

学校编码: 10384

分类号_____密级_____

学号: 19920081152916

UDC_____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

基于嵌入式系统的总线式 PLC 设计

Design of Bus PLC Based on Embedded System

缪传杰

指导教师姓名: 陈文芴 教授

专 业 名 称: 机械制造及自动化

论文提交日期: 2011 年 05 月

论文答辩时间: 2011 年 05 月

学位授予日期: 2011 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2011 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

长期以来，传统 PLC 以其高可靠性、高性能等优点始终处于工业自动化控制领域的主战场。然而由于成本、易操作性和网络化等方面的不足，PLC 技术尚需不断改进。嵌入式技术和现场总线技术的快速发展，为传统 PLC 注入新鲜血液。将 PLC 技术和嵌入式技术、现场总线技术相结合，探索新型工业控制器具有十分重大的现实意义。

本文以工控领域的一些低成本、分布式、易操作应用场合的需求为基础，研究一种基于嵌入式系统的总线式 PLC 实现方案。本系统采用逻辑表达式解析算法实现了 PLC 的可编程逻辑功能；采用 CAN 总线拓展了网络功能；采用向导式界面，增强其易操作性；通过强化软件功能，裁剪硬件，降低成本。

本文首先介绍了总线式 PLC 的数学模型，给出了总线式 PLC 的总线式拓扑结构，详细介绍了逻辑表达式解析算法。在此基础上，完成了系统硬件、软件和 CAN 通信协议的设计。

论文硬件部分对主节点最小系统、人机交互接口、从节点开关量输入、从节点开关量输出、从节点模拟量输入、从节点模拟量输出和 CAN 通信硬件接口电路进行设计。软件部分在简要介绍 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 操作系统的基础上，完成了主节点基于 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 操作系统的驱动层和任务层设计、基于 ZLG/GUI 的人机界面设计，实现了从节点逻辑表达式解析算法和 CAN 总线通信的信息接收和发送等。

最后，分析了总线式 PLC 在 MCB 标准检测台中的应用。

关键词：PLC；嵌入式；CAN 总线

Abstract

The traditional PLC technology has dominated the field of industrial automation control for a long time, with its advantages of high reliability, high performance, etc. However, PLC technology still need to be improved due to its shortages in cost, operation and network aspects. The rapid development of embedded technology and field-bus technology has implanted new blood into the traditional PLC technology. To combine the traditional PLC technology with the embedded technology and the field-bus technology is of great practical significance for exploring the new type of industrial controller.

To meet the using needs in some low-cost, distributed and easy to operated industrial areas, this paper tries to explore the Bus PLC implementations based on the embedded system. This system has achieved the PLC programmable logic functions by using a logical expression analysis algorithm, and expanded the network function by using CAN bus. It also enhances its operability by using the wizard-style interface, and cuts the costs through enhancing software and cutting hardware.

This paper firstly introduces the mathematical model of the PLC Bus in detail, and then shows the PLC Bus topology, finally it introduces the logical expression analysis algorithm throughly. On this basis, the paper ultimatly completes the designation of the system hardware, software and CAN communication protocol.

The hardware part of this paper has completed the designation of the following sections: the master node minimum system, human-computer interaction interface, switch signal inputs of subordinate nodes, switch signal outputs of subordinate nodes, analog signal inputs of subordinate nodes, analog signal outputs of subordinate nodes and the CAN communication hardware interface circuit design. On the base of brief introduction of uC/OS-II operating system, the software components has completed the designation of the following sections: the driven layer and task layer based on the uC/OS-II operating system of the main node , the man-machine interface design based

on ZLG/GUI, analytic algorithm of logical expression of the subordinate nodes and the CAN bus communication including receiving and transmitting

Finally, the paper analyzes the using of PLC Bus in the MCB standard detection bench.

Keywords: PLC; embedded; CAN Bus

厦门大学博硕士论文摘要库

目 录

第一章 绪论	1
1.1 研究的背景及意义	1
1.2 嵌入式系统概述	2
1.3 现场总线概述	3
1.4 本课题研究的工作	3
第二章 总线式 PLC 系统的总体设计	5
2.1 系统实现目标	5
2.2 系统数学模型分析	5
2.3 系统整体构架设计	7
第三章 任务表解析算法	12
3.1 任务表解析算法	12
3.1.1 简单逻辑关系解析	12
3.1.2 复杂逻辑关系解析	13
3.2 定时器算法	17
第四章 硬件系统设计	19
4.1 主控节点硬件平台设计	19
4.1.1 LPC2478 处理器简介	19
4.1.2 LPC2478 最小系统设计	21
4.1.3 系统人机交互硬件设计	24
4.2 从节点硬件设计	26
4.2.1 C8051F040 处理器简介	26
4.2.2 开关量信号输入模块	27
4.2.3 开关量信号输出模块	28
4.2.4 模拟量信号输入/输出模块	28
4.3 CAN 通信设计	30
4.3.1 控制器局域网 (CAN) 技术	30

4.3.2 CAN 节点的硬件结构	34
4.3.3 CAN 控制器	35
4.3.4 CAN 收发器	36
4.3.5 CAN 硬件模块	36
第五章 系统软件设计	39
5.1 主节点软件设计	39
5.1.1 主节点软件构架	39
5.1.2 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 原理	42
5.1.3 基于 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 的 CAN 驱动设计	42
5.1.4 任务层设计	44
5.2 从节点软件设计	51
5.2.1 从节点软件构架	51
5.2.2 定时器中断	52
5.2.3 CAN 的应用层协议设计与实现	53
第六章 总线式 PLC 在 MCB 标准检测台中的应用	58
6.1 检测原理	58
6.2 MCB 标准检测台框架	58
6.3 输入输出点逻辑关系	60
6.4 MCB 标准检测台的实现	60
6.5 MCB 标准检测台的运行	62
6.6 MCB 标准检测台电流控制结果	64
第七章 总结与展望	65
7.1 总结	65
7.2 展望	65
参考文献	67
致谢	69
硕士期间科研成果	70

Content

Chapter 1 Introduction	1
1.1 Research Background and Value.....	1
1.2 Overview of Embedded Systems.....	2
1.3 Overview of the Fieldbus.....	3
1.4 The Contents of this Paper	3
Chapter 2 Design of the PLC Bus System	5
2.1 The Goal of this System	5
2.2 Analysis of the Mathematical Model.....	5
2.3 Design of the Overall System Infrastructure.....	7
Chapter 3 Analytic method for the Task Table.....	12
3.1 Analytic Method for the Task Table	12
3.1.1 The Simple Logic Analysis	12
3.1.2 The Complex Logic Analysis	13
3.2 The Timer Algorithm	17
Chapter 4 Design of the Hardware System	19
4.1 Design of the Hardware Platform for the Main Node	19
4.1.1 Introduction of the LPC2478 Processor.....	19
4.1.2 Design of the Minimum System of the LPC2478 Processor	21
4.1.3 Hardware Design of the human-computer interaction.....	24
4.2 Design of the Hardware Platform for the Subordinate Nodes.....	26
4.2.1 Introduction of the C8051F040 Processor	26
4.2.2 Switch Signal Input Module	27
4.2.3 Switch Signal Output Module.....	28
4.2.4 Analog Signal Input / Output Module	28
4.3 Design of CAN Communication	30
4.3.1 Controller Area Network (CAN) Technology.....	30
4.3.2 Hardware Infrastructure of the CAN Nodes	34
4.3.3 CAN Controller.....	35
4.3.4 CAN Transceiver	36
4.3.5 CAN Hardware Module.....	36

Chapter 5 Design of the Software System	39
5.1 Software Design of the Main Nodes.....	39
5.1.1 Software Infrastructure of the Main Node	39
5.1.2 μ C/OS-II Principle	42
5.1.3 CAN-driven Design Based on μ C/OS-II	42
5.1.4 Design of the Task Layer	44
5.2 Software Design of the Subordinate Nodes.....	51
5.2.1 Software Infrastructure of the Subordinate Nodes.....	51
5.2.2 Timer Interrupt	52
5.2.3 Design and Implementation of the CAN Application Layer Protocol.....	53
Chapter 6 The Application of BUS-PLC	58
6.1 Testing Principle of the MCB Standard Test-Bed System.....	58
6.2 Frame of the MCB Standard Test-Bed System	58
6.3 Logical Relation of the Input and Output Nodes.....	60
6.4 Implementation of the MCB Standard Test-Bed System	60
6.5 Running of the MCB Standard Test-Bed System.....	62
6.2 The Current Control Results of the MCB Standard Test-Bed System	64
Chapter 7 Summary and Outlook.....	65
7.1 Summary.....	65
7.2 Outlook.....	65
References.....	67
Acknowledgements.....	69
Published Paper Introduction.....	70

第一章 绪论

1.1 研究的背景及意义

可编程控制器（PLC）诞生于上世纪 60 年代。长期以来，始终处于工业自动化控制领域的主战场，为各种各样的自动化控制设备提供了非常可靠的控制应用。其主要原因，在于它能够为自动化控制应用提供安全可靠和比较完善的解决方案，适合于当前工业企业对自动化的需要。随着 PLC 的不断发展，其应用已经扩大到各个行业，从低端到高端，可谓是无所不在，同时也确立了它在工业控制领域的地位^[1]。

近年来随着半导体技术特别是微处理器技术和微计算机技术的发展以及企业对生产要求的不断提高，传统 PLC 的弊端和不足显得越来越明显，集中体现在以下几个方面^[2,3]：

1. 兼容性，传统 PLC 的生产厂家众多，不同厂家的 PLC 在编程元件种类，数目和编程语言等方面存在较大的差异，造成各生产厂家的 PLC 产品互不兼容，即使同一生产厂家的不同型号的 PLC 也会存在兼容性问题；
2. 对使用者的要求较高，开发人员须经过专业培训才能掌握某种产品的编程方法；
3. 小型 PLC 网络功能差，只能单机工作，而网络功能相对较强的中大型 PLC 价格昂贵。

为克服这些问题，一种新的 PLC 应运而生，即软 PLC。所谓软 PLC 技术，就是使用 PC 作为硬件支撑平台，利用软件实现标准硬件 PLC 的基本功能，即将 PLC 的控制功能封装在软件内，运行于 PC 的环境中。这样以 PC 为基础的控制系统简称 PC 控制，它提供了 PLC 的功能，还具备了 PC 的各种优点。但是软 PLC 也存在一些问题，比如：以 PC 为基础的控制系统的实时性能不足，使其仅能应用在例如系统监控等控制要求不苛刻的场合；软 PLC 产品的供应商对标准编程语言缺乏认识；PC 硬件对工业现场环境的适应性差等^[4]。

随着嵌入式微处理器技术的迅猛发展，人们开始把软 PLC 技术和嵌入式系统结合起来，这样就产生了嵌入式 PLC 技术。嵌入式 PLC 是指在特定的控制装

置中实现 PLC 逻辑关系的解释、执行，使特定装置在自身专用功能的基础上具有 PLC 的基本功能。嵌入式 PLC 结合了 PLC 和嵌入式系统的综合优势，保留了 PLC 在硬件管理和工艺控制分离等方面的优势，继承了嵌入式系统体积小、反应快等优点，软件功能灵活，运算速度快，提供更个性化、差异化的设计方法，形成一种新的控制器设计理念^[5]。

在嵌入式 PLC 发展的同时，另外一种控制系统也正在飞速发展，即现场总线控制系统（FCS）。现场总线是实现微机化测控设备之间双向串行、多节点数字通信的生产现场系统，也被称为开放式、数字化、多点通信的底层控制网络。现场总线控制系统具有结构简单、性价比高、互操作性好等特点。嵌入式 PLC 和现场总线的结合将是一个新的方向。然而目前国内外的嵌入式软 PLC 正处于起步阶段，跟现场总线相结合的嵌入式 PLC 更是少之又少，因此研究基于嵌入式系统的总线式 PLC 具有十分重要的现实意义。

1.2 嵌入式系统概述

嵌入式系统是随着计算机技术、微处理器技术、电子技术、通信技术、集成电路技术的发展而发展起来的。嵌入式系统已经成为计算机技术和计算机应用领域的一个重要组成部分。嵌入式系统是以应用为中心，以计算机技术为基础，软件硬件可裁减，能够适应应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗等严格要求的专用计算机系统。嵌入式系统具有如下几个特点^[6]：

1. 功能专一：专门为某一特定应用系统而设计；
2. 结构紧凑：嵌入式系统结构必须特别的紧凑，从而达到小体积、高性能、低成本、低功耗；
3. 智能灵活及实时性：即要对不同的情况作出不同的反应，同时必须实时地给出计算的结果并进行实时控制。

随着信息技术的发展和数字化产品的普及，工业 Internet 得到广泛和深入的应用。从工业设备到消费电子，从军用器材到民用产品，嵌入式系统被应用到网络、国防军事、手持通信设备、自动化控制等各个领域。嵌入式系统的广泛应用情景和发展潜力使其成为 21 世纪的应用热点之一。

1.3 现场总线概述

现场总线技术是当今世界各国关注的热点课题,以现场总线为基础的全数字控制系统是 21 世纪自动化控制系统的主流。它是集当今计算机技术、网络技术和控制技术为一体的当代最先进的计算机控制技术之一,是一种全分散、全数字、全开放的控制系統。现场总线控制技术使控制系统的信息交换和沟通迅速覆盖了从现场设备层到控制、管理的各个层次。目前已开发出 40 多种现场总线,如 CAN、Profibus、DeviceNet、Lonworks 等^[7]。

控制器局域网 CAN 是现场总线领域中一种很有前途的通讯技术,最早是由德国 Bosch 公司推出的,用于汽车内部测量与执行部件间的数据通信。它是一种多主总线,通信介质可以是双绞线、同轴电缆或光导纤维,通信速率可达 1Mbps,最大通信距离可达 10Km。

CAN 协议废除了传统的站地址编码,而对通信数据块进行编码。采用这种方法可使网络内的节点个数在理论上不受限制,数据块的标识码可由 11 位或 29 位二进制数组成,因此可以定义 2^{11} 或 2^{29} 个不同的数据块,这种按数据块编码的方式,还可使不同的节点同时接收到相同的数据,这一点在分布式控制系统中非常有用。数据段长度最多为 8 个字节,可满足通常工业领域中控制命令、工作状态及测试数据的一般要求。同时,8 个字节不会占用总线时间过长,从而保证了通信的实时性。CAN 协议采用 CRC 检验并可提供相应的错误处理功能,保证了数据通信的可靠性。CAN 卓越的特性、极高的可靠性和独特的设计,特别适合工业过程监控设备的互连。

1.4 本课题研究的工作

1. 对 PLC 的发展进行分析,研究其应用背景和意义。
2. 研究总线式 PLC 的数学模型,设计系统的总体框架。
3. 分析现场总线满足工业控制网络要求的相关技术,设计 CAN 总线应用层协议。
4. 硬件平台搭建,主节点最小系统、人机接口、CAN 通信接口,从节点各个输入输出外围接口电路的设计等。

5. 系统软件设计，包括主节点操作系统选择和移植，基于 uC/OS-II 操作系统的多任务应用软件设计、驱动设计，从节点逻辑表达式解析算法设计等。
6. 人机界面设计，人机界面与主控节点之间的互操作。
7. 分析总线式 PLC 在 MCB 标准检测台中的应用。
8. 基于嵌入式系统的总线式 PLC 系统研究的总结和展望。

厦门大学博硕士论文摘要库

第二章 总线式 PLC 系统的总体设计

2.1 系统实现目标

实际生产中常碰到这样的情况：1. 不需要 PLC 的全部功能，同时要求逻辑控制器的成本较低，这时若采用现成的 PLC 很难实现低成本的要求；2. 要求配置控制器的输入和输出关系比较简单，普通的操作人员就可以就进行输入和输出关系的配置；3. 被控设备分布在厂房的不同位置。在碰到这类情况时，传统的 PLC 难以到达要求。

针对以上问题，确定总线式 PLC 的设计目标：

1. 低成本，系统以嵌入式微处理器为核心，裁剪硬件功能，强化软件设计，进而降低成本，减小体积；

2. 易操作，摒弃传统 PLC 的 T 形图等编程语言，采用向导菜单式界面设计，不用任何专业培训，就可根据用户界面的向导进行“编程”；

3. 总线式，这种 PLC 可单独工作，也可联机工作，可对分布于不同地方的不同设备进行统一管理，节点之间通过 CAN 总线进行连接。CAN 总线作为其一部分嵌入于 PLC 中，不用任何通信适配卡，使其具有强大的通信功能。

2.2 系统数学模型分析

工业设备信息流模型如图 2.1 所示。

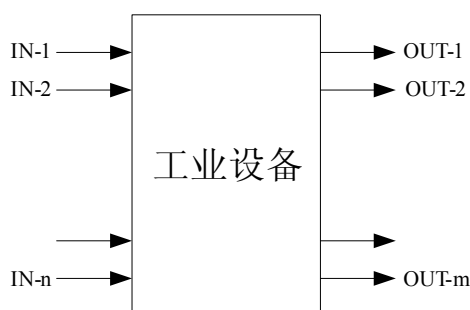


图 2.1 工业设备信息流

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.

厦门大学博硕士论文摘要库