

doi: 10.7690/bgzdh.2014.11.020

基于 CC1110 的无线气压采集系统

张志友¹, 陈德富²

(1. 南京信息职业技术学院继续教育学院, 南京 210046; 2. 浙江工业大学信息工程学院, 杭州 310023)

摘要: 针对现行节能灯管真空度, 通过控制真空泵工作时间存在不精确、效果差的问题, 设计一种基于 CC1110 的低功耗无线气压采集系统。给出系统结果原理, 研究工作/休眠机制、邻居节点免冲突机制以及基于 DMA 的高效数据传输策略, 以实例分析并计算节点能耗。实验结果表明: 该采集系统功耗极低, 且运行稳定可靠, 多个采集节点之间没有冲突干扰, 可为精确控制灯管真空度提供参考。

关键词: CC1110; 低功耗; 休眠; 配对; DMA

中图分类号: TP273 **文献标志码:** B

Gas Pressure Acquisition System Based on CC1110

Zhang Zhiyou¹, Chen Defu²

(1. School of Continuous Education, Nanjing College of Information Technology, Nanjing 210046, China;

2. College of Information Engineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310023, China)

Abstract: Aiming at energy-saving lamp vacuum degree, and the low accuracy and bad effect of current control vacuum pump working time control, design a low power wireless air pressure collection system based on CC1110. Give system result principle, research work/sleep mechanism, neighbor node collision avoidance mechanism and DMA high efficiency data transmission strategy based on DMA. Use example to analyze and calculate node power consumption. The test results show that the system power consumption is low, and system operation is stable and reliable. There is no conflict and interference among multi collection nodes, and give reference for accurate control of lamp vacuum degree.

Keywords: CC1110; low power consumption; sleep; pair; DMA

0 引言

节能灯管中惰性气体的纯度是保证灯管质量的核心参数之一, 直接影响灯管的亮度和使用寿命^[1]。因而在灯管的生产过程中, 注入惰性气体之前保持灯管足够高的真空度就显得尤为重要。节能灯的抽真空和惰性气体注入是在一个旋转的圆排车工艺中完成的。因此, 灯管的真空度并不能通过传统有线的方式测量。现行的解决办法大多是依靠经验, 通过控制真空泵工作的时间来控制灯管内部的气压。这种方法虽然实现简单, 但是并不能精确获得灯管真空度的值, 因而控制效果较差。笔者设计了一种基于 CC1110 的气压无线传输方案, 可以实现节能灯生产过程真空度信息的精确获取。

1 系统方案

系统由感知节点和收集节点组成。其中感知节点部署与运动工位上, 由电池供电, 负责采集工位气压并以无线的方式发送到收集节点; 收集节点部署在控制室, 由外部电源供电, 负责收集感知节点发来的气压信息并上报到控制中心。为了降低感知

节点功耗, 压力传感器的供电是可控的。当需要采集压力时, 传感器由 CC1110 控制供电, 其他时刻断开电源以节能。系统结构如图 1 所示。

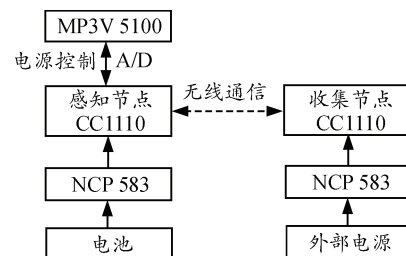


图 1 采集系统结构

感知节点使用电池供电, 经过一个低压差线性稳压器 NCP583 后降压成 3.3 V 提供给系统工作。NCP583 是一个低静态电流的低压差线性稳压芯片, 其静态电流低至 1 μ A, 最大输出电流可达 150 mA。CC1110 节点收发数据时典型电流不超过 30 mA, 该芯片的输出能力可以满足系统需求^[2]。

压力传感器使用 Freescale 公司的模拟式气压传感器 MP3V5100^[3]。该传感器的供电电源可以低至 3.0 V, 气压检测电流不超过 7 mA, 芯片上电后

收稿日期: 2014-06-13; 修回日期: 2014-07-14

作者简介: 张志友(1982—), 男, 江苏人, 硕士, 讲师, 从事物联网、测试计量及仪器方向的研究。

能够正常输出时间不超过 20 ms，满足电池供电系统节能的基本需求；检测气压范围在 0~0.1 MPa 之间，满足节能灯管真空度检测的范围；模拟电压输出直接接至 CC1110 的 P0 口进行 A/D 转换。

2 软件设计

2.1 休眠及基本通信机制

感知节点由电池供电，更换一次电池能持续工作的时间成为制约系统实用性的重要因素。笔者在感知节点使用了“休眠-工作”的策略^[4]。节点按照时间帧来管理自己的生命周期，每个时间帧由休眠周期和工作周期组成。在休眠周期，节点关闭射频模块，控制器工作在休眠模式并切断传感器的电源；在工作周期，节点采集气压并通过无线的方式发送到收集节点。收集节点工作在无线接收模式，时刻准备接收感知节点发来的气压信息。收集节点在接收到数据包后需要回复 1 个确认包。感知节点根据确认包来判决数据发送成功或执行相关命令。

2.2 多信道配对

在 1 个应用系统中，往往会有多个气压采集对。因而，如何确保感知节点获得的气压数据正确发送到对应的收集节点是本应用需要重点解决的 1 个关键问题。系统设计了 1 种多信道的配对策略：感知节点和收集节点以配对的形式通信，成功配对后双方分配随机地址和信道。未配对的感知节点和收集节点由于选择了不同的无线信道，因而不能互相通信；即使偶然选择了相同的信道，由于不知道对方的地址，开启了地址过滤功能后也不能正确接收到对方数据。如图 2 所示，多信道配对策略设计如下：

1) 上电后收集节点首先打开广播地址接收，然后进入配对模式，轮询各个信道并等待接收感知的配对信息。

2) 感知节点选择 1 个随机信道并广播配对包，然后转入接收状态并等待收集节点的确认信息。若在规定时间内信道上无应答，则再次广播配对包，直至最大配对次数满。

3) 收集节点在某个信道接收到配对信息，首先记录下该信道作为双方通信的信道，然后产生 1 组随机的地址信息，接着记录下分配给自身的地址并写入地址寄存器，最后将分配给感知节点的地址搭载进入确认包并回复给感知节点。

4) 感知节点接收到确认包后，记录下双方的地址，回复确认包到收集并标记自身为已配对状态。

5) 收集接收到感知节点的确认包后标记自身为已配对状态。

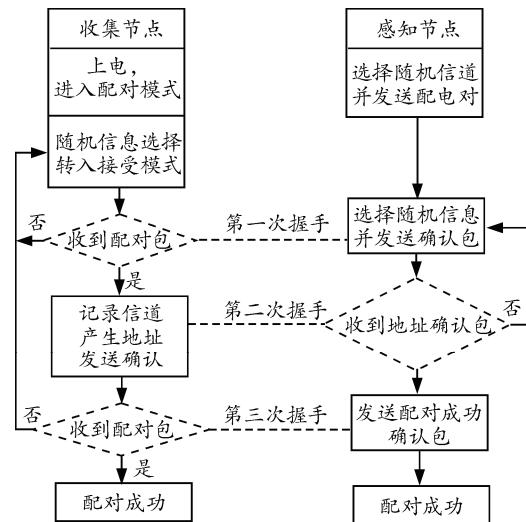


图 2 多信道配对策略

2.3 基于 DMA 的数据收发

CC1110 内部直接内存存取 (direct memory access, DMA) 部件允许射频模块直接操作 RAM 中的数据，提高了无线收发的效率；而且在无线模块操作的同时允许 CPU 做其他工作，提高了系统的效率。本系统中，配置 CC1110 的 DMA 模块，采集的气压数据通过 DMA 功能发送^[5]。要使用好 DMA 功能，其源地址、目的地址以及数据包长度的设置需要特别注意：

1) 设置 DMA 的源地址。发送时，DMA 部件从 RAM 中读取数据，所以源地址应该是 RAM 中的某一段数据的首地址；接收时，DMA 部件从 RFD 寄存器中获得无线模块接收到的数据，所以源地址应该是 RFD 寄存器。

2) 设置 DMA 的目的地址。发送时，DMA 从 RFD 寄存器中读取数据并发送，所以目的地址应该是 RFD 寄存器；接收时，DMA 部件从无线模块接收数据并存储到 RAM 中，所以目的地址应该是 RAM 中的某一段数据的首地址。

3) 数据包长度决定了 DMA 部件从源地址搬移数据到目的地址的长度。因为收集节点可能回复不同含义的命令字，所以本系统中设计 DMA 长度可变。CC1110 的基本通信结构包含 1 个可选的长度域、可选的地址域。定义 VLEN=001，则在长度域后面的由长度域字节所指定的长度的数据包会被 DMA 部件处理。

3 节点能耗分析

休眠时电源芯片 NCP583 模块功耗 1 μA, CC1110 功耗为 3 μA, 气压传感器电源被切断, 故节点休眠时功耗为 4 μA 左右。无线通信时, 节点收发电流为 20 mA (0 dBm 发送强度), 单次通信需要发送 10 个字节 (包含数据包头、数据包长度、地址信息、校验码以及气压信息), 然后转换成接收状态并接收 10 字节的确认包。配置无线通信速率为 250 kbit/s, 则单次通信所需要的时间约为 1 ms。气压检测时传感器电流为 5 μA, 芯片电流为 5 mA, 单次转换需要不超过 7.5 ms。设系统每 10 s 进行一次气压测量并发送, 记休眠的能耗为 E_{slp} , 无线通信的能耗为 E_c , 传感器的能耗为 E_{sen} , 时间周期为 T , 则计算节点平均能耗为:

$$p = \frac{E_{slp} + E_c + E_{sen}}{T} = \frac{20\text{mA} \times 1 + 5\text{mA} \times 7.5 + 4\mu\text{A} \times (10 \times 10^3 - 1 - 7.5)}{10 \times 10^3} \approx 10\mu\text{A}$$

4 实验结果

在某节能灯生产车间的 48 工位自动圆排车布置了该气压采集系统。该圆排车工艺中, 从第 10 工位开始抽真空, 在第 43 工位抽气结束, 44 工位注入惰性气体^[6]。在每 20 s 检测一次真空值的条件下连续监测 1 个月, 圆排车第 6 工位、7 工位、19 工位、32 工位、43 工位和 44 工位的平均真空度监测如表 1 所示。测试结果表明: 系统采集数据与真实数据吻合, 功耗极低且工作稳定可靠。

表 1 圆排车各工位真空度测量结果 MPa

工位	真空度
6	0.260
7	0.310
19	0.810
25	0.540
32	0.170
43	0.022
44	0.026

为了精确地统计数据的规律, 笔者进行了数据拟合, 在经过样条插值、多项式、三次立方和指数拟合后, 得到的最佳的曲线拟合公式为

$$f(x) = a \exp(d^2), d = \frac{x-b}{c}$$

其中参数 a 、 b 和 c 的数值及对应的曲线范围如表 2。从表 2 中可知, 对应的估计值拟合后与真实值

的均方根误差 RMSE (root-mean-square deviation) 为 2.308, 确定系数 R-square 为 0.996 5, 可以看出拟合误差与真实插值比较小, 而且拟合率非常高, 对应的拟合数值与真实数据的图形如图 3 所示。

表 2 系数估测与其上下界

系数	估计值	上确界	下确界
a	810.100	734.800	885.400
b	19.590	18.310	20.880
c	9.001	8.016	9.926

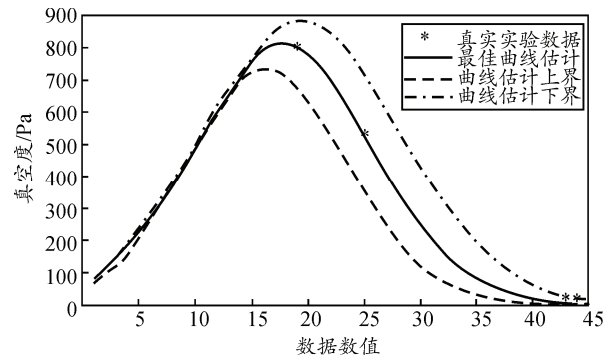


图 3 曲线拟合与估测

5 结论

针对工业现场传统气压检测手段的缺陷, 笔者设计了一种基于 CC1110 的无线气压采集系统。该系统由一对节点以无线通信的方式感知并收集气压信息, 结构简单, 应用方便; 为了保证组网的稳定性, 设计了一种基于配对和地址信息的通信策略, 使得节点在多个干扰下依然能稳定工作。为了提高系统的实用性, 设计了一种低功耗的休眠策略并计算了在一定采样速率下系统的功耗。实验结果表明: 该系统运行稳定可靠, 抗干扰能力强, 功耗极低。

参考文献:

- [1] 夏金玉, 陈刚, 刘正华. 节能灯排气机实时监控系统的研究和开发[J]. 仪表技术, 2007, 3(9): 57-59.
- [2] 王超, 李翔, 袁向全, 等. 基于 CC1110 的井下无线传感器监测网络的设计与实现[J]. 传感器与微系统, 2010, 29(9): 94-96.
- [3] ISP Sensor. Freescale product datasheet[DB/OL]. [2014-04-21]. http://cache.freescale.com/files/sensors/doc/data_sheet/MP3V5100.pdf.
- [4] 蹇强, 龚正虎, 朱培栋. 无线传感器网络 MAC 协议研究进展[J]. 软件学报, 2008, 19(2): 389-403.
- [5] 生风中, 荆雷, 李建业. 基于 CC1110 单片机的无线升级方法研究[J]. 电子设计工程, 2012, 38(11): 139-142.
- [6] 赵兴国. 试论 48 工位半自动圆排车的设计及制造[J]. 光源与照明, 2005(2): 21-24.