

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- [1] กฤษณพงศ์ กีรติกร. (8 มิถุนายน 2552). การแผ่รังสีดวงอาทิตย์และการวัดค่ารังสี. สืบค้นเมื่อ 29 ธันวาคม 2554, จาก <http://www.ces.kmutt.ac.th/ces2008/index.html>.
- [2] เสริม จันทร์ฉาย. (2548). คู่มือข้อมูลมาตรฐานภูมิอากาศและแสงอาทิตย์สำหรับใช้งานด้านพลังงานทดแทน. กรุงเทพฯ:จิรัญศาสตร์.
- [3] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2552). การประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์. สืบค้นเมื่อ 25 ธันวาคม 2554, จาก <http://www.are101.org/book/solsrcell-training/02General.pdf>.
- [4] วิศรุต ศรีรัตน์นะ. (2554). เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ในงานอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- [5] Gow, J.A.,Manning, C.D. (1999).Development of photovoltaic array model for use in power electronics simulation studies. *Power Apply*,146,193-200.
- [6] กิตติ ผิวขาว. (2546). การสอบเทียบและปรับปรุงความไวของเครื่องวัดรังสีอาทิตย์ภาคสนามของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. วิทยานิพนธ์ วศ.บ., มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- [7] Michalsky JJ, Harrison LC , Berkheiser WE (1995). Cosine response characteristics of some radiometric and photometric sensors. *Solar Energy*, 54, 397-402.
- [8] ดอนสัน ปงผาบ. (2549). ไมโครคอนโทรลเลอร์และการประยุกต์ใช้งาน. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น).
- [9] ประจิมพลังสันติสุข. (2550). การประยุกต์ใช้งานภาษา C สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR เล่ม 1. กรุงเทพฯ: แอพซอพท์เทค.
- [10] ประจิมพลังสันติสุข. (2551). การประยุกต์ใช้งานภาษา C สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR เล่ม 2. กรุงเทพฯ: แอพซอพท์เทค.
- [11] ศักรินทร์ โสันทนะ. (ม.ป.ป.). เครื่องมือวัดและการวัดทางไฟฟ้า. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น .
- [12] อนุรักษ์ เกษวัฒนากุล. (2553). การประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์วัดค่าพารามิเตอร์ของเซลล์แสงอาทิตย์และศึกษาคุณสมบัติของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เชิงแสง. วิทยานิพนธ์ วศ.บ., มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี.

- [13] Medugu,D.W., Burari,F.W. and Abdulazeez, A.A. (2009). Construction of a reliable model pyranometer for irradiance measurements. *African Journal of Biotechnology*, 9(12), 1719-1725.
- [14] Raihan, S. M. et al(2010).Design of Radio Telemetry Solar Radiation Sensor Using Solar Cell. *American Journal of Scientific Research*, 10, 78-86.
- [15] ไกลวัล สุวรรณที.(2549). **เครื่องวัดรังสีดวงอาทิตย์ด้วยโปรแกรม LabVIEW**.
วิทยานิพนธ์ ค.อ.ม., มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี,กรุงเทพฯ.
- [16] ณัฐวุฒิ ขาวสะอาด. (2551). **การศึกษาการลดลงของประสิทธิภาพรายปีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ภายใต้สภาวะการใช้งานจริง**. วิทยานิพนธ์ วท.ม., มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.
- [17] สหทัศน์ นรการ. (2553). **การประเมินค่าพลังงานความร้อนรายปีที่ตัวรับรังสีอาทิตย์ผลิตได้สำหรับประเทศไทย**. วิทยานิพนธ์ วท.ม., มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.
- [18] ฐิติพร เจาะจง. (2552). **การลดลงของประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์หลังการติดตั้งใช้งานในระยะยาว**. วิทยานิพนธ์ วท.ม., มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.
- [19] Martinez, M.A., Andujar, J. M. and Enrique J. M. (2009). A New and Inexpensive Pyranometer for the Visible Spectral Range. *Sensors* 2009, 9, 4615-4634.
- [20] เอกรินทร์ วาสนาส่ง และสมศักดิ์ เสนาภักดี. (2547). **เครื่องมือวัดคุณสมบัติกระแสและแรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้แสงกระพริบ**. *EECON27*,(12) 157-160.
- [21] บัณฑิต บัณฑิต, รัษฎวุฒิ ประทุมราช, รุ่งแสง เครือไวยวรรณและวันชัย คุณากรวงศ์. (2536). **ทฤษฎีและการออกแบบวงจรดิจิทัล**. กรุงเทพฯ: ฟิสิกส์เซ็นเตอร์.
- [22] ยืน ภู่วรรณ.(2523). **เทคนิคการประยุกต์และใช้งานลิเนียร์ไอซี เล่ม 1.ในเอกสารประกอบการสอนวิชาคณิตศาสตร์และคอมพิวเตอร์ในชีวิตประจำวัน**. กรุงเทพฯ:เกษมการพิมพ์.
- [23] ทีมงานสมาร์ทเลิร์นนิ่ง. (2543). **ออกแบบลายวงจรพิมพ์ด้วย Protel 99SE**. กรุงเทพฯ: สมาร์ทเลิร์นนิ่ง.
- [24] วิลาศิณี วิสิทธิ์ภาศ, วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุลและชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. (2551). **Microcontroller in Action : ทดลองและใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega128 ด้วยโปรแกรมภาษา C กับซอฟต์แวร์ Wiring**. กรุงเทพฯ: อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์.

- [25] สุเทพ มาदारาศมีและปรียกว ทิพชัย. (2550). **การเขียนโปรแกรม**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์
ท้อป.
- [26] อารัมภีร์ จันทรวิโย. (2555). **เดือนอุทกภัยล่วงหน้าด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์. เซมิคอนดัก
เตอร์อิเล็กทรอนิกส์**, (363), 88-102.
- [27] สุภัทรชัย สิงห์บาง. (2549). **คู่มือใช้งาน Protel DXP**. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- [28] ทีมงานสมาร์ทเลิร์นนิ่ง. (2543). **คัมภีร์ออกแบบวงจรIC**. กรุงเทพฯ: สมาร์ทเลิร์นนิ่ง.
- [29] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (2552). **เซลล์แสงอาทิตย์**. สืบค้นเมื่อ 25 มีนาคม
2553, จาก <http://www2.egat.co0th/re.solarcell/solarcell.html>.

ภาคผนวก



ภาคผนวก ก โค้ดโปรแกรมภาษาซีสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR

Mian

```
#include <avr/io.h>
#include <avr/interrupt.h>
#include <avr/pgmspace.h>
#include <stdio.h>
#include <stdarg.h>
#include <string.h>
#include <stdlib.h>
#include <math.h>

#include "mydefs.h"
#include "ds1820.h"
#include "DS1307.h"
#include "key.h"
#include "setup.h"
#include "eeprom.h"
#include "lcd.h"

#include "FAT/dos.h"
#include "serial.h"
#include "printf.h"

uint8_t flag;
uint8_t auto_ = 0; //mode
uint32_t timmerOn;
uint32_t timeout;
```

```
uint8_t interrupt1;

char          uartbuf[SMS_LEN]; // SMS about 250 byte

uint8_t      messagelen;
unsigned long long t;
uint8_t gsmReady;

#ifdef        MMC_CARD_SPI
    char          card_flag,
                card_remove; //status card
#endif

//-----//
uint16_t      Temperature;
//-----//
ISR(INT4_vect)
{
    flag    |= DS1307_INT;
}
//-----//

void help (void)
{
    printf ("\r\n");
    printf ("\r\nRelease Sep 11,2011");
}
}
```

```
//-----//
```

```
void update (void)
```

```
{
```

```
    RTC.year = 11;
```

```
    RTC.month = 01;
```

```
    RTC.date = 01;
```

```
    RTC.hour = 0;
```

```
    RTC.min = 0;
```

```
    RTC.sec = 0;
```

```
    update_RTC ();
```

```
}
```

```
//-----//
```

```
#ifdef MMC_CARD_SPI
```

```
uint8_t write_to_sdmmc (char *name, char *dat)
```

```
{
```

```
    uint8_t      nRet = 0;
```

```
    uint8_t result = F_ERROR;
```

```
    char        f_id;
```

```
    uint16_t    lenght;
```

```
        lenght = strlen(dat);
```

```

        f_id = Fopen(name,F_WRITE);
        if(f_id >= 0)
        {
            do
            {
                if (Fwrite(dat,lenght,f_id)!= 1)
                    result = F_ERROR;
            } while (result == F_OK );
        }
        Fclose(f_id);
        nRet = 1;
    }

    return nRet;
}
#endif

//-----//
#ifdef MMC_CARD_SPI
void write_to_Card (char *string)
{
    char        filename[13];

    memset (filename, 0, sizeof filename);
    sprintf
(filename,"%02d%02d%02d",RTC.date,RTC.month,RTC.year);
    strcpy (filename + 6, ".csv");

    if (write_to_sdmmc (filename, string))
    {
        //Write OK
    }
}

```

```

    }

}

#endif

void test (void)
{
    RTC.sec = 0;
    RTC.min = 20;
    RTC.hour = 20;
    RTC.day = 1; //Friday
    RTC.date = 27;
    RTC.month = 03;
    RTC.year = 12;
    update_RTC ();
}

//-----//
#define          VOLT_MAX          5.000
#define          BIT                1023
//-----//

void init_adc (void)
{
    ADCSRA |= (_BV(ADPS2)|_BV(ADPS1)|_BV(ADPS0)); //16Mhz/128 = 125Khz
    ADMUX  |= _BV(REFS0);
    ADCSRA |= _BV(ADEN);
}

//-----//

```



```

double calculate_volt (uint16_t dat)
{
    double value;
        value = (VOLT_MAX * dat)/BIT;
    return value;
}
//-----//

uint16_t read_adc (char ch)
{
    uint16_t dat;

        ADMUX      &= 0xF0;
        ADMUX      |= ch;
        ADCSRA |= (1<<ADSC);
            while(ADCSRA & (1<<ADSC));
        dat = ADCW;

    return dat;
}
//-----//

int main(void)
{
#ifdef MMC_CARD_SPI
    char        dataForWrite[100];

    uint16_t    iCounter = 0;
    uint16_t    adcvalue;

```

```
double
    volt_buff = 0,
    volt,
    y = 0;

#endif

char    lcdbuf[20];

DDRC = 0x0F;
DDRD = 0x1F;

LED_PORT &= ~_BV(LED1) & ~_BV(LED2);

DDRF = 0xFE;
PORTF |= _BV(SENSOR);

BUZ_DDR |= _BV(BUZZER);

ser_init();                // init uart

init_adc ();

Buzzer_on ();

_delay_ms (100);

Buzzer_off ();

init_lcd ();
```

```

// init lcd
    init_adc ();

#ifdef RTC_1307
    DDR_INT4    &= ~_BV(INT4);
    PORT_INT4   |= _BV(INT4);
//set the I2C bit rate generator to 100 kb/s
//init I2C
    TWI_init ();
// Enable INT 4 interrupt
// write logical 1 to ISC bit41 & bit40
    EICRB = (1 << ISC41) | (0 << ISC40);           // INT4 falling edge interrupt

    // Document page 90
    enable_rtc ();
#endif
    Blacklight_on ();

    sei ();

    beep (LONG);
    lcd_gotoxy (LINE1,1);
    lcd_printf ("Ready...");

    check_DS1307 (0);

#ifdef ENABLE_PRINTOUT
    printf ("\r\nReady...");
#endif

```

```
#ifdef MMC_CARD_SPI

    MMC_IO_Init();

    card_flag      = 0;
    card_remove = 0;

    if (!mmc_card_present ())
    {
#ifdef ENABLE_PRINTOUT
        printf ("\n\nCard Ready....");
#endif
        if(GetDriveInformation() != F_OK) // get drive parameters
        {
#ifdef ENABLE_PRINTOUT
            printf ("\n\nCard Fail");
#endif
        }
        else
        {
#ifdef ENABLE_PRINTOUT
            printf ("\n\nCard OK\n");
#endif
        }
    }

#endif

#ifdef _LCD
```

```
        lcd_clear (1);
        lcd_printf ("Card Ready...");
#endif

        card_flag = 1; card_remove = 1;
    }
}
else
{
#ifdef ENABLE_PRINTOUT
    printf ("\r\nNo Card in Slot\n");
#endif

    card_flag = 0;
    card_remove = 0;
}
#endif

while (1)
{

    if (flag & DS1307_INT)
    {

        timmerOn = display_rtc ();
        flag  &= ~DS1307_INT;           //set flag RTC = 0;

        adcvalue = read_adc (0);
```

```
volt = calculate_volt (adcvalue);
```

```
y      =      (double)((342.96*volt) - 155.14);
```

```
memset      (lcdbuf, 0, sizeof lcdbuf);
```

```
sprintf (lcdbuf, "Irradiance");
```

```
lcd_gotoxy  (LINE3,4);
```

```
lcd_printf  (lcdbuf);
```

```
sprintf (lcdbuf, "=%4.2f",y);
```

```
lcd_gotoxy  (LINE4,5);
```

```
lcd_printf  (lcdbuf);
```

```

        sprintf (dataForWrite, "%02d/%02d/20%02d %02d:%02d:%02d
%1.3fV Irradiance %4.2f W/m^2\r\n",

```

```
RTC.date,RTC.month,RTC.year,
```

```
RTC.hour,RTC.min,RTC.sec,
```

```
volt,
```

```
y);
```

```
printf      ("%s",dataForWrite);
```

```

volt_buff += (double)(volt);

    if (iCounter++ >= 899)
    {
        volt_buff =(double)(volt_buff/iCounter);
        y          =(double)((342.96*volt_buff) - 155.14);

        memset (dataForWrite, 0, sizeof dataForWrite);

        sprintf
(dataForWrite,"%02d/%02d/20%02d\","%02d:%02d:%02d\","%1.3f\","%4.2f"\r\n",
RTC.date,RTC.month,RTC.year,
RTC.hour,RTC.min,RTC.sec,
volt_buff,
y);

        printf ("WRITE %s",dataForWrite);
        if ((card_remove) && (card_flag))
        {
            write_to_Card (dataForWrite);
        }

        volt_buff = 0;
        iCounter = 0;
    }
}

```



```
        _delay_ms (100);
    }//while
    while (1);
}
key = kbd_getc ();
    if (key != 0)
        {
#ifdef KEY_DEBUG
                //printf ("\r\n%c",key);
#endif
        switch (key)
            {
            case CONFIG_DATE :      setup_date_time ();      break;
                                default:                      break;
            }
        }
        _delay_ms (100);
    }//while
    while (1);
}
```

ภาคผนวก ข รายการอุปกรณ์

ตัวต้านทาน ¼ วัตต์ 1 %

R1 - R6, R9, R10, R13, R14	10k	10	ตัว
R7, R8	4.7k	2	ตัว
R11, R16	10	2	ตัว
R12, R15	1k	3	ตัว
VR1 ตัวต้านทานปรับค่าได้แบบเก็อกม้า	10k	3	ตัว

ตัวเก็บประจุ

C1, C2	10pF 50V เซรามิก	3	ตัว
C3-C6	0.47uF 50V โพลีเอสเตอร์	4	ตัว
C7, C8	22pF 50V เซรามิก	2	ตัว
C9, C10	220uF 16V อิเล็กโทรไลต์	2	ตัว
C11	220uF 16V อิเล็กโทรไลต์ (RADIAL)	1	ตัว
C12	10uF เซรามิก	2	ตัว

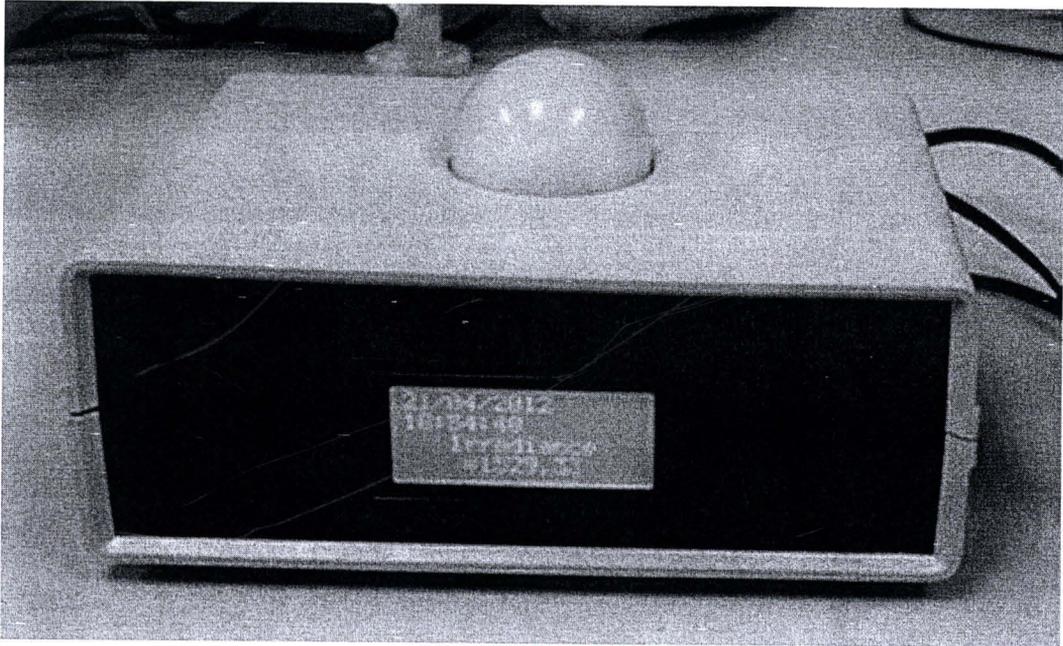
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

Q1, Q2	2N4403 (TO-92)	2	ตัว
IC1	MAX232	1	ตัว
IC2	DS1307	1	ตัว
IC3	ATMEGA128	1	ตัว
IC4	LM1117T3.3	1	ตัว
IC5	74LVC245	1	ตัว
D1, D2	1N4148	2	ตัว

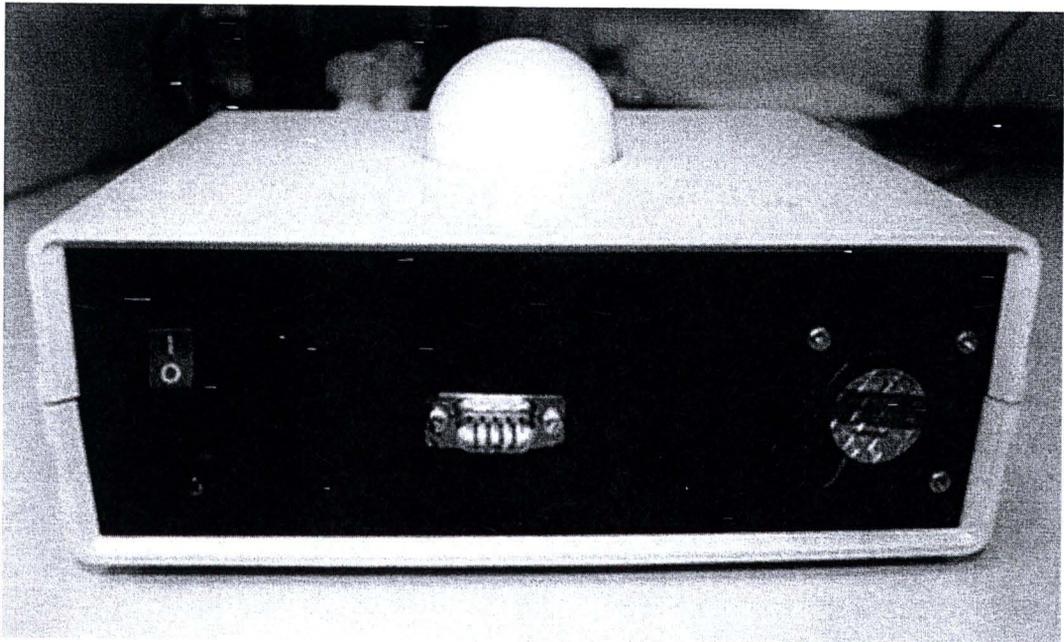
อื่นๆ

CON1	คอนเน็กเตอร์ 1 แถว 10 ขา	1	ตัว
CON2	คอนเน็กเตอร์ 2 ขา	4	ตัว
CON3, CON4	คอนเน็กเตอร์ 4 ขา	2	ตัว
CON5-CON7	คอนเน็กเตอร์ 2 แถว 10 ขา	2	ตัว
BZ1	บัลเซอร์ 5 โวลต์	1	ตัว
SD1	ซ็อกเก็ต SD/MMC	1	ตัว
SW1	สวิตช์กดติดปล่อยดับ	1	ตัว
BT1	ถ่านกระดุม CR-2032 พร้อมลังถ่าน	1	ชุด
XTAL1	คริสตอล 32.768 KHz	1	ตัว
XTAL2	คริสตอล 16MHz	1	ตัว
LCD1	แอลซีดี 16 ตัวอักษร 4 บรรทัด	1	ตัว
กล่องอเนกประสงค์		1	กล่อง
Diffuser		1	ตัว
Adapter	DC 12V	1	ตัว
Battery	12 V 5Ah	1	อัน

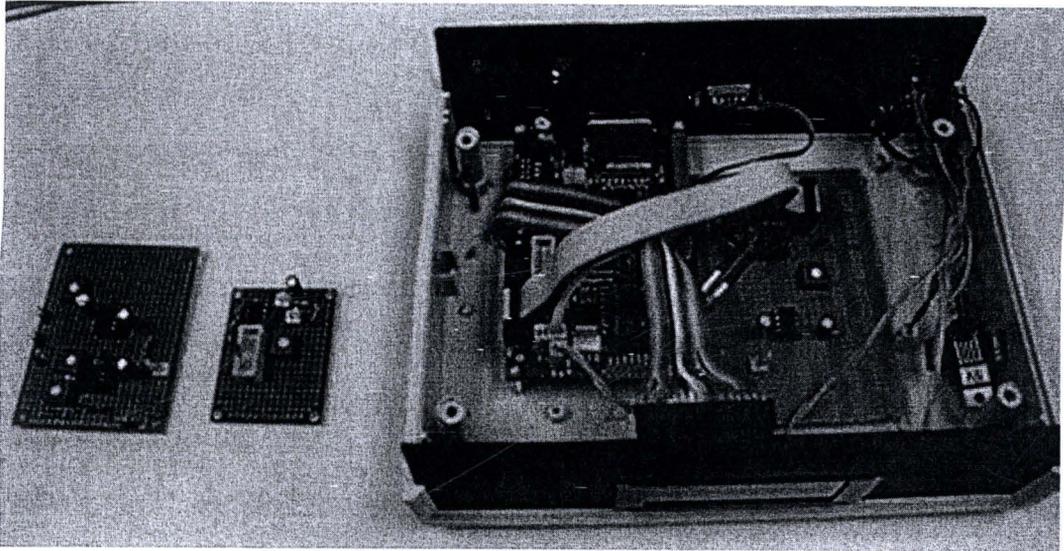
ภาคผนวก ค ภาพถ่ายเครื่องวัดรังสีดวงอาทิตย์ด้วยโซลาร์เซลล์แบบพกพา



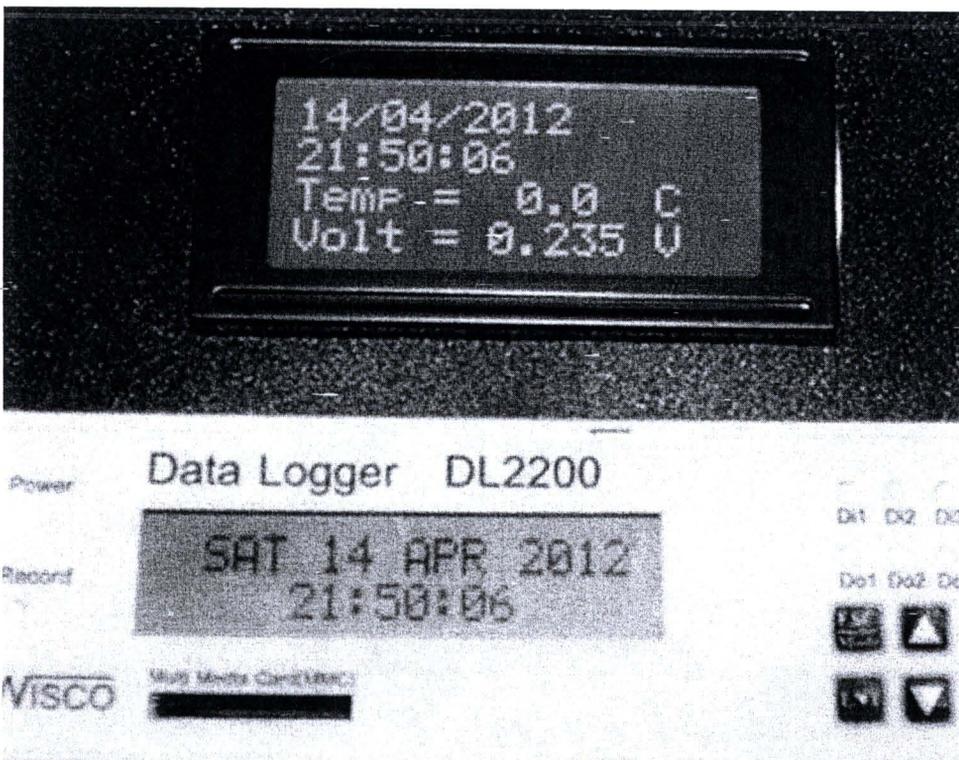
ด้านหน้ามีจอแสดงผล LCD แบบมีไฟส่องหลัง 16 ตัวอักษร 4 บรรทัด



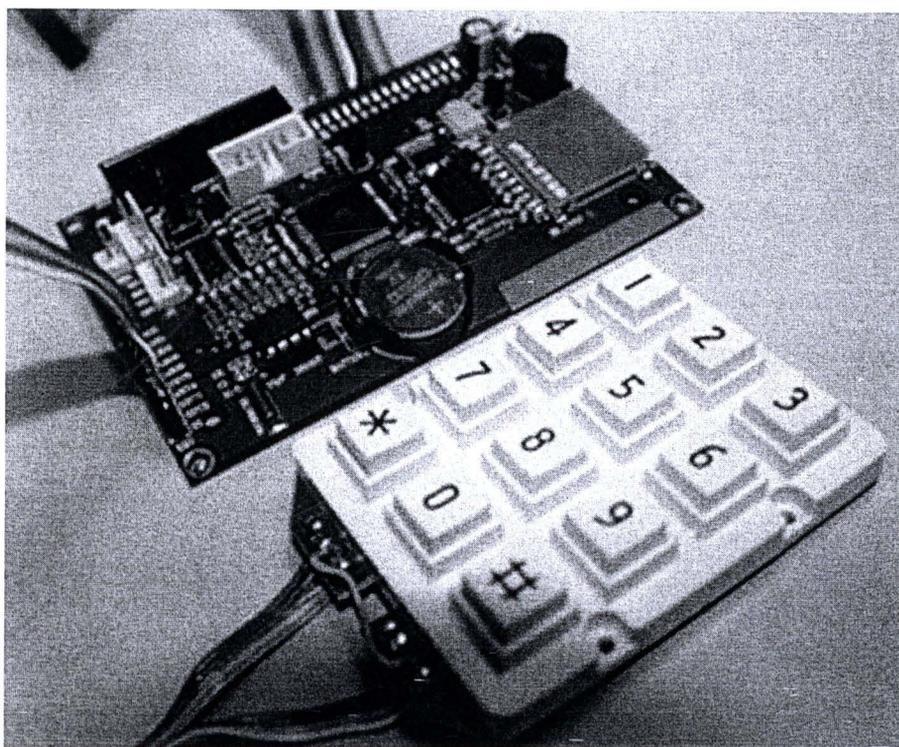
ด้านหลังเครื่องมีสวิตช์ปิด/เปิด ,พอร์ต RS232 ,ช่องเสียบไฟ, ช่องเสียบ SD card, พัดลม



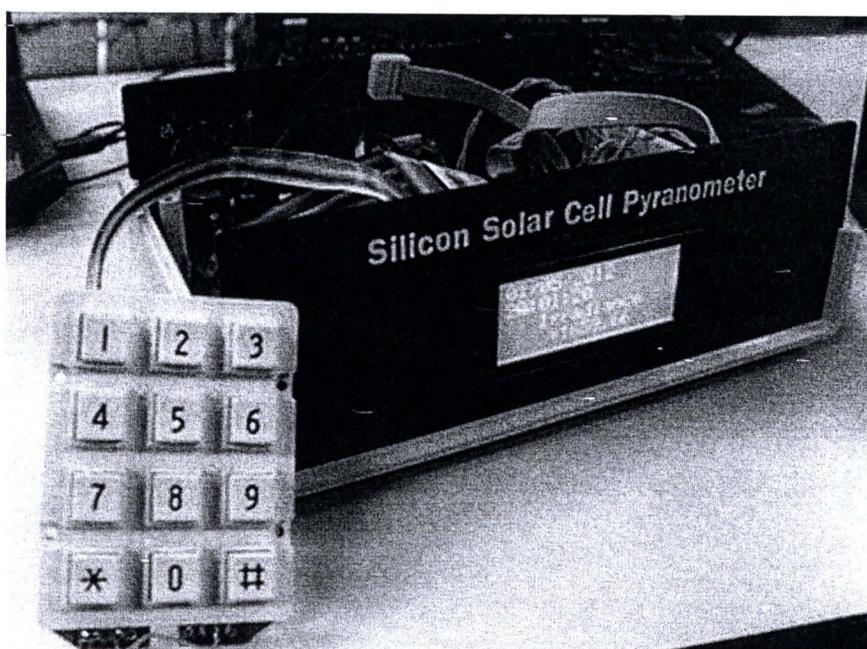
วงจรภายในเครื่องประกอบด้วยวงจรหลัก, วงจรขยายสัญญาณ,
วงจรลดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง



ก่อนทำการทดสอบเซ็ตเวลาให้ตรงกัน

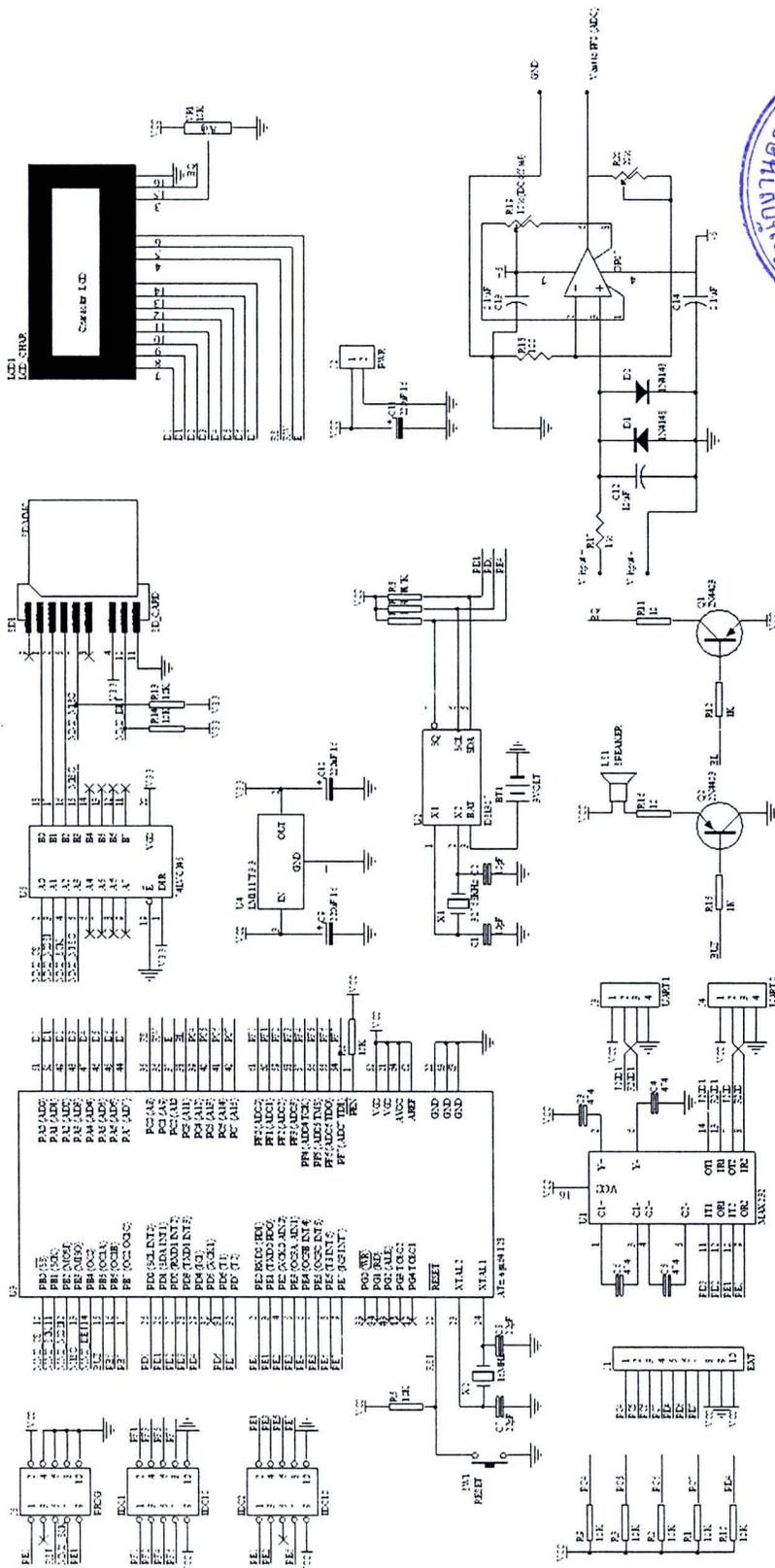


การเชื่อม Keypad กับบอร์ดควบคุมหลักที่พอร์ต PF1-PF7



ต่อ Keypad เข้ากับเครื่องเพื่อตั้งค่าเวลาเครื่องและเวลาในการบันทึกข้อมูล

วงจรควบคุมหลักบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์



ภาคผนวก ง ข้อมูลการทดสอบเครื่องวัดรังสีดวงอาทิตย์ด้วยโซลาร์เซลล์แบบพกพา

ตารางเปรียบเทียบสัญญาณเอาต์พุตกับความเข้มรังสีดวงอาทิตย์

ลำดับ	Output(V)	Output(A)	Irradiance(W/m ²)
1	1.04	0.104	215.32
2	1.12	0.112	241.62
3	1.273	0.1273	278.04
4	1.379	0.1379	305.51
5	1.425	0.1425	318.16
6	1.53	0.153	359.18
7	1.622	0.1622	389.92
8	1.718	0.1718	443.13
9	1.834	0.1834	460.59
10	1.981	0.1981	538.46
11	2.003	0.2003	545.50
12	2.134	0.2134	562.54
13	2.265	0.2265	635.41
14	2.393	0.2393	669.22
15	2.461	0.2461	692.06
16	2.562	0.2562	737.78
17	2.656	0.2656	761.42
18	2.719	0.2719	777.09
19	2.834	0.2834	831.46
20	2.933	0.2933	868.59
21	3.013	0.3013	890.38
22	3.153	0.3153	920.72
23	3.215	0.3215	934.93
24	3.315	0.3315	955.57

ตารางข้อมูลการทดสอบวัดรังสีดวงอาทิตย์วันที่ 26 มีนาคม 2555

Time	Irradiance (W/m ²) CM11	Irradiance (W/m ²) SC Pyranometer	Error (W/m ²)	Error (%)
8.00	348.88	358.55	9.67	2.77
8.15	411.10	421.32	10.22	2.49
8.30	460.50	477.44	16.94	3.68
8.45	518.36	532.34	13.98	2.70
9.00	571.66	591.18	19.52	3.41
9.15	620.56	632.92	12.36	1.99
9.30	667.47	673.34	5.87	0.88
9.45	719.00	714.87	-4.13	-0.57
10.00	753.13	740.68	-12.45	-1.65
10.15	793.15	784.06	-9.09	-1.15
10.30	821.44	806.06	-15.38	-1.87
10.45	848.66	834.95	-13.71	-1.62
11.00	880.52	863.00	-17.52	-1.99
11.15	899.80	881.94	-17.86	-1.98
11.30	923.35	912.01	-11.34	-1.23
11.45	936.79	920.16	-16.63	-1.78
12.00	942.28	940.85	-1.43	-0.15
12.15	956.89	947.61	-9.28	-0.97
12.30	955.71	951.27	-4.44	-0.46
12.45	954.67	947.70	-6.97	-0.73
13.00	939.56	920.53	-19.03	-2.03
13.15	926.93	909.87	-17.06	-1.84
13.30	914.45	896.66	-17.79	-1.95
13.45	889.30	876.13	-13.17	-1.48
14.00	862.06	856.00	-6.06	-0.70

ตารางข้อมูลการทดสอบวัดรังสีดวงอาทิตย์วันที่ 26 มีนาคม 2555 (ต่อ)

Time	Irradiance (W/m ²) CM11	Irradiance (W/m ²) SC Pyranometer	Error (W/m ²)	Error (%)
14.15	825.97	812.73	-13.24	-1.60
14.30	821.18	822.52	1.34	0.16
14.45	598.20	605.56	7.36	1.23
15.00	393.91	404.19	10.28	2.61
15.15	266.09	284.28	18.19	6.84
15.30	233.05	246.56	13.51	5.80
15.45	193.69	206.49	12.80	6.61
16.00	173.11	179.81	6.70	3.87
16.15	194.19	201.08	6.89	3.55
16.30	238.86	242.09	3.23	1.35
ค่าเฉลี่ย	670.13	668.48	1.65	-0.25

ตารางข้อมูลการทดสอบวัดรังสีดวงอาทิตย์วันที่ 27 มีนาคม 2555

Time	Irradiance (W/m ²) CM11	Irradiance (W/m ²) SC Pyranometer	Error (W/m ²)	Error (%)
8.00	251.62	254.84	3.22	1.28
8.15	250.28	256.25	5.97	2.39
8.30	253.59	249.23	-4.36	-1.72
8.45	392.42	378.07	-14.35	-3.66
9.00	427.52	426.93	-0.59	-0.14
9.15	712.28	719.33	7.05	0.99
9.30	423.45	425.62	2.17	0.51
9.45	452.63	438.83	-13.80	-3.05
10.00	701.18	690.03	-11.15	-1.59
10.15	645.19	657.11	11.92	1.85
10.30	709.86	682.19	-27.67	-3.90
10.45	734.07	718.09	-15.98	-2.18
11.00	665.03	655.78	-9.25	-1.39
11.15	737.78	730.97	-6.81	-0.92
11.30	953.07	946.99	-6.08	-0.64
11.45	933.95	923.69	-10.26	-1.10
12.00	860.66	854.11	-6.55	-0.76
12.15	940.42	937.37	-3.05	-0.32
12.30	947.80	950.83	3.03	0.32
12.45	949.10	953.48	4.38	0.46
13.00	934.93	915.46	-19.47	-2.08
13.15	903.59	885.56	-18.03	-2.00
13.30	891.58	871.77	-19.81	-2.22
13.45	872.59	868.52	-4.07	-0.47
14.00	848.20	824.69	-23.51	-2.77

ตารางข้อมูลการทดสอบวัดรังสีดวงอาทิตย์วันที่ 27 มีนาคม 2555 (ต่อ)

Time	Irradiance (W/m ²) CM11	Irradiance (W/m ²) SC Pyranometer	Error (W/m ²)	Error (%)
14.15	831.46	784.45	-47.01	-5.65
14.30	765.35	729.98	-35.37	-4.62
14.45	604.87	579.37	-25.50	-4.22
15.00	547.54	543.78	-3.76	-0.69
15.15	378.92	377.7	-1.22	-0.32
15.30	318.16	329.79	11.63	3.66
15.45	346.63	355.6	8.97	2.59
16.00	368.08	374.93	6.85	1.86
16.15	342.18	356.06	13.88	4.06
16.30	278.04	277.58	-0.46	-0.16
ค่าเฉลี่ย	633.54	626.43	-7.11	-1.12

ตารางข้อมูลการทดสอบวัดรังสีดวงอาทิตย์วันที่ 28 มีนาคม 2555

Time	Irradiance (W/m ²) CM11	Irradiance (W/m ²) SC Pyranometer	Error (W/m ²)	Error (%)
8.00	240.80	231.28	-9.52	-3.95
8.15	257.19	241.81	-15.38	-5.98
8.30	274.45	269.32	-5.13	-1.87
8.45	321.86	307.31	-14.55	-4.52
9.00	448.90	464.43	15.53	3.46
9.15	388.78	390.07	1.29	0.33
9.30	560.22	575.28	15.06	2.69
9.45	615.45	631.73	16.28	2.65
10.00	716.75	730.11	13.36	1.86
10.15	870.28	875.27	4.99	0.57
10.30	736.75	734.57	-2.18	-0.30
10.45	764.41	744.38	-20.03	-2.62
11.00	695.01	677.87	-17.14	-2.47
11.15	916.69	913.56	-3.13	-0.34
11.30	984.91	969.92	-14.99	-1.52
11.45	939.84	931.22	-8.62	-0.92
12.00	988.82	996.54	7.72	0.78
12.15	982.85	994.00	11.15	1.13
12.30	979.60	972.27	-7.33	-0.75
12.45	983.89	975.66	-8.23	-0.84
13.00	956.73	940.26	-16.47	-1.72
13.15	881.72	871.07	-10.65	-1.21
13.30	903.69	893.74	-9.95	-1.10
13.45	893.29	859.69	-33.60	-3.76
14.00	778.58	774.83	-3.75	-0.48

ตารางข้อมูลการทดสอบวัดรังสีดวงอาทิตย์วันที่ 28 มีนาคม 2555 (ต่อ)

Time	Irradiance (W/m ²) CM11	Irradiance (W/m ²) SC Pyranometer	Error (W/m ²)	Error (%)
14.15	843.75	831.86	-11.89	-1.41
14.30	723.95	727.39	3.44	0.48
14.45	756.59	737.86	-18.73	-2.48
15.00	794.69	788.81	-5.88	-0.74
15.15	515.67	499.19	-16.48	-3.20
15.30	603.89	600.01	-3.88	-0.64
15.45	496.23	485.84	-10.39	-2.09
16.00	431.56	436.50	4.94	1.14
16.15	250.42	260.82	10.40	4.15
16.30	210.56	191.26	-19.30	-9.17
ค่าเฉลี่ย	677.39	672.16	-5.23	-0.77



ตารางข้อมูลการทดสอบวัดรังสีดวงอาทิตย์วันที่ 29 มีนาคม 2555

Time	Irradiance (W/m ²) CM11	Irradiance (W/m ²) SC Pyranometer	Error (W/m ²)	Error (%)
8.00	435.00	442.22	7.22	1.66
8.15	488.58	521.22	32.64	6.68
8.30	536.35	555.44	19.09	3.56
8.45	574.95	589.82	14.87	2.59
9.00	613.23	623.58	10.35	1.69
9.15	651.44	656.87	5.43	0.83
9.30	688.66	674.71	-13.95	-2.03
9.45	757.92	744.62	-13.30	-1.75
10.00	783.09	779.61	-3.48	-0.44
10.15	797.39	780.56	-16.83	-2.11
10.30	814.51	799.72	-14.79	-1.82
10.45	867.19	855.01	-12.18	-1.41
11.00	883.13	866.56	-16.57	-1.88
11.15	905.23	895.33	-9.90	-1.09
11.30	919.08	899.27	-19.81	-2.16
11.45	947.27	941.01	-6.26	-0.66
12.00	960.00	943.32	-16.68	-1.74
12.15	903.71	913.85	10.14	1.12
12.30	971.40	952.20	-19.20	-1.98
12.45	945.87	940.06	-5.81	-0.61
13.00	929.28	911.33	-17.95	-1.93
13.15	880.92	877.20	-3.72	-0.42
13.30	873.69	869.53	-4.16	-0.48
13.45	869.46	870.98	1.52	0.17
14.00	794.77	782.17	-12.60	-1.59

ตารางข้อมูลการทดสอบวัดรังสีดวงอาทิตย์วันที่ 29 มีนาคม 2555 (ต่อ)

Time	Irradiance (W/m ²) CM11	Irradiance (W/m ²) SC Pyranometer	Error (W/m ²)	Error (%)
14.15	684.85	682.01	-2.84	-0.41
14.30	722.34	703.79	-18.55	-2.57
14.45	694.27	686.63	-7.64	-1.10
15.00	633.73	650.22	16.49	2.60
15.15	605.21	590.62	-14.59	-2.41
15.30	474.33	471.76	-2.57	-0.54
15.45	498.62	485.20	-13.42	-2.69
16.00	419.96	404.27	-15.69	-3.74
16.15	360.92	354.60	-6.32	-1.75
16.30	308.10	299.26	-8.84	-2.87
ค่าเฉลี่ย	719.84	714.70	-5.14	-0.71

ตารางข้อมูลการทดสอบวัดรังสีดวงอาทิตย์วันที่ 30 มีนาคม 2555

Time	Irradiance (W/m ²) CM11	Irradiance (W/m ²) SC Pyranometer	Error (W/m ²)	Error (%)
8.00	331.34	314.15	-17.19	-5.19
8.15	372.30	364.83	-7.47	-2.01
8.30	451.74	441.50	-10.24	-2.27
8.45	450.70	431.67	-19.03	-4.22
9.00	493.11	472.84	-20.27	-4.11
9.15	524.81	511.43	-13.38	-2.55
9.30	542.55	539.66	-2.89	-0.53
9.45	679.48	698.44	18.96	2.79
10.00	670.18	690.41	20.23	3.02
10.15	839.20	855.30	16.10	1.92
10.30	925.93	933.48	7.55	0.82
10.45	757.17	758.90	1.73	0.23
11.00	524.79	505.95	-18.84	-3.59
11.15	610.26	590.53	-19.73	-3.23
11.30	869.48	849.16	-20.32	-2.34
11.45	928.50	909.08	-19.42	-2.09
12.00	813.21	801.16	-12.05	-1.48
12.15	937.01	922.89	-14.12	-1.51
12.30	828.40	816.34	-12.06	-1.46
12.45	966.19	947.95	-18.24	-1.89
13.00	949.26	939.30	-9.96	-1.05
13.15	936.49	918.40	-18.09	-1.93
13.30	914.57	893.58	-20.99	-2.29
13.45	881.96	862.55	-19.41	-2.20
14.00	864.97	844.71	-20.26	-2.34

ตารางข้อมูลการทดสอบวัดรังสีดวงอาทิตย์วันที่ 30 มีนาคม 2555 (ต่อ)

Time	Irradiance (W/m ²) CM11	Irradiance (W/m ²) SC Pyranometer	Error (W/m ²)	Error (%)
14.15	815.05	821.53	6.48	0.80
14.30	791.42	771.91	-19.51	-2.47
14.45	757.07	741.92	-15.15	-2.00
15.00	704.37	709.47	5.10	0.72
15.15	677.19	693.51	16.32	2.41
15.30	600.76	611.48	10.72	1.78
15.45	563.29	575.63	12.34	2.19
16.00	530.74	543.29	12.55	2.36
16.15	450.40	436.82	-13.58	-3.02
16.30	417.68	420.91	3.23	0.77
ค่าเฉลี่ย	696.33	689.73	-6.60	-0.95

ประวัติผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย



ชื่อ - ชื่อสกุล

มรกต แสนกุล

วัน เดือน ปี เกิด

23 สิงหาคม 2524

ที่อยู่ปัจจุบัน

100/99 หมู่ 2 ตำบลวัดจันทร์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

ที่ทำงานปัจจุบัน

โรงเรียนมัธยมสาธิตมหาวิทยาลัยนเรศวร 1 ถนนสนามบิน

ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน

ครู

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2546

กศ.บ. (ฟิสิกส์) มหาวิทยาลัยนเรศวร

