

# 低功耗无线水表数据采集通信终端的设计和研发

任子真,宗丽雯

(沈阳化工大学 计算机科学与技术,辽宁 沈阳 110142)

**摘要:** 针对工业地下水管道难以抄收实际用水量导致无数据参考依据、无节制的滥用水资源这种现象,研发了一种可以埋在地下水表数据采集通信终端。此终端通过无线射频技术将水表抄收的数据发送出去,实现了抄收用水量。由于终端设备深埋在地下,为了降低终端节点功耗和提高抗干扰性,采用了低功耗的 Atmega128L 单片机和 CC1020 无线收发芯片。实验数据分析表明,该设计的功耗和稳定性都能够达到在现实中应用的要求。

**关键词:** 低功耗; 锂亚电池; 无线通信; 可靠性; Atmega128L

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2011)23-0088-03

## Design and research of data collection and communication terminal for low-power-consumption and wireless water meter

Ren Zizhen, Zong Liwen

(Department of Computer Science and Technology, Shenyang University of Chemical Technology, Shenyang 110142, China)

**Abstract:** Industrial groundwater pipeline is difficult to copy the actual water consumption, so that no data are provided and the countless abuse water resources. So, a kind of underground data collection and communication terminal is designed. The terminal will send out a copy of the water meter data through RF (Radio Frequency) technology, realized water meters reading. Terminal equipments buried deep underground, use a low power consumption Atmega128L single-chip microcomputer and CC1020 wireless transceiver chip, in order to reduce power consumption and improve interference immunity. And the experimental data analysis shows that the terminal of the power consumption and stability can achieve in the reality application requirements.

**Key words:** low power consumption; lithium battery; wireless communication; reliability; Atmega128L

中国是世界上缺水国家之一,人均水资源量为 2 238.6 m<sup>3</sup>,仅相当于世界人均占有量的 1/4,是世界人均水资源极少的 13 个贫水国之一<sup>[1]</sup>。而在现代化工业中,工业用水量急剧增加,水资源供需矛盾将更为突出,缺水已经成为工业发展的制约因素。为了提高我国工业的节水率,及时发现深埋在水管漏水现象,研究并设计了一种能深埋地下的无线抄表终端。

### 1 总体结构

数据采集通信终端长期深埋在地下,就要求抄表终端功耗低、抗干扰性好、通信距离远和防潮性强。综合以上要点,终端结构设计框图如图 1 所示。

为了降低抄表终端功耗,数据采集通信终端采用了超低功耗处理器 Atmega128L 和低功耗集成射频芯片 CC1020。由于终端在地下,供电可以采用布线到地下或

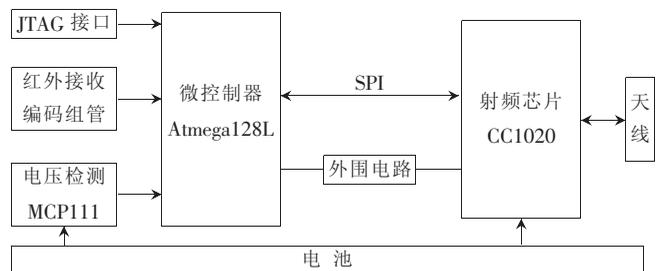


图 1 抄表终端结构框图

者是在终端安装电池两种方法。但是两种方法各有弊端。如果布线到地下,不仅施工费力、浪费资源,而且供电电压要在 36 V 防爆电压以下,大大增加了布线的难度;如果在终端安装电池,就会带来定期更换电池的麻烦。由于设计的数据采集通信终端尽可能做到了节约用电量,所以由实验分析得到了电池更换周期大约是 10

年。在抗干扰方面主要做到四点:(1)硬件设计细化了无线射频模块与 Atmega128L 间的布局布线;(2) 电池加装了滤波器,以减少电源噪声对芯片的干扰;(3)让晶振与芯片引脚尽量靠近,并用地线把时钟区隔离起来,晶振外壳接地并固定;(4) 在无线部分加用屏蔽罩进行电磁屏蔽提高系统的抗干扰性。为了解决地下潮湿给终端节点带来的损坏问题,整个终端节点的外观粘上一层防水胶,以达到 IP68 防水标准。

### 1.1 数据采集模块

自动抄表系统担负着各水表数据的采集任务,并需要向上一级发送采集的数据。系统数据采集模块选用无源直读式水表的原因是其低功耗。无源直读式水表的优点是系统平时不工作、不用电、无功耗(所以称无源);抄表时读取的是水表实时字轮数字(所以称直读)。水表计数器如图 2 所示,字轮侧剖图如图 3 所示。

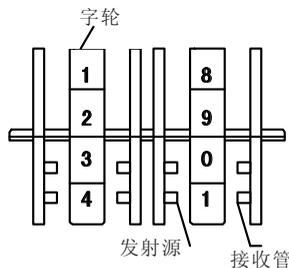


图2 水表计数器

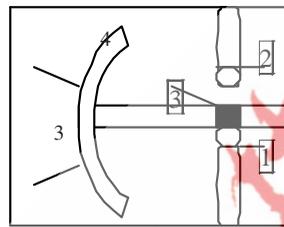


图3 字轮侧剖图

其原理是在每一位字轮的一侧设置固定的光电发射源(如图3中①),发射源发射出的光通过透光孔(图3中③),被位于字轮另一侧固定的接收管(图3中②)接收到。将接收到的信号通过信息编码识别技术,识别出字轮上0~9这10个数字。计算机中的信息编码识别技术用4个bit位就可以表示10个数字,但由于海明编码规则还应该增加1个bit位用于校验,所以每个字轮应有5对光电发射源和接收管以及字轮上的5个数字有透光孔。其实际上是利用多个接收点的不同位置状态来判断字轮转动到了什么数的位置,从而确定所对应的数据<sup>[2]</sup>。即:当发射源和接收管之间处于不透光的位置时,感应装置输出的信号设为高电平;当发射源和接收管之间处于透光的位置时,感应装置输出的信号设为低电平。一个字轮所有感应装置的输出构成了这个字轮的信息编码,从而可得到字轮上的数字。将每个字轮上的读数传送给无线收发模块 CC1020,并由其发送出去,便实现了水表的远程抄读。

### 1.2 无线通信模块

无线通信模块用于终端节点与集中器之间的数据通信。此模块选用 Chipcon 公司的无线射频芯片 CC1020。CC1020 是一种理想的超高频单片收发器芯片,其基于 0.35 μm CMOS 的 Chipcon 的 SmartRF-2 技术,低电流消耗(接收模式:19.9 mA),低供给电压(2.3 V~3.6 V)<sup>[3]</sup>,使用时只需极少的外部元件,其性能稳定,并

且采用高效前向纠错信道编码技术来提高数据抗突发干扰和随机干扰的能力。通常情况下,在载波频率是 433 MHz、接口波特率是 9 600 kb/s 时,空旷场所可靠传输距离可达 800 m 以上。

无线通信模块电路如图 4 所示。主要由晶振时钟电路、射频输入/输出匹配电路以及与微控制器的接口电路三部分组成。微控制器通过 4 线 SPI 总线与 CC1020 相连接,可实现无线通信模块的工作模式设置、缓存读/写,以及状态寄存器读/写等功能。

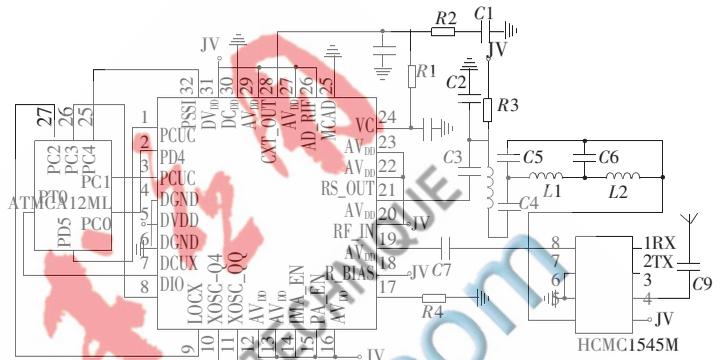


图4 无线通信模块电路图

### 1.3 电源

系统供电选用型号是 ER3415M 锂亚电池(锂亚硫酰氯(Li/SOCl<sub>2</sub>)电池),其标称容量为 14 500 mAh、额定电压为 3.6 V,能够提供较高的能量比,具有非常好的温度特性和极小的自放电,使用率可达 90%以上<sup>[4]</sup>。电压检测芯片选择的是小功率的 MCP111 芯片。检测电压设定无线模块支持的最低电压为 3 V,当电源电压高于检测电压时,MCP111 输出保持高电平;若低于检测电压时输出将变为低电平,并提醒电池电量的不足。电压低提出报警后,仍能保证采集通信终端正常工作三个月,提供足够更换电池的时间。

终端主要耗电部分为无线通信模块 CC1020 和单片机 Atmega128L。由数字万用表 DT9806 测量采集通信终端休眠时电流约为 14.7 μA,可算出休眠一天的电量消耗为 14.7 μA×24=352.8 μA。运行时完成一次通信过程的平均电流为 64.6 mA,一次通信时间为 2 s,每天采集并发送一次数据,一天的工作电量消耗为 129.55 mA。在电池使用率为 90%时,可以估算出采集通信终端电池可以使用 10 年以上。

## 2 软件设计

### 2.1 集中器与采集器通信协议

为确保集中器与采集器之间能够顺畅地进行通信,采用主-从结构的半双工通信方式,设计通信协议如表 1 所示。

表 1 信息帧结构

帧头	仪表	地址	控制	数据长	数据	校验	结束
	类型	域	码	度域	域	码	符
符号	ST	T	A0~A6	C	L	DATA	CS
长度/B	1	1	7	1	1	4	1

《微型机与应用》2011年第30卷第23期

根据 CJ/T188-2004《用户计量仪表数据传输技术条件》,帧起始符是表示一帧信息的开始,规定为 68H;仪表类型是采集通信终端的水表类型,本终端为冷水表,仪表类型是 10H;地址域是识别每个采集终端的唯一标识,由 7 个字节组成,每个字节为 2 位 BCD 码,地址长度为 14 位十进制数,最少可接入上万亿个终端;控制码定义了通信规则<sup>[5]</sup>;数据长度为数据域的字节数,用十六进制表示,读终端数据时 L 不大于 64H,写终端数据时 L 不大于 32H,L=0 时无数据域;数据域为传输的数据,包括数据标识、序列号和数据;校验码用来检验该组数字的正确性,采用偶校验;结束符标识一帧信息的结束,规定为 16H。

字节格式为每字节含 8 位二进制码,传输时加上一个起始位(0)、一个偶校验位(E)和一个停止位(1),共 11 位,先传低位后传高位。

## 2.2 采集通信终端软件设计

终端节点上的软件负责完成用户数据的实时采集,并通过无线通信模块将采集的数据包传送至数据集中器。终端节点遵循休眠-被唤醒-正常工作-休眠的循环工作模式。在休眠状态下,处理器停止工作,无线模块处于休眠状态。当终端接收到内部定时器的唤醒命令后,终端节点被唤醒,处理器进行数据采集、发送等命令。为了确保集中器能够收到终端节点发送的数据,集中器要返回给终端节点一个收到数据指令。这样做可以在软件上尽量降低丢包率和系统的功耗。终端节点的软件工作流程如图 5 所示。

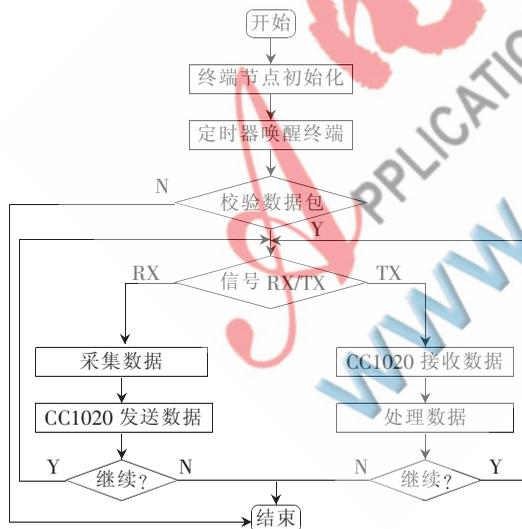


图 5 终端节点工作流程

## 3 实验数据分析

为了测量数据采集通信终端的丢包率和正确率,分别选取叠加厚度为 70 cm 的墙壁和空旷地带进行了实验。测试结果如表 2 所示。

表 2 不同通信距离数据接收情况

通信距离	时间 /min	发送数 数据包/个	接收数据 数据包/个	接收正确数 数据包/个	丢包 率/%	正确 率/%
墙壁阻挡	30	1 800	1 626	1 542	9.67	94.83
空旷 200 m	30	1 800	1 759	1 741	2.27	98.98
空旷 800 m	30	1 800	1 554	1 483	13.67	95.43

对比在有障碍物和空旷地带的实验数据发现,障碍物的阻挡导致丢包率和正确率的下降、传输距离变小,严重影响了通信的可靠性。对比不同通信距离的空旷地带数据发现,传输距离越远,丢包率越高、正确率越低。结合实验结果及反复实验情况,得出影响水表采集通信终端可靠性的主要因素有两个:传输距离与障碍物的阻挡情况;其他无线技术的干扰。为了解决以上问题提高系统的可靠性,可采取如下措施:在硬件设置上提高发射功率;在软件设计上,增加接收反馈帧以及超时重发。实验证明,在数据采集通信终端在地下时,完全可以实现数据的收发。

低功耗无线水表数据采集通信终端的设计和研发,实现了地下水表数据抄收的功能,解决了地下水抄收困难的问题。相信这种自动抄表技术将会在工业节水方面得到很好的应用和更好的发展,也会为水表、电表、气表、热表的融合提供更好的支持。

## 参考文献

- [1] 国家环境保护总局.中国环境状况公报 2000 年.2000.
- [2] 安庆敏,吴明光,仲玉芳.基于 ZigBee 的单环编码直读式无线远传水表[J].科技通报,2008,24(1):52-55.
- [3] Chipcon.CC1020 Preliminary data sheet. rev1.0. 2006.
- [4] 王圣平.油田高温锂亚硫酰氯电池性能分析[J].国外测井技术,2005,20(3):67-68.
- [5] CJ/T188-2004 用户计量仪表数据传输技术条件[S].2004. (收稿日期:2011-07-01)

## 作者简介:

任子真,男,1963 年生,副教授,硕士生导师,主要研究方向:嵌入式系统。

宗丽雯,女,1986 年生,在读研究生,主要研究方向:嵌入式系统。