

# 超低功耗 MSP430 在无线传感网络上的应用

陈 飞, 韦 穗, 李中一

(安徽大学 计算机智能与信息处理教育部重点实验室, 安徽 合肥 230039)

**摘 要:**介绍了超低功耗单片机 MSP430 与射频电路结合利用无线传感网络来实现智能交通的目的。在要求能量消耗较低的情况下,把多个端机分布在马路的各个车道上,利用磁敏传感器,通过无线传感网络把检测到车流量的信息发送到基站上,再把有效信息传递到上位机中,最终获得车流量的信息。实验证明该方法与传统的线圈检测方法相比,前者具有良好的实时性与准确性。

**关键词:**无线传感网网络;端机;基站;上位机;超低功耗

**中图分类号:**TP393

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-629X(2008)11-0168-04

## Application of Ultra - Low Power MSP430 MCU in Wireless Sensor Network

CHEN Fei, WEI Sui, LI Zhong-yi

(Ministry of Education Key Lab. of Intelligent Computing and Signal Processing, Anhui University, Hefei 230039, China)

**Abstract:** Introduced ultra - low power singlechip MSP430 and the radio frequency circuit union are used in the wireless sensor network to realize the intelligent transportation. In the situation of requesting lower energy consumption, many nodes are distributed in the traffic's lane, using magnetism sensitive sensor, through the wireless sensor network, the traffic flow magnitude message rout to the base station. Effective information is transmited superior machine. Obtains the information of vehicles' number in the end. Compare to the traditional coil examination, the experiment proved that this method had the good timeliness and the accuracy.

**Key words:** wireless sensor network; node; base station; superior machine; ultra - low power

## 0 引言

随着社会经济的发展,城市的人口数量在不断增加,城市的车辆数量也成倍增长,与之伴随的就是交通问题。解决问题的方法有两种:一是减少车的数量;二是收集交通车辆的实时信息,有效地实时控制。可以明显看出前者是不可取的,所以采用后者已经是解决现在城市交通问题的一个有效手段,同时它也是属于智能交通(ITS)的范畴。交通车辆的实时信息有很多,譬如车流量、车速等。怎样实时获取车流量的信息,已是智能交通的核心内容之一。

文中设计的系统是利用了超低功耗单片机 MSP430<sup>[1]</sup>。MSP430 的超低功耗使其

在电池供电、便携式设备的应用中表现出非常优良的特性。同时该系统还使用了射频模块,射频模块中选择的射频芯片是 CC1100<sup>[2]</sup>。单片机、射频模块以及其它相关的模块组合在一起做成端机与基站,文中是对之硬件的设计与软件的控制加以分析,在此基础上,将该设计的系统应用到智能交通上,从而达到实时测车流量的目的。该系统的网络模型如图 1 所示。

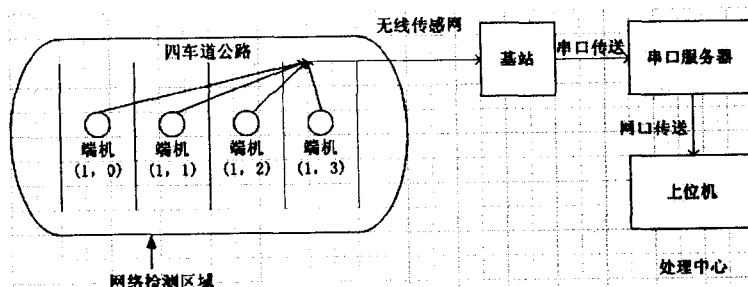


图 1 无线传感网在智能交通中的网络模型

收稿日期:2008-02-29

基金项目:教育部高等学校博士学科点专项科研基金(20070357003);  
安徽大学“嵌入式”创新基金(2007kj008)

作者简介:陈 飞(1982-),男,安徽合肥人,硕士研究生,研究方向为信号与信息处理;韦 穗,教授,博士,博士生导师,研究方向为图像处理、计算机应用。

## 1 智能交通系统硬件设计

### 1.1 端机硬件的设计

一般端机是埋在马路下面的,一个要保证圆柱匣

子的密封性能好,一定要防水,二个是端机采用是蓄电池供电,不可能不间断地更换电池,这就要求端机板消耗电能要少,必须用超低功耗性能的单片, MSP430F149<sup>[3]</sup>工作在 1.8~3.6V 电压下,有正常工作模式(AM)和 4 种低功耗工作模式(LPM1、LPM2、LPM3、LPM4),各种模式的工作电流分别为 AM: 344 $\mu$ A、LPM1: 74 $\mu$ A、LPM2: 19 $\mu$ A、LPM3: 3 $\mu$ A、LPM4: 0.2 $\mu$ A。从上述的数据可以看出 MSP430 系列单片机作为控制机恰好符合要求,在文中设计的系统中使用的是 MSP430F149 系列。

端机板上由控制单元 MSP430F149、射频模块与磁敏传感器三大部分组成<sup>[4]</sup>,如图 2 所示,其中磁敏传感器的作用是感知磁性物体的存在或者磁性强度,所以当一辆车走过,会对周围的磁场产生影响,这就能被磁敏传感器检测到,同时为了实现信号的有效放大加了一个数字电位器与一个二级放大电路,本系统中数字电位器使用的芯片是 AD8403,而二级放大电路使用的芯片是 LM324,它与 MSP430F149 内的 SPI0 接口一起通过改变电阻的方式来实现信号的实时有效放大,把放大的有效信号 Sensor 传给控制器 MSP430 中带有中断的引

角 P1.4,端机利用控制器 MSP430F149 内部具有另一个 USART 的同步接受/发送模式 SPI1(MSP4309F149 内部有 2 个 SPI 接口)来实现对外部通信,最后把该信息利用射频模块中射频芯片 CC110 来实现把该通过天线把信息发送出去,再利用无线传感网络把多个端机获得的信息分别发送到基站上。

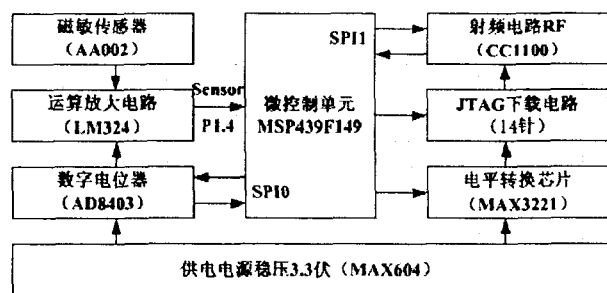


图 2 端机板的硬件设计

在端机板上,还有其它的几个模块在调试中使用,譬如串口通信,还有稳压电路,保证给控制器与射频模块提供稳定的电压,本系统使用的电压是 3.3 伏,使用的稳压芯片是 MAX604。

## 1.2 基站硬件的设计

基站的作用是利用无线传感网接收各个端机检测到的车流量信息,接受信息的模块就是射频模块,如图 3 所示,其次射频模块把得到信息传送给单片机

MSP430F149,基站利用控制器 MSP430F149 内部具有 USART 的同步接受/发送模式 SPI1(MSP4309F149 内部有 2 个 SPI 接口)来实现实时通信,当控制器接收后经过处理把数据通过一定的方式发送到上位机,而上位机是在在公路交通的实时指控中心内,从基站发送到上位机上的方式可以通过串口,通过 MAX3221<sup>[5]</sup>电平转换芯片,把该芯片的引角 EN, FORCEOFF, INVALID, R1OUT, T1IN 都与该控制单元芯片对应的引角相连接<sup>[5]</sup>。也可以通过串口服务器利用网络把信息传到上位机上,该系统我们使用的是后者,一般情况下常把串口服务器集成到基站板上,这样把网络接到基站板上的网口上就可以利用网络实现有效数据发送到上位 PC 机上<sup>[6]</sup>。

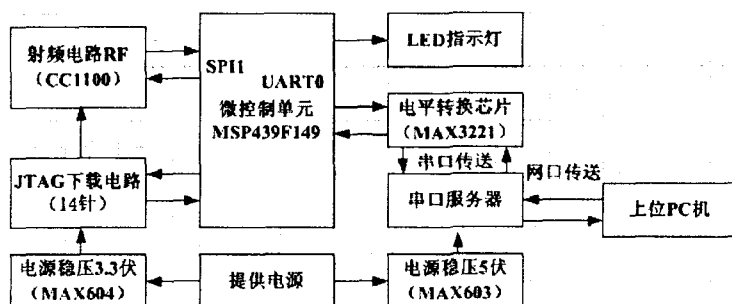


图 3 基站的硬件设计

## 1.3 硬件设计的总结

上述的叙述过程中已经完成了该智能交通系统的硬件设计,但是有时如果考虑到基站与端机之间的距离太远还要在基站板与端机板上分别加上功率放大电路来实现信号的放大,以便于可以远距离收发数据。

## 2 智能交通系统软件设计

智能交通系统软件设计包含两大部分:

- 1)端机与基站的控制电路的软件设计;
- 2)端机与基站的射频电路的软件设计。

上述的两类软件设计的程序流程图如图 4 所示,包括主程序与中断程序<sup>[7]</sup>,可以看出首先是对系统初始化,其次进入循环内,看看状态寄存器的值来判断具体的状态,一般状态寄存器默认的值是 0X0D,这个状态就是让射频处于接受状态,等待数据的接受<sup>[8]</sup>。如果发射缓冲器为空就等待,发射缓冲器不为空就立即执行发射数据,当判断发射缓冲器中为空时,就会停止发射,进入循环,发送后边到来的新数据。但如果在程序运行过程中,当 P1.0 这个 I/O 口的中断标志位置位,就会立即进入中断,该系统设计的是基站通过中断的方式接收各个端机发送来的车流量数据<sup>[8]</sup>。一旦进入中断,先让 P1.0 这个 I/O 口的中断标志位复位,再通过一个命令滤波来禁止接受或发送状态,然后再接

受数据,直到接受缓冲器为空为止,当接收缓冲器为空时还要通过一个命令滤波使得基站或者端机处于接受状态,等待下次再进入中断<sup>[9]</sup>。

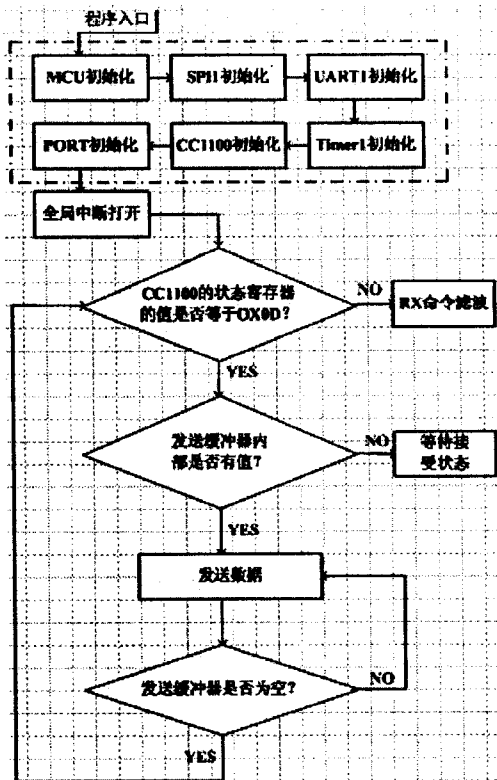


图4 主程序(左)与中断程序(右)的流程图

### 3 智能交通系统的实验结果

当端机上有车辆经过,这个信息就会通过天线发射出来被基站接受,然后基站再把这个信息通过网口传到上位机上,通过界面在报表中显示出来,形式如图5所示。

从上图可以看出,使用4个端机板,分别埋在4车道中,(1,n)车道指的是n个车道,在这个报表上可以清楚地看到每个小时在各个车上来往的车辆,此时

下发设定上报数据的时间是3分钟(这个时间可以通过上位机软件进行修改),也就是每隔3分钟从端机中上报一次数据到上位机的报表中。

#### 3.1 实验数据

把利用无线传感网络到智能交通上测流量与通过传统的线圈检测流量这两种方法与实际的车道上的流量进行比较,表1是在上海的一个马路上从凌晨到中午车流实验得到的数据。

#### 3.2 实验结果分析及评价

上述数据反映出车流量的信息,可以得到下面的结果:

1) 从凌晨到中午这段时间内,可以看出从00-06这段时间内车流量很小,从06-08这段时间内车流量才回升,到09-10这个小时是车流量高峰期,在从10-12这段时间内又从车流量又得到适当下降。

2) 可以看到车道(1,0)与(1,3)流量很少,而(1,1)与(1,2)车流量很多,原因是前者是在马路的两边,车辆一般是从中间的两个车道走过的。

3) 从端机检测与实际检测的数据看,端机的检测结果比实际的车流量数目要大,实际检测3847辆车,

观测类型:日报表 观测站名: 观测线路:						观测时间: 2007-11-29	
小时	(1,0)车 道	(1,1)车 道	(1,2)车 道	(1,3)车 道			
0-1	12 (0.31%)	20 (0.59%)	27 (0.70%)	5(0.12%)	64		
1-2	9(0.25%)	25 (0.84%)	31 (0.99%)	1(0.01%)	66		
2-3	6(0.20%)	19 (0.60%)	13 (0.56%)	2(0.06%)	40		
3-4	4(0.07%)	12 (0.37%)	8(0.36%)	0(0.00%)	24		
4-5	4(0.17%)	18 (0.35%)	9(0.38%)	0(0.00%)	29		
5-6	8(0.17%)	30 (0.74%)	17 (0.59%)	0(0.00%)	55		
6-7	49 (2.13%)	66 (1.97%)	68 (2.48%)	21 (0.69%)	204		
7-8	106 (3.41%)	198 (5.06%)	195 (5.36%)	95 (2.84%)	584		
8-9	177 (5.37%)	259 (7.40%)	271 (8.19%)	136 (4.28%)	843		
9-10	217 (7.28%)	278 (7.75%)	245 (7.72%)	136 (4.00%)	876		
10-11	139 (5.24%)	232 (7.85%)	171 (6.49%)	114 (3.69%)	656		
11-12	204 (10.50%)	151 (7.52%)	109 (5.22%)	127 (6.68%)	591		
12-13	144 (4.69%)	225 (5.24%)	151 (3.96%)	88 (1.79%)	588		

图5 车辆报表

而端机检测的是 3859 辆车,端机的检测结果比实际的车流量数目要大,相对误差是 $(3890-3847)/3847=2.18\%$ 。而线匝的检测 results 比实际的车流量也是大,它的相对误差是 $(3974-3847)/3847=3.3\%$ 。可以看出用端机检测比线匝检测相对误差更小。

4) 无论哪种检测都是在车流量高峰期,误差比较大,而在车流量小的时间内误差是比较小的。

表 1 车流量的实验数据

时间 (小时)	车道				车辆数目		
	(1,0) 车道	(1,1) 车道	(1,2) 车道	(1,3) 车道	端机 检测	线匝 检测	实际 检测
00—01	12	20	27	5	64	61	63
01—02	9	25	31	1	66	67	64
02—03	6	19	13	2	40	41	41
03—04	4	12	8	0	24	25	24
04—05	4	16	9	0	29	30	28
05—06	8	30	17	0	55	59	55
06—07	49	66	68	21	204	210	206
07—08	106	188	195	95	584	595	581
08—09	177	259	271	136	850	858	840
09—10	217	278	245	136	886	905	874
10—11	139	232	171	114	681	680	656
11—12	204	151	109	127	591	610	588
总计	935	1296	991	637	3890	3974	3847

4 结束语

从上述的分析可以看出,该系统检测比线圈检测准确度高,稳定性能好。为了提高车流量高峰期检测车流量的准确性,还可以通过修改下载到端机内部的程序,把磁敏传感器的灵敏度升高或者降低,来更好地

适应对应马路上的车流量的检测。同时为了保证实时性,可以通过上位机软件来下发配置修改端机上报数据的时间。如果端机与基站要求距离比较远,常常还要在端机板与基站板上分别加上功放电路,功放电路放在射频电路与天线之间,满足远距离传送数据。

虽然利用该系统可以适当降低相对误差,但误差还是有的,针对这个不足还在不断地改善中,同时这只是应用在智能交通检测车流量,还有在智能交通其它方面的应用,譬如测车速、停车位的检测等也在不断研究中。

参考文献:

[1] 胡大可. MSP430 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,2000.

[2] CC1100. Datasheet[EB/OL]. 2006. <http://microcontroller.ti.com>,2006.

[3] MSP430F149. Datasheet[EB/OL]. 2003. <http://microcontroller.ti.com>,2003.

[4] 沈建华. MSP430 系列 16 位超低功耗单片机实践与系统设计[M]. 北京:清华大学出版社,2005:391-400.

[5] MAX3221. Datasheet[EB/OL]. 2003. <http://microcontroller.ti.com>,2003.

[6] 魏晓龙. MSP 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.

[7] MSP430 Internet Connectivity[EB/OL]. 2002. <http://microcontroller.ti.com>,2002.

[8] Poon W. ISX Web Server Implementation With Ethernet As The Physical Layer[R]. [s. l.]: Scenix Semiconductor, Inc, 2000:1-11.

[9] 胡大可. MSP 系列单片机 C 语言程序设计与开发[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2003.

(上接第 167 页)

(b)  $AG(\neg put(seq) \rightarrow \neg Efget(seq))$ 。  
经过验证,该程序能够正确实现这一功能。

4 结束语

在建模阶段即联系要验证的性质,从源码中提取相关信息,这无疑可以减少无用的状态空间。而程序切片技术的日臻成熟,恰为这一需求提供了有力的工具。与原来软件验证的建模方法相比,文中提出的方法更有效率。

目前只是提出了应用静态程序切片来得到与验证有关的语句,对验证谓词的提取还是很粗糙,今后可结合谓词抽象技术,进一步精简模型。

参考文献:

[1] Clarke E M, Grumberg O, Peled D A. Model Checking[M]. MA: MIT Press,1999:14-26,28-32.

[2] Pei F I, Shlyakhter I, Gupta A, et al. Model Checking C Programs Using F-SOFT[C]//Proceedings of the 2005 International Conference on Computer Design. Washington,DC, USA:IEEE Computer Society,2005:297-308.

[3] Zhao Jianjun. Slicing Concurrent Java Program[C]//Proceedings of the 7th IEEE International workshop on program comprehension. New York, NY, USA:ACM,1999:126-133.

[4] Horwitz S, Reps T, Binkley D. Interprocedural Slicing Using Dependence Graphs[J]. ACM Transaction on Programming Language and System,1990,12(1):26-60.