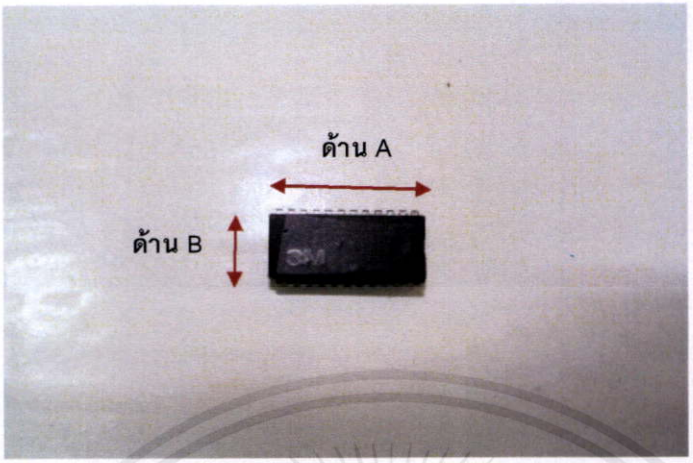
รูปที่ 4.25 Winbond แนว 45 องศา, 255 องศา

การตรวจวัด	Processed 1	Processed 2	Processed 3
ทำการวัดครั้งที่ 1	74.953 (ด้าน A) 260.923 (ด้าน B)	74.953 (ด้าน A) 260.923 (ด้าน B)	74.953 (ด้าน A) 260.923 (ด้าน B)
ทำการวัดครั้งที่ 2	78.243 260.686	78.243 260.686	78.243 260.686
ทำการวัดครั้งที่ 3	77.987 262.179	76.577 259.453	76.577 259.453
ทำการวัดครั้งที่ 4	78.102 259.669	78.102 259.669	76.694 259.453
ทำการวัดครั้งที่ 5	77.466 260.555	77.466 260.555	77.466 259.789
ทำการวัดครั้งที่ 6	74.277 260.311	72.863 260.277	74.277 260.111
ทำการวัดครั้งที่ 7	72.863 259.555	74.277 259.586	74.277 259.586
ทำการวัดครั้งที่ 8	76.42 260.311	76.42 260.311	74.277 259.586
ทำการวัดครั้งที่ 9	75.743 259.671	75.743 259.114	75.743 259.671
ทำการวัดครั้งที่ 10	74.411 260.526	77.897 260.311	74.411 260.599

ตารางที่ 4.8 Winbond แนว 45 องศา, 255 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.12 การตรวจวัดแบบ แนว 0 องศา, 180 องศา (MALAYSIA 9020 HM6116LP-3)



ทำการวัด 10 รอบ 3 ครั้ง

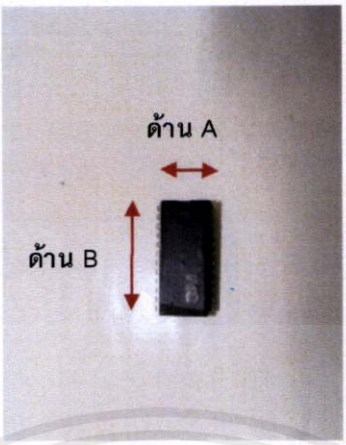
รูปที่ 4.26 MALAYSIA แนว 45 องศา, 255 องศา

การตรวจวัด	Processed 1	Processed 2	Processed 3
ทำการวัดครั้งที่ 1	199.251 (ด้าน A) 83.006 (ด้าน B)	199.251 (ด้าน A) 82.006 (ด้าน B)	199.203 (ด้าน A) 82.006 (ด้าน B)
ทำการวัดครั้งที่ 2	199.04 83.054	199.04 83.054	199.023 83.054
ทำการวัดครั้งที่ 3	199.063 82.006	199.04 82.006	199.04 82.006
ทำการวัดครั้งที่ 4	199.003 83.054	199.01 82.055	199.01 82.055
ทำการวัดครั้งที่ 5	198.01 82.006	198.003 83.006	198.003 82.006
ทำการวัดครั้งที่ 6	199.123 82.006	199.23 83.006	198.124 83.024
ทำการวัดครั้งที่ 7	198.063 83.006	198.063 83.006	198.063 83.006
ทำการวัดครั้งที่ 8	198.204 83.024	198.024 83.024	198.024 83.024
ทำการวัดครั้งที่ 9	198.567 82.098	198.567 82.098	198.567 82.098
ทำการวัดครั้งที่ 10	199.304 81.1	199.304 81.101	199.016 83.059

ตารางที่ 4.9 MALAYSIA แนว 45 องศา, 255 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.13 การตรวจวัดแบบ แนว 90 องศา, 270 องศา (MALAYSIA 9020 HM6116LP-3)



ทำการวัด 10 รอบ 3 ครั้ง

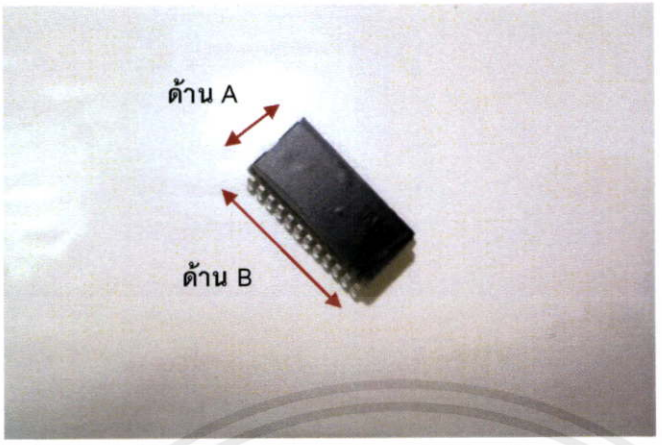
รูปที่ 4.27 MALAYSIA แนว 90 องศา, 270 องศา

การตรวจวัด	Processed 1	Processed 2	Processed 3
ทำการวัดครั้งที่ 1	77.026 (ด้าน A) 199.09 (ด้าน B)	78.026 (ด้าน A) 199.09 (ด้าน B)	77.026 (ด้าน A) 199.09 (ด้าน B)
ทำการวัดครั้งที่ 2	73.062 203.298	72.062 203.022	72.062 203.298
ทำการวัดครั้งที่ 3	75.007 203.062	77.0 201.022	77.0 201.022
ทำการวัดครั้งที่ 4	79.0 199.003	78.0 199.003	78.0 199.003
ทำการวัดครั้งที่ 5	78.026 199.01	78.058 198.01	78.058 198.01
ทำการวัดครั้งที่ 6	73.0 202.089	74.007 202.089	73.007 202.089
ทำการวัดครั้งที่ 7	75.06 202.089	75.06 204.245	75.06 202.089
ทำการวัดครั้งที่ 8	79.027 198.063	78.026 198.091	78.026 198.091
ทำการวัดครั้งที่ 9	74.027 201.159	74.027 201.159	74.027 201.159
ทำการวัดครั้งที่ 10	79.057 198.162	79.057 198.162	79.057 198.162

ตารางที่ 4.10 MALAYSIA แนว 90 องศา, 270 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.14 การตรวจวัดแบบ แนว 135 องศา, 315 องศา (MALAYSIA 9020 HM6116LP-3)



ทำการวัด 10 รอบ 3 ครั้ง

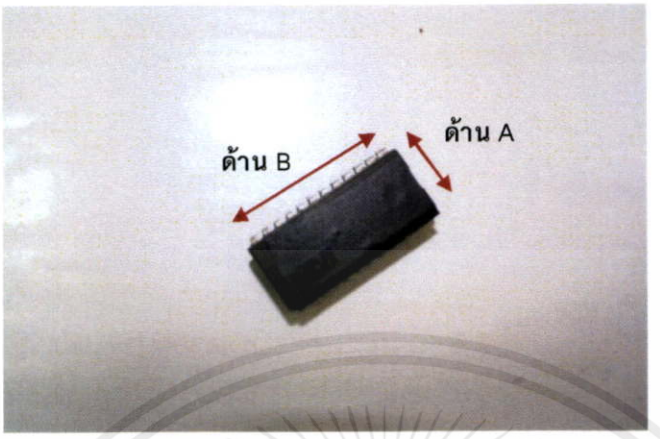
รูปที่ 4.28 MALAYSIA แนว 135 องศา, 315 องศา

การตรวจวัด	Processed 1	Processed 2	Processed 3
ทำการวัดครั้งที่ 1	74.967 (ด้าน A) 199.449 (ด้าน B)	70.036 (ด้าน A) 200.172 (ด้าน B)	70.036 (ด้าน A) 200.172 (ด้าน B)
ทำการวัดครั้งที่ 2	74.967 199.529	74.967 198.759	74.967 198.759
ทำการวัดครั้งที่ 3	74.411 198.237	75.073 198.98	75.073 198.98
ทำการวัดครั้งที่ 4	73.0 199.65	75.073 199.65	75.073 199.65
ทำการวัดครั้งที่ 5	76.42 198.849	76.42 198.849	77.104 198.849
ทำการวัดครั้งที่ 6	74.953 198.708	74.953 198.708	74.953 198.708
ทำการวัดครั้งที่ 7	76.368 198.409	74.953 199.409	75.664 198.708
ทำการวัดครั้งที่ 8	77.078 198.759	77.078 198.759	74.953 199.424
ทำการวัดครั้งที่ 9	74.967 199.449	77.104 199.484	75.69 199.484
ทำการวัดครั้งที่ 10	76.381 199.529	74.967 199.484	74.967 199.484

ตารางที่ 4.11 MALAYSIA แนว 135 องศา, 315 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.15 การตรวจวัดแบบ แนว 45 องศา, 255 องศา (MALAYSIA 9020 HM6116LP-3)



ทำการวัด 10 รอบ 3 ครั้ง

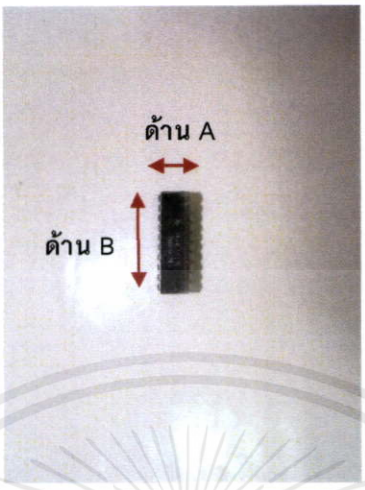
รูปที่ 4.29 MALAYSIA แนว 45 องศา, 255 องศา

การตรวจวัด	Processed 1	Processed 2	Processed 3
ทำการวัดครั้งที่ 1	74.967 (ด้าน A) 200.112 (ด้าน B)	74.967 (ด้าน A) 200.112 (ด้าน B)	74.967 (ด้าน A) 200.112 (ด้าน B)
ทำการวัดครั้งที่ 2	75.073 198.98	75.073 198.98	75.073 198.98
ทำการวัดครั้งที่ 3	75.073 200.262	75.073 200.252	75.073 200.212
ทำการวัดครั้งที่ 4	75.007 199.529	75.743 199.529	75.743 199.529
ทำการวัดครั้งที่ 5	74.653 200.661	76.054 202.072	76.059 199.529
ทำการวัดครั้งที่ 6	73.681 199.81	76.485 201.062	76.485 201.062
ทำการวัดครั้งที่ 7	76.059 202.181	74.653 202.181	74.653 202.181
ทำการวัดครั้งที่ 8	75.928 200.661	75.928 200.661	75.928 200.181
ทำการวัดครั้งที่ 9	77.156 203.089	76.485 201.626	76.485 201.626
ทำการวัดครั้งที่ 10	76.381 201.626	76.381 201.626	76.381 201.626

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 MALAYSIA แนว 45 องศา, 255 องศา

4.16 การตรวจวัดแบบ แนว 90 องศา, 270 องศา (หมายเลข SN74LS373N XXC09034)



ทำการวัด 10 รอบ 3 ครั้ง

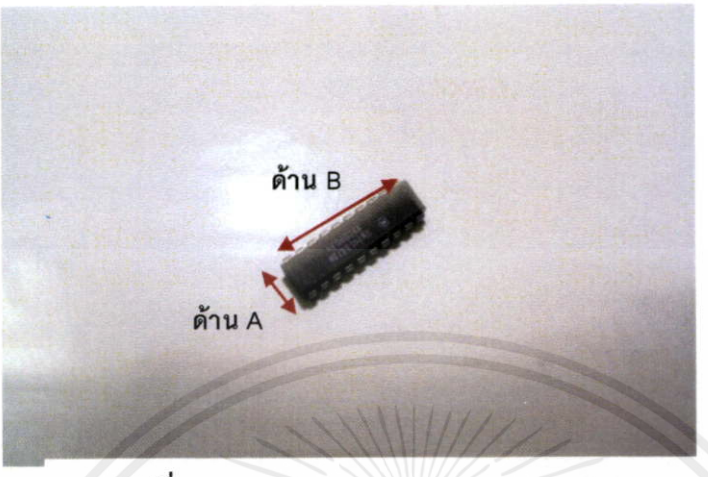
รูปที่ 4.30 SN74LS373N แนว 90 องศา, 270 องศา

การตรวจวัด	Processed 1	Processed 2	Processed 3
ทำการวัดครั้งที่ 1	37.014 (ด้าน A) 165.076 (ด้าน B)	35.0 (ด้าน A) 165.012 (ด้าน B)	36.0 (ด้าน A) 165.027(ด้าน B)
ทำการวัดครั้งที่ 2	37.019 162.003	38.0 166.027	37.0 166.012
ทำการวัดครั้งที่ 3	37.0 166.012	37.0 166.012	37.0 166.012
ทำการวัดครั้งที่ 4	37.014 166.012	37.014 167.003	37.0 166.003
ทำการวัดครั้งที่ 5	36.0 166.003	36.0 166.003	36.0 166.003
ทำการวัดครั้งที่ 6	37.014 166.048	37.014 166.048	36.014 166.075
ทำการวัดครั้งที่ 7	36.014 167.075	37.0 165.048	37.0 165.048
ทำการวัดครั้งที่ 8	36.0 166.0	75.928 166.027	36.0 166.027
ทำการวัดครั้งที่ 9	37.014 167.048	36.0 166.048	34.0 166.027
ทำการวัดครั้งที่ 10	34.0 166.027	34.0 166.027	37.014 166.048

ตารางที่ 4.13 SN74LS373N แนว 90 องศา, 270 องศา

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.17 การตรวจวัดแบบ แนว 45 องศา, 255 องศา (หมายเลข SN74LS373N XXC09034)



ทำการวัด 10 รอบ 3 ครั้ง

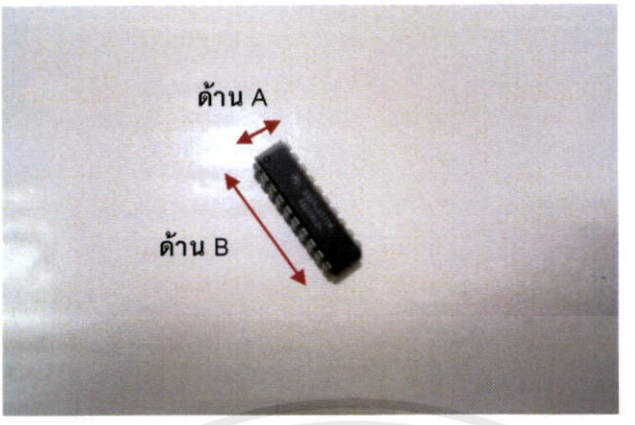
รูปที่ 4.31 SN74LS373N แนว 45 องศา, 255 องศา

การตรวจวัด	Processed 1	Processed 2	Processed 3
ทำการวัดครั้งที่ 1	32.558 (ด้าน A) 166.877 (ด้าน B)	32.558 (ด้าน A) 166.883 (ด้าน B)	32.558 (ด้าน A) 166.883 (ด้าน B)
ทำการวัดครั้งที่ 2	29.698 166.172	29.698 166.172	29.698 166.172
ทำการวัดครั้งที่ 3	29.698 166.172	29.698 166.172	29.698 165.463
ทำการวัดครั้งที่ 4	31.113 166.877	31.113 166.877	31.113 166.877
ทำการวัดครั้งที่ 5	33.242 166.883	33.242 166.877	31.113 166.877
ทำการวัดครั้งที่ 6	31.113 166.877	31.113 166.877	33.242 166.877
ทำการวัดครั้งที่ 7	33.242 166.877	33.242 166.877	33.242 166.877
ทำการวัดครั้งที่ 8	33.242 166.877	33.242 166.877	33.242 166.877
ทำการวัดครั้งที่ 9	31.095 166.42	30.48 166.424	29.069 166.424
ทำการวัดครั้งที่ 10	30.48 166.352	31.145 165.56	30.659 166.424

ตารางที่ 4.14 SN74LS373N แนว 45 องศา, 255 องศา

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.18 การตรวจวัดแบบ แนว 135 องศา, 315 องศา (หมายเลข SN74LS373N XXC09034)



ทำการวัด 10 รอบ 3 ครั้ง

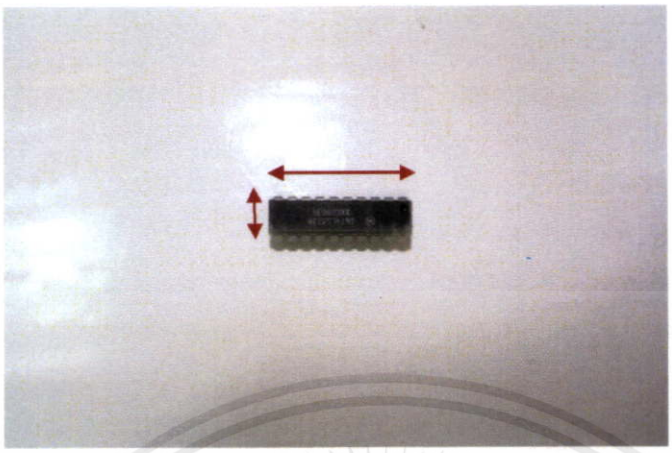
รูปที่ 4.32 SN74LS373N แนว 135 องศา, 315 องศา

การตรวจวัด	Processed 1	Processed 2	Processed 3
ทำการวัดครั้งที่ 1	32.65 (ด้าน B) 166.811 (ด้าน B)	32.65 (ด้าน B) 166.811 (ด้าน B)	32.65 (ด้าน B) 166.811 (ด้าน B)
ทำการวัดครั้งที่ 2	32.65 166.811	32.65 166.811	31.305 166.373
ทำการวัดครั้งที่ 3	31.305 166.373	32.65 166.811	32.65 166.811
ทำการวัดครั้งที่ 4	29.069 166.604	29.069 166.604	29.069 167.362
ทำการวัดครั้งที่ 5	31.78 166.385	31.78 166.385	31.015 166.436
ทำการวัดครั้งที่ 6	31.78 166.385	31.78 166.385	31.78 166.385
ทำการวัดครั้งที่ 7	29.698 166.901	29.698 166.901	31.284 167.598
ทำการวัดครั้งที่ 8	31.145 167.765	31.145 167.765	31.145 167.765
ทำการวัดครั้งที่ 9	31.696 166.628	32.696 166.517	32.696 166.628
ทำการวัดครั้งที่ 10	32.696 166.628	31.385 166.517	31.78 166.517

ตารางที่ 4.15 SN74LS373N แนว 135 องศา, 315 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.19 การตรวจวัดแบบ แนว 0 องศา, 180 องศา (หมายเลข SN74LS373N XXC09034)



ทำการวัด 10 รอบ 3 ครั้ง

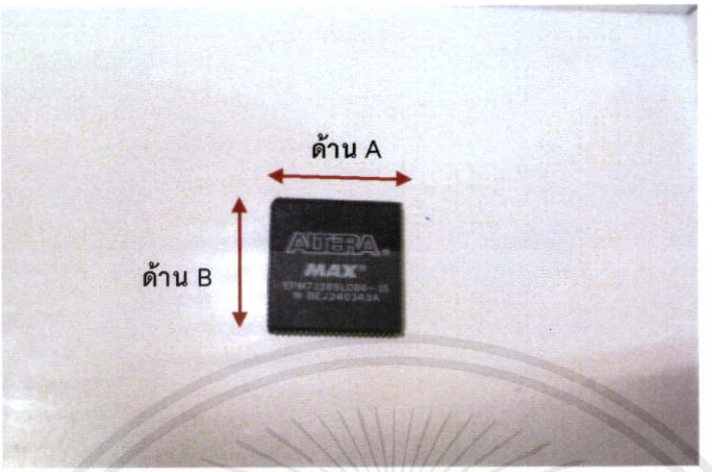
รูปที่ 4.33 SN74LS373N แนว 0 องศา, 180 องศา

การตรวจวัด	Processed 1	Processed 2	Processed 3
ทำการวัดครั้งที่ 1	Error	Error	Error
ทำการวัดครั้งที่ 2	Error	Error	Error
ทำการวัดครั้งที่ 3	Error	Error	Error
ทำการวัดครั้งที่ 4	Error	Error	Error
ทำการวัดครั้งที่ 5	Error	Error	Error
ทำการวัดครั้งที่ 6	Error	Error	Error
ทำการวัดครั้งที่ 7	Error	Error	Error
ทำการวัดครั้งที่ 8	Error	Error	Error
ทำการวัดครั้งที่ 9	Error	Error	Error
ทำการวัดครั้งที่ 10	Error	Error	Error

ตารางที่ 4.16 SN74LS373N แนว 0 องศา, 180 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.20 การตรวจวัดแบบ แนว 0 องศา, 90 องศา, 180 องศา, 270 องศา (สี่เหลี่ยมใหญ่) ALTERA MAX EPM7128SLC84-15 W BEJ240249A



ทำการวัด 10 รอบ 3 ครั้ง

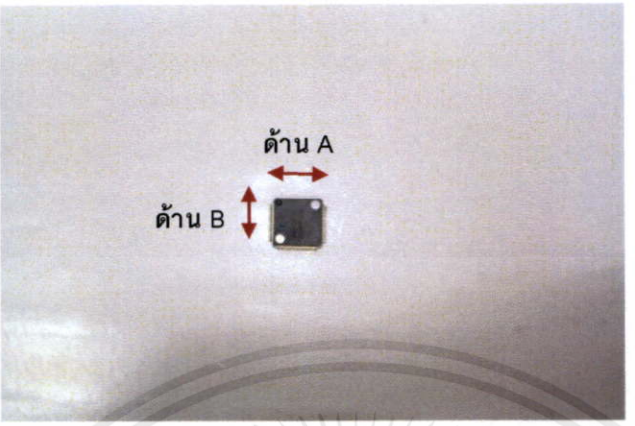
รูปที่ 4.34 ALTERA แนว 0 องศา, 90 องศา, 180 องศา, 270 องศา

การตรวจวัด	Processed 1	Processed 2	Processed 3
ทำการวัดครั้งที่ 1	179.025 (ด้าน A) 176.003 (ด้าน B)	178.045 (ด้าน A) 175.011 (ด้าน B)	178.045 (ด้าน A) 176.011 (ด้าน B)
ทำการวัดครั้งที่ 2	177.045 176.026	177.045 176.026	177.045 176.026
ทำการวัดครั้งที่ 3	177.045 176.011	177.045 176.026	177.045 176.026
ทำการวัดครั้งที่ 4	178.003 180.069	178.003 180.069	178.003 180.069
ทำการวัดครั้งที่ 5	177.553 180.1	177.553 180.1	177.553 180.1
ทำการวัดครั้งที่ 6	178.045 179.025	178.045 174.011	178.045 179.025
ทำการวัดครั้งที่ 7	178.18 174.072	178.18 174.072	178.138 174.072
ทำการวัดครั้งที่ 8	177.025 179.045	177.025 179.045	177.011 178.045
ทำการวัดครั้งที่ 9	179.045 178.34	179.045 178.34	179.045 178.34
ทำการวัดครั้งที่ 10	178.07 178.34	178.07 178.34	178.07 178.34

ตารางที่ 4.17 ALTERA แนว 0 องศา, 90 องศา, 180 องศา, 270 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.21 การตรวจวัดแบบ แนว 0 องศา, 90 องศา, 180 องศา, 270 องศา (สี่เหลี่ยมเล็ก) 35D9R0T TUSB3210PM



ทำการวัด 10 รอบ 3 ครั้ง

รูปที่ 4.35 35D9R0T แนว 0 องศา, 90 องศา, 180 องศา, 270 องศา

การตรวจวัด	Processed 1	Processed 2	Processed 3
ทำการวัดครั้งที่ 1	58.078 (ด้าน A) 60.033 (ด้าน B)	58.078 (ด้าน A) 57.14 (ด้าน B)	58.078 (ด้าน A) 57.14 (ด้าน B)
ทำการวัดครั้งที่ 2	59.175 57.079	59.135 57.079	60.075 56.036
ทำการวัดครั้งที่ 3	57.079 58.078	57.079 58.078	57.079 58.078
ทำการวัดครั้งที่ 4	59.08 59.076	59.034 58.138	60.008 56.036
ทำการวัดครั้งที่ 5	59.009 60.0	59.008 59.034	56.009 60.0
ทำการวัดครั้งที่ 6	57.219 57.14	57.219 59.304	57.219 57.009
ทำการวัดครั้งที่ 7	57.079 57.14	57.079 57.009	57.079 57.009
ทำการวัดครั้งที่ 8	59.008 59.135	59.0 58.078	59.036 59.034
ทำการวัดครั้งที่ 9	57.009 61.033	57.009 61.033	57.009 61.033
ทำการวัดครั้งที่ 10	57.019 57.009	57.008 58.0	57.008 57.031

ตารางที่ 4.18 35D9R0T แนว 0 องศา, 90 องศา, 180 องศา, 270 องศา

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการวัดในรูปแบบต่างๆของไอซีขนาดต่างๆได้ดังนี้

โดยรวมการวัดทั้ง 10 ครั้งในแต่ละตัวมีผลโดยผิดพลาดเพียง 10 % ที่เหลือก็ได้ค่าที่ถูกต้องแม่นยำ ในส่วนของ 10 % นั้น น่าจะเป็นที่ขนาดของไอซีที่เล็ก จนทำให้การวัดผิดพลาดไปเพราะการกำหนดความละเอียดเพียง 640x480 ซึ่งเป็นค่ามาตาฐานทั่วไป หากอุปกรณ์ตัวเล็กก็อาจต้องกำหนดให้มีขนาดความละเอียดมากขึ้นไปอีก(ส่งผลต่อเวลาการคำนวณที่มากขึ้นไปอีก) ส่วน สรุปในภาพรวมทั้งหมดจะได้กล่าวในบทต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

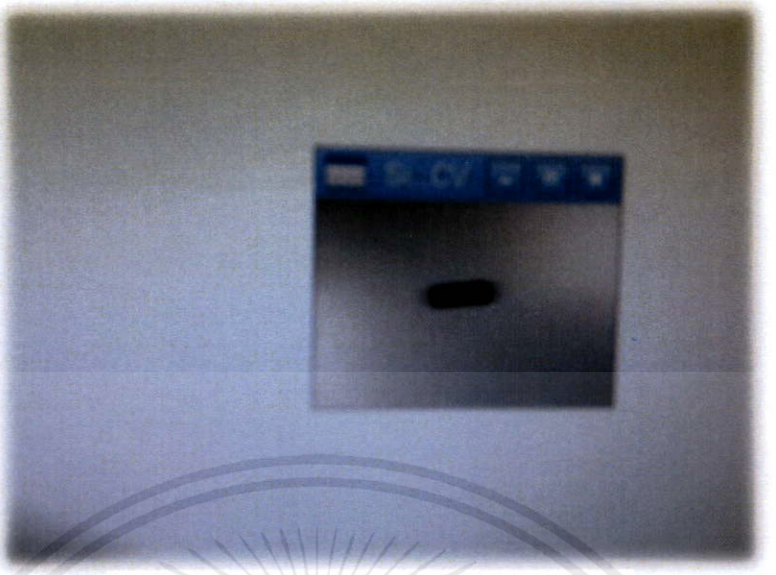
ในการทดลองเมื่อเปิดระบบการทำงานของเครื่อง โดยการสับสวิตช์เครื่องจะดำเนินการทำงานโดยอัตโนมัติ เมื่อใส่ตัวอุปกรณ์ไอซีที่จะทำการตรวจสอบลงไปในถาดที่จัดเตรียมไว้ ถาดจะค่อยๆเลื่อนในความเร็วรอบ 30R/Min จนถึงระยะที่อุปกรณ์ที่ติดไว้ที่สายพานลำเลียงไปกระทบกลับสวิตช์ แล้วบอร์ด Raspberry pi จะทำการส่งสัญญาณไปสั่งให้มอเตอร์จะหยุดทำการขับเคลื่อนสายพานชั่วขณะ และส่งสัญญาณไปสั่งการทำงานของกล้องให้ทำการถ่ายภาพตัวอุปกรณ์ไอซี เมื่อได้ภาพไอซีตัวบอร์ดจะทำการประมวลผลภาพด้วยเทคนิคประมวลผลภาพ โดยการใช้การตัด Threshold และ หาขอบภาพด้วย Candy edge และหาจุดศูนย์กลาง centroid นำค่าของจุดขอบเรียงเก็บไว้ใน Array เพื่อใช้คำนวณมุมและระยะห่าง ลากเส้นจากจุดศูนย์กลางไปสู่จุดต่างๆบนขอบภาพคำนวณค่าระยะห่างจากจุดศูนย์กลางสู่แต่ละจุดบนเส้นรอบวง คำนวณหามุมทั้งหมดของเส้นรอบรูปสี่เหลี่ยมเก็บไว้ในอาเรย์ คำนวณผลของมุมทุดจุดเก็บไว้ แปลงมุมให้ถูกเพื่อให้ได้มุมรอบจาก 0-360 องศา ทำการเรียงลำดับมุมและทำการวาดกราฟ แสดงภาพความยาวของมุมจาก 0-360 หาจุดสูงสุด 4 ครั้ง สำหรับไอซีสี่เหลี่ยม แสดงผลภาพที่ลดมุมออกทีละมุม เรียงลำดับมุมให้ถูกต้องโดยดูลำดับจาก 0-360 นำจุดที่ได้ไปวาดเส้นบนภาพไอซี ลากเส้นเชื่อมจุด 4 จุดแล้วหาผลรวมเส้น รอบวงจากนั้นแสดงผลออกทางหน้าจอ และแสดงสัญญาณไฟถ้าทำการตรวจสอบวัตถุว่าผลลัพธ์ถูกจะแสดงไฟสีเขียว เมื่อทำการตรวจสอบวัตถุว่าผลลัพธ์ผิดก็จะแสดงสัญญาณไฟสีแดง จากการทดลองเมื่อทำการประมวลผลข้อดีสามารถประมวลผลเทียบขนาดของไอซีแต่ละตัวได้จากความกว้างและความยาวได้ ข้อเสียไอซีบางตัว ได้มีการเกิดค่าผิดพลาด เกิดขึ้นจากการวิเคราะห์คือจากคุณภาพกล้องที่มีความละเอียดไม่สูงพอจะจับภาพไอซีที่ตัวเล็กได้ละเอียด และการจัดแสงที่ไม่สมบูรณ์ทำให้เกิดเงาในบางส่วน เมื่อไอซีที่มีขนาดเล็กเกิดเงาขึ้นจะทำให้ไม่ได้มุมที่ถูกต้อง การวัดก็จะผิดพลาดตามไปด้วย

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

5.2.1 ปัญหาที่เกิดขึ้นในในส่วนซอฟต์แวร์ (Software)

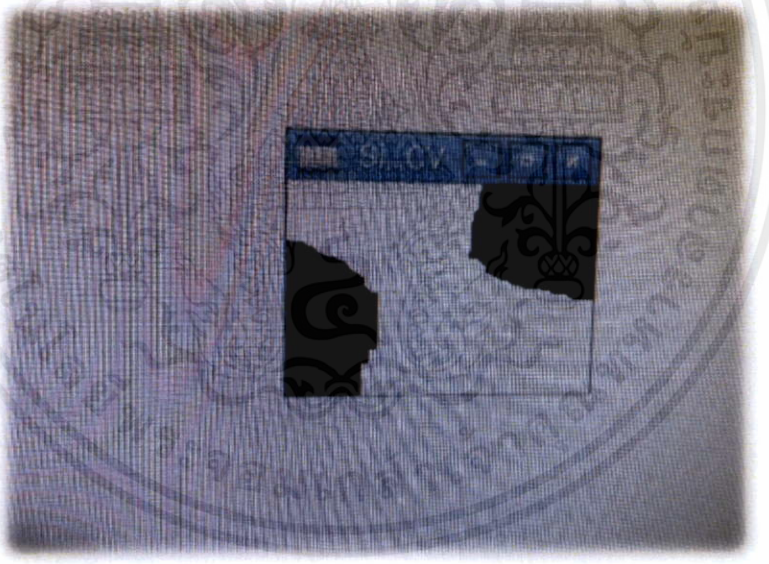
ในการรัน เมื่อได้รับแสงที่ไม่เพียงพอ จะทำให้การแสดงผลลัพธ์ออกมาผิดพลาด การจับมุมสูงสุดก็จะผิดพลาดไปด้วย เครื่องนี้ไม่สามารถทำการตรวจจับในมุม 180 องศาได้ได้ทำการปรับแก้และทดลองอยู่หลายครั้งก็ไม่สามารถทำการตรวจวัดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.1 ภาพวัตถุ (ไอซี) ที่แสงไม่เพียงพอ

จากรูป 5.1 จะเห็นเงาดำ ในรูปเกิดจากการถ่ายภาพที่ไม่มีการจัดแสงไว้ก่อนหรือแสงที่ไม่เพียงพอต่อการถ่ายทำให้มีจุดที่สว่างบาง มืดบาง

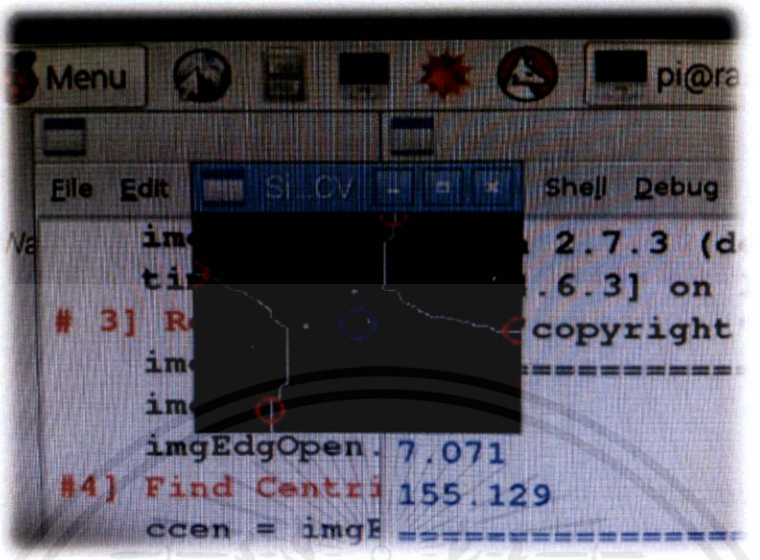


รูปที่ 5.2 ภาพสองระดับที่แสงไม่เพียงพอ

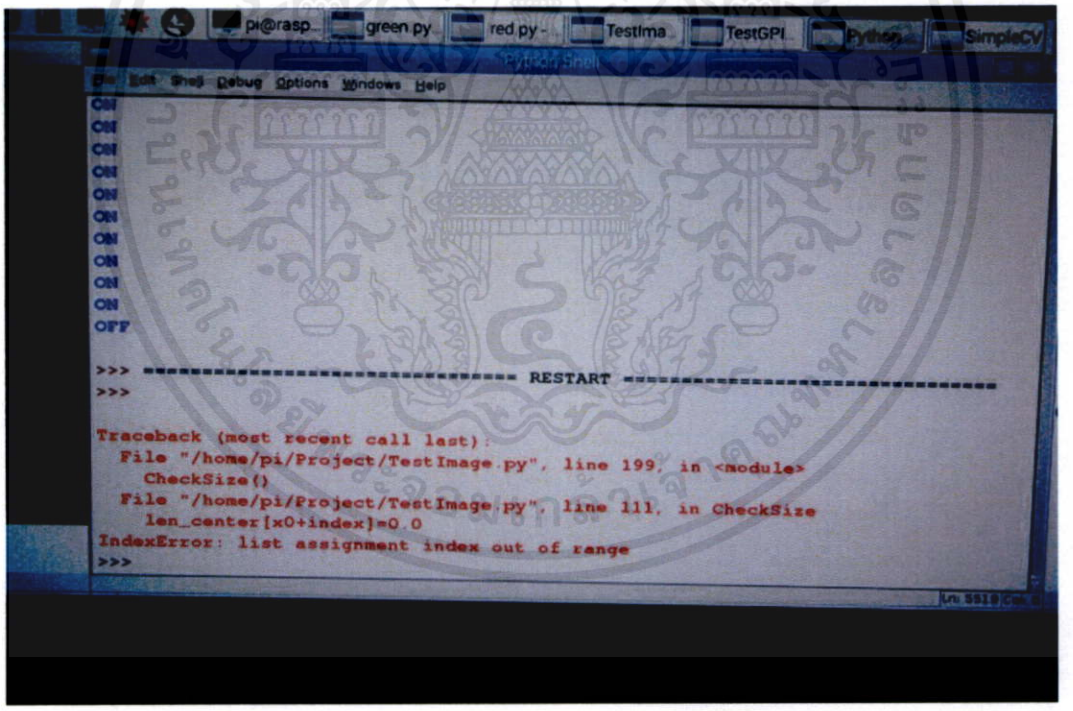
จากรูป 5.2 เมื่อนำภาพที่แสงไม่เพียงพอมาทำการเป็นภาพสองระดับจะเกิดความผิดพลาดในทันที เนื่องจากจุดมืดจะถูกนำมาคำนวณด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปเป็นการคำนวณที่ผิดพลาดจากการที่แสงไม่พอการจับภาพก็จะเกิดข้อผิดพลาด



รูปที่ 5.3 การคำนวณที่ผิดพลาดของตัวโปรแกรม



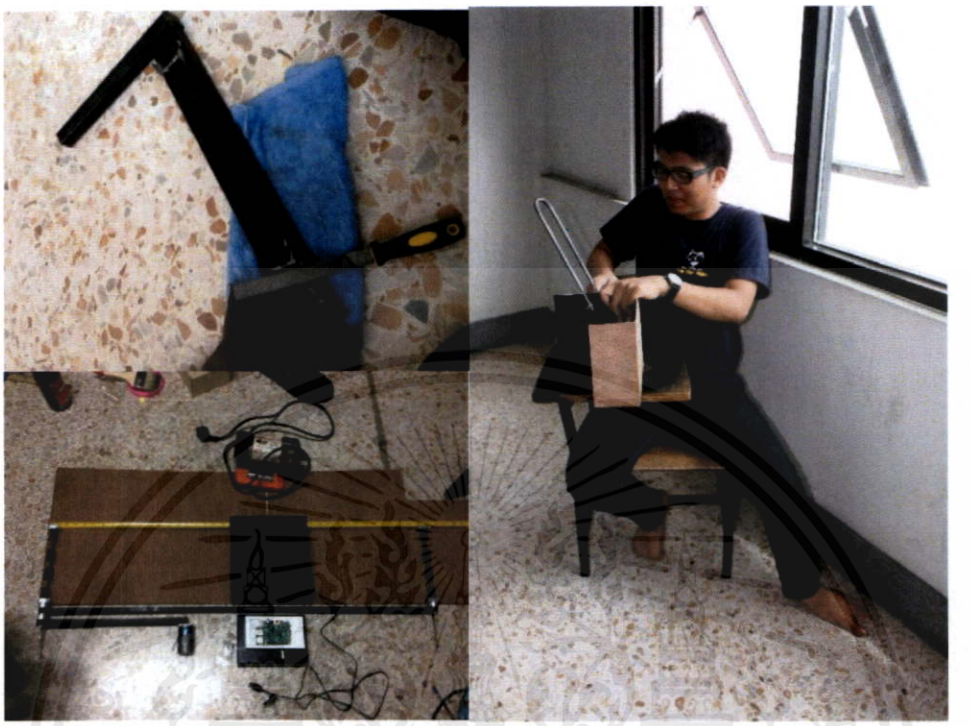
รูปที่ 5.4 ปัญหาไอซีบางตัววัดไม่ได้

รูปที่ 5.4 นี้เป็นปัญหาอันเนื่องจากไอซีขนาดเล็กบางตัวไม่สามารถวัดได้ เนื่องจากปัญหาคุณภาพกล้องที่ยังมีความละเอียดในการถ่ายภาพวัตถุขนาดเล็กไม่ได้

เอกสารนี้ [illegible] เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นในส่วนฮาร์ดแวร์ (Hardware)

อุปกรณ์ที่เราออกแบบบ้างชิ้น ต้องทำขึ้นมาเองไม่สามารถหาในท้องตลาดได้



รูปที่ 5.5 ปัญหาของบางชิ้นหาไม่มีขายตามท้องตลาด

เป็นการสร้างอุปกรณ์ขึ้นมาเองเนื่องจากไม่เป็นไปตามแบบที่ออกไว้ และไม่มีขายในท้องตลาดทั่วไป อุปกรณ์บางชิ้นมีราคาสูงมากเกินกว่างบที่ตั้งไว้เลยต้องทำการสร้างชิ้นส่วนขึ้นมาเองเป็นส่วนใหญ่ อย่างเช่น โครงสร้างที่ทำมาจากเหล็กต้องทำการวัดและเชื่อมข้อต่อเอง

5.3 แนวทางการพัฒนา

1. สามารถตรวจวัดขนาดไอซีได้หลากหลายรูปแบบ พร้อมทั้งจำนวนการตรวจวัดในแต่ละรอบมากขึ้นกว่าเดิมโดยการใส่โค๊ดสำหรับไอซีรูปทรงต่างๆ เพิ่มเข้าไป คาดว่าในอนาคตตัวบอร์ด raspberry pi จะมีการพัฒนาให้มีความเร็วในการประมวลผลมากยิ่งขึ้นกว่าเดิมทำให้การประมวลผลภาพสามารถทำได้รวดเร็วยิ่งขึ้น

2. สามารถนำบอร์ด Raspberry pi ทำเป็นเซิร์ฟเวอร์ ได้และนำข้อมูลในการเช็คความถูกต้องของไอซีขึ้นไปเก็บไว้ใน server และสามารถตรวจดูค่าสถิติในการเช็คความถูกต้องของไอซีได้ผ่านระบบเว็บเซิร์ฟเวอร์ได้เลย

3. มีระบบที่สามารถเอาตัวไอซีที่ผิดพลาดที่ได้ทำการตรวจเช็คแล้วออกจากถาดเลื่อนได้

4. สามารถนำระบบเสียงที่ได้ใส่เพิ่มเข้าไปพัฒนาต่อโดยการให้สามารถบอกผลลัพธ์ในการตรวจเช็คไอซีได้หลายภาษา เพื่อเป็นการรองรับการนำไปใช้ในภาคโรงงานอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] รศ.ดร.สมเกียรติ อุดมหรรษากุล **การประมวลผลภาพดิจิตอลเบื้องต้น (Fundamentals of Digital Image Processing)** ,ครั้งที่พิมพ์: 1/2554 กรุงเทพฯ : ท้อป, 2554

[2] บุญธรรม ภัทราจารุกุล **การประมวลผลภาพดิจิตอลเบื้องต้น** ,เดือนปีที่พิมพ์ : 3/2013 สำนักพิมพ์: ซีเอ็ดยูเคชั่น, บมจ.

[3] Kurt Demaagd , Anthony Oliver , Nathan Oostendorp , Katherine Scott **Practical Computer Vision with SimpleCV** ISBN-13: 978-1449320362 ISBN-10: 1449320368 Edition: 1st

[4] Richard E Woods , Rafael C Gonzalez **Digital Image Processing (English)** 3rd Edition

[5] O'Reilly Media **Getting Started with Processing** ISBN: 978-1-4493-7980-3 Year: 2010

[6] Magnus Lie Hetland **Beginning Python From Novice to Professional** 2nd Edition

[7] Micha Gorelick & Ian Ozsvald **High Performance Python** PRACTICAL PERFORMANT PROGRAMMING FOR HUMANS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

วิธีการใช้งานของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งาน

ปุ่มสวิตซ์

1. **ปุ่มสีแดง** เป็นปุ่มเปิดการจ่ายไฟให้กลับระบบ
2. **ปุ่มสีเหลือง** เป็นการจ่ายไฟให้กลับบอร์ด Raspberry Pi2
3. **ปุ่มสีเขียว** เป็นการจ่ายไฟให้กับมอเตอร์
4. **ปุ่มสีน้ำเงิน** เป็นการสั่งปิดบอร์ด Raspberry Pi2
5. **คั้นโยก** ถ้าโยกขึ้นจะเป็นการสั่งให้เครื่องตรวจ ไอซีหมายเลข 1
   ถ้าโยกลงจะเป็นการสั่งให้เครื่องตรวจ ไอซีหมายเลข 2

พอร์ต GPIO ที่ใช้

GPIO export	7	in	RESET
GPIO export	4	in	IC 1, IC 2
GPIO export	17	in	LIGHT GREEN
GPIO export	22	in	LIGHT RED
GPIO export	23	in	MOTOR
GPIO export	14	out	LIGHT GREEN
GPIO export	15	out	LIGHT RED
GPIO export	25	out	MOTOR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งาน

ขั้นตอนที่ 1 ทำการวางไอซีไว้บนถาดที่เตรียมไว้ (ถาดสีขาว)

ขั้นตอนที่ 2 นำถาดไปวางไว้บนสายพานที่ได้ทำการกำหนดจุดไว้แล้ว

ขั้นตอนที่ 3 ทำการเปิดสวิตซ์สีแดง เพื่อจ่ายไฟให้กลับระบบ จากนั้น

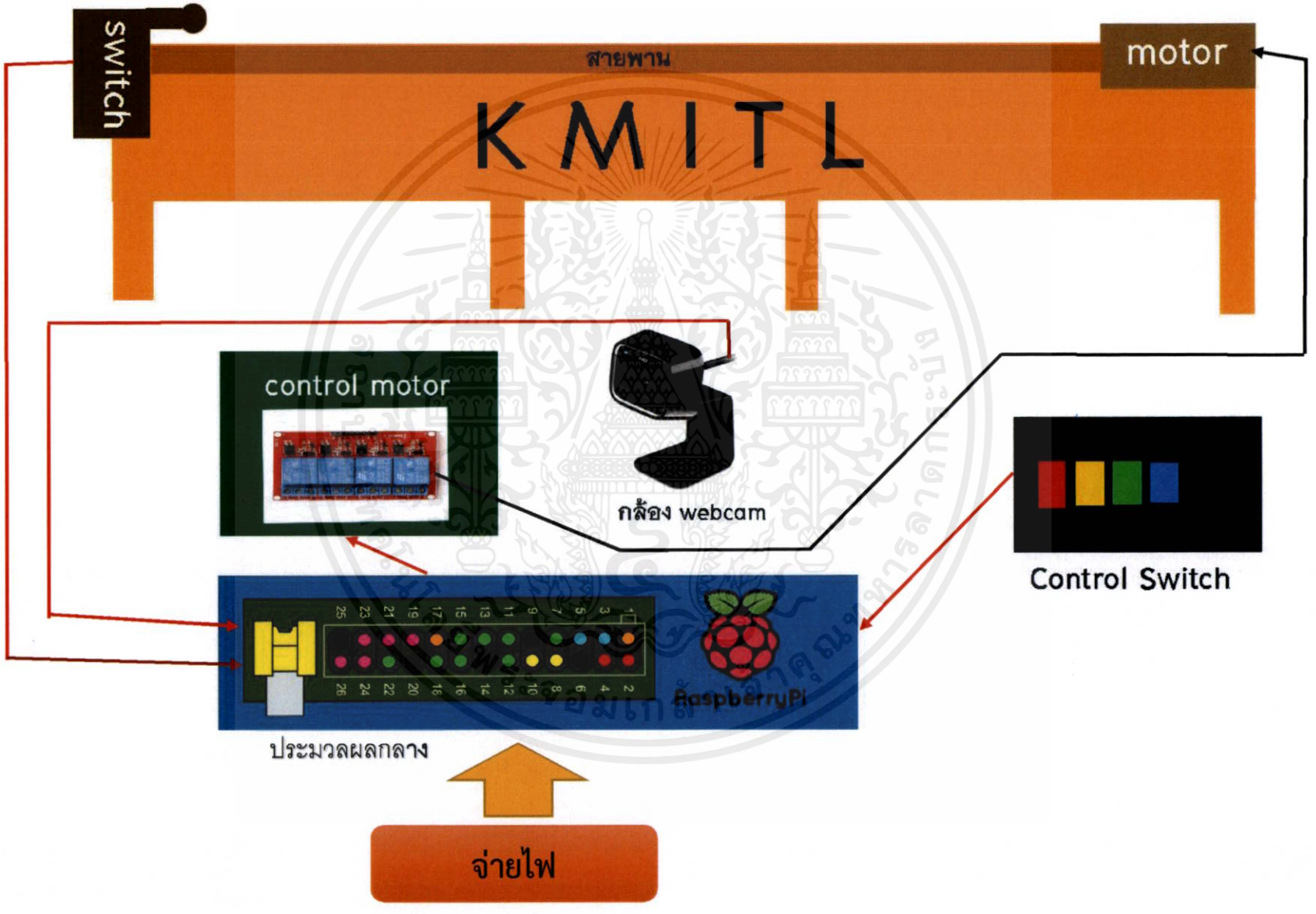
ขั้นตอนที่ 4 ทำการเปิดสวิตซ์สีเหลือง ทำการจ่ายไฟให้กลับบอร์ด ตัวบอร์ดจะทำการรันโปรแกรมอยู่ประมาณ 2 นาที

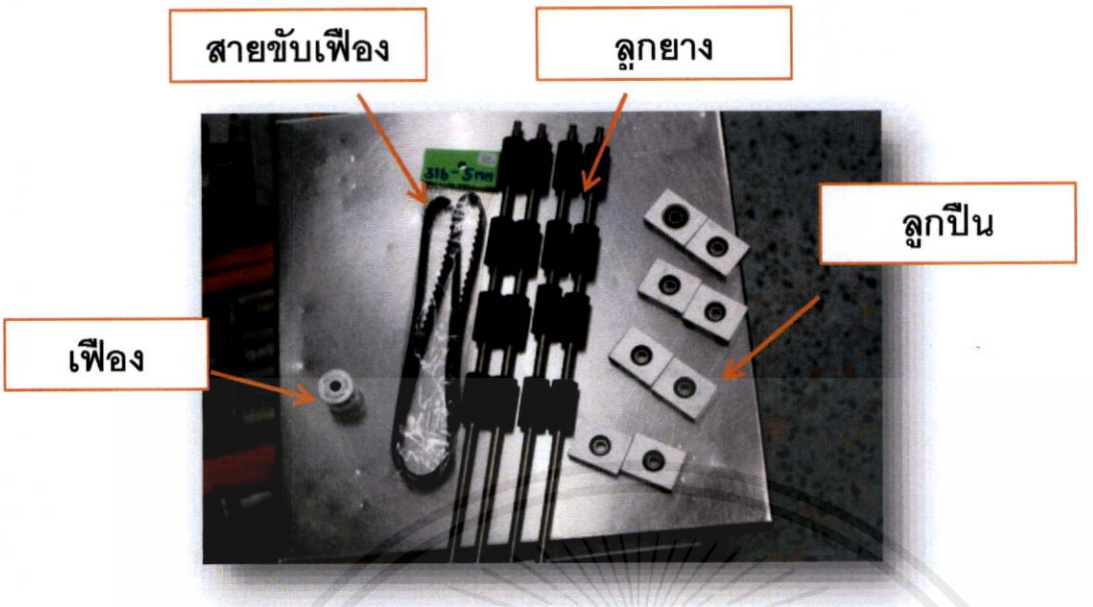
ขั้นตอนที่ 5 ทำการปรับคั้นโยก ว่าจะทำการตรวจไอซีชนิด 1 หรือ 2

ขั้นตอนที่ 6 ทำการเปิดสวิตซ์สีเขียว มอเตอร์จะทำการขับเคลื่อนสายพานตัวถาดจะค่อยๆเลื่อนไปหยุดที่ตำแหน่งที่จะทำการถ่ายภาพ

ขั้นตอนที่ 7 เมื่อทำการตรวจวัดเสร็จ ต้องการจะปิดเครื่องก็ทำการกดสวิตซ์สีน้ำเงิน ระบบจะทำการสั่งให้ทำการปิดระบบทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


switch
สายพาน
KMITL
motor
control motor
กล้อง webcam
Control Switch
RaspberryPi
ประมวลผลกลาง
จ่ายไฟ

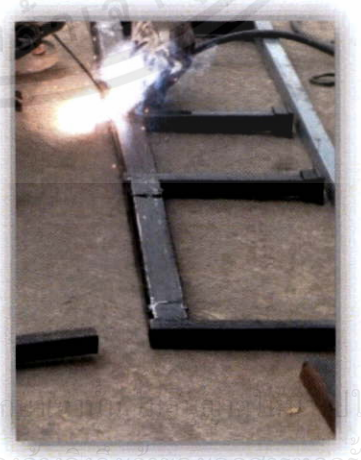


ในส่วนลูกยางเราได้ทำการเปลี่ยนเป็นลูกกลิ้งลำเลียงเพื่อรองรับน้ำหนักของสายพานได้ดีกว่าและช่วยให้ลดการสั่นของแผ่นสายพานเวลาขับเคลื่อนได้มากกว่าลูกยาง

ลองวัดระยะสายขับเฟืองที่ประกอบกับเฟือง

นำโครงเหล็กมาจัดรูปร่างหาระยะแน่นอนก่อนทำการเชื่อม

นำเหล็กของเรามาทาบเหล็กท่อนให้ ขาตั้งเท่ากัน



ทำการเชื่อมเหล็กเข้าด้วยกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

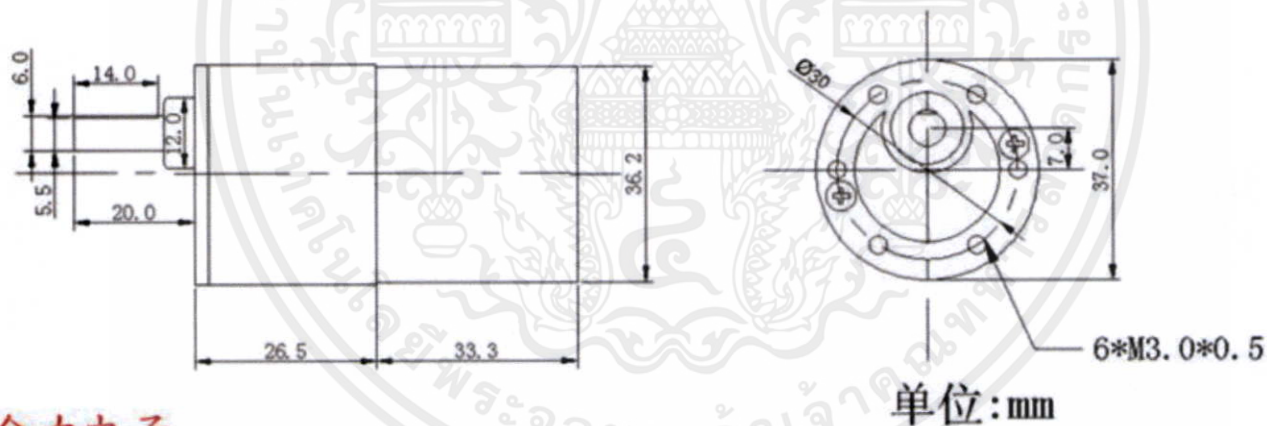
ภาคผนวก ข

Data Sheet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ZHENG Ke ZGB37 dc gear motor ZYTD520 motor eccentric shaft diameter 37mm 12V 30R/Min

电压：12V 空载转速：30R/Min



金力电子

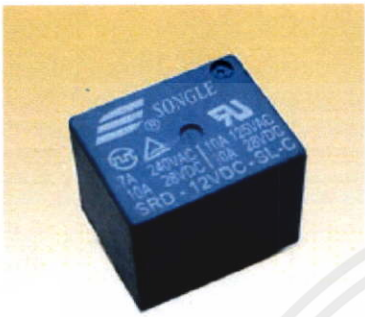
■**技术参数** Technical Data

电压 Voltage(VDC)	12V	12V	12V	12V	12V	24V	24V	24V	24V	24V
马达型号 Motor Model	25G	50G	50G	50G	50G	35G	50G	50G	50G	50G
减速比 Reduction Ratio	1/516	1/227	1/148	1/95	1/47.5	1/516	1/227	1/148	1/95	1/47.5
齿轮箱长度 Gearbox Length(mm)	30.5	29.5	26.5	26.5	24.5	30.5	29.5	26.5	26.5	24.5
空载转速 No-Load Speed(Rpm)	5	20	30	50	100	6	20	30	50	100
额定转速 Rated Speed(Rpm)	3.5	14	21	35	70	4.2	14	21	35	70
额定力矩 Rated Torque(Kg.cm)	15	15	12	7.2	3.6	15	13	8.6	4.8	2.6
额定电流 Rated Current(Amp)	0.18	0.92	0.92	0.92	0.92	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SONGLE RELAY

松乐继电器 ® SONGLE RELAY	RELAY ISO9002	SRD



1. MAIN FEATURES

- Switching capacity available by 10A in spite of small size design for highdensity P.C. board mounting technique.
- UL,CUL,TUV recognized.
- Selection of plastic material for high temperature and better chemical solution performance.
- Sealed types available.
- Simple relay magnetic circuit to meet low cost of mass production.

2. APPLICATIONS

- Domestic appliance, office machine, audio, equipment, automobile, etc.
  (Remote control TV receiver, monitor display, audio equipment high rushing current use application.)

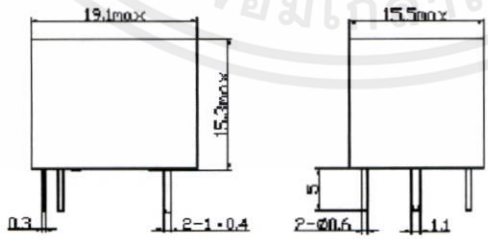
3. ORDERING INFORMATION

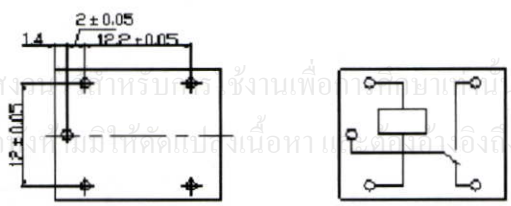
SRD	XX VDC	S	L	C
Model of relay	Nominal coil voltage	Structure	Coil sensitivity	Contact form
SRD	03、05、06、09、12、24、48VDC	S:Sealed type	L:0.36W	A:1 form A
				B:1 form B
		F:Flux free type	D:0.45W	C:1 form C

4. RATING

CCC	FILE NUMBER:CH0052885-2000	7A/240VDC
CCC	FILE NUMBER:CH0036746-99	10A/250VDC
UL /CUL	FILE NUMBER: E167996	10A/125VAC 28VDC
TUV	FILE NUMBER: R9933789	10A/240VAC 28VDC

5. DIMENSION(unit:mm) DRILLING(unit:mm) WIRING DIAGRAM





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. COIL DATA CHART (AT20°C)

Coil Sensitivity	Coil Voltage Code	Nominal Voltage (VDC)	Nominal Current (mA)	Coil Resistance (Ω) ±10%	Power Consumption (W)	Pull-In Voltage (VDC)	Drop-Out Voltage (VDC)	Max-Allowable Voltage (VDC)
SRD (High Sensitivity)	03	03	120	25	abt. 0.36W	75%Max.	10% Min.	120%
	05	05	71.4	70				
	06	06	60	100				
	09	09	40	225				
	12	12	30	400				
	24	24	15	1600				
	48	48	7.5	6400				
SRD (Standard)	03	03	150	20	abt. 0.45W	75% Max.	10% Min.	110%
	05	05	89.3	55				
	06	06	75	80				
	09	09	50	180				
	12	12	37.5	320				
	24	24	18.7	1280				
	48	48	10	4500	abt. 0.51W			

7. CONTACT RATING

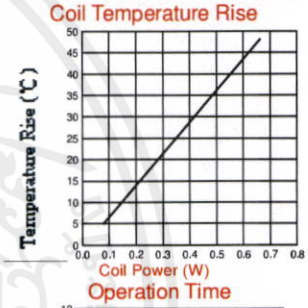
Item \ Type	SRD	
	FORM C	FORM A
Contact Capacity Resistive Load (cosΦ=1)	7A 28VDC 10A 125VAC 7A 240VAC	10A 28VDC 10A 240VAC
Inductive Load (cosΦ=0.4 L/R=7msec)	3A 120VAC 3A 28VDC	5A 120VAC 5A 28VDC
Max. Allowable Voltage	250VAC/110VDC	250VAC/110VDC
Max. Allowable Power Force	800VAC/240W	1200VA/300W
Contact Material	AgCdO	AgCdO

8. PERFORMANCE (at initial value)

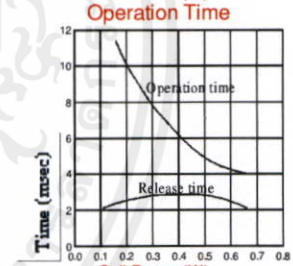
Item \ Type	SRD
Contact Resistance	100mΩ Max.
Operation Time	10msec Max.
Release Time	5msec Max.
Dielectric Strength Between coil & contact Between contacts	 1500VAC 50/60HZ (1 minute) 1000VAC 50/60HZ (1 minute)
Insulation Resistance	100 MΩ Min. (500VDC)
Max. ON/OFF Switching Mechanically Electrically	 300 operation/min 30 operation/min
Ambient Temperature	-25°C to +70°C
Operating Humidity	45 to 85% RH
Vibration Endurance Error Operation	 10 to 55Hz Double Amplitude 1.5mm 10 to 55Hz Double Amplitude 1.5mm
Shock Endurance Error Operation	 100G Min. 10G Min.
Life Expectancy Mechanically Electrically	 10^7 operations. Min. (no load) 10^5 operations. Min. (at rated coil voltage)
Weight	abt. 10grs.

9.REFERENCE DATA

Coil Temperature Rise

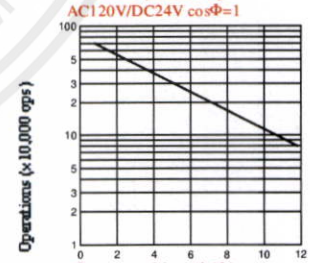


Operation Time

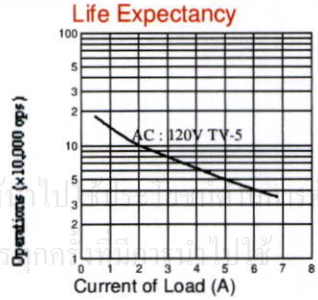


Life Expectancy

AC120V/DC24V cosΦ=1



Life Expectancy



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในการแสวงหาผลประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

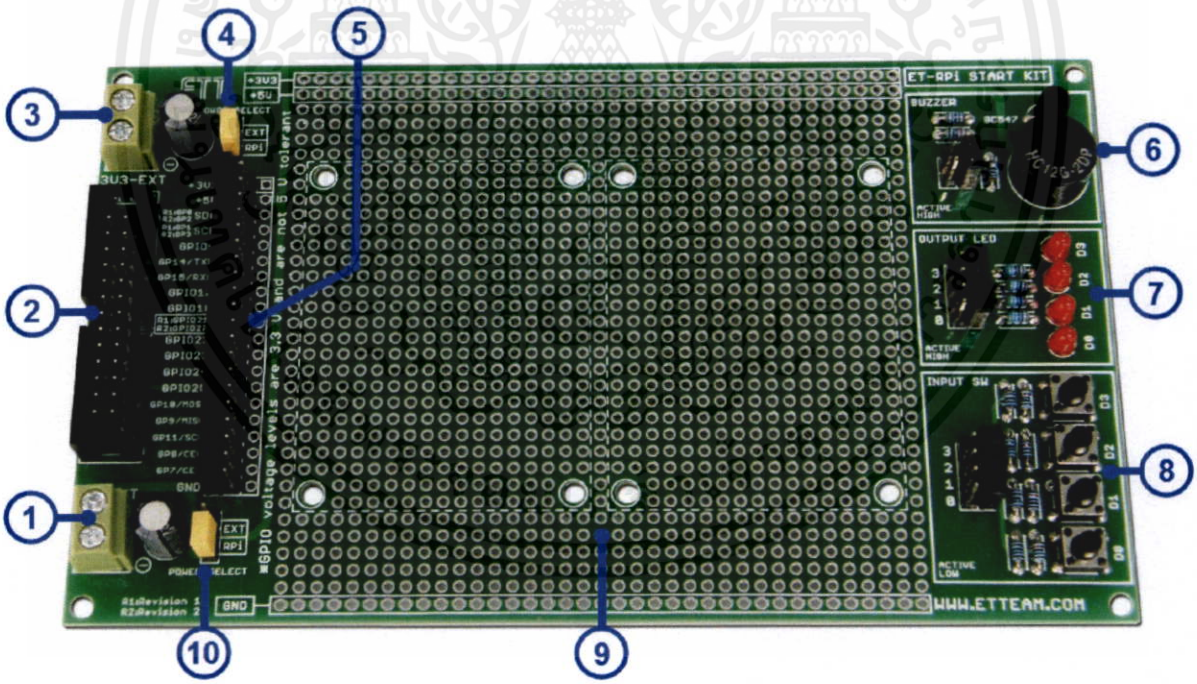
ET-RPi START KIT

บอร์ด ET-RPi START KIT เป็นบอร์ดที่ออกแบบมาใช้งานร่วมกับบอร์ด Raspberry Pi เพื่อใช้ทดลองวงจรต่างๆ โดยบนบอร์ดจะมีอุปกรณ์พื้นฐาน เพื่อใช้ในการทดลองเขียนโปรแกรมควบคุมเบื้องต้น

คุณสมบัติของบอร์ด ET-RPi START KIT

- สวิทช์แบบกดติดปล่อยดับจำนวน 4 ตัว
- LED ขนาด 3 mm จำนวน 4 ตัว
- บัซเซอร์แบบ Magnetic ชนิดไม่มีวงจรขับ จำนวน 1 ตัว
- พื้นที่ PCB เอนกประสงค์สำหรับต่อวงจรเพิ่มเติม
- มีเทอร์มินอลสำหรับต่อไฟเลี้ยงเพิ่มเติมทั้ง 3.3 V และ 5 V
- ขนาดของบอร์ด 15.3 x 9 cm

ส่วนประกอบของบอร์ด ET-RPi START KIT



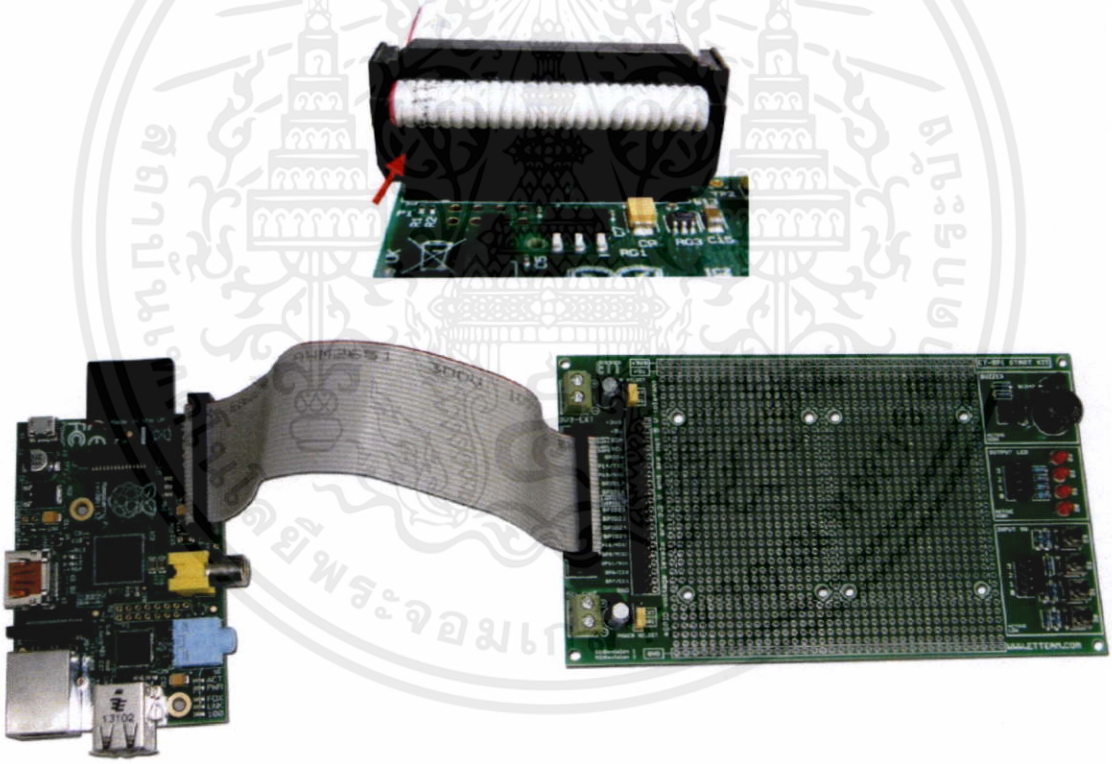
1. เทอร์มินอลสำหรับต่อไฟเลี้ยงเพิ่มเติม 5 V ใช้ในกรณีที่ไฟ 5 V จากบอร์ด Raspberry Pi กระแสไม่เพียงพอต่อการจ่ายให้กับวงจรที่ทดลอง การใช้งานต้องเลือกจั้มเปอร์ POWER SELECT ไปที่ตำแหน่ง EXT ด้วย
2. คอนเน็คเตอร์ใช้สำหรับเชื่อมต่อกับ GPIO ของบอร์ด Raspberry Pi (P1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เทอร์มินอลสำหรับต่อไฟเลี้ยงเพิ่มเติม 3.3 V ใช้ในกรณีที่ไฟ 3.3 V จากบอร์ด Raspberry Pi กระแสไม่เพียงพอต่อการจ่ายให้กับวงจรที่ทดลอง การใช้งานต้องเลือกจั้มเปอร์ POWER SELECT ไปที่ตำแหน่ง EXT ด้วย
4. จั้มเปอร์เลือกไฟเลี้ยง 3.3 V ของบอร์ดว่าจะใช้จากบอร์ด Raspberry Pi หรือจากภายนอก
5. ขา GPIO ต่างๆ ที่ต่อมาจากบอร์ด Raspberry Pi
6. บัซเซอร์แบบ Magnetic ขนิดไม่มีวงจรขับ เพื่อใช้กำเนิดเสียงต่างๆ ซึ่งทำงานได้โดยส่งพัลส์ความถี่ 1-2 kHz
7. LED ขนาด 3 mm โดย LED จะติดสว่างเมื่อจ่ายลอจิก 1 และดับเมื่อจ่ายลอจิก 0
8. สวิทช์แบบกดติดปล่อยดับ โดยเมื่อกดสวิทช์จะได้ลอจิก 0 ปล่อยจะลอจิก 1
9. พื้นที่ PCB เอนกประสงค์สำหรับต่อวงจรเพิ่มเติม
10. จั้มเปอร์เลือกไฟเลี้ยง 5 V ของบอร์ดว่าจะใช้จากบอร์ด Raspberry Pi หรือจากภายนอก

การต่อ ET-RPi START ร่วมกับ บอร์ด Raspberry Pi

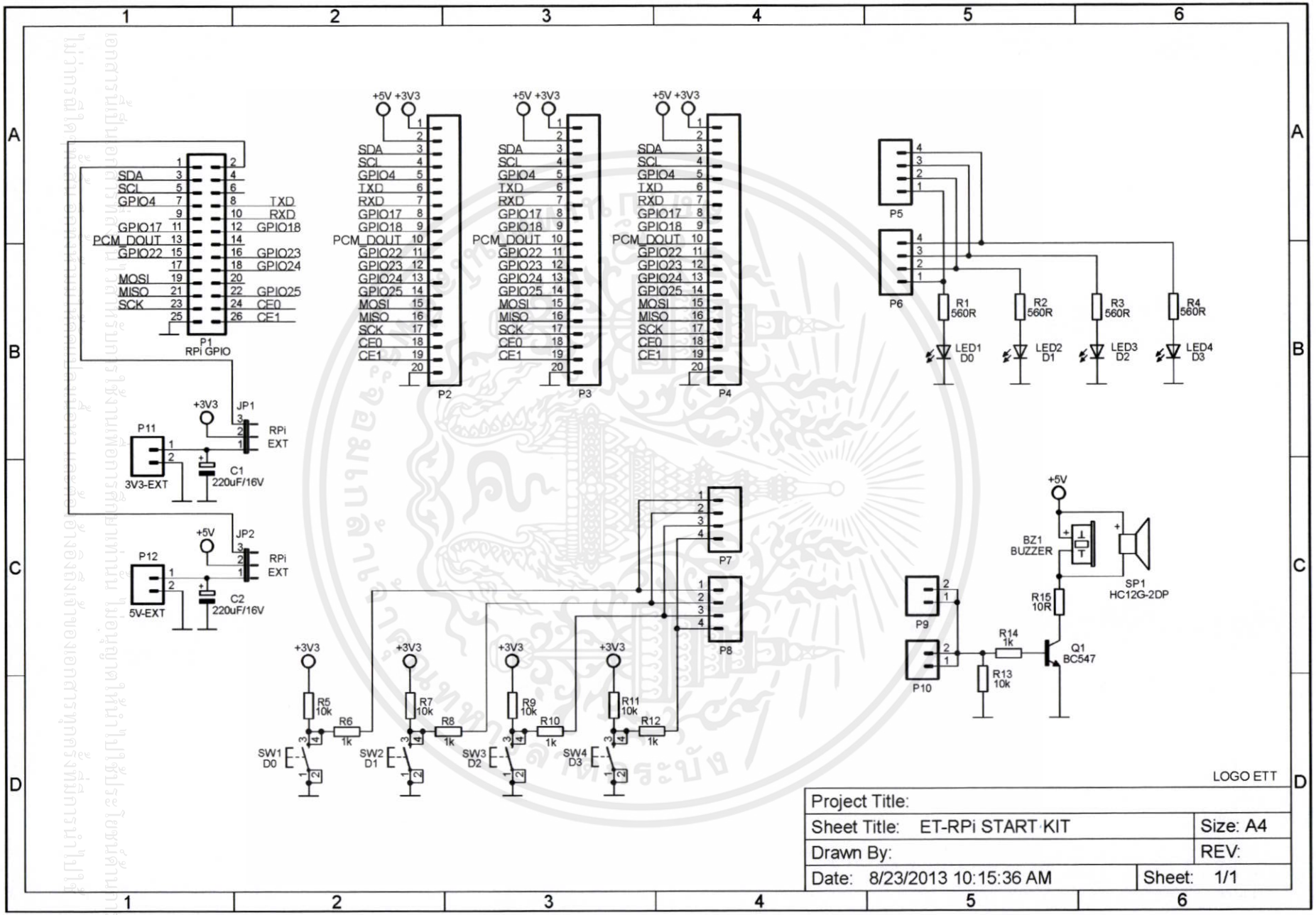
การต่อใช้งานระหว่างสองบอร์ดจะต่อผ่านสายแพ 26 pin โดยต้องให้ขา 1 ของสายแพ (สังเกตจากเครื่องหมายสามเหลี่ยมดังรูป) ตรงกับตำแหน่งขา 1 ของ Header P1 บนบอร์ด Raspberry Pi



คำเตือน

GPIO ต่างๆ ของบอร์ด Raspberry Pi ไม่สามารถรองรับแรงดันอินพุต 5 VDC ได้ จะได้สูงสุดแค่ 3.3 VDC เท่านั้น ดังนั้นการต่อวงจรต่างๆ ต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ เพราะจะทำให้บอร์ด Raspberry Pi เสียหายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


P1
RPi GPIO
SDA
SCL
GPIO4
TXD
RXD
GPIO17
GPIO18
PCM_DOUT
GPIO22
GPIO23
GPIO24
GPIO25
MOSI
MISO
SCK
CE0
CE1
P2
P3
P4
P5
P6
P7
P8
P9
P10
P11
P12
JP1
JP2
RPi
EXT
3V3-EXT
5V-EXT
C1
220uF/16V
C2
220uF/16V
+3V3
+5V
R1
560R
R2
560R
R3
560R
R4
560R
LED1
D0
LED2
D1
LED3
D2
LED4
D3
R5
10k
R6
1k
R7
10k
R8
1k
R9
10k
R10
1k
R11
10k
R12
1k
R13
10k
R14
1k
R15
10R
SW1
D0
SW2
D1
SW3
D2
SW4
D3
BZ1
BUZZER
SP1
HC12G-2DP
Q1
BC547
LOGO ETT
Project Title:
Sheet Title: ET-RPi START KIT
Size: A4
Drawn By:
REV:
Date: 8/23/2013 10:15:36 AM
Sheet: 1/1

Raspberry Pi

Raspberry Pi 2, Model B

Product Name	**Raspberry Pi 2, Model B**
Product Description	The Raspberry Pi 2 delivers 6 times the processing capacity of previous models. This second generation Raspberry Pi has an upgraded Broadcom BCM2836 processor, which is a powerful ARM Cortex-A7 based quad-core processor that runs at 900MHz. The board also features an increase in memory capacity to 1Gbyte.

Specifications

Chip	Broadcom BCM2836 SoC
Core architecture	Quad-core ARM Cortex-A7
CPU	900 MHz
GPU	Dual Core VideoCore IV® Multimedia Co-Processor Provides Open GL ES 2.0, hardware-accelerated OpenVG, and 1080p30 H.264 high-profile decode Capable of 1Gpixel/s, 1.5Gtexel/s or 24GFLOPs with texture filtering and DMA infrastructure
Memory	1GB LPDDR2
Operating System	Boots from Micro SD card, running a version of the Linux operating system
Dimensions	85 x 56 x 17mm
Power	Micro USB socket 5V, 2A

Connectors:

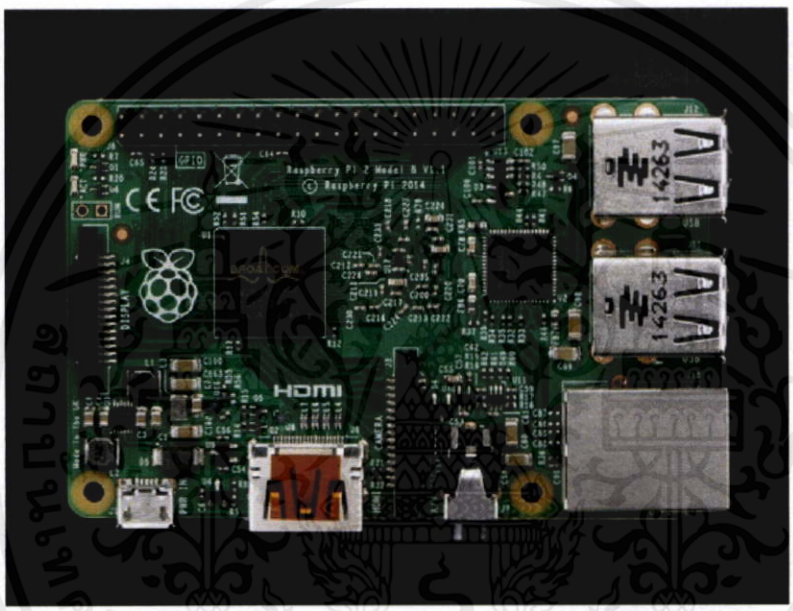
Ethernet	10/100 BaseT Ethernet socket
Video Output	HDMI (rev 1.3 & 1.4)
Audio Output	3.5mm jack, HDMI
USB	4 x USB 2.0 Connector
GPIO Connector	40-pin 2.54 mm (100 mil) expansion header: 2x20 strip Providing 27 GPIO pins as well as +3.3 V, +5 V and GND supply lines
Camera Connector	15-pin MIPI Camera Serial Interface (CSI-2)
JTAG	Not populated
Display Connector	Display Serial Interface (DSI) 15 way flat flex cable connector with two data lanes and a clock lane
Memory Card Slot	Micro SDIO

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

adafruit learning system

Introducing the Raspberry Pi 2 - Model B

Created by lady ada



Last updated on 2015-02-09 03:00:41 PM EST

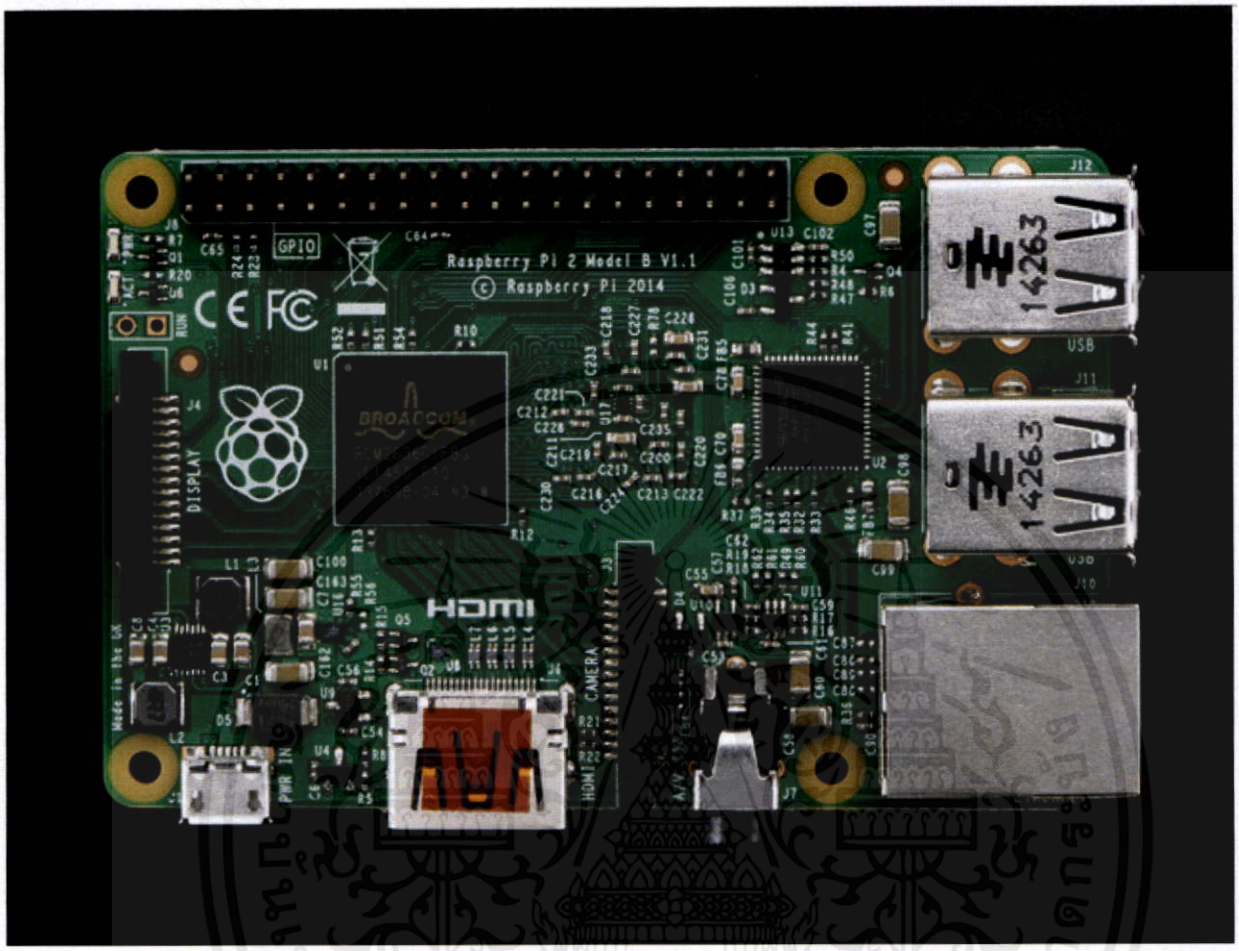
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Guide Contents

Guide Contents 2
Overview 3
What to watch out for! 6
What hasn't changed 6
What has changed, watch out! 7
New Processor 7
Power Draw 8
How to tell if you have a Pi 2 10
PCB Silkscreen Name 10
Broadcom Logo on Processor 10
RAM chip on bottom 11
Benchmarks & Performance Improvements 13
Compared to other Single-Board-Computers 13
nbench on Pi 2 @ 900MHz 13
nbench @ 950MHz 14
Sysbench tests (Compared to Pi B+) 15
Web performance (Compared to Pi B+) 19
SunSpider (Compared to Pi B+) 21
Other tests! 23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Overview



Didn't think the Raspberry Pi could get any better? You're in for a big surprise! The Raspberry Pi 2 Model B is out and it's amazing! With an upgraded ARMv7 multicore processor, and a full Gigabyte of RAM, this pocket computer has moved from being a 'toy computer' to a real desktop PC

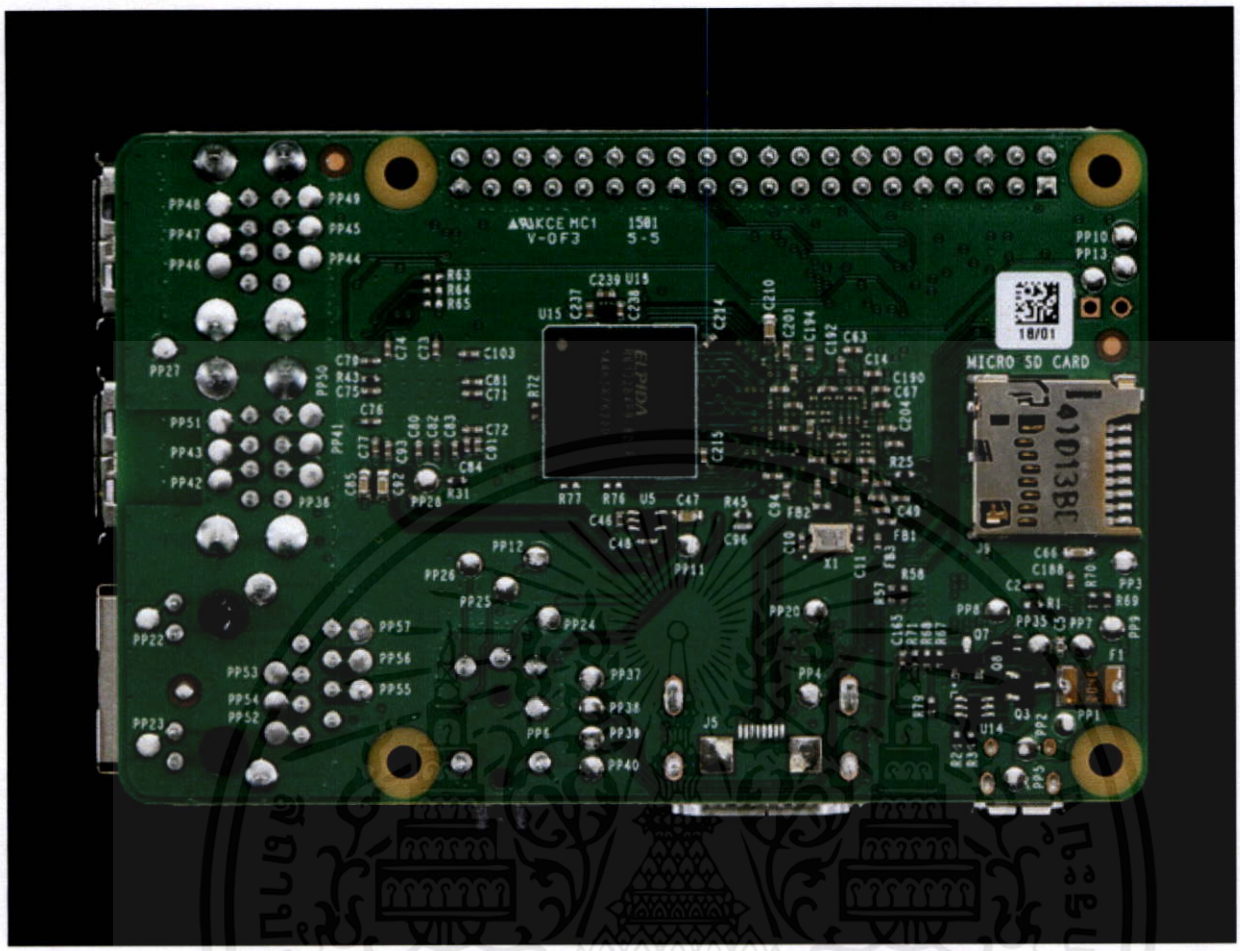
The big upgrade is a move from the BCM2835 (single core ARMv6) to BCM2836 (quad core ARMv7). The upgrade in processor types means you will see ~2x performance increase just on processor-upgrade only. For software that can take advantage of multiple-core processors, you can expect 4x performance on average and for really multi-thread-friendly code, up to 7.5x increase in speed!

That's not even taking into account the 1 Gig of RAM, which will greatly improve games and web-browser performance!

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Best of all, the Pi 2 keeps the same shape, connectors and mounting holes as the Raspberry Pi B+. That means that all of your HATs and other plug-in daughterboards will work just fine. 99% of cases and accessories will be fully compatible with both versions

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Please note: The new processor on the Pi 2 means that you will need to update your existing SD card or create a new SD card with your operating system (Raspbian, Arch, XBMC, NooBs, etc) because you cannot plug in olderscards from a Pi 1 into a Pi 2 without upgrading with **sudo apt-get upgrade** on the Pi 1 first.

Also, any precompiled software will not work at full speed (although supposedly the processor will be able to run it). Still, you'll likely want to have it recompiled for the new processor! For many people, this isn't a big deal, but if you have a pre-created Pi 1 Model A+B+ card image, just be aware it won't work without performing an 'sudo apt-get upgrade' on the *older Pi 1* before installing on the Pi 2!

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

What to watch out for!

Watch out, the Raspberry Pi 2 Model B is VERY different from the Raspberry Pi Model B - check for that "2" when checking accessories and compatibility!

The Raspberry Pi 2 Model B looks *a lot* like a Raspberry Pi Model B+! Look for the chip on the bottom to identify the Pi 2

What hasn't changed

The basic form-factor of the Pi 2 Model B is nearly 100% the same as the Pi model B+

- The shape and size of the PCB is the same
- The 4 mounting holes are in the same location and are the same size
- The USB, Ethernet, A/V, HDMI, micro SD and microUSB connectors are int the same exact locations and are the same size
- The Camera, Display and 40-pin GPIO connectors are in the same exact locations and are the same size

The physical changes include:

- Processor chip is larger, has moved slightly
- The RAM is now soldered onto the bottom of the board (no longer PoP)
- Other components and chips are moved around slightly to make space for the larger processor and RAM chip on bottom

This means that 99% of cases designed for the Raspberry Pi Model B+ will work with the Raspberry Pi 2 Model B. This includes the Adafruit B+ Pi cases (http://adafru.it/2258)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

One exception is some Pibow cases which have a layer that has cutouts for the specific location of the processor. (http://adafru.it/epX)Pimoroni has informed us that they will have a new case design that is compatible with both. Check the description of any case to make sure it is compatible with both **Raspberry Pi Model B+** *and* **Raspberry Pi 2 Model B**

What has changed, watch out!

New Processor

The processor has completely changed on the new RaspberryPi 2, instead of a ARM v6 core chip (arm6l) the BCM2836 has been upgraded to an ARM v7 core which is a much more powerful core

However, your existing Raspberry Pi SD card images may not work because the firmware and kernel must be recompiled/adapted for the new processor.

If you have a Raspberry Pi 2, and you are trying to upgrade your existing SD card, you will need to upgrade your installation. To do that, log into your Pi 1 and at a console or terminal type in **sudo apt-get upgrade** to perform the upgrade procedure. You'll need your Pi to be on the Internet to do this. Once upgraded, the card will work on both Pi 1 and Pi 2 computers

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

If you have any pre-compiled binaries that you are downloading, those will need updating too, in order to take advantage of the speed increase. Anything where you have access to source code can be recompiled and ought to work just fine. Supposedly any ARMv6 software is forwards compatible with ARMv7 but we haven't tested it for sure yet

Power Draw

Quad-core ARMv7 processor means higher current draw.

Just having the Pi 2 Model B running idle (no HDMI, graphics, ethernet or wifi just console cable) the Pi 2 draws **200mA**

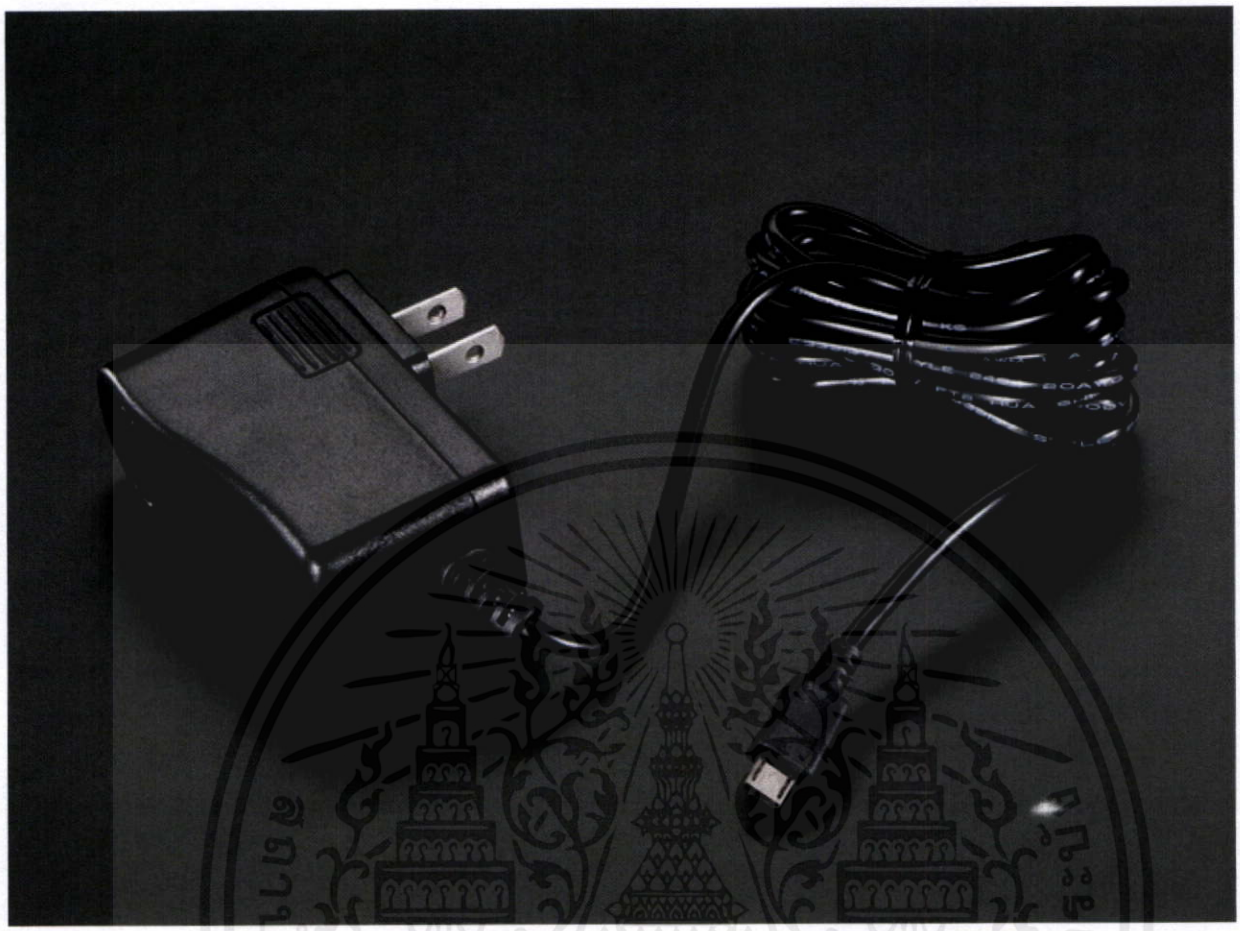
With WiFi running, that **adds another 170mA**

If you have Ethernet instead, that **adds about 40mA**

When doing the heaviest computational tasks, we added about 200-250mA more current. So if you're really using your Pi 2 and you have a WiFi dongle, **expect to need 650mA @ 5V, at least**. More if you have stuff connected to the GPIO connector, other USB devices, Ethernet as well, etc!

If you're still running with a cheap 5V 700mA power supply, we really recommend upgrading to a 5V @ 2000mA!

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



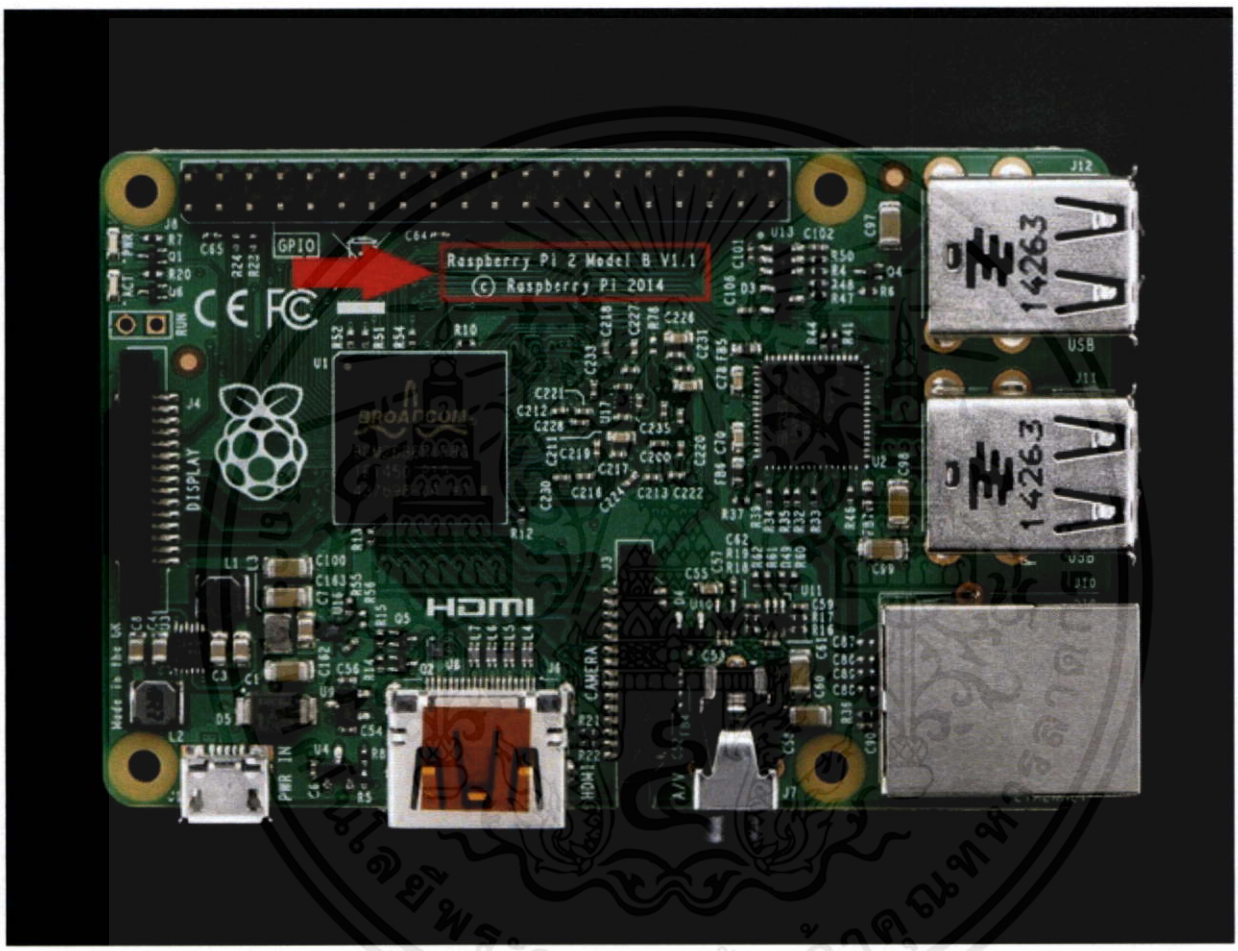
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

How to tell if you have a Pi 2

Since the Raspberry Pi 2 Model B looks *a lot* like the Raspberry Pi Model B+ you'll want to get good at identifying which you have.

PCB Silkscreen Name

First up, you can look for the name which is near the GPIO connector:

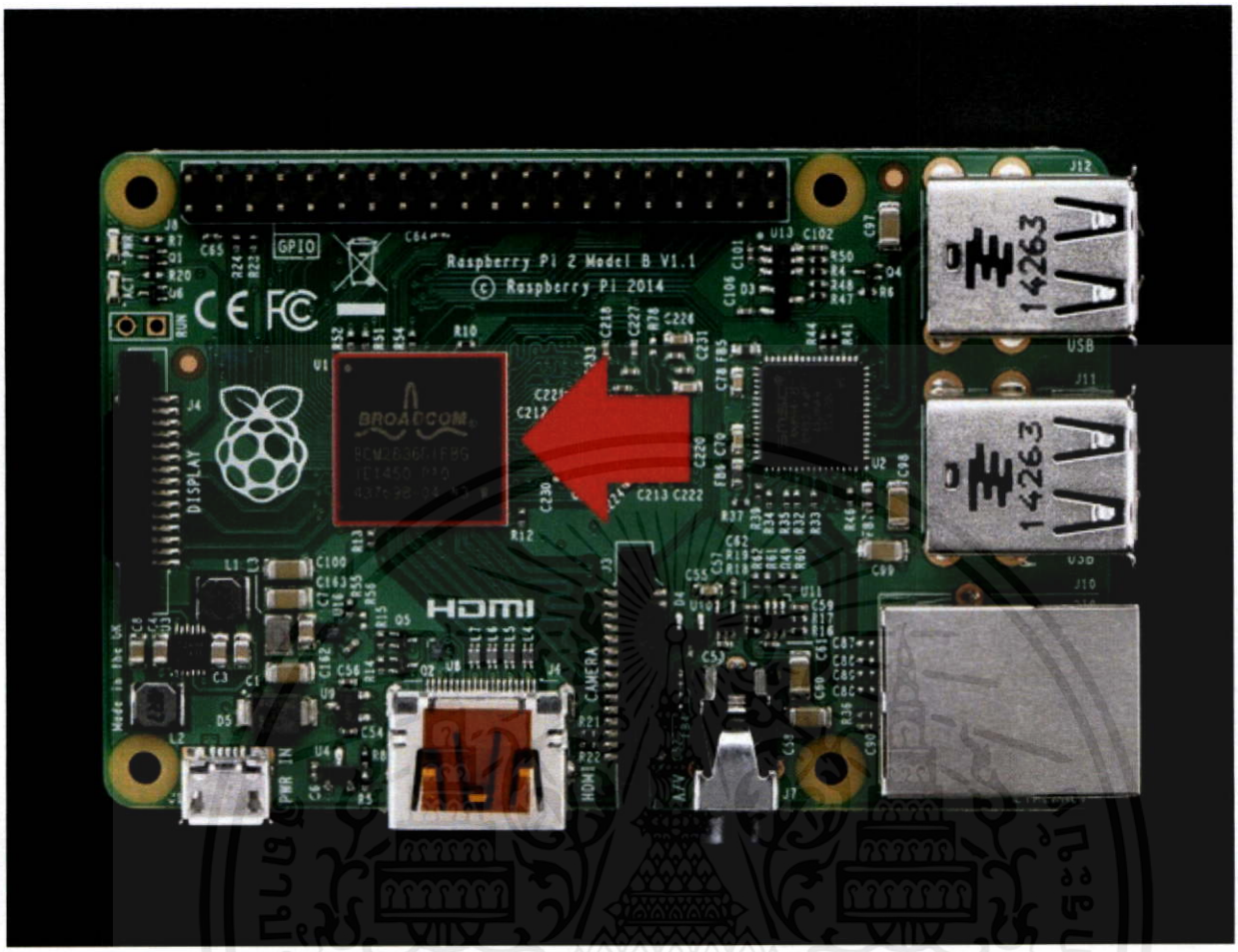


Look for the "Raspberry Pi 2" text and you're golden!

Broadcom Logo on Processor

Since the Pi 2 does not use 'package-on-package', assembling the RAM on top of the processor, you can easily spot the Broadcom logo on top of the quad processor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

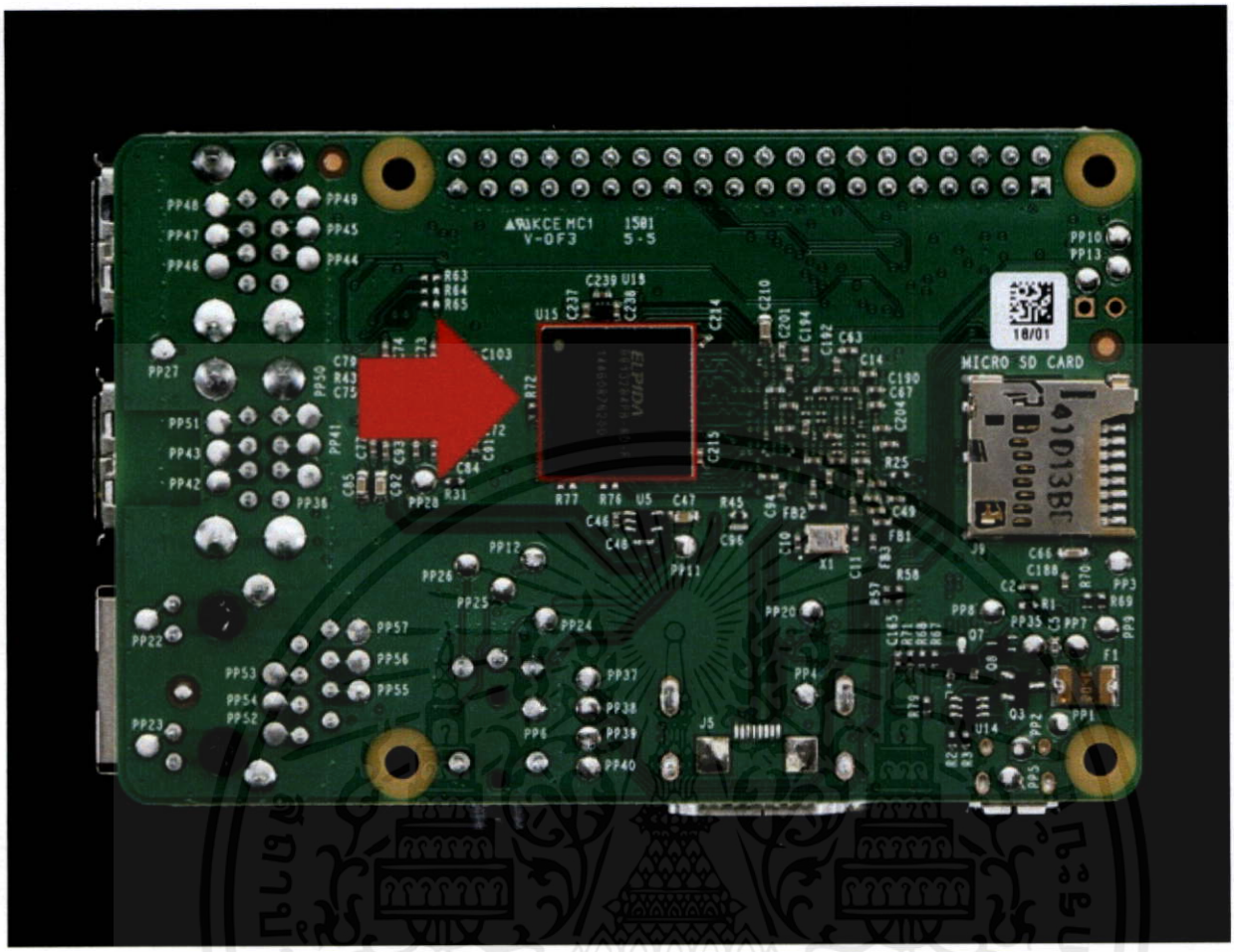


If you don't see the logo, or you see something like "Samsung" or "Hynix" it's a B+

RAM chip on bottom

The Pi 2 has a RAM chip that is soldered onto the bottom of the Raspberry Pi's circuit board. The B+ does not have one at all, the RAM chip is soldered directly on the processor. So just look for a black square chip on the bottom of the PCB. The naming and logo on the RAM may vary depending on what company supplied the memory.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Benchmarks & Performance Improvements

The big reason to upgrade to a Pi 2 Model B over a classic Raspberry Pi Model B+ is the big boost in performance

The Pi 2 has 4 processors in one chip (the B+ has only one), an ARMv7 core vs an ARMv6, and 1 Gig of RAM vs 512 MB for the model B and B+

Those 3 improvements translate to pretty big performance increases!

OK but how *much* faster is the Pi 2 vs the Model B+? While it strongly depends on what you're doing, you should see *at least* 85% improvement (single-core processes that just depend on the ARMv7 vs ARMv6 upgrade. For anything that can take advantage of multi-core processors, you can see up to 7x increase in speed!

Using the Pi as a computer feels fast and 'desktop like' - not sluggish! Particularly for developers, compiling code on the Pi 2 is 4x faster and the extra RAM helps a lot too, so most programs can now be compiled directly on the Pi. We still recommend our Pi Kernel-O-Matic for cross-compiling kernels since you need a lot of space & RAM (http://adafru.it/epp)

Compared to other Single-Board-Computers

You can see how the Pi 2 compares to the Arduino Yun / Beaglebone Black / Intel Galileo by checking out this earlier comparison guide (we'll be updating the guide shortly to add the Pi 2 numbers!) (http://adafru.it/eq1)

We provide nbench numbers below that you can compare to the other computers until we update that tutorial...

nbench on Pi 2 @ 900MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
TEST            : Iterations/sec.  : Old Index   : New Index
                :                  : Pentium 90* : AMD K6/233*
----------------:------------------:-------------:-----------
NUMERIC SORT    :          444.24  :       11.39 :      3.74
STRING SORT     :          36.251  :       16.20 :      2.51
BITFIELD        :     1.2604e+08   :       21.62 :      4.52
FP EMULATION    :          69.824  :       33.50 :      7.73
FOURIER         :          4728.6  :        5.38 :      3.02
ASSIGNMENT      :          6.7648  :       25.74 :      6.68
IDEA            :          1297.9  :       19.85 :      5.89
HUFFMAN         :           654.5  :       18.15 :      5.80
NEURAL NET      :          6.2233  :       10.00 :      4.21
LU DECOMPOSITION:          228.32  :       11.83 :      8.54
==========================ORIGINAL BYTEMARK RESULTS==========================
INTEGER INDEX       : 19.909
FLOATING-POINT INDEX: 8.599
Baseline (MSDOS*)   : Pentium* 90, 256 KB L2-cache, Watcom* compiler 10.0
============================LINUX DATA BELOW============================
CPU                 : 4 CPU ARMv7 Processor rev 5 (v7l)
L2 Cache            :
OS                  : Linux 3.18.5-v7+
C compiler          : gcc version 4.6.3 (Debian 4.6.3-14+rpi1)
libc                : libc-2.13.so
MEMORY INDEX        : 4.228
INTEGER INDEX       : 5.607
FLOATING-POINT INDEX: 4.769
Baseline (LINUX)    : AMD K6/233*, 512 KB L2-cache, gcc 2.7.2.3, libc-5.4.38
```

nbench @ 950MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
TEST            : Iterations/sec.  : Old Index   : New Index
                :                  : Pentium 90* : AMD K6/233*
----------------:------------------:-------------:-----------
NUMERIC SORT    :          481.57  :       12.35 :      4.06
STRING SORT     :            37.6  :       16.80 :      2.60
BITFIELD        :   1.1826e+08    :       20.29 :      4.24
FP EMULATION    :            87.4  :       41.94 :      9.68
FOURIER         :            5126  :        5.83 :      3.27
ASSIGNMENT      :          7.6138  :       28.97 :      7.51
IDEA            :          1450.7  :       22.19 :      6.59
HUFFMAN         :          705.88  :       19.57 :      6.25
NEURAL NET      :          6.3669  :       10.23 :      4.30
LU DECOMPOSITION:          242.49  :       12.56 :      9.07
==========================ORIGINAL BYTEMARK RESULTS==========================
INTEGER INDEX       : 21.639
FLOATING-POINT INDEX: 9.082
Baseline (MSDOS*)   : Pentium* 90, 256 KB L2-cache, Watcom* compiler 10.0
=============================LINUX DATA BELOW=================================
CPU                 : 4 CPU ARMv7 Processor rev 5 (v7l)
L2 Cache            :
OS                  : Linux 3.18.1-v7+
C compiler          : gcc-4.7
libc                : libc-2.13.so
MEMORY INDEX        : 4.359
INTEGER INDEX       : 6.341
FLOATING-POINT INDEX: 5.037
Baseline (LINUX)    : AMD K6/233*, 512 KB L2-cache, gcc 2.7.2.3, libc-5.4.38
* Trademarks are property of their respective holder.
```

For comparison-geeks, note that if you overclock the Pi 2 to 900-1000 MHz it's essentially the same processing speed as a BeagleBone Black (also an ARMv7), but with the improved Floating Point capabilities. There's a lot of reasons to go with a BBB vs Pi2 so please note it's not that the Pi 2 is a 'replacement' for the BBB!

Sysbench tests (Compared to Pi B+)

Sysbench is a linux program that can do raw computational tests. It's a pure-math test, but will tell you the 'upper bound' for speed and is good for general comparison.

Running on a B+ @ 700MHz with one thread, we get:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Running the test with following options:
Number of threads: 1

Doing CPU performance benchmark

Threads started!
Done.

Maximum prime number checked in CPU test: 10000


Test execution summary:
    total time:                          523.7819s
    total number of events:              10000
    total time taken by event execution: 523.7231
    per-request statistics:
         min:                                 51.99ms
         avg:                                 52.37ms
         max:                                 54.81ms
         approx.  95 percentile:              53.54ms

Threads fairness:
    events (avg/stddev):           10000.0000/0.00
    execution time (avg/stddev):   523.7231/0.00
```

And for 4 threads:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Running the test with following options:
Number of threads: 4

Doing CPU performance benchmark

Threads started!
Done.

Maximum prime number checked in CPU test: 10000


Test execution summary:
    total time:                          523.1061s
    total number of events:              10000
    total time taken by event execution: 2091.9841
    per-request statistics:
         min:                                  162.66ms
         avg:                                  209.20ms
         max:                                  252.29ms
         approx.  95 percentile:               232.33ms

Threads fairness:
    events (avg/stddev):           2500.0000/1.22
    execution time (avg/stddev):   522.9960/0.04
```

Note that *both tests* take 523 seconds, because the B+ is a single-core processor, there is no improvement for having 4 threads vs 1 (all 4 threads are one one processor)

In comparison, the Pi 2 at 900 MHz has for a single thread:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Running the test with following options:
Number of threads: 1

Doing CPU performance benchmark

Threads started!
Done.

Maximum prime number checked in CPU test: 10000


Test execution summary:
    total time:                          298.6816s
    total number of events:              10000
    total time taken by event execution: 298.6632
    per-request statistics:
         min:                                  29.64ms
         avg:                                  29.87ms
         max:                                  44.60ms
         approx.  95 percentile:               32.14ms

Threads fairness:
    events (avg/stddev):           10000.0000/0.00
    execution time (avg/stddev):   298.6632/0.00
```

298 seconds vs 523 for a single thread, so even without taking advantage of multicore, there's a 523/298 = 75% increase. That's nearly double just by having a ARMv7 doing the computation

If running with 4 threads, one on each processor, we see another big improvement

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Number of threads: 4

Doing CPU performance benchmark

Threads started!
Done.

Maximum prime number checked in CPU test: 10000


Test execution summary:
    total time:                          76.1168s
    total number of events:              10000
    total time taken by event execution: 304.4156
    per-request statistics:
         min:                                  29.65ms
         avg:                                  30.44ms
         max:                                  63.32ms
         approx.  95 percentile:               34.97ms

Threads fairness:
    events (avg/stddev):           2500.0000/7.38
    execution time (avg/stddev):   76.1039/0.01
```

because we could split the work over 4 cores, we sped up 4x to 76 seconds.

Compared to a model B+, the Pi 2 is at most 7x faster when using multi-threaded/core computation!

Web performance (Compared to Pi B+)

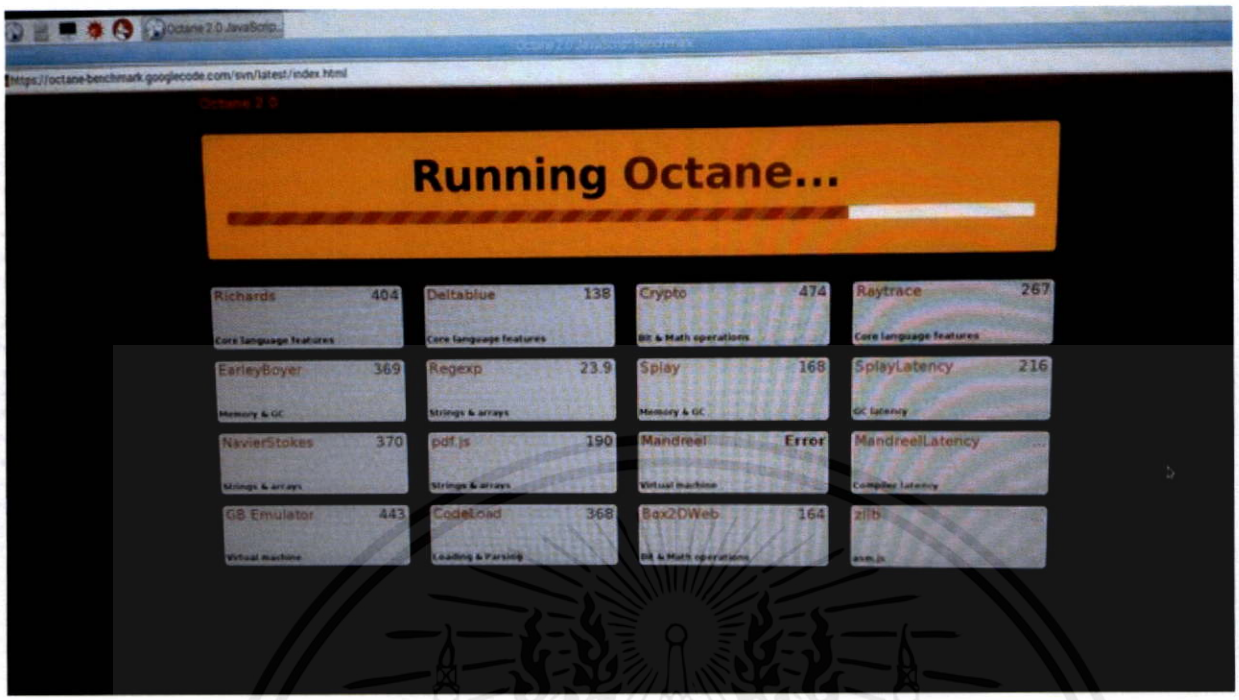
When using the Pi 2 for desktop use such as running Scratch, minecraft, or web-browsing, it feels much faster. But, that's pretty subjective and we wanted to have some Real Numbers for comparison so we ran a few web-browser Javascript tests.

Javascript is fairly processor-intensive and runs a huge amount of the interactivity of websites, so speedy Javascript will translate directly to speedy browsing!

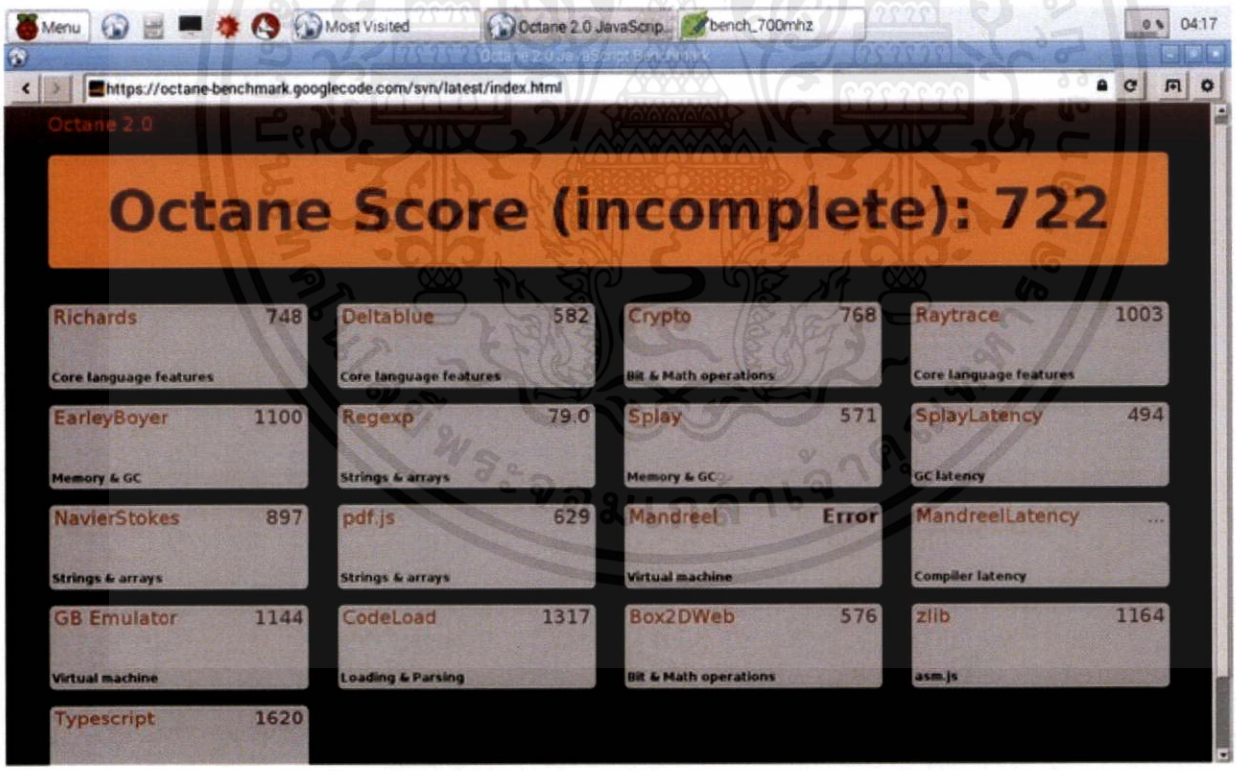
The first test we did is called Octane, you can run it by visiting here (http://adafru.it/epY) - it runs in your webbrowser and does a series of tests.

On a B+, we actually couldn't get the test to finish without crashing, but before it crashed we got the following:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Compare to the Pi 2 which did at least finish and gave us these numbers:



Higher numbers are **better** in this case

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

You can tell that depending on the tests, the Pi 2 is at least 2x as fast, and in most cases is 4x as fast.

SunSpider (Compared to Pi B+)

Another test you can run is called SunSpider (http://adafru.it/epZ), it's also a Javascript benchmarker. Here's the results from running it on a B+

```
=============================================
RESULTS (means and 95% confidence intervals)
---------------------------------------------
Total:                 9477.4ms +/- 0.4%
---------------------------------------------

  3d:                  1657.4ms +/- 0.9%
    cube:               552.5ms +/- 0.5%
    morph:              316.1ms +/- 0.7%
    raytrace:           788.8ms +/- 1.8%

  access:               482.1ms +/- 0.6%
    binary-trees:        80.6ms +/- 1.6%
    fannkuch:           203.0ms +/- 1.3%
    nbody:              133.7ms +/- 0.8%
    nsieve:              64.8ms +/- 3.2%

  bitops:               225.2ms +/- 0.3%
    3bit-bits-in-byte:   20.1ms +/- 1.1%
    bits-in-byte:        38.5ms +/- 2.4%
    bitwise-and:         51.1ms +/- 1.5%
    nsieve-bits:        115.5ms +/- 0.7%

  controlflow:           74.0ms +/- 1.2%
    recursive:           74.0ms +/- 1.2%

  crypto:               647.4ms +/- 2.9%
    aes:                337.7ms +/- 2.0%
    md5:                171.7ms +/- 5.4%
    sha1:               138.0ms +/- 3.6%

  date:                1503.9ms +/- 0.6%
    format-tofte:       784.9ms +/- 0.8%
    format-xparb:       719.0ms +/- 0.8%

  math:                 431.4ms +/- 1.7%
    cordic:             104.7ms +/- 2.0%
```

ไม่วากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        partial-sums:       238.2ms +/- 2.4%
        spectral-norm:       88.5ms +/- 2.6%

      regexp:               174.8ms +/- 1.2%
        dna:                174.8ms +/- 1.2%

      string:              4281.2ms +/- 0.5%
        base64:             208.6ms +/- 1.6%
        fasta:              466.5ms +/- 3.7%
        tagcloud:           711.4ms +/- 0.9%
        unpack-code:       2436.8ms +/- 0.4%
        validate-input:     457.9ms +/- 0.9%
```

And running on a Pi 2:

```
================================================
RESULTS (means and 95% confidence intervals)
------------------------------------------------
Total:              2476.9ms +/- 0.7%
------------------------------------------------

  3d:               499.8ms +/- 2.6%
    cube:           141.7ms +/- 1.4%
    morph:          150.5ms +/- 6.1%
    raytrace:       207.6ms +/- 2.1%

  access:           190.6ms +/- 1.0%
    binary-trees:    24.8ms +/- 1.2%
    fannkuch:        90.8ms +/- 1.0%
    nbody:           48.1ms +/- 2.2%
    nsieve:          26.9ms +/- 3.9%

  bitops:           100.6ms +/- 1.3%
    3bit-bits-in-byte:  8.4ms +/- 4.4%
    bits-in-byte:    19.4ms +/- 1.9%
    bitwise-and:     25.8ms +/- 1.2%
    nsieve-bits:     47.0ms +/- 2.0%

  controlflow:      25.6ms +/- 3.0%
    recursive:      25.6ms +/- 3.0%

  crypto:           194.5ms +/- 1.3%
    aes:            99.6ms +/- 0.7%
    md5:            52.3ms +/- 4.2%
    sha1:           42.6ms +/- 0.9%
```

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
date:              303.5ms +/- 1.2%
  format-tofte:     154.4ms +/- 0.8%
  format-xparb:     149.1ms +/- 1.7%

math:              141.5ms +/- 1.0%
  cordic:           39.1ms +/- 1.0%
  partial-sums:     69.9ms +/- 1.0%
  spectral-norm:    32.5ms +/- 1.6%

regexp:            90.0ms +/- 0.7%
  dna:             90.0ms +/- 0.7%

string:           930.8ms +/- 0.7%
  base64:          57.6ms +/- 1.0%
  fasta:          141.2ms +/- 0.7%
  tagcloud:       160.7ms +/- 0.6%
  unpack-code:    460.6ms +/- 1.0%
  validate-input: 110.7ms +/- 1.0%
```

In this case, lower numbers are better. Again, you can see that all tests are at least 2x faster on a Pi 2 vs a B+ and most are about 4x faster!

Other tests!

OK we'll be doing more tests, but one thing we did get going was playing around with emulators. Of course the Pi 2 is much speedier than the B+ and by overclocking to 900 MHz we could run pcsx (playstation 1 emulator) and Crash Bandicoot at full speed with HDMI audio! Simply download, build and run as per this tutorial (http://adafru.it/eq0).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

Source Code

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
__author__ = 'Phrutthaphong'

from SimpleCV import Image, Color, Display, DrawingLayer, Camera
import time
import numpy
import math
import wiringpi
from matplotlib import pyplot as plt

#----- Sub routine ----------------------------------
def getDegreeLength(xy, cen):
    x1 = xy[0]
    y1 = xy[1]
    Center = cen
    Len = math.sqrt(math.pow((y1 - Center[1]), 2) + math.pow((x1 - Center[0]), 2))

#4] Speciel case on 0 90 180  270
    if ((y1 == Center[1]) & (x1 < Center[0])):
        Deg = 0.0
    else:
        if ((x1 == Center[0]) & (y1 < Center[1])):
            Deg = 90.0
        else:
            if ((x1 > Center[0]) & (y1 == Center[1])):
                Deg = 180.0
            else:
                if ((y1 > Center[1]) & (x1 == Center[0])):
                    Deg = 270.0
                else:
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        # Calculate other angle
            Deg = math.degrees(math.atan(abs(y1 - Center[1]) / abs(x1 - Center[0])))
            if ((x1 > Center[0]) & (y1 < Center[1])):
                Deg = 180 - Deg
            else:
                if ((x1 > Center[0]) & (y1 > Center[1])):
                    Deg = 180 + Deg
                else:
                    if ((x1 < Center[0]) & (y1 > Center[1])):
                        Deg = 360 - Deg
    return (round(Deg,3), round(Len,3))


def  CheckSize() :


#  1] print 'OK Start'
    time.sleep(1)


    img = cam.getImage()
    img.show()
    time.sleep(2)
# 2] Edge detection by Candy
    imgBi = img.binarize()
    imgBi.show()
    time.sleep(1)
# 3] Remove small bad points
    imgEdgOpen = imgBi.erode(2)
    imgEdgOpen = imgEdgOpen.dilate(2)
    imgEdgOpen.show()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
#4] Find Centriod
    ccen = imgEdgOpen.findBlobs().center()
    cen = ccen[0]  #reduce array to 2D
#5] Display centroid on image
    disp = Display(imgEdgOpen.size())
    scopelayer = DrawingLayer(imgEdgOpen.size())
    scopelayer.circle([cen[0], cen[1]], 10, Color.BLUE, width=3)
    imgEdgOpen.addDrawingLayer(scopelayer)
    imgEdgOpen.save(disp)
    time.sleep(1)
#6] Edg detection (canndy)
    imgEdg = imgEdgOpen.edges()
    imgEdg.show()
    time.sleep(1)
#6] Take all perimiter to list
# Mat = imgEdg.getMatrix()
    x,y = numpy.where(imgEdg.getGrayNumpy()>128) #ask numpy where in our gray image is white
    x=x*(1.0)  #make it float
    y=y*(1.0)  #make it float
    peri = zip(x,y)  # make the points into a list of tuples
#7] calculate the distance and Degree
    res = [(0,0)]   # for keep result of [angle, len, x, y ]
    index = 0
    while index<len(peri) :
        result = getDegreeLength(peri[index],cen)
        res.append(result+peri[index])
        index += 1
    res.remove((0,0))
    res.sort()  # re order from small --> big (angle)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
#8] find the 4 longest points that indecated the conner of IC's
  index = 0;
  len_center=[(0)]
  while index <len(res) :
    len_center.append(res[index][1])
    index += 1
  len_center.remove(0)



plt.plot(len_center)
plt.show()



  point=[(0,0),(0,0),(0,0),(0,0)]
  point[0]= len_center.index(max(len_center)),max(len_center)
  x0,y0 = point[0]
  index = 0
  del_p = 23  #--------- Adjust value (+,-) for delete ----------
  while index<del_p :
    len_center[x0+index]=0.0
    len_center[x0-index]=0.0
    index += 1


  point[1]= len_center.index(max(len_center)),max(len_center)
  x0,y0 = point[1]
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    index = 0
    while index<del_p :
        len_center[x0+index]=0.0
        len_center[x0-index]=0.0
        index += 1

    point[2]= len_center.index(max(len_center)),max(len_center)
    x0,y0 = point[2]
    index = 0
    while index<del_p :
        len_center[x0+index]=0.0
        len_center[x0-index]=0.0
        index += 1

    point[3]= len_center.index(max(len_center)),max(len_center)
    x0,y0 = point[3]
    index = 0
    while index<del_p :
        len_center[x0+index]=0.0
        len_center[x0-index]=0.0
        index += 1
# Show len_center for check data
plt.plot(len_center)
plt.show()

    point.sort()
    x0 = int(res[point[0][0]][2])
    y0 = int(res[point[0][0]][3])
    x1 = int(res[point[1][0]][2])
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    y1 = int(res[point[1][0]][3])
    x2 = int(res[point[2][0]][2])
    y2 = int(res[point[2][0]][3])
    x3 = int(res[point[3][0]][2])
    y3 = int(res[point[3][0]][3])

# 9] Calculate result of area and so on.....
    a = math.sqrt(math.pow((x0-x1),2)+math.pow((y0-y1),2))
    b = math.sqrt(math.pow((x1-x2),2)+math.pow((y1-y2),2))

#10] print conner points (and Centroid) and results on Edge image
disp = Display(imgEdg.size())
    scopelayer = DrawingLayer(imgEdg.size())
    scopelayer.circle([x0, y0], 8, Color.RED, width=3)
    scopelayer.circle([x1, y1], 8, Color.RED, width=3)
    scopelayer.circle([x2, y2], 8, Color.RED, width=3)
    scopelayer.circle([x3, y3], 8, Color.RED, width=3)
    scopelayer.circle([cen[0], cen[1]], 10, Color.BLUE, width=3)
    scopelayer.setFontSize(28)
    scopelayer.text(' Side A = '+str(round(a,3)),[450,200],(0,255,0))
    scopelayer.text(' Side B = '+str(round(b,3)),[450,250],(0,255,0))
    scopelayer.text(' Area   = '+str(round((a*b),3)),[450,300],(0,255,0))

 # put command here to display result on LCD and LED
if((a > size_w-20)&& (a< size_w+20) && (b> size_h-20)&&(b< size_h+20)):
    io.digitalWrite(22,io.HIGH)  # GREEN ON
    else:
       io.digitalWrite(21,io.HIGH) # RED ON
 print round(a,3)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
print round(b,3)
print '==================='

imgEdg.addDrawingLayer(scopelayer)
imgEdg.save(disp)
time.sleep(5)
io.digitalWrite(22,io.LOW)
io.digitalWrite(21,io.LOW)
disp.quit()

#---------------------------------------- MAIN START HERE ----------------
#set up Variable
cam = Camera()
disp = Display([640,480])
index = 0
io = wiringpi.GPIO(wiringpi.GPIO.WPI_MODE_SYS)
io.pinMode(25,io.OUTPUT)  //MOTOR
io.pinMode(23,io.INPUT)   // SWITCH MOTOR
io.pinMode(24,io.INPUT)  // SWITCH IC
io.pinMode(22,io.OUTPUT)  //  GREEN
io.pinMode(21,io.OUTPUT)  //  RED
#  ==== mush be set export before run====
#  >>gpio export 25 out
#  >>gpio export 22 out
#  >>gpio export 21 out
#  >>gpio export 23 in
# >>gpio export 24 in
#>>gpio -g mode 25 out
#>>gpio -g mode 22 out
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
#>>gpio -g mode 21 out
#>>gpio -g mode 24 in
#>>gpio -g mode 23 in

io.digitalWrite(25,io.LOW)  // STOP MOTOR
io.digitalWrite(22,io.LOW)  // STOP GREEN
io.digitalWrite(21,io.LOW)  // STOP RED

#1] Read Check Switch [0,1] to select the size of IC for Checking
if lio.digitalRead(24)==0):
   size_w = 200   ## IC 1
   size_h = 600
   else:
      size_w = 500  ## IC2
      size_h  = 1000

while True:    # <---  example  only 3 times
   #2] Start wait for target in position (Box image processing)
      io.digitalWrite(25,io.HIGH)  ## drive MOTOR
      time.sleep(2)
      while(io.digitalRead(23)!=0):
      io.digitalWrite(25,io.LOW)  ## STOP MOTOR
      time.sleep(3)
   #3] Take picture & process
      CheckSize()
   #index += 1
   #print ' Number of  Processed = '+str(index)

print ' Finished '
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
%  ==== โปรแกรมหาขนาดของวัตถุ(ไอซีทรงสี่เหลี่ยม)โดยใช้การวัดมุม ====
% ***การวางอุปกรณ์***
% วางเอียงได้แต่ต้องอย่าให้มุมของไอซีอยู่ในแนวเอียงใกล้ 0 องศามากเพราะจะทำให้การนับมุมผิดได้
% ***หมายเหตุ****
%  ความถูกต้องจะขึ้นอยู่กับจำนวนของจุดภาพที่เราประมวลผลเพราะจะทำให้ระยะห่างระหว่างจุดน้อย
%  ลงมากและได้ความละเอียดของมุมมาขึ้นทำให้ค่าผิดพลาดน้อยลงเท่านั้น
%  (ดูผลการทดลอง ความผิดพลาดประมาณ 5 pixels ภาพใหญ่จะดีแต่เวลาคำนวณจะมากขึ้นตามลำดับ)
%  **อนึ่ง****
%  ยังไม่ได้ทดสอบว่า
%  ไอซีขนาดห่างกันเท่าใดจึงจะแยกแยะได้ว่าเป็นคนละขนาดกัน???
%-----------------------------------------------

% [1] ล้างทุกอย่างก่อนการเริ่มโปรแกรม
clear all;
close all;


% [2] เลือกภาพที่ต้องการทดสอบวัด
 % ทดสอบกับแบบ มีขา (ไอซีทั่วไป)
 % หากไอซีเป็น FPGA ซึ่งมีขาเล็กมากไม่มีผล ผิดพลาดมาก จะได้ค่าที่แน่นอนมากกว่า
% image size 640x480 error (IC big) Error = 8 pixels
%I =imread('D:\WORK\WORK_PROJ\Project57\IC_TEST\IC\EX6.jpg','JPEG');
% image size 640x480 (Small IC )error = 5 pixels (EX12-17)
%I =imread('D:\WORK\WORK_PROJ\Project57\IC_TEST\IC\EX13.jpg','JPEG');
% image size 800x600 (Small IC )error = 5 pixels (EX18-23)
%I =imread('D:\WORK\WORK_PROJ\Project57\IC_TEST\IC\EX23.jpg','JPEG');
% image size 960x720 (Small IC) error = 5 pixels
%I=imread('D:\WORK\WORK_PROJ\Project57\IC_TEST\IC\EX24-26.jpg','JPEG');
I=imread('C:\Users\TOR\Desktop\code project\IC\SOM3.jpg','JPEG');

% แสดงผลภาพที่อ่านได้สู่จอภาพ
Ig = rgb2gray(I);
imshow(Ig);   % gray image display

%========== PRESS ANY KEY TO START PROCESS ================
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
pause; %----------(1)

% [3] ตัด Threshold และ หาขอบภาพด้วย Candy edge
%level = graythresh(Ig);
bw = im2bw(Ig,0.3);
ibw = ~bw;
ibw = imfill(ibw,'holes');
figure;imshow(ibw);
pause;
% do Brob process to reduce some Pin error
 % [1] Erode by size of disk = 3
 erodBW = imerode(ibw,strel('disk',5),'same');
 imshow(erodBW);
 pause;
% % [2] Dilate to restore size (with out any hole left)
 dil_ibw = imdilate(erodBW,strel('disk',5),'same');
 imshow(dil_ibw);
 pause(0.1);
 %find edge by canny edge detection
can_bw = edge(dil_ibw,'canny',0.3);
imshow(can_bw);

% find the centroid of ibw image
s = regionprops(dil_ibw,'centroid');
cen = cat(1,s.Centroid);
hold(imgca,'on');
plot(imgca,cen(:,1),cen(:,2),'r*')
pause(0.1); %---------- (2)

% [4] นำค่าของจุดขอบเรียงเก็บไว้ในอาเรย์เพื่อใช้คำนวนมุมและระยะห่างต่อไป
m=find(can_bw==1);  %จะได้เป็นที่อยู่เรียงลำดับแถวเดียว เช่น 1,2,3,4....
[r, c]=ind2sub(size(can_bw),m); %นำที่อยู่แถวลำดับเดียวมาแปลงเป็น ค่า2มิติแบบ x, y

i=size(r);     % หาจำนวน pixel ขอบเส้นรอบวงทั้งหมด
endP=[c r];    % กำหนดจุดเส้นรอบวงทั้งหมดเป็นอาเรย์ชื่อ endP เป็นสลับ row และ column
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
x=ones(i(1),1);  % จองอาเรย์ 1-D ขนาดเท่ากับจุดทั้งหมด (สำหรับ x)
y=ones(i(1),1);  % จองอาเรย์ 1-D ขนาดเท่ากับจุดทั้งหมด (สำหรับ y)
x=x.*cen(1,1);   % ใส่จุดศูนย์กลาง x เข้า อาเรย (ทำไว้เพื่อหาความยาวต่อไป)
y=y.*cen(1,2);  % ใส่จุดศูนย์กล่าง y เข้า อาเรย์   (ทำไว้เพื่อหาความยาวต่อไป)
centerP=[x y];   % ทำเป็นอาเรย์ชื่อ centerP เก็บจุดศุนย์กลางทั้งหมด (ค่าเดียวกันทั้งหมด)
idx = 1:i(1);   % สร้างตัวนับที่มีขนาดเท่ากับจุดรอบทุกจุด

% ลากเส้นจากจุดศูนย์กลางไปสู่จุดต่างๆบนขอบภาพ
  for k=idx
      plot([centerP(k,1) endP(k,1)],[centerP(k,2) endP(k,2)],'r-')
%
 pause; %---------------------- (3)
%
  end

% คำนวนค่าระยะห่างจากจุดศูนย์กลางสู่แต่ละจุดบนเส้นรอบวง
out = dista(centerP,endP);

%pause; %-------------------------(4)

% [5] คำนวนหามุมทั้งหมดของเส้นรอบรูปสี่เหลี่ยมเก็บไว้ในอาเรย์ deg_all
x_all = endP(:,1)-centerP(:,1);
y_all = endP(:,2)-centerP(:,2);
xx_all = y_all./x_all;
deg_all=zeros(max(idx),1); % สร้างที่เก็บผลของมุมทั้งหมด
% คำนวนผลของมุมทุดจุดเก็บไว้
% อันนี้จะต้องแปลงมุมให้ถูกเพื่อให้ได้มุมรอบจาก 0-360 องศา โดยจะแบ่งเป็นสี่
% ควอทซ์แดนซ์ คือ ค่า Y, X เป็นลบและบวกดังนี้
%      Y(-)       |   Y(-)
%      X(-)       |   X(+)
%     -------------------------
%      Y(+)       |   Y(+)
%      X(-)       |   X(+)

% จึงต้องทำการบวกลบมุมเพิ่มเพื่อให้ได้ครบตามต้องการนั่นเอง
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
for i=1:size(y_all)
    if(y_all(i)>=0 && x_all(i)<0)
        deg_all(i)=360+rad2deg(atan(xx_all(i))); end
    if(y_all(i)>=0 && x_all(i)>=0)
        deg_all(i)=180+rad2deg(atan(xx_all(i))); end
    if(y_all(i)<0 && x_all(i)>=0)
        deg_all(i)=180+rad2deg(atan(xx_all(i))); end
    if(y_all(i)<0 && x_all(i)<0)
        deg_all(i)=rad2deg(atan(xx_all(i))); end
end

%[6] ทำการเรียงค่ามุมจาก 0->360
sort_angle = sort(deg_all);
length_data = zeros(size(deg_all));
for i=1:size(deg_all)
   length_data(i) = out(sort_angle(i)==deg_all);
end
%
pause;

figure;
plot(length_data); % แสดงภาพความยาวของมุมจาก 0-360
% ทำ low pass filer จะได้ข้อมูลที่ smooth ขึ้น
data_new = conv([1/3 1/3 1/3],length_data);
figure;
plot(data_new); % แสดงผลความยาวอีกทีแต่ภาพที่ดีขึ้น
pause;  % รอ เคาะคีย์บอร์ด

% วงหาจุดสูงสุด 4 ครั้ง สำหรับไอซีสี่เหลี่ยม
max_tip=zeros(4,1);  % สร้างไว้เก็บคาามยาวจากสูงศูนย์กลางสู่มุมสี่มุม
order = zeros(4,1); % สร้างไว้เก็บลำดับเลขที่มุมสูงสุดสี่มุมนั้น เพื่อการโยงเส้นที่ถูกต้อง

for j=1:4
max_tip(j) = length_data(data_new == max(data_new)); %นำค่าความยาวก่อน filter ใส่เก็บไว้
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
order(j) = deg_all(out==max_tip(j)); %นำมุมมาเก็บไว้

% ใส่ "0" หน้าหลัง 30 ตัวเพื่อจะไดภาพใหม่ที่ลำดับมุมได้ถูกต้องต่อไป
for i= find(data_new == max(data_new))-30 :find(data_new == max(data_new))+30
   data_new(i)=0;
end
plot(data_new); % แสดงผลภาพที่ลดมุมออกทีละมุม
pause;
end

% เรียงลำดับมุมให้ถูกต้องโดยดูลำดับจาก 0-360
max_tip_new = zeros(4,1);
max_tip_new(4) = max_tip(order==max(order));
order(order == max(order))=0;
max_tip_new(3) = max_tip(order==max(order));
order(order == max(order))=0;
max_tip_new(2) = max_tip(order==max(order));
order(order == max(order))=0;
max_tip_new(1) = max_tip(order==max(order));
order(order == max(order))=0;

% นำจุดที่ได้ไปวาดเส้นบนไอซี
figure(2);
for i=1:4
plot(endP(max_tip_new(i)==out,1),endP(max_tip_new(i)==out,2),'g*')
pause;
end

% ลากเส้นเชื่อมจุด
plot([endP(max_tip_new(1)==out,1),endP(max_tip_new(2)==out,1)],[
endP(max_tip_new(1)==out,2  ),endP(max_tip_new(2)==out,2)],'g-')
pause(0.5);
plot([endP(max_tip_new(2)==out,1),endP(max_tip_new(3)==out,1)],[
endP(max_tip_new(2)==out,2  ),endP(max_tip_new(3)==out,2)],'g-')
pause(0.5);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
plot([endP(max_tip_new(3)==out,1),endP(max_tip_new(4)==out,1)],[
endP(max_tip_new(3)==out,2  ),endP(max_tip_new(4)==out,2)],'g-')
pause(0.5);
plot([endP(max_tip_new(4)==out,1),endP(max_tip_new(1)==out,1)],[
endP(max_tip_new(4)==out,2  ),endP(max_tip_new(1)==out,2)],'g-')
pause;

% สุดท้ายก็หาผลรวมเส้นรอบวง
 p=[endP(max_tip_new(1)==out,1) endP(max_tip_new(1)==out,2)];  % ให้ p เก็บจุดศูนย์กลาง (อัน
เดียว) ไว้
 q=[endP(max_tip_new(2)==out,1) endP(max_tip_new(2)==out,2)]; % q เก็บจุดบนเส้นที่สั้นที่สุด
 len1 = dista(p,q);  % คำนวนหาระยะห่างระหว่างสองจุดนั้น
 p=[endP(max_tip_new(2)==out,1) endP(max_tip_new(2)==out,2  )];  % ให้ p เก็บจุดศูนย์กลาง (อัน
เดียว) ไว้
 q=[endP(max_tip_new(3)==out,1) endP(max_tip_new(3)==out,2)]; % q เก็บจุดบนเส้นที่สั้นที่สุด
 len2 = dista(p,q);  % คำนวนหาระยะห่างระหว่างสองจุดนั้น
 p=[endP(max_tip_new(3)==out,1) endP(max_tip_new(3)==out,2)];  % ให้ p เก็บจุดศูนย์กลาง (อัน
เดียว) ไว้
 q=[endP(max_tip_new(4)==out,1) endP(max_tip_new(4)==out,2)]; % q เก็บจุดบนเส้นที่สั้นที่สุด
 len3 = dista(p,q);  % คำนวนหาระยะห่างระหว่างสองจุดนั้น
 p=[endP(max_tip_new(4)==out,1) endP(max_tip_new(4)==out,2)];  % ให้ p เก็บจุดศูนย์กลาง (อัน
เดียว) ไว้
 q=[endP(max_tip_new(1)==out,1) endP(max_tip_new(1)==out,2)]; % q เก็บจุดบนเส้นที่สั้นที่สุด
 len4 = dista(p,q);  % คำนวนหาระยะห่างระหว่างสองจุดนั้น
 len1 = len1+len2+len3+len4; %รวมความยาวเฉลี่ย
 %แสดงผลออกจอภาพ
 text(10,40,'Length is ','Color','w')
 text(90,40,num2str(len1),'Color','w')

pause;
hold(img̃ca,'off')
close all;
clear all;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้