



中华人民共和国国家标准

GB/T 48022.6—2026/ISO 21111-6:2021

道路车辆 车载以太网 第 6 部分: 100 Mbit/s 电气物理层实体 技术要求和一致性测试规程

Road vehicles—In-vehicle Ethernet—
Part 6: Electrical 100-Mbit/s physical entity technical requirements and
conformance test plan

(ISO 21111-6:2021, Road vehicles—In-vehicle Ethernet—
Part 6: Electrical 100-Mbit/s physical entity requirements and
conformance test plan, IDT)

2026-09-28 发布

2027-04-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言	V
引言	VI
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 符号和缩略语	2
4.1 符号	2
4.2 缩略语	2
5 约定	4
6 唤醒和休眠功能	4
6.1 物理编码子层的扩展	4
6.2 服务原语和接口	6
6.3 上电时序状态	7
6.4 命令定义	8
6.4.1 概述	8
6.4.2 低功耗休眠(LPS)	8
6.4.3 唤醒请求(WUR)	8
6.4.4 唤醒脉冲(WUP)	8
6.5 加扰位 $Sd_n[2:0]$ 的生成	8
6.6 PCS PHY 控制状态图	9
7 CTP 测试系统和 CTC 结构	11
7.1 概述	11
7.2 测试系统设置—发送测试系统	11
7.3 测试系统设置—接收测试系统	12
7.4 CTC 结构	14
8 PHY-控制 IUT 一致性测试规程(支持 MII 访问)	14
8.1 PHY-第 1 组:PHY 控制和计时器(支持 MII 访问)	14
8.1.1 概述	14
8.1.2 CTC_4.1.1-PMA 复位(支持 MII 访问)	14
8.1.3 CTC_4.1.2-minwait_timer 的值-TRAINING 状态下的 minwait_timer(支持 MII 访问)	15
8.1.4 CTC_4.1.3-maxwait_timer 的值(支持 MII 访问)	19
8.1.5 CTC_4.1.4-stabilize_timer 的值(支持 MII 访问)	20
8.2 PHY-第 2 组:PHY 控制状态图(支持 MII 访问)	21

8.2.1	概述	21
8.2.2	CTC_4.2.1-PHY 控制状态图-DISABLE TRANSMITTER 状态(支持 MII 访问)	21
8.2.3	CTC_4.2.2-PHY 控制状态图-SLAVE SILENT 状态(支持 MII 访问)	22
8.2.4	CTC_4.2.3-PHY 控制状态图-TRAINING 状态(支持 MII 访问)	23
8.2.5	CTC_4.2.4-PHY 控制状态图-SEND IDLE 状态(支持 MII 访问)	26
8.2.6	CTC_4.2.5-PHY 控制状态图-SEND IDLE OR DATA 状态(支持 MII 访问)	28
8.3	PHY-第 3 组:PHY 链路监测状态图(支持 MII 访问)	32
8.3.1	概述	32
8.3.2	CTC_4.3.1-链路监测状态图-IUT 不进入 LINK OK 状态(支持 MII 访问)	32
9	PCS-IUT 一致性测试规程(支持 MII 访问)	35
9.1	PCS-第 1 组:PCS 发送(支持 MII 访问)	35
9.1.1	概述	35
9.1.2	CTC_3.1.1-PCS 信号(支持 MII 访问)	36
9.1.3	CTC_3.1.2-PCS 复位(支持 MII 访问)	37
9.1.4	CTC_3.1.3-PCS 发送正确的 SSD(支持 MII 访问)	38
9.1.5	CTC_3.1.4-PCS 发送正确的 ESD(支持 MII 访问)	39
9.1.6	CTC_3.1.5-PCS 发送带 tx_error 的 ESD(支持 MII 访问)	40
9.1.7	CTC_3.1.6-PCS 发送填充位(支持 MII 访问)	41
9.1.8	CTC_3.1.7-PCS tx_error(支持 MII 访问)	41
9.2	PCS-第 2 组:PCS 发送状态图(支持 MII 访问)	43
9.2.1	概述	43
9.2.2	CTC_3.2.1-PCS 发送状态图-SEND IDLE 状态(支持 MII 访问)	43
9.2.3	CTC_3.2.2-PCS 发送状态图-SSD1 VECTOR 和 SSD2 VECTOR 状态(支持 MII 访问)	44
9.2.4	CTC_3.2.3-PCS 发送状态图-SSD3 VECTOR 状态(支持 MII 访问)	45
9.2.5	CTC_3.2.4-PCS 发送状态图-TRANSMIT DATA 状态(支持 MII 访问)	46
9.2.6	CTC_3.2.5-PCS 发送状态图-ESD1 VECTOR 状态(支持 MII 访问)	47
9.2.7	CTC_3.2.6-PCS 发送状态图-ESD2 VECTOR 状态(支持 MII 访问)	48
9.2.8	CTC_3.2.7-PCS 发送状态图-ESD3 VECTOR 状态(支持 MII 访问)	49
9.2.9	CTC_3.2.8-PCS 发送状态图-ERR ESD1 VECTOR 状态(支持 MII 访问)	50
9.2.10	CTC_3.2.9-PCS 发送状态图-ERR ESD2 VECTOR 状态(支持 MII 访问)	51
9.2.11	CTC_3.2.10-PCS 发送状态图-ERR ESD3 VECTOR 状态(支持 MII 访问)	51
9.3	PCS-第 3 组:PCS 接收(支持 MII 访问)	52
9.3.1	概述	52
9.3.2	CTC_3.3.1-PCS 接收信号(支持 MII 访问)	52
9.3.3	CTC_3.3.2-PCS 自动极性检测(支持 MII 访问)	53
9.3.4	CTC_3.3.3-PCS 接收 SSD(支持 MII 访问)	54
9.3.5	CTC_3.3.4-PCS 接收 ESD(支持 MII 访问)	55
9.3.6	CTC_3.3.5-PCS 接收 ERR ESD3(支持 MII 访问)	55

9.3.7	CTC_3.3.6-PCS 接收填充位(支持 MII 访问)	56
9.3.8	CTC_3.3.7-PCS 解交织三元对(支持 MII 访问)	57
9.4	PCS 第 4 组:PCS 接收状态图(支持 MII 访问)	58
9.4.1	概述	58
9.4.2	CTC_3.4.1-PCS 接收状态图(支持 MII 访问)-IDLE 状态	58
9.4.3	CTC_3.4.2-PCS 接收状态图(支持 MII 访问)-CHECK SSD2 状态	58
9.4.4	CTC_3.4.3-PCS 接收状态图(支持 MII 访问)-CHECK SSD3 状态	59
9.4.5	CTC_3.4.4-PCS 接收状态图(支持 MII 访问)-SSD 状态	60
9.4.6	CTC_3.4.5-PCS 接收状态图(支持 MII 访问)-BAD SSD 状态	61
9.4.7	CTC_3.4.6-PCS 接收状态图(支持 MII 访问)-FIRST SSD 状态	62
9.4.8	CTC_3.4.7-PCS 接收状态图(支持 MII 访问)-SECOND SSD 状态	62
9.4.9	CTC_3.4.8-PCS 接收状态图(支持 MII 访问)-THIRD SSD 状态	63
9.4.10	CTC_3.4.9-PCS 接收状态图(支持 MII 访问)-DATA 状态	64
9.4.11	CTC_3.4.10-PCS 接收状态图(支持 MII 访问)-CHECK ESD2 状态	65
9.4.12	CTC_3.4.11-PCS 接收状态图(支持 MII 访问)-CHECK ESD3 状态	66
9.4.13	CTC_3.4.12-PCS 接收状态图(支持 MII 访问)-BAD ESD2 状态	67
9.4.14	CTC_3.4.13-PCS 接收状态图(支持 MII 访问)-BAD END 和 RX ERROR 状态	68
9.5	PCS 第 5 组:PCS JAB 状态图(支持 MII 访问)	68
9.5.1	概述	68
9.5.2	CTC_3.5.1-PCS JAB 状态图(支持 MII 访问)-rcv_max_timer	69
10	PMA-IUT 要求和一致性测试规程(支持 MII 访问)	70
10.1	PMA-第 1 组:PMA 电气测量(支持 MII 访问)	70
10.1.1	概述	70
10.1.2	CTC_5.1.1-PMA 最大发送器输出压降(支持 MII 访问)	70
10.1.3	CTC_5.1.2-PMA 发送器失真(支持 MII 访问)	70
10.1.4	CTC_5.1.3-PMA 发送器定时抖动(支持 MII 访问)	71
10.1.5	CTC_5.1.4-PMA 发送器功率谱密度(PSD)(支持 MII 访问)	73
10.1.6	CTC_5.1.5-PMA 发送时钟频率(支持 MII 访问)	74
10.1.7	CTC_5.1.6-PMA MDI 回波损耗(支持 MII 访问)	75
10.1.8	CTC_5.1.7-PMA MDI 模式转换损耗(支持 MII 访问)	76
10.1.9	CTC_5.1.8-PMA 发送器峰值差分输出(支持 MII 访问)	79
10.2	PMA-第 2 组:PMA 接收测试(支持 MII 访问)	80
10.2.1	概述	80
10.2.2	CTC_5.2.1-PMA 比特误码率验证(支持 MII 访问)	80
10.2.3	CTC_5.2.2-PMA 接收器频率容限(支持 MII 访问)	81
10.2.4	CTC_5.2.3-PMA 外来串扰噪声抑制(支持 MII 访问)	82
附录 A (资料性)	PHY 控制-测试套件	84
A.1	PHY 控制-附加信息	84
A.1.1	PHY 控制-概述	84

A.1.2	PHY 控制-范围	84
A.2	PHY 控制-测试系统设置	84
A.2.1	PHY 控制-目的	84
A.2.2	PHY 控制-讨论	84
A.3	PHY 控制-线路分支接头	86
A.3.1	PHY 控制-目的	86
A.3.2	PHY 控制-讨论	86
附录 B (规范性)	PCS-测试套件	87
B.1	PCS-支持 MII 访问的测试设备	87
B.1.1	PCS-支持 MII 访问的 CTC 概述	87
B.1.2	PCS-线路分支接头	87
B.1.3	PCS-测试系统设置	87
B.2	PCS-不支持 MII 访问的测试设备	89
B.2.1	PCS-不支持 MII 访问能够进行的 CTC 概述	89
B.2.2	PCS-第 1 组:不支持 MII 访问能够进行的 PCS 发送 CTC	89
B.2.3	PCS-第 2 组:不支持 MII 访问能够进行的 PCS 发送状态图 CTC	90
B.2.4	PCS-第 3 组:不支持 MII 访问能够进行的 PCS 接收 CTC	95
B.2.5	PCS-第 4 组:不支持 MII 访问能够进行的 PCS 接收状态图 CTC	96
B.2.6	PCS-第 5 组:不支持 MII 访问能够进行的 JAB 状态图 CTC	106
附录 C (规范性)	PMA-测试系统设置	107
C.1	PMA-附加信息	107
C.1.1	PMA-概述	107
C.1.2	PMA-目的	107
C.1.3	PMA-范围	107
C.1.4	PMA-测试套件设备	107
C.2	PMA-发送器测试夹具	107
C.2.1	PMA-介绍	107
C.2.2	PMA-线缆和适配器	108
C.2.3	PMA-测试夹具 1-压降和 MASTER 抖动	108
C.2.4	PMA-测试夹具 1-SLAVE 抖动	109
C.2.5	PMA-测试夹具 2	110
C.2.6	PMA-测试夹具 3	112
C.2.7	PMA-MDI 回波损耗和 MDI 模式转换损耗设置	113
C.2.8	PMA 接收器测试装置	114
C.2.9	PMA-外来串扰噪声抑制设置	115
C.3	PMA-接收器测试线缆	116
C.3.1	PMA-目的	116
C.3.2	PMA-讨论	116
参考文献		118

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件是 GB/T 48022《道路车辆 车载以太网》的第6部分。GB/T 48022 已经发布了以下部分：

- 第1部分：通用信息和定义；
- 第2部分：通用物理实体要求；
- 第3部分：1 Gbit/s 光纤物理实体要求和一致性测试规程；
- 第5部分：1 Gbit/s 光纤物理层系统要求和测试规程；
- 第6部分：100 Mbit/s 电气物理层实体技术要求和一致性测试规程。

本文件等同采用 ISO 21111-6:2021《道路车辆 车载以太网 第6部分：100 Mbit/s 电气物理层实体要求和一致性测试规程》。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中华人民共和国工业和信息化部提出。

本文件由全国汽车标准化技术委员会(SAC/TC 114)归口。

本文件起草单位：裕太微电子股份有限公司、中国汽车技术研究中心有限公司、中国第一汽车股份有限公司、东风汽车集团股份有限公司、惠州市德赛西威汽车电子股份有限公司、上海福尔欣线缆有限公司、中汽研科技有限公司、景略半导体(上海)有限公司、中汽研汽车检验中心(常州)有限公司、小米汽车科技有限公司、是德科技(中国)有限公司、长城汽车股份有限公司、国汽(北京)智能网联汽车研究院有限公司、河南天海电器有限公司、思博伦通信科技(北京)有限公司、罗德与施瓦茨(中国)科技有限公司、中汽研(天津)汽车工程研究院有限公司、大连七贤智远科技研究院有限公司、长飞光纤光缆股份有限公司、广电计量检测集团股份有限公司、深圳市航盛电子股份有限公司、上汽通用五菱汽车股份有限公司、重庆长安汽车股份有限公司、上汽大通汽车有限公司、武汉二进制半导体有限公司、立讯精密工业(江苏)有限公司、中认车联网技术服务(深圳)有限公司、上海华测品正检测技术有限公司、中国汽车工程研究院股份有限公司、奇瑞汽车股份有限公司。

本文件主要起草人：刘亚欢、潘俊家、谭宇璇、徐蒙、陈涛、邱逸炜、孙靖聪、王亚东、赵瑞、程龙、朱李斌、王树坤、赵传猛、刘牧之、杨莉华、徐殿、刘倚昕、刘永刚、毛鸿霖、汪鹏、周红燕、张王刚、翟静、黎伟、黄杰、闫东东、周万涛、唐为军、叶政、黄亮、徐维、王忠林。

引言

GB/T 48022(所有部分)包括了国际标准中定义的车载以太网要求和测试规程,并补充了测试方法和要求。由此产生的要求和测试规程按照开放系统互连(OSI)参考模型构建为不同的文件,并根据所使用的物理介质和比特率对文件进行分组。

通常,在 ISO/IEC/IEEE 8802-3 中规定以太网的要求。GB/T 48022(所有部分)提供车载以太网应用所需的补充规范(例如唤醒、I/O 功能)。基于不同的用途道路车辆使用以太网需要不同的位速率。目前,GB/T 48022(所有部分)规定了 1 Gbit/s 光纤和 100 Mbit/s 电气物理层。

GB/T 48022(所有部分)包含与车载以太网相关的要求和测试方法。这包括针对物理层实体(例如连接器、物理层实现)提供商、设备(例如电子控制单元、网关单元)供应商和系统(例如网络系统)设计人员的需求规范。此外,还规定了用于一致性测试和互操作性测试的测试方法。

GB/T 48022(所有部分)未涉及安全(电气安全、保护、防火等)和电磁兼容性(EMC)相关要求。

GB/T 48022(所有部分)中给出的文件结构符合 ISO/IEC 7498-1 和 ISO/IEC 10731 中规定的开放系统互连(OSI)参考模型。

GB/T 48022 拟由 11 个部分构成。

- 第 1 部分:通用信息和定义。文件定义了标准中使用的术语,并概述了车载以太网标准。旨在阐述 GB/T 48022 与 ISO/IEC/IEEE 8802-3 及其修正案的互补关系,并通过阐述文档结构、物理实体类型、车载以太网特定功能等,从整体上说明 GB/T 48022 的组成和各部分之间的关系。
- 第 2 部分:通用物理实体要求。文件定义了协调子层和物理实体之间的接口,包括简化千兆介质独立接口(RGMII),以及独立于物理介质和比特率的通用物理实体唤醒和同步链路休眠功能。旨在从整体上说明物理层实体的通用要求。
- 第 3 部分:1 Gbit/s 光纤物理实体要求和一致性测试规程。文件定义了符合 ISO/IEC/IEEE 8802-3,应用于道路车辆内部通信的 1 Gbit/s 塑料光纤传输物理层的补充要求,以及物理实体一致性的测试规程。旨在给出传输介质为塑料光纤的物理层实体要求和测试方法。
- 第 4 部分:1 Gbit/s 光纤以太网组件的通用要求和测试方法。文件定义了 1 Gbit/s 光纤车载以太网的光学组件要求和测试方法。旨在给出传输介质为塑料光纤的链路通道具体的技术要求和试验方法。
- 第 5 部分:1 Gbit/s 光纤物理层系统要求和测试规程。文件定义了 1 Gbit/s 光纤车载以太网对系统级物理层的要求,互操作性测试设置的要求,在系统级检查物理层的互操作性测试规程,对设备级物理层一致性测试设置要求,以及可以用于检查设备供应商相关的设备级 OSI 物理层要求的一致性测试规程。旨在给出系统级和设备级光纤车载以太网的技术要求和试验方法。
- 第 6 部分:100 Mbit/s 电气物理层实体技术要求和一致性测试规程。文件定义了符合 ISO/IEC/IEEE 8802-3 的车载以太网物理层(通常也称为收发器)的高级功能,例如用于车载以太网物理层诊断。文件定义了高级物理层功能、唤醒和休眠功能、物理层测试套件、物理层控制要求和一致性测试规程、物理子层测试套件、物理子层要求和一致性测试规程。旨在给出全面的收发器级别的技术要求、测试规程和测试用例。
- 第 7 部分:100 Mbit/s 电气物理层系统要求和测试规程。文件规定了符合 ISO/IEC/IEEE 8802-3 的 implements 方法,定义了汽车应用的接口实施和实现总线接口网络(BIN)的组件要求。文

- 件也定义了根据系统规范实施的测试和系统要求。此外,文件还定义了用于测试收发器的信道,且组成该信道的测试线束可模拟各种电气通信信道。旨在给出系统级电气双绞线车载以太网的技术要求和试验方法。
- 第 8 部分:100 Mbit/s 电气以太网传输介质、组件和测试。文件定义了 ISO/IEC/IEEE 8802-3 车载以太网的传输介质、通道性能和测试方法。旨在给出传输介质为电气双绞线的链路通道具体的技术要求和试验方法。
 - 第 9 部分:数据链路层要求和一致性测试规程。文件定义了数据链路层要求和一致性测试规程。旨在给出具有网桥接功能的设备和系统的要求和测试规程。
 - 第 10 部分:网络层到传输层的一致性测试规程。文件定义了网络层到传输层的一致性测试设置、测试接口和测试用例。旨在给出对照 OSI 第 3 到 4 层的设备级和系统级的通信协议测试规程。
 - 第 11 部分:应用层到会话层的一致性测试规程。文件定义了应用层到会话层的一致性测试设置、测试接口和测试用例。旨在给出对照 OSI 第 5 到 7 层的设备级和系统级的通信协议测试规程。

图 1 显示了 GB/T 48022 的所有部分和文件结构。

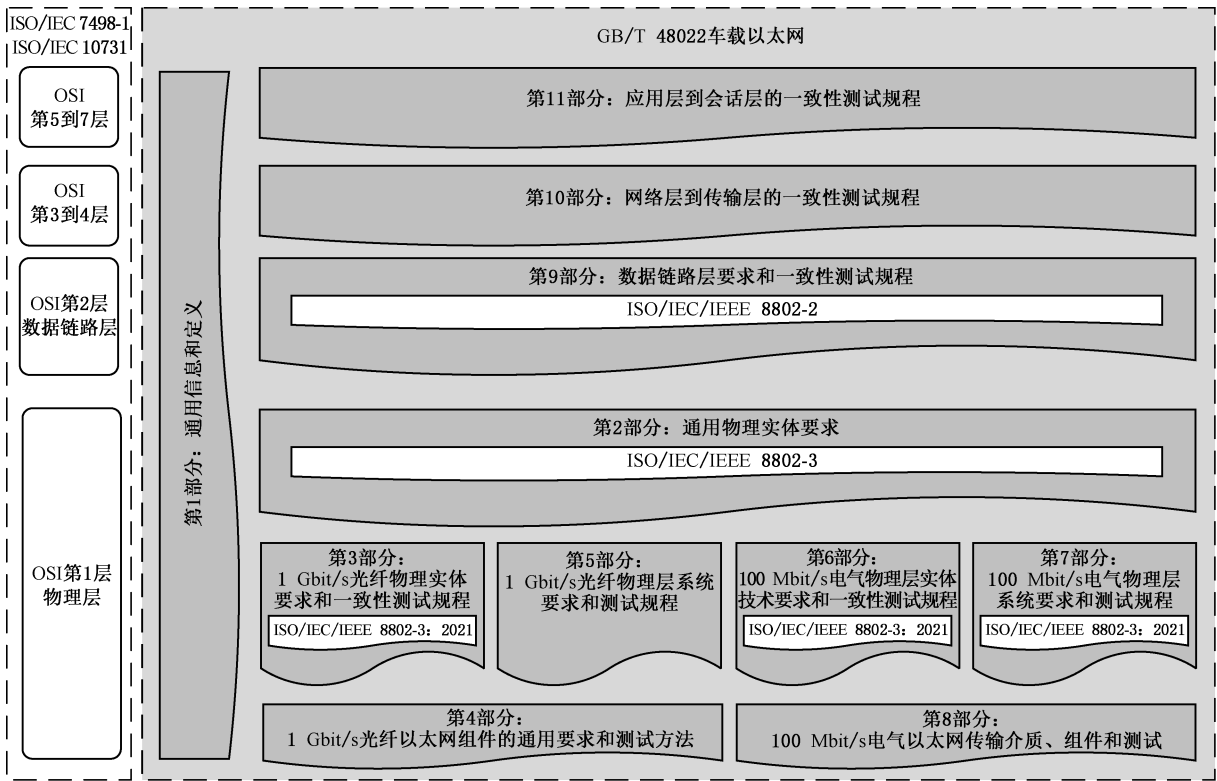


图 1 基于 OSI 模型的车载以太网文件结构参考

道路车辆 车载以太网

第 6 部分: 100 Mbit/s 电气物理层实体 技术要求和一致性测试规程

1 范围

本文件规定了 ISO/IEC/IEEE 8802-3 车载以太网 PHY(通常也称为收发器)的高级功能,例如,用于车载以太网 PHY 的诊断。

本文件规定了:

- 高级 PHY 功能;
- 唤醒和休眠功能;
- PHY 测试套件;
- PHY 控制 IUT 要求和一致性测试规程;
- PCS 测试套件;
- PCS IUT 要求和一致性测试规程;
- PMA 测试套件;
- PMA IUT 要求和一致性测试规程。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

ISO 21111-1 道路车辆 车载以太网 第 1 部分:通用信息和定义(Road vehicles—In-vehicle Ethernet—Part 1: General information and definitions)

注: GB/T 48022.1—2026 道路车辆 车载以太网 第 1 部分:通用信息和定义(ISO 21111-1:2020, IDT)

ISO 21111-2 道路车辆 车载以太网 第 2 部分:通用物理实体要求(Road vehicles—In-vehicle Ethernet—Part 2: Common physical entity requirements)

注: GB/T 48022.2—2026 道路车辆 车载以太网 第 2 部分:通用物理实体要求(ISO 21111-2:2020, IDT)

ISO/IEC 9646-1 信息技术 开放系统互连 一致性测试方法和框架 第 1 部分:基本概念(Information technology—Open Systems Interconnection—Conformance testing methodology and framework—Part 1: General concepts)

注: GB/T 17178.1—1997 信息技术 开放系统互连 一致性测试方法和框架 第 1 部分:基本概念(idt ISO/IEC 9646-1:1994)

ISO/IEC/IEEE 8802-3:2021 信息技术系统间远程通信和信息交换 局域网和城域网特定要求 第 3 部分:以太网标准(Telecommunications and exchange between information technology systems—Requirements for local and metropolitan area networks—Part 3: Standard for Ethernet)