

国内电力线载波数传模块的研发分析

易平波¹, 朱良学¹, 刘志英²

(1. 解放军电子工程学院 研究生管理大队研 3队, 安徽 合肥 230037;

2. 南京工业大学 城市建设与安全环境学院, 江苏 南京 210009)

摘要 电力线载波数传模块是实现电力线载波通信的核心部件和硬件基础。文中介绍了电力线载波数传模块及其功能, 详述了国内适用电力线载波 Modem 芯片及其功能特点, 以及电力线载波数传模块的实现方案, 指出了急需解决的技术问题及发展方向。

关键词 电力线载波通信; 数传模块; 电力载波芯片; 单片机

中图分类号 TN913.6 **文献标识码** A **文章编号** 1007 - 7820(2009)02 - 055 - 05

Analysis of Research into and Development of the Domestic Power Line Carrier Communication Module

Yi Pingbo¹, Zhu Liangxue¹, Liu Zhiying²

(1. Unit 3, Department of Graduate Management, Electronic Engineering Institute of PLA,

Hefei 230037, China; 2. School of Urban Construction and Secure Environments,

Nanjing University of Technology, Nanjing 211810, China)

Abstract The Power Line Carrier Digital Module is the core component and fundamental hardware in the achievement of Power Line Carrier Communication. An introduction to the Power Line Carrier Digital Module and its functions is given. Power line carrier modem chips applied domestically and their functions and features are described in detail. The realization of the power line carrier digital module is given. And the technical problems to be urgently solved and the direction of development are pointed out.

Keywords PLC; digital signal transmission module; power line carrier communication chip; SCM

电力线载波通信技术, PLCC (Power Line Carrier Communication) 或 PLC (Power Line Communication), 是指利用电力线网络作为传输媒介, 实现数据传递和信息交换的一种技术^[1-2]。电力线载波通信技术是电力系统特有的一种通信技术。从 20 世纪 20 年代以来, 该系统在电力系统得到广泛的应用。它为用户提供数字化社区服务和电子商务, 提供高速因特网访问服务、话音服务, 可实现家

庭办公和远程家电控制, 实现防火、防盗、防有毒气体泄漏等的保安监控系统。基于 PLC 的远程自动读水、电、气表系统, 节省了大量的人力物力。电力线载波数传模块是电力线载波通信的核心部件和硬件基础, 它使实现数据、语音、视频和电力传输的“四网合一”成为可能。

1 电力线载波数传模块简介

电力载波通信通过电力线载波数传模块将载有信息的高频信号加载到电力线上, 用电力线进行数据传输, 然后再通过电力线载波数传模块, 将高频信号从电力线上分离出来传送到终端设备。电力线载波数传模块在电力载波通信网络中承担

收稿日期: 2008-06-23

作者简介: 易平波 (1981 -), 男, 硕士研究生。研究方向: 传感器网络。朱良学 (1967 -), 男, 博士, 副教授。研究方向: 通信信号处理。刘志英 (1982 -), 女, 博士研究生。研究方向: 水污染控制。

着主机与节点、节点与节点间信息传输任务,起着运输枢纽作用,具体如图1所示。

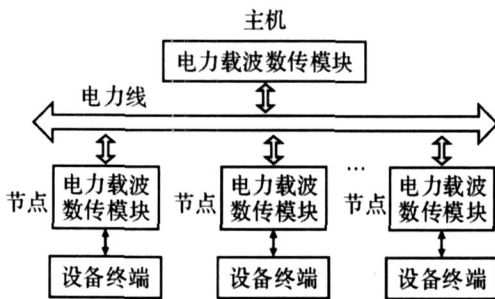


图1 电力载波通信系统结构图

电力线载波数传模块通常是指,利用现有电力载波芯片结合单片机(SCM)控制处理和外围电路开发出来进行实际低压电力载波数字通信的通信模块。国内生产的某些芯片本身内嵌增强型8051微处理器,无需开发人员另外配置微处理器及外围电路。电力线载波数传模块的设计内容通常包括电力线载波通信芯片的选择、耦合电路以及载波芯片和SCM所需外围电路等。电力线载波数传模块是PLC技术的实际应用,是电力线载波通信广泛应用的硬件基础。在整个电力线载波通信网络系统中,必须依靠电力载波通信模块来实现设备终端与数据采集器间的数据交换^[3],具有广泛的研究意义。

2 国内适用电力线载波 Modem 芯片介绍

国外对电力线载波通讯技术的研究较早、技术水平较为前沿,多家公司推出了自己的电力线载波 Modem 芯片,并制定了电力线载波适用频率范围的标准。目前有针对北美洲地区电网(480 Y/277 V, 208 Y/120 Vac)的标准频率范围 100 ~ 450 kHz和针对欧洲地区电网(400 Y/230 Vac)的标准频率范围 9 ~ 150 kHz。各公司在标准频率范围内,针对本地区电网特点,采用各种特定专有技术,设计出各自的电力线载波 Modem 芯片^[4]。由于国外电力线载波 Modem 芯片是针对本地区电网特性、电网结构,且一般是针对家庭内部自动化而设计,在国内使用都难尽如人意。目前,在我国一定应用领域可勉强使用的电力线载波 Modem 芯片有以下几种:

(1) ST7536、ST7538、ST7540

ST7536是SGS-Thomson(ST)公司为电力线载波通讯而设计的专用 Modem 芯片,除有一般 Modem 芯片的信号调制解调功能外,还针对电力线应用加入了许多特别的信号处理手段。ST7536是较早的电力线载波 Modem 芯片之一,调制解调技术是FSK方式,3 bit容错,它最高波特率为400 bps。但它无CSMA(网络载波侦听)功能,这些限制了它的应用。目前,在国内电力线载波抄表领域,ST7536是最适合的 Modem 芯片。但它的通讯距离不是很理想;需要作中继器时,通讯速度太慢。ST7538是ST公司在电力载波芯片ST7536、ST7537基础上推出的半双工、同步/异步FSK(调频)单芯片电力线调制解调器芯片。与ST7536和ST7537相比,主要特点是:有8个工作频段,可编程通信速率高达4800 bps,提供过零检测功能^[5]。

ST7540具有8个可编程发送频率,即:60 kHz、66 kHz、72 kHz、76 kHz、82.05 kHz、86 kHz、110 kHz和132.5 kHz,可编程波特率最高为4800 B/s,接收灵敏度可达500 μV (rms),同时具有UART/SPI主接口,采用单电源7.5 ~ 12.5 V工作,内部集成线路驱动器和5 V、3.3 V两个线性调整器,电流高达50 mA,数字电压为3.3 V或5.0 V,具有非常低的功耗,静态电流5 mA。在控制方面,ST7540芯片工作通过内部寄存器控制和同步串行接口来编程。ST7540还具有看门狗定时器、时钟输出、输出电压和电流控制、载波或前同步检测、可暂停工作和使用等功能,与前期的电力线收发芯片兼容,为用户的使用带来极大方便^[6]。

(2) SSCP200/300、NT5130、NT5K1

SSCP200/300(Spread Spectrum Communication)是Intellon公司采用现代最新通讯技术设计的电力线载波 Modem 芯片。它采用了扩频(Chip方式)调制解调技术、现代DSP技术、CSMA技术以及标准的CEBus协议,可以称为智能 Modem 芯片,体现了 Modem 芯片的发展趋势。Intellon公司2000年推出的Int5130芯片集,主要面向在电力线上实现的高速数据通信。NT5130与NT1000收发器配合使用,采用OFDM技术,通信速率达到14 Mbps,收

发器的信噪比 SNR 为 45 ~ 50 dB^[7]。

NT51X1 是 Intelon 公司采用 OFDM 技术研制的一块理想的基于 PLC 宽带接入的调制/解调芯片, 它在 4.3 ~ 20.9 MHz 的频带范围内共用 84 个载波, 采用 DBPSK/DQPSK 调制原理, 使其最高传输速率可达 14 Mbps。作为一款电力包集成收发器, NT51X1 能利用高频特性恶劣的电力线来实现高速数据传输。由于本芯片高度集成了电力包的数据处理功能及对外相关接口, 因此使用时仅需进行简单的初始化而不需复杂的编程, 使用非常方便^[8]。

(3) PLT-22、PL3120、PL3150

美国 Echelon 公司的 LonWorks 电力载波芯片, 采用窄带 BPSK 调制解调技术以及多种容错及纠错技术, 性能良好。以该芯片为核心的采集终端, 可通过两个电力线载波频率进行双向传输通信, 能自动解决电力线通信能力恶化的问题, 并对传输的数据进行集中管理及储存; 电力线调制解调器通过网线与主站系统进行数据资料的上传以及系统的监控等; 主站系统又以数据库系统为核心, 提供各地区所有数据资料的集中管理, 既能作为数据服务器, 又能进行数据统计分析^[9], 在我国应用效果很理想, 但它是 Lonworks 网络专用, 而且价格太高, 难以在民用市场领域大规模推广。

(4) MAX2986

Maxim 公司生产的电力线通信收发芯片, 该芯片完全兼容于 Homeplug 1.0 协议, 数据传输速率高达 14 Mbps, 可以满足宽带通信的需求^[10]。MAX2986 电力线收发器利用了当前最高发展水平的 CMOS 设计技术, 提供更高的性能指标和灵活性。这款高度集成的芯片内包含了媒体访问控制层 (MAC) 和物理层 (PHY)。MAX2986 数字基带与配套器件 MAX2980 模拟前端 (AFE) 一起, 利用了 Maxim 先进的 OFDM 电力线引擎, 提供高达 14 Mbps 的自适应数据速率, 可提供完整的高速电力线通信解决方案。该器件非常适合于以下应用: 局域网 (LAN)、音频、语音、家庭自动化、工业自动化以及电力线宽带 (BPL)。

(5) HYT3101

针对电力线载波通信的困难, 特别是我国电

力线的特殊情况, 深圳昊元设计了一款专用于电力线载波通信的芯片 HYT3101。它具有以下特点来改进以往芯片存在的不足: (1) 能承受比国际标准更加苛刻的条件和要求, 具有卓越的点对点通信性能; (2) HYT3101 内部的通信模块按 EA709.1、EA709.2 以及 EN50065-1 等国际标准设计, 和国际标准接轨, 兼容性强; (3) HYT3101 能够实时监测电网干扰和信号功率, 能够检测节点所在相位, 为系统的路由/中继和系统的自适应提供了物理上的基础, 保证了整个系统拓扑结构的自动学习; (4) 内嵌适合于现场网络的通信协议栈, 包括链路层、网络层、传输层、会话层和应用层等的上层通信协议, 与 EA-709.1 兼容。

(6) PL3105、PL3200

此系列为国内某公司自主开发的产品, PL3105 是专为自动抄表、智能信息家电以及远程监控系统而开发的单芯片片上系统 SoC (System on Chip)。采用 8051 指令兼容的高速微处理器, 软件易于开发; 内嵌的载波通信单元使其具备了在低压电力线上组网远程通信的强大功能; CPU 通过配置寄存器来实现对载波通信的控制, 接口方便; 扩频通信单元具有较强的抗带内同频干扰能力、灵敏度高的优点; 集成了完善的电压监测上电掉电复位看门狗电路, 确保了工业环境下运行时系统的可靠性^[12]。PL3200 是在 PL2000 的基础上开发的带计量的载波通信芯片。

(7) M200E

M200E 是弥亚微电子 (中国) 公司自主研发的一款专门针对低压电力载波信道进行优化设计的高集成度、高性能的网络接口控制芯片。M200E 可广泛应用于电力、供水、供气等远程抄表 (AMR) 及能源管理领域。M200E 集成了载波通信调制解调器物理层所需的所有部件, 由低噪声放大器、可编程带通滤波器、限幅放大器、过零点检测电路、全数字 AC 同步检测锁相环路、SPI 接口、DSP 运算模块、扩频调制/解调器、基带成型滤波器、前向纠错编码/解码器、CRC-16 编解码、数字上变频/下变频、数字功率放大器等部分组成。

3 电力线载波数传模块实现方案

国内电力载波通信数传模块总体设计框架基本一致, 绝大部分研发人员以国内外各电力线载波 Modem 芯片商开发的电力线载波 Modem 芯片为平台, 结合单片机控制芯片进行模块化产品设计。由于单片机技术的广泛发展应用, 控制芯片的选取较为灵活, 只要其资源能满足控制应用即可, 甚至部分国内自主研发的载波芯片产品本身已经内嵌微处理器, 为设计人员提供了方便。

通常电力线载波 Modem 芯片的选取根据应用领域不同而进行针对性的不同选用, 因此, 目前国内电力载波通信数传模块的不同实现方案。在模块功能上, 主要区别在于电力线载波 Modem 芯片的选取不同。在整体结构上, 区分在于是否采用集成程度较高的电力线载波 Modem 芯片。部分不采用电力线载波 Modem 芯片的研发人员, 从最基本的理论出发, 根据具体需要, 自主设计调制解调电路和单片机控制电路及其外围电路。

国内上述电力载波通信数传模块实现方案都有应用, 比如, 某大学应用北京某公司自主开发的 PL3105 电力线载波 Modem 芯片, 结合对照明网络开关控制的需要, 分别开发出总控制器, 组控制器和终端控制器 3 种不同功能的数传模块。其结构, 如图 2 所示^[11]。山东某大学大学基于较新一代的 PL3200 电力线载波 Modem 芯片进行了系统研究, 总体解决方案与之具有继承性^[12]。

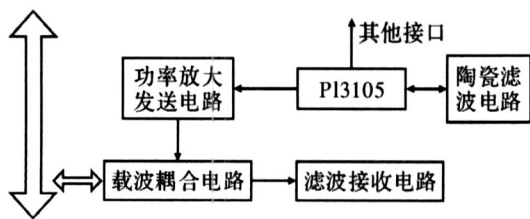


图 2 载波数传模块结构图

此方案优点是: 采用国内自主研制芯片, 针对性强, 更加符合我国国情的电力通信网。硬件设计上, 芯片本身内嵌增强型 8051 微处理器, 集成度高, 试验和实际应用表明通信距离可结合其它技术方式进行扩展, 通信误码率低。缺点是, 单一通信信道的局限性, 导致只适合中小规模的

网络应用。其中, 基于 PL3200 的电力载波通信系统, 选择在电网区域用户密集、电网分叉复杂、供电覆盖范围大的恶劣信道环境下测试, 通信速度: 500 bps, 环境温度: 23 ~ 28^o。(1)通信距离: 30 m, 误码率: 0, 误包率: 0; (2)通信距离: 200 m, 误码率: $< 10^{-3}$, 误包率: $< 10^{-2}$; (3)通信距离: 300 m, 误码率: $< 10^{-3}$, 误包率: 约 10^{-2} ; (4)通信距离: 400 m, 误码率: 约 17%, 误包率: 约 50%^[12]。

上海某大学的研究人员没有利用现成的电力线载波 Modem 芯片, 其数传模块设计由 5 部分组成: 单片机通信机侧的接口电路 (包含 RS - 232: MAX202, RS - 485: MAX1487)、单片机控制电路、电源电路 (包括交流滤波器、变压器、整流桥、LM2576 - 5、LM7815 LM7915)、调制解调电路和电力线藕合电路等。整个通信控制器的工作原理如下: 来自通信机的数字信号接到 RS - 232 (或 RS - 485) 插座上, 通过电平转换芯片 MAX202 (或 MAX1487) 和单片机相连, 这样就可以进行单片机和通信机之间的信息交换; 单片机控制系统是通信机和调制解调器之间连接的纽带, 在这里不但要完成数据的存储, 而且还要完成控制调制解调器的接收和发送功能; 电源系统负责给单片机、MAX202、MAX1487 以及调制解调器中各芯片供电。调制解调电路将单片机和电力线连接起来, 是整个通信控制器和电力线之间的接口。在这里, 它将来自单片机的数字信号转换成跳频信号, 通过变压器藕合到电力线上发送出去; 同时, 它也将来自电力线上的跳频信号解调成数字信号, 发送给单片机, 然后通过电平转换, 单片机将所接收到的数字信号发送给通信机。这样就完成了通信机间的通信过程。

此方案优点是: 不采用专门的电力线载波 Modem 芯片, 能根据具体需求选择和设计具体电路, 冗余设置少、资源利用率高、开发成本较小, 但是开发难度较大, 通信可靠性相对较大。使用同一微机的串口模拟双机通信, 取 15 m 长的电力线连接测试, 电力线上连有一个 40 W 的可调光台灯以及一个 850 W 带开关的电热水壶。波特率: 300 bps, 测试时间: 24 小时, 发送次数: 42 853 (每 2 s 发一次), 正确接收次数: 39 214, 成功

率: 91.51%^[4]。

由意法半导体 (ST)设计生产的新型电力线收发芯片 ST7540, 于 2006年推出, 支持多种独有或开放的 FSK调制技术通信协议, 其中包括 EHS和 Konnex(EN50090), ST7540内置了 FSK调制解调模块、串行接口模块、振荡器模块、电压及电流控制模块、滤波器、自动电平控制等电路, 与前期产品 ST7538的 44个管脚不同的是, ST7540共有 28个管脚, 管脚数量大大减小, 使用更加方便。一直以来, ST公司的 ST7536、ST7538在国内应用成功案例较多, 效果较好。在单片机的选择上, 美国微芯公司的 PIC单片机经济实惠, 可以根据不同应用选择合理资源配置的芯片型号。因此, 基于 PIC单片机和 ST7540的数传模块解决方案, 具有很大的优越性和研究价值, 近年来, 受到很多相关研究人员和机构的关注。

4 急需解决的技术问题及发展方向

电力载波通信数传模块设计, 目前需解决的问题是:

(1)进一步研究 PLC通信理论, 改进信号处理技术和编码技术, 优化通信网络结构以适应 PLC特殊的环境。提高自适应信道均衡、回波抵消技术、自适应增益调整等技术水平, 为低压 PLC通信的安全可靠提供保障;

(2)针对应用领域和通信环境, 选取合理的电力载波通信芯片和 MCU, 设计有效的耦合电路, 采用科学的通信协议, 降低通信误码率, 提高模块通信稳定可靠性。

基于国内巨大应用市场需求, 伴随着国内外电力载波通信技术的不断发展和成熟, 电力载波数传模块的研发越来越受到国内外学者和生产商

的关注。适应国际化通信标准, 符合国内实际, 满足国内需求, 逐步走向网络化应用是我国电力载波通信和数传模块研发的发展趋势和走向。

参考文献

- [1] Dr John Newbury. Communication Requirements and Standards for Low Voltage Mains Signaling [J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 1998, 13(1): 46 - 53
- [2] Adrian Patrick, Dr John Newbury, Sean Gargan. Two-Way Communications Systems in the Electricity Supply Industry [J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 1998, 13(1): 53 - 59
- [3] 毕卫红, 付广伟. 电力线载波通信模块设计 [J]. 电子产品世界, 2004, 27(2): 45 - 52
- [4] 孙 U. 低压电力线载波通信技术的应用研究 [D]. 上海: 上海海事大学, 2005.
- [5] 刘晓胜, 徐殿国. 电力载波芯片 ST7538 及其应用 [J]. 单片机与嵌入系统应用, 2004(7): 49 - 51.
- [6] 王作东. 新型 FSK电力线收发器 ST7540及其应用 [J]. 现代电子技术, 2006, 29(13): 56 - 61.
- [7] 李胜利, 焦邵华, 秦立军, 等. 中低压电力线载波通信方案的研究 [J]. 电测与仪表, 2002, 39(11): 29 - 33.
- [8] 孙海翠, 张金波. 低压电力线载波通信技术与应用 [J]. 电测与仪表, 2006, 43(8): 56 - 58
- [9] 张 /, 李春茂. 一种新型电力线收发器在电力线载波通信中的应用 [J]. 电气应用, 2006, 25(12): 76 - 79.
- [10] 孙海翠. OFDM技术及其在低压电力线载波通信中的应用研究 [D]. 南京: 河海大学, 2007.
- [11] 赵玉玺. 基于电力线载波通信技术的照明控制系统开发与实施 [D]. 杭州: 浙江大学, 2006
- [12] 崔爱霞. 基于 PL3200的电力线载波通信系统研究 [D]. 青岛: 山东科技大学, 2005.

欢迎投稿

来稿请寄: dzkj@mail.xidian.edu.cn