

CANopen 协议之 CAN 总线简介

1. 引言

随着汽车工业的发展，20 世纪 80 年代中期，率先由 Bosch 公司研发出新一代的汽车总线即控制器局域网（Controller Area Network，简称：CAN 总线或 CAN-bus），CAN 总线具有布线简单、典型的总线型结构、可最大限度的节约布线与维护成本、稳定可靠、实时、抗干扰能力强、传输距离远等特点，这些都决定了 CAN 总线必定是一种成功的总线。一经推出不仅在汽车行业得到广泛的推广与应用，在诸如航天、电力、石化、冶金、纺织、造纸等领域也得到广泛应用。在自动化仪表、工业生产现场和数控机床等系统中也越来越多的使用了 CAN 总线，CAN 总线在未来的发展中依然充满活力，有着巨大的发展空间。

由于 CAN 总线本身只定义 ISO/OSI 模型中的第一层（物理层）和第二层（数据链路层），通常情况下 CAN 总线网络都是独立的网络，所以没有网络层。在实际使用中，用户还需要自己定义应用层的协议，因此在 CAN 总线的发展过程中出现了各种版本的 CAN 应用层协议，现阶段最流行的 CAN 应用层协议主要有 CANopen、DeviceNet 和 J1939 等协议。

本系列文章主要介绍 CAN 总线、基于 CAN 总线的应用层协议—CANopen，以及 CANopen 设备的应用及组网方式。本文主要介绍 CAN 总线相关的概念及网络结构。

2. CAN 总线特点

CAN 总线采用差分信号传输，通常情况下只需要两根信号线（CAN-H 和 CAN-L）就可以进行正常的通信。在干扰比较强的场合，还需要用到屏蔽地即 CAN-G（主要功能是屏蔽干扰信号），CAN 协议推荐用户使用屏蔽双绞线作为 CAN 总线的传输线。在隐性状态下，CAN-H 与 CAN-L 的输入差分电压为 0V（最大不超过 0.5V），共模输入电压为 2.5V。在显性状态下，CAN-H 与 CAN-L 的输入差分电压为 2V（最小不小于 0.9V），如下图 1 所示。

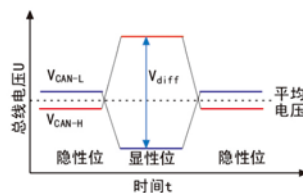


图 1 CAN 总线电平特点

其物理传输层详细和高效的定义，使得 CAN 总线具有其它总线无法达到的优势，注定其在工业现场总线中占有不可动摇的地位，CAN 总线通信主要具有如下所示的优势和特点。

- CAN 总线上任意节点均可在任意时刻主动的向其它节点发起通信，节点没有主从之分，但在同一时刻优先级高的节点能获得总线的使用权，在高优先级的节点释放总线后，任意节点都可使用总线；

- CAN 总线传输波特率为 5Kbps~1Mbps，在 5Kbps 的通信波特率下最远传输距离可

以达到 10Km，即使在 1Mbps 的波特率下也能传输 40m 的距离。在 1Mbps 波特率下节点发送一帧数据最多需要 134 μ s；

● CAN 总线采用载波监听多路访问、逐位仲裁的非破坏性总线仲裁技术。在节点需要发送信息时，节点先监听总线是否空闲，只有节点监听到总线空闲时才能够发送数据，即载波监听多路访问方式。在总线出现两个以上的节点同时发送数据时，CAN 协议规定，按位进行仲裁，按照显性位优先级大于隐性位优先级的规则进行仲裁，最后高优先级的节点数据毫无破坏的被发送，其它节点停止发送数据（即逐位仲裁无破坏的传输技术）。这样能大大的提高总线的使用效率及实时性；

● CAN 总线所挂接的节点数量主要取决于 CAN 总线收发器或驱动器，目前的驱动器一般都可以使同一网络容量达到 110 个节点。CAN 报文分为两个标准即 CAN2.0A 标准帧和 CAN2.0B 扩展帧，两个标准最大的区别在于 CAN2.0A 只有 11 位标识符，CAN2.0B 具有 29 位标识符；

● CAN 总线定义使用了硬件报文滤波，可实现点对点及点对多点的通信方式，不需要软件来控制。数据采用短帧发送方式，每帧数据不超过 8 字节，抗干扰能力强，每帧接收的数据都进行 CRC 校验，使得数据出错机率极大限度的降低。CAN 节点在错误严重的情况下具有自动关闭的功能，避免了对总线上其它节点的干扰；

● CAN 总线通信介质可采用双绞线、同轴电缆或光纤，选择极为灵活。可大大节约组网成本。

3. CAN 控制器介绍

随着 CAN 总线不断的发展壮大，符合 CAN2.0A 和 CAN2.0B 协议的独立芯片越来越多。如 NXP 公司推出的 SJA1000 及 SJA1000F，可以直接与普通单片机组合，使该单片机具有 CAN 通信的能力。随着 CAN 需求的日益增大，芯片厂商也把 CAN 控制器直接集成到芯片内部，例如 NXP 公司的 LPC2119、LPC2294、LPC2378 等。以下主要以 LPC2378 的集成 CAN 控制器为例，对 CAN 控制器作一个介绍。

LPC2378 CAN 控制器结构如图 2 所示。该控制器是一个带有发送和接收缓冲器的串行接口，但它并不含有验收过滤器。验收过滤器是一个独立的模块，能够对所有 CAN 通道进行 CAN 标识符过滤。

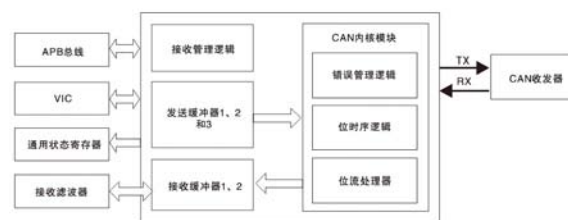


图 2 LPC2378 CAN 控制器结构

LPC2378 CAN 控制器工作流程主要分为发送过程和接收过程。

● 发送过程

CAN 控制器是完全受处理器控制，CPU 通过内部总线向 CAN 控制器的发送寄存器里填写需要发的数据，然后启动 CAN 控制器的发送使能，发送的数据分别经过位流管理器（变成在总线上发送的二进制码）、错误管理逻辑（负责检测总线状态及发送是否出现错误）及位时序逻辑（管理数据在总线上的发送时序）、CAN 收发器（负责把位流数据转换成 CAN 总线够传输的差分电平），这样就完成了一帧 CAN 数据的发送，如图 3 所示。

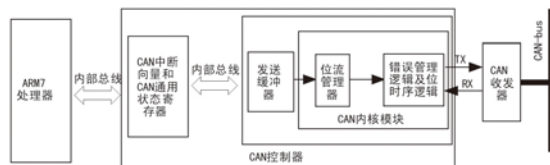


图 3 发送过程

● 接收过程

CAN 数据的接收与 CAN 数据的发送是一个相反的过程，如图 4 所示。当 CAN 收发器检测到 CAN 总线上有数据时，CAN 收发器把 CAN 总线上的差分信号转换成位流数据，经过错误管理器及位时序逻辑单元对位数据流和时序进行检查，再经过位流管理器把位流数据转换成字节数据并存放到接收缓冲器中，当一帧数据接收完了之后则由接收缓冲器产生数据接收中断（通知 CPU 已经接收到一帧新数据），并将产生的各种状态通过改变状态寄存器的值来表示。

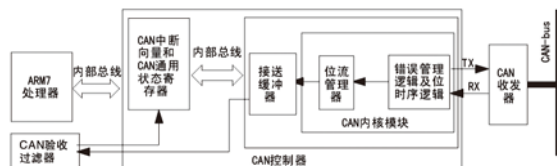


图 4 接收过程

以上主要介绍 LPC2378 CAN 工作流程，CAN2.0A/B 标准协议在 CAN 控制器中都得以实现，用户只需要操作相关的 CAN 寄存器就可以控制 CAN 控制器动作（控制器的具体操作请参考 LPC2378 数据手册），因此可以大大提高 CAN 节点的开发时间，提高工作效率。

4. CAN 总线网络结构

作为一个总线型网络，其结构如图 5 所示，其组网与维护相当方便。CAN 总线具有在线增减设备，即总线在不断电的情况下也可以向网络中增加或减少节点。一条总线最多可以容纳 110 个节点，通信波特率为 5Kbps~1Mbps，在通信的过程中要求每个节点的波特率保持一致（误差不能超过 5%），否则会引起总线错误，从而导致节点的关闭，出现通信异常。



图 5 CAN 网络典型结构

5. CAN 总线应用层协议

由于 CAN 总线只定义了 ISO/OSI 中的物理层和数据链路层，因此对于不同的应用出现了不同的应用层协议，为了使不同厂商的产品能够相互兼容，世界范围内需要通用的 CAN 应用层通信协议，在过去的二十年中涌现出许多的协议，不过到现在为止能够广泛被承认的协议却不多，现在 CAN 应用层协议主要有以下三种。

- 在欧洲等地占有大部分市场份额的 CANopen 协议，主要应用在汽车、工业控制和

自动化仪表等领域，目前由 CIA 负责管理和维护；

- J1939 是 CAN 总线在商用车领域占有绝大部分市场份额的应用层协议，由美国机动车工程师学会发起，现已在全球范围内得到广泛的应用；

- DeviceNet 协议在美国等地占有相当大的市场份额，主要用于工业通信及控制和仪器仪表等领域。

在以后的文章中将向读者重点介绍 CANopen 协议的基本概念及 CANopen 相关设备的使用及组网方法。

6. 结语

现阶段我国在工业领域与欧洲和美国等其它的发达国家存在较大的差距。CAN 总线作为新型现场总线已经蔓延到生活生产的各个领域，能够提高生产效率以及降低生产成本，成为工业现场总线的发展趋势。

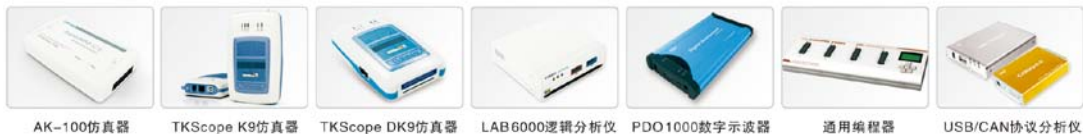
广州致远电子有限公司提供各种接口的 CAN 卡、CAN 总线分析仪、CAN 网关及网桥、CAN 卡的 OPC 服务器、以及 CAN 相关的测试工具。



地址：广州市天河区车陂路黄洲工业区 3 栋 2 楼
销售电话：020-28872342 28872450

技术支持：(020)22644381
邮箱：CANopen@embedcontrol.com

◎ 开发工具系列产品



AK-100仿真器

TKScope K9仿真器

TKScope DK9仿真器

LAB6000逻辑分析仪

PDO1000数字示波器

通用编程器

USB/CAN协议分析仪