

การใช้คลื่นไฟฟ้าสมองเพื่อช่วยเหลือผู้ป่วยกล้ามเนื้ออ่อนแรง

USING EEG TO HELP PEOPLE WITH MUSCLE WEAKNESS

วีรภัทร เทียนดำ

WEERAPAT THEANDUM

ศักดิ์สิทธิ์ หวังวรภิญโญ

SAKSIT WANGVORAPINYO

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2557

การใช้คลื่นไฟฟ้าสมองเพื่อช่วยเหลือผู้ป่วยกล้ามเนื้ออ่อนแรง

USING EEG TO HELP PEOPLE WITH MUSCLE WEAKNESS

โดย

วีรภัทร เทียนดำ

ศักดิ์สิทธิ์ หวังวรภิญโญ

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.ภัทรพงษ์ ผาสุขกิจ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2557

สาขาวิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

เรื่อง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
การใช้คลื่นไฟฟ้าสมองเพื่อช่วยเหลือผู้ป่วยกล้ามเนื้ออ่อนแรง
USING EEG TO HELP PEOPLE WITH MUSCLE WEAKNESS

ผู้จัดทำ นาย วีรภัทร เทียนดำ รหัสประจำตัว 54011222
นาย ศักดิ์สิทธิ์ หวังวรวิญญู รหัสประจำตัว 54011263

ปริญญาานิพนธ์นี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญาานิพนธ์	การใช้คลื่นไฟฟ้าสมองเพื่อช่วยเหลือผู้ป่วยกล้ามเนื้ออ่อนแรง
นักศึกษา	นาย วีรภัทร เทียนดำ รหัสประจำตัว 54011222 นาย ศักดิ์สิทธิ์ หวังวรภิญโญ รหัสประจำตัว 54011263
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
ปีการศึกษา	2557
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์	ผศ.ดร.ภัทรพงษ์ ผาสุขกิจ

บทคัดย่อ

โครงการนี้จัดทำขึ้นเพื่อช่วยเหลือผู้ป่วยกล้ามเนื้ออ่อนแรง (ALS) ให้สามารถช่วยเหลือตัวเองได้ โดยใช้สัญญาณไฟฟ้าสมอง (EEG) ในการอำนวยความสะดวกกับผู้ป่วยกล้ามเนื้ออ่อนแรง ที่ไม่สามารถใช้ร่างกายส่วนต่างๆ ในการปิด เปิด อุปกรณ์ไฟฟ้า หรือ สั่งการอุปกรณ์ต่างๆ โดยในโครงการนี้ จะมี ส่วนประกอบหลักๆ อยู่ 3 ส่วน คือ ส่วนแรกชุดรับสัญญาณ EEG จะใช้อุปกรณ์ EPOC Head set ทำการตรวจวัดสัญญาณไฟฟ้าสมอง ส่งข้อมูลไปยัง ส่วนที่สองทำการประมวลผล โดยโปรแกรมบนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่พัฒนามาเพื่อทำการประมวลผล แล้วส่งออกไปยังเอาต์พุตเป็นส่วนสุดท้าย เช่น จอแสดงผล หรือไปควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Using EEG to help people with muscle weakness	
Student	Mr. Weerapat Theandum	ID.54011222
	Mr. Saksit Wangvorapinyo	ID.54011263
Degree	Bachelor of Engineering	
Program	Electronics Engineering	
Year	2014	
Thesis Advisor	Asst.Prof.Dr. Pattarapong Phasukkit	

Abstract

This project is designed to help people with muscle weakness (Amyotrophic Lateral Sclerosis, ALS) can help themselves. By using brain signals (Electroencephalography, EEG) to facilitate the patient's muscle weakness to turn ON/OFF electrical equipment or command devices. The project is divided into three main parts : the first is EEG receiver (EPOC Headset) measure the electrical signals of the brain and send to second part. In the second part, signal processing by computer programming then exports to output in the last part such as monitor or control electric devices.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จสมบูรณ์ไปได้ด้วยดีทั้งนี้ เนื่องจากได้รับความกรุณาเป็นอย่างสูงจาก ผศ.ดร.ภัทรพงษ์ ผาสุขกิจ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้ช่วยเหลือในการให้คำปรึกษาและคำแนะนำ รวมไปถึงชี้แนะแนวทางในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำวิทยานิพนธ์ ผู้จัดทำรู้สึกทราบบ้างในความอนุเคราะห์จากท่านและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ให้การสนับสนุนด้านการศึกษาและที่คอยห่วงใยและให้กำลังใจตลอดมา

ขอขอบคุณเพื่อนๆทุกคน ที่ได้ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการทำวิจัย รวมทั้งช่วยแก้ปัญหาต่างที่เกิดขึ้นในงานวิจัย

ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงในความอนุเคราะห์ จึงทำให้รายงานฉบับนี้สำเร็จโดยสมบูรณ์ ซึ่งมีทั้งประโยชน์และคุณค่าที่พึงมีในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

นาย วีรภัทร เทียนดำ
นาย ศักดิ์สิทธิ์ หวังวรวิญญู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ.....	1
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับของโครงการ.....	1
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	2
2.1 การตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง.....	2
2.1.1 เครื่องตรวจวัดคลื่นไฟฟ้าสมองที่ใช้การสร้างเป็นแผนที่.....	2
2.1.2 ขบวนการสร้างแผนที่ของคลื่นไฟฟ้าสมอง.....	3
2.1.3 พื้นฐานคลื่นสมองชนิดต่างๆ.....	3
2.1.4 ประโยชน์ของการตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง.....	4
2.2 การตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจ.....	5
2.2.1 หลักการทำงาน.....	6
2.2.2 ลีด.....	6
2.2.3 ตำแหน่งของขั้วไฟฟ้า.....	7
2.2.4 คลื่นและช่วงเวลา.....	8
2.3 การตรวจคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ.....	11
2.3.1 การตรวจวัดสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ.....	11
2.3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับตรวจวัดคลื่นกล้ามเนื้ออีเอ็มจี.....	11
2.3.3 วิธีการตรวจวัดอีเอ็มจี.....	13
2.3.4 สัญญาณที่วัดและการแปลผล.....	13
2.4 โรคกล้ามเนื้ออ่อนแรง (ALS) คืออะไร.....	14
2.4.1 สาเหตุของโรคกล้ามเนื้ออ่อนแรง (ALS).....	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปโดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีเหตุผลบางเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง

หน้า

2.4.2	ใครบ้างที่มีโอกาสเกิดโรคกล้ามเนื้ออ่อนแรง (ALS).....	15
2.4.3	อาการและการดำเนินของโรคกล้ามเนื้ออ่อนแรง (ALS) เป็นอย่างไร.....	15
2.4.4	การวินิจฉัยโรคกล้ามเนื้ออ่อนแรง (ALS) ทำได้อย่างไร.....	16
2.4.5	เมื่อได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นโรคแล้วควรปฏิบัติตัวอย่างไร.....	16
2.5	EPOC Headset.....	17
2.5.1	เหตุผลที่เลือกใช้ EPOC Headset.....	17
2.6	Arduino Board Uno.....	17
2.6.1	Overview.....	17
2.6.2	Power.....	19
2.6.3	Memory.....	19
2.6.4	Input and Output.....	19
2.6.5	ฟังก์ชันอื่นๆเพิ่มเติม.....	20
2.6.6	Communication.....	20
2.6.7	Programming.....	20
2.6.8	จุดเด่นที่ทำให้บอร์ด Arduino เป็นที่นิยม.....	20
2.7	มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง.....	21
2.7.1	มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor).....	21
2.7.2	ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง.....	21
2.7.3	หลักการของมอเตอร์กระแสไฟฟ้าตรง (Motor Action).....	24
2.8	L293D.....	26
2.8.1	คุณสมบัติโดยทั่วไป.....	26
2.8.2	บล็อกไดอะแกรมการทำงานไอซี L293 และหน้าที่ขาสัญญาณต่างๆ.....	27
บทที่ 3	การออกแบบและดำเนินงาน.....	29
3.1	แนวความคิด.....	29
3.2	ส่วนอุปกรณ์.....	31
3.2.1	EPOC Headset.....	31
3.3	ส่วนชิ้นงาน.....	34
3.3.1	วางแผนดำเนินการสร้างรถ.....	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

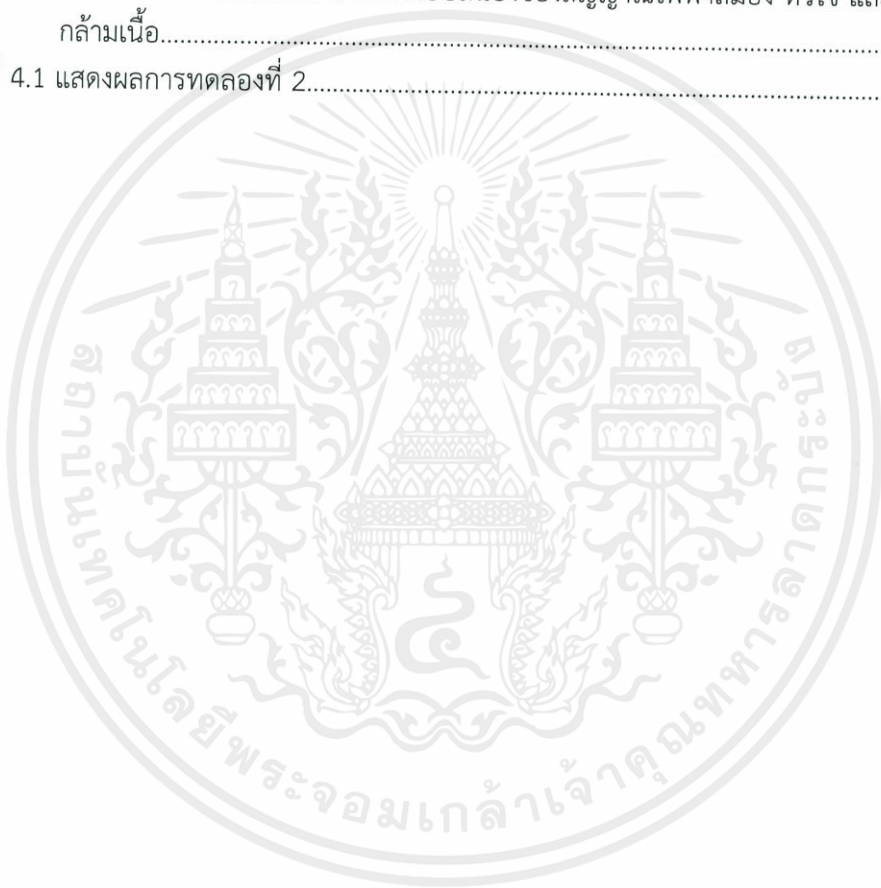
สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.4 ส่วนโปรแกรม.....	37
3.4.1 Emotiv Control Panel.....	37
3.4.2 Emotiv EmoKey.....	38
3.4.3 Arduino 1.0.5-r2.....	39
3.4.4 Solidworks.....	40
3.4.4 Kisslicer.....	40
3.5 ส่วนของ Schematic และ PCB.....	41
3.5.1 Schematic ของวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์.....	41
3.5.2 PCB ของวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์.....	41
3.5.3 Schematic ของการทดลองที่ 2.....	42
บทที่ 4 ผลการทดสอบ.....	43
4.1 ผลการทดลอง.....	43
4.1.1 การทดลองที่ 1.....	43
4.1.2 การทดลองที่ 2.....	48
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	49
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	49
5.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง.....	49
5.3 ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำวิจัย.....	49
5.4 ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทำวิจัย.....	49
5.5 แนวทางการพัฒนาแก้ไข.....	50
เอกสารอ้างอิง.....	51
ภาคผนวก.....	53
ภาคผนวก ก.....	54
ภาคผนวก ข.....	69
ภาคผนวก ค.....	78
ภาคผนวก ง.....	85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงการจัดวางขั้วไฟฟ้ากับป้ายชื่อขั้วไฟฟ้า.....	7
ตารางที่ 2.2 แสดงช่วงเวลาของคลื่น.....	9-10
ตารางที่ 2.3 แสดงชนิดศักย์ไฟฟ้าและความถี่ที่ตอบสนองของสัญญาณไฟฟ้าสมอง หัวใจ และ กล้ามเนื้อ.....	11
ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดลองที่ 2.....	48



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงกระบวนการทำงานของเครื่องสร้างแผนที่ของคลื่นไฟฟ้าสมองบนศีรษะ.....	3
รูปที่ 2.2 คลื่นสมองชนิดต่างๆ.....	4
รูปที่ 2.3 ภาพประกอบตำแหน่งของลีดระหว่างการทำ ECG.....	7
รูปที่ 2.4 แสดงตำแหน่งของลีดด้านหน้าของหัวใจ.....	8
รูปที่ 2.5 แสดงรูปแบบของคลื่นไฟฟ้าหัวใจ 12 ลีด.....	8
รูปที่ 2.6 แสดง ECG ปกติ.....	9
รูปที่ 2.7 แสดงรายละเอียดของ QRS complex และเวลาในการทำกิจกรรมของหัวใจห้องล่าง.....	10
รูปที่ 2.8 ลักษณะของอิเล็กโทรดที่ใช้สำหรับบันทึกสัญญาณ EMG.....	12
รูปที่ 2.9 แสดงผังอุปกรณ์เครื่องตรวจวัดสัญญาณไฟฟ้า EMG.....	13
รูปที่ 2.10 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง เซลล์ปกติ กับ เซลล์ ALS.....	14
รูปที่ 2.11 ผู้ป่วยโรคกล้ามเนื้ออ่อนแรง ALS.....	15
รูปที่ 2.12 แสดงยา Riluzol เป็นยาชะลอของโรคกล้ามเนื้ออ่อนแรง ALS.....	16
รูปที่ 2.13 EPOC Headset.....	17
รูปที่ 2.14 Arduino Board Uno.....	18
รูปที่ 2.15 Arduino Uno Pinout Diagram.....	21
รูปที่ 2.16 ส่วนที่อยู่กับที่หรือสเตเตอร์.....	22
รูปที่ 2.17 แกนขั้ว.....	22
รูปที่ 2.18 ขดลวดสนามแม่เหล็ก.....	23
รูปที่ 2.19 โรเตอร์.....	23
รูปที่ 2.20 วงจรการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม.....	24
รูปที่ 2.21 วงจรการทำงานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน.....	25
รูปที่ 2.22 วงจรการทำงานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบซอร์ทซ์ชั้นท์คอมปาวัตมอเตอร์.....	25
รูปที่ 2.23 วงจรการทำงานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบลونغชั้นท์คอมปาวัตมอเตอร์.....	26
รูปที่ 2.24 ลักษณะไอซี L293D ตัวถังแบบดีพ 16 ขา.....	26
รูปที่ 2.25 บล็อกไดอะแกรมไอซี L293D.....	27
รูปที่ 2.26 แสดงขาสัญญาณต่างๆของไอซี L293D.....	27
รูปที่ 3.1 แนวความคิด.....	29
รูปที่ 3.2 ผังการทำงานของรถ.....	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 3.3 ชุด EPOC Headset ทั้งหมด.....	31
รูปที่ 3.4 EPOC Headset.....	32
รูปที่ 3.5 เซนเซอร์.....	32
รูปที่ 3.6 กล่องใส่ Sensor, EPOC USB Receiver, Adaptor.....	33
รูปที่ 3.7 กล่องที่ใส่อุปกรณ์ทั้งหมด.....	33
รูปที่ 3.8 แผ่นโครงสร้างส่วนล่าง.....	34
รูปที่ 3.9 แผ่นโครงสร้างส่วนบน.....	34
รูปที่ 3.10 นำแผ่นโครงสร้างส่วนบนไปตั้งค่า.....	35
รูปที่ 3.11 นำแผ่นโครงสร้างส่วนล่างไปตั้งค่า.....	35
รูปที่ 3.12 เครื่องปริ้น 3 มิติ.....	36
รูปที่ 3.13 รถที่ใช้ทำการทดลอง.....	36
รูปที่ 3.14 Emotiv Control Panel.....	37
รูปที่ 3.15 Emotiv Control Panel ในส่วนของ Facial Expressions.....	37
รูปที่ 3.16 Emotiv Control Panel ในส่วนของ Mental Commands.....	38
รูปที่ 3.17 Emotiv EmoKey.....	38
รูปที่ 3.18 หน้าต่างโปรแกรม Arduino 1.0.5-r2.....	39
รูปที่ 3.19 หน้าต่างโปรแกรม Solidwoaks.....	40
รูปที่ 3.20 หน้าต่างโปรแกรม.....	40
รูปที่ 3.21 Schematic ของวงจรขับมอเตอร์.....	41
รูปที่ 3.22 PCB ของวงจรขับมอเตอร์.....	41
รูปที่ 3.23 Schematic ของการทดลองที่ 2.....	42
รูปที่ 4.1 ผลการทดลองครั้งที่ 1.....	43
รูปที่ 4.2 ผลการทดลองครั้งที่ 2.....	43
รูปที่ 4.3 ผลการทดลองครั้งที่ 3.....	44
รูปที่ 4.4 ผลการทดลองครั้งที่ 4.....	44
รูปที่ 4.5 ผลการทดลองครั้งที่ 5.....	45
รูปที่ 4.6 ผลการทดลองครั้งที่ 6.....	45
รูปที่ 4.7 ผลการทดลองครั้งที่ 7.....	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 4.8 ผลการทดลองครั้งที่ 8.....	46
รูปที่ 4.9 ผลการทดลองครั้งที่ 9.....	47
รูปที่ 4.10 ผลการทดลองครั้งที่ 10.....	47
รูปที่ 4.11 ผลการทดลองที่ 2.....	48



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เมื่อกลางปี พ.ศ.2557 ได้มีกระแส Ice Bucket Challenge ออกมาในต่างประเทศและในประเทศไทย เพื่อหาเงินบริจาคในการวิจัย เพื่อช่วยเหลือและรักษาผู้ป่วยโรคกล้ามเนื้ออ่อนแรง (ALS) จึงทำให้ทางผู้จัดทำศึกษาหาข้อมูลของโรคดังกล่าวไม่ว่าจะเป็น อาการแต่ละระยะของโรค จุดในร่างกายที่เกิดความบกพร่อง รวมถึงความลำบากในการใช้ชีวิตร่วมกับโรคและเป็นจุดเริ่มต้นของไอเดียที่จะทำให้ผู้ป่วยสามารถใช้ชีวิตร่วมกับโรคกล้ามเนื้ออ่อนแรงให้เป็นไปได้ด้วยความสะดวกที่สุดเท่าที่จะทำได้ เนื่องจากในปัจจุบันโรคกล้ามเนื้ออ่อนแรงไม่สามารถรักษาให้หายขาดได้

ปัจจุบันมีผู้ป่วยโรคกล้ามเนื้ออ่อนแรง ที่ไม่สามารถช่วยเหลือตนเองได้ ถึงแม้ว่าจะมีพยาบาลดูแลอย่างใกล้ชิด แต่ยังไม่สามารถทำตามความต้องการได้ทั้งหมดและตลอดเวลาทั้งการเปิด-ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า หรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ จึงได้มีการคิดค้นการใช้คลื่นสมอง (EEG) มาสั่งการเครื่องใช้ไฟฟ้า หรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ได้ ซึ่งสามารถทำให้ผู้ป่วยโรคกล้ามเนื้ออ่อนแรงสามารถช่วยเหลือตนเองได้ในระดับหนึ่ง และการใช้คลื่นสมอง ยังสามารถพัฒนาเพื่อช่วยเหลือผู้พิการหรือผู้ชราภาพอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อช่วยเหลือผู้ป่วยกล้ามเนื้ออ่อนแรงใช้การดำเนินชีวิต
- 1.2.2 ศึกษาการทำงานของคลื่นสมอง (Brain Wave)
- 1.2.3 ศึกษาการใช้งาน EPOC Headset และ Arduino Board
- 1.2.4 เพื่อฝึกการทำงานอย่างเป็นระบบ

1.3 ขอบเขตของโครงการ

สามารถช่วยเหลือผู้ป่วยกล้ามเนื้ออ่อนแรง ที่ไม่สามารถขยับร่างกายได้ ให้สามารถช่วยเหลือตัวเองได้ เช่น การสั่งงานรถวีลแชร์ การสั่งการเครื่องใช้ไฟฟ้า

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 ความรู้เกี่ยวกับคลื่นไฟฟ้าแต่ละประเภทในร่างกาย
- 1.4.2 ทักษะในการประยุกต์ใช้งาน EPOC Headset และ Arduino Board
- 1.4.3 ได้รู้จักวางแผนการทำงานให้เป็นระบบมากยิ่งขึ้น
- 1.4.4 สามารถนำแนวคิดจากโครงการนี้ไปใช้ในการช่วยรักษาผู้ป่วยจริงๆในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง

การตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง เป็นการตรวจพิเศษเฉพาะทางประสาทวิทยาชนิดหนึ่งที่สามารถบอกตำแหน่งและความผิดปกติในการทำงานของสมองได้

การตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง เป็นการบันทึกสัญญาณไฟฟ้า ซึ่งเกิดจากผลรวมของกระแสไฟฟ้าของกลุ่มเซลล์ในสมอง ผลการตรวจจะปรากฏเป็นรูปกราฟในจอภาพ ทั้งนี้โดยปกติสมองคนมีเซลล์ประสาทชนิดหนึ่งที่เรียกว่า นิวรอน (Neuron) จำนวนมากมายเป็นพันล้านเซลล์ เซลล์เหล่านี้สามารถติดต่อถึงกันได้ โดยการขนส่งอนุภาคไฟฟ้าผ่านเยื่อเซลล์ เมื่อเซลล์ประสาทส่วนหนึ่งได้รับการกระตุ้นโดยสารเคมีที่เรียกว่า สารสื่อประสาท (Neurotransmitter) จะปล่อยอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าให้เดินไปตามเนื้อเยื่อที่เรียกว่า ไยประสาท (Nerve fiber) ที่เชื่อมระหว่างเซลล์ประสาท โดยกระแสไฟฟ้าปริมาณน้อยๆที่เกิดขึ้นนี้ จะไปกระตุ้นเซลล์ประสาทให้ปล่อยประจุไฟฟ้าต่อไปเป็นทอดๆ ซึ่งสัญญาณไฟฟ้าที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า คลื่นสมอง หรือ คลื่นไฟฟ้าสมอง (Brain wave)

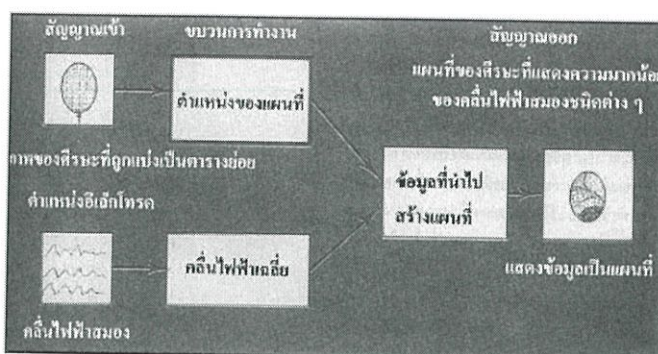
คลื่นสมอง จะมีลักษณะเคลื่อนไหวขึ้นและลงเหมือนคลื่นทั่วไป โดยใช้หน่วยการวัดเป็นรอบต่อนาที เมื่ออยู่ในภาวะปกติคลื่นไฟฟ้าสมองก็เป็นปกติ แต่เมื่อเกิดความผิดปกติของสมอง เช่น ภาวะชัก ภาวะสับสน ความผิดปกตินั้นก็สามารตรวจได้จากการตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง

2.1.1 เครื่องตรวจวัดคลื่นไฟฟ้าสมองที่ใช้การสร้างเป็นแผนที่

2.1.1.1 หลักการทำงาน

เครื่องที่ใช้ในการบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง เรียกว่า อิเล็กโทรเอนเซฟาโลกราฟ (Electroencephalograph : EEG) มีประโยชน์ สำหรับวินิจฉัยโรคของสมองบางอย่าง ที่ทำให้คลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) เปลี่ยนแปลงไป โรคที่สำคัญได้แก่ โรคลมชัก นอกจากนั้นยังใช้ ตรวจหาความผิดปกติของโรคสมองอีกหลายอย่าง การตรวจโดยทั่วไปนั้นใช้การวางอิเล็กโทรดแผ่น ซึ่งมีขนาดเล็กหลายอันบนศีรษะ เพื่อทำการบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองจากหลายแห่งด้วยกัน อาจบันทึกจากสมอง 8-16 แห่ง ทำให้ได้เป็นคลื่นไฟฟ้าสมองจากสมองที่บริเวณต่างๆ หลังจากนั้นแพทย์จะทำการวินิจฉัยโรคจากการ ตรวจดูภาพบันทึกของคลื่นไฟฟ้าสมองโดยละเอียด ในปัจจุบันอาศัยความก้าวหน้าทางด้าน อิเล็กทรอนิกส์ และคอมพิวเตอร์ ทำให้สามารถวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้าสมองให้ละเอียดขึ้นได้ การวิเคราะห์มีหลากหลายรูปแบบ แต่รูปแบบการวิเคราะห์อย่างหนึ่งที่ใช้กันคือการสร้างแผนที่ (mapping) ของคลื่นไฟฟ้าสมองที่มีลักษณะ อย่างหนึ่งอย่างใดแต่ละอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 แสดงกระบวนการทำงานของเครื่องสร้างแผนที่ของคลื่นไฟฟ้าสมองบนศีรษะ
(ที่มา : <http://p3.s1sf.com/gu/0/ui/0/1798/2623b19p205.JPG>)

2.1.2 ขบวนการสร้างแผนที่ของคลื่นไฟฟ้าสมอง

การสร้างแผนที่ของคลื่นไฟฟ้าสมอง ต้องอาศัยขั้นตอน 4 อย่างคือ การเก็บข้อมูล ขบวนการจัดการกับสัญญาณ การคำนวณ และการแสดงแผนที่

การรวบรวมข้อมูลกระทำได้โดยการเก็บข้อมูลของ EEG แล้วเปลี่ยนเป็นข้อมูลตัวเลข โดยอาศัย A/D converter แล้วเก็บข้อมูลนั้นไว้ในแผ่นความจำ และทำการวิเคราะห์ความถี่ของคลื่น EEG ตามที่ต้องการ โดยอาศัย ฟูเรียร์ ทรานสฟอร์ม (Fourier transform)

การคำนวณแผนที่ของคลื่นสมอง กระทำได้โดยการแบ่งพื้นที่ของศีรษะออกเป็นรูปสี่เหลี่ยมเล็กๆ ที่เรียกว่า พิกเซลส์ (pixels) สำหรับการ เก็บข้อมูลนั้น อาศัยคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันทั่วไป โดยสามารถเก็บข้อมูลของแผนที่ได้ละเอียด 40x60 พิกเซลล์ และแบ่งความหนาแน่นออกเป็น 16 ระดับ และนำไปเก็บไว้ในหน่วยความจำ 800 ไบท์ จากนั้นสามารถนำข้อมูลของคลื่นไฟฟ้าสมองมาแสดงเป็นภาพสีของแต่ละพิกเซลล์ โดยที่มีความแตกต่างของข้อมูลแสดงเป็นสีต่างๆ ทำให้เห็นภาพชัดเจนว่าคลื่นไฟฟ้าสมองชนิดใด อยู่ที่สมองบริเวณใด

2.1.3 พื้นฐานคลื่นสมองชนิดต่างๆ

2.1.3.1 คลื่นสมองระดับเบต้า (Beta Brainwave : ความถี่ระหว่าง 14 – 30 Hz)

เป็นคลื่นสมองที่เร็วที่สุด สมองควบคุมจิตใจสำนึก เมื่อใช้สมองเปิดรับข้อมูลพร้อมระบบประสาทสัมผัสทุกด้านเช่น การทำกิจกรรมต่าง ๆ เกี่ยวกับความทรงจำระยะสั้น

2.1.3.2 คลื่นสมองระดับอัลฟา (Alpha Brainwave : ความถี่ระหว่าง 8 – 13.9 Hz)

เมื่อเราพักผ่อน และมีความสงบ (Relaxation) แต่อยู่ในภาวะที่รู้สึกตัว สภาวะนี้จะทำให้รับข้อมูลได้ดีที่สุด สามารถเรียนรู้ได้ดี (Superlearning) เข้าถึงและเรียกความจำได้ง่ายและรวดเร็ว พบบ่อยในเด็กที่มีความสุข และผู้ใหญ่ที่มีจิตสมดุล หรือผู้ที่นั่งสมาธิเป็นประจำหรือในขณะที่ร่างกายและจิตใจผ่อนคลาย สภาวะก่อนหลับ ในทางการแพทย์ คลื่นระดับนี้เหมาะกับการสะกดจิตเพื่อบำบัดโรคถือเป็นช่วงที่ดีที่สุดในการป้อนข้อมูลให้แก่จิตใจสำนึก สมองสามารถเปิดรับข้อมูลได้อย่างเต็มที่และเรียนรู้ได้อย่างรวดเร็วมีความคิดสร้างสรรค์ เป็นสภาวะที่จิตมีประสิทธิภาพสูง

2.1.3.3 คลื่นสมองระดับอีต้า (Theta Brainwave : ความถี่ระหว่าง 4 – 7.9 Hz)

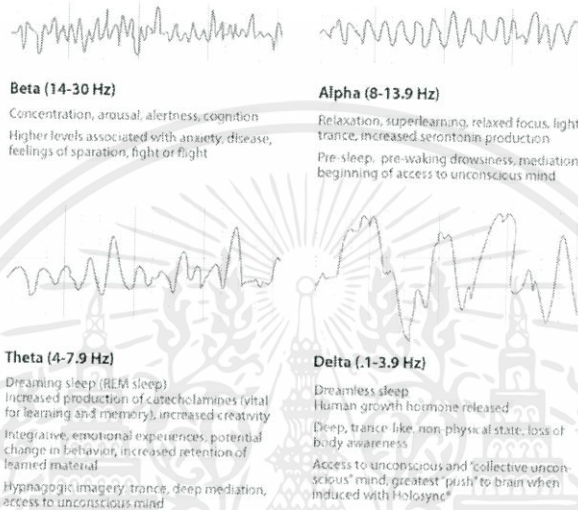
เมื่อมีการผ่อนคลายระดับลึก ความคิดสร้างสรรค์ (Inspiration) คลื่นปัญญาญาณ เป็นคลื่นที่เราสามารถดึงข้อมูลจากจิตใจสำนึกได้ (Subconscious mind) การแก้ไขปัญหาโดยไม่รู้ตัว เป็นคลื่นระดับเดียวกับสมาธิระดับลึก (Meditation) เข้าถึงและเรียกความทรงจำระยะยาวได้ดี

คลื่นสมองสถานะนี้ จะมีความสุข ลืมความทุกข์ มีแต่ความปิติยินดีเป็นคลื่นสมองที่สะท้อนการทำงานของจิตใต้สำนึก (Subconscious Mind)

2.1.3.4 คลื่นสมองระดับเดลต้า (Delta Brainwave : ความถี่ระหว่าง 0.1 – 3.9 Hz)

เป็นคลื่นสมองที่ช้าที่สุด เกิดขึ้นในขณะนอนหลับ สมองทำงานตามความจำเป็นเท่านั้น แต่กระบวนการของจิตใต้สำนึกจะจัดและเก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่องเป็นช่วงที่ร่างกายกำลังพักผ่อนอย่างเต็มที่ หลับลึกโดยไม่มีควมฝัน จะรู้สึกสดชื่นเป็นพิเศษเมื่อยามตื่น

Four Categories of Brain Wave Patterns



รูปที่ 2.2 คลื่นสมองชนิดต่างๆ

(ที่มา : http://www.novabizz.com/NovaAce/Physical/images/brain-wave_chart.gif)

2.1.4 ประโยชน์ของการตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง

2.1.4.1 วินิจฉัยผู้ป่วยที่เป็นโรคลมชัก (Epilepsy) วินิจฉัยผู้ป่วยที่เป็นโรคลมชัก รวมทั้งติดตามผลของการรักษา และอาจบอกชนิดของอาการชักได้ ทั้งนี้ผู้ป่วยโรคลมชักกว่าร้อยละ 40 มีผลการตรวจคลื่นไฟฟ้าสมองที่ปกติเนื่องจากพยาธิสภาพเกิดจากสมองส่วนลึกหรือกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นมีความแรงน้อยเกินกว่าที่เครื่องจะสามารถบันทึกได้ ดังนั้น การตรวจคลื่นไฟฟ้าสมองจึงไม่สามารถใช้ในการวินิจฉัยว่าผู้ป่วยไม่ได้เป็นโรคลมชัก แต่มีประโยชน์อย่างมากในการสืบค้นเพื่อช่วยสนับสนุนการวินิจฉัยโรคลมชักและช่วยแยกชนิดของโรคลมชัก

2.1.4.2 ช่วยวินิจฉัยแยกโรกระหว่างโรคลมชักกับการแกล้งชัก (Pseudoseizure) ช่วยวินิจฉัยแยกโรกระหว่างโรคลมชักกับการแกล้งชัก ผู้ป่วยโรคลมชักที่หมดสติไปจะพบคลื่นไฟฟ้าสมองผิดปกติเสมอ เช่น ช้าหรือลดลงหรือมีคลื่นที่มีลักษณะเร็วและแหลมสูงเรียกว่า Spike หรือ Sharp wave ทั่วๆ ไป หากผู้ป่วยแกล้งชักจะตรวจไม่พบคลื่นไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงเลย แม้ว่าผู้ป่วยจะมีอาการชักทั้งตัวหรือผู้ป่วยหมดสติไปหลังการชัก

2.1.4.3 ช่วยในการวินิจฉัยโรคทางสมอง ช่วยในการวินิจฉัยโรคทางสมอง และบอกตำแหน่งของพยาธิสภาพในสมอง เช่น เนื้องอกในสมอง ฝีในสมอง โรคติดเชื้อของระบบประสาท (เช่น สมองอักเสบ เยื่อหุ้มสมองอักเสบ) เลือดออกในสมอง อุบัติเหตุบริเวณศีรษะ โรคหลอดเลือดสมองทั้ง

ชนิดที่เกิดจากการตีบตัน (Infarction) หรือชนิดที่เกิดจากหลอดเลือดแตก (Hemorrhage) ถ้ามีขนาดใหญ่พอและอยู่ใกล้กับผิวสมองทำให้เกิดคลื่นไฟฟ้าสมองผิดปกติได้

2.1.4.4 บอกระดับการตื่นของสมองในผู้ป่วยที่มีความรู้สึกตัวเปลี่ยนแปลงหรือซึมหรือโคม่า

2.1.4.5 ช่วยแพทย์วินิจฉัยภาวะสมองตาย เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ร่วมกับลักษณะทางคลินิกอย่างอื่น

2.1.4.6 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าของการนอนหลับ เพื่อช่วยวินิจฉัยโรคที่เกี่ยวข้องกับการหลับ

2.1.4.7 ติดตามผู้ป่วยที่กำลังได้รับยาสลบ เพื่อไม่ให้ได้รับยาสลบมากเกินไปในระหว่างผ่าตัด

2.1.4.8 ช่วยแยกผู้ป่วยที่มีอาการทางจิตเวช เพื่อหาสาเหตุที่เกิดจากความผิดปกติของจิตใจหรือเกิดจากพยาธิสภาพในสมองหรือโรคลมชัก เนื่องจากบางครั้งผู้ป่วยที่มีพยาธิสภาพของสมองหรือโรคลมชักอาจแสดงอาการหรือพฤติกรรมคล้ายกับผู้ป่วยทางจิตเวชได้ เช่น ผู้ป่วยที่ได้รับบาดเจ็บศีรษะหรือมีเนื้องอกของสมองอาจแสดงอาการประสาทหลอนหรืออาการหลงผิด หรือผู้ป่วยโรคลมชักในขณะชัก อาจมีพฤติกรรมกรเคลื่อนไหวแปลกๆ อยู่ในท่าใดท่าหนึ่งนานๆ ซึ่งอาการดังกล่าวมีความคล้ายกับผู้ป่วยทางจิตเวชมาก ทำให้การสอบถามประวัติและการตรวจร่างกายไม่สามารถแยกสาเหตุได้ชัดเจน ดังนั้นการตรวจภาพคลื่นไฟฟ้าสมองสามารถแยกสาเหตุดังกล่าวได้ กล่าวคือ ผู้ป่วยที่มีพยาธิสภาพของสมองหรือมีโรคลมชักมักตรวจพบคลื่นไฟฟ้าสมองที่ผิดปกติ เช่น ตรวจพบคลื่นช้าในส่วน of สมองที่มีเนื้องอก หรือตรวจพบคลื่นชักในกรณีผู้ป่วยเป็นโรคลมชัก เป็นต้น ในขณะที่ผู้ป่วยที่มีอาการทางจิตเวชซึ่งมีสาเหตุมาจากความผิดปกติของจิตใจ มักจะพบภาพคลื่นไฟฟ้าสมองอยู่ในเกณฑ์ปกติ

2.2 การตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจ

การตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (Electrocardiography : ECG) เป็นการตรวจทางการแพทย์อย่างหนึ่งเพื่อดูกิจกรรมทางไฟฟ้าของหัวใจตลอดช่วงระยะเวลาหนึ่งด้วยการรับสัญญาณไฟฟ้าผ่านขั้วไฟฟ้าที่ติดบนผิวหนังบริเวณหน้าอก และบันทึกหรือแสดงบนจอภาพด้วยอุปกรณ์ที่อยู่ภายนอกร่างกาย การตรวจนี้เป็น การตรวจแบบภายนอกโดยไม่ต้องเจาะทะลุผิวหนังหรือเข้าไปภายในร่างกาย (Non-invasive) การบันทึก ECGs ยังสามารถทำได้ภายนอกร่างกายโดยเครื่องบันทึกแบบลูปที่ปลูกถ่ายไม่ได้ (Implantable loop recorder)

คลื่นไฟฟ้าหัวใจจะถูกใช้ในการวัดระบบการนำไฟฟ้าของหัวใจ มันรับแรงกระตุ้นไฟฟ้าที่เกิดจากการไหลของไอออนและดีโพลาไรเซชัน (การสลับขั้ว) ของเนื้อเยื่อหัวใจและแปลให้เป็นรูปคลื่น จากนั้นรูปคลื่นจะถูกใช้ในการวัดอัตราและความสม่ำเสมอของการเต้นของหัวใจ และยังใช้วัดขนาดและตำแหน่งของห้องหัวใจ การปรากฏตัวของความเสียหายใดๆที่เกิดกับหัวใจ และผลกระทบของยาหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมหัวใจเช่นเครื่องกระตุ้นหัวใจ (Pacemaker)

ECGs ส่วนใหญ่จะดำเนินการเพื่อการวินิจฉัยหรือการวิจัยในหัวใจของมนุษย์ แต่ก็อาจจะ

ดำเนินการกับสัตว์ ที่มักจะสำหรับการวินิจฉัยความผิดปกติของหัวใจหรือเพื่อการวิจัย

ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 หลักการทำงาน

อุปกรณ์ ECG จะตรวจจับและขยายสัญญาณจากการเปลี่ยนแปลงไฟฟ้าเล็กๆบนผิวหนังที่เกิดขึ้นเมื่อกล้ามเนื้อหัวใจ depolarizes ในระหว่างการเต้นของหัวใจแต่ละครั้ง ในขณะที่อยู่เฉยๆ เซลล์กล้ามเนื้อหัวใจแต่ละเซลล์จะมีประจุลบ ที่เรียกว่าศักยภาพเมมเบรน ทัวเยื่อหุ้มเซลล์ของมีการ depolarization หมายถึงการปรับลดประจุลบให้มีค่าเป็นศูนย์โดยการป้อนประจุบวก Na^+ และ Ca^+ เป็นการส่งให้กลไกในเซลล์ทำงานโดยทำให้มันหดตัว ระหว่างการเต้นของหัวใจแต่ละครั้ง หัวใจที่มีสุขภาพดีจะมีความก้าวหน้าของคลื่น Depolarisation อย่างเป็นระเบียบเรียบร้อย โดยประจุจะถูกสะกิดให้ทำงานโดยเซลล์ในโหนด Sinoatrial กระจายออกผ่านหัวใจห้องบน ผ่านโหนด atrioventricular จากนั้นก็แพร่กระจายไปทั่วโพรง Ventricle กระแสคลื่นเหล่านี้จะถูกตรวจจับเป็นการเพิ่มขึ้นหรือลดลงเล็กๆ ของแรงดันไฟฟ้าระหว่างสองขั้วไฟฟ้าที่วางอยู่ด้านข้างด้านใดด้านหนึ่งของหัวใจ ซึ่งจะแสดงผลเป็นเส้นหยักทั้งบนหน้าจอหรือบนกระดาษ การแสดงผลนี้แสดงให้เห็นจังหวะโดยรวมของหัวใจและจุดอ่อนในชิ้นส่วนที่แตกต่างกันของกล้ามเนื้อหัวใจ

โดยปกติจะใช้ขั้วไฟฟ้ามากกว่าสองขั้วและพวกมันสามารถรวมกันเป็นคู่ (ตัวอย่างเช่น แขนซ้าย (LA), แขนขวา (RA), และขาซ้าย (LL) ขั้วไฟฟ้าฟอร์มตัวในรูปแบบสามคู่คือ LA+RA, LA LL และ RA+LL เอาต์พุตจากแต่ละคู่เรียกว่า ลีด (Lead) แต่ละลีดดูที่หัวใจจากมุมที่ต่างกัน ประเภทที่ต่างกันของ ECGs สามารถเรียกตามจำนวนของลีดที่ทำการบันทึก เช่น ECGs แบบ 3-lead, 5-lead, หรือ 12-lead ECG แบบ 12-lead จะบันทึก 12 สัญญาณไฟฟ้าที่ต่างกันในช่วงเวลาประมาณเดียวกัน และมักจะถูกนำมาใช้เป็นการบันทึกแบบทำครั้งเดียวไม่ทำซ้ำของคลื่นไฟฟ้าหัวใจ จะรายงานผลแบบดั้งเดิมออกมาเป็นสำเนากระดาษ 3-lead และ 5-lead ECGs มีแนวโน้มที่ถูกใช้ตรวจจับอย่างต่อเนื่องและถูกแสดงบนจอภาพของอุปกรณ์ เพื่อการเฝ้าดูพิเศษตัวอย่างเช่นในระหว่างการผ่าตัดหรือในขณะที่ทำการขนส่งในรถพยาบาล อาจจะมีหรืออาจจะไม่มีการบันทึกอย่างถาวรใดๆ ของคลื่นไฟฟ้าหัวใจแบบ 3-lead หรือ 5-lead ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ที่ใช้

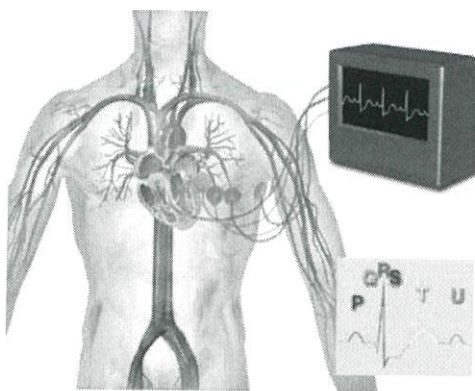
2.2.2 ลีด

คำว่า "ลีด" ใน ECG ทำให้เกิดความสับสนมาก เพราะว่ามันถูกนำมาใช้เพื่ออ้างถึง 2 สิ่งที่แตกต่างกัน ตามสำนวนทั่วไป คำว่า "ลีด" อาจจะถูกใช้เพื่ออ้างถึงสายไฟที่ติดขั้วไฟฟ้ากับเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้าหัวใจ ถ้าเป็นเช่นนี้ มันอาจจะเป็นที่ยอมรับได้ในการอ้างถึง "ลีดแขนซ้าย" เป็นอิเล็กทรอนิกส์ (และสายเคเบิล) ที่ควรจะต้องบริเวณนี้ใกล้กับที่แขนซ้าย โดยปกติ 10 ขั้วไฟฟ้า (ในตารางที่ 2.1) เหล่านี้เป็นมาตรฐานของคลื่นไฟฟ้าหัวใจ "12 ลีด"

ในอีกทางหนึ่ง คำว่า "ลีด" อาจหมายถึง การตามรอยของความแตกต่างของแรงดันไฟฟ้าระหว่างสองขั้วไฟฟ้าและเป็นสิ่งที่มีการผลิตขึ้นจริงโดยเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้าหัวใจ โดยแต่ละลีดจะมีชื่อเฉพาะ เช่น "ลีด I" เป็นแรงดันไฟฟ้าระหว่างขั้วไฟฟ้าแขนขวาและขั้วไฟฟ้าที่แขนซ้ายในขณะที่ "ลีด II" เป็นแรงดันไฟฟ้าระหว่างแขนขวาและขาซ้าย (นิยามแบบนี้อาจจะซับซ้อนมากขึ้นเมื่อหนึ่งใน "ขั้วไฟฟ้า" อาจเป็นส่วนผสมของสัญญาณไฟฟ้าจากการรวมกันของขั้วไฟฟ้าอีกขั้วหนึ่ง) ลีดมีทั้งหมด 12 ชนิดเป็นรูปแบบของคลื่นไฟฟ้าหัวใจ "12 ลีด"

ในทางตรงกันข้าม คำว่า "ลีดแขนขา" มักจะหมายถึงการแกะรอยจากลีด I, II, และ III ไม่ใช่ขั้วไฟฟ้าที่ติดอยู่กับแขนขา

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 ภาพประกอบตำแหน่งของลีดระหว่างการทำ ECG

(ที่มา :

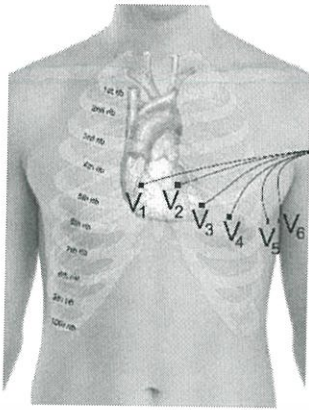
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4d/Blausen_0339_Electrocardiogram.png)

2.2.3 ตำแหน่งของขั้วไฟฟ้า

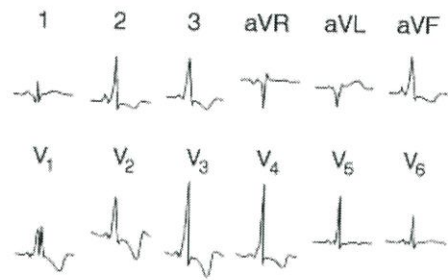
ขั้วไฟฟ้า 10 ขั้วจะถูกใช้สำหรับ ECG 12-lead จะประกอบด้วยเจลนำไฟฟ้า ที่อยู่ตรงกลางภายในของแผ่นกาวติดบนคลิป์ของสายเคเบิล (แสดงในตารางที่ 2.1) ในบางครั้งเจลยังเป็นกาวด้วย โดยจะระบุป้ายชื่อและตำแหน่งที่จะใช้ไว้บนร่างกายของผู้ป่วย

ตารางที่ 2.1 แสดงการจัดวางขั้วไฟฟ้ากับป้ายชื่อขั้วไฟฟ้า

ป้ายชื่อขั้วไฟฟ้า (ในสหรัฐอเมริกา)	การจัดวางขั้วไฟฟ้า
RA	ที่แขนขวาหลีกเลี่ยงกล้ามเนื้อหนา
LA	ในตำแหน่งเดียวกับที่วาง RA แต่บนแขนซ้าย
RL	ที่ขาขวาใกล้เนื้อน่องด้านข้าง
LL	ในสถานที่เดียวกับที่วาง RL แต่ในขาซ้าย
V ₁	ในที่ว่างตรงซี่โครงที่สี่ (ระหว่างซี่โครงที่ 4, 5) ด้านขวาของกระดูกหน้าอก
V ₂	ในที่ว่างตรงซี่โครงที่สี่ (ระหว่างซี่โครงที่ 4, 5) ด้านซ้ายของกระดูกหน้าอก
V ₃	ระหว่าง leads V ₂ and V ₄ .
V ₄	ในที่ว่างตรงซี่โครงที่ห้า (ระหว่างซี่โครงที่ 5, 6) ในแนวกึ่งกลางของกระดูกไหปลาร้า
V ₅	แนวอนสมอกับ V ₄ ในแนวรักแร้ด้านหน้าซ้าย
V ₆	แนวอนสมอกับ V ₄ และ V ₅ ในแนวรักแร้



รูปที่ 2.4 แสดงตำแหน่งของลีดด้านหน้าของหัวใจ



รูปที่ 2.5 แสดงรูปแบบของคลื่นไฟฟ้าหัวใจ 12 ลีด

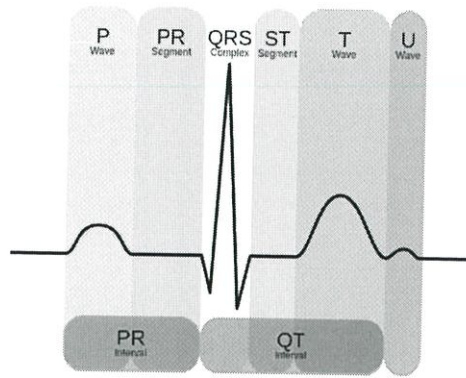
(ที่มา :

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/41/Precordial_leads_in_ECG.png)

2.2.4 คลื่นและช่วงเวลา

การตามรอยของ ECG ทั่วไปของการเต้นของหัวใจหนึ่งรอบประกอบด้วยคลื่น P, QRS complex, T wave, และ U wave, ซึ่งปกติจะสามารถเห็นได้ใน 50 ถึง 75% ของ ECGs เพราะมันจะถูกบังโดยคลื่น T และคลื่น P ใหม่ที่กำลังเกิดขึ้น เส้นฐาน (Baseline) ของการแสดงผลภาพไฟฟ้าของหัวใจ (Electrocardiogram) สำหรับ Segments แนวราบที่แบน ถูกวัดให้เป็นส่วนของการตามรอยหลังคลื่น T และก่อนหน้าคลื่น P ตัวต่อมาและ Segment ระหว่างคลื่น P และ QRS complex ที่ตามมา (PR segment) ในหัวใจที่มีสุขภาพดีปกติ Baseline เป็นเสมือน Isoelectric line (มีค่า 0 mV) และแทนค่าช่วงเวลาในวงรอบการเต้นของหัวใจเมื่อไม่มีกระแสไหลไปทางปลายบวกหรือปลายลบของสายขั้วไฟฟ้าของ ECG อย่างไม่ก็ตาม ในหัวใจที่เป็นโรค Baseline อาจถูกกดลง (เช่น หัวใจขาดเลือด) หรือถูกยกขึ้น (เช่น กล้ามเนื้อหัวใจตาย) เมื่อเทียบกับ Isoelectric line เนื่องจากกระแสจากการบาดเจ็บระหว่างช่วง TP และ PR เมื่อหัวใจห้องล่างทั้งสองหยุดนิ่ง ST segment ปกติจะยังคงอยู่ใกล้กับ Isoelectric line เพราะนี่คือช่วงเวลาหัวใจห้องล่างทั้งสองถูก Depolarise อย่างเต็มที่ จึงไม่มีกระแสในสาย ECG เนื่องจากการบันทึก ECG ส่วนใหญ่ไม่ได้บ่งชี้ว่าเส้น 0 mV อยู่ที่ไหน แรงกดบน Baseline มักจะแสดงการยกตัวของ ST segment และในทางกลับกันการยกตัวของ Baseline จะแสดงการลดลงของ ST segment

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 แสดง ECG ปกติ

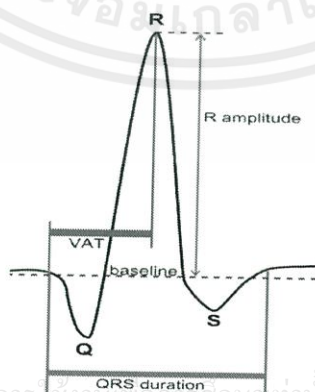
(ที่มา : http://apinyasomya.exteen.com/images/581px-EKG_Komplex_svg.png)

ตารางที่ 2.2 แสดงช่วงเวลาของคลื่น

ช่วงเวลา	คำอธิบาย	ระยะเวลา
RR interval	ช่วงเวลาระหว่างคลื่น R หนึ่งและคลื่น R ต่อไป; อัตราการเต้นของหัวใจช่วงพักปกติอยู่ระหว่าง 60 ถึง 100 bpm	0.6 - 1.2 s
คลื่น P	ระหว่างการ depolarization ปกติของหัวใจห้องบน เวกเตอร์ไฟฟ้าหลักจะชี้จาก SA node (เนื้อเยื่อในหัวใจห้องบนขวาที่สร้างแรงกระตุ้นให้หัวใจเต้น) ไปยัง AV node (ส่วนของระบบควบคุมไฟฟ้าของหัวใจที่ประสานงานด้านบนของหัวใจ) และกระจายจากห้องบนขวาไปยังห้องบนซ้าย มันกลายเป็นคลื่น P บน ECG	80 ms
PR interval	PR interval ถูกวัดจากจุดเริ่มต้นของคลื่น P ไปยังจุดเริ่มต้นของ QRS complex. PR interval สะท้อนเวลาที่แรงกระตุ้นไฟฟ้าใช้ในการเดินทางจาก SA node ผ่าน AV node เข้าไปในหัวใจห้องล่างทั้งสอง. เพราะฉะนั้น PR interval เป็นการประมาณที่ดีของการทำหน้าที่ของ AV node	120 - 200 ms
PR segment	PR segment เชื่อมต่อคลื่น P เข้ากับ QRS complex. เวกเตอร์แรงกระตุ้นจะวิ่งจาก AV node ไปยัง Bundle of His ต่อไปยัง bundle branches จากนั้นก็ไปยัง Purkinje fibers. กิจกรรมไฟฟ้านี้ไม่ได้สร้างแรงบีบโดยตรง เพียงแต่เดินทางลงล่างไปที่หัวใจห้องล่างทั้งสอง, และนี่แสดงออกมาเป็นเส้นแบนบน ECG PR interval เกี่ยวข้องทางคลินิกมากกว่า	50 - 120 ms
QRS complex	QRS complex สะท้อนการ depolarization ของหัวใจห้องล่างขวาและซ้ายอย่างรวดเร็ว หัวใจห้องล่างมีกลุ่มกล้ามเนื้ออันใหญ่เมื่อเทียบกับหัวใจห้องบน ดังนั้น QRS complex ปกติจะมีขนาดใหญ่กว่าคลื่น P	80 - 120 ms
J-point	หมายถึงจุดที่ QRS complex สิ้นสุดและ ST segment เริ่มต้น มันใช้วัดปริมาณของแรงยกหรือแรงกดของ ST ที่ปรากฏ	N/A

ตารางที่ 2.2(ต่อ) แสดงช่วงเวลาของคลื่น

ช่วงเวลา	คำอธิบาย	ระยะเวลา
ST segment	ST segment เชื่อมต่อ QRS complex เข้ากับคลื่น T ST segment แทนช่วงเวลาที่ห้องล่างถูก depolarized มันเป็น isoelectric	80 - 120 ms
คลื่น T	คลื่น T แทนการ repolarization (หรือการคืนตัว) ของหัวใจห้องล่าง ช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นของ QRS complex ไปยังยอดของคลื่น T ถูกเรียกว่าเป็นช่วงเวลาไม่ตอบสนองของสมบรูณ์ ครึ่งหลังของคลื่น T ถูกเรียกว่าเป็นช่วงเวลาไม่ตอบสนองของสัมพันธ์ (หรือช่วงเวลาอ่อนแอ)	160 ms
ST interval	ST interval ถูกวัดจาก J point ถึงปลายของคลื่น T	320 ms
QT interval	QT interval ถูกวัดจากจุดเริ่มต้นของ QRS complex ไปยังปลายของคลื่น T. QT interval ที่ยาวขึ้นเป็นปัจจัยเสี่ยงสำหรับการเต้นของหัวใจห้องล่างไม่สม่ำเสมอ (Ventricular tachyarrhythmias)	420 ms
QT interval	และการตายฉับพลัน. มันแปรตามอัตราการเต้นของหัวใจและ, สำหรับส่วนเกี่ยวข้องกับด้านคลินิก ต้องการการ correction สำหรับสิ่งนี้ จึงอยู่ในรูป QTc	
คลื่น U	คลื่น U ถูกสร้างเป็นสมมติฐานว่าเกิดจากการ repolarization ของผนังแบ่งระหว่างหัวใจห้องล่าง ปกติมันจะมีขนาดของคลื่นเล็ก และบ่อยมากที่จะไม่ปรากฏด้วยซ้ำ มันจะตามคลื่น T เสมอ และมีขนาดคลื่นในทิศทางเดียวกันด้วย ถ้ามันปรากฏชัดเจนมาก สงสัยว่าจะเป็นภาวะโปตัสเซียมในเลือดต่ำ ภาวะแคลเซียมสูงในเลือดหรือภาวะต่อมไทรอยด์ทำงานเกิน	
คลื่น J	คลื่น J, J-point หรือ Osborn wave ที่สูงปรากฏว่าเป็นคลื่น delta ที่มาช้าโดยปรากฏต่อจาก QRS หรือเป็นคลื่น R ที่สองขนาดเล็ก มันถูกพิจารณาว่าเป็นอาการบ่งโรคของสภาวะที่ร่างกายมีอุณหภูมิต่ำเกินไปหรือภาวะเลือดมีแคลเซียมมาก	

รูปที่ 2.7 แสดงรายละเอียดของ QRS complex และเวลาในการทำกิจกรรมของหัวใจห้องล่าง (ที่มา : http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8c/QRS_complex.png)

2.3 การตรวจคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

การตรวจกล้ามเนื้อด้วยไฟฟ้าเพื่อใช้สำหรับการวินิจฉัยวางแผนการรักษาและพยากรณ์โรคทางกล้ามเนื้อ ประกอบด้วย การตรวจคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อย่อว่า อีเอ็มจี (Electromyography หรือ EMG) ความเร็วการนำสัญญาณประสาท หรือ NVC (Nerve conduction velocity) และการเส้นโค้งเอสดี (Strength duration curve)

2.3.1 การตรวจวัดสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyography : EMG)

การตรวจวัดสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่า สมอง เส้นประสาท และกล้ามเนื้อจัดเป็นเนื้อเยื่อที่ไวต่อสิ่งเร้า สามารถสร้างสัญญาณไฟฟ้าและส่งผ่านสัญญาณเมื่อถูกกระตุ้นด้วยสิ่งเร้าดังกล่าวไปตามเส้นประสาทใยกล้ามเนื้อ การตรวจคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อหรือ EMG เป็นเทคนิคที่ใช้ตรวจวัดสัญญาณไฟฟ้าที่สร้างจากเส้นประสาทและกล้ามเนื้อโดยตรง เพื่อใช้ในการวินิจฉัยและพยากรณ์พยาธิสภาพที่เกิดขึ้นในเส้นประสาทหรือกล้ามเนื้อ ซึ่งคล้ายกับการตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจ และคลื่นไฟฟ้าสมอง แตกต่างเฉพาะขนาดของความถี่ และศักย์ไฟฟ้า ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 แสดงชนิดศักย์ไฟฟ้าและความถี่ที่ตอบสนองของสัญญาณไฟฟ้าสมอง หัวใจ และกล้ามเนื้อ

ชนิดของสัญญาณไฟฟ้า	ศักย์ไฟฟ้า(mV)	ความถี่ตอบสนอง(Hz)
สมอง(EEG)	0.001-0.10	0.02-100
หัวใจ (ECG,EKG)	0.02-3.0	0.1-30
กล้ามเนื้อ (EMG)	0.003-5.0	2-10,000

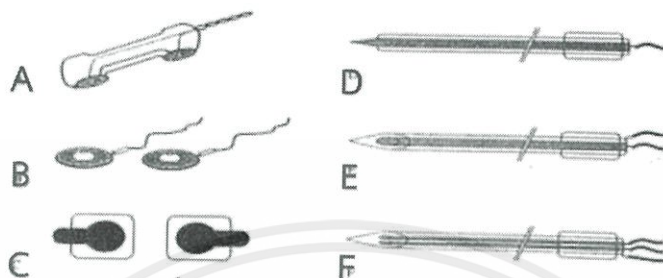
2.3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับตรวจวัดคลื่นกล้ามเนื้อ EMG

เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการตรวจคลื่นไฟฟ้า EMG ประกอบด้วยตัวเครื่องและอิเล็กทรอนิกส์บันทึกสัญญาณเข้า ตัวเครื่องมักมีอุปกรณ์หรือวงจรไฟฟ้าที่ทำหน้าที่กรองขยายสัญญาณและส่วนแสดงผล

2.3.2.1 อิเล็กโทรด

อิเล็กโทรดหรือขั้วไฟฟ้าที่ใช้สำหรับตรวจวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG นั้นแบ่งเป็นสองชนิด คือ ขั้วไฟฟ้าสำหรับกระตุ้น และขั้วไฟฟ้าสำหรับบันทึกสัญญาณไฟฟ้า ขั้วไฟฟ้าสำหรับกระตุ้นมักเป็นตัวกระตุ้นขนาดเล็กและเป็นชนิดสองขั้ว (Bipolar electrode) ยึดติดกัน ส่วนอิเล็กโทรดสำหรับบันทึกสัญญาณไฟฟ้านั้น แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ อิเล็กโทรดแบบเข็ม (Needle electrode) มักใช้แทงเข้าไปในกล้ามเนื้อเพื่อบันทึกสัญญาณ ศักย์ไฟฟ้าที่ใยกล้ามเนื้อโดยตรง ใช้สำหรับวินิจฉัยโรคทางคลินิก และอิเล็กโทรดแบบวางที่ผิวหนัง (Surface electrode) เป็นแผ่นขั้วไฟฟ้าที่วางบนผิวหนังบริเวณที่วัด มักนิยมใช้บันทึกสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อเพื่อแสดงถึงความหนักเบาของการหดตัวของกล้ามเนื้อ นอกจากนั้นยังใช้สำหรับการบันทึกสัญญาณไฟฟ้าเพื่อเปรียบเทียบความเร็วของการนำสัญญาณประสาท (Nerve conduction velocity) อิเล็กโทรดแบบเข็มที่นิยมใช้กันมากได้แก่ อิเล็กโทรดแบบแกนเดี่ยว (Single coaxial needle electrode หรือ Concentric needle electrode) มักลักษณะคล้ายเข็มฉีดยา(ที่มีรูปลายตัด เป็นปลอกและมีแกนลวดโลหะ

(แพลตินัมหรือทองแดง) หุ้มฉนวนโพลีเอทิลีนเพื่อป้องกันปลายเข็ม เพื่อวัดศักย์ไฟฟ้าระหว่างสองจุด (จุดหนึ่งคือตัวเข็ม อีกจุดคือแกนลวดโลหะ) มีขนาดเล็กกว่า 1 มิลลิเมตร นอกจากนั้น ยังมีอิเล็กโทรดอีกชนิดเป็นแบบสองแกน (Double coaxial needle หรือ Bipolar needle electrode) ซึ่งใช้ลวดโลหะสองเส้นสอดเข้าไปในเข็มฉีดยา อิเล็กโทรดชนิดนี้สามารถตรวจวัดศักย์ไฟฟ้าของสัญญาณประสาทได้แค่ว่า มักใช้สำหรับตรวจเฉพาะรายมากกว่าใช้ตรวจประจำ รูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ลักษณะของอิเล็กโทรดที่ใช้สำหรับบันทึกสัญญาณ EMG

- A : ชนิด 2 ขั้วยึดติดกัน D : ชนิดเข็มแบบขั้วเดียว
B : ชนิดโลหะกลม E : = ชนิดเข็มฉีดยาปลายตัดแกนเดียว
C : ชนิดแผ่นกาวสำเร็จรูป F : ชนิดเข็มฉีดยาปลายตัด 2

(ที่มา : <http://ams.kku.ac.th/aalearn/resource/edoc/es54/emgdoc54.pdf>)

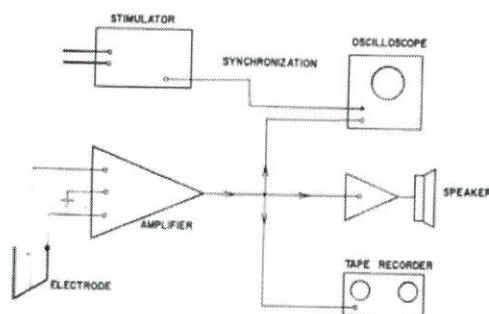
2.3.2.2 ส่วนขยายสัญญาณ (Amplifier)

เนื่องจากสัญญาณไฟฟ้าจากเส้นประสาทและกล้ามเนื้อ มีปริมาณน้อยและขนาดไม่มาก ดังนั้นที่ตัวเครื่องมักมีส่วนวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อทำหน้าที่ขยายสัญญาณไฟฟ้าที่บันทึกได้ ให้มีขนาดโตพอสำหรับในการพิจารณา ส่วนที่ทำหน้าที่ขยายสัญญาณที่ดี มีกำลังขยายที่สูงพอและสม่ำเสมอตลอดช่วงศักย์ไฟฟ้าในย่านที่ตรวจวัด และสามารถรองรับสัญญาณ หรือไม่ขยายตัดสัญญาณไฟฟ้ารบกวนที่ไม่ได้ใช้ออก

2.3.2.3 ส่วนแสดงและบันทึกผล

เนื่องจากสัญญาณไฟฟ้าจากเส้นประสาทและกล้ามเนื้อ หรือคลื่นไฟฟ้าอีเอ็มจี มีความถี่ที่ตอบสนองค่อนข้างสูง เมื่อเทียบกับสัญญาณไฟฟ้าจากหัวใจ และสมอง (ตารางที่ 2.3) จึงไม่นิยมใช้แสดงผลด้วยการบันทึกลงบนแผ่นกระดาษ (tracing) เพราะจะทำให้ได้คลื่นไฟฟ้าผิดรูปร่าง แต่มักจะแสดงผ่านจอภาพออสซิลโลสโคป (ตอบสนองต่อความถี่ได้สูง) และผ่านสัญญาณเสียง (คลื่นอีเอ็มจี อยู่ในย่านความถี่เสียง) ทำให้การแปลผลมีความเที่ยงตรงมากขึ้นและลดความเมื่อยล้าจากดูสัญญาณไฟฟ้าบนจอออสซิลโลสโคปด้วยสายตา นอกจากนั้นในปัจจุบันยังสามารถบันทึกผลออกมาเป็นไฟล์ข้อมูลรูปภาพและค่าเฉลี่ยของขนาดของคลื่นไฟฟ้าได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 ผังอุปกรณ์เครื่องตรวจวัดสัญญาณไฟฟ้า EMG

(ที่มา : <http://ams.kku.ac.th/aalearn/resource/edoc/es54/emgdoc54.pdf>)

2.3.3 วิธีการตรวจวัด EMG

จัดทำให้ผู้ถูกวัดนอนในท่าที่ผ่อนคลาย ทำความสะอาดผิวหนังและกล้ามเนื้อบริเวณที่ต้องการวัดด้วยแอลกอฮอล์ Identified กล้ามเนื้อที่ต้องการวัด จุดเกาะต้น จุดเกาะปลาย และลักษณะการหดตัวของกล้ามเนื้อนั้นๆ กรณีที่ใช้ขั้วบันทึกแบบเข็มมักนิยมใช้ Concentric needle electrode ก็แทงเข็มเข้ากล้ามเนื้อนั้น โดยสุ่มหาความผิดปกติภายในกล้ามเนื้อนั้นในที่หลายแห่งให้มากพอ หากต้องการวัดโดยใช้ขั้วติดที่ผิวหนัง (Surface electrode) มักนิยมติดตรงกับตำแหน่งของจุดมอเตอร์และสัญญาณ EMG ที่บันทึกได้จะมีลักษณะเป็นการทำงานของกลุ่มกล้ามเนื้อ มิใช่ใยกล้ามเนื้อเหมือนกับการบันทึกจากขั้วบันทึกแบบเข็ม

2.3.4 สัญญาณที่วัดและการแปลผล

2.3.4.1 ศาสตราจารย์นายแพทย์ชูศักดิ์ เวชแพศย์ กล่าวว่า ในการตรวจและวินิจฉัยโรคด้วยคลื่น EMG นั้น มักนิยมใช้อิเล็กโทรดแบบเข็ม เนื่องจากเข็มขนาดเล็กๆ สามารถสุ่มหาความผิดปกติภายในกล้ามเนื้อเล็กๆได้ และในการตรวจวัดคลื่นไฟฟ้านั้นมักตรวจหาความผิดปกติใน 3 สถานะคือ

1. ขณะแทงเข็มหรือขณะเคลื่อนไหวอิเล็กโทรด คลื่นไฟฟ้าที่บันทึกได้เรียก Insertional Activity
2. ขณะพัก คลื่นไฟฟ้าที่บันทึกได้เรียก Spontaneous Activity
3. ขณะออกแรงใช้กล้ามเนื้อ หรือกล้ามเนื้อหดตัวสูงสุด

2.3.4.2 คลื่นไฟฟ้าที่บันทึกได้ เรียก voluntary Activity หลักการวิเคราะห์ความผิดปกติ นั้นพิจารณาจาก

1. คลื่นไฟฟ้า EMG ที่ได้นั้นบันทึกในสถานะใดเช่น Spontaneous Insertion หรือ Voluntary
2. ลักษณะของคลื่นไฟฟ้านั้นเป็นอย่างไร จากนั้นก็พิจารณาเปรียบเทียบ ความสูง (Amplitude) ความกว้าง (Duration) พร้อมทั้งรายละเอียดของคลื่นที่ได้มา เช่น Phase Initial Deflection และความถี่ (Frequency) เป็นต้น จากนั้นนำมาพิจารณาเปรียบเทียบลักษณะคลื่น EMG ปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารของคณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล
 2.3.4.3 ขณะทำการตรวจนอกจากจะพิจารณาจากคลื่นหรือสัญญาณไฟฟ้าบนจอ ออสซิลโลสโคปแล้ว การฟังเสียงของคลื่นไฟฟ้าผ่านลำโพงขยายเสียงจะช่วยให้ลดความเมื่อยล้าไปใช้ สายตาจากการเพ่งมองบนจอออสซิลโลสโคป เพราะการฟังเสียงทำให้สามารถทราบความผิดปกติของ

คลื่นไฟฟ้าได้อย่างคร่าวๆ เมื่อหุ้ได้ยีนความผิดปกติแล้วจึงพิจารณาคคลื่นไฟฟ้าโดยละเอียดเพิ่มเติม โดยความผิดปกติของคลื่น EMG พิจารณาจาก

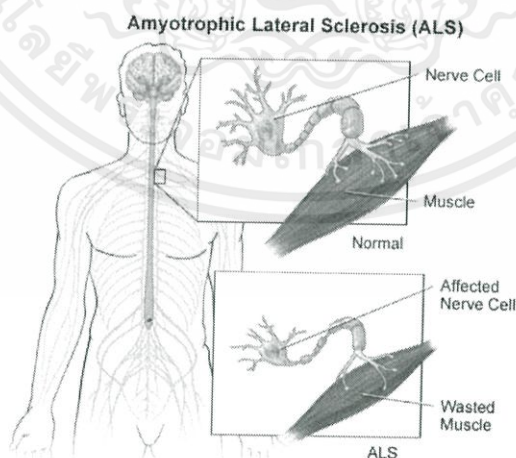
1. สัญญาณชนิด Spontaneous หรือ Voluntary EMG
2. สัญญาณ EMG เมื่อเปรียบเทียบกับ EMG ปกติในสภาวะนั้น

2.4 โรคกล้ามเนื้ออ่อนแรง (ALS) คืออะไร

คำว่า ALS ย่อมาจาก Amyotrophic Lateral Sclerosis หรือโรคกล้ามเนื้ออ่อนแรง ซึ่งไม่ใช่โรคของกล้ามเนื้อโดยตรง แต่เป็นโรคที่เกิดจากความผิดปกติของเซลล์ประสาทนำคำสั่ง แล้วส่งผลทำให้กล้ามเนื้ออ่อนแรงเนื่องจากขาดเซลล์ประสาทนำคำสั่งมาควบคุม ซึ่งเซลล์เหล่านี้มีอยู่ในไขสันหลังและสมอง โดยที่เซลล์ประสาทนำคำสั่งเหล่านี้ค่อยๆ เกิดการเสื่อมและตายไปในที่สุด และเนื่องจากโรคกล้ามเนื้ออ่อนแรง (ALS) เป็นโรคที่เกิดจากความผิดปกติของ เซลล์ประสาทนำคำสั่ง จึงมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า "โรคของเซลล์ประสาทนำคำสั่ง (Motor neuron disease; MND) หรือโรคเซลล์ประสาทนำคำสั่งเสื่อม" ในประเทศสหรัฐอเมริกาจะรู้จักโรคนี้ในชื่อของโรค ลู-เก-ริก (Lou Gehrig Disease) ซึ่งตั้งชื่อโรคตามชื่อนักเบสบอลที่มีชื่อเสียงที่เป็นโรคนี้นี้ในปี ค.ศ. 1930

2.4.1 สาเหตุของโรคกล้ามเนื้ออ่อนแรง (ALS)

ในปัจจุบันยังไม่ทราบแน่ชัดว่าเหตุใดเซลล์ประสาทนำคำสั่งจึงเกิดการเสื่อมโดยสมมติฐานเชื่อว่า โรคกล้ามเนื้ออ่อนแรง (ALS) เกิดจากหลายเหตุปัจจัยก่อให้เกิดโรคร่วมกัน ได้แก่ การมีปัจจัยบางอย่างทางพันธุกรรมซึ่งยังไม่ทราบแน่ชัดที่ทำให้เซลล์ประสาทนำ คำสั่งมีโอกาสเสื่อมได้ง่ายกว่าบุคคลอื่น มีปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่มีการปนเปื้อนของสารพิษ เช่น ยาฆ่าแมลง สารโลหะหนัก รังสี หรือการติดเชื้อไวรัสบางชนิดมาช่วยกระตุ้นส่งเสริมให้เซลล์ประสาทนำ คำ สั่งเกิดการทำงานผิดปกติร่วมกับอายุที่สูงขึ้นตามกาลเวลาทำให้เกิดการเสื่อมสลายของเซลล์ อันเนื่องมาจากแบคทีเรียที่คอยสร้างพลังงานให้กับเซลล์ที่เรียกว่า ไมโทคอนเดรีย (Mitochondria) มีความผิดปกติ แต่สมมติฐานเหล่านี้ยังไม่ได้รับการพิสูจน์ที่แน่ชัด



รูปที่ 2.10 การเปรียบเทียบระหว่าง เซลล์ปกติ กับ เซลล์ ALS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่... นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า (ที่มา : <https://health.ucsd.edu/specialties/neuro/specialty-programs/als-clinic/Pages/patient-care.aspx>)

2.4.2 ใครบ้างที่มีโอกาสเกิดโรคกล้ามเนื้ออ่อนแรง (ALS)

ข้อมูลในประเทศสหรัฐอเมริกาพบประชากร 2 : 100,000 คน เป็นโรค ALS ในแต่ละปี อายุเฉลี่ยที่เกิดขึ้นของโรคอยู่ระหว่าง 60-65 ปี ดังนั้นโอกาสที่จะพบโรค ALS ในคนอายุมากจึงมีมากกว่าในคนอายุน้อย (ตัวอย่างในรูปที่ 2.11) โดยทั่วไปแล้วมักพบโรค ALS ได้บ่อยประมาณ 1.5 เท่าของเพศหญิง และประมาณร้อยละ 90 ของผู้ป่วย ALS จะไม่ถ่ายทอดทางพันธุกรรม จึงมีโอกาสเสี่ยงน้อยมากที่จะเกิดโรคในรุ่นลูกหลาน นอกจากนี้ยังไม่มีหลักฐานพิสูจน์ได้ชัดเจนว่า นักกีฬามีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดโรคนี้ได้มากกว่าอาชีพอื่น



รูปที่ 2.11 ผู้ป่วยโรคกล้ามเนื้ออ่อนแรง ALS

(ที่มา : http://www.momypedia.com/file_manager/mmpd/life_up_date/772_4.jpg)

(ที่มา : <https://www.pinterest.com/pin/194851121352957989/>)

2.4.3 อาการและการดำเนินของโรคกล้ามเนื้ออ่อนแรง (ALS) เป็นอย่างไร

เริ่มต้นผู้ป่วยจะมีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงของมือ แขน ขา หรือเท้าข้างใดข้างหนึ่งก่อน เช่น ยกแขนไม่ขึ้นเหนื่อศีรษะ กำมือถือของไม่ได้ ข้อมือหรือข้อเท้าตก เดินแล้วหกล้มบ่อยหรือสะดุดบ่อย ขึ้นบันไดลำบาก ลูกนั่งลำบาก เป็นต้น อาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงจะค่อยๆ เป็นมากขึ้นจนลามไปทั้ง 2 ข้าง ผู้ป่วยบางรายอาจมีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงของแขนหรือขาทั้งสองข้างตั้งแต่ต้น นอกจากอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงแล้วยังพบว่ามักกล้ามเนื้อสลิบร่วมกับกล้ามเนื้อ เต้นร่วมด้วย ผู้ป่วยบางรายอาจมาพบแพทย์ครั้งแรกด้วยมือสลิบหรือขาสลิบ พูดไม่ชัด พูดเหมือนลิ้นแข็ง ลิ้นสลิบ เวลากินน้ำหรืออาหารแล้ว จะสำลัก

ผู้ป่วยบางรายมาพบแพทย์ครั้งแรกด้วยกล้ามเนื้อกระบังลมอ่อนแรง ทำให้เหนื่อยง่าย โดยเฉพาะเวลานอนราบหรือมีอาการท้องตึงกลางดึก เพราะมีอาการเหนื่อย แต่เนื่องจากอาการของโรค ALS คล้ายกับโรคอื่น ทำให้ผู้ป่วย ALS ในช่วงต้นได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นโรคอื่น โดยทั่วไปเมื่ออาการเป็นมากขึ้นผู้ป่วยจะมีอาการกล้ามเนื้อของแขนขาอ่อนแรงและสลิบ อาการที่แย่ง และมีอาการร่วมกับกล้ามเนื้อที่ใช้ในการพูด การกลืนอ่อนแรง จนต้องใช้ท่อให้อาหารทางสายยางผ่านทางจมูกหรือทางหน้าท้อง และกล้ามเนื้อหายใจอ่อนแรงจนกระทั่งต้องใช้เครื่องช่วยหายใจ ในปัจจุบันยังไม่มีวิธีรักษาโรค ALS ให้หายขาด และร้อยละ 50 ของผู้ป่วย ALS โดยเฉลี่ยจะเสียชีวิตหลังจากมีอาการในระยะเวลาประมาณ 2 ปี สาเหตุของการเสียชีวิตมักเกิดจากระบบหายใจล้มเหลวและการติดเชื้อในปอดอัน เนื่องมาจากการสำลัก

2.4.4 การวินิจฉัยโรคกล้ามเนื้ออ่อนแรง (ALS) ทำได้อย่างไร

เนื่องจากโรค ALS เป็นโรคที่รักษาไม่หาย การวินิจฉัยโรค ALS จึงมีความสำคัญและจะต้องกระทำโดยแพทย์อายุรกรรมสาขา ประสาทวิทยาที่มีประสบการณ์โดยอาศัยการซักประวัติ การตรวจร่างกายและการสืบค้นทางห้องปฏิบัติการเพิ่มเติม ซึ่งการตรวจทางห้องปฏิบัติการจะช่วยสนับสนุนการวินิจฉัยโรค ALS คือการตรวจเส้นประสาทและกล้ามเนื้อด้วยคลื่นไฟฟ้า หรือ EMG

2.4.5 เมื่อได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นโรคแล้วควรปฏิบัติตัวอย่างไร

เมื่อได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นแล้ว การดูแลรักษาผู้ป่วยแบบประคับประคอง และให้กำลังใจที่ดีจากผู้ดูแลและครอบครัว จะช่วยให้ผู้ป่วยไม่ท้อแท้มีคุณภาพชีวิตที่ดีได้ ซึ่งในอนาคตอาจจะมีวิวัฒนาการรักษาโรคให้ดีขึ้นได้เหมือนกับโรคทางระบบประสาทชนิดอื่นๆ

ในปัจจุบัน Riluzole (Rilutek®) ซึ่งเป็นยาที่มียอมรับในวงการแพทย์ ช่วยชะลอการดำเนินของโรค โดยมีฤทธิ์ในการยับยั้งสารกลูตาเมต เป็นสารสื่อประสาทชนิดหนึ่งซึ่งหากมีมากเกินไปจะทำให้เกิดการตายของเซลล์ และยังไม่มีหลักฐานทางการวิจัยที่แสดงถึงประโยชน์ ในการรักษาโรคแอลเอสด้วยยากลุ่มอื่นๆ รวมทั้งการใช้สเตมเซลล์

นอกเหนือจากการใช้ยาแล้ว การรักษาแบบประคับประคองก็มีความสำคัญมากเพื่อผลดีต่อสุขภาพในภาพรวม เช่น การออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ การทำกิจกรรมและการทำกายภาพบำบัดกล้ามเนื้อส่วนที่อ่อนแรง เพื่อป้องกันการลีบที่เกิดจากภาวะที่กล้ามเนื้อไม่ได้ใช้งานนานๆ และป้องกันการติดของข้อ การรับประทานอาหารและพักผ่อนให้เพียงพอ ถ้าผู้ป่วยมีปัญหานอนราบไม่ได้ หรือเหนื่อยเนื่องจากกล้ามเนื้อกระบังลมอ่อนแรง การใช้เครื่องช่วยหายใจชนิดไม่ใส่ท่อช่วยหายใจที่บ้าน ก็จะทำให้ผู้ป่วยนอนได้ไม่เหนื่อย มีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นได้ในระดับหนึ่ง

เนื่องจากโรค ALS เป็นโรคที่ไม่มียารักษาให้หาย แต่มียาที่ช่วยชะลอการขยายตัวของโรค Riluzole โดยมีฤทธิ์ในการยับยั้งสารกลูตาเมต ซึ่งเป็นสารสื่อประสาทชนิดหนึ่งซึ่งถ้ามีมากเกินไปจะทำให้เกิดการตายของเซลล์



รูปที่ 2.12 ยา Riluzol เป็นยาชะลอของโรคกล้ามเนื้ออ่อนแรง ALS

(ที่มา : http://www.vcharkarn.com/uploads/sites/6/2014/08/pills_bottle_ALSNO.jpg)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 EPOC Headset



รูปที่ 2.13 EPOC Headset

(ที่มา : <http://pnimg.net/w/articles-attachments/0/54f/71ac78ca51.jpg>)

EPOC Headset คือ อุปกรณ์จำพวก Brain Computer Interface (BCI) ชนิดหนึ่งที่ถูกพัฒนา มาอย่างต่อเนื่อง โดยมีหน้าที่ในการตรวจจับสัญญาณและแสดง EEG ความละเอียดสูง ประกอบด้วย 14 จุดรับสัญญาณ 2 จุดอ้างอิง ส่งสัญญาณโดยระบบไร้สาย

2.5.1 เหตุผลที่เลือกใช้ EPOC Headset คือ

2.5.1.1 ติดตั้งตัวอุปกรณ์ง่าย

2.5.1.2 Software Development Kit มีการพัฒนา SDK อย่างต่อเนื่อง และเข้าใจได้

ง่าย

2.5.1.3 Cross Platform สามารถพัฒนาโปรแกรมบน OS ใดก็ได้

2.5.1.4 ครอบคลุมขอบเขตของโครงการทั้งหมด

2.6 Arduino Board Uno

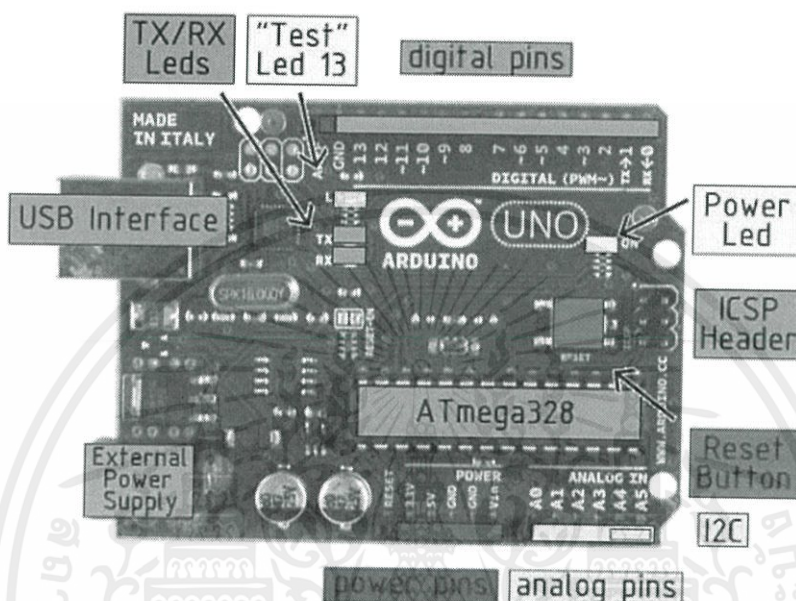
2.6.1 Overview

Arduino อ่านว่า (อา-ดู-อิ-โน้ หรือ อาดูยโน้) เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้ง ด้าน Hardware และ Software ตัวบอร์ดถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้ เริ่มต้น ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลงเพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ด หรือพัฒนาโปรแกรม

ความง่ายของบอร์ด Arduino ในการต่ออุปกรณ์เสริมต่างๆ คือผู้ใช้งานสามารถต่อวงจร อิเล็กทรอนิกส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ด หรือเพื่อความสะดวกสามารถ เลือกต่อกับบอร์ดเสริม (Shield) ประเภทต่างๆ เช่น XBee Shield, Music Shield, Relay

Shield, Wireless Shield, GPRS Shield เป็นต้น มาเชื่อมต่อกับบอร์ดบนบอร์ด Arduino แล้วเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อ

สำหรับคำว่า "Uno" หมายถึง "หนึ่ง" ในภาษาอิตาลี และต้องการตั้งชื่อให้เป็นเครื่องหมายการค้าของ Arduino 1.0 โดย Uno และ version 1.0 จะเป็นรุ่นที่ใช้อ้างอิงสำหรับ Arduino รุ่นอื่นๆ ในอนาคต และ Uno ยังเป็นรุ่นล่าสุดในชุดของ USB board Arduino



รูปที่ 2.14 Arduino Board Uno

(ที่มา : [http://docs-](http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/0e8b/0900766b80e8ba21.pdf)

[europe.electrocomponents.com/webdocs/0e8b/0900766b80e8ba21.pdf](http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/0e8b/0900766b80e8ba21.pdf))

Arduino Uno เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำงานบนพื้นฐานของ ATmega 328 ซึ่งประกอบด้วย

1. 14 digital Input/Output pins (6 pin สามารถใช้เป็น PWM output ได้)
2. 6 analog inputs
3. 16 MHz Ceramic Resonator ใช้สำหรับรองความถี่ให้กับบอร์ด
4. USB connection
5. ช่องเสียบแหล่งจ่าย
6. ICSP header (In-Circuit Serial Programming)
7. ปุ่มกด reset

โดยบอร์ด Arduino Uno นี้มีทุกสิ่งที่เชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์อย่างการต่อไฟเลี้ยง สามารถทำได้ทั้งการเชื่อมต่อเข้ากับ USB cable หรือ จ่ายไฟด้วย AC-DC adapter หรือ การใช้แบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บอร์ด Arduino Uno นี้มีความแตกต่างจากบอร์ดอื่นๆก่อนหน้านี้ โดยที่ Uno ไม่ได้ใช้ FTDI USB-to-serial driver chip แต่จะมี ATmega16U2 เข้ามาเป็นโปรแกรมแปลง USB-to-serial

Arduino Uno Revision 2 มี ATmega8U2 ทำให้อัพเดท firmware ผ่าน USB protocol ที่เรียกว่า DFU (Device Firmware Update) ได้ง่ายขึ้น

Arduino Uno Revision 3 มี featureใหม่ๆเพิ่มขึ้นมาดังนี้

1. 1.0 pinout: เพิ่ม SDA และ SCL (อยู่ใกล้กับ AREF pin) และอีก 2 pins ใหม่คือ IOREF เป็น pin ที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับ Shields เพื่อแปลงเป็นแรงดันที่ได้จากบอร์ด ส่วนอีก 1 pin ที่เหลือมีไว้สำหรับใช้ร่วมกับ AVR ในอนาคต
2. วงจร Reset ที่ดีขึ้น
3. ใช้ ATmega 16U2 แทน 8U2

2.6.2 Power

Arduino Uno สามารถเชื่อมต่อโดย USB connector หรือ จาก Power Supply จากภายนอกได้ โดยแหล่งพลังงานจะถูกเลือกโดยอัตโนมัติ

แหล่งจ่ายจากภายนอกสามารถมาได้จาก AC-to-DC adapter หรือจากแบตเตอรี่ โดยต่อเข้ากับ 2.1 mm center-positive plug ไปยังช่องเสียบแหล่งจ่าย

บอร์ดสามารถทำงานได้ในช่วงแรงดัน 6 ถึง 20 volts ถ้าแหล่งจ่ายมีค่าต่ำกว่า 7 V อาจส่งผลให้ pin 5 V มีแรงดันที่ต่ำกว่า 5V และบอร์ดอาจจะไม่เสถียร แต่ถ้าหากแรงดันมีค่าสูงกว่า 12 V อาจส่งผลให้บอร์ดได้รับความร้อนมากเกินไป และอาจทำให้บอร์ดเสียหายได้ ดังนั้นช่วงแรงดันที่เหมาะสมกับบอร์ดคือ 7 V ถึง 12 V

1. VIN เป็น input voltage ของบอร์ด Arduino โดยใช้แหล่งจ่ายจากภายนอก
2. 5V เป็น output pin ที่ควบคุม 5 V จากบอร์ด
3. 3V3 เป็น 3.3 volt supply ที่สร้างขึ้นจาก regulator บนบอร์ด และให้กระแสได้สูงสุด 50 mA
4. GND เป็น ground pin
5. IOREF เป็น pin ที่ให้ voltage reference กับไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อเลือกค่าแรงดันให้กับ shield ที่มาเชื่อมต่อกับบอร์ด

2.6.3 Memory

ATmega328 มีหน่วยความจำ 32 KB (0.5 KB ใช้สำหรับ Bootloader) นอกจากนี้ยังมีอีก 2 KB สำหรับ SRAM และ 1 KB สำหรับ EEPROM

2.6.4 Input and Output

ในแต่ละ digital pins ทั้ง 14 pins บนบอร์ด Arduino Uno สามารถเป็นได้ทั้ง input และ output โดยจะทำงานที่แรงดัน 5 V และให้กระแสสูงสุด 40 mA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.5 ฟังก์ชันอื่นๆเพิ่มเติม

1. Serial: 0 (Rx) และ 1 (Tx) ใช้สำหรับรับ (Rx) และส่ง (Tx) TTL serial data โดย pin นี้จะถูกเชื่อมต่อไปยัง corresponding pins ของ ATmega8U2 USB-to-TTL serial chip
 2. External Interrupts: 2 and 3 pins เหล่านี้สามารถที่จะกำหนดค่าที่เรียก interrupt ในค่าต่างๆ, ขอบขาขึ้นและลง หรือเปลี่ยนแปลงค่า
 3. PWM: 3, 5, 6, 9, 10 และ 11 ให้ PWM output 8-bits
 4. SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK) ใช้สำหรับรองรับการสื่อสารแบบ SPI
 5. LED 13 : เป็น build-in LED ที่เชื่อมต่อกับ digital pin 13 เมื่อ pin มีค่าเป็น HIGH LEDจะติด , แต่เมื่อ pin เป็น LOW LED จะดับ
 6. TWI: A4 or SDA pin and A5 or SCL pin ใช้สำหรับการสื่อสารต่อแบบ TWI (Two wires Interface หรือ I2C)
 7. AREF: แรงดันอ้างอิง สำหรับ analog input
 8. Reset: ใช้ในการ reset ไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยทั่วไปจะใช้โดยการเพิ่มปุ่ม reset ไว้บน sheild เพื่อป้องกันปุ่มที่อยู่บนบอร์ด
- บอร์ด Uno มี 6 analog inputs ตั้งแต่ A0 ถึง A5 แต่ละ pins ให้ความละเอียด 10 bits

2.6.6 Communication

Arduino Uno สามารถสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ Arduino ตัวอื่นๆ หรือ Microcontroller ได้ โดยที่ไม่โครคอนโทรลเลอร์บนบอร์ด คือ ATmega328 จะให้การสื่อสารแบบอนุกรม UART TTL (5 V) ซึ่งมีอยู่ใน pins 0 (Rx) และ 1 (Tx) นอกจากนี้ ATmega328 ยังรองรับ I2C และ SPI Communication ส่วน ATmega16U2 จะใช้การสื่อสารแบบอนุกรมผ่าน USB และจะปรากฏเป็น COM port เสมือนไปยัง Software บนคอมพิวเตอร์ โดยที่ 16U2 ใช้ firmware USB com driver ที่เป็นมาตรฐาน โดยไม่ต้องติดตั้ง driver จากภายนอก แต่อย่างไรก็ตามควรเลือกใช้ไฟล์ .inf บนระบบปฏิบัติการ Windows

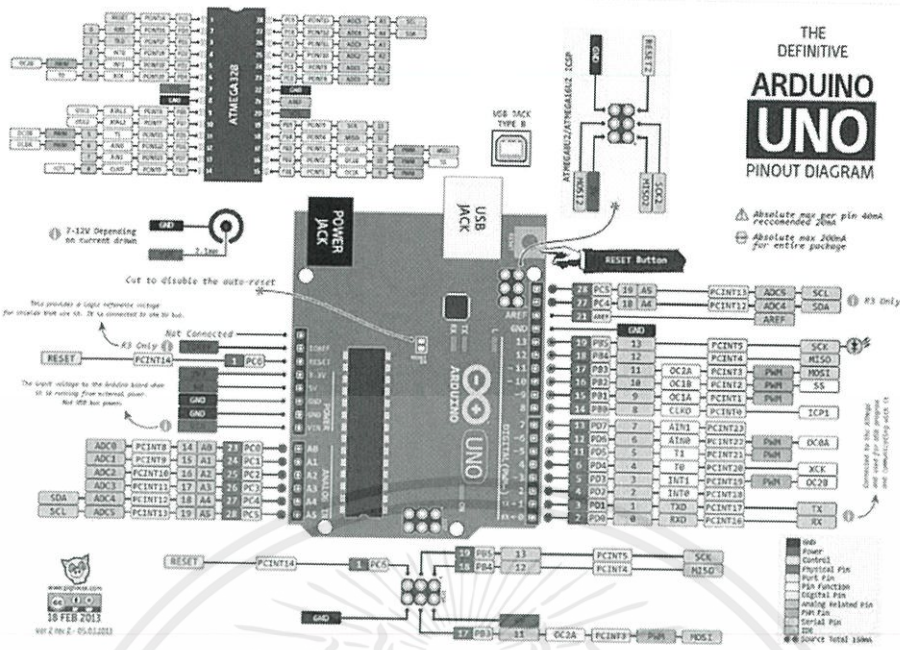
2.6.7 Programming

Arduino Uno สามารถรองรับการโปรแกรมด้วย Arduino Software โดยสามารถใช้ได้ทั้งในระบบปฏิบัติการ Windows, Mac OS X และ Linux

2.6.8 จุดเด่นที่ทำให้บอร์ด Arduino เป็นที่นิยม

- 2.6.7.1 ง่ายต่อการพัฒนา มีรูปแบบคำสั่งพื้นฐาน ไม่ซับซ้อนเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้น
- 2.6.7.2 มี Community กลุ่มคนที่ร่วมกันพัฒนาที่แข็งแรง
- 2.6.7.3 Open Hardware ทำให้ผู้ใช้สามารถนำบอร์ดไปต่อยอดใช้งานได้หลายด้าน
- 2.6.7.4 ราคาไม่แพง
- 2.6.7.5 Cross Platform สามารถพัฒนาโปรแกรมบน OS ใดก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 Arduino Uno Pinout Diagram

(ที่มา : http://www.pighixx.com/PghXxCnt/Arduino/Uno/ARDUINO_V2.pdf)

2.7 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เป็นกำลังขับเคลื่อนที่สำคัญอย่างหนึ่งในโรงงานอุตสาหกรรมเพราะมีคุณสมบัติที่ดีเด่นในด้านการปรับความเร็วได้ตั้งแต่ความเร็วต่ำสุดจนถึงสูงสุด นิยมใช้กันมากในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงงานทอผ้า โรงงานเส้นใยโพลีเอสเตอร์ โรงงานถลุงโลหะ หรือให้เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนรถไฟ เป็นต้น ในการศึกษาเกี่ยวกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจึงควรรู้จัก อุปกรณ์ต่างๆ ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและเข้าใจถึงหลักการการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่างๆ

2.7.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor) สามารถแบ่งออกเป็น 3 ชนิดได้แก่

- 2.7.1.1 มอเตอร์แบบอนุกรมหรือเรียกว่าซีรียส์มอเตอร์ (Series Motor)
- 2.7.1.2 มอเตอร์แบบอนุขนานหรือเรียกว่าชันทมอเตอร์ (Shunt Motor)
- 2.7.1.3 มอเตอร์ไฟฟ้าแบบผสมหรือเรียกว่าคอมปาวด์มอเตอร์ (Compound Motor)

2.7.2 ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วนดังนี้

2.7.2.1 ส่วนที่อยู่กับที่หรือที่เรียกว่าสเตเตอร์ (Stator) ประกอบด้วย

1. เฟรมหรือโยค (Frame Or Yoke)

เฟรมหรือโยค เป็นโครงภายนอกทำหน้าที่เป็นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็ก

จากขั้วเหนือไปขั้วใต้ให้ครบวงจรและยึดส่วนประกอบอื่นๆ ให้แข็งแรงทำด้วยเหล็กหล่อหรือเหล็กแผ่น

หนาแน่นเป็นรูปทรงกระบอก ดังรูปที่ 2.16

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกสิ่งเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

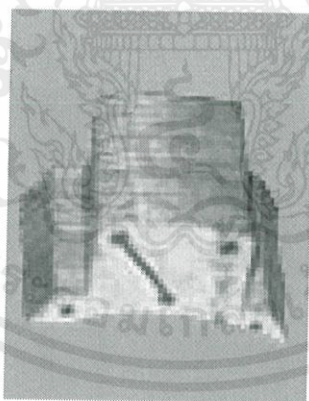


รูปที่ 2.16 ส่วนที่อยู่กับที่หรือสเตเตอร์

(ที่มา : <http://202.129.59.73/tn/motor10-52/images/farm.gif>)

2. ขั้วแม่เหล็ก (Pole) ประกอบด้วย 2 ส่วนคือแกนขั้วแม่เหล็กและขดลวด

ส่วนแรกแกนขั้ว (Pole Core) ทำด้วยแผ่นเหล็กบางๆ กั้นด้วยฉนวนประกบกันเป็นแท่งยึดติดกับเฟรม ส่วนปลายที่ทำเป็นรูปโค้งนั้นเพื่อโค้งรับรูปกลมของตัวโรเตอร์เรียกว่า ขั้วแม่เหล็ก (Pole Shoes) มีวัตถุประสงค์ให้ขั้วแม่เหล็กและโรเตอร์ใกล้ชิดกันมากที่สุดเพื่อให้เกิดช่องอากาศน้อยที่สุด จะมีผลให้เส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กผ่านไปยังโรเตอร์มากที่สุด จนทำให้เกิดแรงบิดหรือกำลังบิดของโรเตอร์มากเป็นการทำให้มอเตอร์มีกำลังหมุน (Torque) ดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 แกนขั้ว

(ที่มา : <http://202.129.59.73/tn/motor10-52/images/armature.jpg>)

ส่วนที่สอง ขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field Coil) จะพันอยู่รอบๆแกนขั้วแม่เหล็ก ขดลวดนี้ทำหน้าที่รับกระแสจากภายนอกเพื่อสร้างเส้นแรงแม่เหล็กให้เกิดขึ้น และเส้นแรงแม่เหล็กนี้จะเกิดการหักล้างและเสริมกันกับสนามแม่เหล็กของอาเมเจอร์ทำให้เกิดแรงบิดขึ้น ดังรูปที่ 2.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

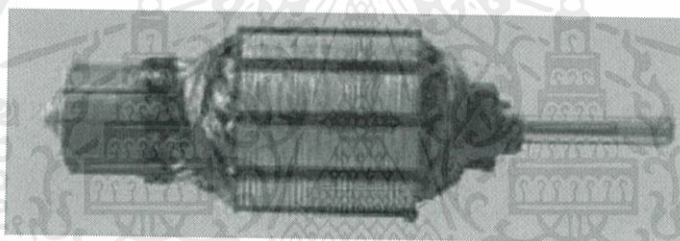


รูปที่ 2.18 ขดลวดสนามแม่เหล็ก

(ที่มา : <http://202.129.59.73/tn/motor10-52/images/pole.gif>)

2.7.2.2 ตัวหมุน (Rotor)

ตัวหมุนหรือเรียกว่าโรเตอร์ตัวหมุนนี้ทำให้เกิดกำลังงานมีแกนวางอยู่ในตลับลูกปืน (Ball Bearing) ซึ่งประกอบอยู่ในแผ่นปิดหัวท้าย (End Plate) ของมอเตอร์



รูปที่ 2.19 โรเตอร์

(ที่มา : <http://202.129.59.73/tn/motor10-52/images/armature.jpg>)

ตัวโรเตอร์ประกอบด้วย 4 ส่วนด้วยกัน คือ

1. แกนเพลลา (Shaft) เป็นตัวสำหรับยึดคอมมิวเตเตอร์ และยึดแกนเหล็กอาร์มาเจอร์ (Armature Core) ประกอบเป็นตัวโรเตอร์แกนเพลลานี้จะวางอยู่บนแบริ่งเพื่อบังคับให้หมุนอยู่ในแนวนิ่งไม่มีการสั่นสะเทือนได้
2. แกนเหล็กอาร์มาเจอร์ (Armature Core) ทำด้วยแผ่นเหล็กบางอาบฉนวน (Laminated Sheet Steel) เป็นที่สำหรับพันขดลวดอาร์มาเจอร์ซึ่งสร้างแรงบิด (Torque)
3. คอมมิวเตเตอร์ (Commutator) ทำด้วยทองแดงออกแบบเป็นซี่แต่ละซี่มีฉนวนไมก้า (mica) คั่นระหว่างซี่ของคอมมิวเตเตอร์ ส่วนหัวซี่ของคอมมิวเตเตอร์ จะมีร่องสำหรับใส่ปลายสาย ของขดลวดอาร์มาเจอร์ ตัวคอมมิวเตเตอร์นี้ยึดแน่นติดกับแกนเพลลา เป็นรูปกลมทรงกระบอก มีหน้าที่สัมผัสกับแปรงถ่าน (Carbon Brushes) เพื่อรับกระแสจากสายป้อนเข้าไปยัง ขดลวดอาร์มาเจอร์เพื่อสร้างเส้นแรงแม่เหล็กอีกส่วนหนึ่งให้เกิดการหักล้างและเสริมกันกับเส้นแรงแม่เหล็กอีกส่วน

ซึ่งเกิดจากขดลวดขั้วแม่เหล็ก ดังกล่าวมาแล้วเรียกว่าปฏิกิริยามอเตอร์ (Motor action) ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

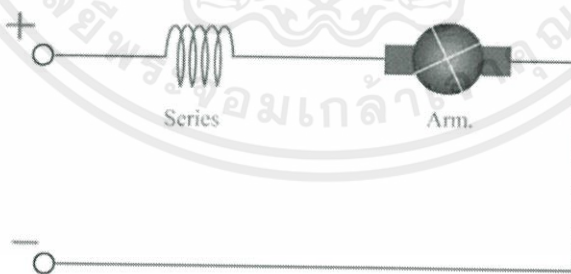
4. ขดลวดอาร์มาเจอร์ (Armature Winding) เป็นขดลวดพันอยู่ในร่องสลอท (Slot) ของแกนอาร์มาเจอร์ ขนาดของลวดจะเล็กหรือใหญ่และจำนวนรอบจะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับ การออกแบบของตัวโรเตอร์ชนิดนั้นๆ เพื่อที่จะให้เหมาะสมกับงานต่างๆ

2.7.3 หลักการของมอเตอร์กระแสไฟฟ้าตรง (Motor Action)

หลักการของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เมื่อเป็นแรงดันกระแสไฟฟ้าตรงเข้าไปในมอเตอร์ ส่วนหนึ่งจะ แปรงผ่านผ่านคอมมิวเตเตอร์เข้าไปในขดลวดอาร์มาเจอร์สร้างสนามแม่เหล็กขึ้น และ กระแสไฟฟ้าอีกส่วนหนึ่งจะไหลเข้าไปในขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field coil) สร้างขั้วเหนือ-ใต้ขึ้น จะ เกิดสนามแม่เหล็ก 2 สนาม ในขณะเดียวกัน ตามคุณสมบัติของเส้นแรงแม่เหล็ก จะไม่ตัดกันทิศ ทางตรงข้ามจะหักล้างกัน และทิศทางเดียวจะเสริมแรงกัน ทำให้เกิดแรงบิดในตัวอาร์มาเจอร์ ซึ่งวาง แกนเพลลาและแกนเพลลานี้ สวมอยู่กับตลับลูกปืนของมอเตอร์ ทำให้อาร์มาเจอร์นี้หมุนได้ ขณะที่ตัว อาร์มาเจอร์ทำหน้าที่หมุนได้นี้เรียกว่า โรเตอร์ (Rotor) ซึ่งหมายความว่าตัวหมุน การที่อำนาจเส้นแรงแม่เหล็กทั้งสองมีปฏิกิริยาต่อกัน ทำให้ขดลวดอาร์มาเจอร์ หรือโรเตอร์หมุนไปนั้นเป็นไปตามกฎซ้าย ของเฟลมมิง (Fleming's left hand rule)

2.7.3.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม (Series Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม คือมอเตอร์ที่ต่อขดลวดสนามแม่เหล็กอนุกรม กับอาร์มาเจอร์ของมอเตอร์ชนิดนี้ว่า ซีรีส์ฟิลด์ (Series Field) มีคุณลักษณะที่ดีคือให้แรงบิดสูงนิยมใช้ เป็นต้นกำลังของรถไฟฟ้ารถยกของเครนไฟฟ้าความเร็วรอบของมอเตอร์อนุกรมเมื่อไม่มีโหลด ความเร็วจะสูงมากแต่ถ้ามีโหลดมาต่อ ความเร็วก็จะลดลงตามโหลด โหลดมากหรือทำงานหนัก ความเร็วลดลง แต่ขดลวดของมอเตอร์ไม่ เป็นอันตรายจากคุณสมบัตินี้จึงนิยมนำมาใช้กับ เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านหลายอย่าง เช่น เครื่องดูดฝุ่น เครื่องผสมอาหาร ส่วนไฟฟ้าจักรเย็บผ้าเครื่อง เป่าผม มอเตอร์กระแสตรงแบบอนุกรมใช้งานหนัก ได้ดีเมื่อใช้งานหนักกระแสจะมากความเร็วรอบจะ ลดลงเมื่อไม่มีโหลดมาต่อความเร็วจะสูงมากอาจ เกิดอันตรายได้ดังนั้น เมื่อเริ่มสตาร์ทมอเตอร์แบบ อนุกรมจึงต้องมีโหลดมาต่ออยู่เสมอ



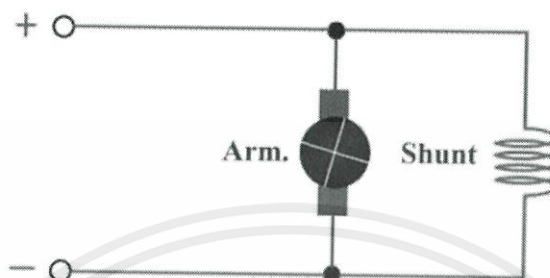
รูปที่ 2.20 วงจรการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม

(ที่มา : <http://202.129.59.73/tn/motor10-52/images/Series-Motor.jpg>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.3.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน (Shunt Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน หรือเรียกว่าชัณฑ์ มอเตอร์มอเตอร์แบบขนานนี้ ขดลวดสนามแม่เหล็กจะต่อ (Field Coil) จะต่อขนานกับขดลวด ชุดอาเมเจอร์ มอเตอร์แบบขนานนี้มีคุณลักษณะมีความเร็วคงที่ แรงบิดเริ่มหมุนต่ำ แต่ความเร็วรอบคงที่ที่ชัณฑ์มอเตอร์ส่วนมากเหมาะกับการทำงานของ พัดลมเพราะพัดลมต้องการความเร็วคงที่และต้องการเปลี่ยนความเร็วได้ง่าย

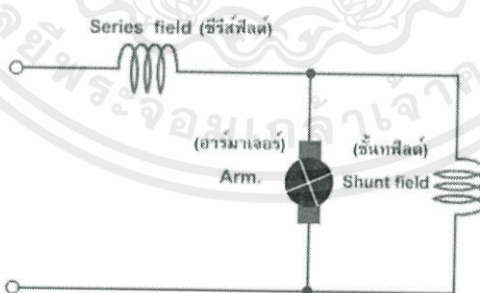


รูปที่ 2.21 วงจรการทำงานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน
(ที่มา : <http://202.129.59.73/tn/motor10-52/images/Shunt-Motor.jpg>)

2.7.3.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม (Compound Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม หรือเรียกว่าคอมพาวด์มอเตอร์ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสมนี้จะนำ คุณลักษณะที่ดีของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนานและแบบอนุกรมมารวมกัน มอเตอร์แบบผสม มีคุณลักษณะพิเศษคือมีแรงบิดสูง (High starting torque) แต่ความเร็วรอบคงที่ ตั้งแต่ยังไม่โหลดจน กระทั่งมีโหลดเต็มที มอเตอร์แบบผสมมีวิธีการต่อขดลวดขนานหรือขดลวดชั้นที่อยู่ 2 วิธี

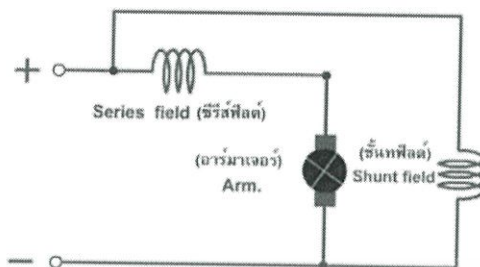
วิธีที่ 1 ใช้ต่อขดลวดแบบชัณฑ์ขนานกับอาเมเจอร์เรียกว่า ชอทชัณฑ์ (Short Shunt Compound Motor) ดังรูปวงจร



รูปที่ 2.22 วงจรการทำงานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบชอทชัณฑ์คอมพาวด์มอเตอร์
(ที่มา : <http://202.129.59.73/tn/motor10-52/images/Compound-Motor.jpg>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

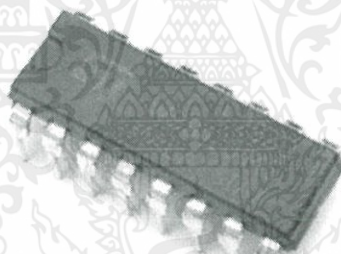
วิธีที่ 2 คือต่อขดลวด ขนานกับขดลวดอนุกรมและขดลวดอาเมเจอร์เรียกว่า ลองชั๊นท์คอมปาวด์มอเตอร์ (Long shunt motor) ดังรูปวงจร



รูปที่ 2.23 วงจรการทำงานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบลองชั๊นท์คอมปาวด์มอเตอร์
(ที่มา : <http://202.129.59.73/tn/motor10-52/images/Long-shunt-motr.jpg>)

2.8 L293D

L293D เป็นไอซีแบบ DIP (Dual in-line Package) จำนวน 16 ขา ออกแบบวงจรเอาต์พุตให้ทนกระแสและแรงดันสูงเพื่อขับโหลดอินดักทีฟ (inductive loads) เช่น รีเลย์ โซลินอยด์ มอเตอร์ ไฟฟ้ากระแสตรง และสแต็ปมิ่งมอเตอร์ อินพุตรับสัญญาณมาตรฐาน DTL และ TTL



รูปที่ 2.24 ลักษณะไอซี L293D ตัวถังแบบดีพ 16 ขา
(ที่มา : http://mlm-s1-p.mlstatic.com/l293d-puente-h-para-motores-arduino-proyecto-robot-3069-MLM4827170648_082013-O.jpg)

2.8.1 คุณสมบัติโดยทั่วไป

2.8.1.1 ไอซี L293D ประกอบด้วยวงจรขับโหลดแบบอินดักทีฟ จำนวน 4 ช่อง

2.8.1.2 ทนกระแสเอาต์พุต 600mA ต่อช่อง

2.8.1.3 ทนกระแสเอาต์พุตสูงสุด 1.2A ต่อช่อง (ไม่สามารถจ่ายแบบต่อเนื่องได้)

2.8.1.4 วงจรเอาต์พุตเป็นแบบ พุช-พูล มีแคลมป์ไดโอด

2.8.1.5 มีระบบควบคุมอุณหภูมิสูงกว่าปกติ

2.8.1.6 สัญญาณอินพุตลอจิก "0" มีขนาดแรงดันไม่เกิน 1.5 V ญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

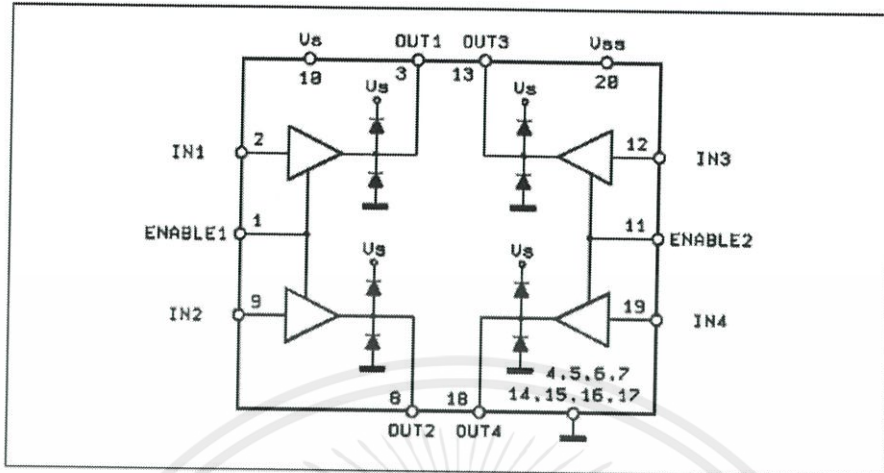
2.8.1.7 มีขาสัญญาณปิดเปิดวงจรขับโหลด

เอกสารนี้เป็นเอกสาร

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกสิ่งนี้ไปใช้และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

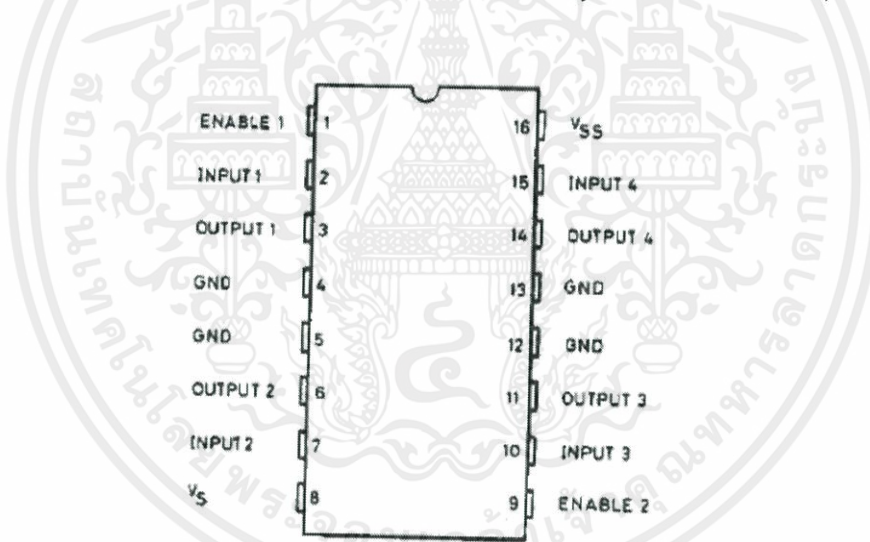
2.8.2 บล็อกไดอะแกรมการทำงานไอซี L293 และหน้าที่ขาสัญญาณต่างๆ

BLOCK DIAGRAM



รูปที่ 2.25 บล็อกไดอะแกรมไอซี L293D

(ที่มา : <http://3.bp.blogspot.com/-9xklsk-i854/TomE60iOvsl/AAAAAAAAAGE/Lal8hNZdoj8/s1600/BL239.JPG>)



รูปที่ 2.26 แสดงขาสัญญาณต่างๆของไอซี L293D

(ที่มา : http://1.bp.blogspot.com/-kk5pHcvk6kl/TomE8_D0MVI/AAAAAAAAAGI/UU79kRHgomE/s1600/dip293.JPG)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.25 จะเห็นว่า L293 แบ่งวงจรขับโพลอินดักตีฟเป็น 2 ชุด ดังนี้

2.8.2.1 ชุดที่ 1

ประกอบด้วยวงจรขับช่องที่ 1 และช่องที่ 2 วงจรขับชุดนี้รับสัญญาณควบคุม 3 สัญญาณ คือ

1. ขา 1 สัญญาณ Enable1 เป็นสัญญาณควบคุมวงจรขับโพลอินดักตีฟช่องที่ 1 และ 2 ให้ทำงานหรือหยุดทำงาน
2. ขา 2 สัญญาณ IN1 เป็นสัญญาณควบคุมวงจรขับโพลอินดักตีฟช่องที่ 1 ให้ปิดเปิด การทำงานของโพลอินดักตีฟที่ต่ออยู่กับเอาต์พุตช่องที่ 1 OUTPUT1 ขา 3
3. ขา 7 สัญญาณ IN2 เป็นสัญญาณควบคุมวงจรขับโพลอินดักตีฟช่องที่ 2 ให้ปิดเปิด การทำงานของโพลอินดักตีฟที่ต่ออยู่กับเอาต์พุตช่องที่ 1 OUTPUT1 ขา 6

2.8.2.2 ชุดที่ 2

ประกอบด้วยวงจรขับช่องที่ 3 และช่องที่ 4 วงจรขับชุดนี้รับสัญญาณควบคุม 3 สัญญาณ คือ

1. ขา 9 สัญญาณ Enable2 เป็นสัญญาณควบคุมวงจรขับโพลอินดักตีฟช่องที่ 3 และ 4 ให้ทำงานหรือหยุดทำงาน
2. ขา 10 สัญญาณ IN3 เป็นสัญญาณควบคุมวงจรขับโพลอินดักตีฟช่องที่ 1 ให้ปิดเปิด การทำงานของโพลอินดักตีฟที่ต่ออยู่กับเอาต์พุตช่องที่ 1 OUTPUT1 ขา 11
3. ขา 15 สัญญาณ IN4 เป็นสัญญาณควบคุมวงจรขับโพลอินดักตีฟช่องที่ 2 ให้ปิดเปิด การทำงานของโพลอินดักตีฟที่ต่ออยู่กับเอาต์พุตช่องที่ 1 OUTPUT1 ขา 14

2.8.2.3 แหล่งจ่ายไฟของ L293

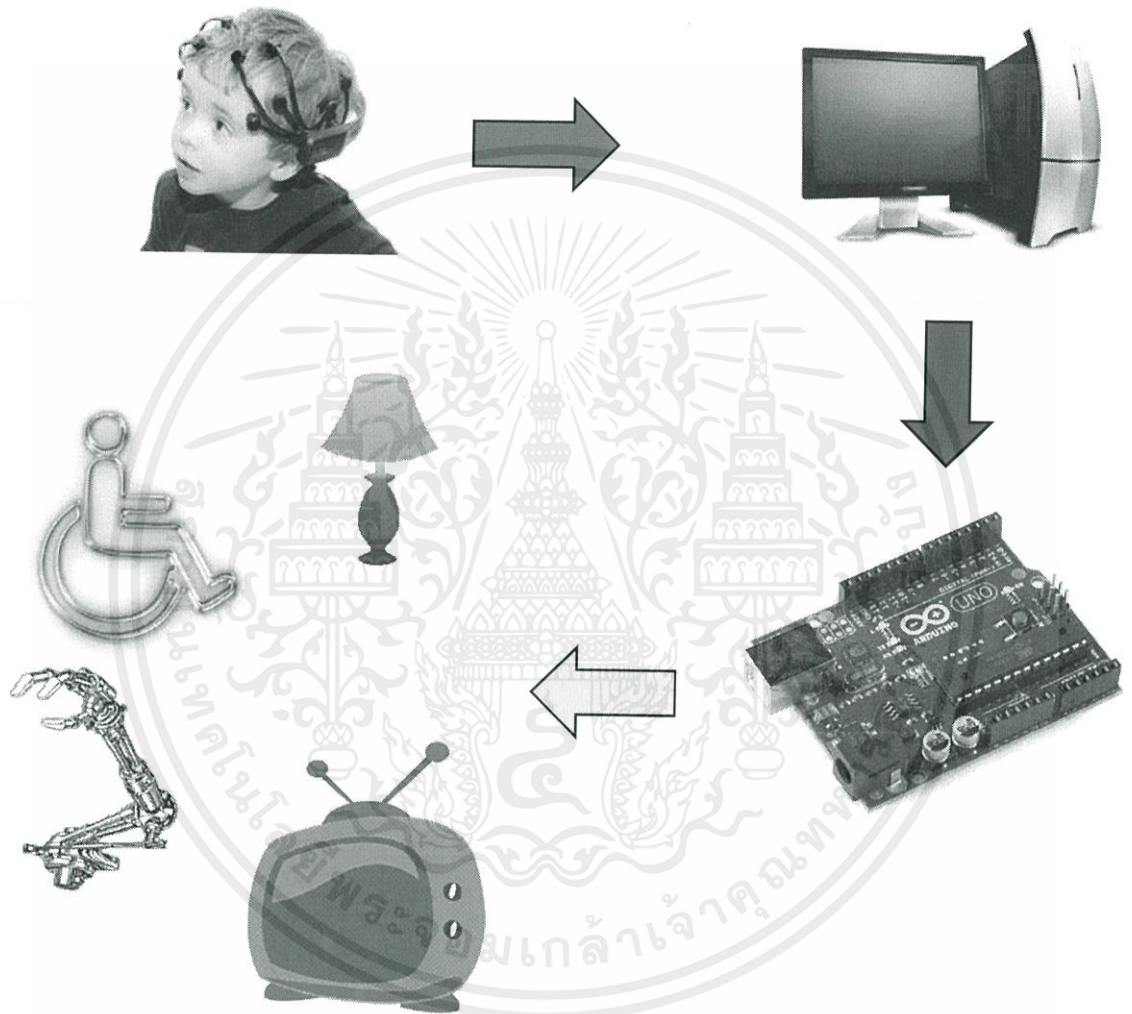
1. แหล่งจ่ายไฟเลี้ยงวงจรลอจิก Vss ขา 16 รับแรงดันสูงสุด 36 โวลต์
2. แหล่งจ่ายไฟเลี้ยงโพลอินดักตีฟ Vs ขา 8 รับแรงดันสูงสุด 36 โวลต์
3. กราวด์ ขา 4, 5, 12, 13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและดำเนินงาน

3.1 แนวความคิด



รูปที่ 3.1 แนวความคิด

(ที่มา : ผู้จัดทำ)

จากรูปที่ 3.1 จะประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลักๆ คือ ส่วนแรกชุดรับสัญญาณ EEG จะใช้อุปกรณ์ EPOC Head set ทำการตรวจจับสัญญาณไฟฟ้าสมอง และส่งข้อมูลไปยัง ส่วนที่สองทำการประมวลผล โดยโปรแกรมบนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่พัฒนามาเพื่อทำการประมวลผล แล้วส่งออกไปยัง เอาท์พุทเป็นส่วนสุดท้าย เช่น จอแสดงผล หรือไปควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์

3.2 ส่วนอุปกรณ์

3.2.1 EPOC Headset

ชุด EPOC Headset ที่สั่งซื้อมาประกอบไปด้วย

1. EPOC Headset
2. Sensor
3. ก่อ่งใส่ Sensor
4. EPOC USB Receiver
5. Adaptor
6. ก่อ่งที่ใส่อุปกรณ์ทั้งหมด



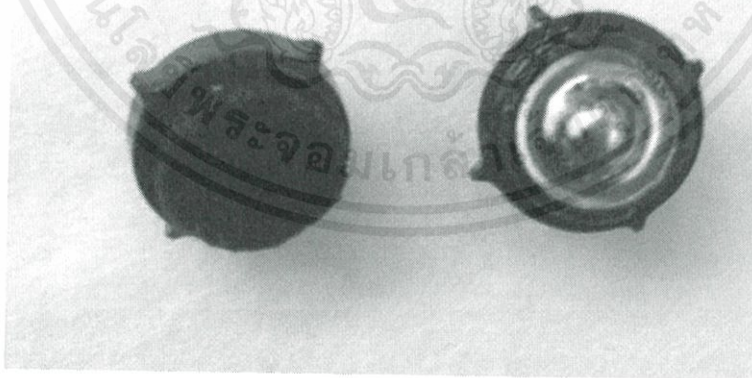
รูปที่ 3.3 ชุด EPOC Headset ทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ (ที่มา : ผู้จัดทำ) เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 EPOC Headset
(ที่มา : ผู้จัดทำ)

จากรูปที่ 3.4 คืออุปกรณ์ EPOC Headset ที่ใช้ในการรับสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง



รูปที่ 3.5 เซนเซอร์
(ที่มา : ผู้จัดทำ)

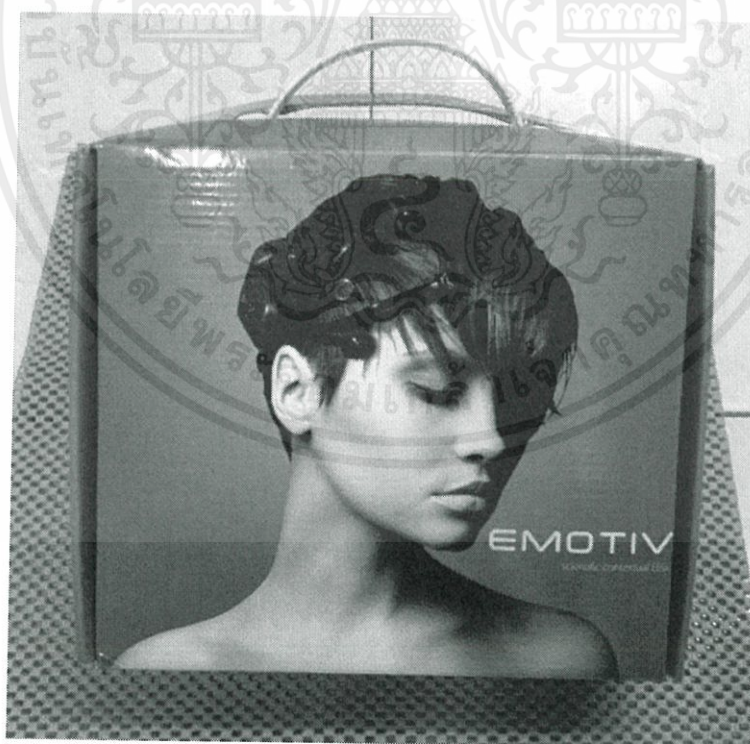
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ จากรูปที่ 3.5 คือเซนเซอร์ที่ไว้จับสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 1. กล่องใส่ Sensor

2. EPOC USB Receiver

3. Adaptor
(ที่มา : ผู้จัดทำ)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับนำไปใช้งานที่ศูนย์ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 3.7 กล่องที่ใส่อุปกรณ์ทั้งหมด
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงนี้ (ที่มา : ผู้จัดทำ) ำงอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ส่วนชิ้นงาน

3.3.1 วางแผนดำเนินการสร้างรถ

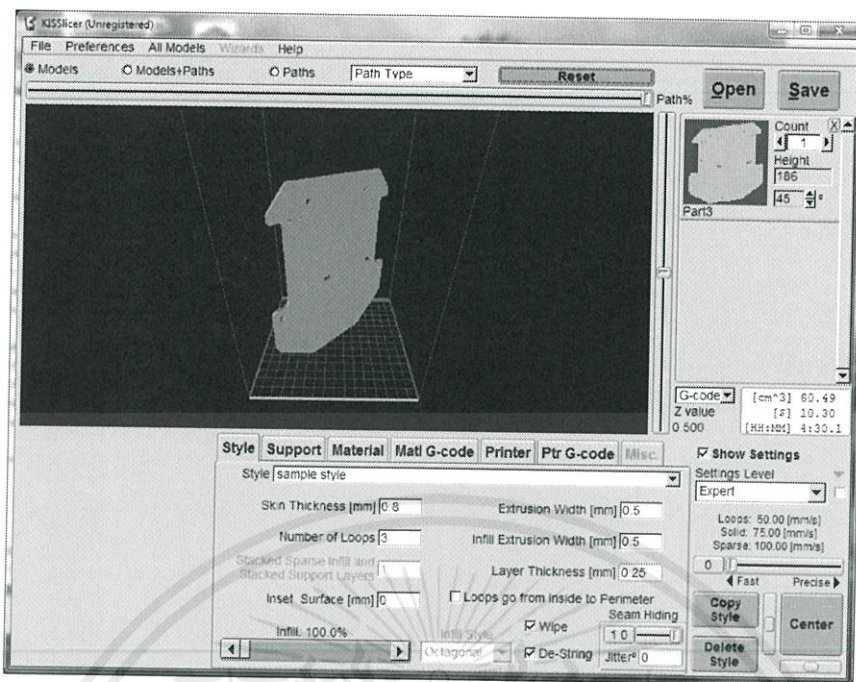
3.3.1.1 ออกแบบแผ่นโครงสร้างรถด้วยโปรแกรม Solidworks



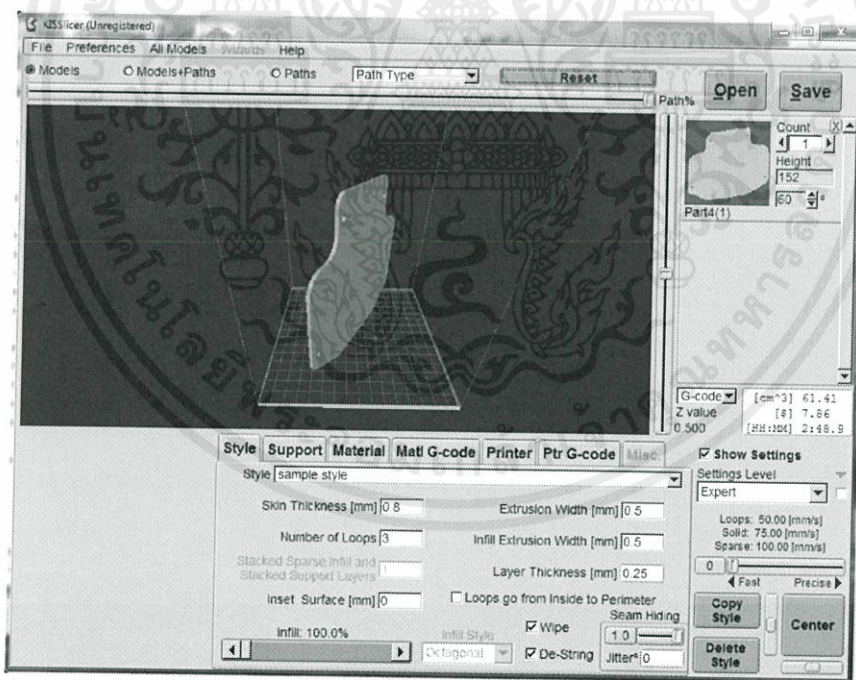
รูปที่ 3.8 แผ่นโครงสร้างส่วนล่าง
(ที่มา : ผู้จัดทำ)

รูปที่ 3.9 แผ่นโครงสร้างส่วนบน
(ที่มา : ผู้จัดทำ)

เอกสารนี้เป็นเอกสาร 3.3.1.2 Save File แผ่นโครงสร้างของรถเป็นสกุล .stl ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้ง 3.3.1.2 นำ File ที่ Save เป็น .stl ไปเปิดด้วยโปรแกรม Kisslicer เพื่อตั้งค่าชิ้นงานนำไปใช้
ก่อนที่จะนำไปปริ้นด้วยเครื่องปริ้น 3 มิติ

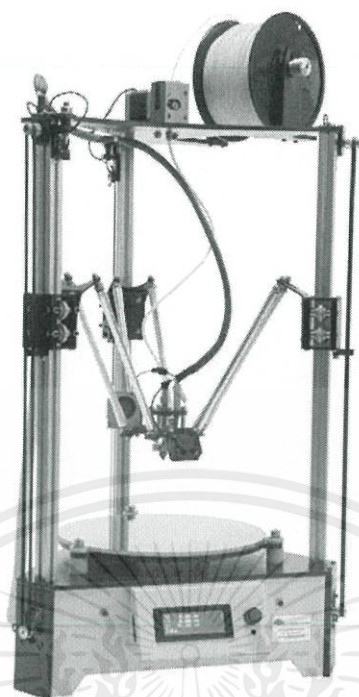


รูปที่ 3.10 นำแผ่นโครงสร้างส่วนบนไปตั้งค่า (ที่มา : ผู้จัดทำ)

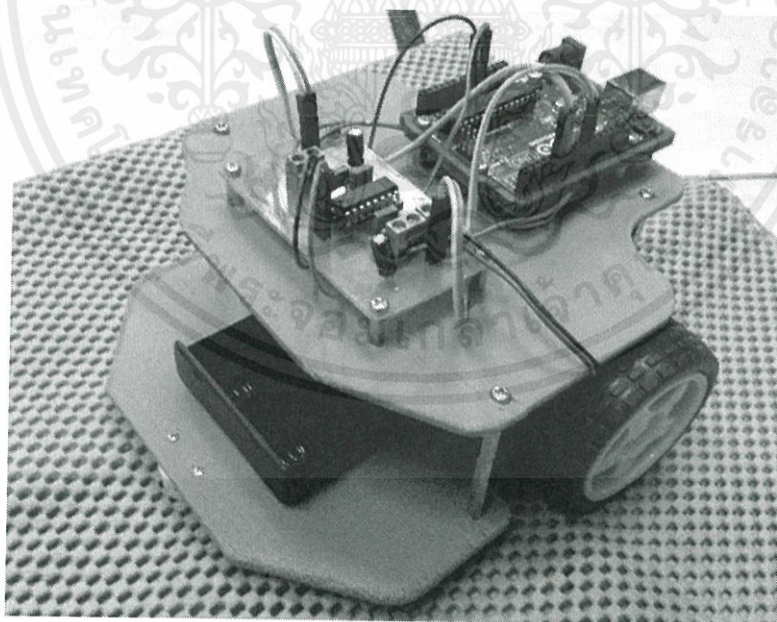


รูปที่ 3.11 นำแผ่นโครงสร้างส่วนล่างไปตั้งค่า (ที่มา : ผู้จัดทำ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สถาบัน ใช้สำหรับครูใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
3.3.1.2 พอตั้งค่าเสร็จก็ Save File เป็นสกุล .gcode หลังจากนั้นก็นำชิ้นงานไปปรี้นด้วย
ไม่ว่าเครื่องปรี้น 3 มิติได้เลย ยังมีให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 เครื่องปริ้น 3 มิติ
 (ที่มา : <http://www.siamreap.com/newsite/wordpress/wp-content/uploads/2014/12/3D-printer-Pro1.png>)



รูปที่ 3.13 รถที่ใช้ทำการทดลอง

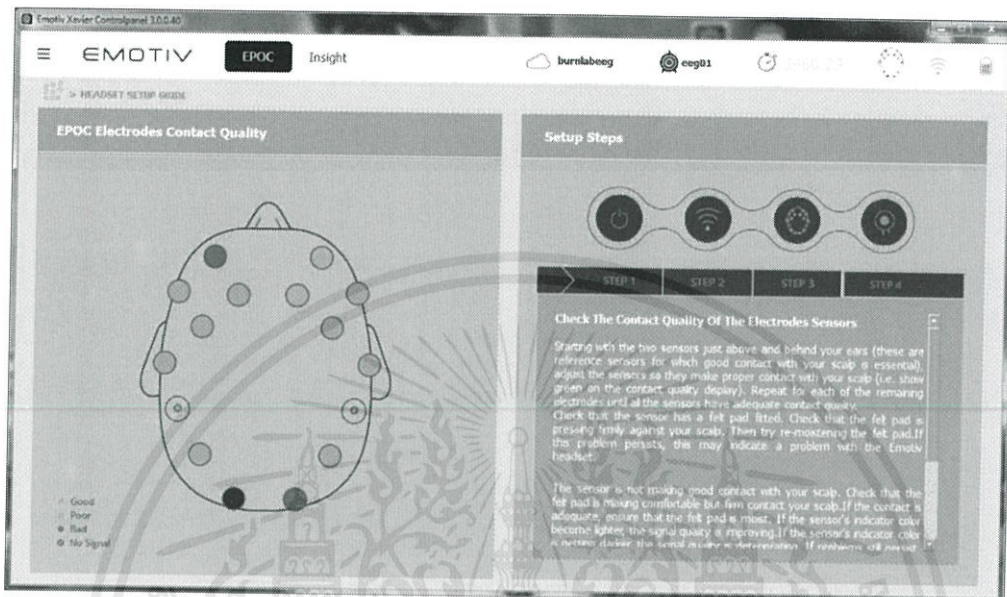
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ (ที่มา : ผู้จัดทำ) เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ส่วนโปรแกรม

โปรแกรมที่ใช้งาน

3.4.1 Emotiv Control Panel

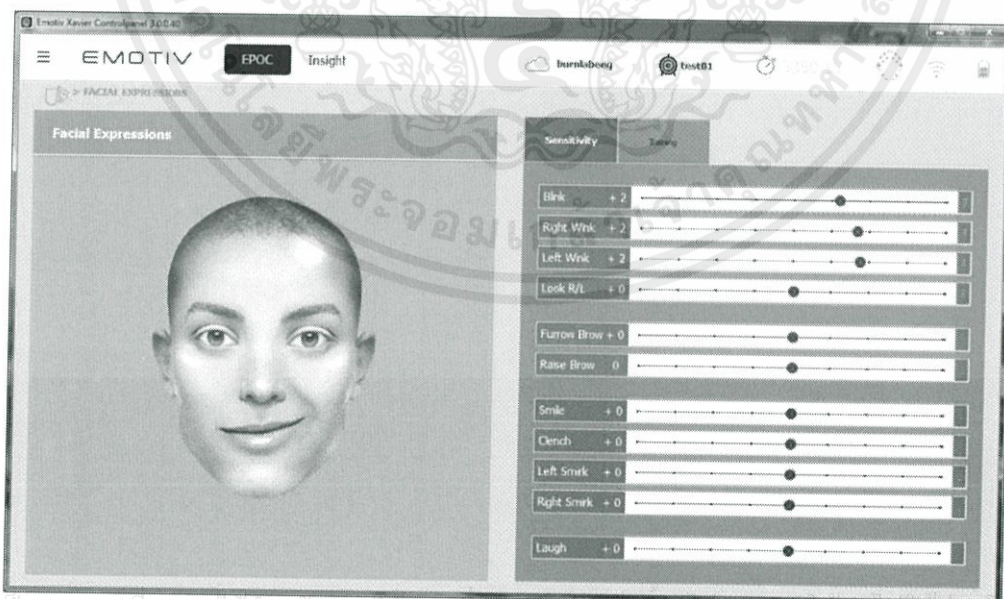
เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการตั้งค่าต่างๆ ของ EPOC Headset



รูปที่ 3.14 Emotiv Control Panel

(ที่มา : ผู้จัดทำ)

3.4.1.1 Emotiv Control Panel ในส่วนของ Facial Expressions

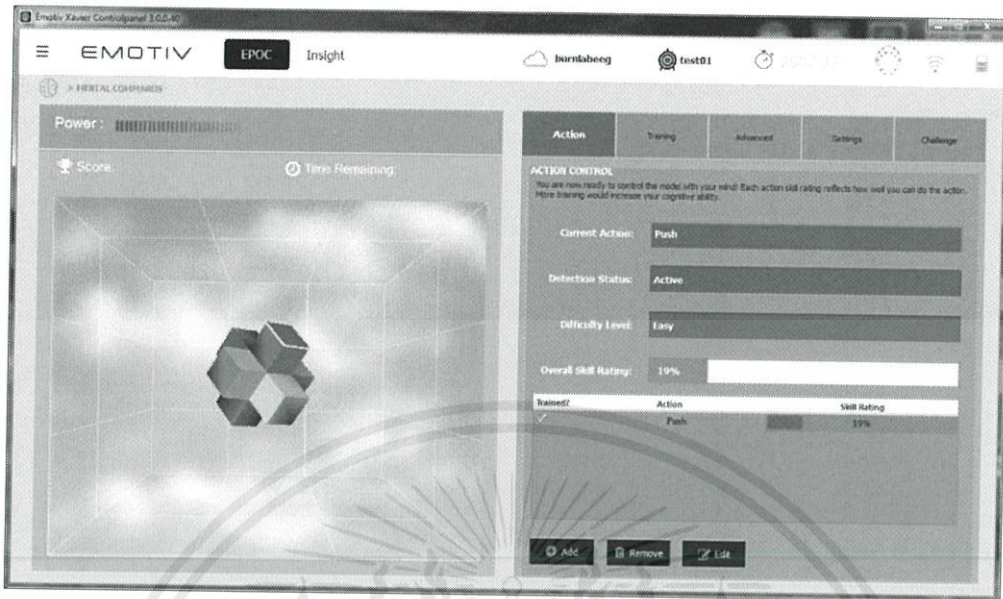


รูปที่ 3.15 Emotiv Control Panel ในส่วนของ Facial Expressions

(ที่มา : ผู้จัดทำ)

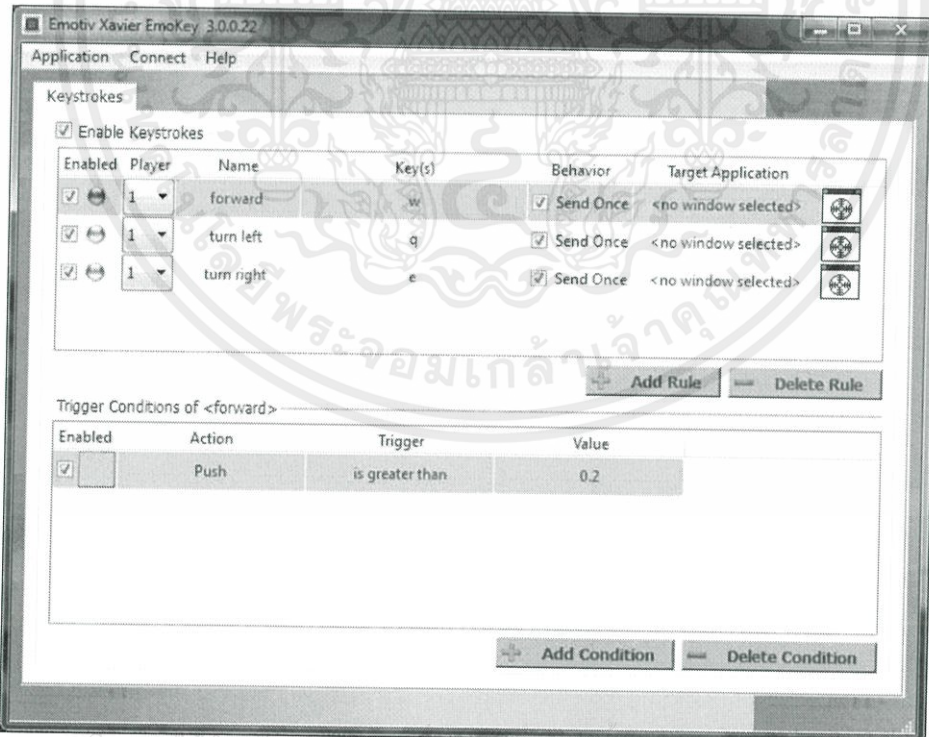
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานานาชาติ ไม่นับเป็นเอกสารที่เผยแพร่สู่สาธารณะโดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกหรือเผยแพร่ข้อมูลใดๆ ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1.2 Emotiv Control Panel ในส่วนของ Mental Commands



รูปที่ 3.16 Emotiv Control Panel ในส่วนของ Mental Commands
(ที่มา : ผู้จัดทำ)

3.4.2 Emotiv EmoKey



รูปที่ 3.17 Emotiv EmoKey

(ที่มา : ผู้จัดทำ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารทบทวน วิชาสหบรรณการ ใช้งานเพื่อการศึกษายเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่หรือจะ โฆษณาด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา หรือข้อมูลอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 Arduino 1.0.5-r2

ใช้โปรแกรม Arduino เป็นตัวสั่งการขับเคลื่อนมอเตอร์

```

2014_04_20_DC_Motor | Arduino 1.0.5-r2
File Edit Sketch Tools Help
_2014_04_20_DC_Motor
const int in1Pin = 5;
const int in2Pin = 6;
const int in3Pin = 9;
const int in4Pin = 10;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  pinMode(in1Pin, OUTPUT);
  pinMode(in2Pin, OUTPUT);
  pinMode(in3Pin, OUTPUT);
  pinMode(in4Pin, OUTPUT);
}

void loop()
{
  if ( Serial.available() ) {
    char ch = Serial.read();
  }
}
1 Arduino Uno on COM4

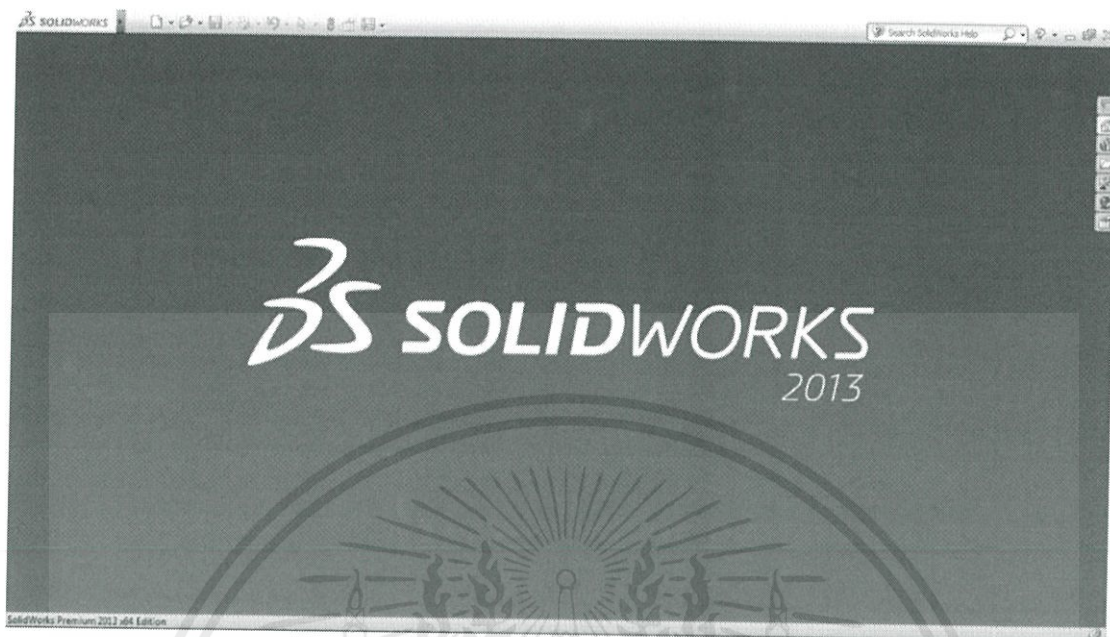
```

รูปที่ 3.18 หน้าต่างโปรแกรม Arduino 1.0.5-r2
(ที่มา : ผู้จัดทำ)

จากรูปที่ 3.18 คือหน้าต่างโปรแกรม Arduino ที่ใช้เขียนควบคุมมอเตอร์

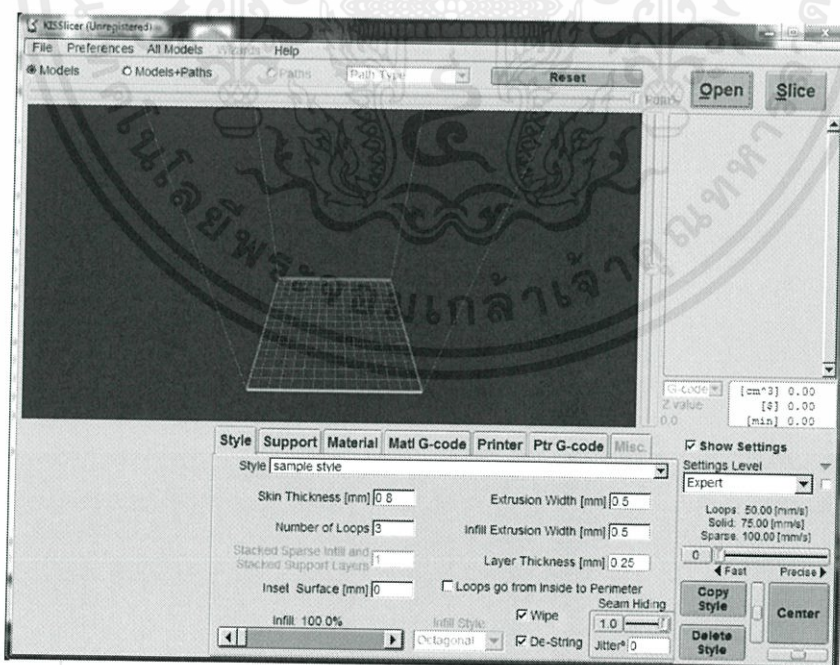
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.4 Solidworks



รูปที่ 3.19 หน้าต่างโปรแกรม Solidworks
(ที่มา : ผู้จัดทำ)

3.4.5 Kisslicer

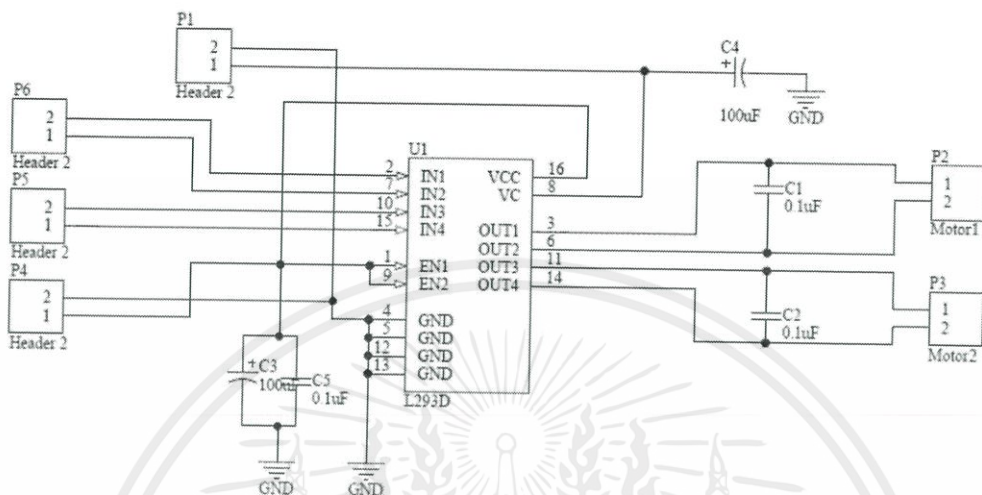


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่อาคารศิวมูเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 3.20 หน้าต่างโปรแกรม
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาบางส่วนหรือทั้งหมดไปเผยแพร่หรือแจ้งถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
(ที่มา : ผู้จัดทำ)

3.5 ส่วนของ Schematic และ PCB

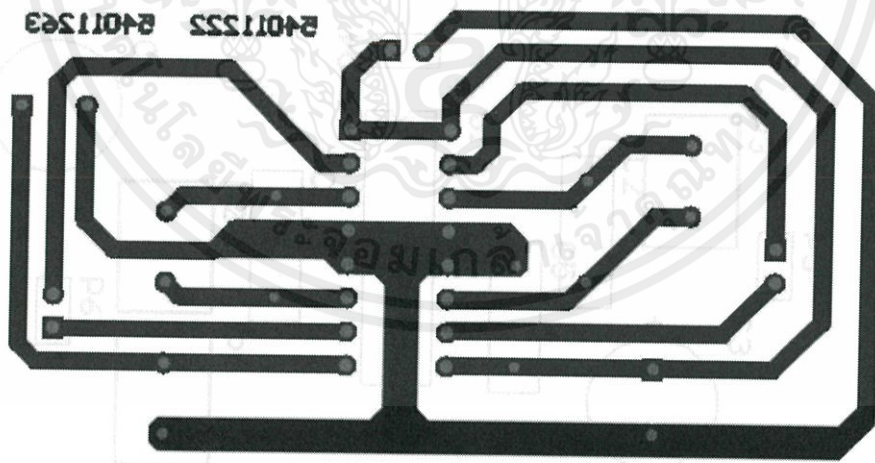
3.5.1 Schematic ของวงจรขับมอเตอร์

ใช้ IC L293D เป็นตัวขับมอเตอร์



รูปที่ 3.21 Schematic ของวงจรขับมอเตอร์
(ที่มา : ผู้จัดทำ)

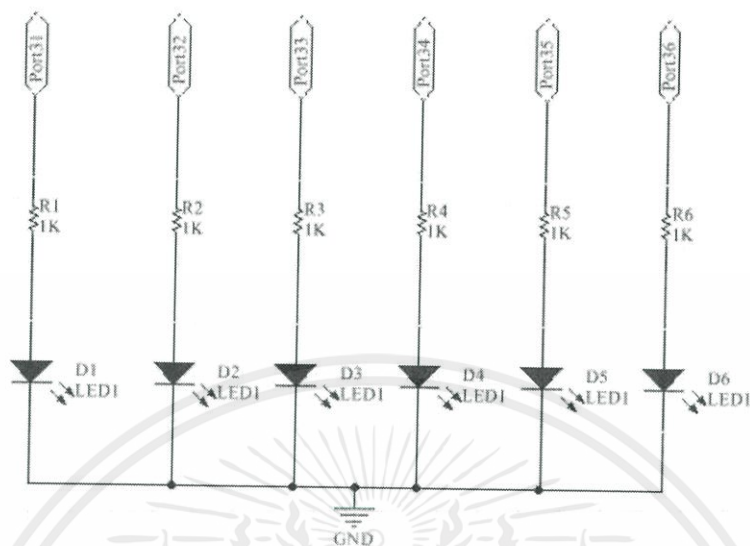
3.5.2 PCB ของวงจรขับมอเตอร์



รูปที่ 3.22 PCB ของวงจรขับมอเตอร์
(ที่มา : ผู้จัดทำ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

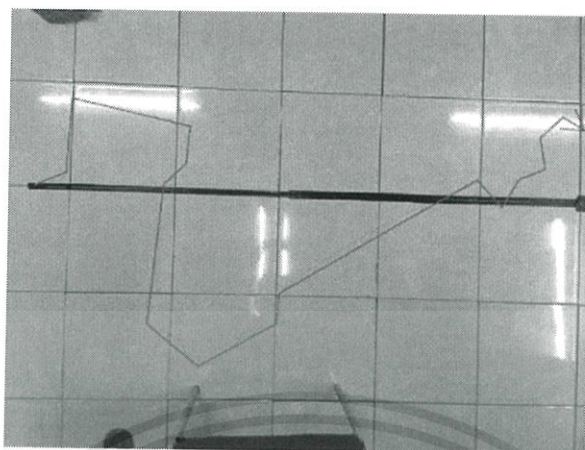
3.5.3 Schematic ของการทดลองที่ 2



รูปที่ 3.23 Schematic ของการทดลองที่ 2
(ที่มา : ผู้จัดทำ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 1 ครั้งที่ 3



รูปที่ 4.3 ผลการทดลองครั้งที่ 3
(ที่มา : ผู้จัดทำ)

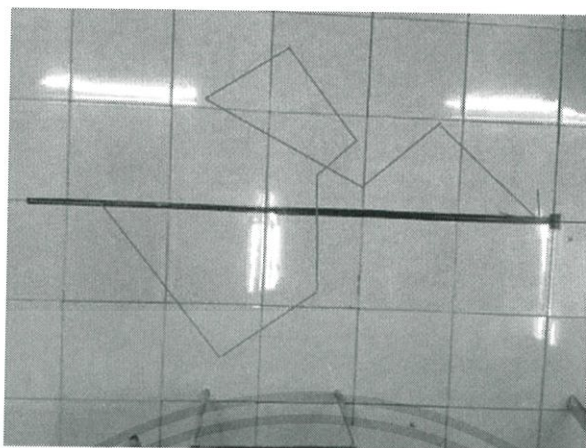
การทดลองที่ 1 ครั้งที่ 4



รูปที่ 4.4 ผลการทดลองครั้งที่ 4
(ที่มา : ผู้จัดทำ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 1 ครั้งที่ 5



รูปที่ 4.5 ผลการทดลองครั้งที่ 5
(ที่มา : ผู้จัดทำ)

การทดลองที่ 1 ครั้งที่ 6



รูปที่ 4.6 ผลการทดลองครั้งที่ 6
(ที่มา : ผู้จัดทำ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 1 ครั้งที่ 7



รูปที่ 4.7 ผลการทดลองครั้งที่ 7
(ที่มา : ผู้จัดทำ)

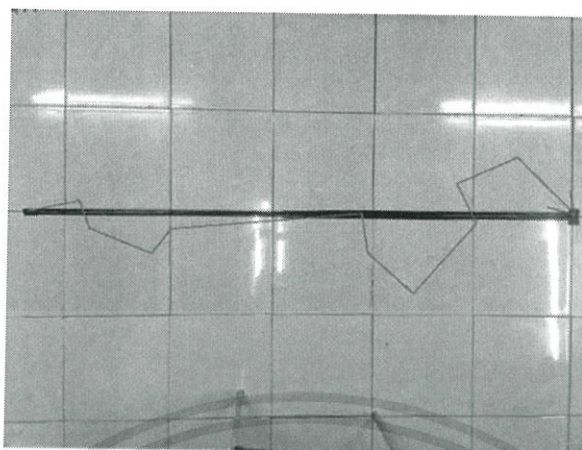
การทดลองที่ 1 ครั้งที่ 8



รูปที่ 4.8 ผลการทดลองครั้งที่ 8
(ที่มา : ผู้จัดทำ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 1 ครั้งที่ 9



รูปที่ 4.9 ผลการทดลองครั้งที่ 9
(ที่มา : ผู้จัดทำ)

การทดลองครั้งที่ 10



รูปที่ 4.10 ผลการทดลองครั้งที่ 1
(ที่มา : ผู้จัดทำ)

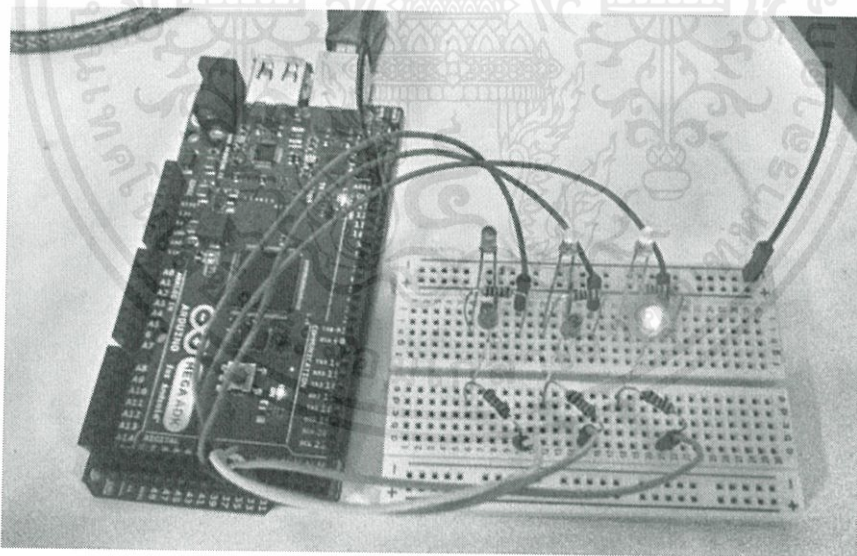
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 การทดลองที่ 2

การทดลองใช้คลื่นสมองเลือก LED และ เปิด-ปิด LED

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดลองที่ 2

ครั้งที่	เปิดLED 1	เปิดLED 2	เปิดLED 3	%ความสำเร็จ
1	0	1	0	33%
2	1	1	1	100%
3	1	1	1	100%
4	0	0	1	33%
5	1	0	1	67%
6	1	1	1	100%
7	1	1	1	100%
8	0	1	1	67%
9	1	1	0	67%
10	1	1	1	100%
	70%	80%	80%	
				77%



รูปที่ 4.11 ผลการทดลองที่ 2
(ที่มา : ผู้จัดทำ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

โครงการการใช้คลื่นไฟฟ้าสมองเพื่อช่วยเหลือผู้ป่วยกล้ามเนื้ออ่อนแรงนี้ มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาและประยุกต์ใช้คลื่นไฟฟ้าสมองเพื่ออำนวยความสะดวกให้กับผู้ป่วยกล้ามเนื้ออ่อนแรง (ALS) คือผู้ป่วยกล้ามเนื้ออ่อนแรงไม่สามารถที่จะทำกิจกรรมบางอย่างได้ด้วยตัวเอง เช่น บังคับรถเข็น เป็นต้น

5.1 สรุปผลการทดลอง

ผลการทดลองที่ได้ ทำให้ทราบว่า การใช้คลื่นสมองควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้านั้นสามารถทำได้ แต่ถ้าเครื่องไฟฟ้านั้นมีความซับซ้อนมาก การควบคุมก็จะยากไปด้วย ยกตัวอย่างเช่น การควบคุม wheelchair นั้น จะบังคับให้เป็นไปตามที่ต้องการนั้น เป็นไปได้ด้วยความยากลำบาก ต้องอาศัย การฝึกฝนเป็นอย่างมาก และจากผลการทดลองนั้น ทางผู้ทำการทดลอง ทำการทดลองหลายครั้ง จนหาการควบคุมที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดเท่าที่จะทำได้คือ การใช้ Mental Commands ผสมกับ Facial Expression เพื่อลดความซับซ้อนเป็นอย่างมาก เมื่อเทียบกับ การใช้อย่างเดียวหนึ่งเพียงอย่างเดียว

5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลอง จะเห็นว่าการใช้คลื่นไฟฟ้าสมองควบคุม wheelchair สามารถทำได้ แต่ทำได้ยาก เพราะอุปกรณ์มีความซับซ้อนมาก ถ้าจะทำให้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ต้องฝึกฝนเป็นอย่างมาก

5.3 ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำวิจัย

- 5.3.1 ได้ประสบการณ์ในการทำงานเป็นระบบ มีแบบแผน
- 5.3.2 สามารถใช้โปรแกรมที่ไม่เคยใช้หรือใช้ไม่เป็นได้อีกหลายโปรแกรม
- 5.3.3 ประยุกต์ใช้งาน Hardware หลากอย่างให้เกิดประโยชน์ในรูปแบบใหม่ๆ
- 5.3.4 สามารถช่วยเหลือผู้ป่วยกล้ามเนื้ออ่อนแรงได้จริง หรือรวมไปถึงผู้พิการด้วย

5.4 ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทำวิจัย

- 5.4.1 การสั่งซื้อ EPOC Headset ได้รับของล่าช้า
- 5.4.2 ไอซี L293D ขำรุดง่าย
- 5.4.3 เครื่องปั่น 3 มิติ เกิดปัญหาอยู่บางครั้ง
- 5.4.4 การแก้ไขโค้ดและการเข้าถึงข้อมูลของ EPOC Headset ทำได้ยาก
- 5.4.5 EPOC Headset มีราคาสูง\

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5 แนวทางการพัฒนาแก้ไข

5.5.1 ฝึกฝนการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าให้ดีขึ้น เพื่อจะได้ทำให้ผู้ป่วยสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

5.5.2 ถ้ามีงบประมาณที่สูงก็จะสามารถซื้อ Software upgrade ได้ เพื่อให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] ดร.นพ.จรุงไทย เดชเทวพร. “โรคกล้ามเนื้ออ่อนแรง ALS.” สืบค้นเมื่อ 25 สิงหาคม 2557, จาก <http://4lifedd.com/als.html>.
- [2] สุตานันท์ ธนาธัญญ์. (2557, 20 สิงหาคม). “โรคกล้ามเนื้ออ่อนแรง ALS.” สืบค้นเมื่อ 25 สิงหาคม 2557, จาก <http://www.vcharkarn.com/varticle/61659>.
- [3] Emotiv. “EPOC Headset.” สืบค้นเมื่อ 4 กันยายน 2557, จาก <https://emotiv.com>
- [4] มณฑิรา วิทยากิตติพงษ์. 2549. “การตรวจคลื่นไฟฟ้าสมองในผู้ใหญ่.” *สงขลานครินทร์เวชสาร*. ปีที่ 24 ฉบับที่ 5 : 445-452
- [5] Magicboxaudio. (2554, 21 พฤษภาคม). “คลื่นสมอง และประโยชน์.” สืบค้นเมื่อ 10 ตุลาคม 2557, จาก <http://www.magicboxaudio.com/brainwave-benefit/#comment-33>
- [6] วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. “การตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจ.” สืบค้นเมื่อ 17 ตุลาคม 2557, จาก <http://th.wikipedia.org>.
- [7] รศ.ดร.สมชาย รัตนทองคำ. “การตรวจประสาท-กล้ามเนื้อด้วยไฟฟ้า.” เอกสารประกอบการบรรยาย วิชาไฟฟ้าบำบัดและเครื่องมือการภาพบำบัด. สืบค้นเมื่อ 23 ตุลาคม 2557, จาก <http://ams.kku.ac.th/aalearn/resource/edoc/es54/emgdoc54.pdf>
- [8] นพพร. (2554, 3 ตุลาคม). “วงจรควบคุมของเล่นมอเตอร์ไฟฟ้า ตอนที่ 2.” สืบค้นเมื่อ 8 มกราคม 2558, จาก <http://robot-polyphet.blogspot.com/2011/10/2.html>
- [9] Mountain A. “Arduino and Motor Control : Part 1.” สืบค้นเมื่อ 10 มกราคม 2558, จาก <http://www.arduitronics.com/article/arduino-and-motor-control-part-1>
- [10] Siriwimon Sunthon. (2557, 22 สิงหาคม). “ศึกษาข้อมูลของบอร์ด Arduino Uno.” สืบค้นเมื่อ 16 มกราคม 2558, จาก <http://mbeddedweekly.blogspot.com/2014/08/arduino-uno.html>
- [11] guibot. “Control your motors with L293D and Arduino.” สืบค้นเมื่อ 27 มกราคม 2558, จาก <http://www.instructables.com/id/Control-your-motors-with-L293D-and-Arduino/?ALLSTEPS>

เอกสารนี้เป็น “ความรู้เกี่ยวกับมอเตอร์ไฟฟ้า.” สืบค้นเมื่อ 2 กุมภาพันธ์ 2558, จาก <http://202.129.59.73/tn/motor10-52/motor1.htm> ถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [13] นายอนุชัย วรรณจิตต์ผ่องใส, นายพูนศักดิ์ ฐิติเบญจพล, นายวรารกร สิริบุญชาติ, นายภาสวีร์ ผลดี. พ.ศ. 2556. "การออกแบบและสร้างเครื่องปิ้งย่างเอนกประสงค์." ปรินญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า.
- [14] พนิดา พานิชกุล. การโปรแกรมภาษาซี. กรุงเทพฯ : บริษัท เคทีพี คอมพ์ แอนด์ คอนซัลท์ จำกัด
- [15] รศ.ธีรวัฒน์ ประกอบผล. พ.ศ.2549 การโปรแกรมภาษาซีสำหรับงานวิทยาศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

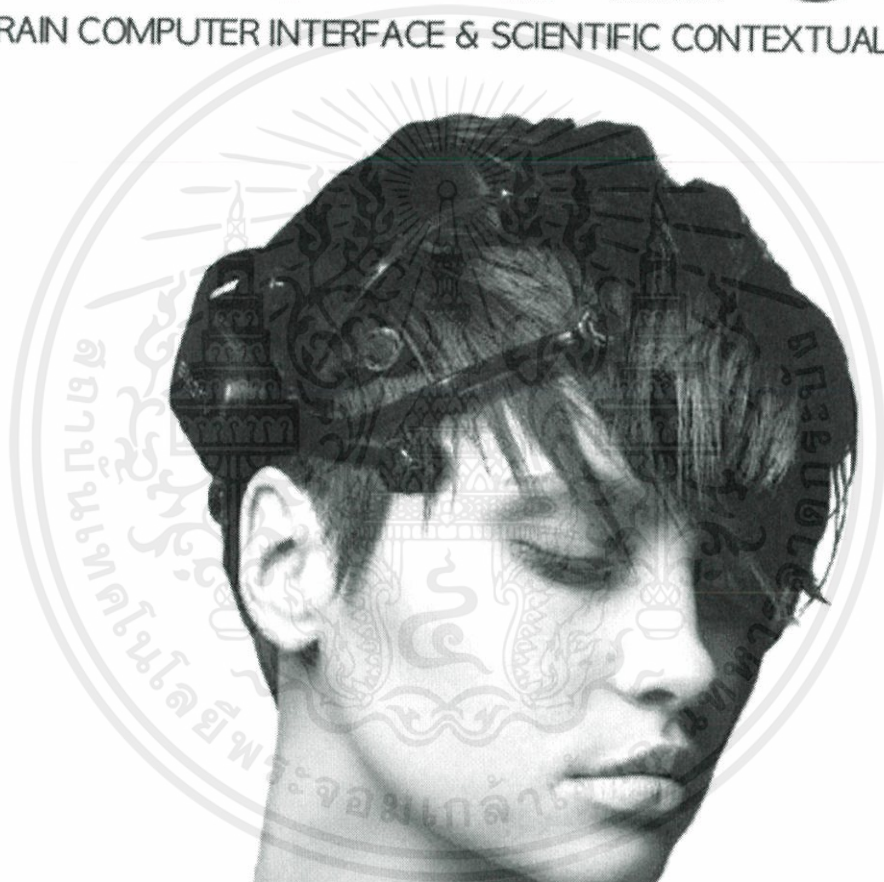
ภาคผนวก ก

อุปกรณ์

Emotiv EPOC

EMOTIV EPOC

BRAIN COMPUTER INTERFACE & SCIENTIFIC CONTEXTUAL EEG



EMOTIV EPOC & TESTBENCH™ SPECIFICATIONS

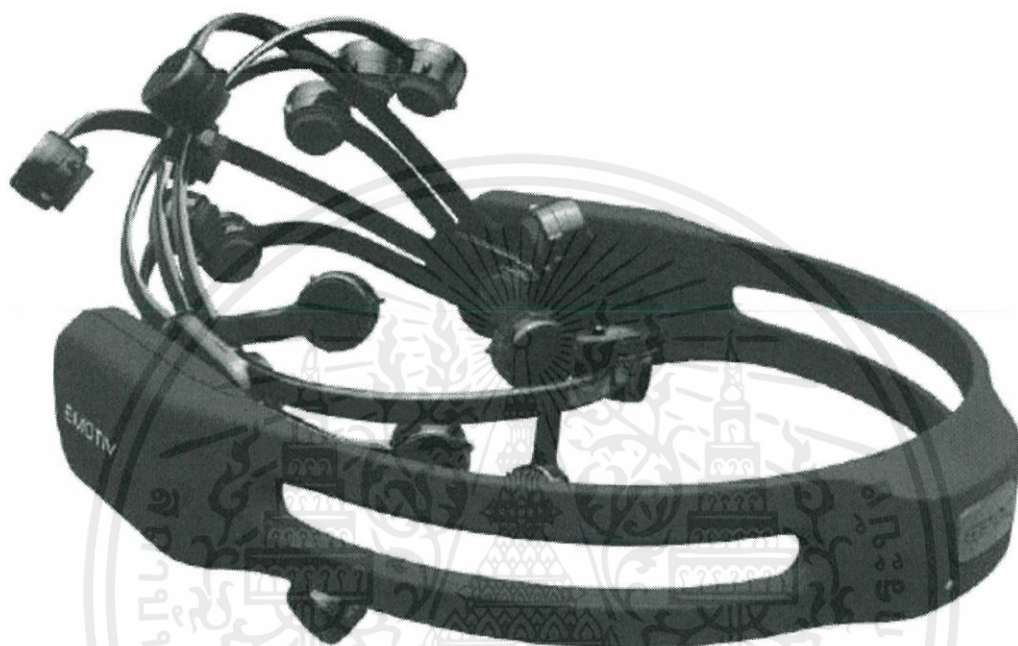
เอกสาร

นการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EMOTIV EPOC

EMOTIV



CONTENTS

BCI & Practical EEG Research	3
Emotiv EPOC	4
TestBench™	5
EEG Display	5
Gyro & Data Packet Display	6
FFT Display	7
Data Recording & Playback	7

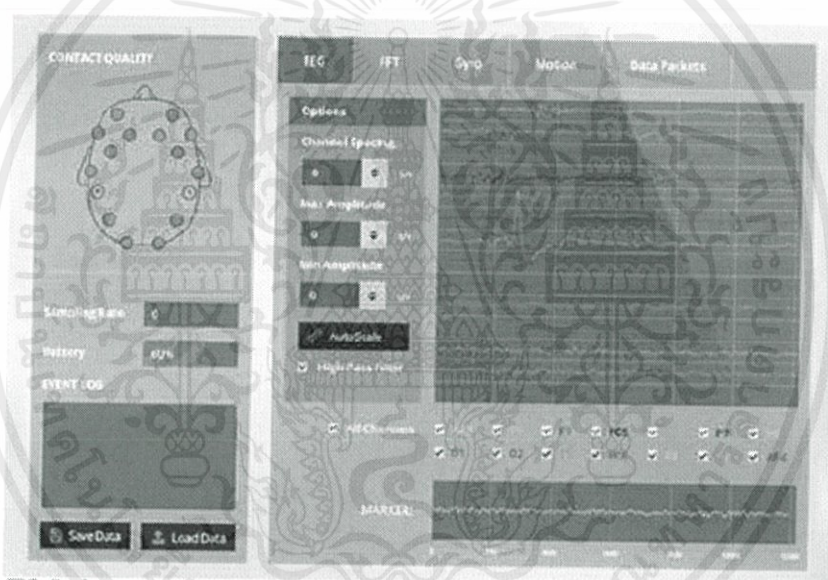
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TestBench™

Real-time display of the Emotiv head set data stream, including EEG, contact quality, FFT, gyro (if fitted - custom option), wireless packet acquisition/loss display, marker events, headset battery level.

Record and replay files in binary EEGLAB format. Command line file converter included to produce .csv format.

Define and insert timed markers into the data stream, including on-screen buttons and defined serial port events. Markers are stored in EEG data file. Marker definitions can be saved and reloaded. Markers are displayed in real time and playback modes.



EEG display:

- 5 second rolling time window (chart recorder mode)
- ALL or selected channels can be displayed
- Automatic or manual scaling (individual channel display mode)
- Adjustable channel offset (multi-channel display mode)
- Synchronized marker window

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EMOTIV EPOC

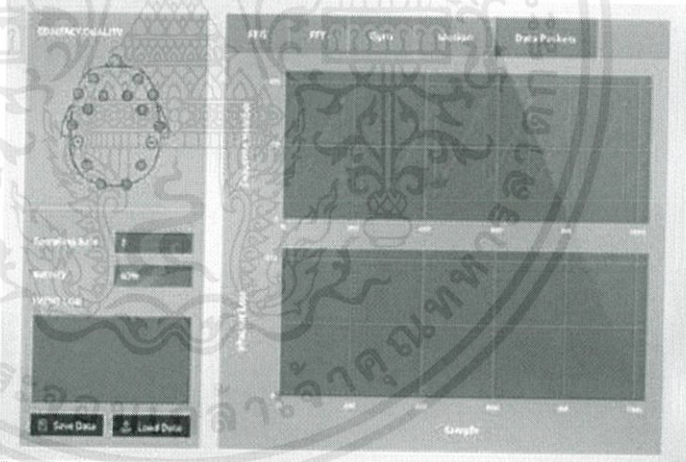
EMOTIV

TestBench™



Gyro display:

- 5 second rolling time window (chart recorder mode)
- X and Y deflection

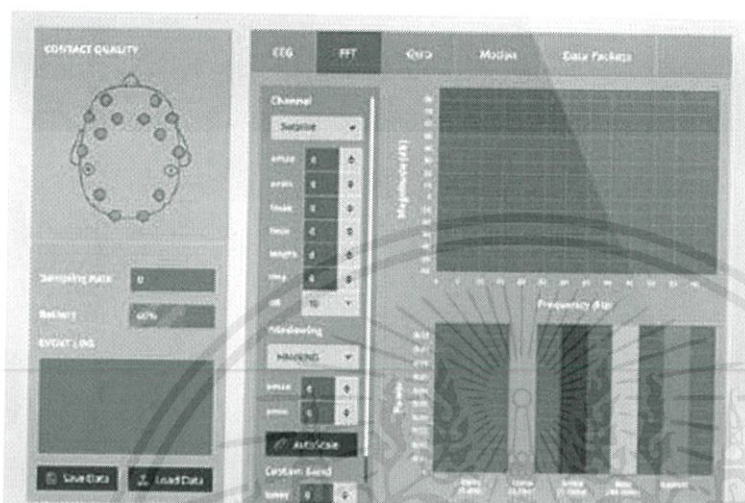


Data Packet display:

- 5 second rolling graph of Packet Counter output
- Packet loss – integrated count of missing data packets
- Verify data integrity for wireless transmission link

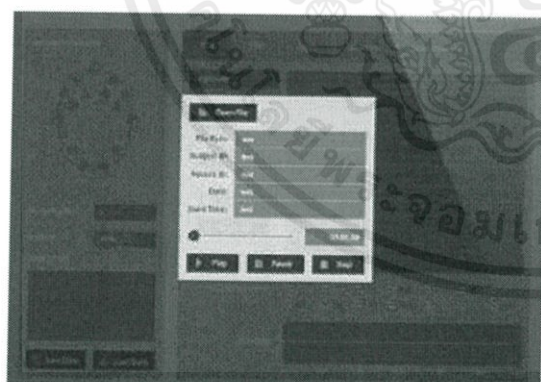
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TestBench™



FFT display:

- Selected channel only
- ALL or selected channels can be displayed
- Adjustable sampling window size (in samples)
- Adjustable update rate (in samples)
- dB mode - power or amplitude calculations
- dB scale
- FFT window methods: Hanning, Hamming, Hann, Blackman, Rectangle
- Predefined and custom sub-band histogram display - Delta, Theta, Alpha, Beta, custom bands

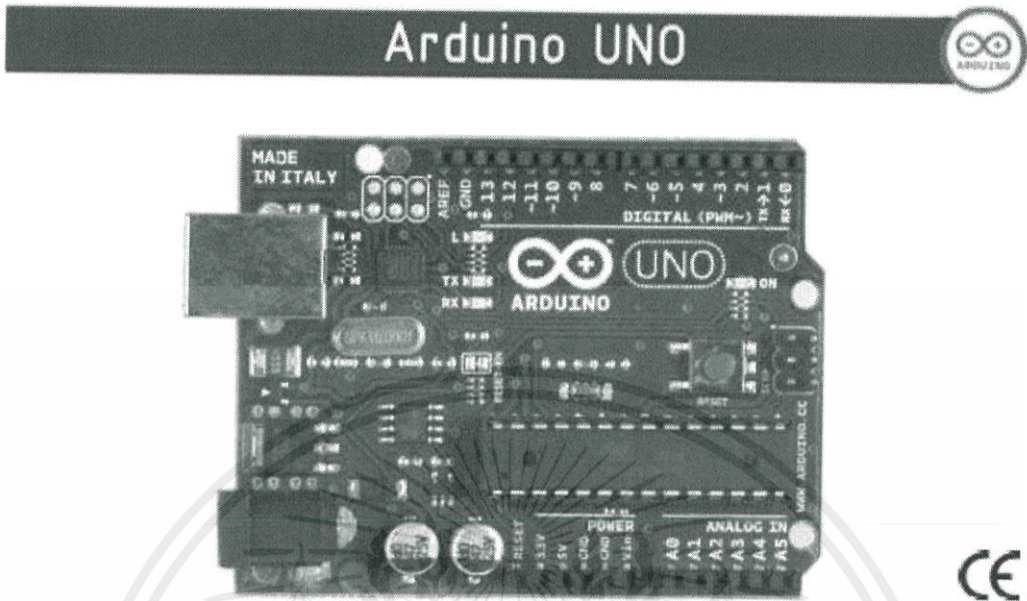


Data Recording and Playback:

- Fully adjustable slider, play/pause/exit controls.
- Subject and record ID, date, start time recorded in file naming convention.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Arduino Uno



Product Overview

The Arduino Uno is a microcontroller board based on the ATmega328 ([datasheet](#)). It has 14 digital input/output pins (of which 6 can be used as PWM outputs), 6 analog inputs, a 16 MHz crystal oscillator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started. The Uno differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the Atmega8U2 programmed as a USB-to-serial converter.

"Uno" means one in Italian and is named to mark the upcoming release of Arduino 1.0. The Uno and version 1.0 will be the reference versions of Arduino, moving forward. The Uno is the latest in a series of USB Arduino boards, and the reference model for the Arduino platform; for a comparison with previous versions, see the [index of Arduino boards](#).

Index

Technical Specifications

Page 2

How to use Arduino
Programming Environment, Basic Tutorials

Page 6

Terms & Conditions

Page 7

Environmental Policies
half sqm of green via Impatto Zero®

Page 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ กรุณาติดต่อผู้จัดพิมพ์หรือผู้จำหน่ายเพื่อขอข้อมูลเพิ่มเติม หรือสั่งซื้อสินค้าจากผู้จัดพิมพ์
e RS radiospares RADIONICS AUDIOELECTRONICS

Technical Specification

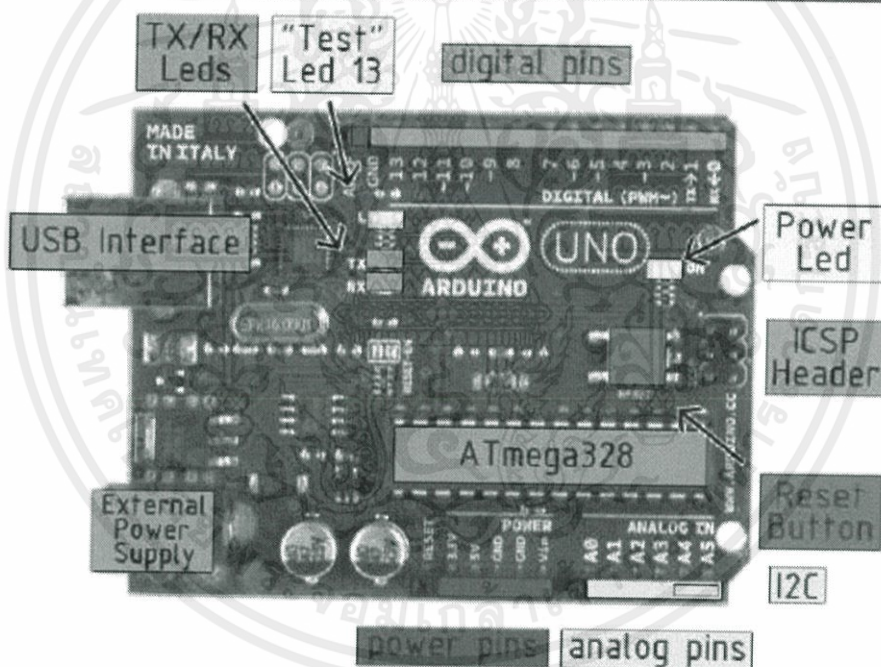


EAGLE files: [arduino-duemilanove-uno-design.zip](#) Schematic: [arduino-uno-schematic.pdf](#)

Summary

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB of which 0.5 KB used by bootlader
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Clock Speed	16 MHz

the board



radiospares RADIONICS



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Power

The Arduino Uno can be powered via the USB connection or with an external power supply. The power source is selected automatically.

External (non-USB) power can come either from an AC-to-DC adapter (wall-wart) or battery. The adapter can be connected by plugging a 2.1mm center-positive plug into the board's power jack. Leads from a battery can be inserted in the Gnd and Vin pin headers of the POWER connector.

The board can operate on an external supply of 6 to 20 volts. If supplied with less than 7V, however, the 5V pin may supply less than five volts and the board may be unstable. If using more than 12V, the voltage regulator may overheat and damage the board. The recommended range is 7 to 12 volts.

The power pins are as follows:

- **VIN.** The input voltage to the Arduino board when it's using an external power source (as opposed to 5 volts from the USB connection or other regulated power source). You can supply voltage through this pin, or, if supplying voltage via the power jack, access it through this pin.
- **5V.** The regulated power supply used to power the microcontroller and other components on the board. This can come either from VIN via an on-board regulator, or be supplied by USB or another regulated 5V supply.
- **3V3.** A 3.3 volt supply generated by the on-board regulator. Maximum current draw is 50 mA.
- **GND.** Ground pins.

Memory

The Atmega328 has 32 KB of flash memory for storing code (of which 0.5 KB is used for the bootloader); It has also 2 KB of SRAM and 1 KB of EEPROM (which can be read and written with the [EEPROM library](#)).

Input and Output

Each of the 14 digital pins on the Uno can be used as an input or output, using [pinMode\(\)](#), [digitalWrite\(\)](#), and [digitalRead\(\)](#) functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:

- **Serial: 0 (RX) and 1 (TX).** Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. These pins are connected to the corresponding pins of the ATmega8U2 USB-to-TTL Serial chip.
- **External Interrupts: 2 and 3.** These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the [attachInterrupt\(\)](#) function for details.
- **PWM: 3, 5, 6, 9, 10, and 11.** Provide 8-bit PWM output with the [analogWrite\(\)](#) function.
- **SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK).** These pins support SPI communication, which, although provided by the underlying hardware, is not currently included in the Arduino language.
- **LED: 13.** There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.



radiospares RADIONICS



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The Uno has 6 analog inputs, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though it is possible to change the upper end of their range using the AREF pin and the `analogReference()` function. Additionally, some pins have specialized functionality:

- **I²C: 4 (SDA) and 5 (SCL).** Support I²C (TWI) communication using the [Wire library](#).

There are a couple of other pins on the board:

- **AREF.** Reference voltage for the analog inputs. Used with `analogReference()`.
- **Reset.** Bring this line LOW to reset the microcontroller. Typically used to add a reset button to shields which block the one on the board.

See also the [mapping between Arduino pins and Atmega328 ports](#).

Communication

The Arduino Uno has a number of facilities for communicating with a computer, another Arduino, or other microcontrollers. The ATmega328 provides UART TTL (5V) serial communication, which is available on digital pins 0 (RX) and 1 (TX). An ATmega8U2 on the board channels this serial communication over USB and appears as a virtual com port to software on the computer. The 8U2 firmware uses the standard USB COM drivers, and no external driver is needed. However, on Windows, an *.inf file is required.

The Arduino software includes a serial monitor which allows simple textual data to be sent to and from the Arduino board. The RX and TX LEDs on the board will flash when data is being transmitted via the USB-to-serial chip and USB connection to the computer (but not for serial communication on pins 0 and 1).

A [SoftwareSerial library](#) allows for serial communication on any of the Uno's digital pins.

The ATmega328 also support I2C (TWI) and SPI communication. The Arduino software includes a Wire library to simplify use of the I2C bus; see the [documentation](#) for details. To use the SPI communication, please see the ATmega328 datasheet.

Programming

The Arduino Uno can be programmed with the Arduino software ([download](#)). Select "Arduino Uno w/ ATmega328" from the **Tools > Board** menu (according to the microcontroller on your board). For details, see the [reference](#) and [tutorials](#).

The ATmega328 on the Arduino Uno comes preburned with a [bootloader](#) that allows you to upload new code to it without the use of an external hardware programmer. It communicates using the original STK500 protocol ([reference](#), [C header files](#)).

You can also bypass the bootloader and program the microcontroller through the ICSP (In-Circuit Serial Programming) header; see [these instructions](#) for details.

The ATmega8U2 firmware source code is available. The ATmega8U2 is loaded with a DFU bootloader, which can be activated by connecting the solder jumper on the back of the board (near the map of Italy) and then resetting the 8U2. You can then use [Atmel's FLIP software](#) (Windows) or the [DFU programmer](#) (Mac OS X and Linux) to load a new firmware. Or you can use the ISP header with an external programmer (overwriting the DFU bootloader).



radiospares RADIONICS



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Automatic (Software) Reset

Rather than requiring a physical press of the reset button before an upload, the Arduino Uno is designed in a way that allows it to be reset by software running on a connected computer. One of the hardware flow control lines (DTR) of the ATmega8U2 is connected to the reset line of the ATmega328 via a 100 nanofarad capacitor. When this line is asserted (taken low), the reset line drops long enough to reset the chip. The Arduino software uses this capability to allow you to upload code by simply pressing the upload button in the Arduino environment. This means that the bootloader can have a shorter timeout, as the lowering of DTR can be well-coordinated with the start of the upload.

This setup has other implications. When the Uno is connected to either a computer running Mac OS X or Linux, it resets each time a connection is made to it from software (via USB). For the following half-second or so, the bootloader is running on the Uno. While it is programmed to ignore malformed data (i.e. anything besides an upload of new code), it will intercept the first few bytes of data sent to the board after a connection is opened. If a sketch running on the board receives one-time configuration or other data when it first starts, make sure that the software with which it communicates waits a second after opening the connection and before sending this data.

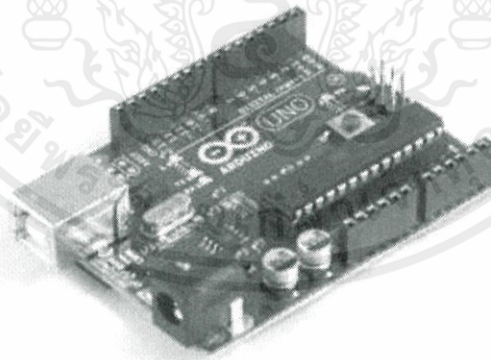
The Uno contains a trace that can be cut to disable the auto-reset. The pads on either side of the trace can be soldered together to re-enable it. It's labeled "RESET-EN". You may also be able to disable the auto-reset by connecting a 110 ohm resistor from 5V to the reset line; see [this forum thread](#) for details.

USB Overcurrent Protection

The Arduino Uno has a resettable polyfuse that protects your computer's USB ports from shorts and overcurrent. Although most computers provide their own internal protection, the fuse provides an extra layer of protection. If more than 500 mA is applied to the USB port, the fuse will automatically break the connection until the short or overload is removed.

Physical Characteristics

The maximum length and width of the Uno PCB are 2.7 and 2.1 inches respectively, with the USB connector and power jack extending beyond the former dimension. Three screw holes allow the board to be attached to a surface or case. Note that the distance between digital pins 7 and 8 is 160 mil (0.16"), not an even multiple of the 100 mil spacing of the other pins.



radiospares **RADIONICS**



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

How to use Arduino



Arduino can sense the environment by receiving input from a variety of sensors and can affect its surroundings by controlling lights, motors, and other actuators. The microcontroller on the board is programmed using the [Arduino programming language](#) (based on [Wiring](#)) and the Arduino development environment (based on [Processing](#)). Arduino projects can be stand-alone or they can communicate with software on running on a computer (e.g. Flash, Processing, MaxMSP).

Arduino is a cross-platform program. You'll have to follow different instructions for your personal OS. Check on the [Arduino site](#) for the latest instructions. <http://arduino.cc/en/Guide/HomePage>

Linux Install

Windows Install

Mac Install

Once you have downloaded/unzipped the arduino IDE, you can Plug the Arduino to your PC via USB cable.

Blink led

Now you're actually ready to "burn" your first program on the arduino board. To select "blink led", the physical translation of the well known programming "hello world", select

**File>Sketchbook>
Arduino-0017>Examples>
Digital>Blink**

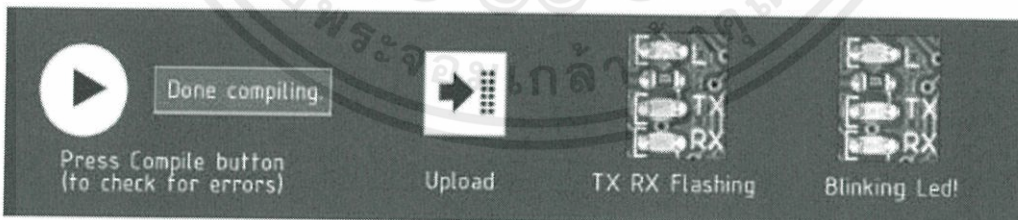
Once you have your sketch you'll see something very close to the screenshot on the right.

In **Tools>Board** select

Now you have to go to **Tools>SerialPort** and select the right serial port, the one arduino is attached to.

```

Blink - Arduino 4012
File Edit Sketch Tools Help
-----
// Blink sketch
// The sketch() method runs every time the sketch starts
// It initializes the digital pin we're using as an output:
// pinMode(defLedPin, OUTPUT);
// The loop() method runs over and over again,
// so long as the Arduino has power.
void setup() {
  pinMode(defLedPin, OUTPUT);
}
void loop() {
  digitalWrite(defLedPin, HIGH);    // set the LED on
  delay(1000);                      // wait for a second
  digitalWrite(defLedPin, LOW);    // set the LED off
  delay(1000);                      // wait for a second
}
  
```

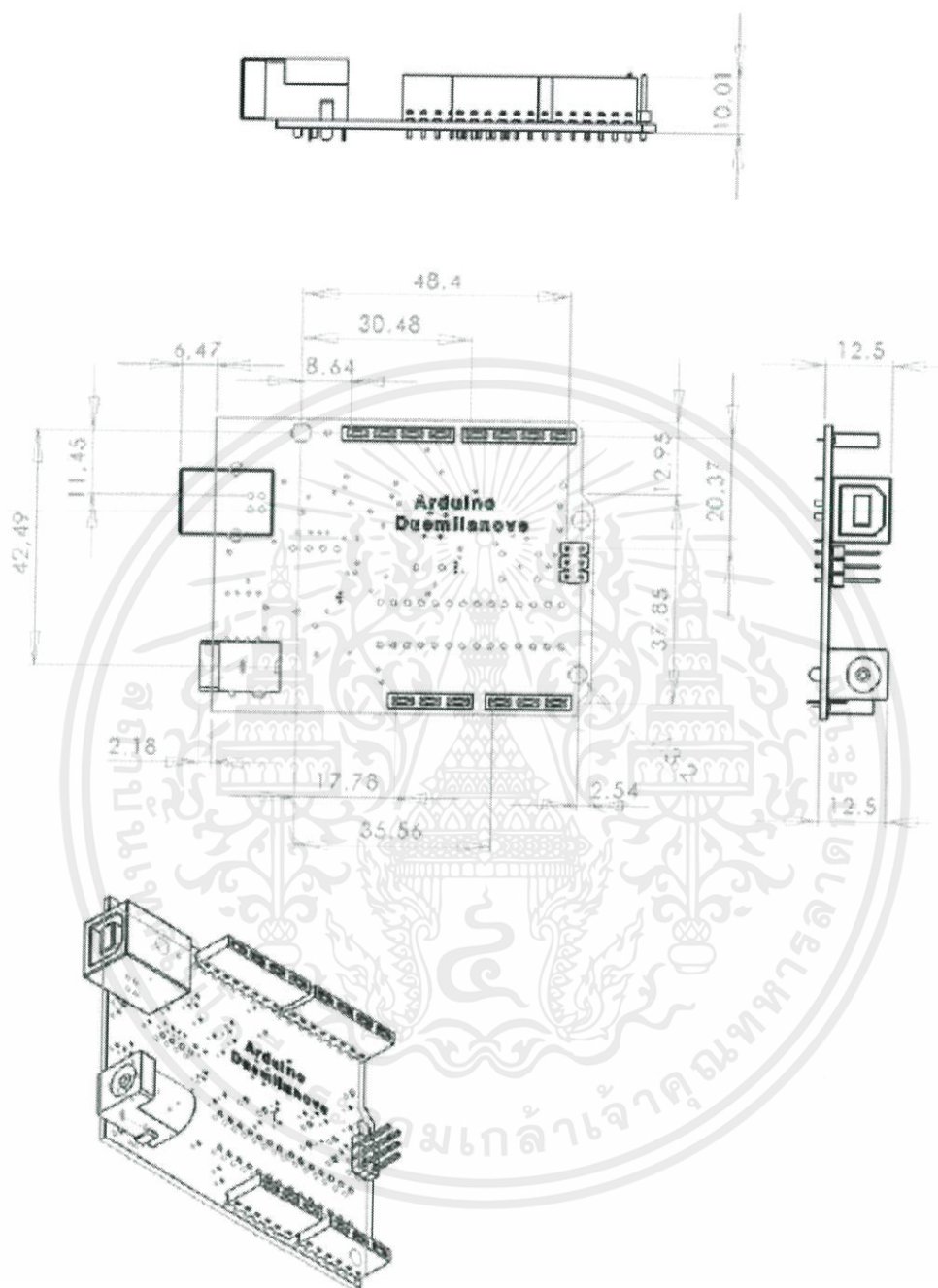


radiospares RADIONICS



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Dimensioned Drawing



radiospares **RADIONICS**



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Terms & Conditions



1. Warranties

1.1 The producer warrants that its products will conform to the Specifications. This warranty lasts for one (1) years from the date of the sale. The producer shall not be liable for any defects that are caused by neglect, misuse or mistreatment by the Customer, including improper installation or testing, or for any products that have been altered or modified in any way by a Customer. Moreover, The producer shall not be liable for any defects that result from Customer's design, specifications or instructions for such products. Testing and other quality control techniques are used to the extent the producer deems necessary.

1.2 If any products fail to conform to the warranty set forth above, the producer's sole liability shall be to replace such products. The producer's liability shall be limited to products that are determined by the producer not to conform to such warranty. If the producer elects to replace such products, the producer shall have a reasonable time to replacements. Replaced products shall be warranted for a new full warranty period.

1.3 EXCEPT AS SET FORTH ABOVE, PRODUCTS ARE PROVIDED "AS IS" AND "WITH ALL FAULTS." THE PRODUCER DISCLAIMS ALL OTHER WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED, REGARDING PRODUCTS, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO, ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE.

1.4 Customer agrees that prior to using any systems that include the producer products, Customer will test such systems and the functionality of the products as used in such systems. The producer may provide technical, applications or design advice, quality characterization, reliability data or other services. Customer acknowledges and agrees that providing these services shall not expand or otherwise alter the producer's warranties, as set forth above, and no additional obligations or liabilities shall arise from the producer providing such services.

1.5 The Arduino™ products are not authorized for use in safety-critical applications where a failure of the product would reasonably be expected to cause severe personal injury or death. Safety-Critical Applications include, without limitation, life support devices and systems, equipment or systems for the operation of nuclear facilities and weapons systems. Arduino™ products are neither designed nor intended for use in military or aerospace applications or environments and for automotive applications or environment. Customer acknowledges and agrees that any such use of Arduino™ products which is solely at the Customer's risk, and that Customer is solely responsible for compliance with all legal, regulatory and safety-related requirements in connection with such use.

1.6 Customer acknowledges and agrees that it is solely responsible for compliance with all legal, regulatory and safety-related requirements concerning its products and any use of Arduino™ products in Customer's applications, notwithstanding any applications-related information or support that may be provided by the producer.

2. Indemnification

The Customer acknowledges and agrees to defend, indemnify and hold harmless the producer from and against any and all third-party losses, damages, liabilities and expenses it incurs to the extent directly caused by: (i) an actual breach by a Customer of the representation and warranties made under this terms and conditions or (ii) the gross negligence or willful misconduct by the Customer.

3. Consequential Damages Waiver

In no event the producer shall be liable to the Customer or any third parties for any special, collateral, indirect, punitive, incidental, consequential or exemplary damages in connection with or arising out of the products provided hereunder, regardless of whether the producer has been advised of the possibility of such damages. This section will survive the termination of the warranty period.

4. Changes to specifications

The producer may make changes to specifications and product descriptions at any time, without notice. The Customer must not rely on the absence or characteristics of any features or instructions marked "reserved" or "undefined." The producer reserves these for future definition and shall have no responsibility whatsoever for conflicts or incompatibilities arising from future changes to them. The product information on the Web Site or Materials is subject to change without notice. Do not finalize a design with this information.



Environmental Policies



The producer of Arduino™ has joined the Impatto Zero® policy of LifeGate.it. For each Arduino board produced is created / looked after half squared Km of Costa Rica's forest's.

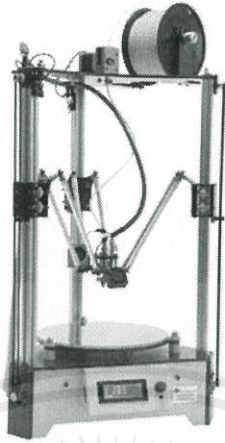


radiospares RADIONICS



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องปริ้น 3 มิติ รุ่น Delta X-Pro



คำบรรยายเครื่องปริ้น

เครื่องพิมพ์ 3 มิติเป็นเครื่องเอาไว้สำหรับขึ้นรูปโมเดลจากโปรแกรม 3 มิติ ซึ่งใช้การฉีดพลาสติกเพื่อขึ้นรูปชิ้นงาน 3 มิติ เครื่องพิมพ์ 3 มิติของทางสยาม-เรปเรป เป็นเครื่องพิมพ์ที่ใช้การขับเคลื่อนแบบเดลต้า ทำให้สามารถพิมพ์งานที่มีขนาดสูงได้ ตัวเครื่องพิมพ์ถูกผลิตและออกแบบโดยคนไทย ชิ้นส่วนตัวเครื่องถูกผลิตขึ้นจากอลูมิเนียมอัลลอย ซึ่งมีน้ำหนักเบา แต่แข็งแรง ทำให้เวลาพิมพ์งานเครื่องไม่สั่น หัวฉีดทำจากอลูมิเนียม สแตนเลสและทองเหลือง ทำให้คุณอุณหภูมิได้คงที่และแม่นยำ อีกทั้งยังสามารถทำความร้อนได้อย่างรวดเร็ว ตัวเครื่องรับประกัน 1 ปี

คุณสมบัติเครื่องพิมพ์รุ่น PRO

- พื้นที่การพิมพ์งานภายในเส้นผ่าศูนย์กลางวงกลม 16 เซนติเมตร สูง 24 เซนติเมตร
- ขนาดหัวฉีด 0.5 มิลลิเมตร (หัวฉีดสามารถเปลี่ยนขนาดและถอดออกมาทำความสะอาดได้)
- ความละเอียดสูงสุดที่พิมพ์งานต่อชั้น 0.1 มิลลิเมตร
- ความละเอียดในการเคลื่อนที่ในแนวแกน X Y และ Z อยู่ที่ 10 ไมครอน
- ความเร็วเฉลี่ยในการพิมพ์งาน 70 มิลลิเมตร/วินาที
- มีหน้าจอ LCD และช่องใส่ SD Card เพื่อความสะดวกในการควบคุมและสั่งงานเครื่องพิมพ์
- มีฐานทำความร้อน (Heated Bed) ไว้สำหรับงานพิมพ์พลาสติกจำพวก ABS และ Nylon

พลาสติกที่สามารถพิมพ์ได้

- ABS
- PLA
- Nylon

เอกสารนี้เป็นเอกสาร Laywood ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม 3 มิติที่รองรับการทำงาน (ตัวโปรแกรมรองรับไฟล์จำพวก STL, OBJ, PLY)

- Solidwork
- Google Sketchup
- Rhino
- Autocad
- Zbrush
- Maya

โปรแกรมสำหรับควบคุมเครื่องและสร้างโค้ด

- Repetier Host เอาไว้สำหรับควบคุมเครื่อง
- Slic3R เอาไว้สำหรับสร้างโค้ดให้เครื่องพิมพ์ทำงาน
- Kisslicer เอาไว้สำหรับสร้างโค้ดให้เครื่องพิมพ์ทำงาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

โค้ด

โค้ดการขับเคลื่อนมอเตอร์

```
const int in1Pin = 5;
const int in2Pin = 6;
const int in3Pin = 9;
const int in4Pin = 10;
```

```
////////////////////////////////////////////////////////////////
```

```
void setup()
```

```
{
```

```
  Serial.begin(9600);
```

```
  pinMode(in1Pin, OUTPUT);
```

```
  pinMode(in2Pin, OUTPUT);
```

```
  pinMode(in3Pin, OUTPUT);
```

```
  pinMode(in4Pin, OUTPUT);
```

```
}
```

```
////////////////////////////////////////////////////////////////
```

```
void loop()
```

```
{
```

```
  if ( Serial.available() ) {
```

```
    char ch = Serial.read();
```

```
    if (ch == 'w')
```

```
    {
```

```
      Serial.println("Forward");
```

```
      analogWrite(in1Pin,246);
```

```

analogWrite(in2Pin,0);
analogWrite(in3Pin,250);
analogWrite(in4Pin,0);
delay(500);
digitalWrite(in1Pin,LOW);
digitalWrite(in2Pin,LOW);
digitalWrite(in3Pin,LOW);
digitalWrite(in4Pin,LOW);
}

```

```

////////////////////////////////////

```

```

else if (ch == 'x')
{
  Serial.println("Backward");
  analogWrite(in1Pin,0);
  analogWrite(in2Pin,246);
  analogWrite(in3Pin,0);
  analogWrite(in4Pin,250);
  delay(500);
  digitalWrite(in1Pin,LOW);
  digitalWrite(in2Pin,LOW);
  digitalWrite(in3Pin,LOW);
  digitalWrite(in4Pin,LOW);
}

```

```

////////////////////////////////////

```

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของโรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัย มอนต์จอร์จ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ หากทั้งต้น และทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Serial.println("Left Forward");

analogWrite(in1Pin,246);

analogWrite(in2Pin,0);

analogWrite(in3Pin,0);

analogWrite(in4Pin,0);

delay(500);

digitalWrite(in1Pin,LOW);

digitalWrite(in2Pin,LOW);

digitalWrite(in3Pin,LOW);

digitalWrite(in4Pin,LOW);

}

////////////////////////////////////

else if (ch == 'e')
{
  Serial.println("Right Forward");

  analogWrite(in1Pin,0);

  analogWrite(in2Pin,0);

  analogWrite(in3Pin,250);

  analogWrite(in4Pin,0);

  delay(500);

  digitalWrite(in1Pin,LOW);

  digitalWrite(in2Pin,LOW);

  digitalWrite(in3Pin,LOW);

  digitalWrite(in4Pin,LOW);

}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีเหตุผลเบื้องเนื้อหาและของฮาร์ดแวร์ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

else if (ch == 'z')
{
  Serial.println("Left Backward");
  analogWrite(in1Pin,0);
  analogWrite(in2Pin,246);
  analogWrite(in3Pin,0);
  analogWrite(in4Pin,0);
  delay(500);
  digitalWrite(in1Pin,LOW);
  digitalWrite(in2Pin,LOW);
  digitalWrite(in3Pin,LOW);
  digitalWrite(in4Pin,LOW);
}

////////////////////////////////////

else if (ch == 'c')
{
  Serial.println("Right Backward");
  analogWrite(in1Pin,0);
  analogWrite(in2Pin,0);
  analogWrite(in3Pin,0);
  analogWrite(in4Pin,250);
  delay(500);
  digitalWrite(in1Pin,LOW);
  digitalWrite(in2Pin,LOW);
  digitalWrite(in3Pin,LOW);
  digitalWrite(in4Pin,LOW);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

////////////////////////////////////
else
{
  Serial.println("Stop Motor");
  analogWrite(in1Pin,0);
  analogWrite(in2Pin,0);
  analogWrite(in3Pin,0);
  analogWrite(in4Pin,0);
}
}
}

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โค้ดการเปิด-ปิด LED

```
const int ledPin1 = 31;
```

```
const int ledPin2 = 32;
```

```
const int ledPin3 = 33;
```

```
const int ledPin4 = 34;
```

```
const int ledPin5 = 35;
```

```
const int ledPin6 = 36;
```

```
int poRed = 0;
```

```
int stGreen1 = 1;
```

```
int stGreen2 = 1;
```

```
int stGreen3 = 1;
```

```
int poGreen = 0;
```

```
int c = 1;
```

```
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
```

```
void setup()
```

```
{
```

```
  Serial.begin(9600);
```

```
  pinMode(ledPin1,OUTPUT);
```

```
  pinMode(ledPin2,OUTPUT);
```

```
  pinMode(ledPin3,OUTPUT);
```

```
  pinMode(ledPin4,OUTPUT);
```

```
  pinMode(ledPin5,OUTPUT);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ หากมีข้อผิดพลาดประการใดขออภัยเป็นอย่างสูง และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

pinMode(ledPin6,OUTPUT);

}

////////////////////////////////////

void loop()

{

if ( Serial.available())

{

char ch = Serial.read();

if (ch == 'w')

{

if(poRed == 0){

digitalWrite(ledPin1,HIGH);

digitalWrite(ledPin2,LOW);

digitalWrite(ledPin3,LOW);

poRed++;

poGreen = 0;

}

else if(poRed == 1){

digitalWrite(ledPin1,LOW);

digitalWrite(ledPin2,HIGH);

digitalWrite(ledPin3,LOW);

poRed++;

}

}

}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น poRed++; มิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    poGreen = 1;
}

else if(poRed == 2){
    digitalWrite(ledPin1,LOW);
    digitalWrite(ledPin2,LOW);
    digitalWrite(ledPin3,HIGH);
    poRed = 0;
    poGreen = 2;
}
}
}
////////////////////////////////////
else if (ch == 'x')
{
    Serial.println("Turn ON Device");
    if(poGreen == 0){
        digitalWrite(ledPin4,stGreen1);

        stGreen1 = !stGreen1;
    }

    else if(poGreen == 1){
        digitalWrite(ledPin5,stGreen2);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สงวนไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
"ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น" อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

else if(poGreen == 2){
    digitalWrite(ledPin6,stGreen3);
    stGreen3 = !stGreen3;
}
}

```

```

////////////////////////////////////

```

```

else
{
    digitalWrite(ledPin1,LOW);
    digitalWrite(ledPin2,LOW);
    digitalWrite(ledPin3,LOW);
    digitalWrite(ledPin4,LOW);
    digitalWrite(ledPin5,LOW);
    digitalWrite(ledPin6,LOW);
}
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

องค์ประกอบของวงจร

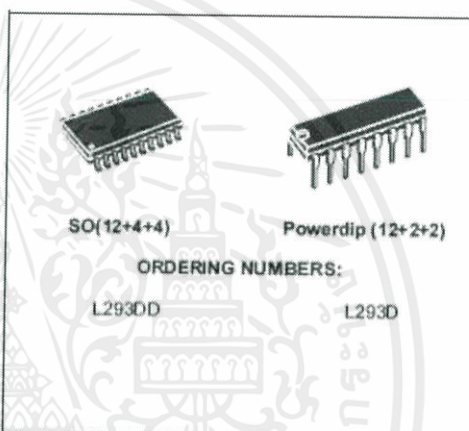
ไอซีเบอร์ L293D



L293D
L293DD

PUSH-PULL FOUR CHANNEL DRIVER WITH DIODES

- 600mA OUTPUT CURRENT CAPABILITY PER CHANNEL
- 1.2A PEAK OUTPUT CURRENT (non repetitive) PER CHANNEL
- ENABLE FACILITY
- OVERTEMPERATURE PROTECTION
- LOGICAL "0" INPUT VOLTAGE UP TO 1.5 V (HIGH NOISE IMMUNITY)
- INTERNAL CLAMP DIODES



DESCRIPTION

The Device is a monolithic integrated high voltage, high current four channel driver designed to accept standard DTL or TTL logic levels and drive inductive loads (such as relays solenoids, DC and stepping motors) and switching power transistors.

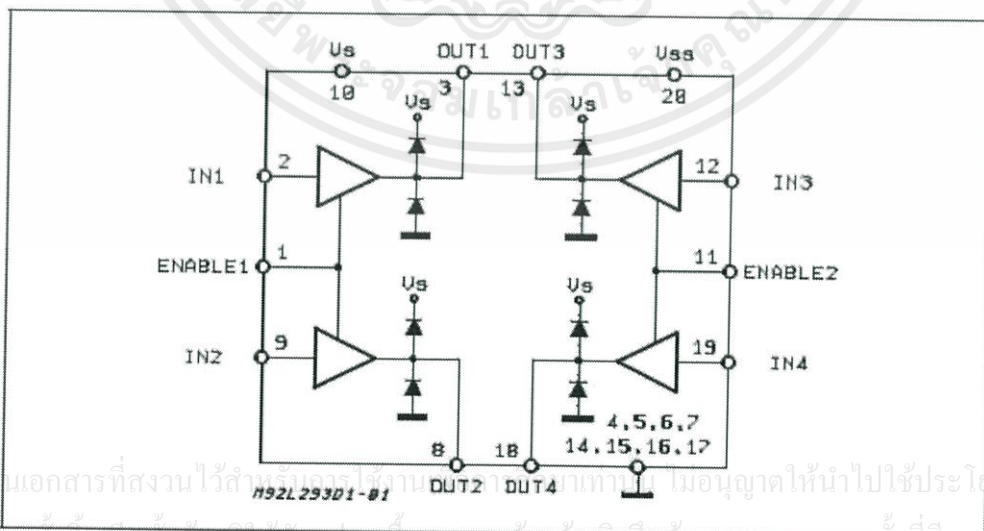
To simplify use as two bridges each pair of channels is equipped with an enable input. A separate supply input is provided for the logic, allowing operation at a lower voltage and internal clamp diodes are included.

This device is suitable for use in switching applications at frequencies up to 5 kHz.

The L293D is assembled in a 16 lead plastic package which has 4 center pins connected together and used for heatsinking

The L293DD is assembled in a 20 lead surface mount which has 8 center pins connected together and used for heatsinking.

BLOCK DIAGRAM



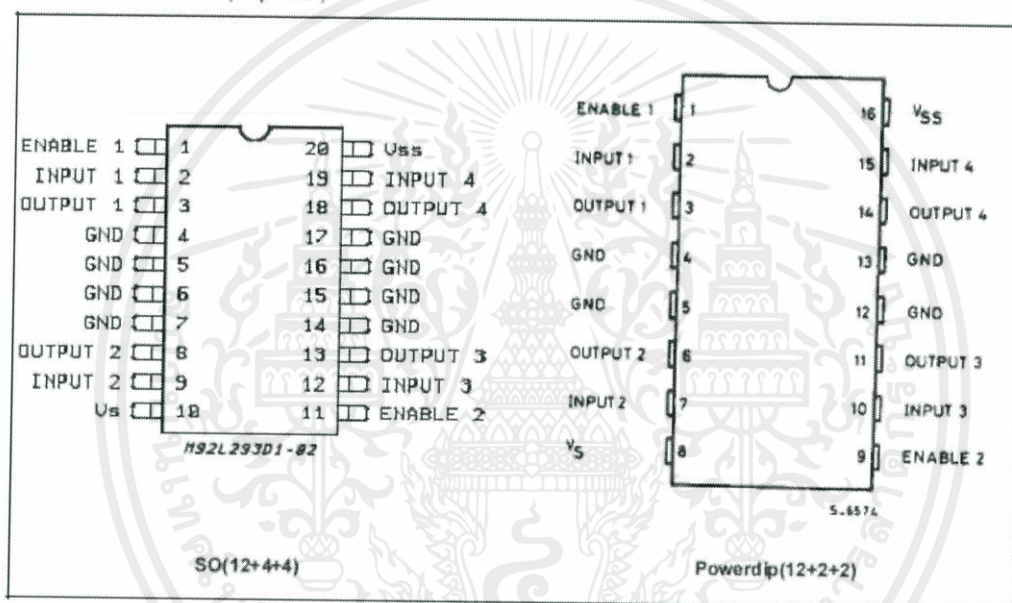
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับงานใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาก และที่ยังยั้งอิงถึงชื่อของเอกสารทุกครั้งที่มีก นำไปใช้

L293D - L293DD

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_S	Supply Voltage	36	V
V_{SS}	Logic Supply Voltage	36	V
V_i	Input Voltage	7	V
V_{en}	Enable Voltage	7	V
I_o	Peak Output Current (100 μ s non repetitive)	1.2	A
P_{tot}	Total Power Dissipation at $T_{pns} = 90^\circ\text{C}$	4	W
T_{stg}, T_j	Storage and Junction Temperature	-40 to 150	$^\circ\text{C}$

PIN CONNECTIONS (Top view)



THERMAL DATA

Symbol	Description	DIP	SO	Unit
$R_{\theta j-pins}$	Thermal Resistance Junction-pins	max.	14	$^\circ\text{C/W}$
$R_{\theta j-amb}$	Thermal Resistance junction-ambient	max.	80	$^\circ\text{C/W}$
$R_{\theta j-case}$	Thermal Resistance Junction-case	max.	14	$^\circ\text{C/W}$

(*) With 6sq. cm on board heatsink.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

L293D - L293DD

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (for each channel, $V_S = 24\text{ V}$, $V_{SS} = 5\text{ V}$, $T_{\text{amb}} = 25\text{ }^\circ\text{C}$, unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_S	Supply Voltage (pin 10)		V_{SS}		36	V
V_{SS}	Logic Supply Voltage (pin 20)		4.5		36	V
I_S	Total Quiescent Supply Current (pin 10)	$V_i = L; I_O = 0; V_{en} = H$		2	6	mA
		$V_i = H; I_O = 0; V_{en} = H$		16	24	mA
		$V_{en} = L$			4	mA
I_{SS}	Total Quiescent Logic Supply Current (pin 20)	$V_i = L; I_O = 0; V_{en} = H$		44	60	mA
		$V_i = H; I_O = 0; V_{en} = H$		16	22	mA
		$V_{en} = L$		16	24	mA
V_{iL}	Input Low Voltage (pin 2, 9, 12, 19)		-0.3		1.5	V
V_{iH}	Input High Voltage (pin 2, 9, 12, 19)	$V_{SS} \leq 7\text{ V}$	2.3		V_{SS}	V
		$V_{SS} > 7\text{ V}$	2.3		7	V
I_{iL}	Low Voltage Input Current (pin 2, 9, 12, 19)	$V_{iL} = 1.5\text{ V}$			-10	μA
I_{iH}	High Voltage Input Current (pin 2, 9, 12, 19)	$2.3\text{ V} \leq V_{iH} \leq V_{SS} - 0.6\text{ V}$		30	100	μA
V_{enL}	Enable Low Voltage (pin 1, 11)		-0.3		1.5	V
V_{enH}	Enable High Voltage (pin 1, 11)	$V_{SS} \leq 7\text{ V}$	2.3		V_{SS}	V
		$V_{SS} > 7\text{ V}$	2.3		7	V
I_{enL}	Low Voltage Enable Current (pin 1, 11)	$V_{enL} = 1.5\text{ V}$		-30	-100	μA
I_{enH}	High Voltage Enable Current (pin 1, 11)	$2.3\text{ V} \leq V_{enH} \leq V_{SS} - 0.6\text{ V}$			± 10	μA
$V_{CE(sat)H}$	Source Output Saturation Voltage (pins 3, 8, 13, 18)	$I_O = -0.6\text{ A}$		1.4	1.8	V
$V_{CE(sat)L}$	Sink Output Saturation Voltage (pins 3, 8, 13, 18)	$I_O = +0.6\text{ A}$		1.2	1.8	V
V_F	Clamp Diode Forward Voltage	$I_O = 600\text{ nA}$		1.3		V
t_r	Rise Time (*)	0.1 to 0.9 V_O		250		ns
t_f	Fall Time (*)	0.9 to 0.1 V_O		250		ns
t_{on}	Turn-on Delay (*)	0.5 V_i to 0.5 V_O		750		ns
t_{off}	Turn-off Delay (*)	0.5 V_i to 0.5 V_O		200		ns

(*) See fig. 1.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

L293D - L293DD

TRUTH TABLE (one channel)

Input	Enable (*)	Output
H	H	H
L	H	L
H	L	Z
L	L	Z

Z = High output impedance

(*) Relative to the considered channel

Figure 1: Switching Times

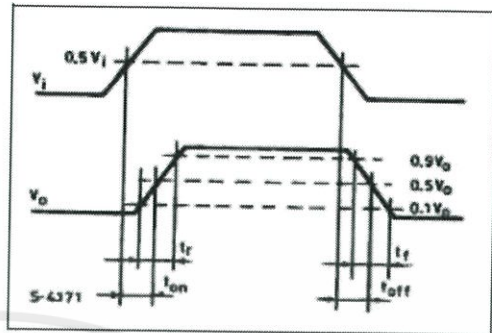
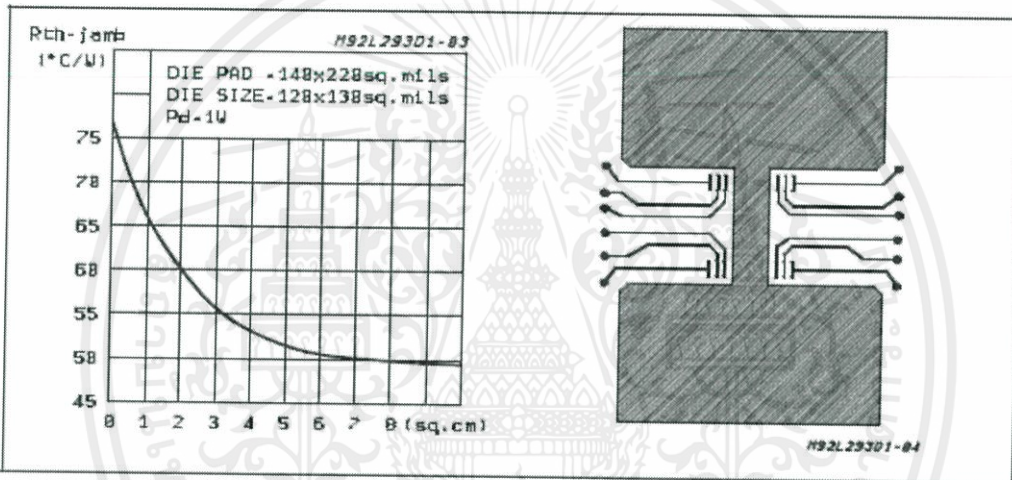


Figure 2: Junction to ambient thermal resistance vs. area on board heatsink (SO12+4+4 package)

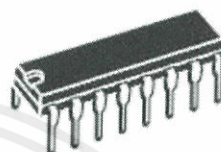


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

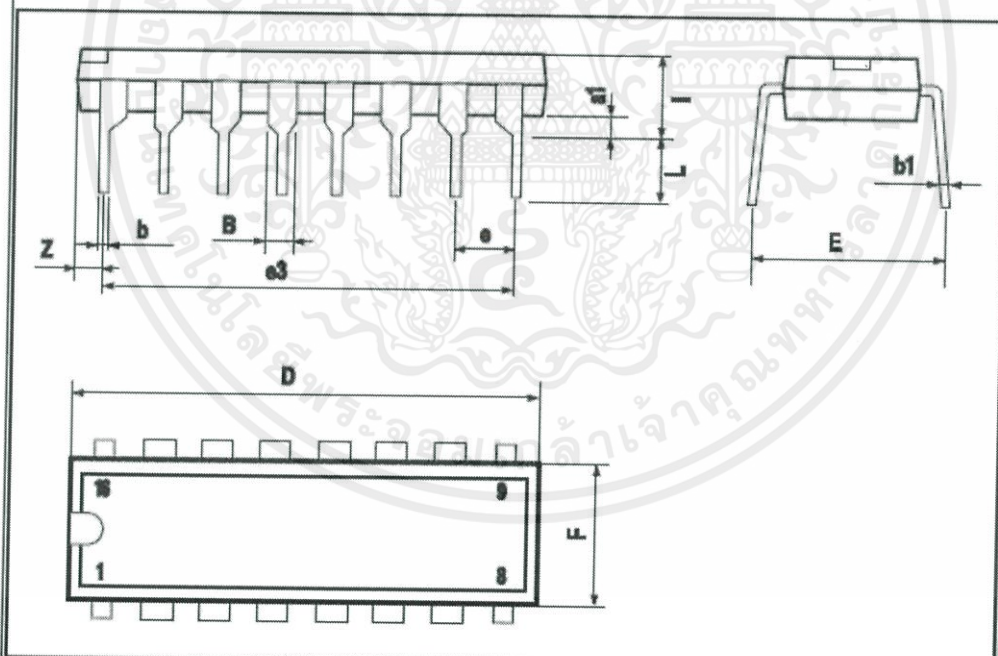
L293D - L293DD

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
a1	0.51			0.020		
B	0.85		1.40	0.033		0.055
b		0.50			0.020	
b1	0.38		0.50	0.015		0.020
D			20.0			0.787
E		8.80			0.346	
e		2.54			0.100	
e3		17.78			0.700	
F			7.10			0.280
I			5.10			0.201
L		3.30			0.130	
Z			1.27			0.050

OUTLINE AND MECHANICAL DATA



Powerdip 16

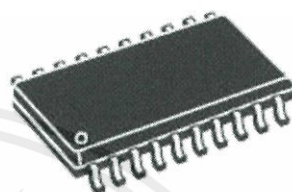


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

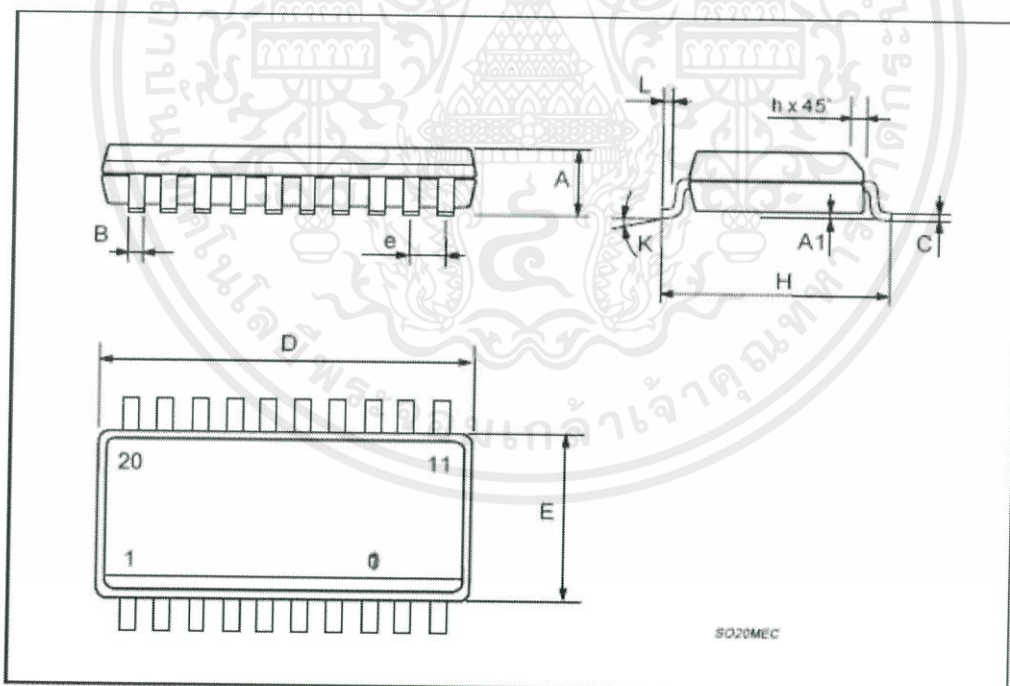
L293D - L293DD

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A	2.35		2.65	0.093		0.104
A1	0.1		0.3	0.004		0.012
B	0.33		0.51	0.013		0.020
C	0.23		0.32	0.009		0.013
D	12.6		13	0.496		0.512
E	7.4		7.6	0.291		0.299
e		1.27			0.050	
H	10		10.65	0.394		0.419
h	0.25		0.75	0.010		0.030
L	0.4		1.27	0.016		0.050
K		0° (min.) 8° (max.)				

OUTLINE AND MECHANICAL DATA



SO20



SO20MEC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Information furnished is believed to be accurate and reliable. However, STMicroelectronics assumes no responsibility for the consequences of use of such information nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of STMicroelectronics. Specification mentioned in this publication are subject to change without notice. This publication supersedes and replaces all information previously supplied. STMicroelectronics products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without express written approval of STMicroelectronics.

The ST logo is a registered trademark of STMicroelectronics

© 2003 STMicroelectronics - Printed in Italy - All Rights Reserved

STMicroelectronics GROUP OF COMPANIES

Australia - Brazil - Canada - China - Finland - France - Germany - Hong Kong - India - Israel - Italy - Japan - Malaysia - Malta - Morocco - Singapore - Spain - Sweden - Switzerland - United Kingdom - United States

<http://www.st.com>

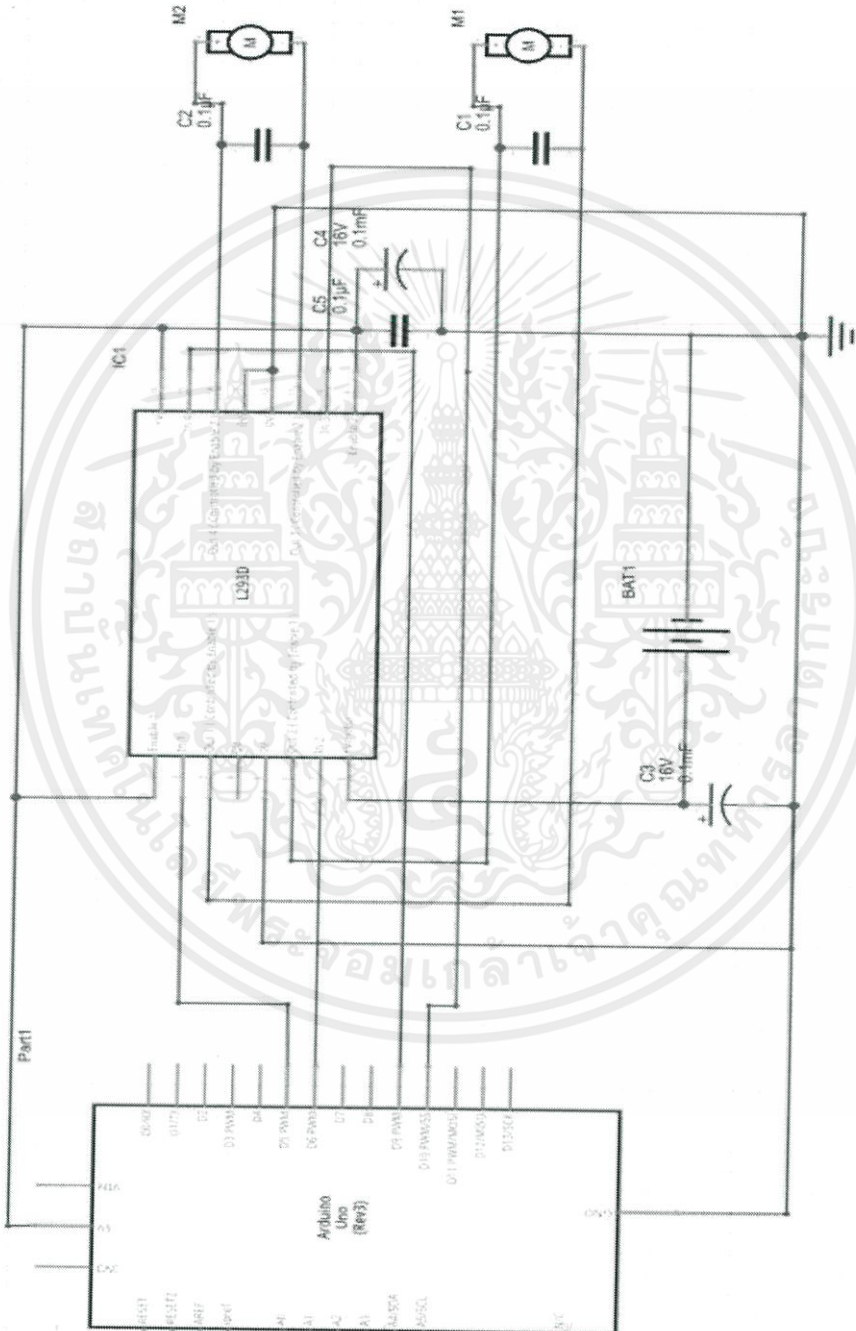


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

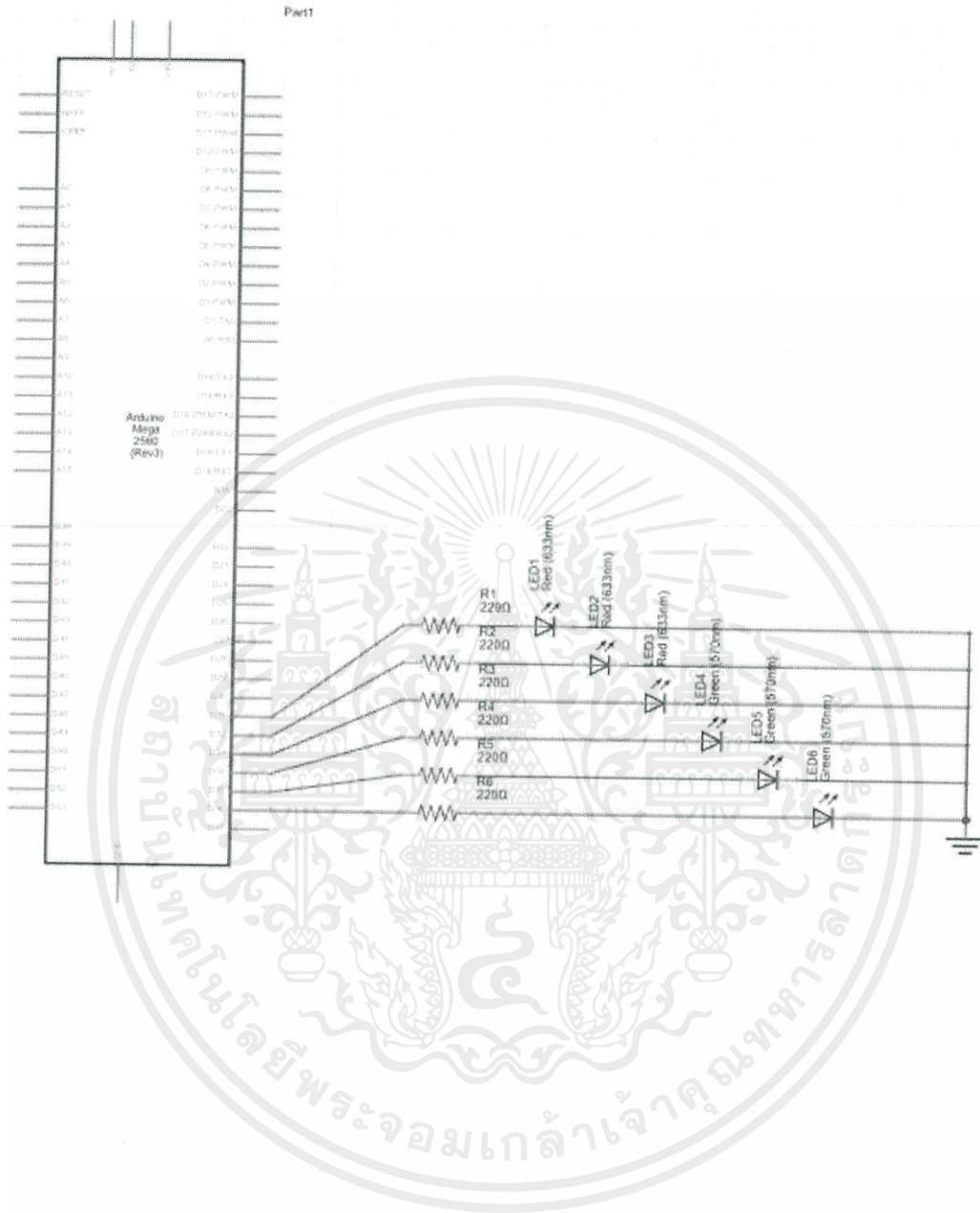
วงจร

วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรการทดลองที่ 2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้