

# CAN总线的信道分析与干扰防范

陈石东<sup>1</sup> 陈宜东<sup>2</sup> 陈文彦<sup>1</sup>

(1 厦门大学机电工程系 厦门 361005 2 湖南湘西电业局 吉首 416000)

**摘要:** 本文通过对 CAN 总线特性和总线信道的分析, 利用汽车 CAN 电子控制系统的实际情况探究了汽车 CAN 总线的干扰问题, 并且提出了实践证明可行的防干扰措施; 同时探讨了 CAN 总线传输信息的速率、信道容量和节点容量等技术问题。

**关键词:** 信道容量; CAN 总线; 抗干扰

## Channel analysis and precaution of interferences in CAN-BUS

Chen Shidong<sup>1</sup> Chen Yidong<sup>2</sup> Chen Wenxiang<sup>1</sup>

(1. Department of Mechanical and Electrical Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005;

2. Hunan Xiangxi Electric Power Supply Bureau, Jishou 416000)

**Abstract** In this paper, we analyzed the characteristic and signal channel of CAN-BUS, researched into interfered problem, and advanced many measures against interference which were testified in a car system of CAN-BUS. And we discussed the CAN-BUS key technical such as the transmission speed, channel capacity, node capacity and so on.

**Keywords** channel capacity; CAN-BUS; anti-interference

### 0 引言

CAN (controller area network) 最先由德国 Bosch 公司提出, 是世界上唯一具有国际统一标准的总线。经过二三十年的发展, CAN 总线已经成为汽车计算机控制系统和嵌入式工业控制局域网的主流总线。但是国内有关这方面的应用和研究起步较晚, 同发达国家相比差距甚大。本文根据作者利用 CAN 总线开发的大客车无线束电子控制系统的实际情况探讨了 CAN 总线的特性、CAN 总线信道、CAN 总线干扰与防范, 以及 CAN 总线发展趋势。

### 1 CAN 总线的特性

#### 1.1 CAN 的特点与总线逻辑

CAN 是一种开放式多主串行通讯总线, 由于采用多种新技术和独特的设计, CAN 总线的通讯具有突出的可靠性、实时性和灵活性。其特点可以概括如下: (1) CAN 网络上的节点信息分成不同的优先级, 可满足不同的实时要求; (2) CAN 采用非破坏性仲裁技术, 节省总线冲突仲裁时间, 防止网络瘫痪

情况; (3) CAN 只需通过报文滤波即可实现点对点、一对多及全局广播等方式传送接收数据, 无需专门的调度; (4) CAN 上的节点数取决于总线驱动电路, 目前可达 110 个; 在标准报文标志符有 11 位, 而在扩展的报文标识符有 29 位; (5) 报文采用短帧结构, 传输时间短; (6) 每帧信息都有 CRC 校验及其他检错措施, 保证数据通信的可靠性; (7) CAN 节点在错误严重的情况下具有自动关闭输出功能, 以使其他节点的操作不受影响。

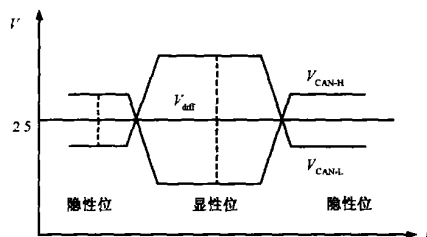


图 1 总线位的数值表示

CAN 总线逻辑是“线与”的方式。CAN 总线上用显性 (dominant) 和隐性 (recessive) 2 个互补的逻辑表示 0 和 1。当在总线上出现同时发送显性和隐

作者简介: 陈石东, 硕士研究生, 主要研究方向为嵌入式系统及其应用。

性位时,其结果是总线数值为显性。如图 1 所示,  $V_{CAN-H}$  和  $V_{CAN-L}$  为 CAN 总线收发器与总线之间的 2 接口引脚,信号是以两线之间的“差分”电压形式出现。在隐性状态,  $V_{CAN-H}$  和  $V_{CAN-L}$  被固定在平均电压附近,  $V_{diff}$  近似于 0。在总线空闲或隐性位期间,发送隐性位。显性位以大于最小阈值的差分电压表示。

## 1.2 CAN 总线控制系统的构成

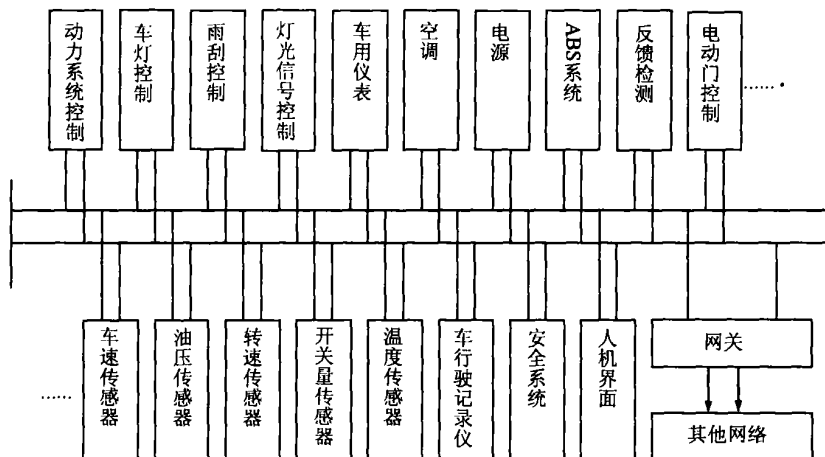


图 2 汽车 CAN 总线控制系统的结构

## 2 CAN 总线信道分析

信道是载荷着信息的信号所通过的物理通道,研究的是信号以及干扰从信源到信宿的过程,包括连续信道、离散信道和半连续半离散信道。CAN 总线数据传递的过程包括提供数据、发送数据、接收数据、检查数据和接收数据 5 个阶段。下面对信息传输途径与过程以及信息容量进行探讨。

### 2.1 CAN 通讯协议和报文传输

CAN 总线的通讯协议主要描述设备之间的信息传递。CAN 层的定义与开放系统互联模式 (ISO) 一致,每一层与另一设备相同层进行通信,实际通信是在设备相邻 2 层,而设备只通过模型物理层的物理介质互联。CAN 规范定义了模型的最下面 2 层为:物理层和数据链路层。CAN 的标准协议有 CAN 2.0A 和 CAN 2.0B 2 种。

CAN 总线总是基于总线访问、仲裁、编码/解码、出错标注和超载标注 5 条基本规则进行通讯协调的。CAN 是共享媒体的总线,采用载波监听多路访问的方式。CAN 控制器只能在总线空闲时开始发送,并采用硬同步,所有 CAN 控制器同步都位于帧起始的前沿;并且在硬同步后,用满足一定条件

CAN 总线构成的控制网络结构一般是由控制器节点、传感器节点、执行器节点、检测设备以及其他监控点如人机界面组成,CAN 作为控制局域网还可以通过网关和其他网络如以太网互连构成大型复杂的控制网络结构。本文开发的 CAN 总线系统的结构如图 2 所示。

的跳变进行重同步,以避免异步时钟因累计误差而错位。CAN 按位对标志符进行仲裁,各发送节点在向总线发送电平的同时,也对总线上的电平进行读取,并与自身发送的电平进行比较,如果电平相同则继续发送下一位,不同则说明网络上有更高优先级的信息帧正在发送,即停止发送,退出总线竞争。CAN 的报文帧起始、仲裁域、控制域、数据域和 CRC 序列均使用位填充技术编码,在总线中每连续 5 个同态电平插入一位与它互补的电平,还原时则删除那个互补电平来保证数据的透明。

CAN 的报文传输有 4 种不同的类型:数据帧、远程帧、错误帧和过载帧。数据帧将数据从发送器传输到接收器;远程帧由总线单元发出,请求发送具有同一标志符的数据帧;错误帧是当任何单元检测到总线上有错误时发出的;过载帧用在相邻数据帧或远程帧之间提供附加的延时表示。数据帧或远程帧与它前面的帧的分隔是通过帧间空间来实现的,但是过载帧和错误帧之前没有帧间空间。

### 2.2 CAN 的通讯介质与通讯距离

CAN 通讯介质可以选用双绞线、同轴电缆和光纤等来进行通讯。不同类型的电缆、电缆的长度以及 CAN 系统节点数目的相互影响的关系如表 1 所示。

表 1 在不同类型的电缆和节点数条件下的最大总线长度 ( $K_{sn}$  为差动系数)

电缆类型	最大总线长度 /m ( $K_{sn} = 0.2$ )			最大总线长度 /m ( $K_{sn} = 0.1$ )		
	$N = 32$	$N = 64$	$N = 100$	$N = 32$	$N = 64$	$N = 100$
DeviceNet™ (细缆)	200	170	150	230	200	170
DeviceNet™ (粗缆)	800	690	600	940	810	700
0.5 mm <sup>2</sup> (或 AWG20)	360	310	270	420	360	320
0.75 mm <sup>2</sup> (或 AWG18)	550	470	410	640	550	480

CAN 总线电缆是属于长线类的, 因而其参数是分布参数而且会随着环境、负载、元器件的变化而发生变化。一般来说, 总线的特性阻抗大一些好, 因为阻抗越大对总线的驱动越有利。但实际上当

总线上的节点很多, 总线负载很重时, 就很难做到。CAN 总线上任意 2 个节点之间的最大传输距离与其位速率关系很大, 表 2 列出了相关数据。

表 2 位速率与总线长度的关系

位速率 /kbps	1 000	500	250	125	100	50	20	10	5
总线长度 /m	40	130	270	530	620	1 300	3 300	6 700	10 000

### 2.3 CAN 总线数据传递过程

为了便于说明 CAN 总线的的数据传递过程, 以汽车 CAN 系统中的灯光信号数据的通讯过程为例进行说明。首先开关系统单元的传感器接收到开关的状态值, 该节点的 MCU 对此值与原存储单元中的值进行比较, 如果变化了就将状态值复制到发送存储单元中, 同时保存在输入存储单元中; 状态信息再通过 MCU 中断进入 CAN 构件的发送邮箱中, 此时 CAN 控制器检查总线上是否有其他信息在交换, 必要时进行等待, 直到总线空闲后, 通过发送器向总线传输数据。总线上其他接收器接收数据并且判断是否为该节点数据。接收信息主要是检查信息是否正确和检查信息是否可用。接收器接收灯开关的所有信息, 通过 CRC 校检并且通过滤波滤波器测试后, 确定无误才保存在接收缓冲器到达 CAN 构件接收区。灯光控制节电根据开关状态对灯的亮暗进行控制。至此一个数据的传递过程结束。

CAN 总线上信息传递其实是一个复杂的流程, 它还包括报文的滤波、校验和编码以及错误处理、故障界定、位流位时处理等过程。因此物理构成上看似简单的 CAN 信道的传输是一个复杂的逻辑过程。

### 3 CAN 系统噪声干扰与防范

分析 CAN 的传输主要是为了能够消除各方面的干扰, 提高系统的可靠性和稳定性。下面通过上面的信道分析来探析汽车 CAN 系统干扰来源和干扰的消除方法。

### 3.1 噪声干扰来源

汽车上电信号环境是非常恶劣的, 不来自汽车行驶的强振动和机动性, 而且来自车内外的各种干扰都会使 CAN 系统运行不正常甚至瘫痪。以下分析干扰的几种来源。

#### 3.1.1 CAN 总线引入的干扰

CAN 总线上的干扰主要有电缆的交叉串扰、总线上的反射和总线上的延时等。电缆的交叉串扰由其线间的分布电容引起的, 一条电缆上的脉冲信号通过分布电容耦合带另一条线上。线间距离越近, 分布电容越大, 干扰也越大。图 3 为线间串扰示意图和其等效图。

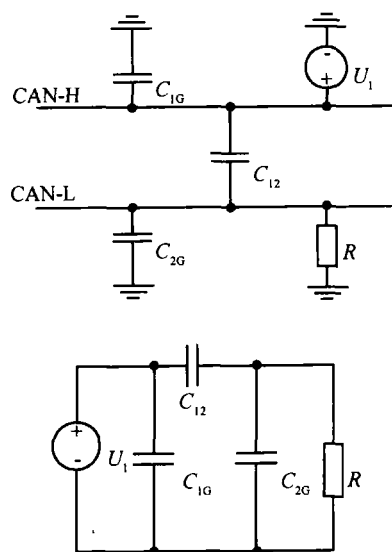


图 3 CAN 总线交叉串扰示意图及其等效电路

图 3 中  $C_{12}$  为 CAN - H 和 CAN - L 之间的耦合电容;  $C_{1G}$  为 CAN - H 对地的分布电容;  $C_x$  为 CAN - L 对地的分布电容;  $R$  为负载电阻;  $U_1$  为在 CAN - H 上的信号;  $U_N$  为串扰电压。

CAN 总线是长线, 一般总线终端的负载阻抗与总线的特性阻抗不匹配, 信号就要部分从终端反射回来; 若信源的内部阻抗与总线的特性阻抗不匹配, 信号又被反射向终端。反射会使波形变坏, 延时增加。

### 3.1.2 电源与接地引起的干扰

由于与汽车交流发电机、起动机、点火线圈和车载其他电子设备相连, 车载电源不仅电压波动大, 而且含有尖峰脉冲。车上的各种感性的设备电源都可能成为电磁干扰的噪声源。汽车各种电器中的瞬间电脉冲、分电器的触头之间和火花塞间隙之间的火花以及车轮与地面、车身与空气高速摩擦产生的静电放电都成为噪声源。

CAN 系统的接地不良也会产生干扰。地线受空间电磁的干扰会产生尖峰电压而影响系统运行。汽车中的强磁场的存在使得地线的干扰尤其明显。不同回路中的电流也在地线阻抗上产生电压降, 从而引起各点的地电平发生变化, 形成地线干扰。

### 3.2 干扰防范

为了克服总线间的干扰, 可以用降低总线的负载、用一条地线置于两总线之间和采用双扭线作为总线等方法来减少串扰; 采用十几  $k\Omega$  的电阻在每条总线与 +5V 电源之间作为上拉电阻、在总线上加上百欧级的电阻构成电阻分压网络、采用具有钳位二极管的分压网络和驱动器串接欧姆级电阻来使总线网络匹配, 减少总线上的反射和延时。

在电源配置时利用反激变换器的开关稳压电源和变换器的储能作用, 在反激时把输入的干扰信号抑制掉。利用频谱均稀法原理制成干扰抑制器, 把干扰的瞬间能量转换成多种能量, 达到均稀目的。从电源入口到电源的配线都采用粗导线, 电源之后的线都是用粗双扭线, 同时尽量缩短电源的布线。尽可能加粗地线和一点接地的方法。

对于各个节点系统, 要选用铜、铝、钢等导电率高的材料作屏蔽体, 滤去磁场和高频干扰; 同时对各节点也采用一点接地的方法消除屏蔽体与内部电路的寄生电容。除了这些还尽可能对各节点进行防火、防水和防尘保护。

## 4 展望

根据我国汽车电子技术的规划, 应加快对国外 CAN 总线技术消化和吸收, 尽早研究和开发自己的汽车总线与网络应用系统。汽车总线系统的研究与发展可以分为 3 个阶段: 第一阶段是研究汽车的基本控制系统 (也称舒适总线系统), 如照明、电动车窗、中央集控锁等; 第二阶段是研究汽车的主要控制系统 (也称动力总线系统), 如电喷 ECU 控制系统、ABS 系统、自动变速箱等; 第三阶段是研究汽车各电子控制系统之间的综合、实时控制和信息反馈。但是, 目前汽车 CAN 总线的研究重点应该是针对具体的车型开发 ECU 的硬件和应用层的软件, 并构成车内网络。这些阶段国内已经加紧进入研究, 但是要使我国的 CAN 总线应用开发跟得上国际汽车电子智能化的潮流, 必须解决总线传输信息的速率、容量、优先等级、节点容量等技术问题和高电磁干扰环境下的可靠数据传输实现等关键问题。

随着汽车电子智能化的发展, CAN 总线系统的开发需掌握应用层网络标准并开发嵌入式软件的关键技术, 使车内的控制网络与信息网络如故障信息检测系统、车况自动纪录系统、智能化数字仪表与嵌入式因特网实现互连, 是今后一段时期的发展方向。

### 参考文献

- [1] 邬宽明. 现场总线原理和应用设计 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1996
- [2] 李伯成. 单片机及嵌入式系统 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2005
- [3] 饶运涛. 现场总线 CAN 原理与应用技术 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2003
- [4] 史久根, 张培仁, 陈真勇. CAN 现场总线系统设计技术 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2004