

ชื่อโครงการ : **กล่องควบคุมแสงสว่างของหลอดแอลอีดีอัตโนมัติ**

PP3_06_02

สาขาวิชา : ฟิสิกส์และดาราศาสตร์

ผู้จัดทำโครงการ : นางสาวจรัสศร อินทรพุดิ, นางสาวชนม์พิรา สุขวัจณี, นางสาววาคินี แซ่ลิ้ม

โรงเรียน : โรงเรียนราชสีมาวิทยาลัย โดยการกำกับดูแลของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร. กองพันธ์ อารีรักษ์

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทคัดย่อ

โครงการนี้ศึกษาและสร้างกล่องควบคุมการเปิดปิดหลอดไฟแอลอีดีอัตโนมัติ โดยใช้แหล่งพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ กล่องควบคุมนี้จะควบคุมการจ่ายกระแสให้หลอดไฟแอลอีดี (LED) โดยอาศัยแสงอาทิตย์มีหลักการการทำงานคือ กลางวันมีความเข้มแสงอาทิตย์มาก ตัวต้านทานไวต่อแสง (LDR) ที่อยู่ในกล่องควบคุมจะมีความต้านทานน้อยทำให้ทรานซิสเตอร์อยู่ในโหมดคัตออฟเสมือนเปิดวงจรไฟฟ้า หลอดไฟ LED จึงไม่ติด แต่เครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่ (Charge controller) จะทำหน้าที่ที่ประจุกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ไว้ในแหล่งพลังงานสำรอง (Battery) เพื่อจ่ายประจุเวลากลางคืน และในทางตรงกันข้ามเมื่อความเข้มแสงอาทิตย์น้อยเช่นเวลากลางคืน ความต้านทานไวต่อแสง LDR มากขึ้น ทรานซิสเตอร์อยู่ในโหมดอิ่มตัวเสมือนปิดวงจรไฟฟ้า หลอดไฟ LED จึงติดอัตโนมัติโดยมีเครื่องควบคุมการประจุคายประจุจากแบตเตอรี่จ่ายให้วงจรและป้องกันกระแสไหลย้อนกลับสู่เซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อทำการทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ที่ประดิษฐ์ได้ในโครงการนี้ พบว่าหลอดไฟ LED จะสว่างในเวลาที่มีแสงน้อยโดยความสว่างจะเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณแสงภายนอกที่ลดลง ดังนั้นอุปกรณ์ประดิษฐ์นี้จึงสามารถใช้เป็นกล่องควบคุมแสงสว่างอัตโนมัติ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานต่าง ๆ ได้

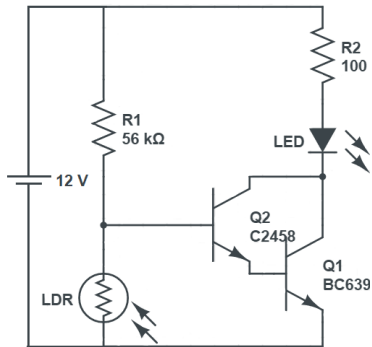
คำสำคัญ : กล่องควบคุม หลอดไฟแอลอีดี เซลล์แสงอาทิตย์ ตัวต้านทานไวต่อแสง (LDR) ทรานซิสเตอร์

บทนำ

พลังงานแสงอาทิตย์จัดเป็นพลังงานสะอาดไม่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม ปัจจุบันนำมาใช้ทดแทนพลังงานไฟฟ้ากันอย่างแพร่หลาย ทั้งเซลล์แสงอาทิตย์มีหลายขนาดสามารถปรับใช้งานได้ตามความต้องการ เหตุนี้คณะผู้ทำวิจัยจึงศึกษาการนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้กับหลอด LED โดยสร้างกล่องควบคุมแสงสว่างของหลอด LED อัตโนมัติ โดยหลักการการทำงานของกล่องควบคุมคือ เวลากลางวันแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะทำการประจุไฟเข้าแบตเตอรี่ผ่านเครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่เก็บไว้ใช้เวลากลางคืนโดยกล่องควบคุมแสงสว่างของหลอดแอลอีดีอัตโนมัติทำหน้าที่ควบคุมการจ่ายประจุนั่นเอง ผู้วิจัยทำการสร้างแผ่นวงจรพิมพ์เพื่อใช้ควบคุมกระแสในวงจรดังรูปที่ 1 (ก) ซึ่งภายในวงจรประกอบด้วยอุปกรณ์ควบคุมการจ่ายกระแส 2 ส่วนสำคัญ ดังนี้

1. ตัวต้านทานไวต่อแสง (Light Dependent Resistor : LDR) หลักการทำงานคือเมื่อเวลามีแสงตกกระทบจะถ่ายเทพลังงานให้กับสารกึ่งตัวนำ Cadmium sulfide หรือ Cadmium selenide ทำให้เกิด

โหนด ทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่อย่างอิสระ จึงนำไฟฟ้ามากขึ้นส่งผลให้ความต้านทานใน LDR ลดลง ในทางกลับกัน ถ้ามีแสงตกกระทบน้อย ความต้านทานใน LDR จะมากขึ้น ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและค่าความต้านทานภายใน LDR แสดงในรูปที่ 1 (ข) ตัวต้านทานไวต่อแสง LDR จึงมีหน้าที่ควบคุมกระแสเข้าทรานซิสเตอร์ (I_B) เพื่อกำหนดโหมดการทำงานของทรานซิสเตอร์นั่นเอง



(ก) วงจรควบคุม

Electrical Characteristics

parameter	conditions	Typ	Unit
Cell resistance	1000 LUX	400	Ohm
	10 LUX	9	K Ohm
Dark Resistance	-	1	M Ohm

Guide to source illuminations

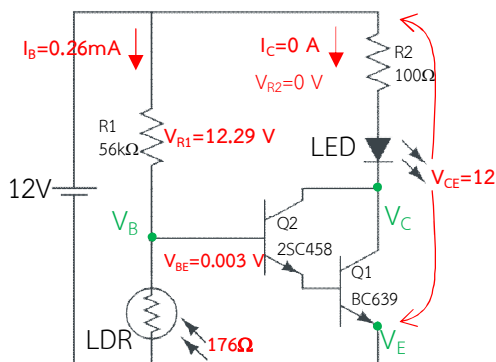
Light source illuminations	LUX
Moonlight	0.1
Fluorescent Lighting	500
Bright Sunlight	30,000

(ข) ตัวอย่าง datasheet: LDR

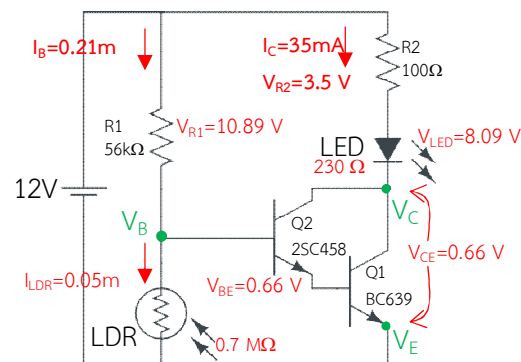
รูปที่ 1 (ก) วงจรควบคุม (ข) datasheet : LDR (<http://kennarar.vma.is/thor/v2011/vgr402/ldr.pdf>)

2 ทรานซิสเตอร์ (Transister) เป็นอุปกรณ์พวงสารกึ่งตัวนำซึ่งผู้วิจัยเลือกทรานซิสเตอร์ชนิด NPN และประยุกต์ใช้ในโหมดอิ่มตัว (saturation mode) และโหมดคัตออฟ (cut-off mode) ดังแสดงรายละเอียดไว้ในวงจรรูปที่ 2 เพื่อทำหน้าที่เป็นสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ควบคุมการจ่ายกระแสให้โหลด

ทรานซิสเตอร์เป็นอุปกรณ์ 3 ขา ความสัมพันธ์ของกระแสแต่ละขาจะคงที่ดังนี้ $I_E = I_C + I_B$ โดยทั่วไป $I_B \ll I_E$ ดังนั้น $I_C \approx I_E$ นอกจากนี้ อัตราการขยายกระแส β หรือค่า h_{fe} โดยที่ $I_C = \beta I_E$ และค่า β ดูได้จาก *datasheet* ของทรานซิสเตอร์แต่ละเบอร์



(ก) กลางวัน: cut-off mode สวิตช์เปิดวงจร



(ข) กลางคืน: saturation mode สวิตช์ปิดวงจร

รูปที่ 2 แสดงผลการวัดกระแส, แรงดันไฟฟ้าและความต้านทาน จากชุดอุปกรณ์ที่ประกอบสำเร็จ

ในรูปที่ 2 (ก) ทรานซิสเตอร์ทำงานในโหมด cut-off จะเห็นว่าเมื่อค่าแรงดันไฟฟ้า $V_{BE} < 0.7 V$ เป็นผลให้ทรานซิสเตอร์เสมือนสวิตช์เปิดวงจร มี $I_C = 0$ โดยที่แรงดันไฟฟ้า $V_{CE}(cut - off) = 12V$

ในรูปที่ 2 (ข) ถ้า I_B มีค่ามากจนได้ $I_C = \beta I_B$ แล้ว ทรานซิสเตอร์จะเข้าสู่โหมด saturation mode ทำให้ทรานซิสเตอร์เสมือนสวิตช์ปิดวงจร แรงดันไฟฟ้าที่ $V_{CE} = 0$ ดังนั้นกระแสไหลผ่านทรานซิสเตอร์เป็น

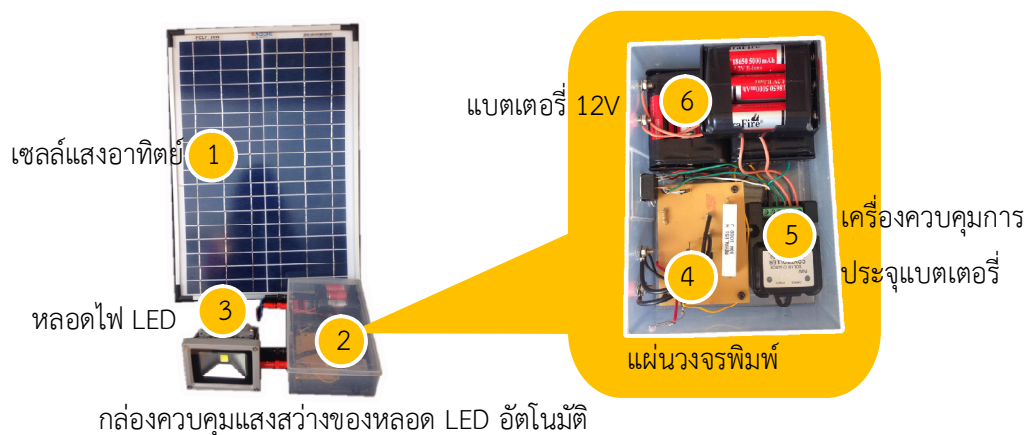
$$I_C(sat) = \frac{V_2}{R_C}, \quad I_B(min) = \frac{I_C(sat)}{\beta}$$

วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 ทดลองต่อวงจรกับอุปกรณ์จริงในห้องปฏิบัติการ

- 1) สร้างแผ่นวงจรพิมพ์โดยวาดวงจรควบคุมแสงสว่างของหลอดแอลอีดีอัตโนมัติตามรูปที่ 1 (ก) โดยใช้โปรแกรม PCB Wizard ทำการปริ้นท์และกัดวงจรลงบนแผ่นทองแดงเพื่อทำแผ่นวงจรพิมพ์ (Printed circuit board, PCB) แล้วเชื่อมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ให้เรียบร้อย
- 2) นำแผ่นวงจรพิมพ์มาเชื่อมต่อกับเซลล์แสงอาทิตย์ แบตเตอรี่ เครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่ และหลอด LED รวมเป็นชุดอุปกรณ์ทดลองโครงงาน
- 3) ใช้แสงอาทิตย์เทียมในห้องปฏิบัติการในการทดสอบอุปกรณ์โดยมีเครื่องมือแหล่งจ่ายความดันหนึ่งเฟสปรับค่าความเข้มแสงของหลอดไฟเป็น 0, 200, 600 และ 1000 W/m² ตามลำดับเพื่อทดสอบว่าความเข้มแสงทำให้กำลังไฟฟ้าของหลอดไฟ LED เปลี่ยนแปลงอย่างไร

ตอนที่ 2 ทดสอบอุปกรณ์โดยวางอุปกรณ์ภายใต้แสงอาทิตย์ 3 วัน ตั้งแต่ช่วงเวลา 5:00 - 24:00 น. โดยวัดทุกๆ 1 ชั่วโมง เพื่อเก็บค่าความต่างศักย์ (V) และกระแสไฟฟ้า (I) ของเซลล์แสงอาทิตย์ แบตเตอรี่ และหลอด LED แล้วคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้า $P = IV$ เพื่อวิเคราะห์ผลตามจริง



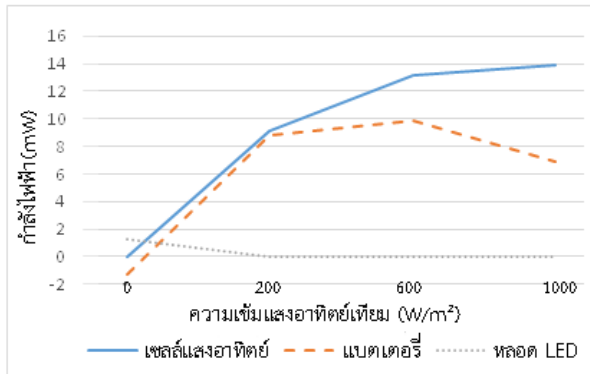
กล่องควบคุมแสงสว่างของหลอด LED อัตโนมัติ

รูปที่ 3 ชุดอุปกรณ์ทดลองและอุปกรณ์ภายในกล่องควบคุมแสงสว่างของหลอด LED

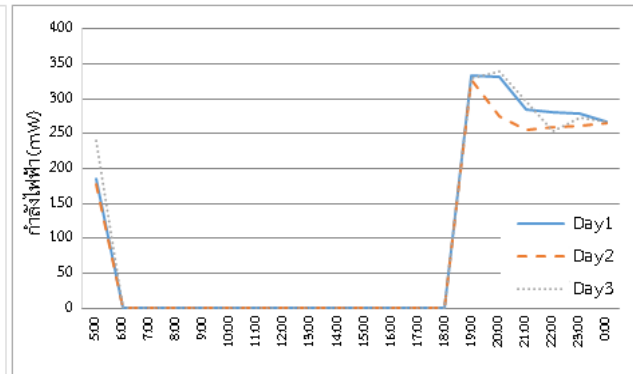
ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลการทดสอบอุปกรณ์ประดิษฐ์ในห้องปฏิบัติการ แสดงในรูปที่ 4 พบว่าประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อเพิ่มความเข้มแสงอาทิตย์เทียมให้มากขึ้น กำลังไฟฟ้าจะมากขึ้นด้วย ส่วนแบตเตอรี่รีเมื่อมีแรงดันที่เพียงพอแล้ว ความเข้มแสงที่มากขึ้นก็ไม่ทำให้กำลังไฟฟ้าเพิ่มอีกต่อไป และส่วนของวงจรควบคุมการทำงานของหลอดไฟแอลอีดีนั้นจะสว่างและดับได้เองตามปริมาณความเข้มแสง กล่าวคือเมื่อ

ความเข้มแสงอาทิตย์เทียมมากกว่า 200 W/m^2 ค่าความต้านทานไวต่อแสง LDR จะน้อยมากจนทำให้ทรานซิสเตอร์เข้าสู่โหมดคัตออฟจึงเหมือนสวิตช์เปิดวงจร กระแสไม่ไหลผ่านโหลด หลอดไฟ LED จึงไม่ทำงาน ต่อเมื่อความเข้มแสงเป็น 0 W/m^2 ค่าความต้านทานไวต่อแสง LDR จะสูงมากจนทำให้ทรานซิสเตอร์เข้าสู่โหมดอิ่มตัวจึงเหมือนสวิตช์ปิดวงจร กระแสไหลผ่านโหลดได้ปกติ หลอดไฟ LED จึงทำงานได้เองอัตโนมัติ



รูปที่ 4 กำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ แบริสเตอร์ และหลอดไฟ LED ในห้องปฏิบัติการ



รูปที่ 5 กำลังไฟฟ้าของหลอดไฟ LED จากอุปกรณ์ประดิษฐ์ ณ เวลาต่าง ๆ ภายใต้แสงอาทิตย์

ผลการทดสอบอุปกรณ์จากการวางไว้ภายใต้แสงอาทิตย์ 3 วันในรูปที่ 5 พบว่าตั้งแต่ 6:00-18:00 น. หลอด LED มีกำลังไฟฟาลดลงจนเข้าใกล้ค่า 0 mW กล่าวคือหลอดไฟ LED จะดับ แต่ในช่วงเวลา 19:00-5:00 น. มีกำลังไฟฟ้าค่อย ๆ เพิ่มขึ้น LED สว่างได้เองอัตโนมัติ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

สรุปผล

อุปกรณ์ประดิษฐ์จากงานวิจัยนี้สามารถใช้เป็นกล่องควบคุมแสงสว่างของหลอด LED อัตโนมัติได้ โดยสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานอื่น ๆ ได้เช่น ไฟส่องสนาม, ไฟบาทวิถี และงานควบคุมหุ่นยนต์เดินตามเส้นที่มีแสงสว่างกำกับ เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง :

1. Commandronestore. (2559). LED ติดตั้งอัตโนมัติด้วย LDR. สืบค้นเมื่อ 23 เมษายน 2560, จาก <http://commandronestore.com/learning/project002.php>
2. ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ. ฝ่ายพัฒนาศักยภาพเยาวชนด้านไอซีที. (2548). ก้าวทันโลกอิเล็กทรอนิกส์. ปทุมธานี: 2548
3. อ.วุฒิพงษ์ พิษิตวงศ์. (2558). Transistor Base Bias (fix bias). สืบค้นเมื่อ 13 ธันวาคม 2559, จาก <https://www.youtube.com/watch?v=wVx9M1w8Yrk&t=90s>

กิตติกรรมประกาศ :

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการสนับสนุนการจัดตั้งห้องเรียนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียน โดยการกำกับดูแลของมหาวิทยาลัย (โครงการ วมว.) สนับสนุนโดยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี-โรงเรียนราชสีมาวิทยาลัย สนับสนุนโดยกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี