

เครื่องตรวจจับการเคลื่อนไหว  
Motion Monitoring System



ปริญญาบัตรนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
พ.ศ.2560

# เครื่องตรวจจับการเคลื่อนไหว

## Motion Monitoring System

โดย

อัญชิษฐา มั่นนิธิวรกุล



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2560

ภาควิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องตรวจจับการเคลื่อนไหว

Motion Monitoring System

ผู้จัดทำ นางสาวอัญชิษฐา มั่นนิธิวรกุล รหัสประจำตัว 57011517

รายงานนี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว



ดร.เทอดศักดิ์ ลีหาทอง  
อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญาบัตร	เครื่องตรวจจับการเคลื่อนไหว
นักศึกษา	นางสาวอัญชิษฐา มั่นนิธิวรกุล รหัสประจำตัว 57011517
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
ปีการศึกษา	2560
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ	ดร.เทอดศักดิ์ ลีหาทอง

### บทคัดย่อ

ปริญญาบัตรนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาและออกแบบระบบตรวจจับสัญญาณการเคลื่อนไหว ระบบนี้ประกอบด้วยอุปกรณ์สวมใส่และโปรแกรมรวบรวมข้อมูล อุปกรณ์สวมใส่ใช้เพื่อวัดสัญญาณการเคลื่อนไหวของมนุษย์ ซึ่งอุปกรณ์นี้มีเซ็นเซอร์วัดแรงเฉื่อย มิติ 6 (เซ็นเซอร์วัดความเร่ง 3 แกน และเซ็นเซอร์วัดความเร่งเชิงมุม 3 แกน) , โมดูลบลูทูธและไมโครคอนโทรลเลอร์ ส่วนโปรแกรมรวบรวมข้อมูลใช้สำหรับรวบรวมข้อมูลสัญญาณของเซ็นเซอร์แรงเฉื่อยที่ส่งมาจากอุปกรณ์สวมใส่ได้ผ่านโมดูลบลูทูธ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Motion Monitoring System
Student	Miss.Aunchitha Munnitivorakul      Student ID 57011517
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Electronics Engineering
Year	2017
Thesis Advisor	Dr.Thurdsak Leauhatong

## ABSTRACT

The purposes of this thesis are designing and implementing a Motion Monitoring System. This system consists of wearable device and a data collecting program. The wearable device is used to measure movement signal of a human. The device has a 6D inertia sensors ( three- axis accelerometer and three- axis gyroscope) , Bluetooth module and a microcontroller. The data collecting program is used to collect the inertia data which are sent from the wearable device via Bluetooth.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ดร.เทอดศักดิ์ ลีวาทอง ที่ให้ความช่วยเหลือให้คำแนะนำให้คำปรึกษาในการเลือกใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ในการนำมาใช้งาน และให้ความรู้ต่าง ๆ ที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์กับปริญญานิพนธ์เล่มนี้ ให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง

อัญชิษฐา

มันนิธิวรกุล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา	1
1.3 สมมุติฐานของการศึกษา	1
1.4 ขอบเขตการศึกษา	1
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	2
2.1 ระบบเครื่องตรวจจับการเคลื่อนไหว	2
2.2 หลักการของเครื่องตรวจจับการเคลื่อนไหว	2
2.3 เซ็นเซอร์แรงเฉื่อย (Inertial Sensor)	3
2.3.1 เซ็นเซอร์วัดความเร่ง (Accelerometer)	3
2.3.2 เซ็นเซอร์วัดความเร็วเชิงมุม (Gyroscope)	5
2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)	8
2.5 เทคโนโลยีบลูทูธ	9
2.6 การสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม	11
2.6.1 การสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรมแบบ UART	11
2.6.2 การสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรมแบบ SPI	12
บทที่ 3 วิธีการเลือกอุปกรณ์และการออกแบบ	13
3.1 วงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้า +2.8 V	13
3.2 เซ็นเซอร์	14
3.3 Microcontroller	15
3.4 Module Bluetooth	17
3.5 วงจรชาร์ตแบตเตอรี่	18
3.6 ผังการทำงานของอุปกรณ์สวมใส่	22
3.7 ผังการทำงานของโปรแกรมแสดงผลและจัดเก็บข้อมูล	24
บทที่ 4 ผลการทดลอง	25
4.1 การทดลองเชื่อมต่อ Bluetooth กับ Accelerometer และ Gyroscope	25
4.2 การทดลองเก็บสัญญาณการเคลื่อนไหวขณะทำกิจกรรมต่าง ๆ	26
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	38
5.1 สรุปผลการทดลอง	38
5.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง	38

## สารบัญญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 โครงสร้างของระบบตรวจจับการเคลื่อนไหว	2
2.2 โครงสร้างของอุปกรณ์สวมใส่	2
2.3 หลักการทำงานของเซ็นเซอร์วัดความเร่ง	3
2.4 ลักษณะการวัดความเร่งของเซ็นเซอร์วัดความเร่งตามแนวแกน	4
2.5 โครงสร้างและหลักการทำงานของจีเซลล์	4
2.6 หลักการทำงานภายในของเซ็นเซอร์ตรวจจับความเร็วเชิงมุม	5
2.7 ลักษณะการวัดความเร็วเชิงมุมของเซ็นเซอร์วัดความเร็วเชิงมุมตามแนวแกน	6
2.8 โครงสร้างภายในของเซ็นเซอร์ตรวจจับความเร็วเชิงมุม	6
2.9 การทำงานของโครีออริสเซนฟิงเกอร์	7
2.10 การเคลื่อนที่ของมวลภายในเซ็นเซอร์ตรวจจับความเร็วเชิงมุม	7
2.11 พื้นฐานอุปกรณ์เชื่อมต่อเครือข่ายไร้สายส่วนบุคคล	10
2.12 แสดงข้อมูลขนาด 8 บิต บิตเริ่มต้นและบิตหยุดที่ใช้ในการโอนย้ายข้อมูลแบบอนุกรม	11
2.13 การเชื่อมต่อของ SPI	12
2.14 การส่งสัญญาณของ SPI	12
3.1 TPS76628	13
3.2 วงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้า +2.8 V	13
3.3 เซ็นเซอร์ LSM6DS3	14
3.4 การต่อวงจรของเซ็นเซอร์ LSM6DS3	14
3.5 STM32L152RDT6	15
3.6 วงจรของ STM32L152RD	16
3.7 Module Bluetooth HC-05	17
3.8 วงจรของ Module Bluetooth HC-05	17
3.9 MCP73833	18
3.10 วงจรชาร์จแบตเตอรี่	18
3.11 อุปกรณ์ของบอร์ดทดลอง	19
3.12 โปรแกรมทดลอง	19
3.13 ลาย PCB ด้านบน	20
3.14 ลาย PCB ด้านล่าง	20
3.15 อุปกรณ์สวมใส่	21
3.16 ผังการทำงานของอุปกรณ์สวมใส่	22
3.17 ตารางการรับข้อมูลจากเซ็นเซอร์แรงเฉื่อย 10 บิต	23
3.18 ตารางการจัดเรียงข้อมูลให้เป็น 8 บิต	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.19 ผังการทำงานของโปรแกรมแสดงผลและจัดเก็บข้อมูล	24
4.1 การรับข้อมูล Accelerometer และ Gyroscope จาก Bluetooth	25
4.2 การนำค่าที่ส่งมาจาก Bluetooth เก็บเป็นไฟล์ txt ด้วยโปรแกรมตัวรับ	25
4.3 การติดตั้งอุปกรณ์ส่งสัญญาณการเคลื่อนไหวกับอาสาสมัคร	26
4.4 Sitting with Black Unsupported but Feet Supported on Floor	27
4.5 Sitting to Stand	27
4.6 Standing Unsupported	28
4.7 Standing to Sitting	28
4.8 Transfers	29
4.9 Standing Unsupported with Eyes Closed	29
4.10 Standing Unsupported with Feet Together	30
4.11 Standing Unsupported with Eyes Closed	30
4.12 Pick Up Object from the Floor from a Standing Position	31
4.13 Turning to Look Behind Over Left and Right Shoulders While Standing	31
4.14 Turn 360 Degree	32
4.15 Place Alternate Foot on Step or Stool While Standing Unsupported	32
4.16 Standing Unsupported One Foot on Front	33
4.17 Standing on One Leg	33
4.18 อิริยาบถการเดิน Six minute walk test	34
4.19 กราฟแสดงผลการเดิน Six minute walk test ของเซนเซอร์วัดความเร็ว	34
4.20 กราฟแสดงผลการเดิน Six minute walk test ของเซนเซอร์วัดความเร็วเชิงมุม	35
4.21 กราฟแสดงผลการเดิน Six minute walk test ทั้ง 6 แกน	35
4.22 อิริยาบถการเดิน Timed up and Go	36
4.23 กราฟแสดงผลการเดิน Timed up and Go ของเซนเซอร์วัดความเร็ว	36
4.24 กราฟแสดงผลการเดิน Timed up and Go ของเซนเซอร์วัดความเร็วเชิงมุม	37
4.25 กราฟแสดงผลการเดิน Timed up and Go ทั้ง 6 แกน	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันจำนวนผู้สูงอายุในประเทศไทยมีจำนวนสูงขึ้นมาก และการล้มเป็นสาเหตุหลักอย่างหนึ่งที่ทำให้คนสูงอายุได้รับบาดเจ็บ นอกจากนี้จะส่งผลกระทบต่อทางด้านร่างกายยังสามารถส่งผลกระทบต่อจิตใจต่อผู้สูงอายุ และครอบครัวด้วยเช่นกัน ส่งผลต่อคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุ ผลกระทบของการหกล้มต่อร่างกาย อาจนำไปสู่การบาดเจ็บ หดสติ รวมไปถึงการเสียชีวิต การล้มเป็นอุบัติเหตุที่สามารถป้องกัน หรือหลีกเลี่ยงได้หากผู้สูงอายุ เครื่องตรวจจับการเคลื่อนไหวจึงมีความสำคัญอย่างมากสำหรับการนำสัญญาณการเดินไปวิเคราะห์หาสาเหตุและปัจจัยเสี่ยงของการล้มในผู้สูงอายุ และยังสามารถนำไปประยุกต์กับโครงการอื่น ๆ ได้อีกด้วย

### 1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อสร้างเครื่องตรวจจับการเคลื่อนไหวที่สามารถนำการเคลื่อนไหวไปวิเคราะห์ผล

### 1.3 สมมติฐานของการศึกษา

เครื่องตรวจจับการเคลื่อนไหวจะนำสัญญาณการเคลื่อนไหวมาเพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาสาเหตุและหาปัจจัยเสี่ยงในการล้ม โดยอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับการล้มดังกล่าว จะมีการติดตั้งเซ็นเซอร์วัดความเร่ง (Accelerometer) และ เซ็นเซอร์วัดความเร็วเชิงมุม (Gyroscope) เพื่อที่จะตรวจจับความเร่งและความเร็วเชิงมุมที่เกิดขึ้นเมื่อมีการล้ม วิเคราะห์และควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ และส่งข้อมูลผ่านโมดูลบลูทูธ (Bluetooth Module) เพิ่มเก็บข้อมูลไว้ในคอมพิวเตอร์ แล้วจึงนำข้อมูลที่ได้นำมาทำการวิเคราะห์

### 1.4 ขอบเขตการศึกษา

โครงการนี้จะทำการตรวจจับการเคลื่อนไหว โดยอาศัยข้อมูลสัญญาณความเร่งและความเร็วเชิงมุมตามแนวแกนต่างๆของผู้ใช้ที่วัดได้ โดยการทดลองจะให้อาสาสมัครติดเครื่องตรวจจับการล้มทำการเก็บข้อมูลโดยสมมติจากอิริยาบถต่างๆของอาสาสมัคร และแสดงผลแบบเวลาจริงผ่านทางโปรแกรมที่จัดทำขึ้น เพื่อนำข้อมูลสัญญาณที่ได้มาทำการวิเคราะห์ในอนาคต

### 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เครื่องตรวจจับการเคลื่อนไหวสามารถนำสัญญาณการเคลื่อนไหวที่มากับเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ในอนาคตต่อไป

## บทที่ 2

### หลักการและทฤษฎี

#### 2.1 ระบบเครื่องตรวจจับการเคลื่อนไหว

จากรูปที่ 2.1 แสดงถึงโครงสร้างระบบตรวจจับการเคลื่อนไหว ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 อุปกรณ์สวมใส่ อุปกรณ์สวมใส่ใช้วัดความเร่งและความเร็วเชิงมุมของการเคลื่อนไหว ในส่วนของการใช้งานอุปกรณ์นี้จะถูกติดตั้งอยู่ที่เอวด้านหลังของผู้สูงอายุ และส่วนที่ 2 เป็นโปรแกรมรวบรวมข้อมูล ทำหน้าที่รับสัญญาณที่ได้จากอุปกรณ์สวมใส่และนำสัญญาณที่ได้มาแสดงผลและบันทึก เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์สัญญาณการเคลื่อนไหว



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของระบบตรวจจับการเคลื่อนไหว

#### 2.2 หลักการของเครื่องตรวจจับการเคลื่อนไหว

โครงสร้างของเครื่องตรวจจับสัญญาณการเคลื่อนไหวโดยแสดงดังรูปที่ 2.2 ซึ่งภายในประกอบไปด้วยส่วนเซ็นเซอร์ความเร่งที่ใช้ในการตรวจจับความเร่งตามแนวแกนต่างๆและความเร่งเชิงมุม ส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่แปลงสัญญาณอนาลอกที่ได้จากเซ็นเซอร์ให้เป็นสัญญาณดิจิทัล และ บลูทูธทำหน้าที่ส่งข้อมูลให้คอมพิวเตอร์นำไปแสดงผลในรูปแบบกราฟ



รูปที่ 2.2 โครงสร้างของอุปกรณ์สวมใส่

จากรูปที่ 2.2 แสดงหลักการการทำงานของเครื่องตรวจจับสัญญาณการเคลื่อนไหวคือ เซ็นเซอร์ตรวจจับความเร่ง และ เซ็นเซอร์ตรวจจับความเร็วเชิงมุม จะส่งข้อมูลไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์และทำการแปลงสัญญาณข้อมูลจากสัญญาณอนาลอก เป็นสัญญาณดิจิทัล จากนั้นส่งข้อมูลการเคลื่อนไหวไปวิเคราะห์แล้วซึ่งเป็นสัญญาณดิจิทัล โดยผ่านระบบบลูทูธ และส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์

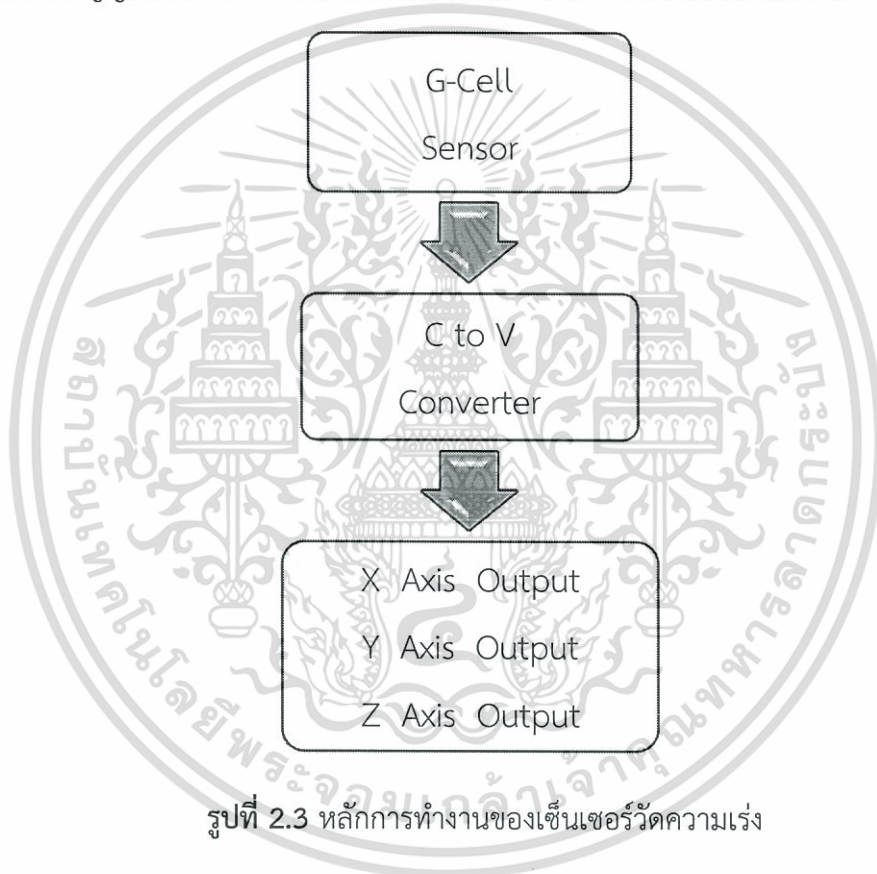
เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินทางปัญญาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

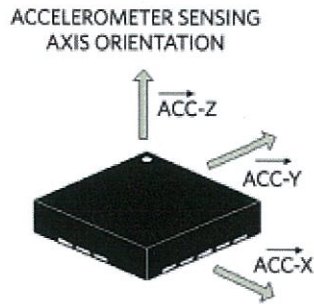
คอมพิวเตอร์แบบ Real-Time ซึ่งได้มีการเขียนโปรแกรมเพื่อใช้ในการสังเกตผล และบันทึกค่าความเร่งที่เปลี่ยนแปลงไปจากการเคลื่อนไหวที่แตกต่างกัน เพื่อนำไปวิเคราะห์สัญญาณการเคลื่อนไหว

## 2.3 เซ็นเซอร์แรงเฉื่อย (Inertial Sensor)

### 2.3.1 เซ็นเซอร์วัดความเร่ง (Accelerometer)

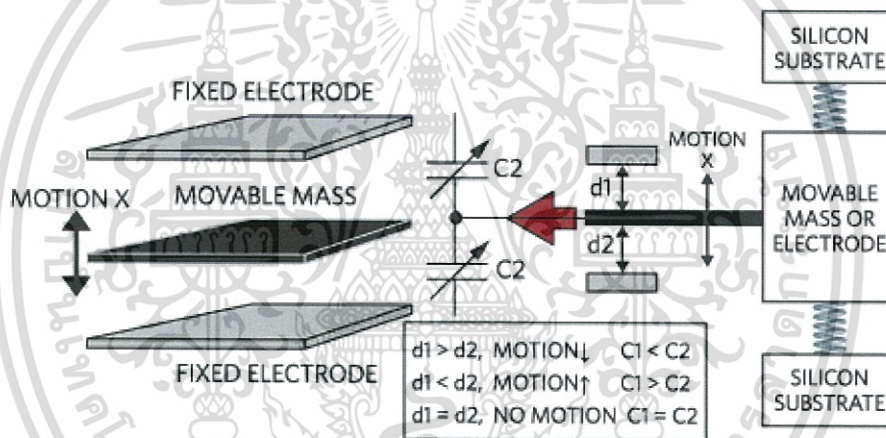
เซ็นเซอร์วัดความเร่ง คือ อุปกรณ์สำหรับตรวจวัดความเร่งในขณะที่มีการเคลื่อนที่ จากรูปที่ 2.3 หลักการทำงานของเซ็นเซอร์วัดความเร่ง จีเซลล์ทำหน้าที่เปลี่ยนความเร่งให้กลายเป็นค่าความจุไฟฟ้า ซึ่งจากกล่าวถึงจีเซลล์ในลำดับถัดไป จากนั้นผ่าน C to V converter เพื่อเปลี่ยนค่าความจุไฟฟ้าไปเป็นสัญญาณขาออกที่เราต้องการ ซึ่งจะแปรผันตามค่าความเร่งที่ตรวจวัดได้





รูปที่ 2.4 ลักษณะการวัดความเร่งของเซ็นเซอร์วัดความเร่งตามแนวแกน

จากรูปที่ 2.4 เป็นลักษณะการวัดความเร่งตามแนวแกน  $x$ ,  $y$  และ  $z$  โดยเซ็นเซอร์ตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของความเร่งตามแนวแกนในหน่วย  $(m/s^2)$  และเปรียบเทียบกับสนามแรงโน้มถ่วงโลกซึ่งมีทิศทางลง



รูปที่ 2.5 โครงสร้างและหลักการทำงานของจีเซลล์

จากรูปที่ 2.5 เป็นโครงสร้างเชิงกลที่สร้างขึ้นจากวัสดุสารกึ่งตัวนำ (Polysilicon) ตามกระบวนการทางเซมิคอนดักเตอร์ โดยสามารถจำลองได้เป็นชุดคานาติดมวลกลางและสามารถเคลื่อนที่ไปมาระหว่างคานถาวรได้ ในกรณีที่คานาติดมวลกลางเคลื่อนที่ของเข้าหาคานถาวรด้านใดด้านหนึ่ง จะทำให้ระยะห่างระหว่างคานถาวรด้านนั้นกับคานาติดมวลกลางลดลง ในขณะที่เดียวกันก็จะทำให้คานถาวรด้านอื่นมีระยะห่างเพิ่มมากขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของระยะห่างจะเป็นตัวชี้วัดถึงความเร่งที่เกิดขึ้นและเปลี่ยนแปลงไปคานถาวรของ จีเซลล์ จะอยู่ในรูปแบบของ ตัวเก็บประจุกลับไปกลับมา (Capacitors back-to-back) ซึ่งระยะห่างของคานถาวรกับคานาติดมวลกลางที่เปลี่ยนแปลงไป จะมีผลทำให้ค่าการเก็บประจุเปลี่ยนแปลงตามสมการที่ (2.1)

$$C = \frac{\epsilon A}{D} \quad (2.1)$$

โดยที่

- A คือ พื้นที่คาน มีหน่วยเป็น ( $m^2$ )
- $\epsilon$  คือ ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก มีหน่วยเป็น (F/m)
- D คือ ระยะทางระหว่างคาน มีหน่วยเป็น ( $\mu m$ )

- การแปลงค่าการเก็บประจุเป็นแรงดัน(C to V Converter)  
จะทำการแปลงค่าการเก็บประจุที่ได้รับจากจีเซลล์ เป็นค่าแรงดัน ตามสมการที่ (2.2)

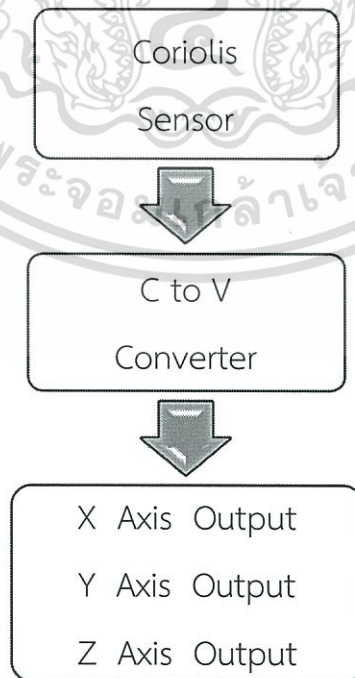
$$V = \frac{Q}{C} \quad (2.2)$$

โดยที่

- C คือ ค่าการเก็บประจุ มีหน่วยเป็น (F)
- Q คือ ประจุไฟฟ้าของอิเล็กตรอน มีหน่วยเป็น (C)

### 2.3.2 เซ็นเซอร์วัดความเร็วเชิงมุม (Gyroscope)

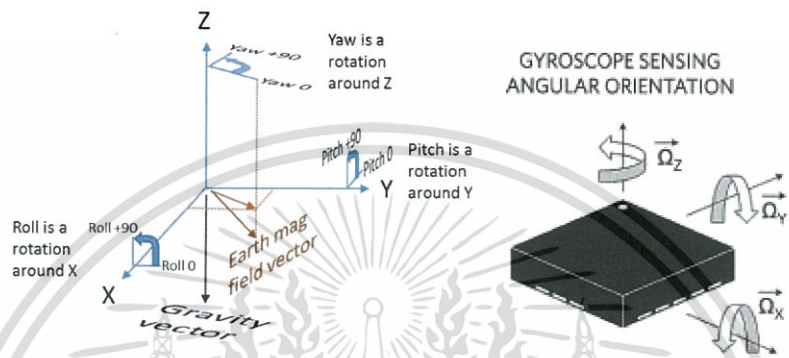
เซ็นเซอร์วัดความเร็วเชิงมุม คือ อุปกรณ์สำหรับตรวจจับความเร็วของการหมุนในขณะที่มีการเคลื่อนที่แบบหมุน จากรูปที่ 2.6 หลักการทำงานของเซ็นเซอร์วัดความเร็วเชิงมุม โคริโอริสเซนฟิงเกอร์ทำหน้าที่เปลี่ยนความเร็วเชิงมุมให้กลายเป็นค่าความจุไฟฟ้า ซึ่งจะกล่าวถึงโคริโอริสเซนในลำดับถัดไปจากนั้นผ่าน C to V converter เพื่อเปลี่ยนค่าความจุไฟฟ้าไปเป็นสัญญาณขาออกที่เราต้องการ ซึ่งจะแปรผันตามค่าความเร็วเชิงมุมที่ตรวจจับได้



รูปที่ 2.6 หลักการทำงานภายในของเซ็นเซอร์ตรวจจับความเร็วเชิงมุม

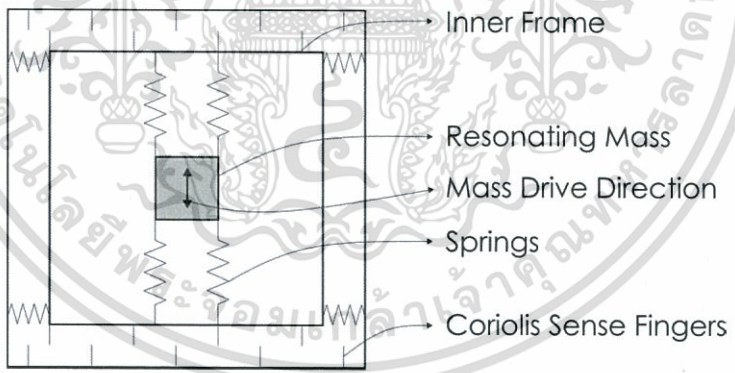
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นฐานการทำงานของเซ็นเซอร์ตรวจจับความเร็วเชิงมุมชนิดนี้อยู่ที่แรงโคริโอลิส(Coriolis) ของระบบการหมุน ซึ่งทุกจุดจะหมุนด้วยความเร็วรอบเท่ากันโดยที่รอบความเร็วยังคงเท่าเดิมแต่ความเร็วในทิศทางที่ตั้งฉากกับแกนหมุนลดลง ดังนั้นเพื่อให้การเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงออกไปจากแกนหมุนในขณะที่หมุนอยู่นั้นความเร็วด้านข้างจะต้องเพิ่มขึ้นหรือลดลงเพื่อรักษาตำแหน่งเดิมในแนวตั้งของการเคลื่อนที่ การเคลื่อนที่ช้าลงหรือเร็วขึ้นทำให้มีความเร่งเกิดขึ้นและแรงโคริโอลิส ในความเร่ง ณ ช่วงเวลานี้ของวัตถุจะมีการเก็บรักษาไว้ ซึ่งแรงโคริโอลิส นี้เป็นส่วนสำคัญของความเร็วเชิงมุมในการหมุนของวัตถุกับความเร็วนั้นที่เคลื่อนที่ออกจากแกนหมุนหรืออยู่รอบๆแกนหมุน



รูปที่ 2.7 ลักษณะการวัดความเร็วเชิงมุมของเซ็นเซอร์วัดความเร็วเชิงมุมตามแนวแกน

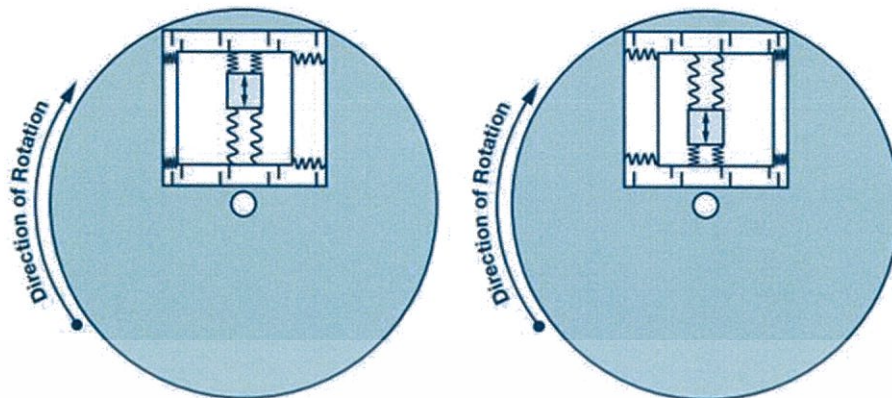
จากรูปที่ 2.7 เป็นลักษณะการวัดความเร็วเชิงมุมตามแนวแกน x , y และ z โดยเซ็นเซอร์ตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของความเร็วเชิงมุมตามแกนเปรียบเทียบกับแรงโน้มถ่วงโลก



รูปที่ 2.8 โครงสร้างภายในของเซ็นเซอร์ตรวจจับความเร็วเชิงมุม

จากรูปที่ 2.8 ภายในเซนเซอร์ตรวจจับความเร็วเชิงมุม มีโครงสร้าง 2 ชั้นโดยชั้นในมีมวลขนาดเล็กต่ออยู่กับชุดสปริง ส่วนชั้นนอกจะต่อกับแผงวงจรโดยมีชุดสปริงชุดที่สองเชื่อมต่อระหว่างชั้นมวลภายในจะมีการเคลื่อนที่อย่างต่อเนื่องแบบสัญญาณไซน์ซoidal (Sinusoidally) ไปกับชุดของสปริงที่ติดอยู่กับมวล การเคลื่อนที่หมุนของระบบจะทำให้เกิดแรงโคริโอลิส ขึ้นภายในมวลผลึกให้มวลเคลื่อนที่ไปทางชุดสปริงชุดที่สอง โดยมวลจะเคลื่อนที่ออกจากแกนหมุนซึ่งถูกผลึกในทิศทางตั้งฉากและจะเคลื่อนที่กลับไปไปยังแกนหมุนดั้งเดิมโดยถูกผลึกในทิศทางตรงกันข้ามเนื่องจากแรงโคริโอลิส ที่กระทำต่อมวล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 การทำงานของโคริออริสเซนพิงเกอร์

แรงโคริออริส ถูกตรวจจับด้วยโคริออริสเซนพิงเกอร์ซึ่งอยู่ตรงด้านที่ไม่มีชุดสปริงชั้นนอกติดอยู่ โดยมวลที่ถูกผลักด้วยแรงโคริออริส ส่งผลให้ค่าความจุที่แตกต่างกันจะถูกตรวจจับด้วย โคริออริสเซนพิงเกอร์ที่มาอยู่ใกล้กันระหว่างภายในกับภายนอก เมื่อมวลถูกผลักในทิศทางตรงกันข้าม โคริออริสเซนพิงเกอร์ของด้านภายในกับด้านภายนอกจะมาอยู่ใกล้กันจึงทำให้เซ็นเซอร์สามารถตรวจจับขนาดและทิศทางของความเร็วเชิงมุมของระบบได้



รูปที่ 2.10 การเคลื่อนที่ของมวลภายในเซ็นเซอร์ตรวจจับความเร็วเชิงมุม

การเคลื่อนที่ไปมาระหว่างโคริออริสเซนพิงเกอร์นั้น ในกรณีที่โคริออริสเซนพิงเกอร์เคลื่อนที่เข้าหาโคริออริสเซนพิงเกอร์ชั้นนอกจะทำให้ระยะห่างระหว่างโคริออริสเซนพิงเกอร์ชั้นในกับโคริออริสเซนพิงเกอร์ชั้นนอกลดลง ในขณะที่เดียวกันก็จะทำให้โคริออริสเซนพิงเกอร์อีกอันของชั้นเดียวกันมีระยะห่างเพิ่มมากขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของระยะห่างจะเป็นตัวชี้วัดถึงความเร่งที่เกิดขึ้นและเปลี่ยนแปลงไปตามสมการที่ (2.3)

$$C = \frac{\epsilon A}{D} \quad (2.3)$$

โดยที่

- A คือ พื้นที่คาน มีหน่วยเป็น ( $m^2$ )
- $\epsilon$  คือ ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก มีหน่วยเป็น (F/m)
- D คือ ระยะทางระหว่างคาน มีหน่วยเป็น ( $\mu m$ )

การแปลงค่าการเก็บประจุเป็นแรงดัน (C to V Converter)

จะทำการแปลงค่าการเก็บประจุที่ได้รับจากโครืออริสเซนฟิงเกอร์เป็นค่าแรงดัน ตามสมการที่ (2.4)

$$V = \frac{Q}{C} \quad (2.4)$$

โดยที่

- C คือ ค่าการเก็บประจุ มีหน่วยเป็น (F)
- Q คือ ประจุไฟฟ้าของอิเล็กตรอน มีหน่วยเป็น (C)

## 2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

เป็นอุปกรณ์ไอซี (IC: Integrated Circuit) ที่สามารถโปรแกรมการทำงานได้ซับซ้อน สามารถรับข้อมูลในรูปสัญญาณดิจิทัลเข้าไปทำการประมวลผลแล้วส่งผลลัพธ์ข้อมูลดิจิทัลออกมาเพื่อนำไปใช้งานตามที่ต้องการได้

ไมโครคอนโทรลเลอร์ภายในชิพจะมีหน่วยความจำ, Port อยู่ในชิพเพียงตัวเดียวซึ่งอาจจะเรียกได้ว่าเป็นคอมพิวเตอร์ชิพเดี่ยว ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นไมโครโพรเซสเซอร์ชนิดหนึ่งเช่นเดียวกับหน่วยประมวลผลกลาง (CPU: Central Processing Unit) ที่ใช้ในคอมพิวเตอร์ แต่ได้รับการพัฒนาแยกออกมาภายหลังเพื่อนำไปใช้ในวงจรทางด้านงานควบคุม คือ แทนที่ในการใช้งานจะต้องต่อวงจรภายนอกต่าง ๆ เพิ่มเติมเช่นเดียวกับไมโครโพรเซสเซอร์ ก็จะทำให้การรวมวงจรมีง่ายขึ้น หน่วยความจำ, ส่วนอินพุท/เอาต์พุท บางส่วนเข้าไปในตัว ไอซีเดียวกัน และเพิ่มวงจรบางอย่างเข้าไปด้วยเพื่อให้มีความสามารถเหมาะสมกับการใช้ในงานควบคุม เช่น วงจรตั้งเวลา, วงจรการสื่อสารอนุกรม วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล เป็นต้น สรุปคือ

$$\text{Microcontroller} = \text{Microprocessor} + \text{Memory} + \text{I/O}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานอย่างกว้างขวาง โดยมักจะเป็นการนำไปใช้ฝังในระบบของอุปกรณ์อื่น ๆ (Embedded Systems) เพื่อใช้ควบคุมการทำงานบางอย่าง เช่น ใช้ในรถยนต์, เต้าอบไมโครเวฟ, เครื่องปรับอากาศ, เครื่องซักผ้าอัตโนมัติ เป็นต้น เพราะไมโครคอนโทรลเลอร์มีข้อดีเหมาะสมต่อการใช้งานควบคุมหลายประการ

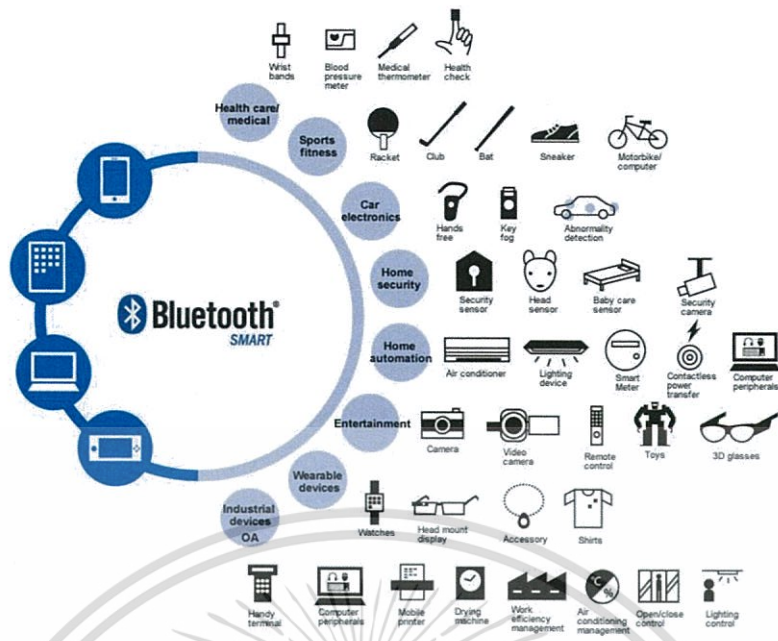
## 2.5 เทคโนโลยีบลูทูธ (Bluetooth Technology)

Bluetooth คือ เทคโนโลยีไร้สายเป็นระบบสื่อสารของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบสองทางด้วยคลื่นวิทยุระยะสั้น (Short-Range Radio Links) โดยปราศจากการใช้สายเคเบิลหรือสายสัญญาณเชื่อมต่อและไม่จำเป็นต้องใช้การเดินทางแบบเส้นตรงเหมือนกับรังสีอินฟราเรด ซึ่งมีความสะดวกมากกว่าการเชื่อมต่อแบบอินฟราเรด ที่ใช้ในการเชื่อมต่อระหว่างโทรศัพท์มือถือ กับอุปกรณ์ ในโทรศัพท์เคลื่อนที่รุ่นก่อนและในการวิจัย ไม่ได้มุ่งเฉพาะการส่งข้อมูลเพียงอย่างเดียว แต่ยังศึกษาถึงการส่งข้อมูลที่เป็นเสียง เพื่อใช้สำหรับ Headset บนโทรศัพท์มือถือด้วย

Bluetooth เป็นระบบสำหรับการเชื่อมโยงสื่อสารไร้สายระหว่างอุปกรณ์แบบ Portable ต่าง ๆ ที่อยู่ภายในระยะบริเวณใกล้เคียงกัน ไม่ห่างไกลกันมากนัก ซึ่งความสามารถในการส่งข้อมูลของ Bluetooth นั้นขึ้นกับแต่ละ class ที่ใช้ ซึ่งมี 4 class ดังนี้

- Class 1 กำลังส่ง 100 มิลลิวัตต์ ระยะประมาณ 100 เมตร
- Class 2 กำลังส่ง 2.5 มิลลิวัตต์ ระยะประมาณ 10 เมตร
- Class 3 กำลังส่ง 1 มิลลิวัตต์ ระยะประมาณ 1 เมตร
- Class 4 กำลังส่ง 0.5 มิลลิวัตต์ ระยะประมาณ 0.5 เมตร

นอกจากนี้ในส่วนของ Air interface ถูกพัฒนาอย่างเหมาะสมเพื่อสามารถต้านทานต่อสัญญาณแทรกแซงรบกวนที่เกิดขึ้นในแถบความถี่ 2.45 GHz ได้ ระบบนี้ได้รับการสนับสนุนจากหลายผู้ผลิตชั้นนำทั้งทางด้านคอมพิวเตอร์ PC และ อุปกรณ์โทรคมนาคมต่าง ๆ



รูปที่ 2.11 พื้นฐานอุปกรณ์เชื่อมต่อเครือข่ายไร้สายส่วนบุคคล

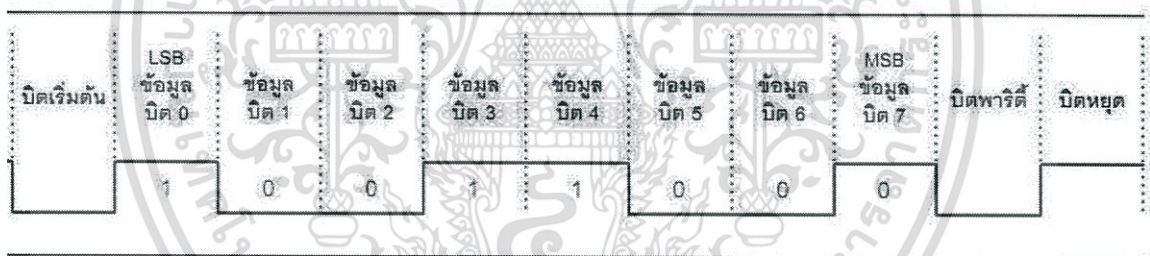
Bluetooth จะใช้สัญญาณวิทยุความถี่ในช่วง 2.4 ถึง 2.4835 GHz. โดยแบ่งออกเป็น 79 ช่องสัญญาณ และใช้ช่องสัญญาณที่แบ่งนี้ เพื่อส่งข้อมูลสลับช่องไปมา 1,600 ครั้งต่อ 1 วินาที ระยะทำการของ Bluetooth จะอยู่ที่ 5-10 เมตร โดยมีระบบป้องกันโดยใช้การบ่อนรหัสก่อนการเชื่อมต่อ และป้องกันการดักสัญญาณระหว่างสื่อสารโดยระบบจะสลับช่องสัญญาณไปมา จะมีความสามารถในการเลือกเปลี่ยนความถี่ที่ใช้ในการติดต่อเองอัตโนมัติ โดยที่ไม่จำเป็นต้องเรียงตามหมายเลขช่อง ทำให้การดักฟังหรือลักลอบขโมยข้อมูลทำได้ยากขึ้น โดยหลักของ Bluetooth จะถูกออกแบบมาเพื่อใช้กับอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็ก เนื่องจากใช้การขนส่งข้อมูลในจำนวนที่ไม่มาก อย่างเช่น ไฟล์ภาพ, เสียง, แอปพลิเคชันต่าง ๆ และสามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย แต่ต้องอยู่ในระยะที่กำหนดไว้เท่านั้น นอกจากนี้ยังใช้พลังงานต่ำ กินไฟน้อย และสามารถใช้งานได้นาน โดยไม่ต้องนำไปชาร์จไฟบ่อย ๆ ด้วย ซึ่งจะทำให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ถือเคลื่อนย้ายได้สามารถติดต่อเชื่อมโยงสื่อสารแบบไร้สายระหว่างกัน ในช่วงระยะห่างสั้น ๆ ได้ อุปกรณ์แต่ละตัวสามารถติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์อื่น ๆ ได้สูงสุดถึง 7 เครื่องพร้อมกัน

## 2.6 การสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม (Serial Communication)

การสื่อสารแบบพอร์ตอนุกรมมีอยู่ 2 ประเภทคือ พอร์ตสื่อสารอนุกรม MSSP (Master Synchronous Serial Port) และพอร์ตสื่อสารอนุกรม UART โดยพอร์ต UART(Universal Asynchronous Receiver Transmitter) จะมีการสื่อสารข้อมูลตามแบบมาตรฐาน RS-232 ซึ่งรูปแบบของข้อมูลอนุกรมประกอบไปด้วยบิต start ตามด้วยข้อมูล 8 บิต จากนั้นตามด้วยบิต parity และสุดท้ายคือบิต stop โดยการสื่อสารข้อมูลบิตที่มีลำดับความสำคัญต่ำสุด (LSB) จะถูกส่งออกไปเป็นบิตแรก และข้อมูลบิตที่สำคัญสูงสุด (MSB) จะถูกส่งออกเป็นบิตสุดท้าย

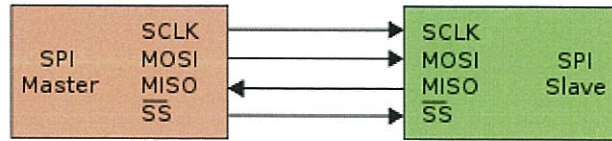
### 2.6.1 การสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรมแบบUART

UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) หมายถึง อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส โดยหน้าที่หลักของ UART คือทำหน้าที่แปลงข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบขนานจากคอมพิวเตอร์ให้อยู่ในรูปแบบอนุกรมแบบอะซิงโครนัสแล้วส่งออกไป และทำหน้าที่แปลงสัญญาณอนุกรมแบบอะซิงโครนัสที่ป้อนเข้ามายัง UART ให้เป็นแบบขนานก่อนที่จะส่งเข้าคอมพิวเตอร์ ซึ่งนอกจาก UART จะส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์แล้ว ยังทำการแจ้งข้อมูลอื่นๆ ให้คอมพิวเตอร์ทราบด้วย เช่น อัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูล (บอดเรต), รูปแบบการส่งข้อมูล, ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นระหว่างการถ่ายทอดข้อมูล (ผิดพลาดจากพาริตี, เฟรมข้อมูล, โอเวอร์รัน) เป็นต้น



รูปที่ 2.12 แสดงข้อมูลขนาด 8 บิต บิตเริ่มต้นและบิตหยุดที่ใช้ในการโอนย้ายข้อมูลแบบอนุกรม

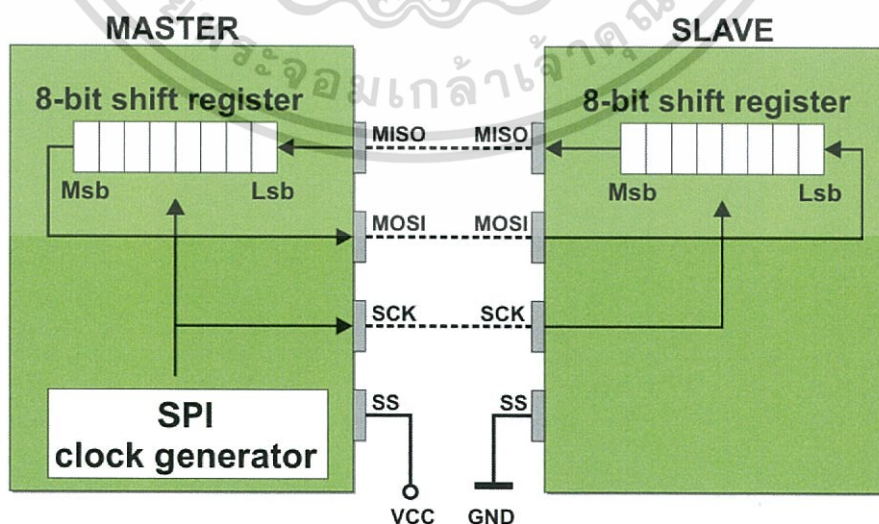
## 2.6.2 การสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรมแบบSPI



รูปที่ 2.13 การเชื่อมต่อของ SPI

SPI (Serial Peripheral Interface) เป็นการสื่อสารที่มีโครงสร้างแบบ Master-Slave Master เป็นตัวควบคุมการรับส่งข้อมูลโดยในที่นี้คือไมโครคอนโทรลเลอร์ กับ Slave เป็นอุปกรณ์ที่รอรับคำสั่งจาก Master โดย Slave มีได้มากกว่า 1 ตัว ภายในวงจรสื่อสารทั้งฝั่ง Master และ Slave มี Serial Shift Register ขนาด 8 บิตสำหรับใช้ในการรับและส่งข้อมูล Shift Register ของทั้งฝั่ง Master และ Slave สามารถที่จะส่งข้อมูลออกไปให้อีกฝั่ง พร้อมกับรับข้อมูลที่ถูส่งเข้ามาได้พร้อมกันในเวลาเดียวกัน ดังนั้น การสื่อสารแบบSPI จึงเป็นการสื่อสารแบบ Full Duplex สัญญาณของ SPI ประกอบด้วย

- MOSI (Master Output Slave Input) เป็นสัญญาณข้อมูลที่ถูกส่งจาก Master ไปให้ Slave
- MISO (Slave Output Master Input) เป็นสัญญาณข้อมูลที่ถูกส่งจาก Slave ไปให้ Master
- SCK (Serial Clock) เป็นสัญญาณนาฬิกาที่ถูกส่งจาก Master Clock ของฝั่ง Master ไปให้ Serial Shift Register ของฝั่ง Slave
- CS (Slave Select) เป็นสัญญาณที่ Master ส่งไปบอก Slave ว่าต้องการรับส่งข้อมูลด้วย โดยใช้ส่งสัญญาณ SS0, SS1 หรือ SS2 ไปเลือกว่าต้องการติดต่อกับ Sensor , SD card , Bluetooth Low Energy Module , LCD Module หรือ อุปกรณ์อื่น ๆ



รูปที่ 2.14 การส่งสัญญาณของ SPI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

### วิธีการเลือกอุปกรณ์และการออกแบบ

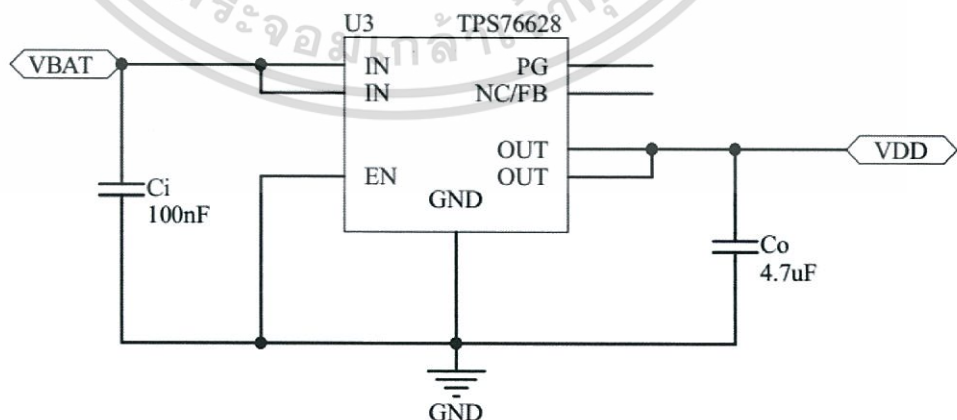
#### 3.1 วงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้า +2.8 V

อุปกรณ์รักษาระดับแรงดันในปริภูมิงานนี้ คือเบอร์ TPS76628 โดยมีรายละเอียดของอุปกรณ์ ดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.1 TPS76628

1. 250-mA Low Dropout Voltage Regulator
2. 2.8 V Fixed Output and Adjustable Versions
3. Dropout Voltage to 310 mV (Typ) at 540 mA
4. Ultralow 35-mA Typical Quiescent Current
5. 3% Tolerance Over Specified Conditions for Fixed Output Versions
6. Open-Drain Power Good
7. Thermal Shutdown Protection



รูปที่ 3.2 วงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้า +2.8 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2 เซ็นเซอร์

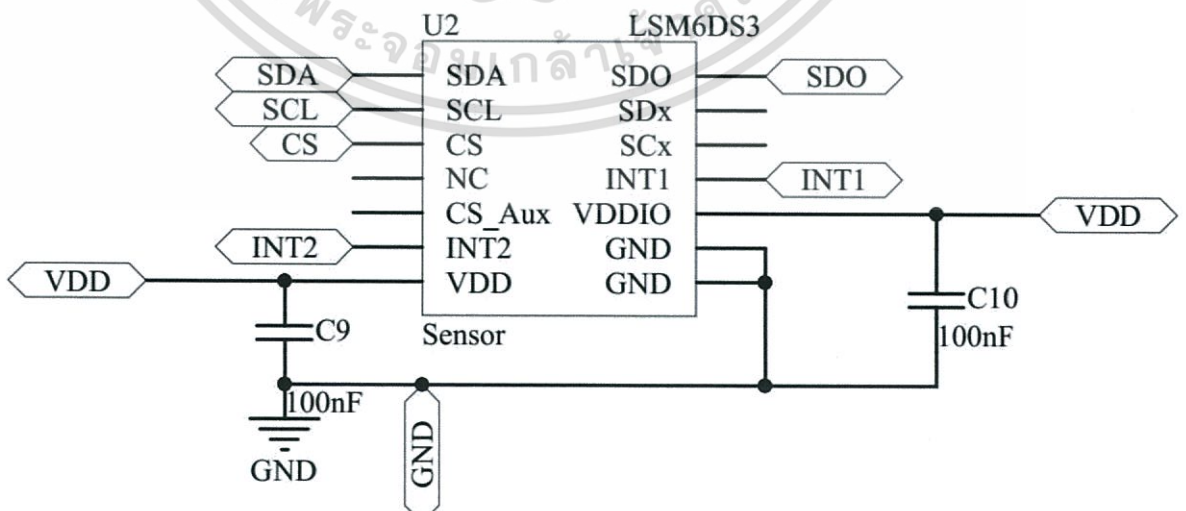
เซ็นเซอร์วัดความเร่งและวัดความเร็วเชิงมุมที่ใช้วัดค่าในปริญญาณิพนธ์นี้ คือบอร์ด LSM6DS3

โดยมีรายละเอียดของเซ็นเซอร์ ดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.3 เซ็นเซอร์ LSM6DS3

1. Low Voltage Operation : 1.71 V to 3.6 V
2. Low Current Consumption : 0.9 mA
3. Very extended operating temperature range (-40°C to +85°C)
4. SPI/I2C serial interface with main processor data synchronization feature
5. “Always-on” experience with low power consumption for both accelerometer and gyroscope
6. connections to external sensors to expand functionalities
7. both accelerometer and gyroscope sensors active with independent ODR
8. Free-fall detection & Embedded self-test
9. 6D orientation



รูปที่ 3.4 การต่อวงจรของเซ็นเซอร์ LSM6DS3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 Microcontroller

ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัลภายในปริภูมิงานนี้คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ (STM32L152RDT6) โดยมีรายละเอียดของไมโครคอนโทรลเลอร์ดังต่อไปนี้

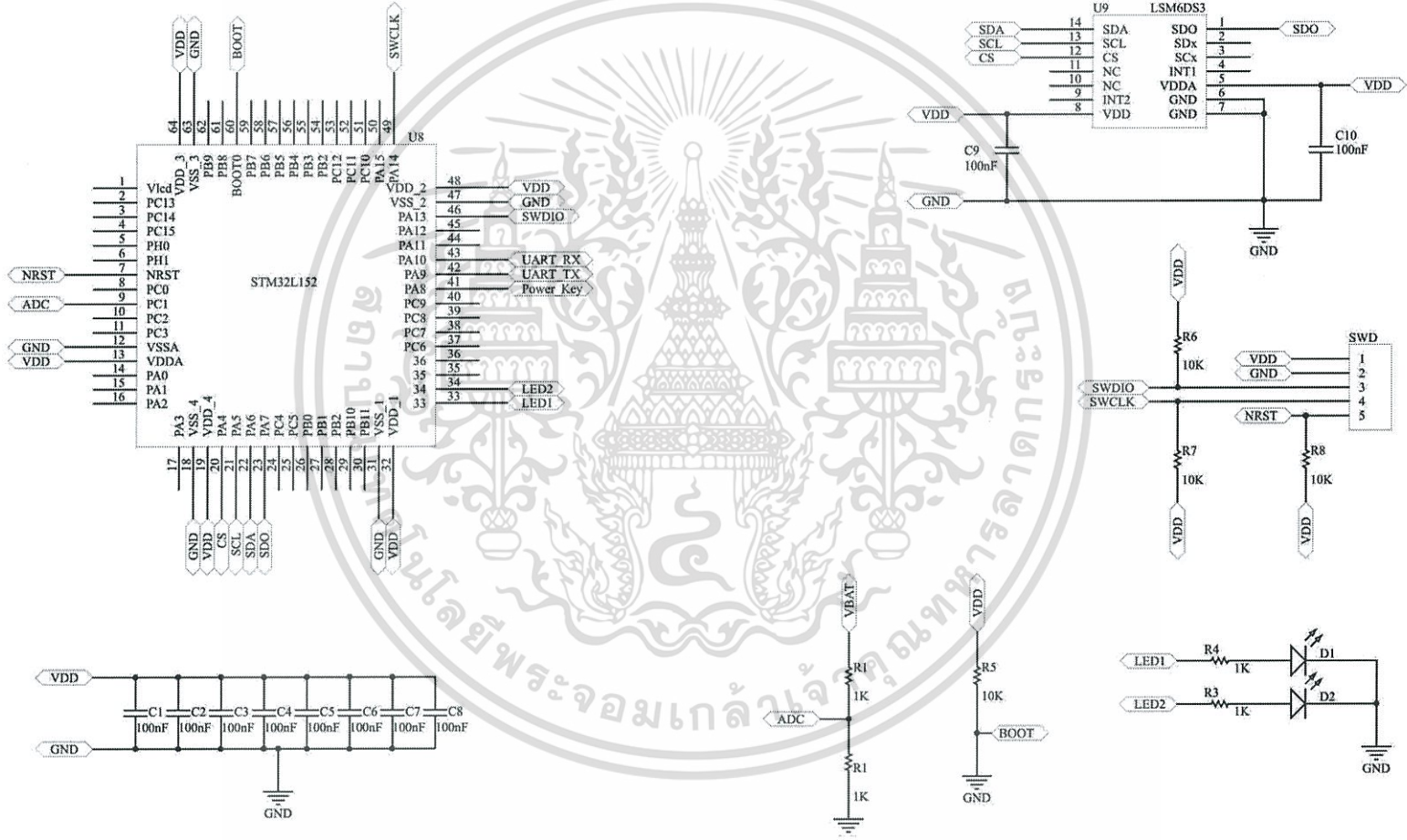


รูปที่ 3.5 STM32L152RDT6

1. Operating temperature range of  $-40^{\circ}\text{C}$  to  $+85^{\circ}\text{C}/105^{\circ}\text{C}$
2. Operating voltage range of 1.65V to 3.6V
3. 384 KB Flash with ECC (with 2 bank of 192 KB enabling Rww capability)
4. 48 KB RAM
5. Multiple power management modes
6. Multiple interrupt vectors with individually programmable priority
7. Fail-Safe Clock Monitor Mode
8. Configurable Watchdog Timer with on-chip Low-Power RC Oscillator for reliable operation

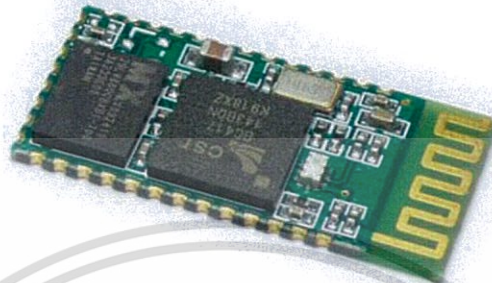
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.6 วงจรของ STM32L152RD



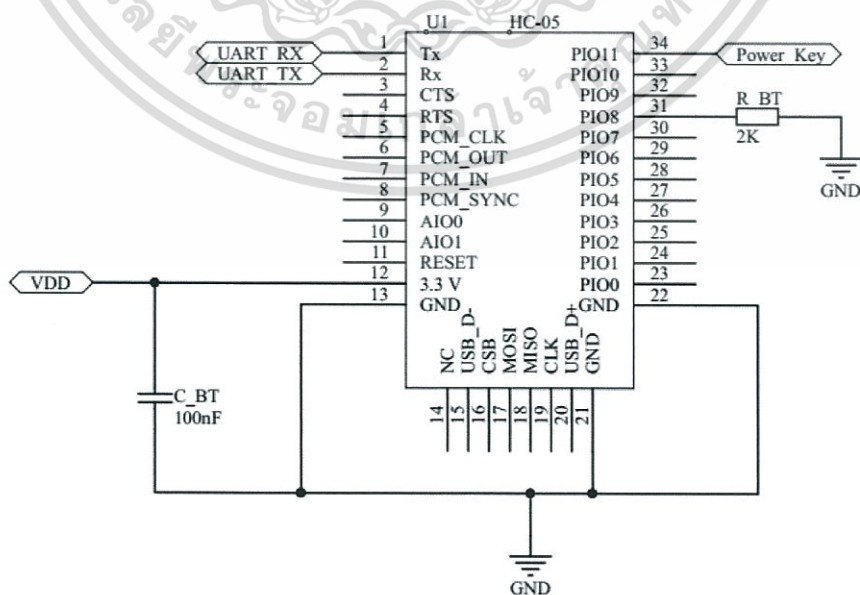
### 3.4 Module Bluetooth

Module Bluetooth ที่ใช้ในการส่งสัญญาณเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ภายในปริญญาโทฉบับนี้  
 ๑๕  
 ๑  
 HC-05 โดยมีรายละเอียดของ Module Bluetooth ดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.7 Module Bluetooth HC-05

1. Typical -80dBm sensitivity
2. Up to +4dBm RF transmit power
3. Low Power 1.8V Operation ,1.8 to 3.6V I/O
4. PIO control
5. UART interface with programmable baud rate
6. With integrated antenna
7. With edge connector
8. Default Baud rate: 38400, Data bits:8, Stop bit:1,Parity:No parity, Data control: has. Supported baud rate: 9600,19200,38400,57600,115200,230400,460800.
- 9.

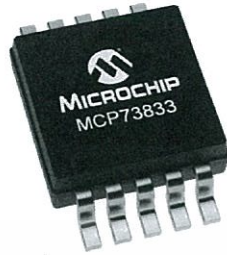


รูปที่ 3.8 วงจรของ Module Bluetooth HC-05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

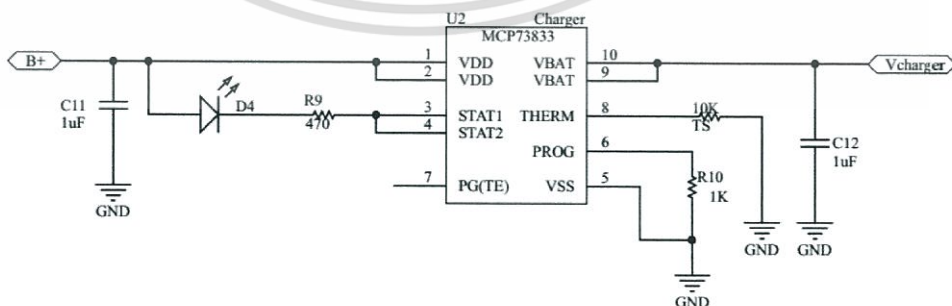
### 3.5 วงจรชาร์จแบตเตอรี่

วงจรชาร์จแบตเตอรี่ที่ใช้สำหรับชาร์จแบตเตอรี่ในปริิณญาณินพณ์นี้ คือ MCP73833 โดยมีรายละเอียดของ Battery Charger (MCP73833) ดังต่อไปนี้



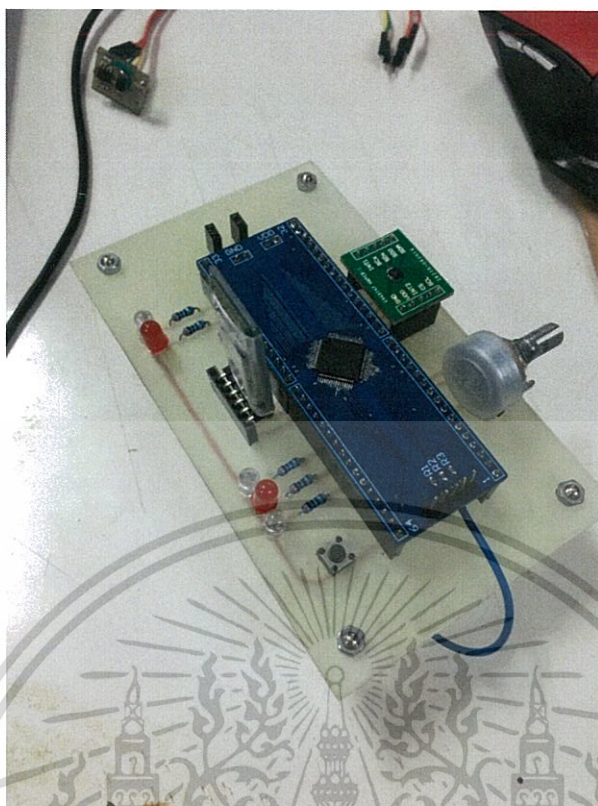
รูปที่ 3.9 MCP73833

1. Complete Linear Charge Management Controller
  - Integrated Pass Transistor
  - Integrated Current Sense
  - Integrated Reverse Discharge Protection
2. High Accuracy Preset Voltage Regulation: 4.2V, 4.35V, 4.4V, or 4.5V, + 0.75%
3. Programmable Charge Current: 1A Maximum
4. Preconditioning of Deeply Depleted Cells
  - Selectable Current Ratio
  - Selectable Voltage Threshold
5. Automatic End-of-Charge Control & Automatic Recharge
6. Two Charge Status Outputs
7. Low-Dropout Linear Regulator Mode
8. Automatic Power-Down when Input Power Removed

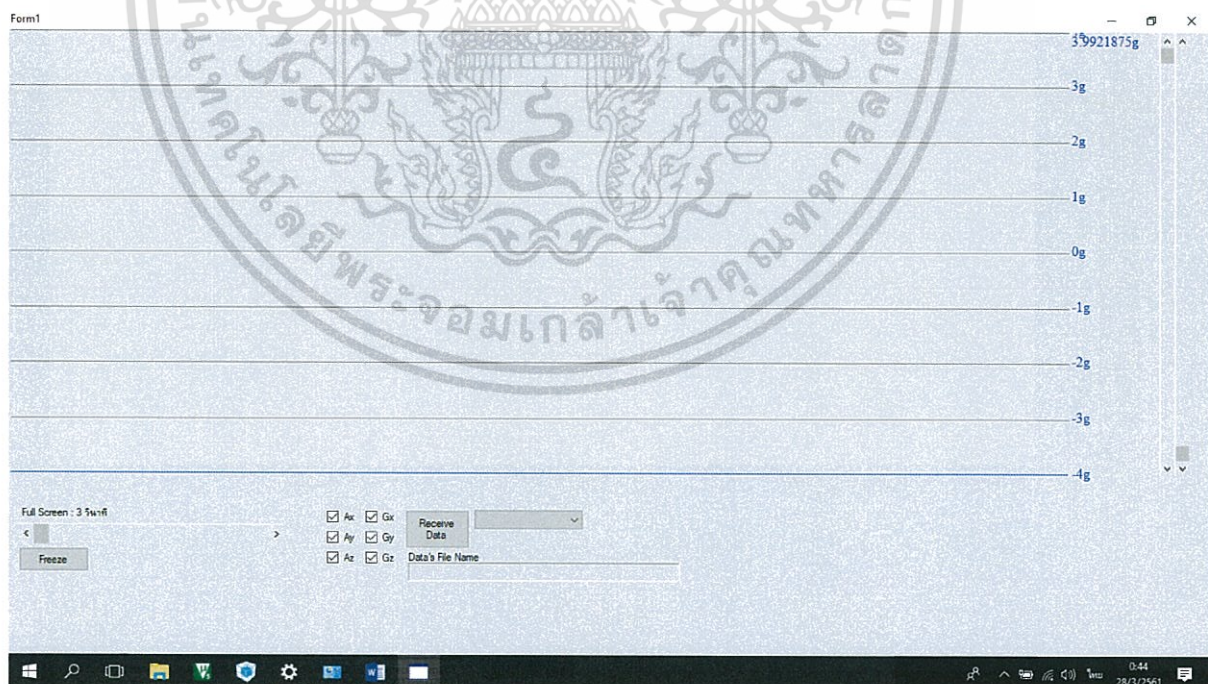


รูปที่ 3.10 วงจรชาร์จแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

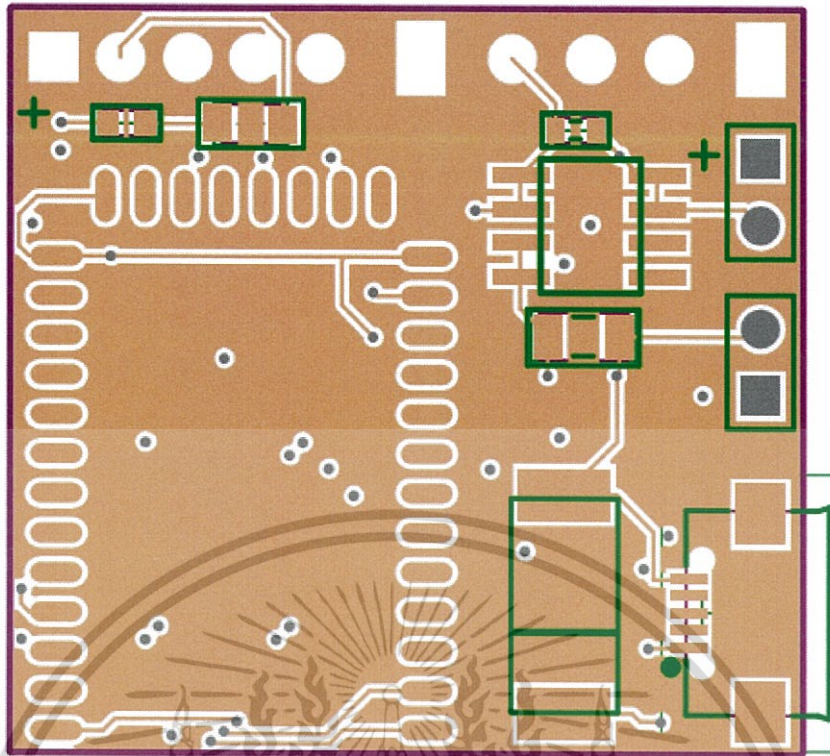


รูปที่ 3.11 อุปกรณ์ของบอร์ดทดลอง

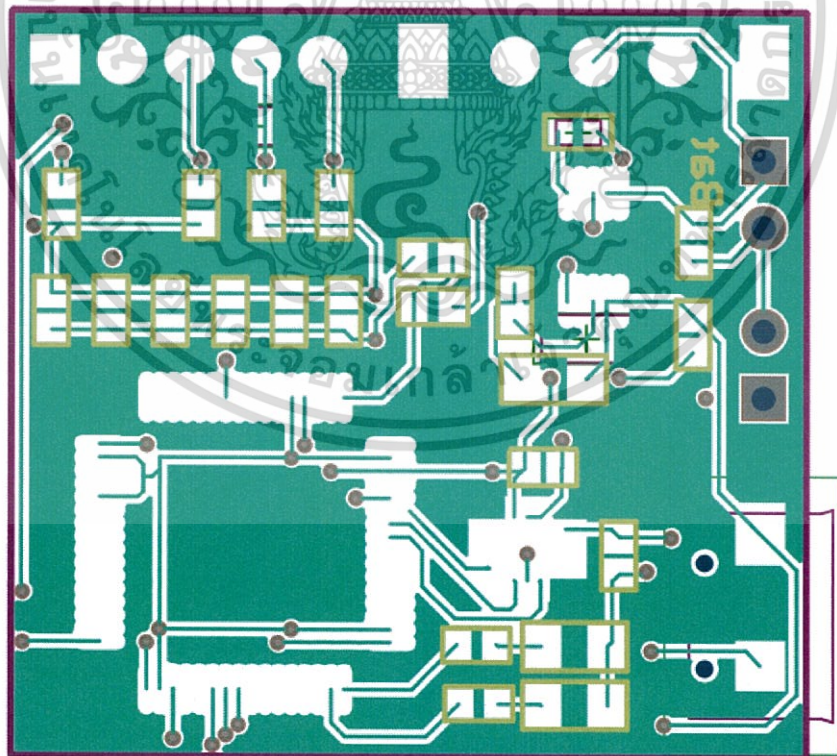


รูปที่ 3.12 โปรแกรมทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 ลาย PCB ด้านบน



รูปที่ 3.14 ลาย PCB ด้านล่าง

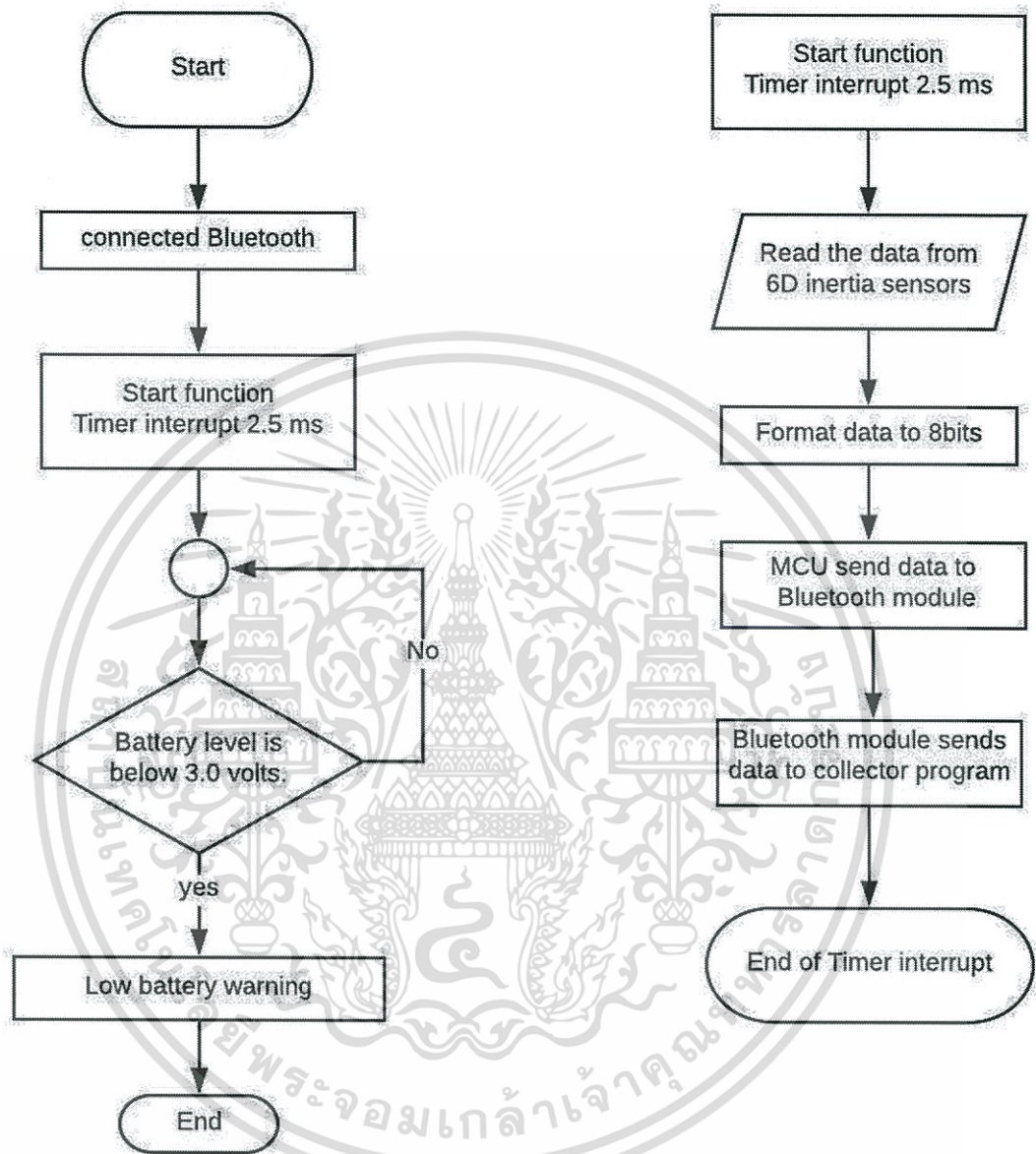
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 อุปกรณ์สวมใส่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.6 ฟังก์ชันการทำงานของอุปกรณ์สวมใส่



รูปที่ 3.16 ฟังก์ชันการทำงานของอุปกรณ์สวมใส่

จากรูปที่ 3.17 ฟังก์ชันการทำงานของอุปกรณ์สวมใส่ เมื่อเริ่มต้นทำงาน อุปกรณ์จะทำการตั้งค่า เริ่มต้นของอุปกรณ์ต่อพ่วง (GPIO, ADC, UART interface และ SPI interface) จากนั้นจะเปิดการใช้งาน Timer interrupt ในเวลา 2.5 มิลลิวินาที กล่าวคือเมื่อเวลาผ่านไป 2.5 มิลลิวินาทีที่จะเกิดการ interrupt ขึ้น โดยในขณะที่โปรแกรมทำงานอยู่ในฟังก์ชันหลัก โปรแกรมจะข้ามไปทำงานในฟังก์ชันที่มีลำดับ Priority สูงกว่า ซึ่งในการทำงานที่นี้ก็คือ ฟังก์ชัน interrupt ภายใน ฟังก์ชัน interrupt จะมีการรับข้อมูลจากเซ็นเซอร์แรงเฉื่อยดังรูปที่ 3.18 แล้วนำข้อมูลที่ได้นำเข้าสู่กระบวนการจัดเรียงรูปแบบข้อมูลเป็น 8 บิตดังรูปที่ 3.19 หลังจากนั้นจะส่งข้อมูลต่อไปยังบลูทูธโมดูล และถือเป็นอันเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สิ้นสุดฟังก์ชัน interrupt เมื่อสิ้นสุดฟังก์ชัน interrupt โปรแกรมจะกลับมาทำงานในฟังก์ชันหลัก ภายในฟังก์ชันหลักจะมีการตัดสินใจโดยมีเงื่อนไขคือ ระดับแบตเตอรี่ต่ำกว่า 3.0 โวลต์หรือไม่ ถ้าไม่ โปรแกรมจะทำการตรวจสอบซ้ำไปเรื่อยๆ ถ้าใช้โปรแกรมจะทำการแจ้งเตือนว่าแบตเตอรี่ต่ำกว่าก่อนที่ จะหยุดทำงาน

sensor	axis	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
Accelerometer	x	$A_{x9}$	$A_{x8}$	$A_{x7}$	$A_{x6}$	$A_{x5}$	$A_{x4}$	$A_{x3}$	$A_{x2}$	$A_{x1}$	$A_{x0}$
	y	$A_{y9}$	$A_{y8}$	$A_{y7}$	$A_{y6}$	$A_{y5}$	$A_{y4}$	$A_{y3}$	$A_{y2}$	$A_{y1}$	$A_{y0}$
	z	$A_{z9}$	$A_{z8}$	$A_{z7}$	$A_{z6}$	$A_{z5}$	$A_{z4}$	$A_{z3}$	$A_{z2}$	$A_{z1}$	$A_{z0}$
Gyroscope	x	$G_{x9}$	$G_{x8}$	$G_{x7}$	$G_{x6}$	$G_{x5}$	$G_{x4}$	$G_{x3}$	$G_{x2}$	$G_{x1}$	$G_{x0}$
	y	$G_{y9}$	$G_{y8}$	$G_{y7}$	$G_{y6}$	$G_{y5}$	$G_{y4}$	$G_{y3}$	$G_{y2}$	$G_{y1}$	$G_{y0}$
	z	$G_{z9}$	$G_{z8}$	$G_{z7}$	$G_{z6}$	$G_{z5}$	$G_{z4}$	$G_{z3}$	$G_{z2}$	$G_{z1}$	$G_{z0}$

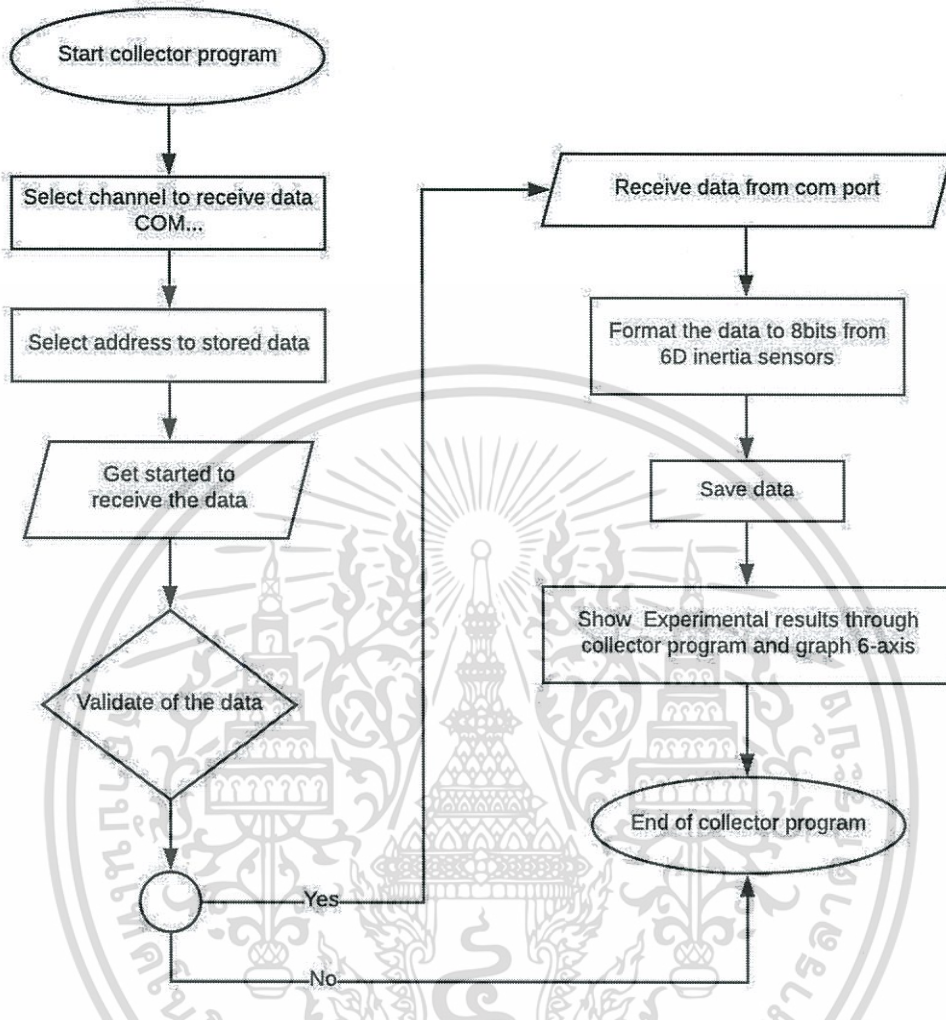
รูปที่ 3.17 ตารางการรับข้อมูลจากเซ็นเซอร์แรงเฉื่อย 10 บิต

NAME	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
Data1	1	$A_{x6}$	$A_{x5}$	$A_{x4}$	$A_{x3}$	$A_{x2}$	$A_{x1}$	$A_{x0}$
Data2	0	$A_{y3}$	$A_{y2}$	$A_{y1}$	$A_{y0}$	$A_{x9}$	$A_{x8}$	$A_{x7}$
Data3	0	$A_{z0}$	$A_{y9}$	$A_{y8}$	$A_{y7}$	$A_{y6}$	$A_{y5}$	$A_{y4}$
Data4	0	$A_{z7}$	$A_{z6}$	$A_{z5}$	$A_{z4}$	$A_{z3}$	$A_{z2}$	$A_{z1}$
Data5	0	$G_{x4}$	$G_{x3}$	$G_{x2}$	$G_{x1}$	$G_{x0}$	$A_{z9}$	$A_{z8}$
Data6	0	$G_{y1}$	$G_{y0}$	$G_{x9}$	$G_{x8}$	$G_{x7}$	$G_{x6}$	$G_{x5}$
Data7	0	$G_{y8}$	$G_{y7}$	$G_{y6}$	$G_{y5}$	$G_{y4}$	$G_{y3}$	$G_{y2}$
Data8	0	$G_{z5}$	$G_{z4}$	$G_{z3}$	$G_{z2}$	$G_{z1}$	$G_{z0}$	$G_{y9}$
Data9	0	X	X	X	$G_{z9}$	$G_{z8}$	$G_{z7}$	$G_{z6}$

รูปที่ 3.18 ตารางการจัดเรียงข้อมูลให้เป็น 8 บิต

จากรูปที่ 3.18 เป็นการแสดงว่าค่าที่เรารับมาจากเซ็นเซอร์แรงเฉื่อยนั้นมีจำนวน 10 บิต เนื่องจากมีความละเอียดและแม่นยำ แต่เนื่องจากการรับ-ส่งข้อมูลทางบลูทูธนั้น สามารถรับค่าสูงสุดได้เพียง 8 บิต เราจึงแปลงจัดเรียงให้อยู่ในรูป 8 บิตดังรูปที่ 3.19 โดยแบ่งส่งข้อมูลเป็นจำนวน 9 ชุด ชุดละ 7 บิต อีก 1 บิตเป็นตัวเช็คค่าขึ้นข้อมูลชุดใหม่แล้ว และในชุดข้อมูลที่ 9 มีจำนวน 3 บิตเป็นการนับจำนวนรอบในแต่ละรอบได้แก่บิตที่ 7 ถึง บิตที่ 5

### 3.7 ผังการทำงานของโปรแกรมแสดงผลและจัดเก็บข้อมูล



รูปที่ 3.19 ผังการทำงานของโปรแกรมแสดงผลและจัดเก็บข้อมูล

จากรูปที่ 3.19 ผังการทำงานของโปรแกรมแสดงผลและจัดเก็บข้อมูลเริ่มจากการทำงานโดยการเปิดโปรแกรมหลังจากนั้นเลือกใช้ com port ที่คอมพิวเตอร์เชื่อมต่ออยู่เพื่อรับข้อมูลและเลือกที่อยู่ของการจัดเก็บข้อมูลในคอมพิวเตอร์ หลังจากนั้นเริ่มต้นรับข้อมูลโดยจะมีการตรวจสอบการรับข้อมูลเพื่อให้มั่นใจว่าการเชื่อมต่อยังใช้งานได้ ถ้าขาดการเชื่อมต่อจะสิ้นสุดการทำงานทันที แต่เมื่อสามารถทำงานต่อไปได้จะรับค่าจาก com port และเนื่องจากข้อมูลที่ได้รับมาเป็นค่า 8 บิต ที่ผ่านการจัดเรียงมาก่อนหน้านี้ ในรูปที่ 3.18 เราจึงต้องนำข้อมูลที่ได้รับกลับมาจัดเรียงใหม่เพื่อให้กลับมาเป็นค่าที่รับจากเซ็นเซอร์ความเฉื่อยดั้งเดิม ต่อจากนั้นเราจะทำการเก็บข้อมูลตามที่อยู่ที่เราเลือกไว้ และสุดท้ายจะแสดงผลผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์



## 4.2 การทดลองเก็บสัญญาณการเคลื่อนไหวขณะทำกิจกรรมต่าง ๆ

อุปกรณ์จะถูกติดตั้งอยู่ด้านหลังของอาสาสมัครและอยู่บริเวณกระดูก Lumbar



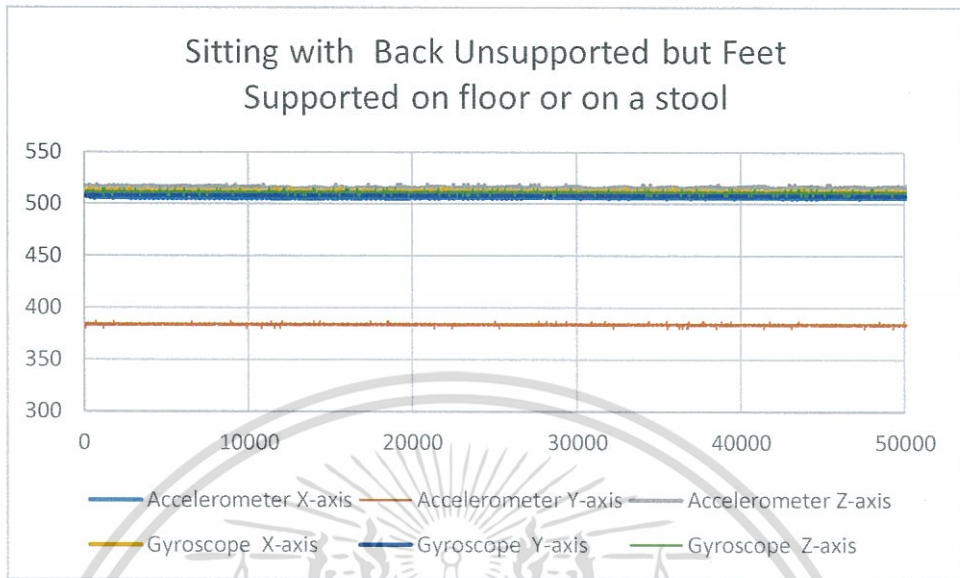
รูปที่ 4.3 การติดตั้งอุปกรณ์ส่งสัญญาณการเคลื่อนไหวกับอาสาสมัคร

### 4.2.1 การเก็บสัญญาณการเคลื่อนไหวในแบบทดสอบ Berg Balance Scale

การทดลองนี้ทดลองเพื่อแยกแยะสัญญาณการเคลื่อนไหวของคนปกติในแบบทดสอบ Berg-Balance Scale ซึ่งมีการทดสอบ 14 แบบ เพื่อนำไปประเมินคะแนนความเสี่ยงในการล้ม

#### 4.2.1.1 Sitting with Back Unsupported but Feet Supported on Floor

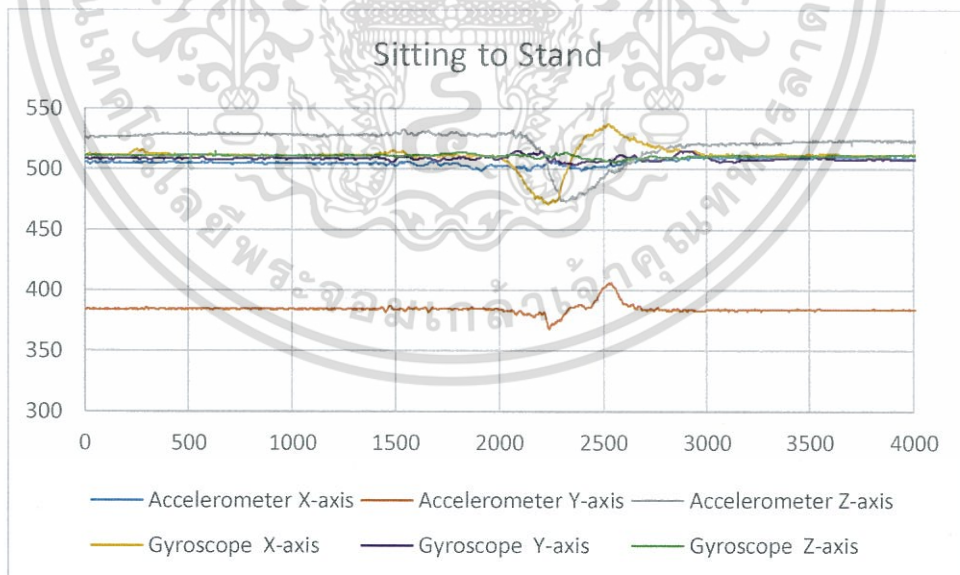
นั่งกอดอกไม่พิงหลัง เป็นเวลา 2 นาที



รูปที่ 4.4 Sitting with Back Unsupported but Feet Supported on Floor

#### 4.2.1.2 Sitting to Stand

ลุกขึ้นจากเก้าอี้โดยพยายามอย่าใช้มือช่วย

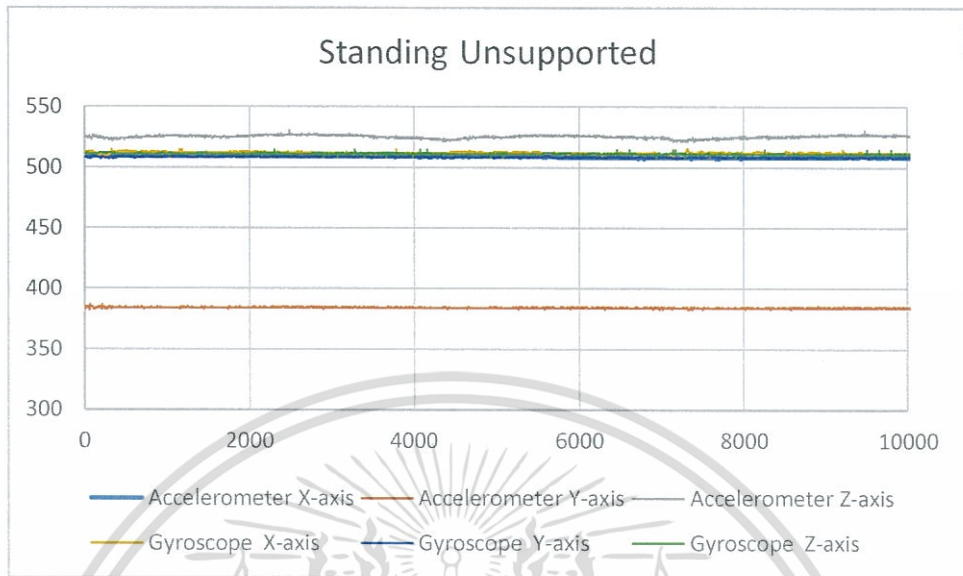


รูปที่ 4.5 Sitting to Stand

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.1.3 Standing Unsupported

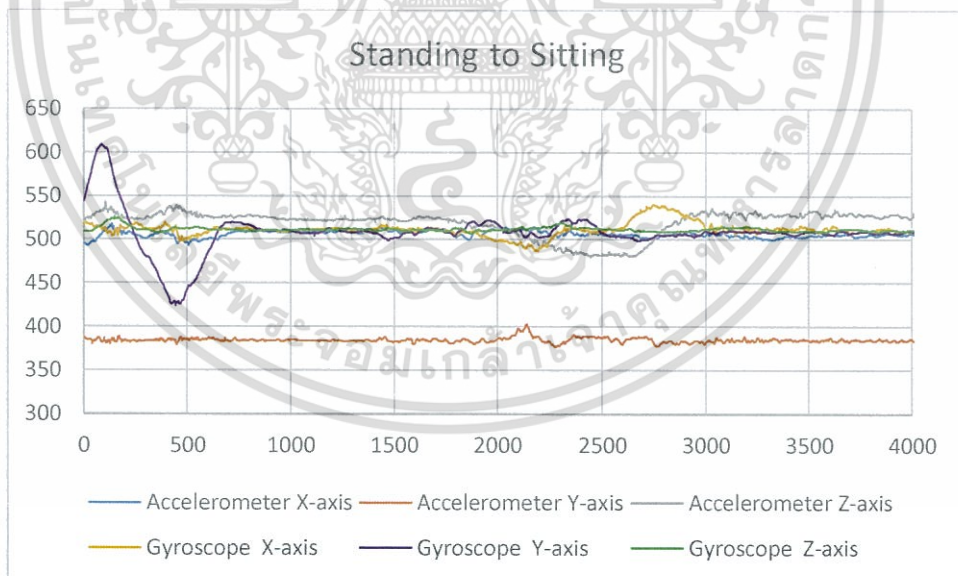
ยืนนิ่งๆ 2 นาทีโดยไม่จับหรือพึ่งอะไร



รูปที่ 4.6 Standing Unsupported

#### 4.2.1.4 Standing to Sitting

นั่งลงบนเก้าอี้

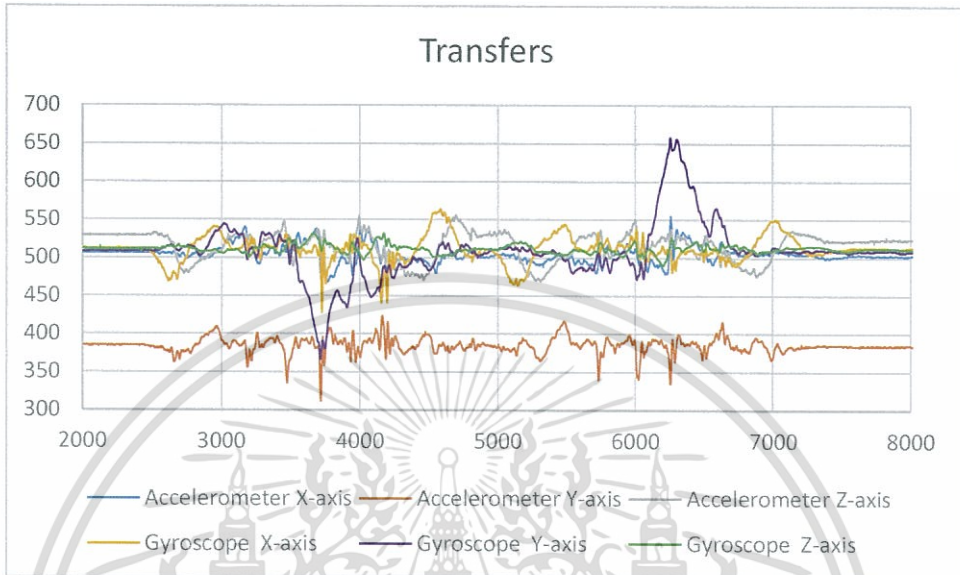


รูปที่ 4.7 Standing to Sitting

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.1.5 Transfers

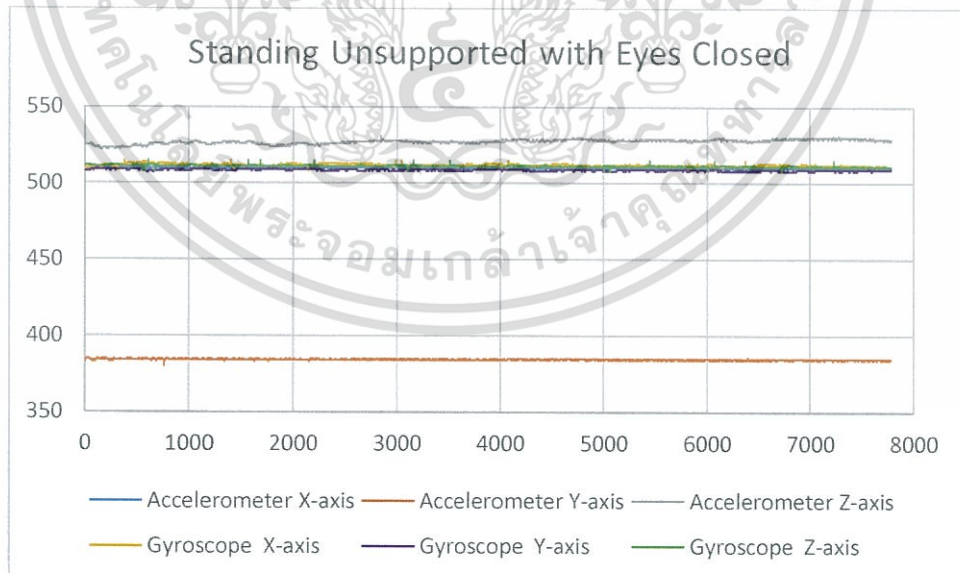
จัดเก้าอี้สำหรับให้อาสาสมัครย้ายที่นั่ง ให้อาสาสมัครนั่งบนเก้าอี้ที่มีที่วางแขน แล้วบอกให้อาสาสมัครย้ายไปนั่งบนเก้าอี้ที่ไม่มีที่วางแขนโดยใช้มือช่วยน้อยที่สุด จากนั้นบอกให้อาสาสมัครย้ายกลับไปนั่งบนเก้าอี้ที่มีที่วางแขนโดยใช้มือช่วยน้อยที่สุด



รูปที่ 4.8 Transfers

#### 4.2.1.6 Standing Unsupported with Eyes Closed

ยืนหลับตานิ่งๆเป็นเวลา 10 วินาที

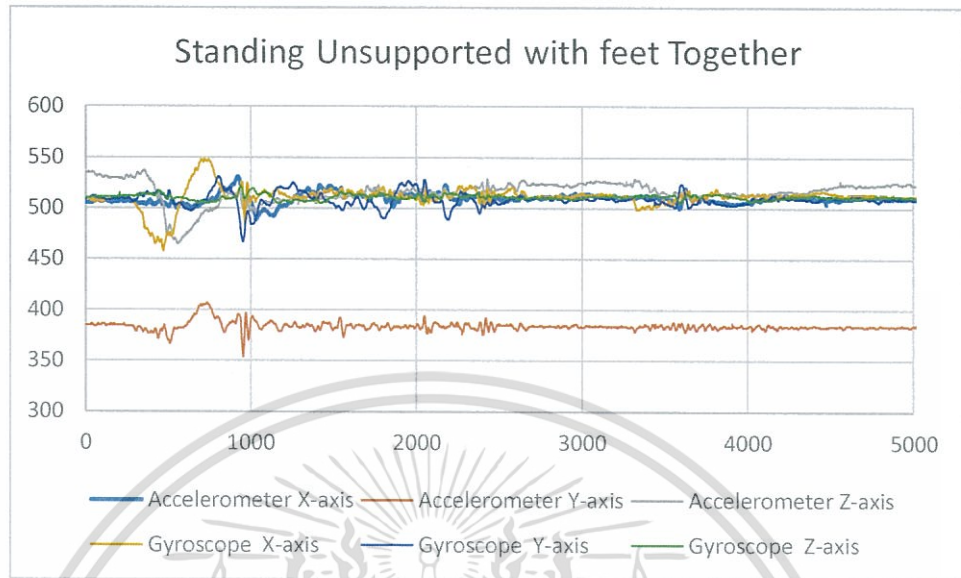


รูปที่ 4.9 Standing Unsupported with Eyes Closed

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.1.7 Standing Unsupported with Feet Together

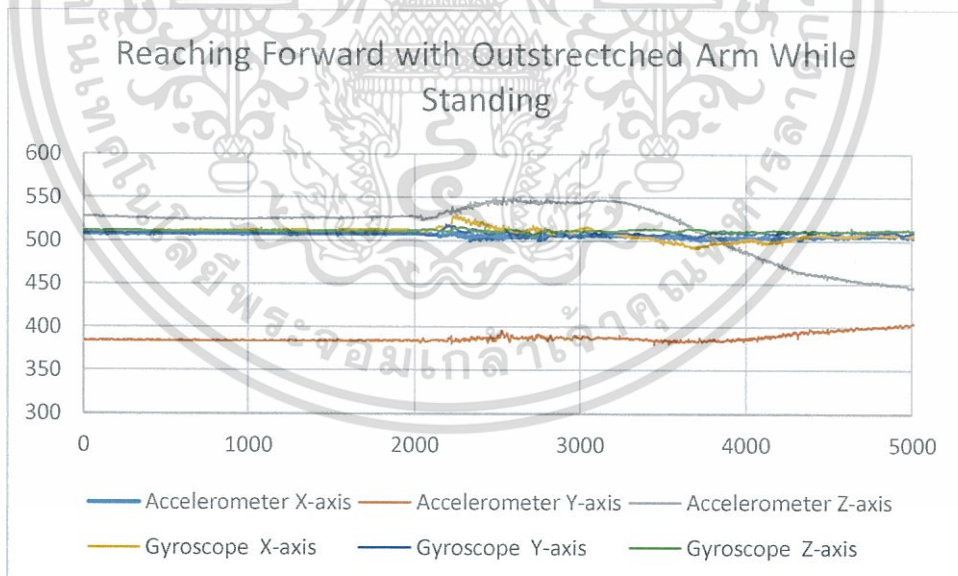
ยืนเท้าชิดกันและไม่ใช้มือจับ



รูปที่ 4.10 Standing Unsupported with Feet Together

#### 4.2.1.8 Reaching Forward with Outstretched Arm While Standing

ยื่นมือไปข้างหน้า ยืนนิ้วไปข้างหน้า แล้วโน้มตัวไปข้างหน้าให้ไกลที่สุด

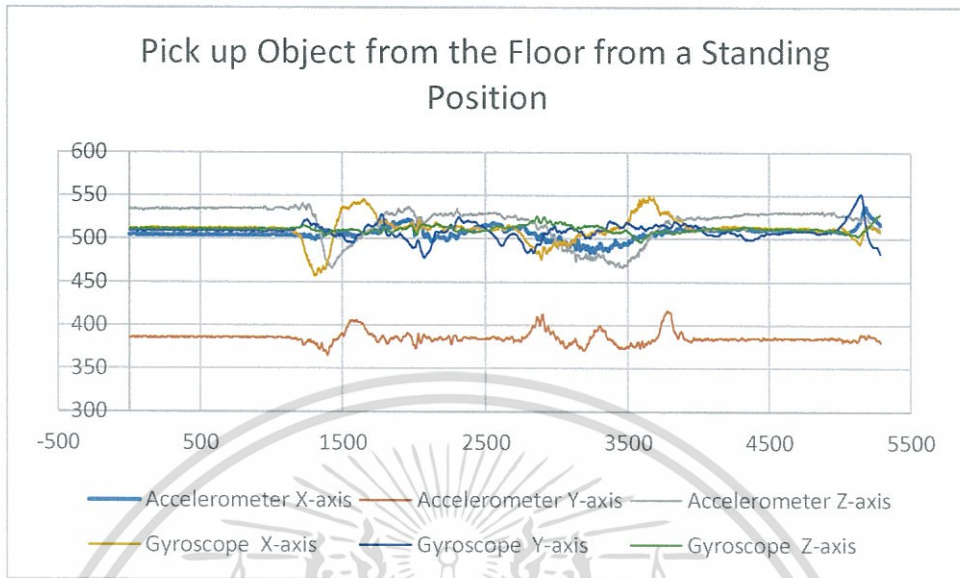


รูปที่ 4.11 Standing Unsupported with Eyes Closed

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.1.9 Pick Up Object from the Floor from a Standing Position

ก้มลงเก็บรองเท้าที่อยู่ข้างหน้าเท้า

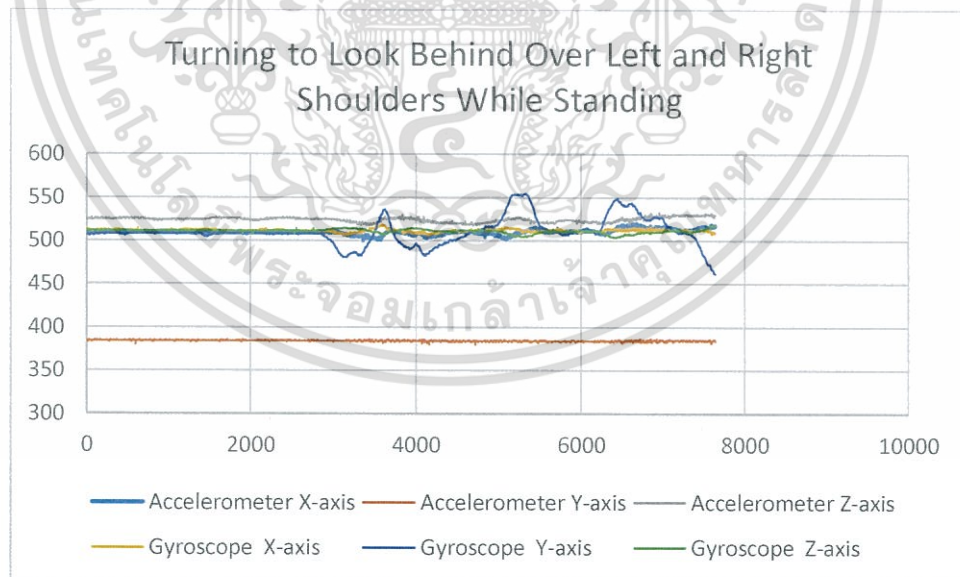


รูปที่ 4.12 Pick Up Object from the Floor from a Standing Position

#### 4.2.1.10 Turning to Look Behind Over Left and Right Shoulders While Standing

Standing

ยืนแล้วหันหน้าไปข้างหลังทางด้านไหล่ซ้ายและไหล่ขวา

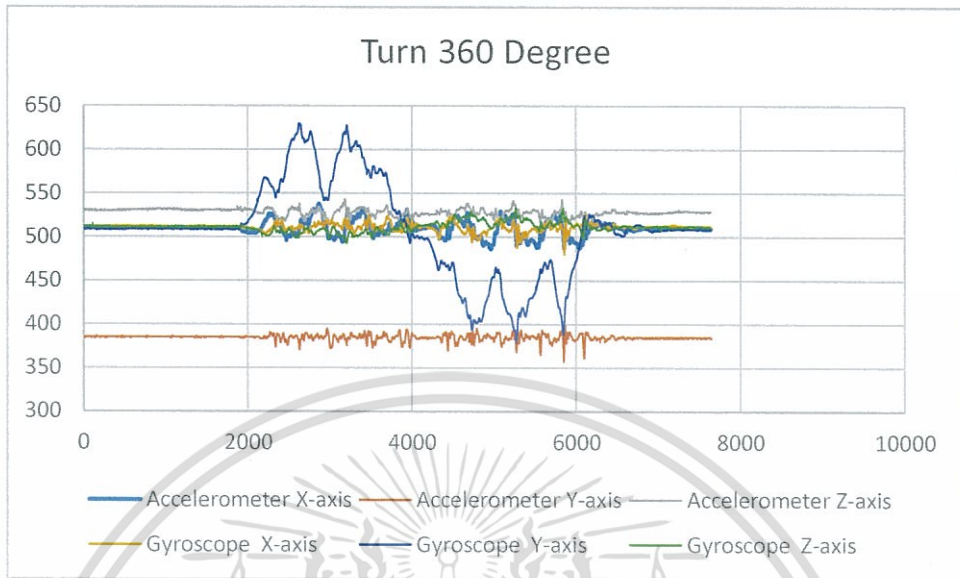


รูปที่ 4.13 Turning to Look Behind Over Left and Right Shoulders While Standing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.1.11 Turn 360 Degree

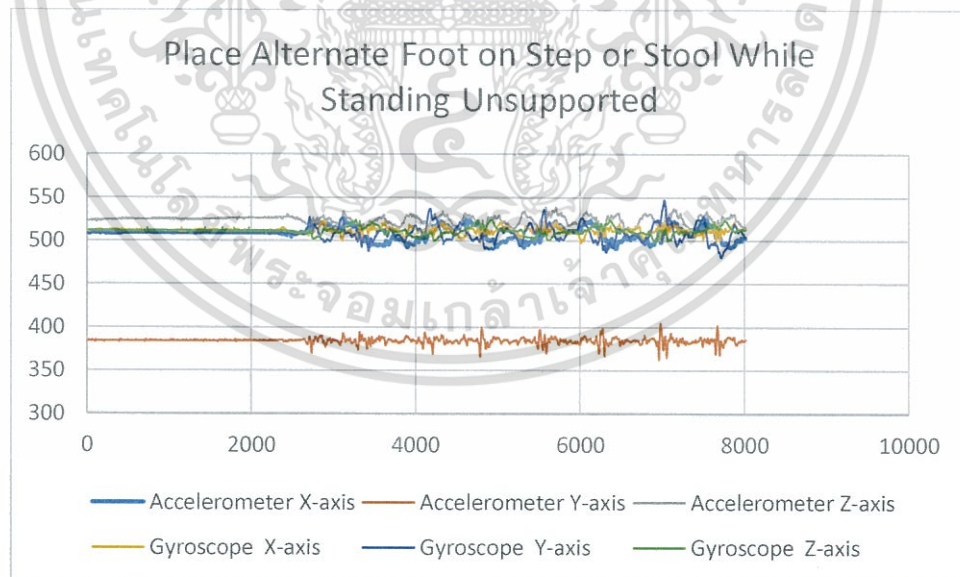
หมุนตัว 360 องศาแล้วหยุด แล้วหมุนตัว 360 องศาอีกด้านหนึ่ง



รูปที่ 4.14 Turn 360 Degree

#### 4.2.1.12 Place Alternate Foot on Step or Stool While Standing Unsupported

สลับวางเท้าลงบนกล่อง ทำไปเรื่อยๆจนกว่าเท้าแต่ละข้างจะวางลงบนกล่องครบ 4 ครั้ง

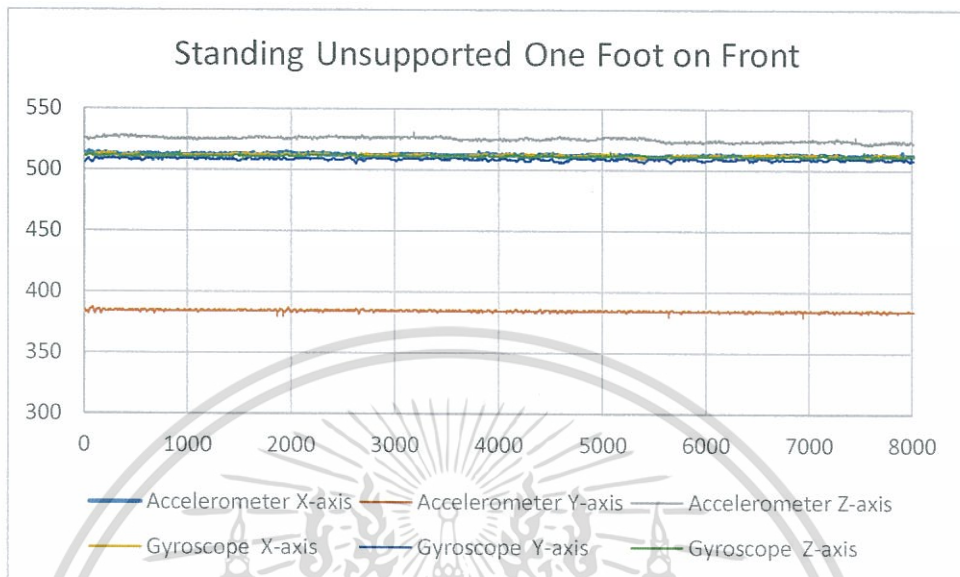


รูปที่ 4.15 Place Alternate Foot on Step or Stool While Standing Unsupported

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.1.13 Standing Unsupported One Foot on Front

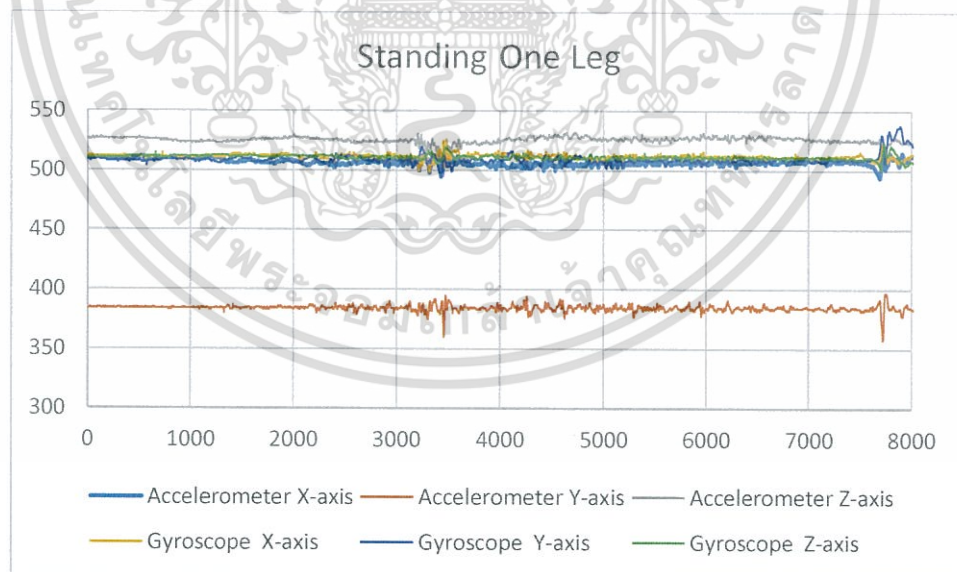
วางเท้าข้างหนึ่งไว้ด้านหน้าเท้าอีกข้าง หรือถ้ารู้สึกว่าจะทำไม่ได้ให้พยายามให้ส้นเท้าของเท้าหน้าอยู่เลยจากปลายนิ้วของเท้าหลัง จากนั้นทำสลับกัน



รูปที่ 4.16 Standing Unsupported One Foot on Front

#### 4.2.1.14 Standing on One Leg

ยืนยกขาข้างหนึ่งให้นานที่สุดเท่าที่ทำได้



รูปที่ 4.17 Standing on One Leg

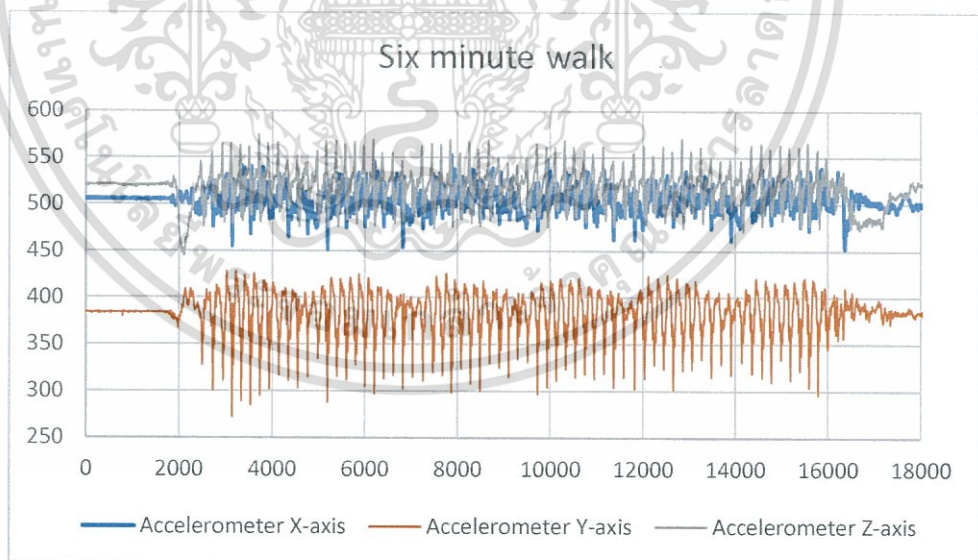
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.2 การเก็บสัญญาณการเคลื่อนไหวในอิริยาบถการเดิน Six minute Walk test

Six minute Walk test เป็นการตรวจประเมินสภาพรวมของผู้ป่วยของระบบปอด และการหายใจ ระบบหัวใจและหลอดเลือด ระบบโรหิต ระบบประสาทและจิตใจ และระบบกล้ามเนื้อ โดยเราจะให้อาสาสมัครเดินเป็นเวลา 6 นาที อิงตามหลักการแพทย์ การทดสอบนี้จะนำไปหาสาเหตุของการล้มอันเกิดจากระบบภายในซึ่งการทดสอบนี้จะเป็นการทดสอบเพื่อประเมินสภาพกล้ามเนื้อที่ปกติและไม่ปกติโดยการที่เราจะจำแนกสัญญาณที่ปกติแล้วนำไปเปรียบเทียบกับสัญญาณที่ผิดปกติ

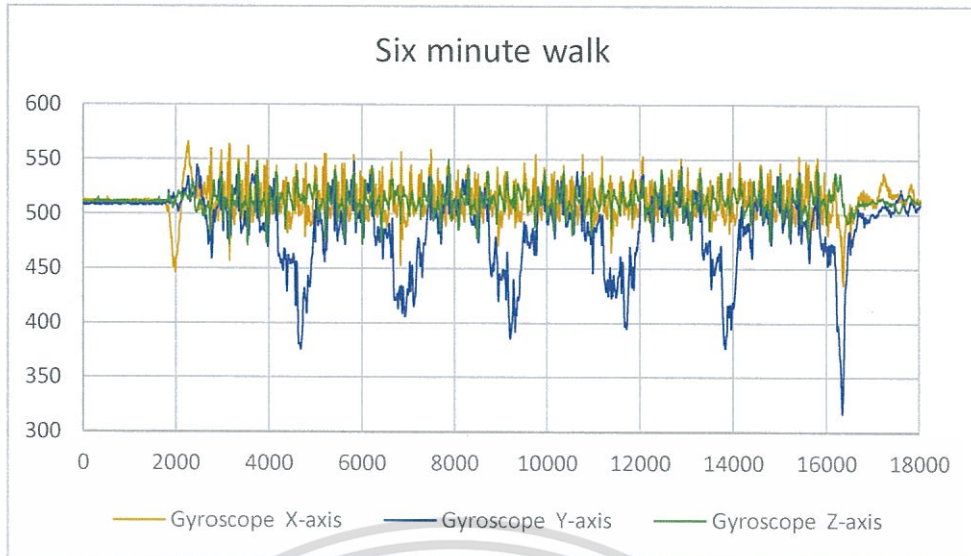


รูปที่ 4.18 อิริยาบถการเดิน Six minute walk test

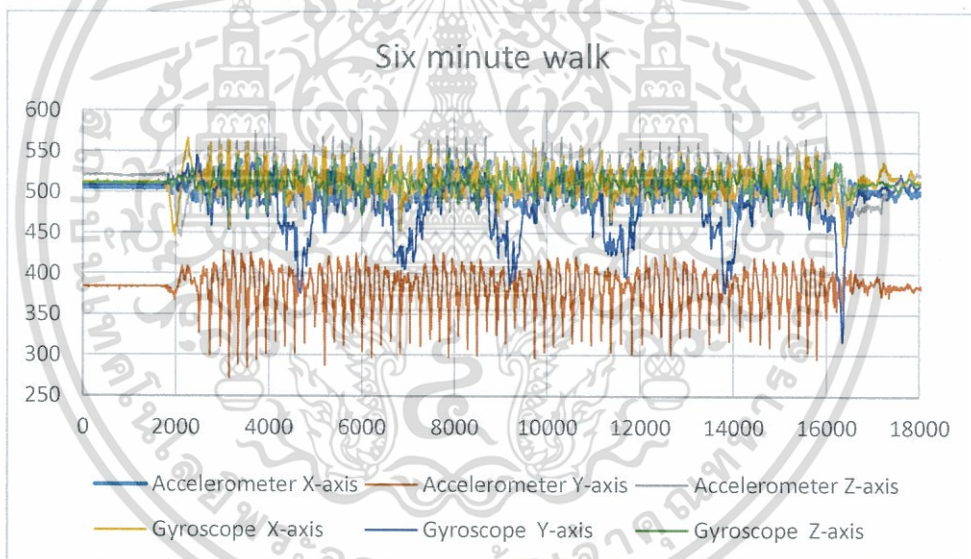


รูปที่ 4.19 กราฟแสดงผลการเดิน Six minute walk test ของเซนเซอร์วัดความเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.20 กราฟแสดงผลการเดิน Six minute walk test ของเซนเซอร์วัดความเร็วเชิงมุม

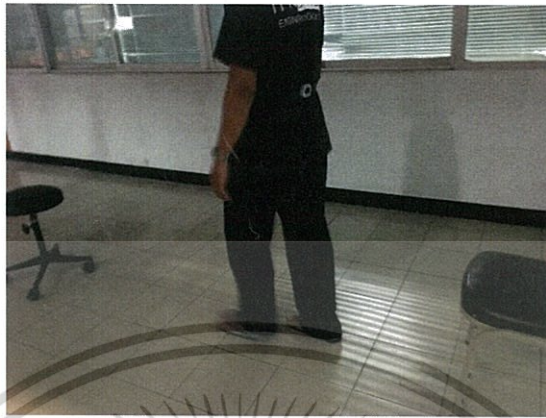


รูปที่ 4.21 กราฟแสดงผลการเดิน Six minute walk test ทั้ง 6 แกน

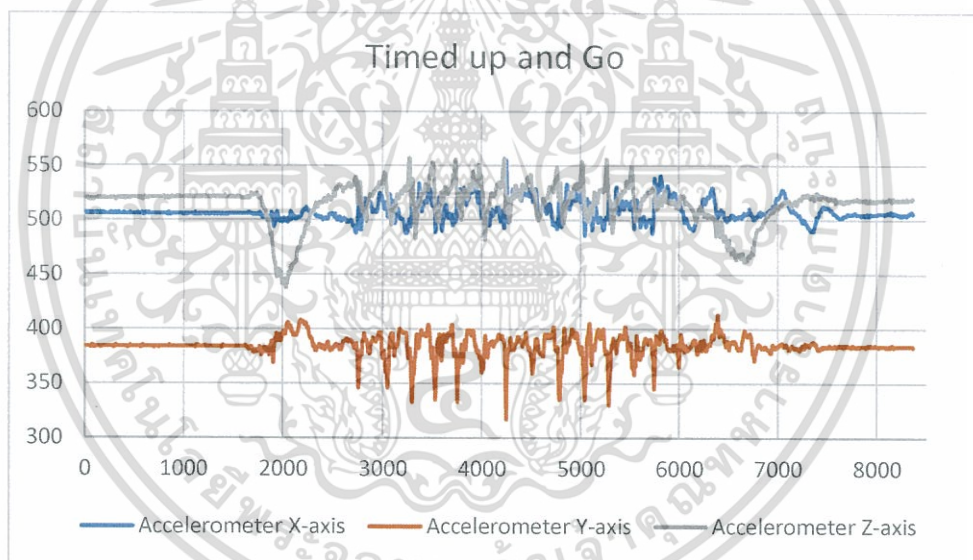
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.3 การเก็บสัญญาณการเคลื่อนไหวในอิริยาบถการเดิน Timed up and Go

Timed up and Go เป็นการทดสอบการทรงตัวในขณะที่เดินเราจึงบันทึกสัญญาณนี้เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับสัญญาณการเดินที่ปกติและวิเคราะห์สาเหตุของการล้มในผู้สูงอายุ

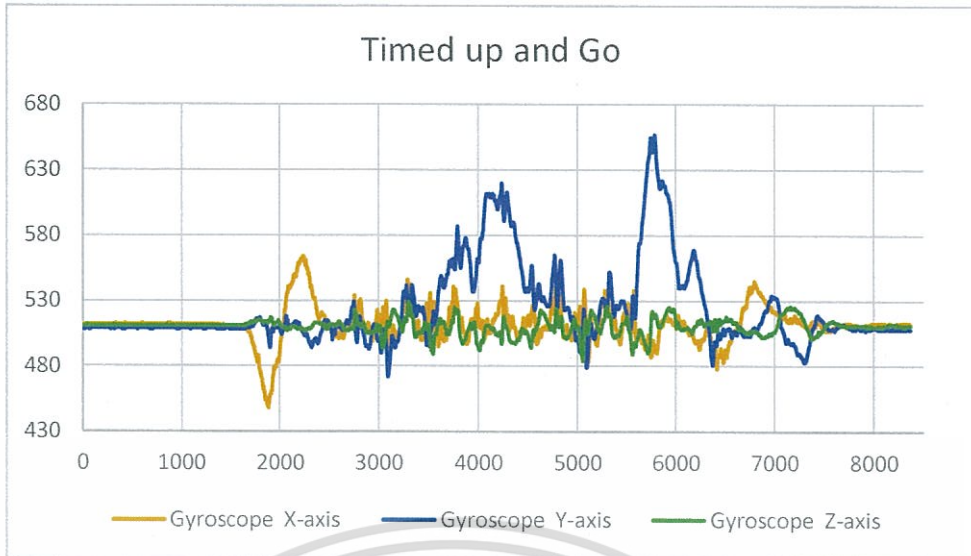


รูปที่ 4.22 อิริยาบถการเดิน Timed up and Go

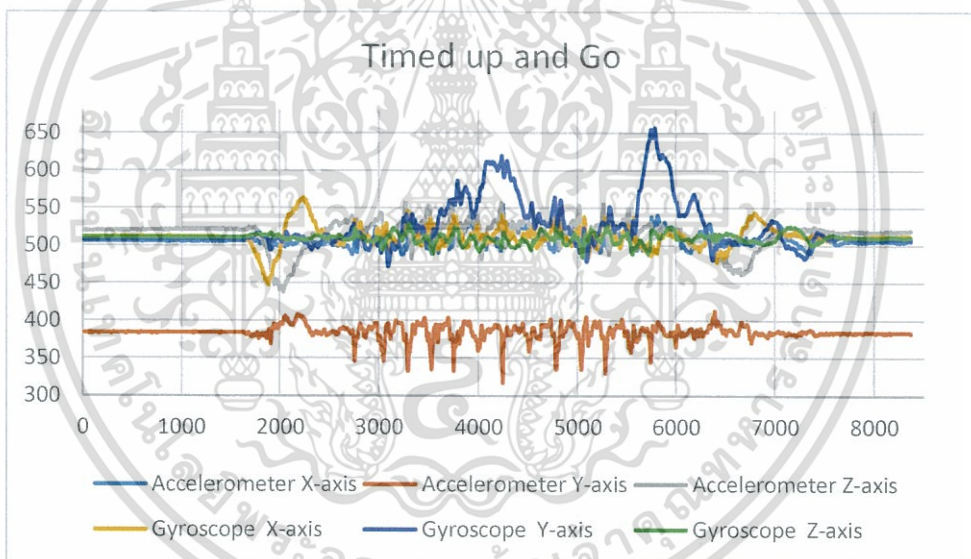


รูปที่ 4.23 กราฟแสดงผลการเดิน Timed up and Go ของเซนเซอร์วัดความเร่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.24 กราฟแสดงผลการเดิน Timed up and Go ของเซนเซอร์วัดความเร่งเชิงมุม



รูปที่ 4.25 กราฟแสดงผลการเดิน Timed up and Go ทั้ง 6 แกน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลอง

#### 5.1 สรุปผลการทดลอง

การทดลอง 4.1. เป็นการทดสอบการรับส่งข้อมูลของ Accelerometer และ Gyroscope ว่าสามารถรับส่งข้อมูลผ่าน Bluetooth เข้ามาที่โปรแกรม MikroC และโปรแกรมตัวรับได้

การทดลอง 4.2 เป็นการทดลองเก็บสัญญาณการเคลื่อนไหวในอิริยาบถต่าง ๆ เพื่อหา ลักษณะสัญญาณของกิจกรรมนั้น ๆ เพื่อที่จะนำไปวิเคราะห์หาสาเหตุของการล้มที่อาจจะเกิดปัจจัยหลาย ๆ อย่างในแต่ละกิจกรรม ทำการบันทึกลักษณะสัญญาณการเคลื่อนไหวของอาสาสมัครที่ปกติ และลักษณะสัญญาณการเคลื่อนไหวของผู้สูงอายุ เพื่อนำไปทำการเปรียบเทียบลักษณะที่แตกต่างกัน ของสัญญาณและนำไปวิเคราะห์หาความแตกต่างของสัญญาณที่ปกติและผิดปกติไว้ใช้ในการวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงในการล้ม

การทดลองที่ 4.2.1.1 - การทดลองที่ 4.2.1.14 เป็นการทดลองเก็บสัญญาณการเดินในอิริยาบถตามแบบทดสอบ Berg Balance Scale เพื่อนำไปสัญญาณของคนปกติไปเปรียบเทียบกับสัญญาณของคนที่ผิดปกติเพื่อวิเคราะห์ผลหาสาเหตุที่แท้จริงใจการล้ม

การทดลองที่ 4.2.2 เป็นการทดลองเก็บสัญญาณการเคลื่อนไหวในอิริยาบถการเดิน Six – Minute Walk test การทดลองนี้ได้อ้างอิงบทความทางการแพทย์ซึ่งการเดินในลักษณะนี้สามารถประเมินภาพรวมของอาสาสมัคร ได้แก่ระบบปอดและการหายใจ, ระบบประสาทและจิตใจ และระบบกล้ามเนื้อเราทำการทดลองเพื่อจำแนกแยกแยะลักษณะสัญญาณที่ปกติเปรียบเทียบกับลักษณะสัญญาณที่ผิดปกติ

การทดลองที่ 4.2.3 เป็นการทดลองเก็บสัญญาณการเคลื่อนไหวในอิริยาบถการเดิน Time – up and Go การทดลองนี้ได้อ้างอิงบทความทางการแพทย์ซึ่งในลักษณะการเดินนี้สามารถประเมินการทรงตัวของอาสาสมัคร การทดลองนี้จึงเก็บลักษณะสัญญาณที่ปกติ คือ อาสาสมัครมีการทรงตัวที่ปกติ เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับลักษณะสัญญาณที่ผิดปกติของอาสาสมัคร

#### 5.2 วิจัยารณ์ผลการทดลอง

การทดสอบการทำงานของ Gyroscope เป็นการเก็บลักษณะสัญญาณที่ยากที่สุดเนื่องจากการหมุนในแต่ละแกนลักษณะสัญญาณของการหมุนในแกน 180 กับ 360 องศา นั้นสัญญาณจะไม่เหมือนกันแต่ก็สามารถบ่งบอกการหมุนที่มีการหมุนไปแนวเดียวกันได้

ลักษณะสัญญาณของทั้ง 6 สัญญาณ (ได้แก่ Accelerometer ใน แกน x, แกน y และ แกน z และ Gyroscope ใน แกน x, แกน y และ แกน z) มาวิเคราะห์รวมกันแล้วอาจจะต้องนำข้อมูลของแต่ละแกนมาวิเคราะห์แยกซึ่งมีลักษณะสัญญาณที่ซับซ้อนมากขึ้น