

# 基于 MSP430 和 CC1100 组成的无线集抄系统

杨 辉<sup>1</sup>, 王俊霞<sup>2</sup>, 冯德军<sup>3</sup>

(1. 河南科技学院, 河南 新乡 453003; 2. 河南第二火电建设公司, 河南 郑州 4530000; 3. 郑州安然测控设备有限公司, 河南 郑州 4500062)

摘要: 介绍了一种基于 MSP430 单片机和 CC1100 无线射频芯片组成的无线集抄系统, 详细叙述了该系统的设计方案与软硬件的实现方法。通过对本系统软硬件的设计, 实现了无线集抄作业, 节省了大量的人工及管理成本。

关键词: MSP430; CC1100; 无线网络; 智能终端

中图分类号: TP27 文献标识码: A 文章编号: 1673-6060(2008)04-0101-05

## Integration system based on the MSP430 and CC1100 which are Composite with Wireless Radio Core Sheet

YANG Hui<sup>1</sup>, et al

(1. Henan Institute of Science and Technology, Henan Xinxiang 453003, China)

Abstract: The contents of this paper introduce the wireless integration system based on the MSP430 and CC1100 which are composite with wireless radio core sheet, which recite the design of this system and the ways of software and hardware carried out. This system through the design of the software and hardware, wireless set copy assignment, can save them a lot of artificial and management cost.

Key words: MSP430; CC1100; wireless network; intellectualize terminal

传统的入户抄表和预付费方式存在诸多弊端, 如入户麻烦、管理运行成本高、存在安全隐患、数据实时性差等, 已经无法满足现代管理和物业管理。无线抄表系统具有抄表速度快、准确率高、可实时采集数据、无需入户等优点, 已经成为城市抄表系统发展的必然趋势。同时在已建成小区中使用无线抄表系统, 可避免重新布线, 从而提高了家庭的美观度, 也降低了对安装人员的要求, 而设计的一种应用于住宅单元的燃气表无线集抄系统。

## 1 系统的整体结构

图 1 为无线集抄系统的整体结构图。它用于住宅单元的燃气表数据的采集、集中、中继。该系统主要有四部分组成: 由燃气表智能控制部分和无线数传模块组成的智能终端、用于数据传递的手持设备、对用户进行信息管理的数据中心、用于数据中心与具有集中功能的智能终端通信的小区级集中器。该

无线集抄系统可以通过模式设置而工作于不同的模式, 其工作模式主要有三种:

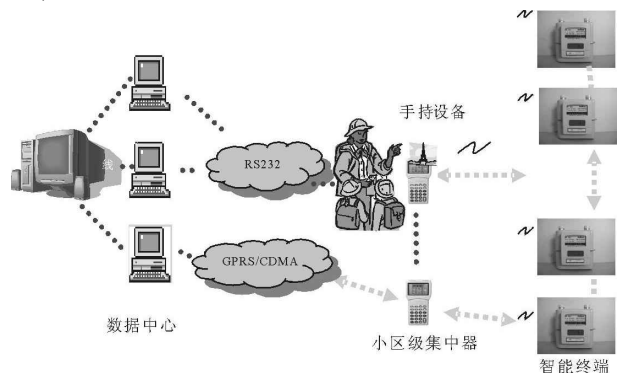


图 1 无线集抄系统整体结构

1.1 数据中心通过有线方式将需要抄表的用户信息下载到手持设备中, 手持设备发出抄表指令给一个单元中的某一户, 而后具有集中功能的智能终端通过分组集中、中继传输的方式将属于所在同一个抄表单元的智能终端的数据集中下来, 再通过有线

收稿日期: 2008 - 10 - 19

作者简介: 杨辉 (1978 - ), 男, 河南唐河县人, 助教, 主要从事机电教育研究。

的方式把手持设备中的数据上传到数据中心。

1.2 手持设备直接对具有集中功能的智能终端抄取数据,再通过有线的方式把手持设备中的数据上传到数据中心。

1.3 具有集中功能的智能终端,在设定时间将数据汇总后直接通过小区级的集中器上传到数据中心。

## 2 系统的硬件实现

### 2.1 系统硬件结构

图 2 为系统智能终端的硬件结构。系统智能终端的 MCU 采用的是 TI 的 MSP430 单片机,通过 CC1100 无线射频收发芯片实现无线数据收发,并通过有线或者无线方式与数据中心连接。通过手持设备的液晶显示屏,抄表员可实时了解智能终端的运行情况。手持设备的无线通信模块采用同智能终端一样的电路。

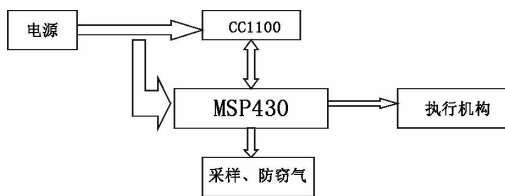


图 2 系统智能终端硬件结构

### 2.2 系统主要器件功能介绍

CC1100 是一种真正单片、低成本的 UHF 收发器,是基于 IEEE 802.15.4 标准开发出来的为低功耗无线应用而设计。电路主要设定在 315, 433, 868 和 915MHz 的 ISM (工业、科学和医学)和 SRD (短距离设备)频率波段,也可以容易地设置为 300 - 348 MHz, 400 - 464 MHz 和 800 - 928 MHz 的其他频率。该芯片具有 WOR (无线唤醒功能),当 CC1100 接收到无线射频信号后,可以产生中断信号去唤醒 MCU,此时 CC1100 功耗很低;快速 FIFO 寄存器;灵活的通信功能设置;RF 收发器集成了一个高度可配置的调制解调器。这个调制解调器支持不同的调制格式,其数据传输率可达 500kbps。通过开启集成在调制解调器上的前向误差校正选项,能使性能得到提升。

CC1100 为数据包处理、数据缓冲、突发数据传输、清晰信道评估、链接质量指示和电磁波激发提供广泛的硬件支持。

CC1100 的主要操作参数和 64 位传输接收 FIFO (先进先出堆栈)可通过 SPI 接口控制。

CC1100 可以通过 SPI 口与 MCU 相连,无需复杂的编码,所需的周围器件很少,使用简单。其外围电路原理图如图 3 所示。

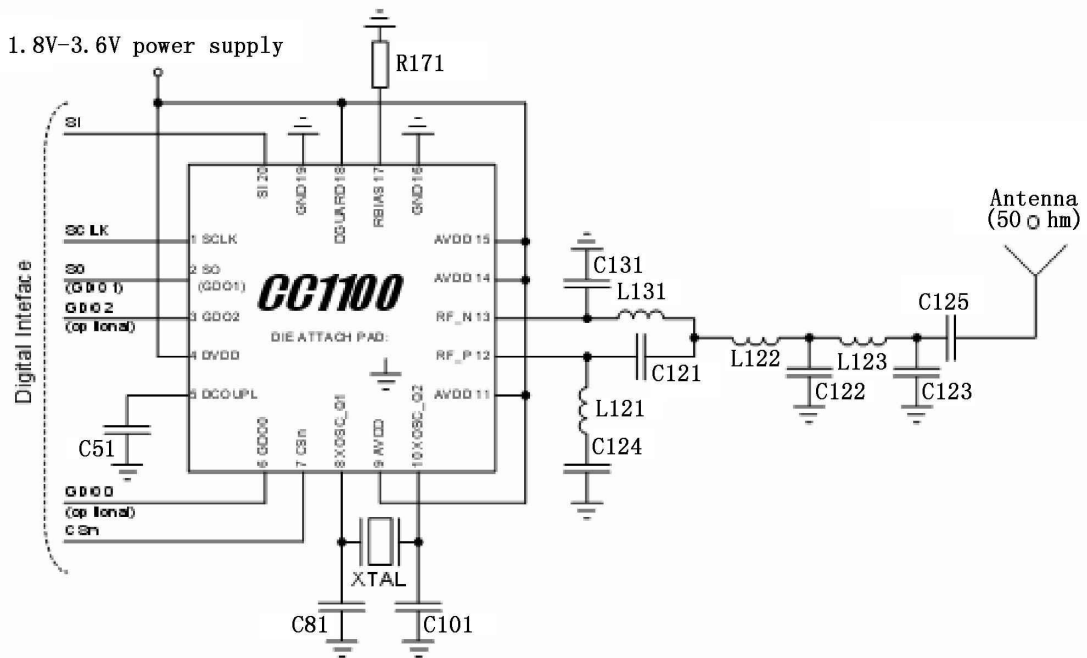


图 3 CC1100 外围电路原理

智能终端的核心部件 MCU 使用的是 TI 公司的 MSP430 系列单片机,它是一种超低功耗、功能强大的 16 位 RISC 结构的设置灵活、功耗低的显著特性

的单片机。其 16 位的 RISC 结构可以确保任何任务的快速执行,大多数指令可以在一个时钟周期中完成;还支持高级语言编程,可加快软件的开发。

2.3 硬件设计注意事项

RF电路部分会受到数字电路的干扰。RF芯片的输入信号可能小于  $1\mu\text{V}$ ,所以数字信号与射频信号之差可能会到 100 万倍 (最大发射功率  $10\text{dBm}$ ,速率  $38.2\text{k}$  接收灵敏度  $-100\text{dBm}$ ,信号功率相差  $110\text{dB}$ )。如果这些信号没有良好的接地、屏蔽、做好 EMC,RF信号将会被干扰,通信的性能就会受到严重影响。同时 RF信号对电源的要求特别高,非常微小的电压噪声也会严重影响通信性能。

因此,在电路的设计过程中要特别注意射频部分和供电电路的设计。在设计中要注意:首先,接地的问题,可以对电路进行大面积覆铜处理;其次,射

频部分的走线要尽可能的短。去耦电容要尽可能的靠近需去耦的引脚,对于需使用的没有去耦的引脚要分开使用,不可共用。同时也要注意去耦电容容量的选择。电源可采用多路供电或者星形供电方式,电源供电回路中也应采用去耦电容,防止电源噪声的干扰。

3 系统的软件设计

系统软件分为了三大部分:智能终端软件(低端)、手持设备软件、数据中心软件。图 5、图 6 分别为智能终端、手持设备的软件流程图,图 7 为数据中心功能示意图。

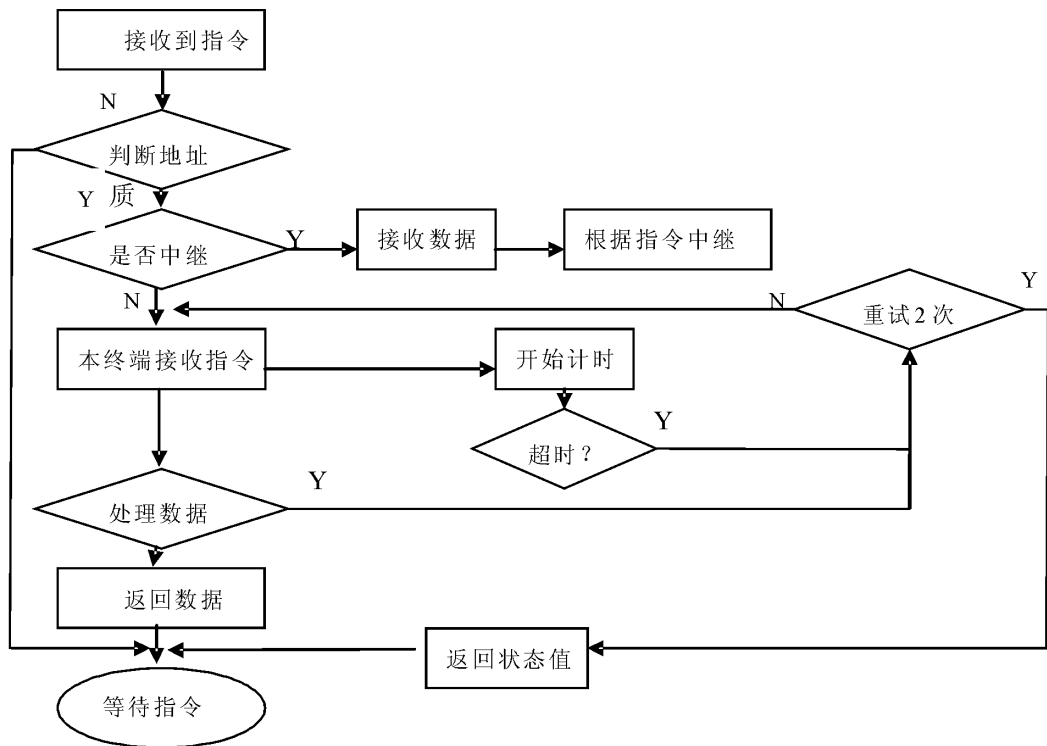


图 4 智能终端软件流程

3.1 智能终端软件设计

智能终端通过无线射频通讯方式,收到相邻的智能终端或者手持设备发送来的指令,首先要判断该指令中所包含的智能终端地址信息,是否和自身所具有的唯一、由数据中心生成的地址信息相匹配。若地址不匹配,说明指令是发送给其他的智能终端,则丢弃命令,继续等待。若地址匹配,则判断该指令中是否包含有需中继信息。若需要中继,说明该智能终端中继数据,接收中继数据并转发。若不需要中继,则该终端接收指令,并计时若超出设定时间未接收到返回信息,则返回重试、最多发送指令 2 次,超出次数返回抄表状态值。若接收到指令,则处理数据并返回实时数据。

3.2 手持设备软件设计

手持设备开机时,启动无线收发模块,采用片选信号来控制无线射频通信模块的工作状态,通过串口收发数据测试其能否正常工作,若不能正常工作,给出无线射频通信模块,没有正常工作的提示。若其正常工作,应按照以下工作流程:进入功能选择菜单,选择发射相应指令,手持机进入等待接收智能终端返回数据状态并计时,若计时 2s 未收到数据则返回相应的异常状态信息。若接收到智能终端返回的数据后,对返回的数据进行校验,数据错误则丢弃,正确存入列表文件。手持设备通过数据线传输到数据中心。

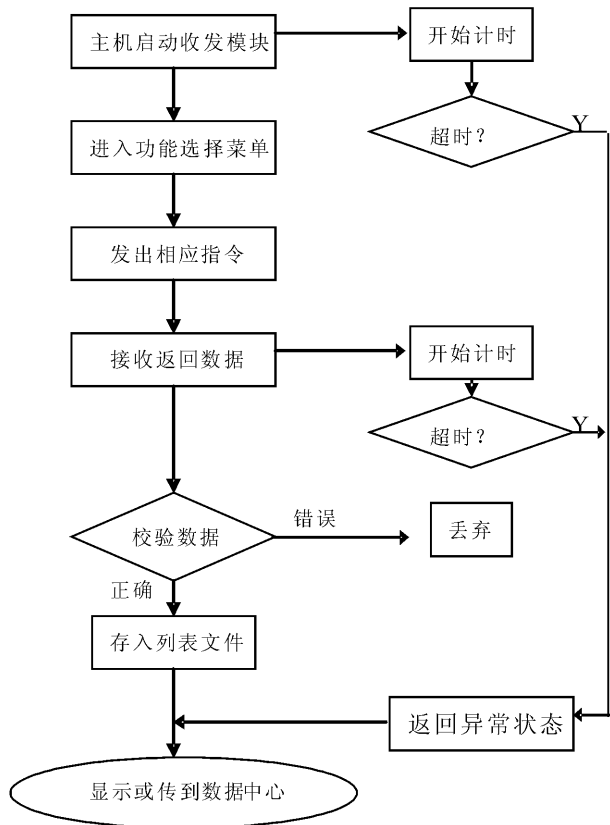


图 5 手持设备软件流程

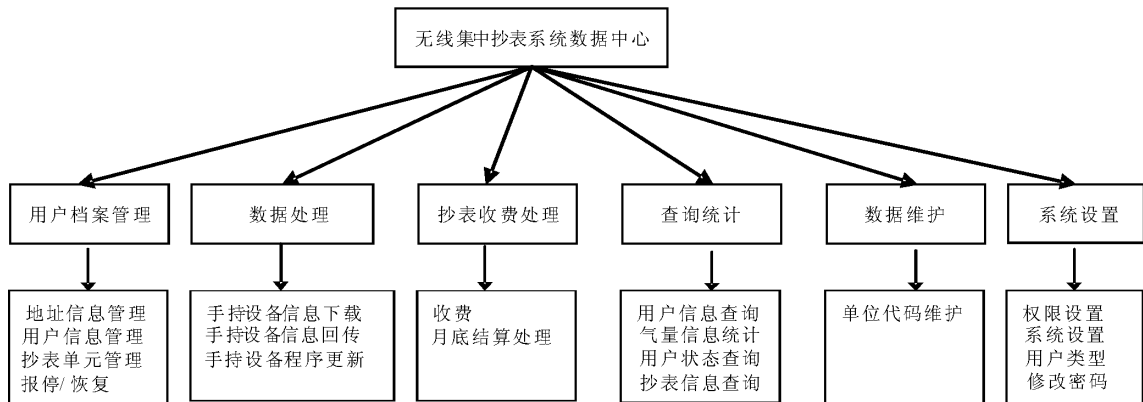


图 6 数据中心功能结构

数据链路层的数据帧格式为：

前导码	同步码	长度字或恒定的数据包长度	可选地址字节	有效载荷	可选CRC校验
-----	-----	--------------	--------	------	---------

前导形式是一个交互的 1、0 序列 (1010101...)。前导的最小长度是可编程控制的。当启用 TX 时,调制器开始传送前导。当控制数目的前导字节被传送完毕,调制器开始发送同步词汇,然后传送来自 TX FIFO 的可利用的数据。若 TX FIFO 为空,调制器将继续传送前导字节,直到第一个字节被写入 TX FIFO。调制器将随后传送同步词汇和数据字节。CC1100 支持恒定长度数据包协议

### 3.3 数据中心

数据中心由计算机系统、系统软件、应用软件、数据库组成,负责管理整个抄表区域的用户及智能终端信息管理。该数据中心主要有以下功能: 用户资料的录入和管理; 与手持设备进行通讯及抄表信息的管理; 根据用气信息,生成收费信息并进行收费管理; 各种统计和查询; 数据维护。根据以上主要功能的分析,将整个系统划分为:用户档案管理、抄表信息管理、抄表收费管理、查询统计、数据维护、系统设置等五个功能模块。

## 4 系统无线通讯协议

该无线集抄系统可视为点对点的通讯,则无线通讯协议可分为三层: 物理层,由 CC1100 无线射频通信模块的硬件实现; MAC 数据链路层; 应用层。

MAC 数据链路层的功能是提供可靠的无线数据传输,其设置非常的灵活,能维持不同的协议运行,满足不同应用和网络拓扑结构的需求。将应用层发送来的较长的数据帧拆为加上包头、CRC 校验和最长 32 个字节的数据帧,重新打包发送出去。接收数据时,将接收到的数据解包并重新组成完整的长数据帧后,转发给应用层。

和可变长度协议。可变或固定数据包长度模式能支持的长度可达 255 字节。对更长的数据包,可以使用无限数据包长度模式。

在数据传输过程中,为了区分干扰杂波与有效数据,可根据需要在发送数据时加上前导码。因为干扰杂波是随机的,可以选择的通讯协议中使用两个字节的前导码为 0xaa,同时也可以测试出数据传输信道建立的可靠性。在实际的发送过程中出现两个连续的 0xaa 概率非常小,避免此现象又加入两个字节的同步码,可以确保有效数据的正确性。在每帧数据前要先发两个字节的的前导码 (0xaa, 0xaa) 和

两个字节的同步码以实现数据同步,这样就可以确保在有效数据帧到达前双方通讯实现同步。在接收和传输时,固定长度区域可再次被控制,这使得为可变长度数据包拥有不同的长度区域配置成为可能。在接收开始时,数据包长度设定为一个大的值。MCU 读出足够的字节来解释数据包中的长度区域。然后,PKILEN 值根据这个值来设定。当数据包处理装置中的字节计数器等于 PKILEN 寄存器时,便到达了数据包的末端。因此,在内部计数器到达数据包长度值之前,MCU 必须能对正确长度编程控制。

通过利用无限数据包长度选项,任意数据包长度都可用。在数据包之初,无限模式必须是可用的。当数据包中剩下不足 256 字节时,MCU 将 PKILEN 寄存器设置为  $\text{mod}(\text{length}, 256)$ ,使无限数据包长度不可用,且启用固定长度数据包。当内部字节计数器到达 PKILEN 值,则数据传输或接收终止。自动 CRC 搜索路径检查可用。

智能终端应用层的功能是抄取智能终端与执行指令相关的数据与无线通讯相结合。应用层接收 MAC 数据链路层发来的相关数据,执行相应的指令,并把数据打包发给 MAC 数据链路层。手持设备的应用层负责与数据中心的链接。将中心发来的数据处理后通过数据链路层发送给智能终端,将数据链路层发送来的数据处理后发送给数据中心。

因为协议是分层结构,相邻层之间通过调用相关的函数来实现,故可实现各层的独立性。因此在更换智能终端所做的改动都不会影响其它层,提高了系统的灵活性。

## 5 系统的低功耗设计

智能终端的控制核心 MSP430 在等待时处于 LMP3 低功耗状态,在此状态下智能终端电流不会超过  $10\mu\text{A}$ ,而在整个系统中低功耗的设计重点是对 CC1100 的 WOR (无线唤醒功能)的使用。当它处于接收状态时,工作电流为  $12.5\text{mA}$ ,若始终让其处于接收状态,整个系统的功能会过大,供电模式为电池供电的情况下,电池电量会很快的耗尽。为了解决这个矛盾,可将系统工作模式设置为定时工作模式,在定时工作的时间段内,启用其 WOR (无线唤醒功能)功能后,系统自动处于侦听状态即接收状态。CC1100 需要设定两个时间参数  $T_0$ ,  $T_1$  以及接收占空比  $d$  (Duty Cycle),  $T_0$  为最长的工作周期,  $dT_0$  为

最长接收时间,降低能量消耗的关键就是降低占空比  $d$ ,进入接收状态后首先检测有无前导码,如果有前置码,则检测地址等及数据的正确性。因为该系统使用的数据传输速率为  $100\text{kbps}$ ,发送两个字节的同步码,则接收的时间要  $0.2\text{ms}$  为了确保能够唤醒且能够完整的接收到一帧 32 字节的数据,该系统留有一定的时间余量,设定每 2s 醒来 1 次,每次醒来  $3.5\text{ms}$  手持设备或具有集中功能的智能终端,唤醒其他智能终端的时候先发送前置码,时长要保证唤醒智能终端中 CC1100 模块需要的时间周期  $2\text{s}$ 。本系统采用发送两个  $0x\text{aa}$  为前置码,智能终端收到两个连续的  $0x\text{aa}$  和两个字节的同步字后,判断数据是否是自身数据后即返回相应的状态信息。计时器开始计时,若在两个周期  $7.0\text{ms}$  内仍没有收到同步字和帧起始码,则视为无效数据重新进入 WOR 状态。如此设定后整个智能终端的平均工作电流就在  $35\mu\text{A}$  以下,由 3 节 5 号 AA 电池能工作 1 年以上,使用锂电池并合理采用定时启动 WOR 功能,进口锂电池最少可以使用 8 年以上。

随着智能小区的发展,家用表具的自动集中抄表是一种发展趋势,而对已建成的住宅小区的抄表系统的改造,无线集中抄表系统具有不需布线、方便、灵活、极高的性价比的优点。本系统加以改造后,可以应用到水、电、安防等领域。

### 参考文献:

- [1] 魏小龙. MSP430 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
- [2] 胡大可. MSP430 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
- [3] 胡大可. MSP430 系列 FLASH 型超低功耗 16 位单片机 [M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2003
- [4] 李文仲,段朝玉. ZigBee 无线网络技术入门与实战 [M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2007
- [5] 胡大可. MSP430 系列 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
- [6] MSP430 Family Architecture Guide and Module Library TI Data Sheet, 2001.
- [7] 沈建华,杨艳琴,翟晓曙. 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
- [8] 沈建华,杨艳琴,翟晓曙. MSP430 系列 16 位超低功耗单片机原理与应用 [M]. 北京:清华大学出版社, 2005

(责任校对:张丰河)