

基于CANopen的伺服控制系统的主站设计

CANopen作为基于CAN总线的一种标准化高层协议，凭借CAN总线本身的稳定性、快速性等优势，以及应用层丰富且规范的子协议，在工业领域的应用越来越广泛。CANopen的设备子协议DS-402专门针对运动控制领域定义，能够更容易满足运动控制系统的高性能要求。在已有支持CANopen协议DS-402的下位机（伺服驱动器）前提下，利用MFC工程开发出面向下位伺服节点的上位机界面，结合CAN总线标准硬件“CAN分析仪”组成主站，构建出基本的伺服电动机运动控制系统，通过测试最终实现了CANopen的基本通信功能以及DS-402协议的状态机切换和运动控制功能。

高彦 吴/中国矿业大学（北京）机电与信息学院
陆浩/中国科学院自动化研究所

0 引言

传统运动控制系统和每台伺服单元相连都需要一根电缆，且连接复杂，速度、准确度和同步性能满足不了日益增长的生产需求。为了满足运动控制系统对分布式控制和实时控制日益增长的技术发展需求，工业上兴起了多种适用于运动控制的现场总线。

控制器局域网（CAN）总线，是一种有效支持分布式控制和实时控制的串行通信网络，其应用领域十分广泛，具有实时性强、可靠性高、传输距离远以及成本低等优点，已成为国际标准化组织ISO 11898标准^[1]。CAN协议建立在ISO/OSI模型（物理层、链路层和应用层）的基础上，但CAN协议并不完整，没有对应用层作出详细规定。因此在基于CAN总线的自动化现场领域中，迫切需要一种标准且开放的应用层规范协议，它能够支持各种CAN总线设备产品

的互换性和互用性，并且可以为CAN总线提供统一的数据通信模式、设备功能描述规范和网络管理工具等丰富功能。CANopen就是实现上述功能的一个开放的标准化高层协议^[2]。

1 CANopen协议

CANopen对CAN报文中的11/29位标识符和8字节传输数据的使用进行了具体的规定。CANopen设备的典型结构由通信接口、对象字典和应用程序组成，如图1所示^[3]。

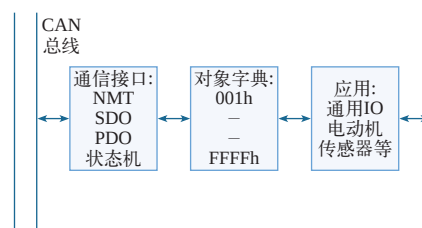


图1 CAN设备模型

CANopen的通信接口主要分为PDO、SDO、NMT和预定义报文等，它们共同完成协议设备的通信、网络管理和紧急事件处理等功能。通过预定义的COB-ID分配表中功能码信息来判断是何种对象报文。对象字典的映射实现了各类报文数据与实质内容的关联。可以通过16位索引来寻址每一个字典对象，也可以通过8位子索引来访问数组和结构的内部成员。根据CANopen DS301手册，以PDO数据为例说明对象字典的理解和使用。

首先通过映射参数的子索引“0”获取映射参数的个数，如果不为“0”，则会从子索引“1”开始，通过映射参数获



高彦 吴/讲师

关键词/Keywords

CANopen ·
运动控制 ·
MFC ·
主站 ·

取对象的地址，然后依次进入对象字典获取参数值，并依次组装到PDO报文中。PDO对象字典映射关系如图2所示，由图2可得到通信的PDO数据。

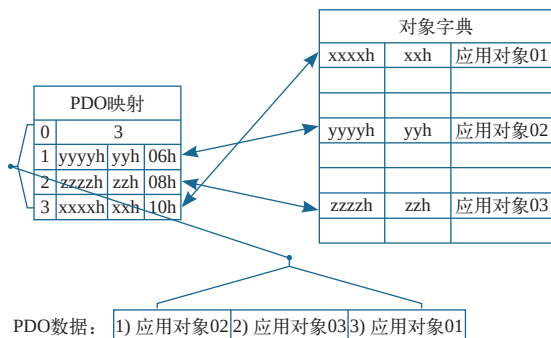


图2 PDO对象字典映射图

2 上位机界面设计

上位机界面由以下工作模块构成，如图3所示。

在此采用Windows平台下面向对象的集成开发环境MFC工具开发上位机界面。

2.1 CAN设备连接与报文设置

硬件上的CAN分析仪支持CAN设备动态链接库“ControlCAN.dll”，利用附加的库函数可建立

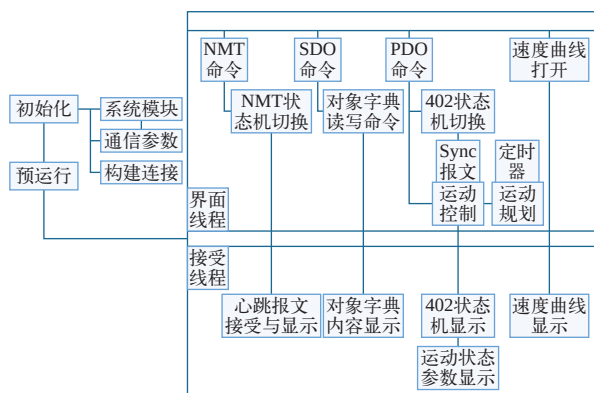


图3 上位机工作模块

起上位机与CAN设备的连接，实现CAN报文的传输。另外需要设置CAN报文的基本属性，如节点ID、波特率和帧类型等。

2.2 NMT命令与节点状态显示

通过NMT服务，主站可以初始化CANopen网络，并启动、停止、复位和监控网络中的所有从站设备。NMT状态机描述了一个NMT从站设备初始化以及通过主站的网络操作进行状态切换的流程，如图4和图5所示。

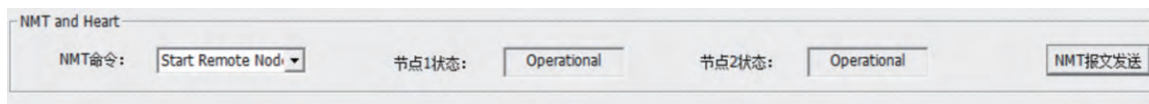


图4 上位机模块（NMT状态切换）

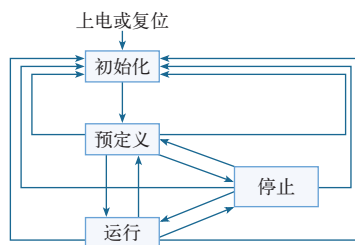


图5 NMT状态机进行状态切换的流程

2.3 PDO与同步报文功能

一个PDO报文能发送的实际数据最多为8字节，PDO的报文数据域长度以及数据域表达的内容是通过PDO直接映射完成的，通过该映射可以让PDO报文中的数据映射到该PDO所有对象的当前值，预定义的PDO映射如表1所示。

表1 预定义的PDO映射

PDO对象	占用字节数	映射的对象意义	索引值
RPDO1: 0x200 + ID	2	控制字	0x6040
	4	速度指令值	0x60FF
RPDO2: 0x300 + ID	2	加速度	0x6083
	4	减速度	0x6084
RPDO3: 0x400 + ID	2	控制字	0x6040
	4	位置指令值	0x607A
TPDO1: 0x180 + ID	2	状态字	0x6041
	4	实际速度	0x606C
TPDO2: 0x280 + ID	2	状态字	0x6041
	4	实际位置	0x6064

PDO报文是按照上表中的映射规则，与下位机进行收发通信。CAN数据帧的COB-ID不同，就意味着该PDO传输的信息类型也不同。

2.3.1 402状态机切换

CANopen设备开启并初始化完毕后，自动切换到“Switch On Disabled”，此时伺服主电路没有上电；上位机进行操作时，从“Switch On Disabled”切换到“Ready to Switch On”，这时主电路上电，但是仍然禁止驱动；当切换到“Switch On”时，状态机进入“Power Enabled”状态，伺

服主电路就绪，但被禁止发出PWM波形；当切换到“Operation Enable”时，发出指令并对电动机进行运动控制；而切换到“Quick Stop Activ”状态时，对电动机进行的控制和更改仍可继续，但将会允许快速停止功能。

402状态机控制需要PDO发送“控制字”和接收“状态字”。上位机通过控件组合来进行状态切换，如图6所示。

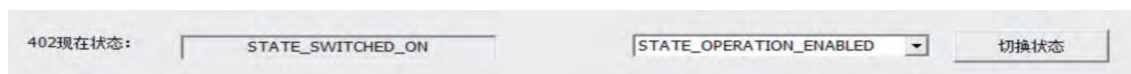


图6 上位机模块 (402状态机切换)

2.3.2 伺服运动控制指令

运动控制指令由RPDO1与RPDO2报文发送，根据所设置的PDO通信类型使用同步报文（Sync event），如图7所示。



图7 上位机模块 (运动控制)

由TPDO1与TPDO2分别实现实际转速与实际脉冲的返回，如图8所示。



图8 上位机模块 (实时数据返回)

2.4 SDO报文

SDO报文主要用于查询和更改对象字典。服务数据对象SDO可以用索引和子索引来访问对象字典中的对象，如表2所示。

表2 SDO 报文数据域定义

Byte 0	Byte 1-2	Byte 3	Byte 4-7
操作码	对象索引	子索引	对象数据

SDO在标准的分段传输和加速传输方式下可以实现SDO启动域上传下载、域分段上传下载以及域传输终止的传输服务，此处SDO报文支持加速传送。

2.5 速度曲线

在速度控制模式下，设定好速度给定，并将设备控制功能切换至“Operation Enable”，配置完成后单击“确定”，反馈的伺服电动机的速度曲线如图9所示。开启无模式对话框，采用双缓冲绘图机制绘制曲线^[4]，避免曲线闪烁失真。



图9 上位机模块 (速度曲线对话框)

3 主站测试实验

CAN设备采用致远电子公司的CAN分析仪。上位机采用Windows操作系统VS2010环境下的MFC编程对话框工程，结合CAN分析仪组成主站。首先以TMS320F2812型号32位DSP为核心的伺服驱动控制板作为下位机，进行弱电实验。待到主站功能基本完善后再连接电动机，进行强电状态下的运动控制实验，如图10和图11所示。

进行位置模式实验，输入目标位置 100000脉冲量，定位速度200 r/min，监测反馈的脉冲增量，判断系统是否满足基本的测试要求^[5-6]。

上位机监测数据如图12所示。位置控制结束



图10 弱电实验



图11 强电实验

Seq	Time	CANIndex	Tx-Rx	ID	Frame	Type	DLC	Data
212	16:48:24:42	0	receive	0000	Data	Standard	1	05
213	16:48:24:53	0	receive	0000	Data	Standard	1	05
214	16:48:24:60	0	send	0401	Data	Standard	8	5F 00 A0 86 01 00 00 00
215	16:48:24:60	0	send	0080	Data	Standard	0	
216	16:48:24:61	0	receive	0281	Data	Standard	8	37 05 22 00 00 00 00 00
217	16:48:24:62	0	receive	0281	Data	Standard	8	37 05 89 00 00 00 00 00
218	16:48:24:63	0	receive	0281	Data	Standard	8	37 05 32 01 00 00 00 00
774	16:48:29:33	0	receive	0281	Data	Standard	8	37 15 A0 86 01 00 00 00
775	16:48:29:34	0	receive	0281	Data	Standard	8	37 15 A0 86 01 00 00 00

图12 上位机监测数据

后, 反馈的脉冲增量为0x000186A0, 即100000脉冲, 达到了预期要求。

4 结束语

本文面向伺服运动控制系统, 介绍了一种基于CANopen测试主站的设计方案, 实现了CANopen的基本通信功能, 即NMT、SDO和PDO报文, 以及DS-402协议的状态机切换和运动控制

功能。通过控制交流伺服电动机的实验, 表明该主站基本满足了CANopen协议在伺服运动控制系统中的测试需求, 并且对于研究CANopen在运动控制领域的应用具有一定的参考意义。

参考文献

- [1] 谢彦辉. 基于CAN协议的现场总线仪表的设计[D]. 重庆: 重庆大学, 2002.
- [2] 马成才. 基于CANopen协议的交流伺服驱动器从站研究[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2012.
- [3] 张厚林. CANopen通信协议设计与实现[D]. 武汉: 华中科技大学, 2009.
- [4] 张亮. 基于双缓冲技术的VC++图形刷新技术的原理和实现[J]. 福建电脑, 2010(6): 110, 137.
- [5] 刘思捷. CANopen协议在伺服系统中的软件实现与植入研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2011.
- [6] 陈海燕. 基于CANopen协议的主从站伺服控制研究[D]. 湘潭: 湘潭大学, 2012.

(收稿日期: 2015-10-23) EA

接触可靠

- 由于温度造成的导线直径改变由压线框本身的弹性作用来抵消
- 具有免维护功能, 无需再次拧紧螺钉
- 所有接线技术中压压力较高

绝缘材料

- 改型的PA66材料
- 相比漏电起痕指数CTI 600
- 阻燃等级为V0, 根据UL 94
- 最高工作温度120°C
- 不含磷和卤素

接线技术

电气功能和机械功能相分离

- 硬化的钢质的压线框可以保证很高的拔出力
- 铜导电片可以保证很低的电压降, 铜表面镀锡可以保证较低的接触阻抗

Weidmüller

魏德米勒SAKDU系列接线端子 —卓越品质与高性价比

魏德米勒SAK系列接线端子经过60多年的市场考验, 已经成为了接线技术、可靠联接及产品种类丰富的代名词。SAKDU系列正是在这一经典系列的基础上进行产品优化和技术突破, 满足了联接技术市场对产品不断升级及高性价比的要求。

魏德米勒电联接(上海)有限公司

电话: 86 21-22195008 网址: www.weidmueller.com.cn

扫一扫, 关注魏德米勒官方微信



Let's connect.