ชุดทดลองการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์

LINEAR MOTION CONTROLLED BY COMPUTER SYSTEM

สุภารัตน์ จันทร์ศิริ
อภิสรา ธนสัมบัณฑ์
อรสา พูลสง

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2558

ชุดทดลองการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์

LINEAR MOTION CONTROLLED BY COMPUTER SYSTEM

สุภารัตน์ จันทร์ศิริ
อภิสรา ธนสัมบัณณ์
อรสา พูลสง

b.0026582
i.

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LINEAR MOTION CONTROLLED BY COMPUTER SYSTEM

SUPARAT CHANSIRI
APISARA THANASUMBUN
ORASA POOLSING

A SPECIAL PROJECT EDUCATION SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENTOF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE APPLIED PHYSICS DEPARTMENT OF SCIENCE FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2015

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	ชุดทดลองการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์ Linear Motion Controlled by Computer System			
ชื่อนักศึกษา	สุภารัตน์	จันทร์ศิริ	รหัสนักศึกษา	55051653
	อภิสรา	ธนสัมบัณณ์	รหัสนักศึกษา	55051668
	อรสา	พูลสง	รหัสนักศึกษา	55051672
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต(ฟิสิกส์ประยุกต์)			
ภาควิชา	ฟิสิกส์			
ปีการศึกษา	2558			
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์สุรชาติ กมลดิลก			

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต(ฟิสิกส์ประยุกต์) ประจำปีการศึกษา 2558

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ดร.วิฑูรย์ ยินดีสุข ประธานกรรมการ	
ดร.ประธาน บุรณศิริ กรรมการ	
อ.ธรรมรัตน์ แต่งตั้ง กรรมการ	
อาจารย์สุรชาติ กมลดิลก กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ ชุดทดลองการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์
ชื่อนักศึกษา สุภารัตน์ จันทร์ศิริ รหัสนักศึกษา 55051653
อภิสรา ธนสัมบัณณ์ รหัสนักศึกษา 55051668
อรสา พูลสง รหัสนักศึกษา 55051672
ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต(ฟิสิกส์ประยุกต์)
ภาควิชา ฟิสิกส์
คณะ วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)
ปีการศึกษา 2558
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์สุรชาติ กมลดิลก

บทคัดย่อ

ในการทำการศึกษาชุดการทดลองการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์ โดยนำเอา Photogate Sensor มาเป็นตัว sensor ในการจับเวลาโดยการเขียนโปรแกรมภาษาซีลงให้บอร์ด Arduino Uno r3 และเมื่อวัตถุเคลื่อนผ่าน Photogate Sensor จะทำการตรวจจับเวลาที่วัตถุเคลื่อนผ่านและนำค่าเวลา ระยะทางที่ได้ไปพอตกราฟหา Slope โดยเราจะใช้โปรแกรม visual basic ในการเก็บค่าเวลาและระยะทางนำมาพอตกราฟเพื่อหาความชัน

คำสำคัญ : การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง Photogate การเคลื่อนที่โดยควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	LINEAR MOTION CONTROLLED BY COMPUTER SYSTEM		
Students	Suparat	Chansiri	Student ID 55051653
	Apisara	Thanasumbun	Student ID 55051668
	Orasa	Poolsong	Student ID 55051672
Degree	Bachelor of Science (Applied Physics)		
Department	Physics		
Faculty	Science		
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)		
Academic Year	2015		
Advisor	Lecturer.Surachart Kamondilok		

Abstract

In conducting the study treatment were moving in a straight line, computer control systems by adopting Photogate Sensor is a sensor in the timer programming language into a board Arduino Uno r3 and when an object moves through Photogate Sensor will perform. Watchdog Timer object moves through and take the time. Distances to find enough Graph Slope We will use visual basic program to keep the distance and time taken to port graph slope.

Keywords: Moving in a straight line, Photogate Sensor, Motion by computer control systems.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาจาก อาจารย์ สุรชาติ กมลดิลก ที่อำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลองตลอดจนอุปการะทุนสนับสนุนและให้คำปรึกษาทางวิชาการที่ดีมาตลอด รวมไปถึงการปลูกฝังสิ่งที่ดีงามให้กับลูกศิษย์ทุกคน

ขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านในภาควิชาฟิสิกส์ สาขาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ช่วยเหลือในการทำโครงการพิเศษนี้แนะนำแนวทางในการนำเสนอรายงาน ตลอดจนให้คำแนะนำ ในการใช้โปรแกรมเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลและทดลองจากโครงการพิเศษนี้

ขอบพระคุณนายสมภัทร แพรกนกแก้ว ที่ให้คำปรึกษาเรื่องการออกแบบวงจรและวิธีแก้ปัญหาเมื่อเกิดปัญหาและขอบคุณนาย วรีภัทรปรีชาเดช ผู้ให้คำปรึกษาทางด้านการเขียนโปรแกรมและการออกแบบโปรแกรม

ขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่มีความเมตตาประสิทธิ์ประสาทวิชาและในการอบรมสั่งสอนตั้งแต่การศึกษาภาคบังคับจนถึงปัจจุบัน

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และญาติพี่น้องทุกท่านที่คอยให้ความช่วยเหลือ อุปการะทุน ในการเล่าเรียนและเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา

สุภารัตน์ จันทร์ศิริ
อภิสรา ธนสัมบัณณ์
อรสา พูลสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ขั้นตอนการวิจัยและวิธีในการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง	4
2.1.1 กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน	4
2.1.2 กฎของแรงโน้มถ่วงระหว่างกันของนิวตัน	6
2.1.3 มวลและน้ำหนัก	7
2.1.4 สมการการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง	8
2.2 เซ็นเซอร์ชนิดใช้แสง	10
2.2.1 โฟโตไดโอด (Photo Diode)	10
2.2.2 ไดโอดเปล่งแสง(Light Emitting Diode : LED)	10
2.3 หลักการของหม้อแปลง	11
2.3.1 การทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า	11
2.3.2 การทำงานต่างๆของหม้อแปลงไฟฟ้า	13
2.4 หลักการของ Arduino	13
2.4.1 ที่มาของ Arduino	13
2.4.2 ชนิดและความเหมาะสมในการใช้งานของ Arduino	14
2.4.3จุดเด่นที่ทำให้บอร์ด Arduino เป็นที่นิยม	19
2.4.4 เปรียบเทียบ ภาษาซี กับ Arduino	20
2.4.5การเขียนโปรแกรมบน Arduino	22
2.4.5.1 โครงสร้างการเขียนโปรแกรม ภาษาซี ของ Arduino	22
2.4.5.2 รูปแบบการเขียนและการ run ของ Arduino	23
2.4.6 Layout & Pinout Arduino Board	26
2.5 โปรแกรม PCB WIZARD	27
2.6โปรแกรม VISUAL BASIC	28
2.6.1 จุดเด่นของ Visual Basic	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	29
2.7.1การศึกษาและออกแบบชุดอุปกรณ์ทดลองAir Track	29
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	30
3.1 อุปกรณ์	30
3.2 วิธีการทดลอง	31
3.2.1 ออกแบบอุปกรณ์	31
3.2.2 ออกแบบวงจรให้เหมาะกับการใช้งาน	31
3.2.2.1 วงจรแปลงไฟสำหรับการจ่ายไฟให้ Photogate	31
3.2.2.2 วงจร Photogate	32
3.2.3 โค้ดแสดงการจับเวลาเมื่อวัตถุตัดผ่านเซ็นเซอร์	35
3.2.4 การออกแบบชุดการทดลอง	35
3.2.5 ออกแบบโปรแกรม Visual Basic ให้เหมาะกันการใช้งาน	37
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	38
4.1 การทดลองโดยใช้ Glider ขนาด 10 cm ตัดผ่าน Photogate	38
4.2 ผลการทดลองและกราฟ	39
4.3 ผลการทดลอง กราฟและค่าความเร่งในหน้า Excel	49
บทที่ 5 สรุปผลงานวิจัย	59
5.1 สรุปผลงานวิจัย	59
5.2 ข้อเสนอแนะ	59
เอกสารอ้างอิง	
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก	
ภาคผนวก ข	
ภาคผนวก ค	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 การดำเนินการแต่ละขั้นตอน	3
3.1 อุปกรณ์และการใช้งาน	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ตัวอย่างกฎของความเฉื่อย (Inertia)	4
2.2 ตัวอย่างกฎของแรง	5
2.3 ตัวอย่างกฎของแรงปฏิกิริยา	6
2.4 ตัวอย่างกฎของแรงโน้มถ่วงระหว่างกันของนิวตัน	6
2.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเร็วขณะหนึ่ง	8
2.6 สัญลักษณ์ของโฟโตไดโอด	10
2.7 หลักการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า	11
2.8 ขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิ	12
2.9 การทำงานต่างๆของหม้อแปลงไฟฟ้า	13
2.10 บอร์ด Arduino ต่อกับ LED	14
2.11 บอร์ด Arduino ต่อกับ XBee Shield	14
2.12 บอร์ด Arduino Uno R3	15
2.13 บอร์ด Arduino Uno SMD	15
2.14 บอร์ด Arduino Mega 2560 R3	15
2.15 บอร์ด Arduino Mega ADK	16
2.16 บอร์ด Arduino Leonardo	16
2.17 บอร์ด Arduino Mini 05	16
2.18 บอร์ด Arduino Pro Mini 328 3.3V	17
2.19 บอร์ด Arduino Pro Mini 328 5V	17
2.20 บอร์ด Arduino Ethernet with PoE module	18
2.21 บอร์ด Arduino Ethernet without PoE module	18
2.22 บอร์ด Arduino Due	18
2.23 รูปแบบการเขียนโปรแกรมบน Arduino	23
2.24 ขั้นตอนการเลือกรุ่นบอร์ด Arduino ที่ต้องการ upload	24
2.25เลือกหมายเลข Comport ของบอร์ด	24
2.26 กดปุ่ม Verify เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง และcompiled โค้ดโปรแกรม	25
2.27Upload โค้ดโปรแกรม	25
2.28 องค์ประกอบของ Layout & Pinout Arduino Board	26
2.29หน้าตาโปรแกรม PCB Wizard	27
2.30หน้าตาโปรแกรม PCB Wizardที่พร้อมใช้งาน	27
2.31 ตัวอย่างของโปรแกรม Visual Studio	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.1 แสดงการทำงานของระบบและชุดอุปกรณ์	31
3.2 วงจรแปลงไฟสำหรับการจ่ายไฟให้Photogate	31
3.3 การออกแบบการจ่ายไฟให้กับตัวเซ็นเซอร์เพื่อส่งข้อมูลไปยัง Arduino UNO R3	32
3.4 วงจร Photogate	32
3.5 การออกแบบวงจร Photogate ในโปรแกรม PCB Wizard	33
3.6 วงจร Photogate แบบ Artwork เพื่อกัดแผ่นปริ้น	33
3.7 การรีดวงจรลงบนแผ่นทอง	33
3.8 ใส่น้ำยากัดแผ่นทองแดงทิ้งไว้สักพัก	33
3.9 รอจนกว่าทองแดงหลุดหมดจนได้แผ่นใส	34
3.10 นำสก็อตซ์ไบรต์ขัดหมึกดำออก	34
3.11 เจาะและใส่ตัว IC ลงบนแผ่นปริ้น	34
3.12 ประกอบให้เสร็จสมบูรณ์	34
3.13 โค้ดแสดงการจับเวลาของ Arduino UNO R3	35
3.14 แสดงการออกแบบชุดอุปกรณ์การทดลอง	35
3.15 Flowchart การทำงานของโปรแกรม	36
3.16 แสดงหน้าต่างการทำงานของโปรแกรม Visual Basic	37
4.1 จุดที่ Glider เข้าตัว Photogate(t_1)	38
4.2 จุดที่ Glider ออกตัว Photogate(t_2)	38
4.3 ตำแหน่ง Photogate บนราง Air track	39
4.4 มวลขนาด 1 กรัม ระดับลม3	39
4.5 มวลขนาด 1 กรัม ระดับลม4	40
4.6 มวลขนาด 1 กรัม ระดับลม5	40
4.7 มวลขนาด 1 กรัม ระดับลม6	41
4.8 มวลขนาด 2 กรัม ระดับลม3	41
4.9 มวลขนาด 2 กรัม ระดับลม4	42
4.10 มวลขนาด 2 กรัม ระดับลม5	42
4.11 มวลขนาด 2 กรัม ระดับลม6	43
4.12 มวลขนาด 3 กรัม ระดับลม3	43
4.13 มวลขนาด 3 กรัม ระดับลม4	44
4.14 มวลขนาด 3 กรัม ระดับลม5	44
4.15 มวลขนาด 3 กรัม ระดับลม6	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.16 มวลขนาด 4 กรัม ระดับลม3	45
4.17 มวลขนาด 4 กรัม ระดับลม4	46
4.18 มวลขนาด 4 กรัม ระดับลม5	46
4.19 มวลขนาด 4 กรัม ระดับลม6	47
4.20 มวลขนาด 5 กรัม ระดับลม3	47
4.21 มวลขนาด 5 กรัม ระดับลม4	48
4.22 มวลขนาด 5 กรัม ระดับลม5	48
4.23 มวลขนาด 5 กรัม ระดับลม6	49
4.24 กราฟและค่าความเร่งของมวลขนาด 1 กรัม ระดับลม 3	49
4.25 กราฟและค่าความเร่งของมวลขนาด 1 กรัม ระดับลม 4	50
4.26 กราฟและค่าความเร่งของมวลขนาด 1 กรัม ระดับลม 5	50
4.27 กราฟและค่าความเร่งของมวลขนาด 1 กรัม ระดับลม 5	51
4.28 กราฟและค่าความเร่งของมวลขนาด 2 กรัม ระดับลม 3	51
4.29 กราฟและค่าความเร่งของมวลขนาด 2 กรัม ระดับลม 4	52
4.30 กราฟและค่าความเร่งของมวลขนาด 2 กรัม ระดับลม 5	52
4.31 กราฟและค่าความเร่งของมวลขนาด 2 กรัม ระดับลม 6	53
4.32 กราฟและค่าความเร่งของมวลขนาด 3 กรัม ระดับลม 3	53
4.33 กราฟและค่าความเร่งของมวลขนาด 3 กรัม ระดับลม 4	54
4.34 กราฟและค่าความเร่งของมวลขนาด 3 กรัม ระดับลม 5	54
4.35 กราฟและค่าความเร่งของมวลขนาด 3 กรัม ระดับลม 6	55
4.36 กราฟและค่าความเร่งของมวลขนาด 4 กรัม ระดับลม 3	55
4.37 กราฟและค่าความเร่งของมวลขนาด 4 กรัม ระดับลม 4	56
4.38 กราฟและค่าความเร่งของมวลขนาด 4 กรัม ระดับลม 5	56
4.39 กราฟและค่าความเร่งของมวลขนาด 4 กรัม ระดับลม 6	57
4.40 กราฟและค่าความเร่งของมวลขนาด 5 กรัม ระดับลม 3	57
4.41 กราฟและค่าความเร่งของมวลขนาด 5 กรัม ระดับลม 4	58
4.42 กราฟและค่าความเร่งของมวลขนาด 5 กรัม ระดับลม 5	58
4.43 กราฟและค่าความเร่งของมวลขนาด 5 กรัม ระดับลม 6	59
ก.1 ไอคอนโปรแกรม	61
ก.2 หน้าจอหลักของโปรแกรม	61
ก.3 Dropdown list แสดง Comport ที่ Arduino เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์อยู่	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ก.4 Dropdown List แสดง Baud Rate	62
ก.5 ปุ่ม Start เพื่อเชื่อมต่อ Arduino กับโปรแกรม	63
ก.6 กล่องแสดงค่าจาก Arduino	63
ก.7 ช่องสำหรับใส่เวลาที่จับจากนาฬิกาจับเวลา	64
ก.8 ปุ่ม Show Graph และ กราฟความเร่ง	64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

การศึกษาเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ นับว่าเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง ซึ่งในปัจจุบันมีเทคโนโลยีที่ถูกคิดค้นขึ้นมามากมาย และเทคโนโลยีเหล่านี้ถูกคิดค้นมาเพื่อทำการทำลอง ซึ่งถือว่าเป็นสิ่งที่จำเป็นมากในการพิสูจน์กฎหรือทฤษฎีต่างๆเพื่อให้ได้สิ่งที่ถูกต้องที่สุด ก่อนที่จะนำความรู้มาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ได้จริงมากที่สุด วิทยาศาสตร์นั้นเป็นสิ่งที่ใกล้ตัวมนุษย์มากและพบในชีวิตประจำวันเราพบเห็นการเคลื่อนที่ของสิ่งต่างๆ เช่น นกบิน คนเดิน รถแล่นบนถนน ลูกบอลเคลื่อนที่ในอากาศ ใบพัดพัดลมหมุน เด็กแกว่งชิงช้า สิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นการเคลื่อนที่ทั้งหมดแต่มีลักษณะรายละเอียดที่แตกต่างกัน

การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง หมายถึง การเคลื่อนที่ของวัตถุตามแนวเส้นตรง โดยไม่ออกจากแนวเส้นตรงของการเคลื่อนที่ หรือเรียกว่า การเคลื่อนที่ใน 1 มิติ ของวัตถุ เช่น การเคลื่อนที่ของรถยนต์บนพื้นถนนที่มีทางตรง การเคลื่อนที่ของมะม่วงที่ร่วงลงสู่พื้นดิน การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงแบ่งได้เป็น 2 กรณี คือ การเคลื่อนที่แนวตรงตามแนวราบ และการเคลื่อนที่แนวตรงตามแนวดิ่ง ซึ่งในปัจจุบันมีการออกแบบชุดทดลองการเคลื่อนที่อย่างมากมาย เช่น วิธีถ่ายภาพแบบมัลติแฟลช เป็นวิธีการที่ใช้ในการหาอัตราเร็วเฉลี่ยของวัตถุ ซึ่งเคลื่อนที่ในช่วงเวลาสั้น ๆ หรือเครื่องเคาะสัญญาณเวลา ใช้หาอัตราเร็วเฉลี่ยของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่ในเวลาหนึ่ง ในโครงงานพิเศษนี้ศึกษาเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงตามแนวราบ สามารถสาธิตให้เห็นได้ด้วยใช้ชุดทดลองที่ออกแบบพิเศษให้แรงเสียดทานระหว่างวัตถุกับพื้นมีค่าน้อยมาก คืออุปกรณ์ชุดทดลองที่ชื่อว่า Air track ซึ่งใช้เครื่องพ่นลมต่อเข้าราง ซึ่งตัวรางจะมีรูเล็กๆจำนวนมากเพื่อให้ลมนั่นพุ่งออกยกให้วัตถุลอยตัวขึ้นเล็กน้อย ถ้าปรับรางและเครื่องพ่นลมให้ได้ระดับเหมาะสม วัตถุจะหยุดนิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ได้ เพราะแรงดึงดูดของโลกจะหักล้างกับแรงยกวัตถุในแนวดิ่งพอดี วัตถุจึงเสมือนอยู่ในสภาพที่ไม่มีแรงกระทำ เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ผ่าน Photogate แล้วทำให้เราทราบค่าของความเร็ว ณ ขณะหนึ่ง ในการเคลื่อนที่พร้อมกับใช้นาฬิกาจับเวลาเมื่อวัตถุเคลื่อนที่ผ่าน Photogateและนำค่าที่ได้มาพลอตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว ณ ขณะหนึ่งกับเวลา เพื่อหาความชันของกราฟและค่าที่ได้จากความชัน คือความเร่ง ซึ่งเป็นไปตามหลักของการเครื่อนที่ในแนวเส้นตรงแบบแนวราบ นอกจากนี้เรายังใช้โปรแกรม Visual Basic ในการเก็บค่าความเร็วและเวลาแล้วสามารถแสดงกราฟได้โดยอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1) เพื่อเป็นการศึกษาเรื่องการเคลื่อนที่ตามกฎของนิวตัน

2) ศึกษาการเคลื่อนที่เส้นตรงในแนวราบ โดยใช้ชุดทดลอง Air track

3) เพื่ออธิบายและเข้าใจถึงกระบวนการการทำงานของการเคลื่อนที่

4) สามารถเปรียบเทียบและอธิบายผลการทดลองและทฤษฎีว่ามีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

5) เพื่อเป็นการพัฒนาชุดทดลอง Air track สำหรับใช้ในการศึกษาหาความรู้ภายในห้องปฏิบัติการ

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1) สร้างเป็นชุดทดลองการเคลื่อนที่แนวเส้นตรงในแนวราบ

2) สร้าง photogate เพื่อหาเวลาที่วัตถุเคลื่อนที่ผ่าน

3) หากราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว ณ ขณะหนึ่งกับเวลาที่นาฬิกาจับเวลาได้

1.4 ขั้นตอนการวิจัยและวิธีในการดำเนินงาน

1) แผนดำเนินงานสามารถแบ่งเป็นขั้นตอนต่างๆได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เสนองานวิจัย

ขั้นตอนที่ 2 ศึกษารายละเอียด ทฤษฎี และข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

ขั้นตอนที่ 3 ตั้งสมมติฐานและเตรียมการทดลอง

ขั้นตอนที่ 4 ทำการทดลองและประเมินผลการทดลอง

ขั้นตอนที่ 5 ปรับปรุงการทดลองในส่วนที่ผิดพลาด

ขั้นตอนที่ 6 สรุปการทำวิจัยและแนวทางในการพัฒนาต่อในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินการแต่ละขั้นตอน

ตารางที่ 1.1 การดำเนินการแต่ละขั้นตอน

เดือน / ลำดับ	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
ขั้นตอนที่ 1											
ขั้นตอนที่ 2											
ขั้นตอนที่ 3											
ขั้นตอนที่ 4											
ขั้นตอนที่ 5											
ขั้นตอนที่ 6											

1.5 ประโยชน์คาดว่าจะได้รับ

1) สามารถศึกษาการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงของชุดทดลอง Air track
2) สามารถเปรียบเทียบผลการทดลองและอธิบายข้อที่เหมือนหรือแตกต่างจากผลการทดลองและทฤษฎี
3) เพื่อเป็นชุดทดลองให้กับห้องปฏิบัติการ และคนรุ่นหลังที่สนใจได้ศึกษาเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้เป็นการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบเส้นตรงในแนวราบและศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางกับเวลาที่วัตถุใช้ในการเคลื่อนที่ตลอดจนศึกษาทฤษฎีและการประยุกต์ใช้ Arduino และโปรแกรม Visual basic ซึ่งแสดงดังรายละเอียดต่อไปนี้

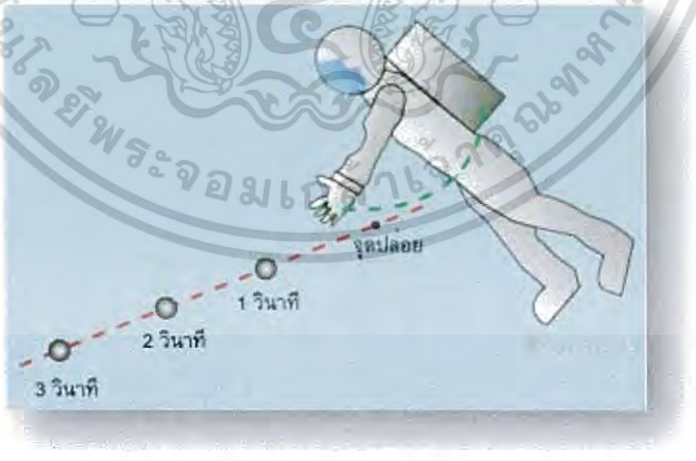
2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง

2.1.1 กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน

เซอร์ ไอแซคนิวตัน (Sir Isaac Newton) นักคณิตศาสตร์ชาวอังกฤษถือกำเนิดใน ปี ค.ศ. 1642 นิวตันสนใจดาราศาสตร์ และประดิษฐ์กล้องโทรทรรศน์แบบสะท้อนแสง (Reflecting telescope) ขึ้นโดยใช้โลหะเงาเว้าในการรวมแสงแทนการใช้เลนส์ในกล้องโทรทรรศน์แบบหักเหแสง (Refracting telescope) นิวตันติดใจในปริศนาที่ว่า แรงอะไรทำให้ผลแอปเปิลตกสู่พื้นดินและตรึงดวงจันทร์ไว้กับโลก สิ่งนี้เองนำเขาไปสู่การค้นพบกฎแรงโน้มถ่วง 3 ข้อดังนี้

กฎข้อที่ 1 กฎของความเฉื่อย (Inertia)

วัตถุถ้าหากว่ามีสภาพหยุดนิ่งหรือเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงด้วยความเร็วคงที่ มันยังจะคงสภาพเช่นนี้ต่อไป หากไม่มีแรงที่ไม่สมดุลจากภายนอกมากระทำ



รูปที่ 2.1 ตัวอย่างกฎของความเฉื่อย (Inertia)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นิวตันอธิบายว่า ในอวกาศไม่มีอากาศ ดาวเคราะห์จึงเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่และมีทิศทางเป็นเส้นตรง เขาให้ความเห็นว่า การที่ดาวเคราะห์โคจรเป็นรูปวงรี เป็นเพราะมีแรงภายนอกมากระทำ (แรงโน้มถ่วงจากดวงอาทิตย์) นิวตันตั้งข้อสังเกตว่า แรงโน้มถ่วงที่ทำให้แอปเปิลตกสู่พื้นดินเป็นแรงเดียวกันกับแรงที่ตรึงดวงจันทร์ไว้กับโลก หากปราศจากซึ่งแรงโน้มถ่วงของโลกแล้ว ดวงจันทร์ก็คงจะเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงผ่านโลกไป

กฎข้อที่ 2 กฎของแรง (Force)

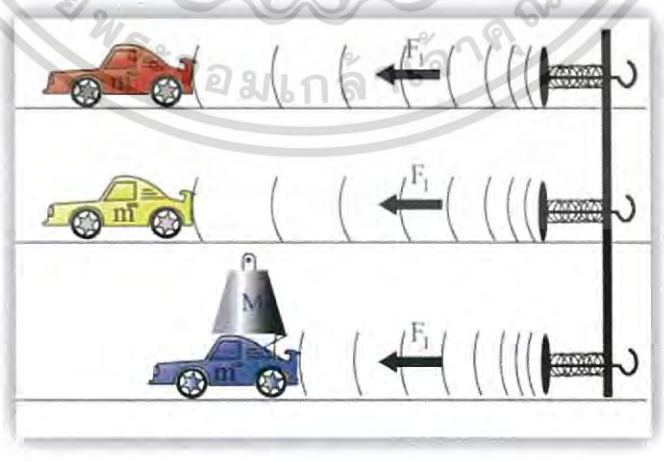
ความเร่งของวัตถุแปรผันตามแรงที่กระทำต่อวัตถุ แต่แปรผกผันกับมวลของวัตถุเช่น ถ้าเราผลักวัตถุให้แรงขึ้น ความเร่งของวัตถุก็จะมากขึ้นตามไปด้วยและถ้าเราออกแรงเท่าๆกัน ผลักวัตถุสองชนิดซึ่งมีมวลไม่เท่ากัน วัตถุที่มีมวลมากจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งน้อยกว่าวัตถุที่มีมวลน้อย ดังนั้น

ความเร่งของวัตถุ = แรงที่กระทำต่อวัตถุ/มวลของวัตถุ

นั่นก็คือ “สมการการเคลื่อนที่ (Equation of Motion)”

$$\vec{F} = m\frac{d\vec{v}}{dt} = ma$$

เมื่อ F คือ แรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุ มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)
m คือ มวลของวัตถุ มีหน่วยเป็นกิโลกรัม (kg)
a คือ ความเร่งมีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที^{2} (m/s^2)



รูปที่ 2.2 ตัวอย่างกฎของแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปเมื่อเราออกแรงเท่ากันเพื่อผลักรถให้เคลื่อนที่ไปข้างหน้า รถที่ไม่บรรทุกของมีมวลน้อยกว่าจึงเคลื่อนที่ด้วยความเร่งมากกว่ารถที่บรรทุกของ

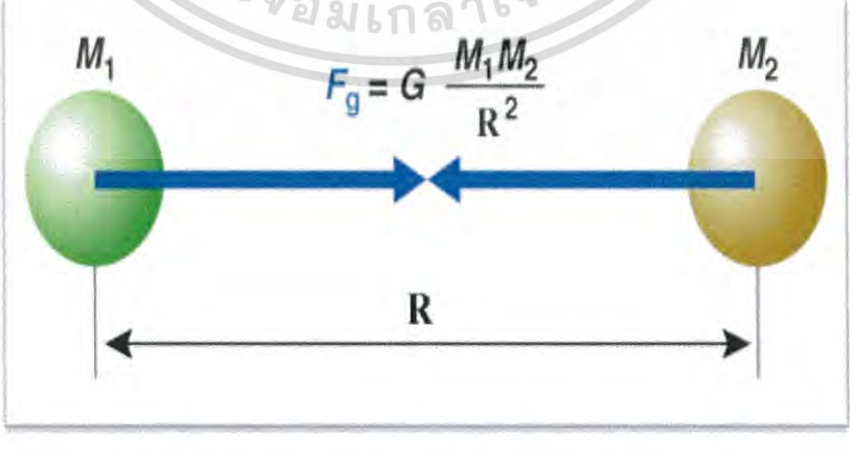
กฎข้อที่ 3 กฎของแรงปฏิกิริยา

แรงที่วัตถุที่หนึ่งกระทำต่อวัตถุที่สอง ย่อมเท่ากับ แรงที่วัตถุที่สองกระทำต่อวัตถุที่หนึ่งแต่ทิศทางตรงข้ามกันหรือ แรงกริยาเท่ากับแรงปฏิกิริยา (Action = Reaction)

รูปที่ 2.3 ตัวอย่างกฎของแรงปฏิกิริยา

2.1.2 กฎของแรงโน้มถ่วงระหว่างกันของนิวตัน

แต่ละจุดมวลในเอกภพจะดึงดูดจุดมวลอื่นๆ ด้วยแรงที่มีขนาดเป็นสัดส่วนโดยตรงกับผลคูณของมวลทั้งสอง และเป็นสัดส่วนผกผันกับค่ากำลังสองของระยะห่างระหว่างกัน นี่คือกฎฟิสิกส์ทั่วไปที่ได้จากการสังเกตการณ์ของไอแซกนิวตัน เป็นส่วนหนึ่งของกลศาสตร์ดั้งเดิม และเป็นส่วนสำคัญอยู่ในงานของนิวตันชื่อ PhilosophiaeNaturalis Principia Mathematica ("the Principia") ซึ่งเผยแพร่ครั้งแรกเมื่อวันที่ 5 กรกฎาคม ค.ศ. 1687



รูปที่ 2.4 ตัวอย่างกฎของแรงโน้มถ่วงระหว่างกันของนิวตัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยสามารถเขียนเป็นสมการคณิตศาสตร์ได้เป็น

$$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$$

เมื่อ F คือแรงดึงดูดระหว่างมวล

r คือระยะห่างระหว่างมวล

m_1 คือมวลก้อนแรก

m_2 คือมวลก้อนที่สอง

G คือ ค่าคงที่โน้มถ่วงสากล เท่ากับ

$6.674\times10{-}11$ นิวตัน เมตร^2 กิโลกรัม$^{-2}$

ซึ่งกฎนี้กำหนดให้มวลสองมวลใดๆ จะต้องมีแรงดึงดูดระหว่างกันและกันเสมอ อย่างไรก็ตามเมื่อวัตถุต่างๆ อยู่บนผิวโลก แรงดึงดูดที่มีขนาดมากพอและมีผลกระทบต่อวัตถุต่างๆ จะมีเฉพาะแรงดึงดูดที่โลกกระทำกับวัตถุต่างๆ เท่านั้น ส่วนแรงระหว่างวัตถุด้วยกันมีค่าน้อยมาก เนื่องจากมวลของวัตถุเหล่านั้นน้อยมากเมื่อเทียบกับมวลของโลก

2.1.3 มวลและน้ำหนัก

มวลเป็นคุณสมบัติของสสาร ซึ่งสามารถใช้เปรียบเทียบการต่อต้านการเคลื่อนที่เมื่อมีแรงมากระทำ ซึ่งมวลนี้เป็นปริมาณสัมบูรณ์ ไม่ว่าจะทำการวัดที่ใดก็ตาม จะต้องมีค่าเท่ากันเมื่อมีมวลมาวางอยู่ในผิวโลก กฎของแรงโน้มถ่วงกำหนดให้มีแรงดึงดูดของโลกกระทำต่อมวลนั้น ขนาดของแรงที่โลกกระทำต่อมวลนั้นเราเรียก น้ำหนัก และเนื่องจากแรงโน้มถ่วงจะขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างมวล ดังนั้นน้ำหนักจึงเป็นปริมาณสัมพัทธ์ สถานที่ใช้วัดน้ำหนักมีผลต่อค่าน้ำหนักที่วัดได้

ความสัมพันธ์ระหว่างมวลและน้ำหนักคือ

$$W = mg$$

เมื่อค่า $g = \frac{GM_{Gobal}}{r^2}$ คือค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก แม้ว่าน้ำหนักจะเปลี่ยนแปลงไปตามสถานที่ แต่การเปลี่ยนแปลงก็ไม่มากนัก ดังนั้นหลายๆครั้งเราจึงประมาณว่าค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงนั้นคงที่ และหากเราต้องการความถูกต้องถึงทศนิยมตำแหน่งที่สอง เราจะให้

$$g = 9.81 \qquad m/s^2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

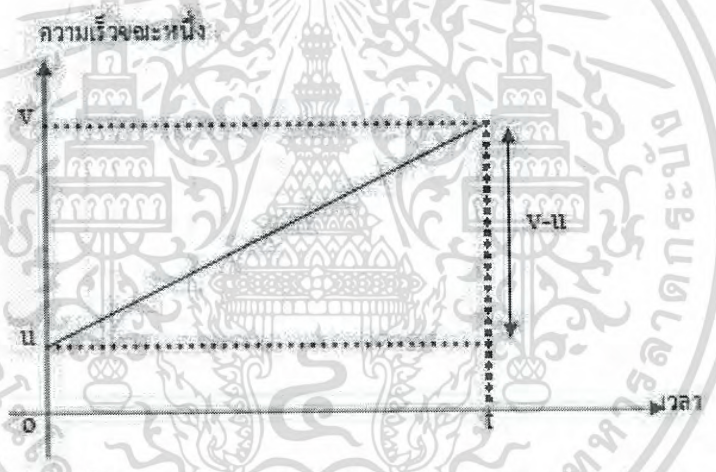
และในระบบหน่วย SI แรงจะมีหน่วยเป็น Newton, Nโดย

$$1N = 1\frac{kg-m}{s^2}$$

นั่นคือมวล $1\ kg$จะมีน้ำหนัก $9.81\ N$นั่นเอง

2.1.4 สมการการการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง

เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงด้วยความเร่งคงตัวโดยเริ่มต้นวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว u ที่เวลาเริ่มต้น t = 0 หลังจากเวลาผ่านไป t วัตถุจะมีความเร็วเป็น v ถ้าเขียนกราฟความเร็วกับเวลาของการเคลื่อนที่ในกรณีนี้เขียนได้ดังรูป (หมายเหตุ ในที่นี้เราพิจารณาวัตถุที่เคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง ดังนั้น ขนาดของระยะทาง=ขนาดของการกระจัด=s)



รูปที่ 2.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเร็วขณะหนึ่ง

จากกราฟ เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว ขนาดของความเร่งหาได้จาก

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$a = \frac{v-u}{t}$$

หรือ $$v = u + at \quad (1)$$

จากสมการที่ (1) เราสามารถหาความเร็วของวัตถุได้ เมื่อเราต้องการหาระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ไป s อาจหาได้จาก

$$s = \overline{v} \times t \quad (2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณี วัตถุมีความเร่งคงตัวกราฟเป็นเส้นตรงเฉียง ขนาดของความเร็วเฉลี่ย$\overline{v}$หาได้จาก$\frac{u+v}{2}$
ดังสมการ (2) เขียนได้เป็น

$$s = \left(\frac{u+v}{2}\right)t \tag{3}$$

เมื่อแทนค่า v จากสมการ (1) ในสมการ (3) จะได้ว่า

$$s = ut + \frac{1}{2}at^2 \tag{4}$$

สมการ (4) บอกความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของการกระจัด ความเร็วต้น ความเร่ง และเวลา จาก
สมการ (1) เราสามารถเขียนได้ว่า $u = v - at$แทนค่าลงในสมการ (3) จะได้ความสัมพันธ์ ดังนี้

$$s = (\frac{v - at + v}{2}) \times t$$

$$s = vt - \frac{1}{2}at^2 \tag{5}$$

หรือจากสมการ (1) เราสามารถเขียนได้เป็น $t = \frac{v-u}{a}$ แทนค่าลงในสมการ (3) จะได้ว่า

$$s = (\frac{u+v}{2})(\frac{v-u}{a})$$

$$s = (\frac{u^2-v^2}{2a})$$

ดังนั้น $$v^2 = u^2 + 2as \tag{6}$$

จากสมการการเคลื่อนที่ ที่เราพิสูจน์มาทั้งหมด เราสามารถสรุปสูตรที่ใช้ในการคำนวณ หาปริมาณที่
เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ได้ดังนี้

$$v = u + at$$

$$s = (\frac{u+v}{2})t$$

$$s = ut + \frac{1}{2}at^2$$

$$v^2 = u^2 + 2as$$

$$s_n = u + \frac{1}{2}a(2n-1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 เซ็นเซอร์ชนิดใช้แสง

โดยทั่วไปใช้ในงานการตรวจจับการเคลื่อนไหว การตรวจจับวัตถุ และการตรวจสอบขนาดรูปร่างของวัตถุ เซนเซอร์ชนิดนี้ทำงานโดยอาศัยหลักการส่งและรับแสง มีส่วนประกอบสำคัญ 2 ส่วน คือ ตัวส่งแสง (Emitter) และตัวรับแสง (Receiver) ลักษณะการตรวจจับเกิดจากการที่ลำแสงจากตัวส่งแสง ส่งไปสะท้อนกับวัตถุหรือถูกขวางกั้นด้วยวัตถุ ส่งผลให้ตัวรับแสงรู้สภาวะที่เกิดขึ้นและเปลี่ยนแปลงสภาวะของสัญญาณทางด้านเอาต์พุตเพื่อนำไปใช้งานต่อไป

อุปกรณ์ที่เป็นตัวรับแสงส่วนใหญ่นิยมใช้โฟโตไดโอด (Photo diode) หรือโฟโตทรานซิสเตอร์ (Photo transistor) ส่วนตัวส่งแสงนั้นโดยทั่วไปใช้ไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode : LED) เนื่องจากการต่อใช้งานร่วมกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทำได้ง่าย สะดวกในการบำรุงรักษา ใช้กระแสไฟฟ้าต่ำ และไม่ได้รับผลกระทบจากสภาวะรอบข้างไม่ว่าจะเป็นสนามแม่เหล็ก ความถี่ ความร้อน ความชื้น หรือการสั่นสะเทือน

2.2.1 โฟโตไดโอด (Photo Diode)

เป็นอุปกรณ์ที่สามารถทำหน้าที่นำกระแสได้เมื่อมีแสงมาตกกระทบที่ตัวอุปกรณ์สัญลักษณ์ของโฟโตไดโอดแสดงดังรูปด้านล่าง

รูปที่ 2.6 สัญลักษณ์ของโฟโตไดโอด

ในขณะที่ไม่มีแสงมาตกกระทบโฟโตไดโอดจะมีกระแสรั่วไหลประมาณ 10 ไมโครแอมป์โฟโตไดโอดเป็นอุปกรณ์ที่มีอิมพีแดนซ์หรือค่ารวมทั้งหมดที่ต้านกระแสในวงจรนั้นสูง เหมาะสำหรับทำงานในวงจรกำลังไฟฟ้าต่ำ

2.2.2 ไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode: LED)

เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำอย่างหนึ่ง จัดอยู่ในจำพวกไดโอด ที่สามารถเปล่งแสงในช่วงสเปกตรัมแคบ เมื่อถูกไบอัสทางไฟฟ้าในทิศทางไปข้างหน้า ปรากฏการณ์นี้อยู่ในรูปของ Electroluminescence สีของแสงที่เปล่งออกมานั้นขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของวัสดุกึ่งตัวนำที่ใช้ และเปล่งแสงได้ใกล้ช่วงอัลตราไวโอเลต ช่วงแสงที่มองเห็น และช่วงอินฟราเรด ผู้พัฒน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไดโอดเปล่งแสงขึ้นเป็นคนแรก คือ นิกโฮโลยัก (Nick Holonyak Jr.) (เกิด ค.ศ. 1928) แห่งบริษัทเจเนรัลอิเล็กทริก (General Electric Company) โดยได้พัฒนาไดโอดเปล่งแสงในช่วงแสงที่มองเห็นและสามารถใช้งานได้ในเชิงปฏิบัติเป็นครั้งแรก เมื่อ ค.ศ. 1962

แบ่งประเภทของ LED ตามความยาวคลื่นของแสงได้ดังนี้

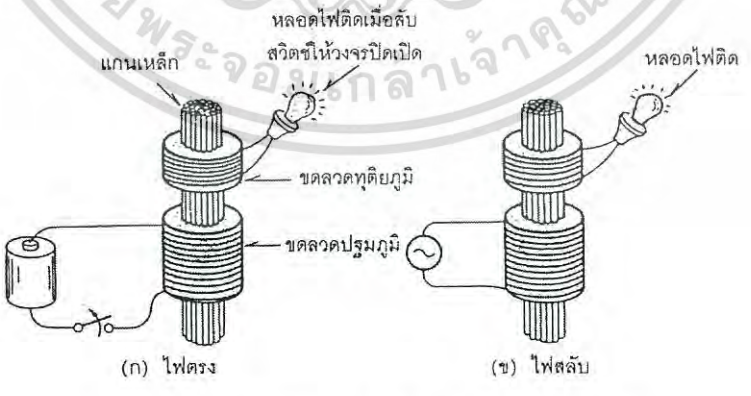
- LED แบบแสงอินฟราเรด มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 910-950 nm ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ให้ความเข้มของแสงสูงและระยะส่งไกล แต่ไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างของสีได้
- LED แบบแสงสีแดง มีความยาวคลื่นประมาณ 650 nm มองเห็นได้ด้วยตาเปล่าความเข้มของแสงอยู่ในระดับปานกลาง สามารถตรวจจับพื้นผิวที่มีสีดำ สีน้ำเงินและสีเขียวบนพื้นสีขาวได้ดี
- LED แบบแสงสีเขียว มีความยาวคลื่นประมาณ 560 nm ให้ความเข้มของแสงต่ำ มีระยะการตรวจจับที่ไม่ไกล สามารถตรวจจับพื้นที่สีแดงบนพื้นสีขาวได้ดี

2.3 หลักการของหม้อแปลง

หม้อแปลง เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับแปลงค่าแรงดันไฟฟ้าสลับให้มีค่าสูงต่ำได้ตามต้องการ

2.3.1 การทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า

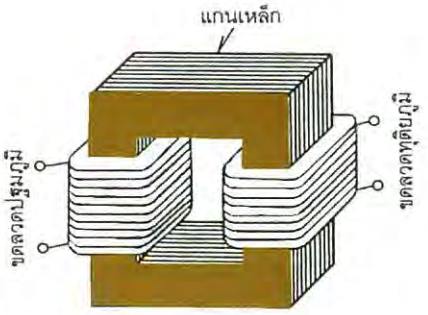
เมื่อต่อขดลวดปฐมภูมิกับกับไฟสลับ และต่อขดลวดทุติยภูมิกับหลอดไฟฟ้า หลอดไฟจะติดอยู่ตลอดเวลา เนื่องจากไฟสลับมีแรงดันไฟฟ้าที่มีขนาดและทิศทางเปลี่ยนแปลงด้วยช่วงเวลาที่แน่นอนตลอดเวลา ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์แม่เหล็กในลักษณะเดียวกัน ดังนั้นจึงเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าในขดลวดทุติยภูมิตลอดเวลา แรงดันไฟฟ้าสลับที่ป้อนให้กับขดลวดปฐมภูมิจึงถูกถ่ายทอดให้แก่ขดลวดทุติยภูมิ



รูปที่ 2.7 หลักการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า

โครงสร้างของหม้อแปลงไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้งานจริง ๆ มีแกนเหล็กที่ประกอบด้วยชิ้นเหล็กบาง ๆ ขนาด 0.35 มิลลิเมตร ประกบซ้อนกันเป็นรูปวงสี่เหลี่ยม และมีขดลวดพัน 2 ชุด ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 ขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิ

หม้อแปลงที่ใช้งานกันจริง ๆ มีแกนเหล็กที่ประกอบด้วยชิ้นเหล็กบาง ๆ ขนาด 0.35 มิลลิเมตร ประกอบซ้อนกันเป็นรูปวงสี่เหลี่ยม และมีขดลวดพัน 2 ชุด คือขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิพันอยู่ดังรูป

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัน กระแสของลวด กับจำนวนรอบการพันของขดลวดปฐมภูมิและทุติยภูมิ เมื่อใส่แรงดันไฟสลับ 100 โวลต์ แก่ขดลวดปฐมภูมิที่พัน 200 รอบ N_1 และต่อโหลดกับขดลวดทุติยภูมิที่พัน 20 รอบ N_2 แล้ววัดแรงดันและกระแสของขดลวดปฐมภูมิและทุติยภูมิได้ผลดังนี้

แรงดันปฐมภูมิ V = 100 V แรงดันทุติยภูมิ V = 10 V

กระแสปฐมภูมิ I = 1 A กระแสทุติยภูมิ I = 10 A

อัตราส่วนระหว่างแรงดันปฐมภูมิและแรงดันทุติยภูมิกับอัตราส่วนระหว่างจำนวนรอบของขดลวดมีความสัมพันธ์กันดังนี้

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{100}{100} = 10 \qquad \frac{N_1}{N_2} = \frac{200}{20} = 10$$

หรือ อัตราส่วนแรงดัน = อัตราส่วนจำนวนที่พันรอบ

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันและกระแสในขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิเป็นดังนี้

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{\text{จำนวนรอบของขดลอดทุติยภูมิ} N_1}{\text{จำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิ} N_2}$$

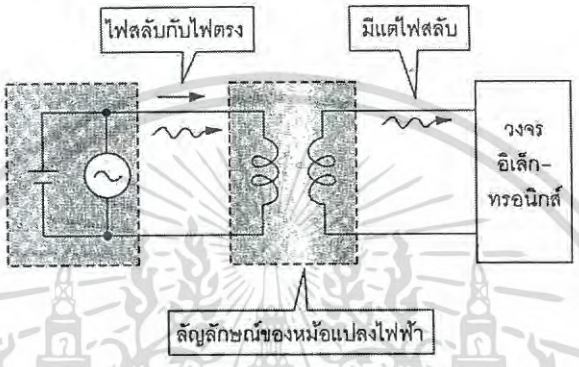
และความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของกระแสและอัตราส่วนของจำนวนรอบเป็นดังนี้

$$\text{อัตราส่วนของกระแส} = \frac{I_2 N_1}{I_2 N_2} \frac{1}{\text{อัตรส่วนของจำนวนรอบ}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 การทำงานต่าง ๆ ของหม้อแปลงไฟฟ้า

หม้อแปลงไฟฟ้าไม่ได้ทำหน้าที่เพิ่ม-ลดแรงดันไฟฟ้าเท่านั้น แต่ใช้ประโยชน์มากในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เช่น เมื่อมีแรงดันไฟผสมระหว่างไฟสลับกับไฟตรงใส่เข้าทางขดลวดปฐมภูมิ ไฟตรงจะไม่ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำร่วมกัน จึงไม่สามารถส่งทอดแรงดันนั้นแก่ลวดทุติยภูมิได้ แต่ไฟสลับนั้นจะผ่านไปยังขดลวดทุติยภูมิได้ หม้อแปลงไฟฟ้าสามารถแยกไฟสลับออกจากแรงดันไฟฟ้าที่ผสมกันระหว่างไฟสลับและไฟตรงได้ นอกจากนี้หม้อแปลงไฟฟ้ายังสามารถทำหน้าที่ส่งกระแสที่มีความถี่สูง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 2.9 การทำงานต่างๆของหม้อแปลงไฟฟ้า

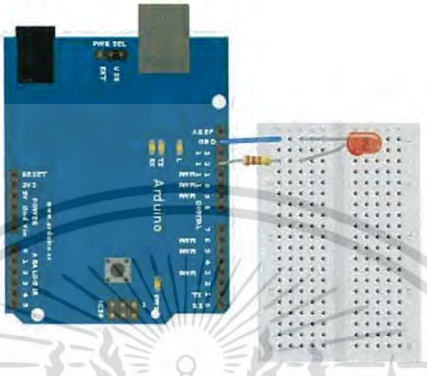
2.4 หลักการของ Arduino

2.4.1 ที่มาของ Arduino

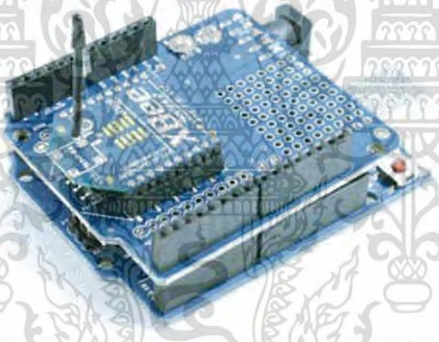
Arduino เป็นภาษาอิตาลี ซึ่งใช้เป็นชื่อของโครงการพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR แบบ Open Source ที่ได้รับการปรับปรุงมาจากโครงการพัฒนา Open Source ของ AVR อีกโครงการหนึ่งที่ชื่อว่า “Wiring”แต่เนื่องจากโครงการของ “Wiring” เลือกใช้ AVR เบอร์ ATmega128 ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่มีจำนวนของหน่วยความจำ และ I/O ค่อนข้างมาก และที่สำคัญ ATmega128 เป็นชิพที่มีตัวถังแบบ SMD จึงทำให้เป็นอุปสรรคสำหรับผู้เริ่มต้นในการสร้างบอร์ดและต่อวงจรขึ้นมาใช้งานกันเอง และบอร์ดจะมีขนาดค่อนข้างใหญ่ ซึ่งอาจดูว่าเกินความจำเป็นสำหรับผู้เริ่มต้น จึงไม่ค่อยได้รับความนิยมเท่าที่ควร แต่หลังจากที่ทีมงาน ArduinoนำSource Code ของ “Wiring”มาพัฒนาปรับปรุงใหม่โดยให้สามารถใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ขนาดเล็กอย่าง Mega8 และ Mega168 ได้ จึงทำให้ระบบวงจรของบอร์ดมีขนาดเล็กลงกว่า “Wiring” มากและยังใช้อุปกรณ์น้อยชิ้น ทำให้ง่ายต่อการต่อวงจรใช้งานกันเอง และยังประหยัดต้นทุนในการสร้างบอร์ดไปได้มาก ด้วยเหตุนี้เองที่ทำให้ “Arduino” ได้รับความนิยมจากผู้ใช้งานทั่วโลกเป็นอย่างมาก ในระยะเวลาอันรวดเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากArduinoเป็นภาษา อิตาลี ซึ่งมีสำเนียงการอ่านออกเสียงที่เป็นรูปแบบเฉพาะ และยังไม่มีการกำหนดเป็นภาษาไทยขึ้นมาอย่างเป็นทางการ ถึงแม้ว่า Arduinoจะเป็นที่รู้จักของคนไทยมาระยะเวลาหนึ่งแล้วก็ตามที แต่ก็ยังไม่มีคำอ่านที่เป็นภาษาไทย อย่างเป็นทางการว่า คำๆนี้ควรอ่านออกเสียงเป็นไทยว่าอย่างไร บางคนอ่านว่า อาร์-ดู-วี-โน่ บางคนอ่านว่า อา-เดีย-โน บางคนอ่านว่า เอ-อา-ดู-ไอ-โน และอีกมากมาย



รูปที่ 2.10 บอร์ด Arduino ต่อกับ LED

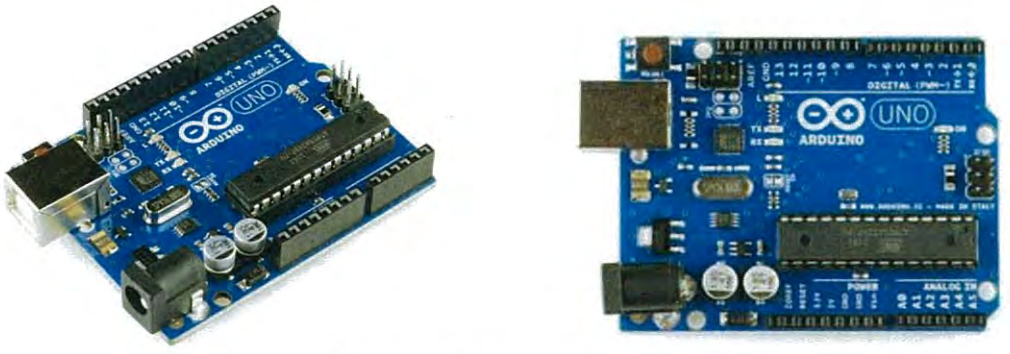


รูปที่ 2.11 บอร์ด Arduinoต่อกับ XBee Shield

2.4.2 ชนิดและความเหมาะสมในการใช้งานของ Arduino

1) Arduino Uno R3 เป็นบอร์ด Arduino ที่ได้รับความนิยมมากที่สุด เนื่องจากราคาไม่แพง ส่วนใหญ่โปรเจคและ Library ต่างๆ ที่พัฒนาขึ้นมา สนับสนุน จะอ้างอิงกับบอร์ดนี้เป็นหลัก และกรณีที่ MCU เสีย ผู้ใช้งานสามารถซื้อมาเปลี่ยนเองได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 บอร์ด Arduino Uno R3

2) Arduino Uno SMD เป็นบอร์ดที่มีคุณสมบัติและการทำงานเหมือนกับบอร์ด Arduino UNO R3 ทุกประการ แต่จะแตกต่างกับที่ Package ของ MCU ซึ่งบอร์ดนี้จะมี MCU ที่เป็น Package SMD (Arduino UNO R3 มี MCU ที่เป็น Package DIP)

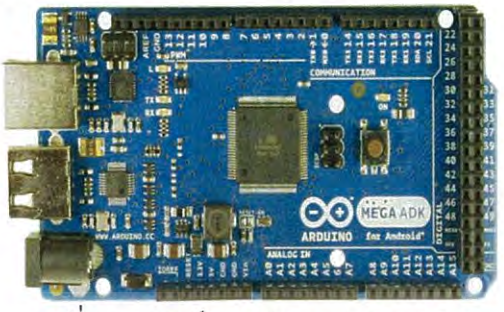
รูปที่ 2.13 บอร์ดArduino Uno SMD

3) Arduino Mega 2560 R3 เป็นบอร์ด Arduino ที่ออกแบบมาสำหรับงานที่ต้องใช้ I/O มากกว่า Arduino Uno R3 เช่น งานที่ต้องการรับสัญญาณจาก Sensor หรือควบคุมมอเตอร์ Servo หลายๆ ตัว ทำให้ Pin I/O ของบอร์ด Arduino Uno R3 ไม่สามารถรองรับได้ ทั้งนี้บอร์ด Mega 2560 R3 ยังมีความหน่วยความจำแบบ Flash มากกว่า Arduino Uno R3 ทำให้สามารถเขียนโค้ดโปรแกรมเข้าไปได้มากกว่า ในความเร็วของ MCU ที่เท่ากัน

รูปที่ 2.14 บอร์ด Arduino Mega 2560 R3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) Arduino Mega ADK เป็นบอร์ดที่ออกแบบมาให้บอร์ด Mega 2560 R3 สามารถติดต่อกับอุปกรณ์ Android Deviceผ่านพอร์ตUSB Host ของบอร์ดได้



รูปที่ 2.15 บอร์ด Arduino Mega ADK

5) Arduino Leonardo การทำงานจะคล้ายกับบอร์ด Arduino Uno R3 แต่มีการเปลี่ยน MCU ตัวใหม่เป็น ATmega32U4 ซึ่งมีโมดูลพอร์ต USB มาด้วยบนชิป (แตกต่างจากบอร์ด Arduino UNO R3 หรือ Arduino Mega 2560 ที่ต้องใช้ชิป ATmega16U2 ร่วมกับ Atmega328 ในการเชื่อมต่อกับพอร์ต USB)

รูปที่ 2.16 บอร์ด Arduino Leonardo

6) Arduino Mini 05 เป็นบอร์ด Arduinoขนาดเล็กที่ใช้ MCU เบอร์ ATmega328 เบอร์เดียวกับบอร์ด Arduino UNO R3

รูปที่ 2.17 บอร์ด Arduino Mini 05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7) Arduino Pro Mini 328 3.3V เป็นบอร์ด Arduino ขนาดเล็ก ที่ใช้ MCU เบอร์ ATmega328 ซึ่งจะคล้ายกับบอร์ด Arduino Mini 05 แต่บนบอร์ดจะมี Regulator 3.3 V ชุดเดียวเท่านั้น ระดับแรงดันไฟที่ขา I/O คือ 3.3V

รูปที่ 2.18 บอร์ดArduino Pro Mini 328 3.3V

8) Arduino Pro Mini 328 5V เป็นบอร์ด Arduino ขนาดเล็ก ที่ใช้ MCU เบอร์ ATmega328 เช่นเดียวกับบอร์ด Arduino Mini 05 แต่บนบอร์ดจะมี Regulator 5V ชุดเดียวเท่านั้น ระดับแรงดันไฟที่ขา I/O คือ 5V

รูปที่ 2.19 บอร์ดArduino Pro Mini 328 5V

9) Arduino Ethernet with PoE module เป็นบอร์ด Arduino ที่ใช้ MCU เบอร์เดียวกับ Arduino Uno SMD ในบอร์ดมีชิป Ethernetและช่องสำหรับเสียบ SD Card รวมทั้งโมดูล POE ทำให้บอร์ดนี้สามารถใช้แหล่งจ่ายไฟจากสาย LAN ได้โดยตรง โดยไม่ต้องต่อ Adapter เพิ่ม แต่บอร์ด Arduino Ethernet with PoE module นี้จะไม่มีพอร์ต USB ทำให้เวลาโปรแกรมต้องต่อบอร์ด USB toSerial Converter เพิ่มเติม

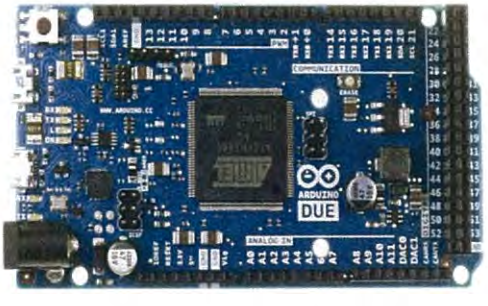
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.20 บอร์ด Arduino Ethernet with PoE module

10) Arduino Ethernet without PoE module บอร์ดนี้จะตัดโมดูล POE ออกไป ต้องใช้ไฟจากพอร์ต Power Jack เท่านั้น คุณสมบัติอื่นๆ จะเหมือนกับบอร์ด Arduino Ethernet with PoE module

รูปที่ 2.21 บอร์ด Arduino Ethernet without PoE module

11) Arduino Due เป็นบอร์ด Arduino ที่เปลี่ยนชิป MCU ใหม่ ซึ่งจากเดิมเป็นตระกูล AVR เปลี่ยนเป็นเบอร์ AT91SAM3X8E (ตระกูลARM Cortex-M3) แทน ทำให้การประมวลผลเร็วขึ้น แต่ยังคงรูปแบบโค้ดโปรแกรมของ Arduino ที่ง่ายอยู่ แต่เนื่องจาก MCU เป็นคนละเบอร์กับ Arduino Uno R3 อาจจะทำให้บอร์ด Shield บางตัวหรือ Library ใช้ร่วมกันกับบอร์ด Arduino Leonardo ไม่ได้ ผู้ใช้งานจำเป็นต้องตรวจสอบก่อนใช้งาน



รูปที่ 2.22 บอร์ด Arduino Due

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3จุดเด่นที่ทำให้บอร์ด Arduinoเป็นที่นิยม

Arduinoมีจุดเด่นในเรื่องของความง่ายในการเรียนรู้และใช้งาน เนื่องจากมีการออกแบบคำสั่งต่างๆขึ้นมาสนับสนุนการใช้งานด้วยรูปแบบที่ง่ายไม่ซับซ้อน ซึ่งถึงแม้ว่า Arduinoเองจะมีรูปแบบการใช้งาน คล้ายๆกันกับไมโครคอนโทรลเลอร์อย่าง Basic Stamp ของ Parallax, Bx-24 ของ Netmadias และ Handy Board ของ MIT แต่ก็มีจุดเด่นกว่าของรายอื่นๆหลายอย่าง เป็นต้นว่า

- ราคาไม่แพง เนื่องจากมี Source Code และวงจร แจกให้ฟรี สามารถต่อวงจรขึ้นมาใช้งานได้เอง
- มีการเปิดเผยวงจรและ Source Code ทั้งหมด ทำให้สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเพิ่มเติมได้ตามความต้องการทั้ง Hardware และ Software
- โปรแกรมที่ใช้พัฒนาของ Arduinoรองรับการทำงานทั้ง Widows ,Linux และ Macintosh OSX
- มีรูปแบบคำสั่งที่ง่ายต่อการใช้งาน แต่สามารถนำไปใช้งานจริงๆที่มีความซับซ้อนมากๆได้ และยังสามารถสร้างคำสั่งและ Library ใหม่ๆ ขึ้นมาใช้งานเองได้ เมื่อมีความชำนาญมากขึ้นแล้ว

Arduino เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยใช้ AVR ขนาดเล็กเป็นตัวประมวลผลและสั่งงานเหมาสำหรับนำไปใช้ในการศึกษาเรียนรู้ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ และนำไปประยุกต์ใช้งานเกี่ยวกับการควบคุมอุปกรณ์ Input/output ต่างๆ ได้มากมาย ทั้งในแบบที่เป็นการทำงานตัวเดียวอิสระ หรือเชื่อต่อสั่งงานร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆ เช่น คอมพิวเตอร์ PC ทั้งนี้ก็เนื่องมากจากว่า Arduino สนับสนุนการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ Input/output ต่างๆได้มากมาย ทั้งแบบ Digital และ Analogเช่น การรับค่าจากสวิตช์ หรือ อุปกรณ์ตรวจจับ (Sensor) แบบต่างๆ รวมไปถึง การควบคุมอุปกร ณ์ Output ต่าง ตั้งแต่ LED, หลอดไฟ, มอเตอร์, รีเลย์ ฯลฯ โดยระบบฮาร์ดแวร์ของ Arduino สามารถสร้างและประกอบขึ้นใช้งานได้เอง ในกรณีที่ผู้ใช้พอมีความรู้ด้านอิเล็กทรอนิกส์อยู่บ้าง หรือ สามารถซื้อแผงวงจรสำเร็จรูปที่มีการผลิตออกจำหน่ายกันในราคาที่ไม่แพง สำหรับเรื่องของโปรแกรมที่จะใช้เป็นเครื่องมือในการพัฒนานั้น สามารถ Download ,ใช้งานกันได้ฟรีๆ โดยไม่เสียค่าใช้จ่ายใดๆ โดย Arduino มีจุดเด่น ในเรื่องของความง่ายต่อการพัฒนาโปรแกรมและมีเอกสารข้อมูลรวมทั้งตัวอย่างต่างๆให้ใช้เป็นแนวทางในการศึกษาเรียนรู้เป็นจำนวนมาก เนื่องจาก Arduino เป็นระบบการพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ Open Source ซึ่งมีการตีพิมพ์เอกสารต่างๆที่เกี่ยวข้องออกมาเผยแพรให้ได้รับรู้เป็นระยะๆ รวมทั้งการเปิดเผย Source Code และตัวอย่างต่างๆ ให้ผู้ใช้นำไปใช้งาน หรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พัฒนาดัดแปลงต่อยอดได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย ด้วยเหตุนี้จึงมีผู้คนทั่วไปให้ความสนใจและนำไปศึกษาทดลองใช้งานกันมากมาย มีการนำไปดัดแปลงและสร้างเป็นโครงงาน แบบต่างๆกันเป็นจำนวนมาก จึงเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับผู้เริ่มต้นที่สามารถนำเอาตัวอย่างและโครงงานต่างๆที่คนอื่นทำไว้แล้วมาใช้อ้างอิงเป็นแนวทางในการศึกษาเรียนรู้ได้โดยง่ายและที่สำคัญคือ ฟรี ไม่เสียค่าใช้จ่าย

2.4.4 เปรียบเทียบ ภาษาซี กับ Arduino

โปรแกรมภาษาของ Arduino จะใช้ภาษา C++ ซึ่งเป็นรูปแบบของโปรแกรมภาษาซีประยุกต์แบบหนึ่ง ที่มีโครงสร้างของตัวภาษาโดยรวมใกล้เคียงกันกับ ภาษาซีมาตรฐาน (ANSI-C) อื่นๆ เพียงแต่ได้มีการปรับปรุงรูปแบบในการเขียนโปรแกรมบางส่วนที่ผิดเพี้ยนไปจาก ANSI-C เล็กน้อย เพื่อช่วยลดความยุ่งยากในการเขียนโปรแกร มและให้ผู้เขียนโปรแกรมสามารถเขียนโปรแกรมได้ง่ายและสะดวกมากขึ้นกว่าการเขียนภาษาซีตามแบบมาตรฐานของ ANCI-C โดยตรง สำหรับภาษาซีที่มีการใช้งานกันอยู่ในแวดวงของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ปัจจุบันนั้นจะมีอยู่มากมายหลายยี่ห้อ ทั้งแบบที่แจกจ่ายให้ใช้งานกันฟรีๆ และแบบเสียเงินซื้อด้วยระดับราคาต่างๆ

โดยประวัติความเป็นมาของภาษาซีนั้น ถูกบันทึกไว้ว่า ภาษาซี (C Programming Language) นั้น ถูกพัฒนาขึ้นมาในปี ค .ศ.1970 โดย Dennis Ritchie แห่ง Bell Laboratories ซึ่งในช่วงแรกๆ ภาษาซีถูกใช้งานเฉพาะแต่ในห้องปฏิบัติการของ Bell จนกระทั่งปี 1978 Brian Kerninghan กับ Dennis Ritchie จึงได้ออกหนังสือ กำหนดมาตรฐานของภาษาซี ออกมาเผยแพร่ข้อกำหนดนี้ ถูกเรียกว่า K&R C ทำให้ภาษาซีเริ่มเป็นที่รู้จักของคนทั่วไปกันมากขึ้น จนกระทั่งปี 1980 ภาษาซี ก็ได้รับความนิยมมากขึ้นเป็นลำดับ จนได้มีการพัฒนาโปรแกรมที่ใช้ในการแปลภาษาซี (C-Compiler) ออกมาใช้งานกันอย่างแพร่หลาย ซึ่งสิ่งที่ทำให้ภาษาซีได้รับความนิยมในเวลาอันรวดเร็วก็เนื่องจากว่า ภาษาซีมีความได้เปรียบและมีความอ่อนตัวในการใช้งานที่เหนือกว่าภาษาอื่นๆ คือ ภาษาซี สามารถนำไปใช้งานบนระบบฮาร์ดแวร์ที่ใช้งานอยู่ ส่วนเรื่องรูปแบบในการเขียนโปรแกรมจะเป็นมาตรฐานอันเดียวกัน จนบางครั้ง อาจสามารถย้ายโปรแกรมจากระบบฮาร์ดแวร์หนึ่งไปใช้งานกับอีกระบบหนึ่งได้ ทำให้ไม่ต้องเสียเวลาในการศึกษาโปรแกรมใหม่ให้เสียเวลา เนื่องจากว่าภาษาซี เป็นภาษาที่มีรูปแบบการใช้งานที่ง่าย คือ มีแต่ข้อกำหนดในการงาน หรือ Syntax แต่ไม่มีฟังก์ชันสำเร็จรูป (Built-in Function) ใดๆรวมอยู่ในตัวของภาษาด้วย โดยส่วนที่เป็นฟังก์ชั่นการใช้งานต่างๆ เช่น การดำเนินการเกี่ยวกับ Input/output การจองหน่วยความจำ (Memory Allocation) เป็นหน้าที่ของผู้ใช้ที่จะต้องสร้างขึ้นใช้งานเอง หรือ ในบางครั้งก็อาจใช้วิธีการเรียกใช้ฟังก์ชันที่ผู้ผลิตตัวแปลคำสั่ง (C-Compiler) สร้างเตรียมไว้ให้ใช้งานในรูปแบบของ Library Function ซึ่งคำสั่งหรือฟังก์ชั่นส่วนที่เป็น Library Function นี้เอง ที่เป็นสาเหตุทำให้ภาษาซี มีความแตกต่างกัน เพียงแต่ว่าในบางครั้ง ผู้ใช้จะแบ่งแยกไม่ออกว่า อันไหนเป็นคำสั่งส่วนมาตรฐานของภาษาซี อันไหนเป็นส่วนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สร้างขึ้นมาใหม่

ด้วยเหตุที่ภาษาซี เป็นที่นิยมใช้งานกันอย่างแพร่หลายมากขึ้น จึงทำให้มีผู้ผลิต Compiler ของภาษาซี เกิดขึ้นมากมาย ทั้งแบบที่แจกจ่ายให้ใช้งานกันฟรี และแบบที่จำหน่ายเพื่อการค้า สาเหตุของการแข่งขันกันนี้เองที่ทำให้เริ่มมีการเพิ่มเติมความสามารถและลูกเล่นต่างๆ ให้กับภาษาซีมากขึ้น เพื่อหวังดึงดูดใจผู้ซื้อและเป็นจุดขาย ทำให้ภาษาซีเริ่มมีความแตกต่างกันในแต่ละผู้ผลิต จนทำให้เหล่าผู้ใช้เกิดความสับสนกันเป็นอย่างมาก ดังนั้น ทาง American National Standard Institute (ANSI) จึงได้ทำการตั้งข้อกำหนดมาตรฐานของภาษาซีขึ้น โดยเรียกกันว่า "ANSI-C" เพื่อใช้เป็นข้อบังคับและคงมาตรฐานของภาษาซีไว้ไม่ให้เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม โดยทุกผู้ผลิตจะต้องสร้างตัวแปลภาษาให้มีคุณสมบัติการใช้งานขึ้นพื้นฐานที่เป็นสิ่งเดียวกัน ตามข้อกำหนดของ ANSI สำหรับส่วนของคำสั่งที่จะมีการสร้างเพิ่มเติมขึ้นมาใช้งานใหม่นั้นให้เป็นสิทธิของผู้ผลิตแต่ละรายที่สร้างขึ้นมาใหม่ แต่จะไม่ถือเอาส่วนคำสั่งที่มีการสร้างขึ้นมาเพิ่มเติมนั้นว่าเป็นส่วนของ ANSI-C ด้วย ดังนั้นเมื่อจะใช้งานภาษซีตัวใน ก็ขอให้ผู้อ่านศึกษารายละเ อียดทางด้านคุณสมบัติของตัวภาษานั้นๆด้วย ว่ามีคุณสมบัติการใช้งานที่รองรับคำสั่งของ ANSI-C หรือไม่ มีข้อยกเว้นอย่างไรบ้าง และมีการสร้างคำสั่งหรือเพิ่มเติมความสามารถมากกว่า ANSI-C อย่างไรบ้าง ซึ่งถ้าโปรแกรมที่เขียนขึ้นนั้น เลือกใช้เฉพาะคำสั่งที่เป็น ANSI-C ทั้งหมด จะทำให้สามารถย้าย Code โปรแกรม จากระบบฮาร์ดแวร์แบบหนึ่งเพื่อไปใช้งานกับอีกระบบฮาร์ดแวร์แบบหนึ่งได้ทันที แต่ถ้าใน Code โปรแกรมนั้นมีการใช้คำสั่งที่นอกเหนือไปจากคำสั่งของ ANSI-C แล้ว ก็จะไม่สามารถใช้ได้ทันที ต้องมีการปรับแก้ Code กันใหม่เป็นบางส่วน หรือต้องสร้างคำสั่งบางส่วนขึ้นมาทดแทน จึงจะสามารถใช้งานได้ ซึ่งส่วนของคำสั่งที่เป็นภาษาซีตามมาตรฐานของ ANSI-C จะมี 32 คำสั่ง คือ

auto break case char const continue default do
else double enum for extern float register return
goto if short int signed long sizeof static
struct switch union void typedef unsigned volatile while

คำสั่งทั้ง 32 คำสั่งนี้ ไม่ว่าจะอยู่บน C-Compiler ตัวใดก็จะต้องมีข้อกำหนดและรูปแบบการใช้งานของคำสั่งที่เหมือนกันทั้งหมด ยกเว้นว่า C-Compiler ตัวนั้น ไม่รองรับคำสั่งของ ANSI-C ทั้งหมด ซึ่งส่วนนี้ต้องดูจากคุณสมบัติของภาษาซีที่จะใช้ว่าเป็นอย่างไร ดังนั้น ในการศึกษาภาษาซีนั้น จำเป็นต้องศึกษาโครงสร้าง ข้อกำหนด และรูปแบบการใช้งานของคำสั่งที่เป็น ANSI-C ทั้ง 32 คำสั่งนี้ไว้ก่อนเป็นอันดับแรก ซึ่งจะเป็นพื้นฐานและเป็นประโยชน์อย่างมาก และยังสามารถที่จะนำความรู้ที่ได้ไปใช้งานได้กับ C-Compiler ทุกยี่ห้อ ที่รองรับมาตรฐานของ ANSI-C ได้ทั้งหมด แล้วค่อยไปศึกษาเพิ่มเติมใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรื่องของลูกเล่น คำสั่งเพิ่มเติม และความสามารถอื่นๆในส่วนที่แตกต่างกันของ C-Compiler

สำหรับการเขียนโปรแกรมของ Arduinoนั้นจะใช้ภาษา C++ ซึ่งเป็นรูปแบบภาษซีประยุกต์แบบหนึ่ง ที่มีโครงสร้างการทำงานของตัวภาษาโดยรวม คล้ายกับ ภาษาซีมาตรฐาน (ANSI-C) ทั่วๆไป เพียงแต่ได้มีการปรับปรุงเพื่อลดความยุ่งยากในการใช้งานลง เพื่อให้ผู้ใช้สามารถใช้งานและเขียนโปรแกรมได้ง่ายและสะดวกมากกว่าเขียนภาษาซีแบบมาตรฐาน โดยตรง ซึ่งในความเป็นจริงแล้ว ในการเขียนโปรแกรมของ Arduino เราสามารถใช้คำสั่งต่างๆที่เป็นคำสั่งตามมาตรฐานของ ANSI-C เข้ามาใช้ในการเขียนโปรแกรมได้ทันที โดยรูปแบบการเขียนโปรแกรม และการใช้งานคำสั่งต่างนั้น สามารถอ้างอิงจากหนังสือ ตำรา ของภาษาซีมาตรฐาน ANSI-C ได้โดยตรง

2.4. 5 การเขียนโปรแกรมบน Aruduino

2.4.5.1 โครงสร้างการเขียนโปรแกรม ภาษาซี ของ Arduino

ภาษาซีของ Arduino จะจัดแบ่งรูปแบบโครงสร้างของการเขียนโปรแกรมออกเป็นส่วนย่อยหลายๆส่วน โดยเรียกแต่ละส่วนว่า ฟังก์ชัน และเมื่อนำฟังก์ชันมารวมเข้าด้วยกัน ก็จะเรียกว่าโปรแกรม โดยโครงสร้างการเขียนโปรแกรมของ Arduino นั้น ทุกๆโปรแกรมจะต้องประกอบไปด้วยฟังก์ชันจำนวนเท่าใดก็ได้ แต่อย่างน้อยที่สุดต้องมีฟังก์ชัน จำนวน 2 ฟังก์ชัน คือ setup() และ loop() ดังตัวอย่าง

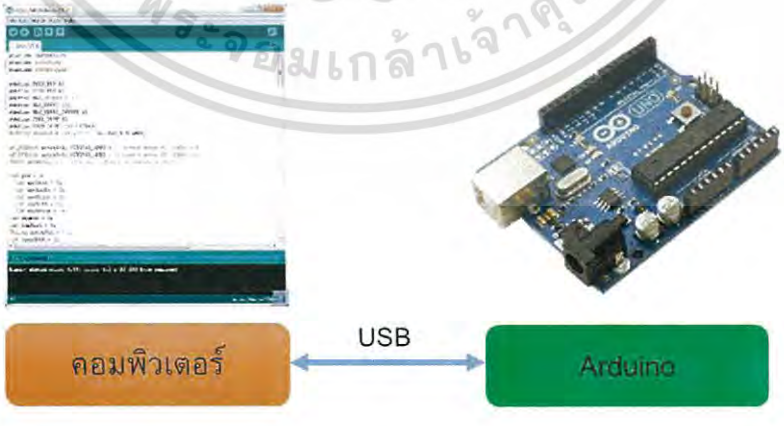
```
#include<Servo.h>          //สั่งผนวกไฟล์ ชื่อ Servo.hเข้ามาใช้ในโปรแกรม
int Servo1=9;              //กำหนดให้ Servo1 แทน Pin Digital-9
Servo myservo;             //สร้าง object ชื่อ myservoเพื่อควบคุม Servo
void setup()
{  myservo.attach(Servo1);  //กำหนดให้ใช้ขา Digital-9 สร้างสัญญาณควบคุม Servo
}
void loop()
{  myservo.write(180);      //กำหนดคำตำแหน่งให้กับ Servo = 180 องศา
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นได้ว่าโครงสร้างพื้นฐานของภาษาซีที่ใช้กับ Arduinoนั้น จะประกอบไปด้วย 3 ส่วนใหญ่ๆ ด้วยกัน คือ

- **Header**ในส่วนนี้จะมีหรือไม่มีก็ได้ ถ้ามีต้องกำหนดไว้ในส่วนเริ่มต้นของโปรแกรม ซึ่งส่วนของ Header ได้แก่ ส่วนที่เป็น Compiler Directive ต่างๆ รวมไปถึงส่วนของการประกาศตัวแปร ค่าคงที่ต่างๆที่จะใช้ในโปรแกรม
- **Setup()**ในส่วนนี้เป็นฟังก์ชันบังคับที่ต้องกำหนดให้มีในทุกๆโปรแกรม ถึงแม้ว่าในบางโปรแกรมจะไม่ต้องการใช้งานก็ยังจำเป็นต้องประกาศไว้ด้วยเสมอ เพียงแต่ไม่ต้องเขียนคำสั่งใดๆไว้ในระหว่างวงเล็บปีกกา { } ที่ใช้เป็นตัวกำหนดขอบเขตของฟังก์ชัน โดยฟังก์ชันนี้จะใช้สำหรับบรรจุคำสั่งในส่วนที่ต้องการให้โปรแกรมทำงานเพียงรอบเดียวตอนเริ่มต้นทำงานโปรแกรมครั้งแรกเท่านั้น ซึ่งได้แก่คำสั่งเกี่ยวกับการ Setup ค่าการทำงานต่างๆ เช่น การกำหนดหน้าที่การใช้งานของ PinMode และการกำหนดค่า Baudrate สำหรับใช้งานพอร์ตสื่อสารอนุกรม เป็นต้น
- **Loop()**เป็นส่วนฟังก์ชันบังคับที่ต้องกำหนดให้มีในทุกๆโปรแกรมเช่นเดียวกันกับฟังก์ชัน setup() โดยฟังก์ชัน loop() นี้จะใช้บรรจุคำสั่งที่ต้องการให้โปรแกรมทำงานเป็นวงรอบซ้ำๆกันไปไม่รู้จบ ซึ่ง ถ้าเปรียบเทียบกับรูปแบบของ ANSI-C ส่วนนี้ก็คือ ฟังก์ชัน main() นั่นเอง

2.4.5.2 รูปแบบการเขียนและการ run ของ Arduino

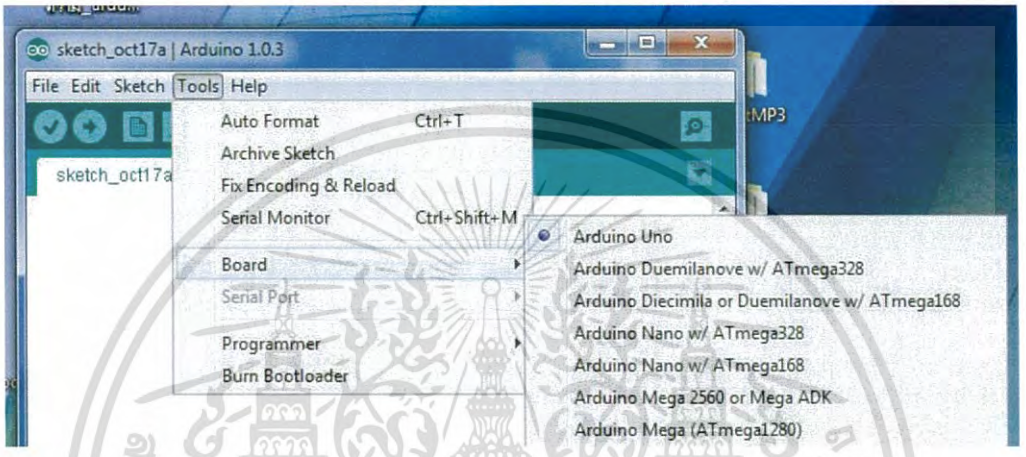


รูปที่ 2.23 รูปแบบการเขียนโปรแกรมบน Arduino

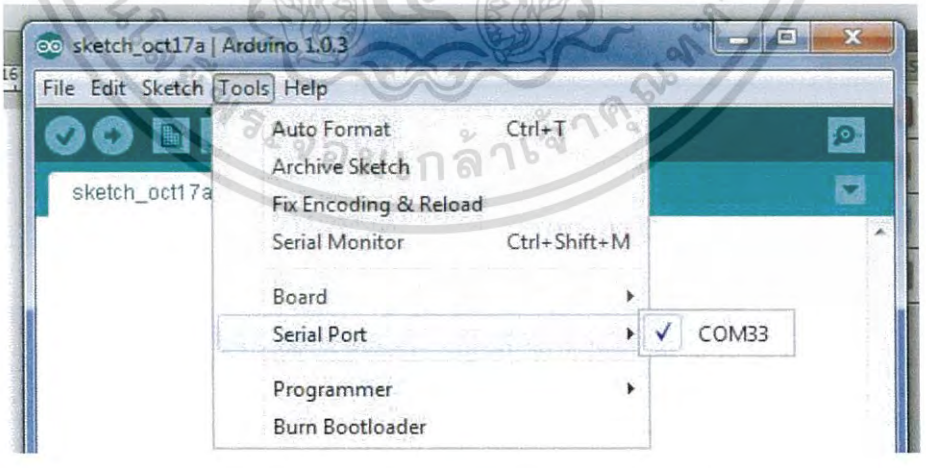
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เขียนโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ ผ่านทางโปรแกรม ArduinoIDE ซึ่งสามารถดาวน์โหลดได้จาก Arduino.cc/en/main/software

- หลังจากที่เขียนโค้ดโปรแกรมเรียบร้อยแล้ว ให้ผู้ใช้งานเลือกรุ่นบอร์ด Arduino ที่ใช้และหมายเลข Comport



รูปที่ 2.24 ขั้นตอนการเลือกรุ่นบอร์ด Arduino ที่ต้องการ upload

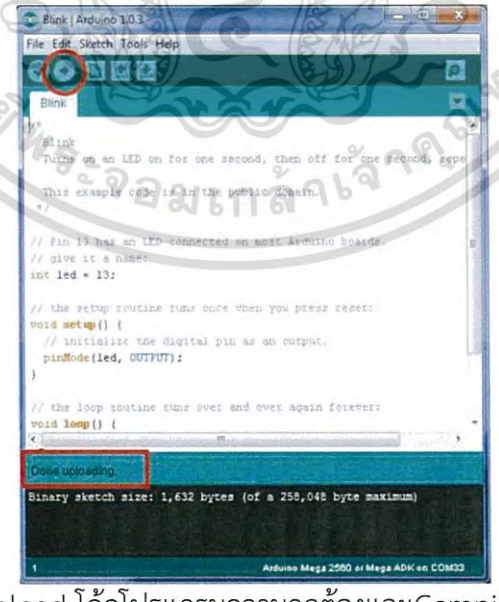


รูปที่ 2.25 เลือกหมายเลข Comport ของบอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กดปุ่ม Verify เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและ Compile โค้ดโปรแกรม จากนั้นกดปุ่ม Upload โค้ด โปรแกรมไปยังบอร์ด Arduino ผ่านทางสาย USB เมื่ออัปโหลดเรียบร้อยแล้ว จะแสดงข้อความแถบข้างล่าง “Done uploading” และบอร์ดจะเริ่มทำงานตามที่เขียนโปรแกรมไว้ได้ทันที

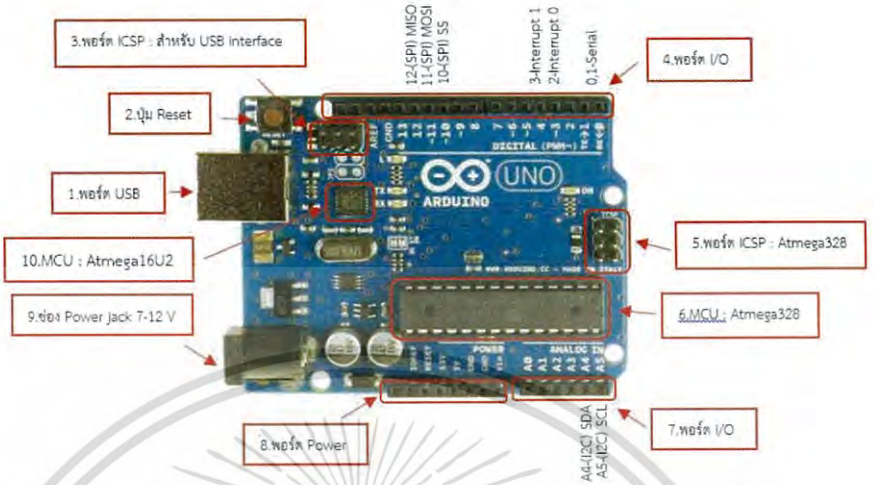
รูปที่ 2.26 กดปุ่ม Verify เพื่อตรวจสอบ



รูปที่ 2.27Upload โค้ดโปรแกรมความถูกต้องและCompiled โค้ดโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.6 Layout &Pinout Arduino Board (Model: Arduino UNO R3)



รูปที่ 2.28 องค์ประกอบของ Layout & Pinout Arduino Board

- **USBPort:** ใช้สำหรับต่อกับ Computer เพื่ออับโหลดโปรแกรมเข้า MCU และจ่ายไฟให้กับบอร์ด
- **Reset Button:** เป็นปุ่ม Reset ใช้กดเมื่อต้องการให้ MCU เริ่มการทำงานใหม่
- **ICSP Port** ของ Atmega16U2 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Visual Com port บน Atmega16U2
- **I/OPort:**Digital I/O ตั้งแต่ขา D0 ถึง D13 นอกจากนี้ บาง Pin จะทำหน้าที่อื่นๆ เพิ่มเติมด้วย เช่น Pin0,1 เป็นขา Tx,Rx Serial, Pin3,5,6,9,10 และ 11 เป็นขา PWM
- **ICSP Port:** Atmega328 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Bootloader

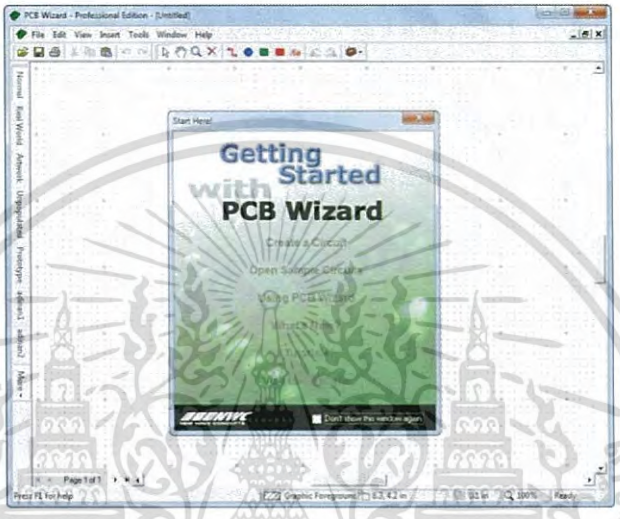
-**MCU:** Atmega328 เป็น MCU ที่ใช้บนบอร์ด Arduino

- **I/OPort:** นอกจากจะเป็น Digital I/O แล้ว ยังเปลี่ยนเป็น ช่องรับสัญญาณอนาล็อก ตั้งแต่ขา A0-A5
- **Power Port:** ไฟเลี้ยงของบอร์ดเมื่อต้องการจ่ายไฟให้กับวงจรภายนอก ประกอบด้วยขาไฟเลี้ยง +3.3 V, +5V, GND, V_{in}
- **Power Jack:** รับไฟจาก Adapter โดยที่แรงดันอยู่ระหว่าง 7-12 V
- **MCU** ของ Atmega16U2 เป็น MCU ที่ทำหน้าที่เป็น USB to Serial โดย Atmega328 จะติดต่อกับ Computer ผ่านAtmega16U2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

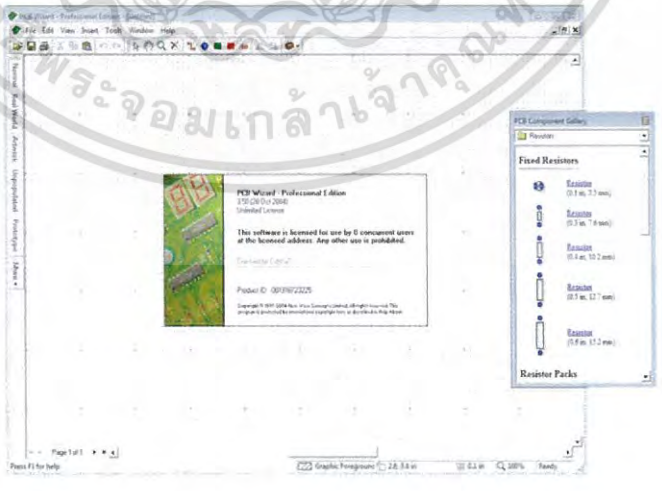
2.5 โปรแกรม PCB WIZARD

เป็นโปรแกรมออกแบบวงจรที่มีขนาดเล็กและใช้งานง่ายสามารถเขียนลายทองแดง เพื่อทำเป็นแผ่นลาย PCB ได้ตามที่ต้องการ และในโปรแกรม PCB WIZARD มีตัวอุปกรณ์มากมายที่สามารถเลือกวางตำแหน่งขาอุปกรณ์ลงใน PCB ได้เลย และมีโปรแกรมในชุดเดียวกันสำหรับออกแบบวงจร SCHEMATIC CIRCUIT ได้ทันที



รูปที่ 2.29 หน้าตาโปรแกรม PCB Wizard

เมื่อกดCreate a Circuit จะได้หน้าตาของโปรแกรม PCB Wizard ที่พร้อมใช้งาน



รูปที่ 2.30 หน้าตาโปรแกรม PCB Wizard ที่พร้อมใช้งาน

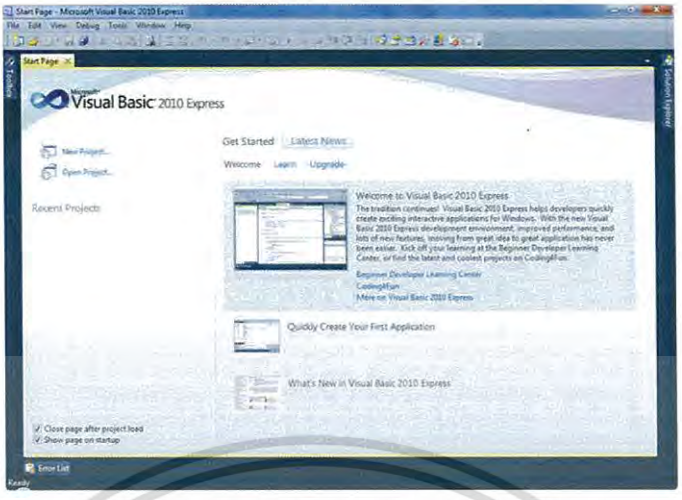
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 โปรแกรม VISUAL BASIC

โปรแกรมภาษา Visual Basicเป็นโปรแกรมแบบ GUI พัฒนามาจากภาษา Basic โดยบริษัท Microsoft เป็นเครื่องมือที่ช่วยให้การพัฒนา Application บนระบบปฏิบัติการ Windows ทำได้โดยง่าย และภาษานี้เป็นหนึ่งในภาษาโปรแกรมยอดนิยมสำหรับโปรแกรมที่ใช้ในด้านธุรกิจ Visual Basic นี้สนับสนุน RAD (Rapid Application Development ทั้งในด้านการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์แบบ GUI , การเข้าถึงฐานข้อมูลโดยใช้การเชื่อมต่อ รวมไปถึงการสร้าง ActiveX Control

1. จุดเด่นของ Visual Basic
   1) มีโครงสร้างภาษาที่ใกล้เคียงภาษามนุษย์ ทำให้เรียนรู้ได้ง่าย
   2) รวมเครื่องมือที่ช่วยพัฒนา Application ได้อย่างสะดวกรวดเร็วไว้ในตัว
   3) สามารถสร้างไฟล์ .exe ที่สามารถทำงานได้ด้วยตัวเอง
   4) ออกแบบส่วนหน้าจอติดต่อผู้ใช้(Form) ได้ทันที โดยไม่ต้องรอเขียนรหัสโปรแกรม
   5) ใน Project บันทึกส่วนติดต่อผู้ใช้ (Form) และส่วนของรหัสโปรแกรม (Code) แยกกัน ทำให้
   สามารถนำ Form เดิมไปปรับปรุงใช้กับ Project อื่นๆ ได้โดยไม่ต้องสร้างใหม่
   6) สามารถพัฒนา Application ได้หลายแบบ เช่น โปรแกรมด้านธุรกิจ สื่อการเรียนการสอน เกมส์
   มัลติมีเดีย จัดการฐานข้อมูล อินเทอร์เน็ต และ Web Application เป็นต้น7) VB.NET เป็นภาษาเขียนโปรแกรมแบบ Object Oriented Programming ทำให้มีโครงสร้างการเขียนโปรแกรมที่ดีขึ้นจากเวอร์ชั่นแรก
   8) แชร์ความสามารถกับภาษาอื่นๆที่เป็น .NET
   9) จัดการหน่วยความจำได้ดีมาก
   10) สามารถสร้างแอพลิเคชั่นบนมือถือได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.31 ตัวอย่างของโปรแกรม Visual Studio

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.7.1 การศึกษาและออกแบบชุดอุปกรณ์ทดลอง Air Track

โครงการนี้เป็นการศึกษาชุดอุปกรณ์การทดลอง Air Track จากวัสดุที่มีราคาถูกและหาได้ง่าย การศึกษาได้แยกออกตามการศึกษาตามส่วนประกอบของชุดอุปกรณ์การทดลอง Air Trackได้แก่ เครื่องจับเวลาด้วยแสง (Photogate) Glider ราง Air Track ที่สร้างขึ้นกับชุดอุปกรณ์ Air Track และปั๊มลม และได้เปรียบเทียบประสิทธิภาพและราคาของชุดอุปกรณ์การทดลอง Air Trackที่สร้างขึ้นกับชุดอุปกรณ์การทดลอง Air Trackของบริษัท Pasco ผลจากโครงการวิจัยนี้พบว่า ชุดอุปกรณ์การทดลอง Air Track ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับ ชุดอุปกรณ์การทดลอง Air Track ของบริษัท Pasco คือ เปอร์เซนต์การจับเวลาของ Photogate มีความแตกต่างกัน 4.00เปอร์เซ็นต์ Glider มีขนาดน้ำ หนัก 74.9กรัม จำนวนรอบที่ Glider เคลื่อนที่ไปกลับ มีความแตกต่างกัน 8.85 เปอร์เซ็นต์ราง Air Trackจากการศึกษาการให้ลมออกมาตามบริเวณที่เจาะรูที่ระยะต่างๆเมื่อมีการเขียนกราฟเปรียบเทียบจะเห็นแนวโน้ม ที่ใกล้เคียงกัน ปั๊มลมที่ใช้มีความเร็วลม 21.6 เมตรต่อวินาที ความเร็วลมสูงกว่าปั๊มลมที่มากับ ชุดอุปกรณ์การทดลอง Air Track ซึ่งงานวิจัยนี้จัดทำโดยเกียงศักดิ์ เกษทองมา และคณะ (2546)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 อุปกรณ์

ตารางที่ 3.1 อุปกรณ์และการใช้งาน

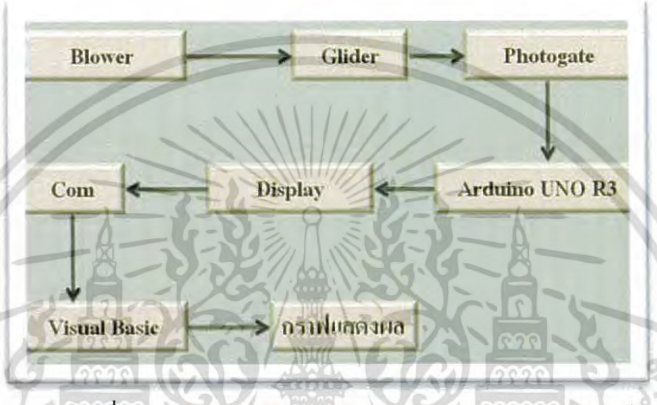
รายการ	คำอธิบาย
Power Supply	ใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟ
เครื่องจับเวลาด้วยแสง (Photo gate)	ใช้ในการจับเวลาเมื่อวัตถุตัดผ่าน
ราง Air Track	ให้ในการเคลื่อนที่ของวัตถุโดยไม่มีแรงเสียดทาน
ปั๊มลม Blower	ปั้มลมให้วัตถุเครื่องที่บนรางโดยไม่มีแรงเสียดทาน
ฐานตั้งจับเครื่องจับเวลาด้วยแสง (Photo gate)	เป็นฐานของตัวจับเวลา
เครื่องคอมพิวเตอร์ระบบปฏิบัติการ Window 7	ทำการเก็บข้อมูล
โปรแกรม Visual Basic	ทำการแสดงผลและแสดงกราฟความสัมพันธ์
รถทดลอง Glider	วัตถุที่เคลื่อนผ่านเซ็นเซอร์
Arduino UNO R3	ใช้ในการเขียนโค้ดจับเวลาเมื่อวัตถุผ่านเซ็นเซอร์
สายไฟ (Banana Plug Cables)	ใช้ในการเสียบต่อแหล่งจ่ายไฟกับตัว Photogate แล้วบอร์ด Arduino
มวล	เก็บผลการทดลอง
นาฬิกาจับเวลา	ใช้จับเวลาในการทดลองขณะ วัตถุตัดผ่าน Photogate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 ออกแบบการทำงาน

เมื่อ Blower ทำงานจะทำให้ตัว Glider เคลื่อนที่ไปบนรางแบบไม่มีแรงเสียดทานจะทำให้วัตถุตัดผ่าน Photo gate เพื่อทำการจับเวลาหลังโดยการเขียนการควบคุมการทำงานจาก Arduino UNO R3 เพื่อทำการจับเวลา เมื่อวัต ถุตัดผ่านจะได้เวลา ค่าที่ได้จะได้แสดงที่ Display ส่งค่าไปยัง Computer ส่งต่อไปยังโปรแกรม Visual Basic แสดงผลออกมาในรูปแบบของกราฟ

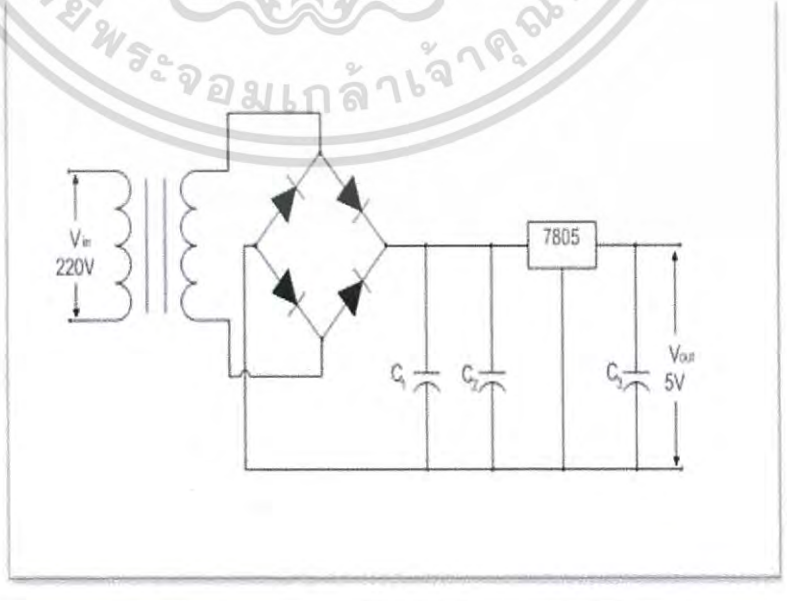


รูปที่ 3.1 แสดงการทำงานของระบบและชุดอุปกรณ์

3.2.2 ออกแบบวงจรให้เหมาะกับการใช้งาน

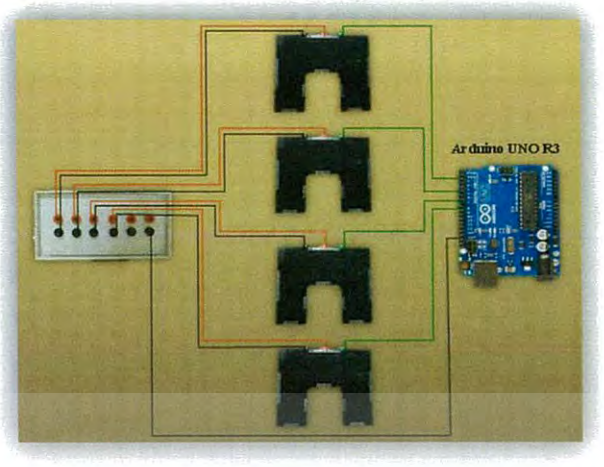
3.2.2.1 วงจรแปลงไฟสำหรับการจ่ายไฟให้ Photogate ทั้ง 4 ตัว

เนื่องจากบอร์ดArduino Uno R3 ที่นำมาใช้สามารถรับไฟได้ที่5V เราจึงเลือกหม้อแปลงที่6V



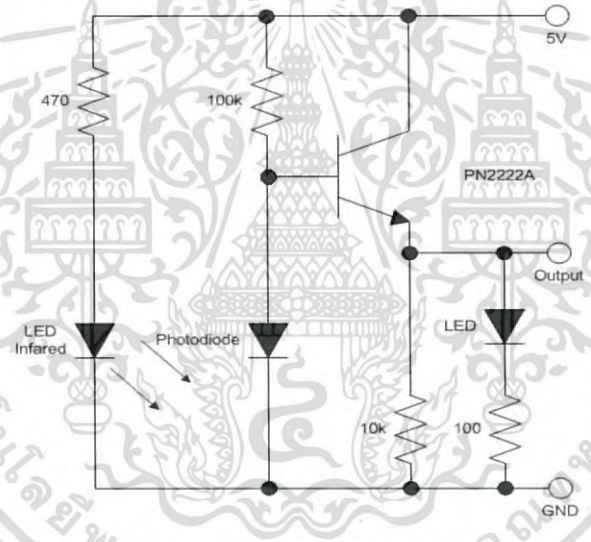
รูปที่ 3.2 วงจรแปลงไฟสำหรับการจ่ายไฟให้ Photogate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 การออกแบบการจ่ายไฟให้กับตัวเซ็นเซอร์เพื่อส่งข้อมูลไปยัง Arduino UNO R3

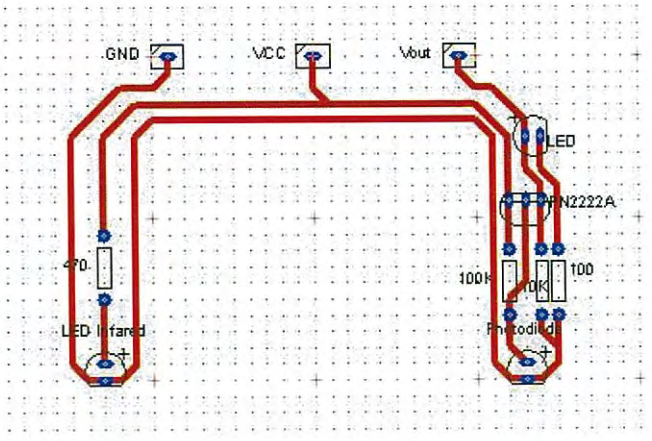
3.2.2.2 วงจร Photogate



รูปที่ 3.4 วงจร Photogate

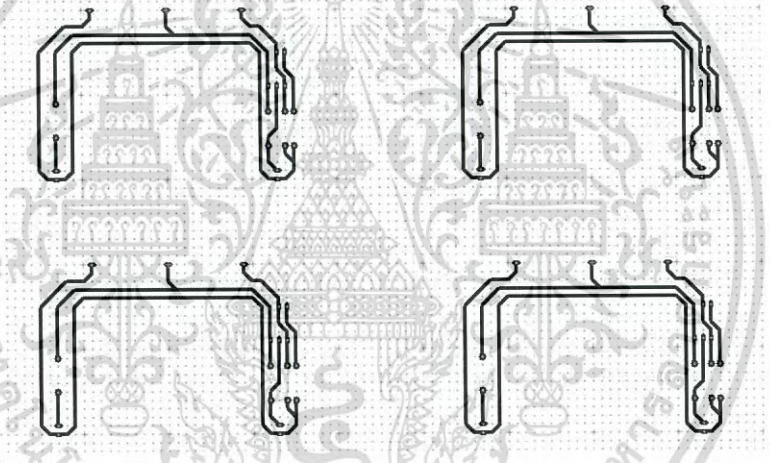
- นำวงจรไปออกแบบในโปรแกรม PCB Wizard เพื่อให้ได้รูปแบบที่เซ็นเซอร์สามารถตรวจจับเวลาเมื่อวัตถุตัดผ่านได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 การออกแบบวงจร Photogate ในโปรแกรม PCB Wizard

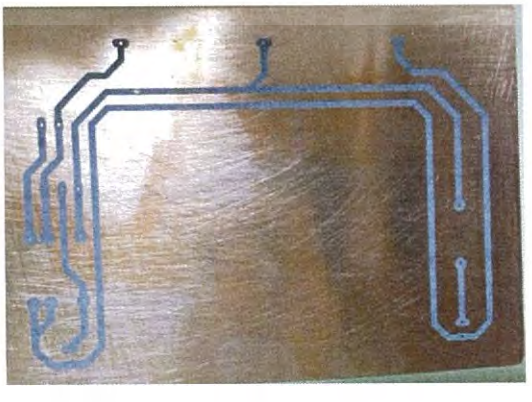
- นำวงจร Photogateที่ออกแบบไปกัดแผ่นปริ้นเพื่อไปประกอบในขั้นตอนต่อไป



รูปที่ 3.6 วงจร Photogate แบบ Artwork เพื่อกัดแผ่นปริ้น

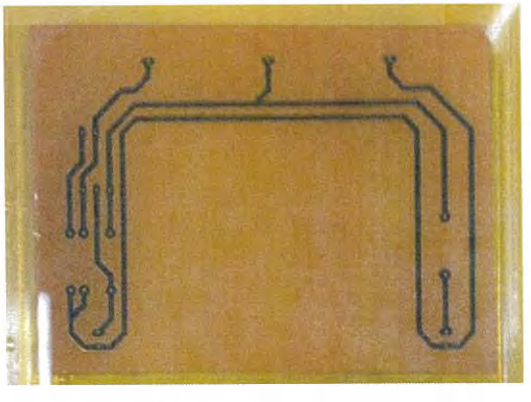
- ขั้นตอนการกัดแผ่นปริ้น

1.



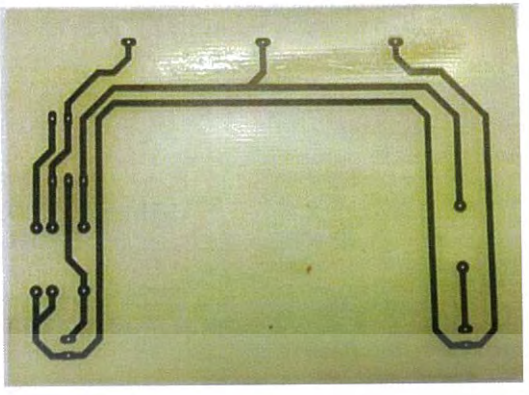
รูปที่ 3.7 การรีดวงจรลงบนแผ่นทอง

2.



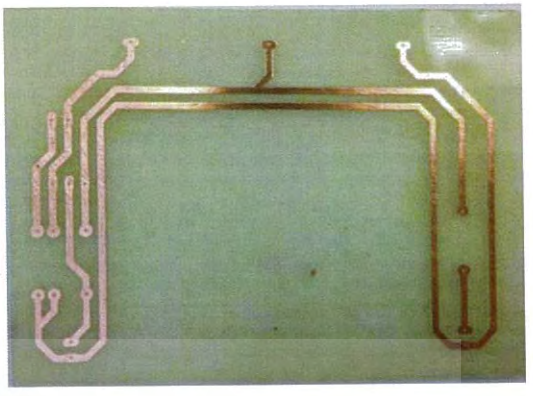
รูปที่ 3.8 ใส่น้ำยากัดแผ่นทองแดงทิ้งไว้สักพัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



3.

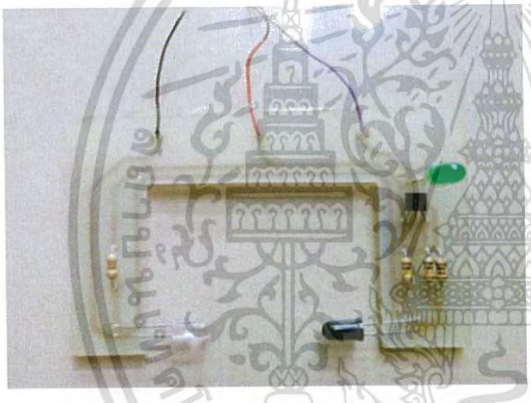
รูปที่ 3.9 รอจนกว่าทองแดงหลุดหมดจนได้แผ่นใส



4.

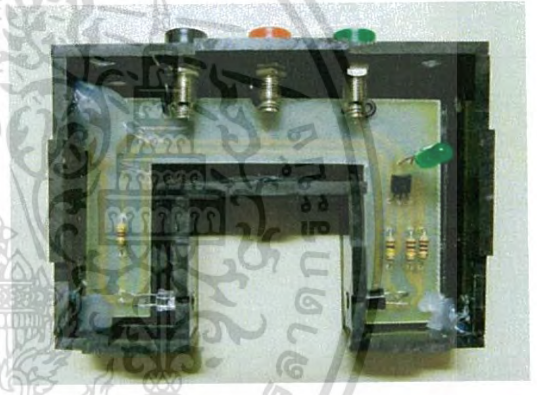
รูปที่ 3.10 นำสก็อตซ์ไบรต์ขัดหมึกดำออก

5.



รูปที่ 3.11 เจาะและใส่ตัว IC ลงบนแผ่นปริ้น

6.



รูปที่ 3.12 ประกอบให้เสร็จสมบูรณ์

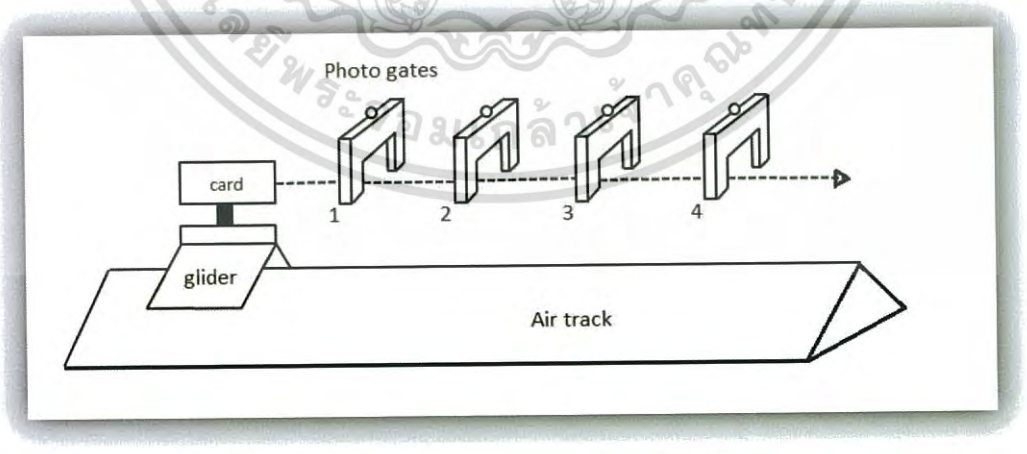
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 ตัวอย่างโค้ดแสดงการจับเวลาเมื่อวัตถุตัดผ่าน Photogate

รูปที่ 3.13 ตัวอย่างโค้ดแสดงการจับเวลาของ Arduino UNO R3

3.2.4 การออกแบบชุดการทดลอง

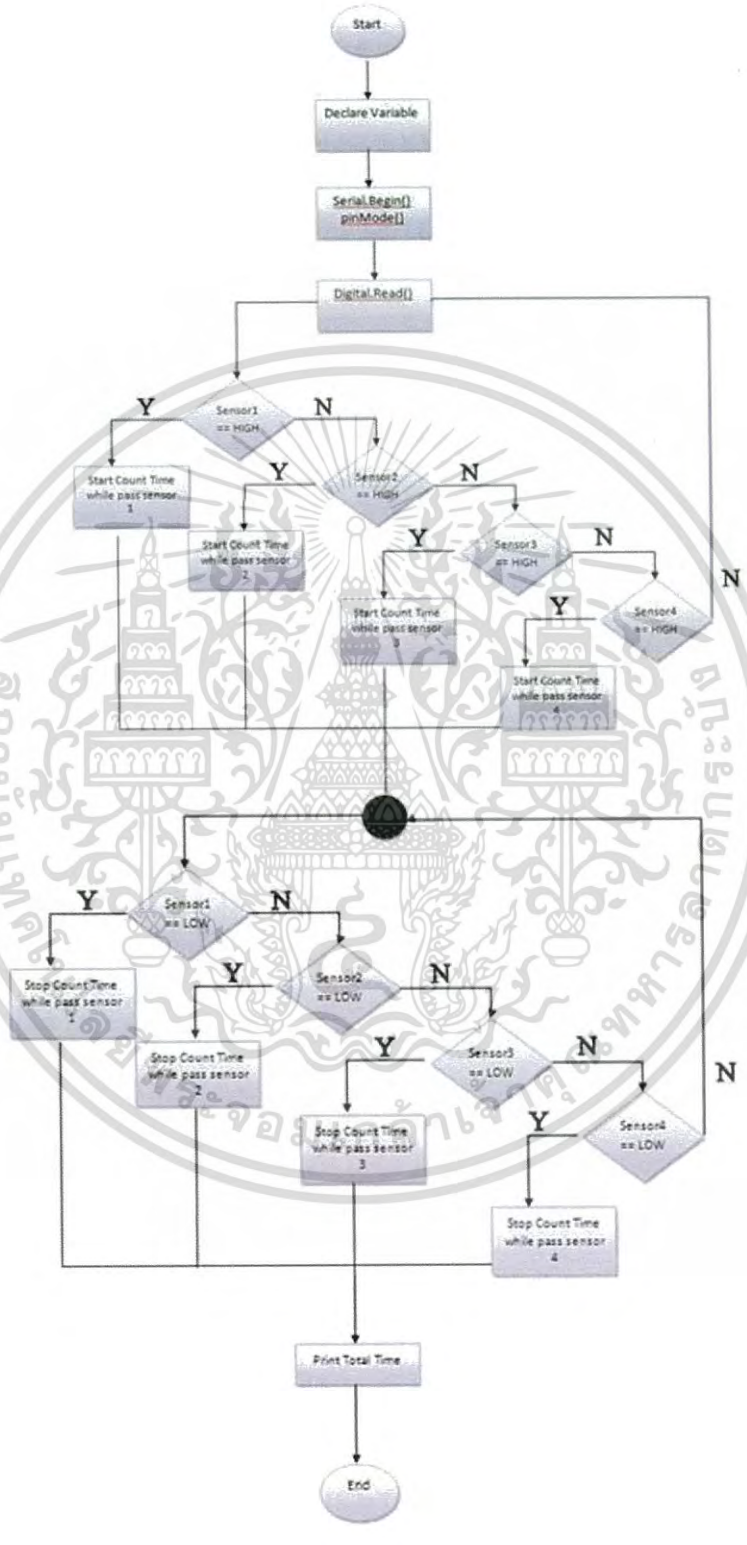
โดยการจัดวางตัวเซ็นเซอร์ในระยะเท่าๆกันทั้ง 4 ตัวบนราง



รูปที่ 3.14 แสดงการออกแบบชุดอุปกรณ์การทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.5 Flowchart การทำงานของโปรแกรม



รูปที่ 3.15 Flowchart การทำงานของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.6 ออกแบบโปรแกรม Visual Basic ให้เหมาะกันการใช้งาน

รูปที่ 3.16 แสดงหน้าต่างการทำงานของโปรแกรม Visual Basic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1 การทดลองโดยใช้ Glider ขนาด 10 cm ตัดผ่าน Photogate

ในเบื้องต้นจะทำการจัดวาง Photogate ทั้ง 4 ตัวตามจุดต่างๆ โดยการทดลองนี้จัดวางเซ็นเซอร์ในตำแหน่งที่ระยะทาง ที่ 30 , 80, 120, 165 cm ตามลำดับ และวัดความเร็ว ณ ขณะใดขณะหนึ่งของทุกๆ Photogate โดยใช้สูตร

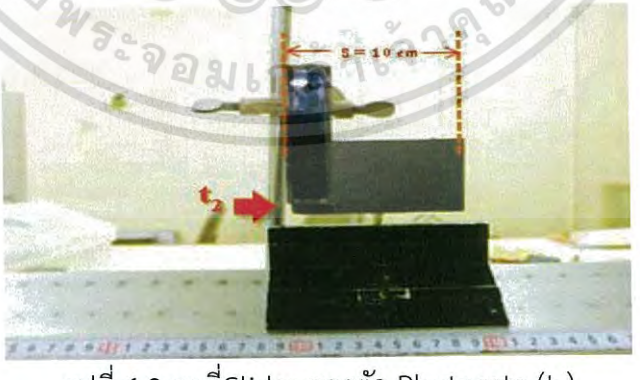
$$v = \frac{s}{t}$$

ซึ่งระยะทาง (s) ณ ความเร็วขณะหนึ่งจะมีค่าเท่ากับขนาดความยาวของตัว Glider ดังนั้น s = 10 cm และเวลา (t) จะมี 2 ค่า นั่นคือ $t = t_2 - t_1$

เมื่อ t_1 คือ เวลาที่ Glider เข้าตัว Photogate

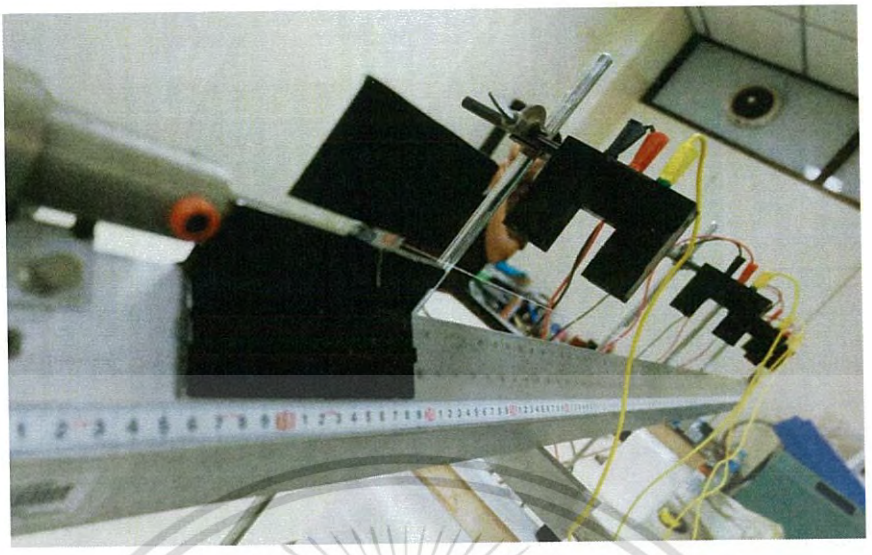
t_2 คือ เวลาที่ Glider ออกตัว Photogate

รูปที่ 4.1 จุดที่ Glider เข้าตัว Photogate (t_1)



รูปที่ 4.2 จุดที่Glider ออกตัว Photogate (t_2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 ตำแหน่ง Photogate บนราง Air track

4.2 ผลการทดลองและกราฟ

รูปที่ 4.4 มวลขนาด 1 กรัม ระดับลม 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.5 มวลขนาด 1 กรัม ระดับลม 4

รูปที่ 4.6 มวลขนาด 1 กรัม ระดับลม 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.7 มวลขนาด 1 กรัม ระดับลม 6

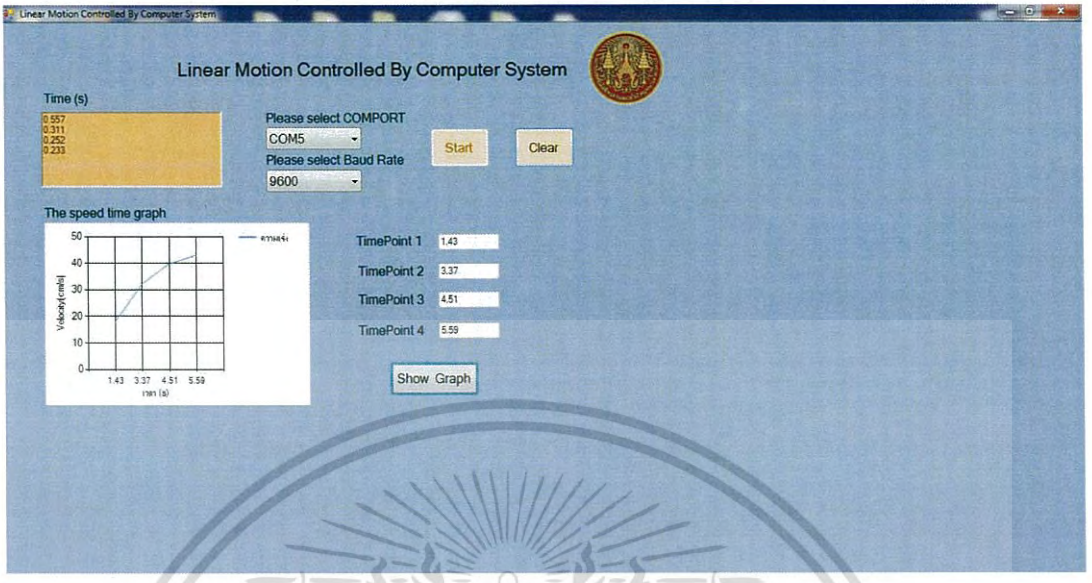
รูปที่ 4.8 มวลขนาด 2 กรัม ระดับลม 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

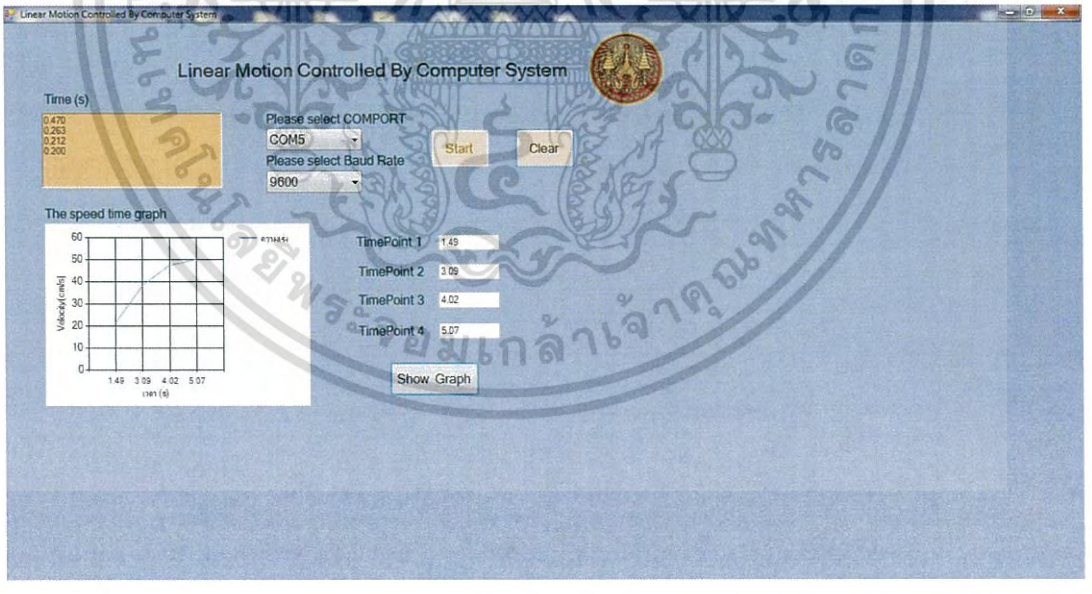
รูปที่ 4.9 มวลขนาด 2 กรัม ระดับลม 4

รูปที่ 4.10 มวลขนาด 2 กรัม ระดับลม 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 มวลขนาด 2 กรัม ระดับลม 6



รูปที่ 4.12 มวลขนาด 3 กรัม ระดับลม 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.13 มวลขนาด 3 กรัม ระดับลม 4

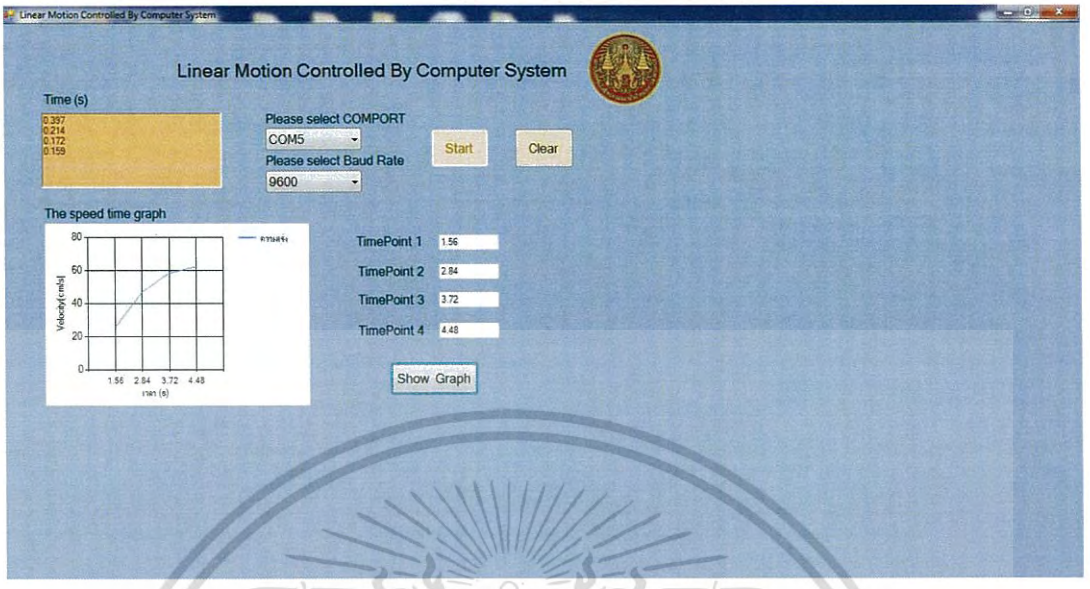
รูปที่ 4.14 มวลขนาด 3 กรัม ระดับลม 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.15 มวลขนาด 3 กรัม ระดับลม 6

รูปที่ 4.16 มวลขนาด 4 กรัม ระดับลม 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 มวลขนาด 4 กรัม ระดับลม 4

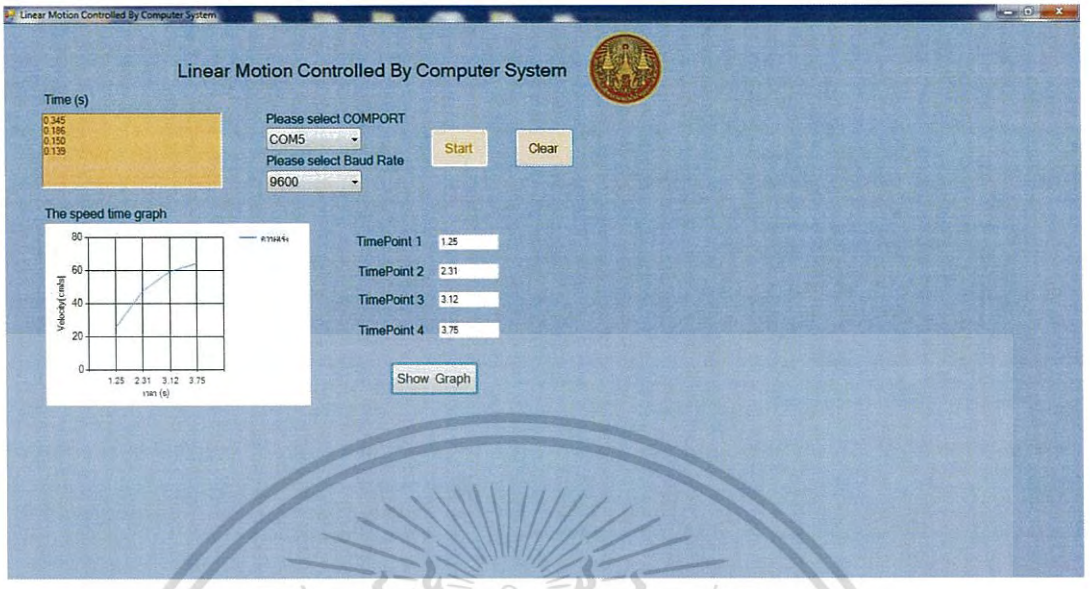
รูปที่ 4.18 มวลขนาด 4 กรัม ระดับลม 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.19 มวลขนาด 4 กรัม ระดับลม 6

รูปที่ 4.20 มวลขนาด 5 กรัม ระดับลม 3

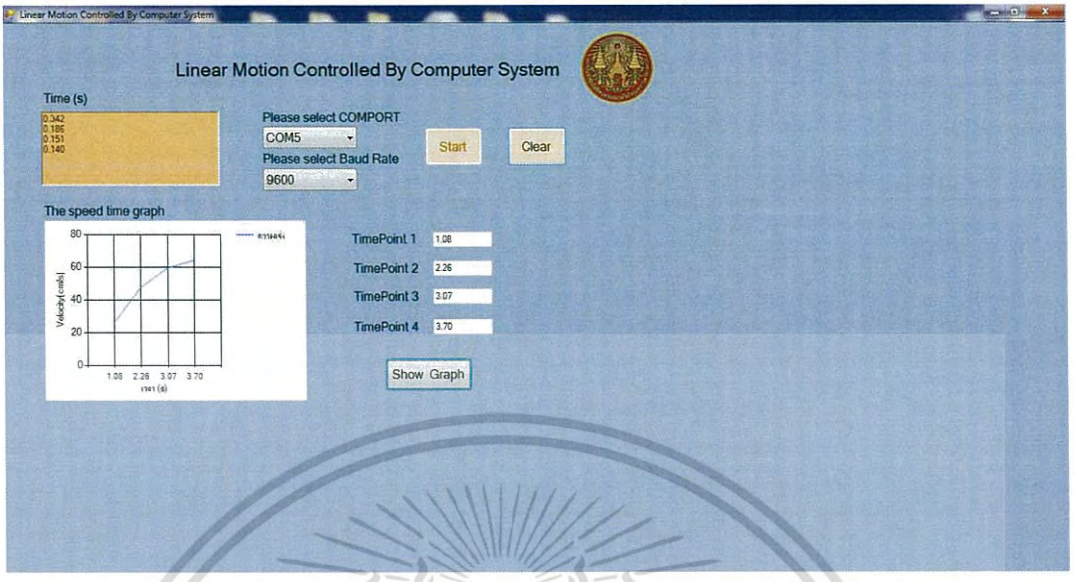
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.21 มวลขนาด 5 กรัม ระดับลม 4

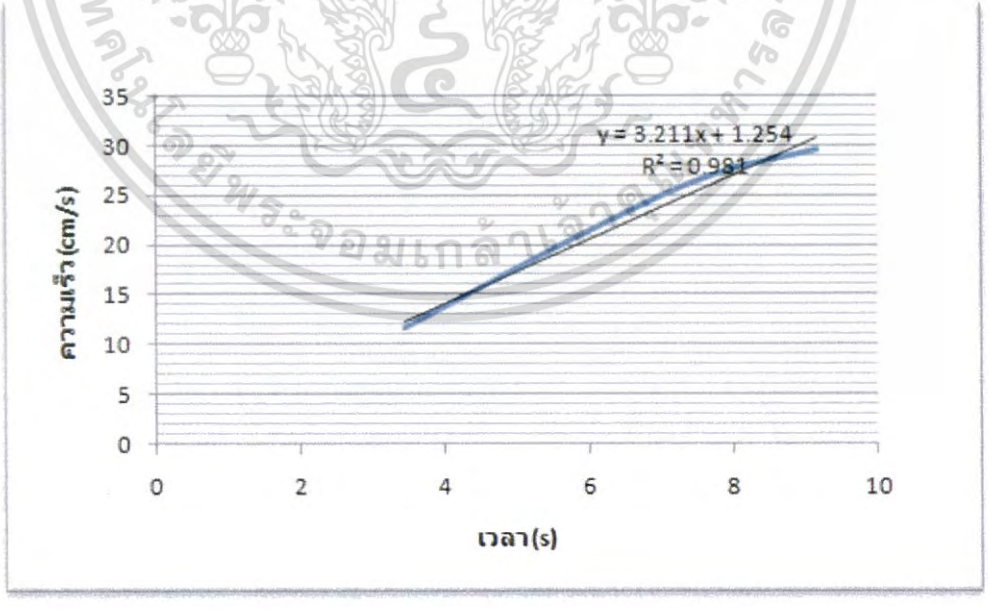
รูปที่ 4.22 มวลขนาด 5 กรัม ระดับลม 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



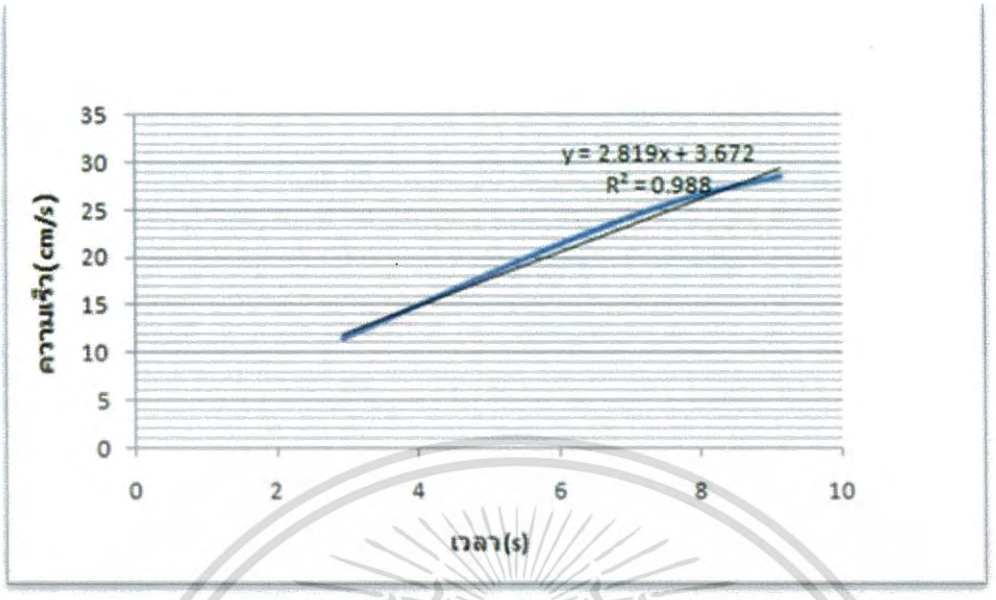
รูปที่ 4.23 มวลขนาด 5 กรัม ระดับลม 6

4.3 ผลการทดลอง กราฟและค่าความเร่งในหน้า Excel

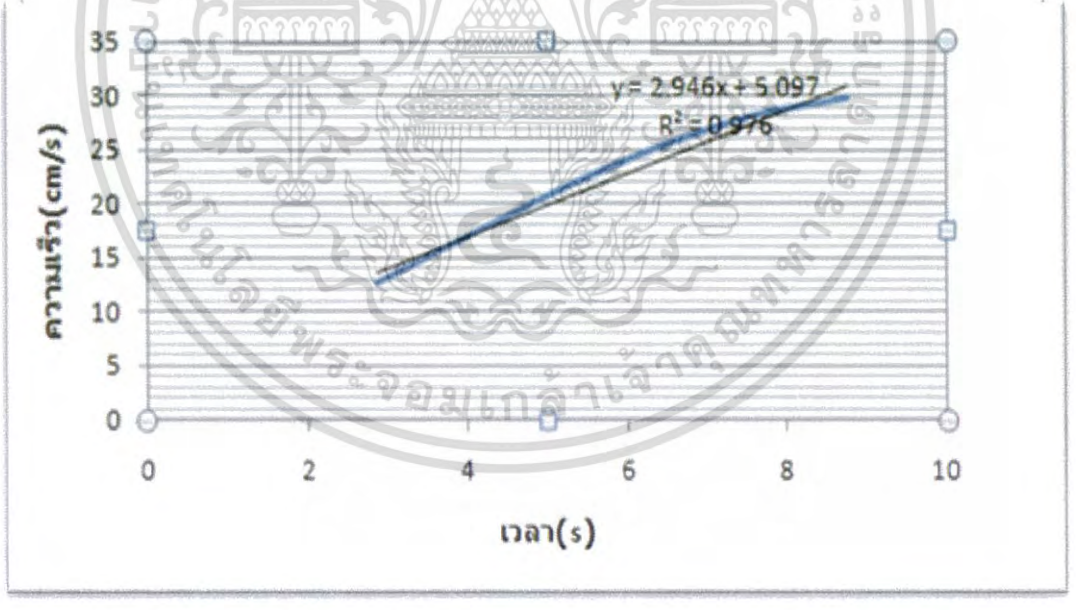


รูปที่ 4.24 กราฟและค่าความเร่งของมวลขนาด 1 กรัม ระดับลม 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

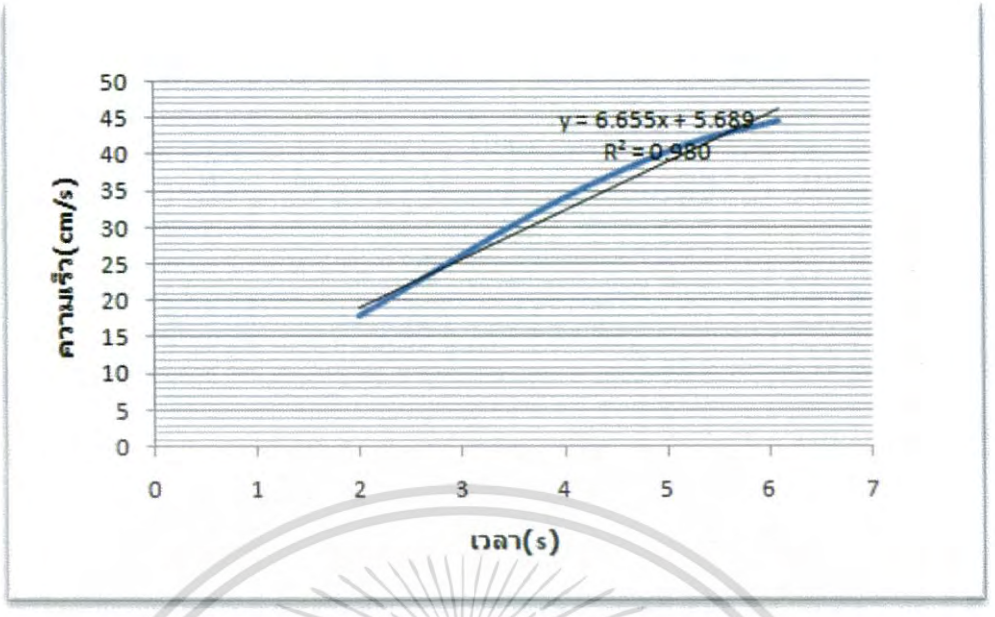


รูปที่ 4.25 กราฟและค่าความเร่งของมวลขนาด 1 กรัม ระดับลม 4

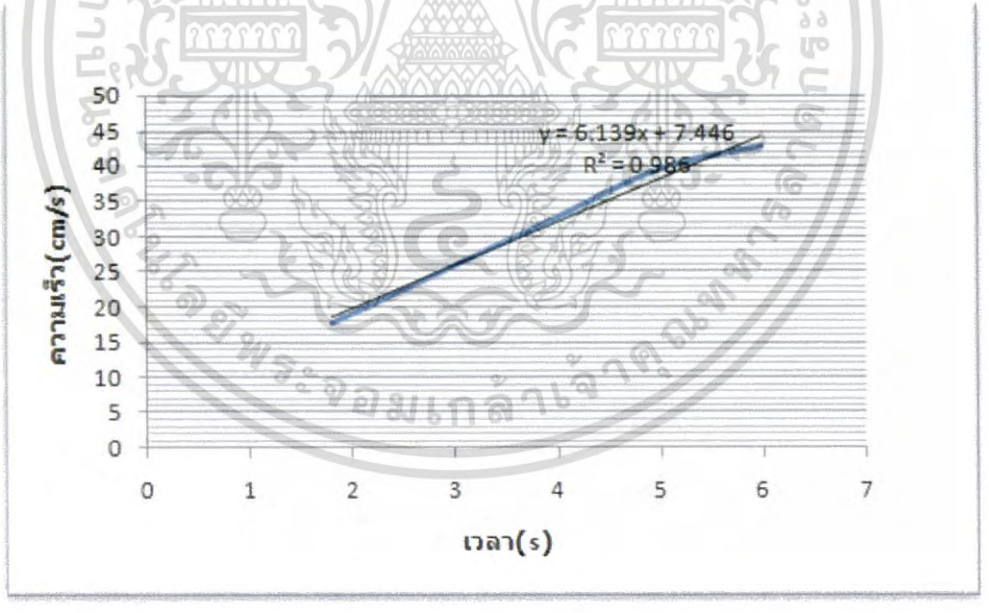


รูปที่ 4.26 กราฟและค่าความเร่งของมวลขนาด 1 กรัม ระดับลม 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

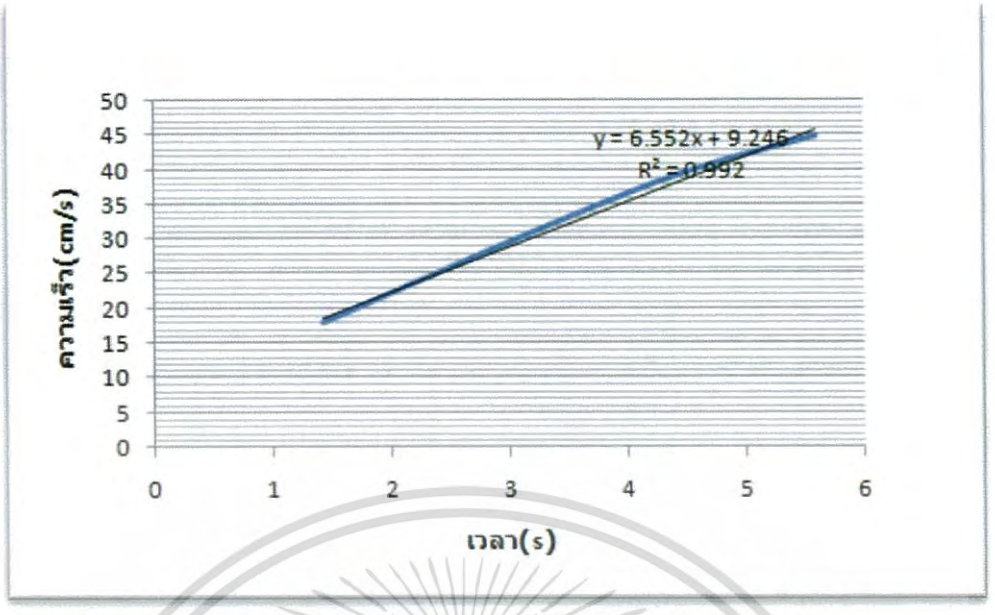


รูปที่ 4.27 กราฟและค่าความเร่งของมวลขนาด 2 กรัม ระดับลม 3

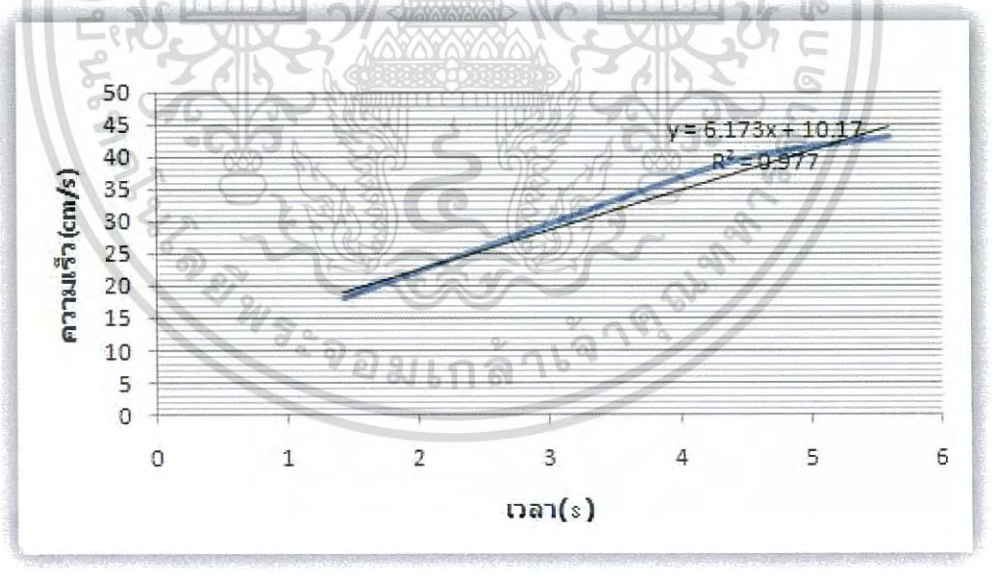


รูปที่ 4.28 กราฟและค่าความเร่งของมวลขนาด 2 กรัม ระดับลม 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

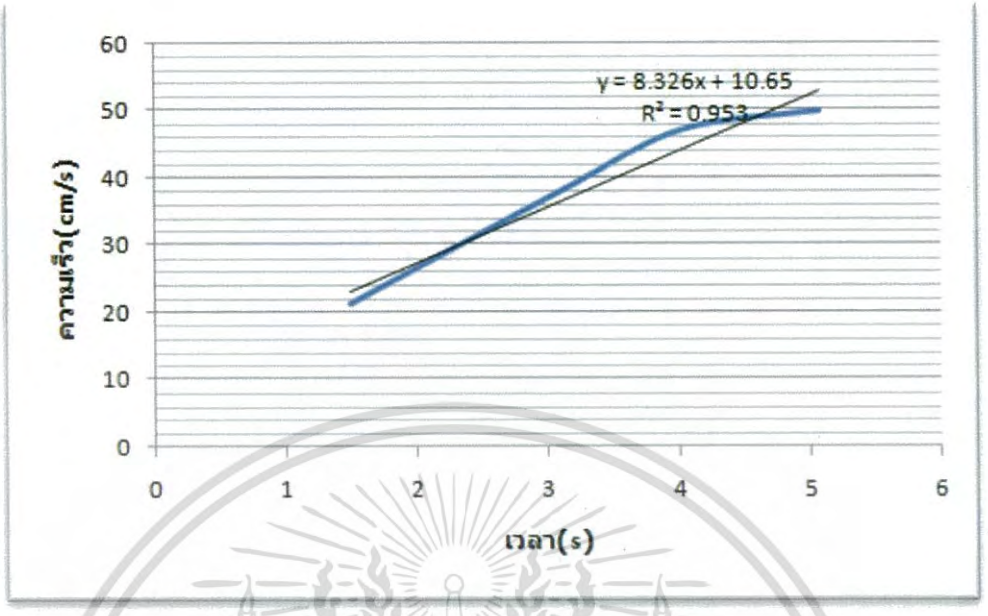


รูปที่ 4.29 กราฟและค่าความเร่งของมวลขนาด 2 กรัม ระดับลม 5

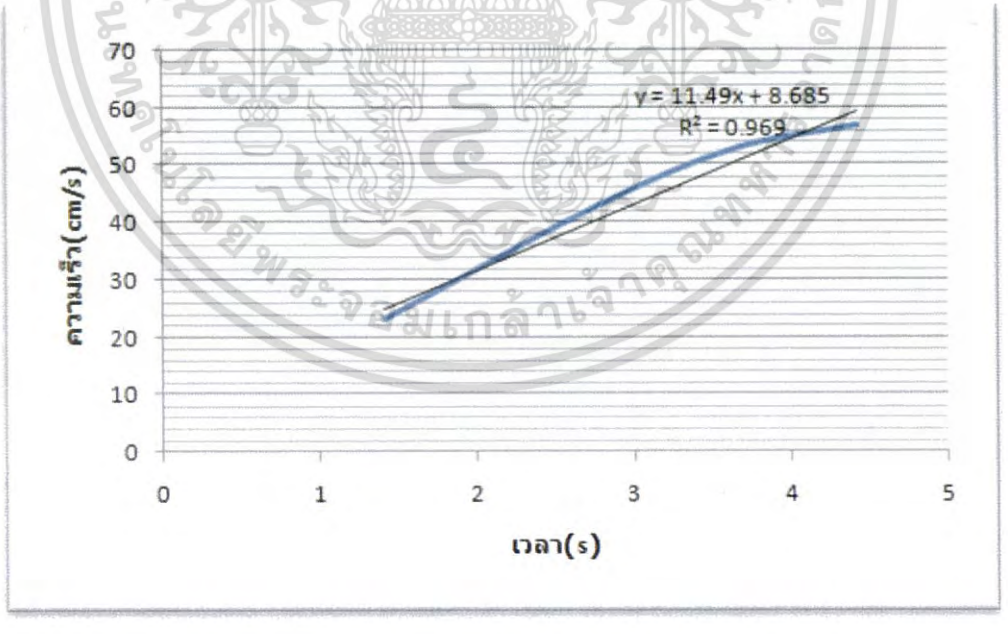


รูปที่ 4.30 กราฟและค่าความเร่งของมวลขนาด 2 กรัม ระดับลม 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

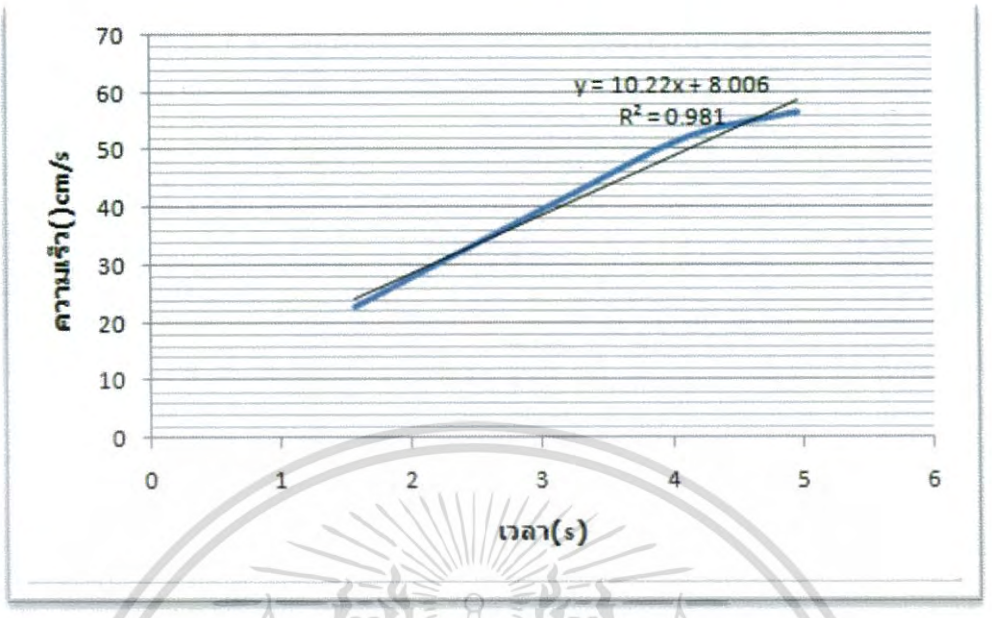


รูปที่ 4.31 กราฟและค่าความเร่งของมวลขนาด 3 กรัม ระดับลม 3

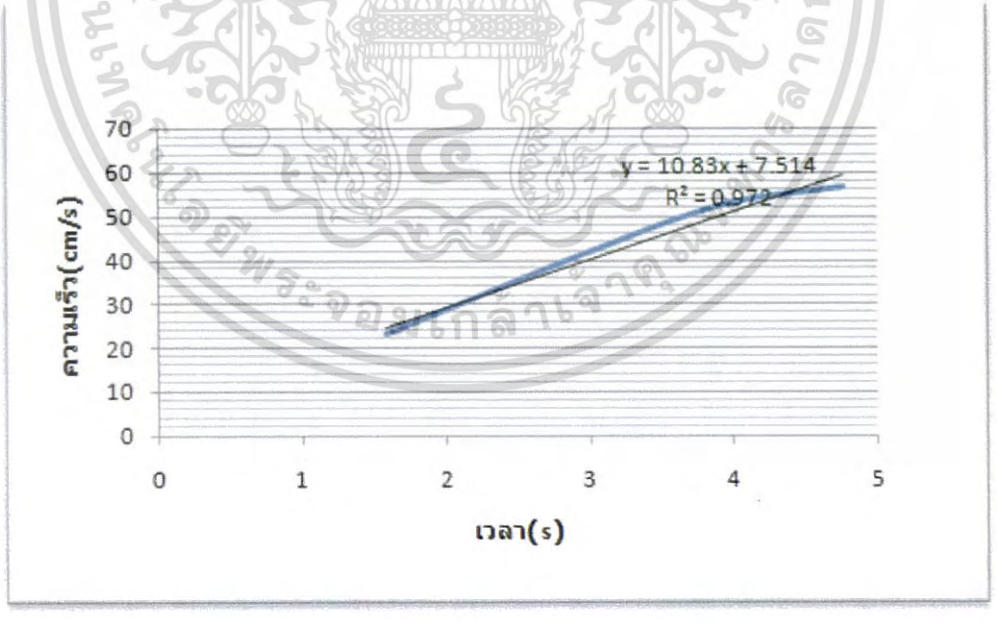


รูปที่ 4.32 กราฟและค่าความเร่งของมวลขนาด 3 กรัม ระดับลม 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

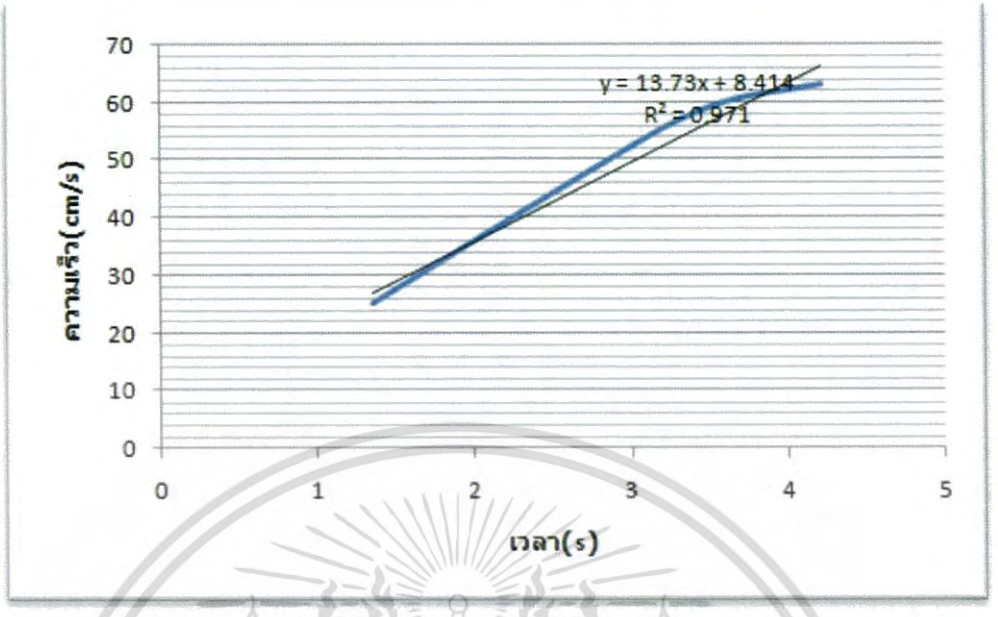


รูปที่ 4.33 กราฟและค่าความเร่งของมวลขนาด 3 กรัม ระดับลม 5

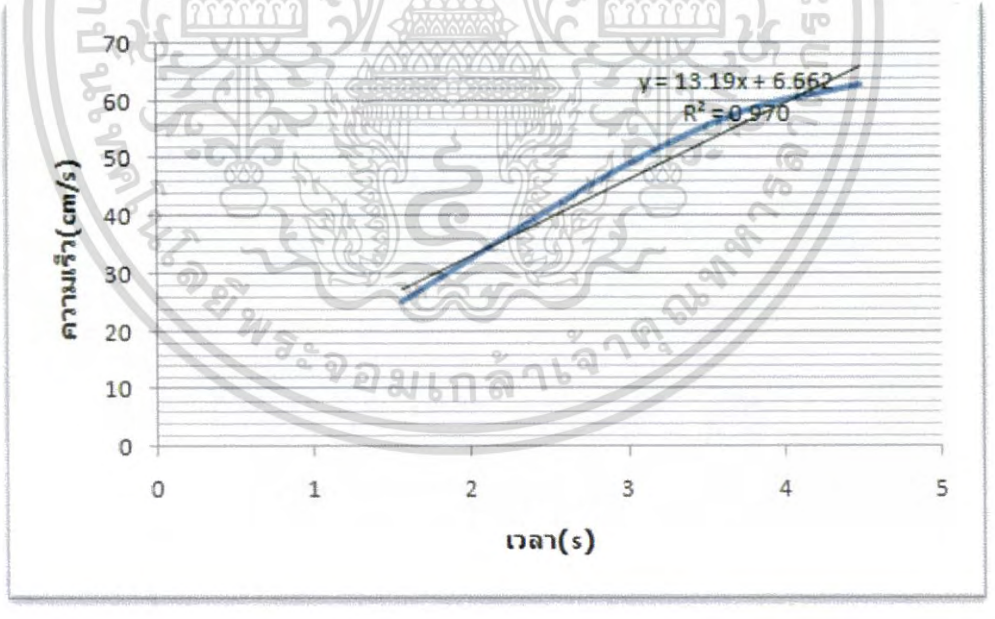


รูปที่ 4.34 กราฟและค่าความเร่งของมวลขนาด 3 กรัม ระดับลม 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

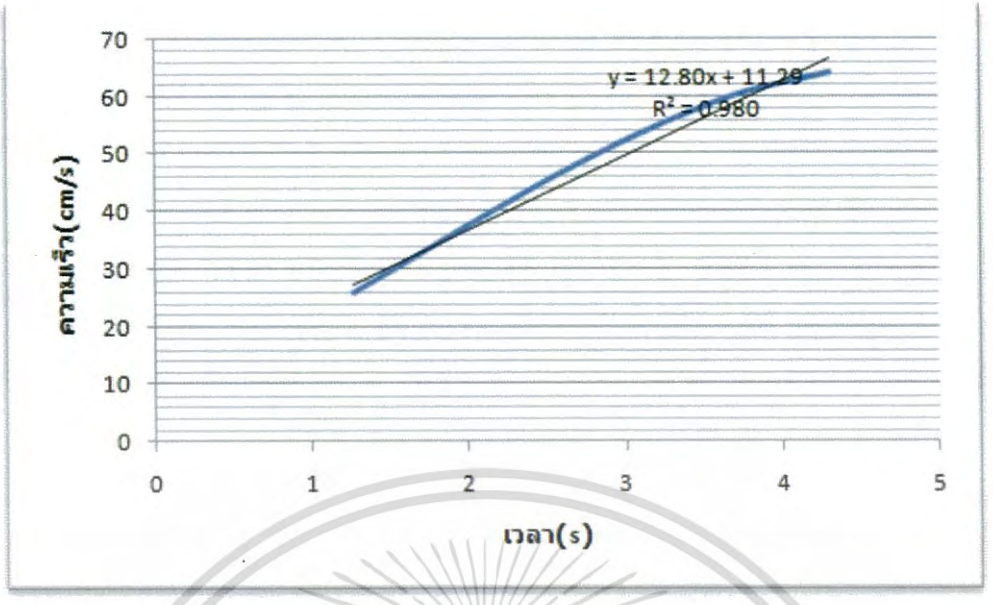


รูปที่ 4.35 กราฟและค่าความเร่งของมวลขนาด 4 กรัม ระดับลม 3

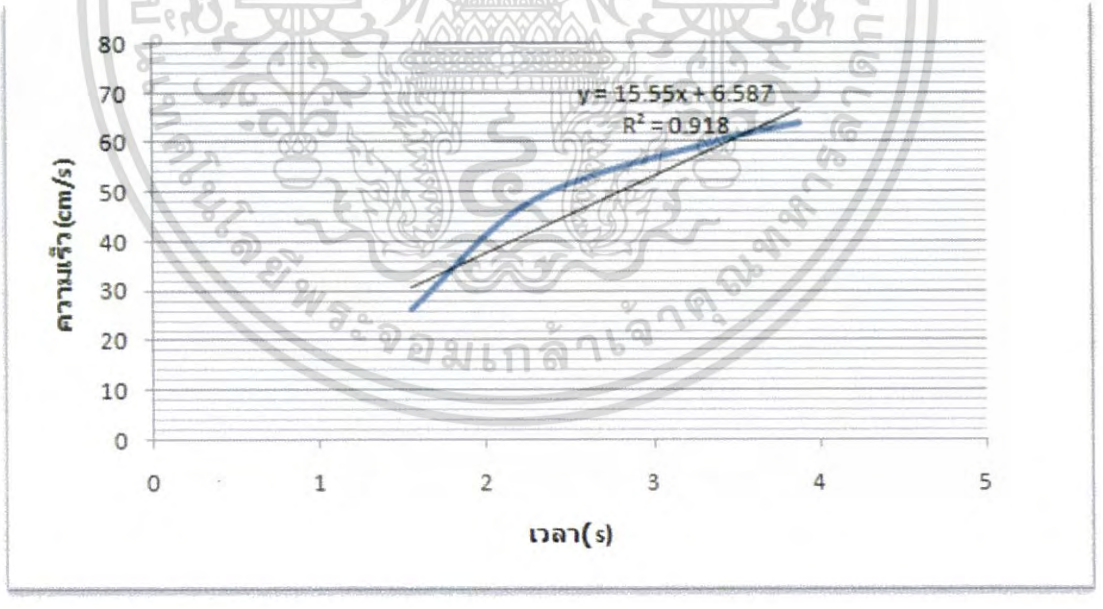


รูปที่ 4.36 กราฟและค่าความเร่งของมวลขนาด 4 กรัม ระดับลม 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

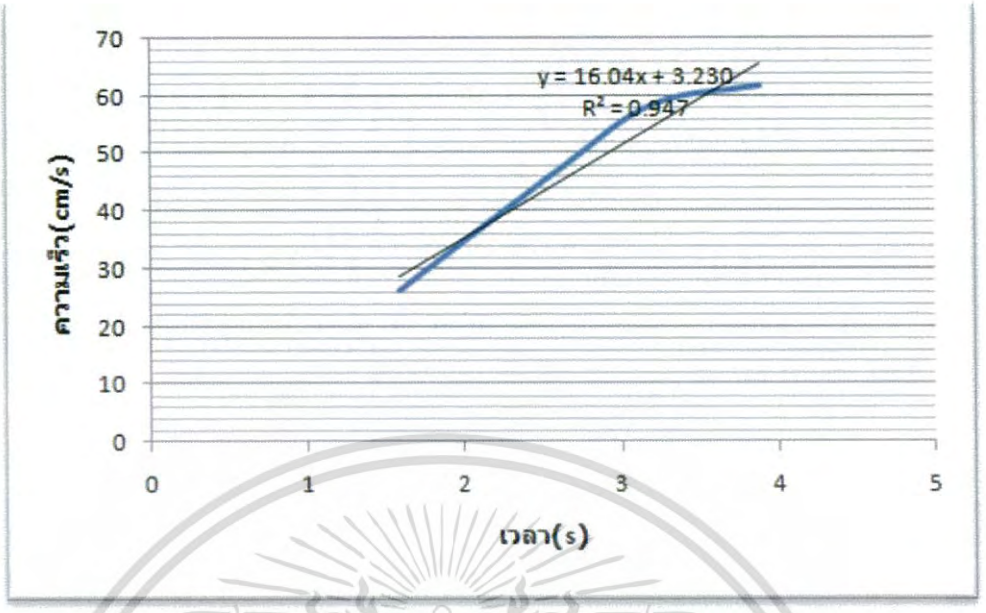


รูปที่ 4.37 กราฟและค่าความเร่งของมวลขนาด 4 กรัม ระดับลม 5

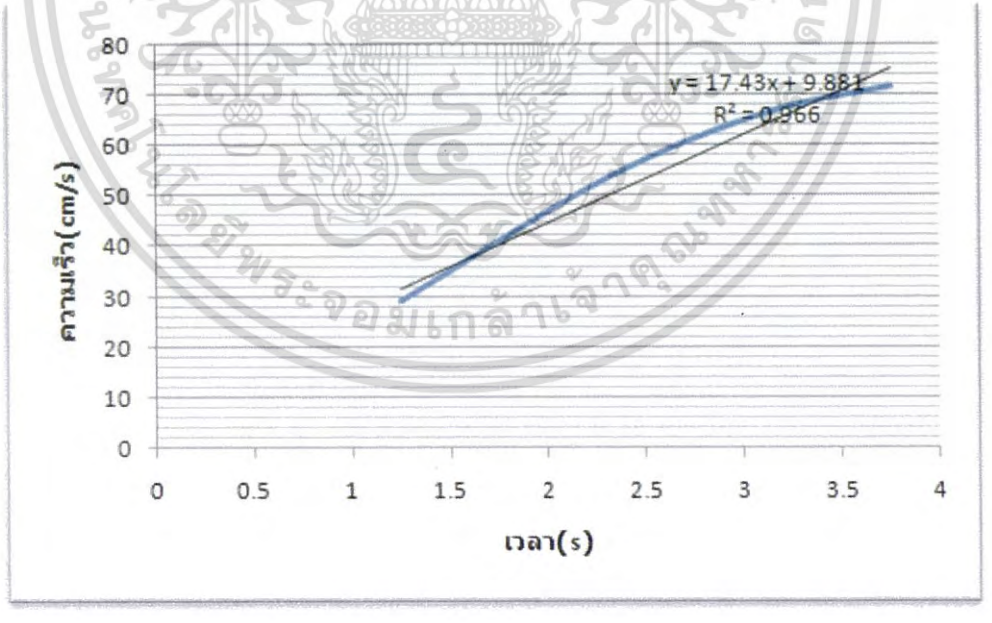


รูปที่ 4.38 กราฟและค่าความเร่งของมวลขนาด 4 กรัม ระดับลม 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

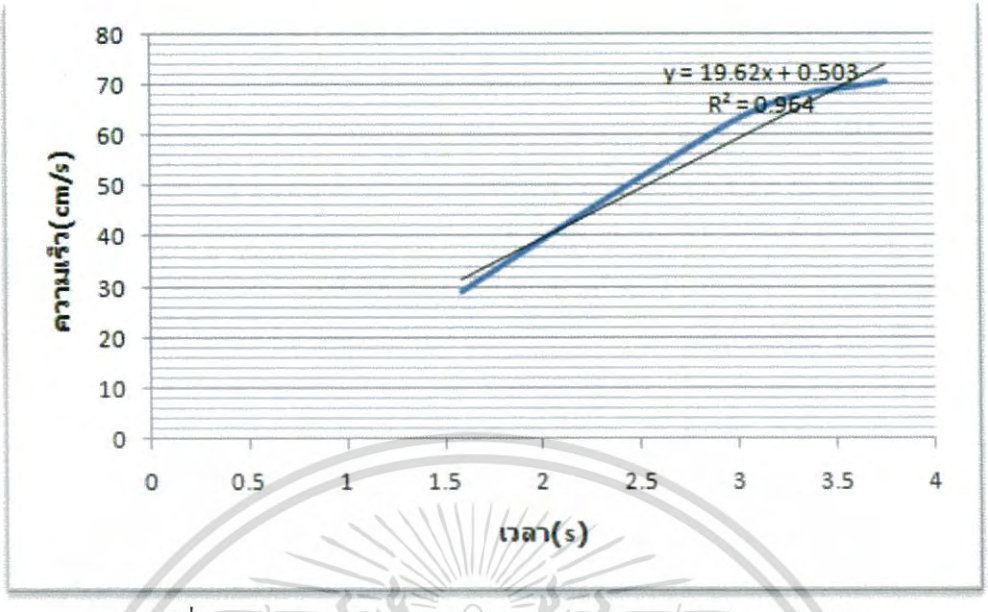


รูปที่ 4.39 กราฟและค่าความเร่งของมวลขนาด 5 กรัม ระดับลม 3

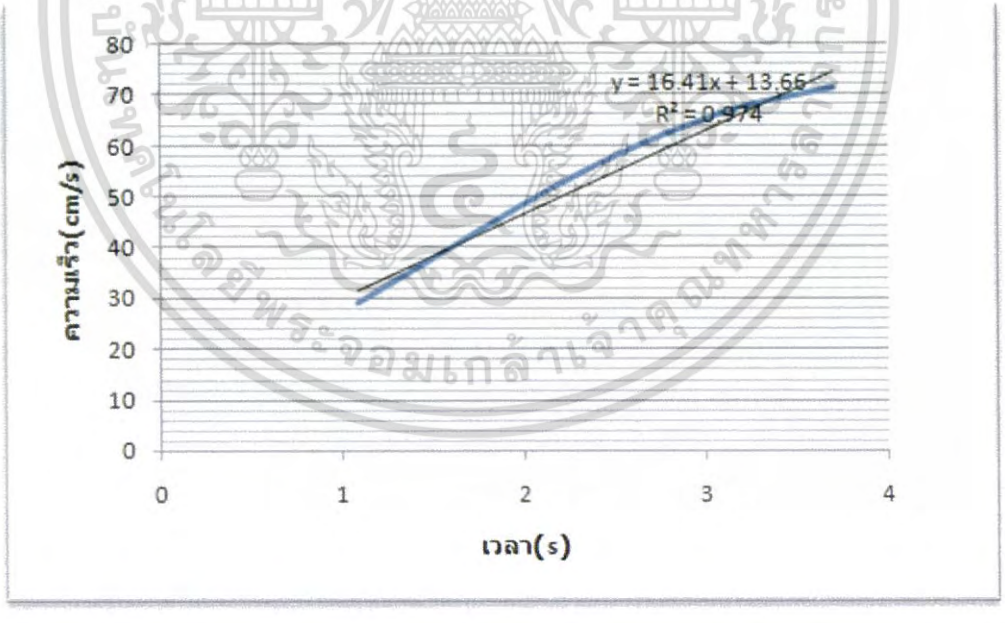


รูปที่ 4.40 กราฟและค่าความเร่งของมวลขนาด 5 กรัม ระดับลม 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.41 กราฟและค่าความเร่งของมวลขนาด 5 กรัม ระดับลม 5



รูปที่ 4.42 กราฟและค่าความเร่งของมวลขนาด 5 กรัม ระดับลม 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลงานวิจัย

โครงงานพิเศษนี้ศึกษาเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงตามแนวราบ สามารถสาธิตให้เห็นได้ด้วยใช้ชุดทดลองที่ออกแบบพิเศษให้แรงเสียดทานระหว่างวัตถุกับพื้นมีค่าน้อยมาก คืออุปกรณ์ชุดการทดลองที่ชื่อว่า Air track เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ผ่าน Photogate แล้วทำให้เราทราบค่าของความเร็วในการเคลื่อนที่ จากผลการทดลองพบว่าเมื่อวัตถุตัดเข้าผ่านตัว Photogate ทั้ง 4 จุด พร้อมกับทำการจับเวลาด้วยนาฬิกาจับเวลาเมื่อวัตถุผ่าน Photogateทั้ง 4 จุด ที่มวลขนาดต่างๆ คือ 1 กรัม , 2 กรัม ,3 กรัม ,4 กรัม และ 5 กรัม จากนั้นนำระยะทางของ Glider (10 cm) มาหารเวลาที่วัตถุเข้าและออกจากตัวPhotogateตามจุดนั้นๆ ทำให้ได้ค่าของความเร็ว ณ ขณะใดขณะหนึ่ง แล้วการพลอตกราฟระหว่างความเร็ว ณ ขณะใดขณะหนึ่งกับเวลาที่จับได้จากนาฬิกาจับเวลาทั้ง 4 จุดจะได้เป็นกราฟเส้นตรง ค่าความเร็ว ณ ขณะใดขณะนึ่ง แปรผันตรงกับเวลาในทุกๆมวลที่ทำการทดลอง หลังจากนั้นเราพบว่าเมื่อเราเปิด Blower ให้ Glider เครื่องบนรางยิ่งระดับแรงลมมากเท่าไรจะเราพบว่าไม่มีแรงเสียดทานมากเท่านั้น จากการทดลองนี้เราใช้ระดับแรงลมตั้งแต่ระดับ 3-5 เป็นต้นไป

ข้อแนะนำ

- การศึกษานี้ควรจะทำให้มวลไม่ตกพื้นก่อนวัตถุจะตัดผ่านเซ็นเซอร์ตัวสุดท้าย เนื่องจากความสูงและพื้นที่มีข้อจำกัด
- Timer ของ Arduino จะมี Clock ที่แตกต่างจะบอร์ด Microcontroller เนื่องจากงานต้องการความไวจึงต้องมีการปรับแตกโค้ดตามข้อมูลที่ส่งออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

Go Portrait.//2557.//**โฟโตไดโอด (Photo Diode).**//[online].//
Available :http://electronicspocketbook.blogspot.com

Nakasut.//2549.//**อินฟราเรด (Infrared).**//[online].//
Available : http://nakasut007ster1234.blogspot.com

IsareeyaKeatwuttikan.//2556.//**โปรแกรมภาษา VISUAL BASIC.**//[online].
Available :http://isareeya.com

KittisakThuaprakon.//2556.//**Sensor.**//[online].//
Available :http://kittisakthuaprakon.blogspot.com

ดร.ชัชพลวานิช เพชรดง.//2558.//**การเคลื่อนที่แนวตรง.**//[online].//
Available :http://omsschools.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

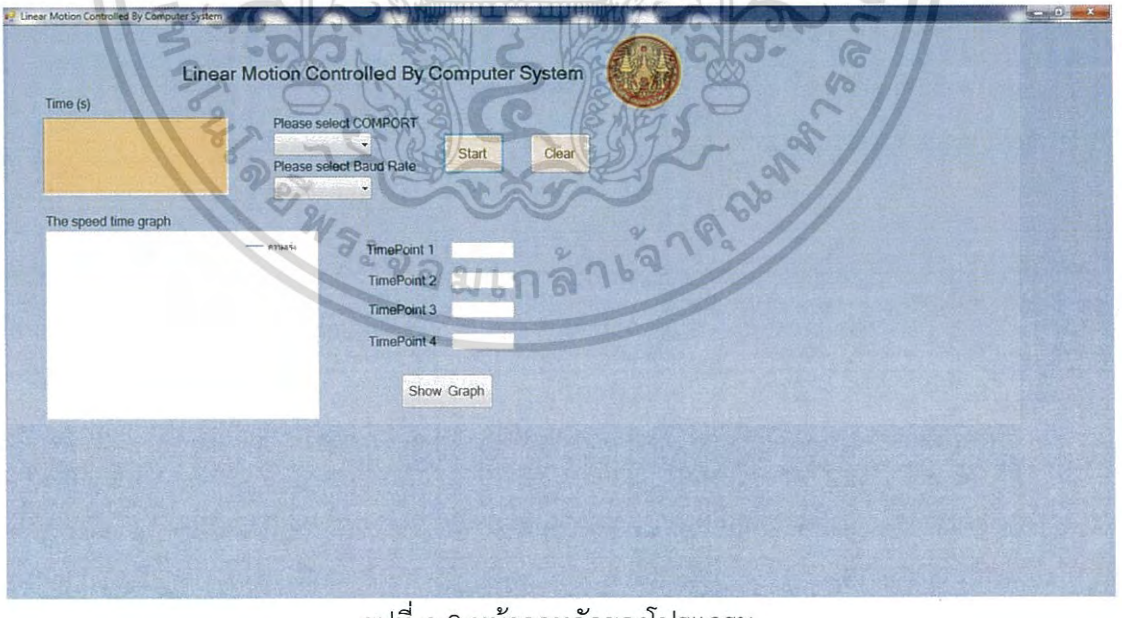
ภาคผนวก ก.

คู่มือการใช้งานโปรแกรม

เมื่อผู้ใช้งานทำการเปิดโปรแกรม โดยเปิดโปรแกรมไอคอนดังรูปที่ ก.1

รูปที่ ก.1 ไอคอนโปรแกรม

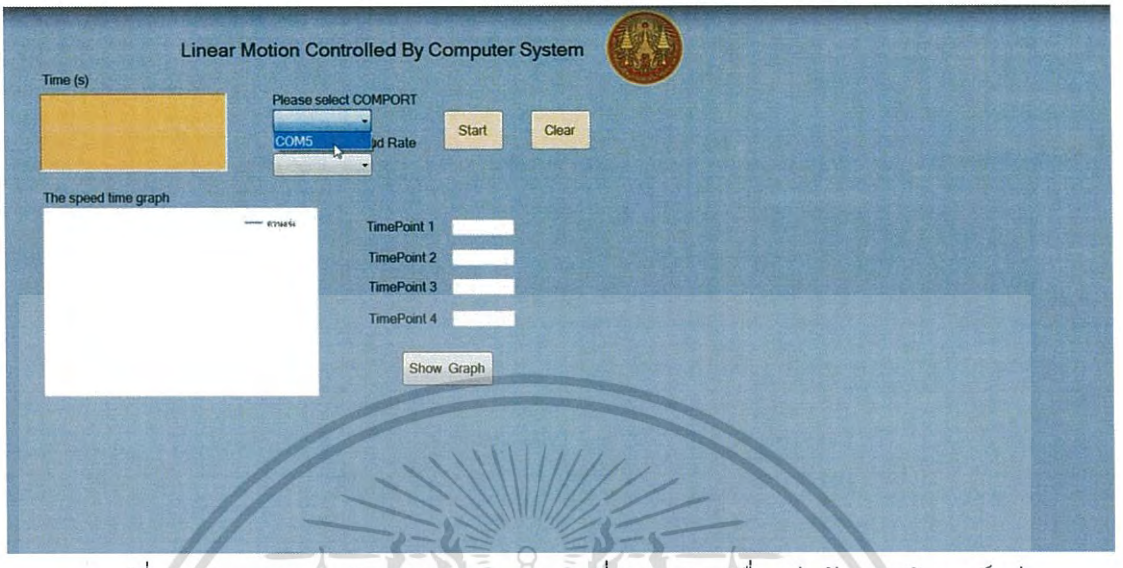
เมื่อเปิดโปรแกรมขึ้นมา จะปรากฏหน้าจอหลักของโปรแกรมดังรูปที่ ก.2



รูปที่ ก.2 หน้าจอหลักของโปรแกรม

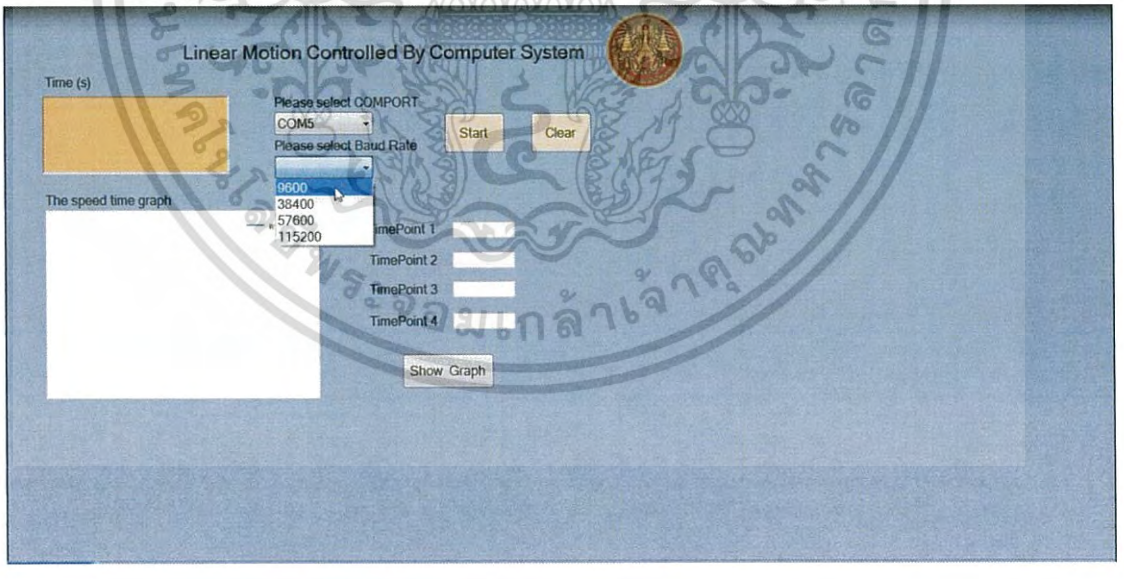
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากนั้นให้เลือก Comport ที่ Arduino เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์อยู่จาก Dropdown List ดังรูปที่ ก.3



รูปที่ ก.3 Dropdown list แสดง Comport ที่ Arduino เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์อยู่

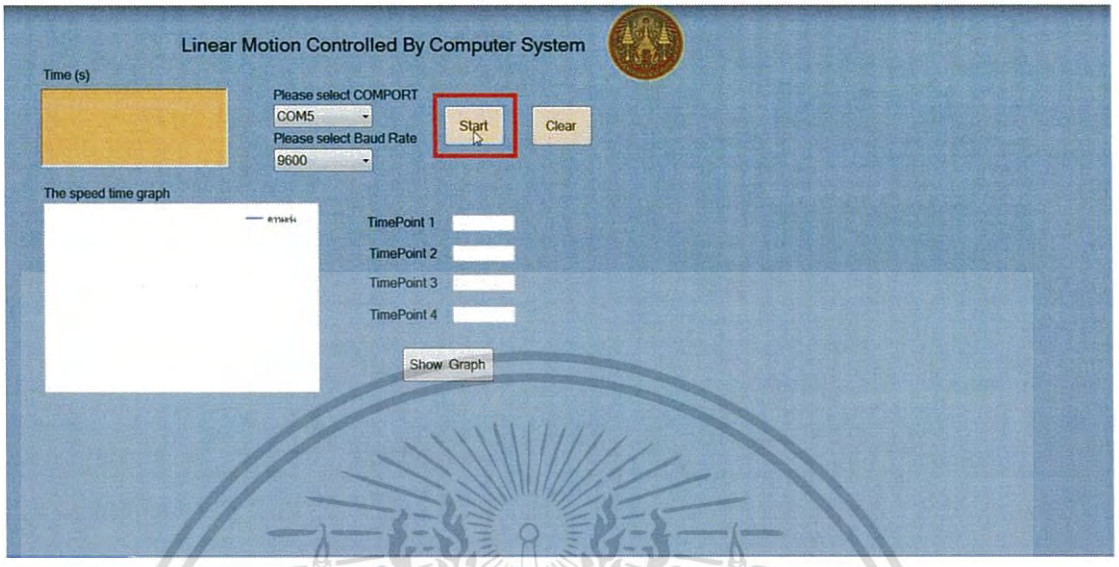
หลังจากนั้นให้เลือก Baud Rate ที่ Dropdown List โดยมีค่าให้เลือกดังนี้ 9600, 38400, 57600, 115200 ดังรูปที่ ก.4



รูปที่ ก.4 Dropdown List แสดง Baud Rate

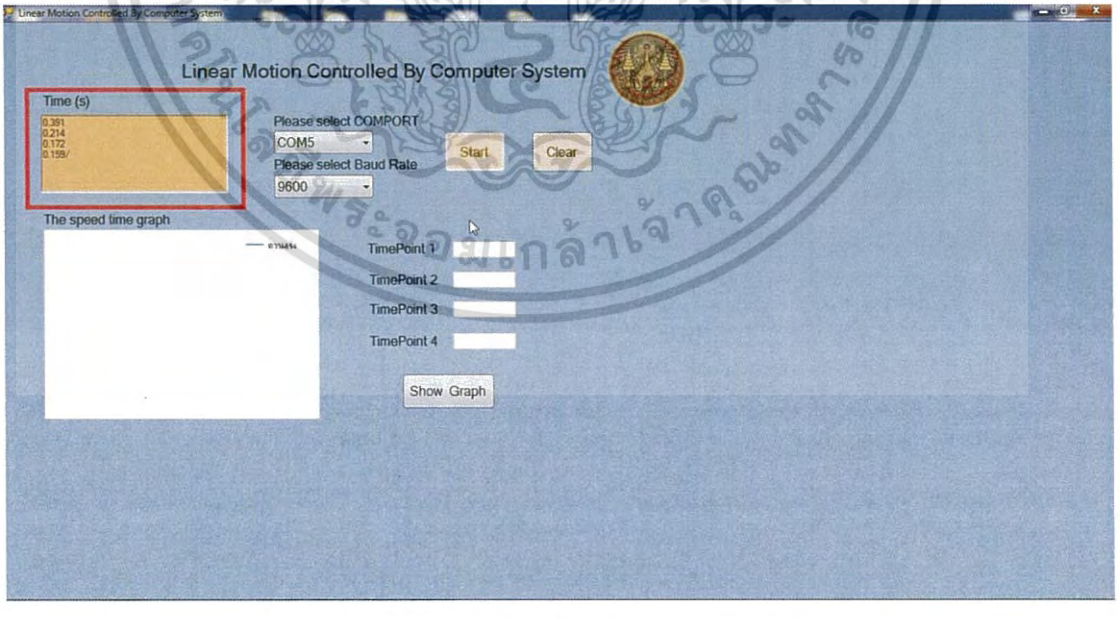
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเลือก Comport กับ Baud Rate เสร็จแล้ว ให้กับปุ่ม Start เพื่อเชื่อมต่อ Arduino กับโปรแกรม ดังรูปที่ ก.5



รูปที่ ก.5 ปุ่ม Start เพื่อเชื่อมต่อ Arduino กับโปรแกรม

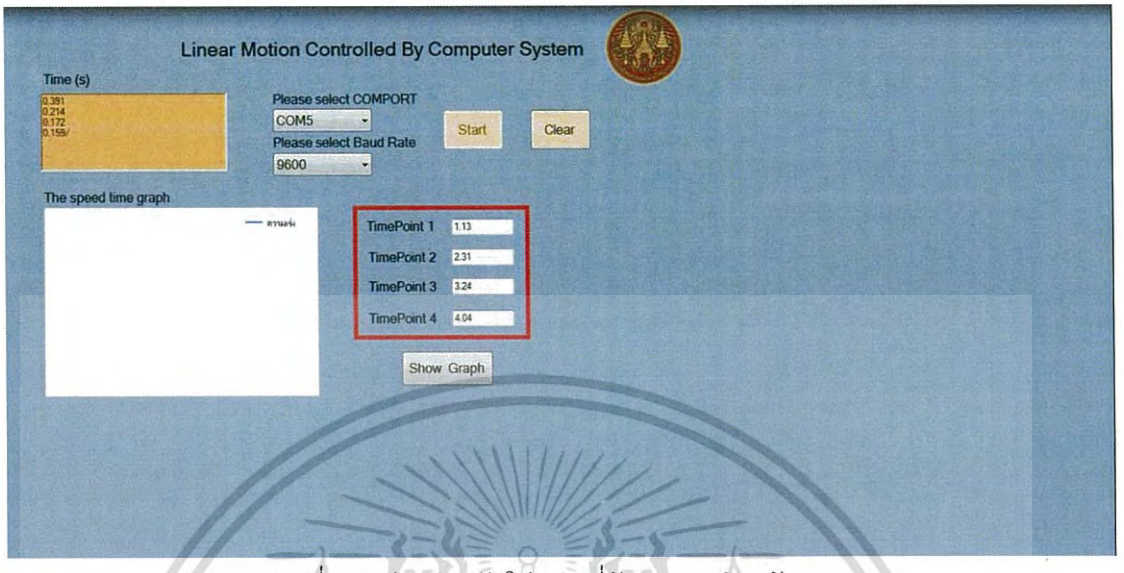
เมื่อ Arduino เชื่อมต่อกับโปรแกรมแล้ว และวัตถุตัดผ่านเซ็นเซอร์ ค่าจาก Arduino จะแสดงใน กล่องข้อความทางด้านซ้ายของโปรแกรม ดังรูปที่ ก.6



รูปที่ ก.6 กล่องแสดงค่าจาก Arduino

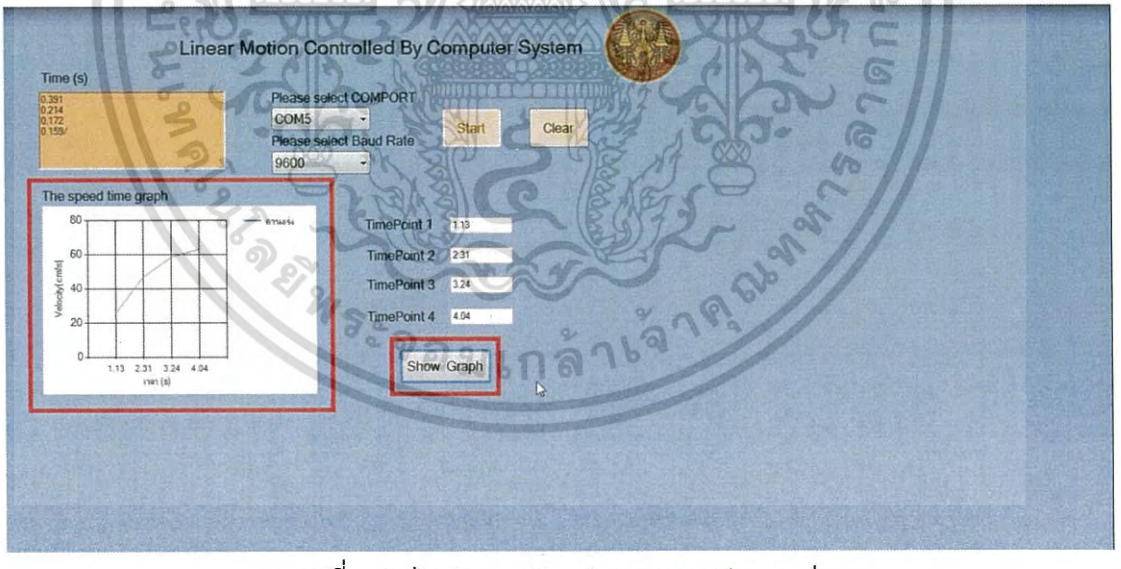
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากค่าจาก Arduino ครบ 4 ค่า ให้ใส่เวลาที่จับจากนาฬิกาจับเวลา ในช่อง Time Point 1-4 ดังรูปที่ ก.7



รูปที่ ก.7 ช่องสำหรับใส่เวลาที่จับจากนาฬิกาจับเวลา

เมื่อค่าจาก Arduino ครบ 4 ค่า และใส่เวลาจากนาฬิกาจับเวลาครบทุกช่องแล้ว ให้กดปุ่ม Show Graph โปรแกรมจะแสดงกราฟความเร่งทางด้านซ้ายมือของโปรแกรม ดังรูปที่ ก.8



รูปที่ ก.8 ปุ่ม Show Graph และ กราฟความเร่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

โค้ดในการเขียนโปรแกรม

โค้ดการเขียนจับเวลาใน Arduino

```
#include "Wire.h"
long time;
int ss1 = 2;
int ss2 = 4;
int ss3 = 7;
int ss4 = 9;
int val_1;
int val_2;
int val_3;
int val_4;
int flag_1;
int flag_2;
int flag_3;
int flag_4;
int flag_p;

float total;
long a;
long b;
void setup()
{
  Serial.begin (9600);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 Wire.begin();
 //pinMode(led1, OUTPUT);
 pinMode(ss1, INPUT);
 pinMode(ss2, INPUT);
 pinMode(ss3, INPUT);
 pinMode(ss4, INPUT);
 flag_1=0;
 flag_2=0;
 flag_3=0;
 flag_4=0;
}
void loop()
{

  val_1=digitalRead(ss1); // อ่านค่าจากตัวแปร val1 ว่าเป็น HIGH หรือ LOW (Sensor 1)
  val_2=digitalRead(ss2); // อ่านค่าจากตัวแปร val1 ว่าเป็น HIGH หรือ LOW (Sensor 2)
  val_3=digitalRead(ss3); // อ่านค่าจากตัวแปร val1 ว่าเป็น HIGH หรือ LOW (Sensor 3)
  val_4=digitalRead(ss4); // อ่านค่าจากตัวแปร val1 ว่าเป็น HIGH หรือ LOW (Sensor 4)
   if(val_1==HIGH&&flag_1==0) // ผ่าน Sensor ตัวที่ 1
  {
    //digitalWrite(led1,LOW); // LED1 สว่าง
    flag_1 = 1;
    time = millis();
    //Serial.print("pin 2 ");
    //Serial.print(time);
    //Serial.print(" ");
    //Serial.println();
    a = time;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  //delay(1000);
}
else if(val_2==HIGH&&flag_2==0) // ผ่าน Sensor ตัวที่ 2
{


//digitalWrite(led1,LOW); // LED1 สว่าง
  flag_2 = 1;
  time = millis();
   //Serial.print("pin 4 ");
   //Serial.print(time);
   //Serial.print(" ");
   //Serial.println();
  a = time;
  //delay(1000);
}
else if(val_3==HIGH&&flag_3==0) // ผ่าน Sensor ตัวท 3
{
  //digitalWrite(led1,LOW); // LED1 สว่าง
  flag_3 = 1;
  time = millis();
   //Serial.print("pin 7 ");
   //Serial.print(time);
   //Serial.print(" ");
   //Serial.println();


  a = time;
  //delay(1000);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
}
else if(val_4==HIGH&&flag_4==0) // ผ่าน Sensor ตัวที่ 4
{
  //digitalWrite(led1,LOW); // LED1 สว่าง
  flag_4 = 1;
  time = millis();
  //Serial.print("pin 8 ");
   //Serial.print(time);
   //Serial.print(" ");
   //Serial.println();
  a = time;
  //delay(1000);
}
//-------------------------------------------------------------------
if(val_1==LOW&&flag_1==1) // ถ้าไม่กดสวิตช์
{



  //digitalWrite(led1,HIGH); // LED 1 ดับ
  flag_1 = 0;
  time = millis();
  //Serial.print(time);
  //Serial.println();
  b = time;
  if(TotalTime(a,b) != 0.00){
  //Serial.print("pin 2 > total : ");
  Serial.print(TotalTime(a,b)/ 1E3, 3);
  Serial.println();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  }
  //delay(1000);
}
else if(val_2==LOW&&flag_2==1) // ถ้าไม่กดสวิตช์
{
  //digitalWrite(led1,HIGH); // LED 1 ดับ
  flag_2 = 0;
  time = millis();
  // Serial.print(time);
   //Serial.println();
  b = time;
  if(TotalTime(a,b)!=0.00&&flag_2==0){
  //Serial.print("pin 4 > total : ");
  Serial.print(TotalTime(a,b)/ 1E3, 3);
  Serial.println();
  }
  //delay(1000);
}
 else if(val_3==LOW&&flag_3==1) // ถ้าไม่กดสวิตช์
{
  //digitalWrite(led1,HIGH); // LED 1 ดับ
  flag_3 = 0;
  time = millis();
   //Serial.print(time);
   //Serial.println();
  b = time;
  if(TotalTime(a,b)!=0.00&&flag_3==0){
  //Serial.print("pin 7 > total : ");
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  Serial.print(TotalTime(a,b)/ 1E3, 3);
  Serial.println();
  }
  //delay(1000);
}
else if(val_4==LOW&&flag_4==1) // ถ้าไม่กดสวิตช์
{
  //digitalWrite(led1,HIGH); // LED 1 ดับ
  flag_4 = 0;
  time = millis();
   //Serial.print(time);
   //Serial.println();
  b = time;
  if(TotalTime(a,b)!=0.00&&flag_4==0){
  //Serial.print("pin 9 > total : ");
  Serial.print(TotalTime(a,b)/ 1E3, 3);
  Serial.print("/");
  Serial.println();
  }
  //delay(1000);
 }
}

float TotalTime(long aa, long bb)
{
 return (bb-aa);
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โค้ดในการเขียนหน้า UI จากโปรแกรม visual basic

```
Imports System
Imports System.Threading
Imports System.IO.Ports
Imports System.ComponentModel

Public Class Form1
    '-----------------------------------------------
    Dim myPort As Array
    Private _isNull As Boolean
    Dim check As Boolean
    Dim I As Integer
    Dim st As String
    Dim et As String
    Dim t() As String
    Dim velosity(4) As Double
    Dim time(4) As Double
    Private _left As String
    Dim checks As Boolean = True
    Dim count As Integer
    Dim txt_distance(4) As String
    Dim txt_time(4) As String

    Delegate Sub SetTextCallback(ByVal [text] As String) 'Added to prevent threading
errors during receiveing of data
    '-----------------------------------------------
    Private Sub Form1_Load(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles MyBase.Load


        myPort = IO.Ports.SerialPort.GetPortNames()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        ComboBox1.Items.AddRange(myPort)

    End Sub
    '-----------------------------------------------


    '-----------------------------------------------
    Private Sub Button1_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Button1.Click
        SerialPort1.PortName = ComboBox1.Text
        SerialPort1.BaudRate = ComboBox2.Text
        SerialPort1.Open()
        Button1.Enabled = False
        Button4.Enabled = True
    End Sub
    '-----------------------------------------------


    Private Sub Button4_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Button4.Click
        SerialPort1.Close()
        Button1.Enabled = True
        Button4.Enabled = False
        RichTextBox2.Clear()
        Dim co As Integer = 1
        Do While co <= 4
            Chart1.Series("ความเร่ง").Points.Clear()
            co += 1
        Loop
    End Sub


    Private Sub SerialPort1_DataReceived(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.IO.Ports.SerialDataReceivedEventArgs) Handles SerialPort1.DataReceived
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    'ReceivedText(SerialPort1.ReadExisting())
    ReceivedText(SerialPort1.ReadLine())
    't = Split(SerialPort1.ReadLine, ",")
    'RichTextBox2.Text &= t(0)

End Sub

Private Sub ReceivedText(ByVal text As String) 'input from ReadExisting
    If Me.RichTextBox2.InvokeRequired Then
        Dim x As New SetTextCallback(AddressOf ReceivedText)
        Me.Invoke(x, New Object() {(text)})
    Else
        count = count + 1
        Me.RichTextBox2.Text &= text 'append text
        t = Split(text, "/")
        If count <= 4 Then
            time(count) = Double.Parse(t(0))
            velosity(count) = 10.0 / time(count)
        End If
    End If
End Sub

Private Sub Button2_Click_1(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Button2.Click
    Dim co As Integer = 1
    txt_time(1) = TextBox1.Text
    txt_time(2) = TextBox2.Text
    txt_time(3) = TextBox3.Text
    txt_time(4) = TextBox4.Text
    Do While co <= 4
        Chart1.Series("ความเร่ง").Points.AddXY(txt_time(co), velosity(co))
        co += 1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

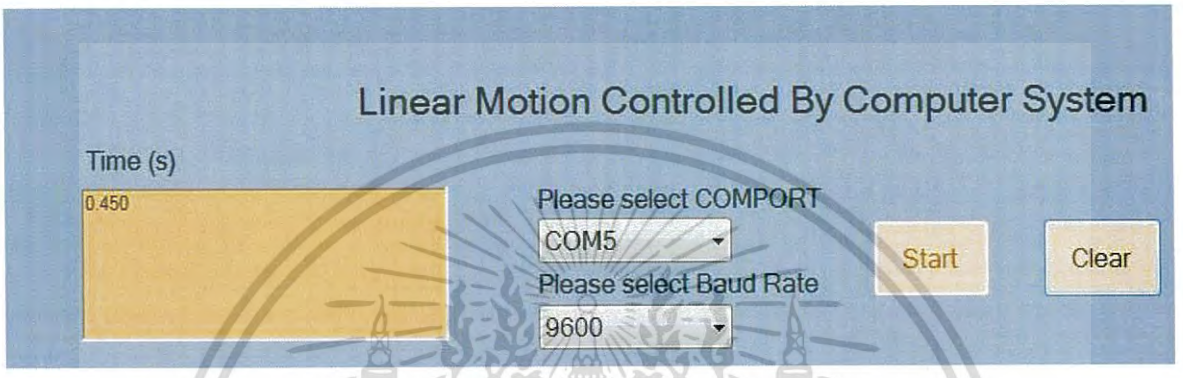
```
        Loop
        'Chart1.Series("Series1").Points.AddXY(value(count), count)
        'Chart1.Series("Series1").Points.AddXY(t(0), count)
    End Sub

End Class
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

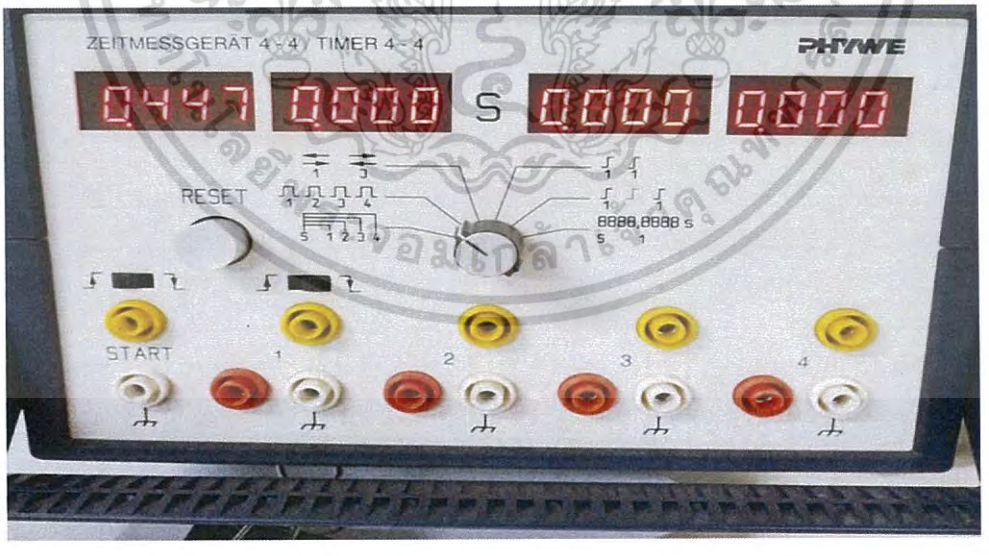
การสอบเทียบอุปกรณ์ Photogate

การสอบเทียบอุปกรณ์ระหว่าง Photogate ที่สร้างขึ้นกับ Photogate ของ Phywe โดยกำหนดระยะวางของ Photogate ที่ระยะ 30 cm ของราง และให้ Glider ขนาด 10 cm ตัดผ่านตัว Photogate ผลการสอบเทียบของตัว Photogate ที่สร้างขึ้นมาพบว่ามีเวลาการตัดผ่านทั้งหมด 0.450



รูปที่ ค1. ผลการสอบเทียบเมื่อวัตถุตัดผ่าน Photogate ที่สร้างขึ้น

ผลการสอบเทียบของตัว Photogate ของ Phywe พบว่ามีเวลาการตัดผ่านทั้งหมด 0.447



รูปที่ ค2. ผลการสอบเทียบเมื่อวัตถุตัดผ่าน Photogate ของ Phyw

สรุป % ค่าความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\sqrt{\frac{\text{ค่าจากทฤษฎี} - \text{ค่าจากการทดลอง}}{\text{ค่าจากทฤษฎี}} \times 100\%}$$

$$\sqrt{\frac{0.477-0.450}{0.477} \times 100\%}$$

Ans = 0.056

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้