

基于 CC1100 的无线传感网基站设计

张利刚¹, 鲍星合², 罗斌¹

(1. 安徽大学 计算机科学与技术学院, 安徽 合肥 230039;

2. 中国科学院 上海微系统与信息技术研究所, 上海 200050)

摘要:具有低功耗功能的无线传感器网络技术是当今国内外传感器技术领域研究的热点课题, 传感网基站和传感网节点都是无线传感器网络中必要的组成部分, 并且传感网基站具有一定的普适性。提出了一种基于 MSP430 超低功耗微控制器、CC1100 单片 RF 收发芯片和以太网接口模块的新型无线传感器网络基站设计, 详细阐述了系统各组成部分的工作原理和设计方法, 并给出了其在传感网相关项目应用中具体解决方案。

关键词:无线传感网; 基站; 以太网

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2009)07-0010-03

A Design of Wireless Sensor Networks Base Station Based on CC1100

ZHANG Li-gang¹, BAO Xing-he², LUO Bin¹

(1. School of Computer Science & Technology, Anhui University, Hefei 230039, China;

2. Shanghai Institute of Microsystem and Info. Techn., Chinese Academy of Sci., Shanghai 200050, China)

Abstract: The low-power consumption wireless sensor networks are the hotspot research of current sensor technology. Sensor networks server and node are necessary part in the wireless sensor networks and the base station has some all-purpose characteristic. In this paper, based on MSP430 ultralow-power consumption microcontrollers and CC1100 RF transceiver, propose a new design of wireless sensor networks base station which is combined with TCP/IP interface module. Except detailedly describing the work principle and design methods of every department in this system, also provide material blue print which were attained in the projects about sensor networks.

Key words: wireless sensor networks; base station; Ethernet network

0 引言

无线传感器网络是目前研究的热点, 传感网基站是传感器网络的必要组成部分, 高性能高稳定性的传感网基站成为研究的难点^[1], 并且由其组成的硬件电路可以作为多种传感器网络基站, 因此具有一定的通用性, 基站的设计将直接影响到整个传感器网络的传输和处理性能^[2]。

文中首先阐述了无线传感器网络基站的体系结构, 然后从无线传感器网络基站功能要求设计的原则出发, 着重分析所提出的系统硬件电路的构成以及硬件电路核心部件设计的关键问题, 并给出了具体的设计

方案。

1 无线传感网基站体系结构

无线传感网基站的组成结构示意图如图 1 所示, 包括微控制器单元(MCU)、电源模块(Power Module)、射频模块(RF Module)、串口模块(Serial Module)、以太网模块(TCP/IP Module)、存储模块(Memory Module)和为了解决射频发送距离近而设计的功放模块(PA Module)^[3]。

2 无线传感网基站硬件电路设计

2.1 微控制器单元以及存储模块设计

2.1.1 MCU 芯片的选择

文中提出的设计的微控制单元是 TI 公司出品的 MSP430 单片机, 它是目前业界功耗最低的 16 位超低功耗单片机^[4], 与一般的 16 单片机相比, 其突出的特点在于超低功耗、高性能和高速度。其中 MSP430

收稿日期: 2008-11-12; 修回日期: 2009-02-17

基金项目: 国家自然科学基金(60772122); 安徽省自然科学基金重点项目(KJ2007A045, KJ2008A033)

作者简介: 张利刚(1982-), 男, 硕士研究生, 从事嵌入式硬、软件开发与研究; 罗斌, 教授, 博士生导师, 从事模式识别与图像处理研究。

F149 微控制器的特点是:

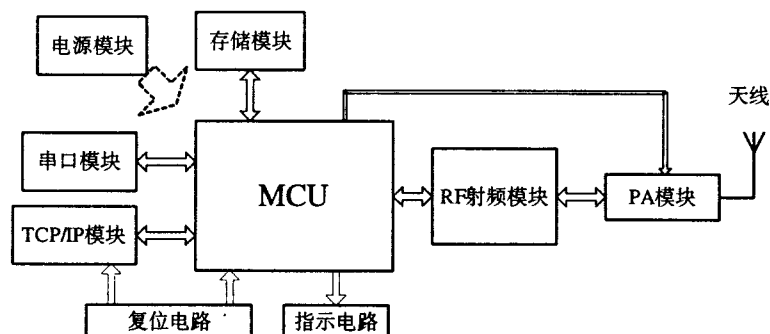


图 1 无线传感网基站组成结构示意图

(1)采用超低功耗 16 位 RISC 混合信号处理器技术,内部 60kB 在线可编程 Flash、2kB 片内 SRAM 确保程序的高速运行^[5]。

(2)处理器工作电压为 1.8V~3.6V,功耗低,并且可以工作在系统省电模式下。

(3)有 48 个 I/O 引脚,每个 I/O 端口分别对应输入、输出、功能模块选择,其中 P0、P1 口具有中断功能,这种一系列的设计使得输入输出和功能口得到复用,大大增强了端口的功能性和灵活性。

此外,多路定时/计数器、两路异步串行通信 UART 和同步串行通信 SPI、16 路 12 位模数转换控制器 ADC12 大大地减小了开发的难度和提高了使用的方便性,由以上特点 MSP430F149 满足系统 MCU 的设计要求。

2.1.2 扩展存储器模块设计

当与传感网络基站相连的 PC 机没有工作或者不能正常工作时,基站就必须设法去存储一定时间段的节点数据,但是 MSP430F149 的片内存储器只有 60kB,这对于程序段的存储是能够满足的,但是要大量的数据进行存储显然是不够的,为了解决这个问题,采用了 ATMEL 公司的一片 128kB 具有 I²C 接口的 EEPROM 芯片 AT24C512 和一片 2MB 具有 SPI 接口的串行 Flash 芯片 AT45DB161D,两者与 MCU 连接示意图如图 2 所示。

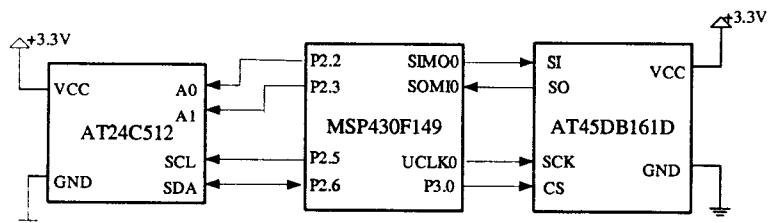


图 2 基站存储模块电路示意图

MSP430F149 的 P2.5、P2.6 接 AT24C512 的 SCL

和 SDA 引脚,单片机的 I/O 模拟 I²C 时序;用 MCU 自带的 SPI 接口与带 SPI 接口的 AT45DB161D 直接相连,具体的连接方式是:单片机的 P3.0 接 Flash 的片选引脚 CS, SIMO0、SOMI0 和 UCLK0 分别与 Flash 的 SI、SO 和 SCK 相连。

2.2 电源模块电路设计

在系统设计中,电源模块是系统设计至关重要的因素,考虑到设计中各个模块的电压要求,MSP430 单片机、存储器模块、RF 射频模块和功放模块需要 +3.3V 电源电压, TCP/IP 需要 +5V 电源电压,在本设计中,采用美信公司(MAXIM)低压差线性稳压器 MAX604(+3.3V)和 MAX603(+5V),电源模块电路设计示意图如图 3 所示。

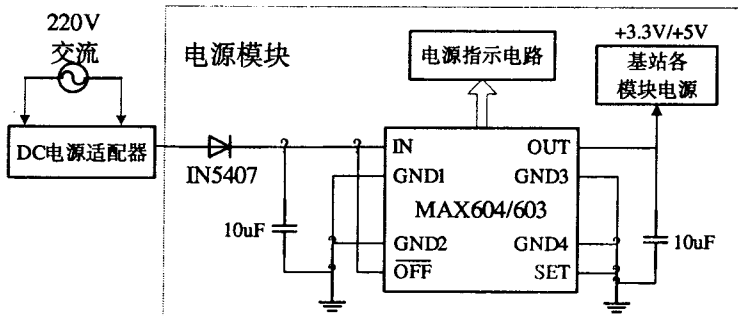


图 3 电源模块电路设计示意图

在电源模块设计中,在 DC 适配器(+5V~+11V)和 MAX604 接入点之间加入二极管 IN5407,此二极管的作用是为了防止从 DC 适配器过来的电压极性改变而出现反向电压,起到保护 MAX604/603 和后端电路的作用,输出固定电压: +3.3V(MAX604)和 +5V(MAX603)。

2.3 RF 射频通信模块和功放模块电路设计

2.3.1 RF 射频通信模块电路设计

CC1100 是 Chipcon 公司的单片的 UHF 收发器,专为低功耗无线应用而设计^[6]。电路主要设定在 315、433、868 和 915MHz 的工作频率波段,所有的工作模式和寄存器控制都可以方便地通过 SPI 接口。

CC1100 与 MCU 的电路连接示意图如图 4 所示。

MSP430F149 的 P1.0、P1.1 以及 P5.0 和 CC1100 的 GDO0、GDO1、CSN 相连,用以对 CC1100 进行最基本的信号控制,单片机的第二个同步串行通信 SPI 接口 UCLK1、SIMO1 以及 SOMI1

和 CC1100 的 SPI 接口相连,从而对 CC1100 寄存器和

工作模式进行配置。在文中提出的基站 RF 射频模块中,CC1100 工作在 433MHz 的工组频段上。

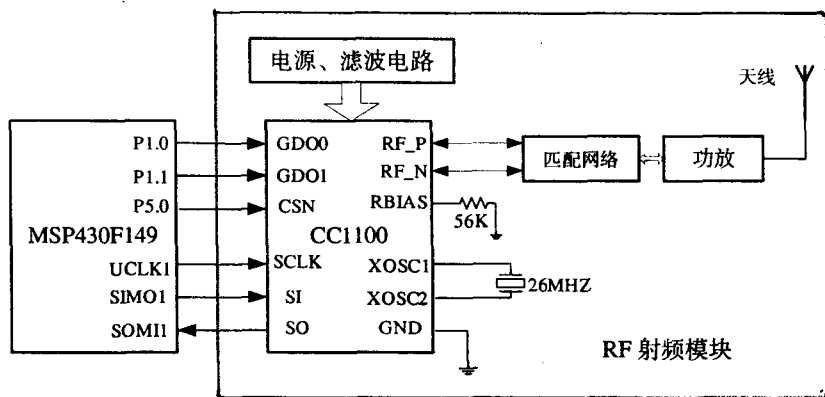


图 4 基站 RF 射频模块电路示意图

2.3.2 PA 功放模块电路设计

很多情况下,在无线传感网络系统中基站和多个传感器节点的距离不定,当距离超出了射频芯片最大功率传输范围时,基站和传感器节点就无法进行通信^[7],为了解决此种 RF 射频芯片自身传输距离较近的问题,提出了在射频发射通道上对 433MHz 工作频段进行功率放大。

在所提出的基站电路中,采用了 SKYWORKS 公司生产的 Sky65004 功率放大器 (Power Amplifier) 芯片,此芯片具有高性能、宽频段、线性好、转换效率高优点,放大频段为 250 ~ 2500MHz^[8]。功放电路设计示意图如图 5 所示。

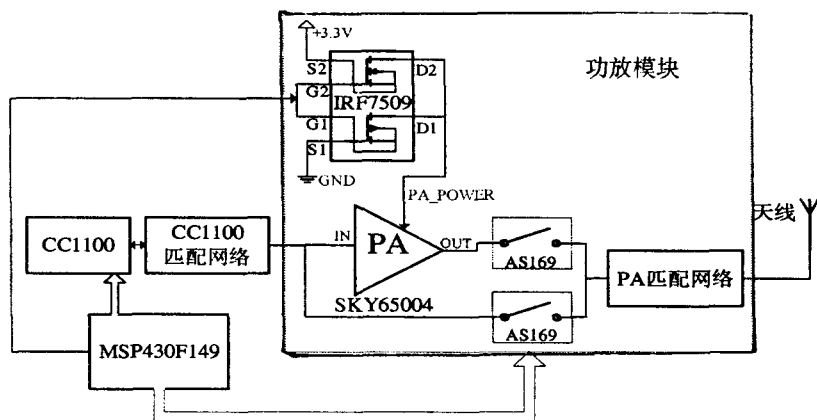


图 5 功放模块电路连接示意图

在电路设计中,为了配合 CC1100 接受和发射的切换,系统使用了两个模拟开关 AS169,此外,当 CC1100 处于接受和发射状态切换时,系统采用了一块同时具有 P-Channel 和 N-Channel 的 COMS 开关 IRF7509,在 CC1100 处于发射和接受转换的情况下,

COMS 开关 IRF7509 能够及时关断发射通道,使匹配网络中的残留信号被旁路。MCU 的 I/O 口 P1.6 和

P1.7 用来控制 CC1100 的接收和发射,当处于发射状态时,从 CC1100 匹配网络传来要发射的信号经过第一路模拟开关,并且由 P1.7 来控制到达 Sky65004 进行 433MHz 频率段的功率放大。

2.4 串口-TCP/IP 模块电路设计

从传感器节点上报到基站的数据往往不是存储在基站的存储器里,通常都要经过基站上传到 PC 机上,用以人机交互。在本设计中,

MCU 通过一个 RS232 转换芯片到 PC 机的串口实现基站和 PC 机的通信;在有些应用场合下,基站和 PC 机并不直接相连,因为对于传感器节点大多安装在距离监控室较远的露天环境下,所以数据通过 TCP/IP 协议模块把基站数据传输到以太网上^[9]。

在基站 TCP/IP 模块电路设计中,使用 MOXA 公司出品的串口转以太网口模块 NE-4100T, NE-4100T 和 MCU 相连接电路示意图,如图 6 所示。

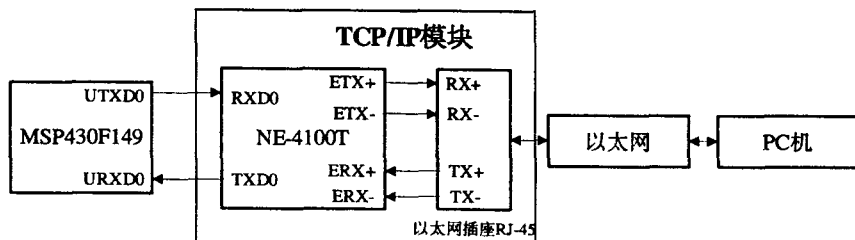


图 6 TCP/IP 模块电路示意图

NE-4100T 内建的 TCP/IP 通讯协议让传感网基站只需要一个 IP 地址和一个设备端口号就可以轻松地将数据连到以太网。

3 结束语

本设计使用 16 位超低功耗单片机 MSP430F149 控制 RF 射频芯片 CC1100 实现传感器数据和端机配置数据的无线收发。

为了解决临时存储传感器节点的数据的要求,在 MCU 外部扩展串行 Flash 芯片 AT45DB161D,通过 RS232 和以太网接口可以实现基站与 PC 机直接通信或者远程通信,大大增加了系统的实用性。

(下转第 16 页)

经失效了,经过改进的 D-MBCM 和 T-MBCM 相对可以更有效地利用能量,但因网络失效而无法利用的能量仍在 60% 左右。

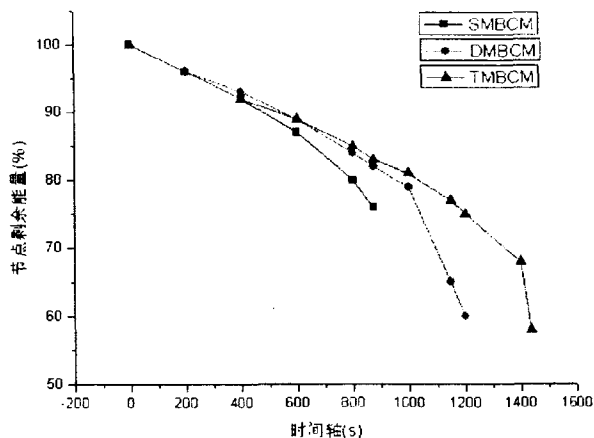


图 4 基站数量对节点能量利用率的影响

5 结束语

将多基站性能提升问题进行了定量比较,并通过仿真实验中的网络生存能力分析进一步将其延伸为非线性优化问题。其定量证实了多基站的优越性,在给定环境中可至多延长 57% 的网络生存时间。

参考文献:

- [1] Perkins C E. Ad Hoc Networking[M]. New Jersey: Addison-Wesley, 2000.
- [2] Akyildiz I F, Su W, Sankarasubramanian Y, et al. Wireless Sensor Networks: A Survey[J]. Computer Network, 2002, 38(4): 393-422.
- [3] Heinzelman W R, Chandrakasan A, Balakrishnan H. Energy efficient communication protocol for wireless micro-sensor networks[C]//IEEE Hawaii International Conference on System Sciences. Hawaii: [s. n.], 2000.
- [4] Heinzelman W R, Kulik J, Balakrishnan H. Adaptive Protocols for Information Dissemination in Wireless Sensor Networks [C]//MOBICOM 99. Seattle, WA: [s. n.], 1999.
- [5] Intanagonwiwat C, Govindan R, Estrin D, et al. Directed Diffusion for Wireless Sensor Networking[J]. ACM/IEEE Trans. on Networking, 2003, 11(1): 2-16.
- [6] Yu Y, Govindan R, Estrin D. Geographical and Energy-Aware Routing: A Recursive Data Dissemination Protocol for Wireless Sensor Networks[R]. Los Angeles: UCLA Computer Science Department, 2001: 1-23.
- [7] Yi Shi, Hou Y T. Approximation Algorithm for Base Station Placement in Wireless Sensor Networks[C]//Sensor, Mesh and Ad Hoc Communications and Networks, 2007. SECON '07. 4th Annual IEEE Communications Society Conference. [s. l.]: [s. n.], 2007: 512-519.
- [8] Savvides A, Han C-C, Srivastava M. Dynamic fine-grained localization in Ad hoc networks of sensors[C]//ACM MOBI-COM 01. Rome, Italy: [s. n.], 2001.
- [9] Kautz J T. An Adaptable Energy-Efficient Medium Access Control Protocol for Wireless Sensor Networks [C]//40th Hawaii International Conference on System Science. Hawaii: [s. n.], 2007.
- [10] Heinzelman W, Chandrakasan A, Balakrishnan H. Energy-efficient routing protocols for wireless micro sensor networks [C]//Maui: Proc 33rd Hawaii Intel Conference on System Sciences (HICSS). [s. l.]: [s. n.], 2000.
- [11] Liu Yabin, Du Ruiying. Study on Directional Reliable Multi-hop Clustering Routing Protocol in Wireless Sensor Network [C]//The 4th IEEE International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, WiCOM2008. Dalian: [s. n.], 2008.
- [12] Sankarasubramanian Y, Akyildiz I F, McLaughlin S W. Energy efficiency based packet size optimization in wireless sensor networks[C]//In: Proc 1st IEEE International Workshop on Sensor Network Protocols and Applications (SNPA). Anchorage, AK: IEEE CS Press, 2003: 1-8.

(上接第 12 页)

参考文献:

- [1] Heidemann J, Silva F, Intanagonwiwat C, et al. Building Efficient Wireless Sensor Networks with Low Level Naming [C]//Proceedings of the 18th ACM Symposium on Operating System Principles. Banff, Canada: [s. n.], 2001: 146-159.
- [2] 张金波, 周金陵, 曹敬. 多传感器管理在无线传感器网络应用中的研究[J]. 微机发展(现更名: 计算机技术与发展), 2005, 15(10): 155-160.
- [3] 孙利民, 李建中, 陈渝, 等. 无线传感器网络[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.
- [4] 沈建华, 杨艳勤, 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] 胡大可. MSP430 系列超低功耗 16 位单片机原理与应用[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2004.
- [6] Chipcon Products from Texas Instruments. Low-cost Low-power Sub-1 GHz RF Transceiver[EB/OL]. 2007-03. <http://www.chipcon.com>.
- [7] 周挺挺, 沙超, 王汝传. 基于 CC2420 的无线传感器网络节点的设计[J]. 电子工程师, 2007, 33(4): 67-70.
- [8] Skyworks Solutions, SKY65004: 250-2700MHz Linear Power Amplifier Driver[DB/OL]. 2006-09. <http://www.skyworksinc.com>.
- [9] 周怡颐, 凌志浩, 吴勤勤. ZigBee 无线通信技术及其应用探讨[J]. 自动化仪表, 2005(6): 5-9.