

ข้อรักษาความเสถียรสำหรับผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน
SELF-STABILIZING SPOON FOR PARKINSON'S PATIENT

โดย

นายกรวิชญ์

เชื้อทอง

นางสาวกัญญารัตน์

คำราม

นางสาวกุลสตรี

จิราพันธุ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561

ข้อรักษาความเสถียรสำหรับผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน
SELF-STABILIZING SPOON FOR PARKINSON'S PATIENT

โดย

นายกรวิชญ์	เชื้อทอง	58010022
นางสาวกัญญารัตน์	คำราม	58010065
นางสาวกุลสตรี	จิราพันธ์	58010115

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.พิพัฒน์ พรหมมี

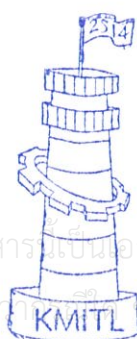
ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561



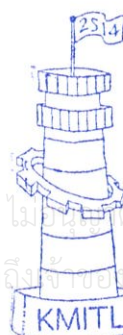
ผ่านการตรวจรูปเล่มแล้ว

(*Signature*)

อาจารย์ที่ปรึกษา

23 พ.ย. 62

วิศวกรรมโทรคมนาคม
Telecommunications Engineering



ผ่านการตรวจชิ้นงานแล้ว

(*Signature*)

กรรมการผู้ตรวจชิ้นงาน

24/05/61

วิศวกรรมโทรคมนาคม
Telecommunications Engineering

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่มีให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2561

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ข้อรักษาความเสถียรสำหรับผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน

SELF-STABILIZING SPOON FOR PARKINSON'S PATIENT

ผู้จัดทำ

- | | | |
|---------------------|-----------|----------|
| 1. นายกรวิชญ์ | เชื้อทอง | 58010022 |
| 2. นางสาวกัญญารัตน์ | คำราม | 58010065 |
| 3. นางสาวกุลสตรี | จิราพันธ์ | 58010115 |



อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร.พิพัฒน์ พรหมมี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลือและการสนับสนุนเป็นอย่างดีจาก รศ.ดร.พิพัฒน์ พรหมมี ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาของคณะผู้จัดทำ โดยท่านได้คอยให้คำปรึกษาและคำแนะนำที่ดีในการศึกษาค้นคว้าและการแก้ไขปัญหาต่างๆ ทั้งทางทฤษฎีและทางปฏิบัติ ตลอดจนให้ความอนุเคราะห์ด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ที่จำเป็น และยังได้รับความอนุเคราะห์ด้านทุนทรัพย์จากภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ คณะผู้จัดทำจึงขอขอบพระคุณทุกท่านมา ณ ที่นี้



นายกรวิชัย

เชื้อทอง

นางสาวกัญญรัตน์

คำราม

นางสาวกุลสตรี

จิราพันธุ์

ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อรักษาความเสถียรสำหรับผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน
 SELF-STABILIZING SPOON FOR PARKINSON'S
 PATIENT

โดย	นายกรวิษญ์	ชื่อทอง	58010022
	นางสาวกัญญารัตน์	คำราม	58010065
	นางสาวกุลสตรี	จิราพันธุ์	58010115

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.พิพัฒน์ พรหมมี

บทคัดย่อ

ปฏิญานินพนธ์ฉบับนี้เสนอเกี่ยวกับการออกแบบและจัดทำข้อรักษาความเสถียรสำหรับผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน เพื่อช่วยให้ผู้ป่วยสามารถรับประทานอาหารได้ด้วยตนเอง และเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่มีค่าใช้จ่ายต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ข้อสำหรับผู้ป่วยโรคพาร์กินสันที่มีวางจำหน่ายในท้องตลาดเป็นอย่างมาก ในด้านการทำงานของข้อนั้นเกิดจากการประมวลผลความเร่งและความถี่การสั่นรวมถึงการเอียงของปลายข้อที่เซนเซอร์ GY-521 ตรวจจับได้ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Nano และนำมาสร้างการสั่นของข้อและความเอียงของข้อให้หักล้างกับความถี่การสั่นและความเอียงของมือ ซึ่งจะช่วยให้ผู้ป่วยพาร์กินสันสามารถรับประทานอาหารรับประทานเองได้

ABSTRACT

This project presents a design and implementation of self-stabilizing spoon for Parkinson people. It can be help their patients to help themselves and is an alternative choice to produce a low-cost in-house medical instrument products. The operation is defined for 2 parts, input and output. Input vibration and tilt signals are received by from a Parkinson's hand by using accelerator sensor. The signal has processed by Arduino Nano and generated the compensated vibration and tilt signals to cancel the input signal. The spoon would be stabled that helps Pakinson's people to be more convenient living.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	I
บทคัดย่อ	II
สารบัญ	III
สารบัญรูป	V
สารบัญตาราง	IX
บทที่ 1	
บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	1
บทที่ 2	
ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง	2
2.1 อาการสั้นของผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน	2
2.2 กลไก SCOTCH YOKE	2
2.3 ARDUINO NANO 3.0	3
2.4 ACCELEROMETERS & GYROSCOPE GY-521 MODULE (MPU6050)	6
2.5 DC MOTOR	9
2.6 STEP UP MODULE 1.5-4.2V TO 5V และ 2V-24V TO 5-28V	14
2.7 TP4056 LITHIUM BATTERY CHARGER MODULE	14
2.8 POLYMER LITHIUM BATTERY	15
บทที่ 3	
การออกแบบและการจัดทำปริญญานิพนธ์	16
3.1 การออกแบบ	16
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	34
3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง	35

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4	
ผลการทดลอง	39
4.1 ผลการตรวจจับความถี่ในการสั่นของเครื่องจำลองมือสั่น	39
4.2 ผลการทดลองควบคุมความเร็วรอบของ DC MOTOR	49
4.3 ผลการทดสอบการทำงานของชิ้นรักษาความเสถียรสำหรับผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน	58
บทที่ 5	
สรุปผลและข้อเสนอแนะ	65
5.1 สรุปผล	65
5.2 ข้อเสนอแนะ	66
บรรณานุกรม	67
ภาคผนวก ก	
ภาพชิ้นรักษาความเสถียรสำหรับผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน	70
ภาคผนวก ข	
CODE ที่ใช้วัดความถี่เครื่องจำลองการสั่นด้วยเซนเซอร์ GY-521	72
ภาคผนวก ค	
CODE ที่ใช้วัดความถี่เครื่องจำลองการสั่นและหาความเร็วรอบ DC มอเตอร์ด้วยเซนเซอร์ TCRT5000	75
ภาคผนวก ง	
CODE ที่ใช้ควบคุมความเร็วรอบ DC มอเตอร์	77
ภาคผนวก จ	
CODE ที่ใช้ควบคุมการทำงานของชิ้นรักษาความเสถียรสำหรับผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน	79

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ตัวอย่างกลไก SCOTCH YOKE	3
2.2 บอร์ด ARDUINO NANO 3.0 ATMEL ATMEGA328P	3
2.3 ตำแหน่งขาอินพุตและเอาต์พุตบนบอร์ด ARDUINO NANO 3.0	5
2.4 โครงสร้างของ GY-521	6
2.5 SCHEMATIC ของ GY-521	7
2.6 LOGIC การส่งข้อมูลของบัส I2C	8
2.7 การทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	9
2.8 ส่วนประกอบที่สำคัญของ DC MOTOR	10
2.9 MICRO DC GEAR MOTOR	10
2.10 ค่าแรงดันเฉลี่ยที่เปลี่ยนแปลงตามความกว้างของลูกคลื่น	11
2.11 วงจร H-BRIDGE	12
2.12 ไอซี L293D	12
2.13 การต่อวงจรใช้งานไอซี L293D ควบคุม DC MOTOR	13
2.14 บล็อกไดอะแกรมของไอซี L293D	13
2.15 STEP UP MODULE 1.5-4.2V TO 5V (ซ้าย) , 2V-24V TO 5-28V (ขวา)	14
2.16 TP4056 LITHIUM BATTERY CHARGER MODULE	14
2.17 POLYMER LITHIUM BATTERY 3.7V 500MAH	15
3.1 บล็อกไดอะแกรมของขั้นตอนรักษาความปลอดภัยสำหรับผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน	16
3.2 ชุดกลไกเครื่องจำลองการสั่น	17
3.3 ชุดกลไกเครื่องจำลองการสั่นที่ออกแบบ	18
3.4 แบบแสดงชิ้นส่วน A	18
3.5 แบบแสดงชิ้นส่วน B	19
3.6 แบบแสดงชิ้นส่วน C	19
3.7 แบบแสดงชิ้นส่วน D	20
3.8 แบบแสดงชิ้นส่วน E	20

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า	
3.9	แบบแสดงชิ้นส่วน F	21
3.10	แบบแสดงชิ้นส่วน G	21
3.11	แบบแสดงชิ้นส่วน H	22
3.12	แผนผังการตรวจความถี่การสั่น	23
3.13	แผนผังการควบคุมความเร็วของ DC มอเตอร์	24
3.14	ชิ้นส่วนสำหรับเสียบข้อและติดตั้งเซนเซอร์ GY-521	25
3.15	แท่ง ROD	25
3.16	เดือยเสียบแกนหมุนของมอเตอร์	26
3.17	ชิ้นส่วนสำหรับ ROD เคลื่อนที่ผ่านชิ้นลง	26
3.18	ภาพรวมกลไก SKOTCH YOKE	26
3.19	วงจรของข้อรักษาความเสถียรสำหรับผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน	27
3.20	ขนาดของฐานวางวงจรและยึดอุปกรณ์	28
3.21	ภาพรวมตำแหน่งการวางวงจร สวิตช์ และรูขารจ์แบตเตอรี่	29
3.22	ภาพรวมการยึดมอเตอร์ เซนเซอร์ และลิเทียมแบตเตอรี่	29
3.23	ส่วนโค้งของมุมมองด้านข้างและด้านบนของข้อ	30
3.24	ชิ้นส่วนบนของตัวข้อ	30
3.25	ชิ้นส่วนล่างของตัวข้อ	31
3.26	ขนาดของตัวข้อโดยรวม	32
3.27	ภาพรวมภายนอกและภายในของข้อเมื่อบรรจุอุปกรณ์	32
3.28	แผนผังการทำงาน of ข้อรักษาความเสถียรสำหรับผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน	33
3.29	การจัดเก็บผลการทดลองการตรวจจับความถี่ของการสั่น	35
3.30	การจัดเก็บผลการทดลองการควบคุมความเร็วของ DC มอเตอร์	36
3.31	การวัดความเร็วรอบของ DC มอเตอร์	37
3.32	ทดสอบการตรวจจับความถี่ของการสั่นของข้อด้วยเครื่องจำลองการสั่น	37
3.33	การทดลองการทำงาน of ข้อ	38

สารบัญรูป (ต่อ)

39

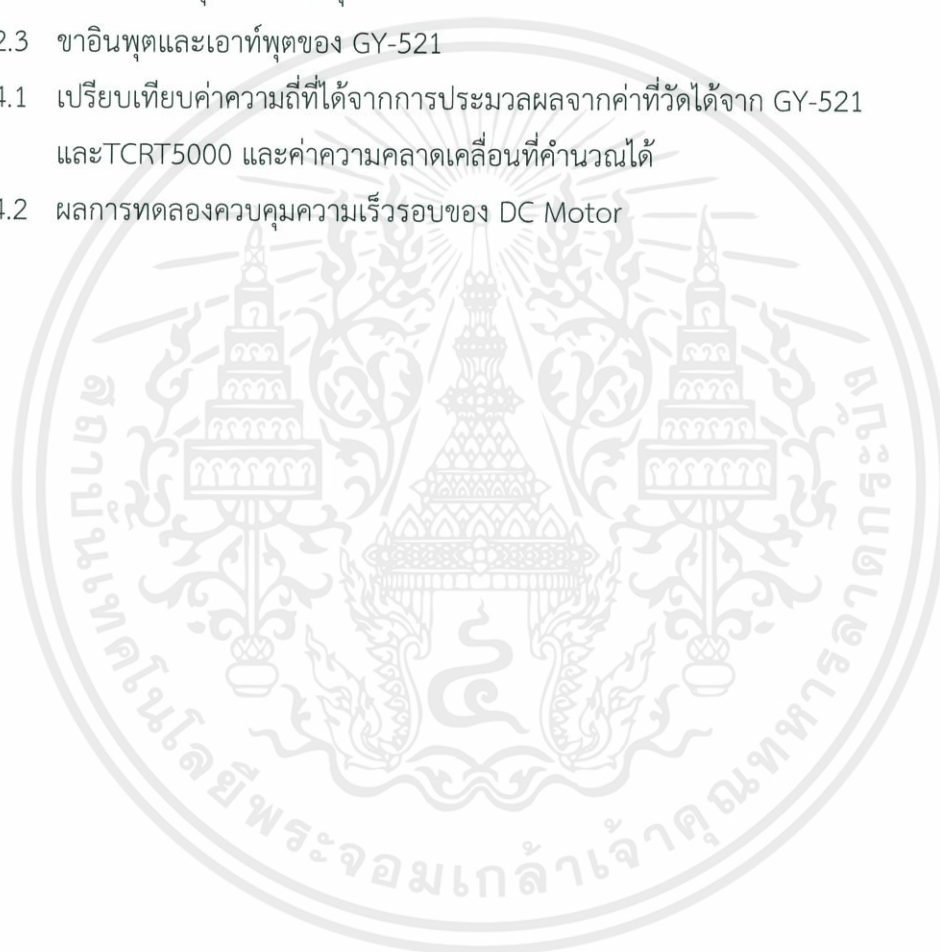
รูปที่	หน้า	
4.1	กราฟค่าของ AZ ที่วัดได้จากเซนเซอร์ที่ถูกหารด้วย 4096	40
4.2	กราฟค่าของ GY ที่วัดได้จากเซนเซอร์ที่ถูกหารด้วย 4096	40
4.3	กราฟของค่า GY ที่ผ่านค่าการตัดสินใจที่เหมาะสม	41
4.4	ความถี่จากเครื่องส่งที่ POWER SUPPLY จ่ายแรงดันให้ 3.5V	42
4.5	ความถี่จากเครื่องส่งที่ POWER SUPPLY จ่ายแรงดันให้ 4V	43
4.6	ความถี่จากเครื่องส่งที่ POWER SUPPLY จ่ายแรงดันให้ 5V	43
4.7	ความถี่จากเครื่องส่งที่ POWER SUPPLY จ่ายแรงดันให้ 6V	44
4.8	ความถี่จากเครื่องส่งที่ POWER SUPPLY จ่ายแรงดันให้ 3.5V	45
4.9	ความถี่จากเครื่องส่งที่ POWER SUPPLY จ่ายแรงดันให้ 4V	45
4.10	ความถี่จากเครื่องส่งที่ POWER SUPPLY จ่ายแรงดันให้ 5V	46
4.11	ความถี่จากเครื่องส่งที่ POWER SUPPLY จ่ายแรงดันให้ 6V	46
4.12	ค่าที่ได้บน SERIAL MONITOR จากการบ้อนสัญญาณความถี่ 8 HZ	49
4.13	ค่าที่ได้บน SERIAL MONITOR จากการบ้อนสัญญาณความถี่ 10 HZ	50
4.14	ค่าที่ได้บน SERIAL MONITOR จากการบ้อนสัญญาณความถี่ 11 HZ	50
4.15	ค่าที่ได้บน SERIAL MONITOR จากการบ้อนสัญญาณความถี่ 12 HZ	51
4.16	ค่าที่ได้จากการวัดความเร็วรอบด้วย TCRT5000 ที่ความถี่ 8 HZ	51
4.17	ค่าที่ได้จากการวัดความเร็วรอบด้วย TCRT5000 ที่ความถี่ 10 HZ	52
4.18	ค่าที่ได้จากการวัดความเร็วรอบด้วย TCRT5000 ที่ความถี่ 11 HZ	52
4.19	ค่าที่ได้จากการวัดความเร็วรอบด้วย TCRT5000 ที่ความถี่ 12 HZ	53
4.20	สัญญาณ 8 HZ ที่ออกจาก FUNCTION GENERATOR (ก), สัญญาณที่ ควบคุมมอเตอร์ (ข)	55
4.21	สัญญาณ 10 Hz ที่ออกจาก Function Generator (ก), สัญญาณที่ ควบคุมมอเตอร์ (ข)	56
4.22	สัญญาณ 11 HZ ที่ออกจาก FUNCTION GENERATOR (ก), สัญญาณที่ ควบคุมมอเตอร์ (ข)	

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.23 สัญญาณ 12 HZ ที่ออกจาก FUNCTION GENERATOR (ก), สัญญาณที่ควบคุมมอเตอร์ (ข)	56
4.24 การทดลองการทำงานของข้อนรักษาความเสถียรสำหรับผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน	58
4.25 ความถี่ที่ข้อนสามารถตรวจจับได้จากเครื่องจำลองการสั่นที่ความถี่ 2HZ	59
4.26 ความถี่ที่ข้อนสามารถตรวจจับได้จากเครื่องจำลองการสั่นที่ความถี่ 3HZ	59
4.27 ความถี่ที่ข้อนสามารถตรวจจับได้จากเครื่องจำลองการสั่นที่ความถี่ 4HZ	60
4.28 การทดลองการทำงานของข้อนจากการสั่นด้วยมือ	61
4.29 กราฟค่าความเร่ง GX ของปลายข้อนก่อนเปิดวงจรควบคุมข้อนรักษาความเสถียร	62
4.30 กราฟค่าความเร่ง GX ของปลายข้อนเมื่อวงจรควบคุมข้อนรักษาความเสถียรทำงาน	62

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	คุณสมบัติของบอร์ด ARDUINO NANO 3.0	4
2.2	ขาพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตของ ARDUINO	5
2.3	ขาอินพุตและเอาต์พุตของ GY-521	7
4.1	เปรียบเทียบค่าความถี่ที่ได้จากการประมวลผลจากค่าที่วัดได้จาก GY-521 และ TCRT5000 และค่าความคลาดเคลื่อนที่คำนวณได้	47
4.2	ผลการทดลองควบคุมความเร็วรอบของ DC Motor	57



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันประเทศไทยเริ่มก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ ปัญหาสุขภาพของสังคมผู้สูงอายุ คือ ผู้ที่มีอายุมากขึ้นโอกาสเสื่อมของเซลล์สมองก็จะยิ่งมากตามไป โดยหนึ่งในโรคที่เกิดจากเซลล์สมองเสื่อมที่พบได้บ่อยก็คือ “โรคพาร์กินสัน” อาการที่เห็นได้ชัดของโรคนี้คือ อาการสั่น (Tremor) ตามมือ และเท้า เป็นส่วนมาก ผู้ป่วยจะลำบากในการเคลื่อนไหวอวัยวะดังกล่าว โดยปัญหาหลักที่พบในชีวิตประจำวันของผู้ป่วยที่มีอาการสั่น คือ การรับประทานอาหาร จากปัญหานี้ จึงสนใจศึกษาและจัดทำ “ช้อนรักษาความเสถียรสำหรับผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน (SELF-STABILIZING SPOON FOR PARKINSON'S PATIENT)” เพื่อช่วยให้ผู้ป่วยสามารถรับประทานอาหารด้วยตนเองได้สะดวกมากยิ่งขึ้น และเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่มีค่าใช้จ่ายต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ช้อนสำหรับผู้ป่วยโรคพาร์กินสันที่วางจำหน่ายในท้องตลาด

1.2 วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อออกแบบและจัดทำช้อนสำหรับผู้ป่วยโรคพาร์กินสันที่มีอาการมือสั่นให้สามารถรับประทานอาหารได้ด้วยตนเอง โดยควบคุมด้วยบอร์ด Arduino
- 2) เพื่อออกแบบและสร้างช้อนสำหรับผู้ป่วยโรคพาร์กินสันที่มีค่าใช้จ่ายต่ำกว่าในท้องตลาด ซึ่งเป็นอีกทางเลือกหนึ่งให้ผู้ป่วยได้
- 3) เพื่อพัฒนาช้อนสำหรับผู้ป่วยโรคพาร์กินสันต่อจากโครงงานแบบจำลองที่ได้ทำขึ้น

1.3 ขอบเขตของปริญญาณิพนธ์

ออกแบบและสร้างช้อนที่สามารถรักษาความเสถียรจากการสั่นและเอียงของมือได้ สำหรับผู้ป่วยโรคพาร์กินสันที่มีอาการมือสั่นขณะรับประทานอาหาร เพื่อให้ผู้ป่วยสามารถรับประทานอาหารด้วยตนเองได้สะดวกมากขึ้น โดยควบคุมการทำงานของช้อนด้วยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Nano ที่รับข้อมูลจากเซนเซอร์ GY-521 มาประมวลผล

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

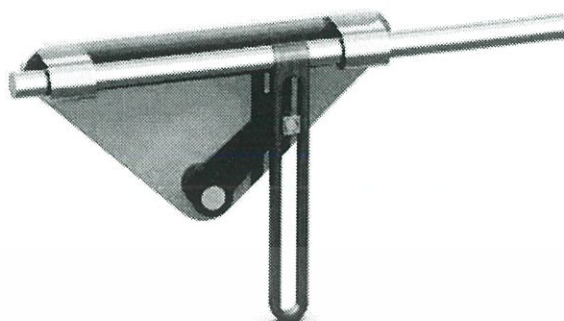
2.1 อาการสั่นของผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน

อาการหลักที่แสดงให้เห็นของผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน คือ อาการสั่นในช่วงพัก (Resting tremor) โดยส่วนใหญ่แล้วมักมีอาการสั่นที่นิ้วมือเป็นอันดับแรกก่อนส่วนอื่นๆ เรียกลักษณะของอาการสั่นว่า “Pill-rolling” คือ เหมือนผู้ป่วยกำลังปั่นยาลูกกลอนอยู่ อาการสั่นจะมีลักษณะเฉพาะคือจะมีอาการสั่นมากขณะอยู่นิ่งๆ ประมาณ 4-8 ครั้งต่อวินาที และเมื่อเกิดความเครียดอาการสั่นจะแรงขึ้นแต่ความถี่ยังคงเท่าเดิม แต่อาการสั่นจะหายไปหรือน้อยลงเมื่อเคลื่อนไหว หรือนอนหลับ นอกจากนี้ยังมีอาการที่ร่างกายมาภาพแข็งเกร็ง (Rigidity) มีอาการสะดุดเป็นจังหวะๆ เนื่องจากรู้สึกเหมือนมีแรงต้านเมื่อผู้อื่นมาจับตามแขนขา จากอาการที่กล่าวมาข้างต้นทำให้เกิดปัญหาหลักในการดำเนินชีวิตประจำวันคือ การใช้ช้อนรับประทานอาหาร โดยเฉพาะการตักอาหารจากจานขึ้นมาเข้าปาก มือจะเกิดอาการสั่น ทำให้อาหารกระเด็นหกออกจากช้อนได้ง่าย ซึ่งความลำบากจะขึ้นอยู่กับความรุนแรงของอาการสั่นของผู้ป่วยโรคพาร์กินสันแต่ละราย จึงต้องเลือกใช้ช้อนที่มีลักษณะเฉพาะโดยตรง ปัจจุบันมีจำหน่ายในท้องตลาดแล้วแต่ไม่แพร่หลายและมีค่าใช้จ่ายสูง

2.2 กลไก Scotch Yoke

กลไก Scotch Yoke เป็นกลไกที่เปลี่ยนลักษณะการเคลื่อนที่แบบวงกลม ให้เป็นการเคลื่อนที่แบบเชิงเส้น คือ การเคลื่อนที่ลักษณะขึ้นลง หรือ เดินหน้าและถอยหลัง โดยใช้เดือย (Pin) สอดไว้ ภายในรูของสล๊อต (Slot) ที่ติดกับด้ามยาวสำหรับการบังคับการเคลื่อนที่ จึงทำให้สามารถเปลี่ยนรูปแบบการเคลื่อนที่จากวงกลมเป็นเชิงเส้นได้ ตามที่แสดงดังภาพที่ 2.1

กลไกนี้ถูกใช้ในการสร้างแบบจำลองการสั่นของมือ เพื่อให้สอดคล้องกับการทำงานของมอเตอร์ เนื่องจากหากให้มอเตอร์หมุนตามเข็มและทวนเข็ม เพื่อบังคับให้กลไกขึ้นลงอย่างรวดเร็วแบบต่อเนื่อง จะทำให้เกิดการตีเลย และทำให้มอเตอร์เสียหายได้ จึงต้องใช้กลไก Scotch Yoke แทนเพื่อความเหมาะสมและช่วยรักษาสภาพการใช้งานของมอเตอร์ให้ยาวนานยิ่งขึ้น

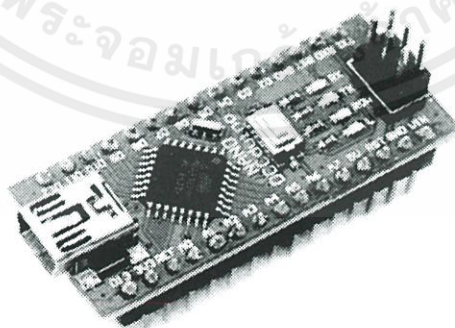


รูปที่ 2.1 ตัวอย่างกลไก Scotch Yoke

2.3 Arduino Nano 3.0

Arduino Nano 3.0 คือ Arduino UNO ในเวอร์ชันขนาดเล็ก มีรูปร่างกะทัดรัดเพียง 1.8x4.8 เซนติเมตร แสดงดังรูปที่ 2.2 และมีราคาถูกเหมาะกับวงจรที่มีพื้นที่จำกัดหรือต้องใช้งานหลายตัวต่อกันคุณสมบัติคล้ายกับ Arduino UNO แต่มีข้อแตกต่าง ดังนี้

- 1) มีขนาดเล็กและราคาถูกกว่า
- 2) ใช้ Microcontroller ATmega328 แบบ SMD (ของ UNO จะเป็นแบบ DIP)
- 3) ใช้ Mini USB
- 4) PINs ต่างๆ เป็นแบบตัวผู้ (UNO เป็นตัวเมีย)
- 5) มีขา Analog Input 8 ขา (มากกว่า UNO อยู่ 2 PIN)



รูปที่ 2.2 บอร์ด Arduino Nano 3.0 Atmega328P

2.3.1 คุณสมบัติของบอร์ด Arduino Nano 3.0

คุณสมบัติของบอร์ด Arduino Nano 3.0 แสดงดังตารางที่ 2.1

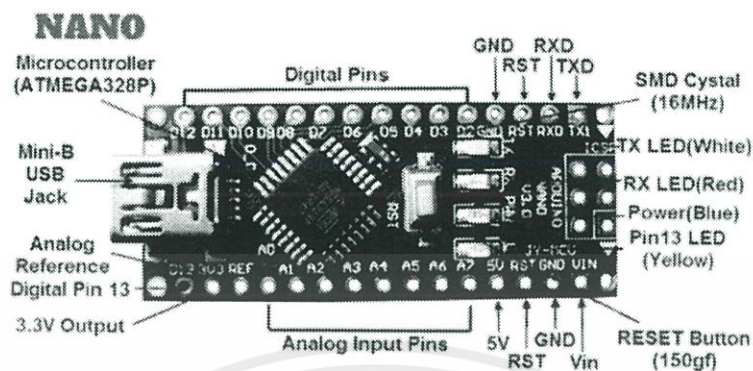
ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของบอร์ด Arduino Nano 3.0

Technical Specs	Value
Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limit)	6-20V
Digital Input / Output Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	8
DC Current per Input / Output Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328)
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz
Length x Width	18 x 48 mm
Weight	5 g

2.3.2 ขาพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตของ Arduino Nano 3.0

ขาพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตของ Arduino Nano 3.0 แสดงดังรูปที่ 2.3 และตารางที่

2.2



รูปที่ 2.3 ตำแหน่งขาอินพุตและเอาต์พุตบนบอร์ด Arduino Nano 3.0

ตารางที่ 2.2 ขาพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตของ Arduino

Pin Name	Type	Function
D1/TXD	I/O	Digital I/O Pin Serial TX Pin
D0/RXD	I/O	Digital I/O Pin Serial RX Pin
RST	Input	Reset (Active Low)
GND	Power	Supply Ground
D2-D13	I/O	Digital I/O Pin
3V3	Output	+3.3V Output (from FTDI)
REF	Input	ADC reference
A0-A7	Input	Analog Input Channel 0-7
+5V	Output or Input	+5V Output (From On-board Regulator) or +5V (Input from External Power Supply)
GND	Power	Supply Ground
VIN	Power	Supply voltage

2.4 Accelerometers & Gyroscope GY-521 Module (MPU6050)

GY-521 เป็นโมดูล Accelerometers และ Gyroscope รวมกัน โดยสามารถทำงานได้พร้อมกันในเวลาเดียวกัน Accelerometer ใช้วัดความเร่งหรือความเอียงโดยอิงจากค่าแรงโน้มถ่วงของโลก เมื่อเซนเซอร์ถูกวางขนานกับพื้นโลกจะได้ค่าในแกน z ประมาณ 10 ซึ่งเป็นค่าแรงโน้มถ่วงปกติของโลก หากเอียงเซนเซอร์ ค่าที่แกน z จะลดลง แต่ค่าที่แกน x และ y จะเพิ่มขึ้นตามทิศทางที่เอียง ส่วน Gyroscope ใช้วัดความเร่งในการเคลื่อนที่ หากหยุดนิ่งค่าที่แกน xyz จะเป็น 0 จะมีค่าก็ต่อเมื่อเคลื่อนที่เท่านั้น นิยมใช้งานทั้งสองร่วมกันเพื่อความแม่นยำมากขึ้น แต่สามารถเลือกใช้เพียงตัวเดียวได้แล้วแต่ลักษณะการใช้งาน โดยส่วนใหญ่ใช้งานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์

2.4.1 คุณสมบัติและคุณลักษณะ

2.4.1.1 ใช้ไฟเลี้ยง +3.3 ถึง +5 V

2.4.1.2 ชิพ MPU6050

2.4.1.3 เชื่อมต่อผ่านบัส I2C

2.4.1.4 อุณหภูมิที่รองรับ -40 to +85 °C

2.4.1.5 รองรับแรงดัน 3.3 – 5 V

2.4.1.6 ทดสอบการตกกระแทกที่ 1.8 เมตร

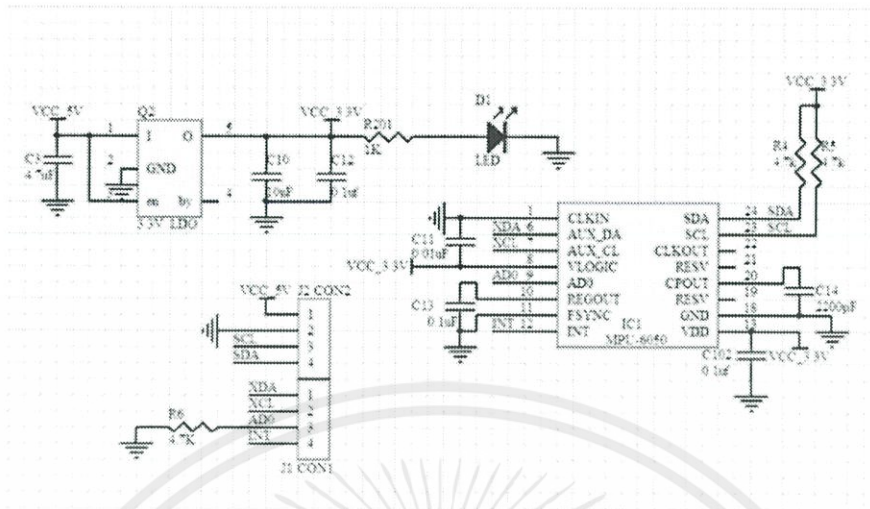
2.4.1.7 ขนาด 16 มิลลิเมตร x 20 มิลลิเมตร

2.4.2 โครงสร้างและวงจร

โครงสร้างของ GY-521 แสดงดังรูปที่ 2.4 และวงจรแสดงดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.4 โครงสร้างของ GY-521



รูปที่ 2.5 Schematic ของ GY-521

2.4.3 ขาพอร์ตอินพุตและเอาต์พุต

ขาพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตเป็นดังตารางที่ 2.3

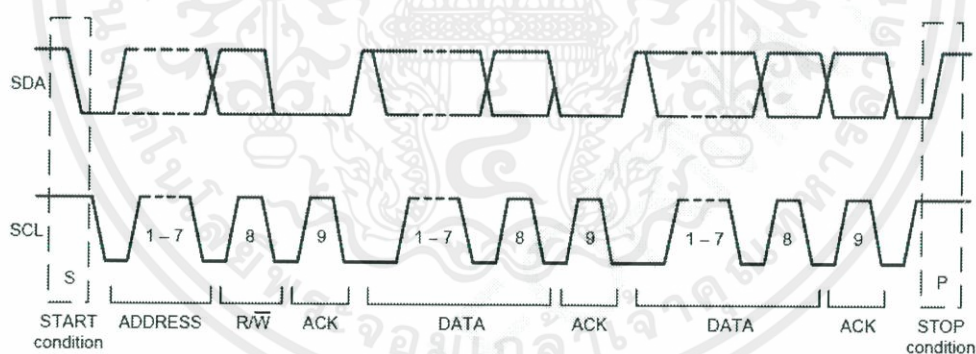
ตารางที่ 2.3 ขาอินพุตและเอาต์พุตของ GY-521

ขา	ชื่อ	คำอธิบาย
1	VCC	ขารับไฟ +5V ไปที่ Regulate 3.3V
2	GND	กราวด์
4	SCL	ขาสัญญาณนาฬิกา บนบัส I2C
5	SDA	ขาสัญญาณข้อมูล บนบัส I2C
6	XDA(AUX_SDA)	ขาสัญญาณข้อมูล บนบัส I2C(I2C Master Mode is enabled)
7	XCL(AUX_SCL)	ขาสัญญาณนาฬิกา บนบัส I2C(I2C Master Mode is enabled)
8	INT	Interrupt

2.4.4 การสื่อสารกับไมโครคอนโทรลเลอร์โดยการเชื่อมต่อแบบบัส I2C

การเชื่อมต่อแบบบัส I2C ใช้สายเพียง 2 เส้น คือ SCL (สายสัญญาณนาฬิกา : Serial Clock) และ SDA (สายสัญญาณข้อมูล : Serial Data) เชื่อมต่อกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ เช่น บอร์ด Arduino Nano เป็นต้น โดยเป็นการสื่อสารแบบ Synchronous & Serial คือ ส่งข้อมูลที่ละบิตและกำหนดจังหวะการส่งด้วยสัญญาณ Clock รูปแบบของบัส I2C ฝ่ายหนึ่งจะเป็น I2C Master และอีกฝ่ายจะเป็น I2C Slave ซึ่งอาจมีได้หลายชุด หลายอุปกรณ์ แต่ต้องระบุ Device Address เพื่อแยกแยะด้วย

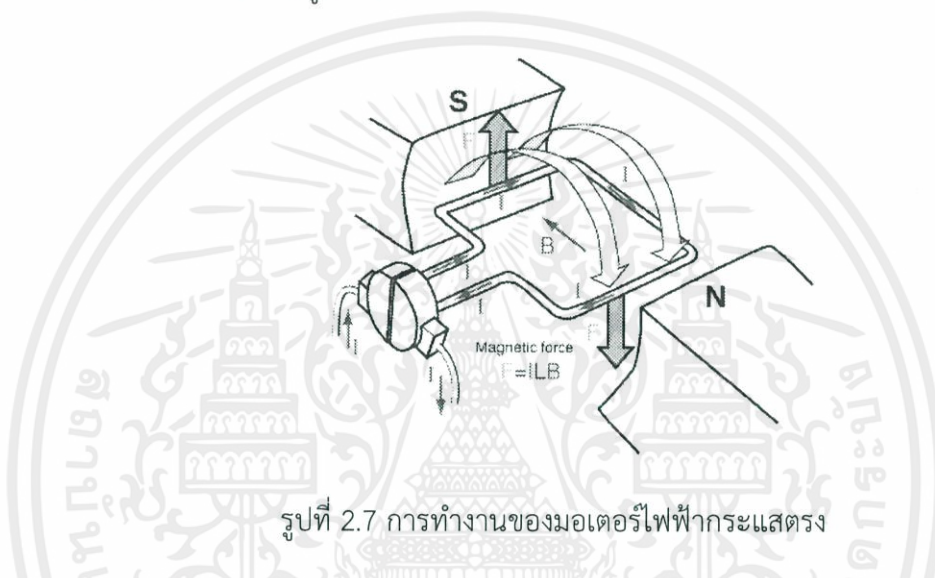
ฝ่ายที่เริ่มการสื่อสารและสร้างสัญญาณ Clock มาควบคุมจังหวะ คือ I2C Master มีอัตราการส่งข้อมูลอยู่ที่ 100 kHz และ 400 kHz หรืออาจสูงถึง 1 MHz ได้ในบางกรณี การสื่อสารกันเริ่มต้นด้วยการส่งบิต Start Condition และตามด้วยเลข Device Address ตามด้วยบิต R/W (Read/write) โดย R/W=0 คือบิตเขียน ใช้กับ Master ส่งข้อมูลไปยัง Slave ส่วน R/W=1 คือบิตอ่าน ใช้กับการรับข้อมูลจาก Slave นอกจากนี้ฝ่ายรับข้อมูลจะต้องส่งบิต ACK (Acknowledge) และใช้บิต Stop Condition เพื่อจบการสื่อสารลักษณะลอจิกที่ใช้แสดงดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 Logic การส่งข้อมูลของบัส I2C

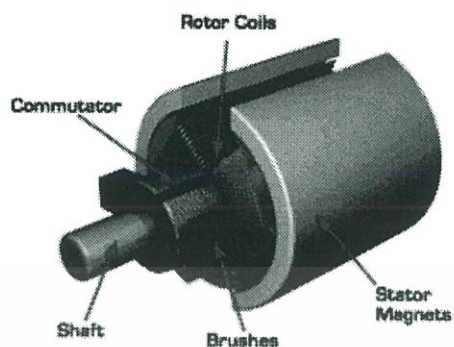
2.5 DC Motor

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor) เป็นมอเตอร์ที่ต้องใช้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (DC Source) ประกอบด้วย แม่เหล็กถาวร 2 ขั้ววางอยู่ระหว่างขดลวดตัวนำ ขดลวดตัวนำจะได้รับแรงดันไฟตรงป้อนให้ในการทำงาน ทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็ก 2 ขั้ว มีขั้วแม่เหล็กเหมือนกันวางใกล้กัน เกิดแรงผลักดันทำให้ขดลวดตัวนำหมุนเคลื่อนที่ได้ การทำงานเบื้องต้นของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แสดงดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 การทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

จากรูปที่ 2.7 เป็นการทำงานเบื้องต้นของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง มีแรงดันไฟตรงจ่ายผ่านแปรงถ่านไปคอมมิวเตเตอร์ ผ่านไปให้ขดลวดตัวนำที่อาร์เมเจอร์ ทำให้ขดลวดอาร์เมเจอร์เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้นมา ทางด้านซ้ายมือเป็นขั้วเหนือ (N) และด้านขวามือเป็นขั้วใต้ (S) เหมือนกับขั้วแม่เหล็กถาวรที่วางอยู่ใกล้ๆ เกิดอำนาจแม่เหล็กผลักดันกัน อาร์เมเจอร์หมุนไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกา พร้อมกับคอมมิวเตเตอร์หมุนตามไปด้วย แปรงถ่านสัมผัสกับส่วนของคอมมิวเตเตอร์ เปลี่ยนไปอยู่อีกปลายหนึ่งของขดลวด แต่มีผลทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กที่อาร์เมเจอร์เหมือนกับขั้วแม่เหล็กถาวรที่อยู่ใกล้ๆ อีกครั้ง ทำให้อาร์เมเจอร์ยังคงถูกผลักให้หมุนไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกาตลอดเวลา เกิดการหมุนของอาร์เมเจอร์คือมอเตอร์ไฟฟ้าทำงาน ส่วนประกอบที่สำคัญดังที่กล่าวมา แสดงดังรูปที่ 2.8

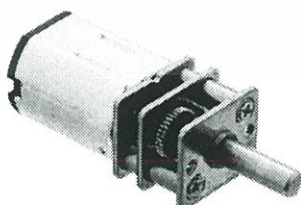


รูปที่ 2.8 ส่วนประกอบที่สำคัญของ DC Motor

2.5.1 DC Gear Motor

DC Gear Motor เป็นมอเตอร์กระแสตรงที่มีการลดความเร็ว ทำให้ความเร็วในการหมุนของมอเตอร์ลดลง ซึ่งการลดแรงจะช่วยสร้างแรงบิดให้สูงขึ้น ทำให้มอเตอร์สามารถรองรับน้ำหนักในการหมุนได้มากกว่า DC Motor ปกติ หน่วยความเร็วของการหมุนของ DC Gear Motor วัดเป็นรอบต่อนาที (RPM) ซึ่งมีหลากหลายความเร็ว ตั้งแต่ไม่เกิน 10 RPM เป็นต้นไป ซึ่งความเหมาะสมของความเร็วขึ้นอยู่กับการใช้งาน

ในการปฏิบัติงานนี้ใช้ Micro DC Gear Motor มีลักษณะดังรูปที่ 2.9 ซึ่งมีขนาดเล็กและเหมาะต่อการใช้งานในพื้นที่จำกัด ใช้ไฟ 6V ความเร็วขณะไม่มีโหลด 500 RPM รองรับโหลดได้ประมาณ 1 กิโลกรัม ซึ่งการรองรับโหลดได้มากน้อยขึ้นอยู่กับความเร็วที่ถูกทำให้ลดลงมา โดยยิ่งความเร็วน้อย จะยิ่งรองรับโหลดได้มากขึ้น

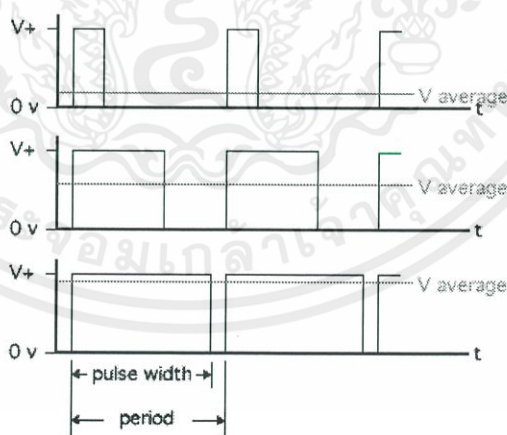


รูปที่ 2.9 Micro DC Gear Motor

2.5.2 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ด้วยความกว้างพัลส์ของสัญญาณ

การควบคุมพลังงานที่ส่งออกไปควบคุมอุปกรณ์ เช่น ความแรงของมอเตอร์ ความสว่างของไฟ LED นั้นต้องใช้วงจรที่ซับซ้อนยุ่งยากในการเพิ่มและลดแรงดัน โดยทั่วไปจึงนิยมใช้เทคนิค Pulse Width Modulation (PWM) ซึ่งไม่ได้ลดแรงดัน แต่ใช้การเปิดปิดมอเตอร์ด้วยความเร็วสูงจนค่าเฉลี่ยของแรงดันที่ได้ใกล้เคียงเท่ากับการเปลี่ยนแรงดัน วิธีนี้วงจรไม่ซับซ้อน แต่ยุ่งยากด้านการเขียนโปรแกรม สามารถใช้ประโยชน์ในการควบคุมการเปิดปิดของวงจร เช่น วงจรบั๊ก วงจรบูส วงจรบั๊กบูส เป็นต้น นอกจากนี้ยังยังสามารถใช้ประกอบกับวงจร H - Bridge เพื่อควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์

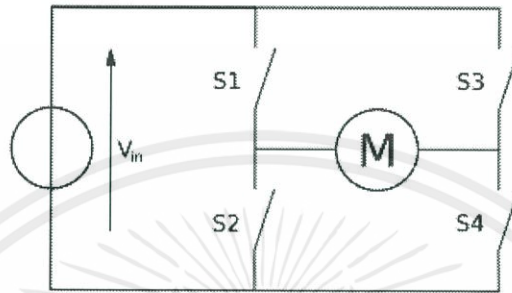
PWM โดยทั่วไปเป็นการสร้างลูกคลื่นสี่เหลี่ยม (Square Wave) ออกมาโดยกำหนดคาบของสัญญาณ (Period) ให้สั้นๆ หลักการสำคัญของ PWM คือการปรับเปลี่ยนความกว้างของลูกคลื่นในแต่ละคาบ ยิ่งลูกคลื่นยาวแรงดันเฉลี่ยจะมีความมากขึ้น ดังรูปที่ 2.10 ความกว้างของลูกคลื่นเรียกว่า Pulse Width (s) หรือ Duty Cycle (%) โดยจะต้องน้อยกว่าความยาวคาบของสัญญาณเสมอ ค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญมี 2 ค่าคือ ความถี่คลื่นพาหะ (Carrier Frequency) และ อัตราส่วนหน้าที่ (Duty Ratio) โดย Carrier Frequency ใน Arduino คือ 490 HZ และปรับได้ถึง 31.25 KHz โดยค่าที่ใช้ปรับความกว้างของสัญญาณอยู่ระหว่าง 0 – 255 เป็นค่า Analog ซึ่งคำนวณได้จากค่า Duty Cycle ที่ต้องการ เช่น Duty Cycle 50% จะต้องป้อนค่า Analog เท่ากับ 128 เป็นต้น



รูปที่ 2.10 ค่าแรงดันเฉลี่ยที่เปลี่ยนแปลงตามความกว้างของลูกคลื่น

2.5.2 การควบคุม DC Motor ด้วย L293D driver IC

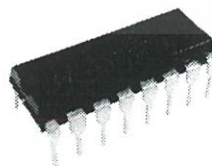
การควบคุมทิศทางและความเร็วในการหมุนของ DC Motor นั้นนิยมใช้วงจรที่เรียกว่า “H-Bridge” แสดงดังรูปที่ 2.11



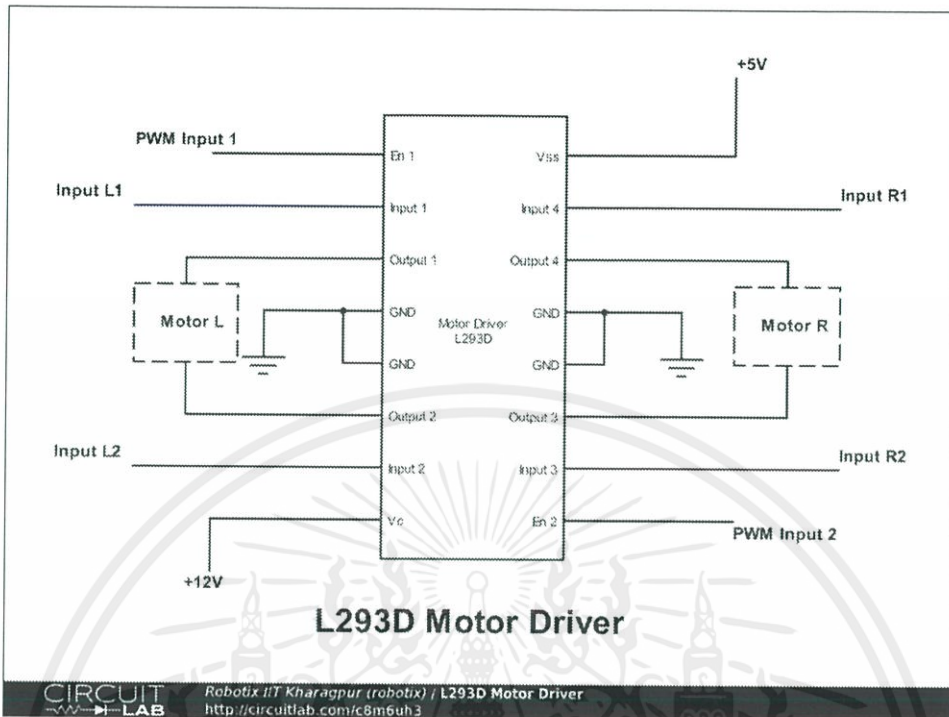
รูปที่ 2.11 วงจร H-Bridge

วงจรมีสามารถควบคุมได้ทั้งทิศทางและความเร็วของ DC Motor เริ่มจากการควบคุมทิศทางการหมุน โดยปกติถ้าไม่ได้ใช้วงจร H-Bridge แล้วต้องการกลับทิศทางการหมุนของ DC Motor ทำได้โดยกลับทิศแหล่งจ่ายของวงจร คือจากไฟบวกให้เป็นไฟลบ แต่ถ้าใช้วงจร H-Bridge จะง่ายกว่านั้นคือ หากต้องการให้หมุนไปในทิศตามเข็มนาฬิกา (CW : Clockwise) ให้ปิดวงจร S1, S4 และให้เปิดวงจร S2, S3 หากต้องการให้หมุนไปในทิศทวนเข็มนาฬิกา (CCW : Counter Clockwise) ให้ปิดวงจร S2, S3 และให้เปิดวงจร S1, S4

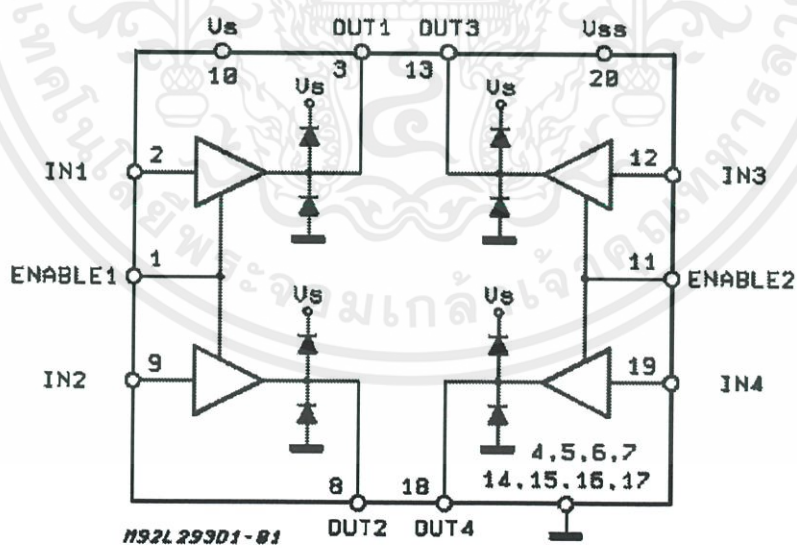
ไอซี L293D เป็นอุปกรณ์ที่มีวงจร H-Bridge อยู่ภายใน ลักษณะของไอซีแสดงดังภาพที่ 2.9 ใช้งานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์โดยการเขียนเงื่อนไขควบคุมการทำงานของวงจร ไอซีมีขนาดเล็กและง่าย ต่อการใช้งาน โดยสามารถควบคุม DC Motor ได้ 2 ตัว ต่อไอซีหนึ่งตัว ลักษณะการต่อเพื่อใช้งานแสดงดังรูปที่ 2.13 ส่วนบล็อกไดอะแกรมของไอซี L293D เป็นดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.12 ไอซี L293D



รูปที่ 2.13 การต่อวงจรใช้งานไอซี L293D ควบคุม DC Motor

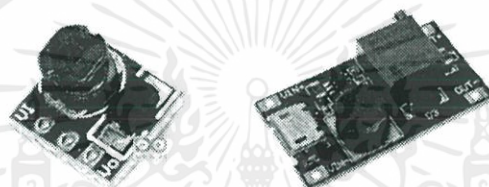


รูปที่ 2.14 บล็อกไดอะแกรมของไอซี L293D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 Step Up Module 1.5-4.2V to 5V และ 2V-24V to 5/9/12/28V

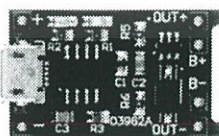
Step Up Module 1.5-4.2V to 5V คือ โมดูลที่สามารถแปลงไฟแรงดัน 1.5-4.2V เป็น 5V ส่วน Step Up Module 2V-24V to 5/9/12/28V คือ โมดูลที่สามารถแปลงไฟแรงดัน 2V-24V เป็น 5-28V ในที่นี้ใช้เพื่อแปลงแรงดันขนาด 3.7V จากลิเทียมแบตเตอรี่ให้กลายเป็น 5V เพื่อป้อนให้ไมโครคอนโทรลเลอร์และเซนเซอร์ และอีกโมดูลใช้แปลงเป็น 6V เพื่อป้อนให้ Driver Motor ทั้งสองโมดูลนี้ทำการแปลงแบบ DC-DC กระแสไฟ output สูงสุด 480 mA และ 2A ตามลำดับ ทั้งสองโมดูลนี้มีขนาดเล็กมากเหมาะสมกับวงจรของชิ้นที่ต้องการความกะทัดรัด



รูปที่ 2.15 Step Up Module 1.5-4.2V to 5V (ซ้าย) , 2V-24V to 5/9/12/28V (ขวา)

2.7 TP4056 Lithium Battery Charger Module

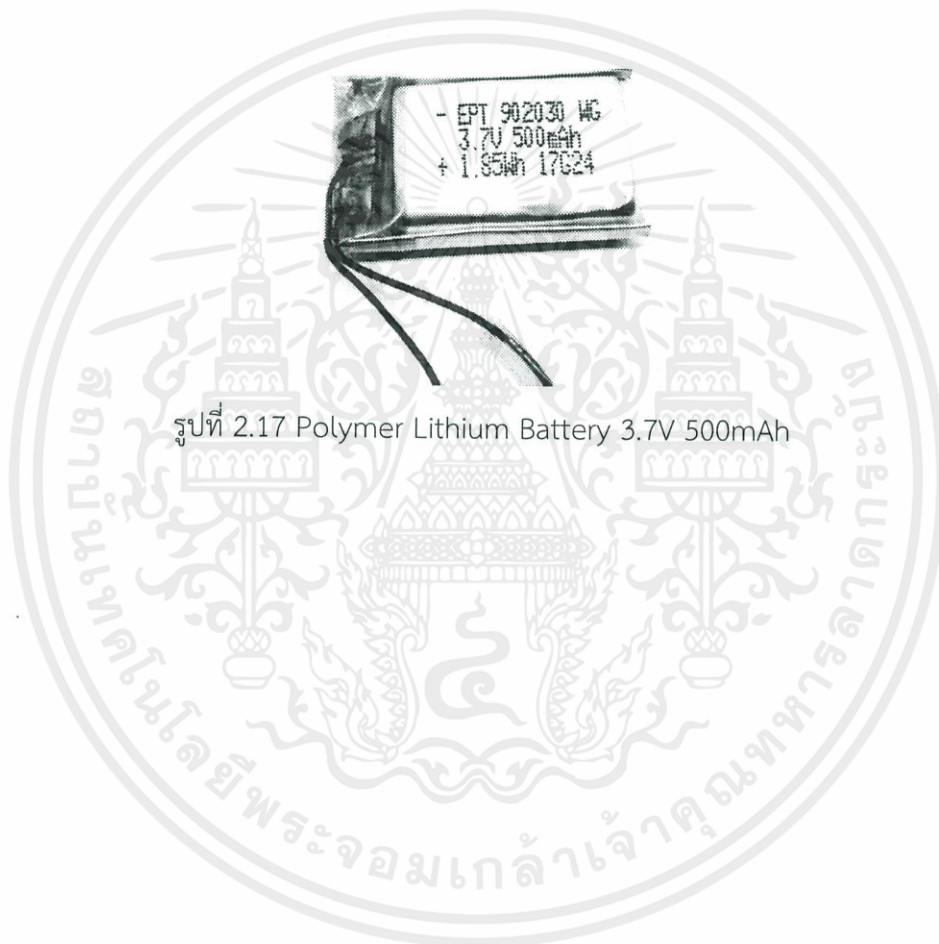
TP4056 Lithium Battery Charger Module เป็นโมดูลสำหรับชาร์จลิเทียมแบตเตอรี่ซึ่งใช้ Chip TP4056 โมดูลนี้มีการป้องกัน 3 แบบ คือ Overcharge Protection เป็นการป้องกันการชาร์จแรงดันเกิน 4.2-4.3V, Overdischarge Protection เป็นการป้องกันดิสชาร์จจนแรงดันต่ำกว่า 2.4-2.5V และ OverCurrent Protection เป็นการป้องกันการจ่ายกระแสเกินกว่า 3A การป้องกันทั้ง 3 แบบนี้เป็นวงจรที่เพิ่มเข้ามาเพื่อป้องกันการเสียหายของลิเทียมแบตเตอรี่ในการทำการทดลองเลือกใช้โมดูลนี้เพราะข้อดีในการป้องกันข้างต้น และง่ายต่อการใช้งานเนื่องจากใช้วิธีการชาร์จด้วยพอร์ต Micro USB ซึ่งเป็นพอร์ตประเภทเดียวกันกับสายชาร์จโทรศัพท์เคลื่อนที่ประเภท Android ทั่วไป และหาซื้อได้ง่าย พอร์ตมีขนาดเล็ก สามารถจ่ายไฟเข้าอุปกรณ์อื่นๆที่ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ได้ผ่านโมดูลนี้



รูปที่ 2.16 TP4056 Lithium Battery Charger Module

2.8 Polymer Lithium Battery

Polymer Lithium Battery สามารถใช้ได้กับอุปกรณ์หลากหลาย เช่น เครื่องเล่นเสียง, ลำโพง, กุญแจรถ, โทรศัพท์เคลื่อนที่, นาฬิกา และอื่นๆอีกมากมาย เนื่องจากมีขนาดเล็ก ไม่เกะกะ และสามารถชาร์จไฟกลับเข้าไปใหม่ได้เมื่อแบตเตอรี่หมด ในการทดลองนี้ใช้แบตเตอรี่ แบบจ่ายไฟ 3.7V ความจุ 500 mAh ก้อนแบตเตอรี่มีขนาด 30mm x 20mm x 9mm ซึ่งมีขนาดเล็ก น้ำหนักเบาเหมาะสำหรับใช้งานในชั้นรักษาความเสถียรที่ได้ออกแบบขึ้นมา

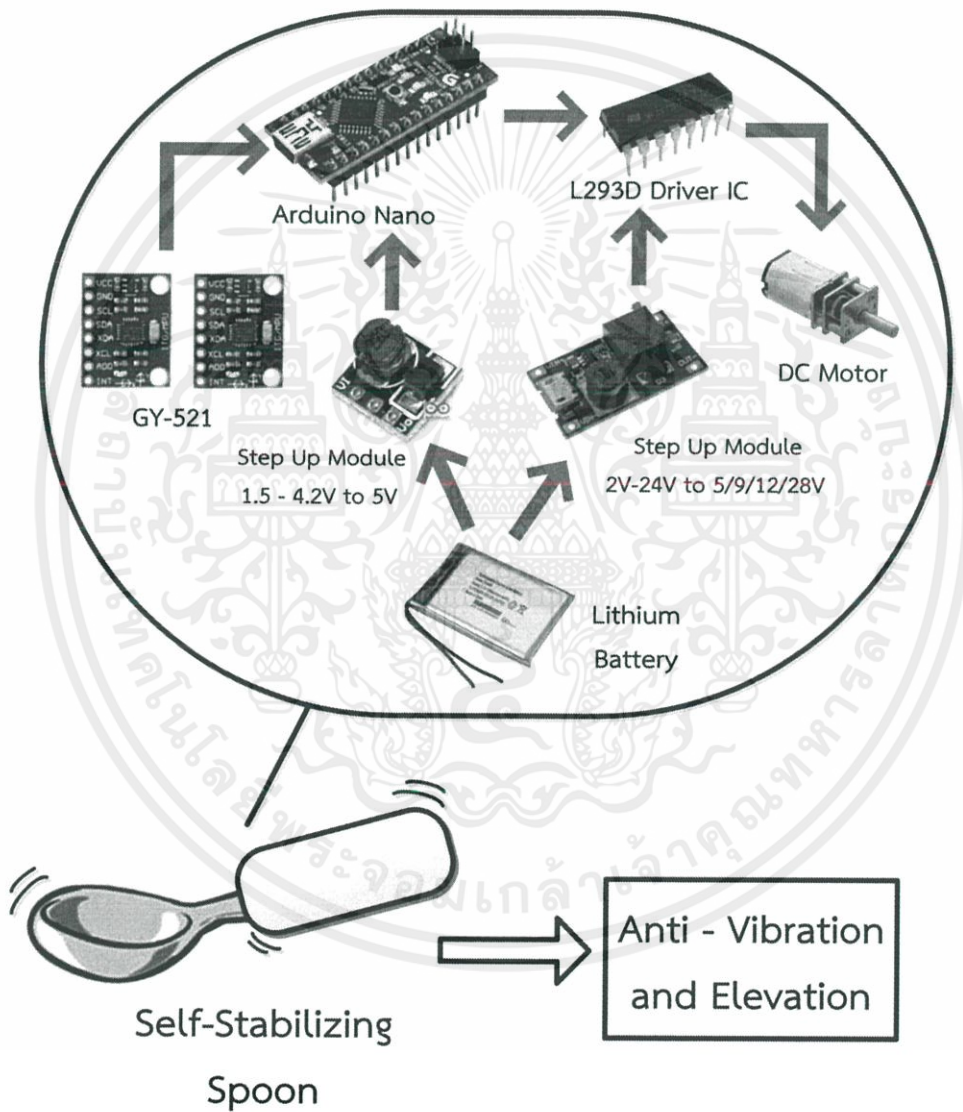


รูปที่ 2.17 Polymer Lithium Battery 3.7V 500mAh

บทที่ 3

การออกแบบและการจัดทำปริญญานิพนธ์

3.1 การออกแบบ

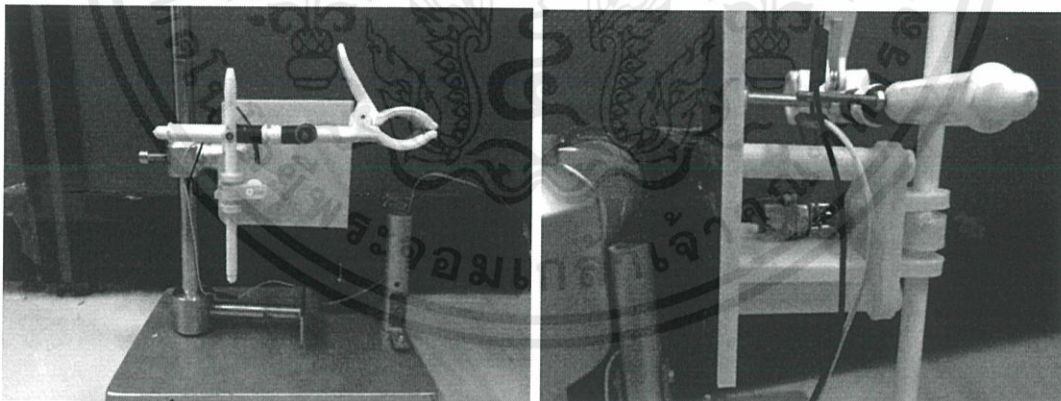


รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของซ็อนรักษาความเสถียรสำหรับผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน

จากรูปที่ 3.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของซอร์นรักษาความเสถียรสำหรับผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน ผู้จัดทำได้ออกแบบซอร์นให้สามารถยับยั้งทานทานอาการสั่นของผู้ป่วยโรคพาร์กินสันได้โดย โดยควบคุมระบบการทำงานของซอร์นด้วยบอร์ด Arduino และใช้อุปกรณ์ sensor GY-521 (ประกอบด้วย accelerometer และ gyroscope) เป็นตัวจับทิศทางการสั่น และการเอียงของซอร์น แล้วนำค่าที่ตรวจวัดได้ไปประมวลผลเพื่อนำมาใช้ในการบังคับมอเตอร์ของซอร์น ให้ปลายซอร์น เคลื่อนที่ในทิศตรงข้ามการสั่นของมือ ซอร์นจะสั่นตามมือน้อยลง การบังคับมอเตอร์ให้ทำงานนั้น จะสอดคล้องกับความถี่ในการสั่นของมือ และการบังคับทิศทางและความเร็วของมอเตอร์นั้นใช้ไอซี L293D เป็นตัว Driver มอเตอร์

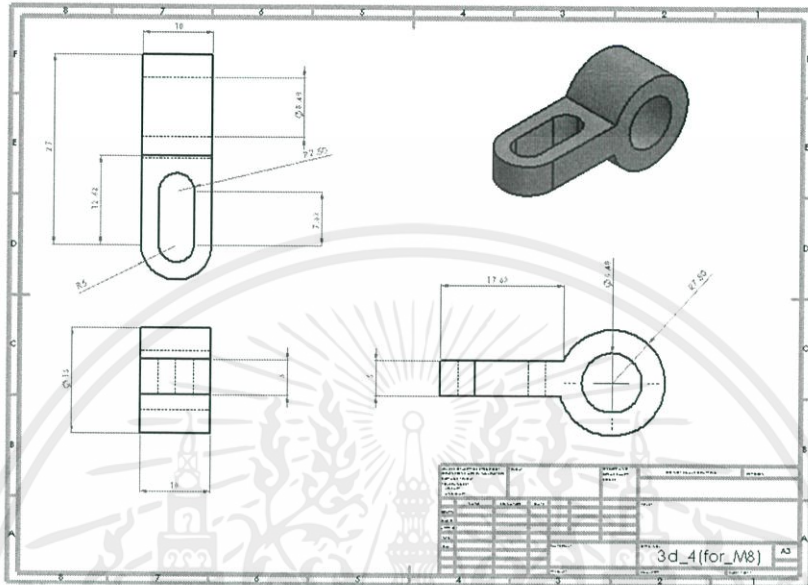
โดยเริ่มจากการออกแบบเครื่องจำลองการสั่นของมือก่อนเพื่อสังเกตค่าที่ได้จากการ อ่านค่าความเร่งของเซนเซอร์ GY-521 แล้วจึงนำมาคำนวณความถี่การสั่นของมือ และจำลองการ ควบคุมความเร็วและทิศทางของ DC Motor โดยคำนวณค่า Duty Cycle จากความถี่การสั่นของ มือ ซึ่งจำลองอ่านค่าความถี่จาก Function Generator จากนั้นนำวิธีการทำงานของทั้งสองระบบ มารวมเป็นระบบการทำงาน of ซอร์นรักษาความเสถียรสำหรับผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน

3.1.1 การออกแบบกลไกเครื่องจำลองการสั่น



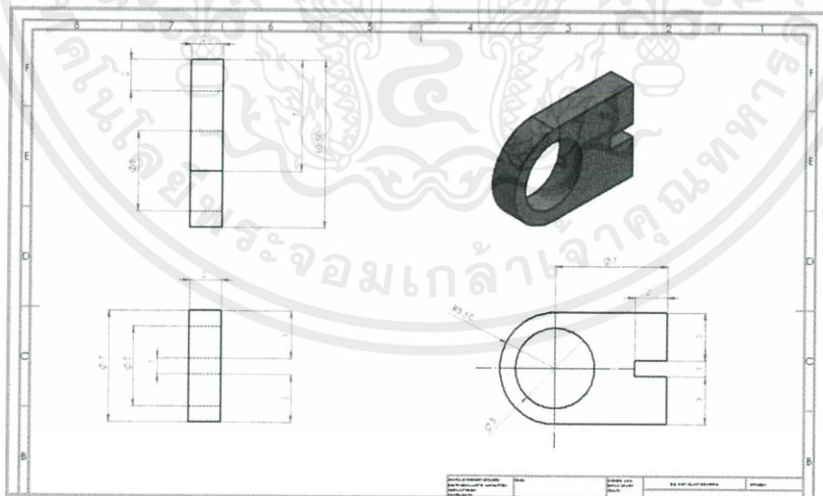
รูปที่ 3.2 ชุดกลไกเครื่องจำลองการสั่น

- ชั้นส่วน B คือ ส่วนที่ประกอบกับชั้นส่วน A และยึดติดกับชั้นส่วน E เป็นการเปลี่ยนการเคลื่อนที่เชิงมุมของ DC มอเตอร์ให้เป็นการเคลื่อนที่เชิงเส้น



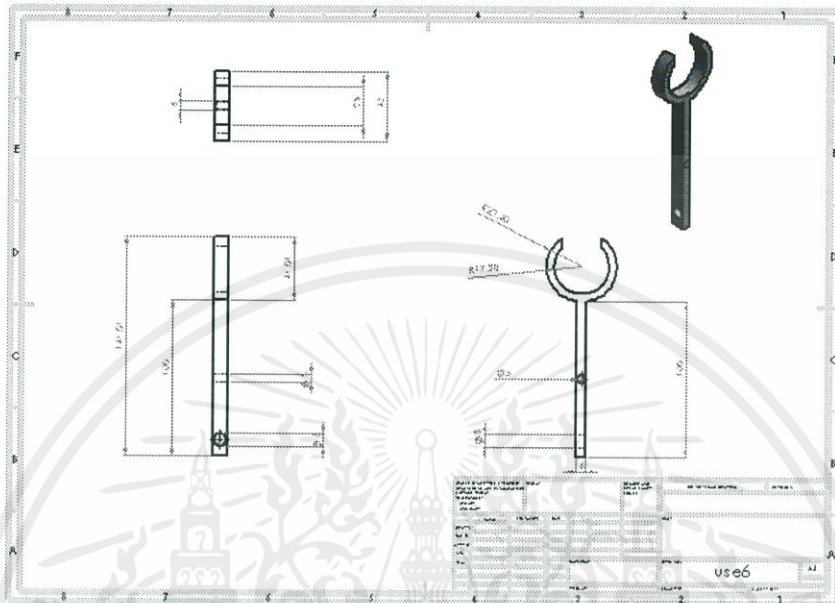
รูปที่ 3.5 แบบแสดงชิ้นส่วน B

- ชั้นส่วน C คือ ชั้นส่วนที่ยึดติดกับชั้นส่วน D เป็นส่วนที่ใช้รองรับชิ้นส่วน E



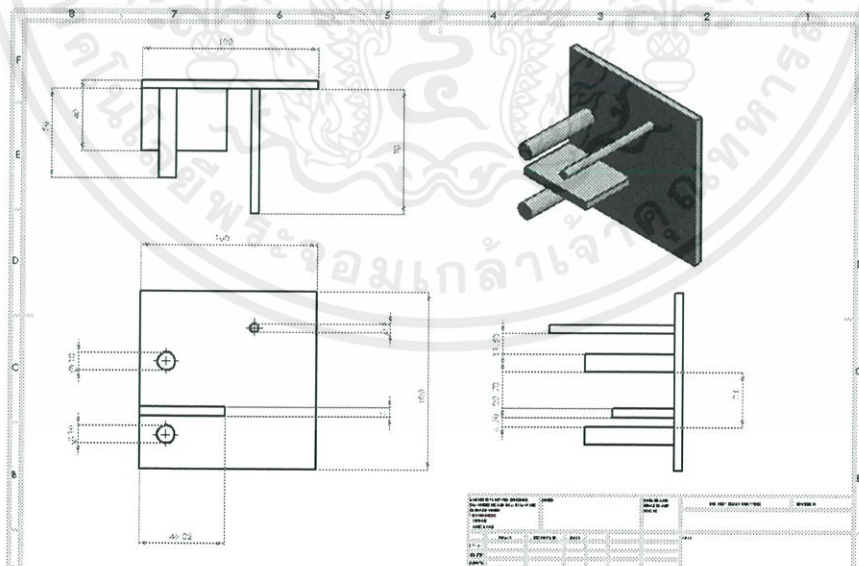
รูปที่ 3.6 แบบแสดงชิ้นส่วน C

- ชั้นส่วน F คือ ชั้นส่วนที่เปรียบเสมือนมือใช้เพื่อจำลองการสั่นแทนการสั่นจากมือซึ่งรับการเคลื่อนไหวมาจากชั้นส่วน E



รูปที่ 3.9 แบบแสดงชั้นส่วน F

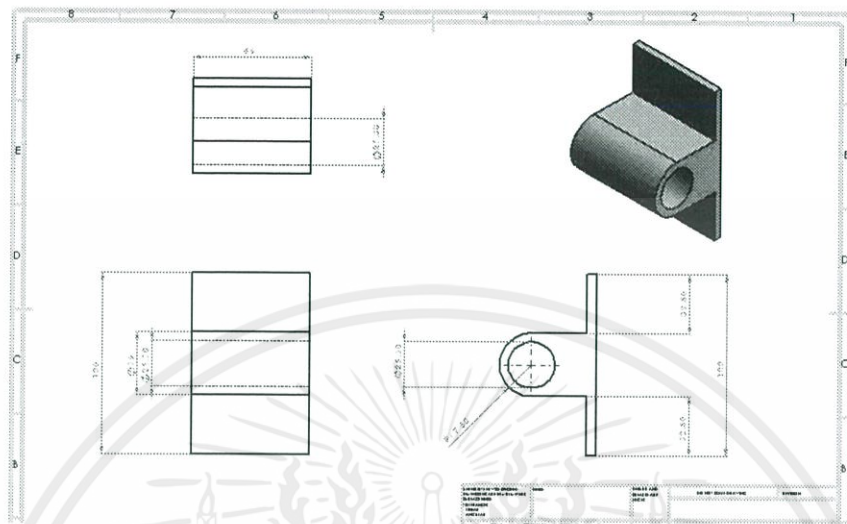
- ชั้นส่วน G คือชั้นส่วนที่ใช้เป็นฐานรองรับกลไกทั้งหมดและ DC มอเตอร์



รูปที่ 3.10 แบบแสดงชั้นส่วน G

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

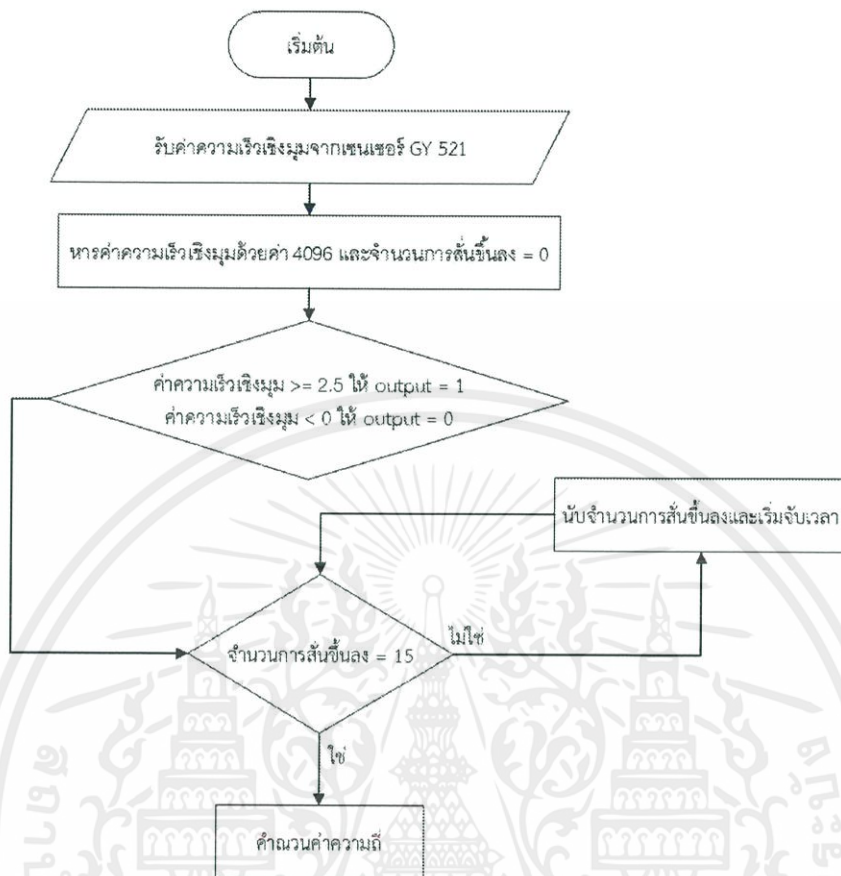
- ชั้นส่วน H คือ ชั้นส่วนที่เชื่อมชั้นส่วน G กับฐานขาตั้ง



รูปที่ 3.11 แบบแสดงชั้นส่วน H

3.1.2 การตรวจจับความถี่การสั่นด้วยเซนเซอร์ GY 521 ของเครื่องจำลองการสั่น

ในการตรวจจับความถี่การสั่นทางผู้จัดทำใช้เซนเซอร์ GY 521 ซึ่งเป็นโมดูลที่สามารถทำงานได้ทั้ง Accelerometer และ Gyroscope เพื่อใช้วัดความเร็วเชิงมุมและการเปลี่ยนแปลงของทิศทางอ้างอิงตามแกน XYZ โดยทางผู้จัดทำใช้ค่าที่ได้รับมาจาก Gyroscope และใช้แกนอ้างอิงเพียงแกนเดียวคือแกน Y มาประมวลผลในกระบวนการการคำนวณผ่านโปรแกรม Arduino ซึ่งค่าความถี่ที่ได้เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของค่า Gyroscope

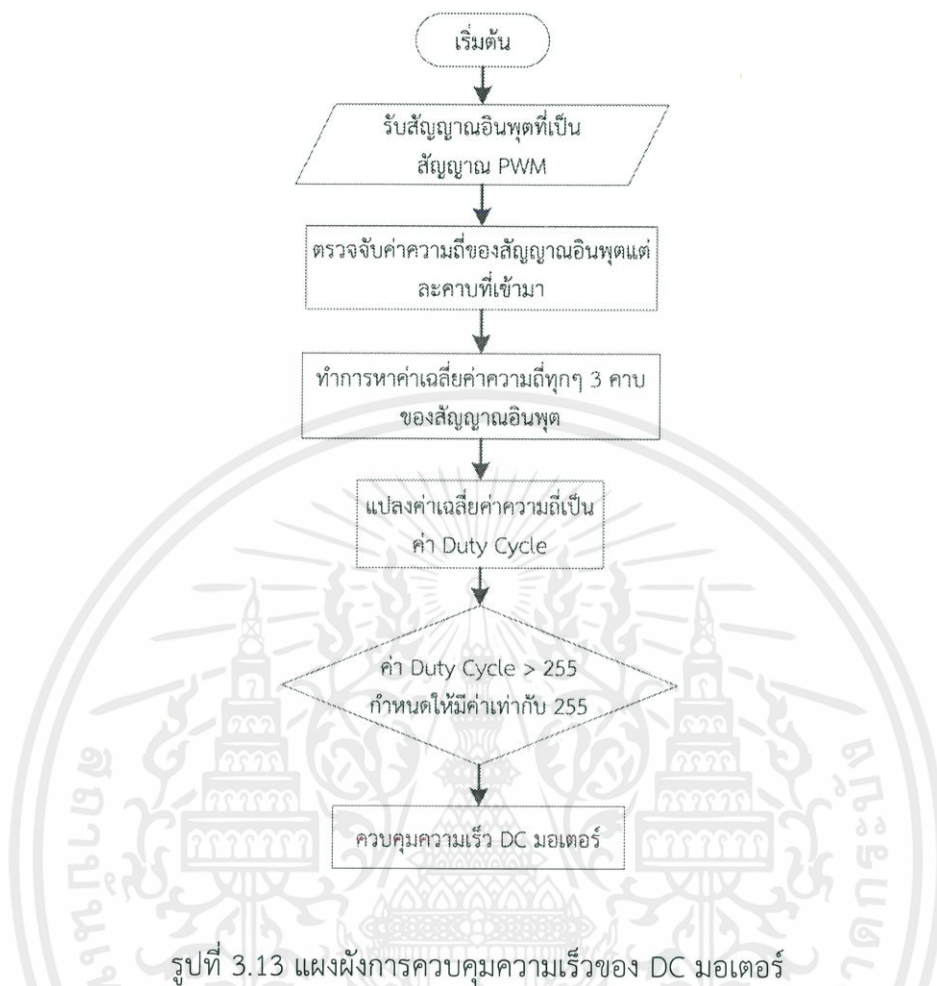


รูปที่ 3.12 แผนผังการตรวจความถี่การสั่น

3.1.3 การควบคุมความเร็วรอบของ DC มอเตอร์ด้วยค่าความถี่ของสัญญาณอินพุต

การควบคุมความเร็วรอบของ DC มอเตอร์ด้วยค่าความถี่ของสัญญาณอินพุตทางผู้จัดทำได้ใช้หลักการควบคุม DC มอเตอร์ด้วยค่าความกว้างของสัญญาณ PWM หรือค่า Duty Cycle เพื่อให้ความเร็วรอบของ DC มอเตอร์มีค่าเท่ากับค่าความถี่ของสัญญาณอินพุตโดยเปรียบเทียบในหน่วยเฮิรตซ์หรือรอบต่อวินาทีซึ่งค่าของ Duty Cycle มีค่าอยู่ระหว่าง 0-255 และความเร็วรอบของ DC มอเตอร์มีค่า 0 – 1000 รอบต่อวินาที หรือ 0 – 16.67 รอบต่อวินาที จากความสัมพันธ์ดังกล่าวทางผู้จัดทำจึงสร้างสมการหาค่า Duty Cycle ของ DC มอเตอร์ได้ดังนี้

$$DutyCycle = X \times \frac{255}{16.67} \text{ โดยที่ } X = \text{ค่าความถี่ของสัญญาณอินพุต}$$



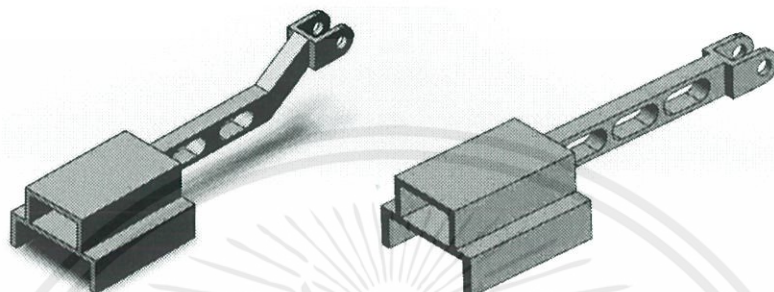
3.1.4 การออกแบบชิ้นรักษาความเสถียรสำหรับผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน

ในการออกแบบชิ้นรักษาความเสถียรแบ่งออกเป็น 6 ส่วนหลัก คือ การออกแบบกลไก Scotch yoke ที่ใช้ภายในชิ้น การออกแบบวงจรควบคุมการทำงานของ การออกแบบฐานวางวงจรและการวางอุปกรณ์ต่างๆ การออกแบบตัวชิ้น สุดท้ายคือ การออกแบบโปรแกรมควบคุมการทำงานของชิ้น

3.1.4.1 การออกแบบกลไก Scotch yoke ที่ใช้ภายในชิ้น

กลไก Scotch Yoke ภายในชิ้นมีลักษณะคล้ายกับของเครื่องจำลองการสั่นของมือ แต่มีขนาดเล็กกว่ามาก ส่วนแรกคือชิ้นส่วนของก้านที่ยื่นออกไปเพื่อเสียบชิ้น รวมถึง

ส่วนที่ใช้ติดตั้งเซนเซอร์ GY-521 อีกตัวสำหรับตรวจจับความนิ่งของปลายข้อขณะข้อทำงานที่ปลายข้อโดยตำแหน่งจะอยู่ใต้บริเวณที่เสียบข้อ ดังรูปที่ 3.14 ซึ่งทั้งสองแบบมีความแตกต่างกันที่ก้านของชิ้นส่วน เพื่อทดสอบความเหมาะสมในการใช้งาน



รูปที่ 3.14 ชิ้นส่วนสำหรับเสียบข้อและติดตั้งเซนเซอร์ GY-521



รูปที่ 3.15 แท่ง Rod

ชิ้นส่วนต่อไปของกลไก คือ แท่ง Rod ดังรูปที่ 3.15 ที่ด้านบนมีรูเพื่อยึดกับชิ้นส่วนแรกคือชิ้นส่วนของก้านที่ยื่นออกไปเพื่อเสียบข้อและเซนเซอร์ ซึ่งกลางแท่ง Rod มีชิ้นส่วนยื่นออกมาเพื่อใช้เป็นตัวเชื่อมต่อกับเดือยเสียบแกนหมุนของมอเตอร์ที่ออกแบบให้จุดศูนย์กลางขยับออกจากตรงกลางเล็กน้อยซึ่งช่วยเหวี่ยงให้แท่ง Rod ขยับขึ้นลง ดังรูปที่ 3.16 อีกชิ้นส่วนคือชิ้นส่วนบังคับทิศทางให้ Rod เคลื่อนที่ขึ้นลงมี มีชิ้นส่วนด้านบนและด้านล่าง ลักษณะดังรูปที่ 3.17 ซึ่งจะประกอบติดกับตัวข้อส่วนล่างบริเวณที่ออกแบบไว้สำหรับเชื่อมต่อกับกลไก Scotch Yoke

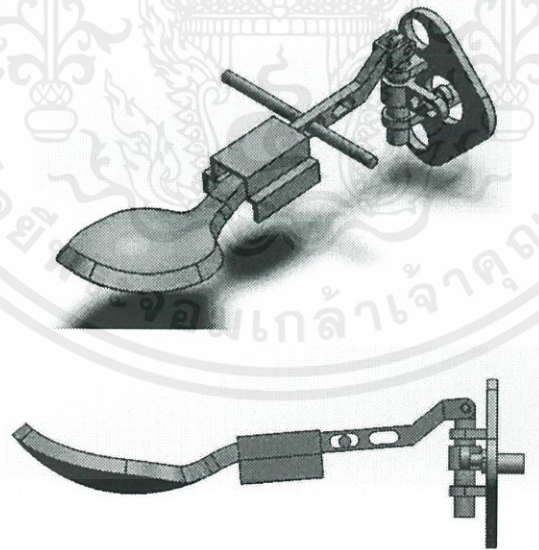


รูปที่ 3.16 เดือยเสียบแกนหมุนของมอเตอร์



รูปที่ 3.17 ชิ้นส่วนสำหรับ Rod เคลื่อนที่ผ่านชั้นลง

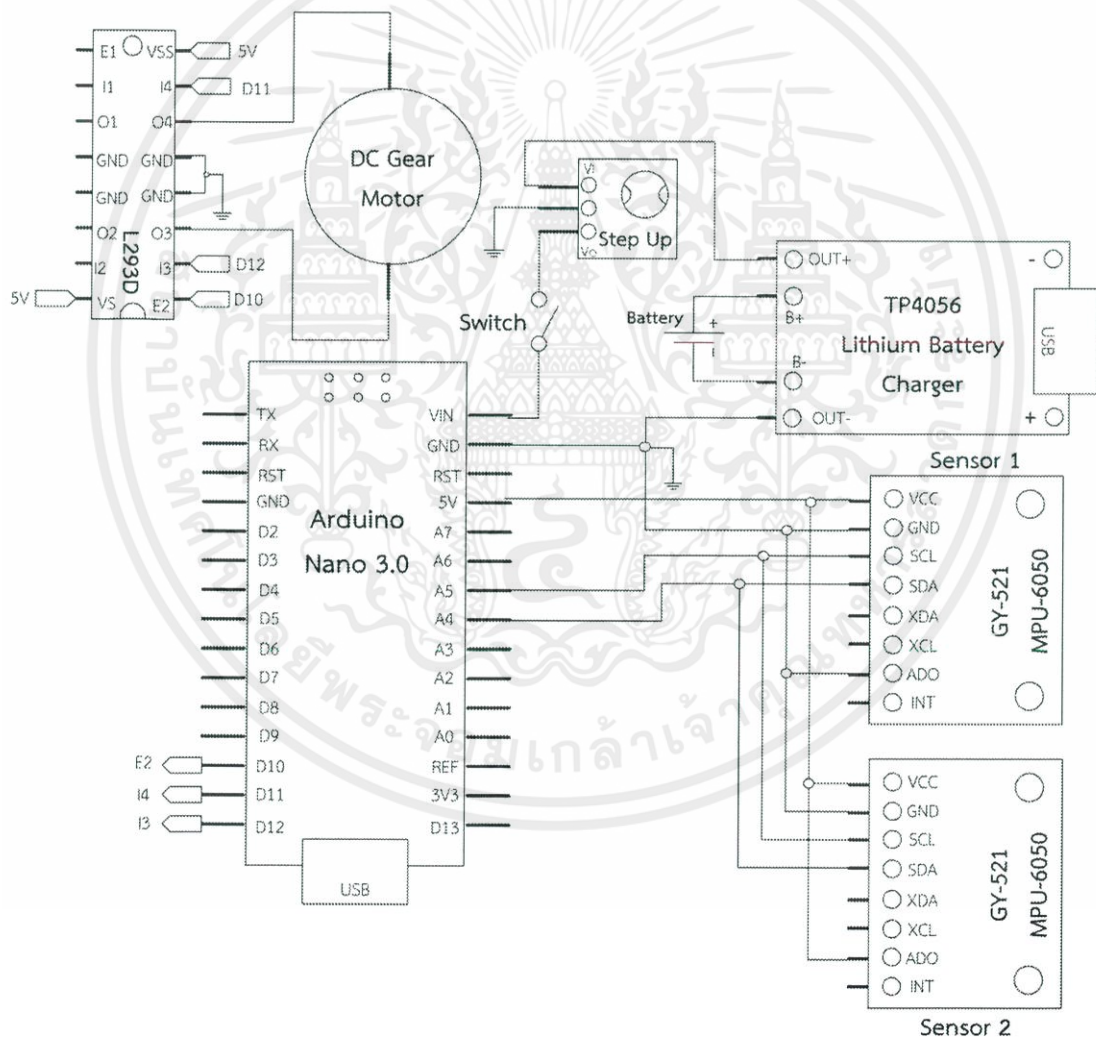
เมื่อนำชิ้นส่วนทั้งหมดมารวมกันจะได้ภาพรวมดังรูปที่ 3.18 ซึ่งได้นำแต่ละชิ้นส่วนที่ออกแบบไปสร้างเป็นชิ้นงานด้วยเครื่อง 3D Print ใช้วัสดุเรซินในการสร้าง



รูปที่ 3.18 ภาพรวมกลไก Scotch Yoke

3.1.4.2 การออกแบบวงจรควบคุมการทำงานของข้อม

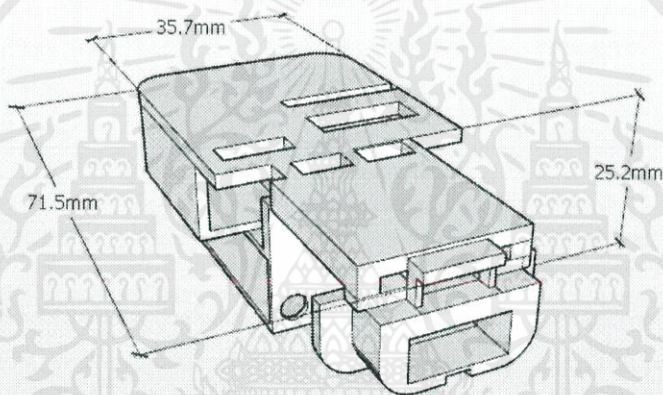
ออกแบบวงจรด้วยโปรแกรม Altium และนำลงแผ่น PCB โดยจำลองภาพรวมทั้งหมดของวงจรที่ใช้ดังรูปที่ 3.19 วงจรใช้สวิตช์แบบสไลด์เป็นตัวเปิดปิดข้อม และใช้ลิเทียมแบตเตอรี่ 3.7V ความจุ 500 mAh เป็นแหล่งจ่าย จากนั้นใช้ Step Up เปลี่ยนแรงดันเป็น 5V ก่อนจ่ายไฟเข้า Vin ไมโครคอนโทรลเลอร์ และใช้แรงดันจากพอร์ต 5V จ่ายให้กับเซนเซอร์, ไอซี และมอเตอร์ ส่วนการชาร์จประจุแบตเตอรี่ใช้วิธีการชาร์จผ่าน Batter Charger module ซึ่งชาร์จด้วยพอร์ต Micro USB ทั่วไป



รูปที่ 3.19 วงจรของข้อมรักษาความเสถียรสำหรับผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน

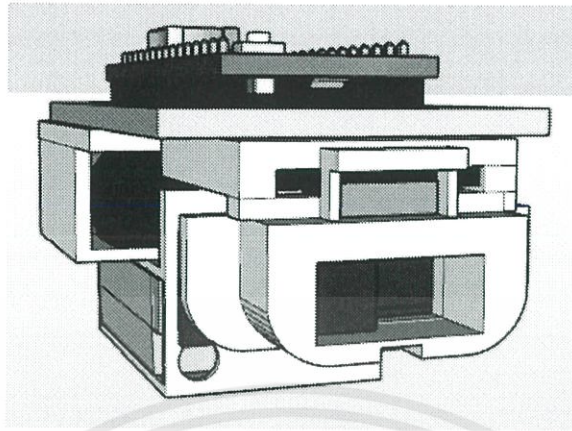
3.1.4.3 การออกแบบฐานวางวงจรและการวางอุปกรณ์ต่างๆ

การออกแบบฐานวางวงจร และการวางอุปกรณ์ต่างๆนั้นต้องคำนึงถึงขนาด และความเหมาะสมในการทำงานโดยรวมของชิ้น ฐานวางวงจรที่ได้ออกแบบมีลักษณะดังรูปที่ 3.20 ด้านบนใช้เป็นพื้นที่สำหรับแผ่น PCB ที่เป็นวงจรของ Arduino Nano, L293d IC และ Step Up Module ส่วนด้านล่างจะใช้บรรจุอุปกรณ์ต่างๆให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม อุปกรณ์ที่ยึดติดกับ ฐาน ได้แก่ Micro DC Motor, GY-521, lithium Battery, Charger Module และ Slide Switch ฐานนี้มีขนาดกว้าง 35.7 mm. ยาว 70.4 mm. และสูง 25.2 mm ใช้โปรแกรม SketchUp 2018 ในการออกแบบ



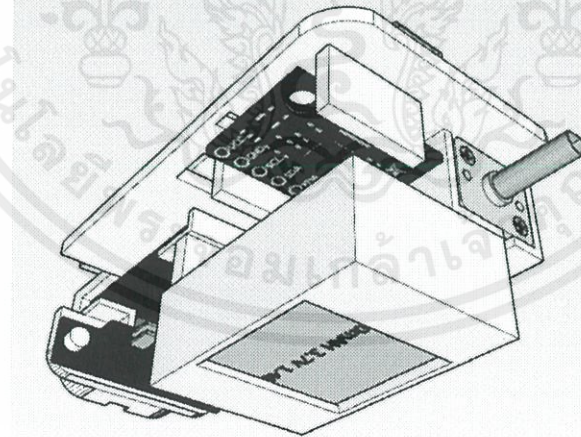
รูปที่ 3.20 ขนาดของฐานวางวงจรและยึดอุปกรณ์

รูชาร์จแบตเตอรี่ใช้ micro USB จาก Charger Module และวางตำแหน่ง รูชาร์จไว้ที่ท้ายสุดของชิ้น โดยสามารถชาร์จด้วยสายชาร์จแบตเตอรี่โทรศัพท์ที่มีหัวชาร์จแบบ micro USB ได้ และด้านล่างของรูชาร์จจะเป็นตำแหน่งของสวิตช์สำหรับเปิดปิดชิ้นรักษาความปลอดภัยสำหรับผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน ดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 ภาพรวมตำแหน่งการวางวงจร สวิตช์ และรูชาร์จแบตเตอรี่

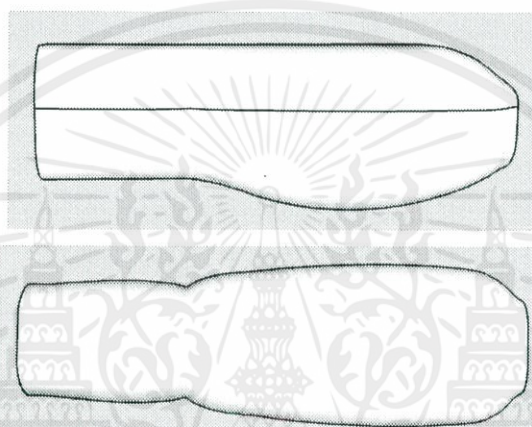
ตำแหน่งการวาง Micro DC Motor จะอยู่ฝั่งขวามือสุดของฐาน โดยแกนหมุนของมอเตอร์จะทำงานร่วมกับกลไก Scotch Yoke และทางด้านซ้ายของมอเตอร์เป็นตำแหน่งการวางเซนเซอร์ GY-521 ใช้วิธีการยึดแบบหนีบบริเวณสองข้างของตัวเซนเซอร์เพื่อไม่ให้เกิดการเสียดสีไปยังวงจรของเซนเซอร์เนื่องจากการเสียดสีส่วนบนและล่างของเซนเซอร์จะทำให้เกิดสัญญาณรบกวนในการอ่านค่าที่ได้ ส่วนแบตเตอรี่จะอยู่ด้านล่างสุดของช่อง ภาพรวมดังรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 ภาพรวมการยึดมอเตอร์ เซนเซอร์ และลิเทียมแบตเตอรี่

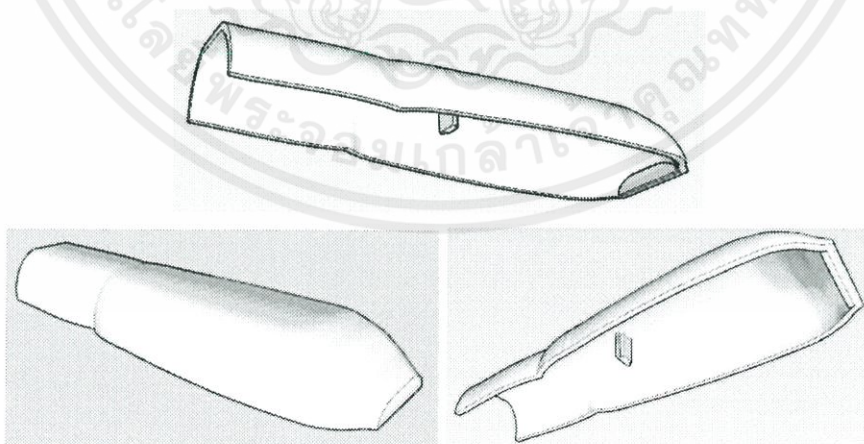
3.1.4.4 การออกแบบตัวข้อ

การออกแบบตัวข้อค้ำนี้่งลักษณะของฐานวางอุปกรณ์ภายใน กลไก Scotch Yoke ตำแหน่งรูชาร์จและสวิตช์ และค้ำนี้่งถึงขนาดของตัวข้อที่ไม่ใหญ่เกินไปรวมถึงรูปทรงที่มีความโค้งด้านล่างและความโค้งรูปทรงตัว S บริเวณกลางข้อ ดังรูปที่ 3.23 เพื่อให้ผู้ใช้สามารถจับข้อได้สะดวก โดยการออกแบบแบ่งการออกแบบสองส่วน คือ ตัวข้อส่วนบน และตัวข้อส่วนล่าง



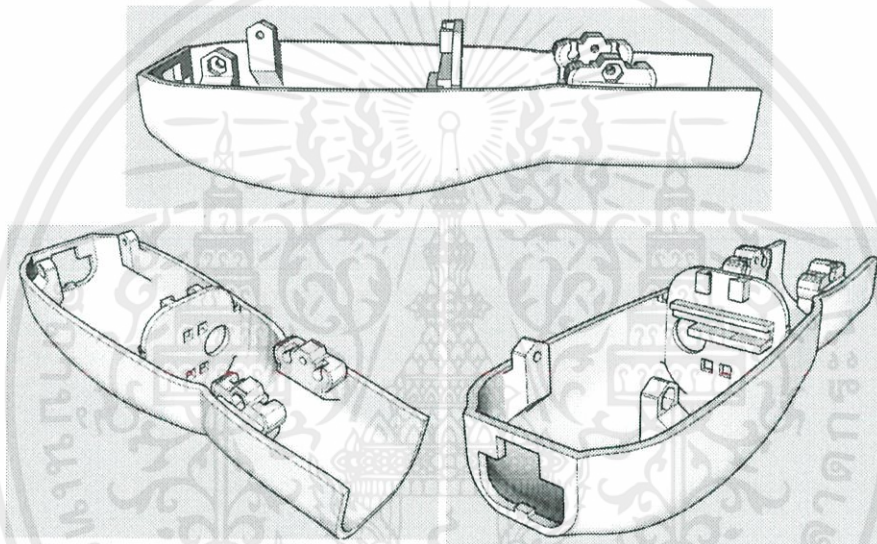
รูปที่ 3.23 ส่วนโค้งของมุมมองด้านข้างและด้านบนของข้อ

ตัวข้อส่วนบนจะมีลักษณะแบนกว่าส่วนล่างดังรูปที่ 3.24 และได้ออกแบบบริเวณข้างใต้ตรงกลางเพื่อเป็นตัวเสียบเข้ากับชิ้นส่วนข้อด้านล่าง



รูปที่ 3.24 ชิ้นส่วนบนของตัวข้อ

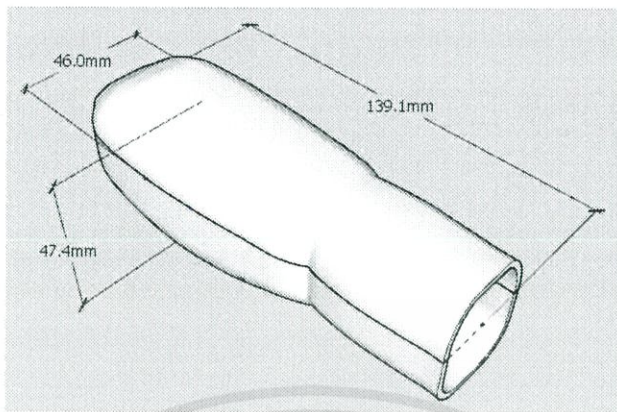
ตัวข้อขึ้นส่วนล่าง จะมีลักษณะดังรูปที่ 3.25 มีความโค้งและลึกกว่า ส่วนบนเพื่อประโยชน์ในการวางอุปกรณ์ภายใน และเพิ่มส่วนโค้งเพื่อให้จับถนัดมือมากขึ้น บริเวณ ตรงกลางด้านหน้า คือตำแหน่งไว้สำหรับยึดกับกลไก Scotch Yoke สำหรับขยับขึ้นลง และมีรูไว้ สำหรับแกนหมุนของมอเตอร์ ส่วนด้านหลังของส่วนนี้ไว้สำหรับเสียบฐานวางอุปกรณ์ ส่วนบริเวณ ท้ายสุดของชิ้นส่วนข้อด้านล่างเป็นรูสำหรับช่องรูซัวร์จ และสวิตช์ซึ่งสามารถประกอบเข้ากับฐาน วางอุปกรณ์ภายในข้อได้พอดี ส่วนบริเวณขอบมีชิ้นส่วนไว้สำหรับประกอบกับแท่ง Rod ใช้สำหรับ เป็นจุดหมุนให้แกนข้อกระดกขึ้นและลง ซึ่งจะใช้เป็นขนาด 3M เป็น Rod



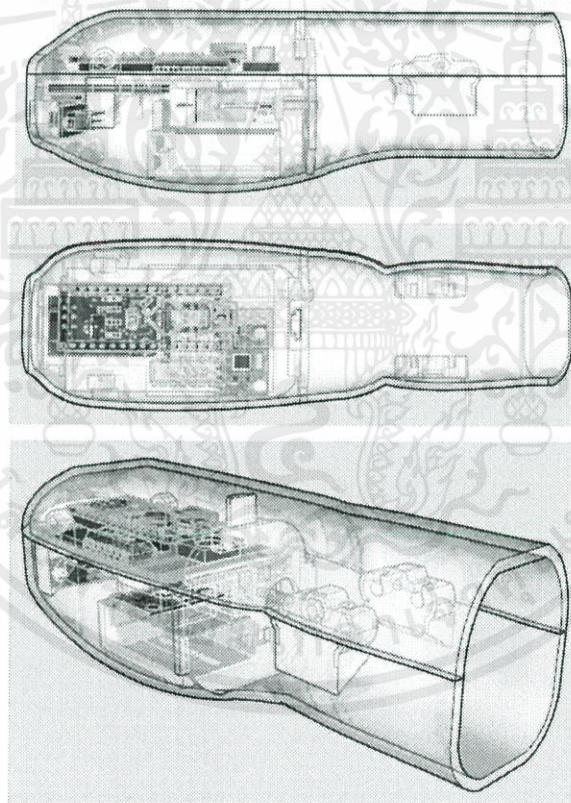
รูปที่ 3.25 ชิ้นส่วนล่างของตัวข้อ

ส่วนที่ใช้สำหรับเสียบแท่ง Rod ออกแบบให้มีระยะการเสียบ Rod 2 ระดับ เพื่อใช้ในการทดลองระยะการสั่นที่เหมาะสมในการทำงานข้อสำหรับผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน

เมื่อนำชิ้นส่วนบน ชิ้นส่วนล่างมาประกอบกันจะมีขนาดกว้าง 46 mm. ยาว 139.1 mm. สูง 47.4 mm. มีความหนาของพื้นผิว 2 mm. ดังรูปที่ 3.26



รูปที่ 3.26 ขนาดของตัวซ็อนโดยรวม



รูปที่ 3.27 ภาพรวมภายนอกและภายในของซ็อนเมื่อบรรจุอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อจำลองนำฐานวงจรมายาวจร, วงจร, ชิ้นส่วนตัวซ้อนทั้งบนและล่าง และตัวเสียบ Rod มาประกอบเข้าด้วยกันจะได้ดังรูปที่ 3.27 ตามมุมมองต่างๆ

3.1.4.5 การออกแบบโปรแกรมควบคุมการทำงานของซ้อน

โปรแกรมที่ใช้ควบคุมการทำงานของซ้อนนั้น ใช้ค่าที่เซนเซอร์ GY-521 ทั้งสองตัวตรวจจับได้ โดยตัวแรกใช้ตรวจจับค่าความเร่งเพื่อนำมาคำนวณค่าความถี่ที่มีสั่นขณะจับตัวซ้อน ตำแหน่งการวางเซนเซอร์ตัวแรกอยู่บริเวณฐานวางอุปกรณ์ภายในตัวซ้อนส่วนล่าง และตัวที่สองใช้ตรวจจับค่าความเร่งที่บริเวณปลายซ้อน เพื่อนำมาคำนวณและตรวจสอบว่าปลายซ้อนนิ่งพอหรือไม่ หากซ้อนยังไม่นิ่งพอจะเพิ่มหรือลดความถี่ และบังคับให้มอเตอร์ของซ้อนหมุนตามค่าที่คำนวณให้ปลายซ้อนสั่นในทิศทางตรงข้ามกับการสั่นของมือเพื่อให้ซ้อนนิ่ง และสามารถดักอาหารขณะมือสั่นได้ โดยแผนผังการทำงานเป็นไปดังรูปที่ 3.28



รูปที่ 3.28 แผนผังการทำงานของซ้อนรักษาความเสถียรสำหรับผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.2.1 เครื่องมือในการทดลองเครื่องจำลองการสั่นของมือและการทดลองควบคุมความเร็วและทิศทางของ DC Motor

1) Arduino Nano Microcontroller	2 ตัว
2) นอตตัวผู้ขนาด M3	1 ตัว
3) นอตตัวเมียขนาด M3	1 ตัว
4) เครื่องจำลองการสั่น	1 เครื่อง
5) เซนเซอร์ GY-521	1 ตัว
6) Power Supply	1 เครื่อง
7) DC มอเตอร์ 500 rpm	1 ตัว
8) ฐานขาตั้ง	1 ตัว
9) Oscilloscope	1 เครื่อง
10) IR เซนเซอร์โมดูล TCRT5000	1 ตัว
11) Micro DC Gear Motor 1000 rpm	1 ตัว
12) Arduino Uno Microcontroller	1 ตัว
13) Function Generator	1 เครื่อง

3.2.2 เครื่องมือในการทดลองข้อรักษาความเสถียรสำหรับผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน

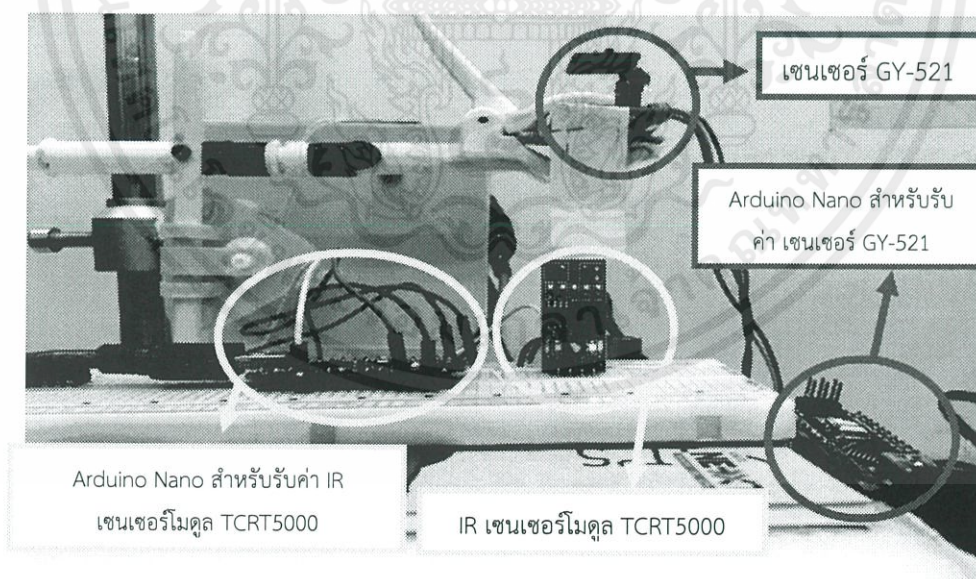
1) Arduino Nano Microcontroller	1 ตัว
2) เซนเซอร์ GY-521	2 ตัว
3) Micro DC Gear Motor 500 rpm	1 ตัว
4) Step Up Module 1.5-4.2V to 5V	1 ตัว
5) IC L293d	1 ตัว

6) Lithium Battery Charger Module	1 ตัว
7) Lithium Battery 3.7 V 500 mAh	1 ก้อน
8) Slide Switch	1 ตัว
9) สายชาร์จแบบ Micro USB	1 เส้น
10) โครงสร้างของชั้นรักษาความเสถียร	1 ชุด

3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง

3.3.1 การทดลองการตรวจจับความถี่ของการสั่นจากเครื่องจำลองการสั่น

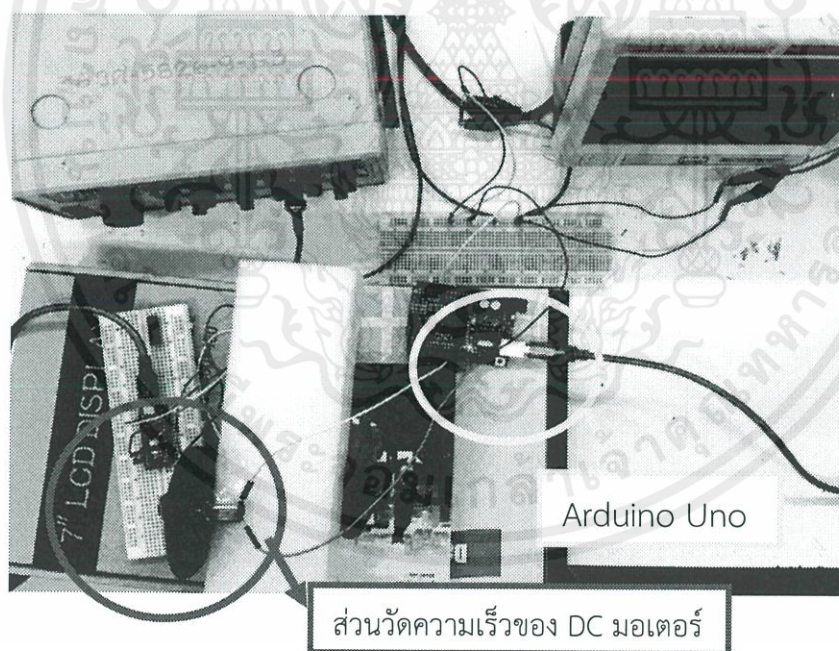
การทดลองตรวจจับความถี่ของการสั่นด้วยเซนเซอร์GY 521 โดยเปรียบเทียบกับความถี่ที่ได้จาก IR เซนเซอร์โมดูล TCRT5000 ทางผู้จัดทำได้ทำการปรับแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้นครั้งละ 0.5V โดยเริ่มจากแรงดันขนาด 3.5V ถึง 6V ให้กับ DC มอเตอร์เพื่อให้มีความถี่ของการสั่นแตกต่างกันออกไปและจ่ายค่าแรงดันไฟฟ้าขนาด 5V เพื่อให้บอร์ด Arduino รับค่าที่ได้มาจากเซนเซอร์และประมวลผลเพื่อหาความถี่ของการสั่นจากเครื่องจำลองการสั่นดังที่แสดงในรูปที่ 3.29



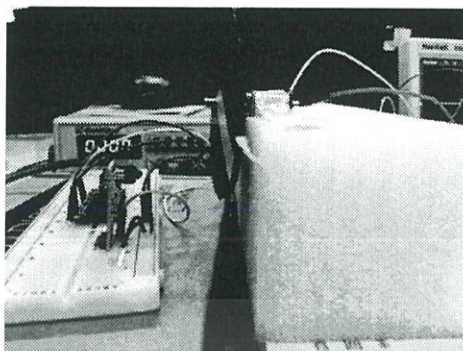
รูปที่ 3.29 การจัดเก็บผลการทดลองการตรวจจับความถี่ของการสั่น

3.3.2 การทดลองการควบคุมความเร็วรอบของ DC มอเตอร์ด้วยค่าความถี่ของสัญญาณอินพุต

การทดลองการควบคุมความเร็วรอบของ DC มอเตอร์ด้วยค่าความถี่ของสัญญาณอินพุตโดยเปรียบเทียบค่าความถี่ที่ตรวจจับได้จากขาอินพุตของ Arduino Uno และค่า Duty Cycle ที่ปรากฏใน Serial Monitor กับค่าที่ได้จาก Oscilloscope รวมถึงวัดค่าความเร็วของ DC มอเตอร์ในหน่วยเฮิร์ตซ์หรือในหน่วยรอบต่อวินาทีกับ IR เซนเซอร์โมดูล TCRT5000 ทางผู้จัดทำได้ทำการเก็บค่าความเร็วสูงสุดของ DC มอเตอร์เพื่อปรับปรุงสมการความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของ DC มอเตอร์ในหน่วยรอบต่อวินาทีกับ Duty Cycle และใช้สัญญาณอินพุตเป็นสัญญาณ TTL ที่มาจากอุปกรณ์ Function Generator ทำการเพิ่มค่าความถี่ขึ้นครั้งละ 1 Hz โดยเริ่มจากค่าความถี่ 4Hz ถึง 12Hz และจ่ายค่าแรงดันไฟฟ้าขนาด 5V ให้กับ Arduino Uno รับสัญญาณอินพุตจาก Function Generator และประมวลผลเพื่อหาค่าความถี่ของสัญญาณอินพุตดังที่แสดงในรูปที่ 3.30 และรูปที่ 3.31



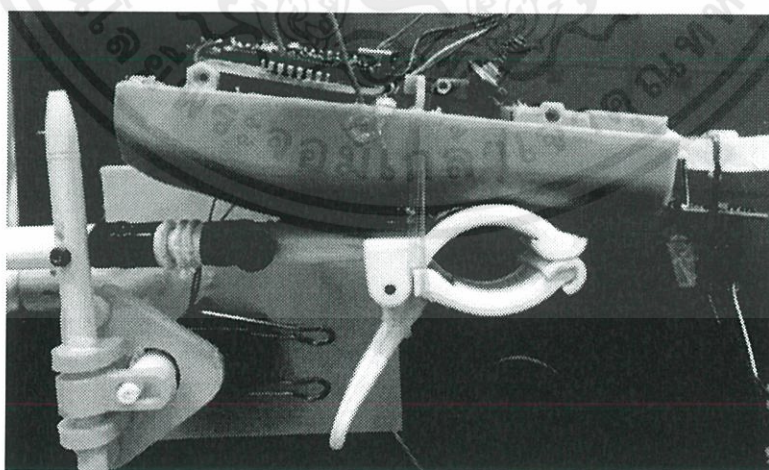
รูปที่ 3.30 การจัดเก็บผลการทดลองการควบคุมความเร็วของ DC มอเตอร์



รูปที่ 3.31 การวัดความเร็วรอบของ DC มอเตอร์

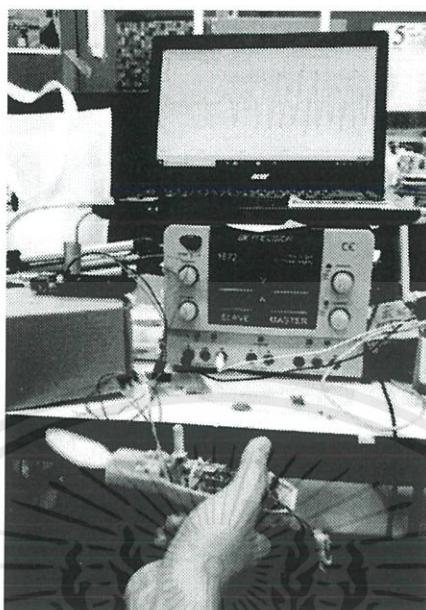
3.3.3 การทดลองการทำงานของข้อรักษาความเสถียรสำหรับผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน

การทดลองการทำงานของข้อรักษาความเสถียรสำหรับผู้ป่วยโรคพาร์กินสันหลังนำทุกส่วนมาประกอบเข้าด้วยกัน และทำการป้อนโปรแกรมควบคุมการทำงานของข้อแล้วนั้น ใช้วิธีสังเกตค่าจาก Serial Monitor ของโปรแกรม Arduino โดยทดสอบการตรวจจับความถี่ของการสั่นของข้อด้วยเครื่องจำลองการสั่นที่ความถี่ต่างๆ และสังเกตค่าความถี่ที่อ่านได้จากข้อเทียบกับความถี่การสั่นของเครื่องจำลอง ดังรูปที่ 3.32 และทดสอบความสามารถในการรักษาความเสถียรที่ปลายข้อ ขณะวงจรกำลังทำงานเทียบกับก่อนเปิดสวิตช์ของวงจร และทดสอบการทำงานของข้อด้วยการสั่นข้อด้วยมือ โดยใช้วิธีตรวจจับความถี่ที่ปลายข้อว่ามีค่าลดลงจากเดิมก่อนการเปิดวงจรควบคุมหรือไม่ โดยการทดลองดังรูปที่ 3.34



รูปที่ 3.32 ทดสอบการตรวจจับความถี่ของการสั่นของข้อด้วยเครื่องจำลองการสั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.33 การทดลองการทำงานของซ็อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

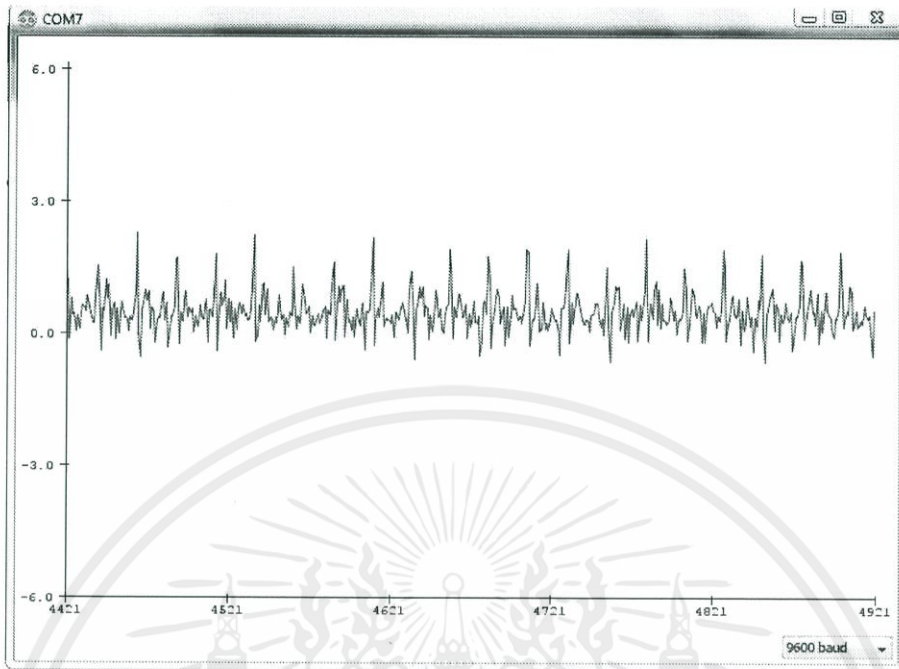
ผลการทดลอง

บทนี้จะแสดงถึงผลการทดลองการวัดความถี่จากการสั่นของเครื่องจำลองมือสั่น และการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ให้สามารถทำงานได้สอดคล้องกันกับความถี่ที่วัดได้จากเครื่องจำลองมือสั่น และสุดท้ายคือผลการทดลองการทำงานของซ็อนรักษาความเสถียรสำหรับผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน

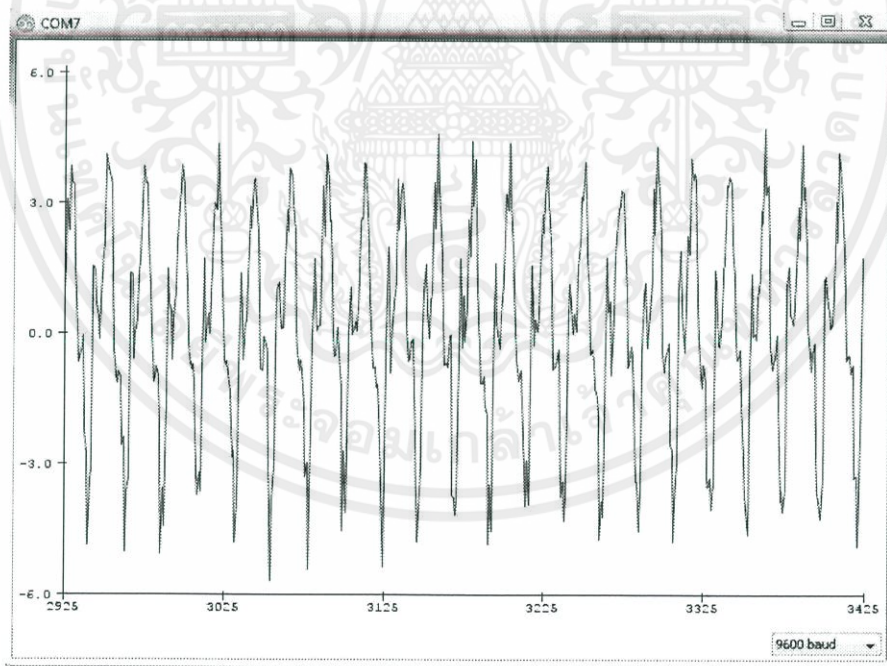
4.1 ผลการตรวจจับความถี่ในการสั่นของเครื่องจำลองมือสั่น

การตรวจจับความถี่จากการสั่นของเครื่องจำลองมือสั่นนั้นใช้วิธีตรวจจับจากเซนเซอร์ GY-521 ที่จำลองว่าติดตรงแกนซ็อนโดยใช้การประมวลผลจากค่า Gy (ความเร่งของการหมุนรอบแกน y) ของ Gyroscope เปรียบเทียบกับการตรวจจับการสั่นขึ้นลงของเครื่องจำลองด้วยเซนเซอร์ TCRT5000

เหตุผลที่เลือกประมวลผลจากค่า Gy เนื่องจากอาการของผู้ป่วยพาร์กินสันที่จะมือสั่นคล้ายการปั่นยาลูกกลอน และมีลักษณะสั่นขึ้นและลงของมือด้วย ดังนั้นค่าที่ควรนำมาใช้ คือ ค่าความเร่งในทิศขึ้นลง Az และค่าความเร่งในการหมุนรอบแกน y คือ Gy แต่เมื่อนำค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์ของ Az และ Gy ที่หารด้วย 4096 แล้วมาพลอตกราฟในโปรแกรม Arduino ดังรูปที่ 4.1 และ 4.2 พบว่า กราฟของ Az มีสัญญาณรบกวนมากกว่าและค่าของสัญญาณมีแอมพลิจูดน้อยกว่า ส่วนกราฟของ Gy มีสัญญาณรบกวนน้อยกว่าและมองเห็นคาบของสัญญาณได้ชัดเจนกว่า รวมถึงมีค่าแอมพลิจูดของสัญญาณชัดเจน



รูปที่ 4.1 กราฟค่าของ Az ที่วัดได้จากเซนเซอร์ที่ถูกหารด้วย 4096

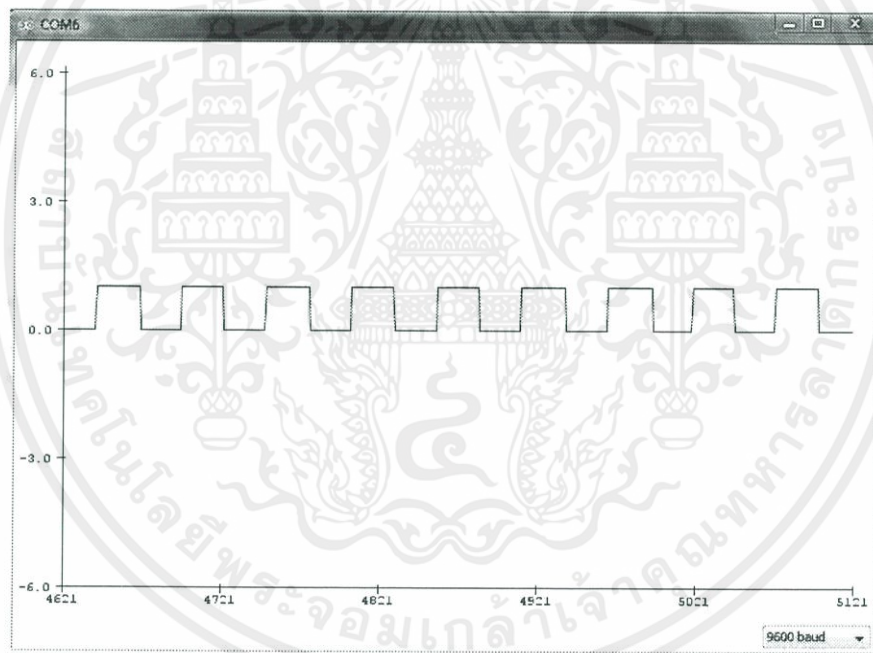


รูปที่ 4.2 กราฟค่าของ Gy ที่วัดได้จากเซนเซอร์ที่ถูกหารด้วย 4096

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจจับการสั่นขึ้นลงของเครื่องจำลองนั้นจะเลือกค่าตัดสินใจ (Threshold) ที่เหมาะสม โดยสังเกตจากกราฟค่าดิบของ Gy พบว่าค่าตัดสินใจที่เหมาะสม คือ 2.5 และ -2.5 คือ หากค่า Gy ที่วัดได้มีแอมพลิจูดมากกว่าหรือเท่ากับ 2.5 (กระดกขึ้น ความเร่งเป็นบวก) จะให้เอาต์พุตเป็นออกเป็น 1 แต่หากค่า Gy ที่วัดได้มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ -2.5 (กระดกลง ความเร่งเป็นลบ) จะให้เอาต์พุตออกเป็น 0

ความหมายของค่าเอาต์พุต 1 เกิดจากการกระดกขึ้นแล้วเกิดความเร่งเป็นบวก ส่วนค่าเอาต์พุต 0 เกิดจากการกระดกลง หรือหยุดนิ่ง ความเร่งจึงเป็นลบ ดังนั้นเมื่อสัญญาณผ่านการตัดสินใจ ทำให้ได้สัญญาณที่มีคาบค่อนข้างชัดเจนในการแสดงให้เห็นจังหวะการสั่นขึ้นลงของเครื่องจำลองการสั่น ช่วยให้คำนวณความถี่ในการสั่นได้ง่ายขึ้น ตัวอย่างกราฟสัญญาณที่ผ่านการตัดสินใจแล้วดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 กราฟของค่า Gy ที่ผ่านค่าการตัดสินใจที่เหมาะสม

การทดลองนี้จะใช้ไฟ 3.5V – 6V จาก Power Supply ป้อนให้มอเตอร์ของเครื่องจำลองมือสั่นที่ความถี่ประมาณ 4 – 8 Hz ตามอาการของผู้ป่วยพาร์กินสัน โดยแสดงค่าความถี่ที่ตรวจจับได้ผ่าน Serial monitor ของโปรแกรม Arduino

4.1.1 ผลการตรวจจับความถี่ในการสั่นของเครื่องจำลองมือสั่นด้วย GY-521

ผลการตรวจจับความถี่ในการสั่นของเครื่องจำลองมือสั่นด้วยเซนเซอร์ GY-521 โดยแสดงผลผ่าน Serial monitor ซึ่งจะแสดงจำนวนครั้งการสั่น (rev), เวลาที่ใช้ (time) และความถี่ที่ได้ (freq) ตัวอย่างผลที่แสดงบน Serial Monitor ดังรูปที่ 4.4, 4.5, 4.6 และ 4.7

```

COM7
time = 3.74
rev = 15
## Freq : 4.01 ##
time = 3.28
rev = 15
## Freq : 4.58 ##
time = 3.28
rev = 15
## Freq : 4.58 ##
time = 3.27
rev = 15
## Freq : 4.59 ##
time = 3.28
rev = 15
## Freq : 4.57 ##
time = 3.29
rev = 15
## Freq : 4.56 ##
time = 3.06
rev = 15
## Freq : 4.91 ##
time = 3.00
  
```

รูปที่ 4.4 ความถี่จากเครื่องสั่นที่ Power Supply จ่ายแรงดันให้ 3.5V

```

COM7
Send
time = 2.74
rev = 15
## Freq : 5.48 ##
time = 2.76
rev = 15
## Freq : 5.44 ##
time = 2.75
rev = 15
## Freq : 5.46 ##
time = 2.74
rev = 15
## Freq : 5.47 ##
time = 2.74
rev = 15
## Freq : 5.47 ##
time = 2.74
rev = 15
## Freq : 5.47 ##
time = 2.74
rev = 15
## Freq : 5.47 ##
time = 2.74
Autoscroll No line ending 9600 baud Clear output

```

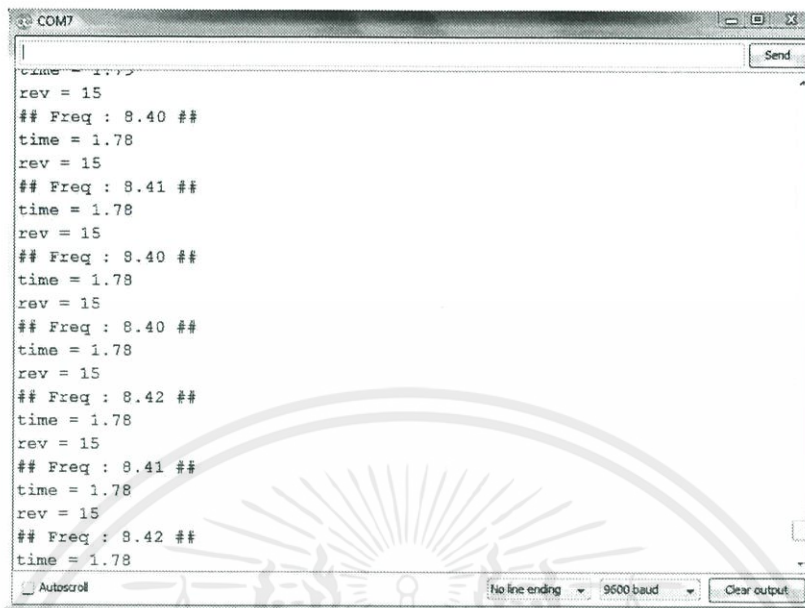
รูปที่ 4.5 ความถี่จากเครื่องสั่นที่ Power Supply จ่ายแรงดันให้ 4V

```

COM7
Send
time = 2.16
rev = 15
## Freq : 6.88 ##
time = 2.18
rev = 15
## Freq : 6.90 ##
time = 2.18
rev = 15
## Freq : 6.90 ##
time = 2.18
rev = 15
## Freq : 6.87 ##
time = 2.18
rev = 15
## Freq : 6.88 ##
time = 2.18
rev = 15
## Freq : 6.89 ##
time = 2.17
rev = 15
## Freq : 6.93 ##
time = 2.16
Autoscroll No line ending 9600 baud Clear output

```

รูปที่ 4.6 ความถี่จากเครื่องสั่นที่ Power Supply จ่ายแรงดันให้ 5V



```

time = 1.78
rev = 15
## Freq : 8.40 ##
time = 1.78
rev = 15
## Freq : 8.41 ##
time = 1.78
rev = 15
## Freq : 8.40 ##
time = 1.78
rev = 15
## Freq : 8.40 ##
time = 1.78
rev = 15
## Freq : 8.42 ##
time = 1.78
rev = 15
## Freq : 8.41 ##
time = 1.78
rev = 15
## Freq : 8.42 ##
time = 1.78

```

รูปที่ 4.7 ความถี่จากเครื่องสั่นที่ Power Supply จ่ายแรงดันให้ 6V

4.1.2 ผลการตรวจจับความถี่ในการสั่นของเครื่องจำลองมือสั่นด้วย TCRT5000

ผลการตรวจจับความถี่ในการสั่นของเครื่องจำลองมือสั่นด้วยเซนเซอร์ TCRT5000 โดยแสดงผลผ่าน Serial monitor ซึ่งจะแสดงจำนวนครั้งการสั่น (rev), เวลาที่ใช้ (time) และความถี่ที่ได้ (freq) เป็นดังรูปที่ 4.8, 4.9, 4.10 และ 4.11



```
time = 3.50  
rev = 15  
## freq = 4.26 ##  
time = 3.50  
rev = 15  
## freq = 4.26 ##  
time = 3.50  
rev = 15  
## freq = 4.26 ##  
time = 3.51  
rev = 15  
## freq = 4.27 ##  
time = 3.51  
rev = 15  
## freq = 4.27 ##  
time = 3.51  
rev = 15  
## freq = 4.27 ##  
time = 3.52
```

รูปที่ 4.8 ความถี่จากเครื่องสั่นที่ Power Supply จ่ายแรงดันให้ 3.5V



```
time = 2.93  
rev = 15  
## freq = 5.12 ##  
time = 2.95  
rev = 15  
## freq = 5.08 ##  
time = 2.94  
rev = 15  
## freq = 5.10 ##  
time = 2.94  
rev = 15  
## freq = 5.11 ##  
time = 2.93  
rev = 15  
## freq = 5.11 ##  
time = 2.94  
rev = 15  
## freq = 5.11 ##  
time = 2.93
```

รูปที่ 4.9 ความถี่จากเครื่องสั่นที่ Power Supply จ่ายแรงดันให้ 4V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

time = 2.33
rev = 15
## freq = 6.45 ##
time = 2.32
rev = 15
## freq = 6.47 ##
time = 2.33
rev = 15
## freq = 6.45 ##
time = 2.32
rev = 15
## freq = 6.47 ##
time = 2.33
rev = 15
## freq = 6.45 ##
time = 2.32
rev = 15
## freq = 6.46 ##
time = 2.32

```

รูปที่ 4.10 ความถี่จากเครื่องสั่นที่ Power Supply จ่ายแรงดันให้ 5V

```

time = 1.91
rev = 15
## freq = 7.85 ##
time = 1.91
rev = 15
## freq = 7.86 ##
time = 1.91
rev = 15
## freq = 7.86 ##
time = 1.91
rev = 15
## freq = 7.86 ##
time = 1.91
rev = 15
## freq = 7.86 ##
time = 1.91
rev = 15
## freq = 7.86 ##
time = 1.91
rev = 15
## freq = 7.87 ##
time = 1.91

```

รูปที่ 4.11 ความถี่จากเครื่องสั่นที่ Power Supply จ่ายแรงดันให้ 6V

ค่าที่ได้จากการประมวลผลค่าที่เซนเซอร์ TCRT5000 ตรวจจับได้นั้นมีความน่าเชื่อถือมากกว่า เนื่องจากการตรวจจับการสั่นขึ้นลงด้วยแสงที่ไปกระทบวัตถุโดยตรง จึงสามารถนำมาใช้เป็นตัวเปรียบเทียบความถูกต้องกับผลที่ได้จากการประมวลผลค่าที่เซนเซอร์ GY-521 วัดได้

4.1.3 การเปรียบเทียบผลการทดลองและคำนวณค่าความคลาดเคลื่อน

จากหัวข้อ 4.1.1 และ 4.1.2 เมื่อนำ 5 ค่า ณ ช่วงเวลาเดียวกันมาเฉลี่ยและเปรียบเทียบกัน นำค่าที่ได้คำนวณความคลาดเคลื่อน ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบค่าความถี่ที่ได้จากการประมวลผลจากค่าที่วัดได้จาก GY-521 และ TCRT5000 และค่าความคลาดเคลื่อนที่คำนวณได้

แรงดันที่ใช้ (V)	ความถี่ (ครั้งต่อวินาที)		ค่าความคลาดเคลื่อน (%)
	GY-521	TCRT5000	
3.5	4.58	4.26	7.267
	4.58	4.26	
	4.59	4.27	
	4.57	4.27	
	4.56	4.27	
เฉลี่ย	4.576	4.266	
4.0	5.44	5.08	7.056
	5.46	5.10	
	5.47	5.11	
	5.47	5.11	
	5.47	5.11	
เฉลี่ย	5.462	5.102	
4.5	6.08	5.67	7.117
	6.07	5.67	
	6.08	5.68	
	6.08	5.68	
	6.09	5.68	
เฉลี่ย	6.08	5.676	

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบค่าความถี่ที่ได้จากการประมวลผลจากค่าที่วัดได้จาก GY-521 และ TCRT5000 และค่าความคลาดเคลื่อนที่คำนวณได้ (ต่อ)

แรงดันที่ใช้ (V)	ความถี่ (ครั้งต่อวินาที)		ความคลาดเคลื่อน (%)
	GY-521	TCRT5000	
5.0	6.90	6.45	6.660
	6.90	6.47	
	6.87	6.45	
	6.88	6.47	
	6.89	6.45	
เฉลี่ย	6.888	6.458	
5.5	7.65	7.14	6.925
	7.64	7.16	
	7.66	7.17	
	7.67	7.17	
	7.67	7.17	
เฉลี่ย	7.658	7.162	
6.0	8.40	7.85	6.973
	8.41	7.86	
	8.40	7.86	
	8.40	7.86	
	8.42	7.86	
เฉลี่ย	8.406	7.858	
	ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (%)		6.99

ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นนั้นเกิดจากแรงสั่นสะเทือนของเครื่องจำลองการสั่นของมือซึ่งส่งผลให้เซนเซอร์ GY-521 ตรวจจับค่าได้แม่นยำน้อยลง เนื่องจากแรงสั่นสะเทือนทำให้เกิดสัญญาณรบกวน

4.2 ผลการทดลองควบคุมความเร็วรอบของ DC Motor

ในกลไกของข้อนรักษาความเสถียรจะต้องมีการนำความถี่ที่ตรวจจับได้จากการสั่นของมือไปประมวลผลเพื่อสร้างสัญญาณออกมาควบคุมความเร็วรอบของ DC Motor ที่ใช้ในการขับเคลื่อนแกนข้อนให้มีลักษณะขึ้นลงในทิศตรงข้ามกับการสั่นของมือ ข้อนจึงจะรักษาความเสถียรให้อยู่นิ่งขณะที่มือสั่นได้

4.2.1 ผลจากการคำนวณและการตรวจวัดความเร็วรอบของ DC Motor ด้วย TCRT5000 จาก Serial monitor

การทดลองควบคุมความเร็วรอบของ DC Motor นั้นเปรียบเทียบค่าที่แสดงบน Serial Monitor ตัวอย่างดังรูปที่ 4.12, 4.13, 4.14 และ 4.15 ซึ่งได้จากการคำนวณด้วย Arduino Code เพื่อนำไปควบคุมมอเตอร์กับการตรวจจับรอบการหมุนของ DC Motor ด้วยเซนเซอร์ TCRT5000 โดยตัวอย่างค่าที่แสดงบน Serial Monitor เป็นดังรูปที่ 4.16, 4.17, 4.18 และ 4.19

```

COM6
f2 = 8.23
pwm = 174
f3 = 8.23
pwm = 174
avg_f = 8.23
pwm = 174
f1 = 8.23
pwm = 174
f2 = 8.23
pwm = 174
f3 = 8.23
pwm = 174
avg_f = 8.23
pwm = 174
f1 = 8.23
pwm = 174
  
```

รูปที่ 4.12 ค่าที่ได้บน Serial Monitor จากการป้อนสัญญาณความถี่ 8 Hz

```

COM6
Send
f2 = 10.21
pwm = 216
f3 = 10.21
pwm = 216
avg_f = 10.21
pwm = 216
f1 = 10.21
pwm = 216
f2 = 10.21
pwm = 216
f3 = 10.21
pwm = 216
avg_f = 10.21
pwm = 216
f1 = 10.21
pwm = 216
Autoscroll
No line ending
9600 baud
Clear output

```

รูปที่ 4.13 ค่าที่ได้บน Serial Monitor จากการป้อนสัญญาณความถี่ 10 Hz

```

COM6
Send
avg_f = 11.20
pwm = 237
f1 = 11.20
pwm = 237
f2 = 11.20
pwm = 237
f3 = 11.20
pwm = 237
avg_f = 11.20
pwm = 237
f1 = 11.20
pwm = 237
f2 = 11.20
pwm = 237
f3 = 11.20
pwm = 237
Autoscroll
No line ending
9600 baud
Clear output

```

รูปที่ 4.14 ค่าที่ได้บน Serial Monitor จากการป้อนสัญญาณความถี่ 11 Hz

```

COM6
Send
f3 = 12.08
pwm = 255
avg_f = 12.08
pwm = 255
f1 = 12.08
pwm = 255
f2 = 12.08
pwm = 255
f3 = 12.08
pwm = 255
avg_f = 12.08
pwm = 255
f1 = 12.08
pwm = 255
f2 = 12.08
pwm = 255
Autoscroll
No line ending
9600 baud
Clear output

```

รูปที่ 4.15 ค่าที่ได้บน Serial Monitor จากการป้อนสัญญาณความถี่ 12 Hz

จากรูปที่ 4.12, 4.13, 4.14 และ 4.15 แสดงตัวอย่างค่าจาก Serial monitor ของการคำนวณด้วย Arduino Code นั้นจะแสดงค่าความถี่ที่ถูกเฉลี่ย (avg_f) จากความถี่ 3 ค่าแรก ของสัญญาณ (f1, f2 และ f3) ที่ป้อนเข้ามา และค่า Pulse width modulation (pwm) ที่ถูกคำนวณจากความถี่เฉลี่ยที่รับเข้ามาซึ่งเป็นค่าที่ใช้ป้อนให้ DC Motor ทำงาน

```

COM8
Send
time = 1.88
rev = 15
## freq = 7.96 ##
time = 1.89
rev = 15
## freq = 7.95 ##
time = 1.89
rev = 15
## freq = 7.94 ##
time = 1.89
rev = 15
## freq = 7.94 ##
time = 1.89
rev = 15
## freq = 7.94 ##
time = 1.90
rev = 15
## freq = 7.90 ##
time = 1.90
rev = 15
## freq = 7.91 ##
time = 1.90
Autoscroll
No line ending
9600 baud

```

รูปที่ 4.16 ค่าที่ได้จากการวัดความเร็วรอบด้วย TCRT5000 ที่ความถี่ 8 Hz



```

COM8
time = 1.46
rev = 15
## freq = 10.26 ##
time = 1.46
rev = 15
## freq = 10.27 ##
time = 1.46
rev = 15
## freq = 10.25 ##
time = 1.46
rev = 15
## freq = 10.26 ##
time = 1.46
rev = 15
## freq = 10.27 ##
time = 1.47
rev = 15
## freq = 10.24 ##
time = 1.46
rev = 15
## freq = 10.25 ##
time = 1.46
Autoscroll No line ending 9600 baud

```

รูปที่ 4.17 ค่าที่ได้จากการวัดความเร็วรอบด้วย TCRT5000 ที่ความถี่ 10 Hz



```

COM8
time = 1.31
rev = 15
## freq = 11.42 ##
time = 1.31
rev = 15
## freq = 11.44 ##
time = 1.31
rev = 15
## freq = 11.43 ##
time = 1.31
rev = 15
## freq = 11.45 ##
time = 1.31
rev = 15
## freq = 11.44 ##
time = 1.31
rev = 15
## freq = 11.44 ##
time = 1.31
rev = 15
## freq = 11.46 ##
Autoscroll No line ending 9600 baud

```

รูปที่ 4.18 ค่าที่ได้จากการวัดความเร็วรอบด้วย TCRT5000 ที่ความถี่ 11 Hz

```

COM8
time = 1.21
rev = 15
## freq = 12.37 ##
time = 1.21
rev = 15
## freq = 12.38 ##
time = 1.21
rev = 15
## freq = 12.36 ##
time = 1.21
rev = 15
## freq = 12.37 ##
time = 1.21
rev = 15
## freq = 12.37 ##
time = 1.21
rev = 15
## freq = 12.41 ##
time = 1.21
rev = 15
## freq = 12.36 ##
Autoscroll
No line ending
9600 baud

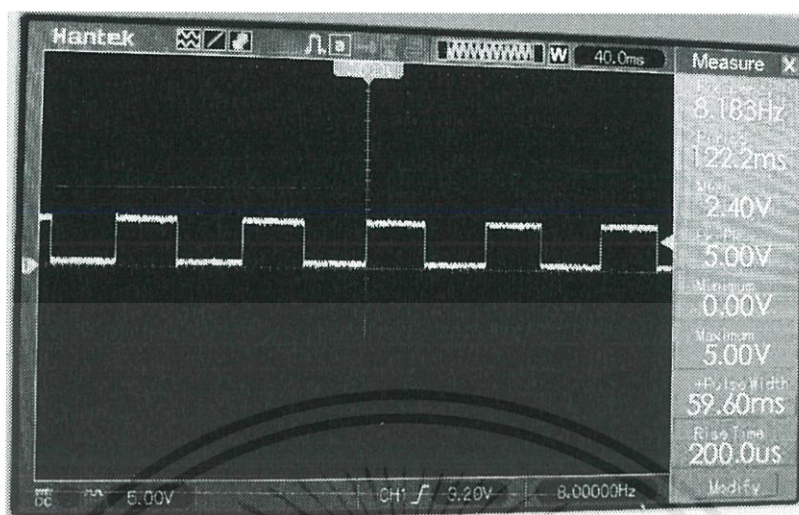
```

รูปที่ 4.19 ค่าที่ได้จากการวัดความเร็วรอบด้วย TCRT5000 ที่ความถี่ 12 Hz

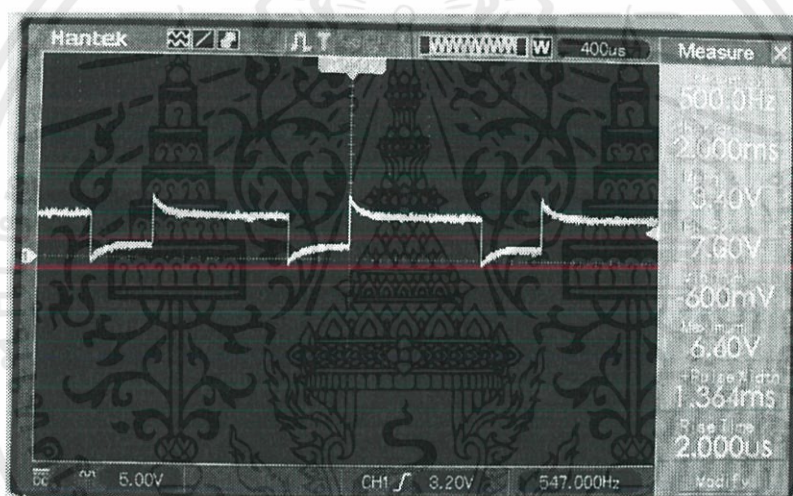
จากรูปที่ 4.16, 4.17, 4.18 และ 4.19 แสดงตัวอย่างค่าจาก Serial monitor ของการใช้เซนเซอร์ TCRT5000 ในการตรวจจับความเร็วในการหมุนของ DC Motor ที่ถูกป้อนสัญญาณ pwm ในค่าที่แตกต่างกันตามที่ได้คำนวณ โดยแสดงค่าเวลาที่ใช้ (ตัวแปร time), จำนวนรอบที่นับได้ (ตัวแปร rev) และความถี่ หรือ ความเร็วรอบในการหมุนของ DC Motor (ตัวแปร freq)

4.2.2 ผลการวัดความกว้างของสัญญาณพัลส์ด้วย Oscilloscope

จากหัวข้อ 4.2.1 ได้ทำการคำนวณค่าความกว้างของสัญญาณพัลส์ (pwm) เพื่อป้อนให้มอเตอร์ทำงานด้วยความเร็วรอบเท่ากับความถี่ของสัญญาณที่ Function Generator ป้อนให้บอร์ด Arduino ในการนำไปควบคุม DC Motor แล้วหัวข้อนี้จะอธิบายถึงการวัดความกว้างของสัญญาณพัลส์ที่ส่งจาก Function Generation และสัญญาณพัลส์ที่นำไปใช้บังคับความเร็วรอบการหมุนของ DC Motor



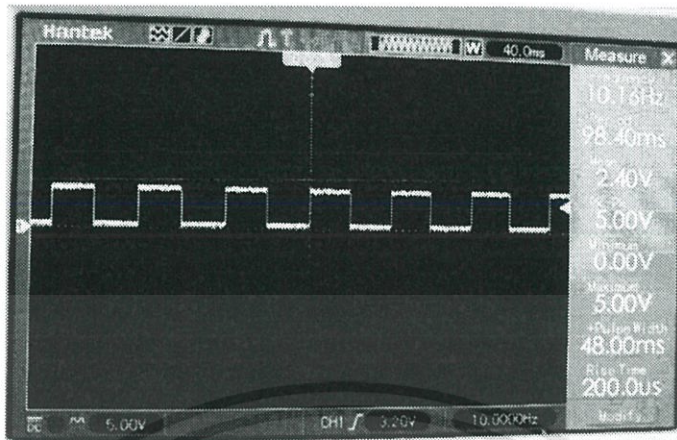
(ก)



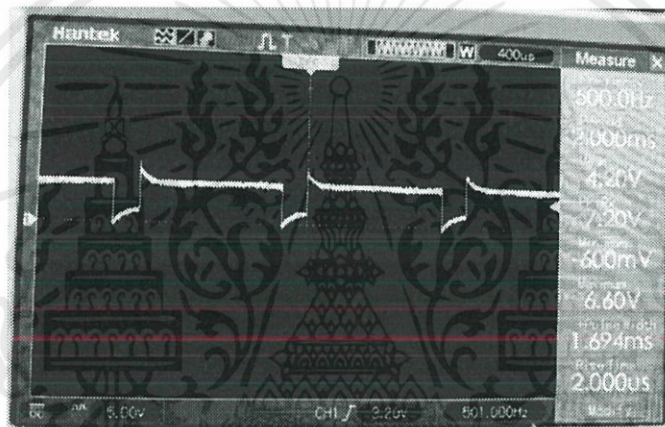
(ข)

รูปที่ 4.20 สัญญาณ 8 Hz ที่ออกจาก Function Generator (ก), สัญญาณที่ควมคุมมอเตอร์ (ข)

จากรูปที่ 4.20 (ก) เป็นสัญญาณที่ออกจาก Function Generator ซึ่งมีความถี่ 8 Hz แรงดันขนาด 5V เมื่อนำไปป้อนให้บอร์ด Arduino ประมวลผลวัดค่าความถี่ที่รับเข้ามาได้แล้ว ก็จะนำความถี่ไปประมวลผลออกมาเป็นสัญญาณพัลส์ที่มีความกว้าง 1.364 ms ดังรูปที่ 4.20 (ข) เมื่อคำนวณออกมาเป็นค่า 0 – 255 จะได้ 173.91 เป็นค่า Analog ป้อนให้ DC Motor หมุนด้วยความเร็วรอบเท่ากับ 8 Hz ส่วนตัวอย่างสัญญาณความถี่อื่นๆแสดงดังรูป 4.20, 4.21, 4.22 และ 4.23

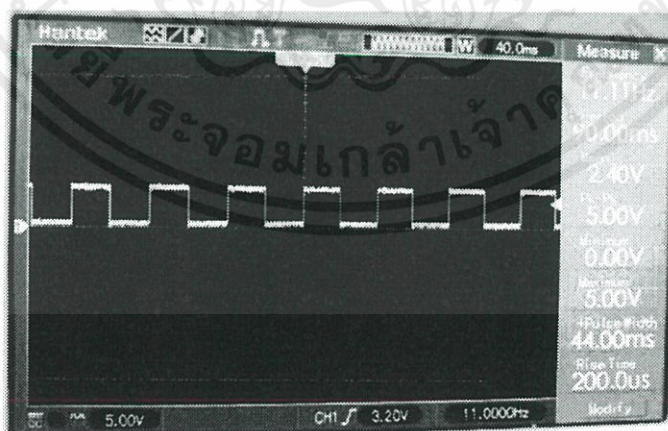


(ก)



(ข)

รูปที่ 4.21 สัญญาณ 10 Hz ที่ออกจาก Function Generator (ก), สัญญาณที่ควบคุมมอเตอร์ (ข)



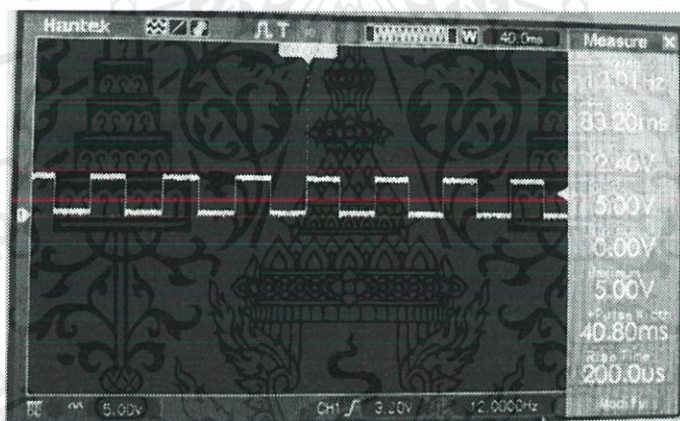
(ค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข)

รูปที่ 4.22 สัญญาณ 11 Hz ที่ออกจาก Function Generator (ก), สัญญาณที่ควบคุมมอเตอร์ (ข)



(ก)



(ข)

รูปที่ 4.23 สัญญาณ 12 Hz ที่ออกจาก Function Generator (ก), สัญญาณที่ควบคุมมอเตอร์ (ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 ผลจากการเปรียบเทียบค่าที่ได้และการคำนวณความคลาดเคลื่อน

จากผลการทดลองหัวข้อที่ 4.2.1 และ 4.2.2 เมื่อนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกันดังตารางที่ 4.2 จะพบว่าค่าที่ได้มีค่าความคลาดเคลื่อนบ้างเล็กน้อย

ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของความถี่เฉลี่ยที่วัดได้นั้น เป็นการเปรียบเทียบกับค่าความถี่ที่ป้อนจาก Function Generator ซึ่งค่าความถี่จากการวัดความเร็วรอบจริงของ DC Motor ด้วย TCRT5000 มีความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 5.05 % เกิดจากการตรวจจับความถี่ที่เข้ามามีความคลาดเคลื่อนอยู่บ้างและเกิดจากสัญญาณที่ป้อนเข้ามาไม่คงที่มากนัก รวมถึงค่าโหลดของแผ่นวงกลมที่ใช้ตรวจจับความเร็วรอบที่ส่งผลต่อแรงหมุนของ DC Motor

ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของค่าความกว้างของสัญญาณ (PWM) เป็นการเปรียบเทียบของค่า PWM แบบ Analog คือ 0 - 255 ที่คำนวณได้กับค่าที่วัดได้จาก Oscilloscope ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้นั้นน้อยมาก คือ 0.22

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองควบคุมความเร็วรอบของ DC Motor

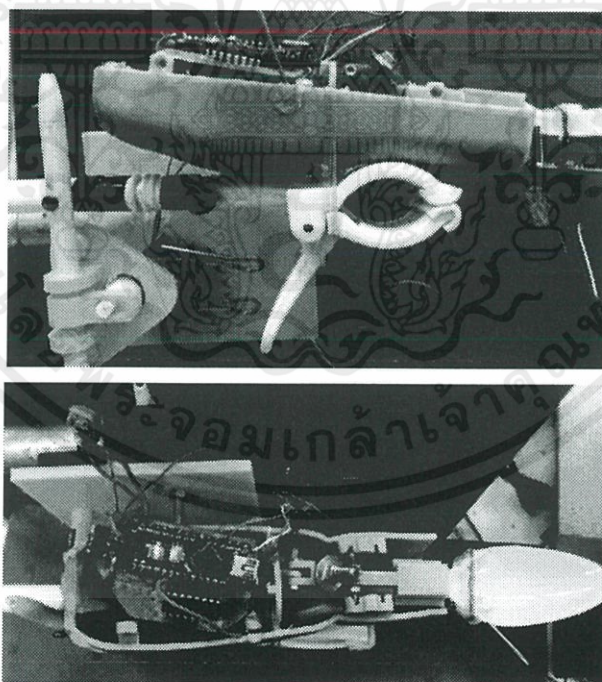
ความถี่ที่ป้อนจาก Function Generator (Hz)	ความถี่เฉลี่ยที่วัดได้ (Hz)		ค่า PWM (0 - 255)	
	Library PWM.h	TCRT5000	คำนวณ	Oscilloscope
4	4.24	3.53	90	90.13
5	5.26	4.44	111	111.18
6	6.14	5.41	130	130.82
7	7.26	6.85	154	154.79
8	8.23	7.94	174	173.91
9	9.16	9.01	194	194.06
10	10.21	10.26	216	215.99
11	11.20	11.44	237	236.99
12	12.08	12.37	255	255 (ไฟตรง)
ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (%)	2.94	5.05	0.22	

4.3 ผลการทดสอบการทำงานของข้อนรักษาความเสถียรสำหรับผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน

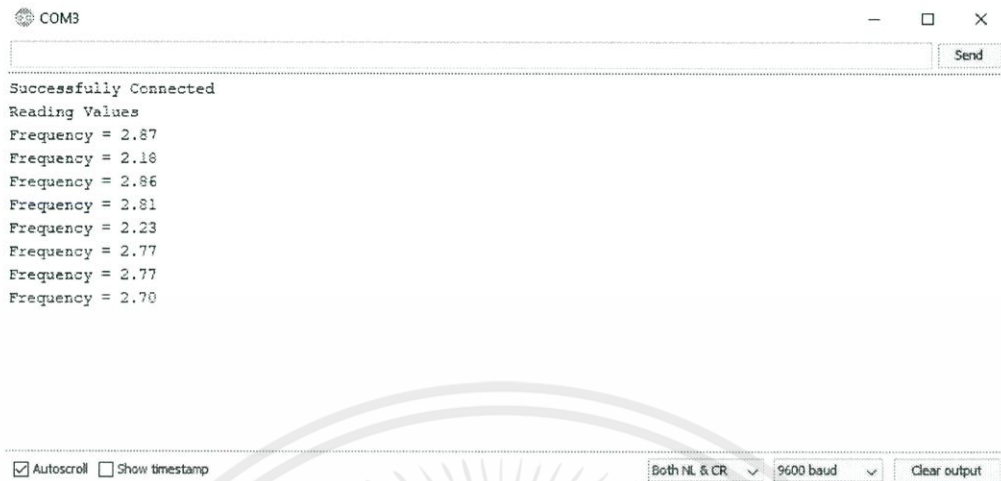
จากการทดสอบการทำงานของข้อนรักษาความเสถียรสำหรับผู้ป่วยโรคพาร์กินสันนั้น ได้แบ่งการทดสอบออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกคือการทดสอบการตรวจจับความถี่การสั่นโดยใช้ เซนเซอร์ GY-521 ภายในตัวข้อน ส่วนที่สองคือการทดสอบความสามารถของข้อนในการรักษา ระดับปลายข้อนให้นิ่ง ทั้งสองส่วนทดสอบรวมกับการใช้เครื่องจำลองการสั่นของมือ

4.3.1 ผลการทดสอบการตรวจจับความถี่ของการสั่น

การทดสอบการตรวจจับความถี่ของการสั่น โดยจำลองการสั่นของมือที่จับข้อนด้วย เครื่องจำลองการสั่นที่ได้จัดทำขึ้น ดังรูปที่ 4.24 ซึ่งมีการตรวจจับความถี่ประมาณ 2Hz, 3Hz และ 4 Hz โดยสังเกตผลการทดสอบด้วย Serial Monitor ของโปรแกรม Arduino จากการตรวจจับที่ ความถี่การสั่นของเครื่องจำลองการสั่นประมาณ 2Hz ข้อนรักษาความเสถียรสามารถตรวจจับ ความถี่การสั่นได้ดังรูปที่ 4.25



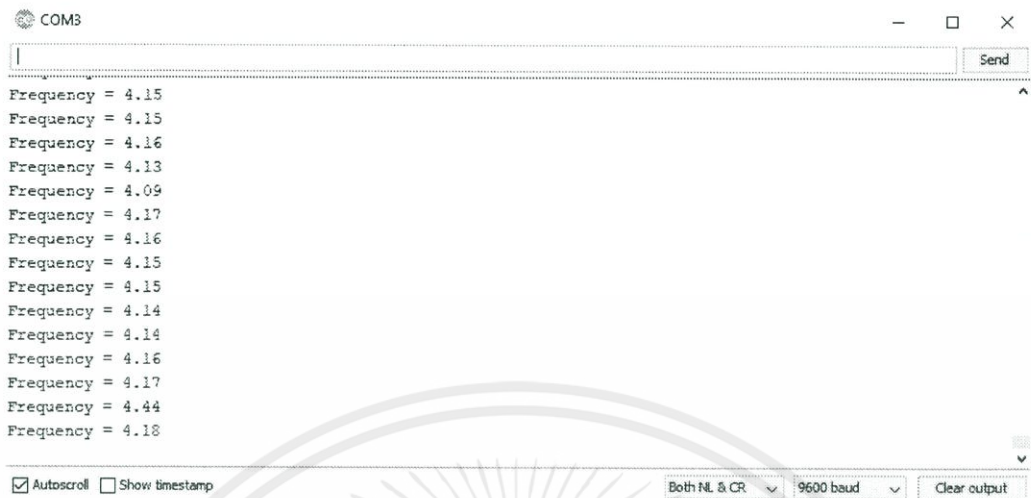
รูปที่ 4.24 การทดสอบการทำงานของข้อนรักษาความเสถียรสำหรับผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน



รูปที่ 4.25 ความถี่ที่ซ็อนสามารถตรวจจับได้จากเครื่องจำลองการสั่นที่ความถี่ 2Hz



รูปที่ 4.26 ความถี่ที่ซ็อนสามารถตรวจจับได้จากเครื่องจำลองการสั่นที่ความถี่ 3Hz



```

COM3
Frequency = 4.15
Frequency = 4.15
Frequency = 4.16
Frequency = 4.13
Frequency = 4.09
Frequency = 4.17
Frequency = 4.16
Frequency = 4.15
Frequency = 4.15
Frequency = 4.14
Frequency = 4.14
Frequency = 4.16
Frequency = 4.17
Frequency = 4.44
Frequency = 4.18
  
```

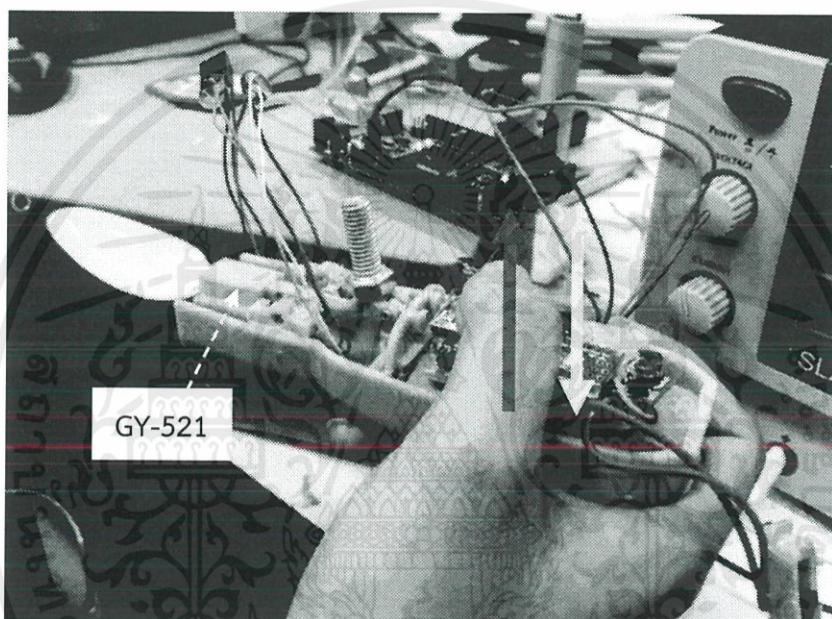
Autoscroll Show timestamp Both NL & CR 9600 baud Clear output

รูปที่ 4.27 ความถี่ที่ซ็อนสามารถตรวจจับได้จากเครื่องจำลองการส่งที่ความถี่ 4Hz

โดยจากค่าที่ได้จาก Serial Monitor แสดงถึงค่าความถี่ที่ซ็อนสามารถตรวจจับได้ ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อย โดยเกิดจากการสะท้อนระหว่างเครื่องจำลองกับตัวซ็อน จึงทำให้เซนเซอร์ GY-521 อ่านค่าได้ไม่เสถียรมากนัก

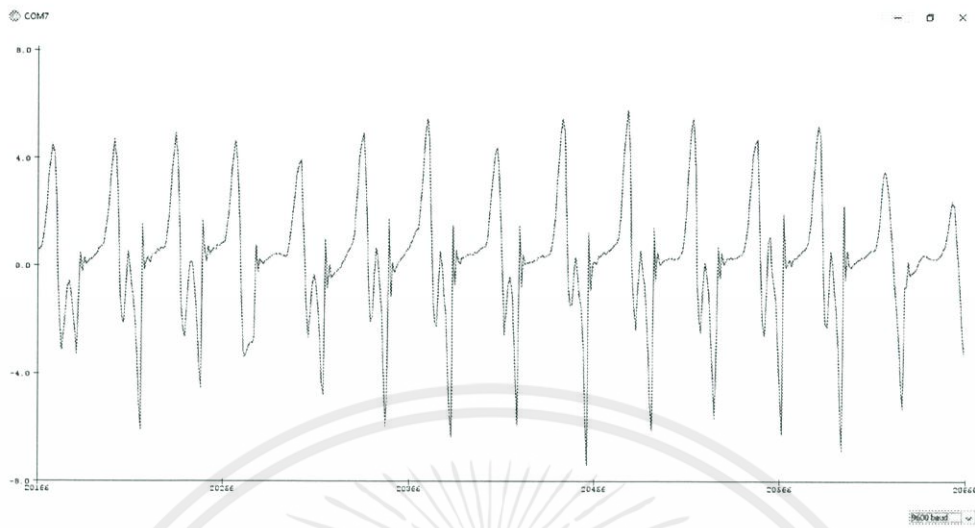
4.3.2 การทดสอบการทำงานของข้อนรักษาความเสถียรจากการสั่นด้วยมือ

การทดสอบการทำงานของข้อนรักษาความเสถียรสำหรับผู้ป่วยโรคพาร์กินสันจากการสั่นด้วยมือ ใช้วิธีสังเกตค่าเซนเซอร์ GY-521 ที่ได้ตรวจจับความเร่งที่ปลายข้อผ่าน Serial Monitor ซึ่งค่าที่ใช้สังเกตคือค่า Gx เนื่องจากลักษณะการวางเซนเซอร์ตามยาว และทิศทางการสั่นของมือขณะจับข้อน ดังรูปที่ 4.28

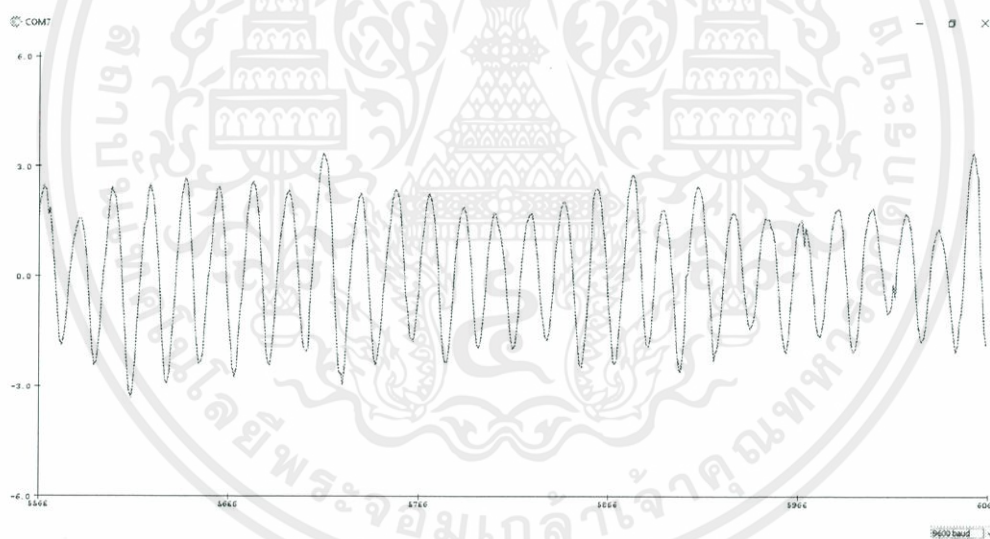


รูปที่ 4.28 การทดลองการทำงานของข้อนจากการสั่นด้วยมือ

จากการทดลองพบว่าค่าความเร่งที่ตรวจจับได้หลังเปิดวงจรการทำงานของข้อนมีแอมพลิจูดลดลงจากเดิม เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนเปิดวงจรควบคุม โดยรูปที่ 4.25 เป็นรูปกราฟของค่าความเร่งเชิงมุม Gx ที่หารด้วยค่า 4096 เพื่อให้ช่วงของค่าความเร่งที่ได้อ่านง่ายขึ้น และกราฟหลังจากเปิดวงจรควบคุมของข้อนรักษาความเสถียรเป็นดังรูปที่ 4.26 จะสังเกตเห็นว่า แอมพลิจูดลดลง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปลายข้อนมีการสั่นลดลงจากเดิม แต่ยังไม่นิ่งมากนัก



รูปที่ 4.29 กราฟค่าความเร่ง Gx ของปลายซ้อนก่อนเปิดวงจรควบคุมซ้อนรักษาความเสถียร



รูปที่ 4.30 กราฟค่าความเร่ง Gx ของปลายซ้อนเมื่อวงจรควบคุมซ้อนรักษาความเสถียรทำงาน

ค่าแอมพลิจูดของ Gx จากกราฟรูปที่ 4.25 มีขนาดประมาณ +6 และ -6 เมื่อสัมผัสให้ปลายซ้อนขยับขึ้นและลงตามลำดับ แต่เมื่อเปิดสวิทซ์ให้วงจรควบคุมซ้อนทำงานแล้ว พบว่าแอมพลิจูด

จุดความเร่ง G_x ที่ปลายชั้นมีแอมพลิจูดลดลงประมาณ 2 เท่า คือลดเหลือประมาณ +3 และ -3 เมื่อสั่นมือให้ปลายชั้นขยับขึ้นและลงตามลำดับ

ในการทดลองนอกจากการทดสอบด้วยการสังเกตค่าความเร่งเชิงมุม G_x ผ่าน Serial Monitor ของโปรแกรม Arduino แล้ว ได้สังเกตการสั่นของปลายช้อยด้วยสายตาควบคู่กันไปด้วย เมื่อเปิดสวิตซ์การทำงานของชั้น ปลายชั้นมีการสั่นลดลงจากเดิม และนิ่งขึ้นกว่าขณะที่ไม่ได้เปิดวงจรการทำงาน



บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

โครงการฉบับนี้เป็นการออกแบบและจัดทำชิ้นรักษาความเสถียรสำหรับผู้ป่วยโรคพาร์กินสันมีวัตถุประสงค์หลัก คือ ต้องการสร้างชิ้นสำหรับผู้ป่วยโรคพาร์กินสันที่มีอาการมือสั่นให้สามารถรับประทานอาหารได้ด้วยตนเอง โดยทางผู้จัดทำได้ออกแบบในส่วนของกลไกเครื่องจำลองการสั่นด้วยโปรแกรม Solidworks รวมถึงโครงสร้างของชิ้นด้วยโปรแกรม Sketchup และทำการตรวจจับความถี่การสั่นด้วยเซนเซอร์ GY-521 โดยนำค่า Gyroscope ที่อ้างอิงตามแนวแกน X,Y มาประมวลผลด้วย Microcontroller Arduino Nano 3.0 ออกมาเป็นค่าความถี่และนำไปคำนวณความกว้างพัลส์เพื่อควบคุมความเร็วรอบและทิศทางการหมุนของ Micro DC Gear มอเตอร์ ที่ใช้ไอซี L293d เป็นตัวขับมอเตอร์

การออกแบบกลไกเครื่องจำลองการสั่นทางผู้จัดทำได้ศึกษากลไก Scotch Yoke ซึ่งเป็นกลไกที่เปลี่ยนการเคลื่อนที่เชิงมุมให้เป็นการเคลื่อนที่เชิงเส้นเพื่อให้เครื่องจำลองการสั่นมีลักษณะการสั่นใกล้เคียงกับอาการสั่นของผู้ป่วยโรคพาร์กินสันและออกแบบเครื่องจำลองการสั่นให้มีขนาดสัดส่วนที่เหมาะสมรวมถึงทำการจำลองการเคลื่อนไหวของกลไกผ่านโปรแกรม Solidworks 2016 จากนั้นนำชิ้นส่วนที่ออกแบบไว้มาสร้างเป็นชิ้นงานจริงโดยใช้วิธีการ 3D Print

การตรวจจับความถี่การสั่นด้วยเซนเซอร์ GY 521 ทางผู้จัดทำได้ทำการทดลองตรวจจับความถี่โดยใช้ค่าที่ได้จาก Accelerometer อ้างอิงตามแนวแกน Z ซึ่งเป็นค่าความเร่งเชิงเส้นปรากฏว่าเกิดสัญญาณรบกวนจำนวนมากทำให้ค่าความถี่ที่ได้จากการตรวจจับผิดพลาดไป ทางผู้จัดทำจึงได้ใช้ค่า Gyroscope อ้างอิงตามแนวแกน X,Y ซึ่งเป็นความเร็วเชิงมุมปรากฏว่าเกิดสัญญาณรบกวนที่น้อยกว่าค่าที่ได้จาก Accelerometer ความถี่ที่ได้จากการตรวจจับมีค่าใกล้เคียงกับค่าจริงเมื่อเปรียบเทียบกับผลการตรวจจับความถี่โดยใช้ IR เซนเซอร์โมดูล TCRT 5000

การควบคุมความเร็วรอบของ DC มอเตอร์ด้วยค่าความถี่ของสัญญาณอินพุตเพื่อให้ความเร็วรอบของ DC มอเตอร์ในหน่วยเฮิร์ตซ์หรือในหน่วยรอบต่อวินาทีมีค่าเท่ากับค่าความถี่ของสัญญาณอินพุต จากผลการทดลองพบว่าค่าความเร็วรอบของ DC มอเตอร์มีค่าใกล้เคียงกับค่าจริงที่วัดจาก IR เซนเซอร์โมดูล TCRT 5000

ข้อรักษาความเสถียรสำหรับผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน ได้นำสองการทำงานของสองระบบที่ได้ทดลองมาทำงานร่วมกันเป็นระบบเดียวกัน คือ การใช้เซนเซอร์ GY-521 ในการตรวจจับค่าความเร่งเชิงมุมและนำไปคำนวณออกมาเป็นค่าความถี่การสั่นของมือที่จับช้อน และการนำค่าความถี่ที่คำนวณได้ไปคำนวณค่าความกว้างพัลส์ของสัญญาณเพื่อใช้ในการควบคุมความเร็วและทิศทางของ Micro Dc Gear Motor ในการขับเคลื่อนกลไก Scotch Yoke ของช้อน เพื่อให้ปลายช้อนขยับขึ้นลงในทิศตรงข้ามที่ความถี่เท่ากับการสั่นของมือ ซึ่งใช้เซนเซอร์ GY-521 อีกตัวมาจับความเร่งที่ปลายช้อนเพื่อ Feed Back ให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยหากปลายช้อนสั่นเบาแล้วคือความเร่งมีค่าลดลง ระบบจะให้มอเตอร์ทำงานด้วยความถี่เท่าเดิมต่อไป แต่หากปลายช้อนยังไม่นิ่งคือความเร่งของปลายช้อนมีค่ามากกว่าเดิมหรือเท่ากับการสั่นของมือ ระบบจะตรวจจับความถี่และทิศทางการสั่นของมือใหม่และนำไปประมวลผลควบคุมการทำงานของข้อรักษาความเสถียรต่อไป

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการออกแบบและทดลองข้อรักษาความเสถียรสำหรับผู้ป่วยโรคพาร์กินสันพบว่า มีข้อจำกัดในการทำงานของระบบอยู่มาก ทำให้การทำงานของช้อนยังไม่คงที่เท่าที่ควร โดยปัญหาหลักที่สำคัญคือ กลไกในการขยับปลายช้อน เนื่องจากช้อนและก้านสำหรับเสียบช้อนมีน้ำหนักระดับหนึ่ง ทำให้กลไกเกิดการติดขัดบ้างในบางครั้ง ทางผู้จัดทำจึงได้แก้ปัญหาด้วยการถ่วงน้ำหนักที่กลไก Scotch Yoke บริเวณใกล้กับแกนหมุนของมอเตอร์ เพื่อให้กลไกขยับขึ้นลงแรงขึ้น รวมถึงปัญหาแรงดันที่ป้อนให้มอเตอร์น้อยไป ทำให้มอเตอร์หมุนได้ไม่เต็มแรง ทางผู้จัดทำแก้ปัญหาโดยใช้ StepUp Module เพิ่มแรงดันที่จ่ายให้วงจรจากแบตเตอรี่ให้สูงขึ้น

บรรณานุกรม

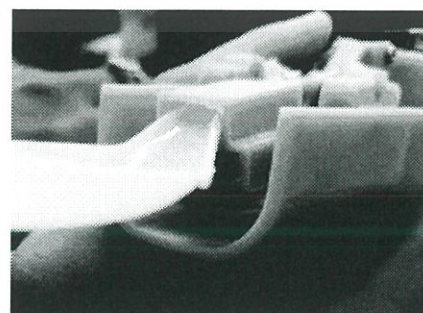
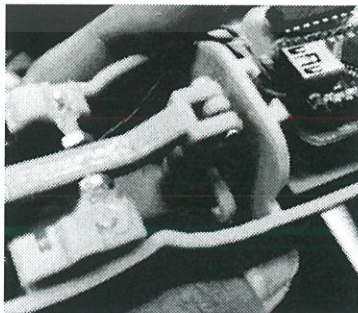
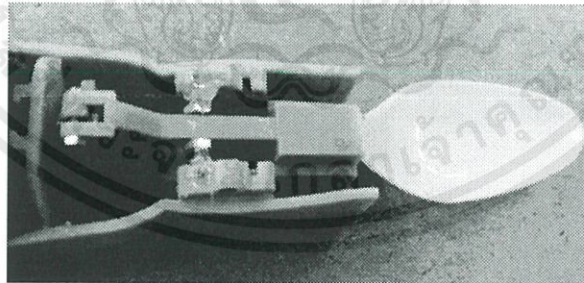
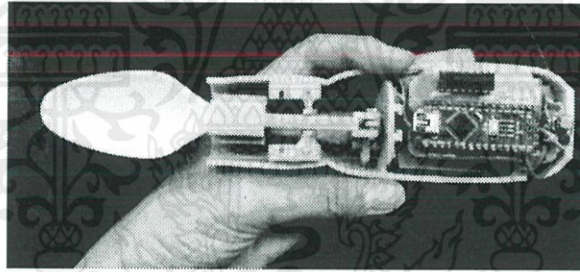
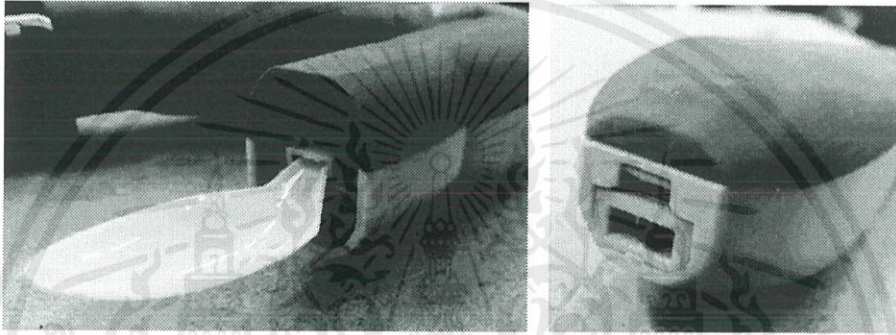
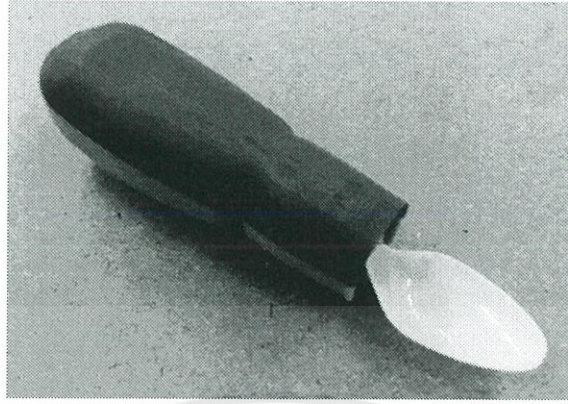
- [1] MedThai. “โรคพาร์กินสัน อาการ สาเหตุ และการรักษาโรคพาร์กินสัน 5 วิธี !!.”
<https://medthai.com/โรคพาร์กินสัน/?fbclid=IwAR0wsL6LGbIKxeiUcNgEFxJRB3QXu4hQsGHJbSE45EI5-2jhS25REtHPSLA>.
- [2] lubomt Channel. “Scotch yoke mechanism (Kulisový posuvný mechanizmus) 3D Creo Elements.” https://www.youtube.com/watch?v=Wb_z3B477hCc.
- [3] Wikipedia, “the free encyclopedia. Scotch yoke.”
https://en.wikipedia.org/wiki/Scotch_yoke.
- [4] The Food Maza. “Solidworks Tutorial | yoke mechanism (motion Study) in solidworks.”
<https://www.youtube.com/watch?v=rzom9CWHRKg&feature=youtu.be>.
- [5] HAOYU Electronics. “MPU6050 Datasheet.”
<http://www.haoyuelectronics.com/Attachment/GY-521/mpu6050.pdf>.
- [6] ThaiEasyElec. “MPU6050 Datasheet.”
[https://www.thaieasyelec.com/downloads/ESEN247/\(GY-521\)MPU6050.pdf](https://www.thaieasyelec.com/downloads/ESEN247/(GY-521)MPU6050.pdf)
- [7] Domino60. “MPU6050 (GY-521) AccRange 16 G-Force.”
<https://www.youtube.com/watch?v=aYecA1axhm0>.
- [8] Thaimicrotron.com. “การเชื่อมต่ออุปกรณ์แบบ I2C.”
<http://www.thaimicrotron.com/CCS-628/Referrence/I2CBUS.htm>.
- [9] Pololu Robotics&Electronics. “100:1 Micro Metal Gearmotor LP 6V.”
<https://www.pololu.com/product/992?fbclid=IwAR0ZPrQLGZPDix0Vp13Sjh1btBqenjtXTfN8j6AQpXxoMqWBIM1bOGGft8M>.
- [10] ครูทันพงษ์ ภูรักษ์. “การควบคุมดีซีมอเตอร์และสเตปมอเตอร์ด้วย Arduino.”
http://www.sbt.ac.th/new/sites/default/files/TNP_Unit_8.pdf?fbclid=IwAR02PBZpPyCjED3yJzkEdq1zuBZHplmeUOGFV1j60vq0zLMmkX4KL4hXc2o.

- [11] ผศ.จรัส บุญยธรรมมา. “การควบคุมมอเตอร์.”
http://www.rmutphysics.com/charud/scibook/electric4/topweek9.htm?fbclid=IwAR3_kbd9iMft5keglmKs1tJccKI5hZ5AdPTyCLL54yo0EYQwSJSMLLezsw9c.
- [12] Arduitrronics. “Arduino and Motor Control : Part 1 และ Part 2.”
<https://www.arduitronics.com/article/24/arduino-and-motor-control-part-2>.
- [13] Narin Group. “[Arduino] PWM คืออะไร??? ว่ากันด้วยเรื่องของ PWM (Pulse Width Modulation).”
<http://naringroup.blogspot.com/2016/03/arduino-pwm.html>.
- [14] runnerup. “PWM frequency library.”
<https://forum.arduino.cc/index.php?topic=117425.0>.
- [15] Arduitrronics. “Arduino and Motor Control : Part 1.”
<https://www.arduitronics.com/article/22/arduino-and-motor-control-part-1>.
- [16] Arduitrronics. “Arduino and Motor Control : Part 2.”
<https://www.arduitronics.com/article/24/arduino-and-motor-control-part-2>.
- [17] Tarun Agarwal. “H-Bridge Motor Control Circuit Using L293d Motor Driver IC.”
<https://www.elprocus.com/h-bridge-motor-control-circuit-using-l293d-ic/>.
- [18] ArduinoAll. “Step Up 1.5-4.2V to 5V DC-DC Boost Conversion Module.”
<https://www.arduinoall.com/product/2330/step-up-1-5-4-2v-to-5vdc-dc-boost-conversion-module-โมดูลแปลงไฟจาก-1-5-4-2v-เป็น-5v>
- [19] MCUcity. “Micro USB 5V 1A 18650 TP4056 Lithium Battery Charger Module Charging Board With Protection Dual Functions.”
<https://www.mcucity.com/product/807/micro-usb-5v-1a-18650-tp4056-lithium-battery-charger-module-charging-board-with-protection-dual-func>.
- [20] MCUcity. “3.7V 500mAh Li-polymer Rechargeable Battery Li-Po.”
<https://www.mcucity.com/product/1882/902030-3-7v-500mah-li-polymer-rechargeable-battery-li-po>.

- [21] นายธีรยุทธ ยิ่งสัว. “Self Balancing Robot.”
<http://intranet.coe.phuket.psu.ac.th/pdb/download/2015-06-19-490-4IHG9.pdf>.
- [22] Learning Solidworks. “เขียนเกลียว-Thread in solidworks.”
<https://www.youtube.com/watch?v=BotRiPmSiGg>.
- [23] Arduino Codemobiles. “Infrared Reflectance Sensor (TCRT5000) - ใช้เช็คสิ่งกีดขวาง หรือ นับจำนวน.”
http://www.arduino.codemobiles.com/product/8/infrared-reflectance-sensor-tcrt5000-ใช้เช็คสิ่งกีดขวาง-หรือ-นับจำนวน?fbclid=IwAR1SPpiHnCpbfnwCE1q3gkCalCWLt-1sU5V5r7jmnO6S-d_4AFMhq-w8myA.
- [24] Nattapon Sawangjit. “สอน Sketchup (ตอนที่1).”
<https://www.youtube.com/watch?v=PnyfNeil1Q0>.
- [25] Nattapon Sawangjit. “สอน Sketchup (ตอนที่2).”
<https://www.youtube.com/watch?v=gHcX922ELRE>.
- [26] Nattapon Sawangjit. “สอน Sketchup (ตอนที่3).”
<https://www.youtube.com/watch?v=Mpvf9CC6RTI>.
- [27] TheSketchUpEssentials. “AMAZING Extrusions in SketchUp with Extrude Tools - ALL TOOLS EXPLAINED! - Extension of the Week #47.”
<https://www.youtube.com/watch?v=Oq55prLHBhs>.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

#include "I2Cdev.h"
#include "PWM.h"
#include "MPU6050.h"
#if I2CDEV_IMPLEMENTATION == I2CDEV_ARDUINO_WIRE
#include "Wire.h"
#endif

MPU6050 mpu;
int16_t ax, ay, az;
int16_t gx, gy, gz;

int i = 0;
int j = 0;
int updown=0;
int oldi;
float t;
float tsecond ;
float tstart ;
float freq ;
int gyy;

void setup ()
{
    //pinMode(ledPin, OUTPUT);
    #if I2CDEV_IMPLEMENTATION == I2CDEV_ARDUINO_WIRE
        Wire.begin();
        TWBR = 12; // 400kHz I2C clock (200kHz if CPU is 8MHz)
    #elif I2CDEV_IMPLEMENTATION == I2CDEV_BUILTIN_FASTWIRE
        Fastwire::setup(400, true);
    #endif
    Serial.begin(9600);
    //Serial.println ("Initializing MPU and testing connections");
    mpu.initialize ( );
    Serial.println(mpu.testConnection() ? "Successfully Connected": "Connection
failed");
    Serial.println("Reading Values");
    MPU6050 mpu;
    mpu.setXGyroOffset(202);
    mpu.setYGyroOffset(182);
    mpu.setZGyroOffset(43);
    mpu.setXAccelOffset(-1039);
    mpu.setYAccelOffset(-595);
    mpu.setZAccelOffset(994);
}

void loop ()
{
    t = millis ();
    getdata ();
}

void getdata ()
{
    mpu.getMotion6(&ax, &ay, &az, &gx, &gy, &gz);
    float gY = gy/4096.00;

    if (gY >= 2.5)
    {
        gyy = 1;
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if (gY <= 0 )
{
  gyy =0;
}

if (updown<=15)
{
  if(gyy == 1)
  {
    i++;

    if(i-oldi==1)
    {
      updown++;

      if(updown==1)
      {
        tstart=t;
      }
    }
  }

  if (gyy==0)
  {
    j++;
    oldi=i;
  }

  if(updown==15)
  {
    tsecond = (t - tstart)/1000;
    Serial.print("time = ");Serial.println(tsecond);
    freq=updown/tsecond;
    Serial.print("rev = ");Serial.println(updown);
    Serial.print("## Freq : ");Serial.print(freq);Serial.println(" ##");
    tsecond=0;
    updown=0;
    i=0;
    j=0;
  }

  if (j==1000 && i<=15)
  {
    tsecond = (t - tstart)/1000;
    updown=0;
    Serial.print("timezero = ");Serial.println(tsecond);
    freq=updown/tsecond;
    Serial.print("rev = ");Serial.println(updown);
    Serial.print("## Freq : ");Serial.print(freq);Serial.println(" ##");
    tsecond=0;
    i=0;
    j=0;
  }
}
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

int tcrt;
int count;
int oldcount;
int rev=0;
float times ;
float oldtime;
float freq;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  pinMode(led, OUTPUT);
  pinMode(A0, INPUT);
}

void loop(){
  tcrt = analogRead(A0);

  if (tcrt > 500)
  {
    oldcount=count;
  }

  if(tcrt < 500)
  {
    count++;
  }
  if (count-oldcount == 1)
  {
    rev++;
  }

  if (rev==15)
  {
    times = (millis()-oldtime)/1000;
    Serial.print("time = ");Serial.println(times);
    Serial.print("rev = ");Serial.println(rev);
    freq = rev/times ;Serial.print("## freq = ");
    Serial.print(freq);Serial.println(" ##");
    oldtime = millis();
    rev=0;
    count=0;
  }
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

#include <PWM.h>
float Htime;
float Ltime;
float Ttime;
float f1,f2,f3,avg_f;
float frequency,avg_frequency;
int pwm,g;
int out = 9,i=1;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  InitTimersSafe();
  pinMode(out,OUTPUT);
}

void loop() {

  Htime = pulseIn(8,HIGH);
  Ltime = pulseIn(8,LOW);
  Ttime = Htime+Ltime;
  frequency = 1000000/Ttime;
  if (i==1)
  {
    f1=frequency;

    Serial.print("f1 = ");
    Serial.println(f1);
  }
  if (i==2)
  {
    f2=frequency;

    Serial.print("f2 = ");
    Serial.println(f2);
  }
  if (i==3)
  {
    f3=frequency;

    Serial.print("f3 = ");
    Serial.println(f3);
  }
  if (i==4)
  {
    avg_f = (f1+f2+f3)/3;
    pwm = avg_f*255/12;
    i = 0;
    f1 = 0;
    f2 = 0;
    f3 = 0;
    Serial.print("avg_f = ");
    Serial.println(avg_f);
    if (pwm>255)
    {
      pwm = 255;
    }
  }
  i++;
  Serial.print("pwm = ");
  Serial.println(pwm);
  pwmWrite(out,pwm);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

#include "I2Cdev.h"
#include "MPU6050.h"
#if I2CDEV_IMPLEMENTATION == I2CDEV_ARDUINO_WIRE
#include "Wire.h"
#endif

MPU6050 mpu;
int16_t ax, ay, az;
int16_t gx, gy, gz;
int i = 0;
int j = 0;
int updown=0;
int oldi;
float t;
float tsecond ;
float tstart ;
float freq;
int gyy;
float freq,avg_frequency;
int pwm, pwm1;
int i_mt=1 , i_gY =1 , out_9=9;
int en_10=10, out_11=11, out_12=12;
float gY1;

void setup ()
{
  #if I2CDEV_IMPLEMENTATION == I2CDEV_ARDUINO_WIRE
    Wire.begin();
    TWBR = 12;
  #elif I2CDEV_IMPLEMENTATION == I2CDEV_BUILTIN_FASTWIRE
    Fastwire::setup(400, true);
  #endif
  Serial.begin(9600);
  mpu.initialize ( );
  Serial.println(mpu.testConnection( ) ? "Successfully Connected" : "Connection
  failed");
  Serial.println("Reading Values");
  MPU6050 mpu;
    mpu.setXGyroOffset (202);
    mpu.setYGyroOffset (182);
    mpu.setZGyroOffset (43);
    mpu.setXAccelOffset (-1039);
    mpu.setYAccelOffset (-595);
    mpu.setZAccelOffset (994);

    pinMode (out_9,OUTPUT) ;
    pinMode (en_10,OUTPUT) ;
    pinMode (out_11,OUTPUT) ;
    pinMode (out_12,OUTPUT) ;
}

void loop ()
{
  t = millis ();
  getdata ();
  controlmotor ();
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}

void getdata ()
{
  mpu.getMotion6(&ax, &ay, &az, &gx, &gy, &gz);
  float gY = gy/4096.00;
  float gX = gx/4096.00;
  if(i_gY == 1)
  {
    if(gY > 2)
    {
      gY1=gY;
      i_gY++;
    }
    if(gY < -2)
    {
      gY1=gY;
      i_gY++;
    }
  }
  if (gY >= 2.5)
  {
    gyy = 1;
  }
  if (gY < 2.5)
  {
    gyy =0;
  }
  if (updown<=5)
  {
    if(gyy == 1)
    {
      i++;
      if(i-oldi==1)
      {
        updown++;
        if(updown==5)
        {
          tstart=t;
        }
      }
    }
  }

  if (gyy==0)
  {
    j++;
    oldi=i;
  }
  if(updown==5)
  {
    tsecond = (t - tstart)/1000;
    freq=updown/tsecond;
    cal_PWM ();
    tsecond=0;
    updown=0;
    i=0;
    j=0;
  }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}

if ((t - tstart)/1000 > 3 && updown <=5)
{
    freq=0;
    cal_PWM();
    tsecond=0;
    i=0;
    j=0;
    i_gY=1;
}
}
}

void cal_PWM ()
{
    pwm = freq*255/3.5;
    if (pwm>255)
    {
        pwm = 255;
    }
}

void controlmotor ()
{
    if(gY1 >= 2)
    {
        if(freq > 1)
        {
            analogWrite(en_10,pwm);
            digitalWrite(out_11,HIGH);
            digitalWrite(out_12,LOW);
        }
        else if (freq <= 0.5)
        {
            analogWrite(en_10,1);
            digitalWrite(out_11,LOW);
            digitalWrite(out_12,LOW);
        }
    }
}

if(gY1 <= -2)
{
    if(freq > 1)
    {
        analogWrite(en_10,pwm);
        digitalWrite(out_11,LOW);
        digitalWrite(out_12,HIGH);
    }
    else if (freq <= 0.5)
    {
        analogWrite(en_10,1);
        digitalWrite(out_11,LOW);
        digitalWrite(out_12,LOW);
    }
}
}
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้