

# 基于NB-IoT的室内测温插座系统

王学鹏, 徐涛, 刘新宇

沈阳航空航天大学自动化学院, 辽宁 沈阳

收稿日期: 2023年2月9日; 录用日期: 2023年3月5日; 发布日期: 2023年3月16日

## 摘要

针对北方地区冬季集中供暖反馈滞后的问题, 结合目前分户供暖现状, 采用最新的物联网通讯技术, 设计了一套基于NB-IoT的室内测温插座系统。该系统包括温度采集模块、信息存储模块、显示模块、通信模块四个部分。系统可以建立起测温插座与用户以及供暖公司三者之间的信息交互。用户通过测温插座的显示屏实时查看室内温度相关信息, 并可通过按键对期望室温进行修改; 插座通过NB模块将信息传递至电信AEP平台供供暖公司及逆行查看; 供暖公司也可通过云平台对特定插座的信息进行查询和修改。因此, 基于NB-IoT的室内测温插座系统为供暖公司以及用户提供了必要的信息和帮助。

## 关键词

供暖控制, NB-IoT, 电信云平台, 温度采集

# Indoor Temperature Measuring Socket System Based on NB-IoT

Xuepeng Wang, Tao Xu, Xinyu Liu

School of Automation, Shenyang Aerospace University, Shenyang Liaoning

Received: Feb. 9<sup>th</sup>, 2023; accepted: Mar. 5<sup>th</sup>, 2023; published: Mar. 16<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

The problem of feedback lag in winter central heating in northern areas, Combined with the current situation of household heating, a set of indoor temperature measurement socket system based on NB-IoT is designed using the latest Internet of Things communication technology. The system includes four parts: temperature acquisition module, information storage module, display module and communication module. The system can establish the information interaction between the temperature measurement socket, the user and the heating company. The user can view the indoor temperature related information in real time through the display screen of the tem-

perature measuring socket, and can modify the expected room temperature by pressing the key; the socket transmits information to the Telecom AEP Cloud platform through the NB module for heating companies and retrograde viewing; the heating company can also query and modify the information of specific sockets through the cloud platform. Therefore, the indoor temperature measurement socket system based on NB-IoT provides necessary information and help for heating companies and users.

## Keywords

Heating Control, NB-IoT, Telecom AEP, Temperature Acquisition

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

在我国北方大部分地区，冬季采暖是居民生活的基本需求，主要的采暖方式是由供暖中心以城市热网为热源的集中供暖，居民需要向供暖中心支付费用，供暖中心要保证用户的室内温度[1] [2] [3]。目前供暖中心采集用户室内温度的方式大多采用人工测量，由工人手持温度测量仪进入用户房间测量室内温度，记录温度数据后上报数据。这种运行管理模式，存在较多弊端。主要表现为：用户不方便实时监测室内的温度并根据需求进行实时调节，缺少舒适体验感。整体的供暖系统缺乏从供暖中心到用户再反馈至供暖中心的闭环结构，无法做到双方信息及时有效的交流。目前市场上还并未存在可以很好解决这一尴尬现状的智能家居产品。NB-IoT 技术在智能家居、智慧医疗、智慧农业等领域应用广泛，技术相对成熟。该技术相对于其他通讯方式特点明显，优点突出主要表现为“低功耗”、“广覆盖”、“低成本” [4] [5] [6]。基于此，随着物联网技术迅速发展并成为热门领域，智慧城市智慧生活的理念深入人心，人们越来越关注智慧供暖这一技术的创新与应用，也就是对现有传统供暖方式引入温度实时双向反馈的策略。本文提出了一种新型家用供暖管理方案，即利用 NB-IoT 物联网的智能插座系统。利用 NB-IoT 技术将用户与供暖公司形成完整闭环紧密联系。实验现象表明，此套室内测温插座系统实现了温度实时双向反馈的目的，提高了工作效率，提升了用户体验舒适度，有利于推动物联网技术在工业领域当中的应用。

## 2. 系统设计方案

现如今各家各户室内都配备有很多插座，具备提供多点测温的条件并且室内 220 V 交流电与测温插座相连可以作为供电电源降压后进行使用，不需要额外引入新的电源设备，对用户来说经济方便，因此选用插座作为整体系统的载体设备。基于 NB-IoT 的室内测温插座系统的结构如图 1 所示。在测温插座系统中 SHT30 温度传感器用来采集室内实时温度。LCD 显示屏用来显示室内的“实时温度”、“设定温度”、“热力费余额”等关键信息。键盘模块可使用户对显示屏显示内容进行自由切换，并对“设定温度”进行增加或者减少的操作。AT24C256 存储模块，用来存储插座或云平台提供的“温度偏移”、“ICCID”、“上报周期”等信息，实时更新的存储内容为插座与云平台之间的信息交互提供保障。NB 模块用于建立测温插座与电信云平台之间的信息交互。最终供暖公司通过电信云平台对用户室内的温度信息进行查看和调整。

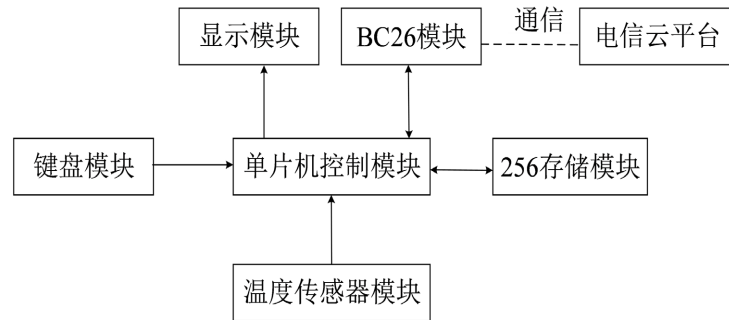


Figure 1. System structure block diagram  
图 1. 系统结构框图

### 3. 硬件设计方案

#### 3.1. 电源模块

电源模块可实现将家用 220 V 交流电, 转换为 3.3 V 直流电供插座主控板各模块使用的功能。为实现此功能特采用 LS03-13B03R3 DIY 型 AC-DC 模块电源。该型号电源具备超宽输入电压范围 (85~305VAC/70~430VDC)、交直流两用、可靠性高、功耗低、寿命可控、成本可调等特点。输出功率为 1.98 W, 效率可达 67%。广泛适用于工控和电力仪器仪表、智能家居等对体积要求苛刻、并对 EMC 要求不高的场合。电源模块电路原理图如图 2 所示。

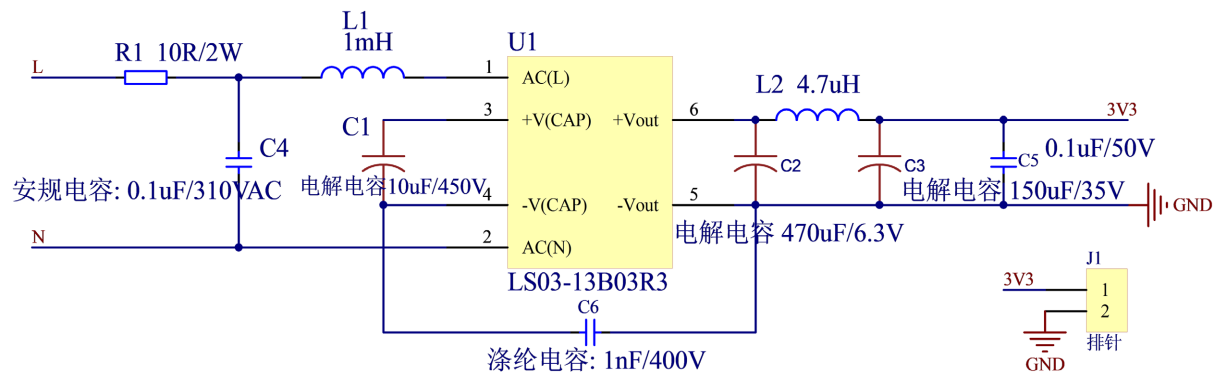


Figure 2. Schematic diagram of the power module circuit  
图 2. 电源模块电路原理图

#### 3.2. SHT30 温度传感器模块

新型数字温度传感器 SHT30 将传感器技术提升到了一个新水平。作为 SHT20 系列的继承者, 它将定义温度传感的下一个行业标准。SHT30 温度传感器系列结合了多种功能和各种接口(I<sup>2</sup>C、模拟电压输出), 应用友好, 工作电压范围宽(2.4 至 5.5 V), 适合各类应用。SHT30 提供了一系列新功能, 如增强信号处理、两个独特和用户可选 I<sup>2</sup>C [7] [8] [9]地址、一个可编程温湿度极限的报警模式, 以及高达 1 M 的通讯速度。SHT30 测温范围能达到-40℃~+125℃, 精度为 0.2℃。SHT30 温度传感器模块电路原理图如图 3 所示。

SHT30 温度传感器测量数据始终以 16 位值(无符号整数)的形式传输。数据数值经过线性化并补偿了温度和电源电压的影响。使用公式:

$$T[{}^{\circ}\text{C}] = -45 + 175 * \frac{S_T}{2^{16} - 1} \quad (1)$$

可将原始数值转换为物理比例( $S_T$  表示温度的原始传感器输出)。

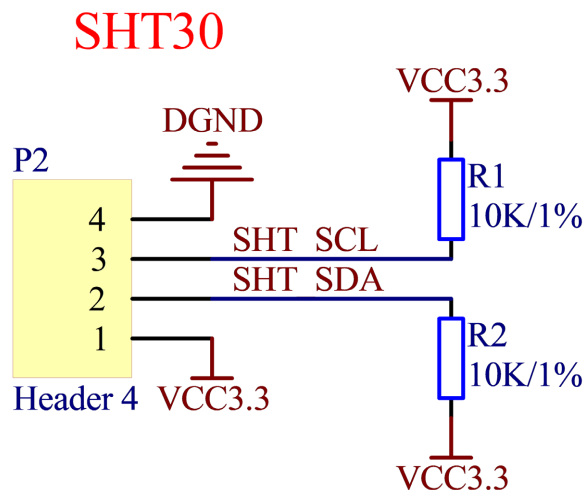


Figure 3. Diagram of the SHT30 temperature sensor circuit  
图 3. SHT30 温度传感器电路原理图

### 3.3. LCD 液晶显示模块

ST7539 是一种用于图形点阵液晶显示系统的驱动器和控制器 LSI。它包含 192 个段和 64 共用 1 个图标共用驱动电路。芯片直接连接到一个微处理器。该微处理器接受并行处理接口(8 位)、串行外围接口(4 线 SPI)、I<sup>2</sup>C 接口。显示数据存储在片上显示数据 RAM 中(DDRAM) 192 × 65 位。它在没有外部操作时钟的情况下执行显示数据 RAM 读/写操作,以最小化耗电量。此外,因为它包含驱动液晶的电源电路,所以可以制作组件最少的显示系统。因此测温插座选用 ST7539 作为显示屏显示所需内容。LCD 的电路设计如图 4 所示。

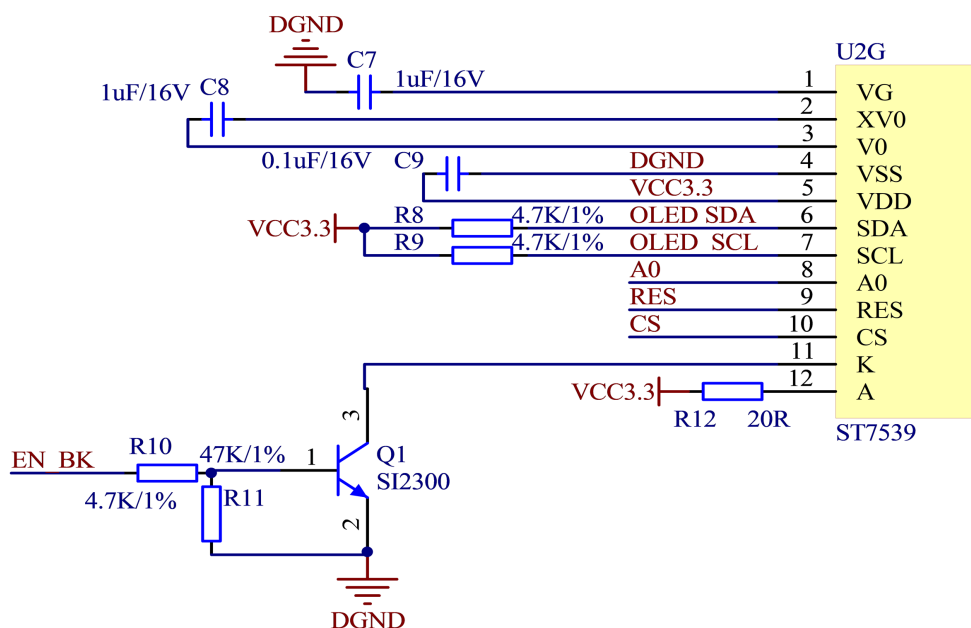


Figure 4. Diagram of the display module circuit  
图 4. 显示模块电路原理图

显示的内容在传输有效的数据前要指定设备的地址，因为数据在主从设备上的传输是建立在地址上的。大多数地址为 7 位协议规定地址添加一个最低位来表示后续数据的方向，高电平则是主设备向从设备读取数据，低电平则是主设备向从设备中读取数据。具体发送数据的格式如图 5 所示。

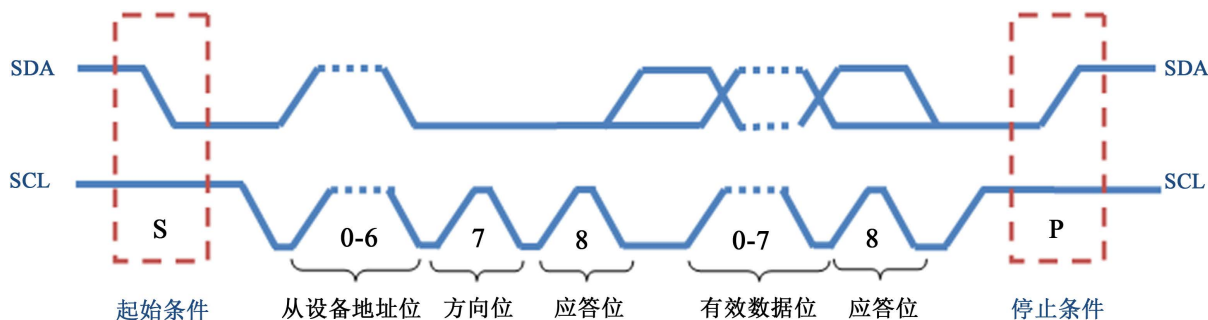


Figure 5. Response signal sequence diagram

图 5. 应答信号时序图

在本图中地址数据是 8bit 中含有 1 bit 方向，每个传输的数据是 9 bit 包含 1 bit 应答位。定义 STC8A8K64S4A12 单片机中 P2.4 管脚，P2.5 管脚分别为 SDA 引脚，SCL 引脚。本设计中的数据存储模块 AT24C256 遵循 IIC 总线协议。通过对 IIC 进行初始化后可使读取寄存器地址更加方便，写入数据的时候亦是如此。

### 3.4. 键盘模块

键盘模块设计三个按键，其中“功能键”的作用是切换 LCD 显示屏显示内容，“增减键”与“减少键”分别用来设置用户“设定温度”的增减。键盘电路如图 6 所示。

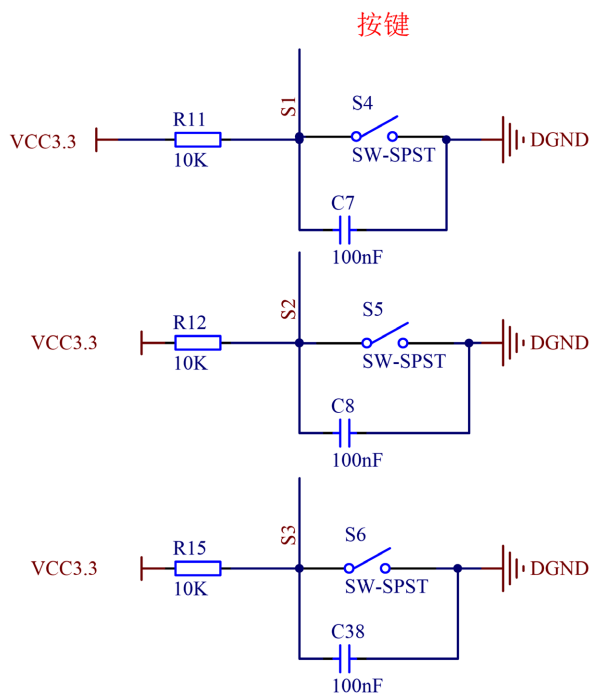


Figure 6. Diagram of the keyboard module circuit

图 6. 键盘模块电路原理图

### 3.5. BC26 模块

BC26 基于联发科 MT2625 芯片平台研发,支持全球频段,用户只需要一颗模组,即可覆盖全球需求。BC26 具有超小体积,尺寸仅为 17.7 × 15.8 × 2.0 mm 满足紧凑型终端设备的需求。该模块还支持低供电电压范围(2.1~3.63 V),更适合 NB-IoT 技术的应用场景。同时,这款产品支持中国移动 OneNET 云平台、中国电信 EasyIoT、华为 OceanConnect 物联网云平台。为用户的应用提供了极大的便利。BC26 模块电路原理图如图 7 所示。

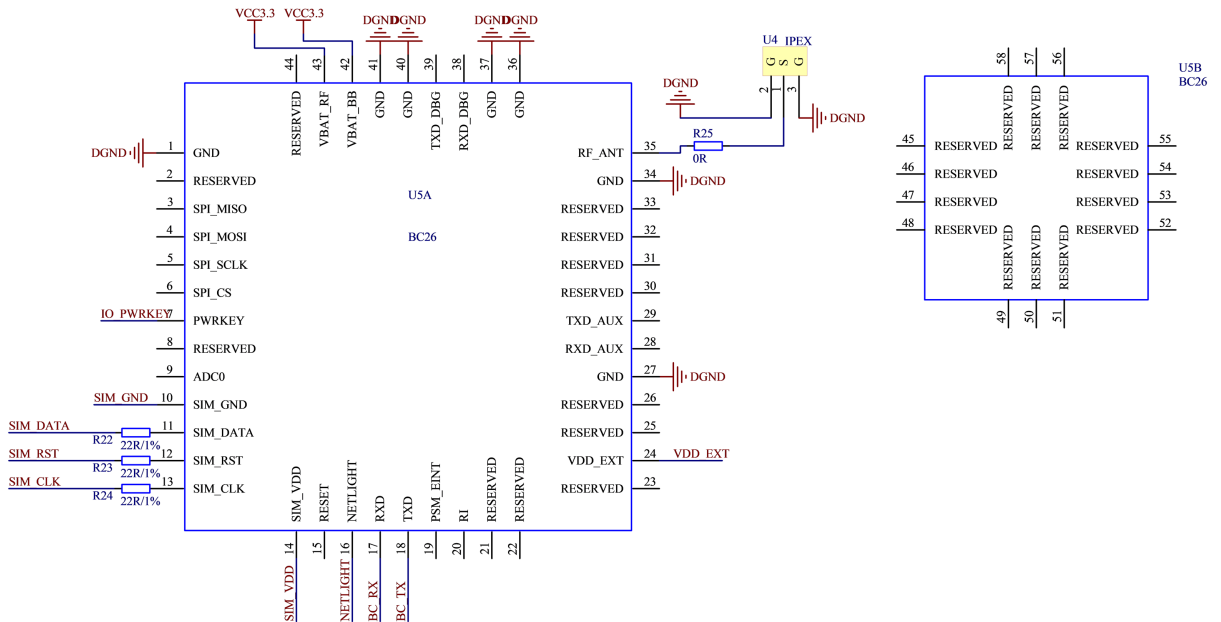


Figure 7. Schematic diagram of the BC26 module circuit  
图 7. BC26 模块电路原理图

### 3.6. EEPROM 模块

DL24C256 是一个 256 K 位串行电可擦除的可编程存储器 EEPROM 中保存了一些重要的参数,具有 100 万次可重复擦写功能。在系统断电时,数据依旧保留。EEPROM 中保存的参数包括:

- 系统出场时的默认值
- 供暖公司利用云平台下发的写指令
- 插座与云平台通讯当中的重要参数

DL24C256 电路如图 8 所示。

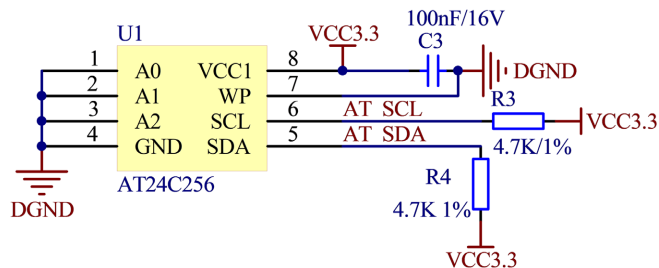


Figure 8. Schematic diagram of the EEPROM storage module circuit  
图 8. EEPROM 存储模块电路原理图

### 3.7. 主控模块

主控芯片选择 STC8A8K64S4A12。它具备超快速 8051 内核，最大 64 K 字节 FLASH 空间，支持用户配置 EEPROM 大小，512 字节单页擦除；128 字节内部直接访问 RAM 以及 128 字节内部间接访问 RAM，ADC 支持 12 位精度 16 通道的模数转换。主控模块电路图如图 9 所示。

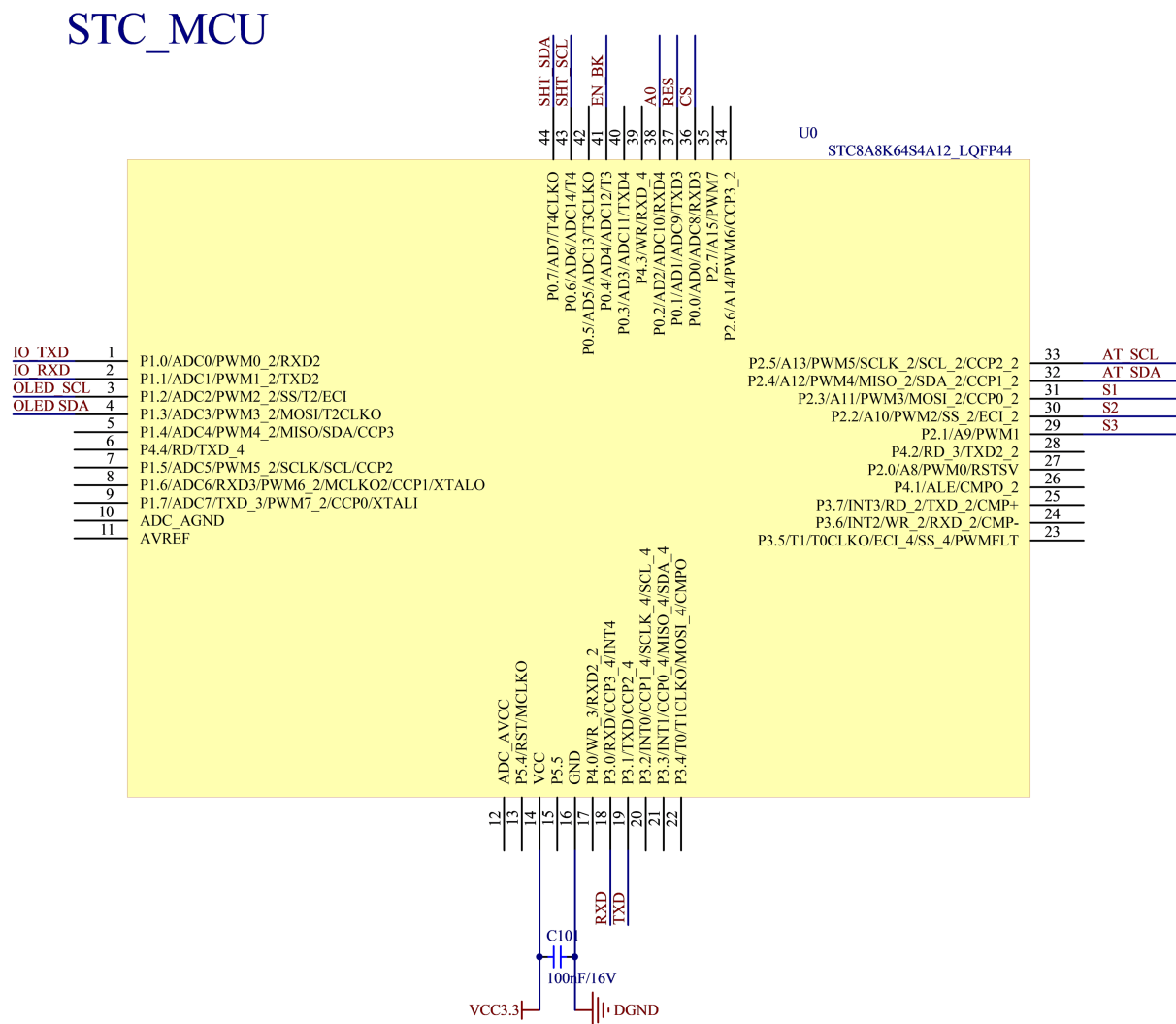


Figure 9. Diagram of the main control unit circuit

图 9. 主控单元电路原理图

## 4. 软件设计方案

### 4.1. 系统总体设计

室内测温插座系统包含温度采集、信息显示、按键控制和最核心的 BC26 通信这四个部分。整体流程为各部分初始化完成后，SHT30 温度传感器进行实时温度检测，并将采集到的温度数据存储在 AT24C256 存储单元中，为后续的数据交互和信息显示做准备。

LCD 显示屏，从 AT24C256 中读取数据进行显示。同时可通过按键切换显示内容，方便用户查看多种信息。BC26 的通信分为主动上报和指令下发及响应两个部分。其中的实时温度、温度偏移和 SIM 卡

的 ICCID 定时 10 分钟上报一次，热力费余额数据定时 24 小时上报一次。其余的指令是云平台主动下发并响应，随时可以进行。系统整体软件流程图如图 10 所示。

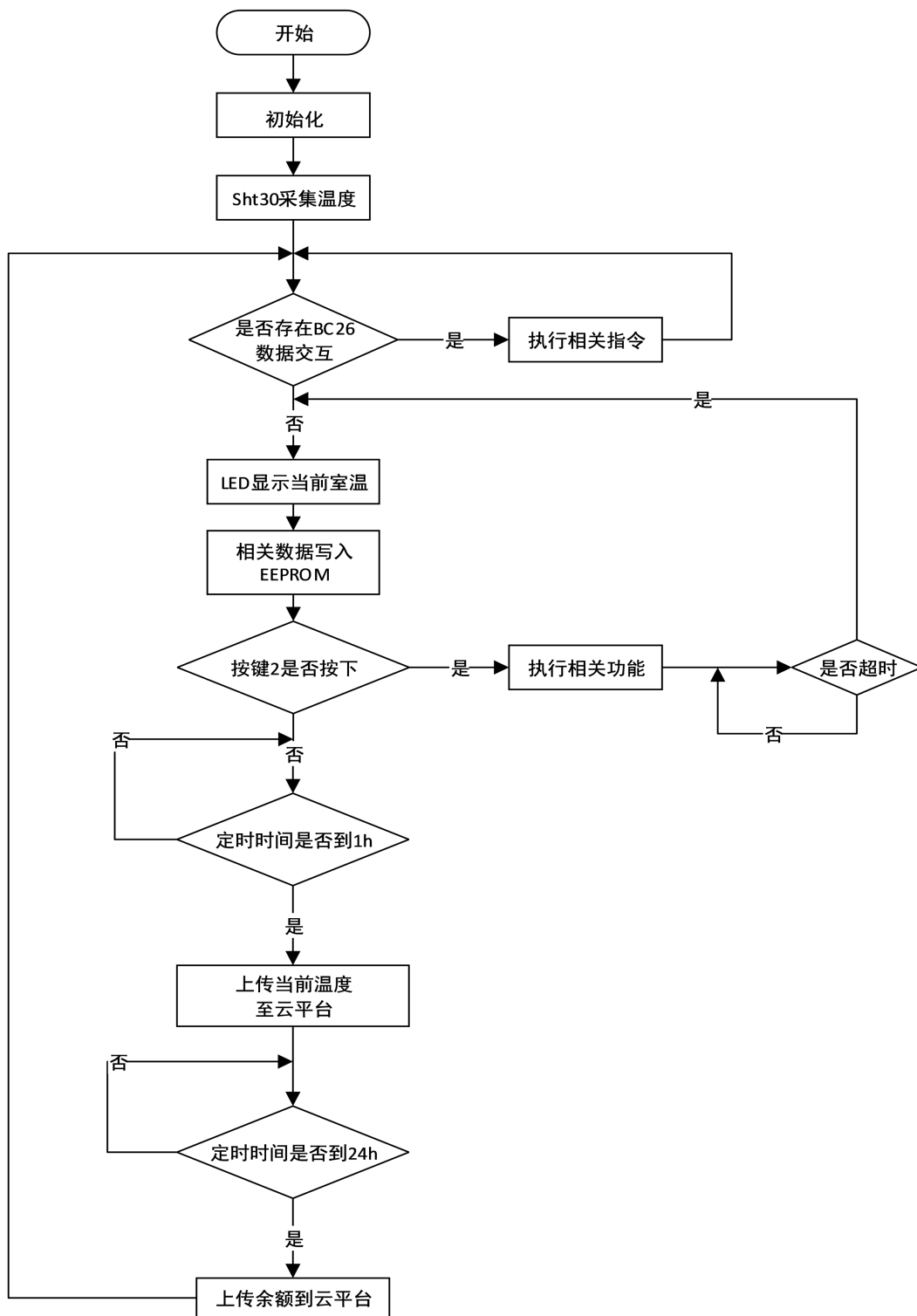


Figure 10. Diagram of the system master program  
图 10. 系统主程序流程图



## 4.2. BC26 通信部分软件设计

测温插座 BC26 模块在初始化程序运行完毕后即可与平台建立通讯，具体通讯内容包括：

- 下发指令：发温度偏移、下发上报周期、查询上报周期、下发设备时间、查询设备时间、下发设定温度、查询设定温度、下发温度上下限、查询温度上下限、下发费用余额、查询设备版本号、查询(iccid、温度、温度偏移、信号强度)；
- 数据上报：查询余额、iccid、温度、温度偏移以及当前信号强度。上报数据设置为定时上报，不需要主动下发相关查询指令。

终端设备具体应用流程如图 11 所示。

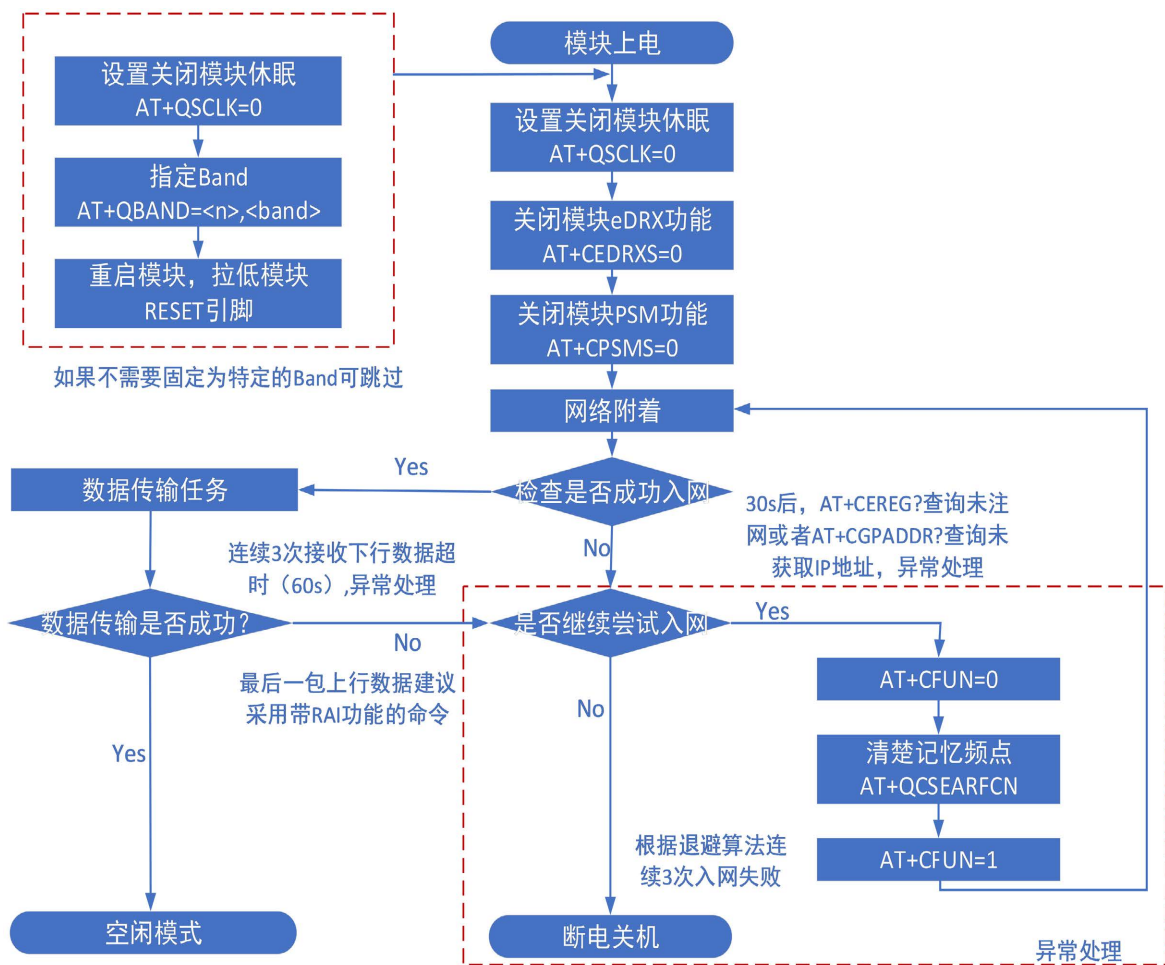


Figure 11. Specific application flow chart of terminal equipment

图 11. 终端设备具体应用流程图

## 5. 电信 AEP 云平台对接

### 5.1. 创建产品并配置相关信息

在配置产品信息的操作中，需要在电信 AEP 平台端对设备“接入方式”、“网络类型”、“通讯协议”、“数据加密方式”、“认证方式”、“透传模式开关”等关键信息按照系统所需实现的功能进行配置。具体配置规则如图 12 所示。

创建产品

\* 产品名称  
BC26NB

\* 产品分类 Q  
智慧水利 水利设备 智能水位监 功能定义

\* 节点类型  
 设备  网关

\* 接入方式  
设备直连

\* 网络类型  
NB-IoT

\* 通信协议  
LWM2M

\* 数据加密方式  
明文

\* 数据加密方式  
明文

\* 认证方式  
IMEI认证

\* Endpoint格式  
urn:imei-imsi#####

\* 是否已有电信官方认证通过的profile  是  否

\* 设备型号  
请输入设备型号

\* 是否透传  是  否

\* 省电模式  
PSM

产品描述  
输入产品描述

确定 取消

Figure 12. Product configuration information  
图 12. 产品配置信息

### 5.2. 设备添加

每一个 BC26 模块都对应一个特定的 IMEI 码，通过该 IMEI 码可以明确对应具体设备上传的信息，由此精准定位用户设备，有针对性的进行室内温度监测的任务。设备添加界面如图 13 所示。

添加设备

\* 设备名称  
BC26

\* IMEI号  
4585168751687

IMSI号  
请根据产品Endpoint格式输入IMSI号

是否开启自动订阅  
 是  否

确定 取消

Figure 13. Device adding interface  
图 13. 设备添加界面

### 5.3. 平台端配置数据交互属性和服务

配置数据交互的具体属性和服务类别，是平台端与物联网设备建立链接的关键一步，配置好相关信息即可实现对智能插座数采集据的有效接收和平台指令的及时下发。配置过程严格遵守通讯协议的要求，具体如图 14 所示。

属性名称	属性标识	属性ID	数据类型	数据定义	操作
GET_LIM	GET_LIM	34	变长字符串	单位: 无	🔍 ✎ 🗑️
GET_VER	GET_VER	43	变长字符串	单位: 无	🔍 ✎ 🗑️
DTMP	DTMP	42	变长字符串	单位: 无	🔍 ✎ 🗑️
UTMP	UTMP	41	变长字符串	单位: 无	🔍 ✎ 🗑️
TEM	TEM	38	变长字符串	单位: 无	🔍 ✎ 🗑️

Figure 14. Attribute list and service list

图 14. 属性列表及服务列表

### 5.4. 测温插座信息查看及指令下发

在对电信 AEP 云平台各项参数配置完毕后，平台端可用过如下界面，进行相关操作(其中包括“数据查看”、“指令下发”、“指令下发响应”等操作)。云平台操作界面如图 15 所示。

设备名称	设备ID	IMEI	IMSI	创建时间	最后上线时间	最后离线时间	状态	操作
最新测温插座	88c91141a7fa...	86909804216...		2021-12-28 18:50:31	2021-12-29 15:25:08	--	已激活	🔍 ✎ 🗑️
测温插座	#95174ac01f4...	86909804216...		2021-12-28 16:19:09	2021-12-28 16:25:56	2021-12-29 16:26:12	已激活	🔍 ✎ 🗑️
LXY3	7702c70ef7f1...	86909804830...		2021-12-28 12:42:48	2021-12-28 12:43:23	2021-12-29 12:43:38	已激活	🔍 ✎ 🗑️
LXY2	910d47b0bbd...	86909804831...		2021-12-23 15:40:39	--	--	已注册	🔍 ✎ 🗑️

Figure 15. Cloud platform operation interface

图 15. 云平台操作界面

## 6. 实验测试

### 6.1. 插座部分测试

配插座电源板与主控板与插座模具当中上电测试，内部结构如图 16 所示。



Figure 16. Physical diagram of the inside of the socket device  
图 16. 插座装置内部实物图

测试显示和温度采集功能时，通过按键调整插座显示界面为“实时采集温度”、“用户设定温度”、“热力费余额”，并通过按键调整设定温度值均正常运行，显示界面如图 17 所示。



Figure 17. Diagram of external objects of the socket device  
图 17. 插座装置外部实物图

### 6.2. 云平台操作

平台端可以正常接受插座上传的温度等数据，并通过相应指令对插座信息进行修改。实时温度、SIM 卡 ICCID、温度偏移量及信号强度可在数据查看界面显示，如图 18 所示。

设备ID	上报时间	数据	操作
0c95d3c3450e48849365c18980dea16c	2023-02-15 14:15:38	["MSG":"89861120257000477281,15.3,-2.1,-75"]	👁
0c95d3c3450e48849365c18980dea16c	2023-02-15 14:05:34	["MSG":"89861120257000477281,15.4,-2.1,-83"]	👁
0c95d3c3450e48849365c18980dea16c	2023-02-15 13:55:30	["MSG":"89861120257000477281,15.3,-2.1,-74"]	👁

Figure 18. Data viewing interface  
图 18. 数据查看界面

下发上报周期、下发温度偏移量等指令进程和发报结果可在指令下发日志中显示，如图 19 所示。

设备ID	IMEI号	指令ID	指令下发状态	指令下发时间	状态更新时间	指令级别	操作员	操作
0c95d3c3450e4884936...	867572059100727	7	指令已完成	2023-02-15 13:37:12	2023-02-15 13:45:38	设备级	15804298730	🔍
0c95d3c3450e4884936...	867572059100727	6	指令已送达	2023-02-15 13:37:08	2023-02-15 13:45:33	设备级	15804298730	🔍
0c95d3c3450e4884936...	867572059100727	5	指令已完成	2023-02-15 13:36:58	2023-02-15 13:45:30	设备级	15804298730	🔍
0c95d3c3450e4884936...	867572059100727	4	指令已送达	2023-02-15 13:28:16	2023-02-15 13:35:28	设备级	15804298730	🔍

Figure 19. Instruction issuance log

图 19. 指令下发日志

## 7. 结束语

本文利用 NB-IoT 通讯设计了一种新型的家用室内测温插座系统，整体包含测温插座和电信 AEP 云平台两个部分。一方面，该系统可以使用户实时监测自家室内温度和热力费余额等信息，并可通过简单操作上报个性化的期望温度数据。另一方面，供暖公司可以通过电信 AEP 云平台集中查看离散用户供暖情况和个性化需求，做到对供暖任务的简单高效处理。因此该系统针对供暖企业和用户个人提供了极大的便利，也改善了用户的居家体验。

## 参考文献

- [1] 连慧敏. 城市集中供暖的节能技术途径分析与研究[J]. 四川水泥, 2020, No.287(7): 127+129.
- [2] 鞠辰. 寒冷地区空气源热泵集中供暖系统调节方式的研究[D]: [硕士学位论文]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2019. <https://doi.org/10.27061/d.cnki.gchgdu.2019.003032>
- [3] 种道坤, 周海珠, 李晓萍, 李以通. 北方城市集中供暖系统能耗与过量供热案例分析[J]. 建筑热能通风空调, 2022, 41(4): 62-66.
- [4] 肖祖才. 基于 NB-IoT 的用电信息采集系统设计与研究[J]. 自动化仪表, 2023, 44(1): 18-21+26. <https://doi.org/10.16086/j.cnki.issn1000-0380.2021090038>
- [5] 傅剑锋, 陈博文. NB-IoT 技术在智慧小区中的应用研究[J]. 重庆建筑, 2022, 21(S1): 265-267.
- [6] 吴亮. 基于 NB-IoT 技术的智慧停车管理系统设计[J]. 现代信息科技, 2022, 6(22): 149-153. <https://doi.org/10.19850/j.cnki.2096-4706.2022.22.037>
- [7] 代明清, 赵谦, 花飞. 一种基于 I<sup>2</sup>C 总线的温度监控电路的设计[J]. 航空计算技术, 2022, 52(4): 112-116.
- [8] 唐拓. 4kb 串行 I<sup>2</sup>C 接口 EEPROM 电路设计[J]. 中国集成电路, 2022, 31(4): 37-42.
- [9] 田晓波, 唐琰, 于水游. 一种 CPU 模块的测试设计[J]. 光电技术应用, 2021, 36(2): 50-55.