

工程师经验手记

CAN总线应用层协议实例解析

牛跃昕 周立功
穆希辉 黄敏思
编著



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS



工程师经验手记

CAN 总线应用层协议实例解析

牛跃听 周立功 穆希辉 黄敏思 编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书从目前几种流行的 CAN 总线应用层协议入手,详细介绍了基于 iCAN 协议、DeviceNet 协议、J1939 协议、CANopen 协议的嵌入式开发实例,每一种实例都从协议详解、开发步骤论证、硬件电路设计、软件程序设计等方面进行了解析。同时,书中涉及的硬件电路均制作了电路板实物,软件均在电路板上调试运行正常。

本书旨在为从事 CAN 总线应用层协议的开发者提供实例化的研发思路和软、硬件技术参考,能够使开发者快速地由 CAN 总线应用层协议解析进入实战开发应用,提高研发工程师的工作效率,缩短研发时间。

本书可供工业控制领域的研发人员、电子爱好者使用或参考,也可作为高等院校自动控制、电气工程、电子信息工程等专业师生的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

CAN 总线应用层协议实例解析 / 牛跃听等编著. --

北京:北京航空航天大学出版社,2014.8

ISBN 978-7-5124-1565-2

I. ①C… II. ①牛… III. ①总线-技术 IV.

①TP336

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 163250 号

版权所有,侵权必究。



CAN 总线应用层协议实例解析

牛跃听 周立功 穆希辉 黄敏思 编著

责任编辑 张耀军 陈 旭

*

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(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱:emsbook@gmail.com 邮购电话:(010)82316524

北京楠海印刷厂印装 各地书店经销

*

开本:710×1 000 1/16 印张:22.75 字数:503 千字

2014 年 8 月第 1 版 2014 年 8 月第 1 次印刷 印数:3 000 册

ISBN 978-7-5124-1565-2 定价:49.00 元(含光盘 1 张)

若本书有倒页、脱页、缺页等印装质量问题,请与本社发行部联系调换。联系电话:(010)82317024

前言

CAN 总线的国际标准只对物理层和数据链路层制定了规范,应用层没有定义。而标准的 CAN2.0A/CAN2.0B 协议存在以下诸多局限性:发送的报文中不包含自己的地址信息,导致接收方收到信息后无法直接确定报文源地址;发送大于 8 字节的数据帧时,需要用户在程序中进行分块发送,很不方便;在网络节点的监控方面,不能诊断网络中节点处于正常状态还是故障状态,缺乏总线状态的监控及标识;发送的报文帧信息中没有功能代码,给用户编程使用带来诸多不便……这些局限性迫使许多 CAN 用户自定义应用层协议以满足通信需求。随着 CAN 节点设备的增多及网络的复杂化,用户自定义的 CAN 应用层协议变成了一个无法与外界兼容的“孤岛系统”。基于此,许多行业都制定了本行业的 CAN 总线应用层协议,以便使符合一定应用层协议规范的系统应用变得容易、通用。

2012 年笔者编写的《CAN 总线嵌入式开发——从入门到实战》一书,较好地解决了初学者学习 CAN 总线技术的入门问题。随着研究的深入和项目研发的需求发现,基于 CAN 总线应用层协议的嵌入式研发越来越重要。但是,目前已经出版的有关 CAN 总线应用层协议的书籍、互联网上的资料中,80% 都是协议内容简介,很少有涉及具体实例的硬件电路设计、详细源程序解析等内容,于是本书应运而生。

本书从目前几种流行的 CAN 总线应用层协议详细解读入手,详细介绍了基于 iCAN 协议、DeviceNet 协议、J1939 协议、CANopen 协议的嵌入式开发实例,并从项目中提炼制作了针对 CAN 应用层协议的学习板,配套完整的电路图和程序源代码,以便嵌入式研发工程师奉行“拿来主义”,减少项目研发中的盲目性,去除重复性的工作,提高科研工作效率。

在基于 CAN 应用层协议嵌入式研发过程中,本书注意 MCU 选型的广泛性,以便适用于不同 MCU 系列的研发者学习。书中涉及的 MCU 型号有 STC89C52RC、MSP430afe253、AD μ C812、C8051F040、C8051F060。

本书以 CAN 总线应用层协议研发实例为主线,共分为 7 章:

第 1 章为 CAN 总线基础知识;

第 2 章结合两种常用的 CAN 控制器芯片 SJA1000、MCP2515,详细介绍了基于 CAN2.0A 和 CAN2.0B 的嵌入式研发;

第 3 章首先对几种流行的 CAN 总线应用层协议进行了简介,而后解析了构建

CAN 总线应用层协议需考虑的关键技术问题;

第 4~7 章分别对基于 iCAN 协议、DeviceNet 协议、J1939 协议、CANopen 协议的嵌入式开发实例进行详解。

为了便于读者学习,减少项目开发中的重复性工作,本书在书中电路原理图的基础上,配套光盘还提供以下配套的程序源代码:

- MSP430 单片机 CAN 总线学习板程序(程序编译运行环境是 IAR for MSP430);
- 基于 51 单片机的 iCAN 协议程序(程序编译运行环境是 Keil_C);
- 基于 AD μ C812 单片机的 DeviceNet 协议从站程序(程序编译运行环境是 Keil_C);
- 基于 CANopen 协议的下肢外骨骼助力系统程序(程序编译运行环境是 Keil_C);
- 基于 J1939 协议的发动机转速测量程序(程序编译运行环境是 Silicon Laboratories IDE);

本书由牛跃听博士主编。经编写小组讨论,由牛跃听博士和高飞博士(第 1、5 章)、雷正伟博士和杜峰坡博士(第 2 章)、穆希辉博士(第 3 章)、周立功公司(第 4 章、附录 A)、孙宜权博士和石家庄铁道大学的王伟明博士(第 6 章)、上海汽车的杨剑工程师(第 7 章)执笔,全书由牛跃听博士和李会分析员统稿。

周立功单片机公司在本书的编写过程中给予了大力支持和帮助,在此表示感谢!本书虽经多次审稿修订,但限于我们的水平和条件,缺点和错误仍在所难免,衷心希望读者提出批评和指正,使之不断提高和完善。

有兴趣的读者,可以发送电子邮件到:zdkjnyt@163.com,与作者进一步交流;也可以发送电子邮件到 xdhyded5@sina.com,与本书策划编辑进行交流。

作 者

2014 年 7 月

目 录

第 1 章 CAN 总线基础知识	1
1.1 CAN 总线简介	1
1.2 CAN 总线通信过程	2
1.3 CAN 总线协议规范	3
1.3.1 报 文	4
1.3.2 报文滤波	11
1.3.3 振荡器容差	12
1.3.4 位定时与同步	12
1.3.5 位流编码及位填充	14
1.3.6 CAN 总线错误处理和故障界定	15
1.4 CAN 总线的基本组成	18
1.4.1 CAN 控制器	19
1.4.2 CAN 收发器	20
1.4.3 CAN 总线接口电路保护器件	20
1.5 CAN 总线传输介质	22
1.5.1 双绞线	22
1.5.2 光 纤	24
1.6 CAN 网络与节点的总线拓扑结构	25
1.7 改善电磁兼容性的措施	31
第 2 章 CAN2.0A/CAN2.0B 协议解析及开发实例精讲	33
2.1 基于 CAN2.0A/CAN2.0B 协议节点开发的一般步骤	33
2.2 编程实践——基于 51 系列单片机+ SJA1000 芯片的 CAN2.0A 协议 通信程序	33
2.2.1 学习板硬件选择及电路构成	33
2.2.2 CAN 控制器 SJA1000	36
2.2.3 51 系列单片机怎样控制 SJA1000	42
2.2.4 SJA1000 地址的确定	43
2.2.5 SJA1000 的滤波器设置	44
2.2.6 CAN 总线通信波特率的计算	49

2.2.7	程序流程图	51
2.2.8	程序头文件定义说明	52
2.2.9	SJA1000 初始化流程	55
2.2.10	发送子函数详解	62
2.2.11	接收子函数详解	64
2.2.12	中断的处理及中断函数详解	64
2.2.13	完整的 24 路开关量采集学习板程序	69
2.3	编程实践——基于 MSP430 系列单片机+MCP2515 芯片的 CAN2.0B 协议通信程序	75
2.3.1	学习板硬件选择及电路构成	75
2.3.2	CAN 控制器 MCP2515	78
2.3.3	晶振的选择及 CAN 通信波特率的计算	82
2.3.4	SJA1000 和 MCP2515 在滤波器设置时的区别	84
2.3.5	程序流程图	85
2.3.6	程序头文件定义说明	86
2.3.7	MCP2515 的 SPI 程序	86
2.3.8	完整 MSP430 单片机 CAN 总线学习板程序	87
第 3 章	CAN 总线应用层协议简介	94
3.1	什么是 CAN 总线应用层协议	94
3.2	CAN2.0A/CAN2.0B 协议的局限性	94
3.3	常用的 CAN 总线应用层协议	95
3.4	实例讲述构建 CAN 总线应用层协议时的关键问题	98
3.4.1	CAN 网络的实时性能	98
3.4.2	设备的电源连接	100
3.4.3	网络电缆	103
第 4 章	嵌入式开发实例——基于 iCAN 协议的应用设计精讲	106
4.1	iCAN 协议	106
4.1.1	iCAN 协议规范中专有名词解释	106
4.1.2	iCAN 的报文格式	107
4.1.3	iCAN 的通信过程	110
4.1.4	iCAN 协议中的设备定义	116
4.1.5	iCAN 报文传输协议	122
4.1.6	iCAN 报文处理流程	131
4.2	基于 iCAN 协议智能节点开发的一般步骤	131
4.3	基于 iCAN 协议功能模块的硬件电路设计	132
4.4	编程实践——基于 51 单片机的 iCAN 协议的学习板程序	134

4.4.1	程序头文件定义说明	134
4.4.2	子函数详解	137
4.4.3	基于 iCAN 协议的从站通信程序流程图	149
4.4.4	完整的 iCAN 协议从站通信程序	150
第 5 章	嵌入式开发实例——基于 DeviceNet 协议的应用设计精讲	152
5.1	DeviceNet 协议	152
5.1.1	DeviceNet 协议中的专有名词解释	152
5.1.2	对象的编址	153
5.1.3	DeviceNet 对象模型	154
5.1.4	DeviceNet 的报文标识符	166
5.1.5	DeviceNet 的报文格式	171
5.1.6	UCMM 连接和预定义主/从连接	172
5.1.7	DeviceNet 的通信过程	173
5.2	基于 DeviceNet 协议智能节点开发的一般步骤	185
5.3	基于 DeviceNet 协议功能模块的硬件电路设计	185
5.4	编程实践——基于 AD μ C812 单片机的 DeviceNet 协议的学习板程序	188
5.4.1	程序头文件定义说明	188
5.4.2	子函数详解	192
5.4.3	基于 DeviceNet 协议的从站通信程序流程图	197
5.4.4	滤波器设置	197
5.4.5	完整的 DeviceNet 协议从站通信程序	199
第 6 章	嵌入式开发实例——基于 J1939 协议的应用设计精讲	206
6.1	J1939 协议	206
6.1.1	J1939 协议规范中专有名词解释	206
6.1.2	J1939 的报文格式	207
6.1.3	J1939 地址和参数组编号的分配	209
6.1.4	J1939 的通信过程	216
6.2	基于 J1939 协议电控系统开发的一般步骤	221
6.3	发动机转速测量节点的硬件电路设计	222
6.4	发动机转速测量节点的软件编程	225
6.4.1	软件设计流程图	225
6.4.2	程序头文件定义说明	226
6.4.3	CAN 芯片的初始化程序	227
6.4.4	子函数详解	227
6.4.5	中断的处理	230
6.4.6	完整的 J1939 协议发动机转速测量节点程序	231

原书缺页

第 1 章

CAN 总线基础知识

1.1 CAN 总线简介

控制器局域网 CAN(Controller Area Network)是由德国 Bosch 公司为汽车应用而开发的多主机局部网络,用于汽车的监测和控制。德国 Bosch 公司开发 CAN 总线的最初目的是解决汽车上数量众多的电子设备之间的通信问题、减少电子设备之间繁多的信号线,于是设计了一个单一的网络总线,所有的外围器件可以挂接在该总线上。

1991 年 9 月,NXP 半导体公司制定并发布 CAN 技术规范 CAN 2.0 A/B,其中,CAN2.0A 协议规范定义了标准帧格式,CAN2.0B 协议规范定义了扩展帧格式。1993 年 11 月,ISO 组织正式颁布 CAN 国际标准 ISO11898(高速应用,数据传输速率小于 1 Mbps)和 ISO11519(低速应用,数据传输速率小于 125 kbps)。

作为一种技术先进、可靠性高、功能完善、成本较低的网络通信控制方式,CAN 总线广泛应用于汽车工业、航空工业、工业控制、安防监控、工程机械、医疗器械、楼宇自动化等诸多领域。例如:在楼宇自动化领域中,加热和通风、照明、安全和监控等系统对建筑安装提出了更高的要求,现代的建筑安装系统越来越多地建立在 CAN 总线系统上,通过其实现开关、按钮、传感器、照明设备、其他执行器和多控制系统之间的数据交换,实现建筑中各操作单元之间的协作,并对各单元不断变化的状态实时控制。

CAN 总线是唯一成为国际标准的现场总线,也是国际上应用最广泛的现场总线之一,具有以下主要特性:成本低廉、数据传输距离远(最远长达 10 km)、数据传输速率高(最高达 1 Mbps)、无破坏性的基于优先权的逐位仲裁、借助验收滤波器的多地址帧传递、远程数据请求、可靠的错误检测和出错处理功能、发送的信息遭到破坏后可自动重发、暂时错误和永久性故障节点的判别以及故障节点的自动脱离、脱离总线的节点不影响总线的正常工作。因此,许多芯片生产商,如 Intel、NXP、Siemens、Freescale 都推出了独立的 CAN 控制器芯片或者带有 CAN 控制器的 MCU 芯片。

1.2 CAN 总线通信过程

CAN 总线数据的发送过程如图 1-1 所示,可以用信件邮递来做比喻。对于 CAN 总线上的发送节点,可以将其比喻成邮寄一封信件:

邮寄:北京市海淀区XX街道XX号(目的CAN节点地址)。
(信中内容为具体的数据信息)
自:无(相当于匿名信件)。

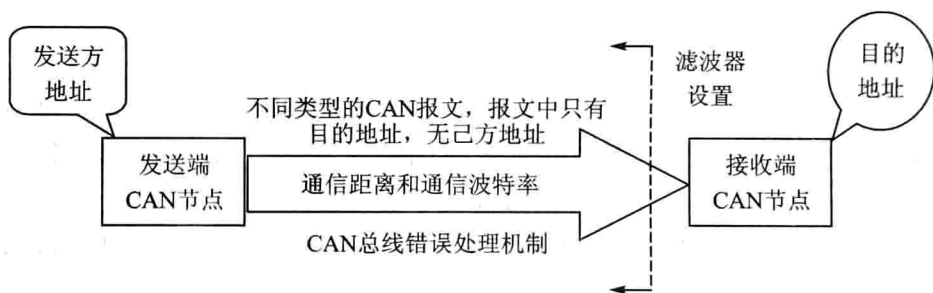


图 1-1 CAN 总线节点传输过程示意图

对于 CAN 总线上的接收节点,可以将其比喻为家门口的收件邮箱:

这是“北京市海淀区XX街道XX号”邮箱(自己的CAN节点地址),其他非邮寄到此信箱的信件,一概不接收(CAN地址设置屏蔽掉其他地址)。
如果是邮寄到此信箱的信件,则接收信件。
(信中内容为具体的数据信息)

CAN 总线数据的通信过程中,数据信息通过不同的报文格式来传送,如数据帧、远程帧等,这就类似于邮件中可以有不同的内容:文件、衣物、书籍等。

CAN 总线数据的通信花费的时间跟总线传输距离、通信波特率有关系,通信距离远,波特率就低,传输数据花费的时间就长。类似于从北京邮寄信件到石家庄,距离近,邮递时间就短;如果从北京邮寄信件到广州,邮递时间相对就长。另外,CAN 总线数据的通信花费的时间还跟通信介质的选取(光纤、双绞线)、振荡器容差、通信线缆的固有特性(导线截面积、电阻等)等有关系,这就类似于邮递信件时是选择 EMS 快递、挂号信,还是普通的平信。

当然,CAN 总线传输也有其传输错误处理机制,以保证总线正常运行。类似于邮寄信件,也有出错处理机制,例如:发送快递时,如果地址写错了,快递员就会联系发件者,是否更改地址重新投递。还有,如果投递邮件的数量过多,就会产生邮件的堆积,CAN 总线如果传输的信息量过多,也会产生数据堆积,发生过载现象。

1.3 CAN 总线协议规范

实现 CAN 总线通信需要依托标准的 CAN 协议规范,就像用户使用互联网需要依托 TCP/IP 协议、用户使用手机需要依托 3G、4G 通信协议一样。CAN 通信协议主要描述设备之间的信息传递方式。CAN 协议规范中关于层的定义与开放系统互连模型(OSI)一致,设备中的每一层与另一设备上相同的那一层通信,实际的通信发生在每一设备上的相邻两层,而设备只通过模型物理层的物理介质互连。CAN 的规范定义了模型的最下面两层:数据链路层和物理层。表 1-1 展示了 OSI 开放式互连模型的各层。应用层协议可以由 CAN 用户定义成适合特别工业领域的任何方案,已在工业控制和制造业领域得到广泛应用的标准是 DeviceNet,这是为 PLC 和智能传感器设计的。在汽车工业领域许多制造商都应用自己的标准,如 J1939 协议。

表 1-1 OSI 开放系统互连模型

序 号	层	说 明
7	应用层	最高层,用户、软件、网络终端等之间用来进行信息交换,如 DeviceNet
6	表示层	将两个应用不同数据格式的系统信息转化为能共同理解的格式
5	会话层	依靠低层的通信功能来进行数据的有效传递
4	传输层	两通信节点之间数据传输控制操作,如数据重发、数据错误修复
3	网络层	规定了网络连接的建立、维持和拆除的协议,如路由和寻址
2	数据链路层	规定了在介质上传输的数据位的排列和组织,如数据校验和帧结构
1	物理层	规定通信介质的物理特性,如电气特性和信号交换的解释

一些组织制定了 CAN 的高层协议,是一种在现有底层协议(物理层和数据链路层)上实现的协议,高层协议是应用层协议。一些可使用的 CAN 高层协议如表 1-2 所列。

注意:CAN 协议规范以及 CAN 国际标准是设计 CAN 应用系统的基本依据,但因为规范要求主要针对 CAN 控制器的开发者,功能的实现通过硬件自动完成,因此对于大多数嵌入式研发者而言,只需对 CAN 的基本结构、概念和规则做一定的了解即可。下面着重介绍需要嵌入式研发者了解掌握的 CAN 协议规范中的内容。

表 1-2 CAN 高层协议

制定组织	主要高层协议
CiA	CAL
CiA	CANopen
ODVA	DeviceNet
Honeywell	SDS
Kvaser	CANKingdom



1.3.1 报 文

在 CAN 总线上传输的信息称为报文,相当于邮递信件的内容。当 CAN 总线空闲时,任何连接的单元都可以发送新的报文。

报文信号使用差分电压传送,两条信号线(以双绞线传输介质为例)称为 CAN_H 和 CAN_L,电平标称值如图 1-2 所示,静态时均是 2.5 V 左右,此时状态表示为逻辑 1,也可以叫做隐性。用 CAN_H 比 CAN_L 高表示逻辑 0,称为显性,此时的电压值通常为 CAN_H=3.5 V 和 CAN_L=1.5 V。

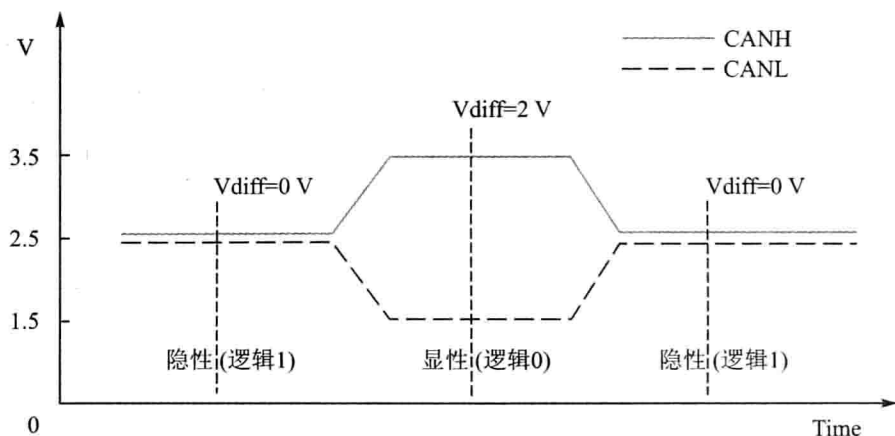


图 1-2 双绞线 CAN 总线电平标称值

CAN 报文有两种不同的帧格式:标准格式和扩展格式,前者的标志符长度是 11 位,而后者的标志符长度可达 29 位。CAN 协议的 2.0A 版本规定 CAN 控制器必须有一个 11 位的标志符,同时在 2.0B 版本中规定 CAN 控制器的标志符长度可以是 11 位或 29 位。遵循 CAN2.0B 协议的 CAN 控制器可以发送和接收 11 位标识符的标准格式报文或 29 位标识符的扩展格式报文。如果禁止 CAN2.0B,则 CAN 控制器只能发送和接收 11 位标识符的标准格式报文,而忽略扩展格式的报文,但不会出现错误。

总线上的报文信息表示为几种固定的帧类型:

- 数据帧:从发送节点向其他节点发送的数据信息,相当于甲方发送有内容的信件到乙方。
- 远程帧:向其他节点请求发送具有同一识别符的数据帧,相当于甲方请求乙方给自己发送一封有内容的信件。
- 错误帧:检测到总线错误,发送错误帧。
- 过载帧:过载帧用以在数据帧或远程帧之间提供附加的延时。

CAN 总线通信有两种不同的帧格式:标准帧和扩展帧。

- 标准帧格式:具有 11 位标识符。

➤ 扩展帧格式:具有 29 位标识符。

标识符的作用就是写明此帧数据发送的地址信息、数据信息的长度(0~8 字节),相当于写信件时在信封上注明收件人地址信息、此信件由几页纸构成。

两种帧格式的确定通过控制场(Control Field)中的识别符扩展位(IDE bit)来实现。两种帧格式可以出现在同一总线上。以一个标准数据帧为例,如图 1-3 所示,其详细构成为:此帧数据发送的目标地址信息+数据信息的长度+具体的数据信息。

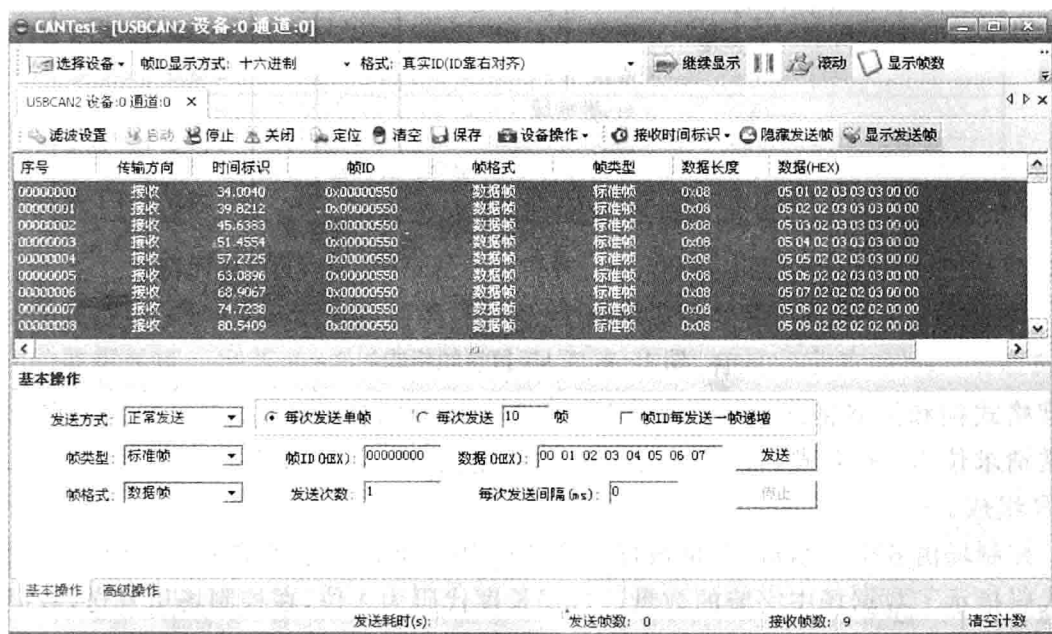


图 1-3 CAN 分析仪接收到的标准数据帧

构成报文信息的这几种固定帧类型是从事 CAN 总线的研发者必须掌握的,这是研发者编写 CAN 总线应用程序时的基础。

1. 数据帧

数据帧由以下几部分组成:帧起始(Start of Frame)、仲裁场(Arbitration Frame)、控制场(Control Frame)、数据场(Data Frame)、CRC 场(CRC Frame)、应答场(ACK Frame)、帧结尾(End of Frame),如图 1-4 所示。数据场的长度可以为 0。

帧起始标志数据帧和远程帧的起始由一个单独的显性位组成。只在总线空闲时,才允许节点开始发送。所有的节点必须同步于首先开始发送信息节点的帧起始前沿。

仲裁场用于写明需要发送到目的 CAN 节点的地址、确定发送的帧类型(发送的是数据帧还是远程帧)以及确定发送的帧格式(标准帧还是扩展帧)。仲裁场在

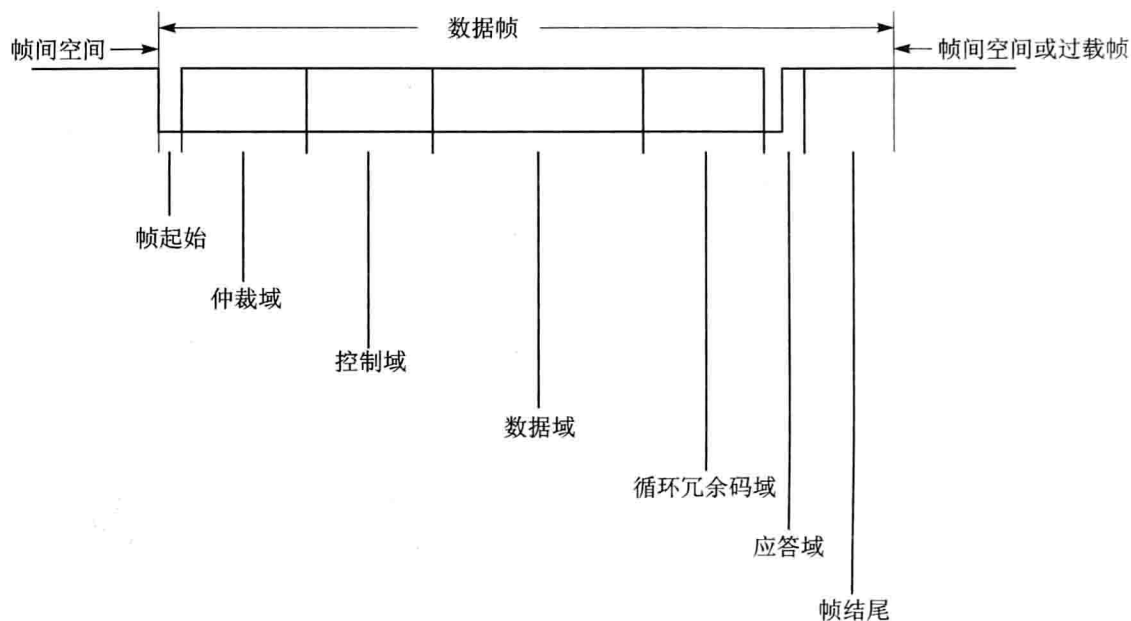


图 1-4 CAN 数据帧格式

标准格式帧和扩展格式帧中有所不同,标准格式帧的仲裁场由 11 位标识符和远程发送请求位 RTR 组成,扩展格式帧的仲裁场由 29 位标识符和远程发送请求位 RTR 组成。

控制场由 6 个位组成,包括数据长度代码和两个将用于扩展的保留位。数据长度代码指示了数据场中字节的数量。数据长度代码为 4 位,在控制场里发送,数据帧长度允许的字节数为 0、1、2、3、4、5、6、7、8,其他数值为非法的。

数据场由数据帧中的发送数据组成。它可以为 0~8 字节,每字节包含了 8 位,首先发送最高有效位 MSB,依次发送至最低有效位 LSB。CRC 场包括 CRC 序列 (CRC SEQUENCE) 和 CRC 界定符 (CRC DELIMITER),用于信息帧校验。应答场长度为 2 个位,包含应答间隙 (ACK SLOT) 和应答界定符 (ACK DELIMITER)。在应答场里,发送节点发送两个隐性位。当接收器正确地接收到有效的报文时,接收器就会在应答间隙 (ACK SLOT) 期间 (发送 ACK 信号) 向发送器发送一个显性的位以示应答。

帧结尾是每一个数据帧和远程帧的标志序列界定。这个标志序列由 7 个隐性位组成。

(1) 标准数据帧

标准数据帧基于早期的 CAN 规格 (1.0 和 2.0A 版),使用了 11 位的识别域。CAN 标准帧帧信息是 11 个字节,如表 1-3 所列,包括帧描述符和帧数据两部分,前 3 字节为帧描述部分。

表 1-3 标准数据帧

位字节		7	6	5	4	3	2	1	0
字节 1	帧信息	FF	RTR	x	x	DLC(数据长度)			
字节 2	帧 ID1	ID. 10~ID. 3							
字节 3	帧 ID2	ID. 2~ID. 0	x	x	x	x	x	x	x
字节 4	数据 1	数据 1							
字节 5	数据 2	数据 2							
字节 6	数据 3	数据 3							
字节 7	数据 4	数据 4							
字节 8	数据 5	数据 5							
字节 9	数据 6	数据 6							
字节 10	数据 7	数据 7							
字节 11	数据 8	数据 8							

字节 1 为帧信息,第 7 位(F)表示帧格式,在标准帧中 $F=0$;第 6 位(RTR)表示帧的类型, $RTR=0$ 表示为数据帧, $RTR=1$ 表示为远程帧。DLC 表示在数据帧时实际的数据长度。字节 2~3 为报文识别码,其高 11 位有效。字节 4~11 为数据帧的实际数据,远程帧时无效。标准数据帧如图 1-5 所示。

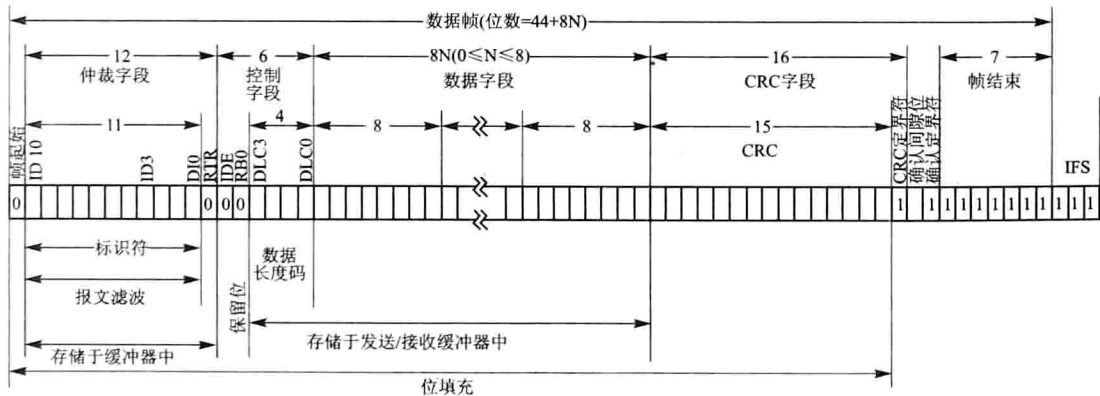


图 1-5 标准数据帧示意图

(2) 扩展数据帧

CAN 扩展帧信息是 13 个字节,如表 1-4 所列,包括帧描述符和帧数据两部分。前 5 字节为帧描述部分。

表 1-4 扩展数据帧

位字节		7	6	5	4	3	2	1	0
字节 1	帧信息	FF	RTR	x	x	DLC(数据长度)			
字节 2	帧 ID1	ID. 28~ID. 21							
字节 3	帧 ID2	ID. 20~ID. 13							

续表 1-4

位字节	7	6	5	4	3	2	1	0
字节 4	帧 ID3	ID. 12~ID. 5						
字节 5	帧 ID4	ID. 4~ID. 0				x	x	x
字节 6	数据 1	数据 1						
字节 7	数据 2	数据 2						
字节 8	数据 3	数据 3						
字节 9	数据 4	数据 4						
字节 10	数据 5	数据 5						
字节 11	数据 6	数据 6						
字节 12	数据 7	数据 7						
字节 13	数据 8	数据 8						

字节 1 为帧信息,第 7 位 (FF) 表示帧格式,在扩展帧中 $FF=1$;第 6 位 (RTR) 表示帧的类型, $RTR=0$ 表示为数据帧, $RTR=1$ 表示为远程帧。DLC 表示在数据帧时实际的数据长度。字节 2~5 为报文识别码,其高 28 位有效;字节 6~13 为数据帧的实际数据,远程帧时无效。扩展数据帧如图 1-6 所示。

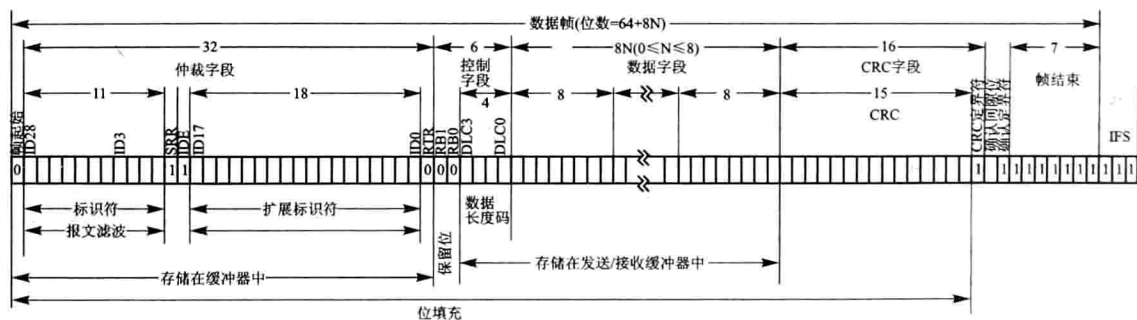


图 1-6 扩展数据帧示意图

2. 远程帧

远程帧除了没有数据域 (Data Frame) 和 RTR 位是隐性以外,与数据帧完全一样。RTR 位的极性表示了所发送的帧是一数据帧 (RTR 位“显性”) 还是一远程帧 (RTR“隐性”)。远程帧 (如图 1-7 所示) 包括两种:标准远程帧 (如图 1-8 所示)、扩展远程帧 (如图 1-9 所示)。

3. 错误帧

当节点检测到一个或多个由 CAN 标准定义的错误时,就产生一个错误帧。错误帧 (格式如图 1-10 所示) 由两个不同的场组成:第一个场用是不同站提供的错误标志 (ERROR FLAG) 的叠加,第二个场是错误界定符 (Error Delimiter)。