การสร้างอุปกรณ์วัดความเข้มแสงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

สารนิพนธ์

ของ

เชวง จันฟุ่น

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา

พฤษภาคม 2551

การสร้างอุปกรณ์วัดความเข้มแสงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

สารนิพนธ์

ของ

เชวง จันฟุ่น

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา

พฤษภาคม 2551

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การสร้างอุปกรณ์วัดความเข้มแสงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

บทคัดย่อ

ของ

เชวง จันฟุ่น

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา

พฤษภาคม 2551

เชวง จันฟุ่น. (2551). *การสร้างอุปกรณ์วัดความเข้มแสงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์*. สารนิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตรศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์: ผู้ช่วยศาสตราจารย์บัญชา ศิลป์สกุลสุข.

ออกแบบและสร้างเครื่องมือวัดความเข้มแสงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ เบสิกแสตมป์ 2SX โดยทำการออกแบบวงจรตัวรับรู้สำหรับใช้ในการแปลงค่าความต้านทานที่ขึ้นต่อความเข้มแสงเป็นศักย์ไฟฟ้า เพื่อประกอบกับวงจรแปลงสัญญาณที่เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำการเขียนโปรแกรมลงบนเบสิกแสตมป์ 2SX โดยผ่านทางพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ เพื่อเก็บข้อมูลและแสดงผลของข้อมูลที่เก็บบันทึกไว้ทางหน้าจอคอมพิวเตอร์หรือแสดงตัวเลข LED โดยโปรแกรมที่เขียนขึ้น สามารถเก็บข้อมูลความเข้มแสงในแต่ละวัน เครื่องมือวัดความเข้มแสงที่สร้างขึ้นสามารถเก็บข้อมูลความเข้มแสงโดยวัดความเข้มแสงจากการเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ไฟฟ้า ที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงความต้านทานของ LDR ค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือวัด เป็นค่าตัวเลขดิจิตอลขนาด 8 บิต ทำให้ได้ความละเอียดของค่าที่อ่าน 256 ระดับคือ 0 – 255 ซึ่งเทียบได้กับความต่างศักย์ไฟฟ้า 0-5 โวลต์ เครื่องมือที่สร้างขึ้นเมื่อนำมาปรับเทียบและทดสอบกับ เครื่องวัดความเข้มแสงDIGICON LX-70 ให้กราฟปรับเทียบที่ค่อนข้างราบเรียบ มีความสัมพันธ์กันอย่างดีของความเข้มแสงจากเครื่องวัดความเข้มแสง DIGICON LX-70 กับเครื่องมือวัดที่สร้างขึ้น โดยมีสมการความสัมพันธ์เป็น $y = 22129228.31x^{-1.49}$ เมื่อ y คือความเข้มแสง และ x คือค่าตัวเลขระดับศักย์ไฟฟ้าที่อ่านจากเครื่องมือวัดที่สร้างขึ้น เครื่องมือวัดที่สร้างขึ้นแสดงความสามารถของเครื่องมือในการวัดค่าความเข้มแสงได้ในช่วงตั้งแต่ 5,000 lux ขึ้นไป ถึง 80,000 lux

CONSTRUCTION OF A DEVICE FOR LIGHT INTENSITY MEASUREMENT WITH A MICROCONTROLLER

AN ABSTRACT

BY

CHAWENG JUNFOON

Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the

Master of Education Degree in Science Education

at Srinakharinwirot University

May 2008

Chaweng Junfoon. (2008). *Construction of A Device for Light Intensity Measurement with A Microcontroller*. Master's Project, M.Ed.(Science Education). Bangkok; Graduate School, Srinakharinwirot University. Project Advisor: Assist. Prof. Buncha Silskulsuk.

We design and construct a device for light intensity measurement with a basic stamp 2sx microcontroller. A designed sensor circuit converts light dependent resistance of LDR to corresponding voltage. The voltage is converted from analog quantity to digital quantity by an A/D converter which controlled by the microcontroller. To program the microcontroller, a personal computer with basic stamp programming software is connected to the microcontroller via serial port. The controller is programmed to collect light intensity data, record data in to memory and display data on both computer monitor and 7-segment LED displays. The recorded data is 8 bits digital number from 0 – 255, corresponding to 0V – 5 V at the A/D converter input. The relation between data collected by the device and light intensity measured by DIGICON LX-70 light meter is determined, the relation take the form $y = 22129228.31x^{-1.49}$, the y in the relation is light intensity measured by DIGICON LX-70 and the x is data recorded by constructed device. The device can be used to measure and record light intensity in range of 500 lux to 80,000 lux.

อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ ประธานคณะกรรมการบริหารหลักสูตร และคณะกรรมการสอบได้พิจารณาสารนิพนธ์เรื่อง การสร้างอุปกรณ์วัดความเข้มแสงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ของ เชวง จันฟุ่น ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์บัญชา ศิลป์สกุลสุข)

ประธานคณะกรรมการบริหารหลักสูตร

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เฟื่องลดา วีระสัย)

คณะกรรมการสอบ

..... ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์บัญชา ศิลป์สกุลสุข)

. ..... กรรมการสอบสารนิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปรีดา เพชรมีศรี)

..... กรรมการสอบสารนิพนธ์

(อาจารย์สมศักดิ์ มณีรัตนะกูล)

อนุมัติให้รับสารนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิเชียร มากตุ่น)

วันที่ 15 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2551

ประกาศคุณูปการ

สารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับพระมหากรุณาธิคุณจากสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ผู้วิจัยขอน้อมรำลึกถึงพระมหากรุณาธิคุณในพระองค์ ที่ทรงมีพระมหากรุณาธิคุณดำริโครงการส่งเสริมคุณภาพการศึกษาโรงเรียนในถิ่นทุรกันดาร พื้นที่อำเภอบ่อเกลือ และอำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดน่าน อันเป็นจุดเริ่มต้นของการพัฒนาครูในถิ่นทุรกันดารให้ได้รับการศึกษาในระดับมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตรศึกษา ซึ่งนับเป็นเกียรติอันสูงสุดที่ข้าพเจ้าได้รับโอกาสอันดียิ่งนี้ และจะได้นำความรู้ที่ได้ไปพัฒนาผู้เรียนและชุมชนต่อไป

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์บัญชา ศิลป์สกุลสุข ประธานควบคุมสารนิพนธ์และที่ปรึกษาสาระนิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ ตลอดจนการแก้ปัญหาและข้อบกพร่องต่างๆ อันเกิดขึ้นในงานวิจัย และการเขียนสารนิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปรีดา เพชรมีศรี และ อาจารย์สมศักดิ์ มณีรัตนะกูล ในการเป็นกรรมการสอบปากเปล่าสารนิพนธ์ ตลอดจนการให้คำแนะนำต่างๆ เพื่อให้สารนิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ(สสวท.) ที่สนับสนุนทุนการศึกษา

ขอบกราบขอบพระคุณคณาจารย์คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทความรู้ ให้ความเมตตาเอาใจใส่ และให้ข้อแนะนำในการเรียนและการทำวิจัย แก่ผู้วิจัยเป็นอย่างดียิ่ง และขอขอบคุณนายเสริมสุข รัดเร่ง พนักงานวิทยาศาสตร์ 4 ห้องปฏิบัติการอิเลคทรอนิกส์ ที่ให้ความอนุเคราะห์และช่วยเหลือผู้วิจัยเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่จากมหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี และศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ ที่ให้คำแนะนำ และช่วยเหลือในพื้นที่อย่างดียิ่ง

ขอขอบคุณคณะครูโรงเรียนบ้านห่างทางหลวง เพื่อนๆ นิสิตปริญญาโททุกท่านที่คอยช่วยเหลือ แนะนำ และเป็นกำลังใจ แก่ผู้วิจัยตลอดการศึกษาและการทำวิจัย ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและขอขอบพระคุณทุกๆ ท่านไว้ ณ โอกาสนี้และขอขอบพระคุณบิดา มารดา และทุกคนในครอบครัว ที่ให้กำลังใจและสนับสนุนในการศึกษาแก่ข้าพเจ้าตลอดมา และขอขอบพระคุณทุกท่านที่มิได้กล่าวนาม ณ ที่นี้ ที่มีส่วนช่วยให้สามารถทำสารนิพนธ์ฉบับสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เชวง จันฟุ่น

สารบัญ

บทที่ **หน้า**

1 **บทนำ**..... 1

ภูมิหลัง..... 1

ความมุ่งหมายของการวิจัย..... 1

ความสำคัญของการวิจัย..... 2

ขอบเขตของการวิจัย..... 2

2 **แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**..... 3

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับสมบัติของดวงอาทิตย์..... 3

การถ่ายเทพลังงานจากดวงอาทิตย์..... 3

หน่วยวัดความเข้มแสง..... 4

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า..... 4

คลื่นแสงที่เรามองเห็น..... 5

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดความเข้มแสง..... 6

ทฤษฎีทางอิเล็กทรอนิกส์..... 7

เครื่องขยายสัญญาณกระทำการ..... 7

วงจรสมมูลของออปแอมป์ 8

ระบบอิเล็กทรอนิกส์..... 9

ระบบตัวเลข..... 10

ปฏิบัติการตรรกะ..... 11

ลอจิกเกต..... 11

แลตช์และฟลิปฟลอป..... 14

หน่วยความจำเก็บรักษาข้อมูล..... 17

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ **หน้า**

2 (ต่อ)

การแปลงสัญญาณแอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล..... 18

วงจรนับ..... 19

ตัวต้านทานที่ขึ้นต่อความเข้มแสง..... 19

คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์..... 20

หน่วยประมวลผลกลาง (ซีพียู) 20

หน่วยความจำหลัก..... 21

I - Stamp บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เบสิกแสตมป์ 2SX..... 21

3 **วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า**..... 22

ออกแบบเครื่องมือวัดค่าความเข้มแสงอาทิตย์ 22

วงจรการวัด จัดเก็บข้อมูล และแสดงผลของเครื่องมือวัดความเข้มแสง..... 23

การเขียนโปรแกรมเพื่อทำการเก็บข้อมูลความเข้มแสง..... 26

การปรับเทียบค่าการวัดกับเครื่องมือวัดความเข้มแสงที่ให้ค่าถูกต้อง..... 29

ทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล..... 32

สรุปผลการทดลองสรุปผลการทดลอง..... 32

4 **ผลการทดลอง**วิเคราะห์ข้อมูล..... 33

ผลการทดสอบการปรับเทียบอุปกรณ์วัดความเข้มแสงด้วย
ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สร้างขึ้นกับเครื่องมือวัดความเข้มแสง
แบบดิจิตอล รุ่น LX – 70..... 33

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ **หน้า**

4 (ต่อ)

ผลการทดลองวัดความเข้มแสงอุปกรณ์วัดความเข้มแสงด้วย
ไมโครคอนโทรลเลอร์ 40

5 สรุปอภิปรายผลและข้อเสนอแนะ..... 47

บรรณานุกรม..... 49

ภาคผนวก..... 52

ประวัติย่อผู้วิจัย..... 112

บัญชีตาราง

ตายราง **หน้า**

1 สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า..... 5

2 สเปกตรัมของแสงที่มองเห็น..... 5

3 ความเข้มแสงอาทิตย์ในแนวระดับโดยใช้ไพราโนมิเตอร์..... 6

4 ผลการวัดความเข้มแสงอาทิตย์เปรียบเทียบระหว่าง Solar incident meter และ Solar integater 7

5 ค่าประจำหลักของระบบเลขฐานสิบ..... 10

6 ตารางความเป็นจริง สำหรับ A•B..... 11

7 ตารางความเป็นจริง สำหรับ A + B..... 12

8 ตารางความเป็นจริง สำหรับ นอตเกต..... 12

9 ตารางความเป็นจริง สำหรับ $\overline{A \bullet B}$..... 13

10 ตารางความเป็นจริง สำหรับ $\overline{A + B}$..... 14

11 ตารางความจริงของเอสอาร์ แลตช์..... 14

12 ตารางความจริงของดีเลย์ แลตช์..... 15

13 ตารางความจริงของ เจเค ฟลิปฟลอป..... 16

14 แสดงข้อมูลการปรับเทียบความต้านทานของ ตัวต้านทานที่ขึ้นต่อความเข้มแสง กับค่าความเข้มแสงที่อ่านได้จากเครื่องมือวัดความเข้มแสงแบบดิจิตอล รุ่น LX – 70..... 33

15 แสดงข้อมูลสำหรับปรับเทียบอุปกรณ์วัดความเข้มแสงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่สร้างขึ้นกับเครื่องมือวัดความเข้มแสงแบบดิจิตอล รุ่น LX – 70 36

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ **หน้า**

1 วงจรสมมูลของออปแอมป์ 8

2 สัญลักษณ์ของออปแอมป์ 9

3 สัญลักษณ์ แอนด์เกต..... 11

4 สัญลักษณ์ ออร์เกต..... 12

5 สัญลักษณ์ นอตเกต..... 13

6 สัญลักษณ์ แนนเกต..... 13

7 สัญลักษณ์ นอร์เกต..... 14

8 ลักษณะของเอสอาร์ แลตช์..... 15

9 ลักษณะของดีเลย์ แลตช์..... . 15

10 สัญลักษณ์ เจเค ฟลิปฟล็อป..... 17

11 ไอซี ADC0804..... 18

12 โครงสร้างของ LDR 19

13 วงจรแปลงสัญญาณความเข้มแสง..... 23

14 ขั้นตอนการทำงานของการวัดความเข้มแสง..... 23

15 วงจรแปลงสัญญาณความเข้มแสง..... 24

16 วงจรการวัด จัดเก็บข้อมูล และแสดงผลของเครื่องมือวัดความเข้มแสง……..... 25

17 ขั้นตอนการเขียนโปรแกรมเพื่อทำการเก็บข้อมูลความเข้มแสง..... . 26

18 ตัวต้านทานที่ขึ้นกับความเข้มแสงหรือ LDR(light - dependent resistor)……. 27

19 หัววัดแสงที่สร้างขึ้นโดยใช้ตัวต้านทานที่ขึ้นต่อความเข้มแสง LDR……. 27

20 I - Stamp บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เบสิกแสตมป์ 2SX แผงวงไมโครคอนโทรลเลอร์..... 28

21 วงจรแสดงผลของอุปกรณ์วัดความเข้มแสง โดยใช้ 7 – SEGMENT..... 28

22 อุปกรณ์วัดความเข้มแสงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สร้างขึ้น 30

23 เครื่องมือวัดความเข้มแสงแบบดิจิตอล รุ่น LX – 70 ที่นำมาปรับเทียบ..... 31

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ **หน้า**

24 การติดตั้งหัววัดความเข้มแสงไว้นอกอาคารเพื่อให้ได้รับแสงอาทิตย์ตลอดทั้งวัน..... 31

25 อุปกรณ์วัดความเข้มแสงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สร้างขึ้นโดยต่อเข้ากับ
คอมพิวเตอร์ เพื่อป้อนคำสั่งโปรแกรมภาษาเบสิกและเก็บข้อมูลความเข้มแสง..... 32

26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานของตัวต้านทานที่ขึ้นต่อความเข้มแสง
กับค่าความเข้มแสงที่อ่านได้จากเครื่องมือวัดความเข้มแสงแบบดิจิตอล
รุ่น LX – 70 35

27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวเลขระดับศักย์ไฟฟ้าที่อ่านได้จากเครื่องมือวัด
ความเข้มแสงด้วยไมโครคอนทรลเลอร์กับค่าความเข้มแสงที่อ่านได้จากเครื่องมือ
วัดความเข้มแสงแบบดิจิตอล รุ่น LX – 70..... 40

28 กราฟแสดงความเข้มแสงจากเครื่องมือวัด และระดับศักย์ไฟฟ้าจากเครื่องวัด
ความเข้มแสงที่สร้างขึ้น วันที่ 11 มีนาคม พ.ศ. 2551..... 41

29 กราฟแสดงค่าความเข้มแสงที่วัดได้ วันที่ 11 มีนาคม พ.ศ. 2551..... 42

30 กราฟแสดงค่าความเข้มแสงที่วัดได้ วันที่ 12 มีนาคม พ.ศ. 2551..... 43

31 กราฟแสดงค่าความเข้มแสงที่วัดได้ วันที่ 13 มีนาคม พ.ศ. 2551..... 44

32 กราฟแสดงค่าความเข้มแสงที่วัดได้ วันที่ 14 มีนาคม พ.ศ. 255..... 45

33 กราฟแสดงค่าความเข้มแสงที่วัดได้ วันที่ 15 มีนาคม พ.ศ. 2551..... 46

บทที่ 1
บทนำ

ภูมิหลัง

พลังงานจากแสงอาทิตย์ เป็นแหล่งพลังงานที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตบนโลกของเรา ซึ่งปัจจุบันมนุษย์เราได้นำพลังงานจากแสงอาทิตย์มาใช้แทนพลังงานจาก น้ำมันเชื้อเพลิง และถ่านหินซึ่งทรัพยากรเหล่านี้ได้ถูกนำมาใช้และเริ่มหมดไปเพราะต้องใช้เวลานานหลายปีในการเกิด การใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ในปัจจุบันเป็นที่นิยมเป็นอย่างมากเพราะเป็นพลังงานสะอาดและไม่ทำลายสภาพแวดล้อม ในพื้นที่อำเภอบ่อเกลือ ก็ได้มีการนำพลังงานจากแสงอาทิตย์มาใช้โดยการใช้แผงโซลาร์เซลล์เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งตอนนี้ก็มีอยู่หลายหมู่บ้านที่ไฟฟ้ายังไปไม่ถึง และได้ใช้ประโยชน์พลังงานแสงอาทิตย์

ผู้วิจัยมีความสนใจในพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นพลังงานทดแทนที่หาได้ทั่วไป จึงอยากทำการวัดความเข้มแสงที่ตกมาในแต่ละวัน แต่เนื่องจากการวัดด้วยเครื่องมือวัดความเข้มแสงแบบมือถือทั่วไปจะต้องใช้เวลามาก จึงคิดที่จะสร้างเครื่องมือวัดที่สามารถเก็บค่าความเข้มแสงโดยอัตโนมัติ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สามารถหาได้ง่ายและไม่ซับซ้อนมากในการเขียนชุดคำสั่ง

ในการออกแบบสร้างเครื่องมือวัดความเข้มแสงในครั้งนี้เป็นการออกแบบโดยใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์และตัวรับรู้แสง คือ LDR ในการแปลงความเข้มแสงเป็นศักย์ไฟฟ้า แล้วเก็บข้อมูลโดยใช้เบสิก แสตมป์ 2SX เพื่อให้การเก็บข้อมูลมีความแม่นยำ และไม่เสียเวลาในการเก็บข้อมูลตลอดทั้งวัน

ความมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องวัดความเข้มแสงอาทิตย์ที่ควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถแสดงผลเป็นตัวเลขและเก็บข้อมูลไว้ในหน่วยความจำ

ความสำคัญของการวิจัย

การออกแบบและสร้างเครื่องมือวัดความเข้มแสงอาทิตย์ด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในครั้งนี้เป็นการสร้างเครื่องวัดความเข้มแสงโดยจะทำการปรับเทียบกับเครื่องวัดความเข้มแสงอาทิตย์ มาตรฐาน เพื่อให้ได้อุปกรณ์วัดความเข้มแสงที่ให้ค่าถูกต้อง และสามารถนำเครื่องมือนี้มาทำการวัดความเข้มแสงโดยเครื่องวัดจะทำการเก็บข้อมูลให้ตลอดทั้งวันในช่วงเวลาที่ตั้งไว้ สามารถนำเอาหลักการในการเก็บข้อมูลนี้ไปประยุกต์ใช้กับการวัดปริมาณอื่นๆ รวมทั้งใช้ในบทเรียนการทำโครงงานของนักเรียน

ขอบเขตของการวิจัย

ออกแบบสร้างเครื่องวัดความเข้มแสงอาทิตย์ที่ควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยแสดงผลออกมาเป็นตัวเลขและสามารถเก็บบันทึกค่าความเข้มแสงในเวลาต่างๆ ต่อเนื่อง 12 ชั่วโมง ทำการปรับเทียบเครื่องวัดที่สร้างขึ้นกับเครื่องวัดความเข้มแสงมาตรฐาน และทดลองทำการเก็บข้อมูลเป็นเวลา 5 วัน

บทที่ 2
ทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง

ในการทำการวิจัยเกี่ยวกับการวัดความเข้มแสงอาทิตย์ในครั้งนี้ มีทฤษฎีเกี่ยวข้อง 2 ส่วน คือ

1. ทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
2. ทฤษฎีทางอิเล็กทรอนิกส์

1. ทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

1.1 โครงสร้างและองค์ประกอบของดวงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์เป็นดาวฤกษ์ดวงหนึ่ง เช่นเดียวกับดาวฤกษ์ทุกดวงบนท้องฟ้าที่เราเห็นในามค่ำคืนแต่เนื่องจากดวงอาทิตย์อยู่ห่างจากโลกเป็นระยะทาง 93 ล้านไมล์ ซึ่งใกล้โลกมากกว่าดาวฤกษ์ดวงอื่น เราจึงเห็นดวงอาทิตย์สว่างกว่าดาวฤกษ์ดวงใดๆ

ดวงอาทิตย์ คือ ก้อนก๊าซมหึมาที่ลอยอยู่ในอวกาศ ผิวของดวงอาทิตย์สว่างจ้ามีการระเบิดที่รุนแรงและแปรปรวนตลอดเวลาอย่างไม่หยุดนิ่ง เนื้อสารของดวงอาทิตย์ทั้งดวงเป็นก๊าซ ดวงอาทิตย์ประกอบด้วยไฮโดรเจนประมาณ 70 % ฮีเลียม 28 % และธาตุอื่นๆ อีกประมาณ 2 % โดยมวล ดวงอาทิตย์มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1,392,000 กิโลเมตร หรือ 109 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของโลกและมีมวลถึงสองพันล้านล้านตัน ซึ่งเป็นมวลมากกว่า 90 % ของระบบสุริยะ ด้วยเหตุนี้ดวงอาทิตย์จึงดึงดูดให้ดาวเคราะห์ทุกดวงและวัตถุทุกอย่างในระบบสุริยะรวมทั้งโลกโคจรไปรอบๆ ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานตามธรรมชาติที่มีขนาดใหญ่และสำคัญที่สุดในระบบสุริยะ พลังงานที่กำเนิดขึ้นจะแผ่พลังงานออกมาที่ผิวโดยรอบ ดวงอาทิตย์ไม่มีพันธะใดๆ ยึดเหนี่ยวเนื้อสาร ที่เป็นก๊าซเข้าด้วยกัน แต่ดวงอาทิตย์คงรูปอยู่ได้ด้วยความสมดุลของแรงเนื่องจากความดันจากแรงระเบิดภายในที่มีทิศพุ่งออกจากแกนกลาง ความสมดุลนี้เองที่ทำให้ดวงอาทิตย์และดาวทุกดวงบนท้องฟ้าสามารถคงรูปเป็นดาวอยู่ได้

1.2 การถ่ายเทพลังงานจากดวงอาทิตย์

การถ่ายเทพลังงานจากดวงอาทิตย์โดยภาพรวมมี 3 ขั้นตอน คือ หลังจากที่พลังงานกำเนิดขึ้นจากปฏิกิริยาที่แกนกลางดวงอาทิตย์ พลังงานมหาศาลจะพุ่งออกจากแกนกลางโดยวิธีการแผ่รังสีขึ้นมาจากระยะความลึกจากผิวดวงอาทิตย์ระดับหนึ่ง จะเปลี่ยนวิธีการถ่ายเทความร้อนเป็นวิธีการพาความร้อนจนถึงผิวของดวงอาทิตย์ และจากนั้นพลังงานจากดวงอาทิตย์จึงส่งต่อมายังโลกและระบบสุริยะด้วยการแผ่รังสีอีกครั้งหนึ่ง กระบวนการที่กล่าวมาเกิดขึ้นในโครงสร้างชั้นต่างๆ ของดวงอาทิตย์ และดาวฤกษ์ส่วนใหญ่(วิภู รุโจปการ. 2546: 54)

การแผ่รังสี (Radiation) เกิดขึ้นโดยไม่อาศัยตัวกลาง โดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีพลังงานสูงแผ่ออกมาจากแหล่งกำเนิดโดยรอบ เช่น การแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์มายังโลกทำให้โลกได้รับความร้อนและแสงสว่าง ซึ่งการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ จะแผ่ไปด้วยความเร็วแสง (299,729 กิโลเมตร/วินาที) ผ่านชั้นบรรยากาศ ออกไปสู่ความว่างเปล่าของอวกาศรอบข้าง รวมถึงโลกและดาวเคราะห์อื่นๆ ในระบบสุริยะ ด้วยความเร็วนี้ พลังงานที่ออกมาจากผิวดวงอาทิตย์จะเดินทางมาถึงโลกในเวลา 8 นาที 20 วินาทีเท่านั้น

พลังงานจากดวงอาทิตย์เป็นพลังงานที่สะอาด มีไม่จำกัด และไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังเช่นพลังงานจากแหล่งอื่น ๆ แต่มนุษย์ไม่สามารถสร้างเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงพลังงานจากดวงอาทิตย์เป็นพลังงานในรูปแบบต่างๆ ได้โดยตรง เทคโนโลยีที่ดีที่สุดที่พัฒนาได้ในปัจจุบันนี้ คือ เซลล์สุริยะ หรือ Solar cell ซึ่งสามารถเปลี่ยนพลังงานจากดวงอาทิตย์ให้อยู่ในรูปพลังงานไฟฟ้าได้เพียงอย่างเดียวเท่านั้น ในแสงอาทิตย์ที่ตกส่องลงมาบนเซลล์สุริยะ 100 เปอร์เซนต์ เซลล์สุริยะจะสามารถรับพลังงานไว้ได้เพียง 15 – 20 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น

1.3 หน่วยวัดความเข้มแสง

กำลังงานต่อหน่วยมุมตัน แสดงถึงพลังงานที่แผ่ออกอย่างมีทิศทาง มีความเหมาะสมสำหรับต้นกำเนิดที่มีลักษณะเป็นจุด ในกรณีของกำลังงานที่เกิดจากการแผ่รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า จะแสดงปริมาณกำลังงานนี้เป็น วัตต์/เสตอเรเดียน และสำหรับในช่วงความถี่ของแสงที่มองเห็นจะแสดงเป็น ลูเมน/เสตอเรเดียน หรือ แคนเดลลา

Irradiance คือ กำลังงานที่ตกบนพื้นผิวหนึ่งหน่วย มีหน่วยเป็น w/m^2 เป็นหน่วยวัดความเข้มแสงที่เหมาะสำหรับวัดความเข้มของแสงที่สะท้อนหรือตกบนพื้นที่ผิวหนึ่ง

Luminous intensity คือกำลังงานที่แผ่ออกจากต้นกำเนิดแสงในทิศทางเฉพาะหนึ่ง ซึ่งให้น้ำหนักความเข้มตามความไวต่อแสงย่านช่วงคลื่นต่างๆ ของสายตาคน โดยมีฟังก์ชันที่เป็นรูปแบบมาตรฐานเป็นตัวกำหนด หน่วยของ Luminous intensity จะเป็น candela (cd)

Illuminance เป็นปริมาณความเข้มแสงที่มีหน่วยเป็น lux หรือ $cd.sr/m^2$ ใช้สำหรับวัดปริมาณแสงที่ตกบนพื้นผิวหนึ่ง

1.4 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic wave) มีสมบัติเป็นคลื่นตามขวางที่สามารถเคลื่อนที่ผ่านสุญญากาศได้ เมื่อถูกดูดกลืนมีผลทำให้ พลังงานของวัสดุที่ดูดกลืนเพิ่มขึ้น หรืออุณหภูมิสูงขึ้น ช่วงความถี่ของการแผ่รังสีแม่เหล็กไฟฟ้าที่เป็นไปได้ ทั้งหมดเรียกว่าสเปกตรัม (Spectrum) ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า(Hugh..D.Young; และ Roger..A.Freedman. 2548: 1044 – 1045)

ตาราง 1 สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	**ความถี่ เฮิรตซ์ (Hz)**	**ความยาวคลื่น เมตร**
รังสีแกมมา	10^{19} - 10^{21}	10^{-9} - 10^{-13}
รังสีเอ็กซ์	10^{17} - 10^{19}	10^{-10} - 10^{-13}
รังสีอัลตราไวโอเลต	10^{15} - 10^{17}	10^{-7} - 10^{-9}
แสง	10^{14} - 10^{15}	10^{-6} - 10^{-7}
รังสีอินฟาเรด	10^{11} - 10^{14}	10^{-3} - 10^{-6}
ไมโครเวฟ	10^{9} - 10^{11}	10^{-1} - 10^{-3}
คลื่นวิทยุและโทรทัศน์	10^{3} - 10^{11}	10^{-3} - 10^{-5}

1.5 คลื่นแสงที่เรามองเห็น

คลื่นแสงจากดวงอาทิตย์เป็นคลื่นที่ มีขนาดความยาวคลื่นตั้งแต่ 10^{-6} - 10^{-7} เมตร ซึ่งเป็นช่วงความยาวคลื่นของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าช่วงหนึ่ง เรียกว่า สเปกตรัมของแสงที่มองเห็น (Visible light spectrum) (สมพงษ์ ใจดี. 2547: 490)

ตาราง 2 สเปกตรัมของแสงที่มองเห็น

สเปกตรัมของคลื่นแสงที่มองเห็น	**ความยาวคลื่น นาโนเมตร**
ม่วง - น้ำเงิน	380 - 450
น้ำเงิน - เขียว	450 – 500
เขียว - เหลือง	550 – 600
เหลือง - แสด	600 – 650
แสด - แดง	650 - 760

1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดความเข้มแสง

จากการทำการวัดความเข้มแสงความเข้มแสงอาทิตย์ในแนวระดับโดยใช้ไพราโนมิเตอร์ซึ่งครอบคลุมช่วงคลื่นระหว่าง 285 – 2800 นาโนเมตร ในวันที่ 28 – 30 ธันวาคม พ.ศ. 2548 จากการทำการศึกษาวิจัยเรื่อง ผลของตัวแปรต่อประสิทธิภาพของระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ 28 – 30 ธันวาคม 2548 ของ สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้ผลการวัดความเข้มแสงดังตาราง 1

ตาราง 3 ความเข้มแสงอาทิตย์ในแนวระดับโดยใช้ไพราโนมิเตอร์ซึ่งครอบคลุมช่วงคลื่นระหว่าง 285 – 2800 นาโนเมตร ในวันที่ 28 – 30 ธันวาคม 2548

รายการ	28 ธ.ค.	29 ธ.ค.	30 ธ.ค.
ลักษณะท้องฟ้า	เมฆมาก	โปร่ง	โปร่งใส
ความเข้มแสงเฉลี่ย W/m^2	327	479	546
พลังงานแสงอาทิตย์ MJ/day	18.58	27.57	31.45

ที่มา:สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2549). ผลของตัวแปรต่อประสิทธิภาพของระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ 28 – 30 ธันวาคม 2548. วารสารพลังงาน. (44).

จากผลการวัดความเข้มแสงอาทิตย์เพื่อเปรียบเทียบระหว่าง Solar incident meter และ Solarintegater 1 – 8 พฤษภาคม 2546 เรื่อง PV ARRAY TESTER SOLAR INCIDENT METER PV ROOF TOP GRID CONNECTED SYTEM ของ มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี ได้ผลดังตาราง 2

ตาราง 4 ผลการวัดความเข้มแสงอาทิตย์เปรียบเทียบระหว่าง Solar incident meter และ Solarintegater 1 – 8 พฤษภาคม 2546

Time	Solar integater (W/m2)	Solar integater (W/m2)	
		Meter 1	Meter 2
11:00	920	960	930
12:00	982	1020	1000
13:00	694	760	750
14:00	822	850	830

ตาราง 4 (ต่อ)

Time	Solar integater (W/m^2)	Solar integater (W/m^2)	
		Meter 1	Meter 2
15:00	651	720	710
16:00	498	530	520
17:00	175	210	210
เฉลี่ย	677	721	707

ที่มา:มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี. (2546). PV ARRAY TESTER SOLAR INCIDENT METER PV ROOF TOP GRID CONNECTED SYTEM 1 – 8 พฤษภาคม 2546. วารสารงานวิจัยพลังงาน. (19).

2. ทฤษฎีทางอิเล็กทรอนิกส์

2.1 เครื่องขยายสัญญาณกระทำการ

เครื่องขยายสัญญาณกระทำการ หรือ ออปแอมป์ (Operation Amplifier) เป็นเครื่องขยายความต่างศักย์ไฟฟ้าชนิดหนึ่ง วงจรออปแอมป์ ที่ใช้โดยทั่วไปจะเป็นวงจรรวม เรียกว่า ไอซี (Integrated Circuits)ประกอบด้วยขั้วทางเข้าสองขั้ว ขั้วทางออกหนึ่งขั้ว โดยออปแอมป์เป็นเครื่องขยายสัญญาณที่มีความต้านทานทางเข้าและอัตราขยายสูง ความต้านทานทางออกต่ำ การตอบสนองต่อความถี่กว้าง มีความไวต่อสัญญาณ สามารถขยายสัญญาณกระแสตรงได้

วงจรสมมูลของออปแอมป์เป็นวงจรประกอบด้วยขั้วทางเข้าชนิดความแตกต่างสองขั้ว ทางออกหนึ่งขั้ว ระหว่างขั้วทางเข้าจะมีความต้านทานต่ออยู่ เรียกความต้านทานทางเข้า ทางด้านทางออกจะมีศักย์ไฟฟ้า อนุกรมอยู่กับความต้านทานตัวหนึ่งเรียกความต้านทานไฟฟ้าทางออก ศักย์ไฟฟ้าทางด้านทางออกนี้ เท่ากับ $A_{VO}E_{in}$ โดยที่ A_{VO} เป็นอัตราขยายของเครื่องขยายสัญญาณ E_{in} เป็นความแตกต่างของสัญญาณที่ทางเข้า เครื่องขยายจะขยายเฉพาะผลต่างของสัญญาณที่ทางเข้าทั้งสอง E_O เป็นศักย์ไฟฟ้าที่ทางออก ซึ่งเป็นศักย์ไฟฟ้าเทียบกับศักย์ไฟฟ้าจากตัวเซนเซอร์แสงของวงจร การเปลี่ยนแปลงของสัญญาณที่ทางเข้ากลับทาง (-) ในทิศทางเพิ่มขึ้นทำให้สัญญาณที่ทางออกเปลี่ยนแปลงในทิศทางลดลง และที่ทางเข้า (+) การเปลี่ยนแปลงของสัญญาณเข้าในทิศทางเพิ่มขึ้นจะทำให้สัญญาณที่ทางออกเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเพิ่มขึ้นด้วย

สมบัติของออปแอมป์ในอุดมคติห้าข้อคือ

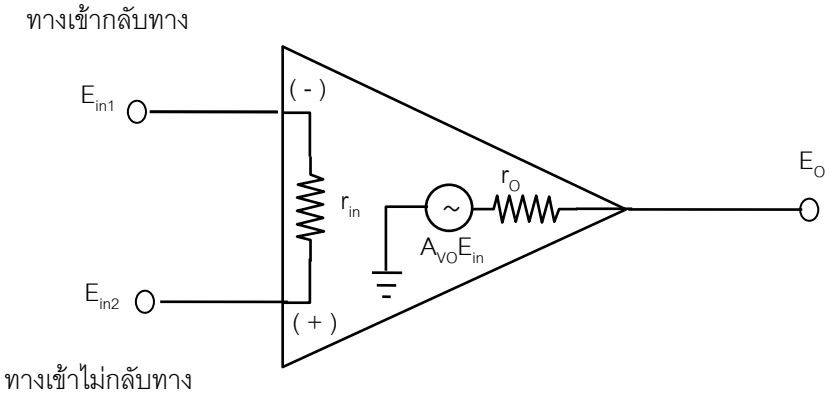
1. อัตราขยายความต่างศักย์ไฟฟ้าวงเปิดเท่ากับอนันต์ $A_{VO} = \infty$

2. ความต้านทานไฟฟ้าทางเข้าเท่ากับอนันต์ $r_{in} = \infty$

3. ความต้านทานไฟฟ้าทางออกเท่ากับศูนย์ $r_O = 0$

4. แบนด์วิดท์ เท่ากับอนันต์ $BW = \infty$

5. มีความต่างศักย์ไฟฟ้าออฟเซทเท่ากับศูนย์ คือ $E_O = 0$ เมื่อ $E_{in} = 0$



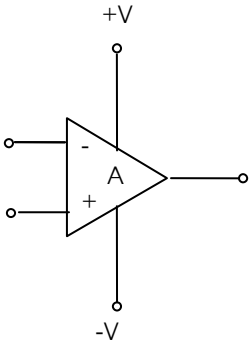
ภาพประกอบ 1 วงจรสมมูลของออปแอมป์

จากสมบัติทั้ง 5 ข้อนี้ นำไปสู่คุณสมบัติสำคัญของออปแอมป์อีกสองข้อคือ

1. จากการที่อัตราขยายของออปแอมป์มีค่าเท่ากับอนันต์ สัญญาณไฟฟ้าใดๆที่ทางออกจะเป็นผลมาจากสัญญาณทางเข้าที่มีขนาดเล็กมาก จนกล่าวได้ว่าสัญญาณระหว่างขั้วทางเข้าของออปแอมป์เท่ากับศูนย์

2. การที่ความต้านทานทางเข้าของออปแอมป์ในอุดมคติมีค่าเท่ากับอนันต์ กล่าวได้ว่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าสู่ออปแอมป์ที่ขั้วทางเข้าเท่ากับศูนย์

สัญลักษณ์ของออปแอมป์จะเป็นรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่ว มีขั้วทางเข้าสองขั้วที่ฐานของสามเหลี่ยม ได้แก่ขั้วทางเข้ากลับทางซึ่งแสดงด้วยเครื่องหมายลบ และขั้วทางเข้าไม่กลับทาง แสดงด้วยเครื่องหมายบวก โดยทั่วไปขั้วทางเข้าลบจะไว้ด้านบน เครื่องหมายของขั้วทางเข้าจะเขียนในสามเหลี่ยมตรงตำแหน่งทางเข้า ขั้วไฟฟ้าสำหรับต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้าจะเขียนต่อจากด้านล่างและด้านบนขั้วไฟฟ้านี้บางครั้งอาจไม่เขียนก็ได้ ซึ่งเป็นที่เข้าใจว่าถึงแม้จะไม่ได้เขียนขั้วไฟฟ้านี้ในวงจร แต่ในทางปฏิบัติ จะต้องต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้กับวงจร ส่วนสุดท้ายได้แก่หมายเลขของอุปกรณ์ หมายเลขของออปแอมป์จะเขียนไว้ที่กึ่งกลางของสามเหลี่ยม ในกรณีทั่วไปที่ไม่ได้ระบุหมายเลข จะใช้อักษร A เช่น A_1 A_2 แทนออปแอมป์ตัวที่หนึ่งตัวที่สองในวงจร เป็นต้น (บัญชา ศิลป์สกุลสุข. 2547: 61 – 63)



ภาพประกอบ 2 สัญลักษณ์ของออปแอมป์

2.2 ระบบอิเล็กทรอนิกส์

ระบบอิเล็กทรอนิกส์เป็นระบบที่มีการรวบรวมเอาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Device) มาประกอบเข้าด้วยกันเพื่อทำหน้าที่ตามที่กำหนด แบ่งออกเป็น 2 ระบบ ดังนี้

ระบบอิเล็กทรอนิกส์แบบแอนะลอก (Analog Electronic System) คือระบบที่มีการทำงานต่อปริมาณที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องโดยตลอด (Continuous varying Quantities) เช่น อุณหภูมิ แสง ความร้อน ความต่างศักย์ไฟฟ้า ปริมาณดังกล่าวเรียกว่า ปริมาณแอนาลอก (Analog Quantity) ซึ่งสามารถแทนค่าด้วยเลขจำนวนจริง

ระบบอิเล็กทรอนิกส์แบบดิจิตอล (Digital Electronic System) คือ ระบบการทำงานของปริมาณที่มีการเปลี่ยนแปลงไม่ต่อเนื่องกัน (Discrete) สัญญาณจะมีค่าได้เฉพาะค่าที่กำหนดให้เท่านั้น โดยจะใช้ระบบเลขฐานสอง (Binary System) ระบบเลขฐานสองมีขีดจำกัดการนับอยู่สองสถานะ คือ 1 และ 0 ซึ่งอาจแทนด้วยระดับของศักย์ไฟฟ้า เช่น 0 คือความต่างศักย์ 0 โวลต์ และ1 คือความต่างศักย์ 5 โวลต์ เป็นต้น (ปาริชาติ แนบเนียด. 2546: 34)

2.2.1 ระบบตัวเลข (Number System) ระบบตัวเลขเกิดจากการนับจำนวนสิ่งของต่างๆ และมีการพัฒนาโดยการใช้เครื่องหมายหรือสัญลักษณ์แทนจำนวนที่นับได้ โดยทั่วไปใช้ระบบตัวเลขฐานสิบ โดยมีเลข 10 ตัว (0 – 9) แต่ในระบบการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์จะใช้ระบบเลขฐานสอง ซึ่งมีค่า 0 (Off) และ 1 (On) ในการป้อนข้อมูลส่วนใหญ่จะใช้ตัวเลขฐานสิบหกซึ่งประกอบด้วยตัวเลขฐานสองจำนวนสี่หลัก (อุทัย สุขสิงห์. 2547: 14)

2.2.1.1 ระบบเลขฐานสิบ (Decimal System Number) เป็นระบบที่มีค่าประจำหลัก เป็นเลขยกกำลัง 10^n ถ้าเป็นจำนวนเต็ม เลขยกกำลังจะเป็นบวก ถ้าเป็นทศนิยม เลขยกกำลังจะเป็นลบ เช่น 10^0 , 10^1 ,10^2...10^n ซึ่งเลขหลักต่างๆ เรียกว่า หลักหน่วย หลักสิบ หลักร้อย หลักพัน ฯลฯ แต่ละหลักมีตัวเลขที่ใช้ คือ 0 , 1 , 2 , 3 , 4 , 5 , 6 , 7 , 8 , 9 รวม 10 ตัว ตัวเลขนี้จะใช้เป็นตัวคูณในหลักนั้นๆ เพื่อให้ได้ค่าเท่าของค่าประจำหลัก ตัวอย่าง เช่น 4578 มีความหมายว่า(อุทัย สุขสิงห์. 2547: 15)

ตาราง 5 ค่าประจำหลักของระบบเลขฐานสิบ

ค่าประจำหลัก	หลักพัน(10^3)	หลักร้อย(10^2)	หลักสิบ(10^1)	หลักหน่วย(10^0)
ตัวคูณ	4	5	7	8
ค่า	(4 x 1,000)	(5 x 100)	(7 x 10)	(8 x 1)

ผลรวมของค่าทั้งหมด คือ 4,000 + 500 + 70 + 8 = 4578

2.2.1.2 ระบบเลขฐานสอง (Binary System Number) เป็นระบบที่มีค่าประจำหลัก 2^n ระบบเลขฐานสองมีตัวเลขให้ใช้อยู่สองตัว คือ 0 กับ 1 ซึ่งตัวเลขเหล่านี้แสดงถึงสถานะของระบบ ปัจจุบันระบบเลขฐานสองเป็นระบบพื้นฐานของดิจิตอล จำนวนหลักของเลขฐานสองเรียกว่า บิต (Bit) ย่อมาจาก (Binary Digital) เช่น เลขฐานสอง 8 หลัก เรียกว่า เลข 8 บิต (อุทัย สุขสิงห์. 2547: 15)

ตัวอย่าง จำนวนเลข 1011 มีความหมายว่า

	บิตสูงสุด		....	บิตต่ำสุด
ค่าประจำหลัก	2^3 = (8)	2^2 = (4)	2^1 = (2)	2^0 = (1)
ตัวคูณ	1	0	1	1
ค่า	(1 x 8)	(0 x 4)	(1 x 2)	(1 x 1)

ผลรวมของค่าทั้งหมด คือ (1 x 8) + (0 x 4) + (1 x 2) + (1 x 1) = 8 + 0 + 2 + 1 = 11

ค่ารวมของจำนวนเลข 1011 คือ 11 ของจำนวนเลขฐาน สิบ

ระบบเลขฐานสอง	4 บิต (หลัก)	มีจำนวน	16	จำนวน
	8 บิต (หลัก)	มีจำนวน	64	จำนวน
	16 บิต (หลัก)	มีจำนวน	256	จำนวน
	: บิต (หลัก)	มีจำนวน	:	จำนวน
	n บิต (หลัก)	มีจำนวน	2^n	จำนวน

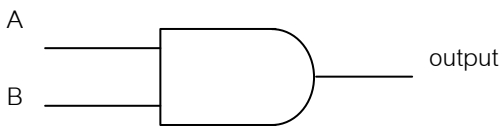
2.2.2 ปฏิบัติการตรรกะ (Logic Operation) เป็นกระบวนการที่อาศัยทฤษฎีทางพีชคณิตแบบบูลลีน (Theorems in Boolean Algebra) มาใช้วิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างโดยอาศัยตัวแปร เรียกว่าตัวแปรแบบบูลลีน (Boolean Variable) ตัวแปรแต่ละตัวมีค่าได้เพียง 2 ค่า คือ ลอจิก 0 กับ ลอจิก 1 ซึ่งค่า ลอจิก 0 คือ ผิด (False) ค่า ลอจิก 1 คือ ถูก (True) (ปาริชาติ แนบเนียด. 2546: 36)

2.2.3 ลอจิกเกต (Gates) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการตัดสินระบบเลขฐานสองของวงจรดิจิตอล เกตเป็นอุปกรณ์เฉพาะอย่างตามฟังก์ชันตรรกะ โดยอาศัยหลักตามกระบวนการพื้นฐานของพีชคณิตแบบบูลลีน(ปาริชาติ แนบเนียด. 2546: 38)

2.2.3.1 แอนด์เกต (And gate) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ที่มีทางเข้าสำหรับความต่างศักย์ไฟฟ้าสองทางหรือมากว่า และมีทางออกสำหรับความต่างศักย์ไฟฟ้าหนึ่งทาง แอนด์เกตจะมีความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วทางออกก็ต่อเมื่อมีความต่างศักย์ไฟฟ้าป้อนเข้าที่ขั้วทางเข้าทั้งสองเท่านั้น ถ้าขั้วทางเข้า A หรือ B ขั้วใดขั้วหนึ่งเป็น ลอจิก 0 หรือทั้งสองขั้วเป็น ลอจิก 0 ขั้วที่ทางออก ก็จะเป็น ลอจิก 0 เช่นเดียวกัน

ตาราง 6 ตารางความเป็นจริง สำหรับ A•B

A	B	output A•B
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

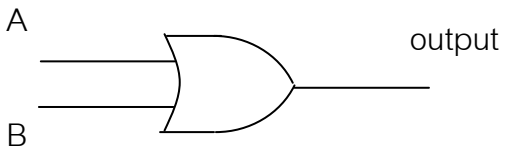


ภาพประกอบ 3 สัญลักษณ์ แอนด์เกต

2.2.3.2 ออร์เกต (Or Gate) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ที่มีทางเข้าสำหรับความต่างศักย์ไฟฟ้าสองทางหรือมากกว่า และมีทางออกสำหรับความต่างศักย์ไฟฟ้าหนึ่งทาง ออร์เกตจะมีความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วทางออกก็ต่อเมื่อมีความต่างศักย์ไฟฟ้าป้อนเข้าที่ขั้วทางเข้าเท่านั้น ถ้าขั้วทางเข้า A หรือ B ขั้วใดขั้วหนึ่งเป็น ลอจิก 1 หรือทั้งสองขั้วเป็น ลอจิก 1 ขั้วที่ทางออก ก็จะเป็น ลอจิก 1 เช่นเดียวกัน

ตาราง 7 ตารางความเป็นจริง สำหรับ A + B

A	B	Output A+B
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

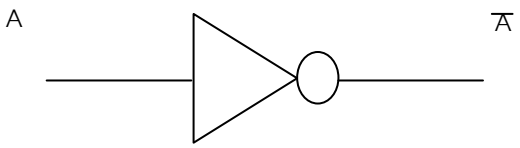


ภาพประกอบ 4 สัญลักษณ์ ออร์เกต

2.2.3.3 นอตเกต (Not Gate) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ที่ไม่มีความต่างศักย์ไฟฟ้าออกมาที่ขั้วออก ถ้ามีความต่างศักย์ไฟฟ้าตรงขั้วทางเข้า A ในทางกลับกันถ้าไม่มีความต่างศักย์ไฟฟ้าขั้วทางเข้า A จะมีความต่างศักย์ไฟฟ้าขั้วทางออก

ตาราง 8 ตารางความเป็นจริงสำหรับนอตเกต

A	Output = $\overline{A}$
0	1
1	0

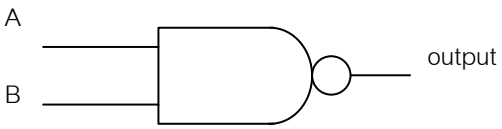


ภาพประกอบ 5 สัญลักษณ์นอตเกต

2.2.3.4 แนนเกต (Nand Gate) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ที่มีการรวมเอาแอนด์เกตและนอตเกตเข้าด้วยกัน (Nand = Not And) ศักย์ไฟฟ้าที่ทางขั้วออก จะเป็นลอจิก 0 ก็ต่อเมื่อ มีความต่างศักย์ไฟฟ้า ลอจิก 1 ที่ขั้วทางเข้า A และ B เท่านั้น ถ้ามีศักย์ไฟฟ้าเป็น ลอจิก 0 เข้าที่ขั้ว A หรือ B ขั้วใดขั้วหนึ่ง จะปรากฏสัญญาณเป็นลอจิก 1 ที่ขั้วทางออก

ตาราง 9 ตารางความเป็นจริง สำหรับ $\overline{A \bullet B}$

A	B	output
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

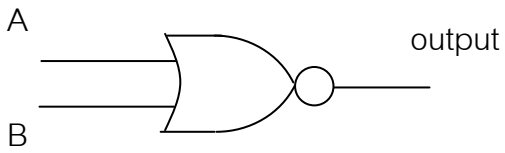


ภาพประกอบ 6 สัญลักษณ์ แนนเกต

2.2.3.5 นอร์เกต (Nor Gate) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ที่มีการรวมเอา ออร์เกตและนอตเกตเข้าด้วยกัน (Nor = Not Or) ศักย์ไฟฟ้าที่ทางขั้วออก จะเป็นลอจิก 1 ก็ต่อเมื่อ มีศักย์ไฟฟ้าเป็นลอจิก 0 ที่ขั้วทางเข้า A และ B เท่านั้น ถ้ามีศักย์ไฟฟ้าเป็นลอจิก 1 เข้าที่ขั้ว A หรือ B ขั้วใดขั้วหนึ่ง จะปรากฏศักย์ไฟฟ้าเป็นลอจิก 0 ที่ขั้วทางออก

ตาราง 10 ตารางแห่งความเป็นจริง สำหรับ $\overline{A+B}$

A	B	output
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0



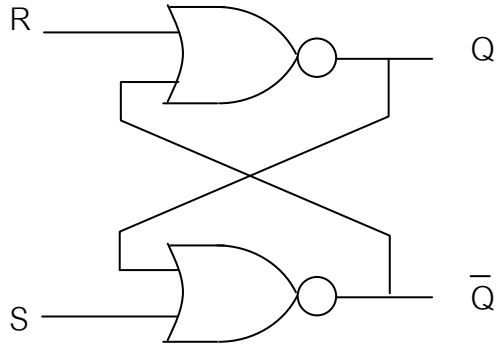
ภาพประกอบ 7 สัญลักษณ์ นอร์เกต

2.2.4 แลตช์และฟลิปฟลอป แลตช์ (Latches) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ประกอบด้วยวงจรตรรกะเกตต่างๆ มารวมกันเพื่อทำหน้าที่เก็บข้อมูล

2.2.4.1 เอสอาร์ แลตช์ (SR Latch) เป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์พื้นฐานที่ประกอบด้วยฟลิปฟลอบ ที่มีทางเข้าสองทาง คือ S กับ R และทางออกสองทาง คือ Q กับ $\overline{Q}$ เอสอาร์ แลตช์ เป็นฟลิบฟลอบที่สามารถประกอบขึ้นจาก นอร์เกต (Nor Gate)

ตาราง 11 ตารางความจริงของเอสอาร์ แลตช์

สัญญาณทางเข้า		สัญญาณทางออก	
S	R	Q	$\overline{Q}$
0	0	0,1	1,0
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	ไม่เป็นฟลิบฟลอบ	ไม่เป็นฟลิบฟลอบ

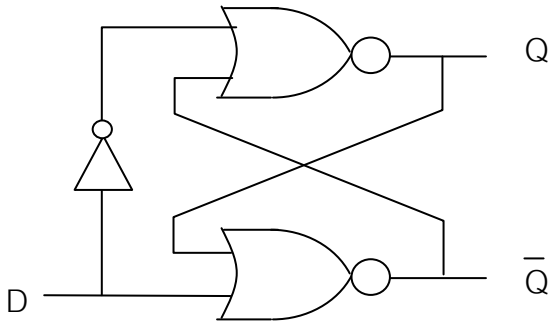


ภาพประกอบ 8 ลักษณะของเอสอาร์ แลตช์

2.2.4.2 ดีเลย์ แลตช์ (Delay Latch) เกิดจากการนำเอา เอสอาร์ มาดัดแปลงโดยการนำเอาอินเวอร์เตอร์ มาต่อเชื่อมระหว่างนอร์เกต

ตาราง 12 ตารางความจริงของดีเลย์ แลตช์

ทางเข้า	ทางออก	
D	Q	$\overline{Q}$
0	0	1
1	1	0



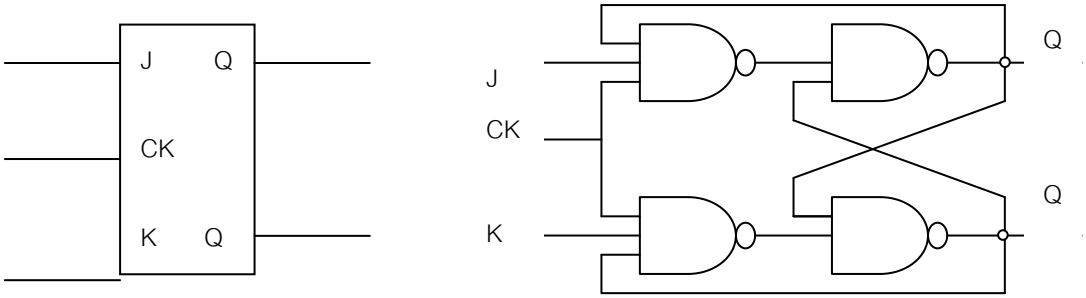
ภาพประกอบ 9 ลักษณะของดีเลย์ แลตช์

2.2.4.3 ฟลิปฟลอบ (Flip Flop) เป็นวงจร Multivibrator แบบเสถียร 2 สถานะ ที่มีการประยุกต์ใช้ในการเก็บข้อมูลของระบบดิจิตอล คุณสมบัติของฟลิปฟล็อปหนึ่งตัวสามารถเก็บตัวเลขฐานสองได้ 1 บิต ลักษณะวงจรฟลิปฟล็อปจะประกอบด้วยทางออก (Output) 2 ทาง ซึ่งทางออกทั้งสองจะเป็นค่าส่วนเติมเต็ม (Complement) ซึ่งกันและกัน ทางด้านทางเข้าของวงจรจะมีจำนวนสายต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของฟลิปฟล็อป ค่าที่ป้อนให้กับทางเข้า จะทำให้สถานะของฟลิปฟล็อปเปลี่ยนไปเป็นสถานะใหม่ เราเรียกสถานะก่อนให้สัญญาณทางเข้า (Input) ว่าเป็นสถานะปัจจุบัน (Present State) และเรียกสถานะหลังจากให้สัญญาณเข้าว่าเป็น สถานะถัดไป (Next State) ฟลิปฟลอปประกอบด้วยวงจรตรรกะที่ใช้เกตต่างๆมาต่อกัน ฟลิปฟลอบมีสถานะทางออกที่เสถียรสองสถานะ การเปลี่ยนสถานะของทางออกเกิดจากการกำหนดสัญญาณทางเข้าฟลิปฟลอปบางชนิดเปลี่ยนสถานะโดยอาศัยสัญญาณนาฬิกากระตุ้นที่ขา CK สัญญาณนาฬิกาจะเป็นพัลส์ที่มีลักษณะเป็นคลื่นสี่เหลี่ยม ซึ่งมีการกระตุ้นสองลักษณะ คือ กระตุ้นแบบขอบขาขึ้น (Rising Edges,Positive Edges) และขอบขาลง (Falling Edges,Nagative Edges)

2.2.4.4 เจเค ฟลิปฟล็อป (JK Flip-Flop) เป็นฟลิปฟลอปที่มีการเปลี่ยนสถานะทางออกที่เกิดจากการกระตุ้นของสัญญาณนาฬิกาทางเข้า โดยอาศัยสัญญาณนาฬิกากระตุ้นที่ขา CK

ตาราง 13 ตารางความจริงของ เจเค ฟลิปฟลอป

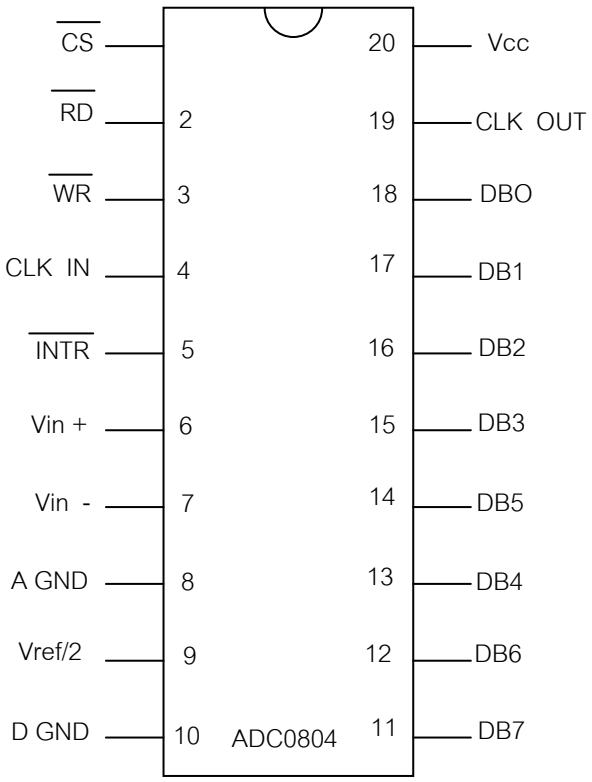
สัญญาณทางเข้า		สัญญาณทางออก	
J	K	Q	$\overline{Q}$
0	0	0,1	1,0
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	ค่าไม่แน่นอน	ค่าไม่แน่นอน



ภาพประกอบ 10 สัญลักษณ์ เจเค ฟลิปฟล็อป

2.2.5 หน่วยความจำเก็บรักษาข้อมูล มีหลายประเภทได้แก่ หน่วยความจำชนิดสแททิก (Static RAM) เป็นหน่วยความจำที่สามารถเก็บข้อมูลและข้อมูลคงอยู่ได้เมื่อมีไฟฟ้าให้กับวงจรภายใน หน่วยความจำชนิดไดนามิก (Dynamic RAM) เป็นหน่วยความจำที่เก็บข้อมูลและข้อมูลค่อยๆ เลือนหายไป แล้วมีการกลับคืนสู่สภาพเดิมเมื่อมีการอ่านและเขียนค่าเดิมอีกครั้ง เรียกว่า รีเฟรช (Refresh) หน่วยความจำรอม (ROM : Read Only Memorry) เป็นหน่วยความจำที่เก็บข้อมูลได้ครั้งเดียวเป็นการเก็บอย่างถาวร นอกจากนี้ยังมีหน่วยความจำชนิดอีอีพรอม สามารถเก็บข้อมูลไว้ได้ขณะไม่มีไฟฟ้าเลี้ยงวงจร หน่วยความจำนี้เป็นหน่วยความจำที่ใช้สำหรับโปรแกรมหรือข้อมูลที่ไม่ต้องการให้สูญหายเมื่อไม่มีไฟฟ้าเลี้ยงวงจรสามารถบันทึกข้อมูลซ้ำได้ (ปาริชาติ แนบเนียด. 2546: 43)

2.2.6 การแปลงสัญญาณแอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล กระทำได้โดยการใช้วงจรที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณแอนาลอกซึ่งเป็นสัญญาณที่เป็นปริมาณต่อเนื่อง ไปเป็นสัญญาณเชิงตัวเลขหรือดิจิตอล (A/D Convertor) ภาพประกอบ 11 เป็นไอซี ADC0804 ที่ใช้ทำหน้าที่แปลงสัญญาณแอนาลอกเป็นดิจิตอล โดยสัญญาณที่ทางเข้า Vin+ ซึ่งเป็นสัญญาณแอนาลอก จะถูกแปลงไปเป็นสัญญาณทางออกแบบดิจิตอลขนาด 8 บิต ที่ขั้วไฟฟ้าทางออก DB0 – DB7 เมื่อได้รับสัญญาณกระตุ้นจากการเปลี่ยนสถานะที่ CS และ WR



ภาพประกอบ 11 ไอซี ADC0804

การแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลแบบประมาณการอย่างเป็นลำดับ (Successive Approximation A/D Convertor) จะใช้วงจรการแปลงสัญญาณดิจิตอลให้เป็นสัญญาณแอนะลอก (Digital to Analog Convetor หรือ DAC) เพื่อสร้างความต่างศักย์ไฟฟ้าแอนะลอก สำหรับใช้เป็นความต่างศักย์ไฟฟ้าในการเปรียบเทียบที่ขั้วทางเข้า โดยมีออปแอมป์เป็นตัวเปรียบเทียบความต่างศักย์ไฟฟ้า ถ้าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เกิดจาก DAC สูงกว่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วทางเข้า สัญญาณที่ขั้วทางออกจะเป็นลอจิก (1) สัญญาณนี้จะทำให้วงจรแปลงสัญญาณ D/A Convetor หยุดการแปลงศักย์ไฟฟ้า และค่าดิจิตอล ซึ่งเป็นค่าสุดท้ายจากวงจรแปลงศักย์ไฟฟ้านี้จะถูกส่งไปยังตัวพักข้อมูลเพื่อส่งออกไปยังทางออกเมื่อได้รับสัญญานศักย์ไฟฟ้าจากทางเข้า RD (ปาริชาติ แนบเนียด. 2546: 56)

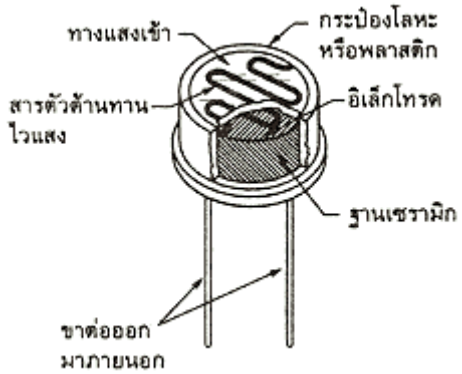
2.2.7 วงจรนับ (Counter Circuit) เป็นวงจรที่นำฟลิบฟลอบมาใช้ประกอบในการทำหน้าที่นับจำนวนเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ของค่าที่กำลังนับอยู่ ซึ่งจะแสดงค่าผลลัพธ์ออกมาเป็นข้อมูลทางดิจิตอล

2.2.7.1 วงจรนับแบบซินโครนัส (Synchronus Counters) เป็นการนับจำนวนหรือเหตุการณ์โดยอาศัยการกระตุ้นจากสัญญาณนาฬิกา เพื่อกำหนดจังหวะการเปลี่ยนแปลงของฟลิปฟลอปทุกตัวพร้อมกัน โดยที่สัญญาณนาฬิกาจะเชื่อมต่อกับขั้ว CK ของฟลิปฟลอบทุกตัว ฟลิบฟลอบแต่ละตัวจะมีการเปลี่ยนสถานะก็ต่อเมื่อสัญญาณนาฬิกาเปลี่ยนสถานะจากลอจิก 1 เป็นลอจิก 0 เท่านั้น ไม่ว่าขั้ว J และ K จะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

2.2.7.2 วงจรนับแบบอะซินโครนัส (Asychronus Counters) หรือบางครั้งเรียกว่าสัญญาณนับแบบริบเปิล (Ripple Counter) วงจรนับแบบอะซินโครนัสเป็นการนับจำนวนเหตุการณ์ที่เข้ามาโดยการเปลี่ยนสถานะของฟลิปฟลอปแต่ละตัวจะขึ้นอยู่กับ การเปลี่ยนสถานะของฟลิปฟลอปที่อยู่ก่อนหน้าเพียงตัวเดียว วงจรนับแบบอะซินโครนัส ได้แก่ วงจรนับเลขฐานสอง (Binary Counter Circuit) วงจรนับแบบ BCD (Binary Code Dicimal Counter Circuit) วงจรนับแบบขึ้นลง ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นรหัสแบบเลขฐานสอง หรือรหัสเลขแบบ BCD (ปาริชาติ แนบเนียด. 2546: 46-47)

2.3 ตัวต้านทานที่ขึ้นต่อความเข้มแสง

ตัวต้านทานที่ขึ้นกับความเข้มแสงหรือ LDR (light - dependent resistor) คือ วัสดุทางอิเล็กทรอนิกส์ที่แปรค่าความต้านทานไฟฟ้าตามความสว่าง คือ ถ้ามีแสงสว่างมากความต้านทานจะลดลง ถ้ามีแสงสว่างน้อยความต้านทานจะเพิ่มขึ้น ตัว LDR ว่าที่จริงแล้วมีเรียกกันอีกหลายชื่อ เช่น โฟโต้คอนดักตีฟเซล (photoconductive cell) หรือ ตัวต้านทาน ไวแสง (LSR - light sensitive resistor) ส่วนใหญ่จะทำด้วยสารแคดเมียมซัลไฟด์ (CdS) หรือแคดเมียมซีนิไนด์ (CdSe) ซึ่งทั้งสองตัวนี้ก็เป็นสารประเภทกึ่งตัวนำ เอามาฉาบลงบนแผ่นเซรามิกที่ใช้เป็นฐานรองแล้วต่อขาจากสารที่ฉาบไว้ออกมา



ภาพประกอบ 12 โครงสร้างของ LDR

คุณสมบัติทางแสง

LDR ไวต่อแสงในช่วงคลื่น 300 - 900 นาโนเมตร ซึ่งครอบคลุมช่วงคลื่นที่ไวต่อตาคน (400-700 นาโนเมตร) นั่นคือ LDR ไวต่อแสงอาทิตย์ และแสงจากหลอดไส้ หรือ หลอดเรืองแสง และยังไวต่อแสงอินฟาเรดที่ตามองไม่เห็นอีกด้วย (ช่วงคลื่นตั้งแต่ 700 นาโนเมตรขึ้นไป)

คุณสมบัติทางไฟฟ้า

อัตราส่วนของความต้านทาน LDR ขณะที่ไม่มีแสงกับในขณะที่มีแสง อาจมีค่าต่างกัน 100, 1,000, 10,000 เท่า แล้วแต่แบบหรือรุ่น ความต้านทานในขณะไม่มีแสงจะอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.5 เมกะโอห์ม ขึ้นไป และความต้านทานขณะที่มีแสงจะอยู่ในช่วงตั้งแต่ 10 กิโลโอห์มลงมา ทนแรงดันสูงสุดได้มากกว่า 100 โวลต์ และทนกำลังไฟได้ประมาณ 50 มิลลิวัตต์

การนำ LDR ไปใช้งาน

จากหลักการดังกล่าวแล้วจะเห็นว่าเมื่อมีแสงสว่างมาตกที่ตัว LDR กระแสที่ไหลผ่านตัว LDR จะสูง เนื่องจากมีความต้านทานต่ำ และเมื่อไม่มีแสงความต้านทานของ LDR มีค่าสูง ทำให้กระแสไหลได้น้อย เราจึงอาจนำ LDR ไปเป็นส่วนประกอบของมิเตอร์วัดวามเข้มแสงได้ (เชื้อ ชูขำ. 2544: 203)

2.4 สมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นการนำเอาหน่วยประมวลผลกลางมาต่อรวมกันกับอุปกรณ์ควบคุมพื้นฐานแล้วทำเป็นอุปกรณ์สั่งงานและเก็บข้อมูลตัวใหม่ขึ้นโดยมีจุดประสงค์หลักเพื่อให้ใช้งานกับในระบบได้ง่ายและสะดวกขึ้น ในการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ การจัดเตรียมอุปกรณ์ก็มีไม่มากเพราะวงจรและอุปกรณ์ที่ต้องใช้พื้นฐานรวมกันอยู่ในไมโครคอนโทรลเลอร์แล้ว เช่น วงจรนาฬิกา หน่วยความจำและโปรแกรมเท่าที่จำเป็น ชุดวงจรเชื่อมต่ออินพุต/เอาต์พุต สามารถต่อขยายระบบทั้งระบบหน่วยความจำถาวรและหน่วยความจำชั่วคราวได้ (อุทัย สุขสิงห์. 2547: 143)

2.5 หน่วยประมวลผลกลาง (ซีพียู)

หน่วยประมวลผลกลาง เป็นส่วนที่สำคัญที่สุดของเครื่องคอมพิวเตอร์ เป็นเครื่องควบคุมอัตโนมัติทั้งหมด โดยมีวงจรการปฏิบัติการหรือควบคุมให้เป็นไปตามคำสั่ง ส่วนประกอบของหน่วยประมวลผลกลาง คือ วงจรการคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิกที่สามารถคำนวณได้ทั้งตัวเลขและตัวอักษร วงจรแปลคำสั่งหรือเข้ารหัสเป็นเลขฐานสอง วงจรควบคุมทำหน้าที่ควบคุมระบบการทำงานภายในตามคำสั่งที่กำหนด และทำหน้าที่เก็บค่าตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณและหาผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณ(อุทัย สุขสิงห์. 2547: 81)

2.6 หน่วยความจำหลัก

2.6.1 หน่วยความจำชั่วคราว ใช้เก็บข้อมูลที่ผู้ใช้ป้อนคำสั่งของโปรแกรมและข้อมูลเพื่อให้หน่วยประมวลผลกลางทำงานตามความต้องการ สามารถอ่านและเขียนข้อมูลได้ เมื่อปิดเครื่องข้อมูลนี้จะหายไป

2.6.2 หน่วยความจำถาวร ใช้เก็บคำสั่งโปรแกรมปฏิบัติการเบื้องต้น (BIOS = Basic input/Output System) อ่านข้อมูลได้อย่างเดียว ข้อมูลจะไม่หายเมื่อปิดเครื่อง ในกรณีที่หน่วยประมวลผลกลางเริ่มทำงานครั้งแรกจะอ่านจากหน่วยความจำนี้(อุทัย สุขสิงห์. 2547: 61)

2.7 I - Stamp บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เบสิกแสตมป์ 2SX

I - Stamp บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เบสิกแสตมป์ 2SX แผงวงจร ไมโครคอนโทรลเลอร์สำเร็จรูปที่บรรจุตัวแปลงภาษาภาษาเบสิกหรือเบสิกอินเตอร์พรีตเตอร์ (Basic Interpreter) รวมไว้ด้วยกัน สามารถใช้การเขียนโปรแกรมด้วยภาษาเบสิกควบคุมการทำงานได้แล้วสั่งงานด้วยชุดคำสั่ง (วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล; และ ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. ม.ป.พ. : 5)

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

จากการรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการศึกษาเอกสารต่างๆ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับวงจรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องและที่ใช้ร่วมกับเครื่องมือวัดค่าความเข้มแสงอาทิตย์ด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์อย่างง่าย ผู้วิจัยจะทำออกแบบเครื่องมือวัดค่าความเข้มแสงอาทิตย์ รวมทั้งวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และดำเนินการทดสอบ ดังรายละเอียดและขั้นตอนดังต่อไปนี้

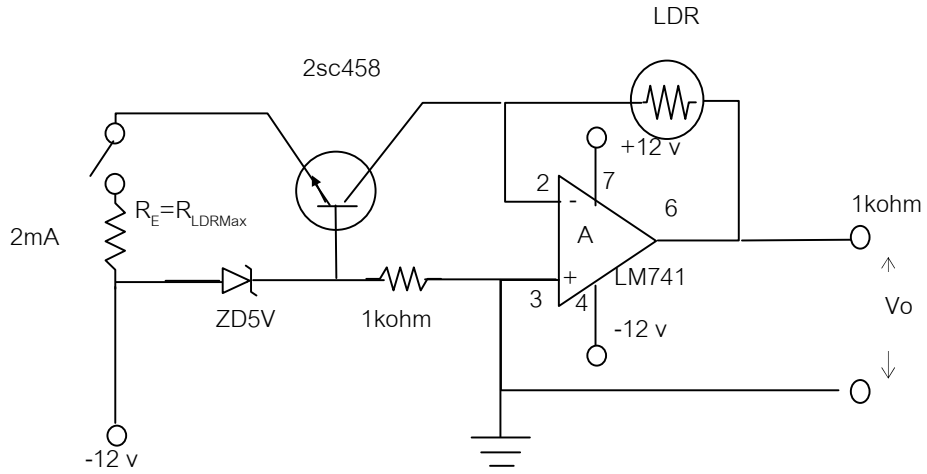
1. ออกแบบเครื่องมือวัดค่าความเข้มแสงอาทิตย์ด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์อย่างง่าย
2. ทำการปรับเทียบค่าการวัดกับเครื่องมือวัดที่ให้ค่าถูกต้อง
3. ทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลต่อเนื่อง 12 ชั่วโมง
4. สรุปผลการทดลอง

ออกแบบเครื่องมือวัดค่าความเข้มแสงอาทิตย์ ด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์อย่างง่าย

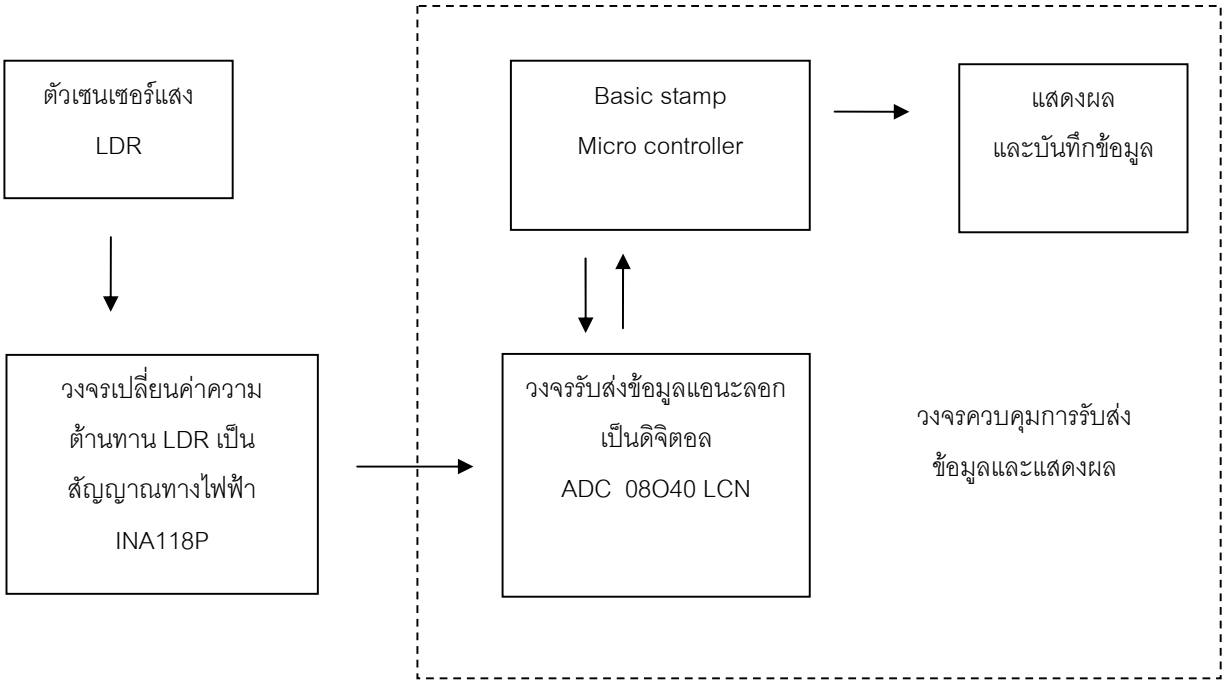
การออกแบบเครื่องมือวัดค่าความเข้มแสงอาทิตย์ ด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์อย่างง่าย มีขั้นตอน คือ

ขั้นตอนการออกแบบและสร้างตัวรับรู้ทางแสง (Light sensor)

ศึกษาวงจรที่ให้ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าทางออกแปรค่าตามความต้านทานของ LDR วงจที่ศึกษาและทดสอบเป็นดังภาพประกอบ 13 วงจรนี้ให้กระแสคงที่ กำหนดโดยความต้านทาน R_E ซึ่งกระแสนี้จะผ่าน LDR ทำให้ได้ความต่างศักย์ไฟฟ้าคร่อม LDR เป็นสัดส่วนกับความต้านทานที่แปรตามค่าความเข้มแสงสว่าง แต่เนื่องจากศักย์ไฟฟ้าที่ทางเข้า 2 มีค่าใกล้เคียงกับศักย์ไฟฟ้าที่ทางเข้า 3 ซึ่งเป็นศักย์ไฟฟ้าศูนย์ของวงจร ทำให้ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่คร่อมบนLDR เป็นความต่างศักย์ไฟฟ้าทางออกของวงจร แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงที่ใช้กับวงจร เป็นวงจรเรกูเลเตอร์ แบบสร้างขึ้นเอง ที่ให้แรงเคลื่อนไฟฟ้า + 12 V และ - 12 V ทำหน้าที่จ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้กับวงจร ขยายสัญญาณออปแอมป์

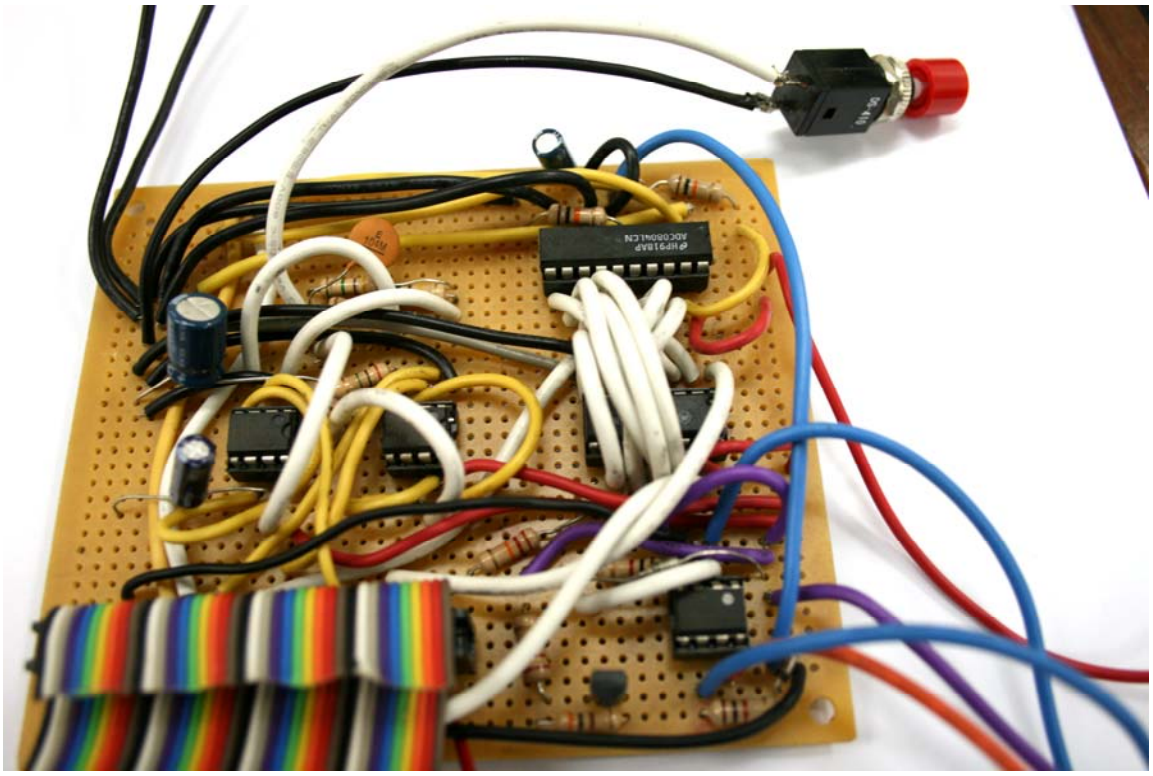


ภาพประกอบ 13 วงจรแปลงสัญญาณความเข้มแสง

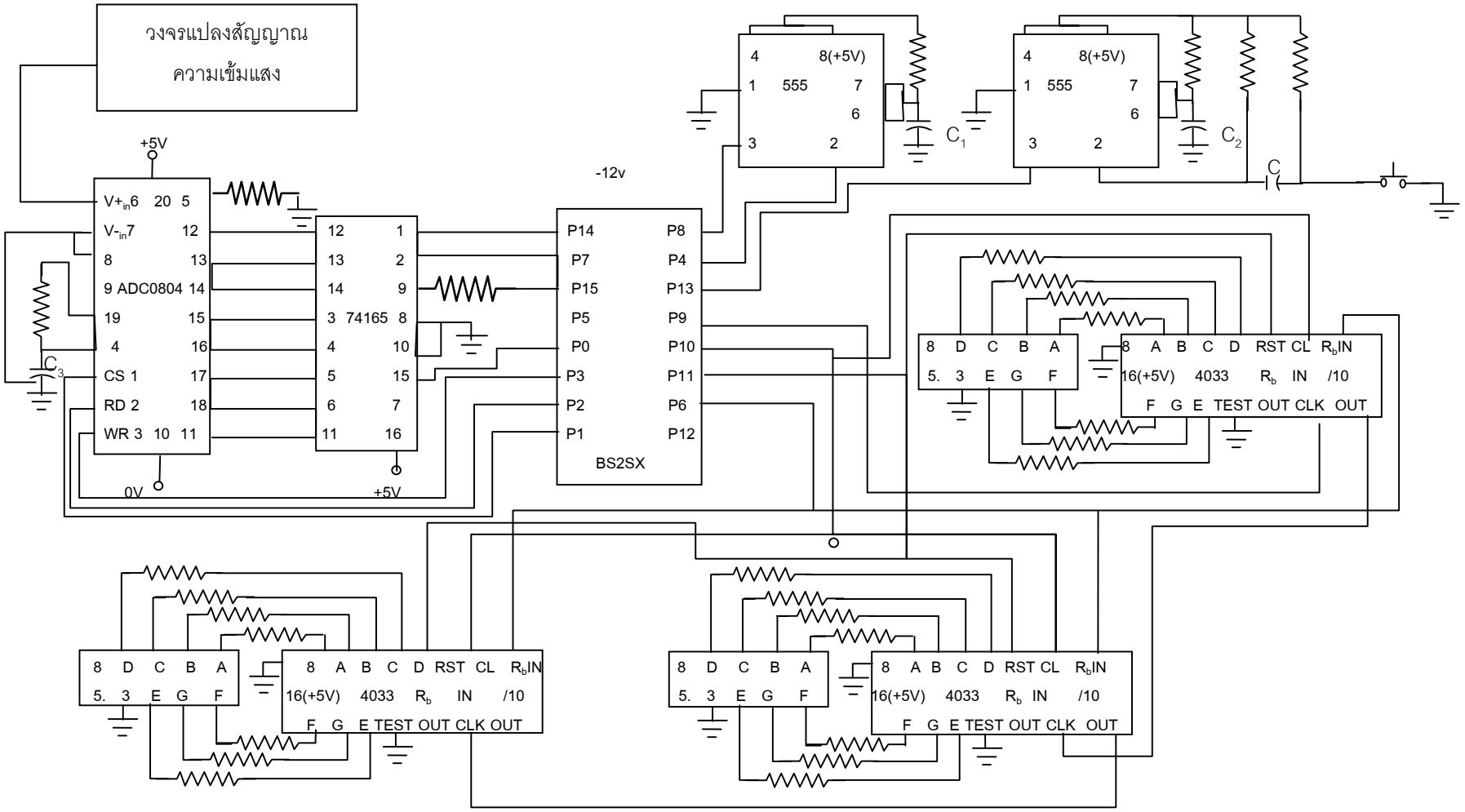


ภาพประกอบ 14 ผังการทำงานของการวัดความเข้มแสง

สัญญาณจากวงจรแปลงสัญญาณความเข้มแสง จะถูกส่งไปยังวงจร ควบคุมการรับส่งข้อมูลและแสดงผล ซึ่งเป็นวงจรที่ทำการสร้างโดยใช้วงจรตามแบบวิทยานิพนธ์ของ นส.ปาริชาติ แนบเนียด เรื่องการออกแบบและสร้างเทนซิโอมิเตอร์สำหรับเก็บค่าศักย์วัสดุพื้นของน้ำในดิน สัญญาณนี้จะถูกแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอล จัดเก็บ ประมวลผล และแสดงผล โดยการควบคุมของไมโครคอนโทรลเลอร์ Basic stamp สั่งงานโดยโปรแกรมภาษาเบสิกซึ่งดัดแปลงจากโปรแกรมเก็บค่าศักย์วัสดุพื้นของน้ำในดิน ให้เป็นโปรแกรมเก็บข้อมูลความเข้มแสงโดยเก็บข้อมูลความเข้มทุก 1 นาที ตั้งแต่ 06.00 – 18.00 น.

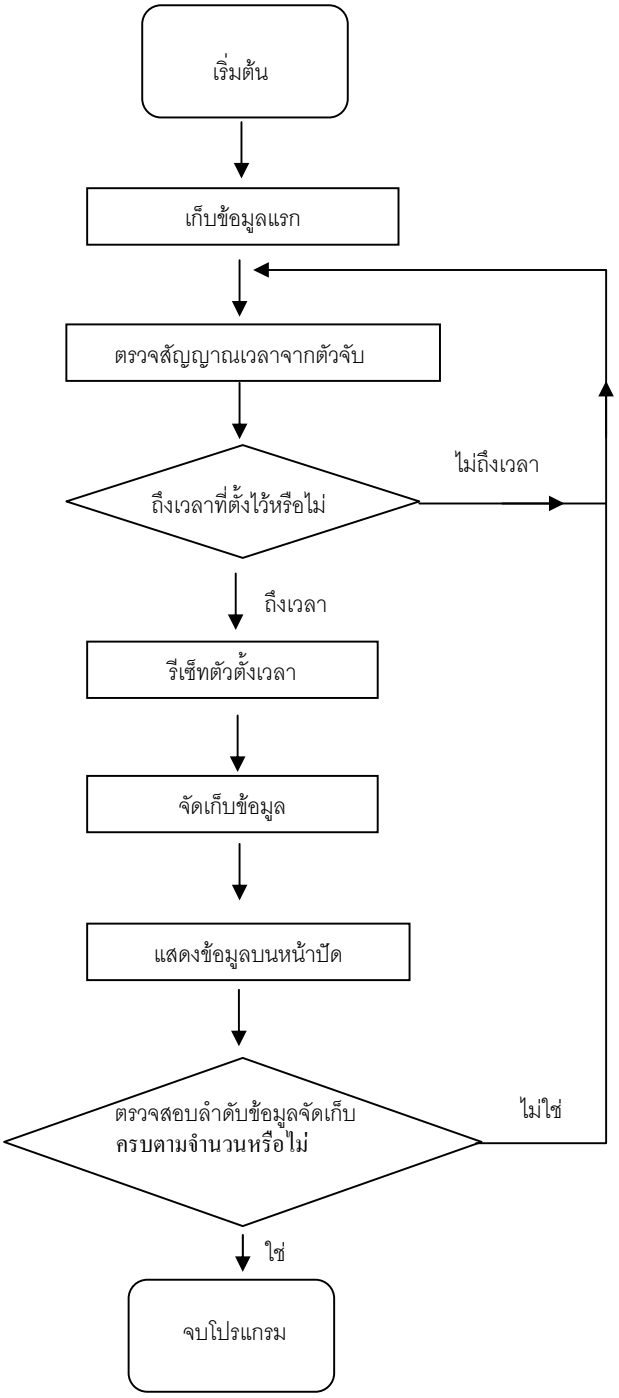


ภาพประกอบ 15 วงจรแปลงสัญญาณความเข้มแสง

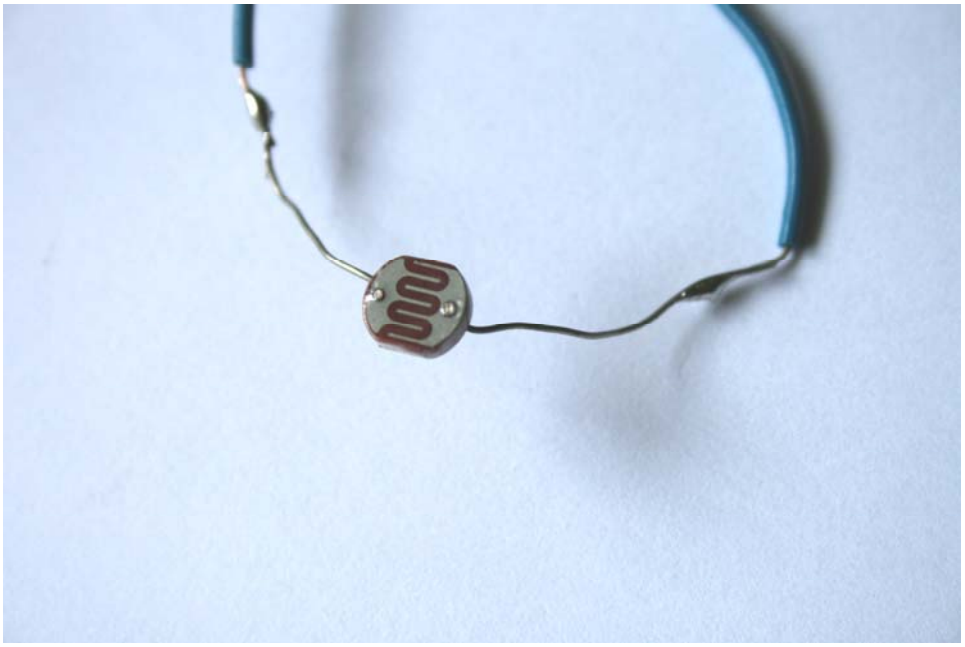


ภาพประกอบ 16 วงจรการวัด จัดเก็บข้อมูล และแสดงผลของเครื่องมือวัดความเข้มแสง

การเขียนโปรแกรมเพื่อทำการเก็บข้อมูลความเข้มแสง โปรแกรมเก็บข้อมูลมีผังการทำงานดังนี้

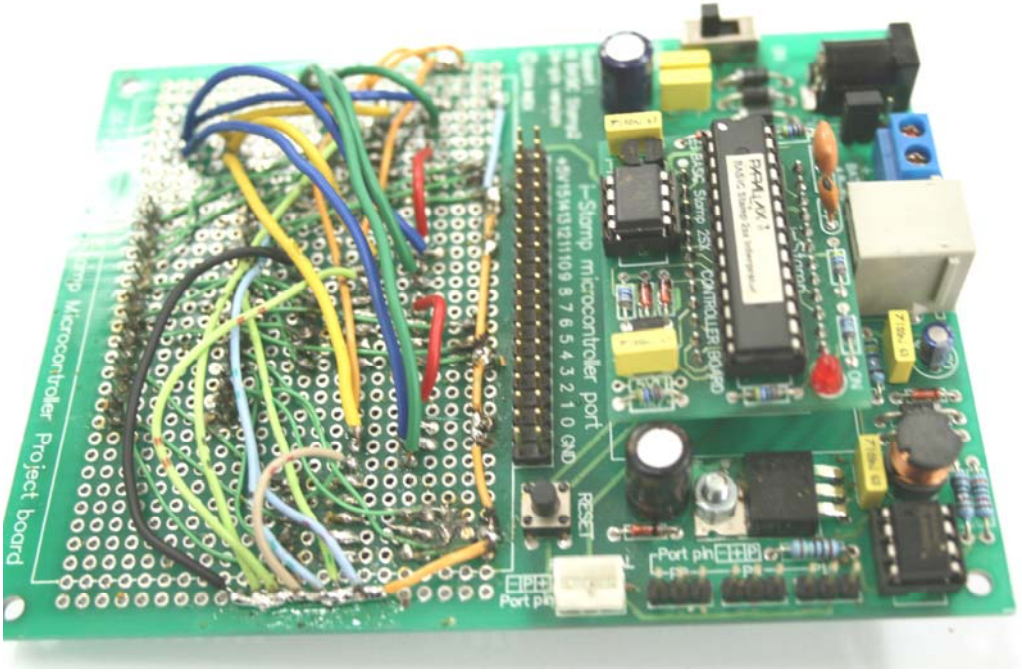


ภาพประกอบ 17 ขั้นตอนการเขียนโปรแกรมเพื่อทำการเก็บข้อมูลความเข้มแสง

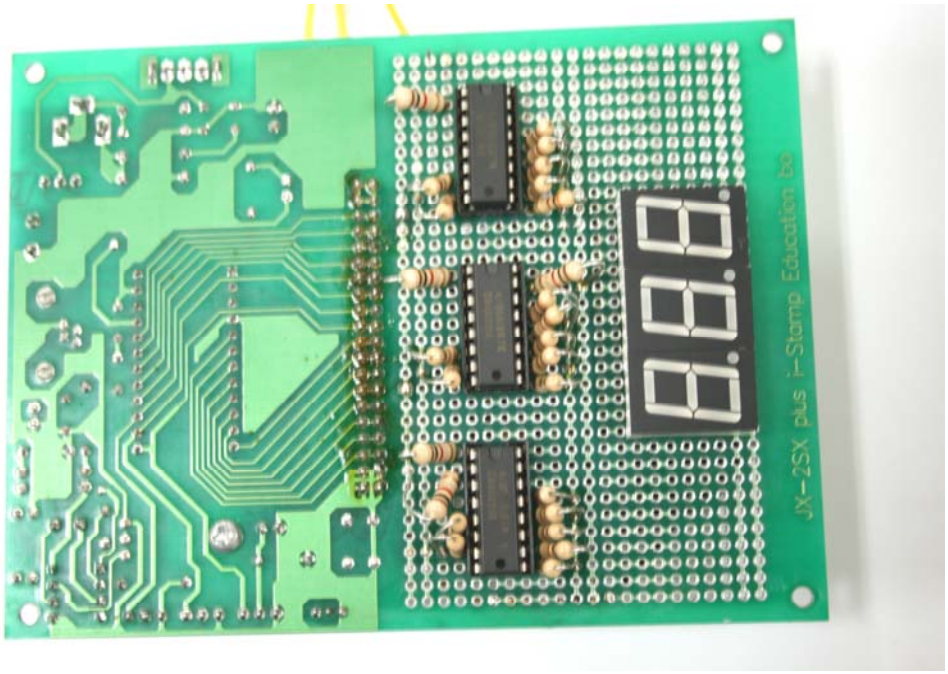


ภาพประกอบ 18 ตัวต้านทานที่ขึ้นกับความเข้มแสงหรือ LDR(light - dependent resistor)

ภาพประกอบ 19 หัววัดความเข้มแสงที่สร้างขึ้นโดยใช้ตัวต้านทานที่ขึ้นต่อความเข้มแสง LDR



ภาพประกอบ 20 I - Stamp บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เบสิกแสตมป์ 2SX แผงวงไมโครคอนโทรลเลอร์สำเร็จรูปที่บรรจุตัวแปลงภาษาภาษาเบสิกหรือเบสิกอินเตอร์พรีตเตอร์ (Basic Interpreter)



ภาพประกอบ 21 วงจรแสดงผลของอุปกรณ์วัดความเข้มแสง โดยใช้ 7 - SEGMENT

การปรับเทียบค่าการวัดกับเครื่องมือวัดที่ให้ค่าถูกต้อง

ทำการปรับเทียบเครื่องมือวัดความเข้มแสงที่สร้างขึ้นกับเครื่องมือวัดความเข้มแสงที่ได้มาตรฐานโดยเครื่องมือวัดความเข้มแสงที่นำมาใช้ในการปรับเทียบกับเครื่องวัดความเข้มแสง เป็นเครื่องวัดความเข้มแสงแบบดิจิตอลรุ่น DIGICON LX - 70

วิธีการปรับเทียบ

1. วัดค่าความเข้มแสงโดยใช้เครื่องมือที่สร้างขึ้นมาและวัดค่าความเข้มแสงจากเครื่องมือที่นำมา ปรับเทียบ บันทึก เป็นคู่ลำดับความเข้มแสง

2. นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณแสดงค่าความเข้มแสงเป็น lux

ตอนที่ 1 ปรับเทียบความต้านทานของตัวต้านทานที่ขึ้นต่อความเข้มแสงกับค่าความเข้มแสงที่อ่านได้จากเครื่องมือวัดความเข้มแสงแบบดิจิตอล รุ่น LX – 70 ที่ได้มาตรฐาน

วิธีการทดลอง

1. นำเครื่องมือวัดความเข้มแสงแบบดิจิตอล รุ่น LX – 70 มาทำการวัดความเข้มแสงอาทิตย์ โดยใช้หน่วยเป็น (lux) ในความเข้มแสงต่างๆ

2. นำตัวต้านทานที่ขึ้นกับความเข้มแสงหรือ LDR มารับแสงอาทิตย์ที่บริเวณเดียวกัน ทำการวัดความต้านทานที่เวลาเดียวกัน โดยใช้มัลมิเตอร์HEWLETT PACKARD 973A

3. บันทึกค่าความเข้มแสงที่วัดจากเครื่องวัดความเข้มแสงและความต้านทานของ LDR ที่อ่านจากมัลติมิเตอร์ เป็นคู่อันดับ

4. หาความสัมพันธ์ของความต้านทานของ LDR กับความเข้มแสง โดยการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Excel และแสดงผลในรูปของกราฟและสมการ

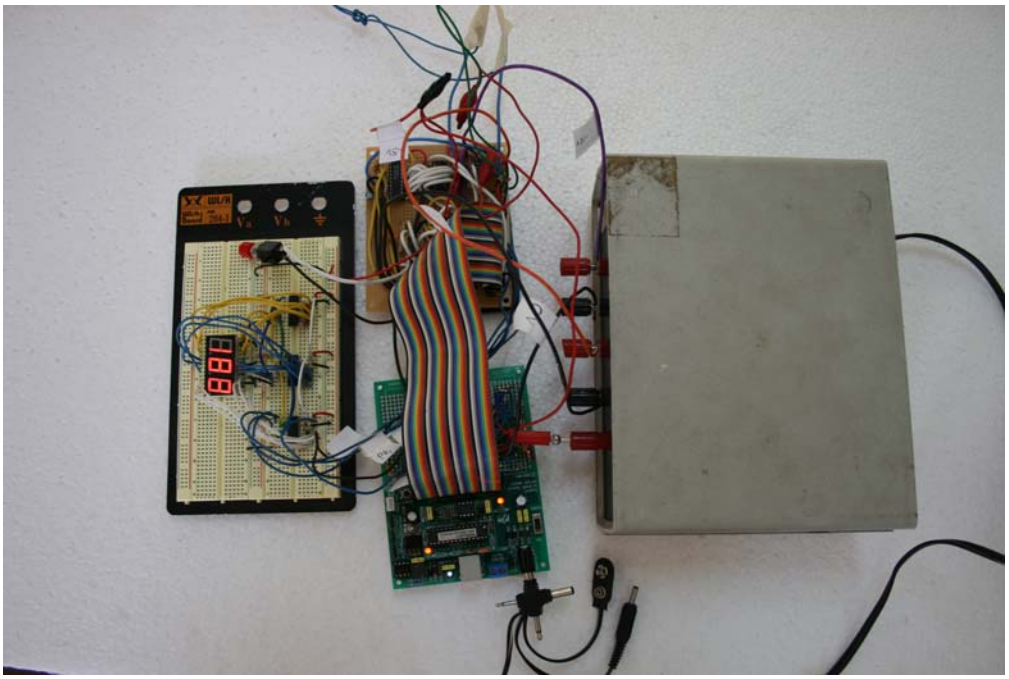
ตอนที่ 2 ปรับเทียบอุปกรณ์วัดความเข้มแสงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สร้างขึ้นกับเครื่องมือวัดความเข้มแสง

1. นำเครื่องมือวัดความเข้มแสงแบบดิจิตอล มาทำการวัดเก็บข้อมูลความเข้มแสงอาทิตย์ โดยใช้หน่วยเป็น (lux) ในความเข้มแสงต่างๆ ทุก 10 นาที ตั้งแต่ 06.00 น – 18.00 น. เป็นเวลา 1 วัน

2. นำอุปกรณ์วัดความเข้มแสงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สร้างขึ้นมาวัดแสงอาทิตย์ ทำการเก็บ ข้อมูลเป็น ปริมาณตัวเลขที่อ่านจากเครื่องมือวัด ตัวเลขนี้จะเป็นสัดส่วนกับความต่างศักย์ไฟฟ้า โดยตัวเลข 255 เทียบจะเทียบเท่ากับศักย์ไฟฟ้า 5 โวลต์ ในการเก็บข้อมูลนี้จะทำตั้งแต่ 06.00 น – 18.00 น.ในวันเดียวกันกับ การวัดความเข้มแสงในข้อ 1

3. ทำการบันทึกความเข้มแสงและตัวเลขที่อ่านจากเครื่องมือวัด ที่เวลาเดียวกัน เป็นคู่อันดับ

4. สร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ตัวเลขระดับศักย์ไฟฟ้าที่อ่านได้จากอุปกรณ์วัดความเข้มแสงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สร้างขึ้นกับความเข้มแสงที่อ่านได้จากเครื่องมือวัด และหาความสัมพันธ์ในรูปสมการคณิตศาสตร์ ด้วยโปรแกรม excel



ภาพประกอบ 22 อุปกรณ์วัดความเข้มแสงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สร้างขึ้น

ภาพประกอบ 23 เครื่องมือวัดความเข้มแสงแบบดิจิตอล รุ่น LX – 70 ที่นำมาปรับเทียบ

ภาพประกอบ 24 การติดตั้งหัววัดความเข้มแสงไว้นอกอาคารเพื่อให้ได้รับแสงอาทิตย์ตลอดทั้งวัน

ภาพประกอบ 25 อุปกรณ์วัดความเข้มแสงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สร้างขึ้นโดยต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ เพื่อป้อนคำสั่งโปรแกรมภาษาเบสิกและเก็บข้อมูลความเข้มแสง

ทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

ทำการเก็บข้อมูลด้วยเครื่องวัดความเข้มแสงที่สร้างขึ้น โดยให้เก็บข้อมูลทุก 1 นาที โดยประมาณเป็นเวลา 12 ชั่วโมง ต่อ 1 วัน เป็นเวลา 5 วัน แล้วทำการแปลงค่าที่วัดได้เป็นความเข้มแสง โดยใช้ความสัมพันธ์ ในรูปสมการที่หาได้ในการทดลองขั้นตอนปรับเทียบ ตอนที่ 2 ในการแปลงข้อมูล

สรุปผลการทดลอง

สรุปผลความเข้มแสงที่วัดได้ในแต่ละวัน และความถูกต้องของเครื่องมือวัดเมื่อเทียบกับเครื่องมือวัดที่ถูกต้อง รวมทั้งปัญหาและข้อควรปรับปรุงแก้ไขเพื่อพัฒนาเครื่องมือต่อไป

บทที่ 4
ผลการทดลองวิเคราะห์ข้อมูล

การออกแบบและสร้างอุปกรณ์วัดความเข้มแสงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

1. ผลการทดสอบการปรับเทียบอุปกรณ์วัดความเข้มแสงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สร้างขึ้นกับเครื่องมือวัดความเข้มแสงแบบดิจิตอล รุ่น LX – 70
2. ผลการทดลองวัดความเข้มแสงของอุปกรณ์วัดความเข้มแสงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

ผลการทดสอบการปรับเทียบอุปกรณ์วัดความเข้มแสงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สร้างขึ้นกับเครื่องมือวัดความเข้มแสงแบบดิจิตอล รุ่น LX – 70

ขั้นตอนนี้เป็นการทดสอบปรับเทียบอุปกรณ์วัดความเข้มแสงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สร้างขึ้นกับเครื่องมือวัดความเข้มแสงแบบดิจิตอล รุ่น LX – 70 เพื่อปรับเทียบความสัมพันธ์ ระหว่างตัวเลขข้อมูลระดับศักย์ไฟฟ้า(ที่สัมพันธ์กับความต้านทานที่ขึ้นกับความเข้มแสงอาทิตย์ ของ LDR) ซึ่งอ่านได้จากเครื่องมือวัดที่สร้างขึ้น กับค่าความเข้มแสงที่วัดได้จากเครื่องมือวัดความเข้มแสงแบบดิจิตอลรุ่น LX-70

การปรับเทียบได้กระทำเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 ทดสอบค่าความต้านทานของ LDR ที่ใช้สร้างเป็นหัววัด เทียบกับความเข้มแสงใน 1 วัน ซึ่งให้ผลดังแสดงในตาราง 14 และส่วนที่ 2 ทำการปรับเทียบค่าระดับศักย์ไฟฟ้า ที่อ่านจากเครื่องมือวัดที่สร้างขึ้นกับความเข้มแสง ให้ผลดังในตาราง 15

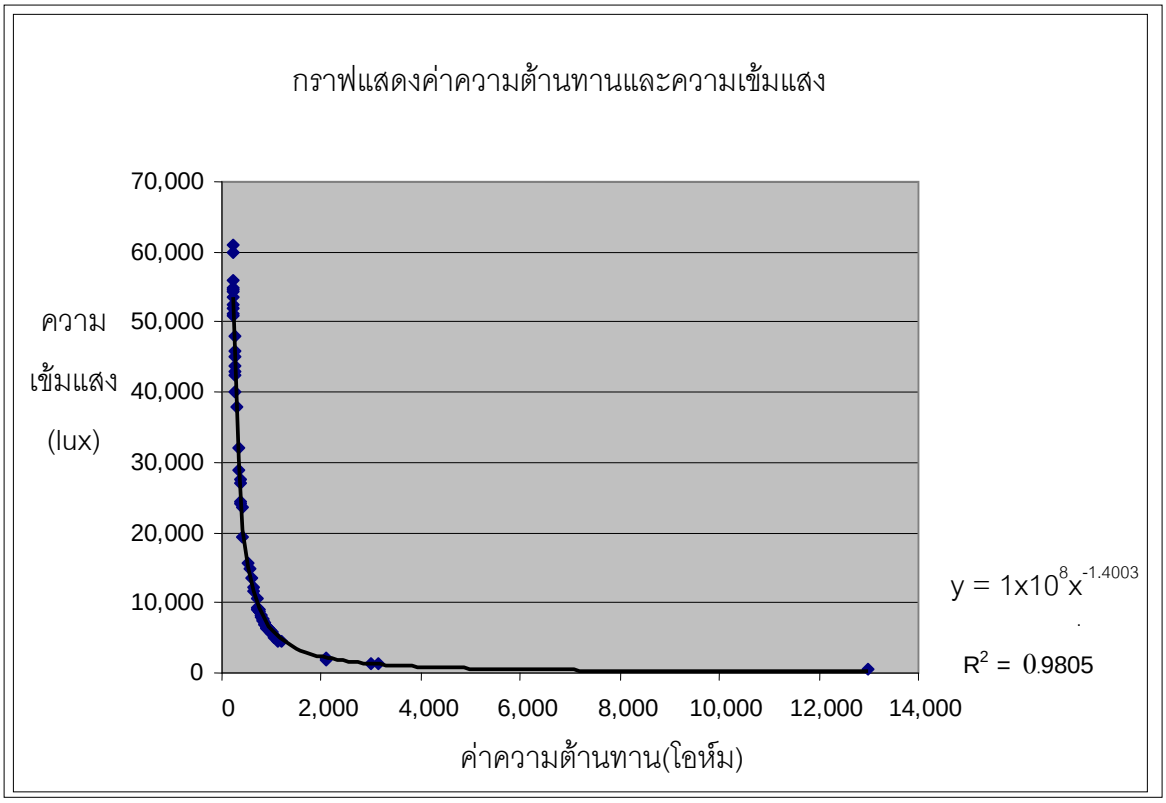
ตาราง 14 แสดงข้อมูลการปรับเทียบความต้านทานของ ตัวต้านทานที่ขึ้นต่อความเข้มแสงกับค่าความเข้มแสงที่อ่านได้จากเครื่องมือวัดความเข้มแสงแบบดิจิตอล รุ่น LX – 70 โดย ค่า x คือตัวเลขระดับศักย์ไฟฟ้า และ y คือค่าความเข้มแสงเป็น lux

ความต้านทาน (โอห์ม)	ค่าความเข้มแสง (lux)	ความต้านทาน (โอห์ม)	ค่าความเข้มแสง (lux)	ความต้านทาน (โอห์ม)	ค่าความเข้มแสง (lux)	ความต้านทาน (โอห์ม)	ค่าความเข้มแสง (lux)
214	61,000	325	32,000	755	8,690	987	5,870
215	60,000	345	29,000	778	8,270	1,001	5,730
221	56,000	357	27,500	785	8,150	1,018	5,520

ตาราง 14 (ต่อ)

ความต้านทาน (โอห์ม)	ค่าความเข้มแสง (lux)	ความต้านทาน (โอห์ม)	ค่าความเข้มแสง (lux)	ความต้านทาน (โอห์ม)	ค่าความเข้มแสง (lux)	ความต้านทาน (โอห์ม)	ค่าความเข้มแสง (lux)
225	55,000	370	27,000	797	7,950	1,020	5,470
228	54,700	390	24,300	805	7,780	1,016	5,450
229	54,300	392	24,000	812	7,600	1,031	5,360
230	53,600	400	23,600	827	7,520	1,057	5,170
232	52,600	420	19,300	837	7,380	1,068	5,070
235	51,900	529	15,750	845	7,290	1,073	5,020
237	51,200	571	14,760	866	7,020	1,087	4,930
238	51,000	606	13,580	877	6,850	1,108	4,780
244	48,000	625	12,180	885	6,750	1,110	4,600
251	46,000	652	11,750	894	6,640	1,187	4,590
252	45,100	699	10,540	903	6,520	2,080	2,000
260	43,800	723	9,250	908	6,440	2,100	1,950
263	43,000	728	9,130	912	6,420	3,000	1,340
265	42,300	730	9,080	922	6,330	3,152	1,239
274	40,100	735	8,980	956	6,090	13,000	500
286	38,000	744	8,810	973	5,930		

ข้อมูลในตาราง 14 นี้ให้ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานของ LDR กับความเข้มแสง ซึ่งทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Excel ดังกราฟ ภาพประกอบ 26



ภาพประกอบ 26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานของ ตัวต้านทานที่ขึ้นต่อความเข้มแสงกับค่าความเข้มแสงที่อ่านได้จากเครื่องมือวัดความเข้มแสงแบบดิจิตอล รุ่น LX – 70

ภาพประกอบ 26 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานของ ตัวต้านทานที่ขึ้นต่อความเข้มแสงกับค่าความเข้มแสงที่อ่านได้จากเครื่องมือวัดความเข้มแสง โดยมีสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทาน กับ ความเข้มแสง สอดคล้องกับสมการ $y = 1x10^{8}x^{-1.4003}$ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) R^2 เท่ากับ 0.9805 โดย x คือความต้านทานของ LDR มีหน่วยเป็น โอห์ม และ y คือความเข้มแสงหน่วยเป็น lux

ตาราง 15 แสดงข้อมูลสำหรับปรับเทียบอุปกรณ์วัดความเข้มแสงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สร้างขึ้นกับเครื่องมือวัดความเข้มแสงแบบดิจิตอล รุ่น LX – 70

เวลา (นาฬิกา)	ตัวเลขระดับศักย์ไฟฟ้า	ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่วัดจากมัลติมิเตอร์ HEWLETT PACKARD 973A (v)	ความเข้มแสงที่วัดจาก LX – 70 (lux)
06.00	255	5.59	1-15
06.10	255	5.57	1,025
06.20	255	5.54	3,100
06.30	253	4.92	4,900
06.40	249	4.88	5,300
06.50	242	4.72	6,550
07.00	232	4.60	7,100
07.10	226	4.45	7,200
07.20	225	4.37	7,250
07.30	218	4.23	7,300
07.40	208	4.09	7,800
07.50	197	3.85	8,900
08.00	186	3.64	9,450
08.10	176	3.50	9,900
08.20	165	3.10	12,000
08.30	153	2.912	13,200
08.40	142	2.780	13,500
08.50	135	2.669	14,250
09.00	129	2.520	16,000
09.10	112	2.150	20,000

ตาราง 15 (ต่อ)

เวลา (นาฬิกา)	ตัวเลขระดับศักย์ไฟฟ้า	ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่วัดจากมัลติมิเตอร์ HEWLETT PACKARD 973A (v)	ความเข้มแสงที่วัดจาก LX – 70 (lux)
09.20	104	2.015	21,800
09.30	100	1.950	24,700
09.40	95	1.895	25,500
09.50	80	1.576	35,500
10.00	79	1.510	37,800
10.10	76	1.460	38,500
10.20	72	1.350	40,000
10.30	69	1.342	41,000
10.40	64	1.313	51,000
10.50	60	1.250	54,100
11.00	57	1.118	55,500
11.10	56	1.082	56,200
11.20	52	1.015	60,000
11.30	50	0.975	65,000
11.40	49	0.953	67,000
11.50	51	0.980	60,600
12.00	49	0.950	67,500
12.10	50	0.970	65,000
12.20	48	0.933	69,100
12.30	52	1.002	60,000
12.40	50	0.971	65,000
12.50	50	0.975	65,000

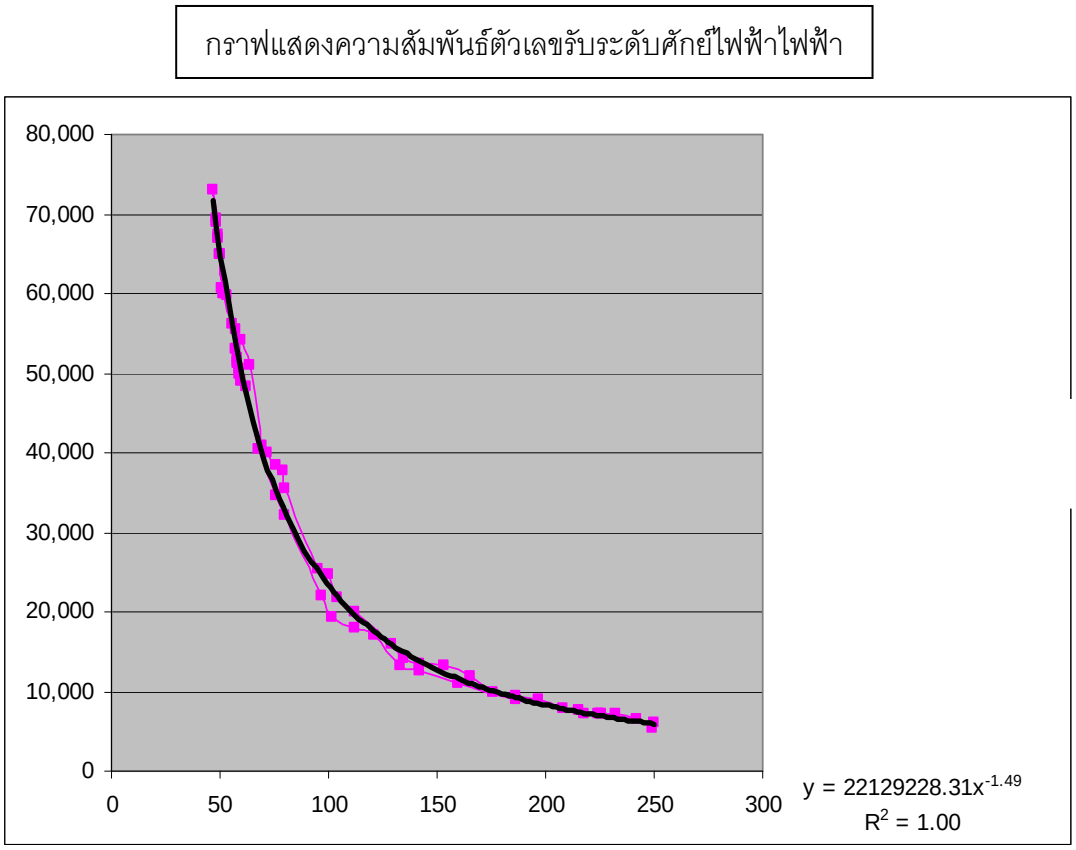
ตาราง 15 (ต่อ)

เวลา (นาฬิกา)	ตัวเลขระดับศักย์ไฟฟ้า	ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่วัดจากมัลติมิเตอร์ HEWLETT PACKARD 973A (v)	ความเข้มแสงที่วัดจาก LX – 70 (lux)
13.00	49	0.953	67,000
13.10	48	0.933	69,100
13.20	48	0.924	69,500
13.30	47	0.896	73,000
13.40	50	0.975	65,000
13.50	53	1.010	59,700
14.00	59	1.112	50,500
14.10	58	1.118	52,000
14.20	57	1.107	53,000
14.30	58	1.131	51,300
14.40	58	1.110	51,500
14.50	57	1.100	53,000
15.00	59	1.120	50,000
15.10	60	1.176	49,000
15.20	62	1.200	48,400
15.30	68	1.274	40,500
15.40	76	1.460	34,500
15.50	80	1.569	32,100
16.00	97	1.910	22,000
16.10	102	1.978	19,400
16.20	112	2.190	18,000

ตาราง 15 (ต่อ)

เวลา (นาฬิกา)	ตัวเลขระดับศักย์ไฟฟ้า	ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่วัดจากมัลติมิเตอร์ HEWLETT PACKARD 973A (v)	ความเข้มแสงที่วัดจาก LX – 70 (lux)
16.30	121	2.377	17,030
16.40	133	2.476	13,270
16.50	142	2.780	12,500
17.00	160	3.056	11,000
17.10	186	3.677	9,100
17.20	215	4.20	7,600
17.30	224	4.55	7,200
17.40	250	5.06	6,020
17.50	255	5.54	4,100
18.00	255	5.58	2,180

จากข้อมูลตาราง 15 เมื่อนำมาทำเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ตัวเลขระดับศักย์ไฟฟ้าที่อ่านได้กับ ความเข้มแสง จะเป็นตามภาพประกอบ 27 โดยมีสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวเลขระดับศักย์ไฟฟ้ากับ ความเข้มแสง สอดคล้องกับสมการ $y = 22129228.31x^{-1.49}$ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) R^2 เท่ากับ 1

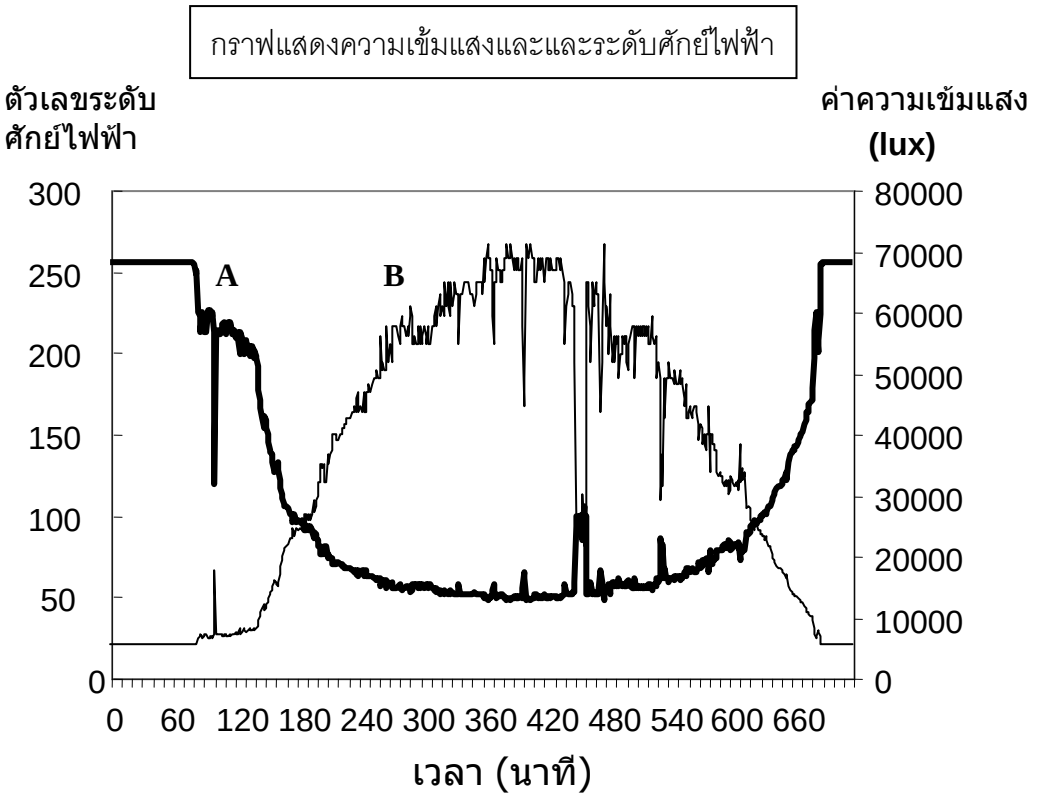


ภาพประกอบ 27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวเลขระดับศักย์ไฟฟ้าที่อ่านได้จากเครื่องมือวัดความเข้มแสงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์กับค่าความเข้มแสงที่วัดได้จากเครื่องวัดความเข้มแสงแบบดิจิตอล รุ่น LX – 70 โดย ค่า x คือตัวเลขระดับศักย์ไฟฟ้า และ y คือค่าความเข้มแสงเป็น lux

ผลการทดลองวัดความเข้มแสงอุปกรณ์วัดความเข้มแสงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

จากความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือวัดความเข้มแสงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์กับค่าความเข้มแสงที่อ่านได้จากเครื่องมือวัดความเข้มแสงแบบดิจิตอล ตามสมการ $y = 22129228.31x^{-1.49}$ นำมาคำนวณค่า ของความเข้มแสงจากตัวเลขระดับความเข้มแสง ที่ทำการวัดเป็นเวลา 5 วัน ตั้งแต่วันที่ 11 – 15 มีนาคม 2551 ได้ผลแสดงดังตาราง16 ถึง ตาราง19 ดังแสดงในภาคผนวก ก

ผลจากการวัดเมื่อนำมาแสดงเป็นกราฟของ เวลากับความเข้มแสงในแต่ละวัน จะเป็นดังภาพประกอบ 29 ถึง ภาพประกอบ 33

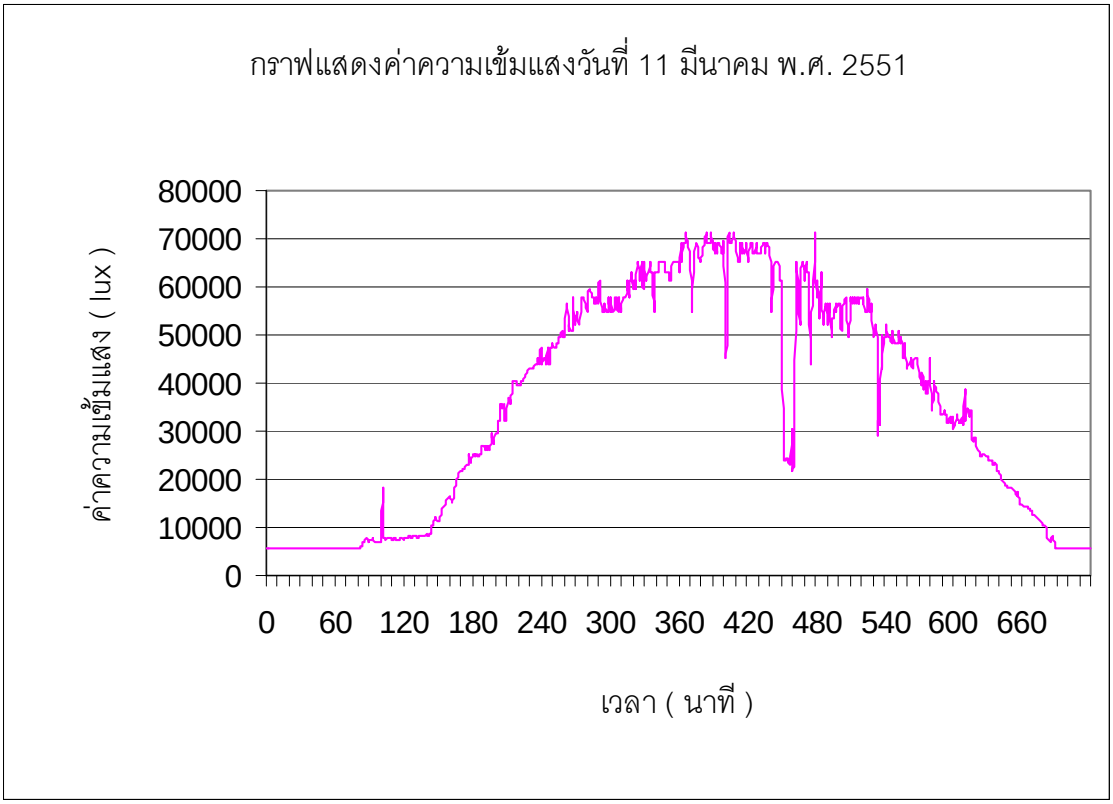


ภาพประกอบ 28 กราฟแสดงความเข้มแสงจากเครื่องมือวัด และตัวเลขระดับศักย์ไฟฟ้าจากเครื่องวัดความเข้มแสงที่สร้างขึ้น วันที่ 11 มีนาคม พ.ศ. 2551

A คือ ตัวเลขระดับศักย์ไฟฟ้า

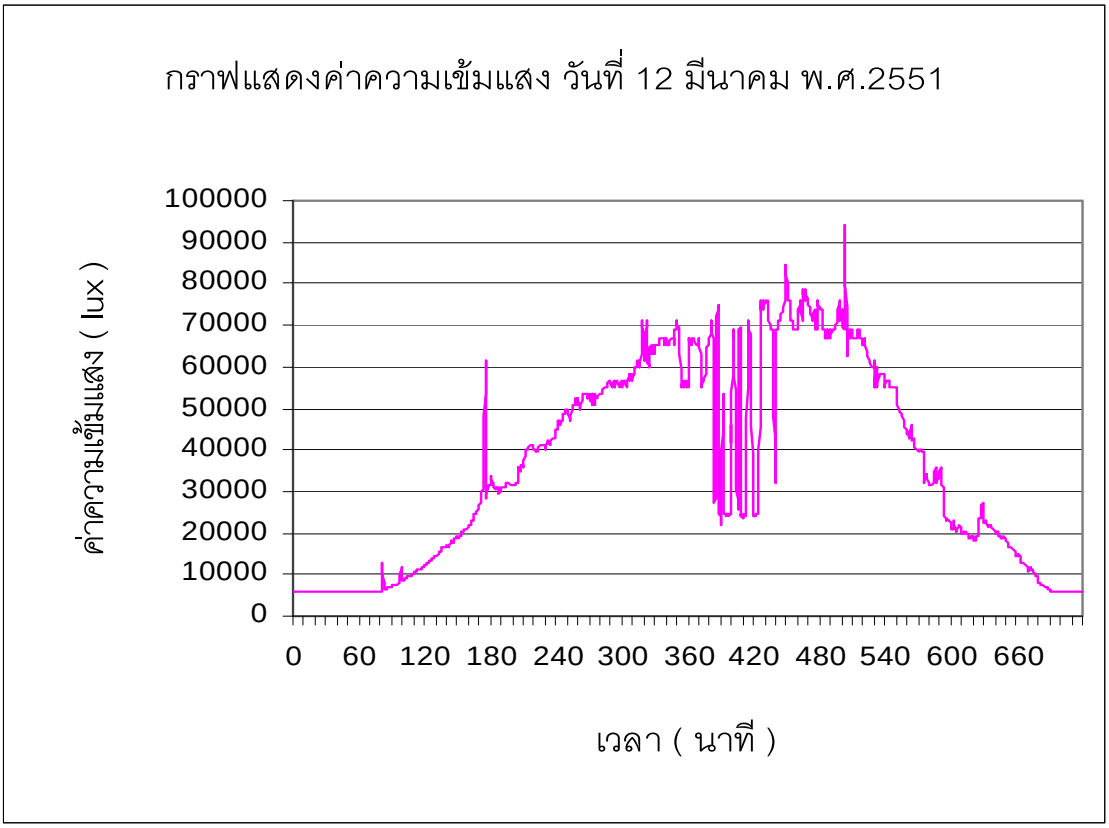
B คือ ความเข้มแสงจากเครื่องวัดความเข้มแสง (lux)

จากกราฟภาพประกอบ 24 จะแสดงให้เห็นว่าเมื่อก่อนจะมีแสง ตัวเลขระดับศักย์ไฟฟ้าจะอยู่ที่ 255 ค่าความเข้มแสงจะอยู่ที่ 0 – 5,000 lux เมื่อความเข้มแสงมากขึ้น ตัวเลขระดับศักย์ไฟฟ้าจะลดลงในช่วงตอนกลางวัน และตอนเย็นเมื่อความเข้มแสงมากขึ้น ตัวเลขระดับศักย์ไฟฟ้าจะลดลงจนถึง 255 เมื่อไม่มีแสง



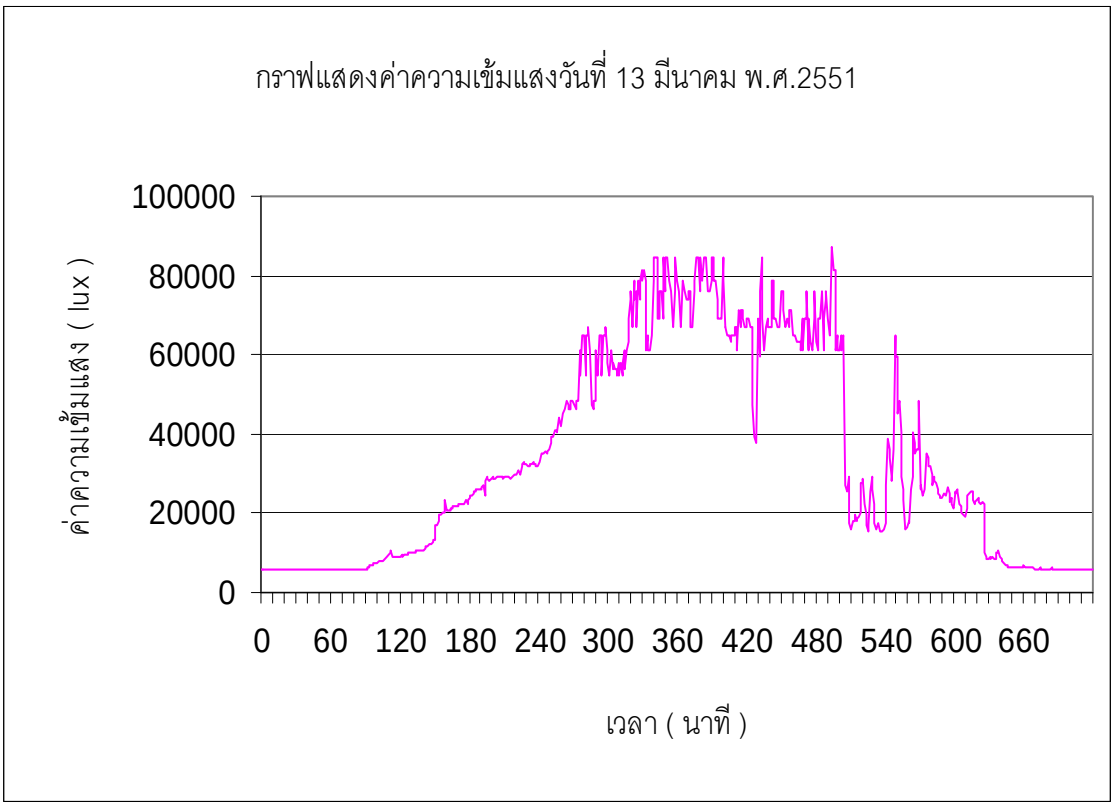
ภาพประกอบ 29 กราฟแสดงค่าความเข้มแสงที่วัดได้ วันที่ 11 มีนาคม พ.ศ. 2551

ภาพประกอบ 29 เป็นกราฟความเข้มแสงอาทิตย์ที่วัดได้ วันที่ 11 มีนาคม พ.ศ. 2551 โดยใช้ข้อมูลตามตาราง 16 ในภาคผนวก ก กราฟมีลักษณะเป็นรูประฆังคว่ำ ในตอนเช้าจะมีความเข้มแสงน้อยและจะเริ่มสูงขึ้นในช่วง 82 นาที (07.22 น.) และจะมีความเข้มแสงสูงมากในช่วง 360 – 450 (12.00น.- 13.30 น.) และลดลงไปเรื่อยๆ โดยบางช่วงเวลาสั้นๆ ที่ความเข้มแสงลดลงอย่างมาก เนื่องจากมีเมฆมาบังดวงอาทิตย์ และความเข้มแสงจะลดลงจนมืด ในช่วง 690 นาที (17.30 น.)



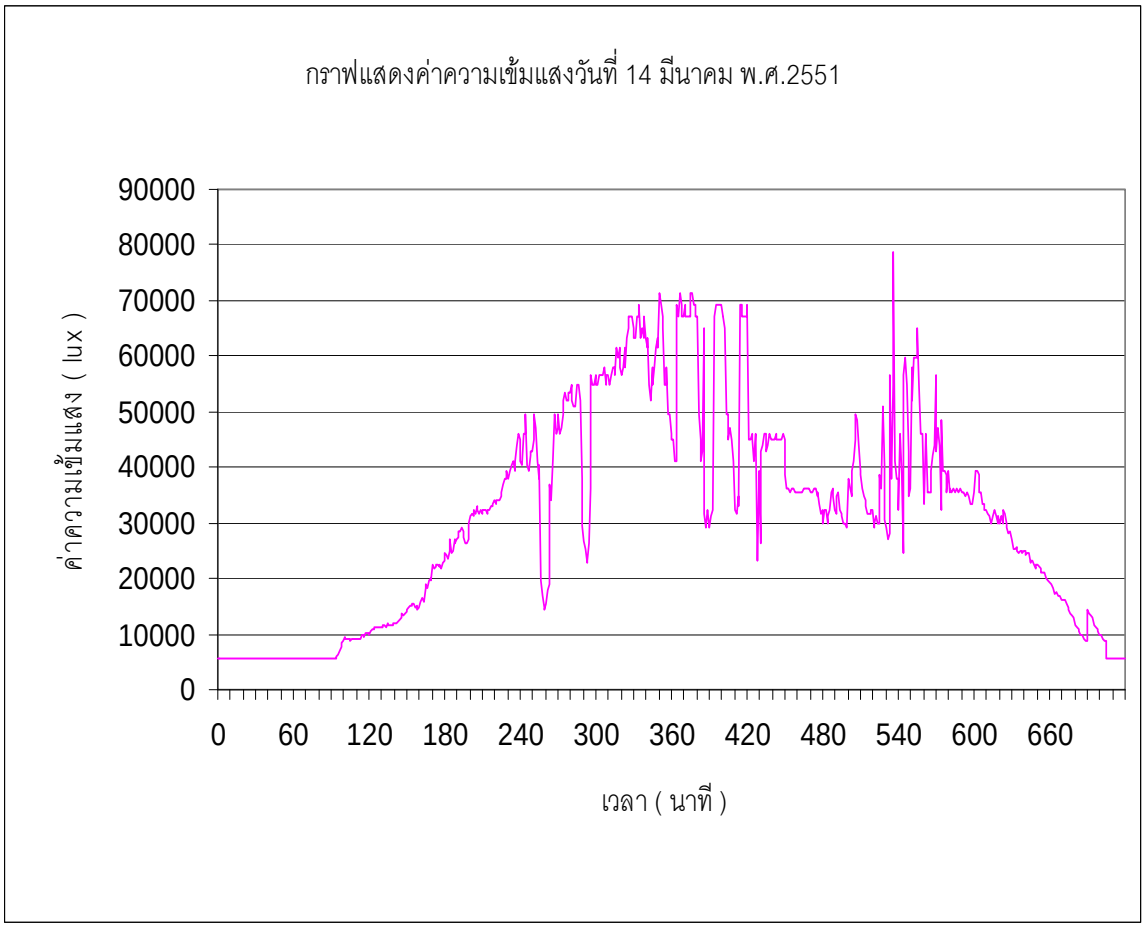
ภาพประกอบ 30 กราฟแสดงค่าความเข้มแสงที่วัดได้ วันที่ 12 มีนาคม พ.ศ. 2551

กราฟภาพประกอบ 30 จะเป็นความเข้มแสงอาทิตย์ที่วัดได้ วันที่ 12 มีนาคม พ.ศ. 2551 โดยใช้ข้อมูลตามตาราง 17 ภาคผนวก ก ซึ่งจะได้กราฟเป็นรูประฆังคว่ำเหมือนวันที่ 11 มีนาคม พ.ศ. 2551 ในตอนเช้าจะมีความเข้มแสงน้อยและจะเริ่มสูงขึ้นในช่วง 81 นาที (07.21 น.) และจะมีความเข้มแสงลดลงไปเรื่อยๆ โดยบางช่วงเวลาสั้นๆ ความเข้มแสงสูงขึ้นเนื่องจากเป็นช่วงฟ้าเปิด และบางช่วง ที่ความเข้มแสงลดลงอย่างมากเนื่องจากมีเมฆมาบังดวงอาทิตย์ และจะเพิ่มขึ้นไปเรื่อยๆความเข้มแสงจะสูงมากในช่วง 440 – 500 (13.20 น. - 14.20 น.) และลดลงไปเรื่อยๆ โดยบางช่วงเวลาสั้นๆ ที่ความเข้มแสงลดลงอย่างมากเนื่องจากมีเมฆมาบังดวงอาทิตย์ และความเข้มแสงจะลดลงจนมืด ในช่วง 695 นาที (17.35 น.)



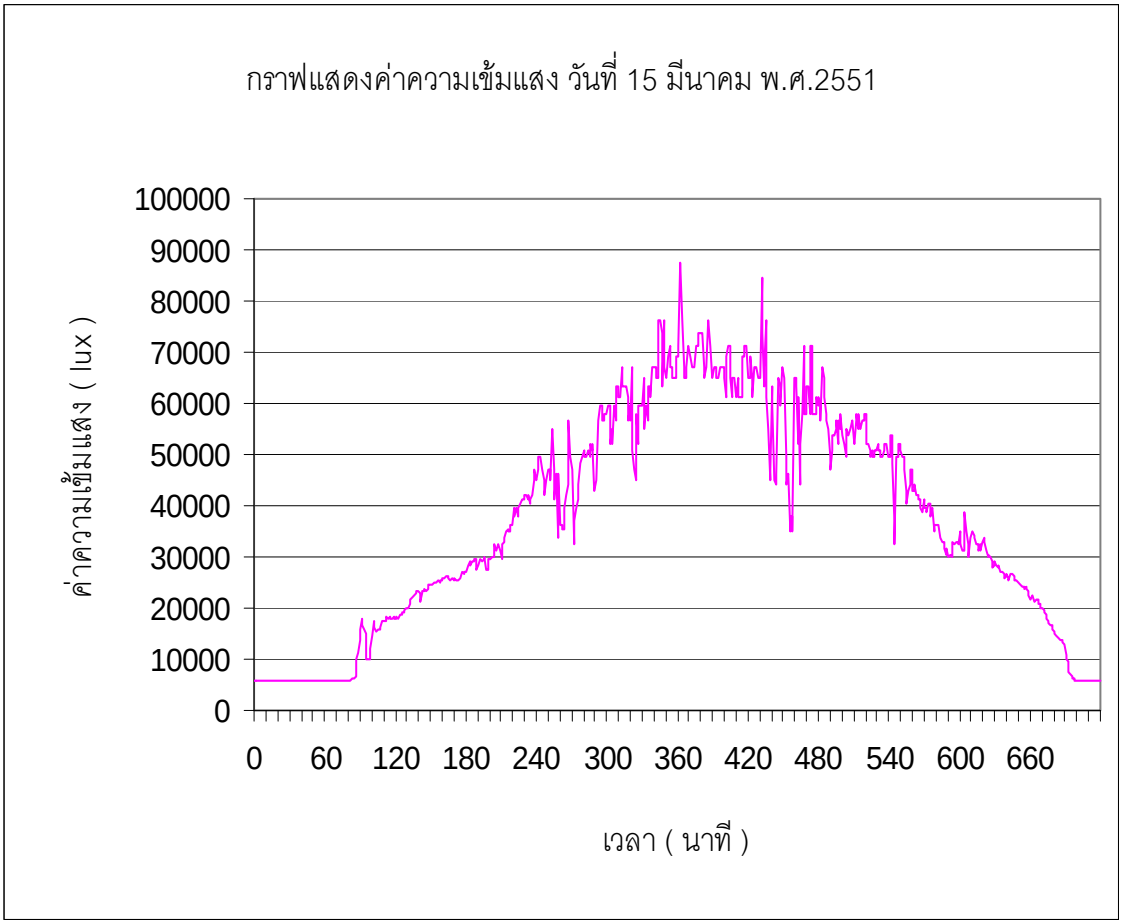
ประกอบ 31 กราฟแสดงค่าความเข้มแสงที่วัดได้ วันที่ 13 มีนาคม พ.ศ. 2551

จากกราฟจะความเข้มแสงอาทิตย์ที่วัดได้ วันที่ 13 มีนาคม พ.ศ. 2551 โดยใช้ข้อมูลตาม ตาราง 18 ภาคผนวก ก ซึ่งจะได้กราฟเป็นรูประฆังคว่ำเหมือนวันที่ 11 มีนาคม พ.ศ. 2551 ในตอนเช้าจะมีความเข้มแสงน้อยและจะเริ่มสูงขึ้นในช่วง 93 นาที (07.33 น.) และจะเพิ่มขึ้นไปเรื่อยๆความเข้มแสงจะสูงมากในช่วง 340 – 420 (11.40 น. - 13.00 น.) จะมีความเข้มแสงลดลงไปเรื่อยๆ โดยบางช่วงเวลาสั้น ๆ สูงขึ้นเนื่องจากเป็นช่วงฟ้าเปิด และบางช่วง ที่ความเข้มแสงลดลงอย่างมากเนื่องจากมีเมฆมาบังดวงอาทิตย์ในช่วง 506 – 540 (14.24 น. - 15.00 น.) และลดลงไปเรื่อยๆ และความเข้มแสงจะลดลงจนมืด ในช่วง 683 นาที (17.23 น.)



ภาพประกอบ 32 กราฟแสดงค่าความเข้มแสงที่วัดได้ วันที่ 14 มีนาคม พ.ศ. 2551

จากกราฟจะความเข้มแสงอาทิตย์ที่วัดได้ วันที่ 14 มีนาคม พ.ศ. 2551 โดยใช้ข้อมูลตามตาราง 19 ภาคผนวก ก ซึ่งจะได้กราฟเป็นรูประฆังคว่ำเหมือนวันที่ 11 มีนาคม พ.ศ. 2551 ในตอนเช้าจะมีความเข้มแสงน้อยและจะเริ่มสูงขึ้นในช่วง 94 นาที (07.34 น.) และจะเพิ่มขึ้นไปเรื่อยๆความเข้มแสงจะมีบางช่วงเวลาสั้นๆ ที่ความเข้มแสงลดลงและจะมีความเข้มแสงสูงมากในช่วง 350 – 420 (11.50 น. - 13.00 น.) จะมีความเข้มแสงลดลงช่วง 422 – 520 (13.02 น. - 14.40 น.) เนื่องจากมีเมฆมาบังดวงอาทิตย์ และจะสูงขึ้นในบางช่วงสั้นๆ ตอนฟ้าเปิด จากนั้นจะลดลงไปเรื่อยๆ และความเข้มแสงจะลดลงจนมืด ในช่วง 706 นาที (17.46 น.)



ภาพประกอบ 33 กราฟแสดงค่าความเข้มแสงที่วัดได้ วันที่ 15 มีนาคม พ.ศ. 2551

จากกราฟจะความเข้มแสงอาทิตย์ที่วัดได้ วันที่ 15 มีนาคม พ.ศ. 2551 โดยใช้ข้อมูลตามตาราง 20 ภาคผนวก ก ซึ่งจะได้กราฟเป็นรูประฆังคว่ำเหมือนวันที่ 11 มีนาคม พ.ศ. 2551 ในตอนเช้าจะมีความเข้มแสงน้อยและจะเริ่มสูงขึ้นในช่วง 91 นาที (07.31 น.) และจะเพิ่มขึ้นไปเรื่อยๆความเข้มแสงจะมีบางช่วงเวลาสั้น ๆ ที่ความเข้มแสงลดลงและจะมีความเข้มแสงสูงมากในช่วง 340 – 435 (11.40 น. - 13.15 น.) จะมีความเข้มแสงลดลงช่วง 422 – 520 (13.02 น. – 14.40 น.) เนื่องจากมีเมฆมาบังดวงอาทิตย์ และจะสูงขึ้นในบางช่วงสั้นๆ ตอนฟ้าเปิด จากนั้นจะลดลงไปเรื่อยๆ และความเข้มแสงจะลดลงจนมืด ในช่วง 706 นาที (17.46 น.)

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบและสร้างเครื่องมือวัดความเข้มแสงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ และดำเนินการวิจัยดังนี้

1. ออกแบบและสร้างเครื่องมือวัดความเข้มแสงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ เบสิกแสตมป์ 2SX โดยทำการออกแบบวงจรตัวรับรู้สำหรับใช้ในการแปลงค่าศักย์ไฟฟ้าจากตัวต้านทานที่ขึ้นต่อความเข้มแสง เพื่อประกอบกับ วงจรแปลงสัญญาณที่เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ วงจรที่ออกแบบเป็นวงจรตามภาพประกอบ 13
2. ทำการเขียนโปรแกรมลงบนเบสิกแสตมป์ 2SX โดยผ่านทางพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ เพื่อเก็บข้อมูลและแสดงผลของข้อมูลที่เก็บบันทึกไว้ทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ หรือแสดงตัวเลข LED โดยโปรแกรมที่เขียนขึ้น สามารถเก็บข้อมูลความเข้มแสงในแต่ละวัน โดยเก็บข้อมูลทุกๆ 1 นาที เป็นเวลา 720 นาทีหรือ 12 ชั่วโมง
3. เครื่องมือวัดความเข้มแสงที่สร้างขึ้นสามารถเก็บข้อมูลความเข้มแสงโดยวัดความเข้มแสงจากการเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ไฟฟ้า ที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงความต้านทานของ LDR ค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือวัด เป็นค่าตัวเลขดิจิตอลขนาด 8 บิต ทำให้ได้ความละเอียดของค่าที่อ่าน 256 ระดับคือ 0 – 255 ซึ่งเทียบได้กับความต่างศักย์ไฟฟ้า 0-5 โวลต์
4. เครื่องมือที่สร้างขึ้น เมื่อนำมาปรับเทียบและทดสอบกับ เครื่องวัดความเข้มแสง LX-70 ให้กราฟปรับเทียบที่ค่อนข้างราบเรียบ มีความสัมพันธ์กันอย่างดีของความเข้มแสงจากเครื่องวัดความเข้มแสง LX-70 กับเครื่องมือวัดที่สร้างขึ้น โดยมีสมการความสัมพันธ์เป็น $y = 22129228.31x^{-1.49}$ เมื่อ y คือความเข้มแสง และ x คือค่าตัวเลขระดับศักย์ไฟฟ้าที่อ่านจากเครื่องมือวัดที่สร้างขึ้น เครื่องมือวัดที่สร้างขึ้นแสดงความสามารถของเครื่องมือในการวัดค่าความเข้มแสงได้ในช่วง ตั้งแต่ 5000 lux ขึ้นไป ถึง 80,000 lux ซึ่งเป็นความเข้มแสงสูงสุดโดยประมาณที่ปรากฏในการวัดความเข้มแสง เป็นเวลา 5 วัน

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

คอรินน์ สตอคเลย์ คริส อ๊อกเลด และ เจน เวอร์ทิม. (2540). *พจนานุกรม วิทยาศาสตร์ ฉบับภาพประกอบ ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา*. กรุงเทพฯ: โปรดัคทีฟ บุ๊ค จำกัด.

เชื้อ ชูขำ. (2544). *ทฤษฎีไฟฟ้าและทฤษฎีอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น*.กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ปาริชาติ แนบเนียด. (2546). *การออกแบบสร้างเทนซิโอมิเตอร์สำหรับเก็บค่าศักย์วัสดุพื้นของน้ำในดิน*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (ฟิสิกส์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.ถ่ายเอกสาร.

ผ.ศ.บัญชา ศิลป์สกุลสุข. *เอกสารประกอบการสอนวิชา อิเล็กทรอนิกส์ 1*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.

ผ.ศ.อุทัย สุขสิงห์. (2547). *ไมโครคอนโทรลเลอร์ MSC 51*. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย – ญี่ปุ่น).

มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี. (2546). *PV ARRAY TESTER SOLAR INCIDENT METER PV ROOF TOP GRID CONNECTED SYTEM 1 – 8 พฤษภาคม 2546*. วารสารงานวิจัยพลังงาน.กรุงเทพฯ: คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี.

ร.ศ.ธีรวัฒน์ ประกอบผล. (2549). *ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ท้อปจำกัด.

วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล และชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. (ม.ป.พ). *คุณสมบัติทางฮาร์ดแวร์และชุดคำสั่งของเบสิกแสตมป์ 2SX*. กรุงเทพฯ: อินโนเวตีฟ แอกเพอริเมนต์.

วิภู รุโจปการ. (2546). *เอกภพเพื่อความเข้าใจในธรรมชาติของวาล*. กรุงเทพฯ: นานมีบุ๊คพับลิเคชั่นส์ จำกัด.

สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2549). *ผลของตัวแปรต่อประสิทธิภาพของระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ 28 – 30 ธันวาคม 2548*. กรุงเทพฯ: คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตารางบันทึกการวัดความเข้มแสงด้วยเครื่องมือวัดความเข้มแสงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

ตาราง 16 แสดงข้อมูลความเข้มแสงที่วัดได้ ที่ ตำบลภูฟ้า อำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน วันที่11 มีนาคม พ.ศ. 2551

เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)
1	255	5744	16	255	5744	31	255	5744	46	255	5744	61	255	5744
2	255	5744	17	255	5744	32	255	5744	47	255	5744	62	255	5744
3	255	5744	18	255	5744	33	255	5744	48	255	5744	63	255	5744
4	255	5744	19	255	5744	34	255	5744	49	255	5744	64	255	5744
5	255	5744	20	255	5744	35	255	5744	50	255	5744	65	255	5744
6	255	5744	21	255	5744	36	255	5744	51	255	5744	66	255	5744
7	255	5744	22	255	5744	37	255	5744	52	255	5744	67	255	5744
8	255	5744	23	255	5744	38	255	5744	53	255	5744	68	255	5744
9	255	5744	24	255	5744	39	255	5744	54	255	5744	69	255	5744
10	255	5744	25	255	5744	40	255	5744	55	255	5744	70	255	5744
11	255	5744	26	255	5744	41	255	5744	56	255	5744	71	255	5744
12	255	5744	27	255	5744	42	255	5744	57	255	5744	72	255	5744
13	255	5744	28	255	5744	43	255	5744	58	255	5744	73	255	5744
14	255	5744	29	255	5744	44	255	5744	59	255	5744	74	255	5744
15	255	5744	30	255	5744	45	255	5744	60	255	5744	75	255	5744

ตาราง 16 (ต่อ)

เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)
76	255	5744	91	218	7255	106	210	7671	121	210	7671	136	197	8437
77	255	5744	92	212	7564	107	210	7671	122	208	7781	137	203	8069
78	255	5744	93	212	7564	108	211	7617	123	210	7671	138	202	8128
79	255	5744	94	211	7617	109	213	7511	124	211	7617	139	203	8069
80	255	5744	95	225	6922	110	216	7356	125	207	7837	140	196	8502
81	255	5744	96	224	6968	111	218	7255	126	198	8374	141	200	8250
82	253	5812	97	225	6922	112	211	7617	127	211	7617	142	197	8437
83	247	6023	98	221	7109	113	210	7671	128	208	7781	143	196	8502
84	249	5952	99	221	7109	114	216	7356	129	207	7837	144	191	8835
85	225	6922	100	224	6968	115	218	7255	130	198	8374	145	176	9981
86	224	6968	101	212	7564	116	213	7511	131	203	8069	146	170	10510
87	221	7109	102	118	18108	117	218	7255	132	206	7894	147	165	10988
88	211	7617	103	211	7617	118	211	7617	133	205	7952	148	158	11721
89	222	7062	104	210	7671	119	210	7671	134	203	8069	149	153	12296
90	224	6968	105	213	7511	120	213	7511	135	200	8250	150	160	11503

ตาราง 16 (ต่อ)

เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)
151	157	11832	166	116	18575	181	95	25013	196	90	27111	211	80	32312
152	153	12296	167	112	19572	182	96	24625	197	89	27566	212	73	37035
153	149	12791	168	109	20380	183	96	24625	198	85	29521	213	75	35573
154	144	13459	169	106	21245	184	95	25013	199	89	27566	214	73	37035
155	139	14186	170	105	21547	185	95	25013	200	87	28516	215	72	37804
156	138	14340	171	104	21857	186	96	24625	201	85	29521	216	69	40279
157	136	14655	172	104	21857	187	94	25410	202	84	30046	217	69	40279
158	131	15496	173	103	22174	188	95	25013	203	80	32312	218	69	40279
159	127	16229	174	103	22174	189	90	27111	204	80	32312	219	69	40279
160	126	16422	175	100	23172	190	90	27111	205	75	35573	220	70	39425
161	128	16041	176	100	23172	191	92	26237	206	75	35573	221	70	39425
162	129	15856	177	100	23172	192	90	27111	207	76	34878	222	70	39425
163	132	15322	178	95	25013	193	92	26237	208	75	35573	223	69	40279
164	127	16229	179	97	24248	194	90	27111	209	80	32312	224	69	40279
165	121	17443	180	99	23522	195	92	26237	210	80	32312	225	69	40279

ตาราง 16 (ต่อ)

เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)
226	68	41165	241	62	47239	256	60	49604	271	58	52175	286	54	58036
227	68	41165	242	65	44028	257	60	49604	272	56	54975	287	55	56471
228	67	42084	243	64	45057	258	60	49604	273	56	54975	288	55	56471
229	67	42084	244	64	45057	259	59	50862	274	58	52175	289	54	58036
230	66	43037	245	65	44028	260	60	49604	275	54	58036	290	55	56471
231	66	43037	246	62	47239	261	60	49604	276	54	58036	291	53	59675
232	66	43037	247	65	44028	262	60	49604	277	54	58036	292	52	61393
233	66	43037	248	65	44028	263	55	56471	278	54	58036	293	53	59675
234	66	43037	249	62	47239	264	59	50862	279	55	56471	294	56	54975
235	65	44028	250	62	47239	265	58	52175	280	55	56471	295	56	54975
236	65	44028	251	61	48398	266	59	50862	281	56	54975	296	55	56471
237	65	44028	252	62	47239	267	59	50862	282	54	58036	297	56	54975
238	64	45057	253	62	47239	268	59	50862	283	53	59675	298	56	54975
239	65	44028	254	61	48398	269	54	58036	284	54	58036	299	56	54975
240	63	46126	255	61	48398	270	58	52175	285	54	58036	300	54	58036

ตาราง 16 (ต่อ)

เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)
301	56	54975	316	52	61393	331	50	65088	346	50	65088	361	50	65088
302	54	58036	317	54	58036	332	52	61393	347	50	65088	362	51	63196
303	56	54975	318	52	61393	333	52	61393	348	50	65088	363	48	69170
304	55	56471	319	52	61393	334	51	63196	349	51	63196	364	50	65088
305	54	58036	320	51	63196	335	50	65088	350	51	63196	365	48	69170
306	54	58036	321	53	59675	336	51	63196	351	51	63196	366	48	69170
307	55	56471	322	52	61393	337	51	63196	352	51	63196	367	47	71374
308	56	54975	323	52	61393	338	51	63196	353	52	61393	368	48	69170
309	54	58036	324	53	59675	339	56	54975	354	52	61393	369	48	69170
310	56	54975	325	50	65088	340	51	63196	355	51	63196	370	49	67077
311	56	54975	326	52	61393	341	51	63196	356	50	65088	371	49	67077
312	54	58036	327	52	61393	342	51	63196	357	50	65088	372	53	59675
313	54	58036	328	50	65088	343	51	63196	358	50	65088	373	56	54975
314	54	58036	329	52	61393	344	50	65088	359	50	65088	374	50	65088
315	53	59675	330	53	59675	345	50	65088	360	50	65088	375	50	65088

ตาราง 16 (ต่อ)

เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)
376	48	69170	391	48	69170	406	48	69170	421	50	65088	436	48	69170
377	49	67077	392	49	67077	407	48	69170	422	50	65088	437	49	67077
378	49	67077	393	48	69170	408	47	71374	423	48	69170	438	48	69170
379	50	65088	394	49	67077	409	47	71374	424	48	69170	439	49	67077
380	50	65088	395	48	69170	410	48	69170	425	48	69170	440	49	67077
381	49	67077	396	48	69170	411	48	69170	426	49	67077	441	50	65088
382	49	67077	397	49	67077	412	50	65088	427	49	67077	442	56	54975
383	48	69170	398	49	67077	413	50	65088	428	48	69170	443	52	61393
384	48	69170	399	49	67077	414	50	65088	429	49	67077	444	51	63196
385	47	71374	400	48	69170	415	48	69170	430	49	67077	445	50	65088
386	48	69170	401	54	58036	416	49	67077	431	49	67077	446	50	65088
387	48	69170	402	64	45057	417	48	69170	432	49	67077	447	50	65088
388	48	69170	403	60	49604	418	49	67077	433	49	67077	448	51	63196
389	47	71374	404	48	69170	419	48	69170	434	48	69170	449	52	61393
390	48	69170	405	47	71374	420	48	69170	435	48	69170	450	52	61393

ตาราง 16 (ต่อ)

เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)
451	58	52175	466	54	58036	481	54	58036	496	57	53544	511	54	58036
452	92	26237	467	58	52175	482	52	61393	497	57	53544	512	55	56471
453	98	23880	468	52	61393	483	54	58036	498	55	56471	513	54	58036
454	98	23880	469	50	65088	484	57	53544	499	56	54975	514	55	56471
455	97	24248	470	52	61393	485	51	63196	500	55	56471	515	54	58036
456	97	24248	471	51	63196	486	54	58036	501	55	56471	516	55	56471
457	98	23880	472	50	65088	487	57	53544	502	58	52175	517	54	58036
458	100	23172	473	51	63196	488	58	52175	503	59	50862	518	54	58036
459	83	30587	474	51	63196	489	55	56471	504	56	54975	519	55	56471
460	104	21857	475	52	61393	490	58	52175	505	55	56471	520	54	58036
461	100	23172	476	65	44028	491	55	56471	506	55	56471	521	55	56471
462	98	23880	477	58	52175	492	56	54975	507	54	58036	522	54	58036
463	50	65088	478	54	58036	493	55	56471	508	54	58036	523	56	54975
464	50	65088	479	47	71374	494	60	49604	509	60	49604	524	56	54975
465	52	61393	480	50	65088	495	57	53544	510	54	58036	525	56	54975

ตาราง16 (ต่อ)

เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)
526	53	59675	541	60	49604	556	61	48398	571	67	42084	586	71	38600
527	55	56471	542	58	52175	557	63	46126	572	70	39425	587	72	37804
528	56	54975	543	60	49604	558	64	45057	573	67	42084	588	72	37804
529	56	54975	544	60	49604	559	61	48398	574	68	41165	589	77	34205
530	55	56471	545	60	49604	560	66	43037	575	71	38600	590	78	33554
531	60	49604	546	60	49604	561	66	43037	576	69	40279	591	78	33554
532	58	52175	547	61	48398	562	65	44028	577	71	38600	592	77	34205
533	58	52175	548	59	50862	563	64	45057	578	72	37804	593	78	33554
534	60	49604	549	61	48398	564	65	44028	579	69	40279	594	78	33554
535	85	29521	550	61	48398	565	66	43037	580	69	40279	595	80	32312
536	73	37035	551	61	48398	566	65	44028	581	64	45057	596	81	31719
537	81	31719	552	61	48398	567	64	45057	582	77	34205	597	80	32312
538	60	49604	553	59	50862	568	64	45057	583	69	40279	598	79	32923
539	66	43037	554	61	48398	569	64	45057	584	69	40279	599	81	31719
540	60	49604	555	60	49604	570	65	44028	585	71	38600	600	79	32923

ตาราง 16 (ต่อ)

เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)
601	83	30587	616	77	34205	631	96	24625	646	116	18575	661	136	14655
602	82	31145	617	86	29011	632	98	23880	647	116	18575	662	138	14340
603	78	33554	618	88	28034	633	98	23880	648	117	18339	663	139	14186
604	79	32923	619	87	28516	634	99	23522	649	117	18339	664	139	14186
605	80	32312	620	87	28516	635	99	23522	650	117	18339	665	142	13742
606	81	31719	621	88	28034	636	101	22831	651	117	18339	666	141	13888
607	80	32312	622	92	26237	637	99	23522	652	118	18108	667	142	13742
608	81	31719	623	93	25818	638	101	22831	653	120	17660	668	144	13459
609	79	32923	624	94	25410	639	104	21857	654	122	17230	669	145	13321
610	82	31145	625	96	24625	640	104	21857	655	122	17230	670	147	13052
611	71	38600	626	95	25013	641	105	21547	656	125	16618	671	149	12791
612	80	32312	627	94	25410	642	108	20662	657	121	17443	672	150	12665
613	76	34878	628	94	25410	643	110	20104	658	131	15496	673	155	12061
614	79	32923	629	96	24625	644	112	19572	659	132	15322	674	155	12061
615	78	33554	630	96	24625	645	113	19314	660	136	14655	675	157	11832

ตาราง 16 (ต่อ)

เวลา(นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)
676	162	11292	691	253	5812	706	255	5744
677	162	11292	692	255	5744	707	255	5744
678	167	10792	693	255	5744	708	255	5744
679	169	10603	694	255	5744	709	255	5744
680	169	10603	695	255	5744	710	255	5744
681	170	10510	696	255	5744	711	255	5744
682	177	9897	697	255	5744	712	255	5744
683	195	8567	698	255	5744	713	255	5744
684	213	7511	699	255	5744	714	255	5744
685	224	6968	700	255	5744	715	255	5744
686	216	7356	701	255	5744	716	255	5744
687	199	8311	702	255	5744	717	255	5744
688	206	7894	703	255	5744	718	255	5744
689	222	7062	704	255	5744	719	255	5744
690	253	5812	705	255	5744	720	255	5744

ตาราง 17 แสดงข้อมูลความเข้มแสงที่วัดได้ ที่ ตำบลภูฟ้า อำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน วันที่ 12 มีนาคม พ.ศ. 2551

เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)
1	255	5744	16	255	5744	31	255	5744	46	255	5744	61	255	5744
2	255	5744	17	255	5744	32	255	5744	47	255	5744	62	255	5744
3	255	5744	18	255	5744	33	255	5744	48	255	5744	63	255	5744
4	255	5744	19	255	5744	34	255	5744	49	255	5744	64	255	5744
5	255	5744	20	255	5744	35	255	5744	50	255	5744	65	255	5744
6	255	5744	21	255	5744	36	255	5744	51	255	5744	66	255	5744
7	255	5744	22	255	5744	37	255	5744	52	255	5744	67	255	5744
8	255	5744	23	255	5744	38	255	5744	53	255	5744	68	255	5744
9	255	5744	24	255	5744	39	255	5744	54	255	5744	69	255	5744
10	255	5744	25	255	5744	40	255	5744	55	255	5744	70	255	5744
11	255	5744	26	255	5744	41	255	5744	56	255	5744	71	255	5744
12	255	5744	27	255	5744	42	255	5744	57	255	5744	72	255	5744
13	255	5744	28	255	5744	43	255	5744	58	255	5744	73	255	5744
14	255	5744	29	255	5744	44	255	5744	59	255	5744	74	255	5744
15	255	5744	30	255	5744	45	255	5744	60	255	5744	75	255	5744

ตาราง 17 (ต่อ)

เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)
76	255	5744	91	220	7157	106	181	9572	121	152	12417	136	128	16041
77	255	5744	92	218	7255	107	179	9732	122	151	12540	137	126	16422
78	255	5744	93	217	7305	108	178	9814	123	150	12665	138	125	16618
79	255	5744	94	211	7617	109	174	10152	124	149	12791	139	125	16618
80	255	5744	95	213	7511	110	174	10152	125	147	13052	140	124	16818
81	248	5987	96	210	7671	111	171	10418	126	146	13185	141	123	17022
82	147	13052	97	206	7894	112	171	10418	127	144	13459	142	124	16818
83	242	6210	98	199	8311	113	170	10510	128	140	14036	143	126	16422
84	238	6366	99	156	11946	114	167	10792	129	140	14036	144	121	17443
85	235	6487	100	194	8633	115	165	10988	130	137	14496	145	119	17881
86	232	6613	101	192	8767	116	162	11292	131	136	14655	146	118	18108
87	232	6613	102	191	8835	117	161	11397	132	136	14655	147	119	17881
88	228	6786	103	190	8905	118	160	11503	133	134	14982	148	116	18575
89	226	6876	104	187	9118	119	160	11503	134	132	15322	149	115	18816
90	223	7014	105	184	9341	120	154	12178	135	131	15496	150	114	19062

ตาราง 17 (ต่อ)

เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)
151	115	18816	166	97	24248	181	79	32923	196	80	32312	211	75	35573
152	114	19062	167	96	24625	182	78	33554	197	80	32312	212	70	39425
153	113	19314	168	96	24625	183	81	31719	198	81	31719	213	69	40279
154	109	20380	169	94	25410	184	81	31719	199	81	31719	214	69	40279
155	111	19835	170	94	25410	185	83	30587	200	81	31719	215	69	40279
156	109	20380	171	90	27111	186	82	31145	201	81	31719	216	69	40279
157	109	20380	172	90	27111	187	82	31145	202	81	31719	217	68	41165
158	108	20662	173	86	29011	188	85	29521	203	81	31719	218	68	41165
159	108	20662	174	83	30587	189	84	30046	204	80	32312	219	68	41165
160	106	21245	175	82	31145	190	83	30587	205	80	32312	220	69	40279
161	104	21857	176	52	61393	191	83	30587	206	80	32312	221	69	40279
162	103	22174	177	86	29011	192	82	31145	207	75	35573	222	70	39425
163	102	22498	178	81	31719	193	82	31145	208	76	34878	223	70	39425
164	101	22831	179	81	31719	194	82	31145	209	74	36292	224	70	39425
165	100	23172	180	81	31719	195	81	31719	210	74	36292	225	70	39425

ตาราง 17 (ต่อ)

เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)
226	68	41165	241	64	45057	256	59	50862	271	57	53544	286	56	54975
227	68	41165	242	63	46126	257	59	50862	272	57	53544	287	56	54975
228	68	41165	243	62	47239	258	58	52175	273	59	50862	288	56	54975
229	68	41165	244	62	47239	259	58	52175	274	57	53544	289	55	56471
230	68	41165	245	63	46126	260	59	50862	275	59	50862	290	55	56471
231	69	40279	246	62	47239	261	58	52175	276	57	53544	291	56	54975
232	67	42084	247	61	48398	262	59	50862	277	58	52175	292	56	54975
233	67	42084	248	61	48398	263	60	49604	278	58	52175	293	55	56471
234	67	42084	249	60	49604	264	58	52175	279	58	52175	294	55	56471
235	68	41165	250	60	49604	265	57	53544	280	57	53544	295	56	54975
236	68	41165	251	60	49604	266	57	53544	281	57	53544	296	55	56471
237	66	43037	252	60	49604	267	57	53544	282	57	53544	297	55	56471
238	66	43037	253	62	47239	268	57	53544	283	57	53544	298	56	54975
239	66	43037	254	62	47239	269	58	52175	284	56	54975	299	56	54975
240	64	45057	255	60	49604	270	58	52175	285	56	54975	300	55	56471

ตาราง 17 (ต่อ)

เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)
301	56	54975	316	52	61393	331	50	65088	346	49	67077	361	56	54975
302	55	56471	317	53	59675	332	50	65088	347	49	67077	362	49	67077
303	55	56471	318	51	63196	333	50	65088	348	50	65088	363	50	65088
304	55	56471	319	47	71374	334	50	65088	349	48	69170	364	50	65088
305	56	54975	320	49	67077	335	49	67077	350	48	69170	365	49	67077
306	56	54975	321	51	63196	336	49	67077	351	47	71374	366	49	67077
307	54	58036	322	52	61393	337	49	67077	352	48	69170	367	49	67077
308	55	56471	323	47	71374	338	49	67077	353	48	69170	368	50	65088
309	54	58036	324	51	63196	339	50	65088	354	55	56471	369	50	65088
310	55	56471	325	53	59675	340	49	67077	355	56	54975	370	50	65088
311	54	58036	326	51	63196	341	49	67077	356	55	56471	371	49	67077
312	53	59675	327	50	65088	342	50	65088	357	55	56471	372	52	61393
313	53	59675	328	51	63196	343	50	65088	358	56	54975	373	55	56471
314	53	59675	329	50	65088	344	50	65088	359	55	56471	374	56	54975
315	52	61393	330	51	63196	345	49	67077	360	56	54975	375	55	56471

ตาราง 17 (ต่อ)

เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)
376	55	56471	391	103	22174	406	91	26668	421	97	24248	436	48	69170
377	54	58036	392	104	21857	407	49	67077	422	97	24248	437	48	69170
378	51	63196	393	57	53544	408	48	69170	423	96	24625	438	48	69170
379	50	65088	394	96	24625	409	97	24248	424	96	24625	439	48	69170
380	50	65088	395	96	24625	410	96	24625	425	96	24625	440	80	32312
381	48	69170	396	97	24248	411	99	23522	426	54	58036	441	48	69170
382	47	71374	397	96	24625	412	96	24625	427	45	76152	442	48	69170
383	48	69170	398	97	24248	413	97	24248	428	46	73698	443	47	71374
384	49	67077	399	96	24625	414	97	24248	429	45	76152	444	47	71374
385	90	27111	400	63	46126	415	47	71374	430	46	73698	445	47	71374
386	87	28516	401	67	42084	416	47	71374	431	45	76152	446	47	71374
387	51	63196	402	49	67077	417	49	67077	432	45	76152	447	46	73698
388	46	73698	403	48	69170	418	49	67077	433	45	76152	448	46	73698
389	90	27111	404	63	46126	419	49	67077	434	46	73698	449	45	76152
390	99	23522	405	70	39425	420	96	24625	435	48	69170	450	42	84397

ตาราง 17 (ต่อ)

เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)
451	44	78745	466	44	78745	481	46	73698	496	47	71374	511	49	67077
452	45	76152	467	45	76152	482	46	73698	497	47	71374	512	49	67077
453	45	76152	468	44	78745	483	46	73698	498	47	71374	513	49	67077
454	45	76152	469	45	76152	484	48	69170	499	45	76152	514	49	67077
455	47	71374	470	45	76152	485	48	69170	500	47	71374	515	48	69170
456	47	71374	471	45	76152	486	49	67077	501	46	73698	516	48	69170
457	48	69170	472	46	73698	487	48	69170	502	47	71374	517	48	69170
458	48	69170	473	46	73698	488	49	67077	503	48	69170	518	49	67077
459	48	69170	474	47	71374	489	49	67077	504	39	94250	519	49	67077
460	48	69170	475	47	71374	490	48	69170	505	51	63196	520	50	65088
461	47	71374	476	46	73698	491	49	67077	506	48	69170	521	50	65088
462	47	71374	477	48	69170	492	48	69170	507	48	69170	522	50	65088
463	45	76152	478	48	69170	493	48	69170	508	49	67077	523	49	67077
464	45	76152	479	45	76152	494	48	69170	509	48	69170	524	51	63196
465	47	71374	480	45	76152	495	48	69170	510	48	69170	525	51	63196

ตาราง 17 (ต่อ)

เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)
526	52	61393	541	56	54975	556	61	48398	571	70	39425	586	78	33554
527	52	61393	542	55	56471	557	62	47239	572	70	39425	587	75	35573
528	53	59675	543	55	56471	558	63	46126	573	69	40279	588	80	32312
529	53	59675	544	55	56471	559	63	46126	574	70	39425	589	79	32923
530	53	59675	545	56	54975	560	64	45057	575	70	39425	590	78	33554
531	52	61393	546	56	54975	561	64	45057	576	71	38600	591	75	35573
532	56	54975	547	56	54975	562	66	43037	577	80	32312	592	80	32312
533	53	59675	548	56	54975	563	66	43037	578	77	34205	593	82	31145
534	56	54975	549	56	54975	564	63	46126	579	77	34205	594	90	27111
535	54	58036	550	56	54975	565	67	42084	580	81	31719	595	93	25818
536	54	58036	551	56	54975	566	66	43037	581	81	31719	596	101	22831
537	54	58036	552	58	52175	567	68	41165	582	81	31719	597	99	23522
538	54	58036	553	60	49604	568	68	41165	583	81	31719	598	101	22831
539	54	58036	554	60	49604	569	69	40279	584	80	32312	599	100	23172
540	55	56471	555	61	48398	570	69	40279	585	79	32923	600	102	22498

ตาราง 17 (ต่อ)

เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)
601	106	21245	616	112	19572	631	101	22831	646	114	19062	661	136	14655
602	106	21245	617	114	19062	632	102	22498	647	114	19062	662	135	14817
603	107	20950	618	115	18816	633	100	23172	648	115	18816	663	138	14340
604	101	22831	619	115	18816	634	105	21547	649	114	19062	664	143	13599
605	109	20380	620	114	19062	635	105	21547	650	115	18816	665	147	13052
606	110	20104	621	114	19062	636	104	21857	651	115	18816	666	148	12920
607	106	21245	622	115	18816	637	106	21245	652	119	17881	667	150	12665
608	104	21857	623	117	18339	638	106	21245	653	123	17022	668	152	12417
609	106	21245	624	114	19062	639	108	20662	654	124	16818	669	155	12061
610	106	21245	625	114	19062	640	108	20662	655	124	16818	670	156	11946
611	110	20104	626	101	22831	641	110	20104	656	126	16422	671	168	10697
612	112	19572	627	99	23522	642	112	19572	657	128	16041	672	162	11292
613	112	19572	628	93	25818	643	110	20104	658	129	15856	673	160	11503
614	110	20104	629	93	25818	644	112	19572	659	132	15322	674	163	11189
615	112	19572	630	90	27111	645	114	19062	660	135	14817	675	164	11088

ตาราง 17 (ต่อ)

เวลา(นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)
676	163	11189	691	241	6248	706	255	5744
677	171	10418	692	246	6060	707	255	5744
678	178	9814	693	249	5952	708	255	5744
679	181	9572	694	251	5881	709	255	5744
680	189	8975	695	255	5744	710	255	5744
681	207	7837	696	255	5744	711	255	5744
682	201	8188	697	255	5744	712	255	5744
683	209	7726	698	255	5744	713	255	5744
684	215	7407	699	255	5744	714	255	5744
685	217	7305	700	255	5744	715	255	5744
686	222	7062	701	255	5744	716	255	5744
687	220	7157	702	255	5744	717	255	5744
688	219	7206	703	255	5744	718	255	5744
689	228	6786	704	255	5744	719	255	5744
690	235	6487	705	255	5744	720	255	5744

ตาราง 18 แสดงข้อมูลความเข้มแสงที่วัดได้ ที่ ตำบลภูฟ้า อำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน วันที่ 13 มีนาคม พ.ศ. 2551

เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)
1	255	5744	16	255	5744	31	255	5744	46	255	5744	61	255	5744
2	255	5744	17	255	5744	32	255	5744	47	255	5744	62	255	5744
3	255	5744	18	255	5744	33	255	5744	48	255	5744	63	255	5744
4	255	5744	19	255	5744	34	255	5744	49	255	5744	64	255	5744
5	255	5744	20	255	5744	35	255	5744	50	255	5744	65	255	5744
6	255	5744	21	255	5744	36	255	5744	51	255	5744	66	255	5744
7	255	5744	22	255	5744	37	255	5744	52	255	5744	67	255	5744
8	255	5744	23	255	5744	38	255	5744	53	255	5744	68	255	5744
9	255	5744	24	255	5744	39	255	5744	54	255	5744	69	255	5744
10	255	5744	25	255	5744	40	255	5744	55	255	5744	70	255	5744
11	255	5744	26	255	5744	41	255	5744	56	255	5744	71	255	5744
12	255	5744	27	255	5744	42	255	5744	57	255	5744	72	255	5744
13	255	5744	28	255	5744	43	255	5744	58	255	5744	73	255	5744
14	255	5744	29	255	5744	44	255	5744	59	255	5744	74	255	5744
15	255	5744	30	255	5744	45	255	5744	60	255	5744	75	255	5744

ตาราง 18 (ต่อ)

เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)
76	255	5744	91	255	5744	106	201	8188	121	188	9046	136	171	10418
77	255	5744	92	255	5744	107	200	8250	122	183	9417	137	170	10510
78	255	5744	93	244	6134	108	196	8502	123	186	9192	138	169	10603
79	255	5744	94	236	6447	109	190	8905	124	183	9417	139	167	10792
80	255	5744	95	224	6968	110	188	9046	125	182	9494	140	166	10889
81	255	5744	96	222	7062	111	183	9417	126	182	9494	141	168	10697
82	255	5744	97	220	7157	112	174	10152	127	181	9572	142	161	11397
83	255	5744	98	218	7255	113	166	10889	128	177	9897	143	160	11503
84	255	5744	99	217	7305	114	190	8905	129	175	10066	144	160	11503
85	255	5744	100	214	7458	115	188	9046	130	174	10152	145	157	11832
86	255	5744	101	210	7671	116	190	8905	131	174	10152	146	155	12061
87	255	5744	102	208	7781	117	188	9046	132	172	10328	147	152	12417
88	255	5744	103	208	7781	118	186	9192	133	172	10328	148	152	12417
89	255	5744	104	206	7894	119	186	9192	134	172	10328	149	149	12791
90	255	5744	105	204	8010	120	186	9192	135	170	10510	150	145	13321

ตาราง 18 (ต่อ)

เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)
151	144	13459	166	106	21245	181	98	23880	196	86	29011	211	85	29521
152	124	16818	167	105	21547	182	96	24625	197	87	28516	212	85	29521
153	122	17230	168	105	21547	183	96	24625	198	88	28034	213	86	29011
154	118	18108	169	104	21857	184	95	25013	199	87	28516	214	85	29521
155	112	19572	170	104	21857	185	94	25410	200	87	28516	215	85	29521
156	112	19572	171	104	21857	186	94	25410	201	86	29011	216	87	28516
157	111	19835	172	103	22174	187	93	25818	202	87	28516	217	87	28516
158	110	20104	173	103	22174	188	93	25818	203	87	28516	218	86	29011
159	110	20104	174	103	22174	189	92	26237	204	86	29011	219	85	29521
160	100	23172	175	102	22498	190	93	25818	205	86	29011	220	84	30046
161	108	20662	176	102	22498	191	92	26237	206	85	29521	221	84	30046
162	107	20950	177	102	22498	192	91	26668	207	86	29011	222	84	30046
163	108	20662	178	99	23522	193	90	27111	208	85	29521	223	83	30587
164	108	20662	179	103	22174	194	96	24625	209	85	29521	224	83	30587
165	106	21245	180	99	23522	195	88	28034	210	87	28516	225	84	30046

ตาราง 18 (ต่อ)

เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)
226	81	31719	241	79	32923	256	68	41165	271	62	47239	286	62	47239
227	80	32312	242	79	32923	257	69	40279	272	62	47239	287	62	47239
228	79	32923	243	76	34878	258	65	44028	273	63	46126	288	63	46126
229	80	32312	244	76	34878	259	65	44028	274	61	48398	289	61	48398
230	80	32312	245	76	34878	260	67	42084	275	61	48398	290	61	48398
231	81	31719	246	75	35573	261	64	45057	276	52	61393	291	52	61393
232	81	31719	247	75	35573	262	64	45057	277	56	54975	292	56	54975
233	81	31719	248	76	34878	263	63	46126	278	50	65088	293	50	65088
234	80	32312	249	75	35573	264	63	46126	279	50	65088	294	50	65088
235	80	32312	250	74	36292	265	61	48398	280	50	65088	295	50	65088
236	79	32923	251	72	37804	266	62	47239	281	56	54975	296	56	54975
237	80	32312	252	70	39425	267	63	46126	282	50	65088	297	50	65088
238	80	32312	253	70	39425	268	63	46126	283	50	65088	298	50	65088
239	81	31719	254	70	39425	269	61	48398	284	49	67077	299	49	67077
240	81	31719	255	68	41165	270	61	48398	285	52	61393	300	52	61393

ตาราง 18 (ต่อ)

เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)
301	54	58036	316	55	56471	331	44	78745	346	45	76152	361	44	78745
302	56	54975	317	52	61393	332	43	81489	347	45	76152	362	45	76152
303	52	61393	318	51	63196	333	44	78745	348	48	69170	363	45	76152
304	52	61393	319	48	69170	334	52	61393	349	42	84397	364	49	67077
305	55	56471	320	46	73698	335	50	65088	350	45	76152	365	44	78745
306	54	58036	321	45	76152	336	52	61393	351	42	84397	366	44	78745
307	55	56471	322	49	67077	337	52	61393	352	42	84397	367	45	76152
308	55	56471	323	44	78745	338	50	65088	353	44	78745	368	45	76152
309	56	54975	324	46	73698	339	50	65088	354	44	78745	369	46	73698
310	54	58036	325	45	76152	340	44	78745	355	45	76152	370	46	73698
311	56	54975	326	49	67077	341	42	84397	356	45	76152	371	45	76152
312	54	58036	327	44	78745	342	42	84397	357	49	67077	372	45	76152
313	56	54975	328	46	73698	343	42	84397	358	45	76152	373	49	67077
314	54	58036	329	44	78745	344	48	69170	359	42	84397	374	49	67077
315	52	61393	330	43	81489	345	48	69170	360	44	78745	375	45	76152

ตาราง 18 (ต่อ)

เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)
376	44	78745	391	42	84397	406	50	65088	421	48	69170	436	52	61393
377	42	84397	392	42	84397	407	51	63196	422	48	69170	437	49	67077
378	42	84397	393	44	78745	408	50	65088	423	48	69170	438	49	67077
379	42	84397	394	44	78745	409	50	65088	424	49	67077	439	48	69170
380	45	76152	395	46	73698	410	50	65088	425	49	67077	440	49	67077
381	42	84397	396	48	69170	411	49	67077	426	62	47239	441	49	67077
382	44	78745	397	48	69170	412	49	67077	427	70	39425	442	49	67077
383	44	78745	398	48	69170	413	52	61393	428	70	39425	443	44	78745
384	42	84397	399	48	69170	414	47	71374	429	72	37804	444	44	78745
385	42	84397	400	42	84397	415	49	67077	430	48	69170	445	48	69170
386	42	84397	401	44	78745	416	47	71374	431	48	69170	446	48	69170
387	45	76152	402	49	67077	417	47	71374	432	53	59675	447	49	67077
388	45	76152	403	49	67077	418	48	69170	433	45	76152	448	49	67077
389	45	76152	404	50	65088	419	49	67077	434	42	84397	449	49	67077
390	44	78745	405	50	65088	420	49	67077	435	48	69170	450	49	67077

ตาราง 18 (ต่อ)

เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)
451	45	76152	466	51	63196	481	51	63196	496	43	81489	511	128	16041
452	45	76152	467	51	63196	482	52	61393	497	43	81489	512	129	15856
453	47	71374	468	52	61393	483	48	69170	498	52	61393	513	117	18339
454	49	67077	469	48	69170	484	48	69170	499	50	65088	514	117	18339
455	49	67077	470	52	61393	485	48	69170	500	52	61393	515	111	19835
456	48	69170	471	48	69170	486	45	76152	501	52	61393	516	118	18108
457	49	67077	472	48	69170	487	52	61393	502	50	65088	517	116	18575
458	47	71374	473	45	76152	488	48	69170	503	52	61393	518	114	19062
459	47	71374	474	52	61393	489	46	73698	504	50	65088	519	109	20380
460	47	71374	475	48	69170	490	45	76152	505	50	65088	520	89	27566
461	50	65088	476	51	63196	491	48	69170	506	90	27111	521	89	27566
462	50	65088	477	52	61393	492	50	65088	507	90	27111	522	87	28516
463	50	65088	478	52	61393	493	50	65088	508	94	25410	523	103	22174
464	51	63196	479	48	69170	494	41	87482	509	85	29521	524	111	19835
465	51	63196	480	45	76152	495	41	87482	510	120	17660	525	123	17022

ตาราง 18 (ต่อ)

เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)
526	132	15322	541	121	17443	556	92	26237	571	92	26237	586	92	26237
527	124	16818	542	90	27111	557	100	23172	572	90	27111	587	95	25013
528	94	25410	543	71	38600	558	128	16041	573	96	24625	588	97	24248
529	85	29521	544	74	36292	559	127	16229	574	92	26237	589	98	23880
530	93	25818	545	77	34205	560	126	16422	575	92	26237	590	98	23880
531	103	22174	546	85	29521	561	117	18339	576	76	34878	591	95	25013
532	121	17443	547	88	28034	562	120	17660	577	76	34878	592	95	25013
533	129	15856	548	74	36292	563	92	26237	578	77	34205	593	97	24248
534	120	17660	549	50	65088	564	86	29011	579	81	31719	594	96	24625
535	121	17443	550	53	59675	565	69	40279	580	81	31719	595	91	26668
536	130	15674	551	53	59675	566	72	37804	581	84	30046	596	95	25013
537	131	15496	552	64	45057	567	76	34878	582	90	27111	597	101	22831
538	130	15674	553	61	48398	568	74	36292	583	85	29521	598	98	23880
539	129	15856	554	69	40279	569	74	36292	584	88	28034	599	103	22174
540	129	15856	555	86	29011	570	61	48398	585	89	27566	600	106	21245

ตาราง 18 (ต่อ)

เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)
601	94	25410	616	94	25410	631	190	8905	646	224	6968	661	225	6922
602	95	25013	617	100	23172	632	192	8767	647	238	6366	662	236	6447
603	92	26237	618	102	22498	633	190	8905	648	235	6487	663	239	6326
604	94	25410	619	101	22831	634	190	8905	649	244	6134	664	235	6487
605	102	22498	620	100	23172	635	192	8767	650	233	6571	665	236	6447
606	104	21857	621	98	23880	636	195	8567	651	236	6447	666	240	6287
607	110	20104	622	101	22831	637	176	9981	652	235	6487	667	242	6210
608	112	19572	623	102	22498	638	176	9981	653	236	6447	668	244	6134
609	112	19572	624	103	22174	639	170	10510	654	243	6172	669	244	6134
610	114	19062	625	101	22831	640	190	8905	655	244	6134	670	249	5952
611	106	21245	626	102	22498	641	196	8502	656	236	6447	671	252	5846
612	96	24625	627	176	9981	642	203	8069	657	235	6487	672	252	5846
613	95	25013	628	190	8905	643	210	7671	658	244	6134	673	253	5812
614	95	25013	629	196	8502	644	212	7564	659	242	6210	674	253	5812
615	94	25410	630	195	8567	645	222	7062	660	244	6134	675	244	6134

ตาราง 18 (ต่อ)

เวลา(นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)
676	253	5812	691	255	5744	706	255	5744
677	252	5846	692	255	5744	707	255	5744
678	253	5812	693	255	5744	708	255	5744
679	255	5744	694	255	5744	709	255	5744
680	255	5744	695	255	5744	710	255	5744
681	252	5846	696	255	5744	711	255	5744
682	253	5812	697	255	5744	712	255	5744
683	255	5744	698	255	5744	713	255	5744
684	255	5744	699	255	5744	714	255	5744
685	244	6134	700	255	5744	715	255	5744
686	255	5744	701	255	5744	716	255	5744
687	255	5744	702	255	5744	717	255	5744
688	255	5744	703	255	5744	718	255	5744
689	255	5744	704	255	5744	719	255	5744
690	255	5744	705	255	5744	720	255	5744

ตาราง 19 แสดงข้อมูลความเข้มแสงที่วัดได้ ที่ ตำบลภูฟ้า อำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน วันที่ 14 มีนาคม พ.ศ. 2551

เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)
1	255	5744	16	255	5744	31	255	5744	46	255	5744	61	255	5744
2	255	5744	17	255	5744	32	255	5744	47	255	5744	62	255	5744
3	255	5744	18	255	5744	33	255	5744	48	255	5744	63	255	5744
4	255	5744	19	255	5744	34	255	5744	49	255	5744	64	255	5744
5	255	5744	20	255	5744	35	255	5744	50	255	5744	65	255	5744
6	255	5744	21	255	5744	36	255	5744	51	255	5744	66	255	5744
7	255	5744	22	255	5744	37	255	5744	52	255	5744	67	255	5744
8	255	5744	23	255	5744	38	255	5744	53	255	5744	68	255	5744
9	255	5744	24	255	5744	39	255	5744	54	255	5744	69	255	5744
10	255	5744	25	255	5744	40	255	5744	55	255	5744	70	255	5744
11	255	5744	26	255	5744	41	255	5744	56	255	5744	71	255	5744
12	255	5744	27	255	5744	42	255	5744	57	255	5744	72	255	5744
13	255	5744	28	255	5744	43	255	5744	58	255	5744	73	255	5744
14	255	5744	29	255	5744	44	255	5744	59	255	5744	74	255	5744
15	255	5744	30	255	5744	45	255	5744	60	255	5744	75	255	5744

ตาราง 19 (ต่อ)

เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)
76	255	5744	91	255	5744	106	192	8767	121	179	9732	136	158	11721
77	255	5744	92	255	5744	107	189	8975	122	169	10603	137	160	11503
78	255	5744	93	255	5744	108	188	9046	123	166	10889	138	158	11721
79	255	5744	94	254	5778	109	186	9192	124	165	10988	139	160	11503
80	255	5744	95	244	6134	110	188	9046	125	164	11088	140	156	11946
81	255	5744	96	236	6447	111	187	9118	126	163	11189	141	155	12061
82	255	5744	97	224	6968	112	185	9266	127	162	11292	142	157	11832
83	255	5744	98	210	7671	113	187	9118	128	162	11292	143	154	12178
84	255	5744	99	198	8374	114	188	9046	129	161	11397	144	152	12417
85	255	5744	100	190	8905	115	176	9981	130	162	11292	145	149	12791
86	255	5744	101	184	9341	116	179	9732	131	163	11189	146	147	13052
87	255	5744	102	187	9118	117	180	9652	132	159	11611	147	142	13742
88	255	5744	103	189	8975	118	175	10066	133	159	11611	148	144	13459
89	255	5744	104	188	9046	119	172	10328	134	161	11397	149	142	13742
90	255	5744	105	189	8975	120	174	10152	135	155	12061	150	139	14186

ตาราง 19 (ต่อ)

เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)
151	137	14496	166	114	19062	181	96	24625	196	89	27566	211	80	32312
152	136	14655	167	117	18339	182	97	24248	197	92	26237	212	80	32312
153	134	14982	168	112	19572	183	99	23522	198	92	26237	213	80	32312
154	133	15151	169	110	20104	184	95	25013	199	90	27111	214	81	31719
155	131	15496	170	111	19835	185	90	27111	200	84	30046	215	80	32312
156	132	15322	171	102	22498	186	96	24625	201	82	31145	216	80	32312
157	135	14817	172	104	21857	187	95	25013	202	81	31719	217	79	32923
158	134	14982	173	103	22174	188	90	27111	203	82	31145	218	79	32923
159	138	14340	174	102	22498	189	92	26237	204	80	32312	219	78	33554
160	135	14817	175	102	22498	190	90	27111	205	81	31719	220	77	34205
161	130	15674	176	103	22174	191	89	27566	206	79	32923	221	78	33554
162	130	15674	177	102	22498	192	87	28516	207	80	32312	222	77	34205
163	126	16422	178	104	21857	193	87	28516	208	81	31719	223	77	34205
164	129	15856	179	101	22831	194	86	29011	209	80	32312	224	77	34205
165	118	18108	180	100	23172	195	87	28516	210	81	31719	225	76	34878

ตาราง 19 (ต่อ)

เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)
226	75	35573	241	68	41165	256	69	40279	271	60	49604	286	56	54975
227	73	37035	242	69	40279	257	111	19835	272	63	46126	287	56	54975
228	72	37804	243	63	46126	258	124	16818	273	62	47239	288	58	52175
229	72	37804	244	63	46126	259	135	14817	274	60	49604	289	72	37804
230	70	39425	245	60	49604	260	138	14340	275	58	52175	290	85	29521
231	72	37804	246	69	40279	261	131	15496	276	57	53544	291	91	26668
232	70	39425	247	70	39425	262	119	17881	277	58	52175	292	94	25410
233	69	40279	248	67	42084	263	115	18816	278	58	52175	293	101	22831
234	69	40279	249	66	43037	264	73	37035	279	57	53544	294	100	23172
235	68	41165	250	66	43037	265	77	34205	280	57	53544	295	92	26237
236	70	39425	251	64	45057	266	68	41165	281	56	54975	296	74	36292
237	68	41165	252	60	49604	267	68	41165	282	58	52175	297	55	56471
238	65	44028	253	62	47239	268	60	49604	283	59	50862	298	56	54975
239	63	46126	254	68	41165	269	63	46126	284	59	50862	299	56	54975
240	64	45057	255	72	37804	270	62	47239	285	56	54975	300	55	56471

ตาราง 19 (ต่อ

เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)
301	56	54975	316	55	56471	331	51	63196	346	56	54975	361	64	45057
302	56	54975	317	52	61393	332	51	63196	347	54	58036	362	64	45057
303	55	56471	318	53	59675	333	49	67077	348	52	61393	363	68	41165
304	55	56471	319	52	61393	334	49	67077	349	51	63196	364	68	41165
305	55	56471	320	54	58036	335	48	69170	350	52	61393	365	48	69170
306	55	56471	321	55	56471	336	51	63196	351	47	71374	366	49	67077
307	54	58036	322	54	58036	337	50	65088	352	48	69170	367	47	71374
308	56	54975	323	52	61393	338	51	63196	353	49	67077	368	48	69170
309	55	56471	324	54	58036	339	49	67077	354	50	65088	369	49	67077
310	55	56471	325	51	63196	340	51	63196	355	56	54975	370	49	67077
311	56	54975	326	50	65088	341	52	61393	356	56	54975	371	48	69170
312	56	54975	327	49	67077	342	51	63196	357	54	58036	372	49	67077
313	55	56471	328	49	67077	343	56	54975	358	60	49604	373	49	67077
314	54	58036	329	49	67077	344	58	52175	359	60	49604	374	49	67077
315	54	58036	330	50	65088	345	54	58036	360	63	46126	375	49	67077

ตาราง 19 (ต่อ)

เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)
376	47	71374	391	86	29011	406	64	45057	421	48	69170	436	66	43037
377	47	71374	392	82	31145	407	62	47239	422	64	45057	437	65	44028
378	48	69170	393	80	32312	408	64	45057	423	64	45057	438	63	46126
379	48	69170	394	49	67077	409	68	41165	424	63	46126	439	64	45057
380	49	67077	395	49	67077	410	68	41165	425	64	45057	440	64	45057
381	49	67077	396	48	69170	411	80	32312	426	68	41165	441	64	45057
382	60	49604	397	48	69170	412	81	31719	427	63	46126	442	64	45057
383	64	45057	398	48	69170	413	76	34878	428	100	23172	443	63	46126
384	68	41165	399	48	69170	414	79	32923	429	99	23522	444	64	45057
385	66	43037	400	48	69170	415	48	69170	430	70	39425	445	64	45057
386	50	65088	401	49	67077	416	48	69170	431	92	26237	446	64	45057
387	81	31719	402	49	67077	417	49	67077	432	66	43037	447	64	45057
388	86	29011	403	50	65088	418	49	67077	433	65	44028	448	64	45057
389	80	32312	404	60	49604	419	49	67077	434	63	46126	449	63	46126
390	86	29011	405	60	49604	420	49	67077	435	63	46126	450	64	45057

ตาราง 19 (ต่อ)

เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)
451	71	38600	466	74	36292	481	84	30046	496	82	31145	511	71	38600
452	74	36292	467	74	36292	482	80	32312	497	84	30046	512	74	36292
453	74	36292	468	74	36292	483	80	32312	498	84	30046	513	76	34878
454	75	35573	469	74	36292	484	84	30046	499	86	29011	514	77	34205
455	75	35573	470	74	36292	485	82	31145	500	86	29011	515	79	32923
456	74	36292	471	75	35573	486	80	32312	501	72	37804	516	81	31719
457	74	36292	472	75	35573	487	75	35573	502	74	36292	517	81	31719
458	75	35573	473	74	36292	488	74	36292	503	76	34878	518	81	31719
459	75	35573	474	74	36292	489	76	34878	504	70	39425	519	80	32312
460	75	35573	475	74	36292	490	80	32312	505	68	41165	520	80	32312
461	75	35573	476	76	34878	491	81	31719	506	64	45057	521	86	29011
462	75	35573	477	75	35573	492	76	34878	507	60	49604	522	84	30046
463	75	35573	478	78	33554	493	75	35573	508	61	48398	523	82	31145
464	75	35573	479	81	31719	494	80	32312	509	65	44028	524	84	30046
465	74	36292	480	80	32312	495	81	31719	510	70	39425	525	84	30046

ตาราง 19 (ต่อ)

เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)
526	71	38600	541	80	32312	556	50	65088	571	66	43037	586	75	35573
527	74	36292	542	63	46126	557	56	54975	572	62	47239	587	74	36292
528	59	50862	543	71	38600	558	63	46126	573	65	44028	588	75	35573
529	69	40279	544	96	24625	559	63	46126	574	80	32312	589	74	36292
530	83	30587	545	55	56471	560	63	46126	575	61	48398	590	74	36292
531	86	29011	546	53	59675	561	78	33554	576	70	39425	591	75	35573
532	90	27111	547	56	54975	562	63	46126	577	70	39425	592	75	35573
533	88	28034	548	66	43037	563	74	36292	578	71	38600	593	76	34878
534	55	56471	549	76	34878	564	75	35573	579	75	35573	594	76	34878
535	72	37804	550	74	36292	565	75	35573	580	70	39425	595	75	35573
536	56	54975	551	54	58036	566	75	35573	581	75	35573	596	76	34878
537	44	78745	552	58	52175	567	70	39425	582	74	36292	597	76	34878
538	68	41165	553	53	59675	568	67	42084	583	75	35573	598	78	33554
539	72	37804	554	53	59675	569	65	44028	584	74	36292	599	78	33554
540	72	37804	555	53	59675	570	55	56471	585	75	35573	600	75	35573

ตาราง 19 (ต่อ

เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)
601	75	35573	616	82	31145	631	90	27111	646	100	23172	661	113	19314
602	70	39425	617	80	32312	632	94	25410	647	100	23172	662	113	19314
603	70	39425	618	82	31145	633	94	25410	648	102	22498	663	114	19062
604	71	38600	619	84	30046	634	93	25818	649	104	21857	664	118	18108
605	75	35573	620	82	31145	635	95	25013	650	102	22498	665	122	17230
606	75	35573	621	84	30046	636	96	24625	651	102	22498	666	122	17230
607	78	33554	622	82	31145	637	95	25013	652	103	22174	667	121	17443
608	78	33554	623	84	30046	638	95	25013	653	104	21857	668	124	16818
609	80	32312	624	80	32312	639	96	24625	654	106	21245	669	124	16818
610	80	32312	625	81	31719	640	95	25013	655	106	21245	670	124	16818
611	81	31719	626	84	30046	641	95	25013	656	107	20950	671	127	16229
612	81	31719	627	86	29011	642	97	24248	657	107	20950	672	128	16041
613	82	31145	628	88	28034	643	96	24625	658	110	20104	673	127	16229
614	84	30046	629	87	28516	644	96	24625	659	112	19572	674	128	16041
615	82	31145	630	90	27111	645	101	22831	660	113	19314	675	132	15322

ตาราง 19 (ต่อ)

เวลา(นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)
676	135	14817	691	138	14340	706	255	5744
677	138	14340	692	142	13742	707	255	5744
678	142	13742	693	146	13185	708	255	5744
679	146	13185	694	148	12920	709	255	5744
680	148	12920	695	148	12920	710	255	5744
681	148	12920	696	160	11503	711	255	5744
682	160	11503	697	162	11292	712	255	5744
683	162	11292	698	165	10988	713	255	5744
684	165	10988	699	170	10510	714	255	5744
685	170	10510	700	176	9981	715	255	5744
686	176	9981	701	178	9814	716	255	5744
687	178	9814	702	176	9981	717	255	5744
688	176	9981	703	189	8975	718	255	5744
689	189	8975	704	190	8905	719	255	5744
690	190	8905	705	192	8767	720	255	5744

ตาราง 20 แสดงข้อมูลความเข้มแสงที่วัดได้ ที่ ตำบลภูฟ้า อำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน วันที่ 15 มีนาคม พ.ศ. 2551

เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)
1	255	5744	16	255	5744	31	255	5744	46	255	5744	61	255	5744
2	255	5744	17	255	5744	32	255	5744	47	255	5744	62	255	5744
3	255	5744	18	255	5744	33	255	5744	48	255	5744	63	255	5744
4	255	5744	19	255	5744	34	255	5744	49	255	5744	64	255	5744
5	255	5744	20	255	5744	35	255	5744	50	255	5744	65	255	5744
6	255	5744	21	255	5744	36	255	5744	51	255	5744	66	255	5744
7	255	5744	22	255	5744	37	255	5744	52	255	5744	67	255	5744
8	255	5744	23	255	5744	38	255	5744	53	255	5744	68	255	5744
9	255	5744	24	255	5744	39	255	5744	54	255	5744	69	255	5744
10	255	5744	25	255	5744	40	255	5744	55	255	5744	70	255	5744
11	255	5744	26	255	5744	41	255	5744	56	255	5744	71	255	5744
12	255	5744	27	255	5744	42	255	5744	57	255	5744	72	255	5744
13	255	5744	28	255	5744	43	255	5744	58	255	5744	73	255	5744
14	255	5744	29	255	5744	44	255	5744	59	255	5744	74	255	5744
15	255	5744	30	255	5744	45	255	5744	60	255	5744	75	255	5744

ตาราง 20 (ต่อ)

เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)
76	255	5744	91	130	15674	106	130	15674	121	130	15674	136	102	22498
77	255	5744	92	119	17881	107	128	16041	122	128	16041	137	102	22498
78	255	5744	93	124	16818	108	126	16422	123	126	16422	138	101	22831
79	255	5744	94	130	15674	109	120	17660	124	120	17660	139	100	23172
80	255	5744	95	133	15151	110	121	17443	125	121	17443	140	100	23172
81	253	5812	96	175	10066	111	120	17660	126	120	17660	141	101	22831
82	252	5846	97	175	10066	112	120	17660	127	120	17660	142	106	21245
83	248	5987	98	175	10066	113	117	18339	128	117	18339	143	101	22831
84	244	6134	99	175	10066	114	118	18108	129	118	18108	144	100	23172
85	242	6210	100	154	12178	115	118	18108	130	118	18108	145	100	23172
86	240	6287	101	136	14655	116	117	18339	131	117	18339	146	98	23880
87	231	6656	102	121	17443	117	118	18108	132	118	18108	147	99	23522
88	177	9897	103	126	16422	118	118	18108	133	118	18108	148	98	23880
89	164	11088	104	132	15322	119	117	18339	134	117	18339	149	96	24625
90	143	13599	105	132	15322	120	118	18108	135	118	18108	150	96	24625

ตาราง 20 (ต่อ)

เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)
151	96	24625	166	93	25818	181	90	27111	196	85	29521	211	85	29521
152	96	24625	167	94	25410	182	87	28516	197	84	30046	212	80	32312
153	95	25013	168	94	25410	183	87	28516	198	89	27566	213	79	32923
154	95	25013	169	93	25818	184	86	29011	199	89	27566	214	78	33554
155	95	25013	170	94	25410	185	87	28516	200	85	29521	215	76	34878
156	95	25013	171	93	25818	186	86	29011	201	85	29521	216	75	35573
157	94	25410	172	94	25410	187	86	29011	202	85	29521	217	76	34878
158	95	25013	173	94	25410	188	85	29521	203	84	30046	218	76	34878
159	94	25410	174	94	25410	189	85	29521	204	84	30046	219	74	36292
160	94	25410	175	93	25818	190	89	27566	205	80	32312	220	74	36292
161	93	25818	176	93	25818	191	87	28516	206	82	31145	221	70	39425
162	93	25818	177	90	27111	192	85	29521	207	82	31145	222	72	37804
163	93	25818	178	90	27111	193	85	29521	208	80	32312	223	70	39425
164	92	26237	179	91	26668	194	86	29011	209	80	32312	224	70	39425
165	92	26237	180	90	27111	195	86	29011	210	82	31145	225	72	37804

ตาราง 20 (ต่อ)

เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)
226	70	39425	241	64	45057	256	68	41165	271	62	47239	286	60	49604
227	69	40279	242	62	47239	257	63	46126	272	80	32312	287	58	52175
228	68	41165	243	60	49604	258	63	46126	273	73	37035	288	59	50862
229	68	41165	244	60	49604	259	78	33554	274	70	39425	289	58	52175
230	68	41165	245	62	47239	260	63	46126	275	70	39425	290	66	43037
231	67	42084	246	62	47239	261	74	36292	276	68	41165	291	64	45057
232	67	42084	247	64	45057	262	74	36292	277	65	44028	292	64	45057
233	68	41165	248	67	42084	263	75	35573	278	61	48398	293	55	56471
234	67	42084	249	64	45057	264	75	35573	279	60	49604	294	55	56471
235	69	40279	250	62	47239	265	70	39425	280	60	49604	295	53	59675
236	68	41165	251	62	47239	266	67	42084	281	59	50862	296	53	59675
237	67	42084	252	62	47239	267	65	44028	282	60	49604	297	55	56471
238	64	45057	253	64	45057	268	55	56471	283	60	49604	298	55	56471
239	62	47239	254	56	54975	269	60	49604	284	59	50862	299	54	58036
240	64	45057	255	62	47239	270	60	49604	285	59	50862	300	54	58036

ตาราง 20 (ต่อ)

เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)
301	53	59675	316	51	63196	331	53	59675	346	45	76152	361	48	69170
302	53	59675	317	51	63196	332	50	65088	347	46	73698	362	47	71374
303	53	59675	318	52	61393	333	56	54975	348	51	63196	363	41	87482
304	58	52175	319	55	56471	334	53	59675	349	45	76152	364	45	76152
305	56	54975	320	53	59675	335	55	56471	350	49	67077	365	45	76152
306	58	52175	321	55	56471	336	51	63196	351	50	65088	366	49	67077
307	53	59675	322	49	67077	337	51	63196	352	48	69170	367	50	65088
308	55	56471	323	59	50862	338	52	61393	353	48	69170	368	50	65088
309	51	63196	324	62	47239	339	49	67077	354	47	71374	369	49	67077
310	51	63196	325	64	45057	340	49	67077	355	49	67077	370	47	71374
311	52	61393	326	54	58036	341	49	67077	356	49	67077	371	48	69170
312	52	61393	327	58	52175	342	49	67077	357	50	65088	372	48	69170
313	49	67077	328	53	59675	343	50	65088	358	50	65088	373	49	67077
314	51	63196	329	53	59675	344	50	65088	359	50	65088	374	49	67077
315	51	63196	330	53	59675	345	45	76152	360	48	69170	375	49	67077

ตาราง 20 (ต่อ)

เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)
376	47	71374	391	50	65088	406	50	65088	421	50	65088	436	45	76152
377	47	71374	392	49	67077	407	52	61393	422	50	65088	437	52	61393
378	47	71374	393	49	67077	408	50	65088	423	48	69170	438	56	54975
379	46	73698	394	50	65088	409	50	65088	424	50	65088	439	64	45057
380	46	73698	395	50	65088	410	52	61393	425	52	61393	440	62	47239
381	46	73698	396	50	65088	411	52	61393	426	49	67077	441	51	63196
382	46	73698	397	49	67077	412	50	65088	427	49	67077	442	53	59675
383	49	67077	398	49	67077	413	52	61393	428	49	67077	443	64	45057
384	50	65088	399	49	67077	414	52	61393	429	50	65088	444	65	44028
385	49	67077	400	49	67077	415	52	61393	430	50	65088	445	63	46126
386	49	67077	401	50	65088	416	48	69170	431	50	65088	446	50	65088
387	45	76152	402	52	61393	417	48	69170	432	42	84397	447	50	65088
388	47	71374	403	48	69170	418	47	71374	433	46	73698	448	51	63196
389	47	71374	404	47	71374	419	47	71374	434	51	63196	449	53	59675
390	50	65088	405	47	71374	420	47	71374	435	49	67077	450	49	67077

ตาราง 20 (ต่อ)

เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)
451	50	65088	466	58	52175	481	52	61393	496	55	56471	511	58	52175
452	50	65088	467	54	58036	482	53	59675	497	58	52175	512	55	56471
453	60	49604	468	47	71374	483	55	56471	498	55	56471	513	54	58036
454	65	44028	469	54	58036	484	49	67077	499	56	54975	514	56	54975
455	63	46126	470	54	58036	485	50	65088	500	54	58036	515	54	58036
456	76	34878	471	51	63196	486	52	61393	501	57	53544	516	56	54975
457	72	37804	472	51	63196	487	54	58036	502	58	52175	517	56	54975
458	72	37804	473	54	58036	488	55	56471	503	58	52175	518	55	56471
459	76	34878	474	47	71374	489	56	54975	504	60	49604	519	55	56471
460	50	65088	475	47	71374	490	60	49604	505	56	54975	520	54	58036
461	50	65088	476	54	58036	491	62	47239	506	57	53544	521	54	58036
462	51	63196	477	54	58036	492	59	50862	507	56	54975	522	58	52175
463	58	52175	478	54	58036	493	57	53544	508	56	54975	523	58	52175
464	52	61393	479	52	61393	494	57	53544	509	55	56471	524	59	50862
465	65	44028	480	53	59675	495	56	54975	510	55	56471	525	60	49604

ตาราง 20 (ต่อ)

เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)
526	59	50862	541	60	49604	556	69	40279	571	70	39425	586	79	32923
527	60	49604	542	57	53544	557	66	43037	572	70	39425	587	79	32923
528	60	49604	543	57	53544	558	65	44028	573	71	38600	588	81	31719
529	59	50862	544	61	48398	559	62	47239	574	69	40279	589	83	30587
530	59	50862	545	73	37035	560	62	47239	575	69	40279	590	81	31719
531	58	52175	546	80	32312	561	66	43037	576	72	37804	591	84	30046
532	59	50862	547	60	49604	562	66	43037	577	70	39425	592	83	30587
533	59	50862	548	60	49604	563	65	44028	578	70	39425	593	83	30587
534	60	49604	549	58	52175	564	67	42084	579	76	34878	594	84	30046
535	60	49604	550	58	52175	565	67	42084	580	74	36292	595	79	32923
536	59	50862	551	59	50862	566	68	41165	581	74	36292	596	80	32312
537	58	52175	552	60	49604	567	68	41165	582	74	36292	597	80	32312
538	58	52175	553	60	49604	568	70	39425	583	74	36292	598	79	32923
539	58	52175	554	62	47239	569	71	38600	584	78	33554	599	79	32923
540	60	49604	555	66	43037	570	68	41165	585	78	33554	600	80	32312

ตาราง 20 (ต่อ)

เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)
601	76	34878	616	80	32312	631	86	29011	646	91	26668	661	104	21857
602	80	32312	617	82	31145	632	87	28516	647	92	26237	662	102	22498
603	82	31145	618	80	32312	633	88	28034	648	94	25410	663	102	22498
604	82	31145	619	82	31145	634	87	28516	649	94	25410	664	106	21245
605	71	38600	620	79	32923	635	90	27111	650	95	25013	665	106	21245
606	76	34878	621	78	33554	636	90	27111	651	95	25013	666	105	21547
607	76	34878	622	79	32923	637	90	27111	652	96	24625	667	105	21547
608	80	32312	623	82	31145	638	91	26668	653	96	24625	668	107	20950
609	84	30046	624	82	31145	639	93	25818	654	97	24248	669	108	20662
610	78	33554	625	84	30046	640	92	26237	655	97	24248	670	110	20104
611	76	34878	626	83	30587	641	91	26668	656	98	23880	671	110	20104
612	76	34878	627	84	30046	642	93	25818	657	97	24248	672	112	19572
613	77	34205	628	86	29011	643	94	25410	658	98	23880	673	114	19062
614	78	33554	629	88	28034	644	91	26668	659	100	23172	674	116	18575
615	80	32312	630	87	28516	645	91	26668	660	102	22498	675	118	18108

ตาราง 20 (ต่อ)

เวลา(นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)	เวลา (นาที)	ค่าที่วัดได้	ค่าความเข้มแสง (lux)
676	120	17660	691	165	10988	706	255	5744
677	122	17230	692	176	9981	707	255	5744
678	124	16818	693	182	9494	708	255	5744
679	125	16618	694	212	7564	709	255	5744
680	130	15674	695	222	7062	710	255	5744
681	132	15322	696	232	6613	711	255	5744
682	134	14982	697	242	6210	712	255	5744
683	136	14655	698	244	6134	713	255	5744
684	139	14186	699	252	5846	714	255	5744
685	140	14036	700	255	5744	715	255	5744
686	141	13888	701	255	5744	716	255	5744
687	142	13742	702	255	5744	717	255	5744
688	142	13742	703	255	5744	718	255	5744
689	145	13321	704	255	5744	719	255	5744
690	149	12791	705	255	5744	720	255	5744

ภาคผนวก ข

โปรแกรมควบคุมการทำงานของ I - Stamp บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เบสิกแสตมป์ 2SX ด้วยภาษาเบสิกหรือเบสิกอินเตอร์พรีตเตอร์ (Basic Interpreter) ในการเก็บข้อมูลความเข้มแสงและแสดงผล

```
        {$STAMP BS2sx}
        'PROGRAM #0

'MAIN PROGRAM
GOSUB RESET   'Set Program new.
N_WRITE VAR Word  'Number 1th  data ..... 720th number.
N_1WRITE VAR Bit
N_READ VAR Word  'Number 1th  data ..... 720th number.
n1 VAR Byte  'n1 is total number clock = n1*10
RRESULT VAR Byte
RRESULT=0
RD_ADDRESS VAR Word  'RD_ADDRESS is address read result.
N_1READ VAR Bit
N_WRITE = 0    'Start N(write) = 0
N_READ = 0      'Start N(read) = 0
n1 = 0     'n1 is total number clock = n1*10
T VAR Bit  'Check timer 0 or 1.
T = 1    'T = 1   (Clock = 720 minute)
         'T = 0   (Clock not 720 minute)
'Address of EEPROM storage locations.
ADD_EEPROM VAR Word  'Address of EEPROM storage locations.
'RESULT VAR BYTE    'Variable for RESULT in RD_DATA .
WR_ADDRESS VAR Word  'Variable for RESULT in WR_ADDRESS .
HOUR CON 720    'Number of 720 minutes  to get.
MAXHOUR  DATA (HOUR)   'Set aside EEPROM for HOUR.
ENDMAXHOUR  CON MAXHOUR +HOUR-1   'End of allocated EEPROM.
'Finish address of EEPROM storage locations.
'starting adress
```

```
WRITE WR_ADDRESS,RRESULT
        PAUSE 100
        N_WRITE = 1
RECORD7:    'Check button
        GOSUB BUTTON2
        IF TARGET = 1 THEN  RECORD5    ' Button is bounce and Go to record5.
        'GOTO RECORD7  'Check timer 0 or 1.
        GOSUB RECORD1
        GOSUB starttimer
RECORD2:    'Check timer 0 or 1.
        'TIMERSTATE    'Check timer 0 or 1.
         TIME VAR Bit
        TIME = IN8    'Pin 8 is input of timer.
         DEBUG IBIN TIME,CR  'Show state of timer.
         IF TIME = 1 THEN RECORD4    'Return go to record4.
         DEBUG"TIME = 0(TO RECORD3(SAVE))",CR
RECORD3:
        GOSUB starttimer
        n1 = n1 + 1  'n1 is total number clock = n1*10
        DEBUG DEC n1 ,CR
        IF n1 < 1 THEN RECORD4  'n1 < 10 (Check button at RECORD4)
        IF N_WRITE = 720 THEN SET6
        DEBUG DEC N_WRITE ,CR
        IF N_WRITE > 720 THEN OVERN_WRITE
        GOSUB RECORD1    ' Write data in EEPROM at N_WRITE=1
        DEBUG "Show clock = 1 hour"
        n1 = 0
        N_WRITE = N_WRITE + 1
        DEBUG  "N_WRITE=",DEC N_WRITE,CR
```

```
RECORD4:       'Check button
        GOSUB BUTTON1
        IF TARGET = 1 THEN  RECORD5    ' Button is bounce and Go to record5.
        GOSUB SLEEPP  'Button is not bounce.
        GOTO RECORD2  'Check timer 0 or 1.
RECORD5:    'Read data in EEPROM and Decode data(RRESULT)
        GOSUB RD_EEPROM    'Read data in EEPROM.
        IF N_READ < 720 THEN RECORD2
        N_READ = 0
        GOTO RECORD2    'Return go to record2.Check 'Number of data.
OVERN_WRITE:    'N_WRITE > 720
        DEBUG"N_WRITE > 720"
        STOP

RESET:
        DIRS = %0100111011011111
        'DIRS = %0000000000011101
        LOW 0           'Write 0 to output.
        HIGH 1          'Write 1 to output.
        HIGH 2          'Write 1 to output.
        HIGH 3          'Write 1 to output.
        HIGH 4          'Write 1 to output.
        HIGH 6          'Write 1 to output.
        LOW 7           'Write 0 to output.
        'LOW 8          'Write 0 to INput.
        LOW 9
PAUSE 10       'Write 1 to output.
        HIGH 11
PAUSE 10       'Write 1 to output.
        HIGH 10
PAUSE 10
```

```
        LOW 11
PAUSE 10       'Write 0 to output.
        LOW 10
PAUSE 10
        HIGH 14     'Write 1 to output.
RETURN
RD_DATA:  'Parallel load 8 bit Shift Register.
        X VAR Byte
        RESULT VAR Byte
        Y VAR Byte
        RESULT=0
        HIGH 0
        LOW 14
        PAUSE 100
        HIGH 14
        PAUSE 100
        LOW 0
        Y=IN15*1
        RESULT=RESULT+Y
        FOR X = 1 TO 7    'Counter for FOR/NEXT lOOP.
        LOW 7
        PAUSE 10
        HIGH 7
        INPUT 15    'Make pin 15 an input.
        IF X=1 THEN VALUE2  ' Show Data and display in binary.
        IF X=2 THEN VALUE3
        IF X=3 THEN VALUE4
        IF X=4 THEN VALUE5
        IF X=5 THEN VALUE6
        IF X=6 THEN VALUE7
        IF X=7 THEN VALUE8
```

```
        'IF X=8 THEN VALUE8
        VALUE1:    'Value at first bity.
        Y=IN15*1
        GOTO VALUE
        VALUE2:    'Value at 2 bity.
         Y=IN15*2
        GOTO VALUE
        VALUE3:    'Value at 3 bity.
        Y=IN15*4
        GOTO VALUE
         VALUE4:    'Value at 4 bity.
        Y=IN15*8
        GOTO VALUE
        VALUE5:    'Value at 5 bity.
        Y=IN15*16
        GOTO VALUE
        VALUE6:    'Value at 6 bity.
        Y=IN15*32
        GOTO VALUE
        VALUE7:    'Value at 7 bity.
        Y=IN15*64
        GOTO VALUE
        VALUE8:    'Value at 8 bity.
        Y=IN15*128
        GOTO VALUE
VALUE:
        RESULT=RESULT+Y    ' Show Data and display in binary.
        'DEBUG IBIN8 RESULT ,CR
        RRESULT=RESULT
        DEBUG DEC RESULT ,CR
```

```
NEXT
RETURN
WR_EEPROM:  'Write data in EEPROM.
        DEBUG "Storing"
        DEBUG IBIN  RRESULT  ,CR
        DEBUG DEC MAXHOUR      ,CR
        DEBUG DEC N_WRITE         ,CR
         WR_ADDRESS= MAXHOUR + N_WRITE   'WR_ADDRESS is address record
        result.
         DEBUG DEC WR_ADDRESS  ,CR
         WRITE WR_ADDRESS,RESULT
        PAUSE 100      'Dalay time EEPROM WRITE Wait a second.
RETURN
BUTTON1:      'Button1 command bounce (Switch).
        TARGET VAR Bit
        BTSWITCH VAR Byte    'Workspace for BUTTON instruction.
        BTSWITCH=0      'Clear the workspace variable.
        'Try changing the delay value (255) in Button to see the effect of its modes:
        '0=no debounc;1-254 = varying delay before autorepeat;
        '255 = no autorepeat (one action per button press).
        BUTTON 13,0,255,250,BTSWITCH,1,PRESS  'Go to PRESS UNLESS..
        TARGET = 1     'P13 is 1.
RETURN
PRESS:
        TARGET = 0    'Button is bounce.
RETURN
SLEEPP:
        DEBUG"SLEEP"
        SLEEP 3    'Sleep for 60 seconds check button.
RETURN
```

```
RD_EEPROM:
        PAUSE 2000    'Dalay time EEPROM READ Wait 2 second.
        DEBUG"Reading"
        DEBUG IBIN8  RRESULT," ","Binary=",DEC  RRESULT," ","Decimal"
RD_ADDRESS = MAXHOUR + N_READ  'RD_ADDRESS is address read result.
        READ RD_ADDRESS,RRESULT
        N_READ = N_READ + 1
        DEBUG"DATA=", DEC N_READ ,CR    'lable data N_READ.
DECODE:
        PRESURE VAR Word      'Decode data(RRESULT)
        PPRESURE VAR Word
        HIGH 10
        HIGH 11
        PAUSE 10
        LOW 11
        PAUSE 10
        LOW 10
        DDECODE VAR Byte  'Decode data(RRESULT)
        DDECODE = RRESULT
        'PRESURE = DDECODE */ $007A
        'DEBUG DEC ? PRESURE ,CR
        'PPRESURE = 100 - PRESURE   'Presure(Bar)
        DEBUG DEC ? DDECODE ,CR
        IF DDECODE = 0 THEN NDECODE
        FOR X = 1 TO DDECODE   'DDECODE  'Counter for FOR/NEXT IOOP.
        HIGH 9       'P9 is high to Clock for decode 7 segment.
        PAUSE 10
        LOW 9      'P9 is low to Clock for decode 7 segment.
        NEXT
NDECODE:
RETURN
```

```
starttimer:
        LOW 4
        PAUSE 5
        HIGH 4
        RETURN
        RECORD1 :
        'WR_ONBUS
        HIGH 5
        LOW 1
        PAUSE 10
        LOW 3
        PAUSE 100
        HIGH 3
        PAUSE 100
        LOW 2
        PAUSE 1000  'DATA ON REGISTER
GOSUB RD_DATA    ' Read data in register.
GOSUB WR_EEPROM    ' Write data in EEPROM.
RETURN
SET6:
        n1 = 0
        GOSUB RECORD4
RETURN
'PROGRAM 2
'PROGRAM #2
RECORD6:    'Read data in EEPROM and Decode data(RRESULT)
        GOSUB RD_EEPROM    'Read data in EEPROM.
        IF N_READ < 720 THEN RECORD5
         N_READ = 0
        GOTO RECORD7    'Return go to record2.Check 'Number of data
BUTTON2:      'Button1 command bounce (Switch).
```

```
        'Workspace for BUTTON instruction.
        'BTSWITCH=0      'Clear the workspace variable.
        'Try changing the delay value (255) in Button to see the effect of its modes:
        '0=no debounc;1-254 = varying delay before autorepeat;
        '255 = no autorepeat (one action per button press).
        BUTTON 13,0,255,250,BTSWITCH,1,PPRESS  'Go to PRESS UNLESS..
        TARGET = 1     'P13 is 1.
RETURN
PPRESS:
        TARGET = 0    'Button is bounce.
RETURN
FINAL:
        GOSUB RD_EEPROM
        N_WRITE = 720
RETURN
```

ประวัติโดยย่อผู้วิจัย

ประวัติโดยย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นายเชวง จันฟุ่น
วันเดือนปีเกิด	21 กันยายน 2517
สถานที่เกิด	โรงพยาบาลน่าน อำเภอเมือง จังหวัดน่าน
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	67 หมู่ 2 ตำบลตาลชุม อำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน 55140
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	ครูคศ.1 โรงเรียนบ้านห่างทางหลวง อำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนบ้านห่างทางหลวง ตำบลภูฟ้า อำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน

ประวัติการศึกษา

พ.ศ.2535	มัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนท่าวังผาพิทยาคม อำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน
พ.ศ.2540	ปริญญาตรี (ครุศาสตร์บัณฑิต) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป จากสถาบันราชภัฏลำปาง จังหวัดลำปาง
พ.ศ.2551	ปริญญาโท (การศึกษามหาบัณฑิต) สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ