อุปกรณ์เพิ่มประสิทธิภาพการนอนหลับอัตโนมัติต้นทุนต่ำ

LOW-COST AUTOMATICALLY CONTINUOUS POSITIVE AIRWAY PRESSURE MACHINE

โดย

นายจิรเมธ พัวเพิ่มพูลศิริ

นายจิรัฏฐ์ ฉิมน้อย

นายจีรภัทร์ โชติแสงทอง

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์เพิ่มประสิทธิภาพการนอนหลับอัตโนมัติต้นทุนต่ำ

LOW-COST AUTOMATICALLY CONTINUOUS POSITIVE AIRWAY PRESSURE MACHINE

โดย

นายจิรเมธ	พัวเพิ่มพูลศิริ	61010146
นายจิรัฏฐ์	ฉิมน้อย	61010153
นายจีรภัทร์	โชติแสงทอง	61010160

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร. พิพัฒน์ พรหมมี

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2564

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง อุปกรณ์เพิ่มประสิทธิภาพการนอนหลับอัตโนมัติต้นทุนต่ำ

LOW-COST AUTOMATICALLY CONTINUOUS POSITIVE AIRWAY PRESSURE MACHINE

ผู้จัดทำ

1. นายจิรเมธ พัวเพิ่มพูลศิริ รหัส61010146
2. นายจิรัฏฐ์ ฉิมน้อย รหัส61010153
3 นายจีรภัทร์ โชติแสงทอง รหัส61010160

..... **อาจารย์ที่ปรึกษา**

รศ.ดร. พิพัฒน์ พรหมมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีโดยได้รับความร่วมมือและความช่วยเหลือจากอาจารย์หลายๆ ท่าน ที่ได้ชี้แนะแนวทางในการศึกษา ทดลอง และแก้ไขปัญหา คณะผู้จัดทำโครงการขอขอบพระคุณ รศ.ดร.พิพัฒน์ พรหมมี อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ที่ให้คำปรึกษา แนะนำทั้งทฤษฎีและการปฏิบัติ ตลอดจนชี้แนะแนวทางในการดำเนินการทดลองและแก้ไขปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นในการทำโครงการเป็น อย่างดีมาตลอด ขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง ที่อนุเคราะห์เครื่องมือ สถานที่ ตลอดการดำเนินงาน ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของทุกท่านเป็นอย่างเป็นอย่างยิ่ง จึงกราบขอบพระคุณไว้ในโอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัว ที่ให้ความรัก ความห่วงใย และเป็นกำลังใจ ที่สำคัญเสมอมาและที่สำคัญคือสนับสนุนให้โอกาสทางด้านการศึกษาอันมีค่ายิ่งแก่ผู้จัดทำ

นาย จิรเมธ พัวเพิ่มพูลศิริ
นาย จิรัฏฐ์ ฉิมน้อย
นาย จีรภัทร์ โชติแสงทอง
ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์เพิ่มประสิทธิภาพการนอนหลับอัตโนมัติต้นทุนต่ำ

LOW-COST AUTOMATICALLY CONTINUOUS POSITIVE AIRWAY PRESSURE MACHINE

โดย นายจิรเมธ พัวเพิ่มพูลศิริ 61010146
นายจิรัฏฐ์ ฉิมน้อย 61010153
นายจีรภัทร์ โชติแสงทอง 61010160

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.พิพัฒน์ พรหมมี

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการออกแบบอุปกรณ์เพิ่มประสิทธิภาพขณะนอนหลับอัตโนมัติต้นทุนต่ำเพื่อเฝ้าระวังสุขภาพของผู้ใช้งานที่มีปัญหาขณะนอนหลับ โดยอุปกรณ์ถูกทำให้อยู่ในรูปแบบของหน้ากากช่วยหายใจ การทำงานภาพรวมอุปกรณ์จะถูกควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ WeMos D1 R1 ESP8266 เป็นหน่วยประมวลผลหลัก อุปกรณ์ถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนของการs ประมวลผลที่หน้ากากช่วยหายใจและส่วนของการแสดงผล ในส่วนการประมวลผลที่หน้ากากช่วยหายใจ ได้แก่ ระบบตรวจจับค่าปริมาณออกซิเจนในกระแสเลือด และอัตราการเต้นของหัวใจเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการประมวลผลการทำงานของตัวอุปกรณ์ที่ได้ออกแบบมา โดยเมื่อค่าประมาณออกซิเจนในกระแสเลือดน้อยกว่าที่กำหนดจะทำการปล่อยออกซิเจนจากกระป๋องออกซิเจนไปยังผู้ใช้งานและแสดงผลปริมาณออกซิเจนในกระแสเลือด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSTRACT

This project presents a low-cost continuous positive airway pressure (CPAP) device for a person who has obstructive sleep apnea syndrome. This device provides the sleepiness assistant function to enhance and sleep monitoring. The device produces high-pressure air depending on the abnormal signals from oxygen and heart rate sensors. The air flows to the respirator mask while sleeping and is manipulated by a microcontroller. The device is divided into two parts: The first part is a processing part which consists of a respirator mask and the display unit. The air pressure is calculated based on the blood oxygen and heart rate data. In addition, the device can provide more oxygen by a small oxygen canister. The oxygen has mixed in the air in case low blood oxygen was detected and display the amount of oxygen in the bloodstream.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
กิตติกรรมประกาศ		I
บทคัดย่อ		II
สารบัญ		IV
สารบัญรูป		VIII
สารบัญตาราง		XII
บทที่ 1	**บทนำ**	
	1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.2 วัตถุประสงค์	1
	1.3 ขอบเขตของโครงงาน	1
บทที่ 2	**ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง**	
	2.1 ศึกษาหลักการและวิธีการทำงานของของเทคโนโลยี CPAP	3
	2.1.1 CPAP Therapy คืออะไร	3
	2.1.2 ส่วนประกอบของเครื่อง CPAP	3
	2.1.3 หลักการทำงานของเครื่อง CPAP	4
	2.1.4 CPAP มีวิธีใช้อย่างไร	4
	2.1.5 เครื่อง CPAP ประเภทต่างๆ	4
	2.2 HEART RATE PULSE OXIMETRY SENSOR - MAX30100	5
	2.3 MG996R Servo Motor 0-180 องศา	6
	2.4 โปรแกรม SketchUp	9
	2.5 Blynk application	10
	2.6 หน้าจอ LCD คืออะไร	10
	2.7 พัดลม blower มอเตอร์ 3 phase WS7040-12-v200	12
	2.8 บอร์ด WeMos D1 R1 ESP8266	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
บทที่ 3	**การออกแบบและการจัดทำปริญญานิพนธ์**	
	3.1 สร้างการเชื่อมต่อระหว่าง sensor กับ microcontroller	17
	3.2 สร้างการเชื่อมต่อ Blower กับ microcontroller	18
	3.3 การออกแบบการเชื่อมต่อระหว่าง oxygen can กับ microcontroller	20
	3.4 การออกแบบการใช้งานหน้าจอ LCD ร่วมกับ microcontroller	22
	3.5 การเขียนโปรแกรมการใช้งานหน้าจอ LCD ร่วมกับ microcontroller	23
	3.6 ทำการทดสอบการใช้งานหน้าจอ LCD ร่วมกับ microcontroller	24
	3.7 การออกแบบชิ้นงาน 3D เพื่อใช้ร่วมกับชิ้นงาน	25
	3.7.1 ส่วนหัวกดกระป๋อง	25
	3.7.2 การออกแบบข้อต่อระหว่าง oxygen can กับท่อลม	26
	3.7.3 การออกแบบท่อเชื่อมต่อระหว่างท่อรวมลมเพื่อส่งอากาศไปยังหน้ากาก	27
	3.7.4 การออกแบบกรอบครอบ sensor Max30100	28
	3.7.5 นำมาเข้าโปรแกรม Ultimaker Cura	29
	3.8 การประกอบชิ้นงานตามต้นแบบที่ได้ออกแบบไว้	31
บทที่ 4	**ผลการทดลอง**	
	4.1 ทำการทดสอบการเชื่อมต่อระหว่าง sensor Max30100 กับ microcontroller	34
	4.2 การทดสอบความเร็วของพัดลมและความค่าแรงดันของ blower ขณะใช้งาน โดยการปรับค่า PWM	40
	4.3 ผลการทดลองการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์และ Blynk	47
	4.4 การทดสอบ sensor Max30100	48
	4.4.1 การทดสอบโดยใช้บุคคลที่เป็นนักกีฬาเพศชายอายุ 22 ปี	48
	4.4.2 การทดสอบโดยใช้บุคคลทั่วไปเพศหญิงอายุ 22 ปี	49
	4.4.3 การทดสอบโดยใช้บุคคลทั่วไปเพศชายอายุ 22 ปี	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

		หน้า
บทที่ 5	**สรุปผลและข้อเสนอแนะ**	
	5.1 สรุปผล	52
	5.2 ข้อเสนอแนะ	52
บรรณานุกรม		54
ภาคผนวก		
ภาคผนวก ก	ผลงานตีพิมพ์ระหว่างการศึกษา	56
ภาคผนวก ข	โค้ดที่ใช้ในโครงงาน	62
ภาคผนวก ค	ตารางแสดงค่าทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์ Max30100 เปรียบเทียบกับOximeter สำหรับผู้ทดลองที่มีคุณสมบัติต่างกันทั้งสามคน	74
	ตารางการทดลองที่ 1.1 แสดงค่าที่วัดจาก sensor Max30100 เทียบกับ oximeter ของบุคคลที่ 1 ครั้งที่ 1	75
	ตารางการทดลองที่ 1.2 แสดงค่าที่วัดจาก sensor Max30100 เทียบกับ oximeter ของบุคคลที่ 1 ครั้งที่ 2	77
	ตารางการทดลองที่ 1.3 แสดงค่าที่วัดจาก sensor Max30100 เทียบกับ oximeter ของบุคคลที่ 1 ครั้งที่ 3	81
	ตารางการทดลองที่ 1.4 แสดงค่าที่วัดจาก sensor Max30100 เทียบกับ oximeter ของบุคคลที่ 1 ครั้งที่ 4	84
	ตารางการทดลองที่ 1.5 แสดงค่าที่วัดจาก sensor Max30100 เทียบกับ oximeter ของบุคคลที่ 1 ครั้งที่ 5	87
	ตารางการทดลองที่ 2.1 แสดงค่าที่วัดจาก sensor Max30100 เทียบกับ oximeter ของบุคคลที่ 2 ครั้งที่ 1	90
	ตารางการทดลองที่ 2.2 แสดงค่าที่วัดจาก sensor Max30100 เทียบกับ oximeter ของบุคคลที่ 2 ครั้งที่ 2	93
	ตารางการทดลองที่ 2.3 แสดงค่าที่วัดจาก sensor Max30100 เทียบกับ oximeter ของบุคคลที่ 2 ครั้งที่ 3	96
	ตารางการทดลองที่ 2.4 แสดงค่าที่วัดจาก sensor Max30100 เทียบกับ oximeter ของบุคคลที่ 2 ครั้งที่ 4	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

		หน้า
ภาคผนวก ค (ต่อ)	ตารางการทดลองที่ 2.5 แสดงค่าที่วัดจาก sensor Max30100 เทียบกับ oximeter ของบุคคลที่ 2 ครั้งที่ 5	102
	ตารางการทดลองที่ 3.1 แสดงค่าที่วัดจาก sensor Max30100 เทียบกับ oximeter ของบุคคลที่ 3 ครั้งที่ 1	105
	ตารางการทดลองที่ 3.2 แสดงค่าที่วัดจาก sensor Max30100 เทียบกับ oximeter ของบุคคลที่ 3 ครั้งที่ 2	108
	ตารางการทดลองที่ 3.3 แสดงค่าที่วัดจาก sensor Max30100 เทียบกับ oximeter ของบุคคลที่ 3 ครั้งที่ 3	111
	ตารางการทดลองที่ 3.4 แสดงค่าที่วัดจาก sensor Max30100 เทียบกับ oximeter ของบุคคลที่ 3 ครั้งที่ 4	114
	ตารางการทดลองที่ 3.5 แสดงค่าที่วัดจาก sensor Max30100 เทียบกับ oximeter ของบุคคลที่ 3 ครั้งที่ 5	117

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1	บล็อกไดอะแกรมภาพรวมของโครงงาน	2
2	ตัวอย่างอุปกรณ์ CPAP	3
3	การทำงานของอุปกรณ์ CPAP	4
4	เซนเซอร์ HEART RATE PULSE OXIMETRY SENSOR - MAX30100	6
5	เซอร์โวมอเตอร์	7
6	เซอร์โวมอเตอร์	8
7	โปรแกรม sketch up	9
8	Blynk application	10
9	ตัวอย่างหน้าจอ LCD	11
10	มอเตอร์ 3 phase WS7040-12-V200N	13
11	บอร์ด WeMos D1 R1 ESP8266	13
12	Pinout WeMos D1 R1 ESP8266 WiFi	15
13	ภาพรวมการทำงานของอุปกรณ์เพิ่มประสิทธิภาพการนอนหลับอัตโนมัติต้นทุนต่ำ	16
14	โปรแกรมการทำงานของ sensor Max30100	17
15	การเชื่อมต่อระหว่าง sensor Max30100 กับ microcontroller	18
16	พัดลม blower มอเตอร์ 3 phase WS7040-12-V200N	19
17	โปรแกรมการทำงานของ blower	19
18	การเชื่อมต่อระหว่าง blower กับ microcontroller	20
19	โปรแกรมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์	21
20	การประกอบ oxygen can เข้ากับ servo	21
21	การเชื่อมต่อระหว่าง oxygen can กับ microcontroller	22
22	การออกแบบวงจรสำหรับแสดงค่าบนหน้าจอ LCD ร่วมกับ sensor Max30100	22
23	โปรแกรมการทำงานของหน้าจอ LCD ร่วมกับ microcontroller	23
24	หน้าจอ LCD แสดงผลเมื่อไม่มีการตรวจจับค่า Heart rate และ SPO2 ของ sensor Max 30100	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
25	หน้าจอ LCD แสดงผลเมื่อมีการตรวจจับค่า Heart rate และ SPO2 ของ sensor Max 30100	24
26	การออกแบบชิ้นงานส่วนที่กดกระป๋อง 3D ผ่านโปรแกรม SketchUp	25
27	การออกแบบข้อต่อระหว่าง oxygen can กับท่อลมผ่านโปรแกรม SketchUp	26
28	การออกแบบท่อเชื่อมต่อระหว่างท่อรวมลมเพื่อส่งอากาศไปยังหน้ากากผ่านโปรแกรม SketchUp	27
29	การออกแบบกรอบครอบ 3D ผ่านโปรแกรม SketchUp	28
30	ส่วนข้อต่อ oxygen can กับท่อลม	29
31	ส่วนข้อต่อเชื่อมต่อระหว่างท่อลมเพื่อส่งอากาศไปยังหน้ากาก	29
32	ส่วนหัวกดกระป๋อง	29
33	ส่วนกรอบครอบ sensor Max30100	30
34	รูปชิ้นงานจริงส่วนข้อต่อการเชื่อมต่อระหว่างท่อรวมลม	30
35	รูปชิ้นงานจริงส่วนกรอบครอบ sensor	30
36	รูปชิ้นงานจริงส่วนข้อต่อ oxygen can กับท่อลม	30
37	รูปชิ้นงานจริงส่วนที่กดกระป๋อง oxygen can	30
38	ชิ้นงานต้นแบบหลังการประกอบรวม	31
39	รูปการณ์ออกแบบของชิ้นงานที่ได้ออกแบบไว้	31
40	รูปภายในชิ้นงานต้นแบบหลังจากการประกอบ	32
41	ทำการทดสอบ sensor Max30100 ที่บริเวณขมับ	34
42	โปรแกรมแสดงผลค่า SPO2 และ Heart rate ที่ sensor Max30100 ตรวจจับค่าได้ครั้งที่ 1	35
43	แสดงค่าที่ SPO2 และ Heart rate ที่ pulse oximeter วัดค่าได้ครั้งที่ 1	35
44	โปรแกรมแสดงผลค่า SPO2 และ Heart rate ที่ sensor Max30100 ตรวจจับค่าได้ครั้งที่ 2	36
45	แสดงค่าที่ SPO2 และ Heart rate ที่ pulse oximeter วัดค่าได้ครั้งที่ 2	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
	โปรแกรมแสดงผลค่า SPO2 และ Heart rate ที่ sensor Max30100	
46	ตรวจจับค่าได้ครั้งที่ 3	37
47	แสดงค่าที่ SPO2 และ Heart rate ที่ pulse oximeter วัดค่าได้ครั้งที่ 3	37
48	โปรแกรมแสดงผลค่า SPO2 และ Heart rate ที่ sensor Max30100 ตรวจจับค่าได้ครั้งที่ 4	38
49	แสดงค่าที่ SPO2 และ Heart rate ที่ pulse oximeter วัดค่าได้ครั้งที่ 4	38
50	โปรแกรมแสดงผลค่า SPO2 และ Heart rate ที่ sensor Max30100 ตรวจจับค่าได้ครั้งที่ 5	39
51	แสดงค่าที่ SPO2 และ Heart rate ที่ pulse oximeter วัดค่าได้ครั้งที่ 5	39
52	แสดงค่า Duty cycle 25% ที่วัดค่าได้จาก oscilloscope	40
53	แสดงค่า Duty cycle 50% ที่วัดค่าได้จาก oscilloscope	41
54	แสดงค่า Duty cycle 75% ที่วัดค่าได้จาก oscilloscope	41
55	แสดงค่า Duty cycle 100% ที่วัดค่าได้จาก OSCILLOSCOPE	41
56	แสดงขณะทำการวัดแรงดันของ blower ก่อนเปิดใช้งาน blower	42
57	แสดงขณะทำการวัดแรงดันของ blower หลังเปิดใช้งาน blower	42
58	กราฟแสดงค่าแรงดันของ blower จากการทดสอบปรับ Duty cycle(%)	43
59	กราฟแสดงค่าอัตราการไหลของ blower จากการทดสอบปรับ Duty cycle (%)	44
60	แสดงภาพรวมการวัด pulseจากตำแหน่งservo motor ก่อนกดออกซิเจน	45
61	แสดงภาพรวมการวัด pulseจากตำแหน่งservo motor หลังกดออกซิเจน	45
62	การวัดปริมาณออซิเจนพร้อมแสดงค่าออกซิเจนจากเครื่อง Oxygen meter	46
63	หน้าจอแสดงผลบน Application Blynk	47
64	แสดงกราฟผลการทดสอบ 5 ครั้งจากเซนเซอร์ MAX30100 เปรียบเทียบกับ Oximeter โดยใช้บุคคลที่เป็นนักกีฬาเพศชายอายุ 22 ปี	48
65	แสดงกราฟผลการทดสอบ 5 ครั้งจากเซนเซอร์ MAX30100 เปรียบเทียบกับ Oximeter โดยใช้บุคคลเพศหญิงทั่วไป อายุ 22 ปี	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
66	แสดงกราฟผลการทดสอบ 5 ครั้งจากเซนเซอร์ MAX30100 เปรียบเทียบกับ Oximeterโดยใช้บุคคลเพศชายทั่วไป อายุ 22 ปี	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงผลการทดลองการทดสอบความถูกต้องและแม่นยำของ sensor Max30100 กับเครื่อง pulse oximeter	40
2	แสดงผลการทดลองปรับค่า PWM ที่ทำการทดสอบค่าความเร็วลมและค่าแรงดันของ blower ขณะใช้งาน	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องด้วยปัญญาของการนอนหลับของผู้คนในปัจจุบัน ที่ส่งผลกระทบต่อการดำเนินชีวิต และบางครั้งก็อาจจะส่งผลกระทบถึงชีวิตของผู้คนเช่น การนอนกรน หายใจไม่ออกขณะนอนหลับ อาจจะรุนแรงถึงขั้นไหลตาย โดยที่ไม่รู้ตัว หลายๆคนจึงหันมาให้ความสำคัญกับเรื่องสุขภาพเป็นอย่างมาก ยอมเสียเงินมากมายเพื่อแลกกับสุขภาพและชีวิตที่ดี แต่บางที่มูลค่าของอุปกรณ์ที่จะมาช่วยเหลือก็มีมูลค่าสูง จนกลุ่มคนบางคนไม่สามารถเข้าถึงได้

เราจึงได้นำความรู้และเทคโนโลยีที่มีอยู่มาพัฒนาเป็นอุปกรณ์ช่วยในการนอนหลับต้นทุนต่ำ โดยหวังให้ผู้คนบางกลุ่มที่ไม่อาจเข้าถึง สามารถมีอุปกรณ์ที่จะสามารถมาทดแทนในส่วนของอุปกรณ์ที่มีมูลค่าสูงและได้ประสิทธิผลที่ไม่ต่างกัน

1.2 วัตถุประสงค์

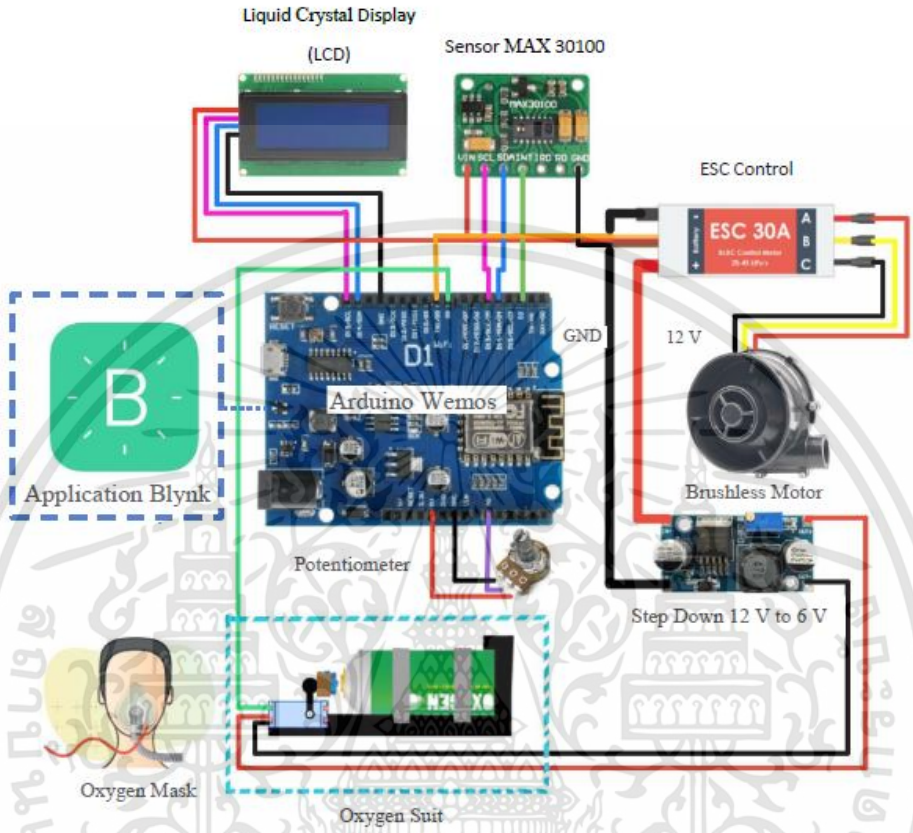
1. เพื่อศึกษาการออกแบบเทคโนโลยีเครื่องช่วยหายใจ
2. เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีการสร้างเครื่องช่วยหายใจทำงานร่วมกับเซนเซอร์วัดออกซิเจน
3. เพื่อจัดทำต้นแบบชุดจำลอง Continuous Positive Airway Pressure (CPAP)

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

1. ทำเครื่องช่วยหายใจ โดยใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
2. ใช้เซนเซอร์วัดออกซิเจนทำงานร่วมกับเครื่องช่วยหายใจ โดยใช้ Microcontroller ในการควบคุม
3. ต่อยอดเทคโนโลยีการสร้างเครื่องช่วยหายใจโดยใช้ต้นทุนต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บล็อกไดอะแกรมของโครงงานที่นำเสนอ



รูปที่ 1 บล็อกไดอะแกรมภาพรวมของโครงงาน

เมื่อ blood pressure sensor ตรวจจับปริมาณออกซิเจนในกระแสเลือดแลวพบวามีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน หรือจุดที่ปลอดภัย จะสงสัญญาณไปที่ตัวคอนโทลเลอร ตัวคอนโทลเลอรจะทำการสั่งการให พัดลมดูดอากาศและจะ สั่งการใหตัวเซอรโวมอเตอรกดกระปองออกซิเจนและสงไปยังหนากากที่ผูใช งานสวมใสอยูเพื่อเพิ่มประมาณของ ออกซิเจนของผูใชงาน และเมื่อออกซิเจนในกระแสเลือดของผู้ใช งานอยูในระบบปกติ เซอรโวมิเตอรจะหยุดทำงาน และพัดลมจะอยูในสถานะเตรียมพรอมเพื่อรอคำสั่งตอไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 ศึกษาหลักการและวิธีการทำงานของของเทคโนโลยี CPAP

2.1.1 CPAP Therapy **คืออะไร**

คำว่า CPAP นั้นย่อมาจาก Continuous Positive Airway Pressure เป็นการรักษาที่ได้ประสิทธิผลดีที่สุดวิธีหนึ่งในการรักษา ภาวะอุดกั้นทางเดินหายใจขณะหลับ (Obstructive Sleep Apnea Syndrome, OSAS) โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้ป่วยที่มีอาการในระดับปานกลาง ถึง รุนแรง CPAP มีหลักการในการรักษาคือ การเป่าความดันลมผ่านทางจมูกหรือปาก ผ่านบริเวณลำคอ และโคนลิ้น ซึ่งเป็นส่วนทางเดินหายใจส่วนต้น เพื่อให้เปิดขยายตัวตลอดเวลาโดยไม่ให้มีการอุดกั้นขณะที่นอนหลับ ซึ่งจะทำให้ผู้ที่ใช้เครื่องสามารถหายใจรับอากาศอย่างพอเพียงและนอนหลับราบรื่นตลอดทั้งคืน โดยลมที่เป่าด้วยความดันนี้มักเป็นเพียงอากาศปกติ ไม่ใช่การให้ออกซิเจนตามโรงพยาบาล (ยกเว้นในบางรายที่จำเป็นมากเท่านั้น)

2.1.2 ส่วนประกอบของเครื่อง CPAP

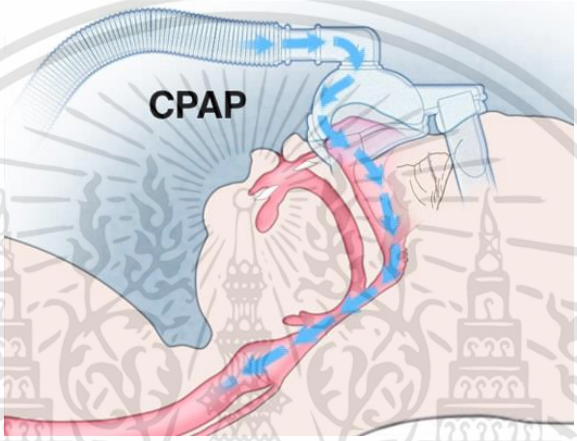
ปัจจุบันมีเครื่อง CPAP อยู่หลายแบบเป็นจำนวนมาก อย่างไรก็ตามส่วนประกอบของเครื่อง CPAP หลัก ๆนั้นจะคล้ายกัน ได้แก่ 1. ส่วนของเครื่องสร้างความดันลม 2. ส่วนของหน้ากากและสายรัดศีรษะ (CPAP Mask) 3.ส่วนของท่อลม และ 4.อุปกรณ์เสริมอื่น ๆ เช่น เครื่องอบไอน้ำหรือหน้ากากสำรอง เป็นต้น[1]

รูปที่ 2 ตัวอย่างอุปกรณ์ CPAP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 หลักการทำงานของเครื่อง CPAP

เครื่อง CPAP มีหลักการทำงาน ในการช่วยรักษาอาการนอนกรน โดยเครื่องจะดูดอากาศจากภายนอก ผ่านแผ่นกรองฝุ่น และผลิตแรงดันอากาศส่งออกมา ผ่านทางท่อลม เข้าสู่หน้ากากที่ครอบจมูกเราไว้ และผ่านเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจของเรา การเป่าความดันลมผ่านทางจมูกหรือปาก ผ่านบริเวณลำคอและโคนลิ้น เพื่อให้เปิดขยายตัวตลอดเวลาโดยไม่ให้มีการอุดตันขณะที่นอนหลับ ซึ่งจะทำให้ผู้ที่ใช้เครื่องช่วยหายใจ สามารถหายใจรับอากาศอย่างพอเพียงและนอนหลับราบรื่นตลอดทั้งคืน[2]



รูปที่ 3 การทำงานของอุปกรณ์ CPAP

2.1.4 CPAP มีวิธีใช้อย่างไร

การใช้เครื่อง CPAP นั้น จะเริ่มใช้เฉพาะเวลาที่ท่านกำลังจะนอนหลับ โดยท่านควรใช้ตลอดทั้งคืนและทุกคืนให้มากที่สุดเท่าที่ทำได้เพื่อให้เกิดผลดีต่อสุขภาพในระยะยาวของท่าน วิธีการใช้ไม่ยุ่งยากและไม่ซับซ้อน ซึ่งในส่วนรายละเอียดเล็กน้อยทางเทคนิคเจ้าหน้าที่เฉพาะด้านนี้จะช่วยให้คำแนะนำท่านได้ขั้นตอนง่ายๆ เช่นเพียงเปิดเครื่องก่อน เช็คระดับความดันลม และสวมหน้ากาก เพื่อให้ลมเป่าผ่านทางท่อเข้าสู่ทางเดินหายใจอย่างถูกต้อง แล้วจึงเข้านอน ผู้ป่วยส่วนใหญ่มักใช้เพียงหน้ากากที่ครอบจมูก (Nasal Mask) แต่บางครั้งอาจใช้หน้ากากแบบที่ครอบทั้งจมูกและปาก (Full-Face Mask) และน้อยรายมากที่จะใช้หน้ากากครอบเฉพาะบริเวณปาก (Oronasal mask)

2.1.5 เครื่อง CPAP ประเภทต่างๆ

1. เครื่องช่วยหายใจ CPAP แบบปรับแรงดันอัตโนมัติ (Auto CPAP)

2 .เครื่องช่วยหายใจ CPAP แรงดันคงที่ (Manual CPAP / Fixed CPAP)

3 .เครื่องช่วยหายใจ แบบแรงดัน 2 ระดับ (Bilevel PAP หรือ BiPAP)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีและข้อเสียของแต่ละประเภท

ข้อดีของเครื่อง Auto CPAP ที่เหนือกว่าเครื่อง Manual CPAP อีกข้อก็คือ ผู้ใช้ไม่ต้องคอยปรับตั้งแรงดันอยู่เรื่อยๆหากร่างกายของเรามีการเปลี่ยนแปลงในอนาคต เช่น อายุมากขึ้น น้ำหนักมากขึ้น หรือในบางคืนที่ต้องการแรงดันสูงกว่าปกติ เนื่องจากเหน็ดเหนื่อยจากการออกแรง หรือเล่นกีฬา หรือดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ เป็นต้น

สำหรับข้อดีและข้อเสียของเครื่อง CPAP ประเภท **Auto CPAP** มีดังนี้

ข้อดี คือ

- เครื่องจะปรับแรงดันที่เหมาะสมให้เราแบบอัตโนมัติ
- รู้สึกสบายกว่า อึดอัดน้อยกว่าเนื่องจากแรงดันลมไม่ได้สูงตลอดทั้งคืน บางช่วงเวลาแรงดันอาจจะต่ำลงได้ ถ้าอาการไม่รุนแรง เช่น ช่วงเริ่มต้นการนอนหลับ หรือตอนที่หลับไม่ลึก
- มีการใช้งานที่ง่าย ไม่ยากไม่ยุ่งยาก และในระยะยาวก็ไม่ต้องคอยมาปรับตั้งแรงดันเรื่อยๆ

ข้อเสีย คือ

- มีราคาที่สูง
- ค่าดัชนีการหยุดหายใจ (AHI) อาจมีค่าสูงกว่าการใช้เครื่อง manual CPAP เล็กน้อย เพราะเรื่องที่ต้องปล่อยให้เราหยุดหายใจช่วงหนึ่งก่อน จึงค่อยปรับแรงดันให้สูงขึ้น

สำหรับข้อดีและข้อเสียของเครื่อง CPAP ประเภท **Manual CPAP** มีดังนี้

ข้อดี คือ

- มีราคาถูกกว่าแบบ auto CPAP

ข้อเสีย คือ

- ใช้งานแล้วรู้สึกอึดอัดมากกว่าโดยเฉพาะถ้าต้องใช้งานที่ระดับแรงดันสูงๆ
- ต้องคอยนำผลการใช้เครื่องไปพบแพทย์ ปรับแรงดันให้เหมาะสมอยู่เสมอ

2.2 HEART RATE PULSE OXIMETRY SENSOR - MAX30100

MAX30100 เป็นเครื่องวัดความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด และอัตราการเต้นของหัวใจ ประกอบด้วยไฟ LED สองดวง, เครื่องตรวจจับแสง, เลนส์ปรับแสงและตัวประมวลผลสัญญาณ Analog ที่มีสัญญาณรบกวนต่ำเพื่อตรวจจับออกซิเจนในเลือดและอัตราการเต้นของหัวใจMAX30100 ทำงานได้โดยมีแหล่งจ่ายไฟ 1.8V และ 3.3 V มีขนาดเล็ก ใช้ใน fitness device, อุปกรณ์การแพทย์ต่างๆ[3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4 เซนเซอร์ HEART RATE PULSE OXIMETRY SENSOR - MAX30100

วิธีการต่อขา MAX30100 กับบอร์ด Arduino (Pinout)

VIN ต่อเข้าที่ขา 5V

SCL ต่อเข้าที่ขา SCL

SDA ต่อเข้าที่ขา SDA

GND ต่อเข้าที่ขา GND

สร้างการเชื่อมต่อ microcontroller โดยการนำ เซนเซอร์ MAX 30010 มาต่อเข้ากับบอร์ด microcontroller

2.3 MG996R Servo Motor 0-180 องศา

เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) เป็นการรวมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor) เข้ากับวงจรควบคุม โดยความแตกต่างที่สำคัญของเซอร์โวมอเตอร์กับมอเตอร์แบบอื่น ๆ คือเซอร์โวมอเตอร์จะรู้ตำแหน่งที่ตัวเองอยู่ และสั่งเปลี่ยนตำแหน่งโดยการเปลี่ยนองศาได้ (ส่วนใหญ่)ใช้แรงดันไฟฟ้า 5V และมีองศาการหมุนที่ 0 ถึงประมาณ 200 องศา (ยกเว้นมีการดัดแปลงให้หมุน 360 องศา) นอกจาก 2 ข้อนี้ที่เซอร์โวมอเตอร์ทุกรุ่นมีเหมือนกัน ยังมีอีก 4 ข้อที่เซอร์โวมอเตอร์แต่ละรุ่นมีไม่เหมือนกัน

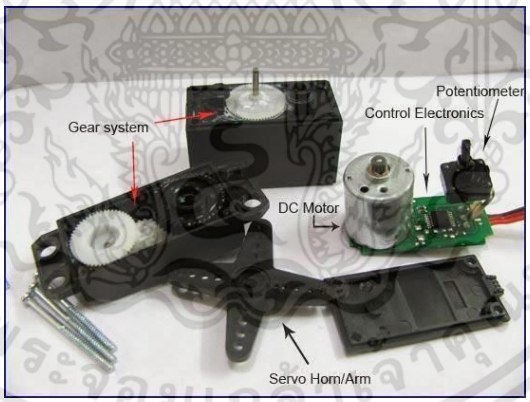
1. แรงบิด (Torque) - เป็นเลขบอกกำลังของเซอร์โวมอเตอร์ ยิ่งตัวเลขนี้มีค่ามาก แสดงว่าเซอร์โวมอเตอร์มีแรงมาก
2. ความเร็วในการหมุน (Speed) - เป็นตัวเลขที่บอกว่าเซอร์โวมอเตอร์สามารถเปลี่ยนตำแหน่งได้เร็วแค่ไหน ยิ่งตัวเลขมีค่ามาก แสดงว่าเซอร์โวมอเตอร์มีความเร็วในการเปลี่ยนตำแหน่งที่เร็วมาก
3. วัสดุที่ใช้ทำแกนหมุน - วัสดุที่ใช้ทำแกนหมุนของเซอร์โวมอเตอร์มี 2 ชนิด คือ พลาสติก และเหล็ก สำหรับแกนหมุนพลาสติกเมื่อใช้งานเซอร์โวมอเตอร์อย่างหนักเป็นเวลานาน จะทำให้เฟืองของเซอร์โวมอเตอร์ครูด ดังนั้นหากนำเซอร์โวมอเตอร์ไปใช้งานหนักเป็นเวลานาน จึงควรเลือกแกนเหล็ก เพราะแกนเหล็กมีโอกาศที่เฟืองครูดได้น้อยกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ขนาดของแกนหมุน - เซอร์โวมอเตอร์แต่ละรุ่นจะมีขนาดของแกนหมุนที่แตกต่างกัน ตามแรงบิดของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละรุ่น

หลักการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์

เซอร์โวมอเตอร์ประกอบด้วย 4 ส่วนหลัก คือ มอเตอร์กระแสตรง (DC Motor) ชุดเฟืองทดรอบ (Gear system) วอลุ่ม (Potentiometer หรือ VR) และวงจรควบคุม (Control Electronics) หลักการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์เริ่มที่วงจรควบคุม เมื่อวงจรควบคุมได้รับข้อมูลองศาที่ต้องการมาแล้ว วงจรควบคุมจะคำนวณว่ามอเตอร์จะต้องหมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา หรือทวนเข็มนาฬิกาเพื่อให้ไปสู่องศาที่ต้องการได้ เมื่อมอเตอร์เริ่มหมุน ตัววอลุ่มที่ติดอยู่กับชุดเฟืองมอเตอร์จะตรวจสอบตำแหน่งที่มอเตอร์หมุนไป โดยหากวอลุ่มตรวจพบว่าตำแหน่งที่มอเตอร์หมุนเริ่มใกล้กับองศาที่ผู้ใช้กำหนด วงจรส่วนควบคุมจะเริ่มสั่งให้มอเตอร์หมุนช้าลงเพื่อให้หมุนเข้าใกล้องศาที่กำหนดได้มากที่สุด เมื่อมอเตอร์หมุนได้ตำแหน่งองศาที่ถูกต้องแล้ว วงจรส่วนควบคุมจะตรวจสอบตำแหน่งของมอเตอร์เป็นระยะ ๆ โดยอ่านค่าจากวอลุ่ม หากตรวจพบว่าตำแหน่งผิดเพี้ยนไปจากค่าที่ตั้งไว้ (อันอาจเกิดจากผู้ใช้เอามือไปหมุนเล่น หรือภาระส่งผลให้ตำแหน่งเคลื่อน) วงจรควบคุมก็จะสั่งให้มอเตอร์หมุนกลับมาให้ได้ตำแหน่งเป็นระยะ ๆ[4]



รูปที่ 5 เซอร์โวมอเตอร์

ชนิดของเซอร์โวมอเตอร์

เซอร์โวมอเตอร์ 180 องศาเป็นเซอร์โวมอเตอร์ที่นิยมใช้งานทั่วไป มีหลายรุ่น หลายขนาด และหลายราคา สามารถควบคุมให้หมุดได้ตามองศาที่ต้องการ โดยหมุนได้ 0 ถึง 180 องศา (ในบางรุ่นหมุนได้สุดที่ประมาณ 200 องศา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งานเซอร์โวมอเตอร์

เซอร์โวมอเตอร์มีสาย 3 เส้น ประกอบด้วย

1. Signal (สีส้ม หรือ สีขาว) - สายสัญญาณควบคุมการหมุนแบบ PWM
2. VCC (สีแดง) - สายสำหรับจ่ายไฟบวก 5V
3. GND (สีน้ำตาล หรือ สีดำ) - สายสำหรับจ่ายไฟลบ หรือกราว์ด (GND)

รูปที่ 6 เซอร์โวมอเตอร์

การควบคุมการหมุนของเซอร์โวมอเตอร์จะทำที่สาย Signal โดยป้อนสัญญาณ PWM ความถี่ 50Hz เข้าไป โดยมีความกว้างพัลส์บวกที่ 0.5mS (ค่าต่ำสุด) ถึง 2.5mS (ค่าสูงสุด) หรือ 1mS (ค่าต่ำสุด) ถึง 2mS (ค่าสูงสุด) ตามแต่รุ่นของเซอร์โวมอเตอร์ โดยหากป้อนสัญญาณ PWM ที่มีความกว้างช่วงบวกเข้าไปเท่าค่าต่ำสุด เซอร์โวมอเตอร์จะหมุนไปที่ 0 องศา หากป้อนสัญญาณ PWM เข้าไปเท่าค่าสูงสุด เซอร์โวมอเตอร์จะหมุนไปที่ 180 องศา

- Use for: RC Model H309
- Dimension : 40 x 19 x 43mm
- Weight : 55g
- Operating Speed : 0.17sec / 60 degrees (4.8V no load)
- Operating Speed : 0.13sec / 60 degrees (6.0V no load)
- Stall Torque : 13 kg-cm (180.5 oz-in) at 4.8V
- Stall Torque : 15 kg-cm (208.3 oz-in) at 6V
- Operation Voltage : 4.8 - 7.2Volts
- Gear Type: All Metal Gears
- Connector Wire: 11.81" (300mm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Color: Black
- Compliant with most standard receiver connector: Futaba, Hitec, Sanwa, GWS etc...
- Great for truck, Boat, Racing Car, Helicopter and Airplane.
- Power Supply: Through External Adapter.
- Stable and Shock Proof
- Double Ball Bearing

เซอร์โวมอเตอร์ จะทำงานโดยการปรับเปรียนมุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ ทุกๆ 5 วินาที โดยที่ปรับเปลี่ยนคือมุมที่ 40 และมุม 0 โดยหน่วยเป็นองศา เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการกดออกซิเจนกระป๋องที่จะประกอบรวมเป็นชิ้นงาน

2.4 โปรแกรม SketchUp

โปรแกรม SketchUp เป็นโปรแกรมออกแบบ 3 มิติ ที่มีความง่ายต่อการใช้งาน และเป็นที่นิยมอย่างกว้างขวาง โดยส่วนใหญ่จะถูกนำมาใช้ในงานออกแบบสถาปัตยกรรม งานตกแต่งภายใน งานออกแบบผลิตภัณฑ์และงานออกแบบ Display ซึ่งโปรแกรมจะมีเครื่องมือที่หลากหลาย การเรียนรู้คุณสมบัติของโปรแกรมขั้นตอนการใช้โปรแกรมให้สามารถสร้างโมเดลได้อย่างถูกต้องตามกระบวนการ โดยเน้นการปฏิบัติจริงเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ และเกิดทักษะการใช้งาน

โดยโปรแกรม SketchUp เป็นโปรแกรมสำหรับออกแบบและสร้างโมเดล 3 มิติ โดยออกแบบมาให้ใช้งานง่ายและเป็นที่นิยมอย่างกว้างขวาง เหมาะกับผู้ที่สนใจงานด้านการออกแบบโมเดลทั่วไป โดยที่ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องมีประสบการณ์ในการใช้งานโปรแกรมสร้างโมเดล 3 มิติ มาก่อนก็สามารถใช้ได้ เพราะหลักการทำงานของโปรแกรมจะเป็นการร่างภาพด้วยเส้น เมื่อเส้นต่อกันจนเกิดเป็นผิว 2 มิติ และสามารถเปลี่ยนพื้นผิวให้เป็นรูปทรง 3 มิติ ได้ทันที โดยส่วนใหญ่จะนำมาใช้งานออกแบบ เชิงสถาปัตยกรรม งานตกแต่งภายใน งานออกแบบผลิตภัณฑ์ และงานออกแบบ Display[5]

รูปที่ 7 โปรแกรม sketch up

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 Blynk application

Blynk Server เป็น IoT CLOUD ซึ่งจะรับค่าจาก IoT Node หรือตัวอุปกรณ์ Io โดยเชื่อมต่อผ่านอินเทอร์เน็ตสามารถส่งข้อมูลหากันได้โดยตรง ทำให้การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์กับแอปพลิเคชันบสมาร์ทโฟนสามารถทำได้อย่างง่ายและสามารถใช้งานได้ทุกที่ที่มีอินเทอร์เน็ต Blynk เป็นแอปพลิเคชันที่ใช้สำหรับอุปกรณ์ IoT ซึ่งเป็นแอปพลิเคชันสำเร็จรูปสามารถนำมาใช้งาน โดยไม่ต้องเขียนแอปใดๆ โดย Blynk เป็นซอฟต์แวร์แบบ Open Source สามารถใช้งานได้ฟรีไม่เสียค่าใช้จ่าย สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆกับอินเทอร์เน็ตเช่น ESP8266, ESP32, NodeMCU หรือ Raspberry Pi รองรับระบบ IOS และ Android เราได้ทำการออกแบบ Application ให้สามาแสดงผลค่า SPO2 และค่า Heart rate ให้สามารถแสดงผลได้อย่าง Real time[6]

รูปที่ 8 blynk appication

2.6 หน้าจอ LCD คืออะไร

หน้าจอ LCD (Liquid Crystal Display) ซึ่งเป็นจอที่ทำมาจากผลึก Crystal เหลว หลักการคือด้านหลังจอจะมีไฟส่องสว่าง หรือที่เรียกว่า Backlight อยู่ เมื่อมีการปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้าไปกระตุ้นที่ผลึก ก็จะทำให้ผลึกโปร่งแสง ทำให้แสงที่มาจากไฟ Backlight แสดงขึ้นมาบนหน้าจอ ส่วนอื่นที่โดนผลึกปิดกั้นไว้ จะมีสีที่แตกต่างกันตามสีของผลึก Crystal เช่น สีเขียว หรือ สีฟ้า ทำให้เมื่อมองไปที่จอก็จะพบกับตัวหนังสือสีขาว แล้วพบกับพื้นหลังสีต่าง ๆกัน[7]

จอ LCD จะแบ่งเป็น 2 แบบใหญ่ๆตามลักษณะการแสดงผลดังนี้

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

2. **Graphic LCD** เป็นจอที่สามารถกำหนดได้ว่าจะให้แต่ละจุดบนหน้าจอกั้นแสง หรือปล่อยแสงออกไป ทำให้จอนี้สามารถสร้างรูปขึ้นมาบนหน้าจอได้ การระบุขนาดจะระบุในลักษณะของจำนวนจุด

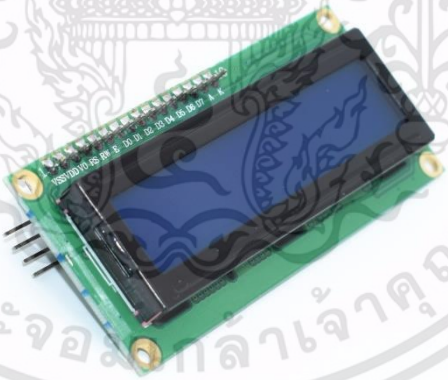
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Pixels) ในแต่ละแนว เช่น 128x64 หมายถึงจอที่มีจำนวนจุดตามแนวนอน 128 จุด และมีจุดตามแนวตั้ง 64 จุด

การเชื่อมต่อกับจอ Character LCD

การเชื่อมต่อจะมีด้วยกัน 2 แบบ คือ

- **การเชื่อมต่อแบบขนาน** - เป็นการเชื่อมต่อจอ LCD เข้ากับบอร์ด Arduino โดยตรง โดยจะแบ่งเป็นการเชื่อมต่อแบบ 4 บิต และการเชื่อมต่อแบบ 8 บิต ใน Arduino จะนิยมเชื่อมต่อแบบ 4 บิต เนื่องจากใช้สายในการเชื่อมต่อน้อยกว่า
- **การเชื่อมต่อแบบอนุกรม** - เป็นการเชื่อต่อกับจอ LCD ผ่านโมดูลแปลงรูปแบบการเชื่อมต่อกับจอ LCD จากแบบขนาน มาเป็นการเชื่อมต่อแบบอื่นที่ใช้สายน้อยกว่า เช่น การใช้โมดูล I2C Serial Interface จะเป็นการนำโมดูลเชื่อมเข้ากับตัวจอ LCD แล้วใช้บอร์ด Arduino เชื่อมต่อกับบอร์ดโมดูลผ่านโปรโตคอล I2C ทำให้ใช่สายเพียง 4 เส้น ก็ทำให้หน้าจอแสดงผลข้อความต่างๆออกมาได้



รูปที่ 9 ตัวอย่าหน้าจอ LCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 พัดลม blower มอเตอร์ 3 phase WS7040-12-V200

คุณสมบัติของมอเตอร์

Brand Name: LISM

application: Air Blower

pressure:High Pressure

Power Source: Dc

Usage: Commercial Manufacture

is_customized: Yes

Wattage: Under 500w

Certification: Ce

Type: Centrifugal Blower

Brand Name: Lism

Rated Voltage: 24v

Motor Type: Three-Phase Dc Brushless Motor

Bearing type: Nmb Ball Bearing

Protect Class: Ip 54

Insulation Class: Class F

Rated Power: 20~68w

Model Number: Ws7040-12-V200n/Ws7040-24-X200n

Name: Low Noise Mini Air Centrifugal Blower

Material: Pa66+Gf

Speed (open): 33000/36000 Rpm

Speed (sealed): 42000/46000 Rpm

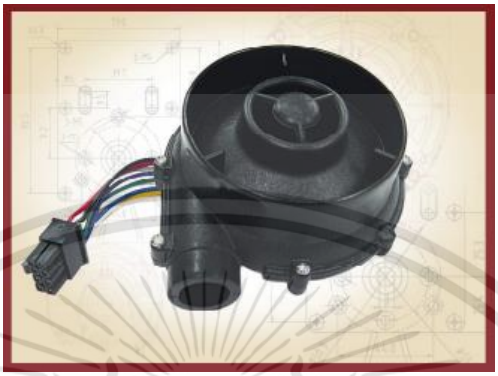
Air flow (open): 220lmp/280lmp

Air pressure (sealed): 5.5/6.5 Kpa

Noise: 65dba

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

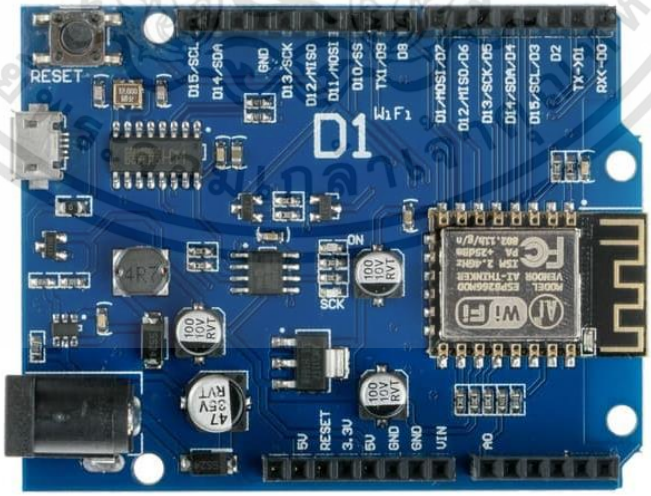
Hall angle: 60 Degrees



รูปที่ 10 มอเตอร์ 3 phase WS7040-12-V200N

2.8 บอร์ด WeMos D1 R1 ESP8266

เป็น Board มีมิติและขนาดเท่ากับ Arduino UNO ที่มีชิพ ESP8266สามารถใช้ ArduinoIDE สำหรับพัฒนาและอัพโหลดโปรแกรม และสามารถใช้ library ของ Arduino ได้ โดยตัวบอร์ดมีคุณสมบัติเดียวกับ NodeMCU คือมีเสาสัญญาณ Wi-Fi มาให้ในตัว ใช้ความถี่ 2.4 Ghz จึงทำให้สามมารถเชื่อมต่อ Internet นอกจากนั้นยังสามารถเปลี่ยนตัวมันเองเป็น Access Point ได้อีกด้วย เหมาะสำหรับนำไปพัฒนาด้าน Internet of Tings



รูปที่ 11 บอร์ด WeMos D1 R1 ESP8266

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติ:

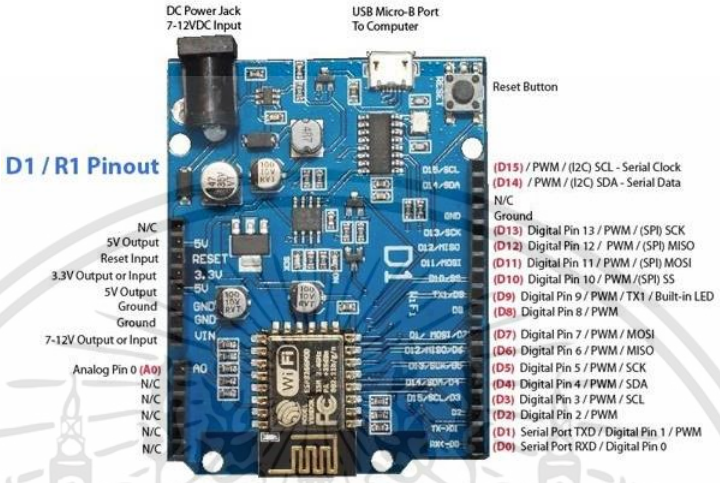
- พินอินพุต / เอาต์พุตแบบดิจิตอล 11 ขา ทั้งหมดมี interrupt / pwm / I2C / one-wire (ยกเว้น D0

- อินพุตแบบอนาล็อก 1 อินพุต (อินพุทสูงสุด 3.2V
- การเชื่อมต่อ Micro US
- ช่องเสียบกำลังไฟ 9-24
- ใช้งานร่วมกับ Arduino
- ใช้งานร่วมกับ NodeMCU

การเชื่อมต่อ :

Pin	Function	ESP-8266 Pin
TX	TXD	TXD
RX	RXD	RXD
A0	Analog input, max 3.3V input	A0
D0	IO	GPIO16
D1	IO,SCL	GPIO5
D2	IO,SDA	GPIO4
D3	IO,10k Pull-up	GPIO0
D4	IO-10k Pull-up,BULTIN_LED	GPIO2
D5	IO,SCK	GPIO14
D6	IO,MISO	GPIO12
D7	IO<MOSi	GPIO13
D8	IO,10 Pull-down,SS	GPIO15
G	Ground	GND
5V	5 V	-
3V3	3.3 V	3.3 V
RST	Reset	RST

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



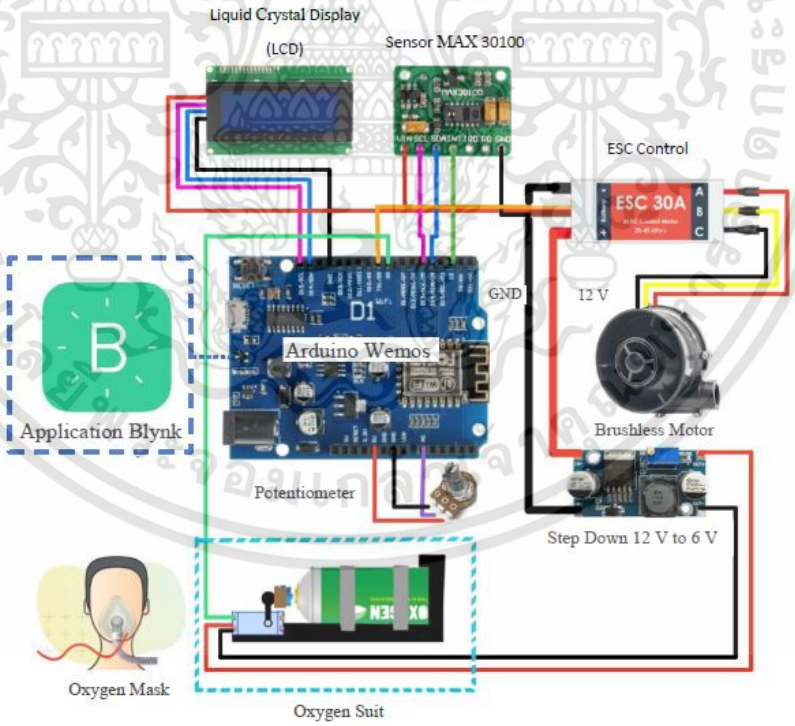
รูปที่ 12 pinout WeMos D1 ESP8266 WiFi

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและการจัดทำปริญญานิพนธ์

ในการออกแบบอุปกรณ์เพิ่มประสิทธิภาพการนอนหลับอัตโนมัติต้นทุนต่ำ เราได้ทำการออกแบบให้ microcontroller ทำงานร่วมกับ sensor โดยใช้หลักการจากเครื่อง Continuous Positive Airway Pressure(CPAP) เพื่อเป็นแนวทาง และเป็นหลักการหลักในการดำเนินงาน โดยเราแบ่งการออกแบบเป็น 3 ส่วน ได้แก่ การออกแบบการเชื่อมต่อระหว่าง microcontroller กับ sensor , การออกแบบการเชื่อมต่อระหว่าง Blower กับ sensor และ การออกแบบการเชื่อมต่อระหว่าง oxygen can กับ microcontroller โดยหลักการเมื่อค่า SPO2 ของผู้ใช้งาน ที่ได้จากการวัดโดยใช้ sensor ต่ำกว่าค่าที่กำหนด ตัวอุปกรณ์จะทำการสั่งให้มีการใช้งานตัว oxygen can เพื่อให้ค่า SPO2 กลับมาสูงกว่าค่าที่กำหนด โดยหลักการทำงานเป็นดังรูปที่ 13



รูปที่ 13 ภาพรวมการทำงานของอุปกรณ์เพิ่มประสิทธิภาพการนอนหลับอัตโนมัติต้นทุนต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

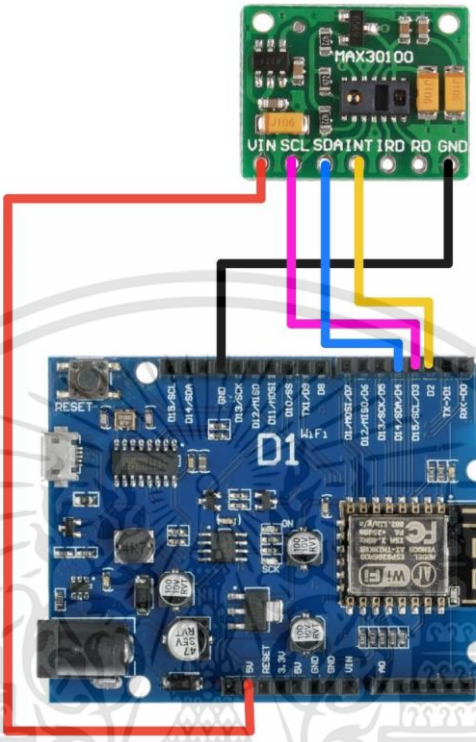
3.1 สร้างการเชื่อมต่อระหว่าง sensor กับ microcontroller

เราได้ทำการออกแบบให้ sensor Max30100 เป็น sensor ที่ใช้ตรวจจับค่า SPO2 และ Heart rate เพื่อนำข้อมูลที่ตรวจจับได้มาประมวลผลและเป็นข้อมูลหลักที่ใช้ตัดสินใจในการส่วนต่างๆ ในชิ้นงานคือ ส่วน Blower และส่วนการเปิดใช้งาน oxygen can เมื่อ ระดับของ SPO2 ต่ำกว่าที่กำหนด microcontroller จะทำการสั่งงานตัว เซอร์โวมอเตอร์ให้กดกระป๋อง oxygen can แล้วตัว blower จะมีหน้าที่เหมือนพัดลม ที่จะช่วยเป่าลมเพื่อให้ออกซิเจนที่ออกมาจากกระป๋อง oxygen can ได้ลำเลียงไปยังผู้ใช้งาน โดยเมื่อค่า SPO2 ถึงค่าเกณฑ์ปกติแล้ว microcontroller จะหยุดทำงานตามคำสั่งโปรแกรมที่ได้เขียนไว้ เผื่อรอคำสั่งต่อไปคือเมื่อ SPO2 ต่ำกว่าค่าที่กำหนดอีก microcontroller ก็จะสั่งงานอีกดังที่ได้กล่าวไป

```
#include <Wire.h>
#include "MAX30100_PulseOximeter.h"

#define REPORTING_PERIOD_MS     2000

// PulseOximeter is the higher level interface to the sensor
// it offers:
//  * beat detection reporting
//  * heart rate calculation
//  * SpO2 (oxidation level) calculation
PulseOximeter pox;

uint32_t tsLastReport = 0;

// Callback (registered below) fired when a pulse is detected
void onBeatDetected()
{
    Serial.println("Beat!");
void setup()
{
    Serial.begin(115200);

    Serial.print("Initializing pulse oximeter..");

    // Initialize the PulseOximeter instance
    // Failures are generally due to an improper I2C wiring, missing power supply
    // or wrong target chip
    if (!pox.begin()) {
        Serial.println("FAILED");
        for(;;);
    } else {
        Serial.println("SUCCESS");
    }

    // The default current for the IR LED is 50mA and it could be changed
    //   by uncommenting the following line. Check MAX30100_Registers.h for all the
    //   available options.
    // pox.setIRLedCurrent(MAX30100_LED_CURR_7_6MA);

    // Register a callback for the beat detection
    pox.setOnBeatDetectedCallback(onBeatDetected);
}  void loop()
   {
       // Make sure to call update as fast as possible
       pox.update();

       // Asynchronously dump heart rate and oxidation levels to the serial
       // For both, a value of 0 means "invalid"
       if (millis() - tsLastReport > REPORTING_PERIOD_MS) {
           Serial.print("Heart rate:");
           Serial.print(pox.getHeartRate());
           Serial.print("bpm / SpO2:");
           Serial.print(pox.getSpO2());
           Serial.println("%");

           tsLastReport = millis();
       }
   }
```

รูปที่ 14 โปรแกรมการทำงานของ sensor Max30100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



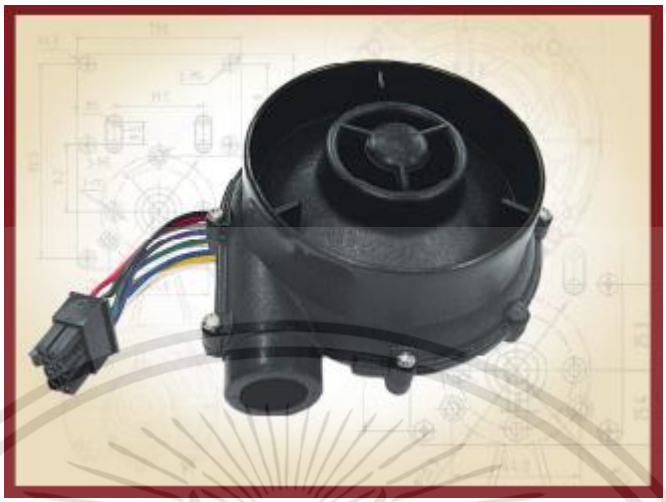
รูปที่ 15 การเชื่อมต่อระหว่าง sensor Max30100 กับ microcontroller

WeMos D1 ESP8266 WiFi	Sensor Max30100
5V	VIN
GND	GND
D4	SDA
D3	SCL
D2	INT

3.2 สร้างการเชื่อมต่อ Blower กับ microcontroller

เราทำการออกแบบฮาร์ดแวร์ให้ Blower ทำงานร่วมกับ microcontroller โดย กำหนดให้ขา input คือตัวต้านทานปรับค่าได้ให้เข้ากับ board microcontroller ที่ขา A0 ข้อมูล เชื่อมต่อเข้ากับ board microcontroller ที่ขา D11 กำหนดให้ที่ขา D11 เป็น output โดยโปรแกรมที่ออกแบบโดยใช้ค่าจากตัวต้านทานที่ปรับค่าได้เป็นค่าใช้ควบคุม blower

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

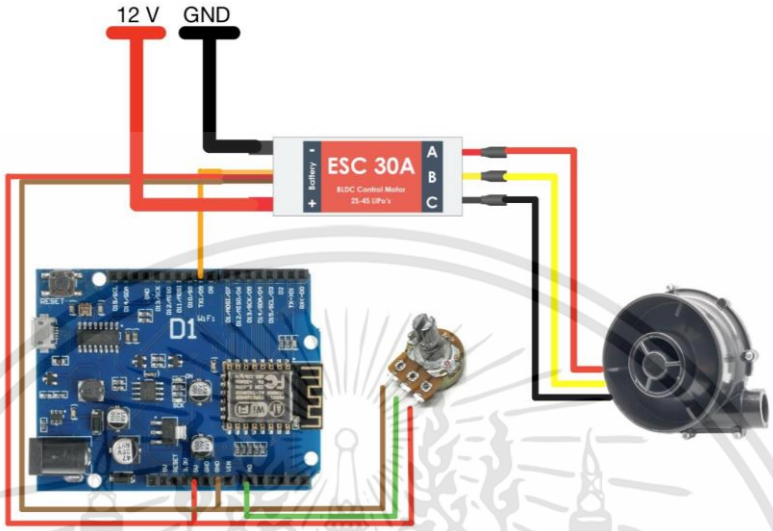


รูปที่ 16 พัดลม blower มอเตอร์ 3 phase WS7040-12-V200N

```
int PinVolume = A0, VolumeRead;
int fan = 11;
int SPO2, SPO2analog
int fanSpeed, fanSpeedanalog;
int fanLCD;


void setup()
{
    Serial.begin(115200);
    pinMode(fan, OUTPUT);
    pinMode(PinVolume, INPUT);
}

void loop()
{
        SPO2analog = analogRead(PinVolume);
        Serial.print("SpeedFan = ");
        Serial.println(fanLCD);
        fanSpeedanalog = map(SPO2analog, 0, 1023, 50, 255);
        fanLCD = map(SPO2analog, 0, 1023, 0, 100);
        analogWrite(fan, fanSpeedanalog);
}
```

รูปที่ 17 โปรแกรมการทำงานของ blower

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 18 การเชื่อมต่อระหว่าง Blower กับ microcontroller

Variable Resistor	WeMos D1 ESP8266 WiFi	ESC 30A
OUTPUT	A0	-
Vin	5V	5V
GND	GND	GND
-	D9	signal
-	-	12V(ข้างนอกวงจร)
-	-	GND(ข้างนอกวงจร)

3.3 การออกแบบการเชื่อมต่อระหว่าง oxygen can กับ microcontroller

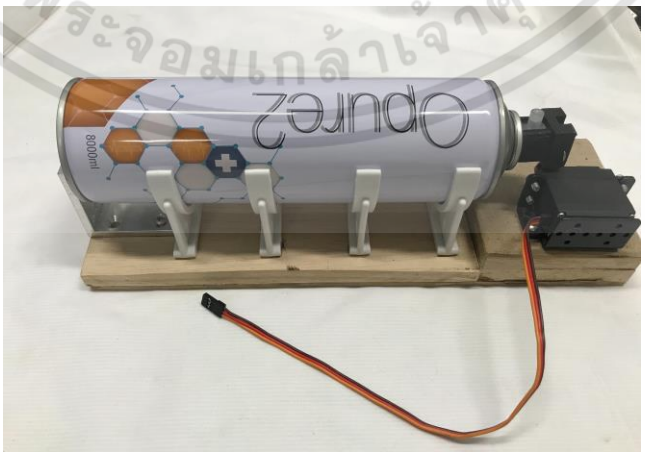
เราทำการออกแบบฮาร์ดแวร์ให้ oxygen can ทำงานร่วมกับ microcontroller โดยกำหนดให้การทำงานขึ้นกับค่าของเซนเซอร์ที่วัดออกซิเจน เพื่อมาเป็นตัวกำหนดการแสดงผลคือการปล่อยออกซิเจนออกไป โดยใช้ servo ในการควบคุมการกด oxygen can โดยการทำงาน เซอร์โวมอเตอร์ จะทำงานโดยการปรับเปรียนมุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ ทุกๆ 5 วินาที โดยที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปรับเปลี่ยนคือมุมที่ 40 และมุม 0 โดยหน่วยเป็นองศา เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการกดกรออกซิเจนกระป๋องที่จะประกอบรวมเป็นชิ้นงาน

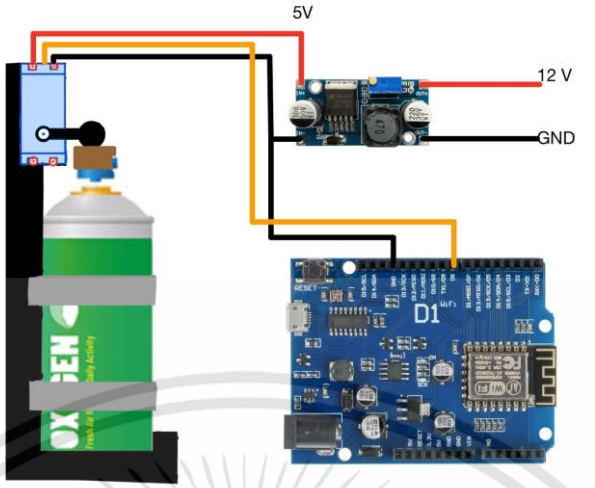
```
#include <Servo.h>

Servo myservo;
int state = 0;

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  myservo.attach(

    9);
  myservo.write(40);
}

void loop() {
  delay(50);
  int SR = analogRead(A0);
  Serial.println(SR);
  if (state == 0) {
    if (SR <= 100) {
      //myservo.write(40);
      myservo.write(0);
      delay(5000);
      state=1;
    }

    }
      else if (state == 1) {
      myservo.write(40);
      delay(5000);
      state = 0;
    }

  }
```

รูปที่ 19 แสดงโปรแกรมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์



รูปที่ 20 การประกอบ oxygen can เข้ากับ servo

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

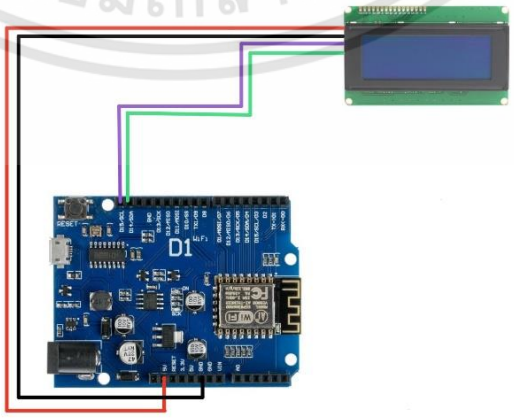


รูปที่ 21 การเชื่อมต่อระหว่าง oxygen can กับ microcontroller

Servo motor	WeMos D1 ESP8266 WiFi	Stepdown voltage
PWM	D8	GND(ข้างนอกวงจร)
GND	GND	GND
5V	-	5V
-	-	12V(ข้างนอกวงจร)

3.4 การออกแบบการใช้งานหน้าจอ LCD ร่วมกับ Microcontroller

จากการศึกษาการใช้งานหน้าจอ LCD เราจึงนำความรู้ที่ศึกษามาทำการออกแบบการใช้งานร่วมกับ Microcontroller โดยได้ทำการออกแบบให้หน้าจอ LCD ทำงานร่วมกับ sensor Max30100 เพื่อที่จะแสดงค่า Heart Rate และค่า SPO2 ในกระแสเลือดให้สัมพันธ์กับการทำงานของ sensor Max30100



รูปที่ 22 การออกแบบวงจรสำหรับแสดงค่าบนหน้าจอ LCD ที่ทำงานร่วมกับ sensor Max30100C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WeMos D1 ESP8266 WiFi	LCD 20x4
5V	VDD
GND	VSS
SCL	RS
SDA	R/W

3.5 การเขียนโปรแกรมการใช้งานหน้าจอ LCD ร่วมกับ Microcontroller

จากการศึกษาการทำงานของหน้าจอ LCD และนำมาทำการออกแบบและปรับใช้ร่วมกับ sensor Max30100 จากนั้นเราได้ทำการเขียนโปรแกรมโดยใช้โปแกรม Arduino เพื่อให้หน้าจอ LCD สามารถทำงานร่วมกันกับ sensor Max30100 โดยต้องการให้หน้าจอ LCD แสดงผล Heart rate และค่า SPO2 ที่สอดคล้องกับ sensor Max30100

```
void loop()
{
    Blynk.run();
    // Make sure to call update as fast as possible
    pox.update();
    BPM = pox.getHeartRate();
    SpO2 = pox.getSpO2();

    // Asynchronously dump heart rate and oxidation levels to the serial
    // For both, a value of 0 means "invalid"
   if(pox.getSpO2()>50){
    if (millis() - tsLastReport > REPORTING_PERIOD_MS) {

      Serial.print("Heart rate:");
      Serial.print(pox.getHeartRate());
      Serial.print("bpm / SpO2:");
      Serial.print(pox.getSpO2());
      Serial.println(" ");
      //Serial.println("%");
      Blynk.virtualWrite(V7, pox.getHeartRate());
      Blynk.virtualWrite(V8, pox.getSpO2());
      lcd.display();
      lcd.clear();
      lcd.setCursor(0,0);
      lcd.print("HR : ");
      lcd.print(pox.getHeartRate());
      lcd.setCursor(0,1);
      lcd.print("SpO2 :");
      lcd.print(pox.getSpO2());
      lcd.print("%");
```

รูปที่ 23 โปรแกรมการทำงานของจอ LCD ร่วมกับ Microcontroller

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 ทำการทดสอบการใช้งานหน้าจอ LCD ร่วมกับ Microcontroller

หลังจากเราได้ทำการออกแบบการเชื่อมต่อระหว่าง LCD กับ Microcontroller แล้ว เพื่อให้ LCD สามารถทำงานร่วมกันกับ sensor Max 30100 เราได้ทำการเขียนโปรแกรมการทำงานของจอ LCD เพื่อนำมาใช้งานร่วมกับ sensor Max30100 ได้อย่างสัมพันธ์กัน จากนั้นเราทำการทดสอบเพื่อดูผลการแสดงผลหน้าจอ LCD ว่าสามารถทำงานร่วมกับ sensor Max 30100 ได้อย่างสัมพันธ์ตามที่ได้ออกแบบไว้โดยทำการทดสอบโดยแบ่งเป็น 2 ช่วง คือ เมื่อไม่มีการทำงานของ sensor Max 30100 และช่วงที่สองคือการทำงานแบบปกติของ sensor Max 30100 เมื่อมีการตรวจจับค่า Heart rate และ ค่า SPO2 ได้

รูปที่ 24 หน้าจอ LCD แสดงผลเมื่อไม่มีการตรวจจับค่า Heart rate และ SPO2 ของ sensor Max 30100

รูปที่ 25 หน้าจอ LCD แสดงผลเมื่อมีการตรวจจับค่า Heart rate และ SPO2 ของ sensor Max 30100

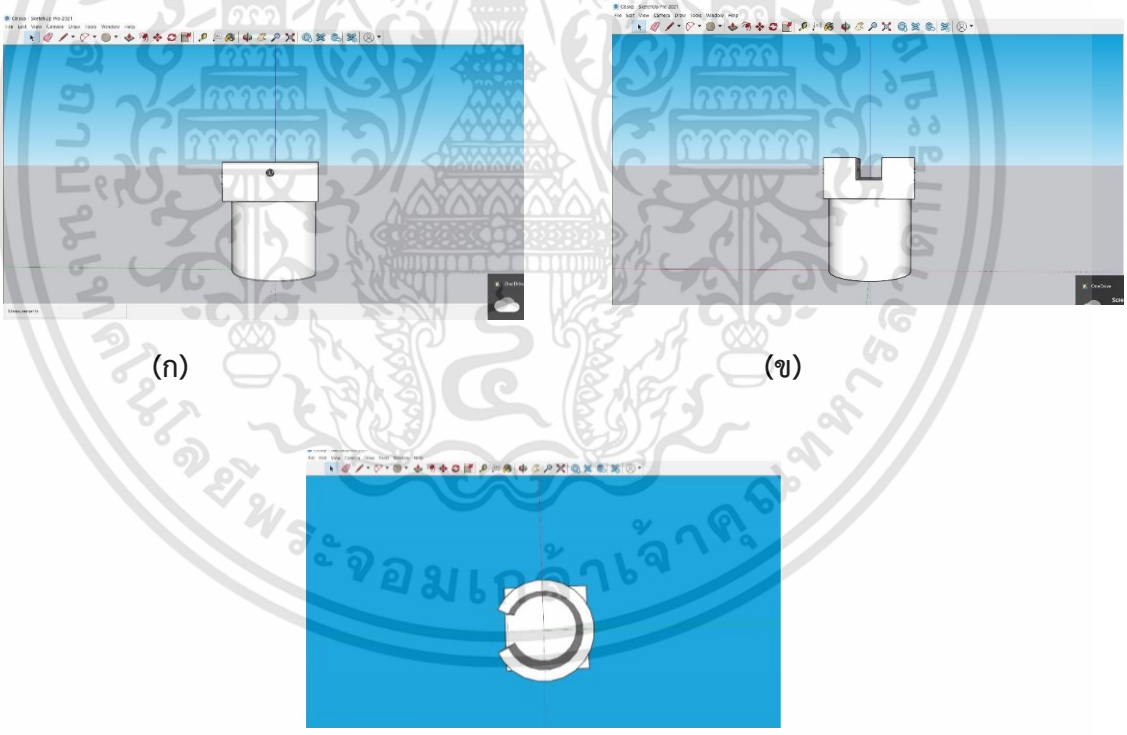
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 การออกแบบชิ้นงาน 3D เพื่อใช้ร่วมกับชิ้นงาน

เราได้ทำการออกแบบชิ้นงาน 3D print ที่จะนำไปใช้ร่วมกับชิ้นงาน ได้ทำการออกกแบบไว้ 3 ส่วนด้วยกัน คือ 1. ส่วนหัวกดกระป๋อง 2. ส่วนข้อต่อระหว่างกล่องกับพัดลม 3. ส่วนข้อต่อกล่องกับสายออกซิเจน โดยเราทำการออกแบบตัวชิ้นงาน 3D print โดยใช้โปรแกรม sketch up มาใช้ในการออกแบบ เนื่องจากตัวโปรแกรมมีการใช้งานที่ง่าย และเหมาะสมกับการเลือกใช้ในการออกแบบตัวชิ้นงาน เพื่อนำมาประกอบร่วมเป็นส่วนหัวกดของกระป๋อง oxygen can ส่วนข้อต่อระหว่างกล่องกับพัดลม และ ส่วนข้อต่อกล่องกับสายออกซิเจน

3.7.1 ส่วนหัวกดกระป๋อง

เราได้ทำการออกแบบชิ้นงาน 3D ผ่านโปรแกรม SketchUp ดังรูปที่ 26 (ก) - (ค) โดยเราได้แบ่งชิ้นส่วนงานออกแบบ 2 ส่วนหลักคือทรงกระบอกและทรงสี่เหลี่ยมและนำมาประกอบกันเพื่อให้กลายเป็นที่กดกระป๋อง oxygen can ใช้งานร่วมกับเซอร์โวมอเตอร์



(ก) (ข)

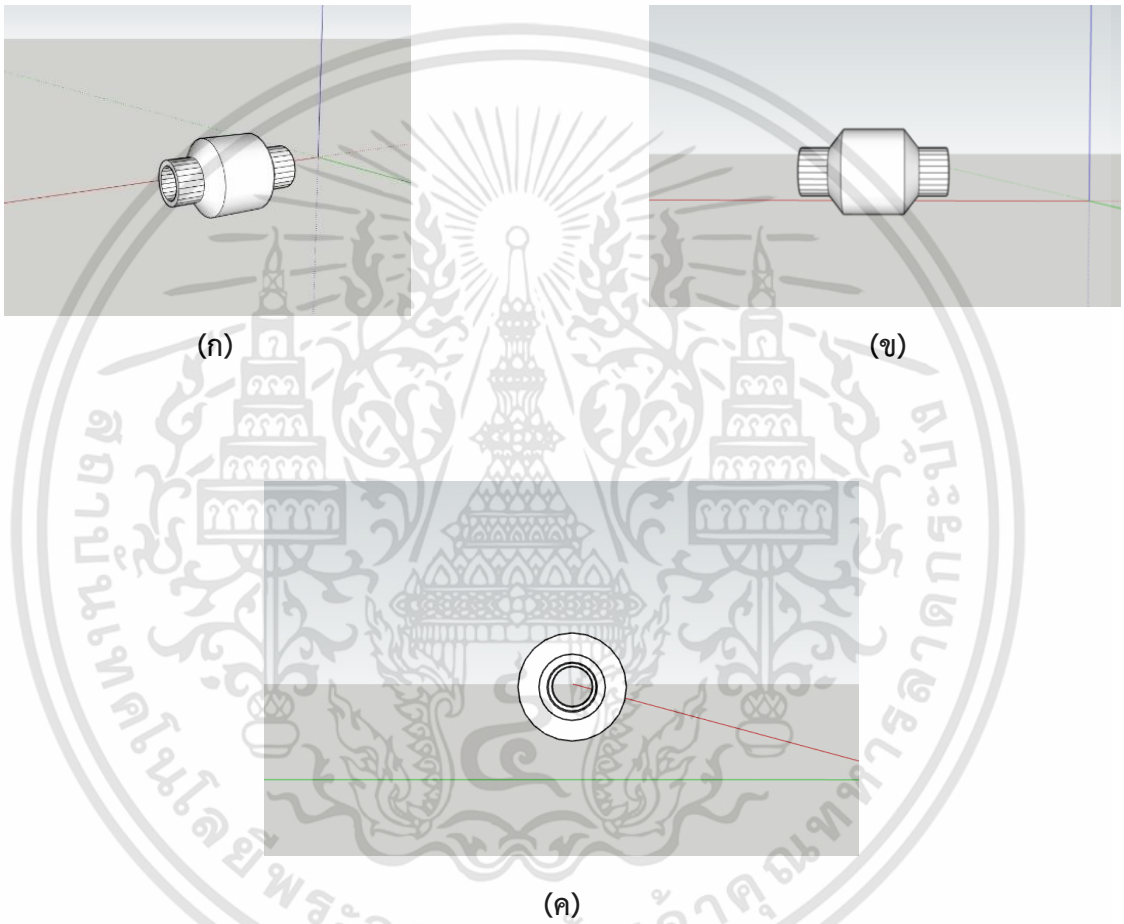
(ค)

รูปที่ 26 การออกแบบชิ้นงานส่วนที่กดกระป๋อง 3D ผ่านโปรแกรม SketchUp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.2 การออกแบบข้อต่อระหว่าง oxygen can กับท่อลม

เราได้ทำการออกแบบชิ้นงาน 3D ผ่านโปรแกรม SketchUp ดังรูปที่ 27 (ก) - (ค) โดยเราได้ออกแบบส่วนนี้เพิ่มเติม เพื่อให้เกิดความสมบูรณ์ และเกิดการเชื่อมต่อระหว่างท่อลมและกระป๋องออกซิเจน ที่จะนำมาใช้การประกอบรวมเข้ากับชิ้นงานต้นแบบ



(ก) **(ข)**

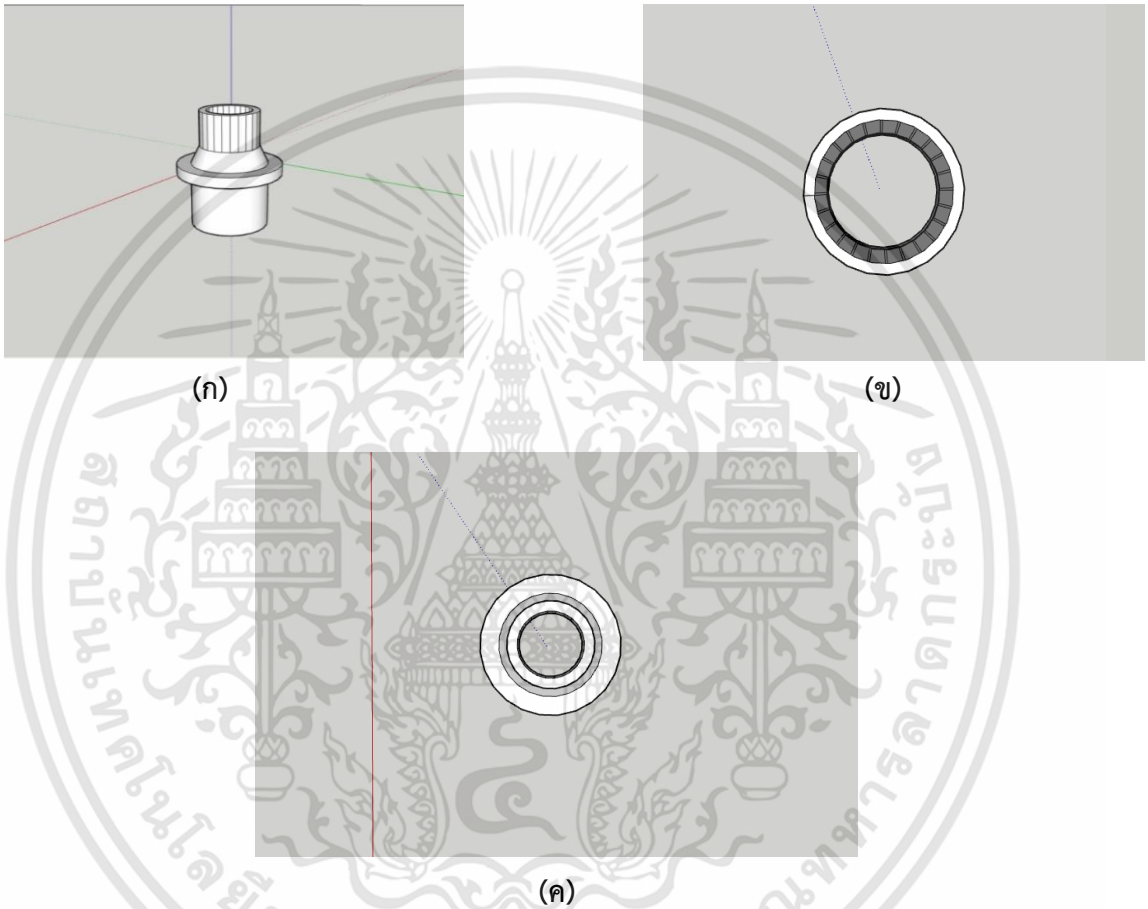
(ค)

รูปที่ 27 การออกแบบข้อต่อระหว่าง oxygen can กับท่อลมผ่านโปรแกรม SketchUp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.3 การออกแบบท่อเชื่อมต่อระหว่างท่อรวมลมเพื่อส่งอากาศไปยังหน้ากาก

เราได้ทำการออกแบบชิ้นงาน 3D ผ่านโปรแกรม SketchUp ดังรูปที่ 28 (ก) – (ค) โดยเราได้ออกแบบส่วนข้อต่อเพื่อใช้เป็นท่อรวมอากาศที่จะส่งออกซิเจนไปยังหน้ากากของผู้ใช้งานอุปกรณ์เพิ่มประสิทธิภาพการนอนหลับต้นทุนต่ำ



(ก) **(ข)**

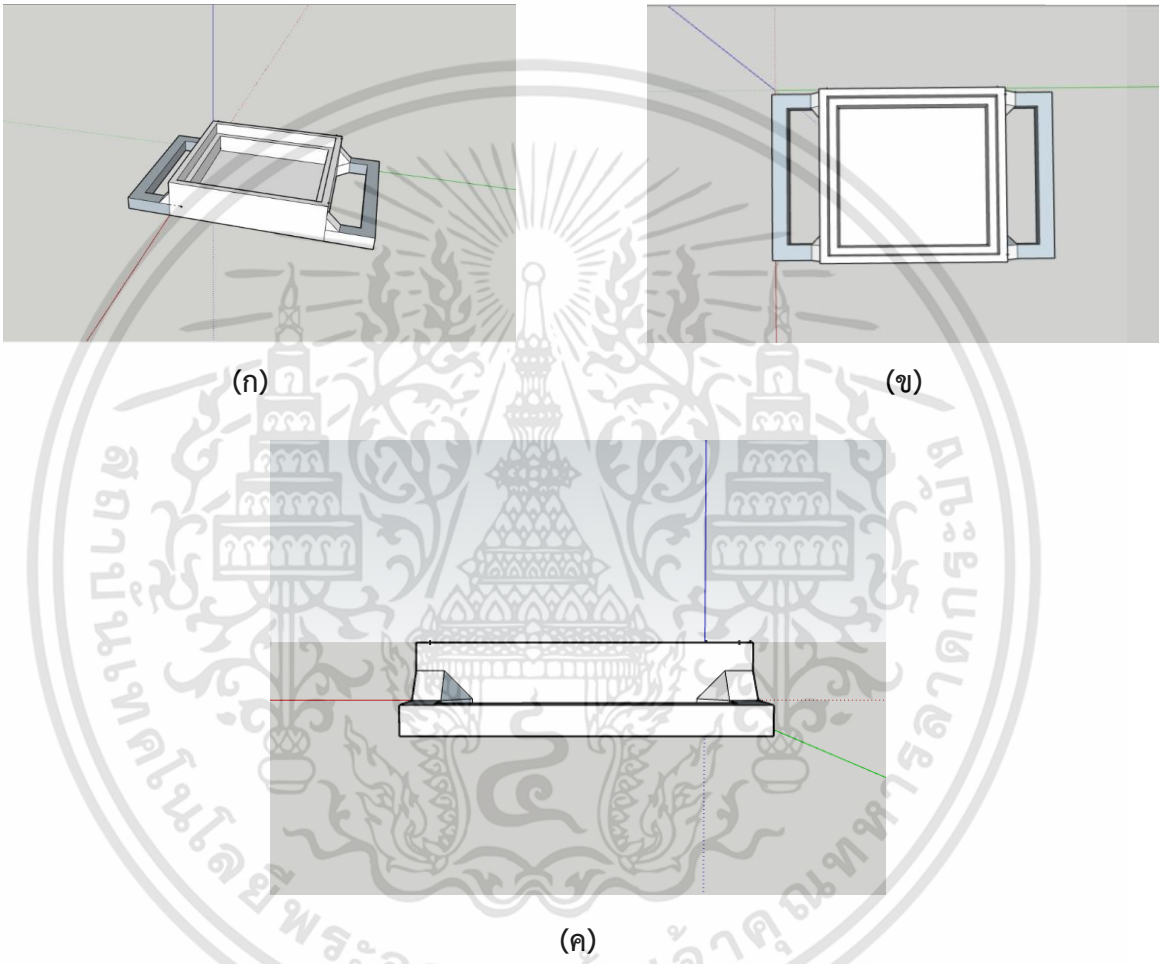
(ค)

รูปที่ 28 การออกแบบท่อเชื่อมต่อระหว่างท่อรวมลมเพื่อส่งอากาศไปยังหน้ากากผ่านโปรแกรม SketchUp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.4 การออกแบบกรอบครอบ sensor Max30100

เราได้ทำการออกแบบชิ้นงาน 3D ผ่านโปรแกรม SketchUp ดังรูปที่ 29 (ก) – (ค) โดยเราได้ทำการออกแบบกรอบครอบ sensor Max30100 ที่จะใช้ติดตรงหน้ากากที่จะใช้วัดค่า Spo02 และค่า Heart rate เพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้งาน

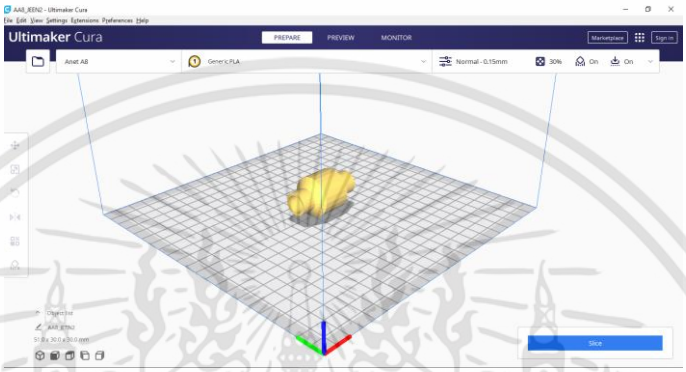


รูปที่ 29 การออกแบบกรอบครอบ sensor Max30100 3D ผ่านโปรแกรม SketchUp

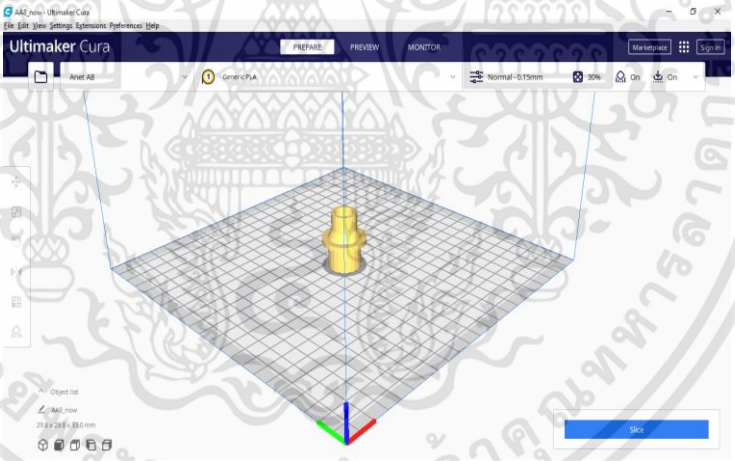
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.5 นำมาเข้าโปรแกรม Ultimaker Cura

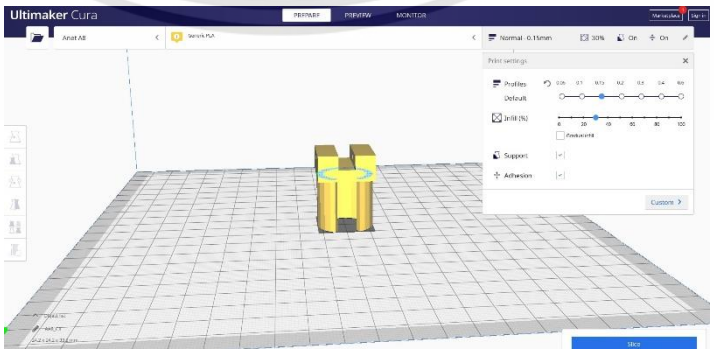
ทำการนำชิ้นงานที่ได้ออกแบบจากโปรแกรม SketchUp มาเข้าในโปรแกรม Ultimaker Cura เพื่อเตรียมชิ้นงานก่อนจะนำมาเข้าเครื่องปริ้น 3D โดยเปลี่ยนนามสกุลไฟล์เป็น .gcode และ save ลงใน SD card นำไปเข้าเครื่องปริ้น 3D รุ่น Anet A8 โดยใช้เส้นใย PLA เป็นวัสดุของชิ้นงาน



รูปที่ 30 ส่วนข้อต่อoxygen can กับท่อลม

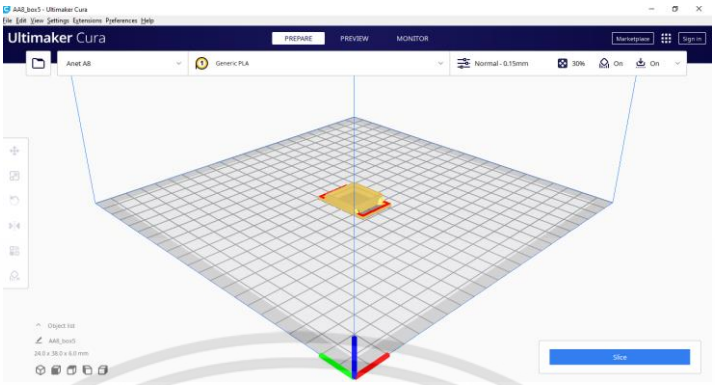


รูปที่ 31 ส่วนข้อต่อเชื่อมต่อระหว่างท่อรวมลมเพื่อส่งอากาศไปยังหน้ากาก



รูปที่ 32 ส่วนหัวกดกระป๋อง

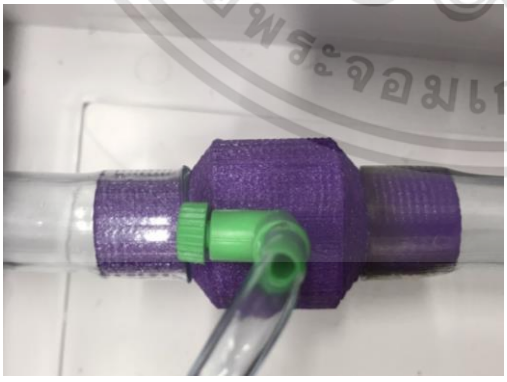
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 33 ส่วนกรอบคอบ sensor Max30100

รูปที่ 34 รูปชิ้นงานจริงส่วนข้อต่อเชื่อมต่อระหว่างท่อรวมลม

รูปที่ 35 รูปชิ้นงานส่วนกรอบครอบ sensor



รูปที่ 36 รูปชิ้นงานจริงส่วนข้อต่อ oxygen can กับท่อลม

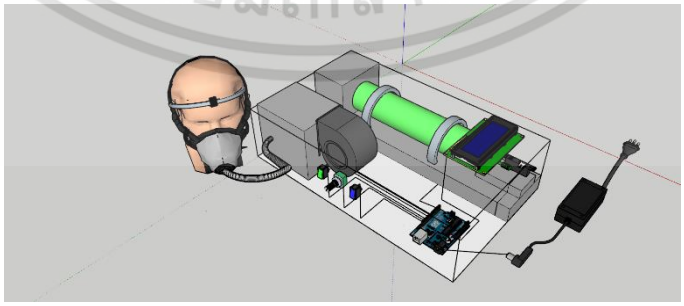
รูปที่ 37 รูปชิ้นงานจริงส่วนที่กระป๋อง oxygen can

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8 การประกอบชิ้นงานตามต้นแบบที่ได้ออกแบบไว้

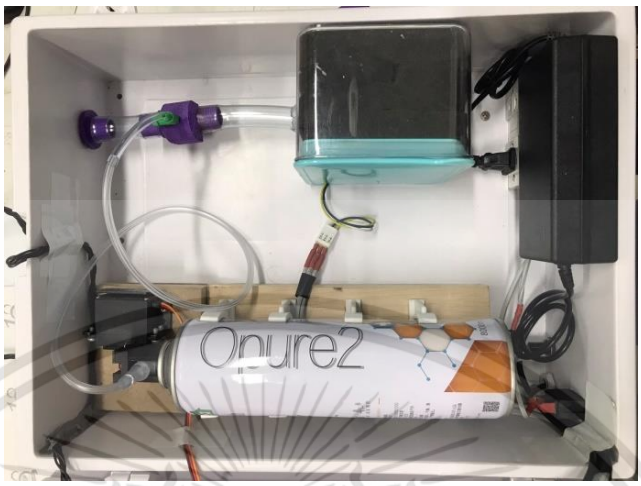
เราได้ทำการประกอบชิ้นงานต้นแบบ ตามที่ได้ออกแบบไว้โดยมีส่วนประกอบแบ่งเป็น 3 ส่วน ส่วนที่แรกคือส่วนของเซนเซอร์ Max30100 ที่ใช้ในการจับค่า SPO2 และค่า Heart rate ของผู้ใช้งาน ตัวอุปกรณ์ ส่วนต่อมาคือส่วนของ servo motor ที่ใช้กดกระป๋องออกซิเจนเพื่อส่งออกซิเจนไปยังผู้ใช้งาน ส่วนสุดท้ายคือของพัดลม blower ที่ใช้เป่าอากาศไปยังผู้ใช้งานอุปกรณ์ เมื่อเราทำได้การรวมโปรแกรมที่ใช้งานในชิ้นงานแล้วนำมาประกอบรวมเป็นชิ้นงานโดยการประกอบเข้าในกล่องใส่อุปกรณ์ที่เราได้เตรียมไว้

รูปที่ 38 ชิ้นงานต้นแบบหลังการประกอบรวม



รูปที่ 39 รูปการออกแบบของชิ้นงานที่ได้ออกแบบไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 40 รูปภายในชิ้นงานต้นแบบหลังจากการประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

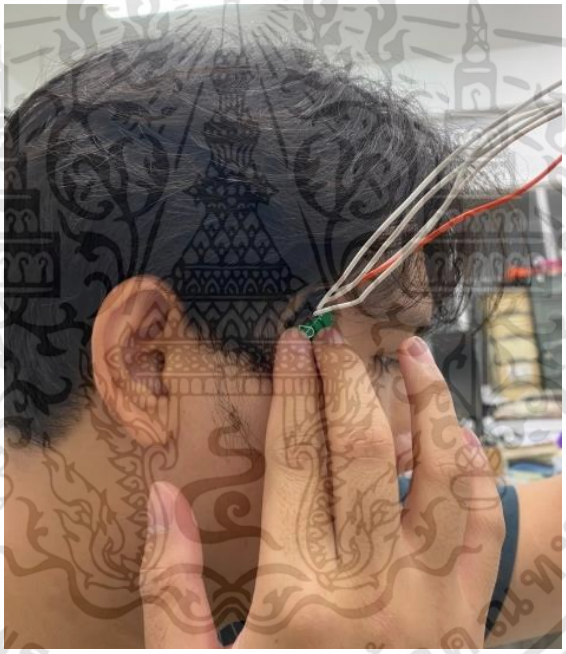
ผลการทดลอง

เมื่อเราได้ทำการออกแบบการเชื่อมต่อระหว่าง oxygen can กับ microcontroller โดยการออกแบบฮาร์ดแวร์ให้ oxygen can ทำงานร่วมกับ microcontroller โดยกำหนดให้การทำงานขึ้นกับค่าของเซนเซอร์ที่วัดออกซิเจน หลังจากที่ออกแบบเราได้ทำการนำทุกส่วนมาร่วมกันมาประกอบเป็นชิ้นงานจริง โดยการนำโปรแกรมการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์เข้ามาใส่เพื่อที่จะทดสอบการทำงานจริง และทำการออกแบบ 3D print เพื่อใช้เป็นตัวล็อคเข็มของเซอร์โวมอเตอร์เพื่อให้การทำงานของชิ้นงานมีประสิทธิภาพ โดยหลังจากที่ได้ออกแบบการเชื่อมต่อ เราได้ทำการออกแบบการทดลองทดสอบการเชื่อมต่อระหว่าง oxygen can กับ microcontroller โดยในการทดสอบจะแบ่งเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงแรกเราทำการทดสอบความถูกต้องและแม่นยำของ sensor Max30101 กับเครื่อง pulse oximeterโดยแต่ละครั้งทำการทดสอบตรวจจับได้ครั้งละ 5 รอบ และนำค่า heart rate ที่วัดได้จาก sensor Max30101 ทั้งหมด 10 ครั้ง นำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อเปรียบเทียบกับ เครื่อง pulse oximeter เพื่อทำการหาค่าเปอร์เซ็นความแตกต่างและเปอร์เซ็นความคลาดเคลื่อน โดยผลการทดสอบแสดงให้ดูในรูปที่ 42, 44 , 46 , 48 , 50 จะแสดงค่า Heart Rate และ SPO2 จาก sensor Max30101 แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยส่วนในรูปที่ 43, 45, 47, 49, 51 จะแสดงค่า Heart Rate และ SPO2 จาก pulse oximeter และผลการทดสอบแสดงค่าดังตารางที่ 1 และช่วงที่สอง เราทำการทดสอบความเร็วของพัดลมโดยการปรับค่า PWM เป็นเปอร์เซ็นที่ 0%, 25%, 50%, 75%, 100% เพื่อนำคำนวณหาค่าเป็นการแสดงค่า PWM ที่วัดค่าจาก oscilloscope แสดงค่าดังตารางที่ 2 และเมื่อเราทำการประกอบตัวชิ้นงานเครื่องอุปกรณ์เพิ่มประสิทธิภาพการนอนหลับต้นทุนต่ำเราได้ทำการทดสอบการทำงานจริงของ sensor Max30100 ขณะใช้งานติดที่หน้าผากโดยใช้กลุ่มตัวอย่างที่มีความแตกต่างกัน เมื่อทำการทดสอบและบันถึกผลแล้วจะแสดงผลในรูปแบบของกราฟในรูปที่ 63, 64, 65 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 ทำการทดสอบการเชื่อมต่อระหว่าง sensor Max30100 กับ microcontroller

เราทำการทดสอบความถูกต้องและแม่นยำของ sensor Max30100 กับเครื่อง pulse oximeterโดยแต่ละครั้งทำการทดสอบตรวจจับ 5 รอบ โดยแต่ละรอบจะทำการตรวจจับ Heart Rate และ SPO2 รอบละ 10 ครั้ง และนำค่า Heart Rate และ SPO2 ที่วัดได้จาก sensor Max30100 ทั้งหมด 10 ครั้ง นำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อเปรียบเทียบกับ เครื่อง pulse oximeter เพื่อทำการหาค่าเปอร์เซ็นความแตกต่างและเปอร์เซ็นความคลาดเคลื่อน โดยเราใช้ sensor Max30100 ทำการทดสอบที่ขมับจุดที่ใกล้กับชีพจรบริเวณหน้าผาก เพื่อให้ได้ค่า Heart Rate และ SPO2 ที่แม่นยำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อเปรียบเทียบกับค่า Heart Rate และ SPO2 ของเครื่อง pulse oximeter ที่ได้จากการวัดที่ชีพจรที่นิ้วมือ โดยผลการทดสอบแสดงให้ดูในตารางที่ 1



รูปที่ 41 ทำการทดสอบ sensor Max30100 ที่บริเวณขมับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองครั้งที่ 1 ทำการใช้ sensor Max30100 ตรวจจับค่า Heart rate และ SPO2 ทั้งหมด 10 ครั้ง

รูปที่ 42 โปรแกรมแสดงผลค่า SPO2 และ Heart rate ที่ sensor Max30100 ตรวจจับค่าได้ครั้งที่ 1

รูปที่ 43 แสดงค่าที่ SPO2 และ Heart rate ที่ pulse oximeter วัดค่าได้ครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองครั้งที่ 2 ทำการใช้ sensor Max30100 ตรวจจับค่า Heart rate และ SPO2 ทั้งหมด 10 ครั้ง

```
20:39:06.822 -> Heart rate:105.33bpm / SpO2:98%   1
20:39:07.149 -> Beat!
20:39:07.711 -> Beat!
20:39:08.318 -> Beat!
20:39:08.828 -> Heart rate:101.96bpm / SpO2:98%   2
20:39:08.921 -> Beat!
20:39:09.526 -> Beat!
20:39:10.132 -> Beat!
20:39:10.691 -> Beat!
20:39:10.832 -> Heart rate:102.76bpm / SpO2:99%   3
20:39:11.340 -> Beat!
20:39:11.901 -> Beat!
20:39:12.550 -> Beat!
20:39:12.830 -> Heart rate:98.85bpm / SpO2:99%    4
20:39:13.111 -> Beat!
20:39:13.718 -> Beat!
20:39:14.323 -> Beat!
20:39:14.838 -> Heart rate:98.98bpm / SpO2:99%    5
20:39:14.885 -> Beat!
20:39:15.490 -> Beat!
20:39:16.098 -> Beat!
20:39:16.709 -> Beat!
20:39:16.849 -> Heart rate:97.82bpm / SpO2:99%    6
20:39:17.314 -> Beat!
20:39:17.927 -> Beat!
20:39:18.531 -> Beat!
20:39:18.655 -> Heart rate:99.03bpm / SpO2:99%    7
20:39:19.138 -> Beat!
20:39:19.695 -> Beat!
20:39:20.344 -> Beat!
20:39:20.856 -> Heart rate:96.94bpm / SpO2:99%    8
20:39:20.949 -> Beat!
20:39:21.551 -> Beat!

20:39:22.158 -> Beat!
20:39:22.715 -> Beat!
20:39:22.854 -> Heart rate:101.43bpm / SpO2:99%   9
20:39:23.323 -> Beat!
20:39:23.882 -> Beat!
20:39:24.490 -> Beat!
20:39:24.815 -> Heart rate:101.33bpm / SpO2:99%   10
20:39:25.049 -> Beat!
20:39:25.611 -> Beat!
20:39:26.215 -> Beat!
20:39:26.823 -> Beat!
20:39:26.823 -> Heart rate:102.04bpm / SpO2:99%
20:39:27.429 -> Beat!
20:39:27.992 -> Beat!
20:39:28.555 -> Beat!
20:39:28.835 -> Heart rate:102.20bpm / SpO2:99%
20:39:29.114 -> Beat!
```

รูปที่ 44 โปรแกรมแสดงผลค่า SPO2 และ Heart rate ที่ sensor Max30100 ตรวจจับค่าได้ครั้งที่ 2

รูปที่ 45 แสดงค่าที่ SPO2 และ Heart rate ที่ pulse oximeter วัดค่าได้ครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองครั้งที่ 3 ทำการใช้ sensor Max30100 ตรวจจับค่า Heart rate และ SPO2 ทั้งหมด 10 ครั้ง

```
20:42:56.930 -> Heart rate:101.04bpm / SpO2:99%
20:42:57.209 -> Beat!
20:42:57.822 -> Beat!
20:42:58.385 -> Beat!
20:42:58.947 -> Heart rate:101.10bpm / SpO2:99%
20:42:58.994 -> Beat!
20:42:59.602 -> Beat!
20:43:00.256 -> Beat!
20:43:00.865 -> Beat!
20:43:00.959 -> Heart rate:98.36bpm / SpO2:99%
20:43:01.472 -> Beat!
20:43:02.033 -> Beat!
20:43:02.640 -> Beat!
20:43:02.968 -> Heart rate:99.01bpm / SpO2:99%
20:43:03.247 -> Beat!
20:43:03.898 -> Beat!
20:43:04.503 -> Beat!
20:43:04.969 -> Heart rate:98.73bpm / SpO2:99%
20:43:05.063 -> Beat!
20:43:05.670 -> Beat!
20:43:06.276 -> Beat!
20:43:06.838 -> Beat!
20:43:06.932 -> Heart rate:102.18bpm / SpO2:99%
20:43:07.447 -> Beat!
20:43:08.108 -> Beat!
20:43:08.675 -> Beat!
20:43:08.961 -> Heart rate:100.22bpm / SpO2:99%
20:43:09.247 -> Beat!
20:43:09.852 -> Beat!
20:43:10.456 -> Beat!
20:43:10.969 -> Heart rate:101.25bpm / SpO2:99%
20:43:11.016 -> Beat!
20:43:11.626 -> Beat!
20:43:12.189 -> Beat!
20:43:12.793 -> Beat!
20:43:12.933 -> Heart rate:100.96bpm / SpO2:99%
20:43:13.356 -> Beat!
20:43:13.963 -> Beat!
20:43:14.568 -> Beat!
20:43:14.943 -> Heart rate:98.74bpm / SpO2:99%
20:43:15.178 -> Beat!
20:43:15.782 -> Beat!
20:43:16.388 -> Beat!
20:43:16.950 -> Heart rate:102.48bpm / SpO2:99%
20:43:16.950 -> Beat!
20:43:17.558 -> Beat!
20:43:18.124 -> Beat!
20:43:18.733 -> Beat!
20:43:18.968 -> Heart rate:103.68bpm / SpO2:99%
20:43:19.292 -> Beat!
20:43:19.851 -> Beat!
20:43:20.409 -> Beat!
20:43:20.970 -> Heart rate:106.12bpm / SpO2:99%
20:43:20.970 -> Beat!
20:43:21.529 -> Beat!
20:43:21.809 -> Beat!
20:43:22.605 -> Beat!
```

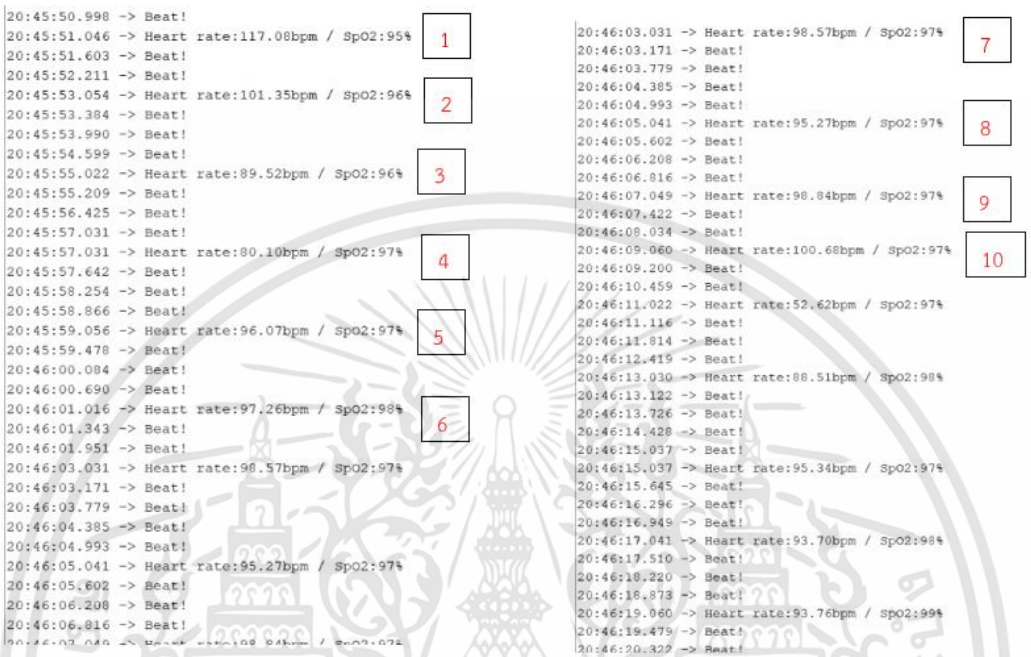
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

รูปที่ 46 โปรแกรมแสดงผลค่า SPO2 และ Heart rate ที่ sensor Max30100 ตรวจจับค่าได้ครั้งที่ 3

รูปที่ 47 แสดงค่าที่ SPO2 และ Heart rate ที่ pulse oximeter วัดค่าได้ครั้งที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองครั้งที่ 4 ทำการใช้ sensor Max30100 ตรวจจับค่า Heart rate และ SPO2 ทั้งหมด 10 ครั้ง



รูปที่ 48 โปรแกรมแสดงผลค่า SPO2 และ Heart rate ที่ sensor Max30100 ตรวจจับค่าได้ครั้งที่ 4

รูปที่ 49 แสดงค่าที่ SPO2 และ Heart rate ที่ pulse oximeter วัดค่าได้ครั้งที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองครั้งที่ 5 ทำการใช้ sensor Max30100 ตรวจจับค่า Heart rate และ SPO2 ทั้งหมด 10 ครั้ง

```
20:49:07.116 -> Heart rate:100.51bpm / SpO2:97%
20:49:08.056 -> Beat!
20:49:08.666 -> Beat!
20:49:09.132 -> Heart rate:81.73bpm / SpO2:98%   1
20:49:09.272 -> Beat!
20:49:09.835 -> Beat!
20:49:10.441 -> Beat!
20:49:10.999 -> Beat!
20:49:11.139 -> Heart rate:103.35bpm / SpO2:98%  2
20:49:11.601 -> Beat!
20:49:12.206 -> Beat!
20:49:12.761 -> Beat!
20:49:13.134 -> Heart rate:102.30bpm / SpO2:99%  3
20:49:13.370 -> Beat!
20:49:13.975 -> Beat!
20:49:14.586 -> Beat!
20:49:15.145 -> Heart rate:99.49bpm / SpO2:99%   4
20:49:15.191 -> Beat!
20:49:15.801 -> Beat!
20:49:16.454 -> Beat!
20:49:17.060 -> Beat!
20:49:17.154 -> Heart rate:98.56bpm / SpO2:99%   5
20:49:17.669 -> Beat!
20:49:18.235 -> Beat!
20:49:18.845 -> Beat!
20:49:19.124 -> Heart rate:99.89bpm / SpO2:98%   6
20:49:19.453 -> Beat!
20:49:20.060 -> Beat!
20:49:20.668 -> Beat!
20:49:21.137 -> Heart rate:100.56bpm / SpO2:99%  7
20:49:21.229 -> Beat!
20:49:21.789 -> Beat!
20:49:22.393 -> Beat!
20:49:22.954 -> Beat!
20:49:23.141 -> Heart rate:102.59bpm / SpO2:98%
20:49:23.568 -> Beat!
20:49:23.141 -> Heart rate:102.59bpm / SpO2:98%  8
20:49:23.568 -> Beat!
20:49:24.130 -> Beat!
20:49:24.736 -> Beat!
20:49:25.156 -> Heart rate:102.26bpm / SpO2:98%  9
20:49:25.344 -> Beat!
20:49:25.949 -> Beat!
20:49:26.556 -> Beat!
20:49:27.118 -> Heart rate:100.73bpm / SpO2:99%  10
20:49:27.164 -> Beat!
20:49:27.723 -> Beat!
20:49:28.333 -> Beat!
20:49:28.939 -> Beat!
20:49:29.126 -> Heart rate:101.64bpm / SpO2:99%
20:49:29.500 -> Beat!
```

รูปที่ 50 โปรแกรมแสดงผลค่า SPO2 และ Heart rate ที่ sensor Max30100 ตรวจจับค่าได้ครั้งที่ 5

รูปที่ 51 แสดงค่าที่ SPO2 และ Heart rate ที่ pulse oximeter วัดค่าได้ครั้งที่ 5

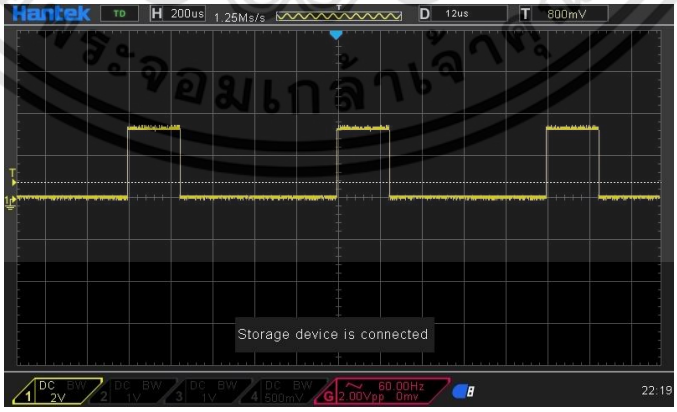
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 แสดงผลการทดลองการทดสอบความถูกต้องและแม่นยำของ sensor Max30100 กับเครื่อง pulse oximeter

ครั้งที่	Sensor Max30101		เครื่อง pulse oximeter		ค่าความแตกต่าง (%)	ค่าความคลาดเคลื่อน(%)
	Mean Heart rate(bpm)	Mean SPO2(%)	Heart rate(bpm)	SPO2(%)		
1	108.90	98	107	99	2	1.77
2	100.44	95.8	107	99	6	6.13
3	82.16	99	104	99	23	20.41
4	96.91	96.7	97	99	0.1	0.08
5	99.16	98.3	107	99	7.6	7.32

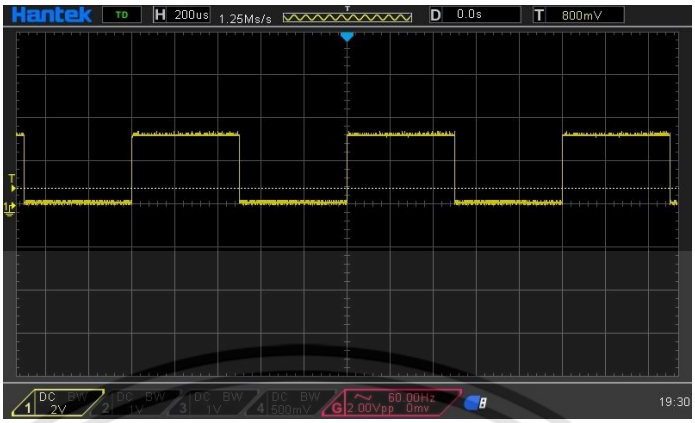
4.2 การทดสอบความเร็วของพัดลมและความค่าแรงดันของ blower ขณะใช้งาน โดยการปรับค่า PWM

เราทำการทดสอบความเร็วของพัดลมโดยการปรับค่า PWM เป็นเปอร์เซ็นที่ 25%, 50%, 75%, 100% โดยค่าความเร็วพัดลมเราได้ทำการวัดโดยใช้ flow sensor ในการวัดและ เป็นการแสดงค่า PWM ที่วัดค่าจาก oscilloscope และทำการวัดค่าความดันของ blower ขณะใช้งาน โดยเราออกแบบการทดลองโดยใช้ท่อบรรจุน้ำ และต่อเข้ากับ blower ที่ปลายด้านหนึ่ง สังเกตและวัดระดับน้ำที่ เปลี่ยนแปลงจากระดับอ้างอิง ทำการทดสอบทุกค่าที่กล่าวไว้ข้างต้น ตามลำดับ บันทึกผล และพล็อตกราฟระหว่างระดับแรงดัน (cmH2O)และ ค่าบิต PWM แสดงค่าดังตารางที่

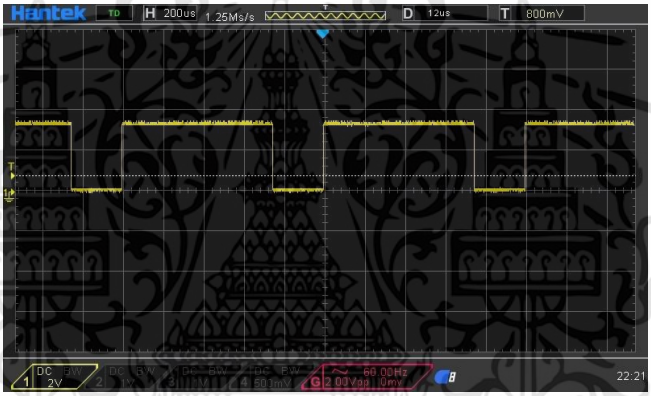


รูปที่ 52 แสดงค่า Duty cycle 25% ที่วัดค่าได้จาก oscilloscope

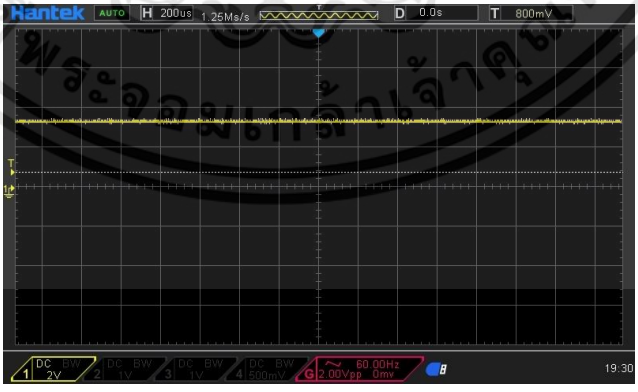
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 53 แสดงค่า Duty cycle 50% ที่วัดค่าได้จาก oscilloscope

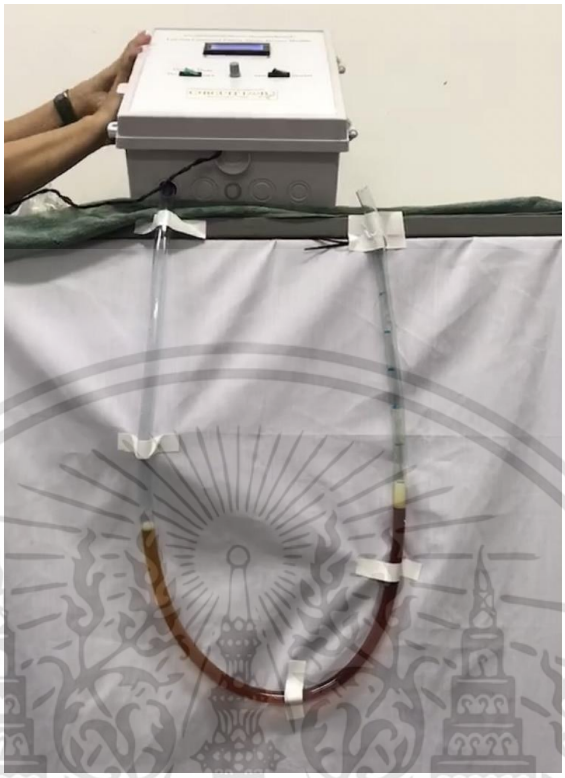


รูปที่ 54 แสดงค่า Duty cycle 75% ที่วัดค่าได้จาก oscilloscope



รูปที่ 55 แสดงค่า Duty cycle 100% ที่วัดค่าได้จาก oscilloscope

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 56 แสดงขณะทำการวัดแรงดันของ blower ก่อนเปิดใช้งาน blower

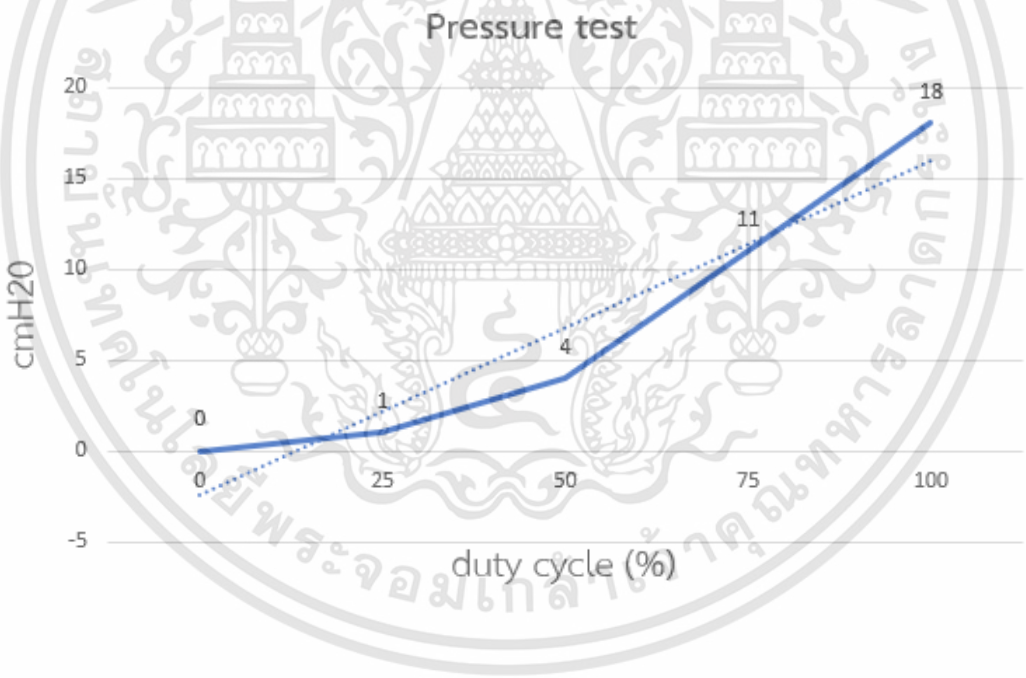
รูปที่ 57 แสดงขณะทำการวัดแรงดันของ blower หลังเปิดใช้งาน blower

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 แสดงผลการทดลองปรับค่า PWM ที่ทำการทดสอบค่าความเร็วลมและค่าแรงดันของ blower ขณะใช้งาน

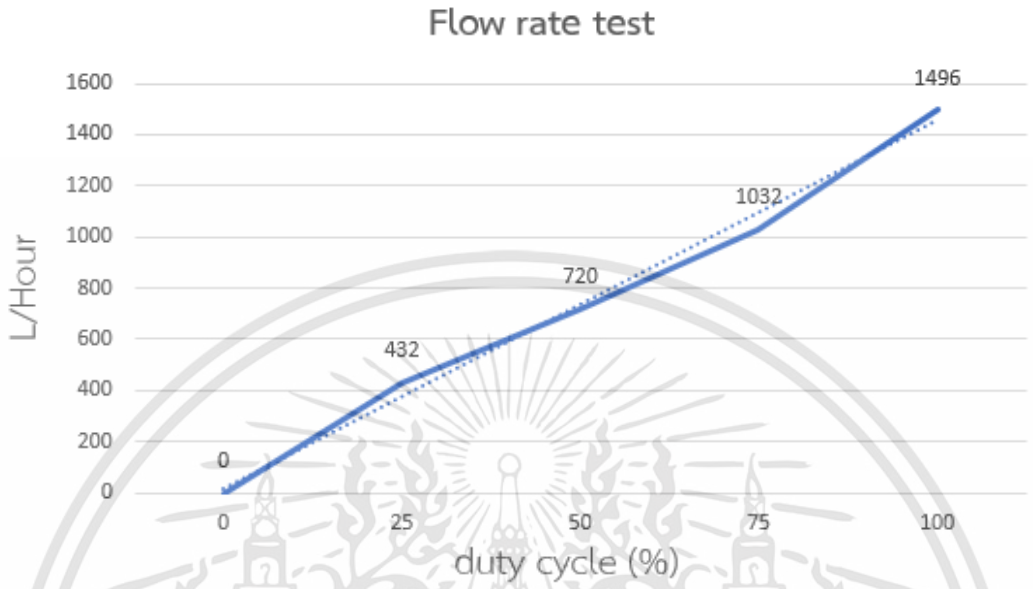
ค่า Duty cycle (%)	ค่า PWM (บิต)	ค่าความเร็วลม(L/Hour)	ค่าแรงดันของ blower(cmH2O)
25	64	432	1
50	128	720	4
75	191	1032	11
100	255	1496	18

+



รูปที่ 58 กราฟแสดงค่าแรงดันของ blower จากการทดสอบปรับ Duty cycle(%)

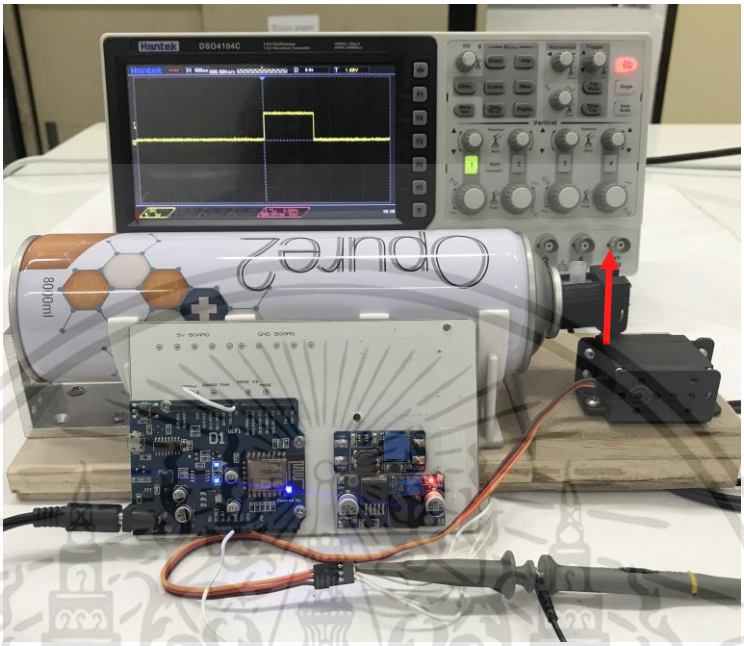
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



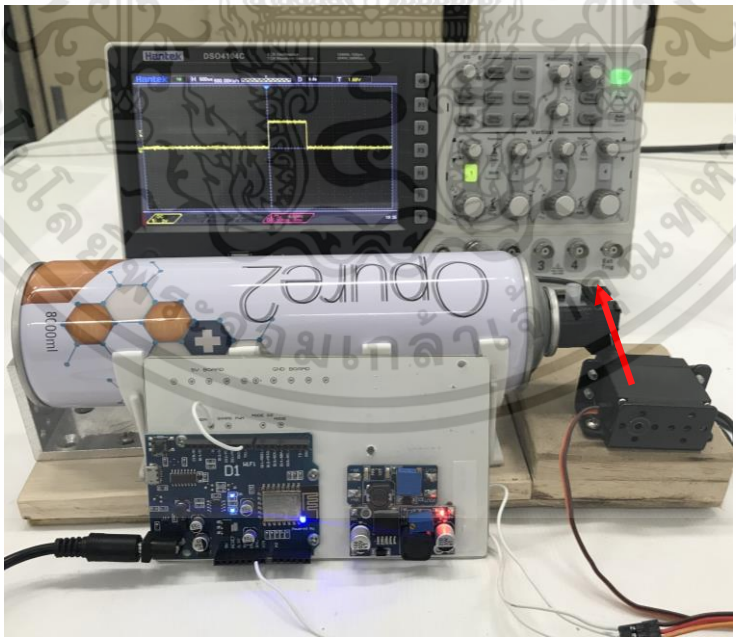
รูปที่ 59 กราฟแสดงค่าอัตราการไหลของ blower จากการทดสอบปรับ Duty cycle (%)

จากกราฟแสดงค่าแรงดันของ blower จากการทดสอบปรับ Duty cycle(%) แสดงให้เห็นได้ว่า เมื่อทำการปรับค่า Duty cycle(%) ให้มากขึ้นแล้ว ค่าแรงดันในการทดสอบก็จะมีค่ามากขึ้นตามกัน และจากกราฟแสดงค่าอัตราการไหลของ blower จากการทดสอบปรับ Duty cycle (%) แสดงให้เห็นว่า เมื่อทำการปรับค่า Duty cycle(%) ให้มากขึ้นแล้ว ค่า flow rateหรือ ค่าอัตราการไหลของ blower ก็จะมีค่าที่มากขึ้นตามไปด้วย ทำให้รู้ว่า ค่า Duty cycle(%) แปรผันตรงกับค่าอัตราการไหลและค่าแรงดันของ blower

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



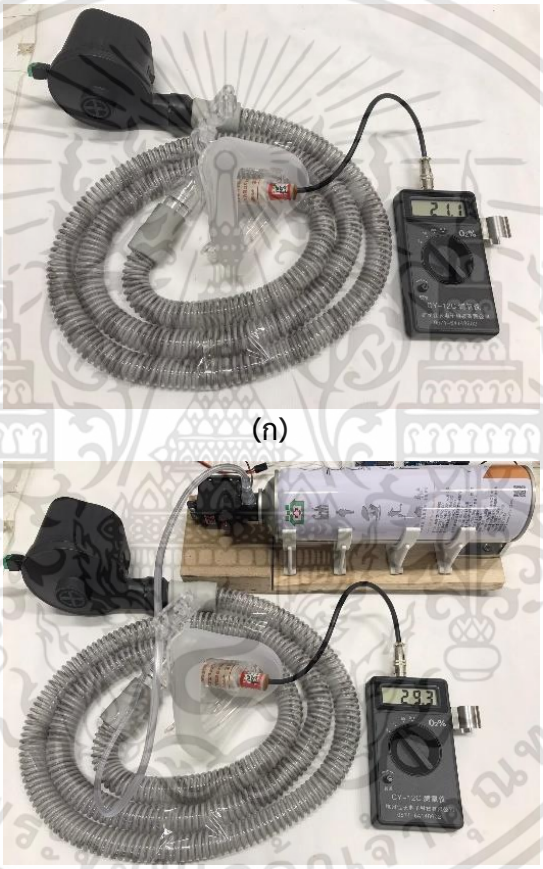
รูปที่ 60 แสดงภาพรวมการวัดขนาด pulse จากตำแหน่ง servo motor พร้อมสถานการณ์ก่อนกดออกซิเจน



รูปที่ 61 แสดงภาพรวมการวัดขนาด pulse จากตำแหน่ง servo motor พร้อมสถานการณ์หลังกดออกซิเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในงานมีการใช้ออกซิเจนเพื่อเพิ่มฟังก์ชันเสริมที่เรียกว่า Oxygen suit โดยสามารถเพิ่มค่า SpO2 ให้กับผู้ใช้งานเมื่อมีระดับออกซิเจนที่ต่ำกว่า 95% หรือค่าระดับออกซิเจนมาตรฐาน เมื่อระบบ Oxygen Suit ทำงาน ระบบจะทำการเติมออกซิเจนบริสุทธิ์ผสมกับอากาศจาก Blushless Blower โดยการเพิ่มปริมาณออกซิเจนนั้นสามารถวัดได้จากปลายท่อของหน้ากากออกซิเจน โดยการทดสอบวัดปริมาณออกซิเจนในอากาศ ก่อนและหลังการทำงานของชุด Oxygen Suit ดังรูปที่ 62 (ก) และ (ข) ตามลำดับ



(ก)

(ข)

รูปที่ 62 การวัดปริมาณออซิเจนพร้อมแสดงค่าออกซิเจนจากเครื่อง Oxygen meter

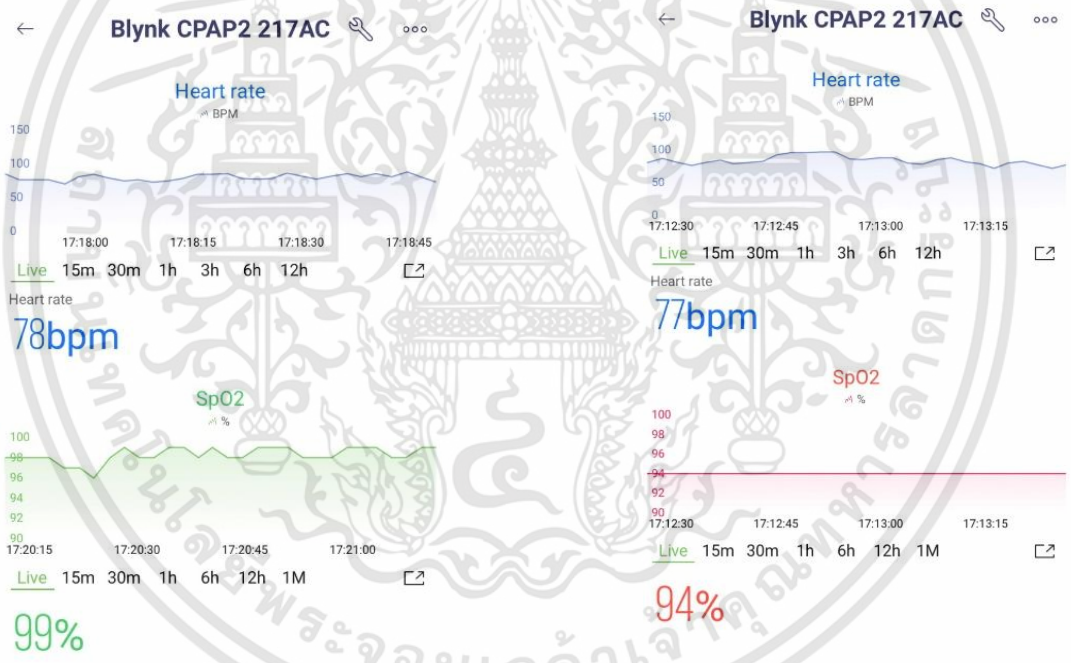
(ก) เมื่อระบบ Oxygen Suit ไม่ทำงาน

(ข) เมื่อระบบ Oxygen Suit ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดลองการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์และ Blynk

Blynk เป็นแพลตฟอร์มที่สามารถใช้ได้กับสมาร์ทโฟนทั้งในระบบปฏิบัติการ iOS และ Android โดยการควบคุมการใช้งานผ่านโปรแกรม Arduino ใช้ Template ID, Device Name และ AuthToken แสดงในรูปที่ 13 เพื่อเชื่อมและแสดงตัวตนกับตัวแอปพลิเคชัน ผ่านทางเครือข่ายอินเตอร์เน็ต Wi-Fi สามารถกำหนดกราฟิกรูปแบบการใช้งานได้เอง โดยฟังก์ชันการทำงานจะแสดงข้อมูลที่ได้รับจากอุปกรณ์แล้วนำมาแสดงผลในรูปแบบของกราฟเพื่อสะดวกในการติดตามผล สามารถกำหนดช่วงเวลาของกราฟได้หลายช่วงเวลา เช่นแบบ Real time รายนาที รายชั่วโมง รายวัน รายเดือนเพื่อง่ายในการติดตามผลย้อนหลัง โดยข้อมูลที่นำมาแสดงคือ ค่าอัตราการเต้นของหัวใจและ ค่าออกซิเจนภายในกระแสเลือด ดังแสดงในรูปที่ 63



(ก) (ข)

รูปที่ 63 หน้าจอแสดงผลบน Application Blynk
(ก) สภาวะปกติของ SpO_2 (ข) สภาวะผิดปกติของ SpO_2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

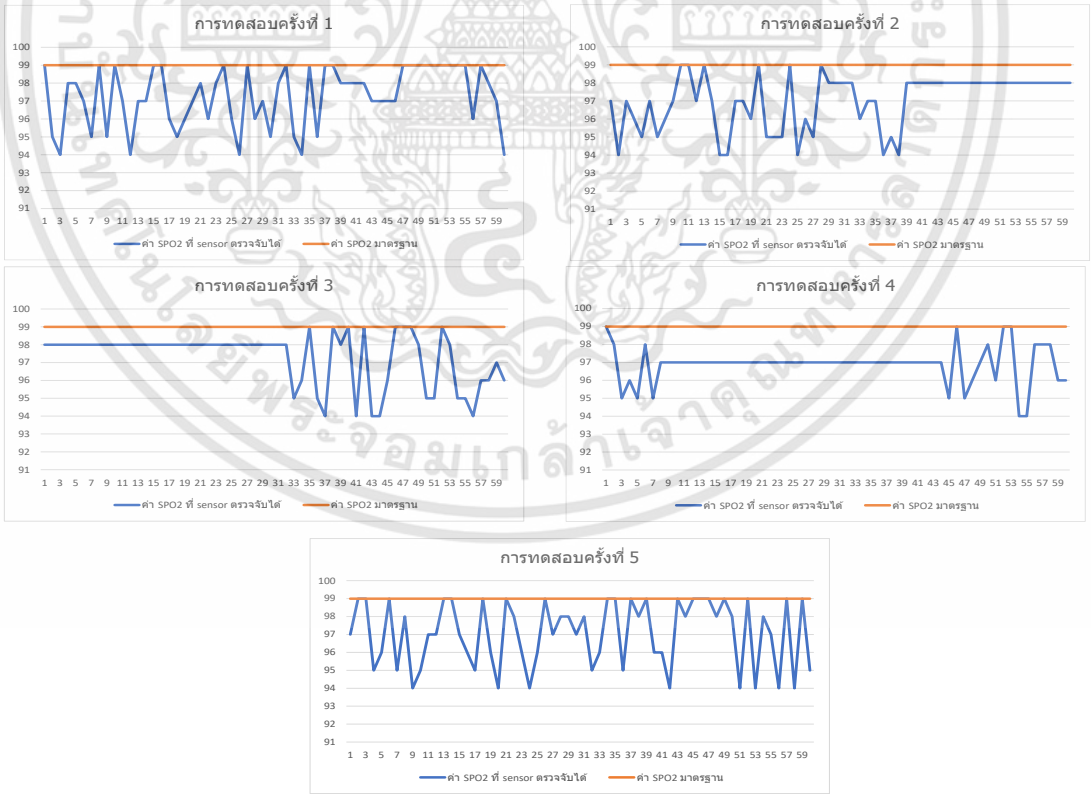
4.4 การทดสอบเซนเซอร์ MAX30100

ในส่วนนี้เป็นผลการทดสอบค่าได้วัดได้จากเซนเซอร์ MAX30100 ของงาน โดยวัดปริมาณ SpO2 ที่ได้จากเซนเซอร์เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จาก Oximeter ที่เป็นค่า SpO2 มาตรฐาน ในการทดสอบใช้ผู้ทดสอบที่มีคุณสมบัติต่างกัน 3 คน ได้แก่ บุคคลที่เป็นนักกีฬาเพศชาย อายุ 22 ปี บุคคลเพศหญิงทั่วไป อายุ 22 ปี และบุคคลเพศชายทั่วไป อายุ 22 ปี เพื่อให้เกิดความแตกต่างของค่า SpO2 ที่ได้จากการทดสอบ แต่ละคนทำการทดสอบเพื่อเก็บค่าทั้งหมด 5 ครั้ง ในแต่ละครั้งทำการเก็บค่า 60 ค่า โดยนำค่าที่ได้จากเซนเซอร์ MAX30100 ทั้งหมดมาพล็อตกราฟเพื่อเปรียบเทียบกับค่า SpO2 มาตรฐาน ผลที่ได้สามารถบ่งบอกถึงความแม่นยำของเซนเซอร์ที่ใช้ในงาน

4.4.1 การทดสอบโดยใช้บุคคลที่เป็นนักกีฬาเพศชาย อายุ 22 ปี

ในการทดสอบ ทำการสวมใส่อุปกรณ์เพิ่มประสิทธิภาพการนอนหลับต้นทุนต่ำ (LC-CPAP) โดยติดเซนเซอร์ MAX30100 ที่ตำแหน่งกึ่งกลางหน้าผาก และติด Oximeter ที่ปลายนิ้ว ทำการทดสอบ 5 ครั้ง และเก็บค่า SPO2 ที่ได้ครั้งละ 60 ค่า นำค่าที่ได้ทั้งหมดมาพล็อตกราฟ แสดงเพื่อเปรียบเทียบได้ดังรูปที่ 62

(สามารถดูค่าโดยละเอียดได้ในภาคผนวก ตารางที่ 1.1-1.5)



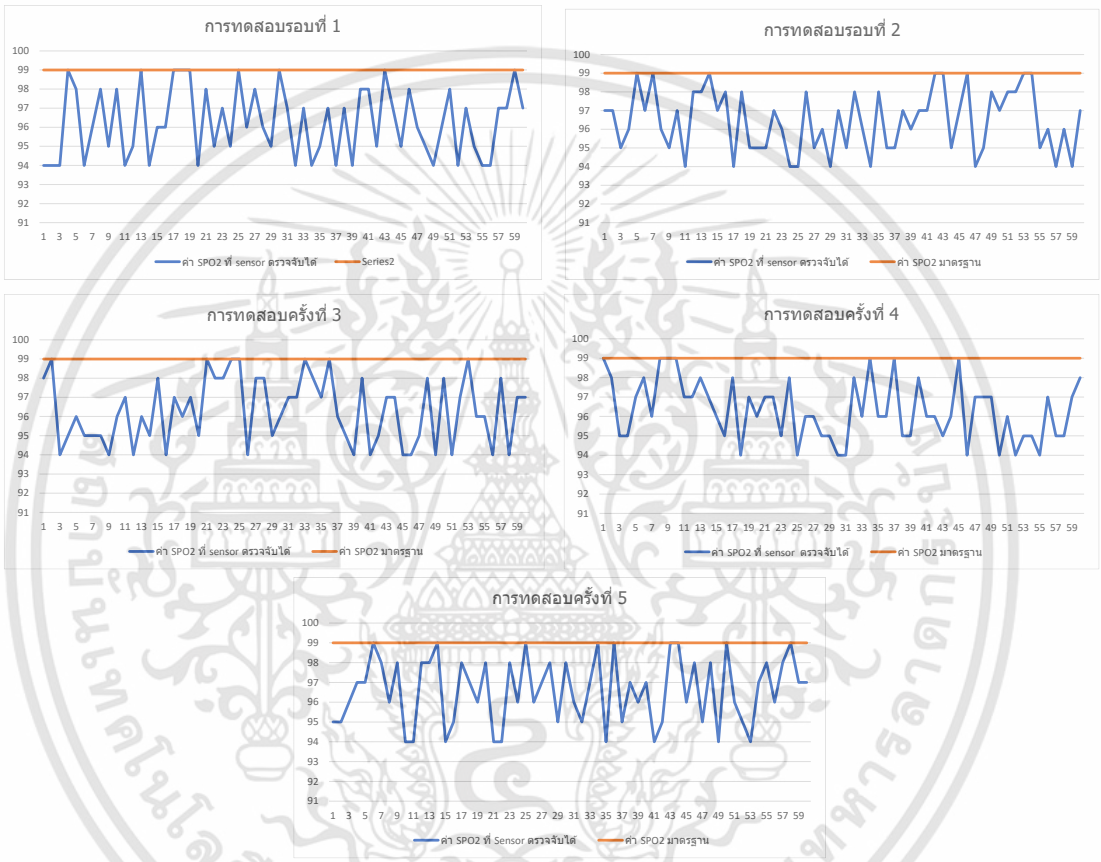
รูปที่ 64 แสดงกราฟผลการทดสอบ 5 ครั้งจากเซนเซอร์ MAX30100 เปรียบเทียบกับ Oximeter โดยใช้บุคคลที่เป็นนักกีฬาเพศชายอายุ 22 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 การทดสอบโดยใช้บุคคลเพศหญิงทั่วไป อายุ 22 ปี

ทำการทดสอบแบบเดียวกันจากหัวข้อ 4.3.1 โดยใช้ผู้ทดสอบเป็นบุคคลเพศหญิงทั่วไป อายุ 22 ปี แสดงค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์ทั้งสองชนิดแสดงกราฟดังรูปที่ 63

(สามารถดูค่าโดยละเอียดได้ในภาคผนวก ตารางที่ 2.1-2.5)



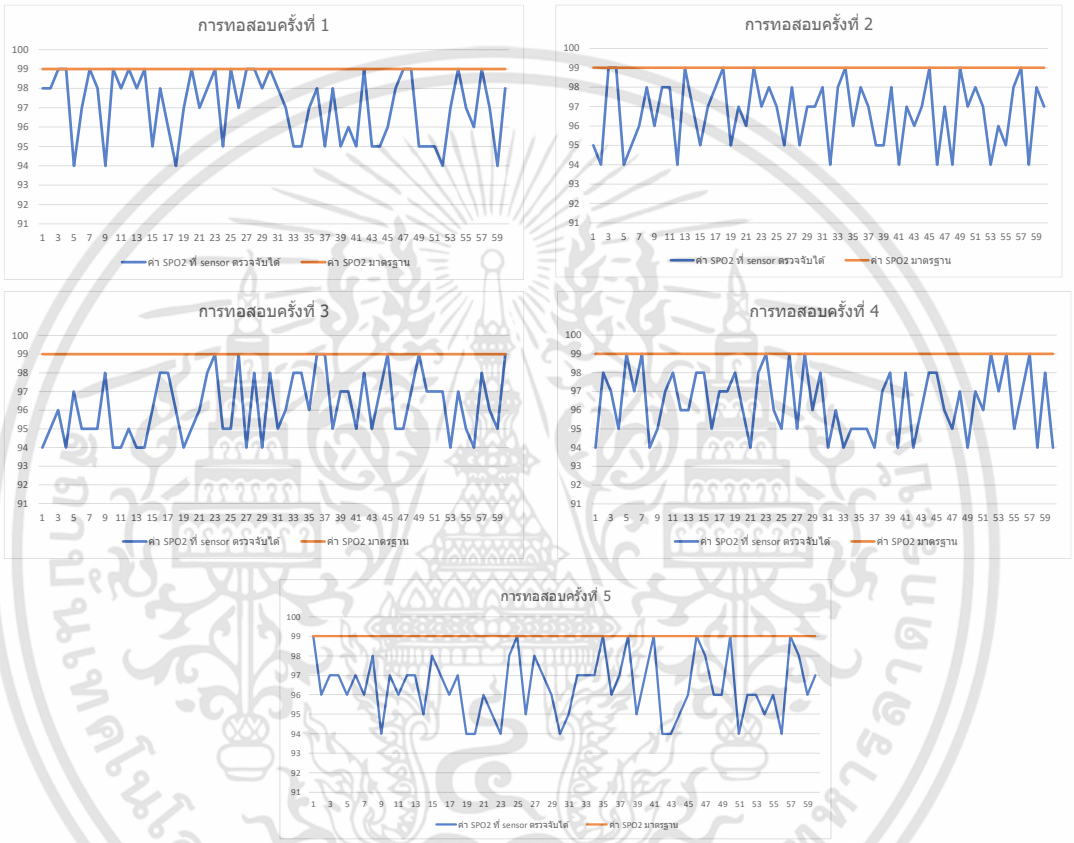
รูปที่ 65 แสดงกราฟผลการทดสอบ 5 ครั้งจากเซนเซอร์ MAX30100 เปรียบเทียบกับ Oximeter โดยใช้บุคคลเพศหญิงทั่วไป อายุ 22 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.3 การทดสอบโดยใช้บุคคลทั่วไปเพศชาย อายุ 22 ปี

ทำการทดสอบในรูปแบบเดียวกันจากหัวข้อ 4.3.1-4.3.2 โดยใช้เป็นบุคคลทั่วไปเพศชาย อายุ 22 ปี แสดงค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์ทั้งสองชนิดแสดงกราฟดังรูปที่ 64

(สามารถดูค่าโดยละเอียดได้ในภาคผนวก ตารางที่ 3.1-3.5)



รูปที่ 66 แสดงกราฟผลการทดสอบ 5 ครั้งจากเซนเซอร์ MAX30100 เปรียบเทียบกับ Oximeter โดยใช้บุคคลเพศชายทั่วไป อายุ 22 ปี

ค่า SpO_2 ที่ได้จากการทดสอบทั้งหมดของ sensor Max30100 และ Oximeter ใช้ค่าจากตารางที่ 1 – 3 มาคำนวณหาความคลาดเคลื่อนเพื่อบ่งบอกความแม่นยำของเซนเซอร์ โดยหาได้จากสมการที่ (1)

$$\frac{SpO_2(Oximeter) - SpO_2(M\,\mathrm{ax}\,30100)}{SpO_2(Oximeter)} \times 100 \qquad (1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้ จากการทดสอบเฉลี่ยประมาณ 1.97 % ซึ่งสามารถบ่งบอกได้ถึงความแม่นยำของเซนเซอร์ MAX30100 ที่ใช้ในงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบ และ สร้างอุปกรณ์สำหรับช่วยเหลือผู้ประสบปัญหานอนกรนและหยุดหายใจขณะนอนหลับรูปแบบของอุปกรณ์เพิ่มประสิทธิภาพการนอนหลับต้นทุนต่ำ (Low-cost Continuous Positive Airway Pressure Machine) ซึ่งมีราคาที่ถูกกว่าและ มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับเครื่อง CPAP ตามท้องตลาดและเมื่อเปรียบเทียบกับงาน Low-cost CPAP อื่นๆ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการออกแบบเทคโนโลยีเครื่องช่วยหายใจ พัฒนาเทคโนโลยีการสร้างเครื่องช่วยหายใจทำงานร่วมกับเซนเซอร์วัดออกซิเจนและจัดทำต้นแบบชุดจำลอง Continuous Positive Airway Pressure (CPAP)

ผลการทดสอบอุปกรณ์ โดยทดสอบจากการทดลอง 3 ทดลอง การทดลองที่ 1 ทำการทดสอบความถูกต้องและแม่นยำของ sensor Max30101 กับเครื่อง pulse oximeter ทั้งหมด 5 รอบๆละ 10 ครั้ง มีค่าเปอร์เซ็นความแตกต่างเท่ากับ 2%, 6%,23%, 0.1%และ7.6% และเปอร์เซ็นความคลาดเคลื่อน เท่ากับ 1.77%,6.13%, 20.41 %, 0.08% และ7.32 % และในการทดลองที่ 2 ทดสอบความเร็วของพัดลมและความค่าแรงดันของ blower ผลการทดลองปรับค่า PWM ที่ทำการทดสอบค่าความเร็วลมและค่าแรงดันของ blower ขณะใช้งานดังแสดงในตารางตารางที่ 2 และในส่วนของชิ้นงานเราได้มีการเพิ่มฟังก์ชั่น oxygen suit โดยสามารถเพิ่มค่า SpO2 ให้กับผู้ใช้งานเมื่อผู้ใช้งานมีค่า SpO2 ที่ต่ำกว่า 95% ระบบจะทำการเติมออกซิเจนบริสุทธิจาก oxygen can เข้าไปในท่อรวมอากาศเพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจนของผู้ใช้งานโดยได้ทำการทดสอบวัดปริมาณของออกซิเจนในท่ออากาศทั้งก่อนและหลังการเปิดใช้งานชุด oxygen suit แสดงให้เห็นดังรูปที่ 62 และในการทดลองที่ 3 เราได้ทำการทดสอบหลังการประกอบชิ้นงานจริงจากการประกอบร่วม 3 ส่วนหลัก โดยทำการทดสอบโดยใช้ตัวอย่างการทดสอบที่แตกต่างกัน คือ บุคคลที่เป็นนักกีฬาเพศชาย อายุ 22 ปี ,บุคคลเพศชาย อายุ 22 ปี , บุคคลเพศหญิง อายุ 22 ปี และแสดงผลในรูปแบบของกราฟในรูปที่ 63, 64, 65 ตามลำดับ

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการทดสอบการทำงานของเซนเซอร์ Max 30100 พบว่ามีปัจจัยภายนอกที่มารบกวนการทำงานของเซนเซอร์ อาทิเช่น มาตรฐานของอุปกรณ์ , สภาพรร่างกายของผู้ทดสอบ และในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดสอบการทดสอบความเร็วของพัดลมและความค่าแรงดันของ blower ขณะใช้งาน โดยการปรับค่า PWM พบว่ามีปัจจัยภายนอกที่เข้ามารบกวนอาทิ เช่น มาตรฐานของอุปกรณ์ , อุณหภูมิ , แรงดันในห้องขณะทำการทดลอง , ความสูงจากระดับน้ำทะเล ดังนั้นเราจึงควรควบคุม ปัจจัยภายนอกที่มีผลกระทบให้มากที่สุด เช่น เลือกใช้อุปกรณ์ที่ได้มาตรฐาน เพื่อให้ผลการทดสอบมีประสิทธิภาพมากขึ้น ในส่วนของการพัฒนาและต่อยอด เปลี่ยนหน้าจอ OLED หรือหน้าจอแบบสัมผัส ในขั้นต่อไปคือการเพิ่มความแม่นยำในการตรวจจับของ sensor Max30100 ทำให้เครื่องจับจังหวะการหายใจและปล่อยแรงดันตามจังหวะการหายใจ ขั้นต่อไปคือพัฒนา ปริมาณการบรรจุของ oxygen can ออกแบบหน้ากากให้สวมใส่ได้สบายมากยิ่งขึ้น เข้ากับรูปหน้าของผู้ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] CPAP Therapy, [online] เข้าถึงได้จาก https://www.si.mahidol.ac.th/sidoctor/e-pl/articledetail.asp?id=669. สืบค้นเมื่อวันที่ 19 สิงหาคม 2564.

[2] หลักการทำงานของเครื่อง CPAP, [online] เข้าถึงได้จาก https://www.nksleepcare.com/what-is-cpap/ สืบค้นเมื่อวันที่ 21 สิงหาคม 2564.

[3] HEART RATE PULSE OXIMETRY SENSOR - MAX30100,[online] เข้าถึงได้จาก https://www.gravitechthai.com/productdetail.php?WP=pQOgAKp4GQSgG2rDqYyc4Uuw สืบค้นเมื่อวันที่ 23 สิงหาคม 2564.

[4] MG996R Servo Motor 0-180องศา, [online] เข้าถึงได้จาก https://www.myarduino.net/product/63/mg996r-servo-motor-0-180-%E0%B8%AD%E0%B8%87%E0%B8%A8%E0%B8%B2 สืบค้นเมื่อวันที่ 1 กันยายน 2564.

[5] โปรแกรม SketchUp, [online] เข้าถึงได้จาก :https://www.krupanjai.com/%E0%B9%80%E0%B8%A3%E0%B8%B7%E0%B9%88%E0%B8%AD%E0%B8%87%E0%B8%97%E0%B8%B5%E0%B9%88-1-%E0%B8%A3%E0%B8%B9%E0%B9%89%E0%B8%88%E0%B8%B1%E0%B8%81%E0%B9%82%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B9%81%E0%B8%81%E0%B8%A3%E0%B8%A1-sketup สืบค้นเมื่อวันที่ 14 พฤศจิกายน 2564.

[6] Blynk, Inc., Blynk Application, สืบค้นเมื่อวันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2565, จาก : http://docs.blynk.cc/

[7] Lcd คืออะไรy,สืบค้นเมื่อวันที่ 19 มกราคม 2565 จาก https://www.nksleepcare.com/what-is-cpap/การใช้งานจอ-Character-lcd-กับ-arduino-แบบละเอียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ผลงานการตีพิมพ์ระหว่างการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.(ต่อ)

ผลงานการตีพิมพ์ระหว่างการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.(ต่อ)

ผลงานการตีพิมพ์ระหว่างการศึกษา

บทความวิจัย
การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ครั้งที่ 14
14th *ECTI-CARD 2022, Lopburi Thailand*

อุปกรณ์เพิ่มประสิทธิภาพการนอนหลับต้นทุนต่ำ

Low-cost Continuous Positive Airway Pressure Machine

จิรเมธ พัวเพิ่มพูลศิริ จิรัฏฐ์ จิมน้อย จีรภัทร์ โชติแสงทอง และ พิพัฒน์ พรหมมี
ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
1 ซอยฉลองกรุง 1 ถนนฉลองกรุง แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520 โทรศัพท์ 02-329-8324 E-mail: pipat.pr@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบอุปกรณ์เพิ่มประสิทธิภาพขณะนอนหลับ (CPAP) ต้นทุนต่ำสำหรับผู้ที่มีภาวะหยุดหายใจขณะหลับจากการอุดตันของของทางเดินหายใจส่วนบน อุปกรณ์นี้มีฟังก์ชันช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและศึกษาการนอนหลับ แรงดันอากาศของอุปกรณ์จะขึ้นอยู่กับสัญญาณชีพจากเซ็นเซอร์ออกซิเจนและอัตราการเต้นของหัวใจ อากาศจะไหลเข้าสู่หน้ากากช่วยหายใจขณะนอนหลับและควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ อุปกรณ์แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นส่วนประมวลผลซึ่งประกอบด้วยหน้ากากช่วยหายใจและหน่วยแสดงผล ความดันอากาศคำนวณจากข้อมูลออกซิเจนในเลือดและอัตราการเต้นของหัวใจ นอกจากนี้ อุปกรณ์ดังกล่าวยังสามารถเพิ่มออกซิเจนได้มากขึ้นด้วยถังออกซิเจนขนาดเล็ก ออกซิเจนจะถูกผสมเข้ากับอากาศในกรณีที่ตรวจพบออกซิเจนในเลือดต่ำ ข้อมูลการออกซิเจนในเลือดและอัตราการเต้นของหัวใจขณะนอนหลับของผู้ใช้งานจะผู้บันทึกไว้บนแอปพลิเคชันมือถือ เพื่อใช้ประโยชน์ในการวินิจฉัยเพิ่มเติมต่อไป

คำสำคัญ: อัตราการเต้นของหัวใจ ปริมาณออกซิเจนในกระแสเลือด ไมโครคอนโทรลเลอร์

Abstract

This research presents a low-cost continuous positive airway pressure (CPAP) device for a person who has obstructive sleep apnea syndrome. This device provides the sleepiness assistant function to enhance and sleep monitoring. The device produces high-pressure air depending on the abnormal signals from oxygen and heart rate sensors. The air flows to the respirator mask while sleeping and is manipulated by a microcontroller. The device is divided into two parts: The first part is a processing part which consists of a respirator mask and the display unit. The air pressure is calculated based on the blood oxygen and heart rate data. In addition, the device can provide more oxygen by a small oxygen canister. The oxygen has mixed in the air in case low blood oxygen was detected. The data is recorded during the sleeping of a person for further diagnostic by using mobile application.

Keywords: Heart rate, Blood oxygen, Microcontroller

1. บทนำ

เนื่องด้วยปัญหาการนอนหลับของผู้คนในปัจจุบัน คนไทยประมาณ 25% มีปัญหาการนอนกรน เกิดจากทางเดินหายใจช่วงบนมีการอุดตันเป็นระยะตลอด การนอนหลับ และผู้ที่มีอาการกรนหนักจนหายใจติดขัด เกิดภาวะหยุดหายใจเป็นช่วงๆ ร่างกายขาดอากาศเป็นระยะๆ ซึ่งผู้ที่มีปัญหานี้จะมีความเสี่ยงที่จะเป็นโรคความดันโลหิตสูงมากกว่าคนปกติ 1.5-2.5 เท่า โรคหัวใจขาดเลือดมากกว่าคนปกติ 2-4 เท่า และ โรคหลอดเลือดในสมองมากกว่าคนปกติ 2 เท่า [1]

รูปที่ 1 แสดงรูปหลอดลมส่วนบนก่อนและหลังใช้งานเครื่อง CPAP [2]

อาการดังกล่าวนี้โดยรวมเรียกว่า โรคหยุดหายใจขณะหลับ โดยมีสาเหตุจากการอุดตัน พบในคนไทยประมาณ 5% หรือประมาณ 3 ล้านคน ซึ่งเป็นเหตุทำให้เกิดภาวะนอนหลับไม่เพียงพอซึ่งส่งผลกระทบสุขภาพอย่างมาก กระทบต่อกระบวนการคิด พักผ่อนน้อยอาจส่งผลกระทบต่อกระบวนการคิด ขาดสมาธิ ความสามารถในการเรียนรู้การตอบสนองลดลง และ อาจจะเป็นสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุ จากการหลับใน อีกทั้งการหยุดหายใจขณะหลับยังนำไปสู่ปัญหาด้านสุขภาพมากมาย ได้แก่ โรคหัวใจวาย โรคหัวใจและหลอดเลือด หัวใจล้มเหลว หัวใจเต้นผิดจังหวะ ความดันโลหิตสูง โรคหลอดเลือดสมอง และเบาหวาน การนอนหลับไม่เพียงพอยังส่งผลทำให้ระบบภูมิคุ้มกันไม่สามารถผลิตสารเคมีที่ช่วยป้องกันเชื้อโรคได้ เป็นเหตุของโรคแทรกซ้อนอีกด้วยซึ่งทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้นเป็นเหตุมาจากการนอนหลับที่ไม่มีประสิทธิภาพ

เครื่อง CPAP เป็นเครื่องมือสำคัญในการรักษาสุขภาพการนอนหลับ (Therapy sleeping) ด้วยการเพิ่มความดันอากาศให้สูงกว่าปกติเพื่อเปิดผนังกล้ามเนื้ออุดทางเดินหายใจ ให้ปริมาณออกซิเจนเข้าสู่ร่างกายได้เพิ่มขึ้นในขณะนอนหลับดังแสดงในรูปที่ 1 ปัจจุบันค่าใช้จ่ายสำหรับ CPAP มีราคาประมาณ 3-4 หมื่นบาท แต่ถ้าเป็นแบบอัตโนมัติ (Auto-PAP) หรือความดัน 2 ระดับ (BI-PAP) ราคาจะสูงขึ้นเป็น 2 – 3 เท่าตัว ในงานวิจัยนี้เรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.(ต่อ)

ผลงานการตีพิมพ์ระหว่างการศึกษา

บทความวิจัย
การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ครั้งที่ 14
14th *ECTI-CARD 2022, Lopburi Thailand*

จึงคิดค้นอุปกรณ์ CPAP แบบต้นทุนต่ำ แต่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับเครื่องในท้องตลาด เพื่อให้สามารถเข้าถึงเครื่อง CPAP ได้ง่ายขึ้น

2. ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการวัดความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด

การวัดความอิ่มตัวของออกซิเจนในหลอดเลือดแดง (SpO_2) เป็นการวัดฮีโมโกลบินที่จับกับก๊าซออกซิเจนต่อปริมาณฮีโมโกลบินทั้งหมดในเลือด ค่าปกติอยู่ที่ 98-99% หากวัด SPO_2 ได้น้อยกว่า 90% ส่งผลให้ทำให้ร่างกายได้รับออกซิเจนไม่เพียงพอ จนเกิดภาวะพร่องออกซิเจนจากการติดเชื้อที่ระบบหายใจอาจส่งผลถึงโรคปอดบวมได้ นอกจากจะช่วยเฝ้าระวังโรคโควิด-19 แล้ว การวัดระดับออกซิเจนในเลือดยังช่วยแพทย์วินิจฉัยผู้ป่วยที่มีความเสี่ยงของภาวะหยุดหายใจขณะนอนหลับ และปัญหาอื่นๆ เบื้องต้นได้ [3]

Pulse oximetry เป็นวิธีการวัดความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด (SpO_2) ด้วย spectrophotometry โดยหลักการที่ว่าสารแต่ละชนิดจะมีย่านการดูดกลืนแสง (absorption spectrum) แตกต่างกัน เป็นวิธี non-invasive สามารถวัดค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือดโดยอาศัยแสง 2 ความยาวคลื่น คือ red light (660 nm) และ infrared light (940 nm)

Pulse oximeter ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ sensor และ processor and display unit ส่วนที่เป็นsensor มี 2 ด้าน ด้านหนึ่งเป็น light emitting diode (LED) ซึ่งจะปล่อยแสง 2 ความยาวคลื่นสลับกัน ส่วนด้านที่อยู่ตรงข้ามจะมี photodiode ที่สามารถวัดความเข้มของแสงที่ส่งผ่านมา สัญญาณที่ส่งผ่านมาจะถูกกรองและขยายและแสดงบนหน้าจอแสดงผลในที่สุด โดยมี microprocessor เป็นตัวควบคุม [4]

2.2 หลักการทำงาน Blynk Applications

Blynk Server เป็น IoT CLOUD ซึ่งจะรับค่าจาก IoT Node หรือตัวอุปกรณ์ IoT โดยเชื่อมต่อผ่านอินเทอร์เน็ตสามารถส่งข้อมูลหากันได้โดยตรง ทำให้การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์กับแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนสามารถทำได้อย่างง่ายและสามารถใช้งานได้ทุกที่ที่มีอินเทอร์เน็ต [5]

2.3 อุปกรณ์หลักที่ใช้งาน

โมดูล MAX30100 Pulse Heart Rate Sensor HR Sensor เป็นเครื่องวัดความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด และอัตราการเต้นของหัวใจ ประกอบด้วยไฟ LED สองดวง เครื่องตรวจจับแสง เลนส์ปรับแสง และตัวประมวลผลสัญญาณแอนะล็อก ที่มีสัญญาณรบกวนต่ำเพื่อตรวจจับออกซิเจนในเลือดและอัตราการเต้นของหัวใจ

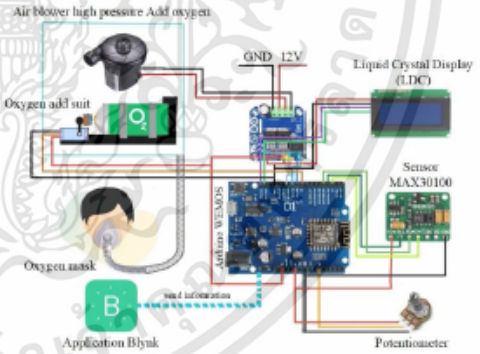
MG996R Servo Motor การรวมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor) เข้ากับวงจรควบคุม โดยความแตกต่างที่สำคัญของเซอร์โวมอเตอร์กับมอเตอร์แบบอื่น ๆ คือเซอร์โวมอเตอร์จะรู้ตำแหน่งที่ตัวเองอยู่ และสั่งเปลี่ยนตำแหน่งโดยการเปลี่ยนองศาได้ ใช้แรงดันไฟฟ้า 5V และมีองศาการหมุนที่ 0 ถึงประมาณ 200 องศา

บอร์ด Wemos D1 R1 ESP8266 เป็นบอร์ดที่พัฒนา ESP8266 โดยสามารถใช้งานได้เหมือนกับ NodeMCU สามารถใช้งาน Arduino IDE ในการพัฒนาโปรแกรมได้ สามารถเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ต USB ได้โดยตรง

LCD (Liquid Crystal Display) ซึ่งเป็นจอที่ทำมาจากผลึกคริสตัลเหลว หลักการคือด้านหลังจอจะมีไฟส่อง เมื่อมีการปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้าไปกระตุ้นที่ผลึก ก็จะทำให้ผลึกโปร่งแสง ทำให้แสงที่มาจากไฟ Backlight แสดงขึ้นมาบนหน้าจอ ส่วนอื่นที่โดนผลึกปิดกั้นไว้จะไม่สว่าง

พัดลมแรงเหวี่ยง (Centrifugal fan) หรือพัดลมหอยโข่ง มีชื่อมาจากลักษณะการทำงานของลม เป็นพัดลมที่ทำงานตามทิศทางการไหลของอากาศผ่านพัดลม ลักษณะพัดลมแรงเหวี่ยงลมจะเกิดจากการหมุนของใบพัด จะเกิดจากต้นกำลังจากภายนอก ทั้งพลังงานจากมอเตอร์ไฟฟ้า

Blynk เป็นแอปพลิเคชันที่ใช้สำหรับอุปกรณ์ IoT ซึ่งเป็นแอปพลิเคชันสำเร็จรูปสามารถนำมาใช้งาน โดยไม่ต้องเขียนแอปใดๆ โดย Blynk เป็นซอฟต์แวร์แบบ Open Source สามารถใช้งานได้ฟรี ไม่เสียค่าใช้จ่าย สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆกับอินเทอร์เน็ตเช่น ESP8266, ESP32, NodeMCU หรือ Raspberry Pi รองรับระบบ IOS และ Android



รูปที่ 2 บล็อกไดอะแกรมของอุปกรณ์เพิ่มประสิทธิภาพการนอนหลับต้นทุนต่ำ

3. การออกแบบและสร้าง

3.1 การออกแบบและโครงสร้างโดยรวม

ผู้จัดทำได้ออกแบบให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้โดยง่ายไม่ซับซ้อน การทำงานของอุปกรณ์เพิ่มประสิทธิภาพการนอนหลับต้นทุนต่ำโดยแผนภาพการเชื่อมต่อการทำงานของอุปกรณ์เพิ่มประสิทธิภาพการนอนหลับต้นทุนต่ำดังแสดงในรูปที่ 2 ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Wemos D1 R1 เป็นอุปกรณ์ประมวลผลหลักใช้ชิป ESP-8266EX ในการเชื่อมต่อสัญญาณอินเตอร์เน็ตไร้สาย ความถี่ 2.4 GHz โดยรับค่าจาก MAX30100 Pulse Heart Rate Sensor สำหรับตรวจจับค่าออกซิเจนในเลือด และอัตราการเต้นของหัวใจ สามารถแสดงผลไปยัง แอปพลิเคชัน Blynk จอแสดงผล LCD ของอุปกรณ์จะแสดงค่าชีพจรการเต้นของหัวใจ พร้อมทั้งแสดงค่าออกซิเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.(ต่อ)

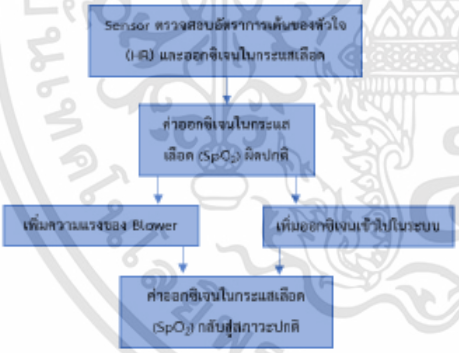
ผลงานการตีพิมพ์ระหว่างการศึกษา

บทความวิจัย
การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ครั้งที่ 14
14th ECTI-CARD 2022, Lopburi Thailand

ภายในกระแสเลือด ความแรงของพัดลมแรงเหวี่ยงเป็นหน่วย cmH_2O และโหมดการทำงานของอุปกรณ์ทุกรูปแบบ และยังสามารถดูข้อมูลที่แสดงย้างต้นผ่านแอปพลิเคชัน Blynk

3.2 การทำงานของอุปกรณ์อุปกรณ์เพิ่มประสิทธิภาพการนอนหลับ

การทำงานของอุปกรณ์เพิ่มประสิทธิภาพการนอนหลับ เริ่มต้นจากการเปิด Wi-Fi และ ติดต่อระบบ Blynk Server เพื่อเริ่มต้นในการตั้งเวลาให้ตรงกับฐานเวลาในเครือข่าย เซนเซอร์จะทำการวัดค่าอัตราการเต้นของหัวใจ เพื่อตรวจสอบว่าตำแหน่งที่นำเซนเซอร์มาวัดสามารถวัดค่าได้แม่นยำและคงที่หรือไม่ หลังจากได้ตำแหน่งที่คงที่แล้ว อุปกรณ์จะแยกฟังก์ชันการทำงานอยู่ 2 รูปแบบ คือ รูปแบบที่สามารถเปิดหรือปิดการใช้งานกระป๋องออกซิเจน และ รูปแบบที่สามารถควบคุมความแรงของ Blower ด้วยตัวเองหรือปรับเปลี่ยนค่าของออกซิเจนในกระแสเลือด รวมทั้งการแสดงผลบนหน้าจอ LCD และบน Application Blynk เพื่อดูข้อมูลย้อนหลังที่เก็บไว้ขณะนอนหลับ ดังแสดงใน Flowchart รูปที่ 3

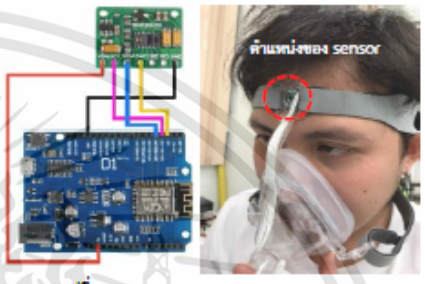


รูปที่ 3 ผังการทำงานของอุปกรณ์เพิ่มประสิทธิภาพการนอนหลับต้นทุนต่ำ

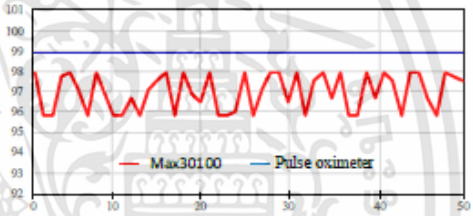
4. ผลการทดลอง

4.1 การทดสอบความแม่นยำของ Sensor Max30100 เปรียบเทียบกับ Pulse oximeter

ทำการทดสอบความถูกต้องและแม่นยำของ Sensor Max30100 กับเครื่อง pulse oximeter โดยติดตั้ง Sensor เข้ากับหน้ากากออกซิเจนดังแสดงในรูปที่ 4 เพื่อให้คล้ายกับการนอนหลับจริงมากที่สุด โดยแต่ละครั้งทำการทดสอบตรวจจับ 50 รอบ โดยแต่ละรอบจะทำการตรวจจับ SPO_2 รอบละ 10 ครั้ง และ นำค่า SPO_2 ที่วัดได้จาก Sensor Max30100 ทั้งหมด 10 ครั้ง นำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อเปรียบเทียบกับ เครื่อง Pulse Oximeter ในท้องตลาด เพื่อทำการหาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน



รูปที่ 4 แสดงการทดสอบ Sensor max30100

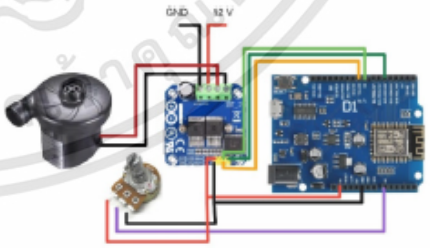


รูปที่ 5 ปริมาณ SpO_2 จาก Sensor max30100 และ Pulse Oximeter

ค่าความคลาดเคลื่อน SpO_2 ของ sensor Max30100 และ pulse oximeter ทั้ง 50 ค่า หาได้จากสมการที่ (1) และ นำค่าที่ได้ทั้ง 50 ค่า มาพล็อตได้แสดงดังกราฟรูปที่ 5

$$\frac{SpO_2(pulse\ oximeter) - SpO_2(\max 30100)}{SpO_2(pulse\ oximeter)} \times 100 \quad (1)$$

เมื่อนำค่าจากรูปที่ ทั้ง 50 ค่ามาหาค่าเฉลี่ย จะได้ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยประมาณ 1.47 %



รูปที่ 6 ระบบควบคุมชุดอัดอากาศจาก Blower

4.2 การทดสอบแรงดันของ Blower ขณะใช้งาน

ระบบอัดอากาศของเครื่อง CPAP ที่ออกแบบจะใช้ชุดพัดลมแรงดันสูง (Blushless Blower) โดยควบคุมความแรงของพัดลมด้วยเทคนิค Pulse Width Modulation (PWM) จากการโปรแกรมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ดังแสดงในรูปที่ 6 โดยทดสอบที่ความแรงทั้งหมด 4 ค่าดังนี้ 25,50,75,100 เปอร์เซ็นต์ของ PWM ออกแบบการทดลองโดยใช้ท่อบรรจุน้ำและต่อเข้ากับ blower ที่ปลายด้านหนึ่ง สังเกตและวัดระดับน้ำที่เปลี่ยนแปลงจากระดับอ้างอิง ทำการทดสอบทุกค่าที่กล่าวไว้ข้างต้นตามลำดับ บันทึกผล และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.(ต่อ)

ผลงานการตีพิมพ์ระหว่างการศึกษา

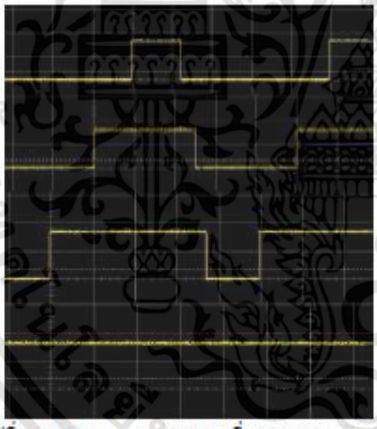
บทความวิจัย
การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ครั้งที่ 14
14th *ECTI-CARD 2022, Lopburi Thailand*

พล็อตกราฟระหว่างระดับแรงดัน (cmH_2O) [6] และ ค่าปิด PWM ดังแสดงในรูปที่ 6

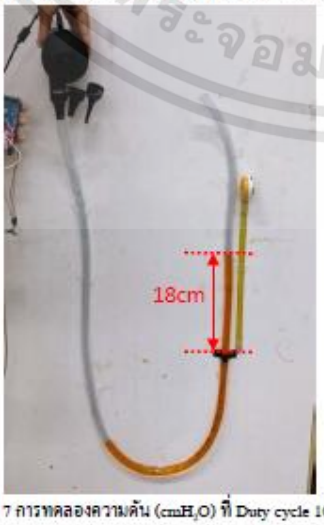
ตารางที่ 1 เปรียบเทียบค่าแรงดันและกระแสพร้อมกับ Duty Cycle ที่ได้จาก Blower

Duty Cycle (%)	Voltage (V)	Amplitude (A)
25	2.76	0.36
50	5.54	0.65
75	8.41	1.01
100	11.39	1.42

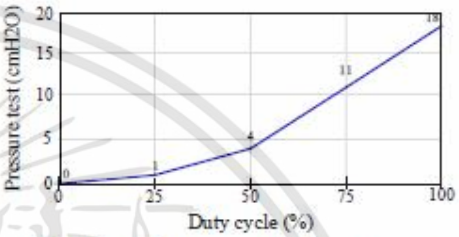
จากตารางที่ 1 แสดงค่า แรงดันไฟฟ้า (V) และ ค่ากระแสไฟฟ้า (A) จากการปรับค่า Duty cycle (%) ที่ทดสอบทั้งหมด 4 ค่า คือ 25,50,75,100 จะพบว่า ค่าแรงดันไฟฟ้า(V) และ ค่ากระแสไฟฟ้า (A) แปรผันตรงกับค่า Duty cycle (%) ที่เพิ่มขึ้น



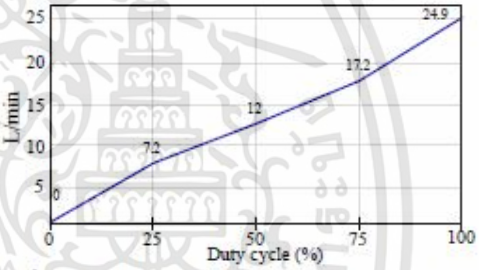
รูปที่ 6 แสดง Duty cycle ของ PWM ที่ 25%,50%,75%,100%



รูปที่ 7 การทดลองความดัน (cmH_2O) ที่ Duty cycle 100%



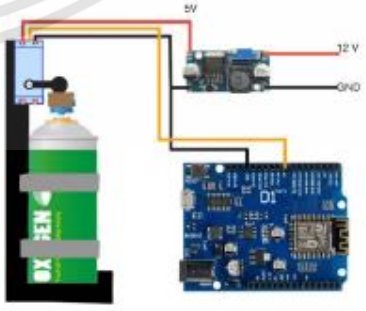
รูปที่ 8 ระดับความดันอากาศ (cmH_2O)และค่า Duty Cycle (%)



รูปที่ 9 อัตราการไหลของอากาศ (Liters/min) และค่า Duty cycle (%)

4.3 การทดสอบการทำงานของ Oxygen suit system

อุปกรณ์เพิ่มประสิทธิภาพการนอนหลับต้นทุนต่ำ จะมีการออกแบบ Oxygen Suit เพิ่มเติมทั้งนี้เพื่อรักษาเสถียรภาพการนอนหลับ กรณีที่ตรวจสอบได้ว่ามีค่าออกซิเจนในเลือดต่ำผิดปกติ ระบบจะสามารถทำการเติมออกซิเจน (Oxygen Booster) ให้กับผู้ใช้ได้ทันที โดยการทดสอบชุด Oxygen Suit โดยเริ่มจากการทดสอบ Sensor ในการตรวจพบความผิดปกติของค่าปริมาณออกซิเจนในกระแสเลือด (SpO_2) ระบบจะสั่งการให้กดกระป๋องออกซิเจนด้วย Servo motor โดยมีการทำงานของ Oxygen Suit จะแสดงไว้ดังรูปที่ 10 (ก) และ รูปที่ 10 (ข) และ (ค) แสดงสัญญาณควบคุม Servo กรณีไม่ปล่อยกระป๋อง Oxygen และ กดกระป๋อง Oxygen ตามลำดับ



(ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

โค้ดการทำงานบนโปรแกรม Arduino IDE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

โค้ดการทำงานบนโปรแกรม Arduino IDE

<u>โค้ดสำหรับการทำงานในส่วน SERVO MOTOR (MG996R)</u>

```
#include <Servo.h>


Servo myservo;
int state = 0;

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  myservo.attach(9);
  myservo.write(90);
}

void loop() {

  delay(50);
  //int SR = analogRead(A0);
  //Serial.println(SR);

  if (state == 0) {
    //if (SR <= 100) {
      //myservo.write(40);
      myservo.write(90);
      Serial.println("angle = 90");
      delay(5000);
      state=1;
    }

  //}
    else if (state == 1) {
    myservo.write(50);
     Serial.println("angle = 50");
    delay(5000);
    state = 0;
  }

}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข. (ต่อ)

โค้ดการทำงานในส่วน Sensor Max 30100

```
#include <Wire.h>
#include "MAX30100_PulseOximeter.h"

#define REPORTING_PERIOD_MS     2000

// PulseOximeter is the higher level interface to the sensor
// it offers:
//  * beat detection reporting
//  * heart rate calculation
//  * SpO2 (oxidation level) calculation
PulseOximeter pox;

uint32_t tsLastReport = 0;

// Callback (registered below) fired when a pulse is detected
void onBeatDetected()
{
    Serial.println("Beat!");
}

void setup()
{
    Serial.begin(115200);

    Serial.print("Initializing pulse oximeter..");

    // Initialize the PulseOximeter instance
    //  Failures  are  generally  due  to  an  improper  I2C  wiring,
missingpower supply
    // or wrong target chip
    if (!pox.begin()) {
        Serial.println("FAILED");
        for(;;);
    } else {
        Serial.println("SUCCESS");
    }

    // The default current for the IR LED is 50mA and it could be
changed
    //          by   uncommenting   the   following   line.   Check
MAX30100_Registers.h for all the
    //   available options.
    pox.setIRLedCurrent(MAX30100_LED_CURR_7_6MA);

    // Register a callback for the beat detection
    pox.setOnBeatDetectedCallback(onBeatDetected);
}

void loop()
{
    // Make sure to call update as fast as possible
    pox.update
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข. (ต่อ)

<u>โค้ดการทำงานในส่วน Sensor Max 30100</u>

```
// Asynchronously dump heart rate and oxidation levels to the serial
// For both, a value of 0 means "invalid"
 if (millis() - tsLastReport > REPORTING_PERIOD_MS) {
          Serial.print("Heart rate:");
          Serial.print(pox.getHeartRate());
          Serial.print("bpm / SpO2:");
          Serial.print(pox.getSpO2());
          Serial.println("%");

          tsLastReport = millis();
      }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข. (ต่อ)

โค้ดการทำงานในส่วนพัดลม blower

```
#define RPWM 5
#define LPWM 6
#define REN 8
#define LEN 9


int pot;
int out1;
int out2;
int Speed;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(RPWM,OUTPUT);
  pinMode(LPWM,OUTPUT);
  pinMode(LEN,OUTPUT);
  pinMode(REN,OUTPUT);
  digitalWrite(REN,HIGH);
  digitalWrite(LEN,HIGH);

}


void loop() {

  pot=analogRead(A0);
  Serial.print("Duty cycle :");
  Serial.println(Speed);
   Serial.print("");

    out1=map(pot,0,1023,255,0);
    Speed=map(pot,0,1023,100,0);
    analogWrite(RPWM,out1);
    analogWrite(LPWM,0);


}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข. (ต่อ)

โค้ดการทำงานรวม low-cost cpap

```
int PinVolume = A0, VolumeRead;
int fan = D9;
int servo = D8;
int SPO2, SPO2analog, SPO2Min = 95, SPO2Max = 100;
int fanSpeed, fanSpeedanalog;
int fanLCD, fanLCD1;
int pinmode = D7, mode1 ;
int O2 = D5, modeO2=0, state = 1;
int i = 1000 ;
#define BLYNK_TEMPLATE_ID           "TMPLq5exXVnI"
#define BLYNK_DEVICE_NAME           "CPAP2"
#define BLYNK_AUTH_TOKEN
"4Fa7K3UUkAM_5WLfQRPxfZJGGLcPz0oC"
#define BLYNK_PRINT Serial
#include <Servo.h>
Servo myservo;
Servo esc;
#include <Wire.h>
#include "MAX30100_PulseOximeter.h"
#include "MAX30100.h"
#define SAMPLING_RATE                    MAX30100_SAMPRATE_100HZ
#define PULSE_WIDTH
MAX30100_SPC_PW_400US_14BITS
#define HIGHRES_MODE                     true
#define REPORTING_PERIOD_MS     1000
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <BlynkSimpleEsp8266.h>

#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข. (ต่อ)

โค้ดการทำงานรวม low-cost cpap

```
PulseOximeter pox;

uint32_t tsLastReport = 0;

float BPM, SpO2;

char auth[] = BLYNK_AUTH_TOKEN;
// Your WiFi credentials.
// Set password to "" for open networks.
char ssid[] = "Cam T-108A";
char pass[] = "51556969";

// Callback (registered below) fired when a pulse is detected
void onBeatDetected()
{
  Serial.println("Beat!");
}

void setup()
{
  esc.attach(D9); //Set I/O PWM
  esc.writeMicroseconds(2000); //Set max pulse-width
  esc.writeMicroseconds(1000); //Set min pulse-width
  pinMode(PinVolume, INPUT);
  pinMode(O2, INPUT);
  pinMode(pinmode, INPUT);


  Serial.begin(115200);

  myservo.attach(servo);
  myservo.write(90);
  Blynk.begin(auth, ssid, pass);
  //pinMode(fan, OUTPUT);
  lcd.begin();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข. (ต่อ)

โค้ดการทำงานรวม low-cost cpap

```
  Serial.print("Initializing pulse oximeter..");
  if (!pox.begin()) {
    Serial.println("FAILED");
    for (;;);
  } else {
    Serial.println("SUCCESS");
    pox.setOnBeatDetectedCallback(onBeatDetect);
}

  // The default current for the IR LED is 50mA and it could be
changed
  //   by uncommenting the following line. Check MAX30100_Registers.h
for all the
  //   available options.
 //pox.setIRLedCurrent(MAX30100_LED_CURR_40_2MA);

  // Register a callback for the beat detection
  //pox.setOnBeatDetectedCallback(onBeatDetected);
}

void loop()
{

  Blynk.run();
  // Make sure to call update as fast as possible
  pox.update();
  BPM = pox.getHeartRate();
  SpO2 = pox.getSpO2();

  // Asynchronously dump heart rate and oxidation levels to the
serial
  // For both, a value of 0 means "invalid"
  if (SpO2 > 50) {
    if (millis() - tsLastReport > REPORTING_PERIOD_MS)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข. (ต่อ)

โค้ดการทำงานรวม low-cost cpap

```
 Serial.print("Heart rate:");
    Serial.print(pox.getHeartRate());
    Serial.print("bpm / SpO2:");
    Serial.print(pox.getSpO2());
    Serial.println(" ");
    //Serial.println("%");
    Blynk.virtualWrite(V7, pox.getHeartRate());
    Blynk.virtualWrite(V8, pox.getSpO2());
    lcd.display();
lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("HR : ");
    lcd.print(pox.getHeartRate());
    lcd.print(" bpm");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("SpO2 :");
    lcd.print(pox.getSpO2());
    lcd.print("%");
    //lcd.noDisplay();

    {
      mode1 = digitalRead(pinmode) ;
      modeO2 = digitalRead(O2);
      SPO2analog = analogRead(PinVolume);
      Serial.println(modeO2);
      if (modeO2 == 0)
      {
        Serial.println("O2 off");
        lcd.setCursor(0, 2);
        lcd.print("O2 off");
      }
      else if  (modeO2 == 1)
      {
        Serial.println("O2 on");
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข. (ต่อ)

โค้ดการทำงานรวม low-cost cpap

```
 lcd.setCursor(0, 2);
          lcd.print("O2 on");

          if (pox.getSpO2() <= 95)
          {
            if (state == 0)
            {
              myservo.write(90);
              state = 1;
            }
else if (state == 1)
            {
              myservo.write(40);
              state = 0;
            }
          }
          else
          {
            myservo.write(90);
          }


        }

        if (mode1 == 1)
        {
          lcd.setCursor(9, 2);
          lcd.print("MODE Auto");
          lcd.setCursor(0, 3);
          lcd.print("Pressure= ");
          Serial.print("Pressure= ");
          Serial.println(fanLCD);

          {
            SPO2 = pox.getSpO2();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข. (ต่อ)

<u>โค้ดการทำงานรวม low-cost cpap</u>

```
 Serial.println("MODE auto");
            if ((SPO2 >= SPO2Min) && (SPO2 <= SPO2Max))
            {
              {
                fanSpeed = map(SPO2, SPO2Max, SPO2Min, 1500, 1700);
fanLCD = map(fanSpeed, 1500 , 1700, 10, 15);
                esc.writeMicroseconds(fanSpeed);
                lcd.print(fanLCD);
                lcd.print("cmh2o");
              }
            }
          }
}
        if (mode1 == 0) {


          {
            Serial.println("MODE Manual");
            Serial.print("SpeedFan = ");
            Serial.println(fanLCD1);
            Serial.println(i);

            lcd.setCursor(9, 2);
            lcd.print("MODE Manual");
            lcd.setCursor(0, 3);
            lcd.print("Pressure =");


            {
              fanSpeedanalog = map(SPO2analog, 0, 1023, 1400, 1800);
              fanLCD1 = map(fanSpeedanalog, 1400, 1800, 5, 20);
              esc.writeMicroseconds(fanSpeedanalog);
              lcd.print(fanLCD1);
              lcd.print("cmh2o");
            }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข. (ต่อ)

โค้ดการทำงานรวม low-cost cpap

```
          }

        }
      }

      tsLastReport = millis();
    }

}
else
{
  Serial.println("check position");
  esc.writeMicroseconds(0);
  lcd.display();
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("check position");
  delay(100);
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ตารางแสดงค่าทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์ Max30100 เปรียบเทียบกับ Oximeter สำหรับผู้ทดลองที่มีคุณสมบัติต่างกันทั้งสามคน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค (ต่อ)

ตารางแสดงค่าทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์ Max30100 เปรียบเทียบกับ Oximeter สำหรับผู้ทดลองที่มีคุณสมบัติต่างกันทั้งสามคน

ตารางการทดลองที่ 1.1 แสดงค่าที่วัดจาก sensor Max30100 เทียบกับ oximeter ของบุคคลที่ 1 ครั้งที่ 1

ครั้งที่	ค่า SPO2 ที่ sensor ตรวจจับค่าได้	ค่า SPO2 มาตรฐาน
1	97	99
2	96	99
3	96	99
4	98	99
5	98	99
6	98	99
7	96	99
8	99	99
9	97	99
10	96	99
11	95	99
12	94	99
13	94	99
14	97	99
15	95	99
16	96	99
17	96	99
18	94	99
19	97	99
20	97	99
21	96	99
22	96	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค (ต่อ)

ตารางแสดงค่าทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์ Max30100 เปรียบเทียบกับ Oximeter สำหรับผู้ทดลองที่มีคุณสมบัติต่างกันทั้งสามคน

ครั้งที่	ค่า SPO2 ที่ sensor ตรวจจับค่าได้	ค่า SPO2 มาตรฐาน
23	97	99
24	99	99
25	99	99
26	94	99
27	99	99
28	95	99
29	96	99
30	99	99
31	98	99
32	99	99
33	96	99
34	94	99
35	99	99
36	99	99
37	99	99
38	99	99
39	98	99
40	98	99
41	98	99
42	98	99
43	97	99
44	97	99
45	97	99
46	97	99
47	99	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค (ต่อ)

ตารางแสดงค่าทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์ Max30100 เปรียบเทียบกับ Oximeter สำหรับผู้ทดลองที่มีคุณสมบัติต่างกันทั้งสามคน

ครั้งที่	ค่า SPO2 ที่ sensor ตรวจจับค่าได้	ค่า SPO2 มาตรฐาน
48	99	99
49	99	99
50	99	99
51	99	99
52	99	99
53	99	99
54	99	99
55	99	99
56	98	99
57	99	99
58	98	99
59	97	99
60	96	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค (ต่อ)

ตารางแสดงค่าทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์ Max30100 เปรียบเทียบกับ Oximeter สำหรับผู้ทดลองที่มีคุณสมบัติต่างกันทั้งสามคน

ตารางการทดลองที่ 1.2 แสดงค่าที่วัดจาก sensor Max30100 เทียบกับ oximeter ของบุคคลที่ 1 ครั้งที่ 2

ครั้งที่	ค่า SPO2 ที่ sensor ตรวจจับค่าได้	ค่า SPO2 มาตรฐาน
1	98	99
2	97	99
3	98	99
4	94	99
5	99	99
6	97	99
7	94	99
8	94	99
9	97	99
10	94	99
11	94	99
12	97	99
13	98	99
14	98	99
15	97	99
16	95	99
17	94	99
18	94	99
19	98	99
20	98	99
21	97	99
22	96	99
23	97	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค (ต่อ)

ตารางแสดงค่าทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์ Max30100 เปรียบเทียบกับ Oximeter สำหรับผู้ทดลองที่มีคุณสมบัติต่างกันทั้งสามคน

ครั้งที่	ค่า SPO2 ที่ sensor ตรวจจับค่าได้	ค่า SPO2 มาตรฐาน
24	96	99
25	97	99
26	97	99
27	98	99
28	99	99
29	94	99
30	94	99
31	97	99
32	97	99
33	97	99
34	94	99
35	97	99
36	95	99
37	99	99
38	98	99
39	96	99
40	98	99
41	98	99
42	98	99
43	98	99
44	98	99
45	98	99
46	98	99
47	98	99
48	98	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค (ต่อ)

ตารางแสดงค่าทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์ Max30100 เปรียบเทียบกับ Oximeter สำหรับผู้ทดลองที่มีคุณสมบัติต่างกันทั้งสามคน

ครั้งที่	ค่า SPO2 ที่ sensor ตรวจจับค่าได้	ค่า SPO2 มาตรฐาน
49	98	99
50	98	99
51	98	99
52	98	99
53	98	99
54	98	99
55	98	99
56	98	99
57	98	99
58	98	99
59	98	99
60	98	99
50	98	99
51	98	99
52	98	99
53	98	99
54	98	99
55	98	99
56	98	99
57	98	99
58	98	99
59	98	99
60	98	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค (ต่อ)

ตารางแสดงค่าทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์ Max30100 เปรียบเทียบกับ Oximeter สำหรับผู้ทดลองที่มีคุณสมบัติต่างกันทั้งสามคน

ตารางการทดลองที่ 1.3 แสดงค่าที่วัดจาก sensor Max30100 เทียบกับ oximeter ของบุคคลที่ 1 ครั้งที่ 3

ครั้งที่	ค่า SPO2 ที่ sensor ตรวจจับค่าได้	ค่า SPO2 มาตรฐาน
1	98	99
2	98	99
3	98	99
4	98	99
5	98	99
6	98	99
7	98	99
8	98	99
9	98	99
10	98	99
11	98	99
12	98	99
13	98	99
14	98	99
15	98	99
16	98	99
17	98	99
18	98	99
19	98	99
20	98	99
21	98	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค (ต่อ)

ตารางแสดงค่าทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์ Max30100 เปรียบเทียบกับ Oximeter สำหรับผู้ทดลองที่มีคุณสมบัติต่างกันทั้งสามคน

ครั้งที่	ค่า SPO2 ที่ sensor ตรวจจับค่าได้	ค่า SPO2 มาตรฐาน
22	98	99
23	98	99
24	98	99
25	98	99
26	98	99
27	98	99
28	98	99
29	98	99
30	98	99
31	98	99
32	98	99
33	99	99
34	97	99
35	96	99
36	97	99
37	95	99
38	99	99
39	97	99
40	95	99
41	94	99
42	97	99
43	96	99
44	95	99
45	99	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค (ต่อ)

ตารางแสดงค่าทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์ Max30100 เปรียบเทียบกับ Oximeter สำหรับผู้ทดลองที่มีคุณสมบัติต่างกันทั้งสามคน

ครั้งที่	ค่า SPO2 ที่ sensor ตรวจจับค่าได้	ค่า SPO2 มาตรฐาน
46	98	99
47	95	99
48	96	99
49	99	99
50	96	99
51	97	99
52	99	99
53	99	99
54	95	99
55	95	99
56	96	99
57	96	99
58	94	99
59	97	99
60	97	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค (ต่อ)

ตารางแสดงค่าทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์ Max30100 เปรียบเทียบกับ Oximeter สำหรับผู้ทดลองที่มีคุณสมบัติต่างกันทั้งสามคน

ตารางการทดลองที่ 1.4 แสดงค่าที่วัดจาก sensor Max30100 เทียบกับ oximeter ของบุคคลที่ 1 ครั้งที่ 4

ครั้งที่	ค่า SPO2 ที่ sensor ตรวจจับค่าได้	ค่า SPO2 มาตรฐาน
1	95	99
2	95	99
3	99	99
4	98	99
5	96	99
6	94	99
7	98	99
8	97	99
9	97	99
10	97	99
11	97	99
12	97	99
13	97	99
14	97	99
15	97	99
16	97	99
17	97	99
18	97	99
19	97	99
20	97	99
21	97	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค (ต่อ)

ตารางแสดงค่าทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์ Max30100 เปรียบเทียบกับ Oximeter สำหรับผู้ทดลองที่มีคุณสมบัติต่างกันทั้งสามคน

ครั้งที่	ค่า SPO2 ที่ sensor ตรวจจับค่าได้	ค่า SPO2 มาตรฐาน
22	97	99
23	97	99
24	97	99
25	97	99
26	97	99
27	97	99
28	97	99
29	97	99
30	97	99
31	97	99
32	97	99
33	97	99
34	97	99
35	97	99
36	97	99
37	97	99
38	97	99
39	97	99
40	97	99
41	97	99
42	97	99
43	97	99
44	97	99
45	96	99
46	99	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค (ต่อ)

ตารางแสดงค่าทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์ Max30100 เปรียบเทียบกับ Oximeter สำหรับผู้ทดลองที่มีคุณสมบัติต่างกันทั้งสามคน

ครั้งที่	ค่า SPO2 ที่ sensor ตรวจจับค่าได้	ค่า SPO2 มาตรฐาน
47	94	99
48	94	99
49	95	99
50	98	99
51	96	99
52	94	99
53	96	99
54	99	99
55	96	99
56	97	99
57	99	99
58	94	99
59	94	99
60	98	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค (ต่อ)

ตารางแสดงค่าทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์ Max30100 เปรียบเทียบกับ Oximeter สำหรับผู้ทดลองที่มีคุณสมบัติต่างกันทั้งสามคน

ตารางการทดลองที่ 1.5 แสดงค่าที่วัดจาก sensor Max30100 เทียบกับ oximeter ของบุคคลที่ 1 ครั้งที่ 5

ครั้งที่	ค่า SPO2 ที่ sensor ตรวจจับค่าได้	ค่า SPO2 มาตรฐาน
1	96	99
2	98	99
3	95	99
4	95	99
5	98	99
6	98	99
7	94	99
8	94	99
9	94	99
10	96	99
11	97	99
12	97	99
13	97	99
14	99	99
15	94	99
16	97	99
17	99	99
18	98	99
19	95	99
20	96	99
21	98	99
22	97	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค (ต่อ)

ตารางแสดงค่าทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์ Max30100 เปรียบเทียบกับ Oximeter สำหรับผู้ทดลองที่มีคุณสมบัติต่างกันทั้งสามคน

ครั้งที่	ค่า SPO2 ที่ sensor ตรวจจับค่าได้	ค่า SPO2 มาตรฐาน
23	97	99
24	98	99
25	97	99
26	99	99
27	97	99
28	99	99
29	98	99
30	97	99
31	98	99
32	98	99
33	97	99
34	94	99
35	99	99
36	97	99
37	99	99
38	98	99
39	99	99
40	97	99
41	94	99
42	96	99
43	98	99
44	95	99
45	99	99
46	95	99
47	99	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค (ต่อ)

ตารางแสดงค่าทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์ Max30100 เปรียบเทียบกับ Oximeter สำหรับผู้ทดลองที่มีคุณสมบัติต่างกันทั้งสามคน

ครั้งที่	ค่า SPO2 ที่ sensor ตรวจจับค่าได้	ค่า SPO2 มาตรฐาน
49	99	99
49	98	99
50	98	99
51	96	99
52	99	99
53	97	99
54	98	99
55	97	99
56	99	99
57	99	99
58	97	99
59	99	99
60	98	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค (ต่อ)

ตารางแสดงค่าทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์ Max30100 เปรียบเทียบกับ Oximeter สำหรับผู้ทดลองที่มีคุณสมบัติต่างกันทั้งสามคน

ตารางการทดลองที่ 2.1 แสดงค่าที่วัดจาก sensor Max30100 เทียบกับ oximeter ของบุคคลที่ 2 ครั้งที่ 1

ครั้งที่	ค่า SPO2 ที่ sensor ตรวจจับค่าได้	ค่า SPO2 มาตรฐาน
1	96	99
2	95	99
3	94	99
4	97	99
5	95	99
6	96	99
7	96	99
8	97	99
9	99	99
10	97	99
11	98	99
12	97	99
13	98	99
14	96	99
15	99	99
16	99	99
17	98	99
18	98	99
19	95	99
20	95	99
21	94	99
22	97	99
23	97	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค (ต่อ)

ตารางแสดงค่าทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์ Max30100 เปรียบเทียบกับ Oximeter สำหรับผู้ทดลองที่มีคุณสมบัติต่างกันทั้งสามคน

ครั้งที่	ค่า SPO2 ที่ sensor ตรวจจับค่าได้	ค่า SPO2 มาตรฐาน
24	96	99
25	95	99
26	99	99
27	95	99
28	99	99
29	99	99
30	99	99
31	96	99
32	96	99
33	99	99
34	98	99
35	98	99
36	96	99
37	95	99
38	98	99
39	95	99
40	99	99
41	97	99
42	94	99
43	96	99
44	99	99
45	95	99
46	96	99
47	95	99
48	94	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค (ต่อ)

ตารางแสดงค่าทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์ Max30100 เปรียบเทียบกับ Oximeter สำหรับผู้ทดลองที่มีคุณสมบัติต่างกันทั้งสามคน

ครั้งที่	ค่า SPO2 ที่ sensor ตรวจจับค่าได้	ค่า SPO2 มาตรฐาน
49	94	99
50	96	99
51	99	99
52	97	99
53	94	99
54	99	99
55	98	99
56	96	99
57	97	99
58	95	99
59	97	99
60	99	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค (ต่อ)

ตารางแสดงค่าทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์ Max30100 เปรียบเทียบกับ Oximeter สำหรับผู้ทดลองที่มีคุณสมบัติต่างกันทั้งสามคน

ตารางการทดลองที่ 2.2 แสดงค่าที่วัดจาก sensor Max30100 เทียบกับ oximeter ของบุคคลที่ 2 ครั้งที่ 2

ครั้งที่	ค่า SPO2 ที่ sensor ตรวจจับค่าได้	ค่า SPO2 มาตรฐาน
1	99	99
2	97	99
3	94	99
4	97	99
5	95	99
6	95	99
7	97	99
8	96	99
9	94	99
10	97	99
11	99	99
12	99	99
13	97	99
14	98	99
15	97	99
16	96	99
17	96	99
18	99	99
19	95	99
20	96	99
21	94	99
22	99	99
23	95	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค (ต่อ)

ตารางแสดงค่าทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์ Max30100 เปรียบเทียบกับ Oximeter สำหรับผู้ทดลองที่มีคุณสมบัติต่างกันทั้งสามคน

ครั้งที่	ค่า SPO2 ที่ sensor ตรวจจับค่าได้	ค่า SPO2 มาตรฐาน
24	99	99
25	94	99
26	95	99
27	95	99
28	97	99
29	95	99
30	98	99
31	96	99
32	96	99
33	97	99
34	94	99
35	97	99
36	94	99
37	98	99
38	98	99
39	96	99
40	99	99
41	94	99
42	97	99
43	99	99
44	96	99
45	94	99
46	95	99
47	97	99
48	97	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค (ต่อ)

ตารางแสดงค่าทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์ Max30100 เปรียบเทียบกับ Oximeter สำหรับผู้ทดลองที่มีคุณสมบัติต่างกันทั้งสามคน

ครั้งที่	ค่า SPO2 ที่ sensor ตรวจจับค่าได้	ค่า SPO2 มาตรฐาน
49	94	99
50	99	99
51	96	99
52	97	99
53	98	99
54	94	99
55	95	99
56	97	99
57	98	99
58	98	99
59	99	99
60	99	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค (ต่อ)

ตารางแสดงค่าทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์ Max30100 เปรียบเทียบกับ Oximeter สำหรับผู้ทดลองที่มีคุณสมบัติต่างกันทั้งสามคน

ตารางการทดลองที่ 2.3 แสดงค่าที่วัดจาก sensor Max30100 เทียบกับ oximeter ของบุคคลที่ 2 ครั้งที่ 3

ครั้งที่	ค่า SPO2 ที่ sensor ตรวจจับค่าได้	ค่า SPO2 มาตรฐาน
1	94	99
2	98	99
3	97	99
4	99	99
5	94	99
6	94	99
7	95	99
8	95	99
9	99	99
10	96	99
11	95	99
12	99	99
13	96	99
14	96	99
15	98	99
16	94	99
17	99	99
18	99	99
19	98	99
20	97	99
21	96	99
22	96	99
23	96	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค (ต่อ)

ตารางแสดงค่าทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์ Max30100 เปรียบเทียบกับ Oximeter สำหรับผู้ทดลองที่มีคุณสมบัติต่างกันทั้งสามคน

ครั้งที่	ค่า SPO2 ที่ sensor ตรวจจับค่าได้	ค่า SPO2 มาตรฐาน
24	96	99
25	99	99
26	96	99
27	96	99
28	97	99
29	95	99
30	94	99
31	96	99
32	95	99
33	96	99
34	94	99
35	97	99
36	98	99
37	97	99
38	95	99
39	96	99
40	97	99
41	98	99
42	95	99
43	97	99
44	96	99
45	96	99
46	98	99
47	94	99
48	99	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค (ต่อ)

ตารางแสดงค่าทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์ Max30100 เปรียบเทียบกับ Oximeter สำหรับผู้ทดลองที่มีคุณสมบัติต่างกันทั้งสามคน

ครั้งที่	ค่า SPO2 ที่ sensor ตรวจจับค่าได้	ค่า SPO2 มาตรฐาน
49	94	99
50	94	99
51	95	99
52	94	99
53	99	99
54	95	99
55	98	99
56	95	99
57	99	99
58	97	99
59	98	99
60	98	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค (ต่อ)

ตารางแสดงค่าทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์ Max30100 เปรียบเทียบกับ Oximeter สำหรับผู้ทดลองที่มีคุณสมบัติต่างกันทั้งสามคน

ตารางการทดลองที่ 2.4 แสดงค่าที่วัดจาก sensor Max30100 เทียบกับ oximeter ของบุคคลที่ 2 ครั้งที่ 4

ครั้งที่	ค่า SPO2 ที่ sensor ตรวจจับค่าได้	ค่า SPO2 มาตรฐาน
1	99	99
2	94	99
3	94	99
4	96	99
5	94	99
6	94	99
7	94	99
8	98	99
9	95	99
10	95	99
11	97	99
12	95	99
13	98	99
14	99	99
15	96	99
16	96	99
17	99	99
18	98	99
19	96	99
20	94	99
21	95	99
22	95	99
23	99	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค (ต่อ)

ตารางแสดงค่าทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์ Max30100 เปรียบเทียบกับ Oximeter สำหรับผู้ทดลองที่มีคุณสมบัติต่างกันทั้งสามคน

ครั้งที่	ค่า SPO2 ที่ sensor ตรวจจับค่าได้	ค่า SPO2 มาตรฐาน
24	98	99
25	97	99
26	98	99
27	97	99
28	97	99
29	99	99
30	99	99
31	95	99
32	99	99
33	94	99
34	98	99
35	94	99
36	94	99
37	96	99
38	98	99
39	98	99
40	95	99
41	98	99
42	95	99
43	97	99
44	96	99
45	98	99
46	98	99
47	96	99
48	95	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค (ต่อ)

ตารางแสดงค่าทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์ Max30100 เปรียบเทียบกับ Oximeter สำหรับผู้ทดลองที่มีคุณสมบัติต่างกันทั้งสามคน

ครั้งที่	ค่า SPO2 ที่ sensor ตรวจจับค่าได้	ค่า SPO2 มาตรฐาน
49	95	99
50	99	99
51	96	99
52	95	99
53	96	99
54	95	99
55	99	99
56	99	99
57	94	99
58	97	99
59	94	99
60	94	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค (ต่อ)

ตารางแสดงค่าทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์ Max30100 เปรียบเทียบกับ Oximeter สำหรับผู้ทดลองที่มีคุณสมบัติต่างกันทั้งสามคน

ตารางการทดลองที่ 2.5 แสดงค่าที่วัดจาก sensor Max30100 เทียบกับ oximeter ของบุคคลที่ 2 ครั้งที่ 5

ครั้งที่	ค่า SPO2 ที่ sensor ตรวจจับค่าได้	ค่า SPO2 มาตรฐาน
1	96	99
2	99	99
3	96	99
4	95	99
5	97	99
6	94	99
7	97	99
8	96	99
9	96	99
10	94	99
11	98	99
12	95	99
13	98	99
14	95	99
15	99	99
16	94	99
17	99	99
18	97	99
19	97	99
20	96	99
21	97	99
22	96	99
23	95	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค (ต่อ)

ตารางแสดงค่าทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์ Max30100 เปรียบเทียบกับ Oximeter สำหรับผู้ทดลองที่มีคุณสมบัติต่างกันทั้งสามคน

ครั้งที่	ค่า SPO2 ที่ sensor ตรวจจับค่าได้	ค่า SPO2 มาตรฐาน
24	96	99
25	99	99
26	98	99
27	98	99
28	94	99
29	98	99
30	97	99
31	94	99
32	94	99
33	94	99
34	99	99
35	96	99
36	96	99
37	99	99
38	99	99
39	94	99
40	99	99
41	97	99
42	96	99
43	98	99
44	97	99
45	98	99
46	95	99
47	97	99
48	94	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค (ต่อ)

ตารางแสดงค่าทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์ Max30100 เปรียบเทียบกับ Oximeter สำหรับผู้ทดลองที่มีคุณสมบัติต่างกันทั้งสามคน

ครั้งที่	ค่า SPO2 ที่ sensor ตรวจจับค่าได้	ค่า SPO2 มาตรฐาน
49	98	99
50	96	99
51	97	99
52	94	99
53	98	99
54	99	99
55	99	99
56	95	99
57	96	99
58	97	99
59	97	99
60	99	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค (ต่อ)

ตารางแสดงค่าทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์ Max30100 เปรียบเทียบกับ Oximeter สำหรับผู้ทดลองที่มีคุณสมบัติต่างกันทั้งสามคน

ตารางการทดลองที่ 3.1 แสดงค่าที่วัดจาก sensor Max30100 เทียบกับ oximeter ของบุคคลที่ 3 ครั้งที่ 1

ครั้งที่	ค่า SPO2 ที่ sensor ตรวจจับค่าได้	ค่า SPO2 มาตรฐาน
1	95	99
2	97	99
3	98	99
4	94	99
5	99	99
6	99	99
7	94	99
8	98	99
9	99	99
10	95	99
11	99	99
12	96	99
13	99	99
14	96	99
15	96	99
16	97	99
17	98	99
18	99	99
19	96	99
20	94	99
21	95	99
22	94	99
23	99	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค (ต่อ)

ตารางแสดงค่าทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์ Max30100 เปรียบเทียบกับ Oximeter สำหรับผู้ทดลองที่มีคุณสมบัติต่างกันทั้งสามคน

ครั้งที่	ค่า SPO2 ที่ sensor ตรวจจับค่าได้	ค่า SPO2 มาตรฐาน
24	97	99
25	97	99
26	99	99
27	96	99
28	98	99
29	95	99
30	97	99
31	98	99
32	99	99
33	96	99
34	94	99
35	98	99
36	95	99
37	98	99
38	96	99
39	97	99
40	97	99
41	94	99
42	97	99
43	97	99
44	95	99
45	98	99
46	97	99
47	99	99
48	99	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค (ต่อ)

ตารางแสดงค่าทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์ Max30100 เปรียบเทียบกับ Oximeter สำหรับผู้ทดลองที่มีคุณสมบัติต่างกันทั้งสามคน

ครั้งที่	ค่า SPO2 ที่ sensor ตรวจจับค่าได้	ค่า SPO2 มาตรฐาน
49	99	99
50	94	99
51	99	99
52	99	99
53	95	99
54	95	99
55	98	99
56	95	99
57	94	99
58	99	99
59	97	99
60	95	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค (ต่อ)

ตารางแสดงค่าทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์ Max30100 เปรียบเทียบกับ Oximeter สำหรับผู้ทดลองที่มีคุณสมบัติต่างกันทั้งสามคน

ตารางการทดลองที่ 3.2 แสดงค่าที่วัดจาก sensor Max30100 เทียบกับ oximeter ของบุคคลที่ 3 ครั้งที่ 2

ครั้งที่	ค่า SPO2 ที่ sensor ตรวจจับค่าได้	ค่า SPO2 มาตรฐาน
1	95	99
2	96	99
3	94	99
4	96	99
5	96	99
6	98	99
7	97	99
8	94	99
9	96	99
10	99	99
11	97	99
12	98	99
13	95	99
14	96	99
15	95	99
16	95	99
17	97	99
18	96	99
19	97	99
20	95	99
21	95	99
22	99	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค (ต่อ)

ตารางแสดงค่าทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์ Max30100 เปรียบเทียบกับ Oximeter สำหรับผู้ทดลองที่มีคุณสมบัติต่างกันทั้งสามคน

ครั้งที่	ค่า SPO2 ที่ sensor ตรวจจับค่าได้	ค่า SPO2 มาตรฐาน
23	96	99
24	96	99
25	94	99
26	96	99
27	98	99
28	97	99
29	96	99
30	95	99
31	95	99
32	97	99
33	97	99
34	96	99
35	95	99
36	94	99
37	99	99
38	95	99
39	98	99
40	98	99
41	99	99
42	96	99
43	97	99
44	95	99
45	97	99
46	99	99
47	99	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค (ต่อ)

ตารางแสดงค่าทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์ Max30100 เปรียบเทียบกับ Oximeter สำหรับผู้ทดลองที่มีคุณสมบัติต่างกันทั้งสามคน

ครั้งที่	ค่า SPO2 ที่ sensor ตรวจจับค่าได้	ค่า SPO2 มาตรฐาน
48	99	99
49	94	99
50	99	99
51	94	99
52	94	99
53	99	99
54	98	99
55	97	99
56	98	99
57	97	99
58	98	99
59	99	99
60	98	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค (ต่อ)

ตารางแสดงค่าทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์ Max30100 เปรียบเทียบกับ Oximeter สำหรับผู้ทดลองที่มีคุณสมบัติต่างกันทั้งสามคน

ตารางการทดลองที่ 3.3 แสดงค่าที่วัดจาก sensor Max30100 เทียบกับ oximeter ของบุคคลที่ 3 ครั้งที่ 3

ครั้งที่	ค่า SPO2 ที่ sensor ตรวจจับค่าได้	ค่า SPO2 มาตรฐาน
1	99	99
2	94	99
3	98	99
4	96	99
5	98	99
6	95	99
7	94	99
8	94	99
9	96	99
10	94	99
11	96	99
12	98	99
13	98	99
14	96	99
15	97	99
16	98	99
17	94	99
18	96	99
19	95	99
20	99	99
21	98	99
22	94	99
23	96	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค (ต่อ)

ตารางแสดงค่าทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์ Max30100 เปรียบเทียบกับ Oximeter สำหรับผู้ทดลองที่มีคุณสมบัติต่างกันทั้งสามคน

ครั้งที่	ค่า SPO2 ที่ sensor ตรวจจับค่าได้	ค่า SPO2 มาตรฐาน
24	99	99
25	96	99
26	97	99
27	95	99
28	97	99
29	96	99
30	98	99
31	97	99
32	96	99
33	99	99
34	98	99
35	98	99
36	96	99
37	94	99
38	95	99
39	95	99
40	99	99
41	99	99
42	97	99
43	95	99
44	95	99
45	95	99
46	96	99
47	98	99
48	95	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค (ต่อ)

ตารางแสดงค่าทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์ Max30100 เปรียบเทียบกับ Oximeter สำหรับผู้ทดลองที่มีคุณสมบัติต่างกันทั้งสามคน

ครั้งที่	ค่า SPO2 ที่ sensor ตรวจจับค่าได้	ค่า SPO2 มาตรฐาน
49	98	99
50	98	99
51	94	99
52	96	99
53	98	99
54	98	99
55	98	99
56	99	99
57	99	99
58	97	99
59	97	99
60	98	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค (ต่อ)

ตารางแสดงค่าทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์ Max30100 เปรียบเทียบกับ Oximeter สำหรับผู้ทดลองที่มีคุณสมบัติต่างกันทั้งสามคน

ตารางการทดลองที่ 3.4 แสดงค่าที่วัดจาก sensor Max30100 เทียบกับ oximeter ของบุคคลที่ 3 ครั้งที่ 4

ครั้งที่	ค่า SPO2 ที่ sensor ตรวจจับค่าได้	ค่า SPO2 มาตรฐาน
1	95	99
2	96	99
3	96	99
4	99	99
5	97	99
6	96	99
7	99	99
8	94	99
9	99	99
10	98	99
11	98	99
12	98	99
13	96	99
14	96	99
15	98	99
16	98	99
17	97	99
18	95	99
19	99	99
20	98	99
21	95	99
22	97	99
23	94	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค (ต่อ)

ตารางแสดงค่าทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์ Max30100 เปรียบเทียบกับ Oximeter สำหรับผู้ทดลองที่มีคุณสมบัติต่างกันทั้งสามคน

ครั้งที่	ค่า SPO2 ที่ sensor ตรวจจับค่าได้	ค่า SPO2 มาตรฐาน
24	98	99
25	95	99
26	95	99
27	97	99
28	94	99
29	99	99
30	96	99
31	96	99
32	99	99
33	98	99
34	96	99
35	98	99
36	98	99
37	95	99
38	99	99
39	98	99
40	94	99
41	95	99
42	97	99
43	98	99
44	96	99
45	97	99
46	95	99
47	96	99
48	94	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค (ต่อ)

ตารางแสดงค่าทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์ Max30100 เปรียบเทียบกับ Oximeter สำหรับผู้ทดลองที่มีคุณสมบัติต่างกันทั้งสามคน

ครั้งที่	ค่า SPO2 ที่ sensor ตรวจจับค่าได้	ค่า SPO2 มาตรฐาน
49	95	99
50	97	99
51	99	99
52	99	99
53	96	99
54	99	99
55	96	99
56	97	99
57	95	99
58	98	99
59	99	99
60	95	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค (ต่อ)

ตารางแสดงค่าทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์ Max30100 เปรียบเทียบกับ Oximeter สำหรับผู้ทดลองที่มีคุณสมบัติต่างกันทั้งสามคน

ตารางการทดลองที่ 3.5 แสดงค่าที่วัดจาก sensor Max30100 เทียบกับ oximeter ของบุคคลที่ 3 ครั้งที่ 5

ครั้งที่	ค่า SPO2 ที่ sensor ตรวจจับค่าได้	ค่า SPO2 มาตรฐาน
1	94	99
2	96	99
3	95	99
4	99	99
5	98	99
6	97	99
7	99	99
8	94	99
9	95	99
10	95	99
11	98	99
12	96	99
13	96	99
14	99	99
15	94	99
16	98	99
17	95	99
18	97	99
19	96	99
20	97	99
21	95	99
22	96	99
23	98	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค (ต่อ)

ตารางแสดงค่าทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์ Max30100 เปรียบเทียบกับ Oximeter สำหรับผู้ทดลองที่มีคุณสมบัติต่างกันทั้งสามคน

ครั้งที่	ค่า SPO2 ที่ sensor ตรวจจับค่าได้	ค่า SPO2 มาตรฐาน
24	94	99
25	98	99
26	98	99
27	97	99
28	95	99
29	95	99
30	95	99
31	94	99
32	99	99
33	95	99
34	99	99
35	97	99
36	98	99
37	98	99
38	97	99
39	97	99
40	97	99
41	95	99
42	95	99
43	96	99
44	95	99
45	94	99
46	94	99
47	95	99
48	95	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค (ต่อ)

ตารางแสดงค่าทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์ Max30100 เปรียบเทียบกับ Oximeter สำหรับผู้ทดลองที่มีคุณสมบัติต่างกันทั้งสามคน

ครั้งที่	ค่า SPO2 ที่ sensor ตรวจจับค่าได้	ค่า SPO2 มาตรฐาน
49	95	99
50	97	99
51	95	99
52	94	99
53	94	99
54	98	99
55	95	99
56	99	99
57	96	99
58	98	99
59	98	99
60	98	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้