

文章编号: 1671-1742(2007)05-0606-04

基于 MSP430 的旅客列车报警系统设计

曹 廷, 王正勇, 滕奇志

(四川大学电子信息学院图像信息研究所, 四川 成都 610064)

摘要: 介绍了旅客列车报警系统的组成。给出了基于 MSP430 单片机并结合新型的高性能低功耗的收发一体的 CC1100 芯片, 设计报警节点; 利用 BCH(15, 7) 编码保证无线通信的可靠; 并用间断工作的方式进一步降低了功耗。通过实验证明, 设计运行稳定可靠, 并满足低功耗长时间工作的要求。

关键词: MSP430; 低功耗; 无线数据传输; 语音报警

中图分类号: TP368.1

文献标识码: A

1 引言

目前国内的每列旅客列车上仅有 2-3 名乘警, 在发生突然事故时往往由于警力不足、通讯不畅, 乘警不能及时赶到事发现场而造成严重的后果。在这种背景下, 一种列车上发生突然事故时能迅速通知乘警的电子装置就成为必需。

2 列车报警系统组成

在每隔一节车厢的乘务室里, 安装一台报警节点, 每个报警节点有相应的编号, 称为节点号。在某节车厢上发生突然事故时, 该节车厢的乘务员通过控制键盘将发生的事件输入报警器, 该事件和节点号一起构成了报警信息供无线模块传输。报警信息则通过接力(一站传一站)的方式传遍各个报警节点。当报警器收到其他报警节点的报警信息时, 根据收到的报警信息用语音芯片把其中的信息转换为相应的语音信号, 该语音信号通过对讲机模块传到在一定范围内的乘警配备的对讲机上, 通知乘警赶到现场进行处理。系统组成如图 1 所示。

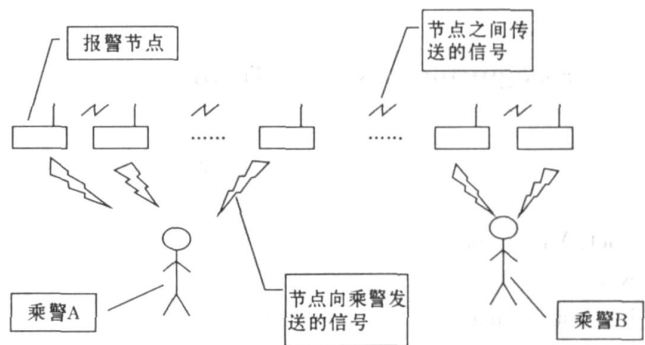


图1 旅客列车“110”报警系统模型

3 报警节点的组成

报警节点以 MSP430 单片机作为控制核心, 由 4 节镍氢充电电池串联供电, 用高速晶振为系统提供外部时钟。主要由主控制器 MSP430^[1]、电源模块、键盘显示模块、无线数据传输模块和语音对讲机模块组成。报警节点组成框图如图 2 所示。

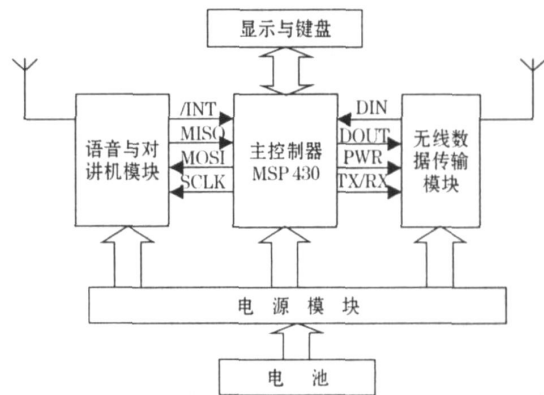


图2 报警节点组成框图

主控制器是系统的核心,对整个系统的性能起着决定性作用。从低功耗和稳定性方面考虑,系统采用了 TI 公司的 MSP430F1232^[2] 单片机作为主控制器。该单片机可在 1.8–3.6V 的电压下工作,耗电电流在 0.1–400μA 之间,这取决于不同的工作模式。显示模块由 5 个发光二极管组成,用于显示系统当前状态或收到的信息。控制键盘用于人机交互。系统由 4 节镍氢电池串联供电,为降低功耗,采用了低静态电流的 LDO 将电池电压转换为稳定的 3.3V 电压供各模块使用。语音部分是由语音信号采集、存储和回放功能的高性能语音存储处理芯片 ISD4002-120^[3]。该芯片工作电压 3.3V,工作电流 15–25mA 维持电流为 1μA,属低功耗产品。能存储 120 秒的语音信息,语音信息以分段的方式存储,使用方便。在系统使用前,将特定语音信号采集到语音存储芯片。当报警的时候,系统读取相应的语音报警信号,并通过对讲机模块发送到乘警配备的对讲机上,达到报警的目的。无线数据传输模块用于将报警信息通过接力传输的方式传遍各个节点。系统的无线传输模块采用 CHIP-CON 公司的 CC1100 芯片设计的。该芯片是专为低功耗应用设计的低成本单芯片 UHF 收发器,工作在 400–464MHz 的 ISM 频段,内部采用 GFSK 调制方式,接收灵敏度极高(可以到 -125dBm),具有很高的通信效率,在开阔地带,无线传输距离可达到 4 节车厢,而在隧道中也能达到 2 节车厢的距离。

4 软件设计

MSP430 系列单片机支持 C 语言程序设计,大大提高了软件设计开发的工作效率,增强了程序代码的可靠性、可读性和可移植性。主程序流程图如图 3、图 4 所示。软件主要分为两部分:(1)接收部分:在没有收到报警信息的时候,节点处于“等待,低功耗状态”;当收到报警信息后,对报警信息进行处理,并判断该信息需不需要转发给其他节点,如果不需要,则返回到“等待,低功耗状态”,如果需要转发信息,就包报警信息转发出去;然后判断是否需要想乘警发送语音报警,如果不需要,就直接回到待机状态,如果需要,则想乘警发送语音报警,报警完成后回到待机状态。(2)发送部分:当节点有人触发报警按钮时,首先判断该按键是用于设置的还是报警的,如果是用于设置,则进行相关的设置程序,设置完成后返回到待机状态;如果是报警,则把报警信息打包传送出去,传送完成后再判断是否需要向乘警发送语音报警,如果需要就向乘警发送语音报警,报警完成后又进入待机状态。

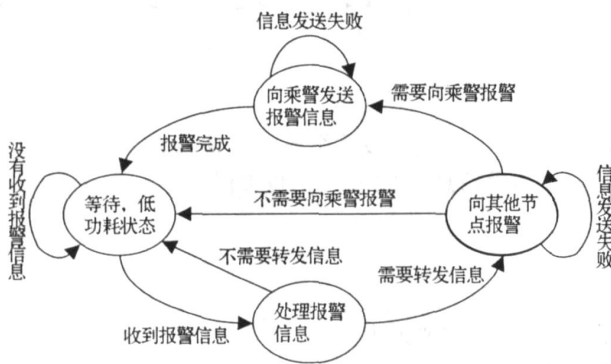


图 3 报警节点工作状态,接收部分

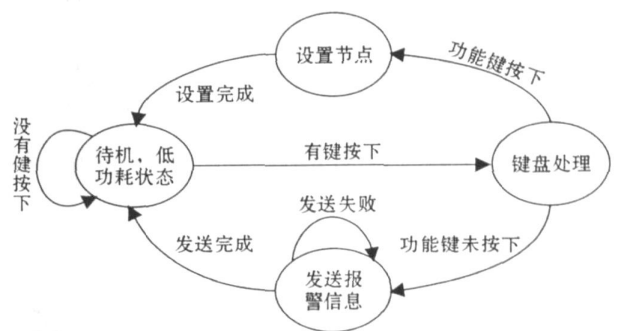


图 4 报警节点工作状态,发送部分

5 通信的可靠性

由于列车上环境复杂,电气干扰源比较多,所以为了保证点对点通信的可靠,数据在底层无线传输中需要增加必要的通信协议。设计中对有效数据进行打包,格式为:前导码、地址、报警信息、校验码。其中“前导码”为 0xaa,每 200ms 发送一次,持续 2s,这样做是为了保证把目标节点唤醒。“前导码”发送结束时,发送 0xff,0x00,表示接下来的是报警数据。“地址”包含了信源地址和目的地址用于信息的传输。“报警信息”则是对报警信息的封装,里面包含了报警的机器号和事件信息。

“校验码”采用 BCH(15,7)^[4] 纠错编码。编码:(15,7)码是距离 $d=5$ 的本原 BCH 码,它能有效的纠正两位随机错误。设 $m = (m_{k-1}, m_{k-2}, \dots, m_0)$ 为信息序列, G 为生成矩阵, H 为校验矩阵为式(2)、(3)。则相应的编码

输出序列为: $c = m \cdot G$ (1)。由于 $c = m \cdot G$ 执行的是一组模二和运算, 如: $c_{14} \sim c_8 = m_6 \sim m_0$, $c_7 = m_6 \oplus m_2 \oplus m_0$, $c_6 = m_6 \oplus m_5 \oplus m_2 \oplus m_1 \oplus m_0$ 等。

$$G = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$H = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

译码: 由于(15, 7) 码长度较短, 因此可以采用错误图样来查找得到错误序列, 该方法可以分为以下 3 步: (1) 接收到的 r 计算出错误图样 s , 即 $s = r \cdot H^T$ (2) 由错误图样 s 计算出错误序列 e , (3) 由 $r \oplus e$ 得到可能发送的码字。错误图样 s 的取得也可以用一组异或运算得到。设错误位置为 i 时, 可以得到错误图样 s_i , 当错误位置为 j 时, 可以得到错误图样 s_j 。则当错误在 i, j 同时发生时, 得到的错误图样为: $s_{i+j} = s_i \oplus s_j$ 。可以证明: (15, 7) BCH 码的错误图样 s 和两位以内的错误序列 e 满足一定的双射(一一对应) 关系。如:

if $s = 10001011$ then $e = 1000000000000000$
 if $s = 10000000$ then $e = 0000000100000000$
 if $s = 10001010$ (H 矩阵第 1 列与第 15 列异或的结果) then $e = 1000000000000001$ 等。这些对应关系可以预先制成表格, 存放于单片机的 flash 里, 在译码的时候通过查表来求得 e , 然后用公式就可以得到信息码的估计值。但当错误数 ≥ 3 时, 这个估计值 c' 是错误的, 所以编码时, 在一个 BCH 码字的后面还加上一个奇偶校验位, 从而避免了纠错后得到的信息码是错误的。如果纠错后, 用奇偶校验发现信息码是错的, 则只有等源节点重发信息。15 位 BCH 码加上 1 位奇偶校验位组成了一个 16 位长的码字, 正好是 2 个字节, 方便了单片机传输。最后组成的一帧数据格式如图 5。

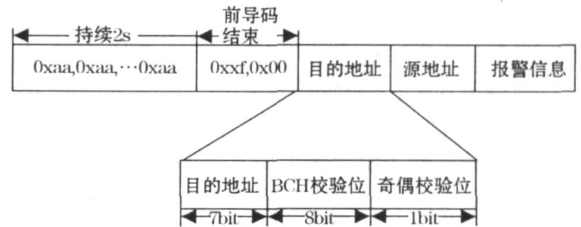


图 5 一帧数据格式

6 低功耗设计

由于整个设计是用电池供电的, 功耗是一个重要问题, 若电池经常需要人为更换, 其可用性就有待考虑。其中消耗最大的是在射频信号发射过程中, 因此必须合理地切换芯片收发, 为了进一步降低功耗, 节点采用间断工作的方式: 每 2 秒钟的时间里, 有 1.5 秒的时间是处于深度睡眠状态(只有单片机里的时钟模块和键盘保持运行, 其他模块全部掉电); 另外 0.5 秒的时间无线数传模块工作于接收状态, 可以接收其他节点来的信息。这样节点的功耗进一步的降低了。

7 实验数据

对该报警系统进行了通信距离, 可靠性, 待机时间等关键参数进行了测试。测试主要是在旅客列车上进行的, 这样得到的数据是和用户使用的时候的情况是一致的。进行测试的路段是成都至攀枝花, 成都至广元 and 重庆至秀山, 这些路段都是典型的山地地形, 隧道很多, 这对测试系统的性能是很有利的。通过测试, 在开阔地带, 无线传输模块的稳定传输距离为 4 节车厢, 对讲机能收到清晰语音信号的距离为 4 节车厢; 在隧道中, 无线传输模块的稳定传输距离为 2 节车厢, 对讲机能收到清晰语音信号的距离为 2 节车厢。在整个测试的过程中, 并没有发

现系统死机以及程序跑飞的情况,这说明我们的系统是比较可靠的。由于在列车上的时间有限,我们的待机时间是在实验室测得的,待机时间是 150- 170 小时左右,基本满足了系统的要求。

8 结束语

系统主要应用于旅客列车上,实现列车上出现突发事件时及时报警。这既解决了列车上警力不足的问题,又有力地保证了乘车旅客的人身和财产安全。同时,该系统也可应用于楼宇、企业、酒店、银行、医院、学校等重要场所,有很大的市场潜力,将产生良好的经济效益和社会效益。

参考文献:

- [1] 魏小龙. MSP430 系列单片机接口技术及系统设计实例[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2002.
- [2] Texas Instruments Inc. . MSP430x1xx Family User' s Guide, 2005.
- [3] Texas Instruments Inc. . CC1100- data- sheet- 1- 0, 2005.
- [4] 王新梅,肖国镇. 纠错码—原理与方法[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2002.

Design of passenger train alarm system based on MSP430

CAO Ting, WANG Zheng-yong, TENG Qi-zhi
(Institute of Image Information, SCU, Chengdu 610064, China)

Abstract: The composition of the passenger train alarm system is introduced. The alarm node is designed based on the MSP430 MCU and with the high performance and low power consumption. The UHF transceiver chip CC1100 is given and the BCH (15, 7) code is used to guarantee the reliability of the wireless communication. The intermittent node work reduces the power consumption. The experiment shows that the design works stably, reliably and fits the requirement of the low power consumption and long time work.

Key words: MSP430; low power consumption; wireless data transmission; voice alarm