

# การออกแบบและสร้างวงจรบัค-บูสต์ คอนเวอร์เตอร์ แบบไม่กลับเฟสชาร์จแบตเตอรี่จากโซลาร์เซลล์สำหรับระบบการเฝ้าระวังน้ำ

## Design and Implementation Non-inverting Buck-Boost Converter Solar Battery Charger for Water Monitoring System

รัชชัย ทองเหลื่อม<sup>1</sup> และ บรรเจิด เจริญพันธ์<sup>2</sup>

โปรแกรมวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์<sup>1</sup>, โปรแกรมวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม<sup>2</sup>  
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม นครปฐม

E-mail: [thawatchait@npru.ac.th](mailto:thawatchait@npru.ac.th)

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างวงจรบัค-บูสต์ คอนเวอร์เตอร์ แบบไม่กลับเฟส ทำหน้าที่เป็นวงจรชาร์จแบตเตอรี่ ไอซี MC34167 ทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณ PWM และควบคุมแรงดันเอาต์พุตของวงจรบัค-บูสต์ คอนเวอร์เตอร์ อินดักเตอร์ถูกออกแบบมีค่าเท่ากับ 190  $\mu$ H และตัวเก็บประจุมีค่าเท่ากับ 1,000  $\mu$ F วงจรตัดต่อการชาร์จแบตเตอรี่ถูกออกแบบให้สามารถตัดการชาร์จเมื่อแบตเตอรี่ และตัดต่อโซลาร์เซลล์กับวงจรชาร์จ จากผลการทดลองพบว่าวงจรสามารถรักษาระดับแรงดันเอาต์พุตเท่ากับ 14.3 V และกระแสเท่ากับ 0.27 A แรงดันต่ำสุดของโซลาร์เซลล์ที่วงจรบัค-บูสต์ คอนเวอร์เตอร์ สามารถทำงานเท่ากับ 7.5 V และวงจรตัดต่อการชาร์จแบตเตอรี่ วงจรสามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้

### Abstract

In this paper, design and implementation non-inverting buck-boost converter which used to charging battery is proposed. The MC34167 is used to the PWM generator and control the output voltage. In our design, the inductor and the capacitor are 190  $\mu$ H and 1,000  $\mu$ F, respectively. The switch battery charging detector is used to closed or open between the battery charger circuit and Battery and solar cell. The experimental result of the output voltage and the output current are 14.3V and 0.27 A, respectively. The minimum voltage of solar cell is 7.5 V. Finally, the switch battery charging detector can be operated in our design.

**Keywords:** non-inverting buck-boost converter, battery charger, solar cell, IC MC34167

### 1. บทนำ

ระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำ มีความสำคัญอย่างมาก เนื่องจากปัญหามลพิษทางน้ำ ปัญหาน้ำเน่าเสีย ซึ่งน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตและการเลี้ยงมีผลกระทบต่อแม่น้ำที่มีการเพาะเลี้ยงปลากระชังอย่างมาก และหลังจากเกิดปัญหาน้ำท่วมในประเทศไทยเมื่อปี 2554 ได้มีงานวิจัยในเรื่อง

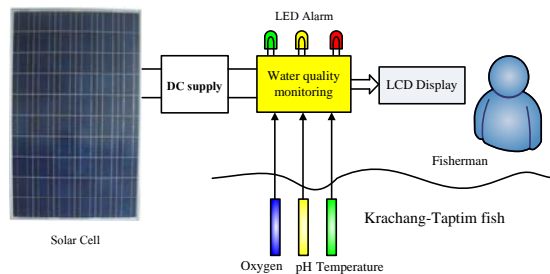
การเฝ้าระวังระดับน้ำด้วยการติดตั้งเครื่องวัดระดับน้ำตามสะพานต่าง ๆ แล้วส่งข้อมูลเข้าไปที่ศูนย์เฝ้าระวัง [1]

งานวิจัย [2-3] มีการนำระบบแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ถูกนำมาใช้สำหรับระบบเฝ้าระวังน้ำ เช่น ระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำ ระบบตรวจวัดระดับน้ำ เป็นจำนวนมาก และมีการวิจัยที่ทำการออกแบบวงจรชาร์จแบตเตอรี่สำหรับการเฝ้าระวังเป็นจำนวนมาก ซึ่งจากการที่แสงอาทิตย์ในแต่ละวันอาจจะมากหรือน้อย ส่งผลให้แรงดันเอาต์พุตอาจจะมากหรือน้อย และโซลาร์เซลล์ขนาด 15 W เหมาะสมกับแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงให้กับระบบเฝ้าระวัง จากเหตุผลดังกล่าว วงจรบัค-บูสต์ คอนเวอร์เตอร์ จึงเหมาะสมสำหรับการออกแบบเพื่อชาร์จแบตเตอรี่ให้กับระบบเฝ้าระวัง

งานวิจัยนี้นำเสนอ การออกแบบและสร้างวงจรบัค-บูสต์ คอนเวอร์เตอร์ แบบไม่กลับเฟส ซึ่งทำหน้าที่นำพลังงานจากแสงอาทิตย์มาชาร์จแบตเตอรี่ เพื่อใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงให้กับระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำแบบอัตโนมัติสำหรับเกษตรกรที่เลี้ยงปลากระชังทั้งหมด

### 2. ระบบแหล่งจ่ายไฟสำหรับชุดควบคุมคุณภาพน้ำ

รูปที่ 1 แสดงระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำในกระชังปลาทั้งหมด [2] นอกจากส่วนของประมวลผล เช่น เซอร์ และการแสดงผลแล้ว วงจรแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงก็มีความสำคัญอย่างมากกับระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำ หรือระบบตรวจวัดที่ต้องติดตั้งกลางแจ้ง ซึ่งแผงโซลาร์เซลล์แปลงพลังงานแสงอาทิตย์เป็นแรงดันไฟฟ้าแล้วใช้วงจรชาร์จแบตเตอรี่ทำหน้าที่นำแรงดันจากแผงโซลาร์เซลล์มาเก็บไว้ที่แบตเตอรี่แล้วจ่ายให้กับวงจรต่าง ๆ



รูปที่ 1 ระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำ

### บทความวิจัย-วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

### 3. วงจรบั๊ก-บูสต์ คอนเวอร์เตอร์ แบบไม่กลับเฟส [4-5]

รูปที่ 2 วงจรบั๊ก-บูสต์ คอนเวอร์เตอร์ แบบไม่กลับเฟส ซึ่งใช้ IC MC34167 PWM มีความถี่ 70 kHz ทำงานในโหมดกระแสไม่ต่อเนื่อง (DCM) รายละเอียดของโซลาร์เซลล์ที่ใช้ในการออกแบบวงจรมีดังนี้ 1) กำลังไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 15 W 2) แรงดันไฟฟ้าขณะเปิดวงจรเท่ากับ 21 V 3) กระแสไฟฟ้าขณะลัดวงจรเท่ากับ 0.92 A 4) แรงดันไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 17.4 V 5) กระแสไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 0.86 A และ 6) แรงดันเอาต์พุตที่ใช้ชาร์จแบตเตอรี่เท่ากับ 14.5 V

- จากแรงดันอินพุตเท่ากับ 7.5-17.4 V และแรงดันเอาต์พุตเท่ากับ 14.5 V เมื่อวงจรทำงานที่บั๊ก คอนเวอร์เตอร์ ค่าดีวตีไซเคิล  $D_1 < 0.5$  % และเมื่อวงจรทำงานบูสต์ คอนเวอร์เตอร์ ค่าดีวตีไซเคิล  $D_1 \geq 0.5$  % ดังนั้น ค่าอินดักเตอร์มีค่าเท่ากับ

$$L_{\min} \geq \frac{TV_{OUT}(1-D_1)}{2I_{OUT}} \quad (1)$$

$$L_{\min} \geq \frac{14ns \times 14.5V(1-0.5)}{2 \times 0.5A} \quad (2)$$

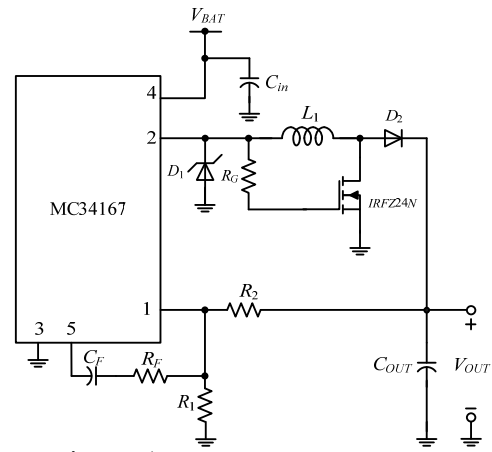
$$L_{\min} \geq 145 \mu H$$

- ค่าคาปาซิแตนซ์เท่ากับ

$$C_{OUT} \geq \frac{100I_{OUT}(1-D_1)T}{V_{OUT}} \quad (3)$$

$$C_{OUT} \geq \frac{100 \times 0.5A(1-0.5)14ns}{14.5V} \quad (4)$$

$$C_{OUT} \geq 34 \mu F$$



รูปที่ 2 วงจรบั๊ก-บูสต์ คอนเวอร์เตอร์ แบบ ไม่กลับเฟส

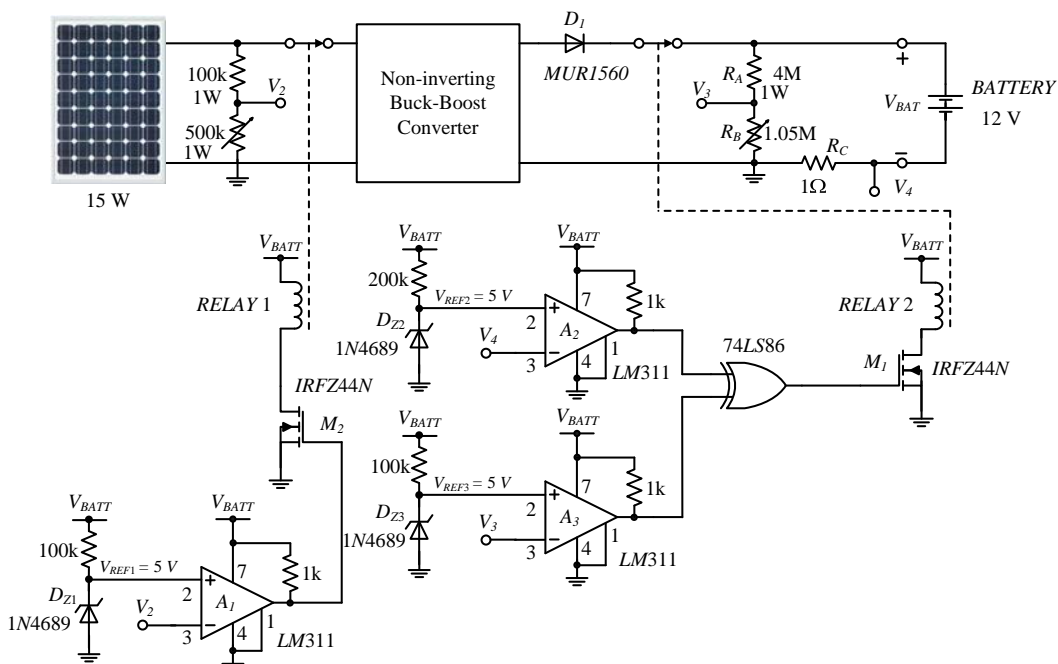
- กำหนดให้  $R_1 = 10 k\Omega$  แรงดันเอาต์พุตเท่ากับ 14.5 V ดังนั้น

$$V_{OUT} = 5.05 \left( \frac{R_2}{R_1} + 1 \right) \quad (5)$$

$$R_2 = \left( \frac{V_{OUT}}{5.05} - 1 \right) R_1 \quad (6)$$

$$R_2 = \left( \frac{14.5V}{5.05} - 1 \right) \times 10k\Omega$$

$$R_2 = 62.5 k\Omega$$



รูปที่ 3 วงจรตัดต่อวงจรชาร์จแบตเตอรี่กับโซลาร์เซลล์และแบตเตอรี่

## บทความวิจัย-วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand

$$R_2 = \left( \frac{V_{OUT}}{5.05} - 1 \right) R_1 \quad (6)$$

$$R_2 = \left( \frac{14.5V}{5.05} - 1 \right) \times 10k\Omega$$

$$R_2 = 62.5 k\Omega$$

เมื่อ  $V_{OUT}$  คือ แรงดันเอาต์พุต  $V_S$  คือ แรงดันจากโซล่าเซลล์  $R_1$  และ  $R_2$  คือ ตัวต้านทานตรวจวัดแรงดันเอาต์พุต ตารางที่ 1 แสดงรายละเอียดของตัวอุปกรณ์ที่ได้จากการออกแบบ

ตารางที่ 1 รายละเอียดของตัวอุปกรณ์ที่ได้จากการออกแบบ

รายละเอียดอุปกรณ์					
$R_1$	10 k $\Omega$	$D_{1,2}$	SB550A	$C_{OUT}$	1,000 $\mu$ F
$R_2$	62.5 k $\Omega$	$L_1$	190 $\mu$ H	$C_F$	0.47 $\mu$ F
$R_F$	4.7 k $\Omega$	$C_m$	1,000 $\mu$ F	$M_1$	IRFZ44N
$R_G$	330 $\Omega$				

### 4. วงจรตัดต่อวงจรชาร์จแบตเตอรี่และโซล่าเซลล์

รูปที่ 3 วงจรตัดต่อวงจรชาร์จแบตเตอรี่กับโซล่าเซลล์และแบตเตอรี่ ประกอบด้วย วงจรเปรียบเทียบแรงดันด้วย LM311 ซึ่ง  $A_1$  ทำหน้าที่ตรวจวัดแรงดันจากโซล่าเซลล์  $A_2$  ทำหน้าที่ตรวจวัดการชาร์จแบตเตอรี่ และ  $A_3$  ทำหน้าที่ตรวจวัดระดับแรงดันแบตเตอรี่ แรงดันไฟเลี้ยงของวงจรจะต่อจากแรงดันแบตเตอรี่ งานวิจัยนี้ได้ใช้รีเลย์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ตัดต่อวงจรชาร์จ

การทำงานของวงจรตัดต่อวงจรชาร์จแบตเตอรี่สามารถอธิบายได้ดังนี้ วงจรตัดต่อชาร์จแบตเตอรี่ถูกออกแบบให้สามารถจัดการชาร์จว่าแบตเตอรี่ชาร์จเต็มหรือไม่ด้วยการวัดกระแสที่ไหลผ่านแบตเตอรี่ กล่าวคือ เมื่อถูกแบตเตอรี่ชาร์จเต็มกระแสที่ไหลผ่านแบตเตอรี่จะน้อยมากจนไม่ไหลเลย และเมื่อแรงดันต่ำกว่า 5 V วงจรจะเชื่อมต่อกับขั้วบัส คอนเวอร์เตอร์ กับแบตเตอรี่ ในการตัดต่อวงจรบัส คอนเวอร์เตอร์ กับโซล่าเซลล์ วงจรจะจัดการเชื่อมต่อระหว่างโซล่าเซลล์กับขั้วบัส คอนเวอร์เตอร์ เมื่อแรงดันจากโซล่าเซลล์ต่ำกว่า 6 V และเมื่อแรงดันจากโซล่าเซลล์มากกว่า 5 V วงจรจะเชื่อมต่อโซล่าเซลล์กับขั้วบัส คอนเวอร์เตอร์ ไอซี XOR ทำหน้าที่เลือกการตัดหรือต่อวงจรชาร์จแบตเตอรี่ ซึ่งเมื่อแบตเตอรี่เต็ม เอาต์พุตของไอซี XOR มีค่าเท่ากับไฟเลี้ยง (ลอจิก 1) ทำให้มอสเฟตนำกระแส สวิตช์รีเลย์จะตัดวงจรการชาร์จ และเมื่อแรงดันแบตเตอรี่ต่ำกว่า 5 V เอาต์พุตของไอซี XOR มีค่าเท่ากับไฟเลี้ยง (ลอจิก 0) มอสเฟตหยุดนำกระแส รีเลย์หยุดทำงานวงจรกลับมาชาร์จอีกครั้ง

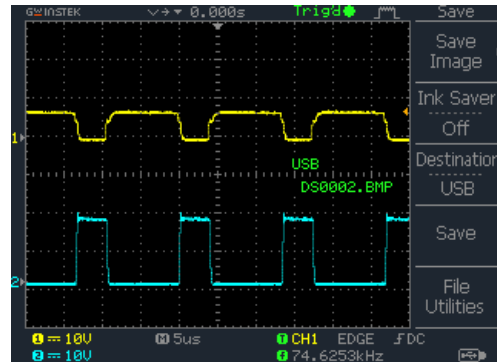
วงจรตัดต่อโซล่าเซลล์กับขั้วบัสชาร์จ สามารถอธิบายได้ดังนี้ เมื่อแรงดันจากโซล่าเซลล์น้อยกว่า 5 V เอาต์พุตของ LM311 เท่ากับไฟเลี้ยง

มอสเฟตนำกระแส ทำให้รีเลย์ทำงาน ในทางกลับกัน เมื่อแรงดันมากกว่า 5 V เอาต์พุตของ LM311 เท่ากับศูนย์ มอสเฟตหยุดนำกระแส ทำให้รีเลย์ไม่ทำงาน โซล่าเซลล์จะต่อกับขั้วบัสชาร์จอีกครั้ง

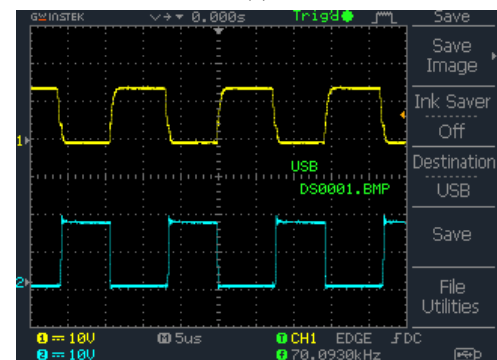
### 5. การทดลองและผลการทดลอง

การทำลองวงจรบัส-บูสต์ คอนเวอร์เตอร์ แบบไม่กลับเฟส ด้วยการต่อเอาต์พุตกับโหลดตัวต้านทาน 53  $\Omega$  และต่อแหล่งจ่ายไฟกับอินพุตของวงจร แล้วปรับแหล่งจ่ายไฟตั้งแต่ 7.5 V – 18 V ซึ่งแรงดันเอาต์พุตเท่ากับ 14.3 V รูปที่ 4 แสดงสัญญาณ PWM ที่คร่อม  $V_{GS}$  และ  $V_{DS}$  ของที่มอสเฟต  $M_1$  รูปที่ 4(ก) แสดงสัญญาณ  $V_{GS} = 17$  V และแรงดัน  $V_{DS} = 6$  V ซึ่งวงจรทำงานสภาวะบัส คอนเวอร์เตอร์ รูปที่ 4(ข) แสดงสัญญาณ  $V_{GS} = 17$  V และแรงดัน  $V_{DS} = 14$  V ซึ่งวงจรทำงานสภาวะส่งผ่านแรงดัน รูปที่ 4(ค) แสดงสัญญาณ  $V_{GS} = 16$  V และแรงดัน  $V_{DS} = 15$  V ซึ่งวงจรทำงานสภาวะบูสต์ คอนเวอร์เตอร์

รูปที่ 5 แสดงการทดลองวงจรบัส-บูสต์ คอนเวอร์เตอร์ เมื่อแรงดันอินพุตเท่ากับ 7.5 V แรงดันเอาต์พุต เท่ากับ 14.3 V และกระแสเท่ากับ 0.27 A รูปที่ 6 แสดงการทดลองวงจรบัส-บูสต์ คอนเวอร์เตอร์ ชาร์จแบตเตอรี่จากโซล่าเซลล์ ซึ่งมีแรงดันเอาต์พุตเท่ากับ 5-17.5 V และกระแสเอาต์พุตเท่ากับ 0.86 A



(ก)

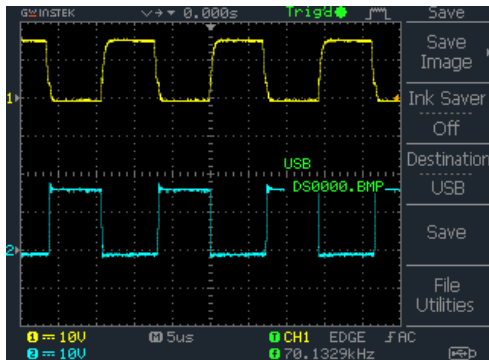


(ข)

## บทความวิจัย – วิชาการ

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai, Thailand



(ก)

รูปที่ 4 สัญญาณ PWM (ก)  $V_s > V_{out}$  และ  $D < 50\%$  (ข)  $V_s = V_{out}$  และ  $D = 50\%$  (ค)  $V_s < V_{out}$  และ  $D > 50\%$



รูปที่ 5 การทดลองวงจรบัส-บูสต์ คอนเวอร์เตอร์



รูปที่ 6 การทดลองวงจรบัส-บูสต์ คอนเวอร์เตอร์ ชาร์ตแบตเตอรี่จากโซลาร์เซลล์

## 6. บทสรุป

งานวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างวงจรบัส-บูสต์ คอนเวอร์เตอร์ ทำหน้าที่เป็นวงจรชาร์ตแบตเตอรี่จากโซลาร์เซลล์สำหรับระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำ หรือระบบตรวจวัดระดับน้ำ วงจรดังกล่าวได้ใช้ IC MC3416 ทำหน้าที่ควบคุมวงจรชาร์ตแบตเตอรี่เพื่อรักษาระดับแรงดันและกระแสคงที่ จากผลการทดลอง แรงดันจากโซลาร์เซลล์เท่ากับ 7.5 – 17.4 V และแรงดันเอาต์พุตเท่ากับ 14.3 V และกระแสเอาต์พุตเท่ากับ 0.27 A เมื่อแรงดันโซลาร์เซลล์น้อยกว่า 7.5 V หรือมากกว่า 14.5 V วงจรตัดต่อ

วงจรชาร์ตแบตเตอรี่สามารถตัดหรือต่อโซลาร์เซลล์กับวงจรชาร์ต และเมื่อวงจรชาร์ตแบตเตอรี่ชาร์ตแบตเตอรี่เต็ม หรือแรงดันแบตเตอรี่น้อยกว่า 7.5 V วงจรตัดต่อวงจรสามารถตัด หรือต่อแบตเตอรี่กับวงจรชาร์ตได้อย่างถูกต้อง

## 7. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะกรรมการการอุดมศึกษา สนับสนุนทุนวิจัย โครงการทุนวิจัย SPII ประจำปี 2554

## เอกสารอ้างอิง

- [1] -, “ระบบตรวจวัดระดับน้ำ ปริมาณน้ำฝนวัดระยะบานประตูน้ำพร้อมทั้งอุปกรณ์สื่อสารวิทยุและโปรแกรมประยุกต์ ให้แก่เจ้าหน้าที่กรมชลประทานสำนักชลประทานที่ 14,” <http://irrigation.rid.go.th/rid14/Live/UnionTSL.pdf>
- [2] วีระศักดิ์ ชื่นตา ธวัชชัย ทองเหลื่อม และหฤทัย คิ่นสกุล, “ระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำแบบอัตโนมัติและแสดงผลสำหรับผู้ที่เกี่ยวข้องปลากระชังในแม่น้ำท่าจีน,” รายงานวิจัย ทุนวิจัย โครงการวิจัยเชิงบูรณาการ (SPII) ประจำปี 2554
- [3] N. Harid, “A solar-power wireless Data acquisition system for monitoring,” International Conference on Electronics, Hardware, Wireless and Optical Communications (EHAC '13), 20-22 February 2013, pp. 23-28
- [4] STMicroelectronics, “An MCU-based low cost non-inverting Buck-boost Converter for battery chargers,” Application note AN2389, August 2007.
- [5] Motorola, “Power switching regulator,” MC34167 datasheet, 1996.