

EMBEDDED
SYSTEM

嵌入式技术与应用丛书

CAN现场总线 系统的设计与应用

王黎明 夏立 邵英 闫晓玲 编著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>



嵌入式技术与应用丛书

CAN 现场总线系统的设计与应用

王黎明 夏立 邵英 闫晓玲 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书的立足点是基础化、实用化、前沿性。首先重点介绍常用的 SJA1000 CAN 独立控制器开发 CAN 总线系统的方法；然后用较少的篇幅介绍 CAN 总线的协议；接着用较大的篇幅介绍基于 32 位微处理器和 MCP2510 控制器开发 CAN 最小系统节点，以及多种 CAN 智能节点的方法，主要包括模拟量输入 CAN 节点模块、数字量输入 CAN 节点模块、模拟量输出 CAN 节点模块、数字量输出 CAN 节点模块，以及相关的智能 CAN 总线网关的开发方法；其次介绍了 CAN 应用层协议；最后介绍使用文中设计的各种 CAN 总线节点模块开发实时工业网络控制系统的方法及步骤。

本书是国内首次介绍嵌入式领域中最常用的 SPI 接口 CAN 控制器 MCP2510 相关知识的书籍，填补了这一领域的空白，书中所有的 CAN 总线系统开发实例都是基于此控制器的。本书也是国内首次将 32 位嵌入式处理器与 MCP2510 结合开发 CAN 总线系统的书籍，从而将工程师从“51”时代带入到嵌入式时代，使工程技术人员利用嵌入式系统更容易开发 CAN 总线系统。

本书可作为大专、本科院校自动化、机电、仪器仪表、自动控制等专业工业控制网络等相关课程的教材或教学参考书，也可供从事工业控制网络系统设计和产品研发的工程技术人员参考。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有，侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

CAN 现场总线系统的设计与应用/王黎明, 夏立, 邵英等编著. —北京: 电子工业出版社, 2008.3
(嵌入式技术与应用丛书)

ISBN 978-7-121-05584-3

I. C… II. ①王 III. 总线—控制系统 IV. TP336

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 193022 号

策划编辑: 高买花

责任编辑: 裴 杰

印 刷: 北京市天竺颖华印刷厂

装 订: 三河市金马印装有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 29 字数: 742 千字

印 次: 2008 年 3 月第 1 次印刷

定 价: 58.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@pei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@pei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

随着计算机网络技术和芯片技术的发展,控制芯片的性能大幅提高,其成本不断降低,以现场总线为代表的控制网络也在工业及其他控制系统中扮演着不可缺少的角色。CAN总线由于具有可靠性高、成本低、容易实现等优点,在现场总线的实际工程应用中占据了较大的份额。近年来,一些业内的企业和科研单位已经由最初对现场总线技术研究、攻关、示范,转变为具体应用和产品开发。作为国防科技重点实验室,海军工程大学舰船综合电力系统国防科技重点实验室积极与国内外合作,共同从事工业现场总线控制网络方面的研究工作,取得了多项成果并已在实际中得到了应用。本书是基于上述研究基础上完成的。

本书特点

起点低,实用面宽;既注重基础理论,又面向应用;紧跟技术发展,选取典型技术开发实例;突破常规,勇于创新。

本书的组织结构

第1章为基础部分。首先概括性介绍现场总线控制系统、现场总线的特点、现场总线的本质及作用;然后介绍几种有影响的现场总线,包括基金会总线、LonWorks、Profibus、HART、CAN、INTERBUS、CCLINK、P-Net、SwiftNet、AS-i及RS-485等;最后简述CAN现场总线的特点及发展过程。本章主要是让读者对现场总线控制技术有一个整体的把握,从而引导读者进入现场总线技术的大门。

第2章介绍CAN总线相关协议的介绍。首先介绍CAN总线的相关概念和特点;然后详细介绍协议中的报文传输、CAN总线帧类型的定义、错误处理、位定时要求等相关内容;最后介绍CAN总线的拓扑结构和通信方式。本章为后面章节中节点的开发及独立控制器的介绍提供了必要的基础知识。

第3章主要描述CAN总线的独立控制器SJA1000和高速数据收发器TJA1050,包括SJA1000独立控制器的工作模式及在相关工作模式下寄存器的功能;高速数据收发器TJA1050的相关内容包括其应用、特征、工作模式、EMC性能等。

第4章介绍SJA1000独立CAN控制器的应用,主要包括SJA1000独立CAN控制器的接口、基本寄存器及通信功能。同时还介绍PeliCAN模式的错误分析、仲裁丢失捕捉、单次发送、仅听模式及位定时参数的确定,以上都给予了编程方法,最后分析两个完整的基于SJA1000控制器的CAN智能节点的设计。

第5章主要介绍带SPI接口的独立CAN总线控制器的相关知识,包括MCP2510循环冗余校验、错误管理逻辑、中断控制、时钟振荡器设置、工作模式设置、SPI接口读指令、写指令、请求发送指令、状态读指令、位修改指令、复位指令等。最后给出了基于MCP2510实现CAN通信的最小系统设计。

第6章主要列举了3个例子:CAN-EPP的接口设计及软件设计;基于单片机PIC12C672实现CAN总线模块的硬/软件设计;利用PIC16F87x系列单片机实现CAN总线数据的循

环收发数据的软/硬件设计。通过这一章的学习，读者可以实现一个简单的 CAN 总线系统的通信。

第 7 章主要介绍以最小系统模块为基础设计多种 CAN 智能接口模块，包括基本的 CAN 节点的收发实验模块、模拟量输入 CAN 接口模块、开关量输入 CAN 接口模块、计数器输入 CAN 接口模块、模拟量输出 CAN 接口模块、开关量输出接口模块、RS-232 或 RS-485 转 CAN 接口模块等。这些模块是构成整个分布式 CAN 总线网络的基本节点。

第 8 章主要介绍 3 种典型的 CAN 总线应用层协议，CANopen、DeviceNet 和 i-CAN，分别介绍了各自应用层协议的对象模型、报文格式等。

第 9 章介绍两个基于 CAN 现场总线监控系统的结构原理，其中重点介绍了基于 CAN 网络的变电站综合自动化系统，整个变电站综合自动化系统分成若干个子系统，而每个控制子系统又由多个控制回路组成。利用 CAN 现场总线将这些子系统模块连接成为一个可以互相联系的整体，有利于分布式控制系统的优化。

读者对象

本书是一本介绍 CAN 现场总线开发与应用的书籍，适合下列人员阅读：

- 想学习或刚刚进入 CAN 现场总线的开发人员。
- 对现场总线技术开发感兴趣的人员。
- 使用 CAN 总线网络进行快速开发产品的开发人员。

配套资源

本书第 6 章和第 7 章的相关代码可到华信教育资源网 (<http://www.hxedu.com.cn>) 上免费下载。

致谢

在本书的编写过程中，得到了很多人士的支持和热心关注。首先感谢我的爱人，是她一直在默默地支持我将这本书顺利完成。还有我的父母，是他们培养我对新技术的兴趣和学习能力，是他们影响了我的人生观和待人处事的态度。感谢我的博士生导师王明哲教授多年来对我的指导和信任。感谢海军工程大学电气与信息学院的卜乐平、宋立忠教授多年来对我的关心与鼓励。感谢好友刘平、焦少光、单勇、杨忠林、马赛等在生活中真诚的帮助。

其次感谢周立功单片机发展有限公司，该公司为本书的完成提供了非常完美的测试环境，提供了相应的硬件测试平台，同时本书部分内容的资料是由该公司提供的。

由于本人水平和编写书稿时间有限，书中难免有遗漏、错误和不妥之处，恳请广大读者批评指正。

联系方式：icesoar@163.com 或 gmholife@hotmail.com。有兴趣的读者也可以到网站 <http://www.ee521.com> 一起讨论问题，交流信息及心得体会，以便共同提高。

王黎明

目 录

第 1 章 现场总线控制系统概述	(1)
1.1 控制系统	(1)
1.2 现场总线技术	(2)
1.2.1 现场总线控制系统	(3)
1.2.2 现场总线的特点	(3)
1.2.3 现场总线的本质	(7)
1.2.4 现场总线的作用	(8)
1.3 几种有影响的现场总线	(10)
1.3.1 基金会总线	(10)
1.3.2 LonWorks	(11)
1.3.3 Profibus	(11)
1.3.4 HART	(11)
1.3.5 CAN	(12)
1.3.6 INTERBUS	(12)
1.3.7 CC-Link	(13)
1.3.8 P-Net	(14)
1.3.9 SwiftNet	(14)
1.3.10 AS-i	(15)
1.3.11 RS-485	(15)
1.4 CAN 现场总线简介	(15)
1.4.1 CAN 现场总线特点	(16)
1.4.2 CAN 现场总线的发展过程	(16)
1.5 小结	(17)
1.6 思考题	(17)
第 2 章 CAN 总线概念及相关协议	(18)
2.1 CAN 总线概念	(18)
2.2 CAN 总线概述	(18)
2.2.1 CAN 总线的相关概念	(19)
2.2.2 CAN 总线的特点	(23)
2.3 报文传输	(24)
2.4 CAN 总线帧类型	(25)
2.4.1 数据帧组成	(26)
2.4.2 远程帧	(29)
2.4.3 错误帧	(29)

2.4.4	过载帧	(30)
2.4.5	帧间空间	(31)
2.5	发送器/接收器	(32)
2.6	错误处理	(33)
2.6.1	错误检测	(33)
2.6.2	错误标定	(34)
2.6.3	故障界定	(34)
2.7	位定时要求	(35)
2.7.1	标称位速率	(35)
2.7.2	标称位时间	(36)
2.7.3	同步	(37)
2.7.4	协议修改	(38)
2.7.5	CAN 的标准接口	(39)
2.8	CAN 总线的拓扑结构及通信方式	(39)
2.8.1	CAN 总线的网络拓扑结构	(39)
2.8.2	CAN 总线系统的通信方式	(41)
2.9	小结	(42)
2.10	思考题	(42)
第 3 章	控制器 SJA1000 与 收发器 TJA1050	(43)
3.1	SJA1000 介绍	(43)
3.1.1	SJA1000 特点	(43)
3.1.2	总体说明	(44)
3.1.3	CAN 控制模块的说明	(45)
3.1.4	CAN 控制器的详细说明	(46)
3.1.5	BasicCAN 模式	(47)
3.1.6	PeliCAN 模式	(57)
3.1.7	命令寄存器	(79)
3.2	TJA1050 介绍	(86)
3.2.1	CAN 收发器介绍	(86)
3.2.2	CAN 高速收发器的一般应用	(87)
3.2.3	TJA1050 特征	(88)
3.2.4	TJA1050 工作模式	(89)
3.2.5	关于 EMC	(90)
3.2.6	电源和推荐的旁路电容	(92)
3.2.7	地电平偏移的问题	(93)
3.2.8	不上电的收发器	(95)
3.2.9	用 TJA1050 代替 PCA82C250	(97)
3.2.10	总线网络的问题	(98)

3.3	小结	(101)
3.4	思考题	(101)
第4章	SJA1000 独立 CAN 控制器的应用	(103)
4.1	SJA1000 的特征及节点结构	(103)
4.1.1	SJA1000 的特征	(103)
4.1.2	CAN 节点结构	(104)
4.1.3	应用结构图	(105)
4.2	CAN 节点系统设计	(105)
4.2.1	电源	(106)
4.2.2	复位	(106)
4.2.3	振荡器和时钟策略	(106)
4.2.4	睡眠和唤醒	(107)
4.2.5	CPU 接口	(107)
4.2.6	物理层接口	(108)
4.3	控制 SJA1000 的基本功能和寄存器	(109)
4.3.1	发送缓冲器/接收缓冲器	(110)
4.3.2	验收滤波器	(111)
4.4	CAN 通信的功能	(115)
4.4.1	系统初始化	(116)
4.4.2	传输	(120)
4.4.3	中止发送	(123)
4.4.4	接收	(123)
4.4.5	中断	(127)
4.5	PeliCAN 模式的功能	(129)
4.5.1	接收 FIFO/报文计数器/直接 RAM 访问	(129)
4.5.2	错误分析功能	(131)
4.5.3	仲裁丢失捕捉	(134)
4.5.4	单次发送	(135)
4.5.5	仅听模式	(136)
4.5.6	自动位速率检测	(136)
4.5.7	CAN 的自测试	(136)
4.5.8	接收同步脉冲的产生	(137)
4.6	确定 CAN 总线位定时参数	(138)
4.6.1	CAN 位定时关系概述	(139)
4.6.2	位定时要求的规定	(143)
4.6.3	计算位定时参数	(147)
4.7	基于 SJA1000 控制器设计 CAN 节点	(153)
4.7.1	智能检测仪的硬件设计	(153)

(101)	4.7.2 CAN 节点通信程序设计	(155)
(101)	4.8 基于 SJA1000 CAN 控制器智能节点的开发	(161)
(601)	4.8.1 SJA1000 CAN 控制智能节点的功能	(161)
(103)	4.8.2 SJA1000 CAN 控制智能节点的硬件设计	(161)
(601)	4.8.3 SJA1000 CAN 控制智能节点的软件设计	(165)
(401)	4.8.4 完整代码分析	(165)
(101)	4.9 小结	(178)
(201)	4.10 思考题	(178)
(101)	第 5 章 带有 SPI 接口的独立 CAN 控制器 MCP2510	(180)
(201)	5.1 器件功能介绍	(180)
(106)	5.1.1 CAN 独立控制器 MCP2510 特性	(180)
(101)	5.1.2 MCP2510 控制器概述	(181)
(101)	5.1.3 发送/接收缓冲器	(183)
(108)	5.1.4 CAN 协议引擎	(183)
(601)	5.1.5 协议有限状态机	(184)
(110)	5.1.6 循环冗余校验	(184)
(111)	5.1.7 错误管理逻辑	(184)
(112)	5.1.8 位时序逻辑	(184)
(611)	5.2 CAN 报文帧	(185)
(130)	5.2.1 标准数据帧	(185)
(131)	5.2.2 扩展数据帧	(185)
(131)	5.2.3 远程帧	(187)
(131)	5.2.4 错误帧	(187)
(131)	5.2.5 过载帧	(188)
(131)	5.2.6 帧间间隔	(188)
(131)	5.3 报文发送	(189)
(131)	5.3.1 发送缓冲器	(189)
(131)	5.3.2 发送优先级	(189)
(131)	5.3.3 发送启动	(190)
(131)	5.3.4 TXnRTS 引脚	(190)
(131)	5.3.5 中止发送	(190)
(131)	5.4 报文接收	(194)
(131)	5.4.1 报文接收缓冲器	(194)
(131)	5.4.2 接收缓冲器	(194)
(131)	5.4.3 接收优先级	(195)
(131)	5.4.4 RX0BF 和 RX1BF 引脚	(197)
(131)	5.4.5 报文验收滤波器及屏蔽寄存器	(200)
(131)	5.5 位定时	(203)

5.5.1	时间份额	(203)
5.5.2	同步段	(204)
5.5.3	传播段	(204)
5.5.4	相位缓冲段	(204)
5.5.5	采样点	(205)
5.5.6	信息处理时间	(205)
5.5.7	同步	(205)
5.5.8	对时间段编程	(206)
5.5.9	振荡器容差	(207)
5.5.10	位定时配置寄存器	(207)
5.6	错误检测	(208)
5.6.1	CRC 错误	(208)
5.6.2	确认错误	(209)
5.6.3	格式错误	(209)
5.6.4	位错误	(209)
5.6.5	位填充错误	(209)
5.6.6	错误状态	(209)
5.6.7	错误模式和错误计数器	(209)
5.7	中断	(211)
5.7.1	中断码位	(211)
5.7.2	发送中断	(212)
5.7.3	接收中断	(212)
5.7.4	报文错误中断	(212)
5.7.5	总线活动唤醒中断	(212)
5.7.6	错误中断	(212)
5.7.7	中断确认	(213)
5.8	时钟振荡器	(214)
5.8.1	时钟振荡器启动定时器	(215)
5.8.2	CLKOUT 引脚	(216)
5.9	工作模式	(216)
5.9.1	配置模式	(216)
5.9.2	休眠模式	(217)
5.9.3	监听模式	(217)
5.9.4	回环模式	(218)
5.9.5	正常模式	(218)
5.10	寄存器映射表	(219)
5.11	SPI 接口	(220)
5.11.1	概述	(220)

5.11.2	读指令	(221)
5.11.3	写指令	(221)
5.11.4	请求发送指令 (RTS)	(221)
5.11.5	状态读指令	(221)
5.11.6	位修改指令	(221)
5.11.7	复位指令	(222)
5.12	基于 MCP2510 实现 CAN 通信的最小节点	(224)
5.12.1	复位 MCP2510	(224)
5.12.2	设置位定时器	(225)
5.12.3	设置屏蔽和滤波器	(227)
5.12.4	设置正常模式	(228)
5.12.5	设置发送缓存器	(229)
5.12.6	接收和处理报文	(230)
5.13	小结	(232)
5.14	思考题	(232)
第 6 章	基于 MCP2510 控制器开发 CAN 总线节点	(234)
6.1	CAN-EPP 接口设计与实现	(234)
6.1.1	EPP 的概念	(234)
6.1.2	EPP 并行口结构及引脚定义	(235)
6.1.3	并行口逻辑	(236)
6.1.4	EPP 和 CAN 的连接	(236)
6.2	底层模块的设计与实现	(238)
6.3	基于 PIC12C672 微处理器实现 CAN 总线分析	(239)
6.3.1	系统描述	(239)
6.3.2	报文标识符格式	(240)
6.3.3	硬件设计规划	(241)
6.3.4	硬件的设计	(242)
6.3.5	MCU 初始化软件模块实现	(242)
6.3.6	MCP2510 初始化软件模块	(246)
6.3.7	中断服务程序	(251)
6.3.8	错误操作软件实现	(257)
6.4	PIC 16F87X 在 CAN 通信中的应用	(259)
6.4.1	PIC 单片机优点和特点	(259)
6.4.2	模块硬件电路	(261)
6.4.3	软件清单	(263)
6.5	完整的 CAN 采集节点的开发	(274)
6.5.1	CAN-NET 节点板功能	(274)
6.5.2	节点模块的软件函数	(278)

6.5.3	代码实现分析	(278)
6.6	小结	(302)
6.7	思考题	(302)
第 7 章	基于 32 位微处理器和 MCP2510 实现多种 CAN 智能节点	(303)
7.1	ARM 内核 LPC2132 处理器	(303)
7.1.1	LPC2132 微处理器	(303)
7.1.2	LPC2132 微处理器引脚描述	(304)
7.2	实现 CAN 节点基本功能	(307)
7.2.1	CAN 节点最小系统的功能	(307)
7.2.2	CAN 节点最小系统的硬件设计	(307)
7.2.3	CAN 节点最小系统数据收发软件实现	(311)
7.2.4	微处理器与 MCP2510 实现 CAN 数据收发的函数库	(328)
7.3	模拟量输入 CAN 接口模块设计	(329)
7.3.1	LPC2132 集成 A/D 控制器介绍	(329)
7.3.2	A/D 寄存器描述	(330)
7.3.3	集成 A/D 控制器的基本操作	(331)
7.3.4	模拟量输入 CAN 接口模块的功能	(332)
7.3.5	模拟量输入 CAN 接口模块硬件设计	(332)
7.3.6	模拟量输入 CAN 接口模块软件编程实现	(334)
7.3.7	高精度 A/D 控制器 TLC2543 的功能描述	(340)
7.3.8	高精度 A/D 转换硬件实现方案	(341)
7.3.9	高精度 A/D TLC2543 驱动程序	(341)
7.4	开关量输入 CAN 接口模块设计	(343)
7.4.1	开关量输入 CAN 接口模块概述	(343)
7.4.2	开关量输入 CAN 接口模块硬件设计	(344)
7.4.3	开关量输入 CAN 接口模块软件设计	(344)
7.5	计数器输入 CAN 接口模块设计	(346)
7.5.1	计数器输入 CAN 接口模块概述	(346)
7.5.2	计数器输入 CAN 接口模块硬件设计	(347)
7.5.3	计数器输入 CAN 接口模块软件设计	(347)
7.6	模拟量输出 CAN 接口模块设计	(350)
7.6.1	模拟量输出 D/A 转换器 MAX532 介绍	(351)
7.6.2	MAX532 的读/写时序	(351)
7.6.3	模拟量输出 CAN 模块电路设计	(352)
7.6.4	模拟量输出 CAN 模块驱动程序设计	(355)
7.7	开关量输出 CAN 接口模块设计	(358)
7.7.1	开关量输出 CAN 接口模块概述	(358)
7.7.2	LPC2132 脉宽调制器的特性	(359)

7.7.3	控制 PWM 输出规则	(359)
7.7.4	LPC2132 微处理器的 PWM 操作方法	(362)
7.7.5	开关量输出 CAN 接口模块电路设计	(363)
7.7.6	开关量输出 CAN 接口模块软件设计	(363)
7.8	RS-232 或 RS-485 转 CAN 接口模块设计	(365)
7.8.1	RS-232 或 RS-485 转 CAN 接口模块电路设计	(365)
7.8.2	RS-232 或 RS-485 转 CAN 接口模块的功能	(365)
7.8.3	RS-232 或 RS-485 转 CAN 接口模块的软件设计	(368)
7.9	以太网转 CAN 接口模块设计	(371)
7.9.1	以太网转 CAN 接口模块的功能	(371)
7.9.2	嵌入式网关的电路设计	(372)
7.9.3	嵌入式网关的软件实现	(372)
7.10	小结	(378)
7.11	思考题	(378)
第 8 章	CAN 总线应用层协议	(380)
8.1	CANopen 应用层协议	(380)
8.1.1	CANopen 应用层协议概述	(380)
8.1.2	CAL 协议	(381)
8.2	CAN 应用层协议 CANopen	(382)
8.2.1	对象字典 OD	(382)
8.2.2	CANopen 通信	(384)
8.2.3	CANopen 预定义连接集	(387)
8.2.4	CANopen 标识符分配	(388)
8.2.5	CANopen boot-up 过程	(389)
8.2.6	CANopen 消息语法细节	(390)
8.3	CANopen 总结	(400)
8.4	CAN 应用层协议 DeviceNet	(400)
8.4.1	DeviceNet 概述	(400)
8.4.2	DeviceNet 协议特性	(401)
8.4.3	DeviceNet 对象模型	(402)
8.4.4	DeviceNet 的连接及报文协议	(404)
8.4.5	设备描述与 EDS 文件	(407)
8.4.6	一致性测试	(407)
8.4.7	DeviceNet 节点的开发步骤	(408)
8.4.8	设备描述的规划	(412)
8.4.9	设备配置和电子数据文档 (EDS)	(412)
8.5	CAN 应用层协议 I-CAN	(416)
8.5.1	CAN-bus 应用层协议	(416)

8.5.2	通信协议的基础	(417)
8.5.3	I-CAN 协议的术语	(418)
8.5.4	I-CAN 协议组成结构	(418)
8.5.5	I-CAN 协议中报文格式	(418)
8.6	小结	(427)
8.7	思考题	(427)
第 9 章	基于 CAN 智能节点组成控制网络系统的应用	(428)
9.1	基于 CAN 现场总线控制网络的洞库环境监控系统	(428)
9.1.1	选择 CAN 现场总线组成监控系统的方案优势	(428)
9.1.2	控制系统的结构	(428)
9.1.3	通信系统的组成结构	(429)
9.2	基于 CAN 网络的变电站综合自动化系统	(431)
9.2.1	变电站综合自动化系统的结构	(431)
9.2.2	变电站综合自动化系统的通信	(432)
9.2.3	开发 CAN 总线网络结构的测控装置的意义	(432)
9.2.4	基于 CAN 总线网络的测控装置的结构和功能	(433)
9.2.5	交流测量模块的结构和工作原理	(434)
9.2.6	直流及测温模块的结构和工作原理	(437)
9.2.7	开关量输入模块的结构和工作原理	(440)
9.2.8	开关量输出模块的结构和工作原理	(441)
9.2.9	CAN 通信规约	(442)
9.3	小结	(443)
9.4	思考题	(443)
附录 A	(444)
参考文献	(447)

第1章 现场总线控制系统概述

人们称之为“自动化仪表与控制系统的一次变革”的现场总线技术自20世纪90年代初出现以来,引起国内外业界的广泛关注和高度重视,并成为世界范围的自动化技术发展的热点之一。应该说,现场总线的工业过程智能化仪表和现代总线的开放自动化系统构成了新一代全开放自动化控制系统的体系结构。目前国际上公认的现场总线有10多种,其各有特点,并在一定范围内得到了应用。本章主要对现场总线进行概括性的介绍,使读者对现场总线有一个全局性的认识与把握。

1.1 控制系统

计算机控制系统出现以后,在工程实践中广泛使用模拟仪表系统中的传感器、变送器和执行机构,其信号传送一般采用4~20mA的电流信号形式。一个变送器或者执行机构需要一对传输线来单向传送一个模拟信号。这种传输方法使用的导线多,现场安装及调试的工作量大,投资高,传输精度和抗干扰性能较低,不便维护。主控室的工作人员无法了解现场仪表的实际情况,不能对其进行参数调整和故障诊断,所以处于底层的模拟变送器和执行机构成了计算机系统中最薄弱的环节,即所谓的DCS系统的发展瓶颈。现场总线控制系统正是在这种情况下诞生的。

进入20世纪90年代以来,一场拉动自动化仪器仪表工业“革命”和仪器仪表产品全面更新换代的技术在国际、国内引起人们广泛的注意和高度重视,其发展势头已成为世界范围内的自动化技术发展的热点,这就是被业界人士称为“自动化仪表与控制系统的一次具有深远影响的重大变革”的现场总线技术,以及基于现场总线技术的智能化仪表和基于现场总线的开放自动化系统。

在此基础上构成了新一代的自动化仪表与控制系统。向更高层次的“综合自动化”推进。实现“综合自动化”是当前自动化技术发展的方向。现场总线智能仪表及其基于现场总线的开放自动化系统,将成为实现综合自动化最有效的装备。

在传统的DCS应用过程中,人们已经认识到由于整个工厂的网络化,可以实现工厂的网络化管理,逐渐形成管理控制一体化的结构体系。这种结构体系是一种递阶分层的结构,如图1.1.1所示,但是在实际使用中,人们也经常遇到许多问题。

(1) 决策层只能在最高层,对于下层很少授权,因此下层设备的主动性发挥得不够,在高层设备出现故障时,下层设备只能维持现状。

(2) 整个体系必须协调工作,但是彼此的目标利益经常冲突,不利于优化。

(3) 下层间的互相信息流通量非常少。



图 1.1.1 网络化体系管理结构

因此，人们希望将工厂管理控制体系设计为展开式的结构，以解决上述问题：

(1) 决策自上而下的推动，有充分的授权使下层有灵活性，主动决策、鼓励性决策等方法，可在各层计算机上实现；

(2) 各个部门间有相容的、互相支持的群体目标，可考虑不同部门间有交叉的功能性组织，这些原则的实现可以在各层计算机间的调度方法中安排进去；

(3) 各层间要改善相互间的通信联系。现场总线与局域网连接，实现了这种新的结构体系。新的体系是两层网络结构，底层是现场测量设备和执行结构（包括 DCS、PLC 及 I/O 设备），它们汇集的总线是现场总线。各现场设备和执行机构采用单元组合式数字化智能仪表系统，设备通过现场总线，同层间的相互通信大大加强。控制器的概念与传统也是不同的，常规控制可设在测量设备或执行机构内，实际上没有“控制器”了，而先进控制器和监视功能仍然可在监控计算机内实现，并挂接在现场总线上，供所有挂接在现场总线上的设备使用。生产管理计算机同时挂接在现场总线和以太网上，一方面负责下层（现场）的生产管理，另一方面与顶层的商务管理计算机相连进行信息交换。

1.2 现场总线技术

现场总线（Field bus）是应用在生产现场的，在测量控制设备之间实现双向、串行、多点通信的数字通信系统。它在制造业、流程工业、交通、楼宇、工业控制、汽车行业等方面的自动化系统中具有广泛的应用前景，并在向很多产业渗透。

现场总线把通用或者专用的微处理器置入传统的测量控制仪表。使之具有数字计算机和数字通信能力，采用一定的介质（例如双绞线、同轴电缆、光纤、无线、红外线等）作为通信总线，按照公开、规范的通信协议，在位于现场的多个设备之间以及现场设备与远程监控计算机之间，实现数据传输和信息交换，形成各种适应实际需要的自动化控制系统。现场总线使自控系统与设备具有通信能力，把它们连接成网络系统，加入到信息网络的行列。

现场总线是 20 世纪 80 年代中期在国际上发展起来的。它作为过程自动化、制造自动化、楼宇自动化、交通等领域现场智能设备之间的互联通信网络，沟通了生产过程现场控制设备之间及其与更高控制管理层网络之间的联系，为彻底打破自动化系统的信息孤岛创造了条件。由于现场总线适应了工业控制系统向分散化、网络化、智能化发展的方向，它的出现使传统的模拟仪表逐步向智能化数字仪表方向发展，并具有数字通信功能。现场总线作为全球工业自动化技术的热点，已受到全世界的普遍关注。

1.2.1 现场总线控制系统

基于现场总线的控制系统被称为现场总线控制系统。现场总线控制系统 (Fieldbus Control System, FCS) 是在以往的集散控制系统的基础上顺应用户对网络控制系统提出的开放性和降低成本的要求而诞生的。它用现场总线这一开放的、具有互操作性的网络将现场各控制器及仪表设备互联，构成现场总线控制系统，同时控制功能彻底下放到现场，降低了安装成本和维护费用。因此，FCS 实质是一种开放的、具有互操作性的、彻底分散的分布式控制系统，已成为 21 世纪控制系统的主流产品。

现场控制系统既是一个开放的通信网络，又是一个全分布控制系统，它作为智能设备的纽带，把挂接在总线上、作为网络节点的智能设备连接成网络系统，并通过组态进一步构成自动化系统，实现基本控制、补偿控制、参数修改、报警、显示、监控以及测、控、管一体化的综合自动化功能。现场总线控制系统是一个以智能传感器、自动化、计算机、通信、网络等技术为主要内容的多学科交叉的新兴技术，在过程自动化、制造自动化、楼宇自动化、交通、电力、等领域都有广泛的应用前景。

1.2.2 现场总线的特点

现场总线系统打破了传统控制系统的结构形式，如图 1.2.1 所示，传统模拟控制系统采用一对一的设备连线，按控制回路分别进行连接。现场总线系统由于采用智能设备，使控制系统功能不依赖控制室的计算机或者控制仪表，直接在现场完成，实现了彻底的分散控制。由于采用数字信号代替模拟信号，因而可以实现一对电缆上传输多个信号（包括多个运行参数值、多个设备状态、故障信息），同时又为多个设备提供电源；现场设备以外不再需要 A/D、D/A 转换部件。这样就为简化系统结构、节约硬件设备、节约连接电缆与各种安装、维护费用创造了条件。

现场总线具有以下技术特点：系统具有开放性，对相关标准的一致性、公开性，强调对标准的共识与遵从；系统具有互可操作性与互用性，互可操作性是指实现互联设备之间、系统间的信息传送与沟通，互用则意味着不同生产厂家性能类似的设备可实现相互替换；现场设备的智能化与功能自治性，它将传感测量、补偿计算、工程量处理与控制等功能分散到现场设备中完成，仅靠现场设备即可完成自动控制的基本功能，并可随时诊断设备运行状态；系统结构高度分散性，现场总线已构成一种全新的全分散性控制系统的体系结构。从根本上改变了现有 DCS 集中与分散相结合的集散控制系统体系，简化了系统结构，提高了可靠性；对现场环境的适应性，工作在生产现场最前端的现场总线，是专门为现场环境设计的，可以支持双绞线、同轴电缆、光缆、射频、红外线、电力线等，具有较强的抗干