

国际电信联盟

**ITU-T**

国际电信联盟  
电信标准化部门

**G.8262/Y.1362**

(01/2015)

**G系列：传输系统和媒质、数字系统和网络**

经传送网的分组网 – 同步、质量和可用性目标

**Y系列：全球信息基础设施，互联网的协议概况和  
下一代网络**

互联网的协议概况 – 传送

---

## 同步以太网设备从时钟的定时特性

ITU-T G.8262/Y.1362 建议书

ITU-T

ITU-T G 系列建议书  
传输系统和媒质、数字系统和网络

国际电话连接和电路	G.100-G.199
所有模拟载波传输系统共有的一般特性	G.200-G.299
金属线路上国际载波电话系统的各项特性	G.300-G.399
在无线电接力或卫星链路上传输并与金属线路互连的国际载波电话系统的一般特性	G.400-G.449
无线电话与线路电话的协调	G.450-G.499
传输媒质的特性	G.600-G.699
数字终端设备	G.700-G.799
数字网	G.800-G.899
数字段和数字线路系统	G.900-G.999
服务质量和性能 — 一般和与用户相关的概况	G.1000-G.1999
传输媒质特性	G.6000-G.6999
经传送网的数据 — 一般概况	G.7000-G.7999
经传送网的分组网概况	G.8000-G.8999
经传送网的以太网概况	G.8000-G.8099
经传送网的MPLS概况	G.8100-G.8199
<b>同步、质量和可用性目标</b>	<b>G.8200-G.8299</b>
业务管理	G.8600-G.8699
接入网	G.9000-G.9999

欲了解更详细信息，请查阅 ITU-T 建议书目录。

## 同步以太网设备从时钟的定时特性

### 摘要

ITU-T G.8262/Y.1362建议书概述了同步以太网内同步网络设备中所使用定时装置的要求，规定了对时钟的要求，例如带宽、频率准确度、保持和噪声的生成。

### 历史沿革

版本	建议书	批准日期	研究组	唯一ID*
1.0	ITU-T G.8262/Y.1362	2007-08-13	15	<a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/9190">11.1002/1000/9190</a>
1.1	ITU-T G.8262/Y.1362 (2007) Amd. 1	2008-04-29	15	<a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/9417">11.1002/1000/9417</a>
1.2	ITU-T G.8262/Y.1362 (2007) Amd.2	2010-01-13	15	<a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/10432">11.1002/1000/10432</a>
2.0	ITU-T G.8262/Y.1362	2010-07-29	15	<a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/10909">11.1002/1000/10909</a>
2.1	ITU-T G.8262/Y.1362 (2010) Amd. 1	2012-02-13	15	<a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/11523">11.1002/1000/11523</a>
2.2	ITU-T G.8262/Y.1362 (2010) Amd. 2	2012-10-29	15	<a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/11814">11.1002/1000/11814</a>
3.0	ITU-T G.8262/Y.1362	2015-01-13	15	<a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/12389">11.1002/1000/12389</a>

### 关键词

时钟、抖动、同步、飘动

\* 为访问建议书，请在万维网浏览器的地址栏中输入URL：<http://handle.itu.int/>，并后跟建议书的唯一ID。例如：<http://handle.itu.int/11.1002/1000/11830-en>。

## 前言

国际电信联盟（ITU）是从事电信领域工作的联合国专门机构。ITU-T（国际电信联盟电信标准化部门）是国际电信联盟的常设机构，负责研究技术、操作和资费问题，并且为在世界范围内实现电信标准化，发表有关上述研究项目的建议书。

每四年一届的世界电信标准化全会（WTSA）确定 ITU-T 各研究组的研究课题，再由各研究组制定有关这些课题的建议书。

WTSA 第 1 号决议规定了批准建议书须遵循的程序。

属 ITU-T 研究范围的某些信息技术领域的必要标准，是与国际标准化组织（ISO）和国际电工技术委员会（IEC）合作制定的。

## 注

本建议书为简明扼要起见而使用的“主管部门”一词，既指电信主管部门，又指经认可的运营机构。

遵守本建议书的规定是以自愿为基础的，但建议书可能包含某些强制性条款（以确保例如互操作性或适用性等），只有满足所有强制性条款的规定，才能达到遵守建议书的目的。“应该”或“必须”等其它一些强制性用语及其否定形式被用于表达特定要求。使用此类用语不表示要求任何一方遵守本建议书。

## 知识产权

国际电联提请注意：本建议书的应用或实施可能涉及使用已申报的知识产权。国际电联对无论是其成员还是建议书制定程序之外的其它机构提出的有关已申报的知识产权的证据、有效性或适用性不表示意见。

至本建议书批准之日止，国际电联尚未收到实施本建议书可能需要的受专利保护的知识产权的通知。但需要提醒实施者注意的是，这可能并非最新信息，因此特大力提倡他们通过下列网址查询电信标准化局（TSB）的专利数据库：<http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>。

© 国际电联 2015

版权所有。未经国际电联事先书面许可，不得以任何手段复制本出版物的任何部分。

## 目录

页码

1	范围 .....	1
2	参考文献 .....	2
3	定义 .....	2
4	缩略语和首字母缩写词 .....	2
5	公约 .....	3
6	频率精度 .....	3
6.1	EEC- 方案 1 .....	3
6.2	EEC-方案 2 .....	3
7	牵引入、保持入和牵引出范围 .....	4
7.1	牵引入范围 .....	4
7.2	保持入范围 .....	4
7.3	牵引出范围 .....	4
8	噪声发生 .....	4
8.1	锁定模式的飘动 .....	4
8.2	非锁定飘动 .....	7
8.3	抖动 .....	7
9	噪声容限 .....	8
9.1	飘动容限 .....	9
9.2	抖动容限 .....	11
10	噪声传递 .....	14
10.1	EEC-方案1 .....	14
10.2	EEC-方案2 .....	14
11	瞬态响应与保持性能 .....	15
11.1	短期相位瞬态响应 .....	16
11.2	长期相位瞬态响应（保持） .....	17
11.3	对输入信号中断的相位响应 .....	19
11.4	相位不连续性 .....	19
12	接口 .....	20
12.1	外部同步接口 .....	20
附录 I	使用STM-N和以太网（ETY）接口的混合网元 .....	21
附录 II	本建议书包含的要求与其他主要同步相关的 建议书之间的关系 .....	22
附录 III	适用于同步以太网的以太网接口清单 .....	23
附录 IV	与经由1000BASE-T和10GBASE-T的 同步以太网相关的注意事项 .....	27
附录 V	测量EEC-选项2时钟的噪声传递时的注意事项 .....	29
参考资料	.....	30

## 引言

同步以太网方法指的是基准参考时钟（PRC或者PRTC）分布的方法（例如基于全球导航卫星系统（GNSS）），或者采用一个同步物理层（例如ETX、STM-N）的主-从方法。这些方法广泛应用于同步时分多路复用（TDM）和移动回传网络。

## 同步以太网设备从时钟的定时特性

### 1 范围

本建议书列出了支持同步以太网的同步网络设备中作为节点时钟使用的、依据同步数字体系（SDH）管理的原则操作的定时装置的最低要求。支持基于网络同步线路码方法（例如同步以太网）的时钟分布。

本建议书考虑到当同步以太网设备时钟（EEC）（方案1或2）的定时来自另一个网络设备时钟或更高质量的时钟时的正确网络操作。

在此建议书中亦包括时钟精度、噪声传递、保持性能、噪声容限以及噪声生成等方面的要求。这些要求在指定给该设备的正常环境条件下适用。

本建议书为同步以太网提供了两个方案。第一个方案简称为“EEC方案1”，适用于同步以太网设备，旨在与针对2048 kbit/s系列优化的网络实现互通。第二个方案简称为“EEC方案2”，适用于同步以太网设备，旨在与针对1544 kbit/s系列优化的网络实现互通。[ITU-T G.813]第II.3节规定了这些网络的同步引用链。

同步以太网设备的从时钟应符合某一方案的所有特定要求，且不应将EEC方案1和2的要求混为一谈。EEC-方案1和2意图在未来实现协调一致。同步互联网的意图在于与现有的基于[ITU-T G.813]的同步网络实现互操作。

当使用基于EEC-方案1的同步以太网的网络与使用基于EEC-方案2的同步以太网的网络交互工作时，应谨慎考虑。

某些同步以太网网元（NE）可能会具有更高质量的时钟。当定时来自另一部同步以太网设备（如方案）、SEC或更高质量的时钟时，在一部同步以太网设备中使用EEC（EEC方案1或方案2）可保证网络操作的正确。建议对同步以太网网络采用分层定时分布。定时不应从处于自由运行/保持模式的同步以太网传递到更高质量的时钟，原因是在故障条件下更高质量的时钟不应跟随同步以太网信号。

某些以太网设备，例如再生器/中继器，必须提供经过定时能力以便通过同步以太网来传输定时。这些设备有待进一步研究。

更多关于同步以太网的信息见[ITU-T G.781]、[ITU-T G.8261] 和 [ITU-T G.8264]。

## 2 参考文献

下列ITU-T建议书和其他参考文献的条款，在本建议书中的引用而构成本建议书的条款。在出版时，所指出的版本是有效的。所有的建议书和其他参考文献均会得到修订，本建议书的使用者应查证是否有可能使用下列建议书或其他参考文献的最新版本。当前有效的ITU-T建议书清单定期出版。本建议书引用的文件自成一体时不具备建议书的地位。

- [ITU-T G.703] ITU-T G.703 (2001)号建议书，系列数字接口的物理/电特性。
- [ITU-T G.781] ITU-T G.781 (1999)号建议书，同步层功能。
- [ITU-T G.803] ITU-T G.803 (2000)号建议书，基于同步数字体系（SDH）的传送网结构。
- [ITU-T G.810] ITU-T G.810 (1996)号建议书，同步网的定义和术语。
- [ITU-T G.811] ITU-T G.811 (1997)号建议书，基准时钟的定时特性。
- [ITU-T G.812] ITU-T G.812 (2004)号建议书，适用于同步网中节点时钟的从时钟的定时要求。
- [ITU-T G.813] ITU-T G.813 (2003)号建议书，SDH设备从钟（SEC）的定时特性。
- [ITU-T G.825] ITU-T G.825 (2000)号建议书，基于同步数字系列(SDH)的数字网内抖动和漂动的控制。
- [ITU-T G.8261] ITU-T G.8261/Y.1361 (2008)号建议书，分组网络的定时和同步方面。
- [ITU-T G.8264] ITU-T G.8264/Y.1364 (2008)号建议书，通过分组网络的定时信息的分布。
- [ITU-T G.8272] ITU-T G.8272 (2015)号建议书，主要参考时钟的定时特性。
- [IEEE 802.3] IEEE Standard 802.3 (2012), *IEEE Standard for Ethernet*.

## 3 定义

本建议书中采用的术语和定义见[ITU-T G.810]。

## 4 缩略语和首字母缩写词

本建议书采用下列缩略语和首字母缩写词：

BITS	大楼综合定时资源
BPSK	二进制移相键控
CSMA/CD	载波传感多址接入冲突检测
DSL	数字用户线路
EC	设备时钟
EEC	以太网设备时钟
ESMC	以太网同步消息信道
ETH	以太网MAC层网络
ETY	以太网PHY层网络
GNSS	全球导航卫星系统



MAC	媒质访问控制
MTIE	最大时间间隔误差
NE	网元
NRZ	不归零码
OAM	操作、管理与维护
PAM	脉冲幅度调制
PHY	物理（层）
ppm	百万分率
PRC	基准参考时钟
PRTC	基准参考时钟
SDH	同步数字系列
SEC	SDH 设备时钟
SSM	同步信息信道
SSU	同步供给单元
STM-N	同步传送模块-N
TDEV	时间偏差
TDM	时分多路复用
UI	单位间隔
UTC	协调世界时

## 5 公约

无。

## 6 频率精度

### 6.1 EEC- 方案 1

在自由运行条件下，对可溯源至[ITU-T G.811]或[ITU-T G.8272]时钟的参考而言，EEC 的输出频率精度应不大于百万分之4.6（4.6 ppm）。

注 – 该精度的时间间隔有待进一步研究。已对一个月和一年的值提出建议。

### 6.2 EEC-方案 2

在延长保持的情况下，在一年的时间段T内不同类别节点时钟对于可追溯至基准参考时钟的引用的输出频率精度应不得超过4.6 ppm。

注 – 在连续同步操作20天之后适用时间段T。

## 7 牵引入、保持入和牵引出范围

### 7.1 牵引入范围

#### 7.1.1 EEC-方案 1

无论内部振荡器频偏是多少，最小牵引入范围应为 $\pm 4.6$  ppm。

#### 7.1.2 EEC-方案 2

无论内部振荡器频偏是多少，最小牵引入范围应为 $\pm 4.6$  ppm。

### 7.2 保持入范围

#### 7.2.1 EEC-方案1

未对EEC-方案1的保持入范围做出要求。

#### 7.2.2 EEC-方案 2

无论内部振荡器频偏是多少，EEC-方案2的保持入范围应为 $\pm 4.6$  ppm。

### 7.3 牵引出范围

#### 7.3.1 EEC-方案1

牵引出范围待进一步研究。已建议的最小值为 $\pm 4.6$  ppm。

#### 7.3.2 EEC-方案2

牵引出范围不适用。

## 8 噪声发生

EEC的噪声发生代表当出现理想输入参考信号或时钟处于保持状态时输出生成的相位噪声的量。一个用于实际测试目的的合适的参考意味着至少比输出要求稳定十倍的性能水平。该时钟控制该噪声的能力通过其频率稳定性来表现。最大时间间隔误差（MTIE）和时间偏差（TDEV）是鉴定噪声发生性能的有效手段。

MTIE和TDEV是通过一个等效的10-Hz一阶低通测量滤波器在1/30秒的最大取样时间 $\tau_0$ 测量的。TDEV的最小测量周期是十二乘以整合期（ $T = 12\tau$ ）。

### 8.1 锁定模式的飘动

#### 8.1.1 EEC-方案 1

当EEC处于与一个禁止飘动的参考同步的操作锁定模式时，如果恒温的话（在 $\pm 1^\circ\text{K}$ 的范围内），采用[ITU-T G.810]图1a规定的同步锁定配置测量的MTIE的限值见表1：

表1 – 恒温条件下EEC-方案 1飘动生成 (MTIE)

MTIE 限值[ns]	观测间隔 $\tau$ [s]
40	$0.1 < \tau \leq 1$
$40 \tau^{0.1}$	$1 < \tau \leq 100$
$25.25 \tau^{0.2}$	$100 < \tau \leq 1000$

合成要求见图1的粗实线。

将温度影响被考虑在内时，一个单独EEC的总MTIE贡献的容限增加值见表2。

表 2 – 受温度影响的EEC-方案 1额外飘动生成 (MTIE)

额外 MTIE 容限[ns]	观测间隔 $\tau$ [s]
$0.5 \tau$	$\tau \leq 100$
50	$\tau > 100$

合成要求见图1细实线。

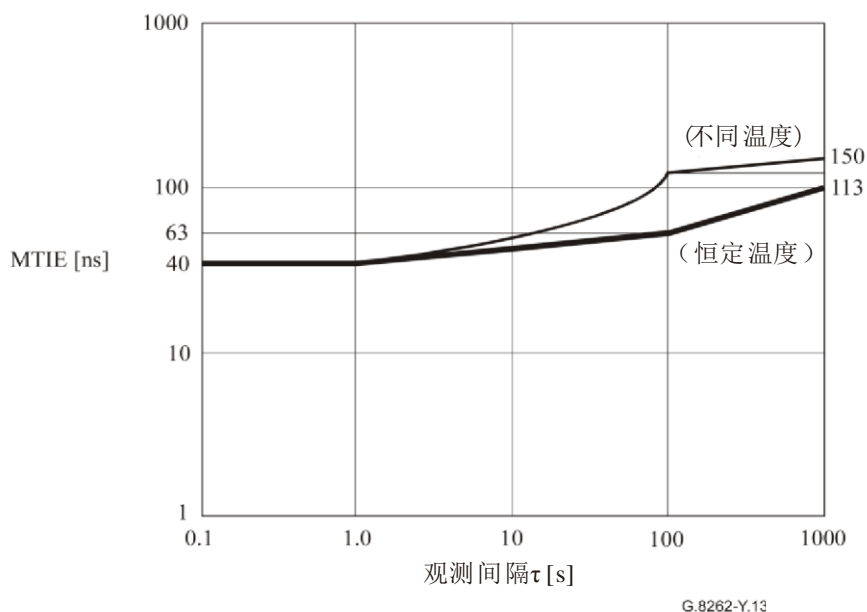


图 1 – EEC-方案 1飘动生成 (MTIE)

当EEC处于操作锁定状态时，如果恒温的话（在 $\pm 1^\circ\text{K}$ 范围内），采用[ITU-T G.810]图1a规定的同步时钟配置测量的TDEV的限值见表3：

表3 – 恒温条件下EEC-方案 1飘动生成 (TDEV)

TDEV 限值 [ns]	观测间隔 $\tau$ [s]
3.2	$0.1 < \tau \leq 25$
$0.64 \tau^{0.5}$	$25 < \tau \leq 100$
6.4	$100 < \tau \leq 1000$

合成要求见图2。

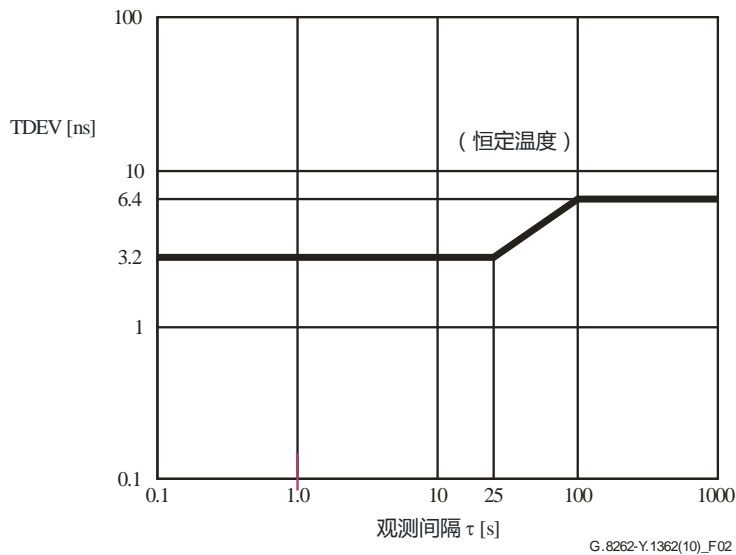


图 2 – 恒温条件下EEC-方案 1 飘动生成 (TDEV)

在将温度影响考虑在内时一个单独EEC的总TDEV贡献的容限待进一步研究。

### 8.1.2 EEC-方案 2

当EEC时钟处于与一个禁止飘动的参考同步的操作锁定模式时，在恒温 ( $\pm 1^\circ\text{K}$  之内) 的条件下输出时测量的MTIE和TDEV应分别低于下列表4和5的限值。

表4 – 恒温条件下EEC-方案 2 飘动生成 (MTIE)

MTIE 限值 [ns]	观测间隔 $\tau$ [s]
20	$0.1 < \tau \leq 1$
$20 \tau^{0.48}$	$1 < \tau \leq 10$
60	$10 < \tau \leq 1000$

表5 – 恒温条件下EEC-方案 2 飘动生成 (TDEV)

TDEV 限值 [ns]	观测间隔 $\tau$ [s]
$3.2 \tau^{-0.5}$	$0.1 < \tau \leq 2.5$
2	$2.5 < \tau \leq 40$
$0.32 \tau^{0.5}$	$40 < \tau \leq 1000$
10	$1000 < \tau \leq 10\,000$

合成要求见图3和4。

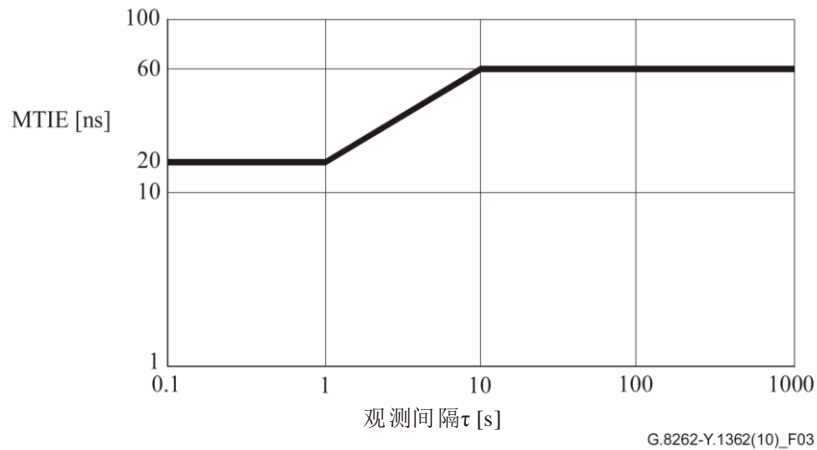


图 3 – 恒温条件下EEC-方案 2 飘动生成 (MTIE)

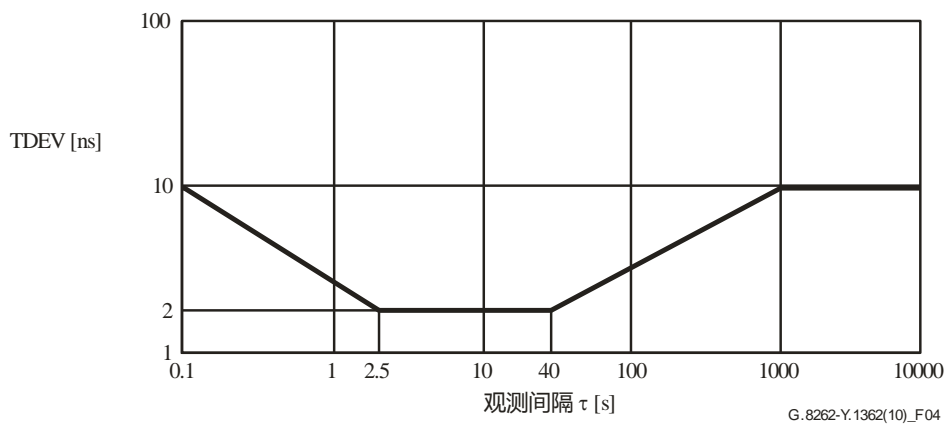


图 4 – 恒温条件下EEC-方案 2 飘动生成 (TDEV)

## 8.2 非锁定飘动

当一个时钟未被一个同步参考锁定时，与确定性效应（如初始频偏）相比，随机噪声部分是可被忽略的。因此，第11.2节包含非锁定飘动效应。

## 8.3 抖动

虽然本建议书的大部分要求与测量这些要求的输出接口无关，但抖动的产生却不是这样；抖动生成的要求使用的是对不同接口速率规定了不同限值的现有建议书。这些要求对第12节确定的接口分别做出了规定。

### 8.3.1 EEC-方案 1 和EEC-方案2

在同步以太网接口输出抖动

在同步接口不存在输出抖动时，在以超过60秒的间隔测量的同步以太网输出接口的固有抖动不得超过表6提供的限值。

表6 – EEC-方案1 和EEC-方案2同步以太网抖动生成

接口	测量滤波器	峰到峰振幅 (UI)
1G (注1、2、4、5)	2.5 kHz 至 10 MHz	0.50
10G (注 1、3、4、5)	20 kHz 至 80 MHz	0.50
25G (注 1、4、5、6)	20 kHz 至 200 MHz	1.2

注1 – 无特定的同步以太网高波段抖动要求。除了本表中规定的特定的同步以太网阔带抖动要求之外，还应符合相关的IEEE 802.3抖动要求。[IEEE 802.3]规定了测量方法。这些测量方法在同步网络环境中的适用性有待进一步研究。

注 2 – 1G包括1000BASE-KX、-SX、-LX；多路接口有待进一步研究。

注3 – 包括10GBASE-SR/LR/ER、10GBASE-LRM、10GBASE-SW/LW/EW和由包括40GBASE-KR4/CR4/SR4/LR4和100GBASE-CR10/SR10在内的10G线路组成的多路接口。

注4 – 25G包括由包括100 GB ASE-LR4/ER4在内的25G线路组成的多路接口。

注5 – 1G: (1000BASE-KX、-SX、-LX)      1 UI = 0.8 ns  
 10G (10GBASE-SR/LR/ER、-LRM、  
 40GBASE-KR4/CR4/SR4/LR4,  
 100GBASE-CR10/SR10):              1 UI = 96.97 ps  
 10G (10GBASE-SW/LW/EW):        1 UI = 100.47 ps  
 25G (100GBASE-LR4/ER4):         1 UI = 38.79 ps

注6 – 25G线路的峰到峰抖动振幅从0.5 UI提升至1.2 UI，即提升2.4倍。为抵偿这一提升，用于10G的高通转角频率应首先提升2.5倍以便为线路速率从10 G往上提升留出余地，之后再下降2.4倍以便为振幅的增加留出余地。这提供了20.833 kHz的高通转角频率（为方便起见，四舍五入至20 kHz）；舍入至较低值要更加严格一些。

2048 kHz、2048 kbit/s、1544 kbit/s和 STM-N接口的输出抖动

[ITU-T G.813]第7.3节为方案1规定了2048 kHz 和2048 kbit/s接口的抖动生成，以及同步传输模块-N (STM-N) 接口。

第7.3节为方案2规定了1544-kbit/s和STM-N接口的抖动生成。

## 9 噪声容限

EEC的噪声容限表明时钟输入时应考虑到的最低相位噪声水平，同时：

- 使时钟保持在规定的性能极限内。确切的性能极限待进一步研究；
- 不得造成任何警报；
- 不得导致时钟切换引用；
- 不得造成时钟进入保持状态。

总的来说，EEC的噪声容限与同步接口保持可接受的性能所要求的网络限制相同。然而，同步接口网络限制可能由于应用的不同而有所差异。因此，为了确定EEC噪声容限，应采用最坏情况网络限制。在[ITU-T G.813]附录I 中提供了不同网络限制的介绍。

第9.1和9.2节提供的飘动和抖动容限表示的是同步承载接口应显示出来的最低水平。用于一致性测试的TDEV信号应通过添加高斯白噪声源（其中每个噪声源都已经过过滤以获得具备合适振幅的适宜的噪声过程类型）来生成。

MTIE和TDEV通过一个等效的10-Hz一阶低通测量滤波器来测量，最大取样时间为1/30秒的 $\tau_0$ 。TDEV的最短测量周期为十二乘以整合期( $T = 12\tau$ )。

## 9.1 飘动容限

### 9.1.1 EEC-方案1

以MTIE和TDEV限值表示的输入飘动容限分别见表7和8。

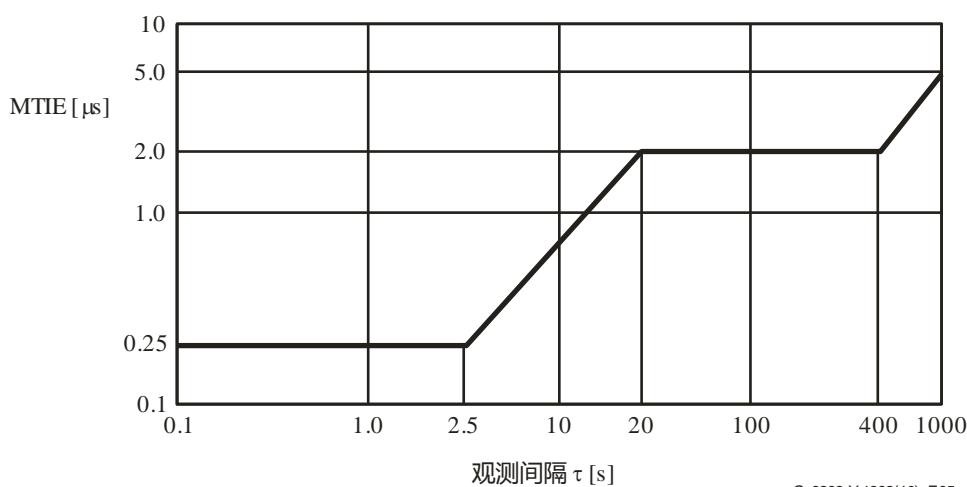
表 7 – EEC-方案 1 的输入飘动容限 (MTIE)

MTIE限值 [ $\mu\text{s}$ ]	观测间隔 $\tau$ [s]
0.25	$0.1 < \tau \leq 2.5$
$0.1 \tau$	$2.5 < \tau \leq 20$
2	$20 < \tau \leq 400$
$0.005 \tau$	$400 < \tau \leq 1000$

表 8 – EEC-方案 1 的输入飘动容限 (TDEV)

TDEV 限值 [ns]	观测间隔 $\tau$ [s]
12	$0.1 < \tau \leq 7$
$1.7 \tau$	$7 < \tau \leq 100$
170	$100 < \tau \leq 1000$

合成要求见图5和6。



G. 8262-Y.1362(10)\_F05

图5 – EEC-方案 1 的输入飘动容限 (MTIE)

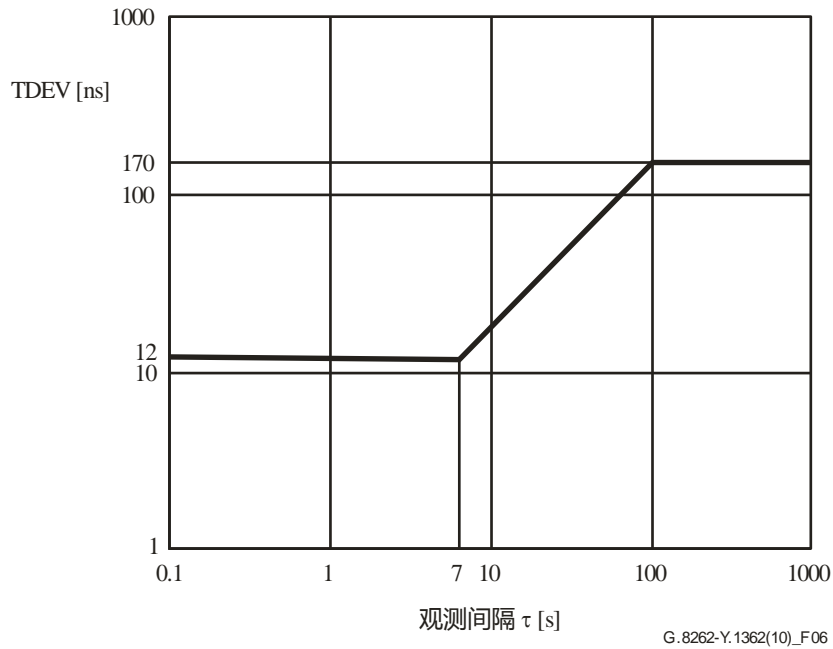


图6 – EEC-方案 1的输入飘动容限 (TDEV)

正在研究用于检测与图6掩模的一致性的适当的测试信号。根据表9中的水平，可使用带有正弦曲线相变异的测试信号来检测与图5掩模的一致性。

表 9 – EEC-方案1最大容许正弦曲线输入飘动的较低限值

峰到峰飘动振幅			飘动频率				
$A_1$ [ $\mu$ s]	$A_2$ [ $\mu$ s]	$A_3$ [ $\mu$ s]	$f_4$ [mHz]	$f_3$ [mHz]	$f_2$ [mHz]	$f_1$ [Hz]	$f_0$ [Hz]
0.25	2	5	0.32	0.8	16	0.13	10

合成要求见图7。

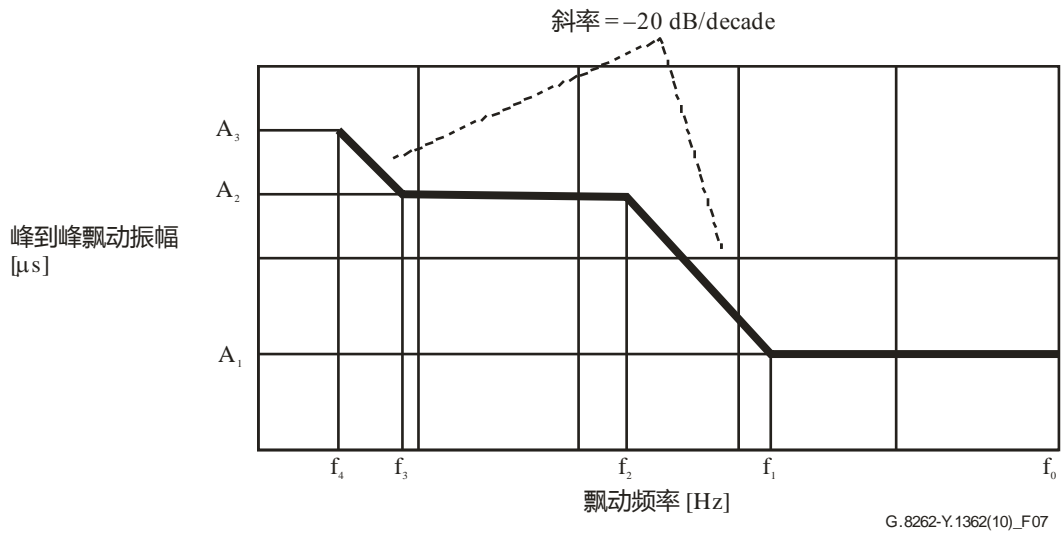


图7 – EEC-方案1最大容许正弦曲线输入飘动的较低限值



## 9.1.2 EEC-方案 2

以TDEV限值表示的输入飘动容限见表10。

表 10 – EEC-方案 2输入飘动容限 (TDEV)

TDEV 限值 [ns]	观测间隔 $\tau$ [s]
17	$0.1 < \tau \leq 3$
$5.77 \tau$	$3 < \tau \leq 30$
$31.6325 \tau^{0.5}$	$30 < \tau \leq 1000$

合成要求见图8。未规定以MTIE表达的要求。

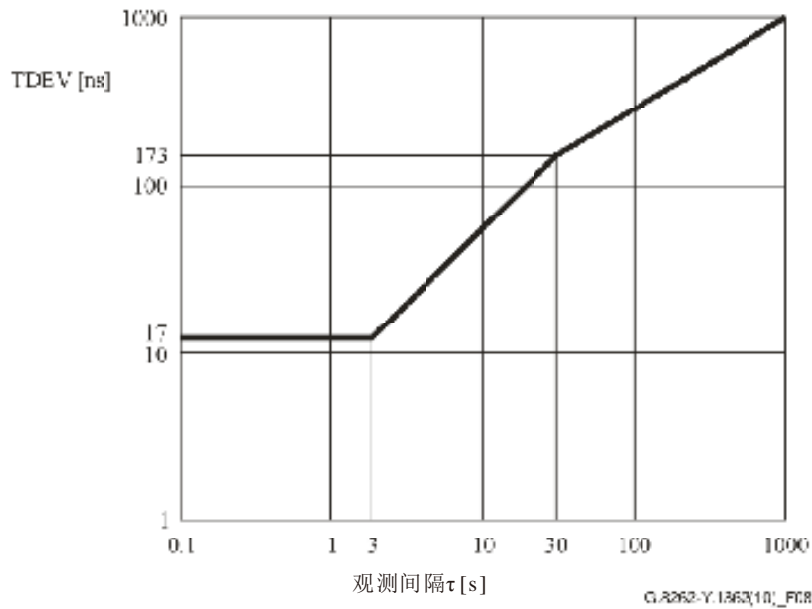


图8 – EEC-方案 2输入飘动容限 (TDEV)

## 9.2 抖动容限

### 9.2.1 EEC-方案1和EEC-方案 2

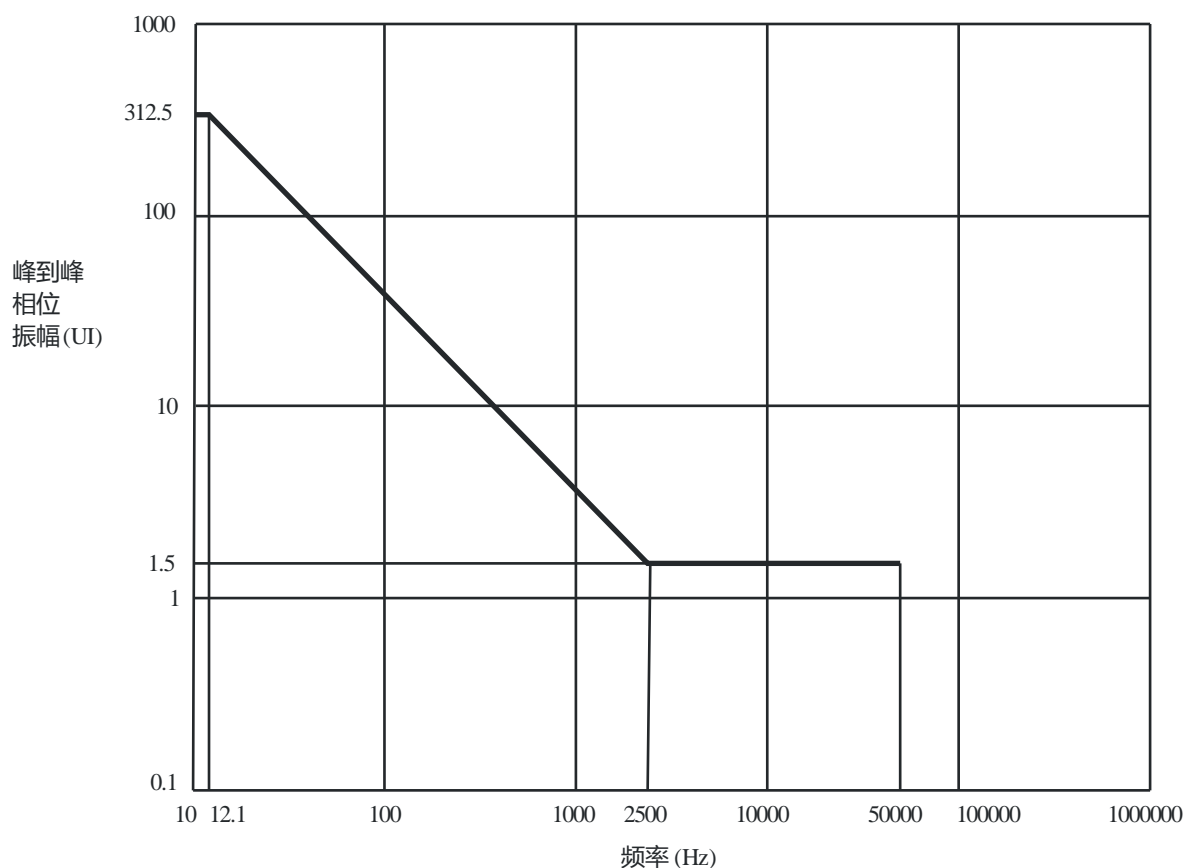
同步以太网接口的抖动容限：

EEC-方案1和EEC-方案2的1G以太网接口的最大容许输入抖动的较低限值的规定见表11和图9。

表 11 – EEC-方案1和EEC-方案2 的1G同步以太网宽带抖动容限

峰到峰抖动振幅 (UI)	频率 $f$ (Hz)
312.5	$10 < f \leq 12.1$
$3750 f^{-1}$	$12.1 < f \leq 2.5 \text{ k}$
1.5	$2.5 \text{ k} < f \leq 50 \text{ k}$

注 – 1G 包括1000BASE-KX、-SX、-LX；多线路接口待进一步研究。



G.8262-Y.1362(10)\_F09

图 9 – EEC-方案1和EEC-方案2的1G同步以太网宽带抖动容限

注 1 – 除了特定的同步以太网宽带抖动容限要求外，还应满足相关的IEEE 802.3的抖动容限要求。

注 2 – 为了测试目的，高于637 kHz的以太网流量接口高频率抖动容限和测试信号生成见[IEEE 802.3]的规定。

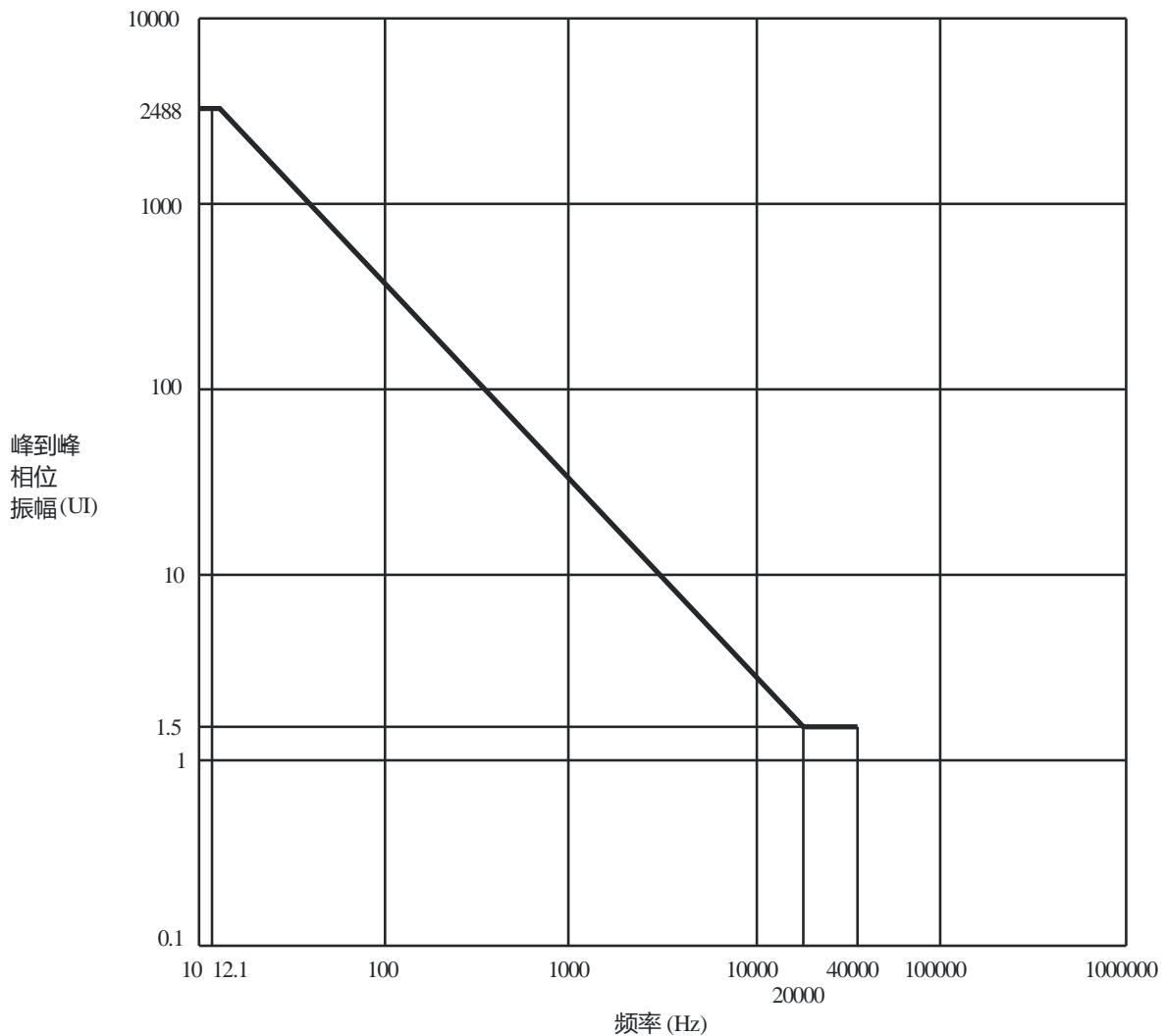
注 3 – 高于50 kHz的斜率为20 dB/十年。由于[IEEE 802.3]和ITU-T的测量方法并非完全可比，50 kHz和637 kHz之间的实际值有待进一步研究。

EEC-方案1和EEC-方案2的10G以太网接口最大容许输入抖动的较低限值见表12和图10。

表12 – EEC-方案1和EEC-方案2的10G同步以太网阔带抖动容限

峰到峰抖动振幅 (UI)	频率 f (Hz)
2488	$10 < f \leq 12.1$
$30000 f^{-1}$	$12.1 < f \leq 20 \text{ k}$
1.5	$20 \text{ k} < f \leq 40 \text{ k}$

注 – 10G包括10GBASE-SR/LR/ER、10GBASE-LRM、10GBASE-SW/LW/EW 和由包括40GBASE-KR4/CR4/SR4/LR4和100GBASE-CR10/SR10 在内的10G线路组成的多线路接口。



G.8262-Y.1362(10)\_F10

图 10 – EEC-方案1和EEC-方案 2的10G 同步以太网阔带抖动容限

注 4 – 除了特定的同步以太网阔带和抖动容限要求外，还应满足相关的[IEEE 802.3]抖动容限要求。

注 5 – [IEEE 802.3]和ITU-T的测量方法并非完全可比。关于ITU抖动规格的信息见[ITU-T G.825]的附录I。

EEC-方案1和EEC-方案2 的25G以太网接口最大容许输入抖动的较低限值见表13。

表13 – EEC-方案1和EEC-方案2的25G同步以太网阔带抖动容限

峰到峰抖动振幅 (UI)	频率 f (Hz)
6445	$10 < f \leq 11.17$
$72000f^{-1}$	$11.17 < f \leq 20 \text{ k}$
3.6	$20 \text{ k} < f \leq 100 \text{ k}$

注 – 25G 包含由包括100GBASE-LR4/ER4在内的25G线路组成的多线路接口。

2048 kHz、 2048 kbit/s、 1544 kbit/s和STM-N接口的抖动容限：

[ITU-T G.813]的第8.2节规定了方案1的2 048 kHz和2 048 kbit/s信号的最大容许输入抖动的较低限值。

[ITU-T G.813]的第8.2节规定了方案2的外部1 544 kbit/s同步的最大容许输入抖动的较低限值。

[ITU-T G.825]规定了STM-N接口的最大容许输入抖动的较低限值。

## 10 噪声传递

EEC的传递特征决定了其与载波相位相关的输入相位的偏移的传递相关的属性。EEC可被视为一个低通滤波器，用以区别实际输入相位和参考的理想输入相位之间的差异。这一低通滤波器行为所允许的最小和最大带宽是以[ITU-T G.813]附录II描述的注意事项为依据。说明见下文。

EEC在通带的相位增益应小于0.2 dB (2.3%)。上述适用于线性EEC模型。然而，该模型不得对执行造成限制。

### 10.1 EEC-方案1

EEC的最小带宽要求是1 Hz，最大带宽要求是10 Hz。

### 10.2 EEC-方案2

当被引用至一个符合图8和表10的输入TDEV掩模同步以太网或STM-N时标信号时，同步以太网或者SDH NE应输出符合表14中的输出TDEV限值的输出信号。

表14 – EEC-方案 2 飘动传递（当输入飘动符合表10时的最大输出飘动）

TDEV 限值 [ns]	观测间隔 $\tau$ [s]
10.2	$0.1 < \tau \leq 1.73$
$5.88 \tau$	$1.73 < \tau \leq 30$
$32.26 \tau^{0.5}$	$30 < \tau \leq 1000$

合成要求见图11掩模。这些掩模的目的是确保EEC的最大带宽为0.1 Hz。这些掩模不得被用于验证相位增益峰值。对最小带宽不做要求。

TDEV是通过一个等效的10-Hz一阶低通测量滤波器在1/30秒的最大取样时间 $\tau_0$ 测量的。对于TDEV的最小测量周期是十二乘以整合期（ $T = 12\tau$ ）。

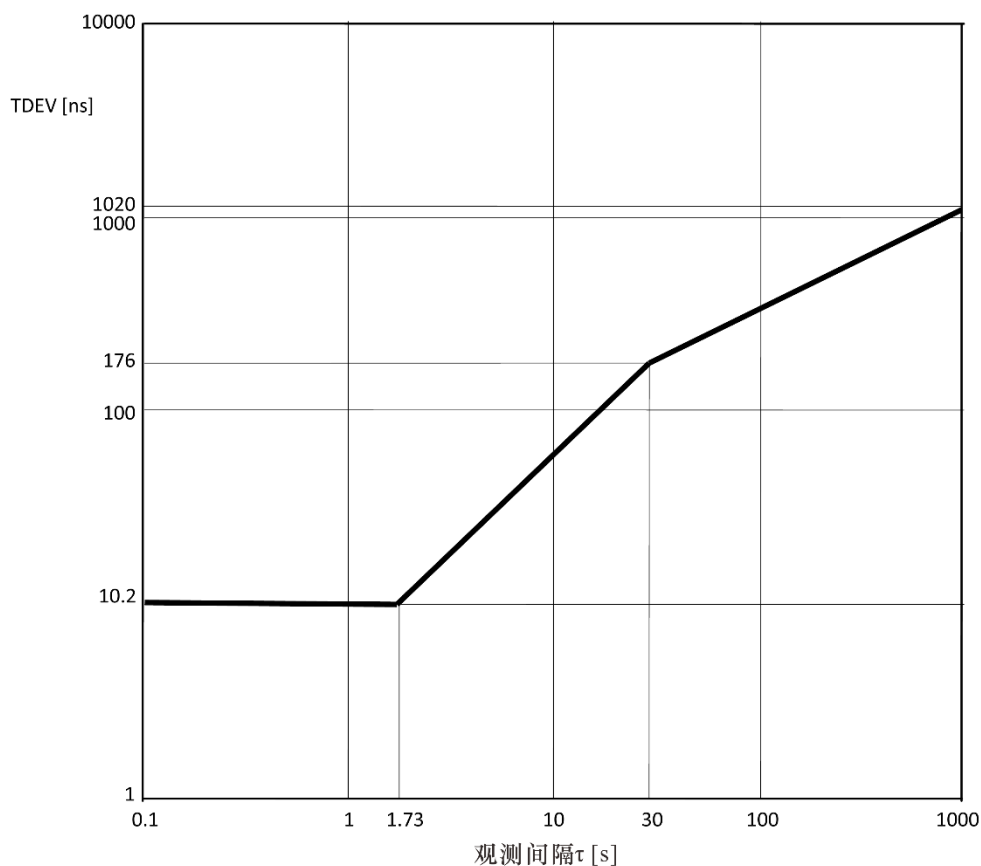


图 11 – EEC-方案 2 飘动传递（当输入飘动符合图 8 时的最大输出飘动）

注 – 通带中该传递掩模的值比图 8 掩模的值高 2%。

图 8 和 11 的掩模分别被用于验证飘动容限和测量 TDEV 传递；它们并不代表需要符合的有效载荷飘动累积要求的网络飘动限值。实际上，这并不会导致在 EEC 上的同步损失，因为图 11 的网络飘动容限是在 EEC-方案 2 时钟的通带之内。然而，它将带来更高的飘动累积。

## 11 瞬态响应与保持性能

本节要求适用于输入信号受到干扰影响或者传输故障（例如：短时中断、在不同的同步信号之间切换、参考丢失等），导致在 EEC 输出时出现相位瞬态的情况。为避免传输缺陷或故障，承受干扰的能力是必须的。传输故障和干扰是传输环境中常见的应力状态。

建议所有 EEC 输出时的相位运动保持在下列条款描述的水平。

EEC-方案 2 时钟的 MTIE 的测量通过等效的 100-Hz 一阶低通测量滤波器进行。

## 11.1 短期相位瞬态响应

### 11.1.1 EEC-方案1

本要求反映了时钟在出现当（选择的）输入参考由于参考路径出现故障的同时，或在检测出故障（例如自动修复）不久后可追溯至同一个参考时钟的第二个参考输入信号可用的情况时的性能。在这些情况下，参考最多丢失15秒钟。与丢失前的输入参考相关的输出相变异应受以下要求约束：

在任何最多为15秒的周期 $S$ 旗舰相位误差不得超过 $\Delta t + 5 \times 10^{-8} \times S$ 秒。 $\Delta t$ 代表在转换至保持状态和从保持状态转换出时可能发生的两次相位跃变，两次均不得超过120 ns，临时频偏小于7.5 ppm。

合成的整体要求概况见图12。该图旨在描述由EEC参考时钟转变引发的最坏情况下的相位运动。时钟的状态转换可能比图上显示的更快。引发此要求的相关背景信息见[ITU-T G.813]附录II。

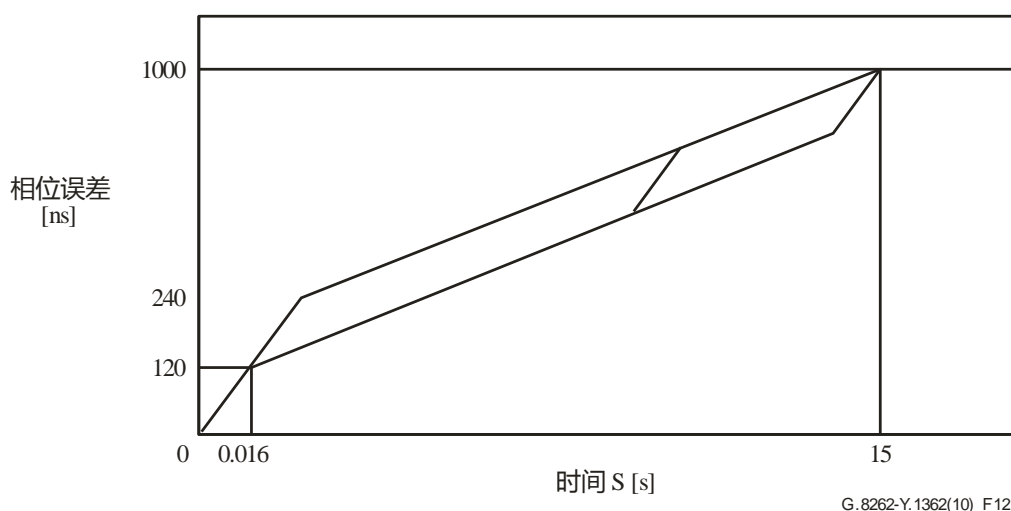


图 12 –EEC-方案 1 由于参考变化造成的最大相位瞬态

图12显示了时钟开关瞬态时两次相位跃变的情况。第一次跃变反映了对同步参考源丢失以及随后进入保持状态的初始响应。本次跃变的大小与在不到16 ms的时间内少于7.5 ppm的频偏的大小相应。在16 ms之后，相位运动被限制在斜度为 $5 \times 10^{-8}$ 的范围内以便制约指针活动。在进入保持状态之后的15秒内发生的第二次跃变用于切换至次级参考。本次跃变适用同样的要求。在第二次跃变之后，相位误差应保持恒定并小于1 $\mu$ s。

注 – 在两个无法追溯至同一个基准参考时钟（PRC）的参考之间切换时的输出相位偏移有待进一步研究。

若输入同步信号丢失超过15秒钟，则适用11.2节的要求。

### 11.1.2 EEC-方案2

在时钟重新配置操作（例如参考切换）期间，时钟的输出应符合11.4.2节规定的MTIE要求。

## 11.2 长期相位瞬态响应（保持）

本要求对输出定时信号的最大偏移做出约束。此外，它还限制了输入信号减损或内部干扰期间相位运动的累积。

### 11.2.1 EEC-方案1

EEC在丢失所有参考后被认为进入保持状态。与参考丢失时的输入相关的 EEC输出时的相位误差 $\Delta T$ 在任何 $S > 15$  s的周期内不得超过以下限值：

$$\Delta T(S) = \left\{ (a_1 + a_2)S + 0.5bS^2 + c \right\} \quad [\text{ns}]$$

其中：

$$\begin{aligned} a_1 &= 50 \text{ ns/s} \quad (\text{见注 1}) \\ a_2 &= 2000 \text{ ns/s} \quad (\text{见注 2}) \\ b &= 1.16 \times 10^{-4} \text{ ns/s}^2 \quad (\text{见注 3}) \\ c &= 120 \text{ ns} \quad (\text{见注 4}) \end{aligned}$$

该限值以最大频偏 $\pm 4.6$  ppm为准。 $S < 15$  s的行为见第11.1节规定。

注 1 – 频偏 $a_1$ 代表与 $5 \times 10^{-8}$  (0.05 ppm)相对应的初始频偏。

注 2 – 频偏 $a_2$ 代表时钟进入保持状态后的温度变化，与 $2 \times 10^{-6}$  (2 ppm)相对应。若无温度变化，则 $a_2S$ 对相位误差不造成影响。

注 3 – 漂移 $b$ 是由于老化造成的： $1.16 \times 10^{-4} \text{ ns/s}^2$ 对应于 $1 \times 10^{-8}$ /天 (0.01 ppm/天)的频率漂移。该值是由十天连续操作之后典型的老化特征得出的。并不需要每天测量该值，因为温度影响将占主导。

注 4 – 相位偏移 $c$ 应对在进入保持状态的过渡中可能产生任何额外的相位偏移。

对于恒定温度（例如，当温度影响可忽略）的合成总体要求概况见图13。

$$\Delta T(S) = \left( a_1S + \frac{b}{2}S^2 + c \right) \quad [\text{ns}]$$

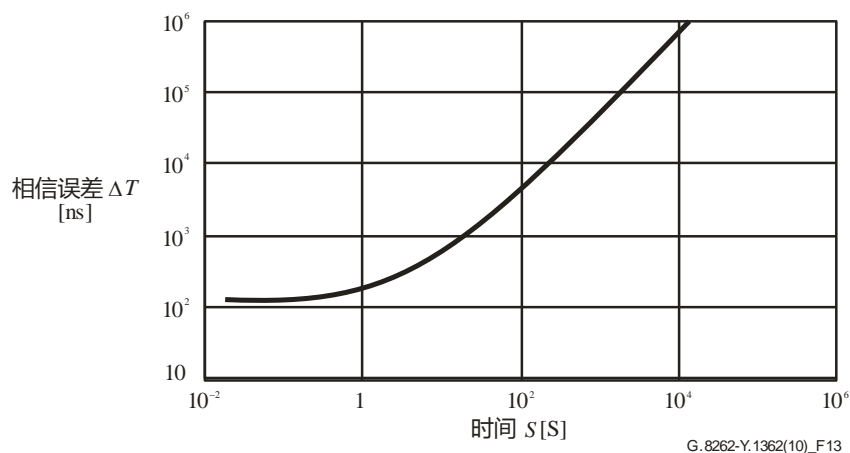


图13 – 在恒定温度保持操作状态下EEC-方案1允许的相位偏差

### 11.2.2 EEC-方案2

当EEC时钟丢失其所有参考时就进入了保持状态。在从时钟丢失参考时的输出时的相位误差 $\Delta T$ 在 $S$ 秒的任何周期内应符合以下条件:

$$|\Delta T(S)| \leq \{ (a_1 + a_2)S + 0.5bS^2 + c \} \quad [\text{ns}]$$

$\Delta T(S)$ 的导数, 分数频率补偿, 在 $S$ 秒的任何周期内都应符合以下条件:

$$|d(\Delta T(S))/dS| \leq \{ a_1 + a_2 + bS \} \quad [\text{ns/s}]$$

$\Delta T(S)$ 的二阶导数, 分数频率漂移, 在 $S$ 秒的任何周期内都应符合以下条件:

$$|d^2(\Delta T(S))/dS^2| \leq d \quad [\text{ns/s}^2]$$

在 $\Delta T(S)$ 的导数和二阶导数应用上述要求时, 周期 $S$ 必须在与进入保持相关的任何瞬态结束后开始。在这一瞬态阶段适用第11.4.2节的瞬态要求。

注 1 –  $a_1$ 代表在恒定温度的条件下( $\pm 1$  K)初始频偏。

注 2 –  $a_2$ 代表时钟进入保持之后的温度变化。如果温度没有发生变化, 则  $a_2 S$ 不对相位误差造成影响。

注 3 –  $b$ 代表由于老化造成的平均相位漂移。该值是由60天连续操作之后典型的老化特征得出的。并不需要每天测量该值, 因为温度影响将占主导。

注 4 – 相位偏移 $c$ 用于在进入保持状态的过度中可能产生任何额外的相位偏移。

注 5 –  $d$ 代表在恒定气温下保持期间允许的最大临时频率漂移率。然而, 并不要求 $d$ 与 $b$ 相等。注意: 在一些时间周期内, 尤其是短周期内, 可能难以测试该参数, 测量值可能没有意义。

EEC-方案2允许的相位误差规格见表15。

表15 – 保持期间瞬态响应规格

	EEC-方案2
适用于	$S > \text{TBD}$
$a_1$ [ns/s]	50
$a_2$ [ns/s]	300
$b$ [ns/s <sup>2</sup> ]	$4.63 \times 10^{-4}$
$c$ [ns]	1000
$d$ [ns/s <sup>2</sup> ]	$4.63 \times 10^{-4}$
TBD: 待定义。	



### 11.3 对输入信号中断的相位响应

#### 11.3.1 EEC-方案1

对于不导致参考切换的同步输入信号的短期中断，输出相位变化不得超过120ns，16 ms的最长周期的最大频偏为7.5 ppm。

#### 11.3.2 EEC-方案2

无进一步研究。

### 11.4 相位不连续性

#### 11.4.1 EEC-选项1

在同步以太网设备时钟内部非频繁的内部测试或其它内部干扰（但不包括主要硬件故障，例如那些触发时钟设备保护开关的故障）的情况下，应满足以下条件：

- 在任何最长16 ms的周期 $S$  (ms)内相位变化不得超过 $7.5S$  ns；
- 在任何从16 ms到最多2.4 s的周期 $S$  (ms)内相位变化不得超过120 ns；
- 对于超过2.4 s的周期，每个2.4 s间隔的相位变化不得超过120 ns，临时偏差不得超过7.5 ppm，总量最多为1  $\mu$ s。

#### 11.4.2 EEC-方案2

在从时钟非频繁的内部测试或重新配置操作时，EEC-方案2的输出相位瞬态应符合表16规定的MTIE规格。

表 16 – EEC-方案2由于参考切换/重新配置操作造成的输出时的MTIE

MTIE限值 [ns]	观测间隔 $\tau$ [s]
未规定	$\tau \leq 0.014$
$7.6 + 885 \tau$	$0.014 < \tau \leq 0.5$
$300 + 300 \tau$	$0.5 < \tau \leq 2.33$
1000	$2.33 < \tau$

图14描绘了本MTIE的要求。

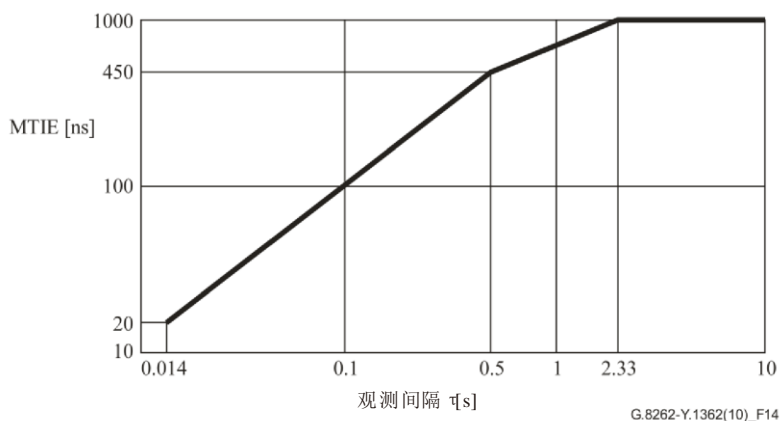


图14 – EEC-方案2由于参考切换/重新配置操作造成的输出时的MTIE

## 12 接口

本建议书的要求与时钟嵌入的网元（NE）内部的参考点相关，因此，对于用户的测量或分析并不一定可用。所以，对EEC在这些内部参考点的性能并不做出规定，而是在设备的外部接口做出规定。

可能包含EEC的以太网设备同步输入和输出接口为：

- 根据[ITU-T G.703]的1544-kbit/s接口；
- 根据[ITU-T G.703]的2048-kHz外部接口；
- 根据[ITU-T G.703]的2048-kbit/s接口；
- STM-N流量接口（混合网元）；
- 根据[ITU-T G.703]的64-kHz接口；
- 根据[ITU-T G.703]的6312-kHz外部接口；
- 同步以太网接口。

并非所有设备都执行所有上述接口。这些接口应遵守本建议书规定的所有抖动和飘动要求。

以太网铜接口允许半双工传输模式以及可抑制信号并破坏定时的线路碰撞；因此，同步以太网接口必须仅在全双工并且有连续的位流的模式下工作。

注 – 为支持与现有网络设备的互操作性，连接至外部网络时钟或来自外部网络时钟的接口可选择地支持同步信息信道（SSM）。

### 12.1 外部同步接口

以太网设备的同步要求支持一系列同步接口类型，使同步能够来自[ITU-T G.812] SSU/BITS时钟、[ITU-T G.813] SDH设备时钟（SEC）或者来自其他本建议书规定的以太网设备。

主要目标是：

- 提供从现有的基于同步数字系列（SDH）传输的同步分布架构到未来基于带有嵌入式EEC的载波级以太网运输的同步架构的简易迁移路径；
- 确保同步（频率）能够在不会受到负载损伤的物理层传送。

表17显示了外部接口类型。

表 17 – 外部接口类型

外部接口类型	支持
基于[ITU-T G.703]的 2.048 MHz/2.048 Mbit/s 1.544 MHz/1.544 Mbit/s	频率的传统/初始架构 注 – 允许从基于SDH的传统架构过渡到再使用现有的同步供给单元（SSU）功能的载波级初始同步以太网架构。
同步以太网（速率待确定）	对频率的初始要求

其他外部接口类型待进一步研究。

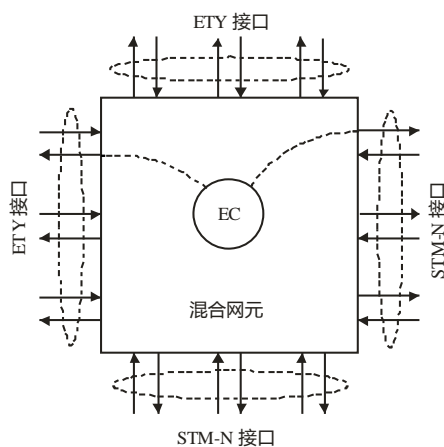
注 – 同步以太网对时间传递（例如，同时传递频率和时间）的支持待进一步研究。

## 附录 I

### 使用STM-N和以太网（ETY）接口的混合网元

（此附录不是本建议书的组成部分）

EEC时钟可支持如[ITU-T G.8261]附录XII所示的在一条同步链上任何位置的混合网元（NE）的使用。图I.1描绘了设备时钟（EC）和STM-N与ETY接口之间的混合NE和定时的关系。



图I.1 – 使用STM-N和以太网（ETY）接口的混合NE

如表I.1所示，对于混合NE，可支持从任何类型的输入接口到任何类型的输出接口的定时传递。

表I.1 – 定时分布的输入和输出端口组合

定时输入	定时输出
STM-N	STM-N
STM-N	ETY
STM-N	T4
ETY	STM-N
ETY	ETY
ETY	T4
T3	STM-N
T3	ETY

定时分布的ETY接口的使用和混合网元的使用不得要求对配置的SDH NE或时钟（PRC、SSU）进行修改。例如：不得对STM-N接口设置新的代码点。亦不得使用代码点“0000”。

## 附录 II

### 本建议书包含的要求与其他主要同步相关的 建议书之间的关系

(本附录不是本建议书的组成部分)

本附录描述了本建议书主体部分包含的时钟性能要求与ITU-T第15研究组的问题13（网络同步与时间分布性能）范围内正在制定的或已经制定的主要同步建议书之间的关系。

本建议书描述了同步以太网时钟的性能要求。ITU-T 第一份详细说明适用于分组网络的网络同步方面问题的[ITU-T G.8261]已经描述了同步以太网的基本概念。

本建议书描述的时钟如果被嵌入进以太网网元，则允许通过以太网物理层传递网络可追踪定时。在这种情况下，以太网物理层由[IEEE 802.3]定义。

本建议书中的性能要求源自现有的建议书。正如在SDH NE中的分配，EEC-方案1的要求基于[ITU-T G.813]方案1时钟，而EEC-方案2基于[ITU-T G.812]的第IV类时钟。

两种方案的EEC时钟均提供类似的性能，但旨在用于优化至2-Mbit/s系列（方案1）或1544-kbit/s系列（方案2）。由于EEC时钟与现有的用于频率分布的SDH网元时钟相一致，同步网络工程将不要求对现有网络工程实践进行任何修改。

正如[ITU-T G.803]所描述，同步网络总体上是基于SDH同步分布。同步分布可遵照具体的地区实践以满足来自[b-ITU-T G.823]或[b-ITU-T G.824]分别对048-kbit/s或1544-kbit/s系列的基本性能要求和网络接口限制。[b-ITU-T G.823]和 [b-ITU-T G.824]均可追溯至[b-ITU-T G.822]中的基本滑移率目标。

专门对EEC时钟做出规定，以便其能够以与现有的同步网络一致的方式执行。方案-1的EEC可以在同步分布网络内以与[ITU-T G.813]的SEC完全相同的方式配置，而方案-2的EEC能够按照现有的[ITU-T G.812]类型IV的时钟进行配置。

## 附录 III

### 适用于同步以太网的以太网接口清单

(本附录不是本建议书的组成部分)

表III.1提供了一份[IEEE 802.3]列出的所有以太网接口清单。它规定了可进行同步以太网操作的以太网接口。其他接口可能存在；本接口清单可能有所遗漏，并可能进行更新。

在编制这份清单时，以下注意事项被考虑在内。

#### CSMA/CD

[IEEE 802.3] 规定了两个操作模式：半双工模式和全双工模式。

原始的以太网接口是为由使用带有冲突检测的载波检测多重接入（CSMA/CD）的多个终端站共享的单一媒质开发的。大部分接口采用单独媒质（或分离载波）用于两个终端站之间的双向通信。在这类双向点到点媒质上采用半双工操作用于模拟传统的共享媒质操作行为。在所有情况下，半双工和全双工模式的PHY行为都没有差别。半双工功能由媒质接入控制（MAC）子层控制，仅对2层及以上的包传送产生影响。

在使用点到点媒质的所有情况下，采用CSMA/CD的接口可被用于同步以太网。

#### 恒定信号

接口必须永久传送信号。

该信号必须编码以确保过渡，这样时钟可被恢复。通过在一些10G接口上进行64B/66B编码实现；10G的DSQ-128 (2 x 2 pair, PAM-16) 信令经由双绞铜线；在一些1G接口和10G的8B/10B编码经由光纤或铜线的4信道；1G的4D-PAM-5 编码经由双绞铜线；一些100M接口的4B/B编码；100M的MLT-3经由双绞铜线。

#### 主/从

一些双向接口设计为一边指定为主时钟，作为时钟脉冲发生器，而另一边作为从时钟用于强制恢复时钟。

这一配置仅支持单向同步以太网。在以太网同步信息信道（ESMC）监控下可宣告发生这种情况，正如[ITU-T G.8264]规定的当同步以太网采用简化的接口的情况。对于这类接口，根据[IEEE 802.3]相关条款的规定，站管理应根据同步网络架构强制采用主/从解决方案。ESMC简化接口状态应与主/从状态同步。

1000BASE-T和10GBASE-T为主/从时钟操作的两个例子。

#### 自动协商

为一些物理（层）（PHY）级规定的自动协商机制用于发现两个合作伙伴在连接启动时相互支持的最高操作模式。与较低速度和半双工相比，该算法会一直倾向于较高的速度和全双工。因为协商在连接启动时发生，必须与同步以太网兼容，但可能无法与同步分布方案兼容。注意，协商是一些PHY类型的选项，管理层可能会强制实施支持的PHY速度和双工。

注意，在一些情况下，自动协商会在操作过程中出现，例如在升级过程中。自动协商不得对速率和待与同步以太网兼容的时钟造成影响。

## 回路

所有为测试/检查“使用中”而中断链路的全双工链路规定的物理回路功能不与同步以太网兼容。因此，仅在连接建立期间允许物理回路功能。

## 点到多点

一些PHY接口被设计为经由无源光网络的点到多点操作。这类链接在上游方向采用间歇信令，但可适用于单方向同步以太网。

## 杂项

以前比较旧的PHY类型几乎不被使用，无需被考虑进来。例如两种PHY类型被规定在数字用户线路（DSL）上使用。

## 执行问题

一些接口在平行电缆或光纤上传输信号。这些接口使用一个时钟资源用于所有物理线路，但恢复的时钟（以及用于时间戳的参考点）可能会根据多线路操作的定义而不同。在这点上不清楚是否需要为经由这些接口的同步以太网操作做进一步定义。

根据上述注意事项，表III.1列出了[IEEE 802.3]规定的PHY接口，并指定了可能被考虑用于同步以太网兼容性的接口、不得被考虑的接口以及仅可用于单方向的接口。

表 III.1 – 可用于同步以太网的以太网接口清单

PHY	描述	[IEEE 802.3] 条款	编码	同步以太网能力
10BASE2	10 Mbit/s 同轴	10	Manchester, 间歇性	无
10BASE5	10 Mbit/s 同轴	8	Manchester, 间歇性	无 (注1)
10BASE-F	10 Mbit/s 光纤	15	NRZ, 间歇性	无
10BASE-FP	10 Mbit/s 光纤, 星形	16	NRZ, 间歇性	无 (注1)
10BASE-T	10 Mbit/s TP 铜线	14	Manchester, 间歇性	无
100BASE-BX10	100 Mbit/s bidi 铜线	58, 66	4B/5B	有
100BASE-FX	100 Mbit/s 光纤	24, 26	4B/5B	有
100BASE-LX10	100 Mbit/s 光纤	58, 66	4B/5B	有
100BASE-T2	100 Mbit/s TP 铜线	32	PAM-5	无 (注1)
100BASE-T4	100 Mbit/s TP 铜线	23	8B6T	无 (注1)
100BASE-TX	100 Mbit/s TP 铜线	24, 25	MLT-3	有
1000BASE-BX10	1 Gbit/s bidi 光纤	59, 66	8B/10B	有

表 III.1 – 可用于同步以太网的以太网接口清单

PHY	描述	[IEEE 802.3] 条款	编码	同步以太网能力
1000BASE-CX	1 Gbit/s屏蔽双导线馈电线	39	8B/10B	有
1000BASE-KX	1 Gbit/s 背板	70	8B/10B	有
1000BASE-LX	1 Gbit/s 光纤	38	8B/10B	有
1000BASE-PX	1 Gbit/s PON	38	8B/10B	单向
1000BASE-SX	1 Gbit/s 光纤	38	8B/10B	有
1000BASE-T	1 Gbit/s TP 铜线	40	4D-PAM5	单向 (注2)
<i>10BROAD36</i>	<i>10 Mbit/s</i> 同轴电缆	<i>11</i>	<i>BPSK</i>	无 (注1)
10GBASE-CX4	10 Gbit/s 4x 屏蔽双导线馈电线	54	8B/10B	有
10GBASE-ER	10 Gbit/s 光纤	49, 52	64B/66B	有
10GBASE-EW	10 Gbit/s 光纤	50, 52	64B/66B	有
10GBASE-KR	10 Gbit/s 背板	72	64B/66B	有
10GBASE-KX4	10 Gbit/s 4x背板	71	8B/10B	有
10GBASE-LR	10 Gbit/s 光纤	49, 52	64B/66B	有
10GBASE-LRM	10 Gbit/s光纤	68	64B/66B	有
10GBASE-LW	10 Gbit/s光纤	50, 52	64B/66B	有
10GBASE-LX4	10 Gbit/s 4λ光纤	50, 52	8B/10B	有
10GBASE-SR	10 Gbit/s光纤	49, 52	64B/66B	有
10GBASE-SW	10 Gbit/s光纤	50, 52	64B/66B	有
10GBASE-T	10 Gbit/s TP 铜线	55	DSQ-128	有 (注3)
10PASS-TS	>10 Mbit/s DSL	61, 62	DMT	无
<i>1BASE-5</i>	<i>1 Mbit/s TP</i> 铜线	<i>12</i>	<i>Manchester</i>	无 (注1)
2BASE-TL	>2 Mbit/s DSL	61, 63	PAM	无
10/1GBASE-PR	10 Gbit/s/1 Gbit/s PON	76	64B/66B/8B/10B	单向
10GBASE-PR	10 Gbit/s PON	76	64B/66B	单向
40GBASE-KR4	40 Gbit/s 4x 背板	84	64B/66B	有
40GBASE-CR4	40 Gbit/s 4x屏蔽双导线馈电线	85	64B/66B	有

表 III.1 – 可用于同步以太网的以太网接口清单

PHY	描述	[IEEE 802.3] 条款	编码	同步以太网 能力
40GBASE-SR4	40 Gbit/s 4x 光纤	86	64B/66B	有
40GBASE-LR4	40 Gbit/s 4λ 光纤	87	64B/66B	有
100GBASE- CR10	100 Gbit/s 10x屏蔽双导线馈 电线	85	64B/66B	有
100GBASE- SR10	100 Gbit/s 10x 光纤	86	64B/66B	有
100GBASE-LR4	100 Gbit/s 4λ 光纤	88	64B/66B	有
100GBASE-ER4	100 Gbit/s 4λ 光纤	88	64B/66B	有

注 1 – 这些行（楷体）是不建议的。

注 2 – 噪声传递不在环路定时接口上测量。

注 3 – 10GBASE-T可支持双主或主/从时钟（例如：单向同步以太网）。



## 附录IV

### 与经由1000BASE-T和10GBASE-T的 同步以太网相关的注意事项

(本附录不是本建议书的组成部分)

同步以太网要求根据网络同步方案配置相关的网元同步参数（例如：选择作为候选同步参考的链路，优先）。

以下讨论聚焦于1000BASE-T和10GBASE-T，因为对于这些接口，由于[IEEE 802.3]规定的主-从关系配置，定时方向可能变得与网络同步方案不兼容。

注 – 以下适用于单向（从同步的观点来看）接口。对定时链可能需要逆变的环中的链路施用类似的规则有待进一步研究。

下文使用的约定如下：

- 主/从时钟：IEEE 802.3或从状态
- 同步主/从：ITU-T G.8264同步定时链主或从状态

为了使经由1000BASE-T和10GBASE-T链路的SyncE获得正确设置，以太网PHY可采用手动配置或通过自动协商配置。

若采取手动配置，运营商必须注意根据网络同步方案正确配置PHY端口时钟的主/从设置，这样同步从属的候选即为子钟，同步主端口即为主钟。手动配置如果使用不当可能会导致故障以及之后至设备的通话连接丢失。

举例来说，如果由于错误地将两个端点都强制设定为主钟会造成配置故障（见[IEEE 802.3]配置解决方案表中的表40-5 – 1000BASE-T MASTER-SLAVE）。

若采用自动协商，则可通过网元防止出现之前的潜在问题，就可以避免链路无法工作的结果。

注 – 在这一情况下，即便PHY端口并不是根据网络同步方案配置，自动协商可能无法使网络同步启动（无迹象显示这类定时差异），但这并不会危害以太网通话启动的可能性，可采取后续步骤来纠正PHY端口设置。

下文描述了当使用自动协商时可遵循的可能的步骤顺序。

注 – 假设这些同步以太网接口是按同步操作模式配置的：

1. 所有1000BASE-T 和10GBASE-T端口必须允许自动协商。
2. 启用自动协商：
  - 对于1000BASE-T，所有端口都应配置为Bit 9.12 = 0（自动协商 – 非强制）。若有一个端口涉及网络同步方案，作为主同步的端口必须配置为Bit 9.10 = 1（[IEEE 802.3]的表40-3），而作为从同步的端口必须配置为Bit 9.10 = 0。如果无法获得关于网络同步方案的详细信息，两个端口必须配置为Bit 9.10 = 1。根据[IEEE 802.3]的表40-5进行该配置（“有更高SEED值的设备被配置为主设备，否则为从设备”）。当可获得网络同步方案的详细信息时，将配置为Bit 9.10 = 1的端口作为首选默认状态，这样只对同步从侧的Bit 9.10进行修改（通常是在下游数据路径（见以下第4点））。

注- 将要求仅对同步主侧的Bit 9.10进行修改的bit 9.10 = 0端口作为首选默认状态可获得类似的结果。本建议书建议采用更易于互操作的默认配置。

- 对于10GBASE-T，所有端口应被配置为Bit U11= 0（见[IEEE 802.3]表55-11）。若有一个端口涉及网络同步方案，作为同步主端口的端口必须配置为Bit U13 = 1（多端口设备见[IEEE 802.3]表55-11），最为同步从端口的端口必须被配置为U13 = 0（单端口设备见[IEEE 802.3]表55-11）。若无法获得关于网络同步方案的详细信息，两个端口应被配置为Bit U13 = 1。

当可获得网络同步方案的详细信息时，将配置为bit U13 =1的端口作为首选默认状态，这样只对同步从端的Bit U13进行修改（通常是在下游数据路径（见以下第4点））

注 -要求仅对同步主侧的Bit U13进行修改的U13 = 0端口作为首选默认状态可获得类似的结果。本建议书建议采用更易于互操作的默认配置。

3. 应在完成1000BASE-T或10GBASE-T端口的主/从时钟设置完成后根据网络同步方案对节点的网络同步参数进行配置并检查。此时，从时钟节点上的链接可被配置为同步候选（如网络同步方案提出该要求的话）。
4. 若网络同步方案只有在主/从时钟配置过程完成后才可获得，且如果1000BASE-T或10GBASE-T端口并非从时钟，但根据网络同步方案（“同步从时钟”）应为从时钟候选，则该端口应通过[IEEE 802.3]表40-3 (1000BASE-T)和表55-11 (10GBASE-T)规定的工具启动时钟方向变更。尤其是：

- 对于该端口，在1000BASE-T的情况下， Bit 9.10 = 0
- 对于该端口，在10GBASE-T的情况下， Bit U13 = 0

注1 - 对于IEEE 802.3自动协商的参数的任何变更都会强制对接口进行重置，导致一定时间的连接故障（变量最多达数秒）。

注2 - 当未能正确遵循这些步骤时（例如，一些节点已被手动配置），可能需要一个特定警报以便通知运营商采取必要措施。

## 附录V

### 测量EEC-选项2时钟的噪声传递时的注意事项

(本附录不是本建议书的组成部分)

EEC时钟的噪声传递通常作为二阶系统运行。影响网络飘动累积的主要参数是传递带宽和许可的增益峰值。

方案2网络噪声传递的一个普遍方法涉及TDEV测量的使用。由于采用一个符合TDEV网络限值的信号来测量时钟容限，测量输出TDEV可指示由时钟提供的滤波。需要进行一些补偿来容纳增益峰值。对于EEC-方案2，输出TDEV被增加约2%以反映适当增益。

当参考信号处于本建议书图8规定的TDEV容限掩模提供的噪声水平时，输出TDEV应不得超过图11所示的掩模。

时钟的带宽近似于3秒观测时间可观测到的断点。时钟带宽和TDEV的近似关系的详细信息见[ITU-T G.812]附录I。

注意，根据[b-ITU-T O.174]，如果使用该方法来验证传递特性，可能需要考虑测量误差的附加来源。根据[b-ITU-T O.174]，测量设备的TDEV噪声生成精度的要求仅为20%；因此，在测量时钟的传递功能之前必须对噪声幅度仔细定标。

在一些情况下，正如指定给方案1时钟的一样，使用应用于输入且在输出时测量的正弦信号也许适用于确定时钟的传递特征。考虑到测试下的设备允许的传递增益仅为2%，必须注意测试方法和测量设备的精确度。本方法的规格有待进一步研究。

EEC-方案2时钟的输出TDEV噪声传递掩模见表13。合成TDEV见图11掩模。

## 参考资料

- [b-ITU-T G.783] ITU-T G.783 (2006)号建议书，同步数字系列（SDH）设备功能块的特性。
- [b-ITU-T G.801] ITU-T G.801 (1988)号建议书，数字传输模型。
- [b-ITU-T G.822] ITU-T G.822 (1988)号建议书，国际数字连接的受控滑动率指标。
- [b-ITU-T G.823] ITU-T G.823 (2000)号建议书，基于2048 kbit/s体系的数字网中抖动和漂动的控制。
- [b-ITU-T G.824] ITU-T G.824 (2000)号建议书，基于1544 kbit/s体系的数字网中抖动和漂动的控制。
- [b-ITU-T G.8010] ITU-T G.8010/Y.1306 (2004)号建议书，以太网层网络结构。
- [b-ITU-T O.174] ITU-T O.174 (2009)号建议书，基于同步以太网技术的数字系统的抖动和漂移测量设备。
- [b-ITU-T Q.551] ITU-T Q.551 (2002)号建议书，数字交换机的传输特性。

ITU-T Y系列建议书  
全球信息基础设施、互联网的协议问题和下一代网络

全球信息基础设施	
概要	Y.100–Y.199
业务、应用和中间件	Y.200–Y.299
网络方面	Y.300–Y.399
接口和协议	Y.400–Y.499
编号、寻址和命名	Y.500–Y.599
运营、管理和维护	Y.600–Y.699
安全	Y.700–Y.799
性能	Y.800–Y.899
互联网的协议问题	
概要	Y.1000–Y.1099
业务和应用	Y.1100–Y.1199
体系、接入、网络能力和资源管理	Y.1200–Y.1299
<b>传输</b>	<b>Y.1300–Y.1399</b>
互通	Y.1400–Y.1499
服务质量和网络性能	Y.1500–Y.1599
信令	Y.1600–Y.1699
运营、管理和维护	Y.1700–Y.1799
计费	Y.1800–Y.1899
运行于NGN的IPTV	Y.1900–Y.1999
下一代网络	
框架和功能体系模型	Y.2000–Y.2099
服务质量和性能	Y.2100–Y.2199
业务方面：业务能力和业务体系	Y.2200–Y.2249
业务方面：NGN中业务和网络的互操作性	Y.2250–Y.2299
编号、命名和寻址	Y.2300–Y.2399
网络管理	Y.2400–Y.2499
网络控制体系和协议	Y.2500–Y.2599
智能泛在网络	Y.2600–Y.2699
安全	Y.2700–Y.2799
通用移动性	Y.2800–Y.2899
电信级开放环境	Y.2900–Y.2999
未来网络	Y.3000–Y.3099

如果需要进一步了解细目，请查阅ITU-T建议书清单。

## ITU-T 系列建议书

A系列	ITU-T工作的组织
D系列	一般资费原则
E系列	综合网络运行、电话业务、业务运行和人为因素
F系列	非话电信业务
<b>G系列</b>	<b>传输系统和媒质、数字系统和网络</b>
H系列	视听及多媒质系统
I系列	综合业务数字网
J系列	有线网络和电视、声音节目及其他多媒质信号的传输
K系列	干扰的防护
L系列	电缆和外部设备其他组件的结构、安装和保护
M系列	电信管理，包括TMN和网络维护
N系列	维护：国际声音节目和电视传输电路
O系列	测量设备的技术规范
P系列	终端和主观与客观评估方法
Q系列	交换和信令
R系列	电报传输
S系列	电报业务终端设备
T系列	远程信息处理业务的终端设备
U系列	电报交换
V系列	电话网上的数据通信
X系列	数据网、开放系统通信和安全性
<b>Y系列</b>	<b>全球信息基础设施、互联网的协议问题和下一代网络</b>
Z系列	用于电信系统的语言和一般软件问题