

การวัดปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์รายวันในทิศตะวันออก-ตะวันตก



โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2540

๗๗,

๗ ๖๔๕ ก

๒๕๔๕

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน..... 31644

วัน, เดือน, ปี..... 19 พ.ค 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Measuring of East-West Daily Insolation

**Mr. Burin Khanacharoen**

**Ms. Aree Mahamad**

**A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the  
Requirement for the Degree of Bachelor of Science**

**Department of Applied Physics**

**Faculty of Science**

**King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang**

**1997**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ

การวัดปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์รายวันใน

ทิศตะวันออก-ตะวันตก

โดย

นายบูรินทร์ คณะเจริญ

นางสาวอารี มะหะหมัด

ภาควิชา

ฟิสิกส์ประยุกต์

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิชิต ศิริโชติ

รองศาสตราจารย์สุรพล รักวิจิัย

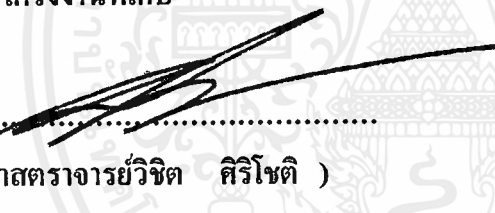
ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
อนุมัติให้โครงการพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต



หัวหน้าภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์

( รองศาสตราจารย์สุรพล รักวิจิัย )

คณะกรรมการโครงการพิเศษ



ประธานกรรมการ

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิชิต ศิริโชติ )



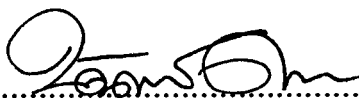
กรรมการ

( รองศาสตราจารย์สุรพล รักวิจิัย )



กรรมการ

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริศักดิ์ เทชะทวีกุล )



กรรมการ

( อาจารย์บัณฑิต ดำรงค์ศักดิ์ )

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	การวัดปริมาณแสงอาทิตย์รายวันในทิศตะวันออก-ตะวันตก
โดย	นายบูรินทร์ คณะเจริญ นางสาวอารี มะหะหมัด
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิจิต ศรีโชติ รองศาสตราจารย์สุรพล รักวิจัย
ภาควิชา	ฟิสิกส์ประยุกต์
ปีการศึกษา	2540

### บทคัดย่อ

จุดประสงค์ของโครงการนี้ คือ เปรียบเทียบปริมาณความเข้มแสงอาทิตย์ที่วัดได้ระหว่าง แผลงรับแสง 2 แผลง คือ แบบที่อยู่กับที่ และแผลงที่เคลื่อนที่ตามทิศทางการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์จากทิศ ตะวันออกไปทิศตะวันตก ซึ่งปริมาณความเข้มการแผ่รังสีที่วัดได้จะใช้เซลล์สุริยะ 2 แผลง ซึ่งมีกระแสตัด วงจรเท่ากัน ปริมาณของการแผ่รังสีช่วงเวลาระหว่างดวงอาทิตย์ขึ้นถึงดวงอาทิตย์ตกจะวัดโดยเครื่อง อินทิเกรตสองช่องสัญญาณ ได้ทำการทดลองดังต่อไปนี้ 1). วัดค่าความรับอาบรังสีของแผลงรับ 2 แผลง เทียบกับไพราโนมิเตอร์ 2). เปรียบเทียบความเข้มแสงอาทิตย์ระหว่างแผลงที่อยู่กับที่และแผลงที่เคลื่อนที่ใน ทิศทางจากตะวันออกไปตะวันตกจากเวลา 6.00 ถึง 18.00 ผลการทดลองพบว่าปริมาณพลังงานแสง อาทิตย์ของแผลงที่เคลื่อนที่ได้มากกว่าแผลงที่อยู่กับที่ 20%.

<b>Special Project Title</b>	<b>Measuring East-West Daily Insolation</b>
<b>Name</b>	<b>Mr.Burin Kanacharoen</b> <b>Ms.Aree Mahamad</b>
<b>Special Project Adviser</b>	<b>Asst.Prof. Wichit Sirichote</b> <b>Assoc.Prof Surapol Rakvijai</b>
<b>Department</b>	<b>Applied Physics</b>
<b>Academic Year</b>	<b>1997</b>

### Abstract

The purpose of this project is to measure the insolation comparison between a single axis sun follower in east-west direction and a fixed tilt collector. The solar radiation was measured by two solar cells having the same short-circuit output current. The amount of radiation during sun rise and sun set was measured by a dual channel printing integrator. The carrying out experimens are 1) measurement of two solar cells with the solar irradiance by pyranometer, 2) comparing the insolation between fixed tilt and the follower in east-west direction from 6.00 to 18.00. Result showed the follower gain the insolation higher than the fixed tilt by 20%.

## กิติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้สามารถสำเร็จล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากความอนุเคราะห์ของบุคคลหลายฝ่ายดังนี้

บิดา-มารดา	ผู้ที่ได้ให้ชีวิต และการศึกษา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิชิต ศิริโชติ	ผู้ให้วิชาความรู้ และคำแนะนำต่างๆ
รองศาสตราจารย์สุรพล รักรวิชัย	ผู้ให้วิชาความรู้ และคำแนะนำต่างๆ
อาจารย์ธวัชชัย ขาวประเสริฐ	ผู้ให้คำแนะนำ และเอื้อเฟื้ออุปการณ์
ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์	
คุณกฤษดา เกตุภู่งษ์	ผู้ให้คำแนะนำในการเขียนโปรแกรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า	สถานที่ให้วิชาความรู้ต่างๆมากมาย
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง	
รวมทั้งเพื่อนๆ และพี่น้องทุกคน ที่ให้ความช่วยเหลือต่างๆมากมาย	
ท้ายสุดนี้ขอขอบคุณทุกๆ ท่านทั้งที่ได้กล่าวนามและไม่ได้กล่าวนามด้วยความจริงใจ	

# สารบัญเรื่อง

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญรูปรูป	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญกราฟ	ฉ

## บทที่ 1 บทนำ

1.1 วัตถุประสงค์	1
1.2 วิธีการดำเนินการ	1
1.3 ประโยชน์ที่ได้รับ	2

## บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ดวงอาทิตย์	3
2.2 รังสีแสงอาทิตย์ในบรรยากาศโลก	4
2.2.1 ผลกระทบต่อบรรยากาศโลกต่อการแผ่รังสีแสงอาทิตย์	4
2.2.2 รังสีตกกระทบบนพื้นราบเอียงติดตั้งตายตัว	10
2.2.3 มุมเอียงที่เหมาะสม	11
2.2.4 เครื่องมือวัดความเข้มและพลังงานแสงอาทิตย์	12
2.2.5 ข้อมูลรังสีแสงอาทิตย์จากการวัด	17
2.2.6 ค่ารายเดือนเฉลี่ยของรังสีตกกระทบพื้นเอียง	20

## บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย

3.1 การวัดปริมาณแสงอาทิตย์จากทิศตะวันออกไปยังทิศตะวันตก	26
3.1.1 แผงรับแสงอาทิตย์	26
3.1.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 89C2051	29
3.1.3 เครื่องอินทิเกรต	31
3.2 การทำงานของโปรแกรม	32
3.2.1 การทำงานของโปรแกรมควบคุมสแต็ปมิ่งมอเตอร์	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การทำงานของโปรแกรมเครื่องอินทิเกรต 33

บทที่ 4 การทดลอง

- 4.1 การเปรียบเทียบปริมาณแสงอาทิตย์ระหว่างแผงรับแสง 2 แผงที่ทำการทดลอง 35
- 4.2 การเปรียบเทียบค่า Short Circuit Current กับ ค่าความรับอาบรังสี 38
- 4.3 การเปรียบเทียบปริมาณแสงอาทิตย์ที่ได้จากการวัดของแผงรับแสงแบบตั้งอยู่ กับที่กับแบบเคลื่อนที่ตามตำแหน่งดวงอาทิตย์ 39
- 4.4 การวัดความรับอาบรังสีที่มีการเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลา 6.00-18.00 น. ในวันที่ 13 มีนาคม 2541 44

บทที่ 5 บทสรุป

- 5.1 สรุปและการประยุกต์ใช้ 46
- 5.2 แนวทางในการพัฒนาโครงการ 46

ภาคผนวก ก

ข้อมูลอุปกรณ์

ภาคผนวก ข

โปรแกรมการทำงาน

## สารบัญรูป

	หน้า
รูป 2.1 การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์	3
รูป 2.2 สเปกตรัมสุริยระนอกชั้นบรรยากาศและนอกพื้นดิน	4
รูป 2.3 ค่ารายวันเฉลี่ยของรังสีรวมบนพื้นระดับในเดือนมกราคม	6
รูป 2.4 ค่ารายวันเฉลี่ยของรังสีรวมบนพื้นระดับในเดือนเมษายน	7
รูป 2.5 ค่ารายวันเฉลี่ยของรังสีรวมบนพื้นระดับในเดือนกรกฎาคม	8
รูป 2.6 ค่ารายวันเฉลี่ยของรังสีรวมบนพื้นระดับในเดือนตุลาคม	9
รูป 2.7 มุมต่างๆที่ใช้คำนวณความรับอาบรังสีบนแผงเอียง	10
รูป 2.8 ไพเอสลีโอมิเตอร์และไพราโนมิเตอร์ของ Kipp & Zonen	14
รูป 2.9 เครื่องอินทิเกรตชนิด 2 ช่อง และ เครื่องบันทึกกราฟ	15
รูป 2.10 ไพราโนมิเตอร์ติดแถบวงแหวนบังเงา และ เครื่องบันทึกระยะเวลาที่มีแดดจ้า	16
รูป 2.11 แผนภาพแสดงขั้นตอนการเก็บข้อมูลรังสีแสงอาทิตย์	17
รูป 2.12 ความรับอาบรังสีรวมบนพื้นระดับ และ ข้อมูลจากเครื่องอินทิเกรต	18
รูป 2.13 ความรับอาบรังสีรวมบนพื้นราบ และ ข้อมูลจากเครื่องอินทิเกรต	19
รูป 2.14 แผนภูมิสำหรับหาเวลาที่ดวงอาทิตย์ขึ้นและตก	23
รูป 3.1 ไดอะแกรมแสดงการทำงานของแผงรับแสง และ เครื่องอินทิเกรต	26
รูป 3.2 ไดอะแกรมการทำงานของแผงรับแสงที่เคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์ได้	27
รูป 3.3 โครงสร้างภายในของสเต็ปป์มอเตอร์	28
รูป 3.4 ลักษณะภายนอกและวงจรภายในของ ULN2003	29
รูป 3.5 วงจรเครื่องอินทิเกรต	31
รูป 3.6 แผนผังแสดงลำดับการทำงานของโปรแกรมควบคุมสเต็ปป์มอเตอร์	32
รูป 3.7 แผนผังแสดงลำดับการทำงานของเครื่องอินทิเกรต	34
รูป 4.1 แผงรับแสงอาทิตย์	37
รูป 4.2 ไดอะแกรมแสดงการวัดปริมาณแสงเปรียบเทียบระหว่างแผง 2 แบบ	43
รูป 4.3 แสดงลักษณะขณะทำการทดลอง	45
รูป 4.4 ไพราโนมิเตอร์ และ DMM	45

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 2.1 คำรายวันจากรายเดือนเฉลี่ยของรังสีรวมประเมินจากค่าเฉลี่ยรายวัน	24
ตาราง 2.2 คำรายวันจากรายเดือนเฉลี่ยของรังสีรวมบนพื้นระดับในบางประเทศ	25
ตาราง 3.1 รูปแบบการขับสเตรปปีงมอเตอร์	28
ตาราง 4.1 แสดงผลการวัดปริมาณแสงเปรียบเทียบระหว่างแผงรับแสง 2 แผงในช่วงเวลา 10 ชั่วโมง	37
ตาราง 4.2 แสดงผลข้อมูลเปรียบเทียบแผงรับแสงแบบตั้งอยู่กับที่เทียบกับแผงรับแสงที่ ตามตำแหน่งดวงอาทิตย์	42



## สารบัญกราฟ

	หน้า
กราฟ 4.1 แสดงผลการวัดปริมาณแสงเปรียบเทียบระหว่างแผงรับ 2 แผงในช่วงเวลา 10 ชั่วโมง	38
กราฟ 4.2 แสดงค่า Short circuit current เทียบกับ Pyranometer	39
กราฟ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบแผงรับแบบตั้งอยู่กับที่กับแบบเคลื่อนที่ตามตำแหน่งดวงอาทิตย์	43
กราฟ 4.4 แสดงความรับอาบรังสีที่มีการเปลี่ยนแปลงภายใน 12 ชั่วโมง	44



# บทที่ 1

## บทนำ

จากการศึกษาพลังงานจากดวงอาทิตย์พบว่าเราสามารถที่จะนำพลังงานดังกล่าวมาใช้ประโยชน์ได้ ซึ่งโครงการพิเศษนี้เป็นเครื่องมือวัดความเข้มแสงอาทิตย์จากทิศตะวันออกไปยังทิศตะวันตก เพื่อเปรียบเทียบค่าความเข้มแสงอาทิตย์จากแผงรับแสงอาทิตย์ 2 ชุด ชุดแรกเป็นแผงรับแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งอยู่กับที่ ชุดที่สองเป็นแผงรับแสงอาทิตย์ที่เคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์ได้ โดยจะวัดดูว่าปริมาณความเข้มแสงอาทิตย์ของแผงรับแสงชุดไหนมีค่ามากกว่ากัน เซลล์สุริยะในการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งเราจะนำปริมาณทางไฟฟ้านี้เองมาทำการประมวลผลโดยเครื่องอินทิเกรต และนำมาเปรียบเทียบค่าแล้วนำมาแสดงผลเพื่อที่จะนำพลังงานดังกล่าวมาใช้ประโยชน์ต่อไป

### 1.1 วัตถุประสงค์

จากที่กล่าวมาทั้งหมดทำให้เกิดเป็นโครงการเครื่องมือวัดปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์รายวันในทิศตะวันออก-ตะวันตกขึ้นโดยที่โครงการนี้จะมีวัตถุประสงค์ คือ

1. ศึกษาค่าแสงของดวงอาทิตย์ว่าเมื่อส่องมายังโลกแล้วมีคุณสมบัติและการเปลี่ยนแปลงอย่างไร (แบบ Direct Beam และ แบบ Diffuse component )
2. ศึกษาและเปรียบเทียบปริมาณแสงโดยอาศัยเซลล์สุริยะ ซึ่งมีการวัดแบบอยู่กับที่และแบบเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์จากทิศตะวันออกไปยังทิศตะวันตก
3. นำผลการทดสอบในข้อ 2 ซึ่งจะต้องทำการวัดตั้งแต่ 6.00 น. ถึง 18.00 น. มาเปรียบเทียบค่าเพื่อจะได้เป็นฐานข้อมูลในการวิเคราะห์ที่จะนำมาใช้ประโยชน์เป็นแหล่งพลังงานต่อไป

### 1.2 วิธีการดำเนินการ

1. เริ่มศึกษาหาข้อมูลคุณสมบัติของดวงอาทิตย์และลำแสงที่มีผลต่อโลก
2. ศึกษาทิศทางของลำแสงที่แผ่มายังพื้นโลกว่ามีการทำมุมเปลี่ยนแปลงอย่างไรในช่วงเวลาต่างๆกัน
3. ศึกษาถึงคุณสมบัติของเซลล์สุริยะว่ามีคุณสมบัติการเปลี่ยนแปลงปริมาณแสงเป็นกระแสไฟฟ้าได้อย่างไร

4. ทำการสร้างแผงรับแสงอาทิตย์ขนาดเล็ก 2 ชุด ชุดที่อยู่กับที่ และชุดที่เคลื่อนที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ก่อนจะเผยแพร่ไปยังสาธารณะชนและใช้เพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น การนำเอกสารนี้ไปใช้ในการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. นำแสงที่ทำการสร้างเสร็จไปทำการวัดโดยใช้ร่วมกับอุปกรณ์ในการประมวลผลและแสดงผลคือเครื่องอินทิเกรต โดยต่อกับเครื่องพิมพ์เพื่อแสดงผลออกมา

### 1.3 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ทำให้เราทราบถึงลำแสงดวงอาทิตย์ที่แผ่มายังโลกว่ามี 2 แบบ คือแบบ Direct Beam และ Diffuse Beam
2. จากข้อมูลการทดลองทราบถึงความแตกต่างของปริมาณความเข้มแสงอาทิตย์จากแผงรับแสงอาทิตย์ 2 ชุด
3. สามารถนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และนำไปทำการประยุกต์ใช้ให้ดีขึ้นต่อไป



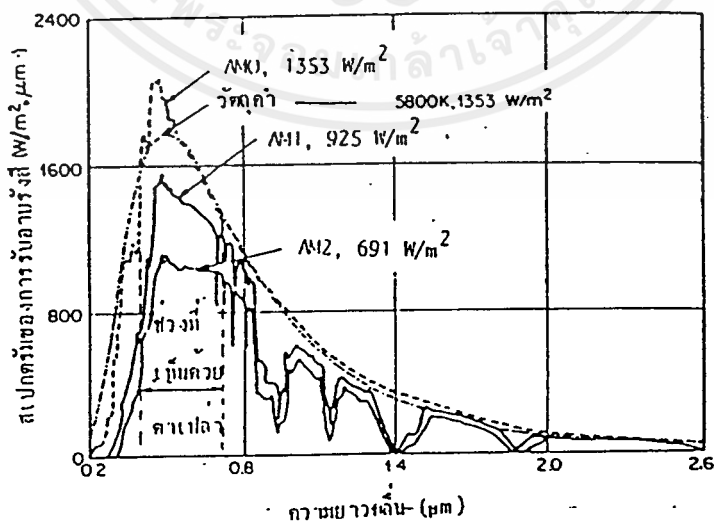
## บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 ดวงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานที่สำคัญในระบบสุริยะจักรวาลมีอิทธิพลต่อสิ่งมีชีวิตบนโลกทั้งในอดีต ปัจจุบัน และอนาคต

ดวงอาทิตย์เป็นดาวฤกษ์ในระบบสุริยะจักรวาลที่มีลักษณะเป็นทรงกลมภายในประกอบด้วยก๊าซร้อน มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ  $1.39 \times 10^6$  km และมีระยะห่างจากโลกเฉลี่ย  $1.5 \times 10^8$  km ภายในมีอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงอยู่ประมาณ  $8 \times 10^6$  ถึง  $40 \times 10^6$  เคลวิน ดวงอาทิตย์มีอัตราการปลดปล่อยพลังงาน  $3.85 \times 10^{23}$  kw และบรรยากาศบริเวณผิวโลกได้รับ  $1.7 \times 10^{14}$  kw เทียบเป็นพลังงานที่ได้รับใน 1 ปี คือ  $1.5 \times 10^{18}$  kwh พลังงานที่เกิดบนดวงอาทิตย์เป็นผลมาจากปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ฟิวชัน ( thermonuclear fusion ) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาการเกิดที่ต่อเนื่อง อันเกิดจากการรวมตัวของก๊าซไฮโดรเจนซึ่งเป็นธาตุเบาเมื่อมีพลังงานและความร้อนมากพอก็จะทำให้เกิดการรวมตัวเป็นธาตุหนักในที่สุดคือ ฮีเลียม ดวงอาทิตย์มีการแผ่พลังงานออกไปในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่สูง เช่น อินฟราเรด อุลตราไวโอเล็ต เป็นต้น

การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์อธิบายดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์

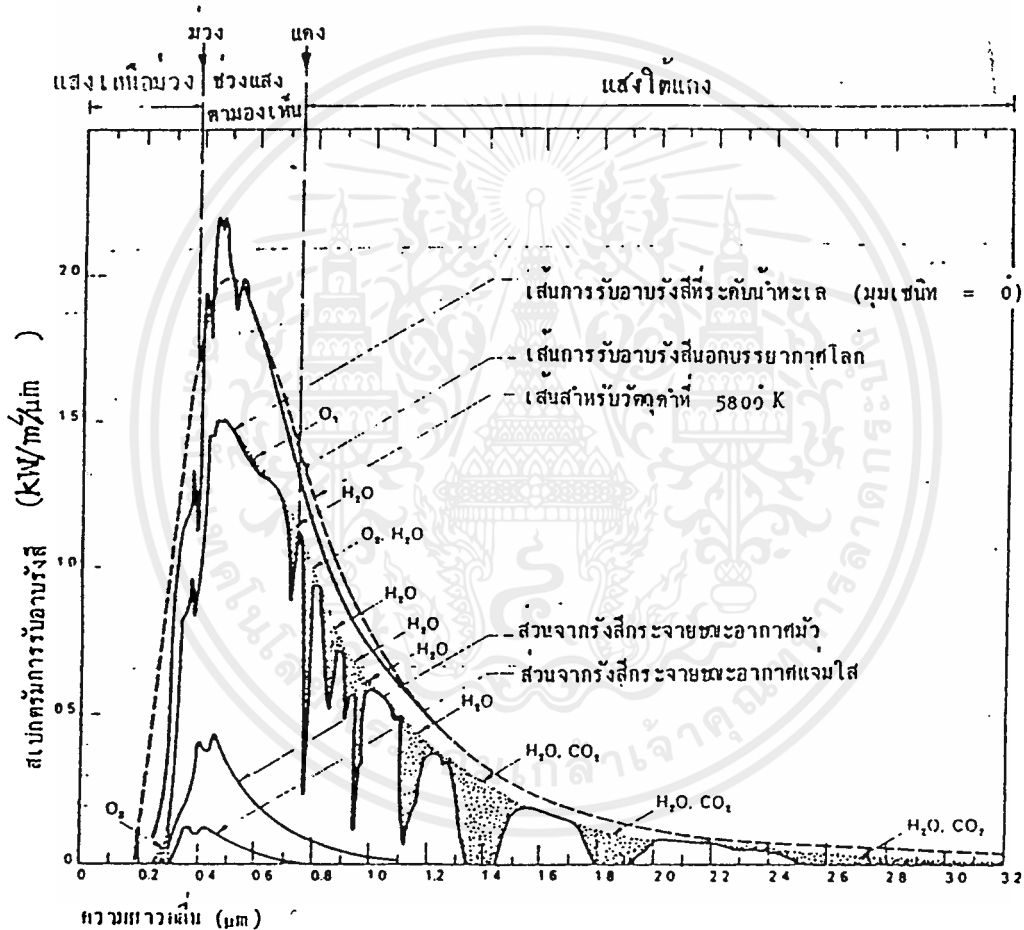
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 รังสีแสงอาทิตย์ในบรรยากาศโลก

### 2.2.1 ผลกระทบต่อบรรยากาศโลกต่อการแผ่รังสีแสงอาทิตย์

#### 1. บรรยากาศกับการดูดกลืนพลังงานการแผ่รังสี

รังสีแสงอาทิตย์เมื่อผ่านชั้นบรรยากาศโลกจะถูกดูดกลืนเนื่องจากองค์ประกอบต่างๆ จากกราฟสเปกตรัมสุริยะในบรรยากาศโลก รูป 2.2 จะเห็นว่าความเข้มแสงอาทิตย์ลดลงที่บางช่วงคลื่น ดังนี้



รูปที่ 2.2 สเปกตรัมสุริยะนอกชั้นบรรยากาศและนอกพื้นดิน

1. ช่วงอุลตราไวโอเล็ต (ultraviolet) ความยาวคลื่นต่ำกว่า 0.3 ไมโครเมตร พลังงานของแสงจะถูกดูดกลืนโดย  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_3$  ในชั้นไอโอโนสเฟียร์ (ionosphere) โดยเฉพาะ  $\text{O}_3$  สามารถดูดกลืนรังสีอุลตราไวโอเล็ตได้มาก ทำให้แสงที่ตกกระทบบนผิวโลกเกือบจะไม่มีพลังงานแสงช่วงรังสีอุลตราไวโอเล็ตเหลืออยู่เลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ช่วงคลื่นที่ตามองเห็นได้ (visible) ความยาวคลื่น 0.4 ถึง 0.75 ไมโครเมตร แสงถูกดูดกลืนด้วยโมเลกุลของ  $O_2$ ,  $O_3$  และน้ำบางส่วน

3. ช่วงรังสีอินฟราเรดความยาวคลื่นมากกว่า 0.8 ไมโครเมตร แสงถูกดูดกลืนโดยโมเลกุลของน้ำ และคาร์บอนไดออกไซด์ การดูดกลืนนี้อยู่ในชั้นบรรยากาศใกล้กับผิวโลก และทำให้เกิดความร้อนขึ้นในชั้นบรรยากาศ

ในช่วงความยาวคลื่นระหว่าง 8 ถึง 12 ไมโครเมตร บรรยากาศจะโปร่งแสงเรียก ช่วงนี้ว่า หน้าต่างของบรรยากาศ (atmosphere windows) ที่ความยาวคลื่นสูงกว่านี้แสงอาทิตย์จะถูกดูดกลืนโดยน้ำ และคาร์บอนไดออกไซด์เกือบหมด

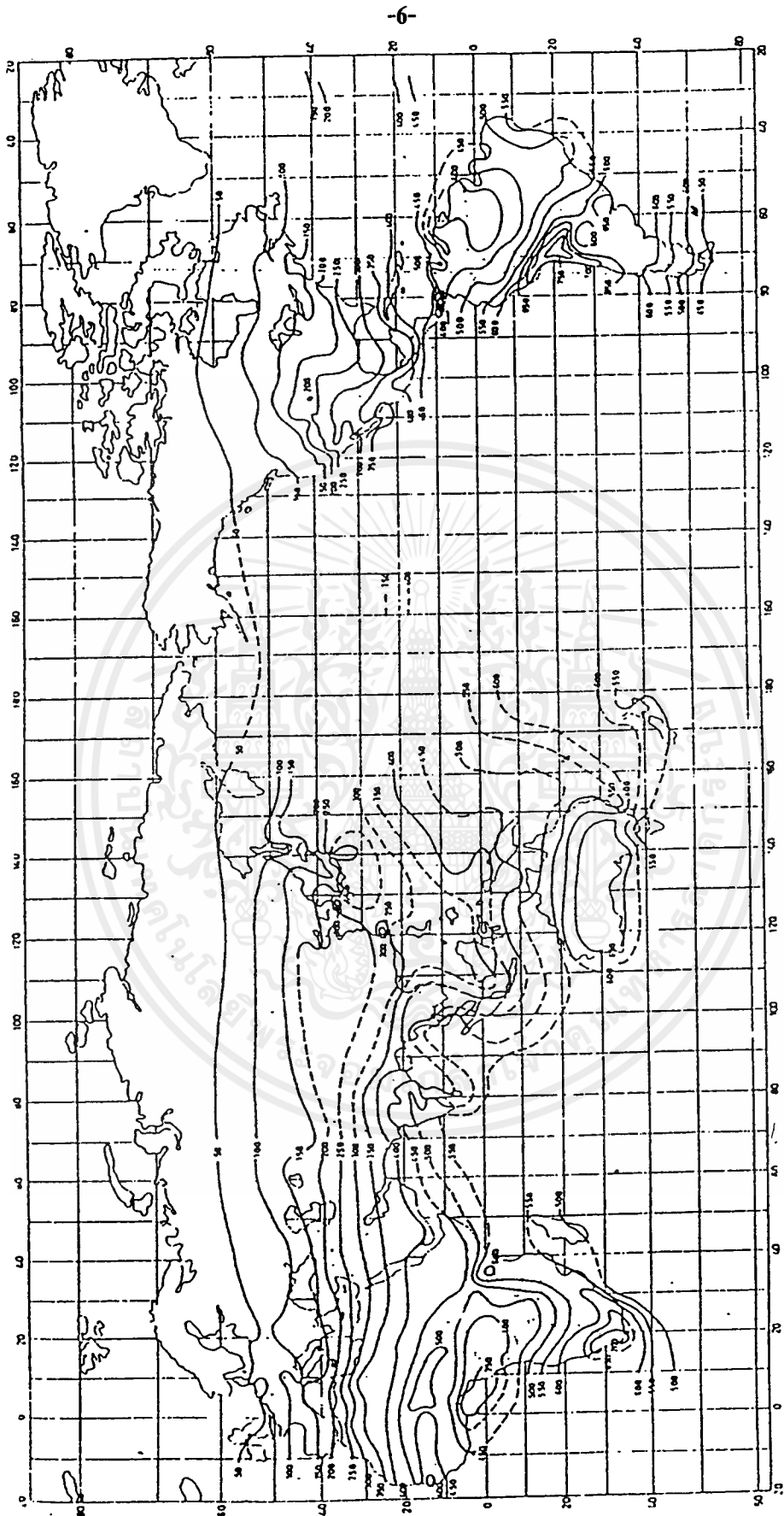
นอกจากนี้แสงยังถูกสะท้อนและกระเจิง (scattering) โดยฝุ่นละอองในอากาศ ก้อนและก้อนเมฆ พวกที่มีขนาดโมเลกุลใกล้เคียงหรือโตกว่าความยาวคลื่น การกระเจิงโดยโมเลกุลอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่าความยาวคลื่นรังสีเป็นไปตามทฤษฎีของราเลย์ห์ (Rayleigh)

## 2. รังสีตรงและรังสีกระจาย

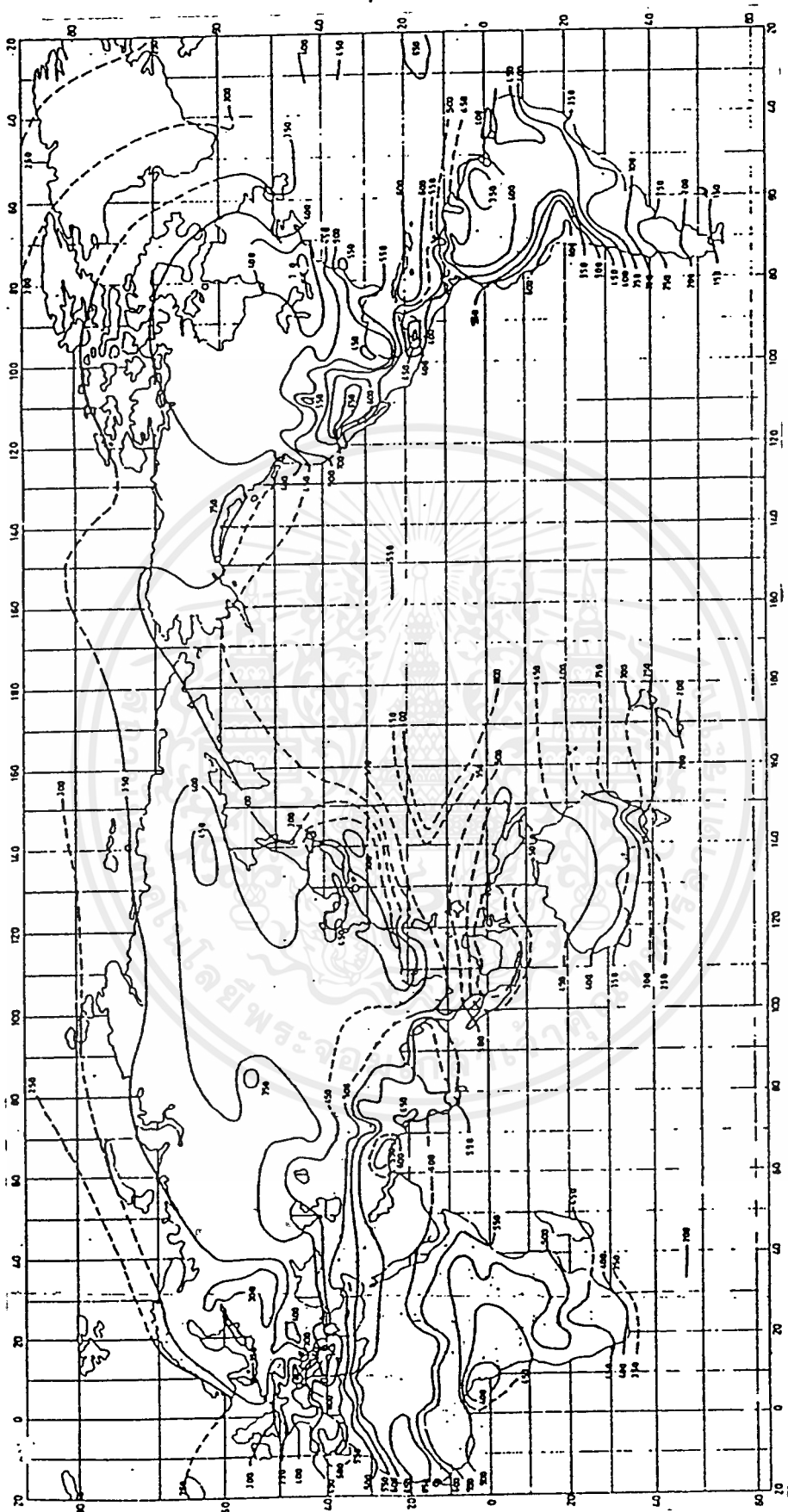
ผลกระทบของบรรยากาศที่มีต่อการแผ่รังสีแสงอาทิตย์มายังโลก ทำให้รังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบผิวโลกประกอบด้วยรังสี 2 ส่วน คือ

1. รังสีตรง (beam or direct radiation) รังสีส่วนนี้เป็นรังสีที่พื้นโลกได้รับโดยตรงจากดวงอาทิตย์มีทิศทางแน่นอนจนถึงแม้จะมีการเปลี่ยนมุมตกกระทบบนพื้นที่ต่างๆบนโลกไปตามเวลาก็ตาม บางครั้งเรียกรังสีตรงว่าเป็นรังสีช่วงคลื่นสั้น รังสีตรงเหมาะกับการใช้งานอุปกรณ์รวมแสง

2. รังสีกระจาย (diffuse or scattering radiation) ส่วนนี้ได้จากการสะท้อนและการกระเจิงของรังสีแสงอาทิตย์เมื่อผ่านชั้นบรรยากาศ บางครั้งเรียกรังสีส่วนนี้ว่ารังสีช่วงคลื่นยาว ผลรวมของรังสีตรงและรังสีกระจาย เรียกว่า รังสีรวม (total or global radiation) เวลาอากาศโปร่งจะมีส่วนของรังสีกระจายเพียง 5 ถึง 10 เปอร์เซ็นต์ และจะมีค่าสูงขึ้นเมื่อมีเมฆบังแสงอาทิตย์ การกระจายของค่ารังสีรวมเฉลี่ยรายวัน ณ บริเวณส่วนต่างๆ ของโลกที่เวลาต่างๆ แสดงดังรูป 2.3, 2.4, 2.5 และ 2.6

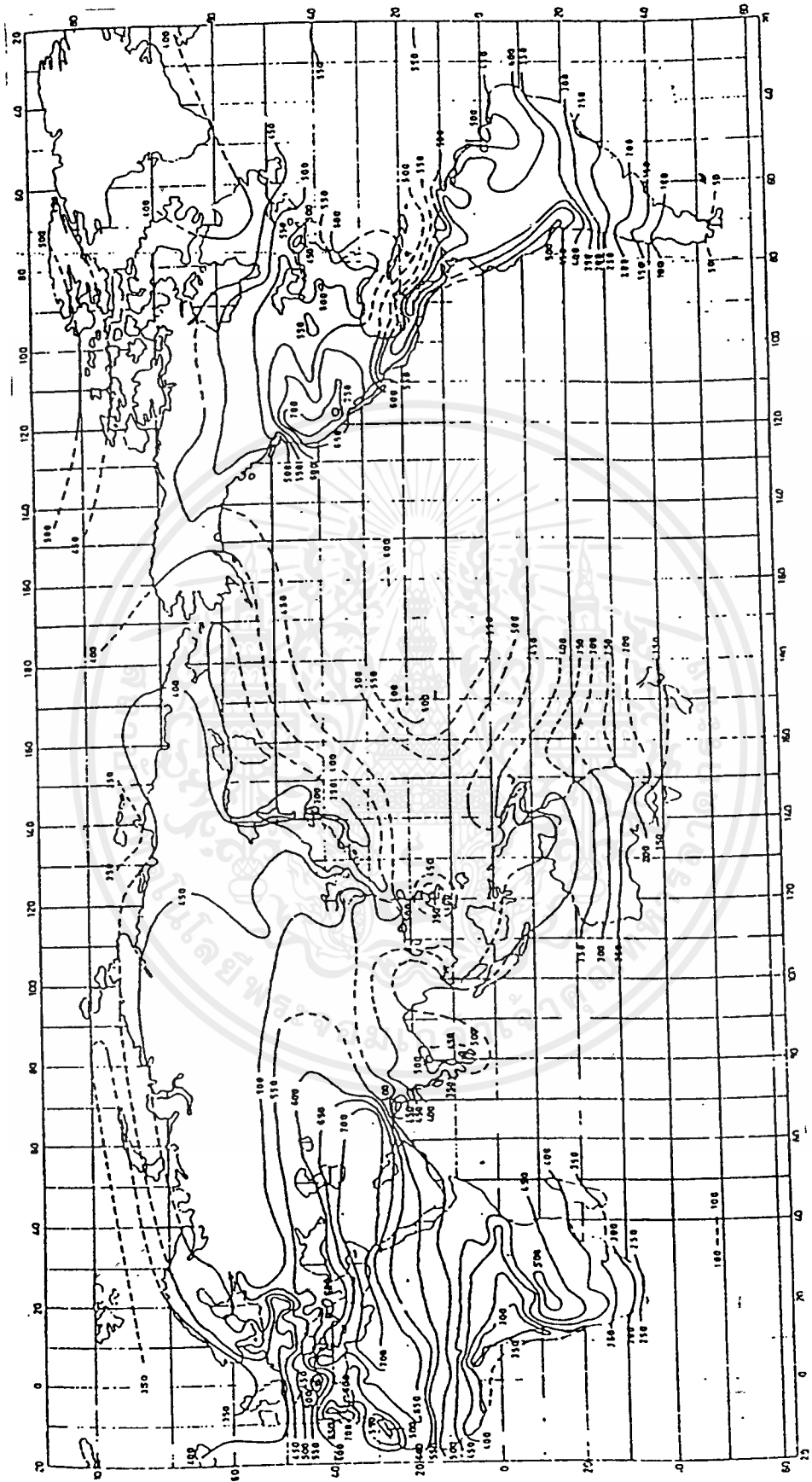


รูปที่ 2.3 ค่ารายวันเฉลี่ยของรังสีรวมบนพื้นระดับในเดือนมกราคม (หน่วย Langley)  
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 ค่ารายวันเฉลี่ยของรังสีรวมบนพื้นระดับในเดือนเมษายน (หน่วย Langleys)

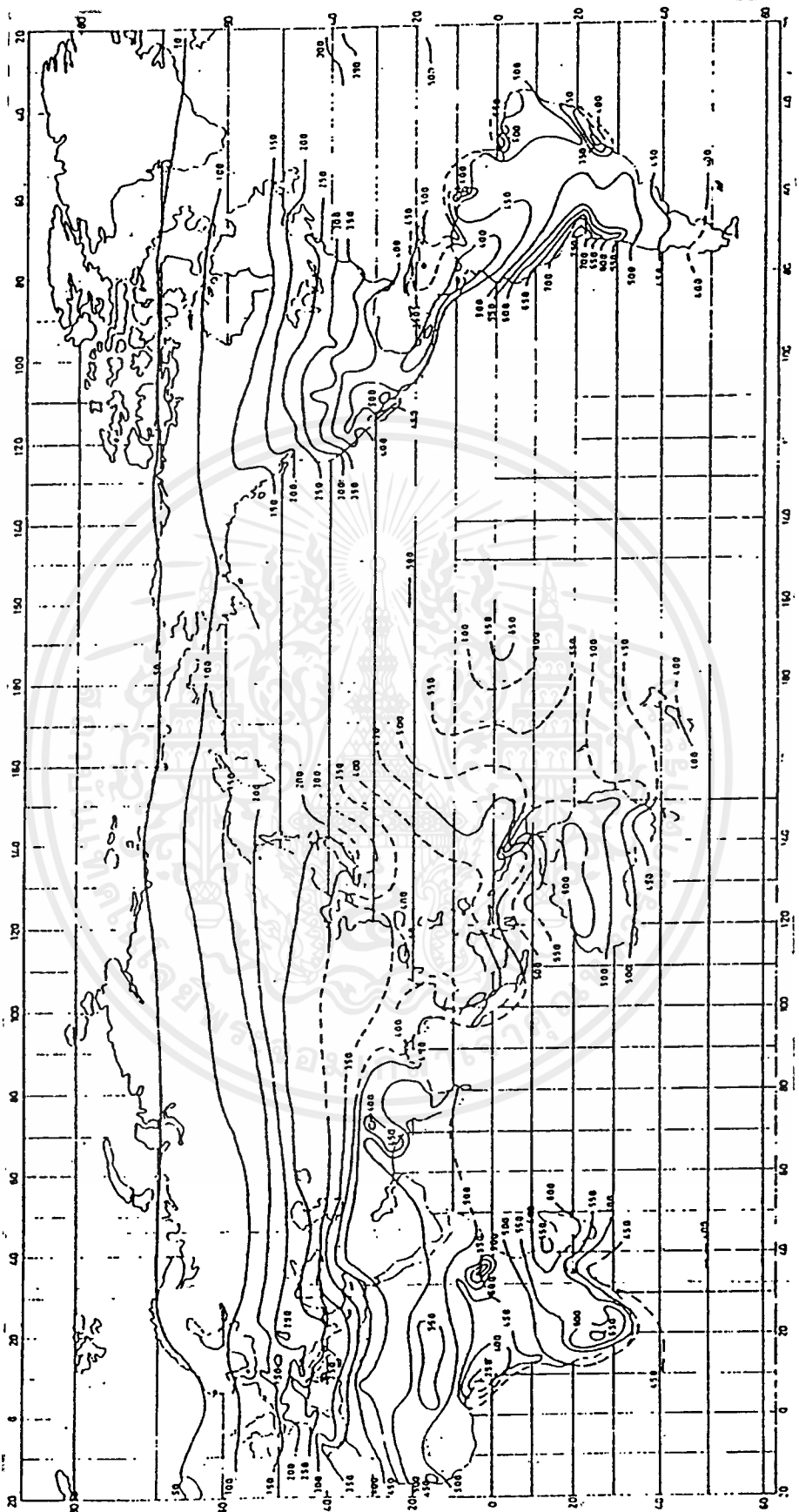
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 ค่ารายวันเฉลี่ยของรังสีรวมบนพื้นระดับในเดือนกรกฎาคม (หน่วย Langleys)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 ค่ารายวันเฉลี่ยของรังสีรวมบนพื้นระดับในเดือนตุลาคม (หน่วย Langley's)

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

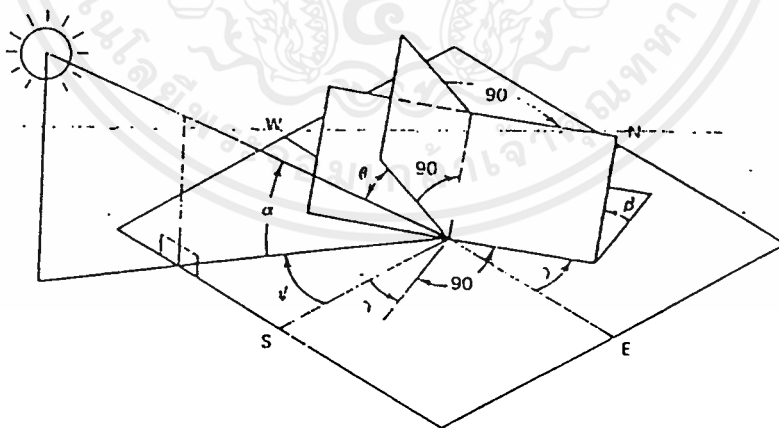
### 3. อากาศมวล (Air Mass)

ในการศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลของบรรยากาศต่อปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์และต่อสเปกตรัมของรังสี ปริมาณของรังสียังขึ้นอยู่กับระยะทางที่แสงต้องผ่านชั้นบรรยากาศ จึงได้มีการกำหนดว่าระยะทางในแนวตั้งที่ระดับน้ำทะเลถือว่าเป็นอากาศมวลหนึ่ง (AM1) นั่นคือเมื่อดวงอาทิตย์อยู่ที่ตำแหน่งเหนือศีรษะพอดีหรือที่ เซนิต (zenith) มุมเซนิต  $\theta_z = 0^\circ$  เมื่อดวงอาทิตย์มีได้อยู่ที่ตำแหน่งเซนิต ค่าอากาศมวลจะเปลี่ยนไปตามค่ามุมเซนิต ดังนั้นพารามิเตอร์อากาศมวลคือ อัตราส่วนระหว่างระยะทางของแสงอาทิตย์ที่เวลาใดๆต่อระยะทางเดินของแสงเมื่อดวงอาทิตย์อยู่ที่ตำแหน่งเหนือศีรษะ

$$AM = \frac{1}{\cos \theta_z} \quad (2.1)$$

ดังนั้นเมื่อดวงอาทิตย์ทำมุม  $\theta_z = 60$  องศา กับแนวตั้ง ณ จุดสังเกตการณ์อากาศมวลมีค่าสอง (AM2)

#### 2.2.2 รังสีตกกระทบบนพื้นราบเอียงติดตั้งตายตัว



รูป 2.7 มุมต่างๆที่ใช้คำนวณความรับอาบรังสีบนแผงเอียง

ความสัมพันธ์ระหว่างมุมต่างๆที่เกี่ยวข้องกับมุมเอียง ( tilt angle ) ของแผงรับแสง แสดงดังรูป 2.7 ในที่นี้มุมตกกระทบแผง  $\theta$  เป็นมุมระหว่างแนวรังสีตรงจากดวงอาทิตย์กระทำกับเส้นตั้งฉากบนระนาบของแผงซึ่งเอียงรับแสงและเอียงทำมุม  $\beta$  องศา กับพื้นราบระดับ สำหรับแผงเอียงหันหน้าไปทางทิศใต้ (แผงเอียงหันหน้าทิศเหนือบริเวณซีกโลกใต้)

$$\cos\theta = \cos(\varphi - \beta) \cos\delta \cos\omega + \sin(\varphi - \beta) \sin\delta \quad (2.2)$$

มุมชั่วโมง  $\omega_s'$  สำหรับดวงอาทิตย์ขึ้นและตกบนแผงเป็น

$$\cos\omega_s' = -\tan(\varphi - \beta) \tan\delta \quad (2.3)$$

กรณี  $|\cos\omega_s'| > 1$  เกิดขึ้นที่บริเวณเขตทรอปิกเมื่อไม่มีดวงอาทิตย์ขึ้นหรือตกเลยบนแผงรับหันหน้าไปทางใต้ที่อยู่นอกชั้นบรรยากาศโลก

ในฤดูหนาวมุมชั่วโมงดวงอาทิตย์ตกจริงจะเกิดขึ้นก่อนในขณะที่ฤดูร้อน ดวงอาทิตย์จะเดินอ้อมด้านหลังแผงก่อนที่จะลับระนาบขอบฟ้า ดังนั้นมุมชั่วโมงดวงอาทิตย์ตกจริง  $\omega_s$  บนแผงรับเป็นค่าต่ำสุด

ฟลักซ์รังสีตรงบนแผงเอียงคำนวณได้ดังนี้

$$I_b \equiv I_{BEAM} = H_{BEAM} \frac{\cos\theta}{\sin\alpha} = I_{BN} \cos\theta \quad (2.4)$$

ฟลักซ์ของรังสีกระจายบนแผงเอียง  $I_{DIFFUSE}$  สัมพันธ์กับ  $H_{DIFFUSE}$  และมุมของท้องฟ้าที่หน้าแผงรับอยู่  $S$  องศา

$$I_d \equiv I_{diffuse} = H_{diffuse} \frac{(1 - \cos S)}{2} = H_{diffuse} \frac{(1 + \cos\beta)}{2} \quad (2.5)$$

### 2.2.3 มุมเอียงที่เหมาะสม

มุมเอียงที่เหมาะสม ( optimum tilt angle ) ดังที่ได้กล่าวมาแล้วถึงความสัมพันธ์ของมุมต่างๆที่เกี่ยวข้องในการหามุม  $\theta$  ในกรณีแผ่นรับแสงแผ่นราบทั่วไป แผงจะรับรังสีในช่วงเวลาหนึ่งได้สูงสุดเมื่อมุม  $\theta(t)$  ในเวลา  $t$  ใดๆ เล็กที่สุด หรือ  $\cos\theta(t)$  มากที่สุดนั่นเอง ลองพิจารณาค่า  $\cos\theta(t)$  ที่เป็นฟังก์ชันของมุมเอียง  $\beta$

$$\begin{aligned} \cos\theta &= \sin\varphi \cos\beta - \sin\delta \cos\varphi \sin\beta \cos\gamma \\ &+ \cos\delta \cos\varphi \cos\beta \cos\omega \\ &+ \cos\delta \sin\varphi \sin\beta \cos\gamma \cos\omega \\ &+ \cos\delta \sin\beta \sin\gamma \sin\omega \end{aligned} \quad (2.6)$$

ในกรณีที่มุมอื่นๆคงที่  $\cos \theta$  จะแปรตาม และมีค่าสูงสุดเมื่อ  $d\cos\theta/d\beta = 0$  จะได้มุมเอียงที่เหมาะสม  $\beta_{OPT}$  ในตอนเที่ยงวัน ( $\omega = 0$ ) จากสมการ  $\tan\beta_{OPT} = \cos\gamma \tan(\varphi - \delta)$  ค่ามุมเอียงที่เหมาะสมในรอบปีสำหรับแผงรับแสงอาทิตย์แผ่นราบเวลาเที่ยงวันสำหรับค่า  $\gamma$  ต่างๆที่กรุงเทพฯ ( $\varphi = 13^{\circ}44'$ )

เพื่อให้ได้รับแสงอาทิตย์สูงสุดในแต่ละวัน ค่าของ  $\beta_{OPT}$  จะแปรเปลี่ยนไปอีกด้วย สมมติในกรณีแผงรับแสงวางแนวตะวันออกตะวันตก หันหน้าเข้าหาเส้นศูนย์สูตร ( $\gamma = 0$ )  $\beta_{OPT}$  จะแปรตาม  $\omega$  ดังนี้

$$\tan \beta_{opt} = \frac{\cos \delta \sin \varphi \cos \omega - \sin \delta \cos \varphi}{\sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos \omega} \quad (2.7)$$

ในวันที่  $N = 81$  และ  $264$  ที่อิควินอกซ์ดวงอาทิตย์อยู่บนเส้นศูนย์สูตรพอดี ( $\delta = 0$ ) มุม  $\beta_{OPT} = \varphi$  นั่นคือมุมเอียงที่มีค่าคงที่ตลอดวันและเท่ากับมุมเส้นรุ้งของสถานที่นั้นไม่ขึ้นกับมุมชั่วโมง  $\omega$

โดยทั่วไป แผงรับแสงอาทิตย์ถ้าวางราบกับพื้นหรือมีมุมเอียงน้อยที่สุดจะรับรังสีกระจายได้ดีที่สุด

### 2.2.4 เครื่องมือวัดความเข้มและพลังงานแสงอาทิตย์

เครื่องมือวัดความเข้มและพลังงานแสงอาทิตย์แบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ

1. ไพร์เฮลิโอมิเตอร์ (pyrheliometer) เป็นเครื่องมือวัดความเข้มรังสีตรงที่ตกกระทบตั้งฉาก ส่วนประกอบมีกระบอกหน้าต่างแคบสวมอยู่เพื่อกันรังสีกระจายเวลาหันไปที่ดวงอาทิตย์ตัวรับแสงเป็นเทอร์โมไพต์ นอกจากนี้จะต้องมีอุปกรณ์ติดตามดวงอาทิตย์ตลอดเวลาเพื่อรับรังสีตรง

2. ไพรานอมิเตอร์ (pyranometer) ใช้วัดฟลักซ์ของรังสีรวม (global solar irradiance or solar flux) คือรังสีตรง + รังสีกระจาย ที่ตกกระทบพื้นราบจากครึ่งทรงกลมหนึ่ง อาจใช้ไพรานอมิเตอร์วัดเฉพาะรังสีกระจายเท่านั้น โดยใช้แถบจานวงกลมบังแสงอาทิตย์คือบังรังสีตรงเกิดเงาบังตัวรับแสงของเครื่อง และต้องแก้ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการบังรังสีกระจายบางส่วน

เครื่องไพรานอมิเตอร์ที่นิยมใช้กันมากเป็นแบบเอพเพลย์ (Eppley pyranometer) วัดรังสีในช่วงความยาวคลื่น 280 - 2800 nm มีกรอบแก้วใสรูปครึ่งทรงกลมสองอันซ้อนกัน ภายในที่เป็นฐานประกอบด้วยวงแหวนสองวงหนาประมาณ 0.25 มิลลิเมตร วางซ้อนในระดပ်เดียว

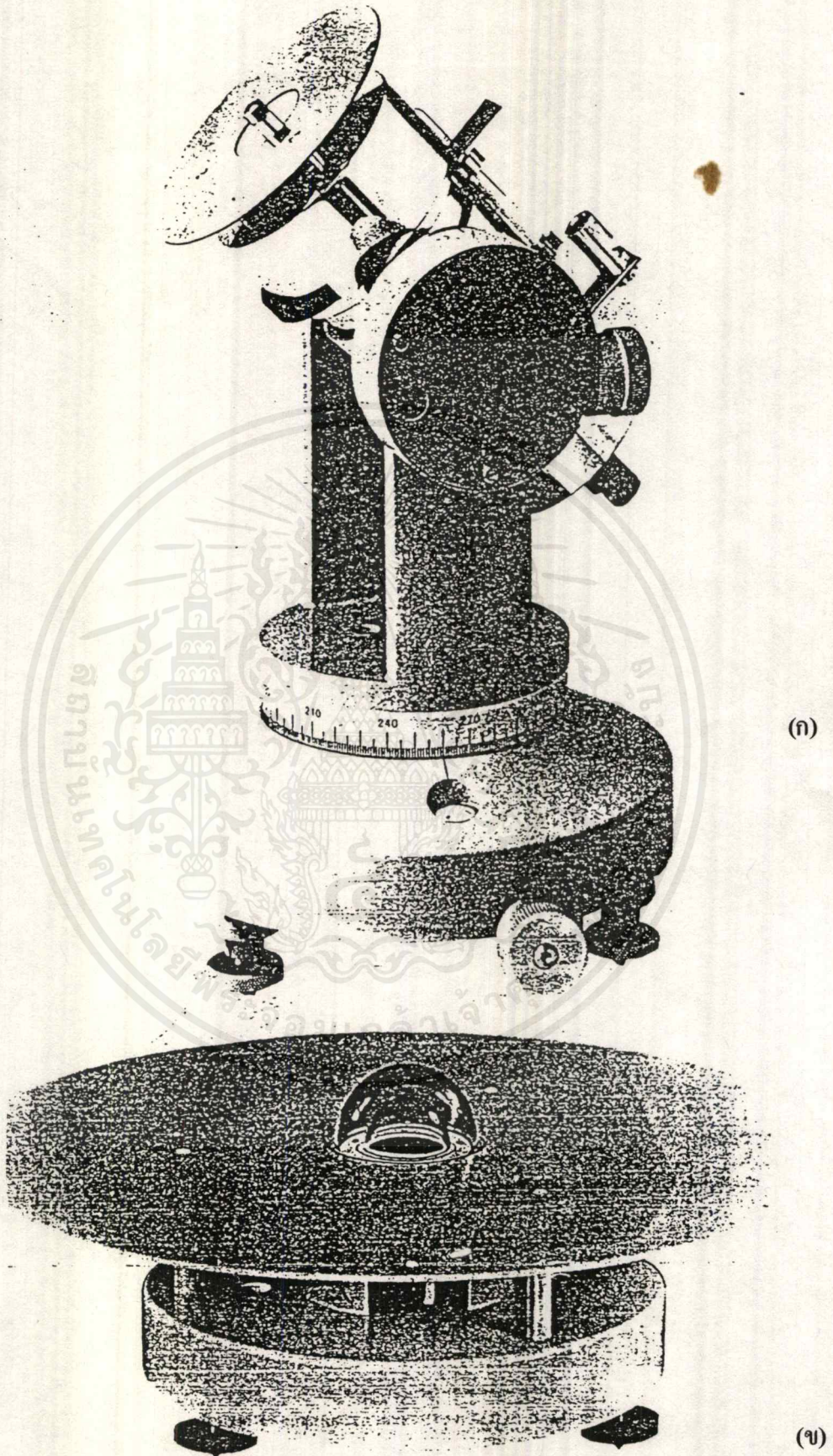
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กัน วงหนึ่งทาสีดำส่วนอีกวงทาสีขาว วงแหวนทั้งสองเชื่อมติดกับเทอร์โมไพล์ ( thermopile ) ซึ่งประกอบด้วยเทอร์โมคัปเปิล 10-50 รอยต่อ อาศัยหลักการว่า ความต่างกันของอุณหภูมิระหว่างผิวดำกับผิวขาว ( วงแหวนสีดำดูดกลืนความร้อน ส่วนสีขาวไม่ดูดกลืนความร้อน ) ทำให้เกิดความต่างศักย์ระหว่างปลายของเทอร์โมคัปเปิล เกิดกระแสไฟฟ้าในเทอร์โมไพล์ จากนั้นก็เปรียบเทียบความต่างศักย์เป็นความเข้มหรือฟลักซ์ของรังสีแสงอาทิตย์ และอาจรวมในช่วงเวลาติดต่อกันเป็นพลังงานแสงอาทิตย์ได้ อีกแบบที่นิยมใช้คือ Kipp and Zonen รูป 2.8 ในช่วงความยาวคลื่นช่วง 305-2800nm เป็นเทอร์โมไพล์แบบ Moll-Gorczycki ประกอบด้วยเทอร์โมคัปเปิล 100 รอยต่อฝังในกระเบื้องเซรามิก ใช้หลักการให้เทอร์โมไพล์ขั้วร้อนรับรังสีแสงอาทิตย์ ส่วนขั้วเย็นทาสีขาวซ่อนไว้ใต้โคมบังแดด

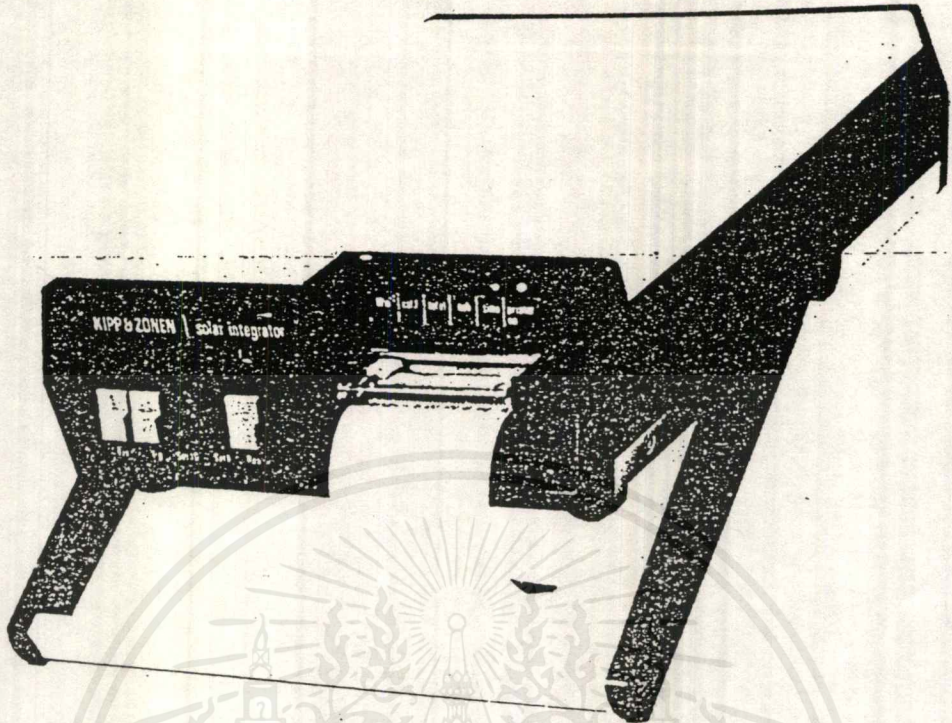
นอกจากนี้ก็มีไพราโนมิเตอร์แบบ Robitsch อาศัยหลักการขยายตัวของโลหะคู่ ( ที่อุณหภูมิเดียวกันขยายและหดตัวต่างกัน ) แบบของ Yellott Solarimeter ใช้เซลล์สุริยะซิลิกอนหรือแคดเมียมซัลไฟด์ ซึ่งมีกระแสเป็นปฏิกิริยาโดยตรงกับรังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบ แต่การตอบสนองที่ความยาวช่วงคลื่นค่อนข้างจำกัดต้องมีการเทียบปรับค่ามาตรฐาน เครื่องไพโรเฮลิโอมิเตอร์และไพราโนมิเตอร์จะต่อเข้าเครื่องนับเรีย ในรูป 2.9 (ก) เพื่อนับปริมาณรังสีติดต่อกันตลอดวันสามารถอ่านความเข้มรังสีและฟลักซ์สุริยะในขณะเวลาใดๆหรืออินทิเกรตรวมแต่ละชั่วโมง หรือตลอดวันได้พลังงานแสงอาทิตย์ ( $Wh/m^2$ )

นอกจากอุปกรณ์วัดรังสีแสงอาทิตย์ที่กล่าวมาแล้วยังมีเครื่องมือที่สำคัญอีกชิ้นหนึ่งคือเครื่องวัดระยะนานของแสงแดดจ้ารายน ( sunshine duration ) ได้แก่ Campbell-Stokes recoder ในรูป 2.9 (ข) มีลักษณะเป็นลูกแก้วทรงกลมเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 96 มิลลิเมตรเพื่อโฟกัสแสงลงบนแผ่นกระดาษเคมีกระดาษจะมีรอยไหม้เมื่อความเข้มแสงอาทิตย์สูงเกินกว่าระดับที่กำหนดไว้ ความยาวของรอยไหม้แสดงช่วงเวลามีแดด ตัวเลขที่นำไปใช้ประโยชน์ คือจำนวนชั่วโมงเฉลี่ยที่ดวงอาทิตย์ส่องแสงจ้า ( bright sunshine hour ) สำหรับกระดาษเคมีเป็นแผนภูมิแบ่งเสกสซิดละครึ่งชั่วโมง แผนภูมิมีสี่แบบสำหรับฤดูร้อน ฤดูหนาว ฤดูใบไม้ร่วง และฤดูใบไม้ผลิ

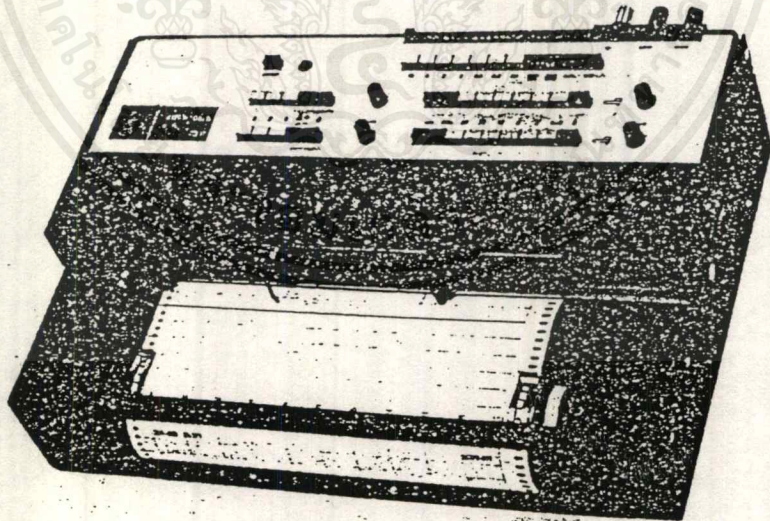


รูปที่ 2.8 (ก) ไพรเฮลิโอมิเตอร์ (ข) ไพรานมิเตอร์ของ Kipp & Zonen

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



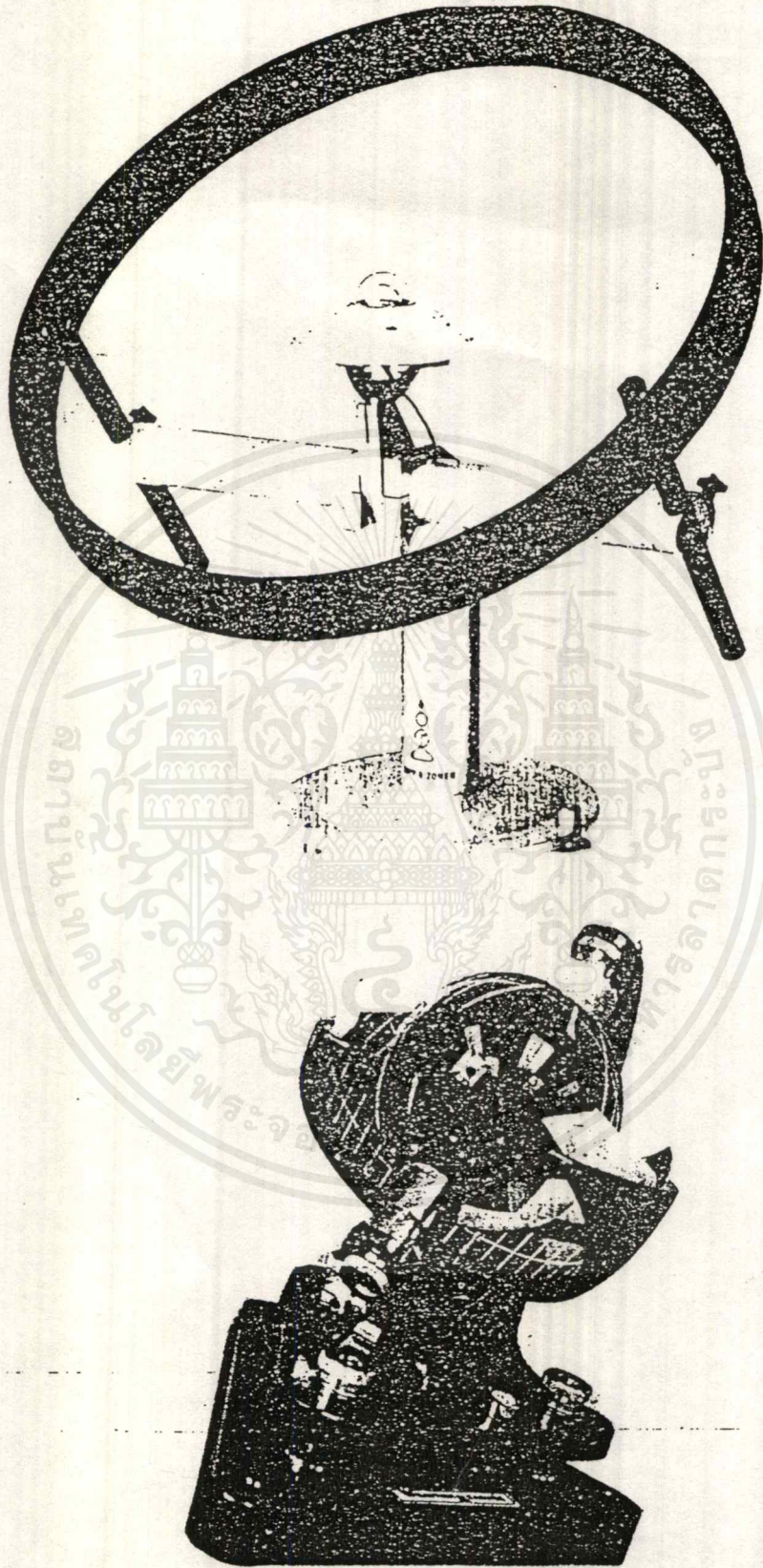
(ก)



(ข)

รูปที่ 2.9 (ก) เครื่องอินทิเกรเตอร์ชนิด 2 ช่อง (ข) เครื่องบันทึกกราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

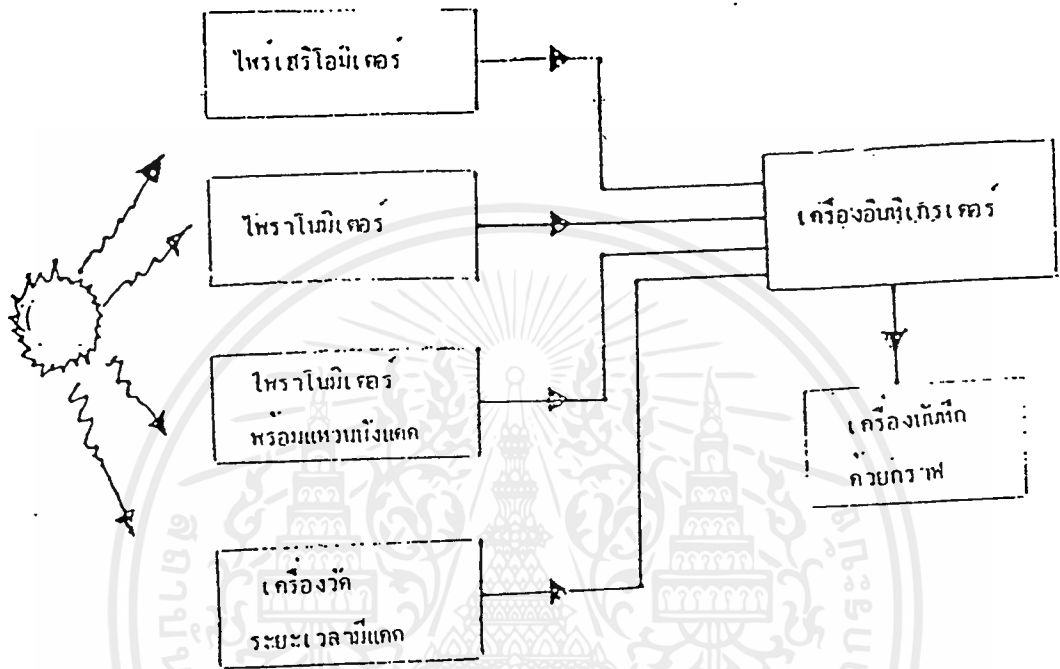


(ก)

(ข)

รูปที่ 2.10 (ก) ไพรานอมิเตอร์ติดแถบวงแหวนบังเงา (ข) เครื่องบันทึกระยะเวลาที่มีแคดเข้า  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

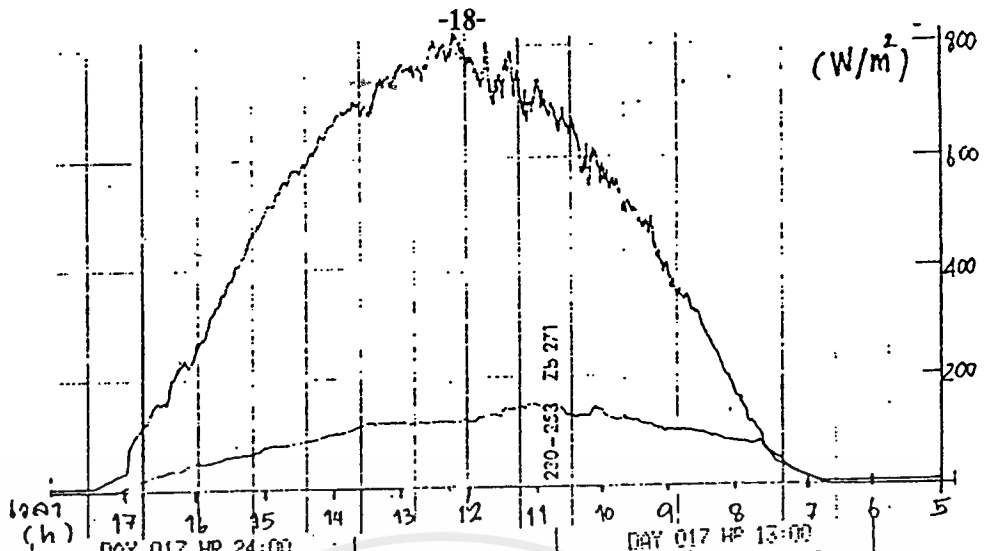
2.2.5 ข้อมูลรังสีแสงอาทิตย์จากการวัด



รูปที่ 2.11 แผนภาพแสดงขั้นตอนการเก็บข้อมูลรังสีแสงอาทิตย์

ข้อมูลรังสีแสงอาทิตย์ได้แก่ รังสีรวมบนพื้นโลก องค์ประกอบรังสีได้แก่รังสีตรง รังสีกระจาย ตลอดจนระยะเวลามีแดดจะถูกวัดด้วยเครื่องมือต่างๆดังที่ได้กล่าวมาแล้ว จากนั้นข้อมูลในเชิงสัมพันธ์กับศักย์ไฟฟ้าจะถูกส่งเข้าไปยังเครื่องอินทิเกรตเพื่อปรับเทียบค่าความต่างศักย์เปลี่ยนเป็นค่าความเข้มรังสี ฟลักซ์รังสี ตามมาตรฐานของเครื่องนั้นๆและยังส่งสัญญาณต่อไปยังเครื่องบันทึกข้อมูลด้วยกราฟได้อีกด้วย สำหรับตัวเครื่องอินทิเกรตเองสามารถอินทิเกรตรวมค่าฟลักซ์และความเข้มรังสีในช่วงเวลาหนึ่งๆติดต่อกันได้พลังงานรังสีกระทบ ดังรูป 5.14(ก) เป็นตัวอย่างกราฟแสดงฟลักซ์รังสีรวม และรังสีกระจายที่วัดอย่างต่อเนื่องด้วยเครื่องไพราโนมิเตอร์พร้อมแหวนบังแดดตั้งในพื้นที่ราบระดับในวันที่อากาศแจ่มใสที่บนตึกฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



DAY 017 HR 24:00

IDENT. 01

1 CF 5.02 MJ/m<sup>2</sup>  
2 CF 4.62 MJ/m<sup>2</sup>

DAY 017 HR 23:00

DAY 017 HR 22:00

DAY 017 HR 21:00

DAY 017 HR 20:00

DAY 017 HR 19:00

1 DT 18.33 MJ/m<sup>2</sup>  
1 ST .9 kJ/m<sup>2</sup>

DAY 017 HR 18:00

1 DT 18.33 MJ/m<sup>2</sup>  
1 ST 281.6 kJ/m<sup>2</sup>  
2 DT 3.676 MJ/m<sup>2</sup>  
2 ST 78.9 kJ/m<sup>2</sup>

DAY 017 HR 17:00

1 DT 18.05 MJ/m<sup>2</sup>  
1 ST 976.3 kJ/m<sup>2</sup>  
2 DT 3.597 MJ/m<sup>2</sup>  
2 ST 194.5 kJ/m<sup>2</sup>

DAY 017 HR 16:00

1 DT 17.07 MJ/m<sup>2</sup>  
1 ST 1.778 MJ/m<sup>2</sup>  
2 DT 3.403 MJ/m<sup>2</sup>  
2 ST 290.5 kJ/m<sup>2</sup>

DAY 017 HR 15:00

1 DT 15.29 MJ/m<sup>2</sup>  
1 ST 2.325 MJ/m<sup>2</sup>  
2 DT 3.112 MJ/m<sup>2</sup>  
2 ST 383.4 kJ/m<sup>2</sup>

DAY 017 HR 14:00

1 DT 12.97 MJ/m<sup>2</sup>  
1 ST 2.645 MJ/m<sup>2</sup>  
2 DT 2.729 MJ/m<sup>2</sup>  
2 ST 434.2 kJ/m<sup>2</sup>

DAY 017 HR 13:00

1 DT 10.32 MJ/m<sup>2</sup>  
1 ST 2.905 MJ/m<sup>2</sup>  
2 DT 2.295 MJ/m<sup>2</sup>  
2 ST 459.4 kJ/m<sup>2</sup>

DAY 017 HR 12:00

1 DT 7.523 MJ/m<sup>2</sup>  
1 ST 2.582 MJ/m<sup>2</sup>  
2 DT 1.835 MJ/m<sup>2</sup>  
2 ST 531.9 kJ/m<sup>2</sup>

DAY 017 HR 11:00

1 DT 4.940 MJ/m<sup>2</sup>  
1 ST 2.200 MJ/m<sup>2</sup>  
2 DT 1.303 MJ/m<sup>2</sup>  
2 ST 472.0 kJ/m<sup>2</sup>

DAY 017 HR 10:00

1 DT 2.740 MJ/m<sup>2</sup>  
1 ST 1.637 MJ/m<sup>2</sup>  
2 DT 831.7 kJ/m<sup>2</sup>  
2 ST 389.2 kJ/m<sup>2</sup>

DAY 017 HR 09:00

1 DT 1.103 MJ/m<sup>2</sup>  
1 ST 906.7 kJ/m<sup>2</sup>  
2 DT 442.5 kJ/m<sup>2</sup>  
2 ST 308.3 kJ/m<sup>2</sup>

DAY 017 HR 08:00

1 DT 196.6 kJ/m<sup>2</sup>  
1 ST 193.9 kJ/m<sup>2</sup>  
2 DT 134.2 kJ/m<sup>2</sup>  
2 ST 133.1 kJ/m<sup>2</sup>

DAY 017 HR 07:00

1 DT 2.7 kJ/m<sup>2</sup>  
1 ST 2.7 kJ/m<sup>2</sup>  
2 DT 1.1 kJ/m<sup>2</sup>  
2 ST 1.1 kJ/m<sup>2</sup>

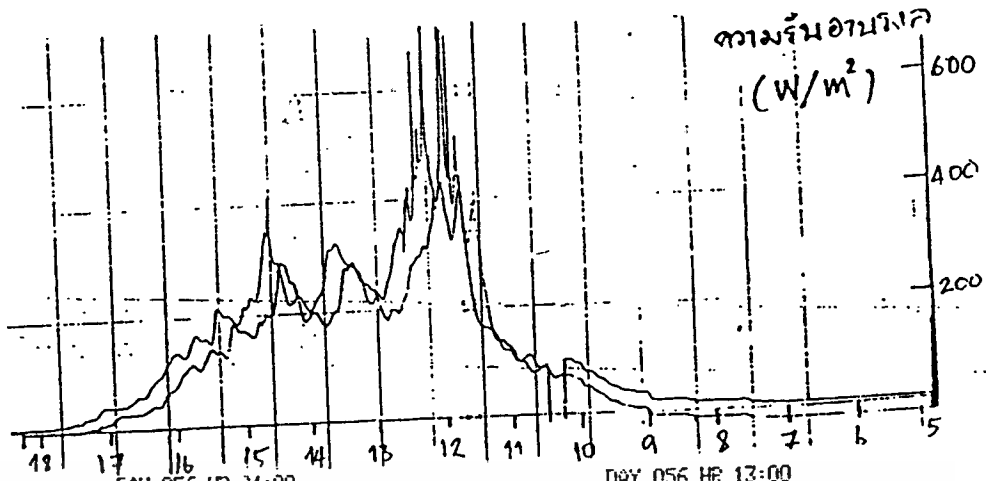
DAY 017 HR 06:00

DAY 017 HR 05:00

รูปที่ 2.12 (ก) ความรับอับรังสีรวมบนพื้นระดับ วัดที่ภาควิชาฟิสิกส์ จุฬาลงกรณ์

มหาวิทยาลัย (ข) ข้อมูลจากเครื่องอินทิเกรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



DAY 056 HR 24:00  
IDENT. 01  
1 DT 5.02 MJ/m<sup>2</sup>  
2 DT 4.61 MJ/m<sup>2</sup>

DAY 056 HR 23:00

DAY 056 HR 22:00

DAY 056 HR 21:00

DAY 056 HR 20:00

DAY 056 HR 19:00  
1 DT 5.855 MJ/m<sup>2</sup>  
1 ST 2.3 kJ/m<sup>2</sup>  
2 DT 5.008 MJ/m<sup>2</sup>  
2 ST .1 kJ/m<sup>2</sup>

DAY 056 HR 18:00  
1 DT 5.852 MJ/m<sup>2</sup>  
1 ST 92.6 kJ/m<sup>2</sup>  
2 DT 5.008 MJ/m<sup>2</sup>  
2 ST 74.5 kJ/m<sup>2</sup>

DAY 056 HR 17:00  
1 DT 5.760 MJ/m<sup>2</sup>  
1 ST 351.6 kJ/m<sup>2</sup>  
2 DT 4.934 MJ/m<sup>2</sup>  
2 ST 315.4 kJ/m<sup>2</sup>

DAY 056 HR 16:00  
1 DT 5.398 MJ/m<sup>2</sup>  
1 ST 684.8 kJ/m<sup>2</sup>  
2 DT 4.618 MJ/m<sup>2</sup>  
2 ST 610.5 kJ/m<sup>2</sup>

DAY 056 HR 15:00  
1 DT 4.713 MJ/m<sup>2</sup>  
1 ST 895.3 kJ/m<sup>2</sup>  
2 DT 4.009 MJ/m<sup>2</sup>  
2 ST 792.3 kJ/m<sup>2</sup>

DAY 056 HR 14:00  
1 DT 3.918 MJ/m<sup>2</sup>  
1 ST 944.6 kJ/m<sup>2</sup>  
2 DT 3.215 MJ/m<sup>2</sup>  
2 ST 847.8 kJ/m<sup>2</sup>

DAY 056 HR 13:00  
1 DT 2.873 MJ/m<sup>2</sup>  
1 ST 1.517 MJ/m<sup>2</sup>  
2 DT 2.368 MJ/m<sup>2</sup>  
2 ST 1.215 MJ/m<sup>2</sup>

DAY 056 HR 12:00  
1 DT 1.356 MJ/m<sup>2</sup>  
1 ST 841.1 kJ/m<sup>2</sup>  
2 DT 1.152 MJ/m<sup>2</sup>  
2 ST 702.8 kJ/m<sup>2</sup>

DAY 056 HR 11:00  
1 DT 515.4 kJ/m<sup>2</sup>  
1 ST 322.9 kJ/m<sup>2</sup>  
2 DT 449.4 kJ/m<sup>2</sup>  
2 ST 280.3 kJ/m<sup>2</sup>

DAY 056 HR 10:00  
1 DT 192.5 kJ/m<sup>2</sup>  
1 ST 144.1 kJ/m<sup>2</sup>  
2 DT 169.1 kJ/m<sup>2</sup>  
2 ST 125.6 kJ/m<sup>2</sup>

DAY 056 HR 09:00  
1 DT 48.4 kJ/m<sup>2</sup>  
1 ST 24.3 kJ/m<sup>2</sup>  
2 DT 43.5 kJ/m<sup>2</sup>  
2 ST 20.8 kJ/m<sup>2</sup>

DAY 056 HR 08:00  
1 DT 24.1 kJ/m<sup>2</sup>  
1 ST 23.1 kJ/m<sup>2</sup>  
2 DT 22.7 kJ/m<sup>2</sup>  
2 ST 21.6 kJ/m<sup>2</sup>

DAY 056 HR 07:00  
1 DT 1.0 kJ/m<sup>2</sup>  
1 ST 1.0 kJ/m<sup>2</sup>  
2 DT 1.1 kJ/m<sup>2</sup>  
2 ST 1.1 kJ/m<sup>2</sup>

DAY 056 HR 06:00

DAY 056 HR 05:00

(ข)

รูปที่ 2.13 (ก) ความรับอาบรังสีรวมบนพื้นราบ วัดที่ภาควิชาฟิสิกส์ จุฬาลงกรณ์

มหาวิทยาลัย (ข) ข้อมูลจากเครื่องอินทิเกรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าฟลักซ์รังสีรวมสูงสุดวันนี้ประมาณ  $780 \text{ W/m}^2$  ในช่วงใกล้เที่ยงจะมีเมฆบังเป็นครั้งคราว จะเห็นได้ว่าวันที่อากาศแจ่มใสเกือบไม่มีเมฆเลย วันนี้จะมีส่วนประกอบรังสีกระจายอยู่ในระดับต่ำ ค่าฟลักซ์รังสีกระจายยอดบนวัดได้ประมาณ  $100-120 \text{ W/m}^2$  เท่านั้นพลังงานรังสีแสงอาทิตย์แต่ละชั่วโมงและรวมตลอดทั้งวันถูกบันทึกลงบนแถบกระดาษของเครื่องอินทิเกรตดังรูป 2.12(ข) ส่วนในกราฟแสดงการวัดรังสีรวม ณ สถานที่เดิม ในวันที่อากาศไม่แจ่มใสในช่วงบ่ายมีเมฆฝนส่วนประกอบรังสีกระจายค่อนข้างสูง การออกแบบที่ต้องการความแม่นยำแน่นอนจะใช้ข้อมูลพลังงานรังสีแสงอาทิตย์เป็นรายชั่วโมง แต่ก็ได้มีการนำวิธีประมาณการโดยใช้ข้อมูลเฉลี่ยในแต่ละเดือนของรังสีรวมรายวันมาใช้ประกอบการออกแบบระนาบ

## 2.2.6 ค่ารายเดือนเฉลี่ยของรังสีตกกระทบพื้นเอียง

การใช้ข้อมูลรังสีตกกระทบพื้นราบระดับรายเดือนเฉลี่ยในทางปฏิบัติมักใช้ประกอบการประมาณค่ารังสีที่ตกกระทบพื้นเอียงของแผงรับแสงอาทิตย์ ชั้นแรกต้องคำนวณสัดส่วนของรังสีนอกบรรยากาศที่ควรมีในแต่ละวัน ณ บริเวณนั้นๆ จากสหสัมพันธ์เอมพิริคัลอันนำไปสู่การประมาณส่วนประกอบรังสีกระจาย การหารังสีรวมรายวันนอกบรรยากาศโดยการอินทิเกรตสมการ ตลอดชั่วโมงที่มีแดดกลางวันตามที่มุมเปลี่ยนไป อัตราส่วนของรังสีนอกบรรยากาศบนแผงเอียงกับแผงแนวระดับใช้เป็นตัวบอกระดับรังสีตรง จากนั้นก็ประมาณค่ารังสีกระจาย จากนั้นจึงรวมส่วนประกอบรังสีทั้งสองได้รังสีรวมที่ตกกระทบพื้นเอียง

การประมาณพลังงานแสงอาทิตย์ตกกระทบแผงรับแสงที่พื้นโลก

1. รังสีแสงอาทิตย์ที่บนพื้นดินขึ้นกับตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับสภาวะภูมิอากาศ การคาดหรือประมาณจำนวนพลังงานแสงอาทิตย์ที่มาถึงสถานที่ใดๆ บนพื้นโลกจึงต้องขึ้นอยู่กับข้อมูลเก่าๆ ที่บันทึกไว้ ณ บริเวณนั้น หรือจากสถานีอุตุนิยมวิทยา ณ บริเวณใกล้เคียงที่พออนุโลมเทียบเคียงกันได้ หลายประเทศทั่วโลกที่มีการเก็บบันทึกข้อมูลมาเป็นเวลานานแล้วมักจะเป็นพวกรังสีรวมรายวัน ( daily global radiation ) บนพื้นราบระดับ หน่วยที่ใช้วัดพลังงานหรือรังสีที่ได้รับเป็น Langley

$$1 \text{ Langley} = 1 \text{ Cal/cm}^2 = 11.62 \text{ Wh/m}^2$$

จากบันทึกข้อมูลอาจนำไปใช้ประมาณปริมาณส่วนประกอบรังสีตรงและรังสีกระจายและนำไปสร้างแผนภาพรายชั่วโมงของแต่ละส่วนประกอบต่อไป

อัตราส่วน  $K_T = H_T/H_{OT}$  มีส่วนสัมพันธ์กับอัตราส่วน  $K_d = H_{Td}/H_{OT}$  ระหว่างรังสีกระจายรายวันบนพื้นระดับ  $H_{Td}$  กับรังสีนอกบรรยากาศบนพื้นระดับ ณ บริเวณนั้น โดยมีรูปสมการที่ใช้ประมาณได้อย่างใกล้เคียงข้อมูลจากการทดลองเป็น

$$K_d = (0.365 - 0.23K_T) \sin(\pi K_T) \quad (2.8)$$

จากค่า  $K_d$  จะนำไปใช้คำนวณรังสีกระจายบนพื้นระดับ  $H_{Td}$  ได้ดังนี้

$$H_{Td} = H_{OT} K_d \quad (2.9)$$

ส่วนรังสีตรงบนพื้นระดับ  $H_{Tb}$  ให้เป็นดังนี้

$$H_{Tb} = H_T - H_{Td} \quad (2.10)$$

แผนภาพรายชั่วโมงของส่วนของรังสีตรงและรังสีกระจายของพลังงานแสงอาทิตย์หาได้โดยสมมติฐานว่าสถานะทางอุตุนิยมวิทยาคงที่สม่ำเสมอตลอดวัน ดังนั้นฟลักซ์รังสีตรง  $I_b$  บนพื้นเอียงคำนวณได้จากสมการ 2.4  $I_b = I_{BN} \cos \theta$  โดย  $I_{BN}$  สัมพันธ์กับ  $H_{Tb}$

$$H_{Tb} = \frac{24}{\pi} I_{BN} \left[ \cos \varphi \cos \delta \sin \omega_s + \left( \frac{2\pi \omega_s}{360} \right) \sin \varphi \sin \delta \right] \quad (2.11)$$

รวมสมการ 2.4 กับ 2.11 จะได้

$$I_b = \frac{\pi H_{Tb} \cos \theta}{24 \left( \cos \varphi \cos \delta \sin \omega_s + \left( \frac{2\pi \omega_s}{360} \right) \sin \varphi \sin \delta \right)} \quad (2.12)$$

ในทำนองเดียวกันฟลักซ์รังสีกระจายบนพื้นระดับ  $H_{DIFFUSE}$  คำนวณได้ดังนี้

$$H_{DIFFUSE} = \frac{\pi H_{Td} (\cos \omega - \cos \omega_s)}{24 (\sin \omega_s - (2\pi \omega_s / 360) \cos \omega_s)} \quad (2.13)$$

จากสมการ 2.5 ฟลักซ์รังสีกระจายบนพื้นเอียงจะเป็น

$$I_d = H_{DIFFUSE} \left( \frac{1 + \cos \beta}{2} \right) \quad (2.14)$$

การประมาณส่วนประกอบของรังสีตรงและรังสีกระจายรายวันจากรายเดือนเฉลี่ยของรังสีแสงอาทิตย์

ในวันที่มีเมฆมากสัดส่วนของรังสีกระจายต่อรังสีรวมค่อนข้างสูงกว่าปกติเพจย์ (Page) และลุยส์กับจอร์แดน ได้วิเคราะห์ข้อมูลรังสีแสงอาทิตย์จากหลายตำแหน่งในสหรัฐอเมริกา และสรุปไว้ว่า สัดส่วนของรังสีกระจายบนพื้นระดับที่เป็นข้อมูลรายเดือนเป็นฟังก์ชันของดัชนีความกระจ่าง (clearness index) หรือดัชนีความมัว (cloudiness index) หรือ ส.ป.ส. การส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผ่านบรรยากาศ  $\bar{K}_T$  ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างรังสีรวมรายวันจากรายเดือนเฉลี่ยบนพื้นระดับกับปริมาณจากรังสีนอกบรรยากาศโลก ให้  $\bar{K}_T$  เป็น

$$\bar{K}_T = \frac{\bar{H}_T}{\bar{H}_{OT}} \quad (2.15)$$

อาจประมาณสัดส่วน  $\bar{H}_T / \bar{H}_{OT} = \bar{K}_T$  จากความสัมพันธ์ระหว่างรังสีรวมของแสงอาทิตย์กับระยะเวลาของแสงแดดด้วยสมการของอังสตรอม (ลักษณะหนึ่งของสมการถดถอย)

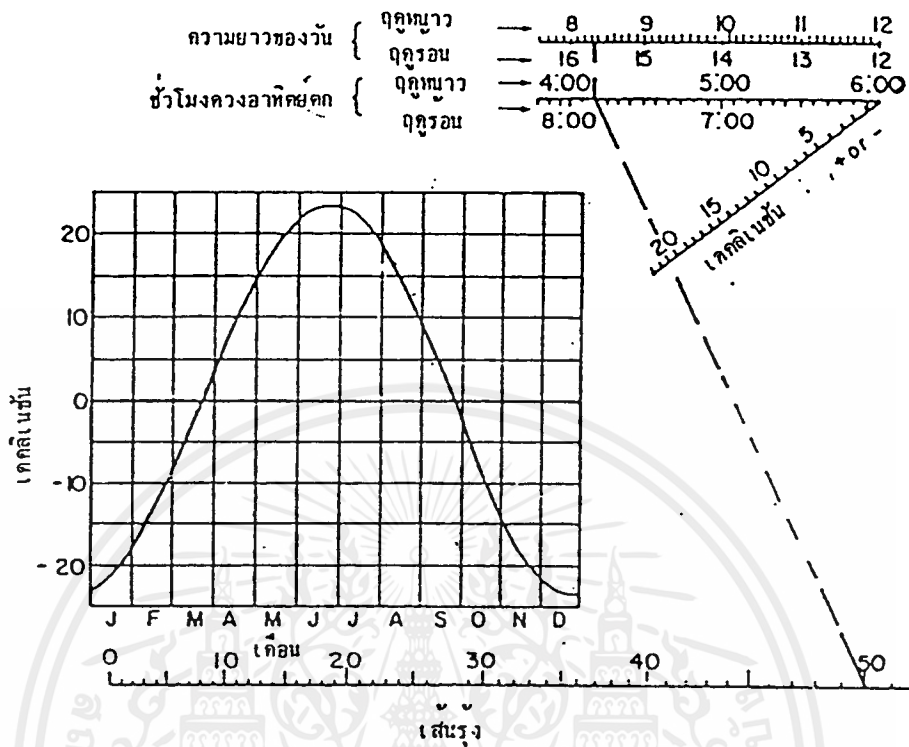
$$\left( \frac{\bar{H}_T}{\bar{H}_{OT}} \right) = a + b \left( \frac{\bar{S}}{\bar{S}_m} \right) \quad (2.16)$$

เมื่อ  $\bar{S}$  = ระยะเวลาของแสงจ้า (sunshine duration) รายวันเฉลี่ยรายเดือน (หน่วยเป็นชั่วโมง)

$\bar{S}_m$  = ระยะเวลาของแสงแดดสูงสุด (maximum daylight duration) จำนวนที่วันกลางเดือน (หน่วยเป็นชั่วโมง)

$a, b$  ค่าคงตัวเฉพาะตำแหน่งภูมิศาสตร์ใดๆ หาได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ค่า  $\bar{S}_m$  คือระยะเวลาระหว่างดวงอาทิตย์ขึ้นและตก  $= 2 \omega_s$  หรือถ้าได้จากการบันทึกด้วยเครื่องบันทึกแคมเบลล์-สโตกต์ให้ลบด้วย 0.4 ชั่วโมง (ค่าแก้ไขเนื่องจากความเข้มแสงต่ำ กระดาษบันทึกไม้ใหม่) หรือเพื่อความสะดวกจะใช้แผนภูมิสำหรับหาเวลาที่ดวงอาทิตย์ขึ้นและตกก็ได้ จากรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 แผนภูมิสำหรับหาเวลาที่ดวงอาทิตย์ขึ้นและตก

สถานี	ม.ค. 14	ก.พ. 27	เม.ย. 13	พ.ค. 29	ก.ค. 16	ก.ย. 1	ต.ค. 16	พ.ย. 30
	ก.พ. 26	เม.ย. 12	พ.ค. 28	ก.ค. 15	ส.ค. 31	ก.ค. 15	พ.ย. 29	ม.ค. 13
เชียงใหม่	394	430	470	406	385	399	369	324
เชียงใหม่	400	460	481	412	376	402	406	372
เลย	383	418	443	399	381	355	354	344
นครปฐม	369	396	426	370	360	374	395	366
สกลนคร	386	429	442	389	382	405	406	392
พิษณุโลก	394	451	483	419	390	375	402	386
ขอนแก่น	403	431	463	418	393	381	418	394
ร้อยเอ็ด	376	441	461	433	408	389	403	376
นครสวรรค์	398	442	456	403	378	369	400	388
อุบลราชธานี	404	450	447	423	393	379	407	393
โคราช	397	435	445	421	402	379	401	388
สุรินทร์	405	454	439	415	407	397	409	396
กรุงเทพฯ	401	465	425	397	370	356	391	398
ชลบุรี	406	438	397	360	337	328	396	410
หัวหิน	409	448	415	370	345	349	391	398
บ้านดอน	417	457	402	384	399	362	341	350
สนามบินภูเก็ต	440	474	388	378	373	354	380	398
สงขลา	427	462	417	399	406	380	350	354

ตารางที่ 2.1 ค่ารายวันจากรายเดือนเฉลี่ยของรังสีรวมประเมินจากค่าเฉลี่ยรายวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานี	เส้นรุ้ง	ม.ก.	ก.ท.	มี.ก.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
Madrid (Spain)	40.4	170	250	350	450	530	600	625	550	475	360	250	150
Kuwait (airport)	25.5	331	383	475	514	562	651	617	615	553	454	297	285
Baharin (Egypt)	30.1	287	382	471	525	622	612	642	591	516	396	287	244
London (U.K.)	51.5	49	94	182	275	371	415	378	325	239	136	67	40
Phoenix (U.S.A.)	33.4	303	350	465	515	630	715	680	593	524	421	326	257
Bekaa (Lebanon)	33.9	226	301	408	547	631	717	718	646	550	380	290	206
Riyad (Saudi Arabia)	24.7	386	468	536	575	622	669	672	642	619	544	429	388
Miami Beach (U.S.A.)	25.5	334	397	475	572	540	506	539	510	440	387	350	319
Hamburg (W.Germany)	53.6	44	96	186	288	390	449	399	355	236	132	58	34
Roma	41.8	143	198	286	387	477	517	532	465	355	252	149	114
Venezia	45.5	95	196	244	295	436	457	476	408	306	206	99	81
Addis Abeba (Etiopia)	9.0	361	399	456	391	434	410	318	357	410	556	486	415
Kumasi (Ghana)	6.7	293	397	433	421	428	347	308	306	363	377	392	327
Nairobi (Kenia)	-1.3	468	532	581	438	362	350	321	365	472	485	442	486
Benin (Nigeria)	6.5	386	378	399	425	390	361	349	283	371	366	402	390
Juba (Sudan)	4.8	470	468	454	507	460	429	443	460	514	540	506	469
Karachi (Pakistan)	24.9	359	415	389	430	448	593	489	563	498	484	428	350
Bangkok (Thailand)	13.7	425	450	552	516	501	357	410	310	333	414	423	393
Singapore	1.3	421	431	383	313	337	330	332	342	371	333	272	377

ตาราง 2.2 ค่ารายวันจากรายเดือนเฉลี่ยของรังสีรวมบนพื้นระดับในบางประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

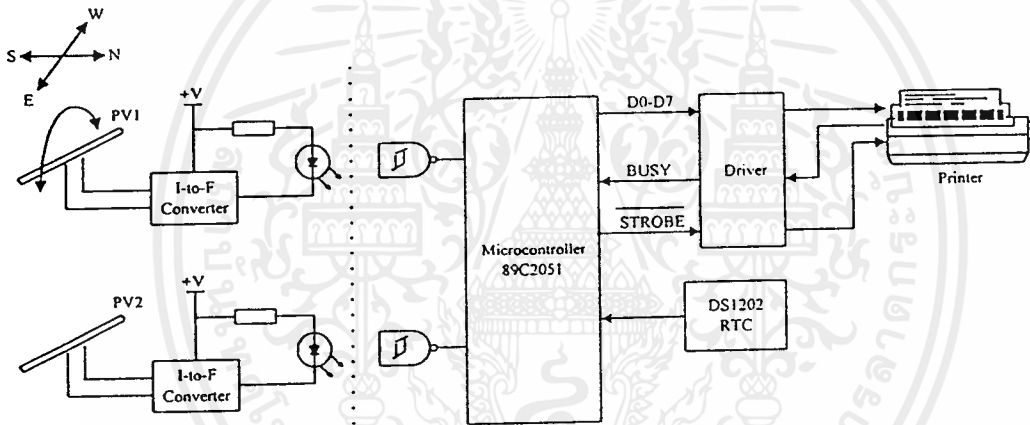
### บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย

#### 3.1 การวัดปริมาณแสงอาทิตย์จากทิศตะวันออกไปยังทิศตะวันตก

เราจะแบ่งเครื่องมือที่ใช้ในการวัดเป็น 2 ส่วน

1. แผงรับแสง
2. เครื่องอินทิเกรต (Integrator)

โดยจะมีการทำงานร่วมกัน ดังนี้

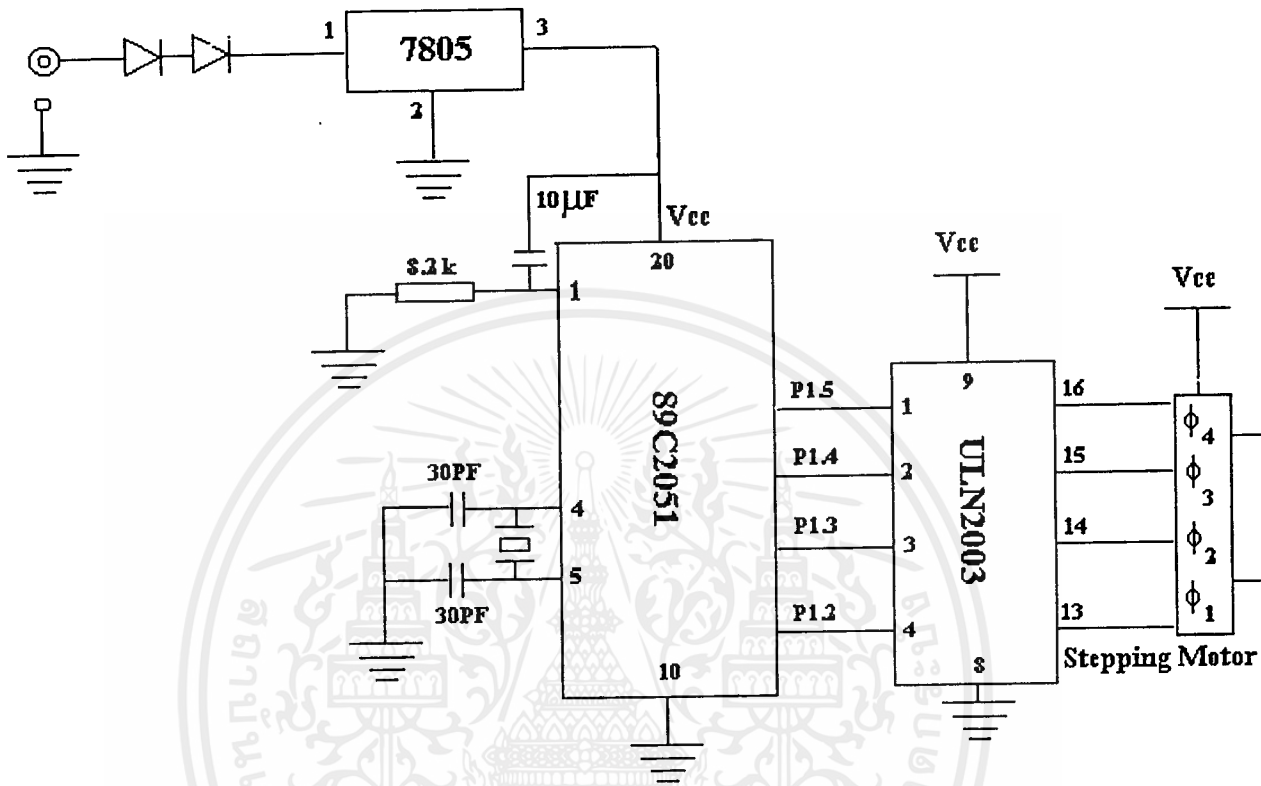


รูปที่ 3.1 โดอะแกรมแสดงการทำงาน

##### 3.1.1 แผงรับแสงอาทิตย์

ในส่วนแผงรับแสงจะสร้างขึ้น 2 แผงโดยตัวรับแสงจะทำมาจากเซลล์สุริยะ(Solar Cell) ซึ่งจะทำการเปลี่ยนจากพลังงานแสงอาทิตย์เป็นกระแสไฟฟ้าเรียกว่า Short Circuit current เราจะนำค่ากระแสดังกล่าวมาบันทึกเพื่อบอกถึงปริมาณแสงที่ทำการวัดมาได้ว่ามีปริมาณและการเปลี่ยนแปลงอย่างไร ในการทดลองเราจะให้แผงรับแสงตั้งอยู่กับที่แผงหนึ่งส่วนอีกแผงจะให้เคลื่อนที่ตามตำแหน่งดวงอาทิตย์ แผงที่เคลื่อนที่จะควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ 89C2051 ซึ่งจะทำการเขียนโปรแกรมตั้งเวลาไว้ให้เคลื่อนที่ตามเวลาที่ดวงอาทิตย์มีการเปลี่ยนตำแหน่ง และใช้สเต็ปมอเตอร์เป็นตัวหมุนแผงรับแสงแบบเคลื่อนที่

### แผงรับแสงที่เคลื่อนที่ตามการเปลี่ยนตำแหน่งของดวงอาทิตย์

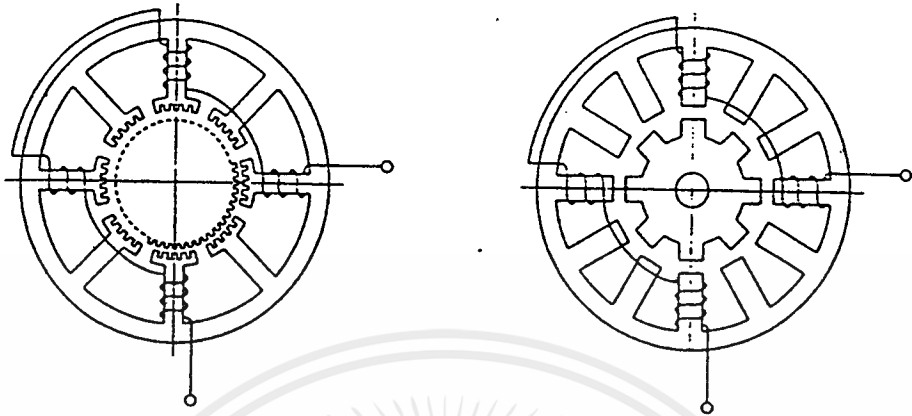


รูปที่ 3.2 โค้ดอะแกรมการทำงานของแผงรับแสงที่เคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์ได้

#### สเต็ปปีงมอเตอร์ (Stepping Motor)

จะใช้เพื่อหมุนแผงรับแสงโดยจะควบคุมจากไมโครคอนโทรลเลอร์ 89C2051 โดยจะโปรแกรมให้หมุน 1 องศาทุกๆ 4 นาที ซึ่งคุณสมบัติมีดังนี้

อาศัยหลักการทำงานของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในการให้มอเตอร์หมุนซึ่งจะหมุนทีละสเต็ปเป็นมุมน้อยๆ ในการควบคุมสามารถใช้สัญญาณดิจิทัลควบคุมซึ่งจะเปลี่ยนจากสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาลอก โดยอาศัยวงจรขับสเต็ปปีงมอเตอร์ ซึ่งโครงสร้างภายในดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 โครงสร้างภายในของสเต็ปป์มอเตอร์

ในโครงการนี้เราจะใช้สเต็ปป์มอเตอร์แบบ 4 เฟส โดยจะขับแบบเฟสเดียวดังตารางที่ 3.1

O1	O2	O3	O4
ON	OFF	OFF	OFF
OFF	ON	OFF	OFF
OFF	OFF	ON	OFF
OFF	OFF	OFF	ON

ตารางที่ 3.1 รูปแบบการขับสเต็ปป์มอเตอร์

ชิปไอซี ULN 2003

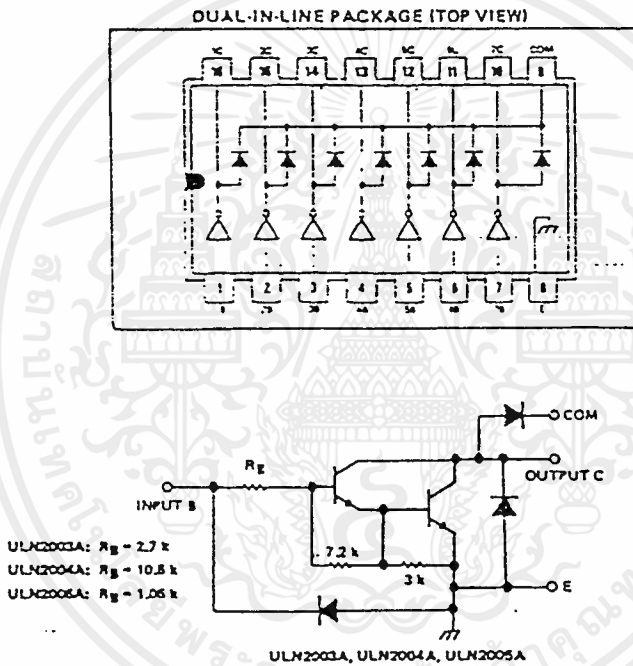
เป็นชิปไอซีที่ผลิตโดย Texas instruments สามารถขับกระแสได้สูง จุดเด่นของ ULN 2003 มีดังนี้

1. ขับโหลดได้ถึง 500 mA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ทนแรงดันออกได้สูงถึง 50 โวลต์
3. มีไดโอดต่อป้องกันไว้ภายในสำหรับขั้วรีเลย์ได้เลย
4. อินพุทแบบ TTL หรือ CMOS ขนาด 5 V

ตัวถังและขาสัญญาณของชิปแบบ PDIP ( Plastic Dual - Inline - Package ) ขนาด 16 ขา ซึ่งมีขาอินพุท 7 ขาคือ ขา 1 ถึง ขา 7 และขาเอาต์พุท 7 ขาคือ ขา 10 ถึง ขา 16 โดยขาอินพุทและเอาต์พุทต่อถึงกันเป็นคู่ๆโดยถ้าอินพุทขา 1 เอาต์พุทขา 16 เป็นต้น ระหว่างขาอินพุทและเอาต์พุท จะมี inverter ต่ออยู่ ส่วนขา 8 จะเป็นขา ground และขา 9 เป็นขา Common เพื่อต่อกับไฟเลี้ยง



รูปที่ 3.4 ลักษณะภายนอกและวงจรภายในของ ULN2003

### 3.1.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 89C2051

AT89C2051 เป็นชิปไมโครคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก ผลิตโดย ATMEL ชุดคำสั่งและสถาปัตยกรรมภายใน จะเหมือนกับไมโครคอมพิวเตอร์ตระกูล MCS-51 ซึ่งผลิตโดยอินเทล มีหน่วยความจำภายในเป็น EPROM หรือเรียกว่า Flash memory ขนาด 2 KB สามารถเขียนและลบใหม่ได้ไม่น้อยกว่า 1000 ครั้ง โปรแกรมที่บันทึกไว้ภายในชิปสามารถเก็บไว้ได้นานถึง 10 ปี จุดเด่นของชิป 89C2051 มีดังต่อไปนี้

1. สามารถใช้แทนไมโครคอมพิวเตอร์ ตระกูล MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. หน่วยความจำโปรแกรมเป็น Flash memory ขนาด 2 KB
3. ใช้ไฟเลี้ยงได้ตั้งแต่ 2.7-6 V
4. ออสซิลเลเตอร์สามารถป้อนได้สองระดับ
5. สามารถล๊อคโปรแกรมได้สองระดับ
6. หน่วยความจำข้อมูลบนชิปขนาด 128 ไบท์
7. มีอินพุต / เอาท์พุทพอร์ท 15 บิต
8. มีตัวนับและตั้งเวลาขนาด 16 บิต 2 ตัว
9. แหล่งอินเทอร์พท์มี 5 แหล่ง
10. พอร์ทอนุกรมแบบ UART โปรแกรมความเร็วในการส่งข้อมูลได้
11. เอาท์พุทพอร์ทสามารถขับ LED ได้โดยตรง ด้วยกระแส sink 20 mA
12. มีอนาล็อกคอมพาราเตอร์บนชิป
13. มีโหมด Idle และ Power down

ตัวถังและขาสัญญาณของชิป AT89C2051

ลักษณะตัวถังเป็นแบบ PDIP ( Plastic Dual - Inline - Package ) ขนาด 20 ขา หากเราจำได้กับระบบ 8051 จะทำความเข้าใจได้ไม่ยาก ขาที่แตกต่างสำคัญที่เราสังเกตได้ชัดเจนคือ I/O พอร์ท มีเพียงพอร์ท 1 จำนวน 8 บิต ระบุด้วย P1.0 - P1.7 ข้อสังเกตจะพบว่า P1.0 และ P1.1 มีฟังก์ชันเสริมคือ AIN0 และ AIN1 เป็นอนาล็อกอินพุทของวงจรคอมพาราเตอร์

ชิป 89C2051 สามารถเขียนโปรแกรมควบคุมการใช้พลังงานได้ 2 แบบ คือ โหมด Idle จะหยุดการทำงานของ CPU โดยตัวนับและตัวตั้งเวลา , พอร์ทสื่อสารอนุกรม และการอินเทอร์พท์ จะทำให้ CPU ทำงานต่อไป โดยที่ข้อมูลในหน่วยความจำภายในยังคงอยู่ และโหมด Power down จะคงค่าในหน่วยความจำภายใน แต่จะหยุดการป้อนสัญญาณนาฬิกาให้กับทุกๆ ฟังก์ชันบน 89C2051 จนกระทั่งทำการรีเซตที่ฮาร์ดแวร์

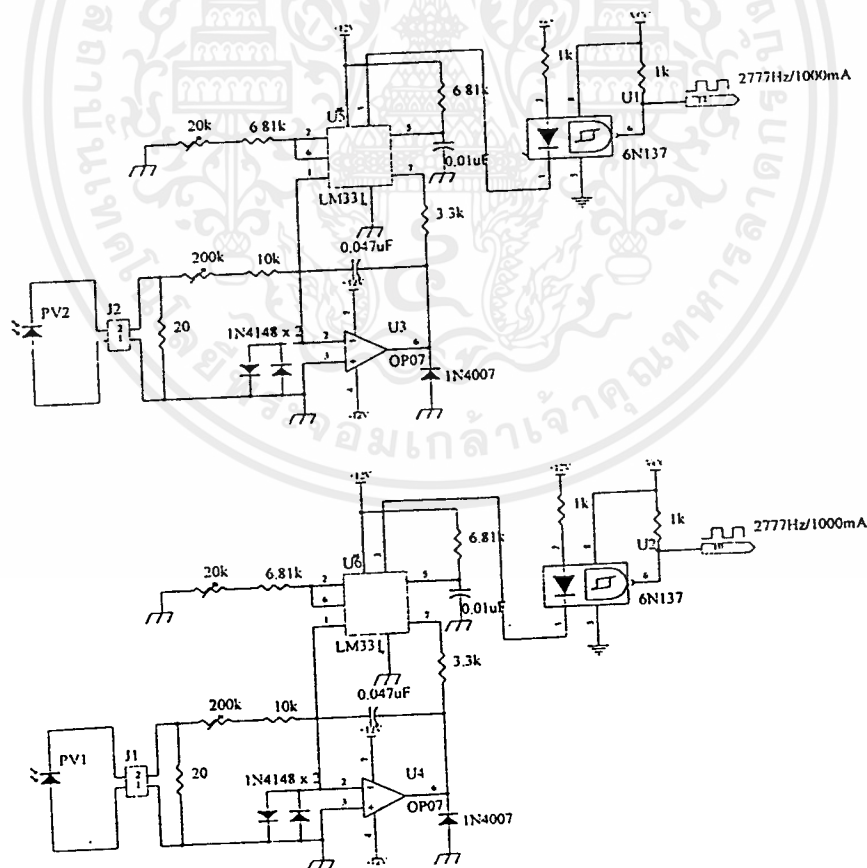
พอร์ทที่เป็นอินพุต / เอาท์พุทพอร์ท 8 บิต สองทิศทางโดย P1.2 ถึง P1.7 จะมีพูลอัพ ( Pull up ) ภายใน P1.2 และ P1.1 ต้องการพูลอัพภายนอกอีกทั้งเป็นอินพุทบวกเป็นอินพุทลบของคอมพาราเตอร์ตามลำดับ อีกทั้งพอร์ท 1 สามารถรับกระแสซิงค์ 20 mA พอร์ทที่ 3 เป็นอินพุต / เอาท์พุทพอร์ท 7 บิต 2 ทิศทาง มีพูลอัพภายใน โดยมี P3.6 จะเป็นเอาท์พุทของคอมพารามิเตอร์ อีกทั้งจะเห็นว่าเราสามารถใช้งานเปรียบเทียบตัดคาป้อนเข้ามาที่ขา P1.0 และ P1.1 ได้โดยเอาท์พุทจะต่อกับ P3.6 ซึ่งสามารถอ่านค่าด้วยโปรแกรม ดังนั้นพอร์ท P3.6 จึงมีได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อกับขาภายนอก พอร์ท 3 จึงมีเพียง P3.1 - P3.5 และ P3.7 สำหรับฟังก์ชันเพื่อเลือก ยังคงใช้งานได้เหมือนกับชิปตระกูล 8051 ของอินเทล รายละเอียดสัญญาณทางไฟฟ้าทั้งตรงและไฟสลับของขาสัญญาณแต่ละขาได้ที่ภาคผนวก

### 3.1.2 เครื่องอินทิเกรต ( Integrator )

เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เอาสัญญาณอนาลอกซึ่งได้จากแผงรับคือเซลล์สุริยะในรูปของกระแส แล้วนำค่ากระแสดังกล่าวมาเปลี่ยนเป็นสัญญาณความถี่ โดยอาศัย LM331 และใช้ออปโตคัลป์ปิ้งเปลี่ยนเป็นสัญญาณดิจิทัลส่งผ่านไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ 89C2051 เพื่อประมวลผล แล้วบันทึกค่า และแสดงผลออกมาทางเครื่องพิมพ์



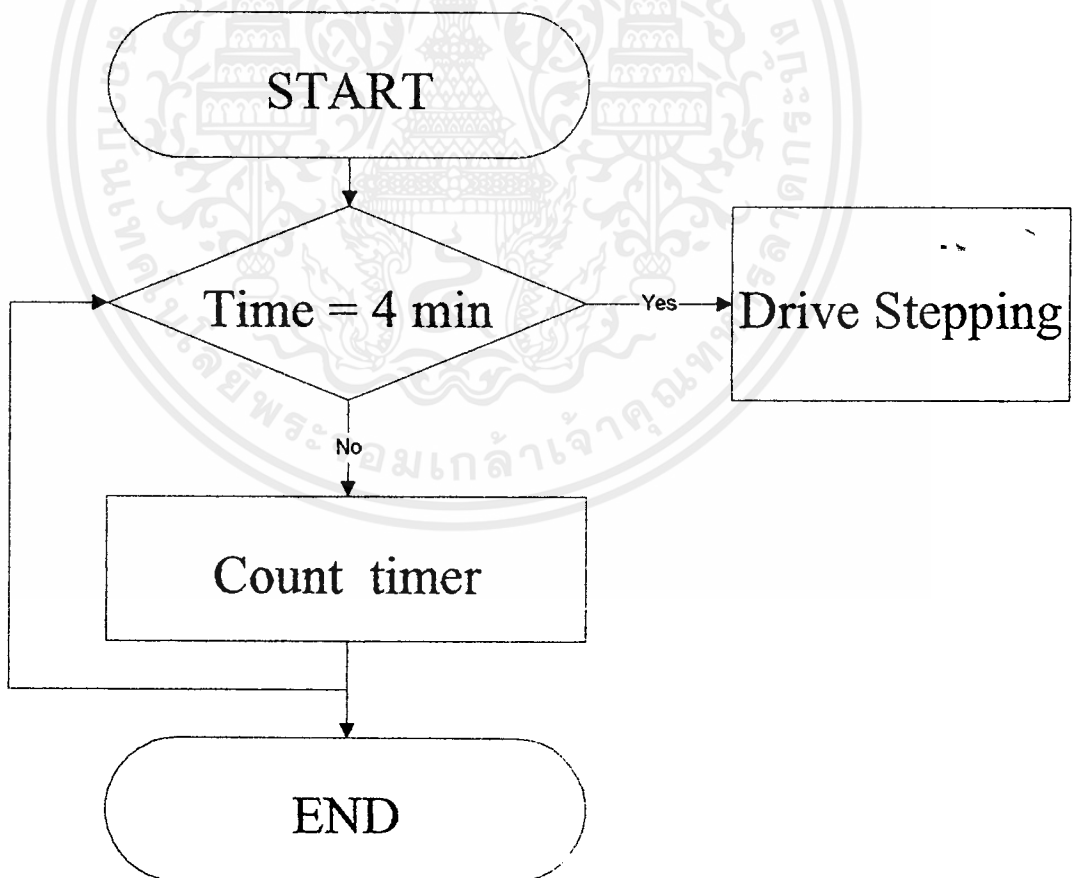
ในการเก็บบันทึกผลเครื่องอินทิเกรตจะรับข้อมูลเข้ามาและทำการรวมข้อมูลที่เข้ามาในแต่ละช่วงเวลา แล้วบวกข้อมูลเหล่านั้นต่อเนื่องไปเรื่อยๆ เราจึงสามารถทราบถึงผลรวมของปริมาณแสงตลอดช่วงเวลา 12 ชั่วโมงที่ทำการวัดได้

### 3.2 การทำงานของโปรแกรม

แบ่งเป็น 2 ส่วน

#### 3.2.1 การทำงานของโปรแกรมควบคุมสเต็ปปีงมอเตอร์

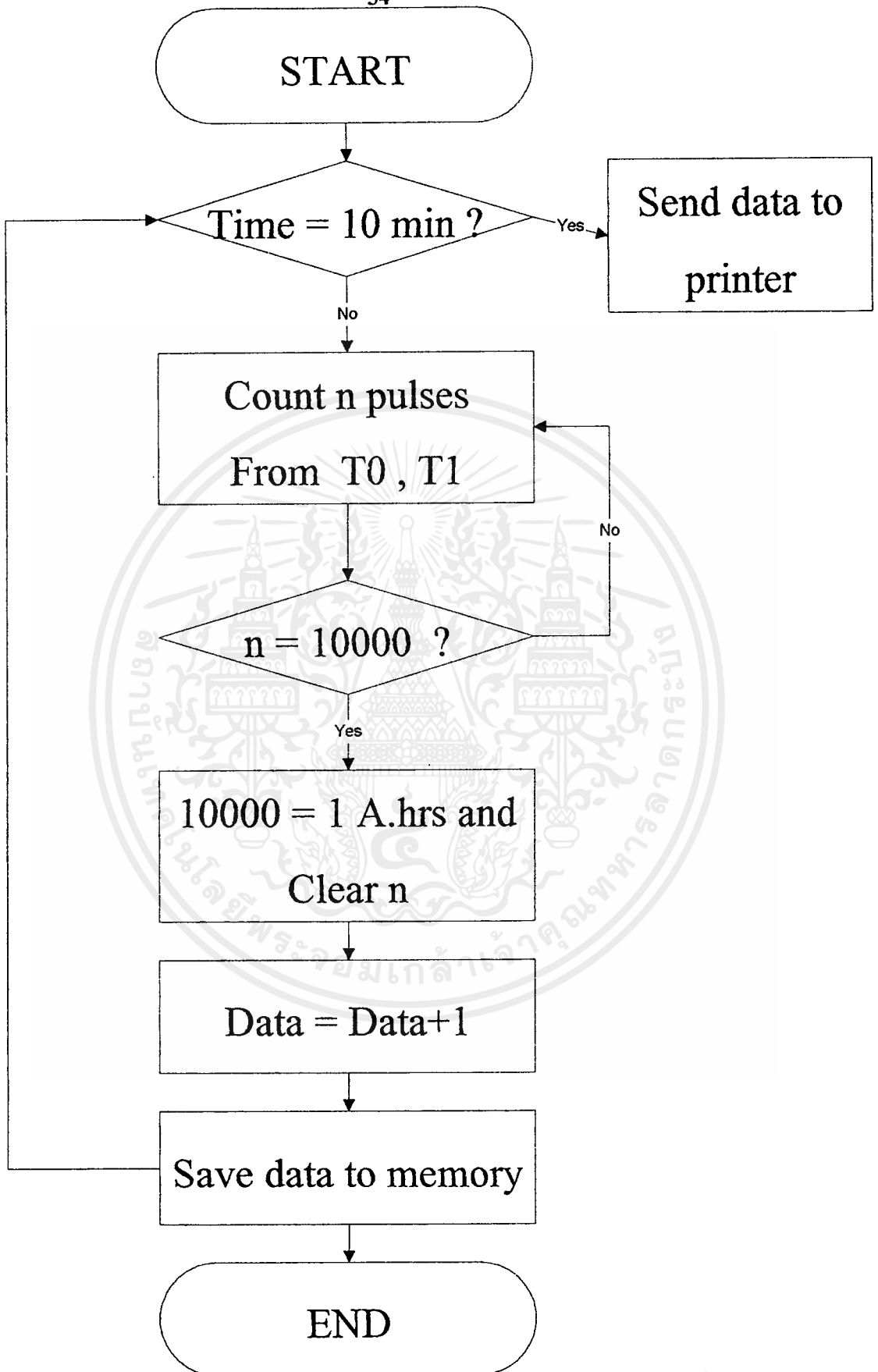
ลักษณะการทำงานเป็นดังรูปที่ 3.6 โดยโปรแกรมเริ่มทำงานเมื่อเริ่มมีการเช็คเวลา และเมื่อเช็คเวลาได้ครบ 4 นาที ก็จะมีการสั่งให้สเต็ปปีงมอเตอร์หมุน 1 องศา



### 3.2.2 การทำงานของโปรแกรมเครื่องอินทิเกรต

เริ่มจากเมื่อเปิดเครื่องโปรแกรมจะทำการเช็คเวลาว่าเท่ากับ 10 นาทีหรือไม่ ถ้าใช่ก็จะส่งข้อมูลออกทางเครื่องพิมพ์ ส่วนถ้าไม่ใช่ก็จะไปเช็คข้อมูลที่ส่งเข้ามาทาง T0 , T1 โดยทำการนับจำนวน pulses ถ้ามีเท่ากับ 10000 ก็จะส่งข้อมูลไปเปรียบเทียบค่าเมื่อ  $n = 10000$  จะมีค่าเท่ากับ 1 A.Hr และส่งข้อมูลไปทำการบวกค่า จากนั้นเก็บข้อมูลไว้ในหน่วยความจำ แล้วส่งไปเช็คเวลาเพื่อดูว่าครบ 10 นาทีหรือยัง แผนผังการทำงานแสดงดังรูปที่ 3.7





รูปที่ 3.7 แผนผังแสดงลำดับการทำงานของเครื่องอินทิเกรต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### การทดลอง

#### 4.1 การเปรียบเทียบปริมาณแสงอาทิตย์ระหว่างแผงรับแสง 2 แผงที่นำมาทำการทดลอง

ในการดำเนินการขั้นตอนนี้เราจะทำการนำแผงรับแสงอาทิตย์ซึ่งใช้เซลล์สุริยะเป็นตัว Sensor รับแสงโดยจะรับเข้ามาในรูปของกระแสเรียกว่า Short Circuit Current แล้วนำกระแสดังกล่าวมาบันทึกโดยอาศัยเครื่องอินทิเกรต ( Dual Channel Printing Integrator ) ซึ่งเครื่องนี้จะรับค่ากระแสที่วัดได้แล้วนำมารวมกันของแต่ละช่วงเวลา ซึ่งเราจะทำการวัดเป็นเวลา 10 ชั่วโมงแล้วนำค่าของทั้งสองแผงมาเปรียบเทียบความสามารถในการรับแสงแสดงดังกราฟ

time	Channel 1	Channel 2	Total 1	Total 2
8.10	34	34	34	34
8.20	44	44	78	78
8.30	44	45	122	123
8.40	44	44	166	167
8.50	45	45	211	212
9.00	46	46	257	258
9.10	46	46	303	304
9.20	47	46	350	350
9.30	47	47	397	397
9.40	48	47	445	444
9.50	48	47	493	491
10.00	48	47	541	538
10.10	48	47	589	585
10.20	48	48	638	633
10.30	48	47	686	680
10.40	49	48	735	728
10.50	49	48	784	776

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11.00	49	48	833	824
11.10	49	21	882	845
11.20	49	48	931	893
11.30	49	48	980	941
11.40	49	48	1029	989
11.50	49	48	1078	1037
12.00	49	48	1127	1085
12.10	49	48	1176	1133
12.20	49	48	1225	1181
12.30	49	48	1274	1229
12.40	49	48	1323	1277
12.50	49	48	1372	1325
13.00	49	48	1421	1373
13.10	49	48	1470	1421
13.20	49	49	1519	1470
13.30	50	49	1569	1519
13.40	51	49	1620	1568
13.50	52	50	1672	1618
14.00	53	51	1725	1669
14.10	52	50	1777	1719
14.20	51	49	1828	1768
14.30	51	49	1879	1817
14.40	50	49	1929	1866
14.50	50	49	1979	1915
15.00	50	49	2029	1964
15.10	50	49	2079	2013
15.20	50	49	2129	2062
15.30	50	49	2179	2111

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานานาชาติ โดยอนุญาตให้ใช้โดยไม่เก็บค่าธรรมเนียมด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15.40	50	49	2229	2160
15.50	50	49	2279	2209
16.00	49	48	2328	2257
16.10	49	48	2377	2305
16.20	48	47	2425	2352
16.30	48	47	2473	2399
16.40	48	47	2521	2446
16.50	48	47	2569	2493
17.00	47	46	2616	2539
17.10	46	45	2662	2584
17.20	46	45	2708	2629
17.30	45	45	2753	2674
17.40	44	43	2797	2717
17.50	40	40	2837	2757
18.00	39	39	2876	2796

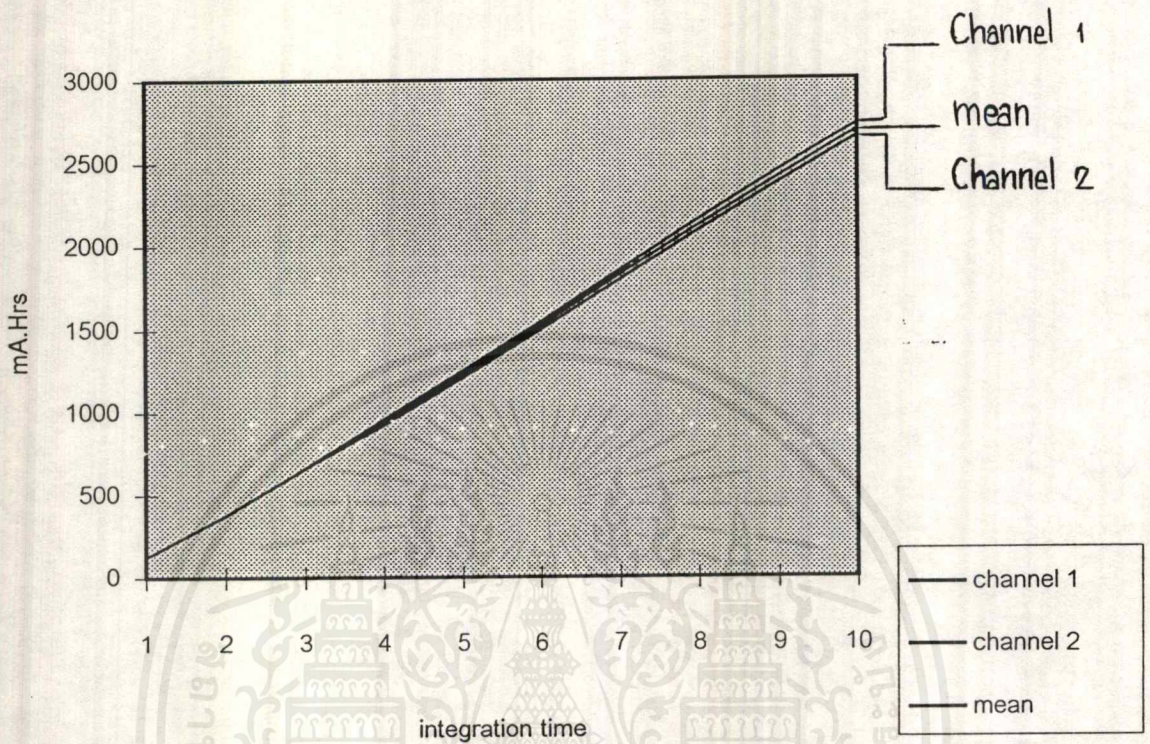
ตารางที่ 4.1 แสดงผลการวัดปริมาณแสงเปรียบเทียบระหว่างแผงรับแสง 2 แผงในช่วงเวลา 10 ชั่วโมง



รูปที่ 4.1 แผงรับแสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Results of 10-hour integration with constant current source

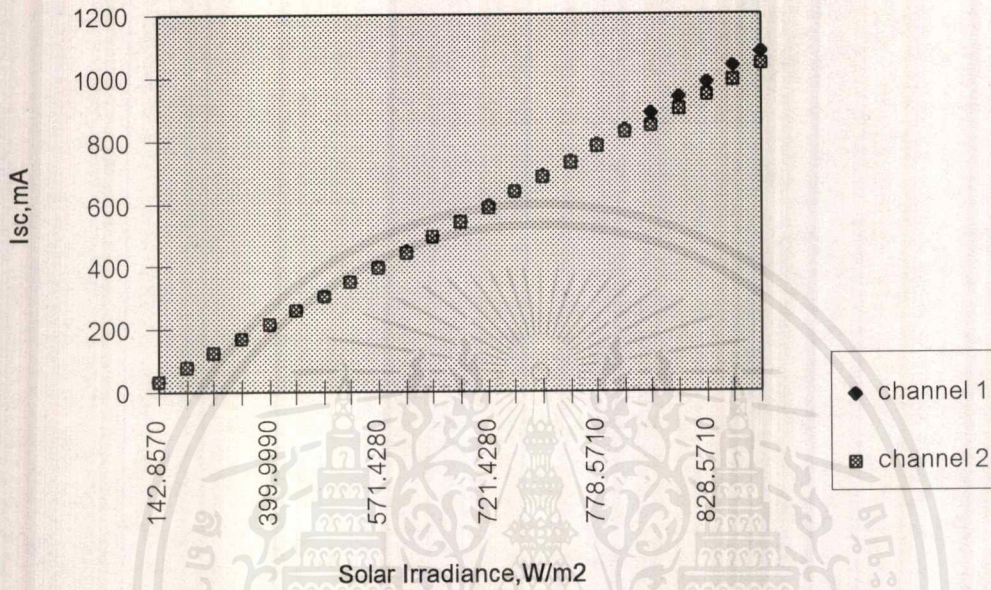


กราฟที่ 4.1 แสดงผลการวัดปริมาณแสงเปรียบเทียบระหว่างแผงรับแสง 2 แผงในช่วงเวลา 10 ชั่วโมง

#### 4.2 การเปรียบเทียบค่า Short Circuit Current กับ ค่าความรับอาบรังสี ( Solar irradiance )

เราจะทำการวัดปริมาณแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบไพโรโนมิเตอร์ต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ ( $W/m^2$ ) หรือเรียกว่า ความรับอาบรังสี ( Solar irradiance ) เทียบกับค่า Short Circuit Current ของแผงรับแสงทั้งสองแผง แสดงดังกราฟ

### Short circuit current vs pyranometer



กราฟที่ 4.2 แสดงค่า Short circuit current เทียบกับ pyranometer

### 4.3 การเปรียบเทียบปริมาณแสงอาทิตย์ที่ได้จากการวัดของแผงรับแสงแบบตั้งอยู่กับที่กับแบบเคลื่อนที่ตามตำแหน่งดวงอาทิตย์

ทำการเก็บข้อมูลปริมาณแสงอาทิตย์จากแผงรับแสงที่ทำมาจากเซลล์สุริยะ 2 แผงที่มีคุณสมบัติเหมือนกันทุกประการ โดยจะตั้งแผงหนึ่งอยู่กับที่ส่วนอีกแผงจะสามารถเคลื่อนที่ตามตำแหน่งของดวงอาทิตย์ได้ และนำค่า Short Circuit Current ของทั้งสองแผงมาเข้าเครื่องอินทิเกรตเพื่อทำการอินทิเกรตค่าและส่งข้อมูลออกทางเครื่องพิมพ์ ซึ่งจะเริ่มทำการวัดตั้งแต่วันที่ 6.00 น. ถึง 18.00 น. แล้วนำปริมาณแสงที่วัดได้มาเปรียบเทียบจะได้ข้อมูลดังตารางที่ 4.2

D / M / Y	time	channel 1	channel 2	total 1	total 2
13-Mar-98	6.00	0	0	0	0
13-Mar-98	6.10	2	2	2	2
13-Mar-98	6.20	7	7	9	9
13-Mar-98	6.30	22	22	31	31
13-Mar-98	6.40	31	31	62	62
13-Mar-98	6.50	34	34	96	96
13-Mar-98	7.00	36	36	132	132
13-Mar-98	7.10	37	37	169	169
13-Mar-98	7.20	38	38	207	207
13-Mar-98	7.30	39	39	246	246
13-Mar-98	7.40	45	39	291	285
13-Mar-98	7.50	53	40	344	325
13-Mar-98	8.00	60	41	404	366
13-Mar-98	8.10	75	42	479	408
13-Mar-98	8.20	76	43	555	451
13-Mar-98	8.30	75	43	630	494
13-Mar-98	8.40	76	43	706	537
13-Mar-98	8.50	76	43	782	580
13-Mar-98	9.00	77	43	859	623
13-Mar-98	9.10	77	44	936	667
13-Mar-98	9.20	77	44	1013	711
13-Mar-98	9.30	77	45	1090	756
13-Mar-98	9.40	76	44	1166	800
13-Mar-98	9.50	78	46	1244	846

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

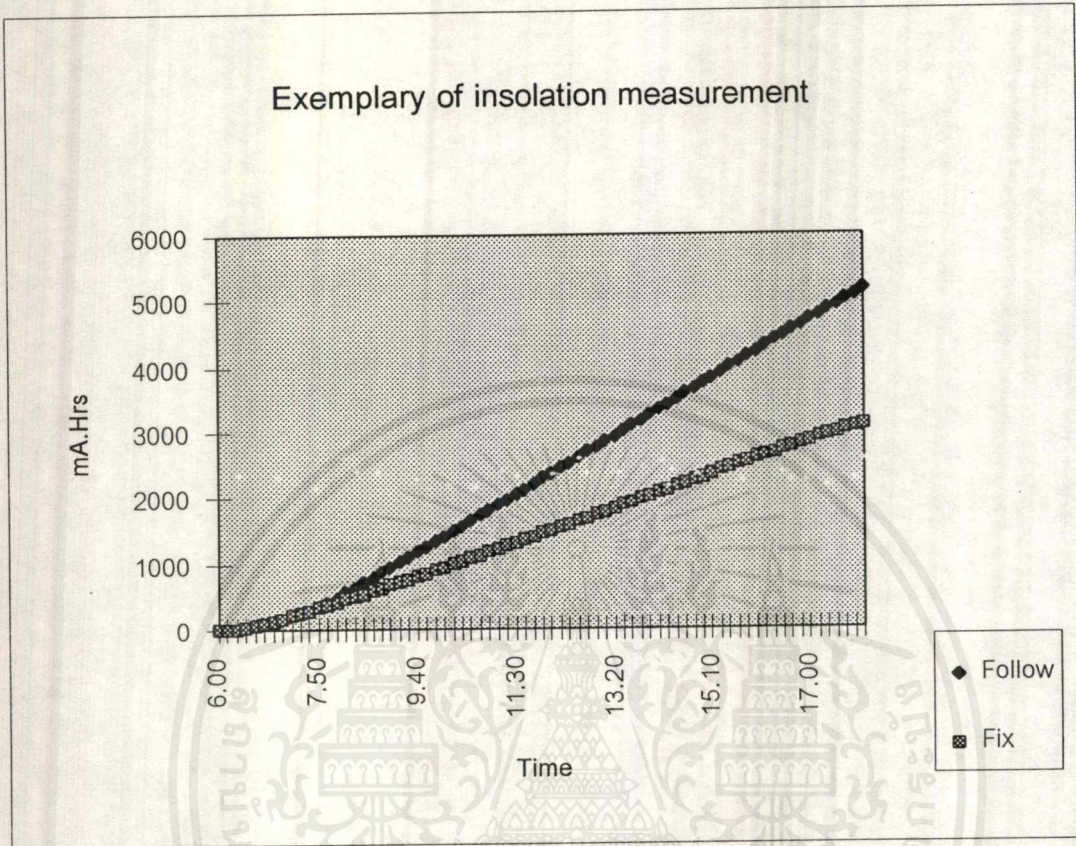
D / M / Y	time	channel 1	channel 2	total 1	total 2
13-Mar-98	10.00	79	46	1323	892
13-Mar-98	10.10	79	46	1402	938
13-Mar-98	10.20	79	46	1481	984
13-Mar-98	10.30	79	46	1560	1030
13-Mar-98	10.40	79	46	1639	1076
13-Mar-98	10.50	79	46	1718	1122
13-Mar-98	11.00	79	46	1797	1168
13-Mar-98	11.10	79	46	1876	1214
13-Mar-98	11.20	80	46	1956	1260
13-Mar-98	11.30	79	47	2035	1307
13-Mar-98	11.40	80	47	2115	1354
13-Mar-98	11.50	80	47	2195	1401
13-Mar-98	12.00	80	47	2275	1448
13-Mar-98	12.10	80	47	2355	1495
13-Mar-98	12.20	81	47	2436	1542
13-Mar-98	12.30	81	47	2517	1589
13-Mar-98	12.40	81	47	2598	1636
13-Mar-98	12.50	81	47	2679	1683
13-Mar-98	13.00	81	47	2760	1730
13-Mar-98	13.10	81	47	2841	1777
13-Mar-98	13.20	81	48	2922	1825
13-Mar-98	13.30	81	47	3003	1872
13-Mar-98	13.40	82	48	3085	1920
13-Mar-98	13.50	83	49	3168	1969

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

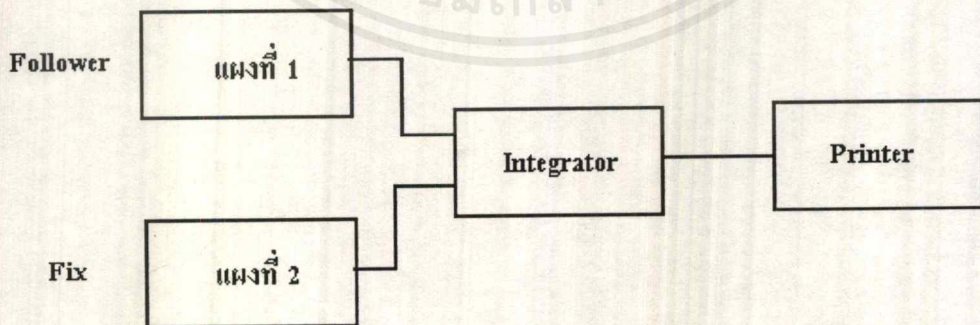
D / M / Y	time	channel 1	channel 2	total 1	total 2
13-Mar-98	14.00	83	49	3251	2018
13-Mar-98	14.10	82	49	3333	2067
13-Mar-98	14.20	81	48	3414	2115
13-Mar-98	14.30	81	47	3495	2162
13-Mar-98	14.40	81	47	3576	2209
13-Mar-98	14.50	80	47	3656	2256
13-Mar-98	15.00	81	47	3737	2303
13-Mar-98	15.10	81	47	3818	2350
13-Mar-98	15.20	81	47	3899	2397
13-Mar-98	15.30	81	47	3980	2444
13-Mar-98	15.40	80	46	4060	2490
13-Mar-98	15.50	81	47	4141	2537
13-Mar-98	16.00	80	46	4221	2583
13-Mar-98	16.10	80	46	4301	2629
13-Mar-98	16.20	80	45	4381	2674
13-Mar-98	16.30	79	45	4460	2719
13-Mar-98	16.40	79	45	4539	2764
13-Mar-98	16.50	79	44	4618	2808
13-Mar-98	17.00	79	44	4697	2852
13-Mar-98	17.10	79	44	4776	2896
13-Mar-98	17.20	78	43	4854	2939
13-Mar-98	17.30	78	42	4932	2981
13-Mar-98	17.40	77	41	5009	3022
13-Mar-98	17.50	73	40	5082	3062
13-Mar-98	18.00	72	39	5154	3101

ตาราง 4.2 แสดงผลข้อมูลเปรียบเทียบแ่งรับแสงแบบตั้งอยู่กับที่เทียบกับแ่งรับแสงที่เคลื่อนที่ตามตำแหน่งดวงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบแผงรับแบบตั้งอยู่กับที่กับแบบเคลื่อนที่ตามตำแหน่งดวงอาทิตย์

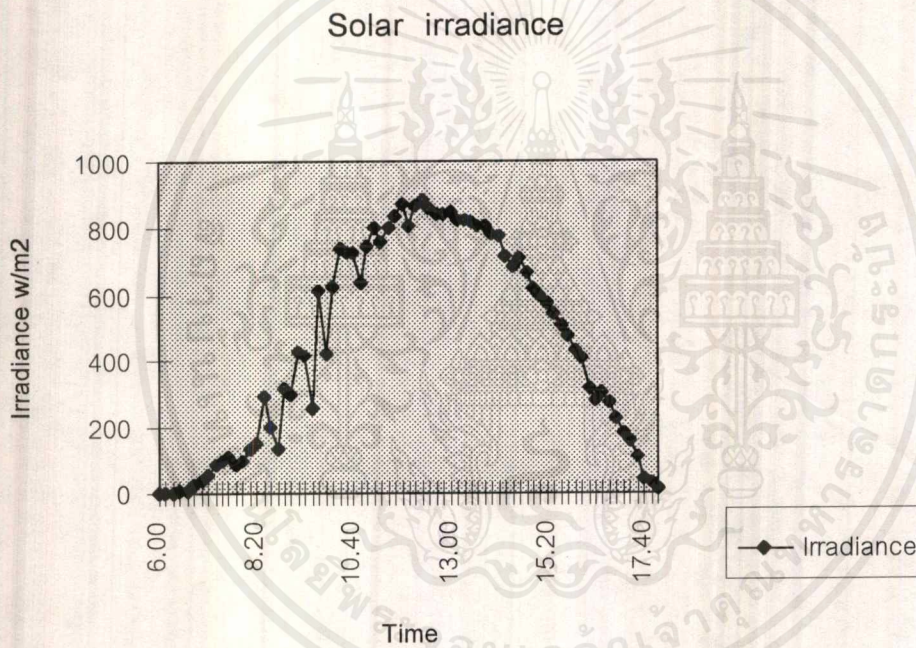


รูปที่ 4.2 ไดอะแกรมแสดงการวัดปริมาณแสงเปรียบเทียบระหว่างแผง 2 แบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.4 การวัดความรับอาบรังสี (Solar irradiance) ที่มีการเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลา 6.00 น. ถึง 18.00 น. ในวันที่ 13 มีนาคม 2541

จะใช้ไพราโนมิเตอร์ (Pyranometer) ซึ่งมีค่าเอาต์พุตมาตรฐาน  $14 \mu\text{V}/\text{W}/\text{m}^2$  ทำการตั้งวัดตั้งแต่เวลา 6.00 น. ถึง 18.00 น. เป็นเวลาทั้งหมด 12 ชั่วโมง โดยจะบันทึกผลทุกๆ 10 นาที การบันทึกผลจะอ่านจาก Digital Multimeter ออกมาเป็นมิลลิโวลต์แล้วนำไปคำนวณหาค่าความรับอาบรังสี (Solar irradiance)



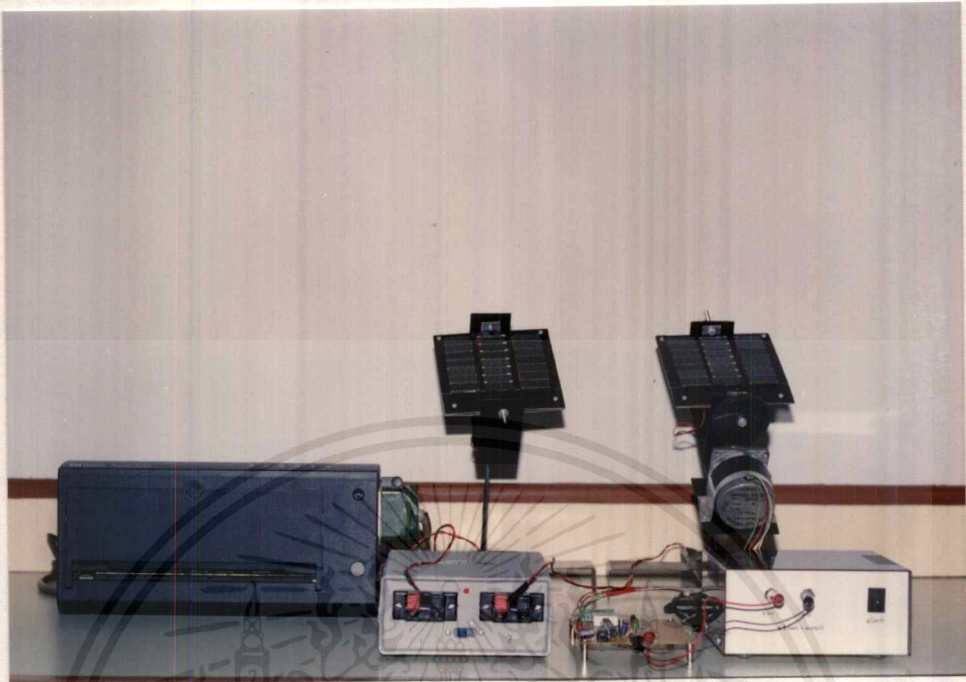
กราฟที่ 4.4 แสดงความรับอาบรังสีที่มีการเปลี่ยนแปลงภายใน 12 ชั่วโมง

แสดงการคำนวณค่าความรับอาบรังสี

ค่าเอาต์พุตมาตรฐานจากไพราโนมิเตอร์มีค่า  $14 \mu\text{V}$

ถ้าทำการอ่านค่าจาก Digital Multimeter ได้  $1 \text{ mV}$

จะได้ค่าความรับอาบรังสี  $71.428 \text{ W}/\text{m}^2$



รูปที่ 4.3 แสดงลักษณะขณะทำการทดลอง



รูปที่ 4.4 ไพโรโนมิเตอร์ และ DMM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในห้องปฏิบัติการเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### บทสรุป

#### 5.1 สรุปและการประยุกต์ใช้

โครงการพิเศษการวัดปริมาณแสงอาทิตย์จากทิศตะวันออกไปยังทิศตะวันตก จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการวัดปริมาณการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ โดยมีข้อสรุปของวิธีการวัด ดังนี้

1. การวัดปริมาณแสงเปรียบเทียบคุณสมบัติของแผงรับแสงทั้งสองแผงที่มีขนาดและคุณสมบัติเท่ากันทุกประการพบว่าแผงรับทั้งสองมีความสามารถในการรับปริมาณแสงได้ใกล้เคียงกัน

2. การวัดค่า Short circuit current ของแผงทั้ง 2 แผงเทียบกับความรับอาบรังสีโดย Pyranometer พบว่าค่า  $I_{sc}$  ของทั้งสองแผงกับความรับอาบรังสีมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง

3. การวัดปริมาณแสงเปรียบเทียบระหว่างแผงรับแสง 2 แบบ คือแบบตั้งอยู่กับที่กับแบบเคลื่อนที่ตามตำแหน่งดวงอาทิตย์จากทิศตะวันออกไปยังทิศตะวันตกตั้งแต่เวลา 6.00 น. ถึง 18.00 น. พบว่า แบบที่สามารถเคลื่อนที่ตามตำแหน่งดวงอาทิตย์สามารถรับปริมาณแสงได้มากกว่าแบบตั้งอยู่กับที่มาก

4. ในการวัดปริมาณความรับอาบรังสี ตั้งแต่เวลา 6.00 น. ถึง 18.00 น. พบว่าวันที่ทำการวัดค่าความรับอาบรังสี ในช่วงบ่ายมีค่าค่อนข้างมากกว่าช่วงเช้า

ในการวัดปริมาณแสงจากโครงการนี้สามารถประยุกต์ใช้งานโดยนำผลการทดลองไปศึกษาถึงปรากฏการณ์การแผ่รังสีแบบลำแสง และแบบกระเจิงแสง จากดวงอาทิตย์มายังผิวโลก รวมทั้งเป็นข้อมูลในการตัดสินใจเกี่ยวกับการนำเซลล์แสงอาทิตย์ไปใช้ในการสร้างแหล่งพลังงาน

#### 5.2 แนวทางในการพัฒนาโครงการ

1. เพิ่มประสิทธิภาพของแผงรับแสง เพื่อสามารถรับปริมาณแสงได้มากและถูกต้องยิ่งขึ้น

2. จัดทำระบบฐานข้อมูลเพื่อสามารถจัดเก็บและนำไปใช้ได้อย่างสะดวกและเป็นระเบียบ

3. เพิ่มประสิทธิภาพในการแสดงผล ซึ่งทำให้สามตเข้าใจข้อมูลได้ดียิ่งขึ้น

ภาคผนวก ก  
ข้อมูลอุปกรณ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Features

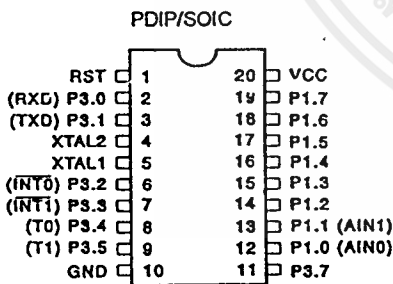
- Compatible with MCS-51™ Products
- 2 Kbytes of Reprogrammable Flash Memory  
Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles
- 2.7 V to 6 V Operating Range
- Fully Static Operation: 0 Hz to 24 MHz
- Two-Level Program Memory Lock
- 128 x 8-Bit Internal RAM
- 15 Programmable I/O Lines
- Two 16-Bit Timer/Counters
- Six Interrupt Sources
- Programmable Serial UART Channel
- Direct LED Drive Outputs
- On-Chip Analog Comparator
- Low Power Idle and Power Down Modes

Description

The AT89C2051 is a low-voltage, high-performance CMOS 8-bit microcomputer with 2 Kbytes of Flash programmable and erasable read only memory (PEROM). The device is manufactured using Atmel's high density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry standard MCS-51™ instruction set and pinout. By combining a versatile 8-bit CPU with Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89C2051 is a powerful microcomputer which provides a highly flexible and cost effective solution to many embedded control applications.

The AT89C2051 provides the following standard features: 2 Kbytes of Flash, 128 bytes of RAM, 15 I/O lines, two 16-bit timer/counters, a five vector two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, a precision analog comparator, on-chip oscillator and clock circuitry. In addition, the AT89C2051 is designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port and interrupt system to continue functioning. The Power Down Mode saves the RAM contents but freezes the oscillator disabling all other chip functions until the next hardware reset.

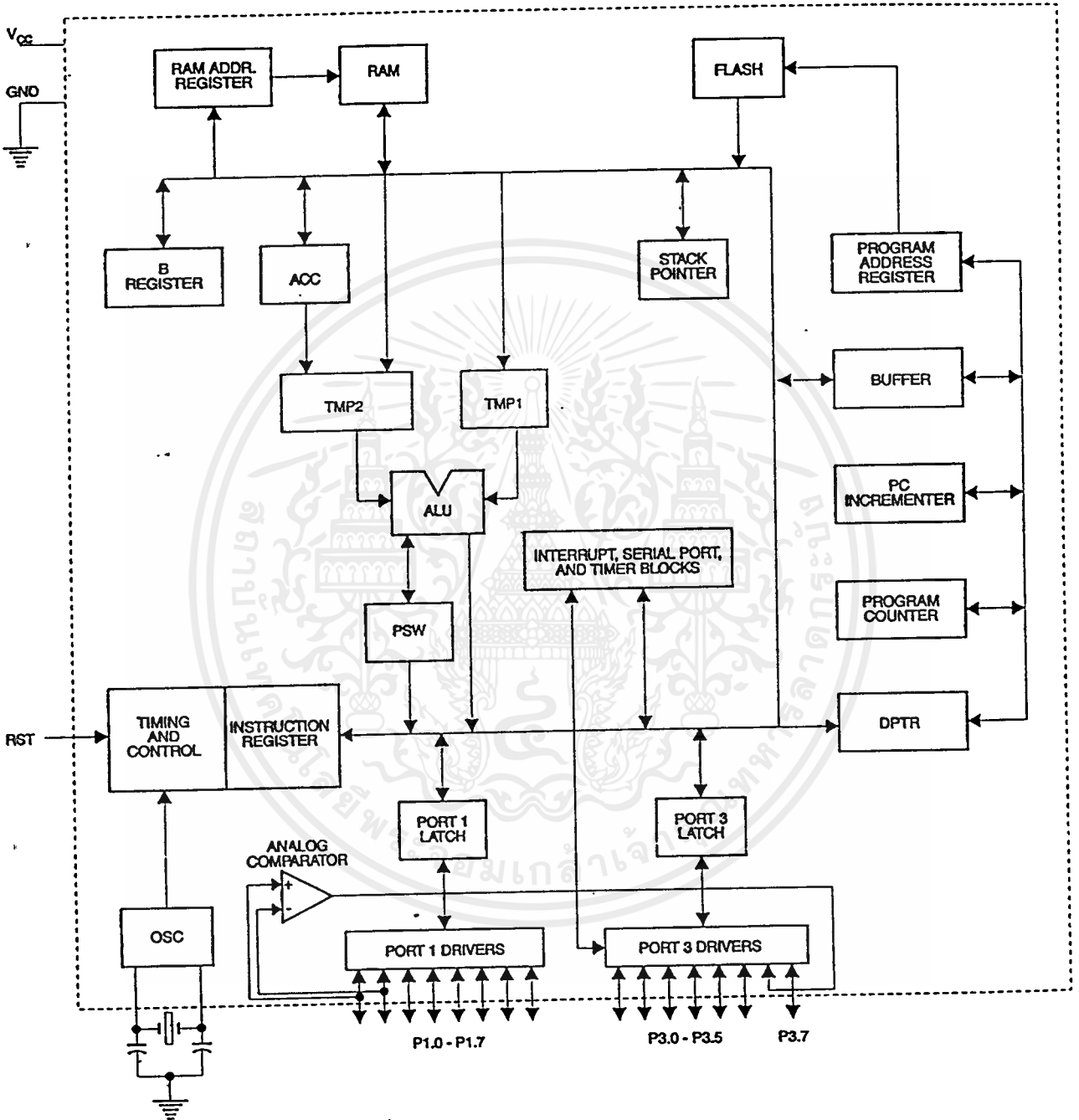
Pin Configuration



8-Bit  
Microcontroller  
with 2 Kbytes  
Flash



# Block Diagram



Pin Description

Vcc  
Supply voltage.  
GND  
Ground.

Port 1  
Port 1 is an 8-bit bidirectional I/O port. Port pins P1.2 to P1.7 provide internal pullups. P1.0 and P1.1 require external pullups. P1.0 and P1.1 also serve as the positive input (AIN0) and the negative input (AIN1), respectively, of the on-chip precision analog comparator. The Port 1 output buffers can sink 20 mA and can drive LED displays directly. When 1s are written to Port 1 pins, they can be used as inputs. When pins P1.2 to P1.7 are used as inputs and are externally pulled low, they will source current (IIL) because of the internal pullups.

Port 1 also receives code data during Flash programming and program verification.

Port 3  
Port 3 pins P3.0 to P3.5, P3.7 are seven bidirectional I/O pins with internal pullups. P3.6 is hard-wired as an input to the output of the on-chip comparator and is not accessible as a general purpose I/O pin. The Port 3 output buffers can sink 20 mA. When 1s are written to Port 3 pins they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 3 pins that are externally being pulled low will source current (IIL) because of the pullups.

Port 3 also serves the functions of various special features of the AT89C2051 as listed below:

Port Pin	Alternate Functions
P3.0	RXD (serial input port)
P3.1	TXD (serial output port)
P3.2	INT0 (external interrupt 0)
P3.3	INT1 (external interrupt 1)
P3.4	T0 (timer 0 external input)
P3.5	T1 (timer 1 external input)

Port 3 also receives some control signals for Flash programming and programming verification.

RST  
Reset input. All I/O pins are reset to 1s as soon as RST goes high. Holding the RST pin high for two machine cycles while the oscillator is running resets the device.

Each machine cycle takes 12 oscillator or clock cycles.

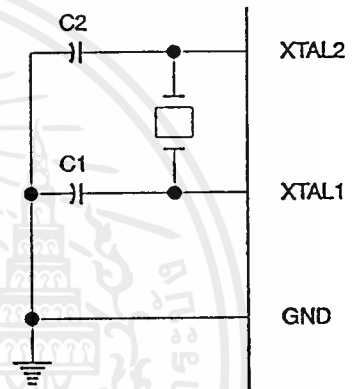
XTAL1  
Input to the inverting oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

XTAL2  
Output from the inverting oscillator amplifier.

Oscillator Characteristics

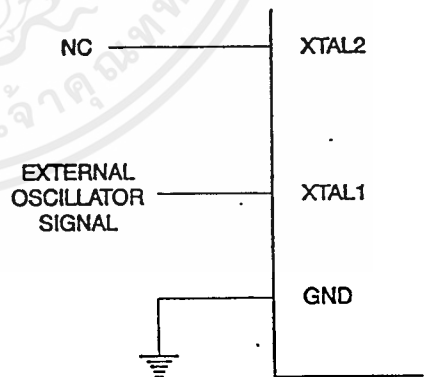
XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier which can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 1. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. To drive the device from an external clock source, XTAL2 should be left unconnected while XTAL1 is driven as shown in Figure 2. There are no requirements on the duty cycle of the external clock signal, since the input to the internal clocking circuitry is through a divide-by-two flip-flop, but minimum and maximum voltage high and low time specifications must be observed.

Figure 1. Oscillator Connections



Notes: C1, C2 = 30 pF ± 10 pF for Crystals  
= 40 pF ± 10 pF for Ceramic Resonators

Figure 2. External Clock Drive Configuration





## Special Function Registers

A map of the on-chip memory area called the Special Function Register (SFR) space is shown in the table below.

Note that not all of the addresses are occupied, and unoccupied addresses may not be implemented on the chip. Read accesses to these addresses will in general return

random data, and write accesses will have an indeterminate effect.

User software should not write 1s to these unlisted locations, since they may be used in future products to invoke new features. In that case, the reset or inactive values of the new bits will always be 0.

Table 1. AT89C2051 SFR Map and Reset Values

0F8H								0FFH
0F0H	B 00000000							0F7H
0E8H								0EFH
0E0H	ACC 00000000							0E7H
0D8H								0DFH
0D0H	PSW 00000000							0D7H
0C8H								0CFH
0C0H								0C7H
0B8H	IP XXX00000							0BFH
0B0H	P3 11111111							0B7H
0A8H	IE 0XX00000							0AFH
0A0H								0A7H
98H	SCON 00000000	SBUF XXXXXXXX						9FH
90H	P1 11111111							97H
88H	TCON 00000000	TMOD 00000000	TL0 00000000	TL1 00000000	TH0 00000000	TH1 00000000		8FH
80H		SP 00000111	DPL 00000000	DPH 00000000			PCON 0XXX0000	87H

## Restrictions on Certain Instructions

The AT89C2051 and is an economical and cost-effective member of Atmel's growing family of microcontrollers. It contains 2 Kbytes of flash program memory. It is fully compatible with the MCS-51 architecture, and can be programmed using the MCS-51 instruction set. However, there are a few considerations one must keep in mind when utilizing certain instructions to program this device.

All the instructions related to jumping or branching should be restricted such that the destination address falls within the physical program memory space of the device, which is 2K for the AT89C2051. This should be the responsibility of the software programmer. For example, LJMP 7E0H would be a valid instruction for the AT89C2051 (with 2K of memory), whereas LJMP 900H would not.

### 1. Branching instructions:

LCALL, LJMP, ACALL, AJMP, SJMP, JMP @A+DPTR

These unconditional branching instructions will execute correctly as long as the programmer keeps in mind that the destination branching address must fall within the physical boundaries of the program memory size (locations 00H to 7FFH for the 89C2051). Violating the physical space limits may cause unknown program behavior.

CJNE [...], DJNZ [...], JB, JNB, JC, JNC, JBC, JZ, JNZ  
With these conditional branching instructions the same rule above applies. Again, violating the memory boundaries may cause erratic execution.

For applications involving interrupts the normal interrupt service routine address locations of the 80C51 family architecture have been preserved.

### 2. MOVX-related instructions, Data Memory:

The AT89C2051 contains 128 bytes of internal data memory. Thus, in the AT89C2051 the stack depth is limited to 128 bytes, the amount of available RAM. External DATA memory access is not supported in this device, nor is external PROGRAM memory execution. Therefore, no MOVX [...] instructions should be included in the program.

A typical 80C51 assembler will still assemble instructions, even if they are written in violation of the restrictions mentioned above. It is the responsibility of the controller user to know the physical features and limitations of the device being used and adjust the instructions used correspondingly.





## Program Memory Lock Bits

On the chip are two lock bits which can be left unprogrammed (U) or can be programmed (P) to obtain the additional features listed in the table below:

### Lock Bit Protection Modes<sup>(1)</sup>

Program Lock Bits	Protection Type		
	LB1	LB2	
1	U	U	No program lock features.
2	P	U	Further programming of the Flash is disabled.
3	P	P	Same as mode 2, also verify is disabled.

Note: 1. The Lock Bits can only be erased with the Chip Erase operation

## Idle Mode

In idle mode, the CPU puts itself to sleep while all the on-chip peripherals remain active. The mode is invoked by software. The content of the on-chip RAM and all the special functions registers remain unchanged during this mode. The idle mode can be terminated by any enabled interrupt or by a hardware reset.

P1.0 and P1.1 should be set to '0' if no external pullups are used, or set to '1' if external pullups are used.

It should be noted that when idle is terminated by a hardware reset, the device normally resumes program execution, from where it left off, up to two machine cycles before the internal reset algorithm takes control. On-chip hardware inhibits access to internal RAM in this event, but access to the port pins is not inhibited. To eliminate the possibility of an unexpected write to a port pin when Idle is terminated by reset, the instruction following the one that invokes Idle should not be one that writes to a port pin or to external memory.

## Power Down Mode

In the power down mode the oscillator is stopped, and the instruction that invokes power down is the last instruction executed. The on-chip RAM and Special Function Registers retain their values until the power down mode is terminated. The only exit from power down is a hardware reset. Reset redefines the SFRs but does not change the on-chip RAM. The reset should not be activated before Vcc is restored to its normal operating level and must be held active long enough to allow the oscillator to restart and stabilize.

P1.0 and P1.1 should be set to '0' if no external pullups are used, or set to '1' if external pullups are used.

## Programming The Flash

The AT89C2051 is shipped with the 2 Kbytes of on-chip PEROM code memory array in the erased state (i.e., contents = FFH) and ready to be programmed. The code memory array is programmed one byte at a time. *Once the array is programmed, to re-program any non-blank byte, the entire memory array needs to be erased electrically.*

**Internal Address Counter:** The AT89C2051 contains an internal PEROM address counter which is always reset to 000H on the rising edge of RST and is advanced by applying a positive going pulse to pin XTAL1.

**Programming Algorithm:** To program the AT89C2051, the following sequence is recommended.

1. Power-up sequence:  
Apply power between Vcc and GND pins  
Set RST and XTAL1 to GND  
With all other pins floating, wait for greater than 10 milliseconds
2. Set pin RST to 'H'  
Set pin P3.2 to 'H'
3. Apply the appropriate combination of 'H' or 'L' logic levels to pins P3.3, P3.4, P3.5, P3.7 to select one of the programming operations shown in the PEROM Programming Modes table.

To Program and Verify the Array:

4. Apply data for Code byte at location 000H to P1.0 to P1.7.
5. Raise RST to 12V to enable programming.
6. Pulse P3.2 once to program a byte in the PEROM array or the lock bits. The byte-write cycle is self-timed and typically takes 1.2 ms.
7. To verify the programmed data, lower RST from 12V to logic 'H' level and set pins P3.3 to P3.7 to the appropriate levels. Output data can be read at the port P1 pins.
8. To program a byte at the next address location, pulse XTAL1 pin once to advance the internal address counter. Apply new data to the port P1 pins.
9. Repeat steps 5 through 8, changing data and advancing the address counter for the entire 2 Kbytes array or until the end of the object file is reached.
10. Power-off sequence:  
set XTAL1 to 'L'  
set RST to 'L'  
Float all other I/O pins  
Turn Vcc power off

**Data Polling:** The AT89C2051 features Data Polling to indicate the end of a write cycle. During a write cycle, an attempted read of the last byte written will result in the complement of the written data on P1.7. Once the write cycle has been completed, true data is valid on all outputs, and the next cycle may begin. Data Polling may begin any time after a write cycle has been initiated.

**Ready/Busy:** The Progress of byte programming can also be monitored by the RDY/BSY output signal. Pin P3.1 is pulled low after P3.2 goes High during programming to indicate BUSY. P3.1 is pulled High again when programming is done to indicate READY.

**Program Verify:** If lock bits LB1 and LB2 have not been programmed code data can be read back via the data lines for verification:

1. Reset the internal address counter to 000H by bringing RST from 'L' to 'H'.
2. Apply the appropriate control signals for Read Code data and read the output data at the port P1 pins.
3. Pulse pin XTAL1 once to advance the internal address counter.
4. Read the next code data byte at the port P1 pins.
5. Repeat steps 3 and 4 until the entire array is read.

The lock bits cannot be verified directly. Verification of the lock bits is achieved by observing that their features are enabled.

**Chip Erase:** The entire PEROM array (2 Kbytes) and the two Lock Bits are erased electrically by using the proper combination of control signals and by holding P3.2 low for 10 ms. The code array is written with all "1"s in the Chip Erase operation and must be executed before any non-blank memory byte can be re-programmed.

**Reading the Signature Bytes:** The signature bytes are read by the same procedure as a normal verification of locations 000H, 001H, and 002H, except that P3.5 and P3.7 must be pulled to a logic low. The values returned are as follows.

(000H) = 1EH indicates manufactured by Atmel





(001H) = 21H indicates 89C2051

## Programming Interface

Every code byte in the Flash array can be written and the entire array can be erased by using the appropriate combination of control signals. The write operation cycle is self-timed and once initiated, will automatically time itself to completion.

All major programming vendors offer worldwide support for the Atmel microcontroller series. Please contact your local programming vendor for the appropriate software revision.

## Flash Programming Modes

Mode	RST	P3.2/ PROG	P3.3	P3.4	P3.5	P3.7
Write Code Data <sup>(1,3)</sup>	12V		L	H	H	H
Read Code Data <sup>(1)</sup>	H	H	L	L	H	
Write Lock	Bit - 1		H	H	H	
	Bit - 2		H	H	L	L
Chip Erase	12V		H	L	L	L
Read Signature Byte	H	H	L	L	L	

Notes: 1. The internal PEROM address counter is reset to 000H on the rising edge of RST and is advanced by a positive pulse at XTAL1 pin.

2. Chip Erase requires a 10 ms PROG pulse.

3. P3.1 is pulled Low during programming to indicate RDY/BSY



Figure 3. Programming the Flash Memory

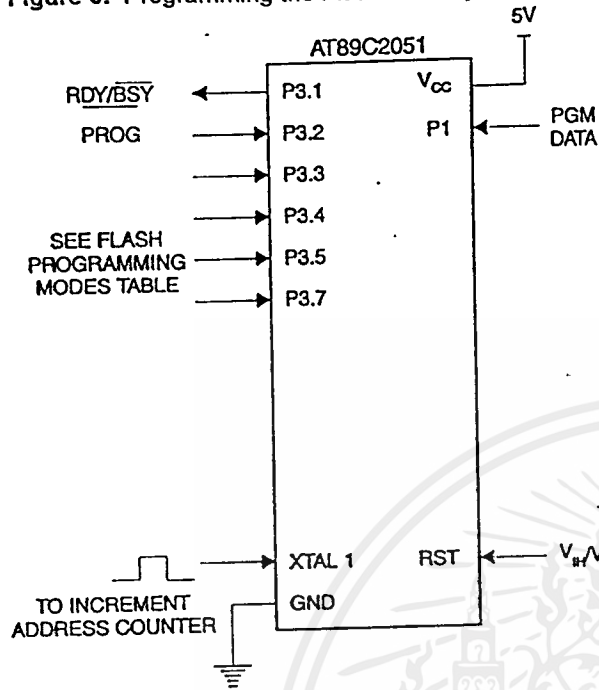
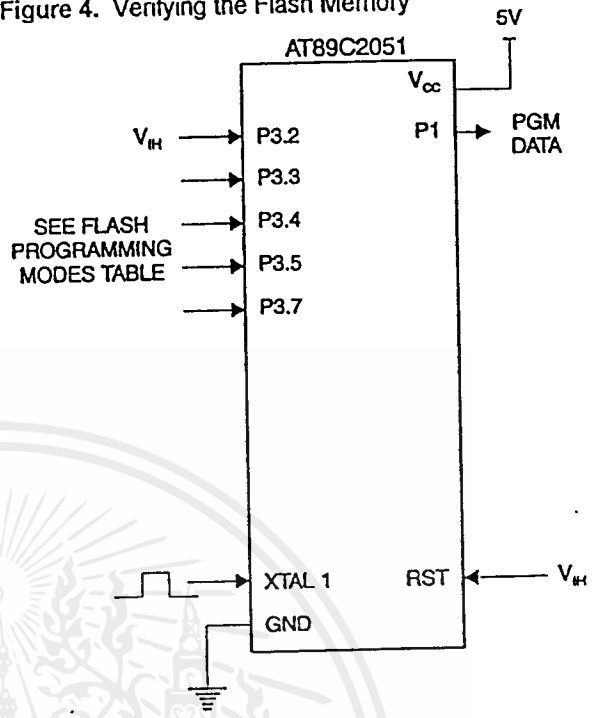


Figure 4. Verifying the Flash Memory



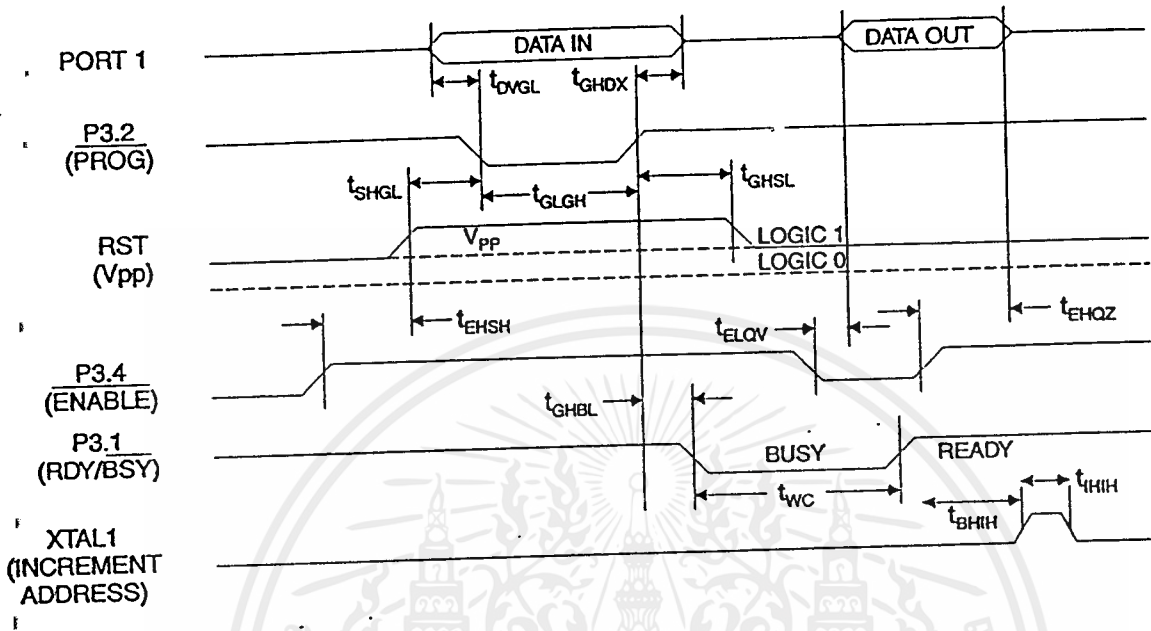
## Flash Programming and Verification Characteristics

$T_A = 21^\circ\text{C}$  to  $27^\circ\text{C}$ ,  $V_{CC} = 5.0 \pm 10\%$

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
$V_{PP}$	Programming Enable Voltage	11.5	12.5	V
$I_{PP}$	Programming Enable Current		250	$\mu\text{A}$
$t_{DVGL}$	Data Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	1.0		$\mu\text{s}$
$t_{GHDX}$	Data Hold After $\overline{\text{PROG}}$	1.0		$\mu\text{s}$
$t_{EHS}$	P3.4 (ENABLE) High to $V_{PP}$	1.0		$\mu\text{s}$
$t_{SHGL}$	$V_{PP}$ Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	10		$\mu\text{s}$
$t_{GHSL}$	$V_{PP}$ Hold After $\overline{\text{PROG}}$	10		$\mu\text{s}$
$t_{GLGH}$	$\overline{\text{PROG}}$ Width	1	110	$\mu\text{s}$
$t_{ELQV}$	ENABLE Low to Data Valid		1.0	$\mu\text{s}$
$t_{EHQZ}$	Data Float After ENABLE	0	1.0	$\mu\text{s}$
$t_{GHBL}$	$\overline{\text{PROG}}$ High to BUSY Low		50	ns
$t_{WC}$	Byte Write Cycle Time		2.0	ms
$t_{BHIH}$	RDY/BSY to Increment Clock Delay	1.0		$\mu\text{s}$
$t_{IHIL}$	Increment Clock High	200		ns

Note: 1. Only used in 12-volt programming mode.

Flash Programming and Verification Waveforms



Absolute Maximum Ratings\*

Operating Temperature.....	-55°C to +125°C
Storage Temperature.....	-65°C to +150°C
Voltage on Any Pin with Respect to Ground .....	-1.0 V to +7.0 V
Maximum Operating Voltage .....	6.6 V
DC Output Current.....	25.0 mA

\*NOTICE: Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.





## D.C. Characteristics

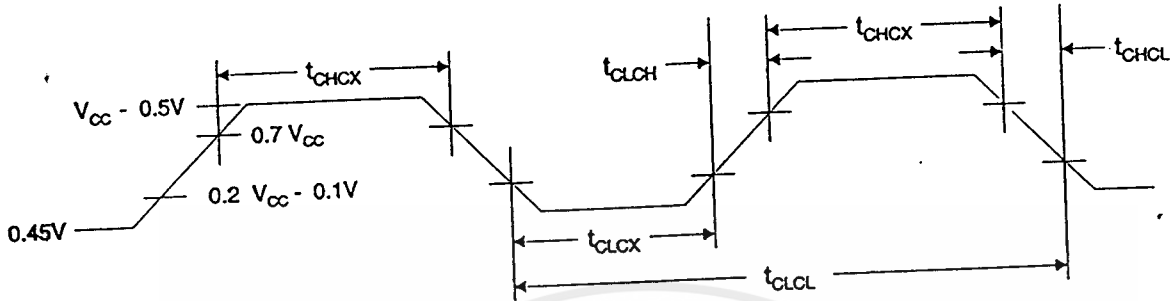
$T_A = -40^\circ\text{C}$  to  $85^\circ\text{C}$ ,  $V_{CC} = 2.7\text{ V}$  to  $6.0\text{ V}$  (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Condition	Min	Max	Units
$V_{IL}$	Input Low Voltage		-0.5	$0.2 V_{CC}-0.1$	V
$V_{IH}$	Input High Voltage	(Except XTAL1, RST)	$0.2 V_{CC}+0.9$	$V_{CC}+0.5$	V
$V_{IH1}$	Input High Voltage	(XTAL1, RST)	$0.7 V_{CC}$	$V_{CC}+0.5$	V
$V_{OL}$	Output Low Voltage <sup>(1)</sup> (Ports 1, 3)	$I_{OL} = 20\text{ mA}$ , $V_{CC} = 5\text{ V}$ $I_{OL} = 10\text{ mA}$ , $V_{CC} = 2.7\text{ V}$		0.5	V
$V_{OH}$	Output High Voltage (Ports 1, 3)	$I_{OH} = -80\ \mu\text{A}$ , $V_{CC} = 5\text{ V} \pm 10\%$	2.4		V
		$I_{OH} = -30\ \mu\text{A}$	$0.75 V_{CC}$		V
		$I_{OH} = -12\ \mu\text{A}$	$0.9 V_{CC}$		V
$I_{IL}$	Logical 0 Input Current (Ports 1, 2, 3)	$V_{IN} = 0.45\text{ V}$		-50	$\mu\text{A}$
$I_{TL}$	Logical 1 to 0 Transition Current (Ports 1, 2, 3)	$V_{IN} = 2\text{ V}$		-750	$\mu\text{A}$
$I_{LI}$	Input Leakage Current (Port P1.0, P1.1)	$0 < V_{IN} < V_{CC}$		$\pm 10$	$\mu\text{A}$
$V_{OS}$	Comparator Input Offset Voltage	$V_{CC} = 5\text{ V}$		20	mV
$V_{CM}$	Comparator Input Common Mode Voltage		0	$V_{CC}$	V
RRST	Reset Pulldown Resistor		50	300	$\text{K}\Omega$
$C_{IO}$	Pin Capacitance	Test Freq. = 1 MHz, $T_A = 25^\circ\text{C}$		10	pF
$I_{CC}$	Power Supply Current	Active Mode, 12 MHz, $V_{CC} = 6\text{ V}/3\text{ V}$		15/5.5	mA
		Idle Mode, 12 MHz, $V_{CC} = 6\text{ V}/3\text{ V}$ $P1.0 \ \& \ P1.1 = 0\text{V or } V_{CC}$		5/1	mA
	Power Down Mode <sup>(2)</sup>	$V_{CC} = 6\text{ V}$ $P1.0 \ \& \ P1.1 = 0\text{V or } V_{CC}$		100	$\mu\text{A}$
		$V_{CC} = 3\text{ V}$ $P1.0 \ \& \ P1.1 = 0\text{V or } V_{CC}$		20	$\mu\text{A}$

Notes: 1. Under steady state (non-transient) conditions,  $I_{OL}$  must be externally limited as follows:  
Maximum  $I_{OL}$  per port pin: 20 mA  
Maximum total  $I_{OL}$  for all output pins: 80 mA

If  $I_{OL}$  exceeds the test condition,  $V_{OL}$  may exceed the related specification. Pins are not guaranteed to sink current greater than the listed test conditions.  
2. Minimum  $V_{CC}$  for Power Down is 2 V.

External Clock Drive Waveforms



External Clock Drive

Symbol	Parameter	$V_{CC} = 2.7 V \text{ to } 6.0 V$		$V_{CC} = 4.0 V \text{ to } 6.0 V$		Units
		Min	Max	Min	Max	
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	0	12	0	24	MHz
$t_{CLCL}$	Clock Period	83.3		41.6		ns
$t_{CHCX}$	High Time	30		15		ns
$t_{CLCX}$	Low Time	30		15		ns
$t_{CLCH}$	Rise Time		20		20	ns
$t_{CHCL}$	Fall Time		20		20	ns



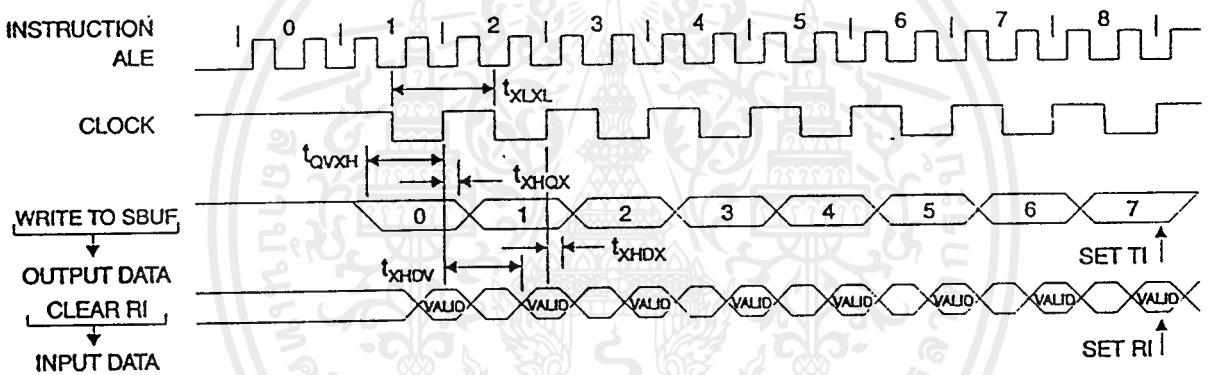


## Serial Port Timing: Shift Register Mode Test Conditions

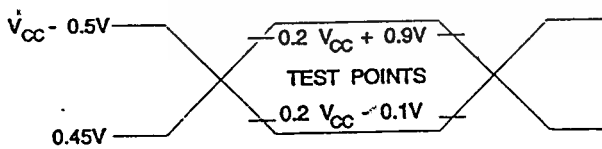
( $V_{CC} = 5.0\text{ V} \pm 20\%$ ; Load Capacitance = 80 pF)

Symbol	Parameter	12 MHz Osc		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
$t_{XLXL}$	Serial Port Clock Cycle Time	1.0		$12t_{CLCL}$		$\mu\text{s}$
$t_{QVXH}$	Output Data Setup to Clock Rising Edge	700		$10t_{CLCL}-133$		ns
$t_{XHQX}$	Output Data Hold After Clock Rising Edge	50		$2t_{CLCL}-33$		ns
$t_{XHDX}$	Input Data Hold After Clock Rising Edge	0		0		ns
$t_{XHdV}$	Clock Rising Edge to Input Data Valid		700		$10t_{CLCL}-133$	ns

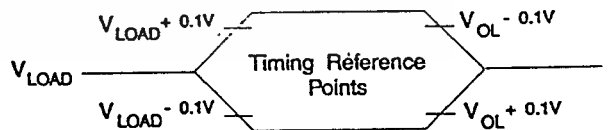
## Shift Register Mode Timing Waveforms



## AC Testing Input/Output Waveforms <sup>(1)</sup> Float Waveforms <sup>(1)</sup>

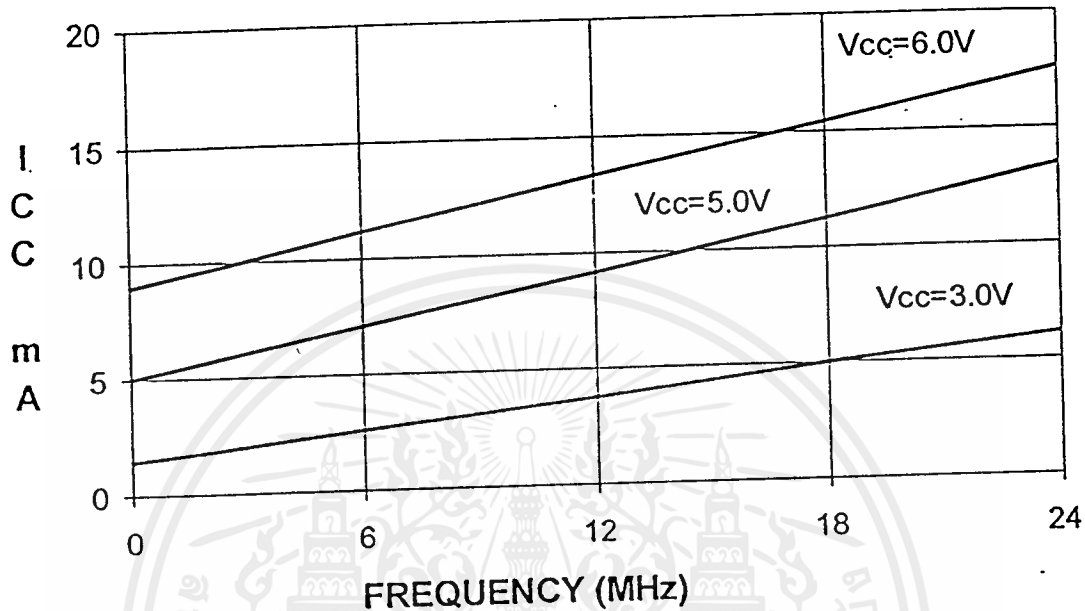


Note: 1. AC Inputs during testing are driven at  $V_{CC} - 0.5\text{ V}$  for a logic 1 and  $0.45\text{ V}$  for a logic 0. Timing measurements are made at  $V_{IH}\text{ min.}$  for a logic 1 and  $V_{IL}\text{ max.}$  for a logic 0.

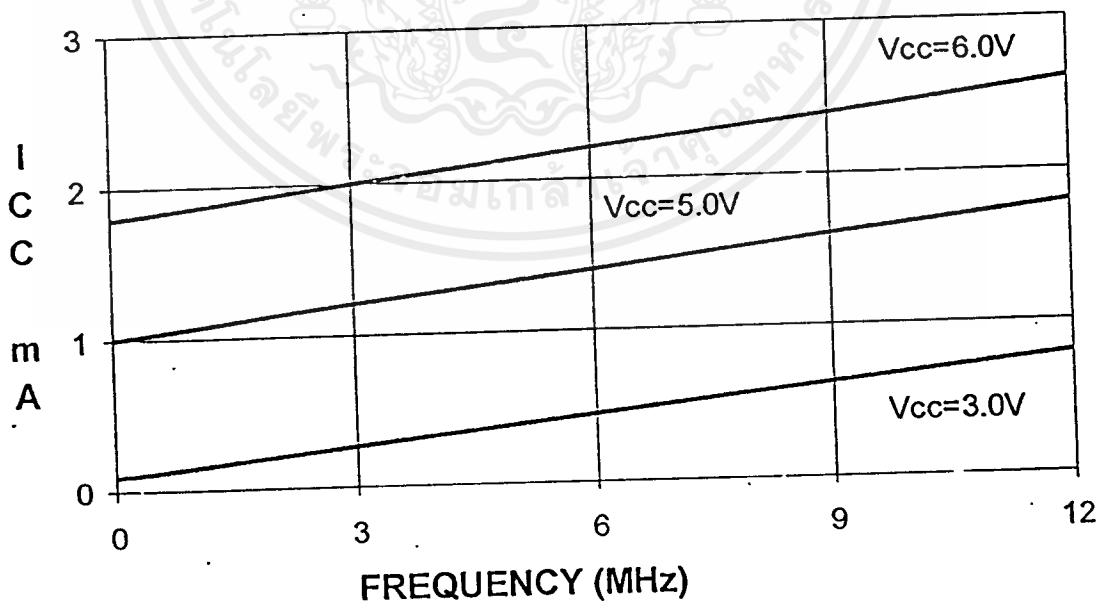


Note: 1. For timing purposes, a port pin is no longer floating when a  $100\text{ mV}$  change from load voltage occurs. A port pin begins to float when a  $100\text{ mV}$  change from the loaded  $V_{OH}/V_{OL}$  level occurs.

**AT89C2051**  
TYPICAL ICC - ACTIVE (85°C)

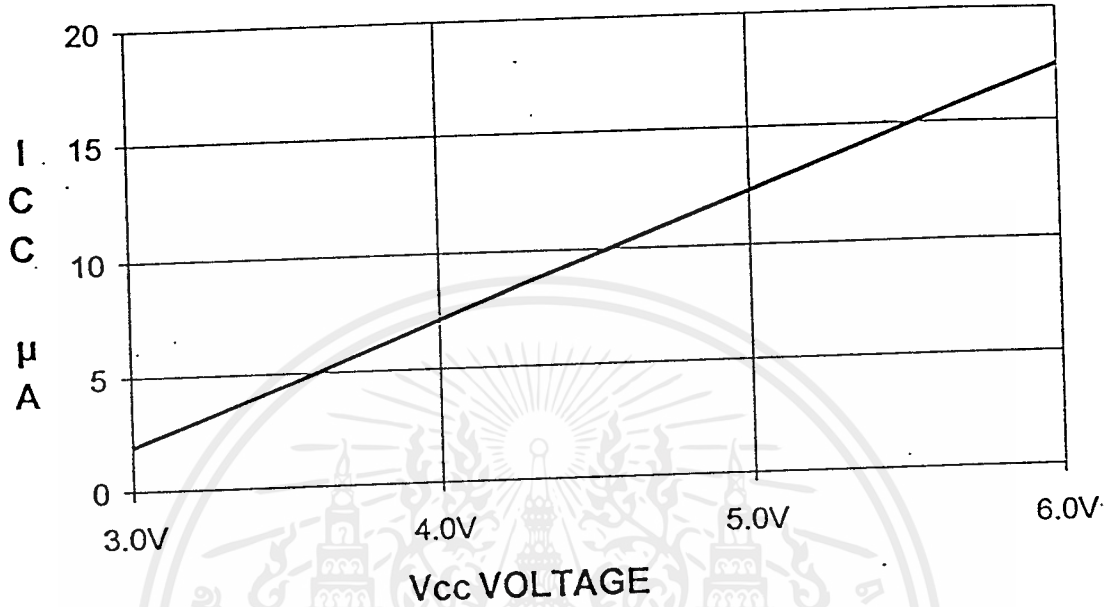


**AT89C2051**  
TYPICAL ICC - IDLE (85°C)



## AT89C2051

### TYPICAL $I_{CC}$ vs. VOLTAGE- POWER DOWN (85°C)



- Note:
1. XTAL1 tied to GND for  $I_{CC}$  (power down).
  2. P.1.0 and P1.1 =  $V_{CC}$  or GND.
  3. Lock bits programmed.

Ordering Information

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package	Operation Range
12	2.7 V to 6.0 V	AT89C2051-12PC AT89C2051-12SC	20P3 20S	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C2051-12PI AT89C2051-12SI	20P3 20S	Industrial (-40°C to 85°C)
24	4.0 V to 6.0 V	AT89C2051-24PC AT89C2051-24SC	20P3 20S	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C2051-24PI AT89C2051-24SI	20P3 20S	Industrial (-40°C to 85°C)



Package Type	
20P3	20 Lead, 0.300" Wide, Plastic Dual In-line Package (PDIP)
20S	20 Lead, 0.300" Wide, Plastic Gull Wing Small Outline (SOIC)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ข

โปรแกรมการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**DUAL CHANNEL PRINTING INTEGRATOR**  
**FOR INTEGRATING DC CURRENT GENERATED BY A**  
**PHOTOVOTAIC PANEL**

SOH	EQU	01H	; START OF HEADER
LF	EQU	0AH	; LINE FEED
FF	EQU	0CH	; FORM FEED
CR	EQU	0Dh	; CARRIAGE RETURN
EOS	EQU	10H	; END OF STRING
BYTE_LOW	EQU	21H	
BYTE_HIGH	EQU	22H	
NUMBER_BIN	EQU	30H	; NUMBER OF RECORDS IN BINARY
NEW			30H,31H MAX 65536 RECORDS
NUMBER_BCD	EQU	32H	; NUMBER OF RECORDS IN BCD
			32H,33H,34H MAX 99999 RECORDS
SAVE_DATA1	EQU	35H	; SAVE DATA IN BCD 35H 36H 37H
MAX			999999 RECORDS
READ_DATA1	EQU	38H	; READ DATA IN BCD 38H 39H 3AH
MAX			999999 RECORDS
READ_PULSE1	EQU	3BH	; READING PULSE FOR RETEIVING
			RECORDED DATA 3BH,3CH
SAVE_DATA2	EQU	45H	; SAVE DATA IN BCD 35H 36H 37H
MAX			999999 RECORDS
READ_DATA2	EQU	48H	; READ DATA IN BCD 38H 39H 3AH
			MAX 999999 RECORDS
READ_PULSE2	EQU	4BH	; READING PULSE FOR RETEIVING
			RECORDED DATA 3BH,3CH
SEC	EQU	51H	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MIN      EQU      52H
HOUR     EQU      53H
DAY      EQU      54H
MONTH    EQU      55H
YEAR     EQU      56H

IO       EQU      P3.0
SCLK     EQU      P3.1
RST      EQU      P3.7

```

\*\*\*\*\*

```

ORG      000H
LJMP     MAIN

ORG      00BH
LJMP     CHANNEL_1

ORG      01BH
LJMP     CHANNEL_2

ORG      100H

```

\*\*\*\*\*

; INIT\_COUNTER : INITIAL COUNTER INTERRUPT SERVICE ROUTINES

```

INIT_COUNTER:   SETB EA           ; ENABLE ALL INTERRUPT
                MOV    TMOD,#55H   ; SET COUNTER 0 AND 1 TO MODE 1
                SETB  ET0
                SETB  ET1           ; ENABLE COUNTER 0

INTERRUPT
                MOV    TL0,#0EFH
                MOV    TH0,#0D8H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV     TL1,#0EFH           ; COUNT 10000D (0FFFFH-
                             10000D=0D8EFH)
MOV     TH1,#0D8H
SETB    TR0
SETB    TR1                 ; START TIMER/COUNTER 0
RET

```

```

*****
; BYTE_ASCII : CONVERT A TO ASCII CODE IN LOW AND HIGH BYTE
; INPUT      : A
; OUTPUT     : BYTE_HIGH, BYTE_LOW

```

```

BYTE_ASCII:  PUSH  ACC
             SWAP  A
             ACALL ASCII_09
             MOV   BYTE_HIGH,A
             POP   ACC
             ACALL ASCII_09
             MOV   BYTE_LOW,A
             RET

```

```

ASCII_09:
ANL     A,#0FH
MOV     R0,A
CLR     C
SUBB   A,#0AH
JNC    ASCII_AF
MOV     A,R0
ORL    A,#30H
RET

```

ASCII\_AF:

```
MOV      A,R0
ADD      A,#37H
RET
```

\*\*\*\*\*

;BCD\_BIN : CONVERT 0-12 BCD NUMBER TO BINARY NUMBER

;INPUT :

;OUTPUT :

BCD\_BIN:

```
CJNE    A,#10H,BIN2
MOV     A,#0AH
RET
```

BIN2:

```
CJNE    A,#11H,BIN3
MOV     A,#0BH
RET
```

BIN3:

```
CJNE    A,#12H,BIN4
MOV     A,#0CH
RET
```

BIN4: RET

\*\*\*\*\*

;SEND\_ASCII : SEND ASCII IN BYTE HIGH AND BYTE LOW TO PRINTER PORT

;INPUT :

;OUTPUT :

SEND\_ASCII:

```
LCALL   BYTE_ASCII
MOV     A,BYTE_HIGH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกิจการเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ACALL PRINT_STR
MOV A,BYTE_LOW
ACALL PRINT_STR
RET

```

```

;*****
;SEND_STRING : SEND STRING IN DATA TABLE TO PRINTER PORT

```

```
SEND_STRING:
```

```

CLR A
MOVC A,@A+DPTR
CJNE A,#EOS,SEND_STR1
RET

```

```
SEND_STR1:
```

```

ACALL PRINT_STR
INC DPTR
SJMP SEND_STRING

```

```

;*****
;PRINT_STR : PRINT STRING BY SEND ASCII CODE TO PRINTER PORT

```

```

; P1.0 - P1.6 = ASCII CODE DATA (D0-D6)
; P1.7 = STROBE SIGNAL
; P3.3 = BUSY SIGNAL

```

```
PRINT_STR:
```

```

JB P3.3,PRINT_STR ; WAIT PRINTER ON-LINE
MOV P1,A ; SEND STRING TO PRINTER PORT
CLR P3.2
SETB P3.2
RET

```

```

;*****
;PRINT_COLLON : SEND COLLON SYMBOL TO PRINTER PORT
;INPUT      : A
;OUTPUT     : NONE

```

```

PRINT_COLLON:
MOV  A,#':'
    ACALL  PRINT_STR
    RET

```

```

;*****
;NEW_LINE :
;INPUT     : A
;OUTPUT    : PRINTER PORT

```

```

NEW_LINE:
MOV  A,#0EH
    ACALL  PRINT_STR
MOV  A,#0AH
    ACALL  PRINT_STR
    RET

```

```

;*****
;BIN_BCD : CONVERT 16 BIT BINARY NUMBER TO BCD NUMBER
;INPUT    :
;OUTPUT   :

```

```

BIN_BCD:
MOV  NUMBER_BCD,#00H
MOV  NUMBER_BCD+1,#00H
MOV  NUMBER_BCD+2,#00H
MOV  R1,#00H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOV R2,#16D

SHIFT\_BIT:

CLR C  
MOV A,NUMBER\_BIN  
RLC A  
MOV NUMBER\_BIN,A  
MOV A,NUMBER\_BIN+1  
RLC A  
MOV NUMBER\_BIN+1,A  
JNC NEXT\_BIT

BCD\_1:

CLR C  
MOV R0,#32H  
MOV R3,#03H  
MOV DPTR,#BCD\_TABLE

BCD\_2:

MOV A,R1  
MOVC A,@A+DPTR  
ADDC A,@R0  
DA A  
MOV @R0,A  
INC DPTR  
INC R0  
DJNZ R3,BCD\_2

NEXT\_BIT:

INC R1  
INC R1  
INC R1  
DJNZ

R2,SHIFT\_BIT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RET

BCD\_TABLE:

DB 68H,27H,03H  
DB 84H,63H,01H  
DB 92H,81H,00H  
DB 96H,40H,00H  
DB 48H,20H,00H  
DB 24H,10H,00H  
DB 12H,05H,00H  
DB 56H,02H,00H  
DB 28H,01H,00H  
DB 64H,00H,00H  
DB 32H,00H,00H  
DB 16H,00H,00H  
DB 08H,00H,00H  
DB 04H,00H,00H  
DB 02H,00H,00H  
DB 01H,00H,00H

\*\*\*\*\*

; BCD\_SUM : ADD TWO'S SIX DIGIT BCD CONTAIN IN THREE BYTE

;

; POINTED BY R0 AND R1

; FIRST = {FIRST + SECOND}

; ENTRY : R0 POINT TO LSD FIRST BCD NUMBER

; R1 POINT TO LSD SECOND BCD NUMBER

; EXIT : RESULTS PLACE TO FIRST BCD NUMBER

; C = 1 {OVERFLOW, eg. GREATER THAN 999999}

BCD\_SUM1:

CLR C

MOV R7, #03H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MOV R0,#SAVE_DATA1
MOV R1,#READ_DATA1
```

SUM1:

```
MOV A,@R0
ADDC A,@R1
DA A
MOV @R0,A
INC R0
INC R1
DJNZ R7,SUM1
RET
```

\*\*\*\*\*

BCD\_SUM2:

```
CLR C
MOV R7,#03H
MOV R0,#SAVE_DATA2
MOV R1,#READ_DATA2
```

SUM2:

```
MOV A,@R0
ADDC A,@R1
DA A
MOV @R0,A
INC R0
INC R1
DJNZ R7,SUM2
RET
```

\*\*\*\*\*

BYTEWR:

```
CLR      RST
CLR      SCLK
SETB     RST
ACALL    DELAY
MOV      B,#08H      ; SEND COMMAND
CLR      C
```

BYTEWR\_1:

```
MOV      A,R6
RRC      A
MOV      R6,A
MOV      IO,C
ACALL    SCLKW
DJNZ     B,BYTEWR_1

MOV      B,#08H      ; SEND DATA BYTE
CLR      C
```

BYTEWR\_2:

```
MOV      A,R7
RRC      A
MOV      R7,A
MOV      IO,C
ACALL    SCLKW
DJNZ     B,BYTEWR_2
CLR      RST
ACALL    DELAY
RET
```

\*\*\*\*\*

BYTERD:

```
CLR      RST
CLR      SCLK
```

```

SETB      RST
ACALL     DELAY
MOV       B,#08H
CLR       C

```

BYTERD\_1:

```

MOV       A,R6
RRC       A
MOV       R6,A
MOV       IO,C
ACALL     SCLKW
DJNZ      B,BYTERD_1
MOV       B,#08H
MOV       R7,#00H

```

BYTERD\_2:

```

ACALL     SCLKR
MOV       A,R7
MOV       C,IO
RRC       A
MOV       R7,A
DJNZ      B,BYTERD_2
CLR       RST
ACALL     DELAY
RET

```

\*\*\*\*\*

SCLKW:

```

CLR       SCLK
ACALL     DELAY
SETB      SCLK
ACALL     DELAY

```

RET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

\*\*\*\*\*  
;

SCLKR:

```
SETB          SCLK
ACALL         DELAY
CLR           SCLK
ACALL         DELAY
RET
```

\*\*\*\*\*  
;

; DELAY : TIME DELAY 15US ROUTINE

; INPUT : B

; OUTPUT : NONE

DELAY:

```
PUSH          B
MOV           B,#22D
DJNZ         B,$
POP           B
RET
```

\*\*\*\*\*  
;

SETTIME:

```
MOV          R6,#8EH          ; WRITE PROTECTION
```

COMMAND

```
MOV          R7,#00H
```

```
ACALL        BYTEWR
```

```
MOV          R6,#80H          ; WRITE SECOND AND CLR
                                CHFLAG
```

```
MOV          R7,#00H          ; SEC = 55
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ACALL    BYTEWR

MOV      R6,#82H          ; WRITE MINUTE
MOV      R7,#00H          ; MIN = 59
ACALL    BYTEWR
MOV      R6,#84H          ; WRITE HOUR
MOV      R7,#06H          ; HOUR = 05
ACALL    BYTEWR
MOV      R6,#86H          ; WRITE DATE
MOV      R7,#26H          ; DATE = 26
ACALL    BYTEWR
MOV      R6,#88H          ; WRITE MONTH
MOV      R7,#02H          ; MONTH = 02
ACALL    BYTEWR
MOV      R6,#8AH          ; WRITE DAY
MOV      R7,#03H          ; DAY = WEDNESDAY
ACALL    BYTEWR
MOV      R6,#8CH          ; WRITE YEAR
MOV      R7,#98H          ; WRITE = 98
ACALL    BYTEWR
MOV      R6,#8EH          ; WRITE PROTECTION

"ACTIVE"
MOV      R7,#80H
RET

```

```

;*****
;

```

```

; GET_MONTH :
; INPUT   :
; OUTPUT  :

```

```

GET_MONTH:

```

```

MOV      R4,#00H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV     R6,#89H           ; READ MONTH
ACALL   BYTERD
MOV     A,R7
ACALL   BCD_BIN
MOV     R5,A

```

```
GETM_1:
```

```

MOV     R2,#09H
DEC     R5
MOV     A,R5
CJNE   A,#00H,GETM_3
MOV     R3,#09H

```

```
GETM_2:
```

```

MOV     DPTR,#MONTH_TABLE
MOV     A,R4
MOVC   A,@A+DPTR
ACALL  PRINT_STR
INC     R4
DJNZ   R3,GETM_2
RET

```

```
GETM_3:
```

```

INC     R4
DJNZ   R2,GETM_3
SJMP   GETM_1

```

```
MONTH_TABLE:
```

```

DB     '/ JAN /'
DB     '/ FEB /'
DB     '/ MAR /'
DB     '/ APR /'
DB     '/ MAY /'
DB     '/ JUN /'

```

```

DB  '/JUL/'
DB  '/AUG/'
DB  '/SEP/'
DB  '/OCT/'
DB  '/NOV/'
DB  '/DEC/'
RET

```

\*\*\*\*\*

```

; CHECK_10MIN :

```

```

; INPUT      :

```

```

; OUTPUT     :

```

```

CHECK_10MIN:

```

```

    ACALL    DELAY
    MOV      R6,#83H          ; READ MINUTE
    ACALL    BYTERD
    MOV      A,R7
    ADD      A,#10H
    DA
    ANL      A,#0F0H
    CJNE     A,#60H,MIN10_1
    MOV      A,#00H

```

```

MIN10_1:

```

```

    MOV      MIN,A

```

```

MIN10_2:

```

```

    ACALL    DELAY
    MOV      R6,#83H          ; READ MINUTE
    ACALL    BYTERD
    MOV      A,R7

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CJNE      A,MIN,MIN10_2
RET
```

```
*****
;
```

```
; CHECK_1MIN :
```

```
; INPUT      :
```

```
; OUTPUT     :
```

```
CHECK_1MIN:
```

```
ACALL     DELAY
MOV       R6,#83H           ; READ MINUTE
ACALL     BYTERD
MOV       A,R7
ADDC     A,#01H
DA        A
CJNE     A,#60H,MIN1_1
MOV       A,#00H
```

```
MIN1_1:
```

```
MOV       MIN,A
```

```
MIN1_2:
```

```
ACALL     DELAY
MOV       R6,#83H           ; READ MINUTE
ACALL     BYTERD
MOV       A,R7
CJNE     A,MIN,MIN1_2
RET
```

```
*****
;
```

```
;* COUNTER 0 INTERRUPT SERVICE ROUTINE *
```

```
;* INCREMENT SOLAR RADIATION VALUE AT CHANNEL 1 *
```

```
*****
;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CHANNEL\_1:

```
PUSH    PSW
PUSH    ACC
PUSH    DPL
PUSH    DPH
MOV     PSW,#01H           ; SELECT REGISTER BANK 1
CLR     C
MOV     A,#01H
ADDC   A,READ_PULSE1
MOV     READ_PULSE1,A
MOV     ACC.0,C
ANL    A,#01H
ADD    A,READ_PULSE1+1
MOV     READ_PULSE1+1,A
MOV     TLO,#0EFH
MOV     TH0,#0D8H

POP     DPH
POP     DPL
POP     ACC
POP     PSW
RETI
```

\*\*\*\*\*

;\* COUNTER 1 INTERRUPT SERVICE ROUTINE \*

;\* INCREMENT SOLAR RADIATION VALUE AT CHANNEL 2 \*

\*\*\*\*\*

CHANNEL\_2:

```
PUSH    PSW
PUSH    ACC
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

PUSH    DPL
PUSH    DPH
MOV     PSW,#10H           ; SELECT REGISTER BANK 2
CLR     C
MOV     A,#01H
ADDC   A,READ_PULSE2
MOV     READ_PULSE2,A
MOV     ACC.0,C
ANL    A,#01H
ADD    A,READ_PULSE2+1
MOV     READ_PULSE2+1,A
MOV     TL1,#0EFH
MOV     TH1,#0D8H

POP     DPH
POP     DPL
POP     ACC
POP     PSW
RETI

```

\*\*\*\*\*

```

; PRINT_DATE : SEND DAY/MONTH/YEAR VALUE TO PRINTER PORT

```

```

; INPUT  :

```

```

; OUTPUT : PRINTER PORT

```

```

PRINT_DATE:

```

```

    ACALL    NEW_LINE

```

```

    MOV     A,#SOH

```

```

    ACALL    PRINT_STR

```

```

    MOV     A,#' '

```

```

    ACALL    PRINT_STR

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV     A,#' '
ACALL  PRINT_STR
MOV     A,#' '
ACALL  PRINT_STR
ACALL  DELAY
MOV     R6,#87H           ; READ DAY
ACALL  BYTERD
MOV     A,R7
ACALL  SEND_ASCII
ACALL  GET_MONTH
ACALL  DELAY
MOV     R6,#8DH           ; READ YEAR
ACALL  BYTERD
MOV     A,R7
ACALL  SEND_ASCII
RET

```

\*\*\*\*\*

```

; PRINT_TIME :
; INPUT      :
; OUTPUT     :

```

```

PRINT_TIME:
MOV     DPTR,#TIME_TABLE
ACALL  SEND_STRING
MOV     R6,#85H
ACALL  BYTERD
MOV     A,R7
ACALL  SEND_ASCII
ACALL  PRINT_COLLON
MOV     R6,#83H
ACALL  BYTERD

```



```

MOV      A,READ_DATA2+2
ACALL   SEND_ASCII
MOV      A,READ_DATA2+1
ACALL   SEND_ASCII
MOV      A,READ_DATA2
ACALL   SEND_ASCII
RET

```

```

;*****
;

```

```

;PRINT_TOTAL :

```

```

;INPUT      :

```

```

;OUTPUT     :

```

```

PRINT_TOTAL:

```

```

MOV      DPTR,#TOTAL_TABLE
ACALL   SEND_STRING
MOV      A,SAVE_DATA1+2
ACALL   SEND_ASCII
MOV      A,SAVE_DATA1+1
ACALL   SEND_ASCII
MOV      A,SAVE_DATA1
ACALL   SEND_ASCII
MOV      A,#' '
ACALL   PRINT_STR
MOV      A,#' '
ACALL   PRINT_STR
MOV      A,#' '
ACALL   PRINT_STR
MOV      A,#' '
ACALL   PRINT_STR
MOV      A,#' '
ACALL   PRINT_STR

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ACALL PRINT_STR
MOV A,SAVE_DATA2+2
ACALL SEND_ASCII
MOV A,SAVE_DATA2+1
ACALL SEND_ASCII
MOV A,SAVE_DATA2
ACALL SEND_ASCII
RET

```

```

,*****
,*
MAIN PROGRAM
,*
,*****

```

MAIN:

```

ACALL DELAY
MOV SP,#60H
MOV READ_PULSE1,#00H
MOV READ_PULSE1+1,#00H
MOV SAVE_DATA1,#00H
MOV SAVE_DATA1+1,#00H
MOV SAVE_DATA1+2,#00H
MOV READ_PULSE2,#00H
MOV READ_PULSE2+1,#00H
MOV SAVE_DATA2,#00H
MOV SAVE_DATA2+1,#00H
MOV SAVE_DATA2+2,#00H
MOV P1,#00H ; CLEAR DATA D0 TO D6
SETB P3.2 ; SET STROBE SIGNAL "1"
SETB SCLK ; SCLK = "1"
CLR RST ; RST\ = "0"
ACALL SETTIME ; CALL TIMER SETTING

```

CHECK\_START:

```
ACALL    DELAY                ; CHECK TIME START AT
                                         06:00 AM
MOV      R6,#81H
ACALL    BYTERD
MOV      A,R7
CJNE    A,#00H,CHECK_START
SJMP    TITLE
```

CHECK\_00:

```
ACALL    DELAY
MOV      R6,#83H
ACALL    BYTERD
MOV      A,R7
CJNE    A,#00H,CHECK_10
SJMP    TITLE
```

CHECK\_10:

```
ACALL    DELAY
MOV      R6,#83H
ACALL    BYTERD
MOV      A,R7
CJNE    A,#10H,CHECK_20
SJMP    TITLE
```

CHECK\_20:

```
ACALL    DELAY
MOV      R6,#83H
ACALL    BYTERD
MOV      A,R7
CJNE    A,#20H,CHECK_30
SJMP    TITLE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CHECK\_30:

```
ACALL    DELAY
MOV      R6,#83H
ACALL    BYTERD
MOV      A,R7
CJNE    A,#30H,CHECK_40
SJMP     TITLE
```

CHECK\_40:

```
ACALL    DELAY
MOV      R6,#83H
ACALL    BYTERD
MOV      A,R7
CJNE    A,#40H,CHECK_50
SJMP     TITLE
```

CHECK\_50:

```
ACALL    DELAY
MOV      R6,#83H
ACALL    BYTERD
MOV      A,R7
CJNE    A,#50H,CHECK_START
```

TITLE:

```
MOV      DPTR,#TITLE_TABLE
ACALL    SEND_STRING
```

LOOP1:

```
ACALL    INIT_COUNTER
; ACALL    CHECK_1MIN    ;<===== CHANGE TIME PRINT 1 MIN
ACALL    CHECK_10MIN   ;<===== CHANGE TIME PRINT 10 MIN
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการวิชาการเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MOV     R0,READ_PULSE1
MOV     R1,READ_PULSE1+1
MOV     NUMBER_BIN,R0
MOV     NUMBER_BIN+1,R1
ACALL   BIN_BCD
MOV     READ_DATA1,NUMBER_BCD
MOV     READ_DATA1+1,NUMBER_BCD+1
MOV     READ_DATA1+2,NUMBER_BCD+2
ACALL   BCD_SUM1
```

```
MOV     R0,READ_PULSE2
MOV     R1,READ_PULSE2+1
MOV     NUMBER_BIN,R0
MOV     NUMBER_BIN+1,R1
ACALL   BIN_BCD
```

```
MOV     READ_DATA2,NUMBER_BCD
MOV     READ_DATA2+1,NUMBER_BCD+1
MOV     READ_DATA2+2,NUMBER_BCD+2
ACALL   BCD_SUM2
```

```
ACALL   PRINT_DATE
ACALL   PRINT_TIME
ACALL   PRINT_VALUE
ACALL   PRINT_TOTAL
```

```
MOV     READ_PULSE1,#00H
MOV     READ_PULSE1+1,#00H
MOV     READ_PULSE2,#00H
MOV     READ_PULSE2+1,#00H
SJMP    LOOP1
```

CHECK\_STOP:

```
ACALL    DELAY                ; CHECK TIME STOP AT 18:00 AM
MOV      R6,#85H
ACALL    BYTERD
MOV      A,R7
CJNE    A,#00H,LOOP1
LJMP    MAIN
```

TITLE\_TABLE:

```
DB    SOH,CR,LF
DB
=====',CR,LF
DB    '    DUAL CHANNEL PRINTING INTEGRATOR',CR,LF
DB    '    FOR INTEGRATING DC CURRENT GENERATED BY A
PHOTOVOTAIC PANEL',CR,LF
DB
=====',CR,LF
DB    '    DATE/MONTH/YEAR *    TIME    *    CHANNEL1    *    CHANNEL2    *
TOTAL1 * TOTAL2',CR,LF
DB
=====',EOS

TIME_TABLE:    DB    '    ',EOS
VALUE_TABLE:   DB    '    ',EOS
TOTAL_TABLE:   DB    '    ',EOS

END
```

## PROGRAM FOR SETTING STEPPING MOTOR CONTROL

**PROJECT : E-W MEASURING DAILY INSOLATIONS**  
**SET : 4 MINUTE FOR DRIVE MOTOR 1 DEGREE**  
**X - TAL : 3.579545**  
**CONTROLLER : 89C2051**

CPU "8051.TBL"

HOF "INT8"

;MCS-51 INTERNAL REGISTERS

B: EQU 0F0H ;B REGISTER  
ACC: EQU 0E0H ;ACCUMULATOR  
PSW: EQU 0D0H ;PROGRAM STATUS WORD  
IPC: EQU 0B8H ;INTERRUPT PRIORITY  
P3: EQU 0B0H ;PORT 3  
IEC: EQU 0A8H ;INTERRUPT ENABLE  
P2: EQU 0A0H ;PORT 2  
SBUF: EQU 99H ;SEND BUFFER  
SCON: EQU 98H ;SERIAL CONTROL  
P1: EQU 90H ;PORT 1  
TH1: EQU 8DH ;TIMER 1 HIGH  
TH0: EQU 8BH ;TIMER 1 LOW  
TL0: EQU 8AH ;TIMER 0 LOW  
TMOD: EQU 89H ;TIMER MODE  
TCON: EQU 88H ;TIMER CONTROL  
PCON: EQU 87H ;POWER CONTROL REGISTER  
DPH: EQU 83H ;DATA POINTER HIGH  
DPL: EQU 82H ;DATA POINTER LOW  
SP: EQU 81H ;STACK POINTER  
PO: EQU 80H ;PORT 0

## ;MCS-51 INTERNAL BIT ADDRESSES

CY:	EQU	0D7H ;CARRY FLAG
AC:	EQU	0D6H ;AUXILIARY-CARRY FLAG
FO:	EQU	0D5H ;USER FLAG 0
RS1:	EQU	0D4H ;REGISTER SELECT MSB
RS0:	EQU	0D3H ;REGISTER SELECT LSB
OV:	EQU	0D2H ;OVERFLOW FLAG
P:	EQU	0D0H ;PARITY FLAG
PS:	EQU	0BCH ;PRIORITY SERIAL PORT
PT1:	EQU	0BBH ;PRIORITY TIMER 1
PX1:	EQU	0BAH ;PRIORITY EXTERNAL 1
PT0:	EQU	0B9H ;PRIORITY TIMER 0
PX0:	EQU	0B8H ;PRIORITY EXTERNAL 0
EA:	EQU	0AFH ;ENABLE ALL INTERRUPT
ES:	EQU	0ACH ;ENABLE SERIAL INTERRUPT
ET1:	EQU	0ABH ;ENABLE TIMER 1 INTERRUPT
EX1:	EQU	0AAH ;ENABLE
ET0:	EQU	0A9H ;ENABLE TIMER 0 INTERRUPT
EX0:	EQU	0A8H ;ENABLE EXTERNAL 0 INTERRUPT
SM0:	EQU	09FH ;SERIAL MODE 0
SM1:	EQU	09EH ;SERIAL MODE 1
SM2:	EQU	09DH ;SERIAL MODE 2
REN:	EQU	09CH ;SERIAL RECEPTION ENABLE
TB8:	EQU	09BH ;TRANSMITT BIT 8
RB8:	EQU	09AH ;RECEIVE BIT 8
TI:	EQU	099H ;TRANSMIT INTERRUPT FLAG
RI:	EQU	098H ;RECEIVE INTERRUPT FLAG
TF1:	EQU	08FH ;TIMER 1 OVERFLOW FLAG
TR1:	EQU	08EH ;TIMER 1 RUN CONTROL BIT
TF0:	EQU	08DH ;TIMER 0 OVERFLOW FLAG
TR0:	EQU	08CH ;TIMER 0 RUN CONTROL BIT

IE1: EQU 08BH ;EXT INTERR. 1 EDGE FLAG  
 IT1: EQU 08AH ;EXT INTERR. 1 TYPE FLAG  
 IE0: EQU 089H ;EXT INTERR. 0 EDGE FLAG  
 IT0: EQU 088H ;EXT INTERR. 0 TYPE FLAG

**; PORT 1 BIT ADDRESS**

P1.0: EQU 090H ; START COMMAND  
 P1.1: EQU 091H ; select A-B only or A-B-C-D  
 P1.2: EQU 092H  
 P1.3: EQU 093H  
 P1.4: EQU 94H ; output solenoid#4 option  
 P1.5: EQU 095H ; output solenoid#3 option  
 P1.6: EQU 096H ; output solenoid#2 → A-C  
 P1.7: EQU 097H ; output solenoid#1 → A-B  
 P2.0: EQU 0A0h ; time base indicator  
 P2.1: EQU 0A1h ; clock out 50.000 Hz for calibration !  
 P2.2: EQU 0A2h ; tone output  
 P3.0: EQU 0B0h  
 P3.1: EQU 0B1h  
 P3.2: EQU 0B2h  
 P3.3: EQU 0B3h  
 P3.4: EQU 0B4h  
 P3.5: EQU 0B5h  
 P3.6: EQU 0B6h  
 P3.7: EQU 0B7h

SAVE\_L: EQU 048H ; SAVE POINTER USE IN INTERRUPT

**SERVICE**

SAVE\_H: EQU 049H ; ROUTINE

STATE: EQU 038H ; STATE BYTE 1 = TIME

**PROGRAM**

**; RAM BIT ADDRESS**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

SERIAL:      EQU      18h    ; on/off send data
SIM:         EQU      19h    ; simulate mode (speed-up test)
BLINK:       EQU      1ah
OUTPUT:      EQU      21h    ; 16 bit output control 21h 22h

KEY:         EQU      0BH
LED:         EQU      08H    ; INTERRUPT BLINK
XOFF_FLAG:   EQU      0AH
ZEROING:     EQU      0DH
VALVE:       EQU      0EH
CYCLE_COUNT: EQU      0FH

```

; current time storage

```

SEC100:      EQU      25h
SEC:         EQU      26h
MIN:         EQU      27h
HOUR:        EQU      28h
DAY:         EQU      29h
MONTH:       EQU      2AH
YEAR:        EQU      2BH
WARM_CODE:   EQU      2Eh
LIGHT:       EQU      2Dh
ECONO:       EQU      2Ch
TL0ADJ:      EQU      2Fh
MOTORD:      EQU      30h
MIN41:       EQU      31h

RECEIVE_BUFFER: EQU      4AH
TOP_FIFO:    EQU      1000H ; TOP OF FIFO BUFFER

CR:          EQU      0DH
LF:          EQU      0AH

```

```
EOS:          EQU          10H
BELL:         EQU          07H
```

```
*****
```

```
ORG          000H
LJMP         MAIN_TIMER
ORG          003H
LJMP         SREVICE_INT0      ; for airconditioner start manually
ORG          00BH
LJMP         SERVICE_TO       ; TIMER COUNTER 0 INTERRUPT
ORG          0100H
```

```
*****
```

```
TIMER 0 INTERRUPT SERVICE ROUTINE
; enter to this routine every 1/10 Hz
; update current time and date
; check current day and time every 1 sec
; if current time = set time the activates 8 output bit
```

```
*****
```

```
SERVICE_TO:  PUSH  PSW
              PUSH  ACC
              PUSH  B
              PUSH  DPL
              PUSH  DPH
              MOV   PSW,#00001000B ; SELECT REGISTER BANK 1
```

```
; TIMER 0 SERVICE BODY
```

```
; CPL      P3.5          ; check time base should be 10/2 Hz
```

```
MOV        TH0,#COUNT_H
```

```
MOV        TL0,tl0adj      ; get low byte adjustable
```

```
lcall     light_on
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

inc    sec100
mov    a,sec100
cjne   a,#0AH,CHECK_SEC ; update second every 10 counts
inc    econo
mov    a,econo
cjne   a,#05h,skip_econo
mov    econo,#00h
setb   blink
clr    p3.7                ; turn on light every 5 second
                        ; since inc sec 100 as binary

```

```
skip_econo:
```

```
no_send:  mov    sec100,#00h
          mov    a,sec
          add    a,#01d
          daa
          mov    sec,a

```

```
CHECK_SEC :
```

```

mov    a,sec
cjne   a,#60h,CHECK_MIN
jnb    sim,min_send

```

```
min_send:
```

```

mov    sec,#00d
mov    a,min
add    a,#01d
daa
mov    min,a

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

\*\*\*\*\*;

;\*SET TIMER FOR SOLAR CELLS CONTRON DIRECTIONS E-W FOLLOWER  
THE SUN\*;

\*\*\*\*\*;

\*\*\*\*\*;

\*\*\*\*\* 5 MINUTE \*\*\*\*\*;

\*\*\*\*\*;

CHECK\_MIN:

```

mov      a,min
cjne     a,#4d,CHECK_HOUR      ;< =====MINUTE
;mov     a,sec
;cjne    a,#30d,CHECK_HOUR     ;< =====SET SECOND
MOV      MIN,#00D
MOV      SEC,#00H
MOV      SEC100,#00H
MOV      A,MOTORD
RR A
MOV      P1,A
MOV      MOTORD,A
cpl      p3.1

```

\*\*\*\*\*;

\*\*\*\*\*;

CHECK\_HOUR:

```

POP      DPH
POP      DPL
POP      B
POP      ACC
POP      PSW

```

RETI

;light\_on blink led shows time base is run

```
light_on:  jnb    blink,led_on      ; if blink not set do not count down
           mov    a,light
           inc    a
           mov    light,a
           cjne   a,#01h,led_on
           mov    light,#00h
           setb   p3.7    ; off light
           clr    blink    ; finished blink
```

led\_on: ret

; service\_int0 activates three output port manually

```
service_int0:  push   acc
               setb   0fh
               mov    a,output
               cpl    a
               mov    p1,a
               pop    acc
               reti
```

```
#####
#####MAIN PROGRAM#####
#####
```

```
CURRENT_TIME_L:    EQU    40H
CURRENT_TIME_H:    EQU    41H
CURRENT_PROG_L:    EQU    42H
CURRENT_PROG_H:    EQU    43H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

COUNT_L:          EQU          92H    ;7AH    ;< ===find adjust in case of
oscillation frequency is not a 3.579545 MHz
COUNT_H:          EQU          8BH    ; interrupt every 3.579545 MHz/12
                                     ; = 10 Hz

```

MAIN\_TIMER:

```

MOV    MOTORD,#10001000B
MOV    SP,#60H                ; stack area start $ 60-$ 7f
mov    light,#00h
mov    p1,#11111111b         ; off output
clr    serial
clr    blink
mov    sec100,#00h
mov    econo,#00h
mov    tl0adj,#92h          ; for adjustment later via user
calibrate
mov    a,warm_code
cjne  a,#'%' ,cold_boot
sjmp  warm_boot

cold_boot:
mov    warm_code,#'%'
MOV    SEC,#00D
MOV    MIN,#00H
MOV    HOUR,#00H
MOV    DAY,#00H
MOV    MONTH,#00H
MOV    YEAR,#00H
mov    output,#00h

warm_boot:
SETB   EA                    ; ENABLE ALL INTERRUPT
SETB   ET0                   ; ENABLE TIMER0 INTERRUPT
MOV    TMOD,#00000001B      ; SET MODE 1 TO (16 BIT DRIVE)
SETB   PT0                   ; TIMER0 HIGHEST PRIORITY

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

mov    th0,#count_h           ; start timer
mov    tl0,#count_l
setb   tr0                     ; start timer
MOV    MIN41,#00H
SETB   P1.1

test10:
MOV    A,MIN
MIN_NC:
CJNE   A,MIN,MIN_CH
NOP
NOP
SJMP   MIN_NC
MIN_CH:
INC    MIN41
MOV    A,MIN41
CJNE   A,#04D,TEST10
CPL    P1.1
MOV    MIN41,#00H
LJMP   TEST10
END

; #####
;

```

## ประวัติผู้เขียน

นายบูรินทร์ คณะเจริญ

เกิดวันที่ 24 กรกฎาคม 2517

- จบการศึกษาระดับประถมศึกษาจากโรงเรียนทรงวิทยศึกษาศึกษา ปีการศึกษา 2529
- จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจากโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า ปีการศึกษา 2532
- จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า ปีการศึกษา 2535
- ปัจจุบันจบการศึกษาระดับปริญญาโทจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2540

นางสาวอารี มะหะหมัด

เกิดวันที่ 20 พฤษภาคม 2520

- จบการศึกษาระดับประถมศึกษาจากโรงเรียนสมปรารถนา ปีการศึกษา 2531
- จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจากโรงเรียนเกษมพิทยา ปีการศึกษา 2534
- จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนสตรีประเทืองวิทย ปีการศึกษา 2536
- ปัจจุบันจบการศึกษาระดับปริญญาโทจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2540

## เอกสารอ้างอิง

1. ฟิสิกส์ของเซลล์สุริยะ

รศ. ยุทธ อัครมาศ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. การเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์

อาจารย์ธีรวัฒน์ ประกอบผล

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3. โครงการพิเศษเรื่อง “Dual channel integrator”

นายวันชนะ ทองทั้งสาย

