

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ไม้เท้าอัจฉริยะป้องกันการปะทะสิ่งกีดขวาง

สำหรับคนตาบอดด้วยอัลตราโซนิก

BARRIER DETECTION CANE FOR THE BLIND VIA ULTRASONIC



T139718

โดย

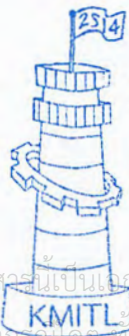
นาย ปฐมพงศ์	วสยางกูร	54010762
นาย ปพนธัย	อำนาจสวัสดิชัย	54010775
นาย ปรณัฐวุฒิ	ตั้งสกุล	54010778

อาจารย์ที่ปรึกษา

เลขหมู่..... 139718 รศ.ดร. ไกรสิน ส่วงวัฒนา  
 เลขทะเบียน..... ผศ.ดร. พิเชฐ ม่วงนวล  
 วัน,เดือน,ปี... 1.6.๒๕๕8

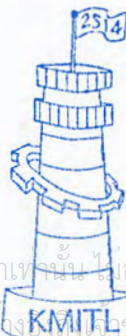
b. 12724932  
 i. ....

ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
 ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม  
 คณะวิศวกรรมศาสตร์  
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
 ปีการศึกษา 2557



ผ่านการตรวจรูปเล่มแล้ว

(Signature)  
 อาจารย์ที่ปรึกษา  
 7/5/58



ผ่านการตรวจชิ้นงานแล้ว

(Signature)  
 กรรมการผู้ตรวจชิ้นงาน  
 14/5/58

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2557

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

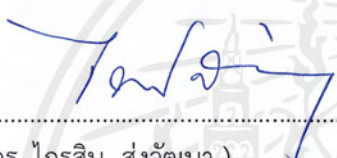
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ไม้เท้าอัจฉริยะป้องกันการปะทะสิ่งกีดขวางสำหรับคนตาบอดด้วยอัลตราโซนิก

BARRIER DETECTION CANE FOR THE BLIND VIA ULTRASONIC

ผู้จัดทำ

- |                   |                 |           |
|-------------------|-----------------|-----------|
| 1. นาย ปฐมพงศ์    | วสยางกูร        | 54010762  |
| 2. นาย ปพนธน์     | อำนาจสวัสดิ์ชัย | 540100775 |
| 3. นาย ประณัฐวุฒิ | ตั้งสกุล        | 540100778 |

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
( รศ.ดร. ไกรสิน สังวัดนา )

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม  
( ผศ.ดร. พิเชฐ ม่วงนวล )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูงจาก รศ.ดร. ไกรสิน ส่องวัฒนา อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการและ ผศ.ดร. พิเชฐ ม่วงนวล อาจารย์ที่ปรึกษา ร่วมที่กรุณาให้คำแนะนำในการทำงานตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆด้วยความเอาใจใส่ อย่างดียิ่ง คณะผู้จัดทำโครงการตระหนักถึงความตั้งใจจริงและความทุ่มเทของอาจารย์และขอกราบ ขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

อนึ่งคณะผู้จัดทำหวังว่างานโครงการฉบับนี้คงจะมีประโยชน์อยู่ไม่น้อยจึงขอมอบ ส่วนดีทั้งหมดนี้ให้แก่เหล่าคณาจารย์ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาจนทำให้โครงการนี้เป็นประโยชน์ต่อ ผู้ที่เกี่ยวข้องและขอมอบความกตัญญูกตเวทิตาคุณแต่บิดามารดาและผู้มีพระคุณทุกท่าน

สุดท้ายนี้หากมีข้อบกพร่องประการใดที่อาจจะเกิดขึ้นนั้นคณะผู้จัดทำขอน้อม รับผิดเพียงผู้เดียวและยินดีที่จะรับฟังคำแนะนำจากทุกท่านที่ได้เข้ามาศึกษาเพื่อเป็นประโยชน์ ในการพัฒนางานโครงการต่อไป

นาย ปฐมพงศ์ วสยางกูร  
 นาย ปพนธนิย์ อำนวยสวัสดิ์ชัย  
 นาย ประณัฐวุฒิ ตั้งสกุล  
 ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการไม้เท้าอัจฉริยะป้องกันการปะทะสิ่งกีดขวางสำหรับ  
คนตาบอดด้วยอัลตราโซนิก  
THE BARRIER DETECTION CANE FOR THE BLIND VIA  
ULTRASONIC

โดย นาย ปฐมพงศ์ วสยางกูร 54010762  
นาย ปพนธัย อำนวยสวัสดิ์ชัย 54010775  
นาย ประณัฐภูมิ ตั้งสกุล 54010778

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.ไกรสิน ส่งวัฒนา  
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผศ.ดร.พิเชฐ ม่วงนวล

#### บทคัดย่อ

สามารถกล่าวได้ว่าการมองเห็นเป็นประสาทสัมผัสที่สำคัญที่สุดของมนุษย์ การสูญเสียประสาทการมองเห็นไปย่อมส่งผลกระทบต่อการใช้ชีวิตประจำวันอย่างรุนแรง อีกทั้งยังหมายถึงการเพิ่มความเสี่ยงในการประสบอุบัติเหตุจากการชนสิ่งกีดขวางระหว่างการเดินทาง ไม้เท้าอัจฉริยะป้องกันการปะทะสิ่งกีดขวางสำหรับคนตาบอดด้วยอัลตราโซนิกจะช่วยทำการเตือนเมื่อจะชนกับสิ่งกีดขวาง ซึ่งจะสามารถเพิ่มความปลอดภัยในการเดินทางให้แก่คนตาบอดได้

#### ABSTRACT

Among basic sensation in human subsistence, we can say that sense of vision is the most important. Losing sense of vision had serious effect on daily life. The Barrier Detection Cane for the Blind Via Ultrasonic will help facilitate for the blind by alerting when the blind approaching the barrier. It will improve safety for the blind.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	I
บทคัดย่อ	II
สารบัญ	III
สารบัญรูป	V
สารบัญตาราง	VII
<b>บทที่ 1</b>	
<b>บทนำ</b>	<b>1</b>
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของปริญญาานิพนธ์	1
<b>บทที่ 2</b>	
<b>ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง</b>	<b>2</b>
2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์และอาคูอิน์	2
2.2 อัลตราโซนิกเซนเซอร์ HC-SR04	4
2.3 แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน	7
2.4 เอ็มพีสามชิลด์ (MP3 SHIELD)	9
2.5 อินฟราเรดเซนเซอร์สำหรับวัดระยะทาง (GP2Y0A02YK0F)	12
2.6 เอสดีการ์ดโมดูล	16
2.7 แนวคิดด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์	17
<b>บทที่ 3</b>	
<b>การออกแบบและการจัดทำปริญญาานิพนธ์</b>	<b>24</b>
3.1 การออกแบบ	26
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	29
3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลอง	32
4.1 ผลการทดลองความคาดเคลื่อนของอัลตราโซนิกเซนเซอร์	32
4.2 ผลการทดลองความคาดเคลื่อนของอินฟราเรดเซนเซอร์ตัวบนสุด	35
4.3 ผลการทดลองความคาดเคลื่อนของอินฟราเรดเซนเซอร์ตัวกลาง	39
4.4 ผลการทดลองความคาดเคลื่อนของอินฟราเรดเซนเซอร์ตัวล่างสุด	43
4.5 ผลของการทดลองดิสชาร์จแบตเตอรี่	46
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	48
5.1 สรุปผล	48
5.2 ข้อเสนอแนะ	48
บรรณานุกรม	49
ภาคผนวก ก ซอร์สโค้ด	50
ภาคผนวก ข ดาต้าชีทของอุปกรณ์	55

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 หน่วยประมวลผลกลางเอทเมก้า 328	3
2.2 อาคูอินูโนอาร์สาม (UNO R3)	3
2.3 เวลาของเสียงของอัลตราโซนิคเซนเซอร์	4
2.4 หน้าคลื่นเสียงของอัลตราโซนิคเซนเซอร์	5
2.5 โครงสร้างของอัลตราโซนิคเซนเซอร์	5
2.6 การเชื่อมต่ออัลตราโซนิคเซนเซอร์	6
2.7 ตารางแสดงค่าพารามิเตอร์ของอัลตราโซนิคเซนเซอร์	6
2.8 ตัวอย่างแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน	8
2.9 กราฟการดิสชาร์จแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน	9
2.10 โมดูลเอ็มพีสามซิลด์	10
2.11 องค์ประกอบของเอ็มพีสามซิลด์	11
2.12 กราฟแสดงการทำงานของอินฟราเรดเซนเซอร์	13
2.13 ความสัมพันธ์ของระยะทางกับเอาท์พุท	14
2.14 อินฟราเรดเซนเซอร์สไหรับับวัดระยะทาง	15
2.15 การเชื่อมต่อเซนเซอร์กับอาคูอินู	15
2.16 ค่าช่วงมาตรฐานที่อินฟราเรดเซนเซอร์สามารถทำงานได้	16
2.17 คุณลักษณะทางไฟฟ้าของอินฟราเรดเซนเซอร์	16
2.18 เอสดีการ์ดโมดูล	17
2.19 ความคิดเห็นต่อสภาพแวดล้อมนอกอาคาร	19
2.20 ความคิดเห็นต่อสภาพแวดล้อมในอาคาร	20
2.21 ความคิดเห็นต่ออุปกรณ์ในอาคาร	21
3.1 การเยี่ยมชมนิทรรศการบทเรียนในความมืด	24
3.2 แผนภูมิการทำงานอย่างง่ายของไม้เท้า	25
3.3 ระบบการตรวจจับแบบภาพรวม	25
3.4 อุปกรณ์โดยรวม	25
3.5 แผนผังระบบแจ้งเตือนระดับลำตัว	26
3.6 แผนผังระบบแจ้งเตือนข้างหน้า	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.7	28
3.8	29
3.9	30
3.10	30
3.11	31
4.1	33
4.2	34
4.3	37
4.4	38
4.5	41
4.6	42
4.7	44
4.8	45
4.9	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	17
4.1	32
4.2	35
4.3	36
4.4	39
4.5	40
4.6	43
4.7	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประสาทสัมผัสพื้นฐานอันเป็นส่วนสำคัญในการดำเนินชีวิตประจำวันของมนุษย์นั้น ประกอบไปด้วย ประสาทการดมกลิ่น ประสาทสัมผัสทางกาย การลิ้มรส การฟัง และการมองเห็น ซึ่งการมองเห็นนั้นอาจสามารถกล่าวได้ว่าเป็นประสาทสัมผัสที่มีความจำเป็นสูงสุดในร่างกายก็ว่าได้ เพราะ การมองเห็นเป็นประสาทสัมผัสที่ถูกใช้งานอย่างหนักอยู่เกือบจะตลอดเวลาที่มนุษย์ยังตื่นอยู่ ทั้งเป็นประสาทสัมผัสที่ใช้ในการระบุจุดหมายปลายทางของการเดินทางหรือการระบุทิศทางสำหรับหยิบจับสิ่งของต่างๆตลอดไปจนถึงใช้ในการระวังภัยอันตรายต่างๆรอบตัว หากสูญเสียประสาทการมองเห็นไปจะส่งผลเป็นอย่างมากในการดำเนินชีวิตประจำวัน เป็นเหตุไปสู่การไม่สามารถช่วยเหลือตนเองในเบื้องต้นได้ตลอดจนอาจประสบอุบัติเหตุในการเดินทางได้ตลอดเวลา กลุ่มของข้าพเจ้าได้ตระหนักในปัญหาการสูญเสียประสาทการมองเห็นของคนตาบอดจึงได้คิดทำโครงการไม่เท่าอัจฉริยะเพื่อคนตาบอดขึ้น เพื่อช่วยในการเตือนภัยให้แก่คนตาบอด โดยโครงการนี้จะเป็นเครื่องอำนวยความสะดวกในการเดินทาง ช่วยในการระวังอุบัติเหตุระหว่างการเดินทางที่จะเกิดคนตาบอดเอง

#### 1.2 วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้อุปกรณ์อื่นๆร่วมกับอาคูอิโน้ เช่น อัลตราโซนิก เซนเซอร์ เอ็มพีสามซิลด์ อินฟราเรดเซนเซอร์ เป็นต้น
- 2) เพื่อออกแบบและสร้างไม่เท่าสำหรับช่วยอำนวยความสะดวกในการเดินทางให้กับคนตาบอด

#### 1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

การพัฒนาระบบป้องกันการปะทะกับสิ่งกีดขวางเพื่อคนตาบอดเป็นการใช้อาคูอิโน้ควบคู่ไปกับอุปกรณ์วัดระยะทางด้วยอัลตราโซนิกเซนเซอร์และอินฟราเรดเซนเซอร์ เพื่อวัดระยะทางจากสิ่งกีดขวางถึงตัวคนตาบอด และทำการส่งสัญญาณเตือนในระยะที่เหมาะสมก่อนถึงสิ่งกีดขวางเพื่อป้องกันการปะทะเข้ากับสิ่งกีดขวาง

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์และอาดูอิโน้

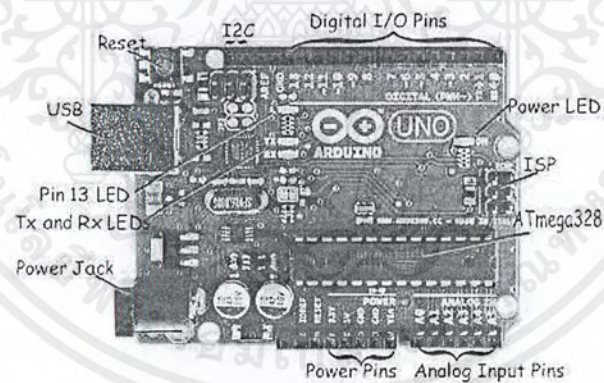
ไมโครคอนโทรลเลอร์ มาจากคาสองคำบวกกัน คือ ไมโคร กับ คอนโทรลเลอร์ ไมโคร แปลว่า เล็กๆ ส่วนคอนโทรลเลอร์แปลว่าระบบควบคุม ดังนั้น เมื่อรวมสองคำเข้าด้วยกัน ก็แปลว่า ระบบควบคุมขนาดเล็กซึ่งเทียบได้กับระบบคอมพิวเตอร์หนึ่งชุด กล่าวคือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รวบรวม ระบบประมวลผลCPU (Central Processing Unit) หน่วยความจำ (Memory) และ พอร์ต (I/O Port) ไว้ในโมดูล เดียวกันซึ่งแตกต่างจากไมโครเซสเซอร์ตรงที่ ไมโครโปรเซสเซอร์ จะต้องต่ออุปกรณ์ หน่วยความจำและพอร์ตอินเทอร์เฟซข้างนอก เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์มีขนาดเล็ก มียืดหยุ่น และความสามารถสูงจึงนิยมฝังไว้ในอุปกรณ์ทางไฟฟ้าหรือ อิเล็กทรอนิกส์ เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์นั้นๆ

Arduino (อ่านว่า อา-ดู-อิ-โน้) เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ชนิดหนึ่ง ซึ่งเป็นแบบที่เรียกว่า Open Hardware กล่าวคือ อาดูอิโน้เป็นอุปกรณ์ที่มีแบบส่วนประกอบเป็นมาตรฐานที่เปิดเผย หมายความว่า สามารถทำเองโดยใช้แบบที่มีการเปิดเผยทั่วไปก็ได้ หรือสามารถซื้อหาได้โดยง่าย มีราคาถูก มีซอฟต์แวร์ที่สามารถใช้งานได้ฟรี สามารถนำไปใช้งานทั่วไปหรือแบบธุรกิจได้โดยไม่ต้องเสียค่าลิขสิทธิ์ เป็นรูปแบบของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีข้อมูลมากที่สุดบนอินเทอร์เน็ต การพัฒนาและต่อยอดง่าย เพราะมีตัวอย่างมากมาย และไม่ต้องเขียนโปรแกรมในรูปแบบ “โลว์เลเวล” หมายความว่า สามารถใช้คำสั่งเขียนโปรแกรมได้เหมือนโปรแกรมภาษาขั้นสูงทั่วไป ซึ่งอาดูอิโน้ที่มีส่วนควบคุมหลักเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์แอทเมก้า 328 (ATMega328) โดยชื่อของอาดูอิโน้ที่มีหน่วยประมวลผลกลางเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวดังกล่าวนี้คือ อาดูอิโน้ยูโน้ รุ่นอาร์สาม (Arduino Uno r3) มีคุณสมบัติพื้นฐานดังนี้

1. ใช้หน่วยประมวลผลกลางเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์แอทเมก้า 328
2. มีขาารองรับอินพุตและเอาต์พุต 14 ขา ( 6 ขา PWM เอาต์พุต )
3. 32 KB Flash Memory, 2KB SRAM, 1 KB EEPROM
4. ความเร็วคล็อก 16 เมกะเฮิร์ตซ์
5. รองรับแรงดันไฟฟ้าอินพุต -7 – 12 V

(PCINT14/RESET) PC6	1	28	PC5 (ADC5/SCL/PCINT13)
(PCINT16/RXD) PD0	2	27	PC4 (ADC4/SDA/PCINT12)
(PCINT17/TXD) PD1	3	26	PC3 (ADC3/PCINT11)
(PCINT18/INT0) PD2	4	25	PC2 (ADC2/PCINT10)
(PCINT19/OC2B/INT1) PD3	5	24	PC1 (ADC1/PCINT9)
(PCINT20/XCK/T0) PD4	6	23	PC0 (ADC0/PCINT8)
VCC	7	22	GND
GND	8	21	AREF
(PCINT6/XTAL1/TOSC1) PB6	9	20	AVCC
(PCINT7/XTAL2/TOSC2) PB7	10	19	PB5 (SCK/PCINT5)
(PCINT21/OC0B/T1) PD5	11	18	PB4 (MISO/PCINT4)
(PCINT22/OC0A/AIN0) PD6	12	17	PB3 (MOSI/OC2A/PCINT3)
(PCINT23/AIN1) PD7	13	16	PB2 (SS/OC1B/PCINT2)
(PCINT0/CLKO/ICP1) PB0	14	15	PB1 (OC1A/PCINT1)

รูปที่ 2.1 หน่วยประมวลผลกลางเอทเมก้า 328

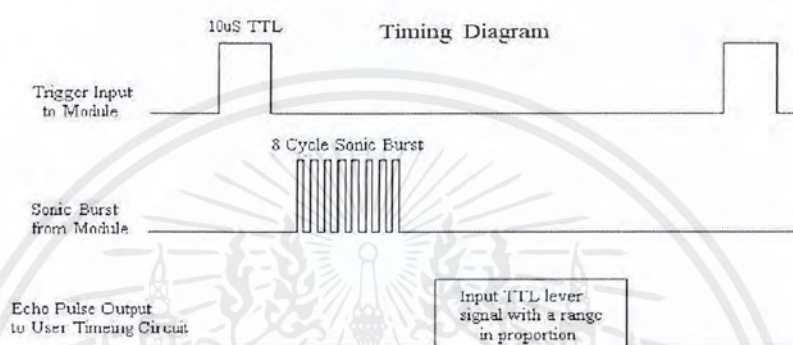


รูปที่ 2.2 ฮาร์ดแวร์บอร์ดอาร์สาม(Uno r3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 อัลตราโซนิกเซนเซอร์ HC-SR04

โดยการใช้งานของค่าตัวต้านทานนั้น จะได้จากการคำนวณค่าโดยตัวเซนเซอร์นั้นจะใช้ไฟเลี้ยงคือ 5V DC และมีความต้องการทำงานที่ไฟขาออกเป็น 3.3V DC การทำงานของอัลตราโซนิกเซนเซอร์ใช้หลักการเดียวกันกับค้ำงคาวที่บินในเวลากลางคืน คือใช้การส่งคลื่นเสียงที่หูมนุษย์ไม่สามารถได้ยินออกไปสะท้อนวัตถุที่ต้องการ การวัดระยะ แล้วจับเวลาเสียงสะท้อน



รูปที่ 2.3 เวลาของเสียงของอัลตราโซนิกเซนเซอร์

ตัวนี้เริ่มต้นทำงานโดยการส่งสัญญาณเริ่มต้นยาว 10 ไมโครวินาที ไปสั่งให้แหล่งกำเนิดเสียงทำงาน จากนั้นจะส่งคลื่นเสียงความถี่ 40 กิโลเฮิร์ตซ์ออกไป 8 พัลส์ แล้วรอฟังเสียงสะท้อน ตัวข่ายจะเป็นตัวส่งคลื่นเสียงออกไปส่วนตัวขวาในรูปจะเป็นตัวรับความถี่ที่สะท้อนกลับ

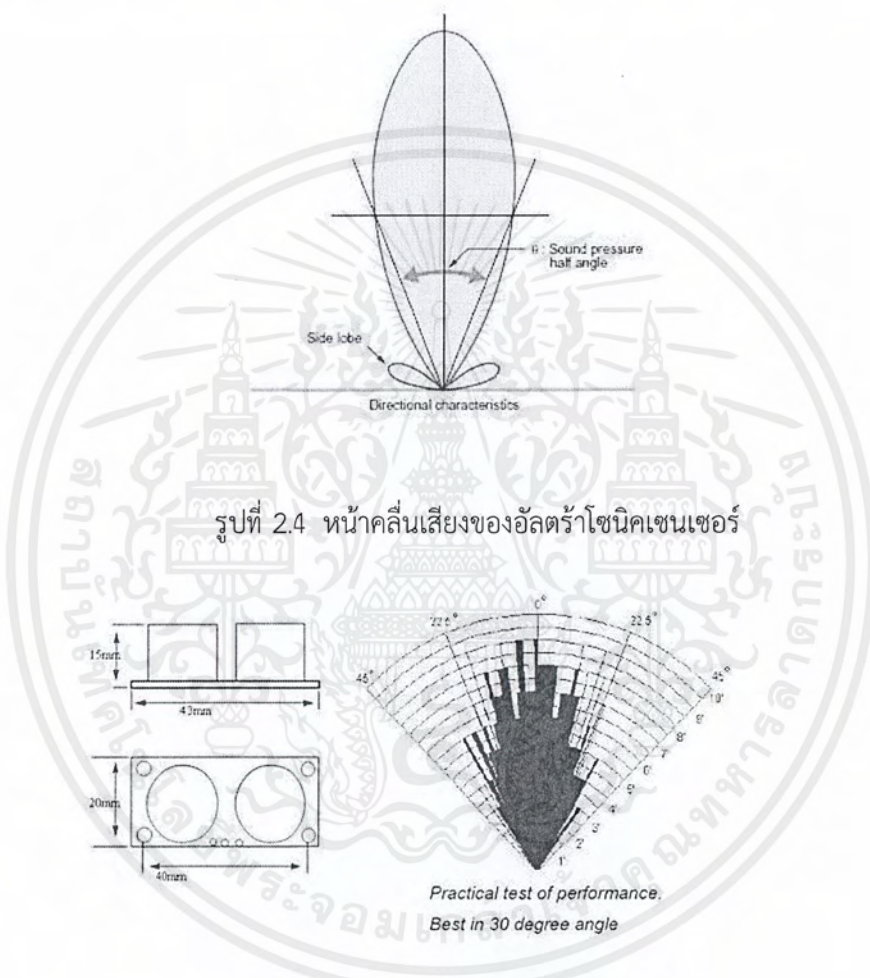
เนื่องจากเสียงที่ส่งออกไปถึงแม้จะไม่ได้ยินเพราะเกิน 20 กิโลเฮิร์ตซ์ ที่หูมนุษย์จะรับฟังได้แต่เนื่องจากยังคงเป็นคลื่นเสียง ดังนั้นความเร็วของเสียงจึงแปรผันตามอุณหภูมิ นั่นคือเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นความเร็วเสียงจะเพิ่มมากขึ้นด้วย

ดังนั้นค่าเวลาที่วัดได้จากการสะท้อนอาจมีความคลาดเคลื่อนเนื่องจากความเร็วที่เปลี่ยนแปลงของเสียงเนื่องจากอุณหภูมิที่เป็นตัวกลางในการเคลื่อนที่ของเสียงด้วย

สามารถเขียนขั้นตอนการทำงานได้ดังนี้

1. ขา Trig จะทำให้เกิดพัลส์ของสัญญาณในช่วงเวลาที่เริ่มต้นของการทำงานของวงจรที่ 10 ไมโครวินาที
2. จะเกิดพัลส์ในการส่ง 8x40 กิโลเฮิร์ตซ์ คือจะเกิดพัลส์ทั้งหมด พัลส์ โดยแต่ละพัลส์จะใช้ความถี่ 40 กิโลเฮิร์ตซ์ หรือ 25 ไมโครวินาที หลังจากเวลาที่เกิดที่ขาEcho จะเปลี่ยนจากโลว์เป็นไฮ
3. คลื่นเสียงความถี่ 40 กิโลเฮิร์ตซ์ จะสะท้อนวัตถุที่อยู่ใกล้ที่สุดกลับไปยังเซนเซอร์

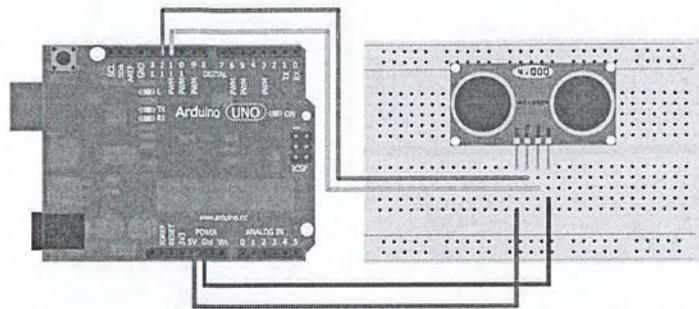
4. เมื่อเซนเซอร์ตรวจจับการสะท้อนได้ ก็จะทำให้ค่าที่ขา Echo กลับไปโลว์อีกครั้ง อีกส่วนที่จะต้องทราบก็คือช่วงวัดและมุมที่สามารถวัดได้ และเนื่องจากคุณสมบัติของอุปกรณ์ที่ใช้ในการกำเนิดเสียง และรูปร่างของตัวลำโพง (Horn) ก็ทำให้อุปกรณ์ตัวนี้มีมุมวัด 15 องศา (Measuring Angle) โดยสามารถวัดระยะห่างได้ตั้งแต่ 2 ซม. จนถึง 4 เมตร



รูปที่ 2.4 หน้าคลื่นเสียงของอัลตราโซนิกเซนเซอร์

รูปที่ 2.5 โครงสร้างของอัลตราโซนิกเซนเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 การเชื่อมต่ออัลตราโซนิกเซนเซอร์

จากรูปแบบการเชื่อมต่อดังกล่าวเข้ากับอาดูอิโน จะทำให้เซนเซอร์สามารถส่งข้อมูลเอาท์พุทดิจิทัลมาให้อาดูอิโน ซึ่งเอาท์พุทดังกล่าวเป็นข้อมูลของเวลาการเดินทางของเสียงระหว่างที่เดินทางไปกระทบสิ่งกีดขวาง(ทั้งไปและกลับ) ซึ่งสามารถนำไปคำนวณระยะทางของการเดินทางเสียงได้ดังสมการ 2.1

$$\text{Distance} = (\text{Duration} / 29.1) / 2 = \text{Duration} / 58.2 \quad (2.1)$$

จากสมการดังกล่าวจะทำให้ทราบว่าค่าของ “ตัวแปรผกผันทางความเร็ว(Pace of sound)” โดยความเร็วดังกล่าวเป็นความเร็วเสียงในหน่วยไมโครวินาที มีค่าประมาณ 0.03435 cm/ss (มาจาก  $343.5 * 100 / 1000000$ ) ทำให้ตัวแปรผกผันทางความเร็วมีค่าเท่ากับ  $1 / 0.03435 = 29.1 \text{ ss/cm}$

Working Voltage	DC 5 V
Working Current	15mA
Working Frequency	40Hz
Max Range	4m
Min Range	2cm
Measuring Angle	15 degree
Trigger Input Signal	10ns TTL pulse
Echo Output Signal	Input TTL lever signal and the range in proportion
Dimension	45*20*15mm

รูปที่ 2.7 ตารางแสดงค่าพารามิเตอร์ของอัลตราโซนิกเซนเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.3 แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน

แบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน(Lithium Ion Battery) เป็นตัวเก็บพลังงานไฟฟ้าที่มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบา ทำให้อุปกรณ์ที่เคยมีขนาดใหญ่ เทอะทะ มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา พกพาสะดวก รวมถึงมีระยะเวลาใช้งานก่อนจะประจุไฟใหม่อายวนานขึ้นมาก แบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนมีความสำคัญต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมรถยนต์ใช้พลังงานไฟฟ้า เช่น รถยนต์ไฮบริด รถยนต์ปลั๊กอินไฮบริด และรถยนต์ไฟฟ้า และยังมีควมพยายามนำแบตเตอรี่ชนิดนี้ไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ เช่น ด้านอวกาศ ด้านการทหาร ด้านการไฟฟ้าและสาธารณสุขปโภค

### 2.3.1 ข้อมูลและส่วนประกอบหลัก

ความสามารถในการกักเก็บพลังงานของแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนที่สำคัญขึ้นอยู่กับชนิดและสมบัติของวัสดุที่นำมาทำขั้วแคโทดและแอโนด วัสดุสำหรับทำขั้วแคโทดในปัจจุบันมี 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ วัสดุประเภทเลเยอร์ (layered structure) เช่น  $\text{LiCoO}_2$  วัสดุประเภทสปินเนล (spinel structure) เช่น  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  และวัสดุประเภทโอลิวีน (Olivine structure) เช่น  $\text{LiFePO}_4$  วัสดุทำขั้วแคโทดของแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนที่ใช้ในอุปกรณ์พกพาส่วนใหญ่จะใช้วัสดุ  $\text{LiCoO}_2$  เพราะโคบอลต์เป็นธาตุที่มีปริมาณน้อย ราคาสูง และไม่ปลอดภัย ส่วนงานที่ต้องการความปลอดภัยสูงและใช้วัสดุปริมาณมาก เช่น รถยนต์พลังงานไฟฟ้า การเก็บพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานหมุนเวียน จะใช้วัสดุประเภทสปินเนลคือ  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  ซึ่งเป็นวัสดุที่มีราคาถูกกว่าและปลอดภัยกว่า  $\text{LiCoO}_2$  (เนื่องจากใช้แมงกานีสเป็นธาตุหลักแทนโคบอลต์) และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม แต่มีข้อเสียในเรื่องโครงสร้างที่ซับซ้อน มีกลไกการเปลี่ยนเฟสขณะใช้งานของวัสดุที่ซับซ้อน และไม่เสถียรเมื่อใช้งานที่อุณหภูมิสูง (เกินกว่า 50 องศาเซลเซียส) ในขณะที่วัสดุประเภทโอลิวีน  $\text{LiFePO}_4$  ถึงแม้มีความสามารถในการเก็บพลังงานได้น้อยกว่าทั้งสปินเนลและเลเยอร์ แต่เป็นวัสดุที่มีราคาถูก เพราะธาตุเหล็กหาง่ายและราคาถูกกว่าโคบอลต์มาก และยังเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม มีความเสถียรมากที่อุณหภูมิสูง และมีความปลอดภัยสูง วัสดุ  $\text{LiFePO}_4$  เหมาะสำหรับใช้งานในอุปกรณ์ที่ต้องการความปลอดภัยสูง เช่น รถยนต์พลังงานไฟฟ้า หรือต้องการวัสดุปริมาณมากแต่ราคาไม่แพง เช่น สำหรับเก็บพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานหมุนเวียน และสำหรับงานใหญ่อื่นๆ วัสดุที่ใช้ทำขั้วแอโนดส่วนใหญ่ใช้วัสดุประเภทคาร์บอน เช่น แกรไฟต์ โดยเมื่อประจุไฟ ลิเทียมไอออนจะเข้าไปอัดตัวอยู่ในโครงสร้างของแกรไฟต์ในรูปของสารประกอบ  $\text{Li}_x\text{C}_6$  ซึ่งมีความปลอดภัยสูงกว่าการใช้โลหะลิเทียมทำขั้วไฟฟ้าโดยตรง นอกจากวัสดุประเภทคาร์บอน วัสดุอื่นๆ ก็สามารถนำไปใช้ทำขั้วแอโนด เช่น  $\text{Li}_x\text{Si}$   $\text{Li}_x\text{Ge}$  และวัสดุที่มีขนาดระดับนาโนเมตร เช่น ซิลิคอนนาโนไวร์ (silicon nanowires) ได้ค้นพบว่าเหมาะสำหรับทำขั้วแอโนด เนื่องจากมีความสามารถในการรับลิเทียมไอออนมากกว่าแกรไฟต์กว่า 10 เท่า แต่วัสดุนี้มีข้อเสียคือการขยายตัวอย่างมากเมื่อถูกอัดลิเทียมไอออนเข้าไปในโครงสร้าง ซึ่งส่งผลให้วัสดุมีโอกาสเสื่อมสภาพและเสียหายได้ง่าย ทำให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

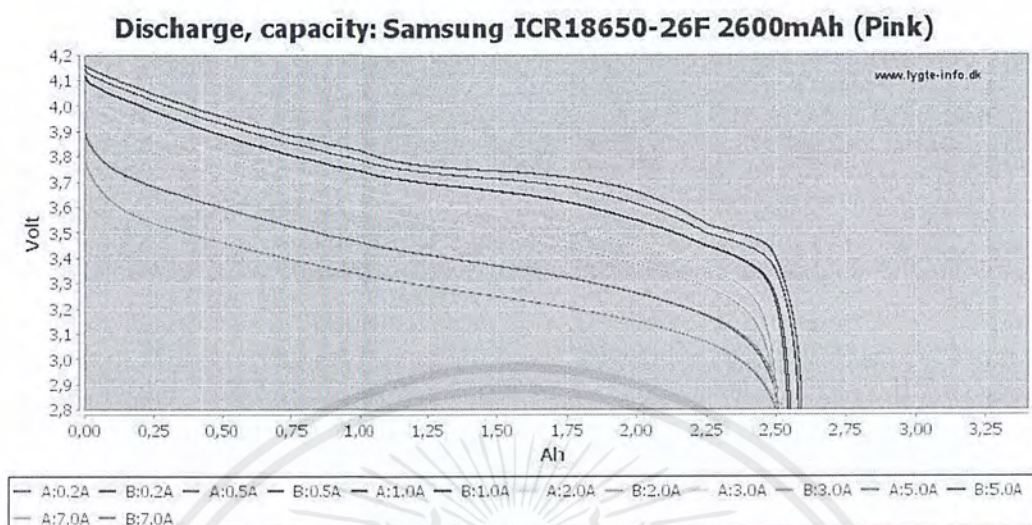
สั้นลง ส่วนวัสดุอีกชนิดหนึ่งที่ใช้ทำขั้วแอโนดได้คือ วัสดุ  $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$  เป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติพิเศษคือ ไม่มีการหดหรือขยายตัวเมื่อถูกอิตีเทียมไอออนเข้าไปในโครงสร้าง ส่งผลให้อายุการใช้งานของ แบตเตอรี่ที่ทำจากวัสดุนี้ยาวนาน แต่วัสดุชนิดนี้มีข้อเสียคือมีความสามารถในการอิตีเทียมไอออน ได้น้อยเมื่อเทียบกับสารประกอบโลหะของลิเทียม ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเพิ่มปริมาณของวัสดุที่ทำ ขั้วแอโนด ซึ่งส่งผลให้ต้นทุนการผลิตเพิ่มสูงขึ้นและแบตเตอรี่มีขนาดและน้ำหนักที่มากขึ้นด้วย โดยส่วนประกอบหลักของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน ได้แก่

- ขั้วไฟฟ้า ได้แก่ ขั้วแคโทดและขั้วแอโนด
- แผ่นกั้นในแบตเตอรี่ (separator) ช่วยป้องกันกระแสลัดวงจรโดยทำให้ขั้วแคโทดไม่สัมผัสกับ ขั้วแอโนด
- อิเล็กโทรไลต์ เป็นสารละลายที่มีเกลือของลิเทียมผสมอยู่ เป็นตัวนำที่ยอมให้อิออนผ่านแต่ไม่ยอม ให้อิเล็กตรอนไหลผ่าน ดังนั้นจึงเป็นตัวนำไอออนิกที่ดีแต่เป็นตัวนำอิเล็กตรอนิกส์ที่ไม่ดี
- ตัวรับกระแส (current collector) เป็นโลหะตัวนำทำหน้าที่ให้อิเล็กตรอนไหลผ่านออกสู่วงจร ภายนอก และเกิดการนำพลังงานไฟฟ้าไปใช้ประโยชน์ต่างๆ



รูปที่ 2.8 ตัวอย่างแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 กราฟการดิสชาร์จแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน

## 2.4 เอ็มพีสามชิลด์ (MP3 Shield)

โมดูลเอ็มพีสามชิลด์(MP3 Shield)พร้อม SD-Card โมดูลนี้จะทำให้อาคูไอโน้สามารถเล่นเพลง MP3 ได้อย่างสะดวกและง่ายดาย เพียงแค่เสียบ MP3 VS1503 Arduino MP3 Shield นี้ลงไป ก็เล่นไฟล์ MP3 ได้แล้ว สามารถเล่นไฟล์เสียงได้หลากหลาย โดยใช้ชิพ VS1053 สามารถควบคุมการเล่นเพลงได้ครบทุกฟังก์ชัน เล่นเพลงเรียกชื่อไฟล์โดยตรง หยุด/เล่น เล่นเพลงก่อนหน้า เล่นเพลงถัดไป เอฟเฟคเสียง โหมดเสียงสเตอริโอ/โมโน เล่นไฟล์ MP3 ได้โดยตรง ตัวบอร์ดเอ็มพีสามถูกออกแบบบนพื้นฐานของ VS1053 จาก VLSI สามารถใช้ได้กับอาคูไอโน้ยูโนหรือเมก้าซึ่งมันจะสามารถเล่นเสียง MP3 ได้โดยง่ายสามารถถอดรหัสความหลากหลายของรูปแบบไฟล์สกุลของเสียง ไม่ว่าจะเป็น Ogg Vorbis / MP3 /AAC /WMA /MID

คุณสมบัติของเอ็มพีสามชิลด์

- สามารถเล่นได้หลากหลายรูปแบบเพลง, สนับสนุนการเข้ารหัส OGG บันทึกเรียลไทม์
- อินเทอร์เน็ตเอสพีไอ, สายสัญญาณควบคุมนำออก
- หูฟังและเอาต์พุตสเตอริโอ
- ไมโครโฟนสำหรับการบันทึก
- อินเทอร์เน็ตการป้อนข้อมูลไลน์อิน
- ไฟแสดงสถานะ
- 3.3V และ 2.8V ของชิพ LDO AMS-1117 บนบอร์ดให้กระแสได้ถึง 800 mA
- แหล่งจ่ายไฟเดียว: 5 VDC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

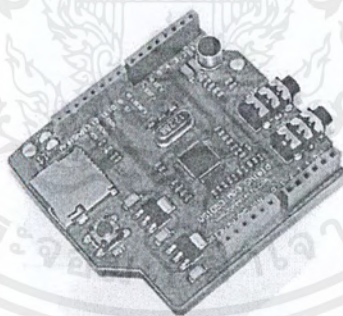
- 12.288 Mhz คริสตัล
- ช่องเสียบการ์ด TF

#### ถอดรหัสรูปแบบ

- Ogg Vorbis
- MP3 = MPEG 1 & 2 audio layer III (CBR+VBR+ABR)
- MP1 & MP2 = MPEG 1 & 2 audio layers I & II optional
- MPEG4 / 2 AAC-LC(+PNS), HE-AAC v2 (Level 3) (SBR + PS)
- WMA4.0/4.1/7/8/9 all profiles (5-384 kbps)
- FLAC lossless audio กับปลั๊กอินซอฟต์แวร์ (upto 24 bits, 48 kHz)
- WAV (PCM + IMA ADPCM)
- General MIDI 1 / SP-MIDI format 0

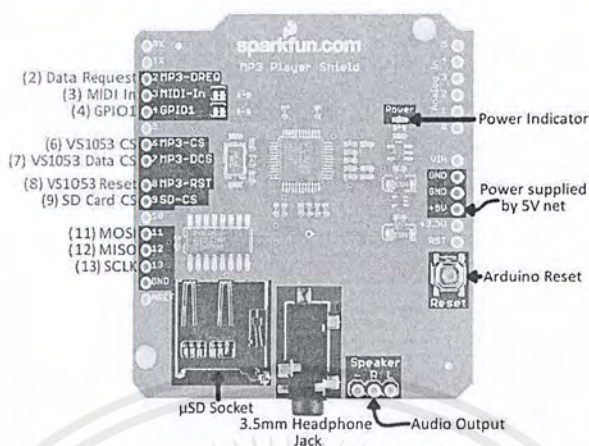
#### เข้ารหัสรูปแบบจากไมโครโฟน / สาย

- Ogg Vorbis กับปลั๊กอินซอฟต์แวร์
- IMA ADPCM
- 16 บิต PCM



รูปที่ 2.10 โมดูลเอ็มพีสามซิลด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 องค์ประกอบของเอ็มพีสามชิลด์

- D2 จะเชื่อมต่อกับการร้องขอข้อมูลที่เอาพุทของ VS1053 ขานี้เป็นขั้วจิ้งหะซึ่งบอกอาตูดิโนว่าที่ไอซีต้องการข้อมูลเพลง
- D6 เชื่อมต่อกับชิปที่เลือกอินพุตจาก VS1053 ขานี้เป็นขาแอกทีฟโลว์ที่ใช้งานเพื่อบอกชิพเมื่อจะส่งข้อมูลออกไป
- D7 เชื่อมต่อกับชิปที่เลือกข้อมูลอินพุตของ VS1053 ซึ่งจะบอกชิพเมื่อมีข้อมูลเพลงนั้นถูกส่งออกไป

- D8 เชื่อมต่อกับการรีเซ็ตค่าอินพุตของ VS1053

- D9 เชื่อมต่อกับชิปที่เลือกอินพุตของไมโคร SD card

ข้อมูลเอสพีไอทั้ง 3 ของ Arduino และขาคล็อก (D11,D12,D13) สามารถนำไปต่อกับอุปกรณ์อื่นได้เพื่อนำไปใช้ในจุดประสงค์อื่นที่นอกเหนือจากการนำไปใช้ในเงื่อนไขของเอสพีไอ เนื่องจากตัวเอ็มพีสามชิลด์นั้นใช้งานขาค่อนข้างมากจึงมีขาที่ใช้งานเพื่อที่จะต่อกับอุปกรณ์อื่นๆ อย่างจำกัด ดังนั้นขาที่ไม่ถูกใช้งานจะมีดังนี้ ขาฮาร์ดแวร์ UART หรือขา Tx (ขา 0) และขา Rx (ขา 1) D5 และ D10 (ขา PWM) รวมถึงขานาฬิกาทั้งหมด (ขาA0 ถึง A5)

เส้นทางการส่งของมูลของเสียงจะมีสองตัวเลือกสำหรับการขับเสียงจากเอ็มพีสามชิลด์ โดยส่วนใหญ่ที่ง่ายที่สุดจะเป็นแบบปลั๊กแอนด์เพลย์(plug-and-play) คือการติดหูฟังบางอย่างลงบนกระดานแจ๊คสเตอริโอ 3.5 มม. ที่ใช้งาน (powered) ลำโพงอาจจะมีการเสียบเข้ากับแจ๊คนี้ แต่ VS1053 เพียงอย่างเดียวไม่ได้มีพลังมากพอที่ตัวของมันเองที่จะขับระดับที่ต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.5 อินฟราเรดเซนเซอร์สำหรับวัดระยะทาง (GP2Y0A02YK0F)

เซนเซอร์ชนิดใช้แสง (optical sensor) หรือ photo sensor โดยทั่วไปใช้ในงานการตรวจจับการเคลื่อนไหว การตรวจจับวัตถุ และการตรวจสอบขนาดรูปร่างของวัตถุ เซนเซอร์ชนิดนี้ทำงานโดยอาศัยหลักการส่งและรับแสง มีส่วนประกอบสำคัญ 2 ส่วนคือ ตัวส่งแสง (emitter) และตัวรับแสง (receiver) ลักษณะการตรวจจับเกิดจากการที่ลำแสงจากตัวส่งแสง ส่งไปสะท้อนกับวัตถุ หรือถูกขวางกั้นด้วยวัตถุ ส่งผลให้ตัวรับแสงรู้สถานะที่เกิดขึ้นและเปลี่ยนแปลงสถานะของสัญญาณทางด้านเอาต์พุตเพื่อนำไปใช้งานต่อไป

อุปกรณ์ที่เป็นตัวรับแสงส่วนใหญ่นิยมใช้โฟโตไดโอด (photo diode) หรือโฟโตทรานซิสเตอร์ (photo transistor) ส่วนตัวส่งแสงนั้นโดยทั่วไปใช้ LED (Light Emitting Diode) เนื่องจากการต่อใช้งานร่วมกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทำได้ง่าย สะดวกในการบำรุงรักษา ใช้กระแสไฟฟ้าต่ำ และไม่ได้รับผลกระทบจากสภาวะรอบข้างไม่ว่าจะเป็นสนามแม่เหล็ก ความถี่ ความร้อน ความชื้น หรือการสั่นสะเทือน

แบ่งประเภทของ LED ตามความยาวคลื่นของแสงได้ดังนี้

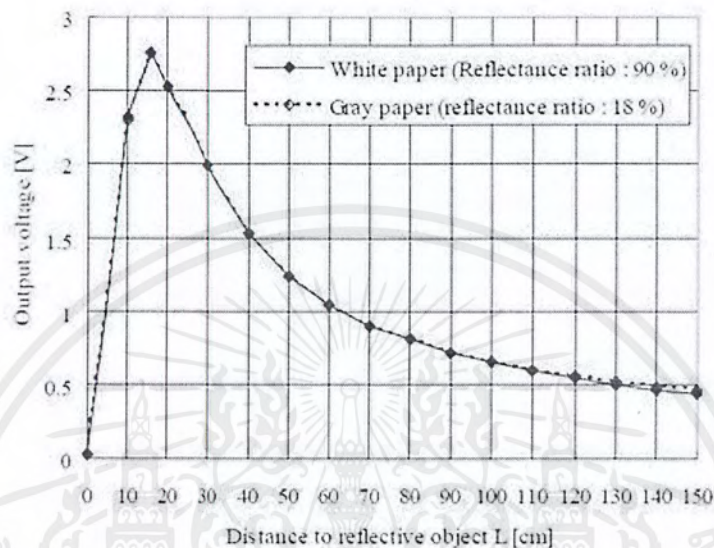
LED แบบแสงอินฟราเรด มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 910-950 nm ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ให้ความเข้มของแสงสูงและระยะส่งไกล แต่ไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างของสีได้ LED แบบแสงสีแดง มีความยาวคลื่นประมาณ 650 nm มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ความเข้มของแสงอยู่ในระดับปานกลาง สามารถตรวจจับพื้นผิวที่มีสีดำ สีน้ำเงินและสีเขียวบนพื้นสีขาวได้ดี LED แบบแสงสีเขียว มีความยาวคลื่นประมาณ 560 nm ให้ความเข้มของแสงต่ำ มีระยะการตรวจจับที่ไม่ไกล สามารถตรวจจับพื้นที่สีแดงบนพื้นสีขาวได้ดี นอกจากนี้ยังมี LED ประเภทแสงเลเซอร์ซึ่งเหมาะสำหรับงานที่ต้องการความละเอียดในการวัดสูง การเลือกใช้ LED แต่ละแบบขึ้นอยู่กับสีและลักษณะพื้นผิวของวัตถุที่ต้องการตรวจจับ

ประเภทของเซนเซอร์ชนิดใช้แสง สามารถแบ่งตามลักษณะการตรวจจับ และตำแหน่งการติดตั้งตัวรับแสงและตัวส่งแสงได้ 3 ประเภท ประเภทตรวจจับโดยตรง (diffuse-reflective optical sensor), ประเภทลำแสงสะท้อนกลับ (retro - reflective optical sensor), ประเภทลำแสงผ่านตลอด (through - beam optical sensor)

Reflective Optical Sensor คืออุปกรณ์ที่นำโฟโตทรานซิสเตอร์ หรือโฟโตไดโอด มารวมกับ LED อินฟราเรด เพื่อใช้ในการตรวจจับการสะท้อนแสง หรือระยะความใกล้ของวัตถุ หลักการคือเมื่อมีแสงไปตกกระทบกับวัตถุใดๆ วัตถุนั้นจะสะท้อนแสงกลับมาที่โฟโตไดโอด หรือโฟโตทรานซิสเตอร์ ตัวอย่างที่นำไปใช้งานจริงก็เช่น หุ่นยนต์วิ่งตามเส้น ซึ่งมีข้อมูลพื้นฐานดังนี้

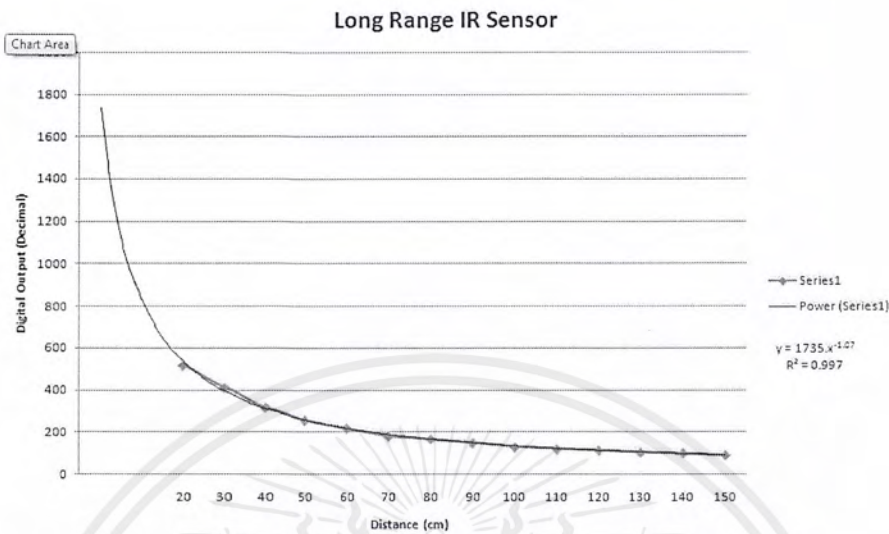
- ประเภทอนาล็อกเอาต์พุต ช่วง 15cm ~ 150cm ไฟเลี้ยงของเซนเซอร์ 4.5V ~ 5.5V กระแสพลังงาน 33 mA
- แรงดันไฟฟ้า - ขาออก (ค่ามาตรฐาน) ที่ระยะทางภายใต้เงื่อนไขของ 400mV ที่ 150 cm.

- แรงดันไฟฟ้า - ความแตกต่าง (ค่ามาตรฐาน) 2.05V ที่ 15 ~ 150 cm. ดังกราฟ แสดงการทำงานของเซนเซอร์ดังรูปข้างล่างนี้



รูปที่ 2.12 กราฟแสดงการทำงานของอินฟราเรดเซนเซอร์

อินฟราเรดเซนเซอร์สำหรับวัดระยะทางรุ่น GP2Y0A02YK0F เป็นอนาล็อกเซนเซอร์ ซึ่งมีขา 3 ขาด้วยกัน ได้แก่ สีแดงเป็นขาของไฟเลี้ยง 5 V, สีดำเป็นกราวด์ และขาสีเหลืองเป็นขาการส่งข้อมูลอนาล็อกซึ่งหลังจากที่อาคูอินได้รับข้อมูลระยะทางดังกล่าวจะนำมาแปลงเป็นข้อมูลดิจิตอล 10 บิตซึ่งนั่นก็คือค่าตั้งแต่ 0 - 1023 สามารถสังเกตความสัมพันธ์ดังกล่าวของข้อมูลเอาท์พุทกับระยะทางที่เซนเซอร์วัดได้จากกราฟดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 2.13 ความสัมพันธ์ของระยะทางกับเอาต์พุต

ซึ่งสามารถนำค่าอินพุตของอาคูอิโน้ดั่งกล่าวมาทำการคำนวณหาระยะทางที่เซนเซอร์สามารถวัดระยะทางได้ดังนี้ นั่นคือกำหนดให้ตัวแปร  $x$  เป็นระยะทางที่วัดได้จากเซนเซอร์ และตัวแปร  $y$  เป็นค่าโวลต์เทจหรือแรงดันที่เป็นเอาต์พุตของเซนเซอร์ จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางที่เซนเซอร์วัดได้กับค่าเอาต์พุตของเซนเซอร์ข้างต้นสามารถแปลงเป็นสมการความสัมพันธ์ของค่า  $x$  และ  $y$  ได้ดังสมการ 2.2

$$\text{solve } y = 1735 * \text{pow}(x, -1.07) \text{ for } x \quad \& \quad y = \frac{1735}{x^{1.07}} \quad (2.2)$$

จากสมการ 2.1 เมื่อนำมาจัดรูปเพื่อหาค่าของ  $x$  ในเทอมของ  $y$  ได้เป็นสมการดัง 2.3

$$x = \frac{1735^{100/107}}{y^{100/107}} \approx \frac{1065.08}{y^{100/107}} \quad (2.3)$$

จากสมการดังกล่าวจะสามารถหาค่าของระยะทางจากค่าเอาต์พุตที่ได้ออกมาเป็นหน่วยเซนติเมตรได้ดังสมการข้างต้นและสามารถเขียนเป็นสมการด้วยการใช้ฟังก์ชันของภาษาซีในอาคูอิโน้ดั่งสมการ 2.4 จากการปรับค่าดังกล่าวให้ตรงกับกราฟ

$$\text{cm} = 10650.08 * \text{pow}(\text{sensorValue}, -0.935) - 10 \quad (2.4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(T<sub>a</sub>=25°C, V<sub>CC</sub>=5V)

Parameter	Symbol	Rating	Unit
Supply voltage	V <sub>CC</sub>	-0.3 to +7	V
Output terminal voltage	V <sub>O</sub>	-0.3 to V <sub>CC</sub> +0.3	V
Operating temperature	T <sub>opr</sub>	-10 to +60	°C
Storage temperature	T <sub>stg</sub>	-40 to +70	°C

รูปที่ 2.16 ค่าช่วงมาตรฐานที่อินฟราเรดเซนเซอร์สามารถทำงานได้

(T<sub>a</sub>=25°C, V<sub>CC</sub>=5V)

Parameter	Symbol	Conditions	MIN.	TYP.	MAX.	Unit
Average supply current	I <sub>CC</sub>	L=150cm (Note 1)	—	33	50	mA
Measuring distance range	ΔL	(Note 1)	20	—	150	cm
Output voltage	V <sub>O</sub>	L=150cm (Note 1)	0.25	0.4	0.55	V
Output voltage differential	ΔV <sub>O</sub>	Output voltage difference between L=20cm and L=150cm (Note 1)	1.8	2.05	2.3	V

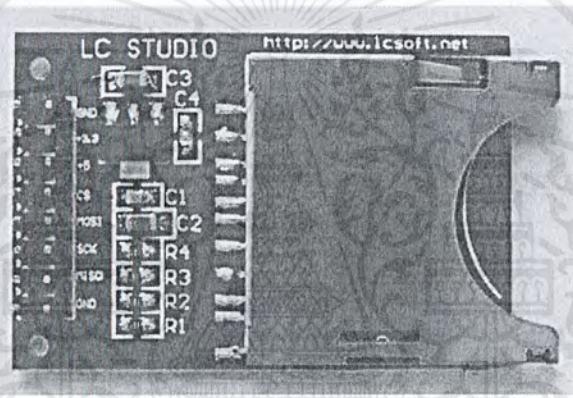
รูปที่ 2.17 คุณลักษณะทางไฟฟ้าของอินฟราเรดเซนเซอร์

## 2.6 เอสดีการ์ดโมดูล

เอสดีการ์ดโมดูล(SD Card Module) เป็นโมดูลสำหรับบันทึกข้อมูลลง Micro SD Card , Micro SD Card Module สำหรับเพิ่มความสามารถในการบันทึกข้อมูลต่าง ๆ จากบอร์ดอาดูอิโน้ลงบน Micro SD Card มีอินเตอร์เฟสแบบเอสพีไอใช้งานง่าย มีโลบารีสำเร็จรูปให้พร้อมใช้งาน มีวงจรเรกูเลเตอร์ 3.3V มาให้ในตัวบอร์ด สามารถใช้ไฟได้ในช่วง 4.5V - 5.5V โดยมีการเชื่อมต่อขาเอสดีการ์ดโมดูลกับอาดูอิโน้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.1 การเชื่อมต่อโมดูลกับอาคูไอโน้

ขาของเอสตีการ์ดโมดูล	ชื่อเกิดของอาคูไอโน้
CS	4
SCK	13
MOSI	11
MISO	12
VCC	5V
GND	GND



รูปที่ 2.18 เอสตีการ์ดโมดูล

## 2.7 แนวคิดด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์

### 2.7.1 แนวคิดด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อคนพิการ

ก่อนอื่นเราควรทำความเข้าใจถึงการดำรงชีวิตอิสระเสียก่อนเนื่องจากปัจจุบันเรามีการผลิตกันให้ทุกๆ คนสามารถดำรงชีวิตอย่างอิสระ การดำรงชีวิตอิสระ คือการที่คนสามารถคิดและตัดสินใจสิ่งที่มีผลกระทบต่อตัวเองได้ สามารถเลือกวิถีการดำรงชีวิตได้ด้วยตัวเอง พร้อมทั้งสามารถดำรงชีวิตในสังคมได้อย่างเท่าเทียมสมศักดิ์ศรีความเป็นมนุษย์ หากต้องมีข้อจำกัดก็ควรให้เป็นข้อจำกัดเดียวกับคนทั่วไป การดำรงชีวิตอิสระไม่ได้หมายความว่าผู้พิการต้องแยกตัวออกมาอยู่เพียงลำพังและไม่ได้หมายความว่าผู้พิการต้องสามารถทำอะไรได้ด้วยตนเองทุกอย่าง เพราะในสังคมย่อมต้องมีการช่วยเหลือซึ่งกันและกัน ผู้พิการก็เช่นเดียวกันที่ต้องการ ความช่วยเหลือเท่าที่จำเป็น มนุษย์ทุกคนย่อมต้องการที่จะมีชีวิตที่อิสระ มนุษย์ย่อมต้องการคิดและตัดสินใจสิ่งที่มีผลกระทบต่อชีวิตของตัวเอง แต่มนุษย์เมื่อมีความพิการเกิดขึ้นกับตัวเองส่วนใหญ่คนพิการจะรู้สึกว่

ตัวเองไม่มีคุณค่า หรือคิดว่าตัวเองไม่สามารถทำอะไรได้ เนื่องจากผู้พิการได้รับความกดดันต่างๆ มากมายจากคนในครอบครัวหรือคนรอบข้าง จนทำให้ผู้พิการขาดความมั่นใจในตัวเอง กระบวนการส่งเสริมการดำรงชีวิตอิสระของผู้พิการจึงเริ่มตั้งแต่การดึงความเชื่อมั่นของผู้พิการกลับมา โดยใช้กระบวนการการให้คำปรึกษาอันเพื่อนและการมีต้นแบบ (Role Model) เมื่อผู้พิการสามารถดึงความเชื่อมั่นของตัวเองกลับมาแล้วเขาก็สามารถที่จะคิด และตัดสินใจสิ่งที่มีผลกระทบต่อตัวเองได้และจะสร้างการเปลี่ยนแปลงให้เกิดขึ้นกับตัวเองได้ระดับหนึ่ง แต่ถ้าพูดถึงการดำรงชีวิตอิสระของผู้พิการแล้วต้องพูดถึงการเปลี่ยนแปลงทางสังคมด้วย เพราะฉะนั้นศูนย์การดำรงชีวิตอิสระของคนพิการในประเทศไทยในจังหวัดต่างๆ ต้องทำงานทั้งทางด้านการให้บริการและการพิทักษ์สิทธิควบคู่กันไป เพื่อทำให้เกิดสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับผู้พิการและผู้คนในสังคม เพื่อความเสมอภาคและการเข้าถึงบริการของทุกคนในสังคมนวมถึงตัวผู้พิการเองเมื่อสามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงกับตัวเองแล้วต้องเป็นผู้เปลี่ยนทัศนคติของคนในครอบครัว,คนรอบข้างรวมถึงคนในสังคมทุกๆไปโดยต้องคำนึงถึงสิทธิของตัวเองที่ควรจะได้รับนั่นคือ สิทธิของผู้พิการรวมถึงสิทธิมนุษยชนซึ่งจะทำให้ผู้พิการสามารถดำรงชีวิตในสังคมอย่างเสมอภาคเท่าเทียมและสมศักดิ์ศรีความเป็นมนุษย์ การดำรงชีวิตอิสระล้วนเป็นที่ต้องการของมนุษย์ทุกคน เพราะฉะนั้นหากสังคมเชื่อว่าคนทุกคนมีศักยภาพในตัวเอง และผู้พิการไม่ว่าพิการมากหรือน้อยสามารถที่จะพัฒนาได้ คุณภาพชีวิตของผู้พิการก็จะดีขึ้นและก็จะไม่ใช่เรื่องยากที่ผู้พิการจะสามารถดำรงชีวิตอิสระได้

มีผลการวิจัยจากทัศนคติของคนตาบอดต่อการเข้าถึงสภาพแวดล้อม(Attitudes of the Blind towards Environmental Accessibility) คุณ พรพรรณ ชินณพงษ์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ได้กล่าวถึงนัยสำคัญของทัศนคติของคนตาบอดต่อสภาพแวดล้อมภายใน,ภายนอกอาคารและอุปกรณ์ในอาคารดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะทางกายภาพ	ความคิดเห็นต่อสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร	ร้อยละ
การค้นหาทิศทาง	- ใช้ความแตกต่างของพื้นผิวที่เดินในการสังเกตจุดเปลี่ยนของสถานที่ต่าง ๆ - การเลาะผนังอาคาร - การเลาะแนวพุ่มไม้	95.20 85.71 50.00
การจัดวางเฟอร์นิเจอร์บนทางเท้า	- ควรจัดจัดริมนอกเขตทางเดิน - เป็นแนวเป็นระเบียบ	92.90 78.60
อุปสรรคบนทางเท้า	- ฝาท่อระบายน้ำที่ไม่แข็งแรง - ป้ายต่าง ๆ ที่อยู่ไม่พ้นระดับศีรษะ - ต้นไม้ที่เอียงไม่พ้นศีรษะ - เสาคู่ไฟฟ้า - ม่านผ้าใบบังแดดหน้าร้านค้า - ร้านค้าแผงลอยริมถนน - ท้องบันไดสะพานลอยคนข้าม - คูโทรศัพท์ - ถังขยะ - อื่นๆ ได้แก่ มอเตอร์ไซด์และจักรยานที่จอดบนทางเท้ากีดขวางทางเดิน สายลิ่งที่เอียงซึ่งเสาคู่ไฟฟ้าและเสาคู่โทรศัพท์ หลอดไฟให้แสงสว่างของร้านค้าแผงลอยที่ห้อยลงมา	50.00 92.90 90.50 85.70 88.10 81.00 81.00 50.00 40.50 52.40
ประสบการณ์ในการใช้แผ่นพื้นต่างสัมผัสสำเร็จรูป	- เป็นประโยชน์ - ไม่มีประโยชน์ เนื่องจากทางเท้ามักมีสิ่งกีดขวางและการติดตั้งแผ่นปูพื้น - ไม่มีมาตรฐานและขาดความสม่ำเสมอ	56.67 43.30
การบอกตำแหน่งทางแยกและทางข้ามถนน	- สัญญาณเสียง - แผ่นพื้นต่างสัมผัส - ใช้จุดสังเกตอื่น ๆ ใกล้เคียง เช่น สะพานลอย ทางลาดบริเวณปากซอย	88.10 59.52 38.10

รูปที่ 2.19 ความคิดเห็นต่อสภาพแวดล้อมนอกอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะทางกายภาพ	ความคิดเห็นต่อสภาพแวดล้อมภายในอาคาร	ร้อยละ
ผังพื้นที่อาคาร	- อาคารที่มีห้องและทางเดินที่เรียบง่าย ตรงไปตรงมาจะช่วยอำนวยความสะดวกในการค้นหาทิศทาง	95.20
จุดสังเกตเพื่อบอกตำแหน่งภายในอาคาร	- เสียงน้ำพุ	85.70
	- เสียงลิฟต์บริเวณโถงลิฟต์	95.20
	- พื้นที่มีแสงสว่างมากกว่าส่วนอื่น	38.10
	- จุดสังเกตอื่น ๆ เช่น ความแตกต่างของพื้นเปลี่ยนระดับ พื้นผิวต่างสัมผัส ความแตกต่างของเสียง ไอร้อน-ไอเย็น ราวจับ ประตู	23.80
ผิวพื้น	- ควรเป็นพื้นผิวเรียบไม่ลื่น	42.90
	- ใช้พื้นผิวสัมผัสทั้งหยาบและเรียบร่วมกันได้ทั้งสองลักษณะ	54.80
ผิวผนังภายในอาคาร	- การเลือกใช้ผิวผนังแบบใดแบบหนึ่งไม่มีผลต่อการค้นหาทิศทาง	73.80
เสภายในอาคาร	- เสากลม	92.90
	- เสาเหลี่ยมกลมมุม	71.40
	- เสาที่ทำแกนสี่ที่ติดกันบนเสา (เป็นประโยชน์เฉพาะกลุ่มผู้มีสายตาเลือนราง)	19.00
	- ไม่ควรมีเสาลอย ควรซ่อนหรือฝากเสาไว้กับผนัง	40.50
ผนังกระจกใส	- ไม่เป็นอุปสรรคในการสัญจร (เฉพาะกลุ่มคนตาบอดสนิท ตอบ 88.46%)	64.30
	- เป็นอุปสรรค (เฉพาะกลุ่มผู้มีสายตาเลือนราง ตอบ 75.00%)	35.70

รูปที่ 2.20 ความคิดเห็นต่อสภาพแวดล้อมในอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะทางกายภาพ	ความคิดเห็นต่ออุปกรณ์อาคาร	ร้อยละ
อุปกรณ์ราวจับบริเวณทางเดิน/ทางแยกที่ไม่ทำมุมฉาก	- เป็นประโยชน์ในการนำทางบริเวณทางเดิน/ทางแยกที่ไม่ทำมุมฉากกัน	76.20
ลักษณะของประตูและหน้าต่างที่เป็นอันตรายต่อการเดินชน	- บานเปิดออกตั้งค้าง	100.00
	- บานสวิงเปิดสองทาง	71.40
	- บานกระทุ้ง	71.40
	- ประตูกระจกใส (สำหรับผู้มีสายตาเลือนราง)	33.30
ลักษณะของประตูและหน้าต่างที่ปลอดภัย	- บานเลื่อนสำหรับประตูและหน้าต่าง	97.60
ป้ายหน้าห้องและบนทางเดิน	- ควรมีป้ายอักษรเบรลล์	88.10
	- ควรมีป้ายแผนที่ในล้งบริเวณโถงทางเข้าอาคาร	45.20
	- ป้ายที่มีตัวอักษร/ตัวเลขที่อ่านสัมผัสได้	31.00
	- ป้ายที่มีตัวอักษร/ตัวเลขที่มีขนาดใหญ่ (สำหรับผู้มีสายตาเลือนราง)	11.90
	- ป้ายที่มีตัวอักษรสีเข้มลัดกับพื้นสีด้านหลังมี (สำหรับผู้มีสายตาเลือนราง)	9.50
ป้ายหน้าห้องที่มีอักษรเบรลล์	- ควรอยู่ในระดับมือเอื้อมจับ	90.50
	- ควรอยู่ระดับสายตา	19.00

รูปที่ 2.21 ความคิดเห็นต่ออุปกรณ์ในอาคาร

### 2.7.2 ความสำคัญของไม้เท้าขาว

ปัจจุบันการฝึกทักษะการสร้างความคุ้นเคยกับสภาพแวดล้อมและการเคลื่อนไหวในประเทศไทยสำหรับผู้ทำงานเกี่ยวข้องกับคนพิการทางการมองเห็นจะเน้นเรื่องการเดินทางกับผู้นำทางและการเดินทางโดยใช้ไม้เท้าอย่างละเอียด เนื่องจากวิธีการดังกล่าว เหมาะสมกับสภาพเศรษฐกิจสภาพสังคม และสภาพทางภูมิศาสตร์ของประเทศไทยมากที่สุด ส่วนการเดินทางกับสุนัขนำทางและการเดินทางโดยใช้เครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ยังไม่มีการสอนเนื่องจากยังไม่เหมาะสมและไม่พร้อมสำหรับประเทศไทยในขณะนี้ โดยได้มีผู้ที่กล่าวถึงวิธีการเดินทางของคนตาบอดไว้ดังนี้จากการแบ่งประเภทหรือวิธีการเดินทางของคนพิการทางการมองเห็นข้างต้น สรุปได้ว่า วิธีการเดินทางของคนพิการทางการมองเห็นแบ่งเป็น 5 ประเภท

1. การเดินทางกับผู้นำทาง(Sighted Guide)
2. การเดินทางกับสุนัขนำทาง(Guide dog / Dog Guide)
3. การเดินทางโดยใช้ไม้เท้าขาว(White Cane)
4. การเดินทางโดยใช้เครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์(Electronic Aids)
5. การเดินทางตามลำพังโดยไม่ใช้ไม้เท้าหรือผู้นำทาง(Solo technique)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คนตาบอดรู้จักเดินทางด้วยตนเองโดยใช้ไม้เท้าหรือไม้ที่มีลักษณะคล้ายไม้เท้ามาเป็นร้อยๆปีแล้วและเมื่อไม่นานมานี้มีผู้คิดเทคนิคใหม่ๆในการเดินทางโดยใช้ไม้เท้าเพื่อให้สะดวกและปลอดภัยมากยิ่งขึ้นเพราะแต่เดิมเวลาเดิน คนตาบอดใช้วิธีลากไม้เท้าตามหลังบ้าง ถือไม้เท้าชูไว้ข้างหน้าหรือเคาะไม้เท้ากับพื้นเวลาเดิน เป็นต้น วิธีใหม่นี้เมื่อคนตาบอดเรียนเทคนิคต่างๆในการใช้อย่างถูกต้องเขาจะเดินทางโดยใช้ไม้เท้าอย่างสะดวกและปลอดภัย มีวิธีการดังนี้

1. ไม้เท้าที่จะให้คนตาบอดใช้จะต้องตรง แข็งแรง ไม้หนักและไม้ใหญ่มากจนเกินไป ควรสูงจากพื้นดินในระดับปานกลางระหว่างไหล่และเอวของคนตาบอด

2. ควรจับไม้เท้าให้ปลายไม้เท้าอยู่ข้างหน้า

3. เวลาจับให้นิ้วหัวแม่มืออยู่ด้านบน ชี้นิ้วทาไปข้างๆตามความยาวของไม้เท้าส่วนอีก 3 นิ้วที่เหลือ จับด้านล่างการจับไม้เท้าควรจับไม้ให้แน่นและหลวมจนเกินไปและนิ้วชี้ทาไปตามความยาวของไม้เท้าจะช่วยบอกให้คนตาบอดทราบตลอดเวลาว่าขณะนั้นปลายไม้เท้าอยู่ที่ใด

4. การแกว่งไม้เท้าไปบนพื้นข้างหน้า จะทำให้ปลายไม้เท้าอยู่ห่างจากพื้นเพียงเล็กน้อยจะทำให้ปลอดภัยจากสิ่งกีดขวางเช่นก้อนหิน พุตบาท เป็นต้น

5. การแกว่งไม้เท้าไปมา ให้เคลื่อนไหวเฉพาะข้อมือเท่านั้น แขนจะอยู่นิ่งและควร จะแกว่งให้ปลายไม้เท้าแตะพื้นข้างหน้า ห่างจากลำตัวไปทางด้านซ้ายและด้านขวาเท่าๆกัน

6. ไม้เท้าช่วยให้คนตาบอดทราบตำแหน่งของเชิงบันไดและหลุมบ่อเวลาจะ ขึ้นบันได ควรใช้ปลายไม้เท้าสำรวจที่เชิงบันไดก่อนโดยสำรวจความสูง ความลึกและความกว้างของขั้นบันได ก่อนตลอด เมื่อเวลาจะลงบันไดก็เช่นเดียวกันต้องสำรวจก่อนลงเสมออย่าเพียงแต่ถือไม้เท้า

ไม้เท้าชาวามีหลายชนิด และทำจากวัสดุที่แตกต่างกัน ไม้เท้าที่ดีควรมีน้ำหนักเบา แข็งแรง และมีความยืดหยุ่น (เมื่อโค้งหรืองอขณะใช้แล้วคืนรูปเอง) ความยาวของไม้เท้าจะไม่เท่ากัน จะยาวเท่าไรขึ้นอยู่กับผู้ใช้ว่าสูงเท่าไร ก้าวยาวหรือสั้น และช่วงไหล่กว้างหรือแคบ แต่ขนาดมาตรฐานที่ใช้ทั่วไป คือ ควรสูงจากพื้นถึงล้นปีของผู้ใช้ ในช่วงสงครามโลกครั้งที่ 1 ได้เกิดมีเหยื่อสงครามเป็นจำนวนมากที่รอดพ้นจากการเสียชีวิต แต่ต้องกลายเป็นคนพิการซึ่งรวมถึงผู้ที่กลายเป็นคนตาบอดด้วยสถานการณ์เหล่านี้ได้เพิ่มแรงกดดันให้คนตาบอดต้องพยายามเอาชนะข้อปัญหาอุปสรรคต่างๆ มากยิ่งขึ้น ในที่สุดก็มีคนตาบอดค้นพบวิธีใช้สื่อแทนตาโดยการนำไม้มาถือขณะเดินเพื่อเชี่ย เคาะ และแกว่งนำทางไปด้านหน้า ซึ่งไม้นี้จะสัมผัสกับสิ่งกีดขวางต่างๆ ขณะที่ปลายของไม้ก็จะสัมผัสถึงความแตกต่างของระดับพื้นทางเดิน ทั้งหมดนี้จะช่วยป้องกันอันตรายจากการที่คนตาบอดมักต้องชนกับสิ่งกีดขวาง หรือสะดุดหกล้ม เนื่องจากความต่างระดับของพื้นทางเดิน ในปี พ.ศ. 2464 เจมส์ บิคส์ ชาวเมือง บริสทอล ในประเทศอังกฤษ ซึ่งตาบอดเนื่องจากอุบัติเหตุพบว่าเขาและคนตาบอดอื่นๆ ในเมืองบริสทอลต้องเสี่ยงอันตรายมากขึ้นในการเดินทาง เนื่องจากสภาพการจราจรที่แออัดคับคั่งเพิ่มมากขึ้น เขาจึงได้นำสีขาวมาทาที่ไม้เท้าเพื่อให้ผู้อื่นสามารถสังเกตเห็นได้ง่าย โดยเฉพาะผู้ที่กำลังขับขี่ยานพาหนะต่างๆ ซึ่งจะทำให้เพิ่มความปลอดภัยมากขึ้น เหตุการณ์นี้ถือได้ว่าเป็นจุดกำเนิดของไม้เท้าขาวสำหรับคนตาบอด แต่ความคิดนี้ก็ยังไม่เป็นที่แพร่หลายจนกระทั่งในปี พ.ศ.2473 เมืองครีครโลอนส์สากล ในรัฐอิลลินอยส์ ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ออกแบบไม้เท้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับคนตาบอดให้เป็นสีขาวทั้งอัน ยกเว้นในส่วนปลายที่คาดด้วยสีแดง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้ขับขี่ยานพาหนะได้หยุดรถเมื่อเห็นคนตาบอดที่ถือไม้เท้ากำลังข้ามถนน ในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2474 กิลลี เดอเบอมอนต์ สุภาพสตรีชาวฝรั่งเศสจัดการรณรงค์ระดับชาติ ว่าด้วยเรื่องไม้เท้าขาวเพื่อคนตาบอดในฝรั่งเศส ชาวการรณรงค์ดังกล่าวได้รับการนำเสนอตามหน้าหนังสือพิมพ์หลายฉบับในประเทศอังกฤษเป็นเหตุให้เกิดการรณรงค์ในลักษณะเดียวกันในประเทศอังกฤษ ภายใต้การสนับสนุนของสโมสรโรตารีทั่วประเทศ ในเดือนพฤษภาคมปีเดียวกัน บีบีซีแห่งประเทศอังกฤษได้เผยแพร่ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการจัดให้คนตาบอดทุกคนได้รับไม้เท้าขาว ซึ่งอุปกรณ์ชิ้นนี้จะได้รับการยอมรับอย่างเป็นทางการว่าเป็นสัญลักษณ์ของคนตาบอด

### 2.7.3 ความนิยมของไม้เท้าขาวในปัจจุบัน

1. ไม้เท้ายาว ทำจากไม้ไผ่ หวาย อลูมิเนียม มีราคาถูกและทนทาน แต่คนพิการไม่ชอบใช้เพราะไม่สวย
2. ไม้เท้าพับได้ ทำจากอลูมิเนียม มีตั้งแต่สามท่อนถึงเจ็ดท่อน แต่ที่นิยมมากที่สุดคือ 4 ท่อน ไม้เท้าชนิดนี้ราคาค่อนข้างแพง คงทนน้อยกว่าไม้เท้ายาวแต่คนพิการชอบใช้เพราะสวยและสะดวก

การเลือกใช้ไม้เท้าชนิดใดไม่สำคัญ แต่สิ่งที่สำคัญที่สุด คือจะต้องใช้ไม้เท้าด้วยวิธีที่ถูกต้อ ซึ่งผู้ใช้ต้องได้รับการเรียนรู้จากครูที่ได้รับการฝึกฝนวิธีการสอนใช้ไม้เท้ามาโดยตรงมิฉะนั้นแล้วนอกจากไม้เท้าจะไม่เกิดประโยชน์แล้ว ยังก่อให้เกิดอันตรายต่อตนเองอีกด้วย

### 2.7.4 แนวคิดระบบแจ้งเตือนบันได

ตามกฎกระทรวงฉบับที่ 55 (พ.ศ.2543) ซึ่งออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 ข้อ 23 บันไดของอาคารอยู่อาศัยถ้ามีต้องมีย่าน้อยหนึ่งบันไดที่มีความกว้างสุทธิไม่น้อยกว่า 80 เซนติเมตร ช่วงหนึ่งสูงไม่เกิน 3 เมตร ลูกตั้งสูงไม่เกิน 20 เซนติเมตร ลูกนอนเมื่อหักส่วนที่ขึ้นบันไดเหลื่อมกันออกแล้วเหลือความกว้างไม่น้อยกว่า 22 เซนติเมตร และต้องมีพื้นหน้าบันไดมีความกว้างและยาวไม่น้อยกว่าความกว้างของบันได

### บทที่ 3

#### การออกแบบและการจัดทำปฏิญญานิพนธ์

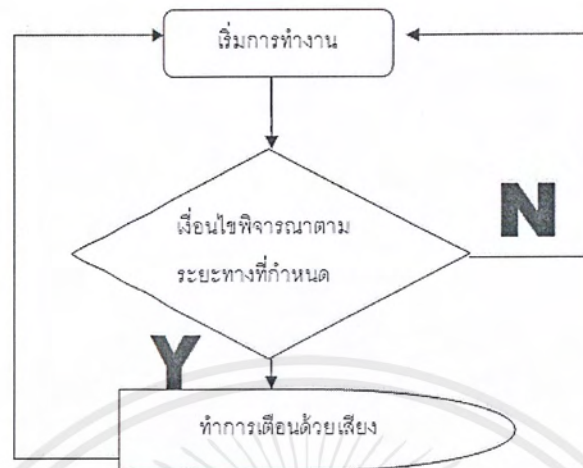
จากการไปศึกษาดูงานจากนิทรรศการ D.I.D.( Dialogue in the Dark) หรือนิทรรศการบทเรียนในความมืด ทำให้กลุ่มของข้าพเจ้าตระหนักในความสำคัญของไม้เท้าขาวคนตาบอดว่าไม้เท้าขาวของคนตาบอดจะเป็นเครื่องนำทางในการเดินทางและการดำรงชีวิตประจำวันของคนตาบอดอย่างขาดไม่ได้ ไม้เท้าขาวจะใช้เคาะสัมผัสลักษณะของพื้นผิวของพื้นและวัตถุบนพื้นในการเดินทาง แต่จุดบอดของไม้เท้าขาวก็มีอยู่นั่นคือมีจุดที่ไม่สามารถทำการยกไม้เท้าขึ้นสัมผัสได้คือช่วงหัวเข้าขึ้นมาถึงบริเวณหัว จึงได้ทำการออกแบบให้ไม้เท้าสามารถทำงานทดแทนในจุดบอดนี้ได้



รูปที่ 3.1 การเยี่ยมชมนิทรรศการบทเรียนในความมืด

จากโครงการได้มีการพัฒนาระบบเตือนภัยการป้องกันการปะทะกับสิ่งกีดขวางเพื่อคนตาบอดโดยมีระบบหลักๆ 4 ระบบ ได้แก่ ระบบเตือนการชนสิ่งกีดขวางระดับลำตัวและข้างหน้า การเตือนเมื่อพบบันได ระบบวัดระดับแบตเตอรี่ ระบบต่างๆดังกล่าวจะทำงานร่วมกันผ่านคำสั่งจากหน่วยประมวลผลกลางนั้นคืออาดิวโน โดยมีเงื่อนไขการทำงานอย่างง่ายที่สามารถมองได้โดยรวมดังรูปต่อไปนี้

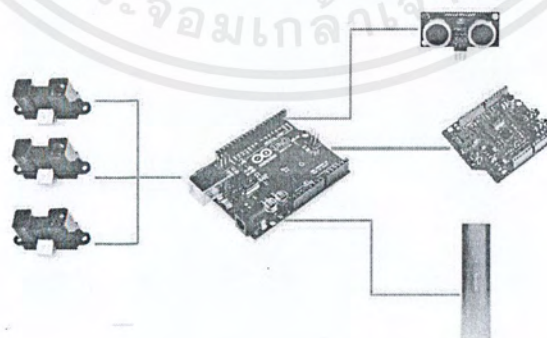
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แผนภูมิการทำงานอย่างง่ายของไม้เท้า



รูปที่ 3.3 ระบบการตรวจจับแบบภาพรวม



รูปที่ 3.4 อุปกรณ์โดยรวม

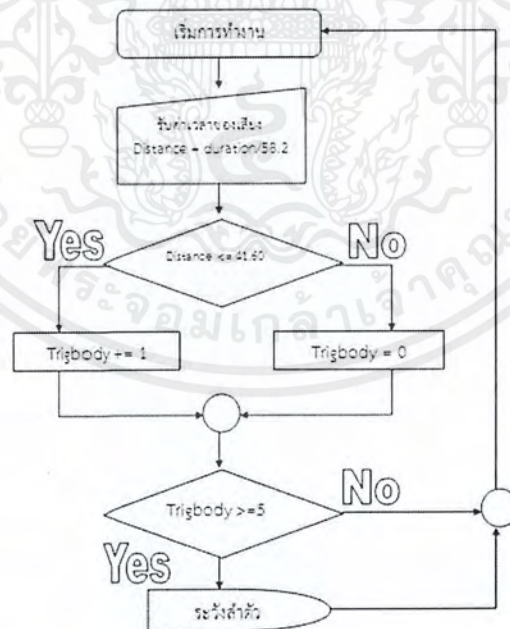
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากแผนภาพอุปกรณ์โดยรวมดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าอุปกรณ์ทุกตัวทำงานร่วมกัน โดยอินฟราเรดเซนเซอร์ทั้ง 3 ตัวจะทำหน้าที่เป็นตัวตรวจจับระยะทางให้อาคูอิโน้เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบเงื่อนไขในระบบแจ้งเตือนสิ่งกีดขวางข้างหน้าและบันได อัลตราโซนิกเซนเซอร์จะทำหน้าที่ส่งค่าระยะทางให้อาคูอิโน้เพื่อเปรียบเทียบในระบบแจ้งเตือนระดับลำตัว และแบตเตอรี่จะส่งค่าแรงดันไฟฟ้าให้อาคูอิโน้เพื่อเปรียบเทียบในเงื่อนไขของระบบแจ้งเตือนแบตเตอรี่ จากนั้นอาคูอิโน้ จะทำการประมวลผลเพื่อเปรียบเทียบหาระยะทางที่ผ่านเงื่อนไขการแจ้งเตือน จากนั้นจะส่งการให้เอ็มพีสามซิลด์ส่งเสียงแจ้งเตือนออกไปทางหูฟังให้คนตาบอดได้ยิน

### 3.1 การออกแบบ

#### 3.1.1 อัลตราโซนิกเซนเซอร์กับการแจ้งเตือนระดับลำตัว

อัลตราโซนิกเซนเซอร์เป็นเซนเซอร์ที่ใช้วัดระยะทางเพื่อเตือนภัยสำหรับระบบเตือนสิ่งกีดขวางระดับลำตัว จะทำการรับค่าระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียงที่ปล่อยออกจากอัลตราโซนิกเซนเซอร์ จากนั้นนำค่าระยะเวลาไปคำนวณหาระยะระหว่างเซนเซอร์กับสิ่งกีดขวาง เมื่อเปรียบเทียบกับเงื่อนไขจึงจะทำการแจ้งเตือน โดยมีกระบวนการทำงานดังแผนผังโปรแกรมดังรูปภาพต่อไปนี้



รูปที่ 3.5 แผนผังระบบแจ้งเตือนระดับลำตัว

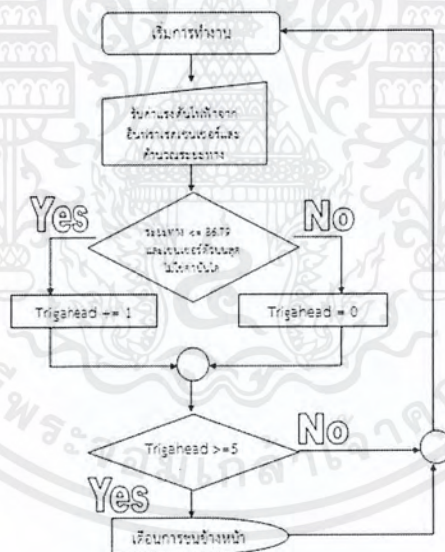
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความคลาดเคลื่อนของอัลตราโซนิคเซนเซอร์และระยะทางที่เหมาะสมเป็นองค์ประกอบที่จำเป็นต่อการออกแบบเป็นระบบแจ้งเตือนระดับลำตัว ความคลาดเคลื่อนของอัลตราโซนิคเซนเซอร์อาจเกิดขึ้นได้จากความสูญเสียพลังงานจากความยาวสายไฟและการดึงพลังงานไฟฟ้าจากอุปกรณ์ตัวอื่นซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวัดระยะทางของอัลตราโซนิคเซนเซอร์

### 3.1.2 การทดสอบความคลาดเคลื่อนของอินฟราเรดเซนเซอร์

#### 3.1.2.1 อินฟราเรดเซนเซอร์ตัวกลางกับระบบแจ้งเตือนข้างหน้า

ระบบเตือนภัยจากข้างหน้าจะอ้างอิงจากระยะทางของอินฟราเรดเซนเซอร์ตัวกลางซึ่งสามารถอธิบายกระบวนการทำงานของชุดคำสั่งได้โดยเริ่มต้นการทำงานที่การรับค่าอนาล็อกอินพุตจากอินฟราเรดเซนเซอร์ตัวที่ 2 และทำการคำนวณระยะทางระหว่างเซนเซอร์ตัวที่ 2 กับวัตถุที่อยู่ข้างหน้าคนตาบอด หากมีระยะทางน้อยกว่าเงื่อนไขที่กำหนดจะทำการแจ้งเตือนและระบบสามารถอธิบายด้วยกระบวนการดังแผนผังต่อไปนี้



รูปที่ 3.6 แผนผังระบบแจ้งเตือนข้างหน้า

ค่าความคลาดเคลื่อนและระยะทางที่เหมาะสมเป็นองค์ประกอบสำคัญที่จะนำไปออกแบบระบบแจ้งเตือนข้างหน้า โดยความคลาดเคลื่อนของอินฟราเรดเซนเซอร์ที่อาจเกิดขึ้นได้จากความสูญเสียพลังงานจากความยาวสายไฟซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อแหล่งพลังงานของเซนเซอร์และความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการออกแบบการวางตำแหน่งของเซนเซอร์บนไม้เท้า

### 3.1.2.2 อินฟราเรดเซนเซอร์กับระบบแจ้งเตือนบันได

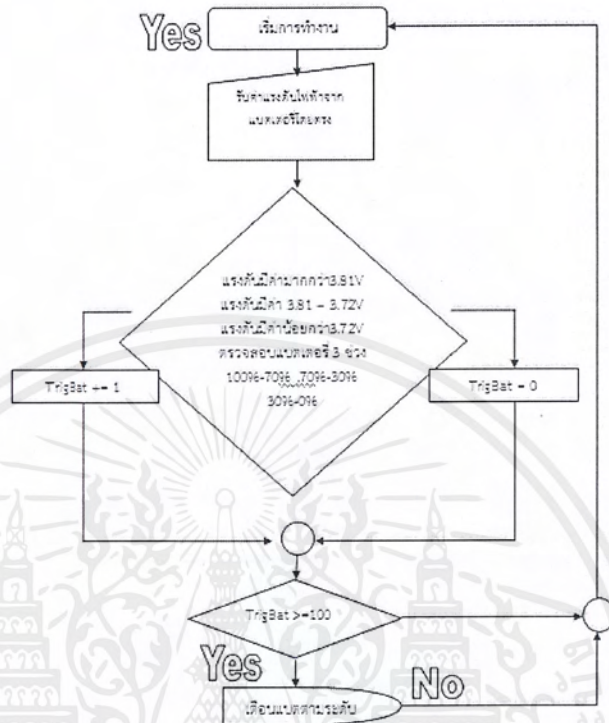
เป็นระบบที่อาศัยการประมวลผลตามเงื่อนไขของอินฟราเรดเซนเซอร์สำหรับวัดระยะทางทั้ง 3 ตัวไปประมวลผลในเงื่อนไขเพื่อการพิจารณาว่าค่าทั้ง 3 ที่วัดได้จาดเซนเซอร์แต่ละตัวนั้นมีความสอดคล้องกับค่าความยาวของบันไดแต่ละชั้นหรือไม่ โดยอ้างอิงให้เซนเซอร์บนสุดวัดระยะห่างกับบันไดชั้นบนสุด, เซนเซอร์ตัวกลางวัดระยะห่างกับบันไดชั้นที่ 2 และเซนเซอร์ตัวล่างสุดวัดระยะห่างจากบันไดชั้นล่างสุด ซึ่งจะทำการเปรียบเทียบค่าเซนเซอร์ดังกล่าวด้วยความยาวของบันไดที่เป็นค่าเท่ากับผลต่างของเซนเซอร์ 2 ตัวบนเทียบกับค่ามาตรฐานบันไดคือ 22 – 35 cm. กระบวนการทำงานของชุดคำสั่งดังกล่าวสามารถอธิบายได้ด้วยแผนภูมิต่อไปนี้



รูปที่ 3.7 แผนผังการแจ้งเตือนบันได

### 3.1.2 ระบบแจ้งเตือนแบตเตอรี่

ระบบแจ้งเตือนปริมาณแบตเตอรี่จะอ้างอิงจากแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จากแบตเตอรี่ทำให้คนต่าบอดสามารถพิจารณาเกี่ยวกับการชาร์จพลังงานเพิ่มหากแบตเตอรี่อยู่ในสถานะที่ไม่เพียงพอจะใช้งานต่อไป โดยระบบเตือนแบตเตอรี่จะมีการทำงานของชุดคำสั่งคือ รับค่าโวลต์ของแบตเตอรี่มาพิจารณาตามเงื่อนไขของการแบ่งแบตเตอรี่ออกเป็น 3 ช่วงช่วงละ 35% โดยประมาณ นั่นคือจะทำการเตือนแบตเตอรี่ที่ “มากกว่า 75%”, “มากกว่า 35%” และ “น้อยกว่า 35%” มีรูปแบบการทำงานดังแผนผังดังกล่าว



รูปที่ 3.8 แผนผังการเตือนแบตเตอรี่

### 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

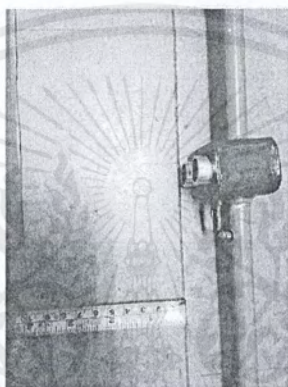
1. อาร์ดูอีโน้ ยูโน้ อาร์ 3 โดยไมโครคอนโทรลเลอร์แอตเมเก๊า 328
2. อัลตราโซนิกเซนเซอร์ 1 ตัว
3. อินฟราเรดเซนเซอร์สำหรับวัดระยะทาง 3 ตัว
4. สายทองแดง 1.2 เมตร 7 เส้น
5. แบตเตอรี่ฟาวเวอร์แบงก์ 1000 mA
6. ตลับเมตร
7. โมดูลไมโครเอสตีการ์ด
8. เอ็มพีสามซิลด์
9. ไม้เท้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง

#### 3.3.1 การทดลองความคลาดเคลื่อนของอัลตราโซนิกเซนเซอร์

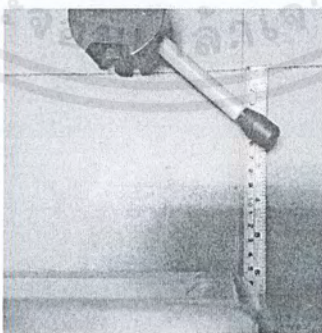
เริ่มด้วยการเชื่อมต่ออุปกรณ์ทุกตัวและใช้แหล่งพลังงานจากแบตเตอรี่เท่านั้น( ไม่ใช่จากคอมพิวเตอร์ ทำให้ไม่สามารถสังเกตผลการทดลองด้วย Serial monitor ได้ )เป็นการเก็บผลการทดลองด้วยการวัดระยะทางที่ได้จากอัลตราโซนิกเซนเซอร์เปรียบเทียบกับระยะทางที่วัดได้จริงจากตลับเมตร และทำการบันทึกค่าที่ได้ลงในเอสตีการ์ดโมดูล



รูปที่ 3.9 การทดลองอัลตราโซนิกเซนเซอร์

#### 3.3.2 การทดลองความคลาดเคลื่อนของอินฟราเรดเซนเซอร์

ลักษณะการทดลองของอินฟราเรดเซนเซอร์สำหรับวัดระยะทางจะเป็นการทดลองรูปแบบเดียวกันดังภาพด้านล่างนี้



รูปที่ 3.10 การทดลองอินฟราเรดเซนเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.2.1 ความคลาดเคลื่อนของอินฟราเรดเซนเซอร์ตัวบนสุด

เริ่มด้วยการเชื่อมต่ออุปกรณ์ทุกตัวและใช้แหล่งพลังงานจากแบตเตอรี่เท่านั้น( ไม่ใช่จากคอมพิวเตอร์ ทำให้ไม่สามารถสังเกตผลการทดลองด้วย Serial monitor ได้ )เป็นการเก็บผลการทดลองด้วยการวัดระยะทางที่ได้อินฟราเรดเซนเซอร์ตัวบนสุด เปรียบเทียบกับระยะทางที่วัดได้จริงจากตลับเมตร และทำการบันทึกค่าที่ได้ลงในเอสดีการ์ดโมดูล

### 3.1.2.2 ความคลาดเคลื่อนของอินฟราเรดเซนเซอร์ตัวกลาง

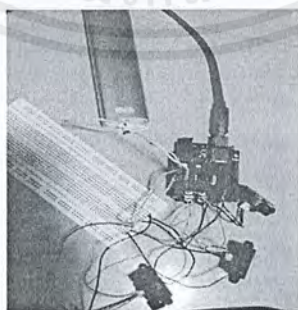
เริ่มด้วยการเชื่อมต่ออุปกรณ์ทุกตัวและใช้แหล่งพลังงานจากแบตเตอรี่เท่านั้น( ไม่ใช่จากคอมพิวเตอร์ ทำให้ไม่สามารถสังเกตผลการทดลองด้วย Serial monitor ได้ )เป็นการเก็บผลการทดลองด้วยการวัดระยะทางที่ได้อินฟราเรดเซนเซอร์ตัวกลาง เปรียบเทียบกับระยะทางที่วัดได้จริงจากตลับเมตร และทำการบันทึกค่าที่ได้ลงในเอสดีการ์ดโมดูล

### 3.1.2.3 ความคลาดเคลื่อนของอินฟราเรดเซนเซอร์ตัวล่าง

เริ่มด้วยการเชื่อมต่ออุปกรณ์ทุกตัวและใช้แหล่งพลังงานจากแบตเตอรี่เท่านั้น( ไม่ใช่จากคอมพิวเตอร์ ทำให้ไม่สามารถสังเกตผลการทดลองด้วย Serial monitor ได้ )เป็นการเก็บผลการทดลองด้วยการวัดระยะทางที่ได้อินฟราเรดเซนเซอร์ตัวล่างสุด เปรียบเทียบกับระยะทางที่วัดได้จริงจากตลับเมตร และทำการบันทึกค่าที่ได้ลงในเอสดีการ์ดโมดูล

## 3.1.2 การทดลองการดิสชาร์จของแบตเตอรี่

เริ่มด้วยการชาร์จแบตเตอรี่ให้เต็ม(สังเกตจากไฟสัญญาณบอกปริมาณแบตเตอรี่) จากนั้นเริ่มทำการทดลองด้วยการดิสชาร์จแบตเตอรี่จนหมดด้วยการเชื่อมต่ออุปกรณ์ทุกตัวและใช้แหล่งพลังงานจากแบตเตอรี่เท่านั้น( ไม่ใช่จากคอมพิวเตอร์ ทำให้ไม่สามารถสังเกตผลการทดลองด้วย Serial monitor ได้)และใช้อุปกรณ์ทุกตัวในโครงการเป็นอุปกรณ์สำหรับดิสชาร์จแบตเตอรี่ จากนั้นเขียนคำสั่งเพื่อทำการเก็บค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จากแบตเตอรี่โดยตรงทุก 10 นาทีลงในเอสดีการ์ดโมดูลปล่อยทิ้งไว้จนกว่าแบตเตอรี่จะหมด



รูปที่ 3.11 การทดลองดิสชาร์จแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

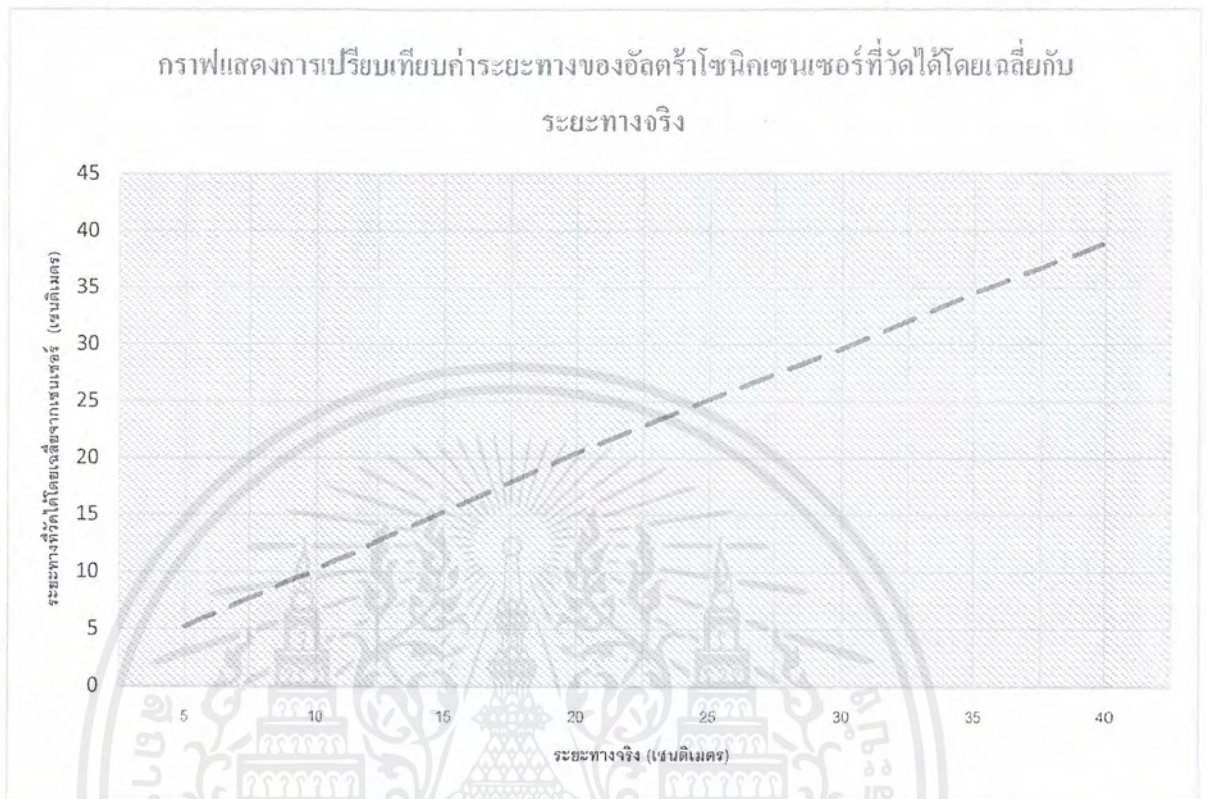
## ผลการทดลอง

## 4.1 ผลการทดลองความคลาดเคลื่อนของอัลตราโซนิคเซนเซอร์

ตารางที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางจริงกับระยะทางของอัลตราโซนิคเซนเซอร์

ระยะทางทดลองที่	ระยะทางจริง (เซนติเมตร)	การทดลองครั้งที่ 1	การทดลองครั้งที่ 2	การทดลองครั้งที่ 3	การทดลองครั้งที่ 4	การทดลองครั้งที่ 5	การทดลองครั้งที่ 6	การทดลองครั้งที่ 7	การทดลองครั้งที่ 8	การทดลองครั้งที่ 9	การทดลองครั้งที่ 10	การทดลองครั้งที่ 11
1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
2	10	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
3	15	14	15	15	15	15	15	16	16	16	15	15
4	20	20	21	20	21	20	21	21	20	20	21	20
5	25	24	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
6	30	29	30	30	30	30	30	29	29	30	30	30
7	35	33	35	35	35	35	35	35	35	35	35	32
8	40	40	40	38	39	39	39	39	39	39	39	39
ระยะทางทดลองที่	ระยะทางจริง (เซนติเมตร)	การทดลองครั้งที่ 12	การทดลองครั้งที่ 13	การทดลองครั้งที่ 14	การทดลองครั้งที่ 15	การทดลองครั้งที่ 16	การทดลองครั้งที่ 17	การทดลองครั้งที่ 18	การทดลองครั้งที่ 19	การทดลองครั้งที่ 20	ระยะทางเฉลี่ยของการทดลอง (เซนติเมตร)	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน
1	5	6	6	5	5	5	6	6	5	5	5.2	4
2	10	10	10	11	10	10	11	11	11	10	10.15	1.5
3	15	15	15	15	15	15	16	16	16	15	15.25	1.66666667
4	20	21	20	21	20	21	21	20	20	21	20.5	2.5
5	25	26	26	26	25	25	25	25	26	26	25.2	0.8
6	30	30	30	29	30	29	29	29	30	30	29.65	1.16666667
7	35	35	35	33	35	36	35	35	35	32	34.55	1.285714286
8	40	40	38	38	38	39	39	39	39	39	38.95	2.625

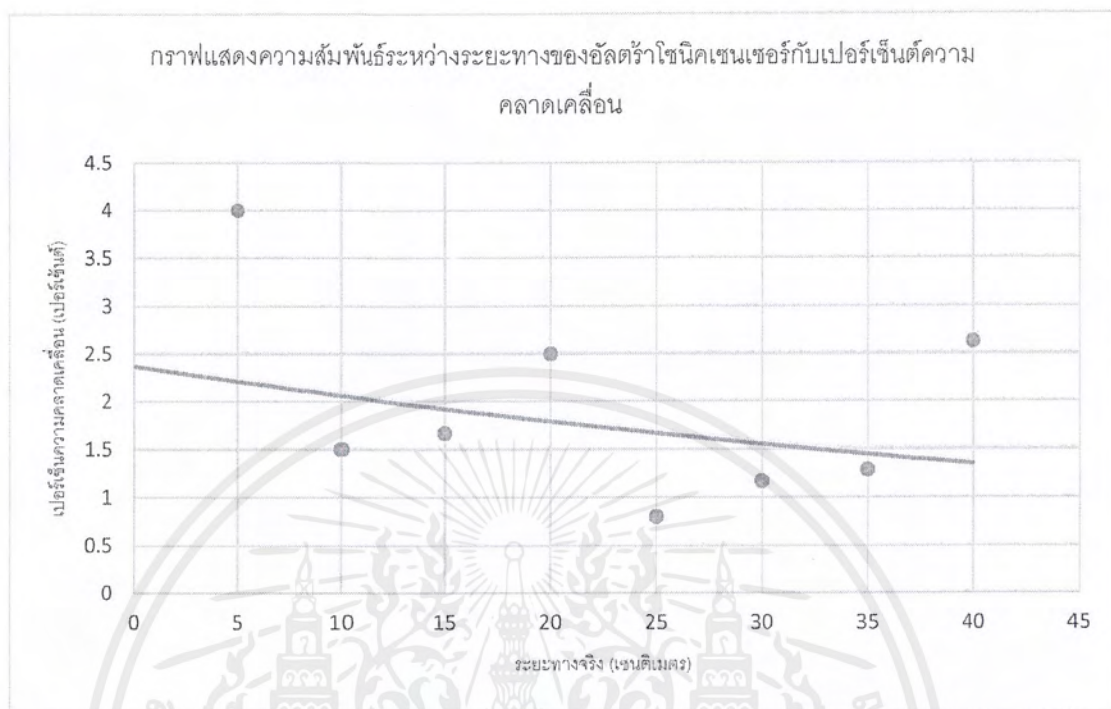
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 กราฟการเปรียบเทียบค่าระยะทางของอัลตราโซนิกเซนเซอร์ที่วัดได้โดยเฉลี่ย  
กับระยะทางจริง

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า ค่าที่วัดได้จริงกับค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์มีค่าใกล้เคียงกัน ผิดพลาดกันเพียงไม่กี่ตำแหน่งหลักจุดทศนิยมดังที่แสดงจากตารางที่ 4.1 และสามารถนำมาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางกับเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนได้ดังรูปที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางของอัลตราโซนิกเซนเซอร์กับเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน

จากกราฟจะเห็นได้ว่ายิ่งระยะทางมากขึ้นเท่าไรค่าเปอร์เซ็นต์คลาดเคลื่อนจะมีค่าน้อยลงเนื่องจากที่ระยะทางไกลมากๆจะเกิดการสะท้อนจากตัวเซนเซอร์ทำให้การประมวลผลมีความผิดพลาดมากกว่าที่ระยะทางไกล ค่าระยะทางที่มีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนมากที่สุดอยู่ที่ระยะ 5 cm. ซึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 4 % หรือที่ระยะตรวจจับของระบบแจ้งเตือนระดับลำตัว 40 cm. จะมีค่าความคลาดเคลื่อน 1.6 cm.

## 4.2 ผลการทดลองความคลาดเคลื่อนของอินฟราเรดเซนเซอร์ตัวบนสุด

ตารางที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางจริงกับระยะทางของอินฟราเรดเซนเซอร์ตัวบนสุดจากการทดลองครั้งที่ 1 ถึงการทดลองครั้งที่ 11

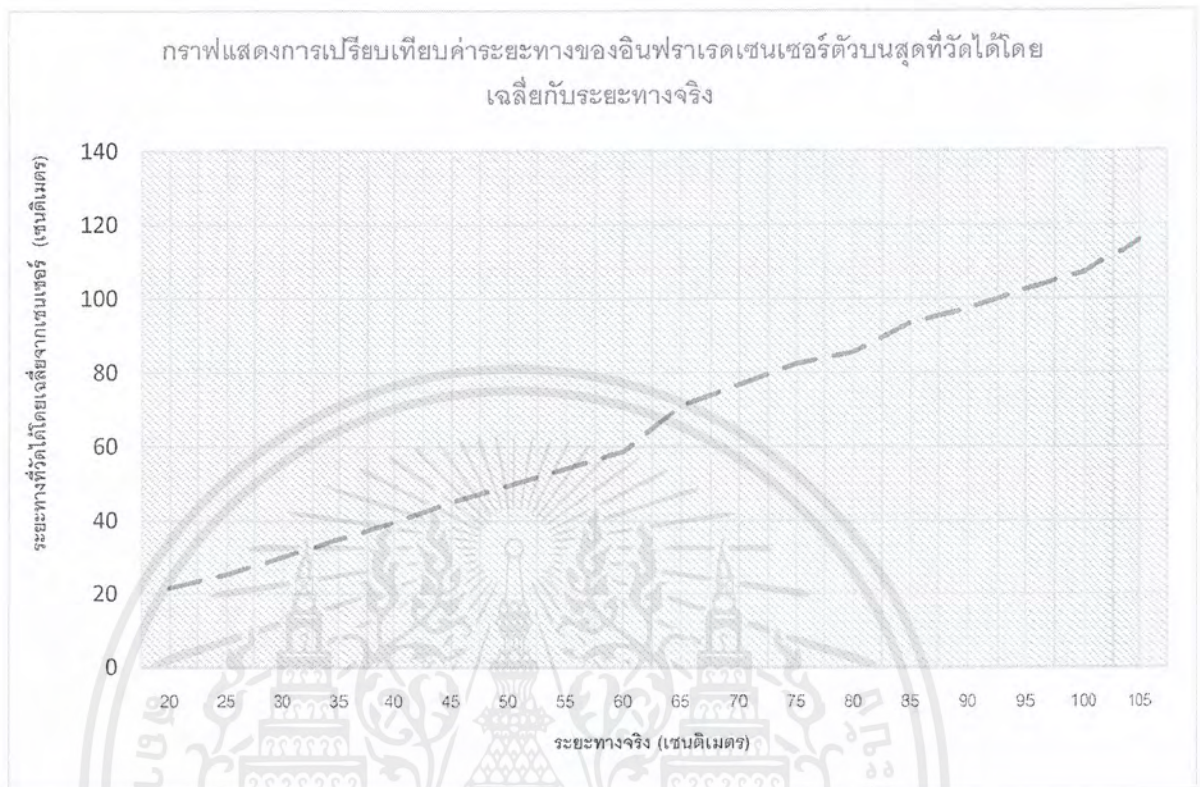
ระยะทางทดลองที่	ระยะทางจริง (เซนติเมตร)	การทดลองครั้งที่ 1	การทดลองครั้งที่ 2	การทดลองครั้งที่ 3	การทดลองครั้งที่ 4	การทดลองครั้งที่ 5	การทดลองครั้งที่ 6	การทดลองครั้งที่ 7	การทดลองครั้งที่ 8	การทดลองครั้งที่ 9	การทดลองครั้งที่ 10	การทดลองครั้งที่ 11
1	20	21	22	22	22	21	21	22	22	21	22	22
2	25	25	25	25	26	25	25	25	25	26	25	26
3	30	29	31	30	30	30	30	30	30	30	30	30
4	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
5	40	39	40	39	40	40	39	40	39	39	40	40
6	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
7	50	49	50	50	49	50	50	50	48	50	50	49
8	55	54	54	54	54	54	55	55	54	54	53	54
9	60	59	59	59	59	59	58	59	58	59	58	59
10	65	73.79	68.45	76.52	71.24	66.58	66.94	73.79	67.69	72.07	72.07	72.07
11	70	76.52	72.49	79.44	77.47	77.47	74.68	76.52	78.45	77	77.47	73.36
12	75	86.53	82.58	84.23	84.79	89.58	75.14	82.58	84.23	70.02	78.94	83.12
13	80	77.47	83.12	87.73	88.95	87.12	81.51	87.12	87.73	83.12	86.53	90.85
14	85	96.31	93.51	100.82	103.23	85.37	96.31	97.77	96.31	94.19	103.23	85.77
15	90	96.37	92.88	97.23	98.79	98.5	90	94.44	96.67	95.02	98.94	98.52
16	95	100.55	98.92	98.77	98.89	98.17	98.72	100.87	104.35	105.86	102.66	100.9
17	100	106.61	109.29	109.29	109.29	108.38	105.75	105.75	111.15	110.21	108.38	112.1
18	105	110.21	109.29	115.05	116.07	110.96	115.78	108.47	119.23	111.8	116.68	114.41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางจริงกับระยะทางของอินฟราเรดเซนเซอร์ตัวบนสุดจาก  
การทดลองครั้งที่ 12 ถึงการทดลองครั้งที่ 20

ระยะทาง ทดลองที่	ระยะทาง จริง (เซนติเมตร)	การ ทดลอง ครั้งที่ 12	การ ทดลอง ครั้งที่ 13	การ ทดลอง ครั้งที่ 14	การ ทดลอง ครั้งที่ 15	การ ทดลอง ครั้งที่ 16	การ ทดลอง ครั้งที่ 17	การ ทดลอง ครั้งที่ 18	การ ทดลอง ครั้งที่ 19	การ ทดลอง ครั้งที่ 20	ระยะทาง เฉลี่ยของ การทดลอง (เซนติเมตร)	เปอร์เซ็นต์ ความคลาด เคลื่อน
1	20	21	22	22	22	21	21	22	22	21	21.6	8
2	25	25	25	25	26	25	25	25	25	26	25.25	1
3	30	29	31	30	30	30	30	30	30	30	30	0
4	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	0
5	40	39	40	39	40	40	39	40	39	39	39.5	1.25
6	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	0
7	50	49	50	50	49	50	50	50	48	50	49.55	0.9
8	55	54	54	54	54	54	55	55	54	54	54.15	1.545454545
9	60	59	59	59	59	59	58	59	58	59	58.75	2.083333333
10	65	68.45	72.92	72.92	71.65	74.68	71.24	68.83	68.83	68.45	70.959	9.167692308
11	70	77.96	77.96	80.46	78.45	77	77	77	71.24	77	76.747	9.638571429
12	75	84.79	83.12	82.04	83.67	84.79	82.58	80.46	82.58	82.58	82.4175	9.89
13	80	85.37	88.95	88.95	83.12	83.12	79.95	89.58	87.12	83.12	85.5265	6.908125
14	85	87.59	96.31	91.5	85.89	87.03	92.83	90.03	93.51	90.51	93.401	9.883529412
15	90	100.02	97.43	97.21	98.66	98.47	98.82	99.8	98.35	98.88	97.25	8.055555556
16	95	102.43	100.45	104.86	104.76	105.35	105.56	103.05	105.45	106.78	102.3675	7.755263158
17	100	104.05	97.77	106.61	113.07	90.21	106.61	109.29	106.61	110.21	107.0315	7.0315
18	105	112.98	115.16	116.95	115.87	116.37	120.85	122.45	122.97	121.45	115.65	10.14285714

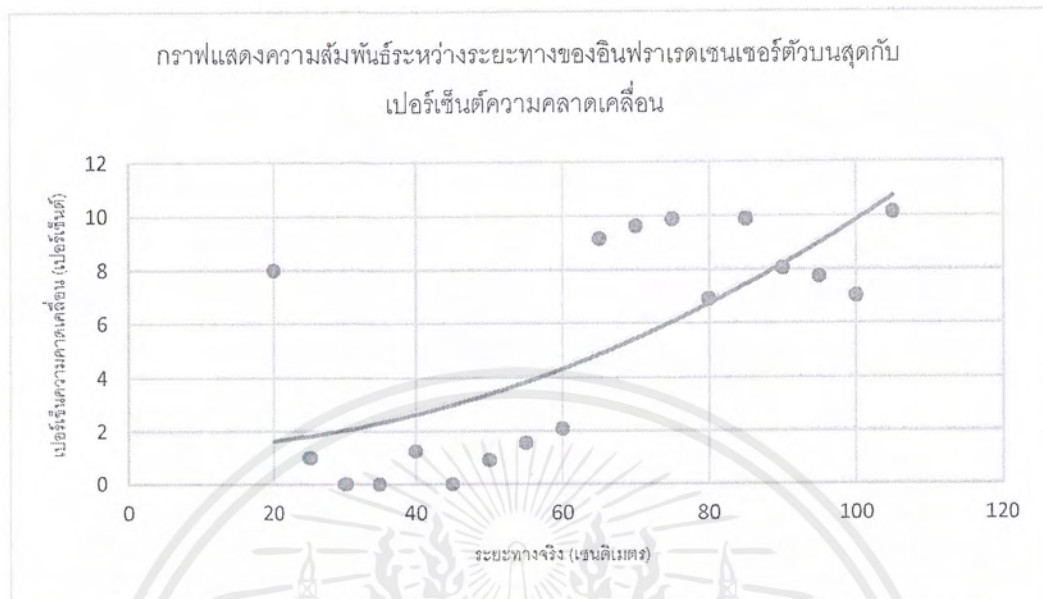
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 กราฟการเปรียบเทียบค่าระยะทางของอินฟราเรดเซนเซอร์ตัวบนสุดที่วัดได้โดยเฉลี่ยกับระยะทางจริง

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า ค่าที่วัดได้จริงกับค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์มีค่าใกล้เคียงกัน ผิดพลาดกันเพียงไม่กี่ตำแหน่งหลักจุดทศนิยมดังที่แสดงจากตารางที่ 4.3 และสามารถนำมาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางกับเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนได้ดังรูปที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางของอินฟราเรดเซนเซอร์ตัวบนสุดกับ  
เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน

จากกราฟจะเห็นได้ว่ายิ่งระยะทางมากขึ้นเท่าไรค่าเปอร์เซ็นต์คลาดเคลื่อนจะมีค่ามากขึ้นเนื่องจากการทำงานที่ผิดปกติที่เซนเซอร์บนสุดทำให้การประมวลผลมีความผิดพลาดมากเมื่อระยะทางไกลขึ้น ค่าระยะทางที่มีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนมากที่สุดอยู่ที่ระยะ 105 cm. ซึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 10.14 % หรือที่ระยะตรวจจับของระบบแจ้งเตือนบันได 100 cm. จะมีความคลาดเคลื่อน 10.14 cm.

### 4.3 ผลการทดลองความคลาดเคลื่อนของอินฟราเรดเซนเซอร์ตัวกลาง

ตารางที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางจริงกับระยะทางของอินฟราเรดเซนเซอร์ตัวกลางจากการทดลองครั้งที่ 1 ถึงการทดลองครั้งที่ 11

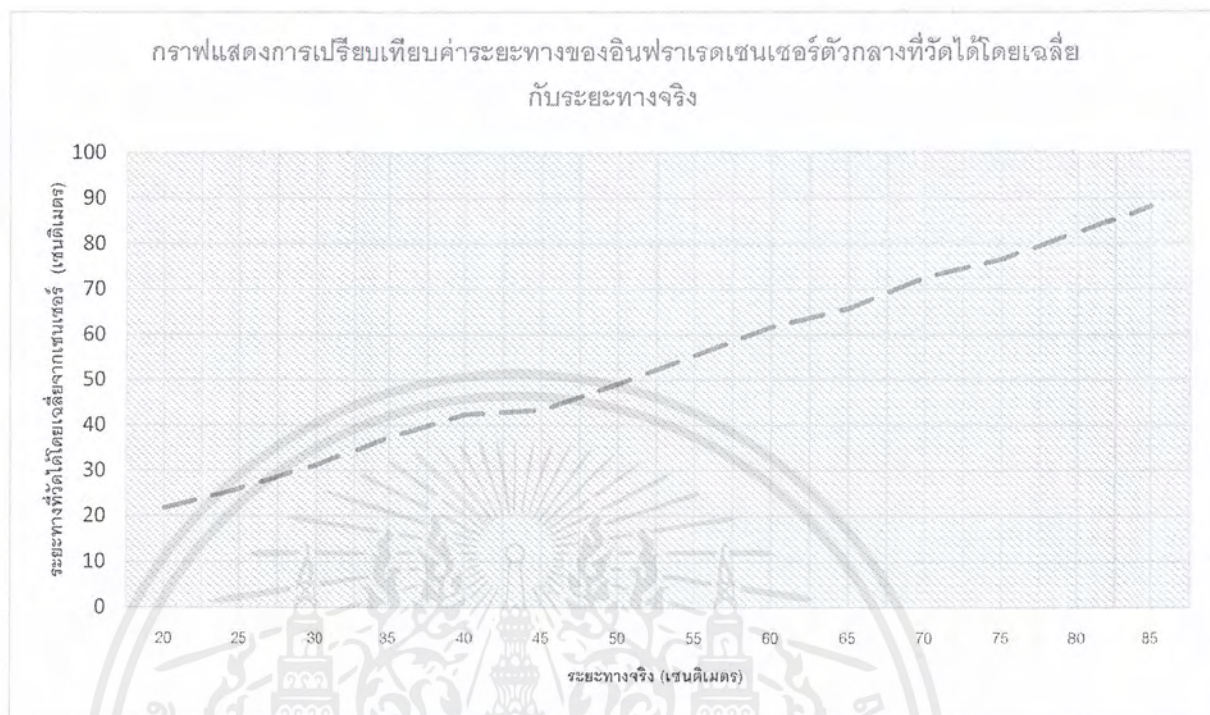
ระยะทางทดลองที่	ระยะทางจริง (เซนติเมตร)	การทดลองครั้งที่ 1	การทดลองครั้งที่ 2	การทดลองครั้งที่ 3	การทดลองครั้งที่ 4	การทดลองครั้งที่ 5	การทดลองครั้งที่ 6	การทดลองครั้งที่ 7	การทดลองครั้งที่ 8	การทดลองครั้งที่ 9	การทดลองครั้งที่ 10	การทดลองครั้งที่ 11
1	20	21.96	21.84	21.84	21.15	21.84	21.72	22.02	21.78	21.67	21.67	21.78
2	25	26.03	26.26	26.03	26.03	26.03	26.03	26.03	25.95	25.95	26.03	25.2
3	30	31.44	31.64	31.23	31.23	31.23	31.13	31.34	31.64	31.23	31.13	29.58
4	35	37.32	37.86	37.32	37.32	37.45	37.86	37.18	37.18	37.18	37.45	35.01
5	40	41.27	41.27	42.25	42.25	40.96	43.61	43.78	43.78	41.27	43.61	42.25
6	45	44.5	43.78	43.61	43.61	40.96	44.32	43.78	44.14	41.27	43.43	44.32
7	50	49.66	49.66	49.66	49.66	49.66	46.96	48.8	48.59	48.59	48.8	49.66
8	55	55.94	55.67	55.14	55.14	55.41	55.41	55.14	55.14	55.88	55.14	54.88
9	60	61.47	63.09	57.87	62.11	61.79	62.11	61.79	61.47	62.11	61.79	62.44
10	65	63.43	61.79	61.79	66.94	67.31	66.94	62.76	64.1	61.16	68.07	68.07
11	70	66.94	76.52	73.36	73.36	73.79	74.24	62.76	74.24	72.92	73.36	73.36
12	75	73.36	77	77.47	77	77	77.47	73.36	77.47	70.83	77.47	78.45
13	80	77.47	77	77.47	83.12	83.67	83.67	75.14	83.67	83.67	83.12	83.67
14	85	78.94	90.21	92.16	88.33	92.16	92.16	90.21	83.67	90.21	90.85	87.73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางจริงกับระยะทางของอินฟราเรดเซนเซอร์ตัวกลางจาก  
การทดลองครั้งที่ 12 ถึงการทดลองครั้งที่ 20

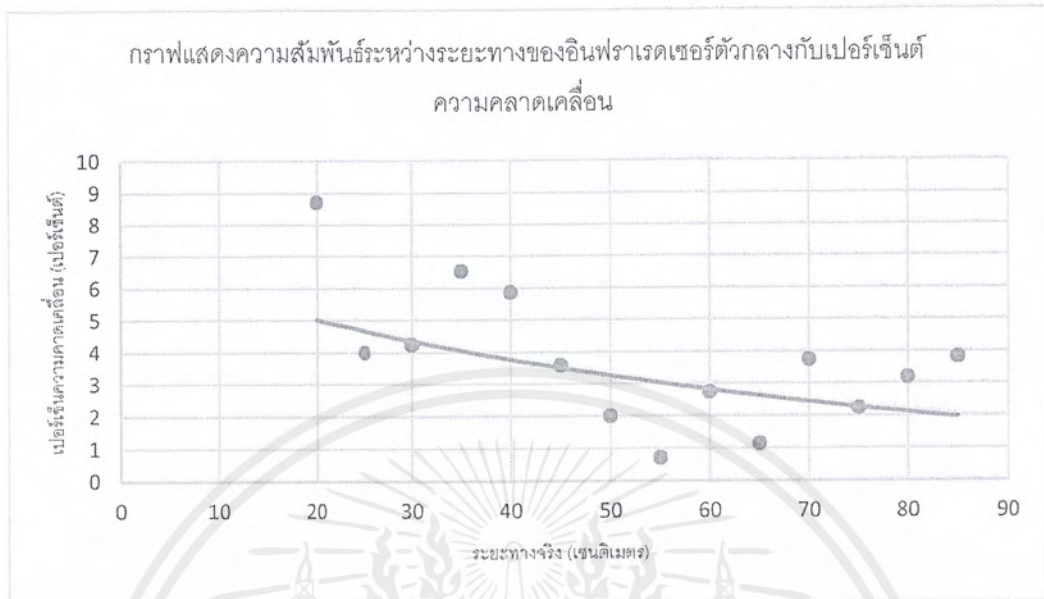
ระยะทาง ทดลองที่	ระยะทาง จริง (เซนติเมตร)	การ ทดลอง ครั้งที่ 12	การ ทดลอง ครั้งที่ 13	การ ทดลอง ครั้งที่ 14	การ ทดลอง ครั้งที่ 15	การ ทดลอง ครั้งที่ 16	การ ทดลอง ครั้งที่ 17	การ ทดลอง ครั้งที่ 18	การ ทดลอง ครั้งที่ 19	การ ทดลอง ครั้งที่ 20	ระยะทาง เฉลี่ยของ การทดลอง (เซนติเมตร)	เปอร์เซ็นต์ ความคลาด เคลื่อน
1	20	21.96	21.84	21.8	21.15	21.84	21.72	22.02	21.78	21.44	21.741	8.705
2	25	26.03	26.26	26.03	26.05	26.03	26.03	26.03	25.95	25.95	25.9965	3.986
3	30	31.44	31.64	31.23	31.23	31.23	31.2	31.34	31.64	31.67	31.272	4.24
4	35	37.32	37.86	37.33	37.32	37.45	37.86	37.18	37.1	37.18	37.2865	6.532857143
5	40	41.55	41.27	42.25	42.25	40.9	43.61	43.78	43.78	41.27	42.348	5.87
6	45	44.5	43.78	43.61	43.61	40.96	44.33	43.78	44.14	41.27	43.385	3.588888889
7	50	49.66	49.7	49.08	49.66	49.66	46.64	48.8	48.59	48.59	49.004	1.992
8	55	55.94	55.66	55.14	55.14	55.41	55.41	55.14	55.14	55.88	55.3875	0.704545455
9	60	61.9	63.09	57.87	62.55	61.79	62.11	61.79	61.55	62.11	61.64	2.733333333
10	65	68.07	66.94	67.31	67.31	66.94	67.69	68.07	62.76	67.31	65.738	1.135384615
11	70	68.45	72.92	73.79	74.24	73.79	72.92	73.79	73.79	73.79	72.6165	3.737857143
12	75	77	79.95	77.47	78.45	77.47	70.42	79.44	79.44	77	76.676	2.234666667
13	80	83.67	87.12	87.12	83.12	83.67	84.23	87.12	78.94	84.23	82.5445	3.180625
14	85	88.33	84.23	92.16	90.85	82.58	87.12	90.21	87.73	85.27	88.2555	3.83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 กราฟการเปรียบเทียบค่าระยะทางของอินฟราเรดเซนเซอร์ตัวกลางที่วัดได้โดยเฉลี่ย  
กับระยะทางจริง

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า ค่าที่วัดได้จริงกับค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์มีค่าใกล้เคียงกัน  
ผิดพลาดกันเพียงไม่กี่ตำแหน่งหลักจุดทศนิยมดังที่แสดงจากตารางที่ 4.5 และสามารถนำมาสร้าง  
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางกับเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนได้ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางของอินฟราเรดเซนเซอร์ตัวกลางกับ  
เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน

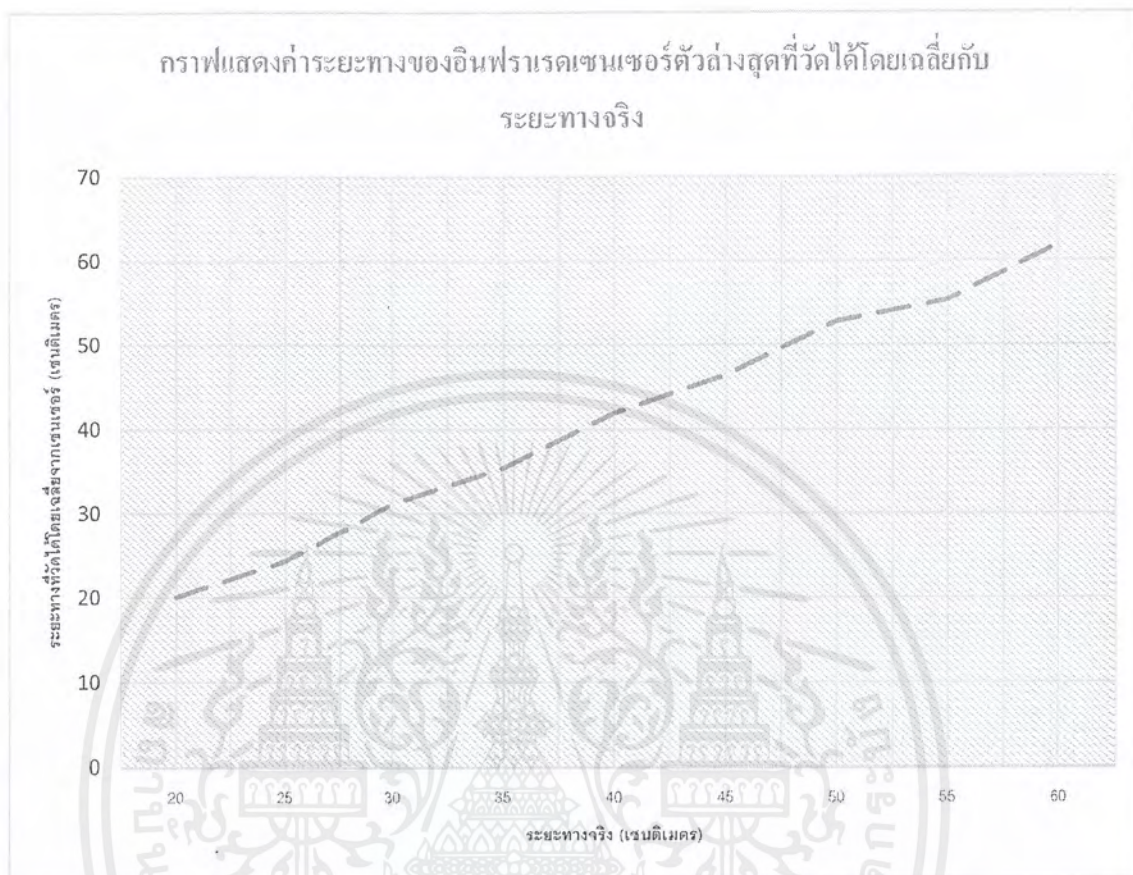
จากกราฟจะเห็นได้ว่ายิ่งระยะทางมากขึ้นเท่าไรค่าเปอร์เซ็นต์คลาดเคลื่อนจะมีค่าน้อยลงเนื่องจากที่ระยะทางไกลมากๆ จะเกิดการสะท้อนจากตัวเซนเซอร์ทำให้การประมวลผลมีความผิดพลาดมากกว่าที่ระยะทางใกล้ ค่าระยะทางที่มีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนมากที่สุดอยู่ที่ระยะ 20 cm. ซึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 8.71 % หรือที่ระยะตรวจจับของระบบแจ้งเตือนข้างหน้า 80 cm. จะมีความคลาดเคลื่อน 6.97 cm.

#### 4.4 ผลการทดลองความคลาดเคลื่อนของอินฟราเรดเซนเซอร์ตัวล่างสุด

ตารางที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางจริงกับระยะทางของอินฟราเรดเซนเซอร์ตัวล่างสุด

ระยะทางทดลองที่	ระยะทางจริง (เซนติเมตร)	การทดลองครั้งที่ 1	การทดลองครั้งที่ 2	การทดลองครั้งที่ 3	การทดลองครั้งที่ 4	การทดลองครั้งที่ 5	การทดลองครั้งที่ 6	การทดลองครั้งที่ 7	การทดลองครั้งที่ 8	การทดลองครั้งที่ 9	การทดลองครั้งที่ 10	การทดลองครั้งที่ 11
1	20	20.81	20.59	19.64	19.84	20.16	20.86	19.69	19.84	19.23	19.79	20.75
2	25	24.42	24.49	24.21	24.42	24.21	24.28	24.28	24.28	24.28	24.28	24.28
3	30	30.24	31.85	29.96	31.54	31.75	31.44	31.54	31.44	31.64	31.54	31.74
4	35	34.43	35.75	36.95	36.44	35.65	36.74	36.24	34.14	34.41	34.48	35.45
5	40	42.58	40.34	38.56	43.09	43.09	42.58	42.75	43.09	43.26	39.43	43.26
6	45	46.85	46.42	46.46	46.39	47.96	45.08	47.5	47.98	45.6	45.42	45.21
7	50	51.45	55.94	41.76	57.03	55.14	55.41	55.41	52.16	52.16	52.16	52.16
8	55	55.41	55.41	55.14	55.41	55.41	55.14	55.41	55.41	55.41	55.14	55.41
9	60	61.16	62.11	63.43	61.47	61.47	61.63	62.55	63.3	61.72	61.07	62.55
ระยะทางทดลองที่	ระยะทางจริง (เซนติเมตร)	การทดลองครั้งที่ 12	การทดลองครั้งที่ 13	การทดลองครั้งที่ 14	การทดลองครั้งที่ 15	การทดลองครั้งที่ 16	การทดลองครั้งที่ 17	การทดลองครั้งที่ 18	การทดลองครั้งที่ 19	การทดลองครั้งที่ 20	ระยะทางเฉลี่ยของการทดลอง (เซนติเมตร)	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน
1	20	19.84	20.16	20.56	19.69	19.8	19.23	19.79	19.79	20.75	20.0405	0.2025
2	25	24.42	24.21	24.28	24.28	24.28	24.28	24.28	24.28	24.28	24.301	2.796
3	30	31.54	30.75	31.44	31.54	30.44	31.64	30.54	30.89	30.44	31.195	3.983333333
4	35	36.44	35.65	36.74	36.24	34.14	34.41	34.48	34.48	35.45	35.4355	1.244285714
5	40	43.19	41.09	42.58	42.35	43.09	43.26	39.33	38.43	43.26	41.9305	4.82625
6	45	46.39	47.96	45.08	47.5	47.98	45.6	45.42	45.42	45.21	46.3715	3.047777778
7	50	57.03	55.14	50.41	50.89	50.16	52.16	53.15	53.15	53.15	52.801	5.602
8	55	55.41	55.41	55.14	55.41	55.41	55.41	55.14	55.14	55.41	55.392	0.598181818
9	60	61.47	61.47	61.63	62.55	63.3	61.72	61.07	61.07	62.55	61.9645	3.274166667

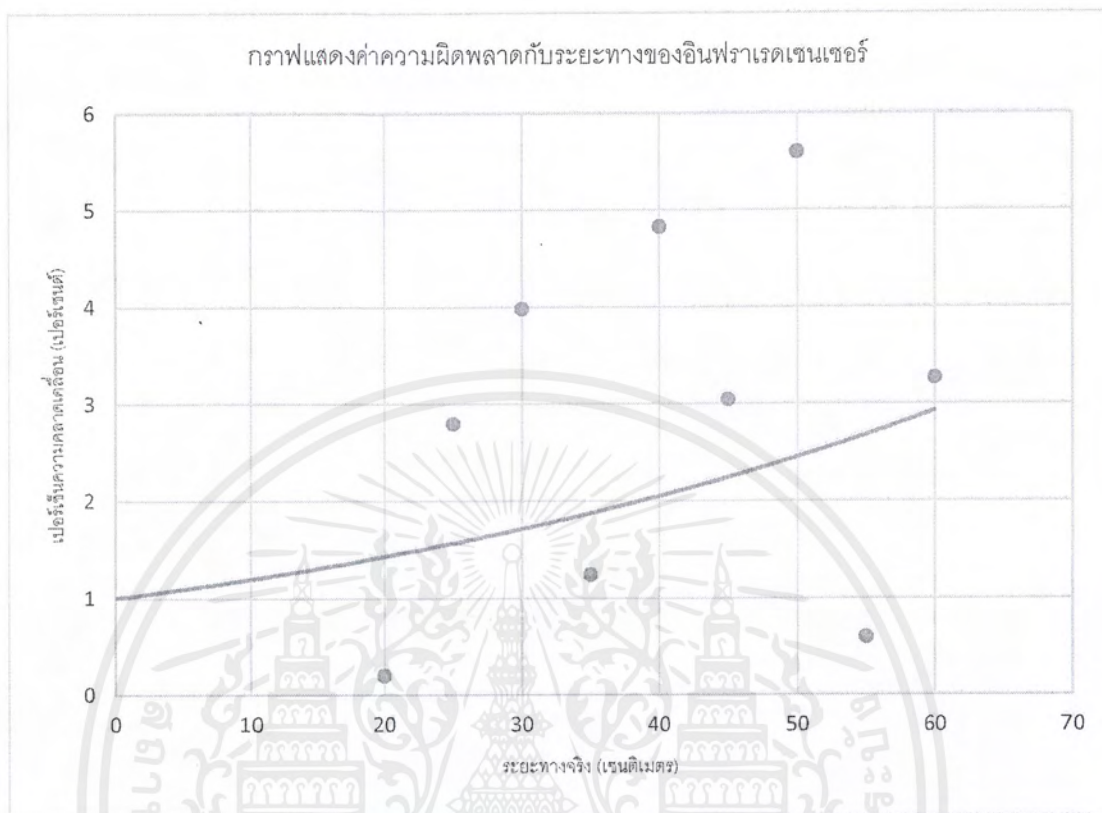
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 กราฟการเปรียบเทียบค่าระยะทางของอินฟราเรดเซนเซอร์ตัวล่างสุดที่วัดได้โดยเฉลี่ย  
กับระยะทางจริง

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า ค่าที่วัดได้จริงกับค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์มีค่าใกล้เคียงกัน ผิดพลาดกันเพียงไม่กี่ตำแหน่งหลักจุดทัศนียมดั่งที่แสดงจากตารางที่ 4.7 และสามารถนำมาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางกับเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนได้ดังรูปที่ 4.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางของอินฟราเรดเซนเซอร์ตัวกลางสุดกับเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน

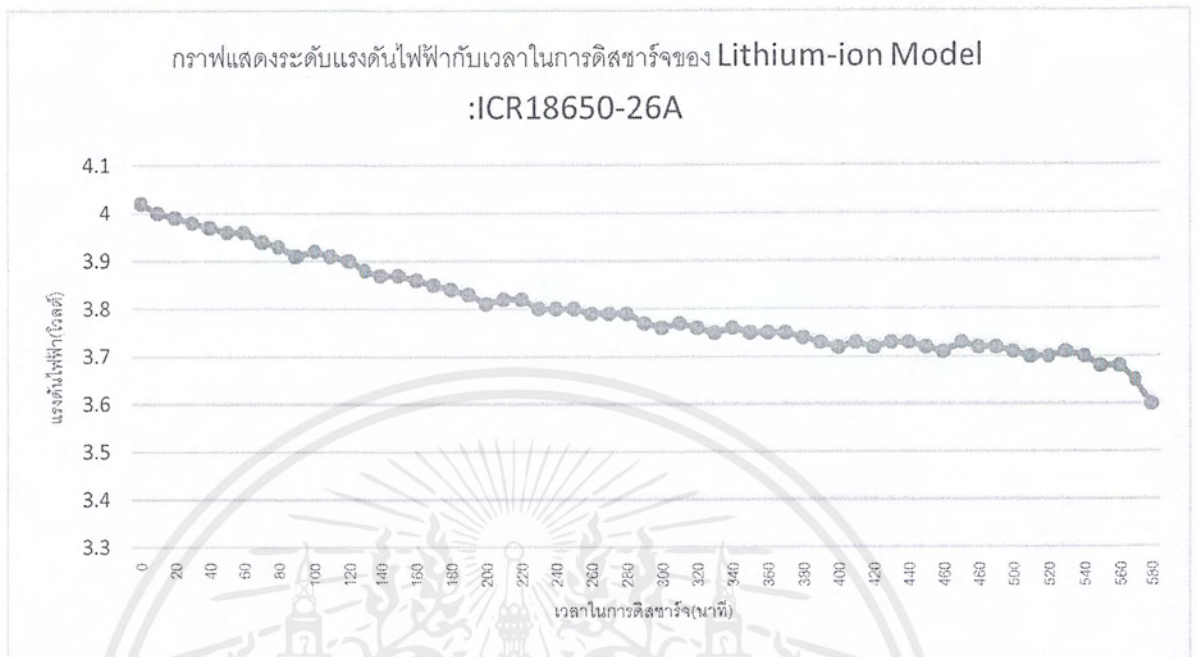
จากกราฟจะเห็นได้ว่ายิ่งระยะทางมากขึ้นเท่าไรค่าเปอร์เซ็นต์คลาดเคลื่อนจะมีค่ามากขึ้นเนื่องจากการทำงานที่ผิดปกติที่เซนเซอร์บนสุดทำให้การประมวลผลมีความผิดพลาดมากเมื่อระยะทางไกลขึ้น ค่าระยะทางที่มีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนมากที่สุดอยู่ที่ระยะ 50 cm. ซึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 5.60 %

#### 4.5 ผลการทดลองดิสชาร์จแบตเตอรี่

ตารางที่ 4.7 การทดลองระดับแรงดันไฟฟ้ากับระยะเวลา

เวลา (นาท)	ค่าแรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	เวลา (นาท)	ค่าแรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	เวลา (นาท)	ค่าแรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	เวลา (นาท)	ค่าแรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	เวลา (นาท)	ค่าแรงดันไฟฟ้า (โวลต์)
0	4.02	120	3.90	240	3.80	360	3.75	480	3.72
10	4.00	130	3.88	250	3.80	370	3.75	490	3.72
20	3.99	140	3.87	260	3.79	380	3.74	500	3.71
30	3.98	150	3.87	270	3.79	390	3.73	510	3.70
40	3.97	160	3.86	280	3.79	400	3.72	520	3.70
50	3.96	170	3.85	290	3.77	410	3.73	530	3.71
60	3.96	180	3.84	300	3.76	420	3.72	540	3.70
70	3.94	190	3.83	310	3.77	430	3.73	550	3.68
80	3.93	200	3.81	320	3.76	440	3.73	560	3.68
90	3.91	210	3.82	330	3.75	450	3.72	570	3.65
100	3.92	220	3.82	340	3.76	460	3.71	580	3.60
110	3.91	230	3.80	350	3.75	470	3.73		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 กราฟการทดลองระดับแรงดันไฟฟ้ากับระยะเวลา

กำหนดการแจ้งเตือนจากแบตเตอรี่ที่สามารถใช้งานได้ทั้งหมด 580 นาที จะสามารถแบ่งระดับแบตเตอรี่เป็นช่วงละ 35% ดังนั้นจะมีตัวแบ่งการแจ้งเตือน 2 ตัวแบ่งนั้นคือ 35% และ 75% ซึ่งช่วงแรก (75% - 100%) เริ่มแบ่งที่นาทีที่ 200 และช่วงที่ 2 (35% - 75%) เริ่มแบ่งนาทีที่ 400

## บทที่ 5

### สรุปผลและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผล

จากการทดลองความคลาดเคลื่อนของเซนเซอร์ จะนำมาทำการเขียนโค้ดเพื่อออกแบบระบบที่จะต้องรองรับค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของเซนเซอร์ตามระยะทางดังนี้ ค่าระยะทางของอัลตราโซนิกเซนเซอร์จะมีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนมากที่สุดอยู่ที่ 4 % ค่าระยะทางของอินฟราเรดเซนเซอร์ตัวบนสุดจะมีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนมากที่สุดอยู่ที่ 10.14 % ค่าระยะทางของอินฟราเรดเซนเซอร์ตัวกลางจะมีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนมากที่สุดอยู่ที่ 8.71 % ค่าระยะทางของอินฟราเรดเซนเซอร์ตัวล่างสุดจะมีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนมากที่สุดอยู่ที่ 5.60 % ซึ่งทำให้ระบบแจ้งเตือนข้างหน้ามีความแม่นยำมากขึ้น

ระบบแจ้งเตือนบันไดและระบบแจ้งเตือนข้างหน้าจะใช้ระยะทางจากอินฟราเรดเซนเซอร์ทั้ง 3 ตัว ซึ่งระบบจะต้องรองรับค่าความคลาดเคลื่อนของเซนเซอร์ที่มีความคลาดเคลื่อนสูงสุดนั้นคือความคลาดเคลื่อนของอินฟราเรดเซนเซอร์ตัวกลาง การออกแบบระบบดังกล่าวจะทำให้ไม่ทำให้มีระบบแจ้งเตือนบันไดและข้างหน้าที่แม่นยำมากขึ้น

จากผลการทดลองจะพบว่าแบตเตอรี่ที่สามารถใช้งานได้ทั้งหมด 580 นาที 3 ช่วง ได้แก่ ช่วงแรก(75%-100%)เริ่มแบ่งที่นาฬิกาที่ 200 แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่เหลือประมาณ 3.81 V ขึ้นไปและระดับที่ 2 (35%-70%) เริ่มแบ่งที่นาฬิกาที่ 400 โดยจะมีแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ประมาณ 3.72 V – 3.81 V และช่วงสุดท้าย(น้อยกว่า 35%) มีแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่น้อยกว่า 3.72 V จะทำให้ระบบสามารถทำการแจ้งเตือนปริมาณแบตเตอรี่ทำให้คนตาบอดสามารถทราบและพิจารณาเพื่อนำไปชาร์จเพิ่มหากไม่พอจะใช้งาน

จากการทำงานอย่างเต็มประสิทธิภาพของระบบแจ้งเตือนทั้ง 4 ระบบดังกล่าวมา จะทำให้ไม่ให้อัจฉริยะเพื่อคนตาบอดจะสามารถอำนวยความสะดวกให้กับคนตาบอดในการเดินทางได้มากขึ้น

#### 5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการทำงานของอุปกรณ์อาจมีความคลาดเคลื่อนของการวัดค่าหรือแสดงผลอันเนื่องมาจากพลังงานไฟฟ้าที่เป็นไฟเลี้ยงจากแบตเตอรี่ฟาวเวอร์แบงก์มีจำกัด ซึ่งตัวอุปกรณ์นั้นมีปัจจัยอันทำให้เกิดการสูญเสียของพลังงานอยู่มาก ได้แก่ ใช้อุปกรณ์จำนวนมาก ความยาวของสายไฟ เป็นต้น หากจะทำให้ไม่ทำงานได้อย่างแม่นยำมากขึ้นต้องทำการเพิ่มกำลังของแบตเตอรี่ขึ้น ซึ่งต้องแลกมาด้วยน้ำหนักของอุปกรณ์ที่เพิ่มขึ้นมาจากน้ำหนักของแบตเตอรี่ที่มากขึ้นไปด้วย

## บรรณานุกรม

- [1]อาคูอิน์เบสิก(Arduino Basics). “HC-SR04 Ultrasonic Sensor.”  
<http://arduinoasics.blogspot.com/2012/11/arduinoasics-hc-sr04-ultrasonic-sensor.html>.
- [2]อาคูอิน์เบลค(Arduino Blag). “Long Range Infrared Sensor: GP2Y0A02YK0F.”  
<http://arduinomega.blogspot.com/2011/05/infrared-long-range-sensor-gift-of.html>.
- [3]อาคูอิน์อออล(Arduino All). “การใช้งานMicro SD Card Module กับ Arduino.”  
<http://www.arduinoall.com/article/สอน-วิธีใช้งาน-micro-sd-card-module-กับ-arduino-ใช้งาน-ได้-ภายใน-3-นาที>.
- [4]สปาร์คฟัน(Sparkfun). “MP3 Player Shield Hookup.”  
<https://learn.sparkfun.com/tutorials/mp3-player-shield-hookup>.
- [5]SFEMP3Shield. “Arduino SFEMP3Shield Library.”  
<http://mpflaga.github.io/Sparkfun-MP3-Player-Shield-Arduino-Library/>.
- [6]Coleman Benson. “Lesson4- IR Distance Sensor & Push Button.”  
<http://www.robotshop.com/blog/en/arduino-5-minute-tutorials-lesson-4-ir-distance-sensor-push-button-2-3637>.
- [7]อินสตรัคเทเบิล(instructable). “Using a SR04.”  
<http://www.instructables.com/id/Using-a-SR04/>.
- [8]จาโคโปตอททีเค(Jacopo.tk). “Li-ion cells and cold temperatures.”  
<https://jacklithium.wordpress.com/tag/18650/>.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

#include <SPI.h>
#include <SdFat.h>
#include <SdFatUtil.h>
#include <SFEMP3Shield.h>
SdFat sd;
SFEMP3Shield MP3player;
#define echoPin 5
float mxfirststep,mxsecondstep,mnfirststep,mnsecondstep;
long duration, distance;
int lowbat = 0;
int mediatbat = 0;
int highbat = 0;
int bodytrig = 0;
int aheadtrig = 0;
int stairtrig = 0;
int trigbatlow = 0;
int trigbatmedium = 0;
float st = 0;

float sensorValue1, cm1;
float sensorValue2, cm2;
float sensorValue3, cm3;

void setup() {
  Serial.begin (9600);
  pinMode(A4, OUTPUT);
  pinMode(echoPin, INPUT);
  sd.begin(SD_SEL, SPI_HALF_SPEED);
  MP3player.begin();
  int batter = analogRead(A0);
  float volta = batter * (5.0 / 1023.0);
  MP3player.playTrack(1); // สวีตตี้ค๊ะ
  delay(2000);
  if((volta >= 3.81) && (highbat==0)){
  MP3player.playTrack(2); // แบตเหลือมากกว่า 70%
  highbat = highbat+1;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}
if((volta >= 3.72) && (volta .81) && (mediumbat==0)){
MP3player.playTrack(3); // แบตเหลือมากกว่า 35%
mediumbat = mediumbat+1;
}
if((volta .72) && (lowbat==0)){
MP3player.playTrack(4); // แบตเหลือน้อยกว่า 35%
lowbat = lowbat+1;
}
}

void loop() {

digitalWrite(A4, LOW);
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(A4, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(A4, LOW);
duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
distance = duration/58.2;

int bat = analogRead(A0);
float voltage = bat * (5.0 / 1023.0);
sensorValue1 = analogRead(A1);
cm1 = 10650.08 * pow(sensorValue1,-0.935) - 10;
sensorValue2 = analogRead(A2);
cm2 = 10650.08 * pow(sensorValue2,-0.935) - 10;
sensorValue3 = analogRead(A3);
cm3 = 10650.08 * pow(sensorValue3,-0.935) - 10;
st = cm3 - cm2;

mxsecondstep = cm3 - st + 3;
mnsecondstep = cm3 - st - 3;
mxfirststep = cm3 - (2*st) + 3;
mnfirststep = cm3 - (2*st) - 3;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if((voltage >=3.72) && (voltage .81) && (mediumbat==0)){
trigbatmedium = trigbatmedium+1;
if(trigbatmedium >= 100){
MP3player.playTrack(3);
mediumbat = mediumbat+1;
delay(4000);
}
}
if((voltage .72) && (lowbat==0)){
trigbatlow = trigbatlow+1;
if(trigbatlow >= 100){
MP3player.playTrack(4);
lowbat = lowbat+1;
delay(8000);
}
}
if(st >= 22 && st <= 35){

if((cm2 <= mxsecondstep) && (cm2 >= mnsecondstep))
{
if((cm1 > mxfirststep) || (cm1 < mnfirststep)){
stairtrig = 0;
}
if((cm1 <= mxfirststep) && (cm1 >= mnfirststep)){
stairtrig = stairtrig +1;

if(stairtrig >= 2){
MP3player.playTrack(7);// ช้างหน้าบันได

}
}
}
}

if((cm2 > 86.97) || ((cm3 <= 110.04) && (cm3 >=80)))
{

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

aheadtrig = 0;

}

if(cm2 <= 86.97)
{
if((cm3 > 110.14) || (cm3 < 80)){
aheadtrig = aheadtrig +1;
}
if(aheadtrig >= 5){
aheadtrig = 0;
MP3player.playTrack(6) ; //ระวังชนข้างหน้าค่ะ
}
}

if((distance != 0) && (distance > 41.60)){
bodytrig = 0 ;
}
if((distance != 0) && (distance <= 41.60)){
bodytrig = bodytrig +1 ;
if(bodytrig >= 5)
{
MP3player.playTrack(5);
bodytrig = 0; // ระวังลำตัวค่ะ
}
}

}

//track(1) ส่วสี่คี่ค่ะ
//track(2) แบตเหลือมากกว่า 70%
//track(3) แบตเหลือมากกว่า 35%
//track(4) แบตเหลือน้อยกว่า 35% กรุณาชาร์จแบตค่ะ
//track(5) ระวังลำตัวค่ะ
//track(6) ระตัวชนข้างหน้าค่ะ
//track(7) ช้างหน้าบันได

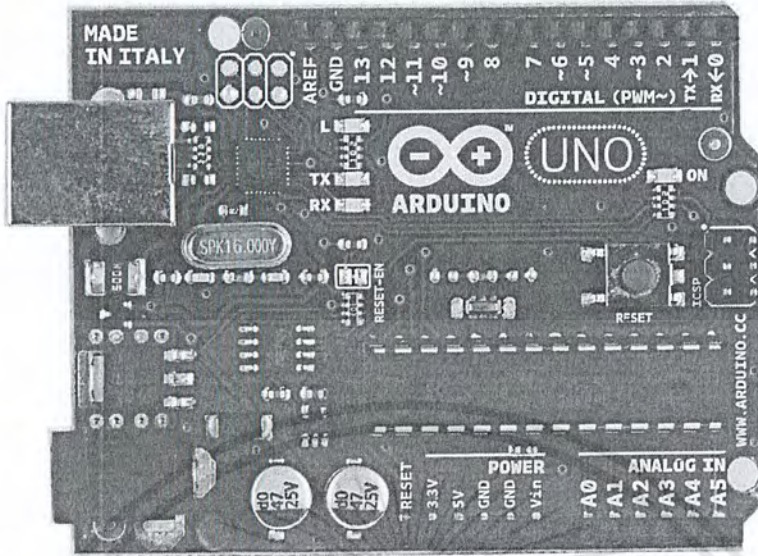
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Arduino UNO



## Product Overview

The Arduino Uno is a microcontroller board based on the ATmega328 ([datasheet](#)). It has 14 digital input/output pins (of which 6 can be used as PWM outputs), 6 analog inputs, a 16 MHz crystal oscillator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started. The Uno differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the Atmega8U2 programmed as a USB-to-serial converter.

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

## Index

Technical Specifications

Page 2

How to use Arduino  
Programming Enviroment, Basic Tutorials

Page 6

Terms & Conditions

Page 7

Enviromental Policies  
half sqm of green via Impatto Zero®

Page 7



radiospares RADIONICS



เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติหนี้ โยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Technical Specification

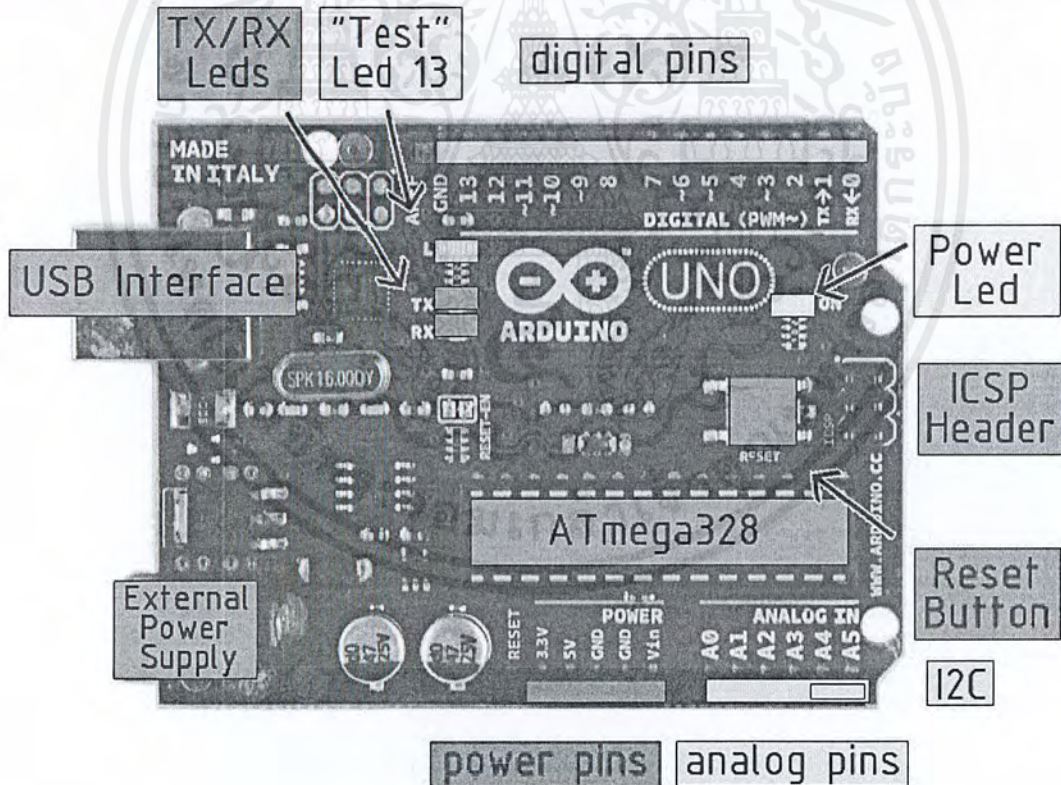


EAGLE files: [arduino-duemilanove-uno-design.zip](#) Schematic: [arduino-uno-schematic.pdf](#)

## Summary

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Clock Speed	16 MHz

## the board



radiospares

RADIONICS



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Power

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

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

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

The power pins are as follows:

- **VIN.** The input voltage to the Arduino board when it's using an external power source (as opposed to 5 volts from the USB connection or other regulated power source). You can supply voltage through this pin, or, if supplying voltage via the power jack, access it through this pin.
- **5V.** The regulated power supply used to power the microcontroller and other components on the board. This can come either from VIN via an on-board regulator, or be supplied by USB or another regulated 5V supply.
- **3V3.** A 3.3 volt supply generated by the on-board regulator. Maximum current draw is 50 mA.
- **GND.** Ground pins.

## Memory

The Atmega328 has 32 KB of flash memory for storing code (of which 0,5 KB is used for the bootloader); It has also 2 KB of SRAM and 1 KB of EEPROM (which can be read and written with the [EEPROM library](#)).

## Input and Output

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

- **Serial: 0 (RX) and 1 (TX).** Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. These pins are connected to the corresponding pins of the ATmega8U2 USB-to-TTL Serial chip .
- **External Interrupts: 2 and 3.** These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the [attachInterrupt\(\)](#) function for details.
- **PWM: 3, 5, 6, 9, 10, and 11.** Provide 8-bit PWM output with the [analogWrite\(\)](#) function.
- **SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK).** These pins support SPI communication, which, although provided by the underlying hardware, is not currently included in the Arduino language.
- **LED: 13.** There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.



RADIOSPARES

RADIONICS



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

- **I<sup>2</sup>C: 4 (SDA) and 5 (SCL).** Support I<sup>2</sup>C (TWI) communication using the [Wire library](#).

There are a couple of other pins on the board:

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

See also the [mapping between Arduino pins and Atmega328 ports](#).

## Communication

The Arduino Uno has a number of facilities for communicating with a computer, another Arduino, or other microcontrollers. The ATmega328 provides UART TTL (5V) serial communication, which is available on digital pins 0 (RX) and 1 (TX). An ATmega8U2 on the board channels this serial communication over USB and appears as a virtual com port to software on the computer. The '8U2 firmware uses the standard USB COM drivers, and no external driver is needed. However, on Windows, an \*.inf file is required..

The Arduino software includes a serial monitor which allows simple textual data to be sent to and from the Arduino board. The RX and TX LEDs on the board will flash when data is being transmitted via the USB-to-serial chip and USB connection to the computer (but not for serial communication on pins 0 and 1).

A [SoftwareSerial library](#) allows for serial communication on any of the Uno's digital pins.

The ATmega328 also support I2C (TWI) and SPI communication. The Arduino software includes a [Wire library](#) to simplify use of the I2C bus; see the [documentation](#) for details. To use the SPI communication, please see the ATmega328 datasheet.

## Programming

The Arduino Uno can be programmed with the Arduino software ([download](#)). Select "Arduino Uno w/ ATmega328" from the **Tools > Board** menu (according to the microcontroller on your board). For details, see the [reference](#) and [tutorials](#).

The ATmega328 on the Arduino Uno comes preburned with a [bootloader](#) that allows you to upload new code to it without the use of an external hardware programmer. It communicates using the original STK500 protocol ([reference](#), [C header files](#)).

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



RADIOSPARES

RADIONICS



## Automatic (Software) Reset

Rather than requiring a physical press of the reset button before an upload, the Arduino Uno is designed in a way that allows it to be reset by software running on a connected computer. One of the hardware flow control lines (DTR) of the ATmega8U2 is connected to the reset line of the ATmega328 via a 100 nanofarad capacitor. When this line is asserted (taken low), the reset line drops long enough to reset the chip. The Arduino software uses this capability to allow you to upload code by simply pressing the upload button in the Arduino environment. This means that the bootloader can have a shorter timeout, as the lowering of DTR can be well-coordinated with the start of the upload.

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

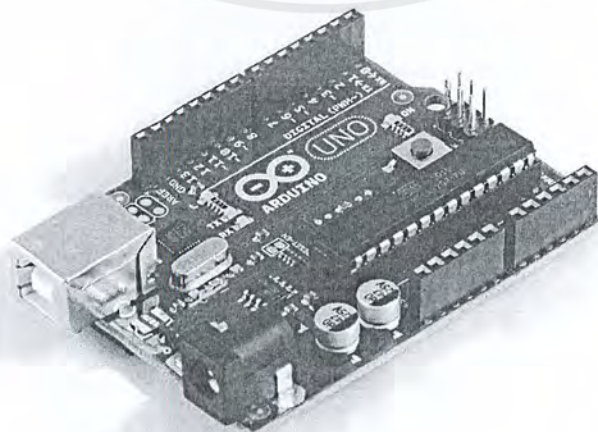
The Uno contains a trace that can be cut to disable the auto-reset. The pads on either side of the trace can be soldered together to re-enable it. It's labeled "RESET-EN". You may also be able to disable the auto-reset by connecting a 110 ohm resistor from 5V to the reset line; see [this forum thread](#)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

## USB Overcurrent Protection

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

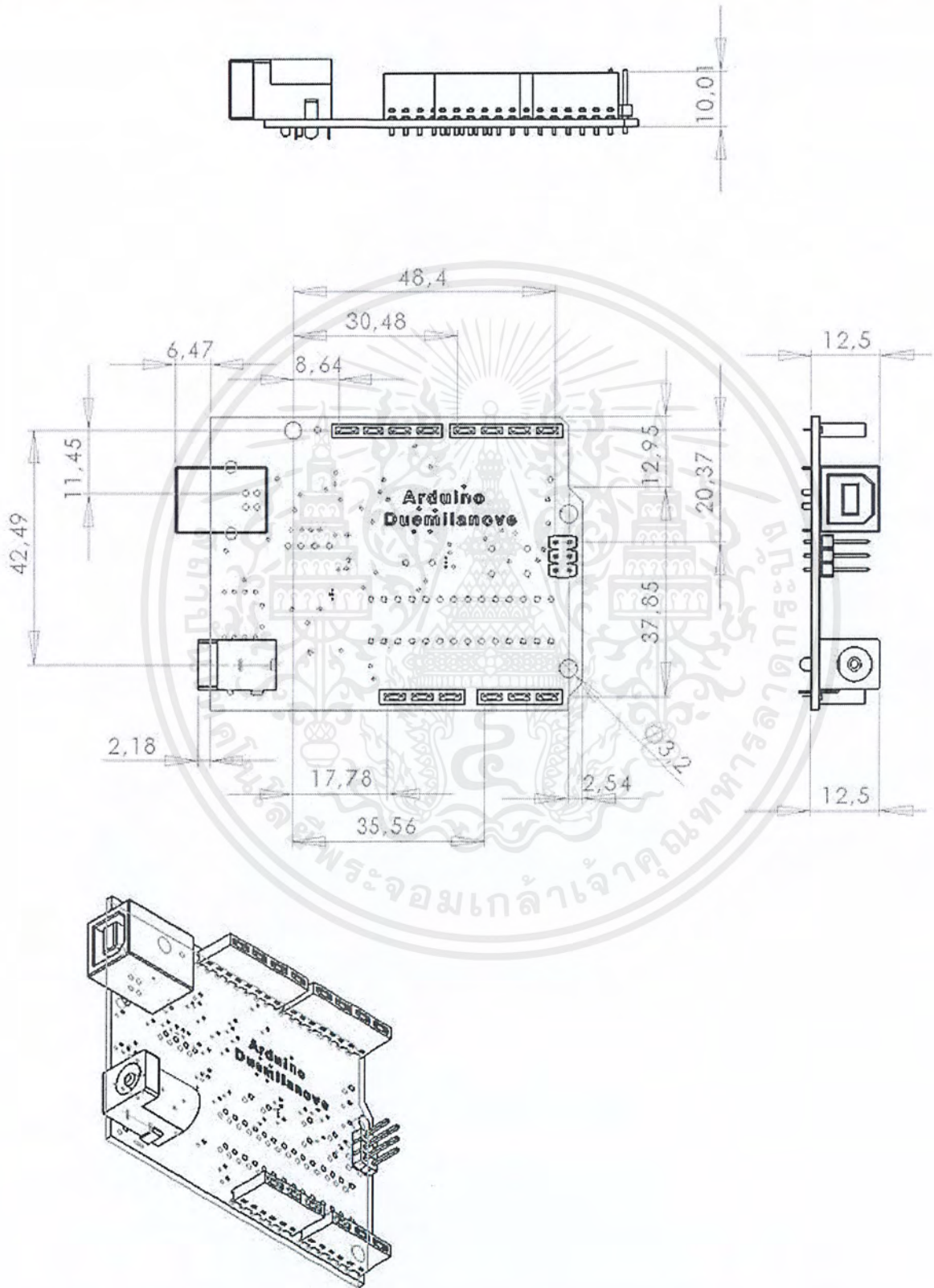
## Physical Characteristics

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





## Dimensioned Drawing



# Terms & Conditions



## 1. Warranties

1.1 The producer warrants that its products will conform to the Specifications. This warranty lasts for one (1) years from the date of the sale. The producer shall not be liable for any defects that are caused by neglect, misuse or mistreatment by the Customer, including improper installation or testing, or for any products that have been altered or modified in any way by a Customer. Moreover, The producer shall not be liable for any defects that result from Customer's design, specifications or instructions for such products. Testing and other quality control techniques are used to the extent the producer deems necessary.

1.2 If any products fail to conform to the warranty set forth above, the producer's sole liability shall be to replace such products. The producer's liability shall be limited to products that are determined by the producer not to conform to such warranty. If the producer elects to replace such products, the producer shall have a reasonable time to replacements. Replaced products shall be warranted for a new full warranty period.

1.3 EXCEPT AS SET FORTH ABOVE, PRODUCTS ARE PROVIDED "AS IS" AND "WITH ALL FAULTS." THE PRODUCER DISCLAIMS ALL OTHER WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED, REGARDING PRODUCTS, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO, ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE

1.4 Customer agrees that prior to using any systems that include the producer products, Customer will test such systems and the functionality of the products as used in such systems. The producer may provide technical, applications or design advice, quality characterization, reliability data or other services. Customer acknowledges and agrees that providing these services shall not expand or otherwise alter the producer's warranties, as set forth above, and no additional obligations or liabilities shall arise from the producer providing such services.

1.5 The Arduino™ products are not authorized for use in safety-critical applications where a failure of the product would reasonably be expected to cause severe personal injury or death. Safety-Critical Applications include, without limitation, life support devices and systems, equipment or systems for the operation of nuclear facilities and weapons systems. Arduino™ products are neither designed nor intended for use in military or aerospace applications or environments and for automotive applications or environment. Customer acknowledges and agrees that any such use of Arduino™ products which is solely at the Customer's risk, and that Customer is solely responsible for compliance with all legal and regulatory requirements in connection with such use.

1.6 Customer acknowledges and agrees that it is solely responsible for compliance with all legal, regulatory and safety-related requirements concerning its products and any use of Arduino™ products in Customer's applications, notwithstanding any applications-related information or support that may be provided by the producer.

## 2. Indemnification

The Customer acknowledges and agrees to defend, indemnify and hold harmless the producer from and against any and all third-party losses, damages, liabilities and expenses it incurs to the extent directly caused by: (i) an actual breach by a Customer of the representation and warranties made under this terms and conditions or (ii) the gross negligence or willful misconduct by the Customer.

## 3. Consequential Damages Waiver

In no event the producer shall be liable to the Customer or any third parties for any special, collateral, indirect, punitive, incidental, consequential or exemplary damages in connection with or arising out of the products provided hereunder, regardless of whether the producer has been advised of the possibility of such damages. This section will survive the termination of the warranty period.

## 4. Changes to specifications

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



## Environmental Policies



The producer of Arduino™ has joined the Impatto Zero® policy of LifeGate.it. For each Arduino board produced is created / looked after half squared Km of Costa Rica's forest's.



radiospares

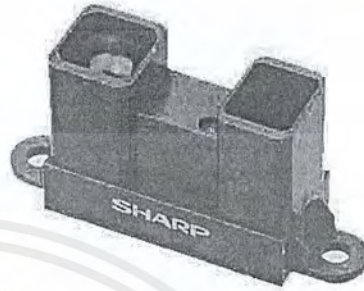
RADIONICS



เอกสารนี้เป็นเอกสารของบริษัทฯ ซึ่งสงวนลิขสิทธิ์ไว้ ไม่สามารถนำออกจำหน่ายโดยไม่ได้รับอนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# GP2Y0A02YK0F

Distance Measuring Sensor Unit  
 Measuring distance: 20 to 150 cm  
 Analog output type



## ■Description

GP2Y0A02YK0F is a distance measuring sensor unit, composed of an integrated combination of PSD (position sensitive detector), IRED (infrared emitting diode) and signal processing circuit.

The variety of the reflectivity of the object, the environmental temperature and the operating duration are not influenced easily to the distance detection because of adopting the triangulation method. This device outputs the voltage corresponding to the detection distance. So this sensor can also be used as a proximity sensor.

## ■Features

1. Distance measuring range : 20 to 150 cm
2. Analog output type
3. Package size : 29.5×13×21.6 mm
4. Consumption current : Typ. 33 mA
5. Supply voltage : 4.5 to 5.5 V

## ■Agency approvals/Compliance

1. Compliant with RoHS directive (2002/95/EC)

## ■Applications

1. Touch-less switch  
(Sanitary equipment, Control of illumination, etc.)
2. Sensor for energy saving  
(ATM, Copier, Vending machine, Laptop computer, LCD monitor)
3. Amusement equipment  
(Robot, Arcade game machine)

Notice The content of data sheet is subject to change without prior notice.

In the absence of confirmation by device specification sheets, SHARP takes no responsibility for any defects that may occur in equipment using any SHARP devices shown in catalogs, data books, etc. Contact SHARP in order to obtain the latest device specification sheets before using any SHARP device.

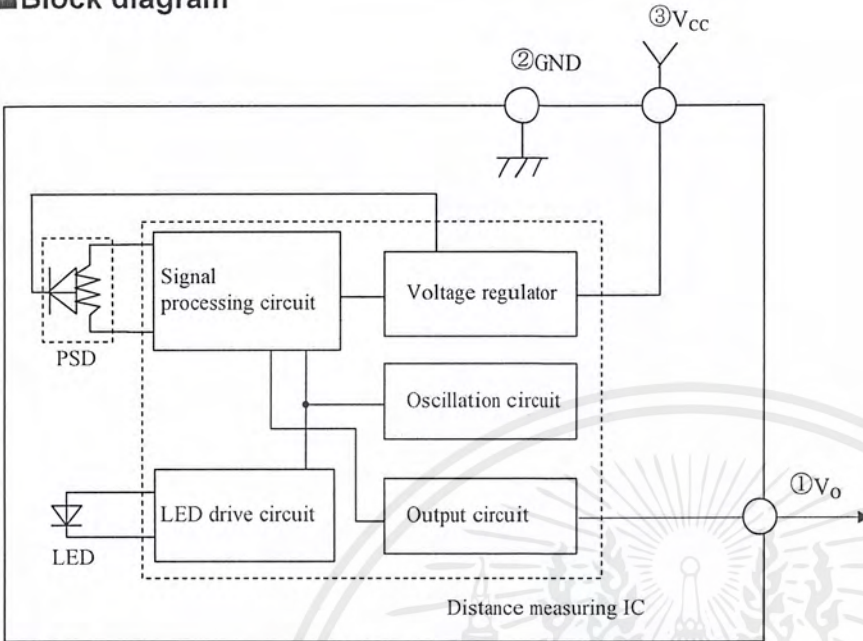
Sheet No.: E4-A00101EN

Date Dec.01.2006

©SHARP Corporation

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีก

### Block diagram



### Outline Dimensions

(Unit : mm)

Stamp (Example)

SHARP  
2Y0A02 F 4 B

Model name      4   B

Production month : Jan. to Sep. ; 1 to 9  
Oct. ; X, Nov. ; Y, Dec. ; Z

Production year : Last digit of prod. year

	Terminal	Symbol
①	Output terminal voltage	$V_O$
②	Ground	GND
③	Supply voltage	$V_{CC}$

Note 1. Unspecified tolerances shall be  $\pm 0.3$  mm.  
 Note 2. The connector is made by J.S.T. TRADING COMPANY, LTD. and its part number is S3B-PH.  
 Note 3. The dimensions in parenthesis are shown for reference.  
 Note 4. The dimension marked by "\*" show a distance from/to the center of an internal optical slit.

Product mass : approx. 4.8g

### ■ Absolute Maximum Ratings (T<sub>a</sub>=25°C, V<sub>CC</sub>=5V)

Parameter	Symbol	Rating	Unit
Supply voltage	V <sub>CC</sub>	-0.3 to +7	V
Output terminal voltage	V <sub>O</sub>	-0.3 to V <sub>CC</sub> +0.3	V
Operating temperature	T <sub>opr</sub>	-10 to +60	°C
Storage temperature	T <sub>stg</sub>	-40 to +70	°C

### ■ Electro-optical Characteristics (T<sub>a</sub>=25°C, V<sub>CC</sub>=5V)

Parameter	Symbol	Conditions	MIN.	TYP.	MAX.	Unit
Average supply current	I <sub>CC</sub>	L=150cm (Note 1)	—	33	50	mA
Measuring distance range	ΔL	(Note 1)	20	—	150	cm
Output voltage	V <sub>O</sub>	L=150cm (Note 1)	0.25	0.4	0.55	V
Output voltage differential	ΔV <sub>O</sub>	Output voltage difference between L=20cm and L=150cm (Note 1)	1.8	2.05	2.3	V

\* L : Distance to reflective object

Note 1 : Using reflective object : White paper (Made by Kodak Co., Ltd. gray cards R-27•white face, reflectance; 90%)

### ■ Recommended operating conditions

Parameter	Symbol	Conditions	Rating	Unit
Supply voltage	V <sub>CC</sub>		4.5 to 5.5	V

Fig. 1 Timing chart

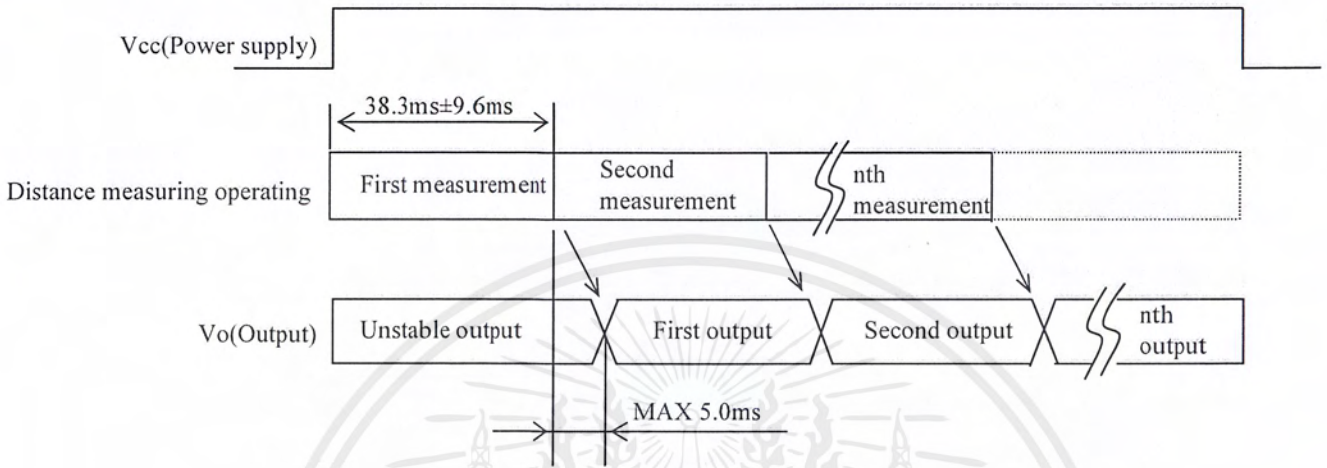
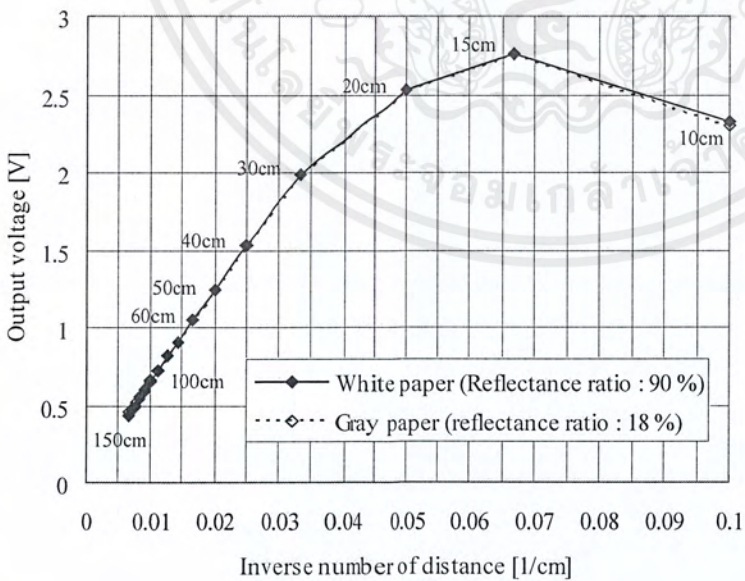
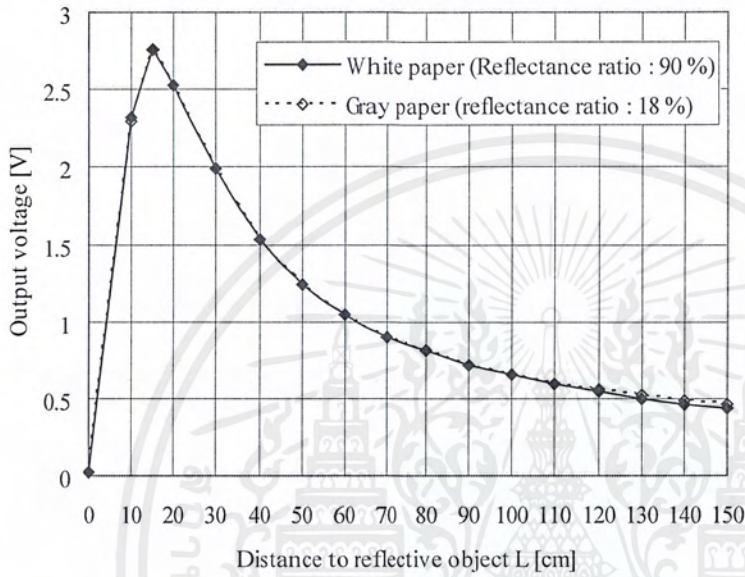


Fig. 2 Example of distance measuring characteristics (output)



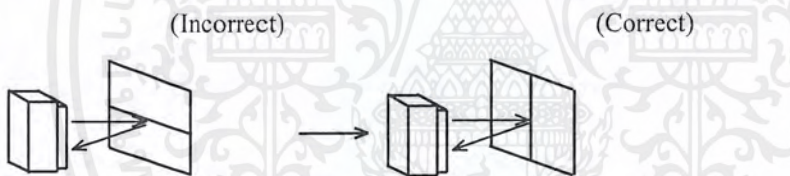
## ■ Notes

### ● Advice for the optics

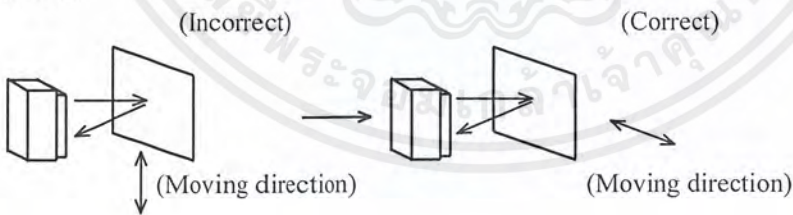
- The lens of this device needs to be kept clean. There are cases that dust, water or oil and so on deteriorate the characteristics of this device. Please consider in actual application.
- Please don't do washing. Washing may deteriorate the characteristics of optical system and so on. Please confirm resistance to chemicals under the actual usage since this product has not been designed against washing.

### ● Advice for the characteristics

- In case that an optical filter is set in front of the emitter and detector portion, the optical filter which has the most efficient transmittance at the emitting wavelength range of LED for this product ( $\lambda = 850 \pm 70\text{nm}$ ), shall be recommended to use. Both faces of the filter should be mirror polishing. Also, as there are cases that the characteristics may not be satisfied according to the distance between the protection cover and this product or the thickness of the protection cover, please use this product after confirming the operation sufficiently in actual application.
- In case that there is an object near to emitter side of the sensor between sensor and a detecting object, please use this device after confirming sufficiently that the characteristics of this sensor do not change by the object.
- When the detector is exposed to the direct light from the sun, tungsten lamp and so on, there are cases that it can not measure the distance exactly. Please consider the design that the detector is not exposed to the direct light from such light source.
- Distance to a mirror reflector can not be sometimes measured exactly.  
In case of changing the mounting angle of this product, it may measure the distance exactly.
- In case that reflective object has boundary line which material or color etc. are excessively different, in order to decrease deviation of measuring distance, it shall be recommended to set the sensor that the direction of boundary line and the line between emitter center and detector center are in parallel.



- In order to decrease deviation of measuring distance by moving direction of the reflective object, it shall be recommended to set the sensor that the moving direction of the object and the line between emitter center and detector center are vertical.



### ● Advice for the power supply

- In order to stabilize power supply line, we recommend to insert a by-pass capacitor of  $10\mu\text{F}$  or more between Vcc and GND near this product.

### ● Notes on handling

- There are some possibilities that the internal components in the sensor may be exposed to the excessive mechanical stress. Please be careful not to cause any excessive pressure on the sensor package and also on the PCB while assembling this product.

**● Presence of ODC etc.**

This product shall not contain the following materials.

And they are not used in the production process for this product.

Regulation substances : CFCs, Halon, Carbon tetrachloride, 1.1.1-Trichloroethane (Methylchloroform)

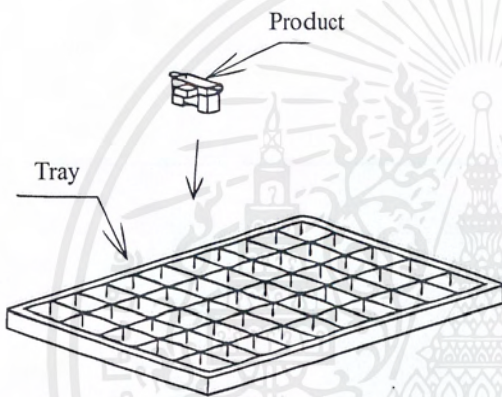
Specific brominated flame retardants such as the PBB and PBDE are not used in this product at all.

This product shall not contain the following materials banned in the RoHS Directive (2002/95/EC).

- Lead, Mercury, Cadmium, Hexavalent chromium, Polybrominated biphenyls (PBB), Polybrominated diphenyl ethers (PBDE).



## ■ Package specification



MAX. 50 pieces per tray

## ■ Important Notices

· The circuit application examples in this publication are provided to explain representative applications of SHARP devices and are not intended to guarantee any circuit design or license any intellectual property rights. SHARP takes no responsibility for any problems related to any intellectual property right of a third party resulting from the use of SHARP's devices.

· Contact SHARP in order to obtain the latest device specification sheets before using any SHARP device. SHARP reserves the right to make changes in the specifications, characteristics, data, materials, structure, and other contents described herein at any time without notice in order to improve design or reliability. Manufacturing locations are also subject to change without notice.

· Observe the following points when using any devices in this publication. SHARP takes no responsibility for damage caused by improper use of the devices which does not meet the conditions and absolute maximum ratings to be used specified in the relevant specification sheet nor meet the following conditions:

(i) The devices in this publication are designed for use in general electronic equipment designs such as:

- Personal computers
- Office automation equipment
- Telecommunication equipment [terminal]
- Test and measurement equipment
- Industrial control
- Audio visual equipment
- Consumer electronics

(ii) Measures such as fail-safe function and redundant design should be taken to ensure reliability and safety when SHARP devices are used for or in connection

with equipment that requires higher reliability such as:

- Transportation control and safety equipment (i.e., aircraft, trains, automobiles, etc.)
- Traffic signals
- Gas leakage sensor breakers
- Alarm equipment
- Various safety devices, etc.

(iii) SHARP devices shall not be used for or in connection with equipment that requires an extremely high level of reliability and safety such as:

- Space applications
- Telecommunication equipment [trunk lines]
- Nuclear power control equipment
- Medical and other life support equipment (e.g., scuba).

· If the SHARP devices listed in this publication fall within the scope of strategic products described in the Foreign Exchange and Foreign Trade Law of Japan, it is necessary to obtain approval to export such SHARP devices.

· This publication is the proprietary product of SHARP and is copyrighted, with all rights reserved. Under the copyright laws, no part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, for any purpose, in whole or in part, without the express written permission of SHARP. Express written permission is also required before any use of this publication may be made by a third party.

· Contact and consult with a SHARP representative if there are any questions about the contents of this publication.

## Ultrasonic Ranging Module HC - SR04

### Product features:

Ultrasonic ranging module HC - SR04 provides 2cm - 400cm non-contact measurement function, the ranging accuracy can reach to 3mm. The modules includes ultrasonic transmitters, receiver and control circuit. The basic principle of work:

- (1) Using IO trigger for at least 10us high level signal,
- (2) The Module automatically sends eight 40 kHz and detect whether there is a pulse signal back.
- (3) IF the signal back, through high level , time of high output IO duration is the time from sending ultrasonic to returning.

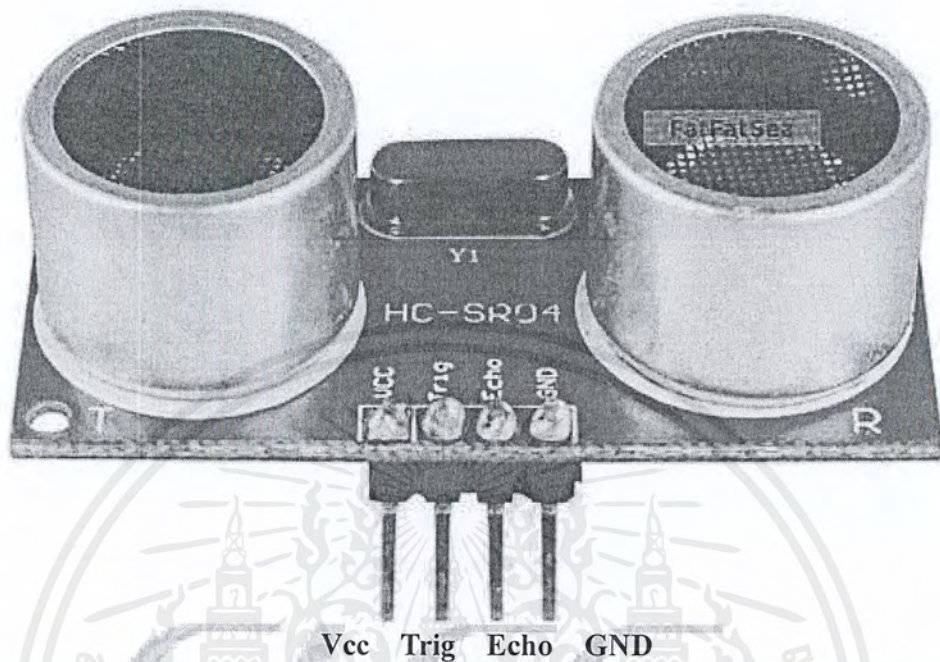
Test distance = (high level time×velocity of sound (340M/S) / 2,

### Wire connecting direct as following:

- 5V Supply
- Trigger Pulse Input
- Echo Pulse Output
- 0V Ground

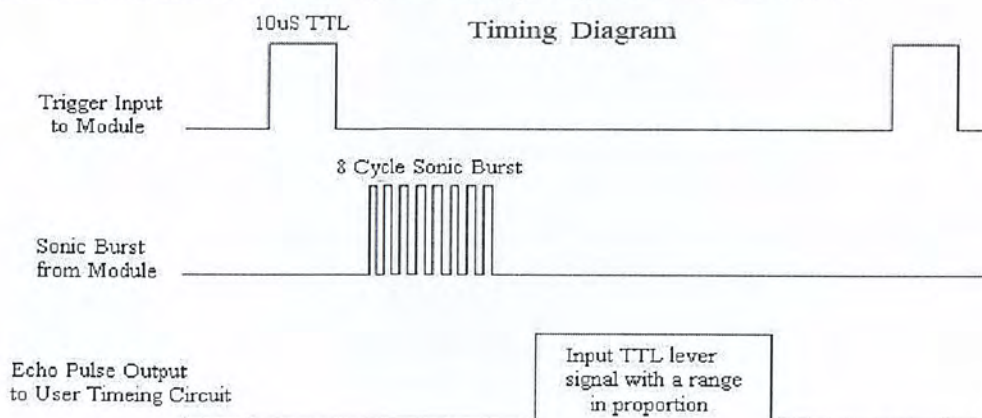
### Electric Parameter

Working Voltage	DC 5 V
Working Current	15mA
Working Frequency	40Hz
Max Range	4m
Min Range	2cm
MeasuringAngle	15 degree
Trigger Input Signal	10uS TTL pulse
Echo Output Signal	Input TTL lever signal and the range in proportion
Dimension	45*20*15mm



## Timing diagram

The Timing diagram is shown below. You only need to supply a short 10uS pulse to the trigger input to start the ranging, and then the module will send out an 8 cycle burst of ultrasound at 40 kHz and raise its echo. The Echo is a distance object that is pulse width and the range in proportion. You can calculate the range through the time interval between sending trigger signal and receiving echo signal. Formula:  $\mu\text{S} / 58 = \text{centimeters}$  or  $\mu\text{S} / 148 = \text{inch}$ ; or: the range = high level time \* velocity (340M/S) / 2; we suggest to use over 60ms measurement cycle, in order to prevent trigger signal to the echo signal.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

---

## Attention:

- The module is not suggested to connect directly to electric, if connected electric, the GND terminal should be connected the module first, otherwise, it will affect the normal work of the module.
- When tested objects, the range of area is not less than 0.5 square meters and the plane requests as smooth as possible, otherwise ,it will affect the results of measuring.

[www.ElecFreaks.com](http://www.ElecFreaks.com)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้