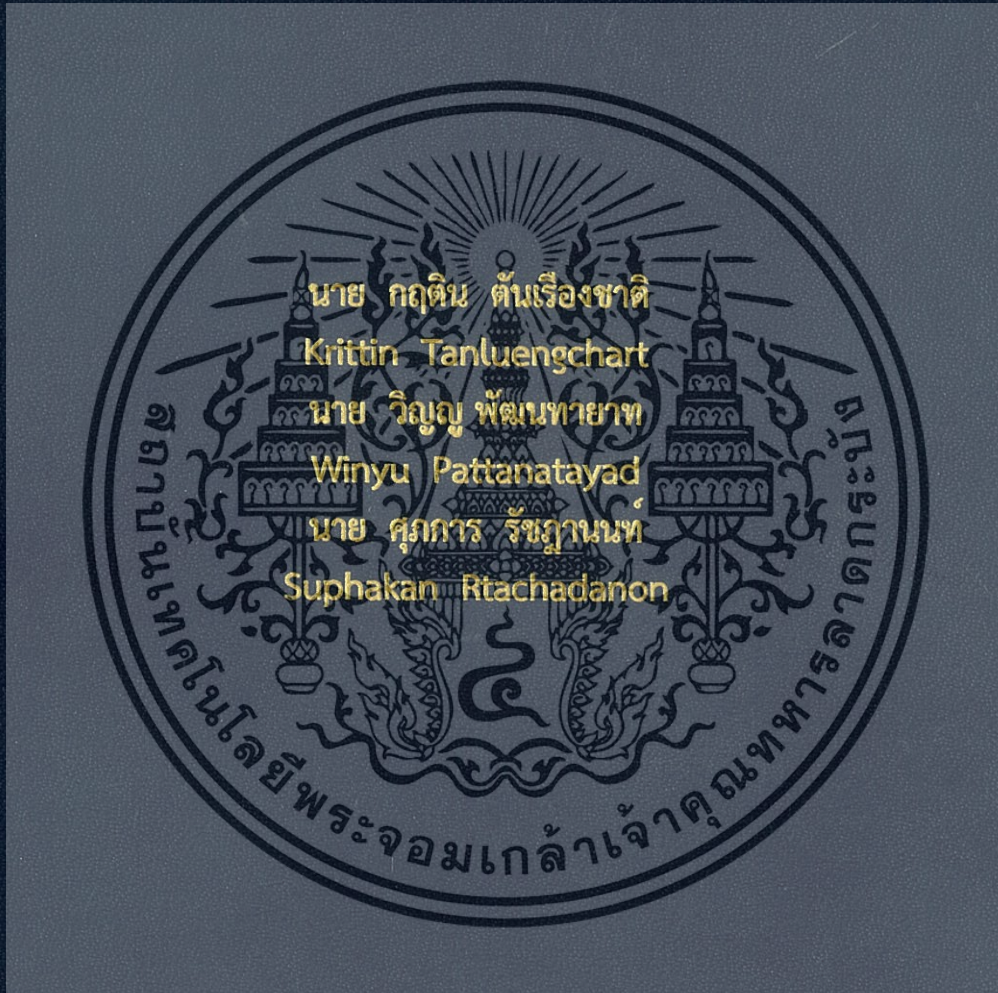


การเก็บเกี่ยวพลังงาน

Energy Harvesting



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2558

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การเก็บเกี่ยวพลังงาน

Energy Harvesting



T143925

โดย

นาย กฤติน ต้นเรืองชาติ

นาย วิญญู พัฒนทนายาท

นาย ศุภกร รัชฎานนท์

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร.อิทธิภูมิ บุญพิศำ

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 143925
วันเดือนปี..... 04 ต.ค. 2559



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปริญญาโท

ปริญญาโทปีการศึกษา

สาขาวิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การเก็บเกี่ยวพลังงาน

Energy Harvesting

ผู้จัดทำ

นาย กฤติน ตันเรืองชาติ รหัสประจำตัว 55010034

นาย วิญญู พัฒนทนาย รหัสประจำตัว 55011143

นาย ศุภการ รัชฎานนท์ รหัสประจำตัว 55011462

ปริญญาโทนี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว



(ดร. อธิภูมิ บุญพิคำ)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การเก็บเกี่ยวพลังงาน
นักศึกษา	นาย กฤติน ตันเรืองชาติ รหัสประจำตัว 55010034
	นาย วิญญู พัฒนทายาท รหัสประจำตัว 55011143
	นาย ศุภการ รัชฎานนท์ รหัสประจำตัว 55011462
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
ปีการศึกษา	2558
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์	ดร. อธิธิภูมิ บุญพิงค์

บทคัดย่อ

บทนำตลาดการเก็บเกี่ยวพลังงานขยายวันโดยวันนี้เป็นส่วนใหญ่นื่องจากจำนวนของเซ็นเซอร์พลังงานต่ำดำเนินการในด้านต่างๆเช่นร่างกายมนุษย์อาคารเครื่องยนต์รถ ... ฯลฯ เซ็นเซอร์เหล่านี้อยู่ในกรณีส่วนใหญ่พลังงานจากแบตเตอรี่ แต่ข้อเสียเปรียบหลักของเทคนิคนี้เป็นความต้องการของการควบคุมอย่างต่อเนื่องของรัฐของพวกเขาเสียค่าใช้จ่ายที่เติมเงินและการเปลี่ยนที่อยู่ในกรณีส่วนใหญ่ที่มีราคาแพง ดังนั้นเพื่อที่จะเอาชนะข้อจำกัด เหล่านี้หนึ่งในโซลูชันที่มีแนวโน้มมากที่สุดคือการเก็บเกี่ยวพลังงานรอบข้างระบบเพื่ออำนาจ ในสภาพแวดล้อมของเราเราสามารถหาหลายประเภทของพลังงานที่ได้รับคืนเช่นพลังงานกล พลังงานความร้อนและพลังงานรังสี (พลังงานแสงอาทิตย์, อินฟราเรด, คลื่นความถี่วิทยุ) บทนี้จะมุ่งไปที่กับพลังงานกลและอื่น ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพลังงานสั่นสะเทือนทางกลที่ผลิตโดยรถยนต์ตู้เย็น, เครื่องมือกลและอื่น ๆ เครื่องจักรกลเพื่อแปลงไฟฟ้าสามารถเป็นแม่เหล็กไฟฟ้าไฟฟ้าสถิตหรือ piezoelectric ในกรณีที่มีการแปลงไฟฟ้าการสั่นสะเทือนที่มีการใช้ในการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนไหวของขดลวดและแม่เหล็กถาวร ในกรณีที่มีพลังงานไฟฟ้าสถิตการสั่นสะเทือนที่มีการใช้ในการสร้างความจุตัวแปร ในกรณีของพลังงาน piezoelectric

Thesis Title	Energy Harvesting	
Student	Mr Krittin Tanluengchart	Student ID 55010034
	Mr Winyu Pattanatayad	Student ID 55011143
	Mr Suphakan Rtachadanon	Student ID 55011462
Degree	Bachelor Of Engineering	
Program	Electronics Engineering	
Year	2015	
Thesis Advisor	Dr.Itthipoom Boonphikum	

Abstract

The energy harvesting market expands day by day, this is mainly due to the number of the implemented low power sensors in different fields, such as: human body, building, car engine...etc. These sensors are in most cases powered by batteries, but the main drawback of this technique is the need of a continuous control of their state of charge, the recharge and the replacement which is in most cases expensive. Thus, in order to overcome these limitations, one of the most promising solutions is to harvest the surrounding energy beside the system to power. In our environment, we can find many types of recoverable energy, for example: mechanical energy, thermal energy and radiative energy (solar, infra-red, radio-frequency). This chapter is dedicated to mechanical energy and more particularly to mechanical vibration energy produced by cars, fridges, mechanical engines and so on. The mechanical to electrical converter can be electromagnetic, electrostatic or piezoelectric. In case of an electromagnetic conversion, the vibrations are used to create a relative movement between a coil and a permanent magnet. In case of an electrostatic transduction, the vibrations are used to create a variable capacitance. In case of a piezoelectric transduction, the vibrations are used to apply a mechanical stress on a piezoelectric material. Actually, a vibration energy harvester (VEH) features 3 main components as presented

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ เนื่องจากได้รับการสนับสนุนจากอาจารย์ที่ปรึกษา ดร. อธิธิภูมิ บุญพิศา ที่ให้ความรู้ คำแนะนำ ให้การสนับสนุนด้านอุปกรณ์ และสถานที่ในการทำงาน รวมถึงการดูแลอย่างดีในด้านต่างๆ นอกจากนี้ยังได้รับการสนับสนุนจากอาจารย์ทุกท่านในภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อนักศึกษาชั้นปีที่สี่ และรุ่นพี่ทั้งปริญญาตรีและปริญญาโท รวมไปถึงตึกภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ ที่เป็นสถานที่ทำงานให้เสร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และขอบคุณคุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้การสนับสนุนเงินทุนในการทำโครงการชิ้นนี้ จึงใคร่ขอขอบพระคุณผู้มีอุปการคุณทุกท่านมา ณ ที่นี้



ผู้จัดทำ
นาย กฤติน ตันเรืองชาติ
นาย วิญญู พัฒนทายาท
นาย ศุภการ รัชฎานนท์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญ (ต่อ).....	V
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ.....	1
1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับ.....	1
บทที่ 2	
2.1 piezoelectric.....	2
2.2 Model ในการทดลอง.....	7
2.3 วงจรแปลงไฟ ac เป็น dc.....	9
2.4 วงจรจัดการแบตเตอรี่ battery management.....	9
2.5 วงจรคู่อาร์ลิงตัน(Darlington Pair Circuit).....	17
บทที่ 3	
3.1 คุณสมบัติและลักษณะการทำงาน.....	19
3.2 ขั้นตอนการทำงาน.....	19
3.2.1 การแปลง Mechanical to Mechanical(M2E).....	20
3.2.2 Mechanical to Electrical Converter(M2E).....	21
3.2.3 Electrical to Electrical Converter(E2E).....	21
3.2.4 State of the Art.....	21

สารบัญ(ต่อ)

3.2.4.1 Vibration พร้อมกับ Harmonic หลายค่าที่ความถี่ที่แตกต่างกัน.....	21
3.2.4.2 High Electrical Damping Systems.....	22
บทที่ 4	
ผลการทดสอบเครื่องแปลงพลังงานจากแรงสั่นสะเทือนเป็นกระแสไฟฟ้า.....	23
บทที่ 5	
สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง.....	26



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 หน้าที่การทำงานของเขา MCP73831	10
2.2 เอาร์ทูทแสดงสถานะ.....	14



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 piezoelectric.....	2
2.2 แสดงปรากฏการณ์ Piezoelectricity.....	3
2.3 poling of piezoelectric ceramics.....	4
2.4 แสดงเครื่องหมายของแกนสำหรับ poled เซรามิก	5
2.5 นำแผ่น piezoelectric มาต่อกันแบบอนุกรมเพื่อให้ได้แรงดันเพิ่มขึ้นในแต่ละครั้งในการกด.....	7
2.6 นำแผ่น piezoelectric มาติดในบริเวณที่จะมีแรงไม่มากด.....	8
2.7 ทำแท่นกดเพื่อจำลองการสั่นสะเทือนไปยังแผ่น piezo	8
2.8 นำทั้ง 2 ชุดมาประกอบกันโดยใช้สปริงค้ำไว้ตรงกลางเพื่อนให้มีแรงต้าน	8
2.9 วงจรแปลง ac to dc.....	9
2.10 วงจรชาร์ตแบตเตอรี่.....	9
2.11 MCP73831 และตำแหน่งขาการทำงาน	10
2.12 การรักษาระดับอุณหภูมิ.....	12
2.13 รูปแบบการประจุทั่วไป (180 mAh battery).....	15
2.14 ประจุทั่วไปในยาน Thermal Regulation.....	17
2.15 การประยุกต์การใช้งาน MCP73831.....	17
2.16 วงจร Darlington.....	17
3.1 คุณสมบัติและลักษณะการทำงานของโมเดล.....	19
3.2 ระบบสร้างพลังงานไฟฟ้าจากการสั่นทางกลศาสตร์.....	19
3.3 หลักการทำงานของตัวโมเดล.....	20
3.4 Mechanical to Electrical Converter Circuit.....	21
3.5 Simulation time ของความถี่ธรรมชาติ.....	22
4.1 การกดเครื่องแปลงพลังงานไฟฟ้าจะได้ AC RMS.....	23
4.2 การกดเครื่องแปลงพลังงานไฟฟ้าจะได้ AC RMS.....	23
4.3 แปลงพลังงานไฟฟ้าโดยผ่านวงจรแปลง AC to Dc.....	24
4.4 เครื่องแปลงพลังงาน.....	24
4.5 output ของบอร์ดชาร์ตแบตเตอรี่	25
4.6 output ที่ผ่าน full bridge rectifier.....	25

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ตลาดกำเนิดพลังงานได้ขยายตัวทุกวัน เนื่องจากเกิดจำนวนเซ็นเซอร์ที่ใช้กำลังไฟฟ้าต่ำในหลายๆ ด้าน ขึ้นมา เช่น ร่างกายมนุษย์ อาคารบ้านเรือน เครื่องยนต์รถ และอื่นๆ เซ็นเซอร์เหล่านี้เกือบทั้งหมดได้รับพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ แต่สิ่งที่ย้อนกลับคือความต้องการในการควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่ รวมถึงการเปลี่ยนแบตเตอรี่ซึ่งมีค่าใช้จ่าย ดังนั้น เพื่อแก้ข้อจำกัดนี้ วิธีหนึ่งที่ทำได้คือนำพลังงานที่อยู่รอบๆ มาใช้ ในสิ่งแวดล้อมของเรา สามารถพบรูปแบบพลังงานที่นำมาใช้ได้ เช่น พลังงานกล พลังงานความร้อน และพลังงานการแผ่รังสี(แสดงอาทิตย์ อินฟราเรด ความถี่คลื่นวิทยุ เป็นต้น) สำหรับโครงการนี้จะนำพลังงานกลศาสตร์ โดยเฉพาะพลังงานเนื่องจากการสั่นทางกลศาสตร์ จากระถยนต์ ตู้เย็น เครื่องยนต์ และอื่นๆ มาใช้ ระบบแปลงพลังงานกลศาสตร์เป็นพลังงานไฟฟ้า อาจอยู่ในรูปของแม่เหล็กไฟฟ้า ไฟฟ้าสถิตย์ หรือ piezoelectric ในกรณีการแปลงพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า ได้นำการสั่นมาสร้างการเคลื่อนที่ระหว่างขดลวดและแม่เหล็กถาวร ในกรณีของ ไฟฟ้าสถิต

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1.2.1 สามารถนำพลังงานสั่นสะเทือนที่เหลือใช้มาแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้
- 1.2.2 เพื่อนำความรู้ด้านวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์มาประยุกต์ใช้และออกแบบเครื่องมือแปลงการสั่นสะเทือนเป็นพลังงานไฟฟ้าได้
- 1.2.3 เพื่อฝึกทำงานอย่างมีระบบมีแบบแผนและ ทำงานเป็นทีมรู้จักแก้ไขปัญหา

1.3 ขอบเขตของโครงการ

นำแรงสั่นสะเทือนที่วัดค่าได้จากเซ็นเซอร์จับแรงสั่นสะเทือนและนำพลังงานการสั่นสะเทือนมาแปลงเป็นกระแสไฟฟ้าด้วยแผ่น piezo และแปลงกระแสจาก AC ด้วยวงจร Bridge เป็น DC และนำไปเก็บไฟฟ้าในแบตเตอรี่เพื่อใช้งานต่อไป

1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับ

- 1.4.1 เข้าใจถึงกระบวนการแปลงแรงสั่นสะเทือนให้เป็นไฟฟ้า
- 1.4.2 สามารถจำลองโมเดลของเครื่องแปลงการสั่นสะเทือนเป็นพลังงานไฟฟ้าได้
- 1.4.3 ฝึกทักษะการออกแบบวงจรและการเขียนโปรแกรม Arduino
- 1.4.4 สามารถนำพลังงานการสั่นสะเทือนเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยเป็นพลังงานที่สะอาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

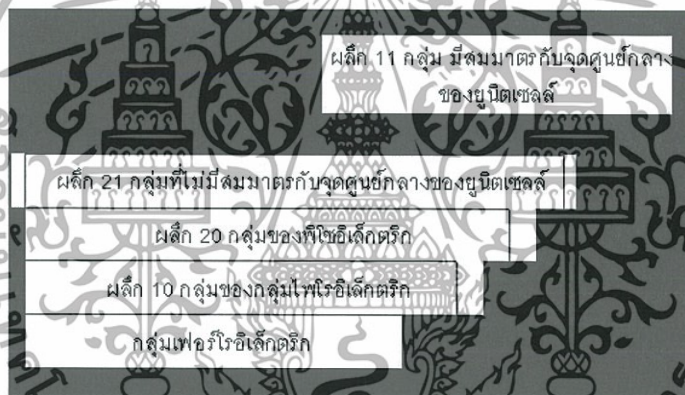
บทที่ 2

องค์ประกอบและหลักการพื้นฐานของเครื่องแปลงแรงสั่นสะเทือนเป็นกระแสไฟฟ้า

2.1 piezoelectric

ประวัติ

Pierre and Jacques Curie ได้ทำการทดลองครั้งแรกเกี่ยวกับความสัมพันธ์ปรากฏการณ์พิโซอิเล็กทริกกับโครงสร้างทางผลึกวิทยา การทดลองกระทำโดยการวัดประจุบนผิวของสารตัวอย่าง (สมัยนั้นคือ tourmaline, quartz, topaz, cane sugar และ Rochelle salt) ซึ่งประจุดังกล่าวแปรผันกับแรงเค้น ซึ่งเครื่องมือที่วัดมีแต่เพียงแผ่นดีบุกบางๆ, กาว, เส้นลวดและแม่เหล็ก เมื่อพิจารณาด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน สมบัติดังกล่าวภายหลังถูกขนานนามว่าสมบัติพิโซอิเล็กทริกการประยุกต์ทางด้านพิโซอิเล็กทริกได้เกิดขึ้นโดย European scientific community ใน 25 ปีต่อมา มีการทดลองมากมายเกิดขึ้น และทำให้มีการแบ่ง Crystal classes ต่างๆ ออกเป็น 20 กลุ่ม ที่เกิดสมบัติพิโซอิเล็กทริก กลุ่มผลึก 32 กลุ่ม จึงถูกแบ่งออกมาดังตารางที่ 1.1



รูปที่ 2.1 แผนภาพของการแบ่งกลุ่มพิโซอิเล็กทริกและกลุ่มย่อยผลึกสมมาตร 32 กลุ่ม

ในการใช้ Mathematic treatment เป็นสิ่งที่ยุ่งยากมาก ซึ่งต้องใช้ Tensor มาวิเคราะห์ การประยุกต์ทางด้านพิโซอิเล็กทริกเริ่มในสงครามโลกครั้งที่ 1 ในปี 1917 ซึ่ง Langevin และคณะ ได้ใช้พิโซในการสืบหาเรือดำน้ำ เขาใช้ผลึก polycrystal บางๆ ของ quartz เป็น transducers ต่อกับแผ่นเหล็กกล้าด้วยกาวธรรมดา และสามารถทำให้เกิดการกำทอนในช่วง 50 kHz. หลังจากนั้นการวิจัยด้าน Sonar, วงจรระบบต่างๆ เกิดขึ้นอย่างมากมายความสำเร็จในการประยุกต์ Sonar จุดประกายของการวิจัยด้านพิโซอิเล็กทริก เช่น การใช้ผลึก quartz อย่างแพร่หลายการค้นหาวัดอื่นๆ เพื่อเป็นตัวกลางให้คลื่นเหนือเสียงผ่าน ทำให้สามารถ detect รอยแตก, flow ในเนื้อสารได้ การวัดความดันทำให้สามารถวัดการจุดระเบิดในเครื่องยนต์ในช่วงสงครามโลกครั้งที่ 1 นี้ การประยุกต์หลายอย่างได้เกิดขึ้นอย่างแพร่หลาย เช่น ไมโครโฟน bender element actuators, signal filters...etc

ในช่วงสงครามโลกครั้งที่ 2 ทั้ง สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น และสหภาพโซเวียตรัสเซีย ได้สร้างกลุ่มวิจัยในการพัฒนาสมบัติของ capacitors ในวัสดุเซรามิก (เตรียมจากการ sinter) ที่มี dielectric constant >100 เท่าของผลึกธรรมดา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังสงครามโลกครั้งที่ 2 การวิจัยด้านเซรามิกเปลี่ยนเป็นการดำเนินการในทางอุตสาหกรรม โดยสหรัฐอเมริกา เช่น การผลิต

- Powerful sonar ในรูปเรขาคณิตอื่นๆ เช่น ทรงกลม, ทรงกระบอก ที่เกิดจาก
- casting ของ ceramics
- Piezo ignitors
- Sensitive hydrophones listening เพื่อควบคุมการเคลื่อนของเรือในทะเล
- Small sensitive microphones
- Ceramic audio tone transducer, เป็นประเภท small, low power, low
- voltage ประกอบด้วย ceramic disc ติดกับแผ่นโลหะ

หลักการทำงาน

จากการแบ่งผลึก 32 กลุ่ม ออกเหลือเพียง 20 กลุ่มเท่านั้นที่มีสมบัติไพโซอิเล็กทริกสาเหตุเพราะความไม่สมมาตรกับจุดศูนย์กลางของ unit cell ดังนั้นเมื่อมีแรงกดจึงมี dipole เกิดขึ้น และผลที่ตามมาจึงมีสนามไฟฟ้าคร่อมและ effect นี้เกิดในทำนองกลับกัน ปรากฏการณ์ piezoelectricity นี้แสดงในรูปที่ 2.1

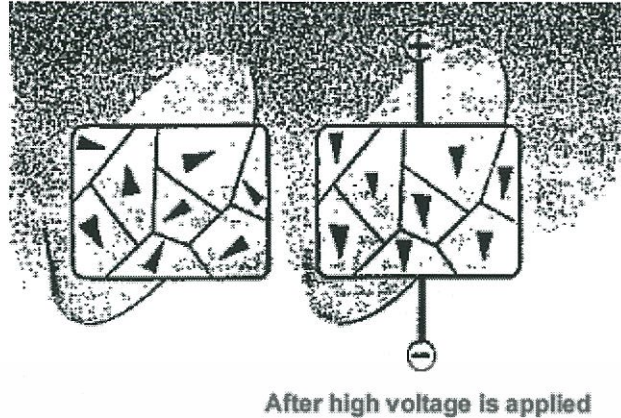


รูปที่ 2.2 แสดงปรากฏการณ์ Piezoelectricity

จากรูปที่ 2.2 จะเห็นว่าเมื่อ voltage ประยุกต์บนไพโซอิเล็กทริกเซรามิก ตัวเซรามิกจะหดและขยายหรือหนึ่งสารจะเป็นตัวเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าไปเป็นพลังงานกลและในทำนองกลับกัน ไพโซอิเล็กทริกจะมี polarization ตามธรรมชาติ ซึ่งแตกต่างจาก ferroelectric สารไพโซหลังจากการ sinter ใหม่ๆ dipoles ที่มีอยู่ใน grains ต่างๆ นั้นไม่ได้เรียงไปในแนวทางเดียวกัน ดังนั้นจึงต้องมีกระบวนการ poling เพื่อให้ dipoles ต่างๆ เรียงไปในทิศทางเดียวกัน ดังรูปที่ 2.2

(2.1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



After high voltage is applied

รูปที่ 2.3 poling of piezoelectric ceramics

หากปราศจากกระบวนการ poling แล้ว สารพีโซจะไม่แสดงสมบัติพิเศษใดๆ เลย การ poling มักจะกระทำที่อุณหภูมิคูรีสมการที่อธิบายเกี่ยวกับ effects ของ piezoelectric อาจเขียนได้ดังนี้

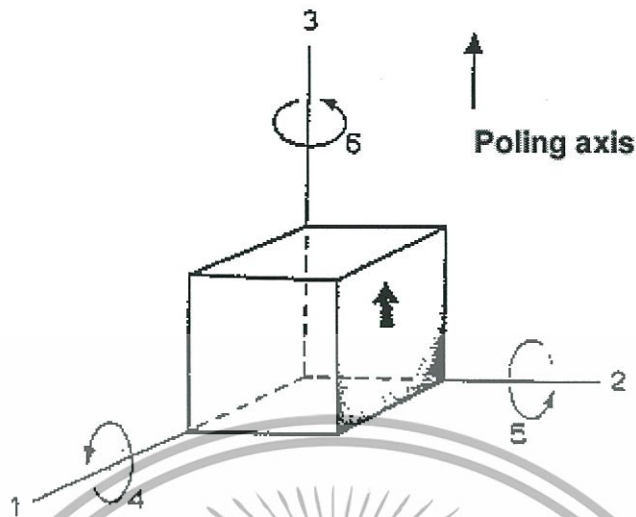
$$D = dE + s^T E \quad (2.1)$$

$$S = s^E T + dE \quad (2.2)$$

เมื่อ D = electricfield displacement (ระยะห่างระหว่างสนามไฟฟ้า)
 T = stress (ความเครียดของวัสดุ)
 E = Electric field (สนามไฟฟ้า)
 S = strain (ความเค้นของวัสดุ)
 d = piezoelectric coefficient (สัมประสิทธิ์ของแผ่น piezoelectric)
 e = dielectric constant (ค่าคงที่ของไดอิเล็กทริก)
 s = material compliance (modulus of elasticity)

สำหรับค่า e T หมายถึงค่า e เมื่อ stress คงที่ หมายความว่าไม่มีแรงกดใดๆ บนสาร และ sE ค่า compliance ขณะที่สนามไฟฟ้าคงที่สมการ (2.1) และ (2.2) อยู่ในรูป Matrix อธิบายเกี่ยวกับชุดของสมการที่เกี่ยวข้องกับสมบัติของสารในทิศทางต่างๆ ของวัสดุ เพื่อให้สะดวกในการอธิบายทิศทางต่างๆ ของสารพีโซ ถูกกำหนดไว้ในรูปที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 แสดงเครื่องหมายของแกนสำหรับ poled เซรามิก

ทิศทาง 3 ถูกเลือกให้เป็นทิศทางที่ใช้ในการ pole shear planes แสดงด้วย 4, 5 และ 6 ซึ่งตั้งฉากกับ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ

d₃₃ แสดง polarization ที่เกิดขึ้นในทิศทาง 3 เมื่อแรงกดกระทำบนทิศทาง 3 ด้วย

d₃₁ แสดง polarization ที่เกิดขึ้นในทิศทาง 3 เมื่อแรงกระทำในทิศทาง 1

สมการ d₃₃ อาจเขียน ดังนี้

$$D_3 = d_{33}T_3 \text{ (direct effect)} \quad (2.3)$$

$$S_3 = d_{33}E_3 \text{ (converse effect)} \quad (2.4)$$

ค่า d จะเท่ากันทั้งสองสมการ ในเชิงตัวเลขมีหน่วยเป็น 10-12 c/N (สำหรับ direct effect) และมีหน่วยเป็น 10-12 m/V (สำหรับ converse effect) สำหรับ Sonar หรือเครื่องกำเนิดเสียง ต้องการค่า d สูงๆ

สัมประสิทธิ์พิโซอิเล็กทริกจะเกี่ยวข้องกับสนามไฟฟ้าที่เกิดจากแรงเค้น อาจเขียนในรูปของ voltage หรือค่า g มีหน่วยเป็นโวลต์ตันนิวตันต่อตารางเมตร เทอมของ g อยู่ในรูป

$$g = \frac{\text{open circuit electric field}}{\text{applied mechanical stress}} \quad (2.5)$$

ค่า g เป็นค่าที่ (กรณีวงจรเปิด) มีค่า เกี่ยวกันกับ d ดังนี้

$$g = \frac{d}{\epsilon} = \frac{d}{\epsilon_r \epsilon_0} \quad (2.6)$$

เมื่อ e = permittivity

ϵ_r = dielectric constant (relative permittivity)

ϵ_0 = permittivity in free space (8.854 × 10⁻¹² F/m)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น ถ้า er ต่ำ g, d จะสูง ซึ่งมักจะเป็นเซรามิกที่ไม่ switch polarization ทันทันทันใด ทำให้ค่า er ต่ำ กลุ่มสารเหล่านี้ใช้ใน gas ignitors หรือ lighters

สัมประสิทธิ์อีกตัวหนึ่ง ที่ใช้ประเมินค่าความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล หรือในทางกลับกัน ได้แก่ piezoelectric coupling factor (k_{33} , k_{31} และ k_p) ค่า k นิยามว่า

$$k = \sqrt{\frac{\text{Energy Output}}{\text{Total Mechanical Energy input}}}$$

สำหรับ direct effect และในทางกลับกันสำหรับ converse effect ทั้งสองกรณี k จะมีค่าน้อยกว่า 1 เสมอสำหรับ k_p (planar coupling coefficient) เป็นสัมประสิทธิ์ที่เกี่ยวกับกับความถี่ที่ maximum impedance parallel antiresonance, f_a และ minimum series resonance, f_r แล้วคำนวณตามสูตร (กรณีสารอยู่ในรูป disc)

$$k_p = \left[\left(1 - k_p^2 \right) \left(\text{Bessel function} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2.7)$$

เนื่องจากความยุ่งยากสูตรในสมการที่ 2.6 ลดรูปเป็น *

$$k_p = \left[2.5 \frac{(f_a^2 - f_r^2)}{f_r^2} + 0.038 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2.8)$$

ตัวอย่างของการประยุกต์

สาร piezoelectric ที่ใช้ในปัจจุบันมักอยู่ในกลุ่มของ BaTiO_3 , PZT, $\text{Pb}(\text{Zr}, \text{Ti})\text{O}_3$, PT, PLZT, PMN และยังคงเปลี่ยนสารเพื่อทำให้ขอบเขตของสาร piezoelectric นี้กว้างขวางมากขึ้นในด้านการประยุกต์นั้น ในปัจจุบันได้มีการใช้อย่างกว้างขวาง เช่น

-piezoelectric buzzers เป็นแผ่นเซรามิกติดกับแผ่นโลหะบาง เมื่อมีสัญญาณไฟฟ้าประยุกต์ แผ่นเซรามิกก็จะสั่นเกิดเสียงขึ้น ใช้ใน alarms, sound producing calculators และ electronic watches

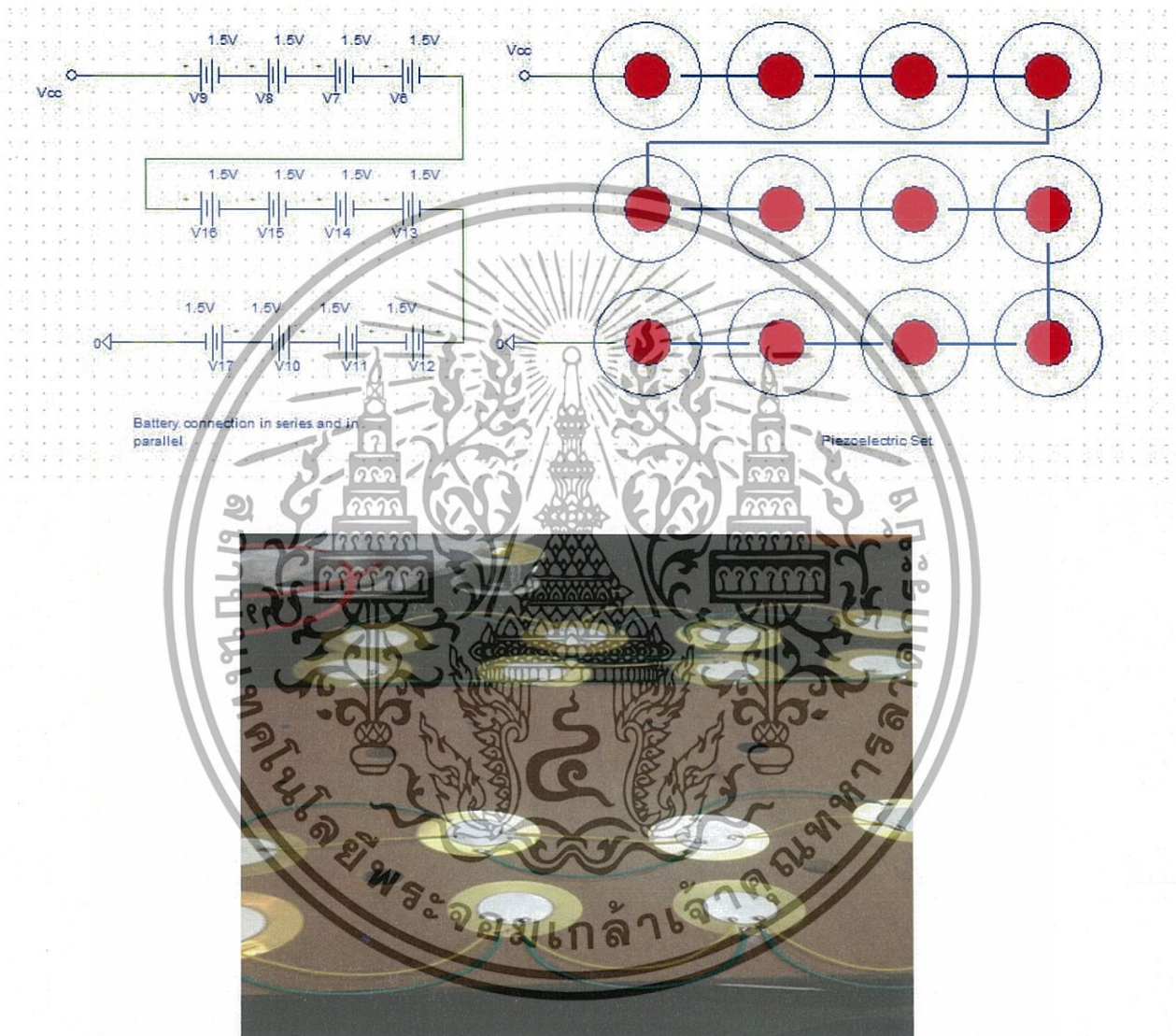
-Blood pressure sensors แผ่น piezoelectric จะรับสัญญาณของความดันโลหิตแล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้า

-Ultrasonic sensors แผ่นเซรามิกอาจใช้ในการ sensor โดยไว้ที่หลังของรถเมื่อเวลารถถอยหลังมี Voltage แผ่น ceramics จะสั่น ส่งคลื่นเหนือเสียงออกไป เมื่อคลื่นวิ่งชนวัตถุด้านหลังรถจะสะท้อนกลับแล้ว detect ด้วย ceramics ส่งสัญญาณบอกเป็นเสียงหรือแสงเตือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

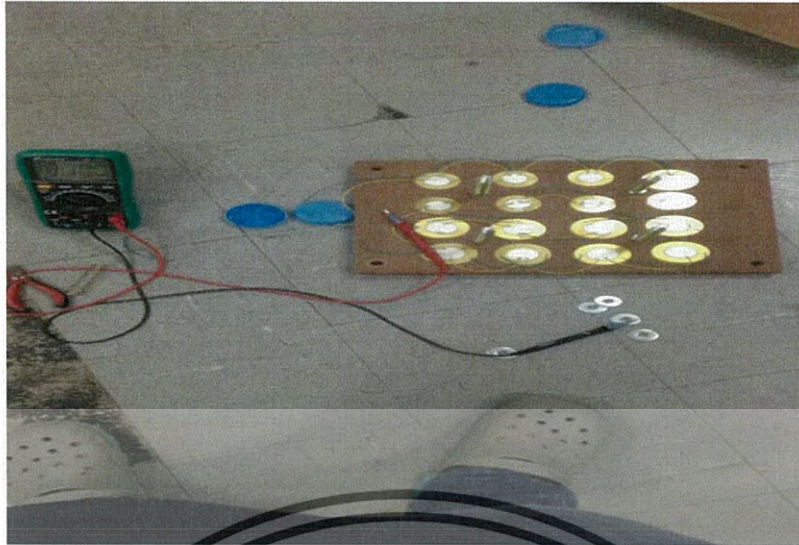
-Filters การสั่น piezoelectric ceramics ขึ้นกับขนาดของตัวสาร ดังนั้นสัญญาณที่มีความถี่เท่ากับความถี่ธรรมชาติของตัวสารเท่านั้น จะทำให้ตัวสารสั่นอย่างแรง ด้วยสมบัติดังกล่าว จะสามารถกรองคลื่น Surface Acoustic Wave ในบางความถี่ผ่านตัวสารเท่านั้น

2.2 Model ในการทดลอง

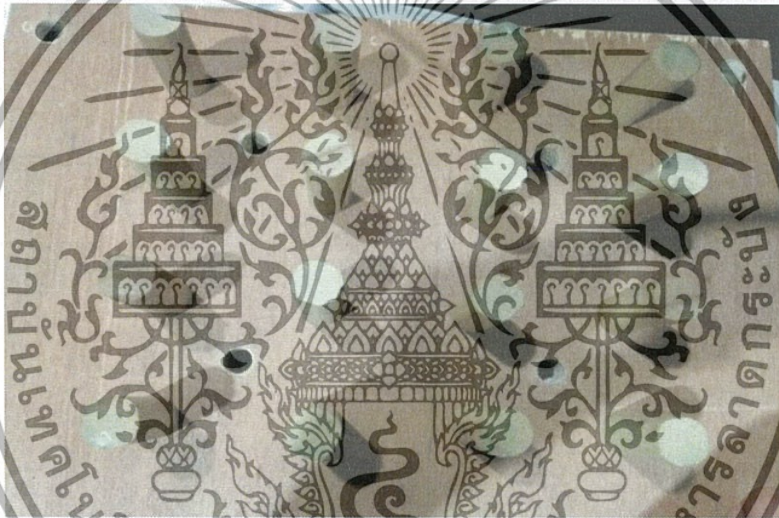


รูปที่ 2.5 นำแผ่น piezoelectric มาต่อกันแบบอนุกรมเพื่อให้ได้แรงดันเพิ่มขึ้นในแต่ละครั้งในการกด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 นำแผ่น piezoelectric มาติดในบริเวณที่จะมีแรงไม่มาก

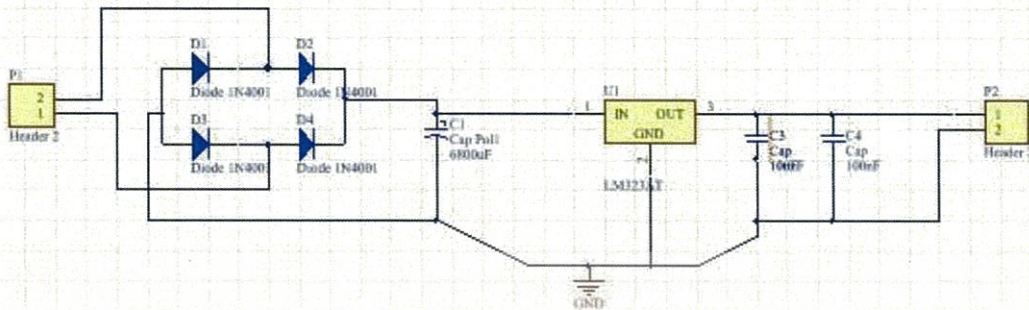


รูปที่ 2.7 ทำแทนกวดเพื่อจำลองการสั่นสะเทือนไปยังแผ่น piezo



รูปที่ 2.8 นำทั้ง 2 ชุดมาประกอบกันโดยใช้สปริงค้ำไว้ตรงกลางเพื่อนำให้มีแรงต้านในการกดจำลองการเอกสสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่ สั่นสะเทือน เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 วงจรแปลงไฟ ac เป็น dc



รูปที่ 2.9 วงจรแปลง ac to dc

2.4 วงจรจัดการแบตเตอรี่ battery management



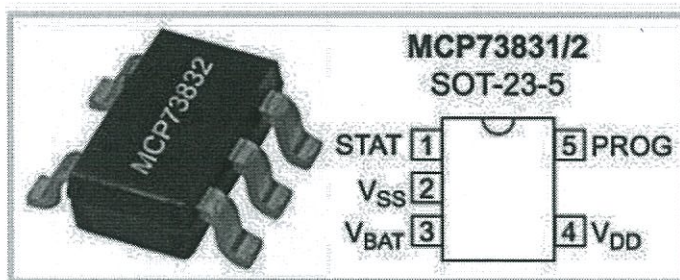
รูปที่ 2.10 วงจรชาร์ตแบตเตอรี่

ข้อมูลทั่วไปสำหรับ MCP73831

รายละเอียดทั่วไป

คืออุปกรณ์ควบคุมการจัดการการชาร์จเชิงเส้น มีทั้งแบบชนิด 8 และ 5 ขา ต้องการอุปกรณ์ภายนอกจำนวนน้อยมากมาต่อเพื่อใช้งาน MCP73831 ใช้หลักการชาร์จ แรงดันคงที่และกระแสคงที่ พร้อมทั้งเงื่อนไขเริ่มต้นและการหยุดการชาร์จมาด้วย ให้การรักษาระดับแรงดันคงที่ด้วยหลายระดับแรงดันด้วยกันคือ 4.20V., 4.35V., 4.40V., หรือ 4.50V. ตามชนิดของแบตเตอรี่ที่ต้องการชาร์จ ส่วนการเลือกระดับกระแสคงที่นั้นทำให้ด้วยการต่อตัวต้านทานภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 MCP73831 และตำแหน่งขาการทำงาน

รายละเอียดสำหรับขาใช้งานของ MCP73831T

ตารางที่ 2.1 หน้าที่การทำงานของขา MCP73831

DFN	สัญลักษณ์	หน้าที่
1	V_{DD}	แหล่งจ่ายไฟอินพุตสำหรับการชาร์จแบตเตอรี่
2	V_{DD}	แหล่งจ่ายไฟอินพุตสำหรับการชาร์จแบตเตอรี่
3	V_{BAT}	เอาต์พุตควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่
4	V_{BAT}	เอาต์พุตควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่
5	$STAT$	เอาต์พุตแสดงสถานะการชาร์จ
6	V_{SS}	แรงดันอ้างอิง 0V สำหรับการชาร์จแบตเตอรี่
7	NC	ไม่ต่อ
8	$PROG$	ใช้งานควบคุมการชาร์จและรีเซ็ตระดับกระแส
9	EP	แผ่นระบายความร้อน ต้องต่อเข้ากับขา V_{SS}

ขา 1 V_{DD} , แหล่งจ่ายไฟอินพุตสำหรับวงจรจัดการการชาร์จแบตเตอรี่
แหล่งจ่ายไฟ (V_{REG} (ทั่วไป)) 0.3V. ถึง 6V. พร้อม Bypass ไปยัง V_{SS} โดยตัวเก็บประจุค่าต่ำสุด
 $4.7\mu F$

ขา 3 V_{BAT} , แหล่งจ่ายไฟเอาต์พุตสำหรับควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่
ต่อเข้ากับขั้วบวกของแบตเตอรี่ หรือขา Drain ของ P-channel MOSFET ที่อยู่ภายใน พร้อม
Bypass ไปยัง V_{SS} โดยตัวเก็บประจุค่าต่ำสุด $4.7\mu F$ เพื่อให้แน่ใจว่ามีความเสถียรเมื่อไม่ต่อแบตเตอรี่

ขา 5 $STAT$, เอาต์พุตแสดงสถานะการชาร์จแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STAT คือเอาท์พุทเพื่อต่อเข้ากับ LED เพื่อแสดงว่ามีการชาร์จแบตเตอรี่ หรือใช้ตัวต้านทาน pull-up เพื่อต่อเข้ากับ microcontroller ได้เช่นเดียวกัน

STAT คือเอาท์พุทแบบลอคิก 3 และเป็นเอาท์พุทแบบ open-drain ที่อยู่ใน MCP73832

ขา 6 V_{SS} , ระดับแรงดันอ้างอิง 0V. สำหรับการจัดการการชาร์จแบตเตอรี่
ต่อเข้ากับขั้วลบของแบตเตอรี่และแหล่งจ่ายไฟอินพุท

ขา 8 *PROG*, ชุดรีเซ็ตระดับกระแส
สำหรับเงื่อนไขเริ่มต้น ลดขนาดกระแสที่ทำการชาร์จและกระแสหยุดการทำงานโดยต่อตัวต้านทานจากขา PROG เข้ากับขา V_{SS}

ขา 9 *EP*, แผ่นรองรับอุณหภูมิ
เป็นการเชื่อมต่อทางไฟฟ้าภายในระหว่างขา EP และขา V_{SS} และต้องต่อเข้ากับระดับแรงดันเดียวกันบนแผ่น PCB

พื้นฐานการทำงานทั่วไป

วงจร UVLO ให้ MCP73831 อยู่ในโหมดหยุดการทำงาน หากระดับแรงดันอินพุทต่ำกว่า แรงดันแบตเตอรี่ +50 mV และเมื่อระดับแรงดันอินพุทสูงกว่าระดับแรงดันแบตเตอรี่ 150 mV MCP73831 จะทำงานอีกครั้ง

วงจร UVLO จะทำงานตลอดเวลา เมื่อใดก็ตามที่ระดับแรงดันอินพุทต่ำกว่าระดับแรงดันขีดเริ่มของ UVLO หรือระดับแรงดันที่ขา V_{BAT} ประมาณ +50 mV MCP73831 จะหยุดทำงานระหว่างเงื่อนไขใดๆ สำหรับ UVLO กระแสย้อนกลับที่ปล่อยออกมาจากแบตเตอรี่ จะมีค่าน้อยกว่า $2\mu A$ เสมอ

เงื่อนไขการประจุ

เมื่อเริ่มทำการชาร์จ เงื่อนไขของ UVLO ทั้งหมดต้องเกิดขึ้น และต้องมีแบตเตอรี่ต่ออยู่ ตัวต้านทานโปรแกรมกระแสทำการชาร์จต้องต่อจากขา PROG ไปยังขา V_{SS} ด้วย หากขา PROG ลอย MCP73831 จะไม่ทำงาน และกระแสนอนกลับที่ปล่อยออกมาจากแบตเตอรี่ จะมีค่าน้อยกว่า $2\mu A$ รูปแบบนี้ขา PROG จะทำหน้าที่เป็นตัวกระตุ้นทำการชาร์จ และสามารถนำมาใช้เป็นการหยุดการชาร์จได้

เงื่อนไขเริ่มต้น

หากระดับแรงดันที่ขา V_{BAT} ต่ำกว่าค่าระดับแรงดันขีดเริ่มเงื่อนไขเริ่มต้น MCP73831 จะเข้าสู่โหมดเงื่อนไขเริ่มต้น หรือโหมดการชาร์จ และเมื่อระดับแรงดันที่ขา V_{BAT} สูงกว่าค่าระดับแรงดันขีดเริ่มเงื่อนไขเริ่มต้น MCP73831 จะเข้าสู่โหมดการชาร์จ หรือโหมดกระแสคงที่

โหมดการชาร์จ หรือโหมดกระแสคงที่

ระหว่างการทำงานในโหมดกระแสคงที่ กระแสชาร์จที่ถูกโปรแกรม จะจ่ายให้แก่แบตเตอรี่ ได้กระแสชาร์จนี้โดยใช้ตัวต้านทานที่ต่อเข้ากับขา PROG และขา V_{SS} โหมดกระแสคงที่ที่ยังถูกรักษาไว้จนกระทั่งระดับแรงดันที่ขา V_{BAT} มีค่าเท่ากับระดับแรงดันคงที่ V_{REG}

โหมดกระแสและแรงดันคงที่

โหมดการชาร์จ หรือโหมดกระแสคงที่

เมื่อระดับแรงดันที่ขา V_{BAT} มีค่าเท่ากับระดับแรงดันคงที่ V_{REG} จะเริ่มทำให้การรักษาระดับแรงดันให้คงที่ทำงาน ระดับแรงดันคงที่คือ 4.2V, 4.35 V., 4.40V, หรือ 4.50V. โดยมีค่าความผิดพลาด $\pm 0.75\%$

การหยุดการชาร์จ

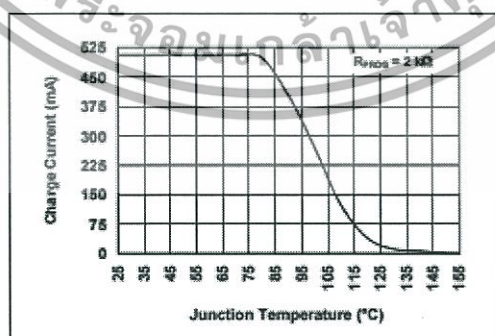
จะหยุดการชาร์จ เมื่อในระหว่างการทำงานในโหมดแรงดันคงที่ กระแสการชาร์จเฉลี่ยนั้นตกลงต่ำกว่าเปอร์เซ็นต์ของกระแสชาร์จที่ได้รับการโปรแกรมไว้(ตามค่าของตัวต้านทานที่ต่อเข้ากับขา PROG)

ชาร์จซ้ำอัตโนมัติ

MCP73831 จะทำการตรวจจ็ับระดับแรงดันที่ขา V_{BAT} ในโหมดการชาร์จที่สมบูรณ์ หากระดับแรงดันนี้ต่ำกว่าค่าระดับแรงดันขีดเริ่มเพื่อการชาร์จซ้ำ รอบการชาร์จอื่นจะเริ่มทำงาน และกระแสจะจ่ายให้แบตเตอรี่อีกครั้ง

การรักษาระดับอุณหภูมิ

MCP73831 นั้นจำกัดกระแสการชาร์จขึ้นกับอุณหภูมิด้วย การรักษาระดับอุณหภูมิจะทำให้การชาร์จเสร็จสมบูรณ์ในเวลาที่ยาวที่สุด และรักษาความเชื่อถือได้ด้วย รูปที่2.1.2แสดงการรักษาระดับอุณหภูมิภายใน MCP73831 เอง



รูปที่2.12 การรักษาระดับอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หยุดทำงานเนื่องจากความร้อน

MCP73831 จะหยุดการชาร์จ หากอุณหภูมิภายในอุปกรณ์เองสูงเกิน 150 C และจะทำการชาร์จต่อไปเมื่ออุณหภูมิต่ำลงอีก 10 C

การใช้งานกับวงจรประเภทต่างๆ

วงจรรอนาฬิกา

แหล่งจ่ายไฟให้แก่ MCP73831

แหล่งจ่ายไฟ VDD จ่ายไฟให้แก่ MCP73831 ที่จะเข้าสู่โหมด Power-Down โดยอัตโนมัติ หากระดับแรงดัน VDD ต่ำกว่าระดับแรงดัน UVLO(Vstop) ซึ่งต้องกันการดึงไฟจากแบตเตอรี่กลับเมื่อไม่มีแหล่งจ่ายไฟ VDD

วงจรรักษาระดับกระแส(PROG)

การรักษาระดับกระแสเพื่อทำการประจุแบตเตอรี่ทำได้โดยเพิ่มตัวต้านทานสำหรับโปรแกรม(Rprog) จากขาอินพุท PROG เข้ากับ Vss ตัวต้านทานสำหรับโปรแกรมนี้อาจจะทำการประจุ สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$I_{REG} = \frac{1000V}{R_{PROG}}$$

เมื่อ $R_{PROG} = k\Omega$
 $I_{REG} = mA$

เงื่อนไขแรกในการกระตุ้นกระแสเพื่อเริ่มและหยุดการชาร์จนั้น นั้นเป็นอัตราส่วนกันกับกระแสชาร์จที่ขึ้นกับคุณสมบัติของแบตเตอรี่ชนิดต่างๆที่เลือกใช้

แรงดันเอาต์พุทควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่ (V_{BAT})

แรงดันเอาต์พุทควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่คือขา drain ของ P-channel MOSFET ภายใน MCP73831 ให้กระแสและแรงดันคงที่แก่แบตเตอรี่ โดยการควบคุม MOSFET นี้ในย่านการทำงานเชิงเส้น (linear region) ควรต่อแรงดันเอาต์พุทควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่เข้ากับขั้วบวกของแบตเตอรี่

วงจรถิฉัตถ

ส่วนแสดงสถานะ(STAT)

เอาต์พุทแสดงสถานะการชาร์จของ MCP73831 มีสถานะที่แตกต่างกัน 3 สถานะด้วยกัน คือ High(H), Low(L), และ High-Impedance(Hi-Z) เอาต์พุทแสดงสถานะของ MCP73832 คือ open-drain และมีสถานะที่แตกต่างกัน 2 สถานะที่แตกต่างกันคือ Low(L) และ High-impedance(Hi-Z) สามารถใช้แรงดันเอาต์พุทควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่เพื่อทำให้ LEDs 3 สีติดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 แสดงสถานะของเอาต์พุตแสดงสถานะระหว่างรอบการชาร์จ d

สถานะรอบการชาร์จ	สถานะ 1
ดับ	Hi-Z
ไม่มีการชาร์จ	Hi-Z
เงื่อนไขเริ่มแรก	L
ชาร์จด้วยกระแสคงที่	L
ชาร์จด้วยแรงดันคงที่	L
ชาร์จเต็ม-รอบการทำงานต่อไป	H

ยกเลิกการชาร์จ (PROG)

สามารถใช้ขาอินพุตในส่วนรักษาระดับกระแส (PROG) เพื่อหยุดการชาร์จได้ทุกขณะระหว่างรอบการชาร์จ หรือเริ่มรอบการชาร์จใหม่ได้เช่นเดียวกัน ทำได้โดยนำตัวต้านทานสำหรับโปรแกรมจากขาอินพุต PROG และ V_{SS} เพื่อให้อุปกรณ์ทำงาน ทำให้อินพุต PROG ไม่ต่อ หรือโดยใช้สัญญาณอินพุตที่มีค่าลอจิก High เพื่อหยุดการชาร์จแบตเตอรี่ เมื่อหยุดการชาร์จแบตเตอรี่ กระแสที่จ่ายให้แก่แบตเตอรี่นี้จะมีค่า $25 \mu A$

การพิจารณาทางด้านความร้อน

การสูญเสียกำลังไฟที่แย่ที่สุดสำหรับวงจรชาร์จแบตเตอรี่นั้น เกิดขึ้นเมื่อแรงดันอินพุตมีค่าสูงสุด และตัวชาร์จนั้นเปลี่ยนการทำงานจากโหมดเงื่อนไขเริ่มต้นเป็นโหมดกระแสคงที่ ในกรณีนี้ กำลังที่สูญเสียเป็นไปตามสมการ

$$\text{Power Dissipation} = (V_{DDMAX} - V_{PTHMIN}) \times I_{REGMAX}$$

เมื่อ

$$V_{DDMAX} = \text{แรงดันอินพุตสูงสุด}$$

$$I_{REGMAX} = \text{กระแสชาร์จสูงสุด}$$

$$V_{PTHMIN} = \text{แรงดันขีดเริ่มการเปลี่ยนโหมดต่ำสุด}$$

กำลังสูญเสีย โดยมีค่าแรงดันแหล่งจ่าย $5V, \pm 10\%$ เป็นไปตามสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{Power Dissipation} = (5.5V. - 2.7V.) \times 550mA = 1.54W.$$

ตัวเก็บประจุภายนอก

MCP73831 นั้นเสถียร แม้จะมีหรือไม่มีแบตเตอรี่เข้ามาต่อ เพื่อที่จะรักษาความเสถียรแรงดัน AC ในโหมดแรงดันคงที่ แนะนำให้ต่อตัวเก็บประจุค่าต่ำสุด $4.7\mu F$ เพื่อ bypass ขา V_{BAT} เข้ากับขา V_{SS} ตัวเก็บประจุนี้ทำการชดเชย เมื่อไม่มีแบตเตอรี่ต่อเข้า นอกจากนี้ แบตเตอรี่และการเชื่อมต่อภายในจะมีคุณสมบัติเป็น inductive ที่ความถี่สูง ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้จะอยู่ในส่วนของการควบคุมย้อนกลับระหว่างการใช้งานในโหมดระดับแรงดันคงที่ ดังนั้นอาจจำเป็นต้องใช้ตัวเก็บประจุเพื่อ bypass สำหรับการชดเชยธรรมชาติของ inductive ของตัวแบตเตอรี่เอง

การป้องกันการไหลกระแสย้อนกลับ

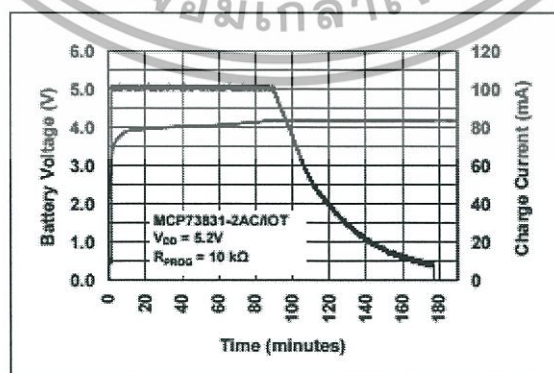
MCP73831 ป้องกันอินพุตลัดวงจร หรือทำงานผิดพลาด หากไม่มีวงจรป้องกันนี้แล้ว จะทำให้แบตเตอรี่เองปล่อยกระแสผ่านไดโอดของทรานซิสเตอร์ภายใน

การยับยั้งการชาร์จ

ใช้ขาอินพุตที่ทำหน้าที่รักษาระดับกระแส (PROG) เพื่อหยุดการชาร์จได้ตลอดเวลา ทำได้โดยนำตัวต้านทานต่อระหว่างขาอินพุต PROG เข้ากับขา V_{SS} เพื่อให้วงจรนี้ทำงาน ซึ่งจะทำให้ขาอินพุต PROG ลอยหรือโดยป้อนสัญญาณลอจิก High เพื่อหยุดการชาร์จ โดยทั่วไปแล้วเมื่อหยุดการชาร์จ กระแสที่จ่าย ออกมา จะลดลงเหลือ $25\mu A$ เท่านั้น

การต่อวงจรแสดงสถานะการชาร์จ

เอาท์พุทสถานะให้ข้อมูลเกี่ยวกับสถานะการชาร์จ สามารถใช้เอาท์พุทนี้ต่อเข้ากับ LED



รูปที่ 2.13 รูปแบบการประจุทั่วไป(180 mAh battery)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บางครั้งขุดการชาร์จลิเทียมแบตเตอรี่นั้นเกิดปัญหา เช่น วงจรชาร์จไม่ทำงาน และไม่เคาะชาร์จ แบตเตอรี่ได้เต็ม โครงการนี้เสนอเครื่องชาร์จแบตเตอรี่กับโหลดหรือแบตเตอรี่ที่มาต่อ ที่เรียกกันว่า load sharing หรือ power-path ที่สามารถชาร์จแบตเตอรี่ได้อย่างเหมาะสม พร้อมทั้งวงจรหลัก ยังทำงานได้อย่างปกติ เครื่องชาร์จนี้ใช้อุปกรณ์หลัก MCP73831 จาก Microchip สำหรับแบตเตอรี่ชนิด Li-Po และ Li-Ion เซลล์เดี่ยว ที่ให้กระแสชาร์จสูงสุด 500 mA

ปัญหาเมื่อไม่ใช้วิธี load sharing

ระหว่างช่วงการชาร์จโดยใช้กระแสคงที่ และเงื่อนไขเริ่มต้น IC จะจำกัดกระแสที่จ่ายให้แก่แบตเตอรี่ และหากค่ากระแสที่ถูกจำกัดนี้คือ 40 mA และโหลดต้องการกระแส 30 mA จะเหลือกระแสเพียง 10 mA เพื่อชาร์จแบตเตอรี่ หรือหากโหลดต้องการกระแส 50 mA จึงมีกระแส 40 mA มาจากเครื่องชาร์จ และอีก 10 mA มาจากแบตเตอรี่ นั่นคือแบตเตอรี่จะถูกดึงไฟ แทนที่จะได้รับการชาร์จ และหากแบตเตอรี่นั้นหมดแล้ว โหลดก็จะไม่ได้รับกระแส ทำให้ระดับแรงดันตกลง ทำให้วงจรทำงานไม่ถูกต้อง และแบตเตอรี่ก็ไม่ได้รับการชาร์จด้วย

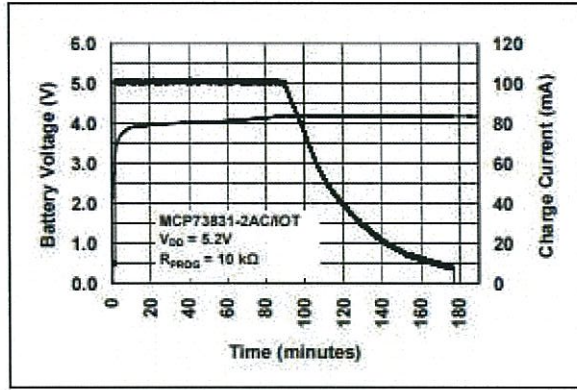
ระหว่างช่วงเวลาการชาร์จโดยระดับแรงดันคงที่ เครื่องชาร์จนั้นจะรอนกระแสทั้งกระแสที่ไหลผ่าน แบตเตอรี่นั้นมีความต่ำกว่าค่าเปอร์เซ็นต์ค่าหนึ่ง (โดยทั่วไปแล้วคือ 7.5% ของกระแสชาร์จที่ตั้งค่าไว้) แล้วจึงหยุดการชาร์จ หากมีโหลดต่ออยู่ กระแสจะไม่เคยมีค่าต่ำกว่าระดับกระแสนี้ และการชาร์จ จะไม่มีทางสิ้นสุด

วงจรชาร์จพร้อม load sharing

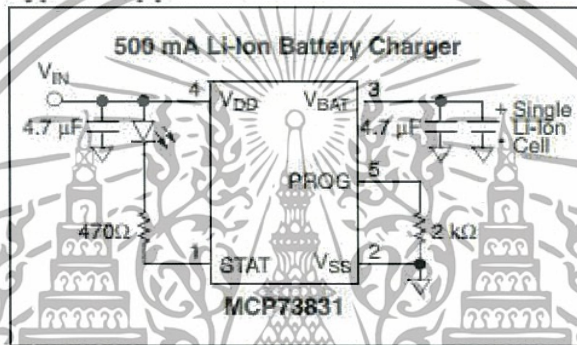
การเพิ่ม load sharing นั้นใช้อุปกรณ์เพิ่ม 3 ตัวเท่านั้น แหล่งจ่ายไฟจาก piezoelectric จะป้อนให้แก่วงจร ซึ่งจะทำให้ Q_1 “off” หากค่า $(V_{\text{piezo}} - D_1 V_F)$ สูงกว่า $(V_{\text{BAT}} - Q_1 V_{SD})$ โหลดจะดึงไฟจาก piezoelectric ผ่านทาง D_1 แทน ทำให้ชาร์จแบตเตอรี่ได้เป็นปกติ โดยไม่ถูกรบกวนจากตัวแปรภายนอก

Q_1 คือ P channel MOSFET เมื่อป้อนไฟเลี้ยงให้แก่ Q_1 , Q_1 จะไม่ทำงาน และหยุดกระแสที่ไหลจากแบตเตอรี่ไปยังโหลด ซึ่งเป็นกรหยุดการเชื่อมต่อแบตเตอรี่อย่างมีประสิทธิภาพ หลังจากนั้นโหลดจะใช้ไฟเลี้ยงจาก piezoelectric ผ่านทาง D_1 ควรเลือก MOSFET ที่มีค่า $R_{DS(on)}$ ต่ำ เพื่อลดการสูญเสียกำลังให้มากที่สุด และควรที่จะรอนรับกระแสที่วงจรดึงมาจากแบตเตอรี่ได้ รวมถึงมีค่า $V_{GS(th)}$ ระหว่าง 0V ถึง -2.4V.

D_1 ป้องกันกระแสไหลจากแบตเตอรี่เข้าสู่แหล่งจ่ายไฟเพื่อการชาร์จ D_1 ควรเป็น schottky diode ที่รองรับการดึงกระแสโดยโหลดสูงสุด แรงดันตรงตกคร่อมไดโอดนั้นไม่สำคัญมากนัก แต่จะดีหากมีค่าต่ำ เนื่องจากลดกำลังสูญเสียด้วย แรงดันตกคร่อมสูงสุดคือ $(V_{IN \min} - (V_{BAT \max} - V_{SD})) = V_{F \max}$, lithium batteries เกือบทั้งหมดจะชาร์จถึง 4.2 V. และไดโอดภายใน MOSFET มีแรงดันตกคร่อมประมาณ 0.6V. นั่นคือ $(4.75 - (4.2 - 0.6)) = 1.15$



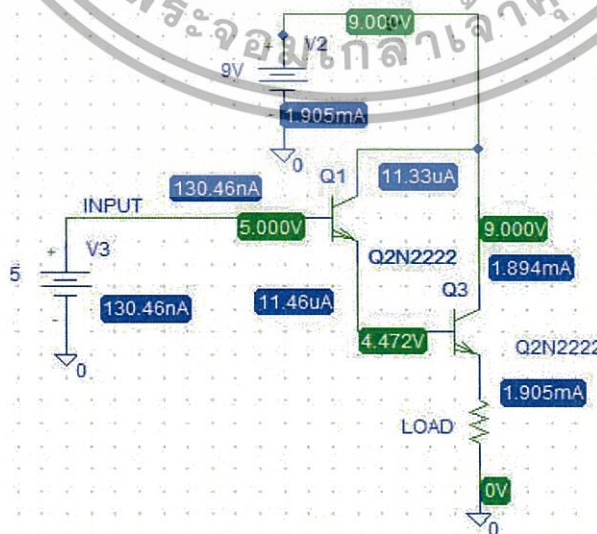
รูปที่ 2.14 รูปแบบการประจุทั่วไปในย่าน Thermal Regulation(1000 mAh battery)



รูปที่ 2.15 การประยุกต์การใช้งาน MCP73831 เพื่อชาร์จแบตเตอรี่

2.5 วงจรคู่อาร์ลิงตัน(Darlington Pair Circuit)

ด้านล่างคือการต่อวงจร Darlington ทั่วไปเพื่อขยายกระแส



รูปที่ 2.16 วงจร Darlington

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่อาร์ลิงตันคือคูทรานซิสเตอร์ชนิด NPN ที่ทำหน้าที่เหมือนกับทรานซิสเตอร์เดี่ยว แต่ให้ค่าการขยายกระแสที่สูงกว่ามาก นั่นหมายความว่ากระแสต่ำจากเซนเซอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ หรืออื่นๆ สามารถนำมาผ่านวงจรรีจิสเตอร์แล้วขับโหลดต่างๆ ได้

คู่อาร์ลิงตันนั้นประกอบด้วยทรานซิสเตอร์ 2 ตัว ค่ากระแสที่สามารถผ่านไปยังโหลด ดังวงจรรข้างต้น เมื่อทรานซิสเตอร์อยู่ในสภาวะ “on” คำนวณได้จากสมการ

$$\text{กระแสโหลด} = \text{กระแสอินพุท} \times \text{ค่าการขยายของทรานซิสเตอร์}(hFE)$$

ค่าการขยายกระแสโดยทรานซิสเตอร์นั้นแตกต่างกันไปสำหรับทรานซิสเตอร์แต่ละเบอร์ โดยทั่วไปแล้วค่าการขยายนี้คือ 100 นั่นหมายความว่ากระแสที่ขยายโหลดโดยคู่อาร์ลิงตันนี้จะมีค่าเป็น 100 เท่าของระดับกระแสอินพุทที่ป้อนให้แก่ทรานซิสเตอร์

สาเหตุที่ต้องใช้คู่อาร์ลิงตันนี้ เนื่องจากว่าบางครั้งค่ากระแสอินพุทที่ป้อนเข้ามานั้นมีค่าต่ำเกินไปที่จะทำให้ทรานซิสเตอร์ “on” หรือทรานซิสเตอร์ตัวเดียวนั้นอาจไม่สามารถจ่ายกระแสให้โหลดได้เพียงพอ คู่อาร์ลิงตันนี้ทำหน้าที่เหมือนทรานซิสเตอร์เพียงตัวเดียว แต่ค่าการขยายกระแสมีค่าเท่ากับ

$$\begin{aligned} \text{ค่าการขยายกระแสรวม}(hFE \text{ รวม}) &= \text{ค่าการขยายกระแสของทรานซิสเตอร์ 1}(hFEt1) \times \\ &\quad \text{ค่าการขยายกระแสของทรานซิสเตอร์ 2}(hFEt2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{หากทรานซิสเตอร์แต่ละตัวมีค่าการขยายกระแส}(hFE) &= 100 \\ (hFE \text{ รวม}) &= 100 \times 100 = 10,000 \end{aligned}$$

แรงดันกระตุ้นขาเบส

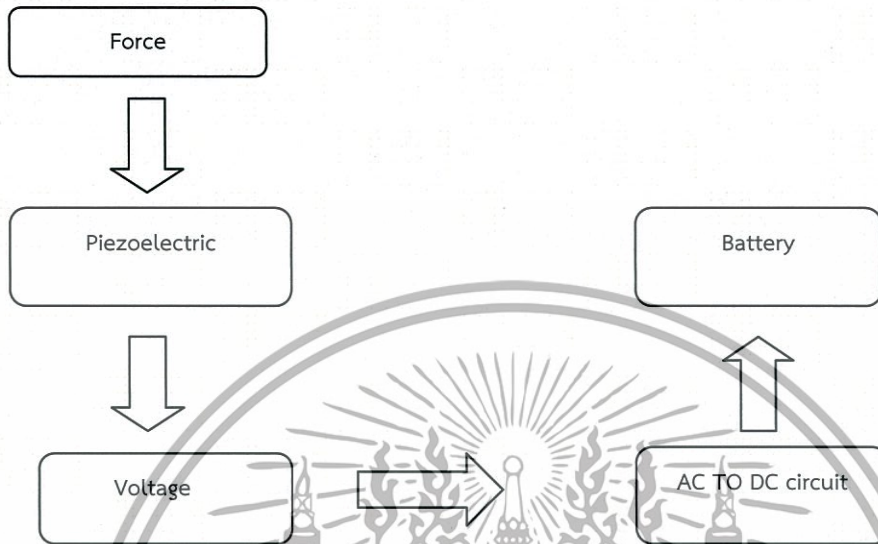
โดยทั่วไปแล้วเพื่อให้ทรานซิสเตอร์ “นำกระแส” ระดับแรงดันที่ขาอินพุทหรือขาเบสของทรานซิสเตอร์ต้องสูงกว่า 0.7 V. และเนื่องจากใช้ทรานซิสเตอร์ 2 ตัว ระดับแรงดันที่ใช้ต้องสูงกว่า $2 \times 0.7 \text{ V.} = 1.4 \text{ V.}$

แรงดันตรกร่อมขา collector และขา emitter ของคู่อาร์ลิงตัน เมื่อทรานซิสเตอร์ “on” นั้นมีค่าประมาณ 0.9V. หากแหล่งจ่ายมีค่า 5V. แรงดันตรกร่อมโหลดจะมีค่าประมาณ 4.1V. (5V. – 0.9V.)

บทที่ 3

การทำงานและการออกแบบโมเดลจำลอง

3.1 คุณสมบัติและลักษณะการทำงาน

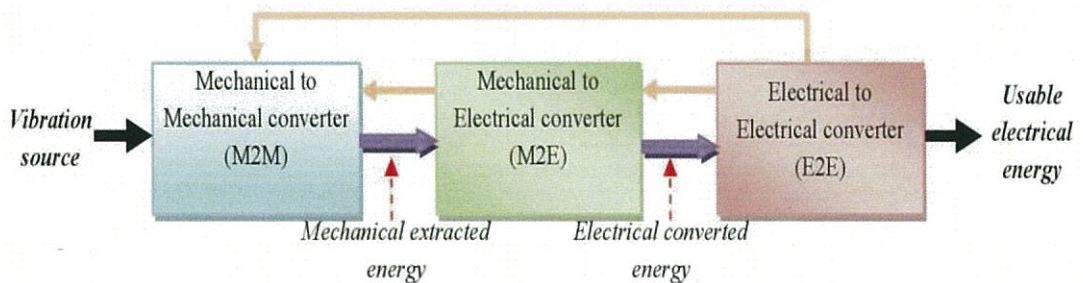


รูปภาพที่ 3.1 คุณสมบัติและลักษณะการทำงานของโมเดล

บล็อกไดอะแกรมจำลองการทำงานของเครื่องแปลงแรงสั่นสะเทือนเป็นกระแสไฟฟ้าโดยใช้ Piezoelectonics จากแรงกระทำที่กระทำต่อแผ่น piezoelectonics จะได้แรงดันกระแสและกระแสไฟฟ้าเรานำแรงดันที่ได้เป็นกระแสสลับ AC ไปเข้าวงจรแปลงสัญญาณ เป็นกระแสตรง DC และวงจรขยายสัญญาณ และนำไปเก็บไว้ที่แบตเตอรี่เพื่อนำไปใช้งานต่อ

3.2 ขั้นตอนการทำงาน

ใช้การสั่นสะเทือนนี้เพื่อสร้างค่าการเก็บประจุที่ไม่คงที่ ในกรณีของ piezoelectric transduction ใช้การสั่นนี้เพื่อใช้แรงกดทางกลศาสตร์ไปบนวัสดุที่เป็น piezoelectric การสร้างพลังงานจากการสั่นนั้นแสดงดังรูปที่ 1



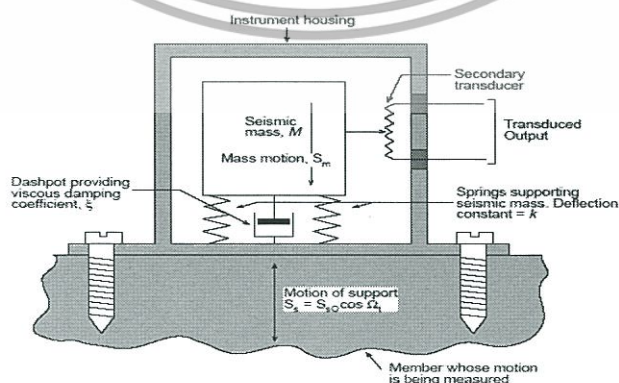
รูปที่ 3.2 ระบบสร้างพลังงานไฟฟ้าจากการสั่นทางกลศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นแรกของการแปลงคือ การแปลงจากกลศาสตร์เป็นกลศาสตร์(M2M) ที่อาศัยระบบ resonator ทางกลศาสตร์ ตัวแปลงนี้จะแปลงการสั่นให้มีความถี่เคลื่อนระหว่าง resonator seismic mass และแหล่งของการสั่นที่สามารถวัดได้ นอกจากนี้ โดยอาศัยกลไก resonant ค่าแอมพลิจูด displacement(ระยะเคลื่อน) ที่สัมพันธ์กัน สามารถสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับแอมพลิจูด displacement ของแหล่งการสั่นได้ ต่อไปคือ ตัวแปลง Mechanical to Electrical(M2E) ที่อาจเป็นแม่เหล็กไฟฟ้า ไฟฟ้าสถิตย์ หรือ piezoelectric ซึ่ง displacement ที่สัมพันธ์กันและที่ถูกขยาย จะถูกแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้า สุดท้าย ตัวแปลง Electrical to Electrical(E2E) จะแปลงพลังงานไฟฟ้านี้เป็นพลังงานที่ใช้ได้ ที่มีระดับแรงดันตรงที่เสถียร และสามารถจ่ายไฟให้แก่วงจรไฟฟ้าได้(เช่น 3V) ประสิทธิภาพของการแปลงพลังงานนี้จะขึ้นอยู่กับการทำงานแต่ละสถานะของระบบอย่างมากด้วย นอกจากนี้ จากรูปที่ 1 แต่ละสถานะจะมีผลต่อสถานะอื่นๆ ด้วย ดังนั้นจึงควรพิจารณาการพัฒนาประสิทธิภาพของ VEH(Vibration Energy Harvester) ในทุกสถานะที่เกี่ยวข้องด้วย

3.2.1 การแปลง Mechanical to Mechanical(M2E)

วัตถุประสงค์หลักของตัวแปลงนี้คือแปลงการสั่นให้เป็น displacement(ระยะเคลื่อน) สัมพันธ์ที่สามารถสร้างอินพุททางกลศาสตร์ที่ถูกต้องให้แก่ตัวแปลง M2E ทำได้โดยอาศัย seismic mass รวมถึงงานทางกลศาสตร์ที่สามารถสร้างจากการสั่นนี้ โดยเป็นส่วนสัมพันธ์กับมวลและขนาดของวัตถุ seismic mass คือข้อจำกัดหลักในรูปของความสามารถความหนาแน่นกำลังสำหรับระบบที่ได้รับการพัฒนาแล้ว เพื่อที่จะขยายผลความเฉื่อยของ seismic mass จำเป็นที่ต้องใช้ผล resonance นั่นคือต้องใช้ resonators ที่จริงแล้ว อุปกรณ์ดังกล่าวนี้ไม่มีอยู่แล้ว ซึ่งก็คือระบบมวลสปริงที่ต่อเข้ากับแหล่งของการสั่น และ damped โดยตัวแปลง M2E และการสูญเสียทางกลศาสตร์ สามารถวัดประสิทธิภาพของตัวแปลง M2M ได้โดยค่าการขยายของแอมพลิจูดของ displacement ของการสั่น(Q factor) อย่างไรก็ตาม ค่าขยายนี้เป็นสัดส่วนกับแถบความถี่ของ resonator ทำให้ระบบนั้นไวต่อการเปลี่ยนแปลงของอินพุทของการสั่นเป็นอย่างมาก โดยทั่วไปแล้ว การเคลื่อนนี้เกิดขึ้นโดยเฉพาะกับการสั่นที่เกิดขึ้นเนื่องจากเครื่องยนต์ของรถยนต์ ที่ความถี่จะขึ้นกับความเร็วของเครื่องยนต์ที่เปลี่ยนไปตามเวลา นอกจากนี้ ความถี่ resonant เองยังเปลี่ยนแปลงไปกับเวลา เนื่องจากอายุของวัสดุที่ใช้ ที่จริงแล้ว เมื่อวัสดุนี้ได้รับแรงกตทางกลศาสตร์อย่างต่อเนื่องความแข็งแรงทางกลศาสตร์จะเปลี่ยนไปกับเวลา และส่งผลให้ความถี่ resonant เปลี่ยนไปด้วย เพื่อแก้ไขข้อจำกัดนี้ ได้มีการเสนอคำตอบในงานวิจัยหลายเรื่องด้วยกัน

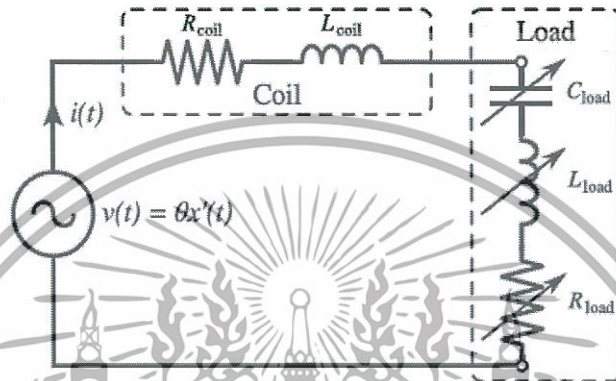


รูปที่ 3.3 หลักการทำงานของตัวโมเดล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 Mechanical to Electrical Converter(M2E)

เมื่อการสั่นได้ถูกแปลงเป็น displacement สัมพัทธ์ที่ได้รับการขยายระหว่างสองส่วนด้วยกันแล้ว ค่า displacement นี้จะถูกแปลงเป็นไฟฟ้าโดยใช้หลักการทางแม่เหล็กไฟฟ้า ไฟฟ้าสถิตย์ หรือ piezoelectric ประสิทธิภาพของการแปลงพลังงานนั้นขึ้นอยู่กับ การสูญเสียทางไฟฟ้าและทางกลศาสตร์ รวมถึงค่า impedance matching กับแหล่งทางกลศาสตร์และโหลดทางไฟฟ้าด้วย



รูปที่ 3.4 Mechanical to Electrical Converter Circuit

3.2.3 Electrical to Electrical Converter(E2E)

ค่าสูงสุดของกำลังไฟฟ้าที่ได้นั้นได้รับเมื่อกำลังไฟฟ้าที่ถูกแปลงมามีค่าเท่ากับกำลังทางกลศาสตร์ที่สูญเสียในโครงสร้างทางกลศาสตร์ อย่างไรก็ตาม damping ทางกลศาสตร์นั้นขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้ ขณะที่ damping ทางไฟฟ้าขึ้นอยู่กับกำลังที่ถูกแปลงมา (coupling กลศาสตร์ไฟฟ้าของโครงสร้างนี้) และอิมพีแดนซ์ไฟฟ้าทางเอาท์พุท) เมื่อรู้ค่าความถี่การสั่นและแอมพลิจูด และมีค่าคงที่ สามารถออกแบบระบบนี้ให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่ดีที่สุด (ในรูปของ resonance และแรง damping) อย่างไรก็ตาม เมื่อขนาดของการสั่นเปลี่ยนไป ค่านี้จะไม่เท่ากันอีกต่อไป เนื่องจากแรง damping (ทางกลศาสตร์และทางไฟฟ้า) มีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกัน เมื่อแอมพลิจูดของการสั่นเปลี่ยนไป ทำให้ประสิทธิภาพของ VEH ลดลง

3.2.4 State of the Art

มีการเสนอทางออกหลายทางออกในรูปแบบ state of the art เพื่อแก้ปัญหาประสิทธิภาพการทำงานของระบบที่ตกลง ที่สัมพันธ์กับการเคลื่อนระหว่างความถี่ resonant และความถี่ของการสั่น วิธีที่ดีที่สุดที่จะเปรียบเทียบทางออกเหล่านี้ คือแยกประเภทออกตามชนิดของสัญญาณการสั่นทางด้านอินพุท

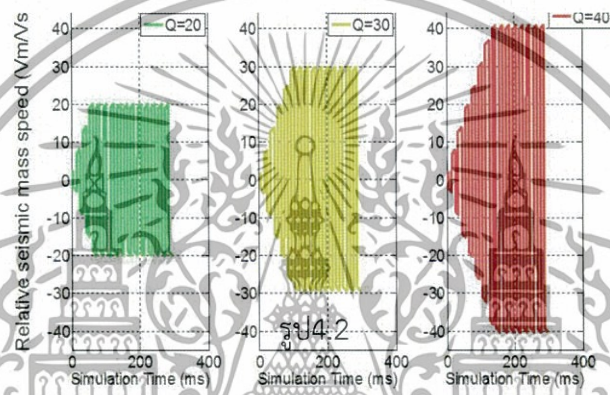
3.2.4.1 Vibration พร้อมกับ Harmonic หลายค่าที่ความถี่ที่แตกต่างกัน

โดยพื้นฐานแล้ว สำหรับสัญญาณนี้ พลังงานของสัญญาณในการสั่นจะแผ่กระจายในช่วงแถบความถี่ที่กว้าง ดังนั้น การใช้ one degree of freedom resonator จะไม่ทำให้เกิดการสร้างพลังงานที่มีประสิทธิภาพ แม้ว่าความถี่ resonant จะถูกรวมไว้ในแถบความถี่ของสัญญาณการสั่น สัญญาณชนิดนี้จะมีอยู่ตามชั้นบันได

อาคาร รางรถไฟ และอื่นๆ วิธีที่จะได้พลังงานสูงสุดจากการสั่นประเภทดังกล่าวนั้นขึ้นกับระบบที่มีแถบความถี่ที่กว้าง

3.2.4.2 High Electrical Damping Systems

Despresse et al., ได้เสนอตัวแปลงไฟฟ้าสถิตย์ที่ให้ประสิทธิภาพ coupling ทางไฟฟ้าสูง เพื่อให้ยอดสัญญาณ resonance กว้าง ต้นแบบดังกล่าวสามารถครอบคลุมการสั่นทางกลศาสตร์ที่ความถี่ต่ำกว่า 100 Hz พร้อมประสิทธิภาพการแปลงพลังงานถึง 60% ที่ความถี่ 50 Hz ที่จริงแล้วข้อเสียหลักของโครงสร้างนี้คือ quality factor ของตัวแปลง ยอดสัญญาณ resonance นั้นขยายออก โดยเพิ่มสัมประสิทธิ์ damping ทางไฟฟ้า ส่วนค่า quality factor จึงลดลง และคุณภาพของ scavenged energy นั้นจะลดลงอย่างมาก เมื่อความถี่ของการสั่นด้านอินพุตเข้าใกล้ค่าความถี่ resonant เมื่อเปรียบเทียบ

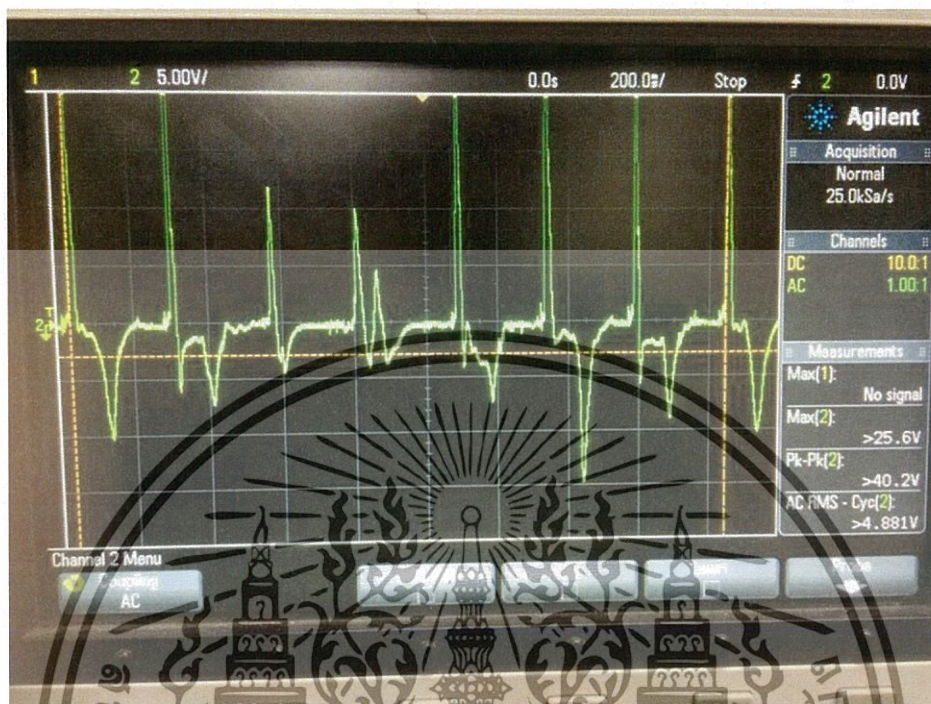


รูปที่ 3.5 กราฟ Simulation time ของความถี่ธรรมชาติ

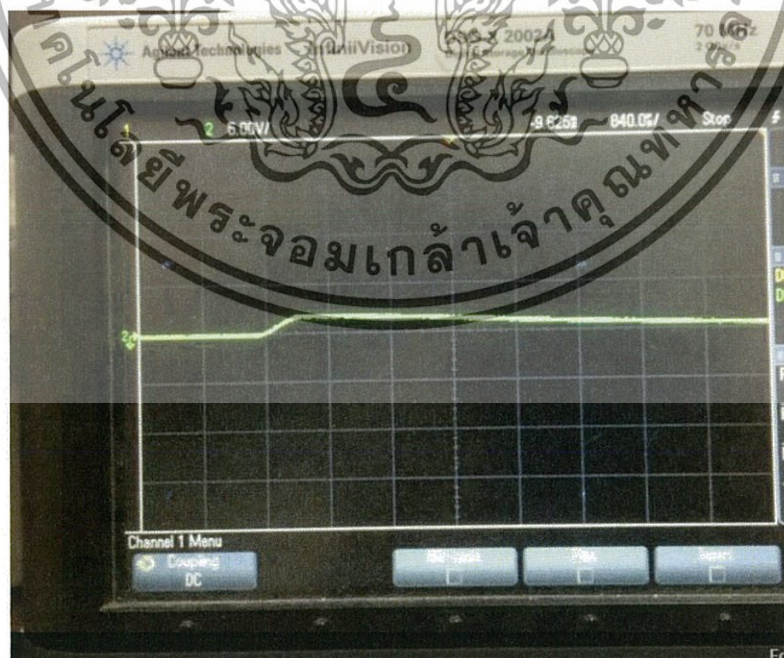
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดสอบเครื่องแปลงพลังงานจากแรงสั่นสะเทือนเป็นกระแสไฟฟ้า

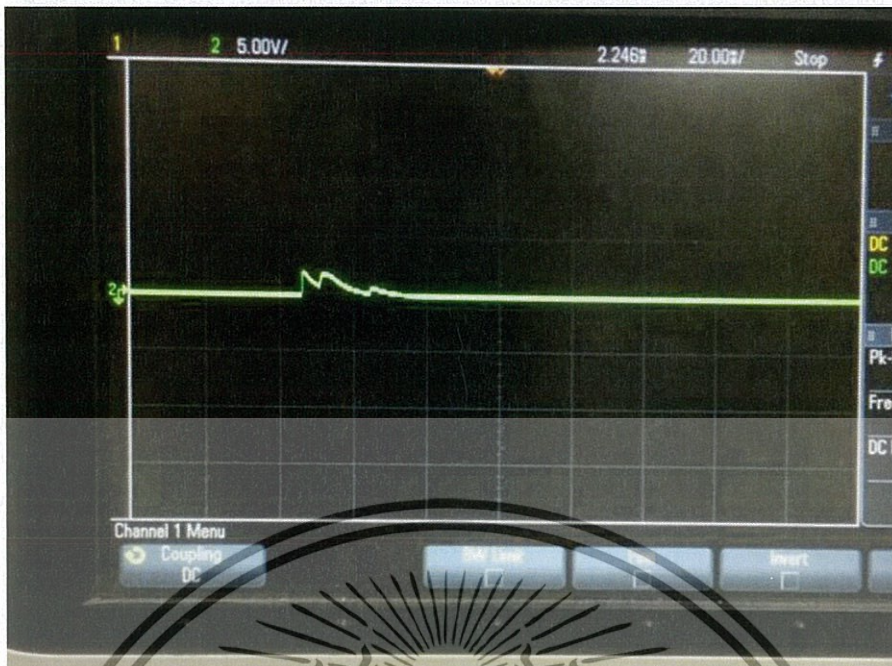


รูปที่ 4.1 กราฟแรงดันที่ได้จากการกดเครื่องแปลงพลังงานไฟฟ้าจะได้ AC RMS = 4.881V โดยความถี่ในการกดคือ 4 ครั้งต่อ 1 วินาที

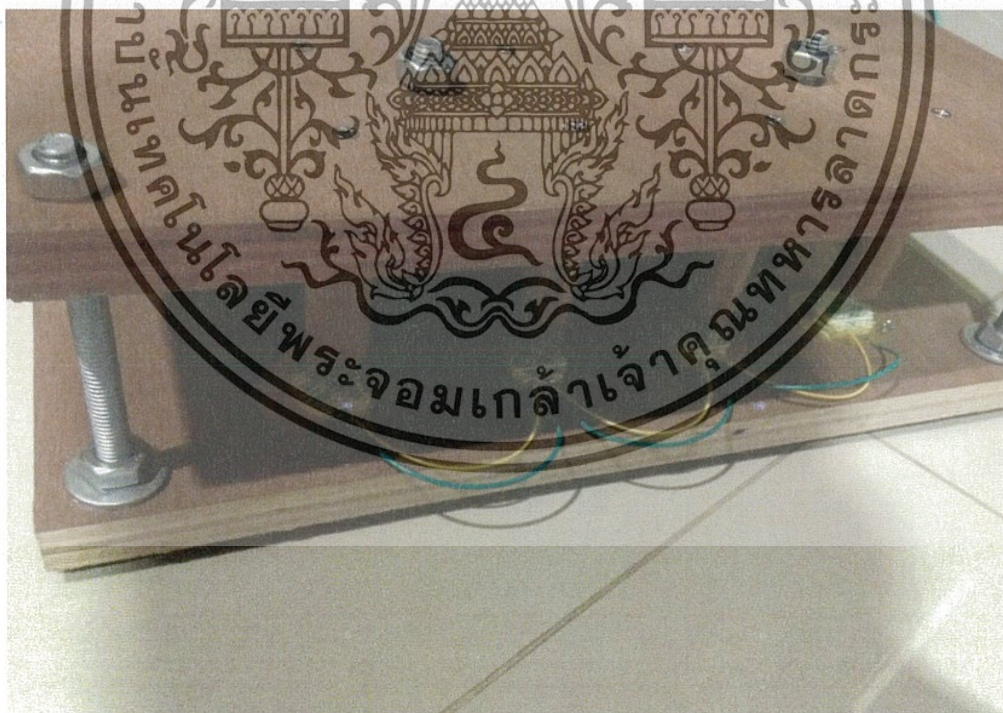


รูปที่ 4.2 กราฟแรงดันที่ได้จากการกดเครื่องแปลงพลังงานไฟฟ้าจะได้ AC RMS = 4.881V โดยความถี่ในการกดคือ 4 ครั้งต่อ 1 วินาทีและไปชาร์ตเข้า Capacitor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

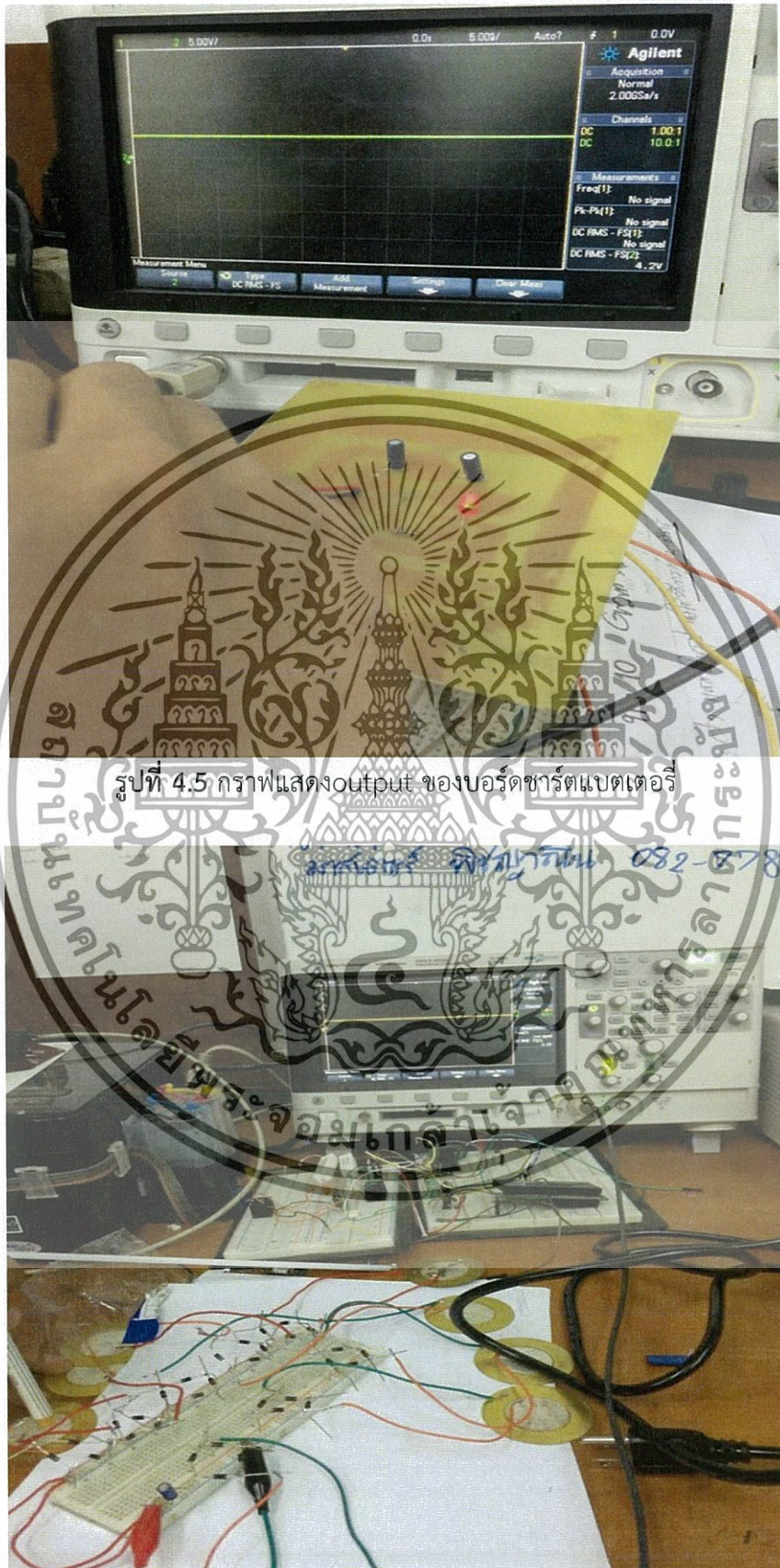


รูปที่4.3 กราฟแรงดันที่ได้จากการทดสอบเครื่องแปลงพลังงานไฟฟ้าโดยผ่านวงจรแปลง AC to Dc



รูปที่4.4 เครื่องแปลงพลังงานจากแรงสั่นสะเทือนเป็นกระแสไฟฟ้าสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงoutput ของบอร์ดชาร์ตแบตเตอรี

รูปที่ 4.6 กราฟแสดงoutput ของ pirzo ที่ผ่าน full bridge rectifier

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองเครื่องแปลงแรงสั่นสะเทือนเป็นกระแสไฟฟ้าเราจะใช้แรงที่เหลือจาก เครื่องจักร ธรรมชาติ รถยนต์ หรือของที่มีพลังงานเหลือแรงสั่นสะเทือนให้กลายเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยหลักการทำงานคือ มีแรงสั่นสะเทือนหรือแรงกระแทกจะส่งไปถึงผลึกควอตซ์ทำให้และกดผ่านแผ่น piezoelectronics ทำให้เกิด แรงดันและกระแสไฟฟ้า ซึ่งเราจะต้องแปลงกระแสไฟฟ้าเพื่อเก็บไว้ใช้ได้

การทดลองวัดแรงดันมีผลการคลาดเคลื่อนเพราะเกิดจากแรงกดที่ไม่สม่ำเสมอของคน ทำให้การกด ในแต่ละครั้งได้ V ไม่เท่ากันและอาจมากหรือน้อย

ในการทดลองครั้งนี้พบว่าเราสามารถผลิตไฟฟ้าได้จากพลังงานที่เหลือจากการสั่นสะเทือนหรือแรง กดโดยไม่ยากเกินไปนัก และยังสามารถประหยัดพลังงานหลักที่เราใช้ในแต่ละวันได้อีกด้วย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Buchanan, R. C., Ceramics Materials for Electronics, Marcel Dekker,1986.
- [2] Haertling, G. H., J. Am. Ceram. Soc. 82[4] 797-818(1999).
- [3] Moulson, A. J. and Herbert., J. M., Electroceramics Materials Properties.....Application, Chapman and Hall, London. 1990.
- [4] Catalog, Murata Manufacturing Company, Limited.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้