อภินันทนาการ

สำนักหอสมุด

แบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้าควบคุมด้วยคำสั่งเสียง

AN ELECTRIC PATIENT BED MODEL CONTROLLED BY SPEECH

นายเนติพงศ์ มาพริก รหัส 56362874

นายอภิชาติ จันทร์น้อย รหัส 56363321

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
วันลงทะเบียน 24 มี.ค. 2561
เลขทะเบียน 17220789
เลขเรียกหนังสือ ปร
น 186ม
2559
CD-STL 87

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2559

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	แบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้าควบคุมด้วยคำสั่งเสียง	
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายเนติพงศ์ มาพริก	รหัส 56362874
	นายอภิชาติ จันทร์น้อย	รหัส 56363321
ที่ปรึกษาโครงงาน	ดร. สราวุฒิ วัฒนวงค์พิทักษ์	
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า	
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์	
ปีการศึกษา	2559	

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

.....ที่ปรึกษาโครงงาน

(ดร. สราวุฒิ วัฒนวงค์พิทักษ์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มุฑิตา สงฆ์จันทร์)

.....กรรมการ

(ดร. จิรวดี ผลประเสริฐ)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	แบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้าควบคุมด้วยคำสั่งเสียง	
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายเนติพงศ์ มาพริก	รหัส 56362874
	นายอภิชาติ จันทร์น้อย	รหัส 56363321
ที่ปรึกษาโครงงาน	ดร. สราวุฒิ วัฒนวงค์พิทักษ์	
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า	
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์	
ปีการศึกษา	2559	

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้าควบคุมด้วยคำสั่งเสียงพูดโดยผ่านไมโครโฟนและควบคุมผ่านสวิตช์ปุ่มกด ปรับระดับได้ 2 ส่วน คือ ส่วนหัวและส่วนขา ซึ่งแต่ละส่วนสามารถปรับได้ 3 ระดับด้วยสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ในการวิเคราะห์เสียงพูดภาษาไทยจะวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์เสียงของ Google speech recognition ผ่านระบบไวไฟหรือสายแลน ส่วนการปรับระดับและการวิเคราะห์เสียงพูดจะถูกประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ราสเบอร์รี่พาย จากผลการทดสอบ พบว่าการควบคุมด้วยสวิตช์ปุ่มกดและเสียงพูดสามารถปรับระดับได้อย่างถูกต้อง อย่างไรก็ตามเครื่องจะทำงานได้อย่างถูกต้อง ผู้ใช้ควรพูดด้วยน้ำเสียงที่ชัดเจน

Project title	An Electric Patient Bed Model Controlled by Speech	
Name	Mr. Netipong Mapig	ID. 56362874
	Mr. Apichart Jannoi	ID. 56363321
Project advisor	Mr. Sarawut Wattanawongpitak, D.Eng.	
Major	Electrical Engineering	
Department	Electrical and Computer Engineering	
Academic year	2016	

Abstract

The thesis aims to develop an adjustable electric patient bed model controlled by voice commands via microphone or push button switchs. This model is devided into two parts which consists of upper part or head and lower part or legs. Each part can adjust to 3 levels operated by stepping motor. A google speech recognition API is used for voice recognizing the Thai voice commands via internet connection. The leveling part and voice recognition are processed by Raspberry Pi microcontroller. From the test results the manual and voice commands can control leveling of the model correctly. However, to operate more correctly, users should speak correctly and clearly.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับเตียงผู้ป่วยไฟฟ้าควบคุมด้วยคำสั่งเสียง ซึ่งจะไม่มีทางสำเร็จไปได้ถ้าไม่ได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณ ดร.สราวุฒิ วัฒนวงค์พิทักษ์ อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ผู้เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่ได้ให้ความรู้ให้คำแนะนำและให้ความช่วยเหลือแก่คณะผู้จัดทำเป็นอย่างดีตลอดมา

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ต่างๆตลอดระยะเวลาของการศึกษาเล่าเรียน ซึ่งเป็นความรู้ที่สามารถนำไปใช้ในการทำโครงการนี้และยังสามารถนำไปใช้ในการประกอบอาชีพในอนาคต

และสิ่งสำคัญที่สุดขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ได้เลี้ยงดูและอบรมสั่งสอนแก่คณะผู้จัดทำจนทำให้คณะผู้จัดทำทุกคนมีวันนี้ได้ ซึ่งเป็นพระคุณอันหาที่เปรียบไม่ได้

ท้ายนี้คณะผู้จัดทำใคร่ขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวนามมา ณ ที่นี้ ที่มีส่วนร่วมในการให้ข้อมูล เป็นที่ปรึกษาในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ คณะผู้จัดทำจึงขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

นายเนติพงศ์ มาพริก
นายอภิชาติ จันทร์น้อย

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ..... ก
บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค
กิตติกรรมประกาศ ..... ง
สารบัญ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ช
สารบัญรูป ..... ฌ

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน 2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงงาน 2
1.5 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน 3
1.6 งบประมาณ 4

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 5
2.1 เตียงผู้ป่วย 5
2.1.1 เตียงผู้ป่วยแบบมือหมุน 5
2.1.2 เตียงผู้ป่วยแบบไฟฟ้า 6
2.2 สเต็ปปิ้งมอเตอร์ 6
2.2.1 ข้อดีของสเต็ปปิ้งมอเตอร์เมื่อเทียบกับมอเตอร์กระแสตรง 6
2.2.2 ชนิดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ 7
2.2.3 เฟสของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ 8
2.2.4 ชนิดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบ่งตามลักษณะสายที่ใช้ต่อกับวงจรขับ 8
2.2.5 วิธีคำนวณหาจำนวนสเต็ปต่อรอบ, มุมใน 1 สเต็ปและพิช 11

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2.6 วิธีการขับหรือวิธีการกระตุ้นเฟสของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ 13
2.3 บอร์ดขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ 15
2.4 บอร์ดราสเบอร์รี่พาย 16
2.4.1 คุณสมบัติทางเทคนิคของบอร์ดราสเบอร์รี่พาย 18
2.4.2 โครงสร้างของบอร์ดราสเบอร์รี่ 20
2.5 หลักการสั่งงานด้วยเสียง 21

บทที่ 3 ขั้นตอนวิธีดำเนินงาน 22
3.1 ภาพรวมของโครงงาน 22
3.1.1 การทำงาน 22
3.1.2 การเชื่อมต่อวงจร 22
3.2 การออกแบบและประกอบโครงสร้างแบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้า 26
3.2.1 การสร้างในส่วนของที่นอน 26
3.2.2 การติดสเต็ปปิ้งมอเตอร์ 27
3.2.3 การสร้างฐานของเตียง 27
3.3 วิธีการควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์และการตั้งค่ามุมในการปรับระดับ 28
3.3.1 วิธีการควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์ 28
3.3.2 การตั้งค่ามุมในการปรับระดับ 28
3.4 ขั้นตอนการใช้งานแบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้าปรับระดับด้วยคำสั่งเสียง 30
3.4.1 การปรับระดับด้วยสวิตช์ปุ่มกด 31
3.4.2 การปรับระดับด้วยคำสั่งเสียง 33

บทที่ 4 การทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง 35
4.1 ทดสอบการปรับระดับของแบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้าด้วยสวิตช์ปุ่มกด 35
4.2 ทดสอบการปรับระดับของแบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้าด้วยคำสั่งเสียง 38
4.3 ทดสอบความแม่นยำในการตรวจจับเสียงพูดของโปรแกรมวิเคราะห์เสียง 40
4.4 ทดสอบความเร็วในการประมวลผลของโปรแกรมวิเคราะห์เสียง 41

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 44
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน 44
5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข 44
5.3 ข้อเสนอแนะในการพัฒนา 45

เอกสารอ้างอิง 46

ภาคผนวก ก. รายละเอียดข้อมูลทางเทคนิคของบอร์ดราสเบอร์รี่พาย 47
ภาคผนวก ข. รายละเอียดข้อมูลทางเทคนิคของไอซีขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ULN2003 50
ภาคผนวก ค. รายละเอียดข้อมูลทางเทคนิคของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ รุ่น 28BYJ-48 58

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน 60

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 แผนการดำเนินโครงงานตลอดปีการศึกษา 2559 3
2.1 ตารางแสดงการกระตุ้นเฟสแบบหนึ่งเฟส 13
2.2 ตารางแสดงการกระตุ้นเฟสแบบสองเฟสหรือเต็มสเต็ป 13
2.3 ตารางแสดงการกระตุ้นเฟสแบบครึ่งสเต็ป 14
2.4 ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติของบอร์ดราสเบอร์รี่พาย 18
3.1 ตารางแสดงการเชื่อมต่อวงจร 25
3.2 ตารางแสดงการตั้งค่ามุมในการปรับระดับ 28
3.3 ตารางแสดงคำสั่งเสียงพูดในการปรับระดับของแบบจำลองเตียง 33
4.1 ตารางแสดงผลการทดสอบการปรับระดับด้วยสวิตช์ปุ่มกด 36
4.2 ตารางแสดงผลการทดสอบการรปรับระดับด้วยเสียงพูด 38
4.3 ตารางแสดงผลการทดสอบการตรวจจับเสียงพูด 41
4.4 ตารางแสดงผลการทดสอบความเร็วในการประมวลผลของโปรแกรมวิเคราะห์เสียงผ่านระบบแลน 100 เมกะบิตต่อวินาที 42
4.5 ตารางแสดงผลการทดสอบความเร็วในการประมวลผลของโปรแกรมวิเคราะห์เสียงผ่านระบบ 3G 512 กิโลบิตต่อวินาที 43

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 เตียงผู้ป่วยแบบมือหมุน 5
2.2 เตียงผู้ป่วยแบบไฟฟ้า 6
2.3 โครงสร้างสเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิดแปรค่ารีลักแตนซ์และสัญลักษณ์ 7
2.4 สเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิดแม่เหล็กถาวร 7
2.5 ลักษณะการพันขดลวดบนสเตเตอร์ 8
2.6 สัญลักษณ์, โครงสร้างและวงจรขับที่ใช้กับมอเตอร์แบบไบโพลา 2 เฟส 9
2.7 สัญลักษณ์, โครงสร้างและวงจรขับที่ใช้กับมอเตอร์แบบยูนิโพลา 2 เฟส 9
2.8 สัญลักษณ์, โครงสร้างมอเตอร์ 2 เฟสที่พันลวดแบบใช้ลวด 2 เส้นพันไปด้วยกันและแยกปลายของแต่ละขด 10
2.9 สัญลักษณ์การต่อสายแบบต่างๆ 10
2.10 โครงสร้างของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิดไฮบริด 2 เฟส ที่มีจำนวนสเต็ปต่อรอบ 200 สเต็ป 12
2.11 บอร์ดขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ 15
2.12 บอร์ดราสเบอร์รี่พาย 16
2.13 อินเตอร์เฟสของบอร์ดราสเบอร์รี่พายเมื่อเริ่มใช้งาน 17
2.14 หน้าต่างโปรแกรมไพทอนเชลล์สำหรับเขียนโปรแกรมไพทอน 17
2.15 ส่วนประกอบของบอร์ดราสเบอร์รี่พาย (Model B) 20
2.16 พอร์ตในบอร์ดราสเบอร์รี่พาย 20
3.1 แผนภาพแสดงการทำงาน 23
3.2 ภาพรวมการต่อวงจร 24
3.3 แบบจำลองเตียงในส่วนของที่นอน 26
3.4 การติดสเต็ปปิ้งมอเตอร์ 27
3.5 การทำฐานเตียง 27
3.6 มุมในการปรับระดับของแบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้า 29
3.7 การเลือกโหมดการทำงานควบคุมด้วยสวิตช์ (บน) และเลือกโหมดการทำงานควบคุมด้วยเสียง (ล่าง) 30
3.8 การปรับระดับส่วนหัวของแบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้าด้วยสวิตช์ปุ่มกด 31

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.9 การปรับระดับส่วนขาของแบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้าด้วยสวิตช์ปุ่มกด 32
3.10 การเรียกใช้งานคำสั่งในการปรับระดับแบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้าด้วยเสียง.....33
3.11 การปรับระดับของแบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้าในระดับต่างๆ หลังจากสั่งงานด้วยเสียง.....34
4.1 แบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้า.....35
4.2 การปรับระดับของแบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้าด้วยสวิตช์ปุ่มกด.....37
4.3 การปรับระดับของแบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้าด้วยคำสั่งเสียง 39

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

ในปัจจุบันได้มีผู้ป่วยอยู่เป็นจำนวนมาก และยังมีอัตราเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในแต่ละปี โรงพยาบาลจึงเป็นสถานที่สำคัญสำหรับการดูแลรักษาและพักฟื้นร่างกายของผู้ป่วย โรงพยาบาลจำเป็นที่จะต้องมีเทคโนโลยีที่ทันสมัยเพื่อความสะดวกสบายแก่ผู้ป่วย ผู้ดูแลและบุคลากรในโรงพยาบาล ปัจจัยหนึ่งที่สำคัญสำหรับการรักษาและการพักฟื้นตัวก็คือ เตียงผู้ป่วย

เตียงผู้ป่วยในปัจจุบันนั้น ส่วนใหญ่จะเป็นกลไกที่ปรับระดับโดยการใช้มือหมุน มีความลำบากในการใช้งานสำหรับผู้ป่วยไม่ว่าจะเป็นการนั่งรับประทานอาหาร ดูโทรทัศน์ ต้องการที่จะเอนตัวนอน หรือผู้ป่วยที่มีอุปกรณ์ทางการแพทย์ติดตัวอยู่ ไม่สามารถปรับระดับของเตียงได้ด้วยตนเอง จึงสร้างภาระแก่ผู้ดูแล และบุคลากรในโรงพยาบาล ถึงแม้ว่าในโรงพยาบาลบางแห่งอาจจะมีเตียงแบบที่ใช้ปุ่มกดเพื่อปรับระดับเตียงได้ แต่ก็ยังเป็นปัญหาในผู้สูงอายุ ผู้ป่วยที่ขยับตัวไม่ได้ที่อาจจะมองไม่เห็นปุ่ม หรือไม่เข้าใจถึงวิธีการทำงาน จึงเกิดความคิดที่จะพัฒนาเตียงผู้ป่วยไฟฟ้าที่สามารถปรับระดับได้ด้วยเสียง เพิ่มความสะดวกสบายและลดความยุ่งยากในการใช้งานของเตียงลง โดยใช้เสียงเป็นคำสั่งที่เข้ามาช่วยในการปรับระดับของเตียง โดยการพูดเป็นคำสั่งเสียงออกไปเพื่อให้เตียงปรับระดับได้ตามที่ต้องการ

ดังนั้นโครงงานนี้จึงได้จัดทำแบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้าที่สามารถปรับระดับเตียง ส่วนหัวและส่วนขาได้ส่วนละ 3 ระดับโดยเป็นการสั่งงานด้วยเสียงพูด เพื่อที่จะสามารถนำเอาหลักการไปพัฒนาใช้กับเตียงผู้ป่วยจริง

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

สร้างแบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้าที่สามารถปรับระดับของเตียงได้ 2 ส่วน คือ ส่วนหัว และส่วนขา แต่ละส่วนปรับได้ 3 ระดับ โดยการสั่งงานด้วยเสียงพูดภาษาไทยและสวิตช์ปุ่มกด

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1. สร้างแบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้าและควบคุมการปรับระดับด้วยสเต็ปปิ้งมอเตอร์ 2 ตัว โดยปรับได้ 2 ส่วน คือ ส่วนหัวและส่วนขา แต่ละส่วนสามารถปรับได้ 3 ระดับ

2. ควบคุมการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ด้วยบอร์ดราสเบอร์รี่พาย รับคำสั่งจากผู้ใช้งานด้วยคำสั่งเสียงภาษาไทย โดยจะเป็นเสียงของใครก็ได้ หรือควบคุมผ่านสวิตช์ปุ่มกดก็ได้

3. มีหลอดไดโอดเปล่งแสงแสดงสถานะการทำงานว่าระดับของเตียงอยู่ที่ระดับใด

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงงาน

สามารถนำหลักการไปประยุกต์ใช้กับเตียงผู้ป่วยจริง และเพิ่มประสิทธิภาพในการปรับระดับของเตียงขึ้น

1.5 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินโครงงานตลอดปีการศึกษา 2559

ขั้นตอนการดำเนินงาน/เดือน	ส.ค. 59	ก.ย. 59	ต.ค. 59	พ.ย. 59	ธ.ค. 59	ม.ค. 60	ก.พ. 60	มี.ค. 60	เม.ย. 60	พ.ค. 60
1. คิดหัวข้อโครงงาน ปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษา	■	■								
2. ศึกษาการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ราสเบอร์รี่พายและศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง		■	■							
3. ออกแบบแบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้าและวางแผนจัดซื้ออุปกรณ์			■	■						
4. สร้างแบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้า				■	■					
5. เขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์				■	■					
6. ควบคุมการปรับระดับแบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้าด้วยสวิตช์					■					
7. เพิ่มฟังก์ชั่นการสั่งงานด้วยเสียงลงไปในแบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้า						■	■			
8. ทดสอบและปรับปรุงโครงงาน							■	■		
9. สรุปผลและจัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์									■	■

1.6 งบประมาณ

1. ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ ราสเบอร์รี่พาย 3 โมเดล B	1,900 บาท
2. ไมโครโฟน	150 บาท
3. สเต็ปปิ้งมอเตอร์	200 บาท
4. ค่าถ่ายเอกสารและเข้าเล่มปริญญานิพนธ์	1,000 บาท
5. ค่าชิ้นส่วนแบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้า	900 บาท
รวมเป็นเงินทั้งสิ้น	4,150 บาท

หมายเหตุ: ถัวเฉลี่ยทุกรายการ

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การทำโครงงานเรื่องเตียงผู้ป่วยไฟฟ้าควบคุมด้วยคำสั่งเสียง ผู้ดำเนินโครงงานได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง โดยแบ่งหัวข้อได้ดังนี้

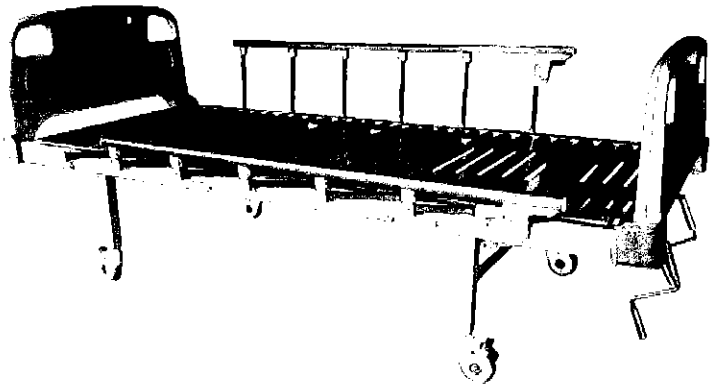
1. เตียงผู้ป่วย
2. สเต็ปปิ้งมอเตอร์
3. บอร์ดขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์
4. บอร์ดราสเบอร์รี่พาย
5. หลักการสั่งงานด้วยเสียง

2.1 เตียงผู้ป่วย

เตียงผู้ป่วย คือ ที่สำหรับให้ผู้ป่วยพักผ่อนหรือหลับนอนได้อย่างสะดวกสบาย เตียงผู้ป่วยควรจะมีสิ่งอำนวยความสะดวกแก่ผู้ป่วยและผู้ให้การรักษา โดยสามารถปรับระดับหัว, ขา, เข่า หรือความสูงของเตียงได้ โดยจะแบ่งเป็นเตียงผู้แบบมือหมุนและเตียงผู้ป่วยแบบไฟฟ้า

2.1.1 เตียงผู้ป่วยแบบมือหมุน

เตียงผู้ป่วยแบบมือหมุน เป็นเตียงที่ทำงานด้วยระบบกลไกที่เป็นลักษณะการหมุนปรับระดับโดยการใช้มือหมุนเพลาที่ติดอยู่ปลายเตียงให้ได้ตามระดับที่ต้องการ ดังรูป 2.1

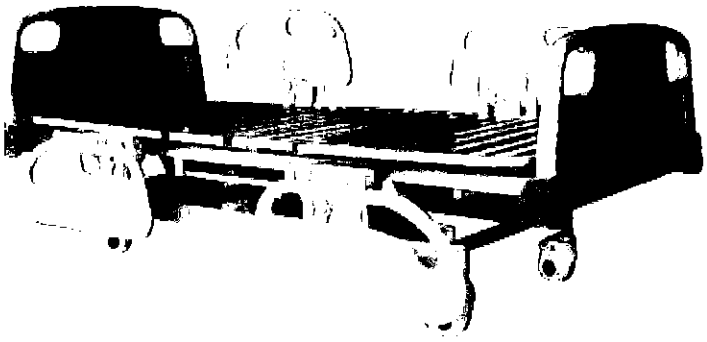


รูปที่ 2.1 เตียงผู้ป่วยแบบมือหมุน

ที่มา : http://www.praneemedical.com/detail.php?id_detail=96

2.1.2 เตียงผู้ป่วยแบบไฟฟ้า

เตียงผู้ป่วยที่สามารถปรับระดับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ดังรูปที่ 2.2 มีการใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงาน ควบคุมโดยสวิตช์ปุ่มกดในการปรับระดับ ผู้ผลิตส่วนใหญ่จะผลิตให้ปรับระดับหลังได้ประมาณ 70-80 องศาและปรับระดับส่วนขาได้ประมาณ 40 องศา



รูปที่ 2.2 เตียงผู้ป่วยแบบไฟฟ้า

ที่มา : http://www.thanamedical.com

2.2 สเต็ปปิ้งมอเตอร์

สเต็ปปิ้งมอเตอร์ เป็นมอเตอร์ที่มีการหมุนเป็นสเต็ป เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังขดลวดที่พันอยู่บนสเตเตอร์ในลักษณะเป็นพัลส์ในกรณีที่จ่าย กระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดหนึ่งขดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ตลอดเวลาก็จะเกิดการหมุนเพียงหนึ่งสเต็ปเท่านั้นซึ่งต่างจากมอเตอร์กระแสตรงคือเมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้ก็จะหมุนไปจนกว่าจะหยุดจ่ายกระแสไฟฟ้า

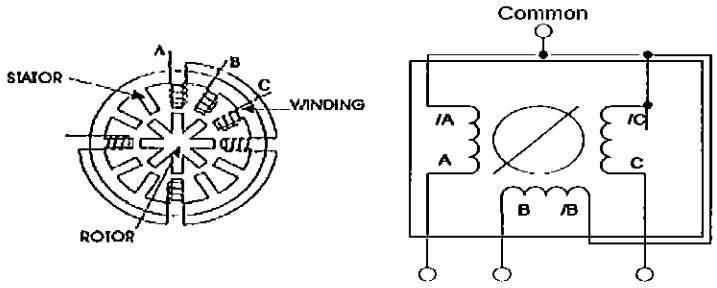
2.2.1 ข้อดีของสเต็ปปิ้งมอเตอร์เมื่อเทียบกับมอเตอร์กระแสตรง

1. สามารถใช้ในงานควบคุมตำแหน่งในลักษณะวงจรควบคุมแบบเปิด ได้โดยที่ไม่ต้องการสัญญาณป้อนกลับ แต่อาศัยการนับจำนวนของพัลส์ที่ส่งไปควบคุมการหมุนแทน

2. ไม่มีส่วนของแปรงถ่านที่จะสึกหรอและไม่เกิดการจุดประกายที่แปรงถ่านซึ่งอาจก่อให้เกิดสัญญาณรบกวน

2.2.2 ชนิดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

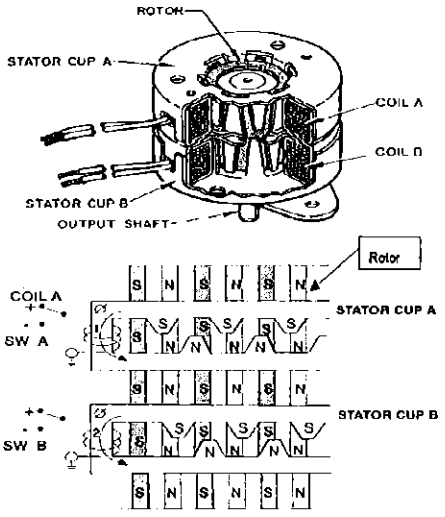
1. แบบแปรค่ารีลักแตนซ์ โรเตอร์ทำด้วยเหล็กอ่อนรูปทรงกระบอกและทำเป็นลักษณะฟัน สเตเตอร์จะมีลวดพันและทำเป็นลักษณะของฟันเช่นกัน ดังรูป 2.3 เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดที่สเตเตอร์จะเกิดเป็นขั้วแม่เหล็กที่ฟันของสเตเตอร์และเหนี่ยวนำให้ฟันของโรเตอร์เกิดเป็นขั้วแม่เหล็กที่มีขั้วตรงกันข้ามกับขั้วแม่เหล็กที่สเตเตอร์ทำให้ดึงดูดกันเกิดการหมุนของโรเตอร์ขึ้น



รูปที่ 2.3 โครงสร้างสเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิดแปรค่ารีลักแตนซ์และสัญลักษณ์

ที่มา : http://www.adisak51.com/home/step_motor

2. แบบแม่เหล็กถาวร โรเตอร์ทำด้วยแม่เหล็กถาวรรูปทรงกระบอกเรียบ สเตเตอร์จะมีขดลวดพันและทำเป็นฟัน ดังรูป 2.4 และเมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดที่สเตเตอร์จะเกิดเป็นขั้วแม่เหล็กที่ฟันของสเตเตอร์และจะดึงดูดกับขั้วของแม่เหล็กถาวรที่โรเตอร์ทำให้เกิดการหมุนของโรเตอร์ขึ้น



รูปที่ 2.4 สเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิดแม่เหล็กถาวร

ที่มา : http://www.adisak51.com/home/step_motor

3. แบบผสม ใช้หลักการทำงานของทั้งสองแบบมาออกแบบโดยที่สเตเตอร์จะคล้ายกับแบบแปรค่ารีลักแตนซ์ ส่วนโรเตอร์จะคล้ายแบบแม่เหล็กถาวรแต่จะทำเป็นลักษณะฟัน

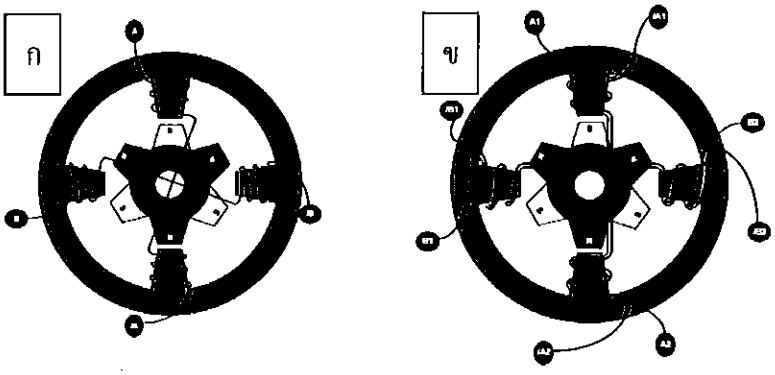
2.2.3 เฟสของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

เฟสของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ หมายถึง จำนวนขดลวดที่พันอยู่บนสเตเตอร์ซึ่งแยกออกจากกันอย่างอิสระ ตัวอย่างมอเตอร์ขนาด 3 เฟส ในกรณีของมอเตอร์แบบยูนิโพลา 2 เฟสนั้นมักจะถูกเรียกเป็นมอเตอร์ขนาด 4 เฟสก็เพราะขดลวดที่พันอยู่บนสเตเตอร์แต่ละเฟสจะมี 2 ขด จึงเข้าใจว่ามี 4 ขดลวด แต่ถ้าพิจารณากันจริงจะพบว่าขดลวดทั้งสองนั้นเป็นขดลวดขดเดียวกันแต่มีจุดต่อร่วมตรงกลางขดเท่านั้น

การพันขดลวดบนสเตเตอร์ของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

1. การพันแบบใช้ลวดเส้นเดียว ดังรูป 2.5(ก)

2. การพันแบบใช้ลวด 2 เส้นพันไปด้วยกัน ดังรูป 2.5(ข)

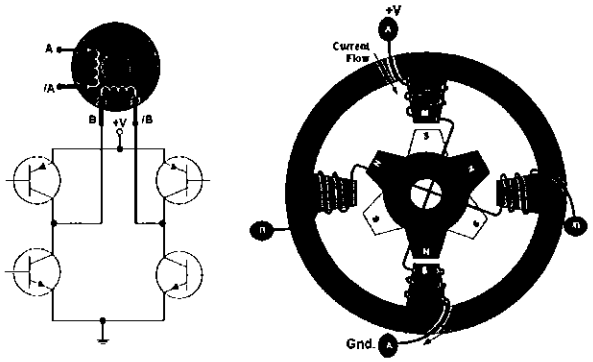


รูปที่ 2.5 ลักษณะการพันขดลวดบนสเตเตอร์

ที่มา : http://www.adisak51.com/home/step_motor

2.2.4 ชนิดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบ่งตามลักษณะสายที่ใช้ต่อกับวงจรขับ

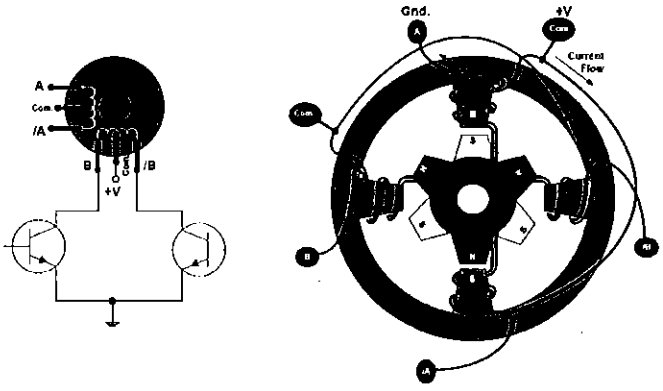
1. แบบไบโพลา ขดลวดที่สเตเตอร์แต่ละชุดจะไม่มีจุดร่วมกัน การต่อเข้ากับวงจรขับจะใช้ปลายทั้งสองด้านของขดลวดแต่ละชุด การทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กที่สเตเตอร์ทำได้โดยการจ่ายกระแสไฟจากปลายด้านหนึ่งไปยังปลายอีกด้านหนึ่งของขดลวดและการเปลี่ยนขั้วแม่เหล็กที่สเตเตอร์ชุดเดียวกันนี้ก็ทำได้โดยสลับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้านั่นเอง ดังนั้นวงจรขับที่ใช้จึงจำเป็นต้องสามารถกลับทิศทางการไหลของกระแสได้ กรณีเป็นมอเตอร์ 2 เฟสจะมีสายที่ใช้ต่อขับกับวงจร 4 สาย ดังรูป 2.6



รูปที่ 2.6 สัญลักษณ์, โครงสร้างและวงจรขับที่ใช้กับมอเตอร์แบบไบโพลา 2 เฟส

ที่มา : http://www.adisak51.com/home/step_motor

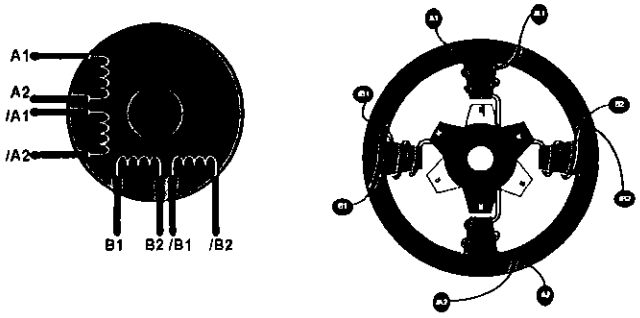
2. แบบยูนิโพลา ขดลวดที่สเตเตอร์แต่ละชุดจะมีจุดต่อร่วม การพันขดลวดจะพันในแบบใช้ลวด 2 เส้นพันไปด้วยกันการต่อเข้ากับวงจรขับจะใช้ปลายของขดลวดแต่ละด้านต่อเข้ากับวงจรขับและใช้จุดต่อร่วมต่อเข้ากับขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟ การทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กที่สเตเตอร์ทำได้โดยการจ่ายกระแสไฟให้ไหลจากจุดต่อร่วมลงกราวด์มาครบวงจรที่ปลายด้านหนึ่งของขดลวด การเปลี่ยนขั้วแม่เหล็กที่สเตเตอร์ชุดเดียวกันนี้ก็ทำได้โดยเปลี่ยนการจ่ายกระแสไฟฟ้าจากขดหนึ่งไปยังอีกขดหนึ่งของขดลวดที่พันอยู่บนสเตเตอร์ชุดเดียวกัน ดังนั้นวงจรขับจึงเป็นวงจรสวิตช์เพื่อทำให้จ่ายกระแสไฟที่ผ่านขดลวดครบวงจรเท่านั้นกรณีเป็นมอเตอร์ 2 เฟสจะมีสายที่ใช้ต่อขับกับวงจร 5 หรือ 6 สาย ดังรูป 2.7



รูปที่ 2.7 สัญลักษณ์, โครงสร้างและวงจรขับที่ใช้กับมอเตอร์แบบยูนิโพลา 2 เฟส

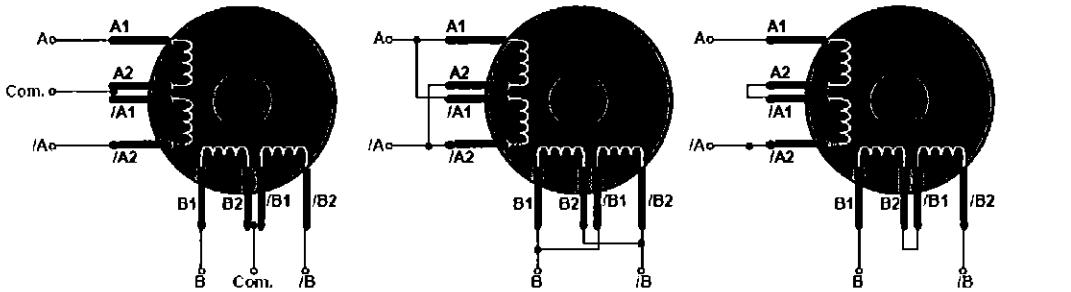
ที่มา : http://www.adisak51.com/home/step_motor

สเต็ปปิ้งมอเตอร์ 2 เฟสที่มีการพันลวดแบบใช้ลวด 2 เส้นพันไปด้วยกันและแยกปลายแต่ละขดออกจากกันดังนั้นสามารถเลือกต่อเป็นแบบต่างๆได้ดังนี้



รูปที่ 2.8 สัญลักษณ์, โครงสร้างมอเตอร์ 2 เฟสที่พันลวดแบบใช้ลวด 2 เส้นพันไปด้วยกันและแยกปลายของแต่ละขด

ที่มา : http://www.adisak51.com/home/step_motor



รูปที่ 2.9 สัญลักษณ์การต่อสายแบบต่างๆ

ที่มา : http://www.adisak51.com/home/step_motor

มอเตอร์ที่ผลิตออกมาจำหน่ายและมีการพันลวดแบบใช้ลวด 2 เส้นพันไปด้วยกันบางรุ่นให้ผู้ใช้เลือกต่อเองเป็น แบบต่างๆ แต่บางรุ่นก็ต่อภายในมาให้เสร็จ

2.2.5 วิธีคำนวณหาจำนวนสเต็ปต่อรอบ, มุมใน 1 สเต็ปและพิช

$$spr = n \times m \times f \tag{2.1}$$

$$a = \frac{360^{\circ}}{spr} \tag{2.2}$$

$$p = \frac{360^{\circ}}{m} \tag{2.3}$$

กำหนดให้

Spr คือ จำนวนสเต็ปต่อรอบ

a คือ มุมในหนึ่งสเต็ป

p คือ พิช

n คือ จำนวนขั้วแม่เหล็กขั้วเหนือและขั้วใต้ทั้งหมดที่สเตเตอร์ (นับจำนวนฟันทั้งหมด)

m คือ จำนวนของขั้วแม่เหล็กที่โรเตอร์ (เลือกจากขั้วเดียว)

f คือ ค่าคงที่ของวิธีขับหรือการกระตุ้นเฟสแบบต่างๆ

การเคลื่อนที่ของโรเตอร์จะเคลื่อนที่ไปครั้งละ $\frac{1}{4}$ ของพิช ดังนั้นสามารถคำนวณหา Step angle ได้อีกวิธีหนึ่งดังนี้

$$a = \frac{1}{4} \times p \tag{2.4}$$

ตัวอย่าง ใช้รูป 2.7 ประกอบการคำนวณ (เมื่อใช้ค่าคงที่เท่ากับ 1)

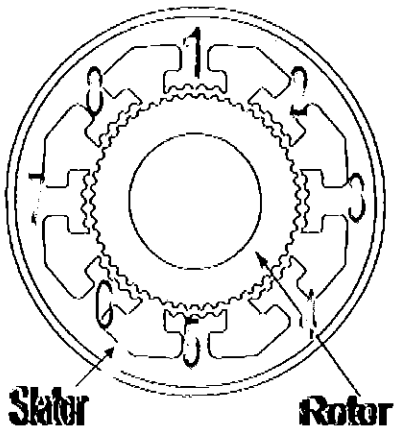
$$spr = 4 \times 3 \times 1 = 12$$

$$a = \frac{360^{\circ}}{12} = 30^{\circ}$$

$$p = \frac{360^{\circ}}{3} = 120^{\circ}$$

$$a = \frac{1}{4} \times 120^{\circ} = 30^{\circ}$$

ในการทำให้สเต็ปปิ้งมอเตอร์มีจำนวนสเต็ปต่อรอบมากๆ ทำได้โดยการการเพิ่มจำนวนขั้วแม่เหล็กเหนือและใต้ที่โรเตอร์ให้มากขึ้น และที่ฟันของสเตเตอร์ที่ทำให้เกิดเป็นขั้วแม่เหล็ก ก็จะทำเป็นฟันเล็กๆให้สัมพันธ์กับฟันที่โรเตอร์ แต่ถ้าไม่สามารถแก้ไขโครงสร้างได้วิธีการที่จะเพิ่มจำนวนสเต็ปต่อรอบทำได้โดยการเปลี่ยนวิธีขับหรือการกระตุ้นเป็นแบบหนึ่ง-สองเฟส หรืออาจเรียกว่า แบบครึ่งสเต็ป



รูปที่ 2.10 โครงสร้างของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิดไฮบริด 2 เฟส ที่มีจำนวนสเต็ปต่อรอบ 200 สเต็ป
ที่มา : http://www.adisak51.com/home/step_motor

จากรูปที่ 2.10 ในสเต็ปที่ 1 จะเป็นการกระตุ้นเฟส A ดังนั้นจะส่งผลให้แม่เหล็กขั้วใต้ของโรเตอร์อยู่ในตำแหน่งที่ตรงกับตำแหน่งฟันที่เป็นแม่เหล็กขั้วเหนือของสเตเตอร์ขั้วหมายเลข 1 และ 5 เกิดการดึงดูดกันในเวลาเดียวกันแม่เหล็กขั้วเหนือของโรเตอร์อยู่ในตำแหน่งที่ตรงกับฟันที่เป็นแม่เหล็กขั้วใต้ของสเตเตอร์ขั้วหมายเลข 3 และ 7 เกิดการดึงดูดกันเช่นกัน ที่ขั้วหมายเลข 2, 4, 6 และ 8 ฟันของสเตเตอร์จะทำมุมที่ห่างจากแม่เหล็กขั้วเหนือและใต้ของโรเตอร์ เป็นมุม 1.8 องศา ในสเต็ปที่ 2 จะเป็นการกระตุ้นเฟส B ดังนั้นจะส่งผลให้แม่เหล็กขั้วใต้ของโรเตอร์อยู่ในตำแหน่งที่ตรงกับตำแหน่งฟันที่เป็นแม่เหล็กขั้วเหนือของสเตเตอร์ขั้วหมายเลข 2 และ 6 เกิดการดึงดูดกันในเวลาเดียวกันแม่เหล็กขั้วเหนือของโรเตอร์อยู่ในตำแหน่งที่ตรงกับฟันที่เป็นแม่เหล็กขั้วใต้ของสเตเตอร์ขั้วหมายเลข 4 และ 8 เกิดการดึงดูดกันเช่นกัน ที่ขั้วหมายเลข 1, 3, 5 และ 7 ฟันของสเตเตอร์จะทำมุมที่ห่างจากแม่เหล็กขั้วเหนือและใต้ของโรเตอร์ เป็นมุม 1.8 องศา ดังนั้นในสเต็ปที่ 2 โรเตอร์จึงหมุนไปอีก 1.8 องศาจากสเต็ปที่ 1

2.2.6 วิธีการขับหรือวิธีการกระตุ้นเฟสของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

การกระตุ้นเฟสของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ คือ การจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังขดลวดที่สเตเตอร์ของแต่ละเฟสเพื่อทำให้มอเตอร์หมุน แบ่งออกเป็น 3 วิธี คือ

1. การกระตุ้นเฟสแบบหนึ่งเฟส การกระตุ้นเฟสแบบนี้ทำได้โดยการจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังขดลวดหนึ่งขดบนสเตเตอร์ ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงการกระตุ้นเฟสแบบหนึ่งเฟส

สเต็ป	ยูนิโพลาร์		ไบโพลาร์	
	แหล่งจ่าย		แหล่งจ่าย	
	+	-	+	-
1	Com.	A	A	/A
2	Com.	B	B	/B
3	Com.	/A	/A	A
4	Com.	/B	/B	B

2. การกระตุ้นเฟสแบบสองเฟสหรือเต็มสเต็ป การกระตุ้นเฟสแบบนี้ทำได้โดยการจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังขดลวดสองขดที่อยู่ใกล้กันบนสเตเตอร์ ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงการกระตุ้นเฟสแบบสองเฟสหรือเต็มสเต็ป

สเต็ป	ยูนิโพลาร์		ไบโพลาร์	
	แหล่งจ่าย		แหล่งจ่าย	
	+	-	+	-
1	Com.	A, B	A, B	/A, /B
2	Com.	/A, B	/A, B	A, /B
3	Com.	/A, /B	/A, /B	A, B
4	Com.	A, /B	A, /B	/A, B

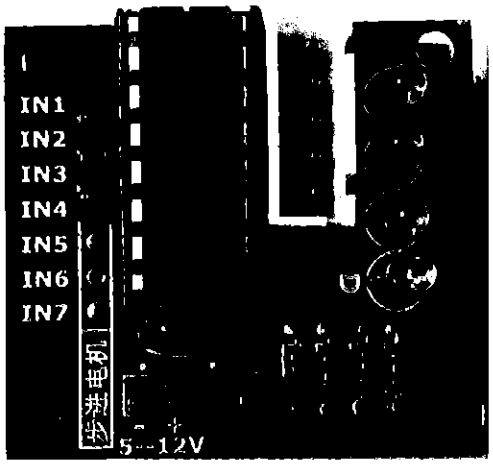
3. การกระตุ้นเฟสแบบครึ่งสเต็ป การกระตุ้นเฟสแบบนี้ทำได้โดยการจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังขดลวดสองขดที่อยู่ใกล้กันบนสเตเตอร์สลับกับการจ่ายกระแสไฟฟ้าหนึ่งขดบนสเตเตอร์ ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ตารางแสดงการกระตุ้นเฟสแบบครึ่งสเต็ป

สเต็ป	ยูนิโพลาร์		ยูนิโพลาร์	
	แหล่งจ่าย		แหล่งจ่าย	
	+	-	+	-
1	Com.	A, B	A, B	/A, /B
2	Com.	B	B	/B
3	Com.	/A, B	/A, B	A, /B
4	Com.	/A	/A	A
5	Com.	/A, /B	/A, /B	A, B
6	Com.	/B	/B	B
7	Com.	A, /B	A, /B	/A, B
8	Com.	A	A	/A

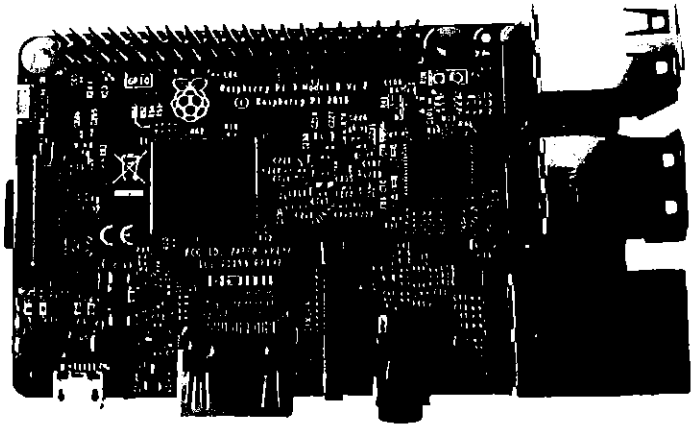
2.3 บอร์ดขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์

เนื่องจากขาอินพุตเอาท์พุตอเนกประสงค์ของราสเบอร์รี่พายนั้นสามารถจ่ายแรงดันได้เพียง 3.3 โวลต์เท่านั้น จึงไม่สามารถขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่มีแรงดันพิกัด 5 โวลต์ได้ จึงจำเป็นต้องใช้บอร์ดขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ซึ่งเป็นบอร์ดที่นำไอซี ULN2003 มาใช้งานซึ่งคุณสมบัติของไอซีนี้เป็นการต่อทรานซิสเตอร์แบบดาร์ลิงตันที่เปิดวงจรของขาคอลเล็คเตอร์ไว้เพื่อต่อกับเอาท์พุตนั่นคือสเต็ปปิ้งมอเตอร์ และขาอีมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ทุกตัวต่อลงกราวน์ ส่วนขาเบสต่อกับตัวต้านทานภายในและไว้ใช้ต่อกับอินพุตที่เป็นสัญญาณเอาท์พุตของบอร์ดราสเบอร์รี่พาย ทำหน้าที่ขยายแรงดันและกระแสที่ออกมาจากบอร์ดราสเบอร์รี่พายเพื่อนำไปขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ โดยการต่อเอาท์พุตของบอร์ดราสเบอร์รี่พายเข้ากับอินพุตของบอร์ดขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่ขา IN1-IN4 ตามลำดับและต่อไฟเลี้ยงแรงดัน 5-12 โวลต์ให้บอร์ดขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์และต่อเอาท์พุตทั้ง 5 ขาไปที่สเต็ปปิ้งมอเตอร์ ตัวอย่างบอร์ดขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ แสดงดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 บอร์ดขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์

2.4 บอร์ดราสเบอร์รี่พาย



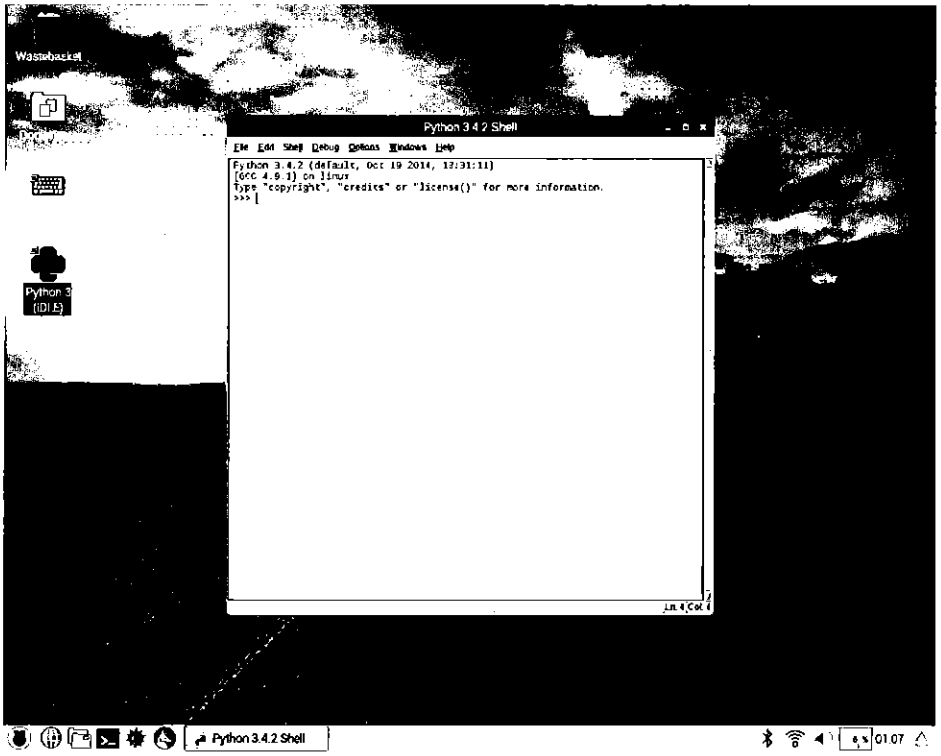
รูปที่ 2.12 บอร์ดราสเบอร์รี่พาย

ราสเบอร์รี่พาย เป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กเมื่อเทียบกับคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ แต่ทำงานได้เหมือนเครื่องคอมพิวเตอร์ทุกอย่าง ราสเบอร์รี่พายสามารถต่อเข้ากับจอคอมพิวเตอร์หรือจอโทรทัศน์ที่รองรับพอร์ต HDMI นอกจากต่อจอแสดงผลแล้วยังสามารถต่ออุปกรณ์รับข้อมูลได้ ราสเบอร์รี่พายรองรับเมาส์และคีย์บอร์ดผ่านพอร์ต USB ระบบจ่ายไฟของราสเบอร์รี่พายสามารถจ่ายไฟผ่านพอร์ต Micro USB

ราสเบอร์รี่พาย เกิดขึ้นในปี 2549 ที่มหาวิทยาลัยเคมบริดจ์ ประเทศอังกฤษ โดยมีผู้สร้างทั้งสี่คนคือ อีเบน อัพตั้น, ร็อบ มูลลินส์, แจ็ค แลง และ อลัน มายครอฟท์ มีจุดมุ่งหมายที่จะให้ราสเบอร์รี่พายเป็นคอมพิวเตอร์ราคาถูก ใช้ศึกษาการทำงานของคอมพิวเตอร์พร้อมทั้งเขียนโปรแกรมได้ การที่ราสเบอร์รี่พายเป็นบอร์ดวงจรรวม ทำให้เห็นชิ้นส่วนทั้งหมดที่เป็นส่วนประกอบของคอมพิวเตอร์ได้อย่างชัดเจน ซึ่งจะทำให้เข้าใจการทำงานของคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันได้มากขึ้น

ระบบปฏิบัติการพื้นฐานของราสเบอร์รี่พาย คือ นูบส์ และ ราสเบี้ยน ในระบบปฏิบัติการจะมีซอฟต์แวร์สำหรับเขียนโปรแกรมให้สามารถเขียนโปรแกรมได้ ดังรูปที่ 2.13 และ 2.14

รูปที่ 2.13 อินเตอร์เฟสของราสเบอร์รี่พายเมื่อเริ่มใช้งาน



รูปที่ 2.14 หน้าต่างโปรแกรมสำหรับเขียนโปรแกรมไพทอน

2.4.1 คุณสมบัติทางเทคนิคของบอร์ดราสเบอร์รี่พาย

บอร์ดราสเบอร์รี่พาย ปัจจุบันมีด้วยกัน 2 โมเดล ซึ่งทั้ง 2 โมเดลมีคุณสมบัติทางเทคนิคที่ใกล้เคียงกันแต่แตกต่างกันเพียงบางส่วน รายละเอียดดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติของบอร์ดราสเบอร์รี่พาย

คุณสมบัติทางเทคนิค	โมเดล A	โมเดล B (Revision 2)
System on a chip (SoC)	Broadcom BCM2835 (CPU, GPU, DSP, SDRAMandSingle USB Port)	
CPU	700MHz ARM1176JZF-S core (ARM11 family, ARMv6 instruction set)	
GPU	Broadcom VideoCore IV @ 250 MHz OpenGL ES 2.0 (24 GFLOPS) MPEG-2 and VC-1, 1080p 30 h.264/MPEG-4 AVC high-profile decoder andencoder	
Memory (SDRAM)	256 MB (Shared with GPU)	512 MB (Shared with GPU)
USB 2.0 Ports	1 (direct form BCM2835)	2 (via the build in integrated 3-port USB hub)
Video Input	A CSI input connector allows for the connection of RPF designed camera module (ออกแบบมาให้เชื่อมต่อกับ Raspberry Pi Camera Module โดยเฉพาะ)	

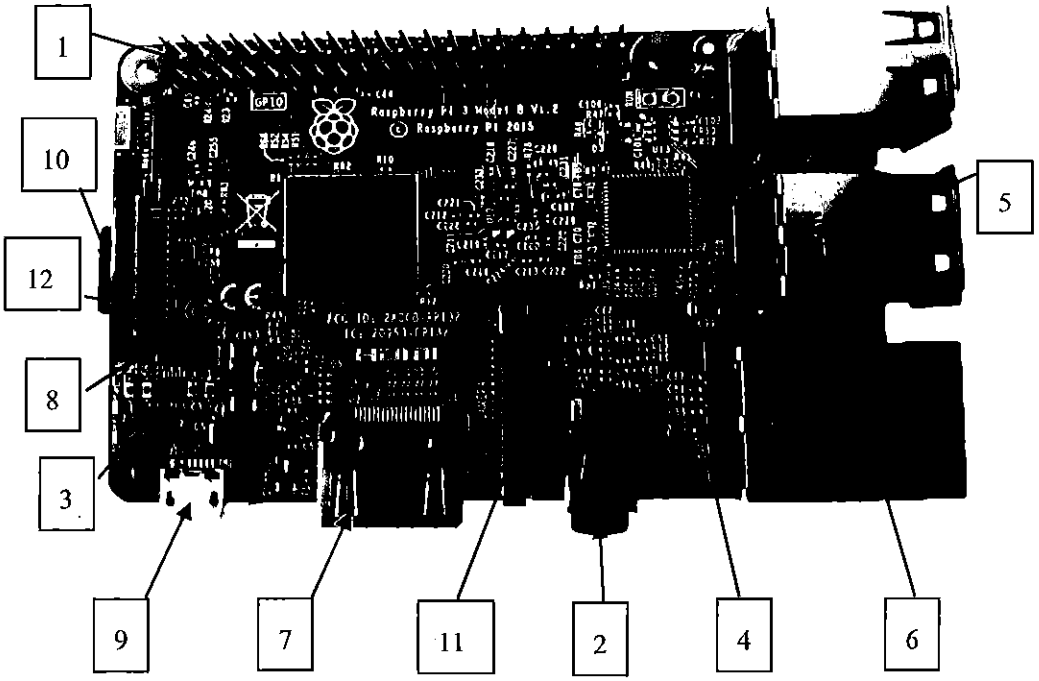
ที่มา : http://www.thaieasyelec.com/article-wiki/embedded-electronics-application/บทความพัฒนาโปรแกรมบน-raspberry-pi-ด้วย-qt.html

ตารางที่ 2.4 ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติของบอร์ดราสเบอร์รี่พาย (ต่อ)

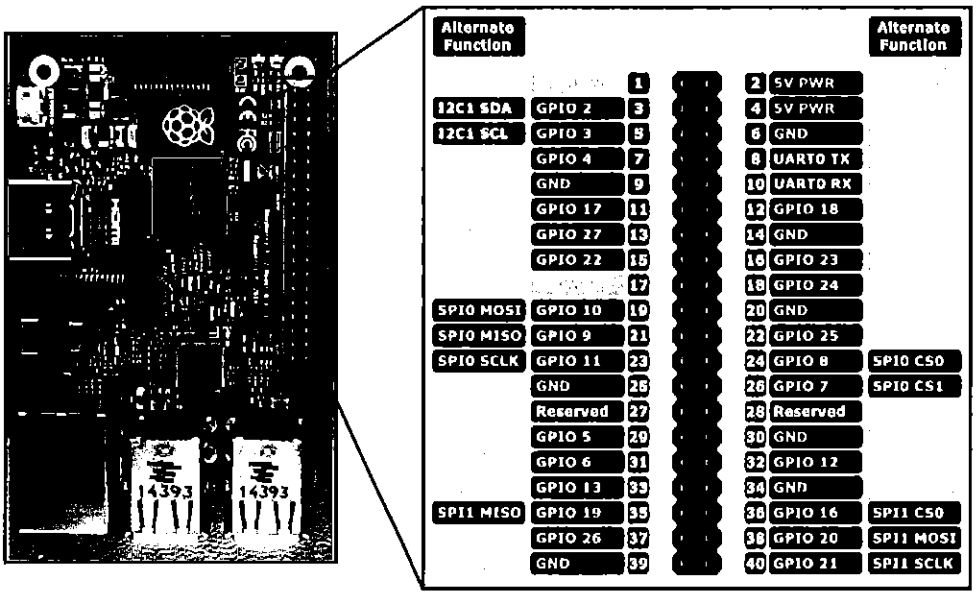
คุณสมบัติทางเทคนิค	โมเดล A	โมเดล B (Revision 2)
Video Outputs	Composite RCA (PAL and NTSC), HDMI (rev 1.3 & 1.4), raw LCD Panels via DSI 14 HDMI resolutions from 640x350 to 1920x1200 plus various PAL and NTSC standards. (มีทั้งสองแบบ คือ แบบ RCA และแบบ HDMI)	
Audio Outputs	3.5 mm jack, HDMI, and as of revision 2 boards, I^2S audio (also potentially for audio input)	
Onboard storage	SD/ MMC/ SDIO card slot (3.3V card power support only)	
Onboard network	None	10/100 Ethernet (8P8C) USB adapter on the third port of the USB hub
Low-level peripheralsLow-level peripherals	8 x GPIO, UART, I^2C Bus, SPI Bus with two chip selects, I^2S audio +3.3V, +5V, Ground	
Power ratings	300 mA (1. 5 W)	700 mA (3.5 W)
Power source	5 Volt via Micro USB or GPIO header	
Size	85.60 mm x 53. Mm (3.370 inch x 2.125 inch)	
Weight	45 g. (1.6 oz.)	

ที่มา : http://www.thaieasyelec.com/article-wiki/embedded-electronics-application/บทความพัฒนาโปรแกรมบน-raspberry-pi-ด้วย-qt.html

2.4.2 โครงสร้างของบอร์ดราสเบอร์รี่



รูปที่ 2.15 ส่วนประกอบของบอร์ดราสเบอร์รี่พาย (โมเดล B)



รูปที่ 2.16 พอร์ตในบอร์ดราสเบอร์รี่พาย

ที่มา : http://www.hobbytronics.co.uk/raspberry-pi-gpio-pinout

1. พอร์ตอินพุตเอาท์พุตอเนกประสงค์ ใช้สำหรับรับสัญญาณอินพุตจากอุปกรณ์รับข้อมูล และใช้ส่งสัญญาณเอาท์พุตไปยังอุปกรณ์แสดงผล รายละเอียดของแต่ละขาแสดงในรูป 2.16

2. จุดเชื่อมต่อสัญญาณเสียงขนาด 3.5 มิลลิเมตร

3. ไดโอดเปล่งแสงแสดงสถานะของบอร์ด

4. ชิปควบคุมแลน

5. พอร์ต USB 2.0 จำนวน 4 พอร์ต

6. พอร์ต RJ-45 Ethernet LAN 10/100Mbps

7. พอร์ต HDMI สำหรับเชื่อมต่อสัญญาณภาพและเสียง

8. ชิพ Broadcom BCM2387 chipset. 1.2GHz Quad-Core ARM Cortex-A53

9. พอร์ต Micro USB สำหรับเป็นไฟเลี้ยงวงจรบอร์ดราสเบอร์รี่พาย

10. ช่องเสียบ SD Card อยู่บริเวณด้านล่างของบอร์ด

11. พอร์ต CSI สำหรับเชื่อมต่อโมดูลกล้อง

12. พอร์ต DSI สำหรับเชื่อมต่อจอแสดงผล

2.5 หลักการสั่งงานด้วยเสียง

การวิเคราะห์เสียงพูดเป็นเทคโนโลยีที่ทำให้คอมพิวเตอร์รู้จำเสียงมนุษย์ เพื่อแปลงเสียงมนุษย์เป็นคำสั่งให้คอมพิวเตอร์เข้าใจ ในการวิเคราะห์เสียงพูดจะใช้โปรแกรมวิเคราะห์เสียงด้วย Google Speech Recognition API ที่รองรับภาษาไทย

การใช้งานคำสั่งเสียงจะวิเคราะห์เสียงด้วย Google Speech Recognition API ซึ่งเป็น Application Programming Interface คือการทำให้คอมพิวเตอร์สามารถสื่อสารและแลกเปลี่ยนข้อมูลการแปลงเสียงกับเครื่องแม่ข่ายของ Google ได้อย่างอิสระ ในภาษาไพทอนต้องใช้โมดูล Speech Recognition (BSD license) รองรับทั้ง ไพทอน 2 และไพทอน 3

ซึ่งระบบวิเคราะห์เสียงนั้นจะทำการรับค่าเสียงแล้วนำเสียงไปแปลงเป็นตัวอักษรแล้วนำตัวอักษรนั้นมาเปรียบเทียบกับตัวอักษรที่กำหนดเป็นค่าอ้างอิงสำหรับคำสั่งในการควบคุมเอาท์พุต ถ้าหากคำสั่งเสียงที่ป้อนเข้าไปตรงกับตัวอักษรอ้างอิงก็จะแสดงผลออกทางเอาท์พุต

บทที่ 3
ขั้นตอนวิธีดำเนินงาน

หลังจากศึกษาเกี่ยวกับหลักการต่างๆและรายละเอียดเกี่ยวกับสเต็ปปิ้งมอเตอร์และบอร์ดราสเบอร์รี่พาย เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึง การออกแบบเพื่อสร้างแบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้าควบคุมด้วยคำสั่งเสียง โดยการนำราสเบอร์รี่พายมาควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์เพื่อควบคุมการปรับระดับของแบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้า โดยแบ่งออกเป็น 4 ส่วนดังนี้

1. ภาพรวมของโครงงาน
2. การออกแบบและประกอบโครงสร้างของแบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้า
3. วิธีการควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์และการตั้งค่ามุมในการปรับระดับ
4. ขั้นตอนการใช้งานแบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้าควบคุมด้วยคำสั่งเสียง

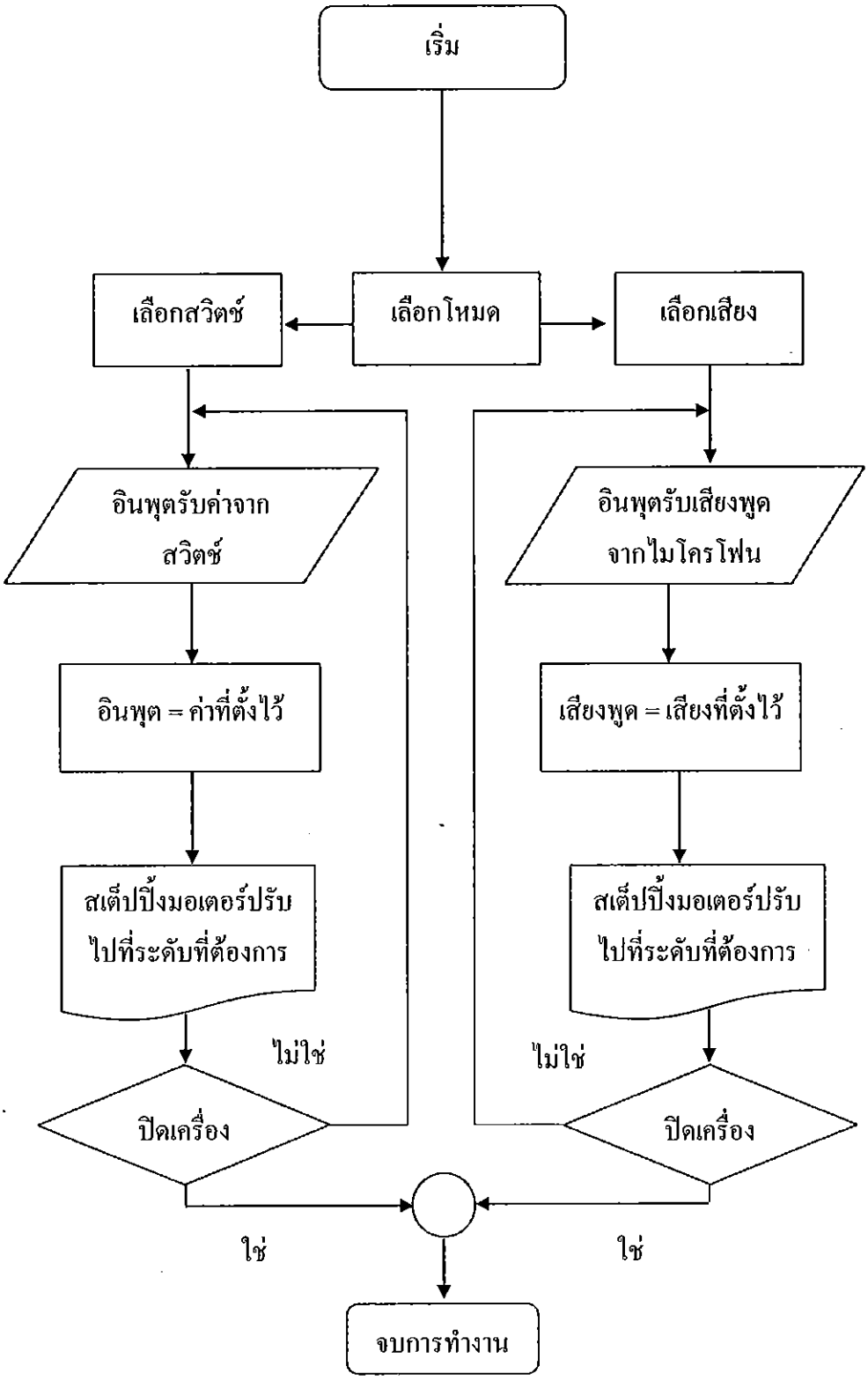
3.1 ภาพรวมของโครงงาน

3.1.1 การทำงาน

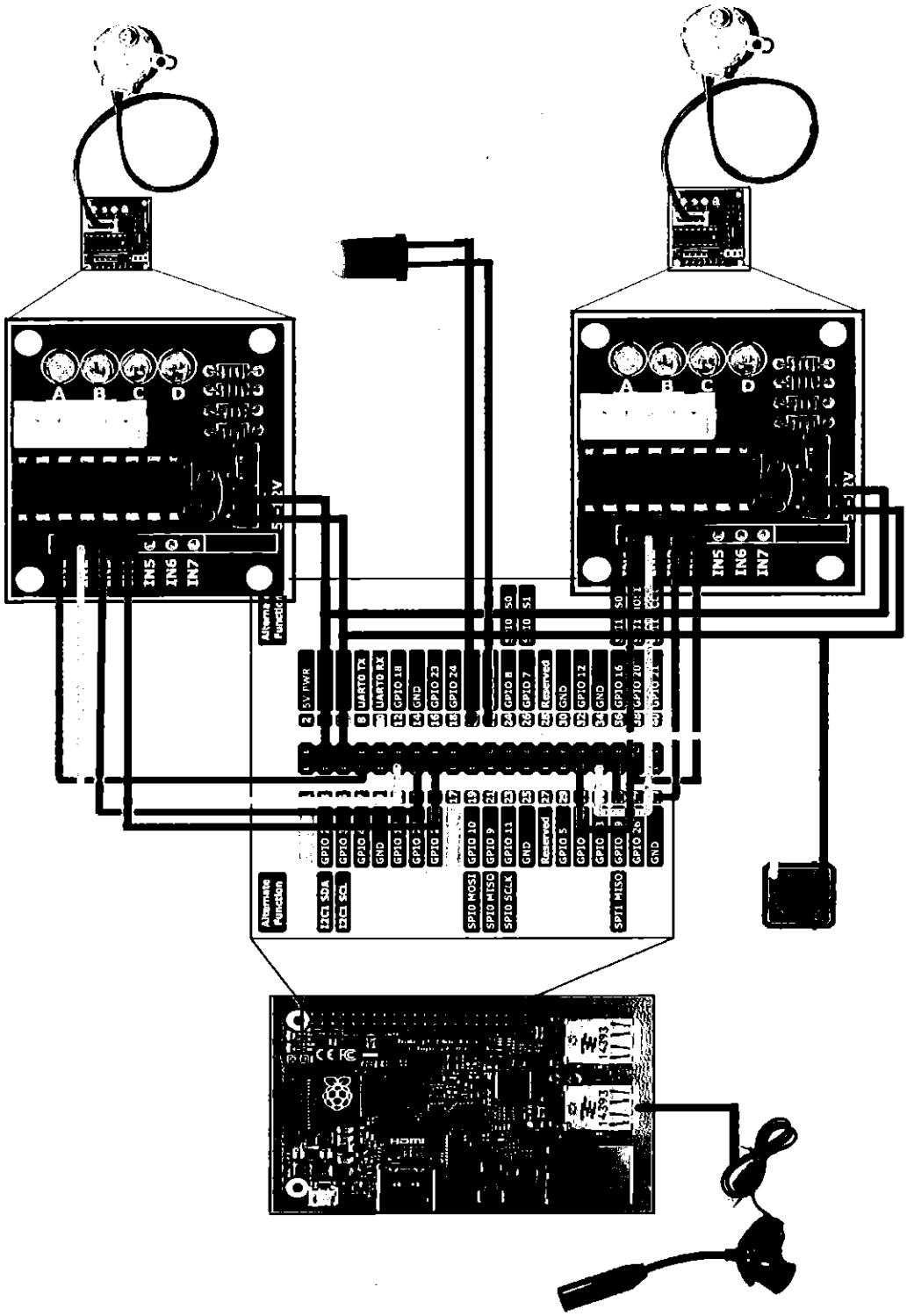
การทำงานของแบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้าเริ่มจากการเลือกโหมดการทำงาน สามารถเลือกโหมดการทำงานได้ 2 โหมด คือ โหมดสั่งงานด้วยเสียงและโหมดสวิตช์ปุ่มกด โดยการป้อนอินพุตเป็นเสียงพูดหรือการกดสวิตช์โดยจะถูกประมวลผลโดยราสเบอร์รี่พายเพื่อควบคุมการหมุนของ สเต็ปปิ้งมอเตอร์ในการปรับระดับของแบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้า

3.1.2 การเชื่อมต่อวงจร

การเชื่อมต่อวงจรจากอุปกรณ์อินพุตและเอาท์พุตเข้ากับบอร์ดราสเบอร์รี่พาย เช่น ไมโครโฟน, สวิตช์ปุ่มกด และบอร์ดขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ โดยนำไมโครโฟนจะต่อเข้ากับพอร์ต USB ของบอร์ดราสเบอร์รี่พายและต่อสวิตช์ปุ่มกดและบอร์ดขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์เข้ากับพอร์ตอินพุตเอาท์พุตอเนกประสงค์ของบอร์ดราสเบอร์รี่พาย รายละเอียดแสดงในตารางที่ 3.1

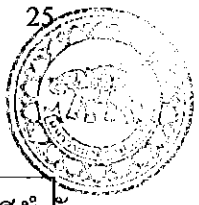


รูปที่ 3.1 แผนภาพแสดงการทำงาน



รูปที่ 3.2 ภาพรวมการต่อวงจร

1720789



สำนักหอสมุด
24 มี.ค. 2561

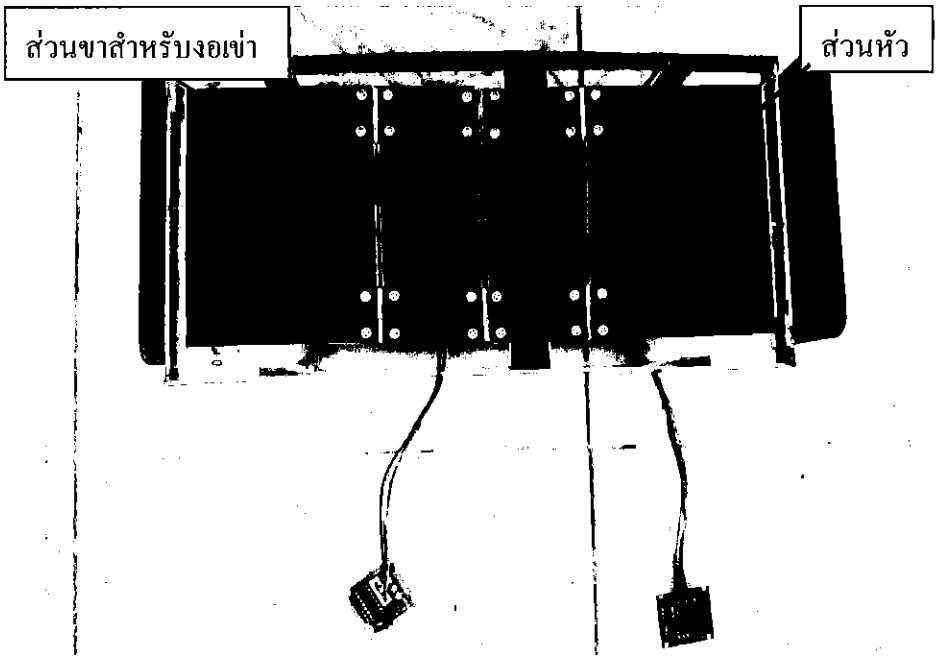
ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงการเชื่อมต่อวงจร

ขาของบอร์ดราสเบอร์รี่พาย	ขาของบอร์ดขับมอเตอร์		ขาของบอร์ดสวิตช์และไดโอดเปล่งแสง	
	ส่วนหัว	ส่วนขา	วงจรสวิตช์	วงจรไดโอดเปล่งแสง
2	ไฟเลี้ยง	ไฟเลี้ยง	ไฟเลี้ยง	ไฟเลี้ยง
3	-	-	-	1
5	-	-	-	2
6	กราวน์	กราวน์	กราวน์	กราวน์
7	1	-	-	-
8	-	-	1	-
10	-	-	4	-
11	2	-	-	-
12	-	-	7	-
13	3	-	-	-
15	4	-	-	-
16	-	-	5	-
18	-	-	6	-
19	-	-	-	3
21	-	-	-	4
22	-	-	-	5
24	-	-	-	6
26	-	-	-	7
29	-	-	-	8
31	-	1	-	-
33	-	2	-	-
35	-	3	-	-
36	-	-	8	-
37	-	4	-	-
38	-	-	2	-
40	-	-	3	-

3.2 การออกแบบและประกอบโครงสร้างแบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้า

3.2.1 การสร้างในส่วนของที่นอน

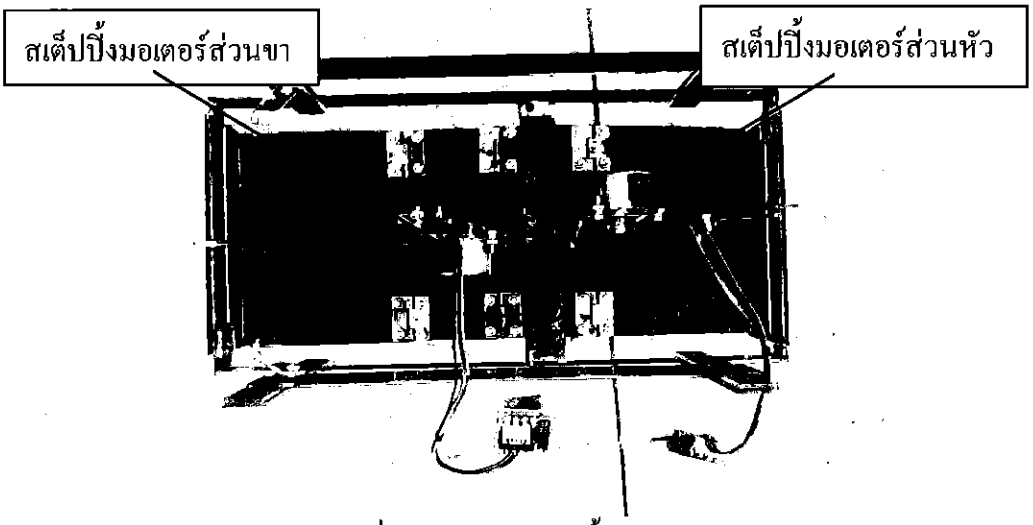
ในส่วนของที่นอนจะใช้แผ่นอะคริลิก 4 แผ่นมาตัดให้ได้ขนาดโดยส่วนขาจะมี 2 แผ่น เพื่อให้สามารถปรับระดับในการงอเข่าขึ้นและส่วนหัวกับส่วนลำตัวจะมี 1 แผ่น โดยจะมีแผ่นบานพับขนาดเล็กเพื่อใช้เป็นจุดเชื่อมต่อกันระหว่างทั้งสี่ชิ้นโดยใช้นอตยึดเข้าด้วยกัน เจาะรูสำหรับติดสเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่ด้านล่างของเตียง ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แบบจำลองเตียงในส่วนของที่นอน

3.2.2 การติดสเต็ปปิ้งมอเตอร์

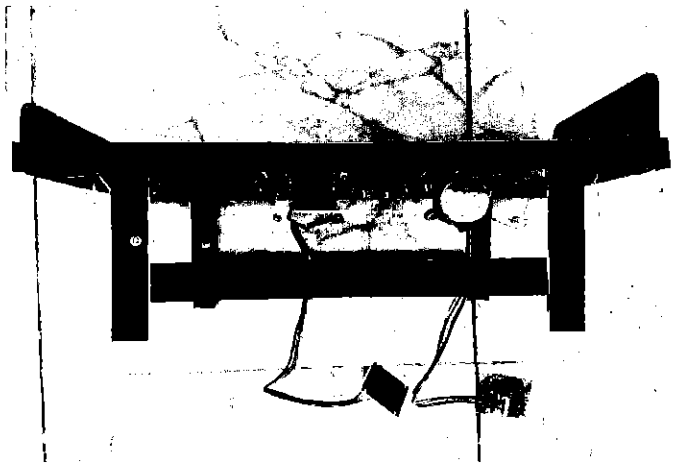
นำสเต็ปปิ้งมอเตอร์มาติดที่ด้านล่างของเตียงซึ่งเป็นจุดเชื่อมต่อกันระหว่างส่วนหัวกับส่วนลำตัวและส่วนขากับส่วนลำตัวโดยใช้นอตยึดไว้กับอะคริลิกเพื่อความแข็งแรง ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 การติดสเต็ปปิ้งมอเตอร์

3.2.3 การสร้างฐานของเตียง

เพื่อความแข็งแรงในการรับน้ำหนักจึงนำแผ่นอะคริลิกมาทำเป็นโครงสร้างในลักษณะของขาเตียงมีความสูง 10 เซนติเมตร ติดไว้ทั้ง 4 ด้านของแบบจำลองเตียง ดังรูป 3.5



รูปที่ 3.5 การทำฐานเตียง

3.3 วิธีการควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์และการตั้งค่ามุมในการปรับระดับ

3.3.1 วิธีการควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์

การควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์สามารถควบคุมได้หลายวิธี ในโครงงานนี้จะใช้วิธีควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบครึ่งสเต็ป ซึ่งหลักการควบคุมทำได้โดยการจ่ายกระแสไฟฟ้าไปที่ขดลวดสองขดที่อยู่ติดกันบนสเตเตอร์สลับกับการจ่ายกระแสไฟฟ้าไปที่ขดลวดหนึ่งขดบนสเตเตอร์ ดังแสดงในตารางที่ 2.3 เนื่องจากการควบคุมแบบครึ่งสเต็ปจะได้แรงบิดมากที่สุดเพราะช่วงของสเต็ปมีระยะสั้น โดยวิธีการควบคุมคือการกำหนดตัวแปรเป็นขาเอาท์พุตของบอร์ดราสเบอร์รี่พาย ให้ส่งสัญญาณเอาท์พุตเป็นรูปแบบการขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบครึ่งสเต็ป โดยควบคุมให้สเต็ปปิ้งมอเตอร์หมุนไปตามสเต็ปที่ต้องการ โดยกำหนดเงื่อนไขจากสเต็ปของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่ได้จากการคำนวณจากมุมในการหมุนของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ วิธีคำนวณหาสเต็ปของสเต็ปปิ้งมอเตอร์สามารถทำได้โดยการนำเอาจำนวนสเต็ปต่อมุมของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่ถูกกำหนดมาจากผู้ผลิตไปคูณกับมุมที่ต้องการจะปรับระดับ การควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์ในโครงงานนี้จะมีการควบคุมการทำงานเป็น 3 ระดับ คือ ระดับที่ 1, 2 และ 3 การควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์ให้หมุนไปในระดับต่างๆ นั้น สามารถกำหนดลำดับเงื่อนไขในการวนรอบในโปรแกรม

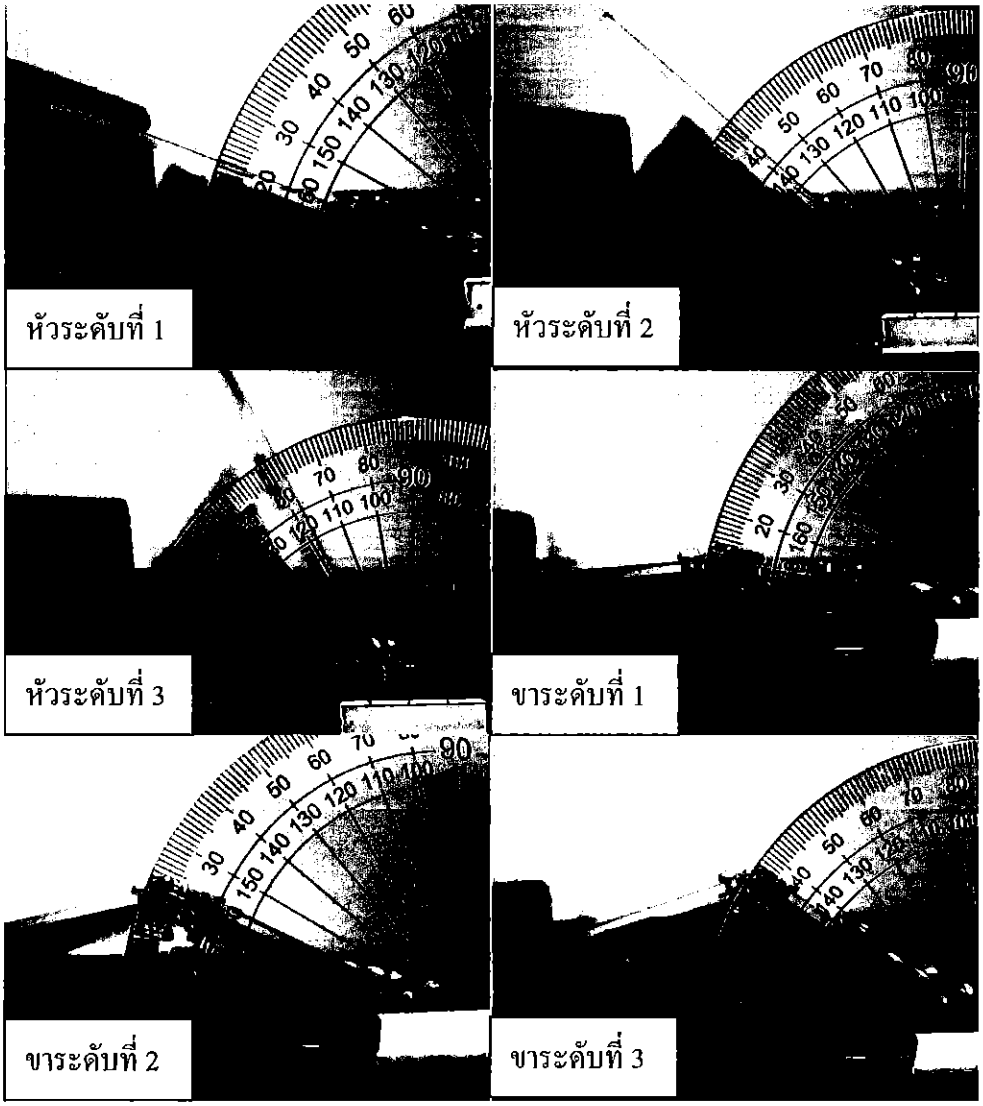
3.3.2 การตั้งค่ามุมในการปรับระดับ

เนื่องจากการปรับระดับของแบบจำลองเตียงมีกลไกในการทำงาน มุมที่ได้จากการคำนวณผ่านตัวของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ จึงไม่ใช่ค่ามุมที่แท้จริงในการปรับระดับ จำเป็นที่จะต้องเพิ่มมุมของสเต็ปปิ้งมอเตอร์เข้าไปเพื่อให้ได้ค่ามุมที่แท้จริงในการปรับระดับ

ตารางที่ 3.2 ตารางแสดงการตั้งค่ามุมในการปรับระดับ

ส่วนที่ปรับระดับ	ระดับของเตียง	จำนวนสเต็ป (สเต็ป)	มุมของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ (องศา)	มุมในการปรับระดับ (องศา)
ส่วนหัว	1	152	27	21
	2	304	54	42
	3	456	81	63
ส่วนขา	1	96	17	12
	2	192	34	24
	3	288	51	36

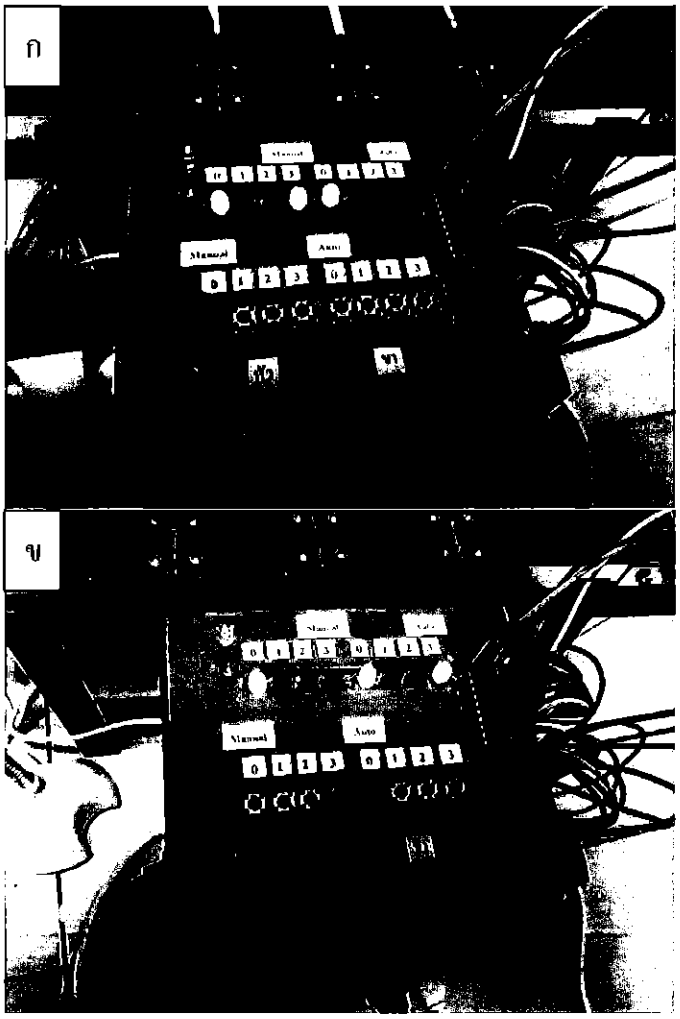
ในการควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์ จากข้อมูลทางเทคนิคของสเต็ปปิ้งมอเตอร์รุ่น 28BYJ-48 จะมีค่าสเต็ปต่อมุมอยู่ที่ 5.625 สเต็ปต่อ 1 องศา จากตารางที่ 3.2 ในระดับที่ 1 ต้องการมุมในการปรับระดับที่ 21 องศา จะต้องเพิ่มมุมของสเต็ปปิ้งมอเตอร์เป็น 27 องศา โดยการกำหนดสเต็ปของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ให้เท่ากับ 152 สเต็ป จึงจะได้ค่ามุมในปรับระดับที่ต้องการ มุมในการปรับระดับส่วนหัวและส่วนขาในระดับ 1, 2, และ 3 จะแสดงได้ดังรูป 3.6



รูปที่ 3.6 มุมในการปรับระดับของแบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้า

3.4 ขั้นตอนการใช้งานแบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้าปรับระดับด้วยคำสั่งเสียง

การใช้งานแบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้าสามารถใช้งานได้ 2 วิธี ได้แก่ การควบคุมการปรับระดับด้วยสวิตช์ปุ่มกดและควบคุมการปรับระดับด้วยคำสั่งเสียง ดังรูปที่ 3.7 โดยการทำงานเริ่มจากการกดสวิตช์ปุ่มกดเพื่อเลือกโหมดการทำงานว่าต้องการใช้โหมดสวิตช์หรือโหมดคำสั่งเสียง ถ้าเลือกโหมดการทำงานไปแล้วจะใช้ได้แค่การทำงานนั้น ถ้าต้องการเปลี่ยนโหมดการทำงานใหม่ให้ทำการรีสตาร์ทเครื่องใหม่

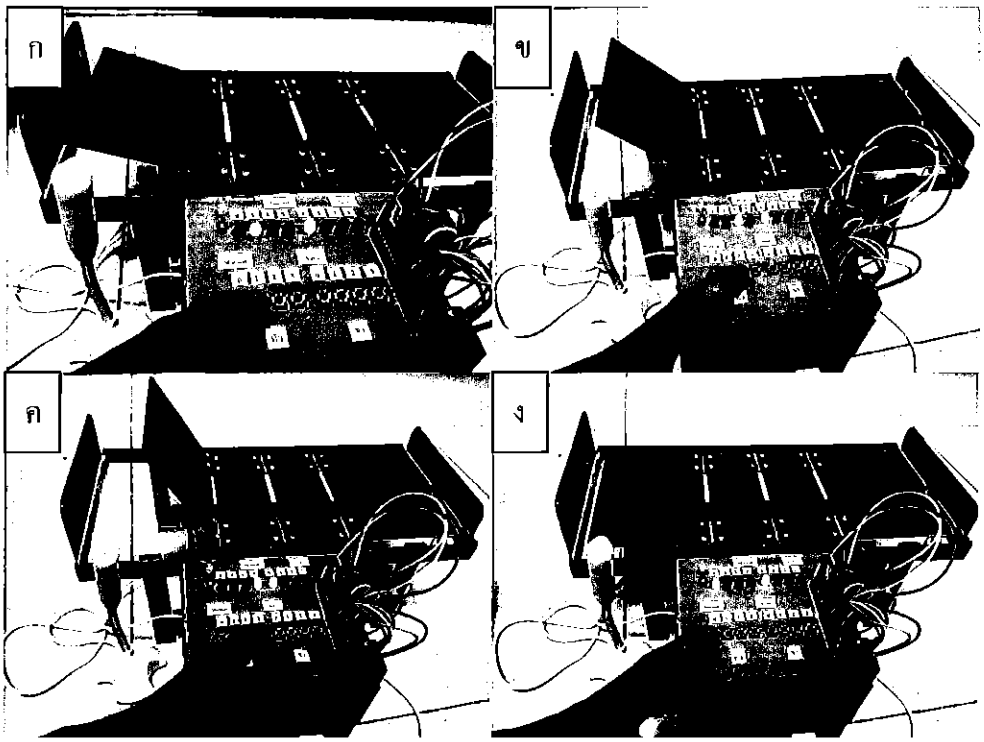


รูปที่ 3.7 การเลือกโหมดการทำงานควบคุมด้วยสวิตช์ (ก) และเลือกโหมดการทำงานควบคุมด้วยเสียง (ข)

3.4.1 การปรับระดับด้วยสวิตช์ปุ่มกด

ถ้าหากเลือกโหมดสวิตช์ปุ่มกด จะมีสวิตช์บนแผงควบคุมอยู่ทั้งหมด 8 ปุ่ม โดยแบ่งเป็นควบคุมส่วนหัวและควบคุมส่วนขาโดยแต่ละปุ่มจะมีตัวเลขกำกับไว้บอกถึงการปรับระดับของเตียง

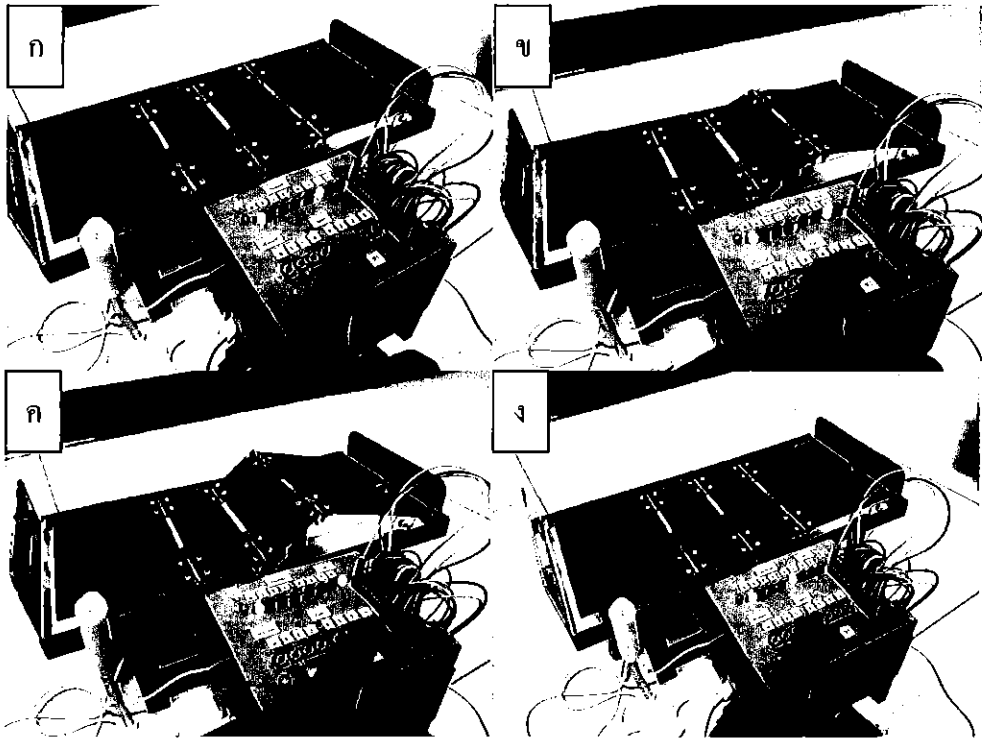
การปรับระดับส่วนหัว



รูปที่ 3.8 การปรับระดับส่วนหัวของแบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้าด้วยสวิตช์ปุ่มกด

กดสวิตช์ที่ส่วนหัวตามหมายเลข 1, 2 และ 3 เตียงจะปรับระดับส่วนหัวไปที่ระดับ 1, 2 และ 3 ดังที่แสดงในรูป 3.8(ก) - 3.8(ค) และเมื่อกดสวิตช์ที่หมายเลข 0 เตียงจะปรับระดับส่วนหัวกลับไปที่ระดับปกติ ดังแสดงในรูปที่ 3.8(ง)

การปรับระดับส่วนขา



รูปที่ 3.9 การปรับระดับส่วนขาของแบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้าด้วยสวิตช์ปุ่มกด

กดสวิตช์ที่ส่วนขาตามหมายเลข 1, 2 และ 3 เตียงจะปรับระดับส่วนขาไปที่ระดับ 1, 2 และ 3 ดังที่แสดงในรูป 3.9(ก) - 3.9(ค) และเมื่อกดสวิตช์ที่หมายเลข 0 เตียงจะปรับระดับส่วนขากลับไปที่ระดับปกติ ดังแสดงในรูปที่ 3.9(ง)

3.4.2 การปรับระดับด้วยคำสั่งเสียง

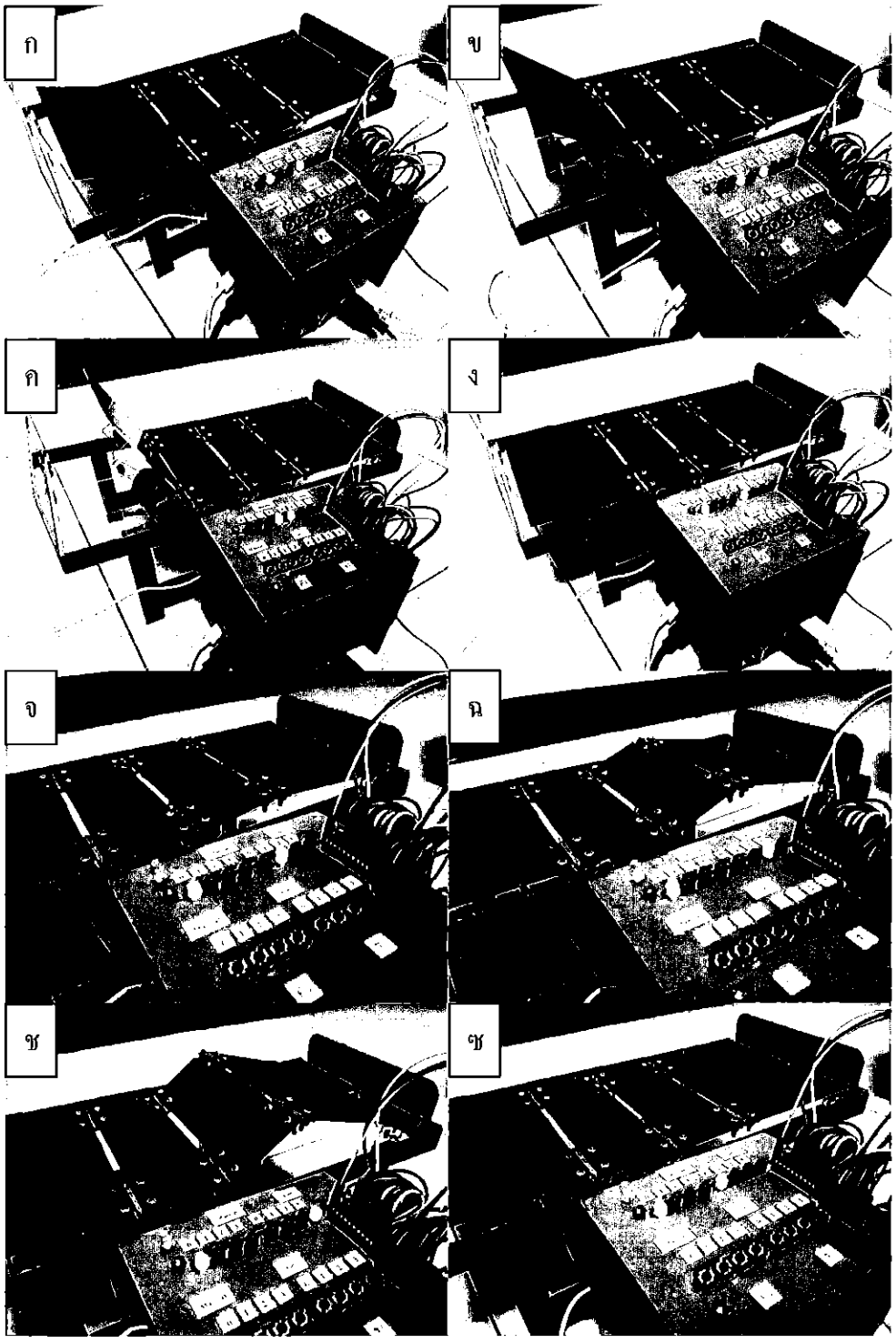
จากคู่มือการใช้งานไมโครโฟนควรมีระยะห่างในการพูดอยู่ประมาณ 15-20 เซนติเมตร เพื่อประสิทธิภาพในการรับเสียงที่ดี และทำการพูดเป็นคำสั่งเสียงภาษาไทยคำว่า "เตียง" เพื่อเป็นการเรียกใช้งานโปรแกรมคำสั่งเสียงในการปรับระดับเตียงซึ่งจะมีหลอดไดโอดเปล่งแสงกระพริบแสดงสถานะว่าพร้อมรับคำสั่งเสียงดังรูปที่ 3.10

รูปที่ 3.10 การเรียกใช้งานคำสั่งในการปรับระดับแบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้าด้วยเสียง

ตารางที่ 3.3 ตารางแสดงคำสั่งเสียงพูดในการปรับระดับของแบบจำลองเตียง

คำสั่งเสียงที่ใช้งาน	ระดับของเตียง	แสดงการทำงานในรูปที่ 3.12
หัวหนึ่ง	หัวระดับ 1	ก
หัวสอง	หัวระดับ 2	ข
หัวสาม	หัวระดับ 3	ค
นอน	หัวระดับปกติ	ง
ขาหนึ่ง	ขาระดับ 1	จ
ขาสอง	ขาระดับ 2	ฉ
ขาสาม	ขาระดับ 3	ช
เหยียดขา	ขาระดับปกติ	ซ

โดยสามารถพูดคำสั่ง 2 คำสั่ง ออกมาพร้อมกันได้ เช่น "หัวหนึ่งขาหนึ่ง" หรือ "หัวสองขาสาม" เมื่อพูดคำสั่งเสียงออกมาแล้วแบบจำลองจะปรับระดับไปตามที่ต้องการ ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 การปรับระดับของแบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้าในระดับต่างๆ หลังจากสั่งงานด้วยเสียง

บทที่ 4
การทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

การทดสอบการทำงานของแบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้าควบคุมด้วยคำสั่งเสียงที่สร้างขึ้นนั้นได้มีการทดสอบการปรับระดับของโครงสร้างว่ามีความเหมาะสมและใกล้เคียงกับเตียงผู้ป่วยไฟฟ้าของจริงมากน้อยเพียงใด ความเร็วและความแม่นยำในการประมวลผลของโปรแกรมวิเคราะห์เสียง และทดสอบผลการทำงานโดยรวมของแบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้าปรับระดับด้วยคำสั่งเสียง

ดังนั้นในการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของแบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้าปรับระดับด้วยคำสั่งเสียง จึงแบ่งการทดลองออกเป็น 4 การทดลอง ดังนี้

การทดลองที่ 1 ทดสอบการปรับระดับของแบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้าด้วยสวิตช์ปุ่มกด

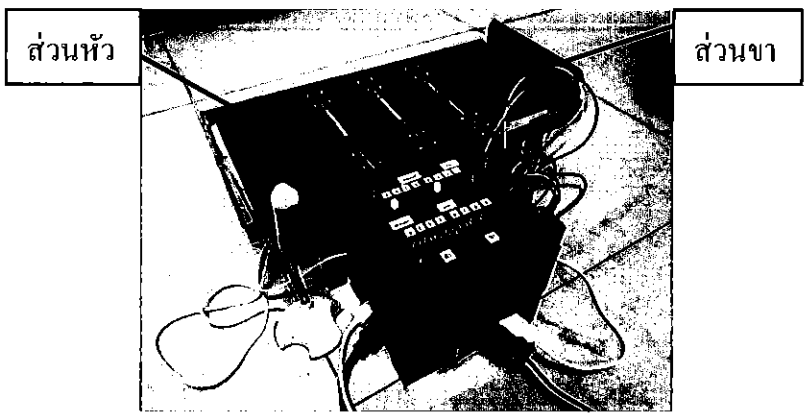
การทดลองที่ 2 ทดสอบการปรับระดับของแบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้าด้วยคำสั่งเสียง

การทดลองที่ 3 ทดสอบความแม่นยำในการตรวจจับเสียงพูดของโปรแกรมวิเคราะห์เสียง

การทดลองที่ 4 ทดสอบความเร็วในการประมวลผลของโปรแกรมวิเคราะห์เสียง

4.1 ทดสอบการปรับระดับของแบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้าด้วยสวิตช์ปุ่มกด

การทดสอบปรับระดับของแบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้าด้วยสวิตช์ปุ่มกดเพื่อสังเกตผลการทดสอบว่าระบบมีการปรับระดับของแบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้าเป็นไปตามที่ได้ออกแบบไว้หรือไม่โดยการทดสอบการปรับระดับของเตียงผู้ป่วยไฟฟ้าในโครงงานนี้มีการทดสอบปรับระดับส่วนหัวและส่วนขาของแบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้า ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้า

ขั้นตอนการทดสอบ

1. เปิดเครื่องแบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้า

2. เลือกโหมดการทำงานโดยการกดปุ่ม manual บนแผงควบคุม

3. กำหนดระดับเริ่มต้นของแบบจำลองเตียงไว้ที่ระดับ 0

4. เริ่มการปรับระดับส่วนหัวโดยการกดสวิตช์ปุ่มกดหมายเลข 1, 2, 3 และ 0 แล้วสังเกตผลการทำงาน

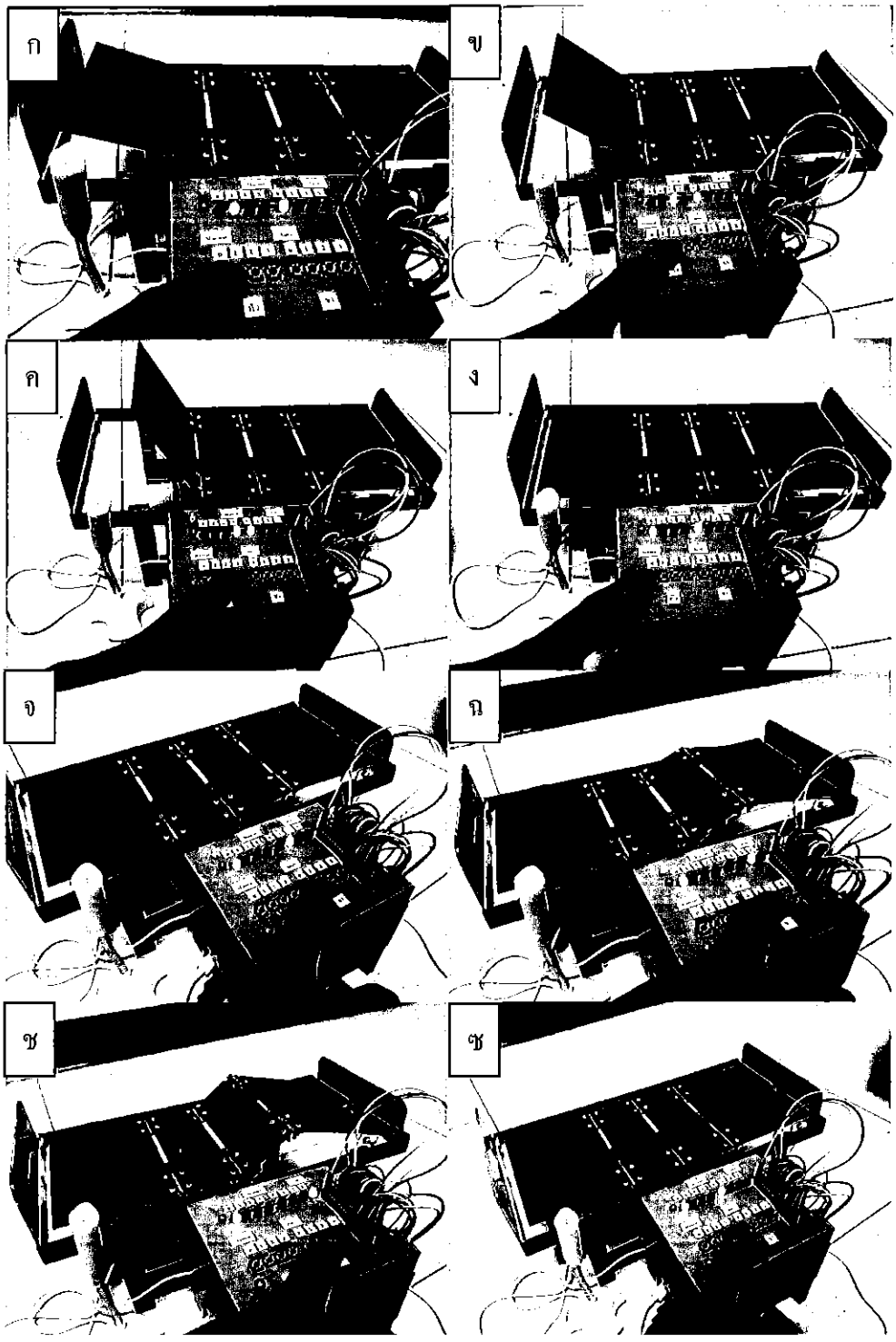
5. เริ่มการปรับระดับส่วนขาโดยการกดสวิตช์ปุ่มกดหมายเลข 1, 2, 3 และ 0 แล้วสังเกตผลการทำงาน

ผลการทดสอบ

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงผลการทดสอบการปรับระดับด้วยสวิตช์ปุ่มกด

ส่วนที่ปรับระดับ	หมายเลขสวิตช์	ระดับของเตียง	แสดงการทำงานในรูปที่ 4.2
ส่วนหัว	1	ระดับ 1	ก
	2	ระดับ 2	ข
	3	ระดับ 3	ค
	0	ระดับปกติ	ง
ส่วนขา	1	ระดับ 1	จ
	2	ระดับ 2	ฉ
	3	ระดับ 3	ช
	0	ระดับปกติ	ซ

จากตารางที่ 4.1 จะเห็นว่าเมื่อปรับระดับส่วนหัวและขาโดยการกดสวิตช์หมายเลข 1, 2, 3 และ 0 ไมโครคอนโทรลเลอร์จะประมวลผลและส่งสัญญาณเอาท์พุตไปที่สเต็ปปิ้งมอเตอร์และไดโอดเปล่งแสง ระดับของเตียงจะปรับระดับส่วนหัวและขาไปที่ระดับ 1, 2, 3 และ 0 ตามที่กดสวิตช์ และไดโอดเปล่งแสงจะแสดงสถานะประจำระดับนั้นๆ



รูปที่ 4.2 การปรับระดับของแบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้าด้วยสวิตช์ปุ่มกด

4.2 ทดสอบการปรับระดับของแบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้าด้วยคำสั่งเสียง

การทดสอบปรับระดับของแบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้าด้วยคำสั่งเสียงเพื่อสังเกตผลการทดสอบว่าระบบมีการปรับระดับของแบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้าเป็นไปตามที่ได้ออกแบบไว้หรือไม่โดยการทดสอบการปรับระดับของเตียงผู้ป่วยไฟฟ้าในโครงงานนี้มีการทดสอบปรับระดับส่วนหัวและส่วนขาของแบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้าเช่นเดียวกับการทดสอบการปรับระดับแบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้าโดยใช้สวิตช์ปุ่มกด ดังรูปที่ 4.1

ขั้นตอนการทดสอบ

1. เปิดเครื่องแบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้า

2. เลือกโหมดการทำงานสั่งงานด้วยเสียง โดยกดปุ่ม auto ที่แผงควบคุม

3. กำหนดระดับเริ่มต้นของแบบจำลองเตียงไว้ที่ระดับ 0

4. พูดคำสั่งเรียกใช้งานโปรแกรมคำสั่งเสียง โดยพูดว่า “เตียง”

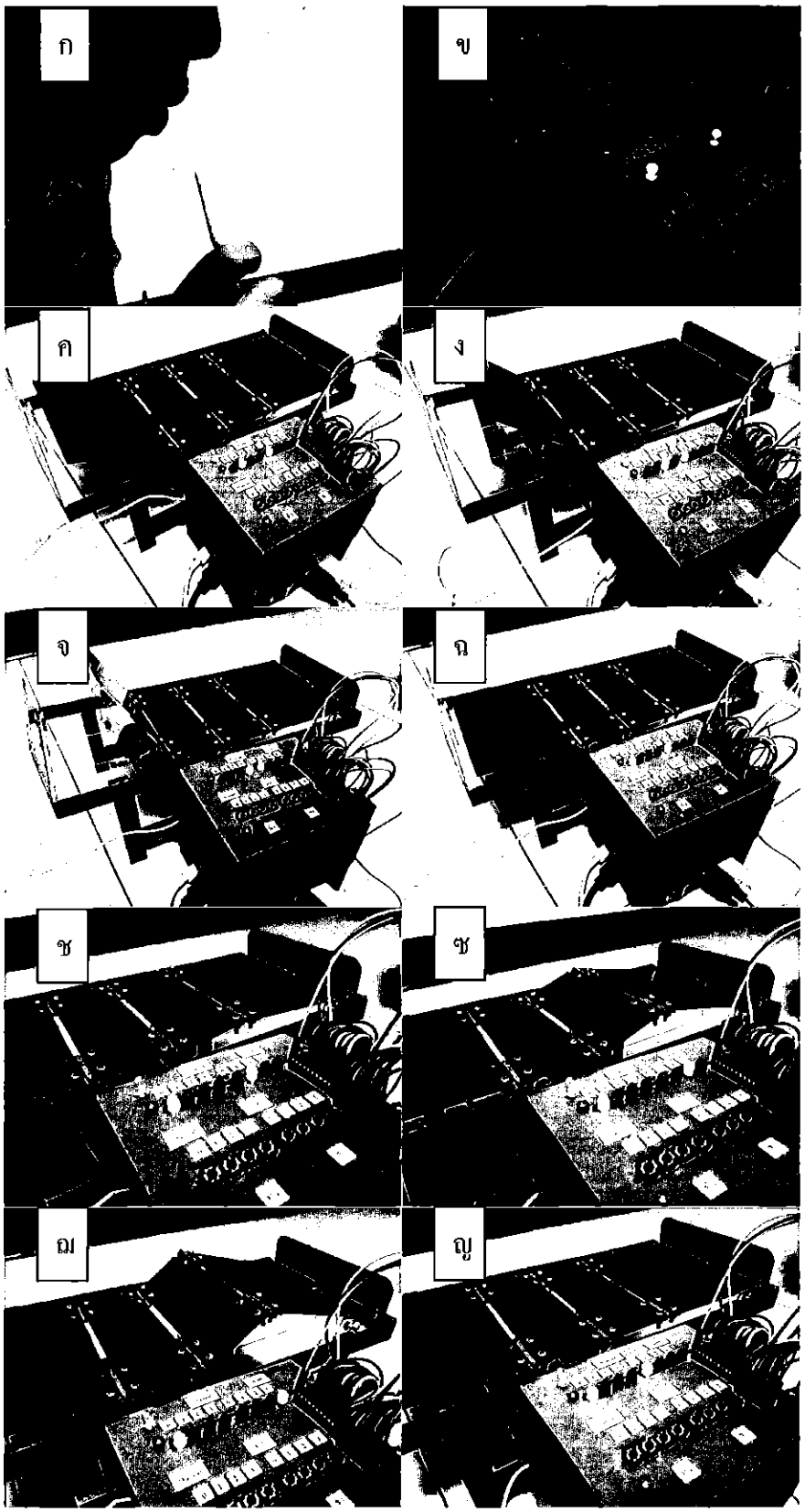
5. พูดคำสั่งในการปรับระดับ คำว่า “หัวหนึ่ง”, “หัวสอง”, “หัวสาม”, “นอน”, “ขาหนึ่ง”, “ขาสอง”, “ขาสาม”, และ “เหยียดขา”

6. สังเกตผลการทำงาน

ผลการทดสอบ

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงผลการทดสอบการปรับระดับด้วยเสียงพูด

คำสั่งเสียงที่พูด	ผลการทำงาน	แสดงการทำงานในรูปที่
เตียง	พร้อมรับคำสั่งเสียงในการปรับระดับ	4.3(ข)
หัวหนึ่ง	ปรับระดับหัวระดับ 1	4.3(ค)
หัวสอง	ปรับระดับหัวระดับ 2	4.3(ง)
หัวสาม	ปรับระดับหัวระดับ 3	4.3(จ)
นอน	ปรับระดับหัวระดับปกติ	4.3(ฉ)
ขาหนึ่ง	ปรับระดับขาระดับ 1	4.3(ช)
ขาสอง	ปรับระดับขาระดับ 2	4.3(ซ)
ขาสาม	ปรับระดับขาระดับ 3	4.3(ฌ)
เหยียดขา	ปรับระดับขาระดับปกติ	4.3(ญ)



รูปที่ 4.3 การปรับระดับของแบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้าด้วยคำสั่งเสียง

การปรับระดับของส่วนหัวและส่วนขาในระดับต่างๆ แสดงได้ดังรูปที่ 4.3 โดยการปรับระดับเริ่มจากการพูดคำสั่งเรียกใช้งานเตียง โดยพูดว่า "เตียง" ที่ไมโครโฟน ไมโครโฟนจะส่งสัญญาณอินพุตไปที่บอร์ดราสเบอร์รี่พายซึ่งทำหน้าที่เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการประมวลผลและส่งสัญญาณเอาท์พุตไปยังไดโอดเปล่งแสงเพื่อแสดงสถานะพร้อมใช้งานคำสั่งเสียง ดังรูปที่ 4.3(ข) จากนั้นจึงพูดคำสั่งในการปรับดับที่ต้องการ โดยพูดว่า "หัว" หรือ "ขา" ตามด้วยระดับที่ต้องการ ราสเบอร์รี่พายจะประมวลผลและส่งสัญญาณเอาท์พุตไปยังบอร์ดควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์และไดโอดเปล่งแสงเพื่อควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์ให้หมุนไประดับที่ต้องการโดยมีหลอดไดโอดเปล่งแสงแสดงสถานะการทำงานที่ระดับนั้น

4.3 ทดสอบความแม่นยำในการตรวจจับเสียงพูดของโปรแกรมวิเคราะห์เสียง

ในการทดสอบความแม่นยำในการตรวจจับเสียงพูดของโปรแกรมวิเคราะห์เสียงนั้นเพื่อสังเกตการว่าเสียงที่พูดเข้าไปนั้น โปรแกรมสามารถตรวจจับและวิเคราะห์ได้อย่างแม่นยำหรือไม่ โดยแบ่งเป็นการตรวจจับเสียงผู้ชายและเสียงผู้หญิงซึ่งจะมีความถี่ของเสียงที่ต่างกันโดยจะพูดคำสั่งซ้ำกัน 10 ครั้งและหาจำนวนครั้งที่โปรแกรมวิเคราะห์เสียงสามารถตรวจจับเสียงได้เพื่อนำไปหาค่าความแม่นยำของโปรแกรมวิเคราะห์เสียง

ขั้นตอนการทดสอบ

1. เปิดเครื่องแบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้า

2. เลือกโหมดสั่งงานด้วยเสียง โดยกดปุ่ม auto บนแผงควบคุม

3. กำหนดระดับเริ่มต้นของแบบจำลองเตียงไว้ที่ระดับ 0

4. พูดคำสั่งการปรับระดับ คำว่า "เตียง", "หัวหนึ่ง", "หัวสอง", "หัวสาม", "ขาหนึ่ง", "ขาสอง", "ขาสาม", "นอน" และ "เหยียดขา" โดยพูดคำละ 10 ครั้ง

5. ทำการจดบันทึกจำนวนครั้งที่สามารถจับเสียงได้ โดยจะแบ่งเป็นเสียงต่ำ (ผู้ชาย) และเสียงสูง (ผู้หญิง)

ผลการทดสอบ

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงผลการทดสอบการตรวจจับเสียงพูด

คำสั่งพูด	จำนวนครั้งที่พูด (ครั้ง)	เสียงต่ำ (ผู้ชาย)		เสียงสูง (ผู้หญิง)	
		จำนวนครั้งที่สามารถจับเสียงได้	เปอร์เซนต์ความแม่นยำ	จำนวนครั้งที่สามารถจับเสียงได้	เปอร์เซนต์ความแม่นยำ
เตียง	10	8	80%	9	90%
หัวหนึ่ง	10	6	60%	6	60%
หัวสอง	10	9	90%	7	70%
หัวสาม	10	9	90%	8	80%
ขาหนึ่ง	10	9	90%	7	70%
ขาสอง	10	8	80%	6	60%
ขาสาม	10	8	80%	7	70%
นอน	10	10	100%	9	90%
เหยียดขา	10	10	100%	9	90%

จากการทดสอบพบว่า คำสั่ง "นอน" หรือ "เหยียดขา" มีความแม่นยำในการตรวจจับเสียงพูดอยู่ที่ร้อยละ 90 - 100 เนื่องจากมีคำที่ออกเสียงใกล้เคียงกันน้อย ส่วนคำสั่ง "หัวหนึ่ง" ที่มีความแม่นยำอยู่ที่ร้อยละ 60 เนื่องจากมีคำออกเสียงใกล้เคียงกันมาก ความแม่นยำของเสียงจึงขึ้นอยู่กับจำนวนคำที่ออกเสียงใกล้เคียงกัน เสียงต้องมีความความถูกต้องและชัดเจน มีโทนเสียงกลางไม่ต่ำเกินไปหรือสูงเกินไป จากคู่มือการใช้งานไมโครโฟนควรมีระยะห่างในการพูดอยู่ที่ประมาณ 15-20 เซนติเมตร

4.4 ทดสอบความเร็วในการประมวลผลของโปรแกรมวิเคราะห์เสียง

ในกระบวนการการทำงานของแบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้าปรับระดับด้วยคำสั่งเสียงนั้นใช้เสียงพูดภาษาไทยเป็นคำสั่งในการสั่งปรับระดับ โปรแกรมวิเคราะห์เสียงที่รองรับเสียงพูดภาษาไทยนั้นจะต้องมีการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ต ซึ่งความเร็วและชนิดการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตนั้นจะส่งผลให้ความเร็วในการประมวลผลด้วย การทดสอบนี้จึงทดสอบหาความเร็วในการประมวลผลของโปรแกรมวิเคราะห์เสียงที่มีการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตรูปแบบต่างๆ ในที่นี้จะแบ่งเป็นการ

เชื่อมต่อผ่านระบบแลน 100 เมกะบิตต่อวินาทีและไวไฟผ่านเครือข่าย 3G 512 กิโลบิตต่อวินาที ของโทรศัพท์มือถือ

ขั้นตอนการทดสอบ

1. เปิดเครื่องแบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้า

2. เลือกโหมดสั่งงานด้วยเสียง โดยกดปุ่ม auto บนแผงควบคุม

3. กำหนดระดับเริ่มต้นของแบบจำลองเตียงไว้ที่ระดับ 0

4. พูดคำสั่งในการปรับระดับ คำว่า "หัวหนึ่ง", "หัวสอง", "หัวสาม", "นอน", "ขาหนึ่ง", "ขาสอง", "ขาสาม", และ "เหยียดขา" โดยพูดคำละ 5 ครั้ง

5. ทำการจับเวลาแต่ละครั้ง โดยเริ่มจับเวลาตั้งแต่พูดไปจึงถึงเริ่มการทำงาน

6. ทำการจดบันทึกค่าเวลาที่ได้แต่ละครั้ง

ผลการทดสอบ

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงผลการทดสอบความเร็วในการประมวลผลของโปรแกรมวิเคราะห์เสียงผ่านระบบแลน 100 เมกะบิตต่อวินาที

คำสั่ง	เวลาประมวลผลของโปรแกรมวิเคราะห์เสียง (วินาที)					
	ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	เฉลี่ย
เตียง	3.54	4.45	4.00	4.25	4.57	4.16
หัวหนึ่ง	4.64	3.41	3.48	3.73	3.92	3.84
หัวสอง	3.53	3.61	3.60	4.12	3.47	3.67
หัวสาม	3.47	3.14	3.40	3.27	3.46	3.35
ขาหนึ่ง	3.07	3.60	3.22	3.34	3.40	3.33
ขาสอง	3.73	3.46	3.47	3.60	3.40	3.53
ขาสาม	3.53	4.97	3.99	3.60	3.92	4.00
นอน	3.41	4.79	2.35	3.01	2.75	3.26
เหยียดขา	3.21	3.42	3.67	3.48	3.80	3.52

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงผลการทดสอบความเร็วในการประมวลผลของโปรแกรมวิเคราะห์เสียงผ่านระบบ 3G 512 กิโลบิตต่อวินาที

คำสั่ง	เวลาประมวลผลของโปรแกรมวิเคราะห์เสียง (วินาที)					
	ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	เฉลี่ย
เตียง	5.42	4.38	5.67	5.10	4.96	5.11
หัวหนึ่ง	4.18	4.53	5.04	4.57	4.84	4.63
หัวสอง	4.25	4.89	5.03	4.64	4.83	4.73
หัวสาม	4.99	4.52	4.65	4.32	4.98	4.69
ขาหนึ่ง	4.77	5.23	5.29	5.04	4.58	4.98
ขาสอง	4.71	4.44	4.90	4.78	5.09	4.78
ขาสาม	4.78	4.70	4.84	4.97	5.62	4.98
นอน	4.86	4.60	4.90	4.71	4.18	4.65
เหยียดขา	4.45	4.32	4.39	4.26	4.51	4.39

จากผลการทดสอบพบว่า ชนิดการเชื่อมต่อและความเร็วของอินเตอร์เน็ตส่งผลต่อความเร็วในการประมวลผลของโปรแกรมวิเคราะห์เสียง การเชื่อมต่อด้วยสายแลนที่ความเร็ว 100 เมกะบิตต่อวินาที การประมวลผลในการวิเคราะห์เสียงจะมีความเร็วที่ดีกว่าที่คำสั่งเดียวกัน

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

โครงงานนี้ได้ออกแบบและพัฒนาแบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้าที่สามารถปรับระดับได้ 2 ส่วน คือ ส่วนหัวและส่วนขา ในแต่ละส่วนจะปรับระดับได้ 3 ระดับ ซึ่งควบคุมการปรับระดับด้วยคำสั่งเสียงพูดและสวิตช์ปุ่มกด โดยการควบคุมด้วยคำสั่งเสียงพูดนั้นจะนำเอาหลักการและโปรแกรมวิเคราะห์เสียงมาประยุกต์ใช้กับโครงงาน เพื่อใช้เสียงพูดในการควบคุมการหมุนของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ในการปรับระดับของแบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้า

จากผลการทดสอบ พบว่าการควบคุมโดยใช้สวิตช์ปุ่มกด สามารถควบคุมการปรับระดับของแบบจำลองเตียงผู้ป่วยไฟฟ้าได้อย่างถูกต้องและการควบคุมการปรับระดับด้วยเสียงพูดสามารถควบคุมด้วยคำสั่งเสียงเป็นภาษาไทยได้ โดยคำสั่งเสียงพูดนั้นจะต้องออกเสียงที่ถูกต้องและชัดเจน จากคู่มือการใช้งานไมโครโฟนควรมีระยะห่างในการพูดประมาณ 15-20 เซนติเมตร และจะต้องมีการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตให้กับบอร์ดราสเบอร์รี่พาย ซึ่งความเร็วของอินเตอร์เน็ตจะส่งผลต่อการประมวลผลของโปรแกรมวิเคราะห์เสียงด้วย ที่ความเร็วอินเตอร์เน็ต 100 เมกะบิตต่อวินาที ความเร็วในการประมวลผลเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 3.26 วินาที และที่คำสั่งเดียวกันของความเร็วอินเตอร์เน็ต 512 กิโลบิตต่อวินาที ความเร็วในการประมวลผลเฉลี่ยอยู่ที่ 4.65 วินาที

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

1. น้ำหนักและกลไกของส่วนเคลื่อนที่ของแบบจำลองเตียงส่งผลต่อการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ทำให้สเต็ปปิ้งมอเตอร์ทำงานหนัก มุมในการปรับระดับของเตียงจึงมีความคลาดเคลื่อนเนื่องจาก สเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่นำมาใช้กับแบบจำลองเตียงนั้นเป็นสเต็ปปิ้งมอเตอร์คุณภาพต่ำที่มีราคาถูก แนวทางแก้ไขคือเปลี่ยนวัสดุที่ใช้ทำส่วนเคลื่อนที่ของแบบจำลองเตียงผู้ป่วยไปใช้วัสดุที่เบาลง ซึ่งเป็นแนวทางแก้ไขที่ดีกว่าการเปลี่ยนสเต็ปปิ้งมอเตอร์เนื่องจากสเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่มีคุณภาพดีนั้นมีราคาที่สูงมาก

2. โปรแกรมวิเคราะห์เสียงที่ใช้นั้นเป็นโปรแกรมวิเคราะห์เสียงที่รองรับภาษาไทยซึ่งต้องใช้อินเตอร์เน็ตในการดึงโปรแกรมวิเคราะห์เสียงมาใช้ในโปรแกรมควบคุมเพราะฉะนั้นต้องมีการต่ออินเตอร์เน็ตตลอดเวลาที่มีการใช้งานและความเสถียรของอินเตอร์เน็ตส่งผลต่อโปรแกรมด้วย ซึ่งในตัวบอร์ดราสเบอร์รี่พายก็มีพอร์ตสำหรับเสียบสายแลนและมีไวไฟสำหรับใช้งานอินเตอร์เน็ตได้

3. การพูดที่ใกล้ไมโครโฟนเกินไปจะทำให้เสียงที่พูดเข้าไปนั้นมีความเพี้ยนและการพูดที่ไกลไมโครโฟนเกินไปจะทำให้ไม่สามารถตรวจจับเสียงพูดได้เพราะฉะนั้นจึงต้องพูดด้วยระยะห่างประมาณ 15-20 เซนติเมตร จึงจะได้เสียงที่ถูกต้องและชัดเจน

5.3 ข้อเสนอแนะในการพัฒนา

1. มีระบบตอบรับอัตโนมัติเป็นเสียงพูดเพื่อให้โปรแกรมรับรู้คำสั่งเสียงที่สั่งเข้าไปมีความถูกต้องหรือไม่

2. สเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่นำมาทดลองนั้นมีคุณภาพต่ำควรปรับเปลี่ยนเป็นสเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่คุณภาพสูง จะส่งผลให้การปรับระดับของเตียงมีความแม่นยำมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] http://www.praneemedical.com/detail.php?id_detail=57, อะไรคือเตียงผู้ป่วย สืบค้นเมื่อ 7 ตุลาคม 2559

[2] http://www.thaieasyelec.com/article-wiki/embedded-electronics-application/บทความพัฒนาโปรแกรมบน-raspberry-pi-ด้วย-qt.html, บทความพัฒนาโปรแกรมบนRaspberry Pi ด้วย Qt สืบค้นเมื่อ 7 ตุลาคม 2559

[3] http://www.adisak51.com/home/step_motor, สเต็ปปิ้งมอเตอร์ สืบค้นเมื่อ 8 ตุลาคม 2559

[4] https://www.arduinoall.com/product/202/ic-uln2003, IC ULN2003 สืบค้นเมื่อ 8 ตุลาคม 2559

[5] http://www.vcharkarn.com/maker/501923, มารู้จักคอมพิวเตอร์จิ๋ว Raspberry Pi กันเถอะ สืบค้นเมื่อ 8 ตุลาคม 2559

[6] http://www.sathittham.com/raspberry-pi/rpi-ep-4/, [RPi] เริ่มต้นกับ Raspberry Pi ตอนที่ 4 : Hello World ! Raspberry Pi (Blink LED) สืบค้นเมื่อ 21 ตุลาคม 2559

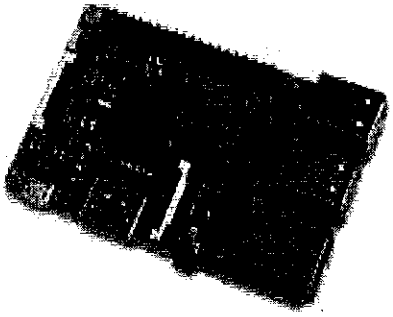
[7] https://th.wikipedia.org/wiki/ภาษาไพทอน, ภาษาไพทอน สืบค้นเมื่อ 21 ตุลาคม 2559

[8] https://python3.wannaphong.com/2014/12/speech-recognition-แบบง่าย-ๆ-ใน-python-3.html, Speech recognition แบบง่าย ๆ ใน Python 3 สืบค้นเมื่อ 9 ธันวาคม 2559

ภาคผนวก ก.

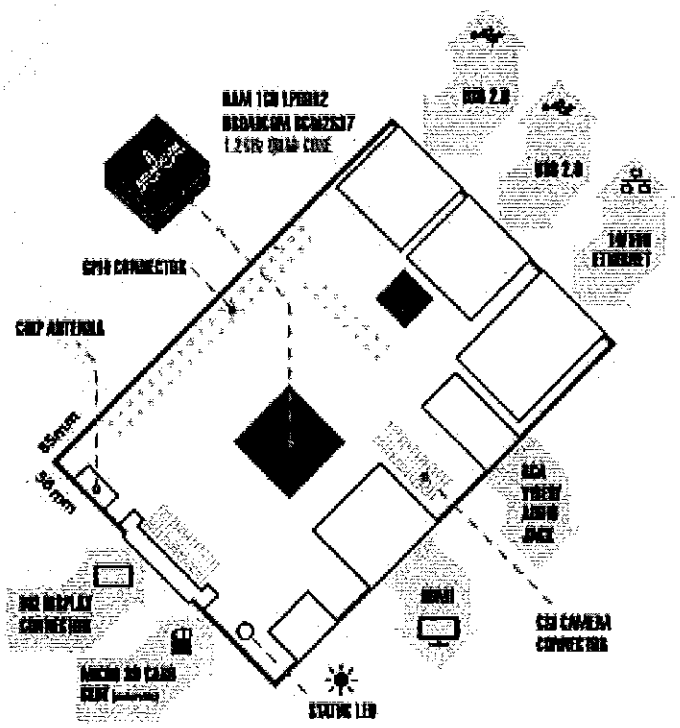
รายละเอียดข้อมูลทางเทคนิคของบอร์ดราสเบอร์รี่พาย

Raspberry Pi



Raspberry Pi 3 Model B

Product Name	**Raspberry Pi 3**
Product Description	The Raspberry Pi 3 Model B is the third generation Raspberry Pi. This powerful credit-card sized single board computer can be used for many applications and supersedes the original Raspberry Pi Model B+ and Raspberry Pi 2 Model B. Whilst maintaining the popular board format the Raspberry Pi 3 Model B brings you a more powerful processor, 10x faster than the first generation Raspberry Pi. Additionally it adds wireless LAN & Bluetooth connectivity making it the ideal solution for powerful connected designs.
RS Part Number	**896-8660**



Raspberry Pi

Raspberry Pi 3 Model B

Specifications	
Processor	Broadcom BCM2387 chipset. 1.2GHz Quad-Core ARM Cortex-A53 802.11 b/g/n Wireless LAN and Bluetooth 4.1 (Bluetooth Classic and LE)
GPU	Dual Core VideoCore IV® Multimedia Co-Processor. Provides Open GL ES 2.0, hardware-accelerated OpenVG, and 1080p30 H.264 high-profile decode. Capable of 1Gpixel/s, 1.5Gtexel/s or 24GFLOPs with texture filtering and DMA infrastructure
Memory	1GB LPDDR2
Operating System	Boots from Micro SD card, running a version of the Linux operating system or Windows 10 IoT
Dimensions	85 x 56 x 17mm
Power	Micro USB socket 5V1, 2.5A
Connectors:	
Ethernet	10/100 Base Ethernet socket
Video Output	HDMI (rev 1.3 & 1.4 Composite RCA (PAL and NTSC)
Audio Output	Audio Output 3.5mm jack, HDMI USB 4 x USB 2.0 Connector
GPIO Connector	40-pin 2.54 mm (100 mil) expansion header: 2x20 strip Providing 27 GPIO pins as well as +3.3 V, +5 V and GND supply lines
Camera Connector	15-pin MIPI Camera Serial Interface (CSI-2)
Display Connector	Display Serial Interface (DSI) 15 way flat flex cable connector with two data lanes and a clock lane
Memory Card Slot	Push/pull Micro SDIO

Key Benefits		
	• Low cost	• Consistent board format
	• 10x faster processing	• Added connectivity

Key Applications		
	• Low cost PC/tablet/laptop	• IoT applications
	• Media centre	• Robotics
	• Industrial/Home automation	• Server/cloud server
	• Print server	• Security monitoring
	• Web camera	• Gaming
	• Wireless access point	
	• Environmental sensing/monitoring (e.g. weather station)	

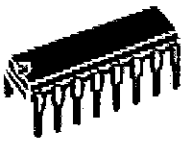
ภาคผนวก ข.

รายละเอียดข้อมูลทางเทคนิคของไอซีขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ULN2003

ULN2001A-ULN2002A
ULN2003A-ULN2004A

SEVEN DARLINGTON ARRAYS

- SEVEN DARLINGTONS PER PACKAGE
- OUTPUT CURRENT 500mA PER DRIVER (600mA PEAK)
- OUTPUT VOLTAGE 50V
- INTEGRATED SUPPRESSION DIODES FOR INDUCTIVE LOADS
- OUTPUTS CAN BE PARALLELED FOR HIGHER CURRENT
- TTL/CMOS/PMOS/DTL COMPATIBLE INPUTS
- INPUTS PINNED OPPOSITE OUTPUTS TO SIMPLIFY LAYOUT



DIP16

ORDERING NUMBERS: ULN2001A/2A/3A/4A

SO16

ORDERING NUMBERS: ULN2001D/2D/3D/4D

DESCRIPTION

The ULN2001A, ULN2002A, ULN2003 and ULN2004A are high voltage, high current darlington arrays each containing seven open collector darlington pairs with common emitters. Each channel rated at 500mA and can withstand peak currents of 600mA. Suppression diodes are included for inductive load driving and the inputs are pinned opposite the outputs to simplify board layout.

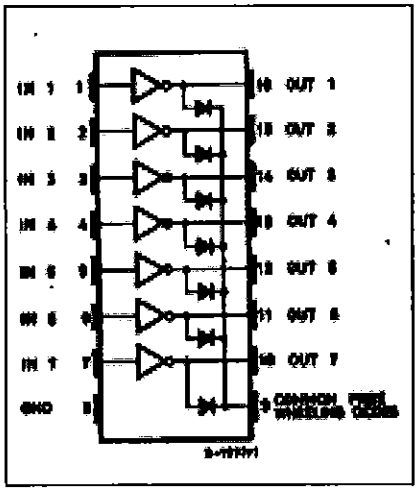
The four versions interface to all common logic families :

ULN2001A	General Purpose, DTL, TTL, PMOS, CMOS
ULN2002A	14-25V PMOS
ULN2003A	5V TTL, CMOS
ULN2004A	6–15V CMOS, PMOS

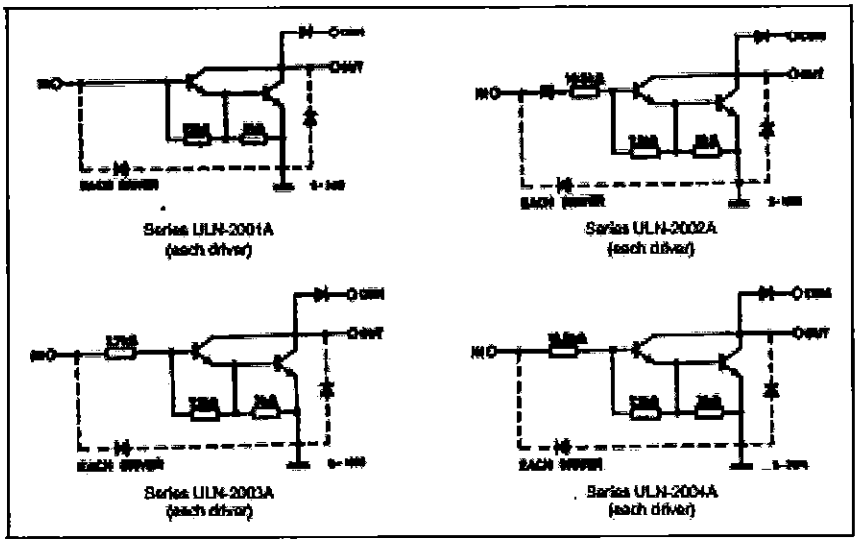
These versatile devices are useful for driving a wide range of loads including solenoids, relays DC motors, LED displays filament lamps, thermal printheads and high power buffers.

The ULN2001A/2002A/2003A and 2004A are supplied in 16 pin plastic DIP packages with a copper leadframe to reduce thermal resistance. They are available also in small outline package (SO-16) as ULN2001D/2002D/2003D/2004D.

PIN CONNECTION



SCHEMATIC DIAGRAM



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_o	Output Voltage	50	V
V_{in}	Input Voltage (for ULN2002A/D - 2003A/D - 2004A/D)	30	V
I_c	Continuous Collector Current	500	mA
I_b	Continuous Base Current	25	mA
T_{amb}	Operating Ambient Temperature Range	– 20 to 85	°C
T_{stg}	Storage Temperature Range	– 55 to 150	°C
T_j	Junction Temperature	150	°C

THERMAL DATA

Symbol	Parameter		DIP16	SO16	Unit
$R_{th\ j\text{-}amb}$	Thermal Resistance Junction-ambient	Max.	70	120	°C/W

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_{amb} = 25°C unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit	Fig.
I_{CEX}	Output Leakage Current	V_{CE} = 50V T_{amb} = 70°C, V_{CE} = 50V T_{amb} = 70°C for ULN2002A V_{CE} = 50V, V_I = 6V for ULN2004A V_{CE} = 50V, V_I = 1V			50 100 500 500	µA µA µA µA	1a 1a 1b 1b
$V_{CE(sat)}$	Collector-emitter Saturation Voltage	I_C = 100mA, I_B = 350µA I_C = 200 mA, I_B = 350µA I_C = 350mA, I_B = 500µA		0.9 1.1 1.3	1.1 1.3 1.6	V V V	2 2 2
$I_{I(on)}$	Input Current	for ULN2002A, V_I = 17V for ULN2003A, V_I = 3.85V for ULN2004A, V_I = 5V V_I = 12V		0.82 0.93 0.35 1	1.25 1.35 0.5 1.45	mA mA mA mA	3 3 3 3
$I_{I(off)}$	Input Current	T_{amb} = 70°C, I_C = 500µA	50	65		µA	4
$V_{I(on)}$	Input Voltage	V_{CE} = 2V for ULN2002A I_C = 300mA for ULN2003A I_C = 200mA I_C = 250mA I_C = 300mA for ULN2004A I_C = 125mA I_C = 200mA I_C = 275mA I_C = 350mA			 13 2.4 2.7 3 5 6 7 8	V	5
h_{FE}	DC Forward Current Gain	for ULN2001A V_{CE} = 2V, I_C = 350mA	1000				2
C_I	Input Capacitance			15	25	pF	
t_{PLH}	Turn-on Delay Time	0.5 V_I to 0.5 V_O		0.25	1	µs	
t_{PHL}	Turn-off Delay Time	0.5 V_I to 0.5 V_O		0.25	1	µs	
I_R	Clamp Diode Leakage Current	V_R = 50V T_{amb} = 70°C, V_R = 50V			50 100	µA µA	8 8
V_F	Clamp Diode Forward Voltage	I_F = 350mA		1.7	2	V	7

TEST CIRCUITS

Figure 1a.

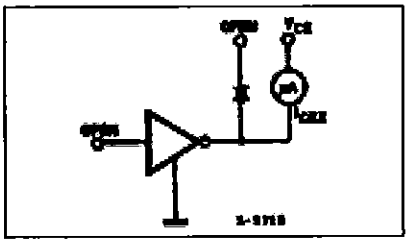


Figure 1b.

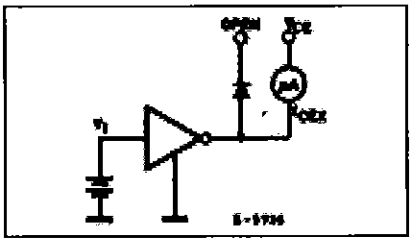


Figure 2.

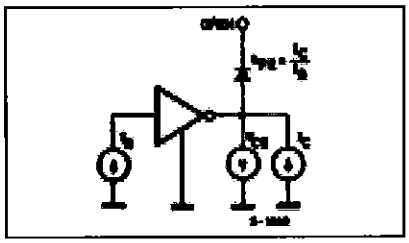


Figure 3.

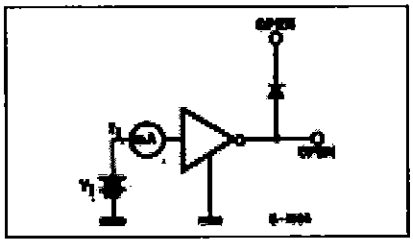


Figure 4.

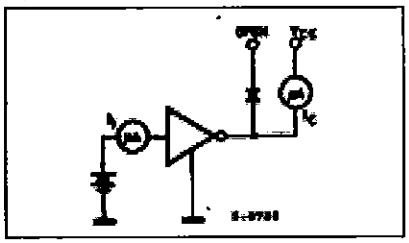


Figure 5.

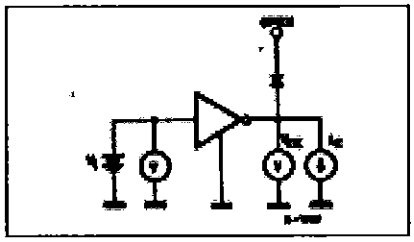


Figure 6.

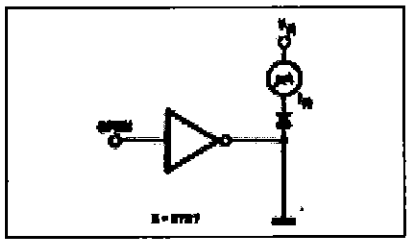


Figure 7.

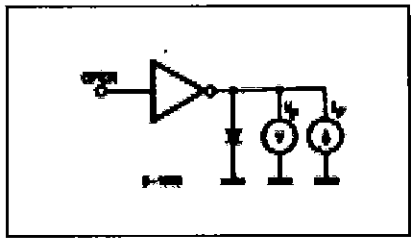


Figure 8: Collector Current versus Input Current

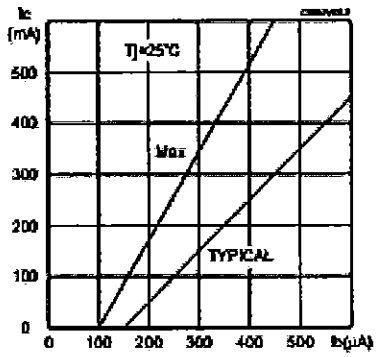


Figure 9: Collector Current versus Saturation Voltage

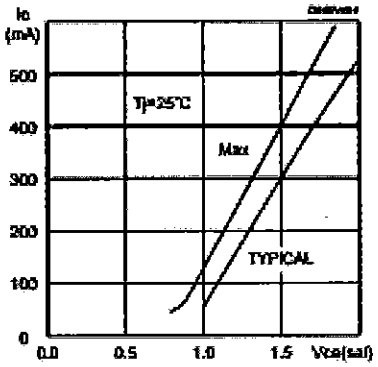


Figure 10: Peak Collector Current versus Duty Cycle

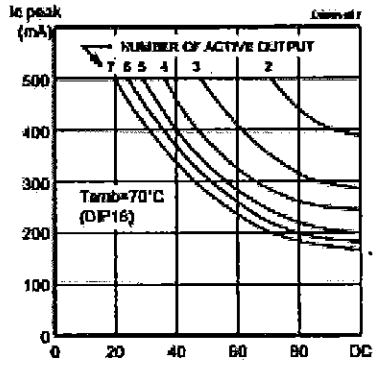
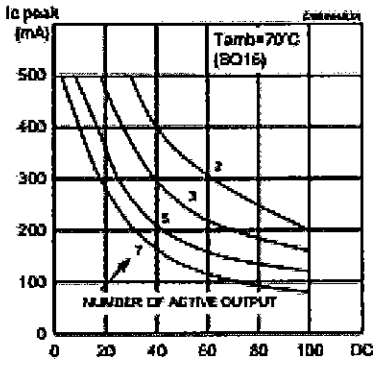


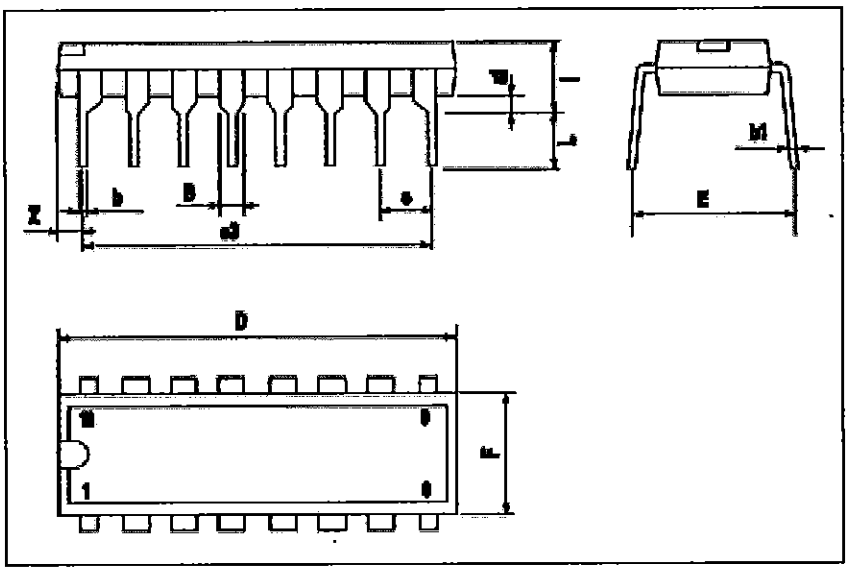
Figure 11: Peak Collector Current versus Duty Cycle



DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
a1	0.51			0.020		
B	0.77		1.65	0.030		0.065
b		0.5			0.020	
b1		0.25			0.010	
D			20			0.787
E		8.5			0.335	
e		2.54			0.100	
e3		17.78			0.700	
F			7.1			0.280
I			5.1			0.201
L		3.3			0.130	
Z			1.27			0.050

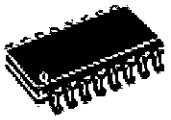
OUTLINE AND MECHANICAL DATA

DIP16



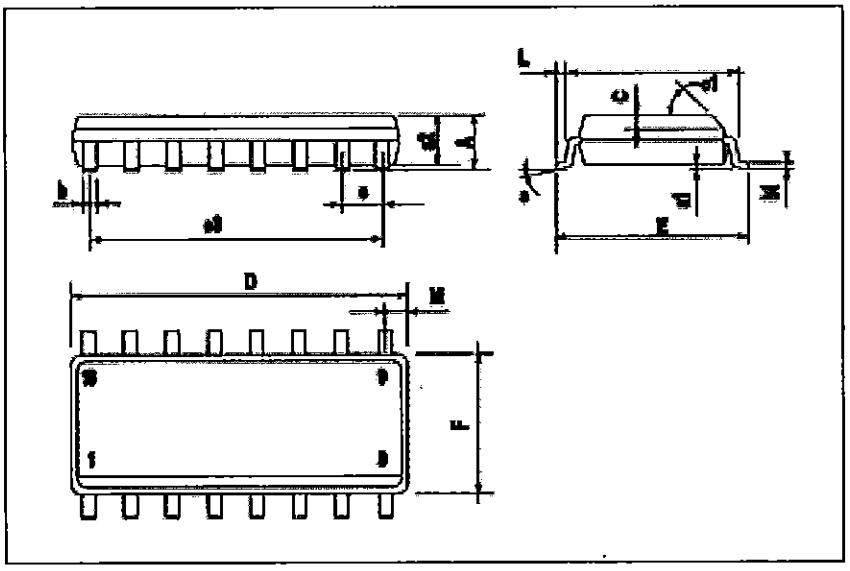
DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			1.75			0.069
a1	0.1		0.25	0.004		0.009
a2			1.6			0.063
b	0.35		0.46	0.014		0.018
b1	0.19		0.25	0.007		0.010
C		0.5			0.020	
c1	45° (typ.)					
D (1)	9.8		10	0.386		0.394
E	5.8		6.2	0.228		0.244
e		1.27			0.050	
e3		8.89			0.350	
F (1)	3.8		4	0.150		0.157
G	4.8		5.3	0.181		0.209
L	0.4		1.27	0.016		0.050
M			0.62			0.024
S	8° (max.)					

OUTLINE AND MECHANICAL DATA



SO16 Narrow

(1) D and F do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed 0.15mm (.006inch).



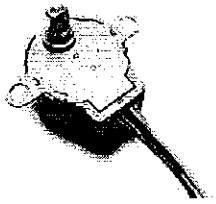
ภาคผนวก ค.

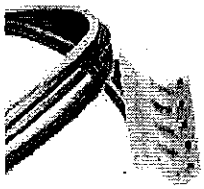
รายละเอียดข้อมูลทางเทคนิคของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ รุ่น 28BYJ-48

Kiatronics
electronic design and manufacture

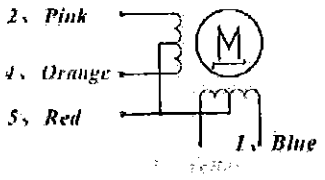
28BYJ-48 – 5V Stepper Motor

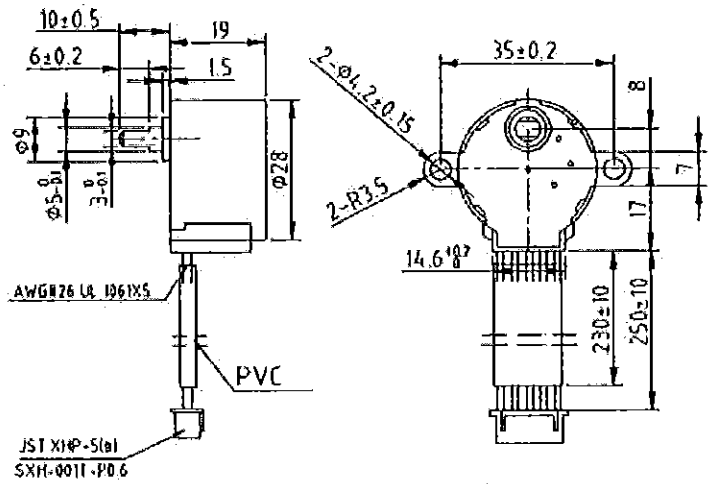
The 28BYJ-48 is a small stepper motor suitable for a large range of applications.





Rated voltage :	5VDC
Number of Phase	4
Speed Variation Ratio	1/64
Stride Angle	5.625°/64
Frequency	100Hz
DC resistance	50Ω±7%(25°C)
Idle In-traction Frequency	> 600Hz
Idle Out-traction Frequency	> 1000Hz
In-traction Torque	>34.3mN.m(120Hz)
Self-positioning Torque	>34.3mN.m
Friction torque	600-1200 gf.cm
Pull in torque	300 gf.cm
Insulated resistance	>10MΩ(500V)
Insulated electricity power	600VAC/1mA/1s
Insulation grade	A
Rise in Temperature	<40K(120Hz)
Noise	<35dB(120Hz,No load,10cm)
Model	28BYJ-48 – 5V





ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน

ชื่อ นายอภิชาติ จันทร์น้อย

ภูมิลำเนา 188 หมู่ 8 ต.แม่สิน อ.ศรีสัชนาลัย จ.สุโขทัย

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนเมืองเชลียง
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Email: **Apichartj56@email.nu.ac.th**

ชื่อ นายเนติพงศ์ มาพริก

ภูมิลำเนา 120 หมู่ 7 ต.ดงคู่ อ.ศรีสัชนาลัย จ.สุโขทัย

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนเมืองเชลียง
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Email: **Netipongm56@email.nu.ac.th**