

การพัฒนาชุดเชื่อมต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ควบคุม ด้วยระบบสมองกลฝังตัว

The Development of Electronic Circuit Interface Controlled by Embedded System

ยุทธนา ไวประเสริฐ^{1*}, พงษ์สวัสดิ์ อำนาจกิตติกร², นราธิป วงษ์ปัน³

วีรชัย สว่างทุกข⁴, ณัฐสินี ตั้งศิริไพบูลย์⁵ และธนวรรกฤต โอฬารธนพร⁶

^{1*,2,3,4,5,6} คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง 119 ตำบลชมพู อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง 52100

โทรศัพท์ 054-237399 E-Mail : chai960@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาโหลดอิเล็กทรอนิกส์ที่ควบคุมด้วยระบบสมองกลฝังตัว สำหรับการทดสอบแหล่งจ่ายไฟฟ้า เครื่องขยายเสียง วิทยุสื่อสาร หรือวงจรต่าง ๆ โดยจะต่อวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์เข้ากับโหลดอิเล็กทรอนิกส์ที่ควบคุมด้วยระบบสมองกลฝังตัว ในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ใช้สมองกลฝังตัว เบอร์ ATmega328 เป็นตัวควบคุมการทำงานทั้งหมดของงานวิจัย ซึ่งจะส่งสัญญาณพัลส์วัดอุณหภูมิเข้ามาควบคุมโหลดอิเล็กทรอนิกส์ให้นำกระแสมาหรือน้อยตามสัญญาณพัลส์ และยังมีตัวตรวจจับกระแส, ตัวตรวจจับแรงดัน และตัวตรวจจับอุณหภูมิมาทำการวัดเพื่อรายงานผลให้ผู้ใช้ได้ทราบผ่านจอแสดงผลแบบผลึกเหลว ผลการทดสอบประสิทธิภาพโหลดอิเล็กทรอนิกส์ที่ควบคุมด้วยระบบสมองกลฝังตัวสามารถทดสอบกับแหล่งจ่ายขนาด 30 โวลต์ กระแส 22.97 แอมป์ หรือคิดเป็นกำลังงานเท่ากับ 689.04 วัตต์ ซึ่งสูงกว่าขอบเขตที่กำหนด การผลิตสัญญาณพัลส์วัดอุณหภูมิมีความแม่นยำร้อยละ 99.99 การวัดกระแสมีความแม่นยำร้อยละ 98.2 การวัดแรงดันมีความแม่นยำร้อยละ 99.37 การวัดอุณหภูมิมีความแม่นยำร้อยละ 82.22 เนื่องจากคุณสมบัติของตัวเทอร์มิสเตอร์ที่ถูกสร้างจากโลหะสองชนิดที่ต่างกัน ที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงต่ออุณหภูมิต่ำ

คำสำคัญ : โหลดอิเล็กทรอนิกส์, ระบบสมองกลฝังตัว

Abstract

This research is the development of an electronic load controlled by embedded system for power supply circuits in amplifier, communication radio or other electronic circuits. An electronic load is attached to electronic circuits. The ATmega328 is used to control all the electronic functions and to send a pulse width modulation to control pulsing signal. It is also used to monitor flow sensor, pressure sensor and temperature sensor and report back to the users via a liquid crystal display. The performance test showed that an electronic load used with power supply 30 volt/22.97 amps could generate up to 689.04 watts. The accuracy of a pulse width modulation is at 99.99%, the current measurement is at 98.2%, the voltage measurement is at 99.37%, and temperature measurement is at 82.22%.

These are due to the properties of the thermistor from two different metals. Each is sensitive to changes in temperature.

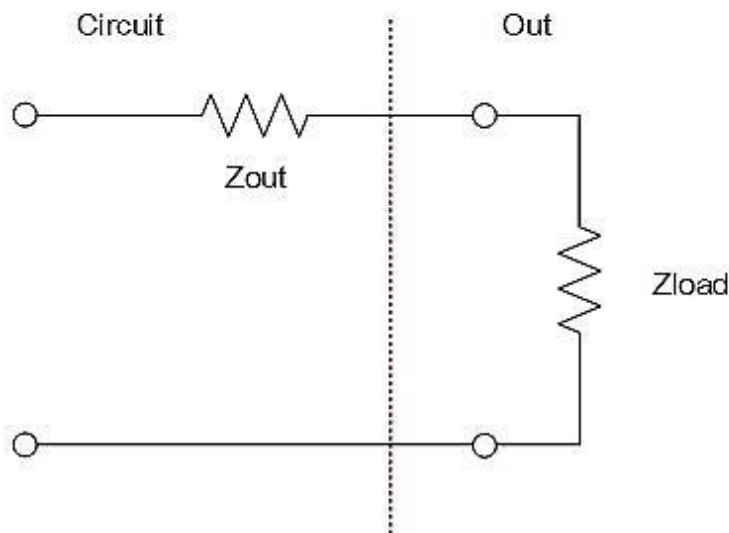
Keywords : Load electronic, Embedded system

1. บทนำ

ระบบสมองกลฝังตัว เป็นระบบการประมวลผลที่ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ที่ออกแบบมาโดยเฉพาะ เป็นระบบคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่ฝังไว้ในอุปกรณ์ เครื่องใช้ไฟฟ้า และเครื่องเล่นอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ เพื่อเพิ่มความฉลาด ความสามารถให้กับอุปกรณ์เหล่านั้นผ่านซอฟต์แวร์ ซึ่งต่างจากระบบประมวลผลที่เครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไป ระบบฝังตัวถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย ในยานพาหนะ เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านและสำนักงาน อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เทคโนโลยีซอฟต์แวร์ เทคโนโลยีฮาร์ดแวร์ เทคโนโลยีเครือข่ายเน็ตเวิร์ค เทคโนโลยีด้านการสื่อสาร เทคโนโลยีเครื่องกล และของเล่นต่าง ๆ คำว่า ระบบฝังตัวเกิดจากการที่ระบบนี้เป็นระบบประมวลผลเช่นเดียวกับระบบคอมพิวเตอร์ แต่ว่าระบบนี้จะฝังตัวลงในอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ไม่ใช่เครื่องคอมพิวเตอร์ ในปัจจุบันระบบสมองกลฝังตัวได้มีการพัฒนามากขึ้น โดยในระบบสมองกลฝังตัวอาจจะประกอบไปด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์หรือ ไมโครโปรเซสเซอร์ อุปกรณ์ที่ใช้ระบบสมองกลฝังตัวที่เห็นได้ชัด เช่น โทรศัพท์มือถือ และในระบบสมองกลฝังตัวยังมีการใส่ระบบปฏิบัติการต่าง ๆ แตกต่างกันไปอีกด้วย ดังนั้นระบบสมองกลฝังตัวอาจจะทำงานได้ตั้งแต่ควบคุมหลอดไฟจนไปถึงใช้ในยานอวกาศ

โหลดอิเล็กทรอนิกส์เป็นวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์ที่มีคุณสมบัติในการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานได้โดยอัตโนมัติตามผู้ใช้งาน ซึ่งในการทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทางด้านเอาต์พุตนั้นจำเป็นต้องทดสอบกับโหลดที่มีค่าตามที่กำหนด เช่น ความต้านทานที่กำหนด กำลังงานที่โหลดสามารถรองรับได้ ไม่ว่าจะเป็นการทดสอบแหล่งจ่ายไฟฟ้า เครื่องขยายเสียง วิทยุสื่อสาร หรือวงจรต่าง ๆ โดยจะต้องวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์เข้ากับโหลดดังภาพที่ 1

จากภาพที่ 1 เป็นการทดสอบวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์โดยต่อโหลดเข้ากับวงจร โดยในการทดสอบนั้นทำขึ้นเพื่อวัดค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าของวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์เพื่อแสดงคุณสมบัติต่าง ๆ ของทางวงจร ในการทดสอบ สิ่งที่สำคัญที่สุดคือ โหลดที่ใช้ต่อกับวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์ โดยทั่วไปในการเปลี่ยนค่าของโหลด คือ ต้องนำโหลดเดิมย้ายออก และทำการติดตั้งโหลดใหม่ให้กับแหล่งจ่าย ทำให้เกิดความยุ่งยากในการทำงาน ปัญหาที่พบมากในการทดสอบคือ การที่โหลดที่มีค่าไม่ตรงตามที่กำหนดทำให้ค่าพารามิเตอร์ที่วัดได้มีค่าไม่ตรงเกิดข้อผิดพลาด และอัตราการทนกำลังงานของโหลดมีไม่เพียงพอทำให้โหลดชำรุดเสียหาย ปัจจุบันโหลดอิเล็กทรอนิกส์ที่นำมาใช้งานต้องมีการนำเข้าจากต่างประเทศ และมีราคาค่อนข้างแพง ทำให้เกิดการขาดดุลทางการค้าของประเทศ เมื่อมีการชำรุดเสียหายจะมีการซ่อมบำรุงเปลี่ยนอะไหล่วัสดุต่าง ๆ ซึ่งต้องรอเป็นเวลานาน เนื่องจากต้องนำเข้าอะไหล่ วัสดุต่าง ๆ จากต่างประเทศ



ภาพที่ 1 การทดสอบวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์กับโหลด

จากปัญหาที่เกิดขึ้นมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำเอาเทคโนโลยีด้านอิเล็กทรอนิกส์กำลังและทางด้านสมองกลฝังตัว มาพัฒนาโหลดอิเล็กทรอนิกส์ที่ควบคุมด้วยระบบสมองกลฝังตัว ที่มีค่าความต้านทานตามที่กำหนดได้จากผู้ใช้และทนต่อกำลังงานได้สูง ทำให้เกิดองค์ความรู้ ในการพัฒนาเทคโนโลยีด้านอิเล็กทรอนิกส์กำลังและทางด้านสมองกลฝังตัว ที่เหมาะสมเพื่อใช้เองในประเทศ

2. วัตถุประสงค์

- 2.1 เพื่อออกแบบและพัฒนาโหลดอิเล็กทรอนิกส์ที่ควบคุมด้วยระบบสมองกลฝังตัว
- 2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของโหลดอิเล็กทรอนิกส์ที่ควบคุมด้วยระบบสมองกลฝังตัว

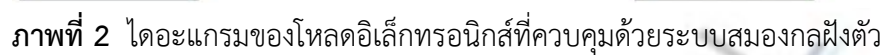
3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การศึกษาและรวบรวมข้อมูล

ในการพัฒนาโหลดอิเล็กทรอนิกส์ที่ควบคุมด้วยระบบสมองกลฝังตัว มีการดำเนินการศึกษาความเป็นไปได้ของระบบ โดยมีการศึกษาข้อมูลและความเป็นไปได้ของระบบที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

3.2 การวิเคราะห์และออกแบบวงจร

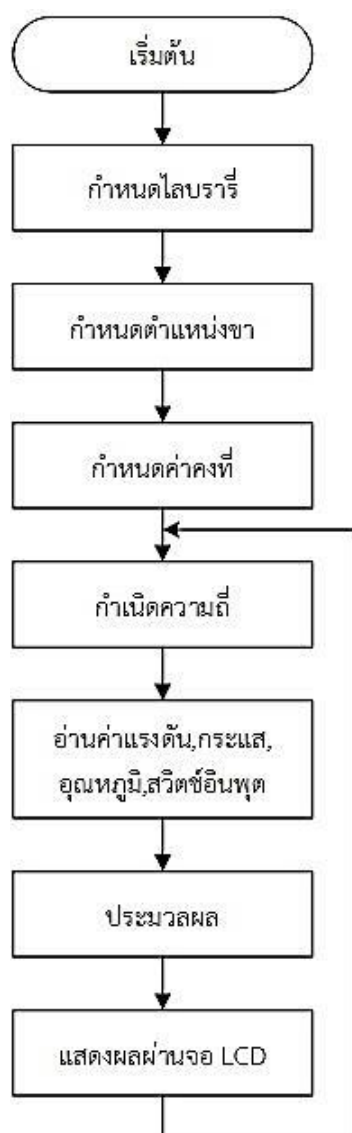
ในงานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาโหลดอิเล็กทรอนิกส์ที่ควบคุมด้วยระบบสมองกลฝังตัว เป็นการศึกษาค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการจำลองภาระทางไฟฟ้าที่สามารถปรับค่าได้ มีการควบคุมโดยใช้ระบบสมองกลฝังตัว สำหรับส่วนประกอบต่าง ๆ ของโหลดอิเล็กทรอนิกส์ที่ควบคุมด้วยระบบสมองกลฝังตัวสามารถแสดงได้ดังไดอะแกรมต่อไปนี้



จากไดอะแกรมของโพลติเล็กทรอนิกส์ที่ควบคุมด้วยระบบสมองกลฝังตัว สามารถอธิบายได้ดังนี้ โพลติเล็กทรอนิกส์นั้นเป็นโพลติที่สามารถปรับค่าความต้านทานได้ทางอิเล็กทรอนิกส์จึงต้องมีการออกแบบวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์ที่เลียนแบบตัวต้านทานแต่สามารถปรับค่าได้ และยังสามารถทนต่อกระแสได้สูง ดังนั้นวงจรจึงถูกออกแบบโดยใช้มอสเฟตซึ่งจะทำงานเลียนแบบความต้านทาน ส่วนสมองกลฝังตัวเป็นส่วนที่ใช้ในการควบคุมโดยส่งสัญญาณพัลส์ขนาด 7,812.50 เฮิรตซ์ ที่สามารถปรับความกว้างของพัลส์ได้ ใช้หลักการของ PWM โดยส่งไปยังโพลติเล็กทรอนิกส์ ซึ่งจะทำการรับสัญญาณพัลส์ดังกล่าวมาขับมอสเฟตเพื่อนำกระแส ในแบบที่เป็นเชิงเส้น โดยจะนำกระแสมาห้อน้อยขึ้นขึ้นอยู่กับความกว้างของสัญญาณพัลส์ที่ได้จากสมองกลฝังตัว เซนเซอร์จะทำหน้าที่ตรวจวัดกระแส แรงดัน อุณหภูมิ ส่งกลับมายังสมองกลฝังตัวโดยมีสัญญาณเป็นแรงดันไฟตรงขนาด 0-5 โวลต์ ซึ่งสมองกลฝังตัวจะส่งข้อมูลไปแสดงผลยังภาคแสดงผลที่เป็นจอแสดงผลแบบผลิกเหลวโดยผ่านการสื่อสารแบบ I²C ส่วนวงจรสวิตช์จะเป็นส่วนอินพุตที่รับข้อมูลเพื่อสั่งการให้สมองกลฝังตัวผลิตความกว้างของสัญญาณพัลส์ตามสวิตช์ที่กด

3.3 การพัฒนาโปรแกรมควบคุมการทำงาน

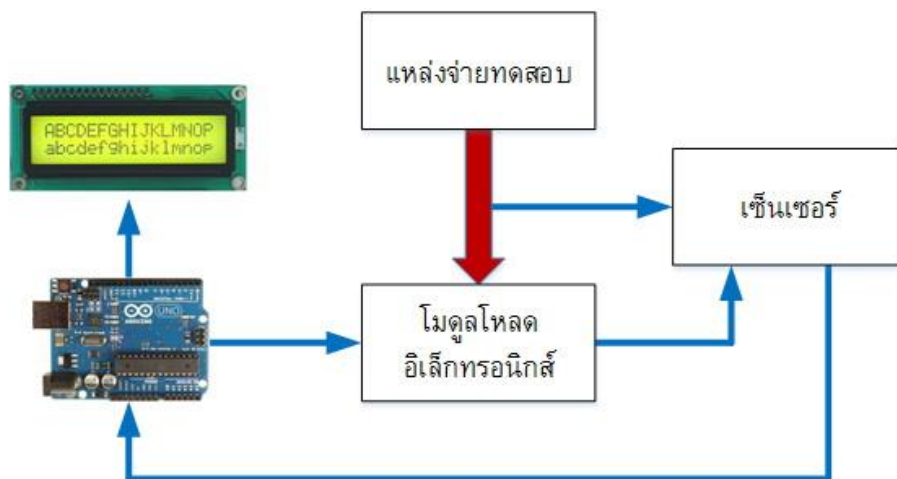
ในการพัฒนาโปรแกรมจะใช้โปรแกรมอาดุยโนไอดีอี (Arduino IDE) ซึ่งเป็นโปรแกรมแบบเปิดเผยแพร่ (Open source) โดยโครงสร้างของของโปรแกรมอาดุยโนไอดีอี เป็นภาษาซีพลัสพลัส (C++) ซึ่งเป็นภาษาซีที่ประยุกต์อีกแบบหนึ่ง โดยโครงสร้างทั่ว ๆ ไปจะใกล้เคียงกับภาษาซีมาตรฐาน (ANSI-C) เพียงแต่ปรับปรุงคำสั่ง ไบเบรารีรูปแบบการเขียนโปรแกรมให้รองรับกับฮาร์ดแวร์ที่ใช้งาน สำหรับรูปแบบการเขียนจะมีโครงสร้างเหมือนกับภาษาซีมาตรฐาน ซึ่งโครงสร้างของของอาดุยโนไอดีอีจะแบ่งออกเป็นส่วนย่อย ๆ หลายส่วน โดยจะเรียกส่วนย่อย ๆ นี้ว่า ฟังก์ชัน และเมื่อนำเอาฟังก์ชันเหล่านี้มารวมกันจะเรียกว่าโปรแกรม ซึ่งสามารถเขียนโฟลว์ชาร์ตการทำงานของโปรแกรมได้ดังนี้



ภาพที่ 3 แผนผังการทำงานของโปรแกรม

3.4 การพัฒนาและทดสอบวงจร

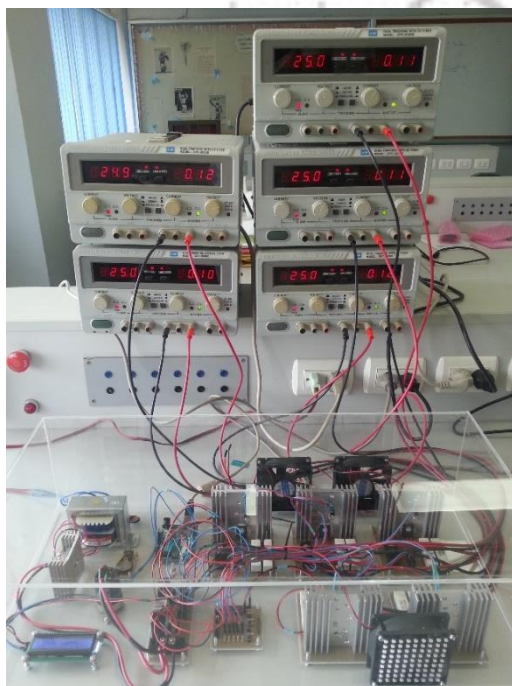
ในการทดสอบวงจรทำการทดสอบโดยต่อวงจรเข้ากับแหล่งจ่ายขนาด 12 โวลต์ 6 แอมป์ โดยทดสอบโมดูลโหลดอิเล็กทรอนิกส์ 1 โมดูล โดยมีรูปวงจรการทดสอบดังนี้



ภาพที่ 4 การทดสอบวงจร

3.5 การทดลองใช้งาน

หลังจากทดสอบวงจรดังกล่าว แล้วนำชุดทดสอบทั้งหมดมาติดตั้งบนกล่องอคริลิก เพื่อประกอบเป็นชุดสำเร็จ พร้อมทั้งนำมาทดลองใช้งานกับแหล่งจ่ายเพื่อทดลองการใช้งาน ผลการทดลองใช้งานพบว่า สามารถใช้งานได้ตามขอบเขตที่กำหนด



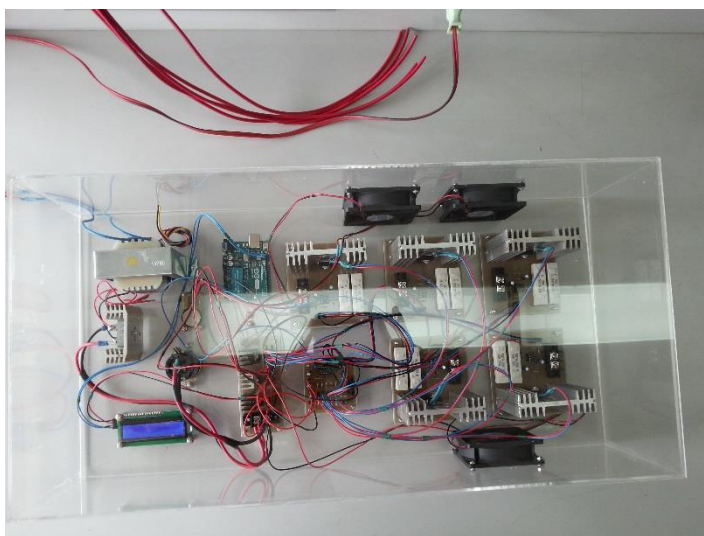
ภาพที่ 5 การทดลองใช้งาน

4. ผลการดำเนินการ

จากผลของการดำเนินการวิจัย สามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ การพัฒนาโพลติอิเล็กทรอนิกส์ที่ควบคุมด้วยระบบสมองกลฝังตัว และประสิทธิภาพของโพลติอิเล็กทรอนิกส์ ที่ควบคุมด้วยระบบสมองกลฝังตัว โดยจะอธิบายผลของการวิจัยดังนี้

4.1 การพัฒนาโพลติอิเล็กทรอนิกส์ที่ควบคุมด้วยระบบสมองกลฝังตัว

เมื่อทำการทดสอบความถูกต้องของวงจรต่าง ๆ เป็นที่เรียบร้อยแล้ว จึงทำการประกอบส่วนต่าง ๆ ทั้งหมดของโพลติอิเล็กทรอนิกส์ลงบนกล่องพลาสติกดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ลักษณะภายนอกของโพลติอิเล็กทรอนิกส์ที่ควบคุมด้วยระบบสมองกลฝังตัว

โพลติอิเล็กทรอนิกส์นั้นเป็นโพลที่สามารถปรับค่าความต้านทานได้ทางอิเล็กทรอนิกส์จึงต้องมีการออกแบบวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์ที่เลียนแบบตัวต้านทานแต่สามารถปรับค่าได้ และยังสามารถทนต่อกระแสได้สูง ดังนั้นวงจรกำลังจึงถูกออกแบบโดยใช้มอสเฟต ซึ่งจะทำงาน ส่วนสมองกลฝังตัวเป็นส่วนที่ใช้ในการควบคุมโดยส่งสัญญาณพัลส์ขนาด 7,812.50 เฮิรตซ์ ที่สามารถปรับความกว้างของพัลส์ได้ โดยส่งไปยังโพลติอิเล็กทรอนิกส์เพื่อจะรับค่าสัญญาณพัลส์กล่าวส่งไปไบอัสมอสเฟตนำกระแส โดยจะนำกระแสมาหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับความกว้างของสัญญาณพัลส์ที่ได้จากสมองกลฝังตัว เซนเซอร์จะทำหน้าที่ตรวจวัดกระแส แรงดัน อุณหภูมิส่งกลับมายังสมองกลฝังตัวโดยมีสัญญาณเป็นแรงดันไฟตรงขนาด 0 - 5 โวลต์ ซึ่งสมองกลฝังตัวจะส่งข้อมูลไปแสดงผลยังภาคแสดงผลที่เป็นจอแสดงผลแบบผลึกเหลวโดยผ่านการสื่อสารแบบ I²C ส่วนวงจรสวิตช์จะเป็นส่วนอินพุตที่รับข้อมูลเพื่อสั่งการให้สมองกลฝังตัวผลิตความกว้างของสัญญาณพัลส์ตามสวิตช์ที่กด

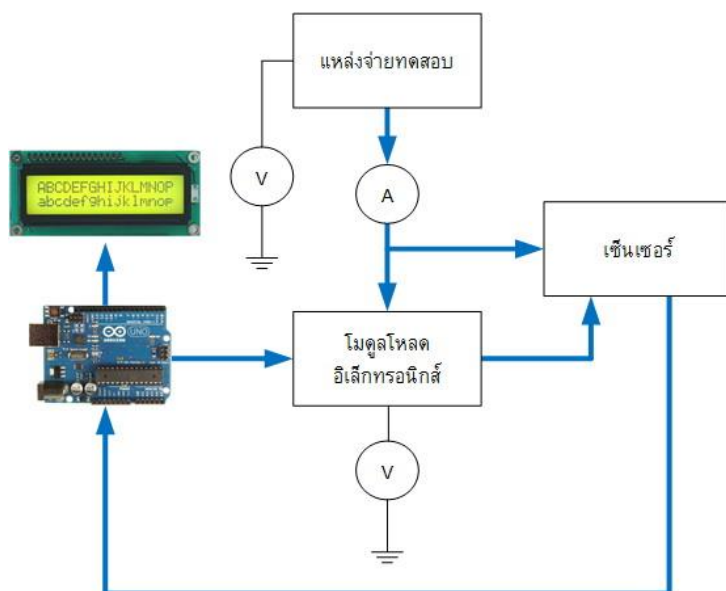
ในการติดต่อระหว่างสมองกลฝังตัวกับโพลติอิเล็กทรอนิกส์ สมองกลฝังตัวจะส่งสัญญาณพัลส์ที่มีความถี่ 7,812.50 เฮิรตซ์ ซึ่งสามารถปรับค่าตัวที่ไซเกิลได้โดยการกดสวิตช์จากวงจรสวิตช์โดยมีสวิตช์จำนวน 2 ตัว คือ กดให้เพิ่มค่าตัวที่ไซเกิลและกดลดค่าตัวที่ไซเกิลโดยสัญญาณที่ส่งมาจะมีลักษณะเป็นสัญญาณพัลส์จำนวน 1 ลูกคลื่น

สำหรับเซ็นเซอร์จะทำการวัดค่าแรงดัน กระแสและอุณหภูมิของวงจรกำลัง โดยค่าที่อ่านได้จากเซ็นเซอร์จะมีค่าเป็นแรงดันไฟตรง สมองกลฝังตัวจะอ่านค่าแรงดันไฟตรงที่เป็นแบบอนาล็อกผ่านทางขาอนาล็อกของสมองกลฝังตัวซึ่งภายในจะมีวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลขนาด 10 บิตทำการแปลงสัญญาณดังกล่าว

ในการติดต่อระหว่างสมองกลฝังตัวกับวงจรแสดงผล จะติดต่อกันแบบ I²C โดยใช้สายเพียง 2 เส้น คือ SDA และ SCL โดยสมองกลฝังตัวจะทำหน้าที่เป็นตัวส่งข้อมูลให้กับวงจรแสดงผลแบบผลึกเหลว ซึ่งสัญญาณที่ส่งจะต้องมีความสัมพันธ์กับสัญญาณนาฬิกา

4.2 ประสิทธิภาพของโหนดอิเล็กทรอนิกส์ที่ควบคุมด้วยระบบสมองกลฝังตัว

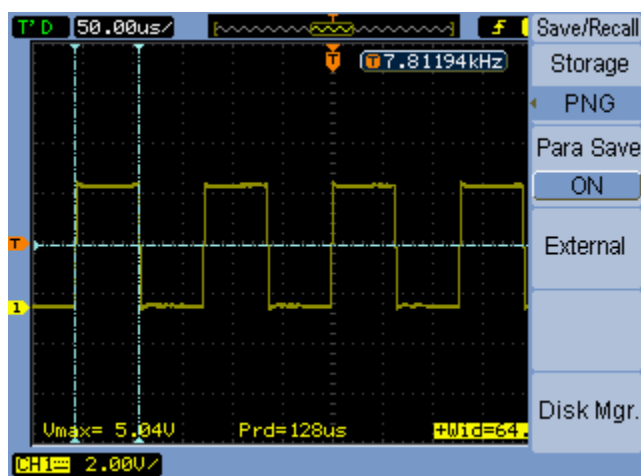
ประสิทธิภาพของโหนดอิเล็กทรอนิกส์ที่ควบคุมด้วยระบบสมองกลฝังตัวสามารถทดสอบการทำงานดังในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 การทดสอบการทำงาน

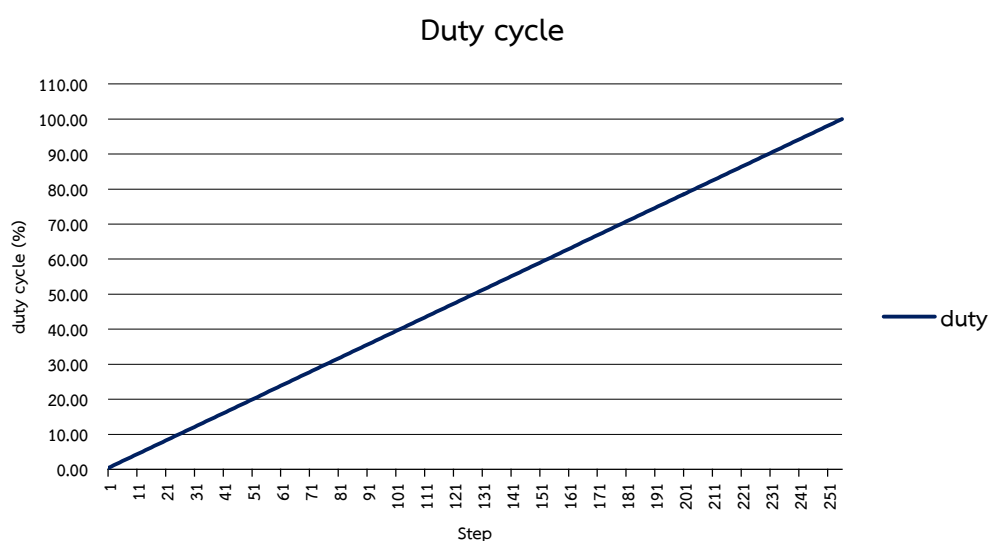
บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการสร้างสัญญาณพัลส์ โดยมีคาบเวลาของสัญญาณพัลส์เท่ากับ 128 ไมโครวินาที หรือมีค่าความถี่เท่ากับ 7,812.50 เฮิร์ตซ์

จากภาพที่ 8 เป็นสัญญาณที่ผลิตจากบอร์ดอาδυโนที่มีค่าความถี่ใกล้เคียงกับร้อยละ 50 ที่ความถี่ 7,812.50 เฮิร์ตซ์ มีแรงดันเฉลี่ยเท่ากับ 2.5 โวลต์



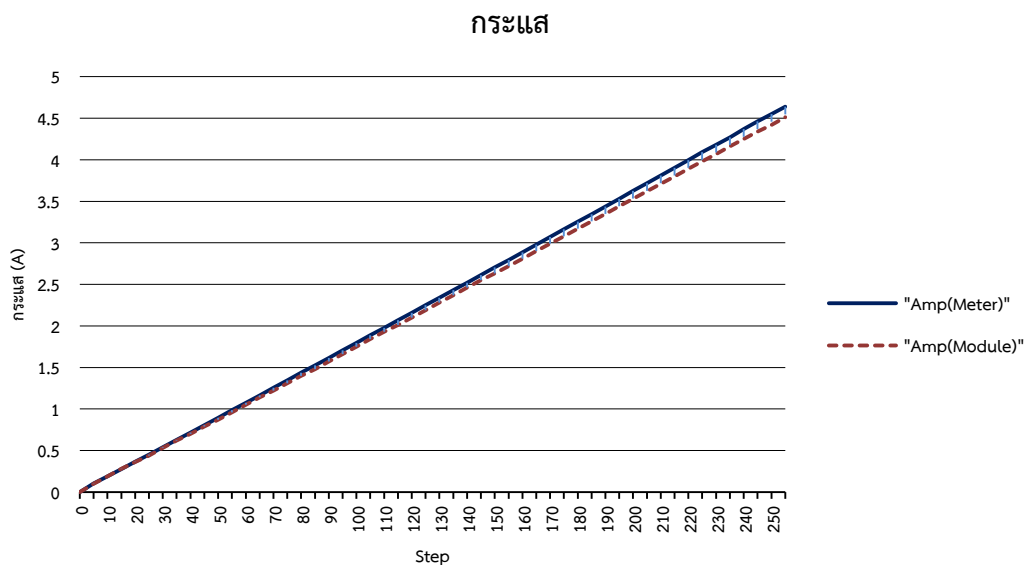
ภาพที่ 8 ขนาดความกว้างของดิวตี้ไซเคิลสัญญาณพัลส์ขนาดร้อยละ 50

จากการทดสอบสามารถหาค่าดิวตี้ไซเคิล และค่าแรงดันโดยการเขียนคำสั่ง AnalogWrite เพื่อสั่งงานให้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ผลิตความถี่ 7,812.50 เฮิร์ตซ์ หรือเวลาเท่ากับ 128 ไมโครวินาที



ภาพที่ 9 กราฟแสดงค่าดิวตี้ไซเคิลที่เขียนจากคำสั่ง AnalogWrite

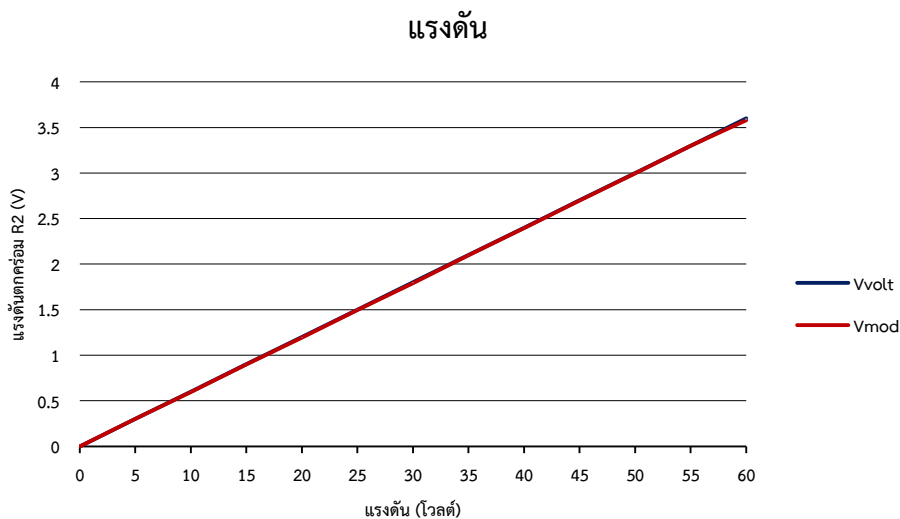
สำหรับวงจรวัดกระแส นั้นทำการเปรียบเทียบระหว่างแอมป์มิเตอร์กับวงจรวัดกระแสโดยวัดกระแสของโหลดอิเล็กทรอนิกส์ ที่ควบคุมจากดิวตี้ไซเคิลของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งสามารถเปรียบเทียบได้รูป



ภาพที่ 10 การเปรียบเทียบกระแสที่วัดจากเครื่องวัดและโมดูล

จากภาพที่ 10 พบว่า ในการวัดค่ากระแสโดยเปรียบเทียบระหว่างแอมป์มิเตอร์และโมดูลวัดกระแสนั้น กระแสที่วัดได้โมดูลจากยังมีค่าผิดพลาดอยู่ โดยค่าผิดพลาดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 1.8

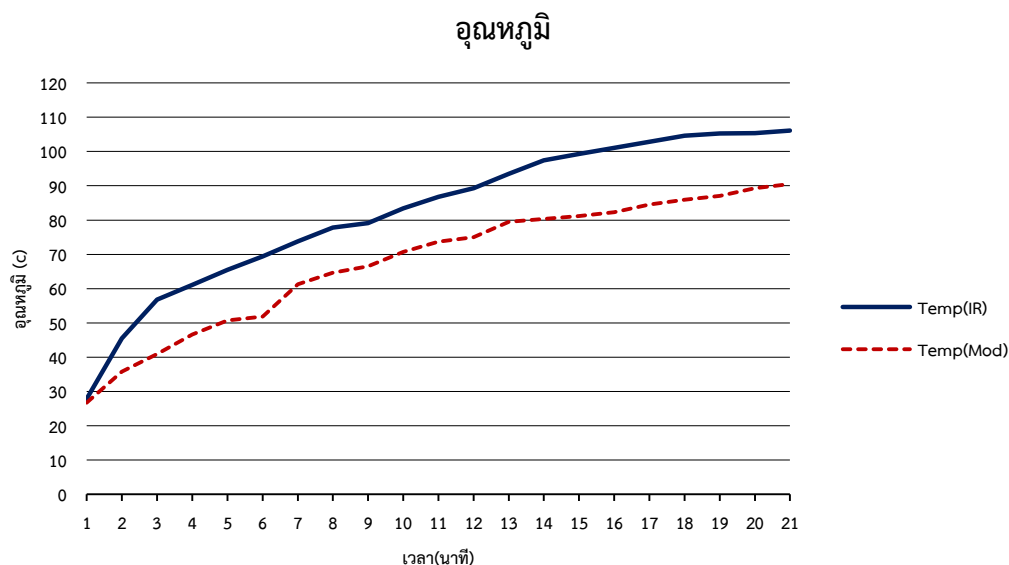
สำหรับวงจรค่าแรงดันนั้นทำการเปรียบเทียบระหว่างโวลต์มิเตอร์กับวงจรวัดค่าแรงดันโดยวัดแรงดันของโหลดอิเล็กทรอนิกส์ ที่ป้อนจากแหล่งจ่ายทดสอบซึ่งสามารถเปรียบเทียบได้ดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 การเปรียบเทียบแรงดันที่วัดจากเครื่องวัดและโมดูลวัดแรงดัน

ในการวัดค่าแรงดันโดยวัดระหว่างโวลต์มิเตอร์และโมดูลวัดแรงดันนั้นยังมีค่าผิดพลาดอยู่ โดยค่าผิดพลาดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.63

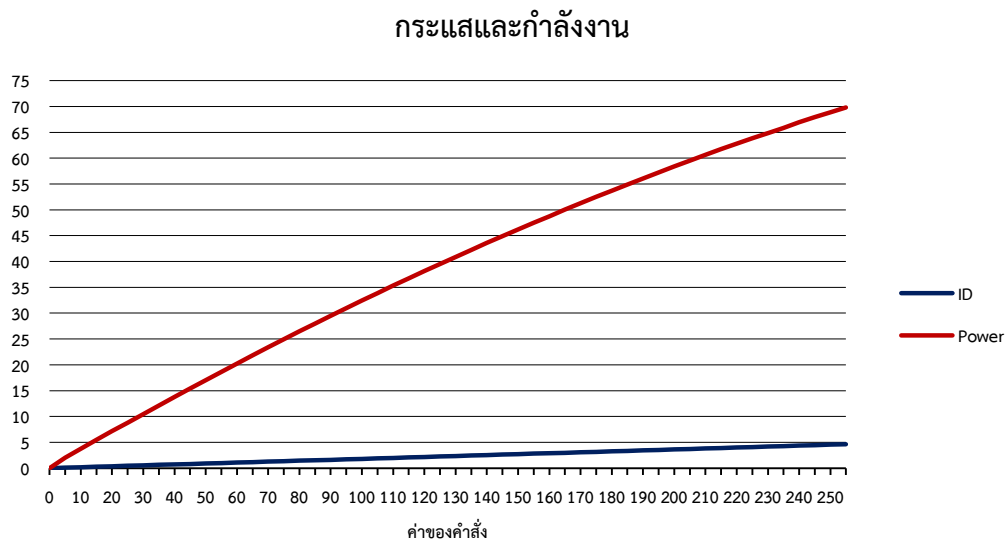
สำหรับในวงจรวัดอุณหภูมิจะวัดอุณหภูมิใช้งานของวงจรโหลดอิเล็กทรอนิกส์ทดสอบโดยกำหนดให้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ผลิตความถี่ขนาด 7,812.5 เฮิรตซ์ ค่าตัวตั้งไซเกิลเท่ากับร้อยละ 50 แหล่งจ่ายทดสอบจ่ายแรงดันที่ 20 โวลต์ จะมีกระแสประมาณ 1.132 แอมป์ ทำการวัดอุณหภูมิโดยเปรียบเทียบระหว่างวงจรวัดอุณหภูมิกับเครื่องวัดอุณหภูมิ Fluke รุ่น 62 IR THERMOMETER จะทำการวัดทุก ๆ 1 นาที ดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 การวัดค่าอุณหภูมิโดยวัดระหว่างเครื่องวัดอุณหภูมิและโมดูลวัดอุณหภูมิ

ในการวัดค่าอุณหภูมิโดยวัดระหว่างเครื่องวัดอุณหภูมิและโมดูลวัดอุณหภูมินั้นยังมีค่าผิดพลาดอยู่ โดยค่าผิดพลาดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 17.78 มีค่าผิดพลาดค่อนข้างสูงเนื่องจากคุณสมบัติของตัวเทอร์มิสเตอร์ที่ถูกสร้างจากโลหะสองชนิดที่แตกต่างกันที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงต่ออุณหภูมิต่ำ

โหลดอิเล็กทรอนิกส์ที่เป็นส่วนสำคัญของงานวิจัยนี้ โดยในการทดสอบประสิทธิภาพของโหลดอิเล็กทรอนิกส์กำหนดให้แหล่งจ่ายทดสอบจ่ายไฟขนาด 20 โวลต์ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ผลิตความถี่ขนาด 7,812.5 เฮิรตซ์และให้เริ่มปรับค่าตัวตั้งไซเกิลตั้งแต่ 0 และทำการวัดค่ากระแสและแรงดันของโหลดอิเล็กทรอนิกส์ 1 โมดูล



ภาพที่ 13 ค่ากระแสและกำลังงานเมื่อเพิ่มค่าตัวตั้งไฮเกิล

จากภาพที่ 13 เมื่อปรับค่าตัวตั้งไฮเกิลเท่ากับร้อยละ 100 จะวัดค่ากระแสได้เท่ากับ 4.64 แอมป์ เมื่อแรงดันเท่ากับ 20 โวลต์ จะมีกำลังที่ตัวมอเตอร์เท่ากับ 69.79 วัตต์ กระแสไหลสูงสุดสำหรับ 5 วงจรเท่ากับ 22.97 แอมป์ คิดเป็น 689.04 วัตต์

5. สรุปผลและอภิปรายผล

โครงการวิจัยนี้ เป็นการพัฒนาโหนดอิเล็กทรอนิกส์ที่ควบคุมด้วยระบบสมองกลฝังตัว ด้วยการสร้างเป็นต้นแบบสำหรับการทดสอบแหล่งจ่ายไฟฟ้า เครื่องขยายเสียง วิทยุสื่อสาร หรือวงจรต่าง ๆ โดยจะต่อวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์เข้ากับโหนดอิเล็กทรอนิกส์ที่ควบคุมด้วยระบบสมองกลฝังตัว โดยดำเนินการวิจัยเริ่มต้นจากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง จากนั้นวิเคราะห์และออกแบบวงจร โดยประกอบด้วยวงจรโหนดอิเล็กทรอนิกส์, วงจรวัดกระแส, วงจรวัดแรงดัน, วงจรแสดงผล, วงจรวัดอุณหภูมิและวงจรแหล่งจ่าย หลังจากที่ได้สร้างวงจรต่าง ๆ ทั้งหมดจึงนำวงจรเหล่านั้นไปทำการทดสอบคุณสมบัติและทำการพัฒนาโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ แล้วนำทดสอบวงจรเพื่อหาประสิทธิภาพของโหนดอิเล็กทรอนิกส์ เมื่อทำการติดตั้งวงจรทั้งหมดบนกล่องอิลิกแล้วจึงทดลองใช้งานจริง

ผลการทดสอบประสิทธิภาพโหนดอิเล็กทรอนิกส์ที่ควบคุมด้วยระบบสมองกลฝังตัว ในส่วนของการสร้างสัญญาณพัลส์ที่สามารถปรับค่าความกว้างของตัวตั้งไฮเกิล โดยการปรับค่าพารามิเตอร์ในโปรแกรมสามารถปรับค่าได้จาก 0 – 255 ทำให้สามารถปรับค่าแรงดันเท่ากับ 0 – 5 โวลต์ ปรับค่าตัวตั้งไฮเกิลได้จาก 0 – 100 ในการปรับค่าพารามิเตอร์ในโปรแกรม step เท่ากับ 1 สามารถปรับค่าตัวตั้งไฮเกิลได้เท่ากับร้อยละ 0.39 ค่าช่วงเวลาการเกิดพัลส์เท่ากับ 0.5 ไมโครวินาที และค่าแรงดันเฉลี่ยเท่ากับ 0.02 โวลต์ วงจรวัดกระแสมีค่าความผิดพลาดเท่ากับร้อยละ 1.8 วงจรวัดกระแสมีค่าความผิดพลาดเท่ากับร้อยละ 0.63 สำหรับวงจรวัดอุณหภูมิ ค่าผิดพลาดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 17.78 มีค่าผิดพลาดค่อนข้างสูงเนื่องจากคุณสมบัติของตัว

เทอร์มิสเตอร์ที่ถูกสร้างจากโลหะสองชนิดที่แตกต่างกันที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงต่ออุณหภูมิต่ำ ส่วนวงจรแสดงผลสามารถทำงานได้เป็นอย่างดี วงจรสวิตช์ ก็สามารถที่จะเพิ่มหรือลดค่าของดิฟฟิไซเคิลเมื่อทำการกดสวิตช์ และสุดท้ายคือ โหลดอิเล็กทรอนิกส์สามารถทดสอบกับแหล่งจ่ายขนาด 30 โวลต์ กระแส 22.97 แอมป์ หรือคิดเป็นกำลังงานเท่ากับ 689.04 วัตต์ เนื่องจากแหล่งจ่ายทดสอบสามารถจ่ายแรงดันได้เพียง 30 โวลต์ หากพิจารณาแรงดันที่มอสเฟตสามารถทนได้ตามสเปคของตัวอุปกรณ์คือ 75 โวลต์ หากใช้ทดสอบกับแหล่งจ่ายที่จ่ายแรงดันขนาด 60 โวลต์จะสามารถทดสอบได้ถึง 1,378,08 วัตต์

6. เอกสารอ้างอิง

- กิตติวุฒิ จินนะบุตร. (2548). **Electrical Instruments and Measurements**. กรุงเทพฯ: สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน. [online]. Available http://www.rmuti.ac.th/user/kittiwut/measure_unit.htm
- นภัทร วัจนเทพินทร์. (ม.ป.ป.). **อิเล็กทรอนิกส์วิศวกรรม**. กรุงเทพฯ : คณะวิศวกรรมศาสตร์ และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.
- บัณฑิต เวียงมูล, ณัฐวุฒิ บุณบุญ. (2555). อิเล็กทรอนิกส์โหลดสำหรับการวัดลักษณะทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์. **การประชุมวิชาการ “วิทยาศาสตร์วิจัย” ครั้งที่ 4 (หน้า 18)**. พิษณุโลก: คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- ปฎิมากร จันทร์พริ้ม. (ม.ป.ป.). **Basic Electronics**. สงขลา : ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- มนตรี ศิริปรัชญานันท์. (ม.ป.ป.). **เอกสารประกอบการสอน การออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์**. กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- มนตรี สมดุลยกนก. (2549). **การวิเคราะห์วงจรความต้านทานแบบต่อกราวด์ปรับค่าได้ด้วยแรงดันโดยใช้ซีมอส**. กรุงเทพฯ: วารสารวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยสยาม.
- สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์. (ม.ป.ป.). **embedded-sysyem**. [online]. Available <http://www.thaieei.com/NEWEEI/file/information/embedded-sysyem/งานวิจัยองค์ความรู้.pdf> on 29/05/2015
- เอกชัย มะการ. (2552). **เรียนรู้ เข้าใจใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ด้วย Arduino**. กรุงเทพฯ: บริษัท อีทีที จำกัด.
- Cheng Peng, Chia Jiu Wang. (2013). An Analysis of Buck Converter Efficiency in PWM/PFM Mode with Simulink, **Energy and Power Engineering**, 5, 64-69.
- bk precision. (ม.ป.ป.). **bkprecision**. [online]. Available <https://bkpmedia.s3.amazonaws.com/>: https://bkpmedia.s3.amazonaws.com/downloads/guides/en-us/dc_electronic_load_application_note.pdf.

- Michael Tooley. (2002). **Electronic Circuits: Fundamentals and Applications**. Woburn,MA: Newnes.
- Riyaz Basheer,Abin Thomas,Rinjo Daniel,Irfan Yusuf ChetnaNagpal. (2014). Analysis and Design of Electronic Load Controllers used in Micro Hydro Power Systems. **International Conference on Innovative Trends in Science Engineering and Management (ITICSEM 2014)**. pp.26-31. Dubai: International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering.
- SAHAR SAMIMI LUKAS ROSE´N. (2012). **Small Electronic Load,Design and analysis of a small electronic load for testing on-board DC/DC converters**. G teborgSweden: Chalmers Bibliotek, Reproservice.
- Yi Sheng Koh, Melvic Low, Ravindra Bhadti, Leonardo lalongo, Alexander Gallo, Sanjana George Kristian Lending. (2014). **An Electronic Load Controller for Micro-Hydro Power Plants in the Philippines**. From The Electronic Load Controller (ELC) for Micro Hydroelectric Plants: [online]. Available <http://www.ee.ic.ac.uk/ravindra.bhadti12/yr2proj/default.htm> on 2015.