

## การพัฒนาเครื่องชาร์จแบตเตอรี่อัตโนมัติควบคุมด้วยบอร์ดอาดูโน Development of an automatic battery charger controlled by an Arduino board.

ชัยเทพ รอดดี<sup>1\*</sup>, วรวิทย์ ศรีจันทร์<sup>2</sup>, ศิวาพร สอาดละอ<sup>3</sup>

<sup>1</sup> สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า (ต่อเนื่อง) วิทยาลัยเทคนิคนครสวรรค์ สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 4 chaithep\_r@hotmail.com

<sup>2</sup> สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ (ต่อเนื่อง) วิทยาลัยเทคนิคนครสวรรค์ สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 4 woravit56@gmail.com

<sup>3</sup> สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า (ต่อเนื่อง) วิทยาลัยเทคนิคนครสวรรค์ สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 4 siwapom.iven4@gmail.com

### บทคัดย่อ

การพัฒนาเครื่องชาร์จแบตเตอรี่อัตโนมัติควบคุมด้วยบอร์ดอาดูโน มีวัตถุประสงค์ เพื่อออกแบบและสร้าง โดยทำการทดสอบหาประสิทธิภาพและการศึกษาความพึงพอใจ หลักการทำงานมีดังนี้ แรงดันไฟฟ้าที่ได้จากสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายคือ 6 VDC , 12 VDC ทำการชาร์จกระแสไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่แบบน้ำและแบบแห้งโดยใช้บอร์ดอาดูโนควบคุมการชาร์จเมื่อแบตเตอรี่ชาร์จได้เต็มพิกัดหรือค่าที่กำหนดไว้รีเลย์จะตัดแหล่งจ่ายไฟทันที

จากการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่อัตโนมัติควบคุมด้วยบอร์ดอาดูโน ใช้กับแบตเตอรี่แบบน้ำและแบบแห้ง ขนาด 6 VDC , 12 VDC การควบคุมการชาร์จด้วยบอร์ดอาดูโนสามารถลดการสูญเสียในการชาร์จและยังควบคุมการชาร์จได้อย่างแม่นยำ

การศึกษาความพึงพอใจของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่อัตโนมัติควบคุมด้วยบอร์ดอาดูโน จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 10 คน พบว่า ผลการประเมินด้านโครงสร้างมีค่าเฉลี่ย 4.25 แปลความหมายได้ว่า ด้านโครงสร้างอยู่ในระดับ ดี ผลการประเมินด้านความเหมาะสมมีค่าเฉลี่ย 4.34 แปลความหมายได้ว่า ด้านความเหมาะสมอยู่ในระดับ ดี ผลจากการประเมินการดำเนินงานมีค่าเฉลี่ย 4.39 แปลความหมายได้ว่า ด้านการนำไปใช้งานอยู่ในระดับ ดี และผลจากการประเมินความพึงพอใจโดยรวมของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่อัตโนมัติควบคุมด้วยบอร์ดอาดูโน มีค่าเฉลี่ย 4.12 แปลความหมายได้ว่า ด้านโครงสร้าง ด้านความเหมาะสม และด้านการนำไปใช้งานอยู่ในระดับ ดี

**คำสำคัญ :** เครื่องชาร์จแบตเตอรี่อัตโนมัติ, บอร์ดอาดูโน, สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย

## Abstract

Development of an Arduino-Controlled Automatic Battery Charger have a purpose to design and build by performing efficacy testing and satisfaction studies The working principle is as follows. The voltage provided by the switching power supply is 6 VDC, 12 VDC. Charge the liquid and dry batteries with an Arduino board to control the charge when the battery is fully charged or to a specified value. The relay will cut off the power supply immediately.

From the performance test of the automatic battery charger controlled by the Arduino board. Compatible with 6 VDC and 12 VDC liquid and dry batteries. Arduino on-board charge control can reduce charging waste and provide precise charge control.

Satisfaction study of automatic battery chargers controlled by Arduino boards. From a sample of 10 people, it was found that the structural assessment result was an average of 4.25. In terms of structure, it was at a good level. The assessment of suitability was averaged 4.34. In terms of suitability, it was at a good level. The results of the application evaluation were averaged 4.39. In terms of usability, it was at a good level, and the overall satisfaction assessment of the Arduino-Controlled Automatic Battery Charger was a mean 4.12. structure suitability and the aspect of use is at a good level.

**Keywords :** Automatic battery charger, Arduino board, Switching power supply

## 1. บทนำ (Introduction)

ปัจจุบันแบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์ที่สะสมพลังงานไฟฟ้าในรูปแบบของเซลล์ไฟฟ้าเคมีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในชีวิตประจำวัน (ชนะ กสิภรณ์, 2543) ให้ความหมายว่า แบตเตอรี่ (Battery) คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่จัดเก็บพลังงานเพื่อใช้ในการให้พลังงานอุปกรณ์หลากหลายชนิด เช่น จักรยานยนต์ รถยนต์ เป็นต้น (เชื้อ ชูชา, 2544) กล่าวว่า อุปกรณ์ที่สามารถแปลงพลังงานเคมีให้เป็นไฟฟ้าได้โดยตรงด้วยการใช้เซลล์กัลวานิก ประกอบด้วยขั้วบวกและขั้วลบพร้อมกับสารละลายอิเล็กโทรไลต์ แบตเตอรี่อาจประกอบด้วยเซลล์กัลวานิกเพียง 1 เซลล์หรือมากกว่าก็ได้ แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์สำหรับจัดเก็บไฟฟ้าเท่านั้นไม่ได้ผลิตไฟฟ้า แต่สามารถประจุไฟฟ้าเข้าไปใหม่ (recharge) ได้หลายครั้ง แต่ประสิทธิภาพจะไม่เต็ม 100% แต่ประสิทธิภาพจะอยู่โดยประมาณ 80% เพราะมีการสูญเสียพลังงานบางส่วนไปในรูปแบบความร้อน และปฏิกิริยาเคมี ทำให้แบตเตอรี่จัดเป็นอุปกรณ์ที่มีราคาแพงและเสียหายได้ง่าย ถ้าดูแลรักษาไม่ดีเพียงพอหรือใช้งานผิดวิธี ก่อให้เกิดแบตเตอรี่เสื่อมสภาพ

ไม่สามารถเก็บประจุไฟฟ้าไว้ใช้งานได้ ด้วยการใช้วิธีที่ผิด เช่น การไม่บำรุงรักษา, เก็บไว้ในอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสม, การชาร์จประจุไว้เป็นเวลานาน ฯลฯ การประจุไฟฟ้าเข้าไปใหม่นั้น ในกรณีถ้าแบตเตอรี่เต็มแล้ว แต่ไม่สามารถตัดการชาร์จได้ จึงก่อให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับแบตเตอรี่

สำหรับการชาร์จไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่ใช้เวลานานพอควร อาจนานถึง 30 นาทีหรือ 1 ชั่วโมงขึ้นอยู่กับแบตเตอรี่ว่า เหลือประจุไฟฟ้าในแบตเตอรี่มากน้อยไม่เท่ากัน และการที่จะชาร์จก็ไม่สามารถรู้ว่าแบตเตอรี่จะเต็มเมื่อไรดังนั้นการชาร์จแบตเตอรี่ที่ไม่สามารถควบคุมการชาร์จไฟฟ้านั้น การชาร์จแบบต่อเนื่องแบบไม่มีวงจรตัดการทำงานส่งผลให้เกิดแบตเตอรี่เสื่อมสภาพอายุการใช้งานลดลง

ดังนั้นคณะผู้ศึกษาจึงได้ทำการพัฒนาเครื่องชาร์จแบตเตอรี่อัตโนมัติควบคุมด้วยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ การนำสวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลายแปลงแรงดันไฟฟ้า 220 VAC ให้เป็น 6, 12 VDC และใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์จะช่วยให้ลดกระแสทำให้การชาร์จแบตเตอรี่ไม่ร้อนและไม่ทำให้แบตเตอรี่เสื่อมสภาพ

## 2. วิธีการวิจัย (Methodology)

2.1 ศึกษาข้อมูลเครื่องชาร์จแบตเตอรี่อัตโนมัติควบคุมด้วยบอร์ดอาดูโน่

2.2 หลักการทฤษฎีที่ใช้ในการทำเครื่องชาร์จแบตเตอรี่อัตโนมัติควบคุมด้วยบอร์ดอาดูโน่ มีดังนี้

2.2.1 แบตเตอรี่ มีหน้าที่ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่จัดเก็บพลังงาน เพื่อไว้ใช้ในการให้พลังงานอุปกรณ์หลากหลายชนิด (ชนะ กลสิการ์, 2543)

2.2.2 การชาร์จแบตเตอรี่ มีหน้าที่ ชาร์จที่แรงดันไฟฟ้าที่ 6 VDC, 12 VDC เข้าแบตเตอรี่แบบแห้งและแบบน้ำ (เจน สงสมพันธ์, 2534)

2.3 วัสดุอุปกรณ์ ที่ใช้ในการจัดทำเครื่องชาร์จแบตเตอรี่อัตโนมัติควบคุมด้วยบอร์ดอาดูโน่ มีดังนี้

2.3.1 ชุดเร็กตีไฟร์ XH-M603 มีหน้าที่ แปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง โดยจะใช้ไดโอดเป็นอุปกรณ์หลักของวงจร ซึ่งชนิดของไดโอดที่นิยมนำมาใช้คือชนิดซิลิกอน (ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์, 2553)

2.3.2 รีเลย์ MY-4 มีหน้าที่ เป็นตัวควบคุมการเปิด-ปิด ของวงจร (एमพันธ์, เทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) (2541)

2.3.3 อาดูโน่ UNO R3 ควบคุมการชาร์จ Overcharge Protection (ประพันธ์ พิพัฒน์สุข, 2544) มีหน้าที่ ในการเช็คประจุที่แบตเตอรี่ว่าถึงค่าที่เรากำหนดไว้ มี AVR (Automatic Voltage Regulator) จะทำการปรับแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติได้ค่าตามกำหนดจะสั่งตัดทันที

2.3.4 แมกเนติกคอนแทคเตอร์ S-T21 มีหน้าที่ อุปกรณ์สำหรับใช้ในการตัดต่อวงจรไฟฟ้า (อดุลย์ กัลยาแก้ว, 2546)

2.4 ออกแบบเครื่องชาร์จแบตเตอรี่อัตโนมัติควบคุมด้วยบอร์ดอาดูโน่

2.5 ทดสอบประสิทธิภาพ เครื่องชาร์จแบตเตอรี่อัตโนมัติควบคุมด้วยบอร์ดอาดูโน่ถ้าไม่ผ่านให้นำกลับไปปรับปรุงแก้ไข

2.6 ศึกษาความพึงพอใจ เครื่องชาร์จแบตเตอรี่อัตโนมัติควบคุมด้วยบอร์ดอาดูโน่ ถ้ายังไม่ผ่านให้นำกลับไปปรับปรุงแก้ไข

2.7 วิเคราะห์ข้อมูล เครื่องชาร์จแบตเตอรี่อัตโนมัติควบคุมด้วยบอร์ดอาดูโน่ ด้านการทดสอบประสิทธิภาพ และศึกษาความพึงพอใจ ถ้ายังไม่ผ่านให้กลับไปทดสอบประสิทธิภาพ/ศึกษาความพึงพอใจ

2.8 สรุปและประเมินผล เพื่อหาปัญหา อุปสรรคหรือแนวทางในการพัฒนาต่อไป

## 3. ผลการวิจัย (Results)

การทดสอบประสิทธิภาพ โดยการทดสอบการทำงานของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่อัตโนมัติควบคุมด้วยบอร์ดอาดูโน่ ในด้านต่างๆ ซ้ำกันเป็นจำนวน 10 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

ตารางที่ 1 การเก็บข้อมูลประสิทธิภาพของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่อัตโนมัติควบคุมด้วยบอร์ดอาดูโน่

ครั้งที่	สถานะ	การชาร์จแบตเตอรี่							
		แบตเตอรี่ 6V แบบแห้ง		แบตเตอรี่ 6V แบบน้ำ		แบตเตอรี่ 12V แบบแห้ง		แบตเตอรี่ 12V แบบน้ำ	
		ตัด	ไม่ตัด	ตัด	ไม่ตัด	ตัด	ไม่ตัด	ตัด	ไม่ตัด
1	เต็ม	✓		✓		✓		✓	
2	เต็ม	✓		✓		✓		✓	
3	เต็ม	✓		✓		✓		✓	
4	เต็ม	✓		✓		✓		✓	
5	เต็ม	✓		✓		✓		✓	
6	เต็ม	✓		✓		✓		✓	
7	เต็ม	✓		✓		✓		✓	
8	เต็ม	✓		✓		✓		✓	
9	เต็ม	✓		✓		✓		✓	
10	เต็ม	✓		✓		✓		✓	

จากตารางที่ 1 การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่อัตโนมัติควบคุมด้วยบอร์ดอาดูโน่

1. แบตเตอรี่ขนาด 6 V แบบน้ำ ชาร์จด้วยเครื่องชาร์จแบตเตอรี่อัตโนมัติควบคุมด้วยระบบอาดูโน่ เมื่อชาร์จแบตเตอรี่จนเต็ม เครื่องจะตัดการทำงานอัตโนมัติ

2. แบตเตอรี่ขนาด 6 V แบบแห้ง ชาร์จด้วยเครื่องชาร์จแบตเตอรี่อัตโนมัติควบคุมด้วยระบบอาดูโน่ เมื่อชาร์จแบตเตอรี่จนเต็ม เครื่องจะตัดการทำงานอัตโนมัติ

3. แบตเตอรี่ขนาด 12 V แบบน้ำ ชาร์จด้วยเครื่องชาร์จแบตเตอรี่อัตโนมัติควบคุมด้วยระบบอาดูโน่ เมื่อชาร์จแบตเตอรี่จนเต็ม เครื่องจะตัดการทำงานอัตโนมัติ

4. แบตเตอรี่ขนาด 12 V แบบแห้ง ชาร์จด้วยเครื่องชาร์จ แบตเตอรี่อัตโนมัติควบคุมด้วยระบบเอาดูโน้ เมื่อชาร์จ แบตเตอรี่จนเต็ม เครื่องจะตัดการทำงานอัตโนมัติ

ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่อัตโนมัติควบคุมด้วยบอร์ดเอาดูโน้

ตารางที่ 2 ความพึงพอใจของโครงการเครื่องชาร์จแบตเตอรี่อัตโนมัติควบคุมด้วยบอร์ดเอาดูโน้

ลำดับ	หัวข้อ ประเมินความ พึงพอใจ	ระดับความพึงพอใจ	
		ค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ )	ระดับ
<b>ด้านโครงสร้าง</b>		<b>4.34</b>	<b>ดี</b>
1	ทำจากวัสดุที่มีความแข็งแรง	4.25	ดี
2	ทำจากวัสดุที่มีมาตรฐาน	4.45	ดี
3	การติดตั้งอุปกรณ์มีความสวยงาม	4.32	ดี
<b>ด้านความเหมาะสม</b>		<b>4.34</b>	<b>ดี</b>
1	ขนาดมีความเหมาะสม	4.27	ดี
2	การเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ได้มาตรฐาน	4.22	ดี
3	ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ได้เหมาะสม	4.55	ดีมาก
<b>ด้านการนำไปใช้งาน</b>		<b>4.39</b>	<b>ดี</b>
1	ความสะดวกต่อการนำไปใช้งาน	4.50	ดี
2	มีความปลอดภัยในการใช้งาน	4.22	ดี
3	ใช้งานได้ง่าย	4.47	ดี
<b>รวมค่าเฉลี่ย</b>		<b>4.35</b>	<b>ดี</b>

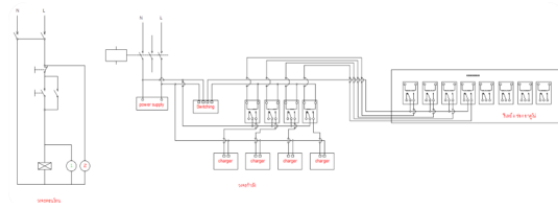
จากตารางที่ 2 ความพึงพอใจของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่อัตโนมัติควบคุมด้วยบอร์ดเอาดูโน้ ด้านโครงสร้างเครื่องชาร์จแบตเตอรี่อัตโนมัติควบคุมด้วยบอร์ดเอาดูโน้ได้ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.34. แปลความหมายได้ว่าเครื่องชาร์จแบตเตอรี่อัตโนมัติควบคุมด้วยบอร์ดเอาดูโน้ วัสดุที่มีความแข็งแรง วัสดุ

ที่มีมาตรฐานและการเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ได้มาตรฐานอยู่ในระดับ ดี

ด้านความเหมาะสมเครื่องชาร์จแบตเตอรี่อัตโนมัติควบคุมด้วยบอร์ดเอาดูโน้ได้ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.34 แปลความหมายได้ว่าเครื่องชาร์จแบตเตอรี่อัตโนมัติควบคุมด้วยบอร์ดเอาดูโน้ ขนาดมีความเหมาะสม การติดตั้งอุปกรณ์มีความสวยงามและการออกแบบมีความเหมาะสมอยู่ในระดับ ดี

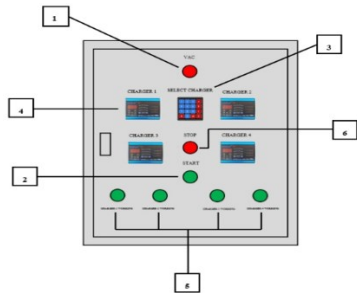
ด้านการนำไปใช้งานเครื่องชาร์จแบตเตอรี่อัตโนมัติควบคุมด้วยบอร์ดเอาดูโน้ได้ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.39 แปลความหมายได้ว่าเครื่องชาร์จแบตเตอรี่อัตโนมัติควบคุมด้วยบอร์ดเอาดูโน้ ความสะดวกการนำไปใช้งาน มีความปลอดภัยในการใช้งานและใช้งานได้ง่ายอยู่ในระดับ ดี

ผลการประเมินโครงการเครื่องชาร์จแบตเตอรี่อัตโนมัติควบคุมด้วยบอร์ดเอาดูโน้โดยค่าเฉลี่ยรวม 4.35 แปลความหมายได้ว่า เครื่องชาร์จแบตเตอรี่อัตโนมัติควบคุมด้วยบอร์ดเอาดูโน้มีความพึงพอใจ ในด้านการติดตั้ง ด้านความเหมาะสม และด้านการนำไปใช้งานโดยรวมอยู่ในระดับ ดี



ภาพที่ 1 วงจรควบคุมระบบเครื่องชาร์จแบตเตอรี่อัตโนมัติควบคุมด้วยบอร์ดเอาดูโน้

แรงดันไฟฟ้า 220 VAC ไหลผ่านเบรกเกอร์ ไปยังปุ่มกด STOP, START เพื่อเป็นการควบคุมการเปิด - ปิดของเครื่อง ทำให้แมกเนติกคอนแทคเตอร์ทำงาน จ่ายไฟไปยังสวิตช์ซึ่งเพาเวอร์ซัพพลาย เพื่อแปลงแรงดันจาก 220 VAC เป็น 6,12 VDC เพื่อจะไปจ่ายให้กับบอร์ดเอาดูโน้



ภาพที่ 2 หน้าตู้ควบคุมระบบเครื่องชาร์จแบตเตอรี่อัตโนมัติ

เครื่องชาร์จแบตเตอรี่อัตโนมัติควบคุมด้วยบอร์ดอาดูโน้หน้าตู้มีหลอดไฟแสดงสถานะแรงดัน 220VAC จากนั้นเมื่อกดปุ่ม START เพื่อทำการเปิดเครื่องชาร์จหลังจากนั้นเลือกเมนู SELECT CHARGER เพื่อเลือกเครื่องชาร์จ ถ้าไฟสถานะ CHARGER WORKING ขึ้นแสดงว่าเครื่องชาร์จแบตเตอรี่เริ่มทำงาน และต้องการหยุดให้กดปุ่ม STOP เครื่องชาร์จจะหยุดการทำงาน

#### 4. การอภิปราย (Discussion)

การพัฒนาเครื่องชาร์จแบตเตอรี่อัตโนมัติควบคุมด้วยบอร์ดอาดูโน้ ผลจากการทดสอบประสิทธิภาพ โดยการทดสอบการทำงาน ใช้แบตเตอรี่ขนาด 6 V,12V แบบน้ำ และแบบแห้ง ชาร์จด้วยเครื่องชาร์จแบตเตอรี่อัตโนมัติควบคุมด้วยบอร์ดอาดูโน้ เมื่อชาร์จแบตเตอรี่จนเต็มเครื่องจะตัดการทำงานอัตโนมัติ สามารถลดการสูญเสียเปล่าในการชาร์จและยังควบคุมการชาร์จได้อย่างแม่นยำ ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาและสอดคล้องกับสมมติฐานการทดสอบที่ผู้ศึกษากำหนด

ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่อัตโนมัติควบคุมด้วยบอร์ดอาดูโน้ ทุกด้านมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับดี ความเหมาะสม และด้านการนำไปใช้งาน ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาและสอดคล้องกับสมมติฐานการทดสอบที่ผู้ศึกษากำหนด

#### 5. สรุปผล (Conclusion)

การพัฒนาเครื่องชาร์จแบตเตอรี่อัตโนมัติควบคุมด้วยบอร์ดอาดูโน้ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพ และศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้ และมีหลักการการทำงานคือ บอร์ดอาดูโน้จะเป็นตัวส่งการชุดรีเลย์โมดูลเพื่อจ่ายไฟ 12 VDC ไปยังรีเลย์ 12

VDC เมื่อรีเลย์ 12 VDC ทำงาน เครื่องชาร์จจะเริ่มทำงาน ทำให้ชาร์จไฟแบตเตอรี่ได้

#### 6. กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements)

บทความการพัฒนาเครื่องชาร์จแบตเตอรี่อัตโนมัติควบคุมด้วยบอร์ดอาดูโน้ นี้ ได้รับการสนับสนุนจากวิทยาลัยเทคนิคนครสวรรค์ สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 4 สถาบันการอาชีวศึกษาภาคกลาง 5 ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูง และการเสนอแนะข้อมูล การตรวจคุณภาพเครื่อง จากประธานหลักสูตร อาจารย์ผู้สอนวิชาโครงการเทคโนโลยีไฟฟ้าทุกท่านและที่ปรึกษาคณาจารย์ที่ให้คำปรึกษาตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่อง เป็นอย่างดี และหวังเป็นอย่างยิ่งว่า การพัฒนาเครื่องชาร์จแบตเตอรี่อัตโนมัติควบคุมด้วยบอร์ดอาดูโน้ จะมีประโยชน์กับผู้ที่สนใจ

#### 7. เอกสารอ้างอิง (References)

- [1] ชนะ กสิการ์, แบตเตอรี่. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, (2543).
- [2] เชื้อ ชูชา, ทฤษฎีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น, (2544).
- [3] ณรงค์ชัย กล่อมสุนทร, งานอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป. กรุงเทพฯ : (2542).
- [4] เอมพันธ์, เทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) ม (2541).
- [5] ประพันธ์ พิพัฒน์สุข. อาดูโน้และโมดูลเบื้องต้น. ศูนย์ส่งเสริมอาชีวฯ, (2544)
- [6] ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์. สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น, บมจ, (2553)
- [7] อุดลย์ กัลยาแก้ว. วงจรไฟฟ้า1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมอาชีวฯ, (2546)
- [8] สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี. อุปกรณ์ไฟฟ้า. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). (2523).
- [9] เจน สงสมพันธุ์, เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ เล่ม 1, กรุงเทพมหานคร: เอดิสันเพลสโปรดักส์, (2534)