

学校编码：10384

分类号_____密级_____

学号：19920111152784

UDC_____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

电力线单工分时通信技术研究

Research of Power Line Simplex Time-sharing

Communication Technology

吴锦标

指导教师姓名： 陈文芾 教授

专 业 名 称： 测试计量技术及仪器

论文提交日期： 2014 年 04 月

论文答辩时间： 2014 年 05 月

学位授予日期： 2014 年 月

答辩委员会主席：_____

评 阅 人：_____

2014 年 05 月

厦门大学博硕士学位论文摘要库

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下，独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果，均在文中以适当方式明确标明，并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范（试行）》。

另外，该学位论文为（ ）课题（组）的研究成果，获得（ ）课题（组）经费或实验室的资助，在（ ）实验室完成。（请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称，未有此项声明内容的，可以不作特别声明。）

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

1.经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

2.不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。

声明人（签名）：

年 月 日

摘要

电力线是世界上遮蔽最广的网络之一，它与人类的日常生活紧密关联，构成了一张庞大的电力网。电力线通信技术在第一次被提出以后就得到了飞速发展，主要推动力量来源于其将供电线路和通信线路合二为一的巧妙设计思路所带来的巨大市场诱惑力。

本文作者在实验室的课题小组中独立负责一个研究项目的通信模块开发，在多方比对之后课题小组选定电力线通信方案作为系统的控制手段，并且该通信模块希望用于小范围、低成本、低速率的应用场合。针对课题的实际情况，本文在研究电力线通信技术相关原理的基础上提出了一种电力线单工分时通信技术，并制作出技术样机。

在设计通信系统之前，本文首先给出了电力线单工分时通信技术的原理，包括信号的调制、信号的编码以及信号的解调三个部分。根据这三个部分的原理，接着对系统所涉及的各个原理模块进行技术方案的设计，由此给后面的软硬件设计作下铺垫。在确定系统的整体技术方案以后，对系统的软硬件进行了设计。硬件设计方面，系统由主节点和从节点组成，其设计内容可以归纳为微处理器单元、异步串行通信、主节点硬件以及从节点硬件四个方面；软件方面，介绍了串口通信、数据调制、数据解调等程序模块的设计。

最后，本文对技术样机进行通信性能测试，并针对测试结果提出相应的改进措施。

关键词： 电力线；单工分时；通信技术

Abstract

Power line is one of the most extensively distributed networks in the world, it is closely related to our daily lives and constitutes an enormous power net. Power Line Communication technology obtained the rapid development after it was been proposed for the first time, which main driving force comes from the huge market allure of the clever ideas in combing power supply line and communication line.

The thesis's author is independent responsible for the communication module development of a research project in the laboratory team. The team selected the Power Line Communication solution as the means of control system after a variety of contrast, and the communication module is hoped to be used for applications of small scale, low cost and low rate. Aimed at the actual situation of the subject, the thesis proposes a kind of simplex time-sharing Power Line Communication technology on the basis of the principle of Power Line Communication technology related and makes a technical sample machine.

Before designing the communication system, the thesis puts forward the principle of power line simplex time-sharing communication technology, including three parts for signal modulation, signal encoding and signal demodulation. According to the principle of three parts, the thesis then carries on the design of technical solutions of each principle module involved in the system, thus, paves the way for the design of software and hardware. In determining the overall technical scheme of the system, the thesis introduces the design of system software and hardware. In the aspect of hardware design, the system is composed of the master node and the slave node, the content of the design can be summarized as four aspects for the microprocessor unit, asynchronous serial communication, the hardware for the master node hardware and slave node. In the aspect of software, this paper introduces the serial port communication, data modulation, data demodulation module design and so on.

Finally, the thesis does communication performance testing on the technical sample machine and puts forward corresponding improvement measures according to

the test results.

Keywords: power line; simplex time-sharing; communication technology

厦门大学博硕士论文摘要库

目录

第一章 绪论	1
1.1 课题研究的背景及意义	1
1.2 国内外电力线通信技术研究现状	1
1.2.1 国外研究现状	1
1.2.2 国内研究现状	3
1.3 本文主要内容	4
第二章 电力线通信的原理研究	5
2.1 低压电力线载波通信的基本原理	5
2.2 国内几种低压电力线载波通信方式	6
2.3 本文所用电力线通信方案的原理	8
2.3.1 信号的调制原理	9
2.3.2 信号的编码原理	11
2.3.3 信号的解调原理	12
2.3.4 系统的层架构	13
2.4 本章小结	14
第三章 整体技术方案	15
3.1 整体技术方案分析	15
3.2 电源模块	16
3.3 过零检测方案	18
3.3.1 方案要求	18
3.3.2 当前的几种过零检测方法	18
3.3.3 本文所用的过零检测方案	19
3.4 数据调制方案	20
3.4.1 分时控制器件	21
3.4.2 分时控制的实现	22
3.5 数据解调方案	23

3.6 本章小结	23
第四章 系统硬件设计	24
4.1 系统硬件组成	24
4.2 微处理器单元	25
4.2.1 微处理器类型选择	25
4.2.2 微处理器最小单元	27
4.2.3 主节点微处理器的 I/O 分配	30
4.2.4 从节点微处理器的 I/O 分配	31
4.3 异步串行通信	32
4.4 主节点硬件设计	33
4.4.1 电源模块	33
4.4.2 过零检测电路	35
4.4.3 分时控制电路	37
4.5 从节点硬件设计	37
4.5.1 电源模块	37
4.5.2 信号侦听模块	38
4.6 PCB 硬件的抗干扰设计	40
4.7 本章小结	41
第五章 系统软件设计	42
5.1 开发环境介绍	42
5.2 软件总体结构	43
5.2.1 主节点软件总体结构	43
5.2.2 从节点软件总体结构	44
5.3 串口通信程序模块	45
5.4 数据调制程序模块	47
5.4.1 分时控制子模块	47
5.4.2 单帧数据发送函数模块	50
5.5 数据解调程序模块	52
5.5.1 特征值计算	53

5.5.2 解帧程序模块.....	55
5.6 软件可靠性设计.....	56
5.7 本章小结.....	57
第六章 系统调试与测试.....	58
6.1 主节点调试.....	58
6.2 从节点调试.....	61
6.2.1 信号侦听模块的调试.....	62
6.2.2 特征值数据分析.....	63
6.3 系统通信性能测试.....	65
6.3.1 测试系统工作原理.....	66
6.3.2 测试方法.....	68
6.3.3 测试结果.....	68
6.4 本章小结.....	69
第七章 总结与展望.....	70
7.1 总结.....	70
7.2 展望.....	70
参考文献.....	71
致谢.....	74
硕士期间科研成果.....	75

Content

Chapter 1 Introduction	1
1.1 Research background and significance	1
1.2 Power Line Communication technology research status	1
1.2.1 Overseas research status	1
1.2.2 Domestic research status	3
1.3 The main contents.....	4
Chapter 2 Principle research on Power Line communication	5
2.1 Fundamentals of Low-voltage Power Line Carrier communication	5
2.2 Several domestic Low-voltage Power Line Carrier communication	6
2.3 Fundamentals of Low-voltage Power Line Communication	8
2.3.1 Principle of signal modulation	9
2.3.2 Principle of signal encoding	11
2.3.3 Principle of signal demodulation	12
2.3.4 Layer frame of the system.....	13
2.4 Summary	14
Chapter 3 Overall technical scheme of the system	15
3.1 Analysis of overall technical scheme of the system.....	15
3.2 Power supply module	16
3.3 Zero-cross detecting scheme	18
3.3.1 Scheme requirement.....	18
3.3.2 Several current zero-cross detecting methods.....	18
3.3.3 Zero-cross detecting scheme of this article.....	19
3.4 Data modulation scheme	20
3.4.1 Time-sharing control device	21
3.4.2 The implementation of time-sharing control	22
3.5 Data modulation scheme.....	23

3.6 Summary	23
Chapter 4 Hardware design of the system	24
4.1 Hardware composition of the system.....	24
4.2 Microprocessor unit	25
4.2.1 Type selection of microprocessor unit	25
4.2.2 The minimum microprocessor unit	27
4.2.3 Distribution of I/O of master node microprocessor	30
4.2.4 Distribution of I/O of slave node microprocessor.....	31
4.3 Asynchronous serial communication	32
4.4 Hardware design of master node	33
4.4.1 Power module	33
4.4.2 Zero-crossing detecting circuit	35
4.4.3 Time-sharing control circuit.....	37
4.5 Hardware design of slave node.....	37
4.5.1 Power module	37
4.5.2 Signal monitor module.....	38
4.6 Anti-interference design of PCB hardware	40
4.7 Summary	41
Chapter 5 Software design of the system.....	42
5.1 Introduction of the development environment	42
5.2 Overall structure of the software	43
5.2.1 Overall structure of the master node software	43
5.2.2 Overall structure of the slave node software.....	44
5.3 Program design of serial communication.....	45
5.4 Programming design of data modulation.....	47
5.4.1 Slave module of time-shareing control	47
5.4.2 Function module of single frame data transmittion	50
5.5 Programming design of data demodulation.....	52
5.5.1 Calculation of characteristic-value	53

5.5.2 Programming design of dissolving data frame	55
5.6 Program design of software reliability	56
5.7 Summary	57
Chapter 6 System debugging and testing	58
6.1 Master node debugging.....	58
6.2 Slave node debugging.....	61
6.2.1 Debugging on signal monitor module.....	62
6.2.2 Data analysis of characteristic value.....	63
6.3 Performance test of system communication	65
6.3.1 Working principle of the test system.....	66
6.3.2 Test method.....	68
6.3.3 Test results.....	68
6.4 Summary	69
Chapter 7 Summary and outlook.....	70
7.1 Summary	70
7.2 Outlook.....	70
References	71
Acknowledgements	74
Scientific achievements during master	75

第一章 绪论

1.1 课题研究的背景及意义

电力线是世界上遮蔽最广的网络之一，当前的人类社会随处可见电力线路的存在，以和我们日常生活息息相关的电器设备为例，包括电视机、电脑、电冰箱、空调、手机充电器等设备都要用到供电线路，可想而知，电力线组成了一个十分庞大的网络，甚至毫不夸张地说，人类已经离不开这张“网”。

因此，当电力线通信技术第一次被提出的时候，人类便产生了极大的兴趣。电力线通信即利用电力线来传送数据，一旦这个技术被真正实现，那就意味着我们身边所存在的这张庞大的电力“网”有了除供电之外的第二功能——通信，这对于人类来说可能是一次具备革命性的改变。此后，电力线通信技术得到了飞速发展，其最大的内在推动力量也正是来自于电力线通信将供电线路和通信线路合二为一的巧妙设计思路所带来的巨大市场诱惑力。

2013年4月，本文作者所在的实验室成立课题小组来研发“小型家居LED灯智能调光控制系统”，其中需要设计一个通信控制方案。如果采用传统的控制技术，想要实现对家居LED灯的智能控制，除了需要给LED驱动器提供220V的工频交流电压供电线路以外，还必须另外搭建控制线路，这会造成整个控制系统线路冗杂、成本提升。抛开使用成本来讲，复杂的控制线路不仅不利于布线和安装，也给后期的维修排查带来了诸多不便。针对上述情况，课题小组决定采用电力线通信方案，即控制系统中为灯光设备提供供电作用的电力线路同时也要作为数据传输的通道。笔者正是独立负责该通信模块的开发，因此有了本文的主要内容。

本文通过对电力线通信技术相关原理的了解，根据课题的实际情况，提出了一种电力线单工分时通信技术。

1.2 国内外电力线通信技术研究现状

1.2.1 国外研究现状

电力线通信（Power Line Communication，简称为PLC）在国外的研究可以

追溯到上世纪20年代，有着悠久的历史，相对于国内的研究状况来说，其在技术和理论上具有明显优势^[1,2]。PLC的相关技术手段起先在高压领域控制信息的低速率数据传输中得到运用，到1960年左右才有在电网的中低压范畴出现，主要实现有关电力及负载数据信息的远距离传送，到1970年左右才在生活化的家庭电力等领域得到实际应用。90年代以后，互联网技术得到迅猛发展，低压电力线载波（Low-voltage Power Line Carrier，简称LPLC）通信技术因具有无需重新布线的独特优势而被认为是解决互联网接入“最后一公里”问题的最佳方案，获得广大厂商及科研院所的关注，新技术日益更新，包括通信速率在内的多方面技术性能取得可喜创新。比如，英国的Norweb科技公司在上个世纪90年代开始研究LPLC通信技术的高速率数据传递，1997年这家公司和加拿大Nortel科技公司一起对低压电力载波信道的抗干扰问题进行解决，并研发出1Mbit/s的数据传递速率，使LPLC技术取得了关键的技术创新^[2]；从那以后，以美国为代表的发达国家对高速率投入了极大的热情在高速LPLC芯片的研发上面，并将更加先进的扩频、正交频分复用等技术应用在该领域。2001年，美国的Intellon科技公司开发一款数据传递速率超过10Mbit/s的芯片，并在三年之后又相继推出速率分别达 85Mbit/s、200Mbit/s 的高速率芯片；瑞士的ASCOM科技公司在上个世纪90年代末才开始涉及LPLC芯片的研制及开发领域，之后就成功开发了一款通信速率超过40Mbit/s的芯片，并命名为APA-45i；西班牙的DS2科技公司在四年后也顺利开发出上行数据传递速率为18Mbit/s、下行数据传递速率为45Mbit/s的LPLC芯片，并进一步在2005年开发出数据传递速率高达200Mbit/s的LPLC芯片^[3]。以上陈述的内容，其研究重点大都在如何提升通信传输速率，并尝试以LPLC通信手段来对宽带接入“最后一公里”的问题进行处理，但现有LPLC通信技术在如此高速率的情况下无法实现远程稳定传输，仅能勉强达到“最后100米”^[4]。

在低压电力线载波通信芯片技术不断发展的大背景下，欧盟和美国等国家随之成立与电力线载波通信有关的协会和联盟。2000年，英特尔等13家大型科技公司联合组成了家庭插座电力线联盟（Homeplug Powerline Alliance，简称为HPA），并于一年后对HomePlug1.0工业标准进行制定及发布，促使各家公司开发的产品关注其是否具有优良的兼容扩展性能。2005年8月，HPA着手使用高速率的PLC芯片，并进一步在各个国家对HPAHP进行广泛推广^[5]。上个世纪初，开放式PLC

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士学位论文摘要库