

低压电力无线集中抄表系统数据采集终端设计

庄克玉,胡继珍,张 超

(青岛科技大学 自动化与电子工程学院,山东 青岛 266042)

摘 要: 讨论了无线抄表系统的系统架构,介绍了低压电力采集终端的整体结构和工作原理,以及一种基于 Zigbee 技术的无线集抄系统数据采集终端硬件设计和软件设计。

关键词: 无线抄表;采集终端;Zigbee 协议;CC2430

中图分类号: TP274

文献标识码: B

Data acquisition terminal design of LV customers wireless meter reading system

ZHUANG Ke Yu, HU Ji Zhen, ZHANG Chao

(College of Automation and Electronic Engineering, Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266042, China)

Abstract: This article firstly discussed the structure of the WMRS and introduced the whole structure and working principle of the low voltage power data acquisition terminal, and then gave the detail introductions to a way of hardware and software design of WMRS data acquisition terminal based on Zigbee technology.

Key words: wireless meter-reading; data acquisition terminal; Zigbee protocol; CC2430

目前的自动抄表系统,从数据传输角度可分为有线、无线两大类,这两大类抄表系统各有其适用的应用领域,但就抄表系统的投资、建设、维护等方面,无线抄表系统显然具有更大优势。综观国内外无线抄表产品,除 2006 年法国公司在东欧建立的首个大规模抄表系统外,还没有其他系统可以大规模应用于居民小区,大部分只是前期试点,部分产品还没有应用在实际生活中^[1]。

无线抄表系统不但要完成新的数据采集,而且还要保证数据的可靠性。所以通信过程的可靠性和有效性是整个抄表系统的重要质量指标,关系到系统能否可靠运行。本文分析了无线抄表系统的结构,介绍了低压电力集抄系统采集终端的整体结构和工作原理,以及一种基于 Zigbee 技术的数据采集终端硬软件设计。

1 低压电力无线抄表系统的整体结构

某公司致力于电能计量自动化系统的开发,该公司现有的电力载波远程集抄系统有 2 种方案:(1)全载波方案。系统由后台软件、集中器和表计部分组成。(2)半载波方案。系统由后台软件、集中器、现场采集终端和表计部分组成,集中器上行与后台通信,通道方式包括:

GPRS/CDMA、电话线、GSM 等。方案(1)中,集中器下行与表计通信,通道方式主要采用低压电力载波进行数据传输。方案(2)中,集中器下行与采集终端通信,通道方式采用低压电力载波方式;采集终端和表计通信通道采用 RS-485 方式。图 1 为国家标准 DL/T 698-1999 中规定的低压电力用户集中抄表系统结构。

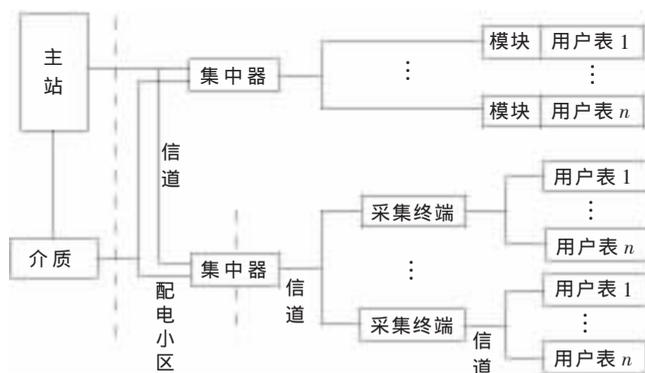


图 1 低压电力用户集中抄表系统结构示意图

低功率无线抄表系统与电力载波抄表系统具有相似的系统架构:集中器的上行通道都采用拨号网/专用

网/GPRS/CDMA 等网络实现电表数据的远程传输,采集器的下行通道采用 RS 485 总线实现电表数据的读取。它们的区别在于集中器的下行信道和采集器的上行信道的不同,电力载波抄表系统以电力线为信道载体传输数据,而无线抄表系统则以无线信道传输数据。

本文中,在集中器、现场采集终端或表中分别集成无线数据收发模块,将电表数据采集的电力载波方案改成无线通道方案。这样,与 2 种电力载波集抄系统相应的无线抄表系统则可以被称为全无线抄表系统和半无线抄表系统。通常在一个小区中使用星型网络即可形成一个由中心节点(集中器)和多个终端节点(表计或现场采集终端)组成的无线抄表网络。考虑到小区内有的终端节点离中心节点较远,数据传输可靠性低,因此采用网状网络。多个终端节点组成无线自组网络,将采集到的数据以多跳的方式发送到中心节点中,由中心节点实现数据存储和远程传送。

2 无线数据采集终端硬件设计

2.1 数据采集终端

采集终端是自动抄表系统安装在现场的低端设备,它主要负责对单个电表的数据进行采集,并且将每个用户的数据分别存储,当接收到集中器的命令时,将用户数据发给集中器。如果为每个电能表都配备 1 个数据采集器,将会导致系统结构复杂、成本高。因此,要求每个采集器可采集多个电能表的电量数据,并把统计的电量保存到相应的存储器空间,方便集中器进行抄读和控制。

本文设计的无线采集终端基于 Chipcon 公司的 Zigbee SoC 解决方案,采用低功耗的 CC2430-F128 无线通信芯片。采集终端的下行通道采用 RS-485 总线与多台电能表连接,用于电能表的数据采集和对电能表的通断电控制。采集器的上行通道采用 Zigbee 无线传感器网络技术,每个采集终端都作为 Zigbee 网络的 1 个终端节点,多个终端节点和 1 个集中器组成网状网络,采集终端通过网络与数据集中器进行数据交互,实现电表数据的远传。图 2 所示为本文设计的低压电力无线抄表系统结构。

2.2 采集终端硬件设计

系统的硬件结构如图 3 所示。它实现的功能是与外界的通信和数据的存储,其结构主要包括:CC2430-F128 无线单片机、电源单元、485 通信单元、红外通信单元、状态指示单元。电源单元电路用于为其他各单元供电;采集终端利用 485 通信单元连接多个电能表,组成 485 总线网络,



图 2 低压电力无线抄表系统结构



图 3 基于 CC2430-F128 的采集终端硬件结构框图

实现对电能表的控制和电能表数据的抄读。该单元使其采集终端适合应用在带有 RS-485 接口的多功能电能表的场合;红外通信单元用于实现采集终端的参数设置和数据的半自动化抄读,用于解决无线抄表系统无法自动读取采集终端数据的情况;状态指示单元用于指示采集终端的组网、通信等各种工作状态。

指示灯及电源电路如图 4 所示,RS-485 通信单元如图 5 所示。

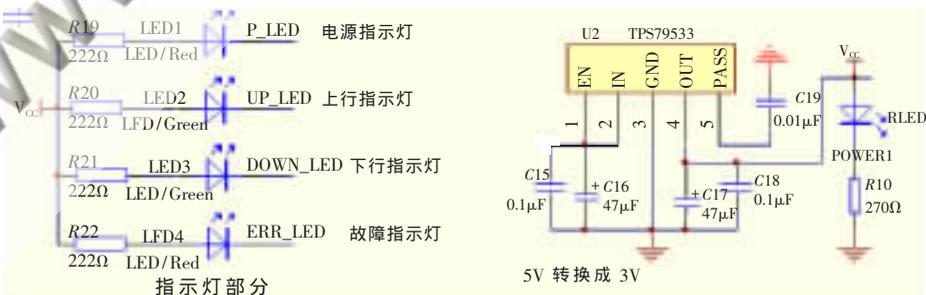


图 4 指示灯及电源电路

CC2430-F128 及其外围电路如图 6 所示。CC2430-F128 无线单片机是采集终端的核心单元,它在单个芯片上整合了 Zigbee 射频(RF)前端、内存和微控制器。CC2430-F128 芯片是 Chipcon 公司生产的首款符合 Zigbee 技术的 2.4 GHz 射频系统单芯片,适用于各种 Zigbee

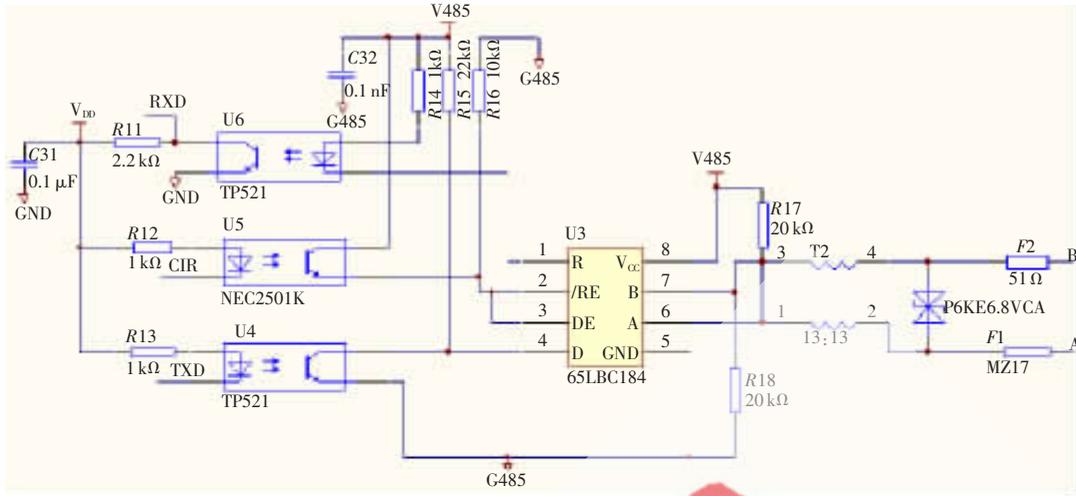


图5 RS-485 通信单元

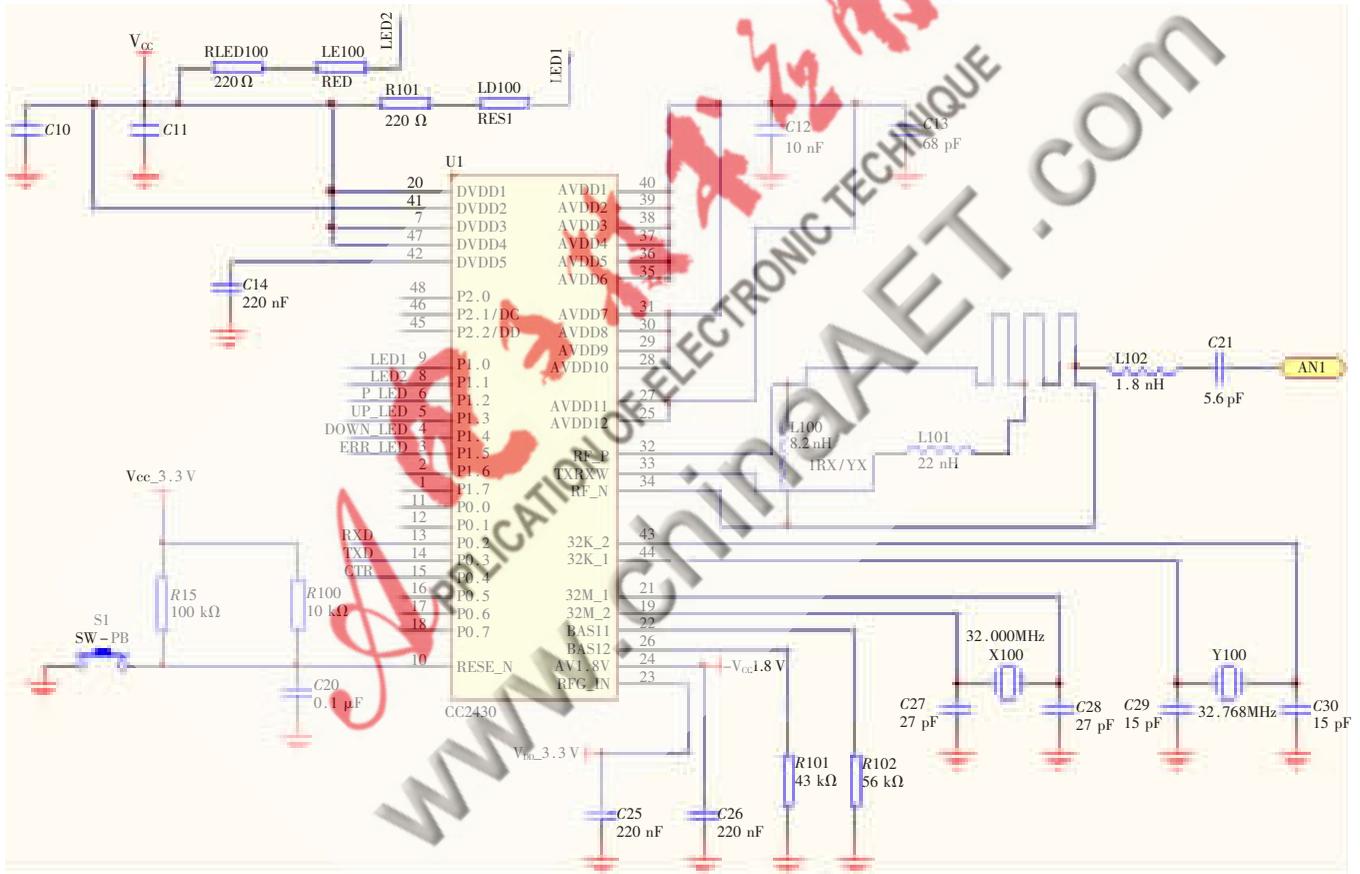


图6 CC2430-F128 及其外围电路

或类似 Zigbee 的无线网络节点,包括调谐器、路由器和终端设备。它使用 1 个 8 位 MCU(8051),具有 128 KB 可编程闪存和 8 KB 的 RAM,还包含模拟数字转换器(ADC)、几个定时器(timer)、AES128 协同处理器、看门狗定时器(Watchdog timer)、32 kHz 晶振的休眠模式定时器、上电复位电路(Power On Reset)、掉电检测电路(Brown out detection)以及 21 个可编程 I/O 引脚。Zigbee 采用 IEEE802.15.4 标准,利用全球共用的公共频率

2.4 GHz。应用于监视、控制网络时,CC2430-F128 具有非常显著的低成本、低耗电、网络节点多、传输距离远等优势,目前被视为替代有线监视和控制网络领域最有前景的技术之一。CC2430-F128 中运行 Zigbee 协议栈,在协议栈的应用层中添加抄表系统的应用程序,应用程序初始化过程中完成系统参数的初始化、查表等功能,根据电能表通信协议,周期性地读取电能表数据,并将数据存储在存储器中。响应来自集中器的指令,实现对电

能表的控制或发送电表数据,数据在网络中以多跳的方式向集中器传送。

3 无线数据采集终端系统软件设计

3.1 Zigbee 协议栈

Zigbee 是一种近距离、低复杂度、低功耗、低数据速率、低成本的双向无线通信技术,主要适合于自动控制、远程控制领域及家用设备联网。Zigbee 标准基于 802.15.4 协议栈而建立,具备了强大的设备联网功能,支持 3 种主要的自组织无线网络类型:星型结构、网状结构(Mesh)和簇状结构(Cluster tree),特别是网状结构,具有很强的网络健壮性和系统可靠性。自动抄表是 Zigbee 联盟选定的 3 个主要应用目标之一。采用 Zigbee 技术与 Internet/GPRS/CDMA 技术结合,可以为电表的无线抄表提供很好的解决方案。TI 公司已经免费提供 Zigbee 协议栈,在协议栈的应用层中加入电能表数据采集及管理功能,就可以搭建一个完整的无线电能表数据采集网络。电能表的数据采集程序是指采集终端根据电能表通信规约,周期性地读取电能表的数据。管理功能包括电表数据的存储、采集终端的自动查表、红外通信的参数设置和数据读取、处理来自集中器的指令和向集中器的数据发送管理等。

3.2 采集终端自动查表功能

自动查表功能,就是利用计算机的人工智能技术,自动搜索电表地址,并自动配置在采集器、集中器以及抄表中心的上位机软件中,使得系统在设备安装、更换时的参数配置完全不需要人工干预,自动完成系统中的设备档案管理功能。

早期的低压居民集中抄表系统在安装调试时,首先由技术人员到现场排查,对每个集中器、采集器下安装的所有电表的通信地址进行人工统计,然后在抄表中心的上位机软件中进行档案录入,最后还要逐一对照现场的采集器、集中器进行电表通信地址参数配置。除调试时工作非常繁琐、耗力耗时外,运行中换表操作时仍需大量的人工干预,使低压居民集中抄表系统应用的难度大、成本高。

本文设计的采集终端中,在 Zigbee 协议栈应用层添

加自动查表功能,每个采集器与其下接电表组成一组,使多个采集器可以多组同时找表。采集器与电表之间通过 RS-485 通道,按部颁规约交换数据,采集器采用哈希算法对其下接电表地址进行压缩编码,将完整的电表地址映射到有限的特征值范围内,搜寻采集器下接的所有电表地址。

3.3 数据传输规约

采集终端与电能表的数据交换采用国家标准《多功能电能表通信协议》DL/T645-2007:采集终端上行与集中器的数据交换中,集中器为主站、采集终端为从站,采集终端下行与多个电能表之间的数据交换中,采集终端为主站,多功能电能表为从站。该协议格式为主-从结构的半双工通信方式。每个采集器及多功能电能表均有各自的地址编码,通信链路的建立与解除均由主站发出的信息帧来控制。每帧由帧起始符、从站地址域、控制码、数据域长度、数据域、帧信息纵向校验码及结束符 7 个域组成,每部分由若干字节组成。

本文介绍了一种基于 Zigbee 技术的无线集抄系统数据采集终端,由于 CC2430 模块丰富的片上外围功能,大大简化了外围电路的设计,以及其超低的功耗模式,从而降低了成本,提高了运行的可靠性。

参考文献

- [1] 陈立万,汪宋良.无线抄表系统低功耗控制电路的设计与实现[J].合肥工业大学学报(自然科学版),2008(8):1198-1203.
- [2] 许晶菁,曾国宏,张佳基.基于 PL3200 的自动抄表系统采集器的设计[J].电子产品世界,2006(7):84-86.
- [3] Chipcon 公司.CC2430 Datasheet[EB/OL].2005.
- [4] 中华人民共和国国家发展和改革委员会.DL/T645-2007 多功能电能表通信协议[S].2007.
- [5] 国家电网公司.Q/GDW 130-2005 电力负荷管理系统数据传输规约[S].2005.
- [6] Zigbee Specification 2006[EB/OL].2006.
- [7] 中华人民共和国电力行业电测量标准化委员会.DL/T 698-1999 低压电力用户集中抄表系统技术条件[S].1999.

(收稿日期:2009-02-12)