

ระบบตรวจสอบมลภาวะทางอากาศแบบผลิตพลังงานเองได้

โดยการประยุกต์ใช้เพียโซอิเล็กทริก

SELF-POWERED AIR POLLUTION MONITORING SYSTEM

BY APPLICATION OF PIEZOELECTRIC



พิตรพิบูล ยศรุ่งเรือง
ศตายุทธ ประเสริฐแก้ว

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SELF-POWERED AIR POLLUTION MONITORING SYSTEM
BY APPLICATION OF PIEZOELECTRIC



THE THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN CONTROL ENGINEERING
SCHOOL OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2022

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2565

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและระบบควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบตรวจสอบมลภาวะทางอากาศแบบผลิตพลังงานเองได้
โดยการประยุกต์ใช้เพียโซอิเล็กทริก
SELF-POWERED AIR POLLUTION MONITORING SYSTEM
BY APPLICATION OF PIEZOELECTRIC

ผู้จัดทำ นายพิตรพิบูล ยศรุ่งเรือง 62010631
นายศดายุทธ ประเสริฐแก้ว 62010844

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. ดอน อิศรากร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบตรวจสอบมลภาวะทางอากาศแบบผลิตพลังงานเองได้ โดยการประยุกต์ใช้เพียโซอิเล็กทริก

โดย

นายพิตรพิบูล ยศรุ่งเรือง 62010631

นายศดายุทธ ประเสริฐแก้ว 62010844

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.ดอน อิศรากร

ปีการศึกษา 2565

บทคัดย่อ

ปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้ นำเสนอการออกแบบระบบตรวจสอบระบบตรวจสอบมลภาวะทางอากาศแบบผลิตพลังงานเองได้โดยการประยุกต์ใช้เพียโซอิเล็กทริก ซึ่งงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำพลังงานจลน์จากการเหยียบพื้นกำเนิดพลังงานแต่ละครั้งมาใช้ประโยชน์โดยอาศัยปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริกเป็นส่วนกำเนิดพลังงานของอุปกรณ์ระบบตรวจสอบมลภาวะทางอากาศ โดยขั้นตอนการดำเนินงาน เริ่มจากการศึกษาเอกสารงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแหล่งพลังงานจากพื้นกำเนิดพลังงาน จากนั้นได้ทำการทดลอง เพื่อศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการสร้างแหล่งพลังงานไฟฟ้าให้เป็นแหล่งพลังงานของระบบตรวจสอบมลภาวะทางอากาศ โดยทำการออกแบบวงจรและประกอบโครงสร้างของอุปกรณ์ที่สามารถแสดงผลค่าฝุ่นละอองในอากาศผ่านจอ LCD ซึ่งมีการใช้เซนเซอร์รุ่น GP2Y10 เพื่อวัดค่าฝุ่นละอองในอากาศขนาดเล็ก ดังนั้นการนำเสนอจะเกี่ยวข้องกับการสร้างแหล่งพลังงานจากพื้นกำเนิดพลังงานโดยใช้ปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริกเพื่อสร้างแหล่งพลังงานให้กับระบบตรวจสอบมลภาวะทางอากาศและนำพื้นกำเนิดพลังงานไปใช้เป็นพลังงานทดแทนในอนาคต โดยไม่ให้พลังงานจลน์ที่เกิดจากการเดินสลับไปมาประโยชน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SELF-POWERED AIR POLLUTION MONITORING SYSTEM BY APPLICATION OF PIEZOELECTRIC

By

Pitpiboon Yosrungrueng 62010631

Sadayut Prasertkaew 62010844

Advisor

Assoc. Prof. Dr. Don Isarakron

Academic Year 2022

ABSTRACT

This research presents the design of a system for monitoring air pollution by harnessing self-generated energy through the application of piezoelectric technology. The primary objective of this study is to utilize the energy generated from each step to produce electricity by stepping on a floor, taking advantage of the piezoelectric effect as an energy source for an air pollution monitoring device. The work begins with an investigation of relevant research papers and theories related to energy harvesting from renewable sources. Subsequently, experimental studies are conducted to examine the factors involved in generating electrical energy and transforming it into a power source for an air pollution monitoring system. The circuit design and assembly of the device are carried out, incorporating an LCD screen to display particulate matter concentrations. The GP2Y10 sensor is employed to measure fine particulate matter in the air. Therefore, the presented work focuses on creating an energy source from renewable sources using the piezoelectric effect to power an air pollution monitoring system and utilizing the energy harvested from the floor as a sustainable energy source for future use.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยระบบตรวจสอบระบบตรวจสอบระบบตรวจสอบมลภาวะทางอากาศแบบผลิตพลังงานเองได้โดยการประยุกต์ใช้เพียโซอิเล็กทริก ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยดี ด้วยความกรุณาและช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากหลาย ๆ ท่าน คณะผู้จัดทำการวิจัยขอขอบพระคุณ รศ.ดร.ดอน อิศรากร อาจารย์ที่ปรึกษาการวิจัยระบบตรวจสอบมลภาวะทางอากาศแบบผลิตพลังงานเองได้โดยการประยุกต์ใช้เพียโซอิเล็กทริก ที่ได้กรุณาอย่างสูงในการให้คำแนะนำ คำปรึกษา ความรู้ในการทำวิจัย การตรวจสอบมลภาวะ PM2.5 การแก้ไขและการเขียนการวิจัย ทั้งนี้รวมถึงนายศุภวัฒน์ ชัยสวัสดิ์ และนางสาวณิชาธิ์ม ธนชอิสราศักดิ์ที่ปรึกษาร่วมในการจัดทำงานวิจัยดังกล่าว จนทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีตลอดจนความห่วงใหญ่และเป็นกำลังใจให้แก่คณะผู้จัดเสมอมา

คณะผู้จัดทำ
พิตรพิบูล ยศรุ่งเรือง
ศดายุทธ ประเสริฐแก้ว

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VI
สารบัญตาราง	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
1.3 สมมติฐานของการวิจัย	2
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 อุปกรณ์และพลังงานที่เกี่ยวข้องจากการเหยียบพื้นกำเนิดพลังงาน	3
2.1 LCD	3
2.2 Arduino	4
2.3 พลังงานจากพื้นเพียโซอิเล็กทริก	5
2.4 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	6
2.4.1 มัลติมิเตอร์	6
2.4.2 ตัวต้านทาน	7
2.4.3 ตัวเก็บประจุ	7
2.4.4 ไดโอด	8
2.4.5 ทรานซิสเตอร์	8
2.5.6 แผงทดลองวงจร	9
2.5.7 IC	9
2.5.8 ออปแอมป์	10

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.5 เซนเซอร์	11
2.6 เพียโซอิเล็กทริก	12
2.7 พลังกำเนิดพลังงาน	13
บทที่ 3 การออกแบบวงจรแปลงพลังงานจากพลังงานกำเนิดพลังงาน	15
3.1 การวัดค่าพลังงานที่ใช้ในการตรวจสอบมลภาวะ PM2.5 และระบบแสดงผล	15
3.2 การคำนวณหาค่าตัวเก็บประจุในการทำงานของระบบ	17
3.3 การเขียนวงจรแปลงพลังงานจากพลังงานกำเนิดพลังงาน	18
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	19
4.1 การทดสอบการตรวจสอบมลภาวะ PM2.5 และระบบแสดงผล	19
4.2 วิธีการทดสอบการจ่ายไฟของพลังงานกำเนิดพลังงานให้กับระบบตรวจสอบมลภาวะ PM2.5 และระบบแสดงผล	20
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	22
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน	22
5.2 ปัญหาและอุปสรรค	22
5.3 ข้อเสนอแนะ	22
เอกสารอ้างอิง	23
ภาคผนวก	25
ภาคผนวก ก. Code ระบบตรวจสอบมลภาวะ PM2.5 และระบบแสดงผล	26
ภาคผนวก ข. ข้อมูลผลการทดลอง	29
ภาคผนวก ค. การทดสอบระบบตรวจสอบมลภาวะ PM2.5 และระบบแสดงผล	35

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 Nokia 5110 LCD Module	3
2.2 บอร์ด Arduino UNO R3	4
2.3 เซรามิกเพียโซอิเล็กทริก PZT ที่ติดตั้งในพื้นรองเท้า	5
2.4 วงจรการเก็บเกี่ยวและวงจรการวัดในกล่อง	6
2.5 มัลติมิเตอร์แบบเข็ม	6
2.6 ตัวต้านทาน	7
2.7 ตัวเก็บประจุ	7
2.8 ไดโอด	8
2.9 ทรานซิสเตอร์	8
2.10 แผงทดลองวงจร	9
2.11 IC	10
2.12 ออปแอมป์	10
2.13 เซนเซอร์รุ่น GP2Y10	11
2.14 แผ่นเพียโซอิเล็กทริก	12
2.15 Broadgate, British Land	14
2.16 Formula E, London	14
3.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความต่างศักย์ไฟฟ้า	15
3.2 แผนภาพวงจรแปลงพลังงานจากพื้นกำเนิดพลังงาน	18
4.1 แบบจำลองวงจรแปลงพลังงานจากพื้นกำเนิดพลังงาน	19
4.2 วงจรแปลงพลังงานจากพื้นกำเนิดพลังงานที่เชื่อมต่อกับพื้นกำเนิดพลังงาน	20
4.3 ผลการทดลองจำนวนการเหยียบพื้นเพื่อให้วงจรทำงาน	21
ข.1 แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตของคานยีนเพียโซอิเล็กทริก 1 ตัวและ 44 ตัว	30
ข.2 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าของพื้นกำเนิดพลังงานเพียโซอิเล็กทริก 44 ตัวและตัวต้านทานโหลดค่าต่าง ๆ	30
ข.3 แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุค่าต่าง ๆ	31
ข.4 ลักษณะแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุเมื่อทำการเหยียบ 1 ครั้ง	32
ข.5 แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตเมื่อทำการเหยียบ 1 ครั้ง	33

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ข.6 แรงดันเอาต์พุตของการทดลองอิทธิพลของน้ำหนักตัว (a) แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต ที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุ (b) พลังงานไฟฟ้าสะสมในตัวเก็บประจุ	33
ข.7 เอาต์พุตของการทดลองอิทธิพลของจังหวะการเดิน (a) แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต ที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุ (b) พลังงานไฟฟ้าสะสมในตัวเก็บประจุ	34
ค.1 การเชื่อมต่อ GP2Y10 Dust sensor และจอ Nokia5510	35
ค.2 ผลการทดสอบการทำงานของระบบตรวจวัด PM2.5	36



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 ผลการทดลองจำนวนการเหยียบพื้นเพื่อให่วงจรทำงาน	21
ข.1 ประสิทธิภาพของพื้นกำเนิดพลังงานภายในห้องปฏิบัติการ	29
ข.2 การทดลองอิทธิพลของน้ำหนักตัว	32
ข.3 การทดลองอิทธิพลของจังหวะการเดิน	32
ค.1 ผลการทดสอบการทำงานของระบบตรวจสอบมลภาวะ PM2.5	36



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในทศวรรษที่ผ่านมา เทคโนโลยีของวัสดุอัจฉริยะ เช่น วัสดุเพียโซอิเล็กทริกได้นำมาใช้งานในการควบคุมและปรับเปลี่ยนรูปแบบโครงสร้างวัสดุในระบบอุตสาหกรรมสมัยใหม่อย่างแพร่หลาย เพราะคุณสมบัติที่โดดเด่นเฉพาะตัวของวัสดุเพียโซอิเล็กทริก เช่น การกักเก็บพลังงานได้สูง การครอบคลุมอย่างกว้างขวางในการตอบสนองด้านความถี่และความยืดหยุ่นที่ดีมาก

ปัจจุบันวัสดุเพียโซอิเล็กทริกถูกนำไปวิจัยเพื่อการกักเก็บพลังงานคล้ายการทำงานของแบตเตอรี่ จากงานวิจัยของนักวิจัยจากมหาวิทยาลัย Massachusetts Institute of Technology (MIT) ประเทศสหรัฐอเมริกาได้นำเสนอแนวคิดการใส่วัสดุเพียโซอิเล็กทริกลงในสั่นรองเท้า เนื่องจากในแต่ละวันมนุษย์ใช้เวลาทำกิจกรรมการเดินเป็นส่วนมาก ซึ่งทำให้เสียพลังงานโดยเปล่าประโยชน์ ดังนั้นการนำวัสดุเพียโซอิเล็กทริกใส่ลงในสั่นรองเท้า จะส่งผลให้การเดินของมนุษย์แต่ละก้าวเสมือนกับการสร้างพลังงานจลน์ลงในวัสดุ แล้วกักเก็บพลังงานไว้แปลงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ ซึ่งสามารถนำไปใช้กับเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์บางชนิด ที่ไม่ต้องการกำลังไฟจำนวนมาก เช่น เพจเจอร์ เครื่องวัดสัญญาณทางการแพทย์แบบติดตามตัว (Health Monitor) เครื่องเล่นเพลง (MP3) หรือ โทรศัพท์มือถือ^[1]

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการออกแบบ การพัฒนาและการประยุกต์ใช้วัสดุเพียโซอิเล็กทริกเพื่อกักเก็บพลังงานจลน์และเปลี่ยนรูปแบบเป็นพลังงานไฟฟ้าสำหรับใช้ในการแสดงผลประมวลผลบนหน้าจอ LCD จากระบบตรวจสอบมลภาวะ PM2.5 ซึ่งเป็นการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่าและสร้างแหล่งพลังงานทดแทนแบบใหม่จากพิกัดพลังงาน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาว่าปัจจัยใดที่มีผลต่อพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากการเหยียบพิกัดพลังงาน
2. เพื่อศึกษาว่าพิกัดพลังงานเพียโซอิเล็กทริกสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เพียงพอต่อจอ LCD ที่แสดงผลการตรวจสอบมลภาวะ PM2.5 เมื่อนำไปใช้ในสถานการณ์จริงและเพียงพอต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กหรือไม่
3. เพื่อสร้างแหล่งพลังงานทดแทนใหม่จากพิกัดพลังงาน และสามารถเป็นพลังงานหลักที่ใช้ในอนาคตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1. ปัจจัยที่มีผลต่อพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากการเหยียบพื้นกำเนิดพลังงาน คือ น้ำหนักของมนุษย์ และลักษณะการเหยียบ คือ น้ำหนักของมนุษย์มากหรือลักษณะการเหยียบแบบวิ่ง จะส่งผลให้ได้พลังงานไฟฟ้าที่มากขึ้น
2. พื้นกำเนิดพลังงานเพียโซอิเล็กทริกสามารถผลิตพลังงานได้เพียงพอต่อ ระบบตรวจสอบมลภาวะฝุ่นละอองขนาดเล็กได้
3. สามารถสร้างแหล่งพลังงานทดแทนใหม่จากพื้นกำเนิดพลังงานได้ และสามารถเป็นพลังงานหลักในอนาคตได้

1.4 ขอบเขตการวิจัย

1. การศึกษาและการทดลองแหล่งพลังงานจากพื้นกำเนิดพลังงานเพียโซอิเล็กทริกที่สร้างแหล่งพลังงานไฟฟ้าให้ระบบตรวจสอบมลภาวะทางอากาศ
2. สถานที่ที่ผู้จัดทำทำการทดลองคือ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
3. ตัวแปร ตัวแปรที่ใช้ในการทดลองแหล่งพลังงานจากพื้นกำเนิดพลังงานเพียโซอิเล็กทริก ได้แก่
 - 3.1 ตัวแปรต้น ได้แก่
 - 3.1.1 น้ำหนักของผู้เหยียบ
 - 3.1.2 ลักษณะการเหยียบพื้นกำเนิดพลังงานเพียโซอิเล็กทริก เช่น การเดิน การวิ่ง
 - 3.2 ตัวแปรตาม ได้แก่
 - 3.2.1 พลังงานจลน์ที่เปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

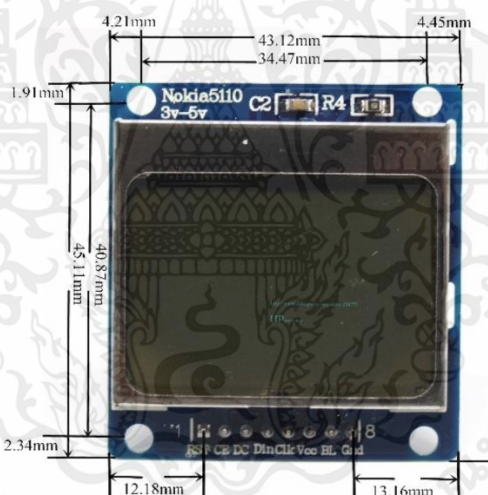
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัยนี้ คือ องค์ความรู้ในเรื่องการเก็บเกี่ยวพลังงานไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงมาจากพลังงานจลน์จากการเดินโดยใช้พื้นกำเนิดพลังงานที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริก และได้ออกแบบและประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อสามารถใช้ในการพัฒนาต่อยอดกับอุปกรณ์ระบบชนิดอื่น นอกจากนี้จะสามารถพัฒนาให้พื้นกำเนิดพลังงานให้เป็นพลังงานทดแทนในอนาคตได้

บทที่ 2

อุปกรณ์และพลังงานที่เก็บเกี่ยวจากการเหยียบพื้นกำเนิดพลังงาน

2.1 LCD

LCD (Liquid Crystal Display) คือ จอที่ทำมาจากผลึกคริสตอลเหลวโดยหลักการทำงานคือ ด้านหลังจอจะมีไฟส่องสว่าง เมื่อมีการปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้าไปกระตุ้นที่ผลึกจะทำให้ผลึกโปร่งแสงซึ่งเป็นแสงที่มาจากไฟ Backlight แสงขึ้นมาบนหน้าจอและส่วนอื่น ๆ ที่โดนผลึกปิดกั้นไว้จะมีสีที่แตกต่างไปตามสีของผลึกคริสตอล



รูปที่ 2.1 Nokia 5110 LCD Module [2]

จอ LCD จะแบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. Character LCD คือ จอที่แสดงผลเป็นตัวอักษรตามช่องแบบตายตัว เช่น จอ LCD ขนาด 16x2 หมายถึงใน 1 แถว มีตัวอักษรใส่ได้ 16 ตัว และมีทั้งหมด 2 บรรทัดให้ใช้งาน
2. Graphic LCD คือ จอที่สามารถกำหนดได้ว่าจะให้แต่ละจุดบนหน้าจอขึ้นแสงหรือปล่อยแสงออกไป ทำให้อจอนี้สามารถสร้างรูปขึ้นมาบนหน้าจอได้ การระบุขนาดจะระบุในลักษณะของจำนวนจุด (Pixels) ในแต่ละแนว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเชื่อมต่อบอร์ด Arduino กับจอ LCD มีด้วยกัน 2 แบบ คือ

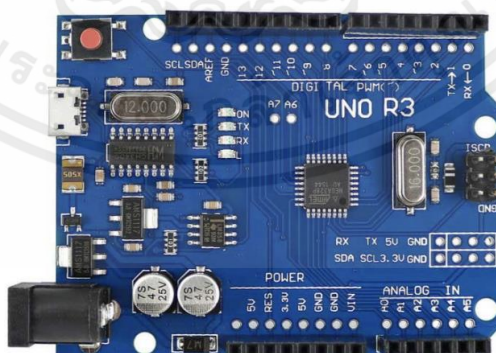
1. การเชื่อมต่อแบบขนาน คือ การเชื่อมต่อจอ LCD เข้ากับบอร์ด Arduino โดยตรง ซึ่งจะแบ่งเป็นการเชื่อมต่อแบบ 4 บิต และการเชื่อมต่อแบบ 8 บิต โดยทั่วไป Arduino จะนิยมเชื่อมต่อแบบ 4 บิต เพราะจะทำให้ใช้สายไฟในการเชื่อมต่อที่น้อยกว่า

2. การเชื่อมต่อแบบอนุกรม คือ การเชื่อมต่อกับจอ LCD ผ่านโมดูล ซึ่งแปลงรูปแบบการเชื่อมต่อกับจอ LCD จากแบบขนานมาเป็นการเชื่อมต่อแบบอื่นที่ใช้สายน้อยกว่า เช่น การใช้โมดูล I2C Serial Interface จะเป็นการนำโมดูลเชื่อมต่อเข้ากับตัวจอ LCD แล้วใช้บอร์ด Arduino เชื่อมต่อกับบอร์ดโมดูลผ่านโปรโตคอล I2C ดังนั้นจะใช้สายเพียง 4 เส้นที่ทำให้หน้าจอแสดงผลข้อความต่าง ๆ ออกมาได้ [3]

2.2 Arduino

Arduino คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต อยู่ในตระกูล AVR ผลิตโดยบริษัท Atmel ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR มีสถาปัตยกรรมแบบ RISC และมีความเร็วในการประมวลผล 1 คำสั่งต่อ 1 สัญญาณนาฬิกา ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ถูกออกแบบมาเพื่อให้ใช้งานง่าย และสามารถเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ด้วยพอร์ต USB นอกจากนี้จะมีบอร์ดอุปกรณ์เชื่อมต่อ หรือ Arduino Shield หลากหลายแบบที่ทำให้สะดวกในการพัฒนางาน

Arduino Uno R3 คือ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega328P ขนาด 8 บิต เป็นบอร์ดที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีการใช้งานที่ง่าย โดย Arduino Uno R3 จะประกอบไปด้วยขาสัญญาณอนาล็อก 8 อินพุต ขาสัญญาณดิจิทัล 13 ขา [4]



รูปที่ 2.2 บอร์ด Arduino Uno R3 [4]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 พลังงานจากพื้นเพียโซอิเล็กทริก

A.T. Joo ^[5] ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับลักษณะของมนุษย์ที่เดินทางมาลาหรือทางเท้าเป็นผลมาจากแรงกระทบที่เกิดจากการเดิน ซึ่งได้มีการทดสอบประสิทธิภาพตามปัจจัยต่าง ๆ เช่น น้ำหนักตัว เพศและความเร็วในการเดินของมนุษย์ โดยมีการติดตั้งเซรามิกเพียโซอิเล็กทริก PZT ไว้ในพื้นที่รองเท้าเพื่อวัดแรงดันเอาต์พุต ซึ่งภายในหัวเอาต์พุตของวงจรเก็บเกี่ยวจะเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno จากนั้นข้อมูลจะถูกส่งไปยังคอมพิวเตอร์ เพื่อแสดงผลและบันทึกแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้ นอกจากนี้ยังมีการทดลองวงจรการเก็บเกี่ยวและวงจรการวัดที่เชื่อมต่อกับพื้นรองเท้า ซึ่งอยู่ภายในกล่องที่ผูกไว้บริเวณด้านล่างของน่องขา จากการทดลองเมื่อวัดแรงดันเอาต์พุตทำให้ได้ข้อสรุปว่า พลังงานจากพื้นเพียโซอิเล็กทริกเกิดจากลักษณะของมนุษย์ที่มี 2 ปัจจัยมาเกี่ยวข้อง คือ

1. น้ำหนักตัวของมนุษย์ จะมีผลทำให้เกิดการยุบของพื้นกำเนิดพลังงานเกิดเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยมนุษย์ที่มีน้ำหนักตัวมากจะทำให้เกิดพลังงานไฟฟ้ามากขึ้น
2. ความเร็วในการเหยียบ จะมีผลทำให้เกิดการยุบของพื้นกำเนิดพลังงานเกิดเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยคนที่เดินเร็วหรือวิ่งจะทำให้เกิดพลังงานไฟฟ้ามากขึ้น



รูปที่ 2.3 เซรามิกเพียโซอิเล็กทริก PZT ที่ติดตั้งในพื้นที่รองเท้า ^[5]



รูปที่ 2.4 วงจรการเก็บเกี่ยวและวงจรการวัดในกล่อง [5]

2.4 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ คือ อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับวงจรไฟฟ้าโดยมีการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจร อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ดังนี้

2.4.1 มัลติมิเตอร์ (Multimeter) คือ เครื่องมือวัดทางไฟฟ้าที่สามารถวัดปริมาณไฟฟ้าได้หลากหลายชนิด เช่น แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ความต้านทานและสามารถใช้ได้กับไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งการแสดงผลของมัลติมิเตอร์จะมี 2 แบบ คือ มัลติมิเตอร์แบบเข็ม (Analog Multimeter) และมัลติมิเตอร์แบบตัวเลข (Digital Multimeter) [6]



รูปที่ 2.5 มัลติมิเตอร์แบบเข็ม [6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 ตัวต้านทาน (Resistor) คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ต้านการไหลของกระแสไฟฟ้าโดยใช้ได้ทั้งไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับ กรณีที่มีความต้านทานมากกระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านตัวต้านทานได้น้อย แต่กรณีที่มีความต้านทานน้อยกระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านตัวต้านทานได้มาก [7]



รูปที่ 2.6 ตัวต้านทาน [7]

2.4.3 ตัวเก็บประจุ (Capacitor) คือ อุปกรณ์ในการเก็บประจุไฟฟ้า ซึ่งเกิดจากการที่แผ่นโลหะสองแผ่นวางอยู่ใกล้กันแต่ไม่สัมผัสกัน เนื่องจากมีแผ่นไดอิเล็กทริกซึ่งมีลักษณะเป็นฉนวนไฟฟ้ากั้นอยู่ระหว่างแผ่นโลหะทั้งสองแผ่น ดังนั้นค่าความจุที่ได้จะขึ้นอยู่กับพื้นที่ของแผ่นตัวนำและระยะห่างระหว่างแผ่นโลหะทั้งสอง [8]



รูปที่ 2.7 ตัวเก็บประจุ [8]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

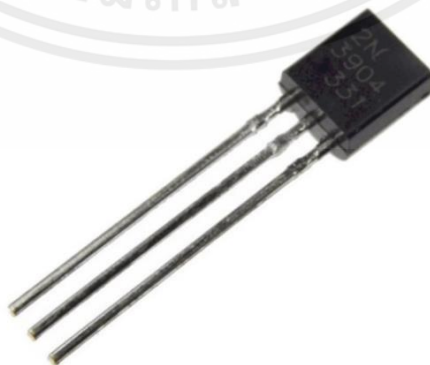
2.4.4 ไดโอด (Diode) คือ อุปกรณ์ที่ทำมาจากสารกึ่งตัวนำที่มีขนาดเล็กและมีขั้วต่อออกมาใช้งาน 2 ขั้ว ซึ่งมีคุณสมบัติยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ทางเดียวเมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้าตรงขั้วและไม่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านเมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้ากลับขั้ว [7]



รูปที่ 2.8 ไดโอด [7]

2.4.5 ทรานซิสเตอร์ (Transistor) คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่งที่ใช้ในการควบคุมการไหลหรือปิดกั้นไม่ให้เกิดกระแสไฟฟ้าหรือแรงดันไฟฟ้าไหลผ่านไปได้ ซึ่งนำมาใช้งานเป็นวงจรถยายในวิทยุ โทรทัศน์และนำมาใช้เป็นสวิตซ์ในการเปิดปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ เช่น โทรทัศน์ คอมพิวเตอร์ วิทยุ เครื่องเล่นซีดี ซึ่งทรานซิสเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่ทำมาจากสารกึ่งตัวนำสามทางนำมาต่อชนกัน โดยใช้สารกึ่งตัวนำชนิด P และชนิด N ที่ทำให้ลักษณะโครงสร้างของทรานซิสเตอร์มีอยู่ 2 ชนิด ได้แก่

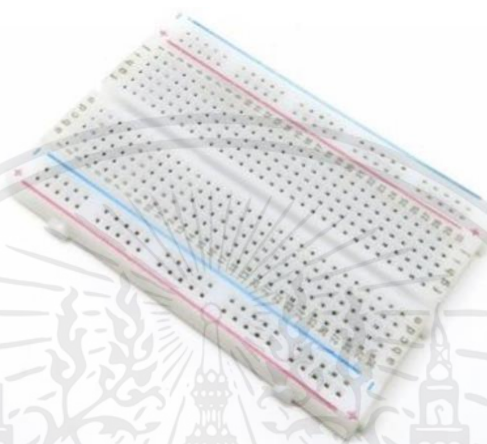
1. ทรานซิสเตอร์ชนิด PNP จะมีสารกึ่งตัวนำของทรานซิสเตอร์ที่ประกอบไปด้วย สารชนิด P 2 ตัว และชนิด N 1 ตัวที่วางตัวสลับกัน ในลักษณะ Positive Negative Positive
2. ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN จะมีสารกึ่งตัวนำของทรานซิสเตอร์ที่ประกอบด้วย สารชนิด N 2 ตัว และชนิด P 1 ตัว โดยวางตัวสลับกัน ในลักษณะ Negative Positive Negative [9]



รูปที่ 2.9 ทรานซิสเตอร์ [9]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

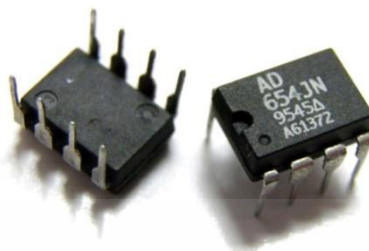
2.4.6 แผงทดลองวงจร (Protoboard) คือ บอร์ดที่ใช้ทดลองวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ลักษณะเป็นแผ่นพลาสติก หนาสีขาว โดยบนแผ่นจะมีรูเรียงกันจำนวนมาก ภายในรูมีตัวนำไฟฟ้าซึ่งจะเชื่อมต่อกันในรูปแบบที่ มีการกำหนดไว้ เวลาทดลองจะต้องเสียบขาของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ลงไปให้ตัวนำภายในเชื่อมวงจรถึงกันหรือใช้สายไฟเสียบลงรูเพื่อเชื่อมวงจรไฟฟ้าได้ ^[10]



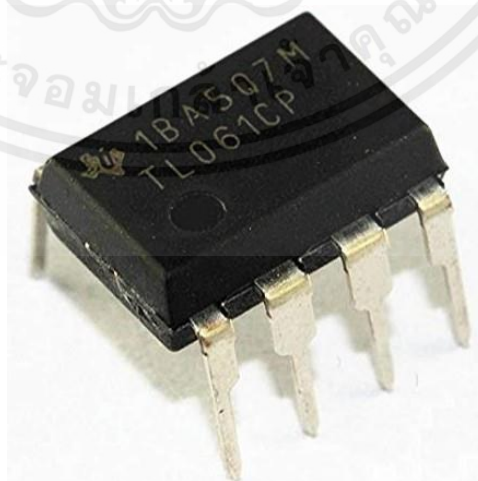
รูปที่ 2.10 แผงทดลองวงจร ^[10]

2.4.7 IC (Integrated Circuit) หรือวงจรรวม คือ การนำเอาไดโอด ทรานซิสเตอร์ ตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ และองค์ประกอบวงจรต่าง ๆ มาประกอบรวมกันบนแผ่นวงจรขนาดเล็ก ในปัจจุบันแผ่นวงจรมีจะทำด้วยแผ่นซิลิคอน หรือเรียกว่า ชิพ (Chip) และสร้างองค์ประกอบวงจรอื่นฝังอยู่บนแผ่นผลึกนี้ ส่วนใหญ่เป็นชนิดที่เรียกว่า Monolithic การสร้างองค์ประกอบวงจรบนผิวผลึกนี้ จะใช้กรรมวิธีทางด้านการถ่ายภาพอย่างละเอียด ผสมกับขบวนการทางเคมีทำให้ลายวงจรมีความละเอียดมาก ๆ สามารถบรรจุองค์ประกอบวงจรได้จำนวนมาก ความหนาแน่นขององค์ประกอบวงจรที่บรรจุลงใน IC จะมีตั้งแต่หลายสิบล้านตัวซึ่งเรียกว่า SSI (Small Scale Integrated) จนกระทั่งถึงหลายสิบล้านตัว ซึ่งเรียกว่า ULSI (Ultra Large Scale Integrated)

IC จะรวมวงจรที่ซับซ้อนเข้ามาเป็นวงจรเดียวกัน ทำให้มีขนาดเล็กลง ซึ่งจะทำให้เครื่องอิเล็กทรอนิกส์มีขนาดเล็กและเบาลงมาก วงจรในเครื่องจะถูกแบ่งเป็นบล็อกที่มีหน้าที่หลักเฉพาะ วงจรในแต่ละบล็อกจะถูกทำเป็น IC ทำให้การประกอบวงจรทั้งหมดทำได้ง่าย โดยเพียงต่อบล็อกหรือ IC เข้าด้วยกันจึงทำให้การต่อสายน้อยลง จุดบัดกรีน้อยลง และจุดเสียที่จะเกิดขึ้นน้อยลงด้วย ^[11]

รูปที่ 2.11 IC ^[11]

2.4.8 ออปแอมป์ (Op-Amp) หรือวงจรรขยาย คือ วงจรรขยายแบบต่อตรง (Direct coupled amplifier) ที่มีอัตราขยายสูงเพื่อใช้ในการป้อนกลับแบบลบไปควบคุมลักษณะการทำงาน ทำให้ผลการทำงานของวงจรมีขึ้นกับพารามิเตอร์ภายในของออปแอมป์ วงจรภายในประกอบด้วยวงจรรขยายที่ต่ออนุกรมกัน เช่น วงจรรขยายดิฟเฟอเรนเชียลด้านทางเข้า วงจรรขยายดิฟเฟอเรนเชียลภาคที่สอง วงจรเลื่อนระดับและวงจรรขยายกำลังด้านทางออก โดยสัญลักษณ์ที่ใช้แทนออปแอมป์จะเป็นรูปสามเหลี่ยม ซึ่งไอซีออปแอมป์เป็นไอซีที่แตกต่างไปจากลิเนียร์ไอซีทั่วไป โดยไอซีออปแอมป์มีขาอินพุท 2 ขา เรียกว่าขาเข้าไม่กลับเฟส (Non-Inverting Input) และขาเข้ากลับเฟส (Inverting Input) ส่วนทางด้านออกมีเพียงขาเดียว เมื่อสัญญาณป้อนเข้าขาไม่กลับเฟสสัญญาณทางด้านออกจะมีเฟสตรงกับทางด้านเข้า แต่ถ้าหากป้อนสัญญาณเข้าที่ขาเข้ากลับเฟส สัญญาณทางออกจะมีเฟสต่างไป 180 องศา จากสัญญาณทางด้านเข้า ^[7]

รูปที่ 2.12 ออปแอมป์ ^[7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 เซนเซอร์

เซนเซอร์ (sensor) คือ อุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวตรวจจับปริมาณทางฟิสิกส์ โดยอาศัยหลักการ ทำงานที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของเซนเซอร์ที่สามารถกำเนิดสัญญาณที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณของ สิ่งที่ต้องการตรวจจับได้ โดยการแปลงสัญญาณทางด้านอินพุตซึ่งเป็นคุณสมบัติทางฟิสิกส์ให้เป็นสัญญาณ ทางด้านเอาต์พุตซึ่งเป็นคุณสมบัติทางไฟฟ้า เพื่อป้อนให้กับระบบหรือกระบวนการ จากนั้นนำไปประมวลผลในขั้นตอนต่อไป อาจกล่าวได้ว่าเซนเซอร์ คือ ทรานสดิวเซอร์ (transducer) ประเภทหนึ่งที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานรูปแบบหนึ่งให้เป็นพลังงานไฟฟ้า

ตัวอย่างของเซนเซอร์ ได้แก่ เซนเซอร์ชนิดเทอร์มคัปเปิล (thermocouple) ทำหน้าที่ตรวจจับ พลังงานความร้อนและเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของค่าแรงดันไฟฟ้า เซนเซอร์ชนิดอาร์ทีดี (Resistor Temperature Detector: RTD) ทำหน้าที่ตรวจจับพลังงานความร้อนและเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของค่าความ ต้านทานไฟฟ้า เซนเซอร์ชนิดสเตรนเกจ (strain gauge) ทำหน้าที่ตรวจจับ ความเครียดและเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของค่าความต้านทานไฟฟ้า เซนเซอร์ตรวจจับควันและฝุ่นละออง (Dust Sensor) ทำหน้าที่ส่งแสงเลเซอร์ไปกระทบกับตัวรับ เพื่อตรวจจับควันและฝุ่นละอองในอากาศ ซึ่งมีหลากหลายชนิด ตัวอย่างเช่น

เซนเซอร์รุ่น GP2Y10 คือ เซนเซอร์ที่ใช้สำหรับการตรวจจับอนุภาคฝุ่นละอองขนาดเล็ก โดยให้ผลการวัดเป็นข้อมูลอนาล็อก ซึ่งสามารถตรวจจับอนุภาคแขวนลอยในอากาศ โดยเซนเซอร์รุ่น GP2Y10 สามารถวัดอนุภาคฝุ่นละอองขนาดเล็กทั้งระดับ PM 1.0 , PM2.5 และ PM10 ในชุดเดียวกัน การทำงานของ GP2Y10 เซนเซอร์จะส่งแสงเลเซอร์ไปกระทบกับตัวรับ และให้อากาศผ่านในช่องตรงกลาง หากมีการรับแสงน้อยแสดงว่าฝุ่นละอองมาก ^[12]



รูปที่ 2.13 เซนเซอร์รุ่น GP2Y10 ^[12]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 เพียโซอิเล็กทริก

เพียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric) คือ อุปกรณ์ตรวจวัดแรงกลต่าง ๆ เช่น แรงดัน ความเร่ง การสั่น แรงเครียด หรือแรงกระทำอื่น ๆ โดยเปลี่ยนพลังงานกลนี้เป็นพลังงานไฟฟ้า ในทางกลับกัน เมื่อให้พลังงานไฟฟ้าแก่วัสดุที่มีคุณสมบัติเป็นเพียโซอิเล็กทริก วัสดุนั้นก็จะเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลได้เช่นกัน

วัสดุเพียโซอิเล็กทริกเป็นเซรามิกประเภทหนึ่งที่มีสมบัติพิเศษ กล่าวคือ เมื่อได้รับแรงกลจะให้แรงดันไฟฟ้า ที่เรียกว่า ปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริก ในทางกลับกันเมื่อวัสดุได้รับแรงดันไฟฟ้าจะทำให้มีการเปลี่ยนรูปร่าง เกิดแรงกลซึ่งเรียกว่า ปรากฏการณ์อินเวอร์สเพียโซอิเล็กทริก การเปลี่ยนไปมาระหว่างพลังงานกล และพลังงานไฟฟ้า สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ

สมบัติเพียโซอิเล็กทริก จะเกิดขึ้นในวัสดุที่มีสภาพเป็นฉนวนไฟฟ้าเท่านั้น วัสดุจากเพียโซอิเล็กทริก มีทั้งที่พบในธรรมชาติและจากการสังเคราะห์ โดยวัสดุที่พบในธรรมชาติ ได้แก่ แร่ควอตซ์ แร่ทัวร์มาลีน ส่วนวัสดุสังเคราะห์ได้แก่ เลดเซอร์โคเนียมไททาเนต (Lead zirconia titanate) เลดไททาเนต เซอร์โคเนต (Lead titanate zirconate) และแบเรียมไททาเนต (Barium titanate)

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ที่ใช้ประโยชน์จากวัสดุเพียโซอิเล็กทริก มีหลายอย่างด้วยกันขึ้นกับปรากฏการณ์ การเปลี่ยนแปลงในกรณีที่มีการป้อนแรงดันให้วัสดุทำให้มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างหรือเกิดแรงกลสามารถนำมาใช้เป็นทรานสดิวเซอร์ในอุปกรณ์อัลตราโซนิก (Ultrasonic) ทางการแพทย์ ลำโพง และนำมาใช้เป็นแอกชูเอเตอร์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ประกอบที่สำคัญของเครื่องพิมพ์ 3D เครื่องพิมพ์ในกล้องถ่ายภาพ วาล์วไฮดรอลิก เป็นต้น และในกรณีที่ให้แรงแก่วัสดุจนทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าจะสามารถใช้เป็นอุปกรณ์จุดแก๊ส ในเตาเครื่องทำความร้อนโดยใช้เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหรือใช้เป็นตัวตรวจจับความดัน เป็นต้น^[13]



รูปที่ 2.14 แผ่นเพียโซอิเล็กทริก^[14]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 พื้นกำเนิดพลังงาน

พื้นกำเนิดพลังงานเป็นเทคโนโลยีที่นำพลังงานกลที่สูญเสียไปจากการเดินมาแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้าที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ จากการคิดค้นของ Laurence Kemball-Cook ^[15] ได้ทำการคิดค้น Pavegen พื้นกำเนิดพลังงานอัจฉริยะ ที่ผลิตจากวัสดุรีไซเคิล โดยพื้นกำเนิดพลังงานประกอบไปด้วยบล็อกรูปแบบต่าง ๆ ที่มีเพียโซอิเล็กทริกอยู่ข้างใน ทำให้เมื่อมีการเหยียบหนึ่งครั้งพื้นจะยุบตัวลงประมาณ 5 มิลลิเมตรซึ่งทำให้เกิดพลังงานที่ได้เพียงพอสำหรับจ่ายไฟให้กับไฟบริเวณทางเดินไฟจราจร ป้ายไฟบอกทาง pavegen นั้นถูกออกแบบมาให้สามารถนำไปติดตั้งได้ในพื้นที่ต่าง ๆ ได้อย่างสะดวกไม่มีรอยต่อ สามารถติดตั้งได้ทั้งกลางแจ้งและที่ร่ม เช่น ทางม้าลาย สถานีรถไฟฟ้า สำนักงาน โรงเรียน เป็นต้น

Pavegen คือ แผ่นพื้นที่สามารถเปลี่ยนแรงกดจากการเหยียบให้กลายเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ด้วยการเดินเท้า เมื่อมีการเดินผ่าน เหยียบ หรือกระโดดใส่แผ่น Pavegen ที่ถูกออกแบบมาพลังงานจะลดจากการเคลื่อนที่ของเราก็จะถูกแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้า และเก็บบรรจุอยู่ในแบตเตอรี่สามารถนำไปใช้งานได้จริง ซึ่งในต่างประเทศมีการติดตั้งพื้นชนิดนี้ตามถนนสายหลักหรือตามสถานที่สำคัญของเมืองหลายจุด เช่น จุดเชื่อมต่อระหว่าง Oxford Street กับ Barrett Street ที่ประเทศอังกฤษ ซึ่งในประเทศไทยเองเราก็ได้เห็นหน้าตาของเจ้าแผ่นพื้นที่ว่านี้ ติดตั้งอยู่ที่ไลฟ์สไตล์คอมเพล็กซ์แห่งใหม่อย่าง 101 The Third place เป็นที่แรกตัวอย่างประเทศที่นำ Pavegen slab มาใช้ในชีวิตประจำวัน ได้แก่ Broadgate, British Land เป็นการติดตั้งแผ่นพื้นไว้บริเวณทางเดินสาธารณะระดับชุมชนที่ใหญ่ที่สุดของลอนดอน ซึ่งสามารถตรวจจับการเหยียบของคนได้มากถึง 60,000 คนต่อสัปดาห์โดยเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าเพื่อให้แสงสว่างพลังงานและบริจาคให้แก่มูลนิธิคนไร้บ้าน Formula E, London เป็นการติดตั้งบูธเล่นมินิเกมแข่งรถในงานแข่งรถของฟอร์มูล่า อี โดยให้ผู้เล่นช่วยกันเหยียบพื้นเพื่อดันรถให้ชนะอีกทีม นอกจากนั้นทำให้ประชาชนที่เข้าร่วมงานได้ช่วยกันแก้ไขปัญหาพลังงาน โดยสามารถสร้างความสนุกและได้ทำกิจกรรมร่วมกันในครอบครัว



รูปที่ 2.15 Broadgate, British Land [15]



รูปที่ 2.16 Formula E, London [15]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

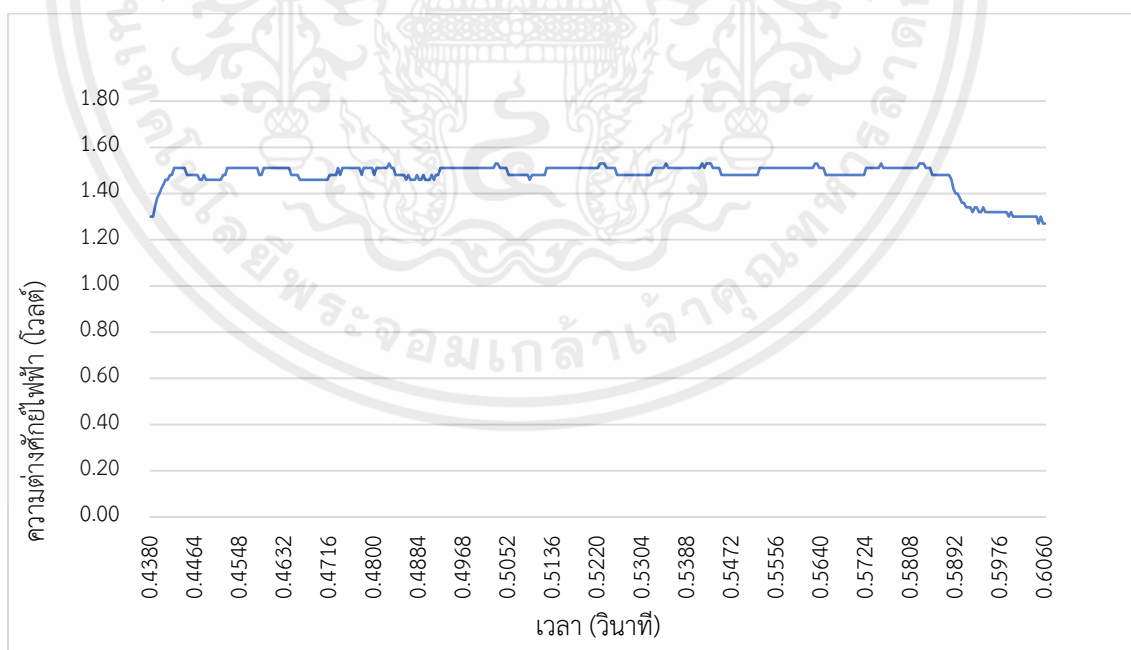
บทที่ 3

การออกแบบวงจรแปลงพลังงานจากพื้nergานำเนิตพลังงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบวงจรแปลงพลังงานจากพื้nergานำเนิตพลังงานเพื่อนำมาใช้ในตรวจสอบมลภาวะ PM2.5 และระบบแสดงผล

3.1 การวัดค่าพลังงานที่ใช้ในตรวจสอบมลภาวะ PM2.5 และระบบแสดงผล

การวัดพลังงานที่ใช้ในระบบตรวจสอบมลภาวะ PM2.5 และระบบแสดงผล โดยการนำไปเชื่อมกับออสซิลอสโคป โดยตั้งความกว้างของกราฟอยู่ที่ 1 ช่อง ต่อ 1 วินาที เนื่องจากได้ทำการเขียนโปรแกรมให้ระบบทำงานแล้วเสร็จให้หยุดทำงานเป็นเวลา 2 วินาที เพื่อให้ง่ายต่อการสังเกตกราฟ จากนั้นจะนำกราฟที่ได้มาคำนวณในโปรแกรม Microsoft Excel โดยค่ากราฟที่ได้จากออสซิลอสโคป จะเป็นกราฟเวลาเทียบกับความต่างศักย์ไฟฟ้าดังรูปภาพที่ 3.1 และค่าที่ได้ดังตารางที่ ค.1 ภาคผนวกที่ ค หลังจากที่ได้ค่ามาจะนำค่าของความต่างศักย์ไฟฟ้ามาหาค่ากระแสของระบบดังสมการที่ 3.2 และกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในระบบตามสมการที่ 3.4



รูปที่ 3.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความต่างศักย์ไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยค่าความต่างศักย์ จะมีค่าเท่ากับ $I = \frac{V}{R}$ (3.1)

ในการวัดกราฟของระบบเราได้ใช้ ค่า $R = 50 \Omega$

ดังนั้น สมการในการหากระแสของระบบนี้จึงเท่ากับ

$$I = \frac{V}{50} \quad (3.2)$$

กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในระบบจะมีค่าเท่ากับ $P = IV$ (3.3)

ในการวัดกราฟของระบบเราได้จ่ายไฟฟ้าที่ความต่างศักย์ 5 โวลต์

ดังนั้น สมการในการหาลำดับไฟฟ้าในระบบนี้จึงเท่ากับ

$$P = I \times 50 \quad (3.4)$$

หลังจากหาค่าพลังงานได้แล้วเราได้ทำการหาพลังงานที่ใช้ในระบบ 1 รอบ โดยค่าพลังงานที่ใช้ในระบบ 1 รอบ จะมีค่าเท่ากับ

$$\text{Energy} = \frac{\Sigma \text{Power}}{\text{times}} \quad (3.5)$$

โดย ΣPower ของระบบนี้ เท่ากับ 62.144 watt และ แต่ละช่องห่างกันที่ 0.0004 วินาที

ดังนั้น ค่าพลังงานที่ได้จะเท่ากับ

$$\text{Energy} = \frac{62.144}{0.0004} \quad (3.6)$$

$$\text{Energy} = 0.024858 \quad \text{J}$$

$$\text{Energy} = 2,485.8 \quad \text{mJ}$$

3.2 การคำนวณการหาค่าตัวเก็บประจุในการใช้งานของระบบ

วิธีการคำนวณหาค่าตัวเก็บประจุจากแหล่งจ่ายไฟ 5 V (กำหนดให้เป็น C_1)

จากสมการ
$$E = \frac{1}{2} CV^2 \quad (3.7)$$

ดังนั้น
$$C = \frac{2E}{V^2} \quad (3.8)$$

พลังงานสะสมของระบบตรวจสอบมลภาวะทางอากาศ (E) = 24.858 mJ

แรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้า (V) = 5 V

แทนค่าในสมการ จะได้

$$C = \frac{2 \times 24.858 \times 10^{-3}}{5^2} \quad \frac{J}{V}$$

$$C = 0.00198864 \quad F$$

$$C \approx 1,988.64 \quad \mu F$$

ดังนั้น ค่าตัวเก็บประจุ (C_1) จะมีค่า 1,988.64 μF

วิธีการคำนวณหาค่าตัวเก็บประจุจากแหล่งจ่ายไฟ 3.3 V (กำหนดให้เป็น C_2)

จากสูตร
$$E = \frac{1}{2} CV^2$$

ดังนั้น
$$C = \frac{2E}{V^2}$$

พลังงานสะสมของระบบตรวจสอบมลภาวะทางอากาศ (E) = 24.858 mJ

แรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้า (V) = 3.3 V

แทนค่าในสมการ จะได้

$$C = \frac{2 \times 24.858 \times 10^{-3}}{3.3^2} \quad \frac{J}{V}$$

$$C = 0.004565293 \quad F$$

$$C \approx 4,565.293 \quad \mu F$$

ดังนั้น ค่าตัวเก็บประจุ (C_2) จะมีค่า 4,565.293 μF

วิธีการคำนวณหาค่าตัวเก็บประจุที่ใช้งานในระบบตรวจสอบมลภาวะทางอากาศ (C)

จากสูตร $C = C_2 - C_1$

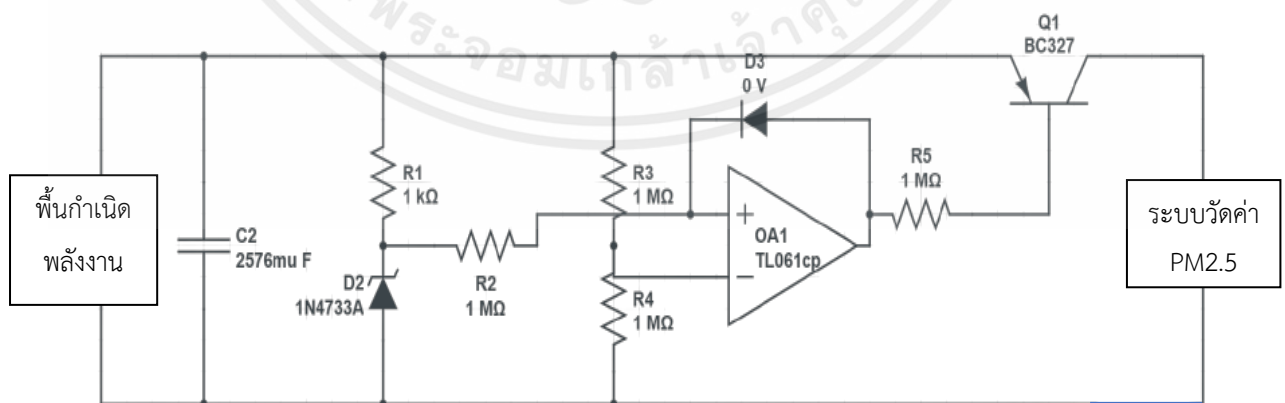
แทนค่าในสมการ จะได้ $C = 4,565.29 - 1,988.64 \mu\text{F}$

$C = 2,576.6 \mu\text{F}$

ดังนั้น ค่าตัวเก็บประจุ (C) จะมีค่า 2,576.6 μF

3.3 การเขียนวงจรแปลงพลังงานจากพืนกำเนิดพลังงาน

จากการคำนวณหาค่าตัวเก็บประจุที่ใช้ในระบบ ทางคณะผู้จัดทำได้นำค่าที่ได้จากการคำนวณมาเขียนวงจรแปลงพลังงานดังรูปที่ 3.2 โดยตัวเก็บประจุที่ใส่ไว้จะปล่อยแรงดันไฟฟ้าที่ 3.3 V และทำการชาร์จเมื่อแรงดันไฟฟ้ามากกว่า 5 V เนื่องจากวงจรแปลงพลังงานจากพืนจะทำงานในช่วงแรงดันไฟฟ้า 3.3 V ถึง 5 V ในส่วนของซีเนอร์ไดโอดและตัวต้านทานขนาด 1 k Ω จะทำหน้าที่เป็นสวิทช์เปิดและปิดวงจรตรวจสอบมลภาวะ PM2.5 โดยกำหนดให้แรงดันไฟฟ้าไหลผ่านไปที่โหลดหรือวงจรตรวจสอบมลภาวะ PM2.5 เมื่อแรงดันไฟฟ้าเข้าขาบวกของออปแอมป์มากกว่า 2 V โดยมีแรงดันอ้างอิงกำหนดให้แรงดันไฟฟ้าที่ไหลผ่านไม่เกินค่าที่กำหนดไว้ ซึ่งจะทำให้เอาท์พุทของออปแอมป์เป็นลบและทำให้ทรานซิสเตอร์ขา Base เป็นลบ จึงทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานโดยแรงดันไฟฟ้าจะเข้าจากขา Emitter ไปยังขา Collector และไปที่โหลด ซึ่งทรานซิสเตอร์จะมีวงจรเพิ่มแรงดันไฟฟ้าที่ปกติทำงานในช่วงแรงดันไฟฟ้า 0.9 V ถึง 5.5 V แต่คณะผู้จัดทำได้กำหนดให้วงจรเพิ่มแรงดันไฟฟ้าทำงานเมื่อแรงดันไฟฟ้ามีค่ามากกว่า 2 V ถึงจะสามารถทำงานได้



รูปที่ 3.2 แผนภาพวงจรแปลงพลังงานจากพืนกำเนิดพลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

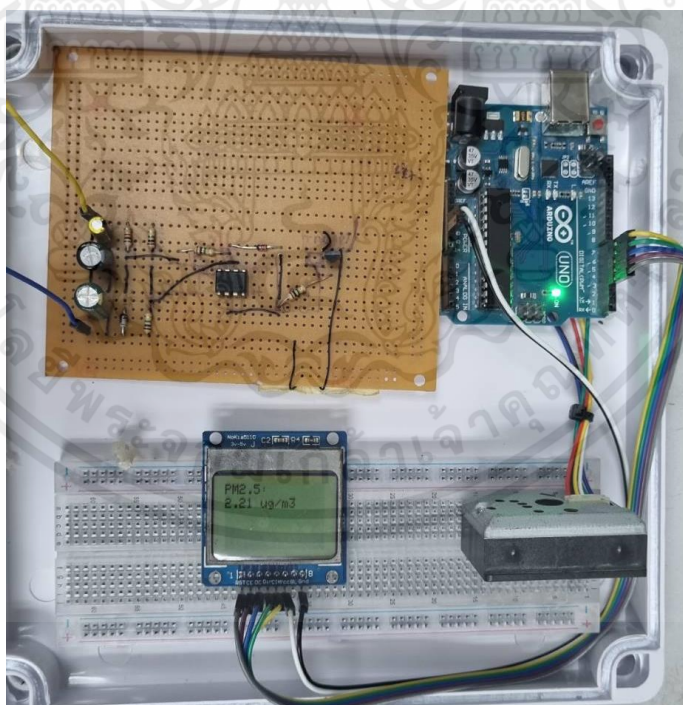
บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองและผลการทดลองการทดสอบการจ่ายไฟของพินกำเนิดพลังงานให้กับระบบตรวจสอบมลภาวะ PM2.5 และระบบแสดงผล

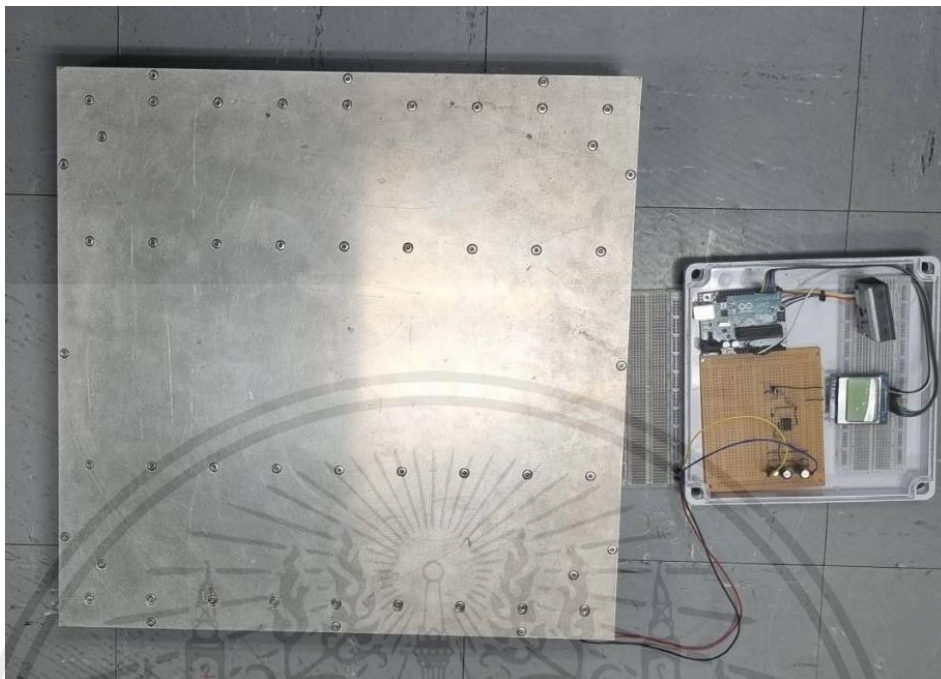
4.1 การทดสอบการทำงานของระบบตรวจสอบมลภาวะ PM2.5 และระบบแสดงผล

หลังจากทดสอบระบบตรวจสอบมลภาวะ PM2.5 และระบบแสดงผลเสร็จ ทางคณะผู้จัดทำได้นำระบบตรวจสอบมลภาวะ PM2.5 และระบบแสดงผลมาเชื่อมต่อกับพินกำเนิดพลังงานโดยนำมาต่อในวงจรตามรูปที่ 3.2 และเมื่อต่อวงจรเสร็จแล้วจะได้วงจรตามรูปที่ 4.1 และ 4.2 เพื่อทดสอบว่าหากมีการเหยียบที่พินกำเนิดพลังงานแล้วมีพลังงานเข้ามาที่วงจรแล้วส่งออกไปที่ระบบตรวจสอบมลภาวะ PM2.5 และระบบแสดงผล



รูปที่ 4.1 แบบจำลองวงจรแปลงพลังงานจากพินกำเนิดพลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 วงจรแปลงพลังงานจากพื้นกำเนิดพลังงานที่เชื่อมต่อกับพื้นกำเนิดพลังงาน

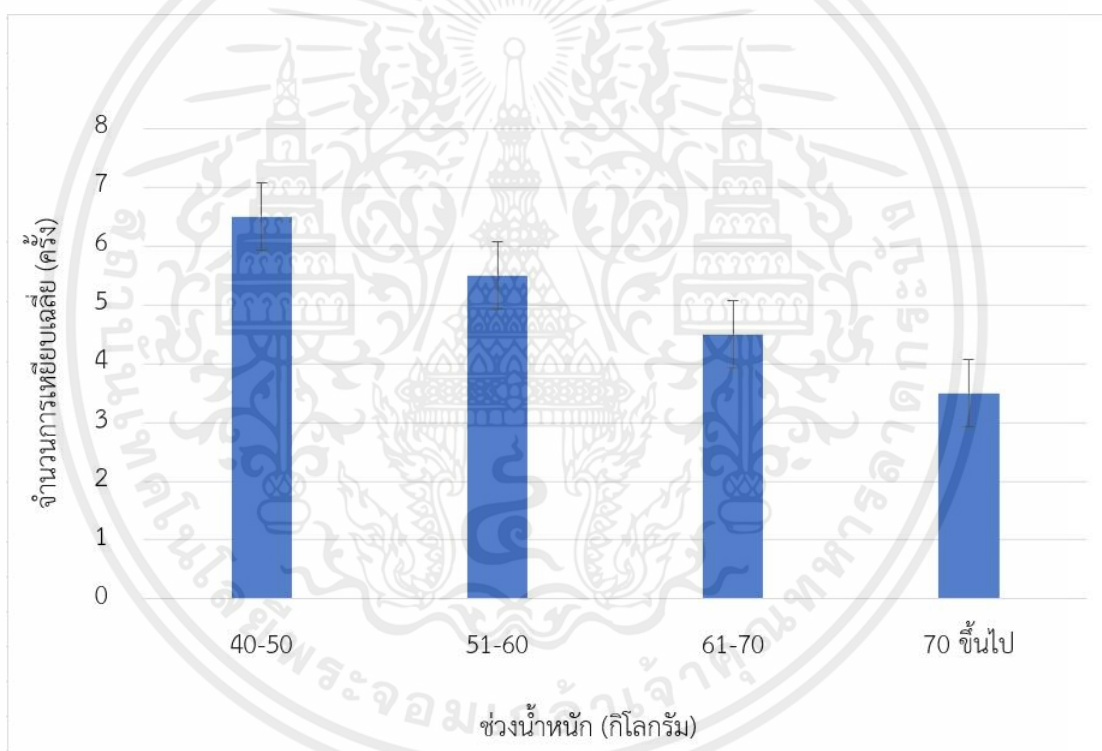
4.2 วิธีการทดสอบการจ่ายไฟของพื้นกำเนิดพลังงานให้กับระบบตรวจสอบมลภาวะ PM2.5 และระบบแสดงผล

ในการทดลองทางเราได้ทำการสุ่มคนแต่ละช่วงน้ำหนักที่มีน้ำหนักต่างกัน 4 ช่วงน้ำหนักมาทำการเหยียบพื้นกำเนิดพลังงานเป็นเวลา 10 วินาที จากนั้นนำผลการทดลองที่ได้บันทึกลงตารางที่ 4.1 และทำการพลอตกราฟตามรูปที่ 4.1 โดยตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่า เมื่อทำการเหยียบด้วยคนที่น้ำหนักมากจำนวนครั้งในการเหยียบจะน้อยลง โดยจำนวนการเหยียบของคนน้ำหนัก 70 กิโลกรัมขึ้นไปจะใช้จำนวนครั้งในการเหยียบพื้นเพื่อให้ระบบทำงานอยู่ที่ 3 ถึง 4 ครั้ง จำนวนการเหยียบของคนน้ำหนัก 61 ถึง 70 กิโลกรัม จะใช้จำนวนครั้งในการเหยียบพื้นเพื่อให้ระบบทำงานอยู่ที่ 4 ถึง 5 ครั้ง จำนวนการเหยียบของคนน้ำหนัก 51 ถึง 60 กิโลกรัม จะใช้จำนวนครั้งในการเหยียบพื้นเพื่อให้ระบบทำงานอยู่ที่ 5 ถึง 6 ครั้ง และจำนวนการเหยียบของคนน้ำหนัก 40 ถึง 50 กิโลกรัม จะใช้จำนวนครั้งในการเหยียบพื้นเพื่อให้ระบบทำงานอยู่ที่ 6 ถึง 7 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองจำนวนการเหยียบพื้นเพื่อให่วงจรทำงาน

ช่วงน้ำหนัก (กิโลกรัม)	รอบที่ 1 (ครั้ง)	รอบที่ 2 (ครั้ง)	รอบที่ 3 (ครั้ง)	รอบที่ 4 (ครั้ง)
40-50	6	7	7	6
51-60	5	5	6	6
61-70	5	4	5	4
70 ขึ้นไป	3	4	4	3



รูปที่ 4.3 ผลการทดลองจำนวนการเหยียบพื้นเพื่อให่วงจรทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอการออกแบบตัวต้นแบบของวงจรแปลงพลังงานจากพื้นที่กำเนิดพลังงาน มาใช้เป็นพลังงานในการทำงานของระบบตรวจสอบมลภาวะ PM2.5 และระบบแสดงผล โดยการแปลงพลังงานจากพื้นที่กำเนิดพลังงานที่เกิดจากปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริก มาประยุกต์มาใช้ในการเป็นพลังงานหลักในการทำงานของระบบตรวจสอบมลภาวะ PM2.5 และระบบแสดงผล เพื่อนำมาศึกษาหลักการทำงานและคาดการณ์คุณสมบัติของวงจรที่จะนำไปพัฒนาต่อยอดในอนาคต

ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะนำเสนอรูปแบบวงจรแปลงพลังงานที่ออกแบบมาเพื่อเปลี่ยนแปลงพลังงานจากพื้นที่กำเนิดพลังงานจากปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริก จากการทดลองการทำงานของวงจรแปลงพลังงานเพื่อแปลงพลังงานจากพื้นที่กำเนิดพลังงานมาใช้ในระบบตรวจสอบมลภาวะ PM2.5 และระบบแสดงผล พบว่าระบบตรวจสอบมลภาวะ PM2.5 สามารถใช้งานได้จริงและมีความเสถียร

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

ปัญหาและอุปสรรคในที่พบจากการทำโครงการนี้ สามารถระบุได้ดังนี้

1. การอ่านค่าและวิเคราะห์ข้อมูลจากออสซิลอสโคปทำได้ค่อนข้างยาก เนื่องจากกราฟที่ได้มีค่าที่ละเอียดมากทำให้การหาจุดเริ่มของระบบเป็นไปได้ยาก ซึ่งอาจทำให้เกิดความผิดพลาดในการอ่านค่าเพื่อนำไปคำนวณหาค่าในการทำวงจรต่อไป จึงทำให้มีความคลาดเคลื่อน

2. พบว่าเมื่อไม่ได้เหยียบด้วยความถี่ต่อเนื่องที่มากพอระบบจะไม่สามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์และต่อเนื่อง

5.3 ข้อเสนอแนะ

ควรเพิ่มพื้นที่กำเนิดพลังงานให้มีจำนวนมากขึ้นเพื่อเพิ่มความถี่ในการจ่ายพลังงานให้เข้ามาในระบบตรวจสอบมลภาวะ PM2.5 เพื่อให้ระบบทำงานได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และควรทดลองสถานที่จริงร่วมด้วยเนื่องจากทางผู้จัดทำไม่ได้นำระบบไปทดสอบกับสถานที่จริงในที่สาธารณะ

เอกสารอ้างอิง

- [1] **วัสดุเพียโซอิเล็กทริก** [Online Document]. Available from:
<<https://www.dss.go.th/images/st-article/ct-10-2555-pieso.pdf>>
- [2] **LCD MODULE NOKIA 5110 COMPATIBLE 3310.**
[Online Website]. Available from:
<<https://ssdielect.com/lcd-grafica/651-lcd-nokia-5110.html>>
- [3] **ระบบสมองกลฝังตัวและการใช้งาน “การแสดงผลด้วยจอ LCD ของ ARDUINO”**
[Online Website]. Available from:
<<https://sites.google.com/a/eat.kmutnb.ac.th/embedded-system/>>
- [4] **ดอนสัน ปงฝาบ, “ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino” THE JOURNAL OF APPLIED SCIENCE; No 1, June 2023**
- [5] **A.T. Joo, Z. Dahari, School of electrical and electronic engineering, university Sains Malaysia, engineering campus, 14300 Nibong Tebal, Pulau Pinang, Malaysia, investigation of human kinetic energy harvesting from human foot strike, JES 14 (2018) 1-14,**
<<http://doi.org/10.21315/jes2018.14.1>>
- [6] **คู่มือการใช้มัลติมิเตอร์ (Multimeters)** [Online Document]. Available from:
<<http://www.viset.ac.th/research/electronic/57/>>
- [7] **อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์** [Online Website]. Available from:
<<https://www.ab.in.th/article/>>
- [8] **ประโยชน์ของตัวเก็บประจุ (Capacitor)** [Online Website]. Available from:
<<https://www.pelectronic.net/single-post/2015/12/10/>>
- [9] **ทรานซิสเตอร์** [Online Website]. Available from:
<<https://www.changfi.com/fix/2021/11/17/14288/#>>
- [10] **โพธิ์ทบอร์ด** [Online Website]. Available from:
<<https://www.wikiwand.com/th/>>
- [11] **วงจรรวม หรือ วงจรเบ็ดเสร็จ** [Online Document]. Available from:
<<https://sites.google.com/a/samakhi.ac.th/krumanoch/>>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [12] ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ ผศ.ดร.นวกัทธา หนูนาค,
“sensor / เซนเซอร์” [Online Website]. Available from:
<<https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/4340/sensors/>>
- [13] หลักการของ Piezoelectric sensor [Online Document]. Available from:
<<https://navapadol.files.wordpress.com/2016/01/chapter-02-02.pdf>>
- [14] Piezoelectric Bending Transducer [Online Website]. Available from:
<<https://piezo.com/collections/piezoelectricsensors/products/piezoelectric-bending-transducer-s128-j1fr-1808yb>>
- [15] 2012. Pavegen System. [Online Website]. Available from:
<<http://www.pavegen.com>>
- [16] ณิชารัศม์ ธนขีสราศักดิ์, “ศักยภาพของพื้่นกำเนิดพลังงานสำหรับการเก็บเกี่ยวพลังงานจากการเดิน” THE THESIS DEGREE OF MASTER; No 1, July 2022



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

Code ระบบตรวจสอบมลภาวะ PM2.5 และระบบแสดงผล

```

#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_PCD8544.h>
#include <LowPower.h>

// Pin assignments
#define LED_PIN 13 // Pin for controlling the LED
#define SENSOR_PIN A0 // Analog input pin for the dust sensor

// Constants
#define SAMPLE_TIME 280 // Sampling time for the dust sensor in microseconds
#define DELTA_TIME 40 // Time delay between LED on/off in microseconds
#define VREF 5.0 // Voltage reference for analog-to-digital conversion
#define NO_DUST_VOLTAGE 0.6 // Voltage value when there is no dust
#define PM_CORRECTION 1.7 // Correction factor for PM2.5 calculation

// LCD display object
Adafruit_PCD8544 display = Adafruit_PCD8544(7, 6, 5, 4, 3);

void setup() {
  // Initialize serial communication
  Serial.begin(9600);

  // Initialize LCD display
  display.begin();
  display.setContrast(60);
  display.clearDisplay();

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

// Set LED pin as output
pinMode(LED_PIN, OUTPUT);
}

void loop() {
// Turn on the LED to activate the dust sensor
digitalWrite(LED_PIN, HIGH);
delayMicroseconds(SAMPLE_TIME);

// Measure the voltage output from the dust sensor
float dustVoltage = analogRead(SENSOR_PIN) * VREF / 1024.0;
delayMicroseconds(DELTA_TIME);
// Turn off the LED
digitalWrite(LED_PIN, LOW);
delayMicroseconds(SAMPLE_TIME);

// Measure the voltage output when there is no dust
float noDustVoltage = analogRead(SENSOR_PIN) * VREF / 1024.0;

// Calculate the ratio of dust voltage to no dust voltage
float voltageRatio = dustVoltage / noDustVoltage;

// Calculate the PM2.5 concentration using the voltage ratio and correction factor
float pm25 = PM_CORRECTION * pow(voltageRatio, 3.58);

// Print the PM2.5 value to the serial monitor
Serial.print("PM2.5: ");
Serial.print(pm25);
Serial.println(" ug/m3");

// Display the PM2.5 value on the LCD display

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
display.clearDisplay();
display.setCursor(0, 0);
display.println("PM2.5:");
display.setCursor(0, 10);
display.print(pm25);
display.println(" ug/m3");
display.display();

// Delay for 100 milliseconds
delay(100);

// Put the Arduino into sleep mode for 2 seconds
LowPower.powerDown(SLEEP_1S, ADC_OFF, BOD_OFF);
LowPower.powerDown(SLEEP_1S, ADC_OFF, BOD_OFF);
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ข้อมูลผลการทดลอง

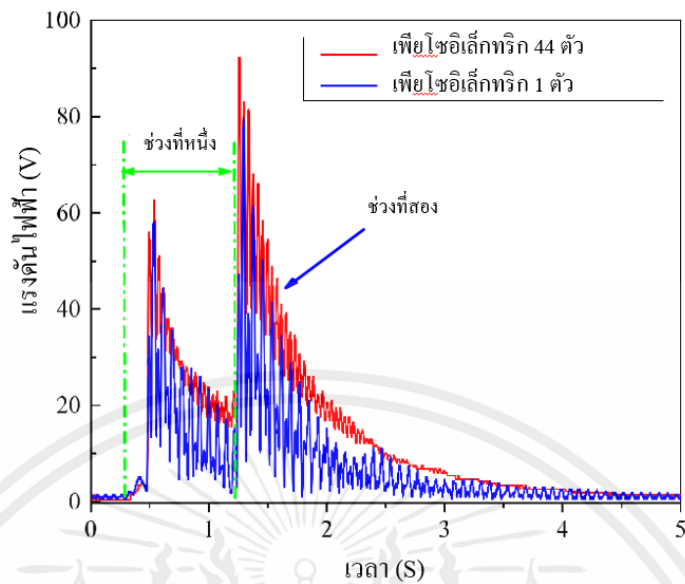
ข.1 ผลการทดลองประสิทธิภาพของพื้นกำเนิดพลังงานภายในห้องปฏิบัติการ

ประสิทธิภาพของพื้นกำเนิดพลังงานจะแสดงในตารางที่ ข.1 และในรูปที่ ข.1 แสดงแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตของคานยีนเพียโซอิเล็กทริกส์ 1 ตัวและ 44 ตัวต่อขนานกัน ในช่วงที่ 1 แรงดันเอาต์พุตจะมีค่าที่ใกล้เคียงกัน อยู่ที่ 60 V ช่วงที่ 2 อยู่ที่ 80 V ช่วงที่ 1 แรงดันจะน้อยกว่าช่วงที่ 2 เนื่องจากสปริงจะต้านแรงกดของแผ่นปิดไว้ รูปที่ ข.2 แสดงให้เห็นถึงกำลังไฟฟ้าสูงสุดและค่าเฉลี่ยกำลังสองของกำลังไฟฟ้าที่ตกคร่อมความต้านทานค่าต่าง ๆ เพื่อที่จะหาค่าความต้านทานที่เหมาะสม กำลังไฟฟ้าสูงสุดของพื้นกำเนิดพลังงานที่ประกอบไปด้วยคานยีนเพียโซอิเล็กทริก 44 ตัวคือ 520 mW_{peak} และที่ตกคร่อมโหลด 1 k Ω คือ 35 mW_{rms} ถึงแม้ว่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดจะสูงกว่าค่าเฉลี่ยกำลังสองของกำลังไฟฟ้าแต่ค่าเฉลี่ยกำลังสองของกำลังไฟฟ้ายิ่งเพียงพอสำหรับการใช้งานที่ต้องการ

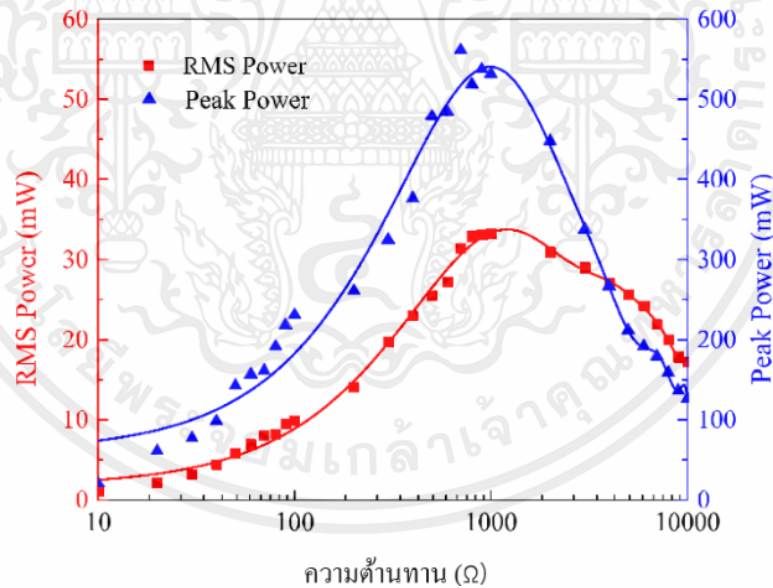
ตัวเก็บประจุขนาด 330 ถึง 15,000 μ F เป็นตัวเก็บประจุที่มีขนาดใหญ่พอที่จะเก็บพลังงานสำหรับการทดลองนี้ จากรูปที่ ข.3 แสดงให้เห็นว่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวเก็บประจุมีความผันผวนกับความจุ^[16]

ตารางที่ ข.1 ประสิทธิภาพของพื้นกำเนิดพลังงานภายในห้องปฏิบัติการ^[16]

ลักษณะทางไฟฟ้า	หน่วย	ขนาด
แรงดันไฟฟ้าสูงสุดที่วงจรเปิด (V_{peak})	V	80
ตัวต้านทานที่เหมาะสม	k Ω	1
กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เหมาะสม	mW _{peak}	520
ค่าเฉลี่ยกำลังสองของกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสม	mW _{rms}	35
ค่าเฉลี่ยกำลังสองของกระแสไฟฟ้าที่เหมาะสม	μ A	6

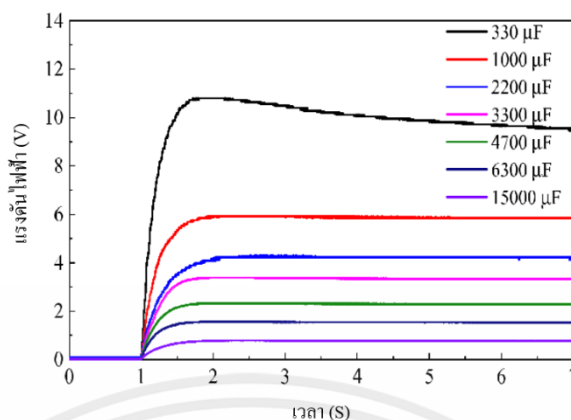


รูปที่ ข.1 แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตของคานยี่นเพียโซอิเล็กทริก 1 ตัวและ 44 ตัว ^[16]



รูปที่ ข.2 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าของพื้นกำเนิดพลังงานเพียโซอิเล็กทริก 44 ตัว และตัวต้านทานโหลดค่าต่าง ๆ ^[16]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.3 แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุค่าต่าง ๆ ^[16]

ข.2 ประสิทธิภาพของพื้นที่กำเนิดพลังงานตามปัจจัยการเหยียบ

ข.2.1 ผลการทดลองอิทธิพลของน้ำหนักตัว

จากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าพื้นที่กำเนิดพลังงานแบบสองจังหวะ จะให้พลังงานสองช่วงต่อการเหยียบ 1 ครั้งได้แก่ช่วงที่เหยียบพื้นที่กำเนิดพลังงานและช่วงที่ยกเท้าออกจากพื้นที่กำเนิดพลังงาน ซึ่งจะแสดงดังรูปที่ ข.4 และ ข.5 พฤติกรรมดังกล่าวนี้คือข้อดีของพื้นที่กำเนิดพลังงานแบบสองจังหวะซึ่งจะต่างจากพื้นที่กำเนิดพลังงานแบบแปลงความถี่ขึ้นคือเมื่อเหยียบ 1 ครั้งจะให้พลังงานแค่หนึ่งช่วงคือช่วงที่ยกเท้าออกจากพื้นที่กำเนิดพลังงานเท่านั้น

ผลการทดลองอิทธิพลของน้ำหนักตัวจะแสดงในตารางที่ ข.2 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าพลังงานเอาต์พุตที่ได้แปรผันตามน้ำหนักตัวของผู้เหยียบ กล่าวคือเมื่อน้ำหนักตัวของผู้เหยียบเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้พลังงานเอาต์พุตเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัน พลังงานและจำนวนก้าวที่เหยียบจะแสดงในรูปที่ ข.6 เพื่อตรวจสอบอิทธิพลของน้ำหนักตัว ให้กลุ่มผู้ทดสอบทำการเหยียบบนพื้นที่กำเนิดพลังงานทีละก้าวและทำการเหยียบค้างไว้เป็นเวลา 5 วินาทีจากนั้นค่อยทำการยกเท้าออก ในสถานการณ์นี้จะแบ่งผู้ทดสอบออกเป็น 2 กลุ่มจำนวนกลุ่มละ 10 คน ได้แก่ ช่วงน้ำหนัก 40 ถึง 50 กิโลกรัม และ ช่วงน้ำหนัก 70 ถึง 85 กิโลกรัม ก้าวเหยียบพื้นที่กำเนิดพลังงานทีละคนและทำการบันทึกกำลังไฟฟ้าสะสม ทำการทดลองซ้ำเป็นจำนวน 3 ครั้ง แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตของพื้นที่กำเนิดพลังงานที่ต่อขนานกับตัวเก็บประจุขนาด 1000 µF, 10 V ถูกวัดด้วยออสซิลโลสโคปเพื่อใช้ในการคำนวณพลังงาน ซึ่งผลลัพธ์ของทั้ง 2 กลุ่มจะถูกนำมาเปรียบเทียบกัน

ข.2.2 ผลการทดลองอิทธิพลของจังหวะการเดิน

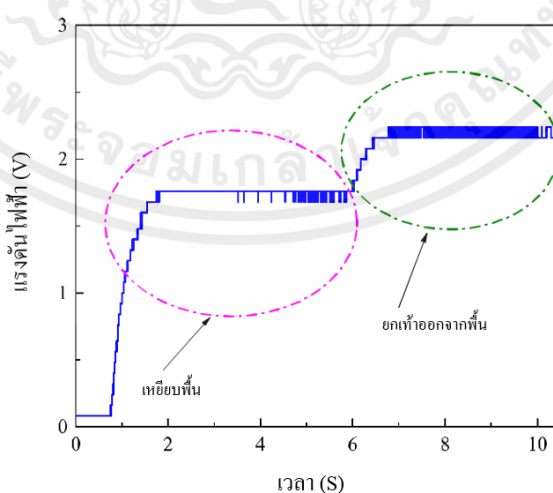
ผลการทดลองอิทธิพลของจังหวะการเดิน (การเดิน การวิ่ง) จะแสดงในตารางที่ ข.3 แสดงให้เห็นว่าการวิ่งจะให้พลังงานเอาต์พุตที่มากกว่าการเดิน ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัน พลังงานและจำนวนก้าวที่เหยียบจะแสดงในรูปที่ ข.7 ทำให้ได้ทราบว่าแรงดันและพลังงานจะเพิ่มขึ้นตามจำนวนการเหยียบแต่การวิ่งให้แรงดันและพลังงานที่มากกว่าในจำนวนการเหยียบที่เท่ากัน

ตารางที่ ข.2 การทดลองอิทธิพลของน้ำหนักตัว ^[16]

ลักษณะทางไฟฟ้า	ช่วงน้ำหนัก 40 – 50 กก.	ช่วงน้ำหนัก 70 – 80 กก.
แรงดันไฟฟ้าคร่อมตัวเก็บประจุหลังจากเหยียบ 10 ครั้ง (v)	4.7	8.0
พลังงานสะสมในตัวเก็บประจุหลังจากเหยียบ 10 ครั้ง (mJ)	11.0	32.0
พลังงานเฉลี่ยต่อการเหยียบ 1 ครั้ง (mJ)	1.1	3.2

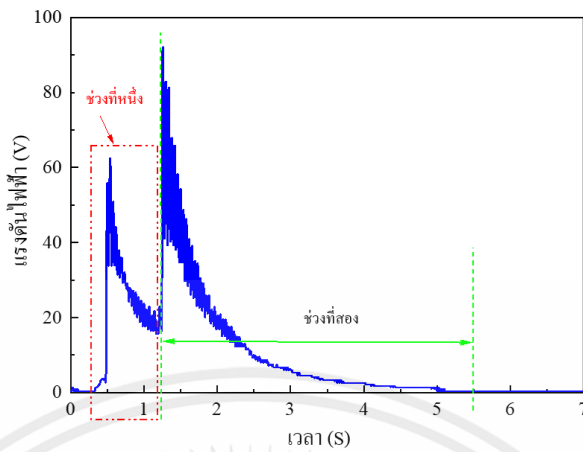
ตารางที่ ข.3 การทดลองอิทธิพลของจังหวะการเดิน ^[16]

ลักษณะทางไฟฟ้า	การเดิน	การวิ่ง
แรงดันไฟฟ้าคร่อมตัวเก็บประจุ (v)	16.2	25.9
พลังงานสะสมในตัวเก็บประจุหลังจากเหยียบ 10 ครั้ง (mJ)	289.0	737.0
พลังงานเฉลี่ยต่อการเหยียบ 1 ครั้ง (mJ)	9.6	24.6

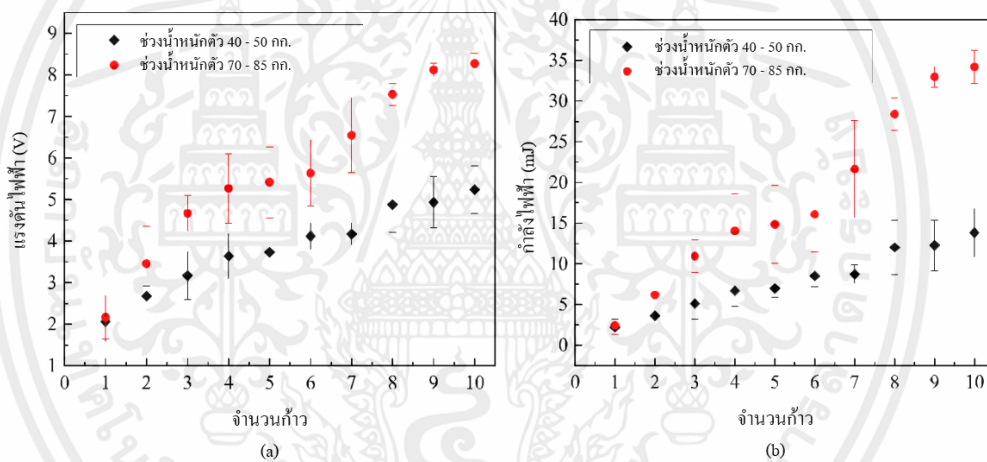


รูปที่ ข.4 ลักษณะแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุเมื่อทำการเหยียบ 1 ครั้ง ^[16]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

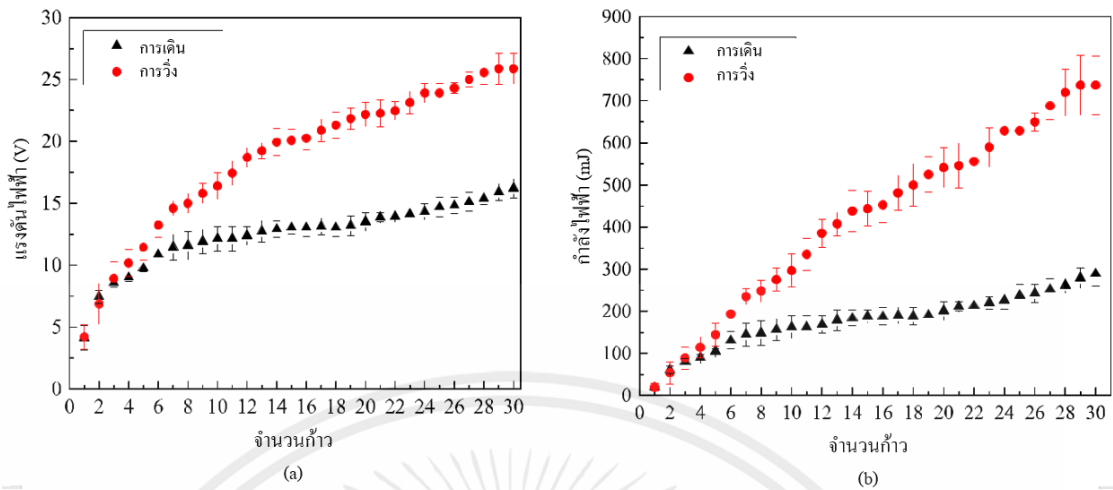


รูปที่ ข.5 แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตเมื่อทำการเหยียบ 1 ครั้ง ^[16]



รูปที่ ข.6 เอาต์พุตของการทดลองอิทธิพลของน้ำหนักตัว (a) แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุ (b) พลังงานไฟฟ้าสะสมในตัวเก็บประจุ ^[16]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.7 เอาดัฟุตของการทดลองอิทธิพลของจังหวะการเดิน (a) แรงดันไฟฟ้าอาดัฟุตที่ตกร่วม
ตัวเก็บประจุ (b) พลังงานไฟฟ้าสะสมในตัวเก็บประจุ [16]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

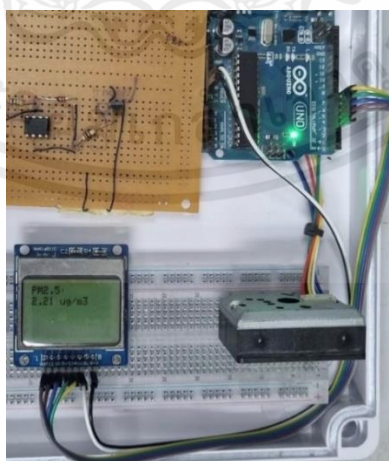
การทดสอบระบบตรวจสอบมลภาวะ PM2.5 และระบบแสดงผล

การทดสอบการทำงานของระบบตรวจสอบมลภาวะ PM2.5 และระบบแสดงผล

เป็นการทดลองเพื่อทดสอบระบบตรวจสอบมลภาวะ PM2.5 และระบบแสดงผลว่ามี การแสดงผลที่ถูกต้องหรือไม่ เพื่อนำระบบตรวจสอบมลภาวะ PM2.5 และระบบแสดงผลไปทำการวัด ค่าพลังงานที่ใช้ในการทำงานของระบบตรวจสอบมลภาวะ PM2.5 และทำการคำนวณเพื่อสร้างวงจร ในการแปลงพลังงานจากพืนกำเนิดพลังงานต่อไป โดยมีขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

วิธีการทดลองการทำงานของระบบการตรวจวัดพลังงาน

ในการทดลองเราได้ทำการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบดัง ภาคผนวกที่ ก เมื่ออัปโหลดโปรแกรมเรียบร้อยแล้ว เราได้ทำการเชื่อมต่อ GP2Y10 Dust sensor และ จอ Nokia5510 ตามรูปที่ ค.1 หลังจากนั้นเราได้นำระบบตรวจสอบมลภาวะ PM2.5 และระบบ แสดงผลมาทดลองโดยการนำไปวางไว้ที่จุดต่าง ๆ และให้ระบบทำงานและทำการบันทึกผลนำไปใส่ใน ตารางที่ ค.1 จากนั้นทำการจุดไม่ขีดไฟและดับไฟเพื่อให้เกิดควันจากนั้นใช้ลมเพื่อบังคับทิศทางของ ควันให้เข้าไปหา GP2Y10 Dust sensor อ่านค่าและบันทึกผลนำไปใส่ในตารางที่ ค.1 หลังจากนั้นทำ การเป่าแป้งฝุ่นไปที่ GP2Y10 Dust sensor ทำการอ่านค่าและบันทึกผลนำไปใส่ตารางที่ ค.1 ทำการ พรอต กราฟตามรูปที่ ค.2 เพื่อให้เห็นถึงความแตกต่างของ PM2.5 ได้ชัดเจนมากขึ้น

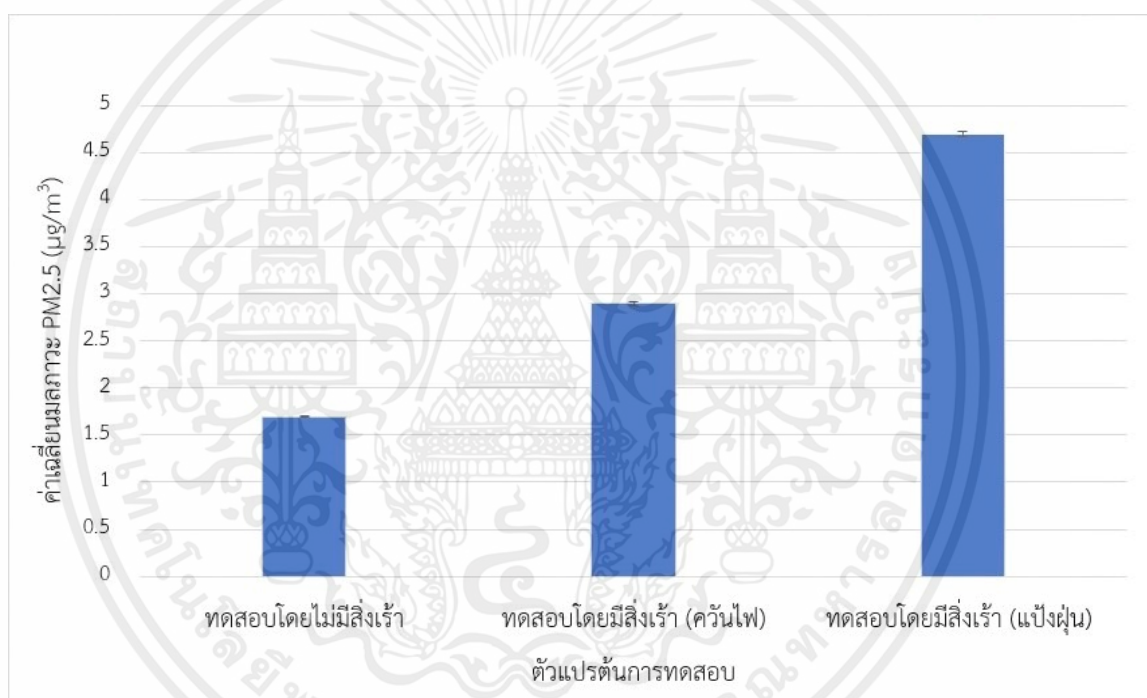


รูปที่ ค.1 การเชื่อมต่อ GP2Y10 Dust sensor และจอ Nokia5510

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 ผลการทดสอบการทำงานของระบบตรวจสอบมลภาวะ PM2.5

ครั้งที่	ทดสอบโดยไม่มีสิ่งเร้า ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	ทดสอบโดยมีสิ่งเร้า (ควันไฟ) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	ทดสอบโดยมีสิ่งเร้า (แป้งฝุ่น) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	1.70	2.91	4.72
2	1.68	2.89	4.69
3	1.69	2.87	4.70
4	1.70	2.92	4.65



รูปที่ ค.2 ผลการทดสอบการทำงานของระบบตรวจสอบมลภาวะ PM2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้