

EtherCAT一网到底

EtherCAT 实现工厂网络化

EtherCAT设备协议用于机器或机器部件内部的I/O等现场设备通信，这已经广为人知并被业界广泛采用，它经常被简称为 EtherCAT 协议。除了基本特性外，EtherCAT具有以下突出的优点：在很短的周期时间（ $< 100 \mu\text{s}$ ）下仍具有很精确的确定性；可在驱动器和测量应用中实现精确同步；同时，在I/O层使用EtherCAT技术能降低布线和调试成本。而过程控制层需要进一步的通信方法来操作车间或整个工厂。EtherCAT技术的工厂自动化协议（EtherCAT Automation Protocol）为此提供了相应解决方案。



动态印刷：

为更完美地完成任任务，报纸定位及在封面页指定位置进行地址印刷必须实现精确同步。

现场级设备由上位控制器来控制。在汽车行业等大型工厂中，都是很多生产线协同工作。工厂中每个区域的控制器都需要交换数据。某些情况下，工厂中不同区域 I/O 设备之间也可能需要数据交换。这样的应用对必须在生产控制层使用的通信协议提出了以下要求：

- | EtherCAT 主站之间的数据交换（主站-主站的通信），即控制层数据交换
- | EtherCAT 主站与人机界面之间的数据交换
- | 将上位控制器连接到下层 EtherCAT 网段（路由）
- | EtherCAT 主站与其它设备（如组态工具）之间的数据交换

附加需求：

- | 标准以太网通信接口
- | 对周期时间和同步没有严格要求
- | 周期在毫秒级的通信

| 采用标准基础设施（如普通交换机）

这些需求可通过 EtherCAT 工厂自动化协议 (EAP)实现，该协议能够加强整个系统内 EtherCAT 的垂直集成。

EtherCAT 协议类型

EtherCAT 协议可通过以太网 (EtherType 0x88A4)、UDP（用户数据报文协议，UDP 端口 0x88A4）或 TCP（传输控制协议，TCP 端口 0x88A4）进行传输。传输介质方面，可使用铜缆或光缆的快速以太网，或千兆以太网连接，也可以使用无线连接。因此，它甚至可以集成在工厂中不能用固定电缆进行连接的复杂部件（例如，地面传送装置、高架仓储系统等）。

在用户数据报文中插入EtherCAT 帧（图 1）。

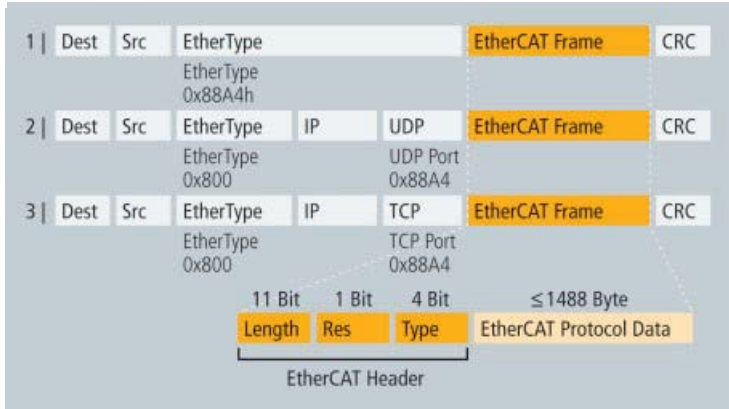


图 1: EtherCAT 协议传输

EtherCAT 帧头指定了 EtherCAT 协议类型。

EtherCAT 设备协议	类型 1: EtherCAT 数据报文
EtherCAT 工厂自动化协议	类型 4: 过程数据通信
类型 5: 邮箱通信	

与 EtherCAT 主站相连的 EtherCAT 从站总是使用 EtherCAT 设备协议。

为实现该协议，EtherCAT 从站中使用了一个 EtherCAT 通信芯片，即 EtherCAT 从站控制器 (ESC)。该控制器只对类型 1 报文进行评估。此类型的 EtherCAT 帧中可传输周期性和非周期性数据。类型 4 和 5 用于 EtherCAT 自动化协议。如果是过程数据，则使用类型 4；对于邮箱数据，EtherCAT 帧头中使用类型 5。邮箱协议 (CoE、SoE 和 FoE) 既可用于 EtherCAT 设备协议，同样也适用于 EtherCAT 自动化协议。

EAP 通信路由

组态工具必须支持经由 EtherCAT 主站到 EtherCAT 从站的通信路由，以便主站设备之间的数据交换，或便于组态工具为 EtherCAT 下层网段中的驱动器设置参数。

为此，使用 EtherCAT 邮箱协议 AoE (EtherCAT 自动化设备协议) 显得非常有用，它具有路由功能，因而可通过层层传输到达底层对象目录。

主站中的每个以太网端口都用作一个 AoE 设备，并被分配独立的 NetID。在例子中 (如图 2)，端口 1 和端口 2 分别配有一个 AoE NetID。端口到端口的路由是由主站中的 AoE 路由器执行，该路由器同样也分配有一个 AoE NetID。

通过 AoE NetID，可以访问任何端口或 AoE 设备及相关信息。提供给网络的信息被组织为对象目录。具体信息内容则视 AoE 设备/端口的任务而有所不同。

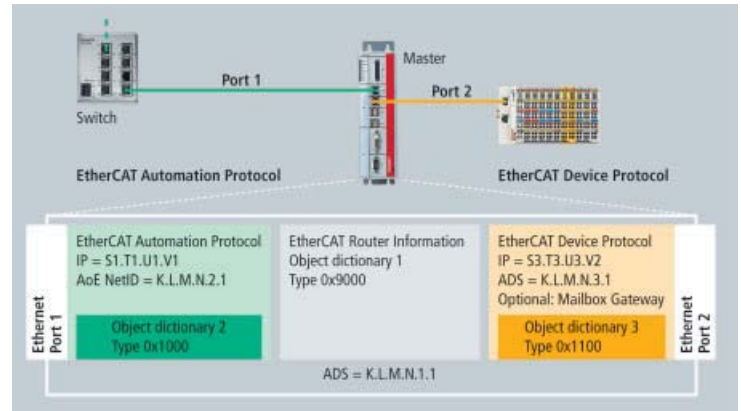


图 2: EAP 设备识别

设备数据结构

对象目录

对象目录即是变量和参数列表。每个条目都可通过总索引及其子索引来寻址。整个索引空间划分为多个范围，如下表。

索引空间的划分			
索引范围	应用		
0x0000 - 0x0FFF	数据类型描述		
0x1000 - 0x1FFF	标准 MDP 对象 (设备名称、硬件/软件版本、标识、过程数据的组成)		
0x2000 - 0x5FFF	厂商特定索引范围 (例如, 设备参数)		
	行规特定范围 (本例中为行规 5001 - MDP)		
		子行规1000	子行规 1100
			子行规 9000
0x6000 - 0x6FFF	输入变量	--	--
0x7000 - 0x7FFF	输出变量	--	--
0x8000 - 0x8FFF	过程数据配置	关于所有连接从站的信息	AoE 设备信息
.....		
0xD000 - 0xDFFF	输出过程数据	-	-
0xE000 - 0xEFFF	输入过程数据	-	-
0xF000 - 0xFFFF	设备特定数据 (例如, 索引范围、AoE NetID)		

将索引空间划分为明确的范围使数据结构更加清晰。同时，也将成为使用算法的基础，这种算法用于对过程数据 (PDO 组态和 PDO 分配) 组织整理。

EAP 的行规特定索引范围

索引 0x6000 之后的行规特定范围是由所谓的设备行规进行详细说明。分别针对不同类别的设备 (驱动器、I/O 设备) 规定了相应的设备行规。

模块化设备行规(MDP 行规编号 5001) 用于 EAP。此行规详细说明了如何按照列表使用索引空间。特殊类别的设备按子行规（例如，网关设备）在表格中进行了分类。EtherCAT 自动化协议具有自己的子行规编号 (1000)，类似于用于下层网段主站功能的 EtherCAT 设备协议 (1100)。AoE 路由器子行规编号为 9000。

在同时支持 EtherCAT 自动化协议和 EtherCAT 设备协议的主站上，网络端口分别拥有各自的对象目录和相应的子行规编号（另见图 2）。

1.子行规 1000 - EtherCAT 自动化协议

子行规 1000 的对象目录用于两个 EAP 设备通信的组态。它描述了 EAP 所使用的过程数据。

2.子行规 1100 - EtherCAT 设备协议

EtherCAT 网络的对象目录列出了所有连接的从站。对象目录中用模块来表述从站。

3.子行规 9000 - EtherCAT 路由器信息

路由器对象目录列表中包含可用的设备接口及其 AoE NetID。

EAP - 周期性数据交换

EAP 中过程数据的交换可按照“推送”或“轮询”方式进行。“推送”模式中，每台通信设备周期性地发送数据，或按某一周期的倍数发送。接收方被配置来接收某些发送方的某些数据。发送方与接收方之间的数据配置根据子行规 1000定义的对象目录来完成。

在“轮询”模式下，设备对数据进行轮询。为此，上位主站 PC 通常会向设备发送报文，设备使用自有报文响应。通过这种方式可以实现设备同步。

过程数据结构

过程数据报文的内容描述方式与 EtherCAT 从站的过程数据相同。一个报文对应一个 SyncManager 区域，这样，报文的过程数据结构就可通过 PDO 分配和 PDO 设置来确定。

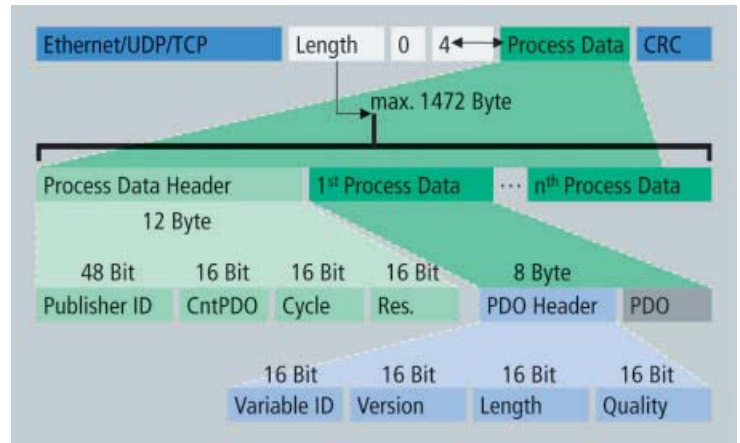


图 3: 过程数据报文结构

各报文段具有以下含义:

帧头	帧头信息	描述
过程数据	发布者 ID	发布者的 AoE NetID (0xD000:06+4*n)
CntPDO	帧中的 PDO 计数	
	周期	每个周期递增
PDO 帧头	变量 ID	每个 PDO 的 ID (0xD000:SI3+4*n)
	版本	此 PDO 的版本 (0xD000:SI4+4*n)
	长度	PDO 的长度
	质量	数据的历史时间 (单位为 100 μs)

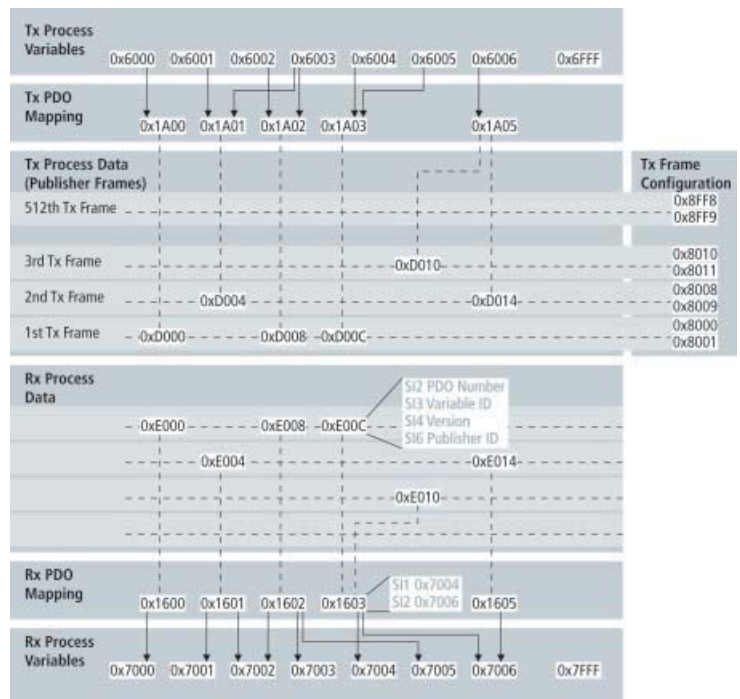


图 4 是过程数据组态结构的一个示例。上面部分显示了 Tx 过程数据的结构及报文组态，下面部分显示了接收到的 Rx 过程数据及相关的 Rx 变量。

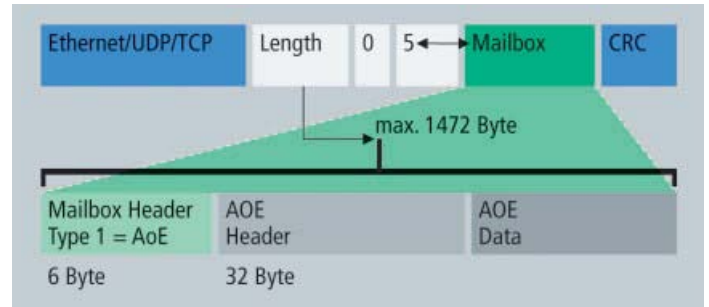


图 5: AoE 邮箱报文的结构

设备在自 0x6000 开始的索引范围内定义其输出变量 (Tx 过程变量)。每个变量都使用索引 (变量 1 → 0x6000、变量 2 → 0x6001 等)。名称、长度和变量类型 (例如, 过程数据或诊断数据) 与变量的实际值进行组合。只有变量值本身能在过程数据报文中传输。然后, 可以借助于来自 0x1A00 的 Tx 映射 PDO 对过程变量进行任意分组。一个变量也可传输到多个 PDO 中。通过映射描述的变量结构与变量 ID、版本 (Version) 和历史时间 (Quality) 进行组合。这是在从 0xD000 开始的 Tx 过程数据范围内完成的。此时, 过程数据必须分配给以太网帧传输。每个过程数据的分配和指令是通过从 0x8000 开始的范围内的分配对象来定义。接收方可通过所接收帧的帧头发布者 ID 来确定发送方。这样, 通过 PDO 头中的变量 ID 和版本, 接收方就可以找到过程数据索引 (从 0xE000 开始), 其中包含对内部目标变量的引用。因此, 目标变量的索引将由映射 (从 0x1600) 决定, 接收到的变量值以输入变量的形式存储在索引中。同发送方一样, 接收方的过程数据结构的组态也是任意的。分配给 Rx 过程变量的索引独立于 Tx 过程变量的索引。由于输出和输入变量已经预组态, 因此不再需要在通信开始之前建立附加连接。

EAP - 非周期性数据交换

为了组态输出和输入变量以及访问主站或 EtherCAT 从站的对象目录, 将启用非周期性数据访问。为此, 将使用 AoE (Automation Device Protocol over EtherCAT) 协议。这样就可对多个对象目录进行寻址。类型 5 (邮箱通信) 报文用作传输协议。帧结构与 EtherCAT 网段中的邮箱通信完全相同 (图 5)。

邮箱协议 CoE、SoE 和 FoE 又可以映射在 AoE 协议上。所以, 组态工具可以连接到主站, 例如, 为组态而访问 EtherCAT 网络中的驱动器。

通过 EAP 实现工厂自动化的示例

太阳能电池组件的生产过程相当复杂, 需要使用标记和识别系统、测量单元以及专门处理模块。所使用的输送系统可划分为多达 14 个工艺岛, 其中每段都配有一台控制 PC 和一台操作 PC。并可根据需要在生产线上的任意位置连接控制面板。数据交换是通过 EAP 实现的。每个站直接与前一站和下一站进行双向通信, 交换状态和控制信息; 每个方向上传输 600 个字节, 周期时间为 10 毫秒。除此之外, 还要与控制 PC 进行通信, 使每个站额外增加 1 kB 的双向数据交换。

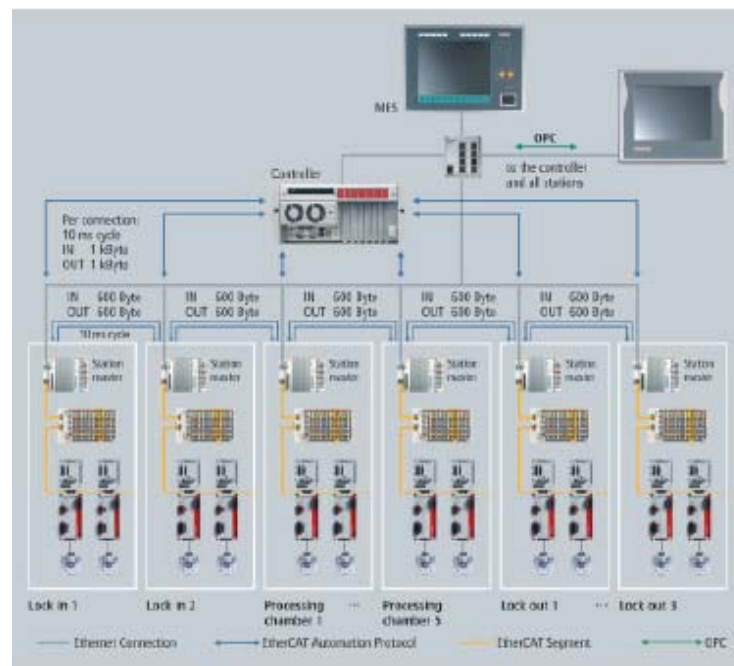


图 6: 太阳能电池组生产装置的通信结构