I2C总线简介

1. 概述：

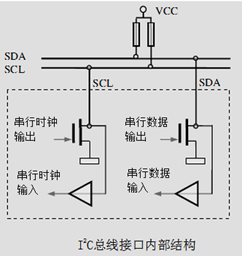
I²C 是Inter-Integrated Circuit的缩写，发音为"eye-squared cee" or "eye-two-cee" , 它是一种两线接口。

I²C 只是用两条双向的线，一条 Serial Data Line (SDA) ，另一条Serial Clock (SCL)。

SCL：上升沿将数据输入到每个EEPROM器件中；下降沿驱动EEPROM器件输出数据。(边沿触发)

SDA：双向数据线，为OD门，与其它任意数量的OD与OC门成"线与"关系。

1. 输出级



每一个I2C总线器件内部的SDA、SCL引脚电路结构都是一样的，引脚的输出驱动与输入缓冲连在一起。其中输出为漏极开路的场效应管，输入缓冲为一只高输入阻抗的同相器，这种电路具有两个特点：

1)由于SDA、SCL为漏极开路结构(OD)，因此它们必须接有上拉电阻,阻值的大小常为 1k8, 4k7 and 10k ，但1k8 时性能最好；当总线空闲时，两根线均为高电平。连到总线上的任一器件输出的低电平，都将使总线的信号变低，即各器件的SDA及SCL都是线"与"关系。

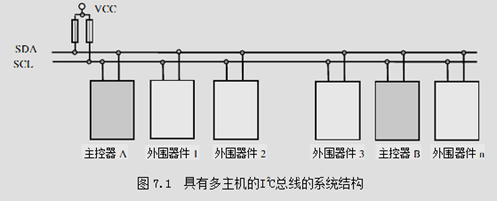
2)引脚在输出信号的同时还将引脚上的电平进行检测，检测是否与刚才输出一致，为"时钟同步"和"总线仲裁"提供了硬件基础。

1. 主设备与从设备

系统中的所有外围器件都具有一个7位的"从器件专用地址码"，其中高4位为器件类型，由生产厂家制定，低3位为器件引脚定义地址，由使用者定义。主控器件通过地址码建立多机通信的机制，因此I2C总线省去了外围器件的片选线，这样无论总线上挂接多少个器件，其系统仍然为简约的二线结构。终端挂载在总线上，有主端和从端之分，主端必须是带有CPU的逻辑模块，在同一总线上同一时刻使能有一个主端，可以有多个从端，从端的数量受地址空间和总线的最大电容 400pF的限制。

* + 主端主要用来驱动SCL line；
  + 从设备对主设备产生响应；

　　　　二者都可以传输数据，但是从设备不能发起传输，且传输是受到主设备控制的。



　　4.速率：

　　普通模式：100kHz；

　　快速模式：400kHz；

　　高速模式：3.4MHz；

　　没有任何必要使用高速SCL，将SCL保持在100k或以下，然后忘了它吧。

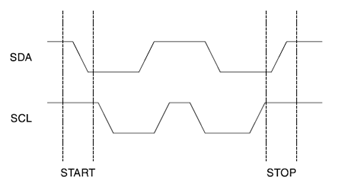
一、协议

1.空闲状态

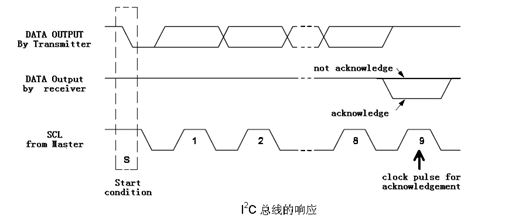
　I2C总线总线的SDA和SCL两条信号线同时处于高电平时，规定为总线的空闲状态。此时各个器件的输出级场效应管均处在截止状态，即释放总线，由两条信号线各自的上拉电阻把电平拉高。

2.起始位与停止位的定义：

* 起始信号：当SCL为高期间，SDA由高到低的跳变；启动信号是一种电平跳变时序信号，而不是一个电平信号。
* 停止信号：当SCL为高期间，SDA由低到高的跳变；停止信号也是一种电平跳变时序信号，而不是一个电平信号。

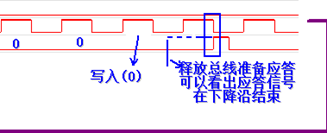
3.ACK

　　发送器每发送一个字节，就在时钟脉冲9期间释放数据线，由接收器反馈一个应答信号。 应答信号为低电平时，规定为有效应答位（ACK简称应答位），表示接收器已经成功地接收了该字节；应答信号为高电平时，规定为非应答位（NACK），一般表示接收器接收该字节没有成功。 对于反馈有效应答位ACK的要求是，接收器在第9个时钟脉冲之前的低电平期间将SDA线拉低，并且确保在该时钟的高电平期间为稳定的低电平。 如果接收器是主控器，则在它收到最后一个字节后，发送一个NACK信号，以通知被控发送器结束数据发送，并释放SDA线，以便主控接收器发送一个停止信号P。



   如下图逻辑分析仪的采样结果：释放总线后，如果没有应答信号，sda应该一直持续为高电平，但是如图中蓝色虚线部分所示，它被拉低为低电平，证明收到了应答信号。

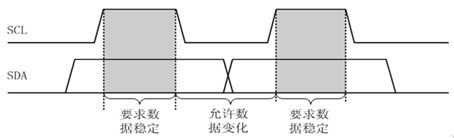
这里面给我们的两个信息是：1)接收器在SCL的上升沿到来之前的低电平期间拉低SDA；2)应答信号一直保持到SCL的下降沿结束；正如前文红色标识所指出的那样。



4.数据的有效性：

I2C总线进行数据传送时，时钟信号为高电平期间，数据线上的数据必须保持稳定，只有在时钟线上的信号为低电平期间，数据线上的高电平或低电平状态才允许变化。

我的理解：虽然只要求在高电平期间保持稳定，但是要有一个提前量，也就是数据在SCL的上升沿到来之前就需准备好，因为在前面[I2C总线之(一)---概述](http://www.cnblogs.com/BitArt/archive/2013/05/27/3101037.html)一文中已经指出，数据是在SCL的上升沿打入到器件(EEPROM)中的。



5.数据的传送：

　　在I2C总线上传送的每一位数据都有一个时钟脉冲相对应（或同步控制），即在SCL串行时钟的配合下，在SDA上逐位地串行传送每一位数据。数据位的传输是边沿触发。

 二、工作过程

　　总线上的所有通信都是由主控器引发的。在一次通信中，主控器与被控器总是在扮演着两种不同的角色。

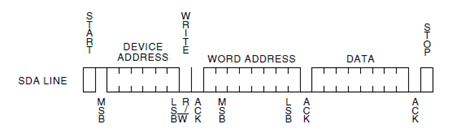
1.主设备向从设备发送数据

　　主设备发送起始位，这会通知总线上的所有设备传输开始了，接下来主机发送设备地址，与这一地址匹配的slave将继续这一传输过程，而其它slave将会忽略接下来的传输并等待下一次传输的开始。主设备寻址到从设备后，发送它所要读取或写入的从设备的内部寄存器地址； 之后，发送数据。数据发送完毕后，发送停止位：

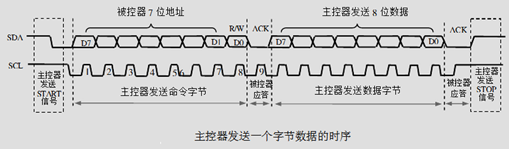
写入过程如下：

　　发送起始位

* 发送从设备的地址和读/写选择位；释放总线，等到EEPROM拉低总线进行应答；如果EEPROM接收成功，则进行应答；若没有握手成功或者发送的数据错误时EEPROM不产生应答，此时要求重发或者终止。
* 发送想要写入的内部寄存器地址；EEPROM对其发出应答；
* 发送数据
* 发送停止位.
* EEPROM收到停止信号后，进入到一个内部的写入周期，大概需要10ms，此间任何操作都不会被EEPROM响应；(因此以这种方式的两次写入之间要插入一个延时，否则会导致失败，博主曾在这里小坑了一下)



　　详细：



　　需要说明的是：①主控器通过发送地址码与对应的被控器建立了通信关系，而挂接在总线上的其它被控器虽然同时也收到了地址码，但因为与其自身的地址不相符合，因此提前退出与主控器的通信；

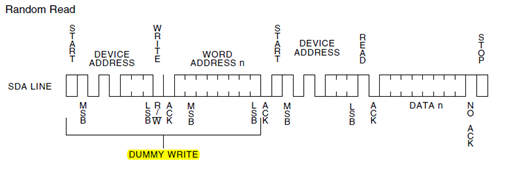
2.主控器读取数据的过程：

　　读的过程比较复杂，在从slave读出数据前，你必须先要告诉它哪个内部寄存器是你想要读取的，因此必须先对其进行写入(dummy write)：

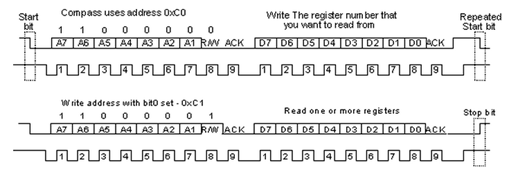
* 发送起始位；
* 发送slave地址+write bit set；
* 发送内部寄存器地址；
* 重新发送起始位，即restart；
* 重新发送slave地址+read bit set；
* 读取数据

主机接收器在接收到最后一个字节后，也不会发出ACK信号。于是，从机发送器释放SDA线，以允许主机发出P信号结束传输。

* 发送停止位

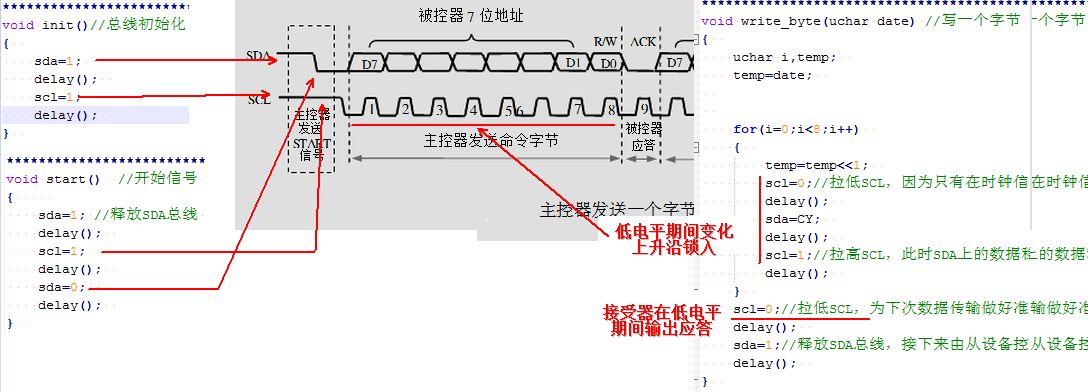


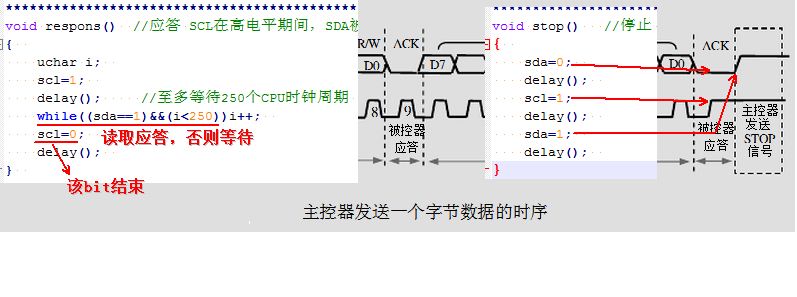
详细：



为了加深对I2C总线的理解，用C语言模拟IIC总线，边看源代码边读波形：

如下图所示的写操作的时序图：





读时序的理解同理。对于时序不理解的朋友请参考“[I2C总线之(二)---时序](http://www.cnblogs.com/BitArt/archive/2013/05/28/3103917.html)”

完整的程序如下：

[复制代码](javascript:void(0);)

#include<reg51.h>

#define uchar unsigned char

#define uint unsigned int

#define write\_ADD 0xa0

#define read\_ADD 0xa1

uchar a;

sbit SDA=P2^0;

sbit SCL=P2^1;

void SomeNop(); //短延时

void init(); //初始化

void check\_ACK(void)；

void I2CStart(void);

void I2cStop(void);

void write\_byte(uchar dat);//写字节

void delay(uint z);

uchar read\_byte(); //读字节

void write(uchar addr,uchar dat); //指定地址写

uchar read(uchar addr); //指定地址读

bit flag; //应答标志位

void main()

{

init();

write\_add(5,0xaa); //向地址5写入0xaa

delay(10); //延时,否则被坑呀！！！

P1=read\_add(5); //读取地址5的值

while(1);   
}

//\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

void delay()//简单延时函数

{ ;; }

//\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

void start() //开始信号 SCL在高电平期间，SDA一个下降沿则表示启动信号

{

sda=1; //释放SDA总线

delay();

scl=1;

delay();

sda=0;

delay();

}

//\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

void stop() //停止 SCL在高电平期间，SDA一个上升沿则表示停止信号

{

sda=0;

delay();

scl=1;

delay();

sda=1;

delay();

}

//\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

void respons() //应答 SCL在高电平期间，SDA被从设备拉为低电平表示应答

{

uchar i;

scl=1;

delay();

//至多等待250个CPU时钟周期

while((sda==1)&&(i<250))i++;

scl=0;

delay();

}

//\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

void init()//总线初始化 将总线都拉高一释放总线 发送启动信号前，要先初始化总线。即总有检测到总线空闲才开始发送启动信号

{

sda=1;

delay();

scl=1;

delay();

}

//\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

void write\_byte(uchar date) //写一个字节

{

uchar i,temp;

temp=date;

for(i=0;i<8;i++)

{

temp=temp<<1;

scl=0;//拉低SCL，因为只有在时钟信号为低电平期间按数据线上的高低电平状态才允许变化；并在此时和上一个循环的scl=1一起形成一个上升沿

delay();

sda=CY;

delay();

scl=1;//拉高SCL，此时SDA上的数据稳定

delay();

}

scl=0;//拉低SCL，为下次数据传输做好准备

delay();

sda=1;//释放SDA总线，接下来由从设备控制，比如从设备接收完数据后，在SCL为高时，拉低SDA作为应答信号

delay();

}

//\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

uchar read\_byte()//读一个字节

{

uchar i,k;

scl=0;

delay();

sda=1;

delay();

for(i=0;i<8;i++)

{

scl=1;//上升沿时，IIC设备将数据放在sda线上，并在高电平期间数据已经稳定，可以接收啦

delay();

k=(k<<1)|sda;

scl=0;//拉低SCL，使发送端可以把数据放在SDA上

delay();

}

return k;

}

//\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

void write\_add(uchar address,uchar date)//任意地址写一个字节

{

start();//启动

write\_byte(0xa0);//发送从设备地址

respons();//等待从设备的响应

write\_byte(address);//发出芯片内地址

respons();//等待从设备的响应

write\_byte(date);//发送数据

respons();//等待从设备的响应

stop();//停止

}

//\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

uchar read\_add(uchar address)//读取一个字节

{

uchar date;

start();//启动

write\_byte(0xa0);//发送发送从设备地址 写操作

respons();//等待从设备的响应

write\_byte(address);//发送芯片内地址

respons();//等待从设备的响应

start();//启动

write\_byte(0xa1);//发送发送从设备地址 读操作

respons();//等待从设备的响应

date=read\_byte();//获取数据

stop();//停止

return date;//返回数据

}

[复制代码](javascript:void(0);)