I2C (EEPROM-AT24C02)实验

作者	fire
E-Mail	firestm32@foxmail.com
QQ	313303034
博客	firestm32.blog.chinaunix.net
硬件平台	野火 STM32 开发板
库版本	ST3.0.0

实验描述：向 EERPOM 写入数据，再读取出来，进行校验，通过串口打印写入与读取出来的数据，并输出校验结果。

硬件连接：PB6-I2C1_SCL，

PB7-I2C1_SDA

库文件 ：startup/start_stm32f10x_hd.c

CMSIS/core_cm3.c

CMSIS/system_stm32f10x.c

FWlib/stm32f10x_gpio.c

FWlib/stm32f10x_rcc.c

FWlib/stm32f10x_usart.c

FWlib/stm32f10x_i2c.c

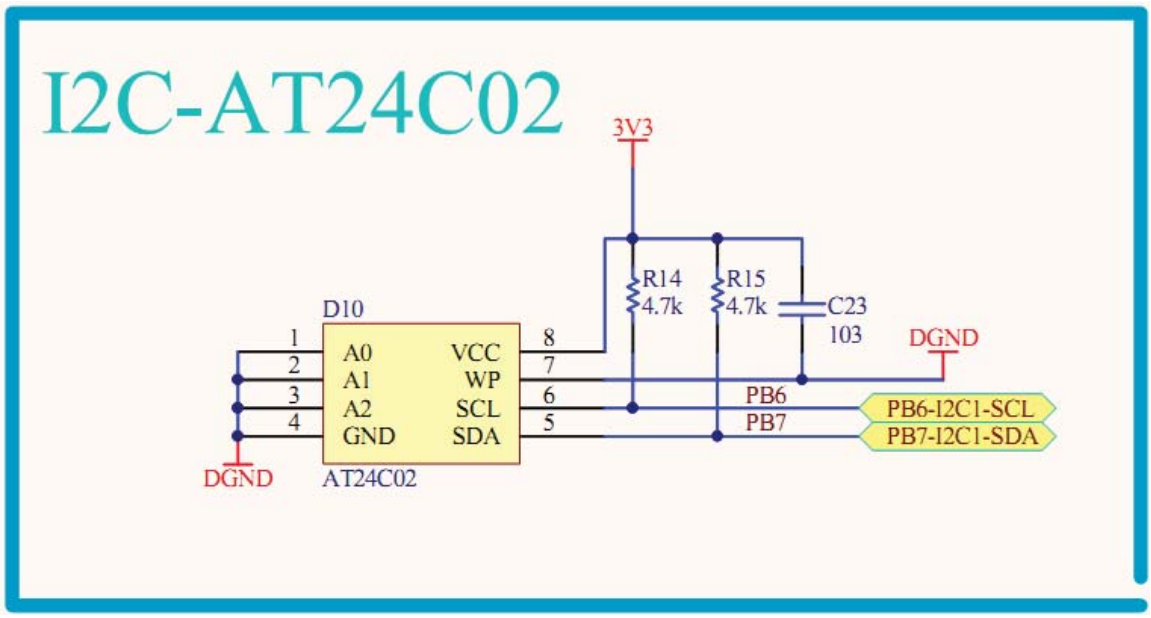
用户文件：USER/main.c

USER/stm32f10x_it.c

USER/usart1.c

USER/i2c_ee.c

野火 **STM32** 开发板 **I2C-EEPROM** 硬件原理图：



I2C 简介->

I2C(芯片间)总线接口连接微控制器和串行 I2C 总线。它提供多主机功能，控制所有 I2C 总线特定的时序、协议、仲裁和定时。支持标准和快速两种模式，stm32 的 I2C 可以使用 DMA 方式操作。

野火 STM32 开发板用的是 STM32F103VET6。它有 2 个 I2C 接口。I/O 口定义为 PB6-I2C1_SCL，PB7-I2C1_SDA；PB10-I2C2_SCL，PB11-I2C2_SDA。本实验使用 I2C1，对应地连接到 EERPOM（型号：AT24C02）的 SCL 和 SDA 线。实现 I2C 通讯，对 EERPOM 进行读写。

本实验采用主模式，分别用作主发送器和主接收器。

通过查询事件的方式来确保正常通讯。

实验讲解->

首先要添加用的库文件，在工程文件夹下 Fwlib 下我们需添加以下库文件：

```
1. stm32f10x_gpio.c
2. stm32f10x_rcc.c
```

```
3. stm32f10x_usart.c
4. stm32f10x_i2c.c
```

还要在 stm32f10x_conf.h 中把相应的头文件添加进来：

```
1. /* Uncomment the line below to enable peripheral header file inclusion
    */
2. /* #include "stm32f10x_adc.h" */
3. /* #include "stm32f10x_bkp.h" */
4. /* #include "stm32f10x_can.h" */
5. /* #include "stm32f10x_crc.h" */
6. /* #include "stm32f10x_dac.h" */
7. /* #include "stm32f10x_dbgmcu.h" */
8. /* #include "stm32f10x_dma.h" */
9. /* #include "stm32f10x_exti.h" */
10. /*#include "stm32f10x_flash.h"*/
11. /* #include "stm32f10x_fsmc.h" */
12. #include "stm32f10x_gpio.h"
13. #include "stm32f10x_i2c.h"
14. /* #include "stm32f10x_iwdg.h" */
15. /* #include "stm32f10x_pwr.h" */
16. #include "stm32f10x_rcc.h"
17. /* #include "stm32f10x_rtc.h" */
18. /* #include "stm32f10x_sdio.h" */
19. /* #include "stm32f10x_spi.h" */
20. /* #include "stm32f10x_tim.h" */
21. #include "stm32f10x_usart.h"
22. /* #include "stm32f10x_wwdg.h" */
23. /*#include "misc.h"*/  /* High level functions for NVIC and SysTick (a
    dd-on to CMSIS functions) */
```

配置好所需的库文件之后，我们就从 main 函数开始分析：

```
1. /*
2.  * 函数名：main
3.  * 描述  ：主函数
4.  * 输入  ：无
5.  * 输出  ：无
6.  * 返回  ：无
7.  */
8. int main(void)
9. {
10.   /* 配置系统时钟为 72M */
11.   SystemInit();;
12.
13.   /* 串口 1 初始化 */
14.   USART1_Config();
15.
16.     /* I2C 外设初(AT24C02)始化 */
17.     I2C_EE_Init();
18.
19.     USART1_printf(USART1, "\r\n 这是一个 I2C 外设(AT24C02)读写测试例
    程 \r\n");
20.     USART1_printf(USART1, "\r\n ("__DATE__ " -
     " __TIME__ ") \r\n");
21.
22.     I2C_Test();
23.
```

```
24.   while (1)
25.   {
26.   }
27. }
```

系统库函数 SystemInit(); 将系统时钟设置为 72M， USART1_Config(); 配置串口，关于这两个函数的具体讲解可以参考前面的教程，这里不再详述。/*

```
1.   * 函数名: I2C_EE_Init
2.   * 描述   : I2C 外设(EEPROM)初始化
3.   * 输入   : 无
4.   * 输出   : 无
5.   * 调用   : 外部调用
6.   */
7.  void I2C_EE_Init(void)
8.  {
9.
10.   I2C_GPIO_Config();
11.
12.   I2C_Mode_Configu();
13.
14. /* 根据头文件 i2c_ee.h 中的定义来选择 EEPROM 要写入的地址 */
15. #ifdef EEPROM_Block0_ADDRESS
16.   /* 选择 EEPROM Block0 来写入 */
17.   EEPROM_ADDRESS = EEPROM_Block0_ADDRESS;
18. #endif
19.
20. #ifdef EEPROM_Block1_ADDRESS
21.     /* 选择 EEPROM Block1 来写入 */
22.   EEPROM_ADDRESS = EEPROM_Block1_ADDRESS;
23. #endif
24.
25. #ifdef EEPROM_Block2_ADDRESS
26.     /* 选择 EEPROM Block2 来写入 */
27.   EEPROM_ADDRESS = EEPROM_Block2_ADDRESS;
28. #endif
29.
30. #ifdef EEPROM_Block3_ADDRESS
31.     /* 选择 EEPROM Block3 来写入 */
32.   EEPROM_ADDRESS = EEPROM_Block3_ADDRESS;
33. #endif    }
```

I2C_EE_Init();是用户编写的函数，其中调用了 I2C_GPIO_Config();配置好 I2C 所用的 I/O 端口，调用 I2C_Mode_Configu();设置 I2C 的工作模式。并使能相关外设的时钟。其中的条件编译确定了 EERPOM 的器件地址，按我们的硬件设置方式，地址为 0xA0；

```
1.  /*
2.   * 函数名: I2C_EE_Test
3.   * 描述   : I2C(AT24C02)读写测试。
4.   * 输入   : 无
5.   * 输出   : 无
6.   * 返回   : 无
7.   */
8.  void I2C_Test(void)
9.  {
```

```
10.     u16 i;
11.
12.     printf("写入的数据\n\r");
13.
14.     for ( i=0; i<=255; i++ ) //填充缓冲
15.   {
16.     I2c_Buf_Write[i] = i;
17.
18.     printf("0x%02X ", I2c_Buf_Write[i]);
19.     if(i%16 == 15)
20.         printf("\n\r");
21.    }
22.
23.   //将 I2c_Buf_Write 中顺序递增的数据写入 EERPOM 中
24.     I2C_EE_BufferWrite( I2c_Buf_Write, EEP_Firstpage, 256);
25.
26.   printf("\n\r 读出的数据\n\r");
27.   //将 EEPROM 读出数据顺序保持到 I2c_Buf_Read 中
28.     I2C_EE_BufferRead(I2c_Buf_Read, EEP_Firstpage, 256);
29.
30.   //将 I2c_Buf_Read 中的数据通过串口打印
31.     for (i=0; i<256; i++)
32.     {
33.         if(I2c_Buf_Read[i] != I2c_Buf_Write[i])
34.         {
35.             printf("0x%02X ", I2c_Buf_Read[i]);
36.             printf("错误:I2C EEPROM 写入与读出的数据不一致\n\r");
37.             return;
38.         }
39.     printf("0x%02X ", I2c_Buf_Read[i]);
40.     if(i%16 == 15)
41.         printf("\n\r");
42.
43.     }
44.   printf("I2C(AT24C02)读写测试成功\n\r");
45. }
```

I2C_Test(void)是这个例程中最主要的部分，把 0~255 按顺序填入缓冲区并通过串口打印到端口，接着把缓冲区的数据通过调用 I2C_EE_BufferWrite()函数写入 EEPROM。

```
1.  /*
2.   * 函数名: I2C_EE_BufferWrite
3.   * 描述   : 将缓冲区中的数据写到 I2C EEPROM 中
4.   * 输入   : -pBuffer 缓冲区指针
5.   *          -WriteAddr 接收数据的 EEPROM 的地址
6.   *          -NumByteToWrite 要写入 EEPROM 的字节数
7.   * 输出   : 无
8.   * 返回   : 无
9.   * 调用   : 外部调用
10.  */
11. void I2C_EE_BufferWrite(u8* pBuffer, u8 WriteAddr, u16 NumByteToWrite)

12. {
13.   u8 NumOfPage = 0, NumOfSingle = 0, Addr = 0, count = 0;
14.
15.   Addr = WriteAddr % I2C_PageSize;
16.   count = I2C_PageSize - Addr;
```

```
17.   NumOfPage =  NumByteToWrite / I2C_PageSize;
18.   NumOfSingle = NumByteToWrite % I2C_PageSize;
19.
20.   /* If WriteAddr is I2C_PageSize aligned  */
21.   if(Addr == 0)
22.   {
23.     /* If NumByteToWrite < I2C_PageSize */
24.     if(NumOfPage == 0)
25.     {
26.       I2C_EE_PageWrite(pBuffer, WriteAddr, NumOfSingle);
27.       I2C_EE_WaitEepromStandbyState();
28.     }
29.     /* If NumByteToWrite > I2C_PageSize */
30.     else
31.     {
32.       while(NumOfPage--)
33.       {
34.         I2C_EE_PageWrite(pBuffer, WriteAddr, I2C_PageSize);
35.         I2C_EE_WaitEepromStandbyState();
36.         WriteAddr +=  I2C_PageSize;
37.         pBuffer += I2C_PageSize;
38.       }
39.
40.       if(NumOfSingle!=0)
41.       {
42.         I2C_EE_PageWrite(pBuffer, WriteAddr, NumOfSingle);
43.         I2C_EE_WaitEepromStandbyState();
44.       }
45.     }
46.   }
47.   /* If WriteAddr is not I2C_PageSize aligned  */
48.   else
49.   {
50.     /* If NumByteToWrite < I2C_PageSize */
51.     if(NumOfPage== 0)
52.     {
53.       I2C_EE_PageWrite(pBuffer, WriteAddr, NumOfSingle);
54.       I2C_EE_WaitEepromStandbyState();
55.     }
56.     /* If NumByteToWrite > I2C_PageSize */
57.     else
58.     {
59.       NumByteToWrite -= count;
60.       NumOfPage =  NumByteToWrite / I2C_PageSize;
61.       NumOfSingle = NumByteToWrite % I2C_PageSize;
62.
63.       if(count != 0)
64.       {
65.         I2C_EE_PageWrite(pBuffer, WriteAddr, count);
66.         I2C_EE_WaitEepromStandbyState();
67.         WriteAddr += count;
68.         pBuffer += count;
69.       }
70.
71.       while(NumOfPage--)
72.       {
73.         I2C_EE_PageWrite(pBuffer, WriteAddr, I2C_PageSize);
74.         I2C_EE_WaitEepromStandbyState();
75.         WriteAddr +=  I2C_PageSize;
76.         pBuffer += I2C_PageSize;
77.       }
78.       if(NumOfSingle != 0)
79.       {
80.         I2C_EE_PageWrite(pBuffer, WriteAddr, NumOfSingle);
81.         I2C_EE_WaitEepromStandbyState();
```

```
82.       }
83.     }
84.   }
85. }
```

因为 AT24C02 型号的 EEPROM 按页写入方式中每页最大字节数为 8 字节，若超过 8 字节则会在该页的起始地址覆盖数据，因此需要 I2C_EE_BufferWrite()函数处理写入位置和缓冲区的地址。把处理好的地址交给 I2C_EE_PageWrite()函数，这个函数是与 EEPROM 进行 I2C 通讯的最底层函数，以下我们通过分析 I2C_EE_PageWrite()来了解 stm32 的 I2C 通讯方法。

```
1. /*
2.  * 函数名：I2C_EE_PageWrite
3.  * 描述  ：在 EEPROM 的一个写循环中可以写多个字节，但一次写入的字节数
4.  *          不能超过 EEPROM 页的大小。AT24C02 每页有 8 个字节。
5.  * 输入  ：-pBuffer 缓冲区指针
6.  *          -WriteAddr 接收数据的 EEPROM 的地址
7.  *          -NumByteToWrite 要写入 EEPROM 的字节数
8.  * 输出  ：无
9.  * 返回  ：无
10. * 调用  ：外部调用
11. */
12.void I2C_EE_PageWrite(u8* pBuffer, u8 WriteAddr, u8 NumByteToWrite)
13.{
14.    while(I2C_GetFlagStatus(I2C1, I2C_FLAG_BUSY)); // Added by Najoua
    27/08/2008
15.
16.  /* Send START condition */
17.  I2C_GenerateSTART(I2C1, ENABLE);
18.
19.  /* Test on EV5 and clear it */
20.  while(!I2C_CheckEvent(I2C1, I2C_EVENT_MASTER_MODE_SELECT));
21.
22.  /* Send EEPROM address for write */
23.  I2C_Send7bitAddress(I2C1, EEPROM_ADDRESS, I2C_Direction_Transmitter)
    ;
24.
25.  /* Test on EV6 and clear it */
26.  while(!I2C_CheckEvent(I2C1, I2C_EVENT_MASTER_TRANSMITTER_MODE_SELECT
    ED));
27.
28.  /* Send the EEPROM's internal address to write to */
29.  I2C_SendData(I2C1, WriteAddr);
30.
31.  /* Test on EV8 and clear it */
32.  while(! I2C_CheckEvent(I2C1, I2C_EVENT_MASTER_BYTE_TRANSMITTED));
33.
34.  /* While there is data to be written */
35.  while(NumByteToWrite--)
36.  {
37.    /* Send the current byte */
38.    I2C_SendData(I2C1, *pBuffer);
39.
40.    /* Point to the next byte to be written */
41.    pBuffer++;
42.
43.    /* Test on EV8 and clear it */
```

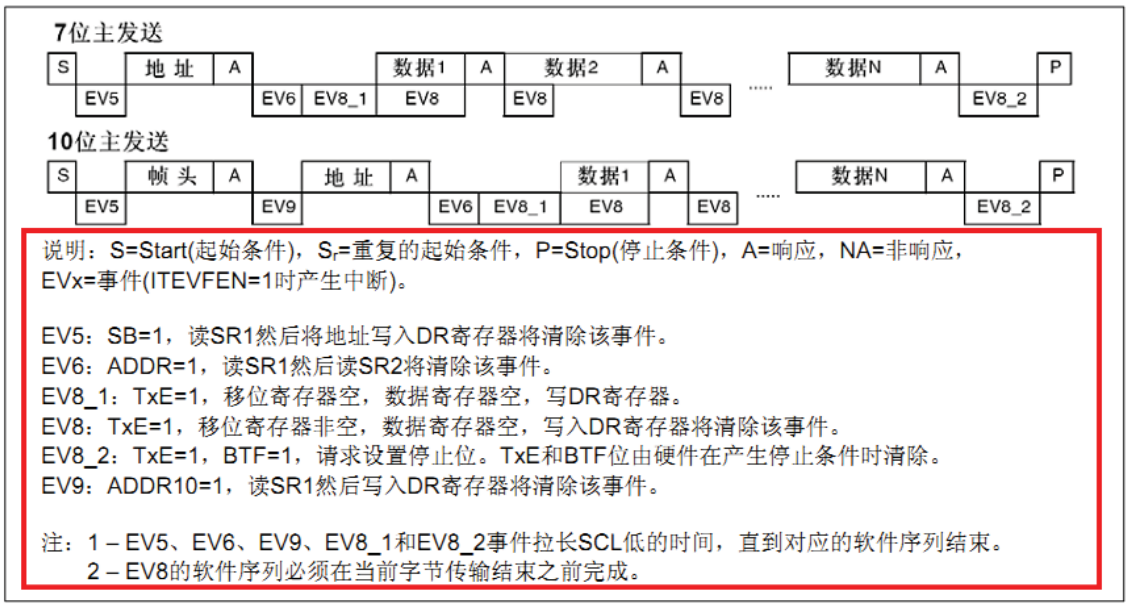
```
44.     while (!I2C_CheckEvent(I2C1, I2C_EVENT_MASTER_BYTE_TRANSMITTED));

45.   }
46.   /* Send STOP condition */
47.   I2C_GenerateSTOP(I2C1, ENABLE);
48. }
```

从 stm32 参考手册的序列图可以看到，在 I2C 的通讯过程中，会产生一系列的事件，出现事件后在相应的寄存器中会产生标置位。

截图来自《STM32 参考手册中文》。

图245　主发送器传送序列图



我们在做出 I2C 通讯操作时，可以通过循环调用库函数 I2C_CheckEvent()进行查询，以确保上一操作完成后才发出下一个

I2C 通讯讯号。如：在确定 SDA 总线空闲的之后，作为主发送器的 stm32 发出起始讯号，若成功，这时会产生“事件 5”（EV5），我们调用 while(!I2C_CheckEvent(I2C1, I2C_EVENT_MASTER_MODE_SELECT));来检测这个事件，确保检测到之后再执行下一操作。“I2C_EVENT_MASTER_MODE_SELECT”在固件函数库中可以查到这就是“EV5”的宏，后面的相应操作类似。

现在我们回到 I2C_EE_BufferWrite()这个函数，在每次调用完 I2C_EE_PageWrite()后，都调用了一个 I2C_EE_WaitEepromStandbyState()函数。

```
1. /*
2.  * 函数名：I2C_EE_WaitEepromStandbyState
3.  * 描述  ：Wait for EEPROM Standby state
4.  * 输入  ：无
```

```
5.   * 输出  : 无
6.   * 返回  : 无
7.   * 调用  :
8.   */
9.  void I2C_EE_WaitEepromStandbyState(void)
10. {
11.   vu16 SR1_Tmp = 0;
12.
13.   do
14.   {
15.     /* Send START condition */
16.     I2C_GenerateSTART(I2C1, ENABLE);
17.     /* Read I2C1 SR1 register */
18.     SR1_Tmp = I2C_ReadRegister(I2C1, I2C_Register_SR1);
19.     /* Send EEPROM address for write */
20.     I2C_Send7bitAddress(I2C1, EEPROM_ADDRESS, I2C_Direction_Transmitte
    r);
21.   }while(!(I2C_ReadRegister(I2C1, I2C_Register_SR1) & 0x0002));
22.
23.   /* Clear AF flag */
24.   I2C_ClearFlag(I2C1, I2C_FLAG_AF);
25.     /* STOP condition */
26.     I2C_GenerateSTOP(I2C1, ENABLE); // Added by Najoua 27/08/2008
27. }
```

这是利用了 EEPROM 在接收完数据后，启动内部周期写入数据的时间内不会对主机的请求作出应答的特性。所以这个函数循环发送起始讯号，若检测到 EEPROM 的应答，则说明 EEPROM 已经完成上一步的数据写入，进入 Standby 状态，可以进行下一步的操作了。

回到 I2C_Test()这个函数，再分析一下它调用的读 EEPROM 函数 I2C_EE_BufferRead()。

```
1.  /*
2.   * 函数名: I2C_EE_BufferRead
3.   * 描述  : 从 EEPROM 里面读取一块数据。
4.   * 输入  : -pBuffer 存放从 EEPROM 读取的数据的缓冲区指针。
5.   *          -WriteAddr 接收数据的 EEPROM 的地址。
6.   *          -NumByteToWrite 要从 EEPROM 读取的字节数。
7.   * 输出  : 无
8.   * 返回  : 无
9.   * 调用  : 外部调用
10.  */
11. void I2C_EE_BufferRead(u8* pBuffer, u8 ReadAddr, u16 NumByteToRead)
12. {
13.   //*((u8 *)0x4001080c) |=0x80;
14.     while(I2C_GetFlagStatus(I2C1, I2C_FLAG_BUSY)); // Added by Najoua
    27/08/2008
15.
16.
17.   /* Send START condition */
18.   I2C_GenerateSTART(I2C1, ENABLE);
19.   //*((u8 *)0x4001080c) &=~0x80;
20.
21.   /* Test on EV5 and clear it */
22.   while(!I2C_CheckEvent(I2C1, I2C_EVENT_MASTER_MODE_SELECT));
23.
24.   /* Send EEPROM address for write */
```

```
25.   I2C_Send7bitAddress(I2C1, EEPROM_ADDRESS, I2C_Direction_Transmitter)
    ;
26.
27.   /* Test on EV6 and clear it */
28.   while(!I2C_CheckEvent(I2C1, I2C_EVENT_MASTER_TRANSMITTER_MODE_SELECT
    ED));
29.
30.   /* Clear EV6 by setting again the PE bit */
31.   I2C_Cmd(I2C1, ENABLE);
32.
33.   /* Send the EEPROM's internal address to write to */
34.   I2C_SendData(I2C1, ReadAddr);
35.
36.   /* Test on EV8 and clear it */
37.   while(!I2C_CheckEvent(I2C1, I2C_EVENT_MASTER_BYTE_TRANSMITTED));
38.
39.   /* Send STRAT condition a second time */
40.   I2C_GenerateSTART(I2C1, ENABLE);
41.
42.   /* Test on EV5 and clear it */
43.   while(!I2C_CheckEvent(I2C1, I2C_EVENT_MASTER_MODE_SELECT));
44.
45.   /* Send EEPROM address for read */
46.   I2C_Send7bitAddress(I2C1, EEPROM_ADDRESS, I2C_Direction_Receiver);

47.
48.   /* Test on EV6 and clear it */
49.   while(!I2C_CheckEvent(I2C1, I2C_EVENT_MASTER_RECEIVER_MODE_SELECTED)
    );
50.
51.   /* While there is data to be read */
52.   while(NumByteToRead)
53.   {
54.     if(NumByteToRead == 1)
55.     {
56.       /* Disable Acknowledgement */
57.       I2C_AcknowledgeConfig(I2C1, DISABLE);
58.
59.       /* Send STOP Condition */
60.       I2C_GenerateSTOP(I2C1, ENABLE);
61.     }
62.
63.     /* Test on EV7 and clear it */
64.     if(I2C_CheckEvent(I2C1, I2C_EVENT_MASTER_BYTE_RECEIVED))
65.     {
66.       /* Read a byte from the EEPROM */
67.       *pBuffer = I2C_ReceiveData(I2C1);
68.
69.       /* Point to the next location where the byte read will be saved
    */
70.       pBuffer++;
71.
72.       /* Decrement the read bytes counter */
73.       NumByteToRead--;
74.     }
75.   }
76.
77.   /* Enable Acknowledgement to be ready for another reception */
78.   I2C_AcknowledgeConfig(I2C1, ENABLE);
79. }
```

这个读 EEPROM 函数与写的类似，也是利用 I2C_CheckEvent()来确保通讯正常进行的，要注意一下的是读取数据时遵循 I2C 的标准，主发送器 stm32 要发出两次起始 I2C 讯号才能建立通讯。

最后，总结一下在 stm32 如何建立与 EEPROM 的通讯。

1、 配置 I/O 端口，确定并配置 I2C 的模式，使能 GPIO 和 I2C 时钟。

2、 写：

检测 SDA 是否空闲；

->按 I2C 协议发出起始讯号；

->发出 7 位器件地址和写模式；

->要写入的存储区首地址；

->用页写入方式或字节写入方式写入数据；

每个操作之后要检测“事件”确定是否成功。写完后检测 EEPROM 是否进入 standby 状态。

3、 读：

检测 SDA 是否空闲；

->按 I2C 协议发出起始讯号；

->发出 7 位器件地址和写模式（伪写）；

->发出要读取的存储区首地址；

->重发起始讯号；

->发出 7 位器件地址和读模式；

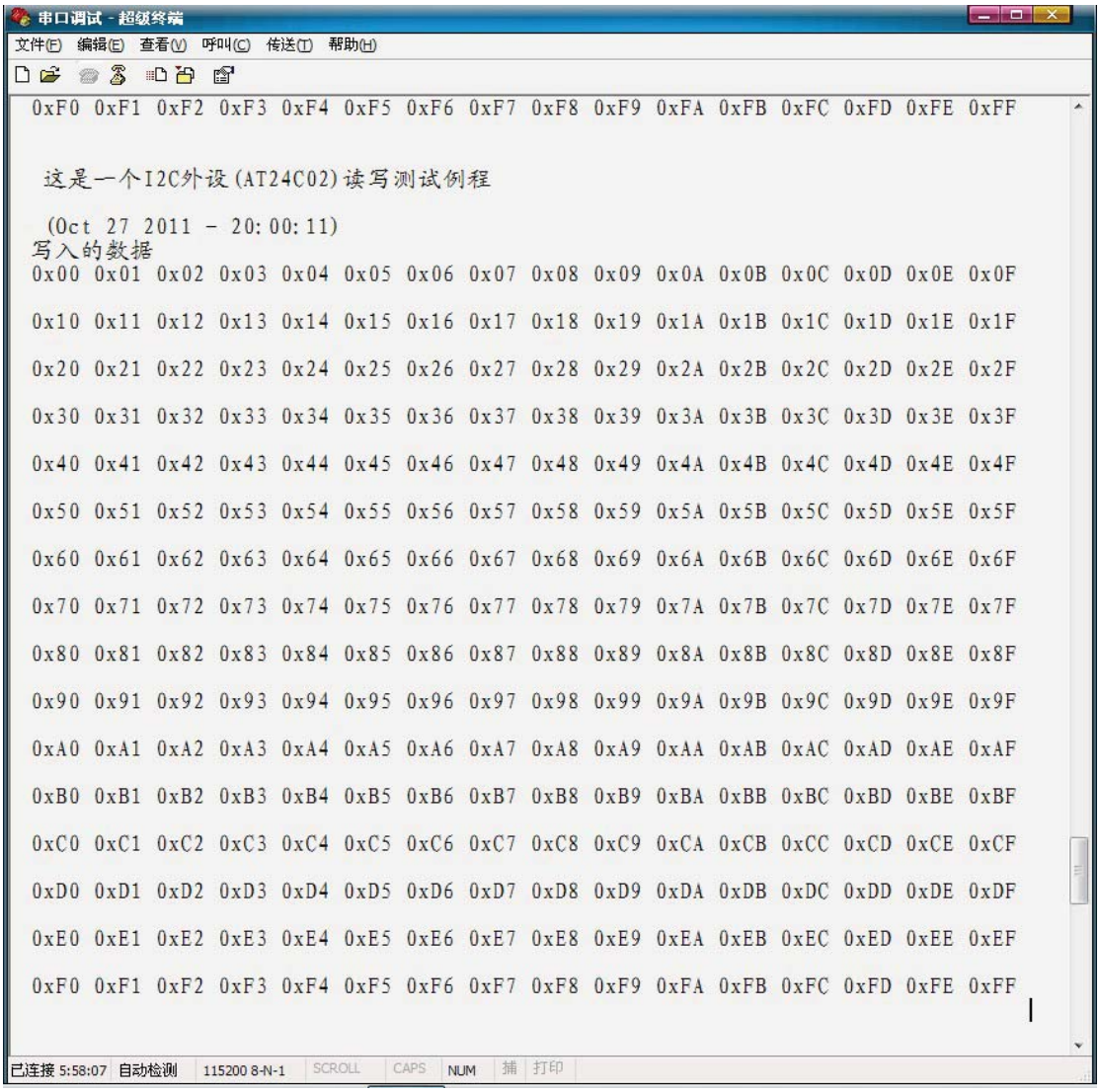
->接收数据；

类似写操作，每个操作之后要检测“事件”确定是否成功。

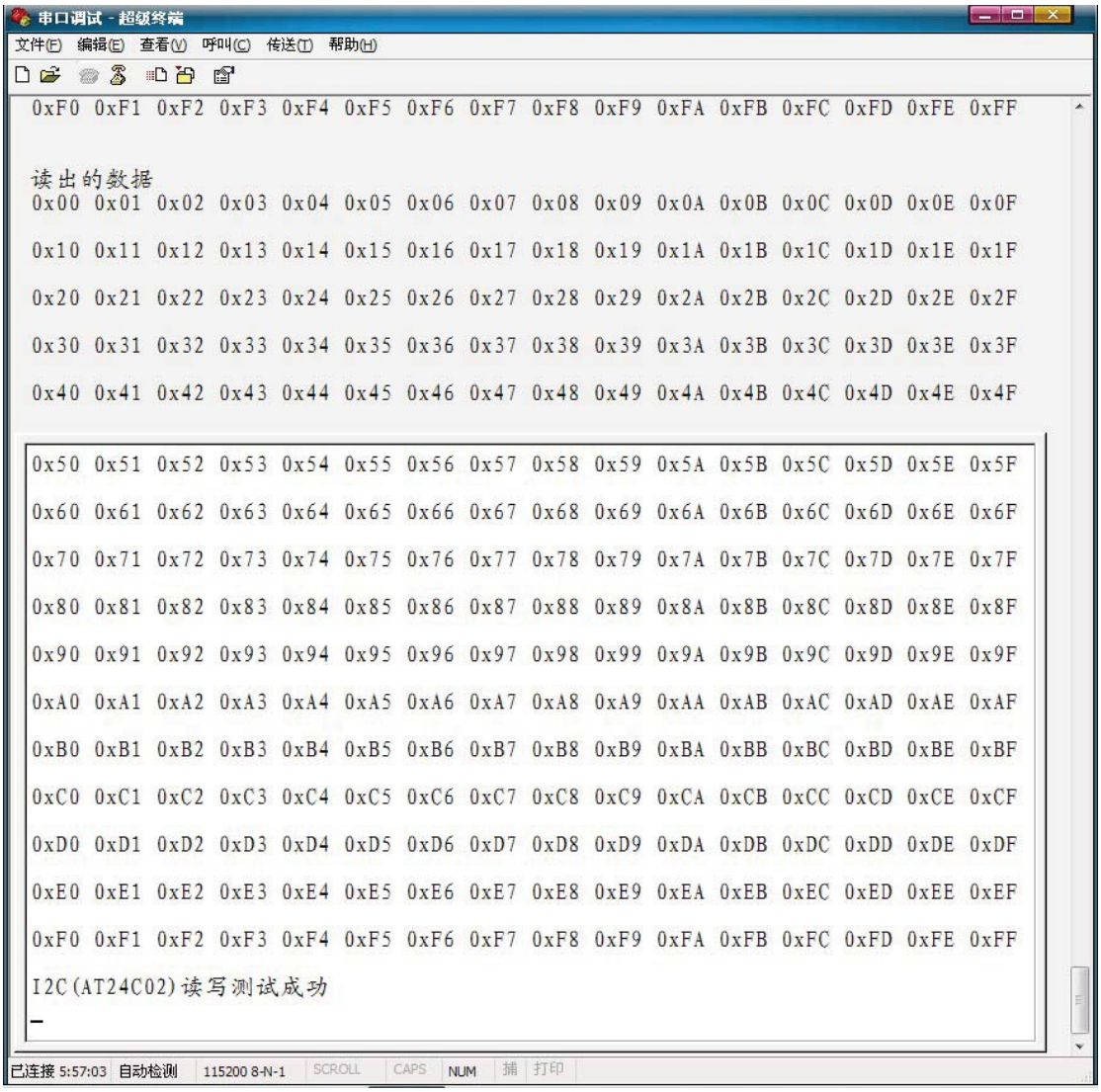
实验现象->

将野火 STM32 开发板供电(DC5V)，插上 JLINK，插上串口线(两头都是母的交叉线)，打开超级终端，配置超级终端为 115200 8-N-1，将编译好的程序下载到开发板，即可看到超级终端打印出如下信息：

写入的数据：



读出的数据：校验结果，读取出的数据与写入的一致，实验成功！



实验讲解完毕，野火祝大家学习愉快^_^。