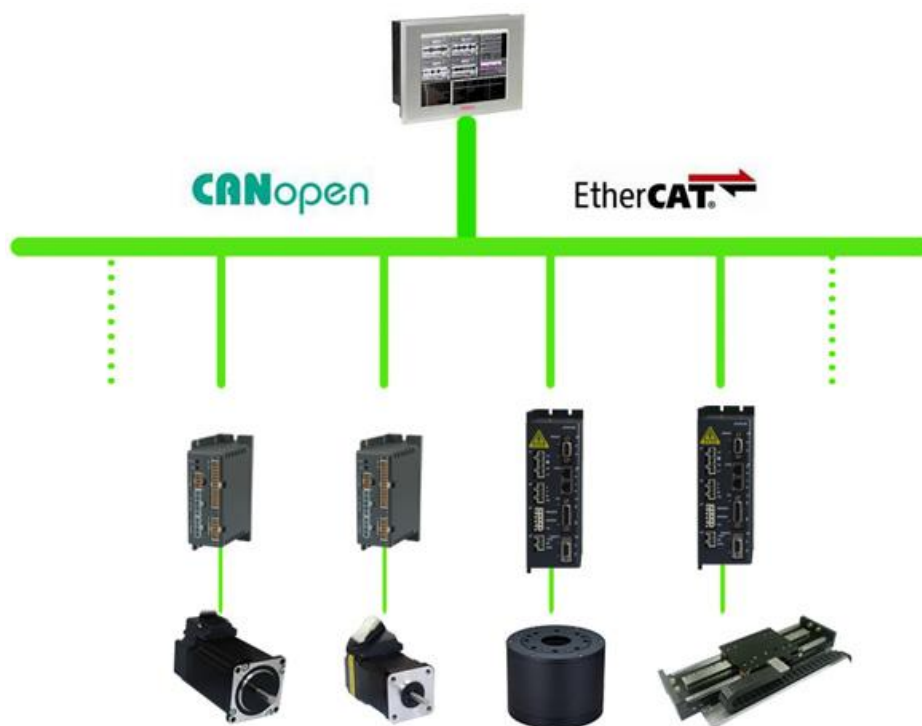


## CANopen 与 EtherCAT 运动控制网络简介



# 一、控制结构

## 1. 简介:

CANopen 与 EtherCAT 是国际上网络运动控制的开放标准协议。它们可以简化连线、降低成本、增强诊断功能等。CANopen 主要应用于分布式控制系统，而 EtherCAT 可以应用在集中式与分布式 2 种控制结构中。

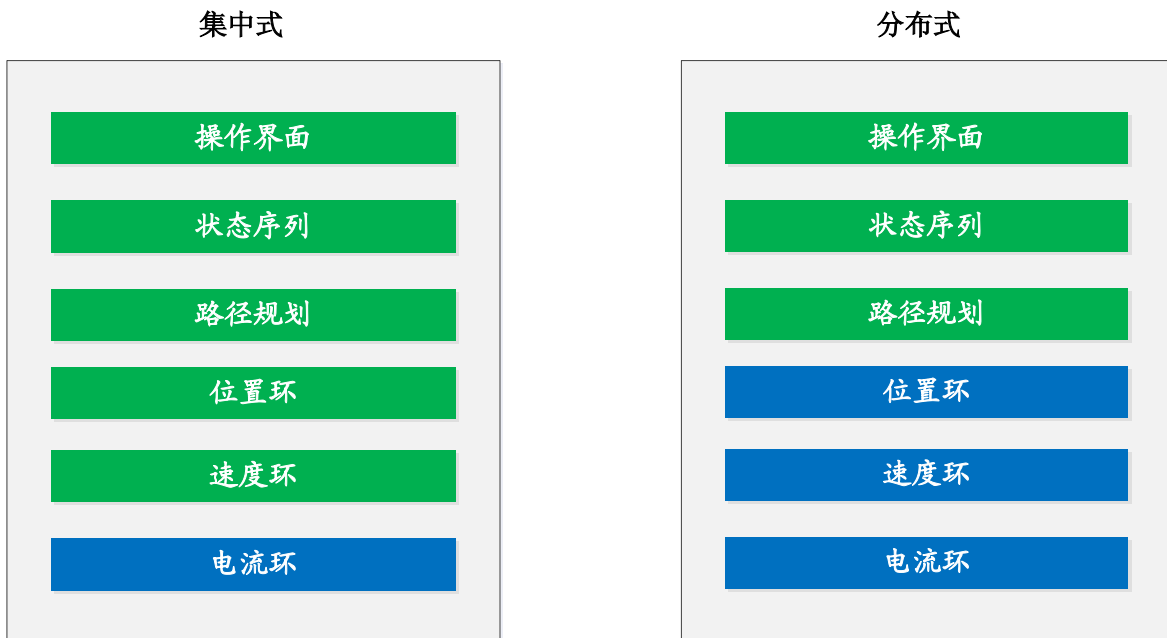
每种网络都有其自身的优点。泰科智能为这 2 种网络控制结构提供一个齐全的步进与伺服驱动控制解决方案。同时，还提供相关的软件工具，以简化系统调试，且易于从 CANopen 网络移植到 EtherCAT 网络。



## 2. 集中式与分布式运动控制:

系统任务的等级与分配如下图所示。绿色表示控制器，蓝色表示驱动器。在集中式结构中，除了电流环以外，所有的任务都由控制器完成。电流环应该至少每 100us 更新一次，这会把很高的计算负担放在控制器上，且必须使用高速数据通讯链路。

在分布式控制系统中，所有的伺服环都在驱动器内完成。在轮廓模式（下载运动参数并启动运行）下，驱动器内部也执行路径规划。驱动器无需增加附加的成本，而且能省去运动控制卡。由于位置环的刷新率远低于电流环，因此只需使用一个低速的网络即可。



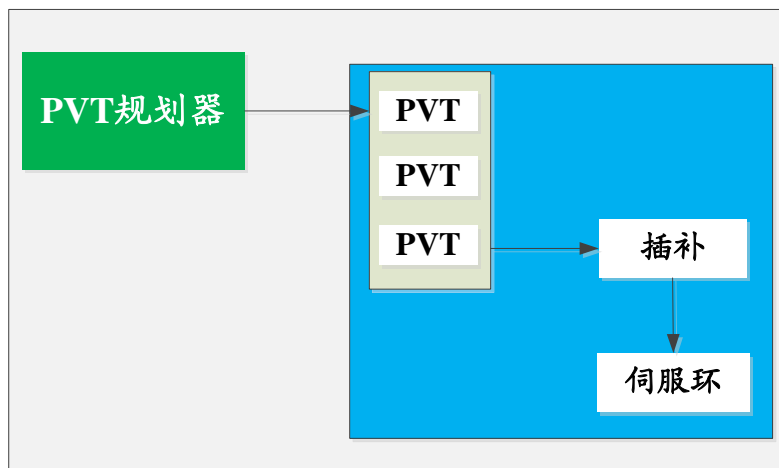
- 更适合轴间高度耦合的情况 如机器人手
- 更高效的实时伺服环调整
- 要求更高带宽网络

- 点到点及多数轮廓曲线的理想选择
- 低成本解决方案、最小化驱动器尺寸
- 只要求低带宽网络
- 易扩展、无增加控制器负担

### 3. PVT 路径规划:

在分布式控制协同运动系统中，EtherCAT 和 CANopen 都使用 PVT 做路径规划：控制器生成一系列的点，来定义在指定的时间点上，每个轴的位置与速度值。PVT 路径规划是定义运动轨迹的一种非常高效的方法。

一般来说，轨迹点每隔 10ms 被发送到驱动器的缓冲区中。驱动器实行三阶插补来生成最优的曲线。插补之后，每个驱动器上的位置环以几千赫兹的速率同步更新。



### 4. 网络的速度与效率:

对运动控制系统网络而言，效率、决定性与同步性远比速度重要。标准以太网的传输速度超过 CANopen 速度 100 倍，但主要被设计用于异步传输大数据文件。网络上的消息冲突是毁灭性的，必须重新发送。CANopen 主要被创建用于低成本传送实时小数据包，对于分布式控制而言，完全可满足其实时性要求。

EtherCAT 给以太网带来了同步性与决定性，相对于许多被实时修改过的标准以太网，EtherCAT 显然是最有效的。对于分布式控制系统，它满足刷新驱动器电流环的速度的要求，且能灵活地传输 PVT 点。但是，EtherCAT 驱动器相对同等的 CANopen 驱动器而言，价格更高，体积也更大一点。

## 二、技术概述

### 1. CANopen 简介:

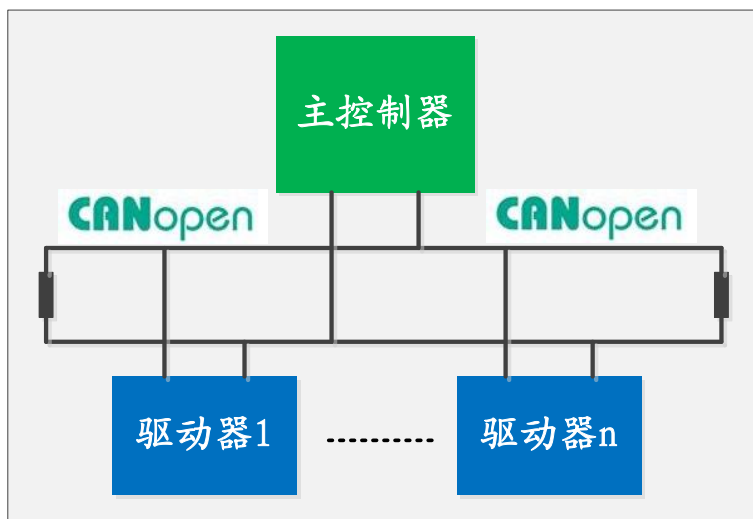
CANopen 是建立在 CAN 数据链路层之上的一个开放的标准应用层。CAN 最初为汽车应用领域而开发设计，到目前已经被证明是坚固、可靠、经济的通信网络。可以进行主/从和点对点的通信，消息冲突不是毁灭性的。

从轴通过被锁定时间标记的分布式时钟进行同步。参数与实时数据分别由 SDOs 与 PDOs 进行处理，以达到最优效率。对于一个完整的系统解决方案，可支持第三方的 I/O 与控制软件。

## 2. 网络拓扑与总线仲裁:

CAN 是一个使用简单双绞线连接的多点网络。最大速率可达 1Mb/s、线长可达 40 米。网络首尾两端须接终端电阻，且端线应尽可能的短。一个 CAN 网络最多可支持 127 个节点。

当总线空闲时，任何一个节点都可以发送数据。消息帧以帧有效低起始位开始发送这消息的标识符。越低的标识符，它的优先级越高。如果两台设备在同一时间向网络发送数据，有高优先级标识符的设备将会强制性把总线电平拉低，而低优先级的节点设备将识别到这个情况且将放弃使用总线。



## 3. 同步:

可以在几毫秒的时间内实现 CANopen 从轴之间的同步。在启动时，一个被指定的从轴广播发送一个同步消息以建立网络时间基准，同步消息（由从轴的内部时钟定义）的最新实际时间将周期性地广播发送给其他同步轴。每个同步轴都将使用该时间标记以不断调整自己的时钟来保持同步锁定。

## 4. SDOs 与 PDOs:

SDOs 主要被用于从轴配置参数的异步传送。CAN 数据域的 8 个字节中的某些字节定义了配置参数在从轴中的位置。如果数据包是 4 个字节，则只需一个 CAN 帧即可，尽管从轴必须应答这个 SDO。在随后的多个帧中，更长的数据包可以以 7 个字节的数据块被发送。

PDOs 提供了传送 8 个字节或少于 8 个字节实时数据包的有效方法。全部 8 个字节的数据域都可用这个方法，因为 PDO 已提前被映射到相应的从轴控制功能。一个 PVT 矢量可以在一个 CAN 帧中被发送。PDOs 也可由一个从轴初始化，就像给主轴发送一个中断一样。

## 5. EtherCAT 简介:

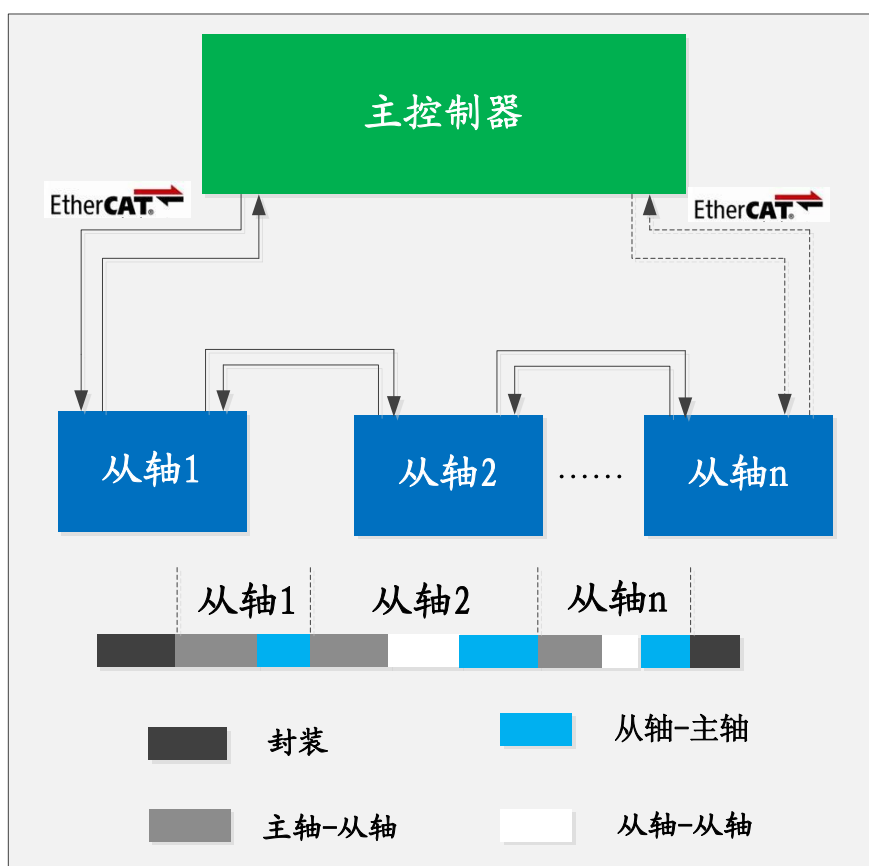
EtherCAT 是一个为实时控制创建的开放标准。快速与决定性、EtherCAT 能在 100us 之内以刷新 100 个带 8 字节数据的从轴。它支持所有网络拓扑结构，可以使用铜电缆或光纤做介质。EtherCAT 利用 CANopen 与 SERCOS 设备配置，使移植更简单便利。EtherCAT 主控制器使用标准硬件，无需一个附加的通讯处理器。从轴使用定制化的 ASIC 或 FPGA，相对于标准的以太网节点，成本费用基本可以忽略。

## 6. 消息与网络拓扑:

EtherCAT 通过在一个标准的以太网报文中，设定从轴一个唯一的时间段，优化网络带宽。每个从轴读取主轴的数据，且在报文通过时并插入自己的数据。这些数据也可以做下游节点的主控制器。

最常用的 EtherCAT 拓扑是直线型的。由于 EtherCAT 是全双工通讯，将最后一个节点连回到主机（构成环路）以提供网络冗余。EtherCAT 最多支持 65535 个节点，节点之间电线长度可达 100 米。

EtherCAT 可适应星形拓扑，但是该拓扑要求从轴以开环模式运行。在当前 ASIC 实现的从轴中，开环模式还不可用。但是以基于更加灵活的 FPGA 技术设计的泰科智能伺服驱动器，是可以使用星形拓扑的。



## 7. EtherCAT 同步:

类似 CANopen，EtherCAT 使用分布式时钟来同步网络节点。主轴使用来自每个从轴的时间标记信息以调整分布式时钟。即使有数百个节点，同步时间误差也可能小于 1 $\mu$ s。

## 8. CANopen over EtherCAT (CoE):

CANopen over EtherCAT 执行标准的 SDO 与 PDO 通讯机制。甚至网络管理也是非常类似：应用代码可以被重复使用，容易移植到 EtherCAT。CANopen 设备属性也可以被扩展到高带宽的 EtherCAT 上使用。

# 三、CANopen-EtherCAT 的使用

## 1. 控制软件

泰科智能的分布式控制软件使系统的试运行变得快速而简单。控制 CANopen 或 EtherCAT，无需低层代码的开发。全部的网络管理只需要注意到已经被链接到应用程序的某几条简单命令即可。

### 泰科智能支持两种开发环境

**MLC: (C++运动函数库)** 链接到一个 C++应用程序;  
**MLO: (COM 目标库)** 可以被用于 Visual Basic, .NET, LabVIEW 或任一兼容 COM 的软件。

应用代码与对伺服或步进驱动器的控制对象在 MLC/MLO 函数库中接口。这些对象可以被链接到 CANopen 或 EtherCAT 的通信对象上。不管是执行 CANopen 还是 EtherCAT，基本的应用代码都保持不变，可以简单的从 CANopen 网络移植到 EtherCAT 网络。也可以在同一台 PC 上组合运行 EtherCAT 与 CANopen。

### 网络管理

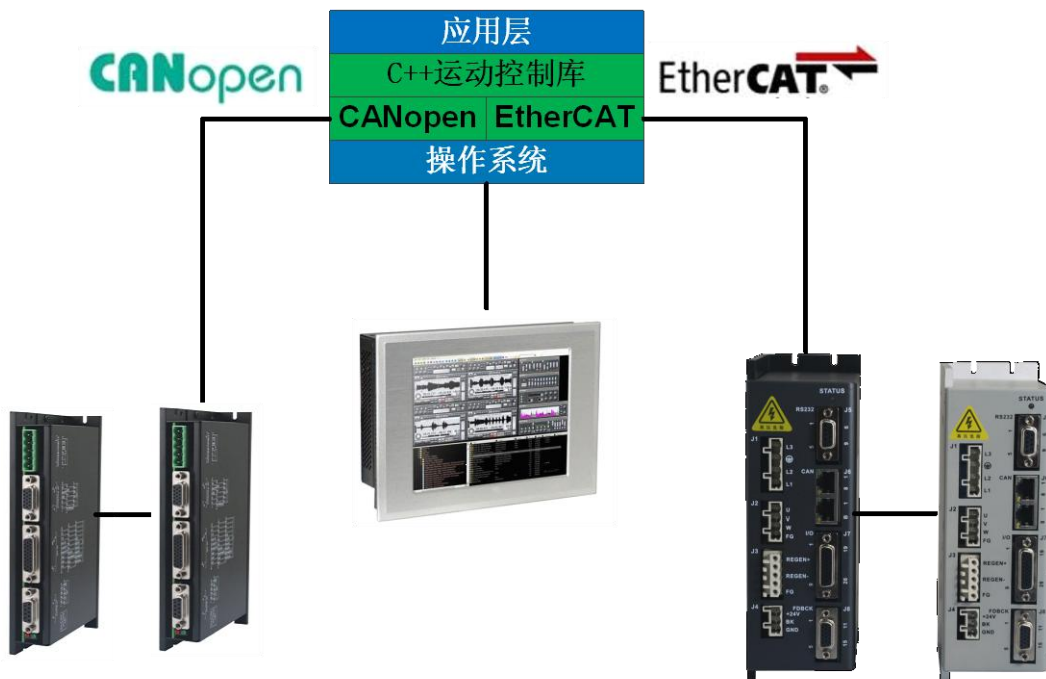
- 配置和启动
- 同步
- 消息生成
- 错误管理

### 运动控制

- 路径规划
- PVT 生成
- 执行曲线
- PVT 缓冲区管理

### 通用

- 设置/获取参数
- 下载设置文件
- 驱动器错误处理
- I/O 接口



## 2. 网络解决方案:

为 CANopen 网络, 泰科智能提供了一个板载微控制器、双通道的 PCI 卡。该卡带 CANView, 可支持网络诊断、消息显示与总线负载分析。

泰科智能驱动器带完善的本地 I/O 特性, 以减少第三方设备的需要。EtherCAT PCB 安装驱动模块也包含了一个高速 SPI 接口, 以方便大量的 I/O 数量扩展。

泰科智能 I/O 处理器模块, 带有 72 个数字 I/O 与 12 个模拟量输入, 可以使 OEM 设计最优的系统接口, 并将它们无缝的集成到控制系统中。

## 3. EtherCAT 主控制器:

在一个带伺服闭环在驱动器中的分布式控制结构中, MLC 与 MLO 使一个用户化的主机非常接近 OEM。也可以有许多第三方的 EtherCAT 主控制器可用。这些产品主要用于完成软件的任务, 要求一台带实时多任务操作系统的 PC。

EtherCAT 主控制器的供应商包括:

- Beckoff (TwinCAT)
- Acontis Technologies
- Soft Servo
- ACS Motion Control
- 3S (CoDeSys)
- Koenig Process Automation

## 4. 从 CANopen 移植到 EtherCAT:

CANopen 对于分布式控制来说是一个已经被证实了的可靠而又低成本解决方案, 可以满足大多数应用需要。对于要求实时调整伺服环的集中式多轴间高度耦合控制, 选择 EtherCAT 更合适。网络拓扑结构、节点数与线缆也是选择 EtherCAT 时考虑的因素。从 CANopen 移植到 EtherCAT 的优缺点, 总结如下:

### 优点:

- 适合轴间高度耦合的集中式控制
- 灵活带冗余的线路拓扑
- 更长的通信距离 (100m)
- 理论上讲网络节点数无限制
- 从轴到从轴之间高速通讯
- 标准以太网接口, 无需 CAN 卡

### 缺点:

- 增加了驱动器成本
- 增大了驱动器外形尺寸
- 驱动器在 PCB 布线时必须考虑信号传输线的影响