บทที่ 5

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทางแสง

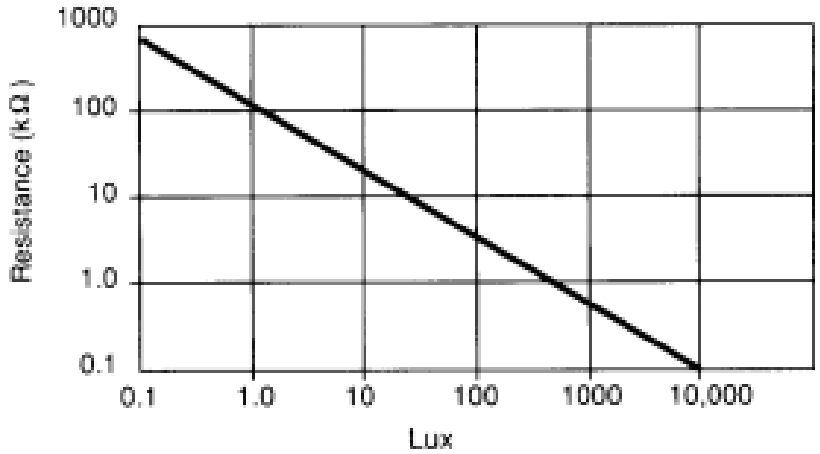
วัตถุประสงค์

1. เข้าใจการทำงานของ แอล ดี อาร์
2. อธิบายการทำงานของ แอล อี ดี และคำนวณ ค่าความต้านทานจำกัดกระแสได้
3. อธิบายการทำงานของ โฟโตไดโอด ได้
4. อธิบายการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ได้

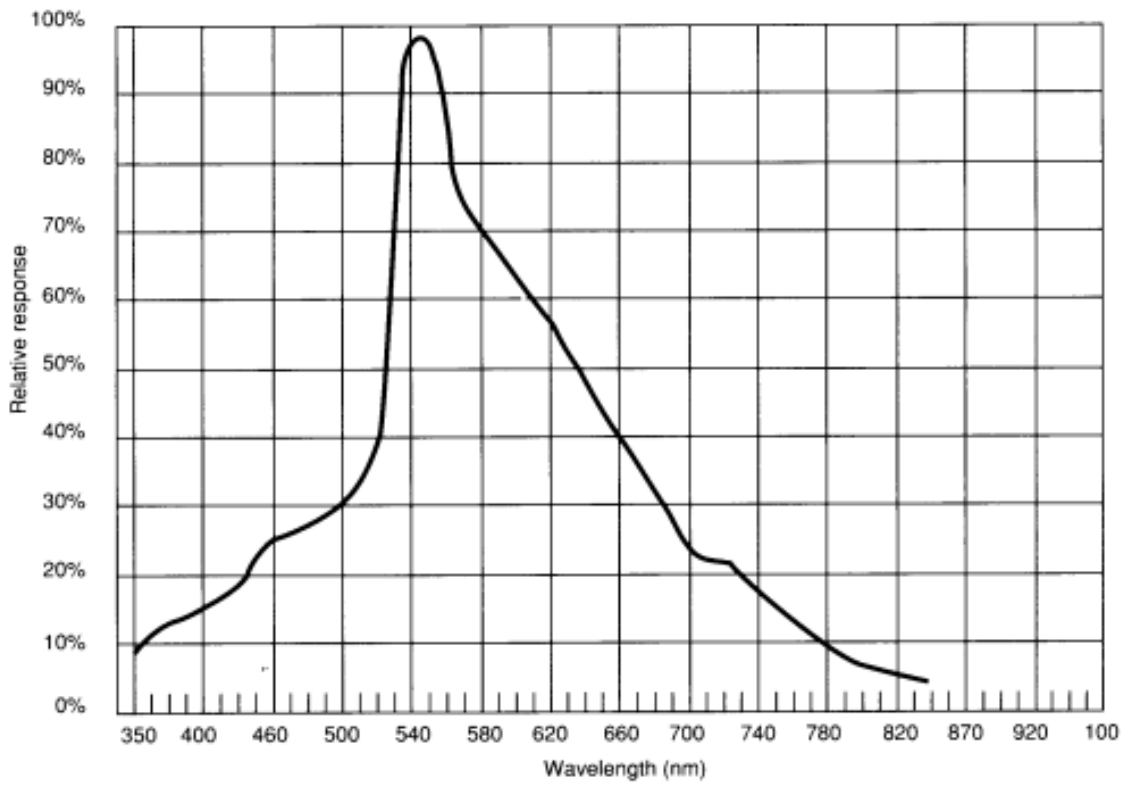
5-1 แอล ดี อาร์

แอล ดี อาร์ (LDR : Light dependent resistor) คือตัวต้านทานชนิดไวแสง หรือเรียกว่าตัวต้านทานแบบโฟโต้คอนดัคตีฟ (Photoconductive) โครงสร้างภายในจะทำด้วยสารแคดเมียมเซลีไนต์ (Cadmium Selenide) หรือใช้แคดเมียมซัลไฟต์ (Cadmium Sulfide) ใช้งานได้กับแสงที่มีความยาวคลื่นระหว่าง 400-700 nm คือย่านแสงที่ตามนุษย์มองเห็น และเหมาะที่จะใช้งานในย่านความถี่ต่ำ เพราะความไวต่อแสงของมันไม่ดีนัก ค่าความต้านทานแสงมืด (Dark resistance) ประมาณ 1MΩ และค่าความต้านทานเมื่อแสงสว่างสูงสุด ประมาณ 100Ω นิยมนำไปใช้งาน กับวงจรเซ็นเซอร์แสง เพื่อควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า และเครื่องมือวัดความเข้าแสง เป็นต้น ลักษณะของ แอล ดี อาร์ แสดงในรูปที่ 5-1 และคุณสมบัติของมันแสดงในรูปที่ 5-2

รูปที่ 5-1 LDR : Light dependent resistor



รูปที่ 5-2 LDR : Resistance(Ω) vs Illuminance(Lux)

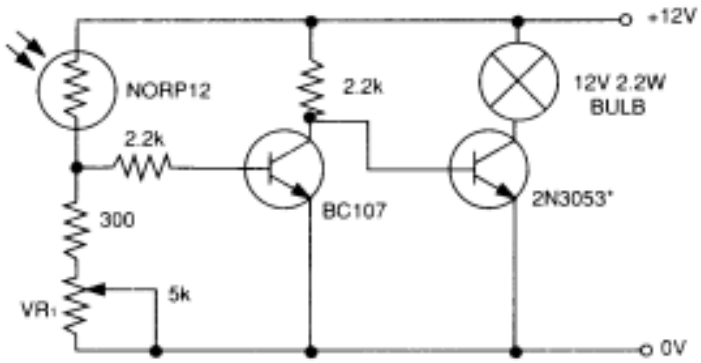


รูปที่ 5-3 LDR : Resistive response(%) vs wavelength(nm)

กล่าวคือ เมื่อแสงที่ตกกระทบผิวหน้าของ แอล ดี อาร์ จะทำให้ความต้านทานของ แอล ดี อาร์ มีค่าลดลง ยิ่งแสงมีความสว่างมาก ความต้านทานยิ่งลดลงมากดังกราฟในรูป 5-2

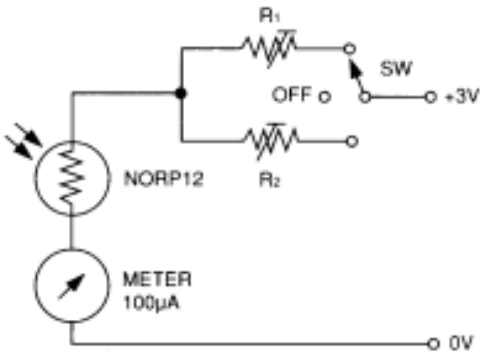
การนำ แอล ดี อาร์ ไปใช้งาน

1.วงจร Automatic Light circuit หรือวงจรเปิด-ปิด ไฟฟ้าอัตโนมัติ โดยใช้ แอล ดี อาร์ เบอร์ NORP12 เป็นตัวตรวจจับแสงสว่าง เมื่อมีแสงสว่างเพียงพอ จะทกให้ ทรานซิสเตอร์ เบอร์ BC170 ทำงานและขับให้ ทรานซิสเตอร์กำลังเบอร์ 2N3053 ทำงานไปด้วย ผลคือทำให้หลอดไฟฟ้า 12V 2.2W ติดสว่าง ตัวต้านทานปรับค่าได้ VR1 เป็นตัวปรับความไว ของแสงสว่างที่จะทำให้หลอดไฟฟ้าทำงาน วงจรดังรูป 5-4



รูปที่ 5-4 Automatic Light circuit

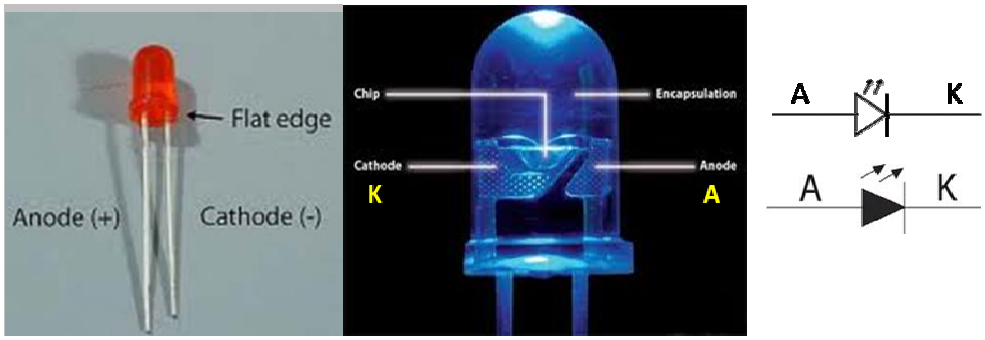
2.วงจร Light Meter หรือวงจรเครื่องวัดแสงดังรูปที่ 5-5 โดยความต้านทาน R1=100KΩ, R2=200KΩ คือตัวต้านที่เลือกย่านวัดและใช้กัลป์วานอมิเตอร์ 100 μA เป็นสเกลในการอ่านค่าความสว่างของแสง ทั้งนี้ตะต้องมีการปรับแต่เครื่องมือวัดแสงนี้กับเครื่องมือวัดแสงมาตรฐาน เช่น ลักซ์มิเตอร์(Lux Meter) ก่อน เป็นต้น



รูปที่ 5-5 Light Meter circuit

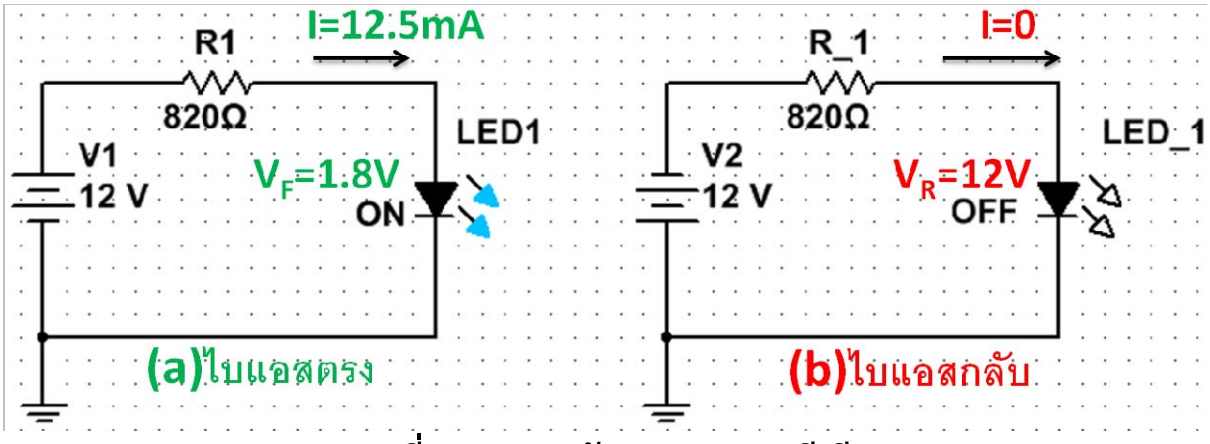
5-2 แอล อี ดี

แอล อี ดี(Light emitting diodes) หรือไดโอดเปล่งแสง เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่ปล่งแสงได้เมื่อได้รับกระแสไฟฟ้า และเปล่งแสงได้หลายสีตามแต่ชนิดของสารที่ใช้ในการผลิต แอล อี ดี ความยาวคลื่นแสงจะเป็นตัวบอกสี ซึ่งหมายถึงขนาดของความยาวคลื่นที่ LED เปล่งแสงออกมา เช่น สีฟ้า จะมีความยาวคลื่น ประมาณ 468nm สีขาว จะมีความยาวคลื่น ประมาณ 462nm สีเหลือง จะมีความยาวคลื่น ประมาณ 468nm สีเขียว จะมีความยาวคลื่น ประมาณ 565nm สีแดง จะมีความยาวคลื่น ประมาณ 630nm เป็นต้น



รูปที่ 5-6 โครงสร้างและสัญลักษณ์ แอล อี ดี

โครงสร้างคล้ายไดโอด แต่เปล่งแสงได้ เมื่อได้รับไบแอสตรง แอล อี ดี ประกอบไปด้วย สารกึ่งตัวนำชนิด พี และเอ็นประกบเข้าด้วยกัน มีผิวด้านหนึ่งเรียบคล้ายกระจก เมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ให้กับ แอล อีดี โดยจ่ายขั้วบวกเข้ากับ แอโนด(A) และขั้วลบ เข้ากับแคโธด(K) จะทำให้อิเล็กตรอนได้รับพลังงานสูงขึ้น จึงข้ามรอยต่อมารวมกับโฮล ที่สารพี เมื่อระดับพลังงานของอิเล็กตรอนเปลี่ยนแปลงจึงคายพลังงานออกมาเป็นคลื่นแสง สำหรับวงจรขับหลอด แอล อี ดี แสดงในรูปที่ 5-7



รูปที่ 5-7 วงจรขับหลอด แอล อี ดี

การคำนวณค่า ความต้านทานจำกัดกระแส

ความต้านทานจำกัดกระแส ในวงจรขับ แอล อี ดี มีความจำเป็น เพราะส่า หากใช้ค่ามากเกินไปกระแสไฟฟ้าไหลได้น้อยหลอด แอล อี ดี จะดับ และหากมีค่าน้อยเกินไป กระแสไฟฟ้าไหลได้มากกว่าความต้องการ ทำให้หลอด แอล อี ดี อาจจะขาดได้ จากรูป 5-7(a) คือ R_1 สามารถคำนวณได้จาก ค่าพิกัดของ แอล อี ดี เช่น แอล อี ดี สีแดง มีแรงดันตกคร่อมเมื่อนำกระแส (V_F) = 1.8V และกระแส(I_F) = 12.5mA

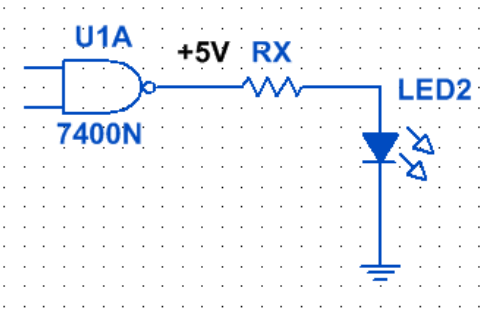
ดังนั้น

$$R_1 = \frac{V_1 - V_F}{I_F}$$

$$R_1 = \frac{12 - 1.8V}{12.5mA} = 822\Omega$$

ในทางปฏิบัติจะเลือกค่า ความต้านทานมาตรฐาน คือ R=820Ω

ตัวอย่างที่ 5-1 จากวงจรต่อไปนี้ จงหาค่า Rx เมื่อ I_F=10mA, V_F=2.0V

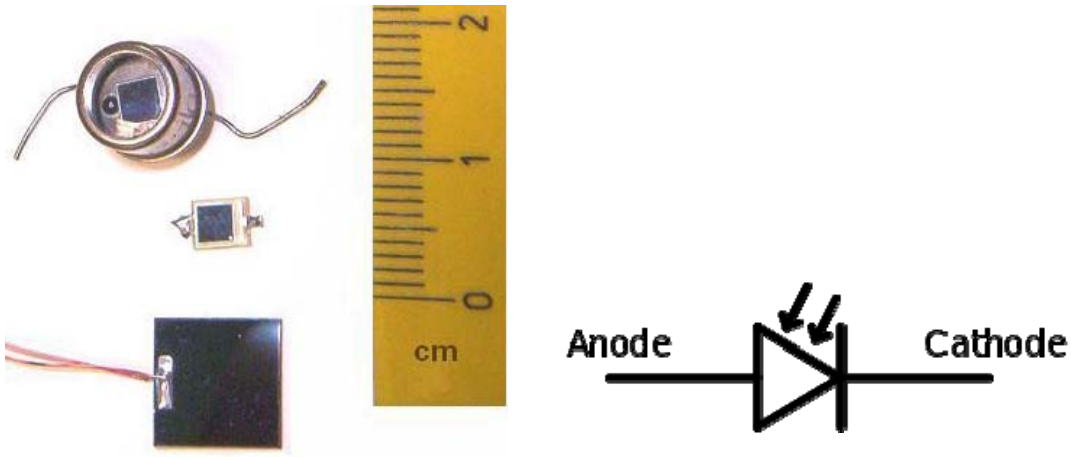


ตอบ

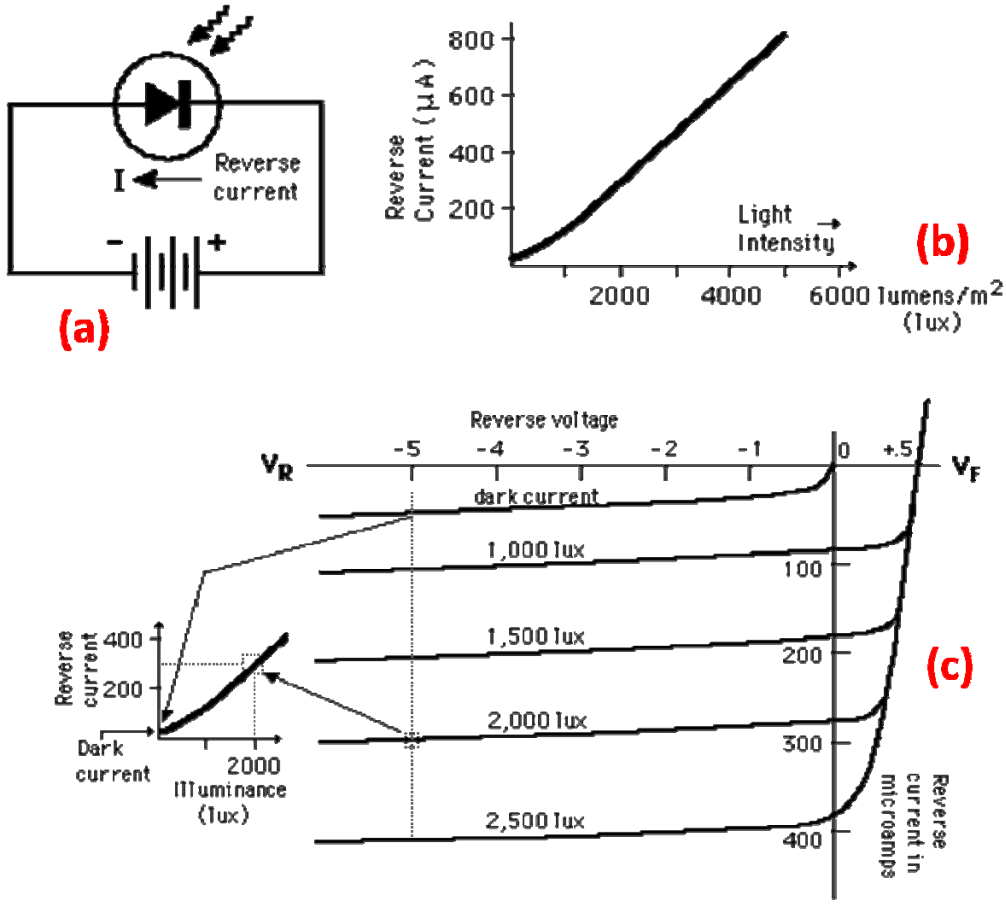
$$R_X = \frac{5 - 2.0V}{10mA} = 333\Omega$$

5.3 โฟโตไดโอด

โฟโตไดโอด (Photo diodes) โฟโตไดโอด คือ สารกึ่งตัวนำสองชิ้นคือ พี-เอ็น คล้ายไดโอด จะทำงานเมื่อได้รับไบแอสกลับ และเมื่อมีแสงเข้ามาตกกระทบที่รอยต่อ พี เอ็น จะเปลี่ยนสัญญาณแสงให้เป็น สัญญาณไฟฟ้า เมื่อแสงตกกระทบอิเล็กตรอนที่ ยึดติดอยู่กับอะตอมจะหลุดออกจากวงโคจร เกิดเป็นอิเล็กตรอนอิสระ และโฮลอิสระขึ้น อิเล็กตรอน และโฮลเหล่านี้จะเคลื่อนที่เข้าไปในเขตปลอดพาหะ เกิดเป็นกระแสไฟฟ้า ย้อนกลับด้วยปริมาณที่แปรเปลี่ยน ตามความเข้มแสง เรียกว่า **กระแสโฟโต(Photo current)** โฟโตไดโอดจะมีความไวต่อแสงมากกว่า แอล ดี อาร์ ดังนั้นจึงนิยมนำไปใช้งานอย่างกว้างขวางกว่า แอล ดี อาร์ เช่น การวัดความเข้มแสง ชัตเตอร์แสง การวัดระยะทางไกลด้วยแสงอินฟาเรด การตรวจจับสัญญาณแสงที่ความถี่สูง เป็นต้น ลักษณะและวงจร โฟโตไดโอดแสดงดังรูปที่ 5-8



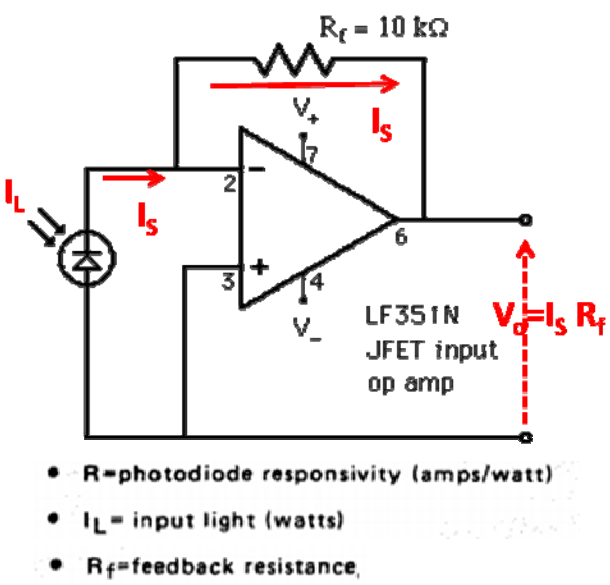
รูปที่ 5-8 โฟโตไดโอด



รูปที่ 5-9 V-I Characteristic ของโฟโตไดโอด

วงจร โฟโตไดโอดแสดงดังรูปที่ 5-9(a) เป็นการต่อไบแอสกลับ และเมื่อโฟโตไดโอดได้รับแสงจะทำให้ กระแสไบแอสกลับ(reverse current) เพิ่มมากขึ้น กระแสนี้จะแปรผันตรงกับความเข้มของแสง(light intensity หน่วยเป็น Lux หรือ Lumens)รูปที่ 5-9(b) เป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง กระแสที่โฟโตไดโอดจ่ายออกมา กับความเข้มของแสง จะพบว่ามีลักษณะเป็นเชิงเส้น สำหรับรูปที่ 5-9(c) เป็นการฟ กระแส กับแรงดันของโฟโตไดโอด เมื่อโฟโตไดโอดได้ไบแอสตรงจะมีคุณลักษณะเหมือนไดโอดธรรมดา แต่เมื่อให้ไบแอสกลับ เช่น ความเข้มของแสง 1000 Lux จะได้กระแส 100μA หรือ ถ้าความเข้มของแสงเพิ่มขึ้นเป็น 2000 Lux จะได้กระแส 300μA เป็นต้น

การนำ โฟโตไดโอดไปใช้งาน



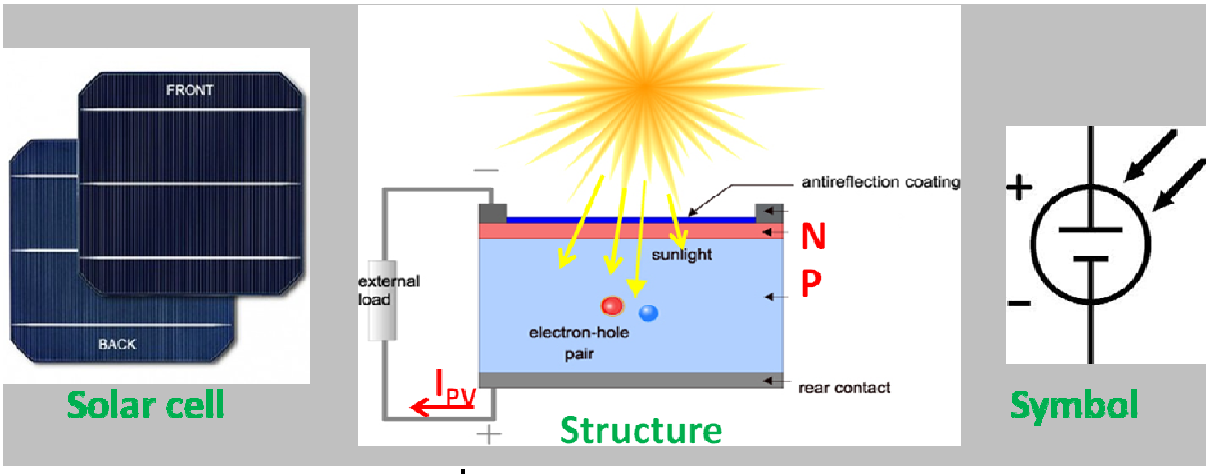
1.วงจร Photo diode Light detector circuit หรือวงจรตรวจจับความเข้มแสง โดยใช้โฟโตไดโอดทำหน้าที่เป็นตัวเซ็นเซอร์ตรวจจับแสง และต่อเข้าที่อินพุตของออปแอมป์ เพื่อขยายแรงดันเอาต์พุต โดยแรงดันเอาต์พุต จะแปรผันตรงกับค่าความเข้มแสง คือ $V_O=I_S x R_f$ และ $I_S=R x I_L$ ดังนั้นเมื่อ ความเข้มของแสงมีค่าสูง จะได้แรงดันเอาต์พุตสูงตามไปด้วยนั่นเอง

รูปที่ 5-10

5-4 เซลล์แสงอาทิตย์

โครงสร้าง เซลล์แสงอาทิตย์(Solar Cells) หรือ photovoltaic cell ซึ่งมาจากคำว่า **Photovoltaic** คำว่า photo หมายถึง แสง และ volt หมายถึง แรงดันไฟฟ้า เมื่อรวมคำแล้วหมายถึง กระบวนการผลิตไฟฟ้าจากการตกกระทบของแสงบนวัตถุที่มีความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิคอน (Silicon), แกลเลี่ยม อาร์เซไนด์ (Gallium Arsenide), อินเดียมฟอสไฟด์ (Indium Phosphide), แคดเมียม เทลเลอไรด์ (Cadmium Telluride) และคอปเปอร์ อินเดียม ไดเซเลไนด์ (Copper Indium Diselenide) เป็นต้น ทำหน้าที่แปลงความเข้มของสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า เมื่อความเข้มของแสงอาทิตย์มีค่ามาก จะให้กำลังไฟฟ้ามาก นั่นเอง โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์ประกอบไปด้วย สารกึ่งตัวนำชนิด พี และเอ็น เช่นเดียวกันกับโฟโตไดโอด ที่ต่างกันคือ เซลล์แสงอาทิตย์ จ่ายไฟฟ้าออกมาได้โดยไม่ต้องใช้แรงดันไบแอสกลับป้อนให้มัน แสงอาทิตย์ เมื่อนำขั้วไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ต่อเข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรง กระแสไฟฟ้าจะไหลเข้าสู่อุปกรณ์

เหล่านั้น ทำให้สามารถทำงานได้ ลักษณะของเซลล์แสงอาทิตย์ และสัญลักษณ์แสดงในรูปที่ 5-11



รูปที่ 5-11 เซลล์แสงอาทิตย์

ดูการเกิดกระแสไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ ที่Link ต่อไปนี้
http://pveducation.org/pvcdrom/solar-cell-operation/light-generated-current

การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์

เมื่อเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับแสงอาทิตย์ จะเกิดการสร้างพาหะนำไฟฟ้าประจุลบและบวกขึ้น ได้แก่ อิเล็กตรอนและ โฮล โครงสร้างรอยต่อพี-เอ็นจะทำหน้าที่สร้างสนามไฟฟ้าภายในเซลล์ เพื่อแยกพาหะนำไฟฟ้าชนิดอิเล็กตรอนไปที่ขั้วลบ และพาหะนำไฟฟ้าชนิดโฮลไปที่ขั้วบวก (ปกติที่ฐานจะใช้สารกึ่งตัวนำชนิดพี ขั้วไฟฟ้าด้านหลังจึงเป็นขั้วบวก ส่วนด้านรับแสงใช้สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น ขั้วไฟฟ้าจึงเป็นขั้วลบ) ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าแบบกระแสตรงที่ขั้วไฟฟ้าทั้งสอง เมื่อต่อให้ครบวงจรไฟฟ้าจะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลไปสู่โหลดได้ ดังรูปที่ 5-11 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิคอนหนึ่งเซลล์ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 4 นิ้ว จะให้กระแสไฟฟ้าประมาณ 2-3 แอมแปร์ และให้แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดประมาณ 0.6 โวลต์ เนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ไม่มากนัก ดังนั้นเพื่อให้ได้กำลังไฟฟ้ามากเพียงพอสำหรับใช้งาน จึงมีการนำ

เซลล์แสงอาทิตย์หลายๆ เซลล์มาต่อกันเป็น เรียกว่า **แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Modules)** ลักษณะการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขึ้นอยู่ว่าต้องการกระแสไฟฟ้าหรือแรงดันไฟฟ้า การต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบขนาน จะทำให้ได้กระแสไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น การต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอนุกรม จะทำให้ได้แรงดันไฟฟ้าสูงขึ้น แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดต่างๆที่นิยมใช้งานในเชิงพานิชย์แสดงในรูปที่ 5-12

รูปที่ 5-12 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดต่างๆ

ที่มา : http://www.leonics.co.th/html/th/aboutpower/solar_knowledge.php

ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์

ชนิดซิลิคอนผลึกเดี่ยว (Single Crystalline Silicon solar cell) มีประสิทธิภาพระหว่าง 15-20%

ชนิดซิลิคอนผลึกผสม (Polycrystalline Silicon solar cell) มีประสิทธิภาพระหว่าง 13-15%

และชนิดอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous Silicon solar cell) มีประสิทธิภาพระหว่าง 5-8%

แบบฝึกหัดบทที่ 5
อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทางแสง

จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

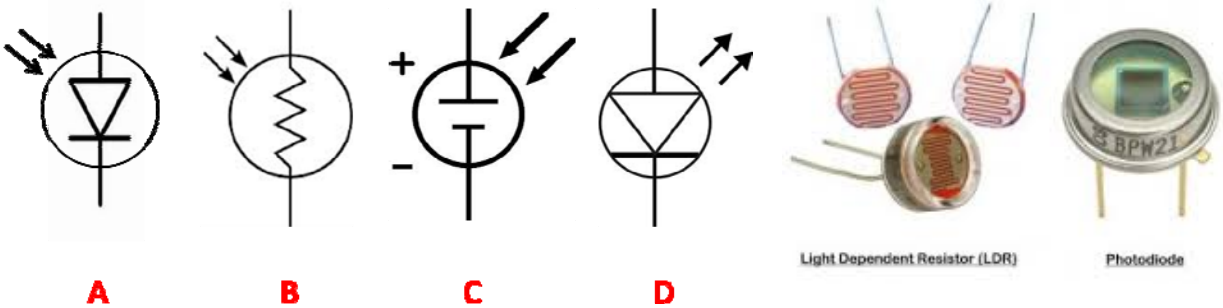
1. LDR ใช้งานได้ดีกับแสงที่มีความยาวคลื่นระหว่าง..... nm

ก. 300-500 ข. 400-700 ค. 600-800 ง. 800-1000

2. เมื่อแสงที่ตกกระทบผิวหน้าของ LDR จะทำให้ความต้านทานของมันจะ.....

ก. ลดลง ข. เพิ่มขึ้น ค. ถูกทุกข้อ ง. ผิดทุกข้อ

จากรูปต่อไปนี้ใช้ตอบคำถามข้อ 3-5



3.ข้อใดคือสัญลักษณ์ของ LDR

ก. A ข. B ค. C ง. D

4.ข้อใดคือสัญลักษณ์ของ Photo diode

ก. A ข. B ค. C ง. D

5.ข้อใดคือสัญลักษณ์ของ LED

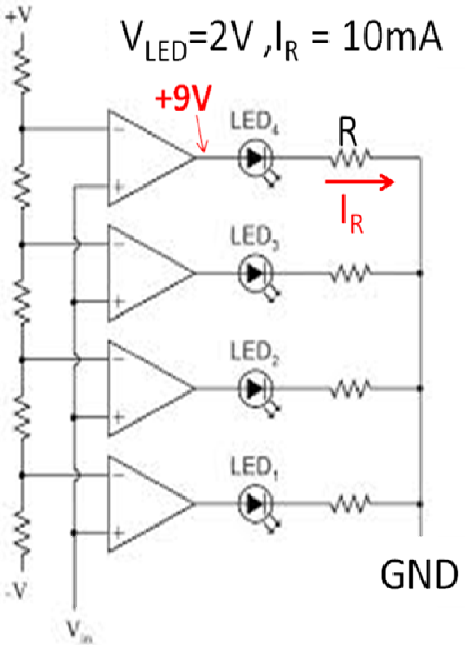
ก. A ข. B ค. C ง. D

6.อุปกรณ์ข้อใด ใช้เป็นหลอดไฟแสดงผลได้

ก. LDR ข. Solar Cell ค. LED ง. Photo diode

7.อุปกรณ์ข้อใด ใช้เป็นเซ็นเซอร์แสงไม่ได้

ก. LDR ข. Solar Cell ค. LED ง. Photo diode



8. จากวงจรด้านบน จงหาค่าของ R

ก. 400Ω ข. 500Ω ค. 600Ω ง. 700Ω

9. คุณสมบัติในข้อใดที่ โฟโตไดโอด เหนือกว่า แอล ดี อาร์

ก. มีความไวต่อแสงมากกว่า ข. มีความไวต่อกระแสไฟฟ้ามากกว่า

ค. มีราคาต่ำกว่า ง. มีกินไฟฟ้ากระแสมากกว่า

10.อุปกรณ์ใดที่มีความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง

ก. LDR ข. Solar Cell ค. LED ง. Photo diode