ชื่อโครงงานสหกิจศึกษา การออกแบบวงจรสวิทชิ่งสำหรับขับมอเตอร์กระแสตรง ควบคุมการทำงานผ่านระบบสื่อสารไร้สาย

ชื่อ-สกุล นักศึกษา นางสาว ปาลิดา ปรีดาอนันทสุข

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ **ภาควิชา** อิเล็กทรอนิกส์

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ ผศ.ดร.นรินทร์ อติวงศ์แสงทอง

ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน คุณ ณัชพงศ์ แสนสุข

สถานประกอบการ บริษัท มินิแบร์มิตซูมิ โรงงานอยุธยา

บทคัดย่อ

โครงงานวิจัยเรื่องการออกแบบวงจรสวิทชิ่งสำหรับขับมอเตอร์กระแสตรง ควบคุมการทำงานผ่านระบบสื่อสารไร้สาย จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดค่าไฟฟ้าภายในสถานประกอบการ โดยเปลี่ยนมาใช้พัดลมมอเตอร์กระแสตรงแทนมอเตอร์กระแสสลับ และใช้แผงโซล่าเซลล์เป็นแหล่งจ่ายพลังงานในช่วงกลางวัน ส่วนช่วงกลางคืนวงจรจะสวิทช์ไปใช้ไฟจากการไฟฟ้า

การสื่อสารไร้สาย จัดทำขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวก โดยจะใช้การเขียนโปรแกรม PLC ควบคุมการติดต่อสื่อสารระหว่างโมดูลทั้งสองตัว สถานะการทำงานของโหลดจะแสดงผลด้วยหน้าจอมอนิเตอร์

ผลการทดลองสรุปได้ว่า ส่วนของการเขียนโปรแกรมระบบสื่อสารไร้สายนั้นทำงานได้ดี สามารถสั่งเปิด-ปิดโหลดและแสดงผลทางหน้าจอมอนิเตอร์ได้ถูกต้อง แต่ในส่วนของวงจรสวิทชิ่งนั้น ยังมีข้อบกพร่องในเรื่องของการทำงาน ซึ่งผู้จัดทำได้นำเสนอวิธีแก้ไขเอาไว้ เพื่อนำไปปรับปรุงและพัฒนาต่อไป

คำสำคัญ : โซล่าเซลล์,การสื่อสารไร้สาร,โปรแกรม PLC

Cooperative Title: Switching circuit with wireless operation to control DC motor

Student intern name: Palida Preedaanantasook

Faculty: Engineering **Department**: Electronics

Advisor name: Asst. Prof. Narin Atiwongsangthong

Mentor name: Mr. Natchapong Sansuk

Company: MinebeaMitsumi (Ayutthaya Factory)

ABSTRACT

Switching circuit with wireless operation to control DC motor was prepared with the objective to reduce electricity charge in the workplace. Operated by using DC fan motor instead of AC fan motor. Solar cell is used as a power source in day time and circuit will switch to use power supply as a power source in a night time.

Wireless communication was prepared for convenience. Using PLC programming to control the communication between the two modules. Working status of fan motor will show results with monitor screen.

The experimental results can be concluded that the programming part of the wireless communication system works well. Able to control the working of load and display correctly on the monitor screen. But in the part of the switching circuit, There are still has a drawback in the work. In which the organizer has proposed a solution In order to improve and develop further.

Keywords : Solar cell, Wireless communication, PLC Programming

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานวิจัยในครั้งนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ ด้วยความช่วยเหลือจากพนักงานบริษัทมินิแบร์ มิตซูมิ แผนก Development ทุกท่าน ที่คอยสอนทฤษฎีต่างๆที่เกี่ยวข้องกับโครงงาน การใช้เครื่องมือช่าง ตลอดจนคอยให้คำแนะนำ และแนวทางแก้ไขปัญหาต่างๆ จนโครงงานวิจัยนี้เสร็จสมบูรณ์ รวมถึงพนักงานแผนก Plant Maintenance ที่ช่วยติดตั้งวงจรและแผงโซล่าเซลล์ให้ ทำให้โครงงานวิจัยสามารถนำไปใช้งานและตรวจสอบผลลัพธ์การทำงานได้ ผู้จัดทำจึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณอาจารย์นิเทศ ที่ให้คำแนะนำเรื่องแนวทางแก้ไขปัญหา ขอบพระคุณบิดามารดาและครอบครัวที่คอยให้กำลังใจ รวมถึงให้งบประมาณในการทำงานวิจัย และคอยเป็นธุระหาซื้ออุปกรณ์ต่างๆให้

ขอขอบคุณเพื่อนที่มหาวิทยาลัย ที่ให้ความช่วยเหลือเรื่องการออกแบบวงจร รวมถึงคอยสอนทฤษฎีต่างๆ และตรวจสอบความถูกต้องของรายงาน ทำให้รายงานฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

สุดท้ายนี้ ผู้จัดทำขอขอบพระคุณทางบริษัทที่ให้โอกาสมาฝึกงานและทำสหกิจ รวมถึงขอบพระคุณผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านอีกครั้ง อาจมีผู้ใดที่ผู้จัดทำไม่ได้กล่าวถึงไว้ ขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ปาลิดา ปรีดาอนันทสุข

สารบัญ

หน้า

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การออกแบบวงจรสวิทชิ่งสำหรับขับมอเตอร์กระแสตรง ควบคุมการทำงานผ่านระบบสื่อสารไร้สาย

Switching circuit with wireless operation to control DC motor

นางสาว ปาลิดา ปรีดาอนันทสุข

ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2562

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

โซล่าเซลล์ เป็นเทคโนโลยี ที่ใช้ในการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ไปเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยเมื่อแสงแดดซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากระทบกับสารกึ่งตัวนำ ก็จะเกิดการถ่ายทอดพลังงานระหว่างกัน ดังนั้น ในช่วงเวลากลางวัน เราจึงสามารถใช้พลังงานไฟฟ้าจากแผงโซล่าเซลล์ได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย

การออกแบบวงจรสวิทชิ่งในโครงงานนี้ จะใช้แหล่งจ่ายพลังงานสองแหล่งจ่ายให้กับวงจร คือ แผงโซล่าเซลล์และไฟจากการไฟฟ้าซึ่งผ่านพาวเวอร์ซัพพลายออกมาเป็นไฟฟ้ากระแสตรงแรงดัน 12 โวลต์ ภายในวงจรจะมีส่วนเปรียบเทียบแรงดัน หากเป็นช่วงเวลากลางวันซึ่งแผงโซล่าเซลล์ผลิตกระแสและแรงดันไฟฟ้าได้เพียงพอ สวิตช์จะเลือกแผงโซล่าเซลล์เป็นแหล่งจ่ายเพื่อประหยัดพลังงาน เมื่อถึงช่วงเวลากลางคืน สวิตช์จะเลือกไฟจากการไฟฟ้าเพื่อให้สามารถขับโหลดได้

ในส่วนของการสื่อสารไร้สาย โครงงานในครั้งนี้เลือกใช้ XBee ซึ่งเป็นอุปกรณ์รับ-ส่งสัญญาณความถี่คลื่นวิทยุ โดยจะควบคุมการรับส่งข้อมูลผ่านทางหน้าจอมอนิเตอร์และโปรแกรม PLC สาเหตุที่เลือกใช้ PLC เนื่องจากมีการใช้งานอย่างแพร่หลายในสถานประกอบการ ทำให้ง่ายต่อการปรับปรุงและพัฒนา

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 นักศึกษาสามารถนำความรู้จากการศึกษาทฤษฎีมาประยุกต์ใช้กับการลงมือปฏิบัติจริงได้

1.2.2 นักศึกษาสามารถอธิบายหลักการทำงานของวงจรและโปรแกรมได้

1.2.3 วงจรที่ออกแบบสามารถนำไปประยุกต์เพื่อใช้ขับโหลดอื่นๆนอกเหนือจากพัดลมมอเตอร์กระแสตรงได้

1.2.4 สถานประกอบการลดรายจ่ายค่าไฟฟ้าลง

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ทดสอบโหลด (พัดลมมอร์เตอร์กระแสตรง 12 โวลต์ 15 วัตต์) ต้องสามารถทำงานได้ตลอดเวลา

1.3.2 ทดสอบการทำงานของวงจร ตลอดเวลาที่ใช้งาน จะต้องมีแหล่งจ่ายอันใดอันหนึ่งทำงานอยู่เสมอ และเมื่อแรงดันและกระแสไฟฟ้าจากโซล่าเซลล์ไม่เพียงพอเลี้ยงวงจร จะสวิทซ์ไปใช้แหล่งจ่ายไฟจากการไฟฟ้าแทน สามารถตรวจสอบได้จาก LED

1.3.3 ทดสอบการติดต่อสื่อสารผ่าน XBee ระหว่าง Coordinate และ Router จะต้องสามารถส่งคำสั่งที่สั่งจากจอมอนิเตอร์ถึงกันได้

1.3.4 ทดสอบการทำงานของโปรแกรม

1.3.4.1 สามารถตรวจสอบสถานะการทำงานของพัดลมได้จาก lamp บนหน้าจอมอนิเตอร์

1.3.4.2 การทำงานสามารถเลือกใช้ได้ทั้งโหมด Manual และ Auto (พัดลมเปิด-ปิดเองตามเวลาพักเบรคของพนักงาน)

1.3.4.3 มีการแจ้งเตือนหากการสื่อสารผ่าน XBee ไม่เป็นผลสำเร็จ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ลดค่าไฟฟ้าภายในสถานประกอบการ

1.4.2 สถานประกอบการสามารถนำโครงงานเสนอต่อนโยบายประหยัดพลังงานได้

1.4.3 สั่งงานและตรวจสอบสถานะการทำงานผ่านหน้าจอมอนิเตอร์ได้ ช่วยอำนวยความสะดวกให้แก่พนักงาน

1.4.4 นักศึกษามีความรู้ความสามารถ ในการออกแบบวงจรและการเขียนโปรแกรม สามารถอธิบายและถ่ายทอดความรู้ได้

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 การติดตั้งโซล่าเซลล์ระบบออนกริด

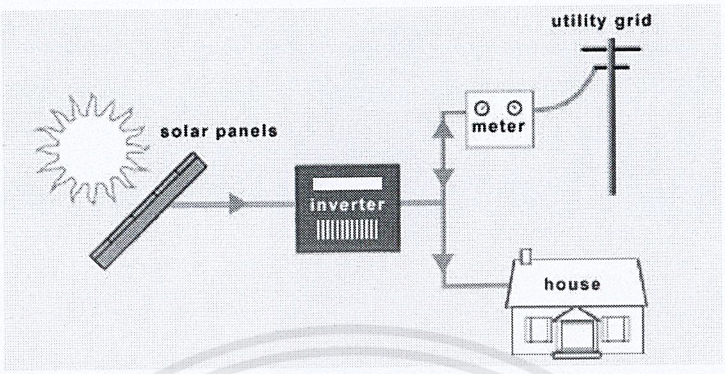
การติดตั้งโซล่าเซลล์ระบบออนกริด มีจุดเด่นคือ จะมีแหล่งจ่ายไฟ 2 ทาง ทางหนึ่งจากการไฟฟ้า และอีกทางหนึ่งจากโซลาร์เซลล์ ระบบไฟที่ผลิตได้จากโซลาร์เซลล์ จะแปลงไฟโดยอินเวอร์เตอร์ และสามารถต่อไฟร่วมกับ ระบบไฟจากการไฟฟ้าได้ ไม่ต้องทำระบบสลับไฟใดๆทั้งสิ้น สามารถใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าทุกชนิด โดยไม่ใช้แบตเตอรี่

ระบบนี้ไม่ต้องคำนึงว่า Load ในบ้านใช้งานมากน้อยเพียงใด ระบบไฟโซลาร์เซลล์ จะช่วยลดค่าไฟลงบางส่วนเท่านั้น ตามกำลังที่ผลิตได้ หากใช้ไฟมากกว่าระบบโซลาร์ผลิตได้ จะไปดึงไฟจากการไฟฟ้านำมาใช้ การติดตั้งระบบควรคำนวณขนาดให้เหมาะสม

อินเวอร์เตอร์ แบบออนกริด จะทำงานเมื่อมีไฟจากแผงโซลาร์เซลล์ และมีไฟจากการไฟฟ้า ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบโซลาร์เซลล์ เป็นไฟฟ้าที่ได้มาใช้ฟรี ตอนเย็นใกล้ค่ำโวลท์ของแผงโซลาร์จะลดลงเรื่อยๆ เมื่อต่ำถึงเกณฑ์ที่กำหนด อินเวอร์เตอร์จะปิดตัวลงอัตโนมัติ รอรุ่งเช้าของวันใหม่ เมื่อมีแสงสว่าง โวลท์ของแผงโซลาร์จะค่อยๆสูงขึ้น ทำให้อินเวอร์เตอร์กลับมาทำงานอีกครั้ง

จุดด้อยของระบบออนกริดคือ ระบบไฟจะไม่สามารถใช้งานกลางคืนได้ กลางคืนจะใช้ไฟจากการไฟฟ้า สำหรับตอนกลางวัน หากไฟจากการไฟฟ้าดับลง อินเวอร์เตอร์จะหยุดการทำงานไปด้วย ถึงแม้ว่าแผงโซลาร์ยังสามารถผลิตไฟได้ก็ตาม เพื่อป้องกันไฟย้อนไปดูดเจ้าหน้าที่ที่กำลังซ่อมบำรุง

หากต้องการติดตั้งโซล่าเซลล์ระบบออนกริด จะต้องขออนุญาตจากการไฟฟ้า เพื่อเปลี่ยนมิเตอร์เป็นแบบล็อคการหมุนหรือแบบดิจิตอลแทน เพื่อไม่ให้มิเตอร์ไฟฟ้าหมุนกลับ



ภาพที่ 2.1 การติดตั้งโซล่าเซลล์ระบบออนกริด

ที่มา : https://mysolarpowered.wordpress.com/tag/solar-power/

<u>วิธีการออกแบบและติดตั้งโซล่าเซลล์ระบบออนกริด</u>

1. คำนวณขนาดแผงโซล่าเซลล์

$$\text{ขนาดแผงโซล่าเซลล์} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้าที่ต้องการใช้ในแต่ละวัน } (Watt)}{\text{จำนวนชั่วโมงที่มีแดด } (Hrs)} \qquad (\text{Watt})$$

$$\text{จำนวนแผง} = \frac{\text{ขนาดแผงโซล่าเซลล์ } (Watt)}{\text{วัตต์ของโซล่าเซลล์ } 1 \text{ แผง } (Watt)} \qquad (\text{แผง})$$

การเลือกขนาดต้องเลือกขนาดที่มีวัตต์ (Watt) ให้มากกว่าที่คำนวณได้

2. คำนวณขนาดอินเวอร์เตอร์

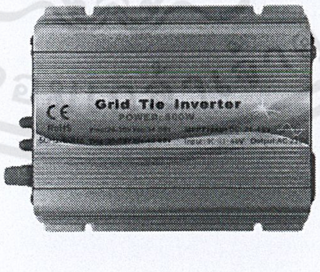
สำหรับการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ระบบออนกริด จะใช้อินเวอร์เตอร์ชนิดที่เรียกว่า กริด ไทร์ อินเวอร์เตอร์ (Grid Tie Inverter) มีหน้าที่ในการแปลงพลังงานไฟฟ้าจากแผงโซล่าร์เซลล์มาจ่ายไฟเข้าบ้าน สามารถเสียบเครื่องใช้ไฟฟ้าได้เหมือนปลั๊กไฟบ้านทั่วๆไป

หลักการทำงานของกริดไทร์อินเวอร์เตอร์คือ เมื่อมีไฟฟ้าจากแผงโซล่าร์เซลล์ มากพอที่จะทำให้กริดไทร์อินเวอร์เตอร์ทำงาน กริดไทร์อินเวอร์เตอร์ก็จะแปลงไฟจากแผง จากเดิมที่เป็นไฟกระแสตรง แปลงเป็นไฟกระแสสลับ 220 โวลต์ แล้วก็จะทำการเชื่อมไฟเข้ากับไฟของการไฟฟ้า (Synchronization) จ่ายเข้าไปในสายไฟภายในบ้าน ถ้าเมื่อไรที่มีแสงแดดก็จะใช้ไฟฟ้าจากโซล่าเซลล์ลดการใช้ไฟจากการไฟฟ้า แต่ถ้าเมื่อไรที่ไม่มีแสงแดด, ฝนตก หรือ แดดไม่ดี กริดไทร์อินเวอร์เตอร์ก็จะใช้ไฟจากการไฟฟ้ามาจ่ายแทนอัตโนมัติ ทำให้ผู้ใช้งานมีความสะดวกสบาย และยังช่วยลดค่าไฟที่จะต้องจ่ายให้กับการไฟฟ้า แถมยังไม่ต้องกังวลว่าไฟฟ้าจากโซล่าเซลล์จะเพียงพอกับการใช้งานเหมือนระบบออฟกริด (Off-Grid) หรือไม่

นอกจากแปลงไฟแล้ว กริดไทร์อินเวอร์เตอร์ ยังมีหน้าที่รักษาระดับแรงดันไฟให้มีความเสถียรภาพ และมีความปลอดภัยสูง

สำหรับการเลือกซื้ออินเวอร์เตอร์ มีสองตัวแปรที่ต้องคำนึงถึง ตัวแปรแรกคือระบบของโซล่าเซลล์ที่ต้องการใช้งาน(12V,24V หรือ 48V) และอีกตัวแปรหนึ่งคือค่าวัตต์รวมของโหลดที่คาดว่าจะมีโอกาสเปิดใช้พร้อมกัน ณ ช่วงเวลาหนึ่ง ให้เผื่อไว้อีก 3-5 เท่าของค่าวัตต์รวมนั้นๆ

3. ดูพื้นที่ติดตั้ง ว่าสามารถวางแผงโซล่าเซลล์ติดกันได้กี่แผง และต้องเป็นจุดที่รับแสงแดดได้ดีในช่วงกลางวัน
4. ดูจุดติดตั้ง อินเวอร์เตอร์ กล่องเบรคเกอร์ และการเชื่อมต่อสายไฟฟ้า ตามความเหมาะสม สวยงาม และปลอดภัย



ภาพที่ 2.2 กริดไทร์อินเวอร์เตอร์

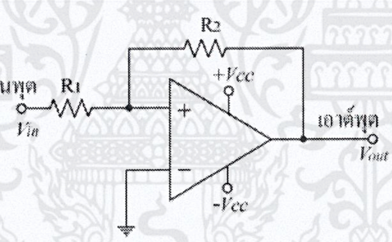
ที่มา : https://www.ebay.com/itm/600W-Micro-Solar-Grid-Tie-Inverter-MPPT-Pure-Sine-Wave-DC-22-60V-To-AC-110V-220V-/152241700666

2.1.2 วงจรชมิททริกเกอร์ (Schmitt trigger)

วงจรชมิตทริกเกอร์ (Schmitt trigger) ทำหน้าที่สร้างสัญญาณรูปร่างสี่เหลี่ยมจากสัญญาณไฟฟ้ารูปร่างอื่นๆ โดยอาศัยการเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าและวงจรขยายที่มีการป้อนกลับแบบบวก โดยอาศัยนำสัญญาณเอาต์พุตบางส่วนป้อนกลับมาเพื่อเปรียบเทียบกับสัญญาณอินพุตของวงจรอีก จึงทำให้เกิดความแตกต่างขึ้นระหว่าง สัญญาณเอาต์พุตทั้งสองสภาวะ ซึ่งค่าแรงดันอินพุตด้านสูงที่ทำให้เอาต์พุตเปลี่ยนจากสภาวะ Low ไป High หรือจาก High เป็น Low ขึ้นอยู่กับการออกแบบวงจรว่าต้องการให้เอาต์พุตเป็นอย่างไร แต่ถ้าแรงดันอินพุตลดต่ำลงจนถึงค่าแรงดันอินพุตด้านต่ำจะทำให้สัญญาณเอาต์พุตเปลี่ยนไปเป็นตรงกันข้าม วงจรชมิตทริกเกอร์ สามารถสร้างได้จากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มีอัตราการขยาย เช่นทรานซิสเตอร์ เฟท หรือออปแอมป์

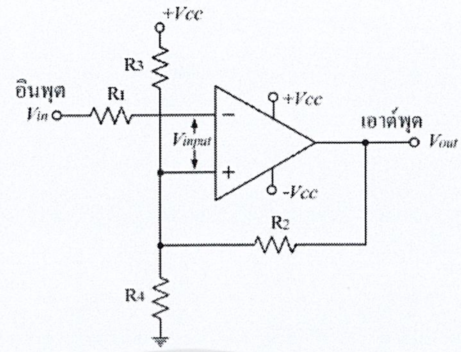
วงจรชมิททริกเกอร์ทีใช้ออปแอมป์

1. วงจรชมิททริกเกอร์ที่ใช้ออปแอมป์แบบไม่กลับเฟส



ภาพที่ 2.3 การต่อวงจรชมิททริกเกอร์ที่ใช้ออปแอมป์แบบไม่กลับเฟส
ที่มา : http://www.research-system.siam.edu/images/coop/QUADRATURE_OSCILLATORS_USING_2_PATTERNS_OF_ACTIVE_ELEMENTS/4_%E0%B8%9A%E0%B8%97%E0%B8%97_2ok1.pdf

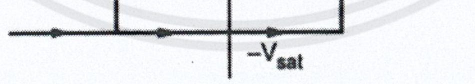
2. วงจรชมิททริกเกอร์ที่ใช้ออปแอมป์แบบกลับเฟส



ภาพที่ 2.4 การต่อวงจรชมิททริกเกอร์ที่ใช้ออปแอมป์แบบกลับเฟส

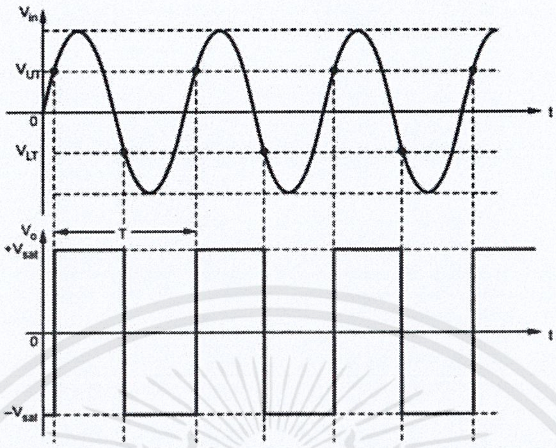
ที่มา : http://www.research-system.siam.edu/images/coop/QUADRATURE_OSCILLATORS_USING_2_PATTERNS_OF_ACTIVE_ELEMENTS/4_%E0%B8%9A%E0%B8%97%E0%B8%97_2ok1.pdf

สำหรับโครงงานวิจัยในครั้งนี้ ได้ทำการออกแบบวงจรชมิททริกเกอร์เป็นแบบไม่กลับเฟส สัญญาณเอาท์พุททีได้จะมีลักษณะเป็นกราฟ hysteresis ดังรูป



ภาพที่ 2.5 กราฟ hysteresis เอาท์พุทของวงจรชมิททริกเกอร์แบบ Non-inverting

ที่มา : https://www.electronicshub.org/schmitt-trigger-basics/



ภาพที่ 2.6 เปรียบเทียบระหว่างสัญญาณอินพุทและเอาท์พุทของวงจรชมิททริกเกอร์แบบ Non-inverting

ที่มา : https://www.electronicshub.org/schmitt-trigger-basics/

การคำนวณ

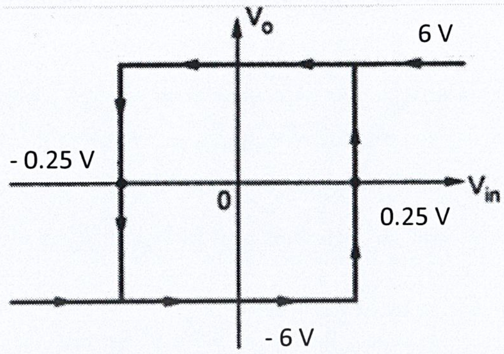
วงจรชมิททริกเกอร์ที่ทำการออกแบบ ต้องการให้มี Upper Threshold ที่ 12 โวลต์ และมี Lower Threshold ที่ 11 โวลต์ จากภาพการต่อวงจรด้วยออปแอมป์แบบไม่กลับเฟส ค่าที่ต้องทำการคำนวณคือ R1 และ R2 สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$\text{Vin} = -\frac{R1}{R2}\ \text{Vout}$$

Vin คือค่าแรงดันเปรียบเทียบระหว่างขาบวกและขาลบของออปแอมป์ $(V^{+} - V^{-})$

Vout คือค่าแรงดันไฟเลี้ยงสูงสุดและต่ำสุดของออปแอมป์

การคำนวณ R1 และ R2 จะต้องกระทำโดย hysteresis อยู่ในลักษณะสมมาตร ดังรูป

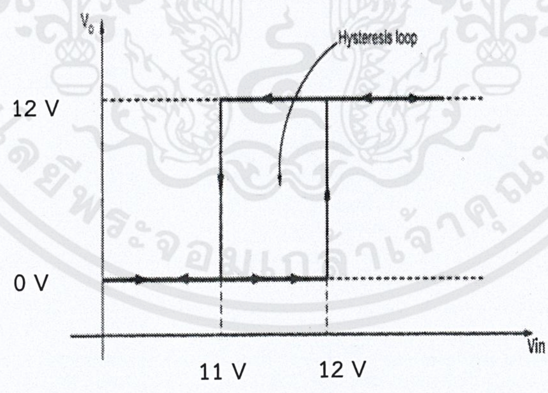


ภาพที่ 2.7 ค่าคำนวณของกราฟ hysteresis

จากภาพ สามารถแทนสูตรได้ว่า

$$0.25 = -\frac{R1}{R2} \times 6$$

ค่าอัตราส่วนระหว่าง R1 และ R2 เท่ากับ 24 เท่าโดยประมาณ แล้วจึงนำค่าที่คำนวณได้ไปเลือกซื้อตัวต้านทานที่มีขายในท้องตลาด กราฟของแรงดันเอาท์พุทสุดท้ายมีลักษณะดังนี้



ภาพที่ 2.8 กราฟ hysteresis แสดงแรงดันอินพุทและเอาท์พุทของวงจรที่ทำการออกแบบ

ที่มา : https://www.electronicshub.org/schmitt-trigger-basics/

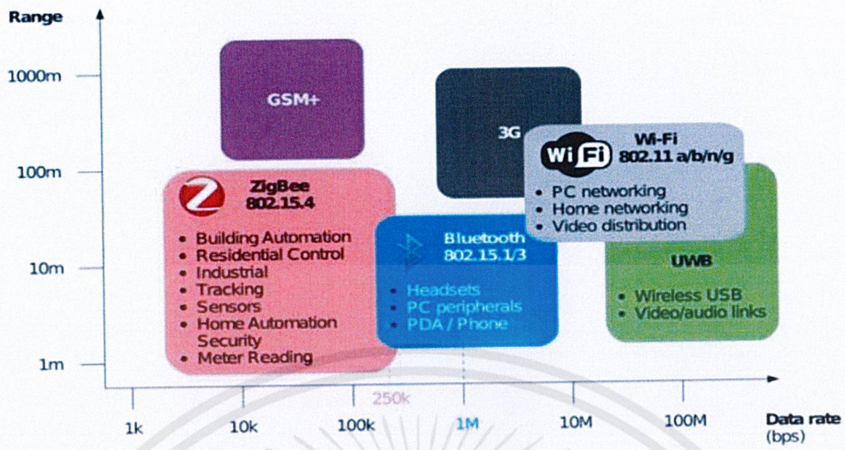
ข้อดีของวงจรชมิททริกเกอร์เมื่อเทียบกับวงจรเปรียบเทียบแรงดันธรรมดาคือ มีสองแรงดันเทรสโฮลด์ ซึ่งเมื่อแรงดันอินพุทมีค่าอยู่ระหว่างสองแรงดันนี้ สัญญาณเอาท์พุทสี่เหลี่ยมจะไม่เปลี่ยนแปลง จึงกำจัดปัญหาสัญญาณรบกวนในวงจรได้ นอกจากนี้ ยังช่วยแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นเมื่อความต่างของแรงดันอินพุททั้งสองมีค่าน้อยเกินไป ซึ่งจะทำให้วงจรสับสนทางโลจิก เอาท์พุทที่ออกมาจะเกิดการออสซิเลท ทำให้วงจรเสียหายได้ การต่อวงจรในลักษณะของชมิททริกเกอร์จะช่วยแก้ปัญหานี้ได้

2.1.3 การติดต่อสื่อสารด้วย XBee

XBee เป็นโมดูล RF Transceiver (อุปกรณ์รับ-ส่งสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุ) ผลิตโดยบริษัท Digi International® Inc. รับส่งแบบ Half Duplex ความถี่ย่าน 2.4 GHz เป็นอุปกรณ์ที่มี Microcontroller และ RF IC อยู่ภายใน มีการจัดการโดยใช้พลังงานต่ำ ใช้งานง่าย มี interface ที่ใช้รับและส่งข้อมูลเป็น UART (LVTTL) ซึ่งเหมาะสำหรับทางด้านไมโครคอนโทรลเลอร์ ต่อเข้ากับ UART ของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้เลย

โมดูล XBee สามารถใช้งานตามมาตรฐาน ZigBee ได้ โดยไม่ต้องเขียนโปรแกรมสร้างเครือข่าย ZigBee เลย เพราะทางผู้ผลิตได้จัดทำเฟิร์มแวร์ที่โหลดเข้าไปในตัว XBee ให้สามารถเซตพารามิเตอร์ผ่าน Software Interface ที่เรียกว่าโปรแกรม X-CTU ผ่านทาง AT command (เหมือนกับการควบคุม GSM Module) หรือผ่านทางการรับ-ส่งข้อมูลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อย่างง่ายดาย โดยเมื่อเซต XBee ให้ทำงานเป็นอุปกรณ์ในเครือข่าย ZigBee แล้วเราจะเรียก XBee แต่ละตัวว่าเป็น Node

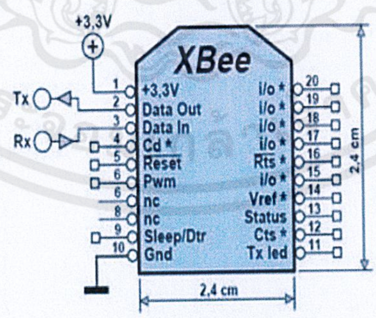
ZigBee เป็นมาตรฐานสากลในการสื่อสารแบบไร้สายสำหรับงานประเภท Personal Area Networks กำหนดโดยกลุ่ม ZigBee Alliance เป็นมาตรฐานที่มีอัตราการรับ-ส่งข้อมูลสูงสุดไม่เกิน 250 kbit/s ใช้พลังงานต่ำ เหมาะสำหรับงานที่ไม่ต้องการอัตราการรับ-ส่งข้อมูลที่สูงมาก แต่มีจุดเด่นที่ประหยัดพลังงาน และมีระยะรับ-ส่งที่ไม่ไกล เช่น Monitoring Wireless Sensor Network Smart Home เป็นต้น มีข้อแตกต่างกับมาตรฐานไร้สายอื่นดังภาพ



ภาพที่ 2.9 มาตรฐานสากลในการสื่อสารแบบไร้สายสำหรับงานประเภท Personal Area Networks แบบต่างๆ

ที่มา : https://www.thaieasyelec.com/article-wiki/embedded-electronics-application/learning-xbee-with-xbee-series-2-starter-kit.html

รายละเอียดขาต่างๆของโมดูล XBee มีดังนี้



ภาพที่ 2.10 โมดูล XBee

ที่มา : https://www.researchgate.net/figure/The-XBee-Series-2-module-Pin-Diagram_fig8_262388244

ขาที่	ชื่อ	หน้าที่
1	VCC	ขาไฟเลี้ยง 3.3 V
2	DOUT	ขา Tx ของพอร์ต Serial โมดูล XBee
3	DIN	ขา Rx ของพอร์ต Serial โมดูล XBee
4	DO8	ขา 8 พอร์ตDigital Output
5	RESET	ขา Reset (โดยสัญญาณจะต้องเป็น Low ไม่ต่ำกว่า 200 ns)
6	PWM0(RSSI)	ขา 0 พอร์ตสัญญาณ PWM หรือขา RSSI (RX Signal Strength Indicator) ขาแสดงความแรงของสัญญาณที่รับได้
7	PWM1	ขา 1 พอร์ตสัญญาณ PWM
8	(Reserved)	ไม่ใช้
9	DTR/SLEEP/DI8	ขาสั่งให้ XBee เข้าโหมด Sleep หรือขา 8 พอร์ต Digital Input
10	GND	ขากราวด์
11	AD4/DIO4	ขา 4 ของพอร์ตอ่านสัญญาณอนาล็อก หรือขา 4 พอร์ต Digital Input/output
12	CTS/DIO7	ขา CTS (Clear-To-Send Flow Control) หรือ หรือขา 7 พอร์ต Digital Input/output
13	ON/SLEEP	ขาแสดงสถานะ XBee อยู่ในโหมด On(ทำงาน) หรือโหมด Sleep (หลับ)
14	VREF	ขาแรงดันอ้างอิง สำหรับอ่านสัญญาณอนาล็อก
15	ASSOC/AD5/DIO5	ขา Associated หรือ ขา 4 ของพอร์ตอ่านสัญญาณอนาล็อก หรือขา 5 พอร์ต Digital Input/output
16	RTS/AD6/DIO6	ขา RTS (Request to Send) หรือ ขา 6 ของพอร์ตอ่านสัญญาณอนาล็อก หรือ ขา 6 พอร์ต Digital Input/output
17	AD3/DIO3	ขา 3 ของพอร์ตอ่านสัญญาณอนาล็อก หรือขา 3 พอร์ต Digital Input/output
18	AD2/DIO2	ขา 2 ของพอร์ตอ่านสัญญาณอนาล็อก หรือขา 2 พอร์ต Digital Input/output
19	AD1/DIO1	ขา 1 ของพอร์ตอ่านสัญญาณอนาล็อก หรือขา 1 พอร์ต Digital Input/output
20	AD0/DIO0	ขา 0 ของพอร์ตอ่านสัญญาณอนาล็อก หรือขา 0 พอร์ต Digital Input/output

ภาพที่ 2.11 รายละเอียดขาต่างๆของ XBee

ที่มา : https://www.thaieasyelec.com/article-wiki/embedded-electronics-application/learning-xbee-with-xbee-series-2-starter-kit.html

การเชื่อมต่อเพื่อใช้งาน XBee ต้องทราบหน้าที่ของอุปกรณ์แต่ละตัวที่อยู่บนเครือข่ายก่อน ซึ่งหน้าที่จะมีอยู่ 3 ประเภท ดังนี้

1. **Coordinator** มีหน้าที่สร้างการสื่อสาร เชื่อมโยงเครือข่ายระหว่าง End Device กับ Router Coordinator กับ Coordinator ด้วยกันเอง หรือ Coordinator กับ Router เป็นตัวกำหนด address ให้กับ device ที่อยู่ในวงเครือข่ายไม่ให้ซ้ำกัน ดูแลจัดการเรื่องการ Routing เส้นทาง เรียกว่าเป็น Full-Function Device (FFD)
2. **End Device** เป็นอุปกรณ์ที่ใช้รับสัญญาณจากเซ็นเซอร์ที่อยู่ปลายทางหรือส่งออกเอาท์พุตที่ปลายทาง ใช้พลังงานต่ำในการทำงานเรียกว่า Reduced-Function Device (RFD) หรืออาจกำหนดให้ทำงานแบบ FFD ในบางกรณี ขึ้นอยู่กับเซ็นเซอร์หรืออุปกรณ์ปลายทางที่ใช้เชื่อมต่อด้วย
3. **Router** มีหน้าที่รับ-ส่งข้อมูลในเส้นทางต่างๆ ของเครือข่ายถือว่าเป็น FFD

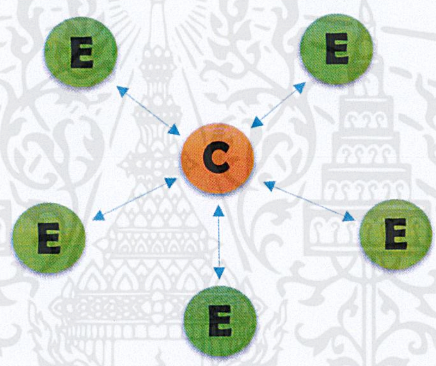
รูปแบบการเชื่อมต่อ (Topology)

1. Point to Point

   การเชื่อมต่อแบบตัวต่อตัวโดยกำหนดให้ตัวแรกเป็น Coordinator ส่วนอีกตัวกำหนดเป็น Router

2. Star (Broadcast)

   การเชื่อมต่อแบบ Star หรือแบบ Broadcast เป็นการรับส่งข้อมูลแบบไม่เฉพาะเจาะจงจุดหมายปลายทาง โดย XBee ทุกตัวที่อยู่ในระบบเครือข่ายเดียวกันสามารถรับข้อมูลได้ทุกตัว ประกอบไปด้วย XBee ที่ทำงาน 2 รูปแบบคือ แบบที่ 1 เป็น Coordinator ทำหน้าที่สร้างเครือข่าย และแบบที่ 2 เป็น End Device ทำหน้าที่เป็นลูกข่าย

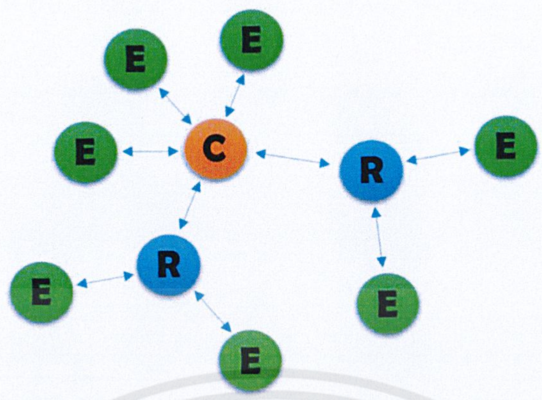


ภาพที่ 2.12 การเชื่อมต่อแบบ Broadcast

ที่มา : https://www.thaieasyelec.com/article-wiki/embedded-electronics-application/learning-xbee-with-xbee-series-2-starter-kit.html

3. Cluster Tree

   การรับส่งข้อมูลแบบส่งผ่านหรือส่งต่อ มีการใช้ตัวกลางในการเชื่อมต่อ(Repeater) ในกรณีที่อุปกรณ์ที่ต้องการจะติดต่ออยู่ไกลกันมาก

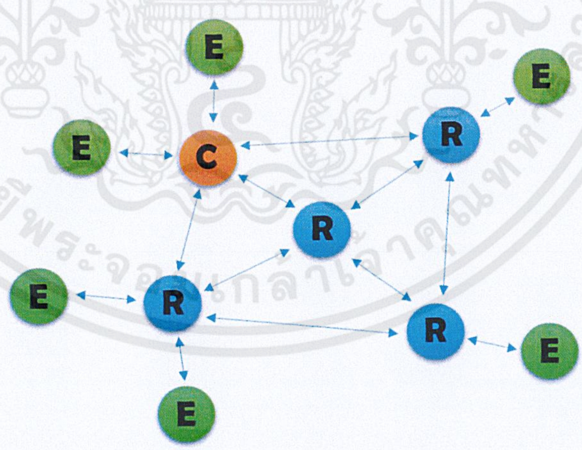


ภาพที่ 2.13 การเชื่อมต่อแบบ Cluster Tree

ที่มา : https://www.thaieasyelec.com/article-wiki/embedded-electronics-application/learning-xbee-with-xbee-series-2-starter-kit.html

4. Mesh

การเชื่อมต่อเครือข่ายแบบ Mesh เป็นโครงข่ายที่มีประสิทธิภาพสูงเนื่องจากข้อมูลสามารถส่งไปถึงเป้าหมายได้หลายเส้นทาง ทำให้ระบบสามารถรับ-ส่งข้อมูลไปยังจุดหมายปลายทางได้แน่นอน ระบบนี้จึงเป็นระบบที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก



ภาพที่ 2.14 การเชื่อมต่อแบบ Mesh

ที่มา : https://www.thaieasyelec.com/article-wiki/embedded-electronics-application/learning-xbee-with-xbee-series-2-starter-kit.html

โหมดการสื่อสารของ XBee

XBee รองรับการใช้งานได้ 2 โหมด คือ AT mode และ API mode

- **AT mode** ตัว XBee มีการติดต่อกันและรับ-ส่งข้อมูลกันตลอดเวลา (Transparent) ข้อมูลที่ส่งจาก XBee ตัวหนึ่งจะส่งไปยัง XBee อีกตัวหนึ่งตามที่อยู่ปลายทาง (Destination Address) ที่กำหนดไว้ในรีจิสเตอร์ของโมดูลนั้นๆ โดยสามารถเปลี่ยนเป็นโหมดคำสั่งเพื่อปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์บนโมดูล XBee ได้เรียกว่าการใช้คำสั่ง AT

- **API mode** เป็นการส่งข้อมูลที่มียืดหยุ่นมากกว่า แต่ก็ซับซ้อนกว่าด้วยเล็กน้อย โดยต้องรับ-ส่งข้อมูลตามโปรโตคอลที่กำหนดไว้

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 รายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา เรื่อง การออกแบบและติดตั้งระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยใช้โซล่าเซลล์แบบออนกริด (Design and Installation of On-Grid Solar Cell System)

จัดทำโดย นางสาวกชพรรณ สาครจิตร์ และ นายชนาธิป ปานผอบ

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ภาคการศึกษา 3 ปีการศึกษา 2560

รายงานสหกิจศึกษาฉบับนี้นำเสนอเกี่ยวกับการออกแบบและตัดตั้งระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยใช้โซล่าเซลล์แบบออนกริด ซึ่งทำการศึกษาและปฏิบัติงาน ณ บริษัท นิวเพาเวอร์ ซิสเท็ม จำกัด เนื้อหาในรายงานประกอบด้วยหลักการทำงานของส่วนประกอบที่ใช้งานสำหรับระบบ กระบวนการออกแบบระบบ และกระบวนการติดตั้งระบบ

วิธีการดำเนินงาน

นักศึกษาจะดำเนินงานในตำแหน่งช่างออกแบบโครงสร้างและช่างไฟฟ้า ขั้นตอนการดำเนินงานเริ่มต้นจากคำนวณการใช้ไฟฟ้าในช่วงกลางวันของสถานประกอบการเพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณปริมาณและขนาดการใช้งานแผงโซล่าเซลล์ รวมถึงการเลือกใช้อินเวอร์เตอร์ให้เหมาะสม

จากนั้นจึงเริ่มขั้นตอนการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ โดยก่อนจะติดตั้งต้องทำการสำรวจพื้นที่โดยรอบเพื่อดูว่ามีข้อจำกัดใดบ้างในการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ แล้วจึงทำการออกแบบโครงสร้างสำหรับวางตำแหน่งแผงโซล่าเซลล์ด้วยโปรแกรม AutoCAD ก่อนส่งให้ผู้จัดการโครงงานทำการตรวจสอบ รวมถึงเขียนแบบ Single line Diagram เพื่อตรวจสอบว่าแผงโซล่าเซลล์ต้องต่อเข้ากับอินเวอร์เตอร์ตัวไหน และต้องต่อผ่านอะไรบ้าง

สุดท้ายจึงเป็นขั้นตอนการติดตั้งตามที่ได้ทำการออกแบบเอาไว้ เมื่อติดตั้งเสร็จเรียบร้อยแล้ว ทางผู้จัดทำต้องการตรวจดูการผลิตไฟฟ้าของแผงโซล่าเซลล์ โดยการต่อ Sensor Box เอาไว้ สามารถตรวจสอบการทำงานแบบออนไลน์ได้เพราะมีการติดตั้งสัญญาณไวฟายไว้ที่เครื่อง

ผลการทดลอง

การปฏิบัติงานสำเร็จลุล่วงตามที่ได้ออกแบบไว้ การติดตั้งแผงโซล่าเซลล์บริเวณชั้นดาดฟ้าของบริษัททำให้สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ดี ทำให้สามารถลดค่าไฟฟ้าภายในสถานประกอบการได้

2.2.2 XBee API Mode Tutorial and Lab

จัดทำโดย thaieasyelec.com

เป็นบทความที่นำเสนอการทดลองควบคุมการทำงานของ XBee ด้วย API Mode ซึ่งจะสามารถใช้งานได้ยืดหยุ่นกว่า AT Command

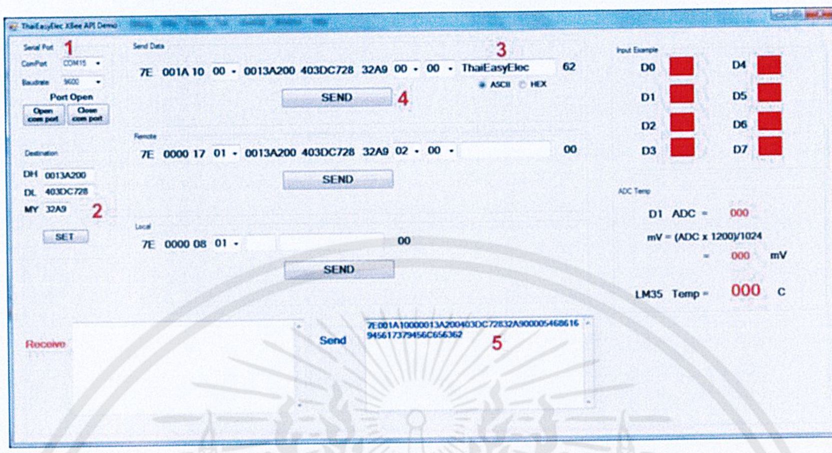
วิธีการดำเนินงาน

เริ่มต้นด้วยการ Write Firmware เพื่อกำหนดหน้าที่ (Coordinator Router หรือ End Device) ให้กับ XBee แต่ละตัว ด้วยโปรแกรม X-CTU แล้วจึงเริ่มต้นการใช้งาน API Mode โดยการทดลองที่นักศึกษาสนใจ ได้แก่ การรับ-ส่ง Data และ การใช้คำสั่ง Remote I/O

การรับ-ส่ง Data

ผู้จัดทำได้ทำการทดลองด้วยโปรแกรม XBee API Demo ขั้นตอนการทำการทดลองเริ่มจากเลือก Com port และกำหนดค่า Baud rate ไว้ที่ 9600 (หมายเลข 1) กำหนดค่า Destination ที่ต้องการจะส่งไป ประกอบด้วย Serial Number High , Serial Number Low และ MY ซึ่งเป็นค่าประจำ XBee แต่ละตัว (หมายเลข 2) ใส่ Data ที่ต้องการจะส่งใน Textbox (หมายเลข 3) แล้วกด

SEND (หมายเลข 4) ข้อมูลที่ส่งไปและได้รับกลับมาจะต้องทำการแปลงเป็นข้อมูลฐานสิบหก เพื่อให้สามารถแปลความหมายของ Data แต่ละกลุ่มได้



ภาพที่ 2.15 การรับ-ส่งข้อมูลด้วยโปรแกรม API Demo

ที่มา : https://www.thaieasyelec.com/article-wiki/embedded-electronics-application/xbee-api-mode-tutorial-and-lab.html

สรุปผลการทดลอง

API 1 ชุดคำสั่งจะแบ่ง Data ออกเป็น 4 กลุ่มด้วยกัน ได้แก่

1) Start Delimiter เป็นส่วนเริ่มต้นของ API จะใช้ 0X7E เป็นตัวคั่นเพื่อบอกให้รู้ว่าเป็นจุดเริ่มต้นของ API มีขนาด 1 Byte

2) Length คือ จำนวน Byte ของ Frame Data มีขนาด 2 Byte

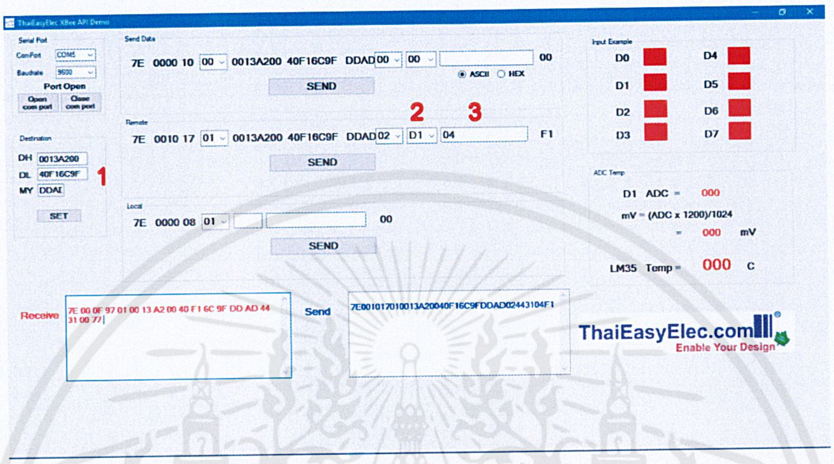
3) Frame Data คือ คำสั่ง และ Data ที่ต้องการส่ง หรือ ที่รับมา Frame Data จะมีรายละเอียดแตกต่างกันไป ตาม Frame Type ที่ใช้

4) Checksum เป็นตัวที่เอาไว้ตรวจเช็คความถูกต้องของ Data ที่ได้รับมาว่าถูกต้องหรือไม่ มีขนาด 1 Byte

Data ทั้งฝั่งส่งและฝั่งรับ แต่ละบิทจะมีความหมาย สามารถศึกษาได้จากคู่มือการใช้งาน XBee การทราบความหมายของบิท Data จะทำให้เราเข้าใจสถานะการรับส่งข้อมูล ว่ารับส่งสำเร็จหรือไม่ หาก ไม่สำเร็จ มีปัญหาตรงไหน เพื่อจะทำการแก้ไขได้ถูกจุด

การใช้คำสั่ง Remote I/O

มีจุดประสงค์เพื่อให้สามารถสั่ง ON/OFF อุปกรณ์ต่างๆได้โดยไม่ต้องใช้ Microcontroller เข้ามาช่วย



ภาพที่ 2.16 การใช้งานคำสั่ง Remote I/O

ที่มา : https://www.thaieasyelec.com/article-wiki/embedded-electronics-application/xbee-api-mode-tutorial-and-lab.html

เริ่มแรกให้ใส่ Destination ของตัว XBee ที่ต้องการจะ Remote เช่นเดิม (หมายเลข 1) ที่ (หมายเลข 2)พิมพ์ว่า D1 จากนั้นทดลองใส่ค่า 04 และ 05 ตามลำดับที่(หมายเลข 3) แล้วกด SEND

สรุปผลการทดลอง

การใช้คำสั่ง Remote ทำให้สามารถสั่งเปิด-ปิดอุปกรณ์ใดๆที่ต่ออยู่กับ XBee ได้ โดยจากการทดลอง D1 หมายถึง PIN ของ XBee ที่เราต้องการทำการ Remote คำสั่ง 04 คือปิด และ 05 คือเปิด ตามลำดับ เราสามารถตรวจสอบสถานะการรับ-ส่งคำสั่งได้จาก Data ที่แสดงได้ โดยต้องเปิดดูจากคู่มือการใช้งาน XBee

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

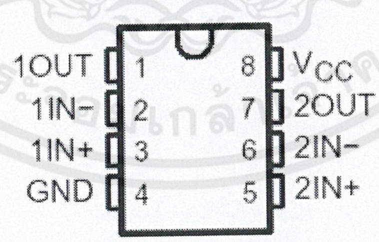
3.1 คุณสมบัติของวงจรและโปรแกรมที่ทำการออกแบบ

- แรงดันเอาท์พุท 12 V
- กระแสเอาท์พุทสูงสุดไม่เกิน 1.25 A (ขับโหลด 15 W 12 V)
- Upper Threshold ที่ 12 V และ Lower Threshold ที่ 11 V
- สามารถรับส่งคำสั่งระหว่าง Coordinator และ Router ได้
- สามารถควบคุมการเปิด-ปิดพัดลมได้ทั้งโหมด Manual และ Auto(ตั้งเวลาอัตโนมัติ)
- มีการแจ้งเตือนหากการสื่อสารระหว่าง Coordinator และ Router ไม่เป็นผล

3.2 การพิจารณาเลือกใช้ออปแอมป์ในวงจรชมิทททริกเกอร์

การพิจารณาเลือกใช้ออปแอมป์ ต้องดูจากค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุดที่อุปกรณ์สามารถทนได้ ในงานวิจัยครั้งนี้เลือกใช้ออปแอมป์เบอร์ LM358 ซึ่งสามารถทนแรงดันได้สูงสุด 32 โวลท์ ถือเป็นค่าที่ปลอดภัย เนื่องจากระบบในวงจรมีค่าการใช้งานอยู่ที่ 12 โวลท์

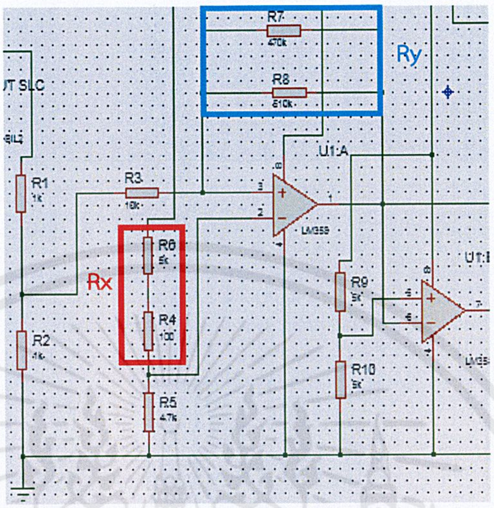
LM358 จะมีอินพุทและเอาท์พุท 2 ฝั่งสำหรับใช้งาน สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ ผู้จัดทำใช้งานอินพุทและเอาท์พุทฝั่ง 1 (ตามรูป) เป็นแบบ Non-inverting ส่วนฝั่ง 2 (ตามรูป) เป็นแบบ Inverting



ภาพที่ 3.1 ขาต่างๆของออปแอมป์ LM358

ที่มา : https://en.wikipedia.org/wiki/LM358

3.3 การคำนวณค่า R ในวงจรชมิททริกเกอร์



ภาพที่ 3.2 ส่วนชมิททริกเกอร์ของวงจรที่ทำการออกแบบ

การคำนวณค่าตัวต้านทานที่ใช้ในวงจร กระทำโดยอาศัยหลักการว่า ต้องการให้สัญญาณเอาท์พุทสี่เหลี่ยมเปลี่ยนสถานะจาก High เป็น Low หรือ Low เป็น High ที่ค่าแรงดันอินพุทเท่าใด จากนั้นจึงคำนวณค่าตัวต้านทานด้วยวิธีการแบ่งแรงดัน

ในการออกแบบวงจรนี้ เราต้องการให้เอาท์พุทเปลี่ยนสถานะจาก High เป็น Low ที่ 11 โวลท์ และจาก Low เป็น High ที่ 12 โวลท์

11 และ 12 โวลท์ เมื่อทำการแบ่งแรงดันให้เหลือครึ่งหนึ่งจะได้เท่ากับ 5.5 และ 6 โวลท์ ตามลำดับ จะเป็นอินพุทที่ป้อนเข้าขาบวกของออปแอมป์ สำหรับขาลบของออปแอมป์จะต้องมีแรงดันคงที่เท่ากับ $\frac{(5.5+6)}{2}$ = 5.75 โวลท์ เนื่องจากการคำนวณชมิททริกเกอร์ กราฟ hysteresis จะต้องอยู่ในลักษณะสมมาตร ซึ่ง 5.75 โวลท์มีค่าห่างจาก 5.5 โวลท์และ 6 โวลท์อย่างละ 0.25 โวลท์ เท่าๆกัน สามารถคำนวณค่า R ได้จากสูตร

$$5.75 = 12\left(\frac{R5}{Rx + R5}\right)$$

จากนั้นนำค่าอัตราส่วนที่คำนวณได้ไปเลือกซื้อค่า R ที่มีขายในท้องตลาด ผู้จัดทำเลือกใช้ดังนี้ R4 = 100 Ω   R5 = 4.7 KΩ และ R6 = 5 KΩ

สำหรับ *R3 R7* และ *R8* สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$\text{Vin} = -\frac{\text{R3}}{\text{Ry}}\ \text{Vout}$$

Vin คือค่าแรงดันเปรียบเทียบระหว่างขาบวกและขาลบของออปแอมป์ $(V^{+} - V^{-})$

Vout คือค่าแรงดันไฟเลี้ยงสูงสุดและต่ำสุดของออปแอมป์

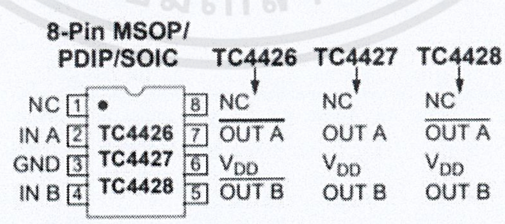
แทนค่าได้ดังนี้

$$0.25 = -\frac{\text{R3}}{\text{Ry}} \times 6$$

R3 และ Ry ต้องมีอัตราส่วนต่างกัน 24 เท่า ผู้จัดทำเลือกใช้ R3 = 10 KΩ และนำ R7 = 470 KΩ กับ R8 = 510 KΩ มาต่อขนานกันเพื่อให้ได้อัตราส่วนตามต้องการ

3.4 การพิจารณาเลือกใช้มอสเฟตไดรฟ์เวอร์

การเลือกมอสเฟตไดรฟ์เวอร์ต้องพิจารณาจากแรงดันไฟเลี้ยงสูงสุดที่อุปกรณ์สามารถทนได้ โดยเมื่อดูจากดาต้าชีทพบว่า TC4427 สามารถใช้กับแรงดันไฟเลี้ยงได้ตั้งแต่ 4.5 โวลท์ ถึง 18 โวลท์ และสามารถจ่ายกระแสขับเกทได้สูงสุด 1.5 แอมป์ ที่แรงดันไฟเลี้ยง 18 โวลท์ ซึ่งระบบที่ทำการออกแบบใช้ไฟเลี้ยง 12 V จึงสามารถทนต่อแรงดันได้



ภาพที่ 3.3 PIN และการใช้งาน TC4427

ที่มา : http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/20001422G.pdf

TC4427 มีอินพุทและเอาท์พุท 2 ช่อง คือ A และ B ตามลำดับ หลักการทำงานคือ หากอินพุทรับโลจิกใดเข้ามา จะส่งเอาท์พุทออกเป็นโลจิกนั้น ในงานวิจัยผู้จัดทำทำการต่อเอาท์พุทจากออปแอมป์ทั้งฝั่ง Inverting และ Non-inverting มาเข้าอินพุทของไดรฟ์เวอร์โดยตรง ทำให้โลจิกของเอาท์พุททั้งสองช่องที่ออกจากไดรฟ์เวอร์กลับกัน

3.5 การพิจารณาเลือกใช้มอสเฟต

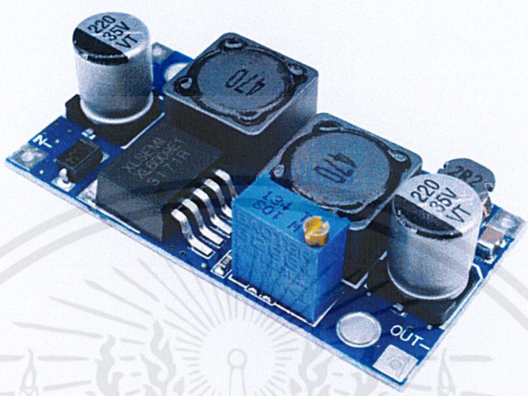
ในวงจรที่ออกแบบนำมอสเฟตมาใช้แทนสวิตช์ เนื่องจากมีความไวในการสวิตชิ่งสูง โดยเลือกใช้เบอร์ IRF9640 ซึ่งเป็นมอสเฟตชนิดพีแชนแนล มีคุณสมบัติคือ เมื่อขา Gate ได้รับโลจิก High จะทำให้ขา Drain และ Source ขาดออกจากกัน พิจารณาเสมือนเปิดวงจร (Open Circuit)

เมื่อดูจากดาต้าชีทพบว่า ค่า VDS สูงสุดที่ -200 V และทนกระแสได้สูงสุดที่ 11 A วงจรที่ออกแบบใช้แรงดัน VDS เพียง -12 V และมีกระแสไหลในวงจรเพียง 1.5 A จึงครอบคลุมคุณสมบัติทั้งสองข้อ

3.6 การพิจารณาเลือกใช้ไดโอด

ไดโอดนำมาใส่ในวงจรเพื่อป้องกันไม่ให้กระแสไฟฟ้าไหลย้อนกลับเข้าไปที่ Source ทั้งสองตัว ได้แก่ พาวเวอร์ซัพพลาย และ Buck-Boost Converter ซึ่งอาจก่อให้เกิดความเสียหายต่อตัวอุปกรณ์ได้ ผู้จัดทำเลือกใช้ไดโอดเบอร์ SR540 มีค่า Peak reverse voltage ที่ 40 V และทนกระแส forward ได้สูงสุด 5 A ในการทดลองใช้ Reverse voltage 12 V และใช้กระแสเพียง 5 A จึงสามารถนำ SR540 มาใช้งานได้ นอกจากนี้ ยังเลือกใช้ไดโอดชนิด Schottky เนื่องจากทำให้เกิด loss บนตัวไดโอดน้อย

3.7 Buck-Boost Converter



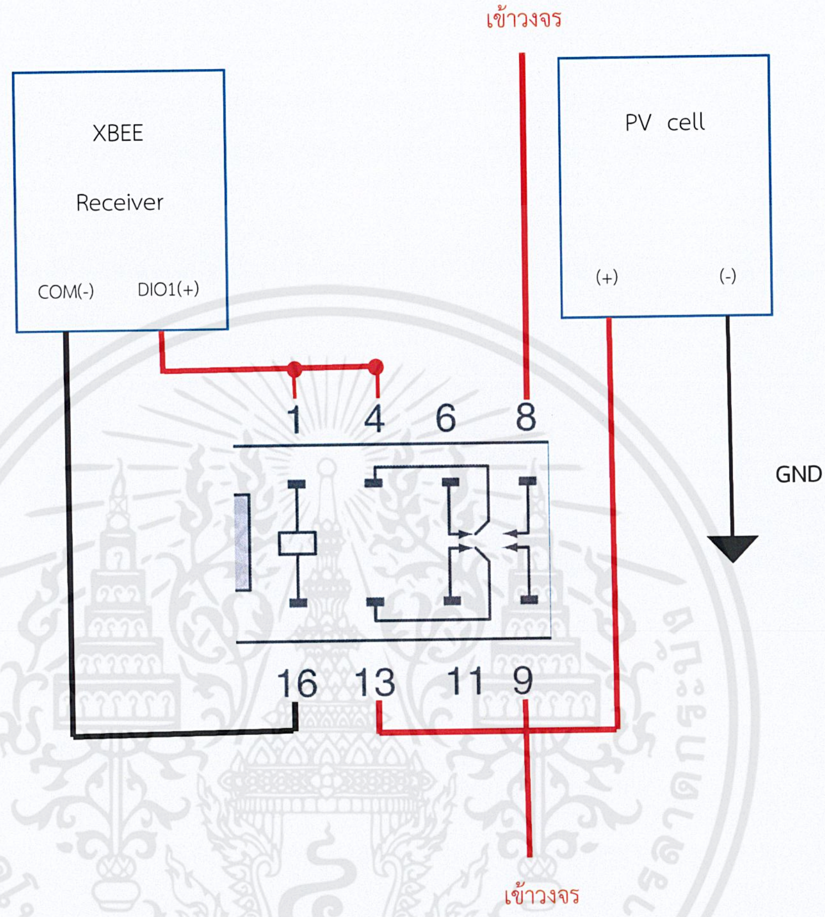
ภาพที่ 3.4 โมดูล Buck-Boost Converter

ที่มา : https://www.desertcart.ae/products/16967944-drok-adjustable-automatic-dc-dc-non-isolated-buck-boost-voltage-converter-regulator-3-8-32v-to-1-3-35v-5v-12v-24v-3a-12w-step-up-step-down-power-supply-transformer-module-board

โมดูล Buck-Boost Converter นี้ ใช้เพื่อเพิ่ม-ลดระดับแรงดันไฟฟ้า ให้เหมาะสมกับอุปกรณ์ที่ใช้ภายในวงจร โดยอินพุทของ Buck-Boost จะต่อกับแผงโซล่าเซลล์ ส่วนเอาท์พุทจะเป็น Source ตัวหนึ่งสำหรับใช้เลี้ยงวงจร

3.8 รีเลย์

หน้าคอนแทคของรีเลย์ถูกนำมาใช้เป็นสวิทช์ โดยรีเลย์ที่นำมาใช้เป็นชนิด 12 โวลท์ 2 หน้าคอนแทค เบอร์ G5V-2 ของ OMRON การต่อใช้งานรีเลย์เป็นดังภาพ



ภาพที่ 3.5 การต่อใช้งานรีเลย์

ขา 1 และ 16 ต่อไฟบวกและไฟลบเพื่อเลี้ยงคอยล์รีเลย์

ขา 6 และ 11 เป็นขา common ต่อ normally close กับขา 4 และ 13 ตามลำดับ

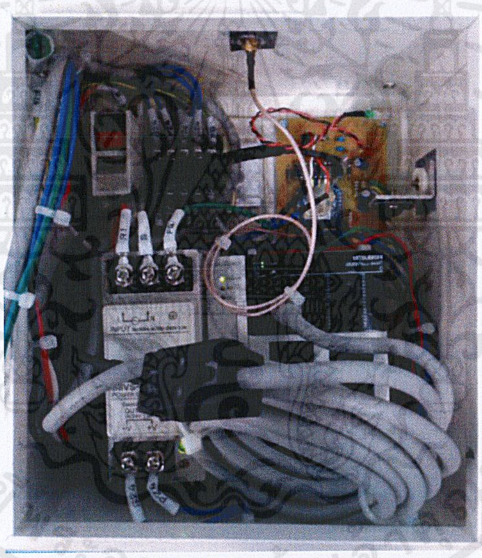
ตัวรีเลย์สามารถทนกระแสสูงสุดได้ 2 แอมป์ ที่แรงดัน 30 VDC จึงสามารถนำมาใช้งานในวงจรได้อย่างปลอดภัย

3.9 การโปรแกรม PLC

เมื่อทดสอบการติดต่อสื่อสารระหว่าง Coordinator และ Router ผ่านโปรแกรม API Demo สำเร็จเป็นที่เรียบร้อยแล้ว จึงพัฒนาให้สามารถสื่อสารกันได้ผ่านทางหน้าจอมอนิเตอร์และ PLC

- PLC ที่นำมาใช้งานคือรุ่น FX3U
- หน้าจอมอนิเตอร์ที่นำมาใช้งานคือรุ่น GOT2000

  การเชื่อมต่อระหว่าง PLC และ XBee Transmitter เป็นการสื่อสารรูปแบบ Non-protocol ต้องใช้คำสั่งชุด RS instruction ในการเขียนโปรแกรม และใช้สายเคเบิล RS-232 เป็นตัวเชื่อมต่อ



ภาพที่ 3.6 การเชื่อมต่อแผงวงจรเข้ากับ PLC และหน้าจอมอนิเตอร์

การเชื่อมต่อด้วยชุดคำสั่ง RS instruction

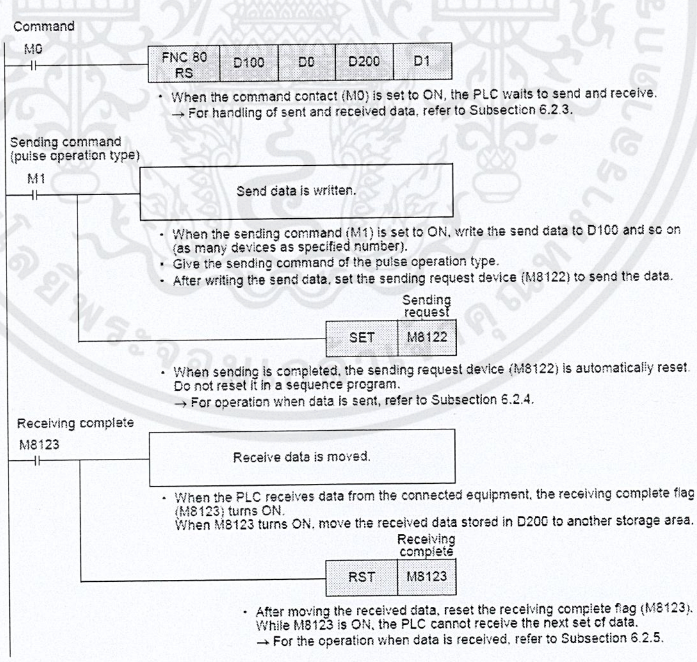
Bit devices ที่ต้องใช้ในการเขียนโปรแกรมมีดังนี้

- M8063 (Serial Communication error flag) จะ ON เมื่อการสื่อสารเกิด error
- M8122 (Sending request) เมื่ออุปกรณ์นี้ ON PLC จะเริ่มทำการส่งข้อมูล
- M8123 (Receiving complete flag) อุปกรณ์ตัวนี้จะ ON เมื่อการรับข้อมูลเสร็จสิ้น และระหว่างที่อุปกรณ์นี้ ON อยู่ PLC จะไม่สามารถรับข้อมูลใดๆได้อีก
- M8161 (8-bit processing mode) อุปกรณ์นี้เป็นตัวกำหนดว่า การรับส่งข้อมูลจะเป็นรูปแบบ 8 บิท หรือ 16 บิท โดยอุปกรณ์จะ ON เมื่อใช้งานโหมด 8 บิท และจะ OFF เมื่อใช้งานโหมด 16 บิท

Word devices ที่ต้องใช้ในการเขียนโปรแกรมมีดังนี้

- D8063 (Error code number of serial communication error) เมื่อ M8063 ON อุปกรณ์นี้จะทำการเก็บค่า error code
- D8120 (Communication format setting) กำหนดรูปแบบของการสื่อสาร

ลำดับขั้นตอนการเขียนโปรแกรมแสดงดังแผนภาพนี้



ภาพที่ 3.7 ขั้นตอนการทำงานของ Bit devices

ที่มา : MITSUBISHI USER'S MANUAL Data Communication Edition

ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม สามารถกล่าวโดยสรุปได้ดังนี้

เมื่อต้องการให้มีการติดต่อสื่อสารระหว่าง XBee ทั้งสองตัว ผู้ใช้งานจะต้องกรอกรหัสประจำตัว XBee ที่ต้องการให้เป็น Router จากนั้น PLC จะแปลงดาต้าที่ได้รับให้เป็น 8 บิท แล้วนำไปเรียงลง device ต่างๆ ดังแสดงในภาพ

FIXD					DH				DL				MY		FLAG	AT COM		OUT	SUM
D400	D401	D402	D403	D404	D405	D406	D407	D408	D409	D410	D411	D412	D413	D414	D415	D416	D417	D418	D419
7E	00	10	17	01	00	13	A2	00	40	F1	6C	9F	4	58	02	44	31	4,5	
7E	00	10	17	01	00	13	A2	00	40	8D	15	99	32	5A	02	44			
7E	00	10	17	01	00	13	A2	00	40	8D	15	08	4D	CA	02	44			
7E	00	10	17	01	00	13	A2	00	40	8B	39	83	77	89	02	44			
7E	00	10	17	01	00	13	A2	00	40	B8	CE	54	43	8B	02	44			

ภาพที่ 3.8 ดาต้าของ Transmitter

จากภาพจะเห็นว่า device หมายเลขต่างๆ จะมีความหมายแตกต่างกันออกไป

D413 และ D414 เป็น MY ของ XBee ตัวรับ

D417 คือหมายเลข PIN ที่ต้องการควบคุม

D418 คือคำสั่ง Remote

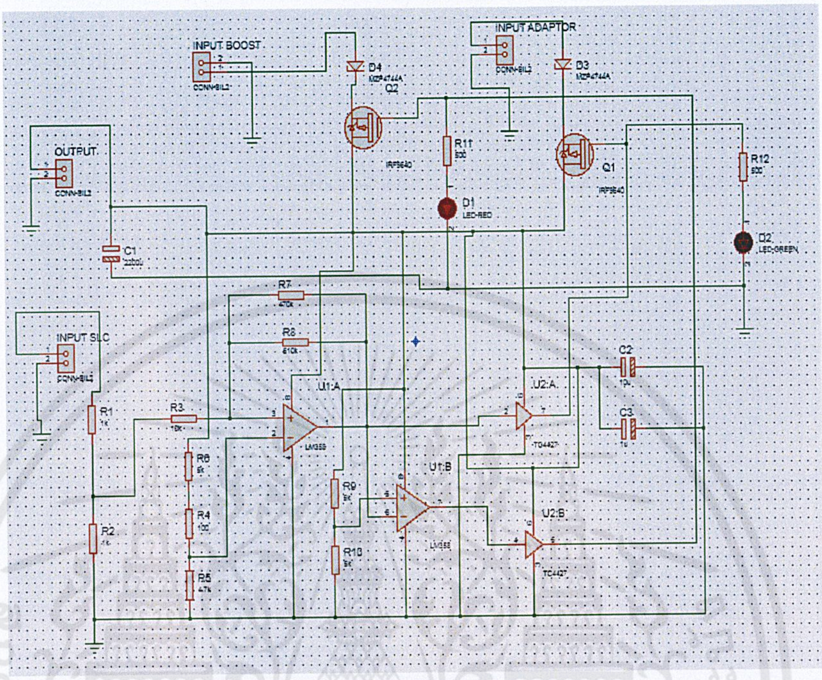
และตัวรับจะสื่อสารกลับมาดังภาพ

D500	D501	D502	D503	D504	D505	D506	D507	D508	D509	D510	D511	D512	D513	D514	D515	D516	D517	D518
7E	00	0F	97	01	00	13	A2	00	40	F1	6C	9F	81	2F	44	31	00	51

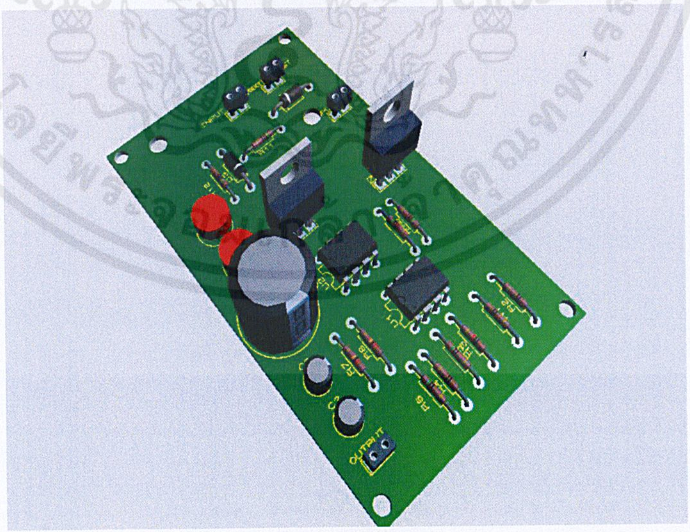
ภาพที่ 3.9 ดาต้าของ Receiver

หาก device หมายเลข D513 และ D514 สื่อสารกลับมาเป็น MY ของ XBee หมายความว่า การสื่อสารประสบผลสำเร็จ เมื่อดูจากโหลดจะเห็นว่าพัดลมทำงาน จากนั้นจึงนำดาต้านี้ไปสั่ง ON lamp บนหน้าจอมอนิเตอร์ ทำให้เราสามารถตรวจสอบสถานะการทำงานของโหลดได้

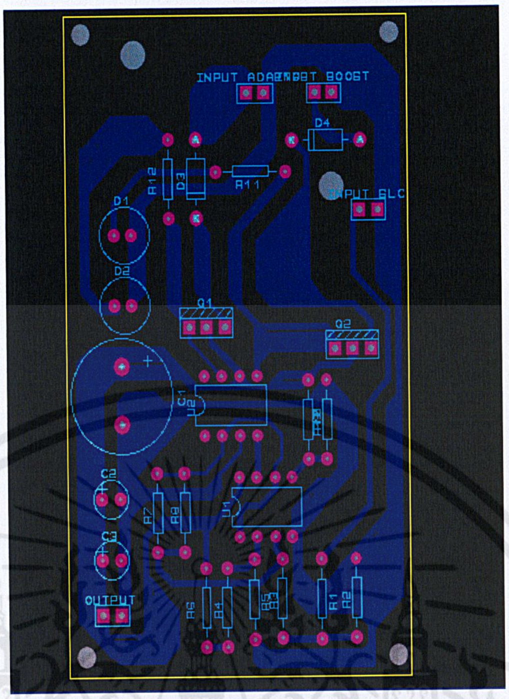
3.10 วงจรที่ทำการออกแบบ



ภาพที่ 3.10 วงจรที่ทำการออกแบบ

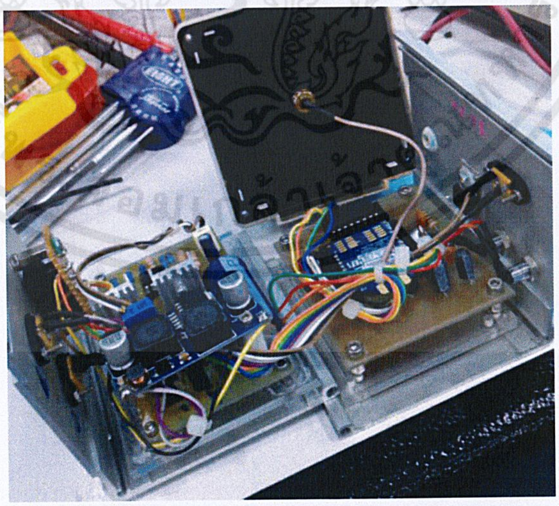


ภาพที่ 3.11 แผ่นปริ้นท์ของวงจรที่ทำการออกแบบ แสดงในรูปแบบ 3 มิติ



ภาพที่ 3.12 ลายปริ้นท์ของวงจรที่ทำการออกแบบ

3.11 ผลงาน



ภาพที่ 3.13 เชื่อมต่อบอร์ดวงจรกับบอร์ดของ XBee Receiver

ภาพที่ 3.14 หน้าจอมอนิเตอร์ที่ทำการออกแบบ

บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 คุณสมบัติของวงจรและโปรแกรมที่ทำการออกแบบ

- แรงดันเอาท์พุท 12 V
- กระแสเอาท์พุทสูงสุดไม่เกิน 1.25 A (ขับโหลด 15 W 12 V)
- Upper Threshold ที่ 12 V และ Lower Threshold ที่ 11 V
- สามารถรับส่งคำสั่งระหว่าง Coordinator และ Router ได้
- สามารถควบคุมการเปิด-ปิดพัดลมได้ทั้งโหมด Manual และ Auto(ตั้งเวลาอัตโนมัติ)
- มีการแจ้งเตือนหากการสื่อสารระหว่าง Coordinator และ Router ไม่เป็นผล

4.2 ผลการทดลอง

4.2.1 การทำงานของวงจร

วงจรสวิทชิ่งที่ได้ทำการออกแบบ จะต้องสามารถขับโหลดได้ตลอดเวลา โดยเมื่อแรงดันไฟฟ้าของแผงโซล่าเซลล์สูงกว่า 12 V (ช่วงกลางวัน) วงจรจะเลือกให้แผง โซล่าเซลล์ทำงาน สังเกตได้จากไฟ LED สีส้ม

ภาพที่ 4.1 การทำงานของวงจรเมื่อใช้แผงโซล่าเซลล์เป็นแหล่งจ่ายพลังงาน

เมื่อแรงดันไฟฟ้าของแผงโซล่าเซลล์ตกลงถึง 11 V วงจจะสวิทช์ไปใช้แหล่งจ่ายจากพาวเวอร์ซัพพลายแทน เพื่อให้มีกระแสเพียงพอสำหรับเลี้ยงอุปกรณ์และขับโหลด แสดงสถานะด้วย LED สีแดง

ภาพที่ 4.2 การทำงานของวงจรเมื่อใช้เพาเวอร์ซัพพลายเป็นแหล่งจ่ายพลังงาน

สำหรับปัญหาที่พบเกี่ยวกับการทำงานของวงจรคือ เมื่อถึงตอนเย็น ซึ่งเป็นช่วงที่ความเข้มแสงกำลังจะหมด ทำให้แผงโซล่าเซลล์ผลิตกระแสไฟฟ้าได้น้อยลง ไม่เพียงพอสำหรับจ่ายให้ Buck-Boost Converter ทำให้แรงดันไฟฟ้าที่ส่งไปเลี้ยงอุปกรณ์ต่างๆในวงจร (LM358 และ TC4427) ไม่ถึง 12 V โลจิกที่ส่งไปขับเกตของมอสเฟตจึงมีความผิดเพี้ยน หลอดไฟ LED จึงติดพร้อมกันสองดวง แต่โหลดยังสามารถทำงานได้

วิธีการแก้ไขที่ได้ทำการศึกษา ได้แก่

1. นำแผงโซล่าเซลล์สองแผงมาต่อขนานกัน เพื่อให้ได้แรงดันเท่าเดิมแต่กระแสเพิ่มขึ้น
2. ปรับช่วง Lower Threshold ของวงจรชมิททริกเกอร์ให้สูงขึ้น
3. ต่อไฟเลี้ยง VDD ของ LM358 และ TC4427 ให้มาจากพาวเวอร์ซัพพลายโดยตรง เพื่อให้มีกระแสเลี้ยงอุปกรณ์เพียงพอตลอดเวลา

4.2.2 การติดต่อสื่อสารระหว่าง XBee

วงจร XBee ทั้ง Transmitter และ Receiver เป็นผลงานของนักศึกษาสหกิจคนก่อนของสถานประกอบการ ผู้จัดทำจึงนำผลงานมาต่อยอดเท่านั้น โดยจากการทดสอบพบว่า การสื่อสารระหว่าง XBee ประสบผลสำเร็จ

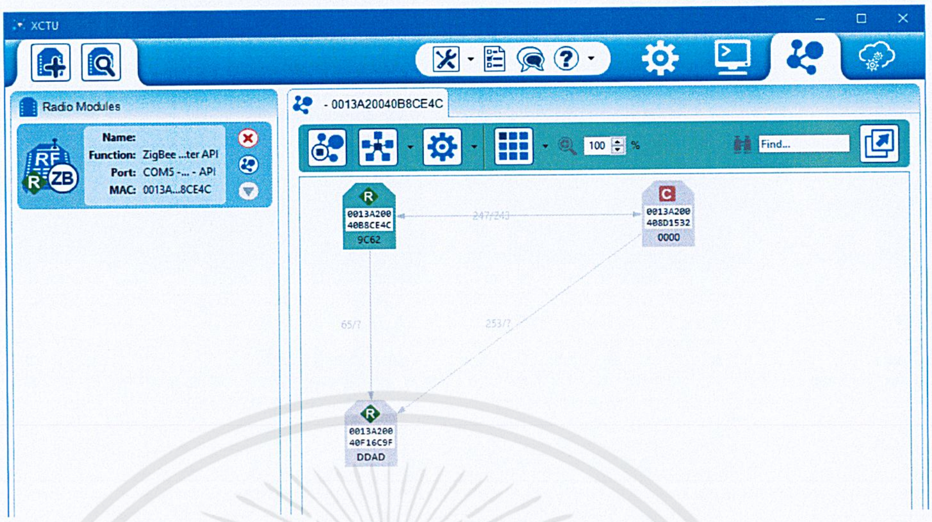
4.2.3 การทำงานของโปรแกรม

การเขียนโปรแกรม PLC มีวัตถุประสงค์เพื่อให้สามารถสั่งเปิด-ปิดพัดลม และตรวจสอบสถานะการทำงานได้จากหน้าจอมอนิเตอร์

ภาพที่ 4.3 หน้าจอมอนิเตอร์ ใช้สำหรับกรอกรหัสประจำตัว XBee

จากภาพ เป็นการกรอกรหัส Destination ของ XBee ที่เราต้องการสั่งงาน (ตัวที่ต่ออยู่กับพัดลม) โดย MY จะเป็นรหัสเฉพาะของ XBee แต่ละตัว หากเรากรอกรหัสถูกต้อง การสื่อสารก็จะประสบผลสำเร็จ

ปัญหาที่พบระหว่างการทดลอง คือ หลังจากใช้งาน XBee บางตัวไปสักระยะหนึ่ง รหัส MY จะเปลี่ยนเองโดยไม่ทราบสาเหตุ หากต้องการทราบรหัสที่เปลี่ยนไปจะต้องตรวจสอบด้วยโปรแกรม X-CTU



ภาพที่ 4.4 การทำงานของโปรแกรม X-CTU

การทำงานของโปรแกรม PLC มีสองโหมด คือ MANUAL(สั่งเปิด-ปิดด้วยคน) และ AUTO (ตั้งเวลาเปิด-ปิดอัตโนมัติ) ผลการทดลองจะแสดงการทำงานทั้งสองโหมด

ภาพที่ 4.5 หน้าจอแสดงผลขณะใช้งานในโหมด MANUAL

โหมด MANUAL สั่งทำงานด้วยปุ่มกด ON/OFF จากภาพพัดลมกำลังทำงานอยู่ lamp จึงติดสว่าง

ภาพที่ 4.6 หน้าจอแสดงผลขณะใช้งานในโหมด AUTO

โหมด AUTO จะมีเพียง lamp แสดงสถานะเท่านั้น ในภาพพัดลมกำลังทำงาน lamp จึงติดสว่าง

นอกจากนี้ ผู้จัดทำยังได้เขียนโปรแกรมให้มีการแจ้งเตือนหากการสื่อสารล้มเหลวอีกด้วย โดยใช้รหัสตอบกลับของตัว Receiver ไปสั่ง ON relay ใน PLC ให้แจ้งเตือนที่หน้าจอมอนิเตอร์ว่า Signal Error

4.2.4 การคำนวณค่าใช้จ่าย

เนื่องจากงานวิจัยมีจุดประสงค์เพื่อประหยัดพลังงานและลดค่าใช้จ่าย ผู้จัดทำจึงได้ทำตารางแสดงผลออกมา

ข้อมูล	พัดลม AC	พัดลม DC + แผงโซล่าเซลล์
วัตต์	190	15
จำนวนชั่วโมงที่ใช้ไฟจากการไฟฟ้าต่อวัน(ชม.)	19.00	11.30
ค่าไฟ(บาท)	3.21 บาท/กิโลวัตต์	
ค่าไฟต่อวัน(บาท)	11.59	0.55
ค่าไฟต่อเดือน(บาท)	347.64	16.61
ค่าไฟต่อปี(บาท)	4171.72	199.34

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบค่าไฟฟ้าระหว่างพัดลมทั้งสองแบบ

อีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อการทำโครงงานคือการคำนวณจุดคุ้มทุน เผื่อดูว่าต้องใช้เวลานานแค่ไหนถึงจะคืนทุน คุ้มค่าที่จะทำหรือไม่

ตารางสรุป	
ค่าไฟที่ลดลง/วัน	11.03 บาท
ค่าไฟที่ลดลง/เดือน	331.03 บาท
ค่าไฟที่ลดลง/ปี	3972.38 บาท
ต้นทุนโครงงาน	ประมาณ 2050 บาท
จุดคุ้มทุน	ประมาณ 6.2 เดือน

ตารางที่ 5.2 สรุปค่าไฟฟ้าที่ลดลงและจุดคุ้มทุนของโครงงาน

ทั้งนี้ การคำนวณที่แสดงไว้ในตารางเป็นการคำนวณต่อพัดลม 1 ตัวเท่านั้น

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

โครงงานการออกแบบวงจรสวิทชิ่งสำหรับขับมอเตอร์กระแสตรง ควบคุมการทำงานผ่านระบบสื่อสารไร้สาย ที่ได้จัดทำขึ้นในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้นักศึกษาได้นำความรู้ทางทฤษฎีที่เรียนมามาประยุกต์ใช้ในการออกแบบวงจร โดยจะต้องอธิบายหลักการทำงานของงจรที่ออกแบบและโปรแกรม PLC ที่เขียนขึ้นมาได้ และโครงงานวิจัยนี้จะต้องให้ประโยชน์แก่สถานประกอบการ ในแง่ของการประหยัดพลังงาน ลดค่าใช้จ่าย และอำนวยความสะดวกด้วยการสื่อสารสั่งงานผ่านระบบไร้สาย โดยสามารถกล่าวถึงผลการทดลองโดยสรุปได้ดังนี้

การทำงานของวงจรสวิทชิ่งเป็นไปตามที่ออกแบบไว้ กล่าวคือ วงจรจะเลือกโซล่าเซลล์เป็นแหล่งจ่ายเมื่อแรงดันไฟฟ้าเพียงพอ และสวิทช์ไปเลือกพาวเวอร์ซัพพลายเมื่อแรงดันไฟฟ้าตกลงจนถึงค่าๆ หนึ่ง เพื่อให้มีแหล่งจ่ายเลี้ยงอุปกรณ์และโหลดตลอดเวลา แต่จะมีปัญหาเมื่อถึงช่วงเวลาที่ความเข้มแสงตกลง ทำให้แผงโซล่าเซลล์จ่ายกระแสไม่พอเลี้ยงอุปกรณ์ในวงจร ทำให้แรงดันไฟฟ้าตกลง การทำงานของอุปกรณ์จึงผิดเพี้ยน วิธีแก้ปัญหาได้นำเสนอไว้ในส่วนของผลการทดลองแล้ว

โปรแกรม PLC สามารถทำงานได้ดี ทั้งในเรื่องการรับ-ส่งข้อมูล การทำงานในโหมดต่างๆ การแสดงสถานะบนหน้าจอมอนิเตอร์ และการแจ้งเตือน

การคำนวณค่าใช้จ่าย พบว่า การติดตั้งวงจรควบคู่กับพัดลมมอเตอร์กระแสตรงและแผงโซล่าเซลล์ ทำให้ลดค่าไฟฟ้าต่อปีได้ค่อนข้างมาก และใช้ระยะในการคุ้มทุนค่อนข้างน้อย

5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

โครงงานที่ทำการออกแบบสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ทุกประการ แต่อาจมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นระหว่างการทำงานบ้าง เกิดจากการขาดความรู้ความเข้าใจและความไม่ชำนาญในการใช้เครื่องมือของผู้จัดทำ

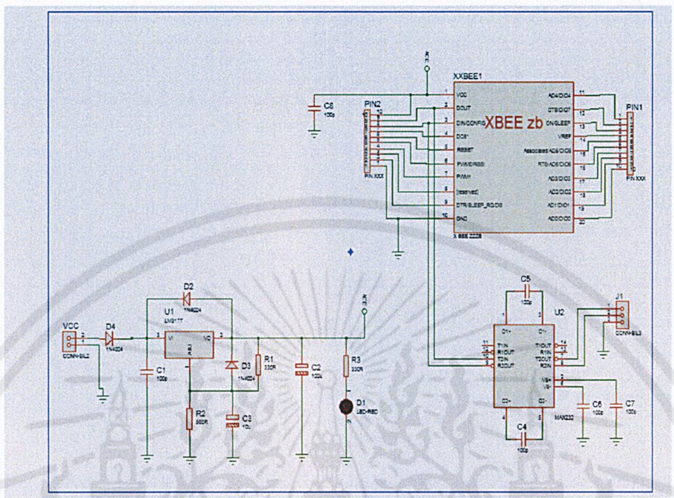
บรรณานุกรม

[1] กชพรรณ สาครจิตร์ และชนาธิป ปานผอบ. (2560). การออกแบบและติดตั้งระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยใช้โซล่าเซลล์แบบออนกริด. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสยาม. กรุงเทพมหานคร: 47 หน้า

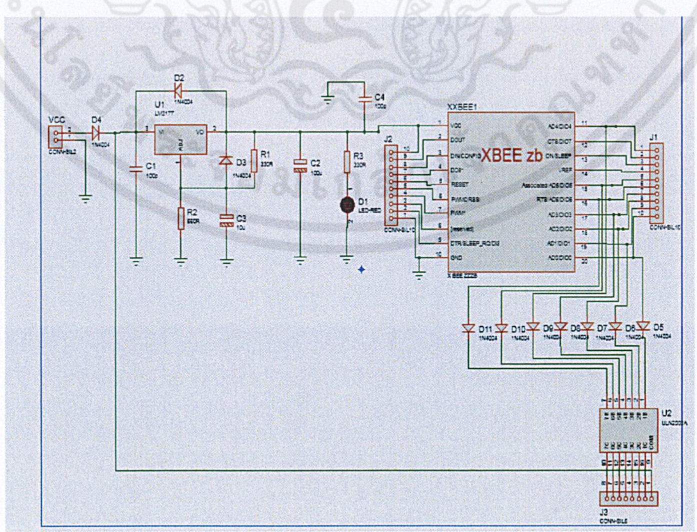
[2] เว็บไซต์ thaieasyelec.com. (2560). XBee API Mode Tutorial and Lab. https://www.thaieasyelec.com/article-wiki/embedded-electronics-application/xbee-api-mode-tutorial-and-lab.html. ค้นเมื่อวันที่ 17 กันยายน 2562.

[3] เว็บไซต์ thaieasyelec.com. (2560). Zigbee and XBee Basic ตอน Zigbee คืออะไร. https://www.thaieasyelec.com/article-wiki/basic-electronics/what-is-zigbee.html. ค้นเมื่อวันที่ 21 สิงหาคม 2562.

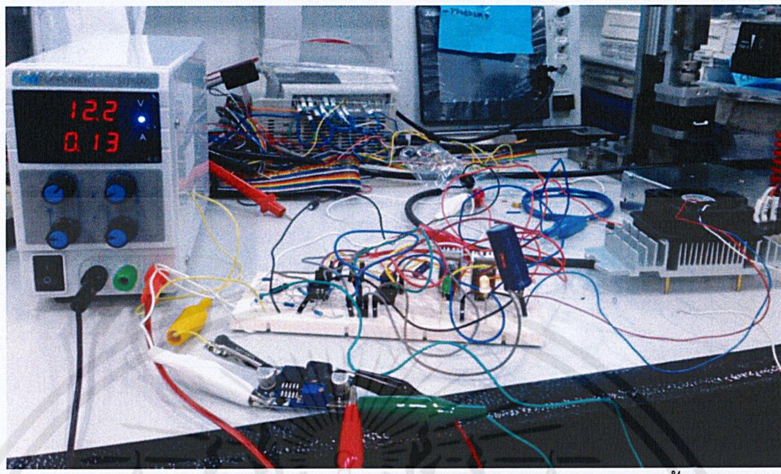
ภาคผนวก



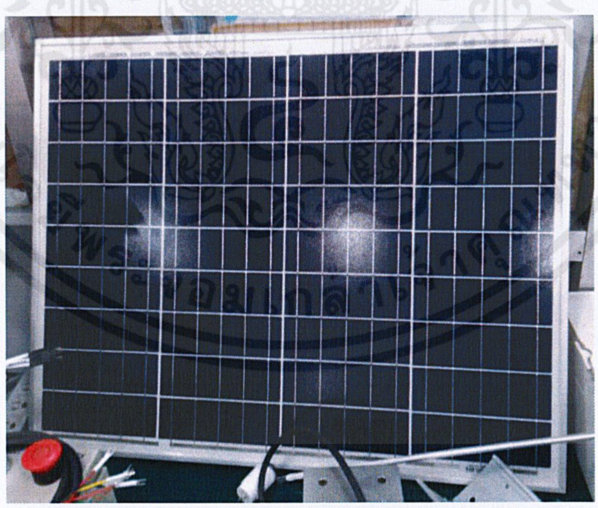
วงจร XBee Transmitter



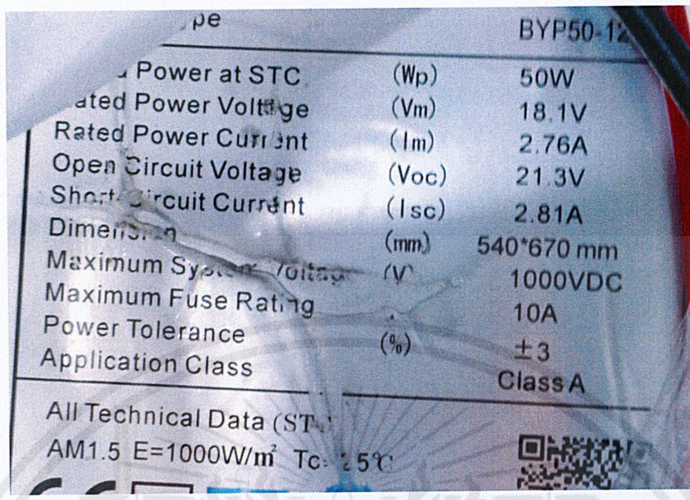
วงจร XBee Receiver



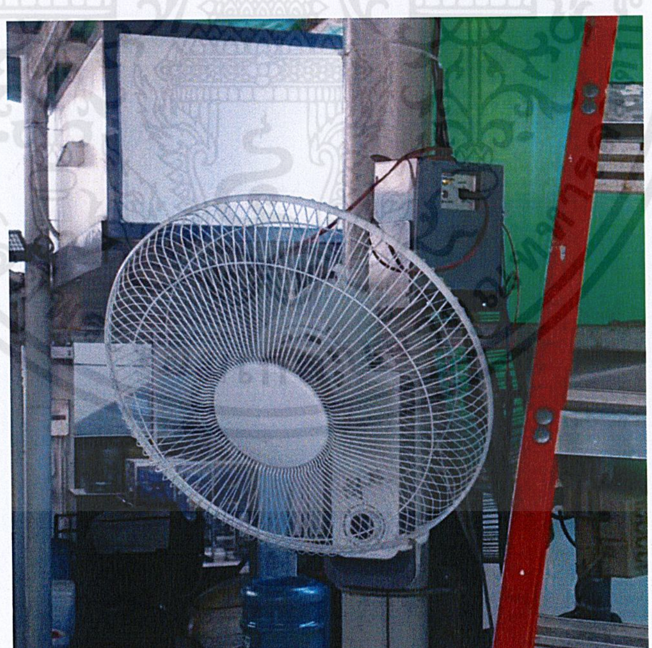
ทดลองต่อวงจรลงโปรโตบอร์ด ก่อนนำไปออกแบบลายปริ้นท์



แผงโซล่าเซลล์



สเปคของแผงโซล่าเซลล์



โครงงานที่นำไปติดตั้งบริเวณจุดพักเบรคภายในสถานประกอบการ