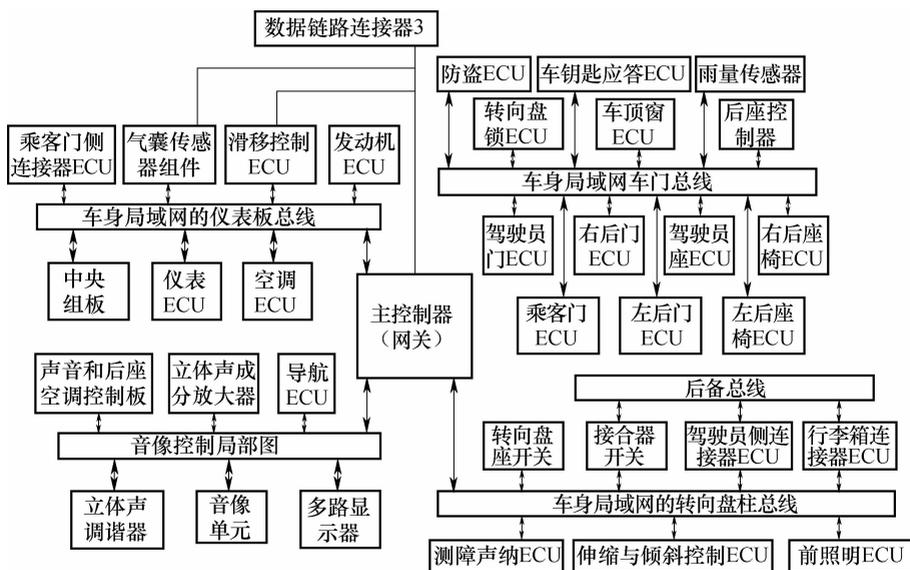


3. 汽车网络控制系统中“网关”的作用是什么？

4. 请解释载波监听多路访问/冲突检测技术。

5. 结合下图，根据自己的理解解释车载网络的作用。



6. 多路传输系统的通信协议标准有哪些，各有何特点？

二、任务所涉及的知识

本项任务主要是使学生掌握汽车多路传输系统结构与原理，要完成任务，有必要先了解多路传输系统的特征与组成、多路传输原理、多路传输系统的通信协议标准等知识。

汽车车载网络多路传输系统是实现在同一个信道上同时传输多路信号而互不干扰的一种技术电路或装置。多路传输是有线或无线同时传输许多信息，如数据信息等。多路传输技术使当今汽车网络控制成为可能，运用多路传输技术，可以使汽车省去许多电器设备、导线和连接器，可以减小质量、节省空间、改善可靠性。

(一) 多路传输系统 (SWS) 的技术特征

1) 模块已成为以中央处理器为核心的数字化设备，彼此通过传输媒体（双绞线、同轴电缆或光纤）以总线拓扑相连，多路传输系统总线控制器可对总线上的多个操作站、传感器及执行机构等进行数据存取。

2) 具有可靠性高、稳定性好、抗干扰能力强、通信速率快、系统安全、造价低廉、维护成本低等优点，如图 2-1-1 所示。

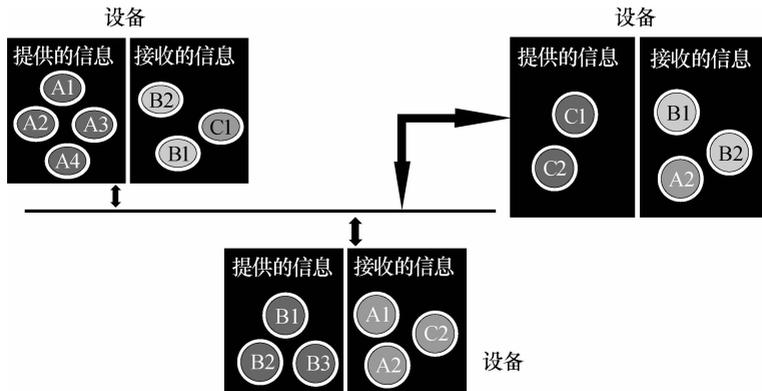


图 2-1-1 多路传输系统技术特征示意图

3) 数据总线的传输速率通常用比特率表示，比特率是每秒千位 (kbit/s) 或每秒兆位 (Mbit/s)。数据传输速率受幅宽影响，32 位的数据传输量要比 8 位快 4 倍。

4) 互操作性。在遵守同一通信协议的前提下，可将不同厂家的现场设备产品统一组态，构成所需要的网络。

5) 开放式互联结构，既可与同层网络相连，也可通过网络互联设备与控制级网络或管理信息级网络相连。

(二) 多路传输系统的组成

多路传输系统主要由模块、数据总线、网络、架构、通信协议、网关等组成(图2-1-2)。

1. 模块

模块是一种电子装置。简单一点的如温度和压力传感器,复杂的如计算机(中央处理器)。传感器是一个模块装置,根据温度和压力的不同产生不同的电压信号。这些电压信号在计算机(一种数字装置)的输入接口被转变成数字信号。在计算机多路传输系统中一些简单的模块也被称为节点,如图2-1-3、图2-1-4所示。



图 2-1-3 模块 1——中央处理器

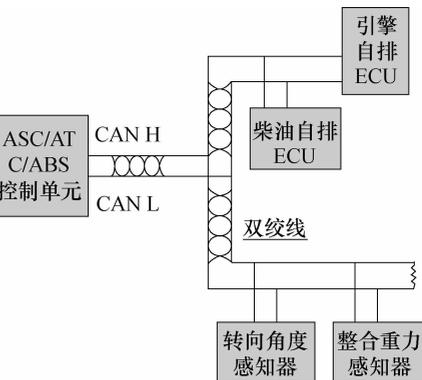


图 2-1-2 多路传输系统拓扑结构



图 2-1-4 模块 2——传感器

2. 数据总线

数据总线是连接智能现场设备和自动化系统的数字、双向传输、多分支结构的通信网络,是模块间运行数据的通道,它的关键标志是能支持双向多节点、总线式的全数字通信,如果模块可以发送和接收数据,则这样的数据总线就称为双向数据总线。数据总线如图2-1-5、图2-1-6所示,数据总线结构应用如图2-1-7所示。

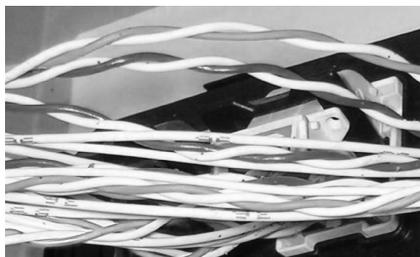


图 2-1-5 数据总线——双绞线

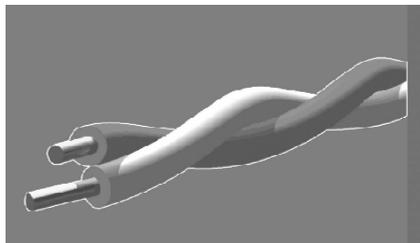


图 2-1-6 双绞线示意图

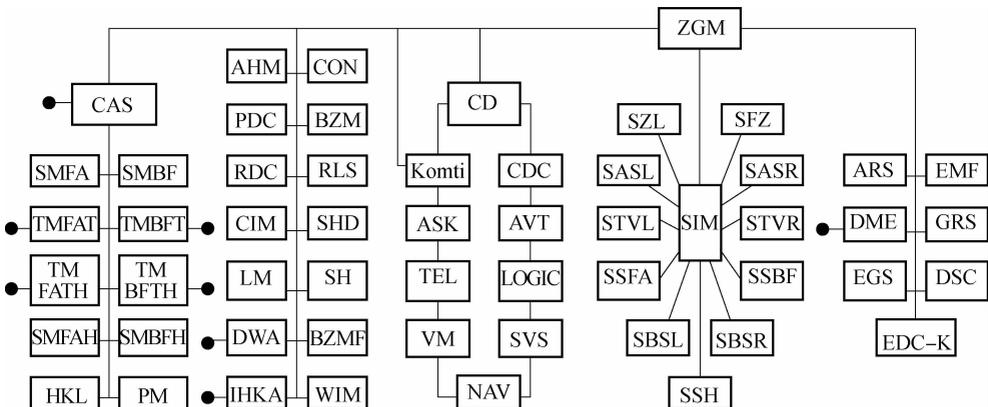


图 2-1-7 BMW E65 汽车数据总线结构

数据总线的结构形式很多，不同的结构其价格也不一样，在汽车车载网络中，数据总线必须避免无谓的高速和复杂。大多数的设计都有三种基本类型：低速型、中速型和高速型。表 2-1-1 列出了美国 SAE 委员会优先推荐的多路传输系统的等级分类。

表 2-1-1 SAE 推荐的汽车多路通信系统分类

系统等级	信号种类	响应速度/ms
A	车身控制系统：灯具、继电器、电动门窗、电动座椅	20 ~ 50（低速）
B	动态信息系统：导航、多信息、电话、故障诊断装置等	5 ~ 50（中速）
C	实时控制系统：发动机、传动系统、制动系统、悬架控制系统	1 ~ 5（高速）

3. 网络

网络是为了实现信息共享而把多条数据总线连在一起，或者把数据总线和模块当作一个系统。新型的 LS430 的几条数据总线间共有 29 块相互交换信息的模块，如图 2-1-8 所示，几条数据总线连接 29 个模块，总线又连接到局域网上，其中还有 3 个接线盒计算机（两个作为前端模块，一个作为后端模块），其作用是提供诊断支持（包括接插方便的接头及测试点）。从物理意义上讲，汽车上许多模块和数据总线距离很近，因此被称为 LAN 局域网（local area network）。Motorola 公司设计的一种智能车身辅助装置网络，被称为 LIN（local internet network）。

4. 架构

架构是信息高速公路的配置，其输入和输出端规定了什么信息能进和什么信息能出，如图 2-1-9 所示。架构通常包括一或两条线路，采用双线时数据的传输是基于两条线的电压差。当其中的一条线传输数据时，它对地有一个参考电压。架构要有特定的通信协议。

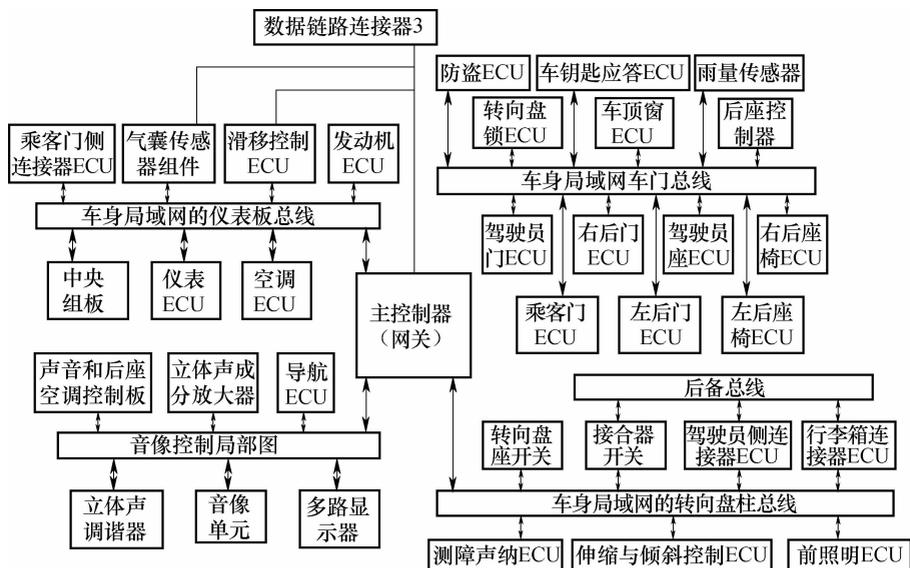


图 2-1-8 LS430 多路传输网络

衡量数据总线及网络架构优劣的其他重要特征包括：

- 1) 能一起工作的模块数量。
- 2) 可扩展性。
- 3) 互交信息的种类。
- 4) 数据传输速度。
- 5) 可靠性或容错性——抗故障性及数据交换的稳定与准确性。
- 6) 经济性。

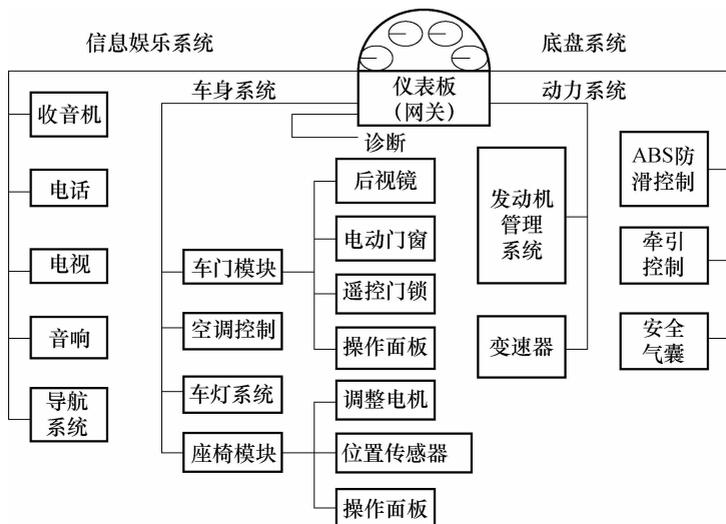


图 2-1-9 网络架构示意图

5. 通信协议

通信协议规定信号在数据总线上的通信规则。网络上节点要实现成功通信,必须接受相互识别、相互接受的约定和规则,建立通用的标准用于各 ECU 之间通信。

通信协议的分类如下。

- 1) 直接型:点对点的链路直接通信,无须经中间信息处理的协议。
- 2) 间接型:通过转接式通信网络或两个以上的网络进行信息交换的通信协议。
- 3) 结构优化型协议:按需要分成不同的层次,较低级别的功能在较低层次实现,同时它们又向较高层次的实体提供服务。它是各层次协议的复合。

6. 网关

通常一辆车上配置了多种总线和网络,所以必须用一种方法使它们达到共享和不产生协议间的冲突。例如,车门打开时发动机控制模块也需要被唤醒。为了使不同协议及速度的数据总线间实现无差错数据传输,必须要使用一种特殊功能的计算机,这种计算机就叫做网关。例如,奔驰 S320 车上的网关是点火开关计算机(N73),BMW745 车上的网关是 ZGM 中央计算机,Audi A6 车上的网关是仪表计算机。

(1) 网关的作用

网关实际上就是一种模块,它自身的质量、功能和工作性能决定了不同的总线、模块和网络相互间通信的质量。对不兼容但却需要互相通信的总线和网络来说,网关起到了桥梁作用。如果信息不能传递时,不一定是网关存在问题,也有可能是通信链路、模块等设备存在故障。

总而言之,新型汽车网络控制系统中“网关”的作用如下:

- 1) 它可以把局域网上的数据转变成可以识别的 OBDII 诊断数据语言,方便诊断。
- 2) 它可以实现低速网络和高速网络的信息共享。
- 3) 与计算机中的网关作用是一样的,负责接收和发送信息。
- 4) 激活和监控局域网络工作状态。
- 5) 实现车辆数据的同步性。
- 6) 对信息标识符作翻译。

网关的作用如图 2-1-10 所示。

(2) 网关的布置

如果两个 CAN 网络执行器是两片独立的芯片(图 2-1-11),中央控制器(单片微型计算机)作为网关,那么,CAN 芯片就像灵巧的随机存储器被网关读写。一旦接收到信息,网关就执行接收 CAN 芯片的外部读操作,接着执行转换信息的逻辑指令,然后执行外部写操作,对第二个网络的 CAN 芯片作传输编程。

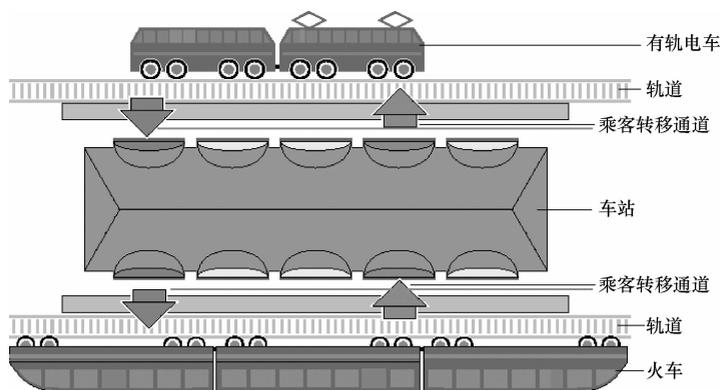


图 2-1-10 网关的作用示意图

所以说，网关主要是执行外部读、写操作和转换信息标识符，而执行读、写操作的重要技术条件是时间，读、写所要求的时间又取决于网关和 CAN 芯片接口的定时特性。

(3) 常见的几种网关

1) Bosch 公司 CAN1.2 与 CAN2.0 之间的网关。

标准的 CAN1.2 版本支持标准的 11 位信息标识符，而 CAN2.0 版本增加了信息标识符，也就是说，CAN2.0 既支持标准的 11 位，也支持扩展后的 29 位信息标识。

CAN2.0 实施新的信息位，标识扩展位使 CAN 操作装置能区分标准和扩展格式，但大多数现存的标准 CAN1.2 版本不能识别扩展后的信息格式，在实施过程中会响应错误信息。

为了能实施 29 位的信息标识，Intel 公司开发了品种繁多的芯片，作为 CAN 的车辆用户，需采用网关使网络互联（图 2-1-12），在仅用 CAN1.2 的 11 位信息标识符的条件下，能正确响应 29 位标识。

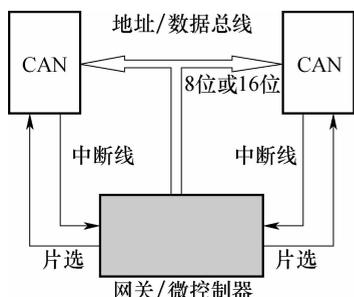


图 2-1-11 网关硬件的布置示意图

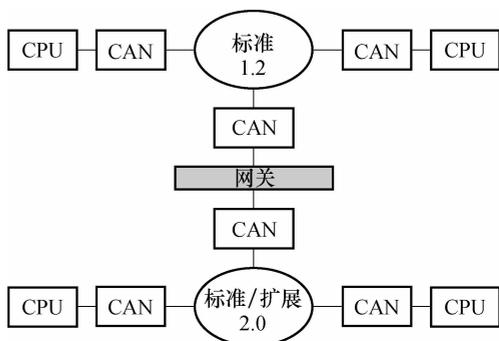


图 2-1-12 Bosch CAN1.2 与 CAN2.0 之间的网关

2) SAE-J1939 与 J1980 网络协议之间的网关。

SAE 汽车选用 CAN2.0 协议作为“C 级”串行控制和通信网络的推荐实施标准，又称为 SAEJ1939 规范。CAN2.0 的数据可达 1 Mbit/s。也就是说，CAN2.0 执行相当于 SAE-C 级的高速数据速率。而对于载货车的挂车或被牵引的机具来说，并不需要如此高的数据速率。由于高速率的串行链路的电子元件和硬件的成本较高，因此，就采用中速数据速率（B 级）41.6 kbit/s 的 J1980 网络来管理挂车的牵引和制动，而 CAN2.0 只用于支持主车发动机的各个 ECU，这样，在载货车和大客车上出现了连接异型网络的网关（图 2-1-13）。

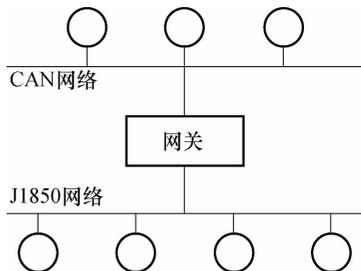


图 2-1-13 CAN 与 J1980 之间的网关

3) SAE-J1850B 级通信速率的小客车，发动机、自动变速器、ABS 等系统的数据速率偏低，为了提高通信速率以改善车辆的控制性能，又不让车辆成本增加太多，就将原实施 J1850 的车辆增加一个网关（图 2-1-14），并将网关前方的总线修改为 CAN 总线。

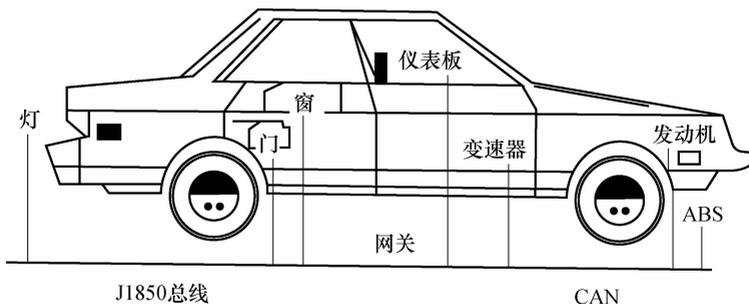


图 2-1-14 SAE-J1850B 双网关示意图

（三）多路传输原理

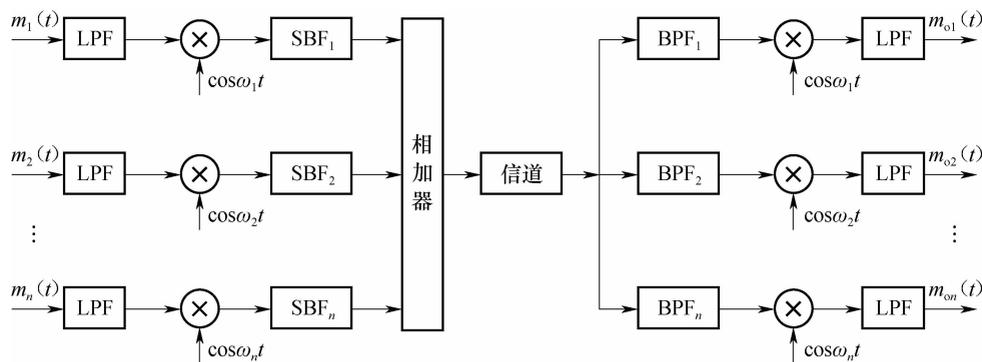
汽车车载网络多路传输技术可以实现在同一个信道上同时传输多路信号，为了在接收端能够将不同路的信号区分开来而互不干扰，必须使不同路的信号具有不同的特征。最常用的多路传输方式是频分多址复用（FDMA）、时分多址复用（TDMA）等。

按频段区分信号的方法叫频分复用，按时隙区分信号的方法叫时分复用。传统的模拟通信中都采用频分复用，随着数字通信的发展，时分复用通信系统的应用越来越广泛。

1. 频分多址复用技术

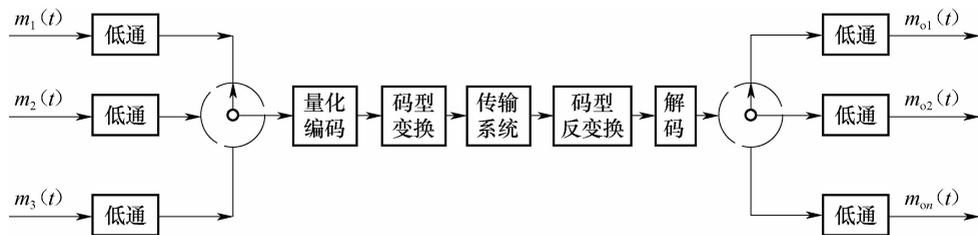
频分复用就是在发送端利用不同频率的载波将多路信号的频谱调制到不同的

频段，以实现多路复用。频分复用的多路信号在频率上不会重叠，合并在一起通过一条信道传输，到达接收端后可以通过中心频率不同的带通滤波器彼此分离开来，如图 2-1-15 所示。



2. 时分多址复用技术

时分复用是建立在抽样定理基础上的。时分复用就是利用各路信号的抽样值在时间上占据不同的时隙，来达到在同一信道中传输多路信号而互不干扰的一种方法，如图 2-1-16 所示。



3. 载波监听多路访问/冲突检测技术

载波监听多路访问/冲突检测技术 (CSMA/CD) 是一种争用型的介质访问控制协议。它的工作原理是：发送数据前先监听信道是否空闲，若空闲则立即发送数据，在发送数据时，边发送边继续监听，若监听到冲突，则立即停止发送数据，等待一段随机时间，再重新尝试。

CSMA/CD 控制规程的核心问题：解决在公共通道上以广播方式传送数据中可能出现的问题（主要是数据碰撞问题），控制过程包含四个处理内容，即侦听、发送、检测、冲突处理（见图 2-1-17 和图 2-1-18）。

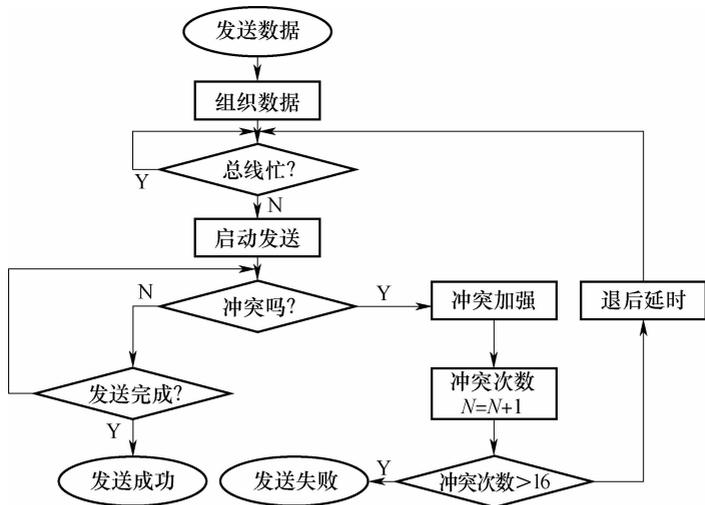


图 2-1-17 多路访问数据发送控制流程

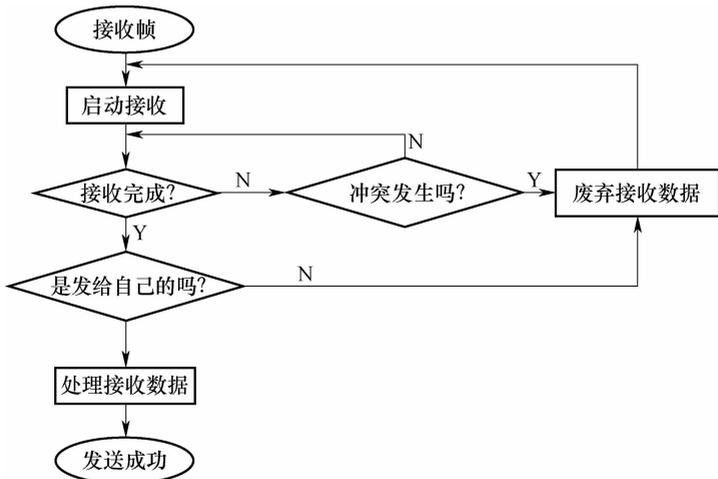


图 2-1-18 多路访问数据接收控制流程

1) 侦听：通过专门的检测机构，在站点准备发送前先侦听一下总线上是否有数据正在传送（线路是否忙）。

若“忙”，则进入后述的“退避”处理程序，进而进一步反复进行侦听工作。

若“闲”，则按一定算法原则（如“X 坚持”算法）决定如何发送。

2) 发送：当确定要发送后，通过发送机构，向总线发送数据。

3) 检测：数据发送后，也可能发生数据碰撞。因此，要对数据边发送边接收，以判断是否冲突了。

4) 冲突处理: 当确认发生冲突后, 进入冲突处理程序。有以下两种冲突情况 (见图 2-1-19)。

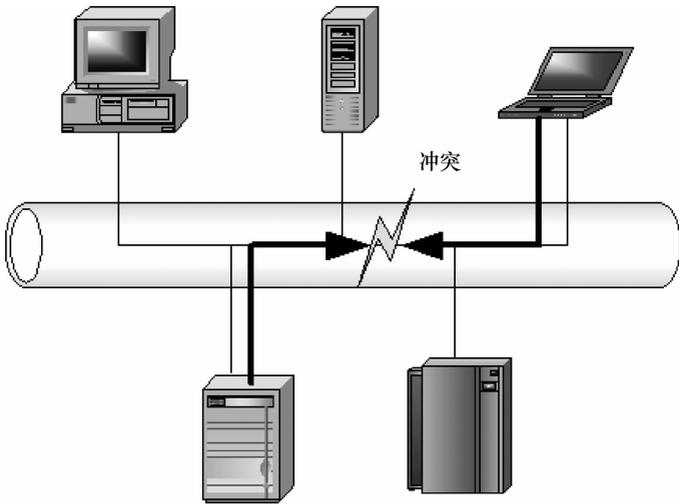


图 2-1-19 多路访问数据传输冲突示意图

①若在侦听中发现线路忙, 则等待一个延时后再次侦听, 若仍然忙, 则继续延迟等待, 一直到可以发送为止。每次延时的时间不一致, 由退避算法确定延时值。

②若发送过程中发现数据碰撞, 先发送阻塞信息, 强化冲突, 再进行侦听工作, 以待下次重新发送 (方法同①)。

(四) 多路传输系统的通信协议标准

通信协议要解决系统优先权问题、灵活性问题、可扩展性问题、诊断接口问题、独立性问题、数据共享问题等, 十几年来, 已发展了几代通信协议, 较早的有 SAE 推出的用于重型车的基于串行总线的标准, 如 SAE J1708、SAE J1587、SAE J1922, 串行协议传输速率低、代码定义麻烦, 除在诊断系统有一些应用外, 基本被取代。迄今为止, 汽车应用的多种网络标准, 较典型的有 LIN、CAN、J1850、MOST、TTCAN、TTP、Flex Ray、J2284 等。拓扑结构主要为总线式, 如 LIN、CAN、J1850、TTCAN。总线式网络为多个 ECU 共用一条传输线, 信道利用率高, 结构简单、布线容易、易于增加节点, 每个系统对总线有相同权利, 为多主方式工作, 同一时刻只能有一个节点发送消息, 网络延伸距离、网络容纳节点有限。ISO 7498 把网络通信系统划分为七层结构, 即 OSI 的七层模型, 包括物理层、数据链路层、网络层、运输层、会话层、表示层、应用层 (图 2-1-20), 各层的作用见表 2-1-2。汽车各网络协议一般只定义 OSI 结构中的底层协议, 即物理层和数据链路层。

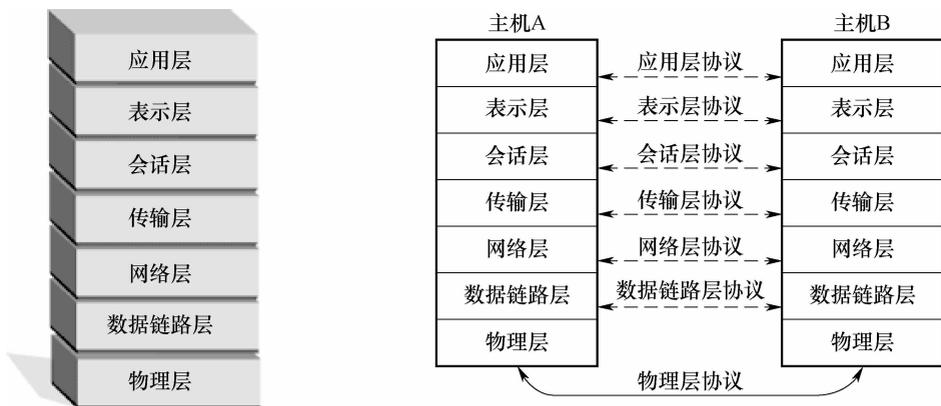


图 2-1-20 ISO 7498 规定 OSI 的七层模型

表 2-1-2 OSI 开放系统互联模型各层作用

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。如数据重发和数据错误修复
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	规定了通信介质的物理特性，如电气特性和信号交换的解释

LIN 总线是典型的 A 类网络，由 LIN 协会发布，是价格低廉的单总线低端网络，也称为经济型 CAN 网络。LIN 是以广泛应用的 UART（universal asynchronous receiver/transmitter，通用非同步收发传输器）为基础定义的，物理层基于 ISO 9141，一般用于传输速度、实时性要求较低的车身系统，采用单主/多从机的通信模式，网络节点分为主节点和从节点。主节点执行主控发送任务，决定什么时候、哪一帧将在总线上传输，信息帧的长度是可变的，数据长度可为 2、4 或 8 个字节，目前我国自主开发的车身系统中 LIN 协议得到了一定的应用。

CAN 总线是在 20 世纪 80 年代中期，由德国 Bosch 公司提出的，CAN 推出之后，很快世界上各大半导体生产厂商迅速推出各种集成有 CAN 协议的产品，如 Intel、Motorola、NEC、Philips 等公司都提供集成有 CAN 协议的芯片及 CAN 总线产品，此后越来越多的欧洲主要汽车制造商采用 CAN 总线构成其汽车网络，后来美国、日本的汽车公司也采用 CAN 构成其 B 级或 C 级网络。1994 年，美国 SAE 所属的卡车和客车控制及通信附属委员会选择了 CAN 总线作为 J1939 标准（一个针对卡车和客车的高速网络标准的基础，添加了高层协议）。CAN 是目前

唯一取得国际标准的协议，包括高速的 ISO 11898（C 类网）和低速的 ISO 11519（B 类网）。CAN 采用多主方式工作，网络上任一个节点均可在任意时刻主动向网络上的其他节点发送信息，而不分主从，网络上节点可根据不同的实时要求分成不同的优先级，当两个节点同时向网络上传递信息时，优先级低的节点主动停止数据发送，而优先级高的节点可不受影响地继续传送数据，具有点对点、一点对多点及全局广播的数据传送的功能，通信速率可达 1 Mbit/s，每帧的数据字节数为 8 个，节点在错误严重的情况下，可自动切断它与总线的联系，以使总线上的其他通信不受影响。CAN 协议定义了两种通信格式，即标准信息帧和扩展信息帧，它们都具有 7 个位域，二者的差别在于仲裁域，标准帧有 11 位标识码，而扩展帧有 29 位。CAN 能够使用多种物理介质，如双绞线、光纤等。最常用的就是双绞线，信号使用差分电压传送，两条信号线被称为 CAN_H 和 CAN_L。随着 CAN 控制器成本的不断降低，并提供大量产品支持基于 CAN 的系统，进一步降低了采用 CAN 控制系统的成本，因此 CAN 是目前应用最广泛的汽车网络标准。

在一辆车里通常有两条或三条独立的 CAN 总线，高速 CAN 用于发动机和底盘控制系统，低速 CAN 通常用于天窗、座椅、空调等舒适系统，高速 CAN 和低速 CAN 通过网关构成整个汽车网络，有些车辆低速 CAN 又被 LIN 网络取代，通过网关与 CAN 总线相连。

SAE J1850 总线最初由美国三大汽车公司提出，主要是由通用公司的 Class 2 协议和福特公司的 SCP 协议基础上发展而来的，属于典型的 B 类网，这一标准已实施多年，得到广泛的接受与采用。美国很多车型采用 J1850，是比较成熟的协议，目前的 OBD II 诊断系统定义在 J1850，由于通信速率低，只适合于车身控制系统及诊断系统，目前在美国逐步被 CAN 所取代。

MOST 是采用光纤并用于智能交通及多媒体的网络协议，传输速率可达 22 Mbit/s。

TTCAN 是基于时间触发的网络，是 CAN 总线与时间触发机制相结合产生的。其与基于事件触发的 CAN 协议的主要区别是：总线上不同的信息定义了不同的时间槽，避免了因总线仲裁使信息传输时间产生不确定性，改善了 CAN 总线的实时性能，可满足消息传输密度不断增长的需要。ISO 11898-4 定义了 TTCAN 协议。

Flex Ray 是一种灵活的通信系统，能够满足未来先进汽车高速控制应用的需要，可补充 CAN、LIN 和 MOST 等主要网络标准。

SAEJ2284 是基于时间触发的高速 CAN 网络，可达 500 kbit/s，主要用于轿车。

汽车网络协议还有如 TTP/A、TTP/C、VAN 等。至今没有一个协议可以完全满足未来汽车成本和性能的要求，未来汽车网络仍将是多种协议共存。但目前

CAN 或 LIN 是较好的选择。主要车载网络基本情况见表 2-1-3。

表 2-1-3 主要车载网络基本情况

车载网络的名称	概要	通信速度	组织/推动公司
CAN	车身/动力传动系统控制用 LAN 协议，最有可能成为世界标准的车用 LAN 协议	1 Mbit/s	Robert Bosch 公司 (开发) ISO
VAN	车身系统控制用 LAN 协议，以法国为中心	1 Mbit/s	ISO
J1850	车身系统控制用 LAN 协议，以美国为中心	10.4 kbit/s 41.6 kbit/s	Ford Motor 公司
LIN	车身系统控制用 LAN 协议，液压组件专用	20 kbit/s	LIN 协会
IDB-C	以 CAN 为基础的控制用 LAN 协议	250 kbit/s	IDM 论坛
TTP/C	重视安全、按用途分类的控制用 LAN 协议，时分多路复用 (TDMA)	2 Mbit/s 25 Mbit/s	TTT 计算机技术公司
TTCAN	重视安全、按用途分类的控制用 LAN 协议，时间同步的 CAN	1 Mbit/s	Robert Bosch 公司 CIA
Byteflight	重视安全、按用途分类的控制用 LAN 协议，通用时分多路复用 (FTDMA)	10 Mbit/s	BMW 公司
Flexrav	重视安全、按用途分类的控制用 LAN 协议	5 Mbit/s	BMW、Daimler Chrysler 公司
D2B/Optical	音频系统通信协议，将 D2B 作为音频系统总线采用光通信	5.6 Mbit/s	C&C 公司
MOST	信息系统通信协议，以欧洲为中心，由 Daimler Chrysler 与 BMW 公司推动	22.5 Mbit/s	MOST 合作组织
IEEE 1394	信息系统通信协议，有转化成 IDB1394 的动向	100 Mbit/s	IEEE 1394 工业协会

任务二 掌握汽车车载网络系统结构与原理

【任务内容】

- 1) 完成“汽车车载网络系统结构与原理”任务工作页；
- 2) 掌握“汽车车载网络系统结构与原理”所涉及的知识。

【任务目标】

- 1) 掌握 CAN 总线多路传输系统结构与原理;
- 2) 掌握 LIN 总线多路传输系统;
- 3) 掌握 VAN 总线多路传输系统;
- 4) 了解 MOST 总线多路传输系统;
- 5) 了解 Flex Ray 总线多路传输系统;
- 6) 了解 Bluetooth 技术原理与应用。

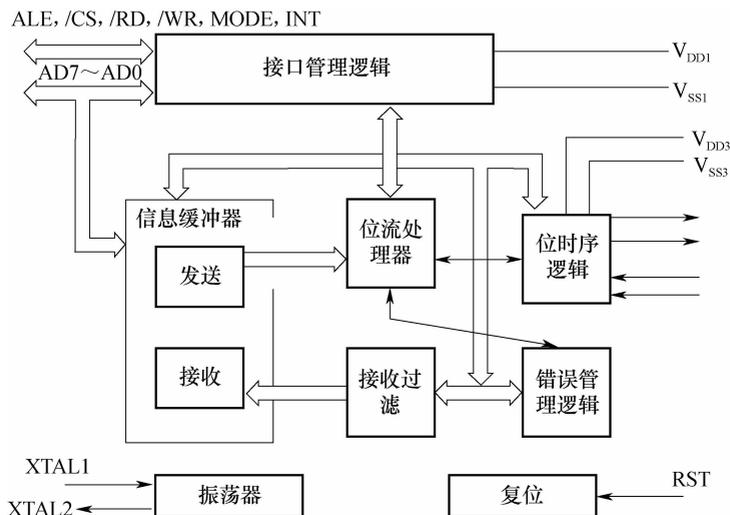
一、任务工作页

先由学生熟悉如下工作页，了解本任务内容。在学习该任务所涉及的知识后，在老师的指导下完成本任务，同时完成工作页内容的填写。

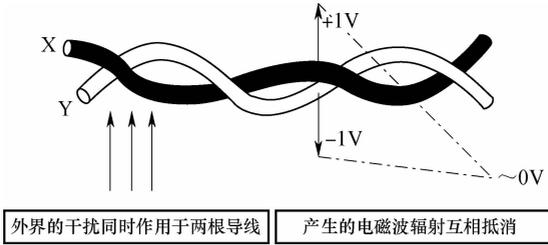
汽车车载网络系统结构与原理任务工作页

1. 叙述 CAN 总线多路传输系统技术特点，以及它的应用优势。

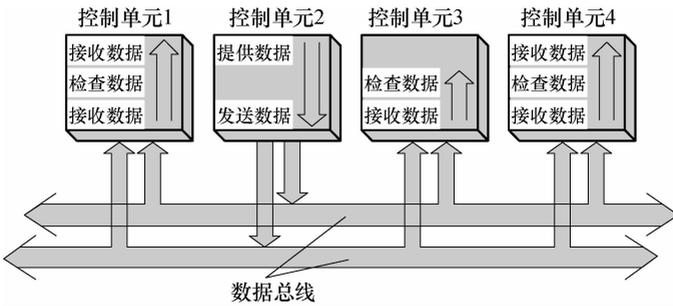
2. 结合下图解释 SJA1000 接收、发送数据的工作原理。



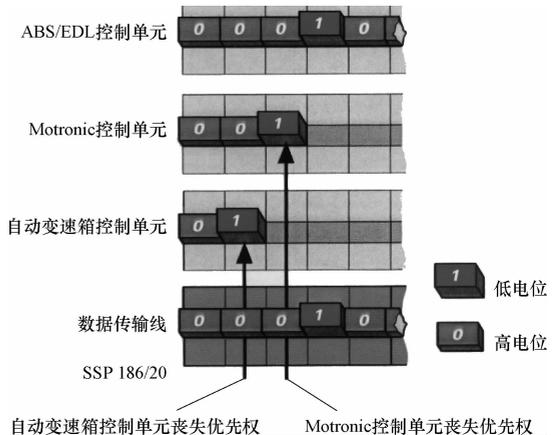
3. 参照下图，解释 CAN 总线采用两条线缠绕在一起方式的原因。



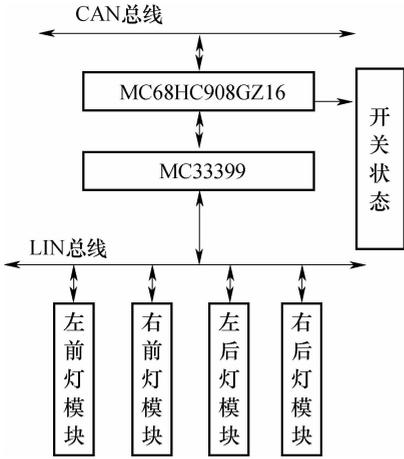
4. 参照下图，说明 CAN 数据总线的数据传输过程。



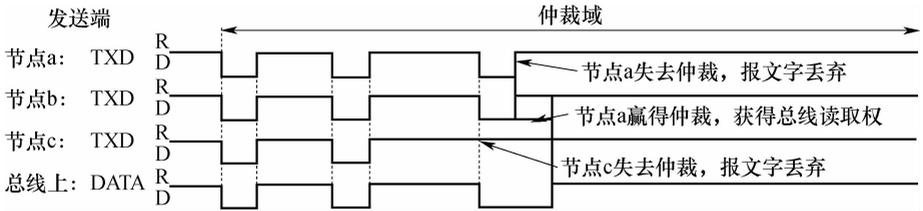
5. 结合下图，解释 CAN 数据报告优先权。



6. 结合下图，说明 LIN 总线在汽车车灯控制中的工作原理。



7. 根据下图，分析 VAN 总线 CSMA/CD 技术。



8. 根据自己的理解，说明 MOST、Flex Ray 总线技术在汽车中应用的优势。

二、任务所涉及的知识

(一) CAN 总线多路传输系统

1. CAN 总线简介

CAN 总线是德国 Bosch 公司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。它是一种多主总线，是一种双线串行

数据通信总线，通信介质可以是双绞线、同轴电缆或光导纤维，通信速率可达 1 Mbit/s。

CAN 总线的工作是建立在通信协议基础上的，在协议框架下各个控制单元通过两条数据线相互传递数据。目前汽车上的网络连接方式主要采用 2 条 CAN，一条用于驱动系统的高速 CAN，速率达到 500 kbit/s；另一条用于车身系统的低速 CAN，速率是 100 kbit/s。

CAN 总线的一个最大特点是废除了传统的站地址编码，而代之以对通信数据块进行编码，使网络内的节点个数在理论上不受限制。由于 CAN 总线具有较强的纠错能力，支持差分收发，因而适合高干扰环境，并具有较大的传输距离（长达 10 km）。

2. CAN 总线技术在汽车中的应用优势

(1) 信息共享

采用 CAN 总线技术可以实现各 ECU 之间的信息共享，减少不必要的线束和传感器。例如，具有 CAN 总线接口的电喷发动机，其他电器可共享其提供的转速、水温、机油压力、机油温度、油量瞬时流速等，这样一方面可省去额外的水温、油压、油温传感器，另一方面可以将这些数据显示在仪表上，便于驾驶员检查发动机运行工况，从而便于发动机的保养维护。表 2-2-1 给出了汽车部分电控单元产生及发送的数据类型及其他单元对这些信息共享的情况。

表 2-2-1 汽车部分电控单元数据发送、接收情况

优先权	信号类型	电控燃油喷射系统	电控传动系统	ABS 系统	ARS 系统	废气再循环系统	空调系统
1	实际喷油量	发送	接收	—	—	—	—
2	发到机转速	发送	接收	接收	接收	—	接收
3	油量设置	接收	—	—	发送	—	—
4	车轮转速	接收	接收	发送	接收	—	—
5	油门踏板位置	发送	接收	接收	接收	—	—
6	变速比	接收	发送	—	接收	接收	—
7	怠速设置	接收	—	—	—	发送	发送
8	冷却液温度	发送	接收	—	—	—	接收
9	空气温度	发送	—	—	—	—	接收

(2) 减少线束

新型电子通信产品的出现对汽车的综合布线和信息的共享交互提出了更高的要求，传统的电气系统大多采用点对点的单一通信方式，相互之间少有联系，这

样必然造成庞大的布线系统。据统计,一辆采用传统布线方法的高档汽车中,其导线长度可达 2 000 m,电气节点达 1 500 个,而且该数字大约每 10 年增长 1 倍。这种传统布线方法不能适应汽车的发展。CAN 总线可有效减少线束,节省空间。例如,某车门-后视镜、摇窗机、门锁控制等的传统布线需要 20~30 根,应用总线 CAN 则只需要 2 根。传统点对点的单一通信方式与 CAN 总线通信方式的比较如图 2-2-1、图 2-2-2 所示。

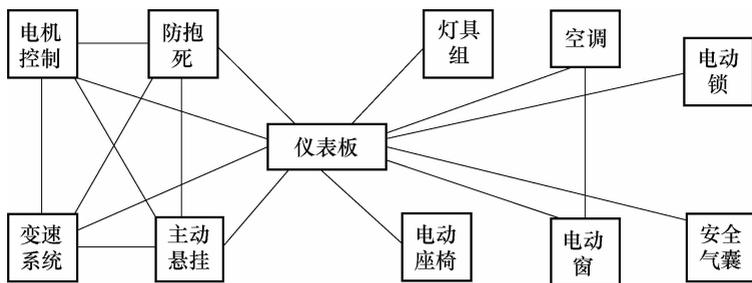


图 2-2-1 传统点对点的单一通信方式

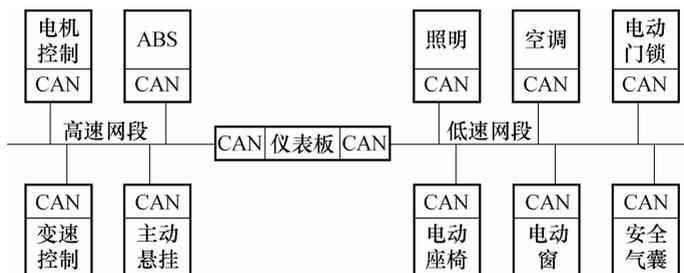


图 2-2-2 CAN 总线通信方式

(3) 关联控制

在一定事故下,需要对各 ECU 进行关联控制,而这是传统汽车控制方法难以完成的。CAN 总线技术可以实现多 ECU 的实时关联控制。例如,在发生碰撞事故时,汽车上的多个气囊可通过 CAN 协调工作,它们通过传感器感受碰撞信号,通过 CAN 总线将传感器信号传送到一个中央处理器内,控制各安全气囊的启动弹出动作。

3. CAN 数据总线传输系统的组成

CAN 数据总线由一个控制器、一个收发器、两个数据传输终端以及两条数据传输线组成。除了数据传输线外,其他元件都置于控制单元内部,控制单元功能不变(图 2-2-3)。

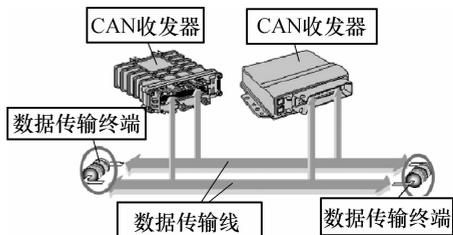


图 2-2-3 CAN 数据总线传输系统组成

(1) CAN 控制器

CAN 控制器是接收控制单元中的微型计算机传来的数据，对这些数据进行处理并将其传往 CAN 收发器。同样，CAN 控制器也接收由 CAN 收发器传来的数据，对这些数据进行处理并将其传往控制单元中的微型计算机。CAN 控制器由硬件实现信息发送、信息接收、接收信息过滤、发送搜索、中断逻辑等功能，大大降低了 CAN 节点主机的通信处理负担。

目前广泛流行的 CAN 总线器件有两大类：一类是独立的 CAN 控制器，如 82C200、SJA1000 及 Intel82526/82527 等；另一类是带有在片的 CAN 微控制器，如 P8SC582 及 16 位中央控制器 87C196CA/CB 等。

1) SJA1000 引脚介绍。

如图 2-2-4 所示，SJA1000 具有 28 个引脚。其中

MODE: 模式选择输入，1（高电平）= Intel 模式，0（低电平）= Motorola 模式。

TX0、TX1，从 CAN 输出驱动器 0、1 输出到物理总线上。RX0、RX1，从物理 CAN 总线输入到 SJA1000 的输入比较器。

INT: 中断输出，用于中断微控制器。INT 在内部中断寄存器各位都置位时，低电平有效。INT 是开漏输出。

CLKOUT: SJA1000 产生的提供给微控制器的时钟输出信号，时钟信号来源于内部振荡器且通过编程驱动，时钟控制寄存器的时钟关闭位可禁止该引脚。

SJA1000 的其他引脚分别为：AD0 ~ AD7，数据/地址复用总线；ALE/AS，Intel 模式/Motorola 模式的地址锁存信号；(RD)/E、WR，读写控制信号；CS，片选信号输入，低电平有效；XTAL1，输入到振荡器放大电路，外部振荡信号由此输入；XTAL2，振荡器放大电路的输出，使用外部振荡信号时左开路输出；V_{DD1}、V_{DD2}、V_{DD3}，5V 电压端；V_{SS1}、V_{SS2}、V_{SS3}，与上述电压端相对的接地端。

2) SJA1000 硬件结构。

其内部主要由接口管理逻辑 (IML)、信息缓冲器 [含发送缓冲区 (TXB) 和接收缓冲区 (RXFIFO)]、位流处理器 (BSP)、接收过滤器 (ASP)、位时序处理逻辑 (BTL)、错误管理逻辑 (EML)、内部振荡器及复位电路等构成，如图 2-2-5 所示。

①接口管理逻辑：用于解释来自 CPU 的命令，分配信息缓冲区并向 CPU 提供中断及状态信息。

②发送缓冲区：13 字节长存储器，外部 CPU 将要发送的信息写入此缓冲区。

③接收缓冲区：为 64 字节的接收信息的 FIFO 寄存器。

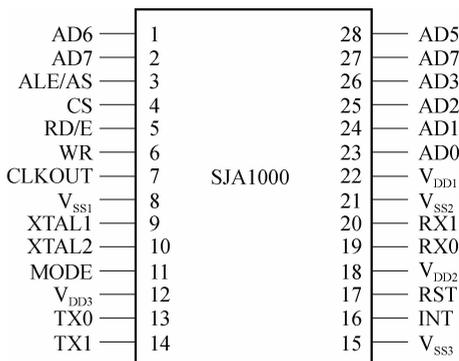


图 2-2-4 SJA1000 引脚图

- ④接收过滤器：对接收到的信息 ID 与 ACF 内容相比较以决定是否接收信息。
- ⑤位流处理器：用来控制发送、接收缓冲区及 CAN 总线之间的数据流。
- ⑥位时序处理逻辑：用于控制 CAN 总线上数据的传输速率与同步。
- ⑦错误管理逻辑：按 CAN 协议进行错误管理。

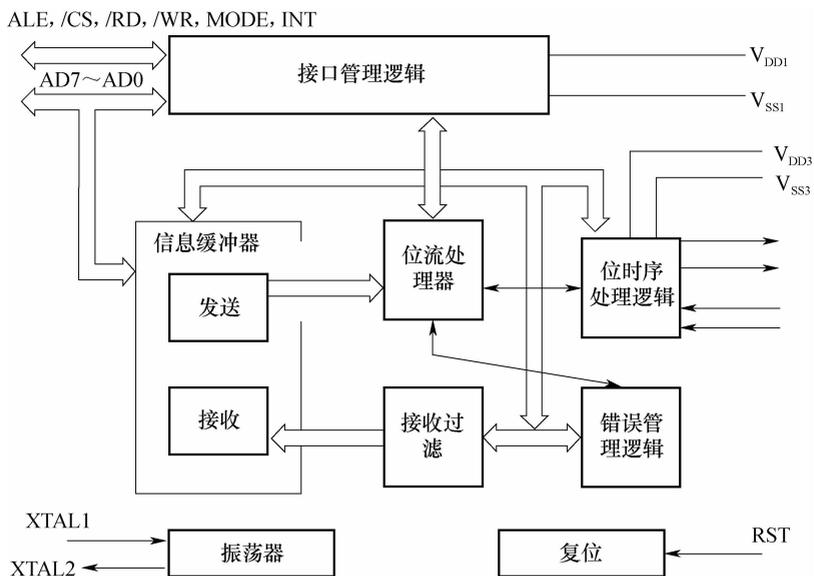


图 2-2-5 SJA1000 的硬件原理图

接口管理逻辑接收来自 CPU 的命令，控制 CAN 寄存器的寻址并向控制器提供中断信息及状态信息，CPU 的控制器经接口管理逻辑把要发送的数据写入发送缓冲区，发送缓冲区中的数据由位流处理器处理后经位时序处理逻辑输出到 CAN Bus。位时序处理逻辑始终监视 CAN Bus，当检测到有效的信息头“隐性电平 - 控制电平”的转换时启动接收过程，接收的信息首先要由位流处理器处理，并由接收过滤器过滤，只有当接收的信息的识别码与接收过滤器检验相符时，接收信息才最终被写入 RXB 或 RXFIFO 中，RXFIFO 最多可以缓存 64 字节的数据，该数据可被 CPU 读取，错误管理逻辑负责传递层中调制器的错误管制，它接收位流处理器的出错报告，促使位流处理器和接口管理逻辑进行错误统计。

3) SJA1000 在系统中的位置。

CAN 核心模块负责 CAN 信息帧的收发和 CAN 协议的实现，接口管理逻辑负责同外部主控制器的接口，该单元中的每一个寄存器都可由主控制器通过 SJA1000 的地址/数据总线访问，发送缓冲区可存储一个完整的信息帧，长度为 13 个字节。如图 2-2-6 所示。主控制器可直接将标识符和数据送入发送缓冲区，然后置位命令寄存器 (CMR) 中的发送请求位 TR，启动 CAN 核心模块读取发送缓冲区中的数据，

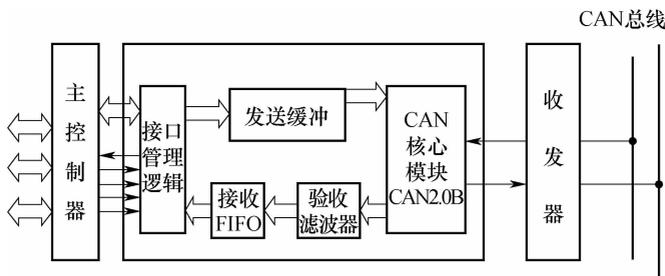


图 2-2-6 SJA1000 在系统中的位置

按 CAN 协议封装成完整的 CAN 信息帧，通过收发器发往总线。验收滤波器单元完成接收信息的滤波，只有验收滤波通过且无差错，才把接收的信息帧送入接收 FIFO 缓冲区，且置位接收缓冲区状态标志 SR. 0。表明接收缓冲区中已有成功接收的信息帧。接收帧的数量可通过访问接收信息计数器（RMC）得知。接收 FIFO 共有 64 个字节，远远超过 82C200 的接收缓冲区，因而 SJA1000 的超载能力也大大加强。

(2) CAN 收发器

CAN 总线发送/接收驱动器（简称 CAN 总线驱动器）是将 CAN 控制器传来的数据转化为电信号将其送入数据传输线，它也为 CAN 控制器接收和转发数据。实现总线发送/接收驱动功能有两种形式，一种是选用带有 CAN 总线驱动器功能的总线控制器，另一种是用独立的 CAN 总线发送/接收驱动器。

1) CAN 总线驱动器 PCA82C250/251 引脚分布和功能。

Philips 公司的 CAN 发送/接收驱动器 PCA82C250 是 CAN 控制器和物理传输线路之间的接口，它可以用高达 1Mbit/s 的位速率在两条有差动电压的总线电缆上传输数据。其引脚分布如图 2-2-7 所示，引脚功能见表 2-2-2。

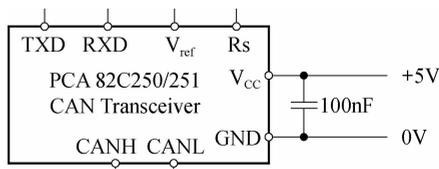


图 2-2-7 PCA 82C250/251 引脚分布

表 2-2-2 PCA 82C250/251 引脚功能

符号	功能描述
TXD	发送数据输入
GND	接地
V _{CC}	电源电压 4.5 ~ 5.5V
RXD	接收数据输出
V _{ref}	参考电压输出
CANL	低电平 CAN 电压输入/输出
CANH	高电平 CAN 电压输入/输出
Rs	斜率电阻输入

2) PCA 82C250 的特性。

PCA 82C250 是 CAN 协议控制器和物理总线之间的接口，该器件对总线提供差动发送能力并对 CAN 控制器提供差动接收能力。

- ①与“ISO 11898”标准完全兼容；
- ②高速（可达 1Mbaud）；
- ③在汽车环境中，对总线提供瞬变保护；
- ④斜率控制以降低射频干扰（RFI）；
- ⑤差动接收器具有宽共模范围，有很强的抗电磁干扰（EMI）的能力；
- ⑥热保护；
- ⑦对电源和地的短路保护；
- ⑧低电流待机模式；
- ⑨一个未供电的节点不会干扰总线；
- ⑩至少可挂 110 个节点。

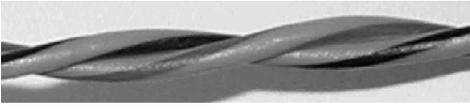
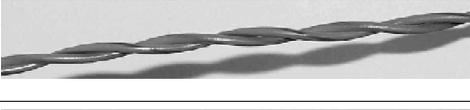
(3) 数据传输终端

它实际上是一个电阻器，起到阻抗匹配、极少反射、避免振荡、减少噪声、降低辐射、防止过冲的作用。在串联应用情况下，串联的终端电阻和信号线的分布电容以及后级电路的输入电容组成 RC 滤波器，削弱信号边沿的陡峭程度，防止过冲。它防止数据在线端被反射，避免以回声的形式返回，保证数据的传输。

(4) 数据传输线

它是双向的，对数据进行传输。两条线分别被称为 CAN 高线和 CAN 低线，数据传输线种类见表 2-2-3。数据传输线为了防止外界电磁波的干扰和向外辐射，CAN 总线采用两条线缠绕在一起（图 2-2-8）。这两条线的电位相反，如果一条是 5V，另一条就是 0V，始终保持电压总和一常数。通过这种办法，CAN 数据总线得到了保护而免受外界的电磁场干扰，同时 CAN 数据总线向外辐射也保持中性，即无辐射。

表 2-2-3 数据传输线种类

	驱动 CAN High or/bk (橘黑) Low or/br (橘棕)
	舒适 CAN High or/gn (橘绿) Low or/br (橘棕)
	信息娱乐 CAN High or/vio (橘紫) Low or/br (橘棕)

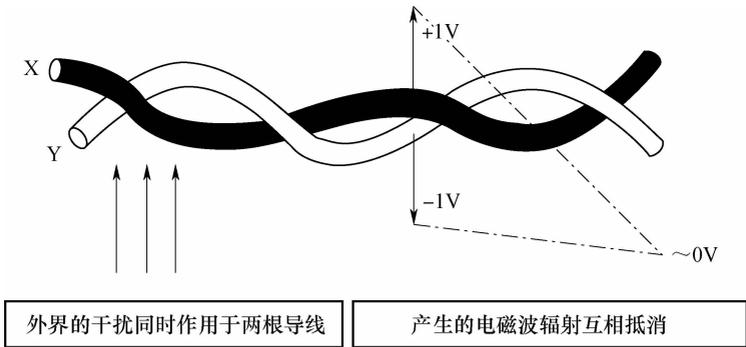


图 2-2-8 CAN 数据传输线

4. CAN 总线多路传输系统通信协议

通信协议是车载网络上各电控单元相互通信的充要条件，它是各电控单元必须遵守的共同规则，可以保证各电控单元能够正常使用网络进行通信。

(1) 通信协议的三要素

- 1) 语法规规定通信双方“如何讲”，即确定数据格式、数据码型、信号电平等。
- 2) 语义规定通信双方“讲什么”，即确定协议元素的类型，如规定通信双方要发出什么控制信息、执行什么动作和返回什么应答等。
- 3) 定时规则规定事件执行的顺序，即确定链路通信过程中通信状态的变化，如规定正确的应答关系、速度匹配等。

(2) 汽车网络通信协议标准 (ISO 11898)

ISO 11898 规定的 CAN 网络结构如图 2-2-9 所示。该协议是包括 ISO 规定的 OSI (开放系统互联) 基本参考模型中的应用层、数据链路层及物理层的协议。ISO/OSI 模型与 ISO 11898 规定的 CAN 总线协议对比如图 2-2-10 所示。协议框架示意图如图 2-2-11 所示。

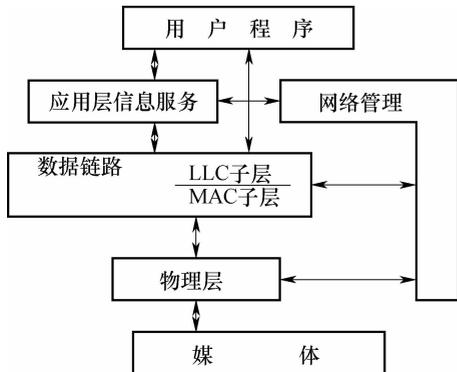


图 2-2-9 CAN 网络结构

ISO/OSI 模型		现场总线协议
应用层	7	应用层
表达层	6	
会话层	5	
传输层	4	
网络层	3	
数据链路层	2	数据链路层
物理层	1	物理层

图 2-2-10 OSI 与现场总线开放互联模型的对应

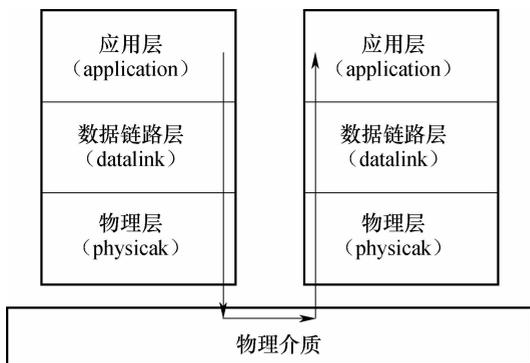


图 2-2-11 协议框架示意图

实现这些规程的硬件和软件加到链路上就构成了数据链路。

③数据链路层的作用：通过一些数据链路层协议（即链路控制规程），在不太可靠的物理链路上实现可靠的数据传输。对物理层传输原始比特流的功能的加强，将物理层提供的可能出错的物理链接改造成为逻辑上无差错的数据链路，即使之对网络层表现为一条无差错的链路。

④数据链路层的功能：其基本功能是向网络层提供透明的和可靠的数据传送服务。具体要实现的功能包括链路管理、帧同步、差错控制、流量控制。

透明性是指该层上传输的数据的内容、格式及编码没有限制（任何数据均可不受限制地传输），也没有必要解释信息结构的意义；可靠的传输使用户免去对丢失信息、干扰信息及顺序不正确的担心。

⑤数据链路层主要解决以下问题：如何将数据组合成数据块即帧（帧是数据链路层的传送单位）；如何控制帧在物理信道上传输，包括如何处理传输差错；如何调节发送速率以使之与接收方相匹配；在两个网络实体之间提供数据链路通路的建立、维持和释放管理。

2) 逻辑链路控制层 (LLC)。

逻辑链路控制层为数据传送和远程数据请求提供服务，确认由 LLC 子层接收的报文实际已被接收（接收滤波），并为恢复管理和通知超载提供信息。

3) 媒体访问控制层 (MAC)。

媒体访问控制层主要功能是规定传输规则，即控制帧结构、执行仲裁、错误检测、出错标定和故障界定。

4) CAN 的物理层。

物理层的作用是在物理传输媒体上传输各种数据的比特流，它不考虑识别数据的类型和结构。这一层除了规定机械、电气、功能、规程等特性外，主要考虑的问题还有传输速率、信道容量、传输媒体、调制/解调、交换技术、网络拓扑、多路复用技术等，物理层结构电路如图 2-2-12 所示。

1) 数据链路层。

①链路：一条无源的点到点的物理线路段，中间没有任何其他的交换节点（在进行数据通信时，两台计算机之间的通路往往是由许多的链路串接而成的，一条链路只是一条通路的一个组成部分）。

②数据链路：当需要在一条线路上传送数据时，除了必须有一条物理线路外，还必须有一些必要的规程来控制这些数据的传输。把实现

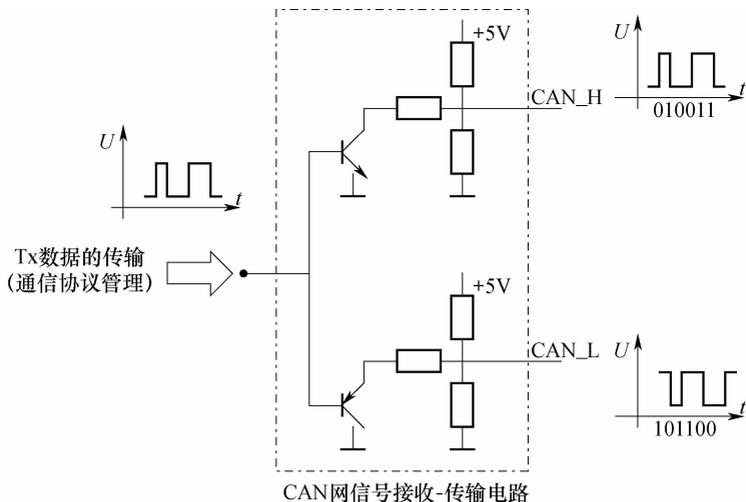


图 2-2-12 Tx 信号转换成 CAN_H 与 CAN_L 信号

一个 CAN 网电控单元拥有一个标准的接口（CAN 网标准），以便于与其他 CAN 网电控单元交流信息处理数据。CAN 网络系统电路简图如图 2-2-13 所示。其节点结构如图 2-2-14 所示。

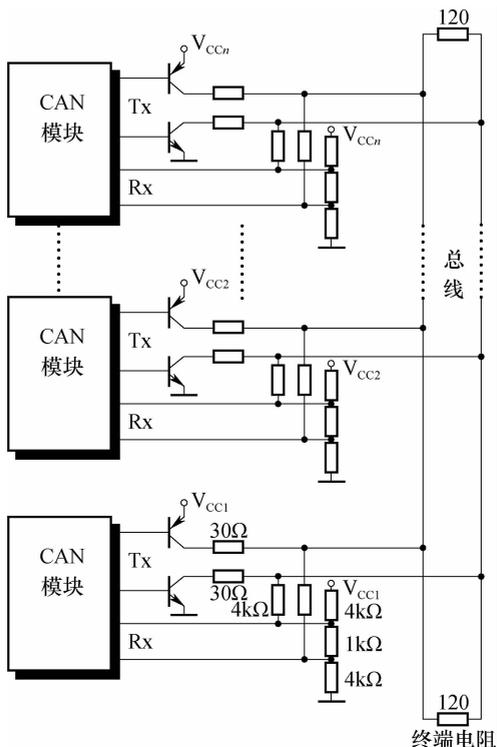


图 2-2-13 CAN 网络系统电路简图

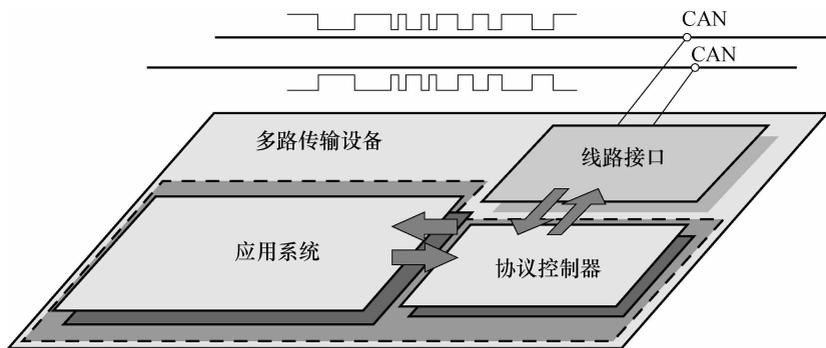


图 2-2-14 CAN 网电控单元接口

协议控制器（CP CAN）负责管理 CAN 网协议，其功能有：CAN 网信息输入和输出的编码/译码，检测到空闲总线之后即进入该总线，冲突管理，错误管理，与微处理器的接口连接并实现运行任务。

线路接口有两个重要作用，即是翻译和保护。负责将 CAN 网总线的信号 CAN_H 和 CAN_L 翻译成无干扰的 Rx 信号传入协议控制器，或者相反，将协议控制器的 Tx 信号翻译成 CAN_H 和 CAN_L 传入总线。

CAN 数据总线系统物理层表现为两种，高速 CAN 数据总线系统物理层适用于速率为 250 kbit/s 到 1 Mbit/s，而低速 CAN 数据总线系统物理层适用于速率不超过 125 kbit/s。

① 高速 CAN 数据总线系统物理层。

a. 导线电平定义。高速 CAN 网互补数据对的电压水平是标准化的，其中一根被称为高电平传输线 CAN_H（图 2-2-15），另一根被称为低电平传输线 CAN_L（图 2-2-16），对地电压分别被表示为 V_{CAN_H} 和 V_{CAN_L} ，它们之间的差值被称为差分电压 V_{diff} ，即 $V_{diff} = V_{CAN_H} - V_{CAN_L}$ 。

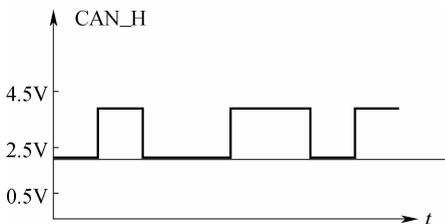


图 2-2-15 高电平传输线 CAN_H 示意图

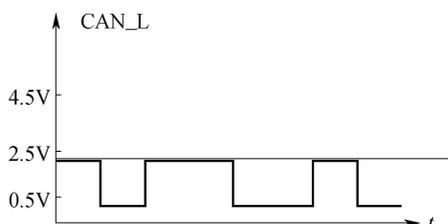


图 2-2-16 低电平传输线 CAN_L 示意图

b. 互补数据对。高速 CAN 数据总线系统物理层由互补数据对组成，其两条线分别叫做 CAN_H 和 CAN_L。在 CAN_H 和 CAN_L 上同时传送信息，CAN_H 上传送的信息和 CAN_L 上传送的信息正好是相反的。

c. 电压水平。高速 CAN 数据总线系统互补数据对的电压水平是标准化的，

高速 CAN 数据总线系统互补数据对信号形式如图 2-2-17 所示。CAN 数据总线系统的传输如图 2-2-18 和图 2-2-19 所示。

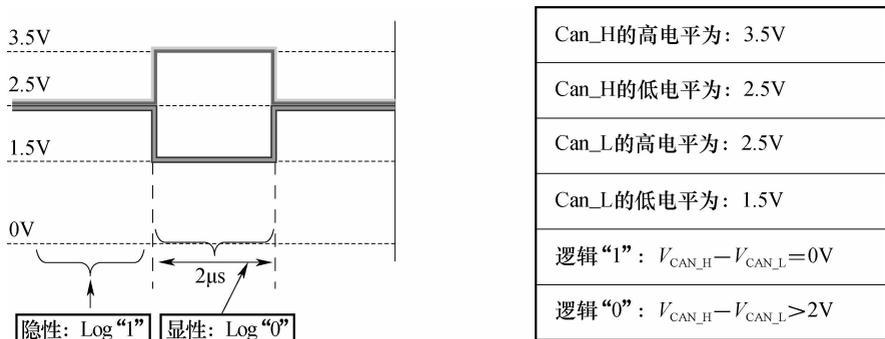


图 2-2-17 高速 CAN 数据总线系统互补数据对信号形式（高速 CAN 网的逻辑电平）

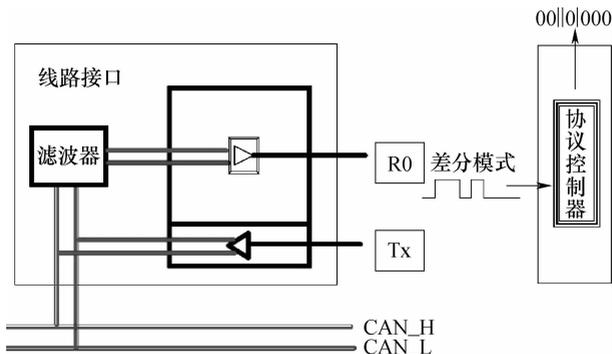


图 2-2-18 高速 CAN 数据总线系统的传输（计算机接收信息电路）

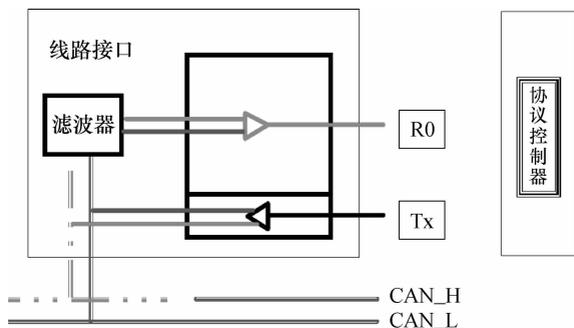


图 2-2-19 高速 CAN 数据总线系统的传输（计算机发送信息电路）

d. 没有诊断。高速 CAN 数据总线系统物理层由于其内部结构的限制，不能提供任何容错方法。因为高速 CAN 数据总线系统的比较电路很简单，如果出现

故障，比较器不会发送信号，也没有办法实现通信。以下 7 种情况中，只有两种情况在物理层容错范围内，其他几种情况下网络是不能运行的，并且各个电控单元之间也不可以实现通信。

CAN_H 地线短路——无法运行；

CAN_H 正极短路——在 CAN_L 上进行降级运行（在物理层容错范围内）；

CAN_H 地线短路——在 CAN_H 上进行降级运行（在物理层容错范围内）；

CAN_L 正极短路——无法运行；

CAN_H 上开路——无法运行；

CAN_L 上开路——无法运行；

CAN_H 和 CAN_L 相互短路——无法运行。

e. 休眠/唤醒。在 CAN 线路接口有持续供电的情况下，如果网络处于休眠状态，高速 CAN 网物理层一旦有活动信号，网络的活动信息经 Rx 线唤醒 CP CAN，当协议控制器 CP CAN 被唤醒时，它将打断网络休眠，执行苏醒过程。

②低速 CAN 数据总线系统物理层。

a. 互补数据对。低速 CAN 数据总线系统物理层由一个互补数据对组成，其两条线分别叫做 CAN_H 和 CAN_L。在 CAN_H 和 CAN_L 上同时传送信息，CAN_H 上传送的信息和 CAN_L 上传送的信息正好是相反的。

b. 电压水平。低速 CAN 数据总线系统物理层的电压水平也是标准化的。低速 CAN 数据总线系统物理层信号形式如图 2-2-20 所示，由图中可以看出其信号上升和下降的时间（坡道），同时注意到：电压振幅比高速 CAN 数据总线系统物理层的要强，这是因为速率对应更低（只到 125 kbit/s）。低速 CAN 网的逻辑电平如图 2-2-21 所示。CAN 数据总线系统的传输如图 2-2-22、图 2-2-23 所示。

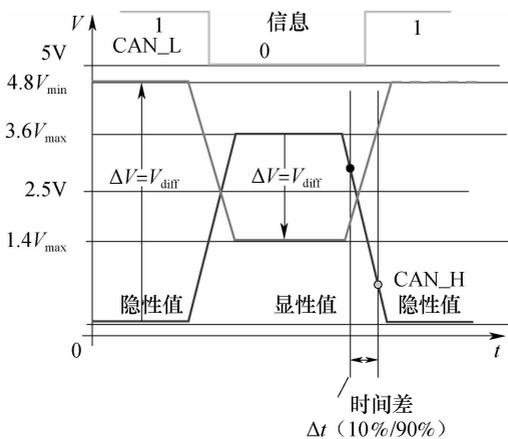


图 2-2-20 低速 CAN 数据总线系统物理层信号形式

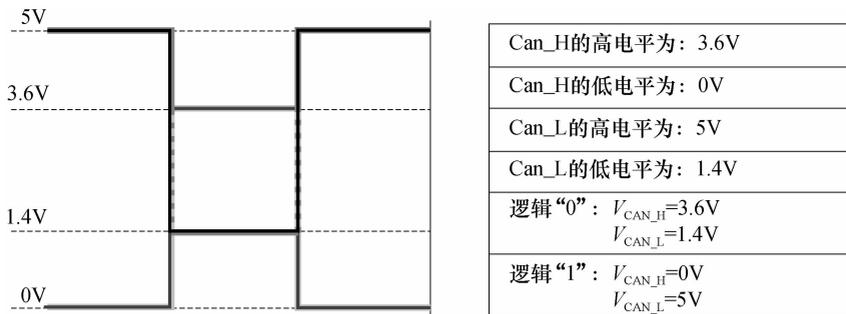


图 2-2-21 低速 CAN 网的逻辑电平

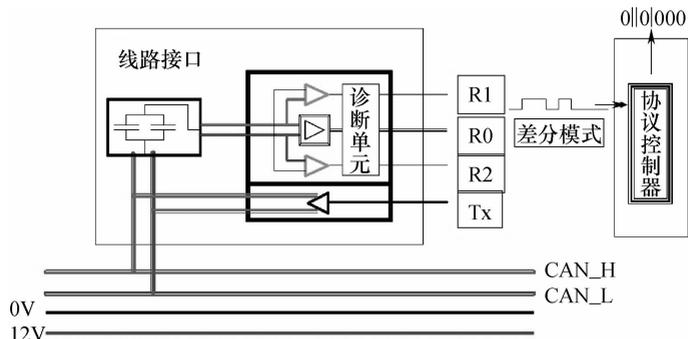


图 2-2-22 低速 CAN 数据总线系统的传输（计算机接收信息电路）

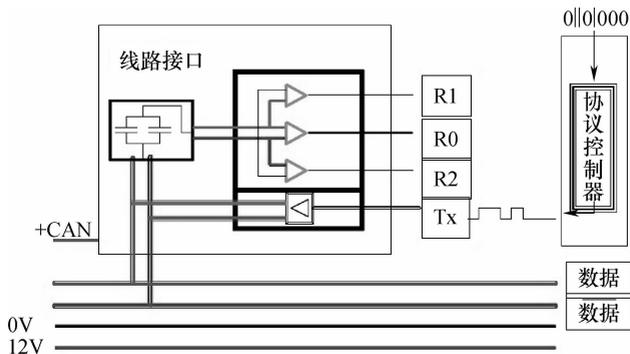


图 2-2-23 低速 CAN 数据总线系统的传输（计算机发送信息电路）

c. 诊断。低速 CAN 数据总线系统物理层为故障提供一个容错功能，因为其差分电路是由 3 个共用模式的比较器组成的，而这 3 个比较器用来将 CAN_H 和 CAN_L 与参照电压进行比较，如图 2-2-22、图 2-2-23 所示。在这种情况下，3 个比较器中至少有一个总是能保持运转的，故障形式如以下 6 条所示：

- CAN_H 地线短路 → 在 CAN_L 上进行降级运行；
- CAN_H 正极短路 → 在 CAN_L 上进行降级运行；
- CAN_L 地线短路 → 在 CAN_H 上进行降级运行；
- CAN_L 正极短路 → 在 CAN_H 上进行降级运行；

CAN_H 上呈开路——→在 CAN_L 上进行降级运行；

CAN_H 和 CAN_L 相互短路——→在 CAN_L 上自动切断，在 CAN_H 上进行降级运行。

5. CAN 总线的数据传输过程

CAN 数据总线的数据传输原理在很大程度上类似于电话会议的方式。一个用户（控制单元）向网络中“说出”数据，而其他用户“收听”到这些数据。一些控制单元认为这些数据对它有用，它就接收并且应用这些数据，而其他控制单元也许不会理会这些数据。故数据总线里的数据并没有指定的接收者，而是被所有的控制单元接收及计算。

每条数据的传递包括以下 5 个过程。

(1) 提供数据

控制单元向 CAN 控制器提供数据用于传输。

(2) 发出数据

CAN 收发器从 CAN 控制器处接收数据，将其转化为电信号发出。这些数据以数据列的形式进行传输，数据列是由一长串二进制（高电平与低电平）数字组成的（如 0110100100111011）。

(3) 接收数据

所有与 CAN 数据总线一起构成网络的控制单元成为接收器。

(4) 检验数据

控制单元对接收到的数据进行检测，看是否是其功能所需。

(5) 认可数据

如果所接收的数据是重要的，它将被认可及处理，反之将被忽略。

例如，发动机计算机向某计算机 CAN 收发器发送数据，该计算机 CAN 收发器接收到由发动机计算机传来的数据，转换信号并发给本计算机的控制器。CAN 数据传输系统的其他计算机收发器均接收到此数据，但是要判断此数据是否是所需要的数据，如果不是则将其忽略掉（图 2-2-24）。

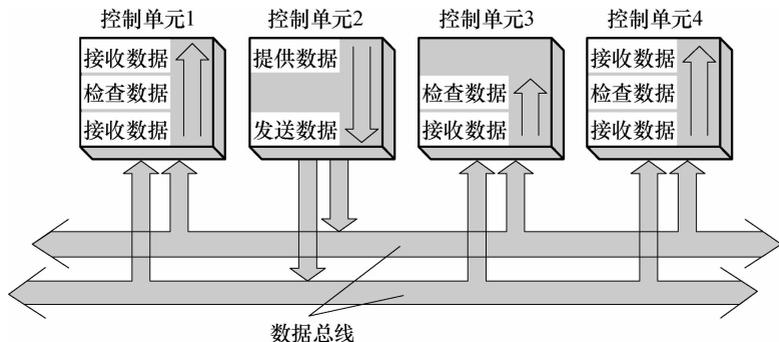


图 2-2-24 控制单元间的数据传输示意图

6. CAN 总线的信息帧类型

CAN 的信息帧类型有：数据帧 (data frame)、远程帧 (remoto frame)、错误帧 (error frame) 和超载帧 (overlead frame)。

(1) 数据帧

数据帧携带数据由发送器至接收器。数据帧有 7 个不同的位域，如图 2-2-25、图 2-2-26 所示。7 个位域依次是：起始域、仲裁域、控制域、数据域、CRC (循环冗余) 校验码域、应答 (ACK) 域和帧结束。各区域功能见表 2-2-4。

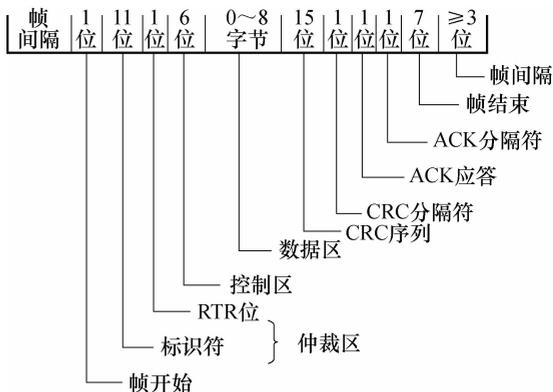


图 2-2-25 数据帧结构图 1

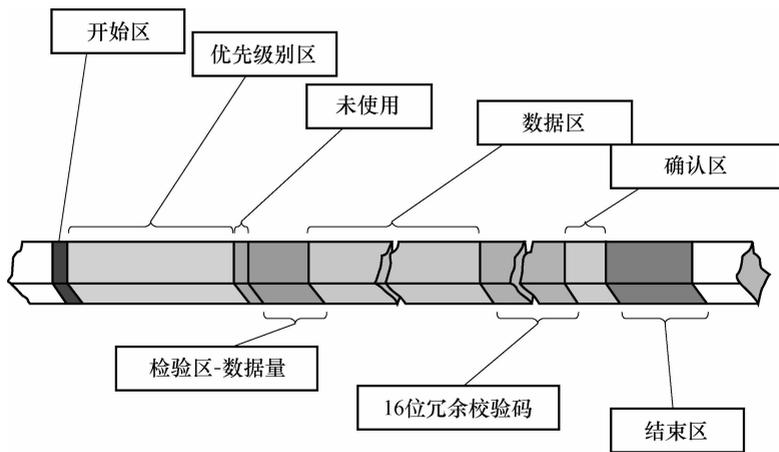


图 2-2-26 数据帧结构图 2

表 2-2-4 数据帧各区域功能表

区域名称	区域功能
开始域	标志数据开始。标志数据帧和远程帧的起始，它由单个“显性”位构成。只有当总线处于空闲状态时，才允许节点开始发送，所有节点必须同步于首先开始发送节点帧起始引起的上升沿
状态域	仲裁域由标识符和 RTR 位构成。不同的 CAN 版标识域长度有所区别。标准 CAN 格式为 11 位，ID28 ~ ID18；扩展 CAN 格式为 29 位，ID28 ~ ID0。 RTR 为远程传送位，数据帧中为显性，远程帧中为隐性，它是区别数据帧与远程帧的标志
检查域	显示数据域所包含的信息项目，在这里允许任何接收器检查是否已接收到所有信息。检查域有 6 位

续表

区域名称	区域功能
数据域	数据域给出要传送的数据；CAN 标准格式中，一个帧中数据为 0~8 个字节
安全域	检测传输数据中的错误。安全域有 16 位。CRC 循环冗余检验是数据通信中应用最广的一种检验差错方法。其方法是在发送端用数学方法产生一个循环码，叫做循环冗余检验码。在信息码位之后随信息一起发出。在接收端也用同样方法产生一个循环冗余校验码。将这两个校验码进行比较，如果一致就证明所传信息无误；如果不一致就表明传输中有差错，并要求发送端再传输
确认域	在确认域中，接收器发送信号通知发送器，接收器已经正确接收到数据。如果检查到错误，接收器立刻通知发送器，然后发送器再发送一次数据。确认域有 2 位
结束域	帧结束域是任何数据帧和远程帧之后连续的 7 个隐性位，它是一帧的结束标志，标志着数据报告结束。在这里是显示错误并重复发送数据的最后一次机会

(2) 远程帧

远程帧用以请求总线上的相关单元发送具有相同标识符的数据帧。如图 2-2-27 所示，远程帧由 6 个域构成。与数据帧相比，RTR 位为隐性，没有数据域，数据长度编码域可以是 0~8 的任何值，这个值是远程帧请求发送的数据帧的数据域长度。当具有相同仲裁域的数据帧和远程帧同时发送时，由于数据帧的 RTR 为显性，所以数据帧获得仲裁，发送远程帧的节点可以直接接收数据。

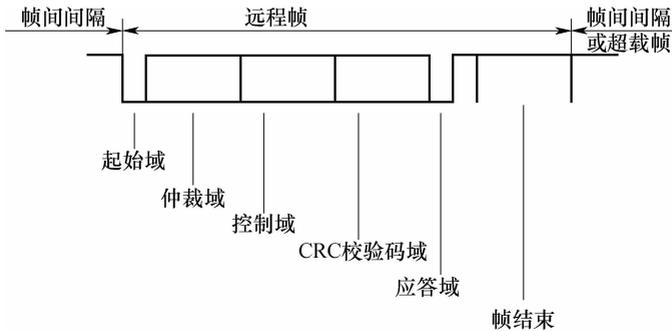


图 2-2-27 远程帧结构图

数据帧和远程帧与前一个帧之间都有一个间隔域，即帧间间隔。

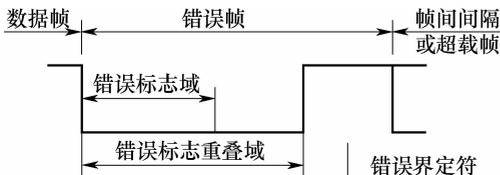


图 2-2-28 错误帧结构图

(3) 错误帧

一旦某个节点发现错误就发送一个错误帧。错误帧由检测出总线错误的单元发送。任何单元检测到总线错误时就发送错误帧。如图 2-2-28 所示，错误帧有两个域，第一个是不同

节点发出的错误标志域，第二个为错误界定符。

1) 错误标志：有两种形式的错误标志。

①激活 (active) 错误标志。它由 6 个连续显性位组成。

②认可 (passive) 错误标志。它由 6 个连续隐性位组成。它可由其他 CAN 控制器的显性位改写。

2) 错误界定：错误界定符由 8 个隐性位组成。传送了错误标志以后，每一站就发送一个隐性位，并一直监视总线直到检测出 1 个隐性位为止，然后就开始发送其余 7 个隐性位。

(4) 超载帧

超载帧用于请求在下一个数据帧或远程帧到来之前加入延时。超载帧由一个忙的 CAN 节点送出，以请求在前、后数据帧之间增加一个额外的延迟。如图 2-2-29 所示，超载帧由两个区域组成：超载标志域及超载界定符域。下述三种状态将导致超载帧发送。

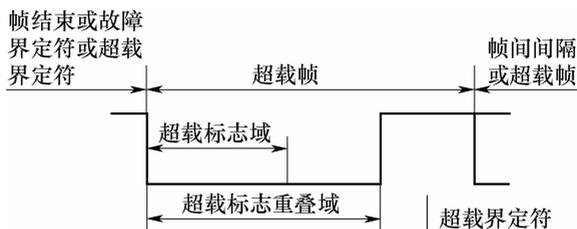


图 2-2-29 超载帧结构图

1) 接收方在接收一帧之前需要过多的时间处理当前的数据 (接收尚未准备好)；

2) 在帧空隙域检测到显性位信号；

3) 如果 CAN 节点在错误界定符或过载界定符的第 8 位采样到一个显性位节点会发送一个超载帧。

超载标志由 6 个显性位构成，它与故障激活标志一样。它的出现，破坏了间隔时域，结果导致所有节点监测到超载情况，开始发送一个超载标志。当间隔时域的第三位时段内检测到显性状态时，节点将认为这是一个帧起始位。

超载界定符由 8 个隐性位组成，与故障界定符一样。在发出超载标志后，节点监听总线状态，直到出现一个显性到隐性的变化标志超载周期结束。在这段时间内，原节点已经完成了超载标志的发送，而且开始发送另外 7 个隐性位。

7. 数据报告优先权

如果多个控制单元要同时发送各自的数据，那么系统就必须决定哪一个单元首先进行发送。具有最高优先级的数据首先发送。基于安全考虑，由 ABS/EDL 控制单元提供的数据比自动变速控制单元提供的数据 (驾驶舒适) 更重要。

在状态域中，由 11 位组成的编码，其数据的组合形式决定了优先权（见表 2-2-5）。

表 2-2-5 数据报告优先权状态域形式

优先权	数据报告	状态域形式
1	Brake1（制动 1）	001 1010 0000
2	Engine1（发动机 1）	010 1000 0000
3	Gearbox1（变速器 1）	100 0100 0000

3 个控制单元同时发送数据，此时，在数据传输线上进行 1 位的数据比较。如果一个控制单元发送了一个低电位，而检测到一个高电位，那么这个控制单元就停止发送，而转为接收器。数据优先权裁定原理如图 2-2-30 和表 2-2-6 所示。

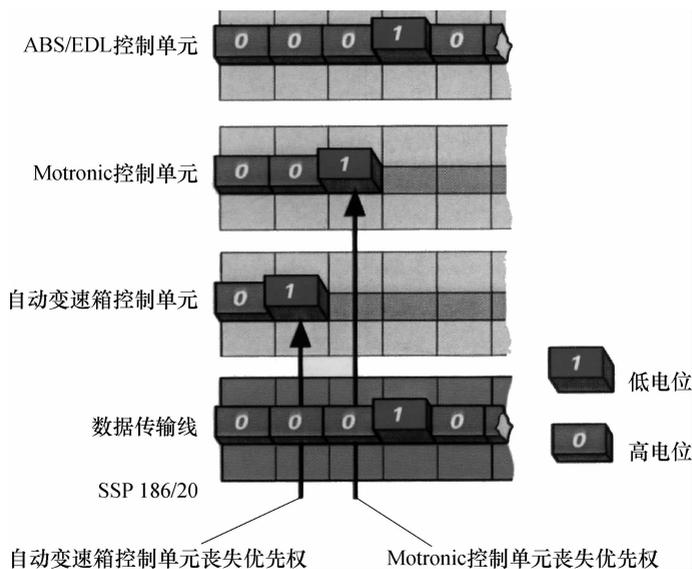


图 2-2-30 数据优先权裁定原理图

表 2-2-6 数据优先权裁定原理说明

位次	比较	结果
位 1	ABS/EDL 控制单元发送了 1 个高电位，Motronic 控制单元也发送了 1 个高电位	自动变速器控制单元发送了 1 个低电位而检测到 1 个高电位，那么它将失去优先权而转为接收器
位 2	ABS/EDL 控制单元发送了 1 个高电位，Motronic 控制单元发送了 1 个低电位并检测到 1 个高电位	Motronic 控制单元也失去优先权，而转为接收器

续表

位次	比较	结果
位 3	—	<p>ABS/EDL 控制单元拥有最高优先权并接收分配的数据, 该优先权保证其持续发送数据直至发送终了;</p> <p>ABS/EDL 控制单元结束发送数据后, 其他控制单元再发送各自的数据</p>

(二) LIN 总线多路传输系统

LIN 始创于 1998 年, 由 Audi、BMW 等 7 家汽车制造商及 Motorola 集成电路制造商联合提出, 专为降低汽车成本而开发的一种总线系统, 它是现有汽车 CAN 网络功能的补充。在现代汽车改革方面, LIN 也是较为普遍使用的一种总线, 它作为 CAN 总线的补充, 可有效地降低汽车制造成本。LIN 提升了系统结构的灵活性, 并且无论从硬件还是软件角度而言, 都为网络中的节点提供了相互操作性, 并可预见获得更好的 EMC (电磁兼容) 特性。它主要用于汽车外围设备的网络连接, 应用最多的是灯光照明、车窗座椅、电动天窗等的控制传输。LIN 协议的主要特征见表 2-2-7。

表 2-2-7 LIN 协议主要特征

交流媒介	1 根导线
流速	1 ~ 20 kbit/s
节点数	< 16
长度	< 40 m
成本	< CAN 网
数据制式	64
帧的数据大小	2 ~ 8 个字节
结构	单主/多从
可靠性	< CAN 网

1. LIN 总线通信协议

LIN 总线是基于 SCI 或 UART 数据格式, 采用单主控制器、多从设备的模式, 使用串行通信协议, 可以有效地支持汽车上分布式机械电子节点的控制。LIN 总线的主要优点是降低材料及装配成本, 如连线从两根减少到一根, 振荡器由陶瓷式改为电阻式; 不需要改变任何其他从机节点的软件或硬件就可以在网络中方便地直接添加节点; 另外, 它的抗干扰性强, 主要应用在精度误差要求不是很苛刻的部件的控制上。

(1) LIN 总线网络结构

LIN 的通信协议仅包含物理层和数据链路层。其编码方式为 NRZ (not return

zero) 码, 电平分为隐性电平 (“1”) 和显性电平 (“0”) 两种。它支持单主-多从的总线式拓扑结构, 主节点需要支持 CAN 协议或者 J1850, 同时具有 SCI 功能模块或者 ISO-9141 物理接口; 从节点只要具有 SCI 功能模块或者 ISO9141 物理接口即可。一个 LIN 网络由一个主节点、一个或多个从节点组成, 节点数受标识符长度及总线物理特性的限制, 实际应用中不高于 16 个。整个网络的配置信息只包含在主节点中, 从节点可以自由地接入或脱离网络而不会影响网络中的通信。LIN 的网络结构如图 2-2-31 所示。

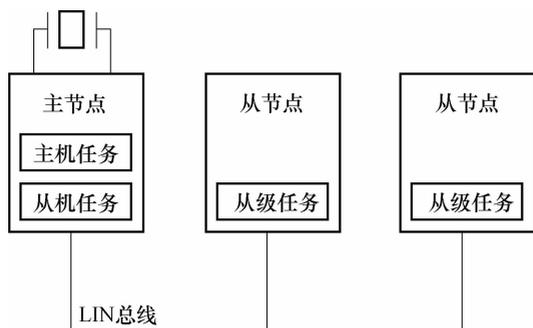


图 2-2-31 LIN 网络结构图

(2) LIN 规范概述

1) 报文: 在总线上发送的信息, 每个报文帧都包括 2、4 或 8 个字节的数据以及 3 个字节的控制和安全信息。总线的通信都由主机任务发送, 从机的任务则是发回数据场和校验场。通过主机控制单元中的从机任务, 数据可以被主机控制单元发送到任何从机控制单元。

2) 信息路由: LIN 系统中, 节点不使用有关系统配置的任何信息, 除了单主机节点的命名。不需要改变任何其他从机节点的软件或硬件就可以在 LIN 网络中直接添加节点, 报文的内容由标识符命名。

3) 位速率: 最大的波特率是 20 kbit/s, 它是由单线传输介质的 EMI 限制制定的。最小的波特率是 1 kbit/s, 可以避免和实际应用的超时周期冲突。

4) 单主机——无仲裁: 只有包含主机任务的控制器节点可以传输报头, 一个从机任务对这个报头作出响应。由于没有仲裁的过程, 如果多于一个从机响应就会产生错误。

5) 连接 LIN 网络节点的最大数量不仅由标识符的数量限制, 也由总线的物理特征限制。一般网络的节点数量不应超过 16, LIN 网络中积累的电线长度应 ≤ 40 m。

(3) LIN 的通信规则

一个 LIN 网络由一个主节点和一个或多个从节点组成, LIN 网络上的通信总是由主发送任务所发起。LIN 总线有主-从传输或从-从传输两种方法。

1) 主-从通信模式。

主-从通信模式将大部分调度操作转移到主节点上，从而简化其他节点操作。因此，LIN 从节点硬件大幅减少，甚至可能减少为单个状态设备。另一个优势是，由于主节点能够同时与所有节点通信，信息和要求的 ID 数量都大大减少。但是，这种通信方法速度缓慢。这时，LIN 节点很难及时地接收和处理数据，并选择性地将它传输给其他节点。

2) 从-从通信模式。

从-从通信模式下，响应“从任务”的是远程节点。各个信息帧上的节点共用信息，从而极大地提高响应速度。但是，从-从通信方法有很大的局限性：首先，各个从节点的时钟源未知，因此从节点将数据传输到网络时，数据可能发生漂移；其次，这种情况下，主节点不显示从-从通信已经失效。

(4) LIN 总线报文传输

LIN 总线是一主多从的通信机制，即允许一个主机任务和多个从机任务。主机任务位于主机节点内部，负责报文的进度表和发送报文头，即向从机任务传送同步和标识符信息，并将从机任务的信息传送到其他所有从机任务。从机任务位于所有的节点中，其中一个节点发送报文的响应信息。

一个报文帧（图 2-2-32）是由一个主节点发送的报文帧头和一个主机或从机节点发送的响应组成，报文帧的报文帧头包括一个同步间隔场、一个同步场和一个标识符场，报文帧的响应则由数据场及校验和场组成。在 LIN 通信协议中，主机任务除了上述任务外还要进行数据的校验和错误异常处理，同时可以使用它的时基作为参考时钟，进入睡眠模式时可由从机任务唤醒。

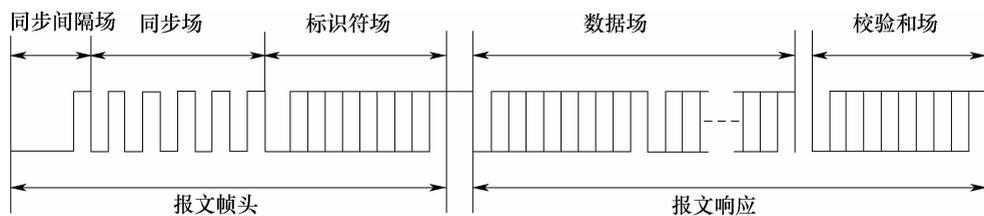


图 2-2-32 LIN 总线报文帧

所有节点都有一个从通信任务，该通信任务分为发送任务和接收任务。主节点还有一个主发送任务，一个 LIN 网络上的通信总是由主发送任务所发起。主控制器发送一个起始报文，相应的从控制单元在接收并且滤除消息标识符后，一个从任务被激活并且开始本消息的应答。LIN 网络通信过程如图 2-2-33 所示。

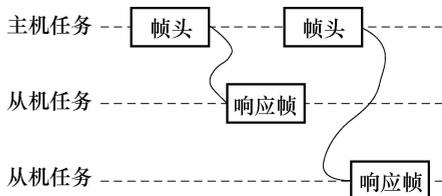


图 2-2-33 LIN 网络通信过程

2. LIN 总线的应用

在汽车电子控制单元中，涉及汽车安全以及动力的系统，如汽车发动机、自动变速箱、ABS 安全气囊等单元可采用 CAN 网络控制方式，而对于小型系统，如电动门窗、转向盘、座椅、照明灯等单元，出于成本的考虑可以采用 LIN 网络控制方式。图 2-2-34 所示为整车 CAN/LIN 混合控制系统示意图。

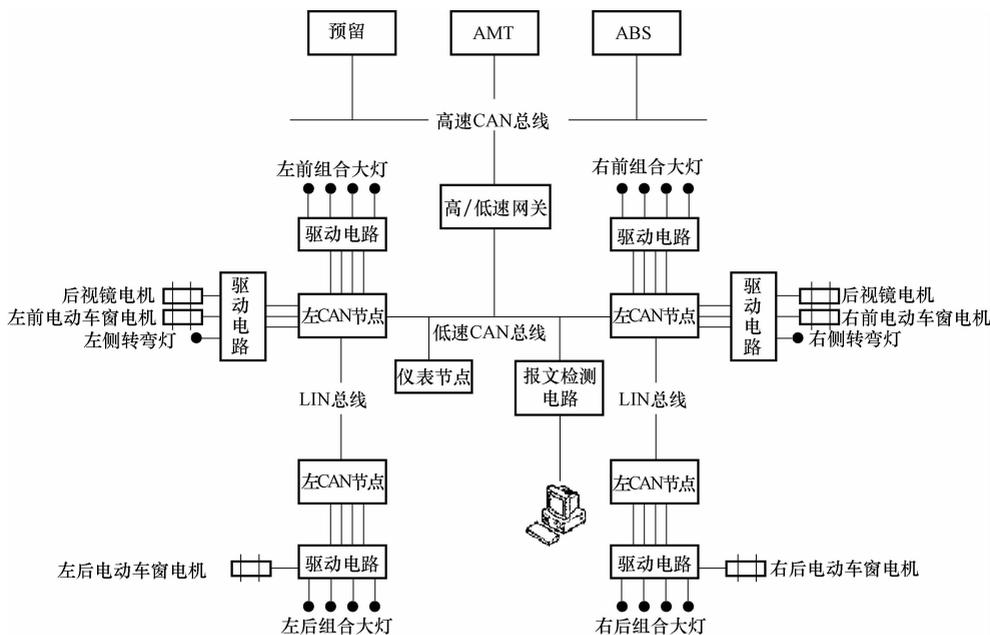


图 2-2-34 整车 CAN/LIN 网络控制图

车灯是车身外部照明的主要装置，所以车灯控制是车辆在行驶过程当中用来与外部世界进行交流指示的重要手段，尤其在夜间行驶就更加重要了。车灯模块可分为左前灯模块、右前灯模块、左后灯模块、右后灯模块。选用 Motorola 公司的 8 位单片机 MC 908GZ16 作为网关，完成 CAN 与 LIN 的信息通信。而车灯通过 LIN 总线用 4 个灯控模块进行控制，如图 2-2-35 所示。

主机节点 MC 68HC 908GZ16 采集本地各控制开关的状态并接收 CAN 总线上的远程信息，据此产生控制指令，并将指令转换为 LIN 报文帧，通过 LIN 网络发送给相应从机节点。从机节点 MC 908QL4 通过收发器 TJA1020 接收到与自己相关的报文帧后，对报文帧进行拆封、解读，然后根据获得的指令控

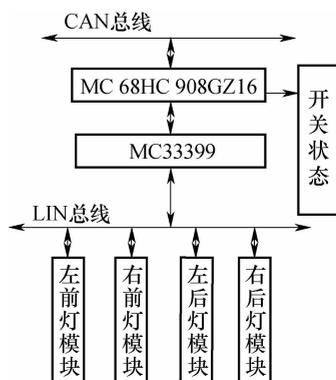


图 2-2-35 车灯系统 LIN 模块

制相应的执行器动作，从而实现对车灯状态的控制。同时，在需要时从机节点分别将其控制部件所处状态反馈给主机节点，主机节点再将该状态信息通过指示灯等形式通过 CAN 总线发送给其他控制单元。主机节点也作为本 LIN 网络与上层 CAN 网络连接的网关，如图 2-2-36 所示。

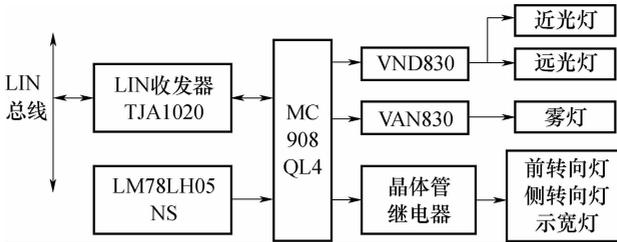


图 2-2-36 前车灯 LIN 模块

以左前车灯模块为例，可使用两个字节来传输车灯模块的报文，各字节的定义见表 2-2-8。

表 2-2-8 LIN 通信定义

信号名称	字节	比特	初始化值	定义
控制器故障	B0	D7	0	0, 无; 1, 有
总线故障	B0	D6	0	0, 无; 1, 有
远光灯状态	B0	D5	0	0, 关闭; 1, 打开
近光灯状态	B0	D4	0	0, 关闭; 1, 打开
雾灯状态	B0	D3	0	0, 关闭; 1, 打开
示宽灯状态	B0	D2	0	0, 关闭; 1, 打开
前转向灯	B0	D1	0	0, 关闭; 1, 打开
侧转向灯	B0 B1	D0	0	0, 关闭; 1, 打开 保留

(三) VAN 总线多路传输系统

VAN (ve-hicle area network) 又称车辆局域网，是现场总线的一种，由法国的雷诺汽车公司和标致集团联合开发。VAN 作为专门为汽车开发的总线，1994 年成为国际标准。VAN 通信介质简单，位传输速率可达 1 Mbit/s (40 m 内)，按 SAE 的分类应该属于 C 类。

VAN 支持分布式实时控制的通信网络，可广泛应用于汽车门锁、电动车窗、空调、自动报警以及娱乐控制等系统。VAN 总线作为串行通信网络，与一般总

线相比，其数据通信具有突出的可靠性、实时性和灵活性。VAN 标准特别考虑了严峻的环境温度、电磁干扰和振动因素，尤其适用于需要现场总线的实时控制系统。

1. VAN 总线分层描述

VAN 符合 ISO11519-3 标准，属于 ISO/OS-7 层模型，ISO11519-3 只对物理层和数据链路层作了定义。

(1) VAN 的物理层

物理层负责通信连接、编码和解码、时钟同步，以及根据 MAC 层的要求，添加、去除特殊符号 (SOF、EOD、EOF)，使两个 MAC 子层得以数据交换。

1) VAN 位传输速率可达 1 Mbit/s，两根数据线（数据线 DATA 和数据线 DATAB 采用双绞线、同轴电缆或光纤均可）可以在一根线条件下工作，其电压示意图如图 2-2-37 所示。其信号差动发送，能够获得强大可靠的噪声抗扰度与故障容差。

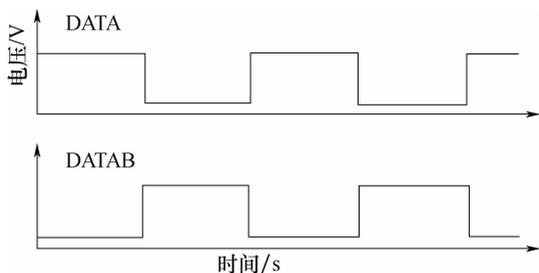


图 2-2-37 VAN 总线 DATA 与 DATAB 的电压示意图

2) VAN 采用 E-Manchester（增强型 Manchester）码，通信速率最高可达 1 Mbit/s。如图 2-2-38 所示，E-Manchester 码为 3 个 NRZ 码（不归零码），与一个 Manchester 码作为一组，自同步，无须填充 NRZ 码。除此之外，VAN 还可以用脉冲波通信。

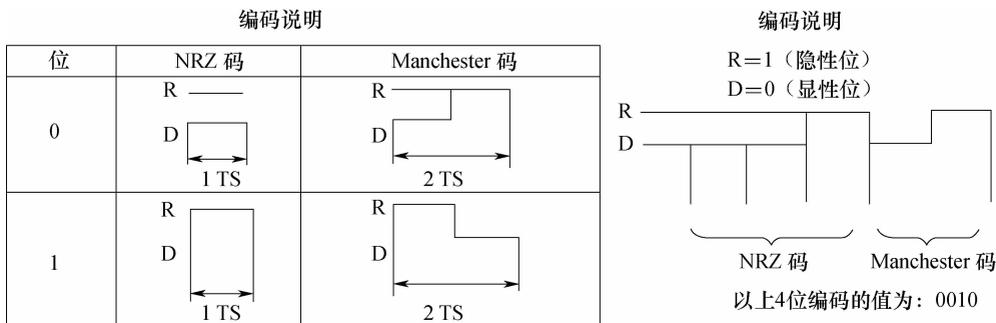


图 2-2-38 E-Manchester 编码

说明：“TS”是电压出现变化的最小时间单位，1NRZ 位持续时间 = 1TS，1Manchester 位持续时间 = 2TS。

(2) VAN 的数据链路层

数据链路层定义了信息帧的数据结构、通信优先权、通信格式、通信要求、总线仲裁以及错误检测及处理等。为在总线上可靠地传输数据，要将数据打包成帧。帧即为组成一个完整消息的一系列数据位，分成几个域，每个域包括了预定义类型的数据。数据链路层包含介质访问控制子层 MAC 和逻辑链路控制子层 LLC。其中，MAC 子层是 VAN 协议的核心，负责报文分帧、仲裁、应答、错误检测和标定，把接收到的报文提供给 LLC 子层，并接收来自 LLC 子层的报文，处理帧的封装和解封装。LLC 子层负责报文滤波及错误处理。

1) VAN 的帧由 SOF、ID、COM、DATA（远程帧无）、FCS（CRC）、EOD、ACK（可选）及 EOF 8 部分组成，每帧之间有帧间距 IFS。从表 2-2-9 可以看出，4 个域（ID、COM、DATA、CRC）使用 E-Manchester 码。对帧结构的 8 个部分解释如下：EOD（end of data），数据结束；EOF（end of frame），帧结束；ID（identification），标识；COM（command），命令；DATA，数据；FCS（frame check sequence），帧校验序列；CRC（cyclic redundancy code），循环冗余码；ACK（acknowledge），应答。

表 2-2-9 VAN 帧结构

时长	SOF	ID	COM	DATA	CRC	EOD	ACK	EOF	IFS
bit	10	1215	4	(0~28) >8	15	2	2	8	4
10	15		5	(0~28) ×10	15+3	2	2	8	4

2) 帧内应答，即数据立即应答帧的数据请求和数据应答，“拼凑”为一帧。

3) VAN 网络上的节点信息被分成不同的优先级，可满足不同的实时要求，高优先级的数据有权先发送数据。

4) VAN 采用非破坏性总线仲裁技术（全帧逐位仲裁）。

5) VAN 只需通过滤波即可实现点对点、全局广播方式传送数据。

6) VAN 协议可使用介质访问控制子层 MAC 检查可能发生的以下 5 种错误，即位错误、代码错误、帧格式错误、CRC 校验错误、ACK 错误。

7) 在数据传输时，VAN 如果发生错误能自动重试，重试次数由用户设定。VAN 能侦测通信线路短路和开路，当两条通信线中的一条通信线发生故障（短路或者开路）时，可以在降级模式下运行，当线路故障解除时，可自动恢复到正常状态。

2. VAN 总线数据传输

(1) VAN 的报文格式

在总线中传送的报文有两种，一种是数据帧（RTR = 0），另一种是远程帧

(即请求帧, $RTR = 1$, 无 DATA 域), 由 8 部分组成, 如图 2-2-39 所示。

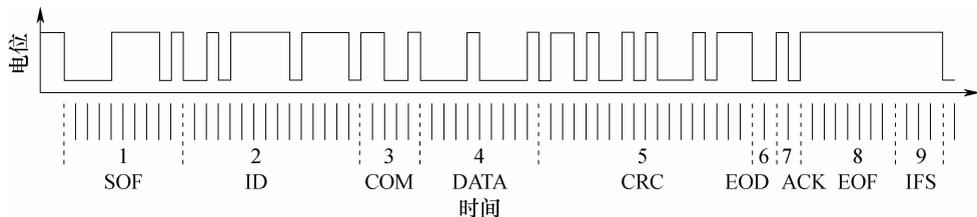


图 2-2-39 VAN 通信的波形

1) 在标准格式中, 报文的起始位称为帧起始 (SOF), 前同步码指示帧的开始, 并设置临时参考点, 如图 2-2-40 所示。

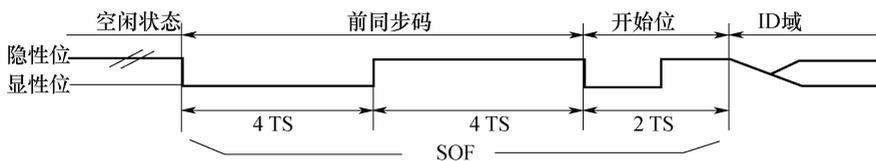


图 2-2-40 SOF 域示意图

2) 标识符 (idfield) 域, 用于识别和说明帧中传递的数据, 指示帧的目标地址。共 12 位, 每 4 位一组 (图 2-2-41)。ID 域可以扩展。

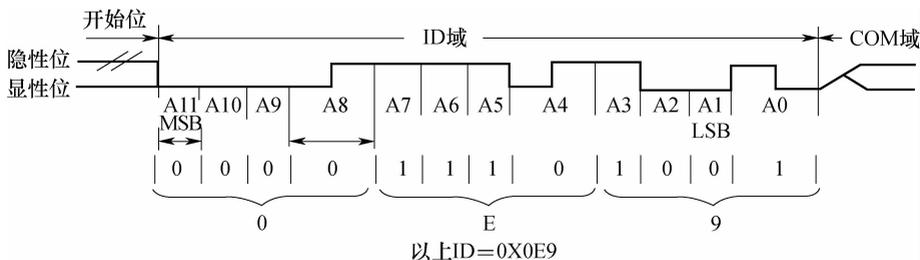


图 2-2-41 ID 域示意图

3) 命令域由 4 位组成 (EXT、RAK、R/W、RTR)。EXT (扩展位) 为将来扩展使用, 规定为 1 (隐性位); RAK 用于接收模块是否需要应答 ACK; R/W 指示读写; RTR 位标明是数据帧还是请求帧, 在请求帧 ($RTR = 1$) 中没有数据字节; RTR 是 Manchester 位。

4) 数据域 (Data) 范围为 0 ~ 28 个字节, 数据传输时, MSB (最高有效位) 在前。

5) FCS 采用 CRC (循环冗余码), 15 位, 通过多项式计算检测数据错误, 判断报文是否有错。

6) 数据结束域 (EOD) 指示数据结束。

7) 应答域 (ACK) 发送节点发送隐性电平 (逻辑 1), 如果有正确接收报文的节点, 将发送主控电平 (逻辑 0) 覆盖原来的隐性电平。

8) 帧结束域 (EOF) 为 8 个 TS 的连续隐性位。

9) 在相邻的两条报文之间, 帧间距 IFS 为 4 个 TS 的隐性位。如果 VAN 总线上有连续 12 个隐性位, 则表明总线处于空闲状态。

(2) 位仲裁

现场总线要求数据快速传送才能对数据进行实时处理。几个节点同时发送数据时, 要求快速地进行总线分配。快速变化的物理量 (如汽车发动机负载) 比起相对变化较慢的物理量 (如汽车耗油状况) 数据更频繁, 要求传输更迅速。

VAN 总线以报文为单位进行数据传送, 报文的优先级结合在 12 位标识符中。具有最低二进制数的标识符则有最高的优先级。这种优先级一旦在系统设计时被确立就不能再被更改。总线采用载波监听多路访问/冲突、检测 (CSMA/CD) 技术, 读取中的冲突可通过位仲裁解决, 叙述如下。

当几个节点 (如图 2-2-42 所示, 有 3 个节点 a、b、c) 同时发送报文时, 假设它们的报文标识符 (ID) 前面几位相同, 节点 a 的报文标识符最后两位是 01, 节点 b 的报文标识符最后两位是 00, 节点 c 的报文标识符最后两位是 11。由于 0 (显性位) 优先, 而且仲裁从高位到低位, 节点 c 的倒数第 2 位是 1 (隐性位), 首先被丢弃, 退出竞争。接下来看节点 a 和节点 b 的倒数第 1 位, 节点 a 的倒数第 1 位是 1, 被丢弃, 退出竞争。

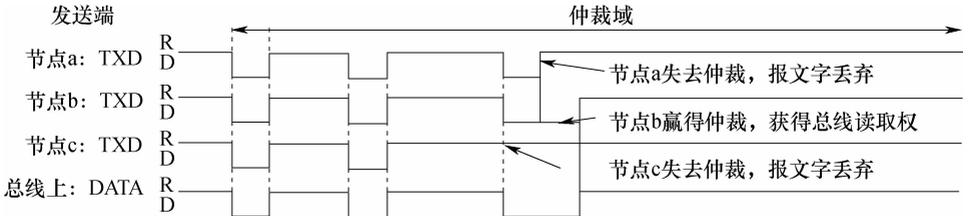


图 2-2-42 CSMA/CD 逐位非破坏仲裁

总线上的信号持续跟踪, 最后获得总线读取权的节点的报文。在此例中, 节点 b 的报文被跟踪 VAN 具有较高的效率, 总线总是被排队利用。当多个节点同时向总线发送信息时, 各节点优先级由低到高依次退出, 实现边仲裁边传输, 最终最高优先权信息的节点获得总线使用权, 节省了总线冲突仲裁时间, 这些节点将自动重发信息, 实现实时传输。这种非破坏性位仲裁方法的优点在于, 总线空闲后在网络最终确定哪一个节点的报文被传送以前, 报文的起始部分已经在总线上传送了。所有未获得总线读取权的节点, 都成为接收节点, 并且不会在总线再次空闲前发送报文。

3. VAN 总线的应用

VAN 总线的应用形式主要有两种，一种为单一 VAN 网络，另一种为 VAN-CAN 混合网络。神龙公司生产的爱丽舍、毕加索（1.6L、2.0L）和赛纳车均采用了 VAN 多路传输系统。法国与中国合资生产的标致、雷诺车上的电器全部都是以 VAN 的网络形式连接的，包括音响主机、显示屏、碟箱、空调、车速表以及气囊等。

(1) 单一的 VAN 网络

最先开发的车载 VAN 舒适网主要用于汽车舒适性调节，比如空调、报警、导航、CD 机、收音机、组合仪表、多功能显示屏、门锁、车窗、车灯等；主要应用车型有赛纳和毕加索，是纯 VAN 总线的车型。现在应用的 VAN 多路传输系统中，使用 BSI（智能控制盒，即中央控制计算机）对各功能单元进行控制（图 2-2-43），这样既减少了对驾驶员本身素质的依赖，又提高了驾驶和乘车的舒适性及安全性。

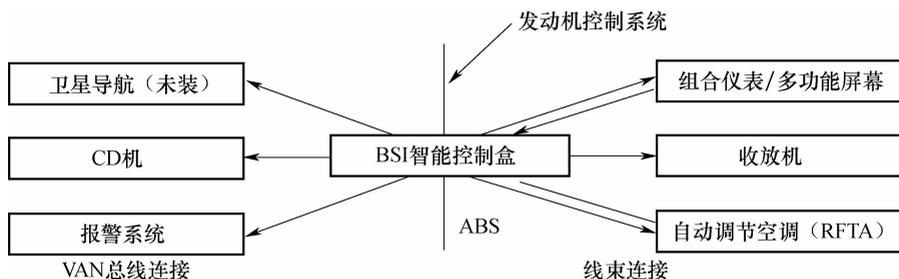


图 2-2-43 VAN 多功能传输系统结构示意图

考虑到 VAN 总线的传输速率，中央控制计算机与其他子系统的控制计算机单元（如发动机控制系统、ABS 控制系统等）之间的通信仍然用普通的线束实现。

(2) VAN-CAN 混合网络

为了满足对更多功能和更高舒适度的高级车辆的需要，市场上又出现了 VAN-CAN 双网并存的轿车，其结构如图 2-2-44 所示。

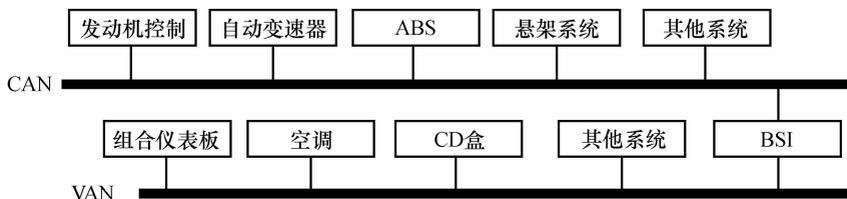


图 2-2-44 VAN-CAN 混合结构

图 2-2-44 中，CAN 总线为多主系统网络，用于机械功能、发动机和底盘等。

VAN 舒适网用于仪表、收放机、空调控制、导航系统等，为多主控式网络，传输速率为 125 kbit/s。CAN 和 VAN 这两种网络都具有可靠性、简单性、经济性及稳定性，其中 CAN 网络往往用于连接轿车中实时控制的功能控制系统，VAN 多用在连接车身中的功能控制系统上。

目前，为了满足功能需要，广泛应用的 VAN-CAN 双网结构出现了“多网”的趋势，其中 VAN 网络又分为舒适 VAN 网和车身 VAN 网，车身网又分为车身网 VAN1 和车身网 VAN2，适用于安全气囊、前照大灯、车门、车窗、车门玻璃、座椅、微粒过滤器以及转向盘等，其传输速率为 62.5 kbit/s 的典型速率。

(四) MOST 总线多路传输系统

1. MOST 总线介绍

MOST (media oriented systems transport) 是指多媒体定向系统传输系统，是专为在车辆中使用而开发的一种多媒体应用通信技术。

MOST 利用一根光纤，最多可以同时传送 15 个频道的 CD 质量的非压缩音频数据。在一个局域网上，最多可以连接 64 个节点（装置）。

MOST 为多媒体时代的车载电子设备所必需的高速网络，为遥控操作及集中管理的方法等提出了方案。MOST 将成为汽车用多媒体设备所不可缺少的技术。

MOST 是采用塑料光缆（POF）的网络协议，将音响装置、电视、全球定位系统及电话等设备相互连接起来，给用户带来了极大的便利。在 MOST 中，不仅对通信协议给出了定义，而且也说明了分散系统的构筑方法。

MOST 网络可以不需要额外的主控计算机系统，结构灵活，性能可靠和易于扩展。MOST 网络光纤作为物理层的传输介质，可以连接视听设备、通信设备以及信息服务设备。MOST 网络支持“即插即用”方式，在网络上可以随时添加和去除设备。

2. MOST 的特点

MOST 具有以下几个特点：

- 1) 保证低成本的前提下，达到 24.8 Mbit/s 的数据传输速率。
- 2) 无论是否有主控计算机都可以工作。
- 3) 使用塑料光缆（plastic optical fiber, POF）优化信息传送质量。
- 4) 支持声音和压缩图像的实时处理。
- 5) 支持数据的同步和异步传输。
- 6) 发送/接收器嵌有虚拟网络管理系统。
- 7) 支持多种网络连接方式。
- 8) 提供 MOST 设备标准。
- 9) 方便简洁的应用系统界面。
- 10) MOST 总线不像 CAN 总线和 I-Bus（仪表总线）那样只传输控制数据和

传感器数据，它还能传输数字音频信号和视频信号图形以及提供其他数据服务。

3. MOST 总线协议

(1) MOST 数据的类型

在 MOST 网络中，传输的信息有同步数据、异步数据和控制数据三种类型。这三类数据分别由一个信息帧的同步数据域、异步数据域和控制数据域传送。

同步数据域用于传送实时数据，数据的访问采用分时多路复用（time division multiplexing, TDM）方式。在一个帧中异步传输用于传送大块的数据。异步数据以令牌环的方式访问，控制数据域传输媒体和其他数据，控制通道的协议采用载波监听多路复用（carrier sense muccess, CSMA）访问方式。

(2) MOST 总线结构和原理

1) MOST 的节点结构。

MOST 标准的节点结构模型如图 2-2-45 所示。MOST 网络可以连接基于不同内部结构和内部实现技术的节点。它的拓扑结构可以是环形网或星形网或菊花链。MOST 网络上的设备分享不同的同步和异步数据传输通道，不同类型的数据具有不同的访问机制。

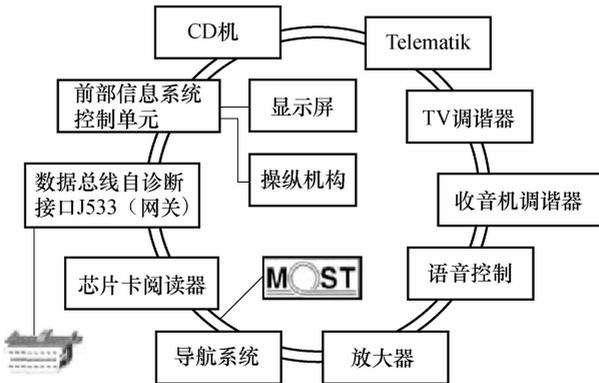


图 2-2-45 MOST 标准的节点结构模型

MOST 网络有集中管理和非集中管理两种管理模式。集中管理模式中，管理功能由网络上的一个节点实施；当其他节点需要这些服务时，必须向这个节点申请。非集中管理模式中，网络管理分布在网络上的节点中，不需要这种中心管理。

一个 MOST 网络系统由 MOST 连接机制、MOST 系统服务和 MOST 设备三方面决定。MOST 网络启动时，为每一个网上设备分配一个地址；数据传输时，通过同步位流实现各节点的同步。

2) MOST 设备。

连接到 MOST 上的任何应用层部分都是 MOST 设备。因为 MOST 设备是建立

在 MOST 系统服务层上的，它可以应用 MOST 网络提供的信息访问功能以及位流传送的同步频道和数据报文异步传送功能。它可以向系统申请用于实时数据传送的带宽，同时还可以以报文形式访问网络和发送/接收控制数据。MOST 网络中，在网络管理系统的控制下，这些设备可以协同工作，它们之间可以同时传送数据流，控制信息和数据报文。

如图 2-2-46 所示，逻辑上，一个 MOST 设备包括节点应用功能块、网络服务接口、发送/接收器以及物理层接口。一个 MOST 设备可以有多个功能块，如使用 CD 需要有“播放”、“停止”以及“设置播放时间”等功能。这些功能，对于 MOST 设备来说是外部可访问的。

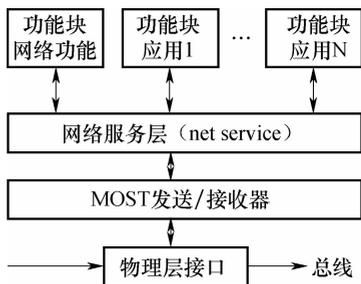


图 2-2-46 MOST 设备的逻辑结构

典型 MOST 设备的硬件结构如图 2-2-47 所示。其中 Rx 表示输入信号，Tx 表示发送信号，Ctrl 表示控制信号，在一些简单的设备中，可以没有微控制器部分，由 MOST 功能模块（MOST 发送/接收器）直接把应用系统连到网络上。

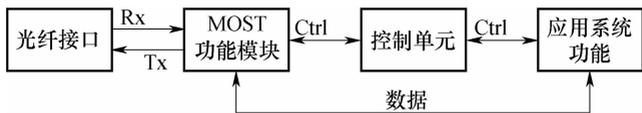


图 2-2-47 MOST 设备的硬件结构

3) 多媒体网络的原理。

多媒体网络的一个基本特征是它不像 CAN 总线和 I-Bus 仪表总线那样，只传输控制数据和传感器数据，除此之外一个多媒体网络还能传输数字音频信号和视频信号图形以及其他数据。其原理如图 2-2-48 所示。

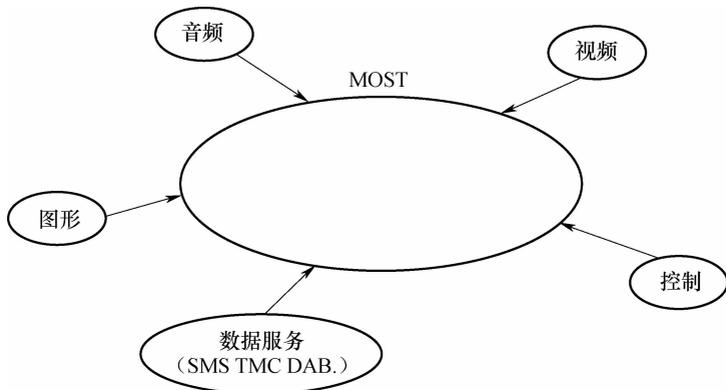


图 2-2-48 多媒体网络的原理

控制数据和传感器数据与数字音频信号和视频信号系统最大的区别在于数据容量，数字音频信号和视频信号的数据容量非常大（15 Mbit/s），采用高速的 CAN（1 Mbit/s）也无法及时、快速传递。

MOST 目前提供的带宽为 22.5 Mbit/s。为了满足数据传输的各种不同要求，每一个 MOST 信息分为控制数据、异步数据和同步数据三部分。

4. MOST 在汽车上的应用

MOST（面向媒体的系统传输总线）技术问世以来，近几年该技术的普及速度突飞猛进。截至目前，该技术已经被 50 多种车型采用，芯片年出货量达 1 200 万片，在欧洲已经成为事实上的行业标准，在亚洲和北美市场，该技术已经全面渗透到汽车行业中，2007 年以丰田为首的日本汽车厂商对该技术的采用，引发了该技术在日本汽车行业的普及风潮。

(1) MOST 技术的产生

MOST 技术由 MOST 组织来主持标准化与规格化工作。截至目前，已经有 15 家国际性汽车厂商和 70 余家主要零配件生产厂商加盟该组织。为了推动 MOST 技术向汽车以外的行业普及，MOST 组织开始着手准备开发技术的标准化工作，并建立起与之相配套的组织机构。

来自车载 LAN（局域网）领域的市场需求掀起了引进 MOST 技术的风潮。由于对高端汽车娱乐装置需求的走强，要求汽车厂商能够封装更为复杂的汽车系统产品，因此需要搭载多个高性能中央控制器，设计出复杂的控制软件。同时，为了在这些装置间建立连接，必须在车体内布置大量复杂的导线。这必然需要有一个高效率的网络来集成并传送声音或图像、软件包、控制信号。

(2) MOST 技术优势

在为数不多的几个 LAN 标准中，MOST 技术具备技术上的优势和较高的实用性。特别值得一提的是其技术上的优势，与其他标准相比，在于这种通信标准是一种分流可能性很大的技术。

主要通信标准大多数是以软件包的形式传输的。为了实现实时传输声音、动画，必须考虑各种方案。为了调整时间，需要缓存、为管理软件包传输追加信息，这样就会出现缓存溢出的问题，降低网络的工作效率。

MOST 把网络按小时分成段，通过给 1 个分流传输分配 1 个带频，可以生成与专用通道同等效果的虚拟传输通道。这样不仅可以保证传输带频不受其他通信传输量的影响，还可以省去为说明数据内容而附加的文件。这一方式不仅提高了网络的使用效率，也简化了外部线路的分布。比如，可以原封不动地传输从 A/D 整流器输出的整个音频文件而不用经过任何处理。MOST 技术可以在不用改变较低传输速率的前提下提高网络使用效率，实现物理层的低成本、简易化封装。

(3) MOST 技术拓展应用

目前已经实现产品化的 MOST 技术有 MOST25、MOST50，第 3 代 MOST150

Mbit/s 技术——50MOST 正在开发中。MOST150 可以达到与 MOST25 塑料光纤同等的传输速率，不用增加物理层成本就可以提高通信速率。为了给不同数据类型提供最合适的传输通道，以往的技术都是通过分配同步频段、非同步频段、控制频段等 3 个逻辑频段来实现，而 MOST150 在此基础上又增加了两个频段：一个是同步丛发频段，与 MOST 网络相比，它是一种更容易进行非同步分流传输、更适合传输 MPEG 格式图像的方式；另一个是可以通过 MAC 地址进行通信的以太网频段，这一频段可以当作以太网使用，轻松处理 TCP/IP 协议。

采用 MOST150 后，影像传输变得更容易，不仅可以用在休闲娱乐方面，还可以用在车载摄像头等行车系统上。由于提高了与以太网的亲和性，所以不用增加新的布线就可以嵌入 TCP/IP 操作系统，进一步提高了网络应用的灵活性。此外，MOST 技术不仅可以用在汽车上，还可以用在家庭影院、教育领域，汽车行业培育起来的技术与品质有望发展到其他消费品市场。

（五）FlexRay 总线多路传输系统

FlexRay 是 BMW、Daimler Chrysler、Motorola 和 Philips 等公司制定的功能强大的通信网络协议，基于 FTDMA（flexible time division multiple access）的确定性访问方式，具有容错功能及确定的通信消息传输时间，同时支持事件触发与时间触发通信，具备高速率通信能力。该协议不仅提高了一致性、可靠性、竞争力和效率，而且还简化了开发周期和降低了使用成本，符合未来汽车的应用需求。

1. FlexRay 协议及其容错机制

FlexRay 协议数据传输速度为 10 Mbit/s。它是一种可伸缩的通信系统，支持同步或异步数据传输。同步数据传输可实现时间触发通信，以满足系统可靠性要求；异步数据传输在事件驱动的通信中允许每个节点利用全部带宽。因此，FlexRay 是为高速率数据传输和高级控制应用而设计的故障容错协议。德国 BMW 公司与 Daimler Chrysler 公司有望在近几年内将 FlexRay 引入其汽车系列。

FlexRay 网络结构可以有 4 种形式，即总线式、星形式、星形 - 总线混合式及多个星形串接式。FlexRay 的总线根据需要可以连接多个乃至很多节点。在每个节点内，根据应用的确定性和容错要求，FlexRay 模块均包括实施 FlexRay 协议所需的所有组件。

1) 寄存器模块。它包含控制寄存器，用于配置 FlexRay 设备，还包括状态寄存器，用于读取当前的协议状态信息。

2) 信息缓冲器接口。CPU 中使用该接口，以接收和传输数据，包括寄存器块生成的数据。

3) 协议状态机。通信控制器的核心，它执行整个协议逻辑，如信息处理、建立通信周期、启动和错误处理。

4) 定时单元负责定时控制。它包括支持分布式时钟的同步。

5) 循环冗余码校验 CRC 单元。在信息传输和接收过程中, 生成和检验每个数据帧的校验和。

6) 接收和传输单元。每个通道一个。

FlexRay 采用冗余备份的办法, 分别由 2 条总线和 2 个网络控制器构成一个完整网络, 每个电子控制单元 ECU 分别和 2 条总线相连。正常情况下, 可以利用双通道进行数据传递, 当其中一个网络发生故障时, 也可以由另一个备份网络承担通信任务。

FlexRay 帧分成三段, 即头段、负载段、尾段, 如图 2-2-49 所示。



图 2-2-49 FlexRay 帧结构

1) 头段。头段中包括 4 部分, 即帧 ID (11 位)、数据长度指示 (7 位)、头部 CRC (11 位)、周期计数 (6 位)。帧 ID 中用来识别该帧和该帧在事件触发帧中的优先级。数据长度指示标注一帧中能传送的字数。头部 CRC 检测传输中的错误。周期计数有一个计数器, 每一通信周期开始时, 该计数器增 1。在帧 ID 之前还有 5 位, 第 1 位是保留位, 第 2 位是负载段前言指示, 第 3 位是 0 帧指示, 第 4 位是同步帧, 第 5 位是起始帧指示。

2) 负载段。负载段是该帧用来传送数据的部分。FlexRay 负载段的长度可达 127 个字 (254 字节), 比 CAN 大 30 倍。其长度可变, 从 0 到 254 字节, 在帧头的数据长度指示中标出。

3) 尾段。尾段为 3 个 8 位的 CRC, 用以检测错误。一帧的长度为 $(5 + 0 + \dots + 254 + 3)$ 字节。

FlexRay 支持多个级别的容错功能, 包括通过单信道或双信道模式 (提供传输所需要的冗余), 提供可扩展的系统容错。独立的物理层总线保护器也有助于最大限度地减少系统错误, 确保在通信控制器出现故障的情况下, 根据需要将通信控制器与网络断开, 从而避免了数据传输冲突的发生。

要为所有的 FlexRay 节点提供时间触发的实时系统, 需要在不同节点之间提供准确的全局时间同步。FlexRay 过偏差纠正和速率纠正算法支持时钟纠正管理。在每个周期中, “同步信息” 从网络上的同步节点传送到总线。为了支持容错系统, 它至少提供 4 个同步节点。每个节点都接收到一条同步信息, 并将其时钟与同步节点的时钟进行比较, 然后纠正其时钟, 以便与同步节点的时钟相匹配。这是一个故障——如果安全系统一个节点发生故障, 不会干扰其他节点的同步, 这

样所有网络节点都能在一个紧凑的预先设定的精确时间窗中有秩序地工作。

2. FlexRay 线控制动系统实现过程

高级底盘控制是 FlexRay 推动新技术在汽车设计中的最好应用。如今，防抱死制动系统（ABS）在大量车辆上得到普及，但是车辆稳定性控制仍然是一个复杂、费用高昂的难题。随着基于 FlexRay 网络控制的线控制动技术的出现，车辆稳定性控制的主要组件将向更轻、更快、更简单、效率更高的方向发展，从而实现高级车辆的稳定性控制。

线控制动技术 [亦称电子机械制动（EMB）] 可以消除制动液和液压管路的困扰。单独的高性能电机在每个车轮上产生制动力，制动由 ECU 控制，并由电子踏板模块发出的信号执行。FlexRay 提供通信协议，支持整个系统的高速信息传送，FlexRay 的容错功能保证了线控制动系统的绝对可靠性。

如图 2-2-50 所示，FlexRay 支持的线控系统包括用作 ECU 部件的车辆控制节点、每个车轮提供的单独节点和一个制动踏板节点。系统包含大量传感器、电动执行器、电控模块（ECM）和减速器装置，制动车轮节点属于该系统。从根本上说，制动时电子信息便从踏板节点发送到 ECU，ECU 再将信息转载到车轮节点 ECM，ECM 的主要功能是接收制动踏板信号，处理并提供适当的电压向量，以便电动执行器能够完成必要的扭矩响应（图 2-2-51）。

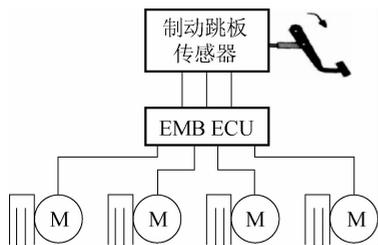


图 2-2-50 FlexRay 支持的线控制动系统

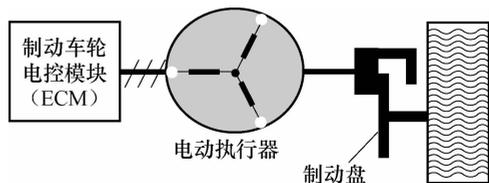


图 2-2-51 车轮制动模块工作过程示意图

电动执行器将电能转换成机械能，通过减速器装置传输到制动器外壳和制动垫块上，然后它们作为一个整体将制动力施加到制动盘上。FlexRay 的高带宽功能可以快速传输大量极为详尽的信息，从而使机械反应变得非常迅速、准确。由于每个车轮节点都是 FlexRay 网络的独立系统，每个车轮可以在不同时间间隔提供不同的制动压力，从而在不同制动情况下提供即时的稳定性控制。此外，使用综合感应技术将其他信息（如质量分配、乘客定位、胎压偏差、路面状况等）装载到线控制动系统上，线控驾驶系统将提供空前的车辆稳定控制级别。

FlexRay 除了具有线控制动的安全可靠优势外，还有大量其他优势值得考虑。例如，它能够与未来的智能交通系统实现无缝联网，能与其他车内线控功能轻松集成等。此外，未来汽车多媒体娱乐系统要求将数据总线集成在一起，以传输移

动图像，这就需要传输速率更高、更快的网络总线，而 FlexRay 总线增加了高速协议，可满足最严格的系统要求。

在汽车领域，FlexRay 协议可能的应用具体如下：主动和被动安全系统、防碰撞系统、动力传动控制系统和辅助驾驶系统。总之，FlexRay 将实现动力传动系统和车身系统等下一代高带宽控制应用，将使汽车发展成百分百的电控系统，完全不需要后备机械系统的支持，高度可靠的 FlexRay 网络应用，必将成为车内新型高速控制系统的全球标准，为汽车制造商带来更高的灵活性和更大的设计自由，并能提高安全性、降低油耗，为驾乘者提供更多方便的选择。

（六）蓝牙技术原理与应用

蓝牙是 1998 年 5 月五家世界著名大公司爱立信公司、诺基亚公司、东芝公司、国际商用机器公司和英特尔公司联合宣布的一项技术，其实质内容是建立通用的无线电空中接口及其控制软件的公开标准，使通信和计算机进一步结合，使不同厂家生产的便携式设备在没有电线或电缆连接的情况下，能在近距离范围内具有互用、相互操作的性能。

汽车系统与蓝牙技术相结合，将会给汽车的生产和服务带来更大的方便，如果进一步与移动电话，连接起来，车主即可在任何时间、任何地点都能了解汽车的情况，并给予必要的控制。蓝牙技术是一种低功耗的无线技术，成本低，实现容易，便于推广，但是要在汽车内实现蓝牙技术，还需要使蓝牙技术与 CAN（控制器局域网）等技术相配合。

1. 蓝牙技术的特点

蓝牙技术的实质内容是建立通用的无线通信空中接口及其控制软件的公开标准，使通信和计算机进一步结合，使不同厂家生产的仪器便携式设备，如车载电话移动电话、手提计算机等，在没有电线或电缆连接的情况下，能在近距离内具有互相通信、相互操作的性能。蓝牙技术支持点对点 and 一对多点的通信，其基本网络组成是皮可网（piconet），通过蓝牙技术连接在一起的所有仪器就是一个皮可网。由于具有蓝牙技术的电子模块尺寸较小，能够安装在小型电子仪器中，具备发射器和接收器功能，一旦具有蓝牙技术的两个仪器相遇，便会自动建立通信联系，同时构成皮可网，此间不需要用户介入。一个皮可网最多可以为 8 个活跃的蓝牙技术仪器提供地址，也可以最多同时排列 256 个非活跃的蓝牙技术仪器。皮可网中需要有一个核心部件——指令器，由指令器构造皮可网，其他的仪器需要与指令器适配同步，只有从指令器得到数据包的仪器才允许作出应答，这样在构造皮可网时就不会混乱。奥迪 A8 轿车的电话/电子通信系统控制单元就是蓝牙技术的指令器。

新一代的汽车上将包含更多的通过两个或更多的网络连接起来的中央处理器，其优点是汽车参数可以通过软件个别订制，并且使汽车具有更大程度上的自

诊断功能。为了充分利用这些特点，有必要在汽车系统和生产工具以及服务工具（用以下载新软件、新参数或上传汽车状态诊断信息等）间建立双向通信，这些生产工具在很大程度上是基于计算机技术的，汽车系统与生产工具之间的连接是通过电缆直接连接 CAN 总线或网关来实现的。

最廉价的方法是通过电缆直接使 CAN 总线与计算机相连，但电缆必须很短，根据 CAN 的标准，在 1 Mbit/s 下应小于 30 ms；在实际应用中，电缆可以再长一点，但从使用方便性来说，还是不够长。在新的设计中，也使用 CAN/USB（通信串行总线）网关，因蓝牙技术可在汽车系统与生产工具之间建立无线通信，所以有很大的优势，表 2-2-10 是 USB 与蓝牙技术的简要比较。

表 2-2-10 USB 与蓝牙技术的简要比较

参数	USB	蓝牙
数据吞吐率	较大	小
反应时间	较短	长
安全性	好	差
灵活性	差	很好
价格	低	高
多功能性	差	很好

从表 2-2-10 可以看出，蓝牙技术的最大优点是无线连接，它不仅可以用在汽车和生产工具之间，还可以用在汽车和车主喜好的服务工具之间；蓝牙技术的最大缺点是反应时间长和安全性较差。蓝牙技术是为任意实体间建立开放连接而开发的，但对于汽车系统来说，在大部分情况下是专一连接的。

2. 蓝牙技术的关键技术

为了使蓝牙技术在汽车中真正具有吸引力，必须能够在标准蓝牙 MAC（数据链路层）与用户订制的 MAC 层之间切换。用户订制的 z/m 层主要是为了获得更好的实时性，并简化避免窃听和其他蓝牙站的干涉，主要的时间要求是：以 1 000 ~ 5 000 bit/s 的速率交换 CAN 信息，如对 10 ~ 20 bit/s 长的数据包，需要 75 kbit/s 的速率和 5 ~ 10 ms 的转换时间。

蓝牙技术工作在全球通用的 2.4 GHz ISM 频段，其数据传输速率为 1 Mbit/s。蓝牙技术发射器的发射半径为 10 m，在特殊情况下，通过附加信号放大器可以达到 100 m。

在蓝牙技术的发展上，生产商花了很大的工夫来保证数据安全，以防止数据

在传输时被窃听和操纵。数据通过一个 128 bit 长的密码编码，接收器通过一个 128 bit 长的密码对其正确性进行检测，所有仪器使用同一个密码，通过密码，不同的仪器可以相互识别密码，在每次连接时重新生成，因为作用半径为 10 m，也提高了数据的安全性。

3. 蓝牙技术在汽车上的应用

(1) 蓝牙技术在汽车上的应用场合

蓝牙技术在汽车上服务的场合如下：

1) 当汽车进入服务站时，它的蓝牙站与服务站主计算机建立连接，它和汽车计算机通过蜂窝电话系统交换信息；

2) 服务站主计算机提醒服务人员分配任务，同时他的计算机与汽车建立连接，并下载一些需要的信息；

3) 服务人员在其计算机上获得必要的工作指示，当给汽车服务时，他可以通过计算机控制和调节一些功能，如车灯、窗户、空气、发动机参数等，也可以为任何电子控制单元下载最新版本的软件。

前两点是无可争辩的，但汽车制造商喜欢隐藏或控制一些信息，以致它们不能被未授权者改变。第三点则更具有魅力，在将来，汽车可以通过计算机实现远程控制，将会遇到高实时性和不受干扰的问题，因此，我们要区分两种模式：一是连接模式，二是控制模式。

在连接模式，平常的蓝牙 MAC 层应可以很好地工作，而在停车场，蓝牙站的密度会导致一些问题。在控制模式，蓝牙的 MAC 层就不是很合适，当建立连接时，仅需要点到点的连接，别的服务（如漫游、邻近连接等）将会产生问题，因控制模式下 MAC 的特性是由汽车制造商确定的，所以，必须能从蓝牙 MAC 层向用户订制的 MAC 层切换。蓝牙组织有没有必要重新设计当前的 MAC 层或提供更实时的 MAC 层，这可由汽车制造商自己或他们的组织来制定，但是，为了使每辆汽车内包含一个蓝牙节点对汽车制造商有更大的吸引力，应该以用户订制的 MAC 来暂时替代蓝牙 MAC。

(2) 汽车中的蓝牙网

在汽车里，每个车门前座和操纵轮都有灵活的电缆，而这些灵活的电缆常常会出现问题。这里，可以在小范围内采用无线电缆延伸器，但在 CAN 网络中，小范围内实现可靠的位到位无线连接很困难，因此电缆延伸器应该是网桥而不是简单的转发器，而且，在小范围内的位到位电缆延伸器需要 14 个无线单元，还要求网络间的兼容性，所以这种体系结构没有吸引力。

另一种方案是用一个节点相连，仅需 8 个基站，这样，利用电缆延伸器可把 CAN 网分为两个网，其中一个网络将仅由一个节点组成，这就解决了高复杂性

和高费用的问题。另外，基站可能与其他蓝牙特性产生兼容问题，因此应用也可减少，这就同时降低了硬件价格。汽车中的网络拓扑如图 2-2-52 所示。

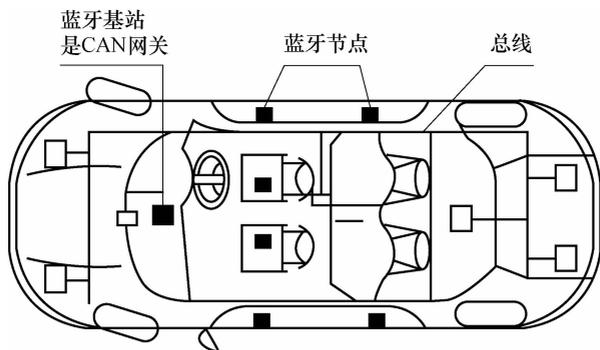


图 2-2-52 汽车中的网络拓扑结构