



周立功单片机公司策划

iCAN现场总线 原理与应用

周立功 等编著

 北京航空航天大学出版社

TP336

25

2007

iCAN 现场总线原理与应用

周立功 等编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书内容涉及 CAN-bus 总线的基本协议和规范,介绍 iCAN 协议的构成以及基于 iCAN 协议的分布式数据采集模块的原理和应用,并介绍 iCAN 网络的构建、相应的开发方法以及应用实例。

本书注重理论联系实际,通过详细地介绍 iCAN 协议的原理、构成和应用,剖析 CAN-bus 网络的构建,力求使读者能够解决在 CAN-bus 网络应用设计方面的实际问题,实现基于 iCAN 的分布式控制系统。

本书可供工业控制领域的开发人员和其他工程技术人员使用或参考,也可作为大专院校相关专业师生的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

iCAN 现场总线原理与应用/周立功等编著. —北京:北京航空航天大学出版社,2007.4

ISBN 978-7-81077-975-3

I. i… II. 周… III. ①总线—理论②总线—应用
IV. TP336

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 039090 号

©2007,北京航空航天大学出版社,版权所有。

未经本书出版者书面许可,任何单位和个人不得以任何形式或手段复制或传播本书内容。
侵权必究。

iCAN 现场总线原理与应用

周立功 等编著

责任编辑 杨 波 史海文

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(100083) 发行部电话:010-82317024 传真:010-82328026

<http://www.buaapress.com.cn> E-mail:bhpress@263.net

北京市松源印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×960 1/16 印张:26.75 字数:599 千字

2007 年 4 月第 1 版 2007 年 4 月第 1 次印刷 印数:5 000 册

ISBN 978-7-81077-975-3 定价:38.00 元

前言

现场总线(Fieldbus)技术是当前自动化技术的热点之一。现场总线技术集先进的嵌入式系统、现代通信、自控理论、网络技术于一身,充分体现出先进技术的进步能够为人类带来的便利。

CAN-bus 总线作为符合国际标准的现场总线之一,已在世界范围内获得了广泛的应用。在中国,每年就有超过 500 万个 CAN-bus 节点投入应用,分布在各个行业领域,包括国防军事、电力通信、智能楼宇、工业机械、电梯网络等诸多关系到国计民生的场合。

CAN-bus 总线是一门开放的总线技术。几乎所有的国际大型半导体厂商,都可以提供各种型号的 CAN-bus 半导体芯片。知名的厂商有 NXP(即 Philips)、FreeScale、Infineon、MicroChip 公司等。另外,还有很多非营利的专业学术研究机构,比如欧洲的 CiA 协会、瑞士的 Kingdom 协会、美洲的 ODVA 协会,正在从事 CAN-bus 应用方面的分析与研究,并提供 CAN-bus 应用层协议,包括 CANopen 协议、DeviceNet 协议,为全球用户提供 CAN-bus 网络的应用支持。

早在 1995 年,北京航空航天大学邬宽明教授就于北京航空航天大学出版社出版了国内第一本 CAN-bus 教材;20 世纪 90 年代后期,在铁路、消防、电梯等重要领域,率先出现了 CAN-bus 总线的产品应用;在近 5 年里,国内 CAN-bus 的应用逐渐形成规模化趋势,生产数量每年都有成倍数级的增长。

对于一项新兴的技术,国内 CAN-bus 总线应用的涉及领域非常广泛,产品型号众多,但大多数企业对 CAN-bus 总线的应用还仅仅发展到基础层次阶段,没有能够真正发挥 CAN-bus 总线实时、可靠的优势,这一点主要体现在应用层协议的选择上。由于协议复杂程度、产品开发难度、技术支持服务等各方面的原因,而且,这些国际标准协议都需要用户在前期开发阶段投入较大的资金、人力,CANopen、DeviceNet 等国际标准协议在国内一时也不能够形成成熟的应用氛围,因此大多数现场总线用户热切期待能够获得一个简单、可靠的 CAN-bus 应用层协议的支持。

iCAN 协议的全称为“Industry CAN-bus Application Protocol”,是现场总线 CAN-bus 的最新应用层协议之一,具有理解简单、易于实现、实时可靠的特点。广州致远电子有限公司与广州周立功单片机发展有限公司通过近 5 年的应用实践,参考主流国际标准协议的设计理念,制定出具有自主知识产权的 iCAN 协议。iCAN 协议采用与 CANopen、DeviceNet 协议基



本相同的连接管理方式,删除了比较复杂的握手管理、资源分配等内容,并使用预定义数据组合的方式管理 CAN - bus 总线上的节点。定稿的 iCAN 协议虽只有 DeviceNet 协议完整内容的 1/10,但实现的 iCAN 网络却比 DeviceNet 网络的规模大,适应面比较广泛,应用方式也非常灵活,尤其适合各种不同工业环境条件中的分布式数据控制网络。

iCAN 协议为工业自动化控制领域提供了一种方法,帮助用户快速、可靠地构建一个成熟的 CAN - bus 网络,为工业现场设备(传感器、执行器、仪表等)、管理设备(工控机、PC、PLC 等)之间的数据通信连接提供了一整套的低成本现场总线 CAN - bus 解决方案。同时,针对工业控制应用场合,iCAN 协议配有一个相当完善的技术支持与开发平台,包括提供 iCAN 协议库、iCAN 嵌入式函数库、iCAN 测试软件、OPC 服务器等支持与服务,也提供对应的 iCAN 协议硬件,包括各种 PC - CAN 接口卡、CAN 网关/转换器以及 iCAN 数据采集模块。工业现场单元的 iCAN 数据采集模块提供工业标准的传感器与执行器接口,内部采用标准 CAN - bus 通信电路接口,基于可靠的 iCAN 高层协议,支持 iCAN 协议的各种设备自由地组合、联网,灵活地构建 CAN - bus 应用网络,在主控设备和现场信号之间提供一套有效且完整的数据采集和通信途径。

iCAN 协议授权支持行业客户免费使用,开发基于 iCAN 协议的产品不需要支付额外的协议费用。

参与制定 iCAN 协议及本书编写工作的有黄晓清、魏小忠、吴多智、腾欣欣、周实军、卢玉村、覃瑞峰等,全书由周立功负责规划与审定。

本书通过详细地介绍 iCAN 协议的原理、构成、应用,剖析用户成功建立 CAN - bus 网络的步骤,期待能够起到抛砖引玉的作用,与行业同仁共同携手,使国内现场总线的应用踏上一个新的台阶。

要了解更详细的信息,请登录 <http://www.Embedcontrol.com> 网站;有关技术支持,请联系 iCAN.support@Embedcontrol.com 与 CAN.sales@Embedcontrol.com。

作 者

2006 年 12 月于广州

目 录

第 1 篇 基础理论

第 1 章 现场总线与分布式控制系统

1.1 现场总线的概念	2
1.2 工业控制系统的发展	2
1.3 现场总线控制系统	3
1.3.1 现场总线控制系统的结构	3
1.3.2 现场总线控制系统的特点	5
1.4 现场总线技术	6
1.4.1 基金会现场总线	6
1.4.2 Lonworks	6
1.4.3 Profibus	7
1.4.4 HART	7
1.4.5 CAN	8
1.5 CAN-bus 总线	8

第 2 章 CAN-bus 现场总线规范介绍

2.1 简介	10
2.2 基本概念	11
2.3 报文传输	15
2.3.1 帧格式	15
2.3.2 帧类型	15
2.3.3 关于帧格式的符合性	22
2.3.4 发送器/接收器的定义	22
2.4 报文滤波	23
2.5 报文校验	23
2.6 编 码	23
2.7 错误处理	24
2.7.1 错误检测	24
2.7.2 错误标定	24



2.8	故障界定	24
2.9	振荡器容差	26
2.10	位定时要求	27
第3章 CAN - bus 物理层		
3.1	物理信号	30
3.1.1	位表示	30
3.1.2	位定时和位同步	31
3.1.3	位定时段的规格	34
3.1.4	振荡器误差	36
3.1.5	数据速率与总线长度的关系	37
3.2	传输介质	39
3.2.1	电气传输介质	39
3.2.2	双绞线传输介质	42
3.2.3	光学传输介质	45
3.3	网络拓扑结构	48
3.3.1	CAN 中继器	50
3.3.2	CAN 网桥	51
3.3.3	CAN 集线器	52
3.3.4	CAN 网关	53
3.4	总线介质访问	54
3.5	物理层标准	56
3.5.1	ISO11898 - 2 标准	56
3.5.2	符合 ISO11898 - 3 标准的容错总线接口	58
3.5.3	SAE J2411 标准	60
3.5.4	ISO 11992 标准	61
3.6	改善电磁兼容性的措施	62
3.6.1	增加电阻值抑制共模干扰	62
3.6.2	分开的总线终端	63
3.6.3	斜率控制	63
第4章 CAN - bus 应用层协议		
4.1	CAN - bus 应用层协议简介	64
4.1.1	什么是应用层协议	64
4.1.2	为什么要构建应用层协议	65
4.2	常用的 CAN - bus 应用层协议介绍	65
4.2.1	DeviceNet 协议	66



4.2.2	CAL 协议	68
4.2.3	CANopen 协议	68
4.2.4	CANkingdom 协议	69
4.2.5	SAE J1939 协议	69
4.2.6	SDS 协议	70
4.3	如何构建 CAN - bus 应用层协议	70
4.3.1	CAN 报文的分配	71
4.3.2	CAN 网络数据通信的实现	72
4.3.3	数据通信协议	73
4.3.4	CAN 网络管理	74
4.3.5	CAN 网络设备建模	75
4.4	基于 CAN - bus 的 iCAN 协议	75
4.4.1	iCAN 的报文格式	76
4.4.2	iCAN 的报文传输协议	81
4.4.3	iCAN 的设备定义	95
4.4.4	iCAN 的网络管理	102

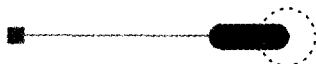
第 2 篇 iCAN 功能模块

第 5 章 iCAN 系列功能模块

5.1	模块简介	109
5.1.1	产品外观	109
5.1.2	原理框图	109
5.1.3	iCAN 模块的基本参数	110
5.1.4	典型应用领域	111
5.2	硬件安装	111
5.2.1	模块安装	111
5.2.2	模块接口说明	111
5.2.3	供电电源	112
5.2.4	CAN 波特率和 MAC ID 设定	112
5.2.5	信号指示灯	114
5.2.6	CAN 总线连接	114
5.2.7	模块的电源和通信线的连接	116

第 6 章 iCAN - 4050 DI/DO 功能模块

6.1	iCAN - 4050 模块介绍	117
6.1.1	主要技术指标	117
6.1.2	模块接口说明	118





6.1.3	模块原理框图	119
6.2	iCAN-4050 数字量输入	119
6.2.1	数字量输入原理	120
6.2.2	数字量输入的接线	121
6.2.3	数字量输入的测试电路	121
6.3	iCAN-4050 数字量输出	121
6.3.1	数字量输出原理	121
6.3.2	数字量输出的接线方式	123
6.3.3	数字量输出的测试电路	123
6.4	iCAN-4050 模块的 IO 资源节点	123
6.4.1	模块 IO 资源节点的说明	123
6.4.2	模块 IO 配置资源节点的说明	124
6.5	iCAN-4050 模块的通信实现	125
6.5.1	通信连接的建立	125
6.5.2	输入/输出端口的控制	125
6.6	iCAN-4050 实验测试方法	128
6.6.1	iCANTest 测试示例	128
6.6.2	ZLGCANTest 测试示例	131
6.6.3	扩展实验示例	134
6.7	iCAN-4050 模块应用注意事项	137
第 7 章 iCAN-2404 Relay 功能模块		
7.1	iCAN-2404 模块简介	138
7.1.1	主要技术指标	138
7.1.2	模块接口说明	139
7.1.3	模块原理框图	140
7.2	iCAN-2404 继电器输出	141
7.2.1	继电器输出控制原理	141
7.2.2	继电器输出接线方式	142
7.2.3	继电器输出测试电路	142
7.3	iCAN-2404 模块的 IO 资源节点	143
7.3.1	模块 IO 资源节点的说明	143
7.3.2	模块 IO 配置资源节点的说明	143
7.4	iCAN-2404 模块的通信实现	144
7.4.1	连接的建立	144
7.4.2	继电器输出端口的控制	145

7.5 iCAN-2404 实验测试方法	147
7.5.1 iCANTest 测试示例	147
7.5.2 ZLGCANTest 测试示例	150
7.5.3 扩展实验示例	152
7.6 iCAN-2404 模块应用及注意事项	155
第 8 章 iCAN-4017 AI 功能模块	
8.1 iCAN-4017 模块介绍	156
8.1.1 主要技术指标	156
8.1.2 模块接口说明	157
8.1.3 模块原理框图	158
8.2 iCAN-4017 模拟量输入	158
8.2.1 模拟量输入原理	159
8.2.2 模拟量输入的接线	160
8.2.3 模拟量输入的测试电路	160
8.3 iCAN-4017 模块的 IO 资源节点	160
8.3.1 模块 IO 资源节点的说明	160
8.3.2 模块 IO 配置资源节点的说明	162
8.3.3 测量范围与测量数据	162
8.4 iCAN-4017 模块的通信实现	163
8.4.1 连接的建立	164
8.4.2 输入端口的控制	164
8.5 iCAN-4017 实验测试方法	166
8.5.1 iCANTest 测试示例	166
8.5.2 ZLGCANTest 测试示例	169
8.5.3 扩展实验示例	172
8.6 iCAN-4017 模块应用注意事项	174
第 9 章 iCAN-4400 AO 功能模块	
9.1 iCAN-4400 模块介绍	175
9.1.1 主要技术指标	175
9.1.2 模块接口说明	176
9.1.3 模块原理框图	177
9.2 iCAN-4400 模拟量输出	177
9.2.1 模拟量输出原理	178
9.2.2 模拟量输出的接线	178
9.2.3 模拟量输出的测试	179



9.3	iCAN-4400 模块的 IO 资源节点	179
9.3.1	模块 IO 资源节点的说明	179
9.3.2	模块 IO 配置资源节点的说明	181
9.4	iCAN-4400 模块的通信实现	182
9.4.1	连接的建立	182
9.4.2	输出端口的控制	183
9.5	iCAN-4400 模拟量输出实验测试方法	185
9.5.1	iCANTest 测试示例	186
9.5.2	ZLGCANTest 测试示例	188
9.5.3	扩展实验示例	191
9.6	iCAN-4400 模块应用及注意事项	193
第 10 章 iCAN-5303 RTD 功能模块		
10.1	iCAN-5303 模块简介	194
10.1.1	主要技术指标	194
10.1.2	模块接口说明	195
10.1.3	模块原理框图	196
10.2	iCAN-5303 热电阻输入	197
10.2.1	热电阻输入控制原理	198
10.2.2	热电阻输入端口接线方式	198
10.2.3	热电阻输入测试	199
10.3	iCAN-5303 数字量输出	200
10.3.1	数字量输出原理	200
10.3.2	数字量输出的接线方式	200
10.3.3	数字量输出的测试电路	201
10.4	iCAN-5303 模块的 IO 资源节点	201
10.4.1	模块 IO 资源节点的说明	201
10.4.2	模块 IO 配置资源节点的说明	203
10.5	iCAN-5303 模块的通信实现	205
10.5.1	连接的建立	205
10.5.2	输入/输出端口控制	206
10.6	iCAN-5303 热电阻输入实验测试方法	209
10.6.1	iCANTest 测试示例	210
10.6.2	ZLGCANTest 测试示例	213
10.6.3	扩展实验示例	215
10.7	iCAN-5303 模块应用及注意事项	218

第 11 章 iCAN - 6202 Thermocouple 功能模块

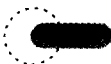
11.1 iCAN - 6202 模块介绍	219
11.1.1 主要技术指标	219
11.1.2 模块接口说明	220
11.1.3 模块原理框图	221
11.2 iCAN - 6202 热电偶输入	222
11.2.1 热电偶介绍	222
11.2.2 热电偶测量原理	223
11.2.3 热电偶的接线方法	223
11.3 iCAN - 6202 数字量输出	224
11.3.1 数字量输出原理	224
11.3.2 数字量输出的接线方式	224
11.3.3 数字量输出的测试电路	225
11.4 iCAN - 6202 模块的 IO 资源节点	225
11.4.1 模块 IO 资源节点的说明	225
11.4.2 模块 IO 配置资源节点的说明	227
11.5 iCAN - 6202 模块的通信实现	229
11.5.1 建立连接	229
11.5.2 输入/输出端口的控制	230
11.5.3 触发传送	233
11.6 iCAN - 6202 实验测试方法	235
11.6.1 iCANTest 测试示例	236
11.6.2 ZLGCANTest 测试示例	238
11.6.3 扩展实验示例	241
11.7 模块应用及注意事项	243

第 12 章 iCAN - 7202 Counter/Frequency 功能模块

12.1 iCAN - 7202 模块介绍	244
12.1.1 主要技术指标	244
12.1.2 模块接口说明	245
12.1.3 模块原理框图	246
12.2 iCAN - 7202 输入	247
12.2.1 隔离输入通道	248
12.2.2 非隔离输入通道	248
12.3 iCAN - 7202 数字量输出	249
12.3.1 数字量输出原理	249



12.3.2	数字量输出的接线方式	249
12.3.3	数字量输出的测试电路	250
12.4	iCAN-7202 模块的 IO 资源节点	250
12.4.1	模块 IO 资源节点的说明	250
12.4.2	模块 IO 配置资源节点的说明	251
12.5	iCAN-7202 模块的通信实现	258
12.5.1	建立连接	258
12.5.2	输入/输出端口的控制	258
12.5.3	事件触发传送	260
12.5.4	删除连接	262
12.6	iCAN-7202 实验测试方法	262
12.6.1	iCANTest 测试示例	263
12.6.2	ZLGCANTest 测试示例	265
12.6.3	扩展实验示例	267
12.7	iCAN-7202 模块应用注意事项	270
第 13 章 iCAN-7408 Counter 功能模块		
13.1	iCAN-7408 模块介绍	271
13.1.1	主要技术指标	271
13.1.2	模块接口说明	272
13.1.3	模块原理框图	273
13.2	iCAN-7408 计数器输入	274
13.2.1	计数脉冲输入通道	275
13.2.2	计数器硬件使能	275
13.3	iCAN-7408 数字量输出	275
13.3.1	数字量输出原理	275
13.3.2	数字量输出的接线方式	276
13.3.3	数字量输出的测试电路	276
13.3.4	数字量输出通道工作方式	276
13.4	iCAN-7408 模块的 IO 资源节点	277
13.4.1	模块 IO 资源节点的说明	277
13.4.2	模块 IO 配置资源节点的说明	278
13.5	iCAN-7408 模块的通信实现	280
13.5.1	建立连接	280
13.5.2	输入/输出端口的控制	281
13.5.3	事件触发传送	284



13.6	iCAN-7408 实验测试方法	286
13.6.1	iCANTest 测试示例	287
13.6.2	ZLGCANTest 测试示例	289
13.6.3	扩展实验示例	292
13.7	iCAN-7408 模块应用注意事项	295

第 3 篇 应用实践

第 14 章 如何建立一个 iCAN 网络

14.1	项目需求的分析	297
14.2	应用网络的规划	298
14.2.1	控制平台的选择	299
14.2.2	iCAN 功能模块的选择	303
14.2.3	网络拓扑结构	305
14.3	CAN 网络的实时性能	308
14.3.1	网络延时	308
14.3.2	CAN 网络通信速率选择	309
14.3.3	通信循环时间的计算	310
14.4	网络安装与调试	312
14.4.1	总线的连接与总线插头	312
14.4.2	设备的电源连接	314
14.4.3	网络电缆	317
14.4.4	网络的测试	319
14.5	系统可靠运行的策略	320

第 15 章 基于 iCAN 网络的分布式控制系统

15.1	工业控制系统的组成	325
15.1.1	工业传感器	326
15.1.2	传感器接口技术	330
15.1.3	iCAN 模块输出接口技术	332
15.2	基于 iCAN 网络的传动控制系统示例	332
15.2.1	传动控制系统基本组成	332
15.2.2	iCAN 模块与驱动器的连接	334
15.2.3	工作台位置的检测	334
15.3	基于 iCAN 网络的环境参数检测系统示例	335
15.3.1	环境参数检测系统基本组成	335
15.3.2	传感器与模块的连接	337
15.4	iCAN 网络在工程机械中的应用实例	339



15.4.1	起重力矩限制系统组成结构示意图	339
15.4.2	系统的特点	340
15.5	基于以太网的 iCAN 网络	340
15.5.1	以太网在工业控制中应用简介	340
15.5.2	基于以太网的 iCAN 网络	341
15.5.3	基于 iCAN 网络的智能灯光控制系统	342
第 16 章 嵌入式领域的 CAN - bus 主控节点开发		
16.1	什么是嵌入式系统	344
16.1.1	嵌入式的定义	344
16.1.2	嵌入式系统的组成	345
16.2	建立 ARM7 平台的 CAN - bus 主控节点	345
16.2.1	嵌入式 ARM - CAN 节点的硬件构成	345
16.2.2	CAN - bus 应用层软件的设计方法	347
16.2.3	基于 μ C/OS - II 系统的 iCAN 主站系统设计	359
16.3	建立 x86 平台的 iCAN 网络	363
16.4	其他应用方式	365
第 17 章 组态环境下 CAN - bus 网络的开发		
17.1	什么是组态软件	366
17.2	ZOPC 服务器软件	367
17.3	如何在组态软件中编程	368
17.3.1	示例工程的需求分析	368
17.3.2	系统结构	371
17.3.3	连接与配置	371
17.3.4	配置 ZOPC 服务器	372
17.3.5	建立 MCGS 工程	375
17.3.6	制作工程画面	375
17.3.7	定义数据对象	383
17.3.8	动画连接	384
17.3.9	设备连接	391
17.3.10	编写控制流程	395
17.4	基于 DLL 的编程实例	397
附录 A CAN - bus 2.0 规范的术语解释		
附录 B CAN - bus 应用的名词术语		
附录 C 现场总线 iCAN 教学实验开发平台		
参考文献		



第 1 篇 基础理论

- 第 1 章 现场总线与分布式控制系统
- 第 2 章 CAN - bus 现场总线规范介绍
- 第 3 章 CAN - bus 物理层
- 第 4 章 CAN - bus 应用层协议

第1章 现场总线与分布式控制系统

现场总线(Fieldbus)是当前自动化技术中的一个热点。现场总线的出现给自动化领域带来了又一次革命,使工业控制系统开始向网络化的方向发展。随着现场总线技术的发展,基于现场总线的控制系统 FCS(Fieldbus Control System)与传统的分布式控制系统 DCS(Distribute Control System)也逐渐相互融合,这也是现场总线技术给工业控制系统带来的最直接的变革。

1.1 现场总线的概念

按照国际电工委员会(IEC)61158 标准的定义,现场总线是应用在制造或过程区域现场装置与控制室内自动装置之间的数字式、串行、多点通信的数据总线。

现场总线是将自动化最底层的现场控制器和现场智能仪表设备互连的实时控制通信网络,遵循 ISO 的 OSI 开放系统互连参考模型的全部或部分通信协议。现场总线具有开放性、数字化、双向串行、支持多节点通信的特点。

由于工业控制现场的环境比较复杂,因此对于现场装置、智能仪表以及通信网络的各种干扰也是多方面的,例如温、湿度,震动,电磁干扰等;而另一方面工业控制现场对于控制的实时性要求很高。以上因素也直接决定了现场总线网络有不同于一般网络的特点。

现场总线技术综合了数字通信技术、计算机技术、自动控制技术、网络技术、智能仪表和传感器等多种技术手段,从根本上突破了传统的“点对点”式的模拟信号或数字—模拟信号控制的局限性,构成一种全分散、全数字化、智能、双向、互连、多变量、多接点的通信与控制系统。采用现场总线技术可以促进现场仪表的智能化、控制功能的分散化、控制系统的开放化。

采用现场总线的工业控制系统符合工业控制系统领域的技术发展趋势。作为连接生产现场的仪表、控制器等自动化装置的通信网络,现场总线控制系统必将成为工业自动化的主流。

1.2 工业控制系统的发展

工业控制系统的结构主要经历了以下的发展历程:最初的计算机集中控制系统(CCS)为