

基于双 MSP430 单片机的风力数据采集系统

李福俊, 姜学东, 郝得宁

(北京交通大学电气工程学院, 北京 100044)

摘要: 利用多路测风传感器采集风速和风向数据, 设计了一种新型的基于双 MSP430 系列单片机的风力数据采集系统。介绍了系统的硬件电路和软件设计。2 个单片机协同工作, 从机 MSP430F149 负责数据采集、计算与分析, 主机 MSP430F449 负责存储、显示和时间读取。利用 MSP430 单片机固有的 USART 模块, 采用 SPI 总线进行串行通信, 实现处理器之间的命令控制和数据交换, 提高了系统的实时性。硬件结构紧凑, 满足了多任务、低功耗、便携式的工程需要。

关键词: 风力数据; MSP430G449; MSP430F149; SPI 总线

中图分类号: TP274 **文献标识码:** B **文章编号:** 1002-1841(2008)05-0035-03

Wind Power Data Acquisition System Based On Double-MSP430

LI Fu-jun, JIANG Xue-dong, HAO De-ning

(School of Electrical Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

Abstract: Using multi-roads sensors to obtain wind speed and direction data, this paper designed a new wind power data acquisition system based on double-MSP430 single chips. The design of hardware and software was introduced. Two single chips deal with different tasks respectively in harmony. Subordinate processor performs data acquisition, calculation and analysis, principal processor performs memory, display and time reading. With imminent USART module, the system adopts SPI bus to achieve order control and data exchange between the MSP430 processors, and improve the real time ability. The circuit is compact and satisfies the demand of multi-tasks and low power in work.

Key words: wind power data; MSP430F149; MSP430F449; SPI bus

1 风力数据采集系统简介

传统的基于单片机的数据采集系统, 一般只采用 1 片单片机芯片完成特定的采集任务。在实际应用中, 对于多数据多任务的数据采集与处理, 单个单片机往往难以胜任, 所以要设计成多处理器系统, 以满足用户的需要。多处理器是指多个相同或者不同类型的单片机处理器, 协作处理一个系统中的任务, 它们之间具备一定的数据交换和协作处理能力, 共同完成系统化的工作^[1]。不同处理器之间可以采用数据交换方式、并行通信方式、串行通信方式进行通信。

该风力数据采集系统是基于 2 片 MSP430 系列单片机的数据采集系统。它把复杂的任务要求分配给 2 个处理器, 二者采用串行通信方式协同工作, 从而提高系统的实时性、同步性、适用性。

1.1 MSP430 系列单片机

MSP430 单片机是 16 位超低功耗的混合信号处理器。该系列单片机在速度、效率及功耗方面具有显著的优点。它的电源电压采用 1.8~3.6 V, 在 2.2 V、1 MHz 的时钟条件下运行时, 电流仅有 160 μ A; 有正常工作模式和 4 种节电模式, 各模式之间可以方便切换, 可以满足超低功耗的需求, 当系统处于省电模式时, 用中断请求将它唤醒只用 6 μ s; 具备精简指令集合和较高的处理速度, 大量的寄存器以及片内数据存储存储器可参加多种运算, 中断源较多, 可任意嵌套, 使用方便, 能编制出高效率的源程序; 具有丰富的 I/O 接口, 支持 JTAG 在线调试与编程^[2]。

其中, MSP430F449 和 MSP430F149 均集成 64K 的 Flash ROM 和 2K 的 RAM, 在多数场合, 无须为每个处理器扩展 Flash ROM, 也无须扩展 RAM; 片内具有 2 通道的串行数据通信接口 (USART 模块), 可使用软件选择 UART 或 SPI 通信模式, 可把 2 组串行接口中的 1 组用来供内部通信使用, 另外 1 组用于外部通信, 所以, 采用串行总线中的串行通信方式组成多处理器系统是较为理想的选择。另外, MSP430F449 还具备 LCD 驱动模块, 最多可以驱动 160 段的液晶, 实现 LCD 显示。

1.2 任务框图

气象数据采集系统的功能框图如图 1 所示, 系统采用 MSP430 系列单片机作为核心器件。测风传感器负责采集风速和风向, 输出 5 V 数字信号, 经过整形与电平转换之后, 送入 MSP430F149 中。MSP430F149 单片机作为从处理器, 负责对数据采集进行控制并对风力数据进行相应的计算和分析。MSP430F449 单片机作为主处理器, 利用其丰富的 I/O 管脚和片内集成功能模块协调和控制各从器件的工作, 负责完成对 MMC 卡的读写, 实现大容量的便携式存储; 另外, 还可以通过实时时钟芯片 DS3231 获取时间信息, 完成键盘控制、液晶显示等任务。主机每隔 500 ms 向从机发布 1 次时间信息和控制命令, 从机将带有时间信息的风力数据上传给主机, 二者通过 SPI 总线串行通信进行命令发布与数据传递。

2 风力信号的采集与转换

2.1 测风传感器

采用数字量采集方式, 选用 EC-9 型高动态性能测风传感器, 设定其工作电压为直流 5 V, 抗风强度为 80 m/s, 工作环境温度为 -40~55, 相对湿度为 100% RH, 相关说明见表 1。

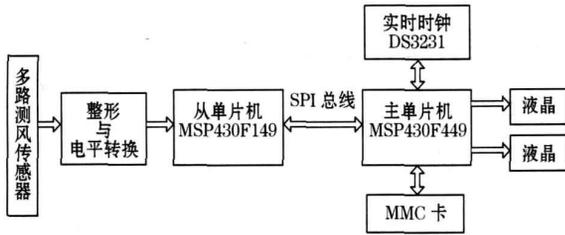


图1 系统功能框图

表1 测风传感器的相关说明

项目	测量范围	分辨率	精度	启动速度 / (m · s ⁻¹)
风速	0 ~ 75 m/s	0.1 m/s	±(0.3 + 0.03 v) m/s	0.4
风向	0 ~ 360 °	2.8125 ° (5.625 可选)	±3 °	0.4

项目	距离常数 /m	输出形式	输出标准	质量 /kg	阻尼比
风速	2.7	脉冲 (频率)	CMOS兼容	0.7	
风向	1.0	7位格雷码 (或电位器)	CMOS兼容	1.0	0.45

2.2 信号的转换

风力数据信号由传感器输出，均为 0~5 V 的数字脉冲量，经过施密特触发器 74HC14 可得到良好的脉冲波形。因为单片机的电压为 3.3 V，所以采用芯片 74LVC245 解决电压兼容的问题。74LVC245 是 3.3 V 供电，将其使能端 /OE 接地，方向控制端 DR 置高电平，当输入端 A 送入 5 V 信号时，就可以在输出端 B 得到 3.3 V 信号，它的电平移位在内部进行（见图 2），有很好的噪声抑制性能。这样，传感器送入的频率量 - 风速、7 位格雷码 - 风向就可转换成符合单片机要求的输入信号。风向数据使用软件编程进行格雷码到二进制的转化，这样，采集的精度仅与传感器自身的工艺有关。

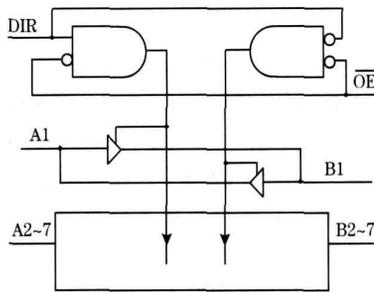


图2 电平转换电路

3 双处理器的协同工作

3.1 SPI接口

串行外围设备接口 SPI 接口少，通信效率较高，因其硬件功能强，与 SPI 有关的软件相当简单，可使单片机有更多的时间处理其他任务。

SPI 接口要求设备按照主 - 从方式进行配置，且同一时间内只能有 1 个主器件。一般情况下，实现 SPI 通讯需要 3~4 根线：第一是同步时钟（SCK）线，用于实现主器件和从器件在 M F

SO 和 MOSI 线上的串行数据传输的同步；第二是主输出（MOSI）线，用于主器件的输出或者从器件的输入；第三是主输入（MISO）线，用于主器件的输入或者从器件的输出；另外还有从选择（NSS）线（可选），实际当 SPI 工作在三线方式时，NSS 线被禁用，当其工作在四线方式时，NSS 线用于使能从器件 [3]。

3.2 单片机的拓扑结构

MSP430F449 和 MSP430F149 的 2 个串行通讯模块 USART0、USART1，均可设定在 SPI 方式下进行工作。在风力数据采集系统中，作为主机的 MSP430F449 和作为从机的 MSP430F149，二者通过各自的串行通信模块 USART0 进行 SPI 三线主从式通信，每次数据的发送均由作为主机的 MSP430F449 发起。MSP430F449 的串口模块电路拓扑如图 3 所示。54BCT244 是 8 位三态驱动缓存芯片，用于提高 MSP430F449 的驱动能力，实现数据的缓存。SPI 通信一般为点对点的通信，MSP430F449 的 SMO、SOMI、UCLK 管脚间接和 MSP430F149 的 SOMI、SMO、UCLK 管脚相连，可以为其提供时钟，进行数据交换，实现 SPI 的三线主从式通信。MSP430F449 的另一个串行通信接口与 MMC 卡进行硬件连接。

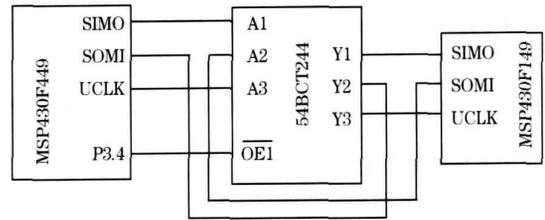


图3 主从机的硬件拓扑

4 软件处理

4.1 从机 MSP430F149 的低功耗设计

为了降低功耗，从机 MSP430F149 的数据采集和通信均采用中断方式进行，主程序主要进行大容量数据的分析和计算，当单片机完成一轮的工作之后，设定进入 LPM3 的低功耗休眠模式。根据要求，每隔 3 s 要对风力数据进行 1 次统计，可采用 Timer_A 定时器中断的方法进行数据采集。Timer_A 定时器选用 32.768 kHz 的 ACLK 为时钟源，设置为增计数模式，定时时间设置为 3 s。在 LPM3 模式下，MCU 的 CPU、MCLK、SMCLK、DCO 都处于休眠的禁止状态，ACLK 信号仍然处于活动状态，因此可以保证 Timer_A 定时器产生中断唤醒单片机，并进入相应的中断服务子程序，而且由于设置为增计数模式，即使单片机在中断子程序中处理任务的时候，Timer_A 仍然在计数，不会造成定时误差。省去了 1 个用于转换时间定时的硬件定时器，降低了硬件开销。从机和主机进行 SPI 通信时，由主机发起，从机接收来自主机的中断，直接调用串行通信中断子程序。这样，既降低了功耗，又简化了软件流程。

值得注意的是，在所有中断服务子程序结束时，最后一定要调用 LPM3_EXIT 函数，使 MSP430F149 在退出中断后退出低功耗模式并再次循环进入主程序的处理中。

4.2 双单片机的通信实现

4.2.1 初始化与数据收发

MSP430单片机的串口通信模块的功能很强,设置灵活。软件流程主要包括初始化过程和收发数据过程。初始化主要包括控制部分、波特率部分、接收和发送部分的设置。U0CTL寄存器是 1 个 8 位寄存器。通过对该寄存器的设置,可确定通信模式、通信协议和校验位的选择。通过寄存器 U0CTL 设置串行通信模块时,要复位寄存器 U0CTL 中的 SWRET 位,允许串行通信模块正常工作。当该寄存器中的 SYNC 位为 0 时,MCU 设置为 SPI 模式。波特率由作为主机的 MSP430F449 决定。波特率的产生主要包括时钟的选择和波特率的调整。主机选择辅助时钟 ACLK 为时钟源,从机 MSP430F149 直接选定外部时钟 UCLK 为时钟源。U0BR0、U0BR1 和 U0MCTL 寄存器用来确定波特率。波特率的调整非常灵活,U0BR0 寄存器和 U0BR1 寄存器用来粗调波特率,确定波特率的整数部分。U0MCTL 寄存器用来细调波特率,确定波特率的小数部分^[4]。

由于主机每隔 500 ms 读 1 次时钟信息并进行 SPI 串行通信,所以利用定时器设置 500 ms 定时中断。在中断处理中,设置 1 个标志位 TimerFlag=0, MSP430F449 每次都查询这个标志位并进行相应的操作。U0RXBUF 寄存器是用来接收数据的寄存器,接收数据时,从该寄存器读出数据。U0TXBUF 寄存器是用来发送数据的寄存器,当有数据需要发送的时候,将数据写入该寄存器。收发过程中要注意:

(1) SP 通信过程中,发送和接收中断由 2 个独立的中断控制位控制,即可以由 URXIFG 或者 UTXIFG 来实现。系统使用前,主机发送数据,从机接收来自主机的中断,同时在接收到数据后在接收中断中写入 TXBUF。

(2) 考虑到在 SPI 主从式通信中从器件不能主动发起传输,必须要由主器件来控制,解决的办法是,通过其他 I/O 线向 MSP430F449 提出中断请求,使其做出响应。主机 MSP430F449 的工作流程及 SPI 通信子程序如图 4 所示。

4.2.2 通信报文格式

报文的帧格式如表 1 所示,尽管主机和从机硬件拓扑比较简单,但为了防止产生错误操作,除了主机在硬件选通从机之外,主机与从机之间进行报文传输还要明确标注源地址(发送该帧数据的单片机地址)和目标地址(接收该帧数据的单片机地址)。为了保证通信的可靠性,对报文采用了 CCITT 的 CRC 校验方法,对整个帧(除校验码本身)进行校验,生成多项式为 $G(X) = x^{16} + x^{15} + x^2 + 1$ 。数据长度是指该数据帧携带的数据个数,不包括控制字段和校验码。

因 SPI 是全双工串行接口,在发送数据时也接收数据。比如有时 MSP430F449 向 MSP430F149 发送数据,尽管从机没有数据要送给主机,但是 MSP430F449 还是会接收来自 MSP430F149 的 U0TXBUF 寄存器的数据并做数据处理。为了避免主机做无用的工作,当从机没有数据要发送时,可将其 U0TXBUF 寄存器写入 0xFF,一旦 MSP430F449 收到 1 帧数据均为 0xFF 字节,可不做任何处理。

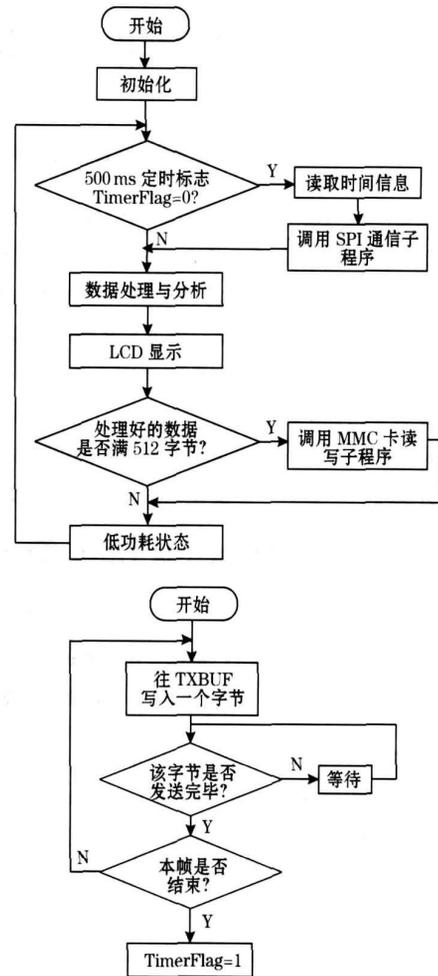


图 4 主机 MSP430F449 工作流程及 SPI 通信子程序

表 2 SPI 通信帧格式

帧头标志	源地址	目标地址	功能代码	数据长度	数据	CRC 校验码
1Byte	1Byte	1Byte	2Byte	1Byte	由数据长度决定	2Byte

5 结束语

利用 SPI 总线,实现了 MSP430 系列单片机之间的全双工通信,解决了基于双处理器数据采集系统的关键性技术。在多路风力数据采集系统的实际应用中,双处理器的设计结构灵活紧凑,不但减轻了主处理器的负担,而且提高了系统数据采集的实时性和可靠性。

参考文献:

[1] 廖明燕,崔凤新,郑金吾. 基于 MSP430 的多处理器通信技术研究. 微处理机, 2006, 27(1): 86 - 88, 91.

[2] 魏小龙. MSP430 系列单片机接口技术及系统设计实例. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2002.

[3] 李桐宇,杨家玮. 用 SPI 总线实现 DSP 和 MCU 之间的高速通信. 电子元器件应用, 2006, 8(11): 28 - 30.

[4] 张瑞,王德银,张晨. MSP430 系列单片机实用 C 语言程序设计. 北京: 人民邮电出版社, 2005.

作者简介:李福俊(1983—),硕士研究生,主要从事单片机与嵌入式系统方面的研究。E-mail: lfj1126@126.com