

国际电信联盟

ITU-T

国际电信联盟
电信标准化部门

O.172

(04/2005)

O系列：测量设备技术规程

数字和模拟/数字参数的测量设备

同步数字系列（SDH）数字系统的抖动和
漂移测量设备

ITU-T O.172建议书

ITU-T



国际电信联盟

ITU-T O系列建议书
测量设备技术规程

概述	O.1-O.9
维护入口	O.10-O.19
自动和半自动测量系统	O.20-O.39
模拟参数的测量设备	O.40-O.129
数字和模拟/数字参数的测量设备	O.130-O.199
光信道参数的测量设备	O.200-O.209

欲了解更详细信息，请查阅ITU-T建议书目录。

ITU-T O.172建议书

同步数字系列（SDH）数字系统的抖动和漂移测量设备

摘 要

本建议书对用于基于SDH的数字系统中产生和测量漂移的仪器制定了规范。本建议书提出了SDH线路接口和工作于PDH比特率的SDH支路接口的测量要求。

本建议书规定的对抖动和漂移测量设备特性的要求是必须遵循的，以保证不同生产厂商所生产的设备之间测量结果的一致性。

来 源

ITU-T第4研究组（2005-2008）按照ITU-T A.8建议书规定的程序，于2005年4月13日批准了ITU-T O.172建议书。

关键词

输入抖动容限、输入漂移容限、抖动产生、抖动测量、抖动转移函数、输出抖动、输出漂移、相位瞬变、指针抖动、指针序列产生、漂移产生、漂移测量、漂移噪声转移

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

本建议书为简要而使用的“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”等其他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他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，这可能不是最新信息，因此大力提倡他们查询电信标准化局（TSB）的专利数据库。

© 国际电联 2005

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
1 范围	1
2 参考文献	1
2.1 规范性参考文献	1
2.2 资料性参考文献	2
3 定义	2
4 缩写	3
5 约定	3
6 功能框图	4
7 接口	4
7.1 光接口	4
7.2 电接口	5
7.3 外参考时钟输入	5
7.4 输入接口灵敏度	5
8 抖动/漂移发生功能	5
8.1 调制源	5
8.2 时钟发生器	6
8.3 数字测试图发生器	6
8.4 指针序列发生器	7
8.5 抖动/漂移产生的最低能力	8
8.6 产生的精度	9
9 抖动测量功能	11
9.1 参考定时信号	11
9.2 测量能力	11
9.3 测量带宽	13
9.4 测量精确度	15
9.5 抖动转移测量精确度	18
9.6 附属设备	18
10 漂移测量功能	18
10.1 参考定时信号	18
10.2 TIE (时间间隔误差) 的测量	18
10.3 瞬时 TIE (时间间隔误差) 的测量	19
10.4 MTIE (最大时间间隔误差) 的测量	20
10.5 TDEV (时间偏差) 的测量	22
10.6 频率偏移的测量	23
10.7 频率漂移率的测量	24
11 TDEV 漂移噪声产生功能	26

	页
12 MTIE 漂移噪声产生功能	26
13 工作环境	26
附件 A — 用于抖动测量的结构测试信号	27
A.1 引言	27
A.2 用于 STM-N 信号的测试信号结构	27
A.3 用于级联的 STM-N 信号的测试信号结构	28
附件 B — 频带受限的峰—峰相位斜率误差的定义	29
附件 C — TDEV 漂移噪声的 MTIE 上限	30
附录 I — SDH 系统抖动测量指南	32
附录 II — SDH 系统漂移测量指南	33
II.1 漂移测量	33
II.2 时钟稳定度测量	34
附录 III — 产生指针测试序列的准则	35
附录 IV — 抖动测量功能的总频率响应	36
IV.1 引言	36
IV.2 测量滤波器的参数	36
IV.3 高通测量滤波器频率响应的模板限值	37
附录 V — 计算 MTIE 和 TDEV 的算法的验证	38
V.1 TIE 噪声源的功能描述	38
V.2 TIE 噪声发生器的第 1 个例子	38
V.3 TIE 噪声发生器的第 2 个例子	39
附录 VI — MTIE 产生的估计	39
附录 VII — 验证测试结果准确度和固有的固定误差的方法	43
VII.1 验证方法的描述和应用	43
VII.2 系统实施方案	43
VII.3 结果和解释	45
附录 VIII — 表征发射固有抖动的方法	47
VIII.1 验证的描述和应用	47
VIII.2 方法	47
VIII.3 诊断测试图	50
VIII.4 由概率分布函数计算峰—峰值	51

引言

大量ITU-T建议书用抖动和漂移参数来规范SDH网络和SDH网络设备元的定时和同步的性能。本建议书规定了抖动/漂移测量设备的各种特性。这些特性是支持这些ITU-T建议书的要求和完成其他测试和测量任务所必需的。

为了保证与有关的SDH网络和设备的测量要求最大限度地兼容，同时保持与相关的ITU-T O.171建议书[18]的PDH测试设备的要求尽可能后向兼容的条件下制定了本建议书。

ITU-T 建议书 O.172

同步数字系列（SDH）数字系统的抖动和 漂移测量设备

1 范围

本建议书规定了用来产生和测量基于同步数字系列（SDH）的数字系统中的定时抖动和同步漂移的测量仪器的要求。

本建议书对测量以PDH比特率工作的SDH各支路的要求也做了规定。

原理上，该测量仪器由抖动/漂移测量功能模块和抖动/漂移发生功能模块组成。

测量可以在SDH系统的物理层上完成。对于某些类型的测量，可能还需要比特差错率测试装置。它可能是同一仪器的一部分或者它可能是一个物理上独立的实体。

ITU-T O.171建议书[18]规定了用于产生和测量基于准同步数字系列（PDH）的数字系统的抖动和漂移的测量仪器的要求。

建议本建议书应该与ITU-T G.783建议书[6]、G.812建议书[9]、G.813建议书[10]、G.825建议书[13]和G.798建议书[15]结合起来阅读。

2 参考文献

2.1 规范性参考文献

下列ITU-T建议书和其他文献的条款，通过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都面临修订，使用本建议书的各方应探讨使用下列建议书和其他参考文献最新版本的可能性。当前有效的ITU-T建议书的清单定期出版。本建议书引用的某个独立文件，并非确定该文件具备建议书的地位。

- [1] ITU-T Recommendation G.691 (2003), *Optical interfaces for single channel STM-64 and other SDH systems with optical amplifiers.*
- [2] ITU-T Recommendation G.693 (2005), *Optical interfaces for intra-office systems.*
- [3] ITU-T Recommendation G.703 (2001), *Physical/electrical characteristics of hierarchical digital interfaces.*
- [4] ITU-T Recommendation G.707/Y.1322 (2003), *Network node interface for the synchronous digital hierarchy (SDH).*
- [5] ITU-T Recommendation G.772 (1993), *Protected monitoring points provided on digital transmission systems.*
- [6] ITU-T Recommendation G.783 (2004), *Characteristics of synchronous digital hierarchy (SDH) equipment functional blocks.*
- [7] ITU-T Recommendation G.810 (1996), *Definitions and terminology for synchronization networks.*
- [8] ITU-T Recommendation G.811 (1997), *Timing characteristics of primary reference clocks.*

- [9] ITU-T Recommendation G.812 (2004), *Timing requirements of slave clocks suitable for use as node clocks in synchronization networks.*
- [10] ITU-T Recommendation G.813 (2003), *Timing characteristics of SDH equipment slave clocks (SEC).*
- [11] ITU-T Recommendation G.823 (2000), *The control of jitter and wander within digital networks which are based on the 2048 kbit/s hierarchy.*
- [12] ITU-T Recommendation G.824 (2000), *The control of jitter and wander within digital networks which are based on the 1544 kbit/s hierarchy.*
- [13] ITU-T Recommendation G.825 (2000), *The control of jitter and wander within digital networks which are based on the synchronous digital hierarchy (SDH).*
- [14] ITU-T Recommendation G.957 (1999), *Optical interfaces for equipments and systems relating to the synchronous digital hierarchy.*
- [15] ITU-T Recommendation G.798 (2004), *Characteristics of optical transport network hierarchy equipment functional blocks.*
- [16] ITU-T Recommendation O.3 (1992), *Climatic conditions and relevant tests for measuring equipment.*
- [17] ITU-T Recommendation O.150 (1996), *General requirements for instrumentation for performance measurements on digital transmission equipment.*
- [18] ITU-T Recommendation O.171 (1997), *Timing jitter and wander measuring equipment for digital systems which are based on the plesiochronous digital hierarchy (PDH).*
- [19] ITU-T Recommendation O.181 (2002), *Equipment to assess error performance on STM-N interfaces.*
- [20] ITU-R Recommendation F.750-4 (2000), *Architectures and functional aspects of radio-relay systems for synchronous digital hierarchy (SDH)-based networks.*

2.2 资料性参考文献

- [21] ANSI T1.105.03-2003, *Synchronous Optical Network (SONET) – Jitter and Wander at Network and Equipment Interfaces**.
- [22] ANSI T1.105.06-2002, *Synchronous Optical Network (SONET): Physical Layer Specifications.**

3 定义

就本建议书而言，下列定义适用（参看ITU-T G.810建议书[7]）：

3.1 (timing) jitter (定时) 抖动：数字信号的有效瞬间偏离其时间的理想位置的短期变化（这里“短期”的含义是这些变化的频率大于或等于10 Hz）。

3.2 wander 漂移：数字信号的有效瞬间偏离其时间的理想位置的长期变化（这里“长期”的含义是这些变化的频率小于10 Hz）。

3.3 time interval error (function) 时间间隔误差（函数）：按时钟所提供的时间间隔的测量值与按标准时钟所提供的该同一时间间隔的测量值之间的差值。

* 自2003年11月起ATIS保留T1标准。

注意到ITU-T G.810建议书[7]已经规定了在有关定时和同步的各建议书中所使用的补充定义和缩写可能是有益的。它也提供了有关对数字系统的相位变化和损伤加以限制的必要性的一些背景资料。

4 缩写

本建议书采用下列缩写：

AU-n	第n级管理单元
CMI	传号翻转码
MTIE	最大时间间隔误差
NRZ	非归零码
PDH	准同步数字系列
PJE	指针调整事件
PLL	锁相环
PPm	百万分之一
PRBS	伪随机二进制序列
RMS	均方根
SDH	同步数字系列
STM-N	第N级同步传送模块
TDEV	时间偏移
TIE	时间间隔误差
TSS	测试信号结构
TU-m	第m级支路单元
UI	单位间隔
UIpp	单位间隔（峰—峰值）

5 约定

就本建议书而言，采用下列约定：

- a) 所用的特定接口信号用它们标准化的信号格式（如STM-1）来表示或者用它们的比特率（如139 264 kbit/s）来表示。认为SDH接口的默认物理格式是光接口，而PDH接口的默认物理格式是电接口。
- b) 在本建议书中，专门用SDH电接口形式的场合，该接口应该标上“e”字，例如STM-1e（也参见第7条）。
- c) 所用的特定接口信号可以分类成SDH线路接口或SDH支路接口。在本建议书中，SDH线路接口是指支持STM-N信号的接口，而SDH支路接口是指支持以PDH比特率工作的信号的接口。

6 功能框图

图1以通用的形式表示了该仪器的框图，它确定了本建议书中所关注的主要功能。该图并非描述具体的实施方案。

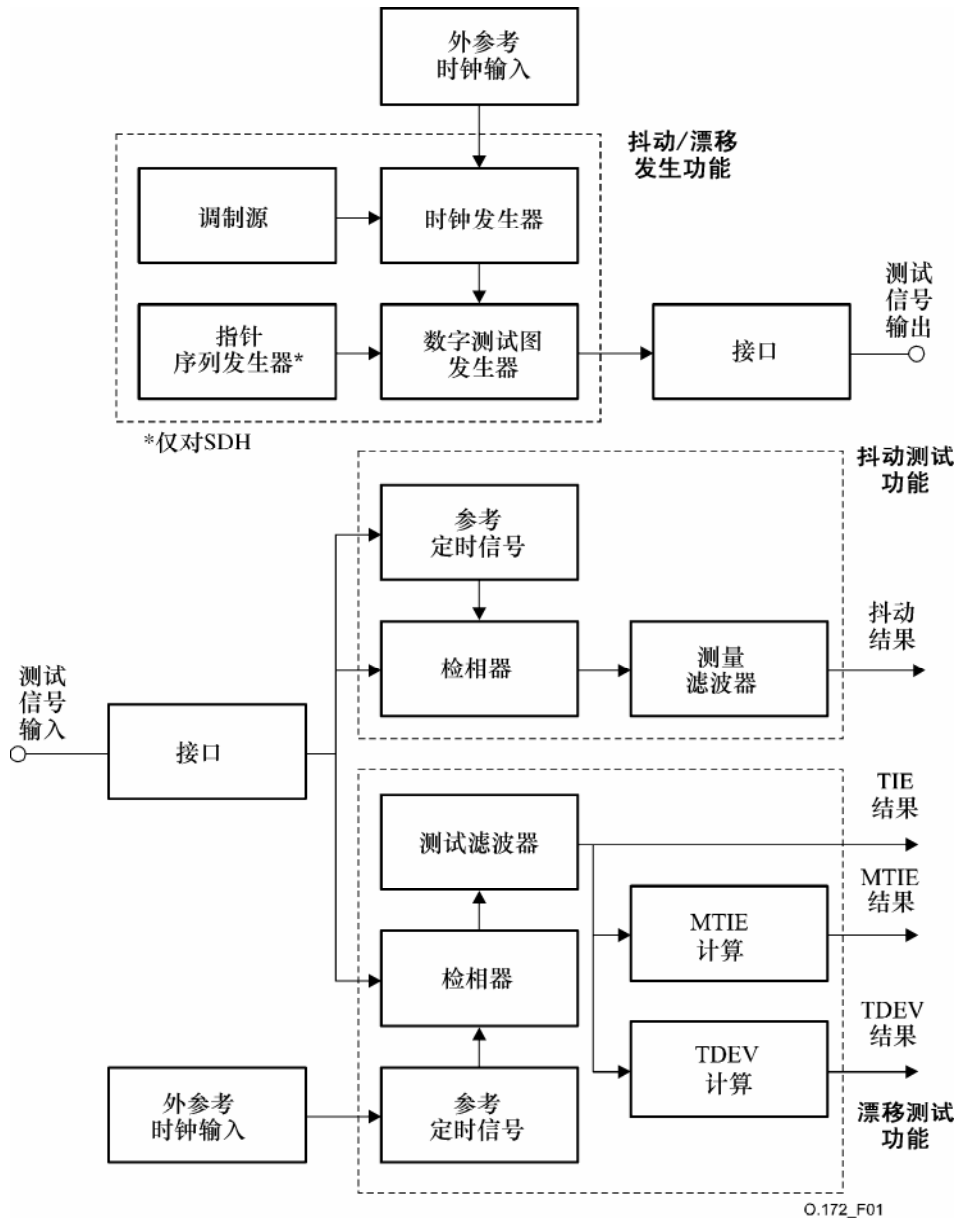


图 1/O.172—抖动和漂移测试设备功能框图

7 接口

7.1 光接口

本仪器应该按ITU-T G.957建议书[14]和G.691建议书[1]以及ANSI T1.105.06[22]（对51 840 kbit/s接口）的相应条款的规定，可以在一个或多个下列比特率和相应的光接口特性上进行工作。

- STM-0 51 840 kbit/s
- STM-1 155 520 kbit/s
- STM-4 622 080 kbit/s

- STM-16 2 488 320 kbit/s
- STM-64 9 953 280 kbit/s
- STM-256 39 813 120 kbit/s

7.2 电接口

本仪器应该能按ITU-T G.703建议书[3]以及ITU-R F.750-4建议书[20]（对51 840 kbit/s电接口）的相应条款的规定，以一个或多个下列比特率和相应的电接口特性进行工作。然而，对所有比特率而言，加到抖动/漂移测试电路输入端的信号应该是标称矩形脉冲。其他信号形状可能会产生符号间干扰——这种干扰无法用简单的线路均衡来进行校正——所以要影响测量精度。

- 1 544 kbit/s
- 2 048 kbit/s
- 6 312 kbit/s
- 34 368 kbit/s
- 44 736 kbit/s
- 51 840 kbit/s STM-0e
- 139 264 kbit/s
- 155 520 kbit/s STM-1e

抖动/漂移测试功能块输入端和抖动/漂移发生功能块输出端的回波损耗应该符合ITU-T G.703建议书[3]的相应条款的规定。

作为一个可选项，当数字设备上提供了这样的时钟输出端口接入时，抖动/漂移测试功能块应该能测试时钟输出端口的抖动/漂移。

7.3 外参考时钟输入

测试设备应该接受比特率为1 544 kbit/s或2 048 kbit/s的数据信号作为参考时钟。若可以接受2 048 kbit/s，则该设备也应该接受2 048 kHz的时钟信号作为参考时钟。时钟信号的特性应该符合ITU-T G.703建议书[3]。

7.4 输入接口灵敏度

要求抖动/漂移测试功能块在下列输入条件下可以满意地工作：

- a) ITU-T G.957建议书[14]和G.691[1]所规定的设备光接口的规范；
- b) ITU-T G.703建议书[3]所规定的设备电接口规范；
- c) ITU-T G.772建议书[5]所规定的保护监测点。

8 抖动/漂移发生功能

可以用加抖动的、加漂移的或没有加抖动/漂移的数字信号来进行数字设备的测试。这将需要图1中所示的数字测试图发生器、时钟发生器和调制源。

8.1 调制源

为了完成符合相关建议的各项测试所需要的调制源可以装在时钟发生器和/或数字测试图发生器内，或者它可以单独提供。在本建议书中，规定调制源是正弦信号。

然而，对于某些测试项目，可能需要其他激励振荡器。

8.2 时钟发生器

应该可以从调制源对时钟发生器进行相位调制并且指示出已调制信号的峰—峰相位偏移。所产生的抖动/漂移的峰—峰值和调制频率应该满足表3和图3规定的最低要求。

若提供了已调时钟信号和/或外定时参考信号的输出接口，则最小幅度应该为1 V峰—峰值（75Ω）或0.25 V峰—峰值（50Ω）。

8.2.1 时钟发生器的精确度

内时钟信号相对于它的标称值的频率偏差应该小于±4.6 ppm。

作为可选项，时钟发生器可提供的频率偏差调整范围应该足够大，以便于在整个被测设备的时钟容差范围内进行测试，例如按照ITU-T G.703建议书[3]和G.813建议书[10]中对不同比特率的规定，时钟容差范围为±10 ppm到±100 ppm。

应该有可能将发生器功能块锁相到任意精度的外参考时钟源上，也请参阅7.3。

8.3 数字测试图发生器

抖动/漂移测试功能块通常要与任一提供以下功能的相配的数字测试图发生器结合在一起使用。

8.3.1 数字测试图

在STM-N比特率上使用时，数字测试信号发生器应该能提供一个或多个下列信号：

- a) 符合ITU-T G.707建议书/Y.1322建议书[4]的成帧的SDH信号；
- b) 符合ITU-T O.181建议书[19]的各种结构测试信号，取决于所要测试的网元的类型；
- c) 附件A所定义的结构测试信号。

8.3.2 SDH支路信号的数字测试图

测试序列发生器应该能提供如下信号：

用于2 048 kbit/s，6 312 kbit/s和44 736 kbit/s比特率的符合5.3/O.150[17]的长度为 $2^{15}-1$ 的伪随机测试序列。

用于1 544 kbit/s，6 312 kbit/s和44 736 kbit/s比特率的符合5.5/O.150[17]的长度为 $2^{20}-1$ 的伪随机测试序列。

用于34 368 kbit/s和139 264 kbit/s比特率上的符合5.6/O.150[17]的长度为 $2^{23}-1$ 的伪随机测试序列。

用于所有比特率上的10001000重复测试序列。

可用于所有比特率的可选项为：

- a) 两个可自由编程的能以低速率（如从10 Hz到100 Hz）交替的8比特测试序列；
- b) 自由可编程的16比特测试序列。

8.4 指针序列发生器

为了测试指针调整事件（PJE）对SDH失步设备的影响，数字测试图发生器应该能够根据ITU-T G.783建议书[6]的相应条款，产生完整的指针调整测试序列。

可选项是该设备可以提供附加的PJE控制功能，以便于做进一步的指针抖动测试。

附录III提供了有关测试设备组成和使用指针序列的测试能力的进一步的信息。

8.4.1 指针测试序列发生能力

该设备应该至少能提供可在10/G.783[6]的表1中标有“X”记号的特定SDH支路比特率上使用的整套指针测试序列。

对特定的SDH支路比特率而言，指针调整应该用于AU-n或TU-m指针，如表1所示。指针测试序列的方向或极性应该可在增加指针值或减小指针值之间选择。

应该遵循在15/G.783[6]中规定的测试程序。

表 1/O.172—G.783指针测试序列描述

G.783指针测试序列		SDH支路比特率（kbit/s）和SDH容器					
		1 544	2 048	6 312	34 368	44 736	139 264
ID	描述	TU-11	TU-12	TU-2	TU-3	AU-3	AU-4
a	单指针交替		X	(注)	X		X
b	规则+双指针		X		X		X
c	规则+丢失指针		X		X		X
d	双指针交替				X		X
e	单指针	X				X	
f	突发					X	
g1	周期性 87-3					X	X
g2	周期性 87-3 加上					X	X
g3	周期性 87-3 撤消					X	X
h1	周期性	X				X	
h2	周期性 加上	X				X	
h3	周期性 撤消	X				X	
i	相位瞬变					X	
j1	周期性 26-1	X					
j2	周期性 26-1 加上	X					
j3	周期性 26-1 撤消	X					

注 — 用于 6 312 kbit/s 即 TU-2 的指针测试序列有待进一步研究。

在一测试序列内PJE之间的时间间隔取决于被测的SDH支路的特定的序列和比特率。关于可应用于特定支路比特率的指针序列的精确细节应该参考ITU-T G.783建议书[6]。表2对特定的SDH支路比特率规定了

应该提供了的PJE之间的时间间隔值，并且图2以通用形式对此加以描述。可以将时间间隔T1和T2调整到比表2中列出的最低值更大的数值。

表 2/O.172—G.783指针调整事件之间的时间间隔

时间间隔	SDH支路比特率 (kbit/s)					
	1 544	2 048	6 312	34 368	44 736	139 264
T1 (最小)	30 s	10 s	(注)	10 s	30 s	10 s
T2 (最小)	1 s	750 ms	(注)	(注)	34 ms	(注)
T3	2 ms	2 ms	(注)	(注)	0.5 ms	(注)

注—在 ITU-T G.783 建议书[6]中，数值有待进一步研究。

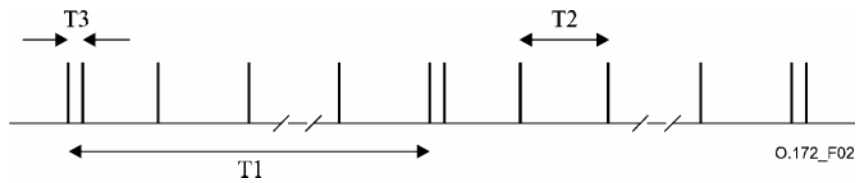


图 2/O.172—说明表1的时间间隔的通用的G.783指针序列

8.5 抖动/漂移产生的最低能力

对SDH线路信号和SDH支路信号而言，抖动/漂移产生功能的幅度/频率特性应该分别满足图3及表3和表3a的最低要求。

表 3/O.172—用于SDH线路信号所产生的可调整的抖动/漂移幅与抖动/漂移频率关系的最小幅度

信号	最小抖动/漂移幅度的峰—峰值 (UIp-p)					抖动/漂移频率分界点 (Hz)									
	A ₀	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	f ₀	f ₁₂	f ₁₁	f ₁₀	f ₉	f ₈	f ₁	f ₂	f ₃	f ₄
STM-0e, STM-0	*	*	20	2	0.2	*	*	*	*	10	30	300	2 k	20 k	400 k
STM-1e, STM-1	3 600	400	50	2	0.2	12 μ	178 μ	1.6 m	15.6 m	125 m	19.3	500	6.5 k	65 k	1.3 M
STM-4	14 400	1 600	200	2	0.2	12 μ	178 μ	1.6 m	15.6 m	125 m	9.65	1 k	25 k	250 k	5 M
STM-16	57 600	6 400	800	2	0.2	12 μ	178 μ	1.6 m	15.6 m	125 m	12.1	5 k	100 k	1 M	20 M
STM-64	230 400	25 600	3 200	2	0.2	12 μ	178 μ	1.6 m	15.6 m	125 m	12.1	20 k	400 k	4 M	80 M
STM-256	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS

注 1 — 标有“*”的值没有做出规定。

注 2 — 数值是根据 ITU-T G.825 建议书[13]的要求。

注 3 — STM-0的值是根据 ANSI 105.03 [21]的要求。

注 4 — FFS 表示该数值有待进一步研究。

表 3a/O.172—用于SDH支路信号所产生的可调整的
抖动/漂移幅度与抖动/漂移频率关系的最小幅度

信号 (kbit/s)	最小抖动/漂移幅度的峰—峰值 (UIp-p)					抖动/漂移频率分界点 (Hz)									
	A ₀	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	f ₀	f ₁₂	f ₁₁	f ₁₀	f ₉	f ₈	f ₁	f ₂	f ₃	f ₄
1 544	40	*	20	10	0.5	12 μ	50 m	*	*	100 m	5	10	400	8 k	40 k
2 048	50	*	30	10	0.5	12 μ	12 m	*	*	20 m	3.3	10	900	18 k	100 k
6 312	150	*	50	10	0.5	12 μ	3 m	*	*	10 m	0.4	2	1600	32 k	60 k
34 368	200	*	50	10	0.5	10 m	50 m	*	*	200 m	20	100	1 000	20 k	800 k
44 736	1 000	*	100	10	0.5	12 μ	11 m	*	*	110 m	2.19	21.9	5 000	100 k	400 k
139 264	800	*	200	10	0.5	10 m	33 m	*	*	130 m	5	100	500	10 k	3 500 k

注 1 — 标有“*”号的值没有规定。
注 2 — 这些要求是根据 ITU-T G.823 建议书[11]和 G.824 建议书[12]的规定。

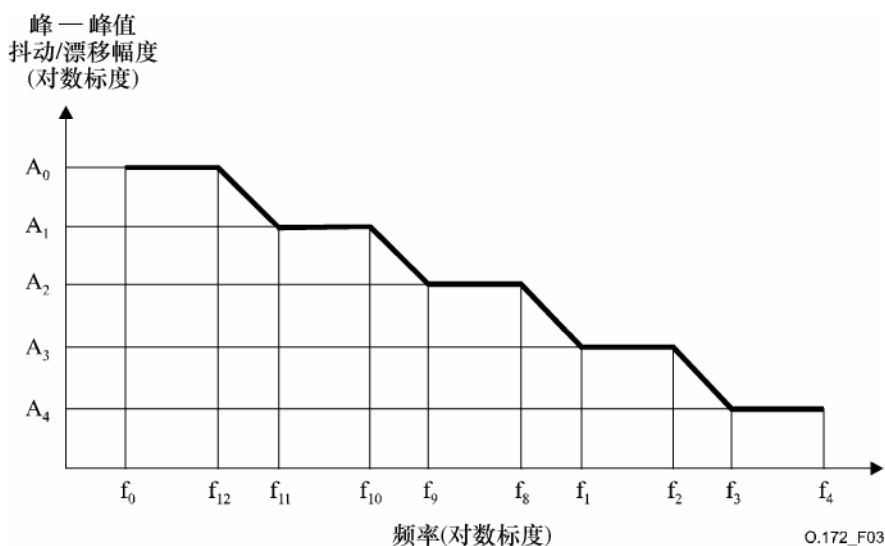


图 3/O.172—通用的抖动/漂移幅度与抖动/漂移频率的关系

8.6 产生的精度

测试信号源应该与抖动/漂移测试功能相协调，方式是使总的测量精确度不会明显劣化。用相应的抖动/漂移测量设备来测量加到被测单元上的抖动/漂移的方法，有可能提高产生的精确度。

抖动/漂移产生功能的产生精确度与几个因素有关，如固定的固有误差，设定的分辨率、失真和频率响应误差。此外，还有实际标定功能的误差。

8.6.1 相位幅度误差

正弦抖动/漂移产生的幅度误差应该小于：

$$\text{标度的 } Q \% \pm 0.02 \text{ UIpp}$$

其中 Q 是可变的误差。对SDH线路信号，在表4中做了规定；而对SDH支路信号，在表4a中做了规定。表4和表4a中所用的频率 f_0 ， f_1 ， f_4 和 f_9 在表3和表3a中做了规定。

注一 本建议书不考虑任何宽频带的固有的抖动/漂移分量。

8.6.2 相位斜率误差

带宽受限的相位斜率误差的峰—峰值（用UI/s表示）应该小于：

$$\frac{(\pm 2.5 \cdot Q\% \text{ of setting} \pm 0.05 \text{ UIpp}) \cdot 2\pi f_m}{\sqrt{1 + (f_m / f_{3dB})^2}}$$

适用范围为：

$$10 \text{ Hz} \leq f_m \leq 2 \cdot f_3$$

其中 f_m 为调制频率， $f_{3dB}=2 \cdot f_3 \pm 10\%$ 是低通滤波器的带宽，SDH线路信号的 f_3 在表3中做了规定，SDH支路信号的 f_3 在表3a中做了规定。而 Q 是可变的误差，SDH线路信号和SDH支路信号的 Q 分别在表4和表4a中做了规定。表4和4a中所用的频率 f_0 ， f_1 ， f_4 和 f_9 在表3和表3a中做了规定。

关于带宽受限的相位斜率误差峰—峰值的定义请参阅附件B。

注一 本建议书包括由于失真而引起的调制谐波（在低通滤波器带宽内），但没有计入任何宽频带的固有抖动/漂移分量。

表 4/O.172—SDH线路抖动/漂移产生的可变误差（ Q ）

信号	误差 Q	频率范围
STM-0e, STM-0	FFS	f_0 至 f_1
	$\pm 8\%$	f_1 至 f_4
STM-1e, STM-1	FFS	f_0 至 f_1
	$\pm 8\%$	f_1 至500 kHz
	$\pm 12\%$	500 kHz至 f_4
STM-4, STM-16, STM-64 STM-256	FFS	f_0 至 f_1
	$\pm 8\%$	f_1 至500 kHz
	$\pm 12\%$	500 kHz至2 MHz
	$\pm 15\%$	2 MHz至 f_4
	FFS	FFS

注一 FFS 表示该值有待进一步研究。

表 4a/O.172—SDH支路抖动/漂移产生的可变误差（ Q ）

信号 (kbit/s)	误差 Q	频率范围
1 544, 2 048, 6 312, 44 736	$\pm 8\%$	f_1 至 f_4
34 368	$\pm 8\%$	f_1 至500 kHz
	$\pm 12\%$	500 kHz至 f_4
139 264	$\pm 8\%$	f_1 至500 kHz
	$\pm 12\%$	500 kHz至2 MHz
	$\pm 15\%$	2 MHz至 f_4

8.6.3 产生功能的固有抖动/漂移

根据表7的规定，在幅度置于零的条件下，在带宽 f_1 - f_4 内测得的抖动/漂移产生功能的固有抖动应该小于下列数值：

0.04UIpp 对于具有附件A所规定的结构的输出信号；或

0.02UIpp 对于时钟信号。

容许的最大固有漂移的规范有待进一步研究。

9 抖动测量功能

9.1 参考定时信号

鉴相器需要参考定时信号。在端到端进行抖动测量的情况下，抖动测量功能可以从输入的数字测试图得到参考定时信号。在环回测试的情况下，可以从适当的时钟源得到参考定时信号。

9.2 测量能力

9.2.1 测量范围

抖动测量功能主要能够测量抖动的峰—峰值。所要提供的测量范围是可选项，但是，由于兼容性的要求，抖动测量功能的抖动幅度/抖动频率特性应该满足图4和为SDH线路信号规定的表5或为SDH支路信号规定的表5a的最低要求。

频率 f_6 到 f_4 规定了要测量的抖动频率范围，测量低于 f_1 的频率范围的能力是可选项。

注— 抖动测量功能要在连续的频率范围 f_6 到 f_4 内工作的要求是可选项。

表 5/O.172—测得的最小抖动与抖动频率关系

信号 (kbit/s)	最小抖动幅度峰—峰值 (UIpp)			抖动频率分界点 (Hz)					
	A_2	A_3	A_4	f_6	f_7	f_1	f_2	f_3	f_4
STM-0e, STM-0	20	2	0.2	10	30	300	2 k	20 k	400 k
STM-1e	50	2	0.1	10	19.3	500	3.25 k	65 k	1.3 M
STM-1	50	2	0.2	10	19.3	500	6.5 k	65 k	1.3 M
STM-4	200	2	0.2	*	10	1 k	25 k	250 k	5 M
STM-16	800	2	0.2	10	12.1	5 k	100 k	1 M	20 M
STM-64	3 200	2	0.2	10	12.1	20 k	400 k	4 M	80 M
STM-256	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS

注1— 标有“*”号的值没有做出规定。
 注2— 该仪表的精确度在频率 f_1 和 f_4 之间做了规定。
 注3— STM-0 的值是根据 ANSI T1.105.03 [21]的要求。

表 5a/O.172—测得的最低抖动幅度与抖动频率的关系

信号 (kbit/s)	最小抖动幅度峰—峰值 (U _{1pp})			抖动频率分界点 (Hz)					
	A ₂	A ₃	A ₄	f ₆	f ₇	f ₁	f ₂	f ₃	f ₄
1 544	*	10	0.5	*	*	10	400	8 k	40 k
2 048	*	10	0.5	*	*	20	900	18 k	100 k
6 312	*	10	0.5	*	*	10	1 600	32 k	60 k
34 368	*	10	0.5	*	*	100	1 000	20 k	800 k
44 736	*	10	0.5	*	*	10	5 000	100 k	400 k
139 264	*	10	0.5	*	*	200	500	10 k	3 500 k

注 1 — 标有“*”号的值没有做出规定。
注 2 — 该仪表的精确度在频率 f₁ 和 f₄ 之间做了规定。

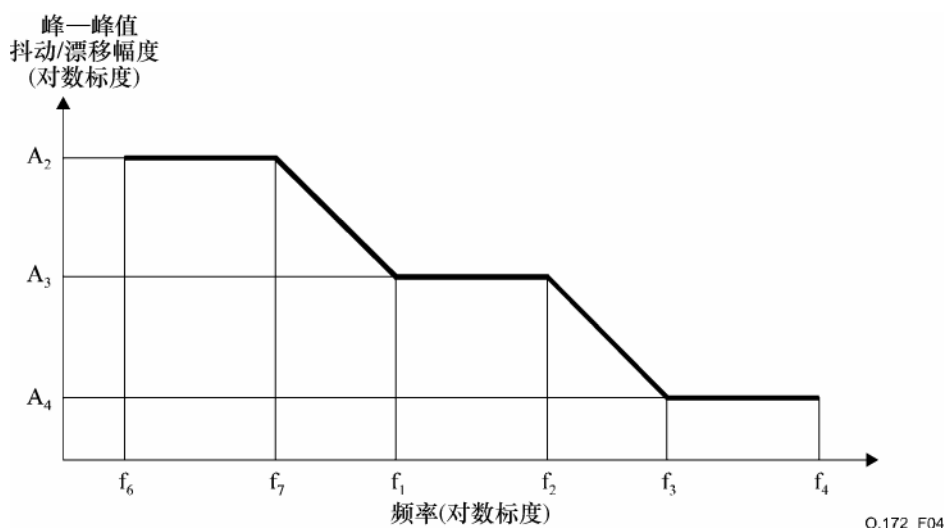


图 4/O.172—测得的抖动幅度与抖动频率的关系

9.2.2 可选的门限

当测试抖动峰—峰值的时候，应该有可能计算抖动超过一给定的门限的事件的次数和持续时间。应该有可能用外部的计数器或内置的计数器（可选）记录这些事件。应该有可能将门限设置在抖动测量功能测量范围内的任一选定的数值上。

9.2.3 抖动均方根值的测量

抖动的均方根值可以由仪器内部来完成或外部用 § 9.5.1 介绍的模拟输出来完成。

9.2.4 SDH支路信号的输入相位容限

测试设备应该根据下面表6的频率/幅度规范，在特定支路比特率处能承受相应的输入正弦相位变化。这些频率/幅度值代表ITU-T G.783建议书[6]中所规定的相应的最坏条件下的指针测试序列。

表 6/O.172—测试SDH支路抖动时测试设备的输入相位容限

比特率 (kbit/s)	输入相位变化	
	幅度 (UIpp)	频率 (Hz)
1 544	17	3.0
2 048	30	0.5
6 312	FFS	FFS
34 368	22	5.0
44 736	60	1.5
139 264	75	1.5

注— FFS 表示该数值有待进一步研究。

在本文中，“容忍”的意思是考虑到所加的测量滤波器可能已经对输入相位变化有衰减后，测试设备必须仍能在本建议书规定的精确度内进行测量。

9.3 测量带宽

为了按相关建议书和其他应用的规定，测量规定的抖动频谱，测量带宽必须加以限制。抖动测量功能块的带宽 f_1 - f_4 或 f_3 - f_4 必须符合SDH线路信号的表7和SDH支路信号的表7a。

表 7/O.172—用于SDH线路信号的抖动测量功能的带宽

信号	抖动测量功能的带宽 (-3 dB截止频率)			
	f_1 (Hz) 高通	f_{12} (Hz) 高通	f_3 (Hz) 高通	f_4 (Hz) 低通
STM-0e, STM-0	100	—	20 k	400 k
STM-1e,	500	—	65 k	1.3 M
STM-1	500	12 k	65 k	1.3 M
STM-4	1 k	12 k	250 k	5 M
STM-16	5 k	12 k	1 M	20 M
STM-64	20 k	—	4 M	80 M
STM-256	80 k	—	16 M	320 M

注 1 — STM-0 值是根据 ANSI T1.105.03[21]的要求。

注 2 — STM-256 的值应该视为暂定值，因为 ITV-T G.825 建议书[13]还没有规定网络的要求。

注 3 — f_{12} 高通滤波器是可选的。

表 7a/O.172—用于SDH支路信号的抖动测量功能的带宽

比特率 [kbit/s]	抖动测量带宽 (-3 dB截止频率)		
	f_1 (Hz) 高通	f_3 (Hz) 高通	f_4 (Hz) 低通
1544	10	8 k	40 k
2048	20	18 k (0.7 k)	100 k
6312	10	3 k	60 k
34 368	100	10 k	800 k
44 736	10	30 k	400 k
139 264	200	10 k	3.5 M

注— 在 2 048 kbit/s 上, f_3 规定了两个数值, 括号内引出的值只能用于某些国内接口的测量。

9.3.1 用于SDH线路信号的抖动测量功能的频率响应。

所有滤波器在通带内的响应是使得能满足抖动测量功能的精确度要求 (参见 § 9.4)。

对所有SDH线路比特率而言, 当使用频率 f_1 , f_3 和 f_4 的测量滤波器时, 下面的各项要求适用于抖动测量功能块:

- 截止频率为 f_1 和 f_3 的高通测量滤波器具有第一阶的特性, 并且衰减滚降斜率为 20 dB/10 倍频程。
- 每一比特率下的标称 f_1 和 f_3 截止频率在表 7 中做了规定, 并且测试滤波器的标称 -3 dB 点应该分别在 $f_1 \pm 10\%$ 和 $f_3 \pm 10\%$ 的频率范围内。
- 截止频率 f_4 的低通测量滤波器具有最大平坦、即 Butterworth 特性, 并且滚降斜率为 -60 dB/10 倍频程。
- 每一比特率的标称 f_4 截止频率在表 7 中做了规定, 并且测量滤波器的 -3 dB 点应该在频率 $f_4 \pm 10\%$ 的范围内。
- 测量滤波器的最大衰减应该至少 60 dB。

这些抖动测量的功能要求是与 ITU-T G.825 建议书 [13] 的要求相一致的。

9.3.2 用于SDH支路信号的抖动测量功能的频率响应

所有滤波器在通带内的响应必须能够满足抖动测量功能的精确度要求 (参见 § 9.4)。

对所有的SDH支路比特率而言, 当使用频率为 f_1 、 f_3 和 f_4 的测量滤波器时, 下面的各项要求适用于抖动测量功能:

- 截止频率为 f_1 或 f_3 的高通测量滤波器具有第一阶的特性, 并且衰减滚降斜率为 20 dB/10 倍频程。
- 每一种比特率下的标称的 f_1 和 f_3 截止频率在表 7a 中做了规定, 并且测量滤波器的标称 -3 dB 点应该分别位于频率 $f_1 \pm 10\%$ 和 $f_3 \pm 10\%$ 范围内。
- 截止频率为 f_4 的低通测量滤波器有最大平坦, 即 Butterworth 特性, 并且比特率为 2 048, 34 368 和 139 264 kbit/s 的情况下, 滚降斜率至少为 -60 dB/10 倍频程, 而比特率为 1 544, 6 312 和 44 736 kbit/s 的情况下, 至少为 -20 dB/10 倍频程。

- d) 每一比特率下的标称 f_4 截止频率在表7a中做了规定，并且测试滤波器的标称-3 dB点应该在频率 $f_4 \pm 10\%$ 的范围内。
- e) 测量滤波器的最大衰减应该至少60 dB。
- f) 此外，当高通滤波器功能是在 f_1 位置时，适用下面的要求。测量滤波器在 f_1 以下的可变误差必须符合表10a对频率 f_1 所做的规定。在滚降斜率可以增加至40 dB/10倍频程的情况下，滤波器的第2个极点允许在低于0.1 Hz的频率上。

这些抖动测量的功能要求与ITU-T G.783建议书[6]，G.823建议书[11]和G.824建议书[12]的要求相一致。

附录IV说明了可以如何将这些滤波器的要求和下面的条款的规范组合成总的抖动测量功能的响应。

9.4 测量精确度

9.4.1 测量结果精确度

抖动测量功能的测量精确度取决于好几个因素，如固定的固有误差，频率响应和内部参考定时电路的与数字测试图案有关的误差。此外，还有一个误差，它与实际读数有关。只要输入信号的频率偏移在ITU-T G.703建议书[3]，G.783建议书[6]，G.813建议书[10]和G.798建议书[15]中为各种比特率所规定的限值以内，频率偏移应该不影响抖动测量的精确度。

规定测量精确度的条件是：对SDH线路信号，使用具有附件A中规定的结构的输入信号，或者对SDH支路信号，使用§8.3.2中的伪随机序列的输入信号，而物理特性为下面两种特性中的任何一种：

- a) 具有标称终接信号电平和没有附加的与频率有关的损耗和符合ITU-T G.703建议书[3]的电信号；或者
- b) 符合ITU-T G.957建议书[14]或G.691建议书[1]并且标称功率在-10 dBm到-12 dBm范围内的光信号。对于STM-64和STM-256，可以容许以更高的输入功率电平工作，但要符合ITU-T G.693建议书[2]中规定的平均发射功率的规定。

总的测量误差应该小于：

$$\text{读数的} \pm R\% \pm W$$

其中 R 是表10或表10a所规定的可变误差，而 W 是表8或表9规定的固定误差。它包含由内部定时提取功能所引入的任何误差。

9.4.2 SDH线路抖动测量的固定误差

对STM-N比特率和所指示的数字信号而言，在所指示的频率范围 f_1-f_4 和 f_3-f_4 内，抖动测量功能的固定误差应该符合表8中所规定的要求。表8中所用的频率 f_1 ， f_3 和 f_4 在表7中做了规定。

表 8/O.172—SDH线路抖动测量的固定误差 (W)

信号	对给定数字信号的最大峰—峰抖动误差 (U _{Ipp})					
	构成的信号			时钟信号		
	f_1 - f_4	f_{12} - f_4	f_3 - f_4	f_1 - f_4	f_{12} - f_4	f_3 - f_4
STM-0e	FFS	—	FFS	FFS	—	FFS
STM-0	0.07	—	0.035	0.05	—	0.03
STM-1e	0.07	—	0.025	0.05	—	0.02
STM-1	0.07	0.035	0.035	0.05	0.03	0.03
STM-4	0.1	0.035	0.035	0.05	0.03	0.03
STM-16	0.1	0.035	0.035	0.05	0.03	0.03
STM-64	0.1	—	0.035	0.05	—	0.03
STM-256	0.15	—	0.05	0.05	—	0.03

注 1 — FFS 表示该数值有待进一步研究。
 注 2 — 附件 A 对构成的数字信号做了规定。
 注 3 — 时钟接口是可选的。
 注 4 — 在 STM-256 上, 指标是将频率范围由 f_1 - f_4 到 f_3 - f_4 内的固定误差 W 减小到 0.1 U_{Ipp} 和 0.035 U_{Ipp}。
 注 5 — f_{12} 高通滤波器是可选的。
 注 6 — 对新的测量设备, 可能适用减小的 STM-16 和 STM-64 固定误差值。

9.4.3 SDH支路抖动测量的固定误差

对支路比特率和所指示的数字信号, 在所表示的频率范围 f_1 - f_4 和 f_3 - f_4 内抖动测量功能的固定误差应该符合表9中所规定的要求。在表9中所用的频率 f_1 , f_3 和 f_4 在表7a中做了规定。

表 9/O.172—SDH支路抖动测量的固定误差 (W)

比特率 (kbit/s)	给定数字信号的最大峰—峰抖动误差 (U _{Ipp})			
	伪随机信号		时钟信号	
	f_1 - f_4	f_3 - f_4	f_1 - f_4	f_3 - f_4
1 544	0.04	0.025	0.015	0.01
2 048	0.04	0.025	0.015	0.01
6 312	0.04	0.025	0.015	0.01
34 368	0.04	0.025	0.03	0.02
44 736	0.04	0.025	0.03	0.02
139 264	0.04	0.025	0.03	0.02

注 1 — 伪随机数字信号在 § 8.3.2 中做了规定。
 注 2 — 时钟接口是可选的。

9.4.4 SDH线路抖动测量的可变误差

SDH线路信号的可变误差应该符合表10中规定的要求。表10中所用的频率 f_1 , f_3 和 f_4 在表7中做了规定。

表 10/O.172—SDH线路抖动测量的可变误差 (R)

信号	误差, R	频率范围
STM-0e, STM-0	FFS	f_1 至 f_4
STM-1e, STM-1	$\pm 7\%$	f_1 至 300 kHz
	$\pm 8\%$	300 kHz 至 1 MHz
	$\pm 10\%$	1 MHz 至 f_4
STM-4	$\pm 7\%$	f_1 至 300 kHz
	$\pm 8\%$	300 kHz 至 1 MHz
	$\pm 10\%$	1 MHz 至 3 MHz
	$\pm 15\%$	3 MHz 至 f_4
STM-16, STM-64, STM-256	$\pm 7\%$	f_1 至 300 kHz
	$\pm 8\%$	300 kHz 至 1 MHz
	$\pm 10\%$	1 MHz 至 3 MHz
	$\pm 15\%$	3 MHz 至 10 MHz
	$\pm 20\%$	10 MHz 至 f_4

9.4.5 SDH支路抖动测量的可变误差 (R)

在 f_1 和 f_4 之间的抖动频率上, SDH支路信号的可变误差R应该符合表10a中规定的要求。表10a中所用的频率 f_1 和 f_4 在表7a中做了规定。

表 10a/O.172—SDH支路抖动测量的可变误差 (R)

比特率 (kbit/s)	误差, R	频率范围
544	$\pm 9\%$	f_1 至 1 kHz
	$\pm 7\%$	1 kHz 至 f_4
2 048	$\pm 7\%$	f_1 至 f_4
6 312	$\pm 9\%$	f_1 至 1 kHz
	$\pm 7\%$	1 kHz 至 f_4
34 368	$\pm 7\%$	f_1 至 300 kHz
	$\pm 8\%$	300 kHz 至 f_4
44 763	$\pm 9\%$	f_1 至 200 Hz
	$\pm 7\%$	200 Hz 至 300 kHz
	$\pm 8\%$	300 kHz 至 f_4
139 264	$\pm 7\%$	f_1 至 300 kHz
	$\pm 8\%$	300 kHz 至 1 MHz
	$\pm 10\%$	1 MHz 至 3 MHz
	$\pm 15\%$	3 MHz 至 f_4

9.4.6 与数字测试信号有关的误差

当用附件A中规定的数字测试信号来进行抖动测量时, 应该满足前一小节所规定的精确度要求。当用其他组成信号、伪随机或随机信号时, 可以预期, 测量误差将更大。考虑了上面规定的测量带宽后, 具有

更多连“0”或连“1”的内容（即更少的信号转变）的信号甚至可能会破坏取样定理，由于理论上的理由，这将使它无法满足所规定的精确度要求。

9.5 抖动转移测量精确度

在ITU-T G.783建议书[6]中的SDH设备抖动转移特性的规范使用了增益—频率模板，以限定最大转移增益（P）和最大转移带宽（ f_C ）。在 f_L 和 f_H 频率上和它们之间的频率范围内，对这一模板做出了规定。抖动转移测量的精确度取决于如下几个因素：抖动发生器的性能的可重复性、抖动测量设备性能的线性和可重复性和测量的噪声本底。在抖动频率 f_m 小于 f_C 的情况下，测量精确度会影响到增益限值P是否已经满足的判断。在抖动频率 f_m 大于 f_C 的情况下，测量精确度会影响到 f_C 以上的带宽限制模板是否不被超过的判断。

在抖动频率范围 $f_L=0.01 \cdot f_C$ 和 $f_H=100 \cdot f_C$ 或 f_4 （若 f_4 小于 $100 \cdot f_C$ ）内，当使用的输入抖动幅度等于可以使用的抖动容限模板时，总的测量误差应该小于下值：

$$\pm 0.05 \text{ dB} \pm 0.12 \cdot g$$

其中 g 是在抖动频率 f_m 上测得的抖动转移增益（dB）。这一测量误差适用于 g 大于或等于-45 dB的情况。在 g 小于-45 dB的情况下，对精确度没有做出规定。

9.6 附属设备

9.6.1 模拟输出

抖动测量功能可能提供一个模拟输出信号。这一信号使得能在外部对抖动测量功能做测量，例如使用示波器或有效值电压表进行测量。

10 漂移测量功能

附录II提供了有关测量漂移的测试设备的进一步的资料。

10.1 参考定时信号

为了测试漂移，应该有可能将该抖动测量功能块锁相于一外部的任意精度的参考时钟源，也可参阅§ 7.3。

10.2 TIE（时间间隔误差）的测量

该仪器应该能够按ITU-T G.810建议书[7]中的规定，测量时间间隔误差（TIE）。TIE是基本的参数，根据它可以计算许多不同的稳定性参数（例如MTIE和TDEV）。

可以把TIE解释为被测信号和参考时钟之间的时间差，通常用纳秒来表示，并且在测试期开始时置于零。所以，TIE给出自测量开始以后定时的变化。

10.2.1 取样间隔

为了计算和评估下面各小节中规定的各种漂移参数，把TIE作为取样参数来处理，因为连续的时间间隔误差资料实际上是无法取得的（参阅ITU-T G.810建议书[7]）。

根据ITU-T G.813建议书[10]和G.812建议书[9]，TIE的最大取样时间 τ_0 应该为

$$1/30 \text{ s}$$

10.2.2 测量带宽

根据ITU-T G.813建议书[10]和G.812建议书[9]，漂移应该通过一个等效10 Hz的第一阶低通测量滤波器进行测量，并且该滤波器有如下特性：

- a) 低通测量滤波器有单阶的特性和滚降斜率为-20 dB/10倍频程。测量滤波器的-3 dB点应该在频率10 Hz $\pm 10\%$ 范围内。
- b) 在1到10 Hz范围内，通带波纹的幅度应该小于 ± 0.2 dB（相对于0.1 Hz处的增益），并且该测量滤波器的最大衰减应该至少30 dB。

10.2.3 测量范围

TIE测量的最小动态范围应该为：

$$\pm 1 \times 10^9 \text{ ns}$$

（例如相当于在200 000秒内或在55小时内，频率偏移为 ± 4.6 ppm）。

10.2.4 测量结果的精确度

漂移测量功能的测量精确度与几个因素有关，如读数的大小、固定的固有误差、频率响应和TIE取样间隔。

对观察时间 τ 内的每一次TIE测量而言，总的TIE测量误差应该小于：

$$\text{测得的TIE值的} \pm 5\% \pm Z_0(\tau)$$

其中 $Z_0(\tau)$ 是基于ITU-T G.811建议书[8]的测量要求，并在表11中做了规定。

表 11/O.172—TIE测量的固定误差 (Z_0)

$Z_0(\tau)$ [ns]	观察时间 τ [s]
$2.5 + 0.0275 \tau$	$0.05 \leq \tau \leq 1\ 000$
$29 + 0.001 \tau$	$\tau > 1\ 000$
注 — 在 1Hz 以上，由于测量滤波器的频率响应，存在一额外的与频率有关的误差项（参阅 § 10.2.2）	

10.3 瞬时TIE（时间间隔误差）的测量

本仪器可能有测量瞬时时间间隔误差（TIE）的能力。按照ITU-T G.783建议书[6]和G.813建议书[10]的规定，瞬时TIE定义为通过一个等效100 Hz的第一阶低通测量滤波器测得的TIE。

瞬时TIE可以用于测量ITU-T G.783建议书[6]中规定的指针调整测量或ITU-T G.812建议书[9]和G.813建议书[10]中规定的时钟相位瞬变。

10.3.1 取样间隔

根据ITU-T G.783建议书[6]和G.812建议书[9]，瞬时TIE的最大取样时间 τ_o 应为：

$$1/1\ 000\ \text{s}$$

10.3.2 测量带宽

瞬时TIE应该通过一个等效的100 Hz，第一阶，低通测量滤波器来进行测量。该滤波器有如下特性：

- a) 低通测量滤波器有单阶特性和滚降斜率为-20 dB/10倍频程。测量滤波器的-3 dB点应该在频率100 Hz $\pm 10\%$ 的范围内。
- b) 在10到100 Hz频率范围内，通带波纹的幅度应该小于 ± 0.2 dB（相对于1 Hz处的增益），并且测量滤波器的最大衰减应该至少为30 dB。

10.3.3 测量范围

瞬时TIE测量的最小动态范围应该为：

$$\pm 1 \times 10^6\ \text{ns}$$

10.3.4 测量结果精确度

瞬时TIE测量功能的测量精确度与几个因素有关，如读数的大小，固定的固有误差、频率响应和取样间隔。

对于观察时间 τ 内的每一次瞬时TIE的测量，总的测量误差应该小于下列数值：

$$\text{测得的瞬时TIE值的} \pm 5\% \pm Z_9(\tau)$$

其中 $Z_9(\tau)$ 是根据ITU-T G.811建议书[8]的测量要求，并在表12中做了规定。

表 12/O.172—瞬时TIE测量的固定误差 (Z_9)

$Z_9(\tau)$ [ns]	观察时间, τ [s]
$2.5 + 0.0275 \tau$	$0.001 \leq \tau \leq 100$
注 — 由于测量滤波器的频率响应，在 10 Hz 以上，存在一额外的与频率有关的误差项（参阅 § 10.3.2）。	

10.4 MTIE（最大时间间隔误差）的测量

可以提供测量ITU-T G.810建议书[7]中规定的最大时间间隔误差（MTIE）的能力。

MTIE是表征漂移的频率偏移和相位瞬变的一个量度。它是被称为观察时间的参数 τ 的函数。可以把MTIE (τ) 看作是在任何长度 τ 的观察时间内的最大峰—峰TIE。

10.4.1 测量和观察时间的范围

为了支持各个ITU-T建议书的MTIE规范，应该至少有可能在下列观察时间范围内测量MTIE：

- 对 § 10.2中规定的TIE，0.05 s到100 000 s；
- 对 § 10.3中所规定的瞬时TIE，0.001 s至100 s。所计算出的MITE结果的最大范围至少应该为：

$$50\ 000\ \text{ns}$$

(例如，相对于ITU-T G.813建议书[10]中所规定的规范的最大值的10倍)。

注一 MITE (τ) 的最短测量时间T是观察时间 (即 $T=\tau$)。

10.4.2 计算算法的精确度

在某些情况下，实用上，可以把MTIE的计算算法与TIE测量分别开来。在这些情况下，下面的精确度要求适用于该独立的算法。当提供了一套给定的TIE测试数据的情况下，用于计算MTIE所用的算法产生的结果与根据附录II.5/G.810[7]中给定的标准评估公式所计算出的值相比必须在某个误差范围以内。

总的MTIE计算误差应该小于：

$$\text{MTIE的值的}\pm 2\% \pm Z_1(\tau)$$

其中 $Z_1(\tau)$ 在表13中做了规定，而 τ 是观察时间。

表 13/O.172—MTIE计算算法的固定误差 (Z_1)

$Z_1(\tau)$ [ns]	观察时间, τ [s]
$0.5 + 0.0055 \tau$	$0.001 \leq \tau \leq 1000$
$5.8 + 0.0002 \tau$	$\tau > 1000$

注一 这些要求的依据是 ITU-T G.811 建议书[8]的规定。

为了验证独立的MTIE计算算法的精确度，可以使用附录V中所描述的规定的TIE噪声源。

10.4.3 测量结果精确度

总的测量误差 (即包括从TIE测量来的误差和从MTIE计算算法来的误差) 应该小于下列数值：

$$\text{MITE值的}\pm 7\% \pm Z_3(\tau)$$

其中 $Z_3(\tau)$ 在表14中做了规定，而 τ 是观察时间。

表 14/O.172—MTIE测量结果的固定误差 (Z_3)

$Z_3(\tau)$ [ns]	观察时间 τ [s]
$3 + 0.033 \tau$	$0.001 \leq \tau \leq 1\ 000$
$35 + 0.0012 \tau$	$\tau > 1000$

注一 这些要求的依据是 ITU-T G.811 建议书[8]的规定。

10.5 TDEV（时间偏差）的测量

可能提供测量ITU-T G.810建议书[7]中所规定的时间偏差（TDEV）的能力。

TDEV是表征漂动的频谱内容的一个量度。它是称为观察时间的参数 τ 的函数。可以把TDEV（ τ ）看作是经滤波后的TIE的均方根值，其中带通滤波器的中心频率在频率 $0.42/\tau$ 上。

10.5.1 测量和观察时间范围

为了支持不同的ITU-T建议书的TDEV规范，应该至少在下列观察时间范围内能够进行TDEV测试：

从0.05 s至10 000 s

计算的TDEV结果的最大范围应该至少为：

10 000 ns

（例如，相当于ITU-T建议书所规定的规范的最大值的10倍）。

注一 根据ITU-T G.813建议书[10]，G.812建议书[9]和G.811建议书[8]的要求，TDEV（ τ ）的最短测量时间为观察时间的12倍（即 $T=12\tau$ ）。

10.5.2 计算算法的精确度

在某些情况下，TDEV计算的算法实际上可以与TIE测量分开来。在这种情况下，下面的精确度要求适用于独立的算法。当已提供了一套给定的TIE测量数据时，用于计算TDEV的算法产生的结果与根据附录II.3/G.810[7]中给出的标准评估公式计算出的值的差别应该在某个误差以内。

总的TDEV计算误差应该小于：

TDEV数值的 $\pm 2\% \pm Z_2(\tau)$

其中 $Z_2(\tau)$ 在表15中做了规定，而 τ 是观察时间。

表 15/O.172—TDEV计算算法的固定误差（ Z_2 ）

$Z_2(\tau)$ [ns]	观察时间 τ [s]
0.06	$0.05 \leq \tau \leq 100$
0.0006τ	$100 < \tau \leq 1000$
0.6	$1000 < \tau \leq 10\,000$

注— 这些要求的依据是 ITU-T G.811 建议书[8]中的规定。

为了验证独立的TDEV计算算法的精确度，可以使用附录V中所描述的所规定的TIE噪声源。

10.5.3 测量结果精确度

总的测量误差（即包括由TIE测量来的误差和由TDEV计算算法来的误差）应该小于下列数值：

TDEV值的 $\pm 7\% \pm Z_4(\tau)$

其中 $Z_4(\tau)$ 在表16中做了规定，而 τ 是观察时间。

表 16/O.172—TDEV测量结果的固定误差 (Z₄)

Z ₄ (τ)[ns]	观察时间 τ [s]
0.36	0.05 ≤ τ ≤ 100
0.0036 τ	100 < τ ≤ 1000
3.6	1000 < τ ≤ 10 000
注 — 这些要求的依据是 ITU-TG811 建议书[8]的规定。	

10.6 频率偏移的测量

可能提供下面规定的测量频率偏移的能力。

频率偏移是相位对时间的一阶导数。导数运算的转移函数随频率成比例增加，频率偏离随频率而变化。所以，必须限制测量的带宽。测量带宽由计算频率偏移的时间周期所决定。在该时间周期内，从一组TIE的值X_i来计算频率偏移。

将在时间T内测得的相对频率偏移（用ns/n表示）规定为：

$$y(n\tau_0) = \frac{6}{N\tau_0} \sum_{i=1}^N x_{n+i} \left[\frac{2i}{N^2 - 1} - \frac{1}{N - 1} \right]$$

其中：

τ₀ 是取样时间间隔 (S) ，

N 是在测量时间内的相位取样的数目，

T=Nτ₀ 是测量周期 (S) ，

t= nτ₀ 是测量周期开始的时间，

x_i 是相位样值 (ns) 。

注 — 在大于0.55/T的频率上，这一测量衰减了变动的频率偏移分量。为了衰减噪声和通过所考虑的频率，使用者必须选择好数值T = Nτ₀。

10.6.1 测量范围

为了支持各个ITU-T建议书的频率偏移测量规范，应该有可能至少在下列测量周期内测量频率偏移：

$$0.05 \text{ s} \leq T \leq 10\,000 \text{ s}$$

计算出的频率偏移结果的最大范围应该至少为：

$$75\,000 \text{ ns/s}$$

（相当于ITU-T G.813建议书[10]的规范的最大值的10倍）。

10.6.2 计算算法的精确度

在某些情况下，频率偏移计算的算法实际上可以与TIE测量分开来，在这一情况下，下面的精确度要求适用于独立的算法。

当已提供了一组给定的TIE测量数据的情况下，用来计算频率偏移的算法产生的结果与用根据 § 10.6 中给出的标准公式计算出的值的差值应该在某个误差范围以内。

总的频率偏差计算误差应该小于下列数值：

$$\text{频率偏移值的 } \pm 2\% \pm Z_5(T)$$

其中 $Z_5(\tau)$ 在表17中做了规定，而 T 是测量周期。

表 17/O.172—频率偏移计算算法的固定误差 (Z_5)

$Z_5(T)$ [ns/s]	测量周期 T [s]
0.0055	$0.05 \leq T \leq 1000$
0.0002	$T > 1000$
注一 这些要求的依据是 ITU-T G.811 建议书[8]的规定。	

10.6.3 测量结果精确度

总的测量误差（即包括TIE测量的误差和频率偏移计算算法的误差）应该小于下列数值：

$$\text{频率偏移值的 } \pm 7\% \pm Z_6(T)$$

其中 $Z_6(\tau)$ 在表16中做了规定，而 T 是测量周期。

表 18/O.172—频率偏移测量结果的固定误差 (Z_6)

$Z_6(T)$ [ns/s]	测量周期 T [s]
0.033	$0.05 \leq T \leq 1000$
0.0012	$T > 1000$
注一 这些要求的依据是 ITU-T G.811 建议书[8]的规定。	

10.7 频率漂移率的测量

可以提供测量下面所定义的频率漂移率的能力。

频率漂移率是相位对时间的二阶导数。二阶导数运算的转移函数与频率的平方成正比，频率漂移率随它而变化。所以，必须限制测量的带宽。测量带宽受计算频率漂移率的时间周期所控制。在这一时间周期内，从一组TIE值 x_i 计算出频率漂移率。

在周期 T 内测得的频率漂移率规定为：

$$D(n\tau_0) = \frac{60}{N\tau_0^2} \sum_{i=1}^N x_{n+i} \left[\frac{6i^2}{N^4 - 5N^2 + 4} - \frac{6i}{N^3 - N^2 - 4N + 4} + \frac{1}{N^2 - 3N + 2} \right]$$

其中：

τ_0 是取样时间间隔 (S) ，

N 是测量周期内的相位取样数目，

$T = N\tau_0$ 是测量周期 (S) ，

$t = n\tau_0$ 是测量周期开始的时间，

x_i 是相位样值 (ns) 。

注一 在频率大于 $0.8/T$ 时，这一测量衰减了频率漂移的变化分量。为了衰减噪声和通过所考虑的频率，使用者必须选择值 $T = N\tau_0$ 。

10.7.1 测量范围

为了支持在各个ITU-T建议书中的频率漂移率测量规范，应该有可能至少在下列测量周期范围内测量频率漂移率：

$$0.05 \text{ s} \leq T \leq 10\,000 \text{ s}$$

计算出的频率漂移率的最大范围应该至少为下面的值：

$$0.06 \text{ ns/s}^2$$

（相当于ITU-T G.813建议书[10]中的规范最大值的10倍）。

10.7.2 计算算法精确度

在某些情况下，频率漂移率计算的算法实际上可以与TIE测量分开来，在这种情况下，下面的精确度要求适用于独立的算法。

当有了一套给定的TIE测量数据时，用于计算频率漂移率的算法产生的结果与根据 § 10.7 给出的标准公式计算出的值的差值应该在某个误差范围以内。

频率漂移率计算的总误差应该小于：

$$\text{频率漂移率值的} \pm 2\% \pm Z_7(T)$$

其中 $Z_7(\tau)$ 在表19中做了规定，而 T 是测量周期。

表 19/O.172—频率漂移率计算算法的固定误差 (Z_7)

$Z_7(T)$ [ns/s ²]	测量周期 T [s]
$0.5 \cdot T^{-2}$	$0.05 < T < 2500$
$8 \cdot 10^{-8}$	$T > 2500$
注 — 这些要求的依据是 ITU-T G.812 建议书[9]的规定。	

10.7.3 测量结果的精确度

总的测量误差（即包括TIE测量的误差和频率漂移率计算算法的误差）应该小于下列数值：

$$\text{频率漂移率值的} \pm 7\% \pm Z_8(T)$$

其中 $Z_8(\tau)$ 在表20中做了规定，而 T 是测量周期。

表 20/O.172—频率漂移率测量结果的固定误差 (Z_8)

$Z_8(T)$ (ns/s ²)	测量周期 T [s]
T^{-2}	$0.05 < T < 2500$
$1.6 \cdot 10^{-7}$	$T > 2500$
注 — 这些要求的依据是 ITU-T G.812 建议书[9]的规定。	

11 TDEV漂移噪声产生功能

可以提供产生TDEV漂移噪声的能力，以便测量ITU-T G.812建议书[9]和G.813建议书[10]中所描述的漂移容限和漂移转移。为了保证足够精确、可靠和一致的测量结果，应该满足下列要求：

- a) TDEV噪声发生器产生的测试信号应该在可以适用的TDEV输入噪声容限模板的±20%以内。当测量时间 $T \geq 12\tau_{\max}$ 时，应该满足这一精确度。这里 τ_{\max} 是该模板的 τ 的最大值。
- b) 测试信号的MTIE应该不大于附件C中规定的上限。
- c) 测试信号应该是确定的和可以重复的。这就意味着该信号可以在信号时间功能的同一点处开始。

附录II.2/G.812[9]说明了有关用来产生TDEV漂移噪声信号的比较满意的实现算法的一个例子。

附录II.1/G.812[9]提供了有关应用TDEV漂移噪声信号的附加资料。

注 — 该信号可能超越相应的MTIE容限模板的限值。因为对输入接口必须满足TDEV和MTIE两个要求，而TDEV限值可能更严格，所以超过MTIE的值可能是可以允许的。

12 MTIE漂移噪声产生功能

可能提供产生MTIE漂移噪声的功能，以供进行ITU-T G.812建议书[9]和G.813建议书[10]中规定的漂移容限测量用。为了保证足够精确、可靠和一致的测量结果，应该满足下列要求：

- a) MTIE噪声发生器应该产生一测试信号或测试信号集，这些信号的应力要在可以应用的MTIE输入噪声容限模板的±5%以内。对一组测试信号而言，把该应力看作相应的MTIE曲线集的上面的包络。
- b) 由MTIE噪声发生器产生的抖动应该不超过可应用的网络接口输出抖动的限值。

注 — 当要评估试设备是否符合这些要求时，必须用一低通滤波器来测量所产生的漂移，而该低通滤波器的带宽要足够宽，所以，它对测得的MTIE的效应小于1%。请参阅附录IV，以指导对MTIE漂移噪声产生的评估工作。

13 工作环境

当在2.1/O.3[16]所规定的气候条件下工作时，应该满足性能要求。

附件 A

用于抖动测量的结构测试信号

A.1 引言

规定进行抖动测试时所要使用的测试信号是相当重要的。当测试SDH光系统时，这一点特别重要，因为扰码系统没有对线路信号可能存在的连“0”和连“1”的长度加以限制，即在扰码信号中没有任何数据转变的最大时间周期加以限制。ITU-T G.707/Y.1322建议书[4]提供了有关SDH信号结构和有效负荷扰码的进一步的资料。

例如，若STM-N信号中的传输信息仿真扰码图案，则在编码线路信号中将出现许多全“0”/全“1”的字节。尽管这种极端情况出现的可能性极少，但因为在这些条件下，抖动测试设备要连续进行精确的测量将是很困难的，所以，为测试设备规范规定有代表性的最坏情况下的信号是非常重要的。

A.1.1 有效负荷测试条件

级联的有效负荷为STM-N测试信号提供了最坏情况下的场景。对以 $2^{23}-1$ 伪随机二进制序列PRBS填充该容器的成堆填充的级联信号而言，对这一数据扰码的结果是最坏情况下会出现30个连“0”或连“1”（即在线路信号上将有30个时钟周期内不发生状态转变）。对由SDH测试设备所产生的非级联有效负荷而言，VC-4容器的字节交织缩短了所产生的成串“0”或“1”的最大长度。

A.1.2 SDH开销字节条件

在选择J0和Z0字节和为国内应用保留的各字节的二进制内容时，应该审慎地加以考虑，以保证不出现“1”和“0”的长序列，因为STM-N信号的扰码处理时去掉了这些字节。

这些开销字节的内容应该置为10101010（AA_H）或11001100（CC_H）的图案。

A.2 用于STM-N信号的测试信号结构

A.2.1 STM-1信号

根据ITU-T O.150建议书[17]图A.1中所描述的STM-1测试信号结构由长度为 $2^{23}-1$ 比特的PRBS测试序列组成，将该序列加到C-4容器的所有字节。

注一 这与附件C/ O.181[19]所规定的测试信号结构1（TSS1）是等效的。

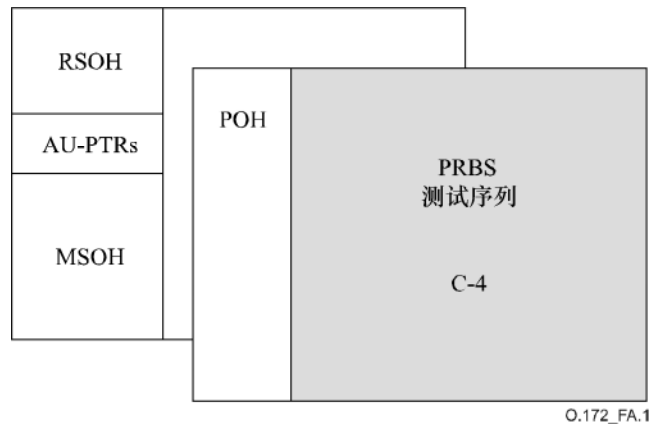


图 A.1/ O.172—用于STM-1接口抖动测试的测试信号结构

A.2.2 STM-N信号 (N≥4)

应该使用A.2.1中所规定的测试信号TSS1。

按照ITU-T G.783建议书[6]的规定，不包含测试信号的 (N-1) C-4容器应该容纳全“0”或全“1”固定的字节图案或可能容许未配备的VC-4。

A.2.3 STM-0信号

根据ITU-T O.150建议书[17]的图A.2所描述的STM-0测试信号由长度为 $2^{23}-1$ 比特的PRBS测试序列组成，将它加到C-3容器的所有字节。

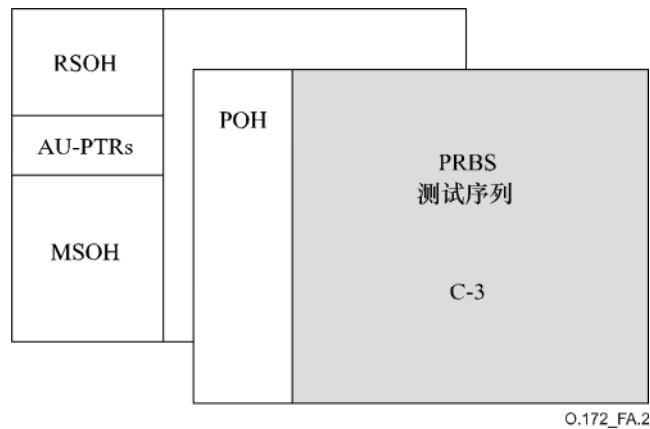


图 A.2/ O.172—用于STM-0接口抖动测试的测试信号结构

A.3 用于级联的STM-N信号的测试信号结构

A.3.1 STM-N信号 (N≥4)

根据ITU-T O.150建议书[17]的图A.3所描述的用于STM-N (N≥64) 的STM-N测试信号结构由长度为 $2^{23}-1$ 或 $2^{31}-1$ 比特的PRBS测试序列。将这一序列加到C-4-Xc级联容器的所有字节。

注—这一测试信号与附件C/ O.181[9]中所规定的测试信号结构9 (TSS9) 是等效的。

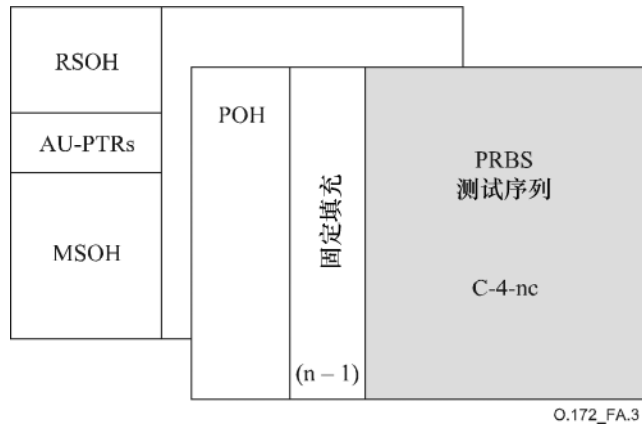


图 A.3/ O.172—用于级联的STM-N接口抖动测试的测试信号结构

附件 B

频带受限的峰—峰相位斜率误差的定义

当用正弦相位调制来对锁相环（PLL）加应力时，调制频率大于PLL带宽的情况下，应力与峰—峰相位成正比，而调制频率小于PLL带宽的情况下，应力与峰—峰相位斜率成正比。在所产生的正弦调制中的失真可能造成相位斜率的附加误差。第8.6.2节规定了相位斜率误差的限值。

相位斜率是用功能上与图B.1所说明的方法等效的程序来测量的。微分器求出相位的斜率，而低通滤波器是截止频率为 f_{3dB} 的第一阶滤波器。这里 $f_{3dB} = 2 \cdot f_3 \pm 10\%$ 。对SDH线路信号， f_3 在表3中做了规定；而对SDH支路信号， f_3 在表3a中做了规定。

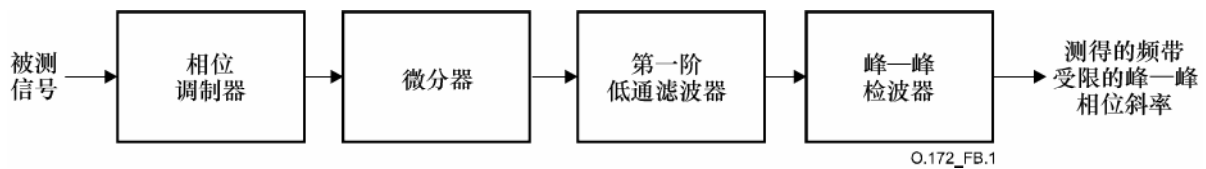


图 B.1/ O.172—相位斜率测量功能

若抖动/漂移产生是理想的正弦信号，其峰—峰相位幅度（用 UI_{pp} 表示）精确等于“设定值”，调制频率为 f_m 时，则通过第一阶低通滤波器测量时得到的峰—峰相位斜率将为：

$$\text{理想的频带受限的峰—峰相位斜率} = \frac{(\text{设定值}) \cdot 2\pi f_m}{\sqrt{1 + (f_m / f_{3dB})^2}}$$

因为通常实际的相位幅度不等于相位幅度设定值，实际的调制频率不等于 f_m 和调制不是理想的正弦形的，所以测得的频带受限的峰—峰相位斜率将不等于上面给出的理想的频带受限的峰—峰相位斜率。测得的频带受限峰—峰相位斜率和理想的频带受限的峰—峰相位斜率之间的差被定义为频带受限峰—峰相位斜率误差。

附 件 C

TDEV漂移噪声的MTIE上限

本附件说明了用于ITU-T G.812和G.813建议书所规定的漂移容限测试和漂移转移测试所需要的TDEV漂移噪声的MTIE上限。为了防止将过大的MTIE应力加到被测设备，TDEV漂移噪声的MTIE应该低于MTIE的上限。

从TDEV噪声发生器来的测试信号输出的MTIE (τ) 应该满足下面的关系式。

$$MTIE(\tau) \leq 7 \sqrt{4K_1 \int_{K_2/\tau_{\max}}^{K_2/\tau_{\min}} \left(TDEV\left(\frac{K_2}{f}\right) \right)^2 \frac{\sin(\pi\tau f)}{f} df}$$

其中， $K_1 = 0.84$ 和 $K_2 = 0.42$ ， $\tau_{\min} \leq \tau \leq \tau_{\max}$ 和 $T \geq 12\tau_{\max}$ 。 τ 是观测时间和 T 是测量周期。 τ_{\min} 和 τ_{\max} 是为相应的TDEV模板所规定的最短和最长观察时间。相应的TDEV模板的TDEV (τ) 代替该公式右边的TDEV (K_2/f)。

图C.1和C.2说明了TDEV模板的实例和相应的TDEV漂移噪声的MTIE上限。为了参考，在每一图中，还用虚线表示出为同一设备规定的MTIE容限模板。

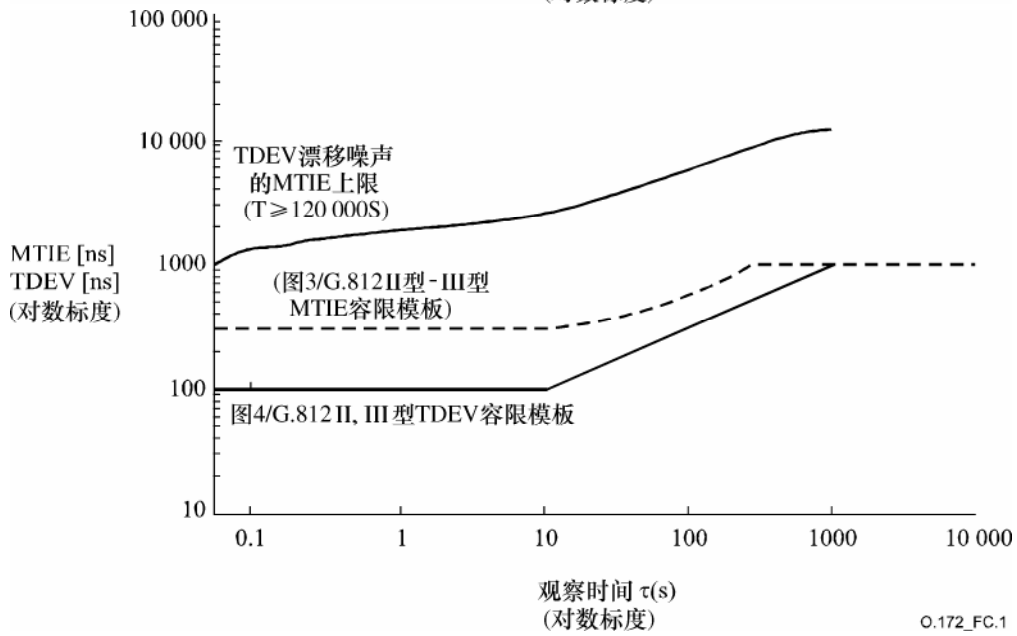
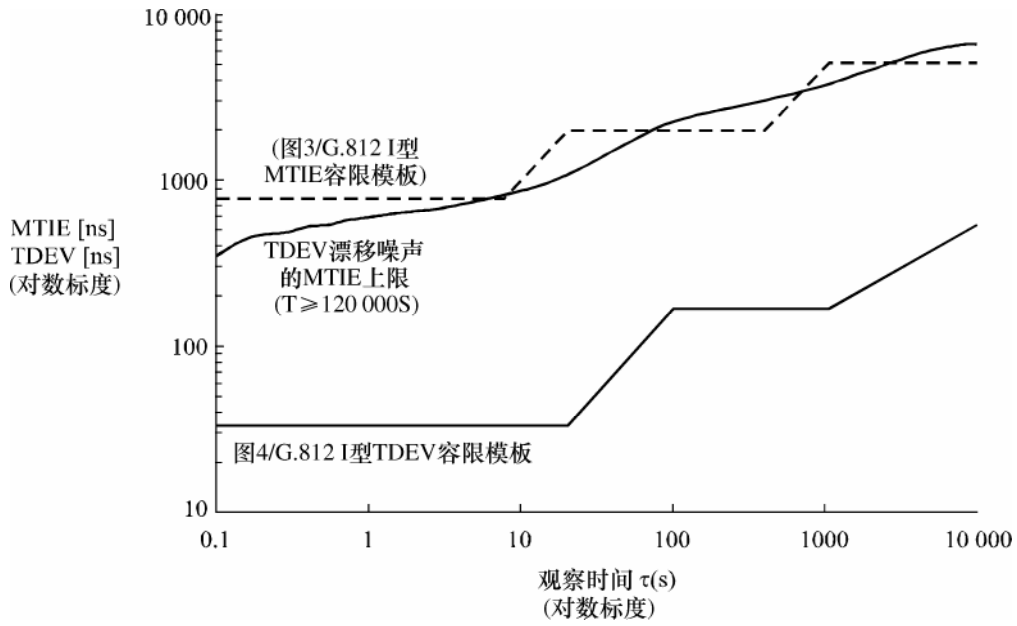


图 C.1/O.172—G.812中用于TDEV漂移容限测试的MTIE上限

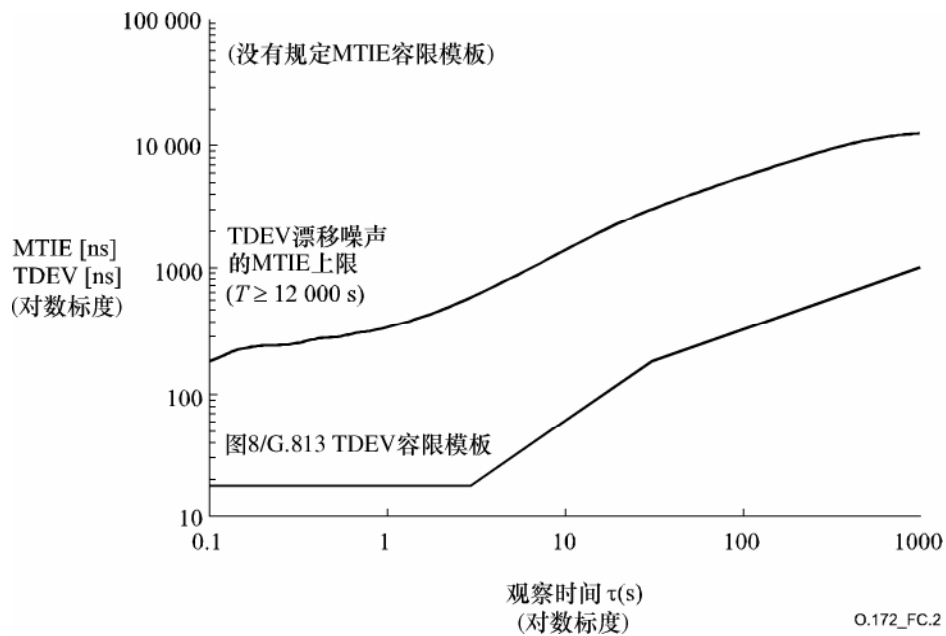
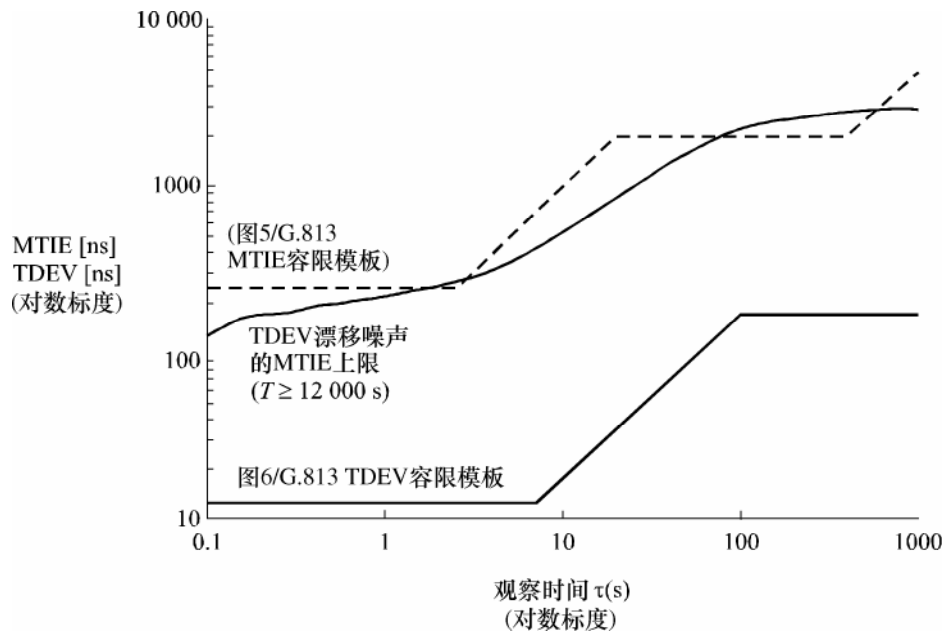


图 C.2/O.172—G.813中用于TDEV漂移容限测试的MTIE上限

附录 I

SDH系统抖动测量指南

虽然附录I/O.171[18]“抖动测试指南”适用于PDH系统，但它也可以作为制定SDH系统中抖动测量的一般原理的指导原则的参考。

附录 II

SDH系统漂移测量指南

II.1 漂移测量

II.1.1 关于漂移测量配置的一般考虑

由于要评估的相位变化的频率很低（参阅第3节中的定义），漂移是需要一个特殊的测试配置的量。当进行抖动测量时，通常在本地产生所需的参考定时信号，即用测试设备内的锁相环（PLL）来产生，它从要测试的信号的平均相位得到。这样一个锁相环无法实现处理漂移测量的各项要求。

因此，漂移测量总是需要一个稳定度良好的外参考时钟信号。

第II.1.2和II.1.3节包含有关漂移测量的测试结构的资料，这结构与ITU-T G.810建议书[7]是一致的。

II.1.2 同步的漂移测量

图II.1以很通用的形式表示了同步漂移测量所需要的功能方框图。

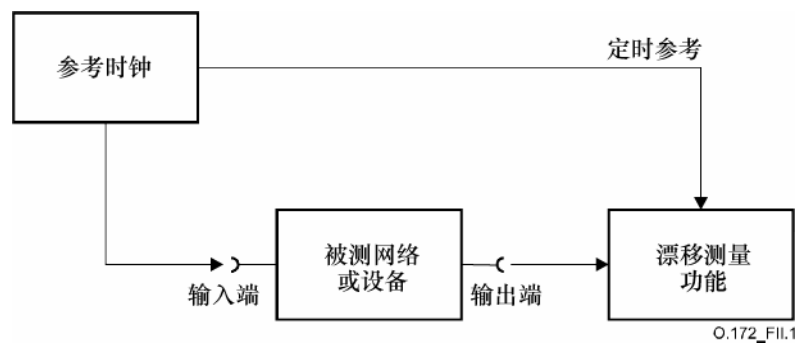


图 II.1/O.172—同步漂移测量配置

若完成测量所需要的定时信号可以从公共的参考时钟取得，则可以用这一测量配置。这意味着用这个方法时只能用环回测量来完成测试，即被测单元的输入和输出端可以在同一地点接入。在这一测量设备中，参考时钟的相位变化不影响测量结果。所以，对参考时钟的稳定性的要求不太高，一般的手提式测试仪器都可达到。

II.1.3 非同步漂移测量

图II.2示出了非同步漂移测量的方框图。

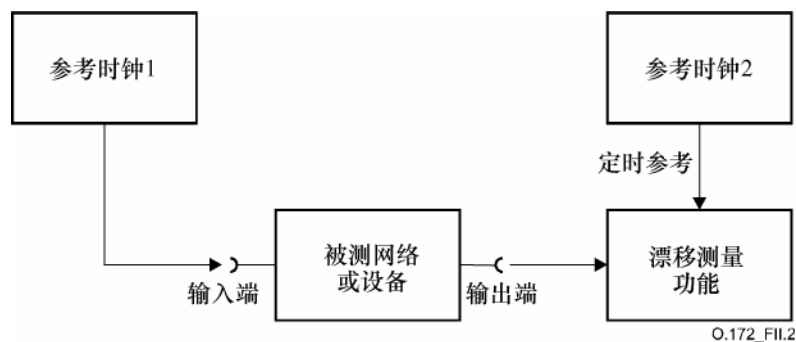


图 II.2/O.172—非同步漂移的测量配置

当被测网络或设备的输入端和输出端不可能在同一地点接入的情况下（如端对端测量的情况下，可以用这一测量配置来进行漂移测量。在这一设备中，测量中涉及的两个时钟的频率/相位漂移要影响测量结果。这就意味着这两个时钟的稳定度必须至少比被测量高一个量级。手提式测试设备不可能提供这样稳定的参考时钟。在这种情况下需要与外参考时钟同步。

II.2 时钟稳定度测量

若要测量时钟的稳定度，测量设备的组成是与前面II.1.3中所介绍的类似。如图II.3所示。

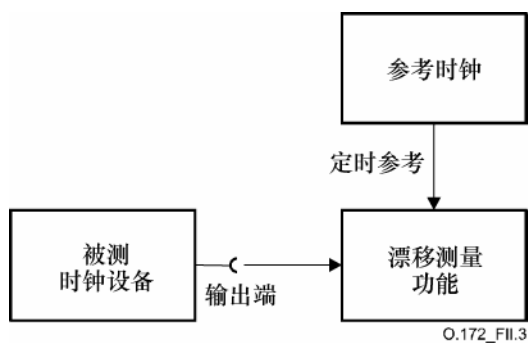


图 II.3/O.172—时钟稳定度测量配置

在这一测量配置中，测量结果也要受测量中涉及的参考时钟的频率或相位漂移所影响。在这种情况下，在II.1.3中所介绍的相同的考虑事项也是适用的。

附录 III

产生指针测试序列的准则

下面图III.1的功能方框图和文本概要地说明了一种产生ITU-T G.783建议书[6]中规定的指针测试序列的方法，这一点在 § 8.4.1中也做了说明。该图没有描述具体的实施方案。

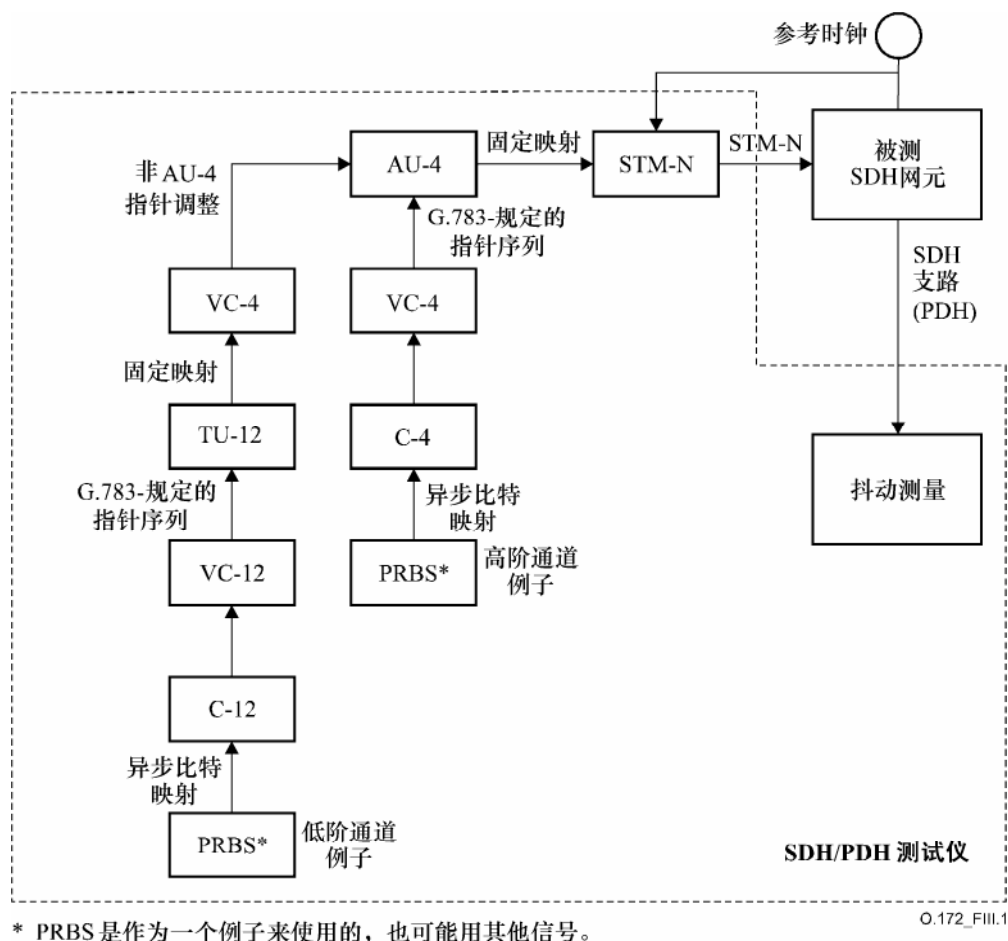


图 III.1/O.172—指针测试序列产生的功能方框图

为了产生ITU-T G.783建议书[6]规定的指针测试序列，测试设备的能力、测试的配置和测试设备的使用者应该要考虑下列事项：

- 为了消除会影响测试结果的不受控的指针调整事件，SDH/PDH测试仪器和网元应该由同一参考时钟来同步。
- 为了测量指针和映射的结合抖动，它应该有可能将PDH的PRBS的频率设定在ITU-T G.703建议书[3]所规定的PDH容许偏移的范围以内。
- 为了能只测量映射抖动，它应该有可能抑制指针调整动作。

- d) 为了产生异步比特映射用的比特填充序列，应该以规则的时间间隔产生单极性的指针调整。映射过程应该遵循 § 15.2.3.1/G.783[6]。
- e) 指针调整事件的产生应该与映射处理相独立。
- f) 为了产生低阶TU-m指针测试序列，高阶AU-n指针应该固定不变。
- g) “指针序列”和“比特映射”功能隐含着导出不同功能块的时钟之间有频率偏移。

附 录 IV

抖动测量功能的总频率响应

IV.1 引言

第9.3.2节规定了SDH支路抖动测量所用的滤波器的特性。这些规范是用各个滤波器参数的限值来表示的，如-3 dB截止频率、增益容限、通带波纹等。

这些参数意味着对抖动测试功能的总频率响应存在某个等效的限值。本附录说明了可以如何将各个滤波器的参数组合成单一的频率响应。这总的单一的频率响应受模板的极限值所限制。

IV.2 测量滤波器的参数

表IV.1汇总了各测量滤波器的参数及它们的定义。在下面关于模板限值的说明中，若在一个滤波器的说明中没有规定一特定参数的值，则应该使用表IV.1中给出的默认值。

表 IV.1/O.172—测量滤波器规范的参数汇总

测量滤波器参数	参数定义
n	滤波器的阶数 ($n=1$ 是第 1 阶, $n=3$ 是第 3 阶)。
f_x	标称的-3 dB 截止频率或带宽。
a	相对截止频率容限 (±)。默认值: 没有规定。
f_p	滤波器第 2 极点的频率。默认值: 高通滤波器为 0, 低通滤波器为 ∞ 。
g	§ 9.3.2 C) 中规定的相对增益容限
r	通带波纹 (±), 单位 dB, 默认值: 0。
c	最大衰减的最小值 (dB)。默认值: 没有规定。

IV.3 高通测量滤波器频率响应的模板限值

频率响应的上下模板限值是下面所规定的 $U_{upper}(f)$ 和 $L_{lower}(f)$ 。这些模板适用于频率范围 $f < 10f_x$ 。

$$U = \begin{cases} U(f) + r, & f > f_x \\ -c, & U(f) < -c \\ U(f), & \text{其余} \end{cases}$$

其中:

$$U(f) = 20 \cdot \log \left[\frac{(1-g)f^n}{\sqrt{f^{2n} + ((1+a)f_x)^{2n}}} \right] \quad (\text{IV-1})$$

$$L_{lower}(f) = \begin{cases} L(f) - r, & f > f_x \\ -\infty, & L(f) < -c \\ L(f), & \text{其余} \end{cases}$$

其中:

$$L(f) = 20 \cdot \log \left[\frac{(1-g)f^n}{\sqrt{f^{2n} + ((1+a)f_x)^{2n}}} \frac{f}{\sqrt{f^2 + f_p^2}} \right] \quad (\text{IV-2})$$

IV.3.1 SDH支路抖动测量的高通滤波器

作为一个例子，为2 048 kbit/s规定的SDH支路抖动测量的滤波器的参数为： $n=1$ ， $f_x=20$ Hz， $a=0.1$ ， $f_p=0.1$ Hz， $g=0.07$ ， $r=0$ 和 $c=60$ dB。所以，抖动测量功能的频率响应的上下限模板限值是按图IV.1说明的值。

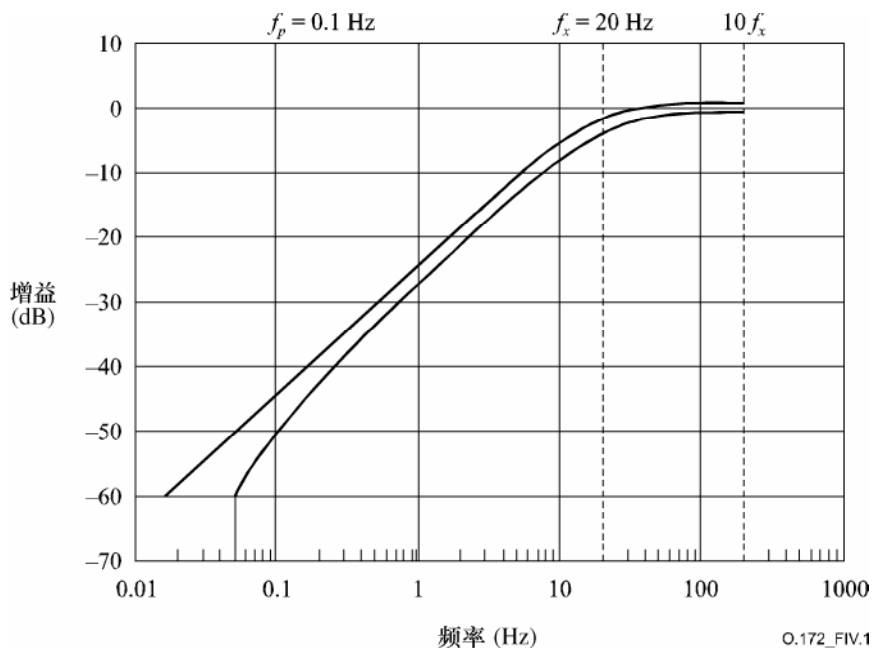


图 IV.1/O.172—用于2 048 kbit/s抖动测量的20 Hz高通滤波器的模板限值

通常，测试设备的抖动测试功能的频率响应位于模板的上面或下面，测量的误差（峰—峰值或有效值）是它的最大幅度。其他测量功能的响应将产生比较小的误差。 $a = +0.10$ 的 $g = -0.07$ 或到 $a = -0.10$ 时的 $g = +0.07$ 迭合在一起将导致-3 dB的情况下模板的限值交叉点延伸。所以，-3 dB电平时模板限值可能超过为标称的-3 dB截止频率所规定的 $a = \pm 10\%$ 的限值。

附录 V

计算MTIE和TDEV的算法的验证

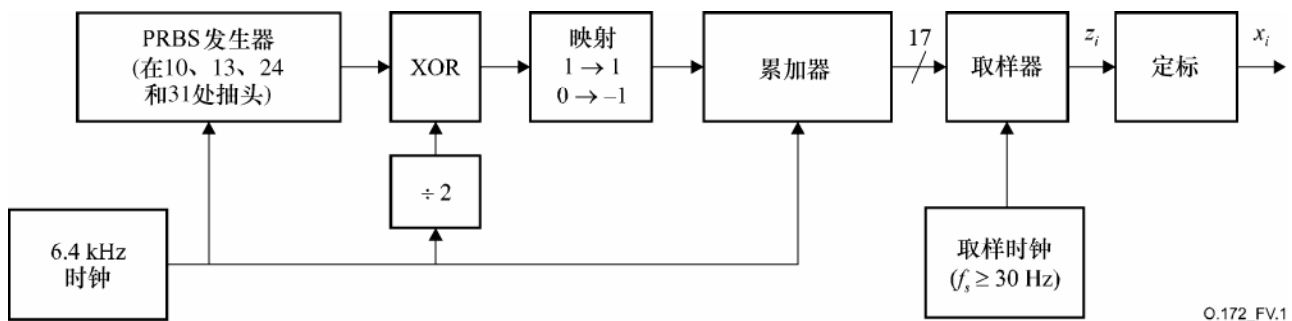
V.1 TIE噪声源的功能描述

为了验证独立的MTIE和TDEV计算算法（参阅 § 10.4.2和 § 10.5.2）的精确度，可以使用一规定的TIE噪声源。

MTIE和TDEV计算算法的精确度规范（参见 § 10.4.2和 § 10.5.2）通常适用于所有可能的计算MTIE和TDEV的TIE波形。因为对许多波形进行试验是不现实的，为了做出估计，可以使用一个简单的TIE图案发生器。这个图案应该有 $1/f^2$ 的功率谱密度和近似于高斯分布的概率分布函数（满足附件C的标准）。

V.2 TIE噪声发生器的第1个例子

满足这些标准的一个TIE发生器如图V.1所示。它基于一个长度为31级的伪随机二进制序列（PRBS）发生器。PRBS发生器的输出是许多“1”和“0”的一个伪随机序列。TIE发生器的输出是比特率为 f_s 的一系列数 x_i ，这里所试验的算法给这些数某些加权（以ns表示），而 f_s 是该算法预想的取样时间间隔的倒数（不小于30 Hz）。请注意，虽然系统时钟是6.4 kHz，通过再取样，以更低的速率 f_s 产生数 x_i 。TIE噪声发生器的图案在671 000秒以后重复。在定标以前的数字 Z_i 的动态范围是99123峰—峰为了配合所试验的算法的LSB加权，选择图V.1的定标系数，所以输出 x_i 的动态范围相当于50 000 ns峰—峰。



O.172_FV.1

图 V.1/O.172—验证MTIE和TDEV计算算法所用的噪声源

V.3 TIE 噪声发生器的第 2 个例子

用于试验MTIE和TDEV计算算法的另一个发生器如图V.2所示。在映射功能上，原则上它与图V.1不同。这里 $w(n)$ 是浮点数，范围从-2.884到2.884。它由下式确定：

$$\frac{n + 0.5}{256} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{w(n)} e^{-0.5t^2} dt$$

输出图案 x_i 的重复周期为335 500秒。在定标以前 z_i 的动态范围为64 167峰—峰。为了配合所试验的算法的LSB加权，要选择图V.2中的定标系数，所以，输出 x_i 的动态范围相当于50 000 ns峰—峰。

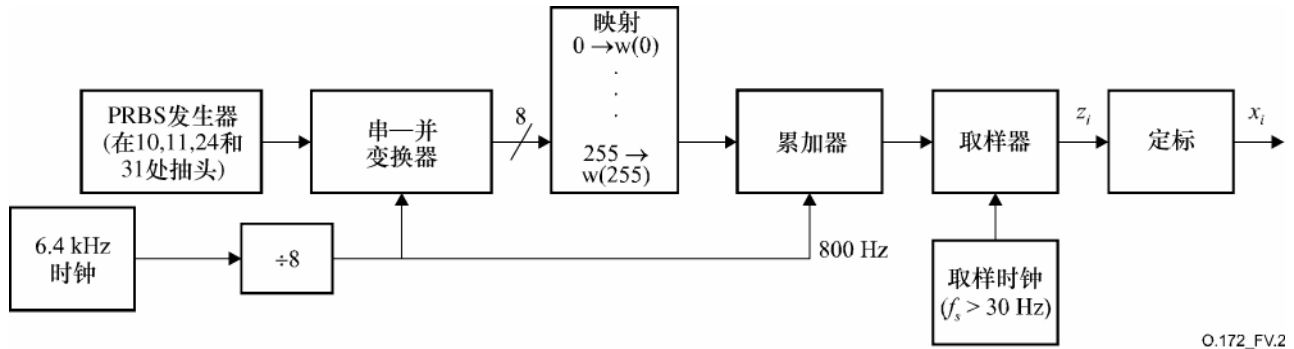


图 V.2/O.172—用于验证MTIE和TDEV计算算法的另一个TIE噪声源

附录 VI

MTIE产生的估计

该测试仪器的MTIE漂移容限模板产生能力的要求是没有低通漂移测量滤波器衰减的条件下，应该满足的精确度的规范。这就意味着MTIE漂移容限产生可能是符合要求的，并在规范以内。然而，MTIE测量可能有漂移测量滤波器衰减的效应，典型的滤波器为10 Hz的滤波器。为了精确地测量MTIE应力的波形，建议选用的带宽对结果的影响应该小于1%，这里最小带宽为500 Hz。

下面的例子显示了2个MTIE波形，它们都符合本建议书，并且对给定的网络接口（表10/G.812），两者都产生正确的MTIE应力量。

图VI.1表示了第1个波形。和10 Hz漂移测量滤波器的效应。图VI.2表示了相应的MTIE。图VI.3表示了第2个波形和500 Hz漂移测量滤波器的效应，而图VI.4是相应的MTIE。在该接口处，500 Hz的结果是在MTIE应力的1%以内，而10 Hz测量时，呈现的误差上升到50%。

图VI.5表示为了产生同样的MTIE应力所用的经修正的波形。图VI.6表示了其结果。这一次，当 $\tau > 0.1$ s时，用10 Hz漂移测量滤波器测得的误差在1%以内。

2个MTIE应力波形之间的差别在于为了正确地测出每次产生的最大的MTIE应力所需要的最小带宽不同。两个波形都给出了正确的MTIE应力，但是当以10 Hz带宽的滤波器测量第1个波形时，潜在的误差向使用者指出，为了保证测试设备有准确的特性，使用的最小带宽应该为500 Hz。

图VI.1-a和-b表示出表10/G.812的测试图。图VI.1中的重复瞬变波形是三个重迭起来的三角波，即 $w_1(t)$ ， $w_2(t)$ 和 $w_3(t)$ 。它们的幅度分别为 $A_1=0.3$ ， $A_2=0.7$ 和 $A_3=0.097 \mu\text{s}$ 。而它们的上升时间分别为 $\tau_1=0.05$ ， $\tau_2=280$ 和 $\tau_3=10\ 000 \text{ s}$ 。图VI.1-b中的虚线是从10 Hz漂移测试滤波器来的 $u(t)$ 输出波形。在图VI.1-b中， $u(t)$ 的峰—峰值被减小了，这是由于 $w_1(t)$ 的基频（它是 $x(t)$ 的一个分量）等于漂移测量滤波器的截止频率。

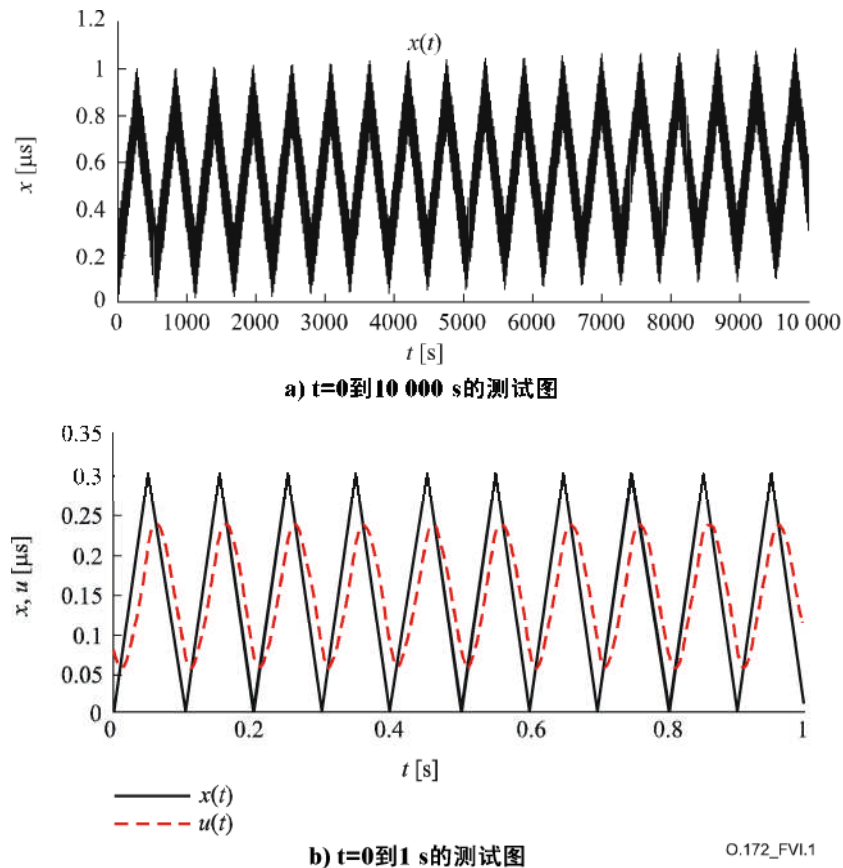


图 VI.1/O.172—由重复瞬变产生的用于表10/G.812 MTIE模板的测试图（10 Hz低通测量滤波器）

对在图VI.1中的 $x(t)$ 和 $u(t)$ 计算出的MTIE如图VI.2所示。 $x(t)$ 的MTIE与MTIE模板是一致的。然而， $u(t)$ 的MTIE低于MTIE的模板。因为漂移测量功能只能计算 $u(t)$ 的MTIE，所以，要确认测试图 $x(t)$ 的MTIE是否与MTIE模板相一致是不可能的。

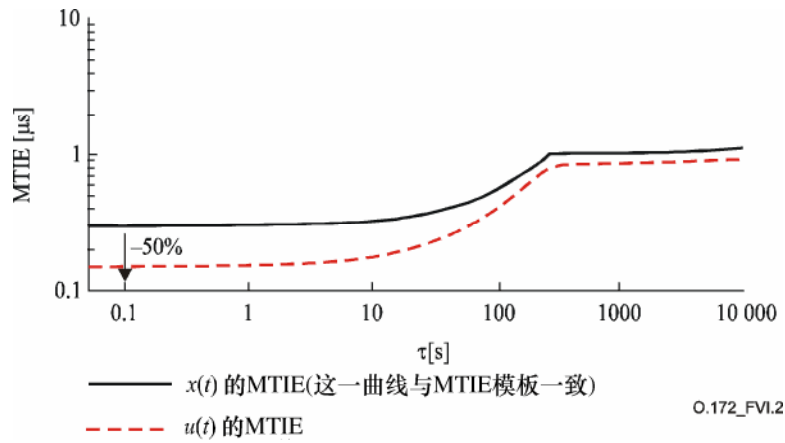


图 VI.2/O.172—图VI.1中的 $x(t)$ 和 $u(t)$ 的MTIE

下面的图VI.3表示了同一个信号 $x(t)$ ，但此时是用500 Hz的漂移测量滤波器进行滤波的。而图VI.4表示了所得到的结果。当用500 Hz滤波器进行测量时，此时显示MTIE的应力与产生的MTIE的差小于1%。

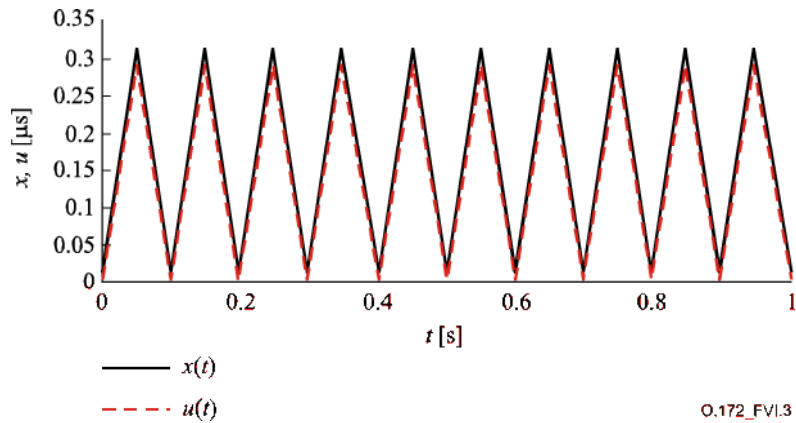


图 VI.3/O.172—由重复瞬变产生的表10/G.812 MTIE模板的测试图（500 Hz低通测量滤波器）

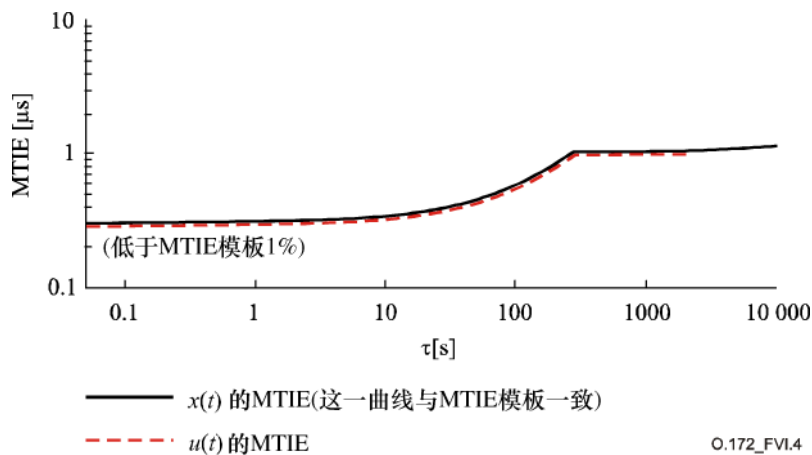


图 VI.4/O.172—图VI.3中的 $x(t)$ 和 $u(t)$ 的MTIE

经过修正的 $x(t)$ 使用梯形波形，如图VI.5中的实线所示。而虚线 $u(t)$ 表示用10 Hz带宽滤波时的波形。

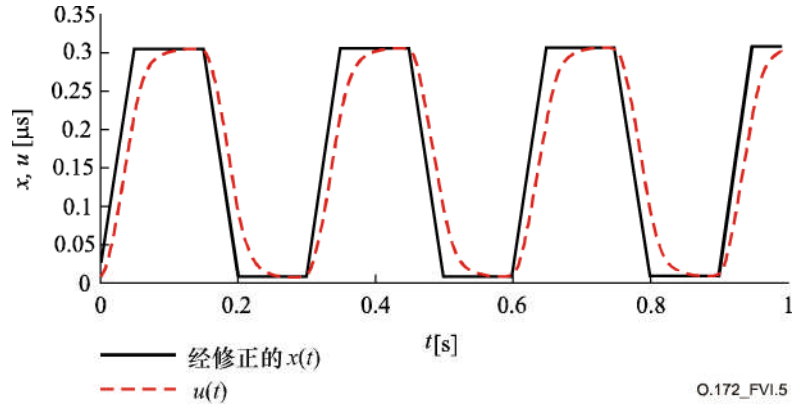


图 VI.5/O.172— 在 $t=0$ 到1 s内具有图VI.1-b中的重复瞬时波形 $w_1(t)$ 的修正测试图（10 Hz低通测量滤波器）

经修正的测试图 $x(t)$ 的MTIE和 $u(t)$ 的MTIE示于图VI.5。当 $\tau > 0.1$ s时， $u(t)$ 的MTIE与MTIE模板是一致的，差别为0.1%。

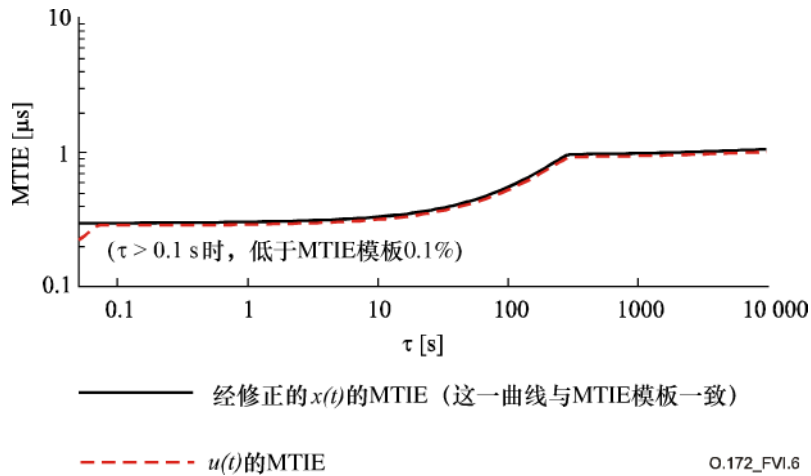


图 VI.6/O.172— 图VI.5中的 $x(t)$ 和 $u(t)$ 的MTIE

附录 VII

验证测试结果准确度和固有的 固定误差的方法

VII.1 验证方法的描述和应用

本附录提出一个方法和典型的实施方案，以验证和表征 § 9.4.1中所规定的测量结果准确度。这个方法使得使用者有可能从测量出的信号有效地去除测量设备附带的误差分量。它给高质量的参考发射机提供了加上脉冲瞬时正弦调制的能力。

可以把这种参考发射机产生的与图案有关的抖动分量视为可以忽略的程度，所以，可以从误差计算中去掉。

该方案使用了高质量的光发射机和图案发生器。图案发生器的速率是被测的线路速率，与图案有关的抖动减至最小。目标是在带宽 f_1 - f_4 内，测得的抖动峰-峰值小于10 mUI。也描述了一个通用抖动调制器，它具有产生脉冲正弦抖动的能力。两种技术都可以用一般用途的测试设备来验证。附录VIII中介绍的方法可以用来验证光图案发生器的固有抖动。

其应用是使设备供应商和用户有能力来准确地表征抖动测量设备。

VII.2 系统实施方案

系统的方框图如图VII.1所示。校准部分是用于建立和验证抖动时钟和光数据信号。其意图是进行低抖动幅度的测试和从而适用于产生达100 mUI的瞬时正弦抖动，用于抖动测量试验。要产生的调制频率典型值为从 f_1 到 f_4 。

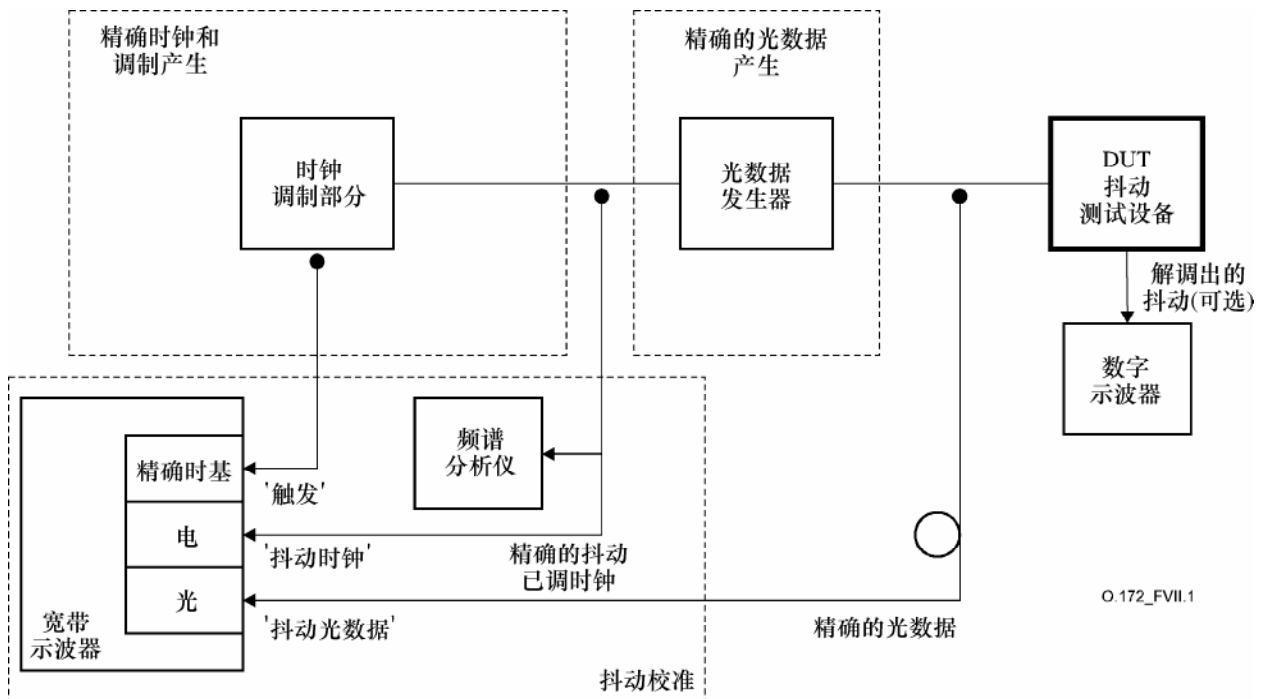


图 VII.1/O.172—验证系统方框图

图VII.2、VII.3和VII.4是图VII.1中的通用试验系统的典型实施方案。这些图说明了独立产生可验证的时钟抖动突发的可能方法和消除从光图案来的数据抖动的一个方法，这些方法不限制其他的实现方法。

时钟部分的方框图如图VII.2所示。这是用两个高质量的频率综合器即振荡器1和2来实现的，用来产生线路速率的时钟和正弦抖动相位调制。这些振荡器相对幅度电平将决定所产生的抖动幅度，而相对频率决定了抖动调制。例如，振荡器1是线路时钟速率，而将振荡器2置于线路速率加上（或减去）线路时钟的偏移——则将以偏移频率产生正弦相位调制。

建议将振荡器的相对幅度应该调整到最大产生100 mUI的相位调制，这一点可以用通常的FM理论的技术，用频谱分析仪进行校准。用脉冲振荡器工作来选通振荡器2的时钟，所以，直接控制了调制突发的时间。

调制突发相对于帧结构的同步有待进一步研究。

为了将可能的相位不连续性减至最小，调制突发应该或者与正弦调制信号的零交叉点相同步或者换句话说应该有最大的通/断瞬变时间。它可以下列关系式近似求出：

$$t \approx \frac{0.342}{f_4}$$

当高质量射频综合器产生的抖动是类噪声时，它的抖动贡献可以通过相位噪声分析进行估计。在所研究的测量带宽内，高质量振荡器的抖动贡献似乎是最小的，并且它在接收机误差测量中可以不计入。附录VIII描述的方法可以用于验证光图案发生器产生的随机抖动。

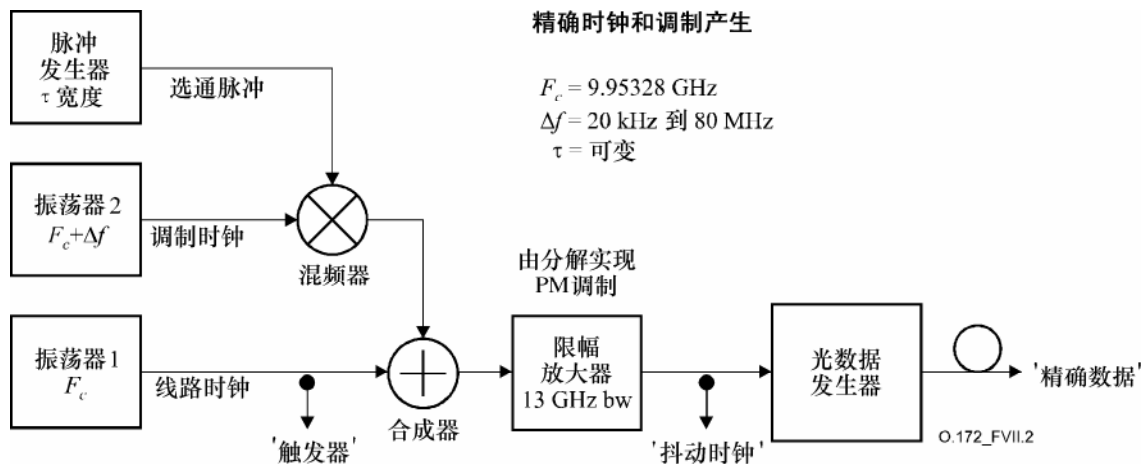


图 VII.2/O.172—典型的时钟和抖动产生方框图

数据部分的方框图如图VII.3所示。这是用一个传统的图案发生器来实现的，它与双光调制方案相连接，以实现光重定时功能。

数据调制器作为一个传统的调制器来工作的；它有与图案有关的抖动存在。第2个脉冲整形调制器实现光重定时功能。其输出是整形脉冲（缩短宽度的时钟脉冲）的光“与”门功能和非归零（NRZ）数据。

所得到的数据输出有减小重定时时钟脉冲抖动的性质 — 这时，这是一个归零（RZ）数据脉冲。RZ数据是将脉冲展宽成无图案有关抖动的NRZ数据。

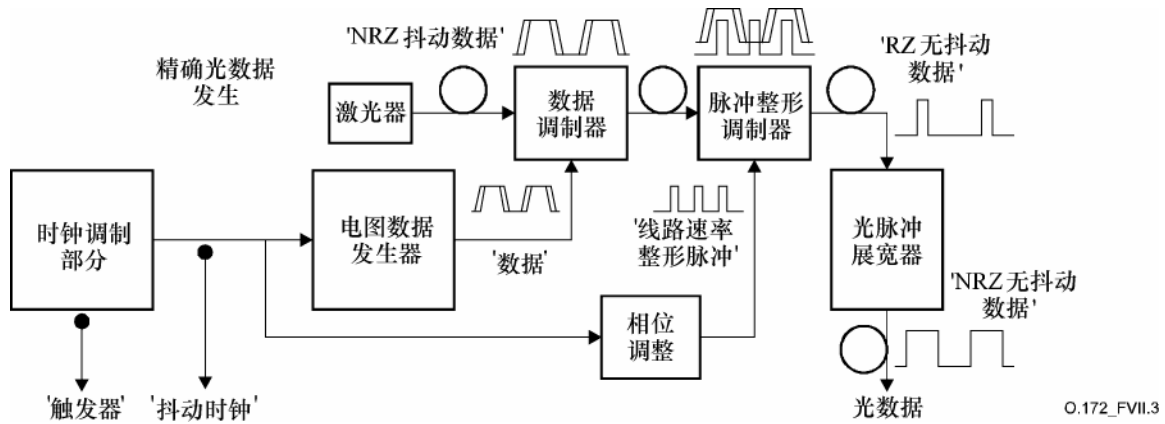


图 VII.3/O.172—典型的光数据产生方框图

下面的图VII.4表示了参考发射机的另一实现方案。例如，质量很好的STM-64光调制器将很好成为STM-16上的参考发射机，它的图案抖动可以忽略。这也是实现适合于接收机特性的光数据发生器的有效的技术。

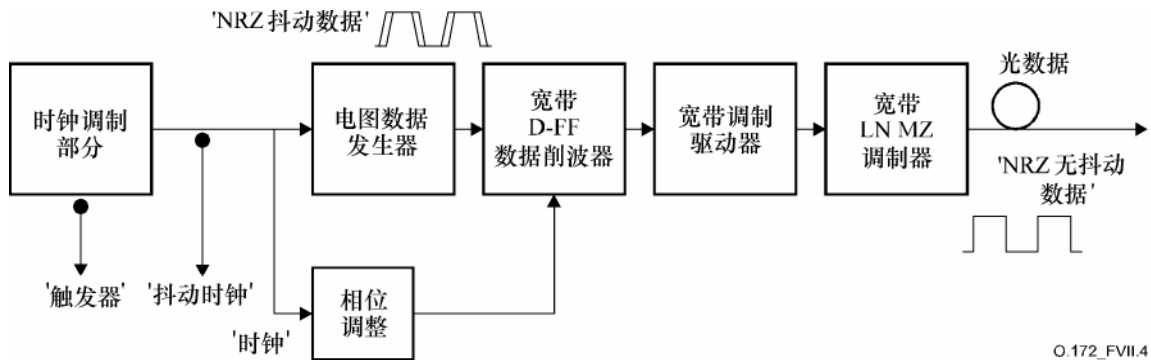
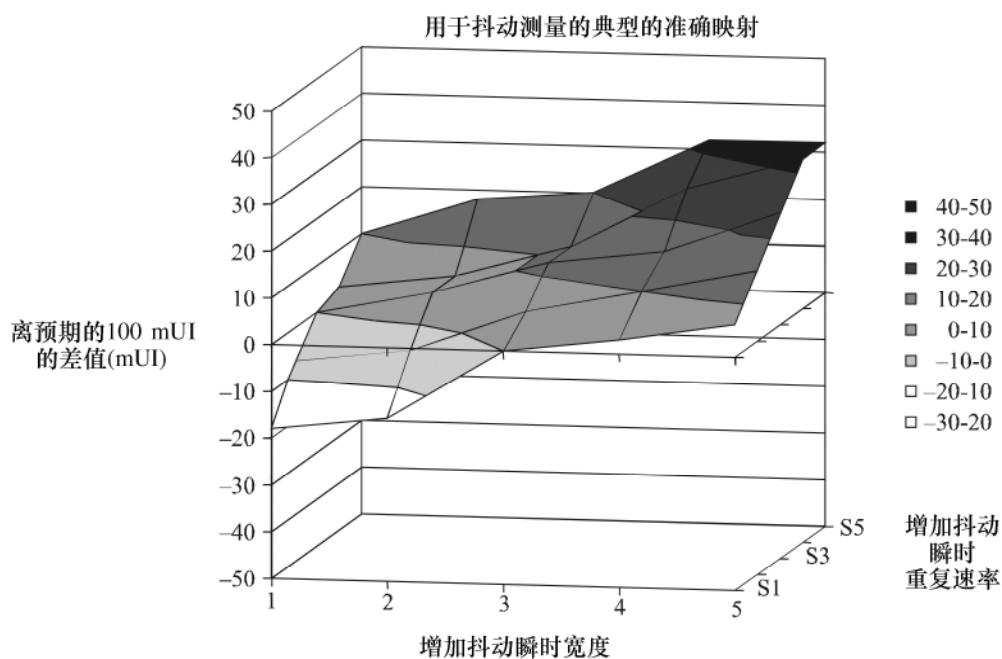


图 VII.4/O.172—另一种光数据产生的方框图

VII.3 结果和解释

可以用验证系统来试验改变调制脉冲宽度和重复速率。为了验证与本建议书的一致性，系统的使用者能控制要被表征的区域。建议在第一调制频率点上，可以用改变瞬时宽度和重复率的方法来产生准确的映射。图VII.5中给出这样的例子。



O.172_FVII.5

图 VII.5/O.172—典型的抖动测量映射测试结果

调制频率、突发宽度和重复频率的范围取决于抖动测量的带宽。它与所加的比特率有关。下面的表 VII.1给出了调制频率、突发宽度和重复频率的可能组合。

表 VII.1/O.172—调制频率、突发宽度和重复频率的组合

信号	调制频率 f_m	最小突发宽度 t_{min}	突发宽度 $> t_{min}$				
TM-1	1 kHz ^{a)}	2 ms	—	—	—	—	—
	65 kHz ^{a)}	31 μ s	—	—	—	100 μ s	1 ms
	300 kHz	6.7 μ s	—	—	—	100 μ s	1 ms
	1.3 MHz	1.5 μ s	—	—	10 μ s	100 μ s	1 ms
STM-4	10 kHz ^{a)}	200 μ s	—	—	—	—	1 ms
	250 kHz ^{a)}	8 μ s	—	—	—	100 μ s	1 ms
	1 MHz	2 μ s	—	—	10 μ s	100 μ s	1 ms
	5 MHz	400 ns	—	—	10 μ s	100 μ s	1 ms
STM-16	50 kHz ^{a)}	40 μ s	—	—	—	100 μ s	1 ms
	1 MHz ^{a)}	2 μ s	—	—	10 μ s	100 μ s	1 ms
	5 MHz	400 ns	—	—	10 μ s	100 μ s	1 ms
	20 MHz	100 ns	—	1 μ s	10 μ s	100 μ s	1 ms
STM-64	200 kHz ^{a)}	10 μ s	—	—	—	100 μ s	1 ms
	3 MHz ^{a)}	667 ns	—	—	10 μ s	100 μ s	1 ms
	20 MHz	100 ns	—	1 μ s	10 μ s	100 μ s	1 ms
	80 MHz	25 ns	100 ns	1 μ s	10 μ s	100 μ s	1 ms

a) 突发的重复频率应该在 10 Hz 到 10 kHz 的范围以内。

注 1 — 只有用高通 f_1 进行抖动测量时才可应用。

注 2 — 测量时间应该为 60 s。

注 3 — 为了测试重复性，突发的最低重复频率选为 10 Hz，并且它要根据测试图案 PRBS 的重复频率。

注 4 — 当突发重复频率小于 10 kHz 和 1 kHz 时，只可以分别使用 100 μ s 和 1 ms 的突发宽度。

容许的测量误差在 § 9.4 中做了规定。这是以读数的 $\pm R\%$ $\pm W$ 来规定的。对 STM-64 的典型点 10 MHz 上， R 定为 20%，而 W 定为 35 mUI（测量带宽 f_3 - f_4 情况下）。这就意味着在标称的抖动幅度 100 mUI 下，容许的最大误差为 ± 55 mUI（不包括测量滤波器的频率响应和验证系统的误差）。

注 1 — 参考发射机的与图案有关的抖动误差有待进一步研究。

注 2 — 附录 VII 是专门为使用按附件 A 规定的结构试验信号专门设计的。附录 VIII 对附录 VII 图案有关的抖动的验证，限于使用附录 VIII 规定的指定的测试图案。

注 3 — 正如 § 9.4.1 中所规定的那样，为了估计当以电时钟接口工作时的 SDH 抖动测量设备的误差，可以使用精确的时钟发生部分。

附 录 VIII

表征发射固有抖动的方法

VIII.1 验证的描述和应用

本附录提出了验证和表征具有特定抖动测试图的发射信号的方法和实现。这一技术可以用于去掉抖动测试设备嵌入的发射和接收部件。

该技术需要使用一固定的，重复的类似于 SDH 的测试帧。这一测试帧是打算用做潜在的诊断工具，并不打算用于表征被测网络设备或部件的特性。

这一技术可以用于验证附录 VII 中所规定的低抖动数据源的图案有关的抖动和随机抖动的影响。

这一方法需要使用高质量的图案帧触发器。

将时钟和数据之间的长期相位漂移看作潜在的误差来源，并且在任何测量中应该加以考虑。

VIII.2 方法

这是根据具有规定的测试图的发射数据精确地确定均方根值和峰—峰值的方法。

VIII.2.1 测量与测试帧图有关的抖动

- 1) 将按VIII.3所规定来设定发射机以产生帧的SDH测试信号。
- 2) 使用一个示波器，它的测量带宽等于3 dB衰减频率为比特率的0.75倍处的第四类贝塞尔—汤姆逊滤波器的带宽，以提取用于提取数据和时钟的波形。测量带宽应该符合附件B/G.957和附件A/G.691的规定。

注1 — 与数据捕捉有关的误差有待进一步研究。

- 3) 为了消除随机相位噪声，设定至少在64个踪线上取平均来获得结果。将时钟上升沿的相位调整到与SDH信号的边缘完全重合。（这将使示波器时基中的非线性的影响减至最小。）测量时钟的上升沿和相应的SDH信号边缘之间的时间（单位UI）（在±0.5 UI之内）。请见图VIII.1。这就形成了与图案有关的相位值 x_i 的一个序列。
- 4) 若对特定的 λ ，不存在相应的SDH信号的边缘，则赋值到 $x_i=0$ 。测量覆盖SDH帧的一个周期的 x_i ，即数据集， $[x_1 \cdots x_N]$ 的大小为 $N = 125 \times 10^{-6} \times f_0$ 。其中 f_0 是相应的比特率。然后，用下面的公式，数学上产生一个新的序列：

$$x'_i = \frac{\sum_{n=1}^{24} x_{i-n}}{\sum_{n=1}^{24} P_{i-n}}$$

其中 P_i 代表图案密度的信息。当存在SDH边缘时，赋值 $P_i=1$ ，当不存在转换数据时，赋值 $P_i=0$ 。请见图VIII.2。

在测得的SDH边缘值不存在的情况下，将 x'_i 的值代入到序列 x_i 中去。

注2 — 与相位插入算法有关的误差有待进一步研究。

- 5) 数学上，以适当的高通和低通滤波器对序列 x_i 滤波，以形成与图案有关的抖动值 y_i 的序列。
- 6) 用直方图的方法来确定序列 y_i 的概率分布函数PDF $_y$ 。
- 7) 从PDF $_y$ 计算序列 y_i 的有效值。这一值 σ_{PD} 是与图案有关的抖动的均方根值。

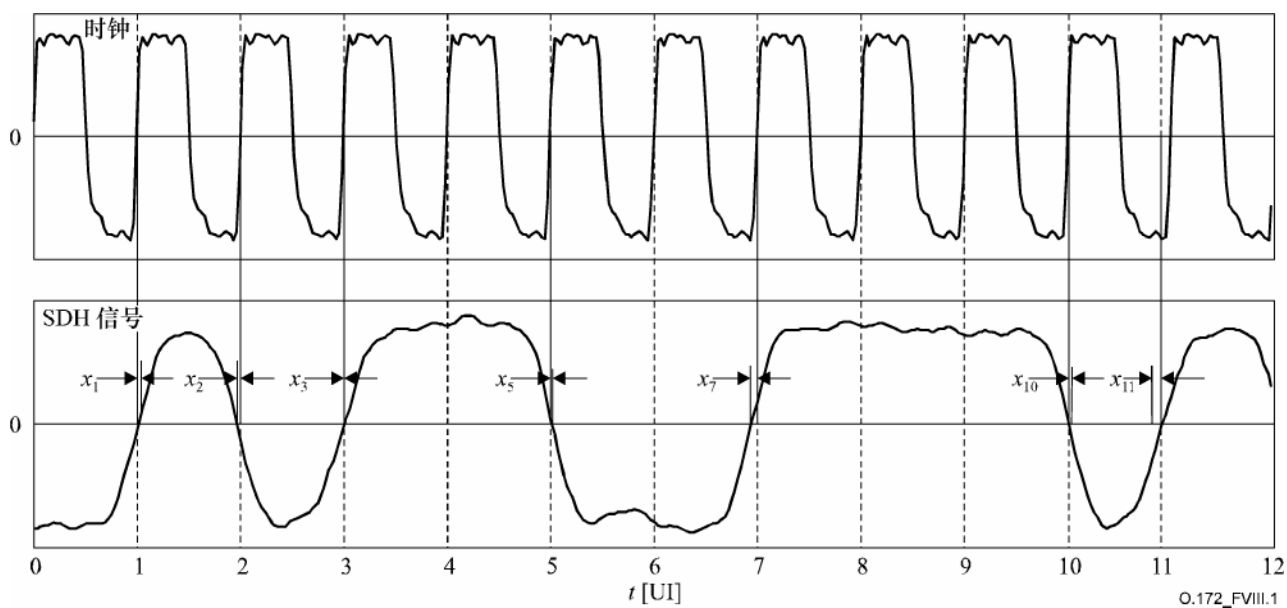


图 VIII.1/O.172—与图案有关的相位序列 x_i 的测量

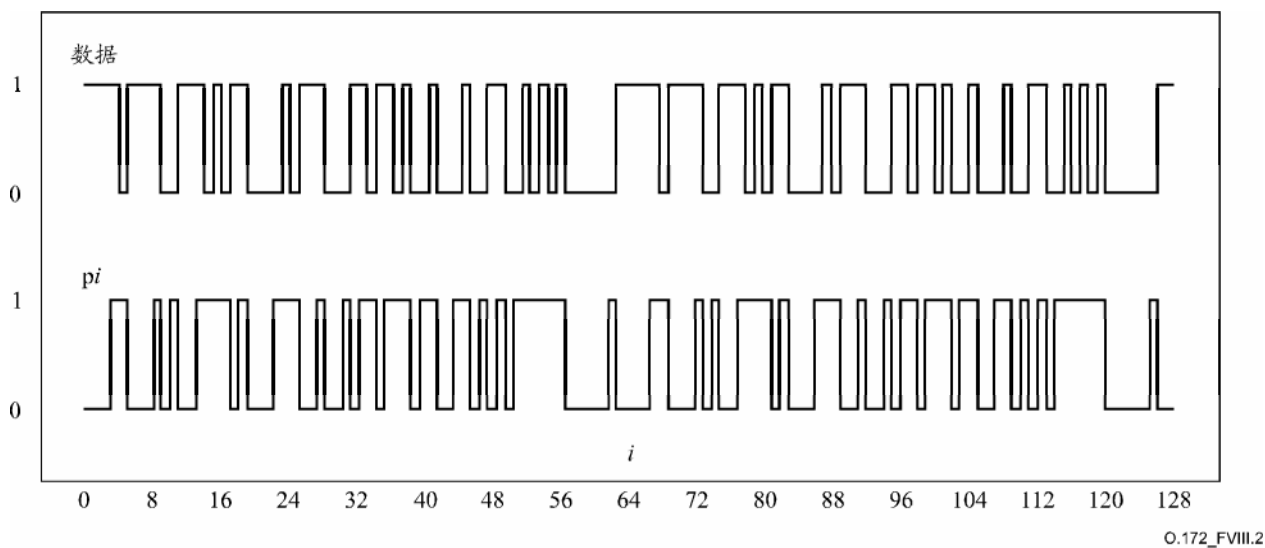
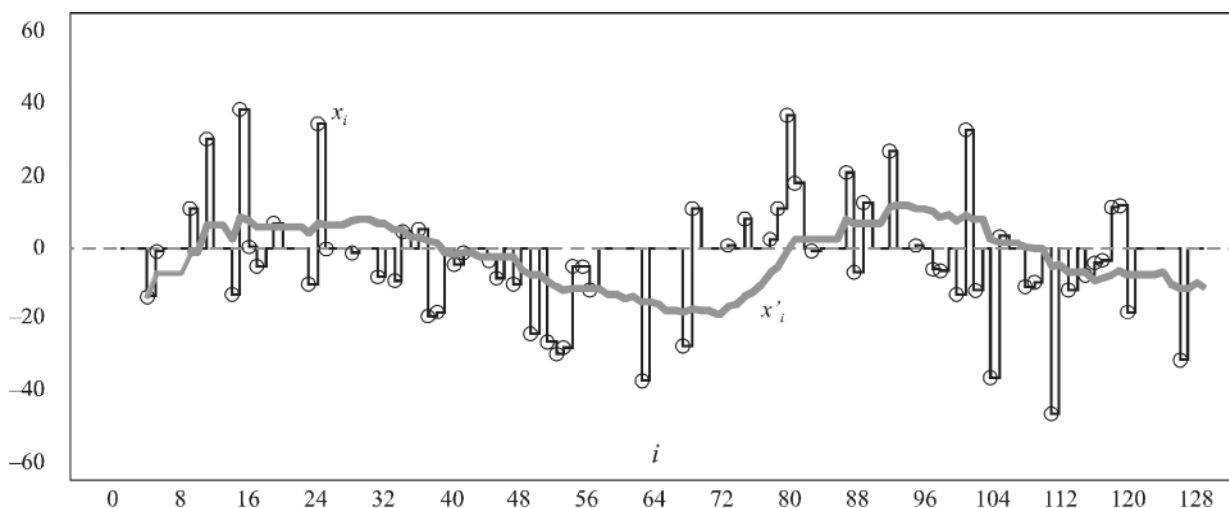


图 VIII.2/O.172—数据图和转换密度 p_i



O.172_FVIII.3

图 VIII.3/O.172—未滤波的相位值 x_i 和 x'_i

VIII.2.2 测量时钟随机抖动

- 1) 将发射机设定为产生1010...数据序列。（这个序列消除了与图案有关的抖动。）
- 2) 将该信号送到频谱分析仪，在光信号的情况下，使用一个宽频带光电（O/E）转换器。根据半波特分量的一边上的单边带（SSB）噪声来确定随机相位噪声的功率谱密度 PSD_{RP} 。（将SSB噪声变换为 UI^2/Hz ，请记住半波特分量的一周是 $2UI$ 。）
- 3) 数学上对 PSD_{RP} 进行适当的高通滤波和低通滤波，以得到随机抖动噪声的功率谱密度 PSD_{RJ} 。
- 4) PSD_{RJ} 对所有 f 进行积分，并取方根，就得到随机抖动噪声的均方根值 σ_R 。

VIII.2.3 用PDF来估计总的抖动

- 1) 总抖动的均方根值为 $\sigma_T = [\sigma_{PD}^2 + \sigma_R^2]^{0.5}$ 。
- 2) 假设随机抖动噪声是高斯噪声，则用 σ_R 得到随机抖动噪声的概率密度函数 PDF_R 。
- 3) 以随机的 PDF_R 求图案有关的 PDF_y 的卷积，以得到总抖动的概率密度函数 PDF_T 。
- 4) 根据 PDF_T ，抖动的带宽和测量时间间隔计算平均的峰—峰抖动。关于这一计算，请参阅VIII.4。

VIII.3 诊断测试图

- 1) 下面的图VIII.4和VIII.5规定了诊断用的SDH测试图。这些图可适合于在STM-64和STM-16上使用。
- 2) STM-256图有待进一步研究。
- 3) 仿真长的PRB_S图的效应的诊断测试图有待进一步研究。

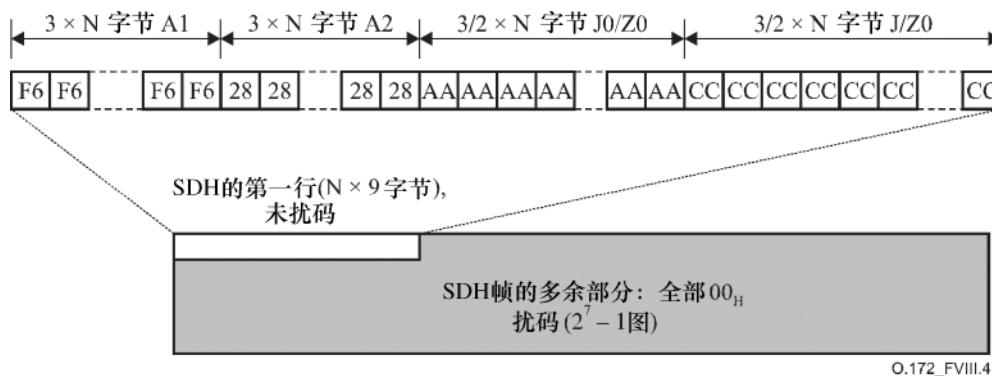


图 VIII.4/O.172—测试图1

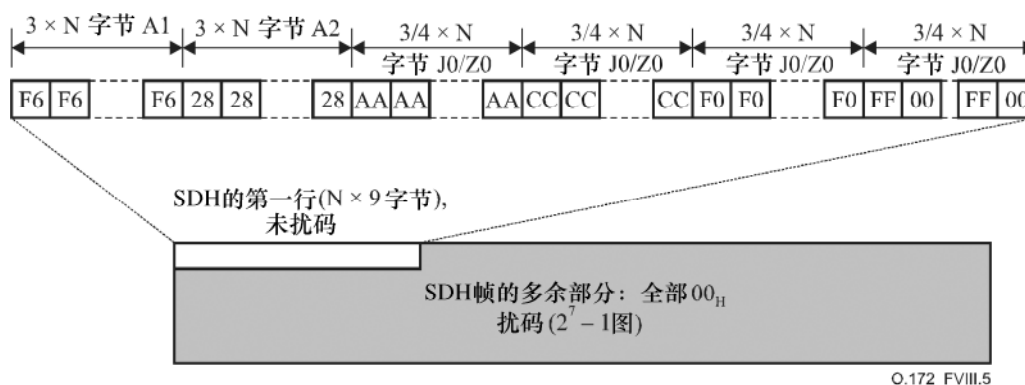


图 VIII.5/O.172—测试图2

VIII.4 由概率分布函数计算峰—峰值

我们知道了在带宽BW外大致是白色的，要根据时间函数 x 的概率分布函数 $p(x)$ ，来求出预期的 x 的峰—峰值。

在带宽BW外是白色的时间函数 x 在时间间隔 T 内有大约 $N=2 \cdot BW \cdot T$ 个独立的数值。则在时间段 T 内不超过某个值 x 的概率是 N 个独立的值都不超过该 x 的概率。但是一次尝试中不超过 x 的概率是函数 $c(x)$ 的累积分布。这里 $c(x)$ 是 $p(x)$ 的积分。则 N 次独立的尝试中不超过 x 的概率是 $c_{\max}(x)=c(x)^N$ 。因为这是最大值不超过 x 的概率， $c_{\max}(x)$ 是最大值的累积分布函数。则最大值的概率分布函数 $p_{\max}(x)$ 是 $c_{\max}(x)$ 的导数。最大值的平均（或期望）值是 $x \cdot p_{\max}(x)$ 对所有 x 的积分。

作为一个例子，图VIII.6表示了适用于具有均方根值为1的高斯分布函数 $p(x)$ 情况下的这些函数。若 x 的带宽 $BW=80$ MHz，测量时间为 $T=60$ s，则 $N=9.6 \cdot 10^9$ 。 $c(x)$ 上升到这一幂将使 $c_{\max}(x)$ 上升，超出6以外。 $p_{\max}(x)$ 是 $c_{\max}(x)$ 的导数。根据 $p_{\max}(x)$ ，我们计算出预期的最大值为6.43。

用类似的方法，可以求出 x 的最小值。在这一对称的情况下，预期的最小值为-6.43，所以预期的峰—峰值是12.86。

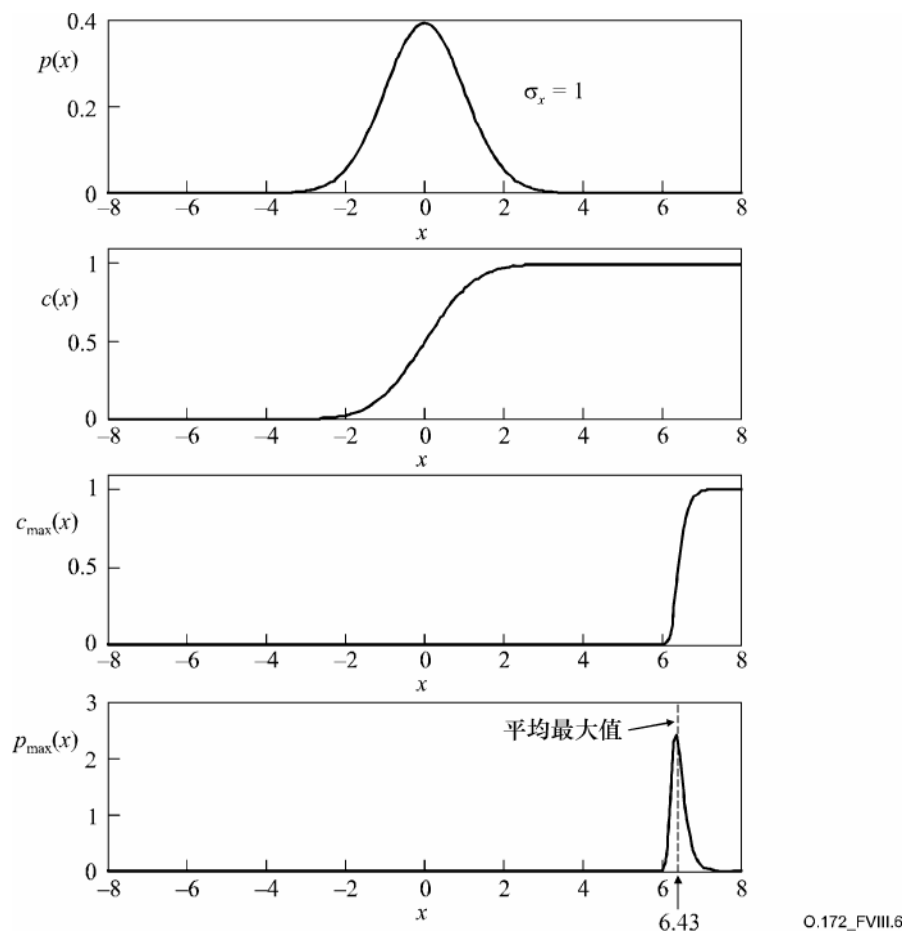


图 VIII.6/O.172—由 x 的PDF求预期的 x 的最大值的高斯分布例子

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
G系列	传输系统和媒质、数字系统和网络
H系列	视听和多媒体系统
I系列	综合业务数字网
J系列	有线网和电视、声音节目和其他多媒体信号的传输
K系列	干扰的防护
L系列	线缆的构成、安装和保护及外部设备的其他组件
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	测量设备技术规程
P系列	电话传输质量、电话装置、本地线路网络
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	数据网和开放系统通信及安全
Y系列	全球信息基础设施、互联网的协议问题和下一代网络
Z系列	用于电信系统的语言和一般软件问题