

EtherCAT – 工业以太网现场总线



Ether**CAT**[®] 
Technology Group

目 录



3	总线系统也许并不意味着所有 ...
4	EtherCAT 技术概览
6	EtherCAT 技术协会
8	为何选用 EtherCAT?
10	EtherCAT 技术详解
10	EtherCAT: 基于以太网技术
11	EtherCAT 运行原理
12	EtherCAT 协议
14	灵活的拓扑结构
16	用于高精度同步的分布式时钟
18	诊断和错误定位
19	独立于主站的诊断接口
21	高可用性需求
22	EtherCAT G: 千兆级通信
24	系统概览
26	EtherCAT P: 将通信与电源集成在一根线缆中
28	Safety over EtherCAT
30	通信行规
33	基于 EtherCAT 自动化协议 (EAP) 的厂级通信
35	集成其他总线系统
36	EtherCAT 用于数字化传输、工业 4.0 和 IoT
38	实施 EtherCAT 接口
40	主站设备的实施
42	从站设备的实施
44	一致性测试及认证
47	联系方式

总线系统也许并不意味着所有 ...

...但没有它，就不会有机器！

它不仅是系统架构的核心部分，而且其性能决定着整个系统能否达到最高性能。同时，总线系统也是决定系统成本、调试时间和稳定性的关键因素。这就是为什么一个优秀的工程师在系统设计的第一步就要选择正确的总线技术的原因。

本书将为您介绍工业以太网现场总线 EtherCAT。您不仅能学习到什么是 EtherCAT，同时，还将了解为什么 EtherCAT 是最快的工业以太网标准。本书也对全球最大的总线组织 EtherCAT 技术协会（ETG）进行了介绍。

更为重要的是，我们希望传达给您：为什么 EtherCAT 是您应用的正确选择。如果您有任何问题，请随时与我们联系。我们对 EtherCAT 满腔热情，我们期待您的反馈。

EtherCAT 技术协会执行董事，
Martin Rostan，
代表 EtherCAT 技术协会团队



Martin Rostan，执行董事，
EtherCAT 技术协会



在全球战略会议上的全球 ETG 团队

EtherCAT 是一项高性能、低成本、应用简易、拓扑灵活的工业以太网技术。它于 2003 年被引入市场，并于 2007 年成为国际标准。EtherCAT 技术协会（EtherCAT Technology Group, ETG）推广 EtherCAT 技术，并负责对该项技术的持续研发。EtherCAT 是一项开放的技术：允许任何人实施或应用。

运行机制

EtherCAT 的关键工作原理在于其节点对以太网数据帧的处理：在数据帧向下游传输的过程中，每个节点读取寻址到该节点的数据，并将它的数据写入数据帧。这种传输方式提高了带宽利用率，使得每个周期通常用一个数据帧就足以实现整个系统的数据刷新，同时，网络无需使用交换机或集线器。

网络性能

EtherCAT 处理帧的独特方式使得它成为最快的工业以太网技术；没有任何其他技术能获得比 EtherCAT 拥有更高的带宽利用率或相应的性能。

灵活的拓扑

除了其速度优势以外，一个 EtherCAT 网络最多可支持 65,535 个设备，而不受在拓扑结构中放置位置的限制：线型、总线型、树型、星型——或任意组合。快速以太网物理层允许两个设备最大间距 100 米（330 英尺），采用光纤则设备间距可以更远。EtherCAT 还可以提供更高的拓扑灵活性，如设备的热连接、热插拔，以及通过环网实现的线缆冗余。

多功能型

EtherCAT 适用于集中式和分散式的系统结构。它可以支持主站-从站，主站-主站，和从站-从站，以及包含下级现场总线的通信。在工厂层，通信由 EtherCAT 自动化协议（EtherCAT Automation Protocol）覆盖——完全基于现有的网络基础架构。

使用简单

相比于传统的现场总线系统，EtherCAT 是显而易见的选择：节点地址可被自动设置，无需网络调试，集成的诊断信息可精确定位错误。即使具有这些优势，EtherCAT 却比其他的工业以太网技术使用更加简单：无需配置交换机，无需处理复杂的 MAC 或 IP 地址。

成本低廉

EtherCAT 以现场总线的成本提供工业以太网的全部优势。这是如何实现的呢？首先，EtherCAT 不需要任何有源基础设施组件。主站设备无需特殊插卡，从站设备可选使用多个供应商提供的高集成度低成本的芯片。此外，无需昂贵的 IT 专家进行网络调试或系统维护。

工业以太网

EtherCAT 也支持常用的因特网技术，却并不影响网络的实时性能。“Ethernet over EtherCAT” 协议可以传输 FTP、HTTP 和 TCP/IP 等。

功能性安全

“Safety over EtherCAT” 如同 EtherCAT 本身——精简而高速。功能性安全直接建立在总线中，可以选择集中式或分散式的安全逻辑。由于使用“黑色通道”(“Black-Channel”)的方法，它同样适用于其他总线系统。

开放的技术

EtherCAT 是一项国际化的开放技术，这意味着任何人都能以兼容方式免费使用该技术。但是，作为一项开放的技术并不意味着任何人可以肆意修改 EtherCAT 以满足他/她的需求，否则会丧失其互操作性。全球最大的现场总线组织，EtherCAT 技术协会，负责 EtherCAT 技术在未来的完善工作，因此该技术仍保有开放性和互操作性。

久经考验

EtherCAT 目前在全球广泛领域有多种多样的应用。EtherCAT 广泛应用于机器控制、测量设备、医疗设备、汽车和移动设备以及无数的嵌入式系统中。

EtherCAT 技术协会



EtherCAT 展台展示技术亮点及产品的广泛性。



ETG 定期举行区域性会员大会。

EtherCAT 技术协会确保 EtherCAT 技术对所有潜在用户开放。协会将 EtherCAT 设备制造商、技术提供商及用户聚集在一起以进一步研发、完善该技术。协会设有多个技术工作组，工作组的专家认真地从事 EtherCAT 各方面具体的研发工作。所有这些活动旨在为一个共同目标：保持 EtherCAT 的稳定性和互操作性。这就是为何 EtherCAT 只有一个版本，而非每年发布一个新版本的原因。

ETG 每年在欧洲、亚洲和美国组织多场互操作性测试活动（Plug Fest）。该活动聚集 EtherCAT 设备开发者进行测试以保证设备的互操作性。每个制造商在产品发布前，应使用官方的 EtherCAT 一致性测试工具进行相关 EtherCAT 设备的一致性测试。若其通过了授权测试实验室的一致性测试，ETG 将为制造商颁发官方一致性认证证书。

ETG 负责组织国际研讨会、研发培训，并参加全球的展览会。同时，ETG 还提供产品指南、联合展台和研讨会产品展示，以帮助其会员的 EtherCAT 产品开拓市场。

ETG 是全球拥有会员数量最多的现场总线组织。会员列表可以在 ETG 网站主页查看。然而，最重要的并不是会员数量，而是这些会员的活跃度。无论从会员数量、设备多样性，以及在欧洲、亚洲、美国的采用率方面来看，EtherCAT 都是非常出色的。

申请会员资格

ETG 会员资格向所有公司开放，包括设备制造商和最终用户。ETG 会员权益：

- 获得技术规范及访问开发者论坛；
- 以参加技术工作组的方式影响 EtherCAT 技术未来的发展；
- 获得本地 ETG 代表处的实施支持；
- 获得免费的从站堆栈代码、软件工具和其他研发工具；
- 被允许使用 EtherCAT 和 ETG 的 Logo；
- 在 ETG 官网的 EtherCAT 产品指南中，以及展会和其他 ETG 活动中展示其 EtherCAT 产品或服务。

章程、入会申请表，以及其他信息可以通过 info@ethercat.org.cn 和 www.ethercat.org.cn 获得。

国际标准

EtherCAT 技术协会是 IEC 的官方合作伙伴。EtherCAT 和 Safety over EtherCAT 都是 IEC 标准（IEC 61158 和 IEC 61784）。这些标准不仅包括底层协议层，还包括应用层和设备行规，如针对伺服产品的设备行规。SEMI™（Semiconductor Equipment and Materials International，国际半导体设备和材料协会）已接受 EtherCAT 作为半导体工业的通信标准（E54.20）。ETG 半导体技术工作组的各任务组定义工业具体设备行规和实施指南。

EtherCAT 规范有中文、英文、日文和韩文版本可供选择。

全球活动

EtherCAT 技术协会活跃在世界各地。在德国、中国、日本、韩国和美国的 ETG 代表处的专家为本地 ETG 会员的实施提供全程支持。

技术工作组(TWG)负责技术的维护工作，工作组通过对设备行规和实施指南的定义来改善并统一设备行为。欢迎所有会员为 TWG 做积极的贡献。



在很多国家，EtherCAT是国家标准，如中国和韩国。

EtherCAT 发展历程



为何选用 EtherCAT?

EtherCAT 独特的运行方式使得它成为“工程师的最佳选择”。此外，以下技术的特点对某些应用具有特殊的优势：

1. 卓越的性能

总的来说 EtherCAT 是最快的工业以太网技术，同时它提供纳秒级精确的同步。

目标系统由总线系统控制或监测的所有应用都将从此大大获益。快速反应时间减少了处理步骤中的状态转换等待时间，从而显著提高了应用的效率。最后，相对于设定了相同循环时间的其他总线系统，EtherCAT 系统结构通常能减少 25%-30% 的 CPU 负载。而最好的情况下，EtherCAT 性能可以提高精度，获得更高的吞吐量，并降低成本。

2. 灵活的拓扑

在 EtherCAT 应用中，机器结构决定网络拓扑。在传统的工业以太网系统中，可安装的交换机和集线器的级联数量是有限的，这限制了整个的网络拓扑结构。而 EtherCAT 无需交换机或集线器，因此没有这样的局限性。简而言之，EtherCAT 在网络拓扑方面没有任何限制。几乎无限数量的节点可以组成线型、树型、星型拓扑及任何拓扑的组合。由于具备自动链接检测功能，节点和网段可在运行中断开及重新连接——甚至连接到其他地方。线型拓扑可以拓展为环形拓扑，从而实现线缆冗余。主站设备仅需要第二个以太网口即可实现这种冗余功能，而从站设备已经具备了支持冗余功能的条件。因此可在机器运转过程中进行设备交换。

3. 简单且耐用

配置、检测、维护都与系统的成本息息相关。以太网现场总线使得所有这些任务变得异常简单：EtherCAT 可以自动配置地址，而无需手动配置。低总线负载和点对点的物理层改善了抗电磁干扰的能力。网络可以准确地定位潜在的干扰，从而大大减少了故障排除时间。在启动时，网络将目标拓扑与现实拓扑对比从而检测差异。

EtherCAT 出色的性能使得系统配置时对网络调试的需求得以降低。高带宽可以将其他的 TCP/IP 与控制数据同时传输。然而，EtherCAT 并不是基于 TCP/IP 的，因此无需使用 MAC 地址或 IP 地址，更不需要 IT 专家配置交换机或路由器。

4. 集成安全

功能性安全作为一个网络结构的集成部分？对于 FSoE (Functional Safety over EtherCAT) 来说不是问题。FSoE 是得到实际验证的，自 2005 年就有了通过 TÜV SÜD Rail 批准的 FSoE 设备。协议满足 SIL 3 系统要求，且适用于集中控制和分散控制系统。由于采用了黑色通道的方式及特别精简的安全容器 (Safety-Container)，FSoE 也可以应用于其他总线系统。该集成方案及精简的协议可降低系统成本。此外，一个对安全等级要求不高的控制器也可以接收并处理安全数据。

5. 低成本易实现

EtherCAT 以相当甚至低于传统现场总线系统的价格水平提供工业以太网的特性。对于主站设备硬件仅需要一个以太网端口——而无需昂贵的接口卡或协处理器。不同形式的 EtherCAT 从站控制器可以从很多供应商获得：ASIC 芯片、FPGA，或标准微处理器的可选总线接口。由于这些便宜的控制器的承担所有对时间要求苛刻的任务，EtherCAT 自身并不向从站设备 CPU 提出任何性能要求，从而降低了设备成本。因为 EtherCAT 不需要交换机或其他有源基础组件，从而节省了该类组件及其安装、配置和维护的成本。

基于以上原因，EtherCAT 广泛适用于如下行业：

- 机器人
- 机床
- 包装机械
- 印刷机
- 塑料制造机器
- 冲压机
- 半导体制造机器
- 试验台
- 测试系统
- 抓取机器
- 电厂
- 变电站
- 材料处理应用
- 行李运送系统
- 舞台控制系统
- 自动化装配系统
- 纸浆和造纸机
- 隧道控制系统
- 焊接机
- 起重机和升降机
- 农场机械
- 海岸应用
- 锯木厂
- 窗户生产设备
- 楼宇控制系统
- 钢铁厂
- 风机
- 家具生产设备
- 铣床
- 自动引导车
- 娱乐自动化
- 制药设备
- 木材加工机器
- 平板玻璃生产设备
- 称重系统
- 等等...



EtherCAT 技术详解

EtherCAT：基于以太网技术

EtherCAT 是工业以太网，采用标准的以太网数据帧和符合以太网标准 IEEE 802.3 的物理层。然而，EtherCAT 可解决工业自动化领域的具体需求：

- 需要确定的响应时间的硬实时性；
- 系统由多个节点构成，且每个节点只有少量的周期性过程数据；
- 相对于 IT 和办公应用中的硬件成本而言，工业自动化的硬件成本更加重要。

标准以太网网络几乎无法满足以上需求的现场级应用。如果每个节点使用一个独立的以太网报文传输几个字节的周期性过程数据，那么有效数据利用率会明显下降。因为以太网报文的最短长度为 84 字节（包括帧间距），其中的 46 个字节可以用于过程数据。例如，一个驱动器发送 4 字节的实际位置和状态信息过程数据，同时接收 4 字节的目标位置和控制字信息数据，则发送/接收报文的有效数据利用率下降到 4.8%（4/84）。另外，驱动器通常在接收到目标值后触发传输实际值需要一定的响应时间。最终，100 Mbit/s 的带宽所剩无几。

而在 IT 领域通常使用的路由（IP）和连接（TCP）协议栈需要为每个节点使用附加的协议头，会产生进一步的延时。



EtherCAT 运行原理

一个 EtherCAT 数据帧足以完成所有节点控制数据的发送和接收，这种高性能的运行模式克服了前面章节描述的各种问题！

EtherCAT 主站发送一个报文，报文经过所有节点。EtherCAT 从站设备高速动态地（on the fly）读取寻址到该节点的数据，并在数据帧继续传输的同时插入数据。这样，数据帧的传输延时只取决于硬件传输延时。当某一网段或分支上的最后一个节点检测到开放端口（无下一个从站）时，利用以太网技术的全双工特性，将报文返回给主站。

EtherCAT 报文的最大有效数据利用率达 90% 以上，而由于采用全双工特性，有效数据利用率理论上高于 100 MBit/s。

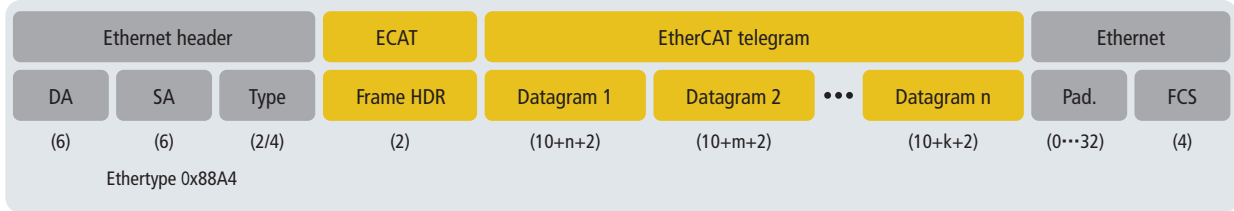
EtherCAT 主站是网段内唯一能够主动发送 EtherCAT 数据帧的节点，其他节点仅传送数据帧。这一设想是为了避免不可预知的延时，从而保证 EtherCAT 的实时性能。

EtherCAT 主站采用标准的以太网介质访问控制器（MAC），无需额外的通信处理器。因此，任何集成了以太网接口的硬件平台都可以实现 EtherCAT 主站，而与所使用的实时操作系统或应用软件无关。

EtherCAT 从站设备采用 EtherCAT 从站控制器（ESC）在硬件中高速动态地（on the fly）处理 EtherCAT 数据帧，不仅使网络性能可预测，而且其性能独立于具体的从站设备实施方式。

EtherCAT 协议

EtherCAT 将其报文嵌入到标准的以太网数据帧中（形成 EtherCAT 数据帧）。设备通过帧类型 0x88A4 识别 EtherCAT 数据帧。由于 EtherCAT 协议被优化为适用于短周期性的过程数据，因此无需庞大的协议堆栈，例如 TCP/IP 或 UDP/IP。



采用 IEEE 802.3 定义的标准以太网帧传输 EtherCAT 报文

为了保证节点之间的 IT 通信，TCP/IP 可选择性地通过邮箱通道传输，从而不影响实时数据的传输。

在启动期间，EtherCAT 主站设备为从站设备配置并映射过程数据。主站与从站之间交换的数据量可以各不相同，从一个位到几个字节，甚至是几 KB。

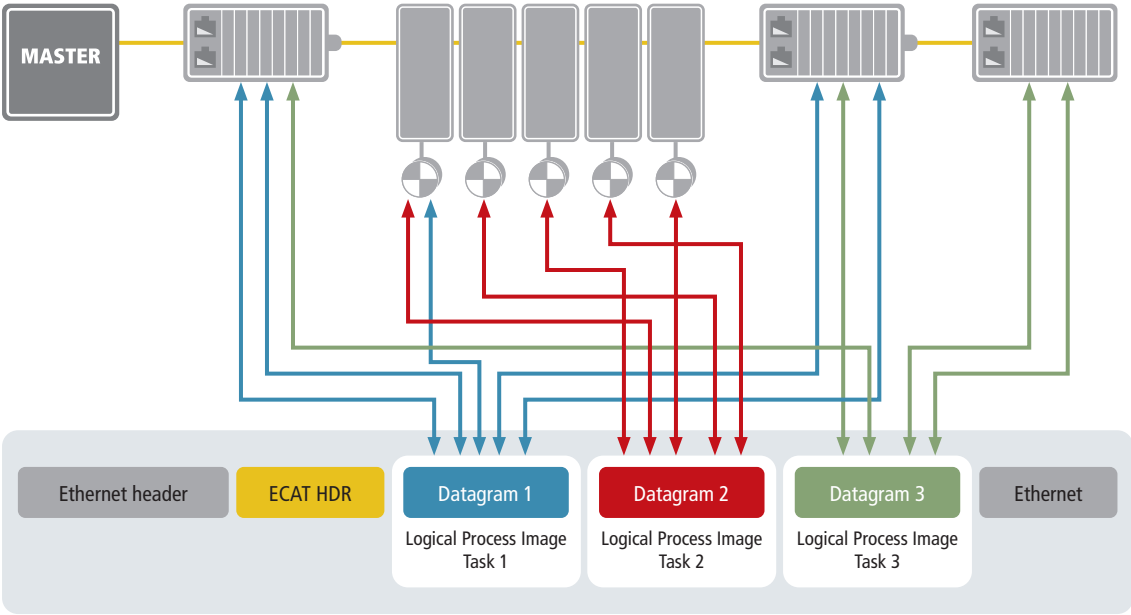
EtherCAT 数据帧包含一个或多个 EtherCAT 子报文，子报文头标明了主站设备的访问方式：

- 读，写，或读-写
- 通过直接寻址访问指定的从站设备，或通过逻辑寻址访问多个从站设备（隐式寻址）

逻辑寻址方式主要用于周期性交换的过程数据。每个报文定位到 EtherCAT 网段中过程映像的具体位置，过程映像具有 4GB 的地址空间。网络启动阶段，在全局地址空间中，为每个从站分配一个或多个地址。如果多个从站设备被分配到了相同的地址域，那么可通过单个报文对其进行寻址。由于报文中包含了所有的数据访问相关信息，因此主站可决定何时对哪些数据进行访问。例如，主站设备可以使用短循环周期刷新驱动器中数据，长循环周期采样 I/O 端口，固定的过程数据结构不是必要的。这也使得 EtherCAT 主站设备相较于传统的现场总线系统减轻了负担，在传统的现场总线系统中，主站需要单独读取每个节点

的数据，并在通信控制器的协助下对数据进行分类后复制到内存中。而 EtherCAT 主站设备仅需要将新的输出数据填入单个 EtherCAT 数据帧，并通过自动的直接存储访问（DMA）将该数据帧发送给 MAC 控制器即可。当带有新输入数据的数据帧被 MAC 控制器接收时，主站设备又可通过 DMA 将该数据帧拷贝到计算机存储中——而无需 CPU 主动复制任何数据。

除了周期性数据，EtherCAT 报文还可用于异步或事件触发通信。



高速动态地插入过程数据（“on the fly”）

除了逻辑寻址外，EtherCAT 主站还可以通过设备在网络中的位置寻址从站设备。该方法是在网络启动期间检测网络的拓扑结构，并将其与预期的拓扑结构进行比较。

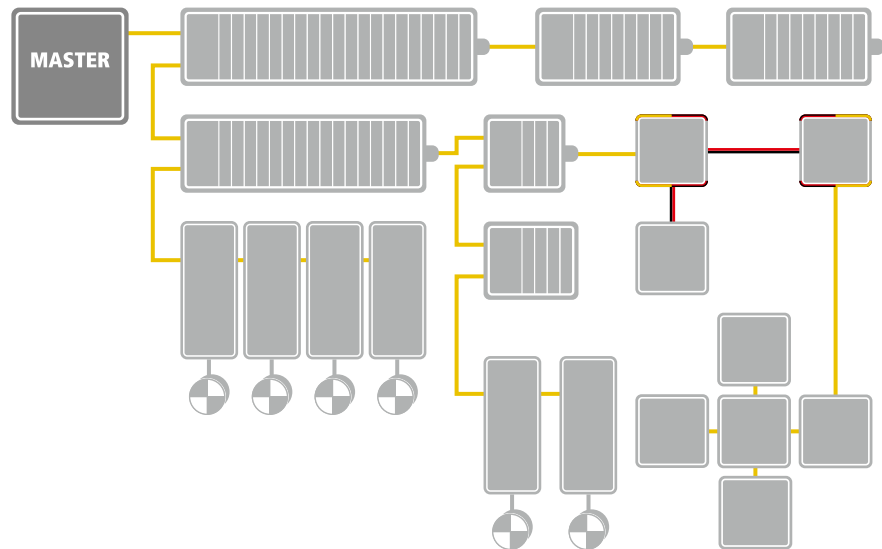
在检查完网络配置后，EtherCAT 主站为每个节点分配一个配置好的节点地址，并通过该固定的地址与节点进行通信。这使得主站可以有针对性地访问某个从站设备，即使网络拓扑结构在操作过程中发生改变，例如对于热插拔组。有两种方法可以实现从-从式通信：一种是从站直接发送数据给与其相连接的位于网络下游的从站设备，由于 EtherCAT 数据帧

只能在向前传输的过程中被处理，因此这种直接通信方式取决于网络的拓扑结构，尤其适用于一些设备架构不变的机械中的从-从式通信（如印刷机、包装机械等）；另一种与其相反，是可自由配置从-从式通信经由主站设备运行，这种通信方式需要两个总线周期（而不必两个控制周期）。EtherCAT 的卓越性能使这种从-从式通信相对于其他通信技术来说仍是最快的。

灵活的拓扑结构

EtherCAT 几乎支持所有的拓扑结构：线型、树型、星型、菊花链型。EtherCAT 使得带有成百上千个节点的纯总线型或线性拓扑结构成为可能，而不受限于级联交换机或集线器。

最有效的系统连线方法是对线型、分支或树叉结构进行拓扑组合。用于创建分支的端口被直接集成到 I/O 模块中，无需专用的交换机或其他有源设备。另外，还可以使用以太



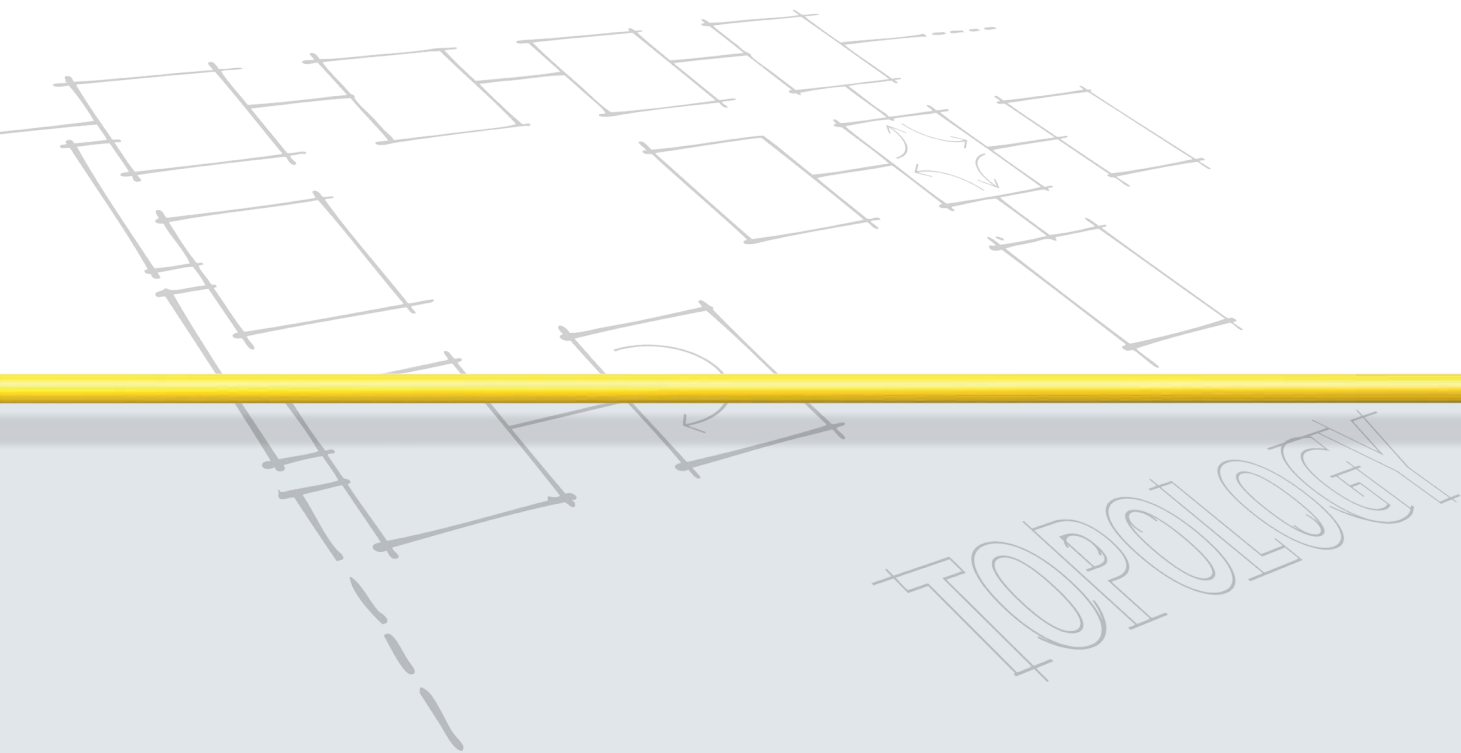
灵活的拓扑结构：线型、树型、星型或菊花链型

网传统的星型拓扑结构。

对于模块化机器或工具更换往往需要在运行期间连接或断开网段或单个节点。**EtherCAT** 从站控制器已经具备了这种热插拔特性的基础。当移除一个相邻站点时，该站点对应的端口会自动关闭，网络的剩余部分继续正常运行。整个切换时间 $<15\mu\text{s}$ ，从而保证了平稳切换。

EtherCAT 还提供了多种灵活的电缆类型，每个网段可以根据具体需求选择相应的电缆类型。成本低廉的工业以太网电缆可采用 **100BASE-TX** 模式（传输信号）连接两个间距长达 **100** 米的节点。通过实施可选的 **Power over EtherCAT** 协议（兼容 **IEEE 802.3af** 标准），可使用单条线缆连接传感器等设备。此外，对于节点间距大于 **100** 米的应用，还可使用光纤（如 **100BASE-FX**）。可以说，以太网的任何线缆类型都适用于 **EtherCAT**。

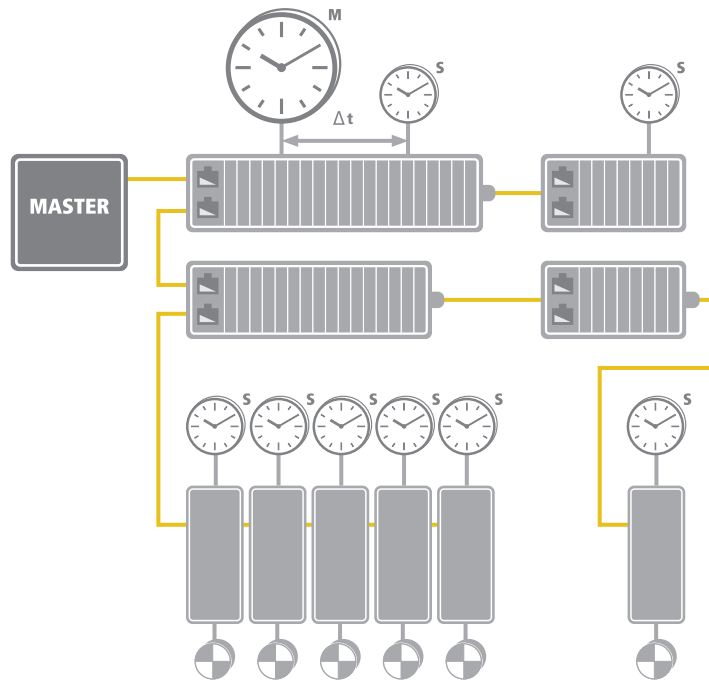
EtherCAT 网络可连接多达 **65535** 个设备，网络容量几乎没有限制。由于实际上节点数量没有限制，可以将模块化的 **I/O** 设备设计为每个 **I/O** 片都是一个独立的 **EtherCAT** 从站。因此无需本地扩展总线，高性能的 **EtherCAT** 能直达每个模块。因为在总线耦合器上无需网关，所以没有任何延时。



用于高精度同步的分布式时钟

精确同步对于同时动作的分布式过程而言尤为重要。例如，对于执行协同运动的多个伺服轴的应用便是如此。

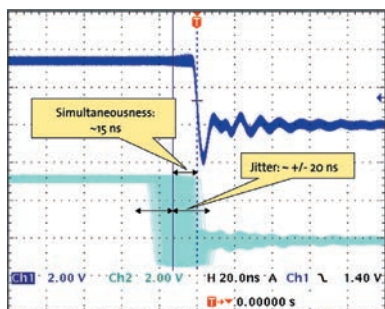
对于完全同步的通信，通信错误会立即影响其同步品质，而与其相比，分布式同步时钟对于通信系统的抖动具有很好的容错性。因此，EtherCAT 采用分布式时钟（DC）的方式同步节点。



完全基于硬件并带有传输延迟补偿的同步

各个节点的时钟校准完全基于硬件。第一个具有分布时钟功能的从站设备的时间被周期性地发布给系统中的其他设备。采用这样的机制，其它从站时钟可以根据参考时钟精确地进行调整。整个系统的抖动远小于 $1\mu\text{s}$ 。

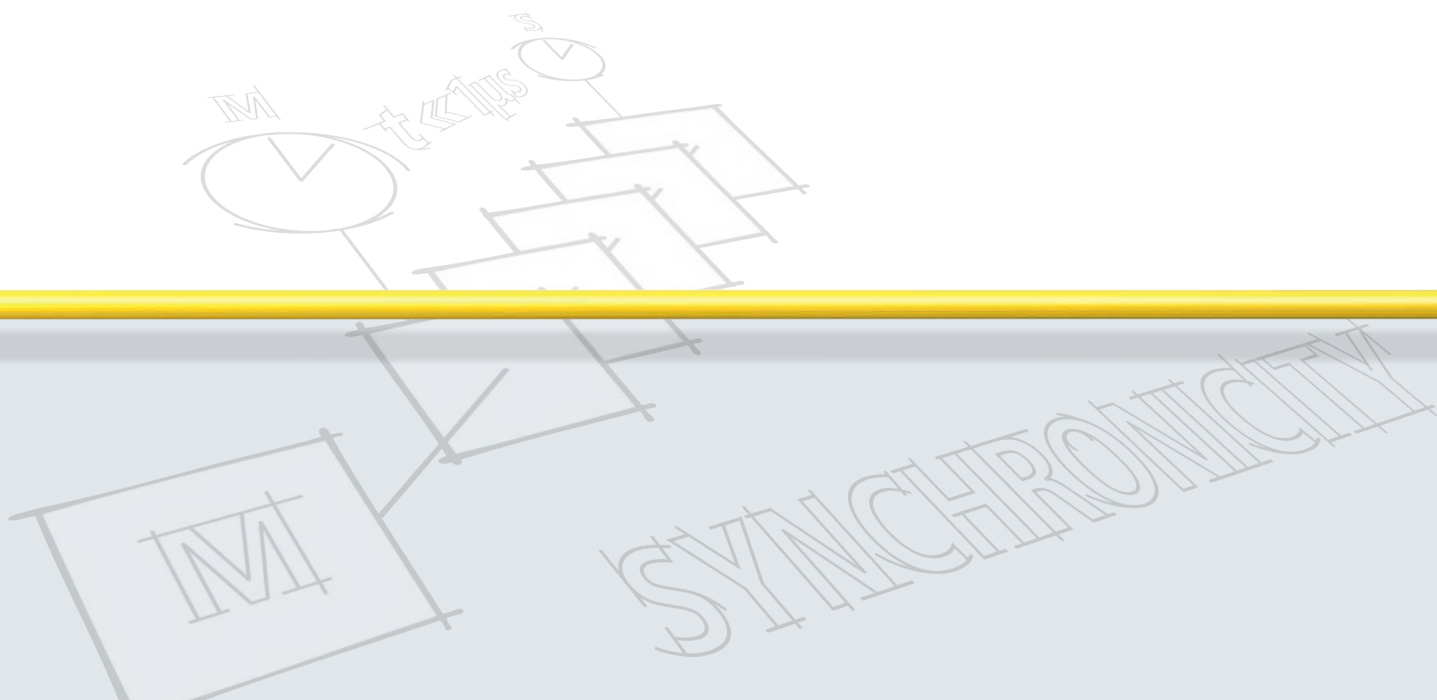
由于参考时钟发送时间到其他从站设备时产生轻微的传输延时，因此必须能够测量该延时并补偿给每个从站设备，以确保通信的同步性和同时性。该延时可在网络的启动过程中测量，如有需要，甚至在通信过程中还可以连续不断地进行测量，从而保证各个从时钟彼此之间时差不超过 $1\mu\text{s}$ 。



Scope view 显示相距 300 个节点、线缆长度 120m 的两个分布式设备的同步性和同时性

如果所有节点都具有相同的时间信息，那么它们可以同时触发输出信号，也可以给输入信号附上一个精确的时间戳。对于运动控制而言，除了同步性和同时性外，精确的周期同样重要。在运动控制应用中，速度值通过检测到的位置值计算，因此位置的精确等距测量非常关键（例如，以精确的周期）。尤其是对于短的周期时间来说，即使位置测量出现很小的抖动，也会造成速度计算值出现很大偏差。使用 EtherCAT，位置的测量时刻可通过精确的本地时钟来触发，而不是使用总线系统的时间，从而达到更高的精确性。

除此之外，使用分布时钟还可以减轻主站的负担，因为对于某些应用，例如位置的测量时刻是通过本地时钟来触发的，而不是数据帧的到达时刻，这样主站无需严格地发送数据帧。这使得主站可以软件的方式在标准以太网硬件设备中实现。即使是几微秒范围内的时间抖动也不会影响分布时钟的精确性！时钟的精确性并不取决于设置时钟的时间，因此它与数据帧的绝对传输时间无关。EtherCAT 主站仅需要确保 EtherCAT 报文在从站的分布时钟输出触发信号之前尽早地发送即可。



诊断和错误定位

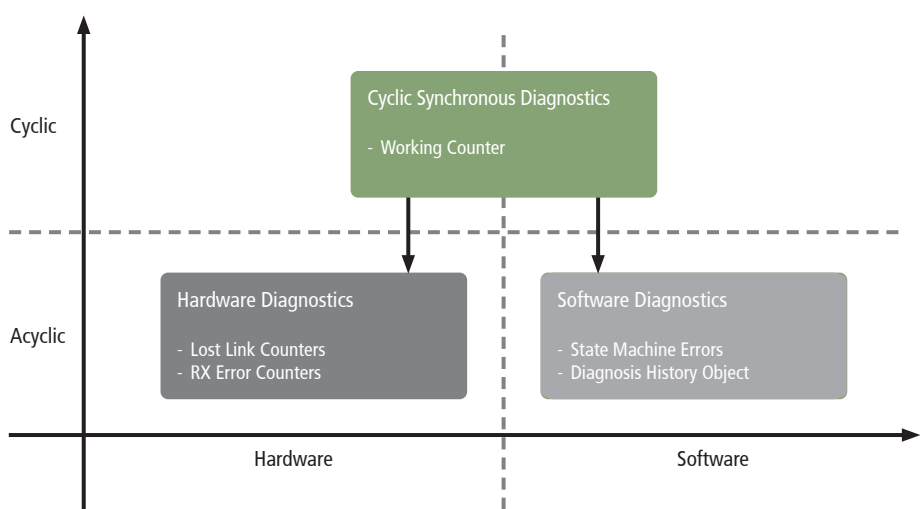
传统现场总线的应用经验表明，诊断能力对于机器的可用性和调试时间起着决定性的作用。在故障排除过程中，错误检测和错误定位非常重要。EtherCAT 可以在启动过程中扫描网络拓扑结构，并将其与预期的拓扑结构进行对比。另外，EtherCAT 还在其系统具有许多额外的诊断能力。

每个节点中的 EtherCAT 从站控制器利用校验码对传输的数据帧进行错误检测，只有在数据帧被正确接收之后，从站应用才会得到相关信息。而一旦发现位错误，错误计数器就会自动加 1，后面的节点则会被通知数据帧中包含错误。主站也会检测到数据帧包含错误，并摒弃其中的信息。主站通过分析节点的错误计数器，能够检测到系统中发生错误的最初位置。这相对于传统的现场总线系统而言有很大优势，在传统现场总线中，错误一旦发生就会沿着公用线缆一路传播，而不可能对错误进行定位。EtherCAT 能够检测并定位偶发的干扰，避免对机器运行造成影响。

基于其独特的运行原理，EtherCAT 具有出色的带宽利用率。采用此种传输方式，EtherCAT 比传统以太网那样每个节点用一个独立帧的传输方式的效率高出数倍。如果使用同一循环周期，在一个 EtherCAT 帧内由位错误引发干扰的可能性很低。而且，在典型的 EtherCAT 方式中，由于循环周期更短，恢复错误所需要的时间也将明显缩短。因此，在应用中对于主站出现这样的问题也会更为简单。

在数据帧中，工作计数器（WKC）用于监视子报文中信息的一致性。若被数据报文寻址的节点的内存可用，则工作计数器值自动增加。从而主站可以周期性地确认所有节点数据是否保持一致。如果实际工作计数器的值和预期值不同，主站则不会转发该数据报文给控制应用程序。然后，主站会自动地根据来自节点的状态和错误信息以及链路状态，检测出现意外状态的原因。

由于 EtherCAT 采用的是标准的以太网数据帧结构，因此以太网网络流量可以通过免费的以太网软件工具来记录。例如，广为人知的 Wireshark 软件为 EtherCAT 提供了协议解析，这样协议相关的信息，比如工作计数器、命令等，都能以纯文本的形式显示出来。



EtherCAT 诊断功能汇总

独立于主站的诊断接口

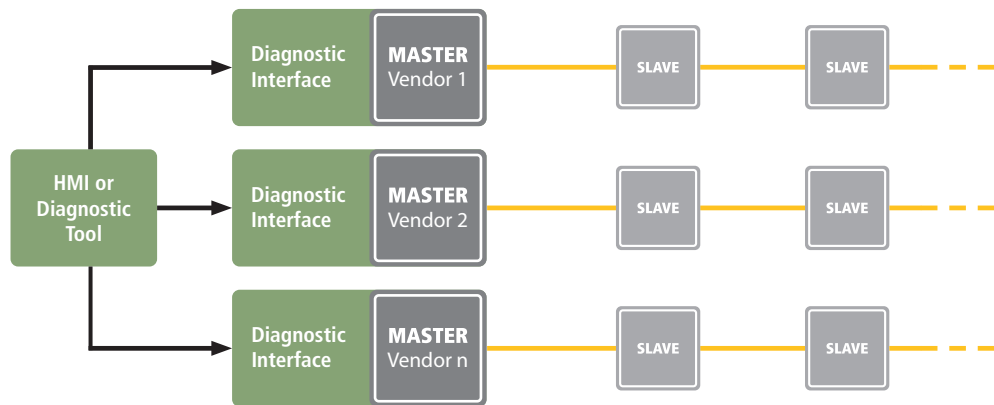
通过前文功能的介绍，所有 EtherCAT 网络中的主站都可以使用必要的诊断信息来监控网络状态以及检测和定位错误。

但是，这些“原始”信息需要提供给诊断工具和最终用户，便于进行解释执行和使用。通过“主站诊断接口协议”ETG.1510 规范，ETG 定义了一种解决方案，使外部工具可以访问 EtherCAT 网络提供的诊断信息，且该方式与主站供应商及软件实施无关。

ETG.1510 完善了 ETG.1500 “EtherCAT 主站类型”规范。诊断信息被映射到 ETG.5001 定义的 EtherCAT 主站对象字典中，并进行了扩展，提供了基于“离线”配置中主站所预期的网络结构和在线扫描检测到的当前实际网络拓扑。诊断信息本身以一致的、累积的计数器形式映射，该计数器汇总了从启动到当前的网络状态。因此，可以以独立于 EtherCAT 网络周期时间的频率访问诊断接口，且外部工具无需实时性能。

通过完善的基于 EtherCAT 的 CAN 应用层协议 (CoE) 可以访问诊断信息。基于现存且完全标准的协议和功能, 诊断接口可以很轻松地作为精简软件扩展实施在任何标准主站实施基础上。这种软件扩展所需的资源数量很小, 因此, 诊断接口的实施对于所有主站解决方案 (包括简单且紧凑的嵌入式系统) 来说都是可行的。

适用 EtherCAT 诊断接口, 机器和网络诊断工具的供应商可以使用普通的接口从 EtherCAT 网络采集诊断数据。他们能够以对用户友好, 有直观图形的方式将信息报给技术人员和工程师, 而无需根据特定的主站制造商进行更改, 也无需针对每个不同的主站实施使用供应商专有的访问协议。



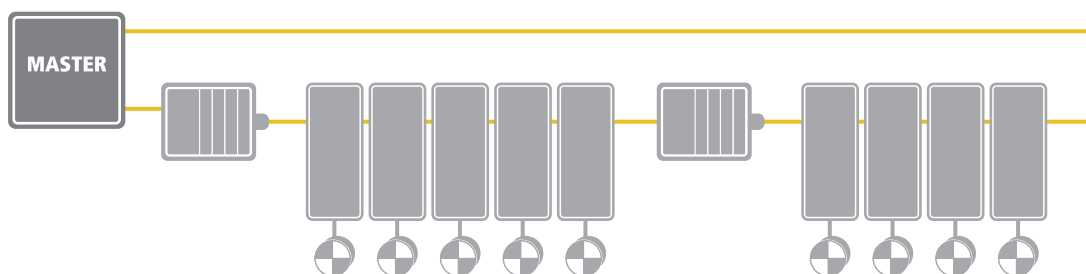
独立于 EtherCAT 主站的诊断接口原理

高可用性需求

对于具备高可用性的机器或设备，当出现线缆损坏或节点故障时，不应影响对某个网段的访问或导致整个网络失效。

EtherCAT 可通过简单的措施实现线缆冗余。通过将网络中最后一个节点与主站设备中的以太网端口连接，可以将线型拓扑结构扩展为环型拓扑结构。在需要冗余的情况下，例如当线缆损坏或节点故障发生时，可被主站堆栈中的附加软件检测到。仅此而已，而各节点无需为此而改变，甚至不会意识到网络通信正在冗余线路中运行。

位于从站设备中的链路检测功能会自动地检测并解决冗余问题，且恢复时间不超过 $15\mu\text{s}$ ，因此最多破坏一个通讯周期。这意味着即使是周期时间很短的运动控制应用，在线缆损坏时，也可以平稳地继续工作。



标准 EtherCAT 从站设备低成本实现线缆冗余

使用 EtherCAT 还可以通过热备份实现主站设备的冗余。对于比较脆弱的网络部件，例如通过拖链连接的部件，可以使用分支线缆连接，确保在线缆损坏时，机器的其他部分仍能继续运行。

EtherCAT G：千兆级通信



作为标准 EtherCAT 协议的扩展，EtherCAT G 能够以 1 Gb/s 和 10 Gb/s 的速率进行数据通信，因此适用于在每个设备上必须传输大量过程数据的应用场合。例如：机器视觉领域、高端测量测试技术或复杂的运动控制应用。

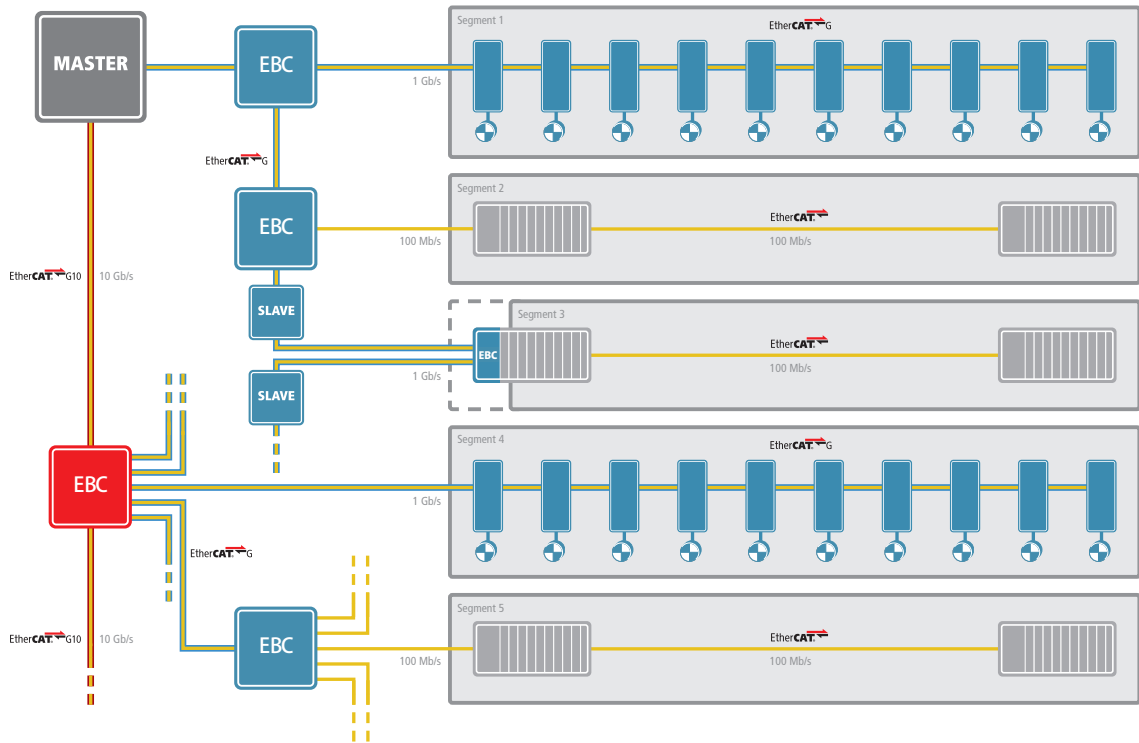
EtherCAT G/G10 完全保留了 EtherCAT 协议本身及其所有优势性能。EtherCAT G 完全兼容 IEEE 802.3 以太网标准，拓扑灵活性也得以充分保留：线型、分支型、菊花链型或树型结构均可以实现。

千兆的扩展还引入了分支的概念，通过 EtherCAT 分支控制器 (EBC) 来实现。EBC 一方面可以作为集成百兆设备的独立网段的节点，另一方面，它可以并行处理 EtherCAT G 网络中连接的 EtherCAT 网段。千兆与百兆网段的结合也很容易实现。

数据转发到单独网段基于优先和/或时间驱动。由于每个分支都被认为是一个独立的 EtherCAT 网段：帧并不需要串行通过所有网段。相反，这些网段是并行处理的。从而显著减少了大型网络的传输延时，并多倍提高了系统性能。

与 EtherCAT 一样，分支控制器可以通过 EtherCAT 主站进行配置，而无需使用其他配置工具。主站唯一需要提供的是相应的千兆端口，分支控制器支持诊断和基于分布式时钟的网络同步功能等重要功能，并透明地将数据转发到所连接的网段中。

因此，EtherCAT G/G10 可以在现场设备本身没有配备千兆接口的情况下，显著提升带宽并减少了传输延时，通过实验和测试的百兆设备仍然得以保留，并且通过 EtherCAT 分支控制器的概念继续获益于技术的扩展。这意味着 EtherCAT 已经为面向未来更高的需求做好了充分准备。



EtherCAT G/G10 网络设置示例

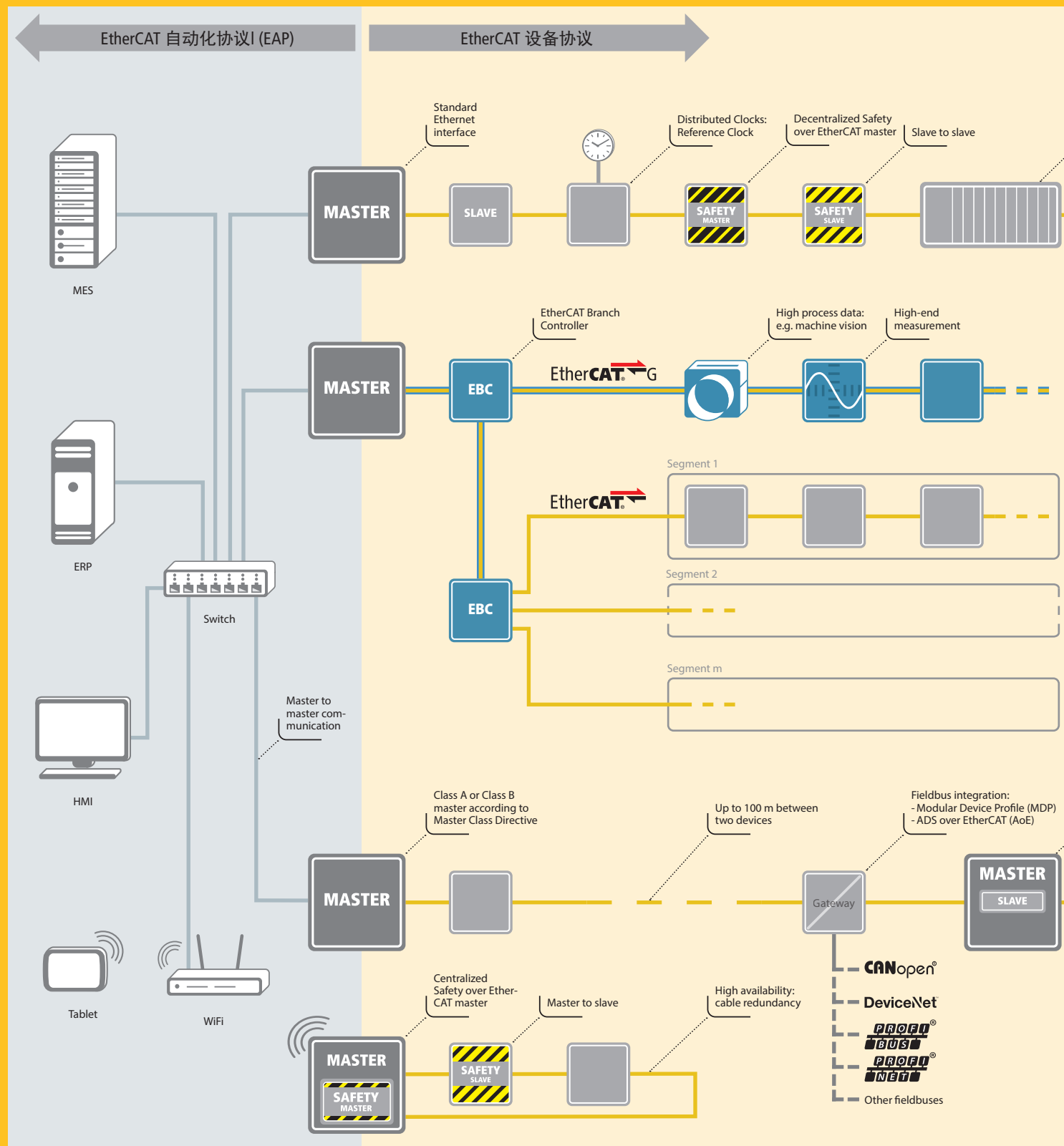
关于 EtherCAT G 的更多信息请参考网站：www.ethercat.org.cn/cn/ethercat-g.html

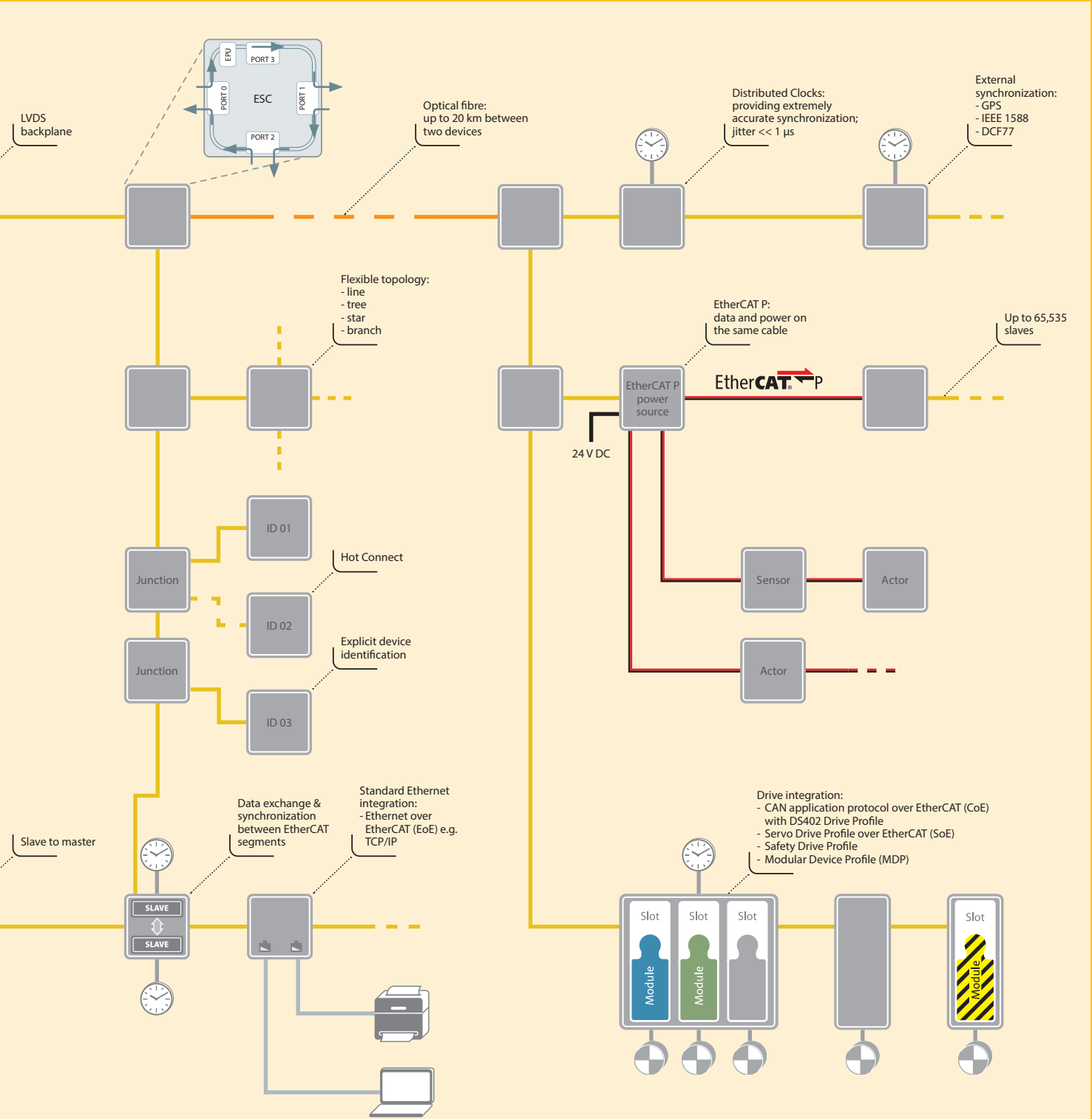


系统概览

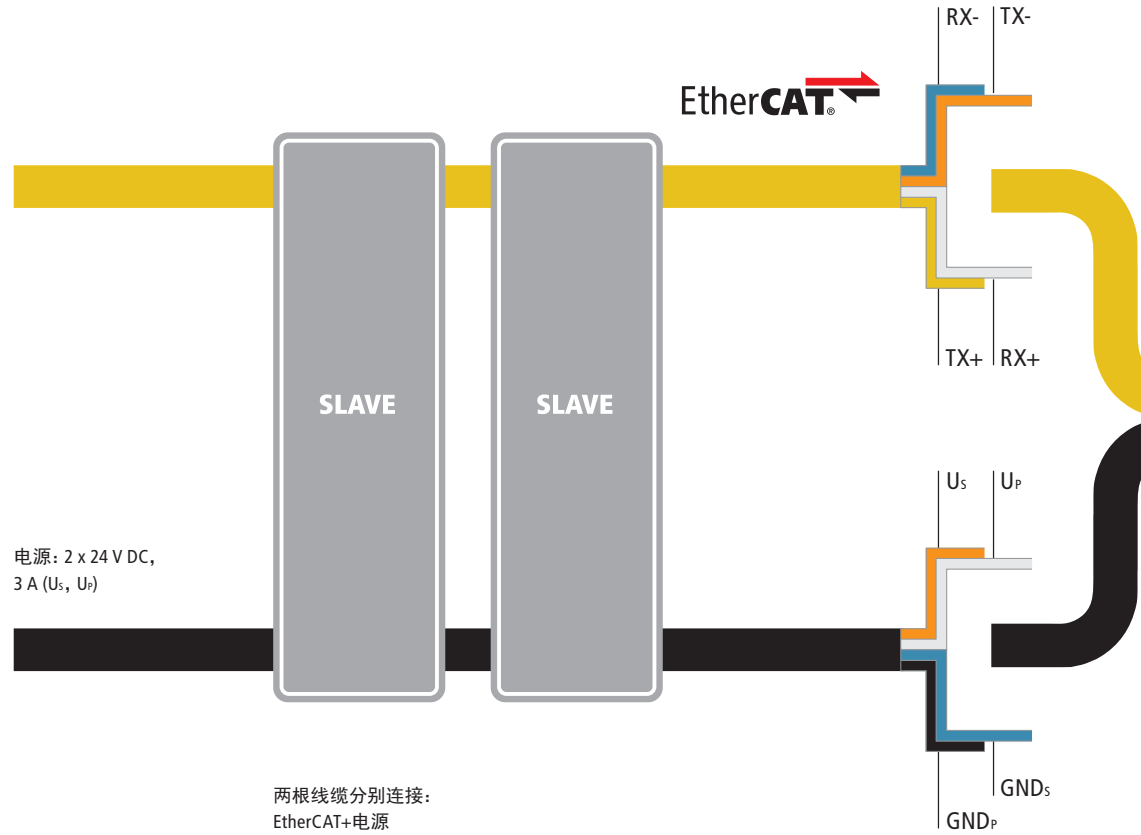
EtherCAT 工厂网络

EtherCAT 机器控制网络





EtherCAT P: 通信与电源集成在一根线缆中

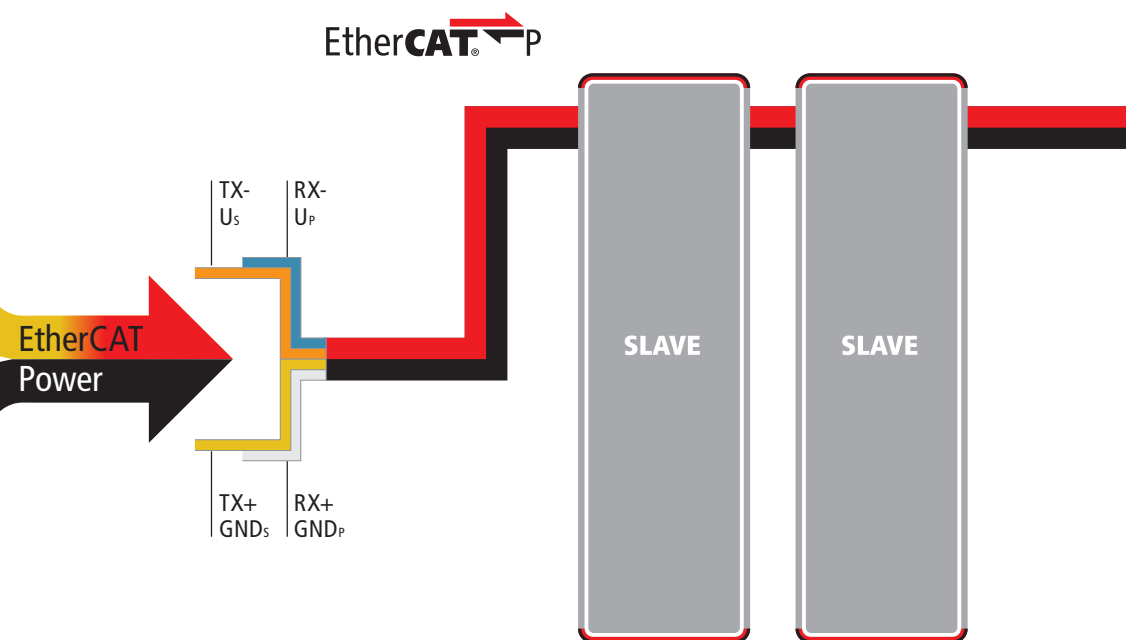


EtherCAT P (P = power, 电源) 是对前文中 EtherCAT 协议标准的补充。它不仅传输通信数据，而且通过单根、标准的四线以太网电缆传输外围电压。

EtherCAT 和 EtherCAT P 在协议技术层面是相同的，该技术仅影响物理层。使用 EtherCAT P 时无需新的 EtherCAT 从站控制器。可以说 EtherCAT P 具有与 EtherCAT 相同的通信优势，同时通过在通信电缆上增加电源供电为许多应用提供了更大的吸引力和更强的优势。

两组电隔离的、可单独切换的 24 V 电源为新的 EtherCAT P 设备供电， U_s 用于系统和传感器供电， U_p 为外围设备和执行器供电。 U_s 和 U_p 两个外围电压直接耦合到 100 Mbit/s 的 EtherCAT 通信线路。有了这种电源传输，用户仅需一根电缆即可级联多个 EtherCAT P 设备，从而降低布线的工作量，使布线工作更加简单和经济，降低了系统成本，并减小了设备和机器的占地面积。





EtherCAT P: 数据和供电通过一根线缆传输

由于 EtherCAT P 可以在单根电缆中同时提供数据传输和供电，因此该技术尤其适用于相对独立且自成体系的机器。EtherCAT P 完全适用于所有类型的传感器：通过单个紧凑型的 M8 接头可将现场设备有效集成到高速网络中，并将其连接到供电电源。同时，接头的机械编码也避免了在连接设备时的潜在错误来源。

EtherCAT P 可以与标准的 EtherCAT 技术在同一网络中使用。在不影响以太网数据编码的情况下，通过合适的整流单元硬件将 EtherCAT 物理层转换为 EtherCAT P 物理层。同样的方式，设备本身可以采用 EtherCAT P 供电，同时也能够传输标准的 EtherCAT 协议。

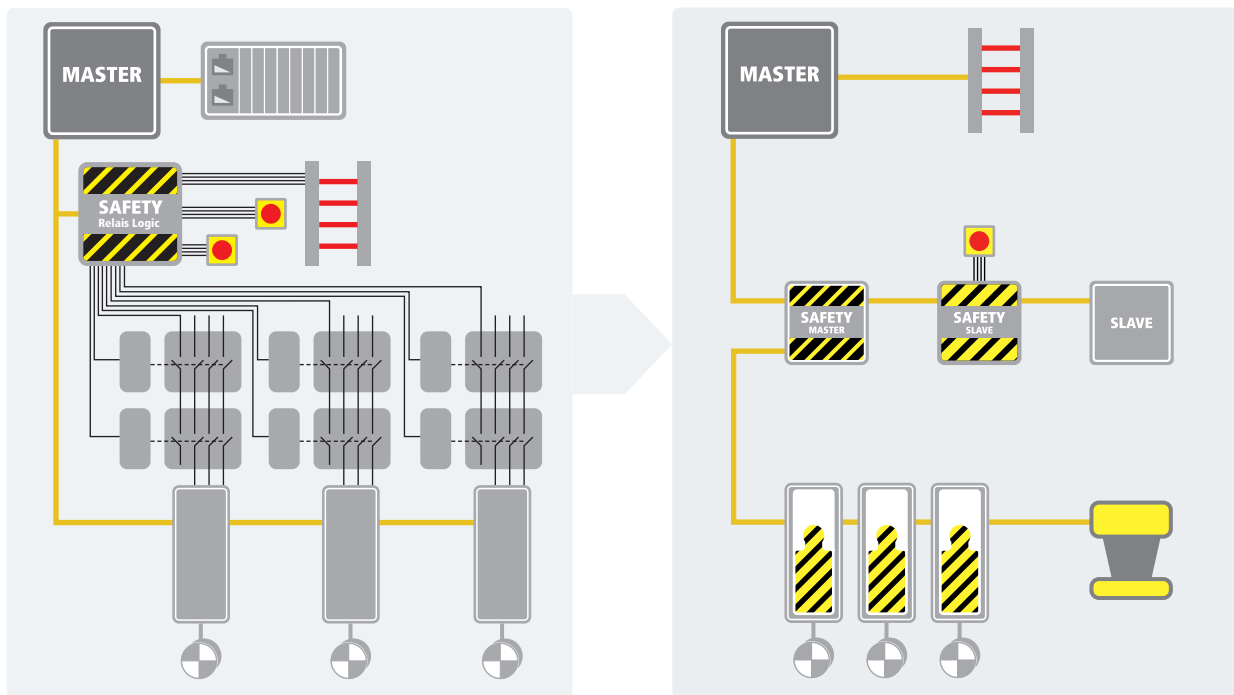
更多关于 EtherCAT P 的中文信息，请登录：www.ethercat.org.cn/cn/ethercat-p.html

Safety over EtherCAT

Safety over
EtherCAT®

现代通信系统不仅要实现控制数据的确切传输，还要在相同的介质中进行安全关键控制数据的传输。EtherCAT 使用 Safety over EtherCAT (FSoE = FailSafe over EtherCAT) 协议实现该目的，所以允许：

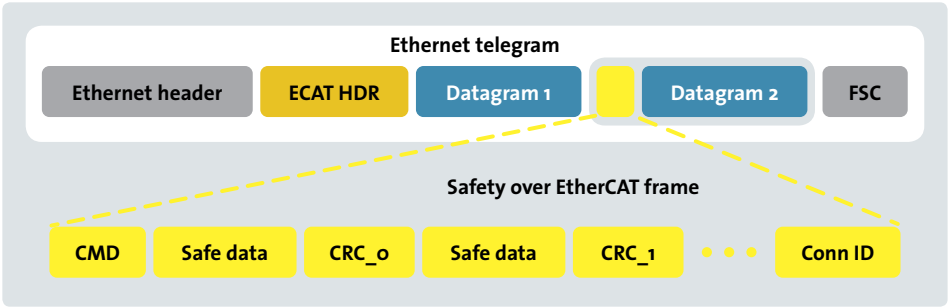
- 一个通信系统同时传输控制数据和安全数据；
- 可灵活地改变和扩展安全系统结构；
- 通过预先认证解决方案来简化安全应用；
- 强大的安全功能诊断能力；
- 机器设计中无缝地集成安全功能；
- 可以使用同一开发工具开发标准应用和安全应用。



Safety over EtherCAT 使系统结构比逻辑继电器更为简单和灵活

EtherCAT 安全技术是基于 IEC 61508 开发的，由 TÜV SÜD Rail 批准，并符合 IEC 61784-3 标准。该协议可支持功能安全等级 SIL 3 的安全应用场合。

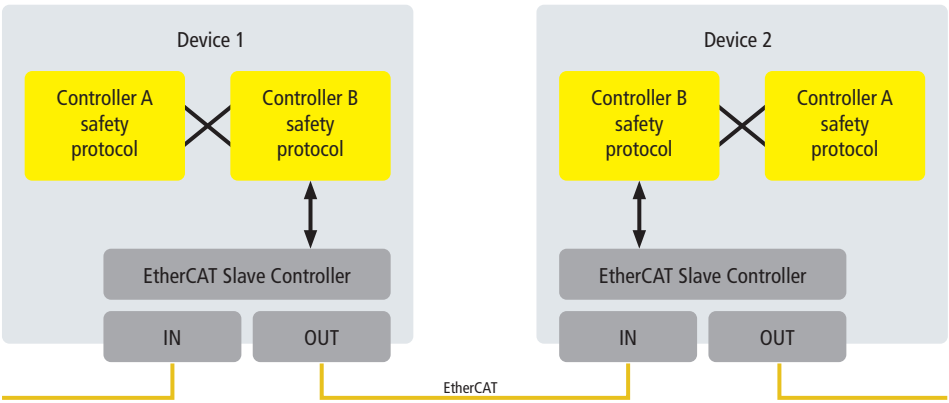
Safety over EtherCAT 中，通信系统可被看作所谓“黑色通道”的一部分，它并非安全相关的。EtherCAT 作为标准的通信系统，使用单一通道同时实现标准数据和安全关键数据的传输。安全数据帧可被看做一个“安全容器”，其中包含了安全关键过程数据以及一些用于保证数据安全性的额外信息。该“安全容器”作为过程数据通信的一部分被传输，而且数据的安全与否并不取决于基础的通信技术，也不仅限于 EtherCAT。“安全容器”可通过现场总线系统、以太网，或其它类似技术传输，物理介质可以是铜缆、光纤，甚至是无线。



安全容器嵌入在周期性通信的过程数据中

由于具备这种灵活性，机器不同部分的安全连接变得更简单。安全容器通过各种控制器路由并在机器的各部分中被处理，这使急停功能可以对整个机器有效，或使机器的目标部件实现安全停止—即使该部分与其他通信系统（如以太网系统）相连。

在设备中实施 FSoE 协议只需很少的资源就可以达到更高的性能以及更短的响应时间。在机器人行业应用中，通过使用 FSoE 以 8-kHz 闭环的形式实现安全运动控制。



黑色通道原则：可以使用标准通信接口

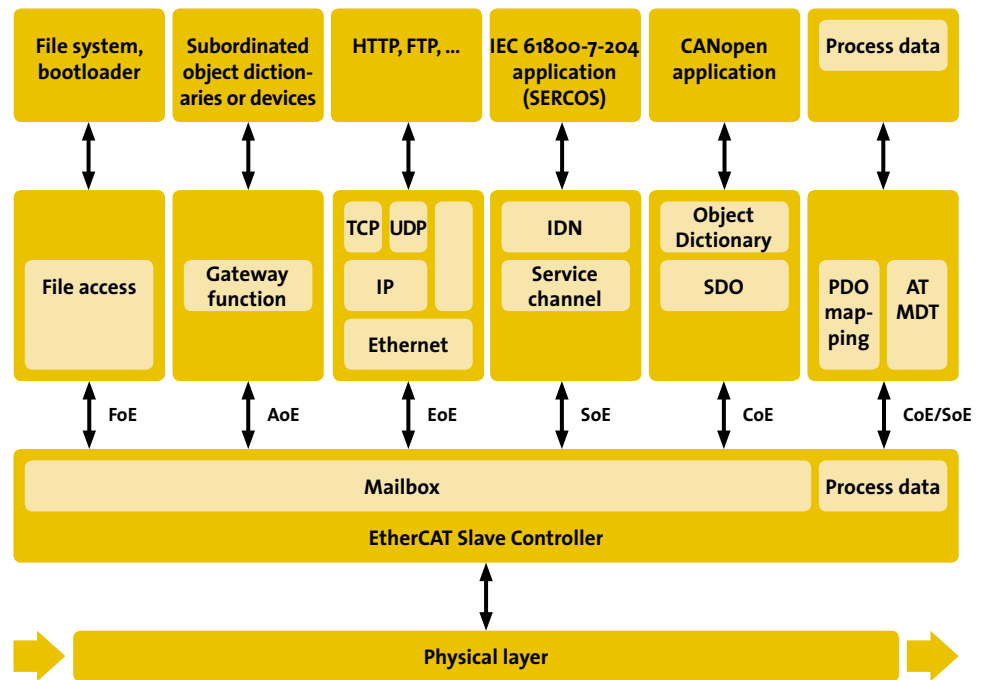
关于 Safety over EtherCAT 的更多信息可参考 EtherCAT 网站：
www.ethercat.org.cn/cn/safety.html。

通信行规

通过非周期性通信访问网络变量实现对从站设备的配置和诊断，这依赖于一个可靠的邮箱协议，该协议能够对错误消息进行自动恢复。

为了支持更多种类的设备以及更广泛的应用层，建立了以下 EtherCAT 通信行规：

- 基于EtherCAT的CAN应用协议（CoE）
- 符合IEC 61800-7-204标准的伺服驱动设备行规（SoE）
- Ethernet over EtherCAT（EoE）
- File access over EtherCAT（FoE）
- ADS over EtherCAT（AoE）



在同一系统中应用层的不同设备行规可共存

从站设备无需支持所有的设备行规，相反，只需选择最适合其应用的行规即可。主站设备通过该从站设备的描述文件得知所使用的行规。

基于 EtherCAT 的 CAN 应用行规（CoE）

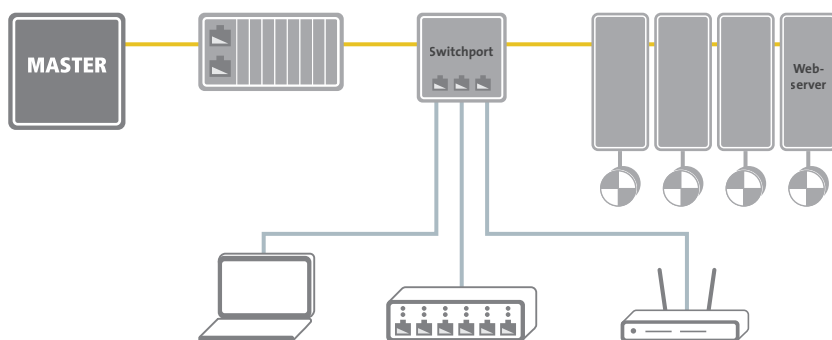
使用 CoE 协议，EtherCAT 可提供与 CANopen® 标准 EN 50325-4 相同的通信机制：包括对象字典、过程数据对象映像（PDO）以及服务数据对象（SDO），甚至相似的网络管理。因此，在已经实施了 CANopen 的设备中，仅需稍加变动即可轻松实现 EtherCAT，而且绝大部分的 CANopen 固件甚至都能得以重复利用。可以突破 8 字节的 PDO 限制，并可使用 EtherCAT 增强的带宽资源实现整个对象字典的上传。另外，设备行规，如驱动器行规 CiA 402，也可以被重复应用于 EtherCAT。

符合 IEC 61800-7-204 标准的伺服驱动器行规（SoE）

SERCOS™ 被认为是一种实时通信接口，尤其适用于运动控制。用于伺服驱动的 SERCOS™ 行规属于国际标准 IEC 61800-7 的范畴。标准还包含了该行规对应于 EtherCAT 行规的映射。包含访问驱动内部参数和功能的服务通道被映射到 EtherCAT 邮箱。

Ethernet over EtherCAT（EoE）

EtherCAT 仍使用以太网物理层和以太网数据帧。以太网也通常与基于 TCP/IP 协议的 IT 应用数据传输联系在一起。



透明传输标准 IT 协议

使用 EoE 协议，可以在 EtherCAT 网段实现以太网数据的传输。以太网设备通过交换机端口与 EtherCAT 网段连接。以太网数据帧通过 EtherCAT 协议进行传输，就其自身而言，与互联网协议（例如，TCP/IP、VPN、PPPoE（DSL）等）相似，这使得 EtherCAT 网络对以太网设备完全透明。带有交换机端口的设备负责将 TCP/IP 数据片段插入到 EtherCAT 数据流中，避免了对网络实时性的影响。

另外，EtherCAT 设备也可以支持以太网协议（例如 HTTP 协议），因此在 EtherCAT 网段外，这些 EtherCAT 设备看上去就像一个标准的以太网节点。主站设备如同一个链路层交换机，根据各个节点的 MAC 地址通过 EoE 发送数据帧给对应的节点。诸如集成 web 服务器、电子邮件、FTP 传输等所有的互联网技术都可以在 EtherCAT 环境中得以应用。

File access over EtherCAT (FoE)

FoE 协议与 TFTP（Trivial File Transfer Protocol）协议类似，可通过网络访问设备中的文件以及将统一的固件跨网络上传到设备。FoE 协议有意识地用一种精简模式定义，因此可由 BootLoader 程序支持，而无需 TCP/IP 协议堆栈。

ADS over EtherCAT (AoE)

作为基于邮箱的客户端-服务器协议，ADS over EtherCAT（AoE）由 EtherCAT 规范定义。诸如基于 EtherCAT 的 CAN 应用协议（CoE）提供了详细的语义概念，而 AoE 则通过路由和并行服务完美地补充了无论何种用例所需的这些功能。例如，使用来自 PLC 程序的（CAN-open®、IO-Link™ 等）网关设备通过 EtherCAT 访问子网。

与因特网协议（IP）提供的类似服务相比，AoE 的开销要小得多。发送方和接收方寻址参数始终包含在 AoE 报文中，因此，对服务器和客户端的实施可以非常精简。AoE 可以选择通过 EtherCAT 自动化协议（EAP）进行非周期性数据通信。因此，可以通过网关连接实现 MES 系统、EtherCAT 主站和从站现场总线设备之间的无缝通信。AoE 服务作为一种标准意味着它能够从远程诊断工具获取 EtherCAT 网络诊断信息。

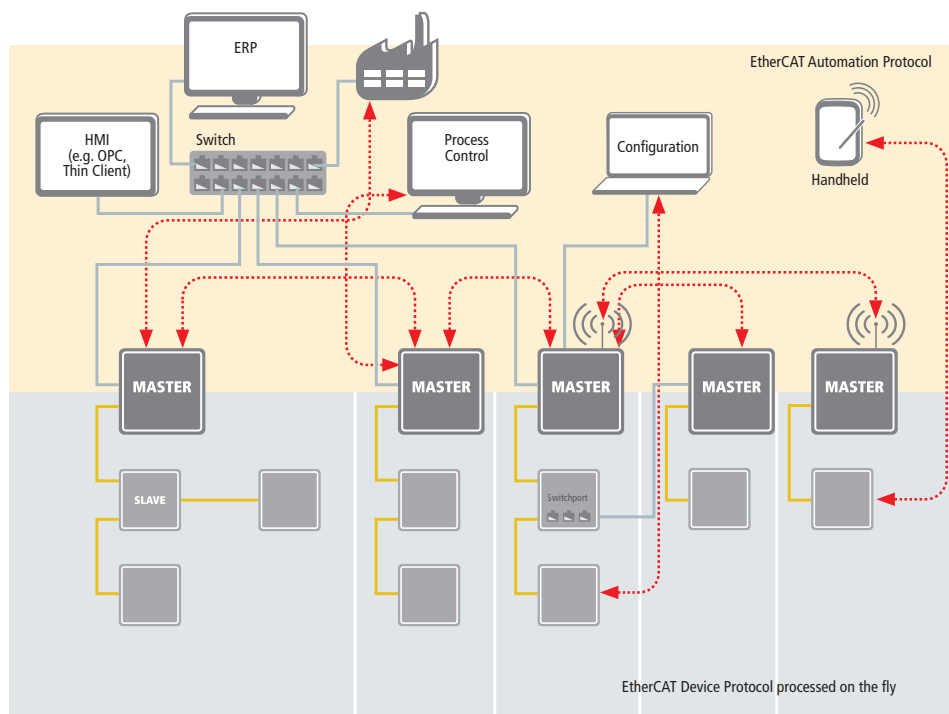
基于 EtherCAT 自动化协议（EAP）的厂级通信

过程控制层有特殊的通信需求，与前面介绍的 EtherCAT 设备协议略有不同。机器之间或机器的部分之间通常需要交换各自的状态信息以及后续制造步骤的信息。另外，还需要一个中央控制器对整个制造过程进行监控，向用户提供制造状态信息，以及分配命令给各个加工站。

EtherCAT 自动化协议（EAP）可以满足以上所有需求。该协议为以下应用定义了接口和服务：

- EtherCAT 主站设备间的数据交换（主-主式通信）；
- 与人机接口（HMI）的通信；
- 监控控制器访问 EtherCAT 下级网段（路由）；
- 用于机器或工厂配置的集成工具，也可以用于设备配置。

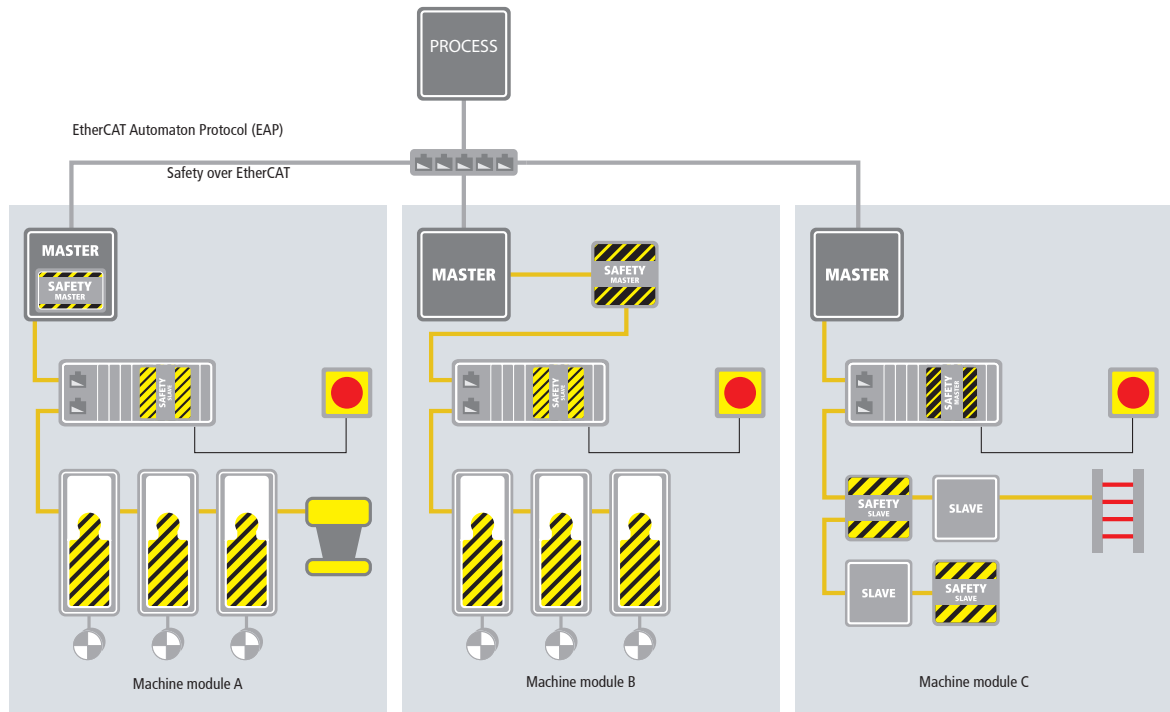
EAP 所用通信协议为国际标准 IEC 61158 的一部分。EAP 可通过任何以太网连接，包括无线连接进行传输，例如可用于半导体及汽车行业常用的自动导引小车（AGV）。



EtherCAT 全厂通信

EAP 的周期性过程数据交换遵循“Push”或“Poll”原理。“Push”模式时，节点以周期时间或周期时间的倍数发送数据。每个接收端可被配置为从指定的发送端接收数据。配置发送端和接收端的数据通过熟悉的对象字典来实现。“Poll”模式时，节点（通常是中央控制器）发送报文给其他节点，每个节点根据其得到的报文做出响应。

周期性 EAP 通信可直接嵌入到以太网数据帧中，无需额外的传输或路由协议。同样，通过以太网帧类型 0x88A4 识别 EtherCAT 数据帧。EAP 可以高性能地以毫秒级的周期交换数据。如果需要数据在分布式机器之间路由，那么过程数据也可通过 UDP/IP 或 TCP/IP 协议传输。



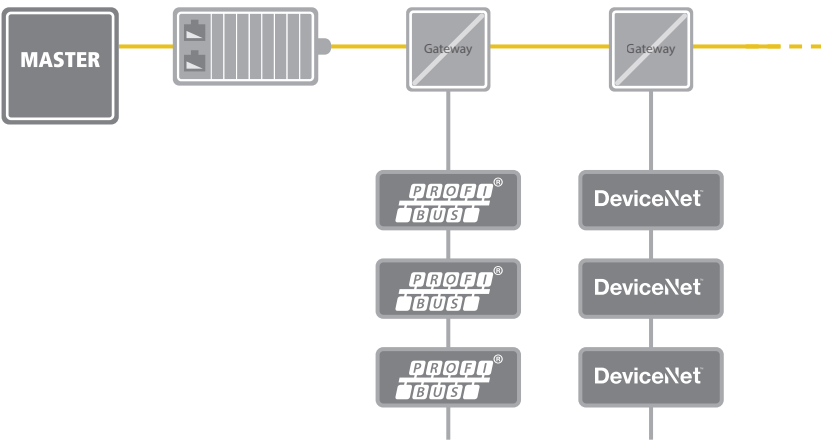
基于 EtherCAT 自动化协议（EAP）和 Safety over EtherCAT 的全厂通信结构

另外，借助于 Safety over EtherCAT 协议，还可通过 EAP 实现安全关键数据的传输。常见的应用实例为：大型机器的模块之间通过交换安全关键数据实现全局的紧急停止功能，或通知相邻机器紧急停止。

集成其他总线系统

EtherCAT 充足的带宽使其可以通过EtherCAT网关将传统现场总线作为底层系统集成到EtherCAT系统中，这对于实现从传统现场总线向 EtherCAT 的升级尤其重要。这种转型是渐进式的，这使得继续使用一些非 EtherCAT 接口的自动化部件成为可能。

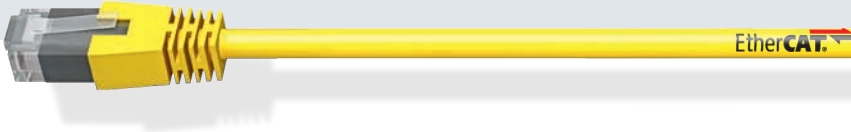
这种集成分布式网关的能力不再需要 PC 端的扩展槽，从而减小工业 PC 的尺寸，有时甚至可以用嵌入式工业 PC 替代。在过去，则需要扩展槽连接复杂的设备，例如现场总线主站和从站网关、快速串行接口、以及其他的通信子系统。在 EtherCAT 中，所有需要连接这些设备的只是一个以太网端口。来自下层子系统的数据可直接在 EtherCAT 系统的过程映像中使用。



分布式现场总线接口



EtherCAT 用于数字化传输、工业 4.0 和 IoT



流程优化、预测性维护、制造服务、自适应系统、节约资源、智能工厂、降低成本——在更高层系统中采用控制网络数据有无限好处。物联网（IoT）、工业 4.0、中国制造 2025、工业价值链中都提到：各个层级普遍都需要实现无缝的、持续且标准化的通信。传感器数据上传到云中，同时，配方和参数从 ERP 系统下载到分布式设备。这就如同由两台机器共享的馈送系统：在垂直和水平方向都存在数据流需求。

EtherCAT 通过其高性能、灵活且开放的接口，从根本上满足了数字传输的需求。

卓越的系统性能为实现控制网络的大数据功能提供了先决条件。

EtherCAT 为将现有系统增加到云的连接提供灵活性，甚至无需触摸控制器或更新从站设备：边界网关可以通过 EtherCAT 主站的邮箱网关功能访问任何 EtherCAT 从站设备中的任何数据。边界网关可以是远程设备，通过 TCP 或 UDP/IP 与主站进行通信，也可以是 EtherCAT 主站硬件上的软件实体。

此外，开放接口允许集成任何基于 IT 的协议——包括 OPC UA、MQTT、AMQP 或其他任何主站内部或直接进入从站设备的协议，从而为 IoT 提供直接链路，因此传感器到云之间不会有协议间断。

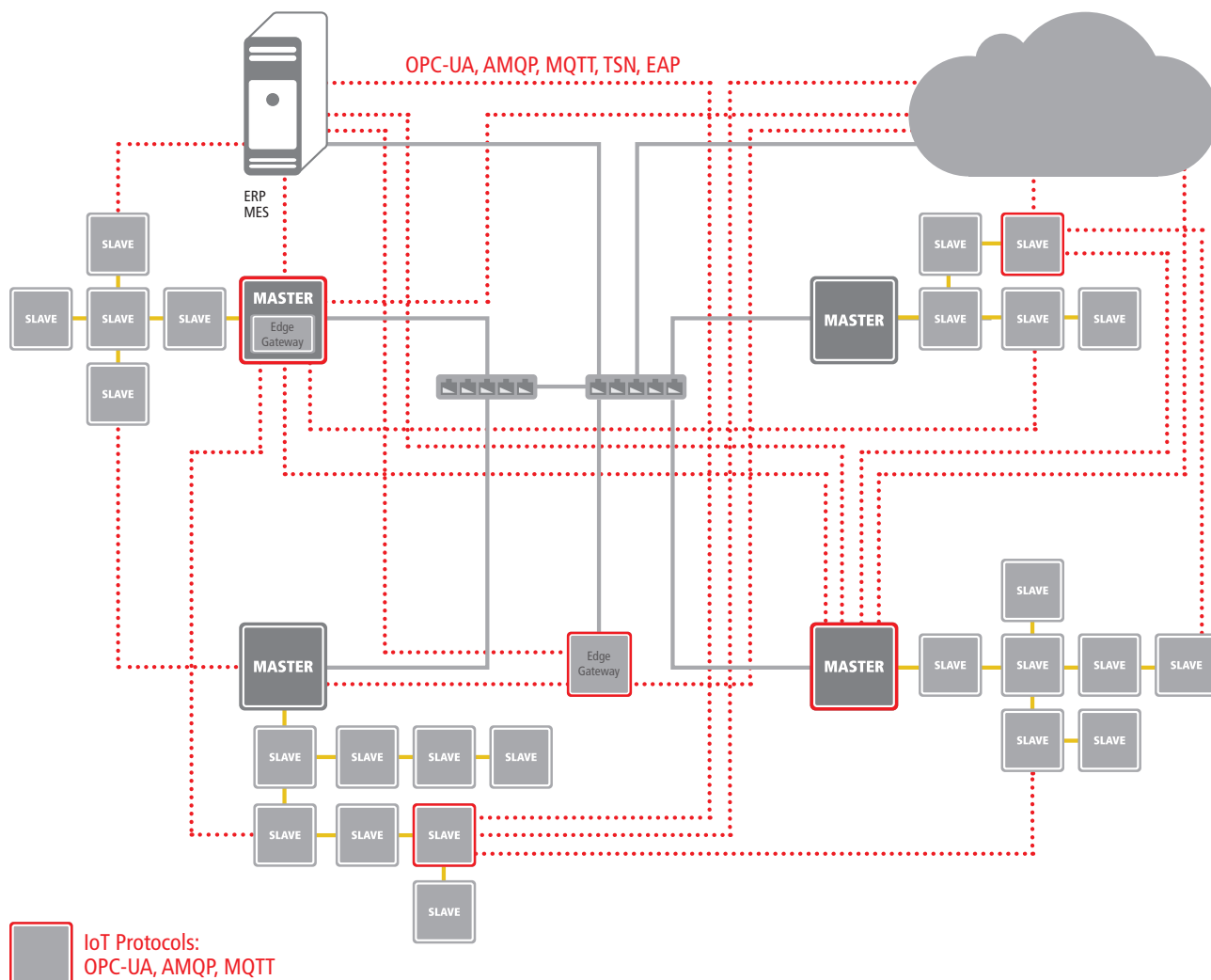
这些特性一直以来都是 EtherCAT 协议的一部分，这也显示出 EtherCAT 协议架构的前瞻性。随着技术的发展，EtherCAT 也增加了更多的网络特性。当然，在展望未来时回顾过去，我们能清晰看到该技术的发展理念：EtherCAT 协议自 2003 年面世以来，该稳定的技术只有一个版本。随着网络的不断发展，后续引入到 EtherCAT 协议中的新特性都会保证与之前 EtherCAT 协议的一致性和持续性。

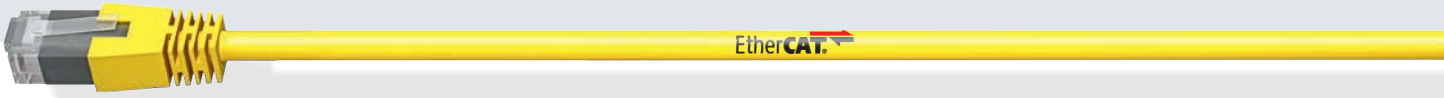
时间敏感网络（TSN）的新近发展将进一步提高控制器到控制器通信的实时性。通过 TSN，控制系统（即使是基于云的系统）可以跨过工厂网络来访问 EtherCAT 网络中的从站。由于 EtherCAT 通常只需要一个帧即可扫描整个网络，因此这种访问比任何其他现场总线或工业以太网技术更为精简有效。事实上，EtherCAT 技术协会的专家从 TSN 研发的第一天起（当时 TSN 还被称为 AVB）就为 IEEE 802.1 的 TSN 工作组做出了贡献。

关于 EtherCAT 和 TSN 的更多信息请参考 ETG 官网：
www.ethercat.org.cn/cn/ethercat_and_tsn.htm

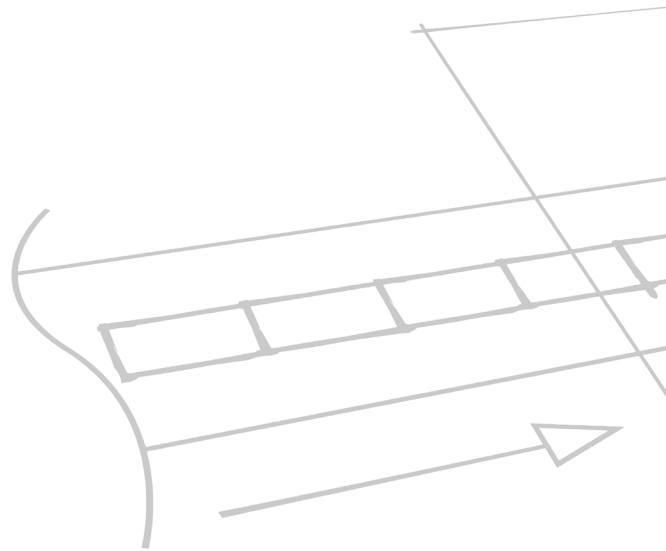
EtherCAT 技术协会也是最早与 OPC 基金会达成合作的现场总线组织之一。OPC UA 是 EtherCAT 协议的补充，它是一种可扩展的基于 TCP/IP 的客户端/服务器通信技术，具有集成信息安全功能，可将加密数据传输到 MES/ERP 系统。

采用 Pub/Sub 机制后，OPC UA 改善了机器对机器（M2M）的应用和到基于云服务中的垂直通信的可用性。ETG 积极参与相关研发，确保其无缝地应用于 EtherCAT 环境中。因此，EtherCAT 不仅仅为物联网做好了准备，EtherCAT 就是物联网！





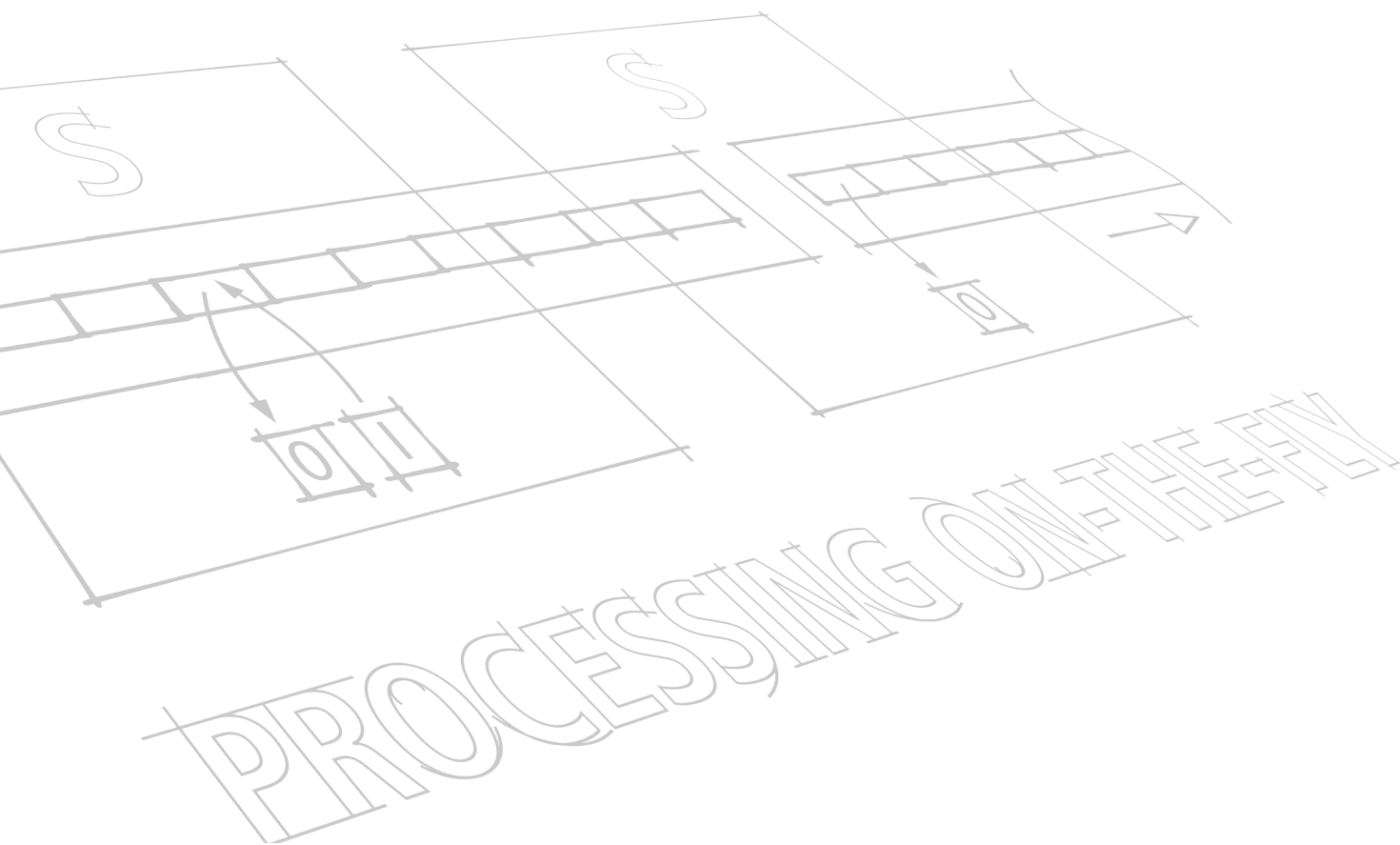
实施 EtherCAT 接口



EtherCAT 技术已经进行了专门的优化以降低设计成本，因此在传感器、I/O 设备或嵌入式控制器中添加 EtherCAT 接口并不会明显提高设备成本。而且，EtherCAT 接口也不需要更强大的 CPU，相反，CPU 仅取决于目标应用的需求。

在开发 EtherCAT 接口时，除了软硬件需求外，研发支持以及通信堆栈的可用性也很重要。EtherCAT 技术协会（ETG）提供全球的研发支持，主要形式包括回答用户问题或帮助解决技术难题。最后，多家制造商提供开发评估包，另外，研讨会以及免费的实例代码使 EtherCAT 接口的研发起步更容易。

对于最终用户，最重要的是不同制造商提供的 EtherCAT 设备之间的互操作性。为了保证互操作性，设备制造商需要在其设备上市之前，对设备进行一致性测试。EtherCAT 一致性测试用于检测实施方案是否符合 EtherCAT 规范，它可通过 EtherCAT 一致性测试工具来完成。该测试还可在研发过程中进行，从而提前发现并纠正实施方案中存在的问题。



EtherCAT 主站设备接口硬件的唯一要求简单的难以置信：一个以太网端口。实现 EtherCAT 主站接口既可以使用板载以太网控制器，也可以使用成本低廉的标准网卡，无需专用的接口卡。这意味着，EtherCAT 主站设备仅使用标准的网卡就可以实现硬实时网络解决方案。

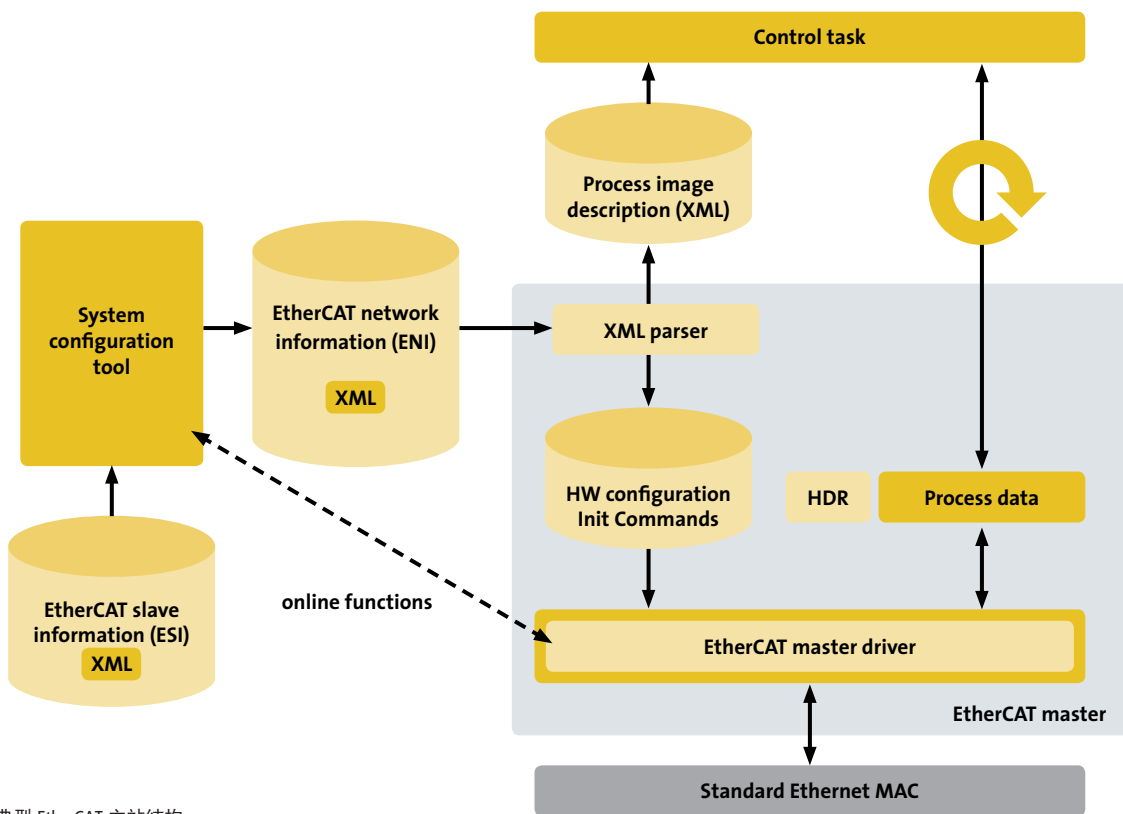
大多情况下，以太网控制器中都集成了直接存储器访问（DMA），对于主站设备和网络之间的数据传输就无需 CPU 处理。在 EtherCAT 网络中，映射在从站设备中进行，每个从站设备将数据写入过程映像中的正确位置，并读取寻址到该节点的数据，整个过程都是动态进行的。因此，到达主站的过程映像已经被正确排序。

由于主站 CPU 并不负责数据的排序，因此主站的性能要求只取决于目标应用，而与 EtherCAT 接口无关。尤其是对于中小型数据量和明确定义的应用，可快捷轻松地实现 EtherCAT 主站。EtherCAT 主站设备可在各种操作系统上实现，如：不同版本的 Windows 和 Linux 操作系统、QNX、RTX、VxWorks、Intime、eCos 等。

ETG 会员为 EtherCAT 主站的实施提供了多种选项：免费下载 EtherCAT 主站库、主站样本代码以及不同实时操作系统和 CPU 下的完整解决服务包（包括服务）。

为了保证网络运行，EtherCAT 主站需要周期性过程数据结构和每个从站设备的启动命令。配置工具使用连接设备的 EtherCAT 从站信息（ESI）文件将这些命令输出到 EtherCAT 网络信息（ENI）文件中。

EtherCAT 主站应用范围广泛且支持多种功能。根据目标应用，可选用相应功能，或有目的地删减，从而实现软硬件资源的优化。EtherCAT 主站设备分为两类：Class A 主站为标准的 EtherCAT 主站设备；Class B 主站为删减部分功能的 EtherCAT 主站设备。从原则上讲，所有的主站设备都应为 Class A 主站。Class B 主站主要用于其现有资源足以满足具体应用的场合，如嵌入式系统领域。



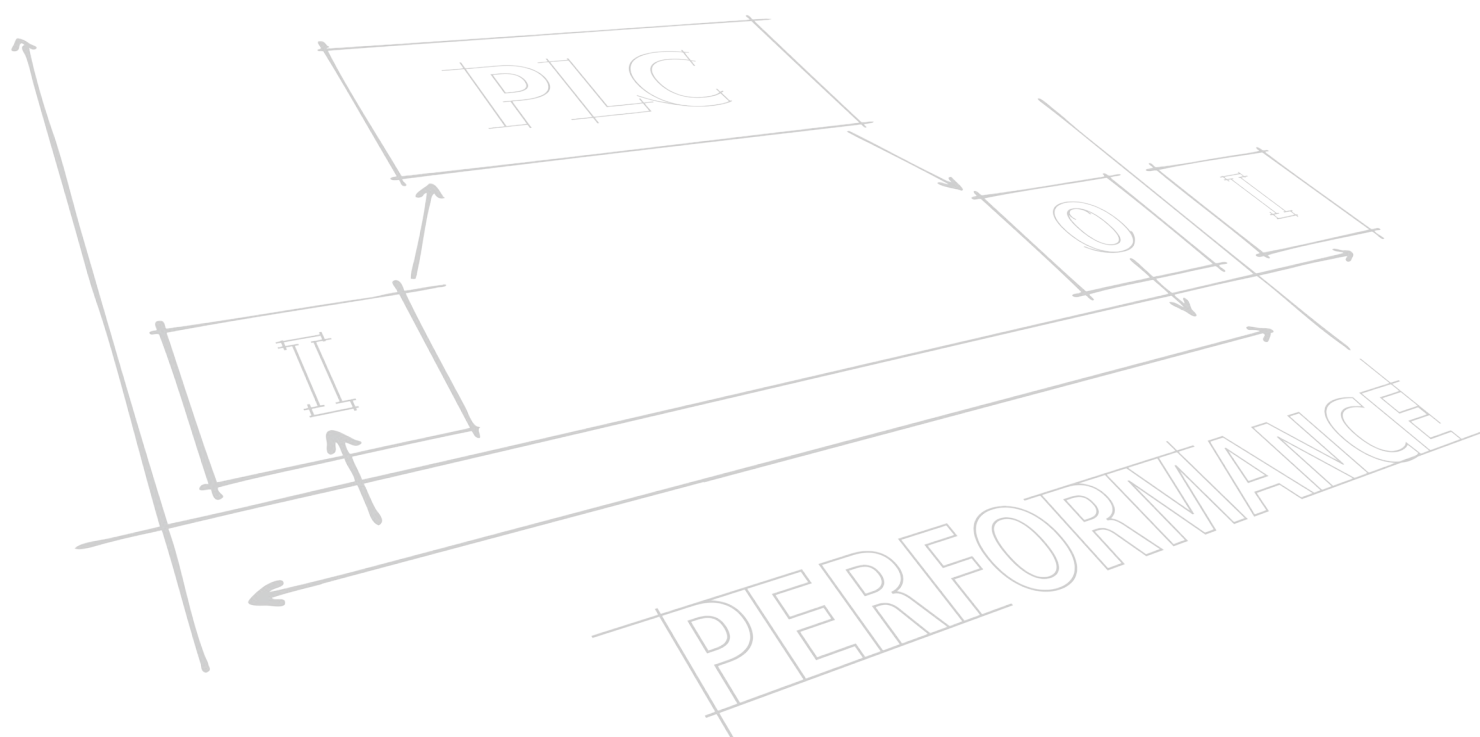
典型 EtherCAT 主站结构

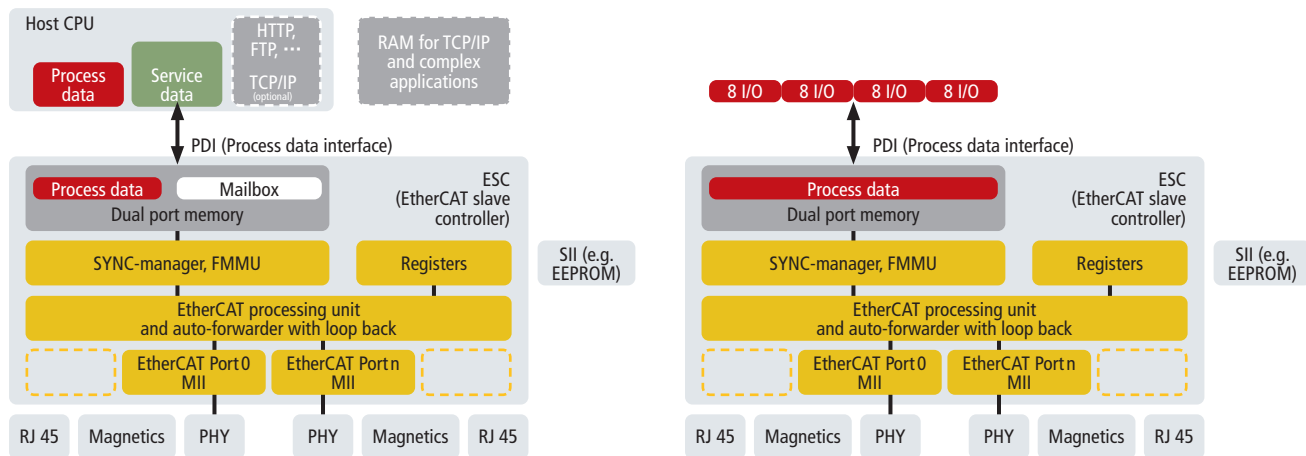
从站设备的实施

EtherCAT 从站设备使用成本低廉的 EtherCAT 从站控制器（ESC），ESC 可以是 ASIC、FPGA 或集成到有该协议标准的微控制器。对于简单的 EtherCAT 从站设备甚至无需额外的微控制器，其输入/输出可直接与 ESC 连接。对于比较复杂的从站设备，微控制器性能会略微影响其通信性能，多数情况下，一个 8 位的微控制器就足够了。

许多设备制造商都提供 ESC，ESC 的内部 DPRAM 大小以及 FMMUs 的数量也是多样的。而且，从外部的应用控制器访问应用存储器的过程数据接口（PDI）有不同的方式：

- 32 位并行 I/O 接口适用于高达 32 位的数字输入/输出连接，同时也适用于简单的传感器或执行器，此时 32 数据位已足够且无需额外的应用控制器；
- 串行外设接口（SPI）主要用于小数据量传输的场合，如模拟量 I/O 设备、编码器或简单的驱动；
- 并行 8/16 位微控制器接口相当于集成 DPRAM 的现场总线控制器通用接口。特别适用于大数据量传输的复杂节点；
- FPGA 以及 OCV 适用于不同微控制器的同步总线的实施。





从站硬件：
带主CPU的EtherCAT从站控制器

从站硬件：
EtherCAT I/O 从站控制器

硬件的配置信息被存储在带电可擦写可编程只读存储介质中（如 EEPROM），其中的从站接口信息（SII）包含了从站设备基本的特性信息，即使设备描述文件不可用，主站也可在网络启动时通过读取 SII 而操作设备。EtherCAT 从站设备的 EtherCAT 从站信息（ESI）文件为 XML 格式，并包含了网络访问属性的完整描述，例如过程数据及其映射选项、所支持的邮箱协议及可选特性、以及所支持的同步模式。网络配置工具使用这些信息完成网络的在线和离线配置。

许多制造商都提供从站设备的评估包，这些评估包包括从站应用程序的源代码和测试主站。使用该评估包，仅需几步即可实现一个完整的主-从式 EtherCAT 网络功能。

ETG 官网包含有关 EtherCAT 从站的实施指南 ETG2200，提供有用的从站设备实施技巧和提示文档：www.ethercat.org/etg2200

一致性测试及认证



一个通信标准成功与否的两个最重要因素就是一致性和互操作性。这也是为什么 EtherCAT 技术协会（ETG）非常重视这两个因素的原因。ETG 不仅为每个设备提供一致性测试（这些可通过 EtherCAT 一致性测试工具 CTT 辅助完成），而且还为 EtherCAT 主站设备、从站设备以及 EtherCAT 配置工具之间的互操作性组织了多种活动。

EtherCAT 互操作性测试活动（Plug Fest）

当对多个设备的互操作性进行测试时，最实际的解决办法就是尽量把这些设备连接在一起使用。为了解决互操作性问题，ETG 每年都举行多次 EtherCAT 互操作性测试活动，通常为期两天。在此活动中，EtherCAT 主站和从站的供应商齐聚一堂，互相测试和改善其设备之间的兼容性，从而提高设备的现场可用性。ETG 会员还可现场交流 EtherCAT 的使用心得和实施技巧，并针对相关问题请教 EtherCAT 专家。ETG 在欧洲、北美以及亚洲举办 EtherCAT 互操作性测试活动。

EtherCAT一致性测试工具（CTT）

EtherCAT 一致性测试工具（CTT）可自动测试 EtherCAT 从站设备的运转情况。

CTT 是一个 Windows 程序，只需一个标准的以太网端口即可。CTT 发送 EtherCAT 数据帧给待测设备（DuT），同时接收待测设备的响应反馈。如果 DuT 的响应与预期响应一致，那么该设备就通过一致性测试。测试案例是以 XML 文件定义的，即使对测试案例进行修改或扩展，也不必修改测试工具。一致性测试技术工作组（TWG）负责制定并发布最新的有效测试案例。

CTT 除了对设备的 EtherCAT 协议一致性进行测试外，还对 EtherCAT 从站信息（ESI）文件的有效性进行测试。最后，CTT 还可以执行具体设备相关协议的一致性测试，如 CiA 402 驱动协议等。

一致性测试的所有步骤和结果都会保存在测试记录器中（Test Logger），并且可被分析并保存为验证文档，用于设备的发布。

ETG 会不断的维护并添加一些新的测试案例到 CTT 中，因此，对于设备制造商而言，拥有最新版本的 CTT 并在设备上市之前对其进行测试极为重要。为方便使用，CTT 以订阅的方式提供。另外，利用 CTT 还可以在 design 阶段提前发现接口实施时存在的错误。

A yellow Ethernet cable with the EtherCAT logo on it, extending from the left side of the page towards the right. The cable is thick and has a standard RJ45 connector at the end.

一致性测试技术工作组

EtherCAT 一致性测试规范要求设备制造商在其设备上市之前，要利用 EtherCAT 一致性测试工具（CTT）对其设备进行一致性测试，测试过程可由制造商自己组织进行。

ETG 技术委员会（TC）成立了有关 EtherCAT 一致性测试的技术工作组（TWG），由该工作组指定有关一致性测试的流程、测试的内容以及一致性测试工具的开发，另外该工作组还负责对一致性测试的内容及深度的不断扩展。

EtherCAT 一致性测试技术工作组还建立了互操作性测试流程，设备可利用整个网络进行测试。

EtherCAT 测试中心

EtherCAT 测试中心（ETC）由 ETG 认证，设立于欧洲、亚洲和北美，负责 EtherCAT 的官方一致性测试。EtherCAT 的一致性测试包括 CTT 测试软件、网络互操作性测试、设备指示和标记装置检测以及 EtherCAT 接口测试。

ETG 鼓励设备制造商在 ETC 进行设备测试。制造商的设备通过一致性测试后，将会获得由 ETG 颁发的一致性测试证书。该证书只颁发给在 ETC 通过测试的设备，通过制造商内部测试的设备则没有官方一致性测试证书。

通过在授权的 ETC 的测试更好的提升了 EtherCAT 实施的兼容性、操作一致性以及可诊断性。因此，用户在选择相关设备时，应该要求设备供应商出示 ETC 测试证书。

除 EtherCAT 一致性测试之外，还有专门用于安全接口设备开发的一致性测试，根据 FSoE 规定，安全设备的一致性测试是针对 FSoE 设备制造商的强制性要求。该测试由官方指定机构进行，并提供可靠的证明以确保其产品的可靠性和实施标准符合 Safety over EtherCAT 协议。

有关 EtherCAT 一致性测试的更多信息可参考 ETG 网站：
www.ethercat.org.cn/cn/conformance.html。

www.ethercat.org.cn

EtherCAT网站为您提供有关技术、即将举办的活动、最新EtherCAT产品和目前会员名单等全面的中文信息。同时，网站内容还包括诸如功能性安全和 EtherCAT设备一致性等热点话题。此外，您还可以在网站的下载专区下载到演讲资料、文章和出版刊物。

EtherCAT 产品指南

EtherCAT 产品指南是 EtherCAT 产品和服务的目录列表，这些信息由 ETG 会员单位提供并发布到网站上 www.ethercat.org.cn/cn/products.html。如果您有任何关于产品的问题，请直接与制造商联系，ETG 不销售任何产品。

市场活动

市场活动栏目显示由 ETG 主办或 ETG 与其他协会联合组织的全球活动。包括技术工作组会议、展会、EtherCAT workshop 和工业以太网研讨会等活动的重要日期您可以在 www.ethercat.org.cn/events.html 网页上的日历中找到。

会员专区

会员有权限访问会员专区 www.ethercat.org/memberarea，会员专区包含更多有价值的信息，如完整的 EtherCAT 规范、在线开发者论坛，以及所有 EtherCAT 设备和网络实施、配置和诊断的相关知识。

The screenshot shows the Chinese version of the EtherCAT website. The header includes the logo and navigation links. The main content area is organized into several columns: a left sidebar with navigation links, a central header for 'EtherCAT 以太网现场总线', and three columns of news and product information. The '最新活动' (Latest Events) section lists various seminars and workshops held in different parts of the world, including Japan, the USA, and Australia.



联系方式

ETG 总部

德国纽伦堡 Ostend 大街 196 号,
90482
电话: +49 (911) 5405620
传真: +49 (911) 5405629
info@ethercat.org

ETG 中国代表处

中国北京
电话: +86(10)8220 0090
传真: +86(10)8220 0039
info@ethercat.org.cn

ETG 北美代表处

美国加利福尼亚州
电话: +1 (877) 384-3722
info.na@ethercat.org

ETG 日本代表处

日本东京
电话: +81 (45) 650 1610
传真: +81 (45) 650 1613
info.jp@ethercat.org

ETG 韩国代表处

韩国首尔
电话: +82 (0)2 2107 3242
传真: +82 (0)2 2107 3969
info.kr@ethercat.org

EtherCAT[®]、EtherCAT G[®]、EtherCAT P[®]、Safety over EtherCAT[®] 是商标或注册商标，由德国倍福自动化有限公司授权使用。本书中所使用的其他指定名称可能也是注册商标，如果第三方擅自用于其他目的将侵犯相关所有者权益。