

[CANopen]

CANopen协议解析及其实现方案

文/鲁电集团 沈大刚

CANopen协议是在CAN的基础上定义了其应用层的具体规范，采用面向对象的方式进行通信。一个CANopen设备模块可以分为3个部分：通信接口、对象词典和应用程序。经过十多年的发展，CANopen协议已经广泛应用于自动化控制的各个领域，很多国外厂家的设备均支持CANopen主从站功能，而国内支持CANopen主站功能的设备极少，大部分厂家都仅支持Profibus-DP协议。首先对CANopen协议进行了详细的说明，进而提出了一种DP转CANopen的解决方案。

CAN总线是德国BOSCH公司在20世纪80年代初为解决现代汽车中众多的控制与测试仪器之间的数据交换而开发的一种串行数据通信协议。经过20多年的发展，目前CAN总线已经广泛应用于汽车工业、船舶运输、机械控制、工厂自动化、楼宇自动化等各个行业。但其本身仅定义了物理层与数据链路层，CANopen在CAN的基础上定义了其应用层协议的具体规范。定义了CAN报文中的11/29位标识符、8B数据的使用。CANopen不仅定义了应用层和通信子协议，而且为可编程系统、不同器件、接口、应用子协议定义了大量的行规，遵循这些行规开发出的CANopen设备将能够实现不同公司产品间的互操作。CAN与CANopen的关系及相关协议标准如下图1所示。

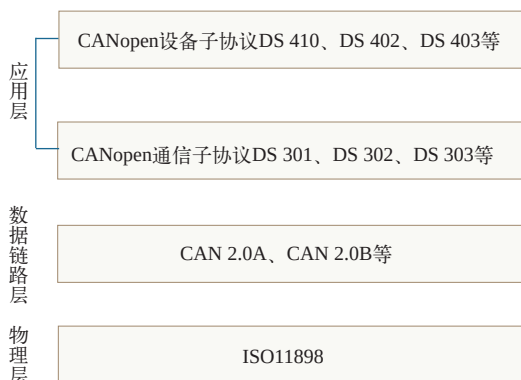


图1 CAN与CANopen及其标准协议

CANopen协议解析

CANopen采用面向对象的方式进行通信。一个CANopen设备模块可以分为3个部分：通信接口、对象词典与应用程序及设备子协议。如图2所示。

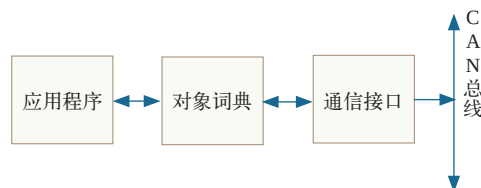


图2 CANopen设备

通信接口直接面向CAN控制器，提供在总线上收发通信对象的服务。不同CANopen设备间的通信都是通过交换通信对象完成的。对象词典包含了描述这个设备和它的网络行为的所有参数。应用程序及设备子协议通过对对象词典进行操作实现在CAN总线上的通信。

通信对象包含过程数据对象PDO、服务数据对象SDO、特殊功能对象及网络管理对象NMT四种类型。CANopen通过11/29位标识符COB-ID来对这些通信对象进行描述。根据CAN2.0协议的规定，标识符越小，其优先级越高。

过程数据对象（PDO）用来传输实时数据，遵循生产者/消费者模式，数据传送限制在1到8个字节。其本身没有协议规定，通信参数与数据内

容都在对象词典中有相应的描述。生产者与消费者通过对象词典中的描述可以获知通信方式及具体数据的含义。故PDO的帧格式仅包含标识符与1~8B的传输内容。

服务数据对象SDO用来访问一个设备的对象字典，遵循客户/服务器模式。访问者被称作客户（client），对象字典被访问且提供所请求服务的CANopen设备别称作服务器（server）。客户CAN报文和服务器的应答CAN报文总是包含8B数据。协议是确认服务类型：为每个消息生成一个应答。SDO与PDO不同，有自身的协议规定，其实现了5个请求/应答协议：启动域下载，域分段下载，启动域上传，域分段上传和域传送中止。

特殊功能对象包含同步，紧急事件表示以及时间标记传送三个特定的对象。同步对象（SYNC Object）是用来对各节点进行同步的。时间标记对象（Time Stamp Object）为设备提供一个公共的时间帧参考值。设备内部出现重大错误时触发紧急

事件，由相关应用设备以最高优先级发送到其他设备。

网络管理对象（NMT）提供了网络初始化，错误控制和模块控制服务。其中错误控制包含两种方式心跳（Heartbeat）模式与节点保护（Node Guarding）模式。两者任选其一作为错误控制方式即可。

对象词典是CANopen协议中的一个核心概念。网络通信中用到的数据类型、通信参数及设备参数都在对象词典中有相应的描述，从而减轻了网络通信本身的负担。网络中的每个节点都以EDS文档的形式维护一个对象词典。此外，单个设备的对象配置也有一个描述文件称作设备配置文件（DCF：Device Configuration File），它和EDS有相同的结构。

对象词典是一个有序的对象组，每个对象采用一个16bit的索引值来寻址，为了允许访问数据结构中的单个元素，同时定义了一个8位的子索引，对象字典的结构参照下表。

表1 对象词典结构

索引	对象
0x0000	未使用
0x0001~0x001F	标准数据类型（BOOLEAN、INTEGER8等）
0x0020~0x003F	复杂数据类型（PDO通信参数、映射参数等结构体）
0x0040~0x005F	制造商规定的复杂数据类型
0x0060~0x007F	设备子协议规定的标准数据类型
0x0080~0x009F	设备子协议规定的复杂数据类型
0x00A0~0x0FFF	保留
0x1000~0x1FFF	通信子协议区域（同步、PDO、SDO描述等DS 301中规定的内容）
0x2000~0x5FFF	制造商特定子协议区域
0x6000~0x9FFF	设备子协议区域（DS 401、DS 402等设备子协议中的参数描述）
0xA000~0xFFFF	保留

由上表可以看出，0x0000~0x009F描述了所有的数据类型。0x1000~0x9FFF描述了各个节点的通信对象及设备描述相关对象。

对象字典位于通信程序和应用程序之间，向应用程序提供接口，应用程序对对象字典进行操作就可以实现CANopen通信。

应用程序包括功能部分和通信部分，通信部分通过对对象字典进行操作实现CANopen通信，而功能部分则根据应用要求实现。通信部分按照CIA规定的通信协议来实现的。通信协议包含应用层和通信的描述（DS 301）、安全相关的通信架（DS 304）等通信规范文件，用来规定主要通信机制和它们的描述。功能部分则按照CIA规定的设备子协议或是厂家需求所实现的。设备子协议包含设备输入输出模型(DS 401)、驱动器(DS 402)、控制器(DS 404)、可编程控制器(DS 405)和解码

器(DS 406)等十余种常用的设备的描述。

此外CANopen的每一个节点都维护了一个状态机。该状态机的状态决定了该节点当前支持的通信方式以及节点行为。图3描述了节点的状态转换。

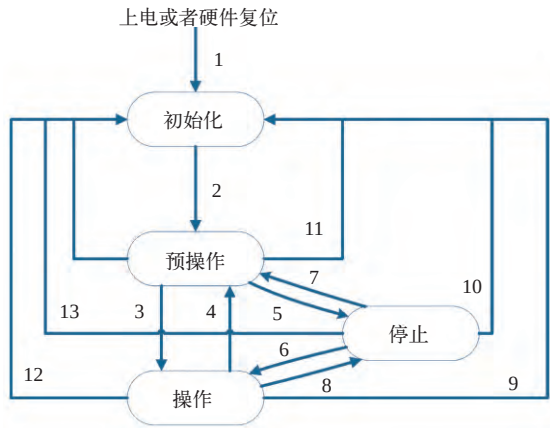


图1 CANopen节点状态图

表2 节点表

(1)	上电或者硬件复位
(2)	初始化完成, 自动进入预操作状态, 向主站发送BOOT-UP报文
(3) (6)	启动远程节点命令
(4) (7)	进入预操作状态命令
(5) (8)	停止远程节点命令
(9) (10) (11)	复位节点命令
(12) (13) (14)	复位通信命令

CANopen主站模块实现

1. 总体方案

由于赫优讯的CANopen主卡支持通过双口RAM读取配置、诊断信息与I/O数据交换等操作, 因而本文提出的CANopen主站模块的实现方案是将赫优讯的CANopen主卡作为一个DP从站连接到整个系统中。CANopen主站模块中包含了DP从站与赫优讯的CANopen主卡, 实现了将DP从站转换为CANopen主的功能。

系统中CANopen主/从站采用赫优讯的Sycon上位机软件进行配置, DP主/从站采用CodeSys软件配置。CANopen主站模块需要完成的操作是通过双口RAM将DP从站转换为赫优讯CANopen主站, 由赫优讯的CANopen主站负责与各个CANopen从站进行通信。总体设计如图4所示。

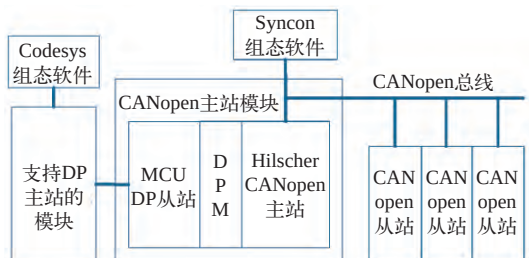


图4 总体设计

Syncon软件仅完成对CANopen主/从站的配置, 具体的I/O信息读写及诊断信息获取通过Codesys软件实现。这样DP从站需要获取CANopen主从站的配置信息从而将所有CANopen从站的接收PDO (RPDO) 与发送PDO (TPDO) 作为DP从站的输出与输入数据来处理。诊断信息作为DP的诊断信息来处理。

2. I/O交换与诊断信息

针对不同的数据, 赫优讯双口RAM (DPM) 定义了两种不同的数据传输方式: 面向消息传输与过程映像传输。面向消息采用两个邮箱收发数据和命令等非周期的数据, 例如CANopen的诊断信息和各种参数的配置等。过程数据映像处理I/O数据的交换。

Hilscher双口RAM结构包括以下内容:

- 1) 输入输出数据区域。
- 2) 消息通信的两个邮箱。
- 3) 简单协议 (波特率、数据位、奇偶校验……) 的参数区。
- 4) 协议状态信息 (数据计数、最新错误、有效从站……)。
- 5) 系统状态 (固件名称/版本、修订/序列号……)。
- 6) 控制中断和轮循方式同步的两个握手字节。

其中最高的两个字节状态、命令握手位包含所有的控制位, 这些控制位可以控制消息处理的同步、用户数据I/O传输的同步。根据其DPM接口定义我们可以实现邮箱通信与过程数据通信两种通信方式。

通过DPM的邮箱通信可以得到赫优讯主从站的配置信息, CANopen主站模块对配置信息进行处理后得到RPDO与TPDO的总长度及其在DPM中的偏移, DP从站获取该信息后将其映射到自身的输出与输入区域, 形成DP从站与DPM的一种映射关系。完成该映射关系后, DP从站与赫优讯主卡的I/O数据通过DPM的过程数据通信方式进行交换。

DP从站从DPM中的协议状态信息中获取CANopen各个从站的诊断信息状态, 当有诊断信息存在时, 通过邮箱通信获取相应从站的具体诊断信息, 将其上报给DP主站, 从而作为DP的诊断信息呈现给用户。需要注意的一点是在节点保护功能使能时, CANopen诊断信息中包含各个从站的状态信息, 若将该信息作为DP的诊断信息上传给上位机软件, 就会产生一直有诊断信息存在的现象, 这是用户不希望看到的。因而需要将诊断信息中有关节点状态的部分单独列出来, 在DP的输入区分配32B的空间存储状态信息。DP从周期性的从DPM中读取状态信息, DP主再周期性从DP从读取状态信息并上传给CodeSys上位机软件。

结束语

本文对CANopen协议作了简单的解析, 提出了一种CANopen主站通信的方案, 并予以实现。缺点是CANopen主站与DP需要通过不同的上位机软件来组态, 由于赫优讯的CANopen主卡本身可以通过双口RAM进行在线配置, 而CodeSys也支持CANopen主/从站的组态。因而我们下一步可以取消Syncon软件, 直接利用CodeSys对CANopen主/从站进行组态。EA

(收稿日期: 2015.11.11)

(编辑: 白文亭)