```
            JMP     LOOP
RXIF:
            ANL     A,#NOT 20H          ;处理 RECV 事件
            MOVX    @DPTR,A
            MOV     DPTR,#I2CRXD
            MOVX    A,@DPTR
            JBC     ISDA,RXDA
            JBC     ISMA,RXMA
            MOV     R0,ADDR             ;处理 RECV 事件（RECV DATA）
            MOVX    @R0,A
            INC     ADDR
            JMP     LOOP
RXDA:
            JMP     LOOP                ;处理 RECV 事件（RECV DEVICE ADDR）
RXMA:
            MOV     ADDR,A              ;处理 RECV 事件（RECV MEMORY ADDR）
            MOV     R0,A
            MOVX    A,@R0
            MOV     DPTR,#I2CTXD
            MOVX    @DPTR,A
            JMP     LOOP
TXIF:
            ANL     A,#NOT 10H          ;处理 SEND 事件
            MOVX    @DPTR,A
            JB      ACC.1,RXNAK
            INC     ADDR
            MOV     R0,ADDR
            MOVX    A,@R0
            MOV     DPTR,#I2CTXD
            MOVX    @DPTR,A
            JMP     LOOP
RXNAK:
            MOVX    A,#0FFH
            MOV     DPTR,#I2CTXD
            MOVX    @DPTR,A
            JMP     LOOP
STOPIF:
            ANL     A,#NOT 08H          ;处理 STOP 事件
            MOVX    @DPTR,A
            SETB    ISDA
            SETB    ISMA
            JMP     LOOP

            END
```

21.5.6 测试 I²C 从机模式代码的主机代码

C 语言代码

```
//测试工作频率为11.0592MHz

#include "reg51.h"
#include "intrins.h"

sfr         P_SW2           =   0xba;
```

```
#define   I2CCFG        (*(unsigned char volatile xdata *)0xfe80)
#define   I2CMSCR       (*(unsigned char volatile xdata *)0xfe81)
#define   I2CMSST       (*(unsigned char volatile xdata *)0xfe82)
#define   I2CSLCR       (*(unsigned char volatile xdata *)0xfe83)
#define   I2CSLST       (*(unsigned char volatile xdata *)0xfe84)
#define   I2CSLADR      (*(unsigned char volatile xdata *)0xfe85)
#define   I2CTXD        (*(unsigned char volatile xdata *)0xfe86)
#define   I2CRXD        (*(unsigned char volatile xdata *)0xfe87)

sfr       P1M1    =   0x91;
sfr       P1M0    =   0x92;
sfr       P0M1    =   0x93;
sfr       P0M0    =   0x94;
sfr       P2M1    =   0x95;
sfr       P2M0    =   0x96;
sfr       P3M1    =   0xb1;
sfr       P3M0    =   0xb2;
sfr       P4M1    =   0xb3;
sfr       P4M0    =   0xb4;
sfr       P5M1    =   0xc9;
sfr       P5M0    =   0xca;

sbit      SDA     =   P1^4;
sbit      SCL     =   P1^5;

void Wait()
{
    while (!(I2CMSST & 0x40));
    I2CMSST &= ~0x40;
}

void Start()
{
    I2CMSCR = 0x01;                 //发送 START 命令
    Wait();
}

void SendData(char dat)
{
    I2CTXD = dat;                   //写数据到数据缓冲区
    I2CMSCR = 0x02;                 //发送 SEND 命令
    Wait();
}

void RecvACK()
{
    I2CMSCR = 0x03;                 //发送读 ACK 命令
    Wait();
}

char RecvData()
{
    I2CMSCR = 0x04;                 //发送 RECV 命令
    Wait();
    return I2CRXD;
}

void SendACK()
{
```

```
    I2CMSST = 0x00;                         //设置 ACK 信号
    I2CMSCR = 0x05;                         //发送 ACK 命令
    Wait();
}

void SendNAK()
{
    I2CMSST = 0x01;                         //设置 NAK 信号
    I2CMSCR = 0x05;                         //发送 ACK 命令
    Wait();
}

void Stop()
{
    I2CMSCR = 0x06;                         //发送 STOP 命令
    Wait();
}

void Delay()
{
    int i;

    for (i=0; i<3000; i++)
    {
        _nop_();
        _nop_();
        _nop_();
        _nop_();
    }
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00;
    P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00;
    P1M1 = 0x00;
    P2M0 = 0x00;
    P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;
    P3M1 = 0x00;
    P4M0 = 0x00;
    P4M1 = 0x00;
    P5M0 = 0x00;
    P5M1 = 0x00;

    P_SW2 = 0x80;

    I2CCFG = 0xe0;                          //使能 I2C 主机模式
    I2CMSST = 0x00;

    Start();                                //发送起始命令
    SendData(0x5a);                         //发送设备地址(010_1101B)+写命令(0B)
    RecvACK();
    SendData(0x00);                         //发送存储地址
    RecvACK();
    SendData(0x12);                         //写测试数据 1
    RecvACK();
    SendData(0x78);                         //写测试数据 2
```

```
    RecvACK();
    Stop();                                 //发送停止命令

    Start();                                //发送起始命令
    SendData(0x5a);                         //发送设备地址(010_1101B)+写命令(0B)
    RecvACK();
    SendData(0x00);                         //发送存储地址高字节
    RecvACK();
    Start();                                //发送起始命令
    SendData(0x5b);                         //发送设备地址(010_1101B)+读命令(1B)
    RecvACK();
    P0 = RecvData();                        //读取数据 1
    SendACK();
    P2 = RecvData();                        //读取数据 2
    SendNAK();
    Stop();                                 //发送停止命令

    P_SW2 = 0x00;

    while (1);
}
```

汇编代码

```
;测试工作频率为 11.0592MHz

P_SW2       DATA    0BAH

I2CCFG      XDATA   0FE80H
I2CMSCR     XDATA   0FE81H
I2CMSST     XDATA   0FE82H
I2CSLCR     XDATA   0FE83H
I2CSLST     XDATA   0FE84H
I2CSLADR    XDATA   0FE85H
I2CTXD      XDATA   0FE86H
I2CRXD      XDATA   0FE87H

SDA         BIT     P1.4
SCL         BIT     P1.5

P1M1        DATA    091H
P1M0        DATA    092H
P0M1        DATA    093H
P0M0        DATA    094H
P2M1        DATA    095H
P2M0        DATA    096H
P3M1        DATA    0B1H
P3M0        DATA    0B2H
P4M1        DATA    0B3H
P4M0        DATA    0B4H
P5M1        DATA    0C9H
P5M0        DATA    0CAH

            ORG     0000H
            LJMP    MAIN

            ORG     0100H
START:
            MOV     A,#00000001B        ;发送 START 命令
```

```
        MOV     DPTR,#I2CMSCR
        MOVX    @DPTR,A
        JMP     WAIT
SENDDATA:
        MOV     DPTR,#I2CTXD            ;写数据到数据缓冲区
        MOVX    @DPTR,A
        MOV     A,#00000010B            ;发送 SEND 命令
        MOV     DPTR,#I2CMSCR
        MOVX    @DPTR,A
        JMP     WAIT
RECVACK:
        MOV     A,#00000011B            ;发送读 ACK 命令
        MOV     DPTR,#I2CMSCR
        MOVX    @DPTR,A
        JMP     WAIT
RECVDATA:
        MOV     A,#00000100B            ;发送 RECV 命令
        MOV     DPTR,#I2CMSCR
        MOVX    @DPTR,A
        CALL    WAIT
        MOV     DPTR,#I2CRXD            ;从数据缓冲区读取数据
        MOVX    A,@DPTR
        RET
SENDACK:
        MOV     A,#00000000B            ;设置 ACK 信号
        MOV     DPTR,#I2CMSST
        MOVX    @DPTR,A
        MOV     A,#00000101B            ;发送 ACK 命令
        MOV     DPTR,#I2CMSCR
        MOVX    @DPTR,A
        JMP     WAIT
SENDNAK:
        MOV     A,#00000001B            ;设置 NAK 信号
        MOV     DPTR,#I2CMSST
        MOVX    @DPTR,A
        MOV     A,#00000101B            ;发送 ACK 命令
        MOV     DPTR,#I2CMSCR
        MOVX    @DPTR,A
        JMP     WAIT
STOP:
        MOV     A,#00000110B            ;发送 STOP 命令
        MOV     DPTR,#I2CMSCR
        MOVX    @DPTR,A
        JMP     WAIT
WAIT:
        MOV     DPTR,#I2CMSST           ;清中断标志
        MOVX    A,@DPTR
        JNB     ACC.6,WAIT
        ANL     A,#NOT 40H
        MOVX    @DPTR,A
        RET

DELAY:
        MOV     R0,#0
        MOV     R1,#0
DELAY1:
        NOP
        NOP
        NOP
```

```
        NOP
        DJNZ    R1,DELAY1
        DJNZ    R0,DELAY1
        RET

MAIN:
        MOV     SP, #5FH
        MOV     P0M0, #00H
        MOV     P0M1, #00H
        MOV     P1M0, #00H
        MOV     P1M1, #00H
        MOV     P2M0, #00H
        MOV     P2M1, #00H
        MOV     P3M0, #00H
        MOV     P3M1, #00H
        MOV     P4M0, #00H
        MOV     P4M1, #00H
        MOV     P5M0, #00H
        MOV     P5M1, #00H

        MOV     P_SW2,#80H

        MOV     A,#11100000B        ;设置 I2C 模块为主机模式
        MOV     DPTR,#I2CCFG
        MOVX    @DPTR,A
        MOV     A,#00000000B
        MOV     DPTR,#I2CMSST
        MOVX    @DPTR,A

        CALL    START               ;发送起始命令
        MOV     A,#5AH              ;
        CALL    SENDDATA            ;发送设备地址(010_1101B)+写命令(0B)
        CALL    RECVACK
        MOV     A,#000H             ;发送存储地址
        CALL    SENDDATA
        CALL    RECVACK
        MOV     A,#12H              ;写测试数据 1
        CALL    SENDDATA
        CALL    RECVACK
        MOV     A,#78H              ;写测试数据 2
        CALL    SENDDATA
        CALL    RECVACK
        CALL    STOP                ;发送停止命令

        CALL    DELAY               ;等待设备写数据

        CALL    START               ;发送起始命令
        MOV     A,#5AH              ;发送设备地址(010_1101B)+写命令(0B)
        CALL    SENDDATA
        CALL    RECVACK
        MOV     A,#000H             ;发送存储地址
        CALL    SENDDATA
        CALL    RECVACK
        CALL    START               ;发送起始命令
        MOV     A,#5BH              ;发送设备地址(010_1101B)+读命令(1B)
        CALL    SENDDATA
        CALL    RECVACK
        CALL    RECVDATA            ;读取数据 1
        MOV     P0,A
```

```
        CALL    SENDACK
        CALL    RECVDATA        ;读取数据 2
        MOV     P2,A
        CALL    SENDNAK
        CALL    STOP            ;发送停止命令

        JMP     $

        END
```

22 LCM 接口

STC8A8K64D4 系列的单片机内部集成了一个 LCM 接口控制器，可用于驱动目前流行的液晶显示屏模块。可驱动 I8080 接口和 M6800 接口彩屏，支持 8 位和 16 位数据宽度

22.1 LCM 接口功能脚切换

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
LCMIFCFG	FE50H	LCMIFIE	-	LCMIFIP[1:0]		LCMIFDPS[1:0]		D16_D8	M68_I80
LCMIFCFG2	FE51H		LCMIFCPS[1:0]		SETUPT[2:0]			HOLDT[1:0]	

LCMIFCPS[1:0]：LCM 接口控制脚选择位

LCMIFCPS [1:0]	RS	I8080 的读信号 RD M6800 的使能信号 E	I8080 的写信号 WR M6800 的读写信号 RW
00	P4.1	P4.4	P4.3
01	P4.1	P3.7	P3.6
10	P4.1	P4.2	P4.0
11	P4.0	P3.7	P3.6

LCMIFDPS[1:0]：8 位数据 LCM 接口数据脚选择位

LCMIFDPS [1:0]	D16_D8	数据字节 DAT[7:0]
00	0	P2[7:0]
01	0	P6[7:0]
10	0	P2[7:0]
11	0	P6[7:0]

LCMIFDPS[1:0]：16 位数据 LCM 接口数据脚选择位

LCMIFDPS [1:0]	D16_D8	数据高字节 DAT[15:8]	数据低字节 DAT[7:0]
00	1	P2[7:0]	P0[7:0]
01	1	P6[7:0]	P2[7:0]
10	1	P2[7:0]	P7[7:0]
11	1	P6[7:0]	P7[7:0]

22.2 LCM 相关的寄存器

符号	描述	地址	位地址与符号								复位值
			B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	
LCMIFCFG	LCM 接口配置寄存器	FE50H	LCMIFIE	-	LCMIFIP[1:0]		LCMIFDPS[1:0]		D16_D8	M68_I80	0x00,0000
LCMIFCFG2	LCM 接口配置寄存器 2	FE51H	-	LCMIFCPS[1:0]		SETUPT[2:0]			HOLDT[1:0]		x000,0000
LCMIFCR	LCM 接口控制寄存器	FE52H	ENLCMIF	-	-	-	-	CMD[2:0]			0xxx,x000
LCMIFSTA	LCM 接口状态寄存器	FE53H	-	-	-	-	-	-	-	LCMIFIF	xxxx,xxx0
LCMIDDATL	LCM 接口低字节数据	FE54H	LCMIFDAT[7:0]								0000,0000
LCMIDDATH	LCM 接口高字节数据	FE55H	LCMIFDAT[15:8]								0000,0000

22.2.1 LCM 接口配置寄存器（LCMIFCFG）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
LCMIFCFG	FE50H	LCMIFIE	-	LCMIFIP[1:0]		LCMIFDPS[1:0]		D16_D8	M68_I80

LCMIFIE：LCM 接口中断使能控制位

0：禁止 LCM 接口中断

1：允许 LCM 接口中断

LCMIFIP[1:0]：LCM 接口中断优先级控制位

LCMIFIP[1:0]	中断优先级
00	最低级（0）
01	较低级（1）
10	较高级（2）
11	最高级（3）

LCMIFDPS[1:0]：LCM 接口数据脚选择位

LCMIFDPS [1:0]	D16_D8	数据高字节 DAT[15:8]	数据低字节 DAT[7:0]
00	0	N/A	P2[7:0]
01	0	N/A	P6[7:0]
10	0	N/A	P2[7:0]
11	0	N/A	P6[7:0]
00	1	P2[7:0]	P0[7:0]
01	1	P6[7:0]	P2[7:0]
10	1	P2[7:0]	P7[7:0]
11	1	P6[7:0]	P7[7:0]

D16_D8：LCM 接口数据宽度控制位

0：8 位数据宽度

1：16 位数据宽度

M68_I80：LCM 接口模式选择位

0：I8080 模式

1：M6800 模式

22.2.2 LCM 接口配置寄存器 2（LCMIFCFG2）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
LCMIFCFG2	FE51H	-	LCMIFCPS[1:0]		SETUPT[2:0]			HOLDT[1:0]	

LCMIFCPS[1:0]：LCM 接口控制脚选择位

LCMIFCPS [1:0]	RS	I8080 的读信号 RD M6800 的使能信号 E	I8080 的写信号 WR M6800 的读写信号 RW
00	P4.1	P4.4	P4.3
01	P4.1	P3.7	P3.6
10	P4.1	P4.2	P4.0
11	P4.0	P3.7	P3.6

SETUPT[2:0]：LCM 接口通讯的数据建立时间控制位（详见后续章节的时序图）

HOLDT[1:0]：LCM 接口通讯的数据保持时间控制位（详见后续章节的时序图）

22.2.3 LCM 接口控制寄存器（LCMIFCR）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
LCMIFCR	FE52H	ENLCMIF	-	-	-	-	CMD[2:0]		

ELCMIF：LCM 接口使能控制位

0：禁止 LCM 接口功能

1：允许 LCM 接口功能

CMD[2:0]：LCM 接口触发命令

CMD[2:0]	触发命令
100	写命令
101	写数据
110	读命令/状态
111	读数据

22.2.4 LCM 接口状态寄存器（LCMIFSTA）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
LCMIFSTA	FE53H	-	-	-	-	-	-	-	LCMIFIF

LCMIFIF：LCM 接口中断请求标志，需软件清 0

22.2.5 LCM 接口数据寄存器（LCMIFDATL，LCMIFDATH）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
LCMIFDATL	FE54H	LCMIFDAT[7:0]							
LCMIFDATH	FE55H	LCMIFDAT[15:8]							

LCMIFDAT：LCM 接口数据寄存器。

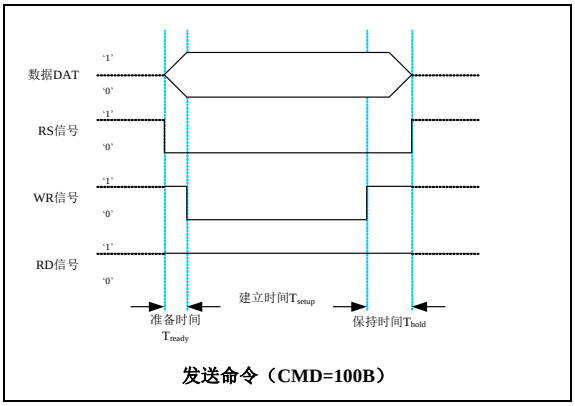
当数据宽度为 8 位数据时，只有 LCMDATL 数据有效；

当数据宽度为 16 位数据时，由 LCMDATL 和 LCMDATH 共同组合成 16 位数据

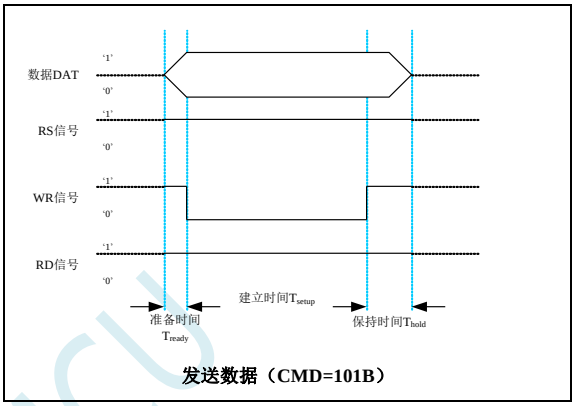
22.3 LCD 接口时序图

注： T_{ready} =1 个系统时钟
T_{setup} =（SETUPT +1）个系统时钟
T_{hold} =（HOLDT+1）个系统时钟

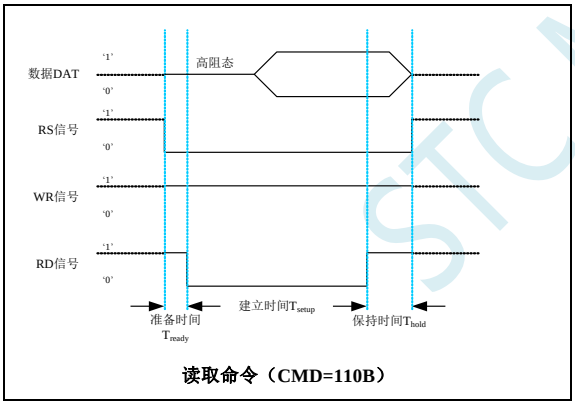
22.3.1 I8080 模式



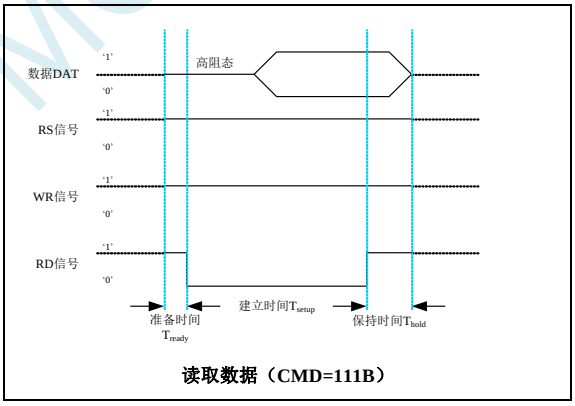
发送命令（CMD=100B）



发送数据（CMD=101B）

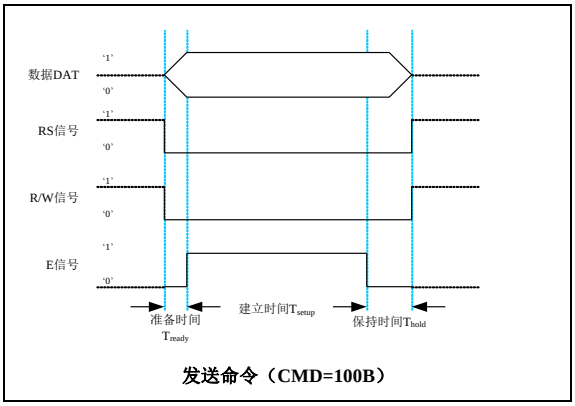


读取命令（CMD=110B）

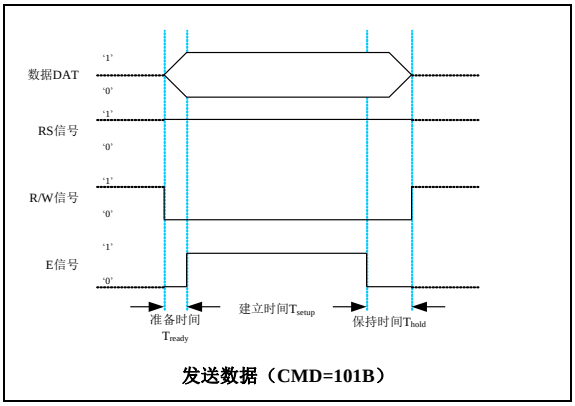


读取数据（CMD=111B）

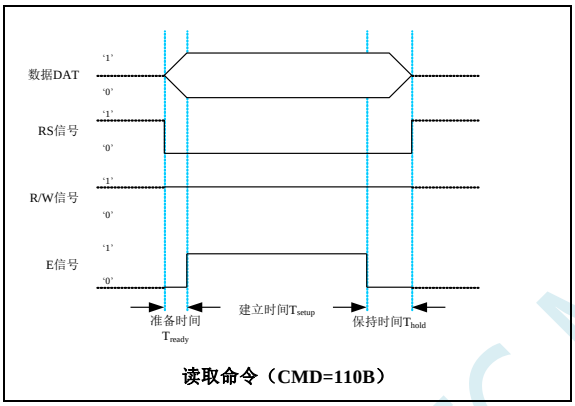
22.3.2 M6800 模式



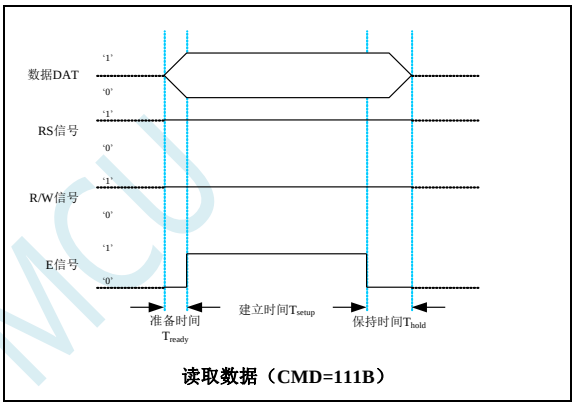
发送命令（CMD=100B）



发送数据（CMD=101B）



读取命令（CMD=110B）



读取数据（CMD=111B）

23 DMA

STC8A8K64D4 系列的单片机支持批量数据存储功能，即传统的 DMA。

支持如下几种 DMA 操作：

- M2M_DMA：XRAM 存储器到 XRAM 存储器的数据读写
- ADC_DMA：自动扫描使能的 ADC 通道并将转换的 ADC 数据自动存储到 XRAM 中
- SPI_DMA：自动将 XRAM 中的数据和 SPI 外设之间进行数据交换
- UR1T_DMA：自动将 XRAM 中的数据通过串口 1 发送出去
- UR1R_DMA：自动将串口 1 接收到的数据存储到 XRAM 中
- UR2T_DMA：自动将 XRAM 中的数据通过串口 2 发送出去
- UR2R_DMA：自动将串口 2 接收到的数据存储到 XRAM 中
- UR3T_DMA：自动将 XRAM 中的数据通过串口 3 发送出去
- UR3R_DMA：自动将串口 3 接收到的数据存储到 XRAM 中
- UR4T_DMA：自动将 XRAM 中的数据通过串口 4 发送出去
- UR4R_DMA：自动将串口 4 接收到的数据存储到 XRAM 中
- LCM_DMA：自动将 XRAM 中的数据和 LCM 设备之间进行数据交换

每次 DMA 数据传输最大数据量为 256 字节。

每种 DMA 对 XRAM 的读写操作都可设置 4 级访问优先级，硬件自动进行 XRAM 总线的访问仲裁，不会影响 CPU 的 XRAM 的访问。相同优先级下，不同 DMA 对 XRAM 的访问顺序如下：SPI_DMA，UR1R_DMA，UR1T_DMA，UR2R_DMA，UR2T_DMA，UR3R_DMA，UR3T_DMA，UR4R_DMA，UR4T_DMA，LCM_DMA，M2M_DMA，ADC_DMA

23.1 DMA 相关的寄存器

符号	描述	地址	位地址与符号								复位值
			B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	
DMA_M2M_CFG	M2M_DMA 配置寄存器	FA00H	M2MIE	-	TXACO	RXACO	M2MIP[1:0]		M2MPTY[1:0]		0x00,0000
DMA_M2M_CR	M2M_DMA 控制寄存器	FA01H	ENM2M	TRIG	-	-	-	-	-	-	00xx,xxxx
DMA_M2M_STA	M2M_DMA 状态寄存器	FA02H	-	-	-	-	-	-	-	M2MIF	xxxx,xxx0
DMA_M2M_AMT	M2M_DMA 传输总字节数	FA03H									0000,0000
DMA_M2M_DONE	M2M_DMA 传输完成字节数	FA04H									0000,0000
DMA_M2M_TXAH	M2M_DMA 发送高地址	FA05H									0000,0000
DMA_M2M_TXAL	M2M_DMA 发送低地址	FA06H									0000,0000
DMA_M2M_RXAH	M2M_DMA 接收高地址	FA07H									0000,0000
DMA_M2M_RXAL	M2M_DMA 接收低地址	FA08H									0000,0000
DMA_ADC_CFG	ADC_DMA 配置寄存器	FA10H	ADCIE	-	-	-	ADCMIP[1:0]		ADCPTY[1:0]		0xxx,0000
DMA_ADC_CR	ADC_DMA 控制寄存器	FA11H	ENADC	TRIG	-	-	-	-	-	-	00xx,xxxx
DMA_ADC_STA	ADC_DMA 状态寄存器	FA12H	-	-	-	-	-	-	-	ADCIF	xxxx,xxx0
DMA_ADC_RXAH	ADC_DMA 接收高地址	FA17H									0000,0000
DMA_ADC_RXAL	ADC_DMA 接收低地址	FA18H									0000,0000
DMA_ADC_CFG2	ADC_DMA 配置寄存器 2	FA19H	-	-	-	-	CVTIMESEL[3:0]				xxxx,0000

DMA_ADC_CHSW0	ADC_DMA 通道使能	FA1AH	CH15	CH14	CH13	CH12	CH11	CH10	CH9	CH8	1000,0000
DMA_ADC_CHSW1	ADC_DMA 通道使能	FA1BH	CH7	CH6	CH5	CH4	CH3	CH2	CH1	CH0	0000,0001
DMA_SPI_CFG	SPI_DMA 配置寄存器	FA20H	SPIIE	ACT_TX	ACT_RX	-	SPIIP[1:0]		SPIPTY[1:0]		000x,0000
DMA_SPI_CR	SPI_DMA 控制寄存器	FA21H	ENSPI	TRIG_M	TRIG_S	-	-	-	-	CLRFIFO	000x,xxx0
DMA_SPI_STA	SPI_DMA 状态寄存器	FA22H	-	-	-	-	-	TXOVW	RXLOSS	SPIIF	xxxx,x000
DMA_SPI_AMT	SPI_DMA 传输总字节数	FA23H									0000,0000
DMA_SPI_DONE	SPI_DMA 传输完成字节数	FA24H									0000,0000
DMA_SPI_TXAH	SPI_DMA 发送高地址	FA25H									0000,0000
DMA_SPI_TXAL	SPI_DMA 发送低地址	FA26H									0000,0000
DMA_SPI_RXAH	SPI_DMA 接收高地址	FA27H									0000,0000
DMA_SPI_RXAL	SPI_DMA 接收低地址	FA28H									0000,0000
DMA_SPI_CFG2	SPI_DMA 配置寄存器 2	FA29H	-	-	-	-	-	WRPSS	SSS[1:0]		xxxx,x000
DMA_UR1T_CFG	UR1T_DMA 配置寄存器	FA30H	UR1TIE	-	-	-	UR1TIP[1:0]		UR1TPTY[1:0]		0xxx,0000
DMA_UR1T_CR	UR1T_DMA 控制寄存器	FA31H	ENUR1T	TRIG	-	-	-	-	-	-	00xx,xxxx
DMA_UR1T_STA	UR1T_DMA 状态寄存器	FA32H	-	-	-	-	-	TXOVW	-	UR1TIF	xxxx,x0x0
DMA_UR1T_AMT	UR1T_DMA 传输总字节数	FA33H									0000,0000
DMA_UR1T_DONE	UR1T_DMA 传输完成字节数	FA34H									0000,0000
DMA_UR1T_TXAH	UR1T_DMA 发送高地址	FA35H									0000,0000
DMA_UR1T_TXAL	UR1T_DMA 发送低地址	FA36H									0000,0000
DMA_UR1R_CFG	UR1R_DMA 配置寄存器	FA38H	UR1RIE	-	-	-	UR1RIP[1:0]		UR1RPTY[1:0]		0xxx,0000
DMA_UR1R_CR	UR1R_DMA 控制寄存器	FA39H	ENUR1R	-	TRIG	-	-	-	-	CLRFIFO	0x0x,xxx0
DMA_UR1R_STA	UR1R_DMA 状态寄存器	FA3AH	-	-	-	-	-	-	RXLOSS	UR1RIF	xxxx,xx00
DMA_UR1R_AMT	UR1R_DMA 传输总字节数	FA3BH									0000,0000
DMA_UR1R_DONE	UR1R_DMA 传输完成字节数	FA3CH									0000,0000
DMA_UR1R_TXAH	UR1R_DMA 发送高地址	FA3DH									0000,0000
DMA_UR1R_TXAL	UR1R_DMA 发送低地址	FA3EH									0000,0000
DMA_UR2T_CFG	UR2T_DMA 配置寄存器	FA40H	UR2TIE	-	-	-	UR2TIP[1:0]		UR2TPTY[1:0]		0xxx,0000
DMA_UR2T_CR	UR2T_DMA 控制寄存器	FA41H	ENUR2T	TRIG	-	-	-	-	-	-	00xx,xxxx
DMA_UR2T_STA	UR2T_DMA 状态寄存器	FA42H	-	-	-	-	-	TXOVW	-	UR2TIF	xxxx,x0x0
DMA_UR2T_AMT	UR2T_DMA 传输总字节数	FA43H									0000,0000
DMA_UR2T_DONE	UR2T_DMA 传输完成字节数	FA44H									0000,0000
DMA_UR2T_TXAH	UR2T_DMA 发送高地址	FA45H									0000,0000
DMA_UR2T_TXAL	UR2T_DMA 发送低地址	FA46H									0000,0000
DMA_UR2R_CFG	UR2R_DMA 配置寄存器	FA48H	UR2RIE	-	-	-	UR2RIP[1:0]		UR2RPTY[1:0]		0xxx,0000
DMA_UR2R_CR	UR2R_DMA 控制寄存器	FA49H	ENUR2R	-	TRIG	-	-	-	-	CLRFIFO	0x0x,xxx0
DMA_UR2R_STA	UR2R_DMA 状态寄存器	FA4AH	-	-	-	-	-	-	RXLOSS	UR2RIF	xxxx,xx00
DMA_UR2R_AMT	UR2R_DMA 传输总字节数	FA4BH									0000,0000
DMA_UR2R_DONE	UR2R_DMA 传输完成字节数	FA4CH									0000,0000
DMA_UR2R_TXAH	UR2R_DMA 发送高地址	FA4DH									0000,0000
DMA_UR2R_TXAL	UR2R_DMA 发送低地址	FA4EH									0000,0000
DMA_UR3T_CFG	UR3T_DMA 配置寄存器	FA50H	UR3TIE	-	-	-	UR3TIP[1:0]		UR3TPTY[1:0]		0xxx,0000
DMA_UR3T_CR	UR3T_DMA 控制寄存器	FA51H	ENUR3T	TRIG	-	-	-	-	-	-	00xx,xxxx
DMA_UR3T_STA	UR3T_DMA 状态寄存器	FA52H	-	-	-	-	-	TXOVW	-	UR3TIF	xxxx,x0x0
DMA_UR3T_AMT	UR3T_DMA 传输总字节数	FA53H									0000,0000

DMA_UR3T_DONE	UR3T_DMA 传输完成字节数	FA54H								0000,0000
DMA_UR3T_TXAH	UR3T_DMA 发送高地址	FA55H								0000,0000
DMA_UR3T_TXAL	UR3T_DMA 发送低地址	FA56H								0000,0000
DMA_UR3R_CFG	UR3R_DMA 配置寄存器	FA58H	UR3RIE	-	-	-	UR3RIP[1:0]		UR3RPTY[1:0]	0xxx,0000
DMA_UR3R_CR	UR3R_DMA 控制寄存器	FA59H	ENUR3R	-	TRIG	-	-	-	-	CLRFIFO 0x0x,xxx0
DMA_UR3R_STA	UR3R_DMA 状态寄存器	FA5AH	-	-	-	-	-	-	RXLOSS	UR3RIF xxxx,xx00
DMA_UR3R_AMT	UR3R_DMA 传输总字节数	FA5BH								0000,0000
DMA_UR3R_DONE	UR3R_DMA 传输完成字节数	FA5CH								0000,0000
DMA_UR3R_TXAH	UR3R_DMA 发送高地址	FA5DH								0000,0000
DMA_UR3R_TXAL	UR3R_DMA 发送低地址	FA5EH								0000,0000
DMA_UR4T_CFG	UR4T_DMA 配置寄存器	FA60H	UR4TIE	-	-	-	UR4TIP[1:0]		UR4TPTY[1:0]	0xxx,0000
DMA_UR4T_CR	UR4T_DMA 控制寄存器	FA61H	ENUR4T	TRIG	-	-	-	-	-	- 00xx,xxxx
DMA_UR4T_STA	UR4T_DMA 状态寄存器	FA62H	-	-	-	-	-	TXOVW	-	UR4TIF xxxx,x0x0
DMA_UR4T_AMT	UR4T_DMA 传输总字节数	FA63H								0000,0000
DMA_UR4T_DONE	UR4T_DMA 传输完成字节数	FA64H								0000,0000
DMA_UR4T_TXAH	UR4T_DMA 发送高地址	FA65H								0000,0000
DMA_UR4T_TXAL	UR4T_DMA 发送低地址	FA66H								0000,0000
DMA_UR4R_CFG	UR4R_DMA 配置寄存器	FA68H	UR4RIE	-	-	-	UR4RIP[1:0]		UR4RPTY[1:0]	0xxx,0000
DMA_UR4R_CR	UR4R_DMA 控制寄存器	FA69H	ENUR4R	-	TRIG	-	-	-	-	CLRFIFO 0x0x,xxx0
DMA_UR4R_STA	UR4R_DMA 状态寄存器	FA6AH	-	-	-	-	-	-	RXLOSS	UR4RIF xxxx,xx00
DMA_UR4R_AMT	UR4R_DMA 传输总字节数	FA6BH								0000,0000
DMA_UR4R_DONE	UR4R_DMA 传输完成字节数	FA6CH								0000,0000
DMA_UR4R_TXAH	UR4R_DMA 发送高地址	FA6DH								0000,0000
DMA_UR4R_TXAL	UR4R_DMA 发送低地址	FA6EH								0000,0000
DMA_LCM_CFG	LCM_DMA 配置寄存器	FA70H	LCMIE	-	-	-	LCMIP[1:0]		LCMPTY[1:0]	0xxx,0000
DMA_LCM_CR	LCM_DMA 控制寄存器	FA71H	ENLCM	TRIGWC	TRIGWD	TRIGRC	TRIGRD	-	-	- 0000,0xxx
DMA_LCM_STA	LCM_DMA 状态寄存器	FA72H	-	-	-	-	-	-	TXOVW	LCMIF xxxx,xx00
DMA_LCM_AMT	LCM_DMA 传输总字节数	FA73H								0000,0000
DMA_LCM_DONE	LCM_DMA 传输完成字节数	FA74H								0000,0000
DMA_LCM_TXAH	LCM_DMA 发送高地址	FA75H								0000,0000
DMA_LCM_TXAL	LCM_DMA 发送低地址	FA76H								0000,0000
DMA_LCM_RXAH	LCM_DMA 接收高地址	FA77H								0000,0000
DMA_LCM_RXAL	LCM_DMA 接收低地址	FA78H								0000,0000

23.2 存储器与存储器之间的数据读写（M2M_DMA）

23.2.1 M2M_DMA 配置寄存器（DMA_M2M_CFG）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_M2M_CFG	FA00H	M2MIE	-	TXACO	RXACO	M2MIP[1:0]		M2MPTY[1:0]	

M2MIE：M2M_DMA 中断使能控制位

0：禁止 M2M_DMA 中断

1：允许 M2M_DMA 中断

TXACO：M2M_DMA 源地址（读取地址）改变方向

0：数据读取完成后地址自动递增

1：数据读取完成后地址自动递减

RXACO：M2M_DMA 目标地址（写入地址）改变方向

0：数据写入完成后地址自动递增

1：数据写入完成后地址自动递减

M2MIP[1:0]：M2M_DMA 中断优先级控制位

M2MIP[1:0]	中断优先级
00	最低级（0）
01	较低级（1）
10	较高级（2）
11	最高级（3）

M2MPTY[1:0]：M2M_DMA 数据总线访问优先级控制位

M2MPTY [1:0]	总线优先级
00	最低级（0）
01	较低级（1）
10	较高级（2）
11	最高级（3）

23.2.2 M2M_DMA 控制寄存器（DMA_M2M_CR）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_M2M_CR	FA01H	ENM2M	TRIG	-	-	-	-	-	-

ENM2M：M2M_DMA 功能使能控制位

0：禁止 M2M_DMA 功能

1：允许 M2M_DMA 功能

TRIG：M2M_DMA 数据读写触发控制位

0：写 0 无效

1：写 1 开始 M2M_DMA 操作，

23.2.3 M2M_DMA 状态寄存器（DMA_M2M_STA）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_M2M_STA	FA02H	-	-	-	-	-	-	-	M2MIF

M2MIF：M2M_DMA 中断请求标志位，当 M2M_DMA 操作完成后，硬件自动将 M2MIF 置 1，若使能 M2M_DMA 中断则进入中断服务程序。标志位需软件清零

23.2.4 M2M_DMA 传输总字节寄存器（DMA_M2M_AMT）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_M2M_AMT	FA03H								

DMA_M2M_AMT：设置需要进行数据读写的字节数。

注：实际读写的字节数为（DMA_M2M_AMT+1），即当 DMA_M2M_AMT 设置为 0 时，读写 1 字节，当 DMA_M2M_AMT 设置 255 时，读写 256 字节

23.2.5 M2M_DMA 传输完成字节寄存器（DMA_M2M_DONE）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_M2M_DONE	FA04H								

DMA_M2M_DONE：当前已经读写完成的字节数。

23.2.6 M2M_DMA 发送地址寄存器（DMA_M2M_TXAx）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_M2M_TXAH	FA05H	ADDR[15:8]							
DMA_M2M_TXAL	FA06H	ADDR[7:0]							

DMA_M2M_TXA：设置进行数据读写时的源地址。执行 M2M_DMA 操作时会从这个地址开始读数据。

23.2.7 M2M_DMA 接收地址寄存器（DMA_M2M_RXAx）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_M2M_RXAH	FA07H	ADDR[15:8]							
DMA_M2M_RXAL	FA08H	ADDR[7:0]							

DMA_M2M_RXA：设置进行数据读写时的目标地址。执行 M2M_DMA 操作时会从这个地址开始写入数据。

23.3 ADC 数据自动存储（ADC_DMA）

23.3.1 ADC_DMA 配置寄存器（DMA_ADC_CFG）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_ADC_CFG	FA10H	ADCIE	-			ADCIP[1:0]		ADCPTY[1:0]	

ADCIE：ADC_DMA 中断使能控制位

0：禁止 ADC_DMA 中断

1：允许 ADC_DMA 中断

ADCIP[1:0]：ADC_DMA 中断优先级控制位

ADCIP[1:0]	中断优先级
00	最低级（0）
01	较低级（1）
10	较高级（2）
11	最高级（3）

ADCPTY[1:0]：ADC_DMA 数据总线访问优先级控制位

ADCPTY [1:0]	总线优先级
00	最低级（0）
01	较低级（1）
10	较高级（2）
11	最高级（3）

23.3.2 ADC_DMA 控制寄存器（DMA_ADC_CR）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_ADC_CR	FA11H	ENADC	TRIG	-	-	-	-	-	-

ENADC：ADC_DMA 功能使能控制位

0：禁止 ADC_DMA 功能

1：允许 ADC_DMA 功能

TRIG：ADC_DMA 操作触发控制位

0：写 0 无效

1：写 1 开始 ADC_DMA 操作，

23.3.3 ADC_DMA 状态寄存器（DMA_ADC_STA）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_ADC_STA	FA12H	-	-	-	-	-	-	-	ADCIF

ADCIF：ADC_DMA 中断请求标志位，当 ADC_DMA 完成扫描所有使能的 ADC 通道后后，硬件自动将 ADCIF 置 1，若使能 ADC_DMA 中断则进入中断服务程序。标志位需软件清零

23.3.4 ADC_DMA 接收地址寄存器（DMA_ADC_RXAx）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_ADC_RXAH	FA17H	ADDR[15:8]							

DMA_ADC_RXAL	FA18H	ADDR[7:0]

DMA_ADC_RXA：设置进行 ADC_DMA 操作时 ADC 转换数据的存储地址。

23.3.5 ADC_DMA 配置寄存器 2（DMA_ADC_CFG2）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_ADC_CFG2	FA19H	-	-	-	-	CVTIMESEL[3:0]			

CVTIMESEL[3:0]：设置进行 ADC_DMA 操作时，对每个 ADC 通道进行 ADC 转换的次数

CVTIMESEL[3:0]	转换次数
0xxx	1 次
1000	2 次
1001	4 次
1010	8 次
1011	16 次
1100	32 次
1101	64 次
1110	128 次
1111	256 次

23.3.6 ADC_DMA 通道使能寄存器（DMA_ADC_CHSWx）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_ADC_CHSW0	FA1AH	CH15	CH14	CH13	CH12	CH11	CH10	CH9	CH8
DMA_ADC_CHSW1	FA1BH	CH7	CH6	CH5	CH4	CH3	CH2	CH1	CH0

CHn：设置 ADC_DMA 操作时，自动扫描的 ADC 通道。通道扫描总是从编号小的通道开始。

23.3.7 ADC_DMA 的数据存储格式

注：ADC 转换速度和转换结果的对齐方式均由 ADC 相关寄存器进行设置

XRAM[DMA_ADC_RXA+0] = 使能的第 1 通道的第 1 次 ADC 转换结果的高字节;
XRAM[DMA_ADC_RXA+1] = 使能的第 1 通道的第 1 次 ADC 转换结果的低字节;
XRAM[DMA_ADC_RXA+2] = 使能的第 1 通道的第 2 次 ADC 转换结果的高字节;
XRAM[DMA_ADC_RXA+3] = 使能的第 1 通道的第 2 次 ADC 转换结果的低字节;
...
XRAM[DMA_ADC_RXA+2n-2] = 使能的第 1 通道的第 n 次 ADC 转换结果的高字节;
XRAM[DMA_ADC_RXA+2n-1] = 使能的第 1 通道的第 n 次 ADC 转换结果的低字节;
XRAM[DMA_ADC_RXA+2n] = 第 1 通道的 ADC 通道号;
XRAM[DMA_ADC_RXA+2n+1] = 第 1 通道 n 次 ADC 转换结果取完平均值之后的余数;
XRAM[DMA_ADC_RXA+2n+2] = 第 1 通道 n 次 ADC 转换结果平均值的高字节;
XRAM[DMA_ADC_RXA+2n+3] = 第 1 通道 n 次 ADC 转换结果平均值的低字节;

XRAM[DMA_ADC_RXA+(2n+4)+0] = 使能的第 2 通道的第 1 次 ADC 转换结果的高字节;
XRAM[DMA_ADC_RXA+(2n+4)+1] = 使能的第 2 通道的第 1 次 ADC 转换结果的低字节;
XRAM[DMA_ADC_RXA+(2n+4)+2] = 使能的第 2 通道的第 2 次 ADC 转换结果的高字节;
XRAM[DMA_ADC_RXA+(2n+4)+3] = 使能的第 2 通道的第 2 次 ADC 转换结果的低字节;
...
XRAM[DMA_ADC_RXA+(2n+4)+2n-2] = 使能的第 2 通道的第 n 次 ADC 转换结果的高字节;
XRAM[DMA_ADC_RXA+(2n+4)+2n-1] = 使能的第 2 通道的第 n 次 ADC 转换结果的低字节;
XRAM[DMA_ADC_RXA+(2n+4)+2n] = 第 2 通道的 ADC 通道号;
XRAM[DMA_ADC_RXA+(2n+4)+2n+1] = 第 2 通道的 n 次 ADC 转换结果取完平均值之后的余数;
XRAM[DMA_ADC_RXA+(2n+4)+2n+2] =第 2 通道的 n 次 ADC 转换结果平均值的高字节;
XRAM[DMA_ADC_RXA+(2n+4)+2n+3] =第 2 通道的 n 次 ADC 转换结果平均值的低字节;
...
XRAM[DMA_ADC_RXA+(m-1)(2n+4)+0] = 使能的第 m 通道的第 1 次 ADC 转换结果的高字节;
XRAM[DMA_ADC_RXA+(m-1)(2n+4)+1] = 使能的第 m 通道的第 1 次 ADC 转换结果的低字节;
XRAM[DMA_ADC_RXA+(m-1)(2n+4)+2] = 使能的第 m 通道的第 2 次 ADC 转换结果的高字节;
XRAM[DMA_ADC_RXA+(m-1)(2n+4)+3] = 使能的第 m 通道的第 2 次 ADC 转换结果的低字节;
...
XRAM[DMA_ADC_RXA+(m-1)(2n+4)+2n-2] = 使能的第 m 通道的第 n 次 ADC 转换结果的高字节;
XRAM[DMA_ADC_RXA+(m-1)(2n+4)+2n-1] = 使能的第 m 通道的第 n 次 ADC 转换结果的低字节;
XRAM[DMA_ADC_RXA+(m-1)(2n+4)+2n] = 第 m 通道的 ADC 通道号;
XRAM[DMA_ADC_RXA+(m-1)(2n+4)+2n+1] = 第 m 通道的 n 次 ADC 转换结果取完平均值之后的余数;
XRAM[DMA_ADC_RXA+(m-1)(2n+4)+2n+2] =第 m 通道的 n 次 ADC 转换结果平均值的高字节;
XRAM[DMA_ADC_RXA+(m-1)(2n+4)+2n+3] =第 m 通道的 n 次 ADC 转换结果平均值的低字节;

表格形式如下：

ADC 通道	偏移地址	数据
第 1 通道	0	使能的第 1 通道的第 1 次 ADC 转换结果的高字节
	1	使能的第 1 通道的第 1 次 ADC 转换结果的低字节
	2	使能的第 1 通道的第 2 次 ADC 转换结果的高字节
	3	使能的第 1 通道的第 2 次 ADC 转换结果的低字节
	...	...
	2n-2	使能的第 1 通道的第 n 次 ADC 转换结果的高字节
	2n-1	使能的第 1 通道的第 n 次 ADC 转换结果的低字节
	2n	第 1 通道的 ADC 通道号
	2n+1	第 1 通道 n 次 ADC 转换结果取完平均值之后的余数
	2n+2	第 1 通道 n 次 ADC 转换结果平均值的高字节
	2n+3	第 1 通道 n 次 ADC 转换结果平均值的低字节
第 2 通道	(2n+4) + 0	使能的第 2 通道的第 1 次 ADC 转换结果的高字节
	(2n+4) + 1	使能的第 2 通道的第 1 次 ADC 转换结果的低字节
	(2n+4) + 2	使能的第 2 通道的第 2 次 ADC 转换结果的高字节
	(2n+4) + 3	使能的第 2 通道的第 2 次 ADC 转换结果的低字节
	...	...
	(2n+4) + 2n-2	使能的第 2 通道的第 n 次 ADC 转换结果的高字节
	(2n+4) + 2n-1	使能的第 2 通道的第 n 次 ADC 转换结果的低字节
	(2n+4) + 2n	第 2 通道的 ADC 通道号
	(2n+4) + 2n+1	第 2 通道 n 次 ADC 转换结果取完平均值之后的余数
	(2n+4) + 2n+2	第 2 通道 n 次 ADC 转换结果平均值的高字节
	(2n+4) + 2n+3	第 2 通道 n 次 ADC 转换结果平均值的低字节
	...	...
第 m 通道	(m-1)(2n+4) + 0	使能的第 m 通道的第 1 次 ADC 转换结果的高字节
	(m-1)(2n+4) + 1	使能的第 m 通道的第 1 次 ADC 转换结果的低字节
	(m-1)(2n+4) + 2	使能的第 m 通道的第 2 次 ADC 转换结果的高字节
	(m-1)(2n+4) + 3	使能的第 m 通道的第 2 次 ADC 转换结果的低字节
	...	...
	(m-1)(2n+4) + 2n-2	使能的第 m 通道的第 n 次 ADC 转换结果的高字节
	(m-1)(2n+4) + 2n-1	使能的第 m 通道的第 n 次 ADC 转换结果的低字节
	(m-1)(2n+4) + 2n	第 m 通道的 ADC 通道号
	(m-1)(2n+4) + 2n+1	第 m 通道 n 次 ADC 转换结果取完平均值之后的余数
	(m-1)(2n+4) + 2n+2	第 m 通道 n 次 ADC 转换结果平均值的高字节
	(m-1)(2n+4) + 2n+3	第 m 通道 n 次 ADC 转换结果平均值的低字节

23.4 SPI 与存储器之间的数据交换（SPI_DMA）

23.4.1 SPI_DMA 配置寄存器（DMA_SPI_CFG）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_SPI_CFG	FA20H	SPIIE	ACT_TX	ACT_RX	-	SPIIP[1:0]		SPIPTY[1:0]	

SPIIE：SPI_DMA 中断使能控制位

0：禁止 SPI_DMA 中断

1：允许 SPI_DMA 中断

ACT_TX：SPI_DMA 发送数据控制位

0：禁止 SPI_DMA 发送数据。主机模式时，SPI 只发送时钟到 SCLK 端口，但不从 XRAM 读取数据，也不向 MOSI 端口上发送数据；从机模式时，SPI 不从 XRAM 读取数据，也不向 MISO 端口上发送数据

1：允许 SPI_DMA 发送数据。主机模式时，SPI 发送时钟到 SCLK 端口，同时从 XRAM 读取数据，并将数据发送到 MOSI 端口；从机模式时，SPI 从 XRAM 读取数据，并将数据发送到 MISO 端口

ACT_RX：SPI_DMA 接收数据控制位

0：禁止 SPI_DMA 接收数据。主机模式时，SPI 只发送时钟到 SCLK 端口，但不从 MISO 端口读取数据，也向 XRAM 写数据；从机模式时，SPI 不从 MOSI 端口读取数据，也不向 XRAM 写数据。

1：允许 SPI_DMA 接收数据。主机模式时，SPI 发送时钟到 SCLK 端口，同时从 MISO 端口读取数据，并将数据写入 XRAM；从机模式时，SPI 从 MOSI 端口读取数据，并写入 XRAM。

SPIIP[1:0]：SPI_DMA 中断优先级控制位

SPIIP[1:0]	中断优先级
00	最低级（0）
01	较低级（1）
10	较高级（2）
11	最高级（3）

SPIPTY[1:0]：SPI_DMA 数据总线访问优先级控制位

SPIPTY [1:0]	总线优先级
00	最低级（0）
01	较低级（1）
10	较高级（2）
11	最高级（3）

23.4.2 SPI_DMA 控制寄存器（DMA_SPI_CR）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_SPI_CR	FA21H	ENSPI	TRIG_M	TRIG_S	-	-	-	-	CLRFIFO

ENSPI：SPI_DMA 功能使能控制位

0：禁止 SPI_DMA 功能

1：允许 SPI_DMA 功能

TRIG_M：SPI_DMA 主机模式触发控制位

0：写 0 无效

1：写 1 开始 SPI_DMA 主机模式操作，

TRIG_S：SPI_DMA 从机模式触发控制位

0：写 0 无效

1：写 1 开始 SPI_DMA 从机模式操作，

CLRFIFO：清除 SPI_DMA 接收 FIFO 控制位

0：写 0 无效

1：开始 SPI_DMA 操作前，先清空 SPI_DMA 内置的 FIFO

23.4.3 SPI_DMA 状态寄存器（DMA_SPI_STA）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_SPI_STA	FA22H	-	-	-	-	-	TXOVW	RXLOSS	SPIIF

SPIIF：SPI_DMA 中断请求标志位，当 SPI_DMA 数据交换完成后，硬件自动将 SPIIF 置 1，若使能 SPI_DMA 中断则进入中断服务程序。标志位需软件清零

RXLOSS：SPI_DMA 接收数据丢弃标志位。SPI_DMA 操作过程中，当 XRAM 总线过于繁忙，来不及清空 SPI_DMA 的接收 FIFO 导致 SPI_DMA 接收的数据自动丢弃时，硬件硬件自动将 RXLOSS 置 1。标志位需软件清零

TXOVW：SPI_DMA 数据覆盖标志位。SPI_DMA 正在数据传输过程中，主机模式的 SPI 写 SPDAT 寄存器再次触发 SPI 数据传输时，会导致数据传输失败，此时硬件硬件自动将 TXOVW 置 1。标志位需软件清零

23.4.4 SPI_DMA 传输总字节寄存器（DMA_SPI_AMT）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_SPI_AMT	FA23H								

DMA_SPI_AMT：设置需要进行数据读写的字节数。

注：实际读写的字节数为（DMA_SPI_AMT+1），即当 DMA_SPI_AMT 设置为 0 时，传输 1 字节，当 DMA_SPI_AMT 设置 255 时，传输 256 字节

23.4.5 SPI_DMA 传输完成字节寄存器（DMA_SPI_DONE）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_SPI_DONE	FA24H								

DMA_SPI_DONE：当前已经传输完成的字节数。

23.4.6 SPI_DMA 发送地址寄存器（DMA_SPI_TXAx）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_SPI_TXAH	FA25H	ADDR[15:8]							
DMA_SPI_TXAL	FA26H	ADDR[7:0]							

DMA_SPI_TXA：设置进行数据传输时的源地址。执行 SPI_DMA 操作时会从这个地址开始读数据。

23.4.7 SPI_DMA 接收地址寄存器（DMA_SPI_RXAx）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_SPI_RXAH	FA27H	ADDR[15:8]							

DMA_SPI_RXAL	FA28H	ADDR[7:0]

DMA_SPI_RXA：设置进行数据传输时的目标地址。执行 SPI_DMA 操作时会从这个地址开始写入数据。

23.4.8 SPI_DMA 配置寄存 2 器（DMA_SPI_CFG2）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_SPI_CFG2	FA29H	-	-	-	-	-	WRPSS	SSS[1:0]	

WRPSS：SPI_DMA 过程中使能 SS 脚控制位

0：SPI_DMA 传输过程中，不自动控制 SS 脚

1：SPI_DMA 传输过程中，自动拉低 SS 脚，传输完成后，自动恢复原始状态

SSS[1:0]：SPI_DMA 过程中，自动控制 SS 选择位

SSS[1:0]	SS 脚
00	P1.2
01	P2.2
10	P7.4
11	P3.5

23.5 串口 1 与存储器之间的数据交换（UR1T_DMA, UR1R_DMA）

23.5.1 UR1T_DMA 配置寄存器（DMA_UR1T_CFG）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_UR1T_CFG	FA30H	UR1TIE	-	-	-	UR1TIP[1:0]		UR1TPTY[1:0]	

UR1TIE：UR1T_DMA 中断使能控制位

0：禁止 UR1T_DMA 中断

1：允许 UR1T_DMA 中断

UR1TIP[1:0]：UR1T_DMA 中断优先级控制位

UR1TIP[1:0]	中断优先级
00	最低级（0）
01	较低级（1）
10	较高级（2）
11	最高级（3）

UR1TPTY[1:0]：UR1T_DMA 数据总线访问优先级控制位

UR1TPTY [1:0]	总线优先级
00	最低级（0）
01	较低级（1）
10	较高级（2）
11	最高级（3）

23.5.2 UR1T_DMA 控制寄存器（DMA_UR1T_CR）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_UR1T_CR	FA31H	ENUR1T	TRIG	-	-	-	-	-	-

ENUR1T：UR1T_DMA 功能使能控制位

0：禁止 UR1T_DMA 功能

1：允许 UR1T_DMA 功能

TRIG：UR1T_DMA 串口 1 发送触发控制位

0：写 0 无效

1：写 1 开始 UR1T_DMA 自动发送数据

23.5.3 UR1T_DMA 状态寄存器（DMA_UR1T_STA）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_UR1T_STA	FA32H	-	-	-	-	-	TXOVW	-	UR1TIF

UR1TIF：UR1T_DMA 中断请求标志位，当 UR1T_DMA 数据发送完成后，硬件自动将 UR1TIF 置 1，若使能 UR1T_DMA 中断则进入中断服务程序。标志位需软件清零

TXOVW：UR1T_DMA 数据覆盖标志位。UR1T_DMA 正在数据传输过程中，串口写 SBUF 寄存器再次触发串口发送数据时，会导致数据传输失败，此时硬件硬件自动将 TXOVW 置 1。标志位需软件清零

23.5.4 UR1T_DMA 传输总字节寄存器（DMA_UR1T_AMT）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_UR1T_AMT	FA33H								

DMA_UR1T_AMT：设置需要自动发送数据的字节数。

注：实际的字节数为（DMA_UR1T_AMT+1），即当 DMA_UR1T_AMT 设置为 0 时，传输 1 字节，当 DMA_UR1T_AMT 设置 255 时，传输 256 字节

23.5.5 UR1T_DMA 传输完成字节寄存器（DMA_UR1T_DONE）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_UR1T_DONE	FA34H								

DMA_UR1T_DONE：当前已经发送完成的字节数。

23.5.6 UR1T_DMA 发送地址寄存器（DMA_UR1T_TXAx）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_UR1T_TXAH	FA35H	ADDR[15:8]							
DMA_UR1T_TXAL	FA36H	ADDR[7:0]							

DMA_UR1T_TXA：设置自动发送数据的源地址。执行 UR1T_DMA 操作时会从这个地址开始读数据。

23.5.7 UR1R_DMA 配置寄存器（DMA_UR1R_CFG）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_UR1R_CFG	FA38H	UR1RIE	-	-	-	UR1RIP[1:0]		UR1RPTY[1:0]	

UR1RIE：UR1R_DMA 中断使能控制位

0：禁止 UR1R_DMA 中断

1：允许 UR1R_DMA 中断

UR1RIP[1:0]：UR1R_DMA 中断优先级控制位

UR1RIP[1:0]	中断优先级
00	最低级（0）
01	较低级（1）
10	较高级（2）
11	最高级（3）

UR1RPTY[1:0]：UR1R_DMA 数据总线访问优先级控制位

UR1RPTY [1:0]	总线优先级
00	最低级（0）
01	较低级（1）
10	较高级（2）
11	最高级（3）

23.5.8 UR1R_DMA 控制寄存器（DMA_UR1R_CR）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_UR1R_CR	FA39H	ENUR1R	-	TRIG	-	-	-	-	CLRFIFO

ENUR1R：UR1R_DMA 功能使能控制位

0：禁止 UR1R_DMA 功能

1：允许 UR1R_DMA 功能

TRIG：UR1R_DMA 串口 1 接收触发控制位

0：写 0 无效

1：写 1 开始 UR1R_DMA 自动接收数据

CLRFIFO：清除 UR1R_DMA 接收 FIFO 控制位

0：写 0 无效

1：开始 UR1R_DMA 操作前，先清空 UR1R_DMA 内置的 FIFO

23.5.9 UR1R_DMA 状态寄存器（DMA_UR1R_STA）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_UR1R_STA	FA3AH	-	-	-	-	-	-	RXLOSS	UR1RIF

UR1RIF：UR1R_DMA 中断请求标志位，当 UR1R_DMA 接收数据完成后，硬件自动将 UR1RIF 置 1，若使能 UR1R_DMA 中断则进入中断服务程序。标志位需软件清零

RXLOSS：UR1R_DMA 接收数据丢弃标志位。UR1R_DMA 操作过程中，当 XRAM 总线过于繁忙，来不及清空 UR1R_DMA 的接收 FIFO 导致 UR1R_DMA 接收的数据自动丢弃时，硬件硬件自动将 RXLOSS 置 1。标志位需软件清零

23.5.10 UR1R_DMA 传输总字节寄存器（DMA_UR1R_AMT）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_UR1R_AMT	FA3BH								

DMA_UR1R_AMT：设置需要自动接收数据的字节数。

注：实际的字节数为（DMA_UR1R_AMT+1），即当 DMA_UR1R_AMT 设置为 0 时，传输 1 字节，当 DMA_UR1R_AMT 设置 255 时，传输 256 字节

23.5.11 UR1R_DMA 传输完成字节寄存器（DMA_UR1R_DONE）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_UR1R_DONE	FA3CH								

DMA_UR1R_DONE：当前已经接收完成的字节数。

23.5.12 UR1R_DMA 接收地址寄存器（DMA_UR1T_RXAx）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_UR1R_RXAH	FA3DH	ADDR[15:8]							
DMA_UR1R_RXAL	FA3EH	ADDR[7:0]							

DMA_UR1R_RXA：设置自动接收数据的目标地址。执行 UR1R_DMA 操作时会从这个地址开始写数据。

23.6 串口 2 与存储器之间的数据交换（UR2T_DMA, UR2R_DMA）

23.6.1 UR2T_DMA 配置寄存器（DMA_UR2T_CFG）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_UR2T_CFG	FA40H	UR2TIE	-	-	-	UR2TIP[1:0]		UR2TPTY[1:0]	

UR2TIE：UR2T_DMA 中断使能控制位

0：禁止 UR2T_DMA 中断

1：允许 UR2T_DMA 中断

UR2TIP[1:0]：UR2T_DMA 中断优先级控制位

UR2TIP[1:0]	中断优先级
00	最低级（0）
01	较低级（1）
10	较高级（2）
11	最高级（3）

UR2TPTY[1:0]：UR2T_DMA 数据总线访问优先级控制位

UR2TPTY [1:0]	总线优先级
00	最低级（0）
01	较低级（1）
10	较高级（2）
11	最高级（3）

23.6.2 UR2T_DMA 控制寄存器（DMA_UR2T_CR）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_UR2T_CR	FA41H	ENUR2T	TRIG	-	-	-	-	-	-

ENUR2T：UR2T_DMA 功能使能控制位

0：禁止 UR2T_DMA 功能

1：允许 UR2T_DMA 功能

TRIG：UR2T_DMA 串口 1 发送触发控制位

0：写 0 无效

1：写 1 开始 UR2T_DMA 自动发送数据

23.6.3 UR2T_DMA 状态寄存器（DMA_UR2T_STA）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_UR2T_STA	FA42H	-	-	-	-	-	TXOVW	-	UR2TIF

UR2TIF：UR2T_DMA 中断请求标志位，当 UR2T_DMA 数据发送完成后，硬件自动将 UR2TIF 置 1，若使能 UR2T_DMA 中断则进入中断服务程序。标志位需软件清零

TXOVW：UR2T_DMA 数据覆盖标志位。UR2T_DMA 正在数据传输过程中，串口写 SBUF 寄存器再次触发串口发送数据时，会导致数据传输失败，此时硬件硬件自动将 TXOVW 置 1。标志位需软件清零

23.6.4 UR2T_DMA 传输总字节寄存器（DMA_UR2T_AMT）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_UR2T_AMT	FA43H								

DMA_UR2T_AMT：设置需要自动发送数据的字节数。

注：实际的字节数为（DMA_UR2T_AMT+1），即当 DMA_UR2T_AMT 设置为 0 时，传输 1 字节，当 DMA_UR2T_AMT 设置 255 时，传输 256 字节

23.6.5 UR2T_DMA 传输完成字节寄存器（DMA_UR2T_DONE）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_UR2T_DONE	FA44H								

DMA_UR2T_DONE：当前已经发送完成的字节数。

23.6.6 UR2T_DMA 发送地址寄存器（DMA_UR2T_TXAx）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_UR2T_TXAH	FA45H	ADDR[15:8]							
DMA_UR2T_TXAL	FA46H	ADDR[7:0]							

DMA_UR2T_TXA：设置自动发送数据的源地址。执行 UR2T_DMA 操作时会从这个地址开始读数据。

23.6.7 UR2R_DMA 配置寄存器（DMA_UR2R_CFG）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_UR2R_CFG	FA48H	UR2RIE	-	-	-	UR2RIP[1:0]		UR2RPTY[1:0]	

UR2RIE：UR2R_DMA 中断使能控制位

0：禁止 UR2R_DMA 中断

1：允许 UR2R_DMA 中断

UR2RIP[1:0]：UR2R_DMA 中断优先级控制位

UR2RIP[1:0]	中断优先级
00	最低级（0）
01	较低级（1）
10	较高级（2）
11	最高级（3）

UR2RPTY[1:0]：UR2R_DMA 数据总线访问优先级控制位

UR2RPTY [1:0]	总线优先级
00	最低级（0）
01	较低级（1）
10	较高级（2）
11	最高级（3）

23.6.8 UR2R_DMA 控制寄存器（DMA_UR2R_CR）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_UR2R_CR	FA49H	ENUR2R	-	TRIG	-	-	-	-	CLRFIFO

ENUR2R：UR2R_DMA 功能使能控制位

0：禁止 UR2R_DMA 功能

1：允许 UR2R_DMA 功能

TRIG：UR2R_DMA 串口 1 接收触发控制位

0：写 0 无效

1：写 1 开始 UR2R_DMA 自动接收数据

CLRFIFO：清除 UR2R_DMA 接收 FIFO 控制位

0：写 0 无效

1：开始 UR2R_DMA 操作前，先清空 UR2R_DMA 内置的 FIFO

23.6.9 UR2R_DMA 状态寄存器（DMA_UR2R_STA）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_UR2R_STA	FA4AH	-	-	-	-	-	-	RXLOSS	UR2RIF

UR2RIF：UR2R_DMA 中断请求标志位，当 UR2R_DMA 接收数据完成后，硬件自动将 UR2RIF 置 1，若使能 UR2R_DMA 中断则进入中断服务程序。标志位需软件清零

RXLOSS：UR2R_DMA 接收数据丢弃标志位。UR2R_DMA 操作过程中，当 XRAM 总线过于繁忙，来不及清空 UR2R_DMA 的接收 FIFO 导致 UR2R_DMA 接收的数据自动丢弃时，硬件硬件自动将 RXLOSS 置 1。标志位需软件清零

23.6.10 UR2R_DMA 传输总字节寄存器（DMA_UR2R_AMT）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_UR2R_AMT	FA4BH								

DMA_UR2R_AMT：设置需要自动接收数据的字节数。

注：实际的字节数为（DMA_UR2R_AMT+1），即当 DMA_UR2R_AMT 设置为 0 时，传输 1 字节，当 DMA_UR2R_AMT 设置 255 时，传输 256 字节

23.6.11 UR2R_DMA 传输完成字节寄存器（DMA_UR2R_DONE）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_UR2R_DONE	FA4CH								

DMA_UR2R_DONE：当前已经接收完成的字节数。

23.6.12 UR2R_DMA 接收地址寄存器（DMA_UR2T_RXAx）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_UR2R_RXAH	FA4DH	ADDR[15:8]							
DMA_UR2R_RXAL	FA4EH	ADDR[7:0]							

DMA_UR2R_RXA：设置自动接收数据的目标地址。执行 UR2R_DMA 操作时会从这个地址开始写数据。

23.7 串口 3 与存储器之间的数据交换（UR3T_DMA, UR3R_DMA）

23.7.1 UR3T_DMA 配置寄存器（DMA_UR3T_CFG）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_UR3T_CFG	FA50H	UR3TIE	-	-	-	UR3TIP[1:0]		UR3TPTY[1:0]	

UR3TIE：UR3T_DMA 中断使能控制位

0：禁止 UR3T_DMA 中断

1：允许 UR3T_DMA 中断

UR3TIP[1:0]：UR3T_DMA 中断优先级控制位

UR3TIP[1:0]	中断优先级
00	最低级（0）
01	较低级（1）
10	较高级（2）
11	最高级（3）

UR3TPTY[1:0]：UR3T_DMA 数据总线访问优先级控制位

UR3TPTY [1:0]	总线优先级
00	最低级（0）
01	较低级（1）
10	较高级（2）
11	最高级（3）

23.7.2 UR3T_DMA 控制寄存器（DMA_UR3T_CR）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_UR3T_CR	FA51H	ENUR3T	TRIG	-	-	-	-	-	-

ENUR3T：UR3T_DMA 功能使能控制位

0：禁止 UR3T_DMA 功能

1：允许 UR3T_DMA 功能

TRIG：UR3T_DMA 串口 1 发送触发控制位

0：写 0 无效

1：写 1 开始 UR3T_DMA 自动发送数据

23.7.3 UR3T_DMA 状态寄存器（DMA_UR3T_STA）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_UR3T_STA	FA52H	-	-	-	-	-	TXOVW	-	UR3TIF

UR3TIF：UR3T_DMA 中断请求标志位，当 UR3T_DMA 数据发送完成后，硬件自动将 UR3TIF 置 1，若使能 UR3T_DMA 中断则进入中断服务程序。标志位需软件清零

TXOVW：UR3T_DMA 数据覆盖标志位。UR3T_DMA 正在数据传输过程中，串口写 SBUF 寄存器再次触发串口发送数据时，会导致数据传输失败，此时硬件硬件自动将 TXOVW 置 1。标志位需软件清零

23.7.4 UR3T_DMA 传输总字节寄存器（DMA_UR3T_AMT）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_UR3T_AMT	FA53H								

DMA_UR3T_AMT：设置需要自动发送数据的字节数。

注：实际的字节数为（DMA_UR3T_AMT+1），即当 DMA_UR3T_AMT 设置为 0 时，传输 1 字节，当 DMA_UR3T_AMT 设置 255 时，传输 256 字节

23.7.5 UR3T_DMA 传输完成字节寄存器（DMA_UR3T_DONE）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_UR3T_DONE	FA54H								

DMA_UR3T_DONE：当前已经发送完成的字节数。

23.7.6 UR3T_DMA 发送地址寄存器（DMA_UR3T_TXAx）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_UR3T_TXAH	FA55H	ADDR[15:8]							
DMA_UR3T_TXAL	FA56H	ADDR[7:0]							

DMA_UR3T_TXA：设置自动发送数据的源地址。执行 UR3T_DMA 操作时会从这个地址开始读数据。

23.7.7 UR3R_DMA 配置寄存器（DMA_UR3R_CFG）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_UR3R_CFG	FA58H	UR3RIE	-	-	-	UR3RIP[1:0]		UR3RPTY[1:0]	

UR3RIE：UR3R_DMA 中断使能控制位

0：禁止 UR3R_DMA 中断

1：允许 UR3R_DMA 中断

UR3RIP[1:0]：UR3R_DMA 中断优先级控制位

UR3RIP[1:0]	中断优先级
00	最低级（0）
01	较低级（1）
10	较高级（2）
11	最高级（3）

UR3RPTY[1:0]：UR3R_DMA 数据总线访问优先级控制位

UR3RPTY [1:0]	总线优先级
00	最低级（0）
01	较低级（1）
10	较高级（2）
11	最高级（3）

23.7.8 UR3R_DMA 控制寄存器（DMA_UR3R_CR）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_UR3R_CR	FA59H	ENUR3R	-	TRIG	-	-	-	-	CLRFIFO

ENUR3R：UR3R_DMA 功能使能控制位

0：禁止 UR3R_DMA 功能

1：允许 UR3R_DMA 功能

TRIG：UR3R_DMA 串口 1 接收触发控制位

0：写 0 无效

1：写 1 开始 UR3R_DMA 自动接收数据

CLRFIFO：清除 UR3R_DMA 接收 FIFO 控制位

0：写 0 无效

1：开始 UR3R_DMA 操作前，先清空 UR3R_DMA 内置的 FIFO

23.7.9 UR3R_DMA 状态寄存器（DMA_UR3R_STA）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_UR3R_STA	FA5AH	-	-	-	-	-	-	RXLOSS	UR3RIF

UR3RIF：UR3R_DMA 中断请求标志位，当 UR3R_DMA 接收数据完成后，硬件自动将 UR3RIF 置 1，若使能 UR3R_DMA 中断则进入中断服务程序。标志位需软件清零

RXLOSS：UR3R_DMA 接收数据丢弃标志位。UR3R_DMA 操作过程中，当 XRAM 总线过于繁忙，来不及清空 UR3R_DMA 的接收 FIFO 导致 UR3R_DMA 接收的数据自动丢弃时，硬件硬件自动将 RXLOSS 置 1。标志位需软件清零

23.7.10 UR3R_DMA 传输总字节寄存器（DMA_UR3R_AMT）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_UR3R_AMT	FA5BH								

DMA_UR3R_AMT：设置需要自动接收数据的字节数。

注：实际的字节数为（DMA_UR3R_AMT+1），即当 DMA_UR3R_AMT 设置为 0 时，传输 1 字节，当 DMA_UR3R_AMT 设置 255 时，传输 256 字节

23.7.11 UR3R_DMA 传输完成字节寄存器（DMA_UR3R_DONE）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_UR3R_DONE	FA5CH								

DMA_UR3R_DONE：当前已经接收完成的字节数。

23.7.12 UR3R_DMA 接收地址寄存器（DMA_UR3T_RXAx）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_UR3R_RXAH	FA5DH	ADDR[15:8]							
DMA_UR3R_RXAL	FA5EH	ADDR[7:0]							

DMA_UR3R_RXA：设置自动接收数据的目标地址。执行 UR3R_DMA 操作时会从这个地址开始写数据。

23.8 串口 4 与存储器之间的数据交换（UR4T_DMA，UR4R_DMA）

23.8.1 UR4T_DMA 配置寄存器（DMA_UR4T_CFG）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_UR4T_CFG	FA50H	UR4TIE	-	-	-	UR4TIP[1:0]		UR4TPTY[1:0]	

UR4TIE：UR4T_DMA 中断使能控制位

0：禁止 UR4T_DMA 中断

1：允许 UR4T_DMA 中断

UR4TIP[1:0]：UR4T_DMA 中断优先级控制位

UR4TIP[1:0]	中断优先级
00	最低级（0）
01	较低级（1）
10	较高级（2）
11	最高级（3）

UR4TPTY[1:0]：UR4T_DMA 数据总线访问优先级控制位

UR4TPTY [1:0]	总线优先级
00	最低级（0）
01	较低级（1）
10	较高级（2）
11	最高级（3）

23.8.2 UR4T_DMA 控制寄存器（DMA_UR4T_CR）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_UR4T_CR	FA51H	ENUR4T	TRIG	-	-	-	-	-	-

ENUR4T：UR4T_DMA 功能使能控制位

0：禁止 UR4T_DMA 功能

1：允许 UR4T_DMA 功能

TRIG：UR4T_DMA 串口 1 发送触发控制位

0：写 0 无效

1：写 1 开始 UR4T_DMA 自动发送数据

23.8.3 UR4T_DMA 状态寄存器（DMA_UR4T_STA）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_UR4T_STA	FA52H	-	-	-	-	-	TXOVW	-	UR4TIF

UR4TIF：UR4T_DMA 中断请求标志位，当 UR4T_DMA 数据发送完成后，硬件自动将 UR4TIF 置 1，若使能 UR4T_DMA 中断则进入中断服务程序。标志位需软件清零

TXOVW：UR4T_DMA 数据覆盖标志位。UR4T_DMA 正在数据传输过程中，串口写 SBUF 寄存器再次触发串口发送数据时，会导致数据传输失败，此时硬件硬件自动将 TXOVW 置 1。标志位需软件清零

23.8.4 UR4T_DMA 传输总字节寄存器（DMA_UR4T_AMT）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_UR4T_AMT	FA53H								

DMA_UR4T_AMT：设置需要自动发送数据的字节数。

注：实际的字节数为（DMA_UR4T_AMT+1），即当 DMA_UR4T_AMT 设置为 0 时，传输 1 字节，当 DMA_UR4T_AMT 设置 255 时，传输 256 字节

23.8.5 UR4T_DMA 传输完成字节寄存器（DMA_UR4T_DONE）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_UR4T_DONE	FA54H								

DMA_UR4T_DONE：当前已经发送完成的字节数。

23.8.6 UR4T_DMA 发送地址寄存器（DMA_UR4T_TXAx）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_UR4T_TXAH	FA55H	ADDR[15:8]							
DMA_UR4T_TXAL	FA56H	ADDR[7:0]							

DMA_UR4T_TXA：设置自动发送数据的源地址。执行 UR4T_DMA 操作时会从这个地址开始读数据。

23.8.7 UR4R_DMA 配置寄存器（DMA_UR4R_CFG）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_UR4R_CFG	FA58H	UR4RIE	-	-	-	UR4RIP[1:0]		UR4RPTY[1:0]	

UR4RIE：UR4R_DMA 中断使能控制位

0：禁止 UR4R_DMA 中断

1：允许 UR4R_DMA 中断

UR4RIP[1:0]：UR4R_DMA 中断优先级控制位

UR4RIP[1:0]	中断优先级
00	最低级（0）
01	较低级（1）
10	较高级（2）
11	最高级（3）

UR4RPTY[1:0]：UR4R_DMA 数据总线访问优先级控制位

UR4RPTY [1:0]	总线优先级
00	最低级（0）
01	较低级（1）
10	较高级（2）
11	最高级（3）

23.8.8 UR4R_DMA 控制寄存器（DMA_UR4R_CR）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_UR4R_CR	FA59H	ENUR4R	-	TRIG	-	-	-	-	CLRFIFO

ENUR4R：UR4R_DMA 功能使能控制位

0：禁止 UR4R_DMA 功能

1：允许 UR4R_DMA 功能

TRIG：UR4R_DMA 串口 1 接收触发控制位

0：写 0 无效

1：写 1 开始 UR4R_DMA 自动接收数据

CLRFIFO：清除 UR4R_DMA 接收 FIFO 控制位

0：写 0 无效

1：开始 UR4R_DMA 操作前，先清空 UR4R_DMA 内置的 FIFO

23.8.9 UR4R_DMA 状态寄存器（DMA_UR4R_STA）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_UR4R_STA	FA5AH	-	-	-	-	-	-	RXLOSS	UR4RIF

UR4RIF：UR4R_DMA 中断请求标志位，当 UR4R_DMA 接收数据完成后，硬件自动将 UR4RIF 置 1，若使能 UR4R_DMA 中断则进入中断服务程序。标志位需软件清零

RXLOSS：UR4R_DMA 接收数据丢弃标志位。UR4R_DMA 操作过程中，当 XRAM 总线过于繁忙，来不及清空 UR4R_DMA 的接收 FIFO 导致 UR4R_DMA 接收的数据自动丢弃时，硬件硬件自动将 RXLOSS 置 1。标志位需软件清零

23.8.10 UR4R_DMA 传输总字节寄存器（DMA_UR4R_AMT）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_UR4R_AMT	FA5BH								

DMA_UR4R_AMT：设置需要自动接收数据的字节数。

注：实际的字节数为（DMA_UR4R_AMT+1），即当 DMA_UR4R_AMT 设置为 0 时，传输 1 字节，当 DMA_UR4R_AMT 设置 255 时，传输 256 字节

23.8.11 UR4R_DMA 传输完成字节寄存器（DMA_UR4R_DONE）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_UR4R_DONE	FA5CH								

DMA_UR4R_DONE：当前已经接收完成的字节数。

23.8.12 UR4R_DMA 接收地址寄存器（DMA_UR4T_RXAx）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_UR4R_RXAH	FA5DH	ADDR[15:8]							
DMA_UR4R_RXAL	FA5EH	ADDR[7:0]							

DMA_UR4R_RXA：设置自动接收数据的目标地址。执行 UR4R_DMA 操作时会从这个地址开始写数据。

23.9 LCM 与存储器之间的数据读写（LCM_DMA）

23.9.1 LCM_DMA 配置寄存器（DMA_LCM_CFG）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_LCM_CFG	FA70H	LCMIE	ACT_TX	ACT_RX	-	LCMIP[1:0]		LCMPTY[1:0]	

LCMIE：LCM_DMA 中断使能控制位

0：禁止 LCM_DMA 中断

1：允许 LCM_DMA 中断

LCMIP[1:0]：LCM_DMA 中断优先级控制位

LCMIP[1:0]	中断优先级
00	最低级（0）
01	较低级（1）
10	较高级（2）
11	最高级（3）

LCMPTY[1:0]：LCM_DMA 数据总线访问优先级控制位

LCMPTY [1:0]	总线优先级
00	最低级（0）
01	较低级（1）
10	较高级（2）
11	最高级（3）

23.9.2 LCM_DMA 控制寄存器（DMA_LCM_CR）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_LCM_CR	FA71H	ENLCM	TRIGWC	TRIGWD	TRIGRC	TRIGRD	-	-	CLRFIFO

ENLCM：LCM_DMA 功能使能控制位

0：禁止 LCM_DMA 功能

1：允许 LCM_DMA 功能

TRIGWC：LCM_DMA 发送命令模式触发控制位

0：写 0 无效

1：写 1 开始 LCM_DMA 发送命令模式操作

TRIGWD：LCM_DMA 发送数据模式触发控制位

0：写 0 无效

1：写 1 开始 LCM_DMA 发送数据模式操作

TRIGRC：LCM_DMA 读取命令模式触发控制位

0：写 0 无效

1：写 1 开始 LCM_DMA 读取命令模式操作

TRIGRD：LCM_DMA 读取数据模式触发控制位

0：写 0 无效

1：写 1 开始 LCM_DMA 读取数据模式操作

23.9.3 LCM_DMA 状态寄存器（DMA_LCM_STA）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_LCM_STA	FA72H	-	-	-	-	-	-	TXOVW	LCMIF

LCMIF：LCM_DMA 中断请求标志位，当 LCM_DMA 数据交换完成后，硬件自动将 LCMIF 置 1，若使能 LCM_DMA 中断则进入中断服务程序。标志位需软件清零

TXOVW：LCM_DMA 数据覆盖标志位。LCM_DMA 正在数据传输过程中，LCMIF 写 LCMIFDATL 和 LCMIDDATH 寄存器时，会导致数据传输失败，此时硬件硬件自动将 TXOVW 置 1。标志位需软件清零

23.9.4 LCM_DMA 传输总字节寄存器（DMA_LCM_AMT）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_LCM_AMT	FA73H								

DMA_LCM_AMT：设置需要进行数据读写的字节数。

注：实际读写的字节数为（DMA_LCM_AMT+1），即当 DMA_LCM_AMT 设置为 0 时，传输 1 字节，当 DMA_LCM_AMT 设置 255 时，传输 256 字节

23.9.5 LCM_DMA 传输完成字节寄存器（DMA_LCM_DONE）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_LCM_DONE	FA74H								

DMA_LCM_DONE：当前已经传输完成的字节数。

23.9.6 LCM_DMA 发送地址寄存器（DMA_LCM_TXAx）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_LCM_TXAH	FA75H	ADDR[15:8]							
DMA_LCM_TXAL	FA76H	ADDR[7:0]							

DMA_LCM_TXA：设置进行数据传输时的源地址。执行 LCM_DMA 操作时会从这个地址开始读数据。

23.9.7 LCM_DMA 接收地址寄存器（DMA_LCM_RXAx）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DMA_LCM_RXAH	FA77H	ADDR[15:8]							
DMA_LCM_RXAL	FA78H	ADDR[7:0]							

DMA_LCM_RXA：设置进行数据传输时的目标地址。执行 LCM_DMA 操作时会从这个地址开始写入数据。

23.10 范例程序

23.10.1 串口 1 中断模式与电脑收发测试 - DMA 接收超时中断

C 语言代码

```
//测试工作频率为 22.1184MHz

/*************  功能说明  **************
串口 1 全双工中断方式收发通讯程序。通过 PC 向 MCU 发送数据, MCU 将收到的数据自动存入 DMA 空间。当一次性接收的内容存满设置的 DMA 空间后，通过串口 1 的 DMA 自动发送功能把存储空间的数据输出。利用串口接收中断进行超时判断，超时没有收到新的数据，表示一串数据已经接收完毕，将已接收的内容输出，并清除 DMA 空间。用定时器做波特率发生器，建议使用 1T 模式(除非低波特率用 12T)，并选择可被波特率整除的时钟频率，以提高精度。
下载时, 选择时钟 22.1184MHz (用户可自行修改频率).
*****************************************/

#include "stdio.h"
#include "stc8a8k64d4.h"

#define    MAIN_Fosc        22118400L                    //定义主时钟（精确计算 115200 波特率）
#define    Baudrate1        115200L
#define    Timer0_Reload    (65536UL -(MAIN_Fosc / 1000))

#define    DMA_AMT_LEN      255                          //设置传输总字节数(0~255)：DMA_AMT_LEN+1

bit        B_1ms;                                        //1ms 标志
bit        DMATxFlag;
bit        DMARxFlag;
bit        BusyFlag;
u8         Rx_cnt;
u8         RX1_TimeOut;

u8         xdata DMABuffer[256];

void UART1_config(u8 brt);
void DMA_Config(void);

void UartPutc(unsigned char dat)
{
    BusyFlag = 1;
    SBUF = dat;
    while(BusyFlag);
}

char putchar(char c)
{
    UartPutc(c);
    return c;
}

void main(void)
{
    u16 i;
```

```
    P0M1 = 0x00;    P0M0 = 0x00;                    //设置为准双向口
    P1M1 = 0x00;    P1M0 = 0x00;                    //设置为准双向口
    P2M1 = 0x00;    P2M0 = 0x00;                    //设置为准双向口
    P3M1 = 0x00;    P3M0 = 0x00;                    //设置为准双向口
    P4M1 = 0x00;    P4M0 = 0x00;                    //设置为准双向口
    P5M1 = 0x00;    P5M0 = 0x00;                    //设置为准双向口
    P6M1 = 0x00;    P6M0 = 0x00;                    //设置为准双向口
    P7M1 = 0x00;    P7M0 = 0x00;                    //设置为准双向口

    for(i=0; i<256; i++)
    {
        DMABuffer[i] = i;
    }

    AUXR = 0x80;                                    //Timer0 set as 1T, 16 bits timer auto-reload,
    TH0 = (u8)(Timer0_Reload / 256);
    TL0 = (u8)(Timer0_Reload % 256);
    ET0 = 1;                                        //Timer0 interrupt enable
    TR0 = 1;                                        //Tiner0 run

    UART1_config(1);                                //使用 Timer1 做波特率.
    DMA_Config();
    EA = 1;                     //允许总中断

    printf("UART1 DMA Timeout Programme!\r\n");     //UART1 发送一个字符串
    DMATxFlag = 0;
    DMARxFlag = 0;

    while (1)
    {
        if((DMATxFlag) && (DMARxFlag))              //判断发送完成标志与接收完成标志
        {
            Rx_cnt = 0;
            RX1_TimeOut = 0;
            printf("\r\nUART1 DMA FULL!\r\n");      //UART1 发送一个字符串
            DMATxFlag = 0;
            DMA_UR1T_CR = 0xc0;                     //bit7 1:使能 UART1_DMA,
                                                    //bit6 1:开始 UART1_DMA 自动发送

            DMARxFlag = 0;
            DMA_UR1R_CR = 0xa1;                     //bit7 1:使能 UART1_DMA,
                                                    //bit5 1:开始 UART1_DMA 自动接收,
                                                    //bit0 1:清除 FIFO
        }

        if(B_1ms)                                   //1ms 到
        {
            B_1ms = 0;
            if(RX1_TimeOut > 0)                     //超时计数
            {
                if(--RX1_TimeOut == 0)
                {
                    DMA_UR1R_CR = 0x00;             //关闭 UART1_DMA
                    printf("\r\nUART1 Timeout!\r\n");//UART1 发送一个字符串

                    for(i=0;i<Rx_cnt;i++) UartPutc(DMABuffer[i]);
                    printf("\r\n");

                    Rx_cnt = 0;
```

```
                DMA_UR1R_CR = 0xa1;             //bit7 1:使能 UART1_DMA,
                                                //bit5 1:开始 UART1_DMA 自动接收,
                                                //bit0 1:清除 FIFO
            }
        }
    }
}

void DMA_Config(void)
{
    P_SW2 = 0x80;
    DMA_UR1T_CFG = 0x80;                        //bit7 1:Enable Interrupt
    DMA_UR1T_STA = 0x00;
    DMA_UR1T_AMT = DMA_AMT_LEN;                 //设置传输总字节数：n+1
    DMA_UR1T_TXA = DMABuffer;
    DMA_UR1T_CR = 0xc0;                         //bit7 1:使能 UART1_DMA,
                                                //bit6 1:开始 UART1_DMA 自动发送

    DMA_UR1R_CFG = 0x80;                        //bit7 1:Enable Interrupt
    DMA_UR1R_STA = 0x00;
    DMA_UR1R_AMT = DMA_AMT_LEN;                 //设置传输总字节数：n+1
    DMA_UR1R_RXA = DMABuffer;
    DMA_UR1R_CR = 0xa1;                         //bit7 1:使能 UART1_DMA,
                                                //bit5 1:开始 UART1_DMA 自动接收,
                                                //bit0 1:清除 FIFO
}

void SetTimer2Baudraye(u16 dat)
{
    AUXR &= ~(1<<4);                            //Timer stop
    AUXR &= ~(1<<3);                            //Timer2 set As Timer
    AUXR |=  (1<<2);                            //Timer2 set as 1T mode
    T2H = dat / 256;
    T2L = dat % 256;
    IE2  &= ~(1<<2);                            //禁止中断
    AUXR |=  (1<<4);                            //Timer run enable
}

void UART1_config(u8 brt)                       //选择波特率:
                                                //2: 使用 Timer2 做波特率,
                                                //其它值: 使用 Timer1 做波特率.
{
    /********** 波特率使用定时器 2 **********/
    if(brt == 2)
    {
        AUXR |= 0x01;                           //S1 BRT Use Timer2;
        SetTimer2Baudraye(65536UL - (MAIN_Fosc / 4) / Baudrate1);
    }

    /********** 波特率使用定时器 1 **********/
    else
    {
        TR1 = 0;
        AUXR &= ~0x01;                          //S1 BRT Use Timer1;
        AUXR |=  (1<<6);                        //Timer1 set as 1T mode
        TMOD &= ~(1<<6);                        //Timer1 set As Timer
        TMOD &= ~0x30;                          //Timer1_16bitAutoReload;
        TH1 = (u8)((65536UL - (MAIN_Fosc / 4) / Baudrate1) / 256);
```

```
        TL1 = (u8)((65536UL - (MAIN_Fosc / 4) / Baudrate1) % 256);
        ET1 = 0;                                    //禁止中断
        INTCLKO &= ~0x02;                           //不输出时钟
        TR1   = 1;
    }
    /*********************************************/

    SCON = (SCON & 0x3f) | 0x40;                    //UART1 模式:
                                                    //0x00: 同步移位输出,
                                                    //0x40: 8 位数据,可变波特率,
                                                    //0x80: 9 位数据,固定波特率,
                                                    //0xc0: 9 位数据,可变波特率
//  PS = 1;                                         //高优先级中断
    ES = 1;                                         //允许中断
    REN = 1;                                        //允许接收
    P_SW1 &= 0x3f;
    P_SW1 |= 0x00;                                  //UART1 switch to:
                                                    //0x00: P3.0 P3.1,
                                                    //0x40: P3.6 P3.7,
                                                    //0x80: P1.6 P1.7,
                                                    //0xC0: P4.3 P4.4

    RX1_TimeOut = 0;
}

void UART1_int (void) interrupt 4
{
    if(RI)
    {
        RI = 0;
        Rx_cnt++;
        if(Rx_cnt >= DMA_AMT_LEN) Rx_cnt = 0;
        RX1_TimeOut = 5;                            //如果 5ms 没收到新的数据，判定一串数据接收完毕
    }

    if(TI)
    {
        TI = 0;
        BusyFlag = 0;
    }
}

void timer0 (void) interrupt 1
{
    B_1ms = 1;                                      //1ms 标志
}

void UART1_DMA_Interrupt(void) interrupt 13
{
    if (DMA_UR1T_STA & 0x01)                        //发送完成
    {
        DMA_UR1T_STA &= ~0x01;
        DMATxFlag = 1;
    }
    if (DMA_UR1T_STA & 0x04)                        //数据覆盖
    {
        DMA_UR1T_STA &= ~0x04;
    }
```

```
    if (DMA_UR1R_STA & 0x01)                    //接收完成
    {
        DMA_UR1R_STA &= ~0x01;
        DMARxFlag = 1;
    }
    if (DMA_UR1R_STA & 0x02)                    //数据丢弃
    {
        DMA_UR1R_STA &= ~0x02;
    }
}
```

//文件：ISR.ASM

//中断号大于 31 的中断，需要进行中断入口地址重映射处理

```
        CSEG    AT      012BH           ;P0INT_VECTOR
        JMP             P0INT_ISR
        CSEG    AT      0133H           ;P1INT_VECTOR
        JMP             P1INT_ISR
        CSEG    AT      013BH           ;P2INT_VECTOR
        JMP             P2INT_ISR
        CSEG    AT      0143H           ;P3INT_VECTOR
        JMP             P3INT_ISR
        CSEG    AT      014BH           ;P4INT_VECTOR
        JMP             P4INT_ISR
        CSEG    AT      0153H           ;P5INT_VECTOR
        JMP             P5INT_ISR
        CSEG    AT      015BH           ;P6INT_VECTOR
        JMP             P6INT_ISR
        CSEG    AT      0163H           ;P7INT_VECTOR
        JMP             P7INT_ISR
        CSEG    AT      016BH           ;P8INT_VECTOR
        JMP             P8INT_ISR
        CSEG    AT      0173H           ;P9INT_VECTOR
        JMP             P9INT_ISR
        CSEG    AT      017BH           ;M2MDMA_VECTOR
        JMP             M2MDMA_ISR
        CSEG    AT      0183H           ;ADCDMA_VECTOR
        JMP             ADCDMA_ISR
        CSEG    AT      018BH           ;SPIDMA_VECTOR
        JMP             SPIDMA_ISR
        CSEG    AT      0193H           ;U1TXDMA_VECTOR
        JMP             U1TXDMA_ISR
        CSEG    AT      019BH           ;U1RXDMA_VECTOR
        JMP             U1RXDMA_ISR
        CSEG    AT      01A3H           ;U2TXDMA_VECTOR
        JMP             U2TXDMA_ISR
        CSEG    AT      01ABH           ;U2RXDMA_VECTOR
        JMP             U2RXDMA_ISR
        CSEG    AT      01B3H           ;U3TXDMA_VECTOR
        JMP             U3TXDMA_ISR
        CSEG    AT      01BBH           ;U3RXDMA_VECTOR
        JMP             U3RXDMA_ISR
        CSEG    AT      01C3H           ;U4TXDMA_VECTOR
        JMP             U4TXDMA_ISR
        CSEG    AT      01CBH           ;U4RXDMA_VECTOR
        JMP             U4RXDMA_ISR
        CSEG    AT      01D3H           ;LCMDMA_VECTOR
        JMP             LCMDMA_ISR
        CSEG    AT      01DBH           ;LCMIF_VECTOR
```

```
                JMP     LCMIF_ISR

P0INT_ISR:
P1INT_ISR:
P2INT_ISR:
P3INT_ISR:
P4INT_ISR:
P5INT_ISR:
P6INT_ISR:
P7INT_ISR:
P8INT_ISR:
P9INT_ISR:
M2MDMA_ISR:
ADCDMA_ISR:
SPIDMA_ISR:
U1TXDMA_ISR:
U1RXDMA_ISR:
U2TXDMA_ISR:
U2RXDMA_ISR:
U3TXDMA_ISR:
U3RXDMA_ISR:
U4TXDMA_ISR:
U4RXDMA_ISR:
LCMDMA_ISR:
LCMIF_ISR:

                JMP     006BH

                END
```

23.10.2 串口 1 中断模式与电脑收发测试 - DMA 数据校验

C 语言代码

```
//测试工作频率为 22.1184MHz

/*************  功能说明    **************
串口 1 全双工中断方式收发通讯程序。通过 PC 向 MCU 发送数据, MCU 将收到的数据自动存入 DMA 空间。数据包的最后两个字节作为校验位, 例程以 crc16_ccitt 算法进行校验。当 DMA 空间存满设置大小的内容后，对有效数据进行校验计算，然后与最后两位校验位进行对比。通过串口 1 的 DMA 自动发送功能把存储空间的数据输出。用定时器做波特率发生器，建议使用 1T 模式(除非低波特率用 12T)，并选择可被波特率整除的时钟频率，以提高精度。
下载时, 选择时钟 22.1184MHz (用户可自行修改频率)。
*****************************************/

#include "stdio.h"
#include "STC8Hxxxxx.h"
#include "crc16.h"

#define    MAIN_Fosc       22118400L          //定义主时钟（精确计算 115200 波特率）
#define    Baudrate1       115200L

#define    DMA_AMT_LEN     255                //设置传输总字节数(0~255)：DMA_AMT_LEN+1
```

```
bit         DMATxFlag;
bit         DMARxFlag;

u8          xdata DMABuffer[256];

void UART1_config(u8 brt);
void DMA_Config(void);

void UartPutc(unsigned char dat)
{
    SBUF = dat;
    while(TI == 0);
    TI = 0;
}

char putchar(char c)
{
    UartPutc(c);
    return c;
}

/*****CRC 计算函数********/
u16 crc16_ccitt(u8 *pbuf, u16 len)
{
    unsigned short code crc16_ccitt_table[256] =
    {
        0x0000, 0x1021, 0x2042, 0x3063, 0x4084, 0x50A5, 0x60C6, 0x70E7,
        0x8108, 0x9129, 0xA14A, 0xB16B, 0xC18C, 0xD1AD, 0xE1CE, 0xF1EF,
        0x1231, 0x0210, 0x3273, 0x2252, 0x52B5, 0x4294, 0x72F7, 0x62D6,
        0x9339, 0x8318, 0xB37B, 0xA35A, 0xD3BD, 0xC39C, 0xF3FF, 0xE3DE,
        0x2462, 0x3443, 0x0420, 0x1401, 0x64E6, 0x74C7, 0x44A4, 0x5485,
        0xA56A, 0xB54B, 0x8528, 0x9509, 0xE5EE, 0xF5CF, 0xC5AC, 0xD58D,
        0x3653, 0x2672, 0x1611, 0x0630, 0x76D7, 0x66F6, 0x5695, 0x46B4,
        0xB75B, 0xA77A, 0x9719, 0x8738, 0xF7DF, 0xE7FE, 0xD79D, 0xC7BC,
        0x48C4, 0x58E5, 0x6886, 0x78A7, 0x0840, 0x1861, 0x2802, 0x3823,
        0xC9CC, 0xD9ED, 0xE98E, 0xF9AF, 0x8948, 0x9969, 0xA90A, 0xB92B,
        0x5AF5, 0x4AD4, 0x7AB7, 0x6A96, 0x1A71, 0x0A50, 0x3A33, 0x2A12,
        0xDBFD, 0xCBDC, 0xFBBF, 0xEB9E, 0x9B79, 0x8B58, 0xBB3B, 0xAB1A,
        0x6CA6, 0x7C87, 0x4CE4, 0x5CC5, 0x2C22, 0x3C03, 0x0C60, 0x1C41,
        0xEDAE, 0xFD8F, 0xCDEC, 0xDDCD, 0xAD2A, 0xBD0B, 0x8D68, 0x9D49,
        0x7E97, 0x6EB6, 0x5ED5, 0x4EF4, 0x3E13, 0x2E32, 0x1E51, 0x0E70,
        0xFF9F, 0xEFBE, 0xDFDD, 0xCFFC, 0xBF1B, 0xAF3A, 0x9F59, 0x8F78,
        0x9188, 0x81A9, 0xB1CA, 0xA1EB, 0xD10C, 0xC12D, 0xF14E, 0xE16F,
        0x1080, 0x00A1, 0x30C2, 0x20E3, 0x5004, 0x4025, 0x7046, 0x6067,
        0x83B9, 0x9398, 0xA3FB, 0xB3DA, 0xC33D, 0xD31C, 0xE37F, 0xF35E,
        0x02B1, 0x1290, 0x22F3, 0x32D2, 0x4235, 0x5214, 0x6277, 0x7256,
        0xB5EA, 0xA5CB, 0x95A8, 0x8589, 0xF56E, 0xE54F, 0xD52C, 0xC50D,
        0x34E2, 0x24C3, 0x14A0, 0x0481, 0x7466, 0x6447, 0x5424, 0x4405,
        0xA7DB, 0xB7FA, 0x8799, 0x97B8, 0xE75F, 0xF77E, 0xC71D, 0xD73C,
        0x26D3, 0x36F2, 0x0691, 0x16B0, 0x6657, 0x7676, 0x4615, 0x5634,
        0xD94C, 0xC96D, 0xF90E, 0xE92F, 0x99C8, 0x89E9, 0xB98A, 0xA9AB,
        0x5844, 0x4865, 0x7806, 0x6827, 0x18C0, 0x08E1, 0x3882, 0x28A3,
        0xCB7D, 0xDB5C, 0xEB3F, 0xFB1E, 0x8BF9, 0x9BD8, 0xABBB, 0xBB9A,
        0x4A75, 0x5A54, 0x6A37, 0x7A16, 0x0AF1, 0x1AD0, 0x2AB3, 0x3A92,
        0xFD2E, 0xED0F, 0xDD6C, 0xCD4D, 0xBDAA, 0xAD8B, 0x9DE8, 0x8DC9,
        0x7C26, 0x6C07, 0x5C64, 0x4C45, 0x3CA2, 0x2C83, 0x1CE0, 0x0CC1,
        0xEF1F, 0xFF3E, 0xCF5D, 0xDF7C, 0xAF9B, 0xBFBA, 0x8FD9, 0x9FF8,
        0x6E17, 0x7E36, 0x4E55, 0x5E74, 0x2E93, 0x3EB2, 0x0ED1, 0x1EF0
```

```
    };

    u16 crc16 = 0x0000;
    u16 crc_h8, crc_l8;

    while( len-- ) {
        crc_h8 = (crc16 >> 8);
        crc_l8 = (crc16 << 8);
        crc16 = crc_l8 ^ crc16_ccitt_table[crc_h8 ^ *pbuf];
        pbuf++;
    }

    return crc16;
}

void main(void)
{
    u16 i;
    u16 CheckSum;

    P0M1 = 0x00;    P0M0 = 0x00;                    //设置为准双向口
    P1M1 = 0x00;    P1M0 = 0x00;                    //设置为准双向口
    P2M1 = 0x00;    P2M0 = 0x00;                    //设置为准双向口
    P3M1 = 0x00;    P3M0 = 0x00;                    //设置为准双向口
    P4M1 = 0x00;    P4M0 = 0x00;                    //设置为准双向口
    P5M1 = 0x00;    P5M0 = 0x00;                    //设置为准双向口
    P6M1 = 0x00;    P6M0 = 0x00;                    //设置为准双向口
    P7M1 = 0x00;    P7M0 = 0x00;                    //设置为准双向口

    for(i=0; i<256; i++)
    {
        DMABuffer[i] = i;
    }

    P_SW2 = 0x80;
    DMA_UR1T_STA = 0x00;
    UART1_config(1);
    printf("UART1 DMA CRC Programme!\r\n");

    DMA_Config();
    EA = 1;                                         //允许总中断

    DMATxFlag = 0;
    DMARxFlag = 0;

    while (1)
    {
        if((DMATxFlag) && (DMARxFlag))
        {
            CheckSum = crc16_ccitt(DMABuffer,DMA_AMT_LEN-1);
            if(((u8)CheckSum == DMABuffer[DMA_AMT_LEN-1]) &&
            ((u8)(CheckSum>>8) == DMABuffer[DMA_AMT_LEN]))
            {
                printf("\r\nOK! CheckSum = %04x\r\n",CheckSum);
            }
            else
            {
                printf("\r\nERROR! CheckSum = %04x\r\n",CheckSum);
            }
```

```
            DMATxFlag = 0;
            DMA_UR1T_CR = 0xc0;                 //bit7 1:使能 UART1_DMA,
                                                //bit6 1:开始 UART1_DMA 自动发送

            DMARxFlag = 0;
            DMA_UR1R_CR = 0xa1;                 //bit7 1:使能 UART1_DMA,
                                                //bit5 1:开始 UART1_DMA 自动接收,
                                                //bit0 1:清除 FIFO
        }
    }
}

void DMA_Config(void)
{
    P_SW2 = 0x80;
    DMA_UR1T_CFG = 0x80;                        //bit7 1:Enable Interrupt
    DMA_UR1T_STA = 0x00;
    DMA_UR1T_AMT = DMA_AMT_LEN;                 //设置传输总字节数：n+1
    DMA_UR1T_TXA = DMABuffer;
    DMA_UR1T_CR = 0xc0;                         //bit7 1:使能 UART1_DMA,
                                                //bit6 1:开始 UART1_DMA 自动发送

    DMA_UR1R_CFG = 0x80;                        //bit7 1:Enable Interrupt
    DMA_UR1R_STA = 0x00;
    DMA_UR1R_AMT = DMA_AMT_LEN;                 //设置传输总字节数：n+1
    DMA_UR1R_RXA = DMABuffer;
    DMA_UR1R_CR = 0xa1;                         //bit7 1:使能 UART1_DMA,
                                                //bit5 1:开始 UART1_DMA 自动接收, bit0 1:清除 FIFO
}

void SetTimer2Baudraye(u16 dat)                 //选择波特率:
                                                //2: 使用 Timer2 做波特率,
                                                //其它值: 使用 Timer1 做波特率.
{
    AUXR &= ~(1<<4);                            //Timer stop
    AUXR &= ~(1<<3);                            //Timer2 set As Timer
    AUXR |=  (1<<2);                            //Timer2 set as 1T mode
    T2H = dat / 256;
    T2L = dat % 256;
    IE2  &= ~(1<<2);                            //禁止中断
    AUXR |=  (1<<4);                            //Timer run enable
}

void UART1_config(u8 brt)                       //选择波特率:
                                                //2: 使用 Timer2 做波特率
                                                //其它值: 使用 Timer1 做波特率.
{
    /********** 波特率使用定时器 2 **********/
    if(brt == 2)
    {
        AUXR |= 0x01;                           //S1 BRT Use Timer2;
        SetTimer2Baudraye(65536UL - (MAIN_Fosc / 4) / Baudrate1);
    }

    /********** 波特率使用定时器 1 **********/
    else
    {
        TR1 = 0;
        AUXR &= ~0x01;                          //S1 BRT Use Timer1;
        AUXR |=  (1<<6);                        //Timer1 set as 1T mode
```

```
        TMOD &= ~(1<<6);                                //Timer1 set As Timer
        TMOD &= ~0x30;                                  //Timer1_16bitAutoReload;
        TH1 = (u8)((65536UL - (MAIN_Fosc / 4) / Baudrate1) / 256);
        TL1 = (u8)((65536UL - (MAIN_Fosc / 4) / Baudrate1) % 256);
        ET1 = 0;                                        //禁止中断
        INTCLKO &= ~0x02;                               //不输出时钟
        TR1  = 1;
    }
    /*********************************************/

    SCON = (SCON & 0x3f) | 0x40;                        //UART1 模式,
                                                        //0x00: 同步移位输出,
                                                        //0x40: 8 位数据,可变波特率,
                                                        //0x80: 9 位数据,固定波特率,
                                                        //0xc0: 9 位数据,可变波特率
//  PS  = 1;                                            //高优先级中断
//  ES  = 1;                                            //允许中断
    REN = 1;                                            //允许接收
    P_SW1 &= 0x3f;
    P_SW1 |= 0x00;
}

void UART1_DMA_Interrupt(void) interrupt 13
{
    if (DMA_UR1T_STA & 0x01)                            //发送完成
    {
        DMA_UR1T_STA &= ~0x01;
        DMATxFlag = 1;
    }
    if (DMA_UR1T_STA & 0x04)                            //数据覆盖
    {
        DMA_UR1T_STA &= ~0x04;
    }

    if (DMA_UR1R_STA & 0x01)                            //接收完成
    {
        DMA_UR1R_STA &= ~0x01;
        DMARxFlag = 1;
    }
    if (DMA_UR1R_STA & 0x02)                            //数据丢弃
    {
        DMA_UR1R_STA &= ~0x02;
    }
}
```

//文件：ISR.ASM
//中断号大于 31 的中断，需要进行中断入口地址重映射处理

```
        CSEG    AT      012BH                   ;P0INT_VECTOR
        JMP             P0INT_ISR
        CSEG    AT      0133H                   ;P1INT_VECTOR
        JMP             P1INT_ISR
        CSEG    AT      013BH                   ;P2INT_VECTOR
        JMP             P2INT_ISR
        CSEG    AT      0143H                   ;P3INT_VECTOR
        JMP             P3INT_ISR
        CSEG    AT      014BH                   ;P4INT_VECTOR
        JMP             P4INT_ISR
        CSEG    AT      0153H                   ;P5INT_VECTOR
```

```
        JMP     P5INT_ISR
        CSEG    AT      015BH           ;P6INT_VECTOR
        JMP     P6INT_ISR
        CSEG    AT      0163H           ;P7INT_VECTOR
        JMP     P7INT_ISR
        CSEG    AT      016BH           ;P8INT_VECTOR
        JMP     P8INT_ISR
        CSEG    AT      0173H           ;P9INT_VECTOR
        JMP     P9INT_ISR
        CSEG    AT      017BH           ;M2MDMA_VECTOR
        JMP     M2MDMA_ISR
        CSEG    AT      0183H           ;ADCDMA_VECTOR
        JMP     ADCDMA_ISR
        CSEG    AT      018BH           ;SPIDMA_VECTOR
        JMP     SPIDMA_ISR
        CSEG    AT      0193H           ;U1TXDMA_VECTOR
        JMP     U1TXDMA_ISR
        CSEG    AT      019BH           ;U1RXDMA_VECTOR
        JMP     U1RXDMA_ISR
        CSEG    AT      01A3H           ;U2TXDMA_VECTOR
        JMP     U2TXDMA_ISR
        CSEG    AT      01ABH           ;U2RXDMA_VECTOR
        JMP     U2RXDMA_ISR
        CSEG    AT      01B3H           ;U3TXDMA_VECTOR
        JMP     U3TXDMA_ISR
        CSEG    AT      01BBH           ;U3RXDMA_VECTOR
        JMP     U3RXDMA_ISR
        CSEG    AT      01C3H           ;U4TXDMA_VECTOR
        JMP     U4TXDMA_ISR
        CSEG    AT      01CBH           ;U4RXDMA_VECTOR
        JMP     U4RXDMA_ISR
        CSEG    AT      01D3H           ;LCMDMA_VECTOR
        JMP     LCMDMA_ISR
        CSEG    AT      01DBH           ;LCMIF_VECTOR
        JMP     LCMIF_ISR

P0INT_ISR:
P1INT_ISR:
P2INT_ISR:
P3INT_ISR:
P4INT_ISR:
P5INT_ISR:
P6INT_ISR:
P7INT_ISR:
P8INT_ISR:
P9INT_ISR:
M2MDMA_ISR:
ADCDMA_ISR:
SPIDMA_ISR:
U1TXDMA_ISR:
U1RXDMA_ISR:
U2TXDMA_ISR:
U2RXDMA_ISR:
U3TXDMA_ISR:
U3RXDMA_ISR:
U4TXDMA_ISR:
U4RXDMA_ISR:
LCMDMA_ISR:
LCMIF_ISR:
```

```
        JMP     006BH

        END
```

代码测试方法

根据预定义的 DMA 数据包长度（例如：256 字节），通过串口工具发送一包数据（254 字节），并在最后加上 2 个字节的 CCITT-CRC16 校验码：

MCU 收到整包数据（256 字节）之后对前面 254 字节数据进行 CRC16 校验，得出来的校验码与最后两个字节进行比较，如果数值相等，打印“OK!”以及计算出来的校验码，然后输出 DMA 空间收取的内容。

如果校验码数值不相等，打印“ERROR!”以及计算出来的校验码。

24 增强型双数据指针

STC8A8K64D4 系列的单片机内部集成了两组 16 位的数据指针。通过程序控制,可实现数据指针自动递增或递减功能以及两组数据指针的自动切换功能

24.1 相关的特殊功能寄存器

符号	描述	地址	位地址与符号								复位值
			B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	
DPL	数据指针（低字节）	82H									0000,0000
DPH	数据指针（高字节）	83H									0000,0000
DPL1	第二组数据指针（低字节）	E4H									0000,0000
DPH1	第二组数据指针（高字节）	E5H									0000,0000
DPS	DPTR 指针选择器	E3H	ID1	ID0	TSL	AU1	AU0	-	-	SEL	0000,0xx0
TA	DPTR 时序控制寄存器	AEH									0000,0000

24.1.1 第 1 组 16 位数据指针寄存器（DPTR0）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DPL	82H								
DPH	83H								

DPL为低8位数据（低字节）

DPH为高8位数据（高字节）

DPL和DPH组合为第一组16位数据指针寄存器DPTR0

24.1.2 第 2 组 16 位数据指针寄存器（DPTR1）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DPL1	E4H								
DPH1	E5H								

DPL1为低8位数据（低字节）

DPH1为高8位数据（高字节）

DPL1和DPH1组合为第二组16位数据指针寄存器DPTR1

24.1.3 数据指针控制寄存器（DPS）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
DPS	E3H	ID1	ID0	TSL	AU1	AU0	-	-	SEL

ID1：控制DPTR1自动递增方式

0：DPTR1 自动递增

1：DPTR1 自动递减

ID0：控制DPTR0自动递增方式

0：DPTR0 自动递增

1：DPTR0 自动递减

TSL：DPTR0/DPTR1自动切换控制（自动对SEL进行取反）

0：关闭自动切换功能

1：使能自动切换功能

当 TSL 位被置 1 后，每当执行完成相关指令后，系统会自动将 SEL 位取反。

与 TSL 相关的指令包括如下指令：

```
MOV     DPTR,#data16
INC     DPTR
MOVC    A,@A+DPTR
MOVX    A,@DPTR
MOVX    @DPTR,A
```

AU1/AU0：使能DPTR1/DPTR0使用ID1/ID0控制位进行自动递增/递减控制

0：关闭自动递增/递减功能

1：使能自动递增/递减功能

注意：在写保护模式下，AU0 和 AU1 位无法直接单独使能，若单独使能 AU1 位，则 AU0 位也会被自动使能，若单独使能 AU0，没有效果。若需要单独使能 AU1 或者 AU0，则必须使用 TA 寄存器触发 DPS 的保护机制（参考 TA 寄存器的说明）。另外，只有执行下面的 3 条指令后才会对 DPTR0/DPTR1 进行自动递增/递减操作。3 条相关指令如下：

```
MOVC    A,@A+DPTR
MOVX    A,@DPTR
MOVX    @DPTR,A
```

SEL：选择DPTR0/DPTR1作为当前的目标DPTR

0：选择 DPTR0 作为目标 DPTR

1：选择 DPTR1 作为目标 DPTR

SEL 选择目标 DPTR 对下面指令有效：

```
MOV     DPTR,#data16
INC     DPTR
MOVC    A,@A+DPTR
MOVX    A,@DPTR
MOVX    @DPTR,A
JMP     @A+DPTR
```

24.1.4 数据指针控制寄存器（TA）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
TA	AEH								

TA寄存器是对DPS寄存器中的AU1和AU0进行写保护的。由于程序无法对DPS中的AU1和AU0进行单独的写入，所以当需要单独使能AU1或者AU0时，必须使用TA寄存器进行触发。TA寄存器是只写寄存器。当需要对AU1或者AU0进行单独使能时，必须按照如下的步骤进行操作：

```
CLR     EA          ;关闭中断（必需）
MOV     TA,#0AAH    ;写入触发命令序列 1
                    ;此处不能有其他任何指令
```

```
MOV     TA,#55H         ;写入触发命令序列 2
                        ;此处不能有其他任何指令
MOV     DPS,#xxH        ;写保护暂时关闭，可向 DPS 中写入任何值
                        ;DSP 再次进行写保护状态
SETB    EA              ;打开中断（如有必要）
```

24.2 范例程序

24.2.1 示例代码 1

将程序空间 1000H～1003H 的 4 个字节数据反向复制到扩展 RAM 的 0100H～0103H 中，即

C:1000H -> X:0103H
C:1001H -> X:0102H
C:1002H -> X:0101H
C:1003H -> X:0100H

汇编代码

```
;测试工作频率为 11.0592MHz

P0M1        DATA    093H
P0M0        DATA    094H
P1M1        DATA    091H
P1M0        DATA    092H
P2M1        DATA    095H
P2M0        DATA    096H
P3M1        DATA    0B1H
P3M0        DATA    0B2H
P4M1        DATA    0B3H
P4M0        DATA    0B4H
P5M1        DATA    0C9H
P5M0        DATA    0CAH

            ORG     0000H
            LJMP    MAIN

            ORG     0100H
MAIN:
            MOV     SP, #5FH
            MOV     P0M0, #00H
            MOV     P0M1, #00H
            MOV     P1M0, #00H
            MOV     P1M1, #00H
            MOV     P2M0, #00H
            MOV     P2M1, #00H
            MOV     P3M0, #00H
            MOV     P3M1, #00H
            MOV     P4M0, #00H
            MOV     P4M1, #00H
            MOV     P5M0, #00H
            MOV     P5M1, #00H

            MOV     DPS,#00100000B      ;使能 TSL,并选择 DPTR0
            MOV     DPTR,#1000H         ;将 1000H 写入 DPTR0 后选择 DPTR1 为 DPTR
            MOV     DPTR,#0103H         ;将 0103H 写入 DPTR1 中
            MOV     DPS,#10111000B      ;设置 DPTR1 为递减模式,DPTR0 为递加模式,使能 TSL
                                        ;AU0 和 AU1,并选择 DPTR0 为当前的 DPTR
            MOV     R7,#4               ;设置数据复制个数
COPY_NEXT:
            CLR     A                   ;
            MOVC    A,@A+DPTR           ;从 DPTR0 所指的程序空间读取数据,
                                        ;完成后 DPTR0 自动加 1 并将 DPTR1 设置为 DPTR
            MOVX    @DPTR,A             ;将 ACC 的数据写入到 DPTR1 所指的 XDATA 中,
```

```
                                        ;完成后 DPTR1 自动减 1 并将 DPTR0 设置为 DPTR
        DJNZ    R7,COPY_NEXT            ;

        SJMP    $

        END
```

24.2.2 示例代码 2

将扩展 RAM 的 0100H～0103H 中的数据依次发送到 P0 口

汇编代码

```
;测试工作频率为 11.0592MHz

P0M1    DATA    093H
P0M0    DATA    094H
P1M1    DATA    091H
P1M0    DATA    092H
P2M1    DATA    095H
P2M0    DATA    096H
P3M1    DATA    0B1H
P3M0    DATA    0B2H
P4M1    DATA    0B3H
P4M0    DATA    0B4H
P5M1    DATA    0C9H
P5M0    DATA    0CAH

        ORG     0000H
        LJMP    MAIN

        ORG     0100H
MAIN:
        MOV     SP, #5FH
        MOV     P0M0, #00H
        MOV     P0M1, #00H
        MOV     P1M0, #00H
        MOV     P1M1, #00H
        MOV     P2M0, #00H
        MOV     P2M1, #00H
        MOV     P3M0, #00H
        MOV     P3M1, #00H
        MOV     P4M0, #00H
        MOV     P4M1, #00H
        MOV     P5M0, #00H
        MOV     P5M1, #00H

        CLR     EA                      ;关闭中断
        MOV     TA,#0AAH                ;写入 DPS 写保护触发命令 1
        MOV     TA,#55H                 ;写入 DPS 写保护触发命令 2
        MOV     DPS,#00001000B          ;DPTR0 递增,单独使能 AU0,并选择 DPTR0
        SETB    EA                      ;打开中断
        MOV     DPTR,#0100H             ;将 0100H 写入 DPTR0 中
        MOVX    A,@DPTR                 ;从 DPTR0 所指的 XRAM 读取数据后 DPTR0 自动加 1
        MOV     P0,A                    ;数据输出到 P0 口
        MOVX    A,@DPTR                 ;从 DPTR0 所指的 XRAM 读取数据后 DPTR0 自动加 1
        MOV     P0,A                    ;数据输出到 P0 口
        MOVX    A,@DPTR                 ;从 DPTR0 所指的 XRAM 读取数据后 DPTR0 自动加 1
        MOV     P0,A                    ;数据输出到 P0 口
        MOVX    A,@DPTR                 ;从 DPTR0 所指的 XRAM 读取数据后 DPTR0 自动加 1
```

```
MOV     P0,A            ;数据输出到 P0 口
SJMP    $
END
```

25 MDU16 硬件 16 位乘除法器

STC8A8K64D4 系列型号的单片机内部集成了 MDU16/16 位硬件乘除法器。

支持如下数据运算：

- 数据规格化（需要 3～20 个时钟的运算时间）
- 逻辑左移（需要 3～18 个时钟的运算时间）
- 逻辑右移（需要 3～18 个时钟的运算时间）
- 16 位乘以 16 位（需要 10 个时钟的运算时间）
- 16 位除以 16 位（需要 9 个时钟的运算时间）
- 32 位除以 16 位（需要 17 个时钟的运算时间）

所有的操作都是基于无符号整形数据类型。

25.1 相关的特殊功能寄存器

符号	描述	地址	位地址与符号								复位值
			B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	
MD3	MDU 数据寄存器	FCF0H	MD3[7:0]								0000,0000
MD2	MDU 数据寄存器	FCF1H	MD2[7:0]								0000,0000
MD1	MDU 数据寄存器	FCF2H	MD1[7:0]								0000,0000
MD0	MDU 数据寄存器	FCF3H	MD0[7:0]								0000,0000
MD5	MDU 数据寄存器	FCF4H	MD5[7:0]								0000,0000
MD4	MDU 数据寄存器	FCF5H	MD4[7:0]								0000,0000
ARCON	MDU 模式控制寄存器	FCF6H	MODE[2:0]			SC[4:0]					0000,0000
OPCON	MDU 操作控制寄存器	FCF7H	-	MDOV	-	-	-	-	RST	ENOP	0000,0000

25.1.1 操作数 1 数据寄存器（MD0～MD3）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
MD3	FCF0H	MD3[7:0]							
MD2	FCF1H	MD2[7:0]							
MD1	FCF2H	MD1[7:0]							
MD0	FCF3H	MD0[7:0]							

25.1.2 操作数 2 数据寄存器（MD4～MD5）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
MD5	FCF4H	MD5[7:0]							
MD4	FCF5H	MD4[7:0]							

32位除以16位除法：

被除数：{MD3,MD2,MD1,MD0}

除数：{MD5,MD4}

商：{MD3,MD2,MD1,MD0}

余数：{MD5,MD4}

16位除以16位除法：

被除数：{MD1,MD0}

除数：{MD5,MD4}

商：{MD1,MD0}

余数：{MD5,MD4}

16位乘以16位乘法：

被乘数：{MD1,MD0}

乘数：{MD5,MD4}

积：{MD3,MD2,MD1,MD0}

32 位逻辑左移/逻辑右移

操作数：{MD3,MD2,MD1,MD0}

32 位数据规格化：

操作数：{MD3,MD2,MD1,MD0}

25.1.3 MDU 模式控制寄存器（ARCON），运算所需时钟数

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
ARCON	FCF6H	MODE[2:0]			SC[4:0]				

MODE[2:0]：MDU模式选择

MODE[2:0]	模式	时钟数	操作说明
1	逻辑右移	3～18	将{MD3,MD2,MD1,MD0}中的数据右移SC[4:0]位，MD3的高位补0
2	逻辑左移	3～18	将{MD3,MD2,MD1,MD0}中的数据左移SC[4:0]位，MD0的低位补0
3	数据规格化	3～20	对{MD3,MD2,MD1,MD0}中的数据进行逻辑左移，将数据高位的0全部移出，使MD3的最高位为1，逻辑左移的位数被记录在SC[4:0]中
4	16位×16位	10	{MD1,MD0}×{MD5,MD4}＝{MD3,MD2,MD1,MD0}
5	16位÷16位	9	{MD1,MD0}÷{MD5,MD4}＝{MD1,MD0}…{MD5,MD4}
6	32位÷16位	17	{MD3,MD2,MD1,MD0}÷{MD5,MD4}＝{MD3,MD2,MD1,MD0}…{MD5,MD4}
其他	无效		

SC[4:0]：数据移动位数

当 MDU 为移动模式时，SC 用于设置左移/右移的位数

当 MDU 为数据规格化模式时，SC 为数据规格化后数据所移动的实际位数

25.1.4 MDU 操作控制寄存器（OPCON）

符号	地址	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
OPCON	FCF7H	-	MDOV	-	-	-	-	RST	ENOP

MDOV：MDU溢出标志位（只读标志位）

在如下几种情况时，MDOV 会被硬件自动置 1：

1、除数为 0 时；

2、乘法的积大于 0FFFFH 时；

当软件写 OPCON.0（EN）或者写 ARCON 时，硬件会自动清除 MDOV

RST：软件复位 MDU 乘除单元。写 1 触发软件复位，MDU 复位完成后硬件自动清零。

注：软件复位 MDU 乘除单元时，ARCON 寄存器的值会被清除。

ENOP：MDU 模块使能。写 1 触发 MDU 模块开始计算，当 MDU 计算完成后，硬件自动将 ENOP 清零。

软件可以在对 ENOP 置 1 后，循环的查询 ENOP，当 ENOP 由 1 变 0 则表示计算完成。

25.2 关于 MDU16 的网友应用杂谈（提供思路，仅供参考）

网友 1：“数据规格化用下面的一个简单例子说明”

1、 有一个 7 位小数精度的数据：0.0000123，由于数据位宽有限，如果需要有效利用位宽，就需要把前面的数据左移，比如左移后数据为 0.123e-4，其中指数-4 保存在另一个寄存器，记录左移的次数就是记录指数的大小。原来寄存器数据转换为 0.123。这样就把数据右边的位宽腾出来，可以保证后续计算的精度。上面只是用十进制简单的说明规格化原理，二进制原理也是一样的。其中浮点和定点（整数）转换就必须使用规格化的原理，如果两个浮点数相加减时的指数不一样，也需要进行规格化处理（这个过程叫作对阶）。如果两个浮点数的指数相差非常大，相加减时就会出现大数吃小数的问题。比如：0.123e+4 - 0.12e-4 = 0.123e+4 - 0.0000000012e+4 = 0.123e+4.结果就是被减数，这是因为在减操作前，两个浮点数的指数需要完全一致（对阶），需要把指数小的浮点数进行移位，使指数变为+4.但是数据宽度是有限的 7 位小数精度，0.0000000012e+4 这个数右边的数据会被截断变为 0.0000000e+4 = 0.

网友 2：“关于 STC8C 的 MDU 功能，我分享一点自己的体会，有不对的请大家批评指教，共同提高。”

1、 功能 1 和 2 对于缩减和扩展整数数据很有效。首先在进行双操作数运算时，如果两个数的长度不一样，需要转换为相同的长度进行才进行运算。比如 32 位整数乘 8 位整数，就要将 8 位转换为 32 位。其次对 AD 采样的结果，转换为指定的位数精度时也需要位移。最后，比如对网络通讯，需要提取数据的某几位出来进行命令解析或者数据分解合成，位移都是很重要的。由于 8051 只有移动 1 位的指令，多位移动需要借助额外的循环代码，需要很多个指令周期，因此使用 MDU 将比 51 汇编指令快数倍。

2、 功能 3 是整数转换为浮点数必须的功能。对于满精度的 32 位整数，实现这个功能一般要超过 100 个指令周期，因此 MDU 对转速度的提升是比较大的。由于像 AD 设备输出、像各种三轴加速度输出，一般都是整数的（比如 16 位的），要进行实数运算，要进行三角函数运算，整数的输出必须要转换为浮点数，而且每次采集数据都要进行这数据类型转换，需要转换的次数就很多了。对于高速数据采集和像无人机控制这样的应用，如果采用 DMU 对整体性能的提高就很可观了。

3、 功能 6 是定点实数运算必须的除法功能，功能 4 是功能 6 对应的 16 位 x16 位结果为 32 位的乘法运算。功能 6 的最常见应用是数据处理中的标度转换，比如对于将参考电压为 5 伏的 10 位 AD 采集的整数转换 3 位数码管的 2 位固定小数点进行显示的运算公式为：N32=ADN*500/1023。这时只要（1）将 AD 采样值 AND 送 MX（DM1MD0），（2）送 500 到 NX（MD5MD4），（3）执行功能 4，结果是 32 位的了，（4）送 1023 到 NX（MD5MD4），（3）执行功能 6，16 位的结果就在 MX 中了，取回来就行了。另一个常见的应用就是在 TFT 之类的点阵屏上画点和线，比如数字示波器，这些都需要进行坐标变换的乘除法-先乘为 32 位整数，再除以 16 位整数得到 16 位结果。

4、 功能 4 和功能 6 的组合是实现离散卷积的硬件基础。如果不采用浮点加速硬件，实现浮点数的四则运算比实现整数的四则运算要慢一个量级，因此前辈们发明了用整数变量来实现卷积的方法。首先比如我们常见的将 JPG 图像数据转换为 RGB 图像数据或者相反，就需要进行傅里叶变换，由于图像数据的长度是固定的（8 位或者 16 位），因此就可以用离散傅里叶变换来实现，其中基本只用到 8 位或者 16 位的整数乘法和极少量的 32 位乘除法。这样，我们早期的数码相机才有可能实现。其次 PS 图像处理中常见的各种模板处理，也使用的是二维矩阵卷积方法，也是需要巨量的对整数的（8 位图像视图像大小需要 16 位和 32 位的中间计算结果）乘加计算，使用离散卷积将极高的提高运算速度。因此有 MDU 的 STC8 单片机不仅可以用于实时采集和显示图像，也可以实时处理图像。最后人工智能也涉及大量的矢量和矩阵运算，比如神经网络卷积，这些都可

以用功能 4 和功能 6 的组合实现，MDU 应该可以在小型智能化场景中得到应用。只是要实现这些功能，需要 STC8 的增强型双数据指针的配合，需要专门的知识结构，专门编制出函数库来提供给用户使用，才能发挥 STC8 的 MDU 巨大优势。

25.3 范例程序

C 语言代码

```
//测试工作频率为 11.0592MHz

#include "reg51.h"
#include "intrins.h"

#define   MD3U32          (*(unsigned long volatile xdata *)0xfcf0)
#define   MD3U16          (*(unsigned int volatile xdata *)0xfcf0)
#define   MD1U16          (*(unsigned int volatile xdata *)0xfcf2)
#define   MD5U16          (*(unsigned int volatile xdata *)0xfcf4)

#define   MD3             (*(unsigned char volatile xdata *)0xfcf0)
#define   MD2             (*(unsigned char volatile xdata *)0xfcf1)
#define   MD1             (*(unsigned char volatile xdata *)0xfcf2)
#define   MD0             (*(unsigned char volatile xdata *)0xfcf3)
#define   MD5             (*(unsigned char volatile xdata *)0xfcf4)
#define   MD4             (*(unsigned char volatile xdata *)0xfcf5)
#define   ARCON           (*(unsigned char volatile xdata *)0xfcf6)
#define   OPCON           (*(unsigned char volatile xdata *)0xfcf7)

sfr       P_SW2       =   0xBA;

//////////////////////////////////////////////////////////////////////////
//16 位乘 16 位
//////////////////////////////////////////////////////////////////////////
unsigned long res;
unsigned int dat1, dat2;

P_SW2 |= 0x80;                  //访问扩展寄存器 xsfr
MD1U16 = dat1;                  //dat1 用户给定
MD5U16 = dat2;                  //dat2 用户给定
ARCON = 4 << 5;                 //16 位*16 位,乘法模式
OPCON = 1;                      //启动计算
while((OPCON & 1) != 0);        //等待计算完成
res = MD3U32;                   //32 位结果

//////////////////////////////////////////////////////////////////////////
//32 位除以 16 位
//////////////////////////////////////////////////////////////////////////
unsigned long res;
unsigned long dat1;
unsigned int dat2;

P_SW2 |= 0x80;                  //访问扩展寄存器 xsfr
MD3U32 = dat1;                  //dat1 用户给定
MD5U16 = data2;                 //dat2 用户给定
ARCON = 6 << 5;                 //32 位/16 位,除法模式
OPCON = 1;                      //启动计算
while((OPCON & 1) != 0);        //等待计算完成
res = MD3U32;                   //32 位商，16 位余数在 MD5U16 中

//////////////////////////////////////////////////////////////////////////
```

```
//左移或右移:
//////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
unsigned long res;
unsigned long dat1;
unsigned char num;                          //移位的位数, 用户给定

MD3U32 = dat1;                              //dat1 用户给定
ARCON = (2 << 5) + num;                     //32 位左移模式
//ARCON = (1 << 5) + num;                   //32 位右移模式
OPCON = 1;                                  //启动计算
while((OPCON & 1) != 0);                    //等待计算完成
res = MD3U32;                               //32 位结果
```

附录A 编译器（汇编器）/仿真器/头文件使用指南

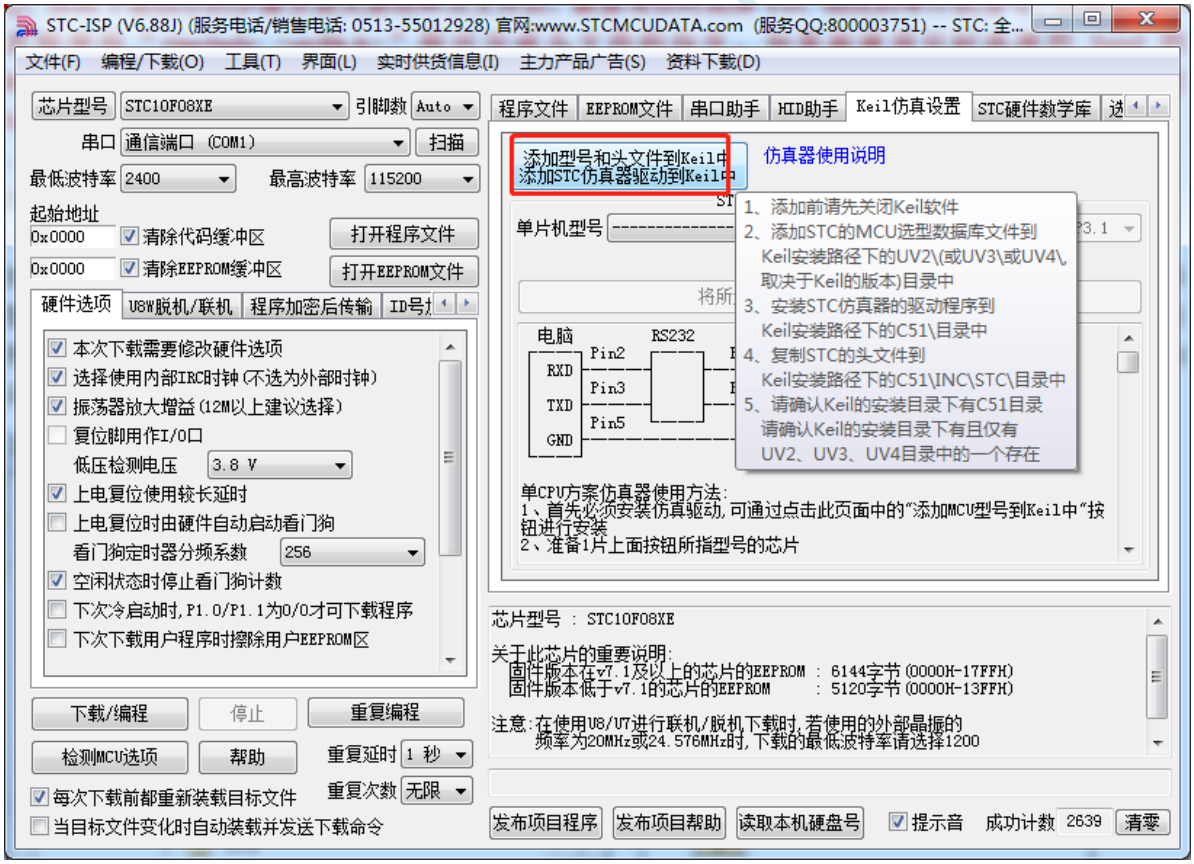
A：STC 单片机应使用何种编译器/汇编器？

Q：任何老式的 8051 编译器/汇编器都可以支持，现流行使用 Keil C51

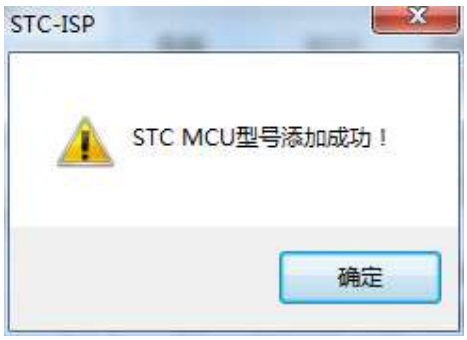
A：Keil 环境中，应如何包含头文件

Q：按照下面图示的步骤安装完驱动和头文件后，新建项目时选择 STC 相应的单片机型号，在源文件中直接使用“#include <STC8C.h>”即可完成头文件的包含。如果新建项目时选择的 Intel 的 8052/87C52/87C54/87C58 或 Philips 的 P87C52/P87C54/P87C58 编译，头文件包含<reg51.h>即可，不过 STC 新增的特殊功能寄存器则需要用户自己声明。

1、安装 Keil 版本的仿真驱动

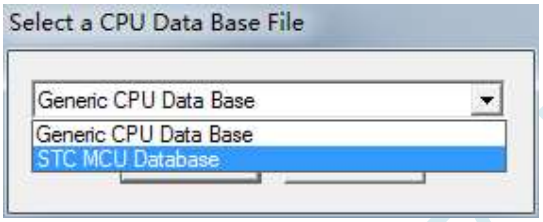


如上图，首先选择“Keil 仿真设置”页面，点击“添加 MCU 型号到 Keil 中”，在出现的如下的目录选择窗口中，定位到 Keil 的安装目录(一般可能为“C:\Keil\”)，“确定”后出现下图中右边所示的提示信息，表示安装成功。添加头文件的同时也会安装 STC 的 Monitor51 仿真驱动 STCMON51.DLL，驱动与头文件的的安装目录如上图所示。

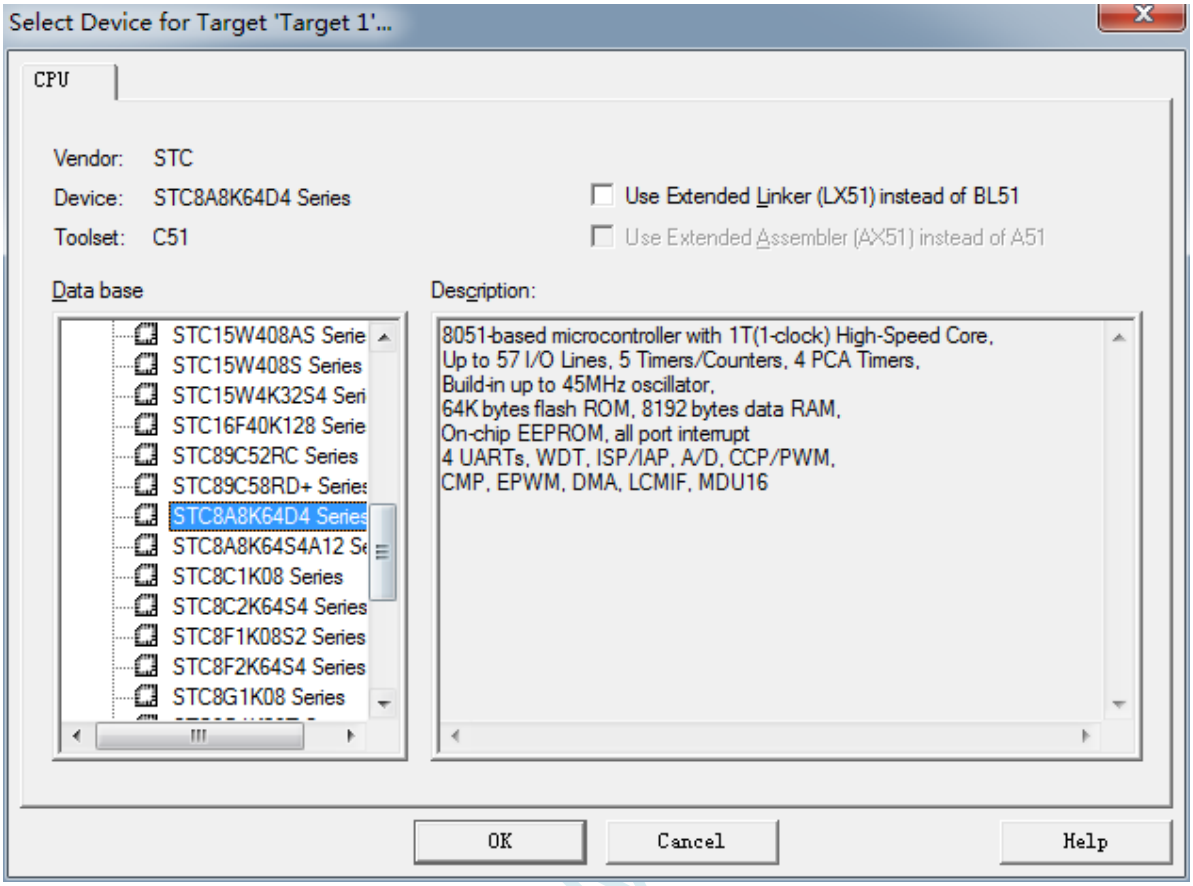


2、在 Keil 中创建项目

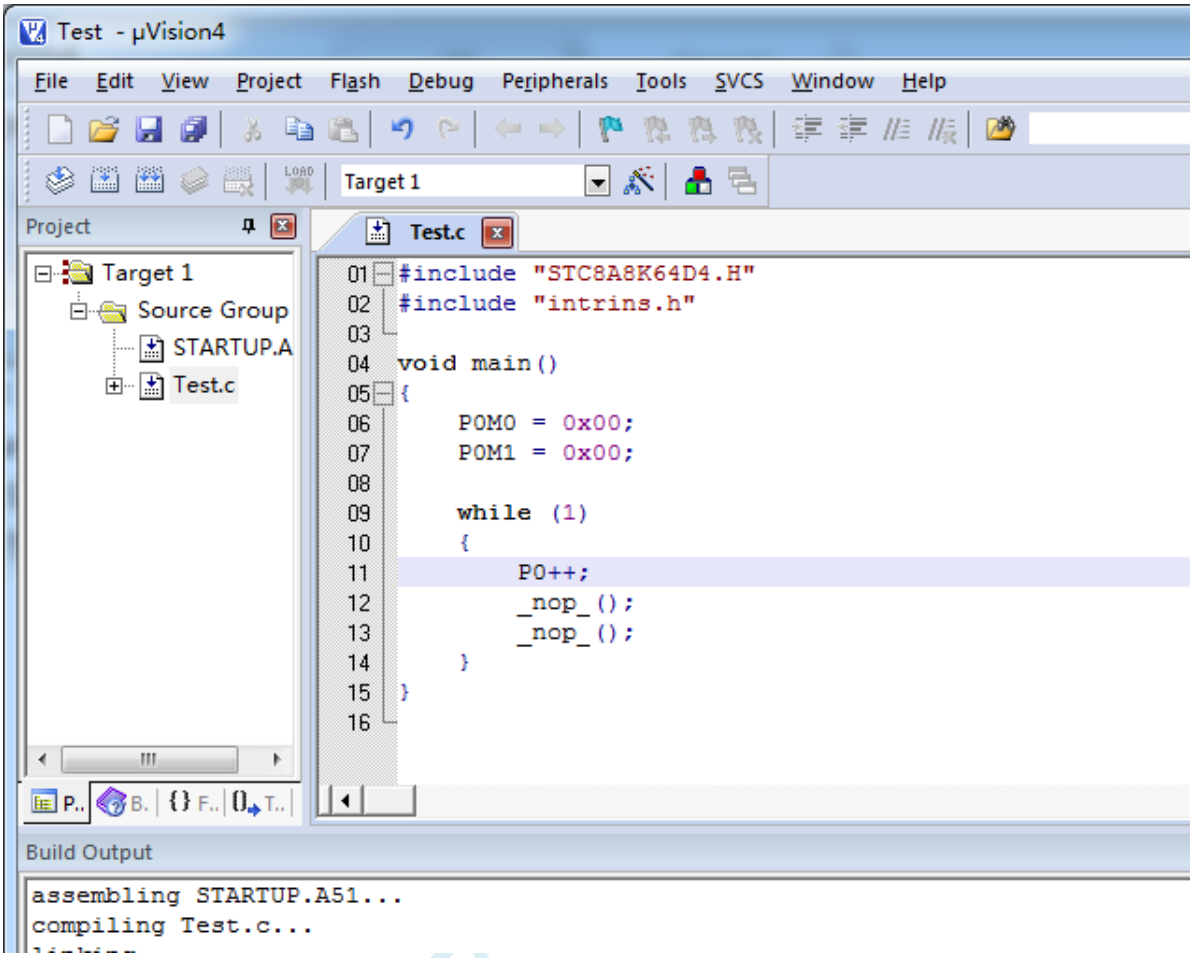
若第一步的驱动安装成功，则在 Keil 中新建项目时选择芯片型号时，便会有“STC MCU Database”的选择项，如下图



然后从列表中选择响应的 MCU 型号，我们在此选择“STC8A8K64D4”的型号，点击“确定”完成选择



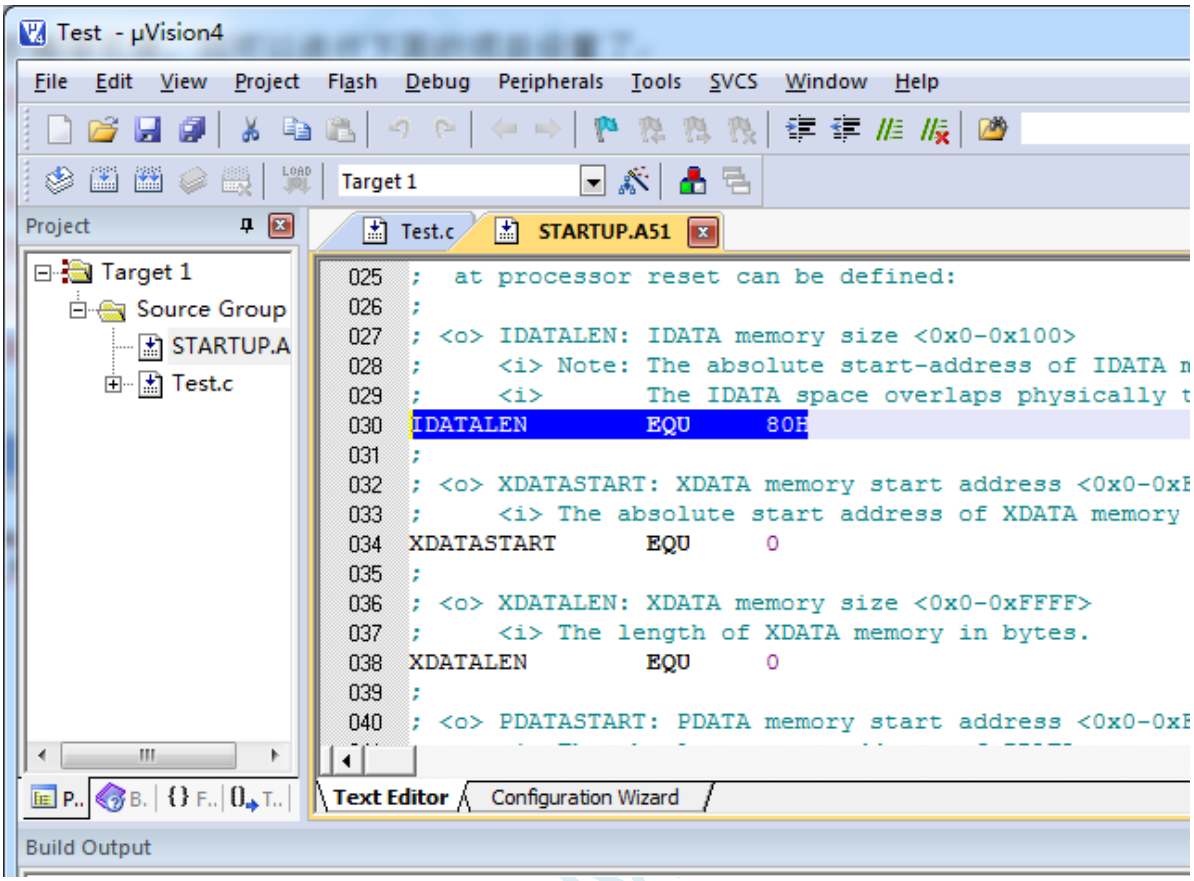
添加源代码文件到项目中，如下图：



保存项目，若编译无误，则可以进行下面的项目设置了

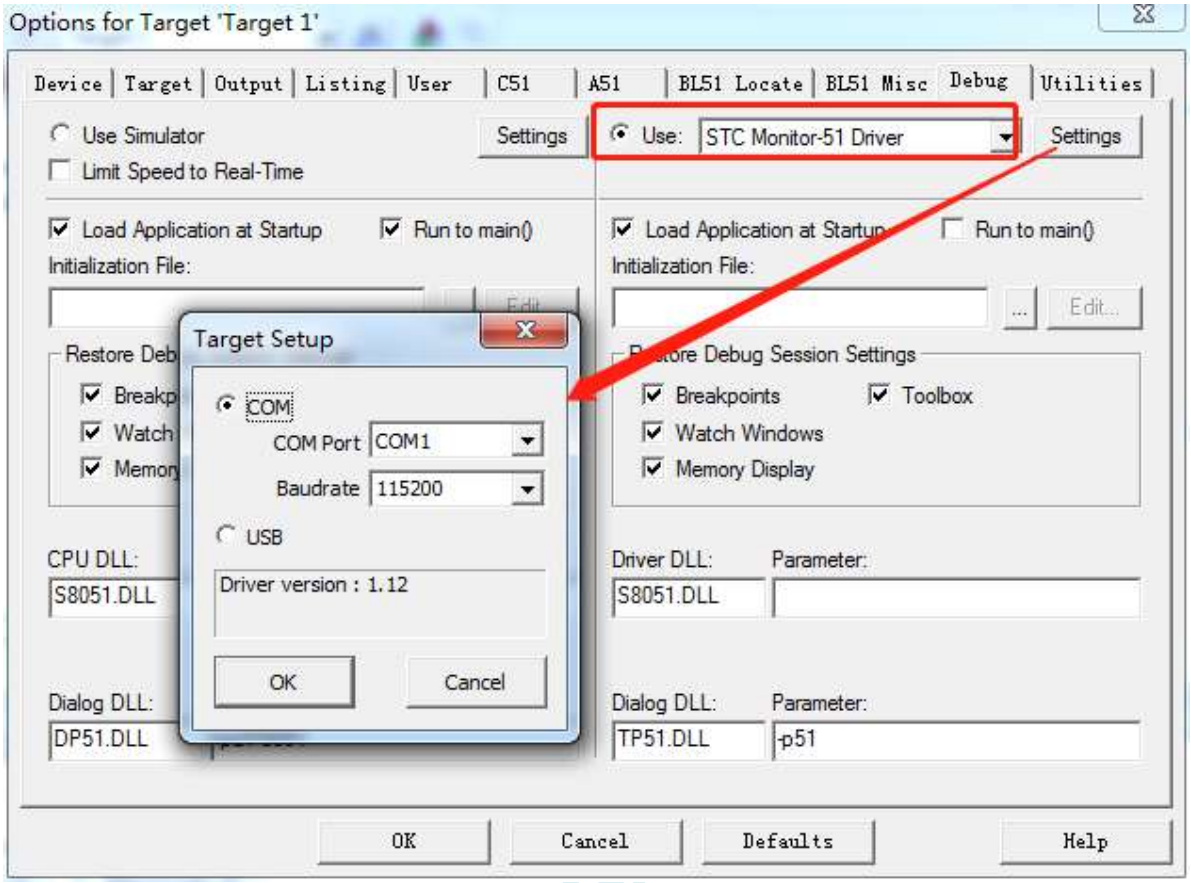
附加说明一点：

当创建的是 C 语言项目，且有将启动文件“STARTUP.A51”添加到项目中时，里面有一个命名为“IDATALEN”的宏定义，它是用来定义 IDATA 大小的一个宏，默认值是 128，即十六进制的 80H，同时它也是启动文件中需要初始化为 0 的 IDATA 的大小。所以当 IDATA 定义为 80H，那么 STARTUP.A51 里面的代码则会将 IDATA 的 00-7F 的 RAM 初始化为 0；同样若将 IDATA 定义为 0FFH，则会将 IDATA 的 00-FF 的 RAM 初始化为 0。



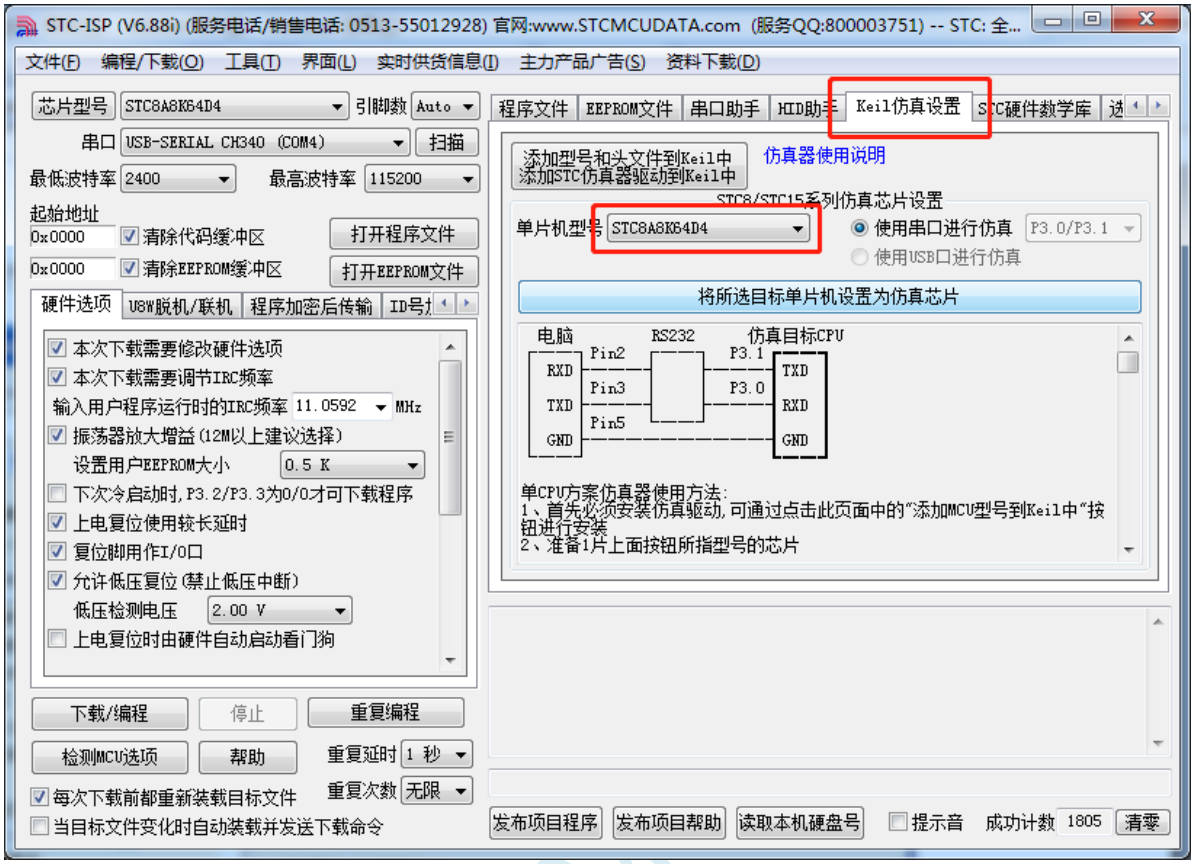
虽然 STC8 系列的单片机的 IDATA 大小为 256 字节（00-7F 的 DATA 和 80H-FFH 的 IDATA），但由于在 RAM 的最后 17 个字节有写入 ID 号以及相关的测试参数，若用户在程序中需要使用这一部分数据，则一定不要将 IDATALEN 定义为 256。

3、项目设置，选择 STC 仿真驱动



如上图，首先进入到项目的设置页面，选择“Debug”设置页，第 2 步选择右侧的硬件仿真“Use …”，第 3 步，在仿真驱动下拉列表中选择“STC Monitor-51 Driver”项，然后点击“Settings”按钮，进入下面的设置画面，对串口的端口号和波特率进行设置，波特率一般选择 115200。到此设置便完成了。

4、创建仿真芯片



准备一颗 STC8A 系列或者 STC8F 系列的芯片，并通过下载板连接到电脑的串口，然后如上图，选择正确的芯片型号，然后进入到“Keil 仿真设置”页面，点击相应型号的按钮，当程序下载完成后仿真器便制作完成了。

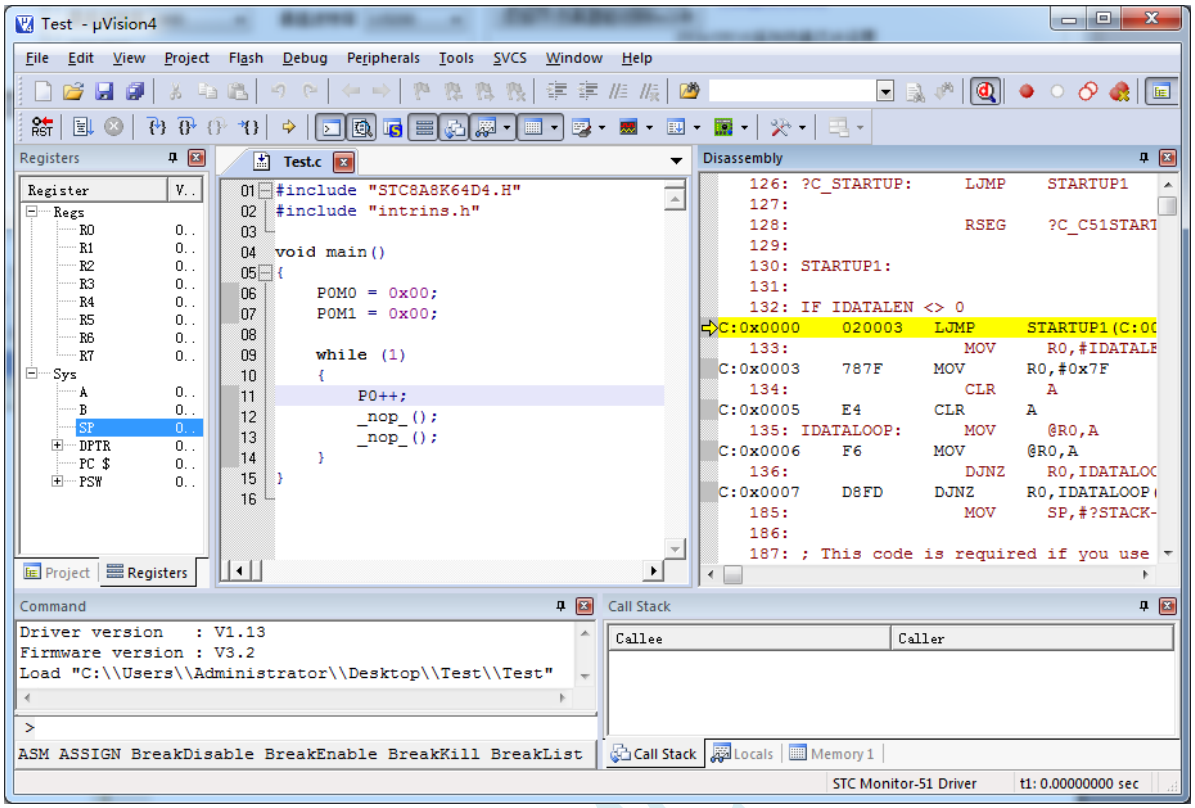
5、开始仿真

将制作完成的仿真芯片通过串口与电脑相连接。

将前面我们所创建的项目编译至没有错误后，按“Ctrl+F5”开始调试。

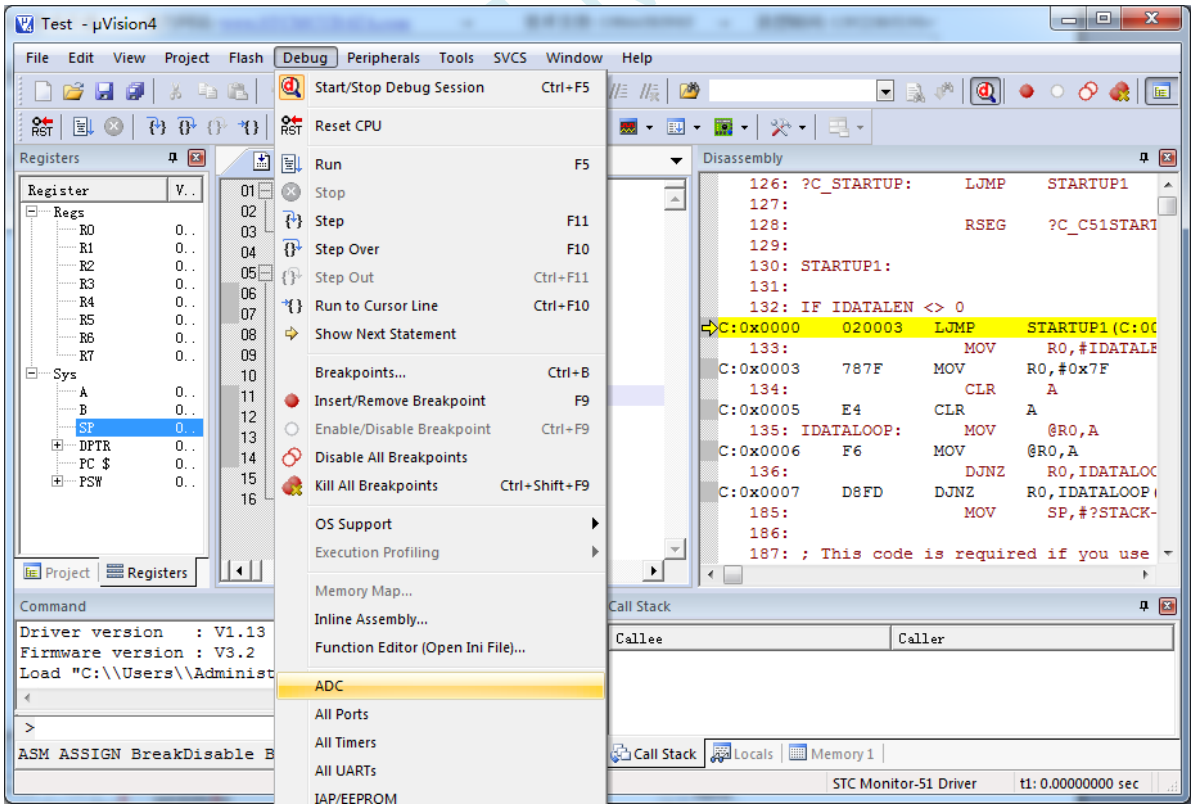
若硬件连接无误的话，将会进入到类似于下面的调试界面，并在命令输出窗口显示当前的仿真驱动版本号和当前仿真监控代码固件的版本号

断点设置的个数目前最大允许 20 个（理论上可设置任意个，但是断点设置得过多会影响调试的速度）。



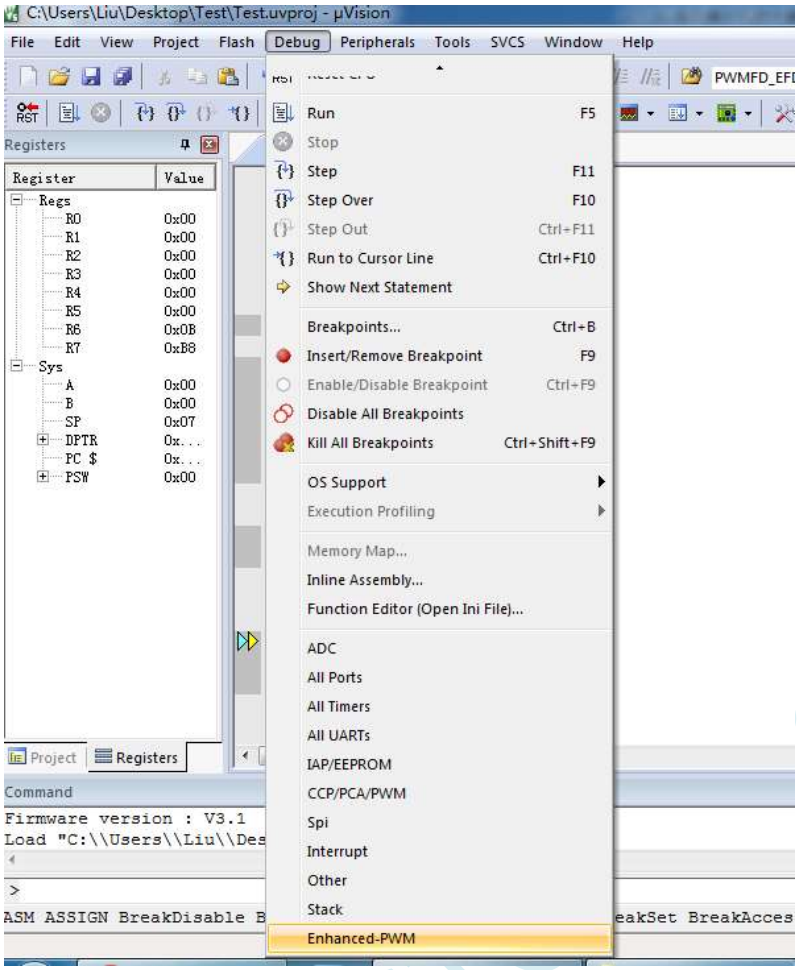
6、仿真过程中，寄存器的查看

在仿真的过程中，可查看 MCU 相关的寄存器。所有的寄存器列表在“Debug”菜单的底端。如下图所示：



在上图“Debug”菜单的最底端，还有一个黑色的小三角，这表示还有隐藏的项目（主要是由于显示版面大小的原因）

将鼠标仿真小三角上即可自动拖出所有的项目，如下图：



仿真注意事项：

1、 仿真监控程序占用 P3.0/P3.1 两个端口，但不占用串口 1，用户可以将串口 1 切换到 P3.6/P3.7 或者 P1.6/P1.7 再使用

2、 仿真监控程序占用内部扩展 RAM(XDATA)的最后 768 字节，用户不可对这个区域的 XDATA 进行写操作

附录B STC-ISP 下载软件高级应用

B.1 发布项目程序

发布项目程序功能主要是将用户的程序代码与相关的选项设置打包成为一个可以直接对目标芯片进行下载编程的超级简单的用户自己界面的可执行文件。

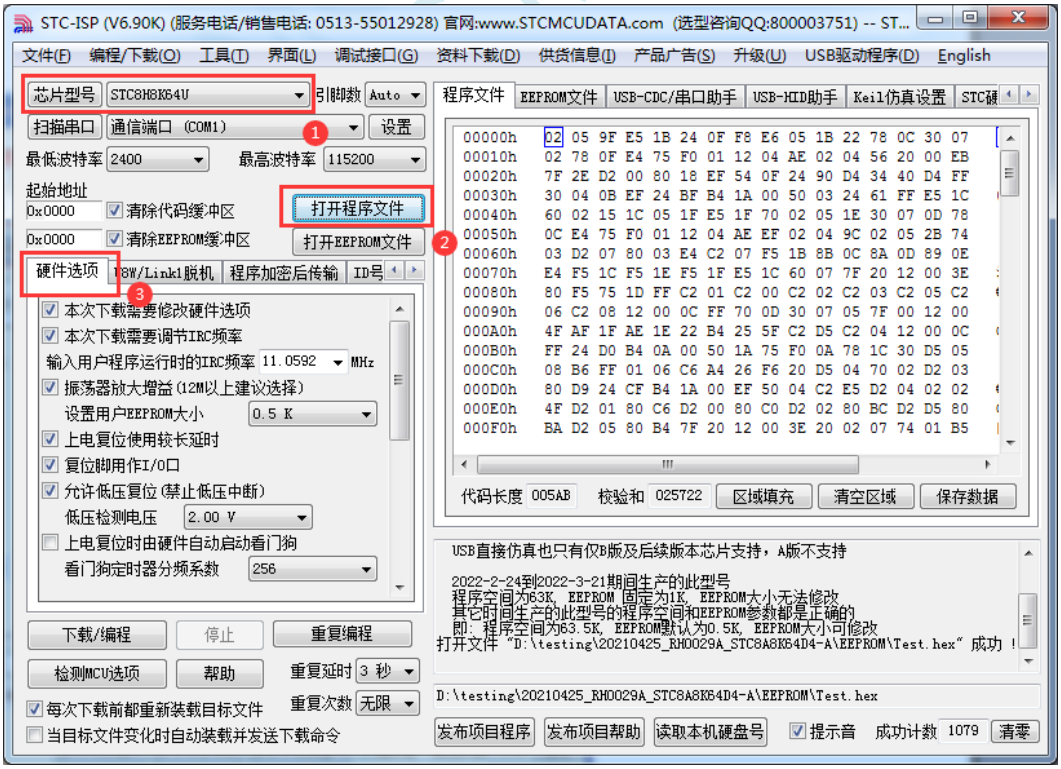
关于界面，用户可以自己进行定制（用户可以自行修改发布项目程序的标题、按钮名称以及帮助信息），同时用户还可以指定目标电脑的硬盘号和目标芯片的 ID 号，指定目标电脑的硬盘号后，便可以控制发布应用程序只能在指定的电脑上运行（防止烧录人员将程序轻易从电脑盗走,如通过网络发走,如通过U盘烤走,防不胜防,当然盗走你的电脑那就没办法那,所以STC的脱机下载工具比电脑烧录安全,能限制可烧录芯片数量,让前台文员小姐烧,让老板娘烧都可以），拷贝到其它电脑，应用程序不能运行。同样的，当指定了目标芯片的 ID 号后，那么用户代码只能下载到具有相应 ID 号的目标芯片中（对于一台设备要卖几千万的产品特别有用---坦克,可以发给客户自己升级,不需冒着生命危险跑到战火纷飞的伊拉克升级软件啦），对于 ID 号不一致的其它芯片，不能进行下载编程。

发布项目程序详细的操作步骤如下：

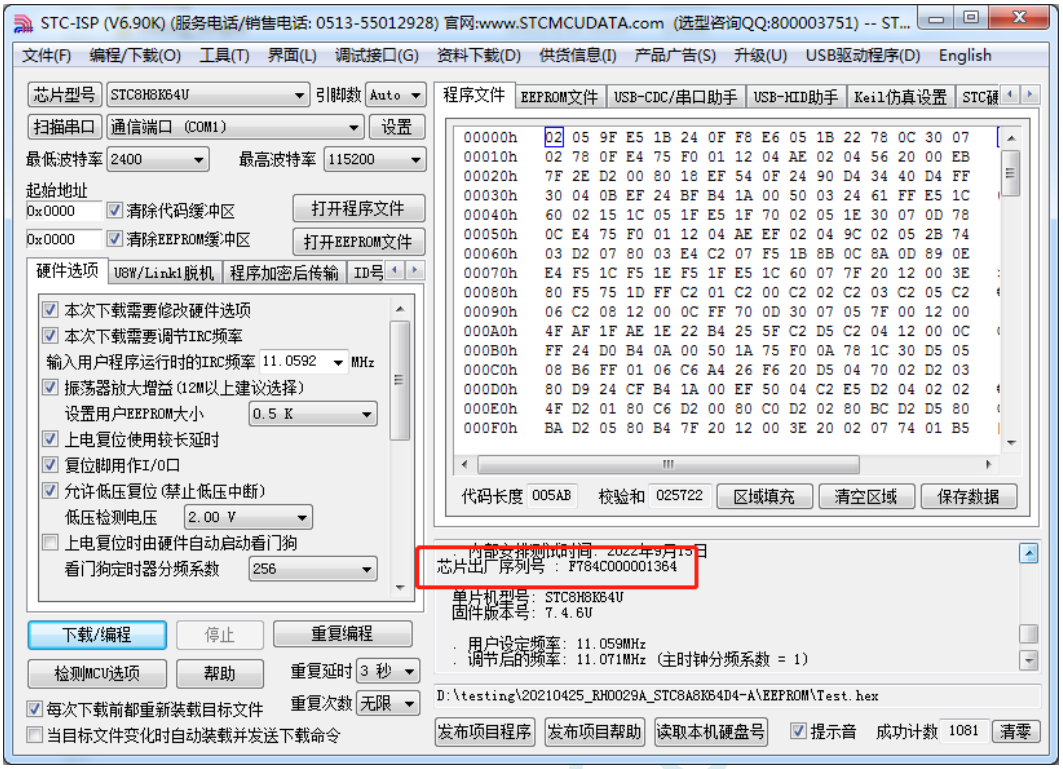
1、首先选择目标芯片的型号

2、打开程序代码文件

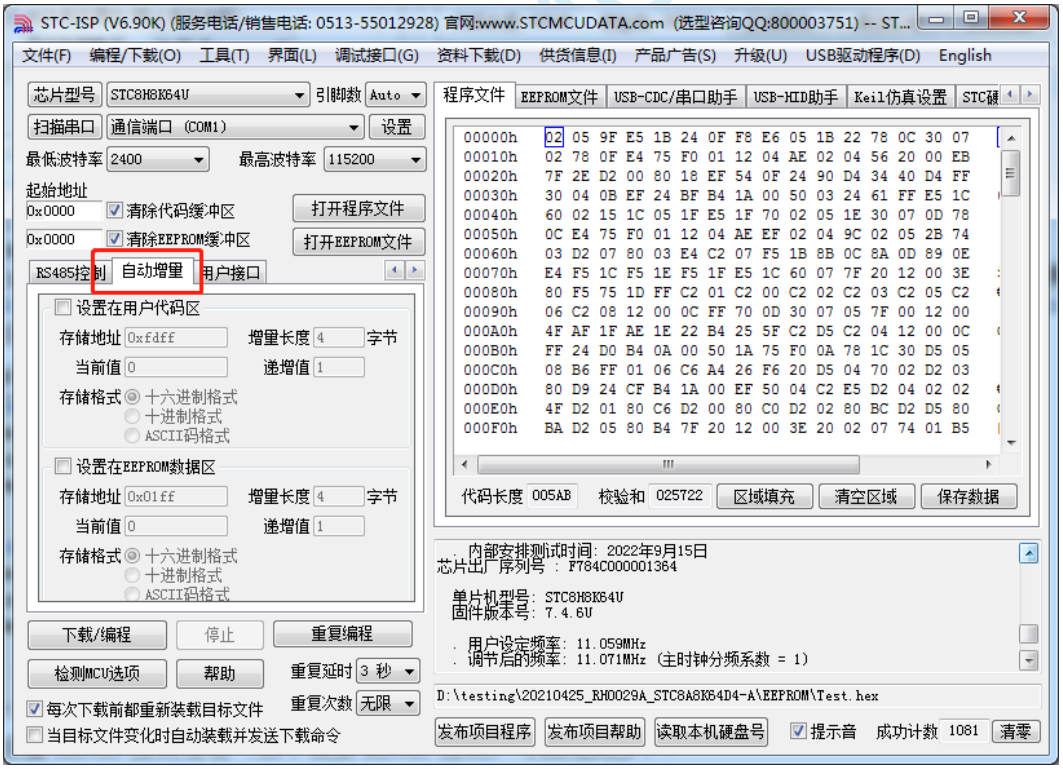
3、设置好相应的硬件选项



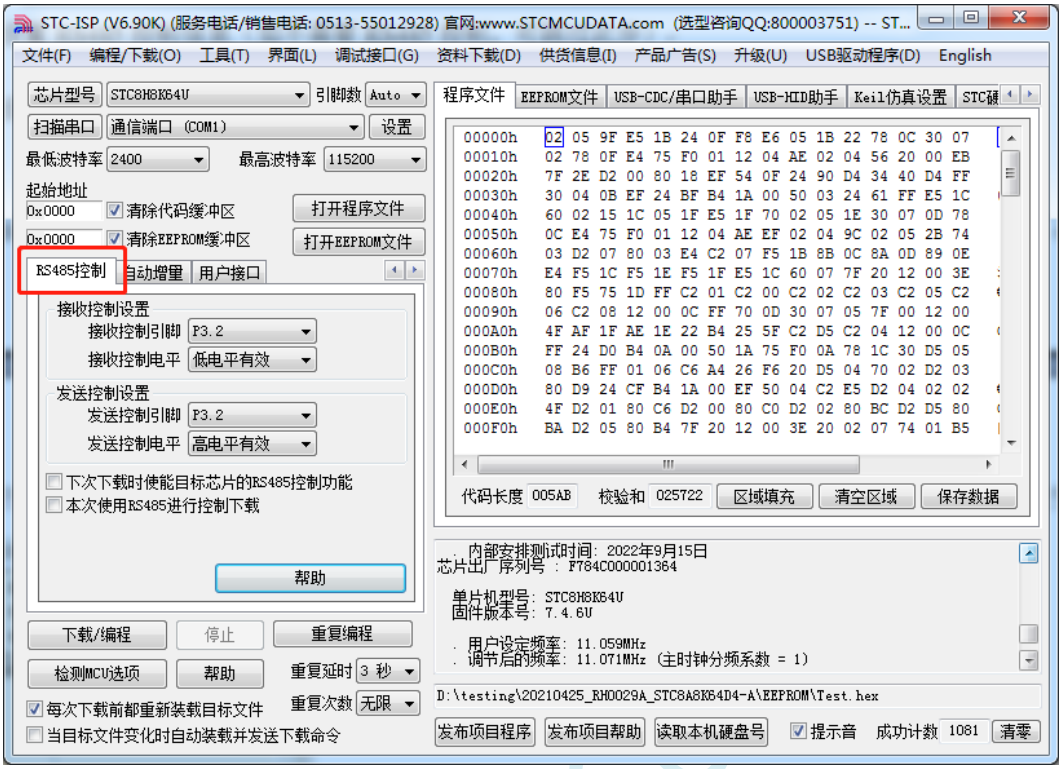
4、试烧一下芯片，并记下目标芯片的 ID 号，如下图所示，该芯片的 ID 号即为“F784C000001364”（如不需要对目标芯片的 ID 号进行校验，可跳过此步）



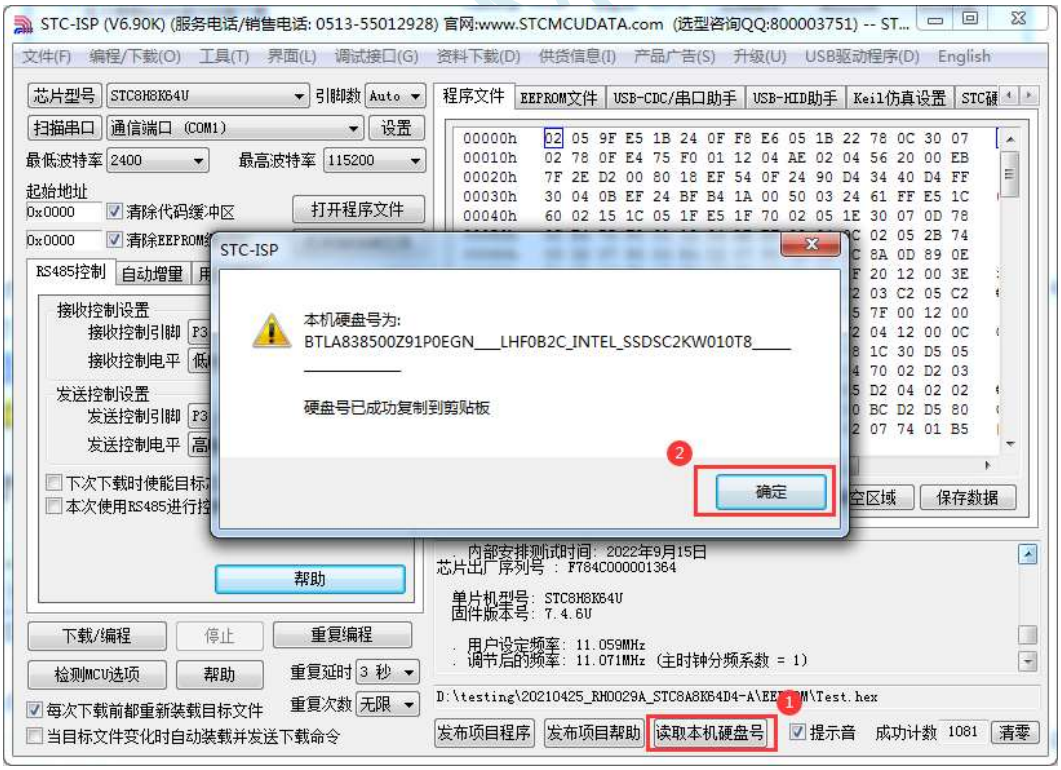
5、设置自动增量（如不需要自动增量，可跳过此步）



6、设置 RS485 控制信息（如不需要 RS485 控制，可跳过此步）



7、点击界面上的“读取本机硬盘号”按钮，并记下目标电脑的硬盘号（如不需要对目标电脑的硬盘号进行校验，可跳过此步）



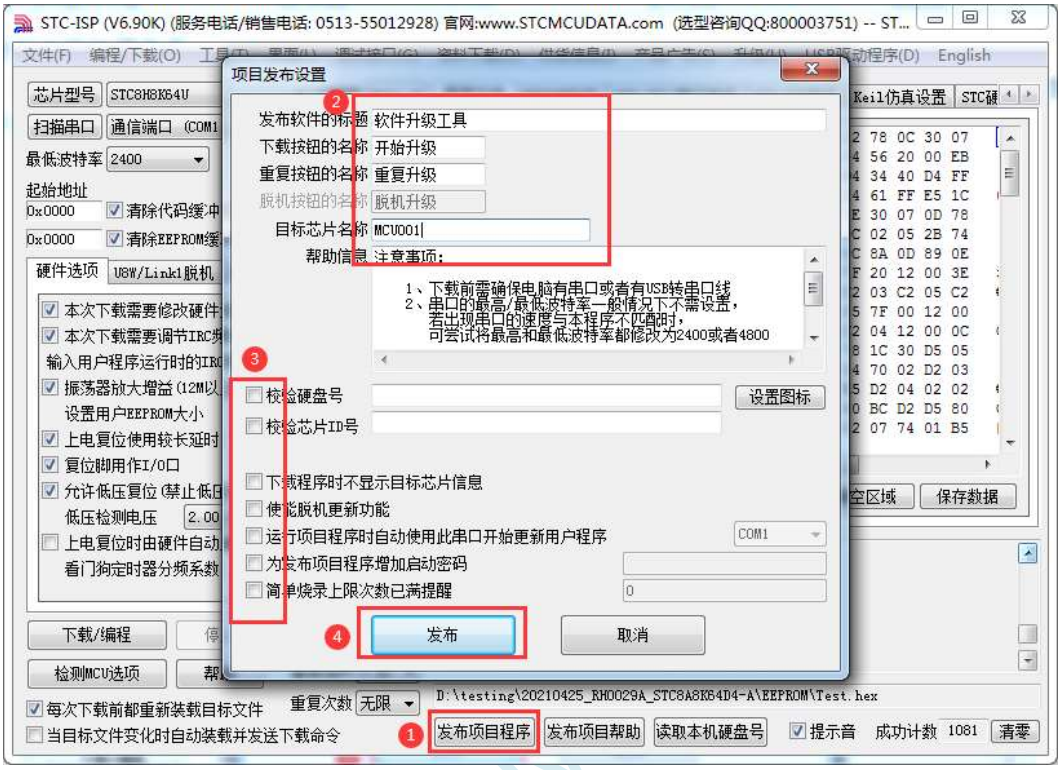
8、点击“发布项目程序”按钮，进入发布应用程序的设置界面。

9、根据各自的需要，修改发布软件的标题、下载按钮的名称、重复下载按钮的名称、自动增量的名称以及帮助信息

10、若需要校验目标电脑的硬盘号,则需要勾选上“校验硬盘号”，并在后面的文本框内输入前面所记

下的目标电脑的硬盘号

11、若需要校验目标芯片的 ID 号，则需要勾选上“校验芯片 ID 号”，并在后面的文本框内输入前面所记下的目标芯片的 ID 号



12、最后点击发布按钮，将项目发布程序保存，即可得到相应的可执行文件。发布的项目程序打界面如下图

B.2 程序加密后传输（防烧录时串口分析出程序）

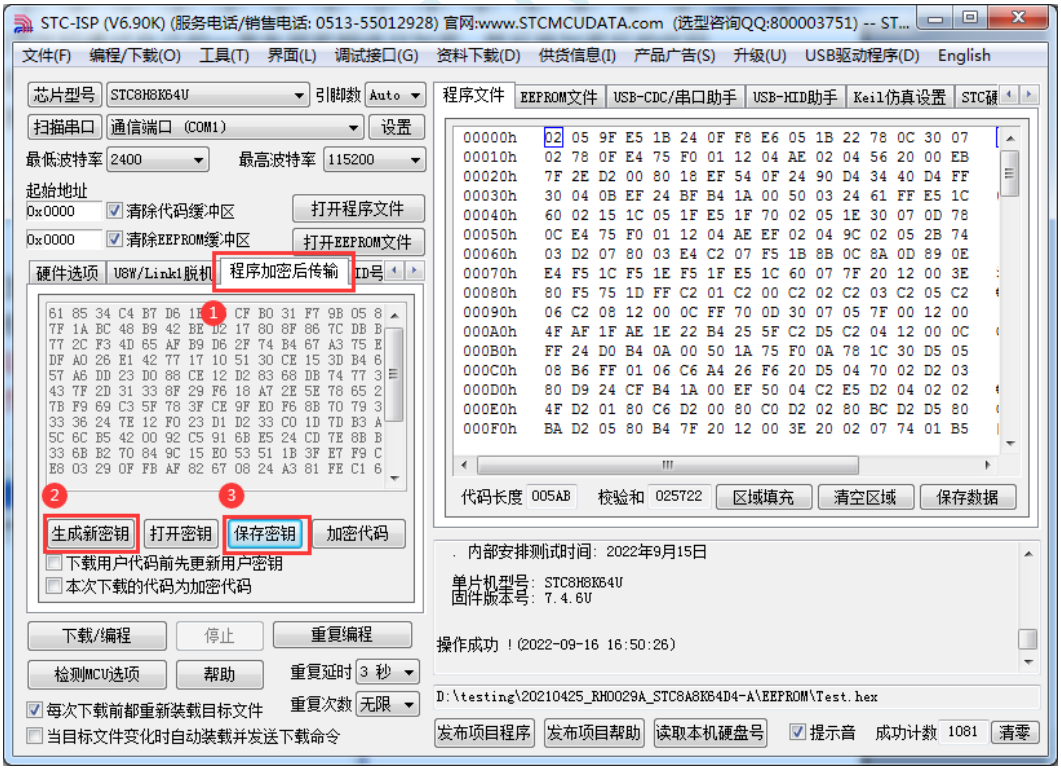
目前，所有的普通串口下载烧录编程都是采用明码通信的（电脑和目标芯片通信时，或脱机下载板和目标芯片通信时），问题：如果烧录人员通过分析下载烧录编程时串口通信的数据，高手是可以在烧录时在串口上引 2 根线出来，通过分析串口通信的数据分析出实际的用户程序代码的。当然用 STC 的脱机下载板烧程序总比用电脑烧程序强（防止烧录人员将程序轻易从电脑盗走，如通过网络发走，如通过 U 盘烤走，防不胜防，当然盗走你的电脑那就没办法那，所以 STC 的脱机下载工具比电脑烧录安全，让前台文员小姐烧，让老板娘烧都可以）。即使是 STC 全球首创的脱机下载工具，对于要防止天才的不法分子在脱机下载工具烧录的过程中通过分析串口通信的数据分析出实际的用户程序代码，也是没有办法达到要求的，这就需要用到最新的 STC 单片机所提供的程序加密后传输功能。

程序加密后传输下载是用户先将程序代码通过自己的一套专用密钥进行加密，然后将加密后的代码再通过串口下载，此时下载传输的是加密文件，通过串口分析出来的是加密后的乱码，如不通过派人潜入你公司盗窃你电脑里面的加密密钥，就无任何价值，便可起到防止在烧录程序时被烧录人员通过监测串口分析出代码的目的。

程序加密后传输功能的使用需要如下的几个步骤：

1、生成并保存新的密钥

如下图，进入到“程序加密后传输”页面，点击“生成新密钥”按钮，即可在缓冲区显示新生成的 256 字节的密钥。然后点击“保存密钥”按钮，即可将生成的新密钥保存为以“.K”为扩展名的的密钥文件（**注意：这个密钥文件一定要保存好，以后发布的代码文件都需要使用这个密钥加密，而且这个密钥的生成是非重复的，即任何时候都不可能生成两个完全相同的密钥，所以一旦密钥文件丢失将无法重新获得**）。例如我们将密钥保存为“New.k”。

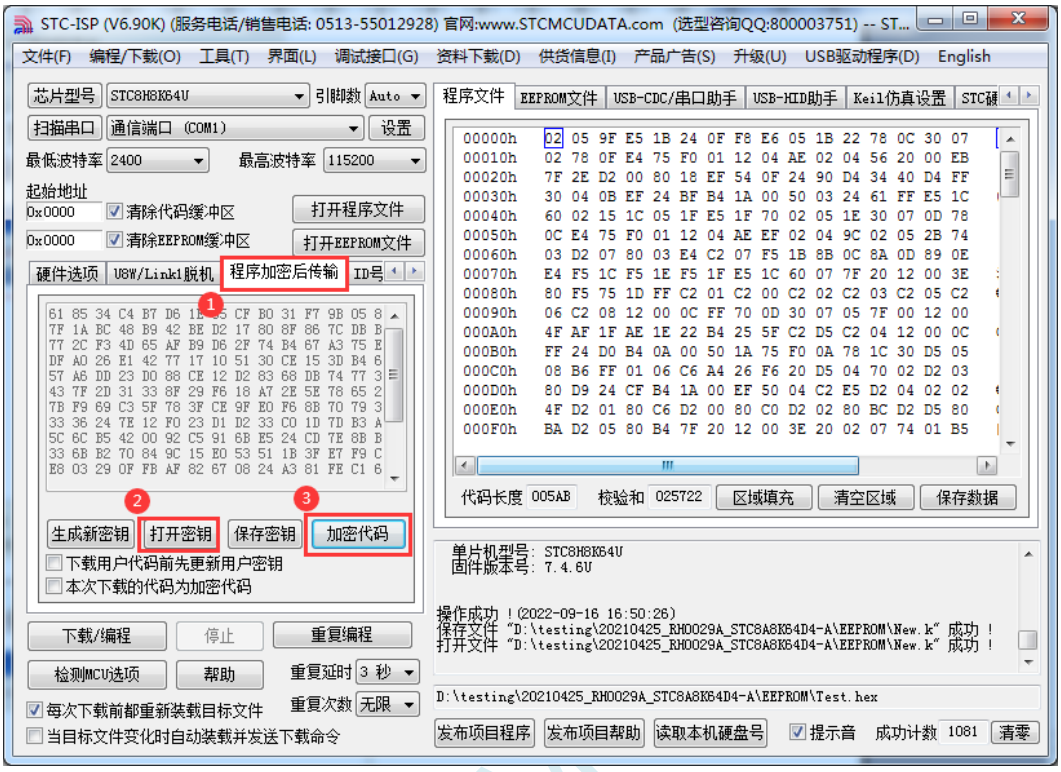


2、对代码文件加密

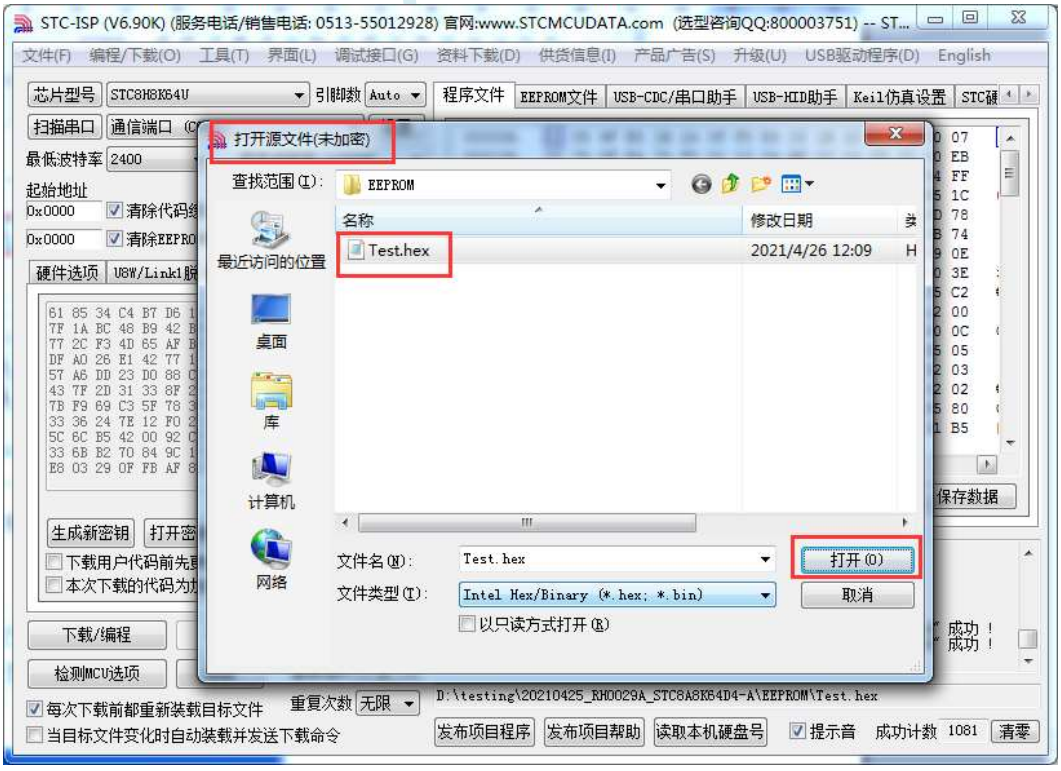
加密文件前，需要先打开我们自己的密钥。若缓冲区中存放的已经是我们的密钥，则不要再打开。

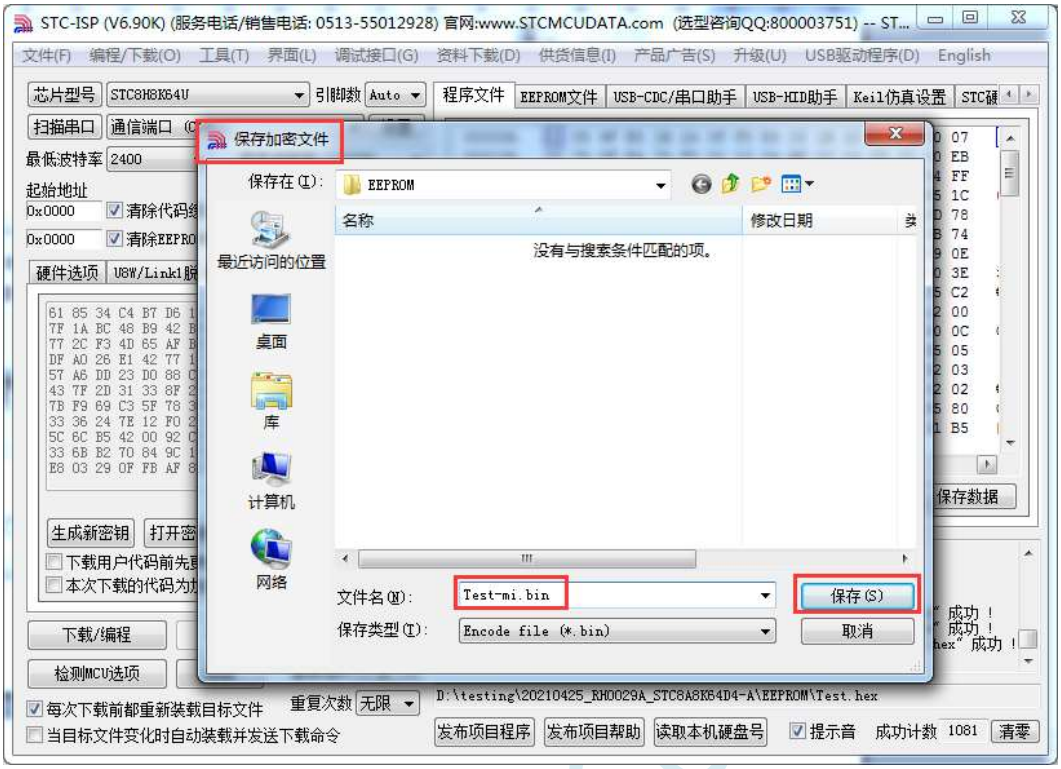
如下图，在“程序加密后传输”页面中点击“打开密钥”按钮，打开我们之前保存的密钥文件，

例如“New.k”，然后返回到“程序加密后传输”页面中点击“加密代码”按钮，如下图所示，首先会弹出“打开源文件（未加密）”的对话框，此时选择的是原始的未加密的代码文件



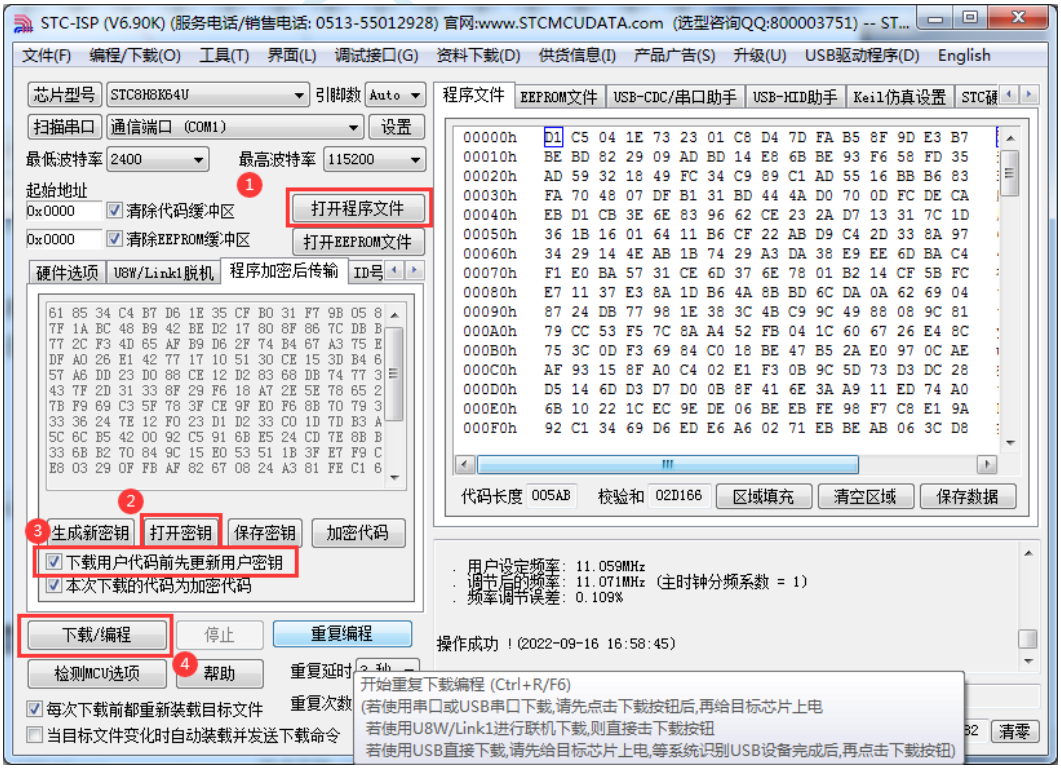
点击打开按钮后，马上有会弹出一个类似的对话框，但此时是对加密后的文件进行保存的对话框。如下图所示，点击保存按钮即可保存加密后的文件。





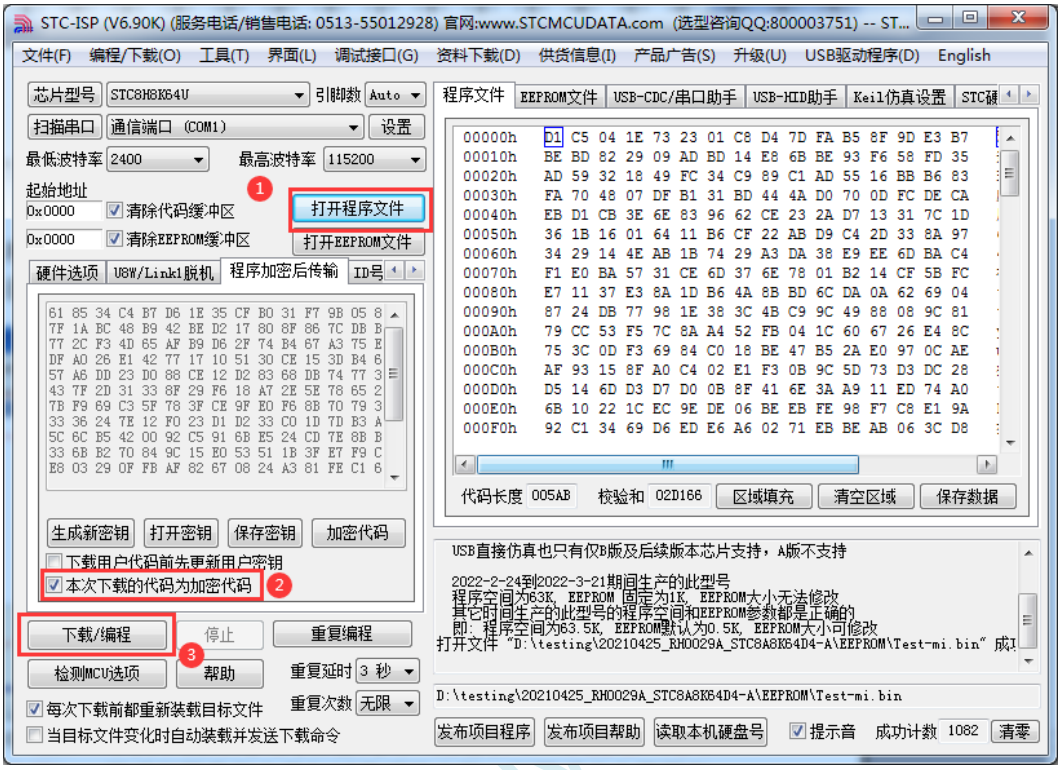
3、将用户密钥更新到目标芯片中

更新密钥前，需要先打开我们自己的密钥。若缓冲区中存放的已经是我们的密钥，则不要再打开。如下图，在“自定义加密下载”页面中点击“打开密钥”按钮，打开我们之前保存的密钥文件，例如“New.k”。密钥打开后，如下图所示，勾选上“下载用户代码前先更新用户密钥”选项和“本次下载的代码为加密代码”的选项，然后打开我们之前加密过后的文件，打开后点击界面左下角的“下载/编程”按钮，按正常方式对目标芯片下载完成即可更新用户密钥。



4、加密更新用户代码

密钥更新成功后，目标芯片便具有接收加密代码并还原的功能。此时若需要再次升级/更新代码，则只需要参考第二步的方法，将目标代码进行加密，然后如下图



对于一片新的 STC 单片机，可将步骤 3 和步骤 4 合并完成，即将密钥更新到目标单片机的同时也可将加密后的代码一并下载到单片机中，若已经执行过步骤 3（即已经将密钥更新到目标芯片中了），则后续的代码更新就只需要按照步骤 4，只需要在“程序加密后传输”页面中选择“本次下载的代码为加密代码”的选项（“下载用户代码前先更新用户密钥”选项不需要选了），然后打开我们之前加过密后的文件，打开后点击界面左下角的“下载/编程”按钮，按正常方式对目标芯片下载即可完成用用户自己专用的加密文件更新用户代码的目的（防止在烧录程序时被烧录人员通过监测串口分析出代码的目的）。

B.3 发布项目程序+程序加密后传输结合使用

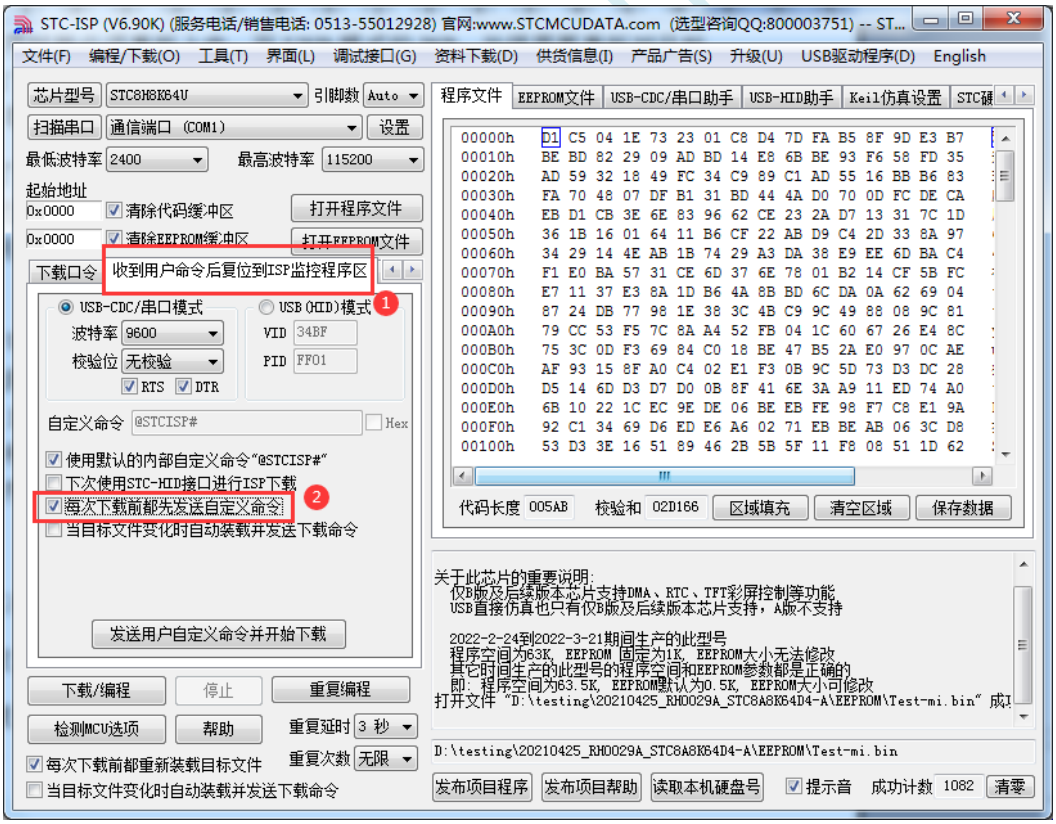
发布项目程序与程序加密后传输两项新的特殊功能可以结合在一起使用。首先程序加密后传输可以确保用户代码在烧录编程时串口通信传输过程当中的保密性，而发布项目程序可实现让最终使用者远程升级功能（方案公司的人员不需要亲自到场）。所以两项功能结合起来使用，非常适用于方案公司/生产商在软件需要更新时，让最终使用者自己对终端产品进行软件更新的目的，又确保现场烧录人员无法通过串口分析出有用程序，强烈建议方案公司使用。

B.4 用户自定义下载（实现不停电下载）

将用户的目标程序下载到STC单片机是通过执行单片机内部的ISP系统代码和上位机进行串口或者USB通讯来实现的。但STC单片机内部的ISP系统代码只有在每次重新停电再上电时才会被执行，这就要求用户每次需要对目标单片机更新程序时就必须重新上电，而USB模式的ISP，处理需要重新对目标芯片上电外，还需要在上电时将P3.2口下拉到GND。对于处于开发阶段的项目，需要频繁的修改代码、更新代码，每次下载都需要重新上电会导致操作非常麻烦。

STC单片机在硬件设计时，增加了一个软复位寄存器（IAP_CONTR），让用户可以通过设置此寄存器来决定CPU复位后重新执行用户代码还是复位到ISP区执行ISP系统代码。当向IAP_CONTR寄存器写入0x20时，CPU复位后重新执行用户代码；当向IAP_CONTR寄存器写入0x60时，CPU复位后复位到ISP区执行ISP系统代码。

要实现不停电进行ISP下载，用户可以在程序中设计一段代码，例如检测一个特殊的按键、或者监控串口等待一个特殊的串口命令，当检测到满足下载条件时，就通过软件触发软复位寄存器复位到ISP区执行ISP系统代码，从而实现不停电ISP下载。当触发条件是外部按键时，则在用户代码中实时监控按键状态即可。若要实现STC-ISP软件和用户触发软复位完全同步，则需要使用STC-ISP软件中所提供的“收到用户命令后复位到ISP监控程序区”这个功能。



实现不停电 ISP 下载的步骤如下：

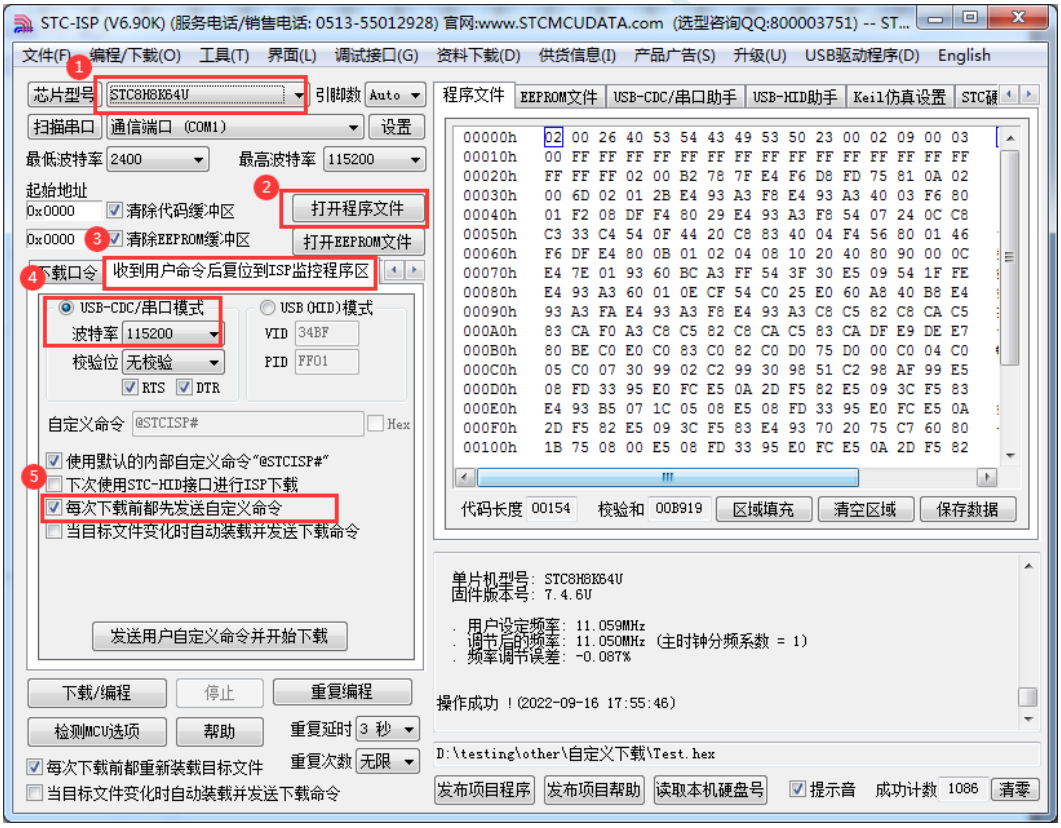
1、编写用户代码，并在用户代码中添加串口命令监控程序

（参考代码如下，测试单片机型号为 STC8H8K64U）

```
#include "stc8h.h"

#define    FOSC        11059200UL
#define    BAUD        (65536 - FOSC/4/115200)

char code *STCISPCMD = "@STCISP#";          //自定义下载命令
char index;

void uart_isr()   interrupt 4
{
    char dat;

    if (TI)
    {
        TI = 0;
    }

    if (RI)
    {
        RI = 0;
        dat  = SBUF;                        //接收串口数据

        if (dat == STCISPCMD[index])        //判断接收的数据和当前的命令字符是否匹配
        {
            index++;                        //若匹配则索引+1
            if (STCISPCMD[index] == '\0')   //判断命令是否配完成
                IAP_CONTR = 0x60;           //若匹配完成则软复位到 ISP
        }
        else
        {
            index = 0;                      //若不匹配,则需要从头开始
            if (dat == STCISPCMD[index])
                index++;
        }
    }
}

void main()
{
    P0M0 = 0x00; P0M1 = 0x00;
    P1M0 = 0x00; P1M1 = 0x00;
```

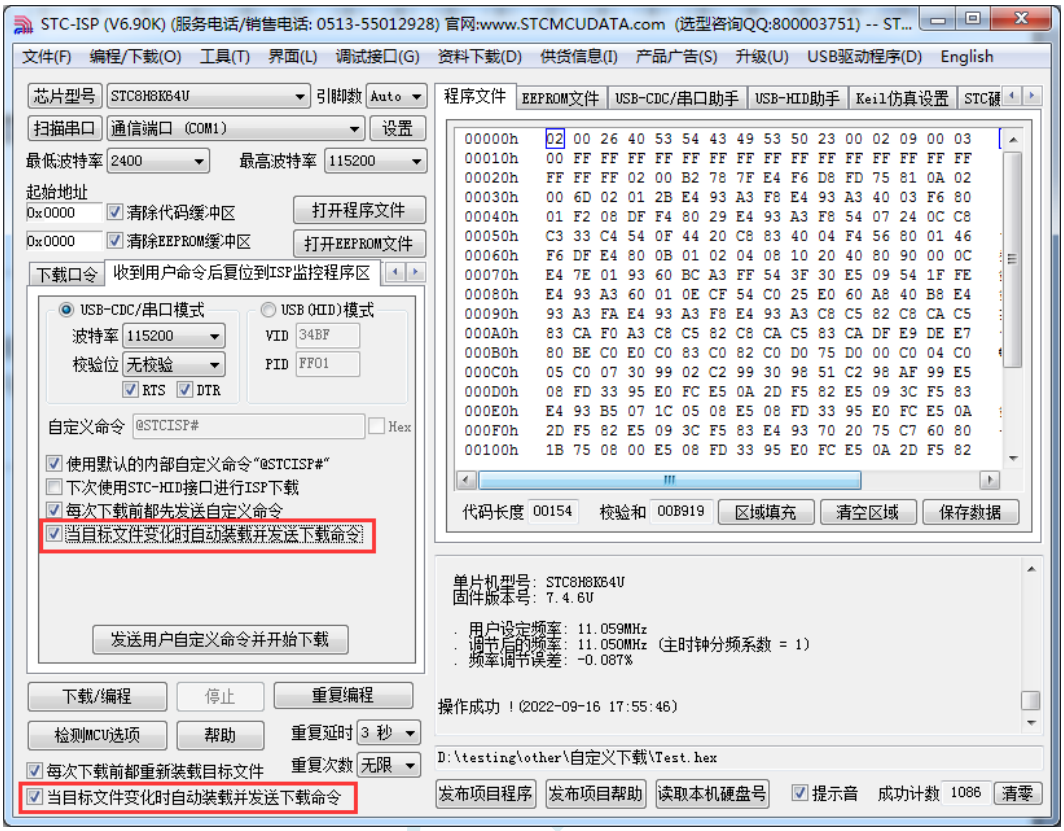
```
    P2M0 = 0x00; P2M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00; P3M1 = 0x00;

    SCON = 0x50;                    //串口初始化
    AUXR = 0x40;
    TMOD = 0x00;
    TH1 = BAUD >> 8;
    TL1 = BAUD;
    TR1 = 1;
    ES = 1;
    EA = 1;

    index = 0;                      //初始化命令

    while (1);
}
```

2、按下图所示的步骤进行设置自定义下载命令（范例使用 STC 默认命令“@STCISP#”）

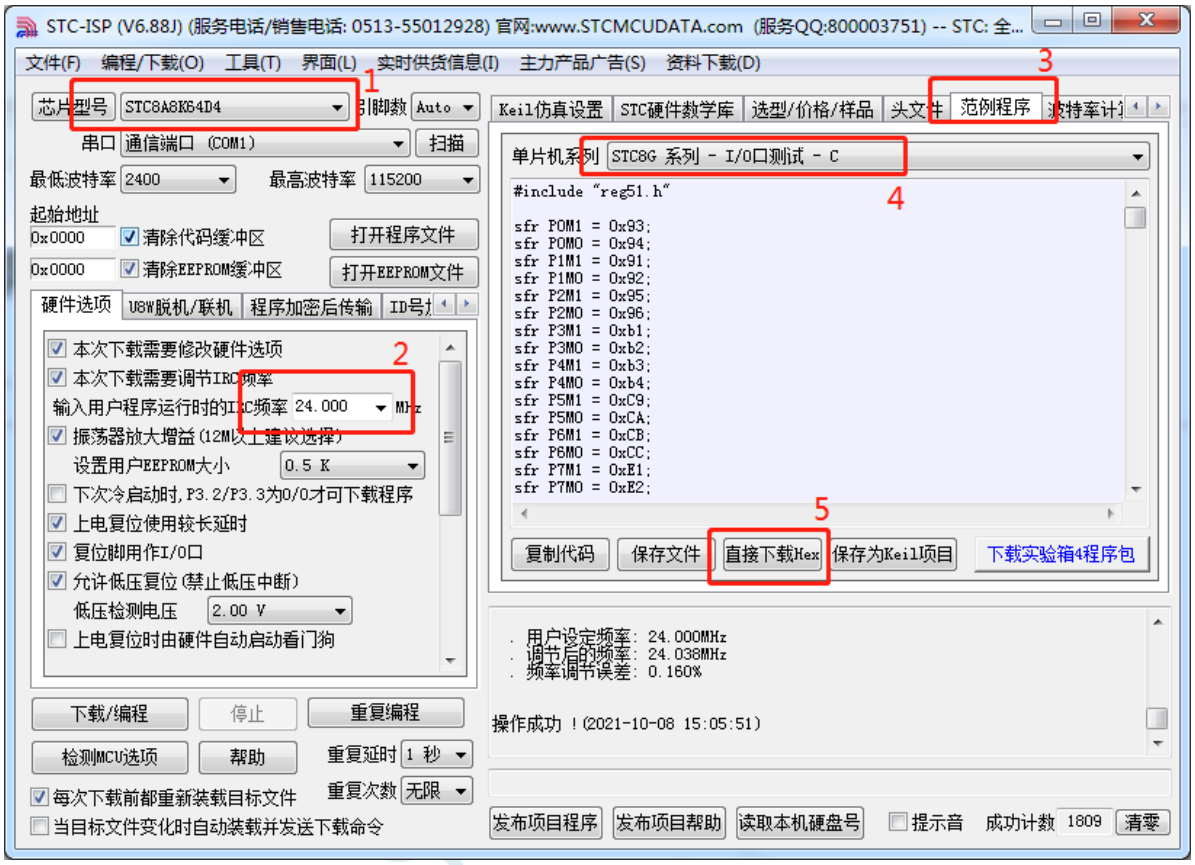


3、第一次下载时需要对目标单片机重新上电，之后的每次更新只需要点击下载软件中的“下载/编程”按钮，下载软件自动将下载命令发送给目标单片机，目标单片机接收到命令后自动复位到系统 ISP 区，即可实现不停电更新用户代码。

4、STC-ISP 还可实现项目开发阶段，完全自动下载功能，即当下载软件侦测到目标代码被更新了，就会自动发送下载命令。要实现这个功能只需要勾选下图中的两个选项中的任意一个即可



附录C 如何测试 I/O 口



测试 I/O 口步骤:

1、选择单片机型号

2、设置测试程序的工作频率（24MHz）

3、打开“范例程序”页

4、选择 STC8G 或者 STC8H 系列中的“I/O 口测试”程序

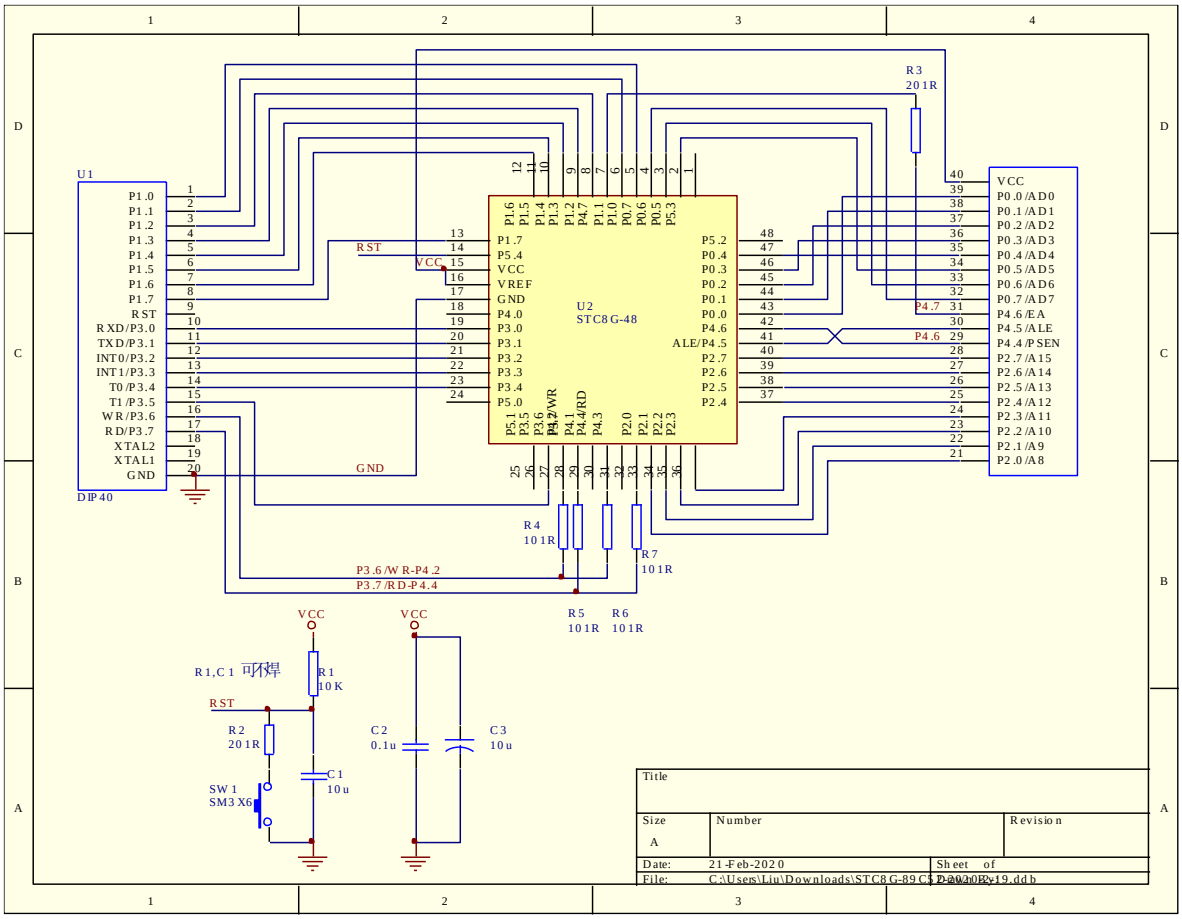
5、点击页面中的“直接下载 Hex”

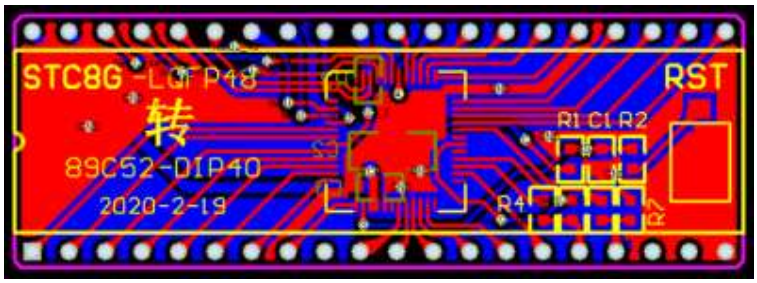
下载完成后，会对所有的 I/O 口执行流水灯程序，此时可在 I/O 口接 LED 或者用示波器即可看到波形。

附录D 如何让传统的 8051 单片机学习板可仿真

传统的 8051 单片机学习板不具有仿真功能，让传统的 8051 单片机学习板可仿真需要借助转换板，转换板的实物图如下图所示，转换后的引脚排布与传统 8051 的脚位基本一致，从而可以实现标准 8051 学习板的仿真功能。

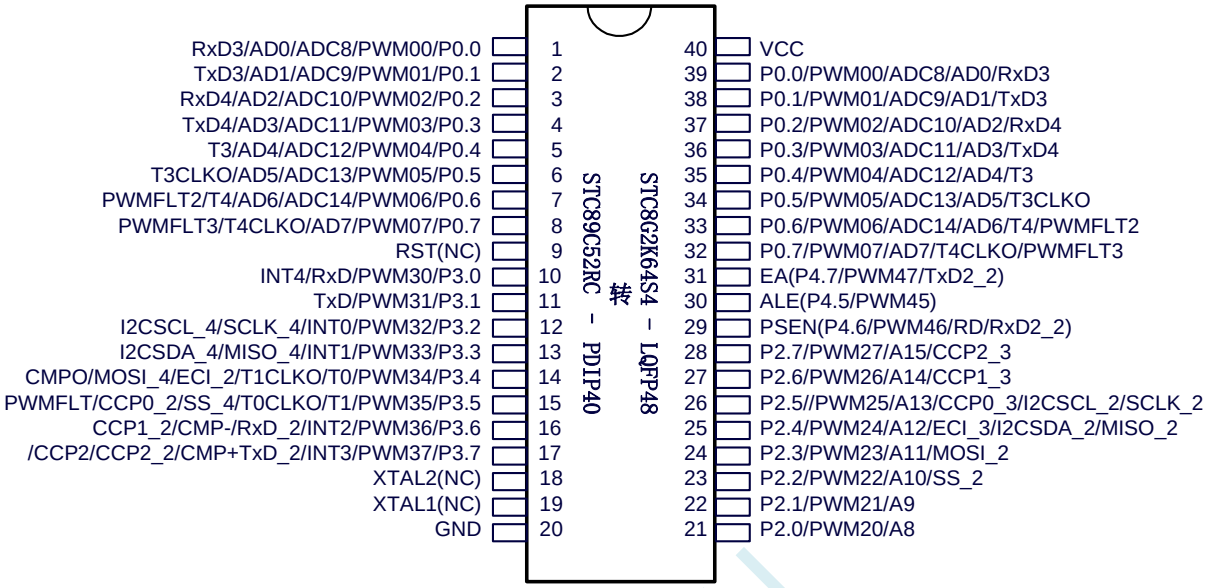
下图是转换板的原理图和 PCB 板图





该转换板可进行 STC8A8K64D4 系列 LQFP48 转 STC89C52RC/STC89C58RD+系列仿真用。

下图为转换板功能示意图



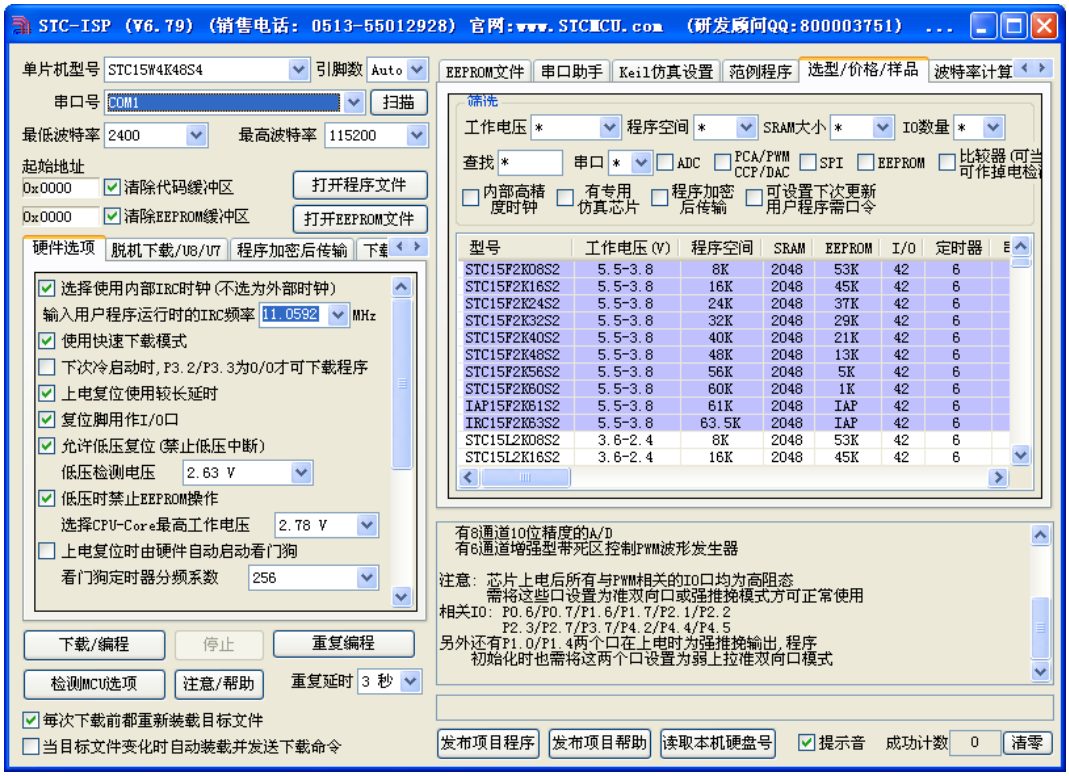
注意：

- ✓ 由于内置高精准 R/C 时钟，因此不需要外部晶振,XTAL1 和 XTAL2 是空的
- ✓ WR 和 RD 是(WR/P4.2 和 RD/P4.4)，而不是传统的(WR/P3.6 和 RD/P3.7)。
  （转换板中，P4.2 与 P3.6 连接在一起，P4.4 与 P3.7 连接在一起。当用户需要用此转换板访问外部总线时，需要将 P3.6 和 P3.7 设置为高阻输入模式，从而使 P4.2 和 P4.4 正常输出总线读写信号；若不需要访问外部总线，则需将 P4.2 和 P4.4 设置高阻输入模式，3.6 和 P3.7 即为普通 I/O。）
- ✓ 由于 STC8A8K64D4 系列 MCU 是低电平复位，与传统 8051 的高电平复位不兼容，因此 RST 管脚是悬空，而用转换板上的复位按键加复位电路取代

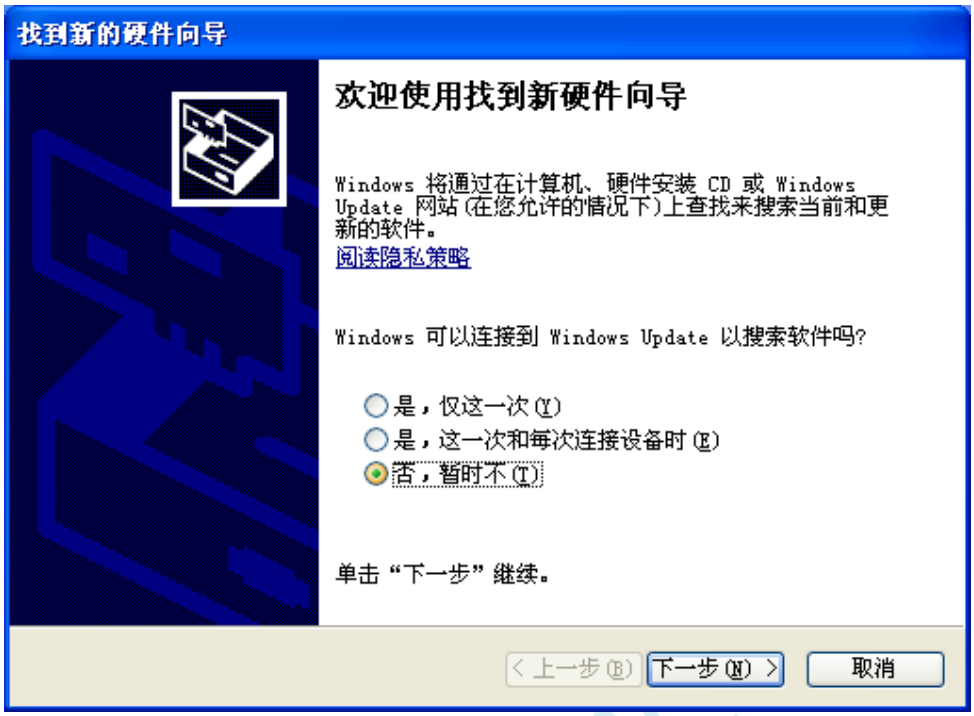
附录E STC-USB 驱动程序安装说明

Windows XP 安装方法

打开 V6.79 版（或者更新的版本）的 STC-ISP 下载软件，下载软件会自动将驱动文件复制到相关的系统目录

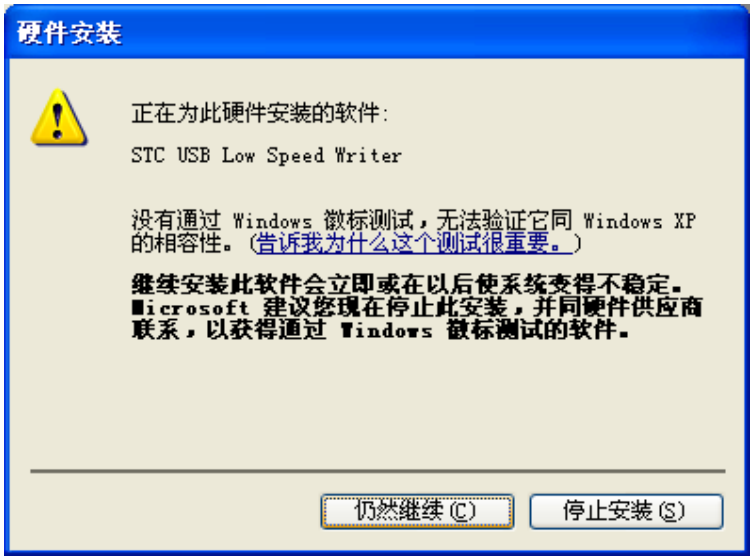


插入 USB 设备，系统找到设备后自动弹出如下对话框，选择其中的“否，暂时不”项



在下面的对话框中选择“自动安装软件(推荐)”项

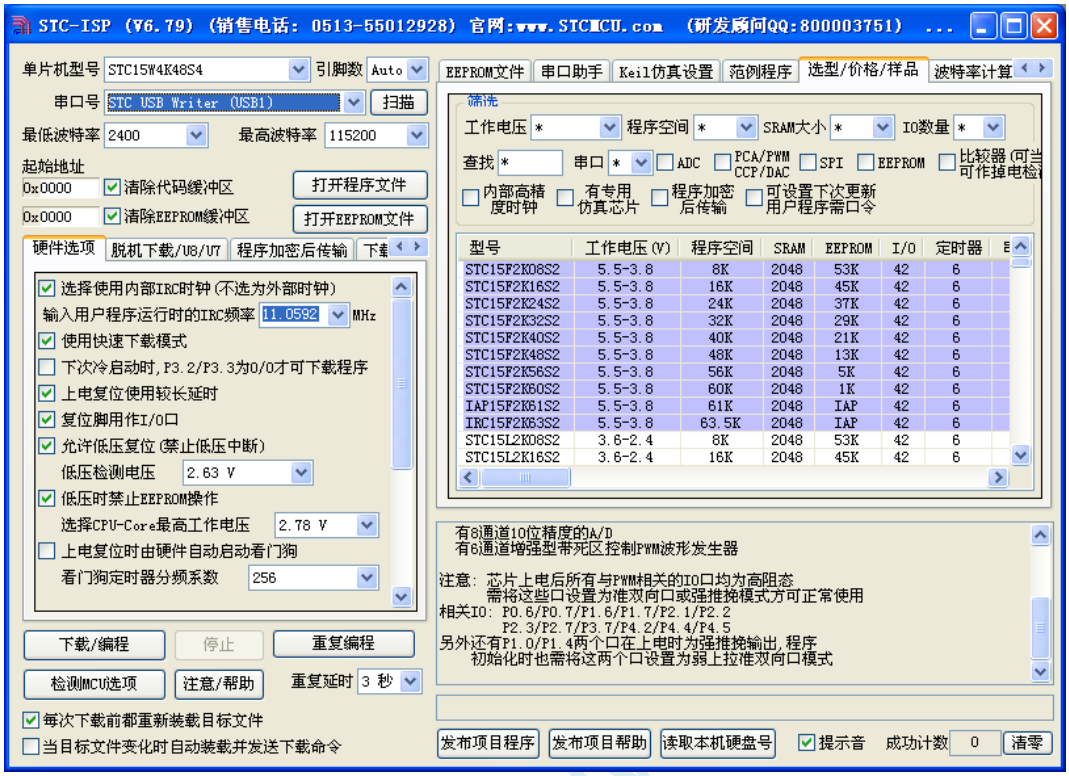
在弹出的下列对话框中，选择“仍然继续”按钮



接下系统会自动安装驱动，如下图

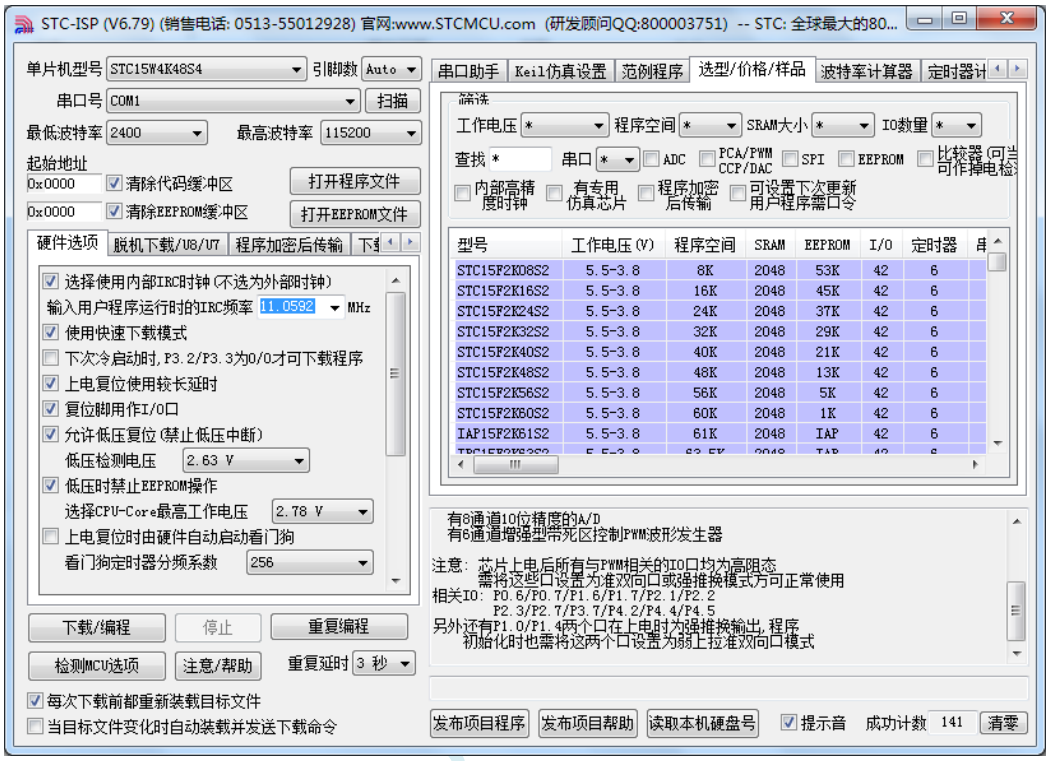
出现下面的的对话框表示驱动安装完成

此时，之前打开的 STC-ISP 下载软件中的串口号列表会自动选择所插入的 USB 设备，并显示设备名称为“STC USB Writer (USB1)” ，如下图：



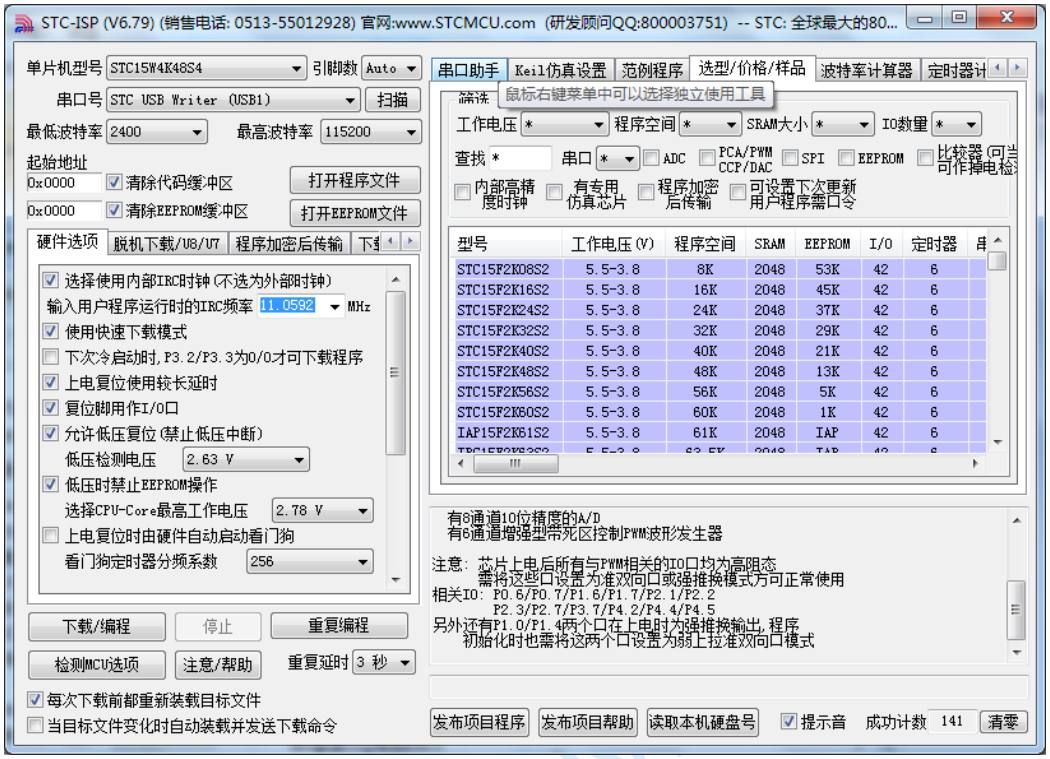
Windows 7（32 位）安装方法

打开 V6.79 版（或者更新的版本）的 STC-ISP 下载软件，下载软件会自动将驱动文件复制到相关的系统目录



插入 USB 设备，系统找到设备后会自动安装驱动。安装完成后会有如下的提示框。

此时，之前打开的 STC-ISP 下载软件中的串口号列表会自动选择所插入的 USB 设备，并显示设备名称为“STC USB Writer (USB1)”，如下图：

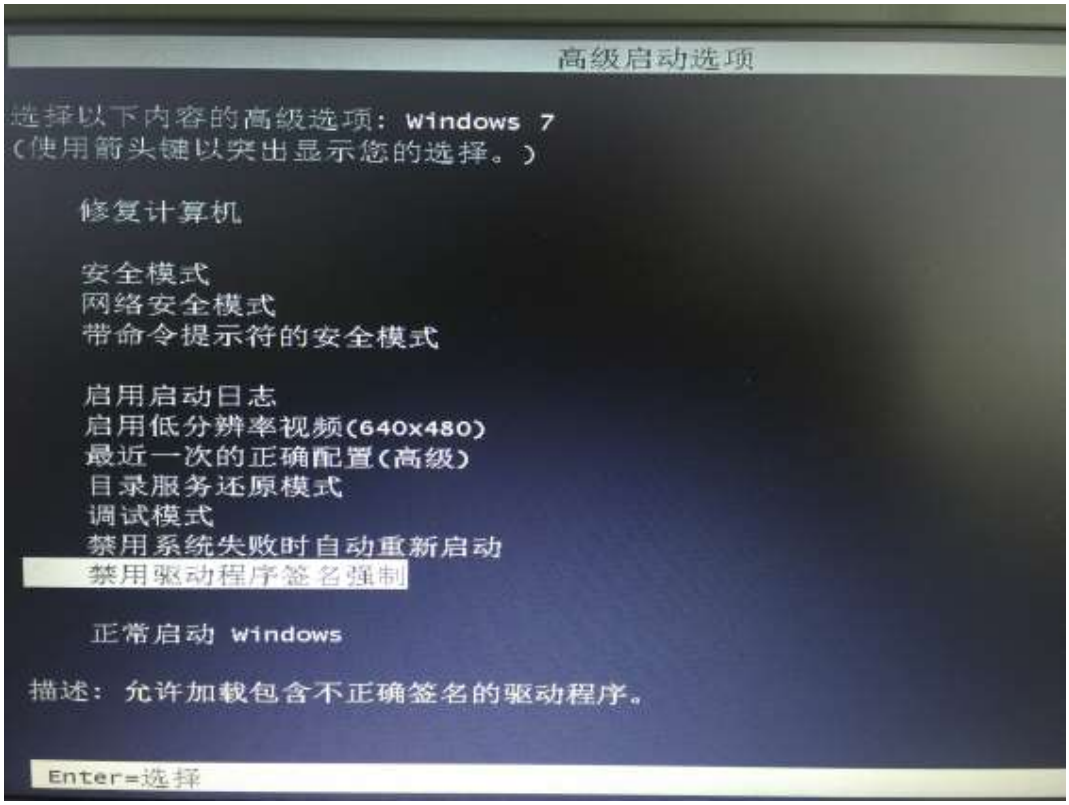


注：若 Windows 7 下，系统并没有自动安装驱动，则驱动的安装方法请参考 **Windows 8（32 位）的安装方法**

Windows 7（64 位）安装方法

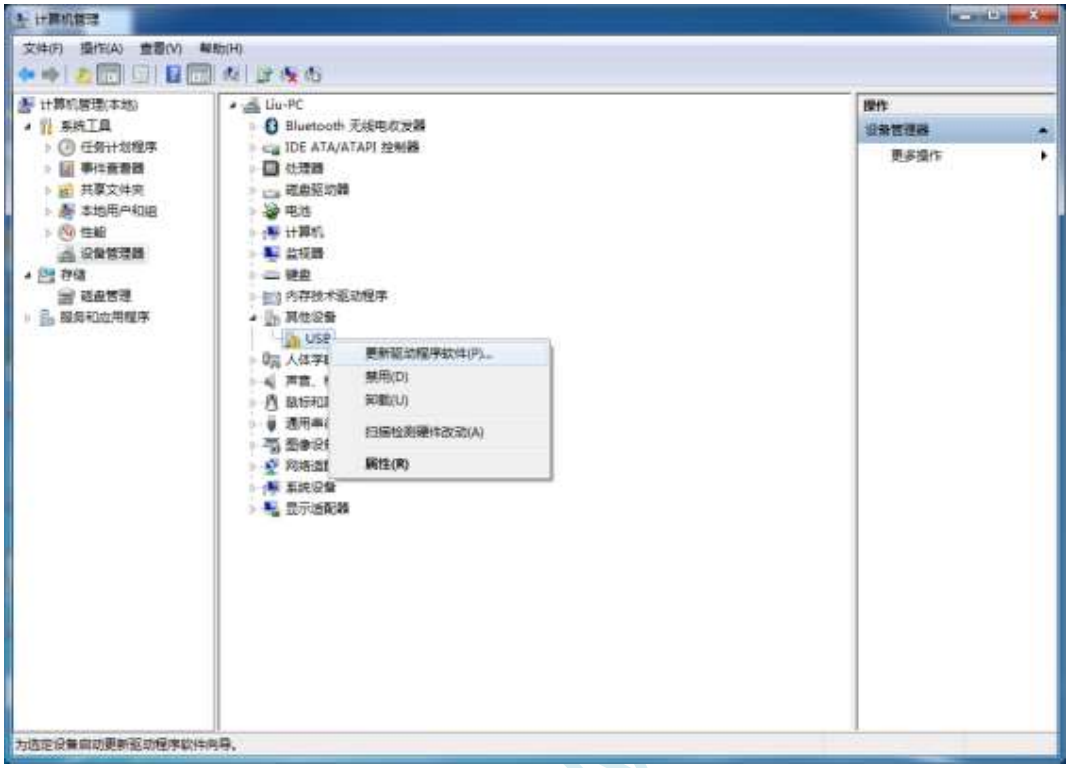
由于 Windows7 64 位操作系统在默认状态下，对于没有数字签名的驱动程序是不能安装成功的。所以在安装 STC-USB 驱动前，需要按照如下步骤，暂时跳过数字签名，即可顺利安装成功。

首先重启电脑，并一直按住 F8，直到出现下面启动画面



选择“禁用驱动程序签名强制”。启动后即可暂时关闭数字签名验证功能

插入 USB 设备，并打开“设备管理器”。找到设备列表中带黄色感叹号的 USB 设备，在设备的右键菜单中，选择“更新驱动程序软件”



在下面的的对话框中选择“浏览计算机以查找驱动程序软件”