

# 基于 CC1110 微功率无线采集器的设计

马耀辉<sup>1</sup> 朱青<sup>1</sup> 盛海波<sup>1</sup> 潘萍<sup>2</sup>

(1.湖南大学 电气与信息工程学院 湖南 长沙 410082;2.长沙师范学校 电子信息工程系 湖南 长沙 410100)

**摘要:** 为了克服电力载波通信抄表速度慢、抗干扰能力差、抄表成功率不高和不能跨台区抄表等缺点,主要进行了基于 TI 公司 CC1110 射频芯片的微功率无线采集器的硬件设计和软件设计。无线采集器采用半无线组网方式能够满足实时抄表的要求,而且组网快、无需人工干预的网络管理,为自动抄表系统提供了新的组网技术方法。本微功率无线采集器在试点项目的测试中,达到了实际应用要求,具有广泛的应用前景。

**关键词:** 采集器;微功率无线;组网

## Design of Micro-Power Wireless Collector on CC1110

MA Yao-Hui<sup>1</sup>, ZHU Qing<sup>1</sup>, SHENG Hai-Bo<sup>1</sup>, PAN Ping<sup>2</sup>

(1.College of Electrical and Information Engineering, Hunan University, Changsha 410082, China;

2.Electronic Information Engineering Department, Changsha Normal College, Changsha 410100, China)

**Abstract:** To overcome the shortcomings of Power Line Communication Meter Reading, such as low speed, poor anti-interference ability, low success rate and failure to be cross-regional etc, this paper mainly introduces the design of hardware and software of the Low Power Wireless Acquisition based on the CC1110 RF chip of TI company automatic. The Wireless Acquisition cannot only meet the need of real\_time meter reading, but also fast in Network, unnecessary for human network management. It supplies a new method of networking technology for the automatic meter reading system. In the pilot projects, Micro-power wireless collector have met the requirements of practical application and will be widely used in the future.

**Keywords:** collector; micro-power wireless; networking

## 1 引言

自动抄表系统(Automatic Meter Reading,简称 AMR)是指采用通讯和计算机网络等技术自动读取和处理表计数据,不需要人员到达现场就能完成抄读用户消耗电能的一种智能化管理系统,该系统包括电表级、采集器级、集中器级、主站级。电力线载波技术(PLC)是利用现有的电力线,通过载波方式将模拟或者数字信号进行传输的技术,但是这种技术存在电力线对载波信号造成高消减、电力线本身存在脉冲干扰及配电变压器对电力载波信号有阻隔作用等缺点,使得电力线载波技术很难在自动抄表系统中得到大规模的

应用。

针对上述的组网方式,本文提出了采用微功率无线采集器来实现上行无线的组网方式,而采集器下行抄表采用传统的有线 485 方式,来完成电能表数据的采集和存储,这种组网方式具有抄表成功率高、组网速度快和无需人工干预等特点<sup>[1]</sup>。

## 2 无线采集器的硬件设计

采集器硬件采用模块化设计,共分为三个模块,分别为电源模块、控制模块和通信模块,其中通信模块支持微功率无线模块和载波模块,这样可以根据客

收稿时间:2009-08-11;收到修改稿时间:2009-09-23

户的需求选用不同的通信模块。其原理图如图 1 所示。

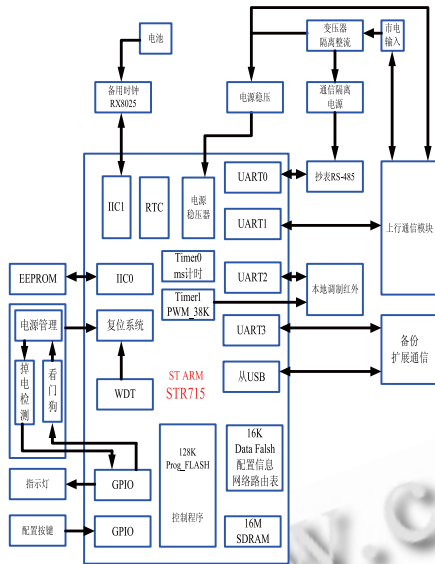


图 1 采集器原理图

## 2.1 控制模块

控制模块采用意法半导体(ST)的 STR71x 系列控制器,该系列控制器基于 16/32 位高性能 ARM7-TDMI RISC CPU,拥有丰富的内核和增强的 I/O 功能<sup>[2]</sup>,其内部结构如图 1 所示。STR71 系列微控制器共有 4 个 UART 异步串口,其集成的 UART 控制器支持全双工的异步通信模式。在设计中,配置 UART0 为下行抄表端口,只能是 485 模式,通过软件设置通信波特率,在默认情况下,采集器和表之间的通信波特率为 1200bps; UART1 连接上行通信模块,当采集器的通信模式被配置成无线或者载波模式时,该端口被使能,通过上行通信模块接收和发送数据,其中无线和载波的波特率为 9600bps; UART2 为红外端口,和红外电路一起共同构成采集器的红外抄表口,掌机通过该端口设置采集器的参数,读取相关的数据,波特率为 1200bps; UART3 为备用通信接口,在设计中作为维护 485 端口,通过该端口实现采集器的日常维护。4 个 UART 异步串口数据帧的长度都是 8 位,偶校验和一个停止位,其中 UART0 的优先级最高, UART3 的优先级最低。控制模块主要是通过 4 个异步串口和集中器及电能表进行通信,来接收和发送数据包,并对数据包进行解析,然后做出相应的处理,如设置参数、转发给电能表或者读取 EEPROM 中的日冻结、月

冻结数据或者整点数据,最后重新封装,返回给相应的集中器或者电能表。

## 2.2 微功率无线通信模块

只要通信收发双方通过无线电波传输信息,并且发送功率限制在很小的范围内(通常是 100mW 以下),就可以称为微功率无线通信<sup>[3]</sup>,本无线模块正是基于微功率的设计。

### 2.2.1 无线通信模块框图

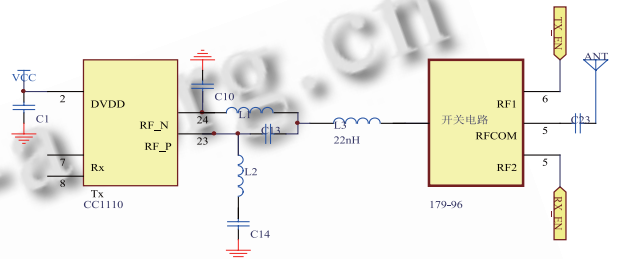


图 2 无线模块框图

图 2 为无线模块框图,模块芯片采用 TI 公司的 CC1110 无线射频芯片,CC1110 包含了业界领先的 CC1100RF 收发机和一个基于 8051 核心<sup>[4]</sup>,并具有集成 32KB 闪存和外设的高性能低功耗控制器,同时还包括了 4KB SRAM,数据保密(AES 安全处理器)<sup>[5]</sup>,带最多 8 路输出的 8-14 位 ADC 和强大的 DMA 等功能。本文设计无线模块的工作频率为 471MHz,通信波特率为 9600bps,发射功率可通过软件调整大小。连接无线模块收发的两个引脚电路采用典型的 LC 巴伦电路,来实现天线与两个差分引脚的连接;无线模块接收到集中器发送的信号,首先经过 LC 巴伦电路发送到 CC1110 的 RF\_N 和 RF\_P 两个差分引脚上,然后射频芯片经过滤波、增益调节、模数转换解调、解码输出数字信号传给和采集器相连的 Rx 引脚;采集器控制模块收到数据后,通过解析数据做出相应的处理,把有效的数据传给无线模块的 Tx 引脚,无线模块通过编码、调制、数模转换、信号调制,然后经过 LC 巴伦电路把信号平衡到单端输出的天线上发送<sup>[6]</sup>。

### 2.2.2 改进型巴伦(Balun)电路

巴伦(Balun:平衡-不平衡变换器)可以实现单端与差分结构间的变换<sup>[7]</sup>。图 3 是连接 CC1110 射频芯片和天线的改进型 LC 巴伦电路,该巴伦电路仅有两个同样的电感(L1 和 L2)和电容(C10 和 C13)构成,作为射频芯片 CC1110 的分路器或合路器的核心电路,

实现芯片两个差分引脚 RF\_P 和 RF\_N 与天线之间信号的平衡-不平衡的变换。图 3 为改进型 LC 巴伦电路的等效电路，当 CC1110 为接收模式下时，改进型 LC 巴伦电路将作为一个分路器，设分路器的单端端口阻抗为，两个平衡端口的阻抗为  $Z_{out}$ ，并且设

$$Z_{in} = R_{in} + jX_{in} \quad (1)$$

$$Z_{out} = R_{out} + jX_{out} \quad (2)$$

其中， $Z_{in}$  - 单端端口阻抗；

$R_{in}$  - 输入端口阻抗的实部；

$X_{in}$  - 输入端口阻抗的虚部；

$Z_{out}$  - 平衡端口的阻抗；

$R_{out}$  - 输出端口阻抗的实部；

$X_{out}$  - 输出端口阻抗的虚部；

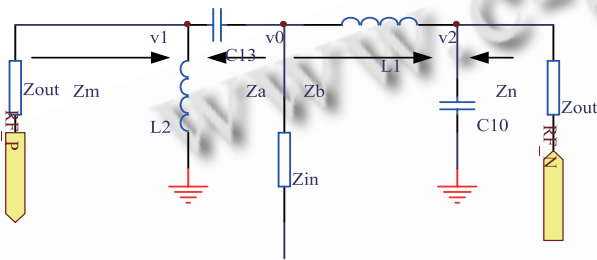


图 3 LC 巴伦电路的等效电路

图 3 中，从单端或输入端口向右侧或者左侧看进去的阻抗为

$$Z_a = Z_c + \frac{Z_L Z_{out}}{Z_L + Z_{out}} \quad (3)$$

$$Z_b = Z_L + \frac{Z_c Z_{out}}{Z_c + Z_{out}} \quad (4)$$

其中， $Z_c = \frac{1}{j\omega C}$ ， $Z_L = j\omega L$

$$R_{in} = \frac{(1-\omega^2 LC)R_{out}(1-\omega^2 LC-2\omega CR_{out})+2\omega CR_{out}[(1-\omega^2 LC)X_{out}+\omega L]}{(1-\omega^2 LC-2\omega CX_{out})^2+(2\omega CR_{out})^2} \quad (5)$$

$$X_{in} = \frac{2\omega CR_{out}(1-\omega^2 LC)R_{out}-(1-\omega^2 LC-2\omega CX_{out})[(1-\omega^2 LC)X_{out}+\omega L]}{(1-\omega^2 LC-2\omega CX_{out})^2+(2\omega CR_{out})^2} \quad (6)$$

如果要使功率高效地从单端端口传输到平衡端口或从平衡端口传输到单端端口，就必须使  $\omega^2 LC=1$ ，此时巴伦的核心电路达到谐振状态<sup>[7]</sup>。

可以得到两个非常重要的表达式

$$\omega L = \sqrt{2Z_{out}Z_{in}^*} \quad (7)$$

$$\omega C = \frac{1}{\sqrt{2Z_{out}Z_{in}^*}} \quad (8)$$

$$\text{其中 } Z_{in}^* = \frac{(1-\omega^2 LC)R_{out} + j[(1-\omega^2 LC)X_{out} + \omega L]}{(1-\omega^2 LC-2\omega CX_{out}) + j2\omega CR_{out}}$$

这样可以很容易根据给定的阻抗  $Z_{out}$  和  $Z_{in}$  算出  $L$  和  $C$ ，在本设计中  $Z_{out}$  和  $Z_{in}$  的阻抗为 50 欧姆，使电路达到谐振的  $L$  和  $C$  的值分别为 27nH、3.9pF。当芯片处于接收模式时，LC 巴伦电路作为一个合路器，把接收到的信号送到芯片的 RF\_P 和 RF\_N 两个引脚。

### 3 采集器软件设计

采集器软件设计按照模块化设计，总体可分为主程序模块、规约解析模块、存储模块、端口设备模块和时钟模块等。软件处理事件可以分为两个部分：一是采集器响应集中器命令做出相应的处理；二是采集器空闲时刻冻结数据部分，包括月冻结、日冻结和整点冻结。

#### 3.1 采集器响应集中器命令流程

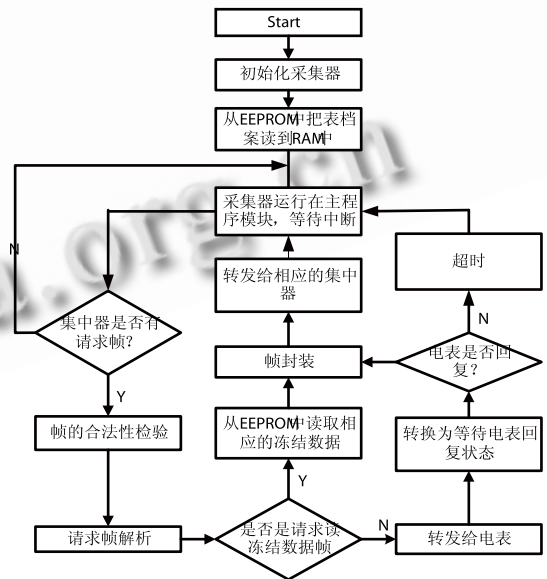


图 5 采集器响应集中器命令流程图

采集器响应集中器命令流程图如图所示：采集器在上电以后，初始化相应设备、端口，然后进入主程序模块等待中断的到来。当采集器的无线模块有数据到达时，采集器的上行通道端口响应中断并从端口的寄存器中获取数据，然后检验数据帧的合法性并通过

规约模块分析数据帧,如果请求读冻结数据,则从EEPROM中读取相应的冻结数据,然后封装帧发送给无线模块,进而发送给集中器;如果不是请求冻结数据,则采集器检查完帧的合法性后转发给电表,同时采集器回到主程序模块等待下行抄表端口的中断响应,如果等待超时,则发给集中器一个错误帧;如果电表回复,则转发给集中器,同时把电表回复的数据帧保留在自己的RAM中,保存的时间可以根据需要设定,最后程序进入主程序模块等待下一次的中断响应。

### 3.2 采集器冻结及补抄数据流程

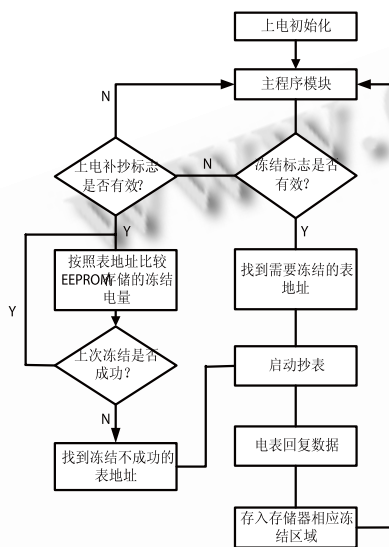


图6 采集器补抄及冻结数据流程图

采集器能够接 32 块 485 电能表,每块表抄表的时间是 3s,具备日冻结、月冻结、整点冻结、上电补抄,半点补抄功能。其流程图如图 6 所示:采集器上电、初始化外围设备以后,上电补抄标志有效,采集器判断当前的日冻结、月冻结和整点冻结数据是否存在,如果不存在,则启动上电补抄程序去抄读电表数据,把抄到的当前电量作为上 1 日的日冻结数据和上 1 月的月冻结及当前整点的小时冻结数据存储到EEP-

ROM中;如果上行通信没有数据到达,且当整点标志、日冻结标志和月冻结标志为 1 时,采集器会自动抄读所连接的 485 电能表,把抄到的电表电量作为相应的冻结数据存入 EEPROM。

### 4 小结

本文介绍了基于STR71x微控制器和CC1110射频芯片的采集器的设计方法。该无线采集器已经在山东和广西进行了组网测试,每个无线采集器作为一个独立的节点能够对网络自组自管,通过拓扑机制和网络协议形成转发数据的多跳网络系统。当某节点因环境因素等情况不能和集中器建立通信时,无线模块能够通过相邻节点同该节点建立通信,个别节点的失效不会影响整个网络的通信,从实际的应用情况看,组网快、无需人工干预网络的维护管理、运行稳定、安全可靠、可以跨台区进行数据通信,相对于电力载波有很多优势,因此在自动抄表系统中具有广泛的应用前景。

### 参考文献

- 1 李文仲,段朝玉,等编著. CC1110/CC2510 无线单片机和无线自组织网络入门与实践.北京:北京航空航天大学出版社.
- 2 沈建华,姜宁等编著. STR71x 系列 ARM 微控制器原理与应用.北京:北京航空航天大学出版社.
- 3 李文仲,段朝玉,等编著. C8051F 系列单片机于短距离无线数据通信.北京:北京航空航天大学出版社.
- 4 datasheet Low-Power SoC(System-on-Chip) with MCU, Memory, Sub-1GHz RF Transceiver, and USB Controller.
- 5 datasheet True System-on-Chip with High Power RF Transceiver and 8025 MCU.
- 6 黄智伟编著.无线发射于接收电路设计.北京:北京航空航天大学出版社.
- 7 李缉熙著,王志功译.射频电路与芯片设计要点.北京:高等教育出版社.