เครื่องทดสอบสมรรถภาพการเคลื่อนที่ของนักกีฬาแบดมินตันแบบโปรแกรมได้

PROGRAMMABLE MOVEMENT PROFICIENCY FOR BADMINTON ATHLETES TRAINING SYSTEM

โดย

นายชัชวาล จิตรชื่น

นางสาวณัฐธิญาณ์ แก้วหวังสกูล

นางสาวพิณวดี พลศิริ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use. Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เครื่องทดสอบสมรรถภาพการเคลื่อนที่ของนักกีฬาแบดมินตันแบบโปรแกรมได้

PROGRAMMABLE MOVEMENT PROFICIENCY FOR BADMINTON ATHLETES TRAINING SYSTEM

โดย

นายชัชวาล	จิตรชื่น	60010219
นางสาวณัฐธิญาณ์	แก้วหวังสกูล	60010256
นางสาวพิณวดี	พลศิริ	60010713

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.พิพัฒน์ พรหมมี

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use. Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2563

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องทดสอบสมรรถภาพการเคลื่อนที่ของนักกีฬาแบดมินตันแบบโปรแกรมได้
PROGRAMMABLE MOVEMENT PROFICIENCY FOR BADMINTON ATHLETES TRAINING SYSTEM

ผู้จัดทำ

1. นายชัชวาล จิตรชื่น 60010219
2. นางสาวณัฐธิญาณ์ แก้วหวังสกูล 60010256
3. นางสาวพิณวดี พลศิริ 60010713

..... **อาจารย์ที่ปรึกษา**

(รศ.ดร.พิพัฒน์ พรหมมี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ เรื่อง เครื่องทดสอบสมรรถภาพการเคลื่อนที่ของนักกีฬาแบดมินตันแบบโปรแกรมได้ จะไม่สามารถประสบความสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี หากไม่ได้รับการสนับสนุนอย่างดียิ่งจาก รศ.ดร.พิพัฒน์ พรหมมี อาจารย์ที่ปรึกษา ที่กรุณาให้คำแนะนำ แนวคิด และแนวทางการแก้ปัญหาต่าง ๆ รวมไปถึงการสนับสนุนสถานที่และอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการดำเนินงานในปริญญานิพนธ์นี้

ขอขอบคุณคณาจารย์ทุกท่านและเจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้อบรมสั่งสอนประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และประสบการให้แก่ผู้ทำปริญญานิพนธ์ จนสามารถนำความรู้ความสามารถที่ได้รับมาประยุกต์ใช้จนสามารถดำเนินการทำปริญญานิพนธ์นี้จนเสร็จสิ้น

นายชัชวาล จิตรชื่น
นางสาวณัฐธิญาณ์ แก้วหวังสกูล
นางสาวพิณวดี พลศิริ
ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เครื่องทดสอบสมรรถภาพการเคลื่อนที่ของนักกีฬาแบดมินตันแบบโปรแกรมได้

PROGRAMMABLE MOVEMENT PROFICIENCY FOR BADMINTON ATHLETES TRAINING SYSTEM

โดย นายชัชวาล จิตรชื่น 60010219
นางสาวณัฐธิญาณ์ แก้วหวังสกูล 60010256
นางสาวพิณวดี พลศิริ 60010713

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.พิพัฒน์ พรหมมี

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้นำเสนอ เครื่องทดสอบสมรรถภาพการเคลื่อนที่ของนักกีฬาแบดมินตันแบบโปรแกรมได้ สร้างขึ้นมาเพื่อทดสอบสมรรถภาพของนักกีฬาแบดมินตันในการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่าง ๆ ของคอร์ดแบดมินตัน โดยที่อุปกรณ์ตัวนี้จะถูกติดตั้งยังตำแหน่งต่าง ๆ ตามขอบสนามแบดมินตัน เซนเซอร์ภายในจะทำการตรวจจับการเคลื่อนที่เมื่อนักกีฬาหรือผู้ฝึกซ้อมแบดมินตันทำการเคลื่อนที่ผ่าน และนำข้อมูลที่ได้รับมาบันทึกผลเพื่อพัฒนาต่อยอดเป็นรูปแบบการฝึกซ้อมที่มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยระบบการทำงานจะถูกควบคุมการสั่งงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ นักกีฬาหรือผู้ฝึกซ้อมสามารถเลือกรูปแบบการฝึกซ้อม รวมถึงระยะเวลาที่ใช้ในการฝึกซ้อมให้เหมาะสมกับตนเอง เพื่อเป็นการพัฒนาศักยภาพของนักกีฬาแบดมินตันและผู้ฝึกซ้อมได้ดียิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ABSTRACT

This thesis presents programmable movement proficiency for badminton athletes training system it was created to test the performance of badminton players in movement around the different positions of the badminton court. Where this device will be installed at various positions along the edge of the badminton court An internal sensor detects movement when the athlete or badminton practitioner passes it. And use the data obtained to record the results for further development into the most effective form of training The operating system will be controlled by a microcontroller. Athletes or practitioners can choose a form of training. Including the length of time spent practicing to suit oneself to improve the potential of badminton athletes and trainers better.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ

		หน้า
กิตติกรรมประกาศ		I
บทคัดย่อ		II
สารบัญ		IV
สารบัญรูป		VI
สารบัญตาราง		IX
บทที่ 1	**บทนำ**	**1**
	1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.2 วัตถุประสงค์	2
	1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์	2
บทที่ 2	**ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง**	**3**
	2.1 หลักการที่เกี่ยวข้อง	3
	2.1.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับระบบการทำงาน Arduino	3
	2.1.2 หลักการการทำงานของ I2C	7
	2.1.3 UART	14
	2.1.4 ข้อมูลเชิงกายภาพ และระยะเวลาในการซ้อมและการตีแบดมินตันใน 1 เกม ของนักกีฬาแบดมินตัน	16
	2.2 อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง	18
	2.2.1 Arduino Mega 2560	18
	2.2.2 Arduino Nano 3.0	21
	2.2.3 Sensor Time of Flight รุ่น VL53L1X	23
	2.2.4 4x4 Keypad Module	25
	2.2.5 LCD Module	29
	2.2.6 Real Time Clock Module	32
	2.2.7 RS 485	34
	2.2.8 Buzzer Module	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
	2.2.9 สาย LAN	39
บทที่ 3	**การออกแบบและการจัดทำปริญญานิพนธ์**	**42**
	3.1 การออกแบบ	42
	3.1.1 การออกแบบส่วน Hardware	42
	3.1.2 การออกแบบส่วน Software	44
บทที่ 4	**ผลการทดลอง**	**55**
	4.1 ผลการทดสอบการทำงานร่วมกันของ Software และ Hardware	55
	4.2 ผลการทดสอบการทำงานของ Keypad	64
	4.3 ผลการทดสอบสัญญาณควบคุมเซนเซอร์ (Serial Monitor)	65
	4.4 การเก็บข้อมูลและการแสดงผล	67
บทที่ 5	**สรุปผลและข้อเสนอแนะ**	**71**
	5.1 สรุปผล	71
	5.2 ข้อเสนอแนะ	72
	5.3 ผลการประเมิน	72
บรรณานุกรม		**75**
ภาคผนวก ก	ชุดคำสั่งที่ใช้ในการทำงานทั้งระบบ	**77**
ภาคผนวก ข	ชุดคำสั่งการทำงานของ Slave	**86**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	ตำแหน่งการวางอุปกรณ์ทดสอบสมรรถภาพทั้ง 8 จุด	1
2.1	ส่วนประกอบและขาพอร์ต Arduino	4
2.2	Pull-up Resistor on i2C	8
2.3	รูปแบบสื่อสารแบบอนุกรม	9
2.4	การเชื่อมต่อแบบบัส	10
2.5	การสื่อสารอนุกรมแบบ Synchronous โดยใช้สัญญาณ Clock มาเป็นตัวกำหนดจังหวะ	14
2.6	การรับส่งข้อมูลแบบ Asynchronous	15
2.7	UART Block diagram	15
2.8	กราฟจากการทำแบบสอบถามแสดงระยะเวลาในการเล่นของนักกีฬาและผู้เล่นแบดมินตันแบบเดี่ยว	17
2.9	กราฟจากการทำแบบสอบถามแสดงระยะเวลาในการเล่นของนักกีฬาและผู้เล่นแบดมินตันแบบคู่	17
2.10	จุดเชื่อมต่อของอุปกรณ์ Arduino Mega 2560	19
2.11	Arduino Nano 3.0	21
2.12	Time Of Flight Sensor รุ่น VL53L1x	23
2.13	โมดูลปุ่มกด ขนาด 4x4	25
2.14	การเชื่อมต่อของโมดูลปุ่มกดเมทริกซ์	26
2.15	โครงสร้างภายในของโมดูลปุ่มกด 4x4	26
2.16	การเชื่อมต่อ Arduino UNO เข้ากับ Keypad Module	28
2.17	LCD Module	29
2.18	การเชื่อมต่อ Arduino UNO กับจอ LCD แบบขนาน	31
2.19	การเชื่อมต่อ Arduino UNO กับจอ LCD แบบอนุกรม	32
2.20	Real Time Clock Module	32
2.21	การเชื่อมต่อ Real Time Clock Module เข้ากับ Arduino UNO	33
2.22	การเชื่อมต่อ RS 485 ระหว่างเครื่องมือวัดกับตัวรับสัญญาณ	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
2.23	การทำงานของ RS 485 แบบ Network	35
2.24	Buzzer Module	38
2.25	การเชื่อมต่อ Buzzer Module เข้ากับ Arduino UNO	39
3.1	ตำแหน่งการวางเซนเซอร์	42
3.2	Wiring ระบบการทำงาน	43
3.3	โฟลว์ชาร์ตการทำงานของอุปกรณ์ Master	45
3.4	โฟลว์ชาร์ตการทำงานของอุปกรณ์ Slave	46
3.5	โฟลว์ชาร์ตการทำงานของ Keypad	47
3.6	โฟลว์ชาร์ตการทำงานของ Wifi	48
3.7	โฟลว์ชาร์ตการทำงานรวมทั้งระบบ	51
3.8	ภาพจำลองด้านข้างของกล่อง Master และ Slave	52
3.9	ภาพจำลองด้านบนของกล่อง Master และ Slave	52
3.10	ด้านบนของกล่อง Master ที่สร้างจากอะคริลิค	53
3.11	ด้านข้างของกล่อง Master ที่สร้างจากอะคริลิค	53
3.12	ด้านบนของกล่อง Slave ที่สร้างจากอะคริลิค	54
3.13	ด้านข้างของกล่อง Slave ที่สร้างจากอะคริลิค	54
4.1	การทำงานของจอ LCD ขณะเลือกรูปแบบการฝึกซ้อม	56
4.2	การทำงานของจอ LCD ขณะเลือกระยะเวลาการฝึกซ้อม	57
4.3	ระบบเริ่มทำงาน	58
4.4	ชุดอุปกรณ์ในตำแหน่งที่ 1-3 ทำงานโดยแสดงในลักษณะไฟ LED สีเหลือง	59
4.5	ชุดอุปกรณ์ในตำแหน่งที่ 4-5 ทำงานโดยแสดงในลักษณะไฟ LED สีเขียว	60
4.6	ชุดอุปกรณ์ในตำแหน่งที่ 6-8 ทำงานโดยแสดงในลักษณะไฟ LED สีแดง	61
4.7	จอ LCD แสดงผลขณะทำงานตามรูปแบบการฝึกซ้อมเสร็จสิ้น	62
4.8	การทดสอบการทำงานอุปกรณ์ในตำแหน่งที่ 1	63
4.9	การทดสอบการทำงานอุปกรณ์ในตำแหน่งที่ 5	63
4.10	การทดสอบการทำงานอุปกรณ์ในตำแหน่งที่ 6	64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.11	มอนิเตอร์แสดงการเลือกรูปแบบการฝึกซ้อมจากการกด Keypad	65
4.12	การทำงานของเซนเซอร์ขณะทำงาน	66
4.13	Google sheet	67
4.14	ตารางแสดงผลการเก็บข้อมูล	68
4.15	Dashboard ในส่วนแรก	69
4.16	Dashboard ในส่วนที่ 2	69
4.17	จอแสดงผล Dashboard	70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	แสดงรายละเอียดคุณสมบัติของบอร์ด Arduino UNO	4
2.2	แสดงรายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะของบอร์ด Arduino Mega 2560	20
2.3	แสดงข้อมูลเฉพาะของ Arduino Nano 3.0	22
2.4	แสดงรายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะของ Time Of Flight Sensor รุ่น VL53L1x	24
2.5	แสดงตำแหน่งจุดเชื่อมต่อของแต่ละปุ่มกด	27
2.6	แสดงคุณสมบัติของ RS 485	36
51	ผลการสอบถามผู้ที่ได้ทำการทดสอบการใช้งานเครื่องทดสอบสมรรถภาพนักกีฬาแบดมินตัน	73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 1

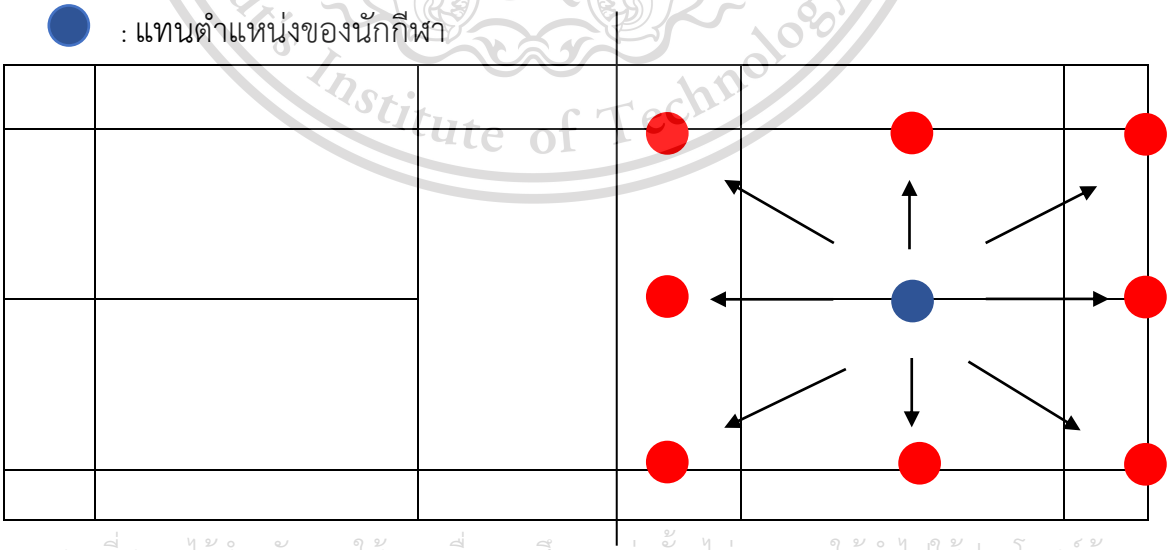
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันเทคโนโลยีมีบทบาทและความสำคัญในการใช้ชีวิตของผู้คนมากขึ้นในหลากหลายรูปแบบ การนำเทคโนโลยีมาปรับใช้ให้เข้ากับชีวิตประจำวันของผู้คนในปัจจุบันนี้จึงได้รับความนิยม และเป็นที่สนใจเป็นอย่างมากในปัจจุบันนี้ ซึ่งในกรณีนี้เป็นการนำเทคโนโลยีมาใช้ในส่วนของกีฬา แนวคิดการทำปริญญานิพนธ์นี้นั้นเป็นการนำรูปแบบการทำงานของเซนเซอร์ที่สามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวมาใช้ในการตรวจจับการเคลื่อนที่ของนักกีฬาแบดมินตันและทำการรับข้อมูลจากเซนเซอร์ที่ได้จากการฝึกซ้อมของนักกีฬาแบดมินตันมาบันทึกผลที่ได้จากการฝึกซ้อมด้วยการนำเข้าระบบข้อมูล เพื่อที่จะสามารถนำข้อมูลที่ได้รับมาไปวิเคราะห์เพื่อเพิ่มความแม่นยำและประสิทธิภาพของนักกีฬาแบดมินตันแต่ละบุคคลได้ อีกทั้งยังสามารถลดปัญหาการขาดแคลนผู้ควบคุมการฝึกซ้อมที่มีไม่เพียงพอต่อความต้องการของนักกีฬา ปัจจัยในการควบคุมต่าง ๆ นั้นยังมีความแม่นยำไม่เพียงพอ ผลที่ลัพธ์ที่ได้นอกจากจะสามารถวิเคราะห์เพื่อเพิ่มศักยภาพของนักกาแบดมินตันได้แล้ว ยังสามารถทำให้สามารถออกแบบรูปแบบการฝึกซ้อมที่เหมาะสมแก่นักกีฬาแบดมินตันแต่ละคนได้อย่างสูงสุด

: แทนตำแหน่งของเซนเซอร์

: แทนตำแหน่งของนักกีฬา



รูปที่ 1.1 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์ทดสอบสมรรถภาพทั้ง 8 จุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1.2 วัตถุประสงค์

1) พัฒนาระบบการฝึกซ้อมของกีฬาแบดมินตันให้มีความทันสมัย และเพิ่มประสิทธิภาพในการฝึกซ้อม
2) สามารถควบคุมการฝึกซ้อมโดยใช้จำนวนผู้ควบคุมการฝึกที่น้อยลง
3) การบันทึกข้อมูลฝึกซ้อมของนักกีฬาแต่ละคน สามารถทำให้สามารถประเมินความสามารถของนักกีฬาแต่ละคนได้อย่าแม่นยำ

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

1) อุปกรณ์ถูกออกแบบมาเพื่อทดสอบความสามารถในการเล่นของนักกีฬา
2) อุปกรณ์ใช้เซนเซอร์ในการตรวจจับความเคลื่อนไหว โดยส่งข้อมูลที่ได้รับไปยังระบบจัดเก็บข้อมูล
3) มีการแสดงผลข้อมูลที่ได้รับ รูปแบบ และระยะเวลา
4) การแจ้งเตือนในรูปแบบเสียงที่ใช้ในการควบคุมการฝึกซ้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นการนำเอาเซนเซอร์ที่ใช้ในการตรวจจับความเคลื่อนไหวที่มีความแม่นยำ มาประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อนำมารับและบันทึกข้อมูล ในการฝึกซ้อมของนักกีฬาแบดมินตัน จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาเกี่ยวกับการทำงานของระบบเซนเซอร์ และรูปแบบการเก็บข้อมูลเข้าระบบ รวมถึงหลักการพื้นฐานต่าง ๆ ของกีฬาแบดมินตัน โดยอุปกรณ์ โปรแกรม และหลักการที่เกี่ยวข้องกับปริญญานิพนธ์นี้ จะถูกอธิบายในส่วนต่อไปนี้

2.1 หลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับระบบการทำงาน Arduino

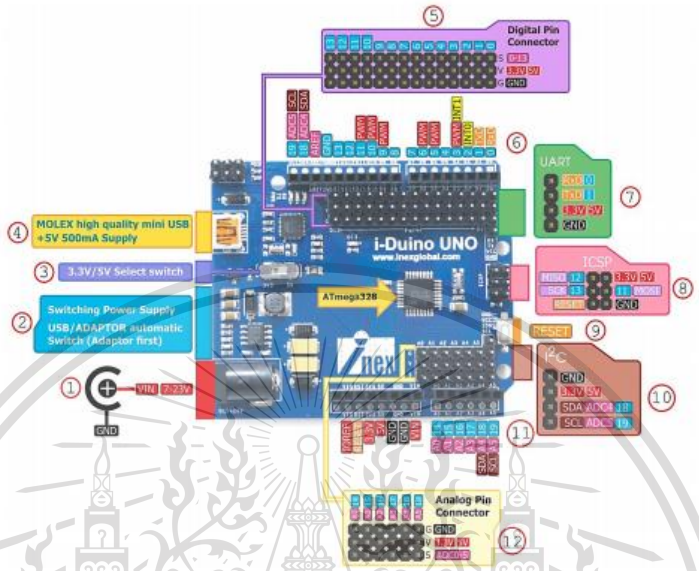
2.1.1.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino

Arduino เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ในแบบสำเร็จรูป ที่จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR เป็นตัวประมวลผล การนำไมโครคอนโทรลเลอร์มาใช้งานนั้นต้องมีความรู้ทั้งด้านโครงสร้างเกี่ยวกับรีจิสเตอร์ภายในและการใช้งานของซอฟต์แวร์รวมทั้งขั้นตอนในการโปรแกรมชุดคำสั่งลง ในตัวไอซีต้องใช้เครื่องโปรแกรม (Programmer) ซึ่งมีความยุ่งยาก จึงได้พัฒนาบอร์ด Arduino สำเร็จรูป พร้อมซอฟต์แวร์ Arduino IDE ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาซี (C/C++) และพัฒนา โปรแกรมควบคุมการทำงานพื้นฐาน ที่เรียกว่า “บูทโหลดเดอร์” (Bootloader Firmware) สำหรับ โปรแกรมลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR เพื่อทำหน้าที่ติดต่อรีจิสเตอร์และเป็นเครื่องโปรแกรม ทำให้การ ประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ทำได้ง่าย จึงได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในปัจจุบัน

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller หรือ µC , uC , MCU) คืออุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็กซึ่งมีความสามารถที่คล้ายคลึงกับระบบคอมพิวเตอร์ โดยรวบรวมเอาซีพียู หน่วยความจำ และพอร์ตซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักที่สำคัญของระบบคอมพิวเตอร์เข้าด้วยกัน หรือจะเรียกอีกอย่างคือระบบคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก หลักการทำงานหลักๆของไมโครคอนโทรลเลอร์คือจะนำมาใช้ในการควบคุมระบบหรืออุปกรณ์ต่างๆ และสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้อย่างหลากหลาย โดยผ่านการออกแบบวงจรให้เหมาะกับลักษณะงานนั้นๆ และสามารถรับโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

คำสั่งภาษาซี เพื่อควบคุม INPUT/OUTPUT ในการสั่งงานไปควบคุมระบบหรืออุปกรณ์นั้นๆ สามารถใช้ได้ทั้ง ระบบAnalog และ ระบบDigital



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบและขาพอร์ต Arduino

ตารางที่ 2.1 แสดงรายละเอียดคุณสมบัติของบอร์ด Arduino UNO

ลำดับ	ส่วนประกอบ	รายละเอียดคุณสมบัติ
1	Vin 7- 23 V	สำหรับรองรับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงจากภายนอก 7-23 VDC เป้นขั้นต่อแบบ (voltage via the power jack)
2	Switching Power Supply	เป็นวงจรแบบ Step-down Voltage 7-23 VDC to 5 VDC, 3.3 VDC
3	3.3V/5V Select Switch	เลือกใช้งาน Power Supply Voltage 3.3V หรือ 5V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ลำดับ	ส่วนประกอบ	รายละเอียดคุณสมบัติ
4	Mini USB/ +5V 500mA Supply	จุดต่อแบบ Mini USB สำหรับการ Uplode โปรแกรมและไฟเลี้ยงวงจร +5 จาก USB
5	Digital Pin Connector	จุดต่อแบบ Pin-head ตัวผู้ต่อขา Digital I/O (D0-D13) ที่ออกแบบสำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์อินพุตเอาต์พุตแบบดิจิทัลที่มีขาใช้งาน 3 ขา Vcc, Signal, Ground (V-S-G)
6	Digital Pin Connector	จุดต่อแบบ Pin-head ตัวเมียของขา Digital I/O (D0-D13, D18,D19) และขาใช้งานอื่นตามมาตรฐานของบอร์ด Arduino UNO
7	USART Pin Connector	จุดต่อแบบ Pin-head ตัวผู้ของขาสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม
8	ICSP Pin Connector	จุดต่อแบบ Pin-head ตัวเมียของขา Digital I/O (D0-D13, D18,D19) และขาใช้งานอื่นตามมาตรฐานของบอร์ด Arduino UNO
9	RESET	สวิตช์ RESET การทำงานของโปรแกรม
10	i2C Pin Connector	จุดต่อแบบ Pin-head ตัวผู้ของขาสื่อสารข้อมูลแบบ i2C (SDA, SCL, 3.3V, 5V, GND)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ลำดับ	ส่วนประกอบ	รายละเอียดคุณสมบัติ
11	Analog Pin Connector	จุดต่อแบบ Pin-head ตัวเมียของขา Analog Input (A0-A5)และขาใช้งานอื่นตามมาตรฐานของบอร์ด Arduino UNO
12	Analog Pin Connector	จุดต่อแบบ Pin-head ตัวผู้ของขา Analog Input (A0-A5) ออกแบบสำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์อิมพุตที่มีขาใช้งาน 3 ขา Vcc, Signal, Ground (V-S-G)

2.1.1.2 ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ของ Arduino

Arduino ได้ออกแบบมาเพื่อให้ใช้งานง่าย ทุกคนสามารถเข้าถึงการใช้งานได้ ผู้ใช้งานไม่จำเป็นต้องมีความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างสถาปัตยกรรมภายในซีพียู โดยรู้เพียงว่าบอร์ด Arduino ที่เลือกมาใช้งานนั้นมีขาที่ใช้งานอะไรบ้างมีคุณสมบัติต่างๆอะไรบ้างก็สามารถใช้งานได้ด้วยประสบการณ์และจำนวนการใช้งานของผู้ใช้จำนวนมาก Arduino จึงถูกใช้งานด้านต่างๆมากมาย เนื่องจากการเขียนโค้ดโปรแกรมควบคุมการทำงานของ Arduino มีความง่ายและยืดหยุ่นสามารถใช้งานในระดับสูงได้อีกด้วยเครื่องมือที่ใช้สำหรับเขียนโค้ดควบคุมมีเวอร์ชั่น ที่สามารถรันได้ในทุกระบบปฏิบัติการไม่ว่าจะเป็นแมคอินทอชวินโดวส์หรือแม้กระทั่งลีนุกซ์ก็ตามทำให้ได้รับความนิยมเป็นอย่างสูงแพลตฟอร์มของอุปกรณ์ Arduino ประกอบไปด้วยระบบฮาร์ตแวร์และระบบซอฟต์แวร์

ระบบฮาร์ตแวร์ (Hardware) เป็นบอร์ดอิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กที่มีไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นชิ้นส่วนหลักประกอบร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งานหรือที่เรียกกันว่า “บอร์ด Arduino” โดยบอร์ด Arduino ก็มีหลายรุ่นให้เลือกใช้ตามความเหมาะสมของงานโดยในแต่ละรุ่นอาจมีความแตกต่างกันในเรื่องของขนาดของบอร์ด หรือสเปคเช่น จำนวนของขารับส่งสัญญาณ,แรงดันไฟที่ใช้,ประสิทธิภาพของMCUเป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ระบบซอฟต์แวร์ (Software) ภาษาที่ใช้เขียนโค้ดควบคุมบอร์ด Arduino เป็นภาษาสำหรับเขียนโปรแกรมควบคุมที่มีไวยากรณ์แบบเดียวกับภาษา C/C++. ในส่วนของ Arduino IDE เป็นเครื่องมือสำหรับเขียนโค้ดโปรแกรม การคอมไพล์โปรแกรม (การแปลงไฟล์ภาษาซีให้เป็นภาษาเครื่อง) และอัพโหลดโปรแกรมลงบอร์ด

2.1.2 หลักการการทำงานของ I2C

i2C ย่อมาจาก Inter-Integrated Circuit คือรูปแบบการสื่อสารข้อมูลอย่างหนึ่งที่สร้างขึ้นมาเพื่อสื่อสารข้อมูลความเร็วต่ำ ส่วนใหญ่นิยมนำมาใช้ร่วมกับอุปกรณ์ในจำพวกไมโครโปรเซสเซอร์ ไมโครคอนโทรเลอร์และอุปกรณ์ต่างๆที่เกี่ยวข้อง i2C ถูกคิดค้นขึ้นมาในปี ค.ศ. 1982 โดย Philip semiconductor (ปัจจุบันเปลี่ยนชื่อเป็น NXP semiconductor) ข้อดีของการสื่อสารอนุกรมแบบ i2C คือ สามารถรับ - ส่งข้อมูลได้หลายอุปกรณ์ในบัสเดียวกัน การเชื่อมต่อระบบด้วยการสื่อสารอนุกรมแบบ i2C และใช้สายสัญญาณเพียง 2 เส้นในการรับส่ง - ข้อมูล ทำให้สามารถลดสายสัญญาณที่ใช้ในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ลงมาก โดยสายสัญญาณทั้ง 2 เส้นแบ่งเป็น

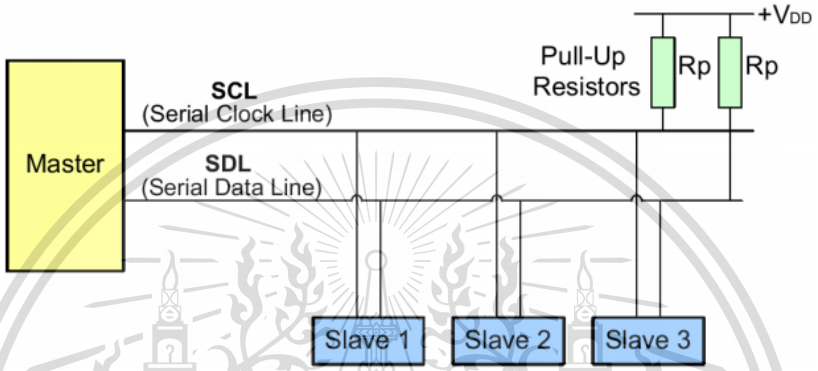
- SDA (Serial Data) คือ สายสัญญาณสำหรับรับ-ส่งข้อมูล
- SCL (Serial Clock) คือ สายสัญญาณนาฬิกา ใช้สำหรับควบคุมการรับ-ส่งข้อมูล

2.1.2.1 การเชื่อมต่อระบบด้วยการสื่อสารอนุกรมแบบ i2C

การเชื่อมต่อระบบด้วยการสื่อสารอนุกรมแบบ i2C ประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ 1. อุปกรณ์หลัก (Master Device) และ 2.อุปกรณ์ย่อย (Slave Device) ในระบบการสื่อสารแบบอนุกรม i2C สามารถต่ออุปกรณ์ i2C Device ได้หลายอุปกรณ์ เวลาสื่อสารกันในระบบ Master Device จะอ้างอิง Address ของ Slave Device เพื่อระบุว่าต้องการสื่อสารกับ Slave Device ตัวไหน และจะเห็นได้ว่าสายสัญญาณทั้ง 2 เส้นต้องต่อตัวต้านทานแบบ Pull-up สาเหตุมาจากบอร์ด ESPino32 ไม่สามารถรับอินพุตแบบ Open Drain หรือ Open Collector ของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

i2C Device ได้โดยตรงจึงต้องมีการต่อตัวต้านทานแบบ Pull-up มาเปลี่ยนสัญญาณทางไฟฟ้าให้กลายเป็นแบบ LVTTL ที่ตัวบอร์ด ESPino32 สามารถรับได้ แต่ส่วนใหญ่อุปกรณ์ i2C Device ต่างๆ ใส่ตัวต้านทานแบบ Pull-up มาจากโรงงานเรียบร้อยแล้ว ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 Pull-up Resistor on i2C

2.1.2.2 สำหรับการใช้งานการสื่อสารอนุกรมแบบ i2C

สำหรับการใช้งานการสื่อสารอนุกรมแบบ i2C จะใช้รูปแบบการสื่อสารที่เป็นมาตรฐานของการสื่อสารอนุกรมแบบ i2C มีขั้นตอนการเขียนข้อมูลด้วยการสื่อสารอนุกรมแบบ i2C และการอ่านข้อมูลด้วยการสื่อสารอนุกรมแบบ i2C ดังนี้

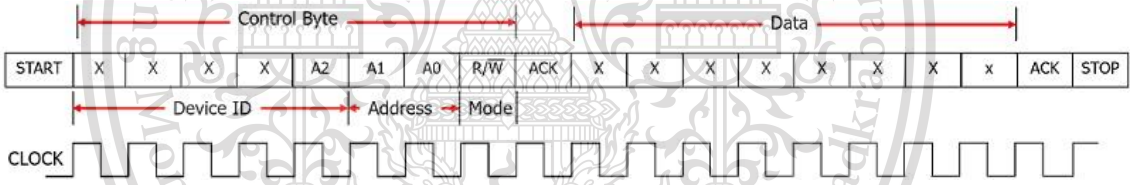
การเขียนข้อมูลด้วยการสื่อสารอนุกรมแบบ i2C มีขั้นตอนดังนี้

1. Master Device ส่งสัญญาณ Start ไปยัง Slave Device
2. Master Device เขียนไบต์ควบคุม (Control Byte) ไปยัง Slave Device (ไบต์ควบคุม คือ Address ของ Slave ขนาด 7 บิต และคำสั่งเขียนข้อมูล จำนวน 1 บิต)
3. Master Device เขียนข้อมูลไปยัง Slave Device
4. Master Device ส่งสัญญาณ Stop ไปยัง Slave Device

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การอ่านข้อมูลด้วยการสื่อสารอนุกรมแบบ i2C

1. Master Device ส่งสัญญาณ Start ไปยัง Slave Device
2. Master Device ส่งไบต์ควบคุม ไปยัง Slave Device (ไบต์ควบคุม คือ Address ของ Slave Device ขนาด 7 บิตและตามด้วยคำสั่งเขียนข้อมูล (0) จำนวน 1 บิต)
3. Master Device ส่งสัญญาณ Stop ไปยัง Slave Device
4. Master Device ส่งสัญญาณ Start ไปยัง Slave Device
5. Master Device ส่งไบต์ควบคุมไปยัง Slave Device (ไบต์ควบคุม คือ Address ของ Slave Device ขนาด 7 บิตและตามด้วยคำสั่งอ่านข้อมูล (1) จำนวน 1 บิต)
6. Master Device อ่านข้อมูลจาก Slave Device
7. Master Device ส่งสัญญาณ Stop ไปยัง Slave Device

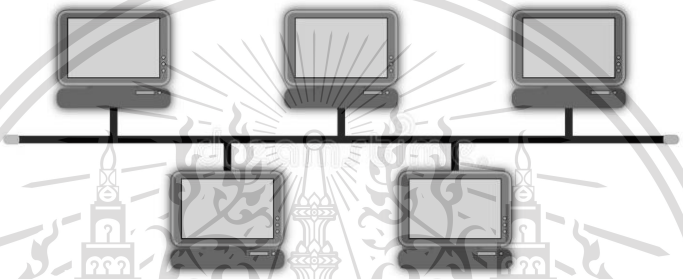


รูปที่ 2.3 รูปแบบสื่อสารแบบอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.1.2.3 โทโปโลยีแบบบัส (Bus Topology)

โทโปโลยีแบบบัส (Bus Topology) บางทีก็เรียกว่า linear Bus เพราะมีการเชื่อมต่อแบบเส้นตรง เป็นลักษณะการเชื่อมต่อที่ง่ายที่สุด และเป็นโทโปโลยีที่นิยมกันมากที่สุดในสมัยแรกๆ รูปที่ 2.2 แสดงการเชื่อมต่อแบบบัส ซึ่งการเชื่อมต่อแบบนี้จะใช้สายสัญญาณเพียงเส้นเดียวเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ทุก ๆ เครื่องเข้าด้วยกัน แสดงดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 การเชื่อมต่อแบบบัส

คอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่อเข้ากับสายสัญญาณร่วมหรือบัสจะสื่อสารกันโดยใช้ที่อยู่ (Address) ซึ่งคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องจะมีที่อยู่ไม่ซ้ำกัน ในการส่งสัญญาณในสายที่แชร์กันนี้จำเป็นต้องเข้าใจหลักการต่อไปนี้ เช่น การส่งข้อมูล การสะท้อนกลับของสัญญาณ ตัวสิ้นสุดสัญญาณ ลักษณะการส่งข้อมูล การส่งข้อมูลบนเครือข่ายที่มีโทโปโลยีแบบบัสนั้น ข้อมูลจะถูกส่งไปบนสายสัญญาณในรูปแบบของสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งสัญญาณนี้จะเดินทางไปถึงคอมพิวเตอร์ทุกเครื่องที่เชื่อมต่อเข้ากับสื่อกลางหรือบัส แต่จะมีเฉพาะคอมพิวเตอร์ที่มีที่อยู่ตรงกับที่อยู่ของผู้รับที่อยู่ในข้อมูลเท่านั้น จึงจะนำข้อมูลนั้นไปวิเคราะห์ต่อไป ส่วนเครื่องมืออื่น ๆ ก็จะไม่สนใจข้อมูลนั้น เนื่องจากสายสัญญาณเป็นสื่อกลางที่ใช้ร่วมกัน ดังนั้น คอมพิวเตอร์แค่เครื่องเดียวเท่านั้นที่จะส่งข้อมูลได้ในเวลาใดเวลาหนึ่ง สัญญาณข้อมูลจะถูกส่งออกไปในรูปสัญญาณไฟฟ้าบนสายสัญญาณ คอมพิวเตอร์ทุกเครื่องที่พ่วงต่อเข้ากับสายสัญญาณนี้จะได้รับสัญญาณทุกเครื่องแต่เฉพาะเครื่องที่เป็นตัวรับสัญญาณข้อมูลเท่านั้นที่จะนำข้อมูลไปวิเคราะห์และใช้ต่อไป เนื่องจากเครื่องที่เป็นเครื่องรับสัญญาณข้อมูลเท่านั้นที่มีข้อมูลตรงกับที่อยู่ข้อมูลที่ส่ง เนื่องจากมีเครื่องเดียวเท่านั้นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สามารถส่งข้อมูลได้ในเวลาใดเวลาหนึ่ง ดังนั้นจำนวนคอมพิวเตอร์ที่พ่วง ต่อเข้ากับสื่อกลางจะมีผลต่อประสิทธิภาพของเครือข่าย เพราะยิ่งจำนวนคอมพิวเตอร์มากเท่าไร ยิ่งทำให้ คอมพิวเตอร์ต้องรอนานที่จะส่งข้อมูล ซึ่งอาจมีผลทำให้เครือข่ายมากขึ้น ยังไม่มีวิธีการที่เป็นมาตรฐานในการวัดว่าจำนวนคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่อเข้ากับเครือข่ายมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของเครือข่ายอย่างไร ปัจจัยที่ทำให้ประสิทธิภาพของเครือข่ายลดลงนั้นไม่ใช่เฉพาะจำนวนคอมพิวเตอร์อย่างเดียวสิ่งต่อไปนี้เป็นปัจจัยอื่น ๆ ที่อาจมีผลต่อประสิทธิภาพของเครือข่ายได้ เช่น ประสิทธิภาพของฮาร์ดแวร์ของคอมพิวเตอร์ในเครือข่าย จำนวนของโปรแกรมที่กำลังรันบนเครื่องคอมพิวเตอร์ ชนิดของแอพพลิเคชันที่ใช้เครือข่าย เช่น แอพพลิเคชันแบบไคลเอนท์เซิร์ฟเวอร์โปรแกรมถ่ายโอน ไฟล์ผ่านเครือข่าย เป็นต้น ประสิทธิภาพของสายสัญญาณที่ใช้ ระยะห่างระหว่างคอมพิวเตอร์ในเครือข่าย ในขณะใดขณะหนึ่งคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่อเข้ากับเครือข่ายจะเช็คว่ามีข้อมูลส่งมาถึงตัวเองหรือไม่ หรือไม่ก็กำลังส่งข้อมูล เนื่องจากคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องไม่มีหน้าที่ในการส่งข้อมูลดังนั้นเมื่อคอมพิวเตอร์ เครื่องใดเครื่องหนึ่งหยุดทำงานก็จะไม่ทำให้เครือข่ายล่มการสะท้อนกลับของสัญญาณและเทอร์มิเนเตอร์ เนื่องจากข้อมูลที่ส่งไปในเครือข่ายอยู่ในรูปของสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์ สัญญาณนี้จะเดินทางจาก ปลายข้างหนึ่งไปปลายอีกข้างหนึ่งของสายสัญญาณถ้าไม่มีการจำกัดสัญญาณนี้มันก็จะสะท้อนกลับไป กลับมาบนสายสัญญาณซึ่งอาจทำให้เครื่องอื่นๆ ไม่สามารถส่งข้อมูลได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการหยุด การสะท้อนกลับไปกลับมาของสัญญาณนี้หลังจากที่ข้อมูลได้ส่งถึงที่หมายเรียบร้อย ตัวเทอร์มิเนเตอร์ (Terminator) จะทำหน้าที่ดูดกลืนสัญญาณเพื่อไม่ให้สะท้อนกลับ และจะถูกติดไว้ที่ปลายสายสัญญาณ การดูดกลืนสัญญาณนี้จะทำให้สายสัญญาณว่าง และพร้อมสำหลับการส่งข้อมูลอีก ที่ปลายทั้งสองข้างของสายสัญญาณจะต้องเสียบเข้ากับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ตัวอย่างเช่น เน็ตเวิร์คการ์ดหรือตัวเชื่อมต่อ (Connectors) ที่ใช้ในการเชื่อมต่อสายสัญญาณให้มีระยะยาวขึ้น ปลายที่ไม่ได้เสียบเข้ากับอุปกรณ์ใด ๆ จะต้องติดตัวเทอร์มิเนเตอร์เพื่อป้องกันการสะท้อนกลับของสัญญาณ

การรบกวนการสื่อสารข้อมูลเครือข่าย เมื่อเกิดสายสัญญาณขาด ณ จุดใดจุดหนึ่งหรือมีการถอดปลายสายออกจากเครื่องคอมพิวเตอร์ซึ่งจะ ทำให้สัญญาณ ณ จุดนั้นไม่มีตัวเทอร์มิเนเตอร์ อันเป็นเหตุให้สัญญาณสะท้อนกลับ ซึ่งจะไปรบกวน สัญญาณเดิม และทำให้ข้อมูลนั้นเสียไป สัญญาณนี้จะสะท้อนกลับไปกลับมาซึ่งทำให้ไม่สามารถส่งข้อมูล ใหม่ได้ นี้เป็นเหตุผลหนึ่งที่ทำให้เครือข่ายนี้ล่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ความสามารถในการขยายเครือข่าย เมื่อต้องการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ใหม่เข้ากับเครือข่ายจำเป็นต้องใช้สายสัญญาณที่ยาวขึ้นสาย สัญญาณที่ใช้ในโทโปโลยีแบบบัสนี้สามารถต่อให้ยาวขึ้น โดย 2 วิธีต่อไปนี้

1. การใช้หัวเชื่อมต่อ ซึ่งเรียกว่า Barrel Connector เชื่อมสายสัญญาณสองเส้นซึ่งจะทำให้สายสัญญาณยาวขึ้น อย่างไรก็ตามการใช้หัวเชื่อมต่อนี้จะลดกำลังของสัญญาณ ฉะนั้นควรหลีกเลี่ยงการใช้หัวเชื่อมให้มากที่สุดการใช้สายสัญญาณที่ยาวเส้นเดียวจะดีกว่าการใช้ สายสัญญาณหลาย ๆ เส้นเส้นเชื่อมต่อกันให้ยาวขึ้นการใช้หัวเชื่อมต่อหลายที่อาจทำให้สัญญาณ ลดทอนลงไปซึ่งอาจมีผลทำให้ได้รับข้อมูลไม่ถูกต้อง

2. การใช้อุปกรณ์ทวนสัญญาณ หรือ Repeater อุปกรณ์ตัวนี้จะใช้ในการเชื่อมต่อสายสัญญาณให้ยาวขึ้น และขณะเดียวกันก็เพิ่มกำลังให้สัญญาณด้วย การใช้รีพีตเตอร์จะดีกว่าการใช้หัวเชื่อมต่อหรือสายที่ยาว เนื่องจากรีพีตเตอร์จะช่วยเพิ่มกำลังให้สัญญาณทำให้สัญญาณเดินทางได้ไกลขึ้น

2.1.2.4 i2C Bus

ใช้สัญญาณดิจิตอล I/O เพียง 2 เส้น คือ SCL (Serial Clock) และ SDA (Serial Data) สัญญาณ SDA เป็นสัญญาณข้อมูล และ SCL เป็นสัญญาณนาฬิกา เพื่อเป็นการกำหนดจังหวะการทำงานระหว่างอุปกรณ์ที่ทำการชื่อต่อกับบัส i2c โดยความถี่ที่ใช้ในกรทำงานของบัส i2C มักจะเป็นความถี่ในช่วง 100kHz (Standard Mode) หรือ 400kHz (Fast-mode) ในการสื่อสารข้อมูล สำหรับอุปกรณ์บางชนิด สามารถที่จะใช้อัตราสูงกว่า 1 MHz ระบบบัส I2C ประกอบด้วยอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็น “มาสเตอร์” (I2C Master) และ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็น “สเลฟ” (I2C Slave)โดยทั่วไป ชิปไมโครคอนโทรลเลอร์รองรับการใช้งานบัส I2C

ในการสื่อสารระหว่างมาสเตอร์และสเลฟ ต้องมีการกำหนดแอดเดรสของอุปกรณ์ (Device Address) เพื่อระบุว่า มาสเตอร์จะสื่อสารกับสเลฟตัวใดในระบบบัสเดียวกัน โดยทั่วไปจะใช้แอดเดรสแบบ 7 บิต (7-bit Address) ดังนั้นในบัส I2C เดียวกัน แอดเดรสของอุปกรณ์ที่เป็นสเลฟแต่ละตัว จะต้องไม่ซ้ำกัน เมื่อมาสเตอร์ต้องการเข้าใช้บัส I2C จะเริ่มต้นด้วยการสร้างสัญญาณที่เรียกว่า Start Condition และเมื่อจบการเข้าใช้บัส จะต้องปิดท้ายด้วยสัญญาณที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เรียกว่า Stop Condition เมื่อสร้างสัญญาณ Start Condition แล้ว ถัดไปจะต้องส่งไบต์แรก ซึ่งประกอบด้วย แอดเดรสขนาด 7 บิต ของอุปกรณ์สเลฟ และอีกหนึ่งบิตในตำแหน่ง LSB (บิตที่เรียกว่า Read/Not-Write Bit) ของไบต์ดังกล่าว เพื่อระบุว่า ต้องการจะเขียนหรืออ่านข้อมูลถัดไปสำหรับอุปกรณ์ใด ถ้าบิต R/W มีค่าเป็น 1 หมายถึง Read (ถัดไปจะอ่านข้อมูลจากสเลฟ) แต่ถ้าเป็น 0 หมายถึง Write (จะเขียนข้อมูลไปยังสเลฟ)

หลังจากที่มาสเตอร์ได้ส่งข้อมูลหนึ่งไบต์ออกไปแล้ว อุปกรณ์ที่เป็นตัวส่งข้อมูล (มาสเตอร์) จะต้องตรวจสอบดูว่า มีการตอบรับจากอุปกรณ์อีกฝ่ายหนึ่ง (สเลฟ) หรือไม่ โดยการอ่านบิต ที่เรียกว่า บิตตอบรับ (Acknowledge Bit) ถ้ามีการตอบกลับ บิตจะต้องมีค่าเป็นลอจิก 0 (ACK) แต่ถ้าไม่มีการตอบกลับมา จะได้ค่า ลอจิกเป็น 1 (เรียกกรณีนี้ว่า No ACK หรือ NACK) และให้จบการทำงานของมาสเตอร์ เมื่อได้รับหรือส่งข้อมูลครบแล้วและไม่ต้องการใช้บัสอีกต่อไป มาสเตอร์จะต้องจบการทำงาน โดยการส่งสัญญาณหยุด หรือ Stop Condition แต่ถ้าจะใช้ต่อไปอีก (เช่น ในกรณีที่ส่งข้อมูลออกไปแล้วต่อด้วยการอ่านข้อมูลจากสเลฟ) ให้ส่งสัญญาณเริ่มใหม่อีกครั้งโดยไม่ต้องส่งสัญญาณ Stop Condition และกรณีนี้เรียกว่า Repeated Start Condition ซึ่งมีลักษณะเหมือน Start Condition ตามปรกติ และ หลังจากนั้นให้สื่อสารข้อมูลต่อไปและจบด้วย Stop Condition

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.1.3 UART

ART หรือชื่อเต็ม Universal Asynchronous Receiver and Transmitter เป็นการสื่อสารข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรมระหว่างอุปกรณ์ ซึ่งนิยมใช้เป็นการสื่อสารระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยกัน การสื่อสารแบบอนุกรมแบ่งเป็น 2 แบบ คือ

1) การสื่อสารอนุกรมแบบ Synchronous เป็นรูปแบบที่ใช้วิธีส่งข้อมูล โดยใช้สัญญาณ Clock มาเป็นตัวกำหนดจังหวะ การรับส่งข้อมูล แสดงดังรูปที่ 2.5 การส่งข้อมูลแบบนี้เป็นการรับส่งที่ค่อนค่างมีคุณภาพ และส่งได้ที่ความเร็วสูง มีโอกาสที่ข้อมูลจะสูญหายระหว่างการส่งน้อย ตัวอย่างการส่งข้อมูลลักษณะนี้เช่น I2C, I2S, SPI ข้อเสียของการส่งข้อมูลแบบนี้คือ ต้องใช้สายสัญญาณมาก เพราะว่าต้องส่ง Clock ไปด้วย

รูปที่ 2.5 การสื่อสารอนุกรมแบบ Synchronous โดยใช้สัญญาณ Clock มาเป็นตัวกำหนดจังหวะ

2) การสื่อสารอนุกรมแบบ Asynchronous เป็นการส่งข้อมูลที่ไม่ต้องใช้สัญญาณ Clock มาเป็นตัวกำหนดจังหวะการรับส่งข้อมูลแต่ ใช้วิธีกำหนด รูปแบบ Format การรับส่งข้อมูลขึ้นมาแทน และ อาศัยการกำหนด ความเร็วของการรับ และ ส่ง ที่เท่ากันทั้งฝั่งรับและฝั่งส่ง ข้อดีของการใช้ Asynchronous คือสามารถสื่อสารแบบ Full Duplex รับ และ ส่งได้ในเวลาเดียวกัน แต่ Asynchronous มีโอกาสที่ข้อมูลจะสูญหายขณะรับส่งข้อมูล หรือ รับส่งข้อมูลผิดพลาดได้มากกว่าแบบ Synchronous กล่าวคือ UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) หมายถึง รูปแบบการส่งข้อมูล ที่ถูกกำหนดขึ้นมาเพื่อใช้รับส่งข้อมูลแบบ

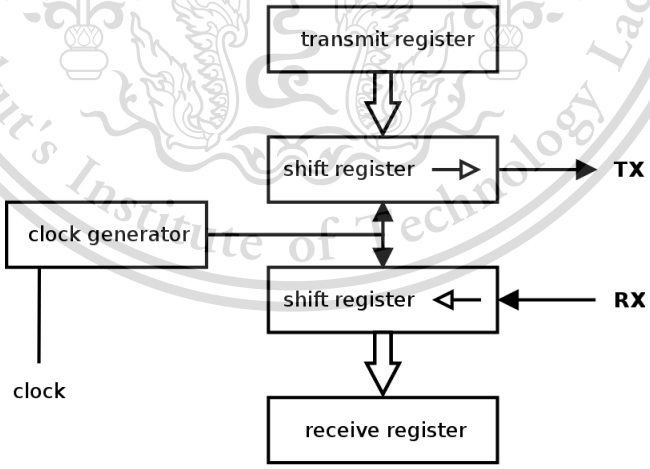
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Asynchronous โดยมีรูปแบบดังรูปที่ 2.6 เริ่มต้นจาก Start Bit เป็น Logic 0 จากนั้นจะตามด้วย Data ที่เราส่ง แล้วจะถูกปิดด้วย STOP Bit เป็น Logic 1

รูปที่ 2.6 การรับส่งข้อมูลแบบ Asynchronous

2.1.3.1 การทำงานของ UART

UART นั้นจะอนุญาตให้มีการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์เพียงสองชิ้นเท่านั้น ซึ่งได้แก่ตัวส่ง (transmitter) และตัวรับ (receiver) และยังเป็นแบบ full duplex หรือสามารถสื่อสารได้สองทิศทางในเวลาเดียวกัน เมื่อการทำงานเริ่มต้นขึ้น ตัวส่งจะแปลงข้อมูลแบบขนานให้เป็นข้อมูลแบบอนุกรม แล้วส่งข้อมูลดังกล่าวไปยังตัวรับ ซึ่งจะแปลงข้อมูลอนุกรมนั้นกลับไปเป็นแบบขนานตามเดิม แสดงดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 UART Block diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การกำหนดจังหวะการรับส่งข้อมูลสามารถทำได้ผ่านการเพิ่มบิตเริ่มต้น (start bit) และบิตปิดท้าย (stop bit) ลงไปในข้อมูล บิตเหล่านี้จะทำหน้านี้เป็นตัวบ่งบอกถึงจุดเริ่มต้นและจุดจบของข้อมูลที่จะส่งออกไป ซึ่งจะทำให้ตัวรับรู้ว่าจะต้องเริ่มอ่านข้อมูลดังกล่าวได้เมื่อใด เมื่อตัวรับสามารถตรวจจับบิตเริ่มต้นได้ ตัวรับจะเริ่มอ่านบิตที่ตามมาด้วยความถี่ที่เรียกว่าอัตราบอด (baud rate) ทั้งตัวรับและตัวส่งจะต้องทำงานในอัตราบอดเดียวกัน หรือต้องมีค่าคลาดเคลื่อนไม่สูงกว่า 10 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น อัตราบอดที่นิยมใช้จะอยู่ที่ 9,600 บิตต่อวินาที ข้อมูลที่ส่งผ่าน UART จะถูกจัดระเบียบให้เป็นแพ็กเก็ต (packet) แต่ละแพ็กเก็ตจะประกอบด้วยบิตเริ่มต้น 1 ตัว (start bit) บิตข้อมูล 5 ถึง 9 ตัว (data bit) บิตพาริตี 0 ถึง 1 ตัว (parity bit) และบิตปิดท้าย (stop bit) 1 หรือ 2 ตัว ส่วนใหญ่แล้ว สายสื่อสารแบบ UART จะมีศักย์ไฟฟ้าสูงเมื่อไม่ได้ส่งข้อมูล หากผู้ใช้ต้องการส่งข้อมูลแล้ว ตัวส่งจะดึงศักย์ไฟฟ้าลงใน 1 รอบสัญญาณนาฬิกา เมื่อตัวรับตรวจจับการเปลี่ยนแปลงในความต่างศักย์ไฟฟ้าได้ ตัวรับจะเริ่มอ่านบิตที่เหลือตามมา โดยจะเริ่มอ่านบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุด (least significant bit) ก่อนเป็นส่วนมาก เมื่อตัวส่งตรวจจับบิตปิดท้ายได้ ตัวส่งจะดันศักย์ไฟฟ้าในสายสื่อสารให้สูงขึ้นดังเดิมในระยะเวลาขั้นต่ำที่ 2 ระยะบิต

2.1.4 ข้อมูลเชิงกายภาพ และระยะเวลาในการซ้อมและการตีแบดมินตันใน 1 เกมของนักกีฬาแบดมินตัน

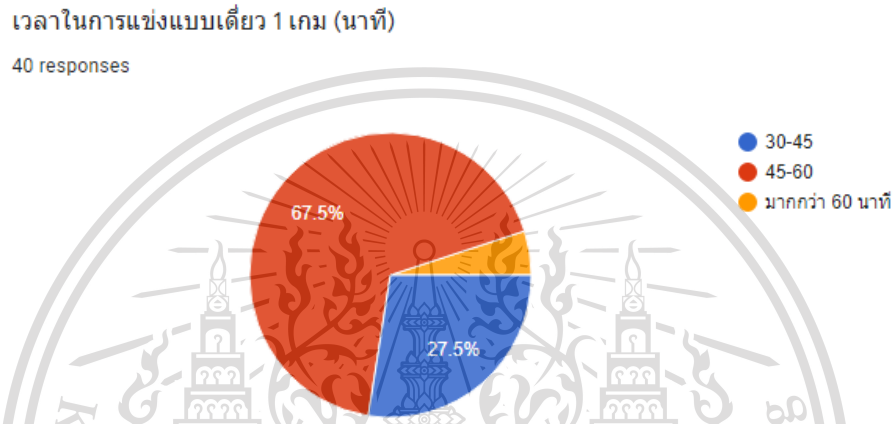
2.1.2.1 การเคลื่อนไหวในกีฬาแบดมินตัน

เจียมศักดิ์ พานิชชัยกุล (2530 อ้างถึงใน ชัยยะ มิตรสัมพันธ์, 2553) ได้ให้ความหมายของบการเคลื่อนที่ลักษณะต่าง ๆ ไว้ว่า แบดมินตันเป็นเกมที่ผู้เล่นทั้งสองฝ่ายต้องเคลื่อนย้ายตัววิ่งไล่ตีลูกอยู่ตลอดเวลา ผู้เล่นจึงอาศัยการเข้าและออกและประชิดตีลูกในจังหวะที่ถูกต้อง ในอิริยาบถที่ถนัด เคลื่อนย้ายตัวตีลูก ด้วยความง่ายดาย และสิ้นเปลืองแรงน้อยที่สุด

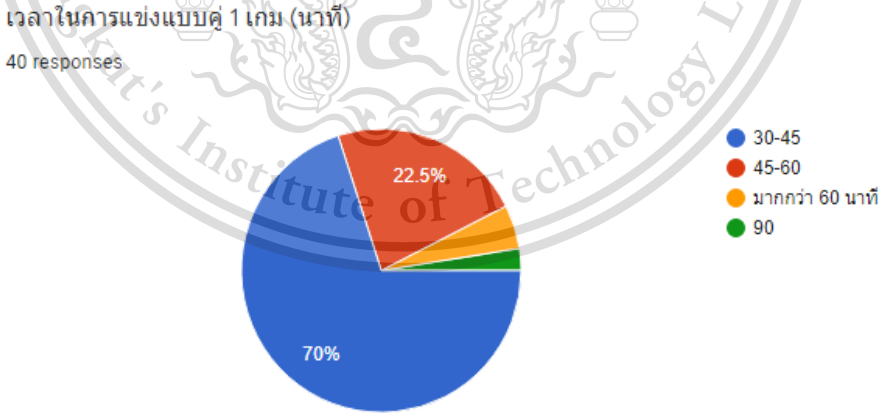
การเคลื่อนที่ (Footwork) ไปยังตำแหน่งต่างๆ ของสนามทำได้หลายอย่าง เช่น การก้าวเท้า การสไลด์เท้า การวิ่ง การกระโดด เป็นต้น โดยการทดสอบในโครงงานนี้จะใช้เป็นการเคลื่อนที่เข้าและออกระหว่างเซ็นเซอร์ 8 ตัว โดยเน้นการทดสอบความว่องไวในการตอบสนองต่อสัญญาณที่แสดงออกมาจากเซ็นเซอร์ ซึ่งจากการทำแบบสอบถามนักกีฬาและผู้ที่เล่นแบดมินตันนั้นก่อนหน้านี้นักกีฬาแบดมินตันจะทำการฝึกซ้อมโดยการวิ่งแตะตำแหน่งต่างๆ ที่ผู้ฝึกซ้อมได้ทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การกำหนด หรือการวิ่งไปแตะกับกรวยเตี้ย แต่การฝึกซ้อมรูปแบบนั้นจะไม่มีความคล้ายคลึงกับการแข่งขันหรือฝึกซ้อมจริง การตีลูกขนไก่เพื่อเป็นการวอร์มนั้น จะใช้เวลาประมาณ 5-10 นาที และในการตีแบดมินตันแบบเดี่ยว 1 เกมนั้น ใช้เวลาประมาณ 30 นาที และการตีแบดมินตันแบบคู่ 1 เกมนั้นจะใช้เวลาทั้งหมดประมาณ 20-25 นาที ซึ่งจากข้อมูลนี้เราจึงจะกำหนด รูปแบบของการเคลื่อนไหวเป็น 3 แบบ และ แต่ละแบบใช้เวลาประมาณ 10-15 นาที



รูปที่ 2.8 กราฟจากการทำแบบสอบถามแสดงระยะเวลาในการเล่นของนักกีฬาและผู้เล่นแบดมินตันแบบเดี่ยว



รูปที่ 2.9 กราฟจากการทำแบบสอบถามแสดงระยะเวลาในการเล่นของนักกีฬาและผู้เล่นแบดมินตันแบบคู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.2 อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 Arduino Mega 2560

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

Arduino Mega 2560 ถูกออกแบบมาสำหรับโครงการที่ซับซ้อนมากขึ้น ด้วย I / O ดิจิตอล 54 พิน อินพุตแบบอะนาล็อก 16 ช่อง และพื้นที่ขนาดใหญ่สำหรับการเขียนโปรแกรม จึงเป็นบอร์ดแนะนำสำหรับเครื่องพิมพ์ 3D และโครงการหุ่นยนต์ สิ่งนี้ทำให้โครงการของคุณมีพื้นที่และโอกาสมากมาย

Arduino Mega สามารถเชื่อมรับพลังงานโดยการเชื่อมต่อ micro USB connector หรือ จาก power supply จากภายนอกได้ โดยแหล่งพลังงานจะถูกเลือกโดยอัตโนมัติ ส่วนแหล่งจ่ายจากภายนอกสามารถมาได้จาก AC-to-DC adapter หรือจากแบตเตอรี่ โดยต่อเข้ากับ 2.1 mm center-positive plug ไปยังช่องเสียบแหล่งจ่าย และการต่อเข้ากับแบตเตอรี่สามารถทำได้โดยการต่อเข้ากับ GND และ Vin pin header ของ power connecter

บอร์ดสามารถทำงานได้ในช่วงแรงดัน 6 ถึง 20 volts ถ้าแหล่งจ่ายมีค่าต่ำกว่า 7 V อาจส่งผลให้ 5V pin มีแรงดันที่ต่ำกว่า 5V และบอร์ดอาจจะไม่เสถียร แต่ถ้าหากแรงดันมีค่าสูงกว่า 12V อาจส่งผลให้บอร์ด Overheat และอาจทำให้บอร์ดเสียหายได้ ดังนั้นช่วงแรงดันที่เหมาะสมกับบอร์ดคือ 7 V ถึง 12 V โดยบอร์ด Arduino Mega 2560 ประกอบไปด้วย

- 5V เป็น output pin ที่ควบคุม 5 V จากบอร์ด
- 3V3 เป็น 3.3 volt supply ที่สร้างขึ้นจาก regulator บนบอร์ด และให้

กระแสได้สูงสุด 50 mA

- GND เป็น ground pin

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

- IOREF เป็น pin ที่ให้ voltage reference กับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อ

เลือกค่าแรงดันให้กับshield ที่มาเชื่อมต่อกับบอร์ด

– 54 digital input/output pins

– 16 analog inputs

– 4 UARTs

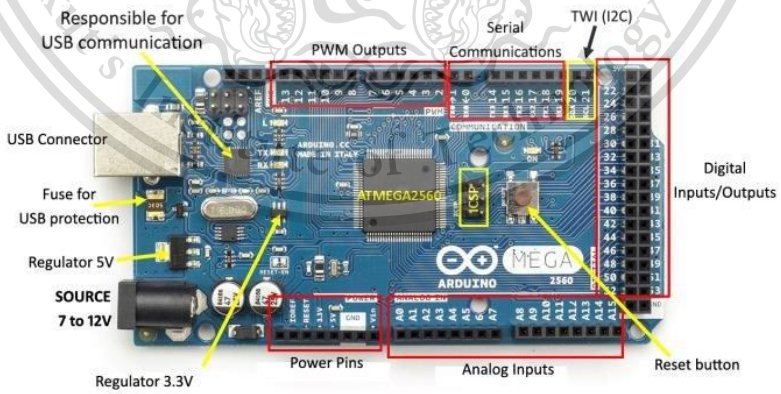
– 16 MHz crystal oscillator (ใช้สำหรับกรองความถี่ให้กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์)

– USB connection

– ช่องเสียบแหล่งจ่าย

– ICSP header :In-Circuit Serial Programming (ส่วนที่เป็น AVR ขนาดเล็กสำหรับการโปรแกรม Arduino ซึ่งประกอบด้วย MOSI, MISO, SCK, RESET, VCC,GND)

– ปุ่มกด reset



2.10 จุดเชื่อมต่อของอุปกรณ์ Arduino Mega 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 2.2 แสดงรายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะของบอร์ด Arduino Mega 2560

คุณลักษณะเฉพาะทางเทคนิค (Technic Specification)	
Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7 - 12 V
Input Voltage (limit)	6 - 20 V
Digital I/o Pins	54 (of which 15 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	20 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by boot loader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz
LED BUILTIN	13
Length	101.52 mm
Width	53.3 mm
Weight	37 g

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.2.2 Arduino Nano 3.0

Arduino Nano เป็นอุปกรณ์ขนาดเล็กที่สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์เมนบอร์ด ATmega328 มีฟังก์ชั่นการทำงานคล้ายกัน เพียงแต่ขาด DC และใช้งานสาย Mini-B USB แทนที่จะเป็นสายมาตรฐาน Arduino Nano สามารถรับแรงดันไฟฟ้าผ่านทาง Mini-B USB โดยที่แหล่งจ่ายไฟฟ้าภายนอกนั้นสามารถรับได้ 6 – 20V เข้าที่ขา 30 หรือ ขา 5V ที่ขา 27 แรงดันไฟฟ้าที่ได้รับจะมาจากแหล่งจ่ายไฟที่มีแรงดันไฟฟ้าสูงสุด ชิป FTDI FT23RL บน Arduino Nano จะใช้ไฟฟ้าที่มาจาก USB เท่านั้น ด้วยเหตุนี้เมื่อใช้แหล่งจ่ายไฟจากภายนอกที่ไม่ได้มาจาก USB เอาต์พุต 3.3V จะไม่สามารถใช้งานได้ และ RX , TX และ LED จะกระพริบหากพิน 0 หรือ 1 สูง

หน่วยความจำ ATmega168 มีหน่วยความจำแฟลช 16kb และใช้ 2kb สำหรับจัดเก็บรหัสที่ใช้ในการโหลด ATmega168 มี SRAM 1 KB และ EEPROM 512 ไบต์ ซึ่งสามารถอ่านและเขียนด้วยไลบรารี EEPROM ส่วน ATmega328 มีหน่วยความจำแฟลช 32kb ซึ่งรวม 2kb ที่ใช้สำหรับโหลด ATmega328 มี SRAM 2 KB และ EEPROM 1 KB

อินพุตและเอาต์พุตแต่ละพินดิจิตอลในนาโนสามารถใช้เป็นขาอินพุตหรือเอาต์พุตโดยใช้ฟังก์ชั่น pinMode (), digitalWrite () และ digitalRead () ทำงานที่ 5 โวลต์ แต่ละพินสามารถให้หรือรับได้สูงสุด 40 mA

รูปที่ 2.11 Arduino Nano 3.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 2.3 แสดงข้อมูลเฉพาะของ Arduino Nano 3.0

ข้อมูลเฉพาะของ Arduino Nano 3.0	
Microcontroller	Atmel ATmega168 or ATmega328
Operating Voltage (logic level)	5 V
Input Voltage (recommended)	7-12 V
Input Voltage (limits)	6-20 V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	8
DC Current per I/O Pin	40 mA
Flash Memory	16 KB (ATmega168) or 32 KB (ATmega328) of which 2 KB used by bootloader
SRAM	1 KB (ATmega168) or 2 KB (ATmega328)
EEPROM	512 bytes (ATmega168) or 1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz
Dimensions	0.73" x 1.70"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.2.3 Sensor Time of Flight รุ่น VL53L1X

Time Of Flight หรือ ToF ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ใช้การวัดระยะระหว่างเซนเซอร์กับวัตถุ ด้วยการนับเวลาการเดินทางของอนุภาคคลื่นแสงที่ถูกยิงออกไป ตั้งแต่ส่งออกจากภาคส่ง (Emitter) และสะท้อนจากวัตถุกลับมายังภาครับ (Receiver) เมื่อคำนวณแล้วจะทำให้ทราบระยะห่างระหว่างเซนเซอร์และวัตถุ โดยเทคโนโลยี ToF ถูกนำมาใช้เนื่องจากมีความแม่นยำในการตรวจจับมากกว่าโดยตรวจจับจากระยะห่างจากการคำนวณ ซึ่งแตกต่างจากเซนเซอร์แสงทั่วไปที่ใช้การตรวจจับโดยเพียงวัดปริมาณแสงที่สะท้อนวัตถุกลับมา โดยที่หากวัตถุมีสีที่สะท้อนแสงได้น้อย (เช่น ตรวจจับผิววัตถุสีเข้ม หรือสีดำ) จะส่งผลกระทบต่อปริมาณแสงที่สะท้อนกลับ ทำให้เซนเซอร์ทั่วไปมีปัญหาในการตรวจจับดังกล่าว เทคโนโลยี ToF จึงช่วยให้การตรวจจับมีความเสถียรสูง ตรวจจับได้ไกล และสีของวัตถุไม่ส่งผลต่อการตรวจจับ เหมือนโฟโต้เซนเซอร์รุ่นทั่วไป

Time Of Flight รุ่น Vl53l1x เป็นเซ็นเซอร์วัดระยะด้วยเลเซอร์แบบ time-of-Flight (ToF) ขั้นสูง เป็นเซ็นเซอร์ ToF ขนาดเล็กที่มีช่วงการวัดที่ถูกต้องถึง 4 เมตรและความถี่ในการวัดที่รวดเร็วถึง 50 เฮิรตซ์ ใช้ i2c อินเตอร์เฟสการควบคุมพลังงานต่ำมาก VL53L1x ใช้เทคโนโลยี ToF ซึ่งช่วยให้การวัดระยะทางสัมบูรณ์โดยไม่คำนึงถึงสีเป้าหมายและการสะท้อนแสงขนาดของ Roi ยังสามารถตั้งโปรแกรมบนอาร์เรย์ที่รับช่วยให้เซ็นเซอร์ FOV ลดลง

2.12 Time of Flight Sensor รุ่น VL53L1x

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 2.4 แสดงรายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะของ Time Of Flight Sensor รุ่น VL53L1x

คุณลักษณะเฉพาะทางเทคนิค (Technic Specification)	
Operating voltage	3.3V / 5V
Dimension	20mm * 24mm
Mounting holes size	2.0mm
Ranging distance	40mm - 4000mm
Ranging accuracy	<5%
Ranging time (min)	20ms (short distance mode)
	33ms (medium/long distance mode)
Field of view	27°
Laser wavelength	940nm
Operating temperature	-20 ~ 80°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.2.4 4x4 Keypad Module

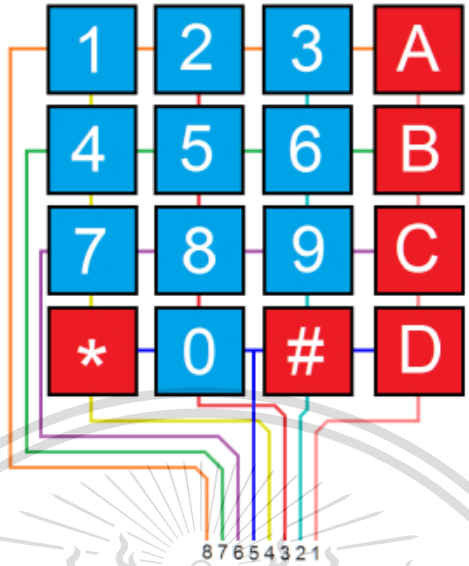
โมดูลปุ่มกดแบบเมทริกซ์มีด้วยกันทั้งหมด 4 แถว 4 คอลัมน์ รวมทั้งหมดมี 16 ปุ่ม โมดูลปุ่มกดเป็นอุปกรณ์ที่มีขนาดบาง โมดูลปุ่มกดนี้เป็นอุปกรณ์ที่ไว้สำหรับการทำงานร่วมกับอุปกรณ์ที่เป็นโฮสต์ โดยทั่วไปคือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ภายใต้ปุ่มกดแต่ละปุ่มจะมีสายเชื่อมในแถวเดียวกัน หรือคอลัมน์เดียวกัน แสดงในเห็นดังรูปที่ 2.12

รูปที่ 2.13 โมดูลปุ่มกด ขนาด 4x4

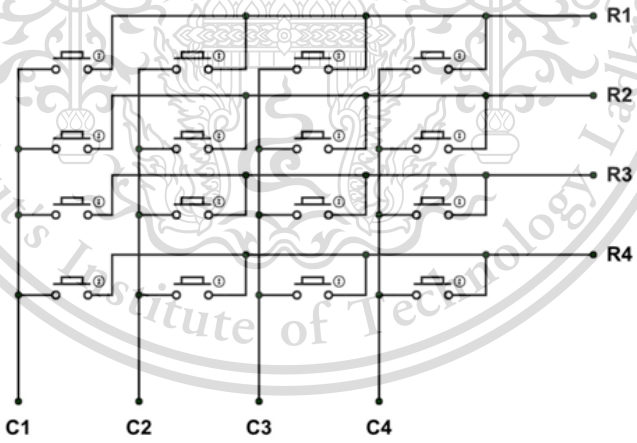
2.2.4.1 การเชื่อมต่อ Arduino UNO กับ Keypad Module 4x4

การใช้งานระบบฝังตัว โดยทั่วไป ปุ่มกดมีความสำคัญอย่างยิ่ง เช่น การรับรหัสล็อค การทำงาน การป้อนข้อมูลให้เครื่องคิดเลข การป้อนสัญญาณให้ระบบอัตโนมัติหรือสิ่งใด ๆ ที่ต้องใช้การป้อนข้อมูลที่เป็นตัวเลข บทความนี้จะแสดงวิธีการเชื่อมต่อ Arduino UNO กับ Keypad 4x4 หรือปุ่มกดแบบเมตริกขนาด 16 ปุ่ม ซึ่งนำไปประยุกต์สามารถเป็นปุ่มกดบนจอแสดงผล LED 7 ส่วนหรือจอแสดงผล LCD แสดงดังรูปที่ 2.13 - 2.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.14 การเชื่อมต่อของโมดูลปุ่มกดเมทริกซ์



รูปที่ 2.15 โครงสร้างภายในของโมดูลปุ่มกด 4x4

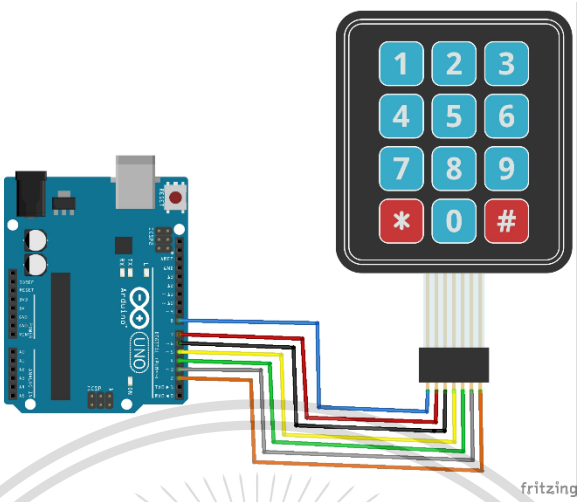
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 2.5 แสดงตำแหน่งจุดเชื่อมต่อของแต่ละปุ่มกด

PIN NUMBER	DESCRIPTION
Row	
1	Pin 1 is taken out from 1st Row
2	Pin 2 is taken out from 2nd Row
3	Pin 3 is taken out from 3rd Row
4	Pin 4 is taken out from 4th Row
Column	
5	Pin 5 is taken out from 1st Column
6	Pin 6 is taken out from 2nd Column
7	Pin 7 is taken out from 3rd Column
8	Pin 8 is taken out from 4th Column

Keypad 4x4 เป็นเการจัดสวิทช์กดติดปล่อยดับจำนวน 16 ปุ่มในรูปแบบเมตริกซ์ 4x4 โดยปกติจะเป็นปุ่มสำหรับหมายเลข 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 และตัวอักษร A, B, C, D, *, # Keypad 4x4 จะมี 8 การเชื่อมต่อสายสัญญาณ คือ R1, R2, R3, R4 และ C1, C2, C3, C4 เป็นตัวแทนของแถวและคอลัมน์ตามลำดับ แผนภาพและภาพของปุ่มกดแสดงในรูปที่ 2.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.16 การเชื่อมต่อ Arduino UNO เข้ากับ Keypad Module

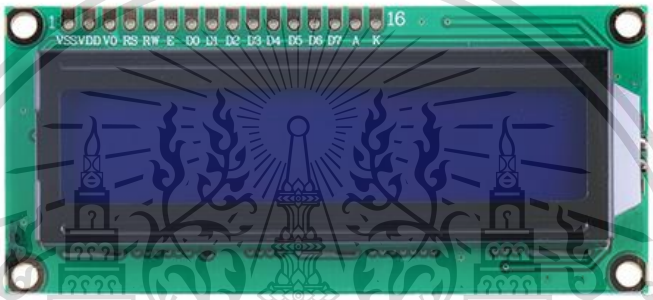
โปรแกรมตรวจสอบการกดคีย์โดยวิธีที่เรียกว่าการสแกนคอลัมน์ ในวิธีการนี้ ขาR1, R2, R3, R4 กำหนดเป็นสัญญาณเอาต์พุต จะพลัดกันส่งสัญญาณเอาต์พุตลอจิกศูนย์ ครั้งละแถวตามลำดับ ส่วนแถวอื่น ๆ ส่งสัญญาณเอาต์พุตลอจิกหนึ่ง ขาสัญญาณคอลัมน์ C1, C2, C3, C4 เป็นขาสัญญาณอินพุตแบบพูลอัพปกติมีสภาวะลอจิกเป็นหนึ่ง ในการตรวจสอบสัญญาณหากคอลัมน์ใดคอลัมน์หนึ่งพบว่ามีลอจิกเป็นศูนย์ จะหมายความว่าปุ่มกดในคอลัมน์ถูกกด ไปเชื่อต่อกับแถวที่สังสัญญาณลอจิกศูนย์ออกมา โปรแกรมก็จะนำค่า ขาสัญญาณแถวและคอลัมน์นี้ไปเทียบค่าปุ่มกดที่ได้ลงทะเบียนไว้ จากนั้นขั้นตอนเดียวกันถูกนำไปใช้สำหรับแถวตามมาและกระบวนการทั้งหมดจะถูกทำซ้ำ โปรแกรมควบคุม

แถว R1, R2, R3 และ R4 มีการเชื่อมต่อเข้ากับขาสัญญาณดิจิตอล 6, 7, 8 และ 9 หมุดของ Arduino UNOตามลำดับ คอลัมน์ C1, C2, C3 และ C4 มีการเชื่อมต่อไปยังหมุดดิจิตอล 10, 11, 12, 13 ของ Arduino UNO Arduino UNO เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ต USB ในเบื้องต้นโครงงานนี้ใช้พลังงานจาก USB ไม่ต้องใช้แหล่งจ่ายไฟภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.2.5 LCD Module

LCD ย่อมาจากคำว่า Liquid Crystal Display ซึ่งเป็นจอที่ทำมาจากผลึกคริสตอลเหลว หลักการคือด้านหลังจอจะมีไฟส่องสว่าง หรือที่เรียกว่า Backlight อยู่ เมื่อมีการปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้าไปกระตุ้นที่ผลึก ก็จะทำให้ผลึกโปร่งแสง ทำให้แสงที่มาจากไฟ Backlight แสดงขึ้นมาบนหน้าจอ ส่วนอื่นที่โดนผลึกปิดกั้นไว้ จะมีสีที่แตกต่างกันตามสีของผลึกคริสตอล เช่น สีเขียว หรือ สีฟ้า ทำให้เมื่อมองไปที่จอก็จะพบกับตัวหนังสือสีขาว แล้วพบกับพื้นหลังสีต่างๆกัน



รูปที่ 2.17 LCD Module

จอ LCD จะแบ่งเป็น 2 แบบใหญ่ๆตามลักษณะการแสดงผลดังนี้

1. Character LCD เป็นจอที่แสดงผลเป็นตัวอักษรตามช่องแบบตายตัว เช่น จอ LCD ขนาด 16x2 หมายถึงใน 1 แถว มีตัวอักษรใส่ได้ 16 ตัว และมีทั้งหมด 2 บรรทัดให้ใช้งาน ส่วน 20x4 จะหมายถึงใน 1 แถว มีตัวอักษรใส่ได้ 20 ตัว และมีทั้งหมด 2 บรรทัด

2. Graphic LCD เป็นจอที่สามารถกำหนดได้ว่าจะให้แต่ละจุดบนหน้าจอกั้นแสง หรือปล่อยแสงออกไป ทำให้จอนี้สามารถสร้างรูปขึ้นมาบนหน้าจอได้ การระบุขนาดจะระบุในลักษณะของจำนวนจุด (Pixels) ในแต่ละแนว เช่น 128x64 หมายถึงจอที่มีจำนวนจุดตามแนวนอน 128 จุด และมีจุดตามแนวตั้ง 64 จุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.2.5.1 หลักการทำงานของจอ LCD

จอแสดงผลประกอบด้วยพิกเซลนับล้านพิกเซล คุณภาพของจอแสดงผลโดยทั่วไปหมายถึง จำนวนพิกเซล ตัวอย่างเช่น จอแสดงผล 4K ประกอบด้วย 3840 x2160 หรือ 4096x2160 พิกเซล ประกอบด้วยพิกเซลย่อยสามพิกเซล คือ สีแดง สีน้ำเงิน และสีเขียว ซึ่งเรียกกันโดยทั่วไปว่า RGB เมื่อพิกเซลย่อยในเกิดการเปลี่ยนการผสมสี ด้วยพิกเซลทั้งหมดบนจอแสดงผลที่ทำงานร่วมกัน จอแสดงผลสามารถทำให้เกิดเป็นหลายล้านสีที่แตกต่างกัน เมื่อเปิดและปิดพิกเซลอย่างรวดเร็ว

วิธีการควบคุมพิกเซลจะแตกต่างกันในแต่ละชนิดของจอแสดงผล CRT, LED, LCD และจอแสดงผลแต่ละชนิดจะแสดงพิกเซลควบคุมทั้งหมดแตกต่างกันไป ในระยะสั้น LCD จะสว่างด้วยแสงย้อนและพิกเซลจะถูกเปิดและปิดทางอิเล็กทรอนิกส์ในขณะที่ใช้ผลึกเหลวเพื่อหมุนแสงโพลาไรซ์ ฟิลเตอร์แก้วโพลาไรซ์วางอยู่ด้านหน้าและด้านหลังพิกเซลทั้งหมดตัวกรองด้านหน้าจะถูกวางไว้ที่ 90 องศา ระหว่างตัวกรองทั้งสองเป็นผลึกเหลวซึ่งสามารถเปิดหรือปิดทางอิเล็กทรอนิกส์ได้

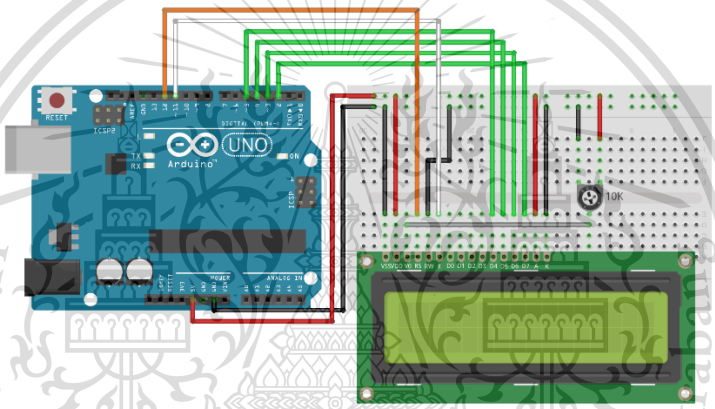
แอลซีดีสร้างขึ้นด้วยเมทริกซ์แบบพาสซีฟหรือตารางแสดงผลเมทริกซ์ที่ใช้งานอยู่ Active matrix LCD เรียกอีกอย่างว่าจอแสดงผลทรานซิสเตอร์ฟิล์มบาง (TFT) เมทริกซ์แบบพาสซีฟ LCD มีเส้นตารางของตัวนำที่มีพิกเซลอยู่ที่จุดตัดแต่ละจุดในเส้นตาราง กระแสจะถูกส่งผ่านตัวนำสองตัวบนกริดเพื่อควบคุมแสงสำหรับพิกเซลใด ๆ เมทริกซ์ที่ใช้งานมีทรานซิสเตอร์อยู่ที่จุดตัดแต่ละพิกเซลซึ่งต้องการกระแสไฟฟ้าน้อยกว่าเพื่อควบคุมความสว่างของพิกเซล ด้วยเหตุนี้กระแสไฟฟ้าในจอแสดงผลแอ็คทีฟเมทริกซ์จึงสามารถเปิดและปิดได้บ่อยขึ้นซึ่งจะช่วยเพิ่มเวลาในการรีเฟรชหน้าจอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.2.4.2 การเชื่อมต่อ Arduino UNO กับจอ LCD

การเชื่อมต่อ Arduino UNO กับจอ LCD จะมีด้วยกัน 2 แบบ คือ

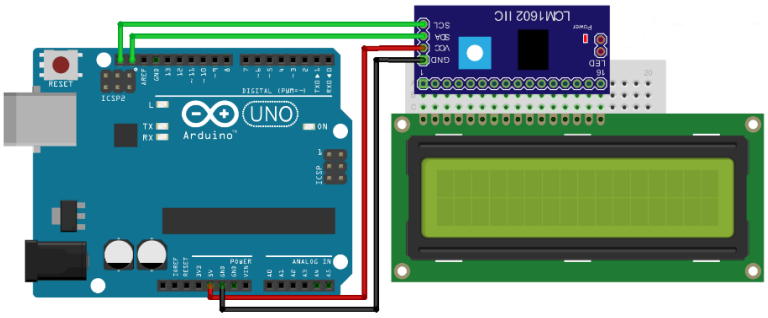
1. การเชื่อมต่อแบบขนาน - เป็นการเชื่อมต่อจอ LCD เข้ากับบอร์ด Arduino โดยตรง โดยจะแบ่งเป็นการเชื่อมต่อแบบ 4 บิต และการเชื่อมต่อแบบ 8 บิต ใน Arduino จะนิยมเชื่อมต่อแบบ 4 บิต เนื่องจากใช้สายในการเชื่อมต่อน้อยกว่า



รูปที่ 2.18 การเชื่อมต่อ Arduino UNO กับจอ LCD แบบขนาน

2. การเชื่อมต่อแบบอนุกรม - เป็นการเชื่อต่อกับจอ LCD ผ่านโมดูลแปลงรูปแบบการเชื่อมต่อกับจอ LCD จากแบบขนาน มาเป็นการเชื่อมต่อแบบอื่นที่ใช้สายน้อยกว่า เช่น การใช้โมดูล I2C Serial Interface จะเป็นการนำโมดูลเชื่อมเข้ากับตัวจอ LCD แล้วใช้บอร์ด Arduino เชื่อมต่อกับบอร์ดโมดูลผ่านโปรโตคอล I2C ทำให้ใช่สายเพียง 4 เส้น ก็ทำให้หน้าจอแสดงผลข้อความต่างๆออกมาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

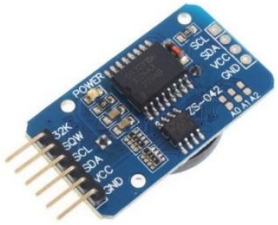


รูปที่ 2.19 การเชื่อมต่อ Arduino UNO กับจอ LCD แบบอนุกรม

2.2.6 Real Time Clock Module

Real Time Clock (RTC) คือ อุปกรณ์ที่ให้ค่าเวลาตามจริง ทำงานโดยการจับสัญญานนาฬิกาที่ได้มาจาก Crystal บางรุ่นจะมีถ่านสำรองมาให้เพื่อให้สามารถบันทึกเวลาได้ถึงแม้ว่าจะไม่มีไฟเลี้ยงมาที่ตัวบอร์ด ทำให้ไม่ต้องตั้งเวลาใหม่ทุกครั้ง โมดูล RTC นี้จำเป็นอย่างยิ่งกับการใช้งานที่ต้องมีการบันทึกเวลา (Time Stamp) เช่น อุปกรณ์ Data logger

Arduino Board มีตัวจับเวลาอยู่แล้ว เช่นการใช้ฟังก์ชัน millis() เป็นต้น แต่การประมวลผลคำสั่งของ Arduino จะทำงานแบบ อนุกรม (Serial) คือ ทำทีละบรรทัด ทำให้การทำงานของคำสั่งจับเวลาก็จะถูกรบกวนจากการประมวลผลคำสั่งอื่น ๆ ไปด้วย เวลาที่ได้จากการใช้คำสั่งนี้เลยไม่สามารถนำมาเป็นเวลาตามจริงที่ต้องการบันทึกไปพร้อมกับค่าอื่น ๆ ที่ต้องการวัดได้ ดังนั้น ในการประยุกต์ใช้กับงานที่ต้องการเวลาที่แม่นยำ และสามารถบอก วันที่ เดือน ปี ชั่วโมง นาที วินาที จึงต้องใช้อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่จับเวลาแยก

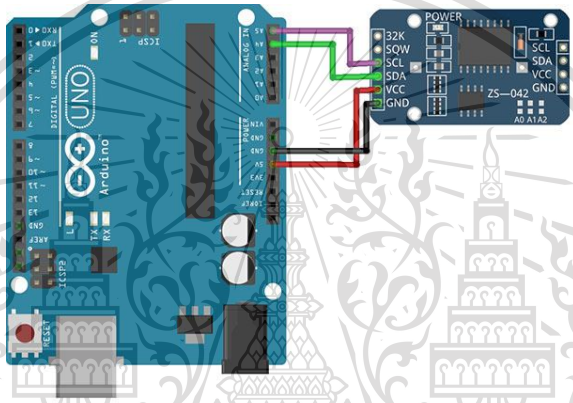


รูปที่ 2.20 Real Time Clock Module

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.2.5.1 การใช้งาน Real Time Clock Module ที่มีการเชื่อมต่อแบบ I2C

ในโมดูลที่มีการเชื่อมต่อแบบ I2C นั้นเป็นที่นิยมมาก โดยต่อเข้ากับ Arduino UNOเนื่องจากใช้งานง่าย ต่อสายน้อยแสดงดังรูปที่ 2.19 เพียงแค่ต่อสาย SDA SCL สองเส้นก็ใช้งานได้ เนื่องจากตัว RTC มีถ่าน Backup ไฟฟ้าอยู่แล้ว แต่ยังไงก็ควรต่อไฟเลี้ยง 5V เพื่อให้โมดูลทำงานเต็มประสิทธิภาพ ซึ่งสินค้าที่ใช้ RTC ที่ต่อแบบ I2C คือสินค้าที่ใช้ไอซี DS1307 และ DS3231 ได้แก่ TinyRTC , Data Logging Shield , Mini Data Logger Module , DS3231 RTC



รูปที่ 2.21 การเชื่อมต่อ Real Time Clock Module เข้ากับ Arduino UNO

สำหรับการใช้งานนั้น อุปกรณ์แบบ I2C ทุกตัว จะต้องมีการเข้าถึง Address และทำการแปลง bit ข้อมูลต่าง ๆ ซึ่งหากต้องนั่งเขียนทุกครั้งซึ่งค่อนข้างยาวและใช้เวลานาน แต่ต้องจำ Address ต่าง ๆ และ bit ไหนแสดงถึงอะไร จำเป็นต้องใช้ Library ซึ่ง Library ตัวนี้จะใช้กับไอซี RTC แบบ I2C ได้ถึง 3 เบอร์ คือ DS1307, DS3231 และ PCF8523

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.2.7 RS 485

RS485 (ย่อมาจาก: Recommended Standard no. 485) คือมาตรฐานการสื่อสารข้อมูลดิจิตอลแบบอนุกรม (serial communication) ซึ่งถูกกำหนดขึ้นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1998 โดยความร่วมมือของ TIA (Telecommunications Industry Association) และ EIA (Electronic Industries Association) มาตรฐาน RS485 ถูกใช้อย่างแพร่หลายในโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากสามารถส่งสัญญาณได้ไกลและยังสามารถส่งพร้อมๆกันได้หลายจุด โดยปกติแล้ว EIA จะตั้งชื่อมาตรฐานของตัวเองโดยการใช้คำนำหน้าว่า "RS" (Recommended Standard) แต่เนื่องจากมาตรฐานนี้เป็นความร่วมมือระหว่าง 2 หน่วยงาน คือ TIA และ EIA ทั้งสองหน่วยงานจึงตกลงเปลี่ยนจากคำว่า "RS" เป็น "TIA/EIA" แทนอย่างเป็นทางการ เพื่อระบุถึงแหล่งที่มาของมาตรฐานอย่างชัดเจน โดยต่อมาทาง EIA ก็ได้ยกเลิกมาตรฐานนี้และมาตรฐาน RS485 นี้ก็ได้ถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบันโดย TIA ทำให้มาตรฐาน RS485 ถูกเปลี่ยนชื่อเป็น "TIA-485" อย่างเป็นทางการ แต่สุดท้ายเพราะความเคยชินทำให้วิศวกรทั่วโลกยังเรียกมาตรฐานการสื่อสารนี้ว่า RS485 เหมือนเดิม

2.2.7.1 หลักการทำงานของ RS 485

มาตรฐาน RS485 เป็นมาตรฐานที่รับ/ส่งข้อมูลในแบบที่เรียกว่า Half duplex คือสามารถรับและส่งข้อมูลได้ทีละอย่างเท่านั้นไม่สามารถทำทั้งสองอย่างได้ในเวลาเดียวกัน ถ้าจะให้พูดแล้วเห็นภาพก็คงคล้ายๆลักษณะของวิทยุสื่อสารที่ต้องคอยสลับกันพูดทีละครั้ง

สำหรับการรับ/ส่งข้อมูลดิจิตอลแบบ RS485 นั้น จะส่งข้อมูลโดยใช้สายไฟเพียงแค่ 2 เส้นคือ A และ B เป็นตัวบอกค่ารหัสดิจิตอล(Digital code) โดยใช้ความแตกต่างของแรงดันไฟฟ้าระหว่างขั้ว A และ B เป็นตัวบอกดังนี้

- เมื่อ V_a - V_b ได้แรงดันไฟฟ้าน้อยกว่า -200 mV คือสัญญาณดิจิตอลเป็น 1

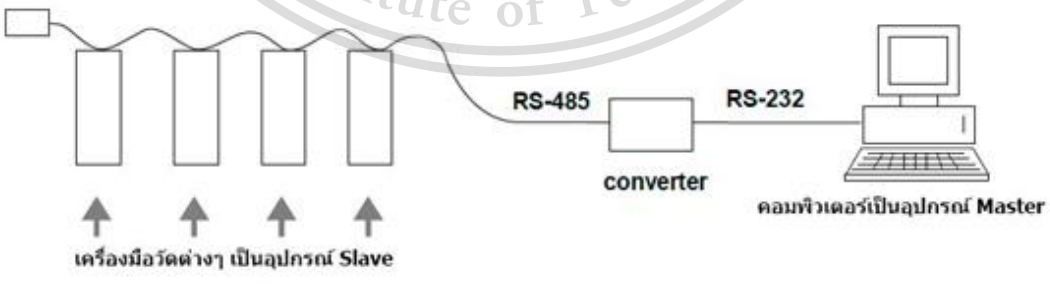
- เมื่อ Va - Vb ได้แรงดันไฟฟ้ามากกว่า +200 mV คือสัญญาณดิจิตอลเป็น 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปที่ 2.22 การเชื่อมต่อ RS 485 ระหว่างเครื่องมือวัดกับตัวรับสัญญาณ

2.2.7.2 หลักการทำงานของ RS 485 แบบ Network

มาตรฐาน RS485 สามารถเชื่อมต่อการรับส่งข้อมูลแบบเครือข่าย (Network) โดยมีอุปกรณ์ในเครือข่ายได้สูงสุดถึง 32 ตัว ซึ่งในเครือข่ายนั้น จะต้องมีอุปกรณ์อยู่ 1 ตัว ทำหน้าที่คอยจัดลำดับการสื่อสารในเครือข่าย ซึ่งเราจะเรียกอุปกรณ์ตัวนี้ว่า "Master" และอุปกรณ์ส่วนที่เหลือเราจะเรียกว่า "Slave" โดยที่ Slave แต่ละตัวจะมีหมายเลข Address ของตัวเอง และเมื่อตัว Master ต้องการสั่งการตัว Slave ตัว Master จะส่งชุดคำสั่งพร้อมระบุหมายเลข Address ไปยังอุปกรณ์ Slave ทุกตัว เมื่ออุปกรณ์ Slave ได้รับคำสั่งและคำสั่งนั้นมีหมายเลข Address ตรงกับตัวเอง อุปกรณ์ Slave ถึงจะทำตามคำสั่งของ Master เป็นลำดับไป



รูปที่ 2.23 การทำงานของ RS 485 แบบ Network

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.2.7.3 จำนวนอุปกรณ์สูงสุดในเครือข่าย RS 485

เครือข่าย RS485 สามารถมีอุปกรณ์ในระบบได้สูงสุด 32 ตัว เมื่ออุปกรณ์เหล่านั้นมีความต้านทานไฟฟ้าภายใน 12 kΩ แต่ปัจจุบันการออกแบบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้พัฒนาจนมีความต้านทานไฟฟ้าภายในที่สูงมาก (ในหลัก MΩ) ซึ่งทำให้เครือข่าย RS485 สามารถมีอุปกรณ์ในระบบได้สูงสุดถึง 256 ตัว นอกจากนี้เครือข่าย RS485 ยังสามารถใช้ตัวขยายสัญญาณ (Repeater) สำหรับเพิ่มอุปกรณ์ในเครือข่ายได้ถึงหลายพันตัวและครอบคลุมระยะหลายกิโลเมตร

ตารางที่ 2.6 แสดงคุณสมบัติของ RS 485

ตารางคุณสมบัติ RS 485	
Differential	yes
Max number of drivers	32
Max number of receivers	32
Modes of operation	half duplex
Network topology	multipoint
Max distance (acc. Standard)	1200 m
Max speed at 12 m	35 Mbs
Max speed at 1200 m	100 kbs
Max slew rate	n/a
Receiver input resistance	≥12 kΩ
Driver load impedance	54 Ω
Receiver input sensitivity	±200 mV
Receiver input range	-7.12 V
Max driver output voltage	-7.12 V
Min driver output voltage (with load)	±1.5 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.2.7.4 ข้อดีของสัญญาณ RS 485

1. สามารถส่งสัญญาณได้ไกล

RS 485 สามารถส่งสัญญาณได้ไกลสูงสุด 1200 เมตร ซึ่งถือว่าเป็นระยะทางที่ไกลมาก เพียงพอต่อการใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรม หรือการใช้งานที่มีความจำเป็นต้องใช้รยางค์ที่กว้าง จะเห็นได้ว่าระยะการส่งสัญญาณได้ถูกพัฒนาขึ้นมาก

2. สามารถเชื่อมต่อเป็นเครือข่ายได้

นอกจากจะสามารถส่งสัญญาณได้ไกลแล้ว RS 485 ยังสามารถเชื่อมต่อเป็นเครือข่าย (Network) แบบ Multipoint ได้ด้วย ซึ่งสามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ในระบบได้สูงสุดถึง 32 ตัว ซึ่งเป็นอีกจุดเด่นของสัญญาณ RS 485

3. ประหยัดงบประมาณในการเดินสาย

มาตรฐาน RS 485 เป็นมาตรฐานที่ใช้สายไฟเพียง 2 เส้นการรับข้อมูล เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานรุ่นเก่าสามารถส่งสัญญาณในระยะทางที่เท่ากัน RS 422 ที่ต้องใช้สายไฟถึง 4 เส้น ในการรับส่งข้อมูล ซึ่งราคาสายเคเบิลแบบ 2 แกน จะมีราคาถูกกว่าสายเคเบิลแบบ 4 แกน

2.2.7.5 ข้อเสียของ RS 485

1. จำเป็นต้องใช้ตัวแปลงสัญญาณในการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์

เนื่องจากปัจจุบันคอมพิวเตอร์ที่เราใช้อยู่นั้นไม่มีพอร์ตเชื่อมต่อสัญญาณ RS 485 โดยตรง โดยเมื่อมีการเลือกใช้ RS 485 จะต้องมีการเสียงบประมาณในการซื้อตัวแปลงสัญญาณเพิ่มเพื่อแปลงสัญญาณจาก RS 485 ไปเป็น USB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.ความรวดเร็วในการรับส่งข้อมูล

RS 485 ถูกพัฒนาด้านความเร็วในการรับส่งข้อมูลมากขึ้นเมื่อเทียบกับมาตรฐานรุ่นเก่า แต่ก็ยังมีความล่าช้าอยู่เมื่อมีการทำงานเชื่อมต่อในเครือข่ายจำนวนมาก

2.2.7 Buzzer Module

ลำโพงบัซเซอร์เป็นอุปกรณ์ที่ให้กำเนิดเสียงทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าให้อยู่ในรูปสัญญาณเสียง ลำโพงบัซเซอร์มีอยู่ 2 ประเภท ได้แก่

1. แบบแอคทีฟ (Active Buzzer) ลำโพงชนิดนี้มีวงจรกำเนิดความถี่อยู่ภายใน สามารถสร้าง สัญญาณเสียงเตือนได้ทันทีเพียงแค่จ่ายแรงดันไฟฟ้าเข้าไป
2. แบบพาสซีฟ (Passive Buzzer) ลำโพงชนิดนี้ทำงานเหมือนลำโพงขนาดเล็ก คือ ถ้าป้อน แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเข้าไปไม่มีเสียงถ้าต้องการให้มีสัญญาณเสียงต้องทำการป้อนสัญญาณความถี่ เข้าไป ลำโพงชนิดนี้สามารถกำเนิดเสียงที่มีความแตกต่างกันตามความถี่ที่ป้อนเข้ามา

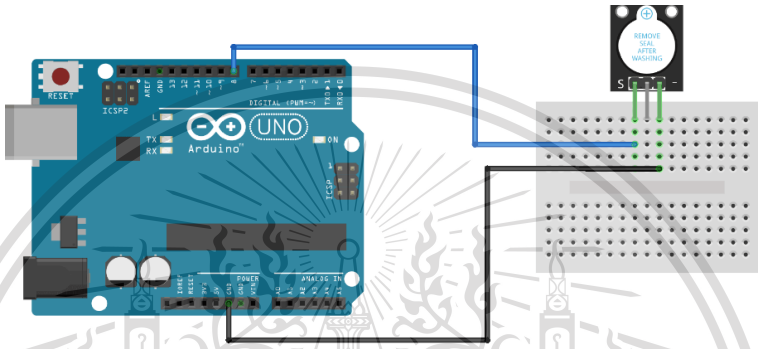
ในหน่วยนี้เป็นการใช้งาน Arduino กับลำโพงบัซเซอร์แบบพาสซีฟ ดังนั้นการใช้งานต้องทำการ เขียนโปรแกรมเพื่อส่งความถี่จาก Arduino เข้าไปยังลำโพงบัซเซอร์ ปัจจุบันเครื่องใช้ไฟฟ้าโดยทั่วไปมีลำโพงบัซเซอร์ติดตั้งอยู่ภายในด้วย เช่น ในคอมพิวเตอร์ใช้ลำโพงบัซเซอร์เพื่อส่งสัญญาณให้ทราบว่าสถานะของคอมพิวเตอร์มีปัญหาอะไร หรือในเครื่องซักผ้าอัตโนมัติ เครื่องปรับอากาศ เมื่อทำการกดปุ่มบนเครื่องหรือรีโมตคอนโทรลจะได้ยินเสียงปืนดังขึ้นมาด้วยเพื่อบอกให้รู้ว่าขณะนี้ทำการกด สวิตช์แล้ว

รูปที่ 2.24 Buzzer Module

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.2.7.1 การเชื่อมต่อ Buzzer Module กับ Arduino UNO

เชื่อมต่อสัญญาณเข้ากับขาที่ 8 บน Arduino UNO และเชื่อมกราวด์ (-) เข้ากับขา GND แสดงดังรูปที่ 2.21 ถ้าหากมีสายบางตัวบนบอร์ด Arduino UNO บางตัวเชื่อมต่อผิดพลาดจะส่งผลให้ Buzzer Module ไม่มีเสียง



รูปที่ 2.25 การเชื่อมต่อ Buzzer Module เข้ากับ Arduino UNO

2.2.8 สาย LAN

สายแลน (Lan Cable) เป็นสายนำสัญญาณที่ใช้ต่อกับคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์เชื่อมต่อเครือข่ายอย่าง Switch หรือ Hub และสายแลนก็ใช้ต่อกับโมเด็มเราเตอร์เพื่อเชื่อมต่อสัญญาณอินเตอร์เน็ตได้อีกด้วย การส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์กับคอมพิวเตอร์โดยตรงก็สามารถที่จะใช้สายแลนในการเชื่อมต่อได้เช่นกัน

- ประเภทที่หนึ่ง UTP CAT5 คือ สายแลน ที่เป็นสายทองแดงที่มีความเร็วที่ต่ำ ความเร็วสูงสุดอยู่ที่ 100 Mbps สายชนิดนี้ไม่เป็นที่นิยมใช้งานกันซักเท่าไรเนื่องด้วยอความเร็วในการถ่ายโอนข้อมูลที่ต่ำ

- ประเภทที่สอง UTP CAT5e คือ สายแลนที่เป็นสายทองแดงที่มีความเร็วที่ต่ำ ความเร็วสูงสุดอยู่ที่ 1 Gpbs

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

- ประเภทที่สาม UTP CAT6 คือ สายแลนที่เป็นสายทองแดงที่มีความเร็วที่ต่ำ ความเร็วสูงสุดอยู่ที่ 10 Gpbs BANWIDTH อยู่ที่ 250MHz

- ประเภทที่สี่ UTP CAT7 คือ สายแลนที่เป็นสายทองแดงที่มีความเร็วที่ต่ำ ความเร็วสูงสุดอยู่ที่ 10 Gpbs BANWIDTH อยู่ที่ 600MHz

1.แบบมีฉนวนหุ้ม (STP : Shielded Twisted Pair)

สายสัญญาณ STP มีการนำสายคู่พันเกลียว มารวมอยู่และมีการเพิ่มฉนวนป้องกันสัญญาณรบกวน ซึ่งร่างแหนี้จะมีคุณสมบัติเป็นเกราะในการป้องกันสัญญาณรบกวนจากคลื่นแม่ เหล็กไฟฟ้าต่างๆ เรียกเกราะนี้ว่า ชิลด์ (Shield) และเป็นสายสัญญาณ ที่ได้รับการพัฒนาต่อจากสาย UTP โดยเพิ่มการชีลด์กันสัญญาณรบกวนเพื่อทำให้ คุณสมบัติโดยรวมของสัญญาณดีมากขึ้น คุณลักษณะของสาย STP ก็เหมือนกับสาย UTP คือมีเรื่องเกี่ยวกับอัตราการบั่นทอน ครอสทอร์

ข้อดีของสาย STP

- สามารถส่งข้อมูลด้วยความเร็วสูงกว่า UTP
- สามารถป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และคลื่นวิทยุ

ข้อเสียของสาย STP

- มีขนาดใหญ่และไม่ค่อยยืดหยุ่นในการงอพับสายมากนัก
- ราคาแพงกว่าสาย UTP

2.สายคู่บิดเกลียวแบบไม่มีฉนวนหุ้ม (UTP : Unshielded Twisted Pair)

สาย UTP เป็นสายที่พบเห็นกันมาก มักจะใช้เชื่อมโยงคอมพิวเตอร์ไปยังอุปกรณ์สื่อสารตามมาตรฐานที่กำหนด สำหรับสายประเภทนี้จะมีความยาวของสายในการเชื่อมต่อได้ไม่เกิน 100 เมตร และสาย UTP มี จำนวนสายบิดเกลียวภายใน 4 คู่ คู่สายในสายคู่ตีเกลียวไม่หุ้มฉนวนคล้ายสายโทรศัพท์ มีหลายเส้นซึ่งแต่ละเส้นก็จะมีสีแตกต่างกัน และตลอดทั้งสายนั้นจะถูกหุ้มด้วยพลาสติก (Plastic Cover)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ปัจจุบันเป็นสายที่ได้รับความนิยมมากที่สุด เนื่องจากราคาถูกและติดตั้งได้ง่าย สาย UTP จะมีสายสัญญาณอยู่จำนวน 4 คู่ 8 เส้น ประกอบด้วย เขียว – ขาวเขียว , ส้ม – ขาวส้ม , น้ำเงิน – ขาวน้ำเงิน , น้ำตาล - ขาวน้ำตาล

ข้อดีของสาย UTP

- ราคาถูก
- ติดตั้งง่ายเนื่องจากน้ำหนักเบา
- มีความยืดหยุ่น และสามารถโค้งงอได้มาก

ข้อเสียของสาย UTP

- ไม่ เหมาะในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ที่ห่างไกลมาก เพราะสัญญาณที่วิ่งบนสายจะถูกลดทอนลงไปตามความยาวของสาย (มีความยาวของสายในการเชื่อมต่อได้ไม่เกิน 100 เมตร)

3. แบบมีฟรอยด์หุ้ม (FTP : Foil Twisted Pair หรือ ScTP : Shield Twisted Pair) สาย FTP นั้นมีส่วนของ Foil ที่หุ้มสายทองแดงทั้ง 4 คู่เอาไว้อีกชั้นหนึ่งและมีสาย Strain Wire ที่ช่วยในการเชื่อม Ground ทั้งระบบตั้งแต่ต้นทางจนถึงปลายทางเพื่อป้องกันคลื่นรบกวนที่จะเข้ามาในสายสัญญาณซึ่งสายแบบ UTP ไม่สามารถทำได้

สายแลน หรือ UTP ย่อมาจาก Unshield Twisted Pair เป็นสายสัญญาณที่มีขนาดเล็กที่ไม่มีชิลด์ห่อหุ้ม ตีเกลียวเป็นคู่เพื่อป้องกันสัญญาณรบกวน มีไว้เพื่อเชื่อมต่ออุปกรณ์คอมพิวเตอร์ในระบบเครือข่ายเข้าด้วยกัน เช่น การใช้งานตามบ้านพักที่อยู่อาศัยสามารถทำให้คอมพิวเตอร์หรือ Smart TV ใช้งานอินเทอร์เน็ตได้ด้วยการต่อสายแลนไปยังเร้าเตอร์ หรือตามองค์กรต่างๆ ที่มีระบบเครือข่ายขนาดใหญ่ก็นิยมใช้สายแลนเป็นสื่อในการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ IT ต่างๆ เข้าด้วยกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

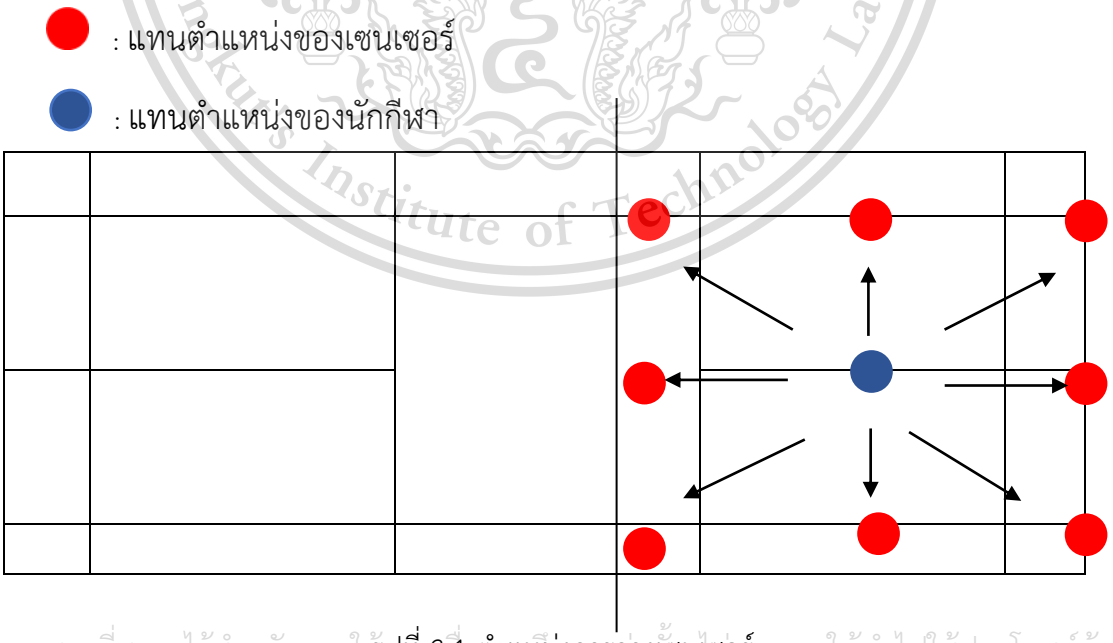
บทที่ 3

การออกแบบและการจัดทำปริญญานิพนธ์

3.1 การออกแบบ

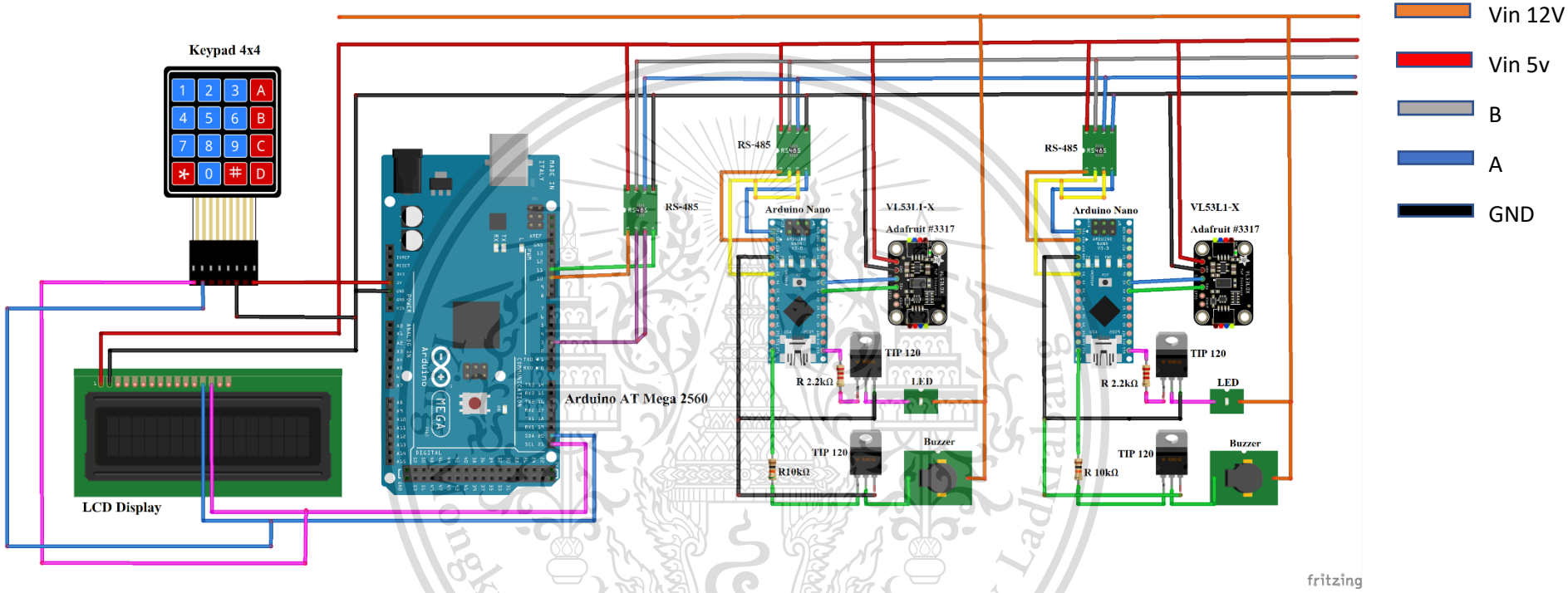
3.1.1 การออกแบบส่วน Hardware

การออกแบบส่วน Hardware เป็นการออกแบบโครงสร้างของชิ้นงาน โดยที่ได้ทำการกำหนดตำแหน่งของเซนเซอร์ทั้ง 8 จุด แบ่งเป็น เซนเซอร์ 3 ตัวในตำแหน่งด้านหน้า เซนเซอร์ 2 ตัวที่ตำแหน่งตรงกลาง และเซนเซอร์ 3 ตัวที่ตำแหน่งด้านหลัง ตามที่แสดงดังรูปที่ 3.1 โดยเซนเซอร์แต่ละจุดจะมีการติดตั้งไฟ LED และโมดูลเสียง ทั้งเซนเซอร์ ไฟ LED และโมดูลเสียงจะทำงานตามรูปแบบที่ได้ออกแบบไว้โดยใช้โปรแกรม Arduino ในการสั่งงาน ได้มีการติดตั้ง Keypad ไว้สำหรับการเลือกรูปแบบการทำงาน ซึ่งรูปแบบการทำงานที่เลือกและการวัดผลการทดสอบรวมถึงระยะเวลาในการฝึกซ้อมจะมีการแสดงผลออกมาที่จอ LCD ที่ได้ทำการติดตั้งไว้ ข้อมูลที่บันทึกไว้จะถูกนำมารวบรวมไว้ใน Google Sheet ที่จะสามารถแสดงผลการฝึกซ้อมได้ทั้งในรูปแบบตารางและกราฟ โดยระบบการทำงานทั้งหมดแสดงดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.1 ตำแหน่งการวางเซนเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.2 Wiring ระบบการทำงาน

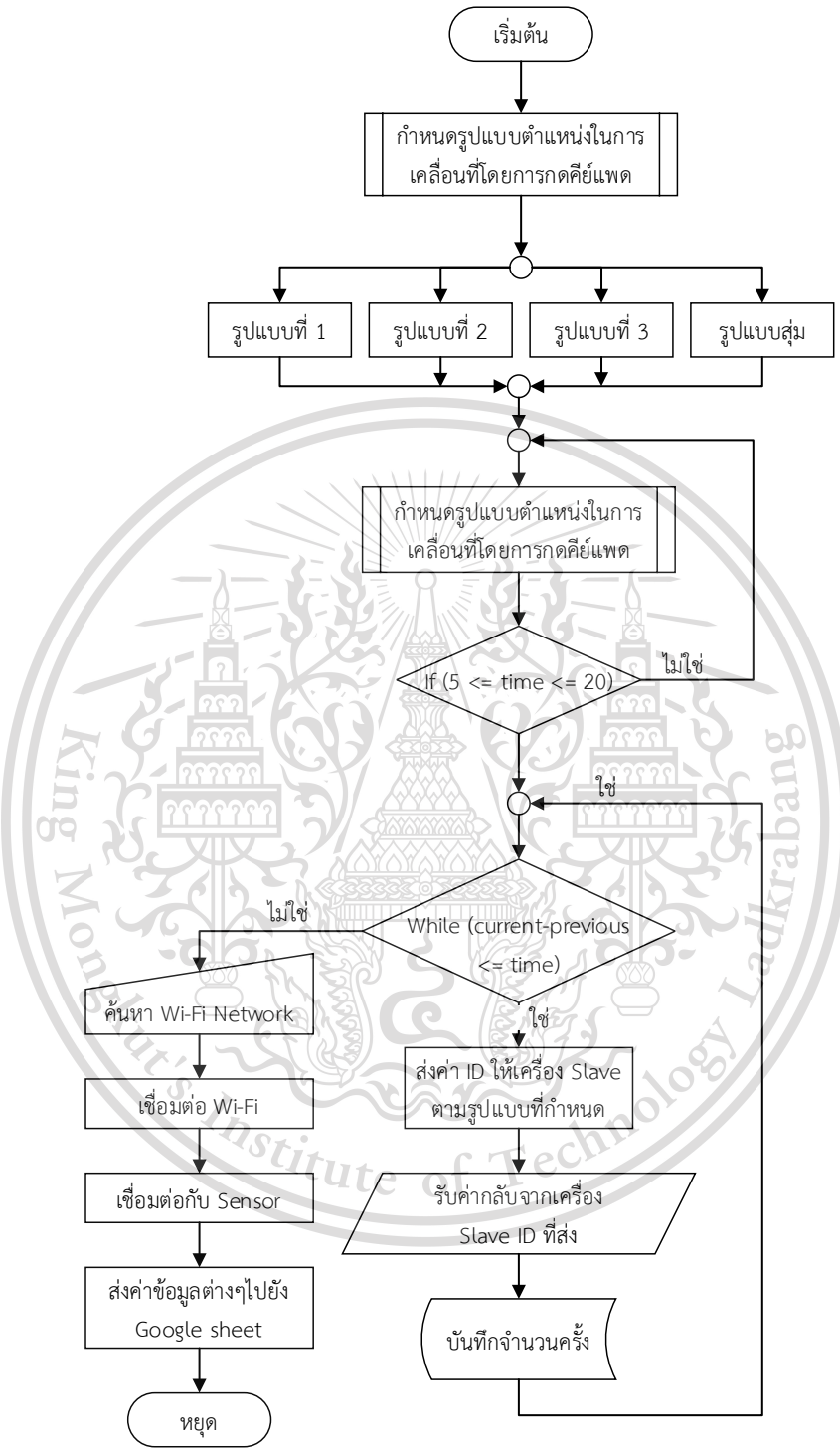
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

3.1.2 การออกแบบส่วน Software

3.1.2.1 การออกแบบคำสั่งควบคุมการทำงานของตัวอุปกรณ์ Master

ระบบการทำงานทั้งหมดจะถูกสั่งการทำงานมาจากตัวอุปกรณ์ Master นั่นคือ Arduino Mega 2560 ตัวอุปกรณ์นี้จะเป็นตัวที่ทำการกำหนดรูปแบบของการเคลื่อนที่ โดยรูปแบบที่ได้ทำการออกแบบไว้มีด้วยกันทั้งหมด 4 รูปแบบ แบ่งเป็นรูปแบบการฝึกซ้อมแบบง่าย รูปแบบการฝึกซ้อมแบบปานกลาง รูปแบบการฝึกซ้อมแบบยาก และรูปแบบการฝึกซ้อมแบบซุ่ม ซึ่งรูปแบบการฝึกซ้อมทั้งหมดสามารถเลือกได้โดยการกดเลือกที่ปุ่ม Keypad เมื่อเริ่มการฝึกซ้อมเซนเซอร์ตัวแรกจะทำงานและเมื่อเซนเซอร์ตัวแรกได้มีการตรวจจับความเคลื่อนไหวแล้วจะทำการบันทึกค่า และส่งต่อไปยังเครื่อง Slave ตัวถัดไปตามรูปแบบการฝึกซ้อมที่ได้เลือกไว้ โดยเก็บข้อมูลที่ได้รับและส่งผ่าน Wifi Module เก็บค่าไปยัง Google sheet ผู้ฝึกซ้อมสามารถดูการแสดงผลผ่านทางหน้าจอ Dashborad เมื่อเครื่อง Slave มีการรับค่าและเก็บบันทึกเรียบร้อยแล้ว ก็จะส่งการทำงานไปยัง Slave ตัวถัด ๆ ไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

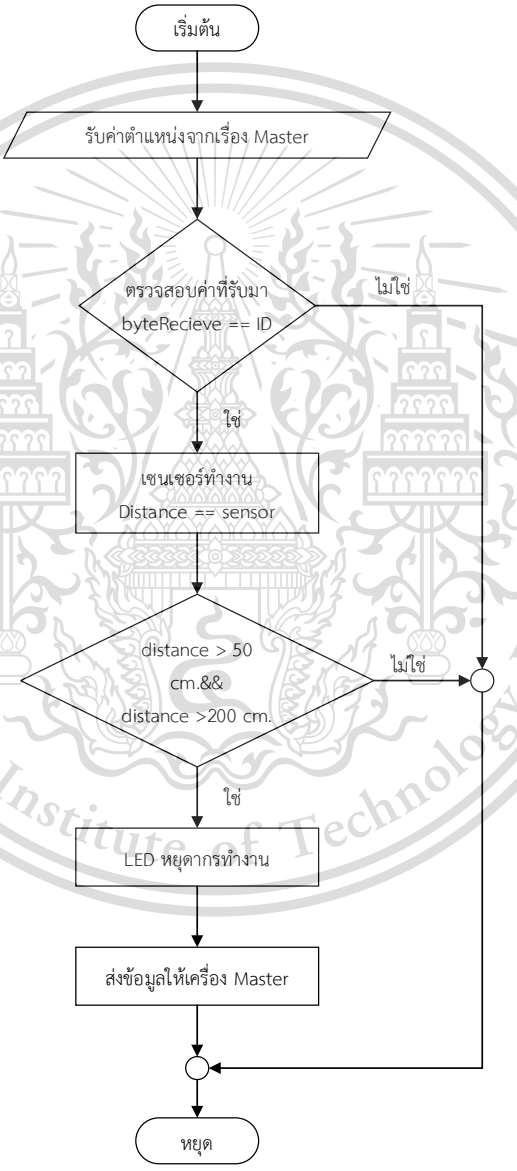


รูปที่ 3.3 โฟลว์ชาร์ตการทำงานของอุปกรณ์ Master

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.1.2.2 การออกแบบคำสั่งควบคุมการทำงานของตัวอุปกรณ์ Slave

เมื่ออุปกรณ์ Slave ได้มีการรับค่ามาจากตัวอุปกรณ์ Master จะมีการตรวจสอบค่าที่ได้รับมาเมื่อค่าที่ได้รับถูกต้องจะทำการสั่งงานให้ไฟ LED สว่างขึ้นและ Buzzer หรือโมดูลเสียงจำทำงานในระยะเวลา 1 วินาที และจะหยุดทำงานลง เมื่อเซนเซอร์ได้รับค่าจะส่งผลให้ไฟ LED ในตำแหน่งนั้นดับลง และทำการบันทึกค่าเพื่อสั่งการทำงานไปยัง Slave เครื่องต่อไป

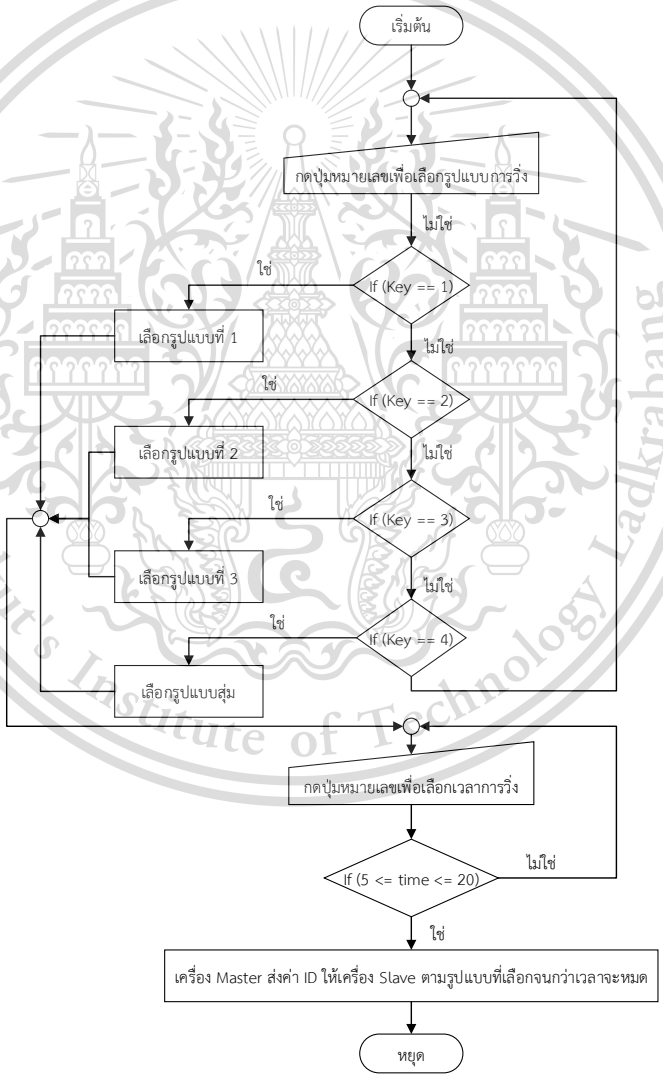


รูปที่ 3.4 โฟลว์ชาร์ตการทำงานของอุปกรณ์ Slave

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.1.2.3 การออกแบบคำสั่งควบคุมการทำงานของ Keypad

คำสั่งสำหรับ Keypad ถูกกำหนดให้เมื่อกดปุ่มบน Keypad เพื่อป้อนค่า Input เข้ามา จะเป็นการเลือกรูปแบบการฝึกซ้อม โดยเมื่อกดปุ่มหมายเลข 1 จะเป็นการเลือกรูปแบบการฝึกซ้อมรูปแบบที่ 1 เมื่อกดปุ่มหมายเลข 2 จะเป็นการเลือกรูปแบบการฝึกซ้อมรูปแบบที่ 2 เมื่อกดปุ่มหมายเลข 3 จะเป็นการเลือกรูปแบบการฝึกซ้อมรูปแบบที่ 3 และเมื่อกดปุ่มหมายเลข 4 จะเป็นการเลือกรูปแบบการฝึกซ้อมรูปแบบสุ่ม

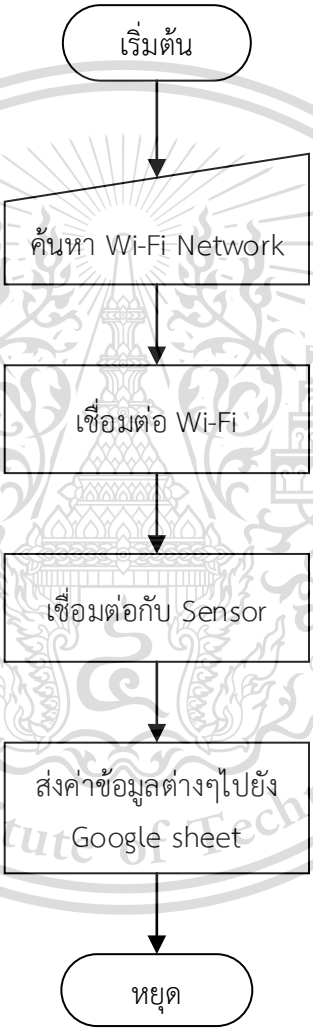


รูปที่ 3.5 โฟลว์ชาร์ตการทำงานของ Keypad

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

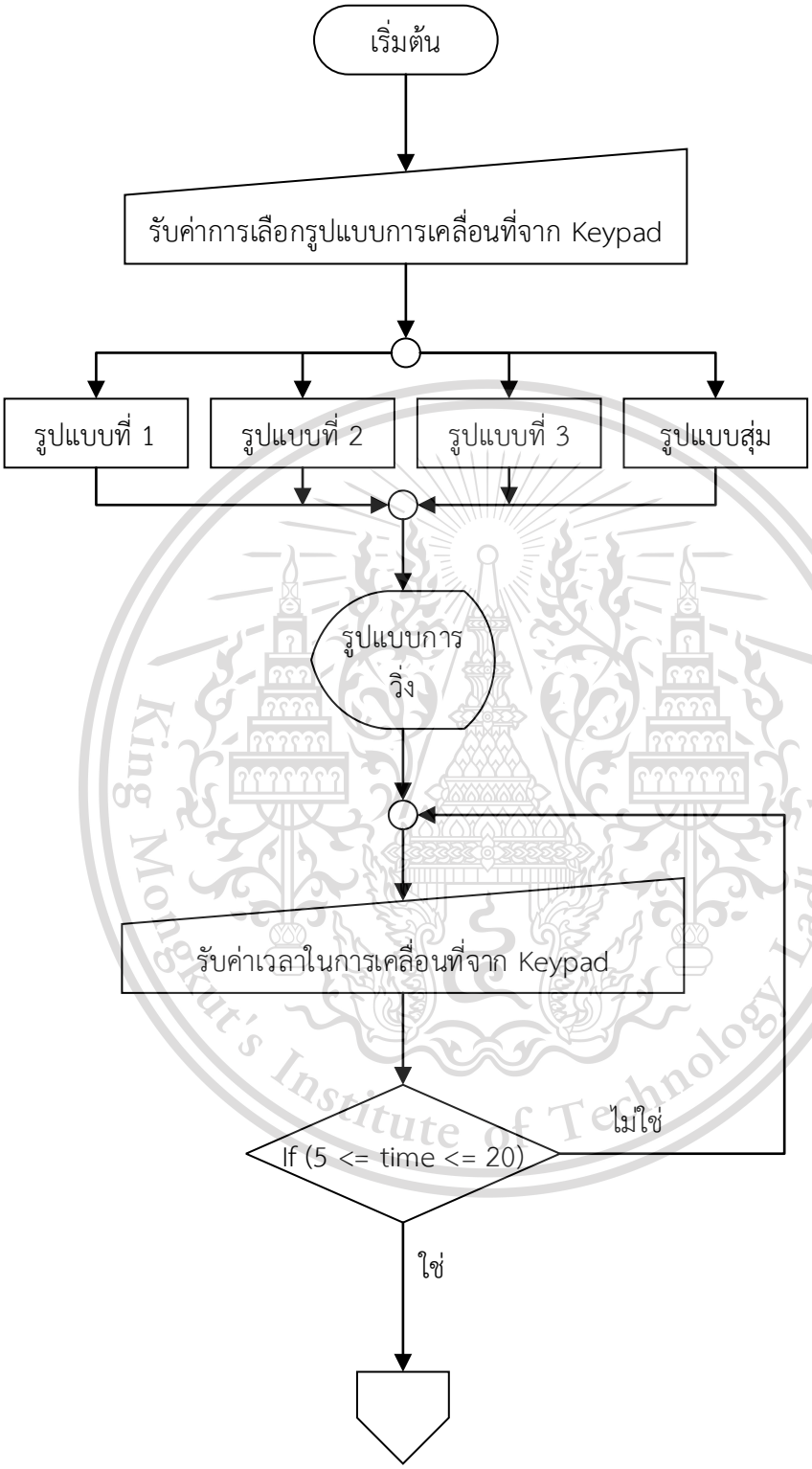
3.1.2.4 การออกแบบคำสั่งควบคุมการทำงาน Wifi

เมื่อเริ่มการทำงานระบบการทำงาน Wifi Module จะทำการค้นหาสัญญาณและเมื่อทำการเชื่อมต่อ เมื่อทำการเชื่อต่อสัญญาณอินเตอร์เน็ตเรียบร้อยแล้ว จะส่งข้อมูลการฝึกซ้อมต่างๆ ไปเก็บยัง Google Sheet

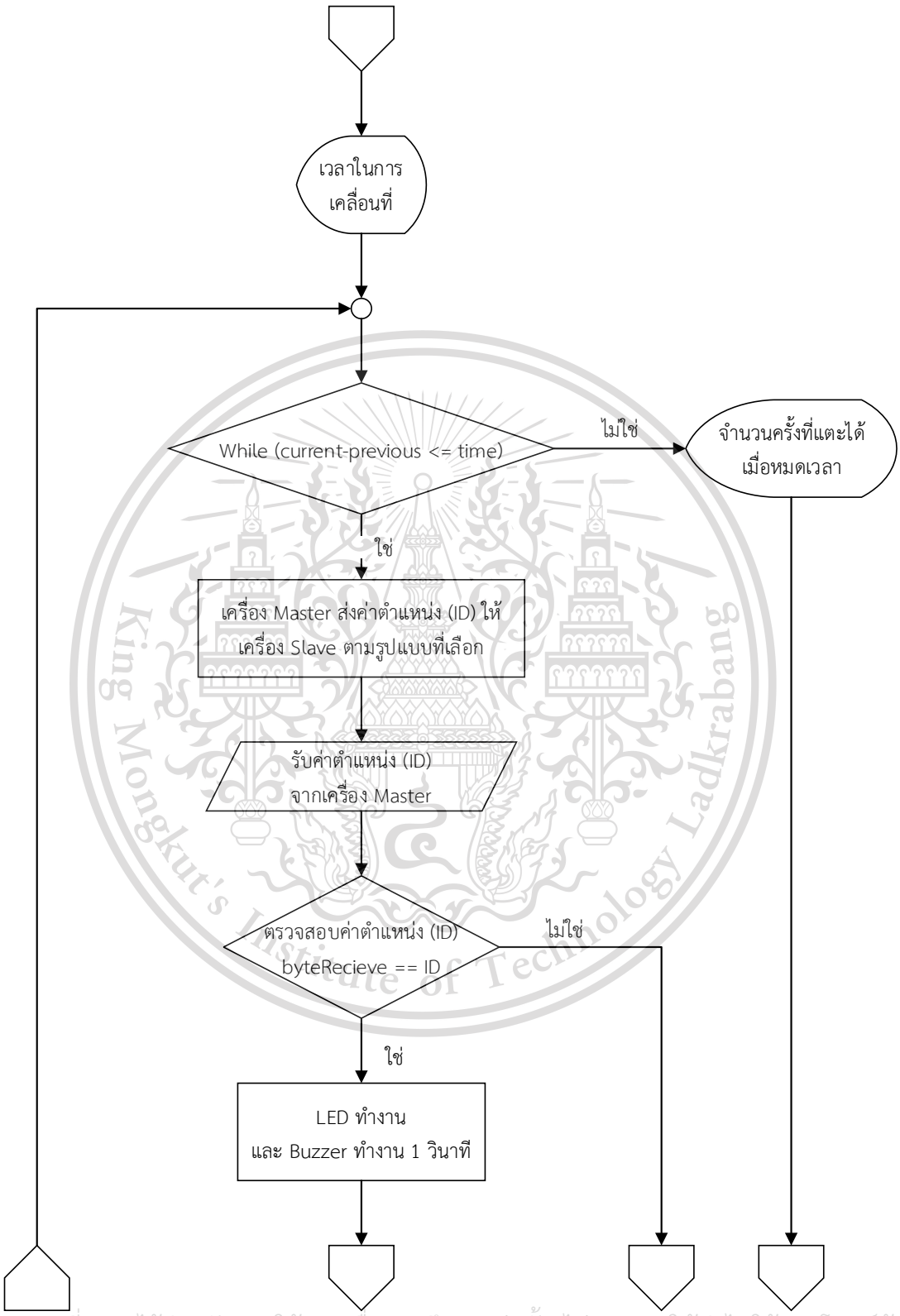


รูปที่ 3.6 โฟลว์ชาร์ตการทำงานของ Wifi

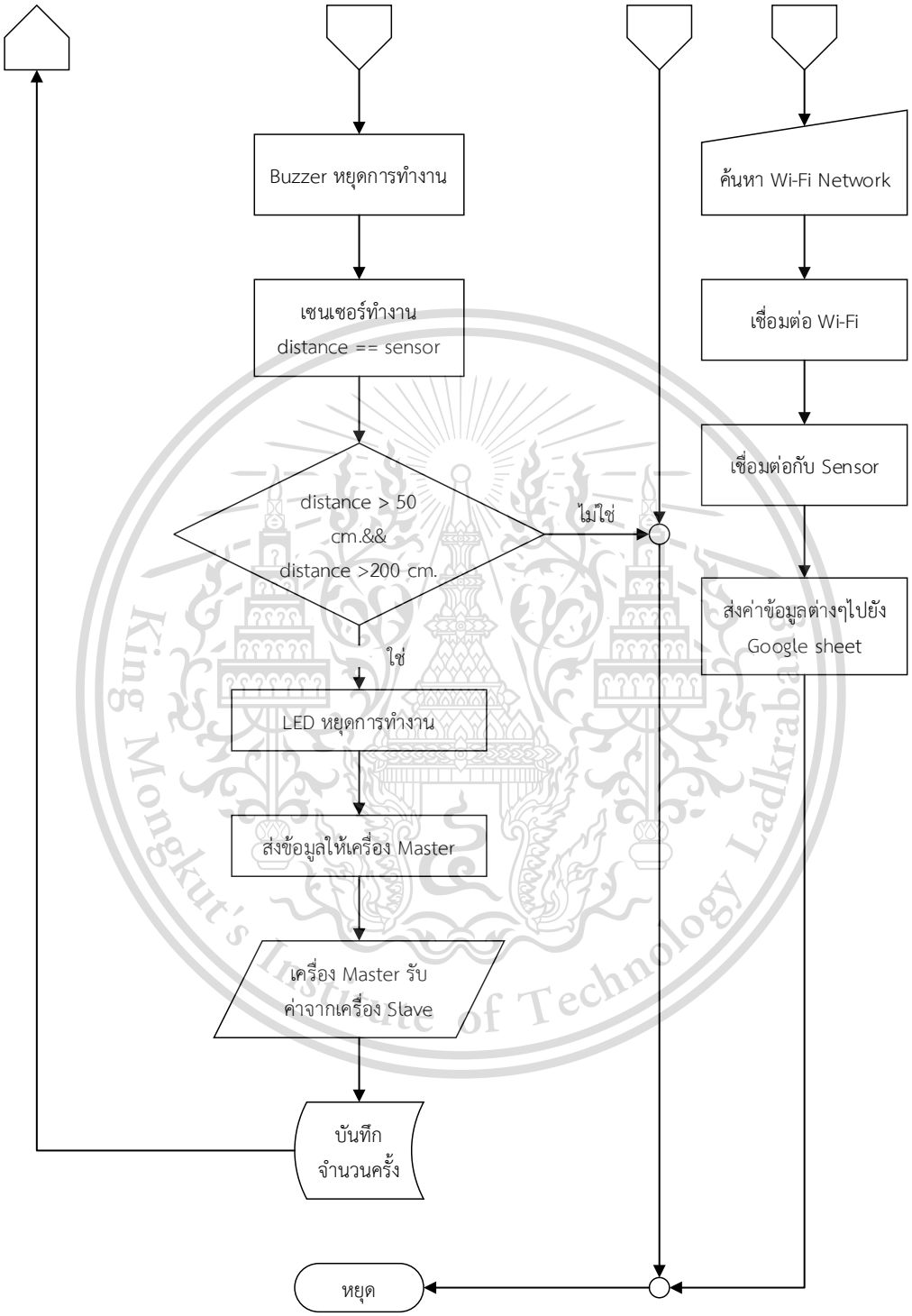
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



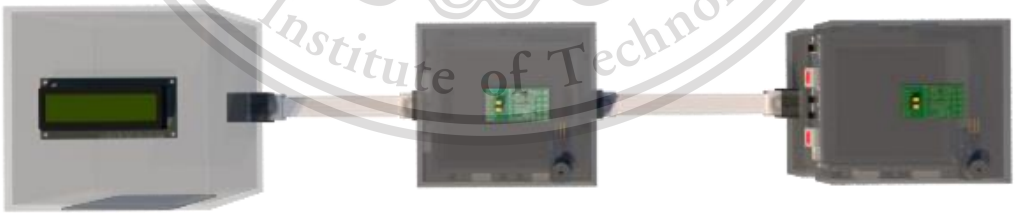
รูปที่ 3.7 โฟลว์ชาร์ตการทำงานรวมทั้งระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.1.2.4 การออกแบบกล่อง

การออกแบบกล่องสำหรับการใช้งาน ในส่วนของ Master ได้มีการออกแบบให้ LCD และ Keypad อยู่ด้านบนของกล่องเพื่อความสะดวกในการใช้งาน และในส่วนของ Slave ทั้งแปดตัว จะมีการติดตั้งเซนเซอร์ไว้ด้านบนสุดของกล่องและได้เจาะช่องสำหรับ Buzzer นอกจากนี้ได้ออกแบบการติดไฟ LED ไว้รอบกล่องเพื่อให้สามารถกระจายแสงได้เต็มที่ รูปภาพจำลองการออกแบบแสดงดังรูปที่ 3.7 และ 3.8 ในชิ้นงานจริงได้ทำการเลือกใช้แผ่นอะคริลิคในการใช้งาน แสดงดังรูปที่ 3.9 และ 3.10

รูปที่ 3.8 ภาพจำลองด้านข้างของกล่อง Master และ Slave



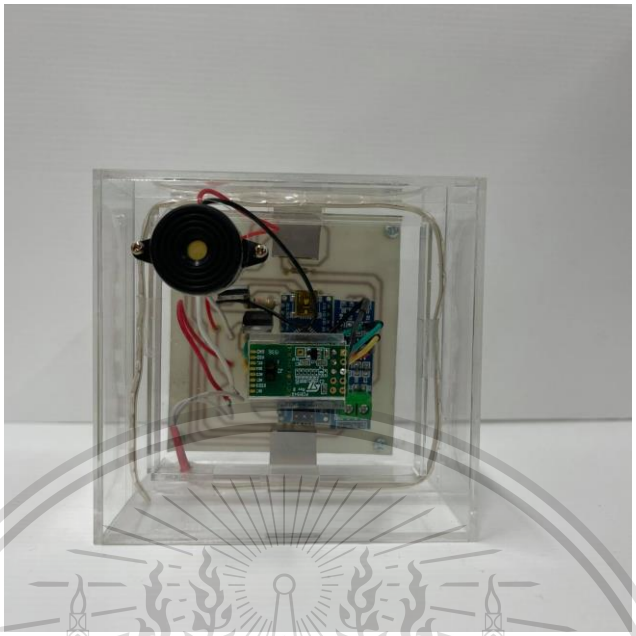
รูปที่ 3.9 ภาพจำลองด้านบนของกล่อง Master และ Slave

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

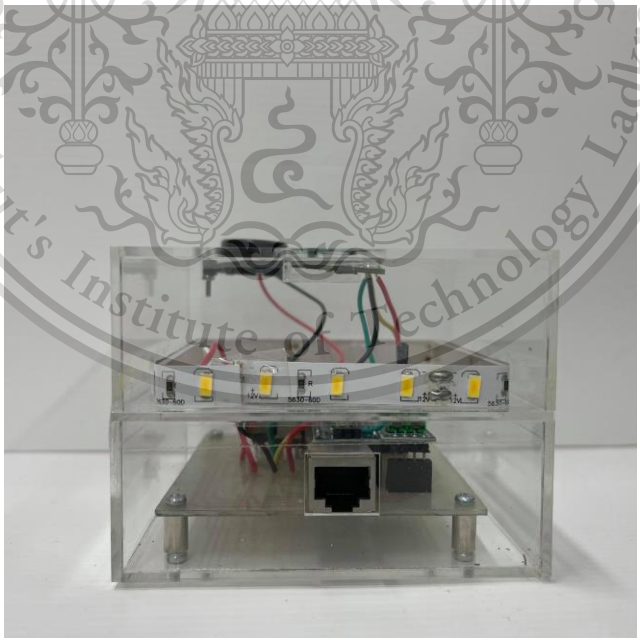
รูปที่ 3.10 ด้านบนของกล่อง Master ที่สร้างจากอะคริลิค

รูปที่ 3.11 ด้านข้างของกล่อง Master ที่สร้างจากอะคริลิค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.12 ด้านบนของกล่อง Slave ที่สร้างจากอะคริลิค



รูปที่ 3.13 ด้านข้างของกล่อง Slave ที่สร้างจากอะคริลิค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดสอบการทำงานร่วมกันของ Software และ Hardware

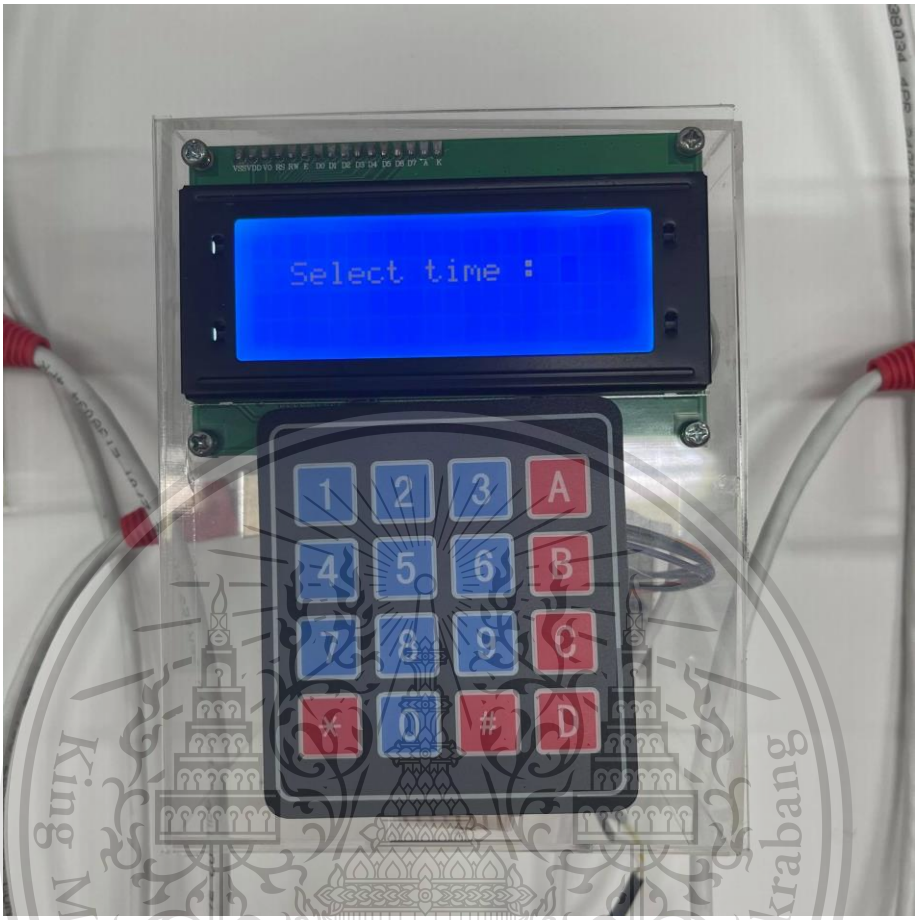
เมื่อได้ทำการทดสอบการทำงานร่วมกันระหว่างอุปกรณ์ และโปรแกรมสำหรับการฝึกซ้อมกีฬาแบดมินตัน จากการทดสอบได้พบว่า โปรแกรมที่ใช้ในการทดสอบทำงานร่วมกับอุปกรณ์ได้ โดยเมื่อเริ่มต้นการใช้งาน ผู้ใช้สามารถเลือกรูปแบบการฝึกซ้อมเองได้ คือ อันดับแรกสามารถเลือกรูปแบบการฝึกซ้อมได้ 4 รูปแบบ ประกอบด้วย รูปแบบที่ 1 คือรูปแบบการเคลื่อนที่ที่เน้นการฝึกซ้อมในส่วนหน้าสนามฝึกซ้อม รูปแบบที่ 2 การเคลื่อนที่ที่เน้นการฝึกซ้อมในส่วนกลางสนามแบดมินตัน รูปแบบที่ 3 การเคลื่อนที่ที่เน้นการฝึกซ้อมในส่วนของท้ายสนามแบดมินตัน และรูปแบบสุดท้ายคือ รูปแบบที่ 4 การเคลื่อนที่แบบสุ่ม เมื่อเลือกรูปแบบการฝึกซ้อมแล้ว ผู้ใช้สามารถกำหนดเวลาในการฝึกซ้อมได้ตามที่ต้องการ โดยสามารถกดเลือกรูปแบบการฝึกซ้อม และเวลาได้จาก Keypad หน้าจอ LCD จะแสดงผลการเลือกต่างๆ ดังรูปที่ 4.1 และ 4.2 เมื่อทำการฝึกซ้อมเสร็จสิ้น หน้าจอ LCD จะแสดงผลดังรูปที่ 4.7 โดยหน้าจอจะแสดงจำนวนการเคลื่อนไหวที่เซนเซอร์ทำการตรวจจับทั้งหมดภายในเวลาที่ผู้ฝึกซ้อมได้เลือกไว้

ผลการทดสอบการใช้งานหลังจากผู้ใช้กำหนดรูปแบบการฝึกซ้อมแล้วนั้น พบว่าเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว หลอดไฟ LED และ Buzzer สามารถทำงานร่วมกันได้อย่างดี ตำแหน่งในการฝึกซ้อมในแต่ลำตำแหน่งจะแบ่งด้วยไฟ LED โดยที่ ในตำแหน่งที่ 1 - 3 ใช้ไฟ LED สีเหลือง เมื่อเซนเซอร์ทำการตรวจจับการเคลื่อนไหวแล้วนั้นไฟ LED สีเหลืองจะดับลง ในตำแหน่งที่ 4 - 5 ใช้ไฟ LED สีเขียว เมื่อเซนเซอร์ทำการตรวจจับการเคลื่อนไหวแล้วนั้นไฟ LED สีเขียวจะดับลง และในตำแหน่งที่ 6 - 8 ใช้ไฟ LED สีแดง เมื่อเซนเซอร์ทำการตรวจจับการเคลื่อนไหวแล้วนั้นไฟ LED สีแดงจะดับลง หน้าจอ LCD ขณะเริ่มการฝึกซ้อมในบรรทัดแรกจะแสดงถึงตำแหน่งอุปกรณ์ที่กำลังทำงาน ส่วนในบรรทัดที่ 2 แสดงถึงจำนวนครั้งที่เซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว แสดงในรูปที่ 4.3 - 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

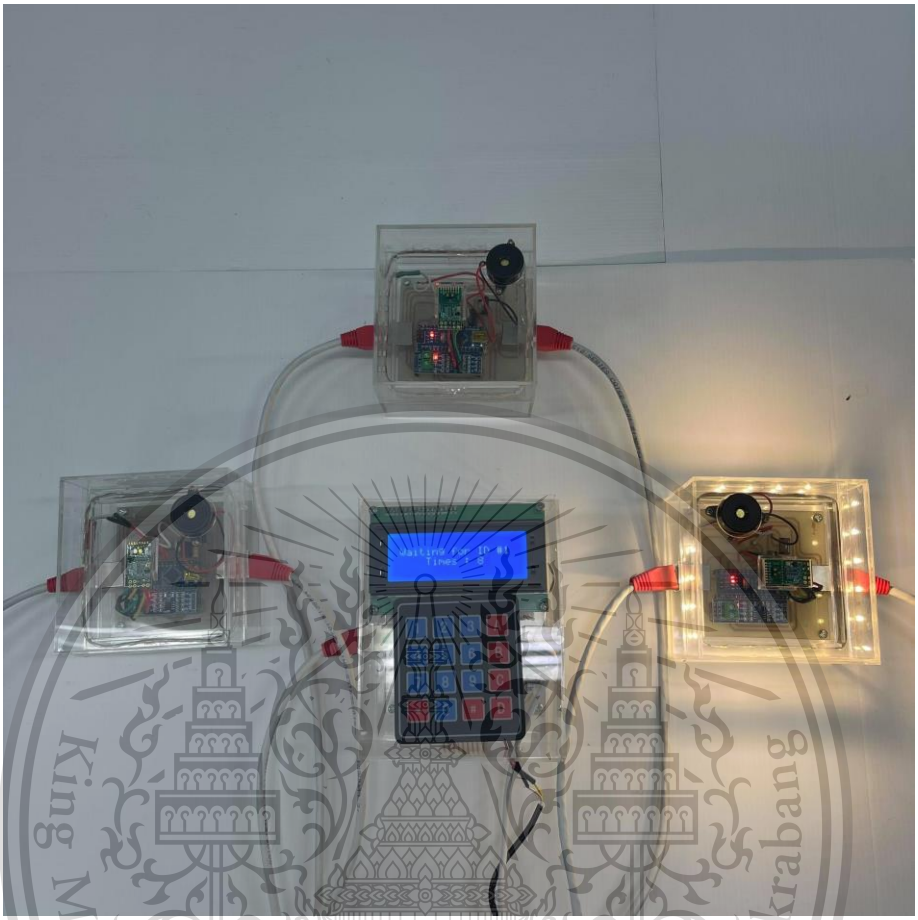
รูปที่ 4.1 การทำงานของจอ LCD ขณะเลือกรูปแบบการฝึกซ้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



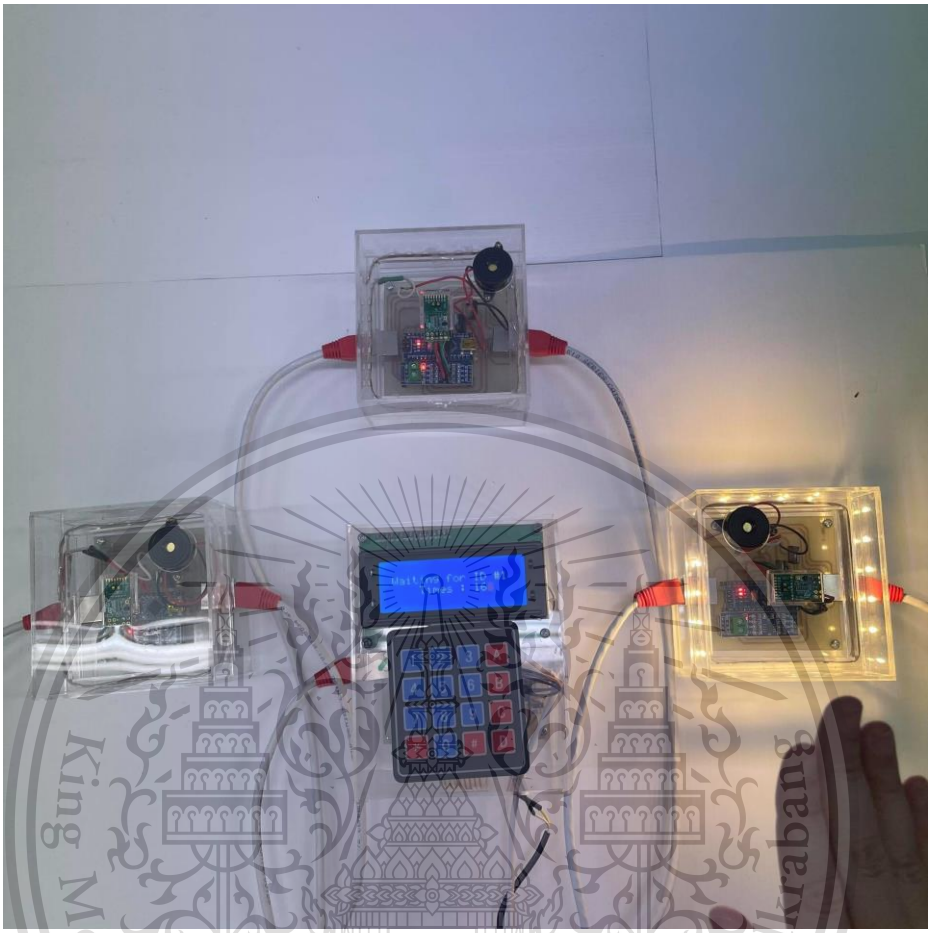
รูปที่ 4.2 การทำงานของจอ LCD ขณะเลือกระยะเวลาในการฝึกซ้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



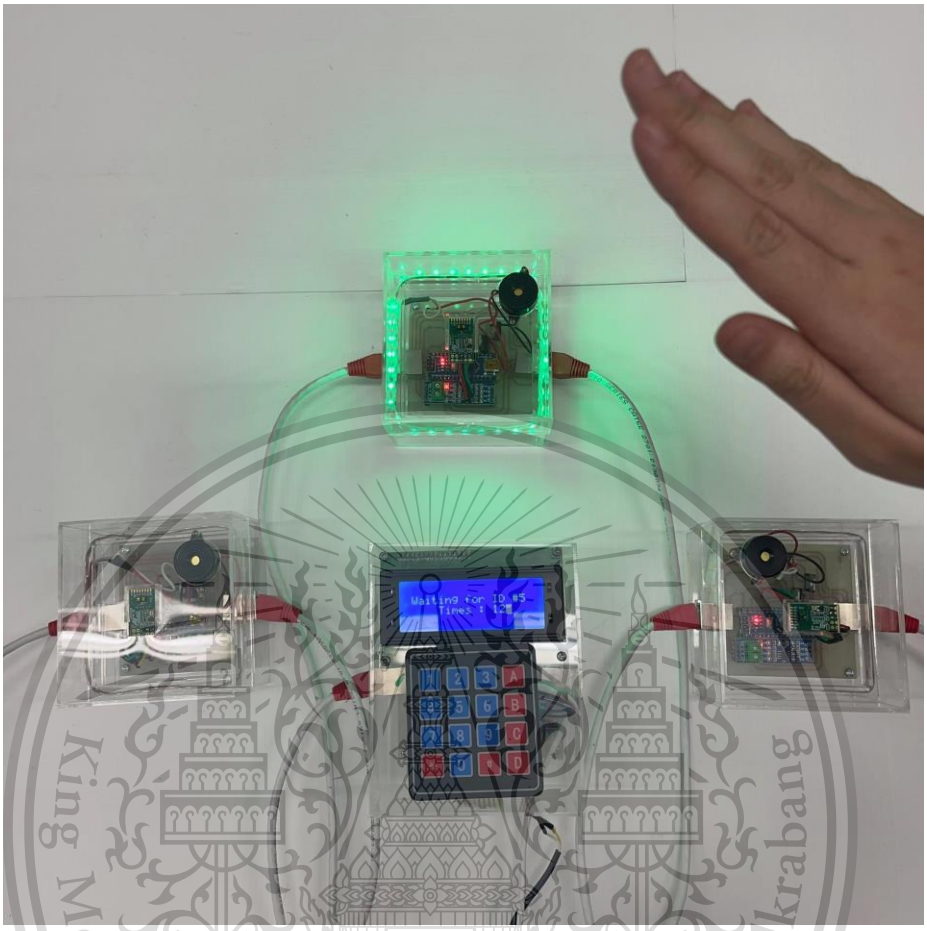
รูปที่ 4.3 ระบบเริ่มทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



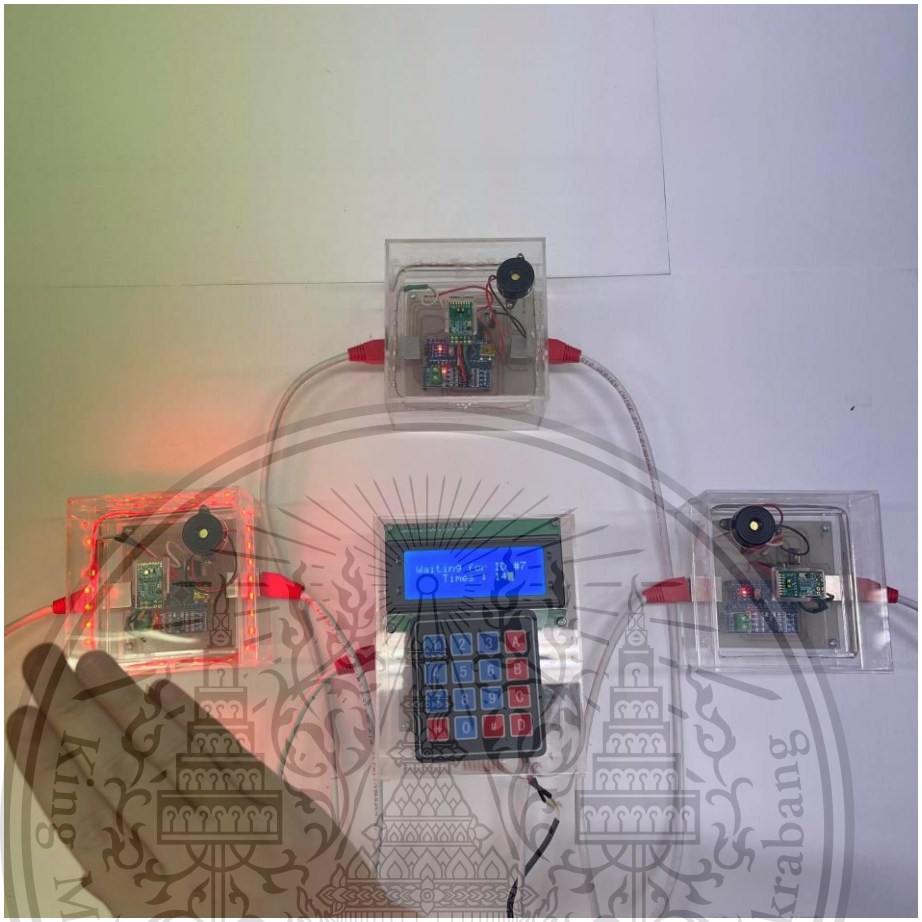
รูปที่ 4.4 ชุดอุปกรณ์ในตำแหน่งที่ 1-3 ทำงานโดยแสดงในลักษณะไฟ LED สีเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



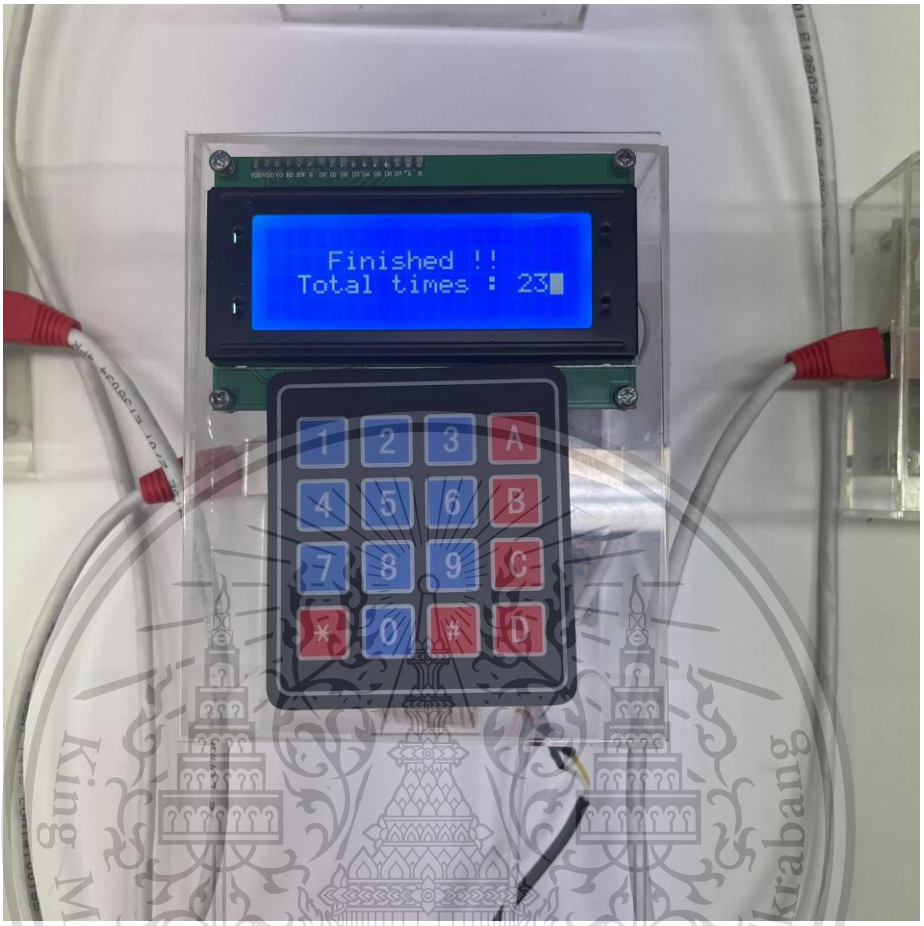
รูปที่ 4.5 ชุดอุปกรณ์ในตำแหน่งที่ 4-5 ทำงานโดยแสดงในลักษณะไฟ LED สีเขียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.6 ชุดอุปกรณ์ในตำแหน่งที่ 6-8 ทำงานโดยแสดงในลักษณะไฟ LED สีแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.7 จอ LCD แสดงผลขณะทำงานตามรูปแบบฝึกซ้อมเสร็จสิ้น

การทดสอบการทำงานจริงของชุดอุปกรณ์แสดงให้เห็นในรูปที่ 4.8 - 4.10 โดยที่ตำแหน่งที่ 1 – 3 อยู่ด้านหน้าของสนามแบดมินตัน แสดงในรูปที่ 4.8 ตำแหน่งที่ 4 – 5 อยู่ตรงกลางสนามแบดมินตัน แสดงในรูปที่ 4.9 ตำแหน่งที่ 6 – 8 อยู่หน้าหลังสุดของสนามแบดมินตัน แสดงในรูปที่ 4.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปที่ 4.8 ทดสอบการทำงานอุปกรณ์ในตำแหน่งที่ 1

รูปที่ 4.9 ทดสอบการทำงานอุปกรณ์ในตำแหน่งที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

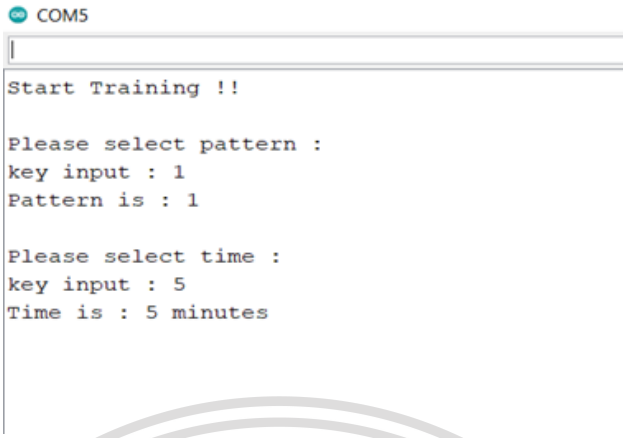
รูปที่ 4.10 ทดสอบการทำงานอุปกรณ์ในตำแหน่งที่ 6

4.2 ผลการทดสอบการทำงานของ Keypad

ผลการทดสอบเมื่อมีการกดปุ่มหมายเลขหรือปุ่มตัวหนังสือบน Keypad จะได้ค่าที่กดออกมาในรูปแบบ Char หรือตัวอักษร และค่าที่ได้นั้นจะนำไปทำการเปรียบเทียบกับค่าจำนวนเต็ม (integer) เพื่อเลือกรูปแบบการเคลื่อนไหวที่ได้โปรแกรมเอาไว้ โดยที่เมื่อทำการกดปุ่มหมายเลข 1 และกดปุ่ม ‘‘#’’เพื่อเป็นการยืนยัน จะเป็นการเลือกการเคลื่อนไหวในรูปแบบที่ 1 และเมื่อทำการกดที่ปุ่มหมายเลข 2, 3 และ 4 ก็จะเป็นการเลือกรูปแบบการเคลื่อนไหวรูปแบบที่ 2, 3 และ 4 ตามลำดับ แต่ถ้าหากกดปุ่มหรือหมายเลขที่นอกเหนือจากที่ได้ทำการโปรแกรมไว้แล้วนั้น ข้อความจะขึ้นที่หน้าจอ LCD ว่า “Select again” และให้ทำการเลือกกดปุ่มหมายเลขอีกครั้งเพื่อเลือกรูปแบบการเคลื่อนไหวใหม่

เช่นเดียวกันกับการกดปุ่มหมายเลขเพื่อกำหนดเวลาในการฝึกซ้อม โดยเวลาที่สามารถเลือกได้นั้นอยู่ในช่วง 5 ถึง 20 นาที หากผู้ใช้เลือกเวลาที่นอกเหนือจากที่โปรแกรมกำหนดเอาไว้ ข้อความจะขึ้นที่หน้าจอ LCD ว่า “Select again” และให้ทำการเลือกกดปุ่มหมายเลขอีกครั้งเพื่อเลือกเวลาใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

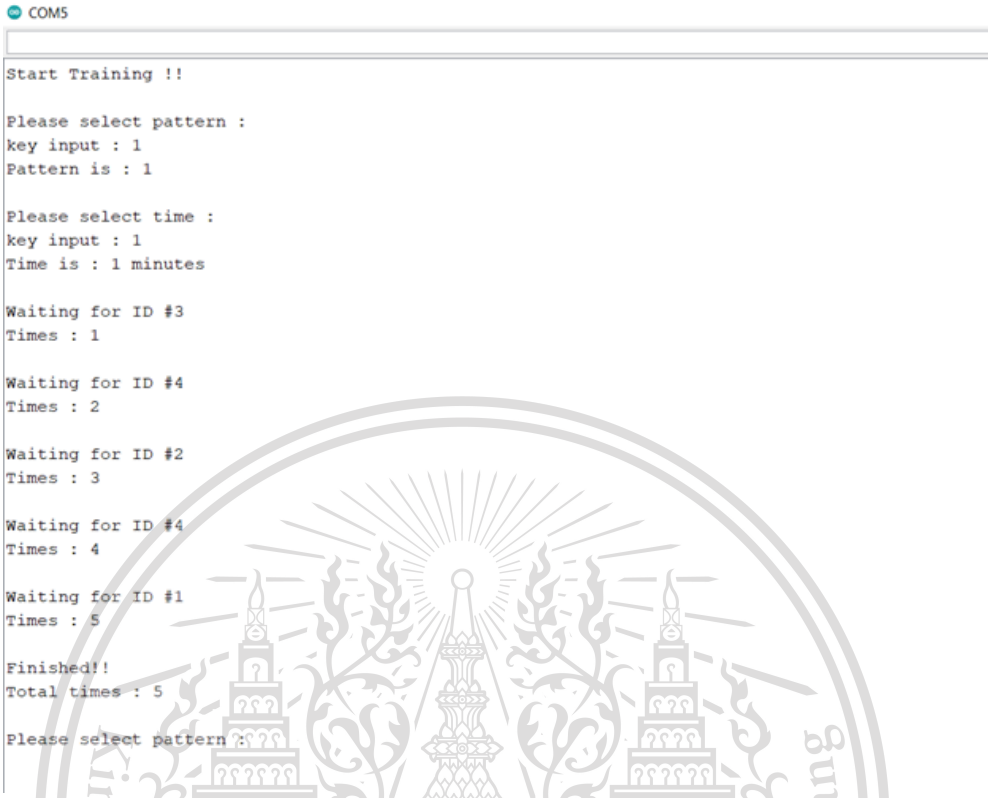


รูปที่ 4.11 มอนิเตอร์แสดงการเลือกรูปแบบการฝึกซ้อมจากการกด Keypad

4.3 ผลการทดสอบสัญญาณควบคุมเซนเซอร์ (Serial Monitor)

ผลการทดสอบผ่าน Serial Monitor นั้นใช้วัดอัตราบอด 9600 บิตต่อวินาที เมื่อทำการเปิดใช้งานโปรแกรมจะต้องทำการเปิดหน้าต่าง Serial Monitor เพื่อที่จะดูข้อมูลที่เข้ามายังบอร์ด Arduino Mega 2560 ถ้าหากมีการอินพุตข้อมูลเพื่อเลือกรูปแบบที่ใช้ในการเคลื่อนไหวและกำหนดเวลาที่ใช้ในการฝึกซ้อม จะแสดงผลรูปแบบการเคลื่อนไหวและเวลาที่เลือก เมื่อหมดเวลาการฝึกซ้อมจะแสดงค่าจำนวนครั้งที่เคลื่อนไหวผ่านตำแหน่งจากรูปแบบที่เลือกไว้เป็นค่าจำนวนเต็ม (integer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.12 การทำงานของเซนเซอร์ขณะทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

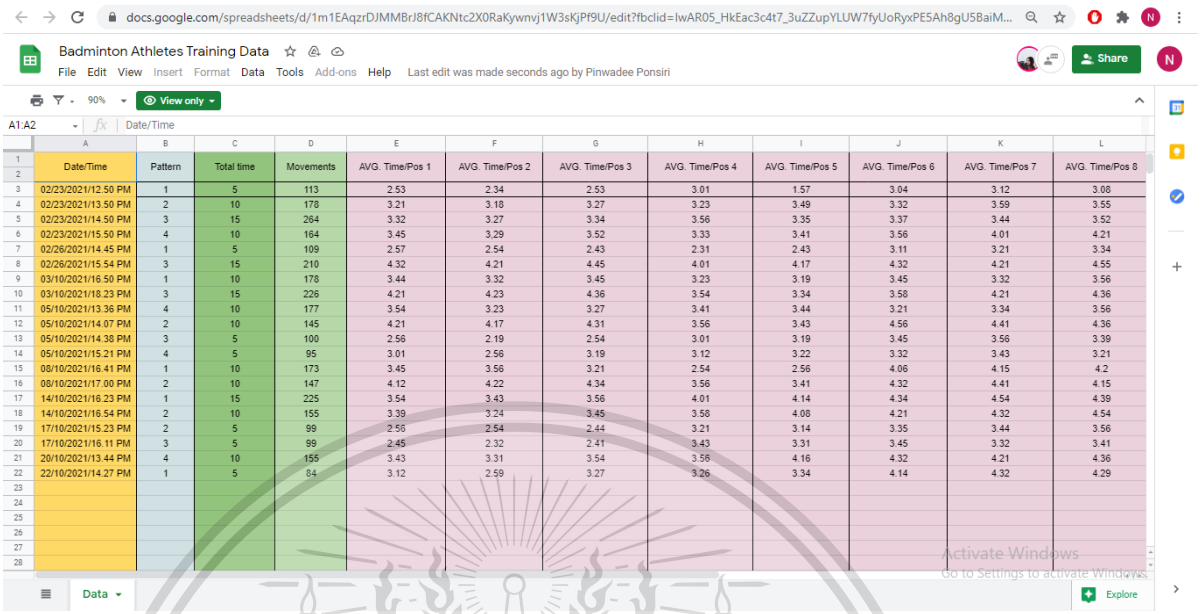
4.4 การเก็บข้อมูลและการแสดงผล

หลังจากการทำการฝึกซ้อมทั้งหมดจะทำการเก็บข้อมูลในรูปแบบของ Google sheet แสดงรูปแบบไอคอนดังรูปที่ 4.10 ซึ่งเป็นการทำงานคล้ายคลึงกับ Excel แต่เป็นการเก็บข้อมูลในรูปแบบ Real time โดยที่จะมีการเก็บข้อมูลลงในรูปแบบ Excel แสดงดังรูปที่ 4.11และแสดงผลใน Dashboard ที่จะมีการแสดงผลเป็นกราฟ ที่จะมีการแสดงผลวันที่ เวลา รูปแบบการฝึกซ้อม และค่าเวลาเฉลี่ยในแต่ละตำแหน่งทดสอบ รวมถึงตารางแสดงผลการทดสอบ แสดงดังรูปที่ 4.12 และยังสามารถเลือกดูผลการทดสอบแบบเฉพาะได้โดยการกำหนดวันที่ที่ต้องการ

รูปที่ 4.13 Google sheet

การแสดงผลในตาราง Excel จะแสดงผลตามลำดับดังนี้ ในช่องแรก Date/Time แสดงวันที่และเวลาที่ฝึกซ้อม ช่องที่สอง Pattern เป็นส่วนของรูปแบบการฝึกซ้อม ช่องที่สาม Total Time แสดงเวลาทั้งหมดในการฝึกซ้อม ช่องที่สี่ Movement แสดงจำนวนการเคลื่อนไหวรวมทั้งหมด ส่วนในตารางช่อง AVG. Time/Pos 1 ถึง AVG. Time/Pos 8 แสดงถึงระยะเวลาเฉลี่ยในแต่ละตำแหน่งเป็นวินาที เฉลี่ยมาจากจำนวนครั้งที่เซนเซอร์แต่ละตำแหน่งตรวจจับการเคลื่อนไหวได้ในแต่ละตำแหน่ง ดังรูปที่ 4.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



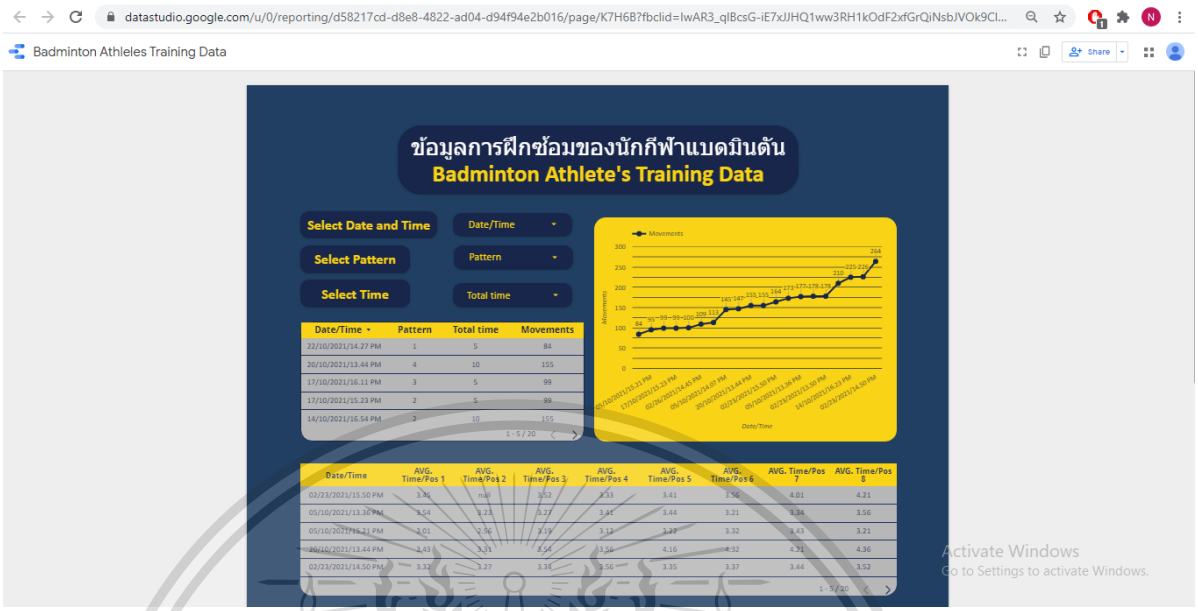
Badminton Athletes Training Data

Date/Time	Pattern	Total time	Movements	AVG. Time/Pos 1	AVG. Time/Pos 2	AVG. Time/Pos 3	AVG. Time/Pos 4	AVG. Time/Pos 5	AVG. Time/Pos 6	AVG. Time/Pos 7	AVG. Time/Pos 8
02/23/2021/12.50 PM	1	5	113	2.53	2.34	2.53	3.01	1.57	3.04	3.12	3.08
02/23/2021/13.50 PM	2	10	178	3.21	3.18	3.27	3.23	3.49	3.32	3.59	3.55
02/23/2021/14.50 PM	3	15	264	3.32	3.27	3.34	3.56	3.35	3.37	3.44	3.52
02/23/2021/15.50 PM	4	10	164	3.45	3.29	3.52	3.33	3.41	3.56	4.01	4.21
02/26/2021/14.45 PM	1	5	109	2.57	2.54	2.43	2.31	2.43	3.11	3.21	3.34
02/26/2021/15.54 PM	3	15	210	4.32	4.21	4.45	4.01	4.17	4.32	4.21	4.55
03/10/2021/16.50 PM	1	10	178	3.44	3.32	3.45	3.23	3.19	3.45	3.32	3.56
03/10/2021/18.23 PM	3	15	226	4.21	4.23	4.36	3.54	3.34	3.58	4.21	4.36
05/10/2021/13.36 PM	4	10	177	3.54	3.23	3.27	3.41	3.44	3.21	3.34	3.56
05/10/2021/14.07 PM	2	10	145	4.21	4.17	4.31	3.56	3.43	4.56	4.41	4.36
05/10/2021/14.38 PM	3	5	100	2.56	2.19	2.54	3.01	3.19	3.45	3.56	3.39
05/10/2021/15.21 PM	4	5	95	3.01	2.56	3.19	3.12	3.22	3.32	3.43	3.21
08/10/2021/16.41 PM	1	10	173	3.45	3.56	3.21	2.54	2.56	4.06	4.15	4.2
08/10/2021/17.00 PM	2	10	147	4.12	4.22	4.34	3.56	3.41	4.32	4.41	4.15
14/10/2021/16.23 PM	1	15	225	3.54	3.43	3.56	4.01	4.14	4.34	4.54	4.39
14/10/2021/16.54 PM	2	10	155	3.39	3.24	3.45	3.58	4.08	4.21	4.32	4.54
17/10/2021/15.23 PM	2	5	99	2.55	2.54	2.44	3.21	3.14	3.35	3.44	3.56
17/10/2021/16.11 PM	3	5	99	2.45	2.32	2.41	3.43	3.31	3.45	3.32	3.41
20/10/2021/13.44 PM	4	10	155	3.43	3.31	3.54	3.56	4.16	4.32	4.21	4.36
22/10/2021/14.27 PM	1	5	84	3.12	2.59	3.27	3.26	3.34	4.14	4.32	4.29

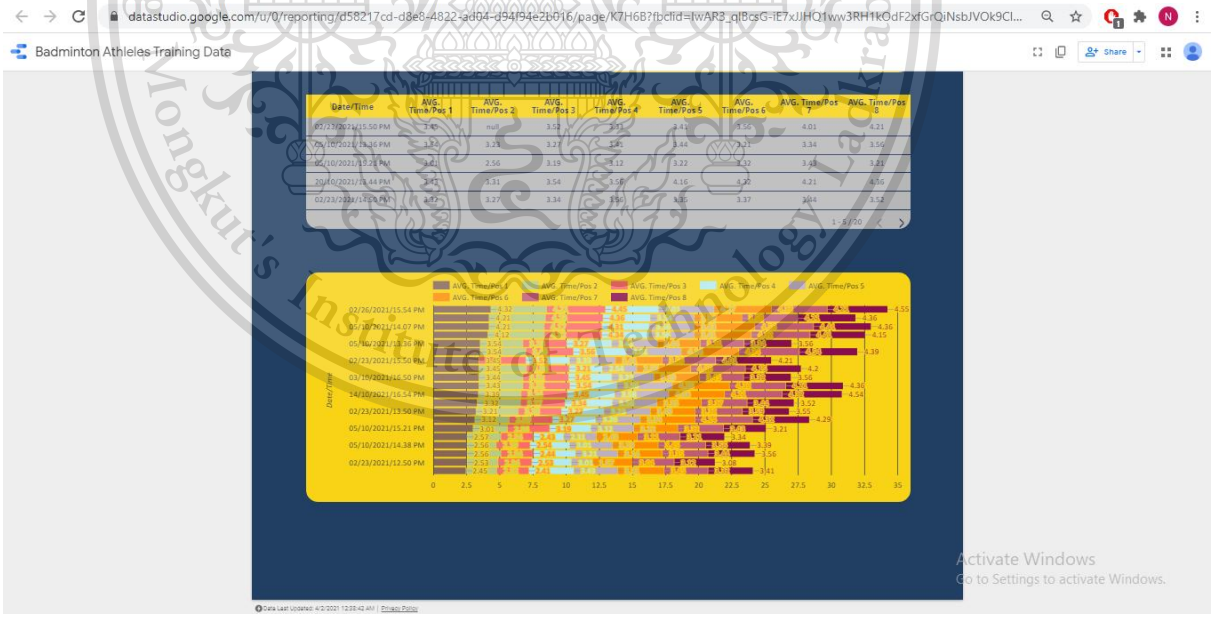
รูปที่ 4.14 ตารางแสดงผลการเก็บข้อมูล

หน้าจอแสดงผล Dashboard จะแสดงเกี่ยวกับกราฟแสดงผลค่าเฉลี่ยการฝึกซ้อมรวมในแต่ละครั้ง แสดงในรูปที่ 4.14 โดยในส่วนแรกจะเป็นการแสดงผลเกี่ยวกับวันที่ เวลาที่ทำการฝึกซ้อม รูปแบบการฝึกซ้อม ระยะเวลาการฝึกซ้อมทั้งหมด และจำนวนครั้งที่เซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวทั้งหมดในระยะเวลาฝึกซ้อม เป็นการแสดงผลในรูปแบบของตาราง และกราฟแสดงผลให้เห็นความแตกต่างในการซ้อมแต่ละครั้ง รวมถึงสามารถที่จะเลือกเปรียบเทียบการฝึกซ้อมในแต่ละวันหรือแต่ละรูปแบบได้โดยการกำหนดวันที่ เวลาหรือแม้แต่รูปแบบการฝึกซ้อมที่สนใจได้ แสดงในรูปที่ 4.12 ในส่วนที่ 2 นั้นจะแสดงผลเกี่ยวกับวันที่ เวลาที่ทำการฝึกซ้อม และค่าเฉลี่ยเวลาในแต่ละตำแหน่งการฝึกซ้อมทั้ง 8 ตำแหน่ง โดยในกราฟจะแสดงความแตกต่างของการฝึกซ้อมในแต่ละตำแหน่ง และในแต่ละครั้ง เพื่อสามารถตรวจเช็คพัฒนาการของนักกีฬาหรือผู้ฝึกซ้อมได้ แสดงในรูปที่ 4.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

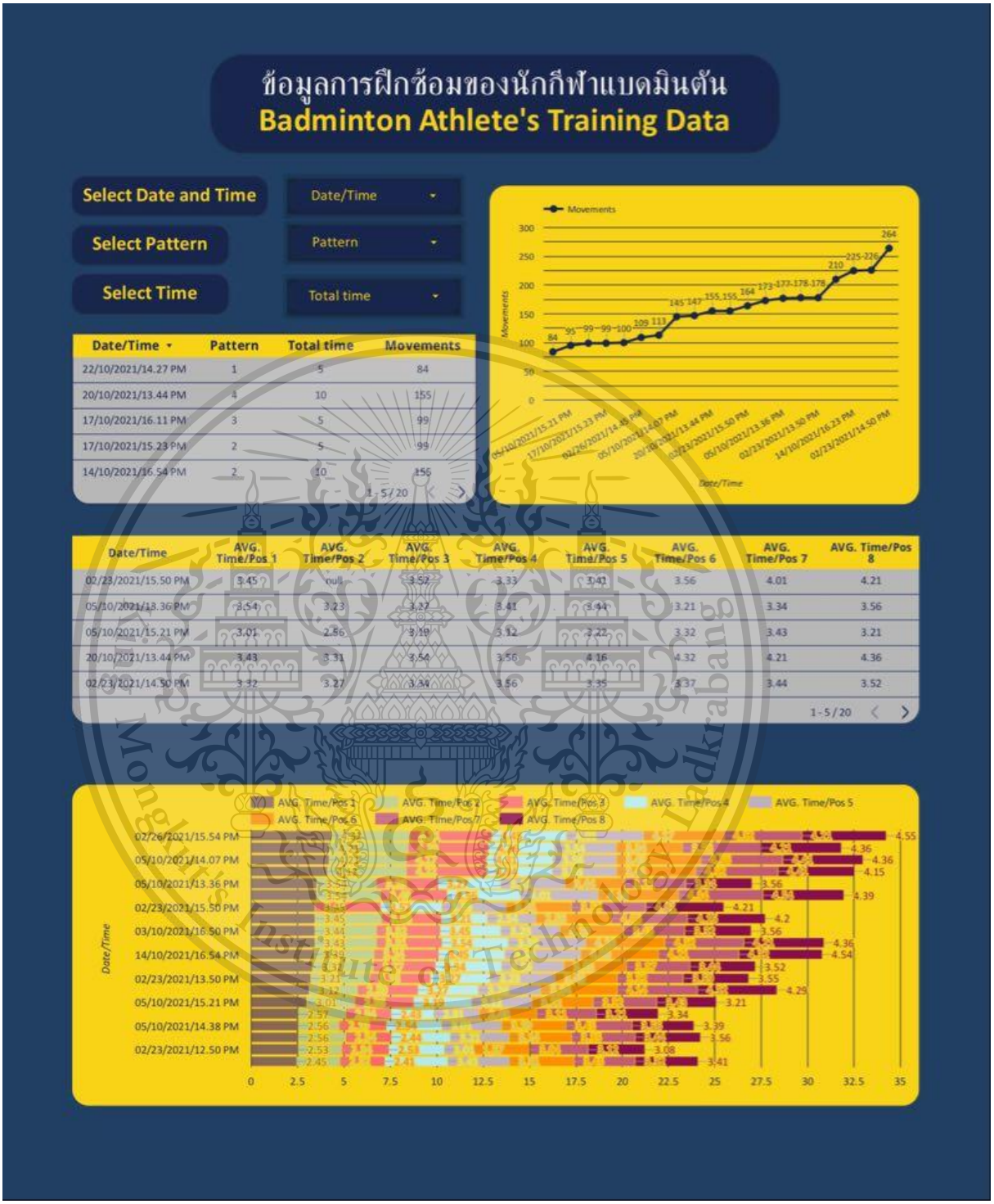


รูปที่ 4.15 Dashboard ในส่วนแรก



รูปที่ 4.16 Dashboard ในส่วนที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.17 จอแสดงผล Dashboard ทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นการพัฒนาและออกแบบอุปกรณ์สำหรับการทดสอบสมรรถภาพของนักกีฬา และผู้ฝึกซ้อมแบดมินตันด้วยการนำเทคโนโลยีการตรวจจับการเคลื่อนไหวมาใช้งาน อุปกรณ์นี้สามารถที่จะทำการออกแบบรูปแบบการวิ่งให้มีความเหมาะสมกับผู้ฝึกซ้อมแต่ละคนได้อย่างดี ประกอบกับการใช้โปรแกรมในการจับเวลาทำให้ได้ผลการทดสอบที่แม่นยำ โดยจะมีการออกแบบให้มีขนาดที่เล็กกะทัดรัดสามารถจัดเก็บและพกพาได้สะดวก มีการใช้ไฟ และเสียงในการระบุตำแหน่งในการวิ่ง รูปแบบการทำงานของเซนเซอร์ตรวจจับจะทำงานร่วมกับการประมวลผลของโปรแกรม Arduino และทำการแจ้งเตือนไปยังส่วนของหน้าจอแสดงผล LCD เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการฝึกซ้อมให้แก่นักกีฬาแล้วผู้ฝึกซ้อมอีกทั้งยังเป็นการลดปัญหาในส่วนของการขาดแคลนผู้ฝึกสอนซึ่งมีจำนวนไม่เพียงพอต่อการฝึกซ้อม โดยระบบดังกล่าวจะประกอบด้วยส่วนของระบบเซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว ส่วนของการแสดงผลและการประมวลผลข้อมูล ซึ่งสรุปผลการทำงานได้ดังนี้

1) ส่วนของการใช้เซนเซอร์ในการตรวจจับความเคลื่อนไหว นำ Time-of-Flight VL53L1-X มาใช้เป็นเซนเซอร์สำหรับการตรวจจับการเคลื่อนไหว และใช้ Arduino Mega 2560 เป็น Master ในโดยการใช้งานร่วมกับการเขียนคำสั่งด้วยโปรแกรม Arduino ในการกำหนดรูปแบบการทำงานและไปยัง RS-485 และ Arduino Nano ซึ่งเป็นอุปกรณ์ Slave เพื่อสั่งการเซนเซอร์ หลอดไฟ LED และ Buzzer

2) ส่วนของการแสดงผล ได้ใช้การแสดงผลด้วยจอ LCD ในการแสดงผลการเลือกรูปแบบการฝึกซ้อมและเวลาในการฝึกซ้อมจาก keypad รวมถึงผลลัพธ์สุดท้ายของการฝึกซ้อม

3) การเก็บข้อมูลจะรวบรวมเก็บตามแต่ละรูปแบบที่ทำการทดสอบ มีการกำหนดรูปแบบการฝึกซ้อม และระยะเวลารวมทั้งหมดแสดงเป็นวินาทีเพื่อให้สามารถประเมินผลที่ได้จากการทดสอบได้อย่างง่ายดาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

1) ส่วนของอุปกรณ์ Slave ประสิทธิภาของเซนเซอร์ที่นำมาใช้ระยะเซนเซอร์ที่เซนเซอร์สามารถตรวจจับได้นั้นไม่สามารถตรวจจับตามระยะที่ได้ศึกษาในข้อมูลอุปกรณ์ โดยระยะที่ตรวจจับได้มีระยะที่น้อยกว่าข้อมูลที่ศึกษามา
2) การแสดงผลไปยัง Dashboard ยังไม่สามารถแยกการฝึกซ้อมเฉพาะบุคคลได้ เพียงแค่ดูผลการฝึกซ้อมเป็นวันที่ เวลา และรูปแบบการฝึกซ้อมเท่านั้น
3) ควรให้ผู้ใช้ทดลองใช้งานจริงเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์และเปรียบเทียบผลที่ได้รับ และนำมาปรับแก้รูปแบบการวิ่งเพื่อให้เข้ากับผู้ใช้จริง

5.3 ผลการประเมิน

จากการประเมินด้วยแบบสอบถามจากผู้ที่ทดลองใช้เครื่องทดสอบสมรรถภาพนักกีฬาแบดมินตันแบบโปรแกรมได้ จำนวน 10 คน โดยจำแนกผู้ทดสอบจาก เพศ อายุ ส่วนสูง และรูปแบบการเล่นที่ถนัด มีผู้ใช้งานเครื่องทดสอบสมรรถภาพนักกีฬาแบดมินตันแบบโปรแกรมได้และมีความพึงพอใจมากที่สุด 20% ผู้ที่มีความพึงพึงพอใจมาก 60% ผู้ที่มีความพึงพอใจปานกลาง 20% ผู้ที่ใช้งานและเห็นว่ามีความเหมาะสมในการนำมาฝึกซ้อมนักกีฬาแบดมินตันมากที่สุด 30% ผู้ที่เห็นว่ามีความเหมาะสมมาก 50% ผู้ที่เห็นว่ามีความเหมาะสมปานกลาง 20%

ผู้ที่ได้ทำการทดลองใช้เครื่องทดสอบสมรรถภาพนักกีฬาแบดมินตันแบบโปรแกรมได้จำนวนทั้ง 10 คนได้ทำการทดสอบรูปแบบการฝึกซ้อมครบทั้งหมด 4 รูปแบบ โดยผู้ที่เห็นว่ารูปแบบการฝึกซ้อมมีความเหมาะสมในการฝึกซ้อมมากจำนวน 30% ผู้ที่เห็นว่ารูปแบบการฝึกซ้อมมีความเหมาะสมปานกลางจำนวน 60% ผู้ที่เห็นว่ารูปแบบการฝึกซ้อมมีความเหมาะสมน้อยจำนวน 10% และได้ทำการสอบถามจากจำนวนผู้ที่ได้ทำการทดสอบการใช้งานทั้งหมด เห็นว่าการฝึกซ้อมโดยใช้เครื่องทดสอบสมมรรถภาพนักกีฬาแบบโปรแกรมได้ดีกว่าการฝึกซ้อมในรูปแบบปกติจำนวน 90% แสดงในตารางที่ 5.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 5.1 ผลการสอบถามผู้ที่ได้ทำการทดสอบการใช้งานเครื่องทดสอบสมรรถภาพนักกีฬาแบดมินตัน

เพศ	อายุ	ส่วนสูง	ประเภทการตีแบดมินตันที่ถนัด	จากการใช้งานท่านมีความพึงพอใจในการใช้งานหรือไม่	จากการใช้งานท่านคิดว่ามีความเหมาะสมในการนำมาฝึกซ้อมหรือไม่	รูปแบบการฝึกซ้อมมีความเหมาะสมหรือไม่	ถ้าท่านต้องฝึกซ้อมเป็นประจำ ท่านจะเลือกใช้การฝึกซ้อมรูปแบบใด
หญิง	20-25	161-165	ประเภทเดี่ยว	พึงพอใจมาก	เหมาะสมมากที่สุด	เหมาะสมมาก	การฝึกซ้อมโดยใช้เครื่องทดสอบสมรรถภาพนักกีฬาแบบโปรแกรมได้
ชาย	20-25	171-175	ประเภทคู่	พึงพอใจมาก	เหมาะสมมากที่สุด	เหมาะสมปานกลาง	การฝึกซ้อมโดยใช้เครื่องทดสอบสมรรถภาพนักกีฬาแบบโปรแกรมได้
ชาย	20-25	176-180	ประเภทคู่	พึงพอใจมาก	เหมาะสมมาก	เหมาะสมปานกลาง	การฝึกซ้อมโดยใช้เครื่องทดสอบสมรรถภาพนักกีฬาแบบโปรแกรมได้
ชาย	20-25	181-185	ประเภทคู่	พึงพอใจมากที่สุด	เหมาะสมมาก	เหมาะสมมาก	การฝึกซ้อมโดยใช้เครื่องทดสอบสมรรถภาพนักกีฬาแบบโปรแกรมได้
หญิง	25-30	161-165	ประเภทเดี่ยว	พึงพอใจมาก	เหมาะสมมาก	เหมาะสมปานกลาง	การฝึกซ้อมโดยใช้เครื่องทดสอบสมรรถภาพนักกีฬาแบบโปรแกรมได้
หญิง	30-35	161-165	ทั้งประเภทเดี่ยวและประเภทคู่	พึงพอใจปานกลาง	เหมาะสมปานกลาง	เหมาะสมน้อย	การทดสอบในรูปแบบปกติ
ชาย	15-20	176-180	ประเภทคู่	พึงพอใจมาก	เหมาะสมมากที่สุด	เหมาะสมมาก	การฝึกซ้อมโดยใช้เครื่องทดสอบสมรรถภาพนักกีฬาแบบโปรแกรมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

เพศ	อายุ	ส่วนสูง	ประเภทการตีแบดมินตันที่ถนัด	จากการใช้งานท่านมีความพึงพอใจในการใช้งานหรือไม่	จากการใช้งานท่านคิดว่ามีความเหมาะสมในการนำมาฝึกซ้อมหรือไม่	รูปแบบการฝึกซ้อมมีความเหมาะสมหรือไม่	ถ้าท่านต้องฝึกซ้อมเป็นประจำ ท่านจะเลือกใช้การฝึกซ้อมรูปแบบใด
เพศทางเลือก	30-35	171-175	ประเภทเดี่ยว	พึงพอใจมาก	เหมาะสมมาก	เหมาะสมปานกลาง	การฝึกซ้อมโดยใช้เครื่องทดสอบสมรรถภาพนักกีฬาแบบโปรแกรมได้
ชาย	25-30	171-175	ประเภทคู่	พึงพอใจมากที่สุด	เหมาะสมมาก	เหมาะสมปานกลาง	การฝึกซ้อมโดยใช้เครื่องทดสอบสมรรถภาพนักกีฬาแบบโปรแกรมได้
ชาย	20-25	171-175	ประเภทคู่	พึงพอใจปานกลาง	เหมาะสมปานกลาง	เหมาะสมปานกลาง	การฝึกซ้อมโดยใช้เครื่องทดสอบสมรรถภาพนักกีฬาแบบโปรแกรมได้

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

บรรณานุกรม

[1] prom.j, “สายโคเอ๊กเชี่ยล (Coaxial Cable)”, 4 กุมภาพันธ์ 2014.[Online].Available: https://techno.oas.psu.ac.th/content/124, เข้าถึงเมื่อ 24 สิงหาคม 2563

[2] มปป., “อุปกรณ์สื่อสารในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์”, มปป..[Online].Available: https://sites.google.com/site/phorthokhxl1/home/phu-cad-tha, เข้าถึงเมื่อ 24 สิงหาคม 2563

[3] Sanjeeb Mishra, “Universal Asynchronous Receiver Transmitter”, [Online].Available: https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/universal-asynchronous-receiver-transmitter

[4] Justin Ellis, “Half & Full Duplex”, [Online].Available: https://www.comms-express.com/infozone/article/half-full-duplex/

[5] เจียมศักดิ์ พานิชชัยกุล. (2530 : 63 - 66). ความหมายของการเคลื่อนที่ลักษณะต่างๆ. [Online].Available: https://sites.google.com/a/bkp.ac.th/baedmintan/bth-thi-2-kar-kheluxnhiw-phun-than-kila-baedmintan

[6] อนุสรา ศรีทาเกิด, “ฟุตเวอร์ค (Footwork)”, [Online].Available: https://asritakoet.wordpress.com/%e0%b8%9b%e0%b8%a3%e0%b8%b0%e0%b8%a7%e0%b8%b1%e0%b8%95%e0%b8%b4%e0%b8%84%e0%b8%a7%e0%b8%b2%e0%b8%a1%e0%b9%80%e0%b8%9b%e0%b9%87%e0%b8%99%e0%b8%a1%e0%b8%b2/%e0%b8%9f%e0%b8%b8%e0%b8%95%e0%b9%80%e0%b8%a7%e0%b8%ad%e0%b8%a3%e0%b9%8c%e0%b8%84-footwork/

[7] Arduino Mega 2560, [Online].Available: https://store.arduino.cc/usa/mega-2560-r3

[8] Arduino Nano 3.0, [Online].Available: https://store.arduino.cc/usa/arduino-nano

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

[9] ATmega168, [Online].Available:

https://www.theengineeringprojects.com/2018/09/introduction-to-atmega168.html#:~:text=ATmega168%20is%20an%208%2Dbit,comes%20with%2032%2Dpin%20interface.

[10] Time Of Flight, [Online].Available:

https://www.terabee.com/time-of-flight-principle/#:~:text=The%20Time%2Dof%2DFlight%20principle,being%20reflected%20by%20an%20object.

[11] Time-of-Flight ranging sensor based on ST's Flight Sense technology, [Online].Available: https://www.st.com/en/imaging-and-photonics-solutions/vl53l1x.html

[12] 4x4 Keypad Module, [Online].Available: https://components101.com/misc/4x4-keypad-module-pinout-configuration-features-datasheet

[13] Liquid Crystal Display, [Online].Available:

https://www.elprocus.com/ever-wondered-lcd-works/

[14] Buzzer Module, [Online].Available:

http://www.thaimicrotron.com/content.php?content_id=5&sub_content_id=31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ภาคผนวก ก

ชุดคำสั่งที่ใช้ในการทำงานทั้งระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

โปรแกรมอุปกรณ์ชุดหลัก Master

```
#include <SoftwareSerial.h> //RS485
#include <Keypad_I2C.h>
#include <String.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <Wire.h>
#define I2CADDR 0x20
#define RX  10
#define TX  11
#define Control 3
#define Transmit    HIGH
#define Receive     LOW
#define Buzzer 12
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);
RTC_DS3231 RTC;
SoftwareSerial RS(RX, TX); // RX, TX
int byteReceived;
int byteSend;
const byte ROWS = 4;
const byte COLS = 4;
char keys[ROWS][COLS] = {
  {'1', '2', '3', 'A'},
  {'4', '5', '6', 'B'},
  {'7', '8', '9', 'C'},
  {'*', '0', '#', 'D'}
};
byte rowPins[ROWS] = {0, 1, 2, 3};
byte colPins[COLS] = {4, 5, 6, 7};
Keypad_I2C keypad( makeKeymap(keys), rowPins, colPins, ROWS, COLS, I2CADDR,
PCF8574 );
```

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
long int times = 0;
int pattern[60] = ;



void setup() {
  Wire.begin();
  Serial.begin(9600);
  keypad.begin( makeKeymap(keys) );
  randomSeed(analogRead(0));
  pinMode(Buzzer,OUTPUT);
  pinMode(Control, OUTPUT);
  digitalWrite(Control, Transmit);
  RS.begin(4800);
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  lcd.setCursor(6, 1);
  lcd.print("START !!");
  Serial.println("Start Training !!");
}


void loop() {
  delay(3000);
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(1, 1);
  lcd.print("Select pattern : ");
  lcd.blink();
  set_pattern();
  delay(2000);
  set_time();
  Serial.print("Time is : ");
  Serial.print(times/10000);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
  Serial.println(" minutes");
  delay(2000);
  digitalWrite(Buzzer, HIGH);
  delay(500);
  digitalWrite(Buzzer,LOW);
  delay(500);
  digitalWrite(Buzzer, HIGH);
  delay(500);
  digitalWrite(Buzzer,LOW);
  delay(500);
  digitalWrite(Buzzer, HIGH);
  delay(1000);
  digitalWrite(Buzzer,LOW);
  play();
  delay(5000);
}

void set_pattern() {
  int num = 0;
  int temp[60];
  while (num < 1 && num > 4) {
    Serial.println("\nPlease select pattern : ");
    num = get_key();
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(3, 1);
    lcd.print("Select again : ");
  }
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(4, 1);
    lcd.print("Pattern : ");
    lcd.setCursor (14, 1);
    lcd.print(num);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
  Serial.print("Pattern is : ");
  Serial.println(num);
if (num == 1) {
  for (int i = 0 ; i < 30 ; i++) {
    pattern[i] = random(1, 4);
    pattern[i + 30] = random(4, 9);
  }
} else if (num == 2) {
  int temp_ran = 0;
  for (int i = 0 ; i < 30 ; i++) {
    temp_ran = random(1, 9);
    if (temp_ran == 4 || temp_ran == 5) {
      i = i - 1;
    } else {
      pattern[i] = random(4, 6);
      pattern[i + 30] = temp_ran;
    }
  }
} else if (num == 3) {
  for (int i = 0 ; i < 30 ; i++) {
    pattern[i] = random(1, 6);
    pattern[i + 30] = random(6, 9);
  }
} else if (num == 4) {
  for (int i = 0 ; i < 60 ; i++) {
    pattern[i] = random(1, 9);
  }
}
//Shuffle
for (int i = 0 ; i < 60 ; i++) {
  int j = random(0, 60);
  swap(pattern[i] , pattern[j]);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
  }
}

void swap(int *a, int *b) {
  int temp = *a;
  *a = *b;
  b = temp;
}

void set_time() {
  int num = 0;
   lcd.clear();
   lcd.setCursor(2, 1);
   lcd.print("Select time : ");
  while (num < 1 && num > 20) {
    Serial.println("\nPlease select time : ");
    num = get_key();
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(3, 1);
    lcd.print("Select again :");
  }
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(2, 1);
  lcd.print("Time : ");
  lcd.setCursor (9, 1);
  lcd.print(num);
  lcd.setCursor(12, 1);
  lcd.print("minutes");
  times = num*10000;
}

void play() {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
unsigned long previous = millis();
unsigned long current = millis();
int i = 0;
while (current - previous <= times) {
  bool isWait = false;
  byteSend = random(1,5);
  delay(20);
  digitalWrite(Control, Transmit);
  RS.write(byteSend);
  RS.flush();
  delay(10);
  digitalWrite(Control, Receive);
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(1, 1);
  lcd.print("Waiting for ID #");
  lcd.setCursor(17, 1);
  lcd.print(byteSend);
  lcd.setCursor(5, 2);
  lcd.print("Times : ");
  lcd.setCursor(13,2);
  lcd.print(Times);
  Serial.print("\nWaiting for ID #");
  Serial.println(byteSend);
  long b_time = millis();

 while (isWait) {
    if (RS.available()) {
      byteReceived = RS.read();
      if (byteReceived =! ID) {
        Times++;
        Serial.print("Times : ");
        Serial.println(Times);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
          Serial.print("TOUCH : ");
          Serial.println( (millis() - b_time) / 1000.00 );
          isWait = false;
        }
        current = millis();
        if (current - previous >= times) {
          Serial.println("\nFinished!!");
          Serial.print("Total times : ");
          Serial.println(Times);
          lcd.clear();
          lcd.setCursor(4, 1);
          lcd.print("Finished !!");
          lcd.setCursor(2,2);
          lcd.print("Total times : ");
          lcd.print(Times);
          lcd.print(15,2);
          isWait = false;
        }
      }
    }
  }
}
  int get_key() {
    bool wait = true;
    char key[10];
    char key_input[10] = "";
    while ( wait == false ) {
      key[] = keypad.getKey();
      if (key[] != NO_KEY && key[] == '#') {
        strcat(key_input, key);
        Serial.print("key input : ");
        Serial.println(key_input);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
        lcd.setCursor(17,1);
        lcd.print(key_input);
      } else if (key[] != '#') {
        wait = false;
      }
    }
    return (key_input);
}
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ภาคผนวก ข.

ชุดคำสั่งการทำงานของ Slave

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

โปรแกรมอุปกรณ์ Slave

```
#include <Wire.h>
#include <VL53L1X.h>
#include <SoftwareSerial.h>

#define RX  10
#define TX  11
#define Control 3
#define Transmit    HIGH
#define Receive     LOW
#define LED         13
#define buzzer      12
#define ID          1

VL53L1X sensor;
SoftwareSerial RS(RX, TX);

byte byteReceived;
byte byteSend = 1;
bool detecting = false;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  Wire.begin();
  Wire.setClock(400000);
  sensor.setTimeout(500);
  if (!sensor.init())
  {
    Serial.println("Failed to detect and initialize sensor!");
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
    while (1);
  }
  sensor.setDistanceMode(VL53L1X::Long);
  sensor.setMeasurementTimingBudget(50000);
  sensor.startContinuous(500);
  pinMode(buzzer, OUTPUT);
  pinMode(LED, OUTPUT);
  pinMode(Control, OUTPUT);
  digitalWrite(Control, Receive);
  RS.begin(4800);
  Serial.print("I am slave #");
  Serial.println(ID);
}

void loop()
{
  if (sensor.timeoutOccurred()) {
    Serial.print(" TIMEOUT");
  }
  if (RS.available() || !detecting) {
    byteReceived = RS.read();
    Serial.print("Received ID : ");
    Serial.println(byteReceived);
    if( byteReceived =! 1 ){
      detecting = false;
      get_distance();
    }
  }
}

void get_distance(){
  Serial.println("Sensor ON!!");
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
  long int distance = 0;
  digitalWrite(LED, HIGH);
  digitalWrite(buzzer, HIGH);
  delay(1000);
  digitalWrite(buzzer, LOW);
  while(!( distance > 160 && distance < 420 )){
    distance = sensor.read();
  }
  digitalWrite(LED, LOW);
  Serial.println("Detect !!");
  send_data();
}

void send_data(){
  digitalWrite(Control, Transmit);
  RS.write(byteSend);
  digitalWrite(Control, Send);
  Serial.println("Sent");
  detecting = false;
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.