

基于 STM32的岩土工程无线采集系统

刘明贵, 于 睿, 梁 昊

(中国科学院武汉岩土力学研究所岩土力学与工程国家重点实验室, 湖北武汉 430071)

摘要:为满足当今岩土工程监测的需求,设计了一种基于新一代 STM32处理器的岩土工程无线采集系统。介绍了基于子节点、汇聚节点和上位机三层结构的无线传输系统方案,设计了节点、传感器、无线传输模块的硬件电路,给出了各类节点和上位机的控制、通讯等软件流程。实际测试表明,该系统具有操作简便,实时性强,高精度和低功耗等特点,可广泛用于当今岩土工程的监测。

关键词: STM32; 无线网络; zigbee; 采集系统

中图分类号: TP274

文献标识码: B

文章编号: 1002-1841(2010)05-0095-03

Wireless Geotechnical Engineering Acquisition System Based on STM32

LIU Ming-gui, YU Jian, LIANG Hao

(State Key Laboratory of Geomechanics and Geotechnical Engineering, Institute of Rock and Soil Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430071, China)

Abstract: To meet the requirements of contemporary geotechnical monitoring system, a wireless acquisition system was designed based on the new generation microprocessor called STM32. The framework based on the sub-nodes, the aggregation node and the host computer was introduced, the hardware structure of nodes, sensors and wireless communication modules was designed and the software processes of each nodes and host computer control and communication was presented. It's validated by rigorous testing that the system has the advantages of high accuracy, easy for operation, real-time and low power. Therefore the system can be widely used for current geotechnical monitoring projects.

Key words: STM32; wireless network; zigbee; acquisition system

0 引言

岩土工程监测的特点有:大面积安置传感器,稳定性和实时性要求高,数据传输量大。传统的监测手段虽然很多,但已无法满足现代化岩土工程监测的全面性、准确性和实时性需求。因此,无线化、自动化、集成化、智能化是今后岩土工程监测的发展趋势^[1]。为了保证岩土工程监测的全面性,需要广泛的布置传感器节点,针对大规模数据量传输的需求,必须要求微控制器具有极高的处理性能;同时又为了保证监测系统的实时性,针对多点分布式数据采集和动态监测,各节点通讯必须依赖无线传输^[2]。并且,各监测子节点需长时间置于野外工作,必须满足低功耗需求。STM32是新一代Cortex-M3体系结构的32位单片机。文中围绕这款高性能、低功耗的单片机设计了一个无线采集系统。

1 系统组成与设计原理

基于STM32的岩土工程无线采集系统方案设计如图1所示,该方案采用STM32作为控制系统的核心。

岩土工程监测系统的布点分散且广泛,整个系统由16个子节点、1个汇聚节点和上位机组成。子节点的核心控制单元是STM32,负责接受传感器数据并控制无线模块发送。汇聚节点是由基于STM32的数据盒控制的。数据盒通过无线模块,收集到全部子节点的传感器数据并存储,然后通过串口将数据上传给上位机。

具体工作流程如下:初始化后,检测16个子节点的完好性并反馈信息,然后进入数据采集阶段。数字容栅式位移传感器将位移变化量通过RS-485接口输出到子节点MCU,子节点MCU在得到数据后,通过SPI总线控制无线模块发送。采集数据盒作为汇聚节点,在得到所有已连接的子节点数据后,由汇聚节点MCU控制,通过RS-485接口将子节点信息传输给上位机。上位机显示传感器数值并打印结果。

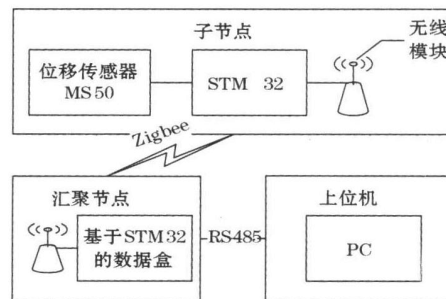


图1 岩土工程无线采集系统结构框架

2 系统的硬件设计

2.1 MCU模块

STM32提供3种低功耗模式和灵活的时钟控制机制,用户可根据自己的需求合理的优化耗电和性能要求。

STM32F103是STM32系列的增强型芯片,工作频率为72MHz,工作性能为1.25DMIPS/MHz,片上集成了Flash最多可达512KB,SRAM最多可达64KB的高速存储器和通过APB总线连接的丰富和增强的外设以及多达80个的I/O接口。并且拥

有 2 个 I²C 接口, 3 个 SPI 接口和 5 个 USART 接口。片上还有 2 个 12 位 ADC, 1 个 12 位的双通道 DAC, 11 个 16 位计时器, 支持 CAN 接口、USB 2.0 接口和 SD 接口。STM32F103 嵌入了一个嵌套矢量中断控制器, 可以处理 43 个可屏蔽中断通道, 提供 16 个中断优先级^[3]。

2.2 无线模块

无线射频模块使用的是 CC2420, 它是一款符合 IEEE802.15.4 规范的 2.4 GHz 射频芯片。工作频段范围是 2.400 ~ 2.4835 GHz, 接收灵敏度高达 -99 dBm, 抗邻频道干扰能力强, 电流消耗仅为: RX 模式时 19.7 mA; TX 模式时 17.4 mA。CC2420 有集成的压控振荡器, 仅需 16 MHz 晶体振荡器等少量的外围电路便能开始工作^[4]。

无线射频模块的功能是以射频模式接收和发送数据。射频模块通过 SPI 总线与处理器 STM32 通信, STM32 处于 SPI 主模式下; 射频模块处于子模式下, 由处理器 STM32 控制进行有效的收发。

2.3 传感器模块

设计中采用数字容栅式位移传感器 MS50, 其分辨率为 0.01 mm, 精度为 ± 0.03 mm, 转换结果可直接液晶显示或通过 RS-485 接口输出。该传感器自带液晶读数显示屏, 可方便观察是否在工作以及采集量是否正确。

采集到的数据经过 MAX485 转换后, 输出 DATA 和 CLK 两个信号, 供处理器 STM32 读取。如图 2 所示。

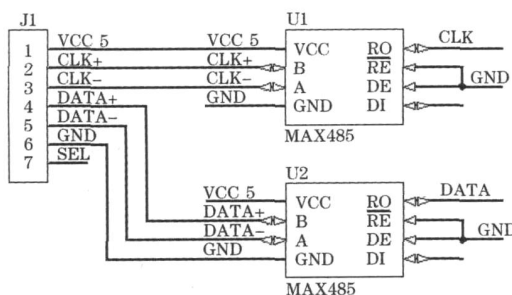


图 2 采集量分信号输入微控制器

2.4 总体硬件电路

总体电路由 16 个子节点电路和一个汇聚节点电路组成。子节点电路包括: 传感器模块电路、微控制器外围电路和无线射频模块电路, 如图 3 所示。其中 MS50 传感模块通过插槽 J1 与 2 个 MAX485 相连, 并由 MAX485 将位移数据整合成 2 路信号 DATA 和 CLK, 然后再通过 I/O 口传输给微控制器。

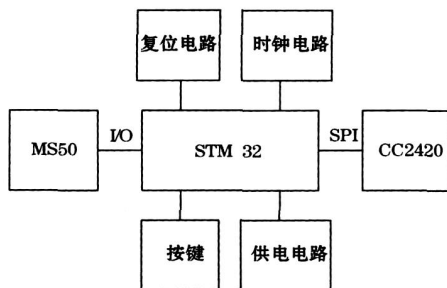


图 3 子节点电路

微控制器通过 SPI 总线与无线射频模块 CC2420 相连, 以微控制器为主模式, 无线射频模块为从模式的方式控制无线射

频模块发送所需的数据。

另外, 微控制器除了基本的外围电路外, 还专门设计了一个更改子节点网络号的按键电路, 它用于在子节点出现故障或临时加入时更正或修改子节点的网络号。

汇聚节点电路由无线射频模块电路和微控制器外围电路组成, 如图 4。上位机通过 RS-485 总线与汇聚节点相连, 并且用 RS-485 总线把命令传输给汇聚节点, 汇聚节点的微控制器在解析命令后通过 SPI 总线控制 CC2420 无线射频模块发送命令。在 CC2420 无线模块得到回复后将信息再由 SPI 总线传输给微控制器, 并最终通过 RS-485 总线反馈给上位机。

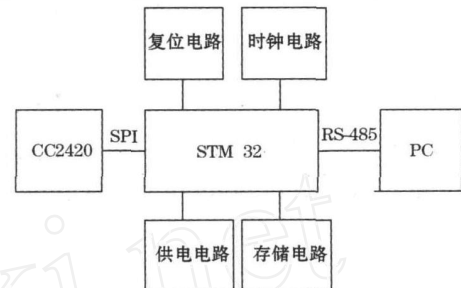


图 4 汇聚节点电路

3 系统的软件设计

3.1 子节点软件设计

子节点不停的采集并更新接收到的数据, 以保证位移量的实时有效性。发送位移量以串口中断的方式实现, 即: 汇聚节点向子节点发送读取命令, 子节点进入串口中断, 将储存好的位移数据传输给汇聚节点, 流程图如图 5。

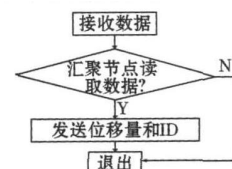


图 5 子节点串口中断流程

子节点开始工作后会记录预先写入的网络标号, 然后检测标志位, 看是否需要更改网络标号, 如果不需要更改则进入读取传感器采集数据阶段。在读取位移量时, 须关闭串口中断, 以防此时接到读取命令进行中断处理, 而丢失数据量。软件流程图如图 6。

当需要更改网络 ID 时, 长按更改键进入修改模式, 然后使用更改键修改网络 ID, 修改好后存储退出。更改按键流程图如图 7。

3.2 汇聚节点软件设计

汇聚节点与上位机之间的通信也是通过串口中断来完成, 如图 8。

在接到上位机命令后, 汇聚节点解析命令。首先进行侦测阶段, 即: 确定子节点的个数和初始值。然后将储存的所有子节点数据传送给上位机。

侦测阶段的意义相当于初始化连接, 并确定 16 个子节点通信通道中哪些子节点连入了监测系统, 是否需要增加或减少子节点个数。

汇聚节点的工作流程是: 初始化后, 通过判断标志位 flag_2 的值来决定是进入侦测阶段还是读取阶段。进入侦测阶段, 汇

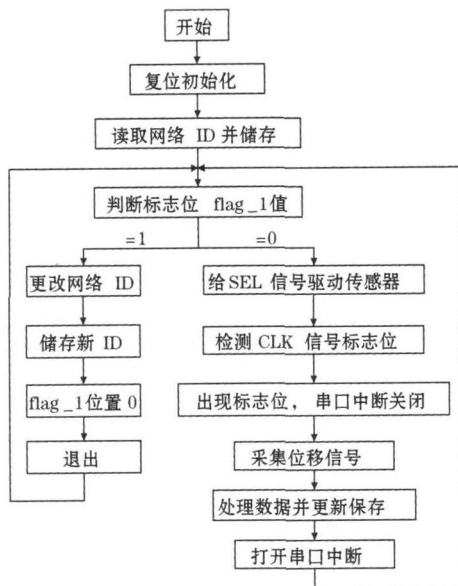


图 6 子节点软件控制流程

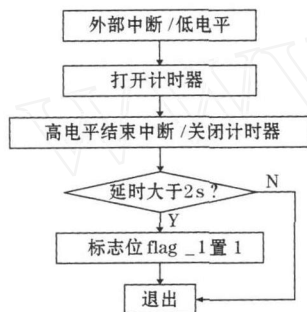


图 7 长按键中断流程

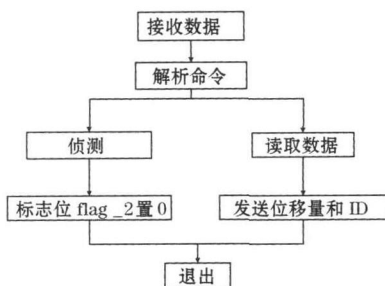


图 8 汇聚节点串口中断流程

聚节点向第一个子节点发送读取命令。如果没有得到回复,则延时 70ms 再发送一次读取命令,反复 3 次后仍没有回复,则认定通信失败或该通道没有子节点,通道工作指示灯不亮,转向下一个子节点;如果得到回复,则记录下子节点的初始数据,并且子节点个数计数器加一,通道工作指示灯亮。完成后向下一个节点发送确认信号,直到 16 个节点全部询问到。

汇聚节点在完成侦测工作后,开始读取阶段:首先读取汇聚节点在侦测阶段确认的子节点个数和网络标号,按照网络标号开始逐个读取位移量。同样,没有得到回复时,反复 3 次延时 70ms 再次发送读取命令,若还没有回复则工作指示灯熄灭,转向下一个子节点;如果得到回复,则更新原先存储在汇聚节

点的该子节点信息并保存,计数器加一,完成后向下一个节点发送读取信息,直到之前侦测得到所有节点全部询问到,整个控制流程如图 9。

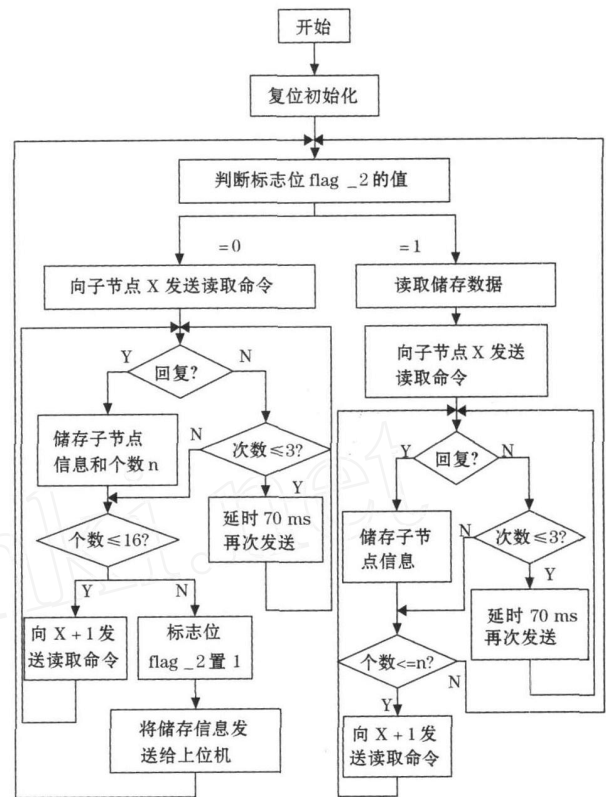


图 9 汇聚节点软件控制流程

4 结束语

系统充分利用新一代 32 位微控制器 STM32 的高效性和低功耗性,并配合 zigbee 技术为岩土工程位移量的采集工作服务。不仅满足了大面积的数据量收集和实时性需求,同时又能保证低功耗运行,省去了在野外频繁更换电池的麻烦。

经实际测试,汇聚节点与子节点的无线传输距离可达 50 m,位移传感器数据采集正常,并且能在预设的监控软件中实时显示,与传感器的液晶读数一致。测试表明系统具有低功耗、实时性强、扩展方便等特点,具有广泛的应用前景。

参考文献:

- [1] 郦能惠. 土石坝安全监测分析评价预报系统. 北京:中国水利水电出版社, 2003.
- [2] Reinhold Ludwig, Pavel Bretchko. 射频电路设计 - 理论与应用. 王子宇译. 北京:电子工业出版社, 2002.
- [3] 王永虹,徐炜,郝立平. STM32 系列 ARM Cortex-M3 微控制器原理与实践. 北京:北京航空航天大学出版社, 2008.
- [4] 赵晨,何渡,王睿. 基于射频 CC2420 实现的 ZigBee 通信设计. 微计算机信息, 2007, 23(1): 260—261.

作者简介:刘明贵(1957—),研究员,博士生导师,博士,主要从事岩土工程智能化检测方法与技术的研究。

E-mail: gucasysu@163.com.