



# 中华人民共和国国家标准化指导性技术文件

GB/Z 26157.3—2010

---

## 测量和控制数字数据通信 工业控制系统用现场总线 类型 2: ControlNet 和 EtherNet/IP 规范 第 3 部分: 数据链路层

Digital data communication for measurement and control—  
Fieldbus for use in industrial control systems—  
Type 2: ControlNet and EtherNet/IP specification—  
Part 3: Data link layer

(IEC 61158:2003 TYPE 2, MOD)

2011-01-14 发布

2011-06-01 实施

---

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局  
中国国家标准化管理委员会 发布

中 华 人 民 共 和 国  
国家标准化指导性技术文件  
测量和控制数字数据通信  
工业控制系统用现场总线  
类型 2:ControlNet 和 EtherNet/IP 规范

第 3 部分:数据链路层

GB/Z 26157.3—2010

\*

中国标准出版社出版发行  
北京复兴门外三里河北街 16 号

邮政编码:100045

网址:www.gb168.cn

服务热线:010-68522006

2011 年 6 月第一版

\*

书号:155066·1-42655

版权专有 侵权必究

## 目 次

前 言 .....	III
引 言 .....	IV
1 范围 .....	1
2 MAC 帧 .....	1
2.1 格式 .....	1
2.2 前同步码 .....	2
2.3 分隔符 .....	2
2.4 字节和排序 .....	2
2.5 源 MAC ID .....	2
2.6 所有 Lpackets 总的大小 .....	2
2.7 循环冗余校验 .....	2
2.8 异常中止 MAC 帧 .....	2
3 Lpacket .....	3
3.1 格式 .....	3
3.2 大小 .....	3
3.3 控制 .....	3
3.4 标签 .....	4
3.5 链路数据 .....	5
4 协调器 Lpacket .....	5
4.1 格式 .....	5
5 建模语言(资料性的) .....	6
6 外部接口 .....	7
6.1 发送服务 .....	7
6.2 队列维护服务 .....	8
6.3 标签过滤管理 .....	8
6.4 接收服务 .....	8
6.5 网络同步服务 .....	9
6.6 同步参数变化 .....	9
6.7 事件报告 .....	10
6.8 无效 CRC 指示 .....	11
6.9 当前协调器指示 .....	11
6.10 上电 .....	11
6.11 启用协调器 .....	12
6.12 只听 .....	12
7 访问控制机(ACM) .....	12
8 TxLLC .....	43
9 RxLLC .....	49
10 发送机(TxM) .....	53

11 接收机(RxM) .....	59
12 并行串行转换器 .....	68
13 串行并行转换器 .....	71
13.1 字节构造 .....	71
13.2 CRC 校验 .....	71
13.3 帧处理结束 .....	71
14 DLL 管理 .....	71
图 1 NUT 结构 .....	IV
图 2 在调度时段的介质访问 .....	V
图 3 非调度期间的介质访问 .....	V
图 4 数据链路层内部结构 .....	VII
图 5 与 ISO/OSI 模型的关系 .....	1
图 6 MAC 帧格式 .....	2
图 7 在传输期间异常中止一个 MAC 帧 .....	3
图 8 Lpacket 格式 .....	3
图 9 固定标签 Lpacket 格式 .....	4
图 10 通用标签 Lpacket 格式 .....	5
表 1 数据链路层组件 .....	VI
表 2 固定标签服务定义 .....	4
表 3 DLL 事件 .....	10

## 前 言

IEC 61158:2003《测量和控制数字数据通信 工业控制系统用现场总线》包括了 10 种现场总线类型：

- 类型 1:IEC 技术报告；
- 类型 2:ControlNet 和 Ethernet/IP；
- 类型 3:PROFIBUS；
- 类型 4:P-Net；
- 类型 5:FF HSE；
- 类型 6:SwiftNet；
- 类型 7:WorldFIP；
- 类型 8:Interbus；
- 类型 9:FF AL；
- 类型 10:PROFINET。

本标准化指导性技术文件修改采用 IEC 61158:2003《测量和控制数字数据通信 工业控制系统用现场总线 类型 2:ControlNet 和 EtherNet/IP 规范 第 3 部分:数据链路层》。

由于 IEC 61158 系列标准将 10 种现场总线技术混合在一起进行编写,不便于国内的工程技术及相关人员对各种总线技术的阅读和理解,因此全国工业过程测量和控制标准化技术委员会在采用国际标准时,只采用了其中在国内有广泛应用的类型 2:ControlNet 和 EtherNet/IP 规范的相关技术内容,并根据技术开发人员的习惯将其分为 10 个部分进行编写。在技术内容上与国际标准没有差异,为方便我国用户使用,在文本结构编排上进行了适当调整,并按 GB/T 1.1 的要求进行编写。

GB/Z 26157《测量和控制数字数据通信 工业控制系统用现场总线 类型 2:ControlNet 和 EtherNet/IP 规范》分为如下 10 个部分：

- GB/Z 26157.1 一般描述；
- GB/Z 26157.2 物理层和介质；
- GB/Z 26157.3 数据链路层；
- GB/Z 26157.4 网络层及传输层；
- GB/Z 26157.5 数据管理；
- GB/Z 26157.6 对象模型；
- GB/Z 26157.7 设备行规；
- GB/Z 26157.8 电子数据表；
- GB/Z 26157.9 站管理；
- GB/Z 26157.10 对象库。

本指导性技术文件为第 3 部分。

本指导性技术文件由中国机械工业联合会提出。

本指导性技术文件由全国工业过程测量和控制标准化技术委员会(SAC/TC 124)归口。

本指导性技术文件起草单位:机械工业仪器仪表综合技术经济研究所、清华大学、西南大学、北京钢铁设计研究总院、中国仪器仪表协会、中国机电一体化技术应用协会、上海自动化仪表股份有限公司、上海工业自动化仪表研究所、上海电器科学研究所(集团)有限公司、罗克韦尔自动化研究(上海)有限公司。

本指导性技术文件主要起草人:郑旭、梅恪、陈开泰、王锦标、彭瑜、刘枫、包伟华、夏德海、董景辰、阮于东、李百煌、王春喜、王玉敏。

## 引 言

数据链路层(DDL)的主要任务是与同一链路上的其他数据链路层协作,来决定允许在介质上进行发送的授权。在其与上层的接口,DDL 为网络层、传输层和站管理提供服务数据单元(SDU)接收和交付的服务。

DDL 协议基于一个称为网络更新时间(NUT)的固定的、重复的时间周期。NUT 在链路上所有的节点中保持严格的同步。如果一个节点的 NUT 与当前链路上使用的 NUT 不一致,则该节点不允许在介质上发送。不同的链路可能有不同的 NUT。

每一节点都含有与本地链路的 NUT 同步的定时器。介质的访问由本地 NUT 细分而成的访问槽来决定。对媒体的访问是基于节点的 MAC ID 的排序顺序进行的。为了允许一个临时的 MAC ID 为零的节点执行链路维护,在访问协议中加入了特定的行为。一个链路上所有节点的 MAC ID 号都是唯一的。DLL 一旦检测到重复的 MAC ID,则立即停止发送。

一种隐性的令牌传递机制用来授权访问介质。每一节点监测接收的每一 MAC 帧的源 MAC ID。在 MAC 帧的结束,每一 DLL 将一个“隐性令牌寄存器”设置为等于所接收的源 MAC ID 的 MAC ID+1。如果隐性令牌寄存器等于本地 MAC ID,则该节点就可以发送一个 MAC 帧。在其他情况下,该节点或者等待来自“隐性令牌寄存器”所指定的节点的一个新 MAC 帧,或者等待一个超时值,如果指定节点发送失败的话。无论哪种情况,“隐性令牌”都自动地增量到下一个 MAC ID。所有节点的“隐性令牌寄存器”都含有相同的值,以避免介质上的冲突。

超时周期(称为“时隙时间”)基于以下所需时间的总和:

当前节点侦听到前一节点的发送的结束;

当前节点开始发送;

下一节点侦听到当前节点发送的开始;

时隙时间被调整以补偿介质的总长度,因为介质的传播延迟会影响以上所列的第一项和最后一项。

注:时隙时间的计算在 GB/Z 26157.9—2010 站管理中规定。

每个 NUT 分为三个主要部分:调度的,非调度的和维护段,如图 1 所示。这一序列在每一 NUT 中重复。隐性令牌传递机制用于在调度的和非调度的时间间隔内授权访问介质。

数据链路层协议

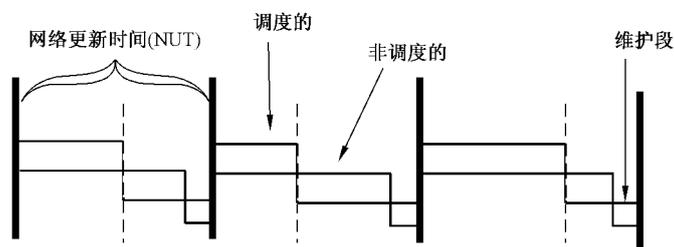


图 1 NUT 结构

在 NUT 调度的部分,从节点 0 开始到节点 SMAX 结束的每一节点,都有一个机会发送对时间有严格要求(调度)的数据。SMAX 是在 NUT 调度的部分能访问介质的最高编号节点的 MAC ID。在每一 NUT 中,0 到 SMAX 之间的节点只有一次机会发送调度的数据,且每个节点在调度的时段内对介质的访问机会是均等的。这允许在 NUT 调度的部分发送的数据以可预知和确定的方式进行传送。图 2 显示了在调度时段内如何授权允许发送。网络层和传输层调节在这调度的令牌传递期间每一节点可以

发送的数据量。

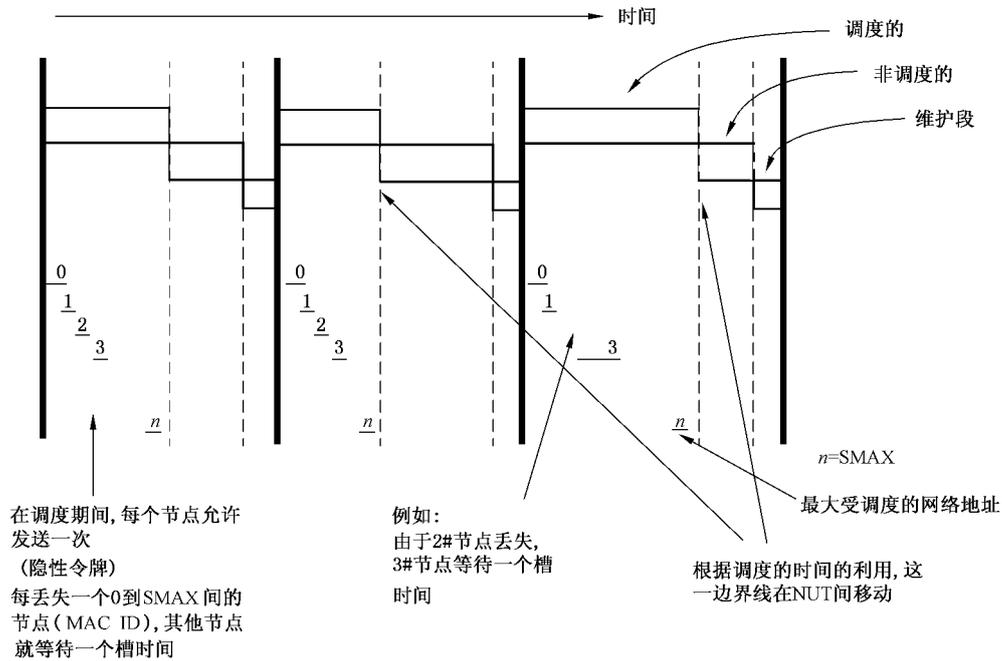


图 2 在调度时段的介质访问

在 NUT 非调度的部分, 从 0 到 UMAX 的每一节点都享有以循环的方式发送对时间无严格要求的数据的机会, 直到所分配的 NUT 时间用尽。UMAX 是在 NUT 的非调度部分能访问介质的最高编号节点的 MAC ID。从 0 到 UMAX 的每一节点可能有零个、一个或多个传送非调度数据的机会, 这取决于调度的时段完成后此 NUT 还剩多少。每一 NUT 中, 在非调度时段内访问介质的机会对每一节点可能会不同。图 3 显示了在非调度时段内如何授权允许发送。对每一 NUT 来说, 在 NUT 的非调度部分的起始节点的 MAC ID 每次加 1。非调度的令牌从前一协调帧的非调度起始寄存器 (USR) 所规定的 MAC ID 开始。USR 以 UMAX + 1 为模每一 NUT 加 1 个模。如果 USR 在维护段之前达到了 UMAX, 则它返回到 0, 令牌传递继续。

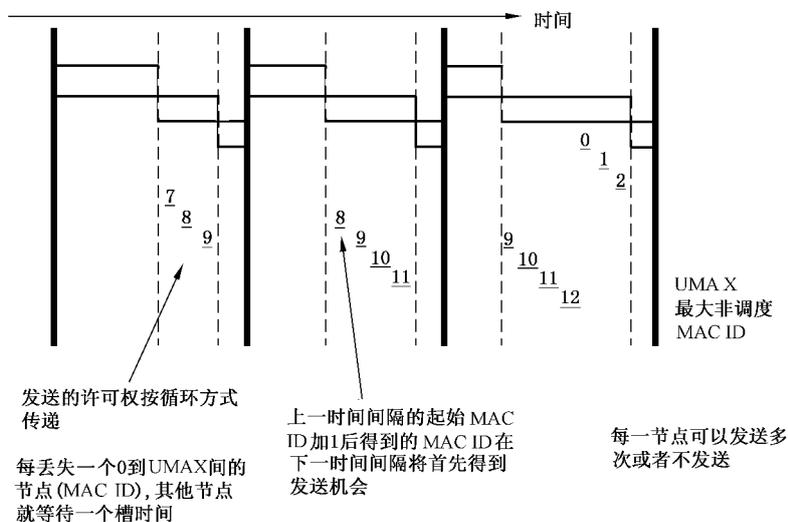


图 3 非调度期间的介质访问

当到达维护段时,所有节点停止发送。如果一次发送不能在维护段开始前完成,则该节点不被允许开始这一发送。在维护段期间,具有最低 MAC ID 的节点(称为“协调器”)发送一个维护信息(称为“协调帧”),它完成以下两件事情:

- 保持所有节点的 NUT 定时器同步;
- 发布关键的链路参数,使得本地 DLL 组的所有成员能够共享重要 DLL 值的共同版本,如 NUT、时隙时间、SMAX、UMAX 等。

协调器发送协调帧,重新同步所有节点并重新启动 NUT。接收一个有效的协调帧后,每一节点将其内部值与协调帧所发送的值相比较。使用与协调器不一致的链路参数的节点自己不能工作。如果在两个连续的 NUT 内没有收到协调帧,则最低 MAC ID 的节点担当起协调器的角色,在第 3 个 NUT 的维护段开始发送协调帧。协调器节点一旦发现另外的节点在线并发送其 MAC ID 比自己的还低的帧时,则立即取消自身的协调器角色。

可能引起 DLL 访问协议中断的典型情况包括:

- 链路上引入的噪声;
- 质量低劣的电缆或终端器;
- 网络正在运行时物理地将两个链路连接在一起。

这一中断的通常结果是可能会造成节点间在哪个节点该发送问题上的不一致,这称为网络的“非合作”。当节点不符合相同的链路配置参数时会出现另一个潜在的问题。一个与协调器发送的链路参数不一致的节点称为“游离节点”,并立即停止发送。DLL 访问协议将企图修复一个游离节点,并使其回到在线。

在数据链路层中,访问控制机(ACM)主要负责检测和修复网络中断。ACM 的主要任务是:

- 确保本地节点检测及充分地利用协议中分配给它的槽;
- 确保本地节点不会干扰其他节点的发送,特别是协调器节点;
- 无论协调帧是否收到,按时启动下一 NUT;
- 如果本地节点是协调器,则严格地按时发送每一协调帧。

数据链路层由表 1 的组件构成:

表 1 数据链路层组件

组件	描述
访问控制机(ACM)	接收和发送控制帧及头部信息,决定发送的时间表和持续时间
发送 LLC(TxLLC)	缓冲来自站管理、网络层和传输层的 SDU,决定下一个要发送的 SDU
接收 LLC(RxLLC)	执行检验所接收到的链路信息包的任务,直到它们被一个好的 CRC 确认有效
发送机(TxM)	接收发送 MAC 帧头部、尾部和来自 ACM 的 Lpacket 的请求,将其分解为要传送到并行串行转换器的字节符号请求
接收机(RxM)	把从串行并行转换器接收的字节符号装配成接收的 Lpacket,并把他们提交给 RxLLC
并行串行转换器	接收字节符号,对其编码和串行化,把它们作为 MAC 符号传送给物理层。同时也负责生成 CRC
串行并行转换器	接收来自物理层的 MAC 符号,转换 MAC 符号为字节并发送他们到接收机。同时也负责校验 CRC
DLL 管理接口	保持属于 DLL 的站管理变量,帮助管理链路参数的同步改变

这些组件的内部安排以及他们的接口见图 4。箭头指明了控制和数据流的主要方向。

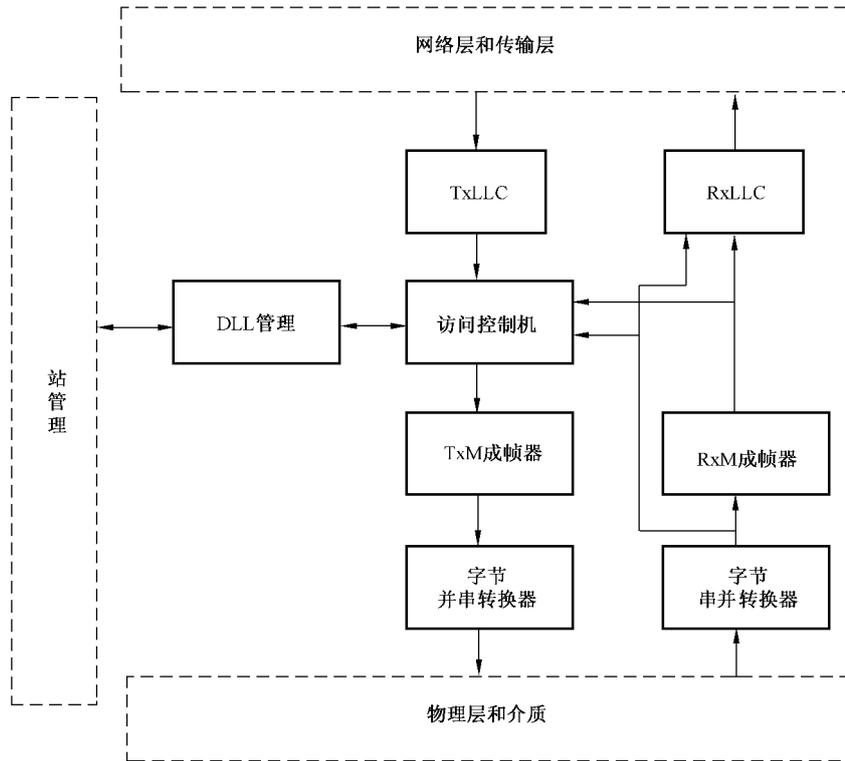


图 4 数据链路层内部结构

# 测量和控制数字数据通信

## 工业控制系统用现场总线

### 类型 2:ControlNet 和 EtherNet/IP 规范

#### 第 3 部分:数据链路层

## 1 范围

本指导性技术文件规定了在具有确定性的控制网络上节点的数据链路层需求。

本指导性技术文件适用于确定性控制网络的数据链路层对应于与 GB/T 9387 一致的 OSI 七层模型中的第二层定义。图 5 给出了在 OSI 模型中数据链路层的位置。

注:数据链路层中的大多数术语和模型都采用自 ISO/IEC 8802-4:1990 或 GB/T 15629.3—1995 中的术语。所用的数据类型在 GB/Z 26157.5—2010:数据管理中的描述。

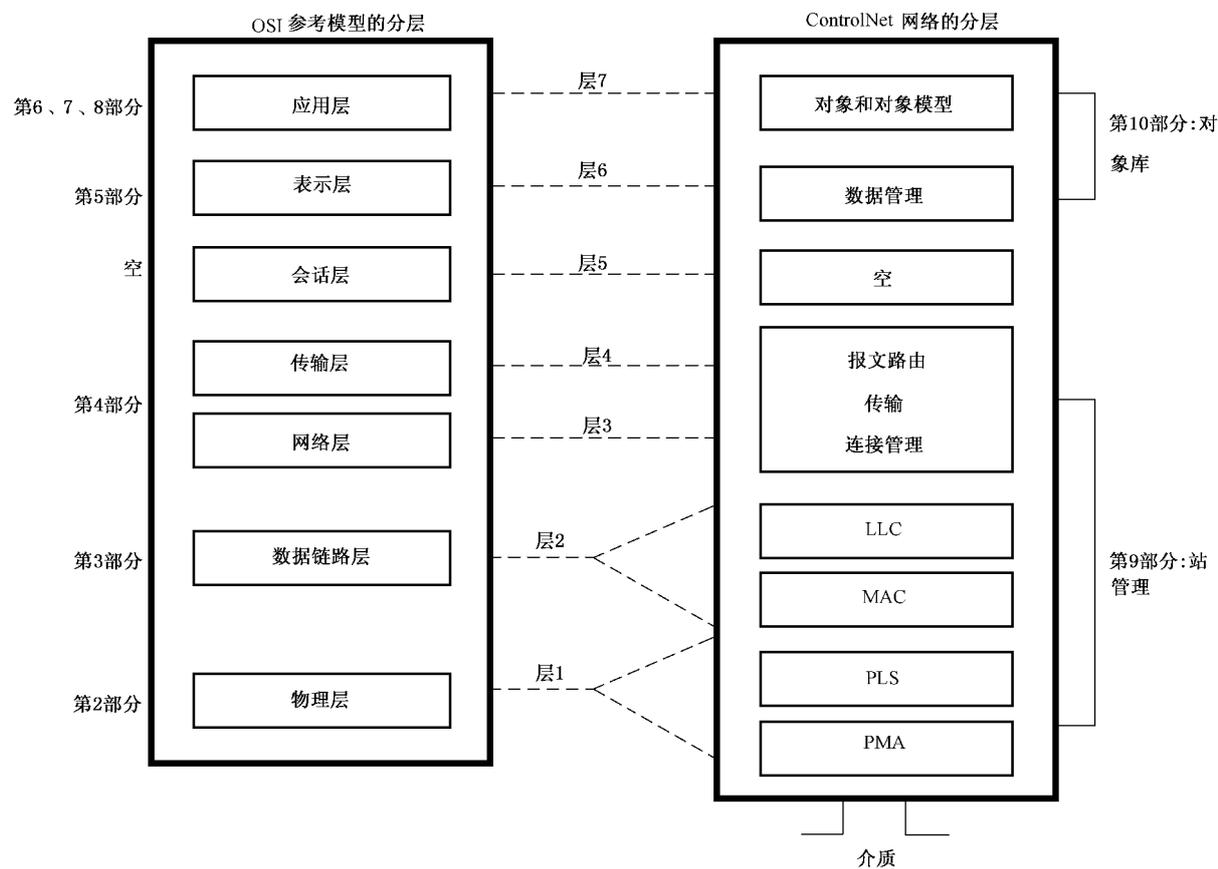


图 5 与 ISO/OSI 模型的关系

## 2 MAC 帧

### 2.1 格式

图 6 所示的 MAC 帧是对等进程的数据链路层协调发送许可的协议数据单元(PDU)。MAC 帧的各部分按以下顺序发送:前同步码、起始分隔符、源 MAC ID、零或多个 Lpackets, CRC 和结束分隔符。