



ชุดจุดหลอดพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับไฟยอเดเลาโทรคมนาคม

นายสรารุช เหมือนเผ่าพงษ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

พ.ศ. 2549

ชุดจุดหลอดพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับไฟยอเดเสาโทรคมนาคม

นายศราวุธ เหมือนเผ่าพงษ์ วท.บ. (อิเล็กทรอนิกส์)

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
พ.ศ. 2549

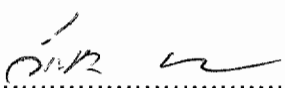
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


.....
(ผศ.ดร.ณรงค์ มั่งคั่ง)

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


.....
(ผศ.ดร.ธเนศ ธนิตย์ธีรพันธ์)

กรรมการ


.....
(นอ.ดร.วีระชัย เขาว์กำเนิด)

กรรมการ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

สำนักหอสมุด
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ชุดจุดหลอดพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับหลอดไฟยอเดาโทรคมนาคม
หน่วยกิต	6
ผู้เขียน	นายศราวุธ เหมือนเผ่าพงษ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.ธนศ ษนิษฐ์ ชีรพันธ์
หลักสูตร	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	ครุศาสตร์ไฟฟ้า
คณะ	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
พ.ศ.	2549

บทคัดย่อ

การสื่อสารโทรคมนาคมมีความจำเป็นในการดำเนินชีวิตประจำวันมากขึ้น โดยเฉพาะการใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่นั้น ต้องใช้สถานีรับส่งสัญญาณของโทรศัพท์มือถือ ที่เป็นสูงสุดเพื่อใช้ในการติดตั้งสายอากาศ รับ-ส่ง สัญญาณ ระหว่างเครื่องลูกข่ายกับแม่ข่าย เฉพาะบริษัท โทเทิล แอ็คเซ็ส คอมมูนิเคชั่นนั้นมีสถานียานในการให้บริการอยู่ถึง 7,900 สถานีโดยที่เสาสูงเหล่านี้ ต้องติดตั้งไฟสัญญาณกระพริบสีแดงที่ยอดเสา เพื่อเป็นสัญญาณเตือนสิ่งกีดขวางการเดินทางทางอากาศ ที่จะสามารถมองเห็นจุดสูงสุดของเสาได้ในเวลาที่มีแสงน้อย ตามข้อกำหนดของ International Civil Aviation Organization (ICAO) ไฟสัญญาณนี้ใช้หลอดไฟ แบบ Incandescent lamp โดยมีความสว่างไม่น้อยกว่า 32 แคนเดียนลา บรรจุในวัสดุโปร่งแสง สีแดง ใช้กับเสาที่มีความสูงเกิน 45 เมตร ซึ่งมีข้อเสีย คือใช้พลังงานมาก เนื่องจากใช้หลอดทั้งสแตนด์ ประมาณ 100 วัตต์ อายุการใช้งานสั้นและมีการสูญเสียพลังงานไปในรูปของความร้อนเป็นปริมาณที่สูงมาก (ประมาณ90%)

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมชุดหลอด LED โดยใช้หลักการสวิทช์ความถี่ด้วยการกำหนดค่า Duty ของวงจรจากจำนวนบิตของเอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งวงจรนี้จะใช้แหล่งกำเนิดพลังงานจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะลดกำลังงานไฟจากการใช้หลอดแบบเดิมให้ได้อย่างน้อย 50 % และจะต้องมีค่าความเข้มแสงตามมาตรฐานของ ICAO

ผลจากการทดลองปรากฏว่า วงจรที่พัฒนาขึ้นสามารถให้ค่าความเข้มแสงสูงถึง 2530 LUX โดยใช้กำลังงาน 4.8W ซึ่งประหยัดกำลังงานลงจากเดิมได้ถึง 95.2% ที่ค่าDuty 37.50% เป็นค่าที่มีความเหมาะสมที่สุดในการใช้งาน เนื่องจากมีค่าความเข้มแสงไม่น้อยกว่าวงจรแบบเดิมและเป็นไปตามวัตถุประสงค์

คำสำคัญ : อัตราส่วนของช่วงเวลา on และoff ของวงจรสวิทช์

Thesis Title	Solar Power Telecommunication Tower Light
Thesis Credits	6
Candidate	Mr. Sarawut Muanpaopong
Thesis Advisors	Dr. Tanes Tanitteerapan
Program	Master of Science in Industrial Education
Field of Study	Electrical Engineering
Department	Electrical Technology Education
Faculty	Industrial Education and Technology
B.E	2549

Abstract

At present, the necessity of Telecommunication is dramatically increased for modern lifestyle. Especially mobile phones, sent and received signal stations, which are high towers, is set in order to distribute the signal from main telephone network to each mobile phones. For example, Total Access Communication Co, Ltd. has 7,900 of these high towers to support customers. These high towers have to fix the red twinkle lamps to show emergency barriers for transportation by air at less sunlight. According to the International Civil Aviation Organization (ICAO), if the height of the tower is less than 45 m, the emergency barrier is the incandescent lamp covered with red translucent materials. Its brightness is not less than 32 candelas. However, it consumes a lot of energy. Normally, a 100 watt tungsten lamp is applied. Since this lamp is made of tungsten, its useful life is short and loss the energy in the form of heat (90% of total energy output).

Thus, this research was established to reduce 50% of electrical power of the emergency lamp and still provide the light intensity with in ICAO standard. A microcontroller was developed to control the LED lamp by the frequency switch. The circuit duty was defined by amount of the output pin of microcontroller. The energy source of this circuit was came from solar cells.

The experimental results had shown the developed microcontroller provided the light intensity, 2530 LUX but consumed only 4.8 Watts of electrical power. Power consumption was reduced to 95.2% at 37.50% duty. This was an optimum point because the conventional circuit.

Keyword : On - Off ratio of Switching Circuit

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ชนเชต รัตนศิริพันธ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมการทำวิจัยที่กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่ายิ่งให้คำปรึกษาและคำแนะนำตลอดจนแนวคิดต่างๆ ทำให้การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านซึ่งมี ผศ.ดร.ณรงค์ มั่งคั่ง และ นอ.ดร.วีระชัย เขียวกำเนิด ที่ได้กรุณาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ และผู้วิจัยขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาต่างๆ ตลอดระยะเวลาในการศึกษา ขอขอบพระคุณพนักงานบมจ.กสท.โทรคมนาคมที่ให้การสนับสนุนและข้อคิดดีๆในการทำวิจัย ขอขอบคุณ อ.ปิยะวัสส์ โอภาสวัชรานนท์ คุณนิติกุล ไชยวรรณ ที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลและรวบรวมผลการทดลอง ขอขอบพระคุณพี่ๆเพื่อนๆและน้องๆทุกคนที่อำนวยความสะดวกในการวิจัยครั้งนี้

ทั้งนี้ที่ขาดเสียไม่ได้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และญาติพี่น้องที่คอยเป็นกำลังใจให้ฝ่าฟันอุปสรรคต่างๆ จนทำให้การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
รายการตาราง	ช
รายการรูปประกอบ	ซ

บทที่

1. บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	4
1.5 นิยามศัพท์ที่ใช้ในงานวิจัย	4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ เซลล์แสงอาทิตย์	5
2.2 หลอด แอลอีดี (LED)	8
2.3 ธรรมชาติของแสง	12
2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 8051	13
2.5 แบตเตอรี่	24
3. วิธีการทดลอง/ ระเบียบวิธีวิจัย	26
3.1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น	26
3.2 การออกแบบระบบการทำงานของวงจร	30
3.3 การทดสอบระบบการทำงานของวงจร	31
3.4 เปรียบเทียบค่าต่างๆของวงจรที่พัฒนาขึ้นเปรียบเทียบกับมาตรฐาน ที่มีการกำหนดไว้	32

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4. ผลการทดลอง	33
4.1 ค่ากระแสที่ใช้ในวงจรเมื่อเปลี่ยนแปลงค่า duty	33
4.2 ค่าความเข้มแสงที่เกิดขึ้นในแต่ละด้านของชุดแสดงผล	36
เอกสารอ้างอิง	40
ภาคผนวก	
ก. Technical data	41
ประวัติผู้วิจัย	142

รายการตาราง

ตาราง	หน้า
1.1 แสดงค่าความเข้มแสงของไฟยอเดเสาโทรคมนาคมตามข้อกำหนดของ ICAO	2
1.2 แสดงรายละเอียดและคุณสมบัติการทำงานของไฟยอเดเสาโทรคมนาคมที่ระดับความสูง3ต่างๆตามข้อกำหนดของ ICAO	3
2.1 แสดงชื่อเรียก R0-R7	15
2.2 แสดงค่าของบิตที่อยู่ภายในรีจิสเตอร์ PSW	16
2.3 ชื่อบิต: PSW ตำแหน่ง: D0h ค่าบิตเริ่มต้น: 0000 0111	18
2.4 ชื่อบิต: PCON ตำแหน่ง: 97h ค่าบิตเริ่มต้น: 0xxx 0000	19
2.5 การทำปฏิกิริยาทางเคมีที่ขั้วลบ	24
2.6 การทำปฏิกิริยาทางเคมีที่ขั้วบวก	25
3.1 แสดงข้อกำหนดมาตรฐานเกี่ยวกับความเข้มแสงและสีของไฟยอเดเสาโทรคมนาคม	27
3.2 แสดงคุณลักษณะของ LED ที่นำมาใช้ในการวิจัย	27
3.3 แสดงคุณลักษณะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่นำมาใช้ในการทดลอง	28
4.1 แสดงค่ากระแสที่ใช้ของวงจรที่ค่าDutyต่างๆที่ใช้ในการทดลองและค่าความเข้มแสงเฉลี่ย	33
4.2 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าDuty และค่าความเข้มแสงของแต่ละด้านเฉลี่ย	36
4.3 แสดงค่าการใช้กระแส ค่าความเข้มแสง และค่ากำลังงานของอุปกรณ์แบบเดิม	37

รายการรูปประกอบ

รูป	หน้า
2.1 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดต่างๆ	5
2.2 หลักการทำงานทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์	6
2.3 หลอด LED	8
2.4 อิเล็กตรอนอิสระจาก N เคลื่อนที่ข้ามรอยต่อไปลงหลุมที่ P ทำให้เกิดโซนดีพลีชัน	9
2.5 เมื่อต่อขั้วลบของแบตเตอรี่เข้ากับ N และขั้วบวกเข้ากับ P	10
2.6 เมื่อต่อขั้วบวกของแบตเตอรี่เข้ากับ N และขั้วลบเข้ากับ P โซนดีพลีชันมีขนาดกว้างขึ้น	10
2.7 ความคุมทิศทางของแสงในหลอด	11
2.8 การให้แสงของอะตอม	12
2.9 เชื่อมต่อ 8051 กับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก	14
2.10 การใช้งานโปรแกรม Systonix RAD51	23
2.11 แสดงใช้โปรแกรม Flash-X สำหรับทำการ บันทึกโปรแกรมที่เขียนไว้ลงไปใน 8051	24
2.12 การต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรมและแบบขนาน	25
3.1 แสดงตำแหน่งขาที่ต้องต่อใช้งานของ Microcontroller 8051	29
3.2 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของวงจร	30
3.3 แสดงรายละเอียดของชุดวงจรควบคุมที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ AT89C51	31
4.1 แสดงรูปสัญญาณที่วัดได้จาก เอาท์พุทที่ Duty 12.5%	33
4.2 แสดงรูปสัญญาณที่วัดได้จาก เอาท์พุทที่ Duty 25%	34
4.3 แสดงรูปสัญญาณที่วัดได้จาก เอาท์พุทที่ Duty 37.5%	34
4.4 แสดงรูปสัญญาณที่วัดได้จาก เอาท์พุทที่ Duty 50%	35
4.5 แสดงรูปสัญญาณที่วัดได้จาก เอาท์พุทที่ Duty 62.5%	35

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

พลังงานเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับการดำรงชีวิตมนุษย์ที่มีความสำคัญอย่างหนึ่งต่อการดำรงชีวิต แหล่งพลังงานที่มีอยู่ในปัจจุบันมีจำกัด ดังนั้นมนุษย์จึงต้องเรียนรู้วิธีการใช้อย่างประหยัด เพื่อให้มีเวลาเพียงพอสำหรับการวางแผนในอนาคตและพัฒนาแหล่งพลังงานอย่างอื่นมาใช้ทดแทนก่อนที่จะแหล่งพลังงานในปัจจุบันจะถูกใช้หมดไป

ปัญหาพลังงานจึงเป็นปัญหาสำคัญสำหรับทุกประเทศ ไม่ว่าจะเป็นประเทศที่พัฒนาแล้วหรือประเทศกำลังพัฒนารวมทั้งประเทศไทยด้วย เพราะสามารถผลิตพลังงานได้บางส่วน ที่เหลือต้องนำเข้าจากต่างประเทศ จากสถิติปี 2530 ประเทศไทยผลิตพลังงานได้ทั้งหมด คิดเทียบเป็นน้ำมันดิบ 19,867 พันตัน แต่ปริมาณที่ใช้ทั้งหมด คิดเป็นน้ำมันดิบ 31,203 พันตัน จึงต้องมีการนำเข้าพลังงาน คิดเทียบเป็น น้ำมันดิบ 11,336 พันตัน (สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ 2539: IV-V)

การพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ ยังมีการพัฒนามากขึ้นเท่าไรความต้องการพลังงานไฟฟ้าก็ยิ่งสูงมากขึ้นเท่านั้น การเจริญเติบโตอย่างก้าวกระโดดของเศรษฐกิจไทย ในช่วงสองทศวรรษที่ผ่านมา ระหว่างปี 2520 – 2540 ส่งผลให้ความต้องการใช้ไฟฟ้าของประเทศเพิ่มสูงขึ้นในอัตราเฉลี่ยร้อยละ 10 – 15 ต่อปี โดยในปี 2545 ความต้องการใช้ไฟฟ้าของประเทศสูงสุดมีปริมาณเท่ากับ 16,681.1 เมกะวัตต์ เมื่อวันที่ 4 เมษายน 2545 ซึ่งเพิ่มขึ้นจากการใช้ไฟฟ้าสูงสุด เดิมปี 2544 เท่ากับ 554.7 เมกะวัตต์ หรือเพิ่มขึ้น 3.44% และคาดการณ์กันว่าในปี 2554 ความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดของประเทศจะสูงถึง 30,587 เมกะวัตต์ (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย Statistical Report Fiscal Year 2002,1) การผลิตไฟฟ้าเพิ่มขึ้นให้เพียงพอกับความต้องการที่สูงขึ้นอย่างไม่มีขีดจำกัดนั้น นอกจากจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในแง่ของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศแล้ว ยังทำให้ต้นทุนค่าไฟฟ้าของประเทศโดยรวมสูงขึ้น เนื่องจากแหล่งทรัพยากรพลังงานที่มีอยู่อย่างจำกัดภายในประเทศได้ถูกนำมาใช้จนมีปริมาณลดลงอย่างต่อเนื่อง การผลิตไฟฟ้าเพิ่มขึ้น จำเป็นต้องนำเข้าเชื้อเพลิงจากต่างประเทศซึ่งมีราคาสูงและผันผวนอยู่ตลอดเวลา การเพิ่มขึ้นของค่าไฟฟ้าย่อมทำให้ต้นทุนการผลิตสินค้าของประเทศไทยสูงขึ้น ส่งผลให้ความสามารถในการแข่งขันของสินค้าไทยในตลาดโลกลดลง การจัดการให้มีการใช้ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากจะทำให้การเพิ่มขึ้นของความต้องการใช้ไฟฟ้าของประเทศชะลอตัวลงแล้วยังทำให้ต้นทุนการผลิตสินค้าของประเทศถูกลง

จากเหตุผลข้างต้นทำให้ทุกคนต้องตระหนักถึงการใช้พลังงานไฟฟ้าในกิจกรรมต่างๆ เพราะการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละหน่วยหมายถึงเราต้องสูญเสียทรัพยากรธรรมชาติที่เป็นต้นกำเนิดของพลังงาน เนื่องจากข้าพเจ้าปฏิบัติงานให้กับ บมจ. กสท โทรคมนาคม ซึ่งเป็นบริษัทที่ให้บริการด้านโทรคมนาคมทุกรูปแบบ จึงมองเห็นว่าในธุรกิจดังกล่าวนี้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูงเพื่อให้อุปกรณ์สื่อสารต่างๆ ทำงานได้อย่างต่อเนื่อง สิ่งหนึ่งที่เรามิควรมองข้ามคือการใช้พลังงาน ณ สถานีสถานของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่เป็นต้น

เมื่อเราเดินทางไปตามท้องถนนจะสังเกตเห็นว่ามีสถานีรับส่งสัญญาณของโทรศัพท์มือถือระบบต่างอยู่ริมถนนโดยทั่วไป จะเห็นว่าทุกสถานีจำเป็นต้องมี เสาสูงเพื่อใช้ในการติดตั้งสายอากาศ รับ-ส่งสัญญาณ ระหว่างเครื่องลูกข่ายกับแม่ข่าย จากข้อมูลในเว็บไซต์ ของบริษัทโทเทิล แอ็คเซ็ส คอมมูนิเคชั่น แสดงไว้ว่ามีสถานีฐานในการให้บริการอยู่จำนวนมากถึง 6,400 สถานีและมีการติดตั้งเพิ่มเติมอีกในปี 2549 จำนวน 1,500 สถานี รวมเป็น 7,900 สถานีภายในสิ้นปี 2549 นี้ในการติดตั้งเสาสูงเหล่านี้ ต้องติดตั้ง ไฟสัญญาณกระพริบสีแดง ที่ยอดเสา เพื่อเป็นสัญญาณเตือนสิ่งกีดขวาง (Obstruction Light) การเดินทางทางอากาศเพื่อที่เครื่องบินที่บินผ่านในบริเวณนั้นสามารถมองเห็นจุดสูงสุดของเสาได้ในเวลากลางคืนหรือในเวลาที่มีแสงน้อย ตามข้อกำหนดของ International Civil Aviation Organization (ICAO) ซึ่งกำหนดไว้ดังตารางที่1.1

ตารางที่ 1.1 แสดงค่าความเข้มแสงของไฟยอดเสาโทรคมนาคมตามข้อกำหนดของ ICAO

BEACONS						
divided for color and intensity						
TYPE	DESCRIPTION	COLOR		INTENSITY(candles)		
		fixed	flash	night	twilight	day
LIOL A	Low Intensity Obstruction Light	RED		>10		
LIOL B	Low Intensity Obstruction Light	RED		>32		
MIOL A	Medium Intensity Obstruction Light		WHITE	>2.000	>20.000	>20.000
MIOL B	Medium Intensity Obstruction Light		RED	>2.000		
MIOL C	Medium Intensity Obstruction Light	RED		>2.000		
HIOL A	High Intensity Obstruction Light		WHITE	>2.000	>20.000	>200.000

ตารางที่ 1.2 แสดงรายละเอียดและคุณสมบัติการทำงานของไฟขอเคเสโทรคมนาควที่ระดัควความสูงต่างๆตามข้อกำหนดของ ICAO

VERTICAL STRUCTURES BEACONS' SELECTION					
ELEVATION	MARKED	LIOL-A/B	MIOL-A	MIOL-B/C	HIOL-A
<45m	yes	only night			
<45m	no	only night			
>45m <105m	yes	only night (1)		only night (2)	
>45m <105m	yes		only night		
>45m <105m	no		day night		
>105m <150m	yes	only night (1)		only night (2)	
>105m <150m	yes		only night		
>105m <150m	no		day night		
>150m	yes	only night (1) (3)		only night (2)	
>150m	yes		only night (3)		
>150m	yes				day night (4)
>150m	no		day night (3)		
>150m	no				day night (4)

ไฟสัญญาณนี้ จะติดเองในเวลากลางคืนและดับตอนเช้า ใช้หลอดไฟ แบบ Incandescent lamp ขนาดความสว่างไม่น้อยกว่า 32 แคนเดิลลา บรรจุอยู่ในวัสดุโปร่งแสง สีแดง ขนาดใหญ่ ใช้กับเสาที่มีความสูงไม่เกิน 45 เมตร ซึ่งมีข้อเสียคือ

- ใช้พลังงานมาก เนื่องจากใช้หลอดทั้งสแตนด์ ฮาโลเจน
- อายุการใช้งานสั้น เนื่องจากต้องกระพริบ ตลอดเวลาที่ทำงาน(ประมาณ 2,500 - 5,000 ชั่วโมง) ในกรณีนี้ ถ้าคิดที่การทำงานในเวลากลางคืน ประมาณ 12 ชั่วโมง Duty cycle ในการกระพริบที่ 50 % จะใช้งานได้ประมาณ 1- 2 ปี
- มีการสูญเสียพลังงานไปในรูปของความร้อนเป็นปริมาณที่สูงมาก (ประมาณ 90 %)
- ทำการเปลี่ยนหลอดในกรณีที่หลอดขาดทำได้ยากเนื่องจากอยู่บนที่สูง

จากข้อเสียดังกล่าวข้างต้น จึงมีความเห็นว่าควรที่จะหาหลอดไฟ ชนิดที่มีความทนทานสูง กินพลังงานต่ำ แต่ต้องส่องแสงได้สีตามที่ต้องการและสว่างตามข้อกำหนดพอที่จะเห็นได้ชัดเจนในเวลากลางคืน ซึ่งหลอดไฟดังกล่าว ก็คือ LED สีแดงนั่นเอง เมื่อเรานำเอา LED มารวมกันเป็นกลุ่ม ก็สามารถให้แสงสว่างได้มากพอ ในการมองเห็นได้ชัดเจนในเวลากลางคืน การใช้ LED แทนหลอดไส้ จะสามารถลดการใช้พลังงานลงได้อย่างมาก หากเรานำ โซลาร์เซลล์มาใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนได้อีกก็ยิ่งลดค่าไฟฟ้าลงได้อีก เนื่องจาก LED ใช้ไฟฟ้าสูงสุดเพียง หลอดละ 130 มิลลิวัตต์ นำมาจัดเป็นกลุ่ม แล้วใช้ทดแทนหลอดไส้ ก็ลดการใช้พลังงานลงได้อย่างมาก

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.2 เพื่อศึกษาและออกแบบ วงจรจุดหลอด LED โดยใช้ ไฟจาก Solar cell มาชาร์จแบตเตอรี่ สำหรับใช้กับเสาโทรคมนาคมที่มีความสูงไม่เกิน 45 เมตร

1.2.3 เพื่อพัฒนางจรแบบใหม่ที่มีการใช้กำลังงานไฟฟ้าต่ำกว่าวงจรแบบเดิม 50% โดยมีค่าความเข้มแสงตามมาตรฐานของ ICAO

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ศึกษาและออกแบบ วงจรจุดหลอด LED โดยใช้ ไฟจาก Solar cell เป็นแหล่งพลังงานสำหรับ ชาร์จแบตเตอรี่ เพื่อใช้กับเสาโทรคมนาคมที่มีความสูงไม่เกิน 45 เมตร

1.3.2 พัฒนางจรแบบใหม่ที่มีการใช้กำลังงานไฟฟ้าต่ำกว่าวงจรแบบเดิม 50% โดยมีค่าความเข้มแสงตามมาตรฐาน ICAO

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถลดอัตราการใช้กำลังงานของไฟสัญญาณยอดเสาโทรคมนาคมตามมาตรฐานเดิมลง ได้ไม่น้อยกว่า 50 %

1.5 นิยามศัพท์ที่ใช้ในงานวิจัย

1.5.1 เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) หมายถึง เป็นสิ่งประดิษฐ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างจากสารกึ่งตัวนำ ซึ่งสามารถเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ (หรือแสงจากหลอดไฟ) เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยตรง และไฟฟ้าที่ได้นั้นจะเป็นไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current) จัดว่าเป็นพลังงานทดแทนชนิดหนึ่ง สะอาด และไม่สร้างมลภาวะใดๆ ขณะทำงาน

1.5.2 หลอด แอลอีดี (LED) หรือ ไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode) ทำจากสารกึ่งตัวนำ เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานแสง

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยในครั้งนี้ได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเรื่องเกี่ยวกับเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ และหลอด แอลอีดี โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ เซลล์แสงอาทิตย์

Solar Cell หรือ PV มีชื่อเรียกกันไปหลายอย่าง เช่น เซลล์แสงอาทิตย์ เซลล์สุริยะ หรือเซลล์ photovoltaic ซึ่งต่างก็มีที่มาจากคำว่า Photovoltaic โดยแยกออกเป็น photo หมายถึง แสง และ volt หมายถึง แรงดันไฟฟ้า เมื่อรวมคำแล้วหมายถึง กระบวนการผลิตไฟฟ้าจากการตกกระทบของแสงบนวัตถุที่มีความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง แนวความคิดนี้ได้ถูกค้นพบมาตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1839 แต่เซลล์แสงอาทิตย์ก็ยังไม่ถูกสร้างขึ้นมา จนกระทั่งใน ปี ค.ศ. 1954 จึงมีการประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์ และได้ถูกนำไปใช้เป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้กับดาวเทียมในอวกาศ เมื่อ ปี ค.ศ. 1959 ดังนั้น สรุปได้ว่าเซลล์แสงอาทิตย์คือ สิ่งประดิษฐ์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิคอน (Silicon), แกลเลียม อาร์เซไนด์ (Gallium Arsenide), อินเดียม ฟอสไฟด์ (Indium Phosphide), แคดเมียม เทลลูไรด์ (Cadmium Telluride) และคอปเปอร์ อินเดียม ไดเซเลไนด์ (Copper Indium Diselenide) เป็นต้น ซึ่งเมื่อได้รับแสงอาทิตย์โดยตรงก็จะเปลี่ยนเป็นพาหะนำไฟฟ้า และจะถูกแยกเป็นประจุไฟฟ้าบวกและลบเพื่อให้เกิดแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วทั้งสองของเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อนำขั้วไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ต่อเข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรง กระแสไฟฟ้าจะไหลเข้าสู่อุปกรณ์เหล่านั้น ทำให้สามารถทำงานได้

2.1.1 ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์ แบ่งตามวัสดุที่ใช้เป็น 3 ชนิดหลัก ๆ คือ



รูปที่ 2.1 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดต่างๆ

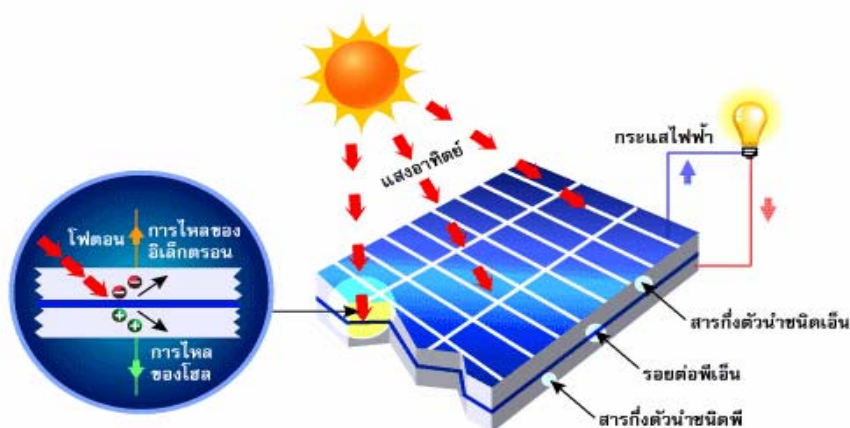
เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอน ชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystalline Silicon Solar Cell) หรือที่รู้จักกันในชื่อ Monocrystalline Silicon Solar Cell และชนิดผลึกรวม (Polycrystalline Silicon Solar Cell) ลักษณะเป็นแผ่นซิลิคอนแข็งและบางมาก

เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous Silicon Solar Cell) ลักษณะเป็นฟิล์มบางเพียง 0.5 ไมครอน (0.0005 มม.) นานักเบาและประสิทธิภาพเพียง 5-10% เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำอื่นๆ เช่น แกลเลียม อาร์เซไนด์, แคดเมียม เทลเลไนด์ และคอปเปอร์ อินเดียม ไดเซเลไนด์ เป็นต้น มีทั้งชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystalline) และผลึกรวม (Polycrystalline) เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากแกลเลียม อาร์เซไนด์ จะให้ประสิทธิภาพสูงถึง 20-25%

2.1.2 โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์

โครงสร้างที่นิยมมากที่สุด ได้แก่ รอยต่อพีเอ็นของสารกึ่งตัวนำ สารกึ่งตัวนำที่ราคาถูกที่สุดและมีมากที่สุดบนโลก คือ ซิลิคอน จึงถูกนำมาสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ โดยนำซิลิคอนมาถลุง และผ่านขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์ จนกระทั่งทำให้เป็นผลึก จากนั้นนำมาผ่านกระบวนการแพร่ซึมสารเจือปนเพื่อสร้างรอยต่อพีเอ็น โดยเมื่อเติมสารเจือฟอสฟอรัส จะเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (เพราะนำไฟฟ้าด้วยอิเล็กตรอนซึ่งมีประจุลบ) และเมื่อเติมสารเจือโบรอน จะเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดพี (เพราะนำไฟฟ้าด้วยโฮลซึ่งมีประจุบวก) ดังนั้น เมื่อนำสารกึ่งตัวนำชนิดพีและเอ็นมาต่อกัน จะเกิดรอยต่อพีเอ็นขึ้น โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิคอน อาจมีรูปร่างเป็นแผ่นวงกลมหรือสี่เหลี่ยมจัตุรัส ความหนา 200-400 ไมครอน (0.2-0.4 มม.) ผิวด้านรับแสงจะมีชั้นแพร่ซึมที่มีการนำไฟฟ้า ขั้วไฟฟ้าด้านหน้าที่ยับแสงจะมีลักษณะคล้ายก้างปลาเพื่อให้ได้พื้นที่รับแสงมากที่สุด ส่วนขั้วไฟฟ้าด้านหลังเป็นขั้วโลหะเต็มพื้นผิว

2.1.3 หลักการทำงานทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ 2.2 หลักการทำงานทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์

เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์ จะเกิดการสร้างพาหะนำไฟฟ้าประจุลบและบวกขึ้น ได้แก่ อิเล็กตรอนและ โฮล โครงสร้างรอยต่อพีเอ็นจะทำหน้าที่สร้างสนามไฟฟ้าภายในเซลล์ เพื่อแยกพาหะนำไฟฟ้าชนิดอิเล็กตรอนไปที่ขั้วลบ และพาหะนำไฟฟ้าชนิดโฮลไปที่ขั้วบวก (ปกติพื้นฐานจะใช้สารกึ่งตัวนำชนิดพี ขั้วไฟฟ้าด้านหลังจึงเป็นขั้วบวก ส่วนด้านรับแสงใช้สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น ขั้วไฟฟ้าจึงเป็นขั้วลบ) ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าแบบกระแสตรงที่ขั้วไฟฟ้าทั้งสอง เมื่อต่อให้ครบวงจรไฟฟ้าจะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลขึ้น

เช่นเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิคอนที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว จะให้กระแสไฟฟ้าประมาณ 2-3 แอมแปร์ และให้แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดประมาณ 0.6 โวลต์ เนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ไม่มากนัก ดังนั้นเพื่อให้ได้กำลังไฟฟ้ามากเพียงพอสำหรับใช้งาน จึงมีการนำเซลล์แสงอาทิตย์หลายๆ เซลล์มาต่อกัน เป็น เรียกว่า แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Modules) ลักษณะการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขึ้นอยู่กับความต้องการกระแสไฟฟ้าหรือแรงดันไฟฟ้าการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบขนาน จะทำให้ได้กระแสไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น การต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอนุกรม จะทำให้ได้แรงดันไฟฟ้าสูงขึ้น

2.1.4 ขั้นตอนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอนชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystal) หรือ Monocrystalline มีขั้นตอนการผลิต ดังนี้

นำซิลิคอนที่ถลุงได้มาหลอมเป็นของเหลวที่อุณหภูมิประมาณ 1400 °C แล้วดึงผลึกออกจากของเหลว โดยลดอุณหภูมิลงอย่างช้าๆ จนได้แท่งผลึกซิลิคอนเป็นของแข็ง แล้วนำมาตัดเป็นแว่นๆ นำผลึกซิลิคอนที่เป็นแว่น มาแพร่ซึมด้วยสารเจือปนต่างๆ เพื่อสร้างรอยต่อพีเอ็นภายในเตาแพร่ซึมที่มีอุณหภูมิประมาณ 900-1000 °C แล้วนำไปทำขั้นตอนการสะท้อนแสงด้วยเตาออกซิเดชันที่มีอุณหภูมิสูง ทำขั้วไฟฟ้าสองด้านด้วยการฉาบโพลีโอสซิลิโคนภายใต้สุญญากาศ เมื่อเสร็จเรียบร้อยแล้วจะต้องนำไปทดสอบประสิทธิภาพด้วยแสงอาทิตย์เทียม และวัดหาคุณสมบัติทางไฟฟ้า

เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอนชนิดผลึกรวม (Polycrystalline) มีขั้นตอนการผลิต ดังนี้

นำซิลิคอนที่ถลุงและหลอมละลายเป็นของเหลวแล้วมาเทลงในแบบพิมพ์ เมื่อซิลิคอนแข็งตัว จะได้เป็นแท่งซิลิคอนเป็นแบบผลึกรวม แล้วนำมาตัดเป็นแว่นๆ จากนั้นนำมาแพร่ซึมด้วยสารเจือปนต่างๆ และทำขั้วไฟฟ้าสองด้านด้วยวิธีการเช่นเดียวกับที่สร้างเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอนชนิดผลึกเดี่ยว

เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากที่มาจากอะมอร์ฟัสซิลิคอน มีขั้นตอนการผลิต ดังนี้

ทำการแยกสลายก๊าซไซเลน (Silane Gas) ให้เป็นอะมอร์ฟัสซิลิคอน โดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า เครื่อง Plasma CVD (Chemical Vapor Deposition) เป็นการผ่านก๊าซไซเลนเข้าไปในกรอบแก้วที่มีขั้วไฟฟ้าความถี่สูง จะทำให้อะตอมของซิลิคอนจะตกลงบนฐานหรือสแตนเลสสตีลที่วางอยู่ใน

กรอบแก้ว เกิดเป็นฟิล์มบางขนาดไม่เกิน 1 ไมครอน (0.001 มม.) ขณะที่แยกสลายก๊าซไฮโดรเจน จะผสมก๊าซฟอสฟีนและไดโบเรนเข้าไปเป็นสารเจือปน เพื่อสร้างรอยต่อพีเอ็นสำหรับใช้เป็นโครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์ การทำขั้วไฟฟ้า มักใช้ขั้วไฟฟ้าโปร่งแสงที่ทำจาก ITO (Indium Tin Oxide)

2.2 หลอด แอลอีดี (LED)

LED ย่อจาก Light emitting diodes มีให้เห็นได้ทั่วไปในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ บางครั้งคุณเห็นได้ในนาฬิกาจิตอล รีโมทคอนโทรล หน้าปัดอุปกรณ์ไฟฟ้า หรือแม้แต่ไฟจราจรตามสี่แยกเป็นต้น



รูปที่ 2.3 หลอด LED

ที่จริงแล้วหลอด LED คือหลอดไฟขนาดเล็ก แต่มีหลักการทำงานแตกต่างจากหลอดไฟมีไส้ เพราะไม่มีการเผาไส้หลอด ดังนั้น หลอด LED จึงไม่เกิดความร้อน แสงสว่างเกิดขึ้นจากการเคลื่อนของอิเล็กตรอนภายในสารกึ่งตัวนำ ซึ่งเป็นวัสดุแบบเดียวกับที่ใช้ในการทำทรานซิสเตอร์

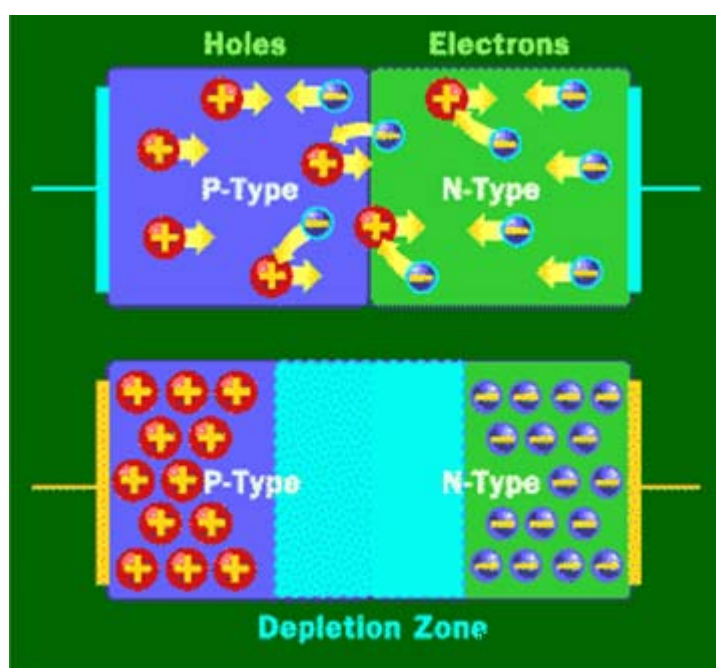
ไดโอดเป็นวัสดุสารกึ่งตัวนำ ที่เราสามารถเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติการนำไฟฟ้าของมันได้ ปกติวัสดุสารกึ่งตัวนำเป็นตัวนำไฟฟ้าที่เลว ถ้าเราใส่สารเจือปนเข้าไป เราสามารถควบคุมการนำไฟฟ้าให้มากหรือน้อยได้ เราเรียกวิธีนี้ว่า การโด๊ป (doping)

ส่วนใหญ่หลอด LED ใช้สารออลูมิเนียมกัลเลียม อาร์เซไนด์ (aluminum-gallium-arsenide) ย่อเป็น AlGaAs เป็นสารกึ่งตัวนำ ถ้ายังไม่ได้ใส่สารเจือปน พันธะในอะตอมจะเกาะกันอย่างแข็งแรง ไม่มีอิเล็กตรอนอิสระ (ประจุไฟฟ้าลบ) หรือมีอยู่น้อย ดังนั้นมันจึงไม่ค่อยจะนำกระแสแต่เมื่อทำการโด๊ป โดยการเติมสารเจือปน ทำให้ความสมดุลของวัสดุเปลี่ยนไป

เมื่อเราใส่สารเจือปนแล้วทำให้อิเล็กตรอนอิสระในสารกึ่งตัวนำเพิ่มขึ้น เรียกว่าสารประกอบชนิด N ส่วนสารกึ่งตัวนำที่ใส่สารเจือปนแล้ว มีประจุไฟฟ้าบวกหรือมีหลุมและ โฮลเพิ่มขึ้น เรียกว่าสารประกอบ

ชนิด P โฮล (hole) ในภาษาอังกฤษมีความหมายว่าหลุม โดยเปรียบอิเล็กตรอนอิสระได้กับลูกหิน และประจุบวกเป็นหลุมหรือโฮล ที่ลูกหินจะไหลมาตกนั่นเอง

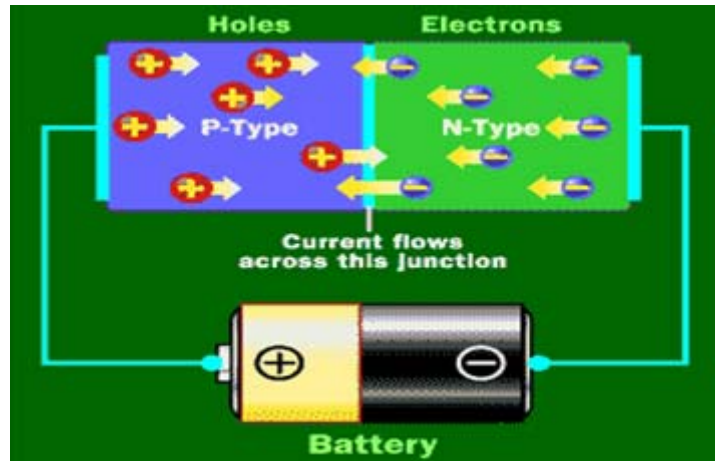
ไดโอดเกิดจากการนำสารกึ่งตัวนำชนิด N ติดเข้ากับสารกึ่งตัวนำชนิด P เชื่อมสายไฟเข้ากับขั้วไฟฟ้าทั้งสอง เมื่อยังไม่มีแรงดันไฟฟ้า อิเล็กตรอนอิสระจาก N จะเคลื่อนที่ข้ามรอยต่อไปที่ P เกิดโซนดีพลีชัน (depletion) ขึ้น โซนนี้เปรียบเทียบกับกำแพงป้องกันการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน ถ้าโซนนี้มีขนาดใหญ่ขึ้น การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระจะยากขึ้น และอาจทำให้อิเล็กตรอนหยุดการเคลื่อนที่ได้ อย่างไรก็ตามถ้าควบคุมให้โซนนี้เล็กลง การเคลื่อนที่ก็จะง่ายขึ้น



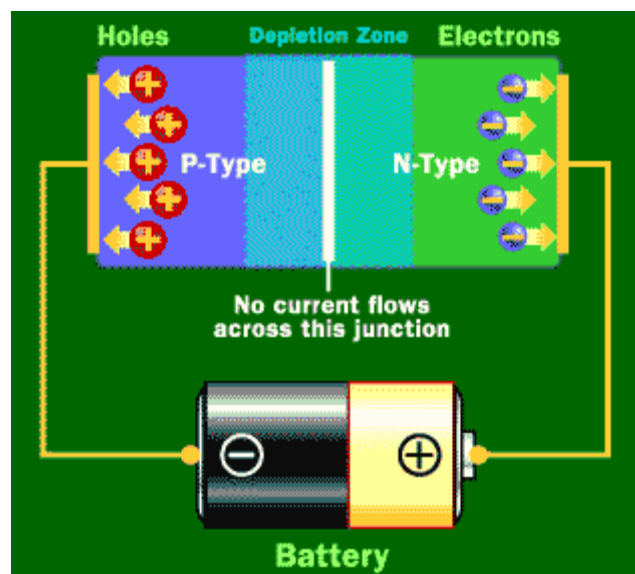
รูปที่ 2.4 อิเล็กตรอนอิสระจาก N เคลื่อนที่ข้ามรอยต่อไปลงหลุมที่ P ทำให้เกิดโซนดีพลีชัน

เพื่อจะทำให้อิเล็กตรอนสามารถเคลื่อนที่ผ่านโซนนี้ได้ง่ายขึ้น เราต้องทำให้โซนนี้แคบลง โดยการต่อขั้ว N ของไดโอดเข้ากับขั้วลบของแบตเตอรี่ และขั้วบวกเข้ากับขั้ว P ทำให้อิเล็กตรอนอิสระใน N ถูกดันด้วยแรงดันทางไฟฟ้า ส่วนโฮลขั้ว P จะถูกดันด้วยแรงทางไฟฟ้าเช่นเดียวกัน ถ้าเราให้แรงดันทางไฟฟ้ามากพอ โซนนี้จะแคบจนหายไป และอิเล็กตรอนอิสระสามารถเคลื่อนที่ผ่านรอยต่อได้อย่างง่ายดาย เหมือนกับไม่มีแรงเสียดทาน หรือความต้านทาน

ในทางกลับกัน ถ้าคุณต่อขั้วลบเข้ากับ P และขั้วบวกเข้ากับ N การไหลของอิเล็กตรอนจะเป็นไปได้ยาก เพราะการเคลื่อนที่เป็นไปในทิศทางตรงกันข้าม โซนดีพลีชันจะหนาขึ้น เป็นกำแพงกั้นการไหลของกระแสไฟฟ้า



รูปที่ 2.5 เมื่อต่อขั้วลบของแบตเตอรี่เข้ากับ N และขั้วบวกเข้ากับ P



รูปที่ 2.6 เมื่อต่อขั้วบวกของแบตเตอรี่เข้ากับ N และขั้วลบเข้ากับ P โชนดีพลีชันมีขนาดกว้างขึ้น

การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระและโฮล เป็นสาเหตุให้เกิดแสงขึ้นแต่มันเกิดขึ้นได้อย่างไร ในหน้าถัดไป เรามาดูกัน

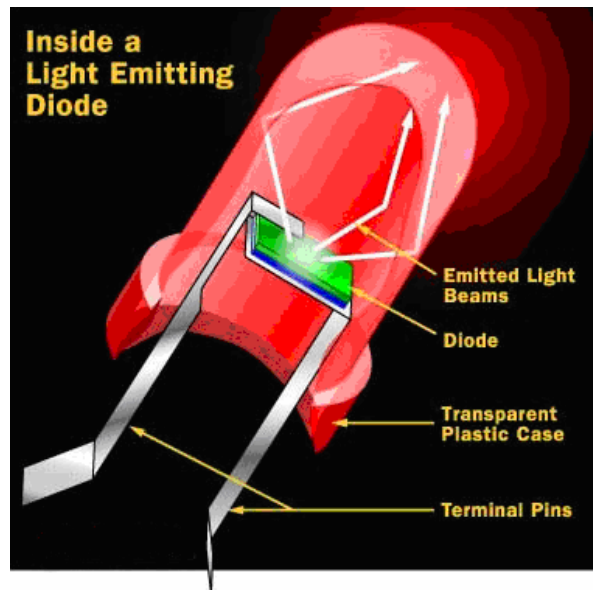
การกำเนิดแสงของไดโอด

แสงเกิดขึ้นจากพลังงานที่ปลดปล่อยจากอะตอม แสงเป็นโฟตรอนที่มีพลังงานและโมเมนตัม ดังนั้นจึงเป็นอนุภาคชนิดหนึ่ง แต่ว่านักวิทยาศาสตร์บอกว่าไม่มีมวล

ภายในอะตอม อิเล็กตรอนโคจรรอบนิวเคลียส และมีวงโคจรหลายวง แต่ละวงมีพลังงานแตกต่างกัน วงนอกมีพลังงานมากกว่าวงใน ถ้าอะตอมได้รับพลังงานจากภายนอก อิเล็กตรอนจะกระโดดจากวงโคจรในออกสู่วงโคจรนอก ในทางกลับกัน ถ้าอิเล็กตรอนกระโดดจากวงโคจรนอกเข้าสู่วงโคจรใน มันจะปลดปล่อยพลังงานออกมา และพลังงานนี้ก็คือแสงนั่นเอง

ขณะที่อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ผ่านรอยต่อไปทีโสลของสาร P อิเล็กตรอนจะตกจากวงโคจรสูง หรือแถบนำไฟฟ้า ไปสู่วงโคจรต่ำหรือแถบวาเลนซ์ มันจะปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปของโฟตรอน ปรากฏการณ์นี้เกิดขึ้นกับไดโอดทุกชนิด แต่คุณสามารถเห็นแสงได้ก็ต่อเมื่อ ความถี่ของพลังงานอยู่ในช่วงความถี่ที่ตามองเห็นได้ ดังเช่นไดโอดที่ทำจากซิลิคอน ซึ่งมีช่วงของแถบพลังงานแคบ ทำให้ได้โฟตรอนความถี่ต่ำ เป็นความถี่ที่ตามองเห็นได้ อย่างไรก็ตาม ความถี่ที่ตามองไม่เห็นก็มีประโยชน์ไม่น้อย ยกตัวอย่างเช่น ช่วงอินฟราเรด สามารถนำไปใช้ในเครื่องควบคุมระยะไกลหรือรีโมทคอนโทรล เป็นต้น

เมื่อไดโอดให้แสงออกมาแล้ว ถ้าเราไม่ควบคุมทิศทางแสงจะกระจัดกระจาย และวิ่งออกมาอย่างไม่เป็นระเบียบ ทำให้ความเข้มของแสงน้อยลง ดังนั้นในหลอด LED เราจะใช้พลาสติกหุ้ม และเอียงให้แสงสามารถสะท้อนออกไปยังตำแหน่งที่ต้องการได้



รูปที่ 2.7 ควบคุมทิศทางของแสงในหลอด

ข้อดี

หลอด LED ได้เปรียบหลอดมีไส้ อย่างแรกคือ มันไม่ต้องการการเผาไหม้ของไส้หลอด จึงมีอายุใช้งานนานกว่า การใช้พลาสติกหุ้มช่วยให้มีความทนทาน และง่ายต่อการประกอบลงในแผ่นวงจรไฟฟ้า

ข้อได้เปรียบสูงสุดคือ ประสิทธิภาพที่สูง ในหลอดมีไส้ แสงที่ได้ออกมาเกิดจากการเผาไส้หลอดให้ร้อนจนแดง แนวนอนพลังงานที่สูญเสียจากการเผาไหม้นั้นมากมาย ส่วนหลอด LED แทบไม่มีความร้อนเกิดขึ้นออกมาเลย พลังงานส่วนใหญ่เปลี่ยนไปเป็นแสงทั้งหมด

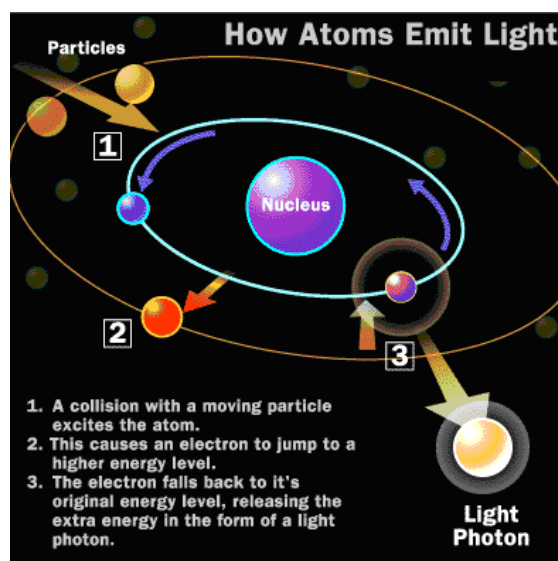
แต่ก่อนหลอด LED มีราคาสูงมาก ปัจจุบันราคาคงมาจนเหลือราคาต่ออันไม่กี่บาท ทำให้เราสามารถประยุกต์หลอด LED ไปใช้งานได้อย่างมากมายและหลากหลาย ในอนาคตมันจะเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ขาดเสียไม่ได้

2.3 ธรรมชาติของแสง

แสงคือพลังงานที่ปลดปล่อยออกจากอะตอม มันเป็นกลุ่มก้อนของพลังงานที่มีโมเมนตัมแต่ไม่มีมวล อนุภาคเหล่านี้มีชื่อเรียกว่าโฟตอน

อิเล็กตรอนคืออนุภาคที่มีประจุเป็นลบ โดยหมุนอยู่รอบนิวเคลียสที่มีประจุเป็นบวก มีอยู่หลายตัว แต่ละตัวอยู่ในวงโคจรที่แตกต่างกัน พลังงานวัดได้จากระยะห่างจากนิวเคลียส ทำให้อิเล็กตรอนมีพลังงานในแต่ละระดับแตกต่างกัน กล่าวได้ว่า อิเล็กตรอนที่มีวงโคจรไกลจากนิวเคลียสมีพลังงานมากกว่าวงโคจรใกล้นิวเคลียส

เมื่ออะตอมได้รับพลังงานจากภายนอก อิเล็กตรอนวงโคจรต่ำจะถูกกระตุ้นเปลี่ยนไปอยู่ในวงโคจรสูงซึ่งไม่เสถียร ดังนั้นอิเล็กตรอนจะหมุนอยู่ในวงโคจรนี้ชั่วคราว และตกลงสู่วงโคจรเดิม ปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปของโฟตอน ซึ่งก็คือแสงนั่นเอง



รูปที่ 2.8 การให้แสงของอะตอม

ความยาวคลื่นของแสงที่ได้ขึ้นอยู่กับ ปริมาณของพลังงาน และตำแหน่งของอิเล็กตรอน ดังนั้นอะตอมของธาตุแต่ละประเภท จะให้แสงที่มีความยาวคลื่นแตกต่างกัน หรือจะกล่าวว่า สีของแสงขึ้นอยู่กับชนิดของอะตอมหรือธาตุที่ได้รับการกระตุ้น

กลไกพื้นฐานดังกล่าวนี้ ใช้กับแหล่งกำเนิดแสงได้ทุกประเภท ในหน้าถัดไปเรามาดูว่า ภายในหลอดไฟ เราใช้ธาตุชนิดใดกระตุ้นให้เกิดแสง

2.4 ไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล 8051

ปัจจุบันไมโครคอนโทรเลอร์ได้เข้ามามีบทบาทมากกับการควบคุมในงานอุตสาหกรรมการพัฒนาอุปกรณ์สารตัวนำอย่างต่อเนื่อง ผนวกกับเทคโนโลยีการผลิตที่วิวัฒนาการมาเป็นหน่วยไมครอน นำไปสู่การสร้าง CHIP ที่มีขนาดเล็กและมากด้วยคุณภาพ

ไมโครคอนโทรเลอร์ 8051 เป็นCHIP ที่นิยมมากตัวหนึ่งที่ใช้ในงานควบคุมเนื่องจากความสามารถที่สูงและง่ายต่อการใช้งาน ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับผู้ใช้งานที่จะมีวิธีการอย่างไรในการดึงความสามารถของ CHIP มาให้ใช้เต็มที่เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งการที่รู้ถึงรายละเอียด และเรียนรู้สถาปัตยกรรมของ เป็นสิ่งแรกที่ต้องทำ ทางคณะผู้จัดทำหวังว่า web page ชุดนี้จะทำให้ผู้อ่านมีความรู้ความเข้าใจและสามารถนำ 8051 ไมโครคอนโทรเลอร์ CHIP ไปใช้งานให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อไปไมโครคอนโทรเลอร์ 8051ได้มีการผลิตครั้งแรกโดยบริษัท Intel และใช้ชื่อว่า MCS-51 ซึ่งปรากฏว่านิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล 16 บิตต่อมาได้มีหลายบริษัทที่รับลิขสิทธิ์จากบริษัท intel ให้มีการนำ MCS-51 ไปผลิตเพื่อจำหน่ายทำให้เกิด 8051ไมโครคอนโทรเลอร์ CHIP หลาย SERIES จำนวนมากขึ้นมาซึ่งผู้บริโภคสามารถเลือกได้ตามความเหมาะสม ของลักษณะงาน

2.4.1 การจัดการหน่วยความจำและการเชื่อมต่อ

หน่วยความจำของไมโครคอนโทรเลอร์ 8051 แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1. หน่วยความจำโปรแกรม(Program Memory) หน่วยความจำประเภทนี้ คือ ROM ใช้เก็บโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมระบบ ซึ่งเป็นหน่วยความจำประเภท non-volatile
2. หน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) หน่วยความจำประเภทนี้ได้แก่ RAM

หน่วยความจำโปรแกรม

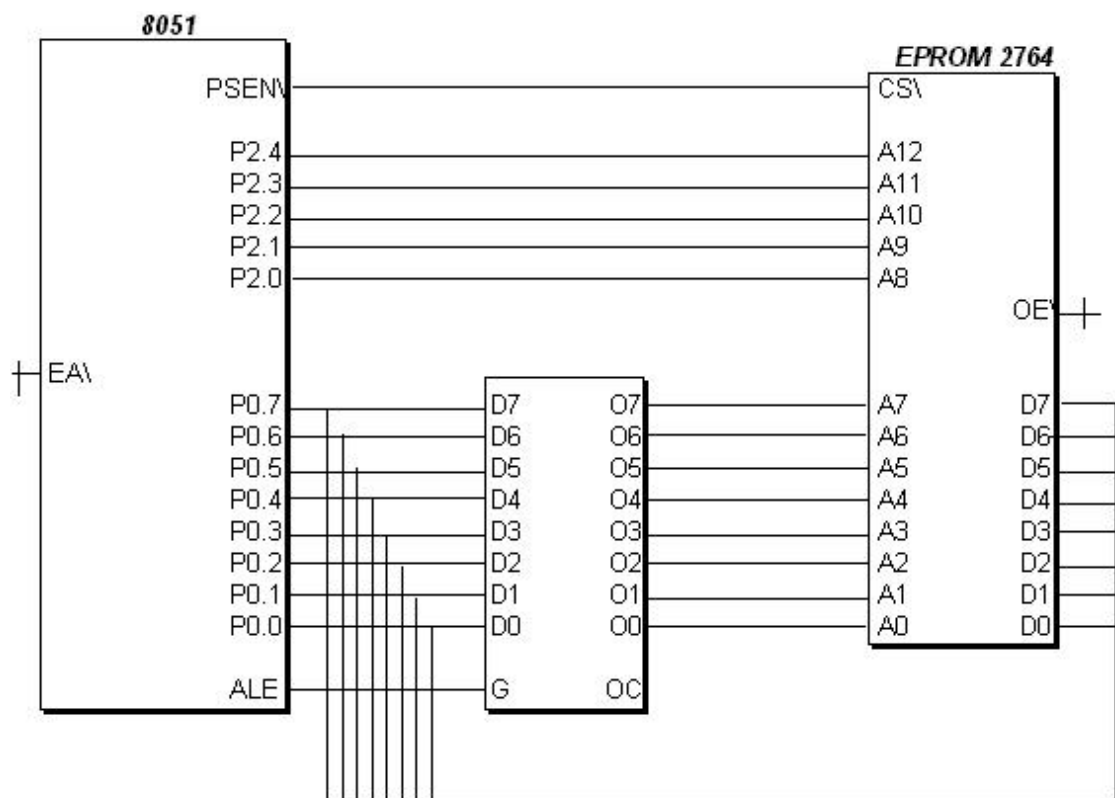
ใน 8051 จะแบ่งหน่วยความจำประเภทนี้เป็นอีก 2 ประเภท หน่วยความจำโปรแกรมภายนอก (external memory) กล่าวคือ ROM ที่มาต่อภายนอกตัว 8051 ส่วนอีกประเภทหนึ่ง คือ หน่วยความจำภายใน

(internal memory) ได้แก่ ROM ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เอง การเลือกใช้หน่วยความจำโปรแกรมภายนอกหรือหน่วยความจำโปรแกรมภายในทำได้โดยการให้สัญญาณทางไฟฟ้าที่ขา EA/ โดย

- สัญญาณทางไฟฟ้าที่ขา EA/ เป็นลอจิก 0 หมายถึง หน่วยความจำโปรแกรมภายนอก
- สัญญาณทางไฟฟ้าที่ขา EA/ เป็นลอจิก 1 หมายถึง หน่วยความจำโปรแกรมภายใน

*หมายเหตุ หน่วยความจำโปรแกรมนั้น ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 8051 สามารถอ้างข้อมูลได้ 64 กิโลไบต์

พิจารณาตัวอย่างการเชื่อมต่อ 8051 กับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก



รูปที่ 2.9 เชื่อมต่อ 8051 กับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก

หน่วยความจำข้อมูล

หน่วยความจำข้อมูลมีหน้าที่สำหรับเก็บข้อมูล หรือตัวแปรที่เกิดขึ้นในขณะที่กำลังประมวลผลโปรแกรมไว้ เป็นการชั่วคราว โดยพื้นฐานแล้วหน่วยความจำข้อมูลจัดเป็นหน่วยความจำ RAM แบบสแตติก ดังนั้นเมื่อไม่มีการจ่ายไฟฟ้าให้กับระบบก็จะมีผลทำให้ข้อมูลที่จัดเก็บไว้ภายในหน่วยความจำนี้สูญหายไป พื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูล ของ 8051 สามารถมีได้สูงสุดไม่เกิน 64 กิโลไบต์ และแยกประเภทออกเป็นสองลักษณะตามตำแหน่งที่ตั้งของหน่วยความจำนั้น

- หน่วยความจำโปรแกรมภายใน (Internal Data Memory) ซึ่ง เป็น RAM ที่อยู่ภายในตัวของไอซี ไมโครคอนโทรลเลอร์เอง
- หน่วยความจำข้อมูลภายนอก (External Data Memory) ซึ่งเป็นการใช้ไอซีหน่วยความจำ RAM มาเพิ่มเติมเข้าไปในวงจร ลักษณะเดียวกับการนำไอซี EPROM มาใช้งานเป็นหน่วยความจำโปรแกรม นั่นเอง

หน่วยความจำข้อมูลภายใน

หน่วยความจำข้อมูลภายในของ 8051 มีจำนวนทั้งหมด 256 ไบต์ โดยจำแนกออกได้เป็นสองลักษณะ คือ พื้นที่เฉพาะสำหรับตัวประมวลผลกลาง หรือเรียกว่า รีจิสเตอร์ R0-R7 และพื้นที่ใช้งานทั่วไปสำหรับ โปรแกรมใช้งานที่ผู้ใช้สร้างขึ้นมา

หน่วยความจำขนาด 128 ไบต์แรก

บริเวณแอดเดรส 00H - 1FH จำนวน 32 ไบต์จำแนกออกเป็นกลุ่ม(Blank) 8 ไบต์ จำนวน 4 กลุ่ม ซึ่งมีชื่อเรียกว่ารีจิสเตอร์ R0-R7 ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.1 แสดงชื่อเรียก R0-R7

แอดเดรส	รีจิสเตอร์แบงก์	ชื่อรีจิสเตอร์ใช้งาน
00H-07H	0	R0-R7
08H-0FH	1	R0-R7
10H-17H	2	R0-R7
18H-1FH	3	R0-R7

จะเป็นได้ว่าชื่อของรีจิสเตอร์ไม่ว่าจะอยู่ในรีจิสเตอร์แบงก์ใด ก็จะมีชื่อ R0 ถึง R7 เหมือนกันทั้งสิ้น ดังนั้นในการใช้งานผู้ใช้จะต้องให้ความระมัดระวังว่าต้องการรีจิสเตอร์นั้นๆ จากแบงก์ใด การสวิตช์ เลือกแต่ละกลุ่มของรีจิสเตอร์นี้ก็ทำได้ง่าย เพียงการกำหนดค่าของบิตที่อยู่ภายในรีจิสเตอร์ PSW เท่านั้นตามตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงค่าของบิตที่อยู่ภายในรีจิสเตอร์ PSW

รีจิสเตอร์แบงก์	บิต RS0	บิตRS1	ตำแหน่งหน่วยความจำ
0	0	0	0000H
1	0	1	0008H
2	1	0	0010H
3	11	1	0018H

อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปก็มักจะมีการใช้งานรีจิสเตอร์ R0-R7 เฉพาะในแบงก์ 0 เท่านั้น ดังนั้นพื้นที่ของแบงก์อื่นๆ ที่เหลือก็สามารถนำมาใช้ในลักษณะของหน่วยความจำข้อมูลภายในปกติด้วยการอ้างถึงหมายเลขของแอดเดรสอื่นๆโดยตรง

บริเวณแอดเดรส 20H - 2FH จำนวน 16ไบต์ บริเวณพื้นที่เป็นส่วนสำหรับผู้ใช้ซึ่งจะมีความพิเศษต่างไป หน่วยความจำส่วนอื่นๆ เนื่องจากผู้ใช้อาจสามารถอ้างถึงหน่วยความจำบริเวณนี้ได้ทั้งในลักษณะของ ไบต์ ข้อมูลเช่นปกติ หรืออาจจะเป็น บิตข้อมูล ได้โดยตรง ดังนั้นหากเรามองในลักษณะบิตข้อมูลแล้ว ก็จะมีพื้นที่ตัวแปรแบบบิตให้ใช้งานได้มากถึง 128 บิต โดยตำแหน่งแรกของบิตจะเป็นบิตซึ่งเริ่มต้นนับจากบิตที่สำคัญต่ำสุด(LSB) ของแอดเดรส 20H เรื่อยไปจนกระทั่งถึงบิตที่ 127 ซึ่งเป็นบิตที่สำคัญสูงสุด(MSB) ของแอดเดรส 2FH ความสามารถในการใช้งานพื้นที่ส่วนนี้แบบบิตข้อมูลโดยตรงนี้นับว่าน่าสนใจมาก และถือเป็นการใช้งาน 8051 อย่างเต็มประสิทธิภาพทีเดียว เนื่องจากว่า 8051 ได้รับการออกแบบมาก็มักจะเป็นเพียงการอ่านค่าสถานะลอจิก ของเส้นสัญญาณหรือกรณีการส่งออกข้อมูลก็จะเป็นการกำหนดสถานะลอจิกให้กับวงจรภายนอกผ่านทางบิตใดบิต หนึ่งอยู่แล้ว ดังนั้นหากว่ามีการกำหนดบิตหรืออ่านค่าของบิตมาโดยตรง แทนที่จะต้องทำลอจิกขึ้นต้นกับข้อมูลทั้งไบต์เพื่อต้องการทราบผลเพียงหนึ่งบิตเช่นที่กระทำกันในโปรเซสเซอร์โดยทั่วไป ก็จะเพิ่มความสะดวกและรวดเร็วในการเขียนโปรแกรมควบคุมมากรายละเอียดในส่วนนี้จะได้กล่าวถึงอีกครั้งหนึ่งเมื่อศึกษาถึงการใช้งานพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตต่อไป บริเวณแอดเดรส 30H - 7FH เป็นบริเวณที่สามารถนำไปใช้งานได้อย่างอิสระ โดยสามารถอ้างถึงได้เฉพาะในลักษณะของไบต์ข้อมูลตามปกติเท่านั้น

หน่วยความจำขนาด 128 ไบต์ถัดไป

พื้นที่ตั้งแต่บริเวณตั้งแต่แอดเดรส 80H-FFH เป็นบริเวณของหน่วยความจำที่มีการใช้งานเฉพาะจาก 8051 เท่านั้น โดยจะนำมาใช้เป็นตำแหน่งของ รีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ (Special-Function Register หรือ SFR) จำนวน 20 ตำแหน่ง ดังแสดงแผนภาพในรูป สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051 จะมีหน่วยความจำข้อมูลภายในสำหรับการใช้งานเพิ่มมากขึ้น กว่าเบอร์อื่นๆ เช่น 8031 หรือ 8751 อีก 128 ไบต์

โดยจะอยู่บริเวณช่วงแอดเดรส 80H ถึง FFH เช่นกัน ซึ่งแม้ว่า จะเป็นพื้นที่ที่มีหมายเลขแอดเดรสเดียวกับส่วนของรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ แต่ในความเป็นจริงแล้วจะเป็นพื้นที่หน่วย ความจำอีกบริเวณหนึ่ง ซึ่งมีการซ้อนเกย (Overlap) กันให้อยู่ในบริเวณแอดเดรสส่วนนี้ ซึ่งหากว่าผู้ใช้งานต้องการ จะเก็บข้อมูลในพื้นที่บริเวณนี้ ก็จะต้องใช้การอ้างถึงหน่วยความจำแบบ โดยอ้อม (Indirect Addressing) เท่านั้น

รีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ

รีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ (SFR) เป็นรีจิสเตอร์สำหรับการควบคุมหน้าที่และการทำงานของอุปกรณ์หรือพอร์ตของ 8051 ทั้งหมด โดยมีตำแหน่งอยู่ในบริเวณแอดเดรส 80H-FFH การใช้งานรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษเหล่านี้สามารถทำได้ทั้งการระบุถึงชื่อของรีจิสเตอร์หรือตำแหน่งแอดเดรสที่เป็นของรีจิสเตอร์นั้นก็ได้ ตารางต่อไปนี้จะแสดงให้เห็นลักษณะการจัดพื้นที่หน่วยความจำ สำหรับรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษเหล่านี้โดยมีข้อ สังเกตว่า รีจิสเตอร์ที่อยู่ตำแหน่งแอดเดรสที่เป็นจำนวนทวีคูณของค่า 8 จะสามารถอ้างถึงในระดับบิตได้ด้วย(นั่นคือ แอดเดรส 80H, 88H, 90H, 98H, A0H, A8H, B0H, B8H, D0H, E0H และ F0H)

แอกคิวมูเลเตอร์ (Accumulator) หรือ ACC

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิตทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูลที่จะส่งให้กับหน่วยทำงานภายในซีพียูและเก็บผลลัพธ์ ที่ได้จากการทำงานนั้น การทำงานของรีจิสเตอร์นี้มีลักษณะเช่นเดียวกับตัวแอกคิวมูเลเตอร์ของโปรเซสเซอร์ทั่วไปการใช้งานภายในโปรแกรมจะเรียกว่ารีจิสเตอร์ A

- รีจิสเตอร์ B เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้สำหรับการทำคำสั่งการคูณหารตัวเลข ในกรณีที่ไม่ใช้ในการคำนวณทางด้านคณิตศาสตร์ก็สามารถนำไปใช้งานเช่นเดียวกับรีจิสเตอร์ทั่วไปได้

- โปรแกรมเคาน์เตอร์ (Program Counter) เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ในการชี้ตำแหน่งแอดเดรสของหน่วยความจำโปรแกรม ซึ่งจะต้องไปทำงานในลำดับถัดไป การใช้งานภายในโปรแกรมจะเรียกว่า รีจิสเตอร์ PC

- สแต็กพอยน์เตอร์ (Stack Pointer)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิตทำหน้าที่เก็บตำแหน่งของตัวชี้หรือพอยน์เตอร์ (Pointer) ของบริเวณสแต็ก (Stack) สำหรับเก็บข้อมูลแอกคิวมูเลเตอร์ รีจิสเตอร์ต่างๆ รวมทั้งข้อมูลจากโปรแกรมโดยปกติแล้วเมื่อทำการเริ่มต้นระบบใหม่หลังจากการเริ่มจ่ายไฟฟ้า หรือมีการรีเซต (Reset) เกิดขึ้นค่าภายในสแต็กพอยน์เตอร์จะมีค่า 07H ซึ่งเป็นตำแหน่งแอดเดรสภายในบริเวณเนื้อที่ 128 ไบต์แรกของหน่วยความจำข้อมูลภายใน การใช้งานภายในโปรแกรมจะเรียกว่ารีจิสเตอร์ SP

- ตัวชี้ข้อมูลหรือดาต้าพอยน์เตอร์ (Data Pointer)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิต ซึ่งเรียกว่า DPTR และสามารถใช้งานแยกออกเป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิตสองตัว คือ รีจิสเตอร์ DPH และ DPL เพื่อเก็บค่าของแอดเดรสของหน่วยความจำที่ต้องใช้งานภายในโปรแกรมหรือ อาจจะเป็นแอดเดรสของอุปกรณ์ภายนอก ซึ่งกำหนดให้ติดต่อกันโดยใช้ตำแหน่งของหน่วยความจำภายใน

โปรแกรม

- โปรแกรมสแตตัสเวิร์ด (PSW)

รีจิสเตอร์นี้ทำหน้าที่บอกถึงแฟล็กสภาวะการทำงานต่างๆ รวมทั้งบิตสำหรับการกำหนดเลือกแบงก์ (Bank) ของรีจิสเตอร์ที่ใช้งานด้วยดังแสดง

ตารางที่ 2.3 ชื่อบิต: PSW ตำแหน่ง: D0h ค่าบิตเริ่มต้น: 0000 0111

ชื่อบิต	ตำแหน่ง	ความหมาย
CY	PSW.7	Carry Flag
AC	PSW.6	Auxiliary Carry Flag
F0	PSW.5	Flag0
RS1	PSW.4	Select Blank Bit 1
RS0	PSW.3	Select Blank Bit 0
-	PSW.2	Overflow Flag
OV	PSW.1	
P	PSW.0	Parity Flag

- รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับพอร์ต (Port Register)

รีจิสเตอร์เหล่านี้จะมีความเกี่ยวข้องกับการทำงานของพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตโดยตรง ซึ่งแต่ละตัวจะเป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต สามารถใช้งานได้ทั้งในลักษณะของการอินพุต หรือการเอาต์พุตข้อมูลได้ การดำเนินการใดๆ ที่เกี่ยวกับพอร์ตทั้งสี่นี้จะมีผลทำให้ข้อมูลที่ตำแหน่งของพอร์ตเหล่านี้เปลี่ยนแปลงไปเช่นกัน นอกจากนี้พอร์ตP0และP2ยังสามารถนำมาใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมหรือหน่วยความจำข้อมูลภายนอกได้ โดยพอร์ต P2 จะเป็นค่าของแอดเดรส 8 บิตบนของหน่วยความจำ ส่วนพอร์ต P0 นั้นในช่วงเริ่มแรกจะเป็นค่าของแอดเดรส8บิตล่างของหน่วยความจำช่วงเวลาต่อมาจึงจะนำพอร์ต P0 ไปใช้เป็นบัสสำหรับการรับหรือส่งข้อมูลกับหน่วยอุปกรณ์ภายนอกสำหรับพอร์ตP3นั้นนอกเหนือจากจะใช้ในสถานะของพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตเช่นปกติแล้ว ยังนำมาใช้ในสถานะ บัสควบคุมเกี่ยวกับสัญญาณอินเทอร์รัปต์ได้อีกด้วย

- รีจิสเตอร์SBUF

เป็นบัฟเฟอร์ขนาด 8 บิต สำหรับการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมทั้งการรับและส่งข้อมูล ซึ่งตามความเป็นจริงแล้วบัฟเฟอร์นี้มีอยู่ด้วยกันสองชุดและแยกจากกันอย่างชัดเจน สำหรับการส่งและการรับ โดยซีพียูจะทำการจัดการเลือกบัฟเฟอร์ที่เหมาะสมให้โดยอัตโนมัติ

- รีจิสเตอร์PCON

เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมหน้าที่การทำงานในสามลักษณะ ซึ่งได้แก่ การควบคุมการทำงานของโปรเซสเซอร์ (บิต IDL และ PD) การกำหนดอัตราการทวิคูณของอัตราเร็วในการสื่อสารข้อมูลอนุกรม (บิต SMOD) และแฟล็กสถานะสำหรับการใช้งานทั่วไป (บิตGR0และGR1)

ตารางที่ 2.4 ชื่อบิต: PCON ตำแหน่ง: 97h ค่าบิตเริ่มต้น: 0xxx 0000

ชื่อบิต: PCON ตำแหน่ง: 97h ค่าบิตเริ่มต้น: 0xxx 0000

ชื่อ	ตำแหน่ง	ความหมาย
SMOD	PCON.7	บิตทวิคูณของอัตราบอดปกติ
-	PCON.6	
-	PCON.5	
-	PCON.4	
GF1	PCON.3	แฟล็กสำหรับผู้ใช้งานทั่วไป Flag 0
GF0	PCON.2	แฟล็กสำหรับผู้ใช้งานทั่วไป Flag 1
PD	PCON.1	บิตสำหรับการกำหนด Power down
IDL	PCON.0	บิตสำหรับการกำหนด idel mode

บิต PD (Power down) เป็นการกำหนดให้ลดกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับส่วนของโปรเซสเซอร์ภายในลง โดยยังคงมีกำลังไฟฟ้าจ่ายให้กับส่วนหน่วยความจำข้อมูลภายในผ่านทางขาสัญญาณ RST วิธีการนี้มักนำมาใช้ในกรณีที่มีการตรวจสอบการไม่มีกำลังไฟฟ้า (Power failure) โดยวงจรตรวจสอบภายนอกจะต้องมีการอินเตอร์รัปต์เข้ามา เพื่อทำการเก็บข้อมูลที่กำลังประมวลผลอยู่ก่อนและเมื่อมีกระแสไฟฟ้าจ่ายให้เป็นปกติแล้ว จึงค่อยนำข้อมูลนั้นมาประมวลผลต่อไป

บิต IDL (Idle Mode) เป็นการกำหนดให้โปรเซสเซอร์หยุดการทำงานชั่วคราว (Sleep) และจะกลับมาอยู่ในสภาพปกติอีกครั้งเมื่อ ทำการรีเซตทางฮาร์ดแวร์ หรือมีการอินเตอร์รัปต์อย่างใดอย่างหนึ่งเกิดขึ้นการทำงานในลักษณะนี้สามารถเกิดขึ้นได้ ก็เนื่องจากว่าสถานะการหยุดการทำงานชั่วคราวนั้น เป็นเพียงการห้ามไม่ให้มีสัญญาณนาฬิกาจ่ายให้กับส่วนของ โปรเซสเซอร์เท่านั้น ส่วนของวงจรการอินเตอร์รัปต์ฟอร์ตอนุกรมและวงจรนับ/จับเวลา ยังคงมีสัญญาณนาฬิกาอยู่ เป็นปกติ

- รีจิสเตอร์ IP, IE, TMOD, TMOD, SCON

เป็นกลุ่มของรีจิสเตอร์ที่ทำหน้าที่กำหนดการควบคุม และการทำงานของอินเทอร์รับต์ต่างๆ ของ 8051

2.4.2 พอร์ตอินพุต/เอาต์พุตของ 8051

พอร์ตอินพุตและเอาต์พุต พอร์ต มีความหมายถึงแอดเดรสหนึ่งที่ได้รับกำหนดไว้เพื่อการโอนย้ายข้อมูลระหว่างไมโคร คอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์ภายนอก การกำหนดประเภทของการติดต่อขึ้นอยู่กับทิศทางการไหลของข้อมูลเมื่อพิจารณาจากไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นหลัก (ดูรูปที่ 4.1) ดังนั้นการนำเข้าข้อมูลจากวงจรภายนอกจึงเรียกว่า การอินพุต (input) และในกรณีตรงกันข้ามเพื่อส่งออกข้อมูลก็จะเรียกว่า การเอาต์พุต (output) เมื่อพิจารณาถึงวิธีการส่งข้อมูลภายในพอร์ตจะสามารถแยกประเภทของพอร์ตออกได้เป็นสองลักษณะ คือพอร์ตแบบขนาน (Parallel port) ซึ่งทำการส่งจำนวนบิตข้อมูลทั้งหมดออกมาหรือนำเข้าไปพร้อมกันในคราวเดียว และพอร์ตแบบอนุกรม (Serial port) ซึ่งทำการโอนย้ายข้อมูลคราวละบิตๆ จนครบจำนวน แต่สำหรับในบทนี้จะกล่าว ถึงเฉพาะในส่วนของพอร์ตแบบขนานเท่านั้น สำหรับการทำงานของพอร์ตแบบอนุกรมจะได้กล่าวภายหลัง

2.4.2.1 พอร์ตแบบขนานของ 8051

8051 มีโครงสร้างของพอร์ตที่สามารถใช้งานแบบขนานได้จำนวนทั้งหมดสี่พอร์ตเรียกชื่อเรียงตามลำดับว่า พอร์ต 0, 1, 2 และ 3 และเป็นพอร์ตขนาด 8 บิตทั้งหมด การใช้งานพอร์ตสามารถทำได้ทั้งในลักษณะของสัญญาณเดี่ยวๆหรือกลุ่มของสัญญาณได้ นอกจากนี้พอร์ต 0, 2 และ 3 ยังสามารถนำไปใช้งานอื่นๆ ที่ไม่ใช่เป็นพอร์ต อินพุต/เอาต์พุตได้โดยพอร์ต 0 จะทำหน้าที่มัลติเพล็กซ์ ระหว่างบัสแอดเดรสไบต์ต่ำและบัสข้อมูลสำหรับการติดต่อ กับวงจรประกอบรวมข้อมูลบัสแอดเดรสไบต์สูงซึ่งจะส่งออกมาทางพอร์ต 2 สำหรับพอร์ต 3 นั้น นอกเหนือไปจาก ความสามารถเช่นพอร์ตปกติแล้วสามารถนำไปเป็นขาสัญญาณของการอินเทอร์รับต์ต่างๆ ซึ่งรวมทั้งการสร้างสัญญาณ ควบคุม RD\ และ WR\ เพื่อทำหน้าที่อ่านหรือเขียนหน่วยความจำข้อมูลภายนอกด้วย การใช้งานพอร์ตลักษณะงานแบบ อื่นๆที่ไม่ใช่เป็นพอร์ต/เอาต์พุตนี้จะดำเนินการโดย 8051 เองโดยอัตโนมัติ

2.4.2.2 โครงสร้างการทำงานของพอร์ต 8051

จากลักษณะโครงสร้างของแต่ละบิตภายในพอร์ตทั้งหมดของ 8051 ซึ่งได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.2 นั้นจะเห็นว่ามี ความคล้ายคลึงกันตามลักษณะโครงสร้างที่เรียกว่า Quasi-bidirectional port ยกเว้นพอร์ต 0 ซึ่งเพียงแต่ไม่มีตัวต้านทานทำหน้าที่ Pull-up สัญญาณไว้ภายในเท่านั้น วงจรประกอบอื่นภายในยังมีฟลิปฟล็อปแบบ D ซึ่งมีผลทำให้ พอร์ตสามารถแลตซ์หรือค้างสถานะของสัญญาณได้ นอกจากนี้ในส่วนเอาต์พุตของฟลิปฟล็อปเฉพาะของพอร์ต 0 และพอร์ต 2 จะมีโครงสร้างที่ทำหน้าที่คล้ายกับสวิตช์เพิ่มเติมขึ้น เพื่อควบคุมให้เอาต์พุตนี้ต่อเข้ากับส่วนของทรานซิสเตอร์ในระหว่างที่ไม่ได้มีการทำงานในลักษณะของบัสแอดเดรสหรือบัสข้อมูล

ด้วยสำหรับบัฟเฟอร์จำนวนสองตัวของทุกบิตในพอร์ตนั้นมีการทำงานแยกกันโดยอิสระโดยตัวที่อยู่ทางด้านบนจะยอมให้สัญญาณผ่านได้ก็ต่อ เมื่อมีการอ่านค่าข้อมูลที่ค้างไว้ส่วนอีกตัวหนึ่งซึ่งอยู่ทางด้านล่างจะถูกใช้งานเฉพาะเมื่อได้การอ่านสถานะของขา สัญญาณเท่านั้น การใช้งานพอร์ตเป็นการอินพุต การใช้งานพอร์ตเป็นการอินพุตข้อมูลจะต้องเริ่มด้วยการส่งข้อมูลที่มีค่าเป็น 1 ออกมาทางบิตของพอร์ต นั้นก่อนเป็นลำดับแรก เพื่อหยุดการทำงานของทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ขับสัญญาณเอาต์พุตของบิตนั้น ทำให้ขาสัญญาณของบิตถูกต้องเข้ากับตัวต้านทานซึ่งทำหน้าที่ Pull-up ภายในซึ่งมีผลให้บิตนั้นๆของพอร์ต 1,2 และ 3 เป็น สถานะของลอจิกสูง ตัวต้านทานนี้มีค่าประมาณ 50 K โอห์ม ซึ่งเป็นค่าที่สูงมาก และทำให้อุปกรณ์ภายนอกสามารถขับสัญญาณของพอร์ตเหล่านี้เป็นลอจิกต่ำได้ง่าย สำหรับบิตของพอร์ต 0 นั้น แม้ว่าจะมีหลักการทำงานที่คล้ายคลึงกัน กับบิตของพอร์ตอื่นๆ แต่เนื่องจากการที่ไม่มีตัวต้านทานทำหน้าที่ Pull-up ภายในไว้ ทำให้เมื่อทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ ขับสัญญาณเอาต์พุตนั้นหยุดการทำงาน ก็จะเป็นผลให้ขาสัญญาณนี้อยู่ในสถานะอิมพีแดนซ์สูงแทน การใช้งานพอร์ตเป็นการเอาต์พุต เมื่อมีการส่งข้อมูลที่มีค่าเป็น 0 ให้กับแต่ละบิตของพอร์ตทุกพอร์ต ข้อมูลนี้จะถูกส่งให้กับฟลิปฟล็อปซึ่งจะค้างค่านี้ไว้ และมีผลทำให้ทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ขับสัญญาณเอาต์พุตนั้นทำงาน ดังนั้นขาสัญญาณก็จะมีสถานะ ลอจิกเป็นลอจิกต่ำส่วนการส่งข้อมูลที่มีค่าเป็น 1 ออกมานั้น ในกรณีที่เป็นการทำงานในแต่ละบิตของพอร์ต 1,2 หรือ 3 จะทำ ให้ทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ขับสัญญาณเอาต์พุตนั้นหยุดการทำงาน มีผลทำให้ขาของสัญญาณเป็นลอจิกสูงด้วยตัว ต้านทานที่ Pull-up อยู่ภายในนั้น แต่สำหรับการทำงานในแต่ละบิตทางพอร์ต 0 นั้นจะมีผลที่แตกต่างออกไป โดยขาสัญญาณจะเป็นสถานะอิมพีแดนซ์สูงแทน เนื่องจากไม่มีตัวต้านทานภายในเชื่อมต่ออยู่นั่นเอง ดังนั้นในการใช้งานพอร์ต 0 เป็นการเอาต์พุตข้อมูล จึงจำเป็นต้องใช้ตัวต้านทานภายนอก Pull-up สัญญาณไว้กับลอจิกสูงแทน ความสามารถอีกประการหนึ่งเกี่ยวกับพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตของ 8051 เป็นวิธีการอ่านลิจิกจากพอร์ตซึ่งมีได้สองวิธีคือ การอ่านค่าลอจิกที่ขาสัญญาณ (Port pin) และวิธีการอ่านลอจิกของการแลตช์ที่พอร์ต (Port latch) ดังจะสังเกตได้จากรูปที่ 4.2 วิธีการอ่านค่าจากพอร์ต ทั้งสองแบบนี้จะช่วยให้ระบบทำงานได้ด้วยความสะดวกมากยิ่งขึ้น ยกตัวอย่างเช่น หากว่าพอร์ตถูกนำไปต่อกับขาเบสของทรานซิสเตอร์แบบ NPN และขาอิมิตเตอร์ต่อกับกราวด์ ของระบบ เมื่อมีการส่งค่า 1 ออกไปจะมีผลทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงาน ในขณะที่ถ้าชิพผู้มีการอ่านค่าลิจิกจากขาสัญญาณของพอร์ตนี้ก็จะได้ค่าลอจิกต่ำเนื่องจากมองเห็นค่าศักย์ไฟฟ้าระหว่างขาเบสและขาอิมิตเตอร์ซึ่งมีค่าประมาณ 0.6 โวลต์แทนดังนั้นในกรณีเช่นนี้หากว่าเป็นการอ่านค่าจากลอจิกของการแลตช์ ก็จะได้รับค่าระดับลอจิกสูงซึ่งเป็นค่า ที่ถูกต้องสภาพที่เป็นจริง

2.4.2.3 ลักษณะสมบัติของพอร์ตอินพุต/เอาต์พุต

ดังได้กล่าวแล้วว่าพอร์ต 1,2 และ 3 ของ 8051 มีตัวต้านทาน (ซึ่งสร้างขึ้นจาก FET) ทำหน้าที่ Pull-up ขาสัญญาณไว้และมีค่าประมาณ 50 K โอห์ม ซึ่งถือว่ามีความสูงมาก เป็นผลให้การเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณลอจิก จากสูงไปต่ำทำได้อย่างรวดเร็ว แต่ในกรณีตรงข้ามจะใช้เวลาการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณนานกว่ามาก ทั้งนี้เนื่อง จากว่ากระแสจะไหลผ่านตัวต้านทานนี้ได้้น้อยมาก ดังนั้นในการแก้ปัญหาจึงได้มี

การออกแบบตัวต้านทานเพิ่มขึ้นอีกหนึ่ง ตัวขนานไว้โดยมีค่าประมาณ 1K โอห์ม เรียกว่า Speed-up resistor ซึ่งยอมให้กระแสไหลผ่านได้มากขึ้นประมาณ 50-100 เท่า และจะมีการเชื่อมต่อตัวต้านทานที่เพิ่มขึ้นนี้ เฉพาะเมื่อมีการเปลี่ยนระดับสัญญาณจากลอจิกต่ำไปเป็นลอจิก สูงเท่านั้น โดยใช้เวลาประมาณ 2 คล็อก ไซเคิล 4.6 คำสั่งการใช้งานพอร์ตอินพุต/เอาต์พุต เนื่องจาก 8051 ใช้หลักการที่เรียกว่า Memory mapped system กล่าวคือ การอ้างถึงพอร์ตรিজิสเตอร์ หรืออุปกรณ์ต่างๆ ภายในระบบ จะเป็นการติดต่อกับ หน่วยความจำตำแหน่งหนึ่งเท่านั้น ดังนั้นในการดำเนินการเพื่อนำ เข้าหรือส่งออกข้อมูลกับพอร์ต จึงใช้ คำสั่งการอ่านค่าจากหน่วยความจำซึ่งถูกออกแบบให้เป็นตำแหน่งของพอร์ตหรือ คำสั่งการเขียนค่าข้อมูลไป ยังตำแหน่ง หน่วยความจำนั้นแทน ดังนั้นจะสังเกตเห็นได้ว่าในตารางชุดคำสั่งของ 8051 จะไม่มีคำสั่งที่ เกี่ยวกับการทำงานพอร์ตแต่ประการใด เช่น คำสั่ง IN (นำเข้าข้อมูลจากพอร์ต)หรือคำสั่ง OUT(ส่ง ข้อมูล ออกจากพอร์ต) เป็นต้น นอกจากนี้ 8051 ยังมีชุดคำสั่งที่จัดการข้อมูลแบบบิตได้โดยตรง (Single-bit Operation) ดังนั้นเรา สามารถที่จะใช้คำสั่งนี้จัดการพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตทั้งหมดแบบเส้นสัญญาณเดียวได้ โดยการใช้คำสั่ง SETB เพื่อ กำหนดค่าเป็น 1 หรือคำสั่ง CLR เพื่อทำให้บิตมีค่าเป็น 0 คำสั่งเหล่านี้มี ประโยชน์มากและทำให้ลดความซับซ้อนในการ ใช้คำสั่งภายในโปรแกรมลงได้มาก

2.4.3 การ interrupt ใน 8051

2.4.3.1 ประเภทของการ interrupt

- **External interrupt** การตรวจสอบสัญญาณที่มา interrupt นี้ จะสามารถกำหนดให้มีการตรวจสอบ ในลักษณะเมื่อได้มีการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณ (Level-sensitive) ไปแล้ว หรือในช่วงเวลาขณะเริ่มมี การ เปลี่ยนแปลงสัญญาณจาก logic สูงไปต่ำ (Edge-sensitive)

- **Internal interrupt** แหล่งกำเนิดสัญญาณนี้จะป็นวงจรภายใน Microcontroller เอง เช่น วงจรนับ /จับเวลา วงจรเชื่อมต่อสัญญาณอนุกรม เป็นต้น

2.4.3.2 โครงสร้างการ interrupt เกิดได้ 5 ลักษณะ คือ

- INT0 สัญญาณ interrupt จากภายนอก ทางขาสัญญาณ P3.2 โดย 8051 จะทำการสุ่มตัวอย่าง สัญญาณเมื่อสิ้นสุดทุก Machine Cycle
- INT1 สัญญาณ interrupt จากภายนอกทางขาสัญญาณ P3.3 โดย 8051 จะทำการสุ่มตัวอย่าง สัญญาณเมื่อสิ้นสุดทุก Machine Cycle
- Timer0 สัญญาณการเกิด Overflow ของ Timer 0
- Timer1 สัญญาณการเกิด Overflow ของ Timer 1
- Serial Port การเกิด interrupt ที่เกิดขึ้นจากการรับ/ส่งข้อมูลอนุกรม ทำให้มีผลต่อ flag interrupt RI และ TI ตามลำดับ

จากแผนภาพโครงสร้างระบบ interrupt ของ 8051 จะเห็นว่าเมื่อเกิดการ interrupt สัญญาณ ต่างๆขึ้น จะส่งผลให้มีการควบคุมเพื่อสั่งให้ processor กระโดดไปทำงานที่ตำแหน่ง Address ต่างๆ ตามประเภทของ แหล่งกำเนิดสัญญาณ interrupt ที่เกิดขึ้น ซึ่งปรกติควรมีการสร้าง program เหล่านี้ไว้ เพื่อทำหน้าที่ย่อย บริการ interrupt

การกำหนดให้ 8051 สามารถตอบรับการ interrupt แต่ละประเภท ทำได้โดยกำหนด bit ของ ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมักอยู่ภายใน register TCON และ SCON หากได้ว่าการกำหนด ค่าของ bit ซึ่งอยู่ภายใน register IE (Interrupt Enable Register) ด้วยแล้ว ก็สามารถตอบรับการ interrupt ของสัญญาณนั้นๆ ได้ นอกจากนั้นตามแผนภาพในรูป ยังแสดงให้เห็นว่าสัญญาณ interrupt แต่ละ ประเภท ยังสามารถกำหนด priority ของการ interrupt ได้ 2 ลักษณะ คือ High Low priority กล่าว คือขณะที่ประมวลผลอยู่ภายในส่วน ของ program ย่อย บริเวณ interrupt ของสัญญาณที่มีระดับความ สำคัญต่ำอยู่ ก็สามารถถูก interrupt ที่มี priority สูงกว่าได้ แต่หากว่าเป็นสัญญาณ interrupt ที่มี priority เดียวกันหรือต่ำกว่าแล้วก็ต้องรอให้เสร็จสิ้นการประมวลผลที่ดำเนินอยู่ก่อน

2.4.3.3 การควบคุม Interrupt

ตามโครงสร้างที่ด้านการจัดการ Interrupt ของ 8051 สามารถกำหนดเรียกเพื่อยินยอมหรือไม่ยินยอม (Enable/Disable) ให้มีการ interrupt แต่ละสัญญาณได้ โดยใช้วิธีการกำหนด ค่าของ bit ภายใน register IE

2.4.4 การใช้งานโปรแกรม Systonix RAD51 มาเป็น editor เขียนโปรแกรม ภาษา Assembly

```

Systonix RAD51 - H:\LED_SELECT_OPTION_NEW.asm - [LED_SELECT_OPTION_NEW]
File Edit View Options Build Window Help

;Filename : LED.asm
;Programmer : Mr.Sarawut
;start date : 23 OCT 2006
;assembler : rad51
;HARDWARE : AT89C51

ORG 0000H
LJMP INITIAL

ORG 0003H
DB 0FFH,0FFH,0FFH,0FFH
DB 0FFH,0FFH,0FFH,0FFH

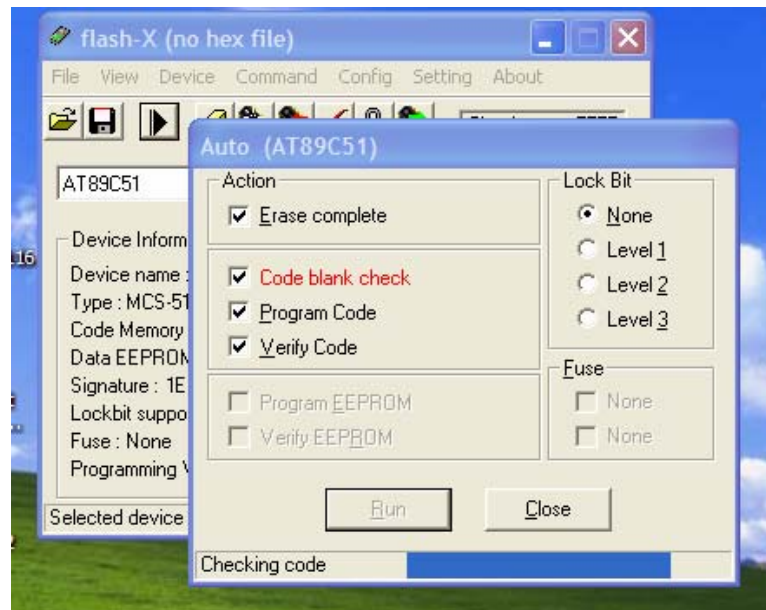
ORG 0013H
DB 0FFH,0FFH,0FFH,0FFH
DB 0FFH,0FFH,0FFH,0FFH

INITIAL:
MOV P1,#0FFH ;DIP DELAY TIME
MOV P0,#00H
MOV P3,#0FFH ;DIP LED
MOV R3,#00H ;HIGH BIT
MOV R4,#00H ;LOW BIT
MOV R5,#00H ;CODE DELAY
MOV TMOD,#20H ;TIMER1 MODE2
MOV TH1,#0FDH ;9600 BPS
MOV TL1,#0FDH
MOV SCON,#50H ;SERIAL 8 BIT UART MODE
SETB TR1 ;TIMER1 ON

;*****
;***** MAIN PROGRAM *****
;*****
SETB P2.0
ACALL DELAY_1S
CLR P2.0
ACALL DELAY_1S

```

รูปที่ 2.10 การใช้งานโปรแกรม Systonix RAD51



รูปที่ 2.11 แสดงใช้โปรแกรม Flash-X สำหรับทำการ บันทึกโปรแกรมที่เขียนไว้ลงไปใน 8051

2.5 แบตเตอรี่

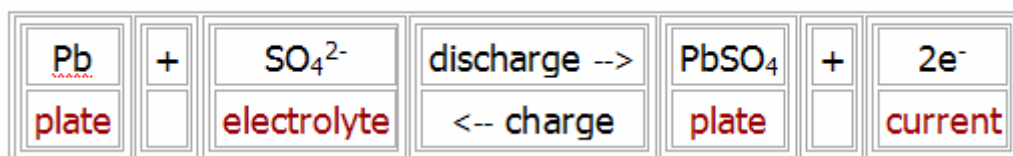
แบตเตอรี่ได้ถูกนำมาเป็นตัวเก็บพลังงานและถือว่าเป็นส่วนที่แพงที่สุดในระบบพลังงานจากแสงอาทิตย์ทั้งนี้เนื่องจากว่าอายุการใช้งานของแบตเตอรี่มีเพียง 5 ปีเท่านั้นแต่แผงเซลล์แสงอาทิตย์มีอายุการใช้งานถึง 20 ปีเนื่องจากแบตเตอรี่นั้นเสียหายง่ายและต้องการการดูแลที่ดีพอ ในระบบพลังงานแสงอาทิตย์นี้เราจะใช้แบตเตอรี่อยู่สองชนิดคือ แบบตะกั่วกรด และแบบนิเกิลแคดเมียม แบตเตอรี่แบบนิเกิลแคดเมียมนั้นมีความคุณภาพดีกว่าแต่ราคาแพงกว่าแบบตะกั่วกรดมาก ดังนั้นจึงนิยมใช้แบบตะกั่วกรดมากกว่า

2.5.1 แบตเตอรี่แบบตะกั่วกรด (Lead-Acid Batteries)

แบตเตอรี่แบบตะกั่วกรด (Lead – Acid Batteries) จะมีแผ่นตะกั่ว แห่อยู่ในกรด ซัลฟริก(กรดกำมะถัน)และทำปฏิกิริยาทางเคมีกันดัง สมการต่อไปนี้

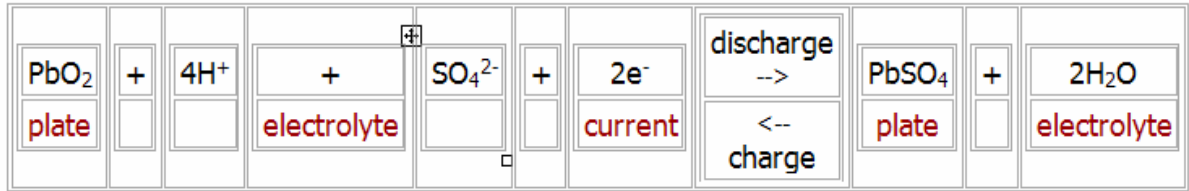
ตารางที่ 2.5 การทำปฏิกิริยาทางเคมีที่ขั้วลบ

Negative Plate:



ตารางที่ 2.6 การทำปฏิกิริยาทางเคมีที่ขั้วบวก

Positive Plate:

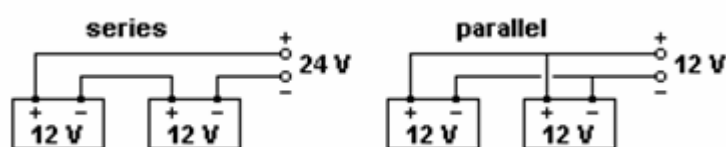


ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ชนิดนี้จะมีประมาณ 80 % ถ้าเราประจุไฟฟ้าด้วยกำลังไฟ 100 วัตต์ชั่วโมง แบตเตอรี่จะเก็บไฟและจ่ายออกได้แค่เพียง 80 วัตต์ชั่วโมงเท่านั้น

แบตเตอรี่แบบตะกั่วกรดรีได้ถูกออกแบบมาสำหรับการสตาร์ทเครื่องยนต์ หรือที่เรียกว่า Starting batteries ซึ่งออกแบบมาให้สามารถจ่ายกระแสไฟปริมาณมากๆ ได้ในช่วงเวลาสั้นๆ แบตเตอรี่ชนิดนี้ จะมีแผ่นตะกั่วจำนวนหลายๆ แผ่นเพื่อให้ได้พื้นที่มากๆ และเคลือบด้วยสารเคมีบางๆ เพื่อให้มีความต้านทานทางไฟฟ้าต่ำเพราะว่า Lead Sulphate บนแผ่นตะกั่วต้องการพื้นที่มากกว่าแผ่นตะกั่วที่ขั้วลบ และตะกั่วออกไซด์บนแผ่นขั้วบวกสารที่เคลือบอยู่นี้จะขยายตัวออกในขณะที่แบตเตอรี่ทำการจ่ายไฟ และจะหดตัวกลับอีกครั้งขณะที่ทำการประจุไฟใหม่ด้วยสาเหตุนี้ ทำให้สารที่เคลือบนี้มีบางส่วนที่เสียหายไปในรอบการประจุและการจ่ายไฟถ้าแบตเตอรี่ถูกใช้งานจนหมดไฟสารที่เคลือบนี้จะเกิดการเสียหาย อย่างไรก็ตามแบตเตอรี่ชนิดนี้จะถูกใช้ไฟในขณะสตาร์ทเครื่องยนต์ประมาณ 5% ของไฟทั้งหมด แล้วจะถูกประจุไฟใหม่อีกครั้งขณะใช้รถยนต์ แต่แบตเตอรี่ชนิดนี้ไม่เหมาะกับการนำมาใช้งานกับระบบไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์

แบตเตอรี่ชนิด Deep Discharge Batteries เป็นแบตเตอรี่ที่ออกแบบมาให้จ่ายกระแสไฟได้แบบต่อเนื่องเป็นเวลานานๆ ได้ ซึ่งแบตเตอรี่ชนิดนี้จะมีแผ่นเพลทจำนวนน้อยกว่าและเคลือบสารที่หนากว่า แบตเตอรี่รถยนต์ และสามารถจ่ายไฟได้จนหมดโดยที่ไม่เกิดการเสียหาย ดังนั้นจึงเหมาะสมกับระบบไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์

ในแต่ละเซลล์ของแบตเตอรี่จะให้แรงดันไฟฟ้า 2 โวลต์ ดังนั้น แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์จะประกอบด้วย 6 เซลล์ต่ออนุกรมกัน หากต้องการให้แบตเตอรี่มีแรงดันสูงขึ้นก็ให้ต่ออนุกรมกันได้ หากต้องการกระแสไฟมากขึ้นก็ให้ต่อขนานกันดังรูป



รูปที่ 2.12 การต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรมและแบบขนาน

บทที่ 3 วิธีการทดลอง/ ระเบียบวิธีวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นการสร้างเครื่องจุดหลอดพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับไฟสัญญาณเสา
โทรคมนาคม โดยมีกระบวนการในการวิจัยดังนี้

- 3.1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นและรายละเอียดเกี่ยวกับงานวิจัย
- 3.2 ออกแบบระบบการทำงานของวงจร
- 3.3 ทดสอบระบบการทำงานของวงจร
- 3.4 เปรียบเทียบค่าต่างๆของวงจรที่พัฒนาขึ้นเปรียบเทียบกับมาตรฐานที่มีการกำหนดไว้

3.1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น

ในการทำวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการสร้างชุดจุดหลอดพลังงานแสงอาทิตย์
สำหรับไฟยอดเสาโทรคมนาคม โดยแบ่งเป็นหัวข้อหลักๆดังนี้

3.1.1 ศึกษาข้อกำหนดต่างๆเกี่ยวกับไฟยอดเสาโทรคมนาคมและคุณสมบัติของ LED

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการค้นคว้าหารายละเอียดข้อกำหนดต่างๆเกี่ยวกับไฟยอดเสา
โทรคมนาคม แล้วพบว่า มีหน่วยงานที่ออกข้อกำหนดไว้คือ องค์การการบินระหว่างประเทศ เพื่อเป็น
สัญญาณเตือนสิ่งกีดขวาง (Obstruction Light) การเดินทางทางอากาศเพื่อที่เครื่องบินที่บินผ่านใน
บริเวณนั้นสามารถมองเห็นจุดสูงสุดของเสาได้ในเวลากลางคืนหรือในเวลาที่มีแสงน้อยตาม
ข้อกำหนดของ International Civil Aviation Organization (ICAO) ซึ่งกำหนดไว้ใน Annex 14
Volume I โดยกำหนดให้เสาสูงตั้งแต่ 45 ถึง 105 เมตร ต้องติดตั้งสัญญาณไฟกระพริบสีแดง แบบ
ความเข้มปานกลาง (Medium Intensity Obstruction Light) ที่ยอดเสาและแบบความเข้มต่ำที่ระยะ
ต่ำลงมาถ้าความสูงไม่เกิน 45 เมตร ต้องติดตั้งสัญญาณไฟกระพริบสีแดง แบบความเข้มต่ำ (Low
Intensity Obstruction Light) ที่ยอดเสา

ตารางที่ 3.1 แสดงข้อกำหนดมาตรฐานเกี่ยวกับความเข้มแสงและสีของไฟขอดีโคมอากาศยาน

BEACONS						
divided for color and intensity						
TYPE	DESCRIPTION	COLOR		INTENSITY(candles)		
		fixed	flash	night	twilight	day
LIOL A	Low Intensity Obstruction Light	RED		>10		
LIOL B	Low Intensity Obstruction Light	RED		>32		
MIOL A	Medium Intensity Obstruction Light		WHITE	>2.000	>20.000	>20.000
MIOL B	Medium Intensity Obstruction Light		RED	>2.000		
MIOL C	Medium Intensity Obstruction Light	RED		>2.000		
HIOL A	High Intensity Obstruction Light		WHITE	>2.000	>20.000	>200.000

จากข้อกำหนดของ ICAO ซึ่ง กำหนดให้เป็นสีแดง และมีค่าความเข้มไม่น้อยกว่า 32 candela ซึ่งปกติที่นิยมใช้กันคือ ใช้หลอดไส้ชนิดทั้งสแตนด์ที่มีกำลังงาน 100watt/Ac โดยจะใช้กระแสไฟฟ้าประมาณ 0.5A และจำเป็นต้องใช้กับระบบไฟฟ้าแรงดัน 220 โวลต์ ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานและมีอายุการใช้งานสั้น ทำให้เกิดความยากลำบากในการดูแลรักษาและเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้หลอด LED แล้ว จะพบว่ามีการใช้พลังงานที่ต่ำกว่ามาก มีอายุการใช้งานที่นานกว่าทั้งยังมีความเหมาะสมสำหรับการกำหนดให้เกิดการกระพริบเป็นจังหวะได้ง่ายกว่า ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงคุณลักษณะของ LED ที่นำมาใช้ในการวิจัย

Parameter	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit	Test Condition
Luminous Intensity	I_v	1900	4200		mcd	$I_F = 20\text{mA}$ Note 1
Viewing Angle	$2\theta_{1/2}$		30		deg	Note 2 (Fig.5)
Peak Emission Wavelength	λ_P		639		nm	Measurement @Peak (Fig.1)
Dominant Wavelength	λ_d		630		nm	Note 4
Spectral Line Half-Width	$\Delta\lambda$		17		nm	
Forward Voltage	V_F		2.25	2.7	V	$I_F = 20\text{mA}$
Reverse Current	I_R			100	μA	$V_R = 5\text{V}$
Capacitance	C		40		pF	$V_F = 0$, $f = 1\text{MHz}$

จากตารางที่ จะเห็นได้ว่า LED 1 ดวง ใช้กระแสไฟฟ้า 20mA และให้ค่าความเข้มแสง 4.2 Candela ซึ่งหากมีการใช้ในจำนวนมากก็จะสามารถให้ค่าความเข้มแสงได้เช่นเดียวกันกับการใช้หลอดไส้ทั้งสแตน แต่จะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำกว่า

3.1.2 ศึกษาทฤษฎีพลังงานแสงอาทิตย์และแผงเซลล์แสงอาทิตย์

3.1.2.1 ระยะเวลา

ในช่วงเวลาหนึ่งวัน และสภาวะที่ท้องฟ้าปลอดโปร่งเซลล์แสงอาทิตย์จะให้พลังงานสูงสุด 18 V ในช่วงเวลา 11:30 น. ถึง 14:30 น.

3.1.2.2 คุณสมบัติเกี่ยวกับขนาดและปริมาณกระแสไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่นำมาใช้งานจะมีขนาด 638 x 278 x 25 สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้สูงสุด 1.19Aต่อชั่วโมง 16.8 โวลต์ ซึ่งมีปริมาณกระแสเพียงพอต่อการใช้งานของวงจรที่พัฒนาขึ้น ตลอดเวลาช่วงใช้งาน 12 ชั่วโมง

จากปัจจัยทั้งสองข้อที่ได้กล่าวมาแล้ว เป็นปัจจัยที่มีผลต่อระยะเวลาในการประจุไฟฟ้าเข้าเก็บในแบตเตอรี่จึงต้องมีการปรับปรุงเกี่ยวกับการจัดเก็บพลังงานให้เพียงพอสำหรับการใช้งานตลอดคืน

ตารางที่ 3.3 แสดงคุณสมบัติของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่นำมาใช้ในการทดลอง

Solar 16.8/1A2		
Solar Module Type	STP020-12/E	
Peak Power	W	20
Maximun Power Current	A	1.19
Maximun Power Voltage	V	16.8
Short-Circuit Current	A	1.21
Open-Circuit Voltage	V	21
Nominal Operating Cell Temp.	C	50
Weight	KG	2.2
Dimension	mm	638 x 278 x 25
Maximum System Voltage	V	600
Wind Resistance	Pa	2400

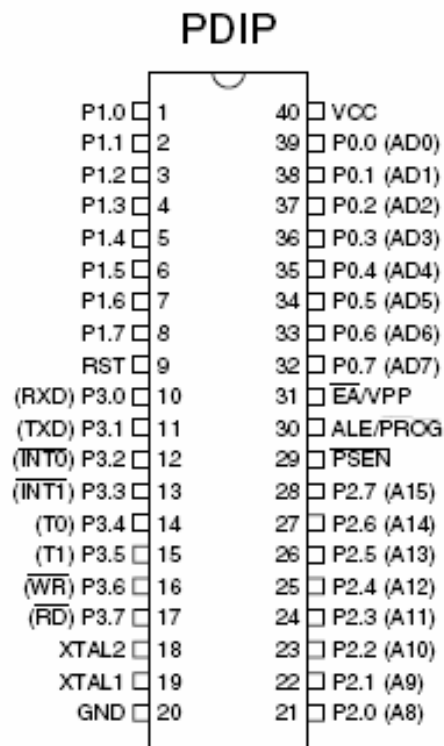
All Technical data at standard test condition

AM=1.5 E=1000W/m² Tc=25c

3.1.3 ศึกษาทฤษฎีและการใช้งาน ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051

ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 เป็น CHIP ที่นิยมมากตัวหนึ่งที่ใช้ในงานควบคุมเนื่องจากความสามารถที่สูงและง่ายต่อการใช้งาน ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับผู้ใช้งานที่จะมีวิธีการอย่างไรในการดึงความสามารถของ CHIP มาให้ใช้เต็มที่เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งการที่รู้ถึงรายละเอียด และเรียนรู้สถาปัตยกรรมของ เป็นสิ่งแรกที่ต้องทำ ทางคณะผู้จัดทำหวังว่า web page ชุดนี้จะทำให้ผู้อ่านมีความรู้ความเข้าใจ และสามารถนำ 8051 ไมโครคอนโทรลเลอร์ CHIP ไปใช้งานให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อไป

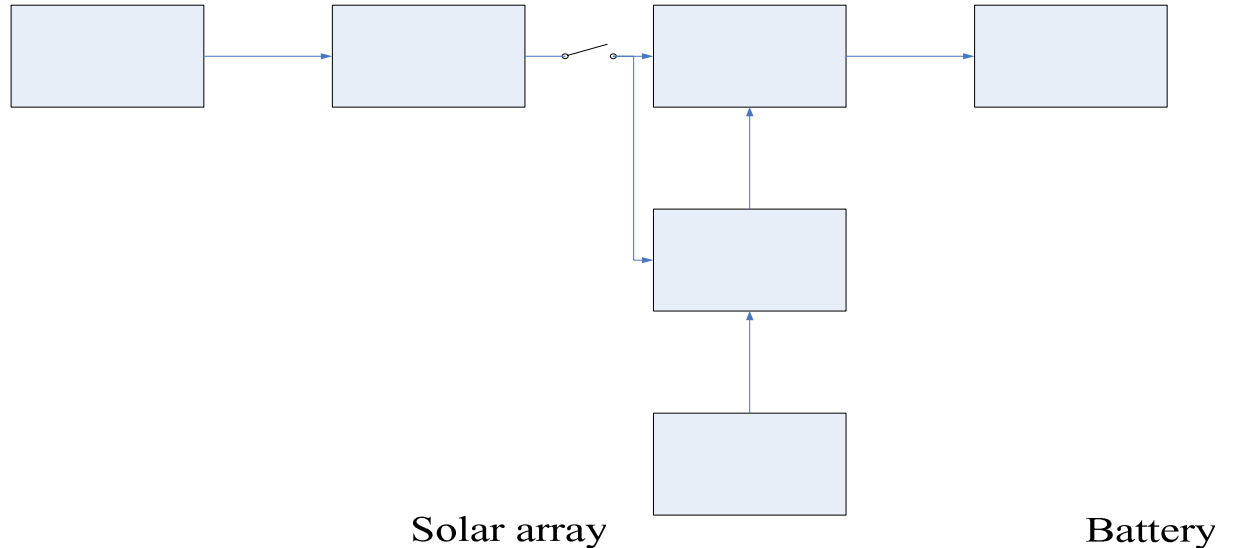
ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 ได้มีการผลิตครั้งแรกโดยบริษัท Intel และใช้ชื่อว่า MCS-51 ซึ่งปรากฏว่านิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 16 บิตต่อมาได้มีหลายบริษัทที่รับลิขสิทธิ์จากบริษัท intel ให้มีการนำ MCS-51 ไปผลิตเพื่อจำหน่าย ทำให้เกิด 8051 ไมโครคอนโทรลเลอร์ CHIP หลาย SERIES จำนวนมากขึ้นมาซึ่งผู้บริโภคสามารถเลือกใช้ตามความเหมาะสม ของลักษณะงาน ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความเห็นว่า ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 นี้มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้งานได้เป็นอย่างดีจึงได้เลือก เบอร์ AT89C51 ยี่ห้อ ATMEL ซึ่งมี Flash Memory ขนาด 4 Kbyte และ RAM ขนาด 8 bit จำนวน 128 byte ตำแหน่งการใช้งานดังรูป



รูปที่ 3.1 แสดงตำแหน่งขาที่ต้องต่อใช้งานของ Microcontroller 8051

3.2 การออกแบบระบบการทำงานของวงจร

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ออกแบบและพัฒนางจรขึ้น โดยมีส่วนประกอบหลักดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของวงจร

โดยแบ่งส่วนการทำงานออกเป็น ส่วนคือ

1. ชุดเก็บพลังงาน

โดยใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 638 x 278 x 25 ซึ่งสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้สูงสุด 1.19A 16.8V ชาร์จแบตเตอรี่ขนาด 12V 18A ซึ่งเพียงพอต่อการใช้งานกับวงจรเป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง

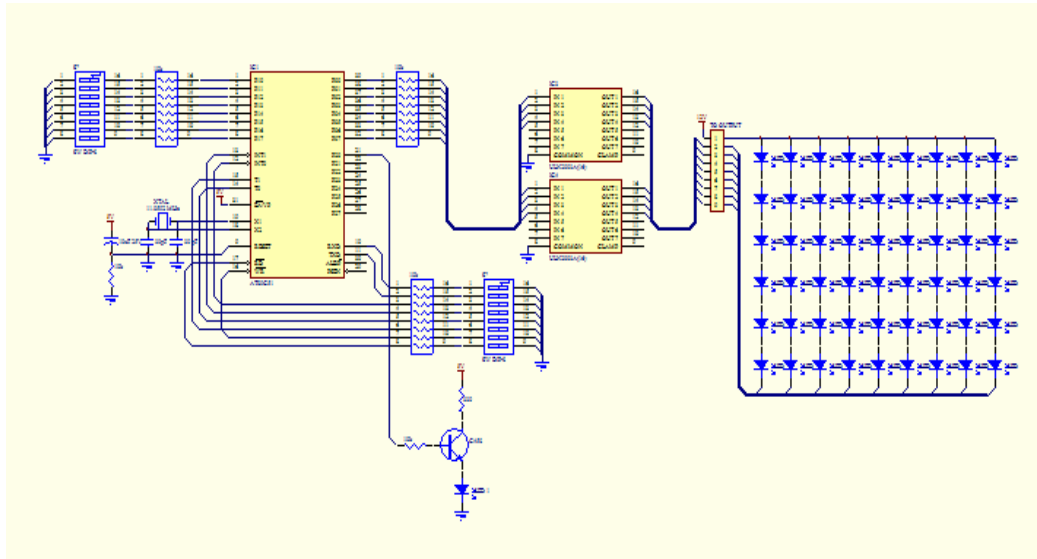
2. ชุดแสดงผล

เป็นแผงวงจรที่มี LED อัลตราไวรต ขนาด 5 มม. ให้ค่าความเข้มแสงสีแดงปริมาณ 4 candela แบ่งเป็นแผงวงจร 6 แผงวางเป็นรูป 6 เหลี่ยม โดยแต่ละแผงจะมีหลอด LED จำนวน 40 ดวง รวม 240 ดวง ซึ่งสามารถให้กำเนิดแสงสีแดงที่มีความเข้มแสงสูงสุดด้านละ 160 candela โดยชุดแสดงผลจะทำงานตามจังหวะการสวิตช์ของชุดควบคุม

3. ชุดควบคุม

เป็นการนำไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีใช้กันอย่างแพร่หลายมาเป็นตัวควบคุมจังหวะการสวิตช์ของวงจร เพื่อให้วงจรมีการใช้พลังงานต่ำที่สุด โดยเมื่อเปิดสวิตช์ Power ON จะทำให้ Microcontroller เริ่มทำงานซึ่งเราจะสามารถสังเกตได้จากการกะพริบจาก LED จากนั้นจะต้องทำการเลื่อน Dip Switch ที่พอร์ท P1 และพอร์ท P3 ซึ่งที่พอร์ท P1 จะเป็นตัวกำหนดการติดของ LED แสดงผลว่าให้ติดนานเท่าไร และที่พอร์ท P3 จะเป็นตัวกำหนดเวลาการดับของ LED แสดงผลว่าให้นานเท่าไร ถ้าไม่เลื่อน Dip Switch ตัวใดตัวหนึ่งหรือทั้ง 2 ตัว หรือเลื่อนหลายบิต พร้อม ๆ กัน CPU จะยังไม่ทำ

คำสั่งในส่วนของการสั่งให้พอร์ต P0 ทำงาน เพื่อไปสั่งให้ LED แสดงผล และเมื่อเลื่อน Dip Switch ตั้งค่าเรียบร้อยแล้ว CPU จะเริ่มสั่งให้พอร์ต P0 ทำงานตามคำสั่งที่ตั้งค่าเอาไว้จาก Dip Switch และเมื่อพอร์ต P0 ทำงานตามโปรแกรมที่ตั้งไว้จะทำให้มีกระแสออกมาจากพอร์ตซึ่งมีค่าประมาณ 1 mA และมีแรงดันออกมาไม่เกิน 5 V ซึ่งไม่พอสำหรับการนำมาทำให้ LED ติดได้ จึงต้องนำวงจร Driver เข้ามาทำงานร่วม เพื่อให้มีกระแสและแรงดันเพียงพอสำหรับนำไปขับให้ LED ทำงาน วงจรแสดงดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แสดงรายละเอียดของชุดวงจรควบคุมที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ AT89C51

3.3 การทดสอบระบบการทำงานของวงจร

ในการวิจัยนี้ ได้มีการทดสอบระบบการทำงานของวงจร โดยการกำหนดการสวิตช์ของชุดแสดงผลเป็นสองระดับคือ

1. การสวิตช์เพื่อควบคุมปริมาณกระแสของวงจรในขณะที่ยังสามารถมองเห็นแสงจากชุดแสดงผล เป็นการสวิตช์ที่มีความเร็วสูงสุดประมาณ 125 ครั้งต่อวินาทีซึ่งมีความเร็วสูงจนตามนุษย์มองไม่ทันการกระพริบติดและดับของหลอด เพื่อให้มองเห็นเหมือนกับว่า LED ที่ชุดแสดงผลนั้นยังคงติดอยู่เหมือนการทำงานของหลอดไส้ทั้งสแตนด์บายทั่วไป

2. การสวิตช์เพื่อควบคุมการกระพริบแบบติดดับของชุดแสดงผลที่สามารถมองเห็นได้ทางกายภาพ เป็นการสวิตช์เพื่อให้มองเห็นเป็นจังหวะการติดและดับของหลอดโดยมีคาบเวลาละ 2 วินาทีตามมาตรฐานของ ICAO ที่กำหนดไว้สำหรับไฟออดเสาโทรคมนาคม

จากการทดสอบระบบของวงจร ซึ่งเสมือนการใช้การสวิตช์ซ้อนกัน 2 จังหวะ จำเป็นต้องกำหนดให้ชุดควบคุมสามารถควบคุมจังหวะการกระพริบนั้นเป็นไปตามการควบคุมบิตของเอาต์พุตพอร์ต

ไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งมีจำนวน 8 บิต โดย 1 บิตสามารถกำหนดค่าความถี่การสวิตช์หรือ duty ได้ต่ำสุด 12.5% และใช้ค่า duty ที่มีความแตกต่าง 12.5 นี้สำหรับการเปรียบเทียบกับมาตรฐานของ ICAO

3.4 เปรียบเทียบค่าต่างๆของวงจรที่พัฒนาขึ้นเปรียบเทียบกับมาตรฐานที่มีการกำหนดไว้

เมื่อได้วงจรที่จะใช้ในการทดลองแล้ว จึงทำการวัดหาค่าความเข้มแสงของวงจรที่พัฒนาขึ้นเปรียบเทียบกับอุปกรณ์ที่มีอยู่เดิมซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ได้มาตรฐานของ ICAO โดยทำการเปิดการทำงานของอุปกรณ์ในห้องที่มีดสนิทให้ค่าที่ LUX meter มีค่าเป็น 0 ในการวัดอุปกรณ์ทั้ง 2 แบบ โดยวางส่วนรับแสงของ LUX meter ไว้ชิดกับชุดโคมเพื่อให้มีการคลาดเคลื่อนจากระยะห่างของอุปกรณ์และเป็นการควบคุมตัวแปรอื่นๆให้คงที่เช่นเดียวกัน เพื่อให้มีความเที่ยงตรงและแม่นยำของผลการทดลองมากที่สุด จากนั้นจึงนำวงจรมาทดสอบเพื่อเปรียบเทียบค่าโดยกำหนดค่าที่จะเปรียบเทียบกับนี้คือ

1. ค่ากระแสและกำลังงานที่ใช้ในวงจรเมื่อเปลี่ยนแปลงค่า duty โดยกำหนดให้ค่า duty เป็น 12.5%, 25%, 37.5%, 50% และ 62.5%
2. ค่าความเข้มแสงที่เกิดขึ้นในแต่ละด้านของชุดแสดงผลทั้ง 6 ด้านเมื่อเปลี่ยนแปลงค่า duty แล้วจึงนำมาเปรียบเทียบกับค่าความเข้มแสงของไฟยอคเสาโทรคมนาคมแบบเดิมโดยใช้ LUX meter และเปรียบเทียบการใช้พลังงานของไฟยอคเสาโทรคมนาคมตามมาตรฐานของ ICAO กับวงจรที่พัฒนาขึ้น

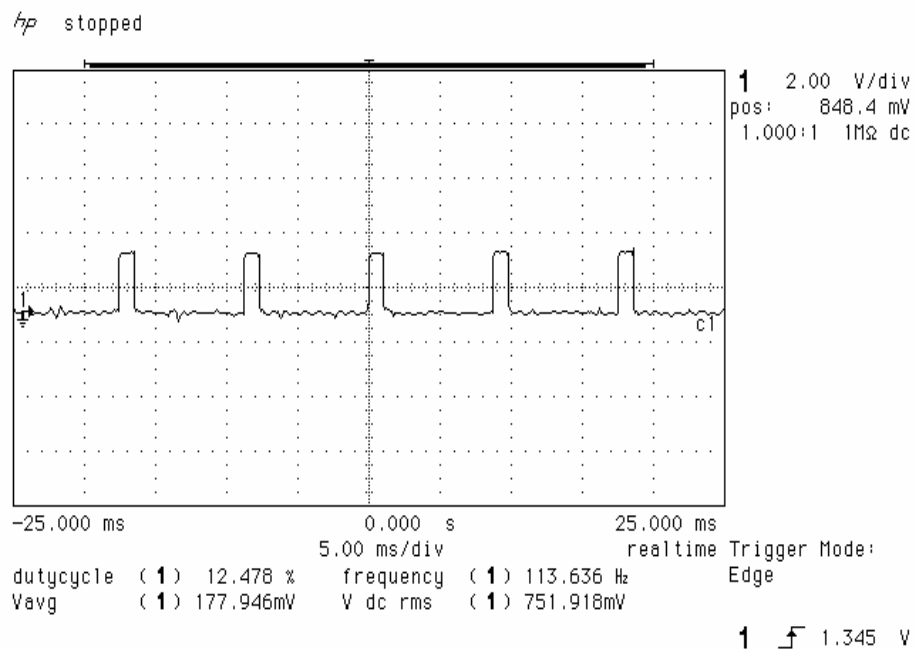
บทที่ 4 ผลการทดลอง

4.1 ค่ากระแสที่ใช้ในวงจรเมื่อเปลี่ยนแปลงค่าduty

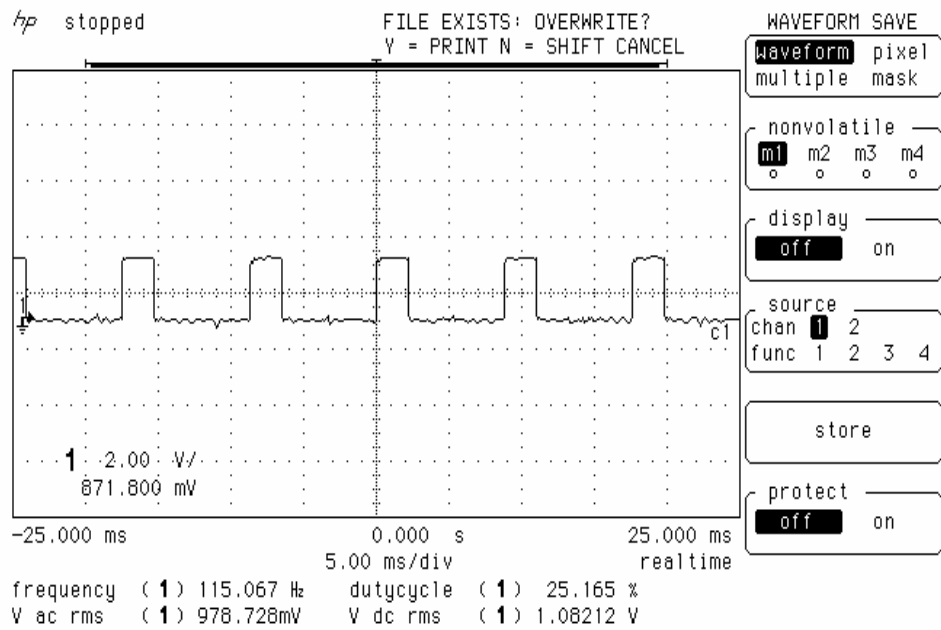
จากการทดลองเพื่อหาค่ากระแสที่ใช้ในวงจร โดยได้ทำการเปลี่ยนค่าDutyเป็นค่าต่างๆดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงค่ากระแสที่ใช้ของวงจรที่ค่าDutyต่างๆที่ใช้ในการทดลองและค่าความเข้มแสงเฉลี่ย

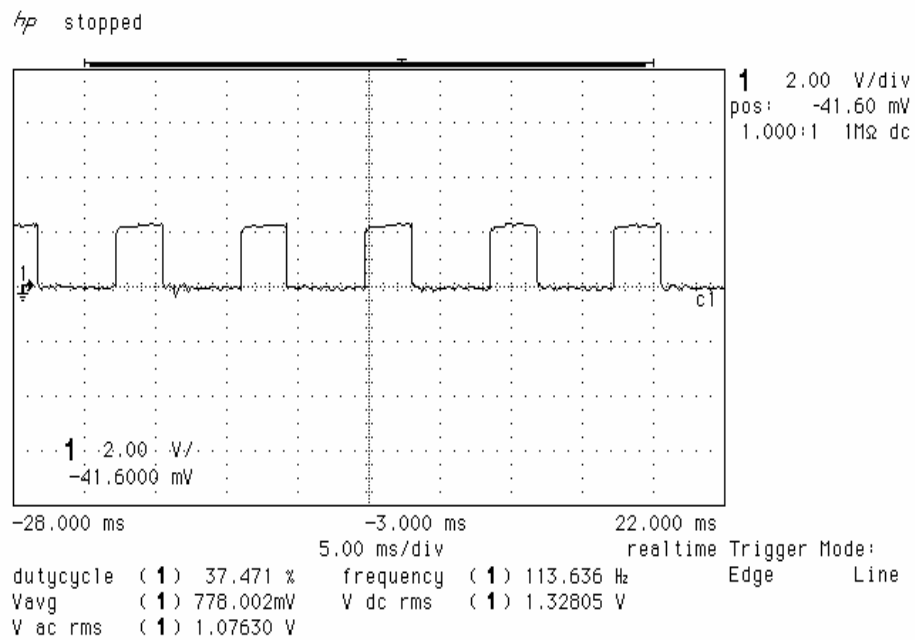
ลำดับที่	ค่าDuty (%)	ค่ากระแสรวมที่ใช้ในวงจร(mA)	กำลังงานที่ใช้ (Watt)	ค่าความเข้มแสงเฉลี่ย(LUX)
1	12.5	190	2.28	1068
2	25	300	3.6	1905
3	37.5	400	4.8	2463
4	50	490	5.88	3261
5	62.5	594	7.13	4108



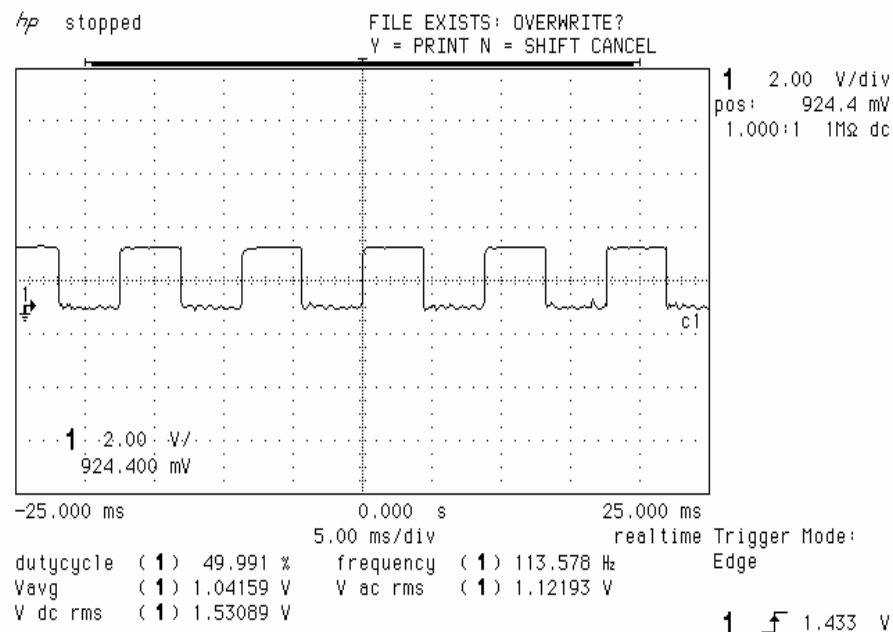
รูปที่ 4.1 แสดงรูปสัญญาณที่วัดได้จาก เอาท์พุทที่ Duty 12.5%



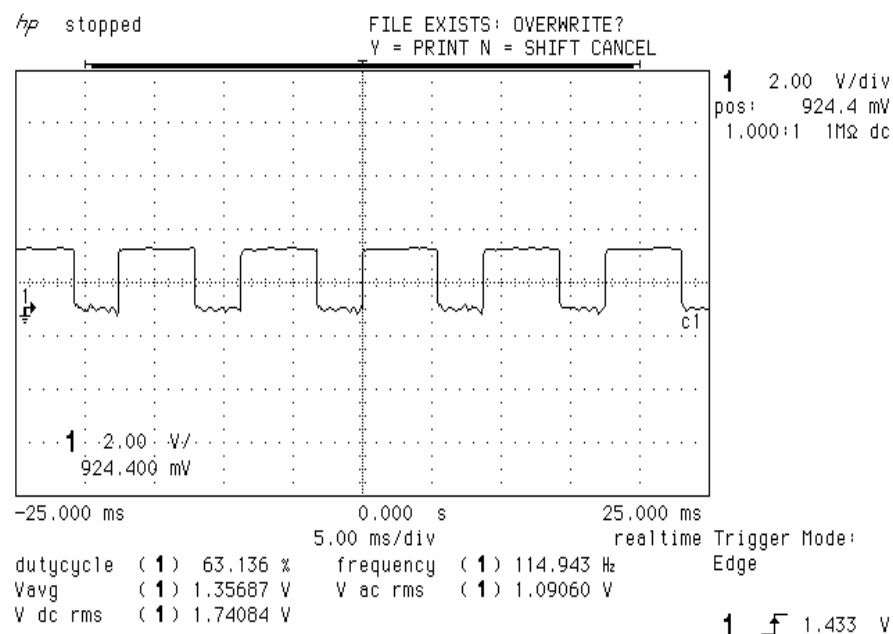
รูปที่ 4.2 แสดงรูปสัญญาณที่วัดได้จาก เอาท์พุทที่ Duty 25%



รูปที่ 4.3 แสดงรูปสัญญาณที่วัดได้จาก เอาท์พุทที่ Duty 37.5%



รูปที่ 4.4 แสดงรูปสัญญาณที่วัดได้จาก เอาท์พุทที่ Duty 50%



รูปที่ 4.5 แสดงรูปสัญญาณที่วัดได้จาก เอาท์พุทที่ Duty 62.5%

จากตารางที่ 4.1 พบว่าค่ากระแสจะเพิ่มขึ้นประมาณ 100mA ต่อการเพิ่มค่า Duty 12.5% ค่ากระแสต่ำสุดที่วัดได้คือ 190 mA ที่ Duty 12.5% ซึ่งจะได้ค่าความเข้มแสงเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 1068 LUX และค่ากระแสสูงสุดที่วัดได้คือ 594mA ที่ Duty 62.5% ซึ่งจะได้ค่าความเข้มแสงเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4108 LUX โดยค่ากระแสที่ใช้งานนี้เมื่อใช้ร่วมกับแบตเตอรี่และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จะสามารถทำงานได้ตลอด 12 ชั่วโมง

4.2 ค่าความเข้มแสงที่เกิดขึ้นในแต่ละด้านของชุดแสดงผล

ค่าความเข้มแสงที่เกิดขึ้นในแต่ละด้านของชุดแสดงผลทั้ง 6 ด้านเมื่อเปลี่ยนแปลงค่า duty แล้วจึงนำมาเปรียบเทียบกับค่าความเข้มแสงของไฟยอคเสาโทรคมนาคมแบบเดิมโดยใช้ LUX meter และเปรียบเทียบการใช้พลังงานของไฟยอคเสาโทรคมนาคมตามมาตรฐานของICAOกับวงจรที่พัฒนาขึ้นจากการทดลองเปลี่ยนค่า duty พบว่าค่า duty, ค่ากระแสและค่าความเข้มแสงจะมีความสัมพันธ์กันแสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าDuty และค่าความเข้มแสงของแต่ละด้านเฉลี่ย

ด้านที่	Duty 12.5%	Duty 25%	Duty 37.5%	Duty 50%	Duty 62.5%
	ค่าความเข้มแสง (LUX)	ค่าความเข้มแสง (LUX)	ค่าความเข้มแสง (LUX)	ค่าความเข้มแสง (LUX)	ค่าความเข้มแสง (LUX)
1	1000	1870	2390	3190	4000
2	1030	1890	2400	3200	4050
3	1100	1910	2420	3240	4090
4	1070	1900	2470	3270	4130
5	1120	1965	2570	3350	4210
6	1090	1900	2530	3320	4170
ค่าความ เข้มแสง เฉลี่ย	1068	1905	2463	3261	4180

จากตารางที่ จะเห็นว่าค่าความเข้มแสงและค่าของ Duty มีความสัมพันธ์กัน โดยเมื่อค่า Duty เพิ่มขึ้น ค่าความเข้มแสงก็จะเพิ่มขึ้นตามกัน ซึ่งค่าความเข้มแสงต่ำสุดที่วัดได้ คือ 1000 LUX ที่ Duty 12.5% และค่าความเข้มแสงสูงสุดที่วัดได้คือ 4210 LUX ที่ Duty 62.5% โดยค่าความเข้มแสงและค่ากระแสของอุปกรณ์แบบเดิมตามมาตรฐานของICAOนั้นมีค่าความเข้มแสงและค่ากระแสที่ใช้ในวงจรดังตารางที่ 4.2

จากตารางที่ 4.2 และตารางที่ 4.3 ที่ทำการวัดทดสอบหาค่าความเข้มแสง,ค่ากระแสและค่ากำลังงานระหว่างอุปกรณ์แบบเดิมปรากฏว่า อุปกรณ์แบบเดิมตามมาตรฐานของ ICAO ที่นำมาเปรียบเทียบกับนั้นมีค่ากระแสเฉลี่ยที่ 0.442 A ค่าความเข้มแสงเฉลี่ยที่ 2296 LUX และค่ากำลังงานที่ 100Watt ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับวงจรที่พัฒนาขึ้น จะพบว่ามีค่ากระแสและกำลังงานน้อยกว่าในขณะที่มีค่าความเข้มแสงมากกว่าเมื่อให้ค่า Duty ของวงจรอยู่ที่ 37.5% โดยที่แรงดัน 12V ซึ่งสามารถทำให้วงจรนี้ทำงาน

ได้ จะใช้กระแสไฟ 0.4A และค่ากำลังงาน 4.8Watt โดยมีค่าความเข้มแสงเฉลี่ยเท่ากับ 2463 LUX ซึ่งมากกว่าอุปกรณ์แบบเดิม เมื่อคิดเป็นค่าร้อยละแล้วจะพบว่าใช้กำลังงานน้อยลง 95.2% และให้ค่าความเข้มแสงมากกว่า 8.8%

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าการใช้กระแส ค่าความเข้มแสง และค่ากำลังงานของอุปกรณ์แบบเดิม

สถานที่ทำการเก็บข้อมูล	ค่ากระแส (A)	ค่าความเข้มแสง (LUX)	กำลังงานของหลอด (Watt)
ไปรษณีย์ ราชบุรี	0.43	2230	100
สำนักงานกสท.ราชบุรี	0.45	2270	100
ไปรษณีย์โพธาราม	0.44	2300	100
สถานีสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่ TRUE MOVE ด.โคกหม้อ	0.45	2310	100
สถานีสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่ DTAC ด.ปากท่อ อ.ปากท่อ จ.ราชบุรี	0.44	2370	100
ค่าเฉลี่ย	0.442	2296	100

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาไฟยอเดสโตรโมนาคม เพื่อหาทางลดการใช้กำลังงานโดยใช้LEDและไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมการสวิทช์ซึ่งคุณลักษณะสำคัญของการวิจัยนี้ได้แบ่งออกเป็น4ส่วนคือ

1. การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมการสวิทช์จะช่วยให้เราสามารถกำหนดค่าความเข้มแสงของอุปกรณ์ รวมถึงการใช้กระแสไฟฟ้าได้
2. การใช้หลอดLEDแทนการใช้หลอดไส้แบบเดิม โดยนำมาต่อเป็นชุดซึ่งพิจารณาจากคุณสมบัติของLED จะช่วยให้สามารถใช้งานได้เต็มประสิทธิภาพ และช่วยลดการใช้กำลังงานลงได้
3. การพัฒนาอุปกรณ์นี้ สามารถลดการใช้กำลังงานไฟฟ้าลงได้ 95.2% และยังเพิ่มความสว่างได้อีก8.8% ซึ่งหากมีการใช้อุปกรณ์หรือหลักการตามงานวิจัยนี้กับอุปกรณ์แสงสว่างประเภทอื่นอย่างแพร่หลาย จะช่วยลดการสิ้นเปลืองพลังงานลงได้อย่างมาก
4. การใช้อุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นร่วมกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด20W 16.8V 1.19A และแบตเตอรี่ขนาด 18A นั้นสามารถใช้งานได้ประมาณ2คืนต่อการชาร์จวัน โดยคิดอัตราการชาร์จสูงสุดที่วันละไม่เกิน4ชั่วโมง

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

1. การจัดวาง LED หากจัดวางไม่เหมาะสมจะทำให้ได้ค่าความเข้มแสงน้อยกว่าที่ควรจะเป็น ควรทดสอบรูปแบบการวางหลายๆรูปแบบเพื่อหารูปแบบที่จะช่วยให้มีค่าความเข้มแสงสูงขึ้น
2. การเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์และการออกแบบบอร์ดเอาต์พุต หากสามารถพัฒนาโปรแกรมให้มีขนาดเล็กและกำหนดพอร์ตที่เหมาะสม จะช่วยให้วงจรมีขนาดเล็กทั้งยังจะช่วยให้ประหยัดพลังงานมากขึ้น
3. การทดสอบเพื่อเปรียบเทียบกับอุปกรณ์เดิมนั้นหากนำอุปกรณ์มาทดลองในห้องทดลองได้ จะช่วยให้งานสะดวก รวดเร็วและปลอดภัย มากกว่าการทดสอบและเก็บข้อมูลในสถานที่จริง

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการพัฒนาต่อยอดงานวิจัยนี้อย่างต่อเนื่อง เพราะจะช่วยในการลดการใช้พลังงานโดยภาพรวมของประเทศลงได้อย่างมาก
2. ควรพัฒนาอุปกรณ์นี้โดยการเปลี่ยน LED ที่มีประสิทธิภาพดีกว่า เพื่อที่จะสามารถเพิ่มความเข้มแสงได้มากขึ้น โดยที่ใช้กำลังงานไฟฟ้าเท่าเดิม

3. ควรทดสอบค่าความเข้มแสงของ LED แต่ละดวงก่อนที่จะทำการประกอบแผงวงจรแต่ละด้าน เนื่องจากหากค่าความเข้มแสงของแต่ละด้านมีค่าต่างกันมากจะทำให้คุณภาพของแสงในการมองเห็นไม่ชัดเจนเท่าที่ควร

เอกสารอ้างอิง

1. Introduction to Solar Energy *King Mongkut's University of Technology Thonburi*
<http://www.jgsee.kmutt.ac.th/exell/Solar/IntroSolar.html>.
2. Simple Domestic Photovoltaic Systems
<http://www.jgsee.kmutt.ac.th/exell/Solar/PVSystems.html>.
3. LEONICS CO.LTD., ความรู้เกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์.
http://www.leonics.co.th/html/th/aboutpower/solar_knowledge.php.
4. ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 8051 ชาญกิจ อังสวาทย์ ภิญโญ พงษ์โพธิ์
<http://www.cpe.ku.ac.th/~yuen/204471/micro/mcs51>.
5. วรุฒิ โชติญาโน, 2548, **สัญญาณไฟฟ้จรรพลังงานแสงอาทิตย์**, คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นายศราวุธ เหมือนเผ่าพงษ์
วัน เดือน ปีเกิด	18 กันยายน 2514
ประวัติการศึกษา	
ระดับอนุปริญญา	ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคราชบุรี พ.ศ.2535
ระดับปริญญาตรี	วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันราชภัฏเพชรบุรี พ.ศ. 2541
ระดับปริญญาโท	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี พ.ศ. 2549
ประวัติการทำงาน	ช่างซ่อมไฟฟ้า บริษัท สยามคราฟท์อุตสาหกรรมจำกัด พ.ศ.2535 - พ.ศ.2537 นายช่างโทรคมนาคม ระดับ 6 สำนักงานบริการลูกค้า กสท ราชบุรี บริษัท กสท โทรคมนาคม จำกัด (มหาชน) พ.ศ. 2537-ปัจจุบัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ข้อตกลงว่าด้วยการโอนลิขสิทธิ์วิทยานิพนธ์

วันที่ 30 เดือน ตุลาคม พ.ศ.2549

ข้าพเจ้า นายศราวุธ เหมือนเผ่าพงษ์ เป็นนักศึกษาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ระดับปริญญาโท หลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี อยู่บ้านเลขที่ 80 หมู่ 2 ต.บ้านปราโมทย์ อ.บางคนที จ.สมุทรสงคราม ขอโอนลิขสิทธิ์วิทยานิพนธ์ให้กับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี โดยมี รศ.ดร.ศักดิ์ กองสุวรรณ ตำแหน่งคณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี เป็นผู้รับโอนลิขสิทธิ์และมีข้อตกลงดังนี้

1. ข้าพเจ้าได้จัดทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง ชุดจุดหลอดพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับไฟยอเสาโทรคมนาคม ซึ่งอยู่ในความควบคุมของ ผศ. ดร. ธเนศ ธนิตย์ธีรพันธ์ ตามมาตรา 14 แห่ง พ.ร.บ.ลิขสิทธิ์ พ.ศ.2537 และถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
2. ข้าพเจ้าตกลงโอนลิขสิทธิ์จากผลงานทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการสร้างสรรค์ของข้าพเจ้าในวิทยานิพนธ์ให้กับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ตลอดอายุแห่งการคุ้มครองลิขสิทธิ์ตามมาตรา 23 แห่งพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537 ตั้งแต่วันที่ได้รับโครงร่างวิทยานิพนธ์จากมหาวิทยาลัย
3. ในกรณีที่ข้าพเจ้าประสงค์จะนำวิทยานิพนธ์ไปเผยแพร่ในสื่อใด ๆ ก็ตามข้าพเจ้าจะต้องระบุว่าวิทยานิพนธ์เป็นผลงานของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีทุก ๆ ครั้งที่มีการเผยแพร่
4. ในกรณีที่ข้าพเจ้าประสงค์จะนำวิทยานิพนธ์ไปเผยแพร่ หรืออนุญาตให้ผู้อื่นทำซ้ำหรือดัดแปลง หรือเผยแพร่ต่อสาธารณชนหรือกระทำการอื่นใด ตามมาตรา 27, มาตรา 28, มาตรา 29 และ มาตรา 30 แห่งพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ.2537 โดยมีค่าตอบแทนในเชิงธุรกิจ ข้าพเจ้าจะกระทำได้เมื่อได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ลงชื่อ.....ผู้โอนลิขสิทธิ์
(นายศราวุธ เหมือนเผ่าพงษ์)

ลงชื่อ.....ผู้รับโอนลิขสิทธิ์
(รศ. ดร.ศักดิ์ กองสุวรรณ)

ลงชื่อ.....พยาน
(ผศ.ดร.ธเนศ ธนิตย์ธีรพันธ์)

ลงชื่อ.....พยาน
(นางกิ่งแก้ว ผลตระกูล)