

ICS 25.040  
N 10



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 31230.4—2014

---

## 工业以太网现场总线 EtherCAT 第 4 部分：数据链路层协议规范

Industrial ethernet fieldbus EtherCAT—  
Part 4: Data Link Layer protocol specification

2014-09-30 发布

2015-04-01 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

## 目 次

前言 .....	VII
1 范围 .....	1
1.1 本部分与 IEC 标准的关系 .....	1
1.2 概述 .....	1
1.3 规范 .....	1
1.4 规程 .....	1
1.5 适用性 .....	1
1.6 一致性 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语、定义、符号和缩略语 .....	2
3.1 参考模型术语和定义 .....	2
3.2 服务约定术语和定义 .....	3
3.3 通用术语和定义 .....	4
3.4 附加的 EtherCAT 定义 .....	5
3.5 通用符号和缩略语 .....	7
3.6 其他 EtherCAT 符号和缩略语 .....	8
3.7 约定 .....	9
4 DL 协议概述 .....	13
4.1 工作原理 .....	13
4.2 拓扑 .....	14
4.3 帧处理原则 .....	14
4.4 数据链路层概述 .....	15
4.5 错误检测概述 .....	15
4.6 节点参考模型 .....	15
4.7 操作概述 .....	16
5 帧结构 .....	17
5.1 帧编码原则 .....	17
5.2 数据类型和编码规则 .....	17
5.3 DLPDU 结构 .....	19
5.4 EtherCAT DLPDU 结构 .....	22
5.5 网络变量结构 .....	36
5.6 EtherCAT 邮箱结构 .....	36
6 属性 .....	38
6.1 管理 .....	38
6.2 统计 .....	50
6.3 看门狗 .....	54

6.4	从站信息接口	57
6.5	媒体独立接口(MII)	60
6.6	现场总线内存管理单元(FMMU)	63
6.7	同步管理器	66
6.8	分布式时钟	71
7	DL 用户内存区	75
7.1	概述	75
7.2	邮箱访问类型	75
7.3	缓存访问类型	77
8	EtherCAT;FDL 协议状态机	78
8.1	从站 DL 状态机概述	78
8.2	状态机描述	79
附录 A (资料性附录)	EtherCAT;DL 协议状态机的附加规范	85
A.1	DHSM	85
A.1.1	原语定义	85
A.1.2	状态机描述	86
A.1.3	DHSM 表	87
A.1.4	函数	113
A.2	SYSM	114
A.2.1	原语定义	114
A.2.2	状态机描述	116
A.2.3	SYSM 表	116
A.2.4	函数	133
A.3	RMSM	133
A.3.1	原语定义	133
A.3.2	状态机描述	134
A.3.3	RMSM 表	134
A.3.4	函数	137
参考文献		138
图 1	类型描述实例	10
图 2	特定字段的公共结构	11
图 3	帧结构	14
图 4	单个帧的数据映射	15
图 5	从站节点参考模型	16
图 6	EtherCAT PDU 嵌入以太网帧	17
图 7	EtherCAT PDU 嵌入 UDP/IP	17
图 8	DL 信息类型描述	39
图 9	地址类型描述	41
图 10	DL 控制类型描述	42
图 11	DL 状态类型描述	44
图 12	成功写 DL 用户控制寄存器的序列	46

图 13	成功读 DL 用户状态寄存器的序列 .....	46
图 14	RX 错误计数器类型描述 .....	51
图 15	丢失链接计数器类型描述 .....	52
图 16	附加计数器类型描述 .....	53
图 17	看门狗分频器类型描述 .....	54
图 18	DLS 用户看门狗类型描述 .....	55
图 19	同步管理器看门狗类型描述 .....	55
图 20	同步管理器看门狗状态类型描述 .....	56
图 21	看门狗计数器类型描述 .....	56
图 22	从站信息接口访问类型描述 .....	57
图 23	从站信息接口控制/状态类型描述 .....	58
图 24	从站信息接口地址类型描述 .....	60
图 25	从站信息接口数据类型描述 .....	60
图 26	MII 控制/状态类型描述 .....	61
图 27	MII 地址类型描述 .....	62
图 28	MII 数据类型描述 .....	63
图 29	FMMU 映射示例 .....	63
图 30	FMMU 实体类型描述 .....	64
图 31	同步管理器邮箱交互 .....	66
图 32	同步管理器缓存区分配 .....	67
图 33	同步管理器缓存区相互 .....	67
图 34	读邮箱的写/读切换处理 .....	68
图 35	同步管理通道类型描述 .....	69
图 36	分布式时钟本地时间参数类型描述 .....	73
图 37	对邮箱的成功写序列 .....	75
图 38	对邮箱的失败写序列 .....	76
图 39	对邮箱的成功读序列 .....	76
图 40	对邮箱的失败读序列 .....	77
图 41	成功的写缓存序列 .....	77
图 42	成功的读缓存序列 .....	78
图 43	从站协议机的结构 .....	79
图 44	SII 读操作 .....	80
图 45	SII 写操作 .....	81
图 46	SII 重新加载操作 .....	82
图 47	分布式时钟 .....	83
图 48	延时测量序列 .....	84
表 1	PDU 元素表述实例 .....	10
表 2	属性描述实例 .....	11
表 3	状态机描述元素 .....	12
表 4	状态机元素的描述 .....	12
表 5	状态机中使用的约定 .....	13
表 6	位序列传输语法 .....	17

表 7	Unsignedn 数据类型的传输语法	18
表 8	Integern 数据类型的传输语法	19
表 9	EtherCAT 帧嵌入以太网帧	19
表 10	EtherCAT 帧嵌入 UDP PDU	20
表 11	包含 EtherCAT PDU 的 EtherCAT 帧结构	21
表 12	包含网络变量的 EtherCAT 帧结构	21
表 13	包含邮箱的 EtherCAT 帧结构	21
表 14	自增式物理读 (APRD)	22
表 15	配置的地址物理读 (FPRD)	23
表 16	广播读 (BRD)	24
表 17	逻辑读 (LRD)	25
表 18	自增式物理写 (APWR)	26
表 19	配置的地址物理写 (FPWR)	27
表 20	广播写 (BWR)	28
表 21	逻辑写 (LWR)	29
表 22	自增式物理读写 (APRW)	30
表 23	配置的地址物理读写 (FPRW)	31
表 24	广播读写 (BRW)	32
表 25	逻辑读写 (LRW)	33
表 26	自增式物理读多次写 (ARMW)	34
表 27	配置的地址物理读多次写 (FRMW)	35
表 28	网络变量	36
表 29	邮箱	36
表 30	错误回复服务数据	37
表 31	DL 信息	40
表 32	被配置的站地址	42
表 33	DL 控制	43
表 34	DL 状态	45
表 35	DLS 用户特殊寄存器	47
表 36	DLS 用户事件	48
表 37	DLS 用户事件掩码	49
表 38	外部事件	50
表 39	外部事件掩码	50
表 40	RX 错误计数器	51
表 41	丢失链接计数器	52
表 42	附加计数器	53
表 43	看门狗分频器	54
表 44	DLS 用户看门狗	55
表 45	同步管理器通道看门狗	55
表 46	同步管理器看门狗状态	56
表 47	看门狗计数器	56
表 48	从站信息接口访问	57
表 49	从站信息接口控制/状态	58

表 50	实际从站信息接口地址 .....	60
表 51	实际从站信息接口数据 .....	60
表 52	MII 控制/状态 .....	61
表 53	实际 MII 地址 .....	62
表 54	MII 实际数据 .....	63
表 55	现场总线内存管理单元(FMMU)实体 .....	65
表 56	现场总线内存管理单元(FMMU) .....	65
表 57	同步管理器通道 .....	70
表 58	同步管理器结构 .....	71
表 59	分布式时钟本地参数 .....	73
表 60	分布式时钟 DLS 用户参数 .....	74
表 A.1	由 DHSM 到 PSM 的原语 .....	85
表 A.2	由 PSM 到 DHSM 的原语 .....	85
表 A.3	DHSM 和 PSM 之间原语交换的所有参数 .....	85
表 A.4	以太网帧八位位组的标识符 .....	86
表 A.5	DHSM 状态表 .....	87
表 A.6	DHSM 函数表 .....	113
表 A.7	由 SYSM 到 DHSM 的原语 .....	114
表 A.8	由 DHSM 到 SYSM 的原语 .....	115
表 A.9	由 DL 用户到 SYSM 的原语 .....	115
表 A.10	由 SYSM 到 DL 用户的原语 .....	115
表 A.11	用于 SYSM 和 DHSM 之间交换的原语所使用的参数 .....	116
表 A.12	SYSM 状态表 .....	117
表 A.13	SYSM 函数表 .....	133
表 A.14	由 RMSM 到 SYSM 的原语 .....	133
表 A.15	由 SYSM 到 RMSM 的原语 .....	134
表 A.16	RMSM 和 SYSM 之间原语所使用的所有参数 .....	134
表 A.17	RMSM 状态表 .....	135
表 A.18	RMSM 函数表 .....	137

## 前 言

GB/T 31230《工业以太网现场总线 EtherCAT》分为以下 6 个部分：

- 第 1 部分：概述
- 第 2 部分：物理层服务和协议规范
- 第 3 部分：数据链路层服务定义
- 第 4 部分：数据链路层协议规范
- 第 5 部分：应用层服务定义
- 第 6 部分：应用层协议规范

本部分为 GB/T 31230 的第 4 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分由中国机械工业联合会提出。

本部分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。

本部分起草单位：机械工业仪器仪表综合技术经济研究所、北京仪综测业科技发展有限公司、西南大学、上海自动化仪表股份有限公司、中科院(沈阳)自动化研究所、清华大学、北京航空航天大学、北京交通大学、北京和利时系统工程有限公司、中科院计算所顺德分所、欧姆龙工业自动化公司、倍福北京分公司、ETG 中国。

本部分主要起草人：谢素芬、高镜媚、刘丹、刘枫、包伟华、杨志家、王雪、刘艳强、范瑜、罗安、陈冰冰、李天兵、关鹏、范斌、程庚。

# 工业以太网现场总线 EtherCAT

## 第 4 部分:数据链路层协议规范

### 1 范围

#### 1.1 本部分与 IEC 标准的关系

GB/T 31230 的本部分依赖于 IEC 61158 系列文件类型 12 中相对应的部分。

#### 1.2 概述

在自动化环境中,数据链路层提供设备之间的基本的时间关键通信。

本协议中所规范的通信将适用于所有参与活动的的数据链路实体。

- a) 同步启动的周期通信;
- b) 对应数据链路各实体每周期要求,周期或非周期异步通信。

从而可知,此协议具有以下特点:提供周期或非周期的异步访问,但每个周期有一个同步的重启。

#### 1.3 规范

本部分规定:

- a) 从一个数据链路层上的用户实体到一个或多个实体传输数据或控制信息的过程;
- b) 用于本标准协议传输数据和控制信息的 DLPDU 的结构以及作为物理接口数据单元表示。

#### 1.4 规程

通过以下的方式来定义各规程:

- a) 由交换 DLPDU 而产生的 DL-实体(DLE)间的交互;
- b) 在同一系统中由 DLS 原语的交换而产生的一个 DL-服务(DLS)提供者和一个 DLS 用户之间的交互;
- c) DLS-提供者和 ISO/IEC 8802-3 的 MAC 服务之间的交互。

#### 1.5 适用性

这些规程适用于如下两个系统间的通信实例:在 OSI 模型数据链路层的支持时间关键通信服务的系统和在开放系统互连环境中需要互连能力的系统间通信实例。

行规提供了一个总结设备能力的简单的、多属性的方法,以此方式可应用于不同的时间关键的通信需求。

#### 1.6 一致性

本部分为系统实现这些规程也规定了一致性的要求。本部分不包含证明符合这些要求的测试。

### 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文