

EtherCAT总线架构

author yeshen
data 2020.9.24

EtherCAT总线架构

- 一、EtherCAT原理
 - 1.1、EtherCAT运行原理
 - 1.2、EtherCAT端口管理
 - 1.3、EtherCAT网络拓扑
- 二、EtherCAT协议
 - 2.1、EtherCAT网络协议栈
 - 2.2、EtherCAT帧及相关内容
 - 2.2.1、EtherCAT帧格式
 - 2.2.2、寻址
 - 2.3、ESC链路层
 - 2.3.1、ESC本地地址空间布局
 - 2.3.2、ESC同步管理器SM
 - 2.3.3、ESC现场总线内存管理单元FMMU
 - 2.4、邮箱
- 三、过程数据及相关技术

一、EtherCAT原理

1.1、EtherCAT运行原理

一个EtherCAT数据帧足以完成所有节点数据的发送和接收。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，如图所示。

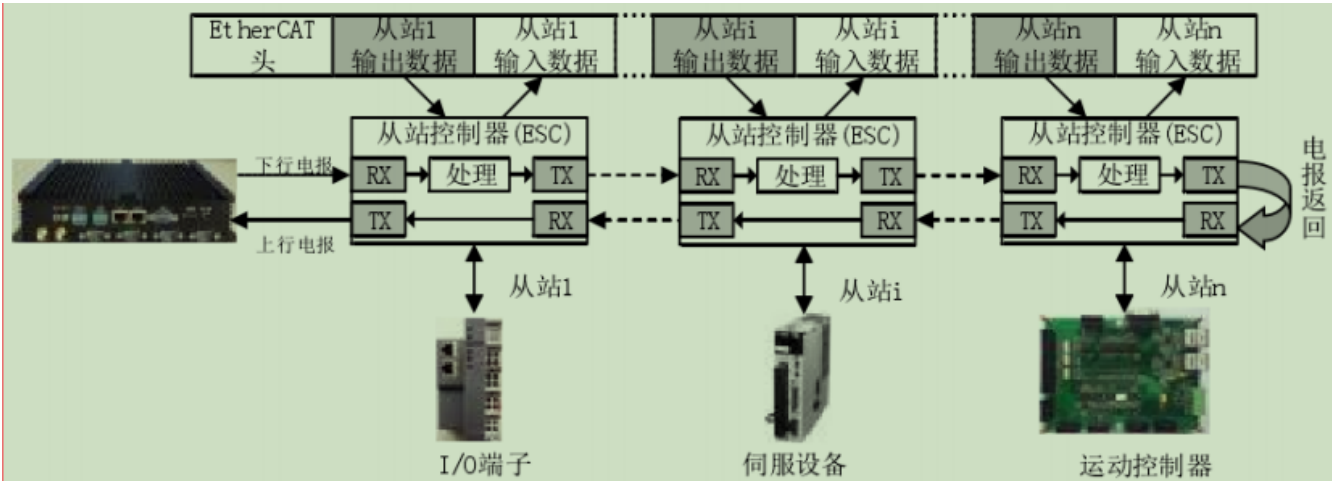
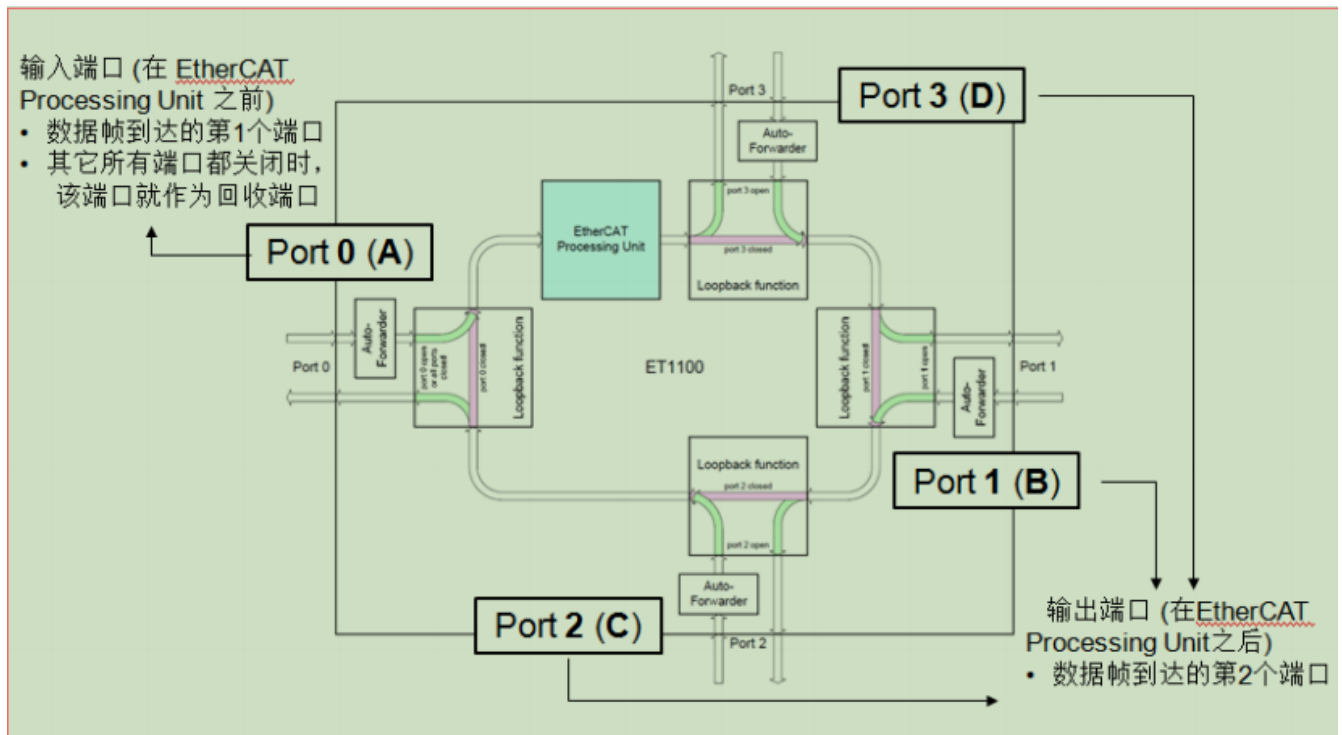


图 2-1 EtherCAT 运行原理

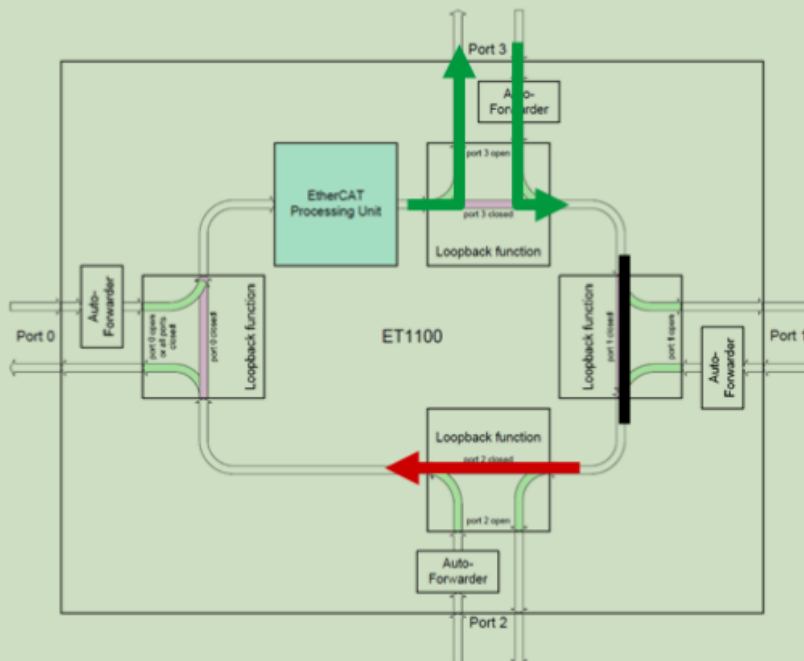
1.2、EtherCAT端口管理

一个从站控制器最多有四个端口，即网口。端口的默认模式是自动模式，即该端口插入连接另一个从站设备则该端口打开，否则关闭。也可以使用非自动模式，即使端口插入连接了设备也可以关闭该端口。



每个端口总是处于以下两种状态之一：

- **Port open** : 数据帧从这个端口出去，然后从这个端口回来
- **Port closed** : 数据帧从内部传到本站的下一个端口

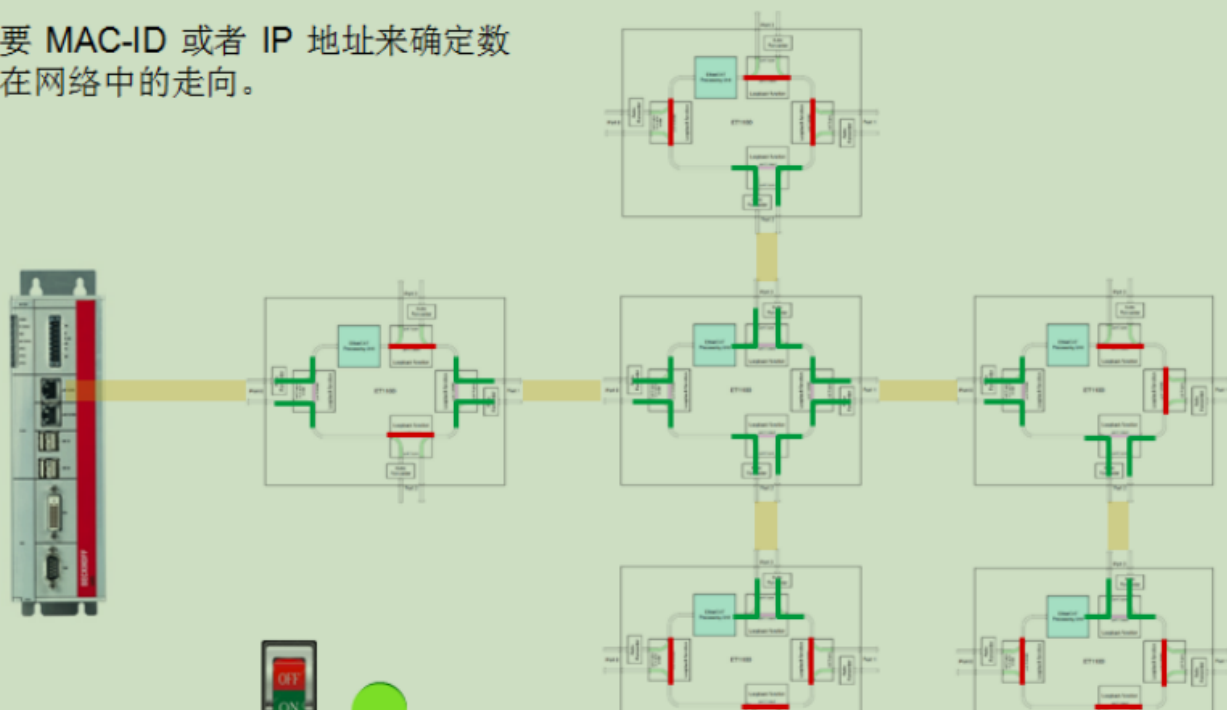


端口的默认设置是**自动模式**：
如果有物理连接，端口自动打开，如果没有检测到物理连接就自动关闭。



基于默认自动模式，EtherCAT网络在上电时就会自动构建自身的架构：

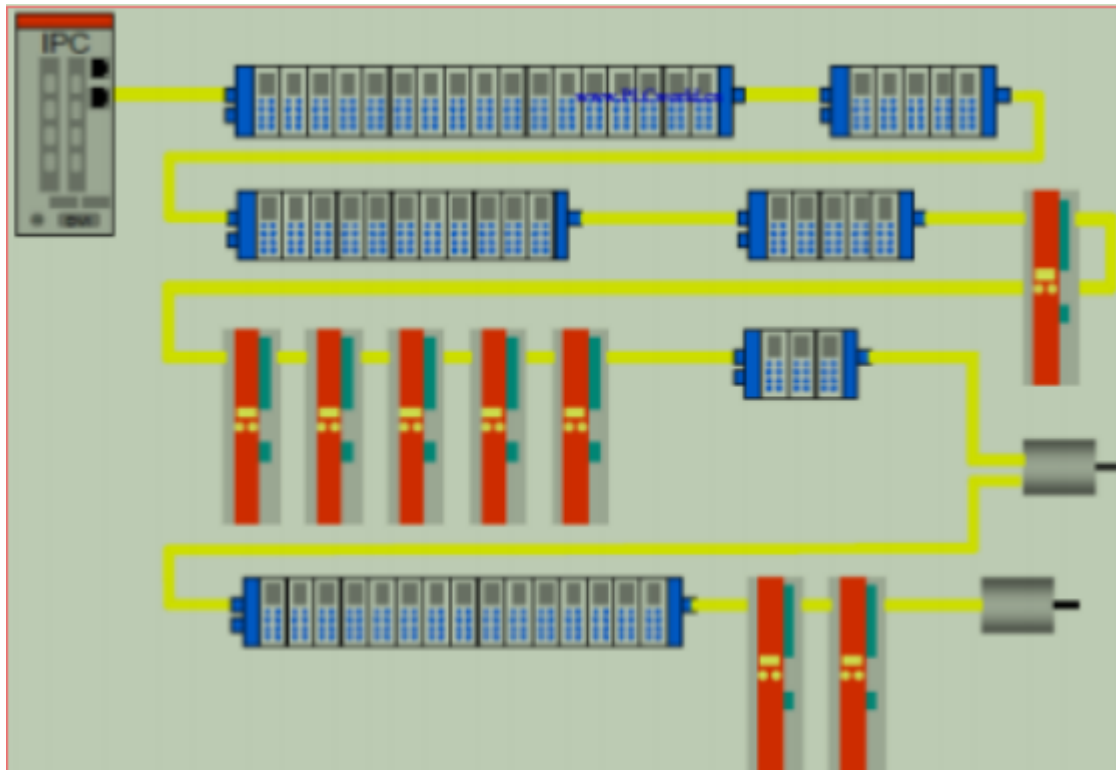
不需要 MAC-ID 或者 IP 地址来确定数据帧在网络中的走向。



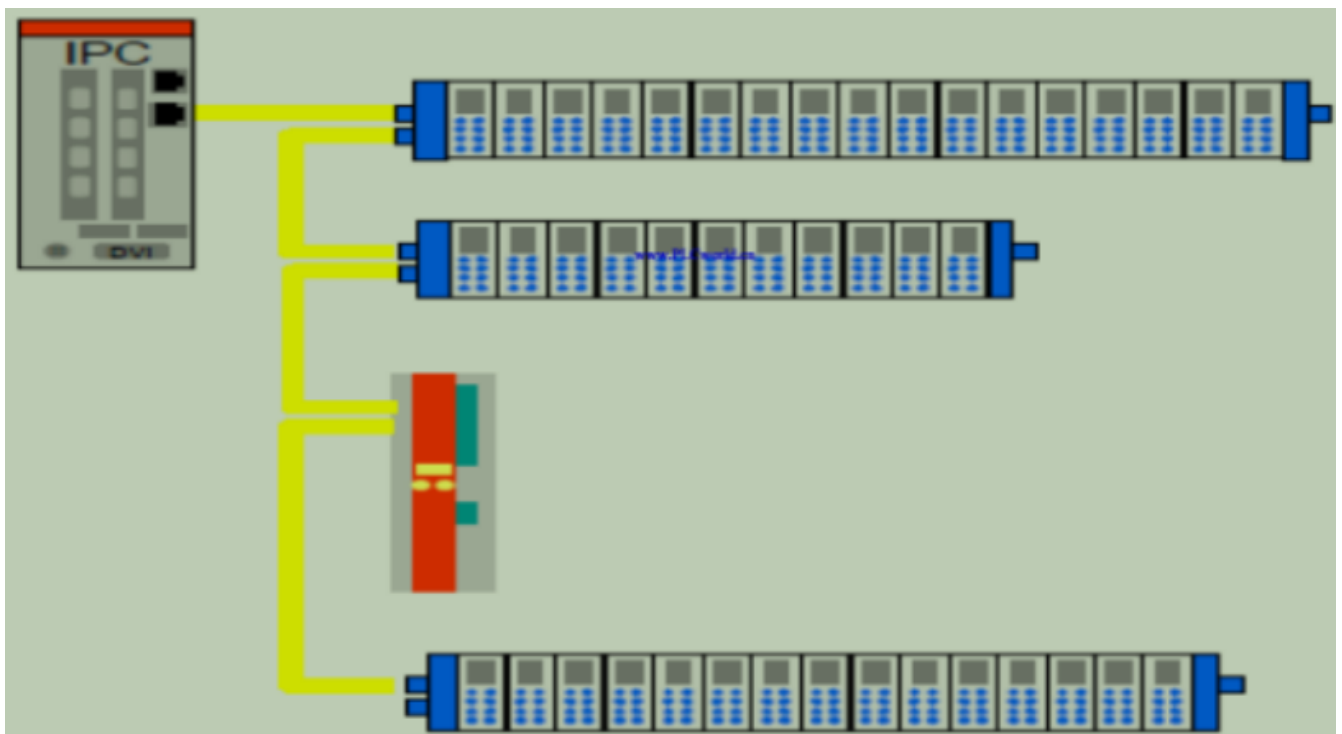
1.3、EtherCAT网络拓扑

由于EtherCAT的运行原理，其可以组成多种网络拓扑结构，但无论是哪种拓扑结构，所有数据帧都是以一种逻辑闭环的方式传播，从主站一个端口出发，经过从站所有打开的端口，走到最后一个端口后返回，因此会经过每个打开的端口两次，最后回到主站端口中。虽然数据帧会经过每个从站打开的端口两次，但只会经过一次从站的处理单元一次。

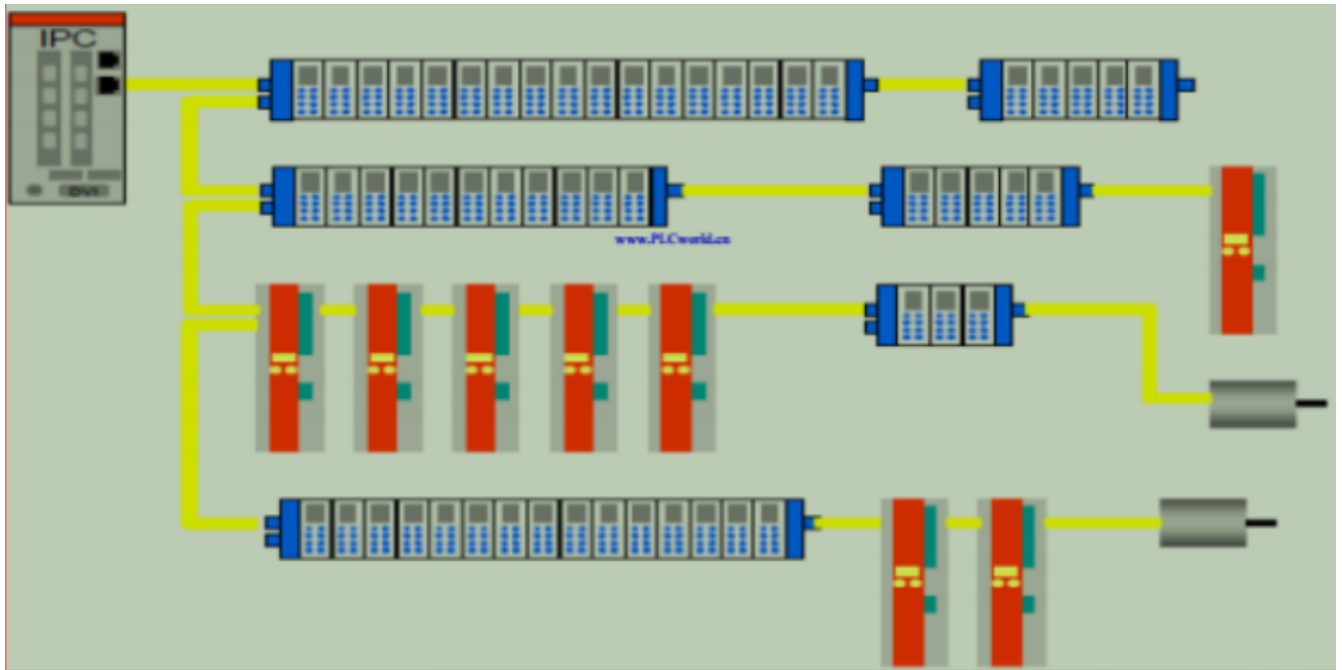
- 线型拓扑：任意数目的设备连接，但最多只能识别65535个设备。



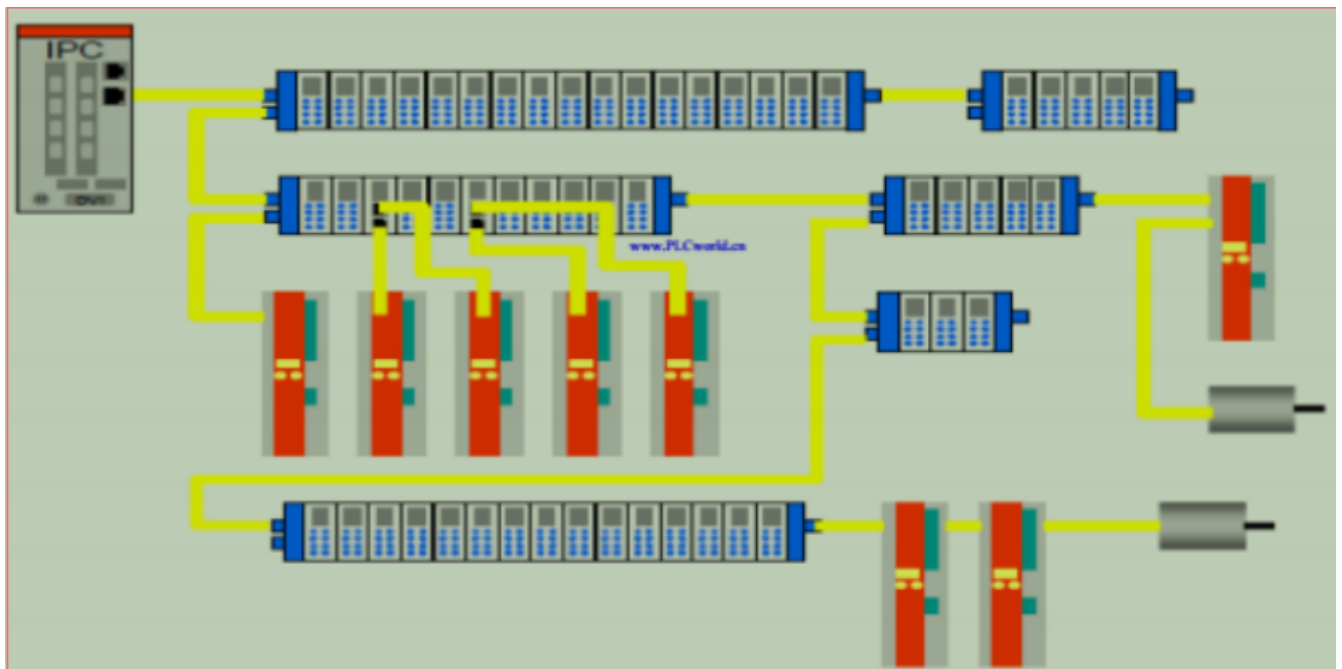
- 数据处理链型拓扑



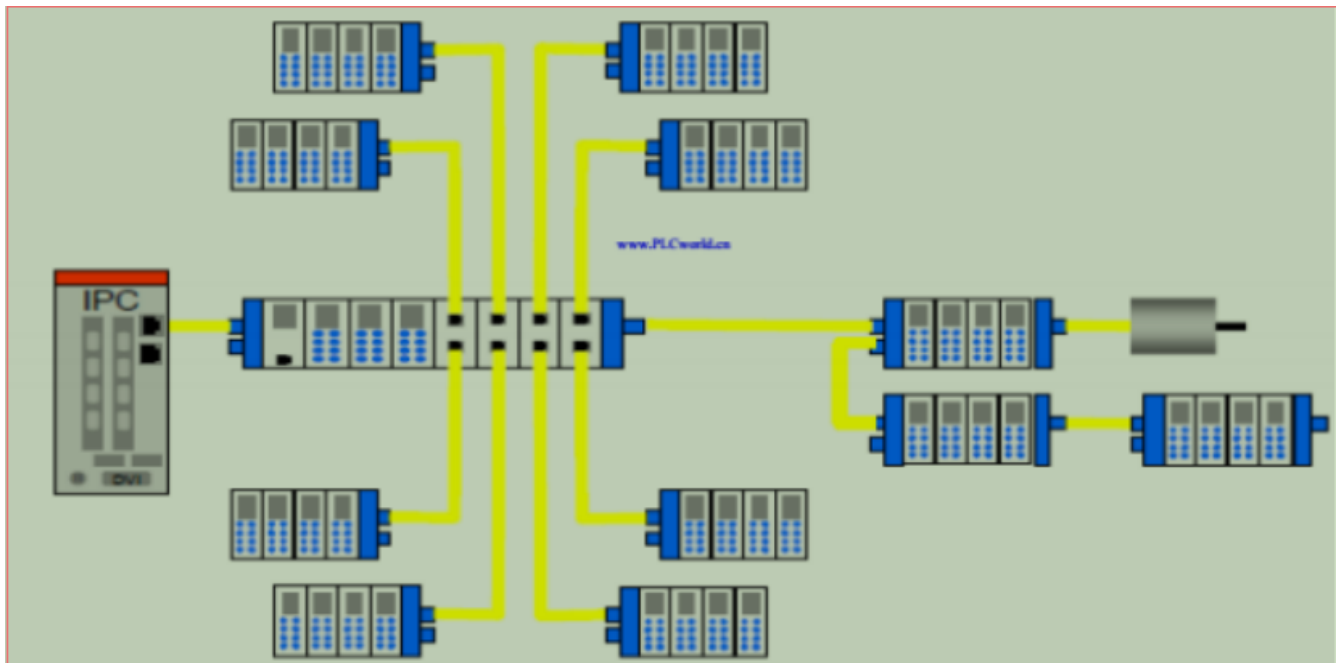
- 带有分支线的数据处理链型拓扑



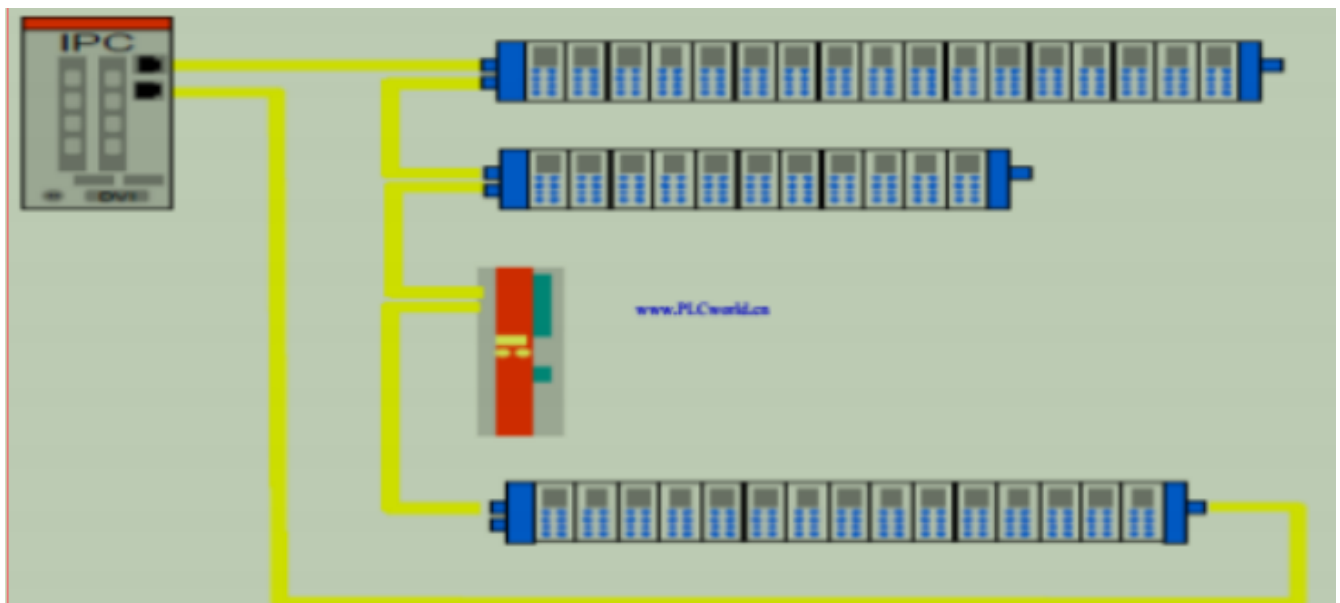
- 树型拓扑



- 实时星型拓扑

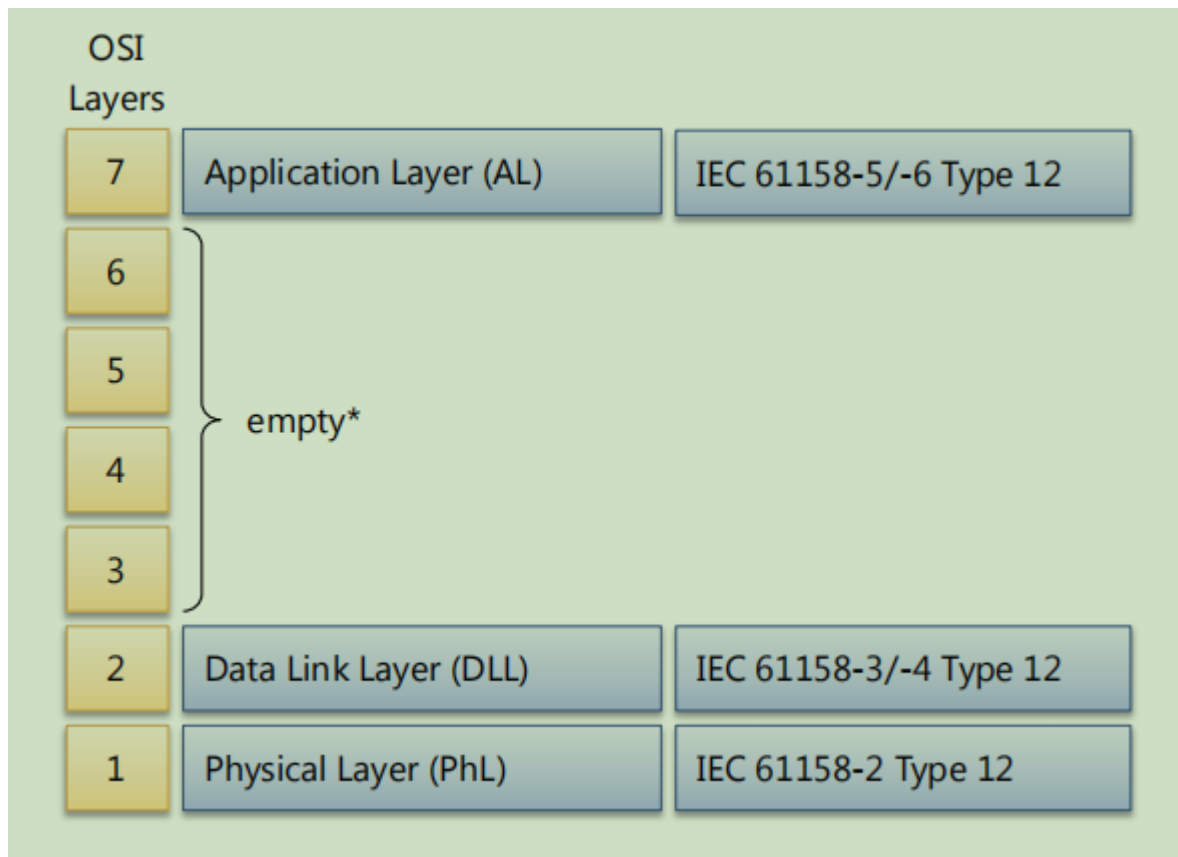


- 冗余线缆



二、EtherCAT协议

2.1、EtherCAT网络协议栈

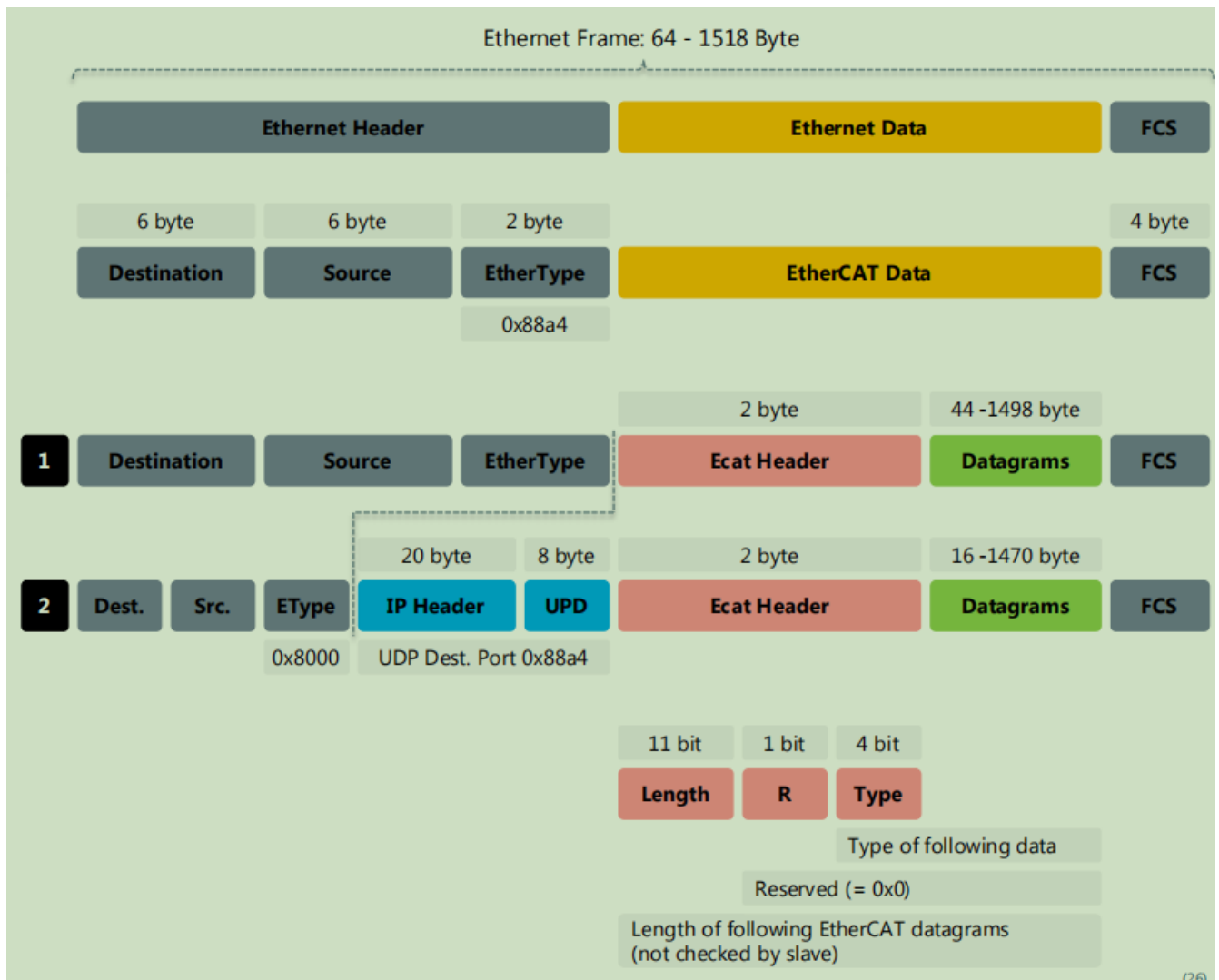


主流的EtherCAT网络协议栈只包含了osi模型中的三层，即应用层，数据链路层和物理层。还有一种不常用的会使用udp和ip，即多了传输层和网络层，但是udp端口号必须为0x88a4，如下文所示。

2.2、EtherCAT帧及相关内容

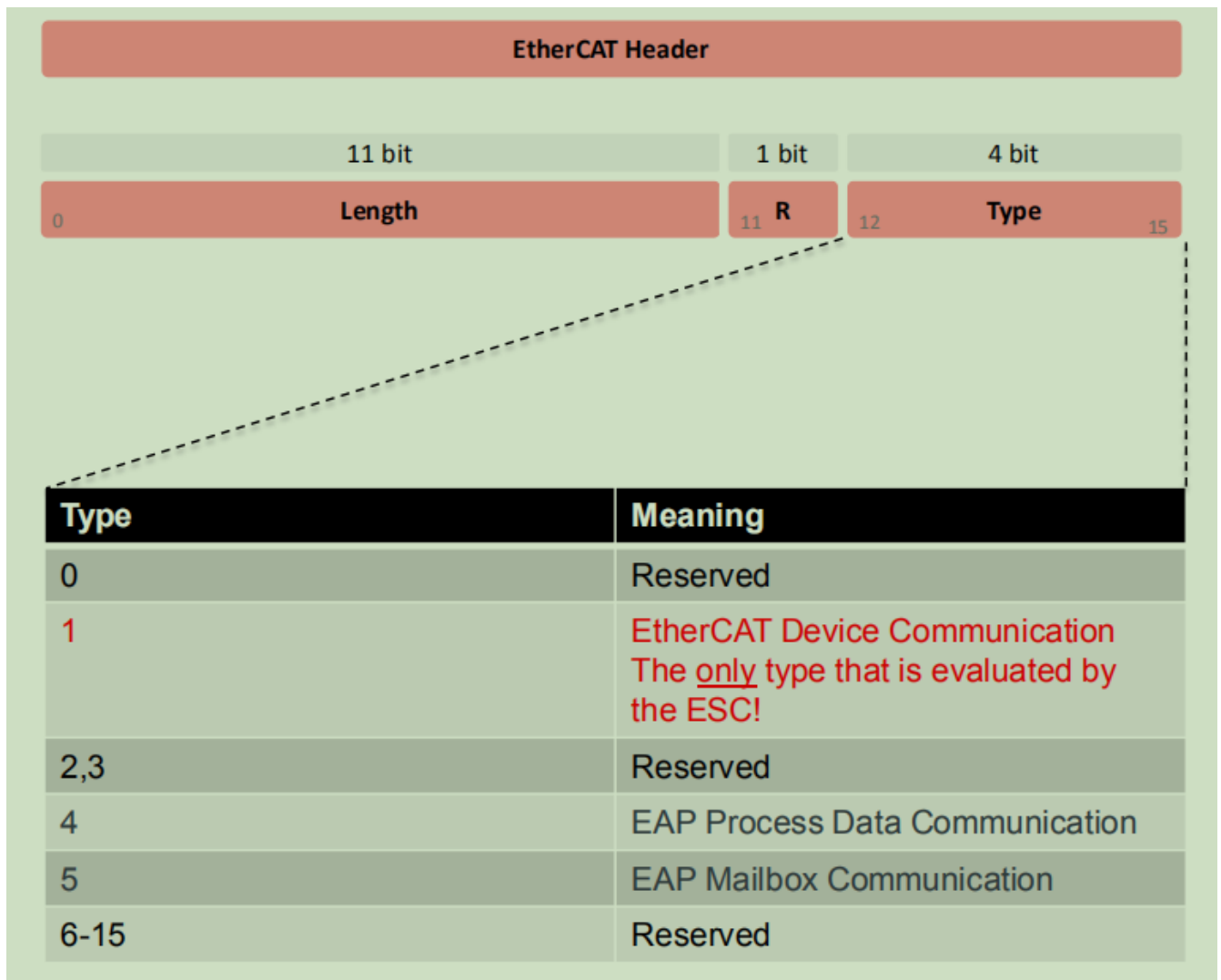
2.2.1、EtherCAT帧格式

- Ethernet/EtherCAT 帧结构



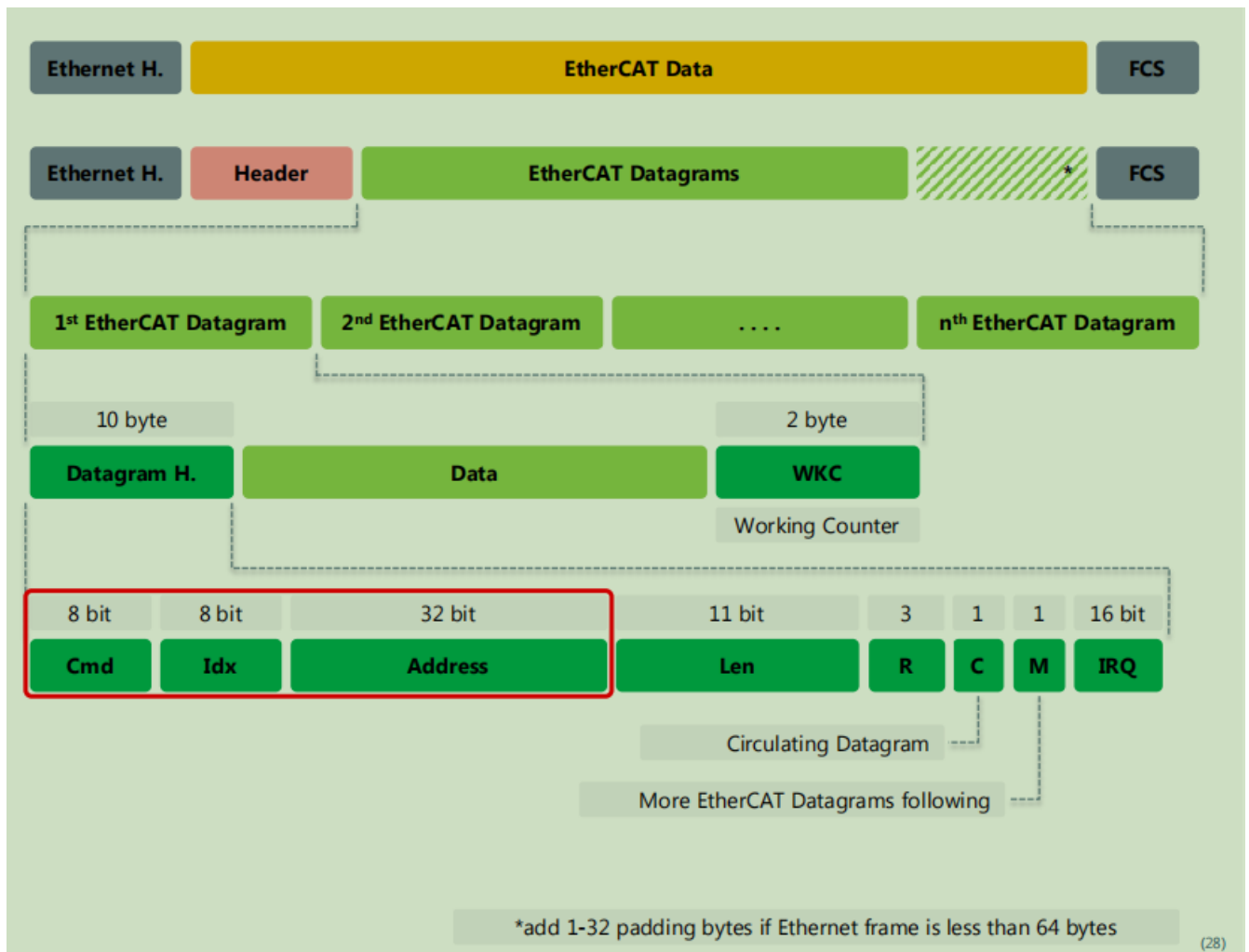
EtherCAT帧格式如上图所示，根据协议栈来分为两种。第一种即主流的只使用应用层、数据链路层和物理层的格式，在以太网帧头的类型字段要写成**0x88a4**；第二种是使用ip和udp的非主流ethernet帧格式，在以太网帧头的类型字段要写成**0x8000**，ip头安正常的来，udp头中的目标端口号要写成**0x88a4**。

- **EtherCAT帧头部**



EtherCAT帧头包含Length、R、Type三部分，**Length**指明后面的Datagrams的长度；**R**保留写0；**Type**表示后面的Datagrams属于的报文类型种类，因为Type占4位，所以可以取值0到15，其中只有1，4，5有意义，**1**表示EtherCAT设备通信，是esc从站芯片使用的唯一类型，无论过程数据还是邮箱都用1，在后面的子报文中再区分，**4**表示EAP从站芯片的过程数据通信，**5**表示EAP从站芯片的邮箱通信。

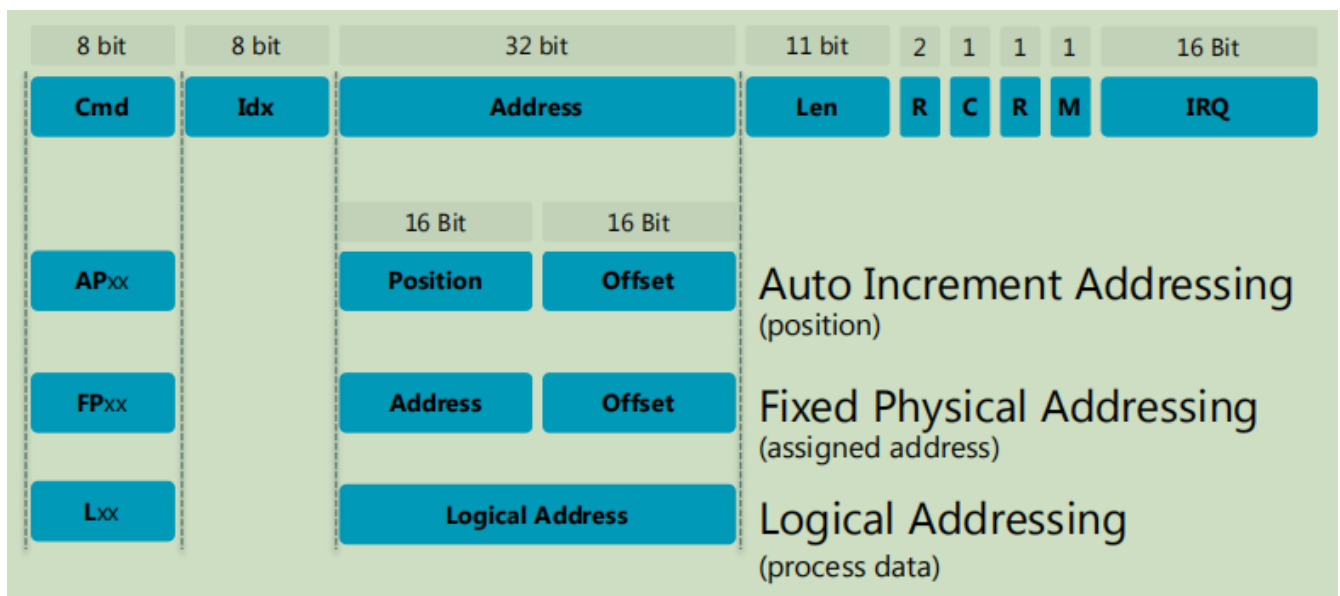
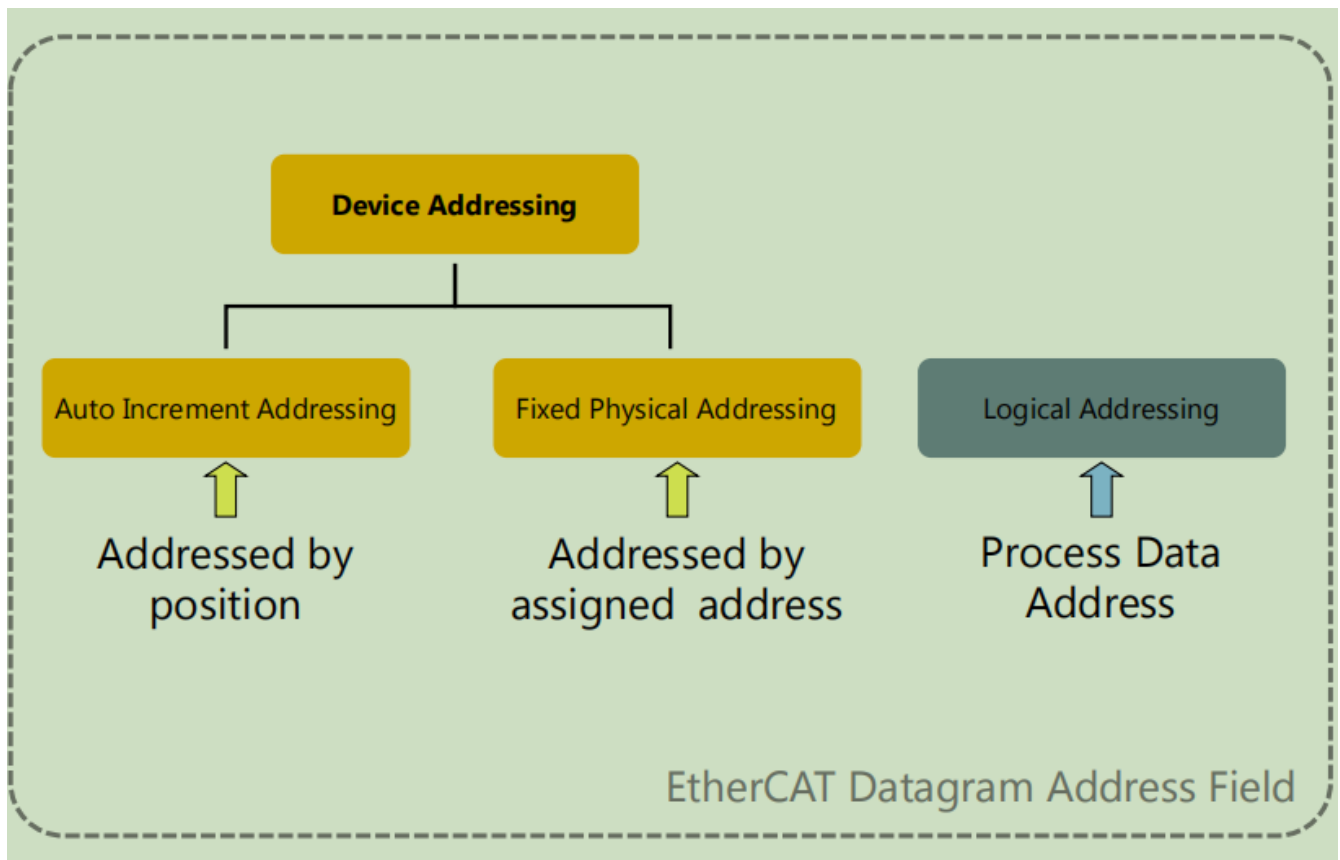
- **EtherCAT报文格式**



(28)

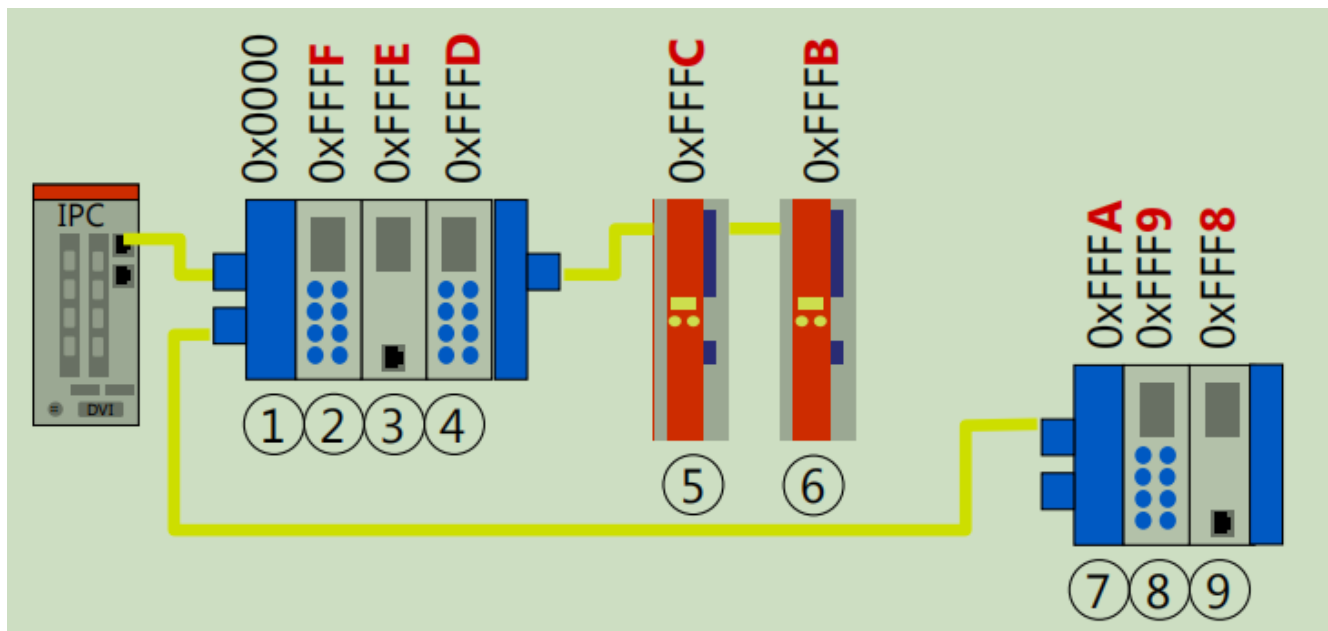
EtherCAT帧的数据报文段由可能多个的子报文组成，每个子报文中包含子报文头、数据、工作计数三部分。

2.2.2、寻址



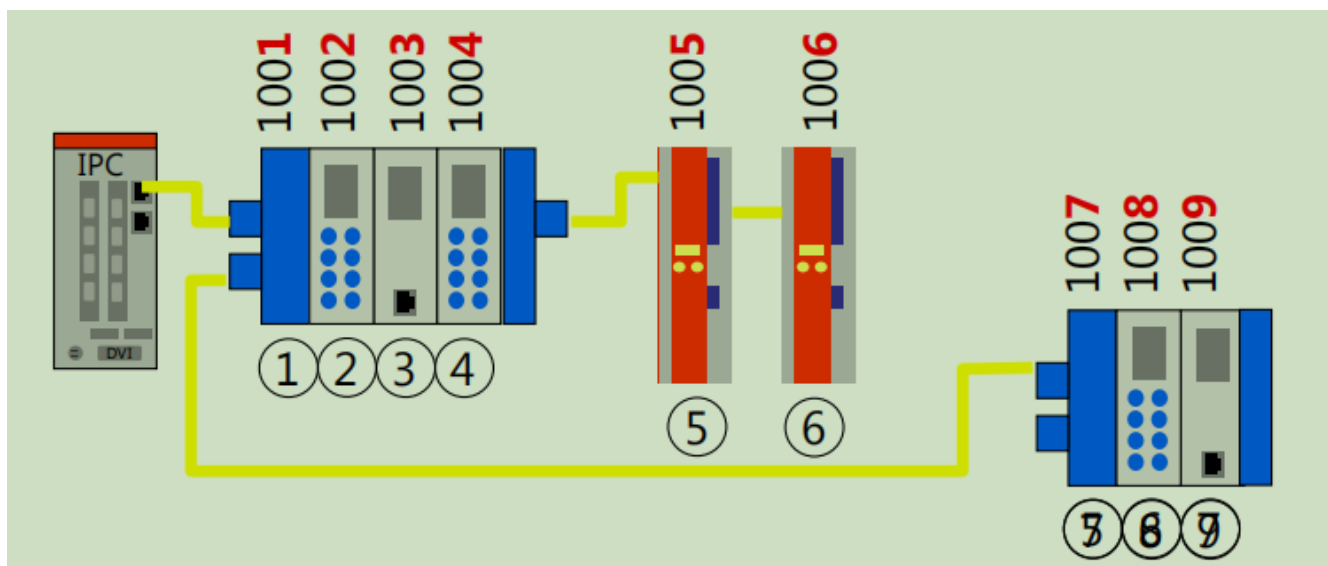
寻址模式分为**设备寻址**和**逻辑寻址**两大类，其中设备寻址又分为**自动增量寻址**和**固定物理寻址**。如果是设备寻址，则32位地址空间分为16位的设备寻址空间(表示哪一个设备)和16位的本地内存寻址空间(表示该设备的哪块内存地址)；如果是逻辑寻址，整个32位地址空间都作为逻辑寻址空间。

- **自动增量寻址**



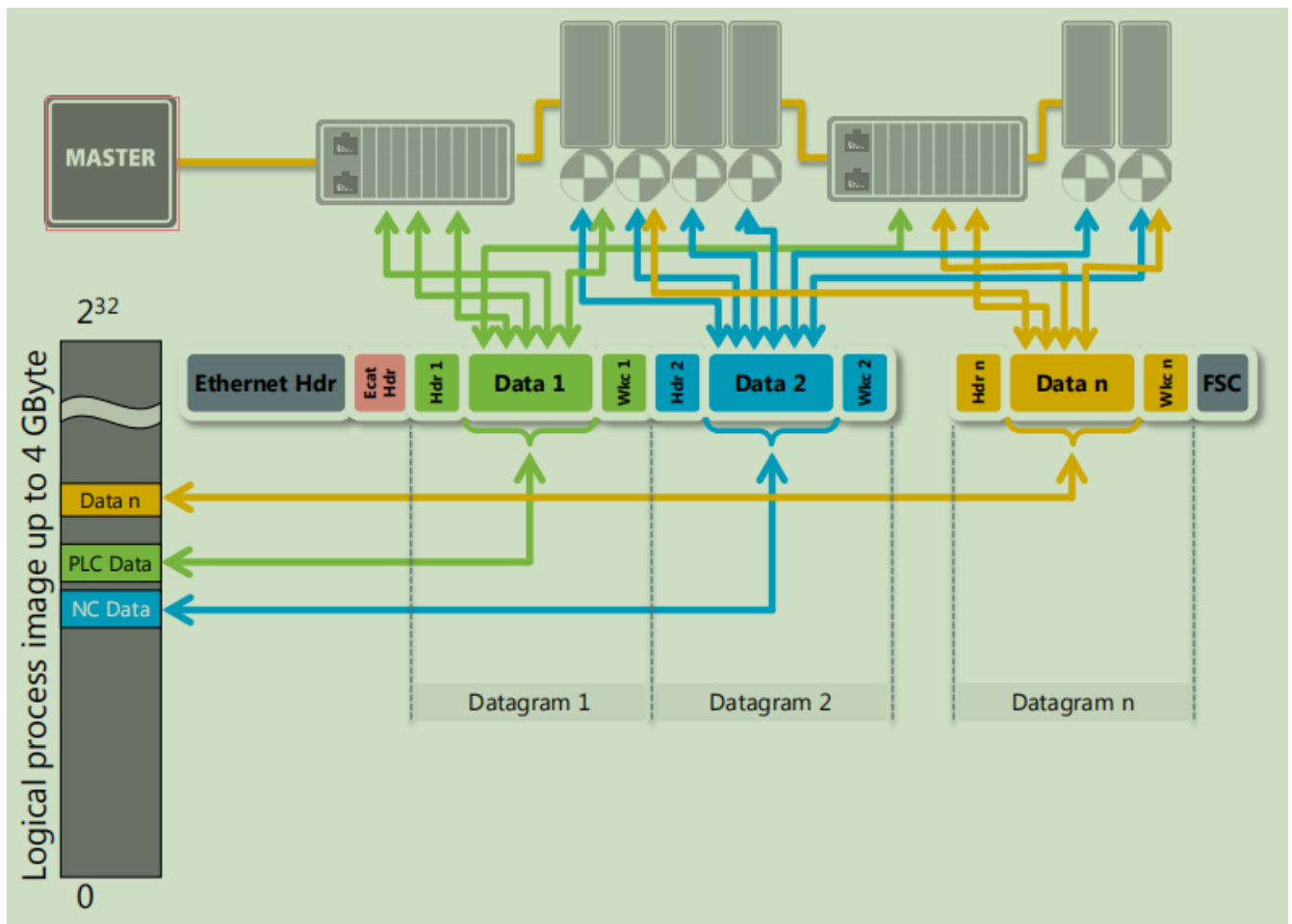
从站的设备地址(对应position)由它在网段内的连接地址决定，用一个小于或等于0的数表示。如图中的从设备的设备地址从第一个到第九个分别为0, -1到-8。自动增量寻址在每经过一个从站都会将该子报文中的position加1，从站在接收报文时，如果子报文中的position为0则就是自己需要的报文。自动增量寻址通常在早期的扫描配置阶段使用。

- 固定物理寻址



固定物理寻址与从站的连接顺序无关，地址可以通过主站在扫描配置阶段设置也可以从站启动初始化时从自身的配置数据配置。在断掉后消失。

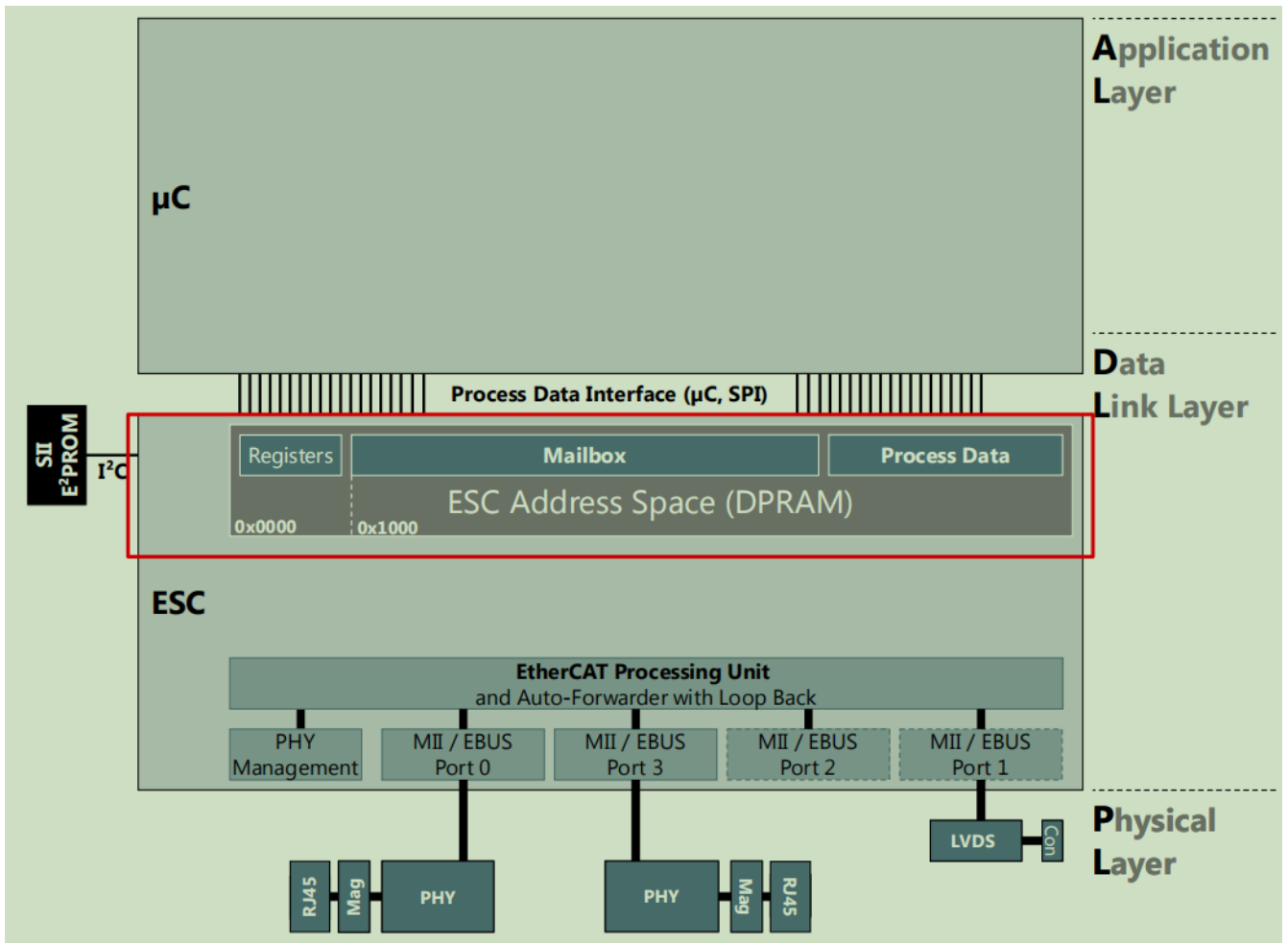
- 逻辑寻址

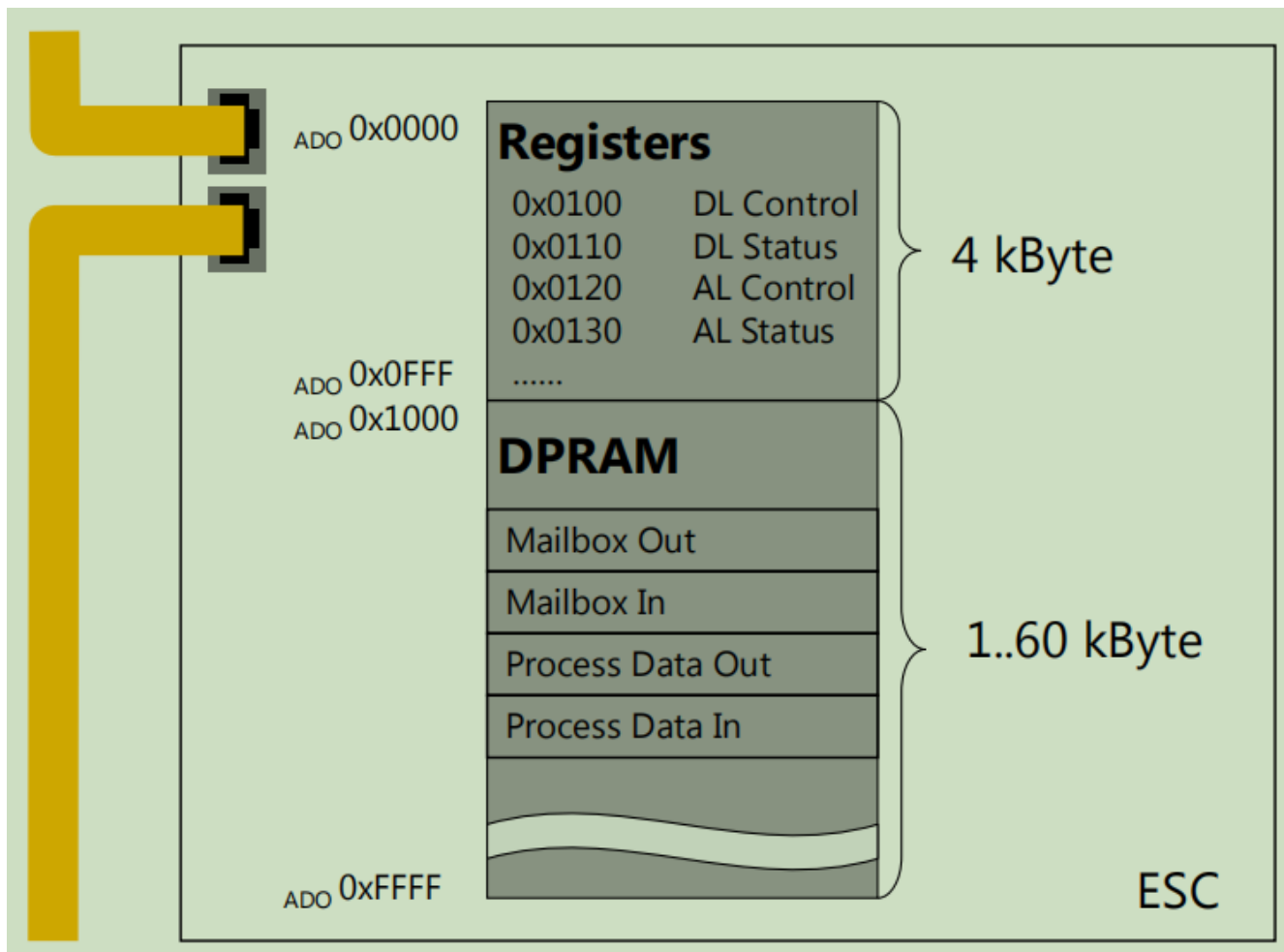


逻辑寻址用在过程数据通信上。逻辑寻址需要FMMU，每个从站控制器中都有一个FMMU，由主站配置。

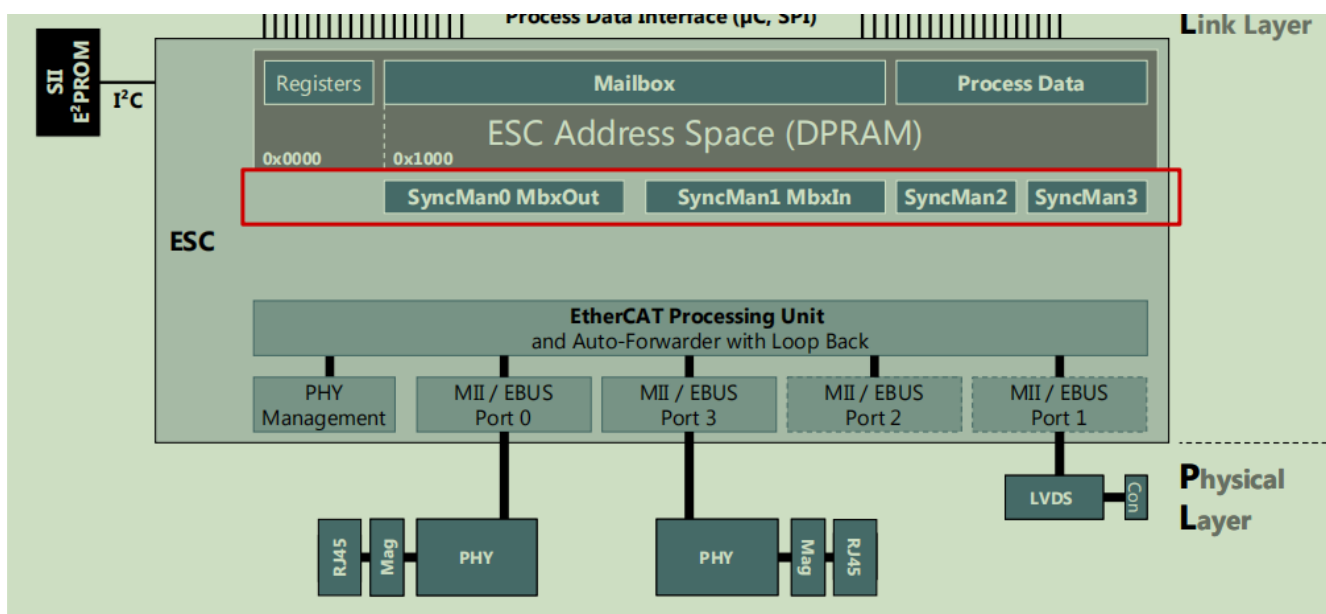
2.3、ESC链路层

2.3.1、ESC本地地址空间布局



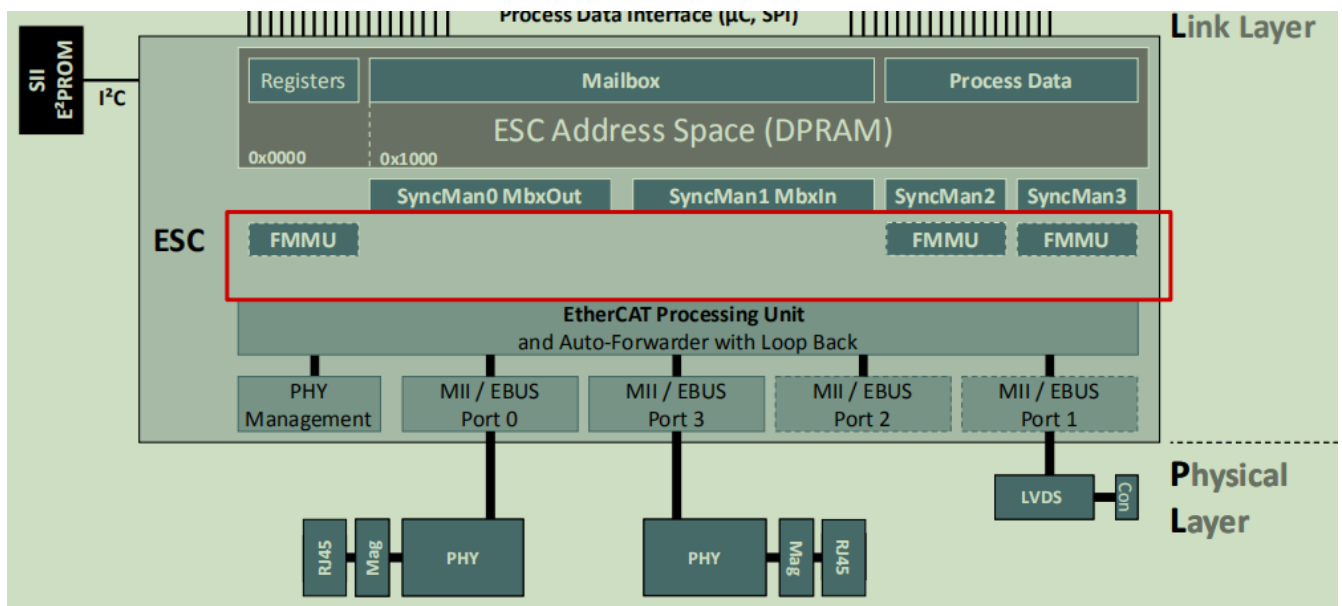


2.3.2、ESC同步管理器SM



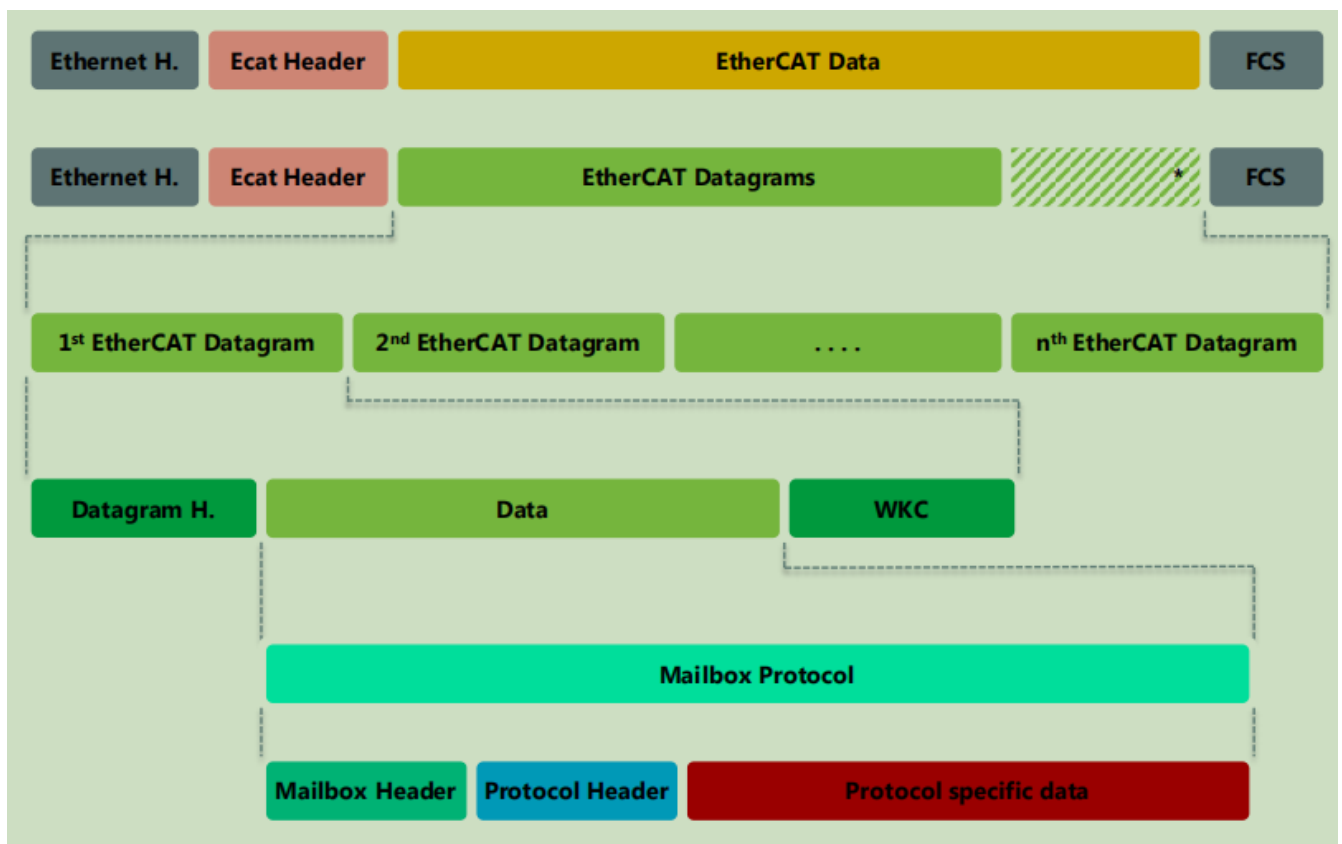
同步管理器负责保证主站和从站本地数据交换的一致性和安全性。

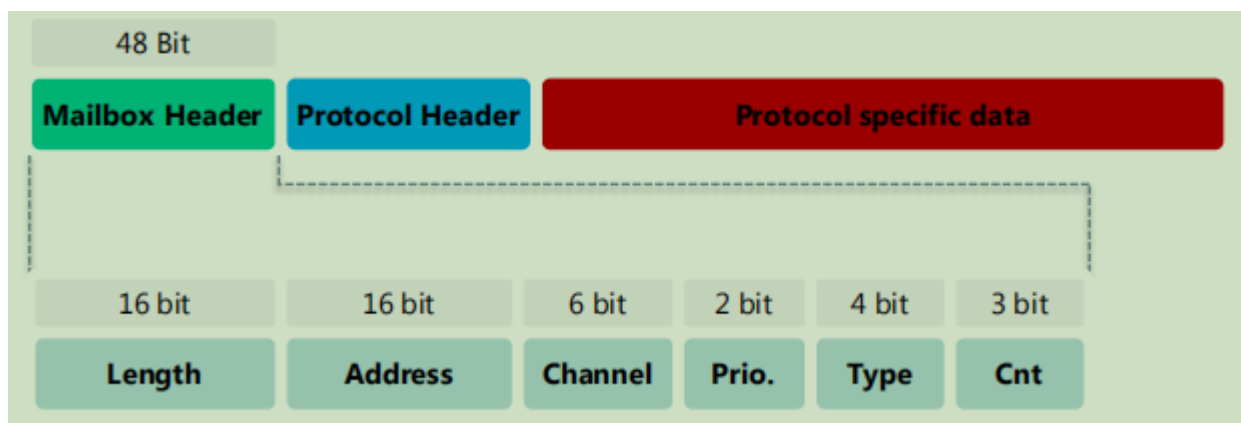
2.3.3、ESC现场总线内存管理单元FMMU



2.4、邮箱

邮箱通信属于非周期性数据通信，有EoE、CoE、FoE、SoE。格式如下所示：





其中邮箱头Mailbox Header中的Type指明了邮箱类型是EoE、CoE、FoE、SoE中的哪一种。

三、过程数据及相关技术