# MLX90614 系列红外测温模块的原理及应用

南京航空航天大学 曾德志

**摘要：** MLX90614 系列模块是一组通用的红外测温模块。在出厂前该模块已进行校验及线性化，具有非接触、体积小、精度高，成本低等优点。被测目标温度和环境温度能通过单通道输出，并有两种输出接口，适合于汽车空调、室内暖气、家用电器、手持设备以及医疗设备应用等。本文以MLX90614AAA为例介绍其原理和应用。

## 1 引言

一般来说，测温方式可分为接触式和非接触式，接触式测温只能测量被测物体与测温传感器达到热平衡后的温度，所以响应时间长，且极易受环境温度的影响；而红外测温是根据被测物体的红外辐射能量来确定物体的温度，不与被测物体接触，具有影响动被测物体温度分布场，温度分辨率高、响应速度快、测温范围广、不受测温上限的限制、稳定性好等特点，近年来在家庭自动化、汽车电子、航空和军事上得到越来越广泛的应用。

## 2 测温原理概述

物体红外辐射能量的大小和波长的分布与其表面温度关系密切。因此，通过对物体自身红外辐射的测量，能准确地确定其表面温度，红外测温就是利用这一原理测量温度的。红外测温器由光学系统、光电探测器、信号放大器和信号处理及输出等部分组成。光学系统汇聚其视场内的目标红外辐射能量，视场的大小由测温仪的光学零件及其位置确定。红外能量聚焦在光电探测器上并转变为相应的电信号。该信号经过放大器和信号处理电路，并按照仪器内的算法和目标发射率校正后转变为被测目标的温度值。

PWM 的全称是 Pulse Width Modulation（脉冲宽度调制）即通过调节脉冲的周期、宽度，以达到变压、变频的目的，数字式脉宽调制方式中，数字是控制信号，通过改变高低电平数的比值达到改变占空比的目的，PWM 控制电路在开关稳压电源、不间断电源（UPS）以及直流电机调速，交流电机变频调速等控制电路中有着广泛应用。

SMBus（System Management Bus，）是 1995 年由 intel 公司提出的一种高效同步串行总线，SMBus 只有两根信号线:双向数据线和时钟信号线，容许 CPU 与各种外围接口器件以串行方式进行通信、交换信息，即可以提高传输速度也可以减小器件的资源占用，另外即使在没有 SMBus 接口的单片机上也可利用软件进行模拟。

Melexis 公司生产的 MLX90614 系列测温模块是应用非常方便的红外测温装置，其所有的模块都在出厂前进行了校验，并且可以直接输出线性或准线性信号，具有很好的互换性，免去了复杂的校正过程。

该模块以 81101 热电元件作为红外感应部分。输出是被测物体温度（TO）与传感器自身温度（Ta）共同作用的结果，理想情况下热电元件的输出电压为：

$$Vir = A(To^4 - Ta^4)$$

其中温度单位均为 Kelvin，A 为元件的灵敏度常数。

目标温度和环境温度由 81101 内置的热电偶测定测量，从 81101 中输出的两路温度信号分别经内部 MLX90302 器件上高性能、低噪声的斩波稳态放大器放大再经一个 17-bit 的模数转换器（ADC）和强大的数字信号处理(DSP)单元后输出。

该系列模块的温度解析度可达 0.01°C，体积小巧，被测目标和环境温度能通过单通道（由 MLX90302 内的状态机控制）输出，有两种输出方式：PWM 输出、可编程 SMBus 输出，适于多种应用环境，下面以 MLX90614 为例，重点介绍其特性和使用方法。

通过 SMBus 编程可以更改模块 EEPROM 内的预设值并按照应用要求进行配置，并可以读出 EEPROM 内的配置信息；还可以读出模块 RAM 内温度等数据。

MLX90614 有适用于 3 伏和 5 伏电源操作的两种类型。由于 3 伏型其小于 2 毫安的电流消耗，它非常适用于手提装置和电池动力装置。为此，传感器也具有一个节能“休眠”模式，此时电流消耗可低于 2 毫安。对于 12 伏汽车电池直接供电的情况，5 伏型包含的电子部件可与几个外部元件一起在较高电压下运行。

# 3 MLX90614 简介

## 3.1 MLX90614 管脚

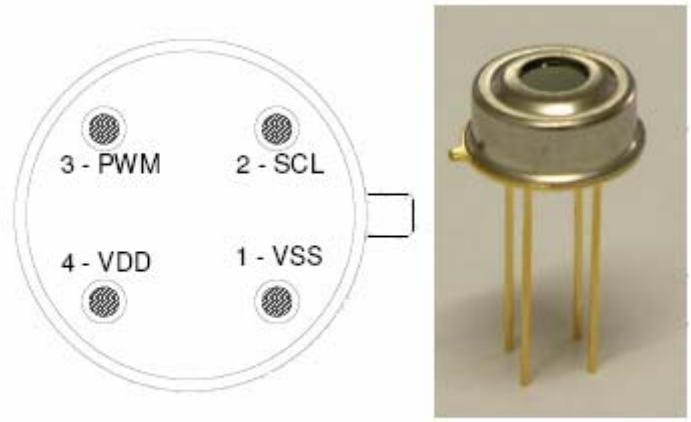



图1 MLX90614的管脚分布

表 1 MLX90614 的管脚功能

| 名称 | 功能描述 |
|---|---|
| VSS | 电源地，金属外壳和该管脚相连 |
| SCL/Vz | SMBus 接口的时钟信号，或 8-16V 电源供电时接三极管基极 |
| PWM/SDA | PWM 或 SMBus 接口的数据信号，通常模式下从该管脚通过 PWM 输出物体温度 |
| VDD | 电源 |

## 3.2 MLX90614 存储器

### 3.2.1 EEPROM

只有某些存储单元用户能够写入，但是可以读出全部存储单元。

| EEPROM (32X16) | | |
|---|---|---|
| Name | Address | Write acces |
| $To_{max}$ | 000h | Yes |
| $To_{min}$ | 001h | Yes |
| PWMCTRL | 002h | Yes |
| Ta range | 003h | Yes |
| Ke | 004h | Yes |
| Config Register1 | 005h | Yes |
| Melexis reserved | 006h | No |
| ... | ... | ... |
| Melexis reserved | 01Ah | No |
| ID number | 01Bh | No |
| ID number | 01Ch | No |
| ID number | 01Dh | No |
| ID number | 01Eh | No |
| ID number | 01Fh | No |

MLX90614 的 EEPROM 有 32 个 16 位存储单元，其中存储单元 Tomax,Tomin,Ta 分别是用户物体温度上下限和环境温度范围，PWMCTRL 是 PWM 配置寄存器。

3.2.2 RAM

用户不能向 RAM 写入数据，但是可以读一些存储单元。

| RAM (32x17) | | |
|---|---|---|
| Name | Address | Read access |
| Melexis reserved | 000h | Yes |
| … | … | … |
| Melexis reserved | 005h | Yes |
| $T_A$ | 006h | Yes |
| $T_{OBJ1}$ | 007h | Yes |
| $T_{OBJ2}$ | 008h | Yes |
| Melexis reserved | 009h | Yes |
| … | … | … |
| Melexis reserved | 01Fh | Yes |
| StackOverflow | 020h | |

MLX90614 的RAM有 32 个 17 位存储单元，其中$T_A$,$T_{OBJ1}$,$T_{OBJ2}$是环境温度和物体温度，在SMBus方式下，可以从这几个存储单元读出环境和被测物体的温度。

## 4 应用设计

4.1 MLX90614 测温特性

4.1.1 MLX90614 的 SMBus 协议

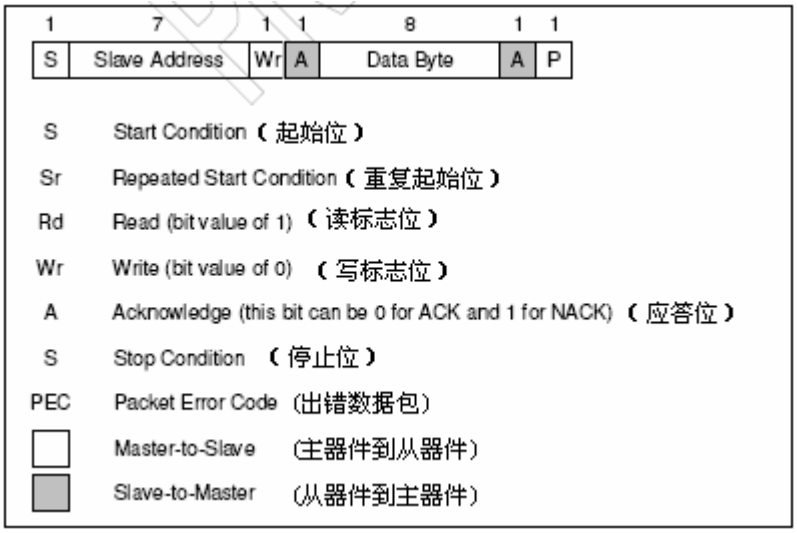
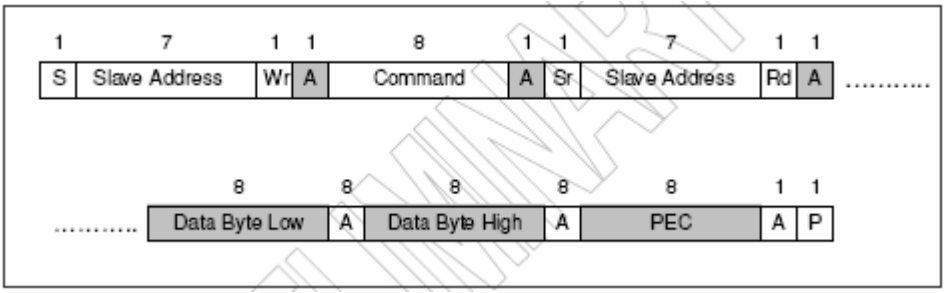
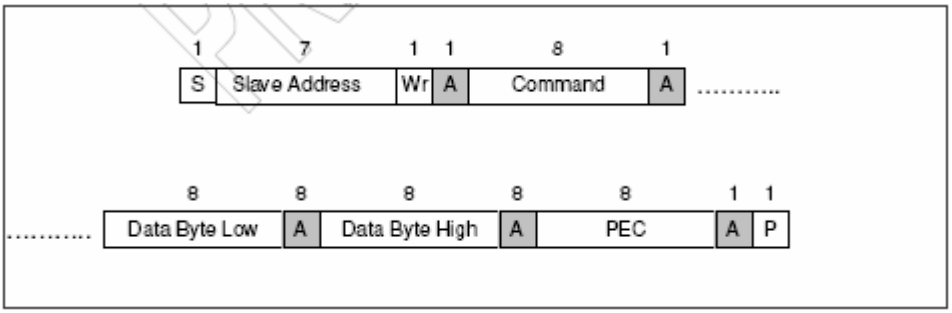



图 2 SMBus 的数据包组成

4.1.2 读器件（命令决定是读 RAM 或 EEPROM）数据格式



4.1.3 写器件（命令决定是写 RAM 或 EEPROM）数据格式




4.1.4 数据传输时序

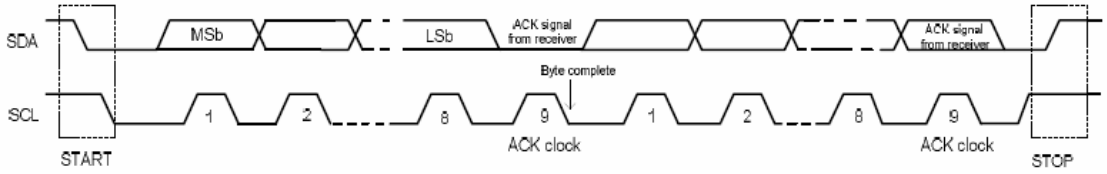



图 3 MLX90614 的数据传输时序

PWM/SDA 上的数据在 SCL 变为低电平 300n 后即可改变，数据在 SCL 的上升沿被捕获。16 位数据分两次传输，每次传一个字节。每个字节都是按照高位(MSB)在前，低位(LSB)在后的格式传输，两个字节中间的第九个时钟是应答时钟。

4.2 单片机接口电路

MLX90614AAA 与单片机连接的硬件电路如图 4 所示。SCL、PWM/SDA 管脚直接连接 MCU 的普通 I/O 口即可，由于 MLX90614AAA 的输入输出接口是漏级开路（OD）结构，需要加上拉电阻。多个 MLX90614 可以用于一个系统中，每个 MLX90614 对应一个不同地址，通过地址的不同而访问不同的 MLX90614，最多可以达到 127 个。

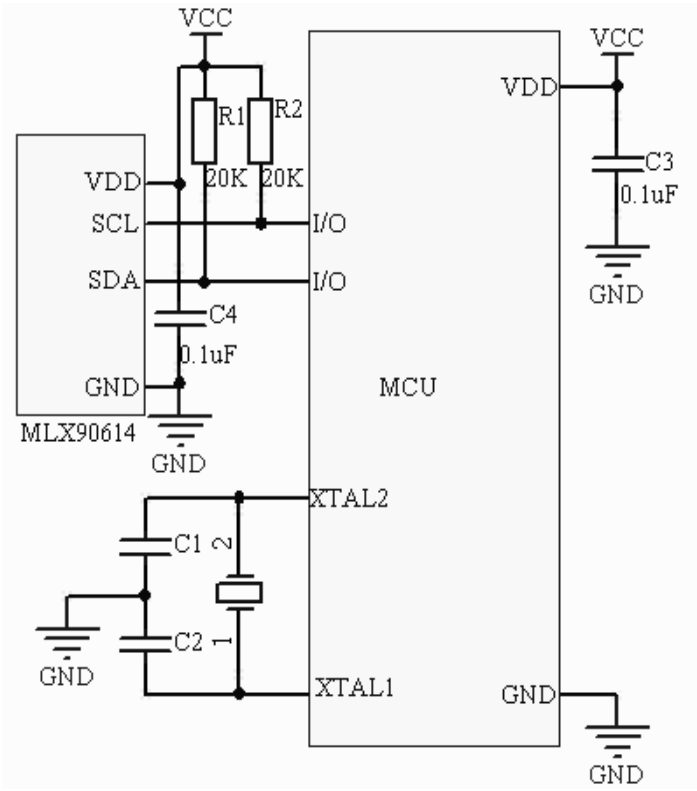



图 4 MLX90614AAA 与单片机连接电路

4.3 软件流程图

多个MLX90614可以用于一个系统中，通过地址不同区分器件，器件默认的地址为5AH，因此在多 MLX90614 系统中，需要给每个 MLX90614 分配一个不同的地址，在只有一个MLX90614 的系统中，MLX90614 识别地址 00h，即在单个 MLX90614 系统中，可以使用该地址访问它。


图5 写数据流程图


图6 读数据流程图

发送和接收数据是以字节为单位进行的，程序流程如图 7、图 8 所示。每次发送一个字节（按位发送，发送 8 个位就是一个字节），然后就判断对方是否有应答，如果有应答，就接着发送下一个字节；如果没有应答，多次重发该字节，直到有应答，就接着发送下一个字节，如果多次重发后，仍然没有应答，就结束。接收数据时，每次接收一个字节（按位接收，接收 8 个位就是一个字节），然后向对方发送一个应答信号，然后就可以继续接收下一个字节。

从MLX90614 种读出的数据是 16 位的，由高 8 位（DataH）和低 8 位（DataL）两部分组成，其中RAM地址 07H单元存储的是$T_{OBJ1}$数据，数据范围从 0x27AD到 0x7FFF,表示的温度范围是-70.01℃到+382.19℃。

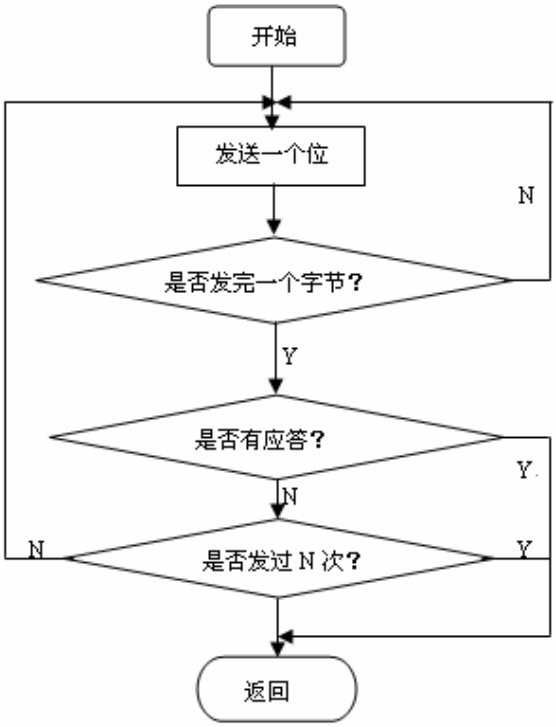



图 7 发送字节流程图

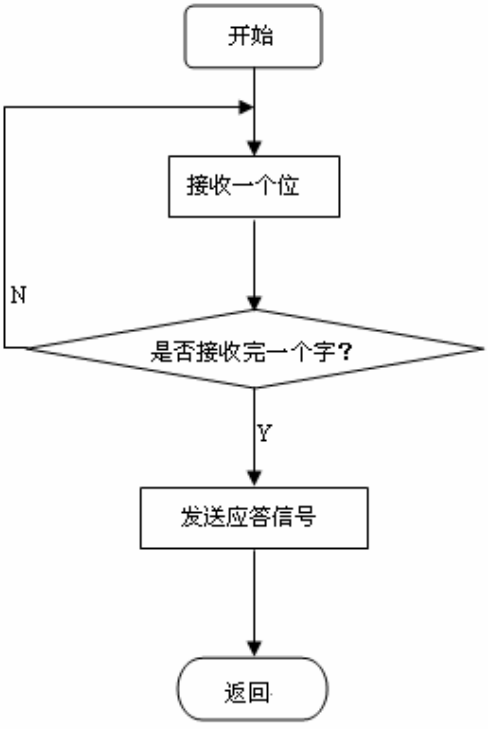



图 8 接收字节流程图

从 MLX90614 中读出的数据(DataH:DataL)换算为温度数据(T,单位为℃)如下所示:

T= (DataH:DataL)*0.02-273.15　　式（1）

例如：DataH:DataL=0x27AD，代入式（1）中 T=-70.01℃

C 语言程序清单：

单片机 89S52、MLX90614、LCD1602

晶振：12M

```
#include"at89x52.h"
#include"intrins.h"
//*************************************
#define    uint    unsigned int
#define    uchar unsigned char
#define    Nack_counter    10
//**************端口定义**************
//LCD 控制线接口
uchar flag1;
sbit    RS=P2^7;
sbit    RW=P2^6;
sbit    LCDE=P2^5;
//mlx90614 端口定义
```

```
sbit    SCL=P2^3;//时钟线
sbit    SDA=P2^2;//数据线
//************数据定义*****************
bdata uchar flag;//可位寻址数据
sbit bit_out=flag^7;
sbit bit_in=flag^0;
uchar DataH,DataL,Pecreg;
//************函数声明*****************************************
void     start_bit();                    //MLX90614 发起始位子程序
void     stop_bit();                     //MLX90614 发结束位子程序
uchar    rx_byte(void);                  //MLX90614 接收字节子程序
void     send_bit(void);                 //MLX90614 发送位子程序
void     tx_byte(uchar dat_byte);        //MLX90614 接收字节子程序
void     receive_bit(void);              //MLX90614 接收位子程序
void     delay(uint N);                  //延时程序
uint     memread(void);                  //读温度数据
void     init1602(void);                 //LCD 初始化子程序
void     chk_busy_flg(void);             //LCD 判断忙子程序
void     dis_cmd_wrt(uchar cmd);         //LCD 写命令子程序
void     dis_dat_wrt(uchar dat);         //LCD 写数据子程序
void     display(uint Tem);              //显示子程序
//*************主函数*******************************************
void main()
{
 uint Tem;
 //函数部分
 SCL=1;SDA=1;_nop_();
 _nop_();_nop_();_nop_();
 SCL=0;
 delay(1000);
 SCL=1;
 init1602();
 while(1)
 {
    Tem=memread();
    display(Tem);
    delay(20);
 }
}
//*********输入转换并显示*********
void display(uint Tem)
{
 uint T,a,b;
 T=Tem*2;
```

```
  dis_cmd_wrt(0x01);//清屏
  if(T>=27315)
  {
     T=T-27315;
     a=T/100;
     b=T-a*100;
//----------------------------
     if(a>=100)
     {
       dis_dat_wrt(0x30+a/100);
       a=a%100;
       dis_dat_wrt(0x30+a/10);
       a=a%10;
       dis_dat_wrt(0x30+a);
     }
     else if(a>=10)
     {
       dis_dat_wrt(0x30+a/10);
       a=a%10;
       dis_dat_wrt(0x30+a);
     }
     else
     {
       dis_dat_wrt(0x30+a);
     }
     dis_dat_wrt(0x2e);//显示点
//----------------------------
    if(b>=10)
    {
       dis_dat_wrt(0x30+b/10);
//       b=b%10;
//       dis_dat_wrt(0x30+b);
    }
    else
    {
       dis_dat_wrt(0x30);
//       dis_dat_wrt(0x30+b);
    }
  }
//============================
  else
  {
    T=27315-T;
    a=T/100;
```

```
    b=T-a*100;
    dis_dat_wrt(0x2d);
//--------------------------
    if(a>=10)
    {
       dis_dat_wrt(0x30+a/10);
       a=a%10;
       dis_dat_wrt(0x30+a);
    }
    else
    {
       dis_dat_wrt(0x30+a);
    }
    dis_dat_wrt(0x2e);//显示点
//--------------------------
    if(b>=10)
    {
       dis_dat_wrt(0x30+b/10);
       b=b%10;
       dis_dat_wrt(0x30+b);
    }
    else
    {
       dis_dat_wrt(0x30);
       dis_dat_wrt(0x30+b);
    }
  }
}
//*************************************
void      start_bit(void)
{
     SDA=1;
     _nop_();_nop_();_nop_();_nop_();_nop_();
     SCL=1;
     _nop_();_nop_();_nop_();_nop_();_nop_();
     SDA=0;
     _nop_();_nop_();_nop_();_nop_();_nop_();
     SCL=0;
     _nop_();_nop_();_nop_();_nop_();_nop_();

}
//-------------------------------
void      stop_bit(void)
{
```

```
    SCL=0;
    _nop_();_nop_();_nop_();_nop_();_nop_();
    SDA=0;
    _nop_();_nop_();_nop_();_nop_();_nop_();
    SCL=1;
    _nop_();_nop_();_nop_();_nop_();_nop_();
    SDA=1;
}
//---------发送一个字节---------
void    tx_byte(uchar dat_byte)
{
    char i,n,dat;
    n=Nack_counter;
TX_again:
    dat=dat_byte;
    for(i=0;i<8;i++)
    {
       if(dat&0x80)
         bit_out=1;
       else
         bit_out=0;
       send_bit();
       dat=dat<<1;
    }
    receive_bit();
    if(bit_in==1)
    {
      stop_bit();
      if(n!=0)
      {n--;goto Repeat;}
      else
        goto exit;
    }
    else
      goto exit;
Repeat:
      start_bit();
      goto TX_again;
exit: ;
}
//-----------发送一个位---------
void    send_bit(void)
{
   if(bit_out==0)
```

```
        SDA=0;
    else
        SDA=1;
    _nop_();
    SCL=1;
    _nop_();_nop_();_nop_();_nop_();
    _nop_();_nop_();_nop_();_nop_();
    SCL=0;
    _nop_();_nop_();_nop_();_nop_();
    _nop_();_nop_();_nop_();_nop_();
}
//----------接收一个字节--------
uchar rx_byte(void)
{
    uchar i,dat;
    dat=0;
    for(i=0;i<8;i++)
    {
       dat=dat<<1;
       receive_bit();
       if(bit_in==1)
         dat=dat+1;
    }
    send_bit();
    return dat;
}
//----------接收一个位----------
void receive_bit(void)
{
    SDA=1;bit_in=1;
    SCL=1;
    _nop_();_nop_();_nop_();_nop_();
    _nop_();_nop_();_nop_();_nop_();
    bit_in=SDA;
    _nop_();
    SCL=0;
    _nop_();_nop_();_nop_();_nop_();
    _nop_();_nop_();_nop_();_nop_();
}
//------------延时--------------
void      delay(uint N)
{
    uint i;
    for(i=0;i<N;i++)
```

```
    _nop_();
}
//------------------------------
uint memread(void)
{
   start_bit();
   tx_byte(0x00);    //Send SlaveAddress
   tx_byte(0x07);    //Send Command
   //------------
   start_bit();
   tx_byte(0x01);
   bit_out=0;
   DataL=rx_byte();
   bit_out=0;
   DataH=rx_byte();
   bit_out=1;
   Pecreg=rx_byte();
   stop_bit();
   return(DataH*256+DataL);
}
//*******************LCD 显示子函数************************
void init1602(void)                    //初始化 LCD
{
     dis_cmd_wrt(0x01);
     dis_cmd_wrt(0x0c);
     dis_cmd_wrt(0x06);
     dis_cmd_wrt(0x38);
}

void chk_busy_flg(void) //LCD 忙标志判断
{
     flag1=0x80;
   while(flag1&0x80)
  {
     P0=0xff;
     RS=0;
     RW=1;
     LCDE=1;
     flag1=P0;
     LCDE=0;
  }
}

void dis_cmd_wrt(uchar cmd)    //写命令子函数
```

```
{
    chk_busy_flg();
    P0=cmd;
    RS=0;
    RW=0;
    LCDE=1;
    LCDE=0;
}

void dis_dat_wrt(uchar dat) //写数据子函数
{
   chk_busy_flg();
   if(flag1==16)
   {
    P0=0XC0;
    RS=0;
    RW=0;
    LCDE=1;
    LCDE=0;
   }
    P0=dat;
    RS=1;
    RW=0;
    LCDE=1;
    LCDE=0;
}
```