“十三五”职业教育国家规划教材·修订版

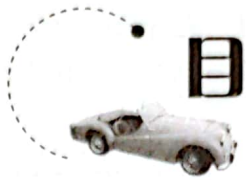


汽车总线系统检修

（第3版）

◆ 主编　张　军

北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS



目 录

▶ 模块一　汽车单片机技术在车载网络中的应用 …… 1

1.1　汽车微控制器系统组成 …… 2
1.1.1　微控制器组成 …… 2
1.1.2　车载网络的分类及控制单元的控制方式 …… 5
1.2　汽车单片机应用系统的基本要求 …… 9

▶ 模块二　汽车总线系统的认知 …… 13

2.1　采用总线技术的缘由 …… 14
2.1.1　系统的必要性 …… 14
2.1.2　采用总线技术的优点 …… 14
2.1.3　总线技术的发展 …… 15
2.2　总线系统信息传输及总体构成 …… 17
2.2.1　总线系统信息传输 …… 17
2.2.2　总线系统构成 …… 18
2.2.3　总线系统网络拓扑 …… 22
2.3　汽车总线系统的类型和协议标准 …… 24
2.3.1　汽车总线系统的类型 …… 24
2.3.2　A类总线系统标准、协议 …… 25
2.3.3　B类总线系统标准、协议 …… 26
2.3.4　C类总线系统标准、协议 …… 27
2.3.5　D类总线系统标准、协议 …… 28
2.4　CAN总线系统结构及传输原理 …… 29
2.4.1　CAN数据总线系统的结构 …… 30
2.4.2　数据传输形式和数据传输原理 …… 33
2.4.3　CAN数据总线的数据传递过程 …… 36
2.4.4　CAN总线的传输仲裁 …… 39
2.5　光纤网络传输 …… 40

2.5.1 光纤网络的类型及工作原理 …… 40
2.5.2 光纤的结构及光波的传输 …… 43

▶ 模块三 大众车系总线系统检修 …… 50

3.1 大众车系 CAN 总线网络 …… 51
3.1.1 大众车系 CAN 总线网络类型 …… 51
3.1.2 动力系统 CAN 总线 …… 51
3.1.3 舒适/信息系统 CAN 总线 …… 53
3.1.4 诊断系统总线 …… 56
3.2 大众车系 CAN 总线的特点 …… 57
3.2.1 大众车系 CAN 总线链路的特点 …… 57
3.2.2 大众车系 CAN 总线的链路 …… 57
3.2.3 CAN 数据总线上的终端电阻 …… 59
3.2.4 CAN 总线防干扰原理 …… 60
3.3 迈腾轿车总线系统检修 …… 62
3.3.1 迈腾轿车 CAN 总线系统网络 …… 63
3.3.2 LIN 数据总线系统网络 …… 66
3.3.3 迈腾轿车总线系统控制单元的功能及执行元件 …… 66
3.4 宝来轿车总线系统检修 …… 70
3.4.1 宝来轿车舒适系统 CAN 网络 …… 71
3.4.2 宝来轿车动力系统 CAN 网络 …… 83
3.5 大众车系车载网络的检测及故障诊断 …… 85
3.5.1 大众车系车载网络的检测 …… 85
3.5.2 故障案例 …… 95

▶ 模块四 奥迪 A6 轿车总线系统检修 …… 107

4.1 CAN 总线 …… 109
4.1.1 驱动系统 CAN 总线 …… 109
4.1.2 舒适系统 CAN 总线 …… 111
4.2 LIN 总线 …… 112
4.2.1 概述 …… 112
4.2.2 LIN 总线的组成和工作原理 …… 113
4.3 MOST 总线系统 …… 119
4.3.1 奥迪 A6 轿车 MOST 数据总线系统 …… 120
4.3.2 奥迪 A6 轿车 MOST 总线的控制单元和工作过程 …… 121
4.3.3 MOST 数据总线的检修 …… 123
4.4 奥迪 A6 轿车网络控制电气系统 …… 129
4.4.1 电能管理系统 …… 129

4.4.2 高级钥匙系统 …… 130
4.4.3 指纹识别系统 …… 134
4.4.4 Blue tooth …… 135
4.5 故障案例 …… 137

▶ 模块五 丰田轿车总线系统检修 …… 142

5.1 丰田汽车车载网络应用 …… 142
5.2 雷克萨斯轿车网络系统 …… 146
5.2.1 雷克萨斯轿车网络系统的组成 …… 146
5.2.2 雷克萨斯轿车总线网络系统的特点 …… 149
5.3 丰田锐志轿车 MPX 系统检修 …… 150
5.3.1 电动车窗系统 …… 150
5.3.2 中央控制门锁系统 …… 154
5.3.3 无线遥控系统 …… 157
5.3.4 防盗系统 …… 158
5.3.5 巡航系统 …… 160
5.3.6 自动空调系统 …… 161
5.3.7 视频系统 …… 162
5.3.8 锐志轿车倒车监视器系统 …… 163
5.3.9 蓝牙电话 …… 166
5.4 丰田凯美瑞轿车 CAN 总线系统的检修 …… 167
5.4.1 概述 …… 167
5.4.2 主要组件分布 …… 169
5.4.3 丰田凯美瑞轿车 CAN 总线系统的设置 …… 169

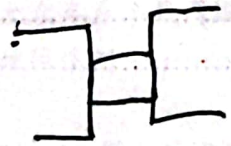
▶ 模块六 本田轿车总线系统检修 …… 179

6.1 本田雅阁轿车多路集中控制系统 …… 179
6.1.1 多路集中控制系统的组成 …… 179
6.1.2 多路集中控制系统的功能 …… 180
6.1.3 多路集中控制系统各控制模块的位置 …… 181
6.1.4 多路集中控制系统控制模块输入/输出信号控制元件 …… 182
6.2 多路集中控制系统的检测 …… 184
6.2.1 多路集中控制系统线路的检测 …… 184
6.2.2 多路集中控制系统故障自诊断 …… 188
6.3 故障案例 …… 195

▶ 模块七 别克轿车总线系统检修 …… 202

7.1 别克荣御轿车车身串行数据通信系统原理与维修 …… 203
7.1.1 UART 串行通信系统 …… 203
7.1.2 别克荣御轿车局域网 …… 203
7.1.3 别克荣御轿车局域网电路 …… 206
7.2 别克荣御轿车动力接口模块故障自诊断 …… 208
7.3 别克荣御轿车车身控制模块故障自诊断 …… 216
7.3.1 车身控制模块控制电器功能 …… 216
7.3.2 车身控制模块故障诊断 …… 227
7.3.3 无串行通信数据的故障诊断 …… 233

▶ 参考文献 …… 238



Fiber）在车中安装以 IEEE 1394 为基础的 IDB-1394，Toyota 等日本汽车制造商也将跟进采用 POF。由于消费者手中已经有许多 IEEE 1394 标准下的设备，并与 IDB-1394 相兼容，因此，IDB-1394 将随着 IDB 产品进入车辆的同时而成为普遍的标准。

高速主要用于实时的音频和视频通信，如 MP3、DVD 和 CD 等的播放，所使用的传输介质是光纤，这一类里主要有 D2B、MOST 和 IEEE 1394。

D2B 是用于汽车多媒体和通信的分布式网络，通常使用光纤作为传输介质，可连接 CD 播放器、语音电控单元、电话和互联网。D2B 技术已使用于 Mercedes 公司 1999 年款的 S-Class 车型。Daimler-Chrysler 等公司与 BWM 公司一样使用 MOST，作为车辆内 LAN 的接口规格，用于连接车载导航器和无线设备等，数据传输速率为 24 Mbit/s，其规格主要由德国 Oasis Silicon System 公司制订。

在无线通信方面，采用 Blue tooth 规范，它主要是面向下一代汽车的应用，如声音系统、信息通信等。目前，已经有一些公司研制出了基于 Blue tooth 技术的处理器，如美国德州仪器公司（TI）不久前宣布推出一款新型基于 ROM 的蓝牙基带处理器，可用于通信及娱乐或 PC 外设等方面。

2.4　CAN 总线系统结构及传输原理

CAN 是 Controller Area Network（控制器局域网络）的缩写，含义是电控单元通过网络进行数据交换，CAN 数据总线传输可比作公共汽车，如图 2-11 所示，可以同时运输大量乘客，CAN 数据总线包含大量的数据信息。在汽车领域，几乎所有欧洲新型汽车都使用了 CAN 网络。

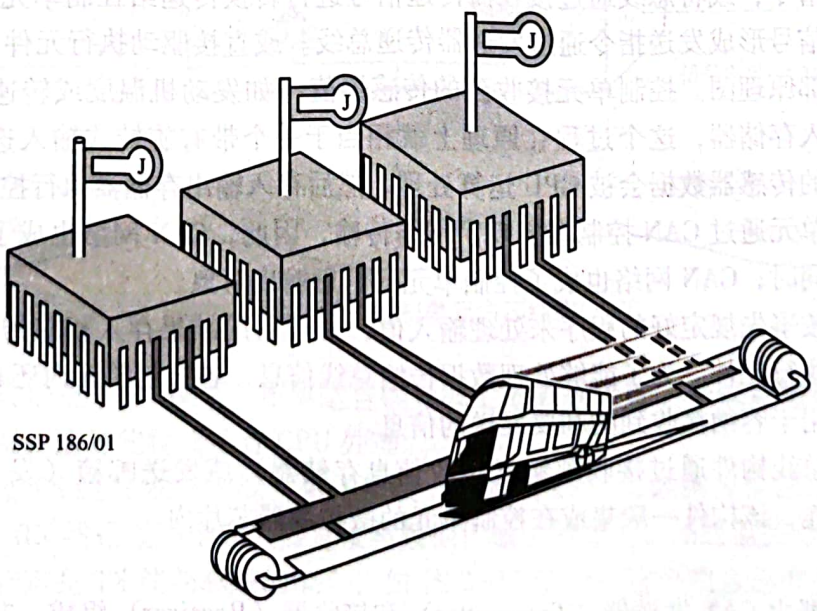


图 2-11　CAN 数据总线数据传输示意图

2.4.1 CAN数据总线系统的结构



（微课：CAN总线系统结构）

CAN数据总线包括控制单元（CPU）、控制器（Controller）、收发器（Tranceiver）、数据传输终端电阻，如图2-12所示。

1. 控制单元

控制单元是CAN数据总线主要计算器，将控制器传递来的信息进行运算，将运算数据传输给控制器。还具有故障记忆功能。

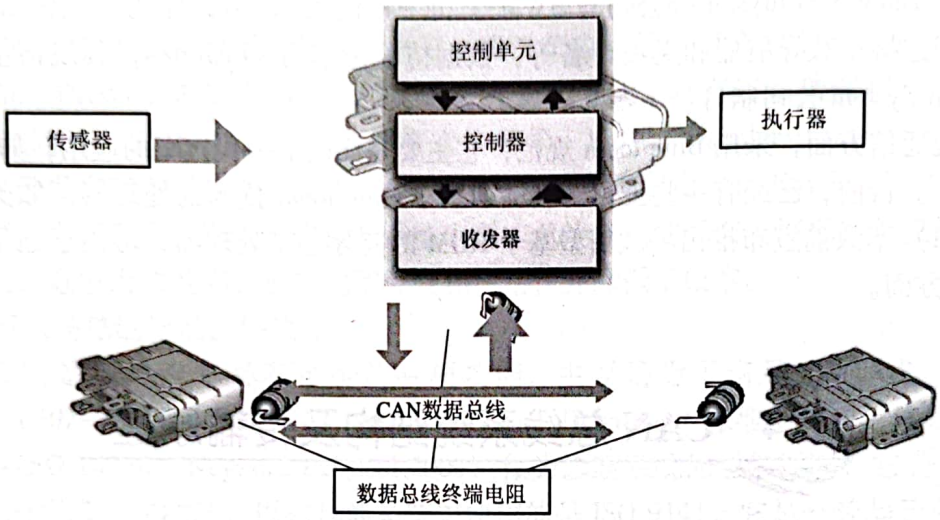


图2-12 CAN数据总线组成

2. 控制器

控制器是CAN通信的控制单元，主要作用是接收来自传感器的信号，形成要发送的指令，或将总线通过接收器传递信号进行转换传递给控制单元（CPU），再将控制单元传来信号形成发送指令通过发送器传递总线。或直接驱动执行元件。图2-13为总线控制系统内部原理图。控制单元接收到的传感器值（如发动机温度或转速）会被定期查询并按顺序存入存储器，这个过程在原理上就相当于一个带有旋转式输入选择开关的选择器。存储器内的传感器数据会被CPU运算处理，然后存入输出存储器执行控制功能。

由于控制单元通过CAN控制器实现了网络传输，因此，CAN网络也成了控制单元的输入信息来源。同时，CAN网络也成了控制单元的信息输出对象。

微控制器按事先规定好的程序来处理输入值，处理后的结果存入相应的输出存储器内，然后到达各个执行元件。为了能够处理数据传输总线信息，各控制单元内还有一个数据传输总线存储区，用于容纳接收到的和要发送的信息。

数据传输总线构件通过接收邮箱（接收信息存储器）或发送邮箱（发送信息存储器）与控制单元相连，该构件一般集成在控制单元的微控制器芯片内。

3. 收发器

CAN收发器由CAN发送器（Transmitter）和接收器（Receiver）组成，其作用是将CAN控制器提供的数据转换成CAN总线网络信号发送出去，同时，它也接收总线数据，并将数据传送到CAN控制器。其中发送器把数据传输总线构件连续的比特流（逻辑电平）转换成

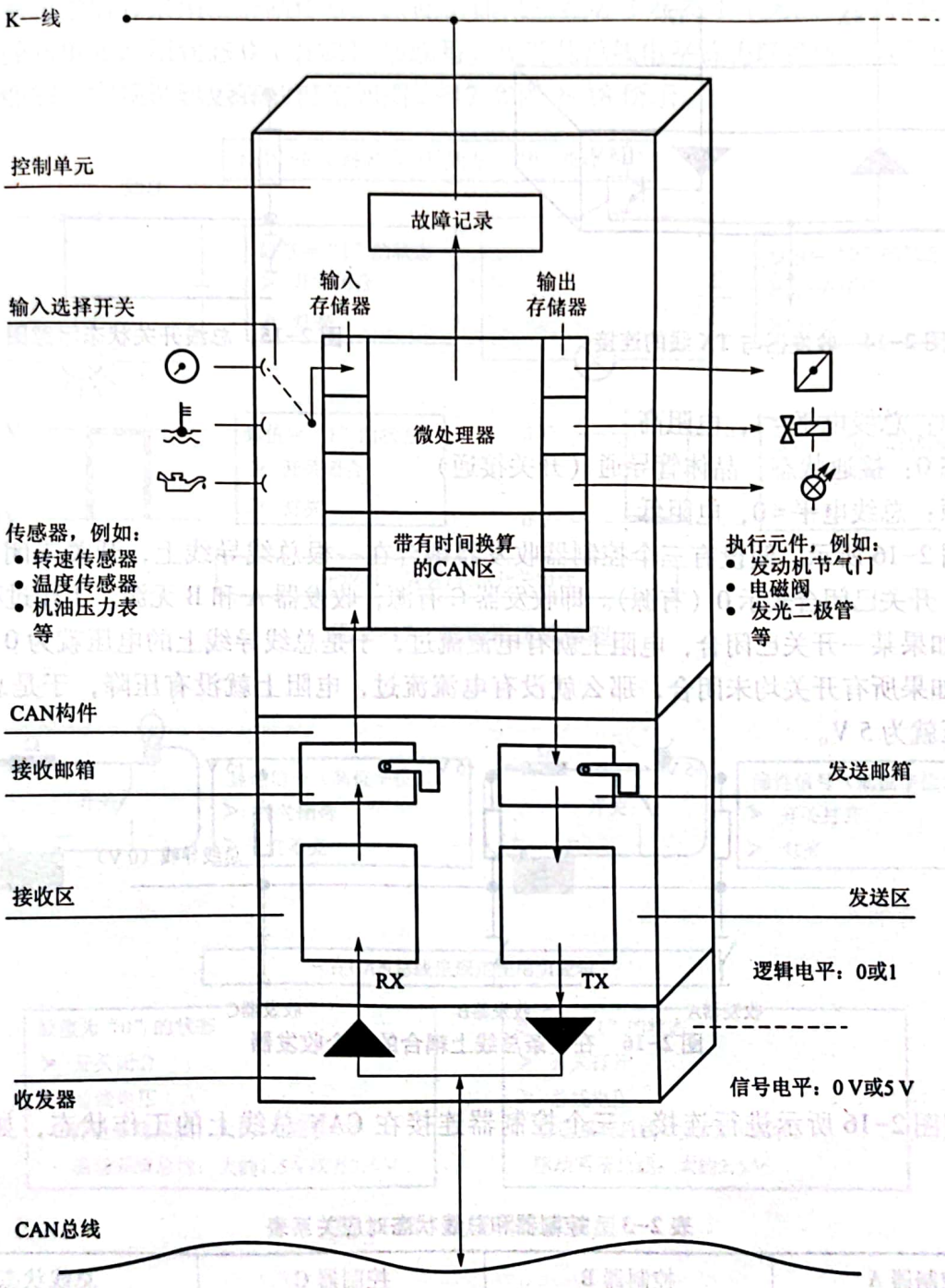


图 2-13　控制单元内部结构

电压值（线路传输电平），这个电压值适合铜导线上的数据传输。接收器则把电压信号转换成连接的比特流，这种比特流适合 CPU 处理。

收发器通过 TX 线（发送导线）或 RX 线（接收导线）与数据传输总线构件相连，如图 2-14 所示，RX 线通过一个放大器直接与数据传输总线相连，始终监控总线信号。

发送器的特点是 TX 线与总线的耦合，如 图 2-15 所示，这个耦合过程是通过一个断路式集流器电路来实现的。因此，总线导线上就会出现两种状态：

状态 1：截止状态，晶体管截止（开关打开）

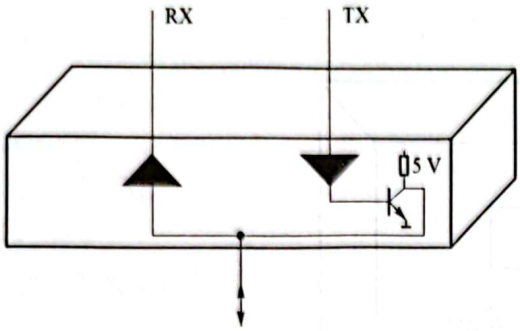


图 2-14 收发器与 TX 线的连接

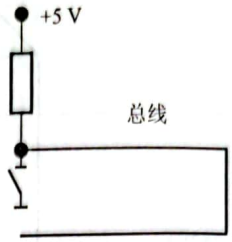


图 2-15 总线开关状态示意图

无源：总线电平=1，电阻高

状态0：接通状态，晶体管导通（开关接通）

有源：总线电平=0，电阻低

如图2-16所示，假设有三个控制器收发器耦合在一根总线导线上，开关未闭合表示1（无源）；开关已闭合表示0（有源）。即收发器C有源，收发器A和B无源。工作过程如下：

① 如果某一开关已闭合，电阻上就有电流流过，于是总线导线上的电压就为0 V。

② 如果所有开关均未闭合，那么就没有电流流过，电阻上就没有压降，于是总线导线上的电压就为5 V。

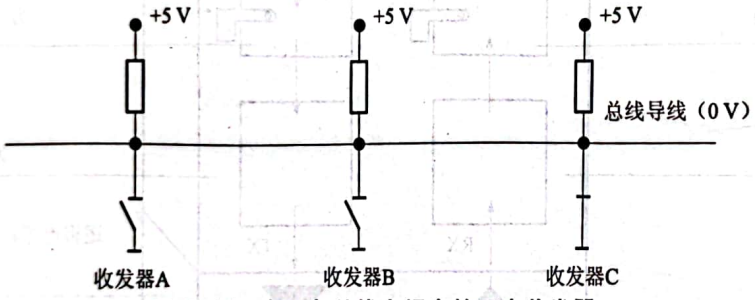


图 2-16 在一条总线上耦合的三个收发器

按照图2-16所示进行连接，三个控制器连接在CAN总线上的工作状态，如表2-3所示。

表 2-3 控制器和总线状态对应关系表

控制器 A	控制器 B	控制器 C	总线状态
1	1	1	1（5 V）
1	1	0	0（0 V）
1	0	1	0（0 V）
1	0	0	0（0 V）
0	1	1	0（0 V）
0	1	0	0（0 V）
0	0	1	0（0 V）
0	0	0	0（0 V）

总线系统中信号采用二进制传输，因此，如果总线处于状态 1（无源），则此状态可以由某一个控制单元使用状态 0（有源）来改写。无源的总线电平称为隐性的，有源的总线电平称为显性的。实现逻辑运算的模型如图 2-17 和图 2-18 所示。

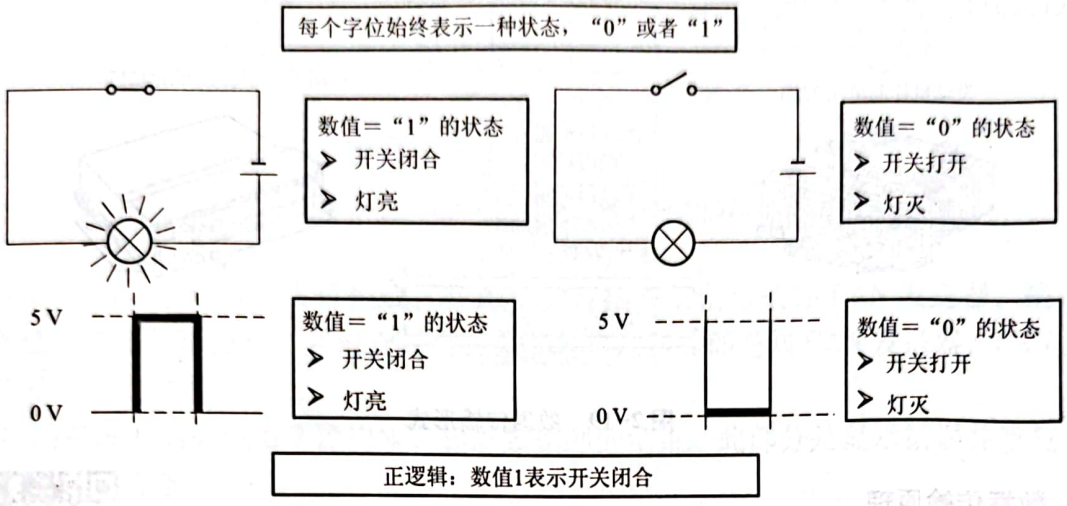


图 2-17　正逻辑运算模型

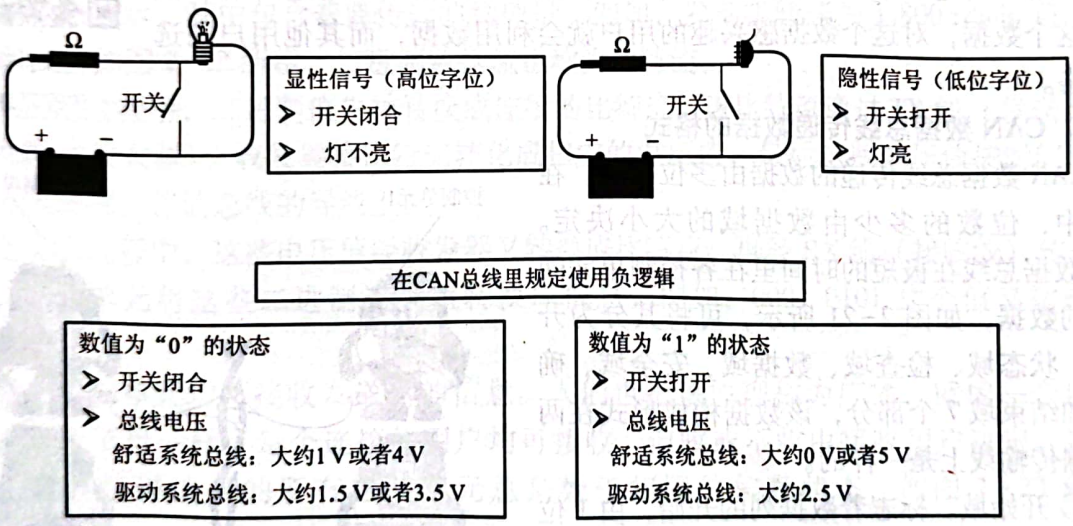


图 2-18　负逻辑运算模型

总线系统采用二进制传输，负逻辑运算。

4. 数据传输终端

数据传输终端一般由终端电阻组成，防止信号反射。

2.4.2　数据传输形式和数据传输原理

1. 数据传输形式

目前，在汽车上应用的总线数据传输可以采用单线形式，也可以采用双线形式。原则上数据传输总线用一条导线就足以满足功能要求了，使用第二条导线传输信号只不过是与第一条导线上的传输信号形成镜像关系，



（微课：数据传输形式）

这样可有效地抑制外部干扰。电控单元之间的所有信息都是通过两根数据线 CAN－L 和 CAN-H 来传输的，例如发动机和自动变速器控制单元之间的传输，如图 2-19 所示。电控单元间进行大量的信息交换，CAN 数据总线也能完全胜任，如果需要增加额外信息，只需修改软件即可。

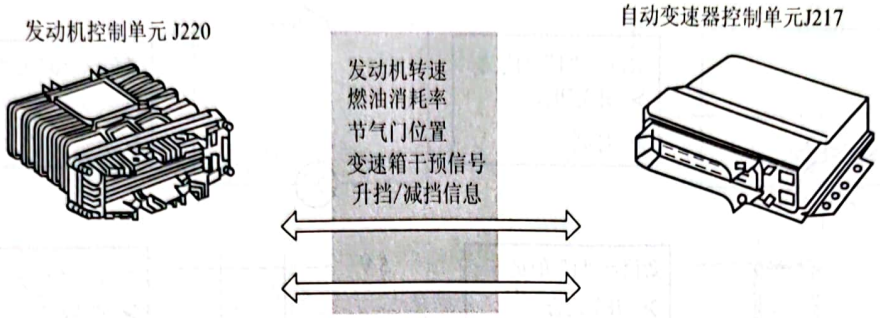


图 2-19 数据传输形式

2. 数据传输原理

CAN 数据总线中的数据传递就像一个电话会议，如图 2-20 所示。一个电话用户（电控单元）将数据“讲入”网络中，其他用户通过网络“接听”这个数据，对这个数据感兴趣的用户就会利用数据，而其他用户则选择忽略。



（微课：数据传输原理）

3. CAN 数据总线传递数据的格式

CAN 数据总线传递的数据由多位构成。在数据中，位数的多少由数据域的大小决定。CAN 数据总线在极短的时间里在各控制单元间传递的数据，如图 2-21 所示，可将其分为开始域、状态域、检查域、数据域、安全域、确认域和结束域 7 个部分，该数据构成形式在两条数据传输线上是一样的。

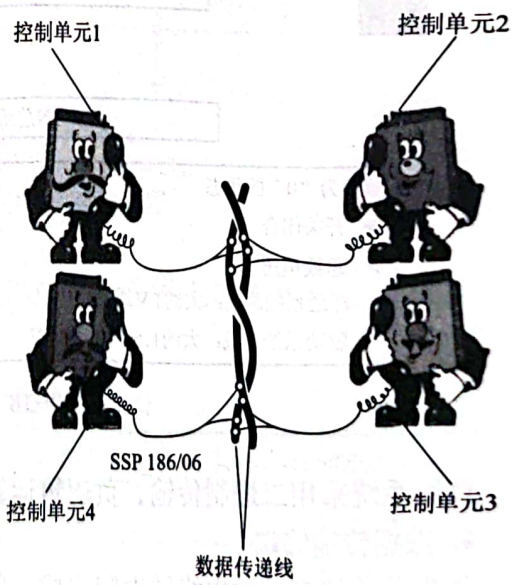


图 2-20 CAN 数据总线数据传输原理

① 开始域。标志着数据列的开始，由 1 位构成。带有大约 5 V 电压（由系统决定）的 1 位被送入高位 CAN 线；带有大约 0 V 电压的 1 位被送入低位 CAN 线。

② 状态域。判定数据中的优先权，由 11 位构成。如果两个控制单元都要发送各自的数据，那么，具有较高优先权的控制单元优先发送。

③ 检查域。用于显示在数据域中所包含的信息项目数，由 6 位构成。在本部分，允许任何接收器检查是否已经接收到所传递过来的所有信息。

④ 数据域。传给其他控制单元的信息，最大由 64 位构成。

⑤ 安全域。检测传递数据中的错误，由 16 位构成。

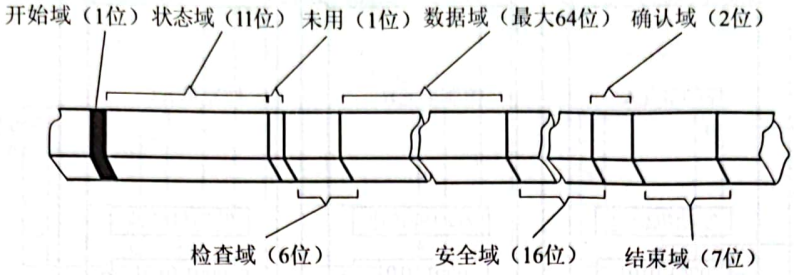


图 2-21　CAN 数据总线传递数据的格式

⑥ 确认域。确认域由 2 位构成。在此，CAN 接收器信号通知 CAN 发送器，确认 CAN 接收器已经收到传输数据。若检查到错误，CAN 接收器立即通知 CAN 发送器，CAN 发送器再重新发送一次数据。

⑦ 结束域。结束域由 7 位构成，标志数据列的结束。此部分是显示错误并重复发送数据的最后一次机会。

4. 传递的信息

用于交换的数据称为信息，每个控制单元均可发送和接收信息。信息是以二进制值系列（0 和 1）来表示，其中包含着要传递的物理量，例如，发动机转速为 1 800 r/min 可表示成 0001 0101，如图 2-22 所示，二进制数据流也称为比特流。

在发送过程中，二进制值先被转换成连续的比特流，该比特流通过 TX 线（发送线）到达收发器（放大器），收发器将比特流转化成相应的电压值，最后这些电压值按时间顺序依次被传送到数据传输总线的导线上。

在接收过程中，这些电压值经收发器又转换成比特流，再经 RX 线（接收线）传至控制单元，控制单元将这些二进制连续值转换成信息。例如，0001 0101 这个值又被转换成 1 800 r/min。

每个控制单元均可接收发送出的信息。人们也把该原理称为广播，就像一个广播电台发送某个节目一样，每个连接的用户均可接收，但收或不收由接收用户决定。这种广播方式可以使得连接的所有控制单元总是处于相同的信息状态，如图 2-23 所示和图 2-24 所示。

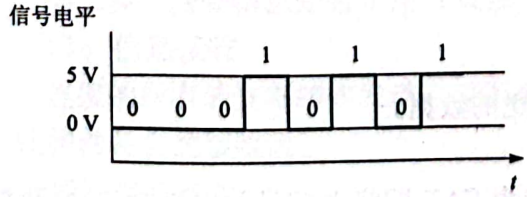


图 2-22　二进制数据流

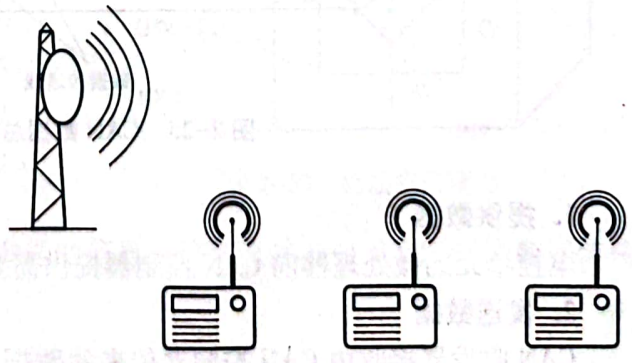


图 2-23　数据传递和广播原理一样

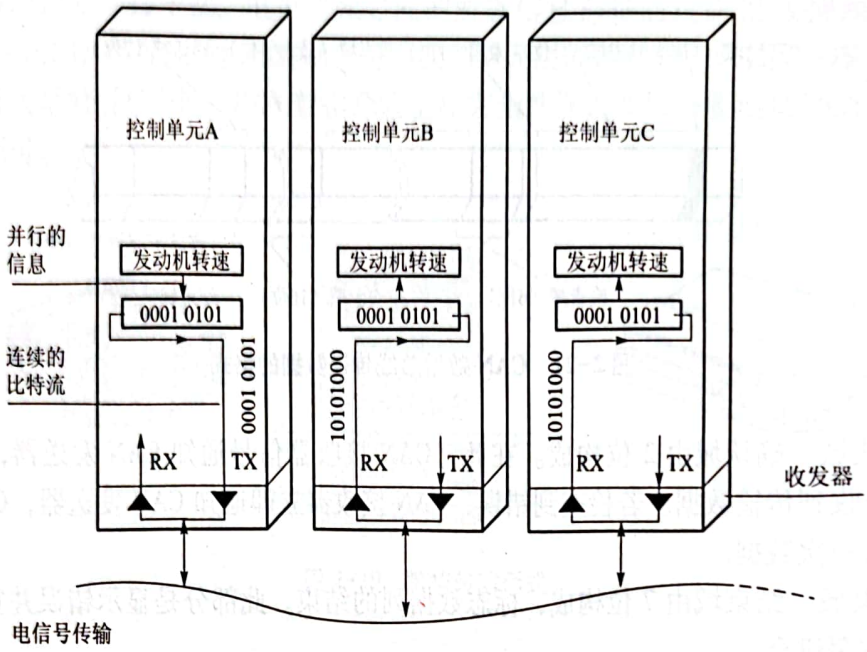


图 2-24 控制单元内部信息转换

2.4.3 CAN 数据总线的数据传递过程

CAN 数据总线并没有指定的数据接收者，数据在 CAN 数据总线传输过程中，可以被所有控制单元接收和计算。CAN 数据总线的数据传递过程如图 2-25 所示。

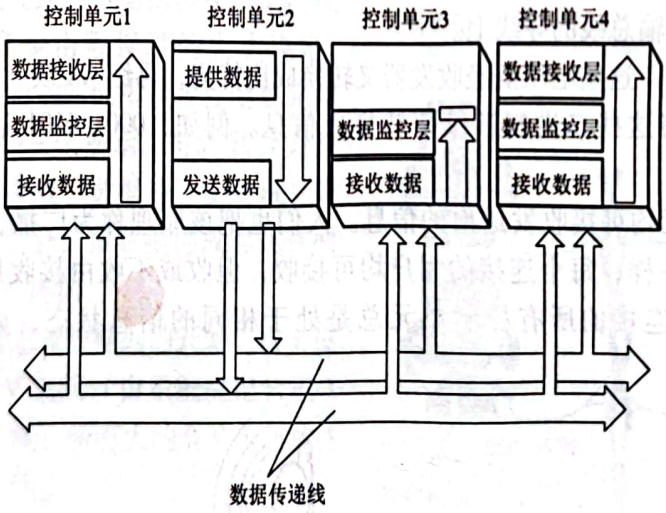


图 2-25 CAN 数据总线的数据传递过程

1. 提供数据

电控单元的微处理器向 CAN 控制器提供需要发送的数据。

2. 发送数据

CAN 收发器接收由 CAN 控制器传来的数据，转为 CAN 网络电信号并发送到 CAN 数据总线上。例如，发动机控制单元的发送过程，如图 2-26 所示。

① 传感器接收到转速值，该值以固定的周期到达微控制器的输入存储器内。由于该转

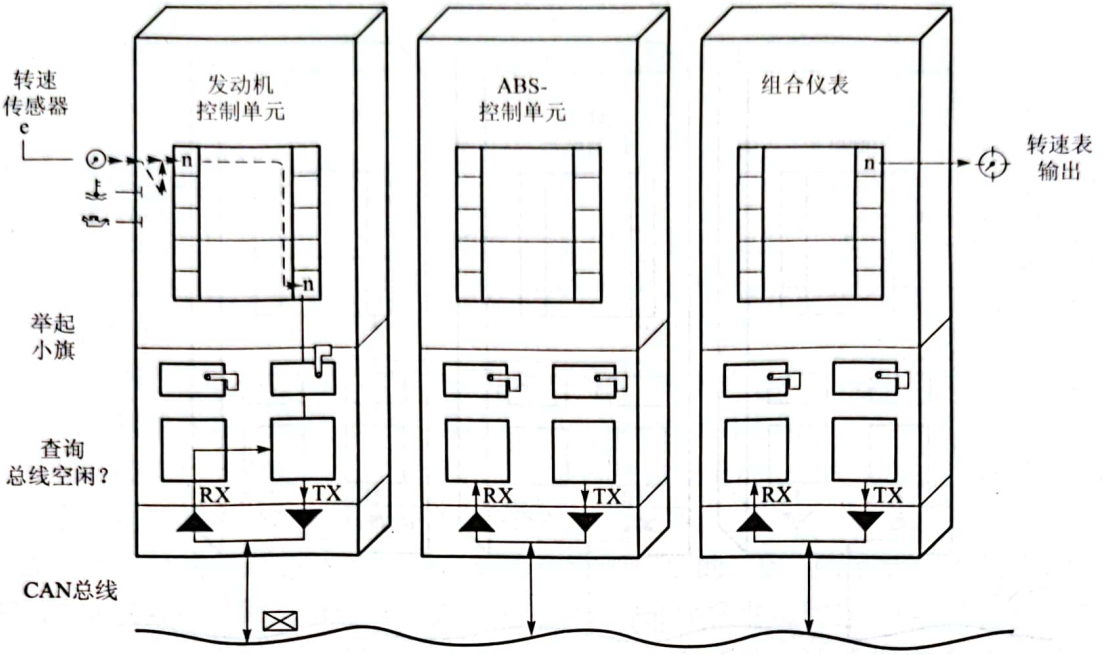


图 2-26　发动机 ECU 的信息发送过程

速值还用于其他控制单元，如组合仪表，所以该值应通过数据传输总线来传递。

② 该转速值被复制到发动机控制单元的发送存储器内。

③ 该信息从发送存储器进入数据传输总线构件的发送邮箱内。如果发送邮箱内有一个实时值，那么该值会由发送特征位（举起的小旗示意有传输任务）显示出来，将发送任务委托给数据传输总线构件，发动机控制单元就完成了此过程中的任务。

④ 发动机转速值按协议被转换成如图 2-21 所示数据传输总线的特殊格式。

⑤ 数据传输总线构件通过 RX 线来检查总线是否有源（是否正在交换别的信息），必要时会等待，直到总线空闲下来为止，如图 2-27 所示。如果总线空闲下来，发动机信息就会被发送出去。

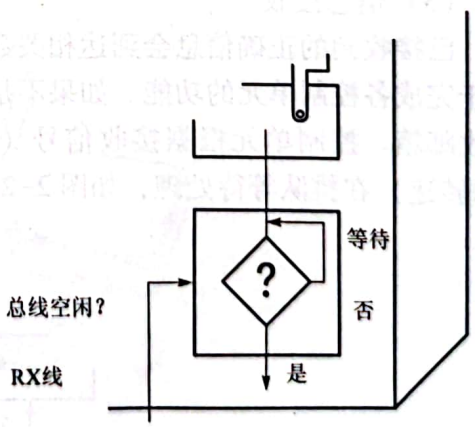


图 2-27　总线空闲查询

3. 接收数据

所有与 CAN 数据总线一起构成网络的电控单元转为接收器，从 CAN 数据总线上接收数据。

信息接收过程分为两步，如图 2-28 所示。

第一步：检查信息是否正确（在监控层）。

第二步：检查信息是否可用（在接收层）。

（1）信息接收

连接的所有装置都接收发动机控制单元发送的信息，该信息是通过 RX 线到达数据传输总线构件各自的接收区。

（2）信息校验

接收器接收发动机的所有信息，并且在相应的监控层检查这些信息是否正确。这样就可以识别出在某种情况下某一控制单元上出现的局部故障。所有连接的装置都接收发动机控制

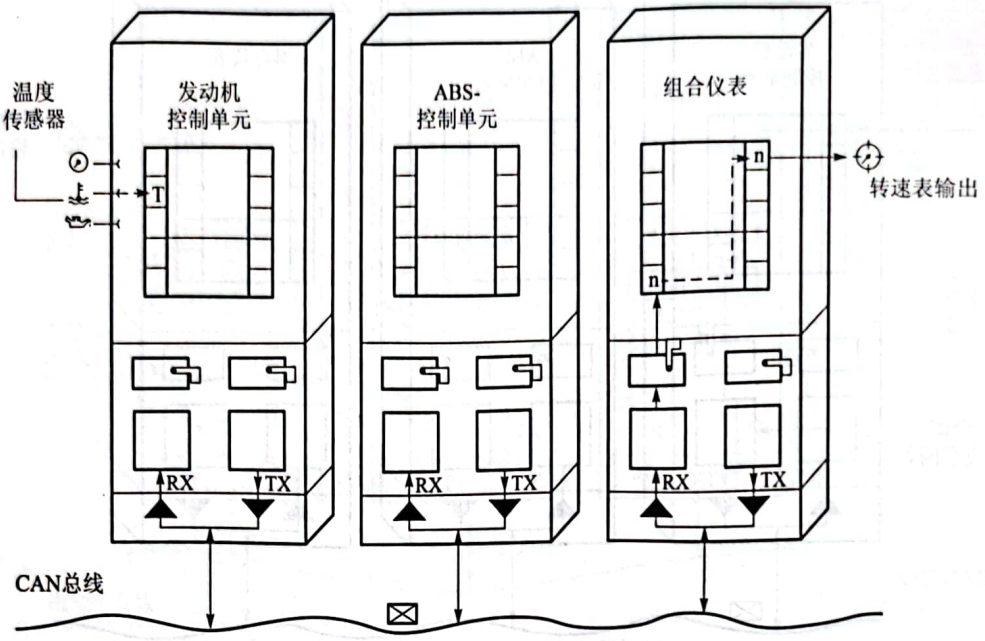


图 2-28 信息接收过程

单元发送的信息，可以通过监控层内的 CRC（Cycling Redundancy Check，循环冗余码校验）校验和数来确定是否有传递错误。在发送每个信息时，所有数据位会产生并传递一个 16 位的校验码。接收器按同样的规则，从所有已经接收到的数据位中计算出校验和数。随后，接收到的校验数与计算出的校验数进行比较，如果确定无传递错误，那么连接的所有装置会给发送器一个确认回答，这个回答就是所谓的“信息收到符号”（Acknowledge，ACK），它位于校验和数后。

（3）信息接收

已接收到的正确信息会到达相关数据传输总线构件的接收区，在那里来决定该信息是否用于完成各控制单元的功能。如果不是，该信息就被拒收。如果是，该信息就会进入相应的接收邮箱。控制单元根据接收信号（升起的“接收小旗”）就会知道：现在有一个信息（如转速）在排队等待处理，如图 2-29 所示。

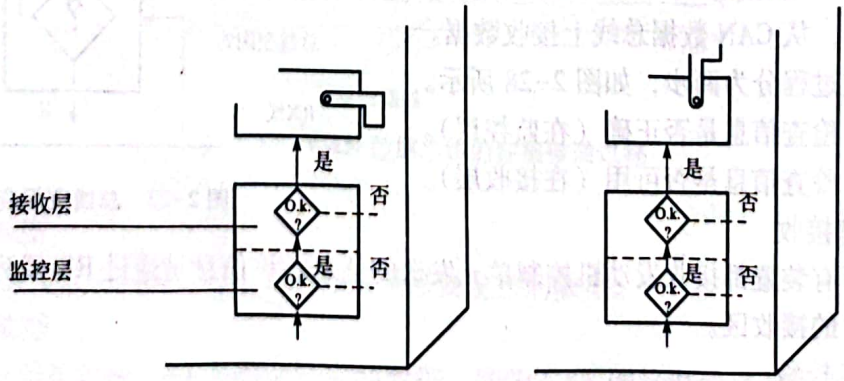


图 2-29 信息接收判断

组合仪表调出该信息并将相应的值复制到它的输入存储器内，至此，通过数据传输总线构件发送和接收信息的过程结束。在组合仪表内，转速经微控制器处理后控制转速表显示相应的转速。

2.4.4　CAN 总线的传输仲裁



（微课：CAN 总线的传输仲裁）

如果多个电控单元要同时发送各自的数据列，那么数据总线上就必然会发生数据冲突。为了避免发生这种情况，CAN 数据总线系统就必须决定哪个控制单元的数据列首先进行发送，总线采用传输仲裁，原则是具有最高优先权的数据首先发送。控制单元是如何实现仲裁的呢？

① 每个控制单元在发送信息时，通过发送标识符来识别优先级。

② 所有的控制单元都是通过各自的 RX 线来跟踪总线上的一举一动并获知总线的状态。

③ 每个发射器将 TX 线和 RX 线的状态逐位进行比较。

④ 数据传输总线的调整规则：用标识符中位于前部的“0”的个数代表信息的重要程度，“0”的位数越多越优先，从而保证按重要程度的顺序来发送信息。越早出现“1”的控制单元，越早退出发送状态而转为接收状态。基于安全考虑，涉及安全系统的数据优先发送。

例如，由 ABS/EDL 电控单元提供的数据比自动变速器控制单元提供的数据（驾驶舒适）更重要，因此具有优先权。数据列的状态域是由 11 位组成的编码，其数据的组合形式决定了数据的优先权，如图 2-30 所示。3 个控制单元同时发送数据列，此时，在 CAN 数据传输线上进行一位一位的比较，如果 1 个控制单元发送了 1 个低电位而检测到 1 个高电位，那么该控制单元就停止发送数据列而转为接收器。

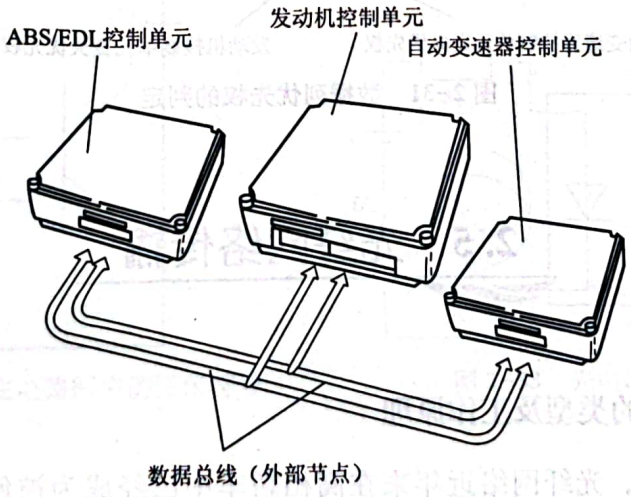


图 2-30　优先权判定 CAN 数据总线举例

表 2-4 给出了 3 组不同数据列的优先权。例如，如图 2-31 所示，在数据列的状态域位 1，ABS/EDL 控制单元发送了 1 个高电位，发动机控制单元也发送了 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，那么自动变速器控制单元将失去优先权而转为接收器。在数据列的状态域位 2，ABS/EDL 控制单元发送了 1 个高电位，发动机控制单元发送了 1 个低电位并检测到 1 个高电位，那么，发动机控制单元失去优先权而转为接收

器。在数据列的状态域位3，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，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。

表2-4 不同数据列的优先权

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

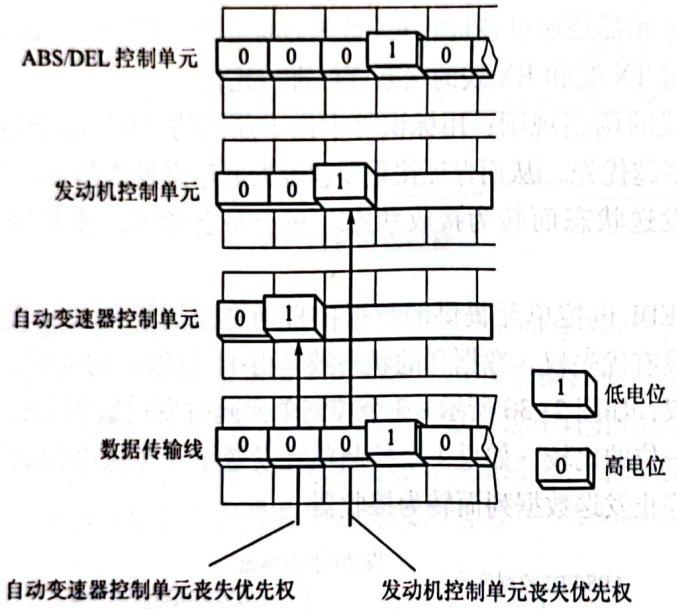


图2-31 数据列优先权的判定

2.5 光纤网络传输

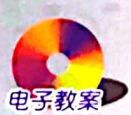
2.5.1 光纤网络的类型及工作原理

在数据通信技术中，光纤网络近年来在高档轿车中已经成为被使用较多的一种新型网络。光学网络系统目前的成本已与电路系统不相上下，且今后还有望变得更低，加之它的传输速率高、传输数据量大、信号衰减小、不易受外界干扰、耐腐蚀及灵敏度高等优点，因此光学网络系统是车载网络系统的发展方向，也是汽车线束的发展方向。

1. 光学网络的类型

光学网络可分无源光学网络和有源光学网络两类。无源光学网络是由光纤和光电耦合器构成的；有源光学网络除了光纤和光电耦合器以外，还增加了光中继器和光放大器以增强光信号，这种情况在有些光路损耗较大的应用场合是必要的。汽车使用的主要是无源光学网

策划编辑：赵　岩
执行编辑：蔡丽丽
封面设计：慧通



免费电子教案下载地址
www.bitpress.com.cn

北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

通信地址：北京市海淀区中关村南大街 5 号
邮政编码：100081
电　　话：（010）68914775（总编室）
　　（010）82562903（教材售后服务热线）
　　（010）68944723（其他图书服务热线）
网　　址：www.bitpress.com.cn

关注理工职教
获取优质学习资源

ISBN 978-7-5763-1069-6
定价：45.00 元