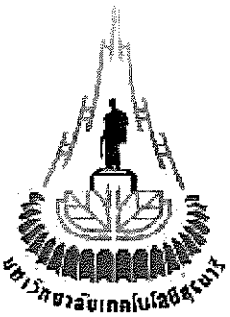


การศึกษาและออกแบบแบบจำลองลานจอดรถอัจฉริยะ

(Design and Study Intelligent Car's Park Model)

โดย

นายพงษ์ประภัทร	ชูหิรัญญ์วัฒน์	รหัสนักศึกษา B5425754
นายกรรธร	เอมนุกูลกิจ	รหัสนักศึกษา B5428298
นายสุวัฒน์	สวนทรง	รหัสนักศึกษา B5428670

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาวิชา 527499 โครงงานวิศวกรรมโทรคมนาคม

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2554

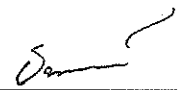
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประจำภาคการศึกษาที่ 3 ปีการศึกษา 2557

การศึกษาและออกแบบจำลองลานจอดรถอัจฉริยะ

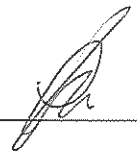
(Design and Study Intelligent Car's Park Model)

คณะกรรมการสอบโครงงาน



(อาจารย์ ดร.ธนเสฏฐ์ ทดศีกรพัฒน์)

กรรมการ/อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิภาวี หัตถกรรม)

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปิยภรณ์ มีสวัสดิ์)

กรรมการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับรายงานโครงงานฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม รายวิชา 527499 โครงงานวิศวกรรมโทรคมนาคม ประจำปีการศึกษา 2557

โครงงาน	การศึกษาและออกแบบแบบจำลองลานจอดรถอัจฉริยะ (Design and Study Intelligent Car's Park Model)
จัดทำโดย	นายพงษ์ประภัทร ชูหิรัญญ์วัฒน์
	นายกรรธร เอมนุกูลกิจ
	นายสุวัฒน์ สวนทรง
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร.ธนเสฏฐ์ ทดศีกรพัฒน์
สาขาวิชา	วิศวกรรมโทรคมนาคม
ภาคการศึกษาที่	3/ 2557

บทคัดย่อ

ปัจจุบันรถยนต์นับว่าเป็นปัจจัยที่จำเป็นต่อมนุษย์ ซึ่งต้องใช้สำหรับการเดินทางในชีวิตประจำวันประกอบกับอุตสาหกรรมรถยนต์มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ทำให้ปริมาณรถยนต์ในปัจจุบันมีจำนวนมากขึ้นจึงทำให้สถานที่ต่างๆ เช่นห้างสรรพสินค้า สถานที่ติดต่อราชการ หรือสถานบันเทิงต่างๆ ทำการสร้างลานจอดรถเพื่อรองรับรถยนต์ที่เข้ามาติดต่อหรือรับบริการ โดยที่ผ่านมาระบบการจัดการลานจอดรถนั้นไม่ค่อยมีคุณภาพในหลายๆด้าน โดยเฉพาะระยะเวลาในการหาที่จอดรถ ซึ่งจะทำให้เสียเวลาเป็นอย่างมากกับปริมาณรถที่เข้ามาจอดในลานจอดรถจำนวนมาก ดังนั้นโครงงานนี้จึงได้นำเสนอระบบที่ออกแบบมาเพื่อแสดงตำแหน่งของช่องจอดรถที่ว่าง และยังสามารถนับจำนวนรถยนต์ที่เข้าออกได้ในแต่ละวัน โดยใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ตัวตรวจรู้ด้วยเสียง และ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เพื่อปรับปรุงระบบลานจอดรถให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานเรื่องการศึกษาและออกแบบแบบจำลองลานจอดรถอัจฉริยะ (Design and Study Intelligent Car's Park Model) สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างยิ่งจาก อาจารย์ ดร.ธนเสฏฐ์ ทดศีกรพัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ผู้ที่เป็นแนวคิดริเริ่มในหัวข้อโครงงานเรื่อง การศึกษาและออกแบบแบบจำลองลานจอดรถอัจฉริยะ (Design and Study Intelligent Car's Park Model) ที่ได้กรุณาช่วยเหลือสนับสนุน ให้คำปรึกษาแนะแนว และขอขอบคุณพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ช่วยตรวจสอบ แก้ไข ข้อบกพร่องในทุกขั้นตอนต่างๆของการจัดทำโครงงานดังกล่าวนี้ นอกจากนี้คณะผู้จัดทำโครงงานขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือคณะผู้จัดทำในด้านต่างๆ

คณะผู้จัดทำโครงงานใคร่ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่คอยให้คำปรึกษา ตลอดจน บิดา มารดา เพื่อนๆทุกคน และ ผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวนามมาไว้ ณ ที่นี้ ที่ได้ให้กำลังใจและมีส่วนช่วยเหลือให้โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี สุดท้ายนี้กลุ่มผู้จัดได้คาดหวังว่าโครงงานนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจไม่มากก็น้อย และ หากโครงงานชิ้นนี้มีข้อผิดพลาดประการใดทางคณะผู้จัดทำโครงงานใคร่ขอน้อมรับและขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

นายพงษ์ประภัทร ชูหิรัญญ์วัฒน์
นายกรรธร เอมนุกูลกิจ
นายสุวัฒน์ สวนทรง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญรูป	ช
สารบัญตาราง	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 บทนำ	1
1.2 ปัญหาและที่มา	2
1.3 ขอบเขตของการทำงาน	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินการ	2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับจากโครงงาน	2
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	3
2.1 บทนำ	3
2.2 อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการออกแบบ	4
2.2.1 เซนเซอร์อัลตร้าโซนิค	4
2.2.1 (ก) หลักการทำงานของอัลตร้าโซนิค	5
2.2.1 (ข) อัลตร้าโซนิคทรานดิวเซอร์	5
2.2.1 (ค) ตัวรับและตัวส่ง (Transceiver)	6
2.2.1 (ง) ตัวส่ง (Transmitter)	6
2.2.1 (จ) ตัวรับ (Receiver)	6
2.2.1 (ข) อัลตร้าโซนิคทรานดิวเซอร์	6
2.2.1 (ฉ) ความถี่และความยาวคลื่น	7
2.2.1 (ช) การหาอัตราเร็วของเสียงในอากาศ	8
2.2.1 (ซ) การตรวจจับเป้าหมายของเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค	9
2.2.1 (ฌ) การวัดระยะทางของวัตถุ	9
2.2.1 (ญ) คุณสมบัติของคลื่นอัลตร้าโซนิค	10
2.2.1 (ฎ) ความสามารถของเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค	10

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.2.1 (ฎ) ข้อดีของอัลตร้าโซนิค	10
2.2.1 (ฐ) ข้อจำกัดของอัลตร้าโซนิค	10
2.2.1 (ฑ) พื้นฐานการทำงานของเซ็นเซอร์อัลตร้าโซนิค	11
2.2.1 (ฒ) การลดสัญญาณรบกวนและสภาวะการทำงาน	12
2.2.1 (ณ) โครงสร้างพื้นฐานของเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค	15
2.2.1 (ด) คุณสมบัติทั่วไปของเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค HCSR-04	16
2.2.1 (ต) การเชื่อมต่อเซนเซอร์อัลตร้าโซนิคกับ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น	16
2.2.2 ไดโอดเปล่งแสง (LED)	19
2.2.2 (ก) ข้อจำกัดในการใช้ไดโอดเปล่งแสง	22
2.2.2 (ข) การเชื่อมต่อไดโอดเปล่งเข้ากับ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น	23
2.2.3 เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor)	
2.2.3(ก) โครงสร้างของเซอร์โวมอเตอร์	26
2.2.3(ข) ส่วนประกอบภายในของเซอร์โวมอเตอร์	27
2.2.3(ค) หลักการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์	28
2.2.3(ง) สัญญาณ RC ในรูปแบบ PWM	28
2.2.3(จ) การเชื่อมต่อเซอร์โวมอเตอร์กับ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น	30
2.2.4 ชุดควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)	33
2.2.4 (ก) จุดเด่นที่ทำให้บอร์ด Arduino เป็นที่นิยม	34
2.2.4 (ข) บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในโครงงาน	34
2.2.4 (ค) บอร์ด Arduino Uno R3	34
- โครงสร้างพื้นฐานของบอร์ด Arduino Uno R3	35
- คุณสมบัติทั่วไปของบอร์ด Arduino Uno R3	36
2.2.4 (ง) บอร์ด Arduino Due	36
- โครงสร้างพื้นฐานของบอร์ด Arduino Due	37

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
- คุณสมบัติทั่วไปของบอร์ด Arduino Due	38
2.3 สรุป	39
บทที่ 3 การออกแบบโครงงาน	40
3.1 บทนำ	40
3.2 องค์ประกอบและหลักการทำงานของส่วนต่างๆภายในแบบจำลอง	40
3.3 วงจรควบคุมการเปิด-ปิด แผงกั้นอัตโนมัติ	41
3.3.1 การเชื่อมต่อวงจรควบคุมการเปิด-ปิด แผงกั้นอัตโนมัติ	42
3.3.2 โค๊ดโปรแกรมสำหรับวงจรควบคุมการเปิด-ปิด แผงกั้นอัตโนมัติ	43
3.4 วงจรตรวจสอบสถานะช่องจอดรถ	45
3.3.1 การเชื่อมต่อวงจรตรวจสอบสถานะช่องจอดรถแบบพอสังเขป	46
3.3.2 โค๊ดโปรแกรมสำหรับวงจรตรวจสอบสถานะช่องจอดรถ	48
3.5 วงจรแสดงสถานะช่องจอดรถระบบประสานเวลา	61
3.6 สรุป	61
บทที่ 4 ผลการทดสอบ	62
4.1 บทนำ	62
4.2 การทดสอบชิ้นงาน	63
4.2.1 การทดสอบการตรวจจับของเซนเซอร์สำหรับ วงจรควบคุมคมแผงกั้นอัตโนมัติ	64
4.2.2 ผลการทดสอบการตรวจจับของเซนเซอร์สำหรับ วงจรควบคุมแผงกั้นอัตโนมัติ	65
4.2.3 การทดสอบการตรวจจับเซนเซอร์สำหรับ วงจรตรวจสอบสถานะช่องจอดรถ	66
4.2.4 ผลการทดสอบการตรวจจับของเซนเซอร์สำหรับ วงจรตรวจสอบสถานะช่องจอดรถ	67
4.3 สรุป	70
บทที่ 5 บทสรุปของโครงงาน	71
5.1 บทนำ	71

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
5.2 ข้อเสนอแนะ	71
5.3 แนวทางการพัฒนา	72
ประวัติผู้เขียน	73
ภาคผนวก	74
ภาคผนวก ก	75
ภาคผนวก ข	88
บรรณานุกรม	97

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป

รายการ	หน้า
รูปที่ 2.1 เซนเซอร์อัลตร้าโซนิค (Ultrasonic Sensor)	4
รูปที่ 2.2 การทำงานของเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค	5
รูปที่ 2.3 ตัวอย่างการเขียนสัญลักษณ์ของอัลตร้าโซนิคทรานดิวเซอร์แบบต่างๆกัน	9
รูปที่ 2.4 แผนภาพอธิบายขั้นตอนวิธีการทำงานพื้นฐานของเซนเซอร์	11
รูปที่ 2.5 คุณลักษณะการตรวจจับการเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค	12
รูปที่ 2.6 การตรวจจับวัตถุในพื้นผิวต่างๆของเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค	13
รูปที่ 2.7 การตรวจจับสิ่งของเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค	13
รูปที่ 2.8 การเบี่ยงเบนคลื่นเสียงของเซนเซอร์อัลตราโซนิค	14
รูปที่ 2.9 โครงสร้างพื้นฐานของเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค HCSR-04	15
รูปที่ 2.10 การเชื่อมต่อบอร์ด Arduino กับเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค HCSR-04	16
รูปที่ 2.11 ผลลัพธ์จากการรันโปรแกรมที่ Serial Monitor	18
รูปที่ 2.12 ไดโอดเปล่งแสง (LED)	19
รูปที่ 2.13 สัญลักษณ์และตัวถังของไดโอดเปล่งแสง	20
รูปที่ 2.14 วงจรใช้งานปกติของไดโอดเปล่งแสง	21
รูปที่ 2.15 การนำไดโอดเปล่งแสงมาใช้กับไฟสลับแรงดันต่ำ	23
รูปที่ 2.16 การเชื่อมบอร์ด Arduino กับ ไดโอดเปล่งแสง (LED) เบื้องต้น	23
รูปที่ 2.17 ผลลัพธ์จากรันโปแกรมของการเชื่อมต่อ LED กับ บอร์ด Arduino	24
รูปที่ 2.18 เซอร์โวมอเตอร์	25
รูปที่ 2.19 ส่วนประกอบภายนอกของเซอร์โวมอเตอร์	26
รูปที่ 2.20 ส่วนประกอบภายในของเซอร์โวมอเตอร์	27
รูปที่ 2.21 การควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ด้วยสัญญาณ RC โดยใช้ RC Remote	28
รูปที่ 2.22 ความกว้างของสัญญาณพัลส์ไว้ที่ 1 msตัว Servo Motor จะหมุนไปทางด้ายซ้าย จนสุด	29
รูปที่ 2.23 ความกว้างของสัญญาณพัลส์ไว้ที่ 2 msตัว Servo Motor จะหมุนไปยังตำแหน่ง ขวาสุด	29
รูปที่ 2.24 ความกว้างของสัญญาณพัลส์ไว้ที่ 1.5 msตัว Servo Motor ก็จะหมุนมาอยู่ที่ ตำแหน่งตรงกลางพอดี	29

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป

รายการ	หน้า
รูปที่ 2.25 ความกว้างของสัญญาณพัลส์ 249.75 us ตัว Servo Motor จะหมุนไปทำมุมที่ 45องศา	30
รูปที่ 2.26 การเชื่อมต่อบอร์ด Arduino เข้ากับเซอร์โวมอเตอร์	30
รูปที่ 2.27 Servo Motor จะหมุนไปที่ตำแหน่ง 0 องศา และ หยุดเป็นเวลา 1 วินาที	31
รูปที่ 2.28 Servo Motor จะหมุนไปที่ตำแหน่ง 90 องศา และ หยุดเป็นเวลา 1 วินาที	32
รูปที่ 2.29 Servo Motor จะหมุนไปที่ตำแหน่ง 180 องศา และ หยุดเป็นเวลา 1 วินาที จากนั้นจะหมุนกลับไปที่ตำแหน่ง 0 องศา และวนรอบไปเช่นนี้เรื่อยๆ	32
รูปที่ 2.30 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino รุ่นต่างๆ	33
รูปที่ 2.31 บอร์ด Arduino Uno R3	34
รูปที่ 2.32 โครงสร้างพื้นฐานของบอร์ด Arduino Uno R3	35
รูปที่ 2.33 บอร์ด Arduino DUE	36
รูปที่ 2.34 โครงสร้างพื้นฐานของบอร์ด Arduino Due	37
รูปที่ 3.1 แผนภาพไดอะแกรมของวงจรภายในแบบจำลอง	40
รูปที่ 3.2 แผนภาพไดอะแกรมของวงจรควบคุมการเปิด-ปิด แผงกั้นอัตโนมัติ	41
รูปที่ 3.3 การเชื่อมต่อวงจรควบคุมการเปิด-ปิด แผงกั้นอัตโนมัติ	42
รูปที่ 3.4 แผนภาพไดอะแกรมวงจรตรวจสอบสถานะช่องจอดรถ	47
รูปที่ 3.5 แผนภาพการเชื่อมต่อระหว่างเซนเซอร์อัลตร้าโซนิคกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์	48
รูปที่ 3.6 แผนภาพการเชื่อมต่อระหว่างบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์กับไดโอดเปล่งแสง (LED) พอสังเขป	49
รูปที่ 3.7 วงจรแสดงสถานะช่องจอดรถระบบประสานเวลา	61
รูปที่ 4.1 แบบจำลานจอดรถพร้อมอุปกรณ์ทดสอบ	63
รูปที่ 4.2 แบบจำลานทางเข้าลานจอดรถพร้อมอุปกรณ์ทดสอบ	64
รูปที่ 4.3 (ก) การทำงานของวงจรตรวจสอบสถานะช่องจอดรถกรณีที่ยังไม่มีรถยนต์เข้ามาจอดในช่องจอดรถ	66
รูปที่ 4.3 (ข) การทำงานของวงจรตรวจสอบสถานะช่องจอดรถกรณีที่ยังมีรถยนต์เข้ามาจอดในช่องจอดรถ	66

สารบัญตาราง

รายการ	หน้า
ตารางที่ 2.1 ตารางคุณสมบัติทั่วไปของไดโอดเปล่งแสง	20
ตารางที่ 2.2 ตารางกำหนดค่าตัวต้านทานอนุกรมของไดโอดเปล่งแสง	21
ตารางที่ 4.1(ก) ผลการทดสอบการตรวจจับของเซนเซอร์สำหรับวงจรควบคุมแผงกั้นเปิด-ปิด อัตโนมัติ กรณีที่มีรถผ่านทางเข้า	65
ตารางที่ 4.1(ข) ผลการทดสอบการตรวจจับของเซนเซอร์สำหรับวงจรควบคุมแผงกั้นเปิด-ปิด อัตโนมัติ กรณีที่มีรถผ่านทางออก	65
ตารางที่ 4.2(ก) ตารางผลการทดสอบการตรวจจับรถของเซนเซอร์สำหรับ วงจรตรวจสอบสถานะช่องจอดรถที่ 1- 5 กรณีที่ไม่มีรถจอด	67
ตารางที่ 4.2(ข) ตารางผลการทดสอบการตรวจจับรถของเซนเซอร์สำหรับ วงจรตรวจสอบสถานะช่องจอดรถที่ 6- 10 กรณีที่ไม่มีรถจอด	68
ตารางที่ 4.3(ก) ตารางผลการทดสอบการตรวจจับรถของเซนเซอร์สำหรับ วงจรตรวจสอบสถานะช่องจอดรถที่ 1- 5 กรณีที่มีรถจอด	69
ตารางที่ 4.3(ข) ตารางผลการทดสอบการตรวจจับรถของเซนเซอร์สำหรับ วงจรตรวจสอบสถานะช่องจอดรถที่ 6- 10 กรณีที่มีรถจอด	70

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ปัญหาและที่มาของโครงงาน

ปัจจุบันรถยนต์นับว่าเป็นปัจจัยที่จำเป็นต่อมนุษย์ซึ่งต้องใช้สำหรับการเดินทางในชีวิตประจำวันประกอบกับอุตสาหกรรมรถยนต์มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ทำให้ปริมาณรถยนต์ในปัจจุบันมีจำนวนมากขึ้นจึงทำให้สถานที่ต่างๆ เช่นห้างสรรพสินค้า สถานที่ติดต่อราชการ หรือสถานบันเทิงต่างๆ ทำการสร้างลานจอดรถเพื่อรองรับรถยนต์ที่เข้ามาติดต่อหรือรับบริการ โดยที่ผ่านมาระบบการจัดการลานจอดรถนั้นไม่ค่อยมีคุณภาพในหลายๆด้าน โดยเฉพาะระยะเวลาในการหาที่จอดรถ ซึ่งจะทำให้เสียเวลาเป็นอย่างมากกับปริมาณรถที่เข้ามาจอดในลานจอดรถจำนวนมาก ดังนั้นโครงงานนี้จึงได้นำเสนอระบบที่ออกแบบมาเพื่อแสดงตำแหน่งของช่องจอดรถที่ว่าง และยังสามารถนับจำนวนรถยนต์ที่เข้าออกได้ในแต่ละวัน โดยใช้เซนเซอร์อัลตร้าโซนิคบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ และ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เพื่อปรับปรุงระบบลานจอดรถให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อศึกษาการทำงานของเซนเซอร์อัลตราโซนิค(Ultrasonic Sensor)
2. เพื่อศึกษาการตรวจจับการเคลื่อนไหว การตรวจจับและตรวจสอบขนาดรูปร่างของวัตถุด้วยตัวส่งแสง (emitter) และ ตัวรับแสง (receiver)
3. เพื่อศึกษาการเขียนโปรแกรมสำหรับสั่งการอุปกรณ์ต่างๆภายในวงจรของระบบ
4. เพื่อศึกษาการออกแบบ และ การเชื่อมต่ออุปกรณ์ด้วยสัญญาณจากคอมพิวเตอร์
5. เพื่อศึกษาการทำงานของระบบเซนเซอร์ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

1.3 ขอบเขตการทำงาน

1. ศึกษาการทำงานของเซนเซอร์แสงในแบบจำลองลานจอดรถ

2. ศึกษาการตรวจจับการเคลื่อนไหว การตรวจจับและตรวจสอบขนาดของวัตถุด้วยตัวส่ง (emitter) และ ตัวรับ (receiver)

3. เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานระหว่างบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ และ ระบบเซนเซอร์ภายในแบบจำลองลานจอดรถ

4. ออกแบบวงจรเชื่อมต่อเพื่อใช้งานภายในระบบเซนเซอร์ด้วยไมโครคอนโทรเลอร์

5. ออกแบบกลไกในการควบคุมระบบเซนเซอร์ในแบบจำลองลานจอดรถ

6. สร้างอุปกรณ์ทั้งหมดตามต้นแบบและทดสอบเพื่อให้ได้ตามวัตถุประสงค์

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาข้อจำกัดในการใช้งานและปัญหาของลานจอดรถในสถานที่จริง

2. ศึกษาการทำงานของเซนเซอร์อัลตราโซนิค และ อุปกรณ์อิเล็กทรอกนิกส์ ต่างๆ

3. ศึกษาการเขียนโปรแกรมควบคุมของชุดควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์

4. ออกแบบวงจรที่ใช้สำหรับการทดสอบ

5. ทำการทดสอบวงจรที่ใช้สำหรับการทดสอบในสถานที่จริง และ ห้องปฏิบัติการ

6. วิเคราะห์และปรับปรุงแก้ไขวงจร

7. รวบรวมข้อมูลและขั้นตอนการทำงานทั้งหมดเพื่อจัดทำเอกสาร

8. นำเสนอโครงงาน

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับจากโครงงาน

1. สามารถนำความรู้ที่ได้มาใช้ประกอบวิชาชีพได้

2. สามารถนำเอาความรู้ในทฤษฎีมาประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติได้

3. สามารถทำงานร่วมกันเป็นทีมได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

2.1บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องที่ใช้ในการทำโครงงานนี้ โดยในส่วนนี้จะกล่าวถึงหลักการทำงานของเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค,ไดโอดเปล่งแสง **(LED)**,เซอโวมอเตอร์ และ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ **Arduino** ที่เราได้นำมาประยุกต์ใช้กับโครงงานนี้

อัลตร้าโซนิคหมายถึง คลื่นเสียงที่มีความถี่สูงเกินกว่าที่หูมนุษย์จะได้ยิน โดยทั่วไปแล้วหูของมนุษย์โดยเฉลี่ยจะได้ยินเสียงสูงถึงเพียงแค่ประมาณ 20 kHz เท่านั้น แต่พวกที่อายุยังน้อย ๆ อาจจะได้ยินเสียงที่มีความถี่สูงกว่านี้ได้ ดังนั้นโดยปกติแล้วคำว่าอัลตร้าโซนิคจึงมักจะหมายถึงคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงกว่า20kHzขึ้นไปจะสูงขึ้นจนถึงเท่าใดไม่ได้ระบุจำกัดเอาไว้สาเหตุที่มีการนำเอาคลื่นย่านอัลตร้าโซนิคมาใช้ก็เพราะว่าเป็นคลื่นทีมีทิศทางทำให้เราสามารถเล็งคลื่นเสียงไปยังเป้าหมายที่ต้องการได้โดยเจาะจง เรื่องนี้เป็นคุณสมบัติของคลื่นอย่างหนึ่ง ยิ่งคลื่นมีความถี่สูงขึ้นความยาวคลื่นก็จะยิ่งสั้นลง ถ้าความยาวคลื่นยาวกว่าช่องเปิด (ที่ให้เสียงนั้นออกมา)ของตัวกำเนิดเสียงความถี่นั้นเช่น คลื่นความถี่ 300 Hz ในอากาศจะมีความยาวถึงประมาณ 1 เมตรเศษ ๆ ซึ่งจะยาวกว่าช่องที่ให้คลื่นเสียงออกมาจากตัวกำเนิดเสียงโดยทั่วไปมากมายคลื่นจะหักเบนที่ขอบด้านนอกของตัวกำเนิดเสียงทำให้เกิดการกระจายทิศทางคลื่นแต่ถ้าความถี่สูงขึ้นมาอยู่ในย่านอัลตร้าโซนิค อย่างเช่น 40 kHz จะมีความยาวคลื่นในอากาศเพียงประมาณ 8 มม. เท่านั้นซึ่งเล็กกว่ารูเปิดของตัวที่ให้กำเนิดเสียงความถี่นี้มากคลื่นเสียงจะไม่มีการเลี้ยวเบนที่ขอบจึงพุ่งออกมาเป็นลำแคบๆหรือที่เราเรียกว่า"มีทิศทาง"

การมีทิศทางของคลื่นเสียงย่านอัลตร้าโซนิคทำให้เรานำไปใช้งานได้หลายอย่าง เช่น นำไปใช้ในเครื่องควบคุมระยะไกล (Ultrasonic remote control) เครื่องล้างอุปกรณ์ (Ultrasonic cleaner) โดยให้น้ำสั่นที่ความถี่สูง เครื่องวัดความหนาของวัตถุโดยสังเกตระยะเวลาที่คลื่นสะท้อนกลับมา เครื่องวัดความลึกและทำแผนที่ใต้ท้องทะเล ใช้ในเครื่องหาตำแหน่งอวัยวะบางส่วนในร่างกาย ใช้ทดสอบการรั่วไหลของท่อ เป็นต้น โดยความถี่ที่ใช้ขึ้นอยู่กับการใช้งาน เช่น คลื่นเสียง

ต้องเดินทางผ่านอากาศแล้ว ความถี่ที่ใช้ก็มักจะจำกัดอยู่เพียงไม่เกิน 50 kHz เพราะที่ความถี่สูงขึ้นกว่านี้อากาศจะดูดกลืนคลื่นเสียงเพิ่มขึ้นมาก ทำให้ระดับความแรงของคลื่นเสียงที่ระยะห่างออกไปลดลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งคลื่นอัลตร้าโซนิคนั้นจะมีความยาวคลื่นมากขึ้นก็ต่อเมื่อมีความถี่ต่ำ โดยความถี่ของคลื่นเสียงที่มนุษย์ได้ยินจะอยู่ในช่วง

2.2อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการออกแบบ

2.2.1 เซนเซอร์อัลตร้าโซนิค(Ultrasonic Sensor)

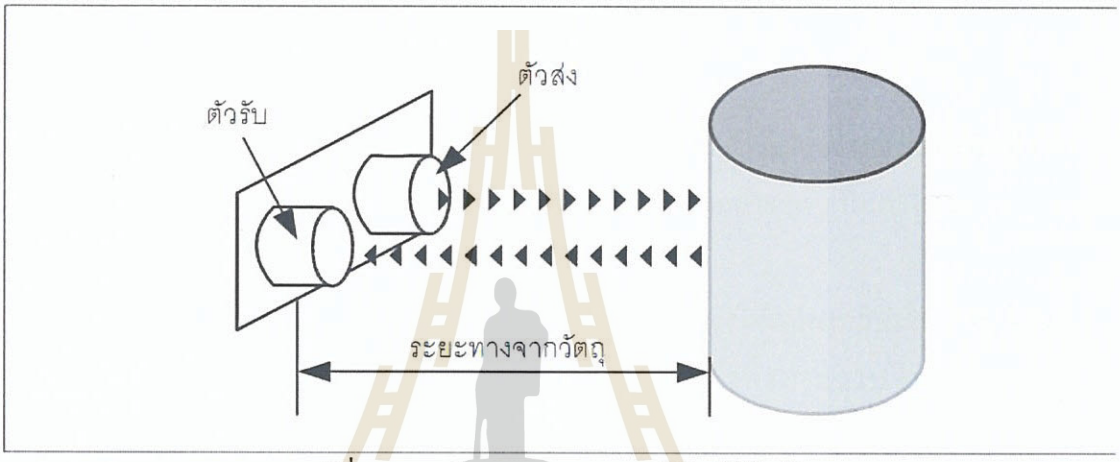
รูปที่ 2.1 เซนเซอร์อัลตร้าโซนิค HCSR-04

อัลตร้าโซนิคเซนเซอร์ เป็นอุปกรณ์ทำงานด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง ที่มนุษย์ไม่สามารถได้ยินโดยหลักใช้ในการวัดระยะทางจากการวัดเวลาที่เสียงใช้ในการเดินทางไปกระทบวัตถุและสะท้อนกลับมา ซึ่งเป็นหลักการเดียวกับสัตว์ตามธรรมชาติอย่างเช่นค้างคาว ที่แม้ตาจะมองไม่เห็นแต่ค้างคาวใช้การฟังเสียงสะท้อนในการเดินทาง และมนุษย์เองก็ได้ความรู้เหล่านี้มาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ เช่น การนำมาใช้กับรถยนต์เพื่อเป็นตัวกำหนดสัญญาณเตือนว่ามีวัตถุอยู่ในระยะใกล้ (เซนเซอร์ถอยหลังสำหรับรถยนต์) รวมถึงมีการนำใช้ในเครื่องวัดความหนาของวัตถุ โดยสังเกตระยะเวลาที่คลื่นสะท้อนกลับมา เครื่องวัดความลึกซึ่งมีการนำมาใช้อย่างแพร่หลายในการผลิตเนื้อสัตว์ เพื่อวัดความหนาของชั้นไขมันในสัตว์ขณะที่ยังมีชีวิตอยู่และในซากสัตว์เพื่อประเมินคุณภาพซากสัตว์ในโรงฆ่าสัตว์ และ ประเมินความนุ่มของเนื้อสัตว์ (meat tenderness) เป็นต้น

2.2.1(ก) หลักการทำงานของอัลตร้าโซนิค

อัลตร้าโซนิคเป็นคลื่นที่มีความถี่สูงขึ้น มีทิศทางแน่นอนและไม่มีการเลี้ยวเบนโดยอัลตร้าโซนิค จะแบ่งเป็น 2 ส่วน ดังนี้

- **Transmitter** เป็น แหล่งให้กำเนิดเสียงอัลตร้าโซนิค
- **Receiver** เป็น ตัวรับคลื่นเสียงที่สะท้อนกลับมา



รูปที่ 2.2การทำงานของเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค

จากรูปที่ 2.3 หลักการทำงานของโมดูลนี้ คือการส่งคลื่นทรงสี่เหลี่ยม แปดลูกคลื่นที่ความถี่ 40kHz (ซึ่งเป็นความถี่ที่สูงกว่าคนจะได้ยิน) หลังจากนั้นมันก็จะคอยฟังว่ามีอะไรส่งกลับมาไหม ถ้ามีมันก็จะบอกว่าใช้เวลาเดินทางนานเท่าไหร่

2.2.1(ข) อัลตร้าโซนิคทรานดิวเซอร์(Ultrasonic Transducer)

เป็นอุปกรณ์ที่สามารถแปลงพลังงานในรูปอื่นให้มาเป็นพลังงานทางกลโดยการสั่นไปมา ซึ่งทำให้เกิดคลื่นเสียงย่านอัลตร้าโซนิคกระจายไปในอากาศได้หรือแปลงพลังงานทางกลให้มาเป็นพลังงานในรูปอื่นได้นั้นมีชื่อเรียกว่าอัลตร้าโซนิคทรานสดิวเซอร์ (Ultrasonic Transducer) ในปัจจุบันอัลตร้าโซนิคทรานสดิวเซอร์มีหลายแบบขึ้นอยู่กับหลักการที่ใช้แบบที่นิยมใช้กันมากได้แก่

แบบเปียโซอิเลคทริก (Piezo-electric Transducer)ซึ่งแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้าและพลังงานทางกลโดยมีความถี่เรโซแนนซ์คงที่อยู่ค่าหนึ่ง

แบบแมกนีโตสตริคทีฟ (Magnetostrictive Transducer)ซึ่งแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้าในขดลวดกับตำแหน่งความยาวของแกนเหล็กที่สามขดลวดนั้น

แบบแมกอิเลคโตรสตริคทีฟ (ElectrostrictiveTransducer)ซึ่งแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้ากับพลังงานทางกล

2.2.1(ค) ตัวรับและตัวส่ง(Transceiver)

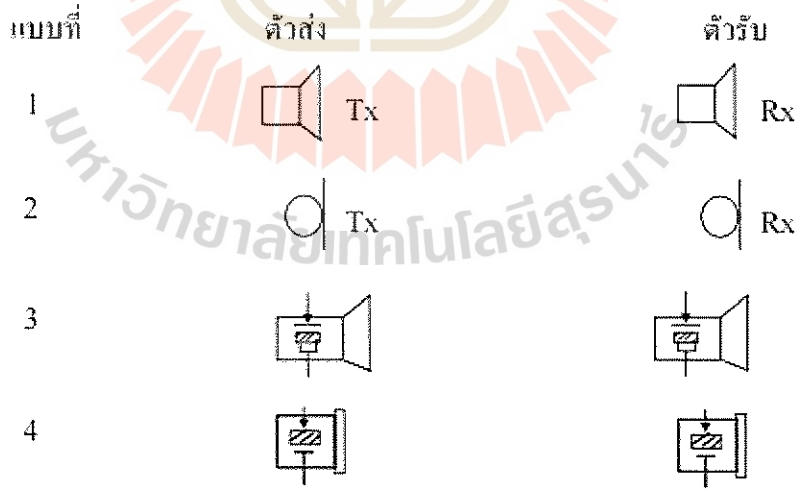
ทรานสดิวเซอร์แบบเปียโซอิเลคทริคที่ใช้สารเซรามิค (หรือที่ผู้ผลิตบางรายเรียกว่าอัลตร้าโซนิคทรานสดิวเซอร์แบบเซรามิค) จะมีอยู่ 2 อย่างคือตัวส่งหรือ Transmitter และตัวรับ (เสียง) หรือ Receiver

2.2.1(ง) ตัวส่ง(Transmitter)

คือ อัลตร้าโซนิคทรานสดิวเซอร์ที่ถูกออกแบบเจาะจงมาให้แปลงสัญญาณไฟฟ้าที่ให้แก่ตัวมันให้ออกมาเป็นคลื่นเสียงย่านอัลตร้าโซนิคหน้าที่ของตัวส่งจึงคล้ายๆกับเป็นลำโพง

2.2.1(จ) ตัวรับ(Receiver)

คือ อัลตร้าโซนิคทรานสดิวเซอร์ที่ถูกออกแบบเจาะจงมาให้แปลงคลื่นเสียงย่านอัลตร้าโซนิคที่มาตกกระทบตัวมันให้ออกมาเป็นสัญญาณไฟฟ้าหน้าที่ของตัวรับจึงคล้ายๆ กับเป็นไมโครโฟนด้วยเหตุนี้เวลาเขียนสัญลักษณ์ของอัลตร้าโซนิคทรานสดิวเซอร์จึงนิยมเขียนตามหน้าที่ของมันคือถ้าเป็นตัวส่งก็เขียนสัญลักษณ์เป็นลำโพงถ้าเป็นตัวรับก็เขียนสัญลักษณ์เป็นไมโครโฟนดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.3 ตัวอย่างการเขียนสัญลักษณ์ของอัลตร้าโซนิคทรานสดิวเซอร์แบบต่างๆกัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

อัลตร้าโซนิคทรานสดิวเซอร์แบบเซรามิคที่มีจำหน่ายกันจะมีค่าความถี่เรโซแนนซ์ให้เลือกตั้งแต่ 23 kHz ขึ้นไปจนถึง 40 kHz แต่ที่พบเห็นกันบ่อยก็มี 23 kHz, 25 kHz, และ 40 kHz โดยความถี่ 40 kHz เป็นรุ่นที่นิยมใช้กันมากที่สุดเพราะมีทิศทางดีกว่า

2.2.1(ฉ) ความถี่และความยาวคลื่น

ความยาวคลื่น(λ) สัมพันธ์แบบผกผันกับความถี่ของคลื่นนั้น

$$\lambda = \frac{V}{f} \tag{1.1}$$

จากสมการตั้งต้น

$$V = f\lambda \tag{1.2}$$

โดย

V คือ ความเร็วของคลื่น (m/s)

λ คือ ความยาวคลื่น *(m)*

f คือ ความถี่ของคลื่น *(Hz)*

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.2.1(ช) การหาอัตราเร็วของเสียงในอากาศ

"สิ่งใดที่ทำให้ความหนาแน่นของอากาศเปลี่ยนแปลง โดยไม่ทำให้ความดันเปลี่ยน สิ่งนั้นย่อมเป็นเหตุให้อัตราเร็วของเสียงเปลี่ยน" อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงสามารถมีผลกระทบต่ออัตราเร็วของเสียงได้ ถ้าอุณหภูมิของอากาศเพิ่มขึ้น ณ ความดันคงที่ อากาศย่อม ขยายตัวออกตามกฎของชาร์ล และจะมีความหนาแน่นลดลงทำให้อัตราเร็วของเสียงเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิอัตราเร็วของเสียงในอากาศจะแปรผันโดยตรงกับอุณหภูมิ(อุณหภูมิเคลวิน) อัตราเร็วของเสียงในอากาศขึ้นอยู่กับอุณหภูมิสามารถสรุปความสัมพันธ์ได้เป็น

$$V \alpha T \qquad (1.3)$$

จากสมการตั้งต้น

$$V = kT \qquad (1.4)$$

เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิที่แตกต่างกันระหว่าง T_1 และ T_2 จะได้

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \qquad (1.5)$$

โดยV คือ ความเสียงในอากาศ(m/s)

T คือ อุณหภูมิ(K)

k คือ ค่าคงที่ของชาร์ล

แต่ถ้าอุณหภูมิเป็นเซลเซียส ได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$V_t = V_0 + 0.6\ t \qquad (1.6)$$

โดยV_0 คือ อัตราเร็วของเสียงที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าเท่ากับ 331.45 m / s

V_t คือ อัตราเร็วของเสียงในอากาศที่ t องศาเซลเซียส

t คือ อุณหภูมิ มีหน่วย คือ องศาเซลเซียส

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ซึ่งเมื่อแทนค่า $V_0 = 331\ m/s$ (ใช้ค่า *331 m/s* เพื่อให้สะดวกต่อการคำนวณ)

ดังนั้น จะได้สมการ

วิธีทำ จากสมการที่ (1.6) $V_t = 331 + 0.6\,t$

ที่อุณหภูมิ t = 15องศาเซลเซียส ; $V_t = 331 + 0.6\,(15)$

$V_t = 331 + 90$

ดังนั้น จะได้ อัตราเร็วของเสียงในอากาศ $V_t = 340\ m/s$

2.2.1(ช) การตรวจจับเป้าหมายของเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค

มีการตรวจจับ 2 แบบ คือ

1) การตรวจจับการมี หรือ ไม่มีวัตถุ

- วัตถุต้องอยู่ในย่านการทำงานของเซนเซอร์
- ตัวรับ (Receiver) ได้รับเสียงสะท้อนกลับมาปริมาณพลังงานมากกว่าค่าการตัดสินใจ (Threshold)
- เซนเซอร์จะส่งสัญญาณเอาท์พุตออกมา และ แสดงถึงการตรวจจับวัตถุได้

2) การวัดระยะทางของวัตถุ

- เซนเซอร์จะปล่อยคลื่นในช่วงที่มีความถี่คงที่
- วงจรภายในจะทำการประมวลผลเวลาที่รับ และ ส่งคลื่น
- สามารถวิเคราะห์หาระยะทางได้

จากสูตร

ระยะทาง =(ความยาวของสัญญาณสะท้อน x 340 m/s) / 2 **(1.7)**

2.2.1(ฌ) การวัดระยะทางของวัตถุ

<u>ตัวอย่าง</u>

Ultrasonic Sensor ชนิดหนึ่ง คลื่นเสียงมีความเร็ว v = 340 m/s (อุณหภูมิ 20 องศา) ประมวลผลเวลารับ-ส่งคลื่นได้ 20 msอยากทราบว่าวัตถุที่ตรวจจับได้อยู่ห่างจากเซ็นเซอร์เท่าไร

$s = v \times t$

$= (340\ m/s) \times (20 \times 10^{-3}\ s)$

$= 6.8\ m$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.2.1(ญ) คุณสมบัติของคลื่นอัลตร้าโซนิค

- คลื่นที่มีความถี่สูงขึ้น ความยาวคลื่นจะลดลง
- คลื่นเสียงนั้นไม่มีการเลี้ยงเบน
- เป็นคลื่นที่มีทิศทางแน่นอน
- สามารถเล็งเป้าหมายที่ต้องการได้แม่นยำ
- นิยมใช้คลื่นดังกล่าวที่ความถี่ 40 kHz

2.2.1(ฎ) ความสามารถของเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค

- สามารถตรวจจับวัตถุได้โดยการใช้คลื่นเสียง
- มีระยะการตรวจจับสูง
- ตรวจจับวัตถุได้โดยไม่สนใจสี หรือ พื้นผิวของวัตถุ
- ตรวจจับได้ทั้งของแข็ง ของเหลว เปียกหรือแห้ง
- ตรวจจับวัตถุที่มีไอฝุ่นได้

2.2.1(ฏ) ข้อดีของอัลตร้าโซนิค

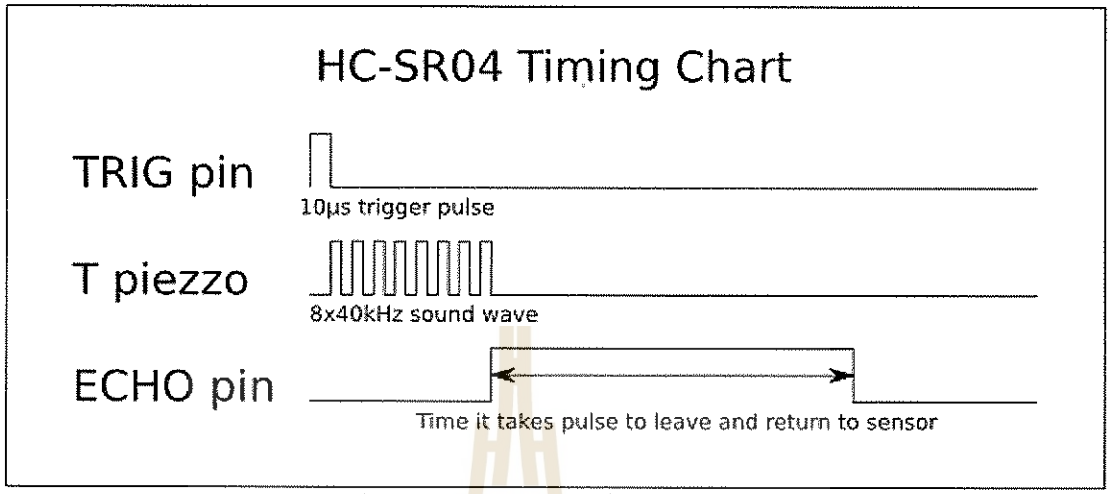
- ตรวจจับวัตถุโดยการใช้คลื่นเสียงที่มีความถี่สูงซึ่งมนุษย์ไม่ได้ยิน
- มีระยะการตรวจจับสูง
- ตรวจจับวัตถุโดยไม่สนใจสีหรือพื้นผิวของวัตถุ
- ใช้ได้กับของแข็งและของเหลว ทั้งเปียกและแห้ง

2.2.1(ฐ) ข้อจำกัดของอัลตร้าโซนิค

- อัลตร้าโซนิคไม่สามรถทำงานในที่แคบได้
- ในสถานที่ที่เป็นสุญญากาศอัลตร้าโซนิค จะไม่สามารถใช้งานได้ เพราะคลื่นเสียงต้องเดินทางผ่านตัวกลาง
- ควรหลีกเหลี่ยงการติดตั้งเซนเซอร์อัลตร้าโซนิคในบริเวณที่ใกล้ๆกัน
- เซนเซอร์อัลตราโซนิคไม่เหมาะกับวัตถุผิวนุ่มและผิวโค้งเพราะสามารถตรวจจับได้ยาก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.2.1(ฑ) พื้นฐานการทำงานของเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค



รูปที่ 2.4แผนภาพอธิบายขั้นตอนวิธีการทำงานพื้นฐานในการวัดระยะทางของเซนเซอร์

ขั้นตอนที่1 : ขา Trig ของเซนเซอร์ จะทำการส่งลูกคลื่นสูงที่มีความถี่ 10 µs

ขั้นตอนที่2 :สัญญาณพัลส์ขนาด 40 kHz จะถูกส่งจาก Transducer Piezzoของเซ็นเซอร์หลังจากที่เวลา "สะท้อนกลับ" ที่ขา Echo ของเซ็นเซอร์ เป็นคลื่นที่มีสถานะ Low และเปลี่ยนสถานะเป็น High อีกครั้ง

ขั้นตอนที่3: คลื่นเสียง 40 kHz จะเด้งกลับออกจากวัตถุที่อยู่ใกล้ที่สุด และ กลับไปที่เซนเซอร์

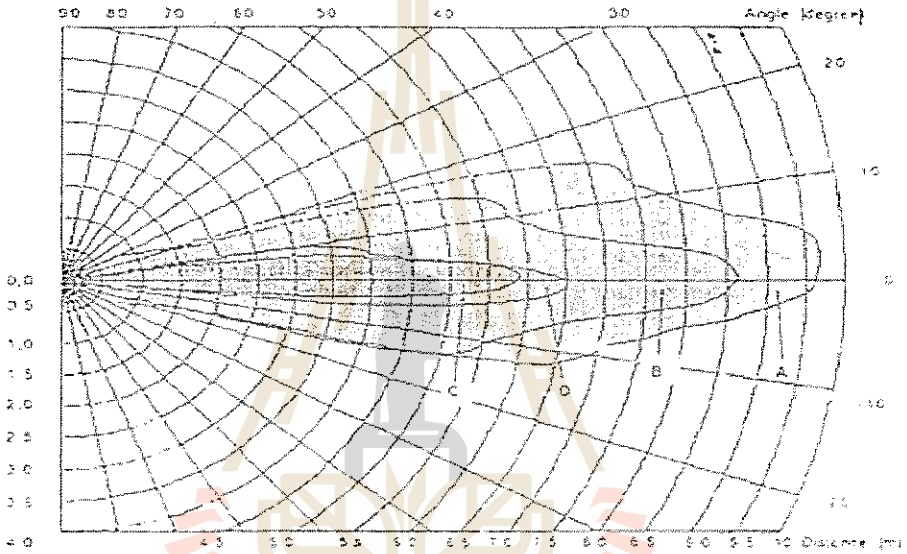
ขั้นตอนที่4: เมื่อเซ็นเซอร์สามารถตรวจจับคลื่นเสียงสะท้อนได้ ที่ขา Echo ลูกคลื่นนั้นจะเปลี่ยนเป็นสถานะ Low อีกครั้ง

ขั้นตอนที่5:ระยะทางระหว่างวัตถุที่ตรวจจับและเซนเซอร์นั้น สามารถคำนวณได้จากความยาวของเวลา เมื่อลูกคลื่นที่ขา Echo นั้นอยู่ในสถานะ High

ขั้นตอนที่6: ถ้าเซ็นเซอร์ไม่มีการตรวจจับวัตถุ ที่ขา Echo จะอยู่ที่สถานะ High ที่ 38 msและเปลี่ยนสถานะเป็น Low

2.2.1(๗) การลดสัญญาณรบกวน และ สภาวะการทำงาน

ผลที่เกิดจากคลื่นรบกวน และ การแทรกสอดในการประยุกต์ใช้อัลตร้าโซนิคเซ็นเซอร์คือการตรวจจับวัตถุได้แต่ระยะที่ใกล้กับเซ็นเซอร์ และไม่สามารถตรวจจับวัตถุที่มีการสะท้อนได้ไม่ดี เนื่องจากความจริงที่ว่า คลื่นอัลตร้าโซนิคจะสะท้อนได้จากวัตถุเกือบทุกชนิด และง่ายต่อการเบี่ยงเบน วัตถุเหล่านั้นจะทำให้สวิทช์เปิด-ปิด เมื่อเข้าใกล้บริเวณที่เซ็นเซอร์สามารถตรวจจับได้ ดังกราฟทำนายคุณลักษณะของเซ็นเซอร์ (ดังรูปที่ 2.5)



รูปที่ 2.5 คุณลักษณะการตรวจจับของเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค

เพื่อหาคุณลักษณะของวัตถุชนิดต่าง ๆ จะวางในตำแหน่งของวัตถุในระยะห่างเท่า ๆ กันที่มุมตั้งฉากกับแนวแกนของเซ็นเซอร์ จุดที่สวิทช์ทำงานก็จะถูกกำหนดขึ้น ตัวอย่างวัสดุที่ใช้คือ

A :แผ่นจานขนาด 700 x 700 mm. ขอบเขตที่อยู่ด้านนอกส่วนโค้งชั้นนี้โดยปกติจะไม่มีวัตถุตรวจจับได้

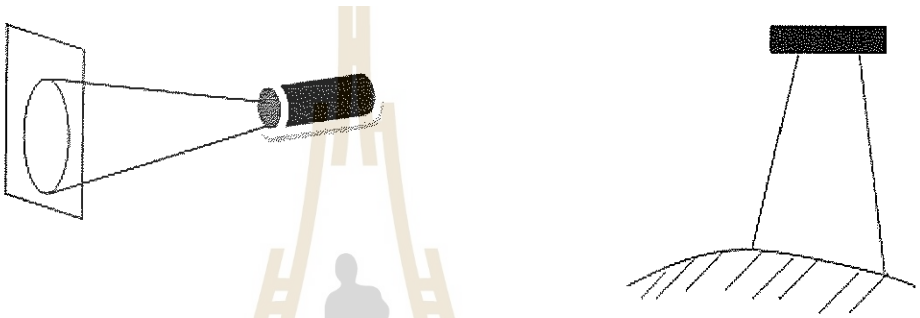
B :แผ่นจานขนาด 100 x 100 mm. แผ่นจานอ้างอิงมาตรฐานกำหนดโดยข้อมูลทางเทคนิคทั่วไป

C :ท่อพลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 160 mm. คลุมด้วยสักหลาดใช้เป็นตัวแทนมาตรฐาน

D :แท่นไม้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 mm. วัสดุทดสอบเช่นระยะความปลอดภัยย้อนกลับในยานพาหนะ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

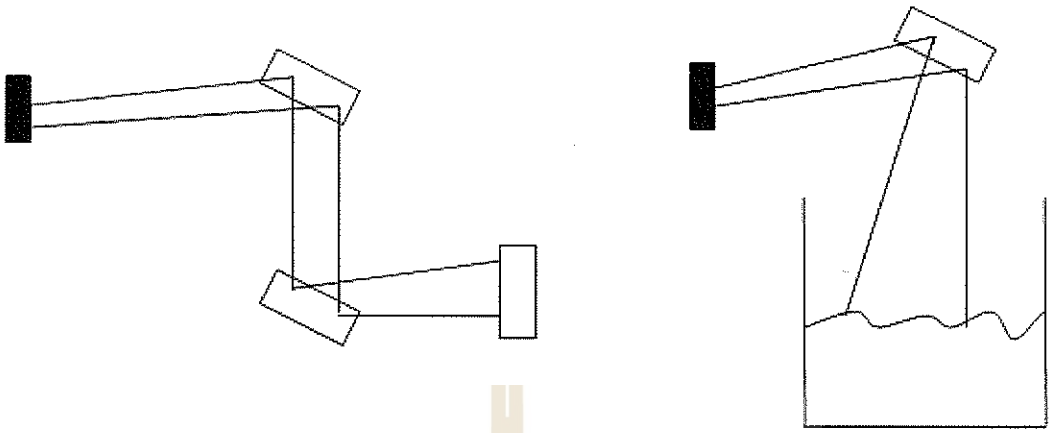
เพื่อให้ปราศจากปัญหาในการทำงานจะไม่มีวัสดุอื่นใดที่ไม่ใช่เป้าหมายในขอบเขตนอกสุด ในทางกลับกันวัตถุเป้าหมายต้องอยู่ภายในบริเวณพื้นที่ที่สามารถตรวจจับได้ทั้งขนาดรูปร่างเพื่อป้องกันปัญหาการตรวจจับคลื่นเสียงพื้นผิวของวัตถุควรมีขนาดใหญ่เท่าที่จะเป็นได้ราบเรียบและมีมุมเอียงไม่เกิน 3 “ กับแกนของเซ็นเซอร์ (ดังแสดงในรูป)จากข้อกำหนดดังกล่าวเมื่อทำการตรวจจับวัตถุทรงกลมหรือวัตถุผิวไม่เรียบ (ของเหลว, ของผสม) ก็จะเกิดปัญหาขึ้น



รูปที่ 2.6 การตรวจจับวัตถุในพื้นผิวต่างๆของเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค

รูปที่2.7การตรวจจับสิ่งของเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค

อัลตร้าซาวด์สามารถนำมาเบี่ยงเบนด้วยตัวสะท้อนอย่างง่ายที่ทำจากวัสดุใดๆ(ดังแสดงในรูปที่ 2.8) พื้นที่ตรวจจับยังคงเท่าเดิมทำให้ใช้กับตัวสะท้อนขนาดใหญ่ได้โดยใช้ตัวเบี่ยงเบนไม่เกิน 2 ตัวติดตั้งภายในทางเดินของคลื่นเสียงในแนวทางเดินตั้งฉากอย่างถูกต้อง

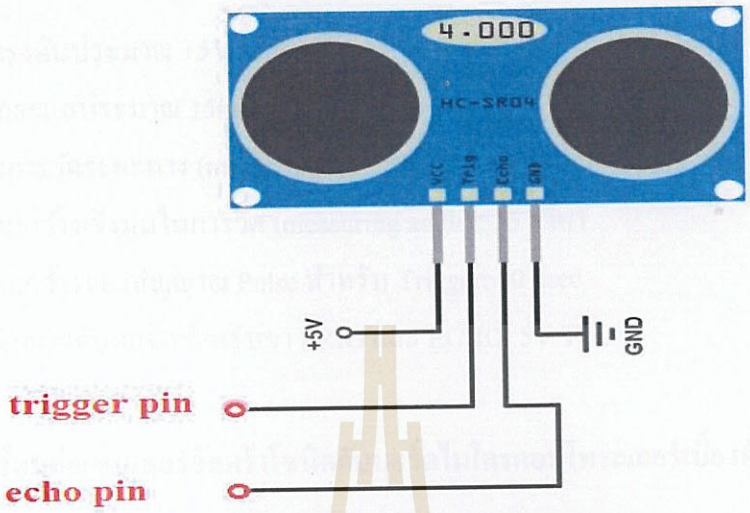


รูปที่ 2.8 การเบี่ยงเบนคลื่นเสียงของเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค

ด้วยวิธีนี้สามารถนำไปใช้ป้องกันเซ็นเซอร์ จากการใช้งานในสิ่งแวดล้อมที่เป็นอันตรายต่อเซ็นเซอร์และทำให้ลดคลื่นสะท้อนที่ไม่ต้องการจากวัตถุ การรวมคลื่นเสียงผ่านม่านกั้น หรือท่อโดยปกติไม่สามารถทำได้ เนื่องจากการหักเหของแสง บนขอบ และกำแพง เพื่อหลีกเลี่ยงการสอดแทรกจากเครื่องมือที่ให้กำเนิดคลื่นเสียงอันอื่น ๆ สัญญาณที่รับได้จะถูกทดสอบความถี่ในตัวเอง วิธีการนี้ไม่สามารถทำให้สำเร็จได้เมื่อใช้เซนเซอร์ชนิดเดียวกัน (ทรานซ์ดิวเซอร์และความถี่ชนิดเดียวกัน) หรือมีย่านรบกวนกว้าง (เช่น ในอากาศอัด) สอดแทรกกัน เพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบระหว่างเซ็นเซอร์จะต้องมีการติดตั้งที่ระยะปลอดภัย คลื่นรบกวนกับแอมพลิจูดขนาดใหญ่ สามารถปิดกั้นเซ็นเซอร์ไม่ให้รับคลื่นสะท้อนที่อ่อนกว่าคลื่นรบกวนได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.2.1(ณ) โครงสร้างพื้นฐานของเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค



รูปที่ 2.9โครงสร้างพื้นฐานของเซนเซอร์อัลตร้าโซนิคHCSR-04

โดยเซนเซอร์อัลตร้าโซนิคนั้น ประกอบด้วยขาทั้ง 4 ขา ดังนี้

- **ขา Vcc**เป็นขาที่ใช้เชื่อมต่อกับไฟเลี้ยง DC 5 V
- **ขา Trig**เป็นขาที่รับสัญญาณพัลส์(Pulse Signal) เข้ามาเป็นอินพุทเพื่อไปกระตุ้นให้เซนเซอร์ทำงาน
- **ขา Echo**เป็นขาที่ทำหน้าที่รับการสะท้อนของเสียงจากเป้าหมาย
- **ขา GND** เป็นขาที่ทำหน้าที่เป็นจุดที่มีค่าแรงดันคงที่(พอสมควร) ที่สามารถถูกใช้เป็นจุดอ้างอิงสำหรับการวัดแรงดันที่จุดใดๆในวงจรได้

2.2.1(ด) คุณสมบัติทั่วไปของเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค รุ่น HCSR-04

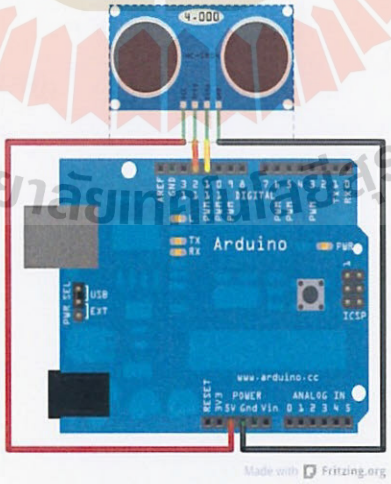
- ใช้แรงดันประมาณ +5V
- กินกระแสประมาณ 15mA
- ช่วงการวัดระยะทาง (measurement range): ประมาณ 4cm ถึง 4m
- ความกว้างเชิงมุมในการวัด (measuring angle): 15 องศา
- ความกว้างของสัญญาณ Pulse สำหรับ Trigger: 10 usec
- ระดับแรงดันลอจิกสำหรับขา TRIG และ ECHO: 5V TTL

2.2.1(ต)การเชื่อมต่อเซนเซอร์อัลตร้าโซนิคกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น

ขั้นตอนที่ 1 : เชื่อมต่อเซนเซอร์เซนเซอร์อัลตร้าโซนิคกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ดังรูป 2.12

โดย - ขา Vccของเซนเซอร์ ต่อกับ ขาแรงดัน 5 V ของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

- ขา GND ของเซนเซอร์ ต่อกับ ขา GND ของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์
- ขา Trig ของเซนเซอร์ ต่อกับ ขาดิจิตอลหมายเลข 12 ของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์
- ขา Echo ของเซนเซอร์ ต่อกับ ขาดิจิตอลหมายเลข 11 ของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์



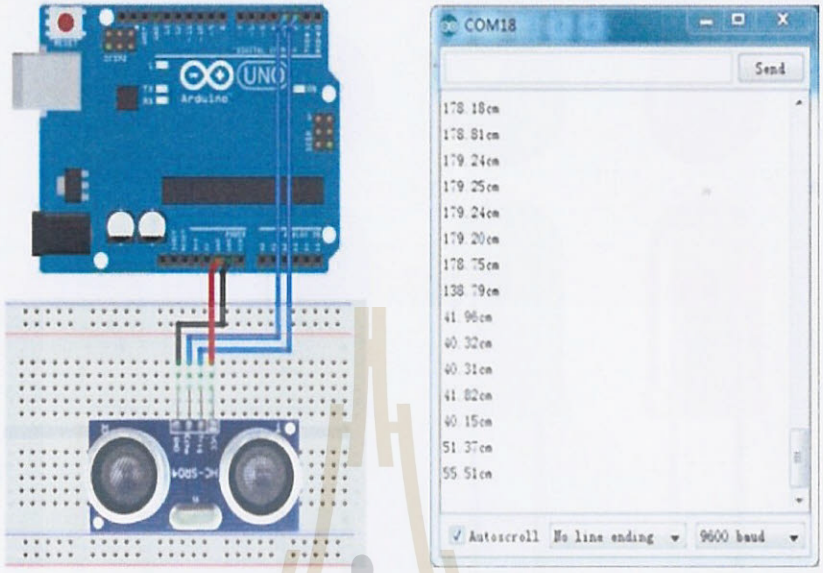
รูปที่ 2.10การเชื่อมต่อเซนเซอร์อัลตร้าโซนิคกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น

ขั้นตอนที่ 2 : ทำการเขียนโค๊ดโปรแกรมและรันโปรแกรม

```
#define echoPin 11
#define trigPin 12
long duration, distance;

void setup() {
 Serial.begin (9600);
 pinMode(trigPin, OUTPUT);
 pinMode(echoPin, INPUT);
}

void loop() {
 digitalWrite(trigPin, LOW);
 delayMicroseconds(2);
 digitalWrite(trigPin, HIGH);
 delayMicroseconds(10);
digitalWrite(trigPin, LOW);
 duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
distance = duration/29.1
 Serial.println(distance);
delay(50);
}
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ขั้นตอนที่ 3 : ไปที่เมนู Serial Monitor ของโปรแกรม Arduino IDE ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ดังรูป 2.11



รูปที่ 2.11 ผลลัพธ์จากการรันโปรแกรมที่ Serial Monitor

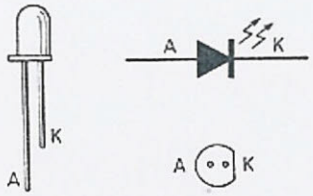
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.2.2 ไดโอดเปล่งแสง(Light Emitting Diode , LED)

รูปที่ 2.12 ไดโอดเปล่งแสง (LED)

ไดโอดเปล่งแสง (Light-Emitting Diode , LED) เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำอย่างหนึ่ง จัดอยู่ในจำพวกไดโอด ที่สามารถเปล่งแสงในช่วงสเปกตรัมแคบ เมื่อถูกไบอัสทางไฟฟ้าในทิศทางไปข้างหน้า ปรากฏการณ์นี้อยู่ในรูปของ electroluminescence สีของแสงที่เปล่งออกมานั้นขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของวัสดุกึ่งตัวนำที่ใช้ และเปล่งแสงได้ใกล้ช่วงอัลตราไวโอเลต ช่วงแสงที่มองเห็น และช่วงอินฟราเรด ผู้พัฒนาไดโอดเปล่งแสงขึ้นเป็นคนแรก คือ นิกโฮโลยัก (Nick Holonyak Jr.) (เกิด ค.ศ. 1928) แห่งบริษัทเจเนรัลอิเล็กทริก (General Electric Company) โดยได้พัฒนาไดโอดเปล่งแสงในช่วงแสงที่มองเห็น และสามารถใช้งานได้ในเชิงปฏิบัติเป็นครั้งแรก เมื่อ ค.ศ. 1962

ไดโอดเปล่งแสงหรือ LED นี้สามารถนำไปใช้งานในการแสดงผลโดยทั่วๆไป ถ้าไม่ต้องการความสว่างมากเมื่อเปรียบเทียบกับหลอดไฟธรรมดาแล้วจะเห็นว่าไดโอดเปล่งแสงนี้สามารถทำงานโดยใช้แรงดันและกระแสไฟที่น้อยกว่ามาก ปกติจะใช้กระแสอยู่ช่วงระหว่าง5 - 20 mA



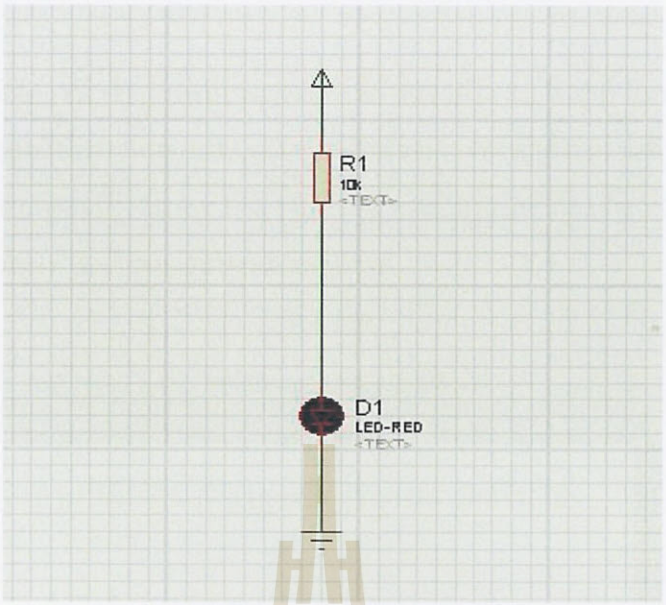
รูปที่ 2.13 สัญลักษณ์และตัวถังของไดโอดเปล่งแสง

ไดโอดเปล่งแสงนี้มีรูปร่างและขนาดต่างๆกันตามการใช้งาน ไดโอดเปล่งแสงแบบหัวมนโดยปกติจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร และ 5 มิลลิเมตร ซึ่งทำด้วยพลาสติกโปร่งแสงดูตัวอย่างในรูปที่ 10 และถ้าเป็นแบบสี่เหลี่ยมจะมีขนาด 5*2 มิลลิเมตร มุมในการมองเห็นของไดโอดเปล่งแสงแบบหัวมนนี้จะอยู่ในช่วง 20 - 40 องศา แต่ถ้าเป็นไดโอดเปล่งแสงแบบสี่เหลี่ยมมุมในการมองเห็นจะเพิ่มขึ้นเป็นถึง 100 องศา คุณสมบัติของไดโอดเปล่งแสงโดยทั่วไป แสดงไว้ดังตารางข้างล่าง

ตารางที่ 2.1 ตารางคุณสมบัติทั่วไปของไดโอดเปล่งแสง

Parameter	**standard**	**Type of LED**		
		standard	**high efficiency**	**high itensity**
Diameter (mm)	3	5	5	5
Max. forward Current (mA)	40	30	30	30
Typical forward Current (mA)	12	10	7	10
Typical forward Voltage drop (V)	2.1	2.0	1.8	2.2
Max. reverse voltage (V)	5	3	5	5
Max.Power dissipation (mW)	150	100	27	135
Peak wavelenght (nm)	690	635	635	635

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่2.14 วงจรใช้งานปกติของไดโอดเปล่งแสง

ปกติการใช้งานไดโอดเปล่งแสงก็จะต่อดัง รูปที่ 2.14สามารถคำนวณได้ดังสูตร R = VF คือ แรงดันตกคร่อมไดโอดเปล่งแสงขณะนำกระแส เพื่อความสะดวกในการคำนวณจะกำหนดค่า VF เท่ากับ 2 V จะได้ค่าของตัวต้านทานที่ใช้ต่ออนุกรมกับไดโอดเปล่งแสงที่แรงดันต่าง ๆ ดังตาราง ข้างล่างนี้

ตารางที่ 2.2 ตารางกำหนดค่าตัวต้านทานอนุกรมของไดโอดเปล่งแสง

Supply Voltage (V)	**Low power LED(5 mA nom)**	**Standard LED (10 mA nom)**	**High power LED (20 mA nom)**
3	220	180	56
5	680	270	150
6	820	390	220
9	1.5k	680	390
12	2.2k	1k	560
15	2.7k	1.2k	680
18	3.3k	1.5k	820
24	4.7k	2.2k	1.2k

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตัวอย่าง

สมมติว่าต้องการนำไดโอดเปล่งแสงไปใช้กับแรงดัน 21 โวลต์ และมีแรงดันตกคร่อมประมาณ 2.2 โวลต์ยอมให้กระแสผ่าน 15 mA ลองคำนวณค่าของตัวต้านทานที่จะนำมาต่ออนุกรมกับไดโอดเปล่งแสงจากสูตรข้างต้นR = ค่าความต้านทานที่มีขายใกล้เคียงคือ 1.2 กิโลโอห์ม และค่ากำลังสูญเสียของตัวต้านทาน ก็สามารถประมาณได้จาก

$$P = I2R$$

$$= (15\ mA)2 * 1.2\ kW$$

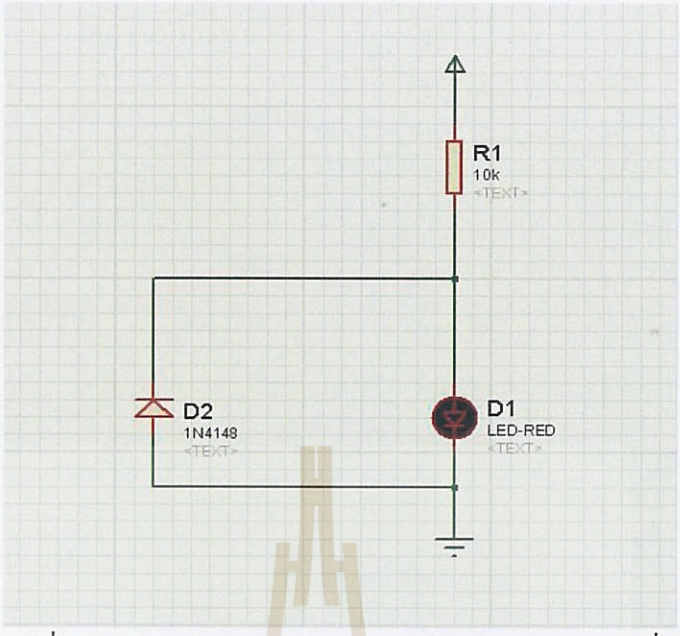
$$= 0.27\ W$$

ดังนั้นควรเลือกตัวต้านทานให้มีอัตรากำลังสูญเสียตั้งแต่ 0.5 วัตต์ขึ้นไป

2.2.2(ก) ข้อจำกัดในการใช้ไดโอดเปล่งแสง

- ข้อควรระวังอย่างหนึ่งในการใช้งานไดโอดเปล่งแสงก็คือ แรงดันย้อนกลับจะต้องมีค่า ไม่เกิน 5 V
- สำหรับการใช้งานบางอย่างที่ใช้กับแบตเตอรี่นั้น จะต้องดูจำนวนของไดโอดเปล่งแสง ที่ใช้ด้วย ถ้าต้องการให้ใช้ได้นานๆ ปกติจะกำหนดให้ไดโอดเปล่งแสงดวงหนึ่งกินกระแสเพียง 5 mA
- สำหรับไดโอดเปล่งแสงสีเหลืองและสีเขียวโดยปกติจะให้ความสว่างน้อยกว่าไดโอดเปล่งแสงสีแดงที่ระดับกระแสเท่ากัน ถ้าต้องการให้ระดับความสว่างออกมาเท่ากัน ในกรณีที่ใช้ไดโอดเปล่งแสงสีแตกต่างกัน จะต้องเปลี่ยนค่าตัวต้านทานจำกัด กระแสที่อนุกรมโดยคำนวณหาได้ตามสูตรปกติ จากนั้นลดค่าที่คำนวณได้ลงไปอีก 10-15 เปอร์เซ็นต์ แต่ก็ควรระวังปริมาณกระแสไฟฟ้าต้องไม่ให้เกินค่าทนได้สูงสุดที่กำหนดไว้ด้วย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 2.15การนำไดโอดเปล่งแสงมาใช้กับไฟสลับแรงดันต่ำ

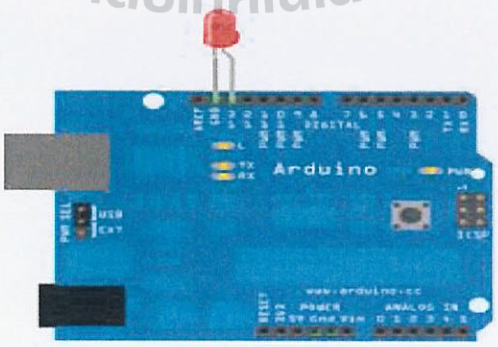
จากรูปที่ 2.15ไดโอดเปล่งแสงก็สามารถไปนำใช้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับแรงดันต่ำขนาดน้อย กว่า 50 โวลต์ได้ โดยการใช้ไดโอดต่อขนานกับไดโอดเปล่งแสง

2.2.2(ข) การเชื่อมต่อไดโอดเปล่งแสง(LED) เข้ากับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น

ขั้นตอนที่ 1:เชื่อมต่อไดโอดเปล่งแสง (LED) เข้ากับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังรูป

โดย

- ขั้วแคโทดของไดโอดเปล่งแสง ต่อกับ ขาดิจิตอลหมายเลข 13 ของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์
- ขั้วแอโนดของไดโอดเปล่งแสงต่อกับขา GNDของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

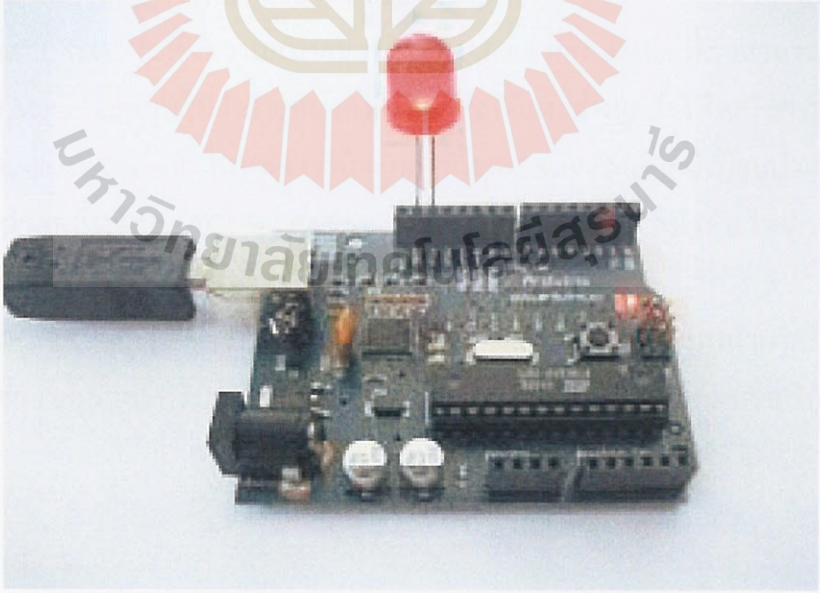


รูปที่ 2.16 การเชื่อมบอร์ดArduinoกับ ไดโอดเปล่งแสง (LED) เบื้องต้น

ขั้นตอนที่ 2 : ทำการเขียนโค๊ดโปรแกรม ดังนี้

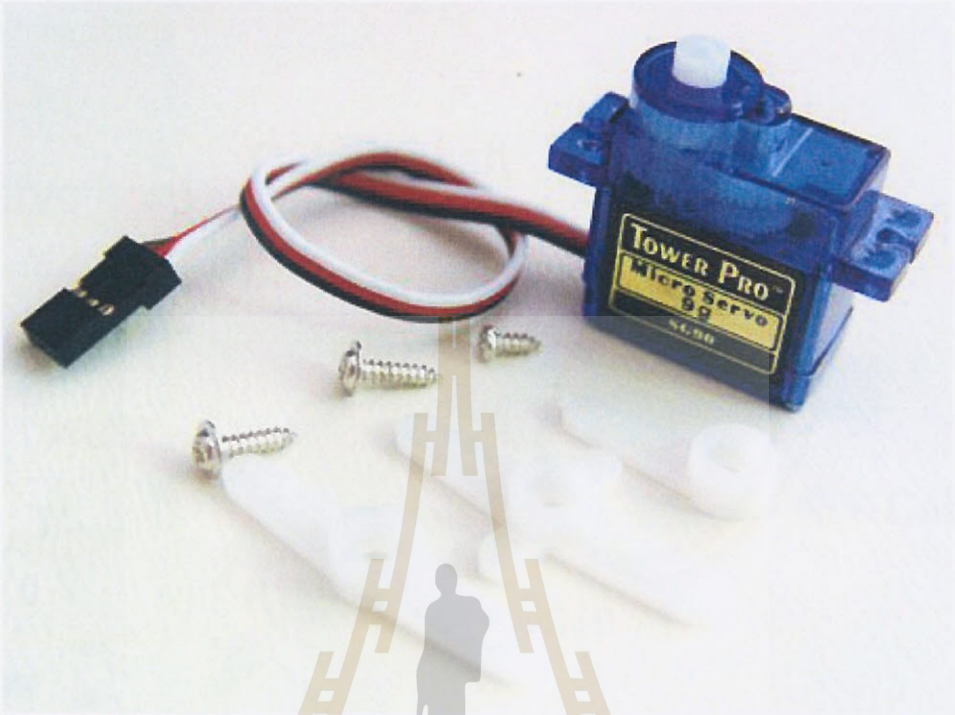
```
int led = 13;

void setup() {

  pinMode(led, OUTPUT);
}

void loop() {
  digitalWrite(led, HIGH);
  delay(1000);
  digitalWrite(led, LOW);
  delay(1000);
}
```

ขั้นตอนที่ 3 : เมื่อทำการรันโค๊ดโปรแกรมแล้ว จะได้ผลลัพธ์ดังภาพ



รูปที่ 2.17 ผลลัพธ์จากรันโปแกรมของการเชื่อมต่อ LED กับ บอร์ดArduino

2.2.3 เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor)



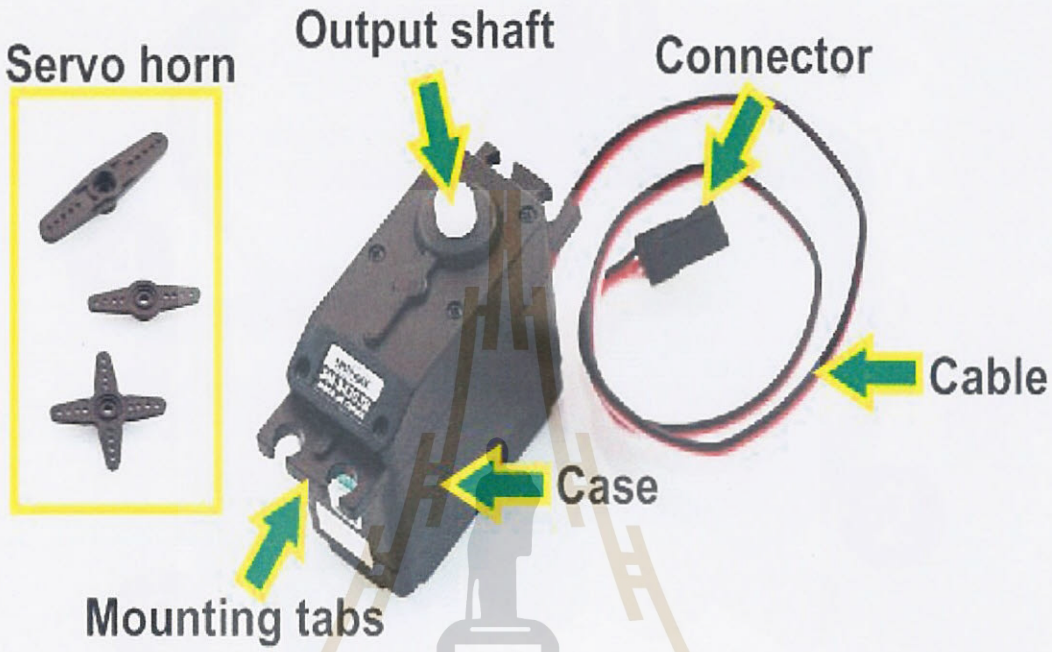
รูปที่ 2.18 เซอร์โวมอเตอร์

Servoเป็นคำศัพท์ที่ใช้กันทั่วไปในระบบควบคุมอัตโนมัติ มาจากภาษาละตินคำว่า Sevus หมายถึง “ทาส” (Slave) ในเชิงความหมายของ Servo Motor ก็คือ Motor ที่เราสามารถสั่งงานหรือตั้งค่า แล้วตัว Motor จะหมุนไปยังตำแหน่งองศาที่เราสั่งได้เองอย่างถูกต้อง โดยใช้การควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback Control) ในบทความนี้จะกล่าวถึง RC Servo Motor ซึ่งนิยมนำมาใช้ในเครื่องเล่นที่บังคับด้วยคลื่นวิทยุ (RC = Radio - Controlled) เช่น เรือบังคับวิทยุ รถบังคับวิทยุ เฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ เป็นต้น

Feedback Control คือ ระบบควบคุมที่มีการวัดค่าเอาต์พุตของระบบนำมาเปรียบเทียบกับค่าอินพุตเพื่อควบคุมและปรับแต่งให้ค่าเอาต์พุตของระบบให้มีค่า เท่ากับ หรือ ใกล้เคียงกับค่าอินพุต

2.2.3(ก) โครงสร้างของเซอร์โวมอเตอร์

ส่วนประกอบภายนอก



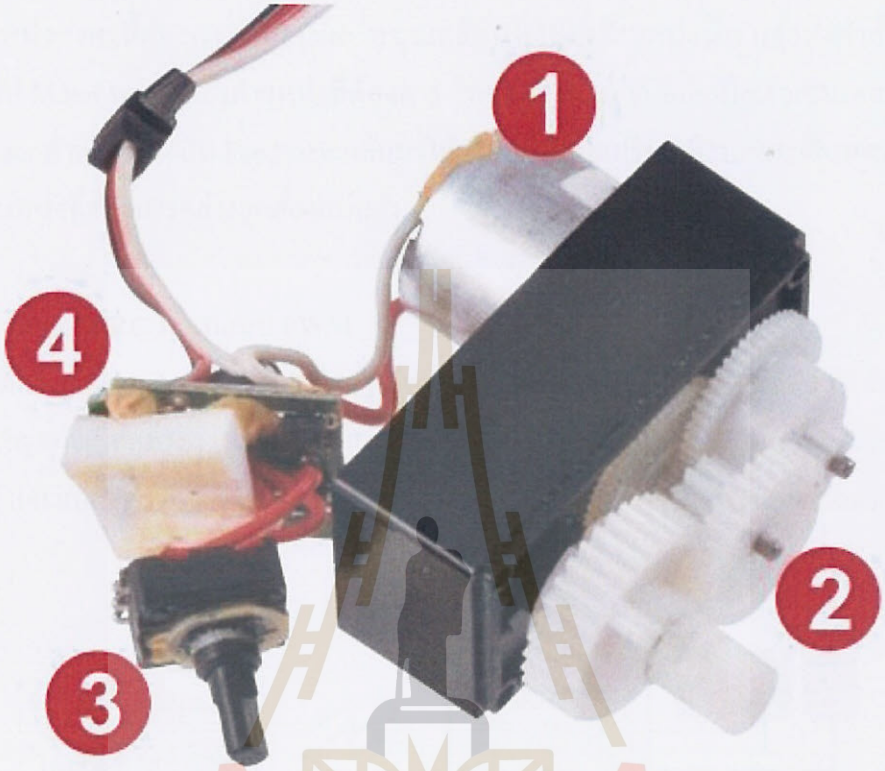
รูปที่ 2.19 ส่วนประกอบภายนอกของเซอร์โวมอเตอร์

ภายนอกของเซอร์โวมอเตอร์นั้น ประกอบด้วย

- **Case** ตัวถัง หรือ กรอบของตัว Servo Motor
- **Mounting Tab** ส่วนจับยึดตัว Servo กับชิ้นงาน
- **Output Shaft** เพลาส่งกำลัง
- **Servo Horns** ส่วนเชื่อมต่อกับ Output shaft เพื่อสร้างกลไกล
- **Cable** สายเชื่อมต่อเพื่อ จ่ายไฟฟ้า และ ควบคุม Servo Motor จะประกอบด้วยสายไฟ 3 เส้น และ ใน RC Servo Motor จะมีสีของสายแตกต่างกันไปดังนี้
  - สายสีแดง คือ ไฟเลี้ยง (4.8-6V)
  - สายสีดำ หรือ น้ำตาล คือ กราวด์
  - สายสีเหลือง (ส้ม ขาว หรือฟ้า) คือ สายส่งสัญญาณพัลส์ควบคุม (3-5V)
  - Connector จุดเชื่อมต่อสายไฟ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.2.3(ข) ส่วนประกอบภายในของเซอร์โวมอเตอร์



รูปที่ 2.20ส่วนประกอบภายในของเซอร์โวมอเตอร์

ภายในส่วนประกอบของเซอร์โวมาเตอร์นั้น ประกอบด้วย4 ส่วน ดังนี้

1. Motor เป็นส่วนของตัวมอเตอร์
2. Gear Train หรือ Gearbox เป็นชุดเกียร์ทดแรง
3. Position Sensor เป็นเซ็นเซอร์ตรวจจับตำแหน่งเพื่อหาค่าองศาในการหมุน
4. Electronic Control System เป็นส่วนที่ควบคุมและประมวลผล

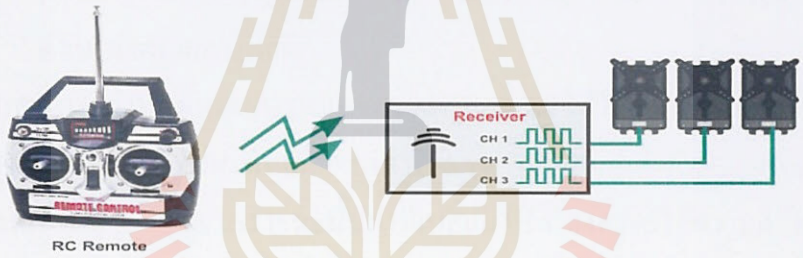
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.2.3(ค) หลักการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์

เมื่อจ่ายสัญญาณพัลส์เข้ามายังServo Motor ส่วนวงจรควบคุม (Electronic Control System) ภายใน Servo จะทำการอ่านและประมวลผลค่าความกว้างของสัญญาณพัลส์ที่ส่งเข้ามาเพื่อแปลค่าเป็นตำแหน่งองศาที่ต้องการให้ Motor หมุนเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งนั้น แล้วส่งคำสั่งไปทำการควบคุมให้ Motor หมุนไปยังตำแหน่งที่ต้องการ โดยมี Position Sensor เป็นตัวเซ็นเซอร์คอยวัดค่ามุมที่ Motor กำลังหมุน เป็น Feedback กลับมาให้วงจรควบคุมเปรียบเทียบกับค่าอินพุตเพื่อควบคุมให้ได้ตำแหน่งที่ต้องการอย่างถูกต้องแม่นยำ

2.2.3(ง) สัญญาณRC ในรูปแบบ PWM

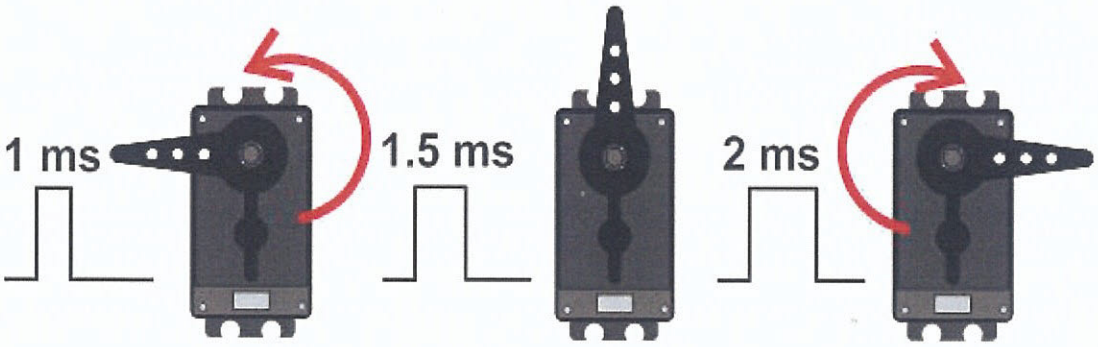
ตัว RC Servo Motor ออกแบบมาใช้สำหรับรับคำสั่งจาก Remote Control ที่ใช้ควบคุมของเล่นด้วยสัญญาณวิทยุต่างๆ เช่น เครื่องบินบังคับ รถบังบังคับ เรือบังคับ เป็นต้น ซึ่ง Remote จำพวกนี้ที่ภาครับจะแปลงความถี่วิทยุออกมาในรูปแบบสัญญาณ PWM (Pulse Width Modulation)



รูปที่ 2.21 การควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ด้วยสัญญาณ RC โดยใช้ RC Remote

มุมหรือองศาจะขึ้นอยู่กับความกว้างของสัญญาณพัลส์ ซึ่งโดยส่วนมากความกว้างของพัลส์ที่ใช้ใน RC Servo Motor จะอยู่ในช่วง 1-2 msหรือ 0.5-2.5 ms

ยกตัวอย่างเช่นหากกำหนดความกว้างของสัญญาณพัลซ์ไว้ที่ 1 msตัว Servo Motor จะหมุนไปทางด้ายซ้ายจนสุด ในทางกลับกันหากกำหนดความกว้างของสัญญาณพัลซ์ไว้ที่ 2 msตัว Servo Motor จะหมุนไปยังตำแหน่งขวาสุด แต่หากกำหนดความกว้างของสัญญาณพัลซ์ไว้ที่ 1.5 msตัว Servo Motor ก็จะหมุนมาอยู่ที่ตำแหน่งตรงกลางพอดี



รูปที่ 2.22 รูปที่ 2.23 รูปที่ 2.24

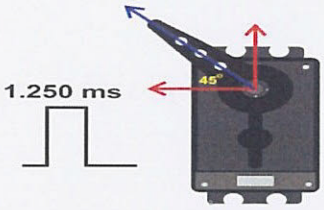
รูปที่ 2.22 ความกว้างของสัญญาณพัลส์ไว้ที่ 1 msตัว Servo Motor จะหมุนไปทางด้ายซ้ายจนสุด

รูปที่ 2.23 ความกว้างของสัญญาณพัลส์ไว้ที่ 2 msตัว Servo Motor จะหมุนไปยังตำแหน่งขวาสุด

รูปที่ 2.24 ความกว้างของสัญญาณพัลส์ไว้ที่ 1.5 msตัว Servo Motor ก็จะหมุนมาอยู่ที่ตำแหน่งตรงกลางพอดี

ดังนั้นสามารถกำหนดองศาการหมุนของ Servo Motor ได้โดยการเทียบค่า เช่น RC Servo Motor สามารถหมุนได้ 180 องศา โดยที่ 0 องศาใช้ความกว้างพัลส์เท่ากับ 1000 us ที่ 180 องศาความกว้างพัลส์เท่ากับ 2000 us เพราะฉะนั้นค่าที่เปลี่ยนไป 1 องศาจะใช้ความกว้างพัลส์ต่างกัน (2000-1000)/180 เท่ากับ 5.55 us

จากการหาค่าความกว้างพัลส์ที่มุม 1 องศาข้างต้น หากต้องกำหนดให้ RC Servo Motor หมุนไปที่มุม 45 องศาจะหาค่าพัลส์ที่ต้องการได้จาก 5.55 x 45 เท่ากับ 249.75 us แต่ที่มุม 0 องศาเราเริ่มที่ความกว้างพัลส์ 1ms หรือ 1000 us เพราะฉะนั้นความกว้างพัลส์ที่ใช้กำหนดให้ RC Servo Motor หมุนไปที่ 45 องศา คือ 1000 + 249.75 เท่ากับประมาณ 1250 u

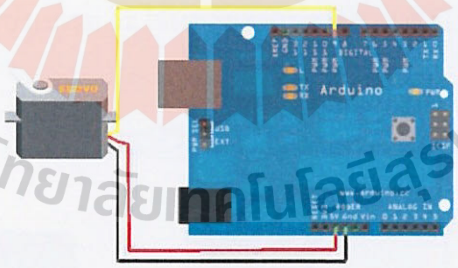


รูปที่ 2.25 ความกว้างของสัญญาณพัลส์249.75 us ตัว Servo Motor จะหมุนไปทำมุมที่ 45 องศา

2.2.3(จ) การเชื่อมต่อเซอร์โวมอเตอร์กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น

ขั้นตอนที่ 1 : ทำการเชื่อมต่อเซอร์โวมอเตอร์เข้ากับบอร์ดไมโคคอนโทรลเลอร์ ดังรูปที่ 2.27 โดย

- เชื่อมต่อสาย Power (สีแดง) ของเซอร์โวมอเตอร์เข้ากับ ขาไฟเลี้ยง 5 V ของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์
- เชื่อมต่อสาย GND(สีดำ) ของเซอร์โวมอเตอร์ เข้ากับ ขา GND ของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์
- เชื่อมต่อสาย Signal (สีส้ม)ของเซอร์โวมอเตอร์ เข้ากับ ขาดิจิตอลของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

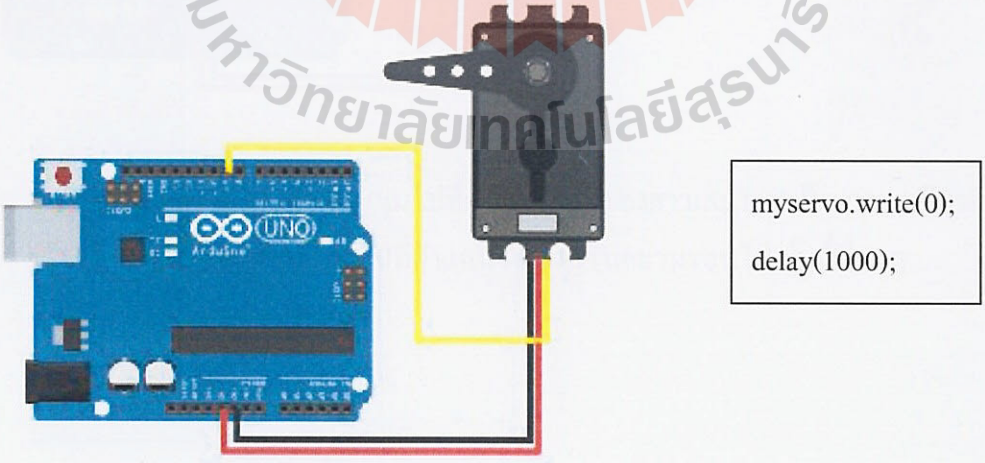


รูปที่2.26 การเชื่อมต่อบอร์ด Arduinoเข้ากับเซอร์โวมอเตอร์

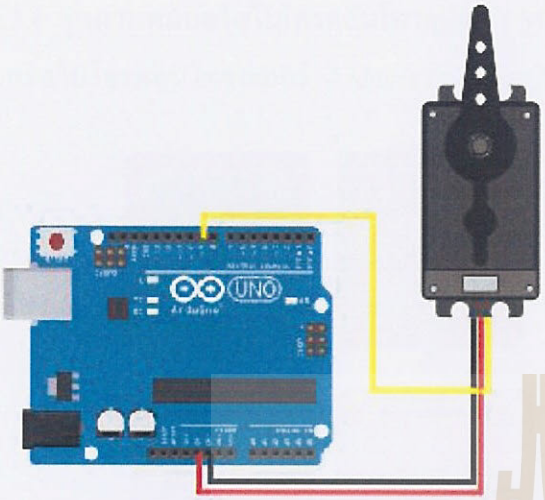
ขั้นตอนที่ 2 : ทำการเขียนโค๊ดโปรแกรม ดังต่อไปนี้

```
#include <Servo.h>
Servo myservo;
void setup()
{
myservo.attach(9);
}
void loop()
{     myservo.write(0);
delay(1000);
myservo.write(90);
delay(1000);
myservo.write(180);
delay(1000);
}
```

ขั้นตอนที่ 3 : เมื่อทำการรันโปรแกรม จะได้ผลลัพธ์ต่างๆดังภาพ ต่อไปนี้

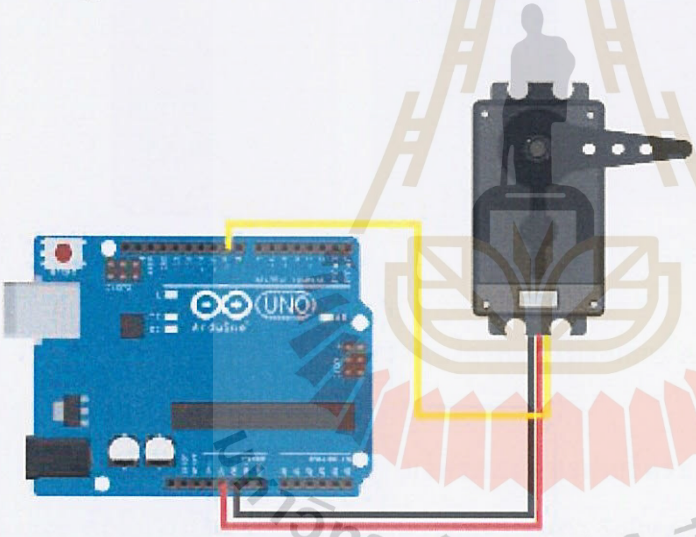


รูปที่ 2.27 Servo Motor จะหมุนไปที่ตำแหน่ง 0 องศา และ หยุดเป็นเวลา 1 วินาที



```
myservo.write(90);
delay(1000);
```

รูปที่ 2.28 Servo Motor จะหมุนไปที่ตำแหน่ง 90 องศา และ หยุดเป็นเวลา 1 วินาที



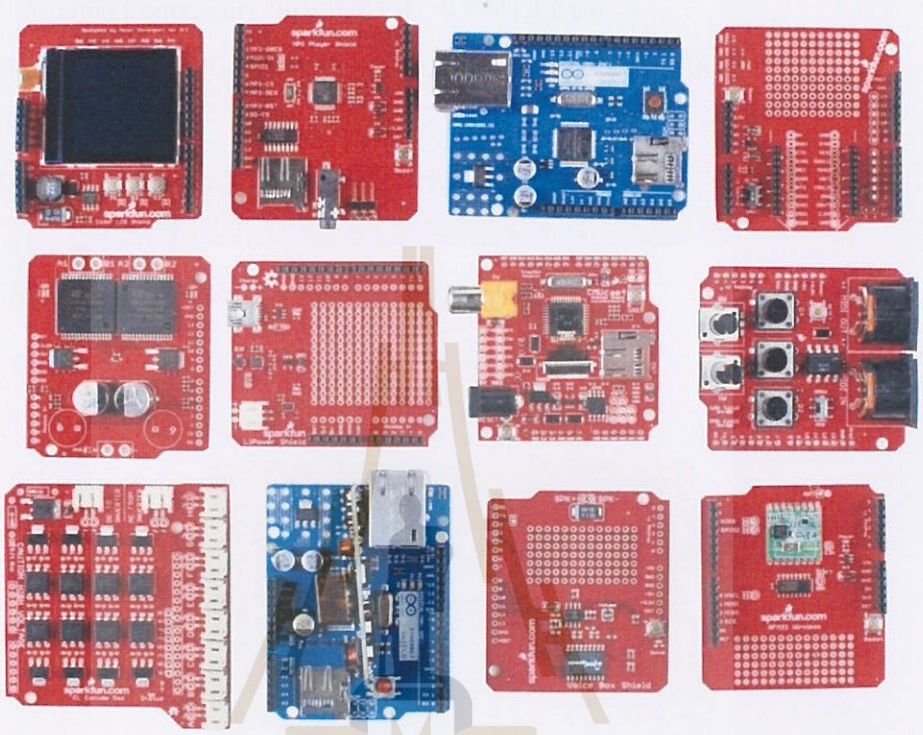
```
myservo.write(90);
delay(1000);
```

รูปที่ 2.29 Servo Motor จะหมุนไปที่ตำแหน่ง 180 องศา และ หยุดเป็นเวลา 1 วินาที
จากนั้นจะหมุนกลับไปที่ตำแหน่ง 0 องศา และวนรอบไปเช่นนี้เรื่อยๆ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.2.4 ชุดควบคุมบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino



รูปที่ 2.30 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduinoรุ่นต่างๆ

บอร์ด Arduinoเป็นบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software ตัว บอร์ด Arduino ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษา ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลง เพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ด หรือโปรแกรมต่อได้อีกด้วย

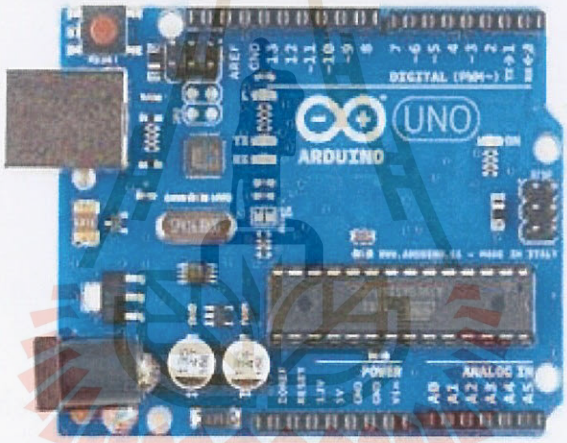
ความง่ายของบอร์ด Arduino ในการต่ออุปกรณ์เสริมต่างๆ คือผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิคส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ด (ดูตัวอย่างรูปที่ 1) หรือเพื่อความสะดวกสามารถเลือกต่อกับบอร์ดเสริม (Arduino Shield) ประเภทต่างๆ (ดูตัวอย่างรูปที่ 2) เช่น ArduinoXBee Shield, Arduino Music Shield, Arduino Relay Shield, Arduino Wireless Shield, Arduino GPRS Shield เป็นต้น มาเสียบกับบอร์ดบนบอร์ด Arduino แล้วเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อได้เลย

2.2.4(ก) จุดเด่นที่ทำให้บอร์ด Arduinoเป็นที่นิยม

- ง่ายต่อการพัฒนา มีรูปแบบคำสั่งพื้นฐาน ไม่ซับซ้อนเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้น
- มี Arduino Community กลุ่มคนที่ร่วมกันพัฒนาที่แข็งแรง
- Open Hardware ทำให้ผู้ใช้สามารถนำบอร์ดไปต่อยอดใช้งานได้หลายด้าน
- มีราคาไม่แพง
- Cross Platform สามารถพัฒนาโปรแกรมบน OS ใดก็ได้

2.2.4(ข) บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในโครงงาน

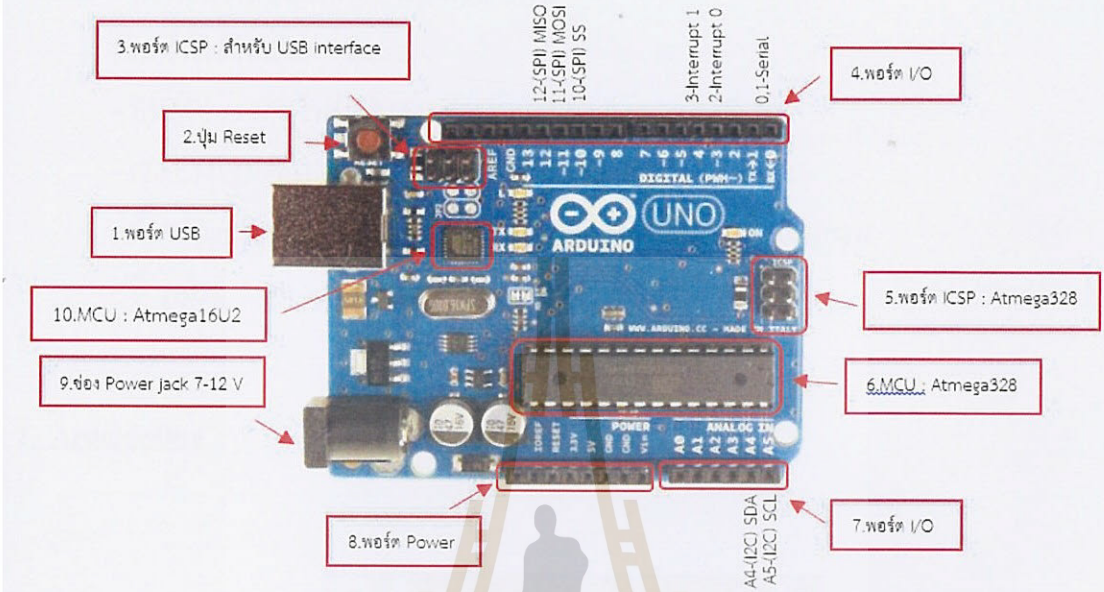
Arduino Uno R3



รูปที่ 2.31 บอร์ด Arduino Uno R3

เป็นบอร์ด Arduino ที่ได้รับความนิยมมากที่สุด เนื่องจากราคาไม่แพง ส่วนใหญ่โปรเจคและ Library ต่างๆ ที่พัฒนาขึ้นมา Support จะอ้างอิงกับบอร์ดนี้เป็นหลัก และข้อดีอีกอย่างคือ กรณีที่ MCU เสีย ผู้ใช้งานสามารถซื้อมาเปลี่ยนเองได้ง่าย

โครงสร้างพื้นฐานของบอร์ด Arduino Uno R3



รูปที่ 2.32โครงสร้างพื้นฐานของบอร์ด Arduino Uno R3

โครงสร้างพื้นฐานของบอร์ด Arduino Uno R3 นั้น ประกอบด้วย

1.USBPort: ใช้สำหรับต่อกับ Computer เพื่ออับโหลดโปรแกรมเข้า MCU และจ่ายไฟให้กับบอร์ด

2.Reset Button: เป็นปุ่ม Reset ใช้กดเมื่อต้องการให้ MCU เริ่มการทำงานใหม่

3.ICSP Port ของ Atmega16U2 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Visual Com port บน Atmega16U2

4. I/OPort: Digital I/O ตั้งแต่ขา D0 ถึง D13 นอกจากนี้ บาง Pin จะทำหน้าที่อื่นๆ เพิ่มเติมด้วย เช่น Pin0,1 เป็นขา Tx,Rx Serial, Pin3,5,6,9,10 และ 11 เป็นขา PWM

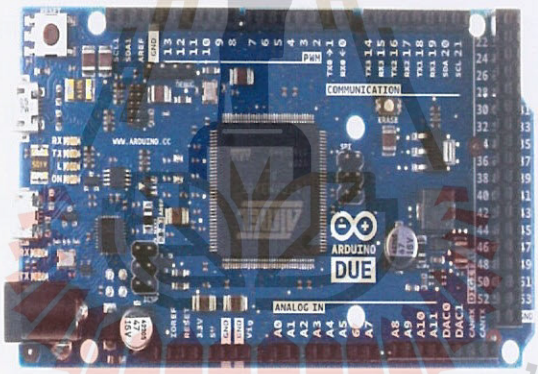
5.ICSP Port: Atmega328 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Bootloader

6. MCU: Atmega328 เป็น MCU ที่ใช้บนบอร์ด Arduino

คุณสมบัติทั่วไปของบอร์ด Arduino Uno R3

- ใช้ชิพ ATmega328 รันที่ความถี่ 16 MHz
- หน่วยความจำแฟลช32 KB แรม 2 KB
- บอร์ดใช้ไฟเลี้ยง 7 ถึง 12 V
- มีระดับแรงดันไฟฟ้าในการทำงานและขาสัญญาณอยู่ที่ 5 V
- (TTL) มี Digital Input / Output 14 ขา (เป็น PWM ได้ 6 ขา)
- มี Analog Input 6 ขา Serial UART 1 ชุด เป็นพอร์ตสื่อสารอนุกรม
- มี ชุดI2C 1 ชุด SPI 1 ชุด

2. ArduinoDue



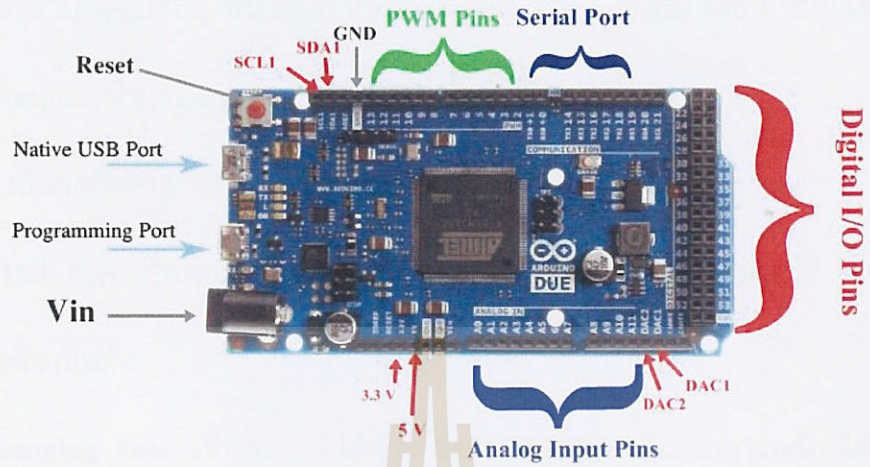
รูปที่ 2.33 บอร์ด Arduino DUE

เป็นบอร์ด Arduino ที่เปลี่ยนชิป MCU ใหม่ซึ่งจากเดิมเป็นตระกูล AVR เปลี่ยนเป็นเบอร์ AT91SAM3X8E(ตระกูล ARM Cortex-M3) แทน ทำให้การประมวลผลเร็วขึ้น แต่ยังคงรูปแบบโค้ดโปรแกรมของ Arduino ที่ง่ายอยู่

ข้อควรระวัง: เนื่องจาก MCU เป็นคนละเบอร์กับ Arduino Uno R3 อาจะทำให้บอร์ด Shield บางตัวหรือ Library ใช้ร่วมกันกับบอร์ด Arduino Leonardo ไม่ได้ ผู้ใช้งานจำเป็นต้องตรวจสอบก่อนใช้งาน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

โครงสร้างพื้นฐานของบอร์ด Arduino Due



รูปที่ 2.34 โครงสร้างพื้นฐานของบอร์ด Arduino Due

โครงสร้างของบอร์ด Arduino Due นั้น ประกอบด้วย

1.USBPort: ใช้สำหรับต่อกับ Computer เพื่ออับโหลดโปรแกรมเข้า MCU และจ่ายไฟให้กับบอร์ด

2.Reset Button: เป็นปุ่ม Reset ใช้กดเมื่อต้องการให้ MCU เริ่มการทำงานใหม่

3.ICSP Port ของ Atmega16U2 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Visual Com port บน Atmega16U2

4. I/OPort: Digital I/O ตั้งแต่ขา D0 ถึง D13 นอกจากนี้ บาง Pin จะทำหน้าที่อื่นๆ เพิ่มเติมด้วย เช่น Pin0,1 เป็นขา Tx,Rx Serial, Pin14,15,16,17,18 และ 19 เป็นขา PWM

5.ICSP Port: Atmega16U2 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Bootloader

6. MCU: AT91SAM3X8E เป็น MCU ที่ใช้บนบอร์ด Arduino

7. I/OPort: นอกจากจะเป็น Digital I/O แล้ว ยังเปลี่ยนเป็น ช่องรับสัญญาณอนาล็อก ตั้งแต่ขา A0-A11

8.Power Port: ไฟเลี้ยงของบอร์ดเมื่อต้องการจ่ายไฟให้กับวงจรภายนอก ประกอบด้วยขาไฟเลี้ยง +3.3 V, +5V, GND, V_{in}

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

9. Power Jack: รับไฟจาก Adapter โดยที่แรงดันอยู่ระหว่าง 7-12 V

10. MCU ของ Atmega16U2 เป็น MCU ที่ทำหน้าที่เป็น USB to Serial โดย AT91SAM3X8E จะติดต่อกับ Computer ผ่านAtmega16U2

11. AREF :เป็นขาอ้างอิงสำหรับแรงดับของขาอะนาล็อค

12. Native USB Port :เป็นพอร์ตที่สามารถใช้เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่างๆใด เช่น เมาส์ คีย์บอร์ด และโทรศัพท์มือถือ เป็นต้น

13. Programming Port :เป็นพอร์ตที่ใช้เชื่อมต่อกับUSB Port โดยสามารถเป็นได้ทั้งขาที่ใช้สำหรับรับข้อมูลจากการเขียนโค้ดโปรแกรม Arduino IDE และ เป็นขาที่สามาถเชื่อมกับไฟเลี้ยงจาก Computer ได้อีกด้วย

คุณสมบัติทั่วไปของบอร์ด Arduino Due

- ไมโครคอนโทรลเลอร์ : AT91SAM3X8E จาก Atmel หน่วยความจำแฟลช512 กิโลไบต์, แรม 96 กิโลไบต์ มีความสามารถ USB-OTG ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ USB โฮสต์ เพื่อต่อกับเมาส์ คีย์บอร์ด และสมาร์ตโฟนได้
- ความถี่สัญญาณนาฬิกา : 84MHz
- ไฟเลี้ยงทำงาน : 3.3V
- ย่านไฟเลี้ยงอินพุต : 7 ถึง 12V
- พอร์ตอินพุตเอาต์พุต : 54 ช่อง (รวมเอาต์พุต PWM 12 ช่อง)
- อินพุตอะนาลอก : 12 ช่อง ความละเอียด 12 บิต รับแรงดัน 0 ถึง +3.3V
- เอาต์พุตอะนาลอก (DAC) : 2 ช่อง ความละเอียด 12 บิต ให้แรงดัน 0 ถึง +3.3V
- บัสสื่อสารข้อมูล : I^2C 2 ชุด, SPI, JTAG, CAN, UART 4 ชุด
- พอร์ตติดต่อคอมพิวเตอร์ :พอร์ต USB โดยใช้สาย microUSB

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.3 สรุป

แบบจำลองลานจอดรถอัจฉริยะนั้น มีองค์ประกอบสำคัญ คือ เซนเซอร์อัลตร้าโซนิค (Ultrasonic) โดยอาศัยคลื่นอัลตร้าโซนิคมาใช้ทำการตรวจจับวัตถุ และในส่วนแสดงผลซึ่งประกอบด้วย ไดโอดเปล่งแสง (LED) และ เซอร์โวมอเตอร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3

การออกแบบโครงงาน

3.1 บทนำ

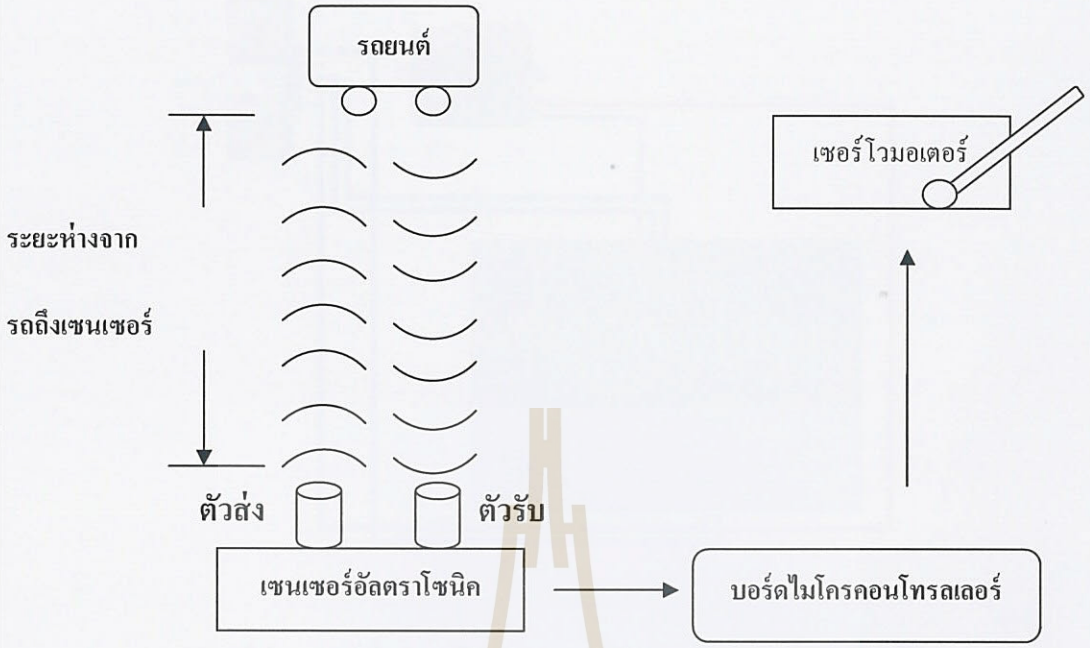
เนื้อหาในบทนี้จะเป็นการกล่าวถึงการออกแบบโครงสร้างและการสร้างวงจรภายในแบบจำลองลานจอดรถเพื่อที่สำหรับนำมาตรวจจับรถยนต์ภายในแบบจำลอง แล้วทำการทดสอบการใช้งานได้จริงของอุปกรณ์แต่ละตัวที่กลุ่มผู้ทดสอบได้นำมาประกอบเป็นแบบจำลองลานจอดรถ มาเป็นวงจรภายในวงจร 3 ส่วนดังนี้ คือ วงจรควบคุมการเปิด-ปิดแผงกั้นรถอัตโนมัติ วงจรตรวจสอบสถานะช่องจอดรถ และ วงจรแสดงสถานะการจอดรถระบบประสานเวลา

3.2 องค์ประกอบและหลักการทำงานของส่วนต่างๆภายในแบบจำลอง

หลักการทำงานของส่วนต่างๆภายในแบบจำลอง จะเริ่มขึ้นที่บริเวณทางเข้าของแบบจำลองลานจอดรถ ซึ่งมีวงจรควบคุมการเปิด-ปิดแผงกั้นรถอัตโนมัติ และจะมีการทำการก็ต่อเมื่อเซนเซอร์นั้นได้ทำการตรวจจับรถได้ นั้นก็คือ แผงกั้นจะยกตัวขึ้นมา และ จะลดตัวลงในกรณีที่ไม่มีรถอยู่ในระยะตรวจจับของเซนเซอร์ จากนั้นเมื่อรถได้เคลื่อนที่ผ่านวงจรดังกล่าวไปแล้ว รถจะเคลื่อนที่เข้าไปสู่ในส่วนของภายช่องจอดรถซึ่งมีวงจรตรวจสอบสถานะช่องจอดรถ และวงจรดังกล่าวนั้นจะมีการทำงานก็ต่อเมื่อมีรถเคลื่อนที่ไปอยู่ในระยะตรวจจับของเซนเซอร์จากนั้น เมื่อเซนเซอร์สามารถตรวจจับรถที่เคลื่อนที่ไปอยู่ในระยะของเซนเซอร์ได้นั้น หลอดไฟ LED สีแดงจะติด (ON) และ หลอดไฟ LED สีเขียวจะดับ (OFF) นั้นก็หมายความว่า ช่องจอดรถดังกล่าวนั้นมีรถเคลื่อนที่ไปจอดอยู่ภายในช่องจอดแล้ว ส่วนถ้าเซนเซอร์นั้นไม่สามารถตรวจจับรถได้ในระยะของเซนเซอร์ หลอดไฟ LED สีแดงจะดับ (Off) และหลอดไฟ LED สีเขียวจะติด (ON) นั้นก็หมายความว่า ช่องจอดรถดังกล่าวนั้นไม่มีรถเคลื่อนที่ไปอยู่ในช่องจอดรถ จากนั้นที่ส่วนภายนอกของแบบจำลอง ซึ่งมี วงจรแสดงสถานะช่องจอดรถระบบประสานเวลา นั้น ซึ่งจะทำงานก็ต่อเมื่อมีรถ หรือ ไม่มีรถ เข้าไปอยู่ในบริเวณภายในช่องจอดรถ เช่น ถ้ามีรถจอดอยู่ในช่องจอด วงจรดังกล่าวจะแสดงสถานะของไฟ LED ไปพร้อมกับระบุตำแหน่งของช่องจอดนั้นๆ ด้วย ซึ่งจะแสดงแผนภาพบล๊อกไดอะแกรมโดยรวมของวงจร ดังรูปที่ 3.1

รูปที่ 3.1 แผนภาพไดอะแกรมของวงจรภายในแบบจำลอง

3.3 วงจรควบคุมการเปิด-ปิด แขนกั้นอัตโนมัติ

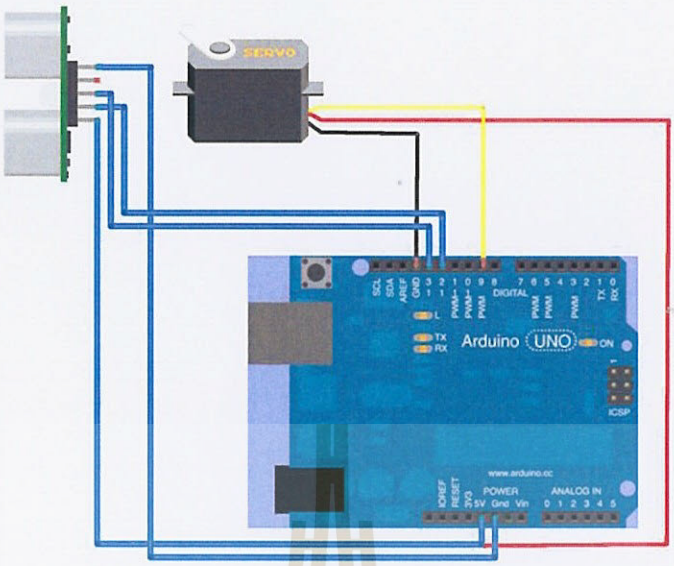


รูปที่ 3.2 แผนภาพไดอะแกรมของวงจรควบคุมการเปิด-ปิด แผงกั้นอัตโนมัติ

วงจรควบคุมการเปิด-ปิด แขนกั้นอัตโนมัติ (Automatic Barrier gate control circuit)เป็นวงจรที่อยู่บริเวณส่วนทางเข้าของแบบจำลอง ทำหน้าที่ควบคุมการเข้า-ออก ของรถยนต์ โดยวงจรดังกล่าวนั้นจะสามารถทำงานได้ก็ต่อเมื่อ มีรถยนต์เคลื่อนที่เข้ามาในระยะเซนเซอร์สามารถตรวจจับได้ จากนั้นแผงกั้น (Barrier) จะทำการยกขึ้น และ จะไม่ยกขึ้นในกรณีที่ไม่มีรถยนต์เคลื่อนที่เข้ามาอยู่ในระยะตรวจจับของเซนเซอร์

ซึ่งวงจรควบคุมการเปิด-ปิด แขนกั้นอัตโนมัตินั้น กลุ่มผู้ทดลองได้ทำการออกแบบโดยใช้เซนเซอร์อัลตร้าโซนิค (Ultrasonic Sensor) รุ่น HCSR - 04 ที่มีความแม่นยำและเที่ยงตรงสูง ในระยะที่สามารถตรวจจับอยู่ในช่วงระหว่าง 4 เซนติเมตร ถึง 4 เมตร โดยจะทำการส่งสัญญาณออกไป แล้ววัดระยะทางที่มีสัญญาณสะท้อนกลับมา เมื่อเซนเซอร์นั้นสามารถตรวจจับวัตถุได้แล้วส่งสัญญาณไปให้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการประมวลผลแล้วไปสั่งการให้เซอร์โวมอเตอร์นั้นทำงาน

3.3.1 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆภายในวงจรวงจรควบคุมการเปิด-ปิด แขนกั้นอัตโนมัติ



รูปที่ 3.3 การเชื่อมต่อวงจรควบคุมการเปิด-ปิด แผงกั้นอัตโนมัติ

โดย ที่ เซอร์โวมอเตอร์

- เชื่อมต่อสาย Power (สีแดง) เข้ากับ ขาไฟเลี้ยง 5 V ของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

- เชื่อมต่อสาย GND (สีดำ) เข้ากับ ขา GND ของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

- เชื่อมต่อสาย Signal (สีขาว) เข้ากับ ขาดิจิตอลหมายเลข 8 ของบอร์ด ไมโครคอนโทรลเลอร์

ที่ เซนเซอร์อัลตราโซนิค

- เชื่อมต่อขา Vcc ของเซนเซอร์ ต่อกับ ขาแรงดัน 5 V ของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

- เชื่อมต่อขา GND ของเซนเซอร์ ต่อกับ ขา GND ของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

- เชื่อมต่อขา Trig ของเซนเซอร์ ต่อกับ ขาดิจิตอลหมายเลข 12 ของบอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์

- เชื่อมต่อ ขา Echo ของเซนเซอร์ ต่อกับ ขาดิจิตอลหมายเลข 11 ของบอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.3.2 โค๊ดโปรแกรมสำหรับวงจรควบคุมการเปิด-ปิด แขนกั้นอัตโนมัติ

```
#define trigPin 13

#define echoPin 12



#define trigPin1 8

#define echoPin1 7

#include <Servo.h>

Servo servoMain;

Servo x;



void setup() {

 Serial.begin (9600);

 pinMode(trigPin, OUTPUT);

 pinMode(echoPin, INPUT);

servoMain.attach(10);



 Serial.begin (9600);

 pinMode(trigPin1, OUTPUT);

 pinMode(echoPin1, INPUT);

x.attach(6);
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
void loop() {

 long duration, distance;

 digitalWrite(trigPin, LOW);

 delayMicroseconds(2);

 digitalWrite(trigPin, HIGH);



 delayMicroseconds(10);

 digitalWrite(trigPin, LOW);

 duration = pulseIn(echoPin, HIGH);

 distance = (duration/2) / 29.1;



 long duration1, distance1;

 digitalWrite(trigPin1, LOW);

 delayMicroseconds(2);

 digitalWrite(trigPin1, HIGH);



 delayMicroseconds(10);

 digitalWrite(trigPin1, LOW);

 duration1 = pulseIn(echoPin1, HIGH);

 distance1 = (duration1/2) / 29.1;
```

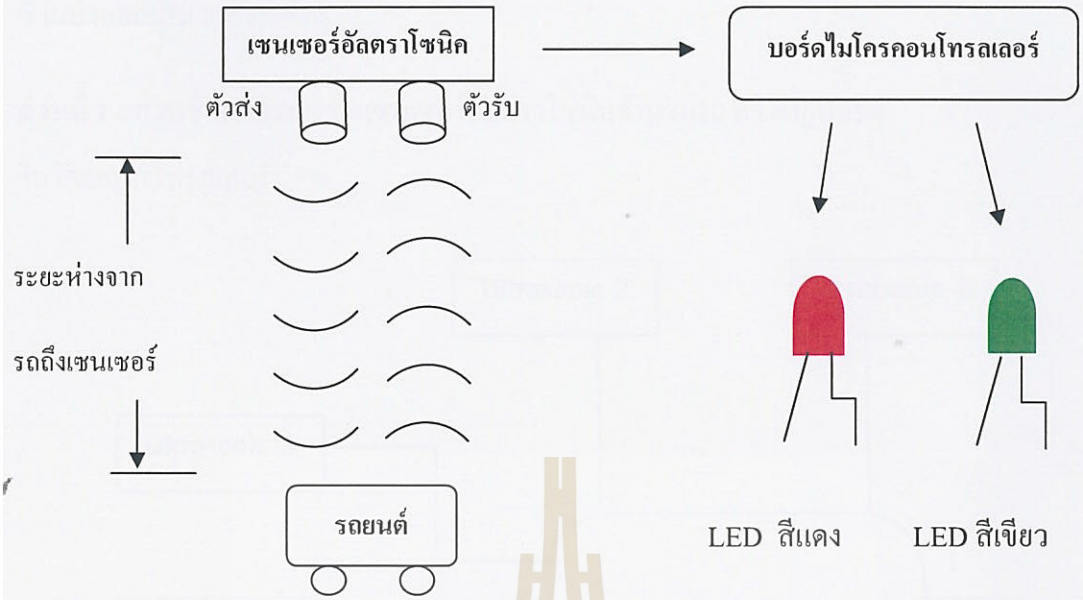
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
if (distance <=8) {
servoMain.write(45);
}
 else {
  servoMain.write(90);
 delay(600);
 }
 if (distance >= 400 || distance <= 0){
  Serial.println("Out of range");
 }
 else {
  Serial.print(distance);
  Serial.println(" cm");
 }

 if (distance1 <= 8) {
x.write(45);
}
 else {
  x.write(90);
 delay(600);
 }
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
if (distance1 >= 400 || distance1 <= 0){
  Serial.println("Out of range");
 }
 else {
  Serial.print(distance1);
  Serial.println(" cm 2");
 }
   delay(250);
}
```

3.4 วงจรตรวจสอบสถานะช่องจอดรถ



รูปที่ 3.4 แผนภาพไดอะแกรมวงจรตรวจสอบสถานะช่องจอดรถ

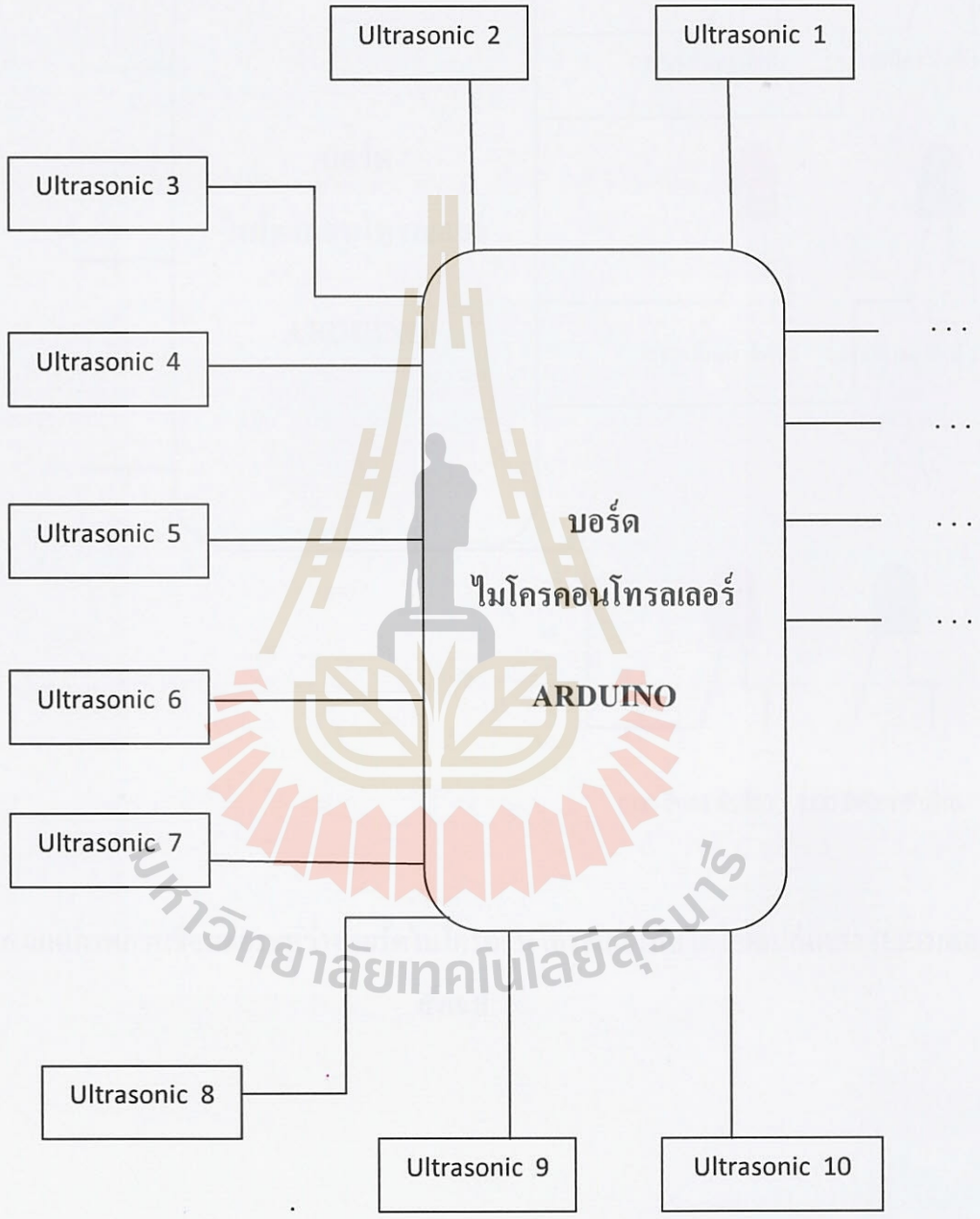
วงจรตรวจสอบสถานะช่องจอดรถเป็นวงจรที่อยู่บริเวณส่วนภายในแบบจำลองทำหน้าที่ตรวจสอบสถานะรถยนต์ โดยเมื่อมีรถยนต์เคลื่อนที่มาเข้าจอดในช่องจอดที่อยู่ในระยะตรวจจับของเซนเซอร์ ไฟ LED สีเขียวจะติด (ON) และ ไฟ LED สีแดงจะดับ (OFF) ส่วนเมื่อถ้าไม่มีรถยนต์เคลื่อนที่เข้ามาจอดอยู่ในช่องจอดที่อยู่ในระยะตรวจจับของเซนเซอร์ ไฟ LED สีเขียวจะดับ (OFF) และ ไฟ LED สีแดงจะติด (ON) ซึ่งนั้นก็หมายความว่า " ไม่มีรถอยู่ภายในช่องจอดรถ หรือสถานะว่าง และ มีรถอยู่ภายในช่องจอดรถ หรือ สถานะไม่ว่าง " ตามลำดับ

ซึ่งวงจรตรวจสอบสถานะช่องจอดรถนั้น กลุ่มผู้ทดลองได้ทำการออกแบบโดยใช้เซนเซอร์อัลตราโซนิค (Ultrasonic Sensor) รุ่น HCSR - 04 จำนวน 10 ตัว ที่มีความแม่นยำและเที่ยงตรงสูง ในระยะที่สามารถตรวจจับอยู่ในช่วงระหว่าง 4 เซนติเมตร ถึง 4 เมตร โดยจะทำการส่งสัญญาณออกไป แล้ววัดระยะทางที่มีสัญญาณสะท้อนกลับมา เมื่อเซนเซอร์นั้นสามารถตรวจจับวัตถุได้แล้วส่งสัญญาณไปให้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการประมวลผลแล้วไปสั่งการให้หลอดไฟ LED แสดงผลตามที่ได้ออกแบบไว้

3.4.1 การเชื่อมต่อวงจรตรวจสอบสถานะช่องจอดรถแบบพอสังเขป

ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

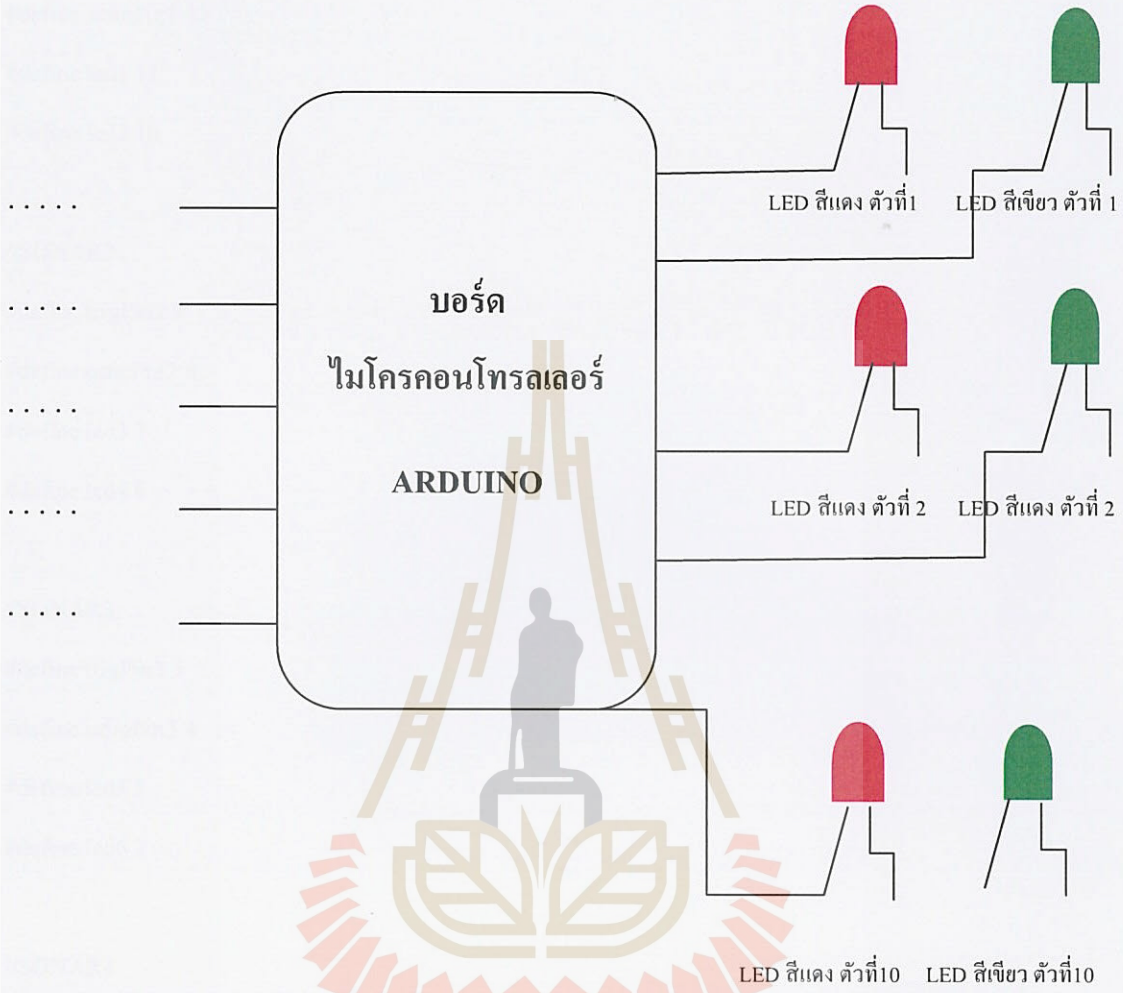
ส่วนที่ 1 : การเชื่อมต่อระหว่างเซนเซอร์อัลตราโซนิคจำนวน10 ตัว กับ บอร์ด ไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 3.5 แผนภาพการเชื่อมต่อระหว่างเซนเซอร์อัลตร้าโซนิคกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

ส่วนที่ 2 : การเชื่อมต่อระหว่างบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์กับไดโอดเปล่งแสง (LED)พอสังเขป

โดยใช้ LED สีแดง และ LED สีเขียว จำนวนอย่างละ 10 ตัว รวมทั้งหมดจำนวน20 ตัว



รูปที่ 3.6 แผนภาพการเชื่อมต่อระหว่างบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์กับไดโอดเปล่งแสง (LED)พอสังเขป

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.4.2 โค้ดโปรแกรมสำหรับวงจรตรวจสอบสถานะช่องจอดรถ

```
//SONAR1
#define trigPin1 13
#define echoPin1 12
#define led1 11
#define led2 10

//SONAR2
#define trigPin2 9
#define echoPin2 8
#define led3 7
#define led4 6

//SONAR3
#define trigPin3 5
#define echoPin3 4
#define led5 3
#define led6 2

//SONAR4
#define trigPin4 22
#define echoPin4 23
#define led7 24
#define led8 25

//SONAR5
#define trigPin5 26
#define echoPin5 27
#define led9 28
#define led10 29
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
//SONAR6
#define trigPin6 30
#define echoPin6 31
#define led11 32
#define led12 33

//SONAR7
#define trigPin7 34
#define echoPin7 35
#define led13 36
#define led14 37

//SONAR8
#define trigPin8 38
#define echoPin8 39
#define led15 40
#define led16 41

//SONAR9
#define trigPin9 42
#define echoPin9 43
#define led17 44
#define led18 45

//SONAR10
#define trigPin10 46
#define echoPin10 47
#define led19 48
#define led20 49
void setup() {
  Serial.begin (9600);
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
//SONAR6
pinMode(trigPin6, OUTPUT);
pinMode(echoPin6, INPUT);
pinMode(led11, OUTPUT);
pinMode(led12, OUTPUT);

//SONAR7
pinMode(trigPin7, OUTPUT);
pinMode(echoPin7, INPUT);
pinMode(led13, OUTPUT);
pinMode(led14, OUTPUT);

//SONAR8
pinMode(trigPin8, OUTPUT);
pinMode(echoPin8, INPUT);
pinMode(led15, OUTPUT);
pinMode(led16, OUTPUT);

//SONAR9
pinMode(trigPin9, OUTPUT);
pinMode(echoPin9, INPUT);
pinMode(led17, OUTPUT);
pinMode(led18, OUTPUT);

//SONAR10
pinMode(trigPin10, OUTPUT);
pinMode(echoPin10, INPUT);
pinMode(led19, OUTPUT);
pinMode(led20, OUTPUT);
}
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
void loop() {
 long duration1, distance1;                    //SONAR1
 digitalWrite(trigPin1, LOW);
 delayMicroseconds(2);
 digitalWrite(trigPin1, HIGH);
 delayMicroseconds(10);
 digitalWrite(trigPin1, LOW);
 duration1 = pulseIn(echoPin1, HIGH);
 distance1 = (duration1/2) / 29.1;

 long duration2, distance2;                    //SONAR2
 digitalWrite(trigPin2, LOW);
 delayMicroseconds(2);
 digitalWrite(trigPin2, HIGH);
 delayMicroseconds(10);
 digitalWrite(trigPin2, LOW);
 duration2 = pulseIn(echoPin2, HIGH);
 distance2 = (duration2/2) / 29.1;

 long duration3, distance3;                    //SONAR3
 digitalWrite(trigPin3, LOW);
 delayMicroseconds(2);
 digitalWrite(trigPin3, HIGH);
 delayMicroseconds(10);
 digitalWrite(trigPin3, LOW);
 duration3 = pulseIn(echoPin3, HIGH);
 distance3 = (duration3/2) / 29.1;

 long duration4, distance4;                    //SONAR4
 digitalWrite(trigPin4, LOW);
 delayMicroseconds(2);
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
digitalWrite(trigPin4, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(trigPin4, LOW);
duration4 = pulseIn(echoPin4, HIGH);
distance4 = (duration4/2) /29.1;

long duration5, distance5;                    //SONAR5
digitalWrite(trigPin5, LOW);
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(trigPin5, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(trigPin5, LOW);
duration5 = pulseIn(echoPin5, HIGH);
distance5 = (duration5/2) /29.1;

long duration6, distance6;                    //SONAR6
digitalWrite(trigPin6, LOW);
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(trigPin6, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(trigPin6, LOW);
duration6 = pulseIn(echoPin6, HIGH);
distance6 = (duration6/2) /29.1;

long duration7, distance7;                    //SONAR7
digitalWrite(trigPin7, LOW);
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(trigPin7, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(trigPin7, LOW);
duration7 = pulseIn(echoPin7, HIGH);
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
distance7 = (duration7/2) /29.1;

long duration8, distance8;                    //SONAR8
digitalWrite(trigPin8, LOW);
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(trigPin8, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(trigPin8, LOW);
duration8 = pulseIn(echoPin8, HIGH);
distance8 = (duration8/2) /29.1;

long duration9, distance9;                    //SONAR9
digitalWrite(trigPin9, LOW);
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(trigPin9, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(trigPin9, LOW);
duration9 = pulseIn(echoPin9, HIGH);
distance9 = (duration9/2) /29.1;

long duration10, distance10;                  //SONAR10
digitalWrite(trigPin10, LOW);
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(trigPin10, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(trigPin10, LOW);
duration10 = pulseIn(echoPin10, HIGH);
distance10 = (duration10/2) /29.1;

 if (distance1<12 ) {
  digitalWrite(led1,HIGH);
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
 digitalWrite(led2,LOW);
}
else {
 digitalWrite(led1,LOW);
 digitalWrite(led2,HIGH);
}
if (distance1>= 200 || distance1<= 0){
 Serial.println("Out of range   //Sonar1");
}
else {
 Serial.print(distance1);
 Serial.println("cm   //Sonar1");
}

  if (distance2<12) {
 digitalWrite(led3,HIGH);
 digitalWrite(led4,LOW);
}
else {
 digitalWrite(led3,LOW);
 digitalWrite(led4,HIGH);
}
if (distance2>= 200 || distance2<= 0){
 Serial.println("Out of range   //Sonar 2");
}
else {
 Serial.print(distance2);
 Serial.println(" cm   //Sonar 2");
}
if (distance3<12) {
 digitalWrite(led5,HIGH);
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
  digitalWrite(led6,LOW);
}
else {
  digitalWrite(led5,LOW);
  digitalWrite(led6,HIGH);
}
if (distance3>= 200 || distance3<= 0){
  Serial.println("Out of range   //Sonar3");
}
else {
  Serial.print(distance3);
  Serial.println(" cm   //Sonar3");
}
if (distance4<12) {
    digitalWrite(led7,HIGH);
  digitalWrite(led8,LOW);
}
else {
  digitalWrite(led7,LOW);
  digitalWrite(led8,HIGH);
}
if (distance4>= 200 || distance4<= 0){
  Serial.println("Out of range   //Sonar4");
}
else {
  Serial.print(distance4);
  Serial.println(" cm   //Sonar4");
}
if (distance5<12) {
  digitalWrite(led9,HIGH);
  digitalWrite(led10,LOW);
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
}
 else {
 digitalWrite(led9,LOW);
 digitalWrite(led10,HIGH);
}
if (distance5>= 200 || distance5<= 0){
 Serial.println("Out of range   //Sonar5");
}
else {
 Serial.print(distance5);
 Serial.println(" cm   //Sonar5");
}
 if (distance6<12) {
  digitalWrite(led11,HIGH);
  digitalWrite(led12,LOW);
 }
  else {
   digitalWrite(led11,LOW);
   digitalWrite(led12,HIGH);
  }
 if (distance6>= 200 || distance6<= 0){
  Serial.println("Out of range   //Sonar6");
 }
 else {
   Serial.print(distance6);
   Serial.println(" cm  //Sonar6");
 }
   if (distance7<12) {
   digitalWrite(led13,HIGH);
   digitalWrite(led14,LOW);
  }
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

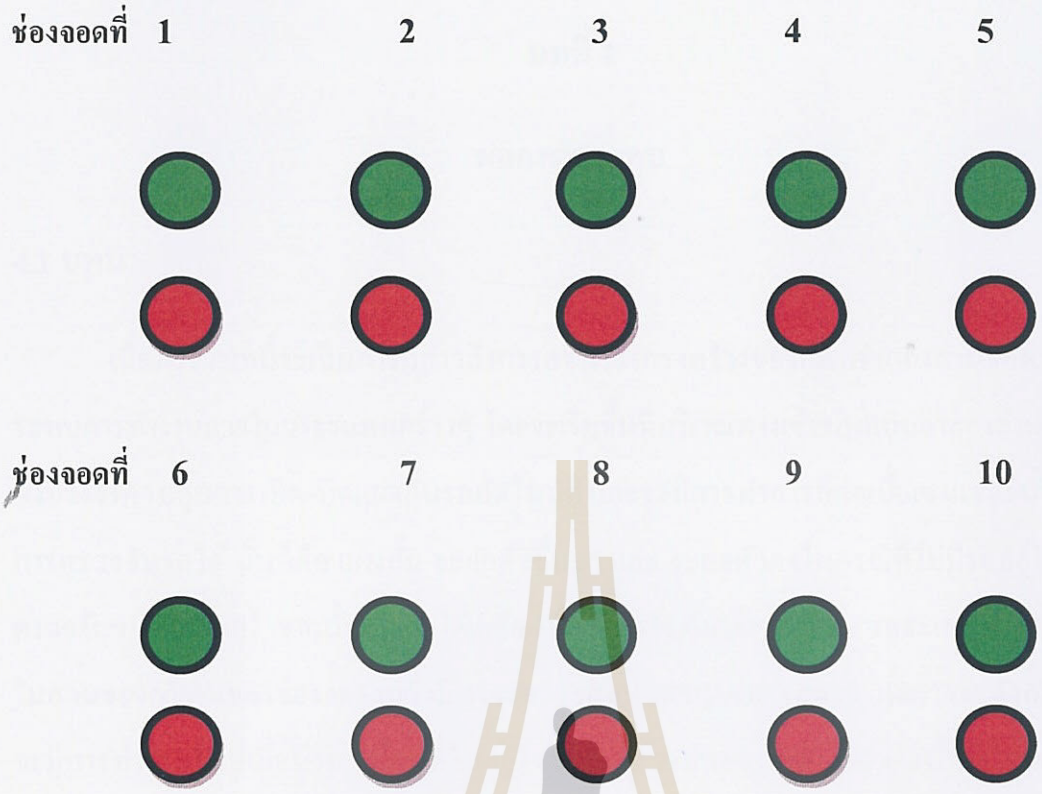
```
else {
 digitalWrite(led13,LOW);
 digitalWrite(led14,HIGH);
}
if (distance7>= 200 || distance7<= 0){
 Serial.println("Out of range  //Sonar7");
}
else {
 Serial.print(distance7);
 Serial.println(" cm  //Sonar7");
}
 if (distance8<12) {
 digitalWrite(led15,HIGH);
 digitalWrite(led16,LOW);
}
 else {
 digitalWrite(led15,LOW);
 digitalWrite(led16,HIGH);
}
if (distance8>= 200 || distance8<= 0){
 Serial.println("Out of range  //Sonar8");
}
else {
 Serial.print(distance8);
 Serial.println(" cm  //Sonar8");
}

  if (distance9<12) {
  digitalWrite(led17,HIGH);
 digitalWrite(led18,LOW);
 }
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
else {
 digitalWrite(led17,LOW);
 digitalWrite(led18,HIGH);
}
if (distance9>= 200 || distance9<= 0){
 Serial.println("Out of range  //Sonar9");
}
else {
 Serial.print(distance9);
 Serial.println(" cm  //Sonar9");
}
if (distance10<12) {
 digitalWrite(led19,HIGH);
digitalWrite(led20,LOW);
}
else {
 digitalWrite(led19,LOW);
 digitalWrite(led20,HIGH);
}
if (distance10>= 200 || distance10<= 0){
 Serial.println("Out of range  //Sonar10");
}
else {
 Serial.print(distance10);
 Serial.println(" cm  //Sonar10");
  }

  delay(4500);
}
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.5 วงจรแสดงสถานะช่องจอดรถระบบประสานเวลา



รูปที่3.7 วงจรแสดงสถานะช่องจอดรถระบบประสานเวลา

วงจรแสดงผลสถานะช่องจอดรถ เป็นวงจรส่วนที่บริเวณนอกสุดของแบบจำลองและเป็นวงจรที่เชื่อมต่อกับวงจรตรวจสอบสถานะช่องจอดรถ ทำหน้าที่แสดงผลช่องจอดรถโดยจะแสดงผลในช่องจอดและสถานะนั้นๆได้ทันทีเมื่อมีรถยนต์เข้าจอดและ ยังไม่เข้าช่องจอดภายในแบบจำลอง โดยการเชื่อมต่อของวงจรแสดงผลสถานะช่องจอดรถนั้นเป็นไปดัง รูปที่ 3.7

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.6 สรุป

เมื่อทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์แต่ละอุปกรณ์เข้าด้วยกัน แล้วนำไปประกอบภายในแบบจำลองลานจอดรถแล้ว พบว่า ดังรูปที่ 4.1 และ รูปที่ 4.2 เพื่อความเป็นสะดวกต่อการใช้งาน และ นำไปทดสอบโดยองค์ประกอบย่อยของแต่ละอุปกรณ์ เพื่อที่จะให้อุปกรณ์ต่างๆทำงานได้อย่างสมบูรณ์

บทที่ 4

ผลการทดสอบ

4.1 บทนำ

เนื้อหาในบทนี้จะเป็นการกล่าวถึงการอธิบายโครงสร้างของแบบจำลองลานจอดรถ และระบบการทำงานภายในวงจรแบบคร่าวๆ โดยจะเริ่มขึ้นที่บริเวณทางเข้าของแบบจำลองลานจอดรถ ซึ่งมีวงจรควบคุมการเปิด-ปิดแผงกั้นรถอัตโนมัติ และจะมีการทำการก็ต่อเมื่อเซนเซอร์นั้นได้ทำการตรวจจับรถได้ นั้นก็คือ แผงกั้น จะยกตัวขึ้นมา และ จะลดตัวลงในกรณีที่ไม่มีรถอยู่ในระยะตรวจจับของเซนเซอร์ จากนั้นเมื่อรถได้เคลื่อนที่ผ่านวงจรดังกล่าวไปแล้ว รถจะเคลื่อนที่เข้าไปสู่ในส่วนของภายในของช่องจอดรถซึ่งมี วงจรตรวจสอบสถานะช่องจอดรถ และวงจรดังกล่าวนั้นจะมีการทำงานก็ต่อเมื่อมีรถเคลื่อนที่ไปอยู่ในระยะตรวจจับของเซนเซอร์จากนั้น เมื่อเซนเซอร์สามารถตรวจจับรถที่เคลื่อนที่ไปอยู่ในระยะของเซนเซอร์ได้นั้น หลอดไฟ LED สีแดงจะติด (ON) และ หลอดไฟ LED สีเขียวจะดับ (OFF) นั้นก็หมายความว่า ช่องจอดรถดังกล่าวนั้นมีรถเคลื่อนที่ไปจอดอยู่ภายในช่องจอดแล้ว ส่วนถ้าเซนเซอร์นั้นไม่สามารถตรวจจับรถได้ในระยะของเซนเซอร์ หลอดไฟ LED สีแดงจะดับ (Off) และหลอดไฟ LED สีเขียวจะติด (ON) นั้นก็หมายความว่า ช่องจอดรถดังกล่าวนั้นไม่มีรถเคลื่อนที่ไปอยู่ในช่องจอดรถ จากนั้นที่ส่วนภายนอกของแบบจำลอง ซึ่งมี วงจรแสดงสถานะช่องจอดรถระบบประสานเวลา นั้น ซึ่งจะทำงานก็ต่อเมื่อมีรถ หรือ ไม่มีรถ เข้าไปอยู่ในบริเวณภายในช่องจอดรถ เช่น ถ้ามีรถจอดอยู่ในช่องจอด วงจรดังกล่าวจะแสดงสถานะของไฟ LED ไปพร้อมกับระบุตำแหน่งของช่องจอดนั้นๆ ด้วย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.2 การทดสอบชิ้นงาน

กลุ่มผู้จัดทำได้จัดทำแบบจำลองสำหรับที่จะใช้ในการทดสอบดังนี้

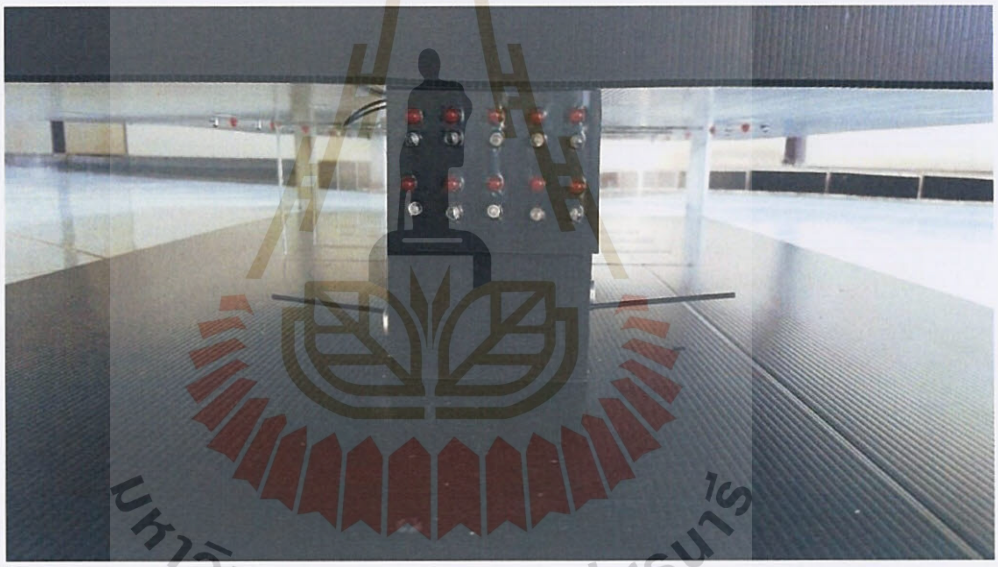
รูปที่ 4.1 แบบจำลานจอดรถพร้อมอุปกรณ์ทดสอบ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.2.1 การทดสอบการตรวจจับของเซนเซอร์สำหรับวงจรควบคุมแผงกั้นเปิด-ปิดอัตโนมัติ

บริเวณทางเข้าของแบบจำลองลานจอดรถ จะมีวงจรควบคุมการเปิด-ปิดแผงกั้นรถอัตโนมัติอยู่นั้นโดยมีหลักการดังต่อไปนี้

- ขณะที่ยังไม่มีรถยนต์ผ่านเข้ามาในระยะที่เซนเซอร์ทางเข้าตรวจจับ บอร์ดจะสั่งการโดยการส่ง logic 0 ไปที่ Servo motor เพื่อเป็นการปิดแผงกั้นรถ
- ขณะที่มีรถยนต์ผ่านเข้ามาในระยะที่เซนเซอร์ทางเข้าตรวจจับ บอร์ดจะสั่งการโดยการส่ง logic 1 ไปที่ Servo motor เพื่อเป็นการเปิดแผงกั้นรถขึ้น



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รูปที่ 4.2 แบบจำลานทางเข้าลานจอดรถพร้อมอุปกรณ์ทดสอบ

4.2.2 ผลการทดสอบการตรวจจับของเซนเซอร์สำหรับวงจรควบคุมแผงกั้นเปิด-ปิด

ตารางที่4.1ก ผลการทดสอบการตรวจจับของเซนเซอร์สำหรับวงจรควบคุมแผงกั้นเปิด-ปิด อัตโนมัติ กรณีที่มีรถผ่านทางเข้า

ครั้งที่	บริเวณทางเข้า	บริเวณทางออก
	แผงกั้น	แผงกั้น
1	เปิด	ปิด
2	เปิด	ปิด
3	เปิด	ปิด
4	เปิด	ปิด
5	เปิด	ปิด
6	เปิด	ปิด
7	เปิด	ปิด
8	เปิด	ปิด
9	เปิด	ปิด
10	เปิด	ปิด

ตารางที่4.1 ข ผลการทดสอบการตรวจจับของเซนเซอร์สำหรับวงจรควบคุมแผงกั้นเปิด-ปิด อัตโนมัติ กรณีที่มีรถผ่านทางออก

ครั้งที่	บริเวณทางเข้า	บริเวณทางออก
	แผงกั้น	แผงกั้น
1	ปิด	เปิด
2	ปิด	เปิด
3	ปิด	เปิด
4	ปิด	เปิด
5	ปิด	เปิด
6	ปิด	เปิด
7	ปิด	เปิด
8	ปิด	เปิด
9	ปิด	เปิด
10	ปิด	เปิด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.2.2 การทดสอบการตรวจจับรถของเซนเซอร์สำหรับวงจรตรวจสอบสถานะช่องจอดรถ

ระบบตรวจสอบสถานะช่องจอดรถ โดยใช้เซนเซอร์อัลตร้าโซนิคในการตรวจสอบสถานะช่องจอดรถ โดยมีหลักการดังต่อไปนี้

- กรณีที่ยังไม่มีรถยนต์เข้ามาจอดในช่องจอดรถ หรือไม่อยู่ในระยะการตรวจจับของเซนเซอร์ที่กำหนดไว้ส่งผลทำให้เซนเซอร์ในวงจรตรวจสอบสถานะช่องจอดรถช่องนั้นสั่งการไปที่บอร์ด เพื่อส่ง Logic 1 ไปที่ LED(ไฟสีเขียว)เพื่อสั่งการให้หลอดที่ LED(ไฟสีเขียว)ติด และส่ง Logic 0ไปที่ LED(ไฟสีแดง)เพื่อสั่งการให้หลอดที่ LED(ไฟสีแดง)ดับ
- กรณีที่ยังมีรถยนต์เข้ามาจอดในช่องจอดรถ หรืออยู่ในระยะการตรวจจับของเซนเซอร์ที่กำหนดไว้ ส่งผลทำให้เซนเซอร์ในวงจรตรวจสอบสถานะช่องจอดรถช่องนั้นสั่งการไปที่บอร์ด เพื่อส่ง Logic 1 ไปที่ LED(ไฟสีแดง)เพื่อสั่งการให้หลอดที่ LED(ไฟสีแดง)ติด และส่ง Logic 0 ไปที่ LED(ไฟสีเขียว)เพื่อสั่งการให้หลอดที่ LED(ไฟสีเขียว)ดับ

รูปที่ 4.3 ก.

รูปที่ 4.3 ข

รูปที่ 4.3 ก. การทำงานของวงจรตรวจสอบสถานะช่องจอดรถกรณีที่ยังไม่มีรถยนต์เข้ามาจอดในช่องจอดรถ

รูปที่ 4.3 ข. การทำงานของวงจรตรวจสอบสถานะช่องจอดรถกรณีที่ยังมีรถยนต์เข้ามาจอดในช่องจอดรถ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.2.3 ผลการทดสอบการตรวจจับรถของเซนเซอร์สำหรับวงจรตรวจสอบสถานะช่องจอดรถ

ตารางที่ 4.2 ก ตารางผลการทดสอบการตรวจจับรถของเซนเซอร์สำหรับวงจรตรวจสอบสถานะช่องจอดรถที่ 1- 5 กรณีที่ไม่มีรถจอด

ครั้งที่	ช่องจอดที่ 1		ช่องจอดที่ 2		ช่องจอดที่ 3		ช่องจอดที่ 4		ช่องจอดที่ 5	
	LED สีแดง	LED สีเขียว	LED สีแดง	LED สีเขียว	LED สีแดง	LED สีเขียว	LED สีแดง	LED สีเขียว	LED สีแดง	LED สีเขียว
1	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด
2	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด
3	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด
4	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด
5	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด
6	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด
7	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด
8	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด
9	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด
10	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.2 ข ตารางผลการทดสอบการตรวจจับรถของเซนเซอร์สำหรับวงจรตรวจสอบสถานะช่องจอดรถที่ 6- 10 กรณีที่ไม่มีรถจอด

ครั้งที่	ช่องจอดที่ 6		ช่องจอดที่ 7		ช่องจอดที่ 8		ช่องจอดที่ 9		ช่องจอดที่ 10	
	LED สีแดง	LED สีเขียว	LED สีแดง	LED สีเขียว	LED สีแดง	LED สีเขียว	LED สีแดง	LED สีเขียว	LED สีแดง	LED สีเขียว
1	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด
2	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด
3	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด
4	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด
5	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด
6	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด
7	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด
8	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด
9	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด
10	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.3 ก ตารางผลการทดสอบการตรวจจับรถของเซนเซอร์สำหรับวงจรตรวจสอบสถานะช่องจอดรถที่ 1- 5 กรณีที่มีรถจอด

ครั้งที่	ช่องจอดที่ 1		ช่องจอดที่ 2		ช่องจอดที่ 3		ช่องจอดที่ 4		ช่องจอดที่ 5	
	LED สีแดง	LED สีเขียว	LED สีแดง	LED สีเขียว	LED สีแดง	LED สีเขียว	LED สีแดง	LED สีเขียว	LED สีแดง	LED สีเขียว
1	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ
2	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ
3	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ
4	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ
5	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ
6	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ
7	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ
8	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ
9	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ
10	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.3 ก ตารางผลการทดสอบการตรวจจับรถของเซนเซอร์สำหรับวงจรตรวจสอบสถานะช่องจอดรถที่ 6-10 กรณีที่มีรถจอด

ครั้งที่	ช่องจอดที่ 1		ช่องจอดที่ 2		ช่องจอดที่ 3		ช่องจอดที่ 4		ช่องจอดที่ 5	
	LED สีแดง	LED สีเขียว	LED สีแดง	LED สีเขียว	LED สีแดง	LED สีเขียว	LED สีแดง	LED สีเขียว	LED สีแดง	LED สีเขียว
1	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ
2	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ
3	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ
4	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ
5	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ
6	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ
7	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ
8	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ
9	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ
10	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ

4.3 สรุป

จากผลการทดสอบการตรวจจับของเซนเซอร์สำหรับวงจรควบคุมแผงกั้นเปิด-ปิดอัตโนมัติ ในตารางที่ 4.1ก และ 4.1ข และในส่วนของการทดสอบการตรวจจับเซนเซอร์สำหรับวงจรตรวจสอบสถานะช่องจอดรถในตารางที่ 4.2 ก ,4.2 ข , 4.3 ก และ 4.3 ข พบว่า เซนเซอร์จะทำการตรวจจับรถได้เมื่อรถผ่านบริเวณที่ได้วางเซนเซอร์ไว้และแผงกั้นจะยกขึ้นมาตามที่กลุ่มผู้ทดสอบได้ทำการตั้งค่าไว้ และ เมื่อมีรถผ่านเข้ามาจอดในช่อง LED (ไฟสีแดง) จะติด และ LED (ไฟสีเขียว) จะดับ ตามลำดับ จึงสรุปได้ว่า วงจรที่ใช้ในการทดสอบทั้งสองวงจรนั้นสามารถทำไงได้ตามจุดประสงค์ที่กลุ่มผู้ทดสอบได้วางไว้

บทที่ 5

บทสรุปของโครงงาน

5.1 บทนำ

เนื้อหาในบทนี้เป็นการกล่าวถึงบทสรุปของโครงงาน เรื่อง การศึกษาและออกแบบแบบจำลองลานจอดรถอัจฉริยะ (Design and Study Intelligent Car's Park) ซึ่งจะประกอบไปด้วยปัญหาในการดำเนินงาน วิธีการแก้ไข และ แนวทางในการพัฒนาโครงงานต่อไป

ซึ่งภายในแบบจำลองลานจอดรถนั้น จะมีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วนดังนี้

1. วงจรควบคุมการเปิด-ปิดแผงกั้นอัตโนมัติ
2. วงจรตรวจสอบสถานะช่องจอดรถ
3. วงจรแสดงสถานะช่องจอดรถแบบประสานเวลา

บทสรุปของโครงงาน เรื่อง การศึกษาและออกแบบแบบจำลองลานจอดรถอัจฉริยะ(Design and Study Intelligent Car's Park)จากการทดลองระบบการทำงานภายในแบบจำลองลานจอดรถในส่วนต่างๆ จะเห็นได้ว่า สามารถทำงานได้ตามจุดประสงค์ ที่กลุ่มผู้ทดสอบได้วางไว้ สามารถตรวจสบสถานะปัจจุบันของช่องจอดรถนั้นๆได้ ทำให้สามารถรู้สถานะนั้นๆ ได้จากการแสดงผลได้ทันที เพื่อนความสะดวกและลดความวุ่นวายในการหาช่องจอดของผู้ใช้รถ

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการทดลอง Ultrasonic sensor จะปัญหาการเกิด Interference (การรบกวนกันของสัญญาณ) เนื่องจากเป็นเซนเซอร์ชนิดเดียวกันจึงมีความถี่ใกล้เคียงกัน ทำให้เกิดปัญหาการรบกวนกันของ Sensor ข้างเคียง ซึ่งสามารถแก้ปัญหาได้ดังกล่าว ดังนี้

1. ใช้แผ่นกั้นเพื่อลดการรบกวนกันของ UltrasonicSensor
2. ลดระยะของความสูงของโมเดล เพื่อลด ความกว้างของลำคลื่น

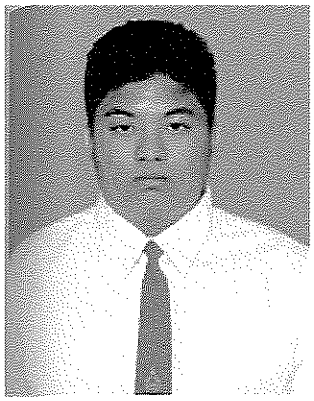
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

5.3 แนวทางการพัฒนา

โครงงานชิ้นนี้เป็นต้นแบบการตรวจสอบสถานะของที่จอดรถผ่าน Ultrasonic sensor ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้กลับระบบต่างๆ ได้ เช่น ระบบจองที่ช่องรถ ระบบจองช่องจอดรถออนไลน์ ระบบจำกัดจำนวนรถเข้าออก เป็นต้น รวมทั้งยังสามารถนำไปต่อยอดกับระบบรักษาความปลอดภัย ต่างๆ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัติผู้เขียน



นายพงษ์ประภัทร ชูหิรัญญ์วัฒน์

เกิดเมื่อวันที่ 24 ธันวาคม พ.ศ.2535

ภูมิลำเนาอยู่บ้านเลขที่ 388/54 ซอย 3 ถนนราชสีมา-ปักธงชัย

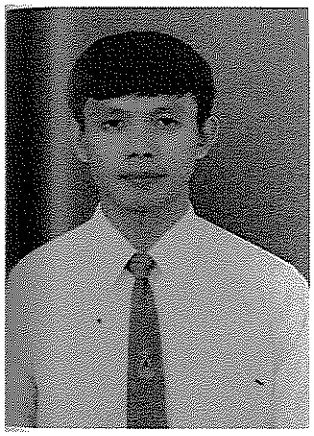
ตำบลปรุใหญ่ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

จบการศึกษามัธยมศึกษาจากโรงเรียนราชสีมาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2553

ปัจจุบันกำลังศึกษาอยู่ชันปีที่ 4

สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

จังหวัดนครราชสีมา



นายกรรธร เอมนุกูลกิจ

เกิดเมื่อวันที่ 22 พฤศจิกายน พ.ศ.2535

ภูมิลำเนาอยู่บ้านเลขที่ 38/35 หมู่ 8 ตำบลนาวุ้ง อำเภอเมือง

จังหวัดเพชรบุรี 76000

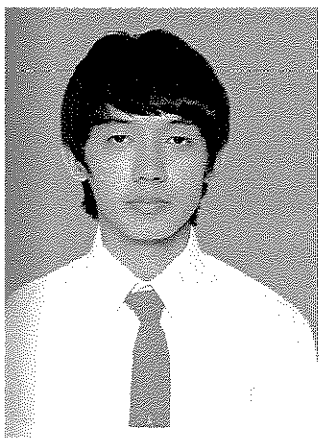
จบการศึกษามัธยมศึกษาจากโรงเรียนเบญจมเทพอุทิศจังหวัดเพชรบุรี

ปีการศึกษา 2553

ปัจจุบันกำลังศึกษาอยู่ชันปีที่ 4

สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

จังหวัดนครราชสีมา



นายสุวัฒน์ สวนทรง

เกิดเมื่อวันที่ 27 พฤศจิกายน พ.ศ.2535

ภูมิลำเนาอยู่บ้านเลขที่125 หมู่1 ตำบลถอนไผ่ อำเภอดำเนินสะดวก

จังหวัดราชบุรี 70130

จบการศึกษามัธยมศึกษาจากโรงเรียนประสาทรัฐประชากิจ

ปีการศึกษา 2553

ปัจจุบันกำลังศึกษาอยู่ชันปีที่ 4

สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

จังหวัดนครราชสีมา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

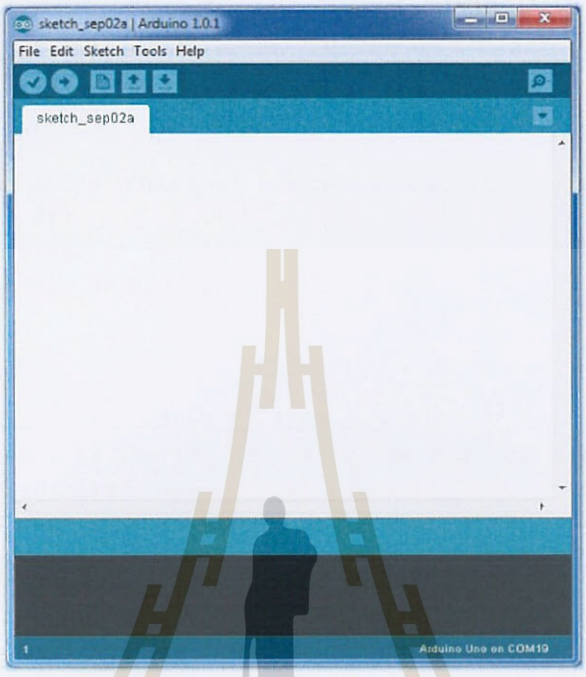
การใช้งานโปรแกรม Arduino IDE

1. ทำการดาวน์โหลดโปรแกรม Arduino IDE ที่ลิงค์ http://arduino.cc/en/Main/Softwareและทำการติดตั้งโปรแกรม

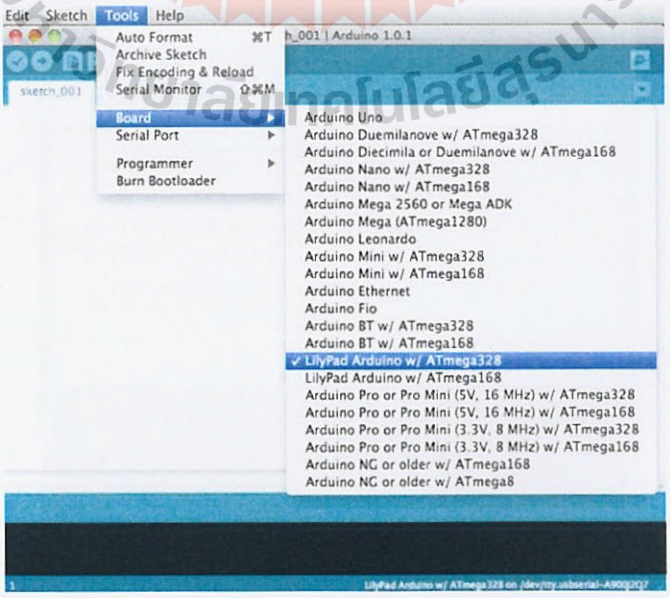
2. คลิกที่ไอคอนของโปรแกรม Arduino IDE ดังรูป

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3. เมื่อเปิดโปรแกรมแล้วจะพบกับหน้าต่างของ IDE ดังรูป



4. ไปที่ **Tools->Board** แล้วเลือกให้ตรงกับบอร์ดที่ใช้งาน โดยเลือกตามชื่อบอร์ดที่เราต้องการ

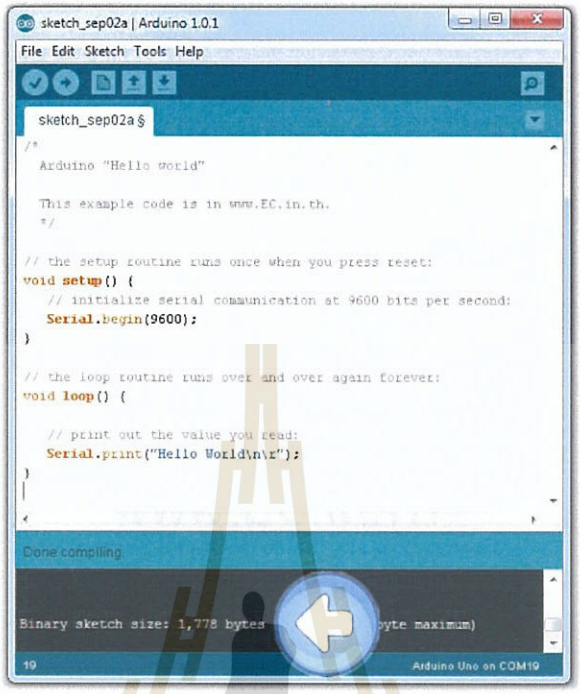


5. เขียนโปรแกรมดังข้อความด้านล่างนี้

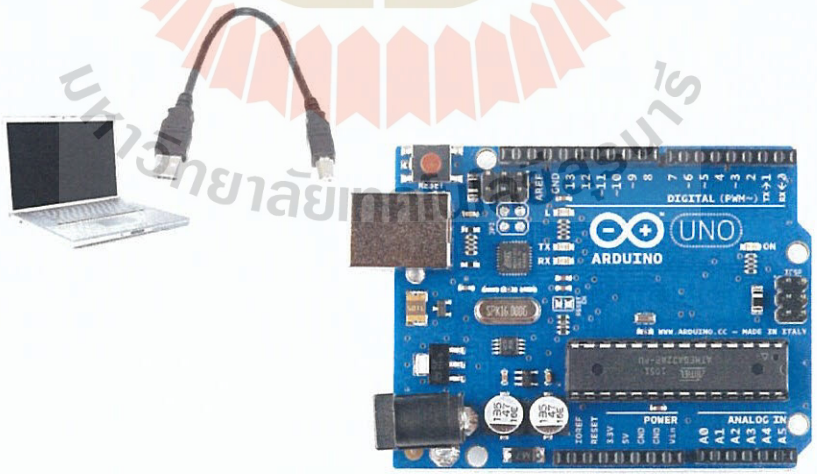
```
// include the library code:
#include <LiquidCrystal.h>

// initialize the library with the numbers of the interface pins
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);

void setup() {
  // set up the LCD's number of columns and rows:
  lcd.begin(16, 2);
  // Print a message to the LCD.
  lcd.print("hello, world!");
}

void loop() {
  // set the cursor to column 0, line 1
  // (note: line 1 is the second row, since counting begins with 0):
  lcd.setCursor(0, 1);
  // print the number of seconds since reset:
  lcd.print(millis() / 1000);
}
```

6. จากนั้นคอมไฟล์โปรแกรมโดยไปที่ Sketch->Verify / Compile

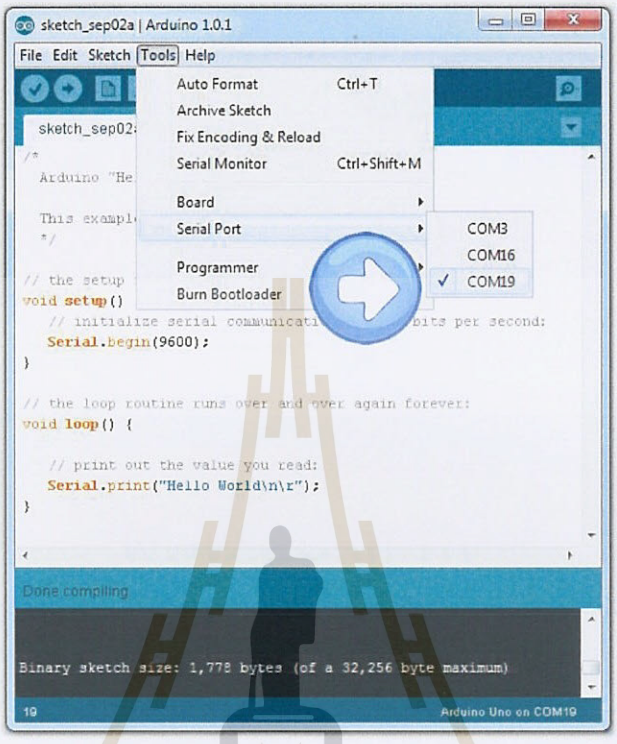
7. เมื่อคอมไฟล์เรียบร้อยจะมีข้อความปรากฏดังรูป



8.ทำการเชื่อมต่อบอร์ด Arduino ที่เราใช้งานเข้ากับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ต USB

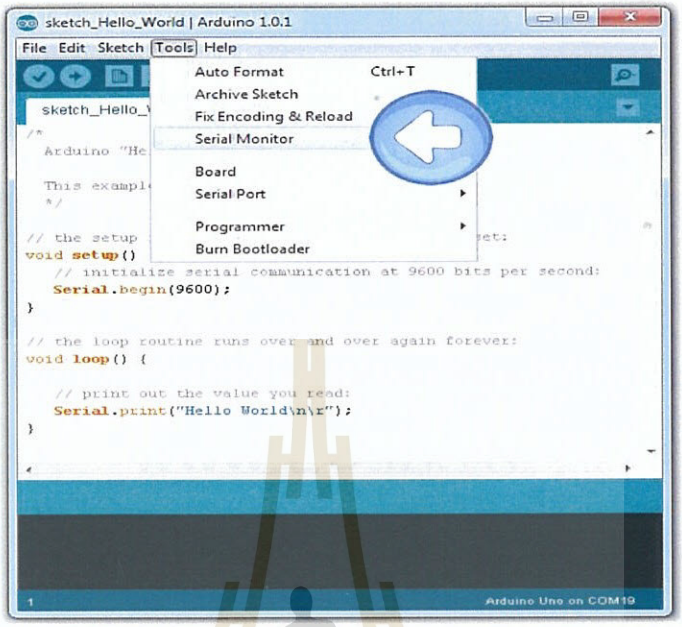


9. จากนั้นให้ไปที่ Tools->Serial Port และเลือกให้ตรงกับบอร์ด Arduino ที่เราใช้งานที่ใช้งาน (สำหรับบอร์ด Arduino ของเราโปรแกรมจะเลือกให้อัตโนมัติ)

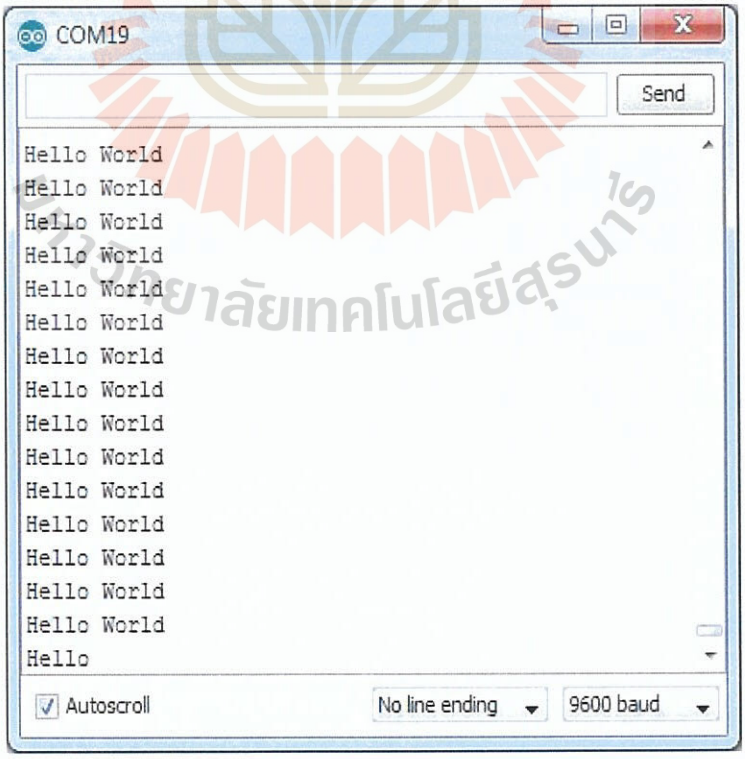


10. โหลดโปรแกรมเข้าบอร์ด Arduino ที่เราใช้งานโดยไปที่ File->Upload

11. จากนั้นเปิด Serial Monitor ของ Arduino IDE โดยไปที่ Tools->Serial Monitor



12. เมื่อเปิด Serial Monitor จะได้ข้อความดังรูป



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิธีควบคุม Servo Motor ด้วย Arduino

Arduino มีไลบรารี่สำหรับสั่งงาน RC Servo Motor มาให้ใช้งานอยู่แล้วเป็นฟังก์ชั่นสำเร็จรูปและใช้งานได้ง่าย ในหน้าเว็บไซต์ http://arduino.cc/en/reference/servo ได้ให้ข้อมูลไว้ว่า Servo Library ของ Arduino สามารถสั่งงาน RC Servo Motor ได้ทั้งแบบหมุนไป-กลับได้ 0-180 องศา (ที่กล่าวถึงตามตัวอย่างข้างต้น) และแบบต่อเนื่องที่หมุนครบรอบได้เรียกว่าเป็น Continuous Rotation Servo (ซึ่งในช่วงท้ายบทความจะกล่าวถึงเพิ่มเติม) โดยสามารถรองรับการเชื่อมต่อ RC Servo Motor ได้ถึง 12 ตัวกับบอร์ด Arduino UNO และรองรับสูงสุดถึง 48 ตัวหากใช้บอร์ด Arduino Mega

ฟังก์ชั่นภายใน Servo Library

- attach()

- write()

- writeMicroseconds()

- read()

- attached()

- detach()

attach()

Description

คือฟังก์ชั่นที่ใช้ในการกำหนดขาสัญญาณที่ Servo Motor ต่อกับ Arduino และกำหนดความกว้างของพัลซ์ที่ 0 องศาและ 180 องศา

Syntax

Servo.attach(pin)

Servo.attach(pin,min,max)

Parameters

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Pin: คือ ขาสัญญาณของ Arduino ที่ใช้เชื่อมต่อกับ Servo Motor

Min: คือ ความกว้างของพัลส์ที่ 0 องศาของ Servo ตัวที่ใช้ในหน่วยไมโครวินาที (us) โดยปกติแล้วหากไม่มีการตั้งค่าโปรแกรมจะกำหนดค่าไว้ที่ 544 us

Max: คือ ความกว้างของพัลส์ที่ 180 องศาของ Servo ตัวที่ใช้ในหน่วยไมโครวินาที (us) โดยปกติแล้วหากไม่มีการตั้งค่าโปรแกรมจะกำหนดค่าไว้ที่ 2400 us

Write()

Description

คือฟังก์ชั่นที่ใช้ควบคุมตำแหน่งที่ต้องการให้ Servo Motor หมุนไปยังองศาที่กำหนดสามารถกำหนดเป็นค่าองศาได้เลย คือ 0-180 องศา แต่ใน Servo Motor ที่เป็น Full Rotation คำสั่ง write จะเป็นการกำหนดความเร็วในการหมุน โดย

ค่าเท่ากับ 90 คือคำสั่งให้ Servo Motor หยุดหมุน

ค่าเท่ากับ 0 คือการหมุนด้วยความเร็วสูงสุดในทิศทางหนึ่ง

ค่าเท่ากับ 180 คือการหมุนด้วยความเร็วสูงสุดในทิศทางตรงกันข้าม

Syntax

servo.write(angle)

Parameters

Angle: คือมุมที่ต้องการให้ RC Servo Motor แบบ 0-180 องศาหมุนไป แต่หากเป็น RC Servo Motor แบบ Full Rotation ค่า Angle คือ การกำหนดความเร็วและทิศทางในการหมุน

writeMicroseconds()

Description

คือฟังก์ชั่นที่ใช้ควบคุมตำแหน่งที่ให้ Servo Motor หมุนไปยังตำแหน่งองศาที่กำหนดโดยกำหนดเป็นค่าความกว้างของพัลส์ในหน่วย us ซึ่งปกติแล้ว Servo Motor จะใช้ความกว้างของพัลส์อยู่ที่ 1000-2000 us ตามที่ได้กล่าวไปข้างต้นแล้ว แต่ Servo Motor บางรุ่นหรือบางยี่ห้อไม่ได้ใช้ ช่วงความกว้างของพัลส์ตามที่ได้กล่าวเอาไว้นี้ อาจจะใช้ช่วง 700-2300 แทนก็สามารถใช้ฟังก์ชั่น writeMicrosecondsนี้เพื่อกำหนดความกว้างพัลส์ได้เอง

การใช้ฟังก์ชั่น writeMicrosecondsสามารถกำหนดค่าได้อิสระ ตรงนี้ "ต้องระวังในการใช้งาน" หากสั่งงาน RC Servo Motor (แบบ 0 - 180 องศา) จนหมุนไปเกินจุดสิ้นสุดคือเกินทั้งฝั่ง 0 หรือ 180 องศา จะทำให้เกิดเสียงดราง ดังจากการหมุนไปต่อไม่ได้และมอเตอร์จะกินกระแสสูงขึ้นด้วยในเวลาเดียวกันนั้น ซึ่งอาจทำให้ RC Servo Motor เกิดความเสียหายได้

Syntax

servo.writeMicroseconds(uS)

Parameters

uS: คือค่าความกว้างของพัลส์ที่ต้องการกำหนดในหน่วยไมโครวินาที (โดยตัวแปร int)

read()

Description

คือฟังก์ชั่นอ่านค่าองศาที่สั่งเข้าไปด้วยฟังก์ชั่น write() เพื่อให้รู้ว่าตำแหน่งองศาสุดท้ายที่เราสั่งเข้าไปนั้นมีค่าเท่าไหร่ซึ่งค่าที่อ่านออกมานั้นจะมีค่าอยู่ในช่วง 0 - 180

Syntax

servo.read()

Parameters

ไม่มี: จะ Return ค่า 0-180

attached()

Description

คือฟังก์ชั่นตรวจสอบว่า Servo ที่เราต้องการใช้กำลังต่ออยู่กับขาสัญญาณของ Arduino หรือไม่

Syntax

servo.attached()

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Parameters

ไม่มี: จะ Return ค่า True ออกมา หาก Servo Motor เชื่อมต่ออยู่กับ Arduino แต่ถ้าหาก Return ออกมาเป็นค่าอื่น ถือว่าไม่เชื่อมต่อ

detach()

Description

คือฟังก์ชั่นคืนสถานะของขาที่เรากำหนดให้เป็นขาควบคุม Servo Motor ด้วยคำสั่ง attached() ให้กลับคือสู่การใช่งานปกติ

Syntax

servo.detach()

Parameters

ไม่มี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ฟังก์ชั่นของคำสั่งโปรแกรม Arduino IDE ที่เกี่ยวข้อง

pinMode(x , y);

คือคำสั่งที่มีไว้สำหรับกำหนดการทำงานของ pin ที่ต้องการใช้งาน ให้ทำงานเป็นแบบ OUTPUT หรือ INPUT การทำงานเป็น output เช่น การสั่งจ่ายแรงดัน 5 volt. การทำงานเป็น input เช่น การสั่งให้อ่านค่าสถานะสวิทซ์ไฟ ว่าเปิดหรือปิดอยู่

pinMode(pin ที่ต้องการใช้งาน, OUTPUT หรือ INPUT);

digitalWrite(x , y);

คือคำสั่งที่มีไว้กำหนดการทำงานของ pin ที่ต้องการใช้งาน ให้มีสถานะลอจิกเป็น 1 (HIGH = จ่ายแรงดัน 5 volt.) หรือ 0 (LOW = หยุดจ่ายแรงดัน 5 volt.)

digitalWrite(pin ที่ต้องการใช้งาน, HIGH หรือ LOW);

delay(x);

คือคำสั่งที่หยุดการทำงานใน Arduino ตามเวลาที่กำหนดแต่ยังคงแสดงผลตามคำสั่งก่อนหน้า และสามารถตั้งเวลาได้ละเอียดในระดับ millisecond เช่นต้องการหยุดการทำงานเป็นเวลา 1 วินาที ค่าที่ต้องใส่ไปในฟังก์ชันคือ 1000

delay(ค่าที่ใช้เป็นตัวเลข มีหน่วยเป็น มิลลิวินาที);

ตัวแปรต่างๆในการเลือกใช้ LED

- Color (wavelength)

เป็นตัวบอกสี ซึ่งหมายถึงขนาดของความยาวคลื่นที่ LED เปล่งแสงออกมา เช่น

สีฟ้า จะมีความยาวคลื่น ประมาณ 468nm

สีขาว จะมีความยาวคลื่น ประมาณ 462nm

สีเหลือง จะมีความยาวคลื่น ประมาณ 468nm

สีเขียว จะมีความยาวคลื่น ประมาณ 565nm

สีแดง จะมีความยาวคลื่น ประมาณ 630nm เป็นต้น

- Lens

เป็นตัวบอกประเภทและวัสดุที่ใช้ทำ เช่น

color diffused lens

water clear lens

-Millicandela rating

เป็นตัวบอกค่าความสว่างของแสงที่ LED เปล่งออกมา ยิ่งมีค่ามากยิ่งสว่างมาก

-Voltage rating

อัตตราการทนความต่างศักย์ไฟฟ้า ที่ LED รับได้และไม่พัง

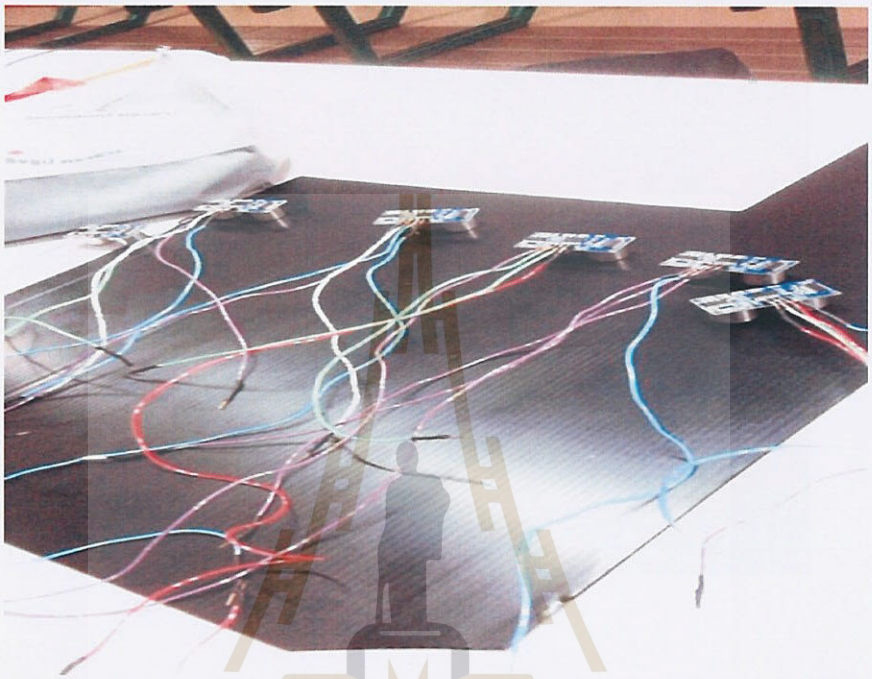
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ข

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ขั้นตอนในการทำโครงสร้างของแบบจำลองลานจอดรถ

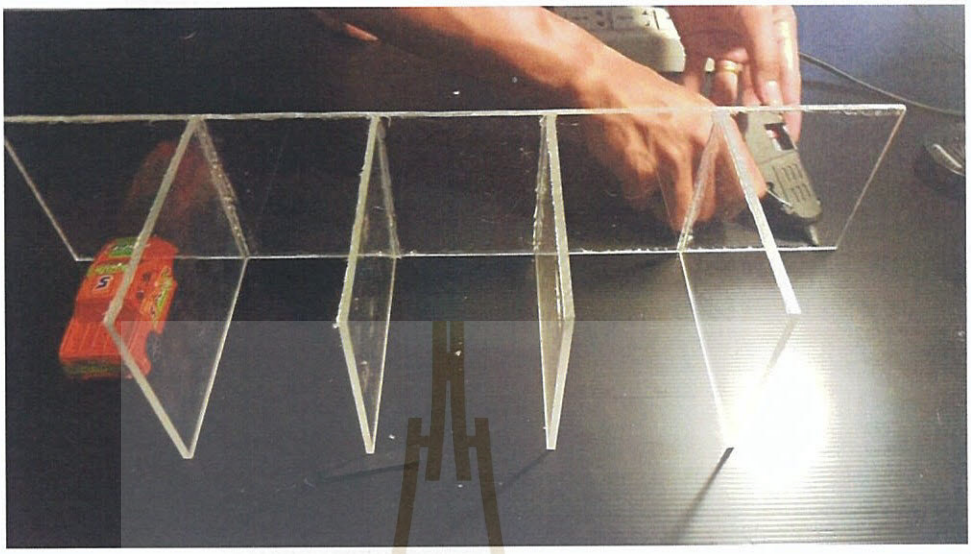
1) ทำการบัดกรีขาของเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค และ ไดโอดเปล่งแสง (LED) เข้ากับสายจัมพ์สำหรับต่อวงจร ดังรูป



2. ทำการตัดแผ่นอะคริลิค

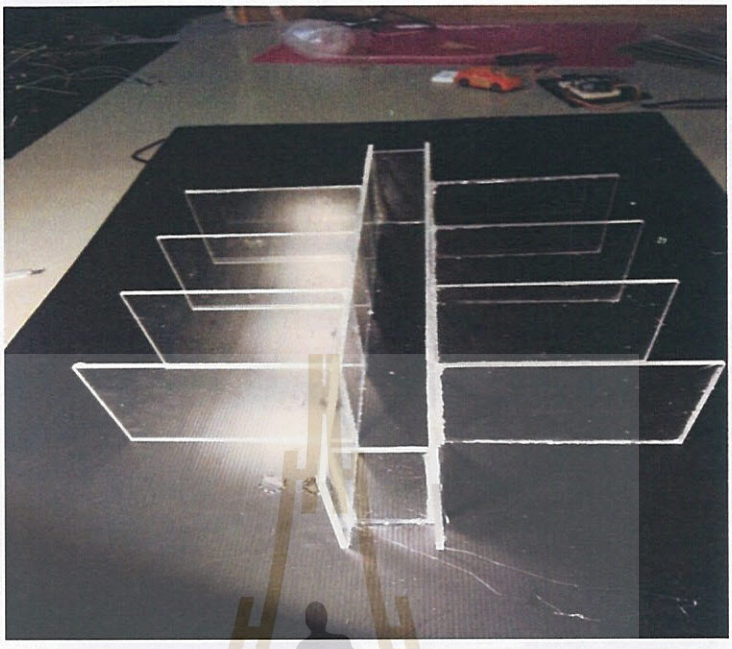
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3. เชื่อมแผ่นอะคริลิคที่ตัดไว้เข้ากับแผ่นฟิวเจอร์บอร์ดด้วยกาวร้อน



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

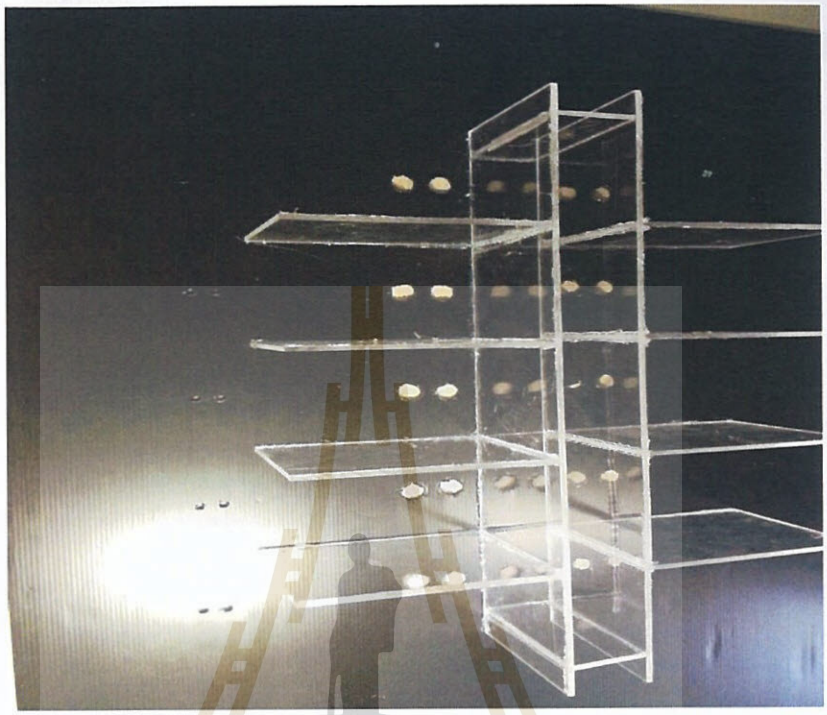
4. ทำการเชื่อมช่องจอดรถที่สร้างในขั้นตอนที่ 3 ให้เข้ากัน ดังรูป



5. ทำการเจาะรูที่ฟิวเจอร์บอร์ด เพื่อใช้ติดตั้งเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค ดังรูป

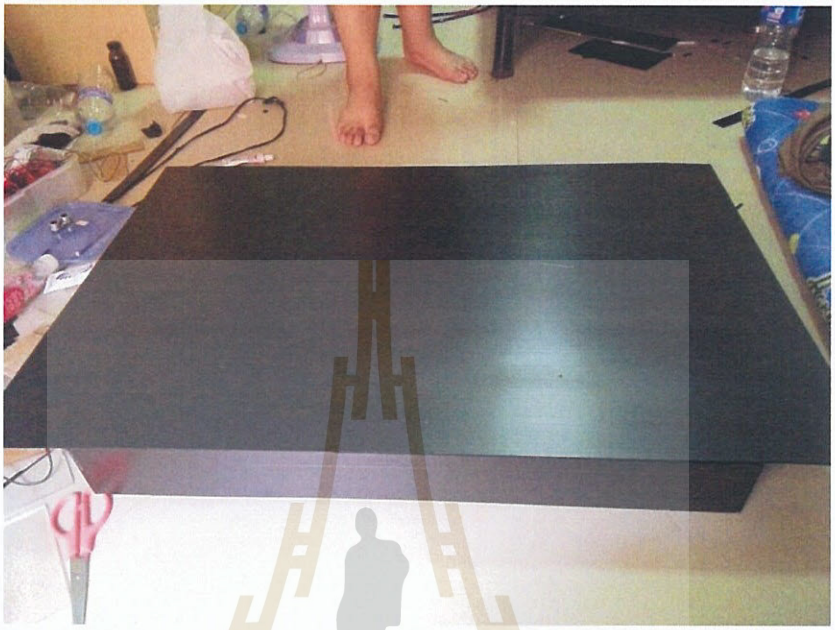
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

6. ทำการประกอบส่วนของช่องจอดรถที่ทำในขั้นตอนที่ 3 เข้ากับฟิวเจอร์บอร์ดที่ทำการเจาะรูไว้ในขั้นตอนที่5



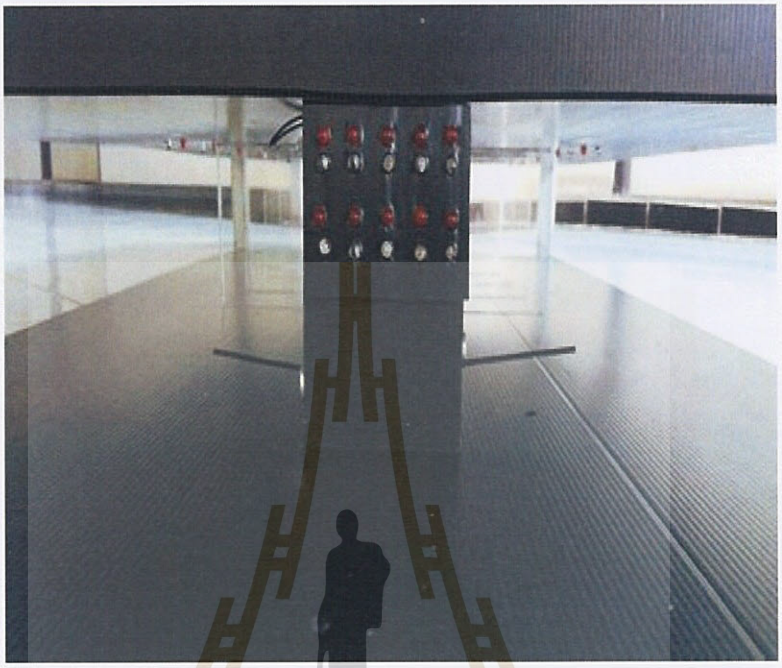
7. ทำการต่อวงจรเข้ากับโครงสร้างของแบบจำลองที่ได้ทำไว้ในขั้นตอนที่ 6

8. สร้างหลังคาสำหรับเก็บอุปกรณ์และวงจรของแบบจำลองลานจอดรถ ดังรูป



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

9. ทำการสร้างในส่วนของวงจรแสดงผลและแผงกั้นเปิด-ผิด อัตโนมัติ ดังรูป



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

10. นำส่วนที่ได้สร้างไว้แล้วมาทำการประกอบกันจะได้เป็นแบบจำลองลานจอดรถ ดังรูป

บรรณนานุกรม

[1] การทำงานเซนเซอร์อัลตราโซนิค

http://homemaderobo.blogspot.com/2012/08/ultrasonic-sensor-interfacing-with-8051.html\

http://www.arduitronics.com/article/ultrasonic-ranging-module-hc-sr04

[2] การใช้งานเซนเซอร์อัลตราโซนิค

http://cpre.kmutnb.ac.th/esl/learning/index.php?article=hc-sr04-ultrasonic

[3] ธรรมชาติของเสียง

http://www.atom.rmutphysics.com/charud/oldnews/0/286/10/sound/sound/velocity.htm

[4] คุณสมบัติของไดโอดเปล่งแสง (LED)

http://electronics.se-ed.com/contents/112s096/112s096_p07.asp

http://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B9%84%E0%B8%94%E0%B9%82%E0%B8%AD%E0%B8%94%E0%B9%80%E0%B8%9B%E0%B8%A5%E0%B9%88%E0%B8%87%E0%B9%81%E0%B8%AA%E0%B8%87

[5] การใช้งานไดโอดเปล่งแสงกับบอร์ด Arduino

http://www.arduino.cc/en/Tutorial/Blink?from=Tutorial.BlinkingLED

[6] การควบคุมและการใช้งาน RC Servo Motor ด้วยบอร์ด Arduino [1]

http://www.thaieasyelec.com/article-wiki/review-product-article/%E0%B8%9A%E0%B8%97%E0%B8%84%E0%B8%A7%E0%B8%B2%E0%B8%A1%E0%B8%95%E0%B8%B1%E0%B8%A7%E0%B8%AD%E0%B8%A2%E0%B9%88%E0%B8%B2%E0%B8%87%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%84%E0%B8%A7%E0%B8%9A%E0%B8%84%E0%B8%B8%E0%B8%A1-rc-servo-motor-%E0%B8%94%E0%B9%89%E0%B8%A7%E0%B8%A2-arduino.html

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บรรณนานุกรม(ต่อ)

[7] การควบคุมและการใช้งาน RC Servo Motor ด้วยบอร์ด Arduino [2]

http://makerzone.mathworks.com/resources/servo-control/

[8] การใช้งานบอร์ด Arduino เบื้องต้น

http://www.thaieasyelec.com/articlewiki/basicelectronics/%E0%B8%9A%E0%B8%97%E0%B8%84%E0%B8%A7%E0%B8%B2%E0%B8%A1arduino%E0%B8%84%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%AD%E0%B8%B0%E0%B9%84%E0%B8%A3%E0%B9%80%E0%B8%A3%E0%B8%B4%E0%B9%88%E0%B8%A1%E0%B8%95%E0%B9%89%E0%B8%99%E0%B9%83%E0%B8%8A%E0%B9%89%E0%B8%87%E0%B8%B2%E0%B8%99-arduino.html

https://www.gravitechthai.com/guru2.php?p=260

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี