

HT67F50 使用SIM I²C Mode的用法与注意事项

文件编码：HA0260S

简介

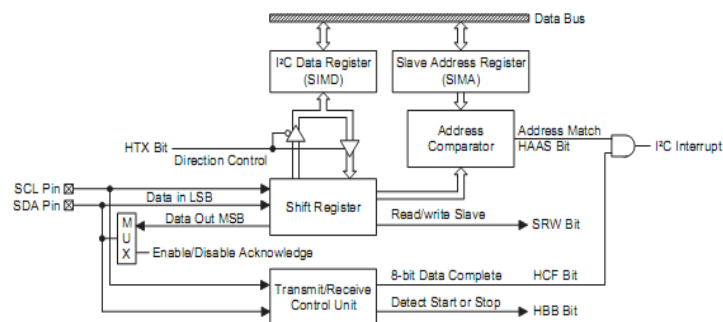
HT67F50 内建有SIM功能，其中包括SPI和I²C两种功能，本范例是以HT67F50 为母体，介绍使用SIM功能的I²C进行主从方式通信以及注意事项。其中，主机是利用HT67F50 的两个GPIO来仿真实现I²C功能，从机则由HT67F50 的内建SIM功能模块来实现I²C总线通信功能。

I²C通信原理

I²C总线简介

I²C是一种用来和传感器、EEPROM等外围设备进行通信的接口。I²C总线最初是由飞利浦公司开发的两线串行传输接口，用来同步串行传输数据。而现在，这种两线式的传输接口，拥有通信协议简单、可容纳多个外围设备等优点，已经成为一种非常流行的接口，应用于很多领域中。

I²C串行接口是一种两线式接口，一条是串行数据线SDA，另外一条是串行时钟线SCL。需要注意的是，I²C总线不存在片选线，I²C总线上的每个设备通过唯一的设备地址被识别。两个设备通过双向I²C总线相互通信，一个设备称为主机，另一个为从机。主机和从机都可以进行数据的发送和接收，但是，主机具有总线超速控制能力。对于在从机模式下运行的单片机来说，I²C总线有两种数据传输方式，从机发送模式和从机接收模式。对于HT67F50 这块MCU来说，有四个与I²C总线相关寄存器，SIMC0、SIMC1、SIMA、SIMD。I²C总线上的通信需要四步骤完成，一个开始信号、一个从机地址发送、一个数据发送和一个最终的停止信号。



I²C 方框图

I²C总线的相关寄存器和配置选项的说明

如下图所示引脚，要打开I²C功能你必须首先将配置选项的SIM功能选择为Enable，然后设定好SIMC0和SIMC1这两个寄存器相应的位。下面会对这两个寄存器详细的介绍。



备注：红色框图内为I²C接口。

与I²C功能相关的共有4个寄存器。它们是SIMA、SIMD、SIMC0和SIMC1。

SIMA 寄存器

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	IICA6	IICA5	IICA4	IICA3	IICA2	IICA1	IICA0	—
R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	—
POR	×	×	×	×	×	×	×	—

“×”表示未知

SIMA寄存器是MCU设定从机的7位地址所使用的寄存器。寄存器的1~7位定义了从机地址，第0位未被使用。当主机设备连接到I²C总线，将会发出从机地址，如果能和储存在SIMA寄存器的某从机地址匹配时，该从机设备将会被选中。

SIMD 寄存器

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
POR	×	×	×	×	×	×	×	×

“×”表示未知

SIMD寄存器用来储存马上要传输或者刚接收到的数据。它是和SPI共用的，在HT67F50中，SPI与I²C只能二选其一。在数据写入I²C之前，数据必须要放入SIMD寄存器才能被传输。相应的，在数据从I²C接收到后，也只能从SIMD寄存器中读出数据。总之，任何通过I²C进行传送和接收的数据都必须通过SIMD寄存器。

SIMC0 寄存器

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	SIM2	SIM1	SIM0	PCKEN	PCKP1	PCKP0	SIMEN	—
R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	—
POR	1	1	1	0	0	0	0	—

SIMC0 寄存器也是SPI和I²C共用的，它用来打开或者关闭串行总线功能，设定SIM模式。

- SIMEN

SIMEN位决定I²C功能的开和关。当SIMEN位被清除为零时，将关闭I²C功能，SDA与SCL总线将会处于浮空状态，I²C工作电流将变为最小值。当这一位变为1时，I²C功能将打开。当然，必须要先在配置选项中打开SIM功能，这一位才会有效。

- SIM0~SIM2

这几位设定SIM功能的操作模式，也就是选择I²C功能或者选择SPI功能。当SIM0~SIM2为110时，将选中I²C功能。

SIM2、SIM1、SIM0: SIM 工作模式控制位

000: SPI主机模式；SPI时钟为 $f_{SYS}/4$

001: SPI主机模式；SPI时钟为 $f_{SYS}/16$

010: SPI主机模式；SPI时钟为 $f_{SYS}/64$

011: SPI主机模式；SPI时钟为 f_{TBC}

100: SPI主机模式；SPI时钟为TM0 CCRP匹配频率/2

101: SPI从机模式

110: I²C从机模式

111: 未使用

SIMC1 寄存器

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	HCF	HAAS	HBB	HTX	TXAK	SRW	IAMWU	RXAK
R/W	R	R	R	R/W	R/W	R	R/W	R
POR	1	0	0	0	0	0	0	1

SIMC1 寄存器是一个I²C专用的寄存器。

- RXAK

RXAK是从机设备接收到的应答标志位。RXAK为0时，表示接收设备接收8个位的数据后，在第9个SCL时钟发出的应答信号已被发送设备收到。当从机设备处于发送模式，主机设备处于接收模式时，从机设备通过检查RXAK位来确定主机设备是否要接收下一个字节的数据，RXAK为0，表示主机设备要继续接收数据，从机设备将发送下一个字节的数据，RXAK为1，表示主机设备不再接收数据，从机设备将释放SDA总线，主机设备将发送停止信号，释放I²C总线。

- IAMWU

此位用来控制I²C地址匹配是否可以唤醒MCU，1为是，0为否。

- SRW

一个从机的读取/写入模式位。这一位决定了主机是希望发送或者接收数据。当主机传送的地址和从机匹配后，HAAS位将被设为高电平，设备将会检查SRW位来决定是应该进入发送模式或者是接收模式。如果SRW位为高电平，主机会请求从I²C总线上读取数据，此时从机设备为发送模式。反之，主机会写入数据到总线上，从机为接收模式。

- TXAK

TXAK 是从机设备发送出去的应答标志位。当从机设备处于接收模式，主机设备处于发送模式时，从机设备接收8个位的数据后，在第9个SCL时钟把TXAK位作为应答信号发送给主机设备。当TXAK设定为0时，表示从机设备要接收下一个字节的数据，TXAK

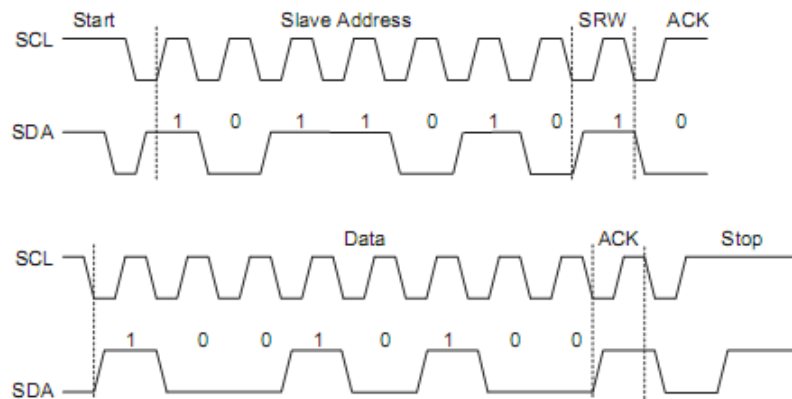
设定为 1 时，表示从机设备不再接收数据。

- **HTX**
HTX 是从机的读取/写入模式标志位。这一位被设为高位为发送模式，设为低位为接收模式。
- **HBB**
HBB 是 I²C 总线繁忙标志位。HBB 变为 1 时，表示从机设备检测到主机设备发送的开始信号，总线处于繁忙状态。HBB 变为 0 时，表示从机检测到主机发送的停止信号，总线处于空闲状态。
- **HAAS**
HAAS 是一个地址匹配标志位。这个标志位由从机设备的地址是否同主机发送的地址相同决定。如果地址匹配这一位会为高位，不匹配则为低位。
- **HCF**
HCF 是一个数据传送标志位。当数据正被传送时，它将被设定为 0。当传送完成后，这一位会变为 1，同时将产生一个中断。

I²C 总线通信原理

I²C 总线上的通信需要四步骤完成，一个开始信号、一个从机地址发送、一个数据发送和一个最终的停止信号。当开始信号被写入 I²C 总线时，所有的总线上的从机都会接收信号并且被通知总线上会立即有地址数据到达。数据的前 7 位是从机地址，高位在前，低位在后。如果从机地址匹配，MCU 会将 HAAS 设定为 1，同时产生 I²C 总线中断。进入中断服务程序后，系统要检测 HAAS 位，以确定 I²C 总线中断是来自从机地址匹配，还是来自 8 位数据传送完毕。HAAS 为 1 时，是地址匹配引起 I²C 中断，HAAS 为 0 时，是 8 个位的数据传输完毕引起的 I²C 中断。在数据传递中，需要注意的是，在 7 位从机地址被发送后，接下来的一位，即第 8 位，是读取/写入控制位，该位的值会反映到 SRW。从机通过检测 SRW 以确定从机是要进入发送模式还是接收模式。

I²C 的时序图如下图所示：

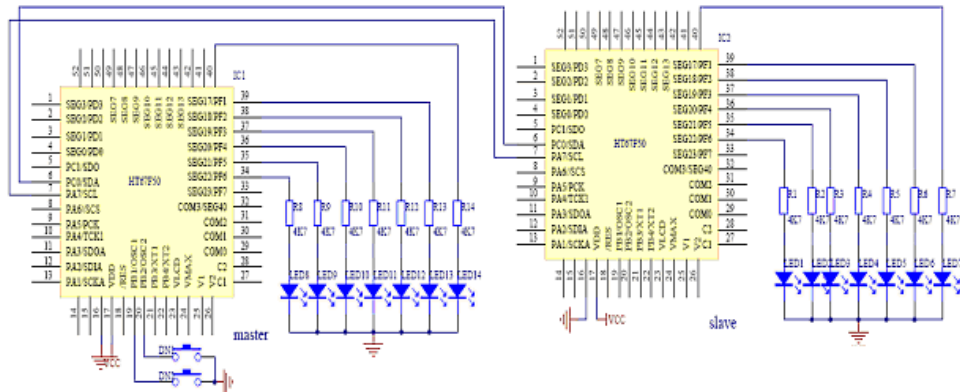


- S=Start
- SA=Slave Address (7 bits)
- SR=SRW bit
- M=Slave device send acknowledge bit (1 bit)
- D=Data (8 bits)
- A=ACK (RXAK bit for transmitter, TXAK bit for receiver 1 bit)
- P=Stop (1 bit)

- **开始信号**
开始信号只能由连接 I²C 总线的主机设备产生，总线上的所有从机必须侦测开始信号，当检测到后，表明 I²C 总线处于忙状态，从机设备会设定 HBB 位。开始信号是指在 SCL 为高位时，SDA 发生电平从高到低位的变化。

- 从机地址
总线上的所有从机都会侦测由主机发起的开始信号。发送开始信号后主机必须发送从机地址以选择要进行数据传输的从机设备。所有在I²C总线上的从机设备都会接收到这个从机地址(7位),并与各自内部的从机地址进行比较。如果地址匹配,该从机会产生一个中断,并将接下来的一位数据(即第8位)保存到SRW位,并发出一个应答信号,即第9位的低电平信号。当从机地址匹配时,还会设定状态标志位(HAAS)。
- 由于I²C总线有两个中断源,在中断服务子程序中,通过检测HAAS位可以确定I²C总线中断是来自从机地址匹配,还是来自8个位数据传送完毕。当是地址匹配引起的中断时,则从机必定是用于设定发送模式或是接收模式,所以必须写入数据到SIMD或从SIMD虚拟读取数据以释放SCL。
- SRW位
SIMC1寄存器的SRW位表示主控制器是要从I²C总线上读取数据还是要将数据写到I²C总线上。从机设备则通过检测该位以确定自己是作为发送设备还是接收设备。SRW为1时,表示主机设备要从I²C总线读数据,从机设备必须将数据写到I²C总线,即从机设备作为发送器;SRW为0时,表示主机设备要写数据到I²C总线,从机设备要从总线读取数据,即从机设备作为接收器。
- 应答位
在主控制器发送呼叫地址后,当从机内部地址与其匹配时,会发送一个应答信号。应答信号会通知主控制器从机已经接收了呼叫地址。如果没有应答信号,主控制器必须发送停止(STOP)信号以结束通信。当从机的SIMC1寄存器的第6位(HAAS)是高时,表示地址匹配,则从机需检查SRW,以确定自己是作为发送器还是作为接收器。如果SRW位为高,从机设定成发送器,这样需要将SIMC1寄存器的HTX位设定为1。如果SRW位为低,从机设定成接收器,这样会将SIMC1寄存器的HTX位清除为零。
- 数据字节
在从机发出应答信号后,就会进行数据传输,一个数据长度为8位,高位在前,低位在后。接收器在接收到数据后会发出一个应答信号以继续接收下一个数据。如果发送器没有检测到应答信号,发送器将释放SDA线,同时,主机将发出STOP信号以释放I²C总线。如果从机设定成发送器,从机必须将数据写到SIMD,如果从机设定成接收器,从机必须从SIMD读取数据。
- 接收和发送应答位
当从机作为接收器,想要继续接收下一个数据时,必须在第9个时钟发出应答信号(TXAK)。当从机作为发送器时,检测应答信号(RXAK)以决定是继续写数据到I²C总线,还是改变为接收模式并虚拟读SIMD寄存器以释放SDA线,同时主机发出停止信号。

应用电路



如上图所示，此电路采用两片HT67F50，一片用作主机，用两个I/O模拟I²C总线主模式通信。另一片用作从机，使用本身I²C总线从模式与主机通信。各自处理的数据通过PF端口的LED灯显示。

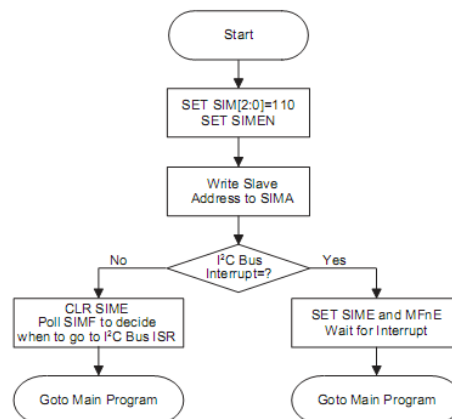
S/W 流程图

从机流程图

在I²C总线开始传送数据前，需要先初始化I²C总线，在初始化I²C总线时必须注意以下几点：

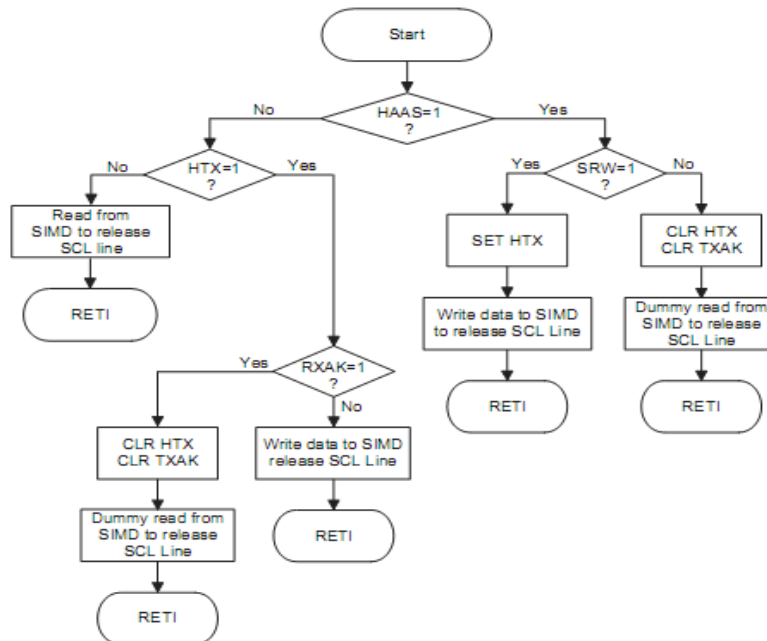
- 步骤 1
向 SIMA 寄存器写入从机地址。
- 步骤 2
将I²C总线控制寄存器SIMC0的SIMEN位设定为 1，以打开I²C总线。
- 步骤 3
将I²C总线中断控制寄存器(INTC2)的EMF2I位设定为 1，以允许I²C总线中断。如果不需要中断，就需要在程序中不断的检查HCF位，用来检测I²C是否有数据传输完成。

具体过程如下图所示：



I²C总线初始化流程图

需要注意的是，当I²C总线中断被关掉时，必须去不断的检查HCF位来确定I²C有无数据传输完成。



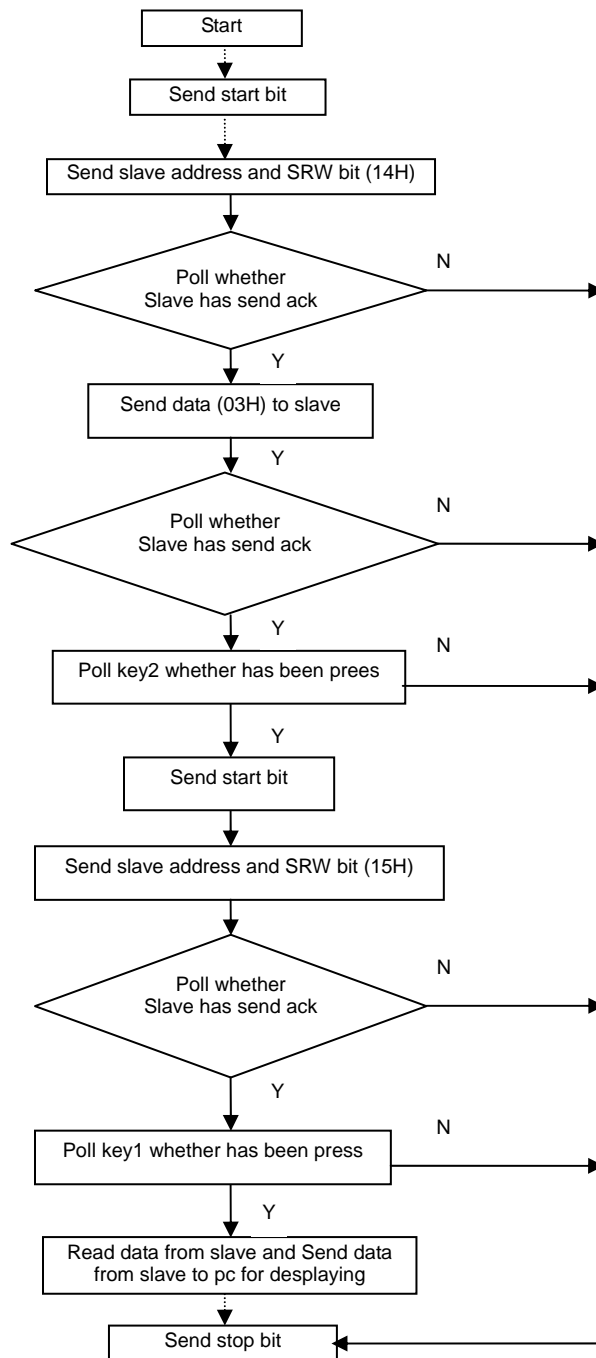
I²C总线中断服务程序流程图

如上图所示，这是一个I²C的中断服务程序的流程图，当进入中断服务程序后，会首先检查HAAS位。通过检测HAAS位可以确定I²C总线中断是来自从机地址匹配，还是来自8位数据传送完毕。

如果是地址匹配，会检查SRW，以确定主机是希望发送数据还是接收数据。根据此位设定好从机此时的状态，还必须写入数据到SIMD或从SIMD虚拟读取数据以释放SCL总线。

如果是8位数据传送完毕，先判断从机此时处于接收或者是发送模式(HTX)，如果从机设备是接收模式，就要立刻从SIMD中读取数据，如果从机是发送模式，会继续检查RXAK位以决定是否要继续发送下一个数据。如果没检测到应答信号(RXAK=1)，从机要从SIMD虚拟读取数据以释放SDA线，同时主控制器将发出STOP信号以释放I²C总线，详细内容请见附件。

主机流程图



按照I²C协议，首先主机发送开始位，紧接发送从机地址和SRW位，设定SRW位为0，即设定从机为接收模式，然后主机开始查询从机应答位，如无应答，则发送停止位结束通信。如有应答，则发送8位数据查询从机应答位，如无应答，则发送停止位结束通信，如有应答，则循环查询按键K2，如按键被按下，则程序继续发送开始位、从机地址和SRW位，设定SRW为1，即设定从机为发送模式。继而查询从机应答位，如无应答，则发送停止位结束通信，否则程序循环查询K1按键，如按键被按下，则程序开始从总线上读数据，然后把数据送往PC端口显示，最后发送停止位结束通信，详细内容请见附件。

程序范例说明

从机程序说明

- 本范例从机是以HT67F50 作为母体实现SIM功能的I²C程序，包括主程序和I²C的中断服务程序两部分。在主程序中，会对MCU进行初始化操作，特别是对I²C的相关寄存器进行正确初始化操作。此外，本范例中还要关闭PF端口的定时器/外部计数功能，以免影响PF端口的正常输出。
- 从机主要配置选项：SysVolt=5.000V，SysFreq=4000.000kHz，OSC 为 HIRC，SIM Function 为 Enable，WDT 为 Disable。

主机程序说明

- 本范例主机是以HT67F50 作为母体，依照I²C协议，通过两个GPIO模拟编写的I²C总线程序，同样需要关闭PF端口的定时器/外部计数功能，以免影响PF端口的正常输出。
- 主机主要配置选项：SysVolt=5.000V，SysFreq=4000.000kHz，OSC 为 HIRC，SIM Function 为 Enable，WDT 为 Disable。

结论

本文讲解了以HT67F50 母体的SIM功能的I²C总线通信原理与注意事项，本范例服务程序是以SIM功能的I²C的中断方式实现的，用户稍作修改即可使用I²C的服务程序。

版本记录

版本：V1.10

修改人员：马灵

修改日期：2011 年 12 月 20 日

修改内容：

- 文中修改了 SIMA、SIMD、SIMC0 和 SIMC1 寄存器名称。
- 程序附文件中修改了 SIMA、SIMD、SIMC0、SIMC1、ACERL、TMPC0、TMPC1 寄存器名称，PC.n、PB.n、SIME、MF2E 位。