

文章编号: 1673 - 0062 (2009) 04 - 0037 - 04

基于 MSP430F2618 和 CC2520 无线楼宇设备监控系统设计

柳 兰, 何 娜, 陆明艳

(南华大学 电气工程学院, 湖南 衡阳 421001)

摘 要: 利用 MSP430F2618 微控制器和 CC2520 无线收发器构成的无线楼宇设备监控系统, 利用 ZigBee 无线组网技术, 单点覆盖距离 50 ~ 300 m, 传输速率 250 kbps, 网络节点数为 256, 联网所需时间仅 30 ms, 安全性采用 128 bit AES; 无线网络节点采用 DSSS 调制技术, 最大传输功率 5 dBm, 接收灵敏度 - 98 dBm; 采用 3.3 V 供电, 电流 25 ~ 40 mA; 安装和组网十分灵活, 可以嵌入各种楼宇智能化监控设备应用. 文中介绍了无线楼宇设备监控系统结构, MSP430F2618 微控制器和 CC2520 无线收发器电路的设计, 以及主要程序.

关键词: 楼宇监控; 无线传输; MSP430F2618; CC2520

中图分类号: TP274⁺. 4 **文献标识码:** B

The Wireless Building Monitoring System Based on MSP430F2618 and CC2520

L IU Lan, HE Na, L U M ing-yan

(School of Electric Engineering, University of South China, Hengyang, Hunan 421001, China)

Abstract: The MSP430F2618 microcontroller and CC2520 RF transceiver can be used for building's monitoring system. The ZigBee wireless networking technology is utilized, with its coverage of single point up to 50 ~ 300 m, the transfer rate of 250 kbps, network nodes of 256, the networking time of only 30 ms, the safety of 128 bit AES, wireless network nodes by using DSSS modulation technique, the largest power transmission of 5 dBm, receive sensitivity of - 98 dBm; 3.3 V power supply, current 25 ~ 40 mA; the network layout and installation are very flexible and the system can be embedded in a variety of equipment. The paper introduced the structure of monitoring system, the circuit of MSP430F2618 microcontroller and CC2520 RF transceiver, and the main programming.

Key words: building monitoring; wireless transmission; MSP430F2618; CC2520,

收稿日期: 2009 - 06 - 25

作者简介: 柳 兰 (1970 -), 女, 湖南长沙人, 南华大学电气工程学院工程师. 主要研究方向: 智能控制及综合自动化.

0 引言

楼宇设备监控系统是楼宇自动化的重要组成部分,它将对整栋楼宇的空调制冷系统、给排水系统、变配电系统、照明系统、电梯、消防、安全防范系统等进行信号采集和控制,实现楼宇设备管理自动化,起到集中管理、分散控制、节约能耗的作用。而采用 ZigBee无线组网技术使楼宇设备布置十分灵活,组网灵活,安装费用低廉,并对楼宇设备监控系统进行重新布置时具有可移动性。

1 系统结构

楼宇设备监控系统的现场监控单元是系统的



图 1 无线楼宇现场监控系统的系统方框图

Fig 1 Block diagram of wireless building monitoring system

2 监控系统主要电路设计

2.1 微控制器电路设计

微控制器电路采用 MSP430F2618 单片机的典型应用电路^[3-4]。MSP430F2618 是一个 16 位的单片机,集成了较丰富的片内外设,分别有看门狗(WDT)、模拟比较器 A、定时器 A(Timer_A)、定时器 B(Timer_B)、串口 0、1(USART0、1)、硬件乘法器、液晶驱动器、8 通道 12 位 ADC、 \bar{I}^2C 总线直接数据存取(DMA)、端口 1~6(P1~P6)、基本定时器(Basic Timer)等外围模块;采用了精简指令集(RISC)结构,具有丰富的寻址方式(7 种源操作数寻址、4 种目的操作数寻址)、简洁的内核指令以及大量的模拟指令;大量的寄存器以及片内数据存储单元都可参加多种运算;有较高的处理速度,在 8 MHz 晶体驱动下指令周期为 125 ns。MSP430F2618 单片机的中断源较多,并且可以任意嵌套,使用时灵活方便。当系统处于省电的备用状态时,用中断请求将它唤醒只要用 6 μ s 电源电压采用的是 1.8~3.6 V 电压。

2.2 射频收发电路设计

射频收发电路采用 CC2520 芯片构成。CC2520 是德州仪器(TI)推出 2.4 GHz 免授权 ISM 频带专用的第二代 ZigBee/IEEE 802.15.4 无线射频收发器,提供了选择性、共存性和优异的链

路预算,专门支持各种 ZigBee/IEEE 802.15.4 及专属无线系统,适合工业监视与控制、家庭与大楼自动化、机顶盒、遥控和无线传感器网络应用^[5-6]。射频收发电路原理图如图 2 所示。在射频收发电路中,VCC_{EM}输入 1.8 V 到 3.8 V 电源电压。C14、C13、C21、C22 为退耦电容;偏置电阻 R4 用来提供精确的偏置电流,其应使用高精度 56 k ($\pm 1\%$)电阻;C12 为偏置器负载电容;X3 (32 MHz)与 C23、C24 两个负载电容一起组成外部晶体振荡器。CC2520 典型应用电路中的不平衡变压器由两条传输线(TLN inductor)和一些分立元件(C15、C16、C19 与 C20)组成,这种连接具有 50 Ω 的天线负载,在典型应用电路中还添加了一个由一条传输线和 C17、C18 组成的低通滤波器,以便加强对二次谐波的抑制。

3 系统主要程序设计

系统软件开发以 AR Systems 公司的 AR Embedded Workbench for MSP430 软件开发平台,以 TI 公司免费提供的 ZigBee-2007 协议为基础,实现小型 ZigBee 无线传感器网络的搭建。

3.1 系统初始化程序

系统应用任务的初始化由任务初始化函数 BuildingsApp_Init()来完成。任务初始化函数的功能是将该任务需要完成的各个部分功能初始化,任


```

BuildingsApp_epDesc latencyReq = noLatencyReqs;
afRegister( &BuildingsApp_epDesc ); // 登记终端描述到 AP
RegisterForUART ( BuildingsApp _ TaskID ); // 登记所有串口事件
}

```

3.2 任务处理程序

任务处理函数是对任务发生后的事件进行处理. 涉及到系统应用任务中所包含的功能模块, 像串口通信事件处理、网络状态的判断 (判断设备的类型, 是协调器还是路由器或者是终端设备)、发送事件处理、接收事件处理和电池容量检测事件. 任务处理函数具体函数代码为:

```

uint16 BuildingsApp_ProcessEvent( uint8 task_id,
uint16 events )
{
    afIncomingMSGPacket_t *MSGpkt;
    if ( events & SYS_EVENT_MSG ) // 系统事件
    {
        // OS发送过来的信息
        MSGpkt = (afIncomingMSGPacket_t *)osal_msg_receive( BuildingsApp_TaskID );
        while ( MSGpkt )
        {
            switch ( MSGpkt ->hdr.event )
            {
                case UART_CHANGE: // 串口接收事件
                    BuildingsApp_RXUART ( ((uartChange_t *)MSGpkt) ->state, ((uartChange_t *)MSGpkt) ->urat );
                    break;
                case URAT_ADC_TMEUP: // 电池检测事件
                    BuildingsApp_TMEUPADC ( ((timeupADC_t *)MSGpkt) ->state, ((timeupADC_t *)MSGpkt) ->ADC ); break;
                case AF_NCOMING_MSG_CMD: // 接收数据事件
                    BuildingsApp_MessageMSGCB ( MSGpkt );
                    break;
                case ZDO_STATE_CHANGE: // 网络状态发生变化事件
                    BuildingsApp_NwkState = (devStates_t) (MSGpkt ->hdr.status);
                    if ( (BuildingsApp_NwkState == DEV_ZB_

```

```

COORD)
        || (BuildingsApp_NwkState == DEV_ROUTER)
        || (BuildingsApp_NwkState == DEV_END_DEVICE) )
        {
           osal_start_timerEx( BuildingsApp_TaskID, BUILDNGSAPP_SEND_PERIODIC_MSG_EVT, BUILDNGSAPP_SEND_PERIODIC_MSG_TMOOUT );
        }
        else
        { // 设备不属于这个网络
        }
        break;
        default
        {
           osal_msg_deallocate( (uint8 *)MSGpkt ); // 释放存储器
            // Next - 如果有一个空闲的任务
            MSGpkt = (afIncomingMSGPacket_t *)osal_msg_receive( BuildingsApp_TaskID );
        }
        return (events ^ SYS_EVENT_MSG); // 返回未处理的任务
    }
    return 0;
}

```

4 结束语

所设计的无线楼宇设备监控系统以MSP430F2618微控制器为核心控制器, 低功耗, 处理速度快, 使用灵活方便; 利用CC2520无线收发器作为系统无线通信和组网的收发器, 使用安装灵活、传输速度快、可靠性高; 安装费用低廉, 对楼宇设备监控系统进行重新布置时具有可移动性, 能够满足智能化楼宇控制需要。

参考文献:

- [1] Texas Instruments, Inc. MSP430 Application [EB/OL]. <http://www.ti.com/msp430>

(下转第 48 页)

由上节的推导知 $\forall u \in C^6(\Omega) \cap H_0^1(\Omega)$, 有 $a(E_h^A u, u - u_h) = O(h^4)$.

3 收敛性分析的结论

定理 1 若 $f \in L^2(\Omega)$, 则 Poisson 方程
$$\begin{cases} -\Delta u = f, & (x, y) \in \Omega \\ u = 0, & (x, y) \in \partial\Omega \end{cases}$$
 的弱解 $u \in H_0^1(\Omega)$ 存在且唯一, 并有如下误差估计

$$\|u - u_h\|_{H^1(\Omega)} \leq Ch^{1-s} \|u - u_h\|_{H^1(\Omega)} \quad (s = 0, 1).$$

证明: $s = 1$ 时, 由双线性泛函 $a(u, v)$ 的连续性、强制性和正交性, 对 $\forall v_h \in V_h$, 有 $\|u - u_h\|_{H^1(\Omega)}^2 = Ca(u - u_h, u - u_h) = Ca(u - u_h, u - v_h) + Ca(u - u_h, v_h - u_h)$. 于是, 由 Cea 引理, 得 $\|u - u_h\|_{H^1(\Omega)} \leq C \inf_{v_h \in V_h} \|u - v_h\|_{H^1(\Omega)} = C \|u - u_I\|_{H^1(\Omega)}$. $s = 0$ 时, 构造辅助函数 w , 满足 $-\Delta w = u - u_h, w|_{\partial\Omega} = 0$, 则有正则性估计^[8]: $\|w\|_{H^2(\Omega)} \leq C \|u - u_h\|_{H^0(\Omega)}$. 于是, 对 $\forall v \in H_0^1(\Omega)$, 有 $a(w, v) = (u - u_h, v)$. 特别地, 取 $v = u - u_h$, 则有 $\|u - u_h\|_{H^0(\Omega)}^2 = a(w, u - u_h) = a(w - w_I, u - u_h) + a(w_I, u - u_h) \leq C \|w - w_I\|_{H^1(\Omega)} \|u - u_h\|_{H^0(\Omega)} + Ch \|w_I\|_{H^1(\Omega)} \|u - u_h\|_{H^0(\Omega)} \leq Ch \|u - u_h\|_{H^0(\Omega)}$. 从而得到 $\|u - u_h\|_{H^0(\Omega)} \leq Ch \|u - u_I\|_{H^1(\Omega)}$. 证毕.

参考文献:

- [1] 沈建国, 陈志杨, 张引, 等. 面向有限元分析的三角网格迭代优化 [J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2009(21): 1315 - 1321.
- [2] 张晋红, 吴凤林. 有限元法及其应用现状 [J]. 建材技术与应用, 2007(4): 9 - 10.
- [3] 陈传森, 黄云清. 有限元高精度理论 [M]. 长沙: 湖南科技出版社, 1995.
- [4] 喻海元. 基于几类基本三角形网格下的线性元与二次元的渐近展式和外推研究 [D]. 湘潭: 湘潭大学, 2006.
- [5] 傅凯新, 黄云清, 舒适. 数值计算方法 [M]. 长沙: 湖南科学出版社, 2002.
- [6] 张述良, 译. 有限元与近似法 [M]. 北京: 人民教育出版社, 1997.
- [7] Zhang Zhimin, Naga Ahmed. Validation of the a posteriori error estimator based on polynomial preserving recovery for linear elements [J]. International Journal for Numerical Methods in Engineering, 2004(61): 1860 - 1893.
- [8] Zhang Zhimin. Polynomial preserving gradient recovery and a posteriori estimate for bilinear element on irregular quadrilaterals [J]. International Journal of Numerical Analysis and Modeling, 2004(1): 1 - 24.

(上接第 40 页)

- [2] Texas Instruments, Inc. CC2520 datasheet [EB/OL]. <http://www.ti.com/CC2520>.
- [3] 黄智伟. 全国大学生电子设计竞赛电路设计 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2006.
- [4] 何娜, 黄智伟. 基于 CC2520 的 ZigBee / IEEE802.15.4 的收发器电路 [J]. 工业控制计算机, 2009, 22

- (3): 96 - 97.
- [5] 黄智伟, 何娜. 基于 MRF24J40 的 IEEE802.15.4 无线收发器电路设计 [J]. 现代电子技术, 2008, 21(11): 36 - 38.
- [6] 黄智伟. 单片无线收发集成电路原理与应用 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2005.