

# 智能断路器 DeviceNet 通信模块设计与实现<sup>①</sup>

李二强<sup>1</sup>, 全惠敏<sup>1</sup>, 周琴<sup>1</sup>, 王兴刚<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(湖南大学 电气与信息工程学院, 长沙 410082)

<sup>2</sup>(天正集团有限公司, 温州 325604)

**摘要:** 针对可通信智能断路器的技术发展要求, 提出一种基于 DeviceNet 总线协议的智能断路器通信模块设计方案。阐述了系统的组网形式、DeviceNet 总线通信机制以及 DeviceNet 协议栈的软件实现方法。给出了电源电路、DeviceNet 总线通信接口电路, 以及互操作性测试界面和一致性测试中的浪涌测试结果。该模块有效地实现了智能断路器的远程通信和集中监控。

**关键词:** DeviceNet; 现场总线; 智能断路器; 通信模块; 仅限组 2 服务器

## Design and Implementation of an Intelligent Circuit Breaker DeviceNet Communication Module

LI Er-Qiang<sup>1</sup>, QUAN Hui-Min<sup>1</sup>, ZHOU Qin<sup>1</sup>, WANG Xing-Gang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(College of Electrical and Information Engineering, Hunan University, Changsha 41082, China)

<sup>2</sup>(Tengen Group Company Ltd., Wenzhou 325604, China)

**Abstract:** The design of communication module for intelligent circuit breaker based on the DeviceNet protocol is suggested according to the technical demands of intelligent low voltage circuit breaker with communication capability. The form of networking and mechanisms of DeviceNet communication, as well as DeviceNet protocol stack software implementation are expounded. The power circuit, DeviceNet interface circuit, the interoperability test interface and the result of inrush current test of conformance test are also presented. The module is effective to achieve the long-distance communications and the centralized monitoring.

**Key words:** DeviceNet; field bus; intelligent circuit breaker; communication module; group 2 only server

## 1 引言

智能化、网络化、信息化是当今电器产品的发展趋势<sup>[1]</sup>, 断路器作为低压电器的基础元件, 被广泛应用于低压电力系统中, 负责电能的分配传输和用电器的保护控制等, 对电力系统的可靠运行起着举足轻重的作用, 故进行智能断路器的网络化、信息化研究就显得尤为重要。DeviceNet 通信模块作为可通信智能断路器的通信和组网模块, 是组成 DeviceNet 网络拓扑结构的核心部件, 它的使用将使得整个监控系统呈现网络化、信息化, 实现对现场断路器的遥测、遥控、遥讯、遥调的“四遥”功能。

## 2 系统构成

### 2.1 系统结构

可通信智能断路器 DeviceNet 总线网络系统由远程监控主机、DeviceNet 主站接口卡、DeviceNet 通信模块和终端智能断路器组成, 如图 1 所示。远程监控主机主要负责对系统各节点断路器进行远程设置, 实时电力参数和现场断路器状态的显示、管理和分析, 断路器分断和闭合的控制等。终端智能断路器以电子控制器为控制核心, 负责现场电力系统状态的监测, 并通过 RS485 通信接口与 DeviceNet 通信模块进行数据交换。DeviceNet 通信模块对连接远程监控主机与终

<sup>①</sup> 基金项目:浙江省重大科技专项(2007C11072)

收稿时间:2010-11-18;收到修改稿时间:2010-12-19

端智能断路器起到桥梁作用。DeviceNet 总线网络允许挂接最大设备节点数为 64，编址范围为 0~63。

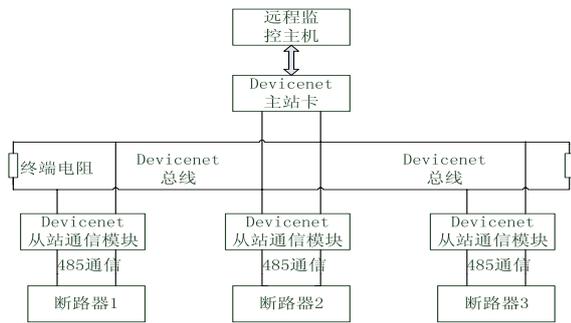


图 1 基于 DeviceNet 总线协议的可通信智能断路器系统结构框图

### 2.2 通信机制

DeviceNet 沿用了 CAN 总线协议标准定义的符合 ISO/OSI 七层参考模型的物理层和数据链路层，补充定义了部分物理层和数据链路层，应用层协议为通用工业协议 CIP，DeviceNet 的 ISO 层次见图 2<sup>[2]</sup>。CAN 定义了数据传输的句法和格式，而 DeviceNet 的应用层则定义了传输数据的语法和语义。DeviceNet 现场总线技术结合了 CAN 总线的优点，同时也满足了更为复杂的应用要求。



图 2 DeviceNet 的 ISO 层次

DeviceNet 总线通信是基于连接的，网络中的设备之间建立连接有两种规则：一种是“通用模式”，要求设备节点具备 UCMM(未连接信息管理)功能；一种是以“通用模式”为基础定义的一套连接，此连接能方便主/从关系中常见的通讯，称作“预定义主/从连接组”。DeviceNet 支持位选通、轮询、周期、状态改变和应用触发的 I/O 数据通讯方式<sup>[3]</sup>，用户可根据设备性能和应用要求选择主/从、多主和点对点或三种方式组合的配置。系统上电后，各设备节点首先进行上线操

作，远程监控主机对网络上的节点进行扫描，并记录在线从站节点，然后通过预定义未连接显式信息与各个在线节点建立预定义连接，一旦连接建立成功，监控主站即可对从站设备进行访问。

## 3 通信模块硬件设计与实现

### 3.1 总体设计

智能断路器 DeviceNet 通信模块的硬件框图如图 3 所示。本设计使用基于 32 位 ARM7TDMI-S 核的微控制器 LPC2294 作为系统控制核心，主要由电源转换电路、通信接口电路、编码开关、状态指示灯等外围电路组成。

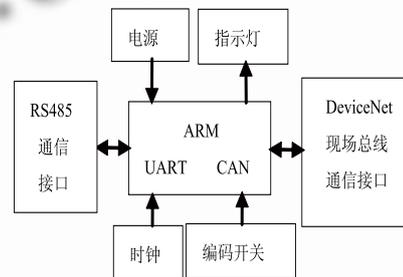


图 3 DeviceNet 通信模块硬件结构图

LPC2294 的 CPU 频率最高可达 60MHz；内部 16KB RAM，256KB Flash，无需外扩存储器即可满足应用需要；2 个 16C550 工业标准 UART；4 路带有先进验收滤波器的 CAN 接口，实时性高，兼容 CAN2.0B，符合 ISO11898—1 规范。该 DeviceNet 通信模块可通过编码开关设置 125kbps、250kbps、500kbps 三种 DeviceNet 标准波特率；也可通过编码开关设置编号为 0~63 的节点地址 MACID。指示灯用于从站的组合模块/网络状态指示。

### 3.2 电源转换电路

根据 DeviceNet 协议规范 v2.0，DeviceNet 节点模块采用网络供电，网络电源为工业标准的 DC24V。DeviceNet 协议规范 v2.0 要求节点能承受连接器上 5 根线各种组合的接线错误<sup>[3]</sup>，为此设计了误接线保护电路。系统采用网络供电，电缆间存在分布电容、电缆自身存在电阻，外界的干扰特别是浪涌和雷电将会对供电可靠性产生较大影响，电源的稳定性成为首要考虑的问题，故本设计前级电源电路采用集成电源模块 SUCS1R52405，简化了电源电路的设计，减少了开发时间，降低了开发成本。电源电路如图 4 所示。

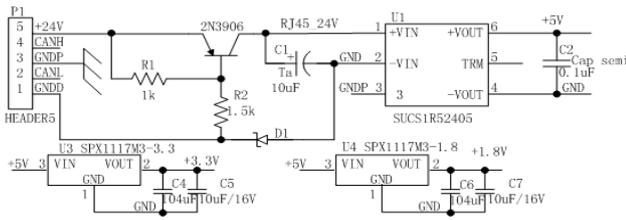


图 4 DeviceNet 通信模块电源电路

### 3.3 DeviceNet 通信接口电路

DeviceNet 通信接口用于总线组网，如图 5。

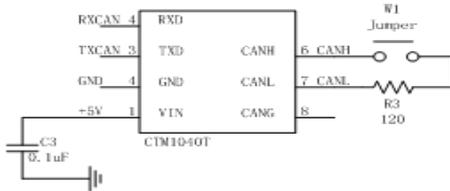


图 5 DeviceNet 总线通信接口

CAN 收发器采用周立功公司的 CTM1040T，它是一款符合 ISO11898 标准带隔离的高速 CAN 收发器芯片，速率最高达 1Mbit/s，具有 DC2500V 的隔离功能和 ESD 保护作用，并具有 TVS 管防总线过压，电磁辐射 EME 极低，电磁抗干扰 EMI 性极高<sup>[4]</sup>。在以往的设计方案中需要光耦、DC/DC 隔离、CAN 收发器等其它元器件才能实现带隔离的 CAN 收发电路，但现在只需利用一片 CTM1040T 芯片即可实现。

## 4 DeviceNet 软件协议栈的实现

DeviceNet 协议栈是通信模块软件设计的核心内容。程序中采用模块化设计思想，便于以后代码的移植和功能的扩展完善。现将 DeviceNet 协议栈的实现简要介绍如下。

该通信模块采用“预定义主/从连接组”，实现了标识对象、信息路由器对象、DeviceNet 对象、连接对象，以及一个为断路器自定义的应用对象，其中连接对象实现了显式信息和 I/O 轮询两种数据通讯方式，为一仅限组 2 服务器。DeviceNet 是基于对象模型的总线协议<sup>[5]</sup>，由于现阶段 DeviceNet 规范中还没有断路器的设备描述，故本设计自定义了一个应用对象，断路器的状态、额定电流值、相电流等均抽象化为该应用对象的属性。上位机监控端可以通过显式信息连接单独获取这些属性值，也可以通过轮询连接来批量获

取所有属性值；而整定参数的设置则是通过轮询连接实现的。DeviceNet 软件协议栈部分程序代码如下。

(1) DeviceNet 协议栈初始化函数。在从站模块进行上线操作前对 DeviceNet 协议栈进行配置，包括各个要实现的对象和网络状态机的初始化。

```
void GoDNetInitializeAll(void);
```

(2) 接收事件处理函数。该函数依据模块当前所处的网络通信状态，对 DeviceNet 报文信息进行分类接收，并设置相应事件标识，驱动报文信息处理函数做进一步数据处理。

```
void GoDNetProcessAllMsgEvents(void){
```

```
    _ConnErrorManager(); //离线错误管理
    switch (_aNASMStates){
        case _NASM_SENDING_DID:
            //仅处理重复 MACID 检查事件
            _ConnRxManager();
            _NASMSendingDupIDStateManager();break;
        case _NASM_WAITING_DID:
            //仅处理重复 MACID 检查事件
            _ConnRxManager();
            _NASMWaitingForDupIDStateManager();break;
        case _NASM_ON_LINE://正常事件处理
            if (_ConnRxManager()){ //任何一个已存在的连接确实接收到数据，则进行处理。
                _NASMOnLineStateManager(); } break;
            //在线状态对重复 MACID 信息的管理
        case _NASM_COMM_FAULT: //通信故障处理
            UstrIdentityCommunicationFaultEvent(); break;
        default://未知状态处理
            UstrIdentityFaultEvent();break;
    }
}
```

(3) 报文信息处理函数。该函数采用事件驱动的方式实现，对接收的信息进行解析，根据解析结果通知具体对象做出具体响应。若响应的对象准备好了响应报文数据，则设置相应事件标识，以驱动发送事件处理函数。

```
void MsgMProcessMsgEvent(void);
```

(4) 发送事件处理函数。该函数采用事件驱动的方式实现，主要完成将响应对象封装好的数据帧填入

CAN 控制器的硬件发送缓冲器, 修改相应事件标识并启动硬件发送。

```
void _ConnTxOpenManager(void);
```

(5) 网络状态管理函数。分为发送重复 MACID 网络状态管理、等待重复 MACID 网络状态管理和在线时网络状态管理。模块在不同的状态由不同的网络状态管理函数进行管理, 根据一定的条件进行状态切换。三个管理函数依次如下。

```
void _NASMSendingDupIDStateManager(void);
```

```
void _NASMWaitingForDupIDStateManager(void);
```

```
void _NASMOnLineStateManager(void);
```

## 5 测试

该通信模块已通过 ODVA 组织在上海的国际测试中心的测试认证, 并取得了认证证书。限于篇幅本文给出浪涌测试波形图(见图 6)和互操作性测试界面(见图 7), 图 7 中的名为 THF1-D 的节点即为本文所设计的通信模块。浪涌测试是在系统上电和掉电时进行的, 由图 6 可见, 冲击电流很小, 说明通信模块电源非常稳定。



图 6 浪涌测试波形图



图 7 互操作性测试界面

## 6 结语

本文阐述了一种基于 DeviceNet 现场总线的智能断路器通信模块的设计与实现。通过该模块, 实现了对断路器遥测、遥控、遥讯、遥调的“四遥”功能。经 ODVA 国际测试中心的测试认证表明, 该模块完全符合 DeviceNet 协议规范, 满足 DeviceNet 一致性和互操作性要求, 通信稳定、数据交换实时性好、抗干扰能力强并具有广泛的通用性, 完全能满足实际应用中对实时性和可靠性的要求, 具有广阔的市场前景。

## 参考文献

- 1 矫莉, 曹云东. 基于嵌入式 ARM 与 CAN 总线的低压断路器智能控制器设计的研究. 电气应用, 2007, 26(9): 81-83.
- 2 武长坤, 戴瑜兴. 断路器 DeviceNet-Modbus 协议转换器的设计及实现. 低压电器, 2004, (12): 35-39.
- 3 ODVA inc. Device Net Specification. 1999.
- 4 广州致远电子有限公司. CTM1040 高速 CAN 隔离收发器 DataSheet. 产品数据手册, 2007-06-30.
- 5 陈岚岚, 戴瑜兴. 一种基于 DeviceNet 现场总线可通信断路器的设计. 低压电器, 2004, (8): 31-33, 46.