

基于海思芯片的 NB-IoT 通信模块设计与实现

韩倩茹^{1,2}, 田 锦^{1*}

(1. 金陵科技学院网络与通信工程学院, 江苏 南京 211169; 2. 河海大学物联网工程学院, 江苏 常州 213022)

摘 要: NB-IoT 是 IoT 领域一项新兴的技术, 它支持低功耗设备在广域网蜂窝数据连接, 具有低功耗、低成本、广覆盖、大连接等优势。设计制造出一款符合 3GPP R13 标准的 NB-IoT 模组, 设计制作的 NB-IoT 模组主要通信芯片为 Hi2115 芯片, 外部主要接口电路有电源电路和射频电路。在 NB-IoT 模组设计完成后介绍本模组用到的相关 AT 指令, 对其进行入网操作, 并将其应用到动物奶的保鲜这一实际生活场景中, 取得良好效果。设计的模组经过测试, 满足商业应用指标。

关键词: NB-IoT; 通信模块; Hi2115; RF 射频电路

中图分类号: TP393; TP18

文献标识码: A

文章编号: 1672-755X(2019)03-0016-05

Design and Implementation of NB-IoT Communication Module Based on Hisilicon Chip

HAN Qian-ru^{1,2}, TIAN Jin^{1*}

(1. Jinling Institute of Technology, Nanjing 211169, China; 2. Hohai University, Changzhou 213022, China)

Abstract: NB-IoT is an emerging technology in the IoT field. It supports low-power devices in WAN cellular data connections with low power consumption, low cost, wide coverage, and large connections. This paper designs and manufactures a NB-IoT module that conforms to the communication standard. The main communication chip of the NB-IoT module is Hi2115 chip. The external main interface circuit has power supply circuit and RF circuit. After the design of the NB-IoT module is completed, the relevant AT command is put forward, and the network operation is carried out. And it is applied to the actual life scene of keeping the animal milk fresh, and good results are obtained. The designed modules have been tested to meet commercial application specifications.

Key words: NB-IoT; communication module; Hi2115; RF circuit

随着移动设备近年来的飞速普及, 及其周边平台和服务的不断扩张, 物联网市场空间迅速扩大^[1]。物联网将广泛进入智慧家庭、智慧教育、智慧医疗、可穿戴设备、车联网等各行各业^[2]。窄带物联网(Narrow Band Internet of Things, NB-IoT), 是低功耗广域网技术的一个重要分支。NB-IoT 构建于蜂窝网络, 只消耗大约 180 kHz 的带宽, 可直接部署于 GSM 网络、UMTS 网络或 LTE 网络, 以降低部署成本, 实现平滑升级。本文首先从 NB-IoT 通信模块的核心芯片——Hi2115 出发, 阐述了模块的主要功能实现部分,

收稿日期: 2019-04-23

基金项目: 江苏省高校自然科学基金项目(17KJB510020)

作者简介: 韩倩茹(1995—), 女, 河南淮阳人, 硕士, 主要从事窄带移动通信研究。

通信作者: 田锦(1963—), 男, 四川江安人, 教授, 博士, 主要从事新一代宽带无线移动通信技术研究。

接着对模块整体结构作了介绍,分别从外围射频电路和电源电路凸显 NB-IoT 通信模组的设计优势,在完成设计之后通过 AT 指令对其进行入网操作,最后给出应用场景的具体实例。

1 NB-IoT 通信模块的设计

1.1 基带芯片

市面上的 NB-IoT 芯片厂商有 30 余家,主要包括华为海思、紫光展锐、联发科等。作为最大供应商之一的华为海思,生产的 NB-IoT 芯片在时延、移动场景吞吐量、极限覆盖介入、低功耗四个方面都比较领先,所以该通信模组的基带芯片采用华为公司的 Hi2115。

基带芯片是调制/解调等基带信号处理的核心器件,也是构成模组的核心芯片。为确保芯片正常工作,所有模式下的电源应同时接通并保持接通状态。射频部分就是把无线电信号转换成有线电信号,或反之^[3]。射频主要负责接收信号解调,发射信息调制,是较为重要的一部分。

基带芯片 Hi2115 是一种片上系统(SoC),属于嵌入式微处理器,可在蜂窝频率下工作。它支持使用带有集成存储器的片上应用处理器的小尺寸物联网应用,还可以通过各种数字接口与外部 MCU 通信。Hi2115 芯片的无线电设计用于蜂窝频率的 NB-IoT 通信,模拟和 RF 电路针对低功耗和高性能进行了优化,电源管理功能集成在芯片上。

根据应用的固件 Hi2115 有三种工作模式,可确定不同功率节省的可用功能,所以该模组有以下三种工作状态。

1)活跃状态(Active)。在此状态下,芯片的所有功能都可用,并且所有处理器都可能正在执行固件。在此模式下执行无线电传输和接收。只能在此模式下开启待机模式和深度睡眠模式的转换。

2)待机状态(Idle)。在待机模式下,所有处理器都处于非活动状态,但所有外围设备(包括 DMA 和嵌入式闪存)都可以处于活动状态。系统时钟处于活动状态,通过时钟门控和电源门控降低功耗。当所有处理器正在执行等待中断(WFI)指令时,进入待机模式。

3)深度睡眠状态(PSM)。在深度睡眠模式下,仅运行 32.768 kHz RTC 和某些外设。

1.2 射频芯片系统及其特性

1)接收器子系统。接收器有两个差分 LNA(低噪声放大器)输入,每个输入的阻抗为 100 Ω (标称值)。输入相同,可使用外部组件配置 LB(低频,698~960 MHz)和 MB(中频,1 695~2 180 MHz)。

2)发射器子系统。发射器有两个单端输出。一个用于 LB(低频,698~960 MHz),另一个用于 MB(中频,1 695~2 180 MHz)。每个输出的阻抗为 50 Ω (标称值),可从芯片提供高达+7 dBm 的发射功率。

3)射频前端。收发器在收发器 RF 端口和天线之间需要以下外部组件。a)TX 功率放大器。通常情况下,这将是一个 PA(功率放大器),能够在天线连接器上产生 23 dBm 的输出功率,增益为 20~30 dB(标称值),并具有足够的线性度以满足 3GPP 要求。b)TX 谐波滤波器。其规格取决于功率放大器的选择。在某些情况下,它可能会集成到功率放大器中,不需要作为单独的组件。c)TX/RX 开关。需要 RF 开关将天线连接到 PA 输出和 RX 输入。它可以由一个或多个 Hi2115 芯片的 PIO 控制。d)RX 谐波滤波器, RX 匹配组件。Hi2115 芯片的两个接收器输入结构在片上是相同的,可以通过外部组件把它们配置成 LB(低频段,698~960 MHz)和 MB(中频段,1 695~2 180 MHz)。接收器链路具有低中频架构,并使用片外单端口转换成差分信号。宽频带低噪声放大器可以与宽范围的输入频率相匹配。低噪声放大器之后是无源混频器、基带滤波器和 ADC。它的射频特性如表 1 所示。

表 1 Hi2115 芯片射频特性

引脚名称	Min 值	Max 值	Unit
DVDD_BAT	2.4	4.2	V
SMP_IN	2.4	4.2	V
SMPA_IN	2.4	4.2	V
VREGIN_{RX,LO,BB}	1.8	4.2	V

1.3 模组的构成

模组设计以基带芯片为核心,外接射频系统,电源管理系统作为主要供电单元,时钟芯片是为了给基带芯片提供运作的时钟信号。根据设计思路,NB-IoT 模组的结构框如图 1 所示。除系带核心芯片之外,重要的外围辅助电路包括天线匹配电路和电源滤波电路。

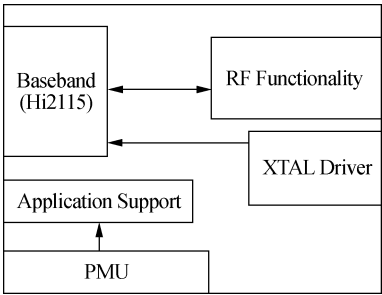


图 1 NB-IoT 模组 (Module) 内部结构

对于射频电路的外围电路设计,为了更好地调节射频性能,预留出 II 型匹配电路,该匹配电路的元件应该尽量距离天线位置近一些,如图 2 所示。

电源供应电路中的外部去耦元件,对于在各种 Hi2115 电源线之间提供足够的隔离非常重要。去耦电容必须靠近所有电源引脚放置,并且分离电极的磁道必须通过这些电容器进行星型布线。电源电路设计如图 3 所示。

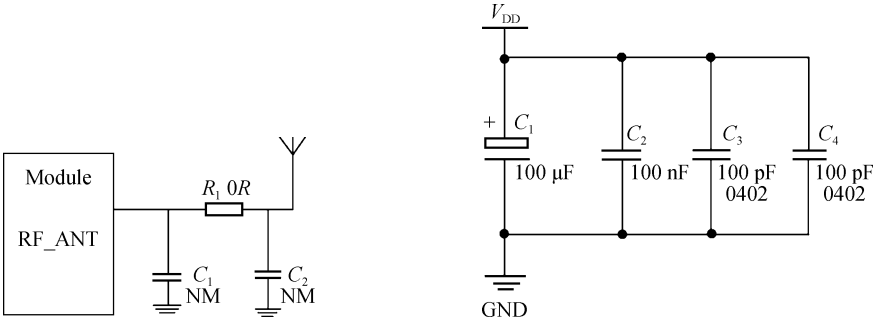


图 2 模组外围射频参考电路

图 3 基带芯片供电输入端参考电路

2 NB-IoT 模组接入网

系统的入网设计有模组 AT 指令操作和模组联网操作。表 2 是关于 NB-IoT 模组的 AT 指令操作。

表 2 NB-IoT 通信模组手动入网指令	
指令名称	指令含义
AT+CFUN=1,AT+CIMI	执行 CFUN=1,查询 IMSI,若能查询表示卡已识别
AT+N BAND?	对频段信息进行检查
AT+CGDCONT=1,“P”“APN”	APN 为本地接入网方式,可以配置也可以不配置
AT+COPS=1,2	指定 PLMN 搜索
AT+NUESTATS	查询模块状态
AT+CGATT?	返回+CGATT;1 表示附着成功
AT+CEREG?	查询注网状态;1 为网络已注册,2 为正在找网
AT+CSCON?	查询连接状态;1 为已连接,0 为未连接

比如,在操作查询联网状态时输入指令 AT+CGATT? 时,会显示+CGATT:1 OK。模组 AT 指令实际操作如图 4 所示。

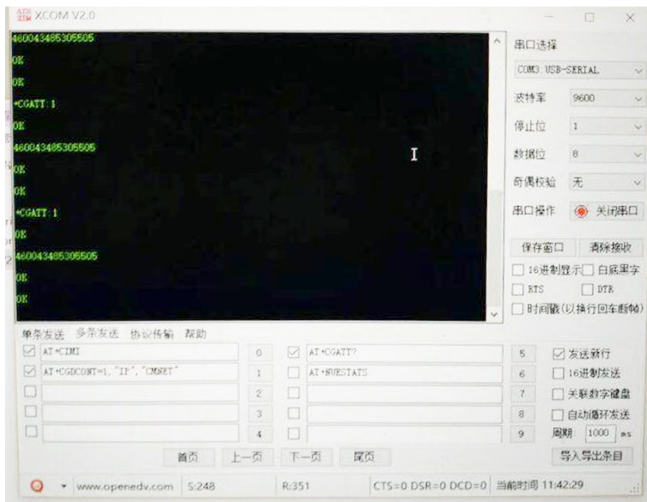


图 4 模组 AT 指令实际操作图

终端数据与云平台对接流程如下:1)终端层设备采集数据,并将数据按自定义规则进行编码^[4]。例如:将温湿度实时数据编码成 000102。2)设备通过串口,以 AT 指令的形式,发送已编码数据到 NB-IoT 模组^[5]。3)对物联网平台进行配置,在 NB-IoT 芯片接收到 AT 指令后,会将有效代码自动封装为 CoAP 协议的消息,然后发送给物联网云平台。4)物联网平台收到数据后,对 CoAP 协议包进行自动解析,然后根据设备 profile 文件,找到与之匹配的编解码插件。接着对 payload 进行解析,一个 ajax 请求返回一个 json 格式,解析为与设备 profile 中描述的 service 匹配的 json 数据,并存于平台之上。5)应用服务器通过查询接口(RESTful)获取平台上的数据。同时也可以提前调用订阅接口,对数据变化进行订阅,之后所有的数据变化,WEB 应用程序都会通过 POST 消息,发送到指定的服务器。

3 NB-IoT 模块的鲜奶保鲜示范应用

基于 NB-IoT 的应用日益广泛,越来越多的应用被提出,比如基于 NB-IoT 的智慧抄表系统、智慧水务、智能停车等,但是制造并投入到实际生活中的例子目前只有基于 NB-IoT 的路灯设计。在上述介绍过 NB-IoT 模组制造及模组入网后,将其创新性地运用到动物奶的保鲜方面,并得到实际使用。

现在很多家庭都会选择所在小区里的订购奶,由于动物奶本身不耐贮藏,从生产、运输到进入各家各户,各个环节都要求冷藏工作做得很好,这样才能够保持动物奶的新鲜度。而冷藏保鲜工作还存在漏洞,尤其是在夏季,天气炎热,高温环境下细菌更容易滋生。如果对奶产品不采取相应的保鲜措施极易酸败变质,被人体吸收之后,对身体有害。

综上,我们提出一套针对动物奶保鲜的解决方案,让动物奶的最后一公里做到快速有效,并且让奶制品安全地进入千家万户。应用感应传感技术检测到有无动物奶产品放入,如果有,就会将数据上报给后台计算机,继而打开小冰箱开关,当投递箱内温度降到事先设置好的冷藏温度时,箱内的温度传感器检测到温度数据并上传至计算机,这时小冰箱就会切换至保鲜状态。这样既节省了资源,又能够保持产品的最好口感。当没有奶产品放进去的时候,制冷开关保持在保鲜档,应用感应传感技术检测到无动物奶产品放入。小冰箱的整体框架图如图 5 所示。

该设计主要分为三部分。第一部分包括半导体制冷器、散热器、排冷扇以及 LED 液晶温度显示器。此部分是设计的关键部分,完成奶箱的制冷和保鲜。在选择具体设备时,考虑到低成本、方便化及原理简单,最终选择半导体制冷。P 型半导体和 N 型半导体的热电势差最大,在冷接点处表现出的制冷效果最好^[6]。小冰箱无机械传动部件,无需制冷剂制冷,冰箱可以做到任意大小,满足牛奶箱的实际需求。经过测试,小冰箱箱内温度一晚上能够下降 8℃左右。

第二部分是感应传感模块。加上该设备的目的一是为了检测到有牛奶放入时随即打开冰箱开关,二

是当有奶瓶放入时压力传感器会将奶瓶个数上报给后台监测计算机。图 6 是冰箱内部结构图。

第三部分是数据传输与处理部分,利用窄带无线通信技术,可以实时监测每个奶箱的温度和奶箱中牛奶瓶的瓶数,这样就将普通的冰箱制冷系统与通信技术结合在一起,符合生活实际需要,从而利用好物联网技术,也符合智慧城市的要求。

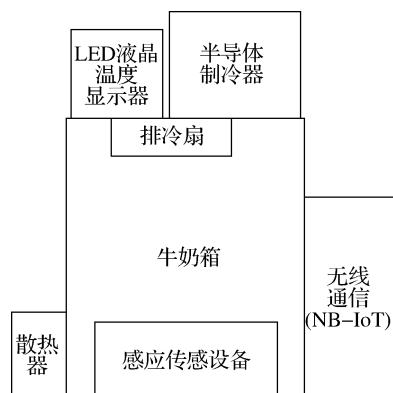


图 5 小冰箱整体框架设计图



图 6 冰箱内部结构

4 结 语

该模组是基于华为海思 Hi2115 芯片的 NB-IoT 通信模组,模组的主要元器件为 Hi2115 主芯片,内部主要集成有处理器和存储单元以及射频电路。该模块使用 NB-IoT 网络进行无线数据传输的嵌入式终端,有手动和自动入网操作的指令。对于终端数据的传输基于 NB-IoT 网络,功耗低且覆盖范围广。基于 NB-IoT 模组的应用也是多方面的,随着 NB-IoT 技术的发展,基于 NB-IoT 的各种应用一定会成为主流,NB-IoT 的发展也将实现向 5G 的平稳过渡。

参考文献:

- [1] 李正武. 市县级基于物联网技术的应急广播系统[J]. 中国有线电视, 2018(Z1): 358-366
- [2] 许剑剑, 梅杰, 曾剑秋. 物联网发展驱动因素分析与前景初探[J]. 北京邮电大学学报, 2016(6): 52-54
- [3] ZHAO A X, LU J J, CUI M. Using Internet of Things to construct mine electromechanical equipment on-line monitoring platform[J]. Journal of Xi'an University of Posts & Telecommunications, 2010, 24(2): 183-191
- [4] 战浩波. 短距离无线遥控系统射频电路的实现[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2009
- [5] DAI W, LING R, DING J Y, et al. Application of Internet of Things technology in on-line monitoring of power transmission and transformation equipment in smart grid[J]. Hubei Electric Power, 2013, 56: 288-291
- [6] 孙洁冰, 崔玉娇, 祁晓波, 等. 基于 NB-IoT 的实时交通监控系统的探究[J]. 电子世界, 2018(1): 165-167

(责任编辑: 湛 江)