

文章编号: 2095-2163(2020)09-0193-04

中图分类号: TP73

文献标志码: A

# 基于 LoRa 的低功耗无线传感器设计

罗胡铸

(南华大学 电气工程学院, 湖南 衡阳 421001)

**摘要:** 无线传感器网络,使用自组网的模式通讯,运用的环境通常比较特殊,节点的能量和处理能力有限,通常采用电池供电。在船舶环境下,由于条件限制,电池更换十分艰难,却要求网络的生存时间长达数年,节点能量受限成为其最大制约因素,节点的电能一旦耗尽,就会立即脱离网络。针对电池无法长时间续航这个问题,本文拟在 LoRa 通信的基础上,对测温传感器在硬件上深入的设计,搭载了实物环境进行温度数据的采集,来达到低功耗要求,具有一定的现实意义。

**关键词:** LoRa; 舰船; 低功耗

## Low-power wireless sensor design based on LoRa

LUO Huzhu

(School of Electrical Engineering, Nanhua University, Hengyang Hunan 421001, China)

**[Abstract]** Wireless sensor networks use the ad hoc network mode for communication. The operating environment is usually special. The energy and processing capabilities of the nodes are very limited, and they usually use battery as power supply. In the ship environment, battery replacement is very difficult due to conditions, but it requires the survival time of the network to be as long as several years, and node energy limitation has become its biggest constraint. Once the power of the node is exhausted, it will immediately leave the network. Aiming at the problem that the battery cannot last for a long time, this paper, based on LoRa communication, intends to conduct in-depth design of the temperature sensor on the hardware. On the basis of the hardware research, it is equipped with the physical environment to collect temperature data, so as to meet the requirements of low power consumption, which has certain practical significance.

**[Key words]** LoRa; ship; low power consumption

### 0 引言

LoRa 是目前应用最为广泛的低功耗广域网网络(LPWAN)之一,在全球免费频段运行,LoRa 较 NB-IoT,更加的开放<sup>[1]</sup>。LoRa 具有良好的抗干扰能力,节点采用小型电池供电,具有良好的隐蔽性。低功耗设计可以使用一节电池工作数年,易维护、成本低。基于 LoRa 通信模块方案通常由专用射频基带芯片和低功耗 MCU 组成。由于分布节点数量多、遍布区域广,环境复杂,有些地方甚至人员难以到达,无线传感器节点通过频繁更新电池的方式来增补能源比较困难。因此对传感器的低功耗设计则显得尤为重要<sup>[2]</sup>。

### 1 温度传感器总体方案设计

针对舰船环境下的远程无线监测系统的具体需求:实时精确的获取舰船舱室内管道的温度信息,并实现无线监测。温度传感器的功能模块如图 1 所示。

测温的无线传感器硬件由温度传感头、模数转换模块、处理器模块、LoRa 模块、天线和电源构成。温度传感头负责采集舰船管道中的温度,并将数据

传输到模数转换模块,再经过串行外设接口(SPI)传导到处理器模块。处理器模块负责将这些数据按照无线通信协议的要求编码,通过基带芯片 sx1276 传送到天线模块,天线模块有二组频段,当出现干扰时,终端会切换到另一组天线频段。

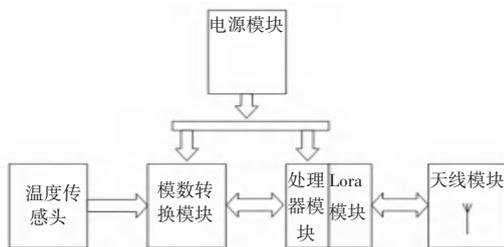


图 1 温度传感器的功能模块

Fig. 1 Functional module of temperature sensor

### 2 关键电路设计

#### 2.1 温度传感头和模数转换模块

电阻温度探测器(RTD)是工业应用中温度检测的常用传感器,最常用的 RTD 是 Pt100 铂电阻,与其它的温度传感器相比,RTD 具备高精度和优良的稳定性<sup>[3]</sup>。本电路设计中的温度传感头采用四

作者简介: 罗胡铸(1995-),男,硕士研究生,主要研究方向:检测技术与智能仪器仪表。

收稿日期: 2020-06-17

线制的 Pt100 铂电阻,在 Pt100 热电阻的根部两端各连接两根导线的方式称为四线制,四线制可以有效地减小引线误差。在模数转换模块中,用 4 个端口的端子排来表示四线制 Pt100,模数转换模块电路如图 2 所示。

模数转换模块将温度传感头采集的模拟量转换

成数字量。采用的是 AD7124-4,24 位的采样精度。经 SPI 口连接至处理器模块。AD7124 是一款低功耗、低噪声、完整模拟的前端,非常适合高精度测量应用。图 2 模数转换模块中的 AD 部分是通过模拟电源(AVDD)端口供电,为使得数据输出速率最大,采用 AD7124 模块的全功率模式。

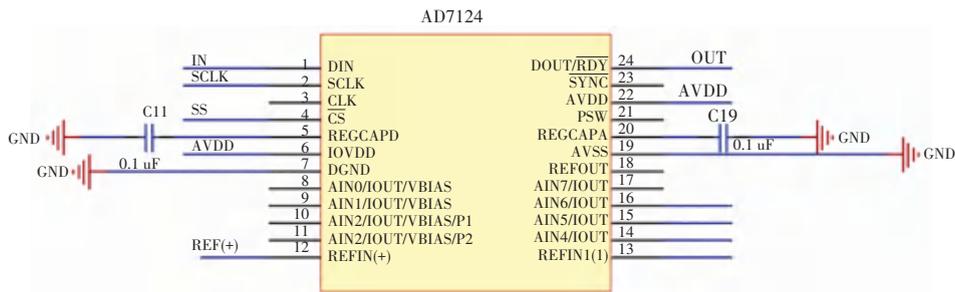


图 2 模数转换模块电路

Fig. 2 Circuit diagram of analog-to-digital conversion module

## 2.2 电源模块

由于模块驱动电源采用锂电池供电,因此需要低压差线性稳压器(LDO)芯片稳压,在本方案中,电源的稳压芯片采用 TI 公司的 TPS7A05 芯片,TPS7A05 是应用最为广泛的稳压芯片之一。TPS7A05 具备非常低的  $I_q$  (1uA),消耗的静态电流极低,可以在电池供电应用中延伸电池寿命。TPS7A05 还是一款超小型静态电流低压降压稳压器,可提供 200mA 的电流以及出色的瞬态性能。该 LDO(TPS7A05) 的电压输出范围为 0.8 V~3.3 V,典型的精度为 1%,可以满足其它各个模块的供电需求。

系统电源模块是通过 3.6V 电压源供电,这里采用的是两节锂亚电池来构成 3.6V 电压。在选用超低功耗的 MCU 的基础上,为了进一步实现有效节能,在 AD 模块上加休眠功能,从 3.6V 电压源处引出两个低压差线性稳压器,使得 3.6 V 电压降为所需的 3.3 V 电源,其中一个给处理器 SX1276 供电,考虑到处理器芯片本身功耗少,所以使其处于持续供电状态。AD 转换模块相对而言功耗大,所以该电源模块由处理器引出一个端子来控制其通断。MCU 控制的是 TPS7A05 的 EN 端口,当 MCU 的 PA8 端口输出一个高电平,EN 端口则输入一个高电平,则开启稳压模块给 AD 供电,输出低电平,就关闭稳压模块,使得 AD 模块不工作。温度传感器的电源模块电路,如图 3 所示。

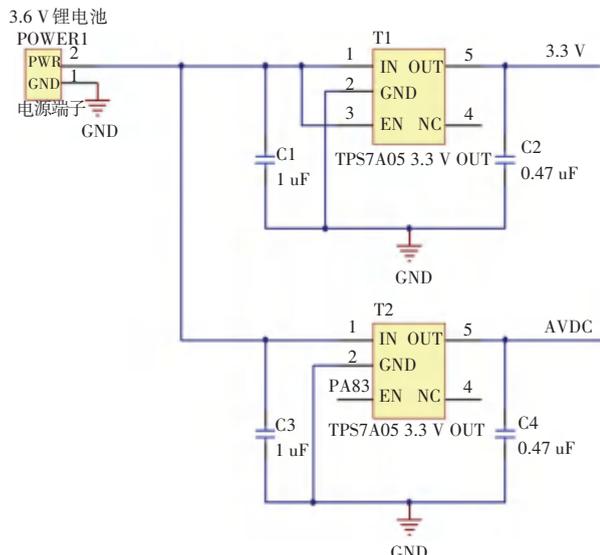


图 3 温度传感器的电源模块电路

Fig. 3 Circuit diagram of power module of temperature sensor

## 2.3 处理器与 LoRa 模块

处理器模块中的 MCU 采用的是高性价比,超低功耗的 stm32L052 芯片,256k flash,实现数据采集与 LoRa 通信功能。LoRa 模块采用 Semtech 公司升级版 sx1276 射频芯片的无线模块,采用扩频技术,抗干扰和灵敏度都大大优化,带来更远的通信距离<sup>[4]</sup>,同时具备无线唤醒功能,电池使用更长久,LoRa 模块引出线至天线模块。低功耗 STM32 与 SX1276 通过 SPI 通信,两芯片组成的模块的目标应用是传感网和其他物联网设备,特别是有电池供电需求以及低功耗和远距离的场合<sup>[5]</sup>。处理器与 LoRa 集成模块电路如图 4 所示。

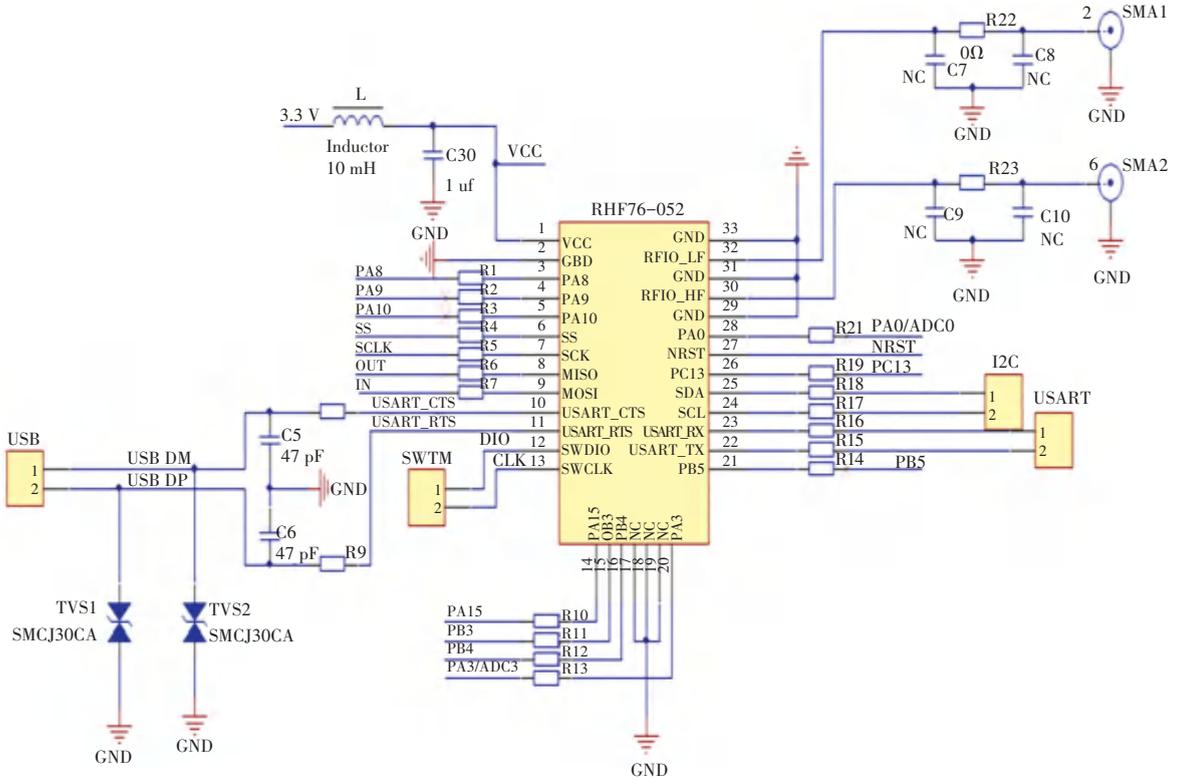


图 4 处理器与 LoRa 集成模块电路

Fig. 4 Circuit diagram of processor and LoRa integration module

3 试验

试验需要的试验器材有 Micro USB 供电线, 温度传感器和制好的电路板, 电脑一台。软件部分代码采用 C 语言, MDK 完美兼容 Cortex-M 和 ARM7, 它也是 C 语言的编译工具。试验在 Keil MDK 平台上进行, 由于试验条件有限, 无法提供舰船环境测试。试验中搭载的传感器节点实物, 如图 5 所示。调试并测出现场实时温度, 启动友善串口调试助手, 显示环境中实时的温度, 实验得到的实时温度如图 6 所示。



图 5 传感器节点实物环境

Fig. 5 Physical part of sensor node



图 6 实验得到的实时温度

Fig. 6 Real-time temperature obtained from the experiment

4 结束语

本文对无线传感器的关键电路设计做出了介绍, 运用了当代先进的超低功耗微处理器 STM32L052C8T6 与高自主化 LoRa 通讯相结合, 同时采用了极低功耗的 AD7124 芯片和 Pt100 铂电阻组成稳定的信号单元, 在电源稳压模块上加上休眠功能, 使得 AD 芯片能自主切换, 达到节能效果, 该方法通过理论验证及现场测试, 证明是可行的。本文所设计的无线传感器节点相较于以往有线采集节点具有时

间续航长、方便部署、可扩展性强、易于管理维护等优点,为以后进一步研究军用无线传感器奠定了基础。

## 参考文献

- [1] 黄锋,刘士兴,顾勤东. 无线传感器网络节点概述[J]. 合肥工业大学学报(自然科学版),2008(8):1208-1212.
- [2] 刘晓明,陶昆. 无线传感器网络节能技术的研究[J]. 山西电子

技术,2009(2):67-68.

- [3] 薛光辉,张昊,王东,等. 基于 ZigBee 技术无线传感器研制[J]. 煤炭工程,2018,50(8):168-172.
- [4] 彭云飞. 低功耗长距离无线收发模块设计与实现[D]. 电子科技大学,2016.
- [5] 程剑钊. 一个新型超低功耗指纹锁控制系统[J]. 自动化与信息工程,2008(3):23-24,46.

(上接第189页)

指标均有所提升。I-AutoRec 仅使用矩阵的列作为项目向量的输入进行重构,NCF 采用用户和项目 ID 的 one-hot 编码,mSDA-MF 采用降噪自编码器提取用户和项目特征,而本文的模型将矩阵的行列和用户项目边信息整合后输入,能够学习到更多的特征信息,且融合注意力机制有助于多层感知器提取数据中的关键特征信息,从实验结果来看,本文提出的模型在评分预测准确性上有较好的效果。

## 4 结束语

本文将深度学习和注意力机制应用于传统推荐算法矩阵分解中,将评分矩阵的行和列融合文档描述信息后作为输入,经过改进后的输入向量比使用用户和项目 ID 的 one-hot 编码作为输入包含更多的偏好信息;其次,本文模型融合注意力机制提高神经网络层关键特征提取能力,构建 Hdamard 积和线性加权的方式输出,提高模型的泛化能力。在 Movielens 数据集上的实验结果表明了本文模型的有效性。但是其也有不足之处,构建的模型中有较多参数,在最优参数组合的选取上会有一些困难。

未来将尝试使用用户和项目的评论、标签以及用户对项目的点击、收藏等数据,利用深度学习技术提取其中的有效信息,将其融入到深度学习推荐系统中以提高系统性能。

## 参考文献

- [1] 黄继婷,陈建兵,陈平华. 融合偏好度与网络结构的推荐算法[J]. 计算机工程与应用,2019,55(10):9-15.
- [2] 代丽,樊粤湘. 个性化推荐系统综述[J]. 计算机时代,2019(6):9-11,15.
- [3] Suvash Sedhain, Aditya Krishna Menon, Scott Sanner. AutoRec: Autoencoders Meet Collaborative Filtering [C]// International Conference on World Wide Web. ACM, 2015.
- [4] HE X, LIAO L, ZHANG H, et al. Neural collaborative filtering [C]//Proceedings of the 26<sup>th</sup> international conference on world wide web. 2017: 173-182.
- [5] ZHANG L, LUO T, ZHANG F, et al. A recommendation model based on deep neural network[J]. IEEE Access, 2018, 6: 9454-9463.
- [6] 王永贵,尚庚. 融合注意力机制的深度协同过滤推荐算法[J]. 计算机工程与应用,2019,55(13):8-14.
- [7] 谢恩宁,何灵敏,王修晖. 基于注意力机制的深度协同过滤模型[J]. 中国计量大学学报,2019,30(2):219-225,242.
- [8] XIAO J, YE H, HE X, et al. Attentional factorization machines: Learning the weight of feature interactions via attention networks [J]. arXiv preprint arXiv:1708.04617, 2017.

(上接第192页)

经分析幅值的误差主要来自量化误差,单片机内部 DAC 产生基准电源误差,运放等外围电路及其它噪声误差。设定好波形后,对其采样量化,转换生成数据字长为 16 bit,引入了量化误差。DAC 实际提供的基准电源与理想值存在差距,经过运放后误差会放大,运放自身还存在一定的静态和动态误差。

经国防科工委第一计量测试中心校准认证:信号发生器的精度达到 0.02%,频率稳定度校准结果为 0.001%;输出电阻校准结果为  $r = 0.39 \Omega$ ,频率准确度不确定度为  $4.1 \times 10^{-7} (k = 2)$ ;阶跃幅度不确定度为  $2.3 \times 10^{-5} (k = 2)$ ;电容测量不确定度为  $6.2 \times 10^{-2} (k = 2)$ 。

## 5 结束语

本文基于直接数字式频率合成技术,利用 MSP430 单片机,控制多功能信号发生器实现高精

度、高稳定性的多种波形输出,替代了 DDS 芯片的功能,降低了成本。并能根据需要选择产生电荷信号或电压信号,该装置由两块 15V 锂电池供电,适合野外条件下使用,易于携带。经计量测试中心认证,其达到目前市场上出售的同类产品的精度,而且功能更多,价格便宜。

## 参考文献

- [1] 王秋菊. 浅析石英晶体的压电效应及应用[J]. 职业,2013(2):136-136.
- [2] 胡力坚. 基于 DDS 的任意波形发生器设计与实现[D]. 硕士学位论文. 西安:西安电子科技大学,2009.
- [3] 李燕杰. 小型多功能电荷发生器的设计[D]. 硕士学位论文. 太原:中北大学,2010.
- [4] 赵小兴. 传感器与作动器一体化的压电智能结构研究[D]. 硕士学位论文. 武汉:华中科技大学,2013.
- [5] 任保宏,徐科军. MSP430 单片机原理与应用[M]. 北京:电子工业出版社,2014.
- [6] 莫莉,王雪梅,倪文波. 基于 DSP 的数据采集与显示系统[J]. 仪表技术与传感器,2011(7):41-43.