

Wireless Data Transmission System Based on MSP430 Microprocessor

LIU Xiao-chong^{1,2,3}, CHEN Chang-ying^{1,2*}, ZHAO Jun², YU Zhi-gang², WANG Kang-mo²,
LIU Xing-hua², LI Bo², LI Jing-zhao²

1. Key Laboratory of Disaster Forecast and Control in Engineering, Ministry of Education of the People's Republic of China (Ji'nan University), Guangzhou 510632, China;
2. Department of Optoelectronic Engineering, Ji'nan University, Guangzhou 510632, China;
3. PLA Institute of Physical Education, Guangzhou 510500, China

Abstract: A wireless optical communication system was proposed based on MSP430 microprocessor for moving object's data transmission. A transmitter module and receiver module designed. The process of the system was discribed. To ensure data correctness and completeness in high-speed bursting data transmission, the system applied a special frame structure and a special designed data encoding. The bit error rate of the data transmission system reduced effectively. The reliability of the communication can be ensured.

Key words: MSP430 microprocessor; wireless optical communication; data transmission

EEACC: 1265F

基于 MSP430 微处理器的光无线数据传输系统

刘小冲^{1,2,3}, 陈长缨^{1,2*}, 赵俊², 于志刚², 王康模², 刘兴华², 李波², 李景照²

1. 暨南大学重大工程灾害与控制教育部重点实验室, 广州 510632;
2. 暨南大学光电工程系, 广州 510632;
3. 军事体育进修学院, 广州 510500

摘 要: 提出了一种基于 MSP430 微处理器的无线光通信系统应用于运动部件数据传输的方案, 设计了该系统数据发送模块和接收模块并阐述了其工作机制。为了能在高速率数据猝发传输时保证数据的正确和完整, 系统运用了自行设计的数据帧结构和编码方式, 有效地降低了数据传输的系统误码率, 保证了通信的可靠性。

关键词: MSP430 微处理器; 无线光通信; 数据传输

中图分类号: TN919

文献标识码: A

文章编号: 1005-9490(2009)02-0379-03

工业生产中, 需要实时了解和监测旋转机械部件或旋转轴上的各种状态参数, 保障工业系统稳定、安全运行, 那么研究旋转体信息监测与传输系统^[1]正是为了满足这一需求。在某些特殊环境, 比如高温, 狭小, 监控对象高速旋转, 使得有线数据传输方式不合适, 在同时存在电磁干扰^[2]时, 无线电这种传输方式也不合适。相对以上各种传输方式, 利用光进行无线数据传输具有成本低、安装简便、传输速率高和可靠性高等优点^[3]。

由于系统运行的特性或安装的限制, 低功耗、小体积应作为选择相关器件的首要要求, 尤其是运动端要求芯片满足低功耗, 具有多种工作模式, 而且要求低功耗模式和活动模式之间可以快速切换。因此在本系统中采用 MSP430 系列单片机^[4]作为微处理器。本文介绍的基于无线光通信的数据传输系统, 应用 MSP430 单片机和 LED 通过红外光方式进行数据的近距离传输^[5]。实验表明, 该系统控制方便, 工作稳定, 能实现可靠的无线数据传输。

收稿日期: 2008-10-22

作者简介: 刘小冲(1978-), 男, 硕士研究生, 研究方向为无线光通信系统, lxc-511@163.com;

陈长缨, 教授, 研究方向为光电检测与光通信技术, ccy-jnu@163.com

1 MSP430 系列单片机简介

美国德州仪器公司(TI)推出的 MSP430 系列是超低功耗 Flash 型 16 bit 精简指令集结构(RISC)单片机,即一个时钟周期可以执行一条指令(传统的 MCS51 单片机要 12 个时钟周期才可以执行一条指令)。在同样的指令速度下,16 bit 处理器的运算性能比 8 bit 处理器高远不止两倍。它采用“冯·诺曼”结构,使 RAM、ROM 和全部外围模块都位于同一个地址空间之内,并具有丰富的片内外围,性价比极高的特点。MSP430 具有非常高的集成度,通常在单个芯片上集成有 12 bit 的 A/D、比较器、多个定时器、片内 USART、看门狗、片内振荡器、大量的 I/O 端口及大容量的片内存储器,一般单片就可以满足大多数的应用需要,且以其超低功耗著称。其工作电压在 1.8~3.6 V 之间,正常工作时功耗可控制在 200 μA 左右,低功耗模式时可实现 2 μA 甚至 0.1 μA 的低功耗。

在低功耗应用中设计程序时,最好采用以下方法:CPU 在初始化完成后,处于低功耗工作模式,在有外部事件发生时唤醒进入中断服务程序,完成后重新进入低功耗模式,照此循环往复,可以最大限度地降低功耗。系统框图如图 1 所示。

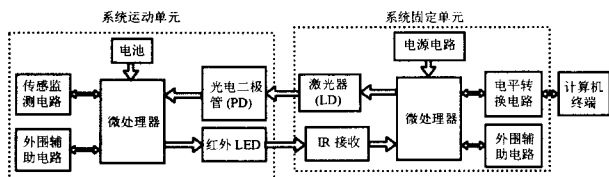


图 1 系统框图

2 系统的硬件设计

为了使测量工作尽可能不影响被测物的工作状态,要求运动单元应满足:① 尽可能“轻、薄、短、小”;② 一次安装后尽可能长时间工作。发送模块在功耗、体积、重量以及固定方式上都有严格要求,系统选用超低功耗的 MSP430 单片机作为处理器。运动单元的接收光电二极管(PD)和固定单元的发送激光器(LD)用作建立通信触发通道,设计并精确调整它们的安装位置,使得当运动单元进入到通信窗口时,固定单元上 LD 的激光能在某刻照射到运动单元 PD,引起光通信进程的启动,运动单元往固定单元发送数据。为严格控制在通信窗口内的触发时机,固定单元触发激光器采用 650 nm 的可见光 LD 并加上了光束准直系统。为了避免环境杂散光的误触发,运动单元 PD 加光阑

进行空间滤波。由于采用猝发方式进行数据传输,采样数据存放在处理器的 RAM 中,当运动单元经过通信窗口时,才将数据传输给固定单元接收器。运动单元在接收到光触发信号时,瞬间将数据往固定单元传输完毕。另外,由于串口在闲时为高电平,运动单元在每次发送完数据后均把串口模块关闭,LD 不发光,以降低运动单元的平均功耗。

MSP430 通过模块的智能化运行管理和 CPU 的状态组合支持超低功耗模式运行。它的各个模块运行完全是独立的,定时器、输入/输出端口、A/D 转换、看门狗等都可以在主 CPU 休眠的状态下独立运行。我们系统的运动单元的 MCU 设置了定时器,当在一定时间内没有接收到固定单元 LD 触发信号时,运动单元将进入低功耗的休眠状态,以节省电能。当 PD 再次接收到触发信号时,才通过中断唤醒 CPU。

3 系统通信协议设计

系统采用的是猝发瞬态通信,为了使得数据在通信窗口内尽可能完整传输,采用运动单元仅由 LD 信号触发控制和半双工的方式来避免信号之间的互相干扰。利用软件协议来确保发送时间与接收时间互不重叠,运动单元在接收到触发信号时立刻往固定单元发送存储的数据,瞬间之内将数据传输完毕,并通过信道编码和数据帧结构的设计以保证低误码率。

3.1 光信道编码设计^[6]

信息在传输过程中会受到各种噪声的干扰,干扰在通信中会影响传输的可靠性,信道编码^[7]就是为了克服这些噪声干扰,增加传输可靠性的一门通信技术。对于运动单元,为了减小体积和降低功耗,系统没有采用通用的红外编解码芯片,而直接用处理器串口输出数据经缓冲来驱动 LED。由于固定单元的接收模块用电容耦合,因此要求基带数据码低频分量小,必须限制线路码流中同符号连续数不能过大,避免长连“1”及长连“0”的出现。我们选用的是 mBnB 码,它是光信道的一种常用码型,其传输性能较好,直流电平浮动小,同符号连续数较小,“0”、“1”分布均匀。当 $n=m+1$ 时,码字组合是原来 2 倍,可以把易于出现的码字组合列为禁字,不作传输使用,并在选取时尽量选取“0”、“1”分布比较均匀的码字,以使接收信号基线稳定。用 MSP430 单片机进行 ADC 采样时,ADC 精度为 12 bit,我们把 12 bit 分为两组,进行 6B8B 编码,这在编码复杂性

和比特冗余度之间是较合理的折衷,并把串口数据中 8 个 bit 的最后 1 个 bit 作为采样数据的高低 8 bit 标志。在固定端再通过处理器把数据复原,经过实验验证,设计的 6B8B 信道编码大大降低了系统的总体误码率。

3.2 光传输数据帧结构设计

系统设计数据帧结构如图 2 所示,对于瞬态通信,每帧数据的有效传输时间非常短,这就要求传输的数据结构应高效、完整地传输信息,并有相应的干扰应对机制。MCU 串口驱动 LED 进行数据传输,串口数据衔接紧凑,可视为无缝的数据流。每次猝发传输的数据帧包括前导码、帧数据和结束码,在开始传输打开串口模块时和 ADC 采样时隙时串口输出处于空闲状态,为高电平。当数据开始发送时,MCU 打开串口模块,LED 发光,在正式发送帧数据前,需要发送若干前导码,来拉低固定单元光接收模块的低判决门限 V_{th} ,通常选用发送 0x00 字节。ADC 定时采样在系统处于高优先级,在传输数据的过程中,如果采样打断数据的发送,串口会输出高电平,那么在 ADC 采样结束后,串口也必须先输出前导码,拉低 V_{th} ,再继续进行帧数据的传输。



图 2 光传输的数据帧结构

帧数据包括包括 ADC 采样经过 6B8B 编码后的数据和控制信息码。控制信息码提供各项参数,对数据帧作出说明,以使固定单元正确处理信息。控制信息码包含了采样周期和采样通道等信息。运动单元的数据存储空间是有限的,在转轴转速变慢时,运动单元会加大 ADC 采样周期,使得采样间隔尽量均匀又避免存储数据的溢出,采样周期是在每帧数据发送结束后,根据本帧发送的数据量来进行调整的。运动单元进行多通道采样,帧数据中需要插入采样通道信息码,以隔开各路采样数据。结束码作为结束标志,通知固定单元在接收完数据后及时对数据作出处理,并转发往 PC 机。当有效传输时间过短导致接收模块没有接收到结束帧时,固定单元接收模块可以根据存储器容量、实时性要求等因素采用“并入下一帧处理”、“定时转发”或“舍弃”等不同的应对机制来结束这一错误,防止错误蔓延扩大。控制信息码和结束码均采用重复发送的方式,虽然增加了发送冗余,但是使得这些重要的信息码得以安全传

输,从整体上保证了数据帧的有效性。

4 系统软件的设计

系统的软件设计主要是基于单片机 MSP430 进行的,遵循模块化的思路,主要包括采样中断处理,通信中断处理,数据的编码、解码和转发等多个子程序模块,利用 IAR Embedded Workbench 进行系统软件的调试。

本系统的软件设计包括两个部分:支持单片机 CPU 的软件和在计算机上面运行的软件,通过两个步骤:

① 运动单元和固定单元单片机之间通过 850 nm LED 光把采样数据经过 6B8B 码以帧的形式传递信息。

② PC 机与单片机电路的信息传递,通过 RS-232 接口完成,把需要回送的信息通过 RS-232 串口送回计算机显示和处理^[8]。

在这里,我们采用 C 语言进行编程,其程序流程如图 3 所示。

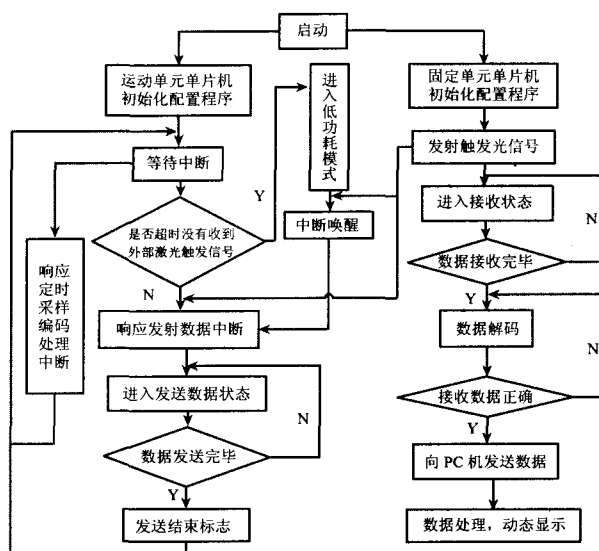


图 3 系统软件设计流程图

5 结论

本系统是基于 MSP430 控制的运动单元红外发射端组件和固定端红外接收端组件,采用半双工方式进行的瞬态突发式短距离无线光通信。实验表明,在动、定端模块之间距离约为 75 cm,以 1 Mbit/s 的速率瞬态传输数据,经测试,其传输误码率达到 10^{-7} ,可以实现数据准确传输。该系统短距离通信安全可靠,功耗低,为各种旋转机械的监控提供了一种实用化的参数采集和传输的有效手段,值得推广和应用。

(下转第 385 页)

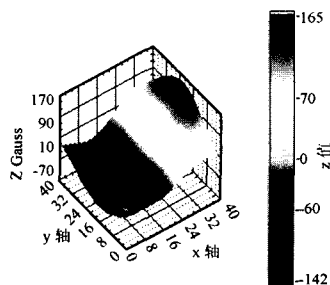


图 9 X 方向磁场分布

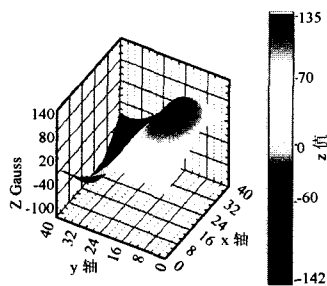


图 10 Y 方向磁场分布

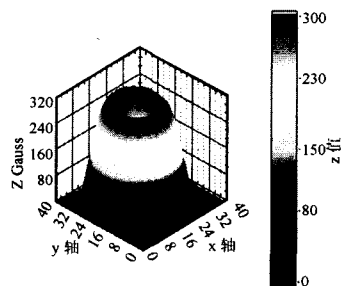


图 11 Z 方向磁场分布

5 结论

本文介绍的磁场分布测量系统,利用了 LabVIEW 强大的功能,运用串口技术、硬件资源能够成功地实现对磁环、磁体等中高强度磁场信号的测量,为磁场设计人员提供准确的磁场分布数据,对磁性器件、磁性材料等的研究和性能检测以及其它相关领域具有重要意义。

参考文献:

- [1] 邱士暗. 磁环的磁场分布测试研究[J]. 电讯技术, 2006, 14(4): 88-90.
- [2] 王小明. 永磁体表面磁场测量和分析系统[J]. 微特电机, 2005, 10(10): 9-11.
- [3] Minkov D, Takeda Y, Shoji T. Estimating the Sizes of Surface Cracks Based on Hall Element Measurements of the Leakage Magnetic Field and a Dipole Model of a Crack[J]. Appl. Phys. 2002; A 74(2002)169-176.
- [4] Natarajan A, Wang W. Development of a Micromachining Process for the Fabrication of a Superconductor Magnetic-Field Sensor[J]. Microsystem Technologies. 1999; 6(1999)67-72.
- [5] Cardwell D A et al, Physical C, 412~414 (2004), 623-632.
- [6] 张继东, 阎和平. 三维磁场测量特斯拉计的研制. 仪器仪表学报[J]. 2003, 24(4): 117-118.
- [7] 陈继忠. 全自动磁场分布测量与的设计. 仪器仪表与检测[J]. 2003, 5, (11): 58-59.
- [8] 钱仰德. 智能三维磁场探测仪的研制和应用[J]. 物理试验, 2004, 24(3): 31-33.
- [9] 杨文英, 翟国富. 小型永磁体空间磁场三维测量技术的探讨[J]. 低压电器, 2007, 17(3): 5-8.

(上接第 381 页)

参考文献:

- [1] 白春波, 陈志华. 高速旋转主轴与地面间信息传输系统设计与实现[J]. 机械设计与制造, 2008(5): 194-195.
- [2] Fasoli A, Riedijk L G, Hjijsing F R, et al. A General Circuit for Resistive Bridge Sensors wit Bit Stream Output [J]. IEEE Trans Instrument Meas, 1997, 46(4): 954-960.
- [3] 胡国永, 陈长纓. 白光 LED 照明光源用作室内无线通信研究[J]. 光通信技术, 2006(7): 48-50.
- [4] 沈建华, 杨艳琴, 翟晓曙. MSP430 系列 16 位超低功耗单片机原理与应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.
- [5] 叶骏, 张崇巍, 肖本贤. 基于 MSP430F149 单片机的语音无线传输系统[J]. 仪器仪表用户, 2008(3): 37-38.
- [6] 赵承志, 艾勇, 谭莹. 空间光通信自适应信道编码的研究[J]. 空间电子技术, 2005(1): 11-14.
- [7] 张宗橙. 纠错编码原理和应用. 北京: 电子工业出版社, 2003.
- [8] 孔巧玲. 单片机与 PC 机串行通讯的实现[J]. 成都大学学报(自然科学版), 2005, 24(3): 190-192.