

基于STM32的CANopen通讯协议的实现

王海燕 湘潭大学信息工程学院电气工程系
龙辛 湘潭湘电风能有限公司

摘要：CANopen作为CAN网络的一种开放的应用层协议，在工厂自动化系统中得到广泛应用。其应用可以提高系统的可靠性、通讯效率及灵活性。本文采用CANopen通讯协议实现了基于STM32单片机的I/O从站与上位机CAN卡之间的通讯，并通过测试实验，验证了系统信息传递的可靠性、准确性和实时性，具有一定的应用价值。
关键词：STM32 CANopen CAN网络

CAN是我国应用已经比较广泛的一种现场总线。但其只定义了物理层和数据链路层，而没有规定应用层，并非一个完整的协议。所以在高级应用中，需要一个高层协议来定义CAN报文中的11/29位标识符、8字节数据的使用，于是CANopen应运而生。

CANopen是CAN网络的一种开放的应用层协议，是目前应用最广泛的嵌入式网络。它是自动化CAN用户和制造商协会(CiA,CAN-in-Automation)定义的。CANopen主要用于分布式控制及嵌入式系统为基础的工业控制系统，其协议精炼透明、便于理解，具有较高的实时性和可靠性、数据传输速率高等特点，而且支持不同CAN设备间的互操作性、互换性，具有标准化、统一的系统通讯模式和设备描述方式，能够实现网络节点功能的任意扩展。

本文提出了基于STM32的I/O从站的实现，通过上位机CAN卡与之建立通信，通过测试实验，验证了系统信息传递的可靠性、准确性和实时性，很好地满足了全数字化网络化伺服驱动系统系统的要求。

CANopen通信协议简介

CANopen规范的核心是CANopen的设备模型和各类型的通信对象。一个CANopen设备模块可分为3部分，如图1所示。

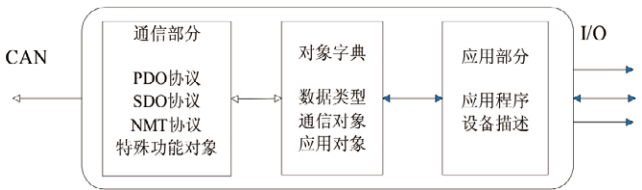


图1 CANopen设备模型

每个节点维护一个对象字典(Object Dictionary,OD)。它是一个有序的对象组，每个对象用一个16位的索引值和一个8位的子索引寻址。该对象字典保存了节点信息、通讯参数和所有的过程数据，是CANopen节点的核心数据结构。同时，上层应用程序也主要通过读写对象字典和CANopen应用层进行交互。

互。

一、CANopen标识符。为了减小简单网络的组态工作量，CANopen定义了强制性的缺省标识符(COB-ID)分配表。它是基于11位的CAN-ID，包含4位功能码(Function Code)和7位节点ID(Node-ID)，如图2所示。

二、CANopen通讯机制

CANopen通讯模型定义了四种报文(通讯对象)：

第一，管理报文NMT(Network Management)。用于网络

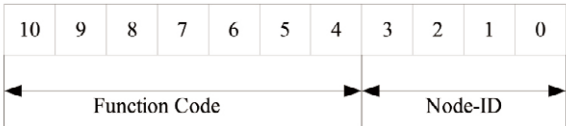


图2 CAN标识符

中主节点对从节点监控和管理，控制从节点的状态改变。此消息不需要应答。NMT消息格式见表1。

表1 NMT报文

COB-ID	Byte0	Byte1
0x000	CS(命令字)	Node-ID

第二，务数据对象SDO(Service Data Object)。通过使用索引和子索引，SDO是客户机能访问设备(服务器)对象字典中的项(对象)。它是确认服务类型，为每个消息生成一个应答(一个SDO需要两个COB-ID)。SDO请求和应答报文总是包含8字节数据(尽管不是所有的数据字节都一定有意义，第一个字节携带协议信息)。基本结构见表2。

表2 SDO报文

COB-ID	Byte 0	Byte 1-2	Byte 3	Byte 4-7
0xXXX+Node_ID	SDO(CS)	Index	SubIndex	数据

客户端发送命令COB-ID为600+ Node_ID，服务器响应命令COB-ID为580+ Node_ID。

SDO命令字(CS)包含如下信息：下载/上传(Download/upload)、请求/应答(Request/response)、分段/加速传送(Segmented/expedited transfer)、CAN帧数据字节长度、用于后续每个分段的交替清零和置位的触发位

(toggle bit)。

第三,过程数据对象PDO(Process Data Object)。PDO主要提供了对设备内应用对象的直接访问,用于实现数据高速实时传送,非确认类型。例如:一个CANopen设备可以直接读取另一个设备的实时过程数据信息。但是,传送的数据长度必须小于或等于8个字节。报文格式见表3。

表3 PDO报文

COB-ID	Byte0-7
0xXXX+Node_ID	根据映射参数查找对象字典

每个PDO必须由PDO通讯参数和PDO映射参数来描述。通讯参数规定了PDO的通讯行为,像标识符,传输类型,禁止时间等。映射参数中规定了哪个对象被映射到一个PDO里,最多可以映射64个对象。

PDO报文的接收和发送过程:接收:根据该PDO的通讯参数和映射参数解析报文,将报文中的数据保存至对象字典的对应位置。发送:节点根据映射参数扫描对象字典,将相应的数据从总存储器中调出,与通信参数组合后再组装成报文格式,发送到CAN网络当中。

第四,预定义报文或特殊功能报文。定义了三个用于同步,应急指示和时间标记的特定对象。用于配合以上三种通讯机制。

STM32从站系统的实现

一、硬件设计如图3所示,本文采用STM32F10x单片机作为从站系统的主芯片,它集成了片内CAN控制器bxCAN模块。主要特点:支持CAN协议2.0A和2.0B主动模式;波特率最高可达1兆位/秒;支持时间触发通信功能;3个发送邮箱,3级深度的2个接收FIFO,用于发送和接收信息;可编程的中断配置,16位自由运行定时器。

由于STM32F10x芯片内自带了CAN控制器模块,使得CAN网络的电路设计变得非常简单。采用Philips PCA82C250 芯片作为CAN收发器,它具有高速稳定的差动发送和接收能力;CAN网络之间需要使用一个合适的终端电阻连接。为了进一步提高系统的抗干扰能力,可以在控制器和传输介质之间加接光电隔离器件6N137。

二、系统软件设计。如图4所示,本系统的软件设计采用模块化设计,程序模块分为主程序模块、CANopen协议模块、对象字典模块、系统I/O模块、单片机与CAN控制器硬件驱动模块。

CANopen协议模块的软件实现,遵循CANopen 协议预定义主/从连接集。结合通讯协议的特点,为了方便程序的编制,软

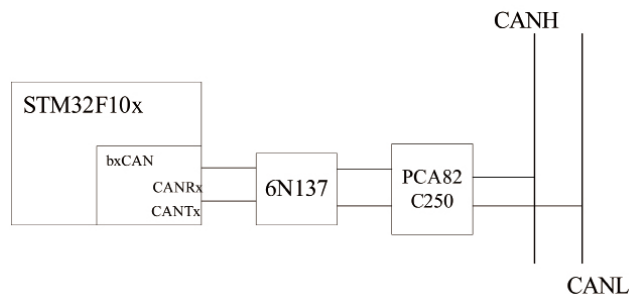
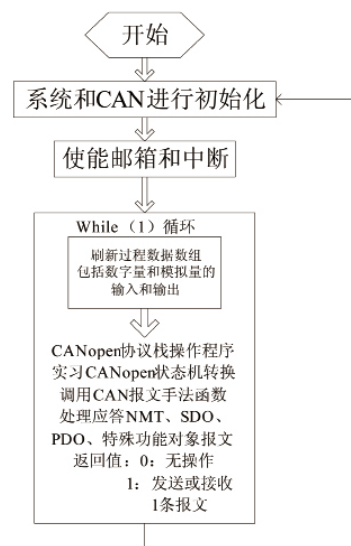


图3:系统硬件电路简图

件设计中采用结构体的方式来定义诸如CAN报文、发送和接收PDO对象、SDO对象等,通过定义结构体指针变量完成对对象中相关数据的读写。此外,利用定义数组的方法实现了OD和过程数据映射的操作。在SDO报文处理子函数中,通过被访问对象的主索引和子索引,以数组查询的方式实现了对OD的读写访问。另外,CANopen I/O从站的状态机转换通过判断接收NMT报



文命令字。

图4:主程序软件框图

从站可以实现一个NMT状态机。在上电复位之后自动运行,并且节点在“预运行状态”内部实现初始化。在“预运行状态”,节点可以通过SDO配置参数,但不可以实现PDO通信。NMT主站可以控制所有从站进入“运行状态”。在此状态,PDO才可以通信。如果进入“停止状态”,它将不能实现PDO和SDO通信,但可以执行NMT命令。具体实现代码如下:

```
switch( m.data[0]) { /* 命令字 (cs) */
case NMT_Start_Node:
if ( (nodeState == Pre_operational) || (nodeState == Stopped) )
setState(d,Operational);
```

```
break;
case NMT_Stop_Node:
    if (nodeState == Pre_operational || nodeState ==
Operational )
        setState(d,Stopped);
        break;
case NMT_Enter_PreOperational:
    if (nodeState == Operational || nodeState ==
Stopped )
        setState(d,Pre_operational);
        break;
case NMT_Reset_Node:
    setState(d,Initialisation);
    break;
    利用STM32F10x的bxCAN的发送邮箱和接收邮箱 ,都采用标
准信息帧格式( 11Bit ID)。其中发送信息采用查询方式 ,接收
信息采用中断方式。信息传输波特率设置为12500Kbps。
```

信息帧的接收和发送均采用缓冲区的方式。

三、系统调试与实验结果。为了测试基于STM32的I/O从站系统与PC机CAN卡之间的通讯情况 ,采用java编写了友好的人机界面(见图5)。

进行通讯测试时 ,首先要选择通讯端口 ,设置通讯波特率。特别需要注意的是 ,PC端设置的通讯波特率要和STM32端的通讯波特率保持一致。然后打开CAN网络端口 ,选定发送的功能段及地址段 ,填写信息帧长度(以字节为单位)及内容 ,即可进行通讯测试。

例如 ,要将3号地址的电机转速期望值设为0x05FD ,电机转速期望值在0D中的索引为0x608B ,使用启动域下载协议 ,加速传输。则设置地址段即Node-ID为 3 ,信息帧长度为8 ,信息帧内容为2B 8B 60 01 FD 05 00 00。发送成功后返回应答信息帧内容为 :ID=583 ,Length=4 ,数据为 :60 8B 60 01 00 00 00 00 ,说明写入成功(如图5所示)。

如果要3号地址的电机转速期望值读出 ,可使用启动域上传协议 ,从站使用加速传输方式应答确认。发送成功后返回应答信息帧内容为 :ID=583 ,LENTH=8 ,DATA=4B 8B 60 01 FD 05 00 00 ,说明读取成功(如图5所示) 。部分实验结果如图5所示。

本文采用CANopen通讯协议实现了基于STM32单片机的I/O从站与上位机CAN卡之间的通讯 ,并通过测试实验 ,验证了系统



信息传递的可靠性、准确性和实时性 ,具有广泛的应用价值。

图5 :测试结果图

参考文献 :

- [1]CANopen协议介绍—流行欧洲的CAN-bus高层协议 .北京博控自动化技术有限公司.
- [2]王俊波,胥布工 .CANopen协议分析与实现 . 微计算机信息 .Vol.22, No.6, 104-106, 2006.
- [3]赵建光,杨建武 .基于CANopen 协议的I/O 从站的开发与应用 . 嵌入式系统应用 . 2007.
- [4]陈在平,王峰 .基于CANopen 协议从节点研究 . 制造业自动化 .Vol.32, No.2, 27-30, 2010.
- [5]STM32F10x 参考手册 .第一版 .
- [6]CANopen Application Layer and Communication Profile[S].CiA Draft Standard 301,Version4.02.