

AVR 单片机的 SPI 串行通信的应用

胡红 梁光胜 赵杰卫

SPI(serial peripheral interface——串行外设接口)总线系统是一种同步串行外设接口,允许 MCU 与各种外围设备以串行方式进行通信、数据交换;它具有电路简单、速度快、通信可靠等优点,近年来应用非常广泛。大量的新型器件如 LCD 模块、Flash/EEPROM 存储器、数据输入/输出设备都采用了 SPI 接口。SPI 接口一般包括 4 条线:串行时钟(SCK)、主机输入/从机输出数据线(MOSI)、从机输入/主机输出数据线(MISO)和低电平有效的从机选择线(SS),有的 SPI 接口没有从机选择线,通过数据线传递地址信息的方式进行寻址。在从机选择线 SS 使能的前提下,从机的 SCK 脉冲将在数据线上传输主/从机的串行数据。主

/从机的典型连接如图 1 所示。

在本篇文章中,将以 Atmel 公司的 MEGA16 单片机为例,向大家介绍利用 AVR 单片机的 SPI 串行外设接口进行串行通信的原理及其在电力线抄表中的应用,并给出简单的程序实例。

SPI 串行通信原理

串行外设接口 SPI 允许 ATmega16 和外设之间,或几个 AVR 单片机之间以标准 SPI 接口协议兼容的方式进行高速的同步数据传输。ATmega16 SPI 的特点如下:

- (1) 全双工,3 线同步数据传输;
- (2) 主机或从机操作;
- (3) LSB 首先发送或 MSB 首

SPI (Serial Peripheral Interface——串行外设接口) 串行通信简单实用,控制方便,通信速率快。作为主机传输,它的传输速率最高可达单片机工作频率的二分之一,作为从机则最高可达单片机工作频率的四分之一。文章分析了基于 AVR 单片机的 SPI 串行通信原理,并给出 SPI 串行通信程序实例。

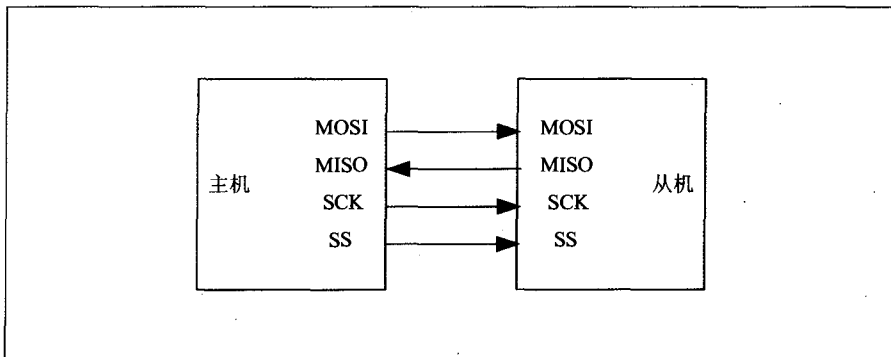


图1 主/从机典型连接图

先发送;

- (4) 7种可编程的比特率;
- (5) 传输结束中断标志;
- (6) 写碰撞标志检测;
- (7) 可以从闲置模式唤醒;
- (8) 作为主机时具有倍速模式 (CK/2)。

图2为 ATmega16 SPI 接口电路方框图。

控制与传输过程

SPI 传输时主机和从机之间的串行连接如图3所示。系统包

括两个移位寄存器和一个主机时钟发生器。通过将需要的从机 SS 引脚拉低, 主机启动一次通信过程。主机和从机将需要发送的数据放入相应的一位寄存器。主机在 SCK 引脚上产生时钟脉冲以交换数据。主机数据从主机的 MOSI 移出, 由从机的 MOSI 移入; 从机数据由从机 MISO 移出, 由主机的 MISO 移入。主机通过将主机的 SS 拉高实现与从机的同步。

SPI 系统得发送方向只有一

个缓冲器, 而接收方向有两个缓冲器。在发送时, 要等到一位过程全部结束后才能对 SPI 数据寄存器执行写操作。在接收数据时, 需要在下一个字符移位过程结束前通过访问 SPI 数据寄存器读取当前接收到的字符, 否则第一个字节将丢失。工作于 SPI 从机模式时, 控制逻辑对 SCK 引脚的输入信号进行采样, 为了对时钟信号的正确采样, SPI 时钟不能超过单片机工作频率 (即外部工作

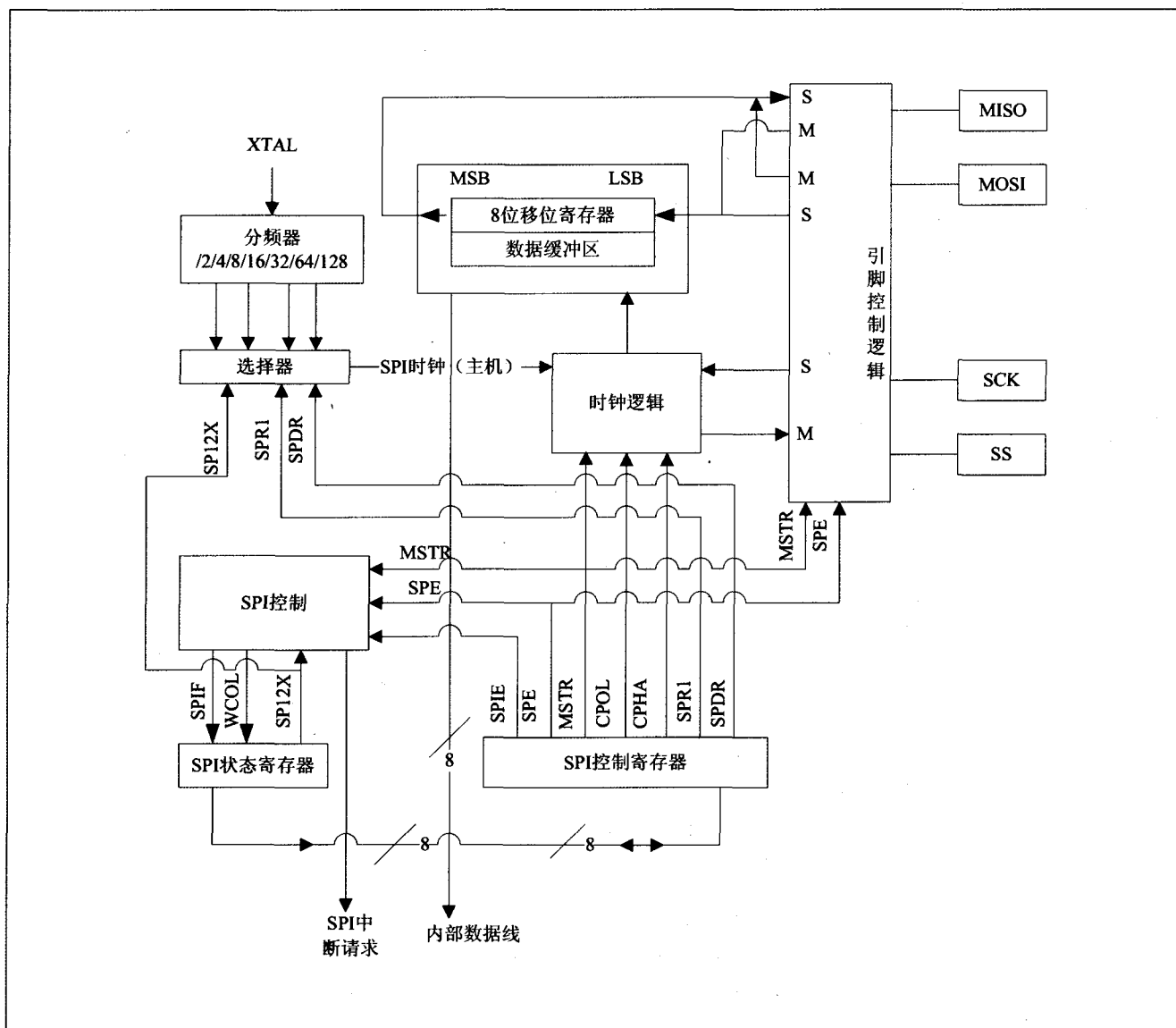


图2 ATmega16 SPI接口电路方框图

应用设计

晶振频率 f_{OSC}) 的四分之一。

当 SPI 接口 被 使 能 时, MOSI、MISO、SCK、SS 引 脚 的 控制与数据方向如表 1 所示。

SPI 数据传送模式

相对于串行数据, SCK 的相位和极性有 4 种组合。CPHA 和 CPOL 控制组合的方式。SPI 数据传输格式如图 4 与图 5 所示。每一位数据的移出和移入发生于 SCK 不同的信号跳变沿, 以保证有足够的时间使数据稳定。

SPI 传输速率控制

SPI 串行通信的传输速率选择由主机 SPI 状态寄存器中的 SPR1、SPR0 组合控制。SPR1、SPR0 对从机模式没有影响。SCK 和振荡器频率 f_{OSC} 之间的关系如表 2 所示。

ATmega16 最高可以工作在 16M 外部晶振下, 也就是说, 采用 SPI 串行通信, 最高可以达到 8M 的传输速率, 最低也可以达到 62.5k。但在实际应用中, 建议不要采用最高传输速率, 因为采用

最高速率的时候, 传输准确率会有一定程度的下降。一般采用非倍速的 64 分频就基本可以满足要求。

SPI 串行通信的简单程序实现

通过设置 AVR 单片机提供的

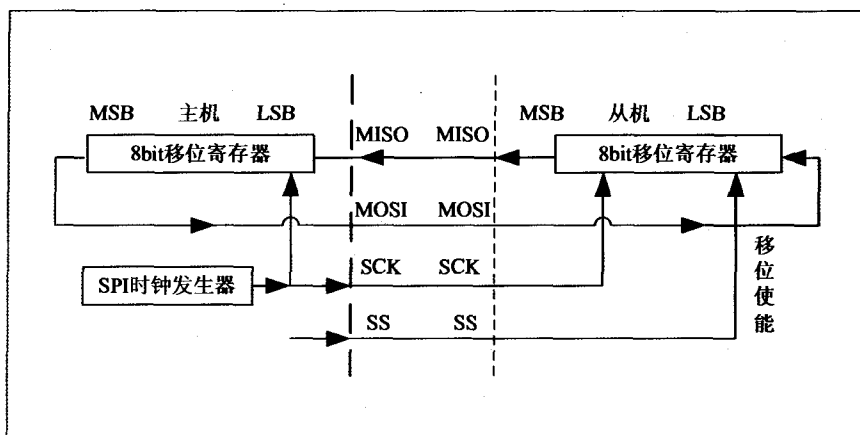


图3 SPI主-从机互连

MOSI	用户定义	输入
MISO	输入	用户定义
SCK	用户定义	输入
SS	用户定义	输入

表1 SPI引脚配置

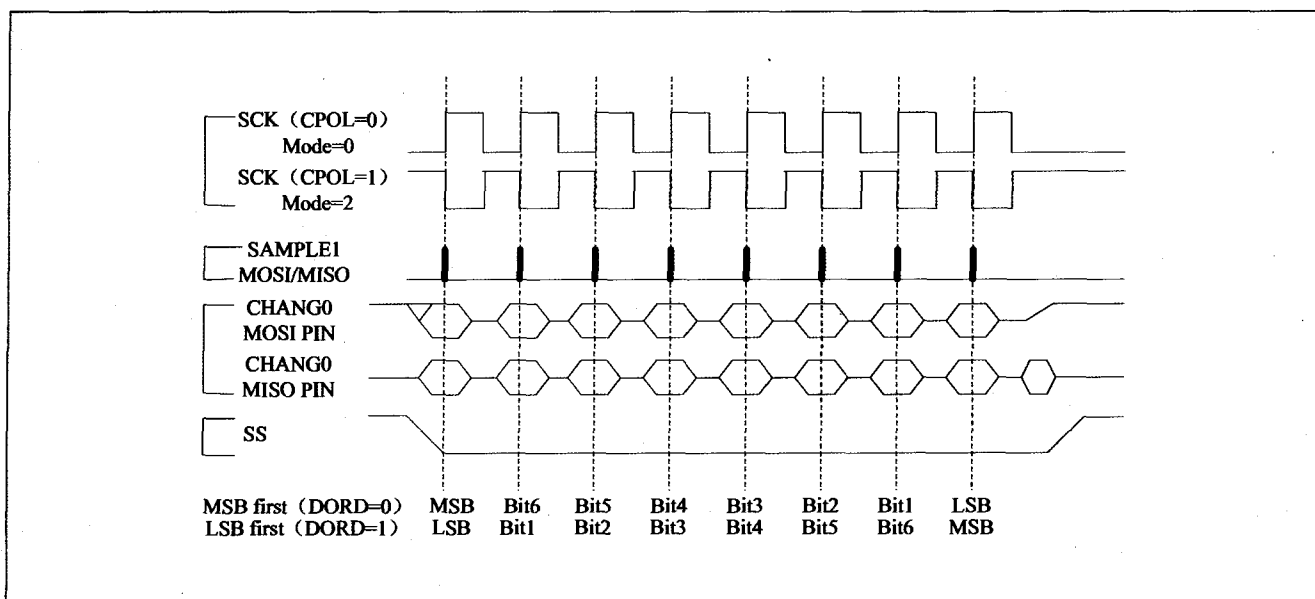


图4 CPHA=0时SPI的传输格式

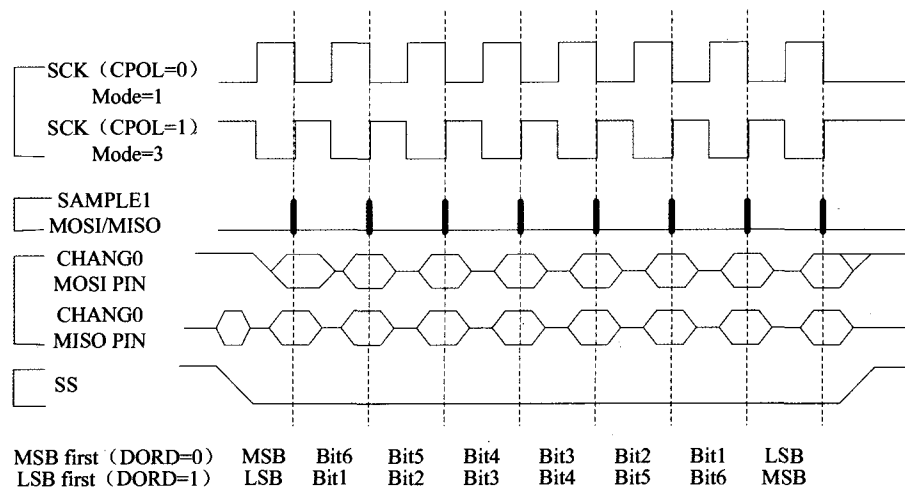


图5 CPHA=1时SPI的传输格式

SPCR	SPCR	SPCR	SPCR
0	0	0	$f_{OSC}/4$
0	0	1	$f_{OSC}/16$
0	1	0	$f_{OSC}/64$
0	1	1	$f_{OSC}/128$
1	0	0	$f_{OSC}/2$
1	0	1	$f_{OSC}/8$
1	1	0	$f_{OSC}/32$
1	1	1	$f_{OSC}/64$

表2 SPI时钟SCK选择

SPI 控制寄存器 SPCR，检查 SPI 状态寄存器 SPSR，我们可以很方便的实现 AVR 单片机与其他 SPI 外设或 AVR 单片机之间的 SPI 通信。SPCR 为 8 位寄存器，每比特的含义和作用如表 3 所示，SPSR 也是一个 8 位寄存器，每比特的含义和作用如表 4 所示。

在进行 SPI 的任何操作时，SPE 位都必须置位；当 AVR 单片机运行于主机模式时 MSTR 位应该被置位。如果 MSTR 为“1”时，SS 端口被设置为输入，且被外部

含义及其作用	SPI 中断允许	SPI 允许	数据移出顺序控制	主 / 从机选择	SCK 极性选择	SCK 相位选择	SPI 时钟速率选择
--------	----------	--------	----------	----------	----------	----------	------------

表3 SPI控制寄存器SPCR

含义及其作用	SPI 中断标志	写冲突标志	保留	保留	保留	保留	保留	倍速 SPI
--------	----------	-------	----	----	----	----	----	--------

表4 SPI状态寄存器SPSR

应用设计

拉低, 那么 MSTR 就会被清除, SPSR 状态寄存器中的 SPIF 位被置位, AVR 单片机被迫进入从机模式。此时需要用户重新设置 MSTR, 再次将 SPI 设置为主机模式。下面给出一个 SPI 传输的简单范例: 两片 ATmega16, 分别初始化为主机和从机, 主机通过 USART 接收 PC 的命令, 再通过 SPI 通信控制从机的操作。SPI 主机程序流程图和从机程序流程图如图 6 所示。

应用及结论

在电力线抄表系统中, AVR 单片机作为其控制的核心芯片, 我们使用其 SPI 串行外设接口访问 Flash、EEPROM 以及时钟芯片。如图 7 所示, CPU 定时通过 SPI 总线访问时钟芯片, 读取时间信息, 作为抄表的时间标准; 由于 Flash、EEPROM 和时钟芯片共用 SPI 总线, 这三者之间通过数字开关来选择。

同时 SPI 串行通信还作为串并转换功能使用。串行数据通过耦合器将数据从电力线上耦合进来, 通过 MOSI 口输入被设置为从机模式的 CPU, 同时 CPU 产生与串行数据速率相匹配的 PWM 波作为 SPI 的 SCK 时钟信号, 中断过程中在 SPDR 寄存器中就可以取到串并转换后的数据。

通过应用试验, 比较发现, 采用 SPI 串行通信方式, 速度快, 准确率也比较高, 占用的 IO 端口少, 为 CPU 执行其他操作留出充裕的时间和端口。像这种短距离访问外设 (外设必须有 SPI 串行接口) 的应用, 使用 SPI 串行通信方式比采用如 USART, IIC 等

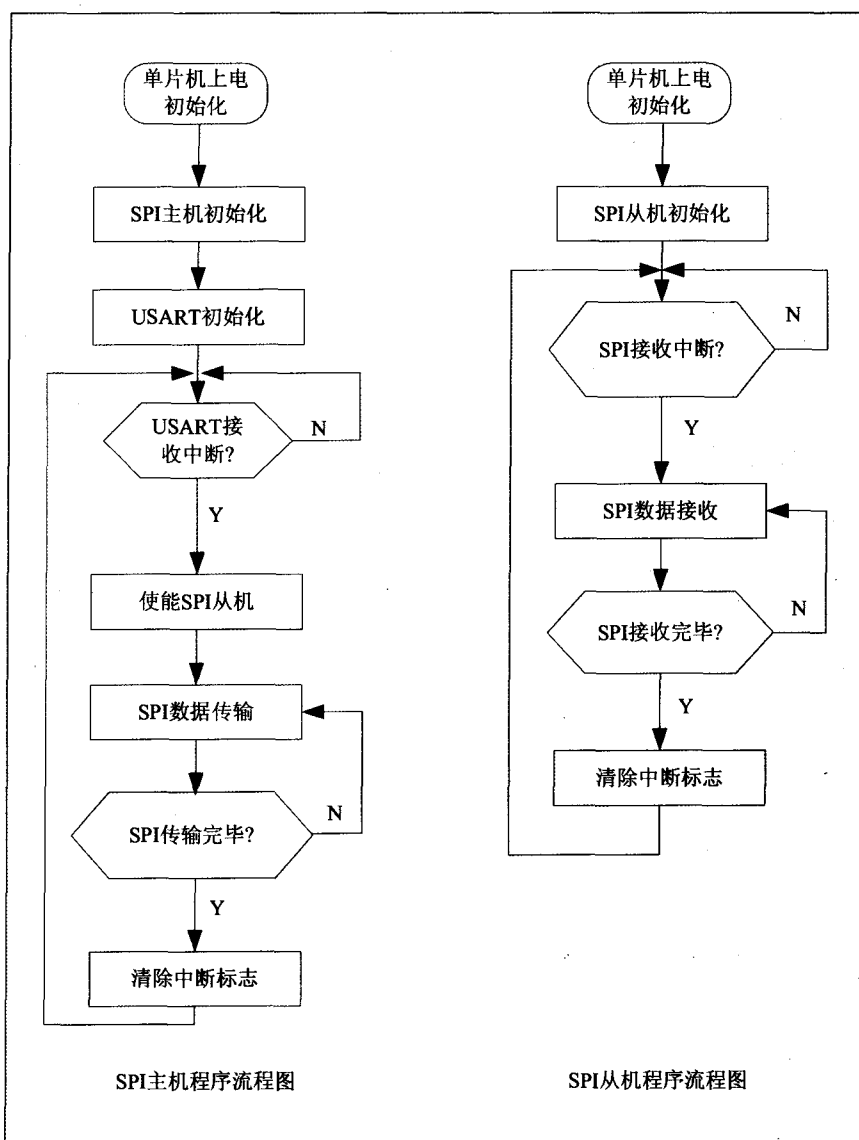


图6 SPI主机程序流程图和从机程序流程图

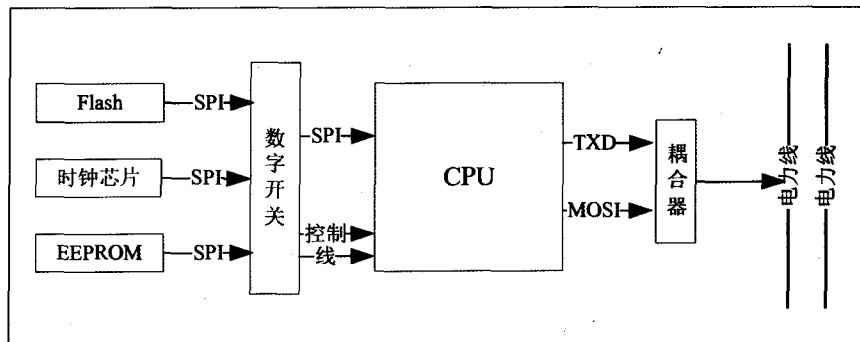


图7 SPI串行通信应用硬件框图

串行方式更加节省单片机资源, 控制起来也更加简单。同时可以

用软件取代硬件串并转换电路, 节省成本。■