



10年口碑积累，成功培养50000多名研发工程师，铸就专业品牌形象

华清远见的企业理念是不仅要良心教育、做专业教育，更要做受人尊敬的职业教育。

《物联网技术与实践》

作者：华清远见

专业始于专注 卓识源于远见

第 5 章 有线传输与组网技术

本章简介

利用感知层获取到数据信息之后，接下来面临的的就是关于数据传输的问题了。

在现实生活中，数据传输主要有两种实现方式：有线数据传输和无线数据传输。本

章就有线传输以及网络的相关技术做以下介绍。

5.1 CAN 总线

5.1.1 CAN 简介

CAN 是控制器局域网 (Controller Area Network, CAN) 的简称, 是由以研发和生产汽车电子产品著称的德国博世公司开发的, 并最终成为国际标准。是国际上应用最广泛的现场总线之一。在北美和西欧, CAN 总线协议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标准总线, 并且拥有以 CAN 为底层协议专为大型货车和重工机械车辆设计的 J1939 协议。近年来, 其所具有的高可靠性和良好的错误检测能力受到重视, 被广泛应用于汽车计算机控制系统和环境温度恶劣、电磁辐射强和振动大的工业环境。

1. 基本概念

CAN 是 ISO 国际化的串行通信协议。在当前的汽车产业中, 出于对安全性、舒适性、方便性、低公害、低成本的要求, 各种各样的电子控制系统被开发出来。由于这些系统之间通信所用的数据类型及对可靠性的要求不尽相同, 由多条总线构成的情况很多, 线束的数量也随之增加。为适应“减少线束的数量”、“通过多个 LAN, 进行大量数据的高速通信”的需要, 1986 年德国博世公司开发出面向汽车的 CAN 通信协议。此后, CAN 通过 ISO 11898 及 ISO 11519 进行了标准化, 现在欧洲已是汽车网络的标准协议。

现在, CAN 的高性能和可靠性已被认同, 并被广泛地应用于工业自动化、船舶、医疗设备、工业设备等方面。现场总线是当今自动化领域技术发展的热点之一, 被誉为自动化领域的计算机局域网。它的出现为分布式控制系统实现各结点之间实时、可靠的数据通信提供了强有力的技术支持。

2. CAN 总线优势

CAN 属于现场总线的范畴, 它是一种有效支持分布式控制或实时控制的串行通信网络。较之目前许多 RS-485 基于 R 线构建的分布式控制系统而言, 基于 CAN 总线的分布式控制系统在以下方面具有明显的优越性。

1) 网络各结点之间的数据通信实时性强

首先, CAN 控制器工作于多种方式, 网络中的各结点都可根据总线访问优先权 (取决于报文标识符) 采用无损结构的逐位仲裁的方式竞争向总线发送数据, 且 CAN 协议废除了站地址编码, 而代之以对通信数据进行编码, 这可使不同的结点同时接收到相同的数据, 这些特点使得 CAN 总线构成的网络各结点之间的数据通信实时性强, 并且容易构成冗余结构, 提高系统的可靠性和系统的灵活性。而利用 RS-485 只能构成主从式结构系统, 通信方式也只能以主站轮询的方式进行, 系统的实时性、可靠性较差。

2) 缩短了开发周期

CAN 总线通过 CAN 收发器接口芯片 82C250 的两个输出端 CANH 和 CANL 与物理总线相连, 而 CANH 端的状态只能是高电平或悬浮状态, CANL 端只能是低电平或悬浮状态。这就保证不会出现在 RS-485 网络中的现象, 即当系统有错误, 出现多结点同时向总线发送数据时, 导致总线呈现短路, 从而损坏某些结点的现象。而且 CAN 结点在错误严重的情况下具有自动关闭输出功能, 以使总线上其他结点的操作不受影响, 从而保证在网络中不会因个别结点出现问题, 使总线处于“死锁”状态。而且, CAN 具有完善的通信协议可由 CAN 控制器芯片及其接口芯片来实现, 从而大大降低系统开发难度, 缩短了开发周期, 这些是仅有电气协议的 RS-485 所无法比拟的。

3) 已形成国际标准的现场总线

另外, 与其他现场总线比较而言, CAN 总线具有通信速率高、容易实现、性价比高等诸多特点的一种已形成国际标准的现场总线。这些也是目前 CAN 总线应用于众多领域, 具有强劲的市场竞争力的重要原因。

4) 最有前途的现场总线之一

CAN 即控制器局域网络，属于工业现场总线的范畴。与一般的通信总线相比，CAN 总线的通信具有突出的可靠性、实时性和灵活性。由于其良好的性能及独特的设计，CAN 总线越来越受到人们的重视。它在汽车领域上的应用是最广泛的，世界上一些著名的汽车制造厂商，如 BENZ（奔驰）、BMW（宝马）、PORSCH（保时捷）、ROLLS-ROYCE（劳斯莱斯）和 JAGUAR（美洲豹）等都采用了 CAN 总线来实现汽车内部控制系统与各检测和执行机构间的数据通信。同时，由于 CAN 总线本身的特点，其应用范围已不再局限于汽车行业，而向自动控制、航空航天、航海、过程工业、机械工业、纺织机械、农用机械、机器人、数控机床、医疗器械及传感器等领域发展。CAN 已经形成国际标准，并已被公认为几种最有前途的现场总线之一。其典型的应用协议有：SAE J1939/ISO 11783、CANOpen、CANaerospace、DeviceNet、NMEA 2000 等。

5.1.2 报文传输与帧结构

在进行数据传送时，发出报文的结点为该报文的发送器。该结点在总线空闲或丢失仲裁前恒为发送器，如果一个结点不是报文发送器，并且总线不处于空闲状态，则该结点为接收器。构成一帧的帧起始、仲裁场、控制场、数据场和 CRC 序列均借助位填充规则进行编码。当发送器在发送的位流中检测到 5 位连续的不同数值时，将自动在实际发送的位流中插入一个补码位。而数据帧和远程帧的其余位场则采用固定格式，不进行填充，出错帧和超载帧同样是固定格式。报文中的位流是按照非归零（NZR）码方法编码的，因此一个完整的位电平要么呈显性，要么呈隐性。

CAN 有两种不同的帧格式，不同之处为识别符场的长度不同：具有 11 位识别符的帧称为标准帧；而含有 29 位识别符的帧为扩展帧。CAN 报文有以下 4 个不同的帧类型。

- (1) 数据帧：将数据从发送器传输到接收器。
- (2) 远程帧：总线结点发出远程帧，请求发送具有同一识别符的数据帧。
- (3) 错误帧：任何结点检测到总线错误就发出错误帧。
- (4) 过载帧：用以在先行的和后续的数据帧（或远程帧）之间提供一附加的延时。

数据帧和远程帧可以使用标准帧及扩展帧两种格式。它们用一个帧间空间与前面的帧分隔。

1. 数据帧

数据帧由 7 个不同的位场组成：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）。数据场的长度为 0~8 位。

在 CAN2.0B 中存在两种不同的帧格式，其主要区别在于标识符的长度，在标准帧格式中，仲裁场由 11 位识别符和远程请求位（RTR）组成。在扩展帧格式中，仲裁场包括 29 位识别符、替代远程请求位（SRR）、识别符扩展位（IDE）和 RTR 位。

扩展格式是 CAN 协议的一个新特色。为了使控制器的设计相对简单，不要求执行完全的扩展格式，但必须完全支持标准格式。新的控制器至少应具有以下属性，才被认为是符合 CAN 规范：

- 每一新的控制器支持标准格式。
- 每一新的控制器可以接收扩展格式的报文，不能因为格式差别而破坏扩展帧格式。

下面具体分析数据帧的每一个位场。

1) 帧起始

帧起始（SOF）标志数据帧或远程帧的开始，仅由一个“显性”位组成。只有在总线空闲时才允许结点开始发送（信号）。所有结点必须同步于首先开始发送报文的结点的帧起始前沿。

2) 仲裁场

仲裁场由标识符和远程发送请求位（RTR 位）组成。RTR 位在数据帧中为显性，在远程帧中为隐性。

对于 CAN2.0A 标准，标识符长度为 11 位，这些位按 ID-10 到 ID-0 的顺序发送，最低位是 ID-0，7 个最高位（ID-10~ID-4）必须不能全是“隐性”。

对于 CAN2.0B 标准，标准格式帧与扩展格式帧的仲裁场标识符格式不同。标准格式中，仲裁场由 11 位识别符和 RTR 位组成。识别符位由 ID-28...ID-18 组成。而在扩展格式中，仲裁场包括 29 位识别符、替代远程请求位 SRR、标识位 IDE、远程发送请求位 RTR。其识别符由 ID-28...ID-0 组成，其格式包含两部分：11 位 (ID-28...ID-18) 基本 ID、18 位 (ID-17...ID-0) 扩展 ID。在扩展格式中，基本 ID 首先发送，其次是 SRR 位和 IDE 位。扩展 ID 的发送位于 SRR 位和 IDE 位之后。

SRR 的全称是“替代远程请求位 (Substitute Remote Request BIT)”，SRR 是一隐性位。它在扩展格式的标准帧 RTR 位上被发送，并代替标准帧的 RTR 位。因此，如果扩展帧的基本 ID 和标准帧的识别符相同，标准帧与扩展帧的冲突是通过标准帧优先于扩展帧这一途径得以解决的。

IDE 的全称是“识别符扩展位 (Identifier Extension Bit)”，对于扩展格式，IDE 位属于仲裁场；对于标准格式，IDE 位属于控制场。标准格式的 IDE 位为“显性”，而扩展格式的 IDE 位为“隐性”。

3) 控制场

控制场由 6 位组成。标准格式和扩展格式的控制场格式不同。标准格式里的帧包括数据长度代码、IDE 位 (为显性位，见上文) 及保留位 r0。扩展格式里的帧包括数据长度代码和两个保留位：r1 和 r0。其保留位必须发送为显性，但是接收器认可“显性”和“隐性”位的任何组合。

4) 数据场

数据场由数据帧里的发送数据组成。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。

5) 循环冗余码 CRC 场

CRC 场包括 CRC 序列 (CRC Sequence)，其后是 CRC 界定符 (CRC Delimiter)。

6) 应答场

应答场长度为 2 位，包含应答间隙 (ACK Slot) 和应答界定符 (ACK Delimiter)。

7) 帧结尾 (标准格式以及扩展格式)

每一个数据帧和远程帧均由一标志序列界定。这个标志序列由 7 个“隐性”位组成。

2. 远程帧

作为接收器的结点，可以通过向相应的数据源结点发送远程帧激活该源结点，让该源结点把数据发送给接收器。远程帧也有标准格式和扩展格式，而且都由 6 个不同的位场组成：帧起始、仲裁场、控制场、CRC 场、应答场、帧结尾。

与数据帧相反，远程帧的 RTR 位是“隐性”的。它没有数据场，数据长度代码 DLC 的数值是不受制约的。

3. 错误帧

错误帧由两个不同的场组成。第一个场是不同结点提供的错误标志 (Error Flag) 的叠加，第二个场是错误界定符。

为了能正确地终止错误帧，“错误认可”的结点要求总线至少有长度为 3 位的总线空闲。

4. 过载帧

过载帧 (Overload Frame) 包括两个位场：过载标志和过载界定符。

以下 3 种过载的情况会引发过载标志的传送：

- 接收器的内部情况，需要延迟下一个数据帧和远程帧。
- 在间歇 (Intermission) 的第一和第二字节检测到一个“显性”位。
- 如果 CAN 结点在错误界定符或过载界定符的第 8 位 (最后一位) 采样到一个显性位，结点会发送一个过载帧。该帧不是错误帧，错误计数器不会增加。

5. 帧间空间

数据帧 (或远程帧) 与先行帧的隔离是通过帧间空间实现的，无论此先行帧类型如何 (数据帧、远程帧、错误帧、过载帧)。不同的是，过载帧与错误帧之前没有帧间空间，多个过载帧之间也不是由帧间空间隔离的。

帧间空间包括间歇、总线空闲的位场。如果“错误认可”的结点已作为前一报文的发送器，则其帧间空间除了间歇、总线空闲外，还包括称做“挂起传送”（暂停发送，Suspend Transmission）的位场。

5.1.3 编码与故障处理

不同于其他总线，CAN 协议不能使用应答信息。事实上，它可以将发生的任何错误信号发出。CAN 协议可使用以下 5 种检查错误的方法，其中前 3 种为基于报文内容检查。

1. 循环冗余检查（CRC）

在一帧报文中加入冗余检查位可保证报文正确。接收站通过 CRC 可判断报文是否有错。

2. 帧检查

这种方法通过位场检查帧的格式和大小来确定报文的正确性，用于检查格式上的错误。

3. 应答错误

如前所述，被接收到的帧由接收站通过明确的应答来确认。如果发送站未收到应答，那么表明接收站发现帧中有错误，也就是说，ACK 场已损坏或网络中的报文无站接收。CAN 协议也可通过位检查的方法探测错误。

4. 总线检测

有时，CAN 中的一个结点可监测自己发出的信号。因此，发送报文的站可以观测总线电平并探测发送位和接收位的差异。

5. 位填充

一帧报文中的每一位都由不归零码表示，可保证位编码的最大效率。然而，如果在一帧报文中太多相同电平的位，就有可能失去同步。为保证同步，同步沿用填充位产生。在 5 个连续相等位后，发送站自动插入一个与之互补的补码位；接收时，这个填充位被自动丢掉。例如，5 个连续的低电平位后，CAN 自动插入一个高电平位。CAN 通过这种编码规则检查错误，如果在一帧报文中 6 个相同位，CAN 就知道发生了错误。

如果至少有一个站通过以上方法探测到一个或多个错误，它将发送出错标志终止当前报文的发送。这可以阻止其他站接收错误的报文，并保证网络上报文的一致性。当大量发送数据被终止后，发送站会自动地重新发送数据。作为规则，在探测到错误后 23 位周期内重新开始发送。在特殊场合，系统的恢复时间为 31 位周期。

但这种方法存在一个问题，即一个发生错误的站将导致所有数据被终止，其中也包括正确的数据。因此，如果不采取自监测措施，则总线系统应采用模块化设计。为此，CAN 协议提供一种将偶然错误从永久错误和局部站失败中区别出来的办法。这种方法可以通过对出错站统计评估来确定一个站本身的错误并进入一种不会对其他站产生不良影响的运行方法来实现，即站可以通过关闭自己来阻止正常数据因被错误地当成不正确的数据而被终止。

5.1.4 应用层

CAN 协议本身只定义了物理层和数据链路层的规范（遵循 OSI 标准），这使得 CAN 能够更广泛地适用于不同的应用条件，但也给用户带来了不便。用户应用 CAN 协议时，必须根据实际需要自行定义 CAN 高层协议。为了将 CAN 协议的应用推向更深的层次，同时满足产品的兼容性和互操作性，国际上已经形成了诸多基于 CAN 的高层协议，如 CAL、CANOPEN、DeviceNet、SDS、CAN KINGDOM、SAE J1939 等，这些协议应用在工业控制、汽车仪器仪表等行业中。下面只列举其中的几种。

1. DeviceNet 协议

DeviceNet 协议是特别为工业自动控制而定制的。DeviceNetTM 是一个非常成熟的开放式网络，它根据抽象对象模型来定义。

DeviceNet 允许多个复杂设备互相连接，也允许简单设备的互换性。基于 CAN 总线的 DeviceNet 提供了相当重要的设备级诊断功能。

DeviceNet 有以下几个特点。

- (1) 网络大小：最多 64 结点。
- (2) 网络模型：生产者/消费者模型。
- (3) 网络长度：可选的端对端网络距离随网络传输速度变化。
- (4) 总线拓扑结构：线性干线/支线，电源和信号在同一个网络电缆中。
- (5) 总线寻址：带多点传送的点对点；多主站和主/从轮询或状态改变（基于事件）。

2. CAL 协议

CAL 协议发布于 1993 年，它为基于 CAN 的分布式系统的实现提供了一个不依赖于应用、面向对象的环境。为通信标识符分布，网络层管理提供了对象和服务。CAL 主要应用在基于 CAN 的分布式系统，系统不要求可配置性以及标准化的设备建模。

在欧洲一些公司在尝试使用 CAL，尽管 CAL 在理论上正确并在工业上可以投入应用，但每个用户都必须设计一个新的子协议，因为 CAL 是一个真正的应用层。CAL 可以被看做开发一个应用 CAN 方案的必要理论步骤，但在这一领域没有被推广。

3. CANopen 协议

CANopen 协议是一个基于 CAL 的子协议，用于产品部件的内部网络控制。它不仅定义了应用层和通信子协议，也为可编程系统不同器件接口应用子协议定义了页/帧状态。

CANopen 协议中设备建模不是借助于对象目录而是基于设备功能性的描述。

CANopen 在汽车电控制系统、电梯控制系统、安全控制系统、医疗仪器、纺织机械、船舶运输等方面均得到了广泛的应用。

5.1.5 控制器和驱动器

驱动器是控制器与物理总线之间的接口。以 CAN 总线为例，其控制器和驱动器有多，例如 82C250、TJA1050 等，可以通过查看相关的资料得到相关产品的详细信息，在本书中就不再具体阐述了。

5.2 RS-485 总线

5.2.1 简介

RS-485 标准是由两个行业协会共同制订和开发的，即 EIA（电子工业协会）和 TIA（通信工业协会）。EIA 曾经在它所有标准前面加上 RS 前缀（英文 Recommended Standard 的缩写），因此许多工程师一直沿用这种名称。

1. 总线应用场合

RS-485 总线作为一种多点差分数据传输的电气规范，已成为业界应用最为广泛的标准通信接口之一。这种通信接口允许在简单的一对双绞线上进行多点双向通信，它所具有的噪声抑制能力、数据传输速率、电缆长度及可靠性是其他标准无法比拟的。正因为此，许多不同领域都采用 RS-485 作为数据传输链路。例如，汽车电子、电信设备局域网、智能楼宇等都经常可以见到具有 RS-485 接口电路的设备。这项标准得到广泛接受的另外一个原因是它的通用性，RS-485 标准只对接口的电气特性做出规定，而不涉及接插件电缆或协议，在此基础上用户可以建立自己的高层通信协议，如 MODBUS 协议。

2. 总线电气性能

- 性能指标：RS-485 总线。

- 工作模式：差分传输（平衡传输）。
- 允许的收发器数目：32（受芯片驱动能力限制）。
- 最大电缆长度：4000 英尺（1219m）。
- 最高数据传输速率：10Mbps。
- 最小驱动输出电压范围：±1.5V。
- 最大驱动输出电压范围：±5V。
- 最大输出短路电流：250mA。
- 最大输入电流：1.0mA/12Vin；-0.8mA/-7Vin。
- 驱动器输出阻抗：54 Ω。
- 输入端电容：≤50pF。
- 接收器输入灵敏度：±200mV。
- 接收器最小输入阻抗：12k Ω。
- 接收器输入电压范围：-7~12V。
- 接收器输出逻辑高：>200mV。
- 接收器输出逻辑低：<200mV。

3. 总线缺点

(1) RS-485 总线的通信容量较小，理论上最多仅容许接入 32 个设备，不适于以楼宇为结点的多用户容量要求。

(2) RS-485 总线的通信速率低，常用为 9600bps。而且其速率与通信距离有直接关系，当达到数百米以上通信距离时，其可靠通信传输速率<1200bps。

(3) RS-485 芯片功耗较大，静态功耗达 2~3mA，工作电流（发送）达 20mA，若加上偏置电阻及终端电阻，工作电流会更大。增加了线路电压降，不利于远程布线。

(4) RS-485 总线构成的网络只能以串行布线，不能构成星形等任意分支。串行布线对于小区实际布线设计及施工造成很大难度，不遵循串行布线规则又将大大降低通信的稳定性。

(5) RS-485 总线自身的电气性能决定了其在实际工程应用中稳定性较差，在多结点、长距离场合需对网络进行阻抗匹配等调试，增添工程复杂性。

(6) RS-485 总线通常不带隔离，当网络上某一结点出现故障会导致系统整体或局部瘫痪，而且又难以判断其故障位置。

(7) RS-485 总线采用主机轮询方式，会造成一些弊端。

5.2.2 布线规则

RS-485 的布线规则如下：

(1) 必须采用国际上通行的屏蔽双绞线。推荐用的屏蔽双绞线的型号为 RVSP2*0.5（二芯屏蔽双绞线，每芯由 16 股的 0.2mm 的导线组成）。采用屏蔽双绞线有助于减少和消除两根 RS-485 通信线之间产生的分布电容，以及来自于通信线周围产生的共模干扰。

(2) RS-485 收发器在规定的共模电压-7~12V 时才能正常工作。如果超出此范围会影响通信，严重的会损坏通信接口。共模干扰会增大上述共模电压。消除共模干扰的有效手段之一是将 RS-485 通信线的屏蔽层用做地线，将机具、计算机等网络中的设备地连接在一起，并由一点可靠地接入大地。

(3) 通信线尽量远离高压电线，不要与电源线并行，更不能捆扎在一起。

(4) RS-485 总线要采用手拉手结构，而不能采用星形结构，星形结构会产生反射信号，从而影响到 RS-485 通信。总线到每个终端设备的分支线长度应尽量短，一般不要超出 5m。分支线如果没有接终端，会有反射信号，对通信产生较强的干扰，应将其去掉。

(5) 在同一个网络系统中，使用同一种电缆，尽量减少线路中的接点。接点处确保焊接良好，包扎紧密，避免松动和氧化。保证一条单一的、连续的信号通道作为总线。

(6) 一般情况下不需要增加终端电阻, 只有在 RS-485 通信距离超过 100m 的情况下, 要在 RS-485 通信的开始端和结束端增加终端电阻。对于配克控制器而言, 只要将控制器上面的终端电阻跳线置位即可。

5.2.3 通信协议

RS-485 是双向、半双工通信协议, 允许多个驱动器和接收器挂接在总线上, 其中每个驱动器都能够脱离总线。该规范满足所有 RS-422 的要求, 而且比 RS-422 稳定性更强。具有更高的接收器输入阻抗和更宽的共模范围 (-7~+12V)。

接收器输入灵敏度为 $\pm 200\text{mV}$, 这就意味着若要识别符号或间隔状态, 接收端电压必须高于 +200mV 或低于 -200mV。最小接收器输入阻抗为 $12\text{k}\Omega$, 驱动器输出电压为 $\pm 1.5\text{V}$ (最小值)、 $\pm 5\text{V}$ (最大值)。

驱动器能够驱动 32 个单位负载, 即允许总线上并联 32 个 $12\text{k}\Omega$ 的接收器。对于输入阻抗更高的接收器, 一条总线上允许连接的单位负载数也较高。RS-485 接收器可随意组合, 连接至同一总线, 但要保证这些电路的实际并联阻抗不高于 32 个单位负载。

采用典型的 24AWG 双绞线时, 驱动器负载阻抗的最大值为 54, 即 32 个单位负载并联 2 个 120 终端匹配电阻。RS-485 已经成为 POS、工业, 以及电信应用中的最佳选择。较宽的共模范围可实现长电缆、嘈杂环境 (如工厂车间) 下的数据传输。更高的接收器输入阻抗还允许总线上挂接更多器件。

5.2.4 硬件设计

在工业控制及测量领域较为常用的网络之一就是物理层采用 RS-485 通信接口所组成的工控设备网络。这种通信接口可以十分方便地将许多设备组成一个控制网络。从目前解决单片机之间中长距离通信的诸多方案分析来看, RS-485 总线通信模式由于具有结构简单、价格低廉、通信距离和数据传输速率适当等特点而被广泛应用于仪器仪表、智能化传感器集散控制、楼宇控制、监控报警等领域。但 RS-485 总线存在自适应、自保护功能脆弱等缺点, 如果不注意一些细节的处理, 则常出现通信失败甚至系统瘫痪等故障, 因此提高 RS-485 总线运行可靠性至关重要。

下面对一个案例进行分析。在某一电路中使用了一种 RS-485 接口芯片 SN75LBC184, 它采用单一电源 Vcc, 电压在 +3~+5.5 V 范围内都能正常工作。与普通的 RS-485 芯片相比, 它不但能抗雷电的冲击, 而且能承受高达 8 kV 的静电放电冲击, 片内集成 4 个瞬时过压保护管, 可承受高达 400 V 的瞬态脉冲电压。因此, 它能显著提高防止雷电损坏器件的可靠性。对一些环境比较恶劣的现场, 可直接与传输线相接而不需要任何外加保护元件。该芯片还有一个独特的设计, 当输入端开路时, 其输出为高电平, 这样可保证接收器输入端电缆有开路故障时, 不影响系统的正常工作。另外, 它的输入阻抗为 RS-485 标准输入阻抗的 2 倍 ($\geq 24\text{k}\Omega$), 可以在总线上连接 64 个收发器。芯片内部设计了限斜率驱动, 使输出信号边沿不会过陡, 使传输线上不会产生过多的高频分量, 从而有效扼制了电磁干扰。在图 5-1 中, 四位一体的光电耦合器 TLP521 让单片机与 SN75LBC184 之间完全没有了电的联系, 提高了工作的可靠性。基本原理为: 当单片机 P1.6=0 时, 光电耦合器的发光二极管发光, 光敏三极管导通, 输出高电压 (+5 V), 选中 RS485 接口芯片的 DE 端, 允许发送。当单片机 P1.6=1 时, 光电耦合器的发光二极管不发光, 光敏三极管不导通, 输出低电压 (0 V), 选中 RS-485 接口芯片的 RE 端, 允许接收。SN75LBC184 的 R 端 (接收端) 和 D 端 (发送端) 的原理与上述类似。

此处只是对其工作原理做了简单介绍。由于 RS-485 使用了差分电平传输信号, 所以传输距离比 RS-232 更长, 最多可以达到 3000 m, 因此很适合工业环境下的应用。但与 CAN 总线等更为先进的现场工业总线相比, 其处理错误的能力还稍显逊色, 所以在软件部分还需要进行特别的设计, 以避免数据错误等情况发生。另外, 系统的数据冗余量较大, 对于速度要求高的应用场所不适宜用 RS-485 总线。虽然 RS-485 总线存在一些缺点, 但由于它的线路设计简单、价格低廉、控制方便, 只要处理好细节, 在某些工程应用中仍然能发挥良好的作用。总之, 解决可靠性的关键在于工程开始施工前就要全盘考虑可采取的措施, 这样才能从根本上解决问题, 而不要等到工程后期再去亡羊补牢。

5.3 TCP/IP

5.3.1 TCP/IP 简介

TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) 的中文译名为“传输控制协议/因特网互联协议”，又称网络通信协议，这个协议是 Internet 最基本的协议、Internet 的基础，简单地说，就是由网络层的 IP 和传输层的 TCP 组成的。TCP/IP 定义了电子设备（如计算机）如何连入 Internet，以及数据如何在它们之间传输的标准。TCP/IP 是一个 4 层的分层体系结构。高层为 TCP，负责聚集信息或把文件拆分成更小的包。低层为 IP，处理每个包的地址部分，使这些包正确地到达目的地。

5.3.2 TCP/IP 的分层

TCP/IP 的开发研制人员将 Internet 分为 5 个层次，以便于理解，它也称为互联网分层模型或互联网分层参考模型，如下所示：

应用层	(第五层)
传输层	(第四层)
互联网层	(第三层)
网络接口层	(第二层)
物理层	(第一层)

(1) 物理层：对应于网络的基本硬件，这也是 Internet 的物理构成，即可以看得见的硬件设备，如 PC、互联网服务器、网络设备等，必须对这些硬件设备的电气特性进行规范，使这些设备都能够互相连接并兼容使用。

(2) 网络接口层：它定义了将数据组成正确帧的规程和在网络中传输帧的规程，帧是指一串数据，它是数据在网络中传输的单位。

(3) 互联网层：本层定义了互联网中传输的“信息包”格式，以及从一个用户通过一个或多个路由器到最终目标的“信息包”转发机制。

(4) 传输层：为两个用户进程之间建立、管理和拆除可靠而又有效的端到端连接。

(5) 应用层：它定义了应用程序使用互联网的规程。

5.3.3 TCP/IP 协议族中最底层的链路层

在 TCP/IP 协议族中，链路层主要有以下 3 个目的：

- (1) 为 IP 模块发送和接收 IP 数据报。
- (2) 为 ARP 模块发送 ARP 请求和接收 ARP 应答。
- (3) 为 RARP 发送 RARP 请求和接收 RARP 应答。

TCP/IP 支持多种不同的链路层协议，这取决于网络所使用的硬件，如以太网、令牌环网、FDDI（光纤分布式数据接口）及 RS-232 串行线路等。

链路层的主要协议有：ARP、RARP、SLIP 和 PPP 等。

5.3.4 网络层协议

网络层协议管理离散的计算机间的数据传输。这些协议用户注意不到，是在系统表层以下工作的。例如，IP 为用户和远程计算机提供了信息包的传输方法。它是在许多信息的基础上工作的，如机器的 IP 地址。在机器 IP 地址和其他信息的基础上，IP 确保信息包能正确地到达目的机器。通过这一过程，IP 和其他网络层的协议共同用于数据传输。如果没有网络工具，用户就看不到在系统中工作的 IP。

重要的网络层协议包括：

- (1) 地址解析协议 (ARP)。

- (2) Internet 控制消息协议 (ICMP)。
- (3) Internet 协议 (IP)。

5.3.5 传输层协议

传输层的两大协议包括：TCP（传输控制协议）、UDP（用户数据包协议）。

TCP 是一个可靠的面向链接的协议，UDP 是不可靠的或者说无连接的协议。可以以打电话和发短信为例来说明这种关系。

UDP 就好像发短信，只管发出去，至于对方是不是空号（网络不可到达）能不能收到（丢包）等并不关心。

TCP 好像打电话，双方要通话，首先，要确定对方不是关机（网络可以到达），然后要确定是不是没有信号，然后还需要对方接听（通信链接）。

5.4 本章习题

1. 本章中提到了哪些用于传输数据的标准？在应用的过程当中，是如何将这些标准予以运用的？
2. 如何利用 TCP/IP 进行通信。

联系方式

集团官网：www.hqyj.com 嵌入式学院：www.embedu.org 移动互联网学院：www.3g-edu.org
企业学院：www.farsight.com.cn 物联网学院：www.topsight.cn 研发中心：dev.hqyj.com

集团总部地址：北京市海淀区西三旗悦秀路北京明园大学校内 华清远见教育集团

北京地址：北京市海淀区西三旗悦秀路北京明园大学校区，电话：010-82600386/5

上海地址：上海市徐汇区漕溪路银海大厦 A 座 8 层，电话：021-54485127

深圳地址：深圳市龙华新区人民北路美丽 AAA 大厦 15 层，电话：0755-22193762

成都地址：成都市武侯区科华北路 99 号科华大厦 6 层，电话：028-85405115

南京地址：南京市白下区汉中路 185 号鸿运大厦 10 层，电话：025-86551900

武汉地址：武汉市工程大学卓刀泉校区科技孵化器大楼 8 层，电话：027-87804688

西安地址：西安市高新区高新一路 12 号创业大厦 D3 楼 5 层，电话：029-68785218