

428XL

V2.0

用户手册 第三册

SERCEL 公司的联系方式

欧洲

法国，南特

销售；客户支持；

Manufacturing & Repair.

B.P. 30439, 16 rue de Bel Air

44474 Carquefou Cedex

电话: +33 2 40 30 11 81, 传真: +33 2 40 30 19 48

热线: 陆上: +33 2 40 30 58 88

海上: +33 2 40 30 59 59

电子邮件: sales@sercel.fr

customer.support@sercel.fr

www.sercel.com

St Gaudens, France

Vibrator Customer Support;

Vibrator Manufacturing & Repair;

Streamer Manufacturing & Repair.

电话: +33 5 61 89 90 00, 传真: +33 5 61 89 90 45

热线: +33 5 61 89 90 91

Massy, France

Sales; Customer Support

电话: +33 1 69 93 83 60, 传真: +33 1 69 81 78 09

电子邮件: information@createch-industrie.com

sales@createch-industrie.com

techsupport@createch-industrie.com

Brest, France

Sales; Customer Support

电话: +33 2 98 05 29 05; 传真: +33 2 98 05 52 41

电子邮件: info@orca-inst.com

Toulon, France

Sales; Customer Support

电话: +33 4 94 21 69 92; 传真: +33 4 94 21 73 44

Alfreton, U. K.

Streamer Manufacturing & Repair;

Customer Support.

电话: +44 1 773 605 078, 传真: +44 1 773 541 778

电话: sales@sercelengland.com

customer.support@sercelengland.com

俄罗斯

Moscow, Russia

Sales; Customer Support.

电话: +7 495 254 06 59, 传真: +7 495 254 66 80

电子邮件: customersupport.rus@sercel.fr

Surgut, Russia

Customer Support

电话 / 传真: +7 3462 28 92 50

电子邮件: surgsav@surgut.ru

北美

Houston, USA

Sales; Customer Support

Manufacturing & Repair;

电话: +1 281 492 66 88, 传真: +1 281 579 75 05

热线: +1 281 492 66 88

电子邮件: sales.hou@sercelus.com

training.hou@sercelus.com

customer.support@sercelus.com

Calgary

销售; 客户支持; 制造

电话: +1, 403, 275 3544, 传真: +1 403 295 1805

电子邮件: sales.cal@sercelus.com

中东

Dubai, U. A. E.

Customer Support.

电话: +971 4 8832142, 传真: +971 4 8832143

热线: +971 50 6451752

电子邮件: sercel@emirates.net.ae

远东

中国，北京

Sales; Customer Support.

电话: +86 106 43 76 661, 传真: +86 106 43 76 367

Xian, P. R. of China

Manufacturing & Repair.

电话 / 传真: +86 29 8222 9504

Xushui, P. R. of China

Manufacturing & Repair.

电话: +86.312.8648355, 传真: +86.312.8648441

Singapore

Streamer Manufacturing & Repair;

Customer Support.

电话: +65 6 545 0411, 传真: +65 6 545 1418

Australia

Streamer Manufacturing & Repair

OBC Equipment

电话: +61 2 8832 5500, 传真: +61 2 8832 5555

亚洲

Dehradun, India

Customer Support.

电话: +91 135 2761 078 / 2763 387,

Fax: +91 135 2763 133

电子邮件: sercel@nde.vsnl.net.in

无论在何种情况下，即使 SERCEL 公司已被告知或已经知道或应该知道存在此类损害的可能性，但 SERCEL 公司对因使用本产品而导致的或因本手册或其中所含信息而产生的附带或间接损害或相关费用均不承担任何责任。

本文档中所包含的信息被认为是准确可靠的。然而，SERCEL 公司保留在不提供通知的情况下随时对其产品或技术规范进行更改的权力，以便改进设计或性能并提供尽可能最好的产品。本文档不以任何形式构成代表 SERCEL 公司承诺的销售合同。

本文档中所提及的软件是按照精确许可证协议而销售的，因而本文档可能覆盖用户可能尚无最终许可证的技术领域。

在没有 SERCEL 公司预先书面许可的情况下，任何人均不得以任何形式或通过任何方式对本文档的任何部分或本文档中所包含的任何信息进行修改或复制。

© 2005 年 Sercel 公司。版权所有。
法国印制。

Sercel, 428XL, 428XLS, AIB, DPG, DSD, DSU1, DSU3, DSU3-428, e-428, eSQC Pro, FDPA428, FDU, FDU-428, HSU, LandPro Bin, LAUL, LAUL-428, LAULS, LAUX, LAUX-428, LAUXS, Link, LL428, LLIU, LLX400, LRU, LSI, LSS, LT428, LX, MGA, MRU, MSI, QT428, SGA, TMS428, TMU428, VE432, VQC88 及 WPSR 均为 Sercel 公司的商标。版权所有。

UNIX 为 The Open Group 在美国和 / 或其他国家的注册商标或商标。Microsoft 和 Windows 为微软公司在美国和 / 或其他国家的注册商标或商标。本文档中所提及的其他产品和公司名称可能是其相应所有者的商标。

修订历史记录

修订日期	受影响的章或页	修订描述或更改原因
2006 年 3 月		V 1.0 版本
2006 年 12 月		V 2.0 版本

目 录

修订历史记录	4
前言	11
1 实用工具	
磁带复制 (CopyMedia)	14
一般介绍	14
复制规则	15
复制文件的步骤	15
举例	17
2 回放滤波器	
简介	20
滤波器图	21
3 地震道滤波器响应图	
线性相位滤波器类型	32
最小相位滤波器类型	52
4 震源控制器接口连接	
428XL 从操作	74
手工模式	74
连续模式	75

ADVANCE II 震源控制器	76
Shot Pro 爆炸机 (或同等设备)	77
安装	77
428XL 到 Shot Pro 的数据协议	78
Shot Pro 到 428XL 的数据协议	78
爆炸机状态代码	79
专业术语	79
举例	80
结果处理	80
Shallow Sequencer	81
Shallow Sequencer 到 428XL 的数据协议	81
结果处理	82
MACHA 爆炸机	83
MACHA 爆炸机到 428XL 的数据协议	83
SGD-S 爆炸机	84
SGD-S 协议	84
由震源控制器更新的数据字段	87
 5 仪器测试记录恢复	
一般介绍	90
概述	90
所用约定	90
仪器噪声测试	91
仪器畸变测试	92
仪器增益与相位测试	93
仪器 CMRR 测试	99
仪器串音测试	100
 6 FDU 标定	
概述	102

一般原理	102
标定时间安排	103
ADC 低增益和内部参考电压	104
目的	104
种类	104
输入电阻与 DAC 硬件	108
目的	108
种类	108
DAC 软件	114
目的	114
种类	114
测试网络电阻	117
目的	117
种类	117
共模电阻器	122
目的	122
种类	122
接地电阻	128
目的	128
种类	128
ADC 高增益	131
目的	131
种类	131

7 FDU 测试功能

一般介绍	136
概述	136
可进行的测试	138
仪器测试	140

仪器电阻	140
仪器噪声测试	142
仪器增益与相位测试	145
仪器畸变测试	149
仪器 CMRR 测试	152
仪器脉冲	155
参考电压 (仅限接通测线上电源或使用 TMS428 时)	157
检波器测试	160
检波器噪声测试	160
检波器电阻测试	163
检波器漏电测试	166
检波器倾斜度测试	169
检波器 CMRR 测试 (仅限 LT428 和 TMS428)	171
检波器脉冲	174
检波器畸变	176

8 DSU3 测试功能

概述	180
标定	182
测试	183
噪声测试	183
增益和相位测试	184
畸变测试	185
串音	186
倾斜度测试	189
重力	192

9 参考信息

相关	194
时域中的相关	194

频域中的相关	194
428XL 中的相关	196
将采样读数换为毫伏	197
地震道偏差消除	199
脉冲和串音测试	199
检波器串	200
每道检波器数目	200
串联 / 并联排列	201
串连接方式	206
结论	208
静校正下样点内插	209
428XL 采集原理	209
传输错误的影响	212
CRC 错误处理算法	213
实验	214
用倾斜角校正 DSU3 记录道	221
概述	221
DSU3 记录道校正公式	221
A 3C 极性约定	
右手系统	223
3C 极性的 SEG-D 约定	224
DSU3 倾斜角	225
B 428XL 技术规格	
一般介绍	228
最大实时采集能力	233
最大采集或记录长度与记录道数目对比	234
可控震源	235
脉冲震源	236

测试	238
仪器测试技术规格	239
FDU-428	239
DSU3-428	241

前言

随 428XL 系统而提供的文档包括下面几种手册：

- **安装手册 (0311428)**：提供了 428XL 系统简介、安装信息、帮助操作员入门的一些说明，以及有助于选择适合您需求的 428XL 配置的参考信息。
- **用户手册第一册 (0311430)**：介绍系统图形用户界面上显示的参数和各个窗口的使用方法。
- **用户手册第二册 (0311431)**：包含有关所记录数据和各种界面的信息（包括 SEGD 格式在内的输入 / 输出格式的介绍）。
- **用户手册第三册 (0311432)**：本手册包含一些参考信息（滤波器图、测试原理、技术数据、版本注释、技术规格）。
- **技术手册 (0311429)**：包含维护和修理信息，包括有关使用系统测试仪的操作说明。

对于安装了 PDF 文件阅读器 (Adobe Acrobat Reader) 的个人计算机，可以直接从 428XL 光盘的 DOC 目录来查看本手册。

章 1

实用工具

本章介绍几种因只供特殊情况或定制情况使用而无法从 428XL 图形用户界面窗口调用的功能。其中包括以下各节：

- [磁带复制 \(CopyMedia\)](#)，第 14 页

磁带复制 (CopyMedia)

一般介绍

428XL 软件包括两种用于在两个 SCSI 磁带驱动器之间，或在 SCSI 磁带驱动器和服务器硬盘之间复制文件的实用工具。

CopyFile (复制文件) 实用工具可以

- 将一份文件从一个磁带复制到另一个磁带；
- 将一份文件从磁带复制到磁盘；
- 将一份文件从磁盘复制到磁带。

CopyMedia (复制介质) 实用工具可以

- 将所有文件从一个磁带复制到另一个磁带；
- 将所有文件从一个磁带复制到一个磁盘目录；
- 将所有文件从一个磁盘目录复制到一个磁带。

警告



在使用 CopyMedia 命令之前，请确认有足够的可用磁盘空间，否则可能会出现“File System Full”(文件系统已满)的错误。

警告



请确保不要向已含有文件的磁带中写入数据。系统将不会就已存在文件给出任何警告！

在从磁带读取数据之前，必须先进行倒带。

警告



(您想使用的磁带驱动器必须在输出窗口中“释放”)。

1

- 用 CopyMedia 实用工具时，目标磁盘文件名由 xxxxx.tape 创建（xxxx 从 00001 开始，每复制一份文件就加 1）。

- 将一个磁带盒插入驱动器。（ 428XL 事先必须已识别该磁带驱动器 ）。
- 进入 **Config** （ 配置 ）客户机窗口中的 **Off Line**。
- 在 **Export** 客户机窗口中，从 **Setup** 菜单中选择 **Tape Functions**，然后释放该磁带驱动器（ 从选项按钮中选择 **Release** ）。
- 打开服务器计算机上的 **Console**（ 控制台 ）窗口或 **Command Tool**（ 命令工具 ）窗口。
- 输入以下命令之一，其中，**x** 和 **y** 为驱动器的 **SCSI** 地址（ 可在输出窗口中该磁带驱动器的结果日志视图中看见 ）：
 - 1 - 要想将一份文件从设备 #x 复制到设备 #y：
> CopyFile x y （ 这将复制从磁带读取的下一个文件 ）。

2 - 要想将一份文件从设备 #x 复制到硬盘：

> **CopyFile** x /path/filename (这将复制从磁带读取的下一个文件)。

3 - 要想将一份文件从硬盘复制到设备 #x：

> **CopyFile** /path/filename x [blocking length]

4 - 要想将所有文件从设备 #x 复制到设备 #y(请参见注 2)：

> **CopyMedia** x y

5 - 要想将所有文件从设备 #x 复制到硬盘上的一个目录

(请参见注 2)：

> **CopyMedia** x /path

6 - 要想将所有文件从硬盘上的一个目录 (/ 路径) 复制到一个设备 (#x)，并以两个 EOF 结束：

> **CopyMedia** /path x [blocking length] eom



注 (1) 当读取磁带时，遇到两个磁带标记或一个空白介质，则复制结束。

注 (2) 从磁带向硬盘复制时，请确认没有任何同名文件。如果已经存在同名文件，则该文件不会被盖写。

注 (3) 使用 **CopyMedia** 命令将记录从外部磁盘复制到磁带之前，在控制台窗口中键入以下命令：**ExpMount disk#** (其中，# 为设备号)。如果您想要卸下磁盘，则使用 **ExpUnmount disk#** 命令。

举例

- > CopyFile 2 3**

将一份文件从设备 2 复制到设备 3。
- > CopyFile 5 /dir/filename**

将一份文件从设备 5 复制到 / 目录 / 文件名。
- > CopyFile /dir/filename 5**

用默认数据分块长度 (256kB) 将一份文件从 / 目录 / 文件名复制到设备 5。
- > CopyFile /dir/filename 5 0**

将一份文件从 / 目录 / 文件名复制到设备 5，不用道数据分块。
- > CopyFile /dir/filename 5 100000**

用 100000 字节作为数据分块长度将一份文件从 / 目录 / 文件名复制到设备 5。
- > CopyMedia 4 1**

将所有文件从设备 4 复制到设备 1。
- > CopyMedia 2 /dir**

将所有文件从设备 2 复制到 / 目录。
- > CopyMedia /dir 2**

用默认数据分块长度 (256 kB) 将所有文件从 / 目录复制到设备 2。
- > CopyMedia /dir 2 0**

将所有文件从 / 目录复制到设备 2，且无道数据分块。
- > CopyMedia /dir 2 100000 eom**

用 100000 字节作为数据分块长度，将所有文件从 / 目录复制到设备 2，并用两个 EOF 结束磁带复制。

注 如果所请求的数据分块长度超过 256 千字节，则实际使用的数据分块长度将为 256 千字节。

章 2

回放濾波器

本章包括以下各节：

- [简介（第 20 页）](#)
- [滤波器图（第 21 页）](#)

简介

每个回放滤波器的衰减率均与 dB/Hz 图中的截止频率无关。因此，本章中针对 50 赫兹截止频率所显示的图，允许滤波器通过每条曲线沿赫兹标度的简单移动而外推到任何截止频率。

允许对三种滤波器进行组合（低截、陷波、高截）。

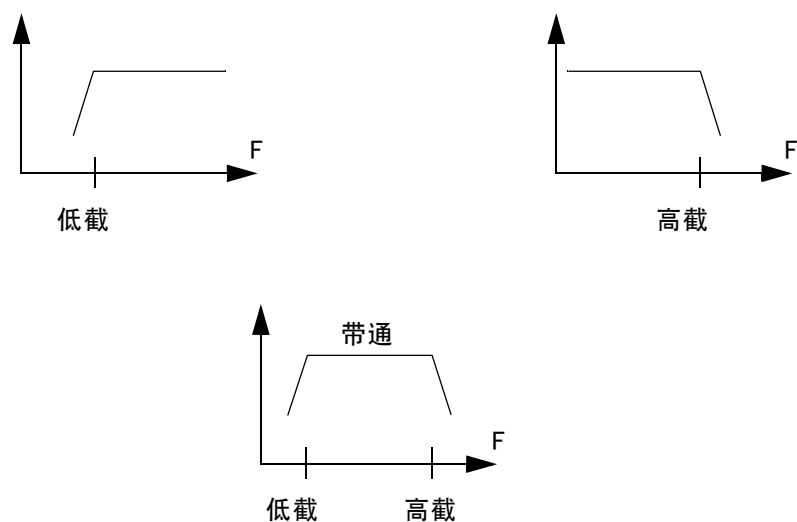


图 2-1

滤波器图

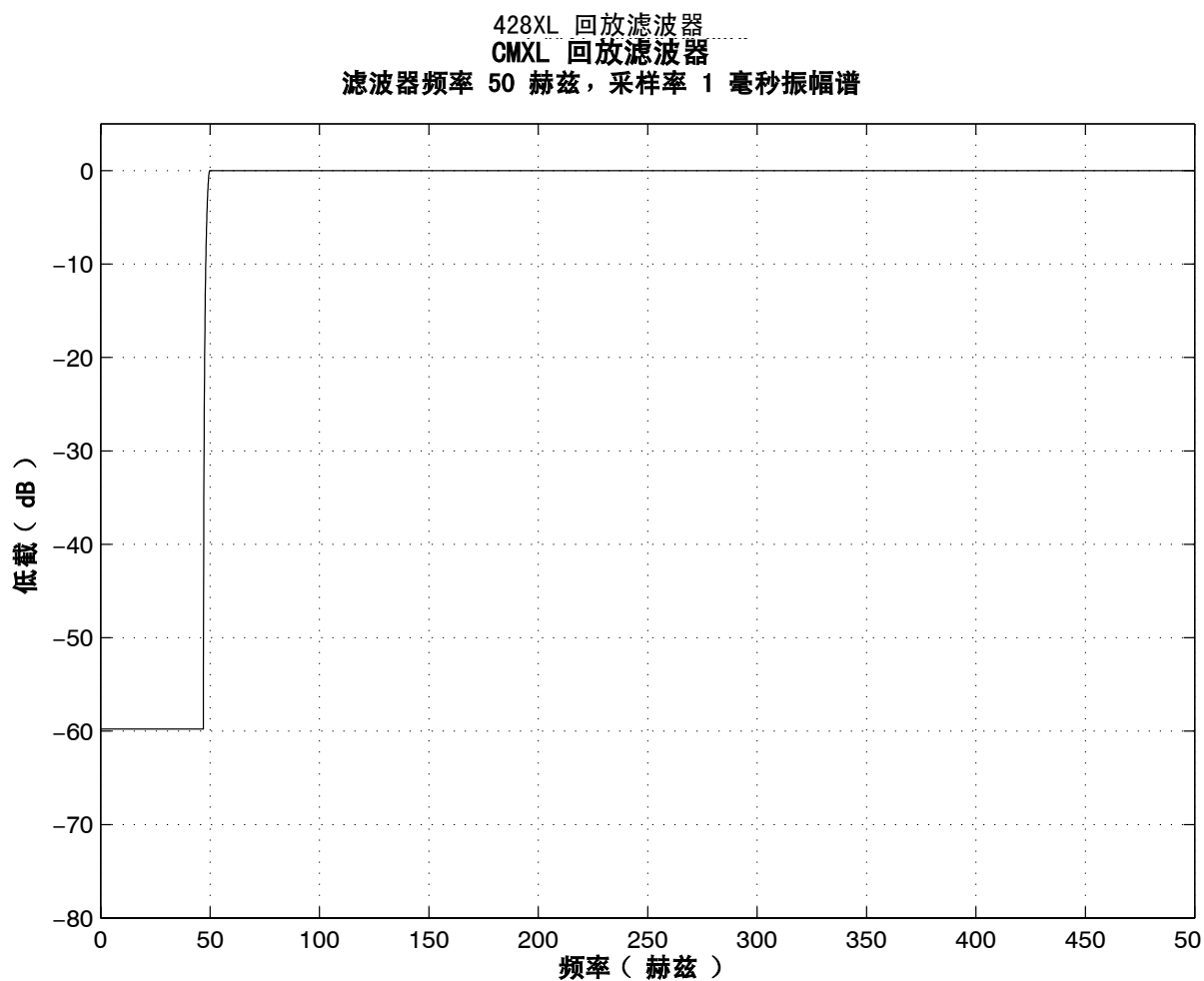


图 2-2 低截，1 毫秒

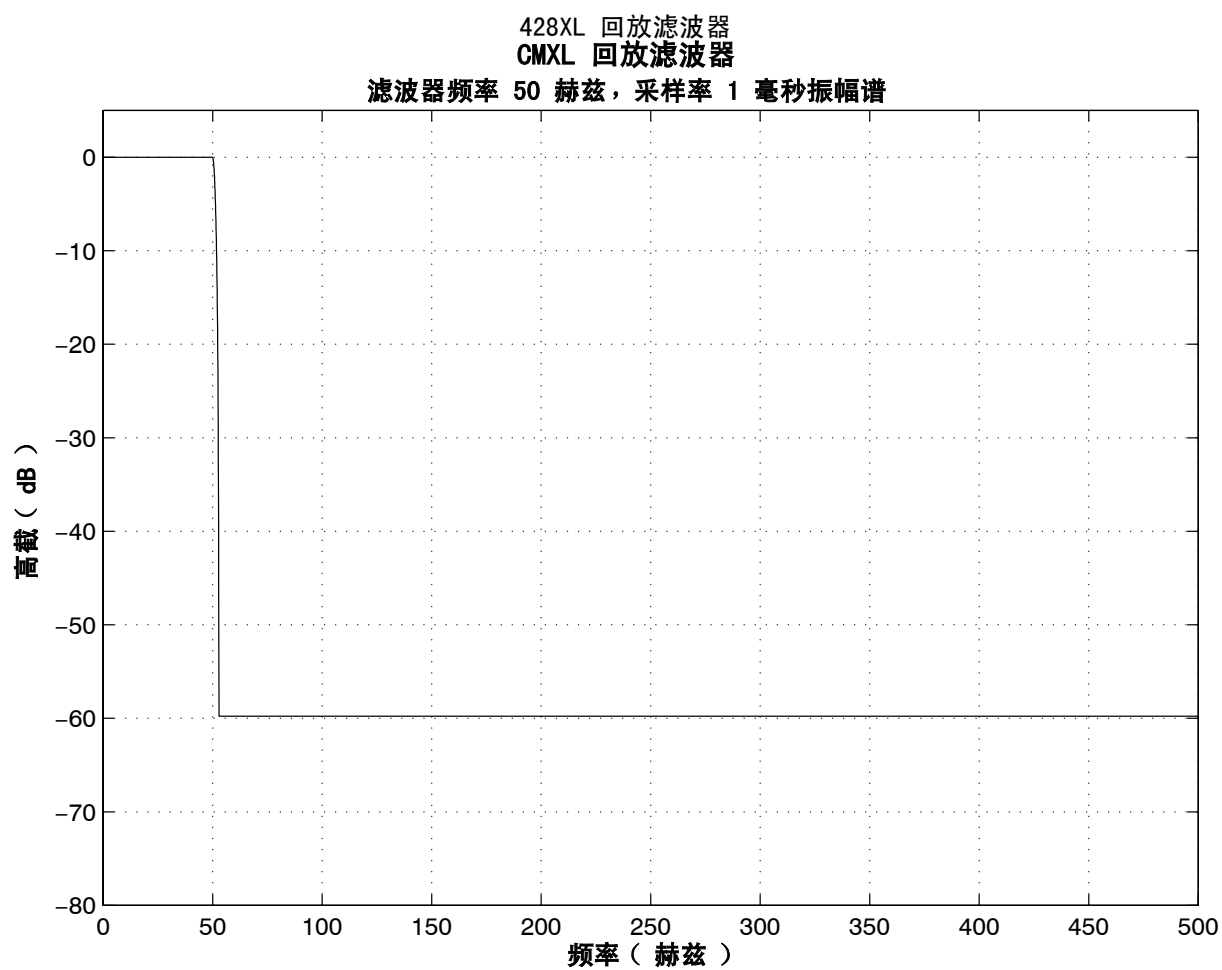
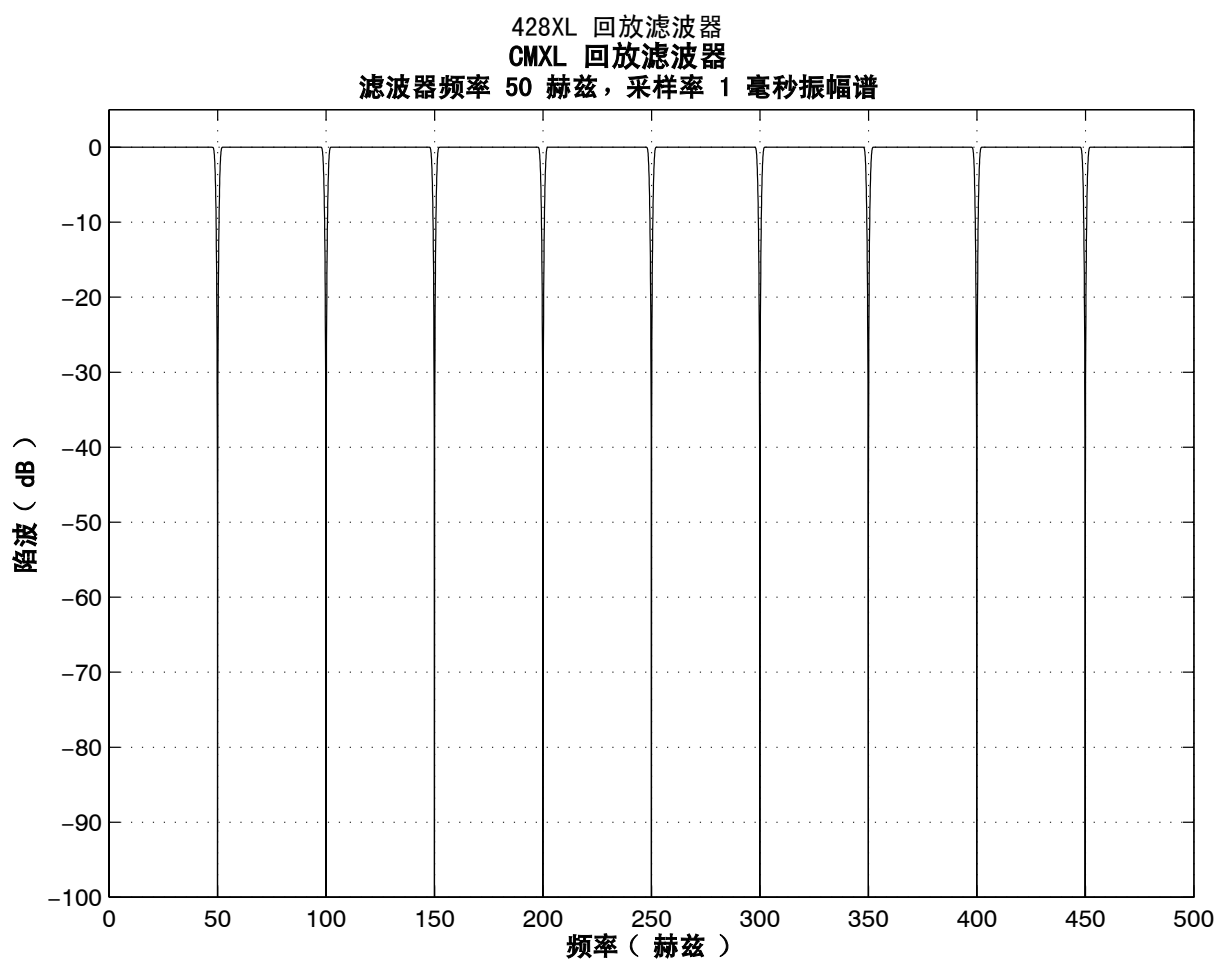


图 2-3 高截，1 毫秒



2

图 2-4 陷波，1 毫秒

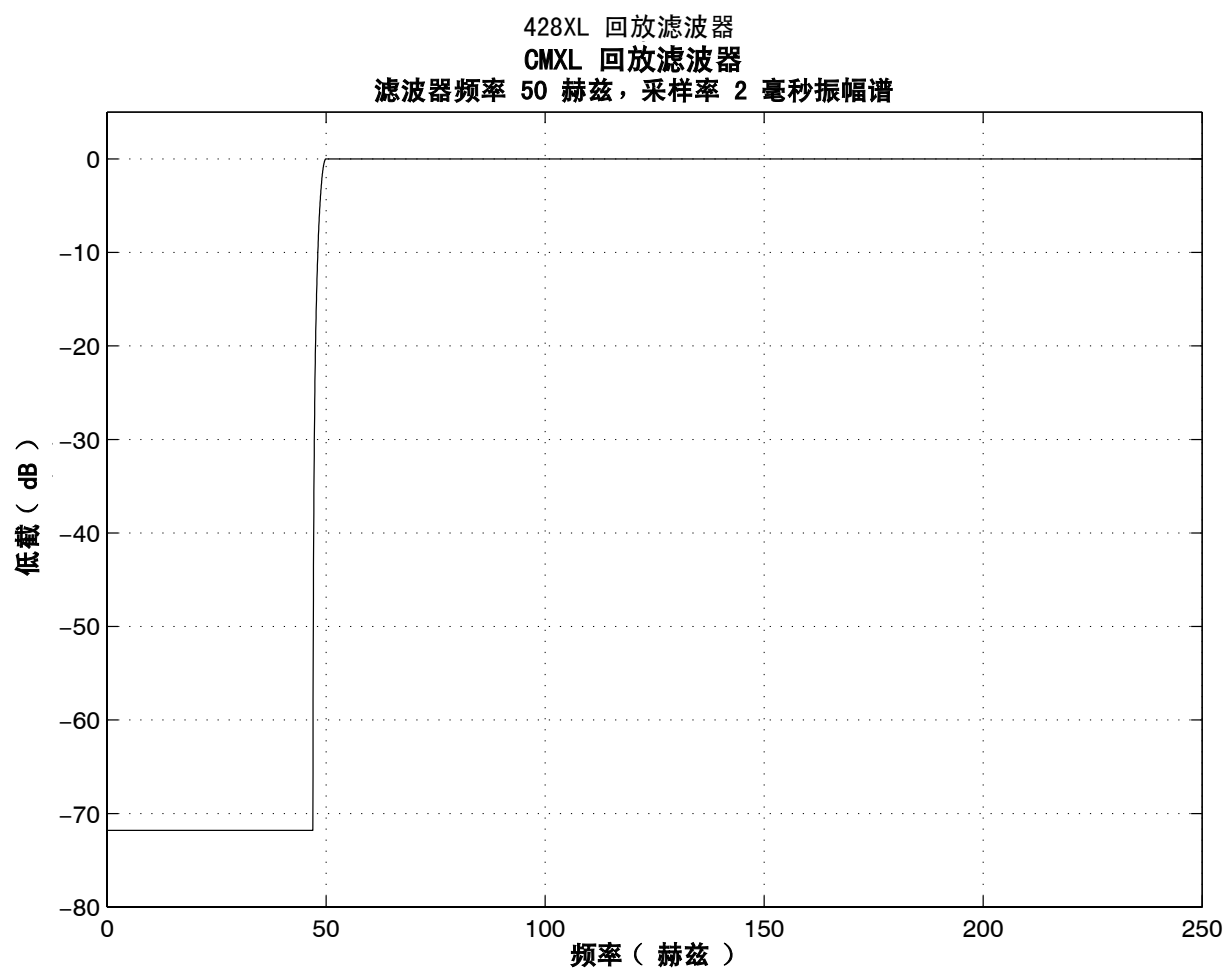
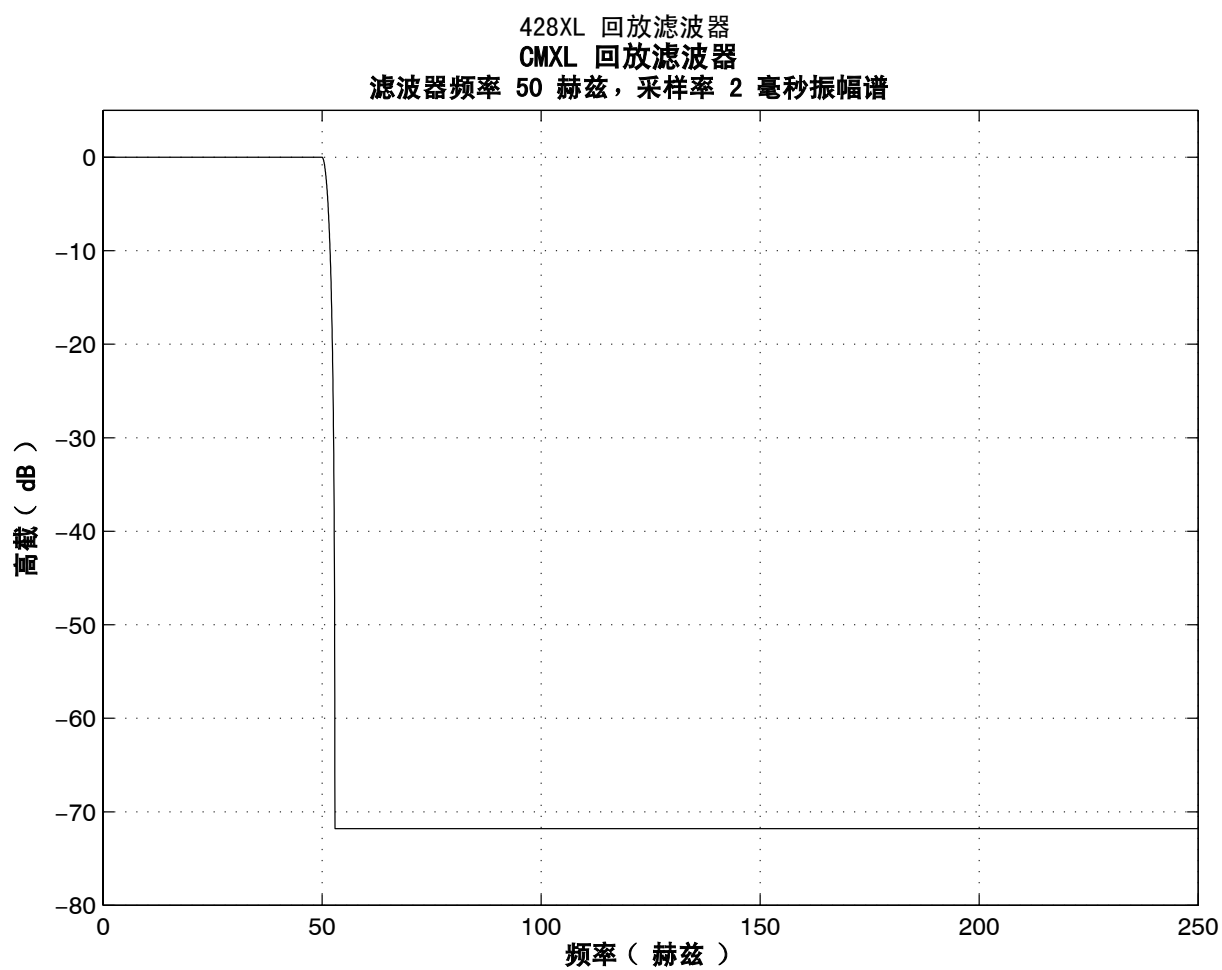


图 2-5 低截，2 毫秒



2

图 2-6 高截，2 毫秒

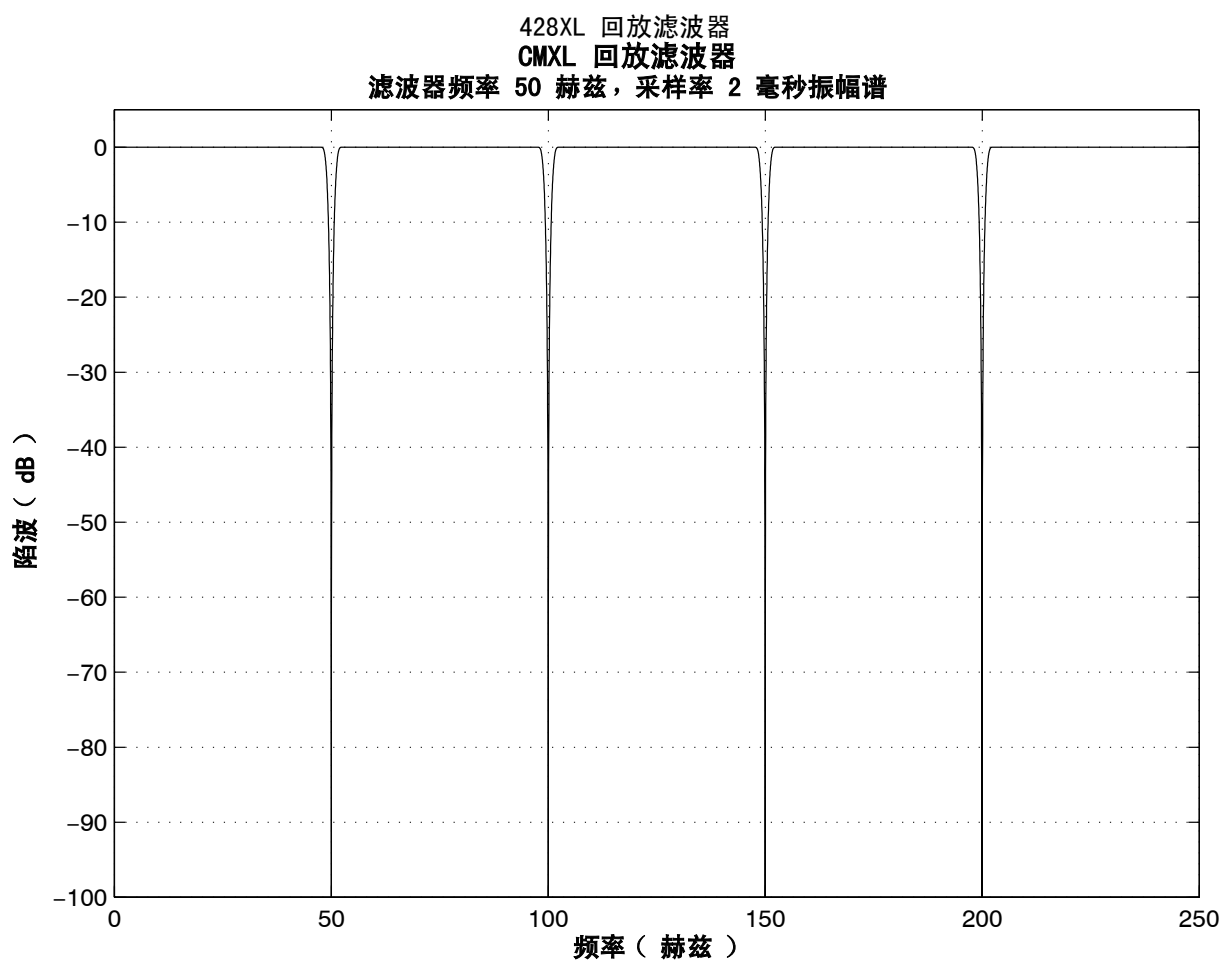
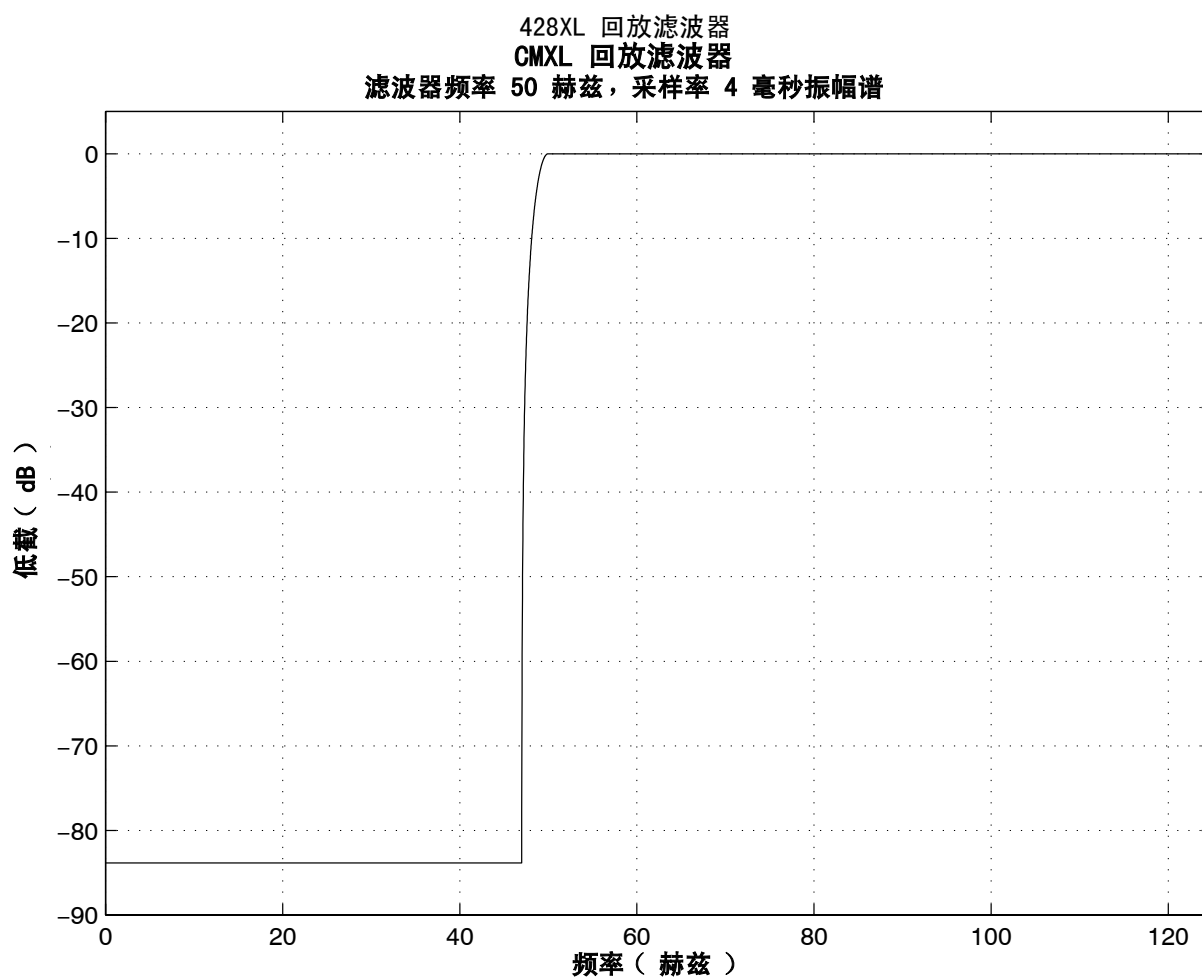


图 2-7 陷波，2 毫秒



2

图 2-8 低截，4 毫秒

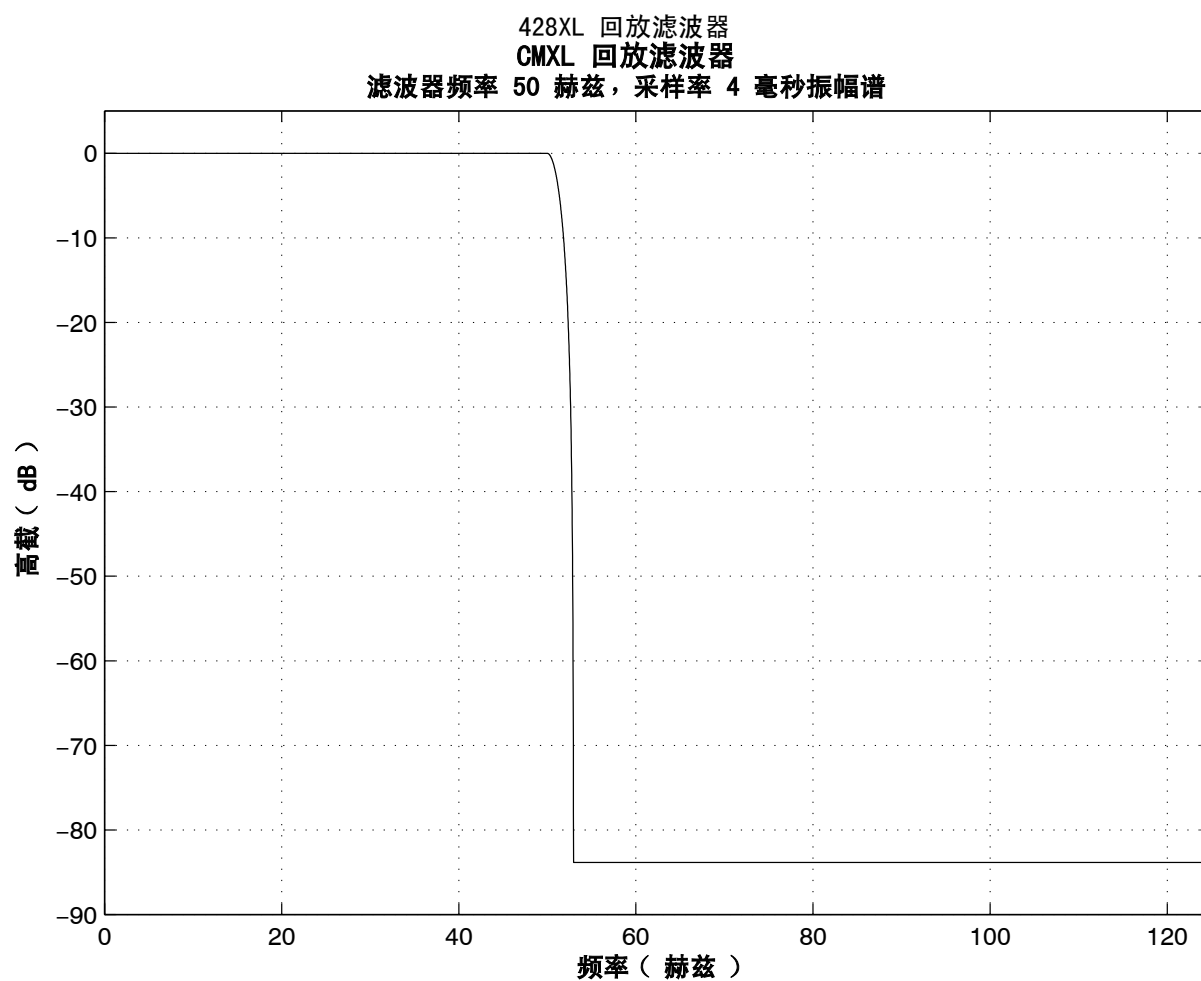
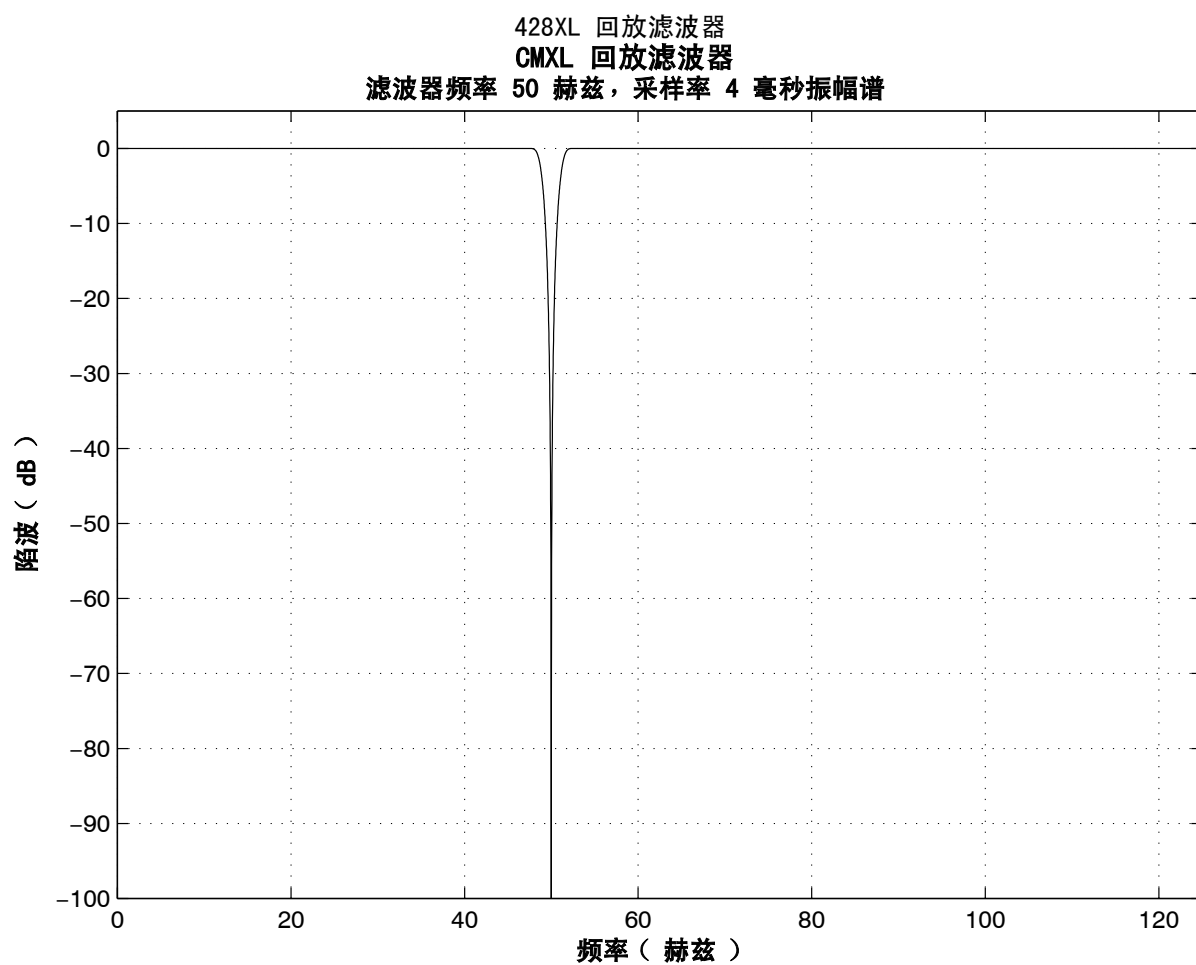


图 2-9 高截，4 毫秒



2

图 2-10 陷波，4 毫秒

章 3

地震道滤波器响应图

本章包括以下各节：

- [线性相位滤波器类型（第 3 32 页）](#)
- [最小相位滤波器类型（第 3 52 页）](#)

注：另请参见服务器计算机上“impResp”文件夹中的文件，其中包含针对各种采样率和滤波器类型的典型脉冲响应样本。

线性相位滤波器类型

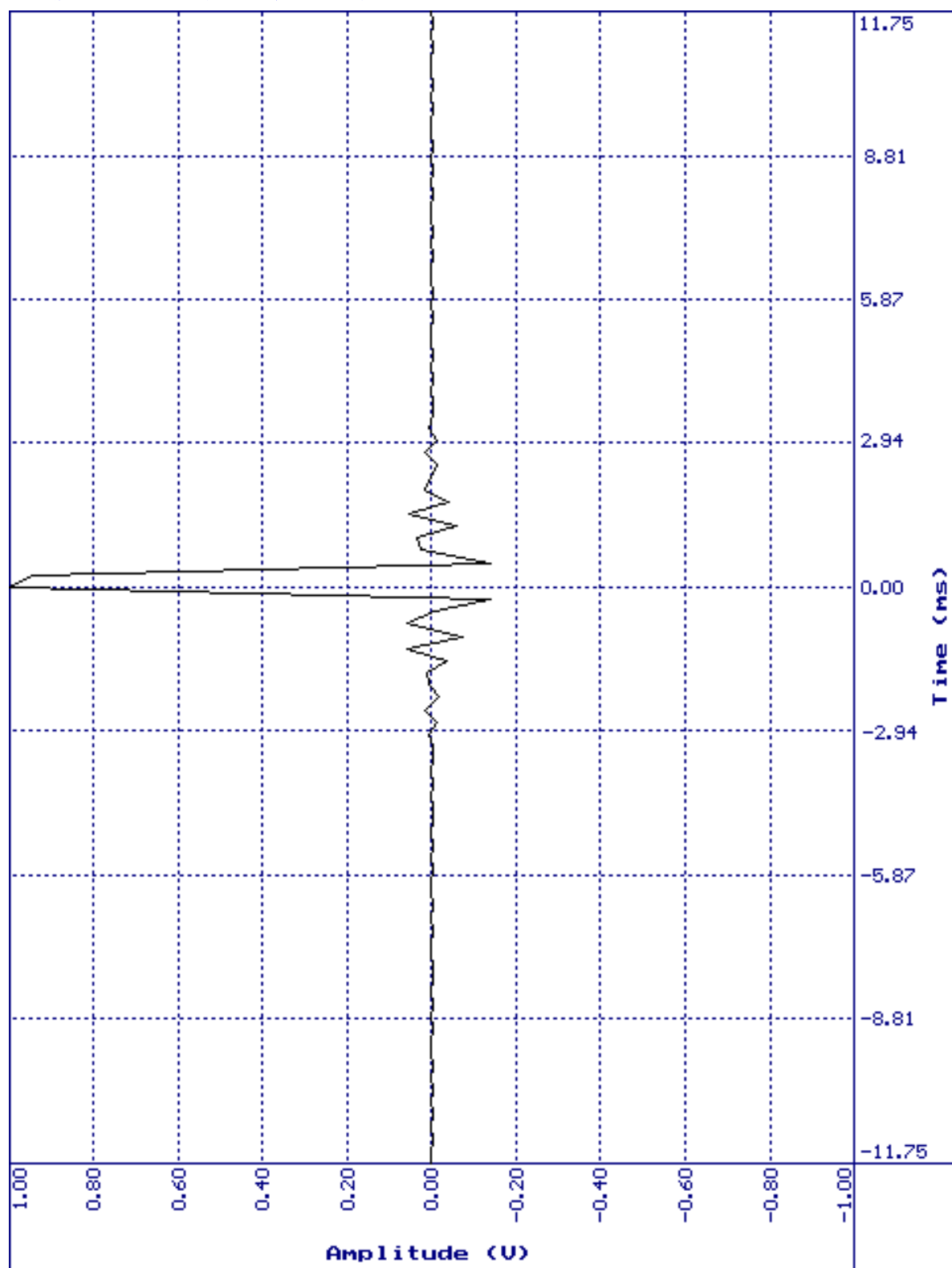


图 3-1 (LIN) 脉冲响应 @ 0.25 毫秒

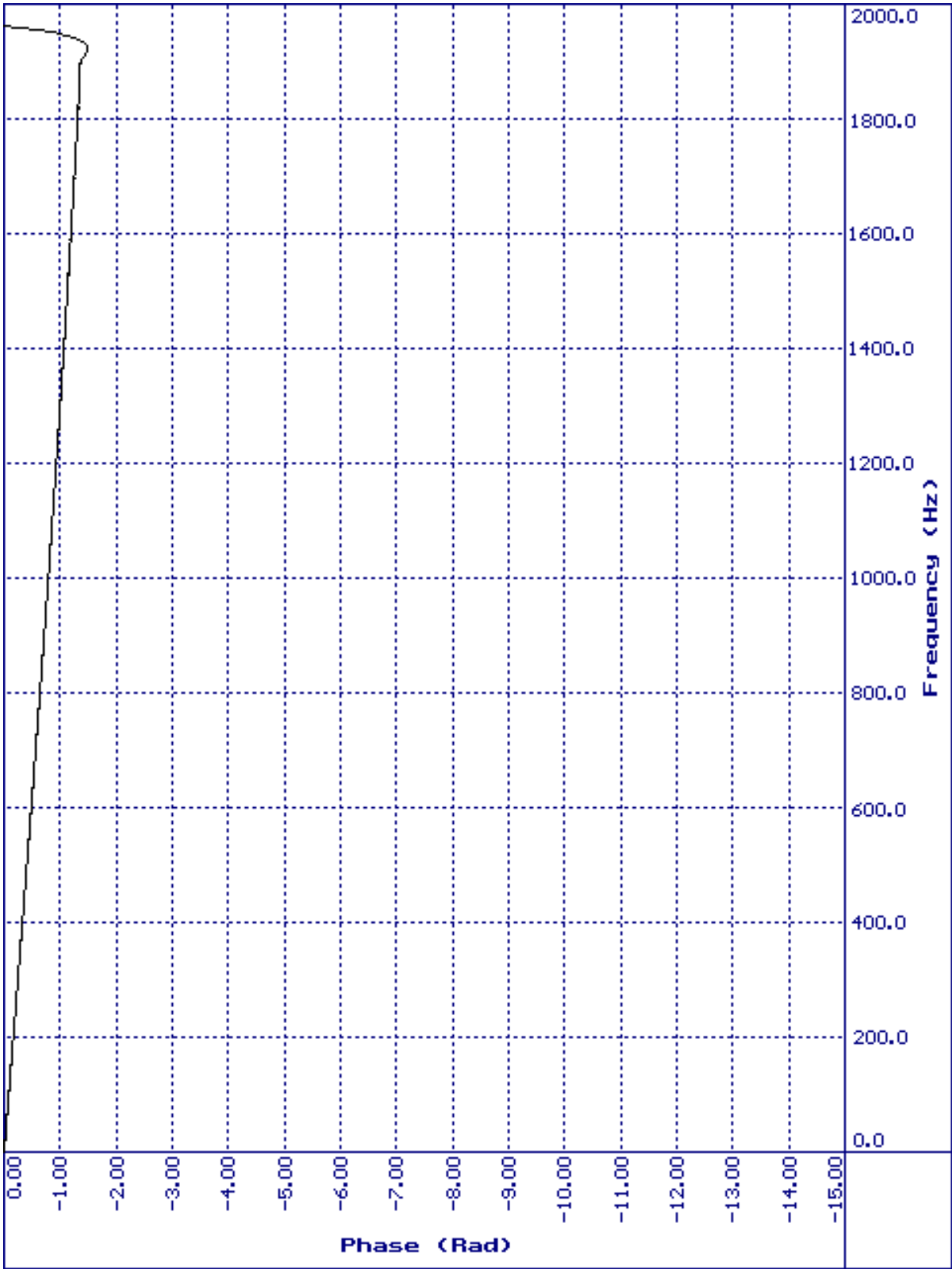


图 3-2 (LIN) FT 相位，线性频标 @ 0.25 毫秒

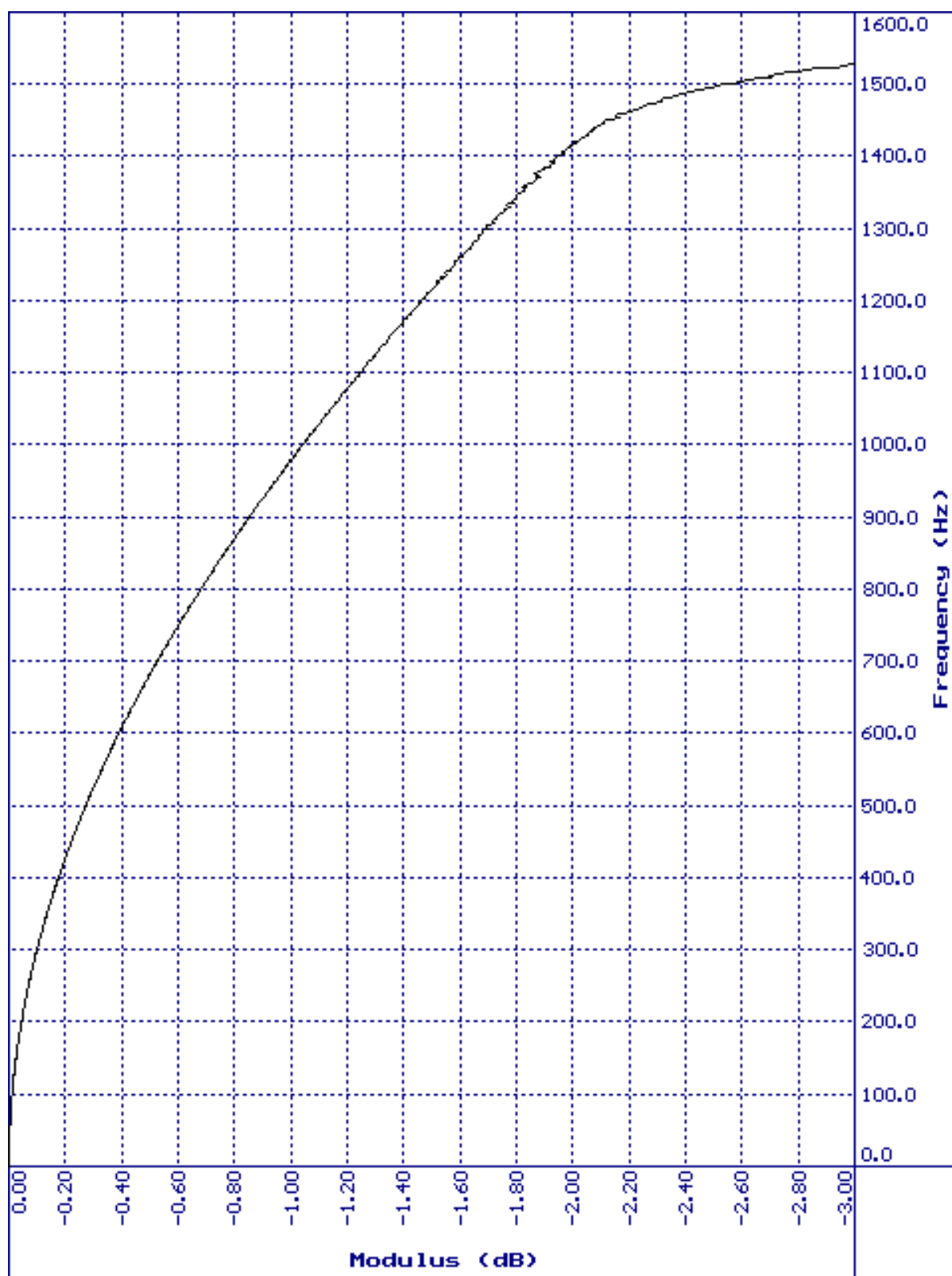


图 3-3 (LIN) FT 系数，线性频标 @ 0.25 毫秒

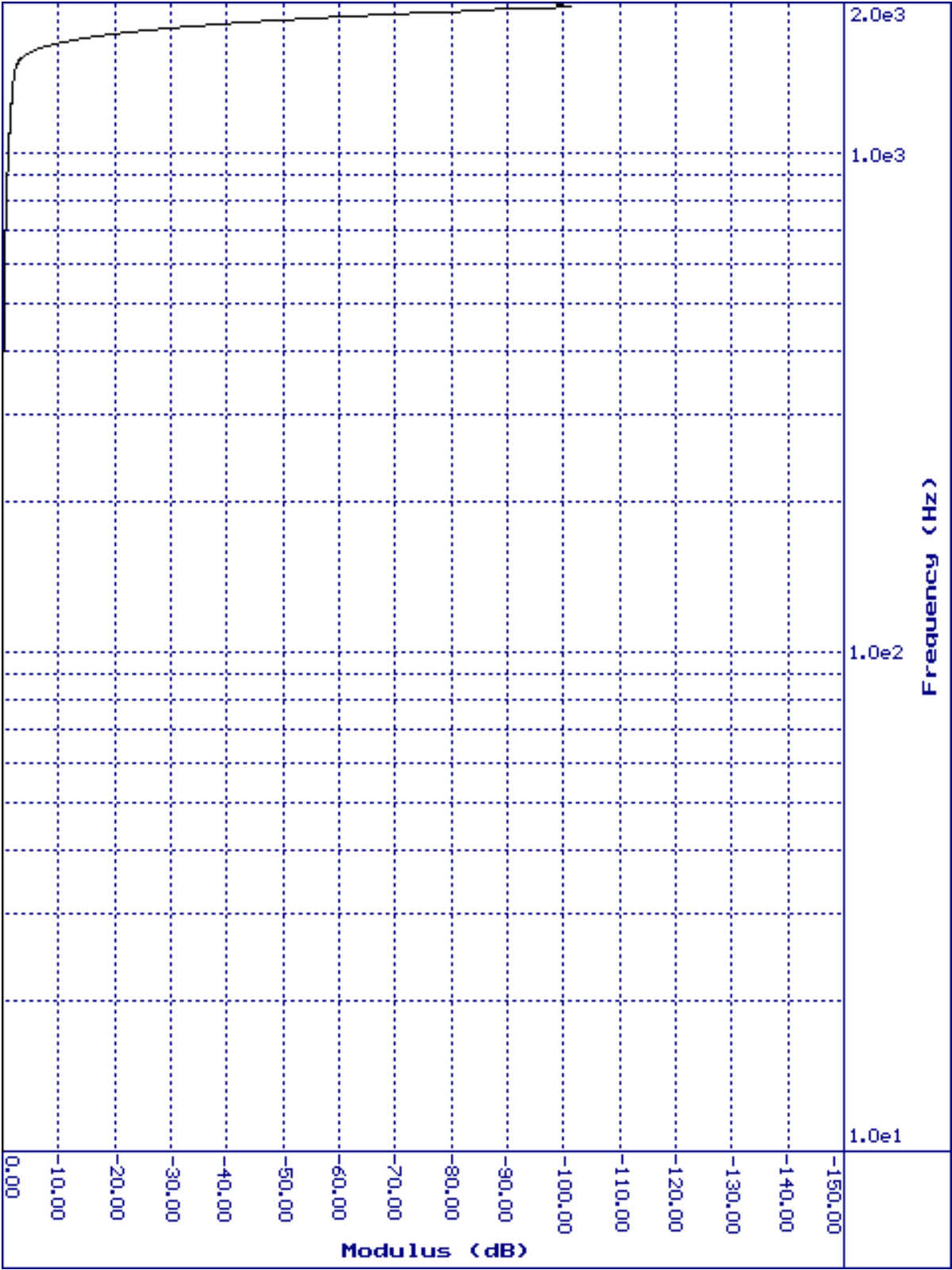


图 3-4 (LIN) FT 系数，对数频标 @ 0.25 毫秒

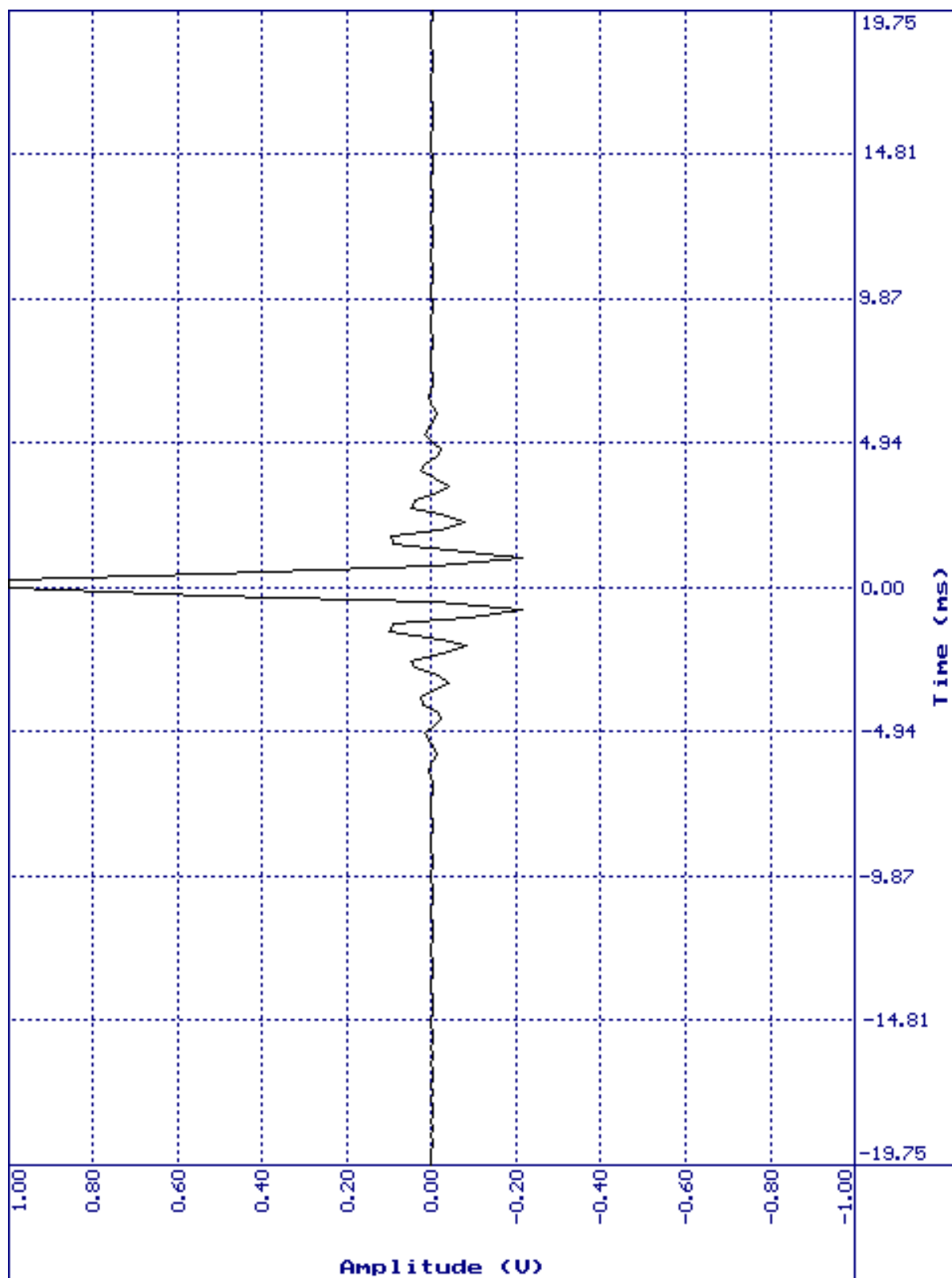


图 3-5 (LIN) 脉冲响应 @ 0.5 毫秒

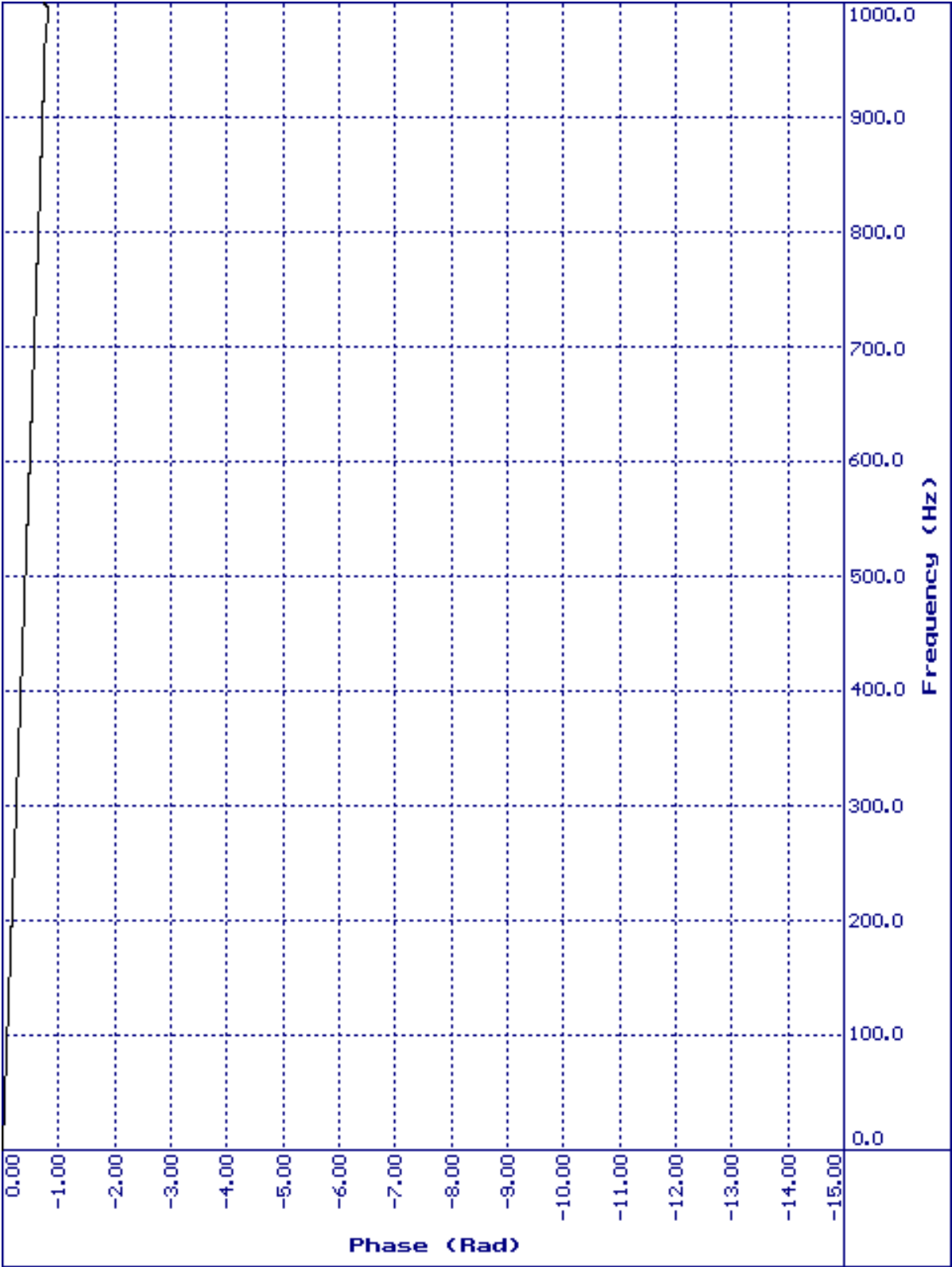


图 3-6 (LIN) FT 相位，线性频标 @ 0.5 毫秒

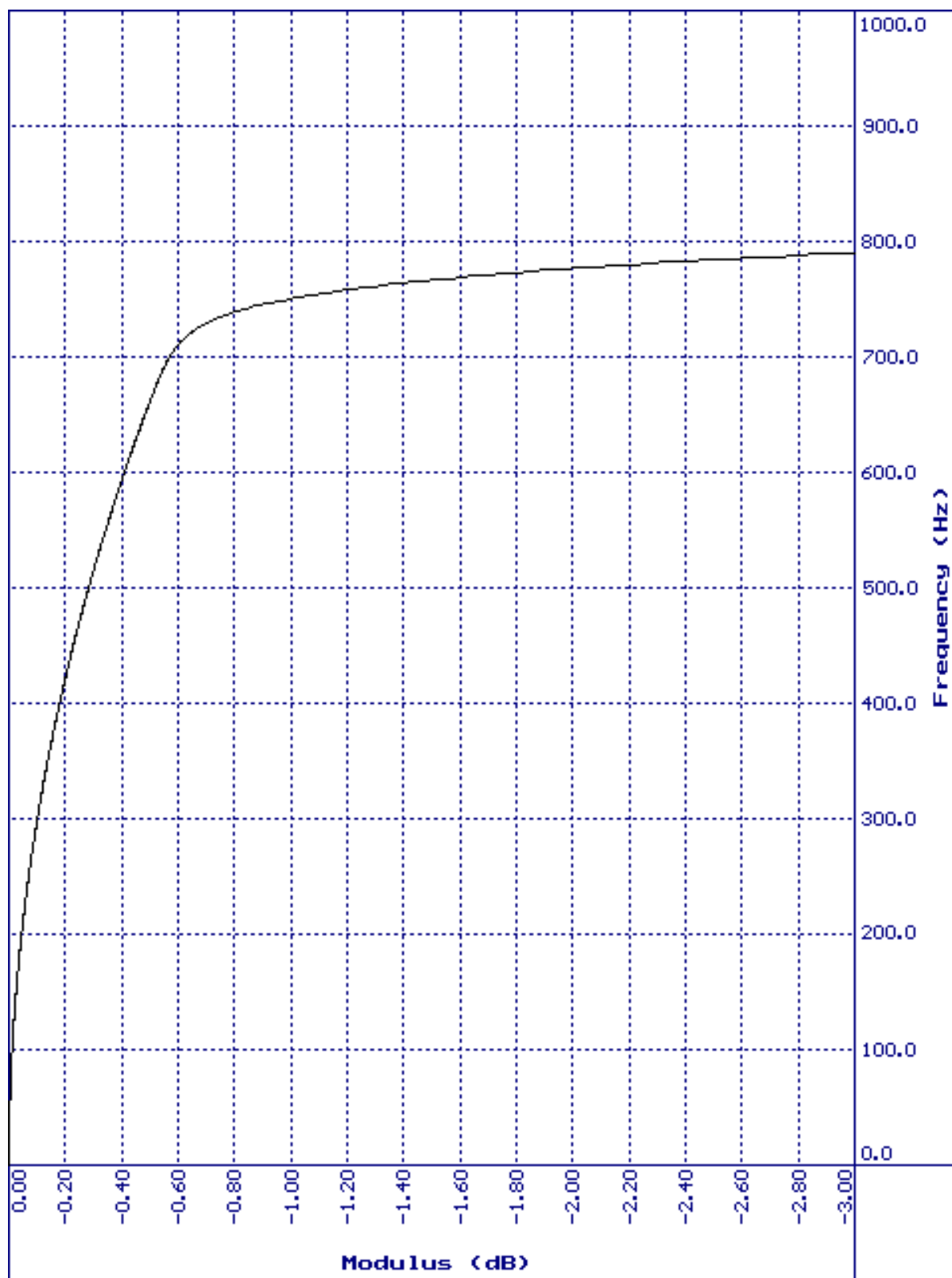


图 3-7 (LIN) FT 系数，线性频标 @ 0.5 毫秒

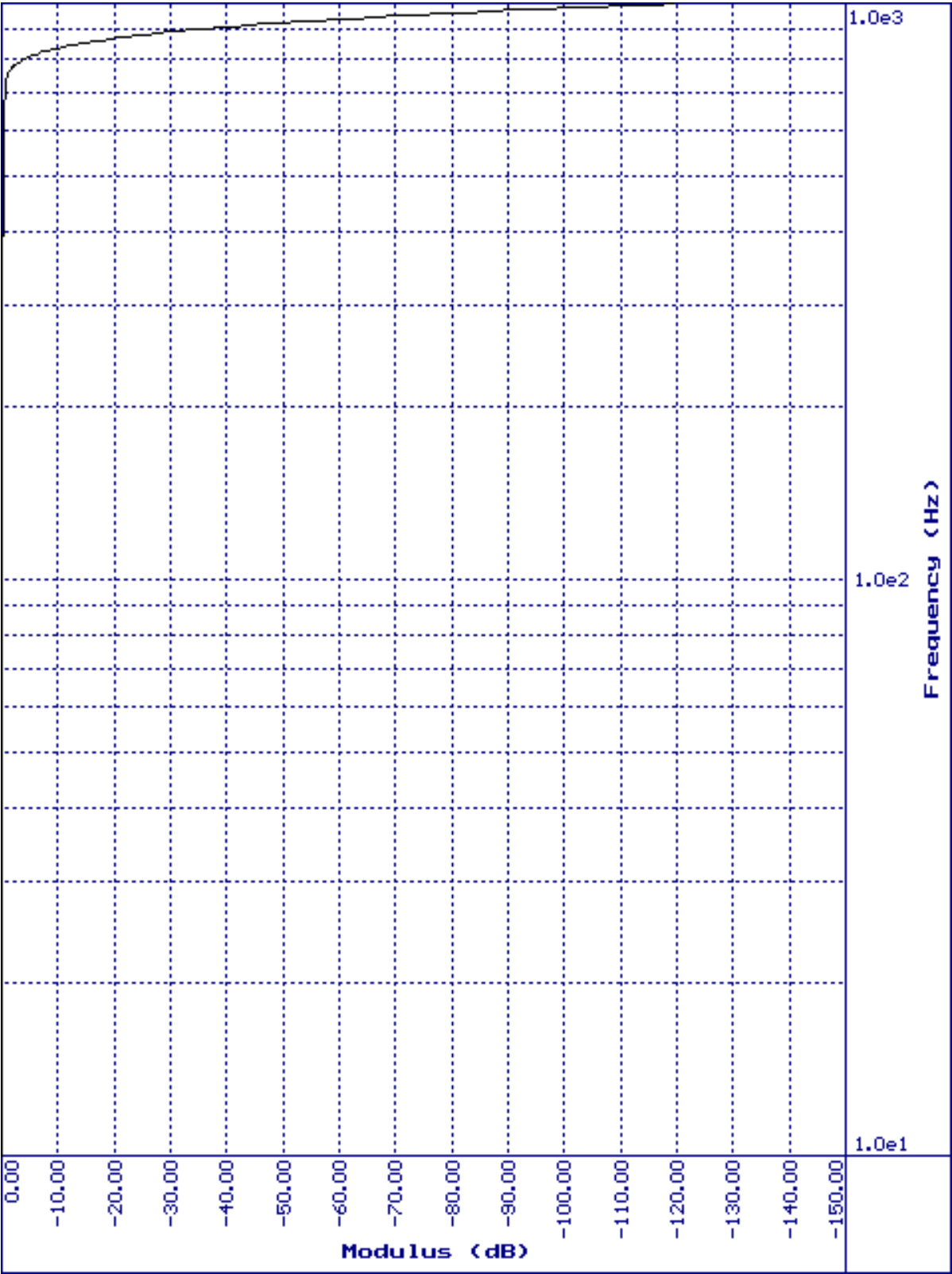


图 3-8 (LIN) FT 系数，对数频标 @ 0.5 毫秒

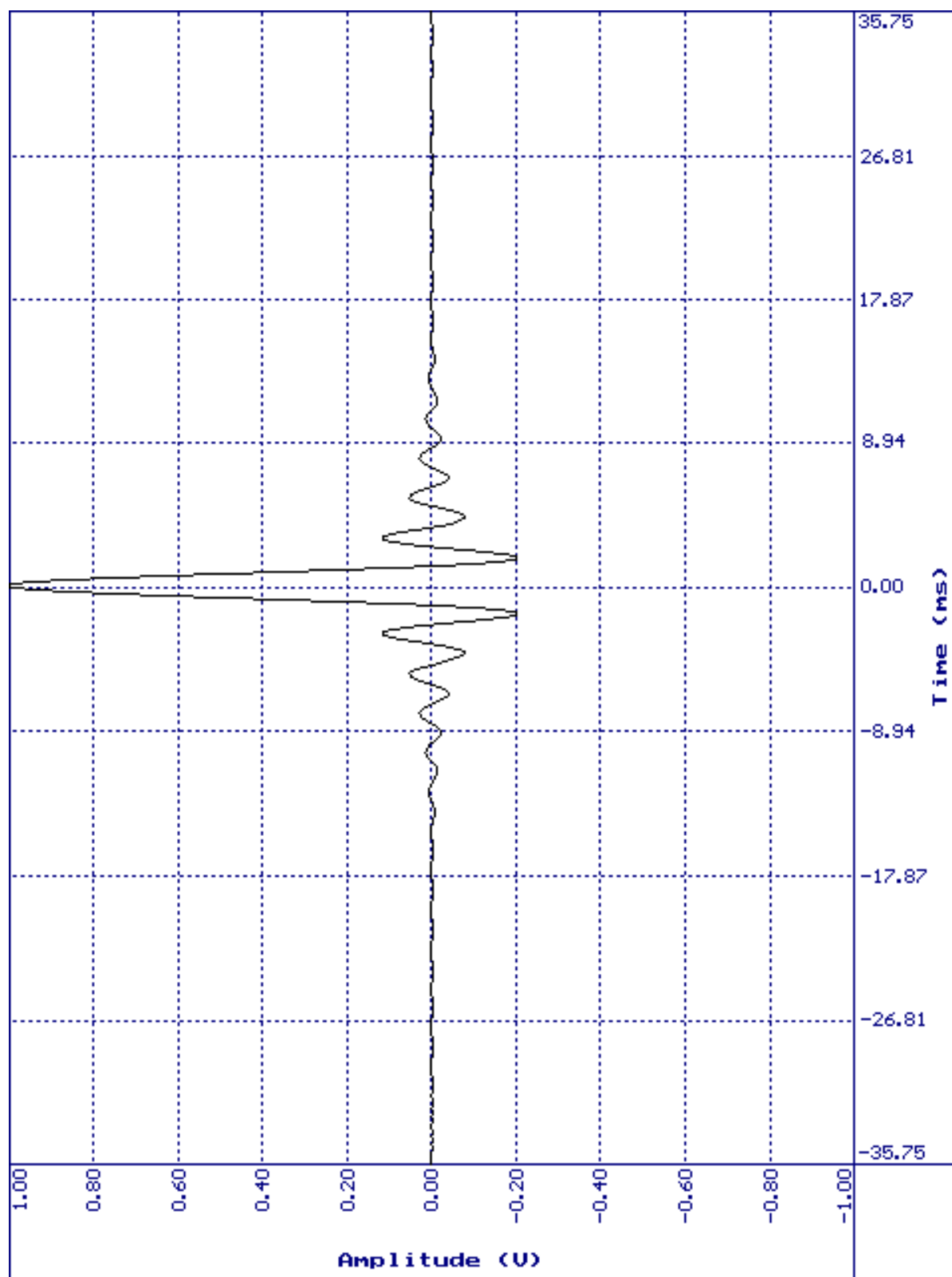


图 3-9 (LIN) 脉冲响应 @ 1 毫秒

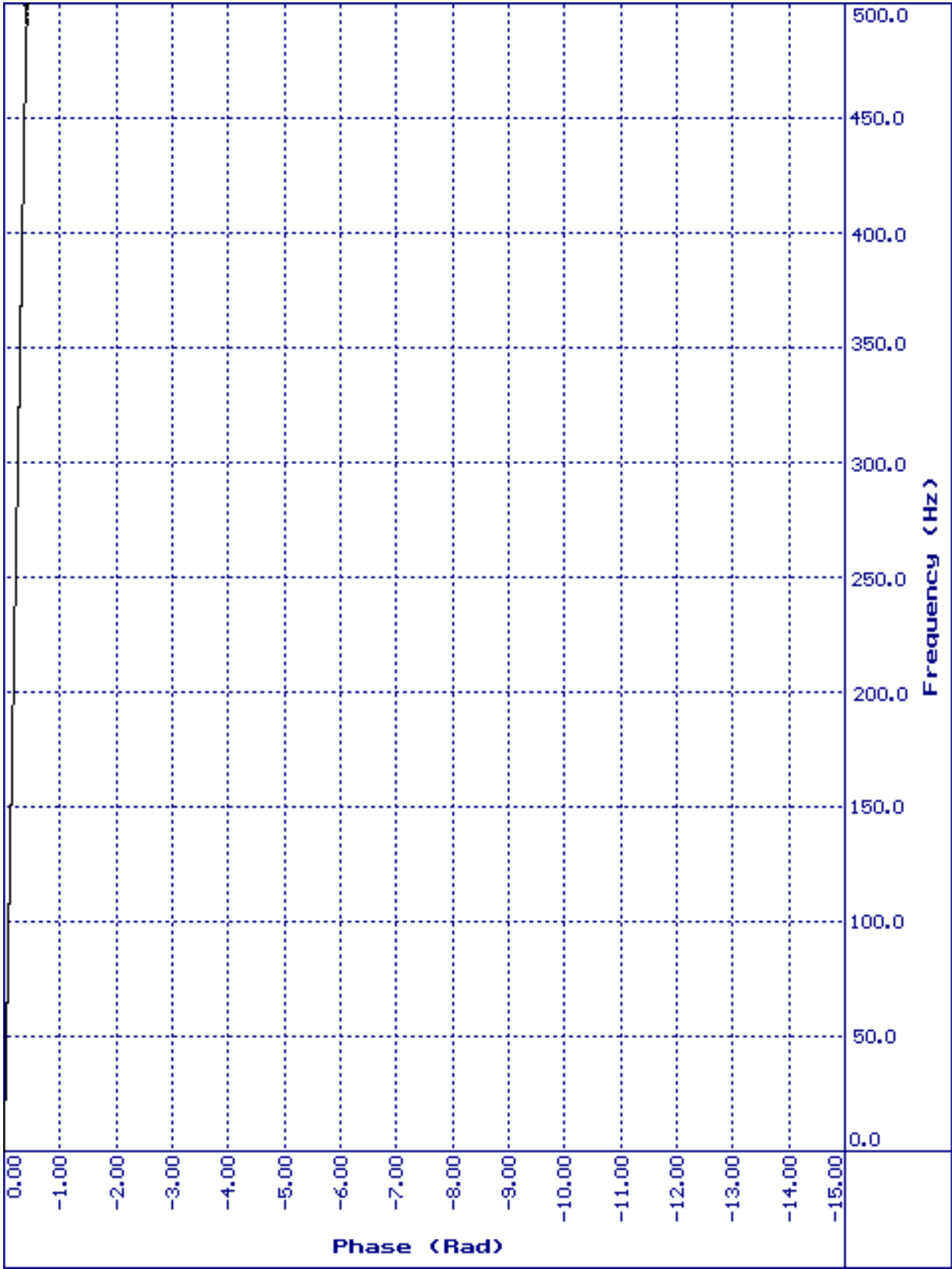


图 3-10 (LIN) FT 相位，线性频标 @ 1 毫秒

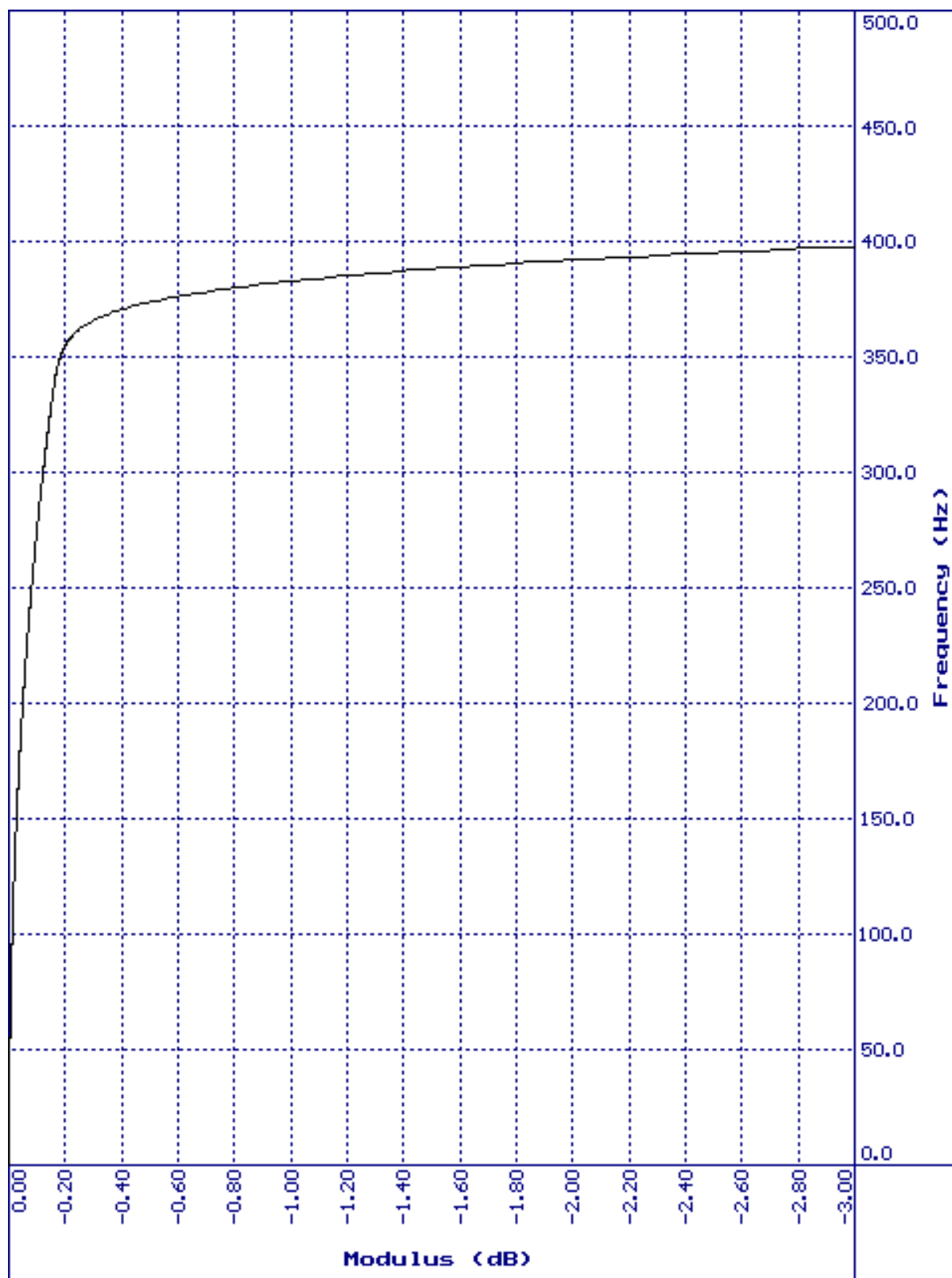


图 3-11 (LIN) FT 系数，线性频标 @ 1 毫秒

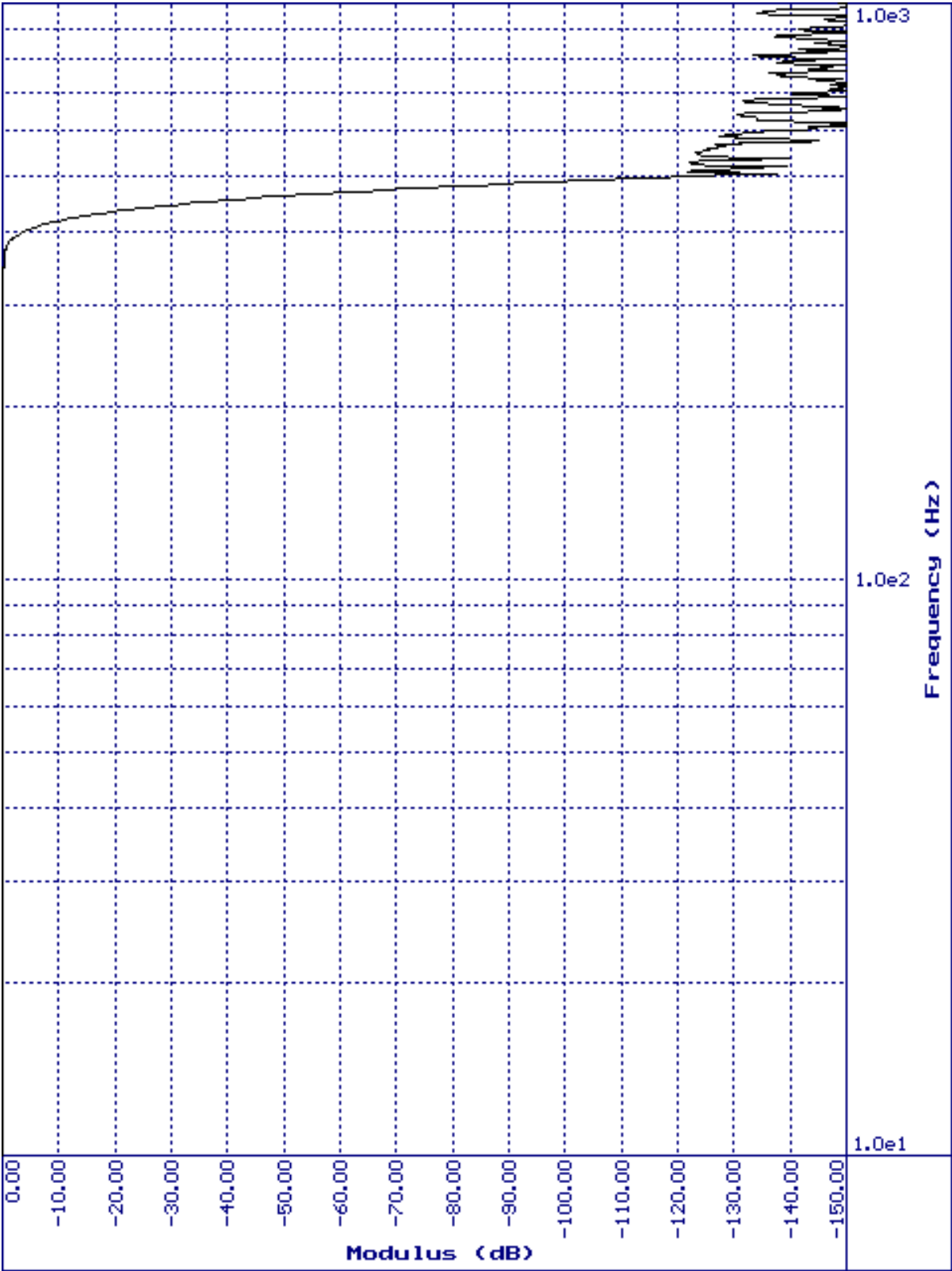


图 3-12 (LIN) FT 系数，对数频标 @ 1 毫秒

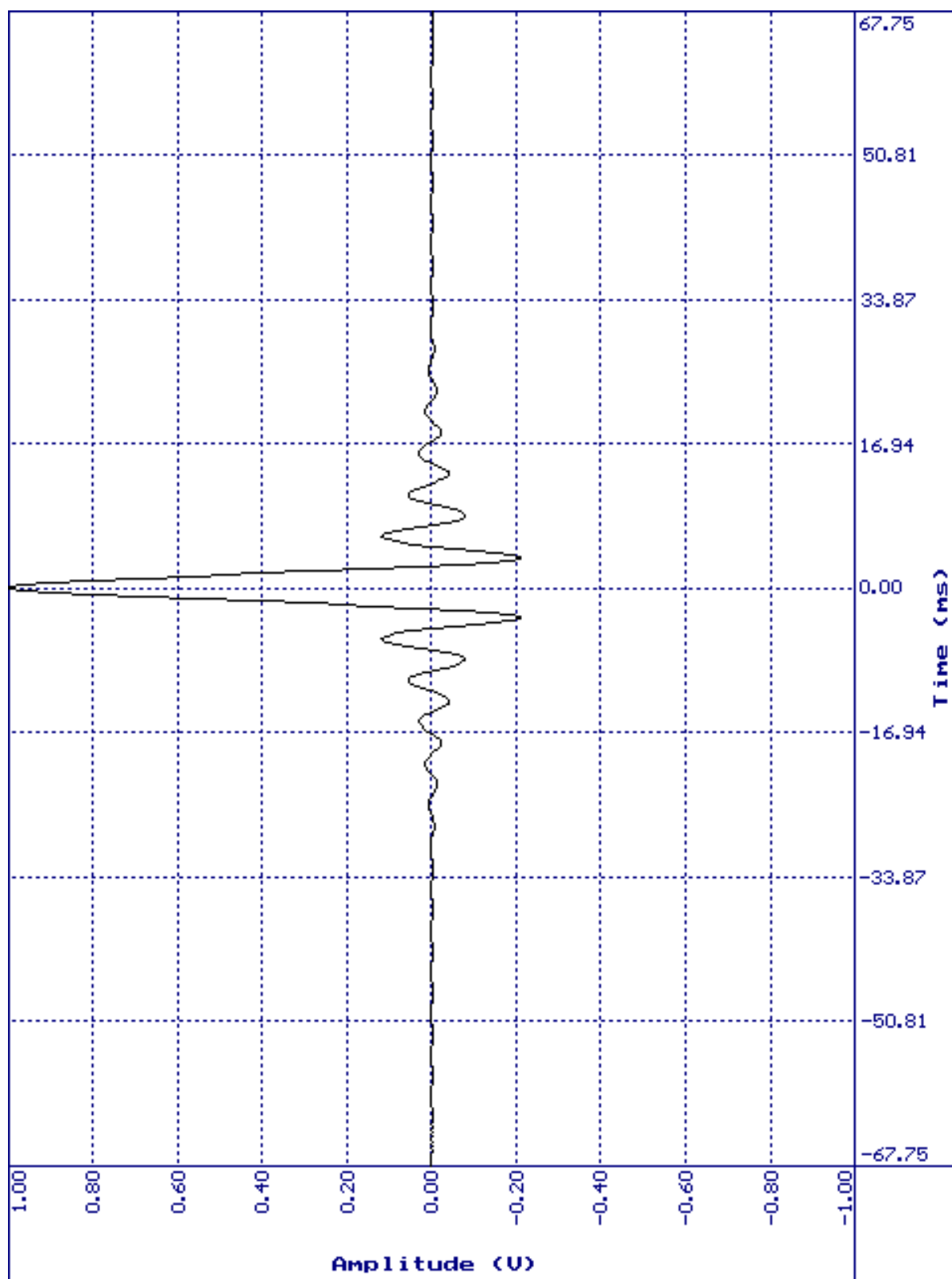


图 3-13 (LIN) 脉冲响应 @ 2 毫秒

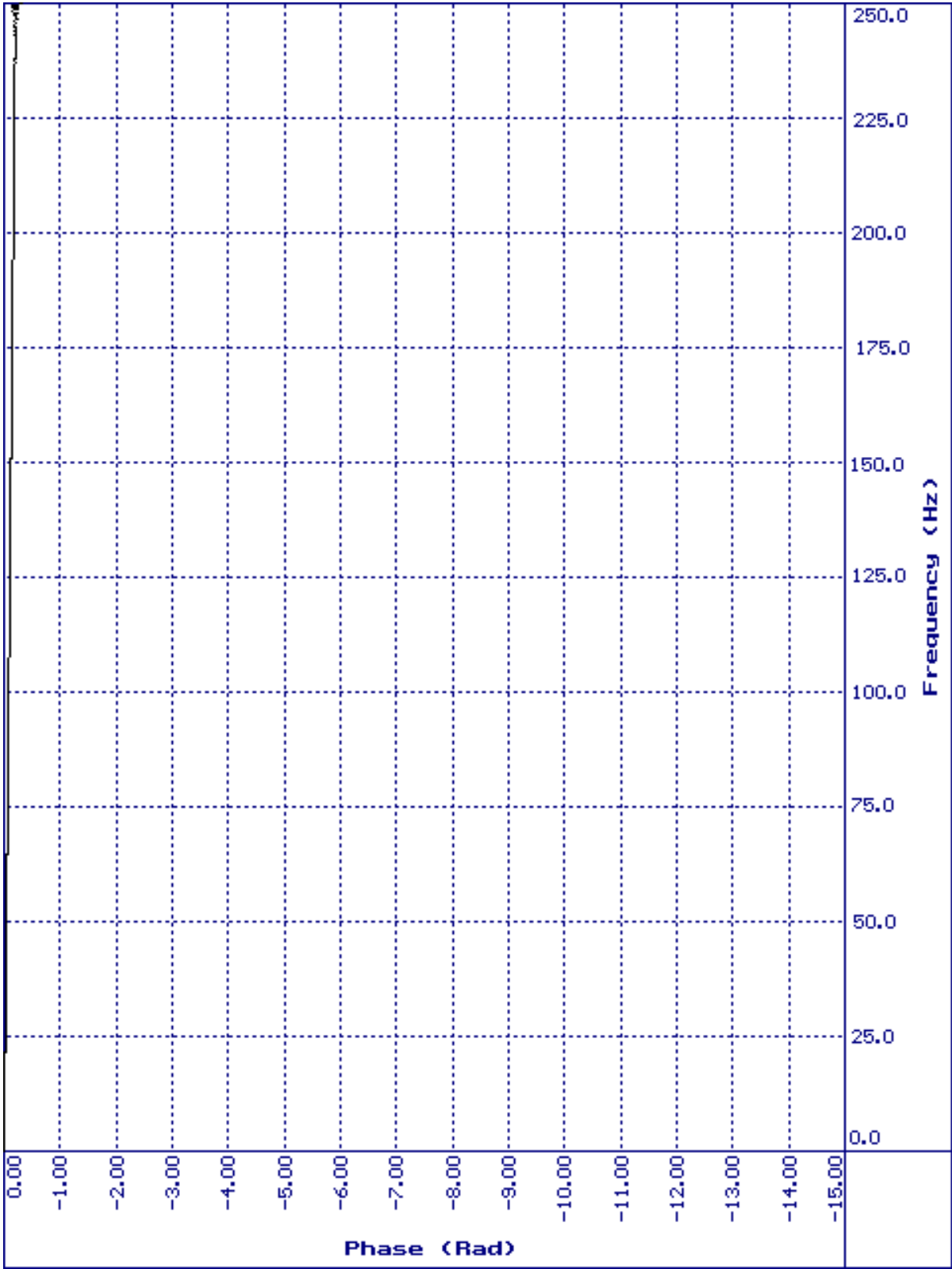


图 3-14 (LIN) FT 相位，线性频标 @ 2 毫秒

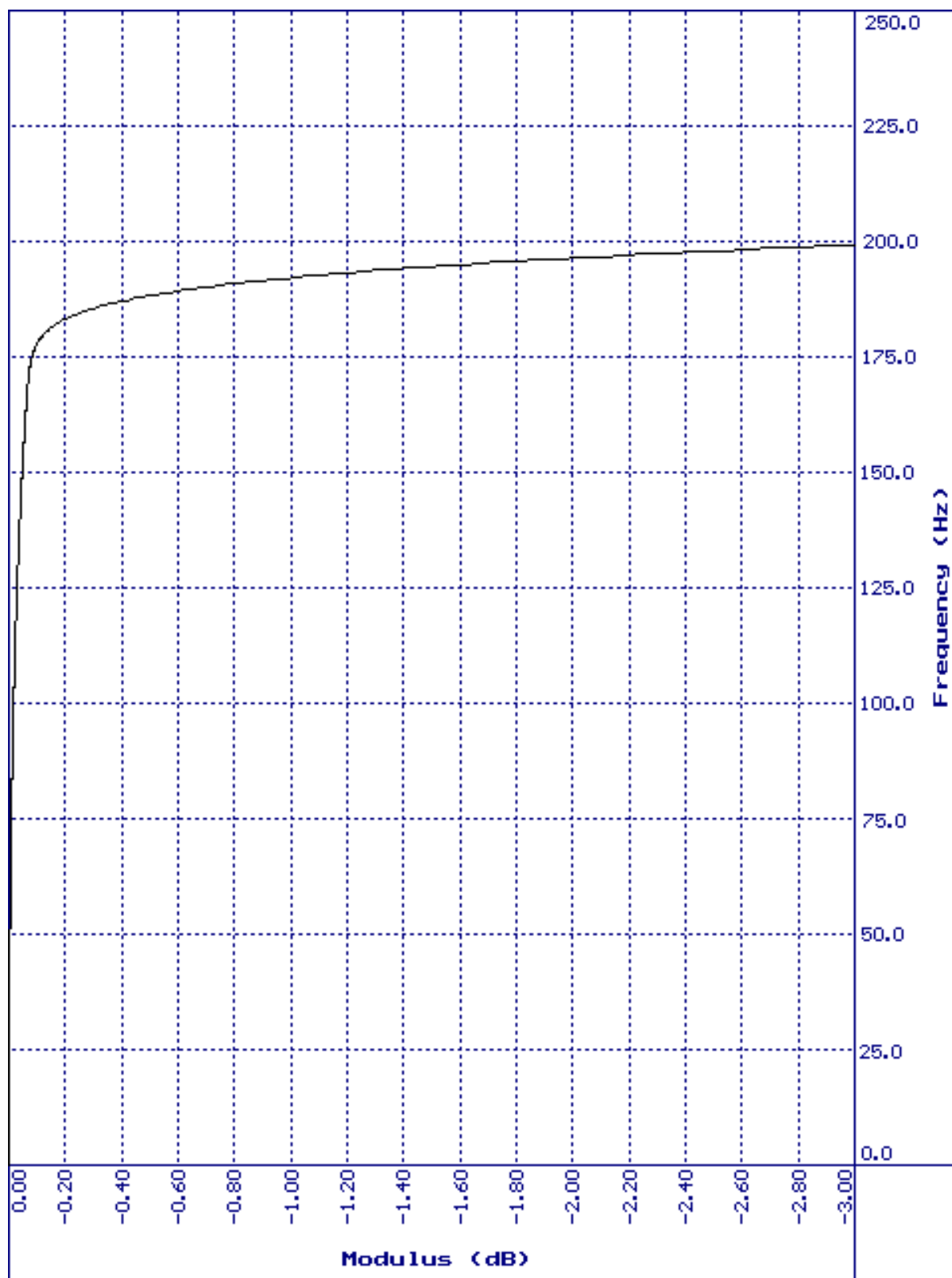


图 3-15 (LIN) FT 系数，线性频标 @ 2 毫秒

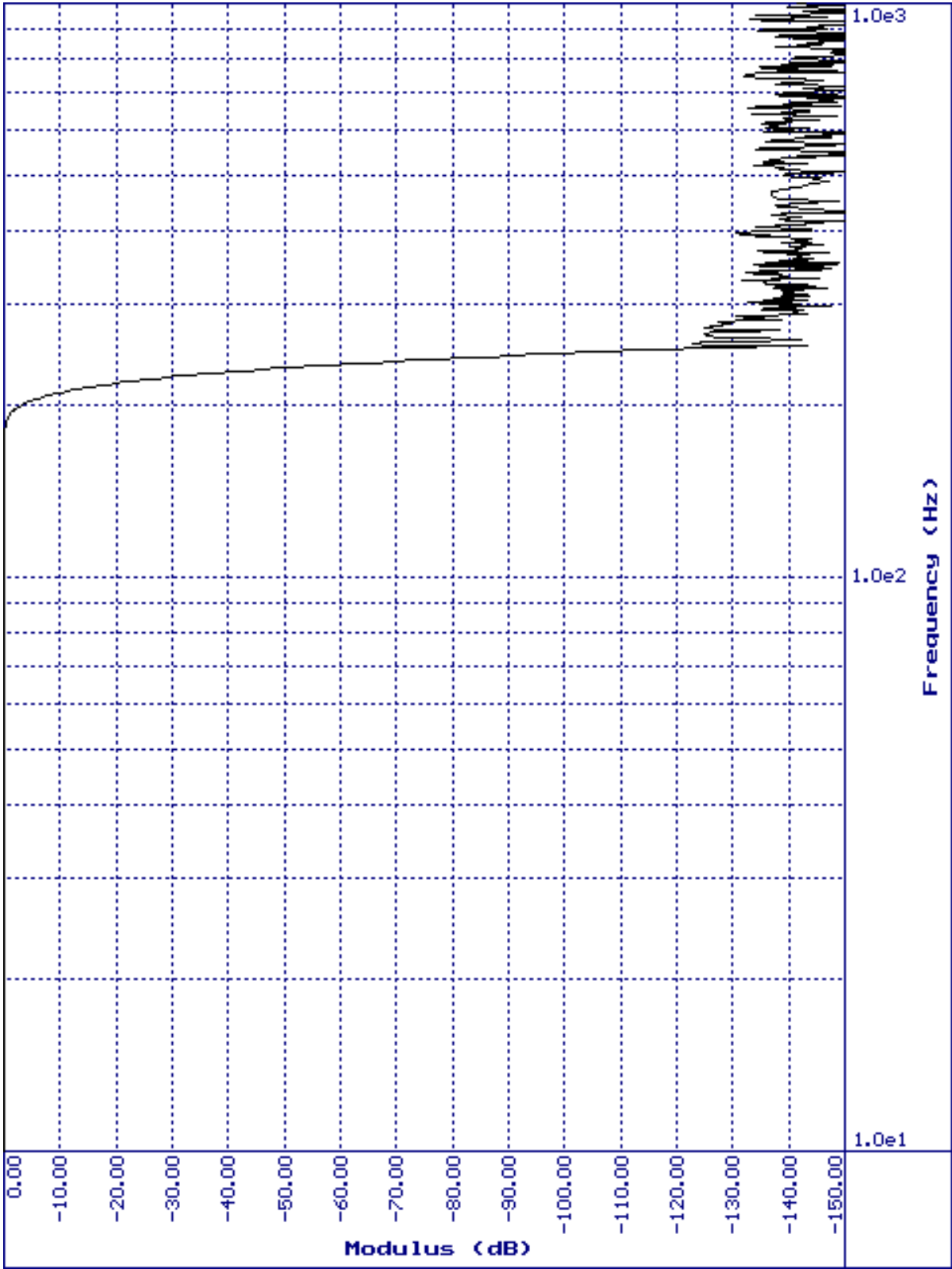


图 3-16 (LIN) FT 系数，对数频标 @ 2 毫秒

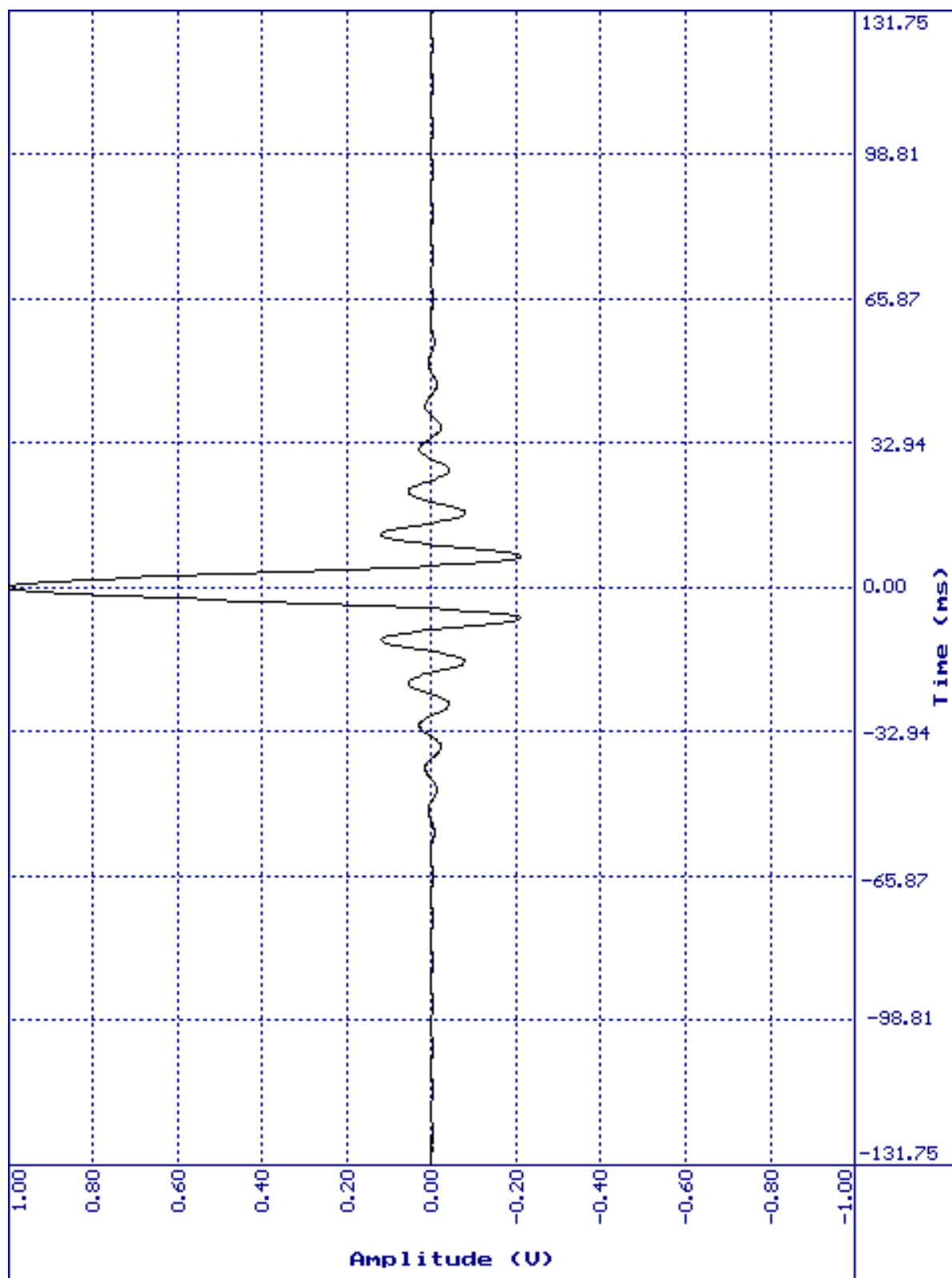


图 3-17 (LIN) 脉冲响应 @ 4 毫秒

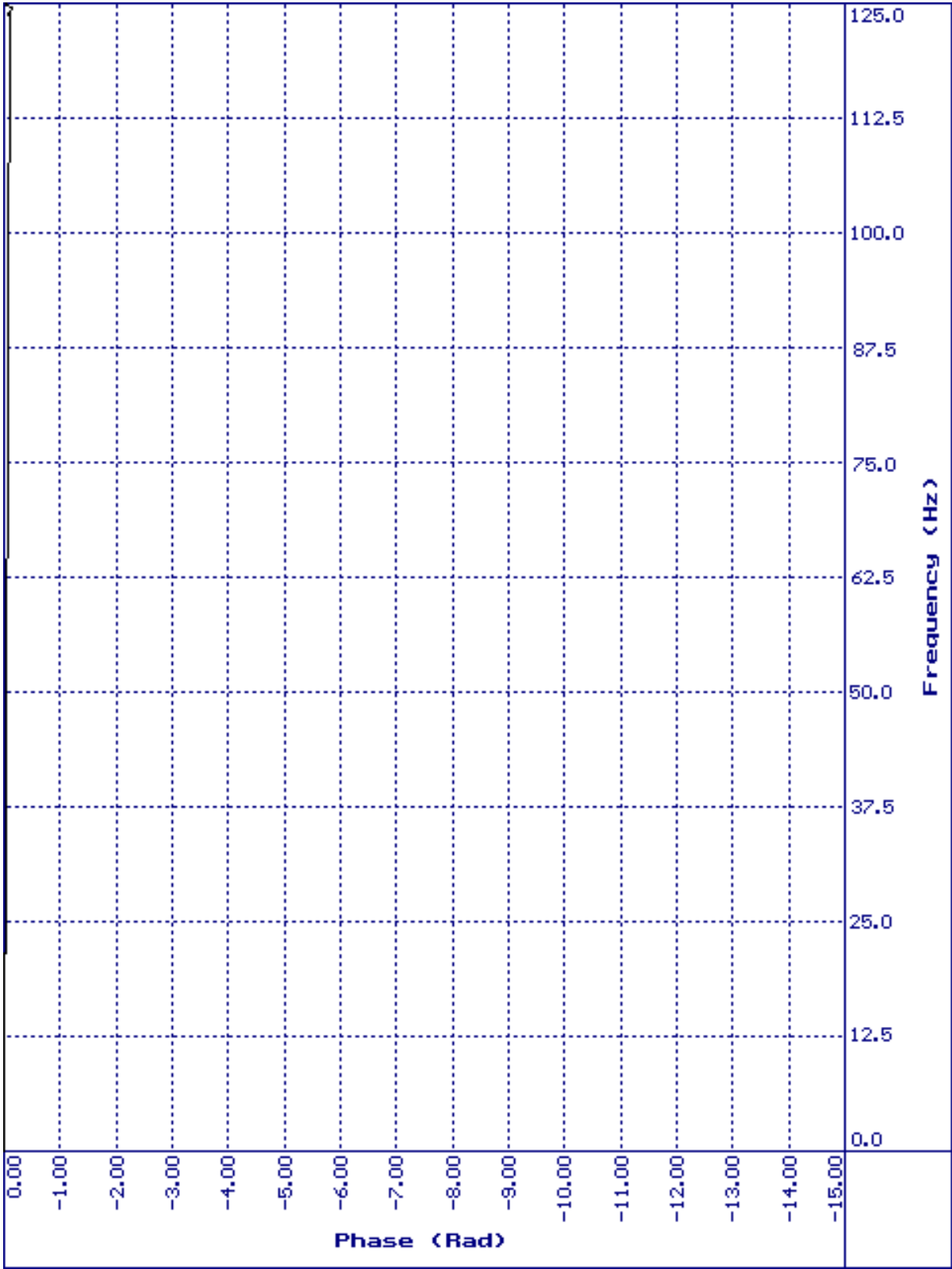


图 3-18 (LIN) FT 相位，线性频标 @ 4 毫秒

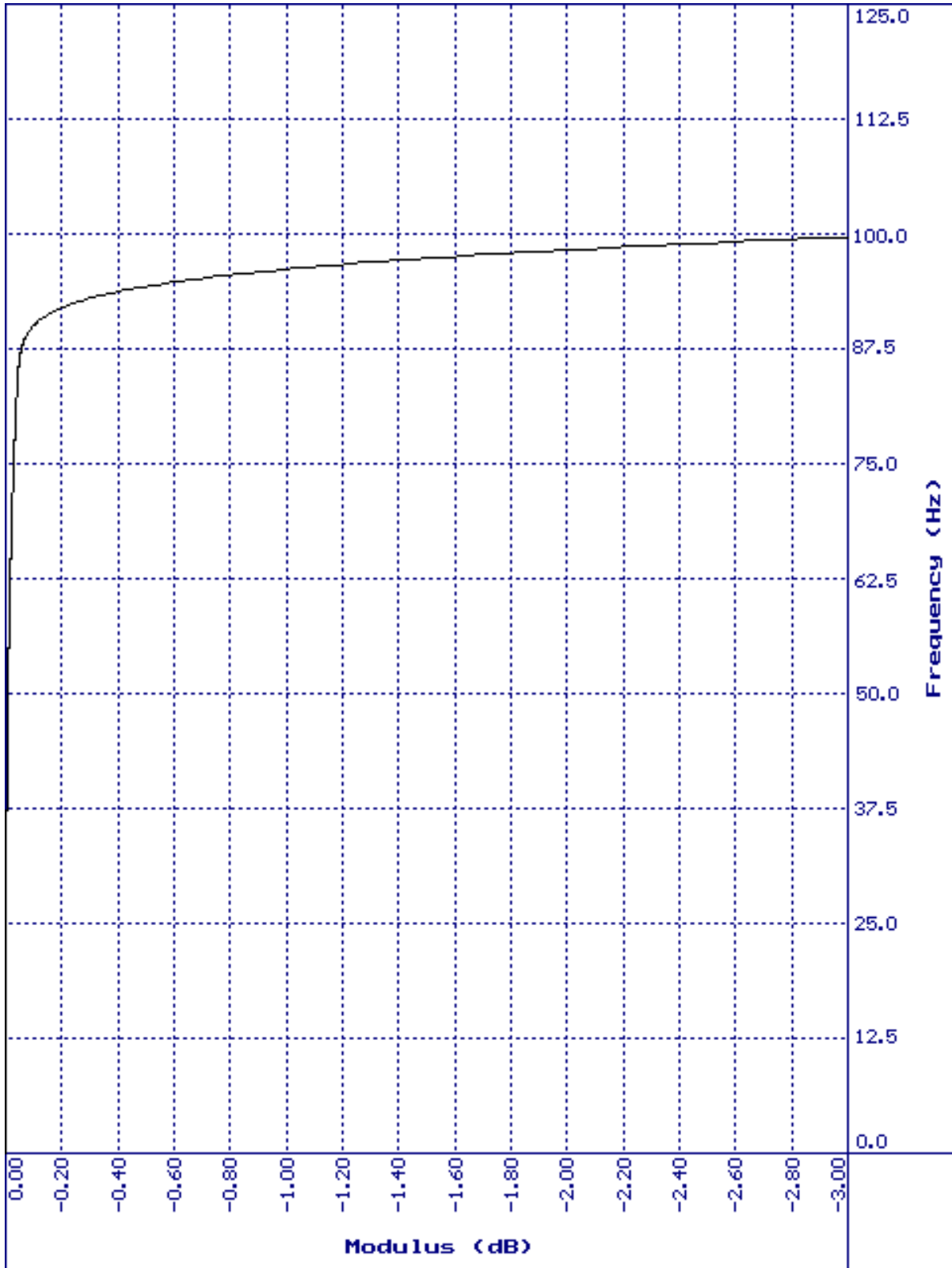


图 3-19 (LIN) FT 系数，线性频标 @ 4 毫秒

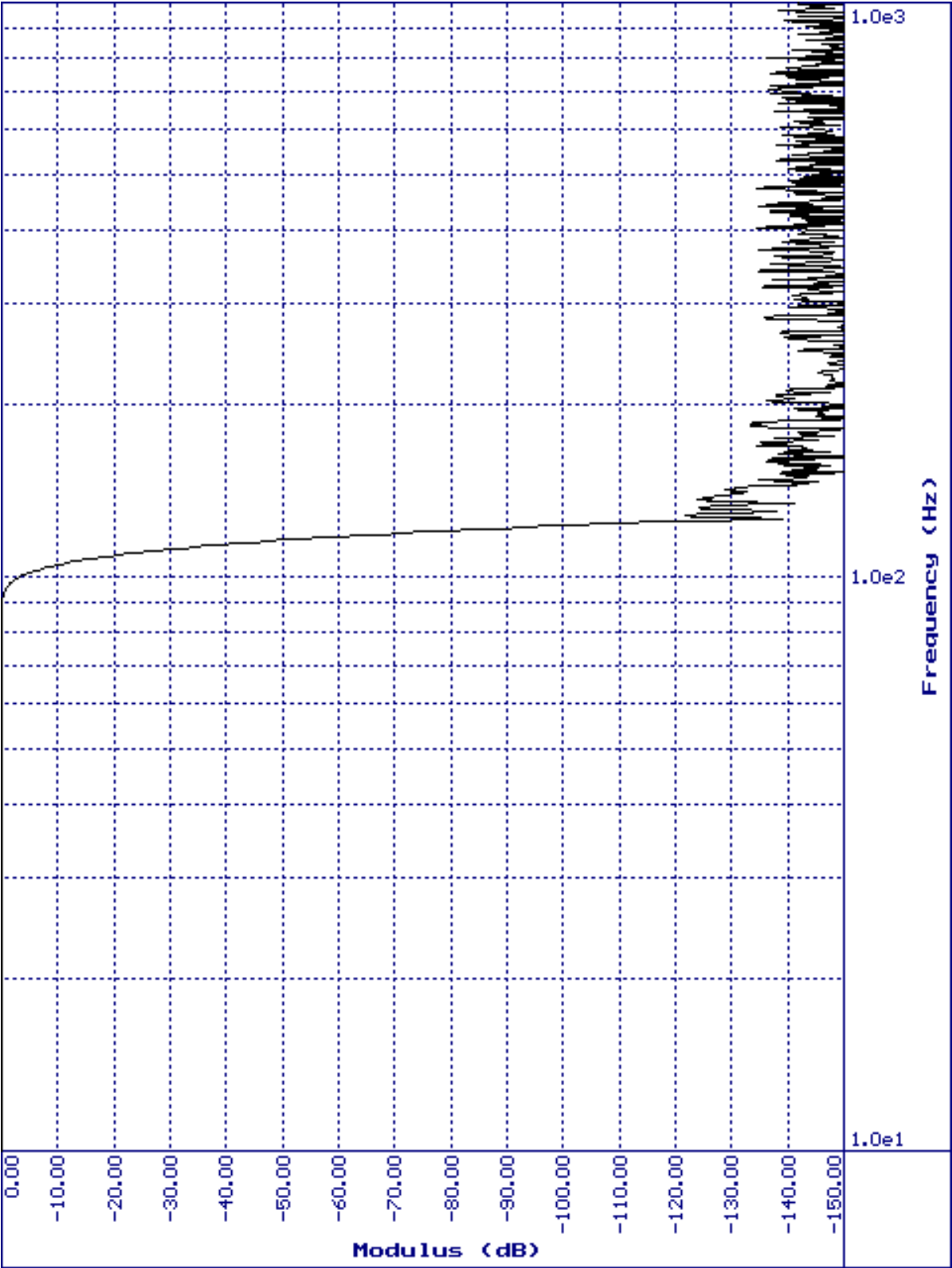


图 3-20 (LIN) FT 系数，对数频标 @ 4 毫秒

最小相位滤波器类型

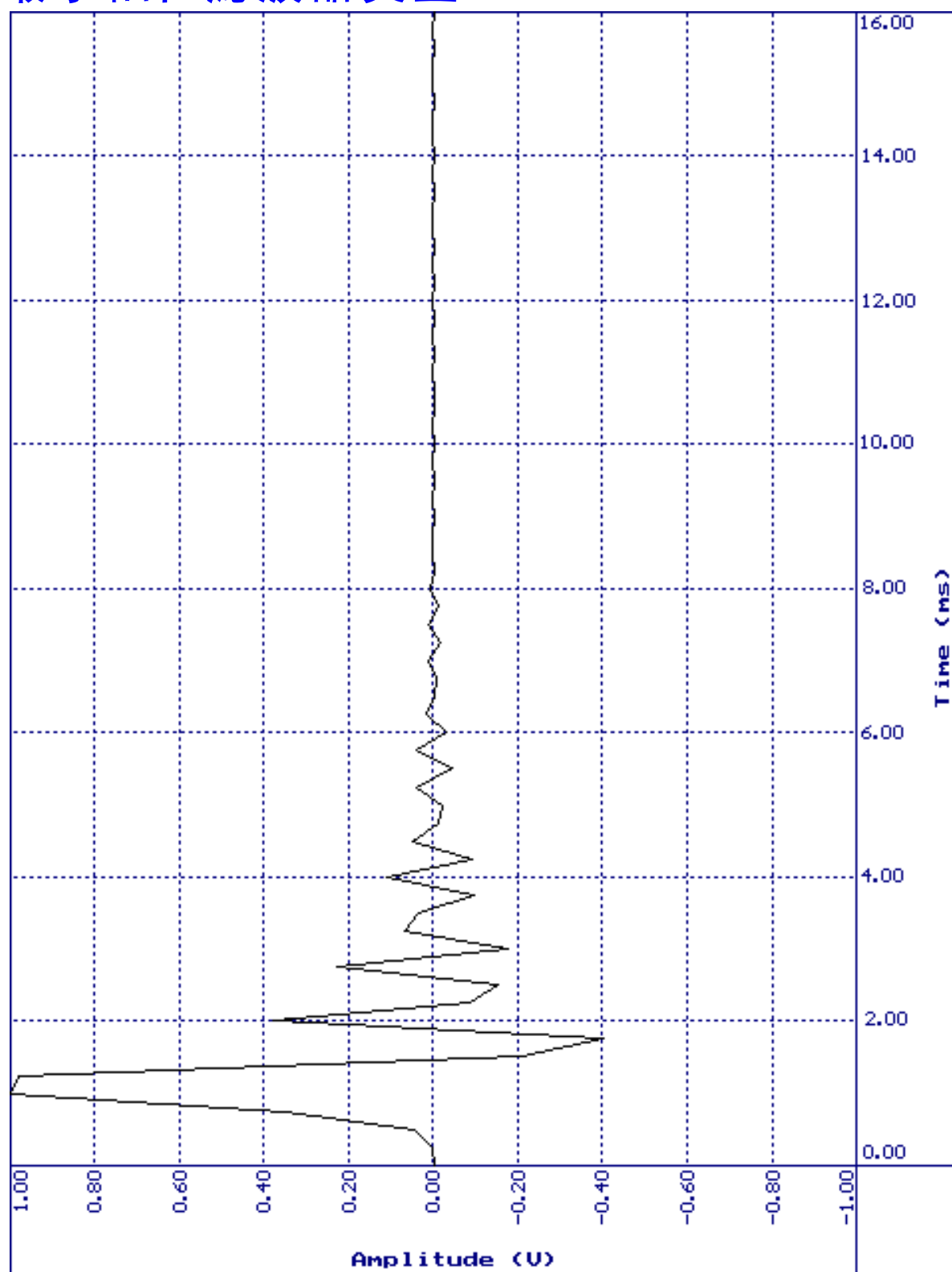


图 3-21 (MIN) 脉冲响应 @ 0.25 毫秒

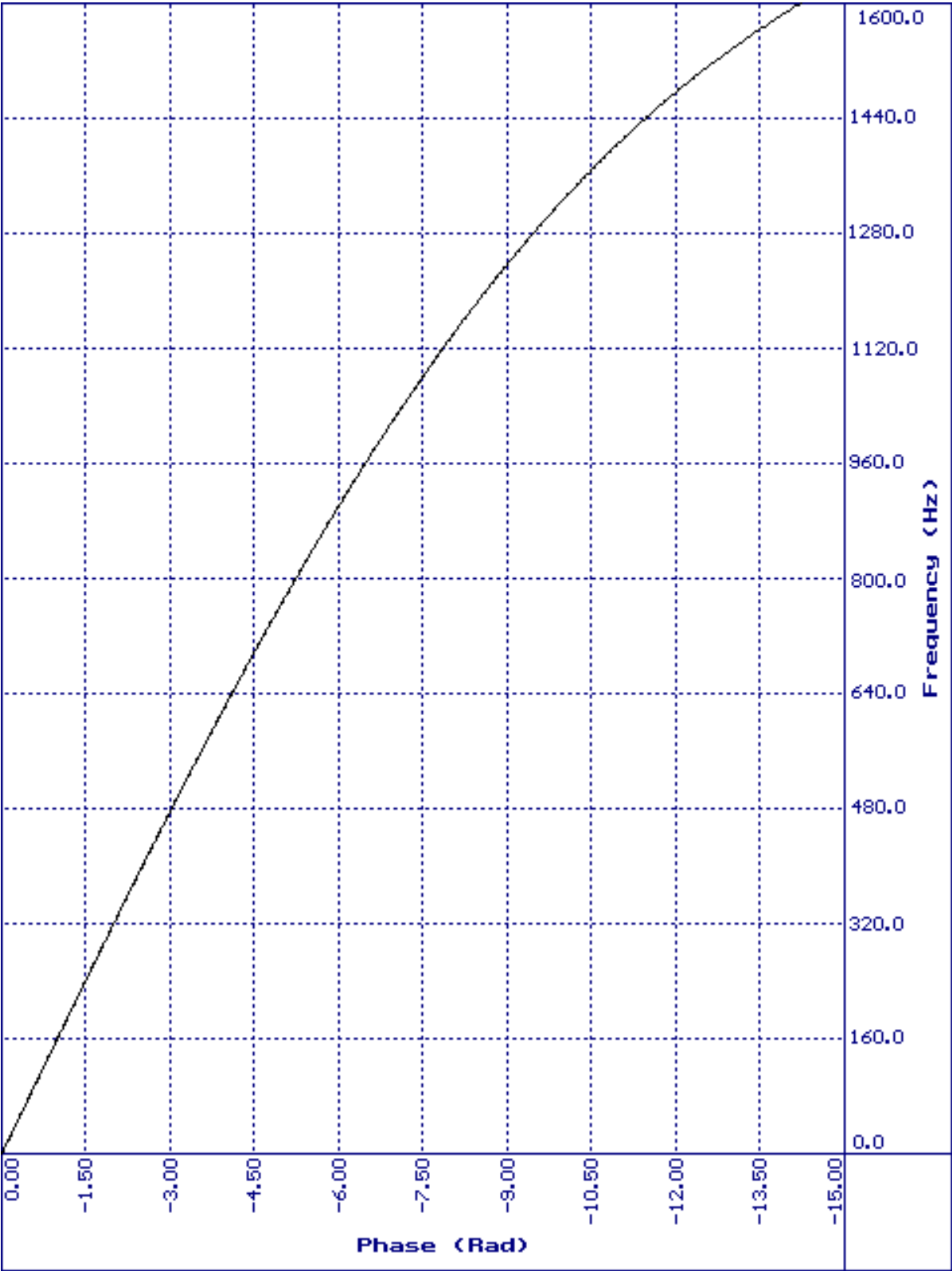


图 3-22 (MIN) FT 相位，线性频标 @ 0.25 毫秒

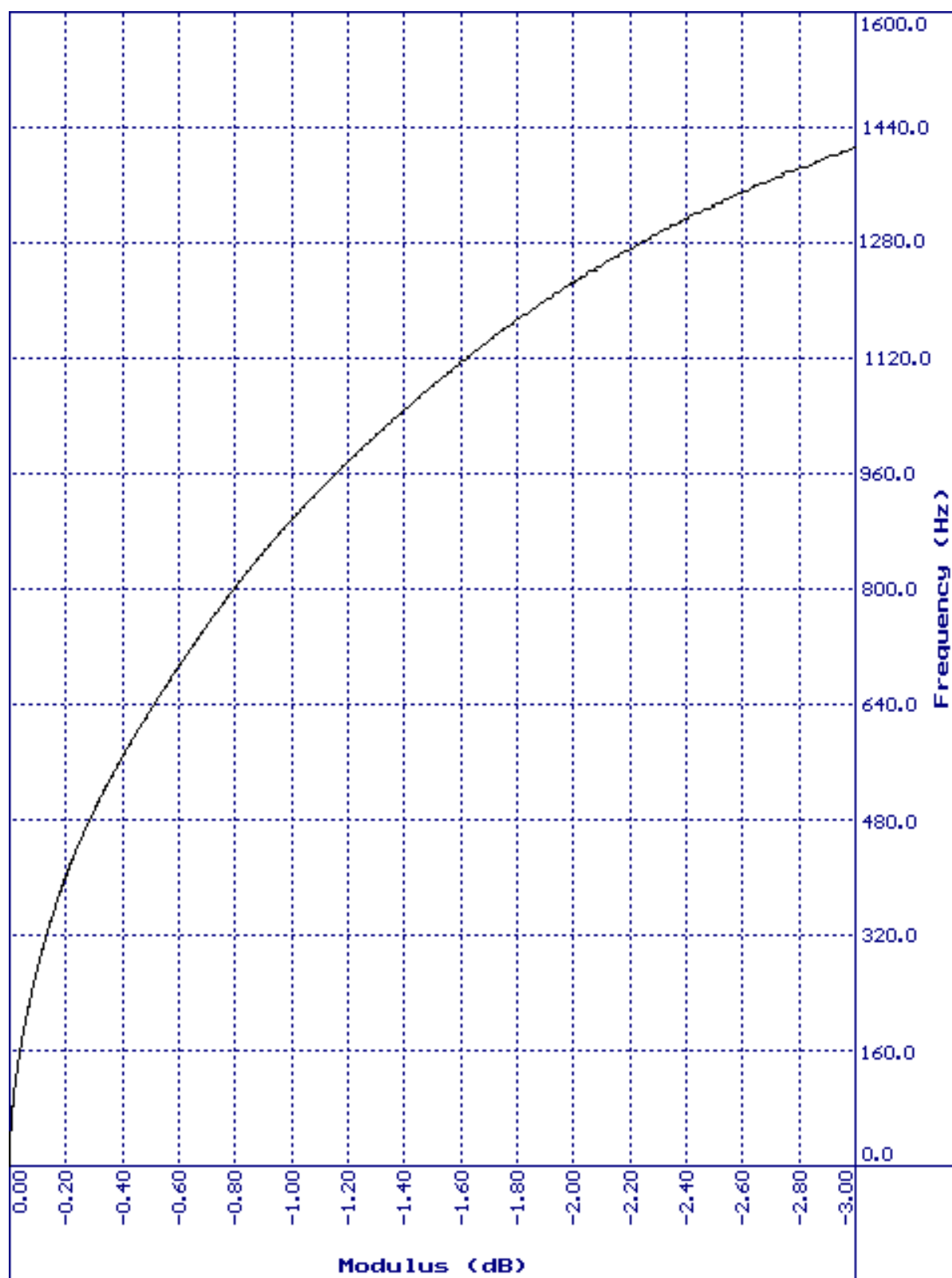


图 3-23 (MIN) FT 系数，线性频标 @ 0.25 毫秒

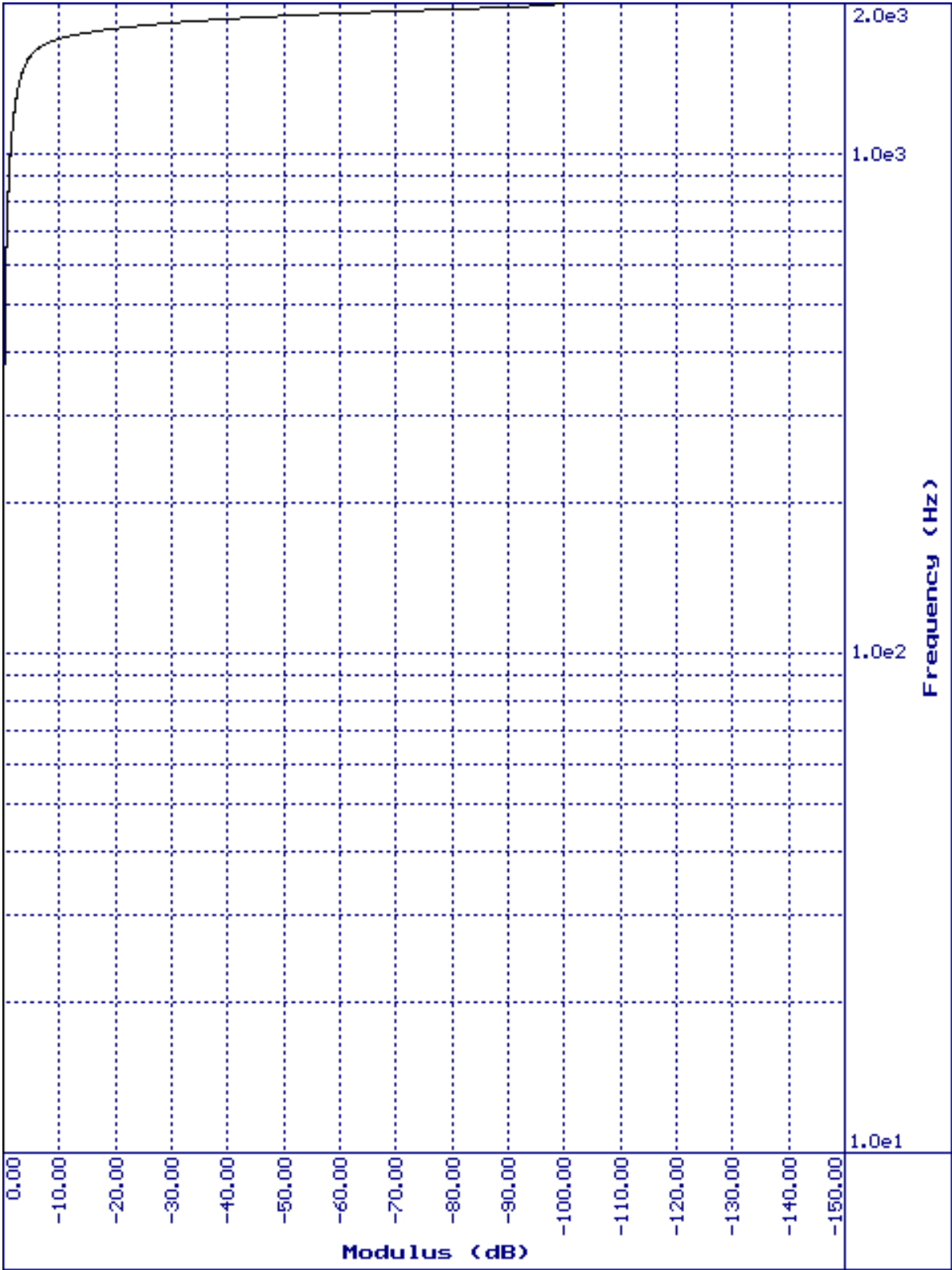


图 3-24 (MIN) FT 系数，对数频标 @ 0.25 毫秒

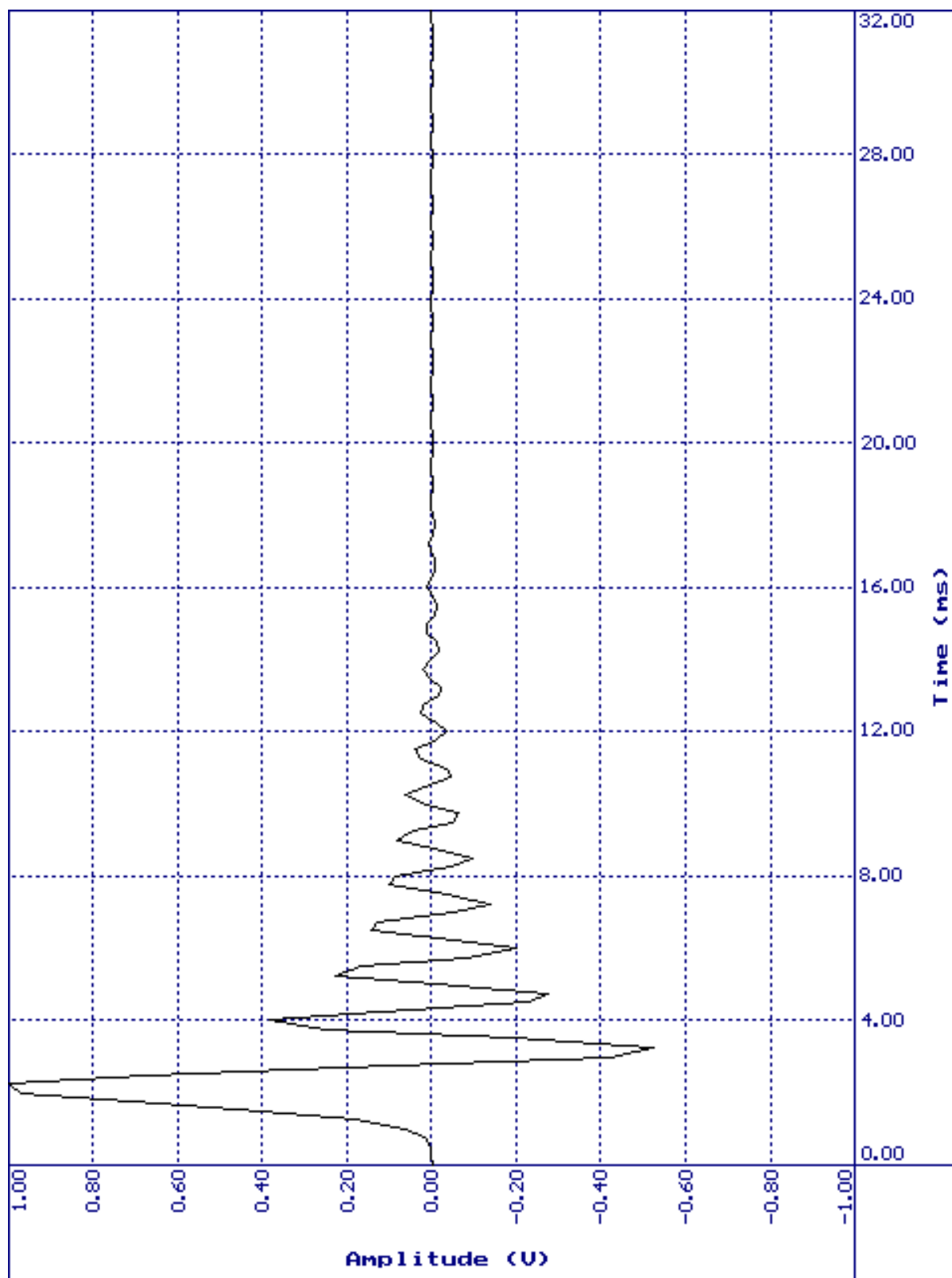


图 3-25 (MIN) 脉冲响应 @ 0.5 毫秒

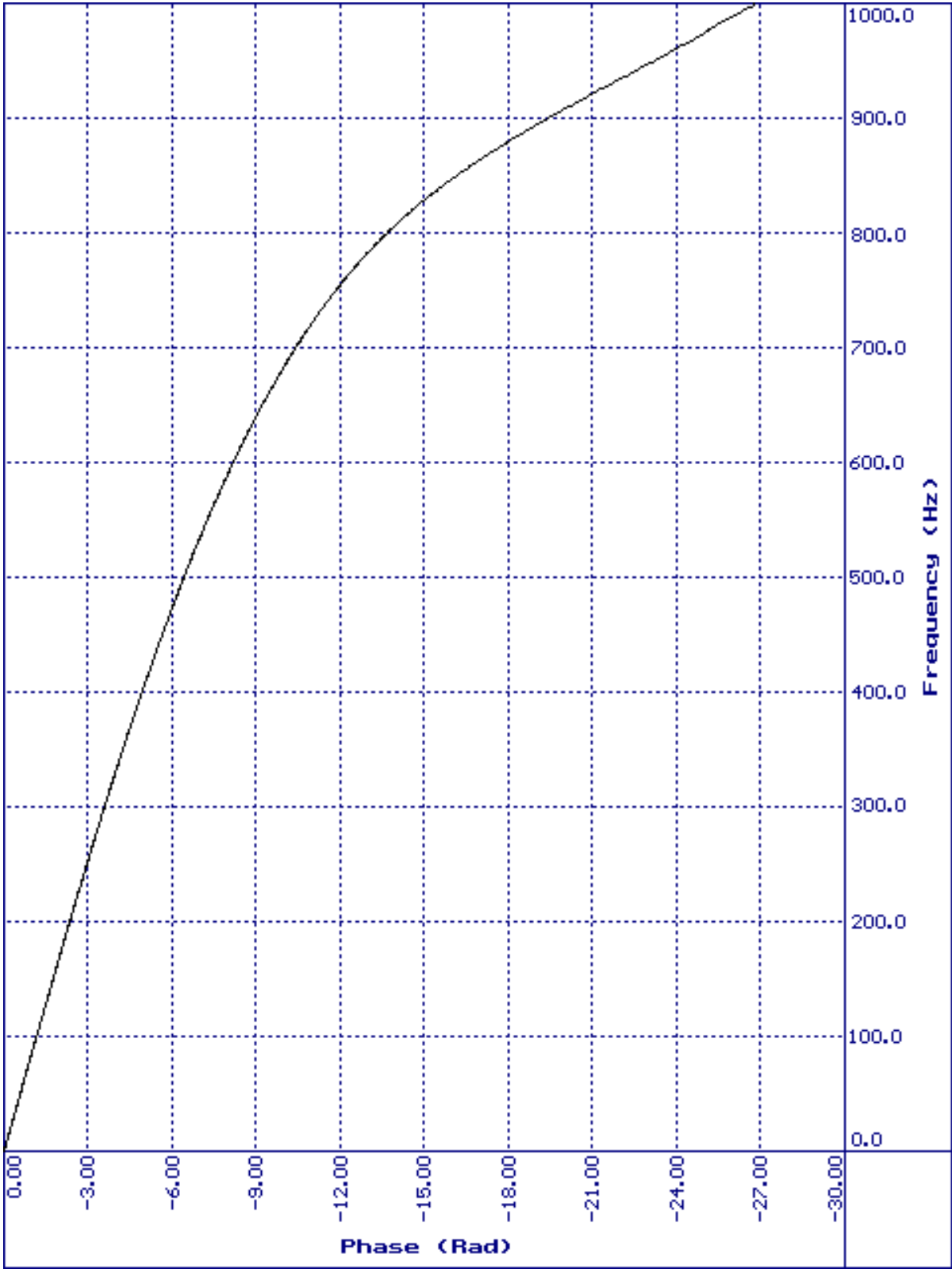


图 3-26 (MIN) FT 相位，线性频标 @ 0.5 毫秒

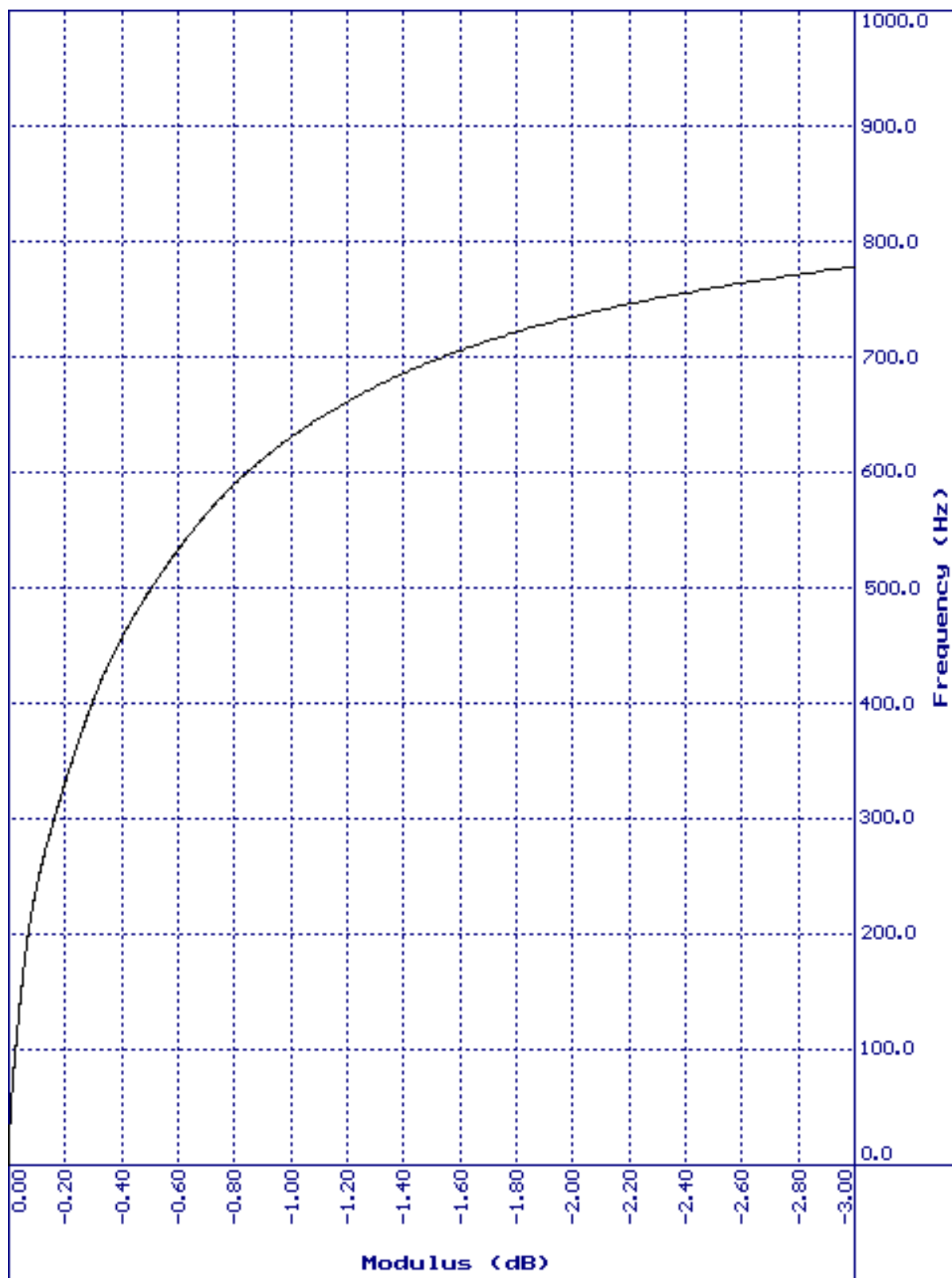


图 3-27 (MIN) FT 系数，线性频标 @ 0.5 毫秒

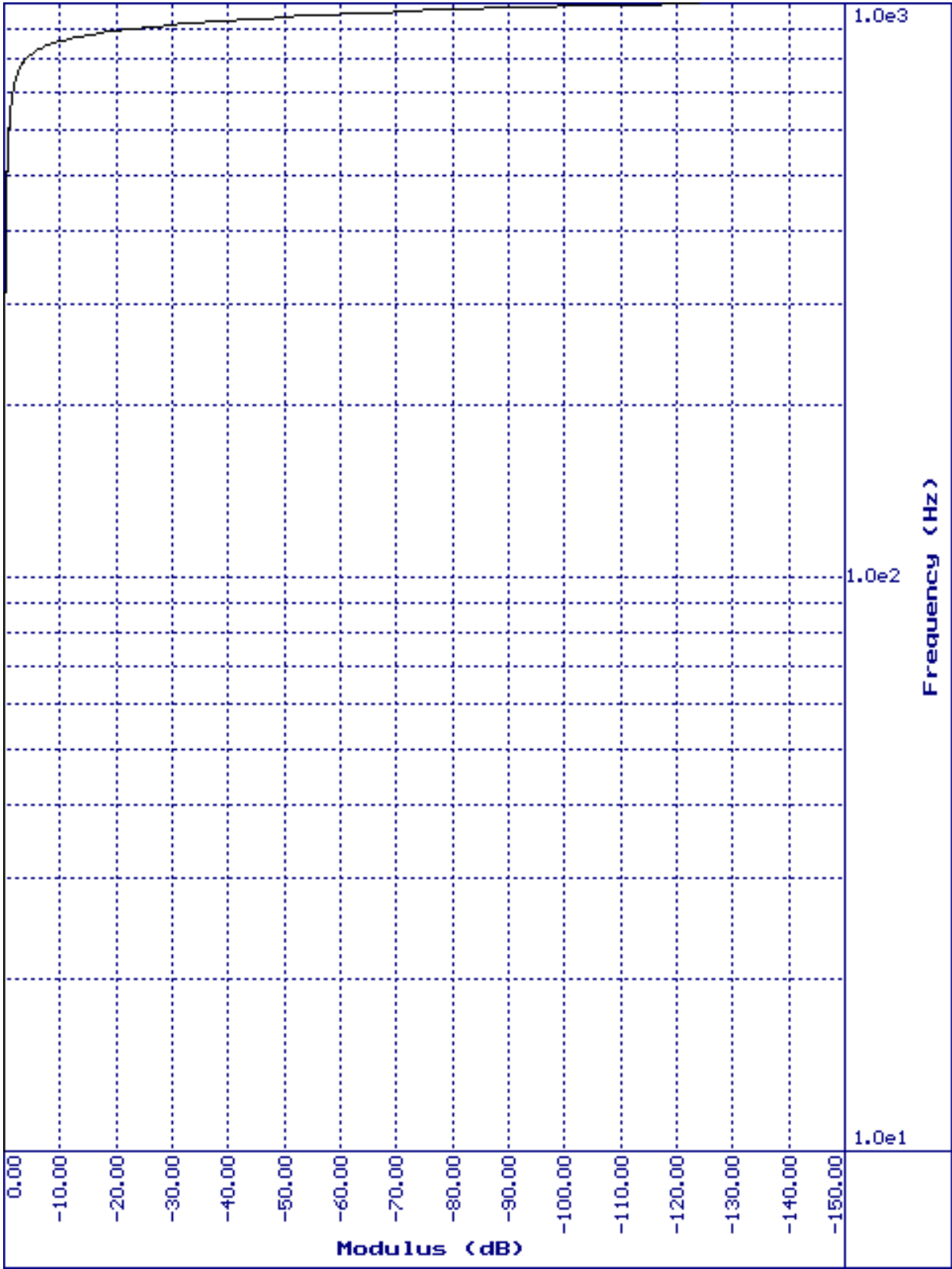


图 3-28 (MIN) FT 系数，对数频标 @ 0.5 毫秒

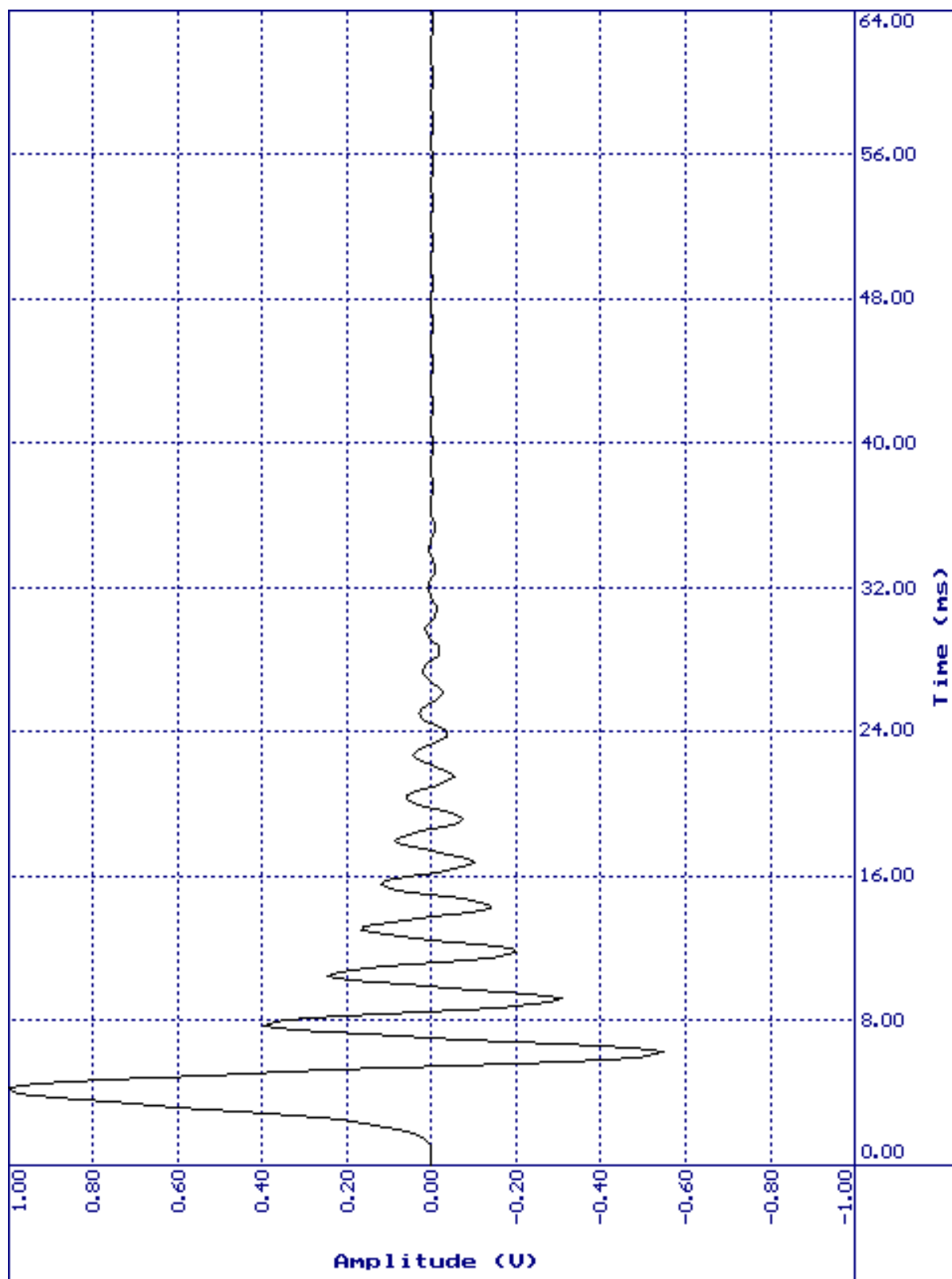


图 3-29 (MIN) 脉冲响应 @ 1 毫秒

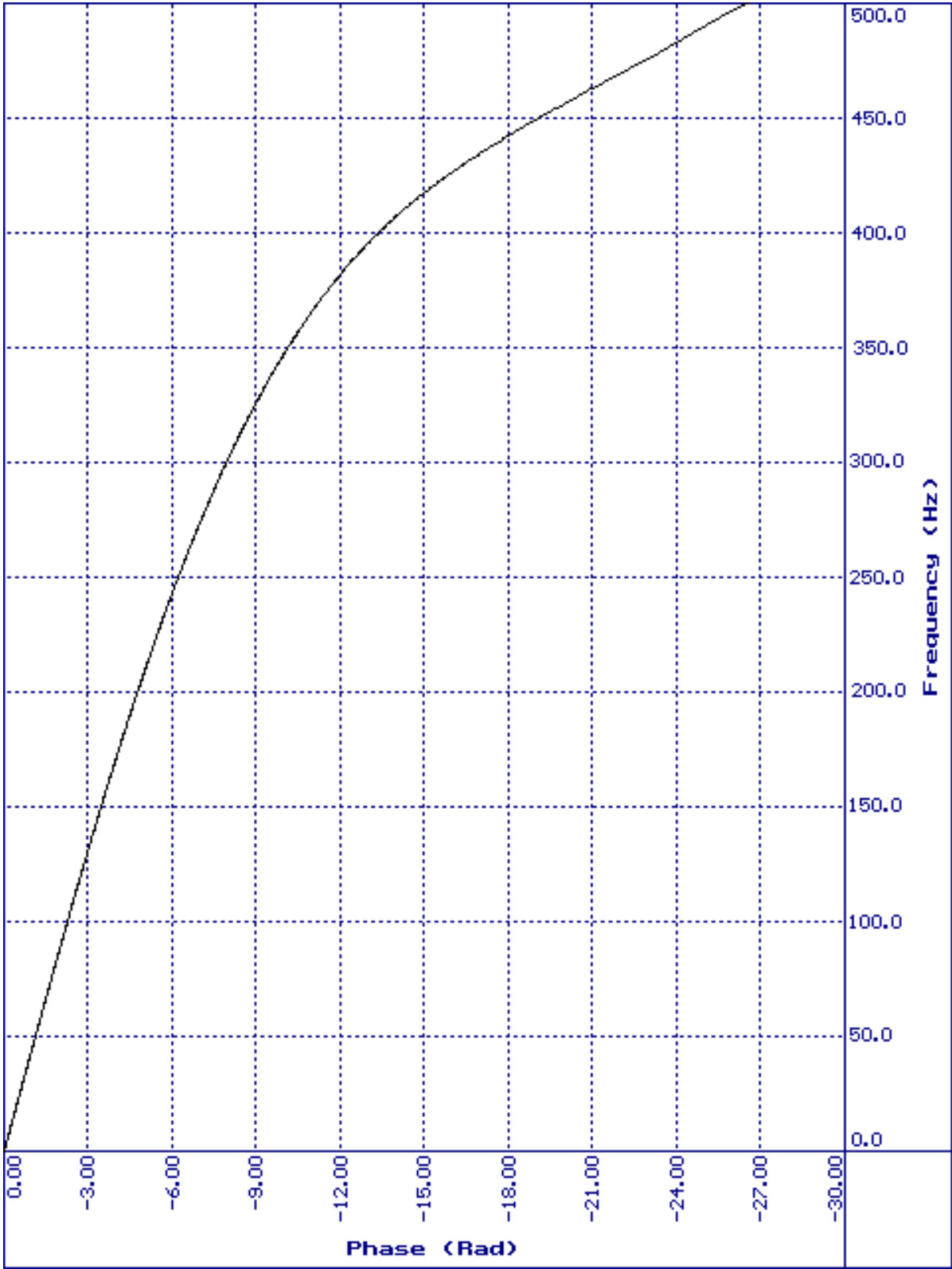


图 3-30 (MIN) FT 相位，线性频标 @ 1 毫秒

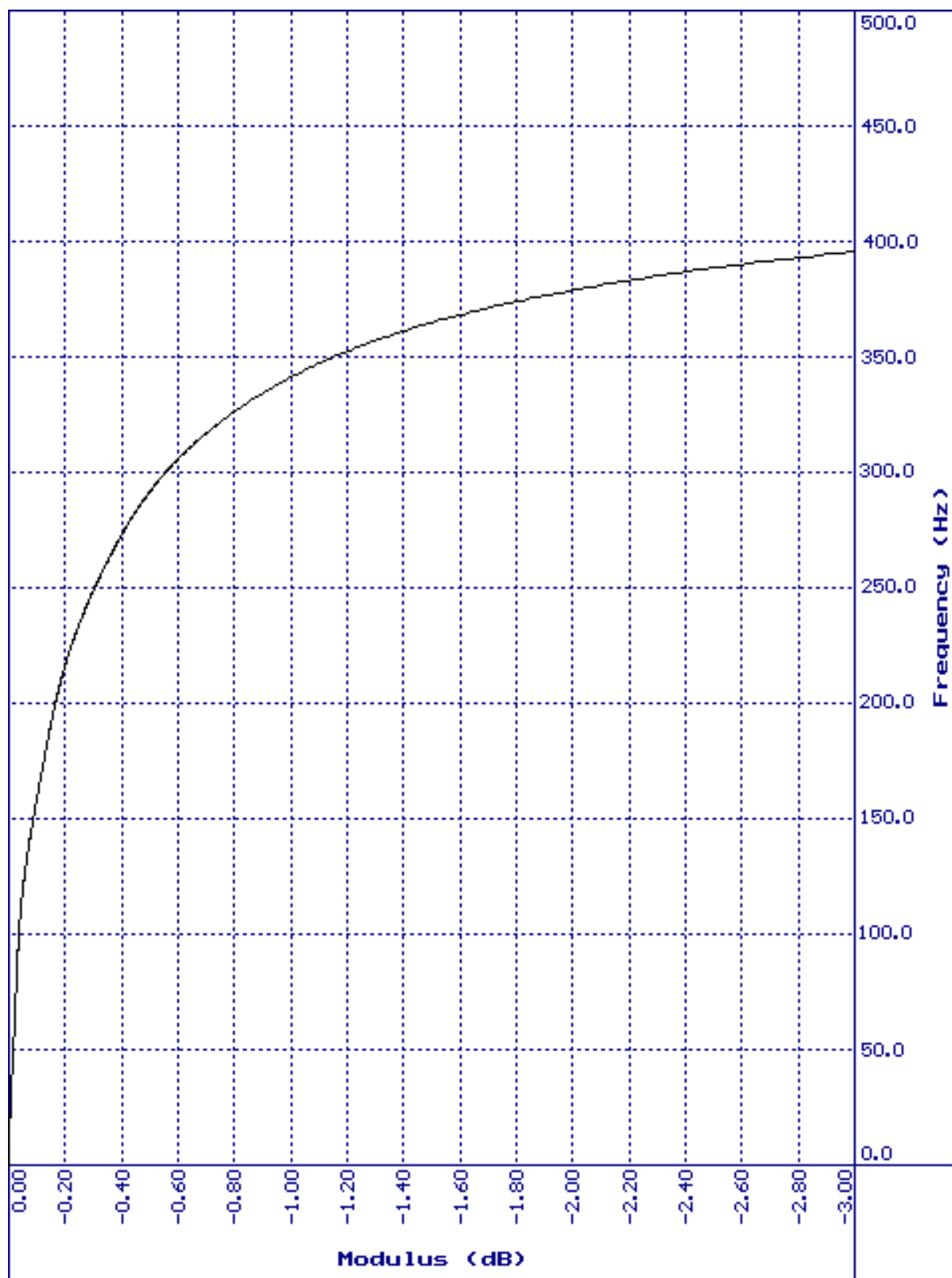


图 3-31 (MIN) FT 系数，线性频标 @ 1 毫秒

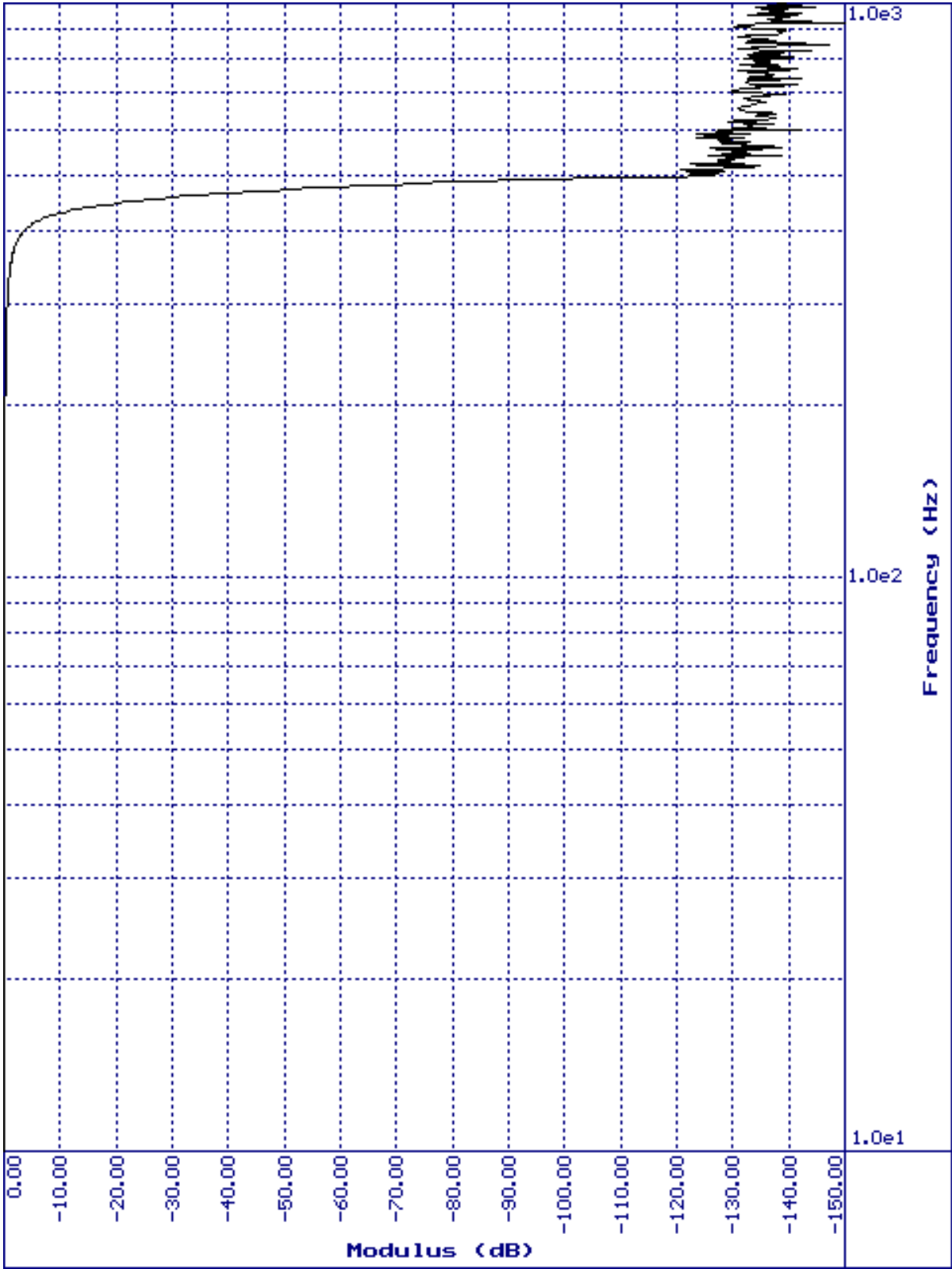


图 3-32 (MIN) FT 系数，对数频标 @ 1 毫秒

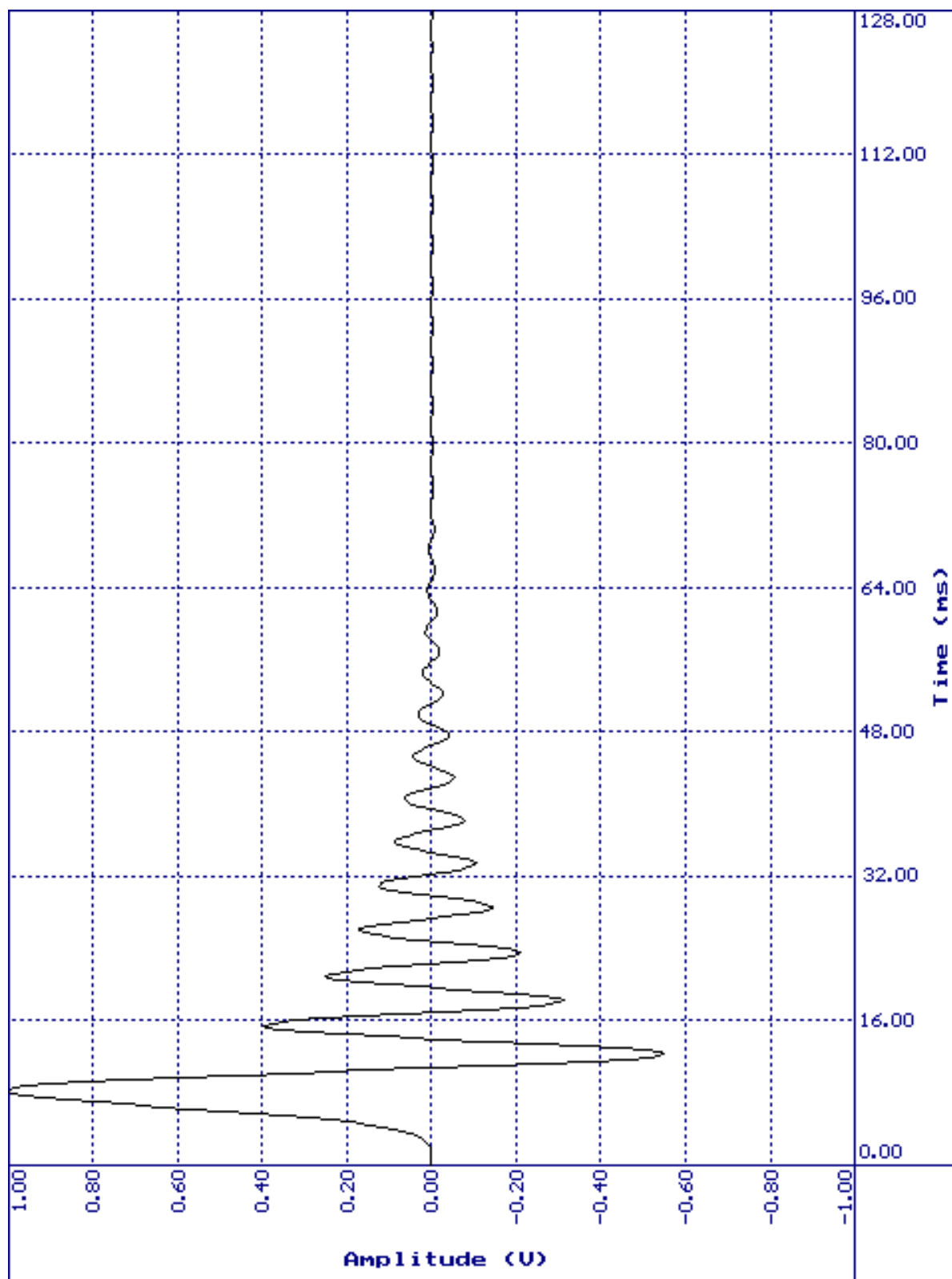


图 3-33 (MIN) 脉冲响应 @ 2 毫秒

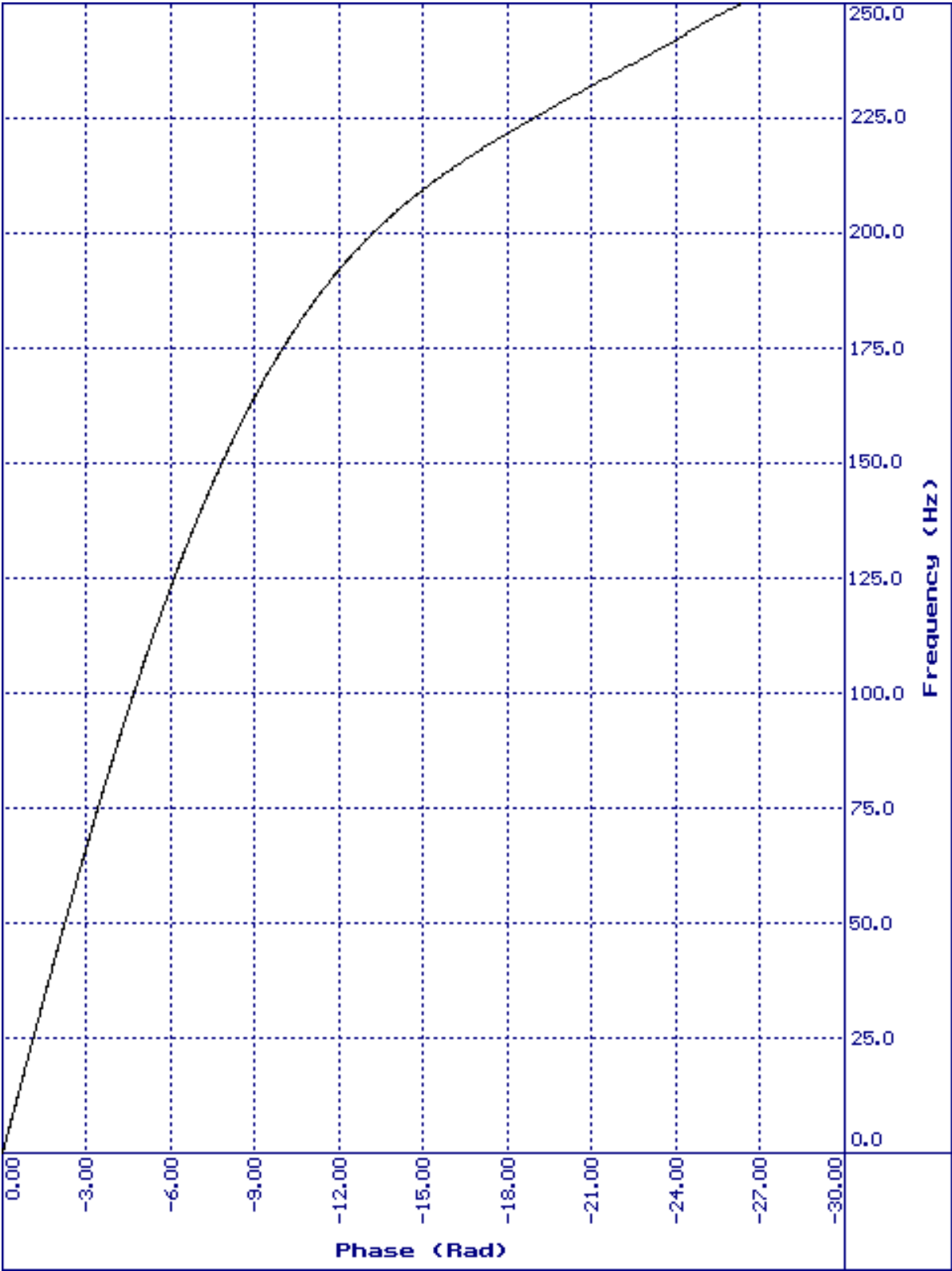


图 3-34 (MIN) FT 相位，线性频标 @ 2 毫秒

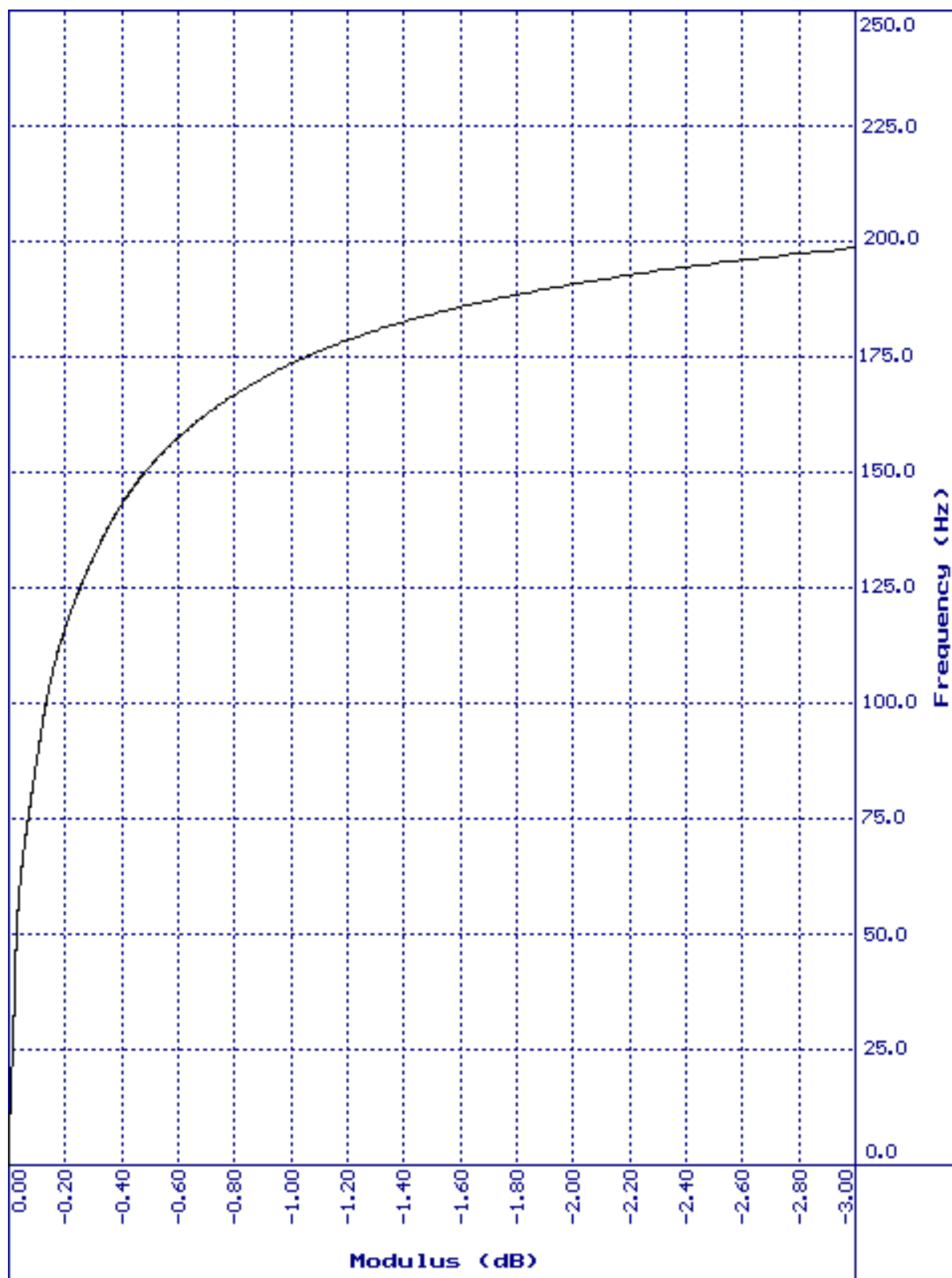


图 3-35 (MIN) FT 系数，线性频标 @ 2 毫秒

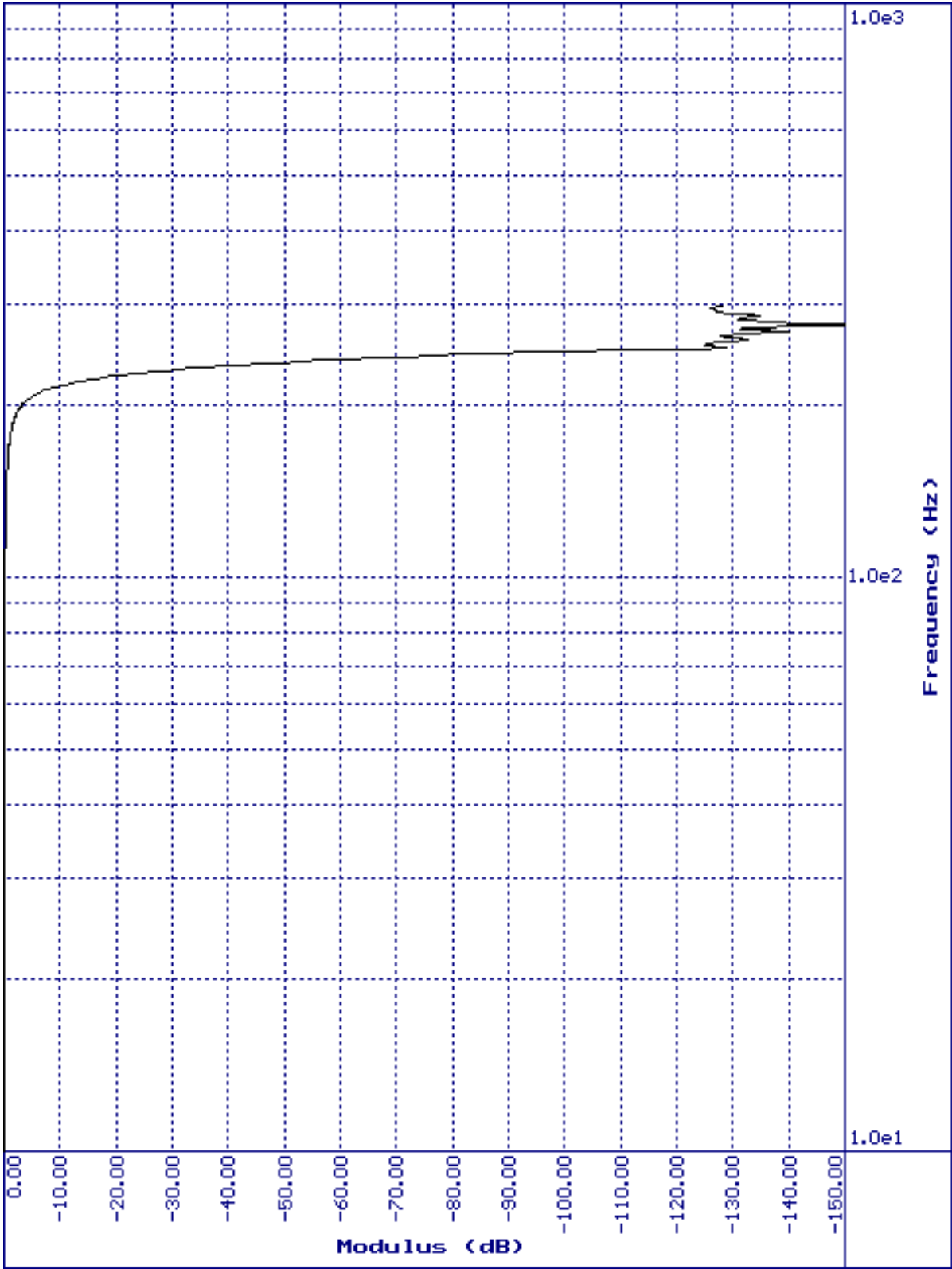


图 3-36 (MIN) FT 系数，对数频标 @ 2 毫秒

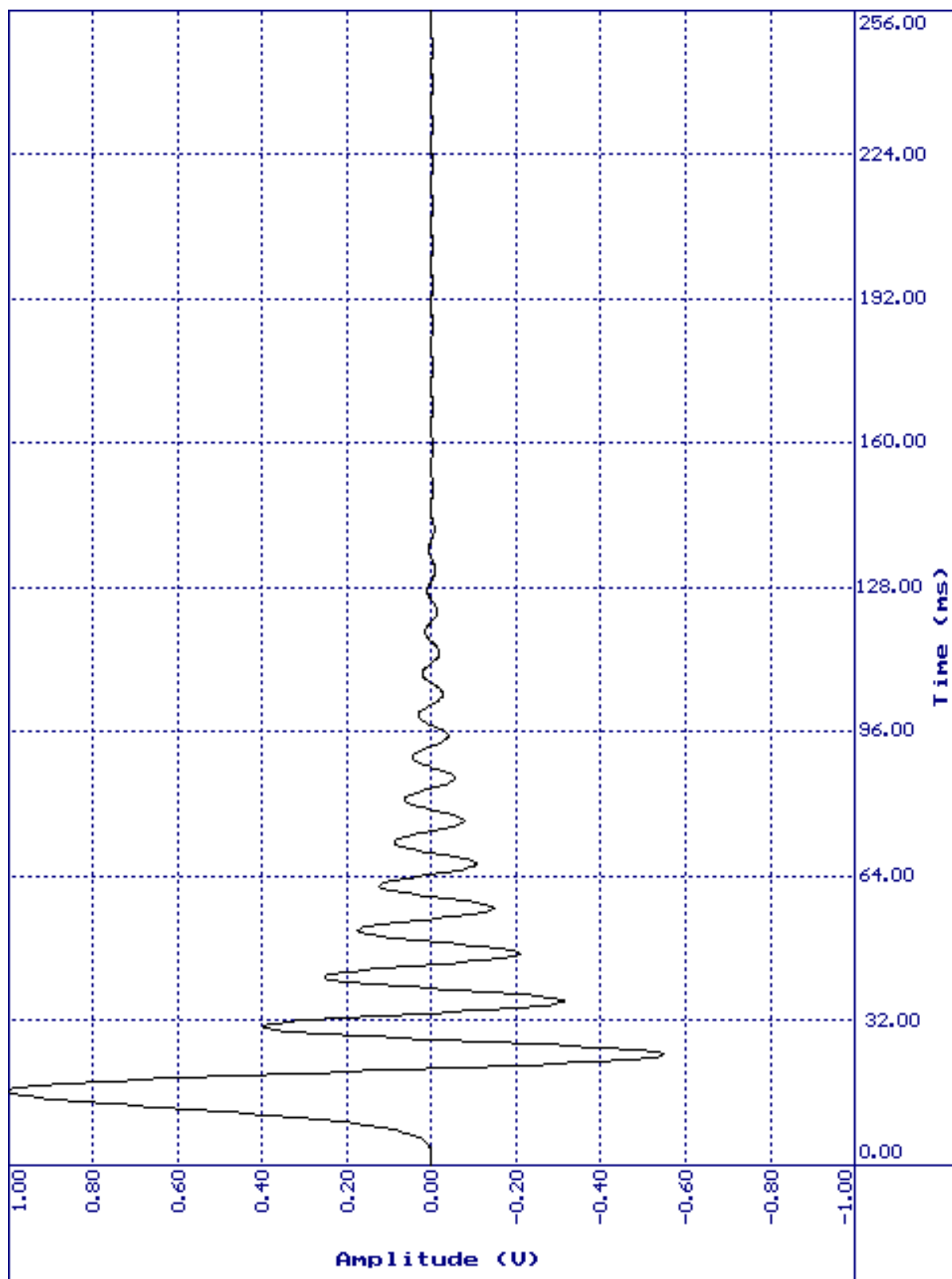


图 3-37 (MIN) 脉冲响应 @ 4 毫秒

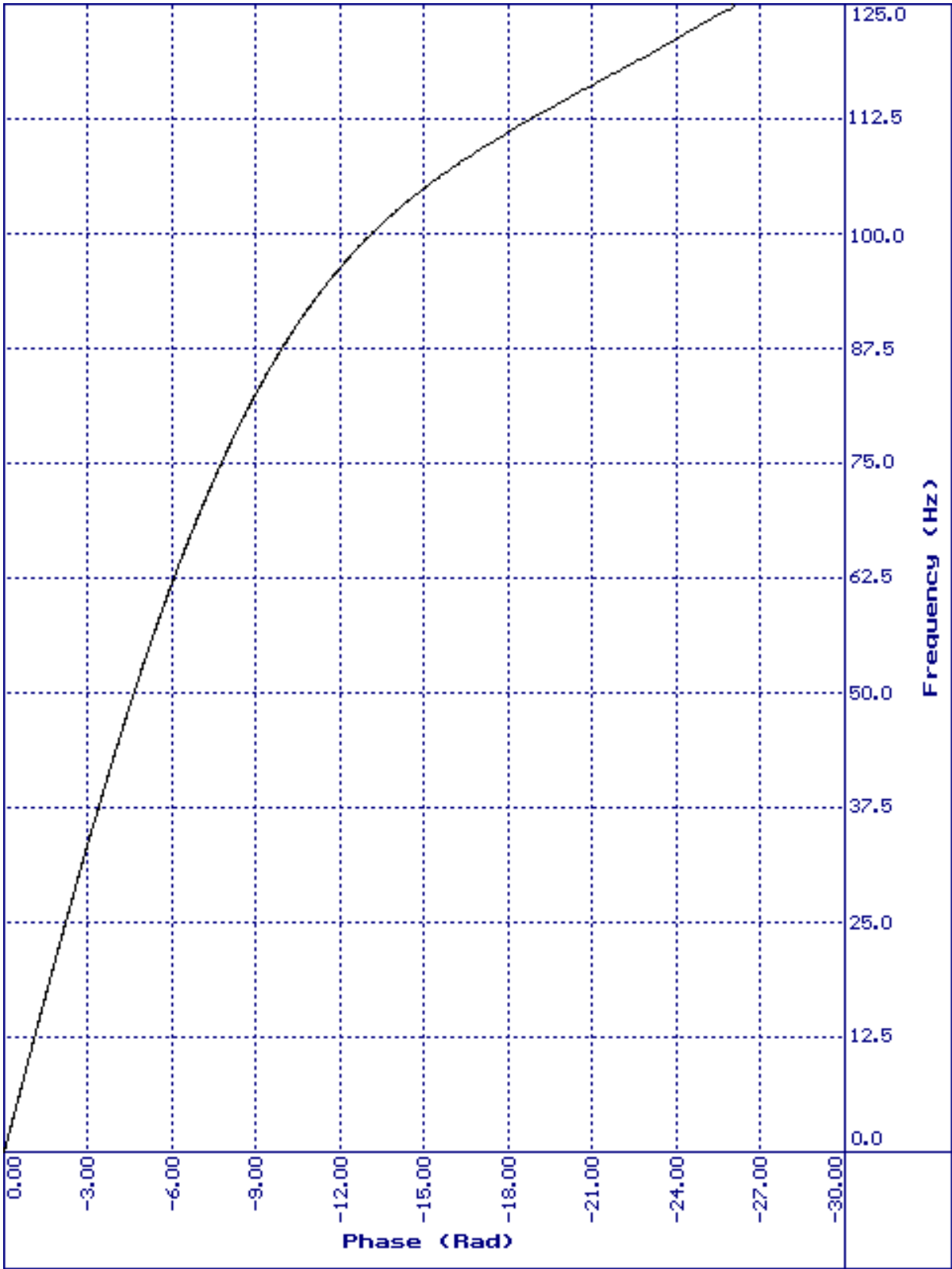


图 3-38 (MIN) FT 相位，线性频标 @ 4 毫秒

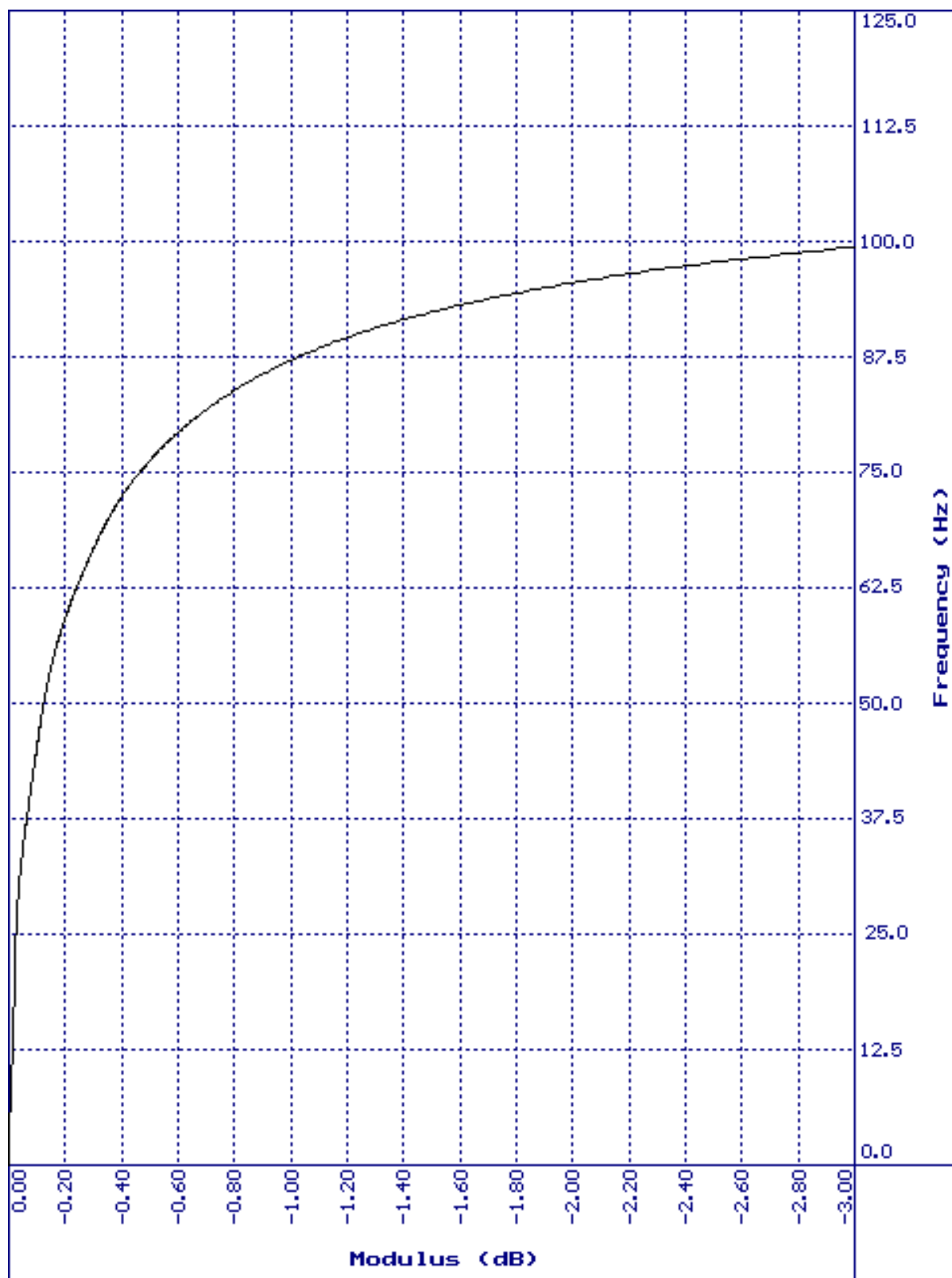


图 3-39 (MIN) FT 系数，线性频标 @ 4 毫秒

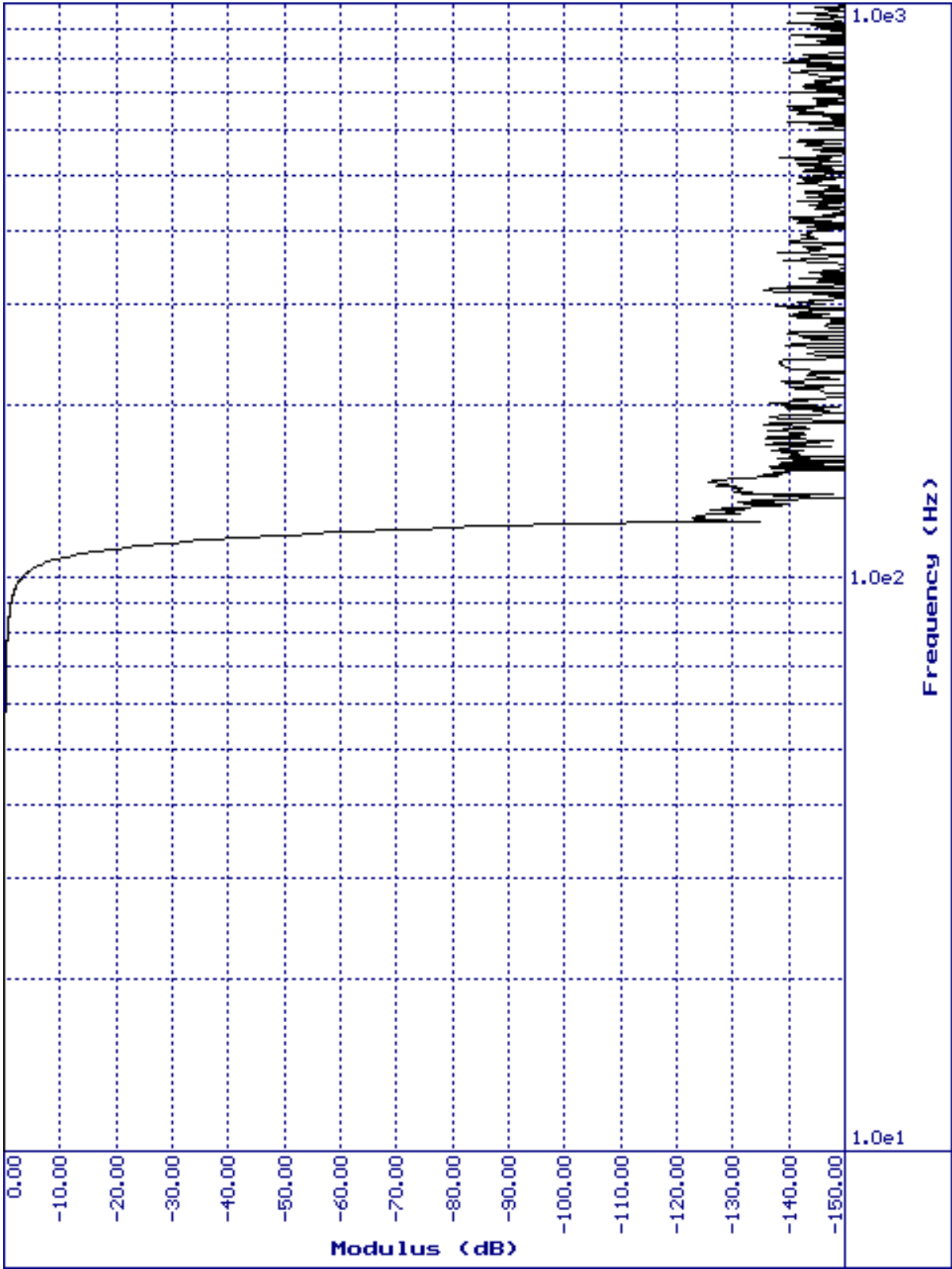


图 3-40 (MIN) FT 系数，对数频标 @ 4 毫秒

章 4

震源控制器接口连接

本章介绍与 428XL 配套使用的震源控制器的通信协议。
其中包括以下各节：

- 428XL 从操作 （ 第 74 页 ）
- ADVANCE II 震源控制器 （ 第 76 页 ）
- Shot Pro 爆炸机（ 或同等设备 ）（ 第 77 页 ）
- Shallow Sequencer （ 第 81 页 ）
- MACHA 爆炸机 （ 第 83 页 ）
- SGD-S 爆炸机 （ 第 84 页 ）
- 由震源控制器更新的数据字段 （ 第 87 页 ）

428XL 从操作

手工模式

本段落的目的是介绍与作为主控制器的震源控制器系统连接的 428XL 控制模块（LCI-428）的操作。

震源控制器系统与 428XL 控制模块的 BLASTER 连接器之一相连，并使用以下信号：EXTERNAL GO、FO 和 TB。

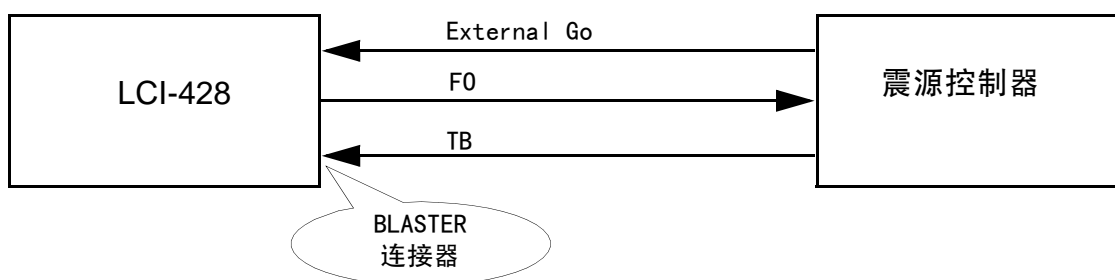


图 4-1

在施工主窗口中：

1. 选择施工设置中的“Manual”（从 Setup 菜单中选择 Options，然后点击 Operating 选项卡）。
2. 选择炮单中的一行，激活所选排列并进入野外升级模式。

每次发出 EXTERNAL GO 信号时，428XL 都会退出野外升级模式，发送 FO 信号并等待 TB 信号。

接收到 TB 后，428XL 系统采集开始。采集完成后，系统选中对应着放炮表中下一行的排列，并进入野外升级模式，以便进行新的放炮。



注 震源控制器可通过 FO 查看生成 TB 时 428XL 是否已做好准备。

连续模式

要想缩短 428XL 在接收 EXTERNAL GO 信号与准备好接收 TB 信号之间所需的时间：

1. 应选择施工设置中的 “Continuous”（从 Setup 菜单中选择 Options，然后点击 Operating 选项卡）。如果需要进入脉冲模式，则选择单次采集的 “Impulsive Stack”（脉冲叠加）处理类型。
2. 将两个 VP 之间的延迟设为最大值。

428XL 控制模块在连续模式下工作，但两次连续采集之间的延迟是无限的：EXTERNAL GO 放弃延迟并准备进行采集。

ADVANCE II 震源控制器

只使用 F0 信号和 TB 信号。请参见 428XL 安装手册(连接器)。

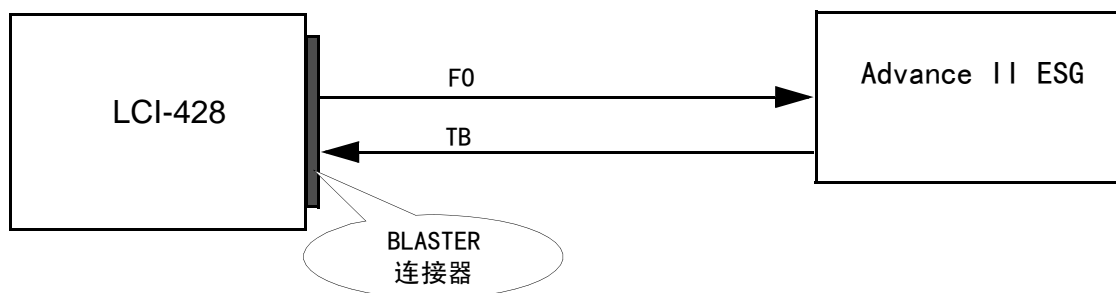


图 4-2

您还可以使用 LAUX-428 的 XDEV2 端口。

Shot Pro 爆炸机（或同等设备）

下面是 Shot Pro 爆炸机（或 SGS 和 BoomBox 等同类设备）与 SERCEL 公司的 428XL 之间的协议。当 428XL 处于 Shot Pro 模式时，往来于震源控制器的信息通过 428XL 控制模块（LCI-428）中 BLASTER 连接器上的串行端口进行传输。

安装

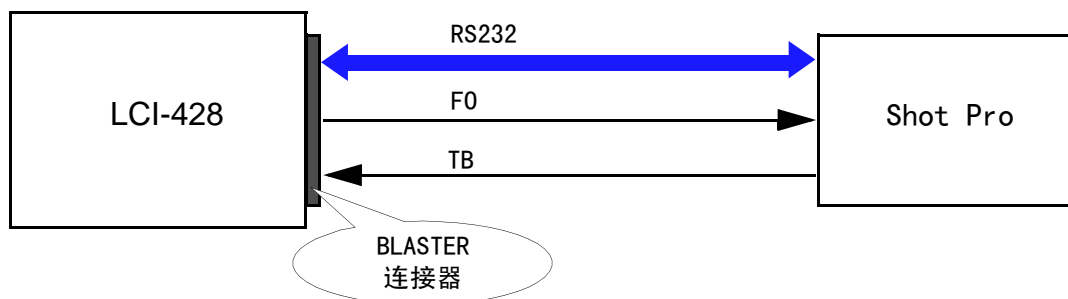


图 4-3

从 Shot Pro 控制器连接出来的 RS232 测线应连接到 LCI-428 中 BLASTER 连接器上的串行端口。

Shot Pro 控制器的时断信号应与记录系统的时断信号相连。

您还可以使用 LAUX-428 的 XDEV2 端口。

请参见 428XL 安装手册（连接器）。

428XL 到 Shot Pro 的数据协议

*SP#.../SL#.../SN#.../SI#.../SEQ#...<CR><LF>

其中		最小	最大
炮号	SP#sssss	1	99999
震源点测线	SL# .	0.0	99999.9
震源点号	SN# .	0.0	99999.9
震源点索引	SI#1	1	9
爆炸机号	SEQ#ss	01	16

Shot Pro 到 428XL 的数据协议

*SHOTPRO SP#.../SL#.../SN#.../SI#.../SEQ#.../STA:.../
CTB:00.000/UH:000.0

其中

SHOTPRO 用于识别放炮系统的字符串

	最小	最大
--	----	----

炮号	SP#sssss	1	99999
震源点测线	SL# .	0.0	99999.9
震源点号	SN# .	0.0	99999.9
震源点索引	SI#1	1	9
爆炸机号	SEQ#ss	01	16
爆炸机状态	STA:s	0	7
确认的时断信号	CTB:cc.ccc	00.000	33.000
井口时间 (初至波拾取)	UH:uuu.u	000.0	999.5 (.5 毫秒步幅)

如果 GPS 与 Shot Pro 配套使用，则 GPS \$GPGGA 信息将紧跟此信息之后。如果未使用 GPS，则在上述信息后面将跟随一个 <CR><LF>。如果使用 GPS，则 \$GPGGA 信息后面将跟随 <CR><LF>。



注 “After the Shot” (放炮后)：时断 (TB) 信号延迟 3 秒钟后开始传输爆炸机状态信息。放炮后需要 3 秒钟时间将所有数据送回去并从电台中解码。

注 对 428XL 的 Shot Pro 译码器 只有当电台数据解码后才会发送 ASCII 信息。

4

爆炸机状态代码

- 0 = 未点火 (接收到电台状态，但设备未点火)。
- 1 = 接收到已点火放炮和状态。一切正常。
- 2 = 未接收到状态 (电台故障)。
- 3 = 接收到状态，但没有井口模拟数据 (电台故障)。
- 4 = 译码器电池电量太低警告。
- 5 = 井口检波器电阻未测量或超出允许范围。
- 6 = 雷管阻抗未测量或超出允许范围。
- 7 = 自动井口时间拾取不成功。

专业术语

确认的时断信号 系指至起爆雷管的电流超过 4 安培的时间量。电流起始在 Shot Pro 编码器中设在时断信号的开始。

井口时间 (初至波拾取) 通过对井口检波器信号的分析来确定。所选算法用于拾取爆炸波脉冲到达井口的时间。

举例

从 Shot Pro 编码器到 428XL 的信息举例介绍如下：

```
*SHOTPRO SP# 283/SL# 41.2/SN# 13.5/SI#1/SEQ#7/STA:1/
CTB:01.868/UH:041.0
$GPGGA,161050,3645.1926,N,09705.0707,W,2,06,1,+0321.0,M,,M,,
```

无 GPS 数据

```
*SHOTPRO SP# 283/SL# 41.2/SN# 13.5/SI#1/SEQ# 7/STA:6/
CTB:01.851/UH:041.0 <CR><LF>
```

以上信息状态为 6 (雷管阻抗未测量或超出允许范围)。

表示电台故障的信息

```
*SHOTPRO SP# 283/SL# 41.2/SN# 13.5/SI#1/SEQ# 7/STA:2/
CTB:00.000/UH:000.0
```

结果处理

来自 Shot Pro 爆炸机的数据用于更新 428XL OPERATION (施工) 主窗口中的爆炸工窗口：

- Shot Pro 爆炸机状态
- 井口时间
- 确认 TB。

Shot Pro 数据记录在用户头段和制造商头段以及 SPS 文件中。

如果有炮点位置数据，则 428XL POSITIONING (定位) 主窗口中将实时显示炮点的地理位置。

Shallow Sequencer

Shallow Sequencer 与 SERCEL 公司的 428XL 之间的协议如下。
Shallow Sequencer 到 428XL 的串行数据通过 428XL 控制模块（LCI-428）中 BLASTER 连接器上的串行端口进行传输。
您还可以使用 LAUX-428 的 XDEV2 端口。

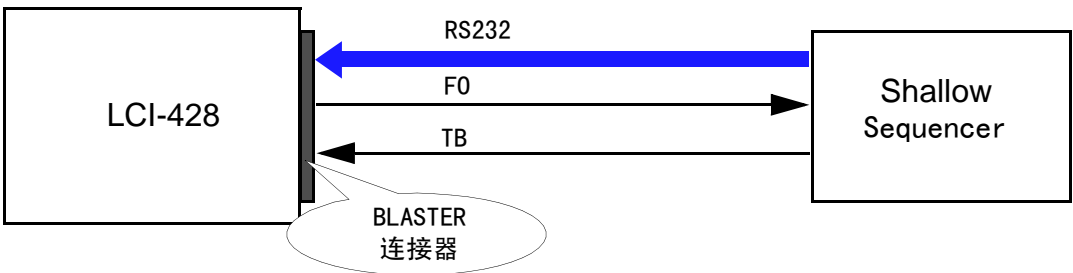


图 4-4

4

Shallow Sequencer 到 428XL 的数据协议

SPS <80 个字符><LF>

这种记录类型包含记录时炮点位置的详细信息。

项目	字段定义	列	格式	最小至最大	默认	单位
1	记录标识	1-1	A1	"s"	无	
2	测线名称（相邻左侧）	2-17	4A4	无限制	无	
3	点号（相邻右侧）	18-25	2A4	无限制	无	
4	点索引	26-26	I1	1 - 9		
5	点代码 (*)	27-28	A2	参见下面	无	
6	静态校正	29-32	I4	-999 - 999	空白	毫秒
7	点深度	33-36	F4. 1	0 -99. 9	无	米
8	地震数据	37-40	I4	-999 - 999	无	米
9	井口时间	41-42	I2	0 99	空白	毫秒
10	水深 (#)	43-46	F4. #	0 到 99. 9/9999	空白	米
11	地图网格偏东距	47-55	F9. 1		无	
12	地图网格北向纬度差	56-65	F10. 1		无	
13	地面高程	66-71	F6. 1	-999. 9 -9999. 9	无	米
14	年份日期	72-74	I3	1 - 999	无	
15	时间 hhmmss	75-80	3 2	000000-235959	无	

- (#) 水深应作为 F5.1 读入，以允许 4 字符小数和整数值。
- (*) 点代码举例：“PM” – 永久标记，“KL” – 取消或忽略点。
“V1”.. “V9” “E1”.. “E9” “A1”.. “A9”.. “W1”.. “W9”,
“S1 照 .. 照 S9”. – 震源代码

结果处理

来自 Shallow Sequencer 的数据记录到用户头段和制造商头段以及 SPS 炮点文件中。

MACHA 爆炸机

MACHA 爆炸机设备与 SERCEL 公司的 428XL 之间的协议如下。
MACHA 爆炸机设备到 428XL 的串行数据通过 428XL 控制模块（ LCI-428 ）中 BLASTER 连接器上配备的串行端口进行传输。

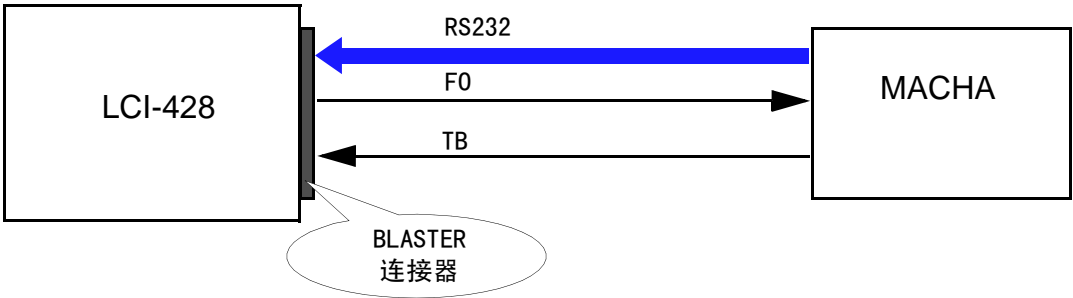


图 4-5

您还可以使用 LAUX-428 的 XDEV2 端口。

MACHA 爆炸机到 428XL 的数据协议

MACHA 设备用以下格式发送一条 ASCII 信息：

uuuu*i*ssm...m

uuuu 井口时间（ 几百微秒 ）

i 爆炸机身份（ 爆炸机设备编号 ）

ss 爆炸机状态 04 = 放炮正常。
 05 = 放炮正常， 电池电量低。
 @0 = 未点火。
 @1 = 未点火， 电池电量低。
 00 = 未点火（ MACHA 未收到任何点火命令 ）。

m...m 来自 GPS 的 ASCII 信息， 如果有的话。

要想将 MACHA 设备设置为 ASCII 模式， 请参见 MACHA 文档。

SGD-S 爆炸机

往来于 SGDS 控制器的信息通过 428XL 控制模块（LCI-428）中 BLASTER 连接器上配备的串行端口进行传输。

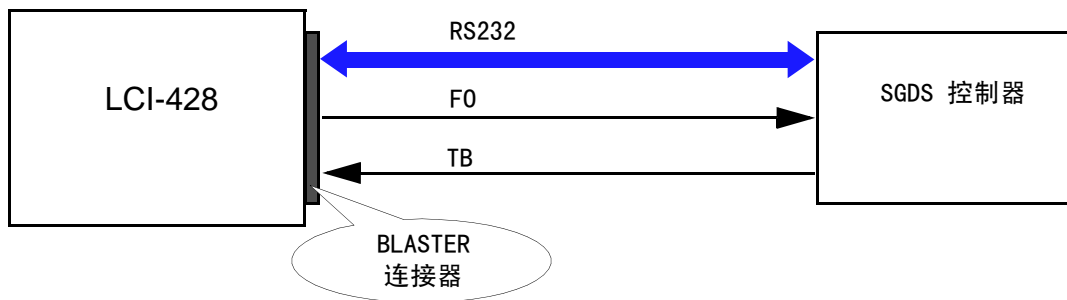


图 4-6

您还可以使用 LAUX-428 的 XDEV2 端口。

SGD-S 协议

准备就绪状态（SGD-S 控制器到 428XL）

爆炸工准备就绪后（即捕捉到 GPS 位置，退离炮井位置，按下 START 按钮，并对点火电路电容充电后），爆炸机会将其状态传输给 SGD-S 控制器，后者则将以下 ASCII 字符串传输给记录系统：

- 如果没有任何 GPS 位置可用：

*SGD-S SEQ#<n><CR><LF>

例如：[*SGD-S SEQ#2<CR><LF>]

- 如果有 GPS 位置可用：

*SGD-S SEQ#<n>\$POS, <2>, <3>, <4>, <5><CR><LF>

例如：[*SGD-S SEQ#2\$POS, 5450. 898, N, 08303. 375, E<CR><LF>]

点火命令（ 428XL 到 SGD-S 控制器 ）

操作员点击施工主窗口中的 Go 后，HCI 将以下信息传输给该控制器：

*SP#.../SL#.../SN#.../SI#.../SEQ#<n><CR><LF>

例如：[*SP#1289/SL#41.2/SN#13.5/SI#2/SEQ#1<CR><LF>]

放炮状态

放炮后，控制器将以下字符串传输给记录系统：

- 如果没有任何 GPS 位置可用：

*SGD-S SP#.../SL#.../SN#.../SI#.../SEQ#<n>/STA:<s>/
CTB:<c>/UH:<u><CR><LF>

例如：[*SGD-S SP#1289/SL#41.2/SN#13.5/SI#2/SEQ#2/STA:1/
CTB:01.500/UH:015.3<CR><LF>]

- 如果有 GPS 位置可用：

*SGD-S SP#.../SL#.../SN#.../SI#.../SEQ#<n>/STA:<s>/
CTB:<c>/
UH:<u>\$GPGGA, <1>, <2>, <3>, <4>, <5>, <6>, <7>, <8>, <9>, <10>, <11>, <12>, <13>, <14><CR><LF>

例如：[*SGD-S SP#1289/SL#41.2/SN#13.5/SI#2/SEQ#2/STA:1/
CTB:01.500/
UH:015.3\$GPGGA, 051412.0, 5450.898, N, 08303.375, E, 1, 6, 1.43, 00137, M, -036, M, , <CR><LF>]

图例：

<n> 爆炸机号，1 到 4；

<s> 爆炸机状态，

0 = 未点火（接收到电台状态，但设备未点火）

1 = 接收到已点火放炮和状态。一切正常

2 = 未接收到状态（电台故障）

3 = 接收到状态，但没有井口模拟数据（电台故障）

7 = 自动井口时间拾取不成功；

- <c> 确认的时断信号，00.000 到 25.400（0.1 毫秒步幅）；
- <u> 井口时间，000.0 到 199.9（0.1 毫秒步幅），
在“自动井口时间拾取不成功”情况下，则为 200.0 毫秒
- <1> 位置的 UTC，hhmmss.s；
- <2> 纬度，llll.llll；
- <3> N（北纬）或 S（南纬）；
- <4> 经度，yyyyy.yyyy；
- <5> E（东经）或 W（西经）；
- <6> GPS 质量指示器：0= 无 GPS，1=GPS，2=DGPS；
- <7> 在用的卫星数目，xx；
- <8> HDOP，x.x；
- <9> 天线高程（单位：米），x.x；
- <10> M = 米；
- <11> 大地水准面差距（单位：米），x.x；
- <12> M = 米；
- <13> 差分 GPS 数据期，x.x；
- <14> 差分参考站 ID，0000 到 1023。

SP 炮号

SL 震源点测线

SN 震源点号

SI 震源点索引

SEQ 爆炸机号

STA 爆炸机状态

CTB 确认的时断信号

UH 井口时间

由震源控制器更新的数据字段

对于所支持的每种震源控制器，下表给出了在 428XL SEG D 记录中对震源控制器提供的信息进行解释后被更新的放炮信息字段。

- ◆ 表示对震源控制器的信息进行解释后该字段被更新。
- “Default”(默认)表示该字段被 HCI 用户界面的设置参数所更新。

爆炸机 类型	SEG D 字段							定位 坐标	
	爆炸机		井口 时间	时断 信号	震源				扩展 头段
	身份	状态			测线 #	点 #	XYZ (3)		
ShotPro (4) 或同类设备	◆	◆	◆	◆	默认	默认	默认	◆	◆ (2)
Shallow Sequencer			◆		◆	◆	◆	◆	
Macha	◆	◆	◆		默认	默认	默认	◆	◆ (2)
其它					默认	默认	默认	◆	◆ (2)

请参见注释 (1)

注 (1)：这些字段显示在 Operation (施工) 主窗口的结果窗格中。爆炸机状态显示为带有以下颜色代码的指示灯：

- 蓝色 未收到信息或收到错误信息。
- 绿色 爆炸机正常。
- 橙色 爆炸机正常，有一条警告。
- 红色 爆炸机错误。

注 (2)：如果从这些放炮系统收到炮点位置 (在 \$GP GGA 信息中)，则该位置将显示在 Positioning (定位) 主窗口中。

注 (3) :

震源 XYZ	SEGD 字段	SPS 输出
SPS	SEGD 字段被更新，因为该位置使用相应投影。	用 SEG D 字段生成。
\$GPGGA	SEGD 字段未被更新，因为该位置未使用必要的投影。该位置只被复制到外部头段中	由对外部头段译码和相应投影而生成

注 (4) : 当通过 LSS (有线放炮系统) 使用 Shot Pro 编码器时，没有字段被更新，因为在这种情况下，编码器不会将任何串行信息返回给 428XL。

章 5

仪器测试记录恢复

本章提供从测试 *SEGD* 记录中恢复测试结果的必要公式。其中包括以下各节：

- 一般介绍（第 90 页）
- 仪器噪声测试（第 91 页）
- 仪器畸变测试（第 92 页）
- 仪器增益与相位测试（第 93 页）
- 仪器 *CMRR* 测试（第 99 页）
- 仪器串音测试（第 100 页）

一般介绍

概述

408UL 所进行的某些仪器测试（噪声、增益与相位、畸变、CMRR 和串音干扰）可作为测试 SEGD 文件记录到磁带上。利用本章中提供的公式，您可以用测试 SEGD 记录的数据重新计算 HCI 工作站上显示的测试结果。

用于测试计算的样本数目取决于采样率

采样率（毫秒）	采样数
0.25	2048
0.5	2048
1	2048
2	1024
4	512

用于计算的第一个样本从时间 0 开始（不记录激励信号所产生的瞬态值）。

所用约定

在用测试 SEGD 记录的数据重新计算测试结果的公式中，使用了以下符号：

x 在时域中计算的信号的 RMS 值，单位为毫伏。

\hat{x}_i 通过傅里叶变换算出的信号频率线的复数值。

$|\hat{x}_i|$ 复数值的模（测线的 RMS 值，单位为毫伏）。

$\Phi(\hat{x}_i)$ 复数值的辐角（相位，单位为弧度）。

测试信号频率线（ \hat{x}_i ）的 RMS 值（ x ）和复数值是用相应 Channel Set Descriptor（地震道组描述符）的缩小比例乘数，根据 SEGD 记录道样本按毫伏计算出。

仪器噪声测试

噪声是高于 3 赫兹的信号能量。

要想从噪声测试 SEGD 记录中恢复测试结果，应采用以下公式：

$$Noise(\mu V) = 1000 \times \sqrt{x^2 - \sum_0^n |\hat{x}_i|^2}$$

x 信号的 RMS 值。

$|\hat{x}_i|$ 低于 3 赫兹的频率线的 RMS 值。

n 低于 3 赫兹的谐波线的数目。

仪器畸变测试

畸变测试信号为 31.25 赫兹正弦波，振幅为 FDU 满刻度的 97%。

增益	RMS 测试信号	峰值测试信号
400	388 毫伏。	548.7 毫伏。
1600	1552 毫伏。	2194.9 毫伏。

畸变测试结果为通带中谐波线能量与基准线能量之比，单位为 dB。

要想从畸变测试 SEGD 记录中恢复测试结果，应采用以下公式：

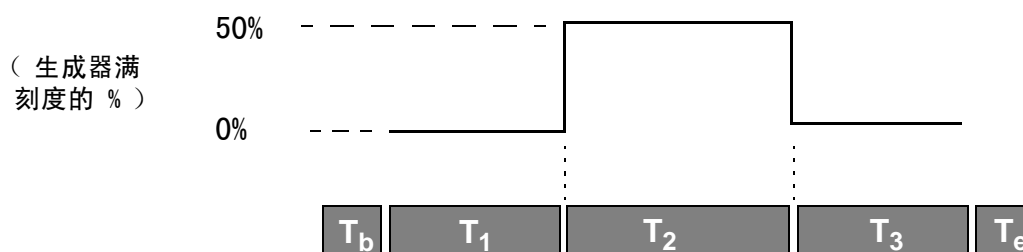
$$Distortion (dB) = 20 \times \log_{10} \left(\frac{\sqrt{\sum_{i=2}^n |\hat{x}_i|^2}}{|\hat{x}_1|} \right)$$

$|\hat{x}_1|$ 31.25 赫兹线的 RMS 值。

$|\hat{x}_i|$ 31.25 赫兹整倍处的谐波线的 RMS 值。
(最多 9 谐波线)。

仪器增益与相位测试

采用一个脉冲作为测试信号。使用了三个测试序列（ T_1 、 T_2 、 T_3 ）：



采样率 (毫秒)	T_1 (毫秒)	T_2 (毫秒)	T_3 (毫秒)	$T_1+T_2+T_3$ (毫秒)
0.25	8	39	465	512
0.5	16	39	969	1024
1	32	38	1978	2048
2	64	36	1948	2048
4	128	40	1880	2048

增益	测试脉冲电平 (生成器满刻度的 50%)
400	353.5 毫伏。
1600	1214 毫伏。

增益或相位误差通过对地震道响应和理论响应进行比较而获得。用于计算（针对该模型和针对所测量的信号）的测试频率数目取决于采样率：

采样率 (毫秒)	7.8125 赫兹	15.625 赫兹	31.25 赫兹	62.5 赫兹	125 赫兹	250 赫兹	500 赫兹
0.25	X	X	X	X	X	X	X
0.5	X	X	X	X	X	X	X
1	X	X	X	X	X	X	
2	X	X	X	X	X		
4	X	X	X	X			

对所有测试频率都计算误差，遇到的最大值保留为最后结果。

使用相同采集来计算增益误差和相位误差。

要想从增益与相位测试 SEG D 记录中恢复测试结果，应采用以下公式：

增益误差：

$$GainError(\%) = 100 \times \left(\frac{L \times |\hat{x}_i|}{T_{mod}} - 1 \right)$$

L 总长度，单位为秒 ($T_1+T_2+T_3$)。

T_{mod} 频率线的理论模数。

$|\hat{x}_i|$ 频率线的 RMS 值。

相位误差：

$$PhaseShift(\mu s) = \frac{10^6 \times (\Theta(\hat{x}_i) - T_{arg})}{2 \times \pi \times F_i}$$

T_{arg} F_i 频率下的理论辐角。

$\Phi(\hat{x}_i)$ F_i 频率下频率线的相位。



注

关于记录到磁带的测试信号的理论模数和辐角（不包括校正系数），请参见下表。

针对 1600 毫伏输入增益的理论模数 (记录的测试信号)			
采样率	频率 (赫兹)	0.8 Lin	0.8 Min
0.25	7.8125	66.6215	66.6213
0.25	15.625	383.59	38.3586
0.25	31.25	12.9198	12.9192
0.25	62.5	9.97797	9.97608
0.25	125	1.93948	1.93819
0.25	250	1.76605	1.76307
0.25	500	1.18135	1.17648
0.5	7.8125	66.6215	66.6207
0.5	15.625	38.359	38.357
0.5	31.25	12.9198	12.9172
0.5	62.5	9.97792	9.97088
0.5	125	1.93944	1.93593
0.5	250	1.76585	1.75844
0.5	500	1.17994	1.14992
1	7.8125	65.45	65.4466
1	15.625	38.9862	38.9785
1	31.25	11.3145	11.3065
1	62.5	9.39886	9.38182
1	125	3.58325	3.56822
1	250	2.49432	2.43087
2	7.8125	62.9893	62.9768
2	15.625	39.9576	39.9293
2	31.25	7.79342	7.77929
2	62.5	7.1928	7.16263
2	125	5.06145	4.93268
4	7.8125	67.7527	677.048
4	15.625	37.6387	37.5705
4	31.25	14.3988	14.3384
4	62.5	10.1601	9.90157

400 毫伏输入刻度增益的理论模数 (记录的测试信号)			
采样率	频率 (赫兹)	0.8 Lin	0.8 Min
0.25	7.8125	16.6554	16.6553
0.25	15.625	9.58975	9.58965
0.25	31.25	3.22994	3.2298
0.25	62.5	2.49448	2.49401
0.25	125	0.484861	0.48454
0.25	250	0.441481	0.440737
0.25	500	0.295255	0.294039
0.5	7.8125	16.6554	16.6552
0.5	15.625	9.58975	9.58924
0.5	31.25	3.22994	3.2293
0.5	62.5	2.49447	2.49271
0.5	125	0.484852	0.483973
0.5	250	0.441432	0.439581
0.5	500	0.294903	0.287401
1	7.8125	16.3625	16.3617
1	15.625	9.74656	9.74462
1	31.25	2.82861	2.82661
1	62.5	2.34971	2.34544
1	125	0.895797	0.892039
1	250	0.623538	0.607675
2	7.8125	15.7473	15.7442
2	15.625	9.98939	9.98233
2	31.25	1.94835	1.94482
2	62.5	1.79819	1.79065
2	125	1.26534	1.23315
4	7.8125	16.9382	16.9262
4	15.625	9.40967	9.39261
4	31.25	3.5997	3.5846
4	62.5	2.54001	2.47538

1600 毫伏输入刻度增益的理论相位 (记录的测试信号)			
采样率	频率 (赫兹)	0.8 Lin	0.8 Min
0.25	7.8125	-1.35849	-1.40038
0.25	15.625	-2.71699	-2.80077
0.25	31.25	-2.29238	-2.45995
0.25	62.5	1.69846	1.36324
0.25	125	-2.88609	2.72611
0.25	250	-2.62908	2.30677
0.25	500	-2.10526	1.42993
0.5	7.8125	-1.75119	-1.83496
0.5	15.625	2.7808	2.61325
0.5	31.25	2.42001	2.08484
0.5	62.5	-1.44314	-2.11406
0.5	125	-2.88609	2.04982
0.5	250	-2.62908	0.906014
0.5	500	-2.10526	-1.83205
1	7.8125	-2.51205	-2.6796
1	15.625	1.25909	0.923918
1	31.25	-0.623406	-1.29433
1	62.5	-1.24679	-2.59407
1	125	-2.49339	1.04171
1	250	-1.84368	-1.57048
2	7.8125	2.24943	1.91426
2	15.625	-1.78433	-2.45525
2	31.25	-0.427058	-1.77433
2	62.5	-0.854091	2.681
2	125	-1.70799	-1.43478
4	7.8125	-0.990338	-1.66126
4	15.625	-1.98068	2.95523
4	31.25	-0.819755	2.71534
4	62.5	-1.63949	-1.36628

400 毫伏输入刻度增益的理论相位 (记录的测试信号)			
采样率	频率 (赫兹)	0.8 Lin	0.8 Min
0.25	7.8125	-1.35886	-1.40075
0.25	15.625	-2.71772	-2.8015
0.25	31.25	-2.29385	-2.46142
0.25	62.5	1.69551	1.3603
0.25	125	-2.89197	2.72022
0.25	250	-2.64086	2.29499
0.25	500	-2.12881	1.40637
0.5	7.8125	-1.75156	-1.83533
0.5	15.625	2.78007	2.61251
0.5	31.25	2.41854	2.08337
0.5	62.5	-1.44608	-2.11701
0.5	125	-2.89198	2.04393
0.5	250	-2.64086	0.894234
0.5	500	-2.12882	-1.85561
1	7.8125	-2.51241	-2.67997
1	15.625	1.25835	0.923182
1	31.25	-0.624879	-1.29581
1	62.5	-1.24973	-2.59701
1	125	-2.49928	1.03582
1	250	-1.85546	-1.58225
2	7.8125	2.24906	1.91389
2	15.625	-1.78506	-2.45599
2	31.25	-0.42853	-1.77581
2	62.5	-0.857036	2.67806
2	125	-1.71388	-1.44067
4	7.8125	-0.990706	-1.66163
4	15.625	-1.98141	2.9545
4	31.25	-0.821228	2.71387
4	62.5	-1.64243	-1.36922

仪器 CMRR 测试

CMRR 测试信号为 31.25 赫兹、8303.2 毫伏（RMS）正弦波。

CMRR 测试结果为测试信号 RMS 值与针对测试频率计算出的输出信号 RMS 值之比。CMRR 是相对于大地，而非相对于模拟地线的。

要想从 CMRR 测试 SEG D 记录中恢复测试结果，应采用以下公式：

$$Cmrr(dB)=20\times\log_{10}\left(\frac{8303.2}{|\hat{x}_i|}\right)$$

$|\hat{x}_i|$ 31.25 赫兹线的 RMS 值。

8303.2 FDU 输入端的 RMS 共模电压（毫伏）。

FDU 的输入电路是一个在施加到前置放大器输入端之前，将共模电压除以一个较大系数（21.4）的电路。

测试发生器是在这一除法运算之后应用的。正弦波峰值振幅为其满容量的 77.6%，即， $500 \div 2$ 毫伏 $\times 0.776$ （约为 548.6 毫伏）。此电压对应的 FDU 输入共模电压为 $500 \div 2$ 毫伏 $\times 0.776$ 毫伏 $\times 21.4 = 11742.5$ 毫伏（峰值），即，8303.2 毫伏 RMS。

仪器串音测试

串音测试信号为 31.25 赫兹正弦波，振幅为 FDU 满刻度的 97%。

增益	RMS 测试信号	峰值测试信号
400	388 毫伏。	548.7 毫伏。
1600	1552 毫伏。	2194.9 毫伏。

测试包括两个序列：在第一个序列过程中，对每个**偶数** FDU 施加测试信号，在每个**奇数** FDU 中测量产生的电压。

相反，在第二个测试步骤过程中，该测试正弦波被输入给每个奇数 FDU，而所产生的电压则是在每个偶数 FDU 中测量的。

串音测试结果为测试信号理论 RMS 值与测试频率下测得的 RMS 电压之比。



注

奇数和偶数道之间的互换并不是根据排列中地震道编号进行，而是根据 LAU 分隔的每个测线段中的编号进行：与交叉线距离最近的地震道总是在第一个测试序列中触发。这样，当穿越一条交叉线时，或如果两个连续 LAU 之间的地震道数目为奇数，则可能导致被触发地震道产生不规则模式。

要想从串音测试 SEG-D 记录中恢复测试结果，应采用以下公式：

$$Crosstalk(dB) = 20 \times \log_{10} \left(\frac{x_e}{|\hat{x}_i|} \right)$$

x_e 施加信号的 RMS 值（对于 1600 毫伏刻度为 1552 毫伏，对于 400 毫伏刻度则为 388 毫伏）。

$|\hat{x}_i|$ 31.25 赫兹线的 RMS 值。

章 6

FDU 标定

本章介绍野外数字化设备中使用的标定方法。
包括以下各节：

- 概述（第 102 页）
- ADC 低增益和内部参考电压（第 104 页）
- 输入电阻与 DAC 硬件（第 108 页）
- DAC 软件（第 114 页）
- 测试网络电阻（第 117 页）
- 共模电阻器（第 122 页）
- 接地电阻（第 128 页）
- ADC 高增益（第 131 页）

概述

一般原理

FDU 是一种高精度仪器，它测量连接到其传感器输入端的检波器或检波器串电压。

FDU 标定过程的目的在于对其模拟电路中的任何误差进行补偿。首次标定是在制造结束阶段进行的，此后，如果怀疑有任何偏差，或每当按计划进行定期检查时，均可使用 TMS428 系统再进行标定。

标定过程产生、并由 TMS428 译释的结果包括 17 个校正系数，它们均被保存到 FDU 中的非易失的存储器中。当测量来自检波器的信号时，LAU 将使用这些系数。而一般操作中只会用到增益校正系数。其它校正系数将在测试功能中（漏电、CMRR、电阻等）使用。

在标定过程中，一些参考单元会自动连接到 FDU 的检波器输入端：短路、基准电压和电阻。TMU428 中内置的参考单元通过 TMS428 上的“TMU Calibration”（TMU 标定）菜单而准确确定。（请参见 428XL 技术手册）。

在连续校正步骤过程中，FDU 输入端的测试信号可以是：

- FDU 的内置基准电压；
- TMU428 的基准电压（2.048 伏）；
- FDU 内置测试生成器（DAC）的信号。
- 来自 FDU 测试生成器的、与 TMU428 的 1.05 千瓦和 5.0 千瓦基准电阻相关的信号。

来自 FDU 中 DAC（直流电压或 7.8125 赫兹正弦波）的测试信号由存储在 TMU428 的内置 LAUX 中的基本数字信号生成。

除高增益（12 dB、400 毫伏）校正系数用 0 dB（1600）增益选项计算所有标定步骤。

标定时间安排

FDU 标定过程包括五个主要序列。

标定顺序	校正系数	步骤数	连接到 FDU 输入端的参考
ADC 电路，低增益。	LowGainFactor	3	外部参考电压 (2.048 伏 \pm 0.03%)
FDU 的内部参考电压。	RefVoltFactor		内部参考电压 (1.2 伏，典型)。
DAC 内部电容网络。	RoughCurrentFactor	6	5.000 千欧， \pm 0.01%。
DAC 的 P 和 N 路输出电流	FineCurrentPfactor FineCurrentNFactor		1.0526 千欧， \pm 0.01%。
地震道 10 千瓦输入电阻	PosGndResFactor NegGndResFactor		5.000 千欧， \pm 0.01%。
			1.0526 千欧， \pm 0.01%。
内部测试网络电阻， 1 千瓦和 500 瓦	LowGainResPFactor LowGainResNFactor HighGainResPFactor HighGainResNFactor ComModeRes1Factor ComModeRes2Factor	8	无
DAC 的 P 和 N 通路的 共模电阻。	ComModeResPDacFactor ComModeResNDacFactor		
FDU 的 100 千瓦接地电阻	EarthResFactor	1	短接大地。
ADC 电路，高增益。	HighGainFactor	1	1.0526 千欧， \pm 0.01%。

6

每个主要序列包括一个或多个测量步骤，每个步骤可能涉及到一个或多个 TMU428 参考。要想确定 17 个校正系数，需要进行 19 个测量步骤。

校正过程完成后，将进行以下检查：

- 是否符合每个校正系数的允许范围。
- 基准电压仪器测试是否在 0.1% (0 dB 增益) 范围内。
- 电阻仪器测试是否在 0.1% (0 dB 和 12 dB 增益) 范围内。

ADC 低增益和内部参考电压

目的

前三个标定步骤允许两个标定系数确定：

- **LowGainFactor**: 在以 0 dB (1600) 增益选项的采集道中，启用了用于补偿模拟装置特性任何误差的进行补偿校正因子。在低增益选项时，无论是正常操作还是测试模式，它都被系统应用到 DSP 输出所有的采样上。
- **RefVoltFactor**: FDU 内置参考电压的一个校正系数。它表示实际（测量）参考值与名义值（1.2 伏）之间的偏差。

确定了这两个校正系数后，它们被保存到 FDU 的非易失的内存中。在随后的标定步骤中可根据需要使用它们。

种类

LowGainFactor

LowGainFactor 校正系数的确定方法如下：

步骤 1 (LOW_GAIN_INTERN_REF_1)

在第一步中，将一个精确的外部参考电压加到地震道输入端上。计算出所产生的相对于 ADC 输入的平均输出电压（**Mean1**）。

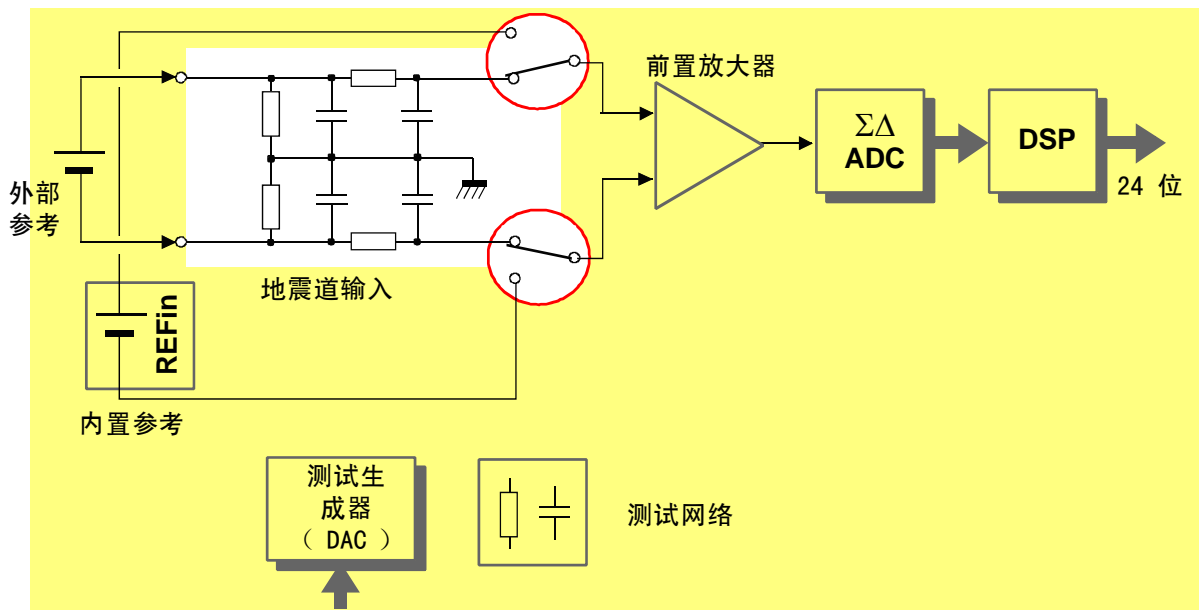


图 6-1

步骤 2 (LOW_GAIN_INTERN_REF_2)

6

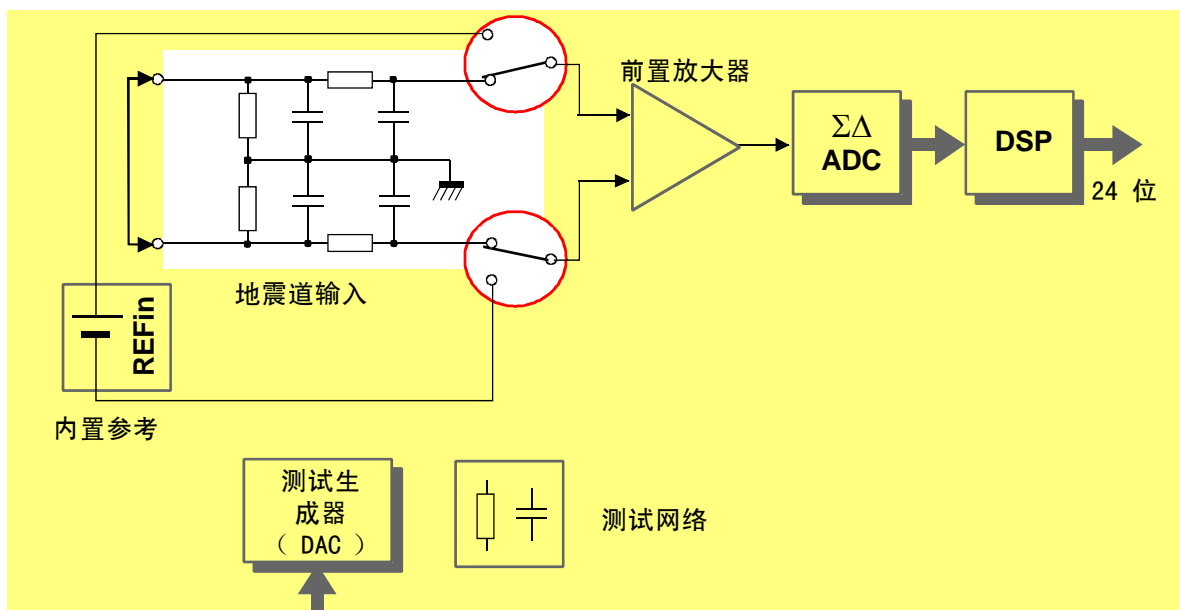


图 6-2

在第二步中，对该输入进行短接。产生相对于 ADC 输入的平均输出电压被计算出。(Mean2)。该地震道的偏差也被确定。(偏差 = Mean2)。

根据上述两个测量数据，确定以了 0 dB（1600）增益选项采集道所测量的外部参考值：

$$\text{LowGainFactor} = \frac{|\text{Mean1} - \text{Offset}|}{V_{\text{refTheoret}}} - 1.0$$

其中， $V_{\text{refTheoret}}$ 为供给输入端的外部参考电压的理论值（2.048 VDC， $\pm 0.03\%$ ）。

LowGainFactor 校正系数表示了 0 dB（1600）增益选项的采集道所测量的值与参考电压理论值之间的相对误差。

RefVoltFactor

RefVoltFactor 校正系数的确定方法如下：

- 步骤 3（LOW_GAIN_INTERN_REF_3）

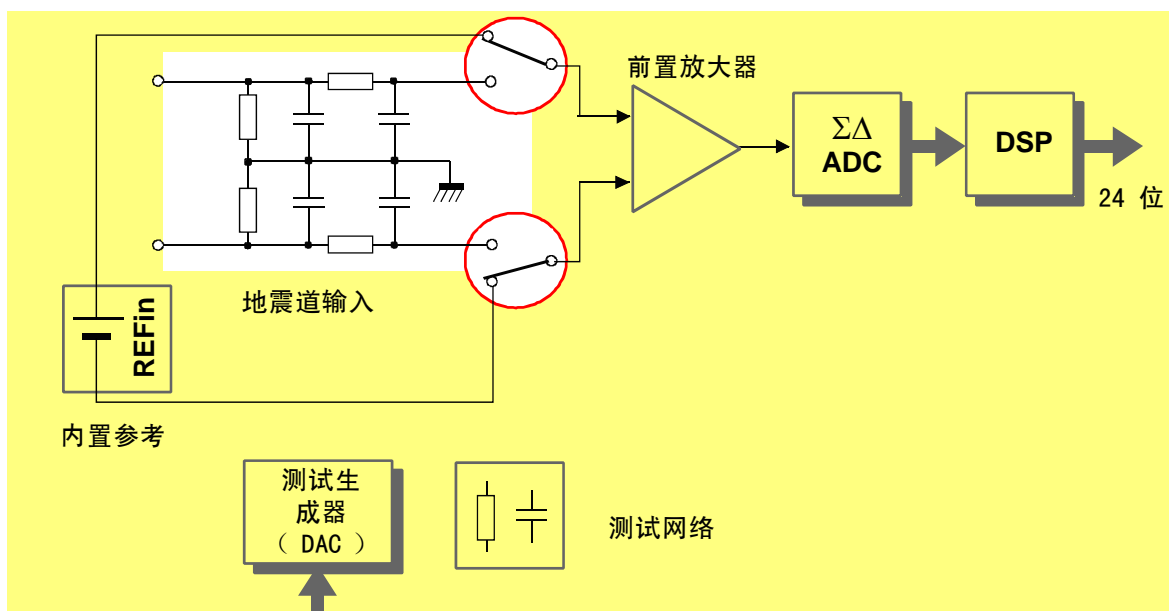


图 6-3

在第三步中，用内置参考电压取代 ADC 转换器的输入。计算出所产生的相对于 ADC 输入的平均输出电压（**Mean3**）。

鉴于 ADC 转换器实际校正后的偏差为已知（在 LOW_GAIN_INTERN_REF_2 步骤中确定并用 0 dB 增益选项的增益校正系数进行过校正），标定计算可确定 FDU 内置参考电压的实际值。

$$\text{RefVoltFactor} = \frac{|\text{Mean3} - \text{Offset}|}{\text{NomRefVoltage}} - 1.0$$

其中，**NomRefVoltage** = 1.2 伏。

RefVoltFactor 校正系数表示内置参考电压的测量值和理论值之间的相对误差。

输入电阻与 DAC 硬件

目的

本段中介绍的标定步骤可确定三个校正系数：

- **RoughCurrentFactor**：一个针对测试生成器（DAC）的内部电容网络的硬件标定系数。
- **PosGndResFactor**：一个针对位于地震道输入端正通路模拟地线之间的 10 千瓦电阻（PosGndRes）的校正系数。
- **NegGndResFactor**：一个针对位于地震道输入端负路径与模拟地线之间的 10 千瓦电阻器（NegGndRes）的校正系数。

确定了这三个校正系数后，它们被保存到 FDU 的非易失内存中。在随后的标定步骤中可根据需要使用它们。

种类

要想确定上述三个校正系数，测试系统首先需要确定地震道输入路径中 10 千瓦电阻器（PosGndRes 和 NegGndRes）的实际值，以及测试生成器的输出电流值（IDacP 和 IDacN）。由于不能直接采用这些测量，因此需要通过求解四个独立方程式来确定这四个未知数。

为进行这四个独立测量，需要采用以下四个校正步骤：

- ROUGH_CURRENT_FACTOR_1
- ROUGH_CURRENT_FACTOR_2
- ROUGH_CURRENT_FACTOR_3
- ROUGH_CURRENT_FACTOR_4

步骤 1 (ROUGH_CURRENT_FACTOR_1)

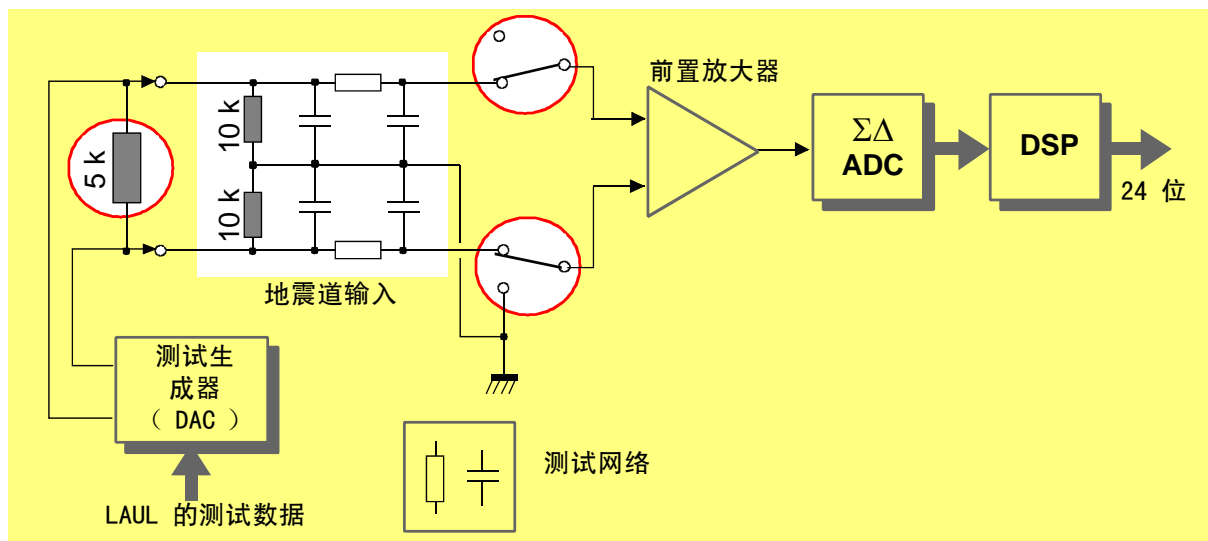


图 6-4

将输入按照上图所示进行配置，计算出相对于 ADC 输入所产生的输出信号的 RMS 值 (RMS1)。

6

步骤 2 (ROUGH_CURRENT_FACTOR_2)

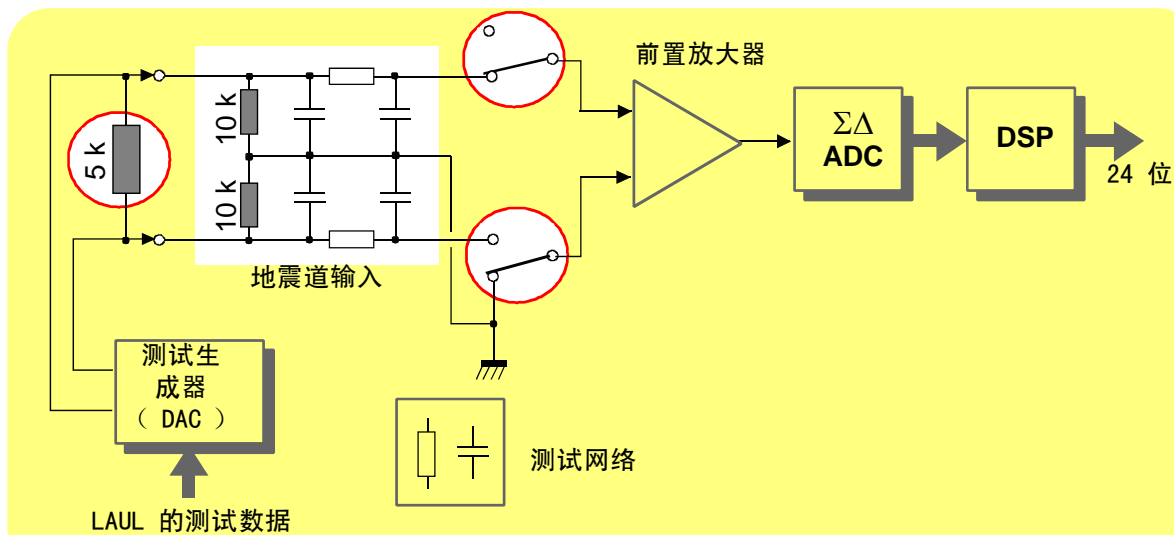


图 6-5

将输入按照上图所示进行配置，计算出相对于 ADC 输入所产生的输出信号的 RMS 值 (RMS2)。

步骤 3 (ROUGH_CURRENT_FACTOR_3)

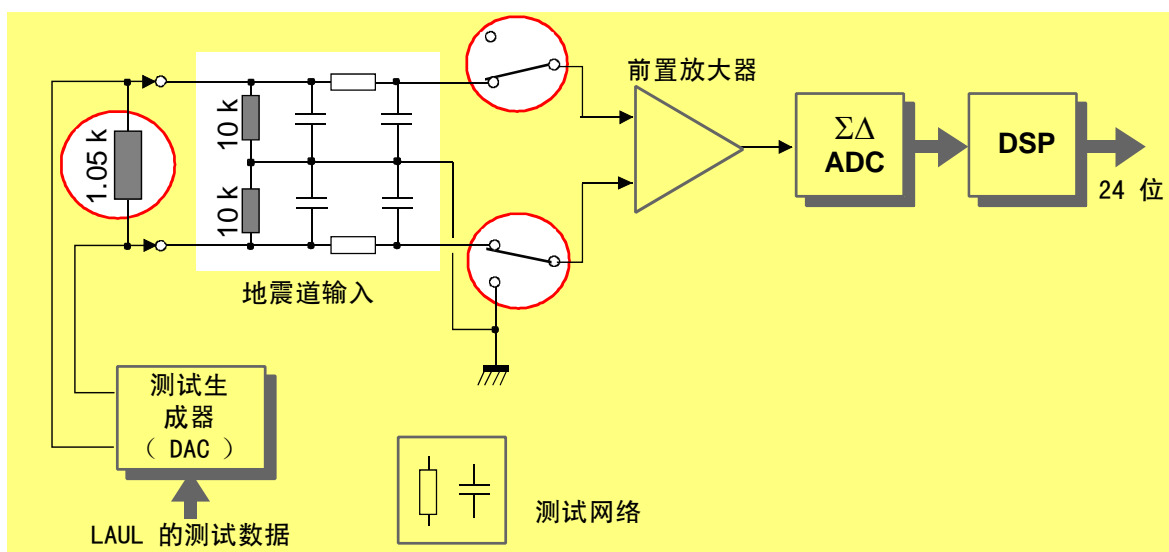


图 6-6

将输入按照上图所示进行配置，计算出相对于 ADC 输入所产生的输出信号的 RMS 值 (RMS3)。

步骤 4 (ROUGH_CURRENT_FACTOR_4)

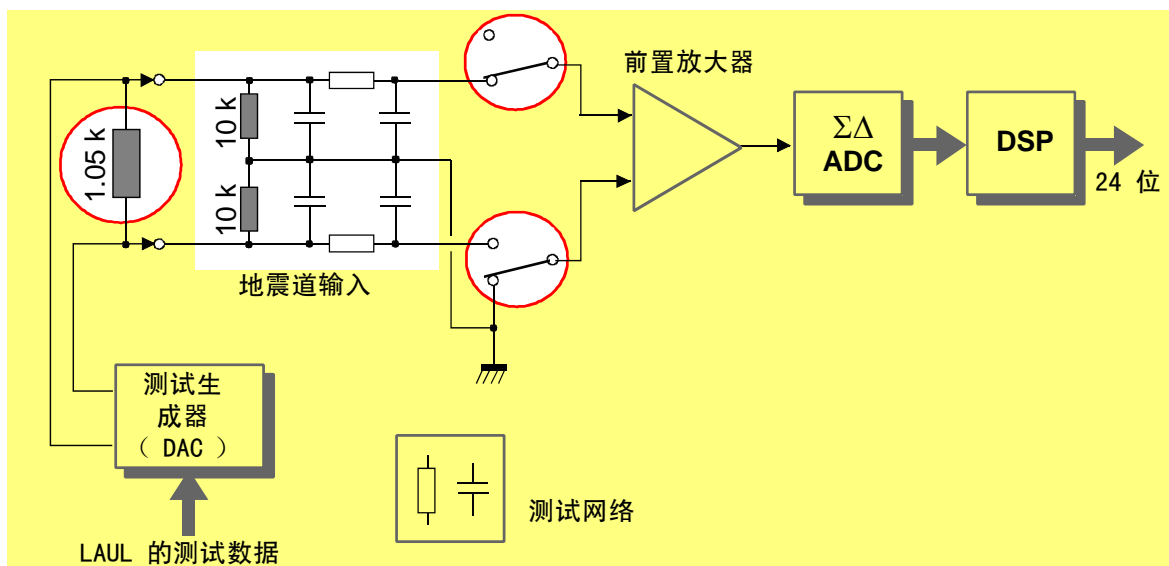


图 6-7

将输入按照上图所示进行配置，计算出相对于 ADC 输入所产生的输出信号的 RMS 值 (RMS4)。

确定输入电阻校正系数

用以下公式计算正负通路中的输入电阻：

$$PosGndRes = \frac{LoRes \times HiRes \times (Rms4 - Rms2)}{LoRes \times Rms1 - HiRes \times Rms3}$$

$$NegGndRes = \frac{LoRes \times HiRes \times ((Rms3 - Rms1) - (Rms4 - Rms2))}{LoRes \times Rms1 - HiRes \times Rms3}$$

其中：

- **HiRes** 为第一步和第二步中使用的较高测试电阻的值（5 千瓦 ± 0.03%）。
- **LoRes** 为第三步和第四步中使用的较低测试电阻的值（1.0526 千瓦 ± 0.03%）。

用以下公式计算等效电阻 Z_{in} ：

$$Z_{in} = \frac{LoRes \times HiRes \times (Rms3 - Rms1)}{LoRes \times Rms1 - HiRes \times Rms3}$$

系统检查 $Z_{in} = 20$ 千瓦 ± 1%，以及

$$Z_{in} = PosGndRes + NegGndRes \pm 0.01\%$$

正或负输入路径与地震道模拟地线之间的电阻的校正系数是通过计算测量值与其理论值之间的相对误差来确定：

$$PosGndResFactor = \frac{PosGndRes}{NomGndRes} - 1.0$$

$$NegGndResFactor = \frac{NegGndRes}{NomGndRes} - 1.0$$

其中， $NomGndRes = 10$ 千瓦。

确定 DAC 电流的粗校正系数

用以下公式计算获得校正计算结果前，经过测试生成器 DAC 正负输出通路的电流实际值：

$$IDacP = \frac{Rms1 \times Rms4 \times LoRes - Rms2 \times Rms3 \times HiRes}{HiRes \times LoRes \times (Rms4 - Rms2)}$$

$$IDacN = \frac{((Rms3 - Rms4) \times Rms1 \times LoRes) + ((Rms2 - Rms1) \times Rms3 \times HiRes)}{HiRes \times LoRes \times ((Rms3 - Rms1) - (Rms4 - Rms2))}$$

其中：

- **HiRes** 为第一步和第二步中使用的较高测试电阻的值（5 千瓦 ± 0.03%）。
- **LoRes** 为第三步和第四步中使用的较低测试电阻的值（1.0526 千瓦 ± 0.03%）。

DAC 的平均输出电流计算公式为：

$$IDac = \frac{(IDacP + IDacN)}{2.0}$$

计算出与 DAC 电流名义值的偏差：

$$Cerror = \frac{IDac}{TheorIDac} - 1.0$$

DAC 输出电流的校正系数是通过计算测量平均值与其理论值之间的加权相对误差来确定：

$$RoughCurrentFactor = Bin \left[32 \times \left(1.0 - \frac{Cerror}{CorrectRange} \right) \right]$$

其中：

- **TheorIdac**: DAC 输出电流的理论 RMS 值（388 微安），
- **CorrectRange**（校正范围）: DAC 输出电流的调节范围（0.24）。

DAC 软件

目的

本段中介绍的标定步骤可确定两个校正系数：

- **FineCurrentPFactor**：一个针对测试生成器 DAC 的正输出路径中电流（ I_{dacP} ）的校正系数。
- **FineCurrentNFactor**：一个针对测试生成器 DAC 的负输出通路中电流（ I_{dacN} ）的校正系数。

确定了这三个校正系数后，它们被保存到 FDU 的非易失内存中。在随后的标定步骤中可根据需要使用它们。

种类

要想确定上述两个校正系数，测试系统首先需要确定测试生成器输出通路中电流的实际值（ $IDacP$ 和 $IDacN$ ）。由于不能直接进行这些测量，因此需要通过求解两个独立方程式来确定这两个未知数。

为进行这两项独立测量，需要采用以下两个标定步骤：

- FINE_CURRENT_FACTOR_1
- FINE_CURRENT_FACTOR_2

步骤 1 (FINE_CURRENT_FACTOR_1)

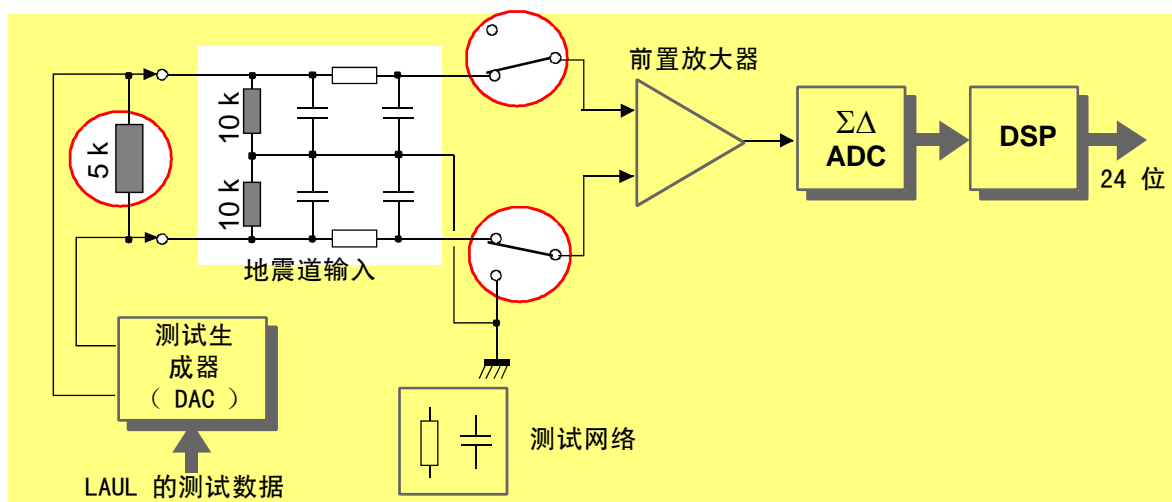


图 6-8

将输入按照上图所示进行配置，计算出相对于 ADC 输入所产生的输出信号的 RMS 值 (RMS1)。

6

步骤 2 (FINE_CURRENT_FACTOR_2)

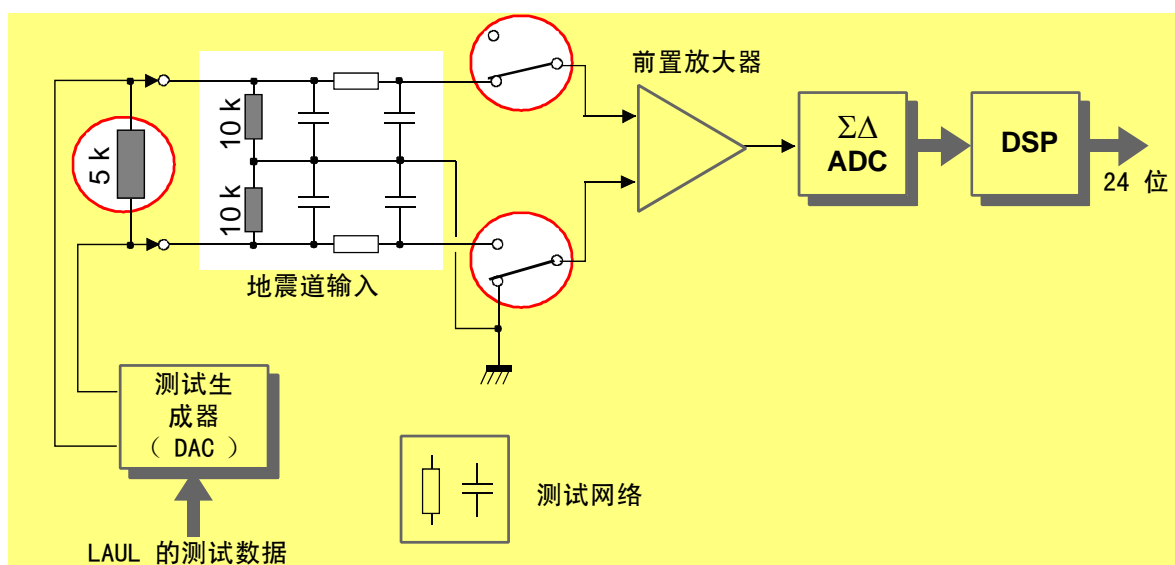


图 6-9

将输入按照上图所示进行配置，计算出相对于 ADC 输入所产生的输出信号的 RMS 值 (RMS2)。

确定 DAC 电流精校正系数

地震道输入通路中各电阻的校正系数给出后（请参见第 111 页），可以用以下公式计算出经过测试生成器 DAC 正负输入路径的电流实际值（ $IDacP$ 和 $IDacN$ ）：

$$IDacP = \frac{Rms1 \times PosGndRes + Rms2 \times HiRes}{HiRes \times PosGndRes}$$

$$IDacN = \frac{(Rms1 \times (PosGndRes \times HiRes + (HiRes + Zin) \times NegGndRes)) - (Zin \times HiRes \times Rms2)}{HiRes \times NegGndRes \times Zin}$$

其中：

- $Hires$ 为第一步和第二步中使用的测试电阻器的值（5 千瓦 \pm 0.03%）。
- $PosGndRes$ ：地震道正输入通路中 10 千瓦电阻值。
- $NegGndRes$ ：地震道负输入通路中 10 千瓦电阻值。
- $Zin = PosGndRes + NegGndRes$ 。

DAC 输出电流正负通路的精校正系数可通过计算电流实际测量值与理论值之间的相对误差来确定：

$$FineCurrentPFactor = \frac{IDacP}{TheorIDac} - 1.0$$

$$FineCurrentNFactor = \frac{IDacN}{TheorIDac} - 1.0$$

其中： $TheorIdac$ 为 DAC 输出电流的理论 RMS 值（388 微安）。

测试网络电阻

目的

本段中介绍的标定步骤可确定四个校正系数：

- **LowGainResPFactor**：一个针对位于内部测试网络正通路中 1.5 千瓦电阻（LowGainResP）的校正系数。
- **LowGainResNFactor**：一个针对位于内部测试网络负通路中 1.5 千瓦电阻（LowGainResN）的校正系数。
- **HighGainResPFactor**：一个针对位于内部测试网络正通路中 500 瓦电阻（HighGainResP）的校正系数。
- **HighGainResNFactor**：一个针对位于内部测试网络负通路中 500 瓦电阻（HighGainResN）的校正系数。

确定了这四个校正系数后，它们被保存到 FDU 的非易失性内存中。在随后的校正步骤中可根据需要使用它们。

6

种类

要想确定上述四个校正系数，测试系统首先需要确定测试网络中两个 1.5 千瓦（LowGainResP 和 LowGainResN）电阻以及两个 500 瓦（HighGainResP 和 HighGainResN）电阻的实际值。由于这些测量不能直接进行，因此需要通过求解四个独立方程式来确定这四个未知数。

为进行这四个独立测量，需要采用以下四个校正步骤：

- RC_NETWORK_RES_1
- RC_NETWORK_RES_2
- RC_NETWORK_RES_3
- RC_NETWORK_RES_4

步骤 1 (RC_NETWORK_RES_1)

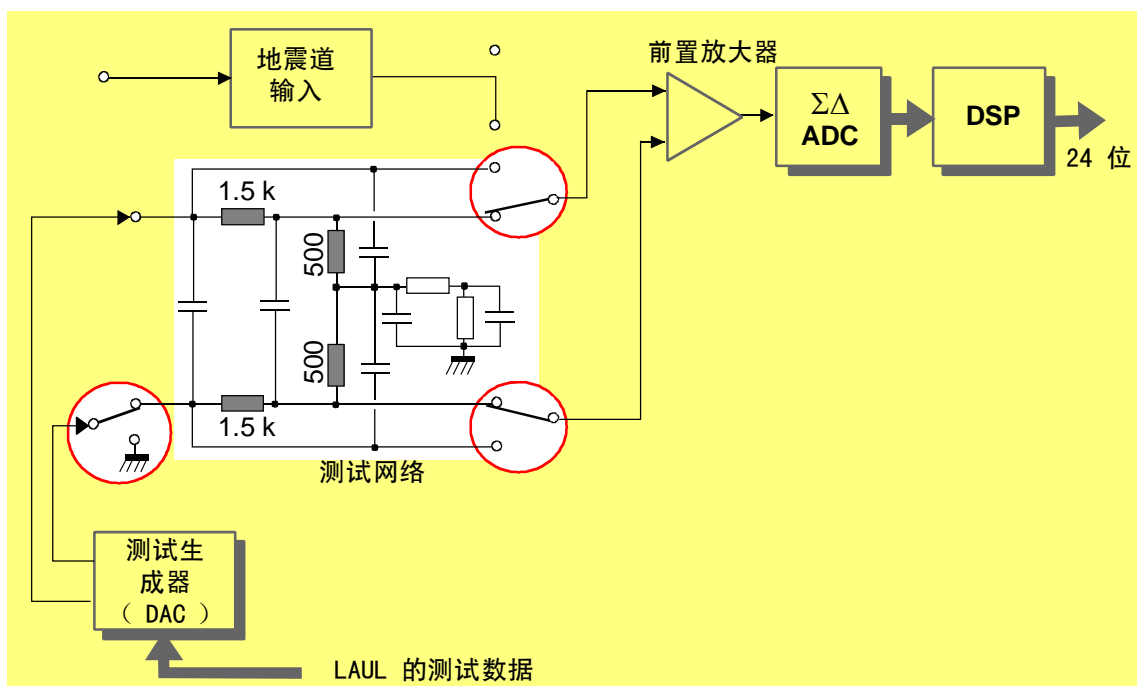


图 6-10

在地震道输入和测试网络配置为上图所示的情况下，计算出相对于 ADC 输入所产生的输出信号 RMS 值 (RMS1)。

步骤 2 (RC_NETWORK_RES_2)

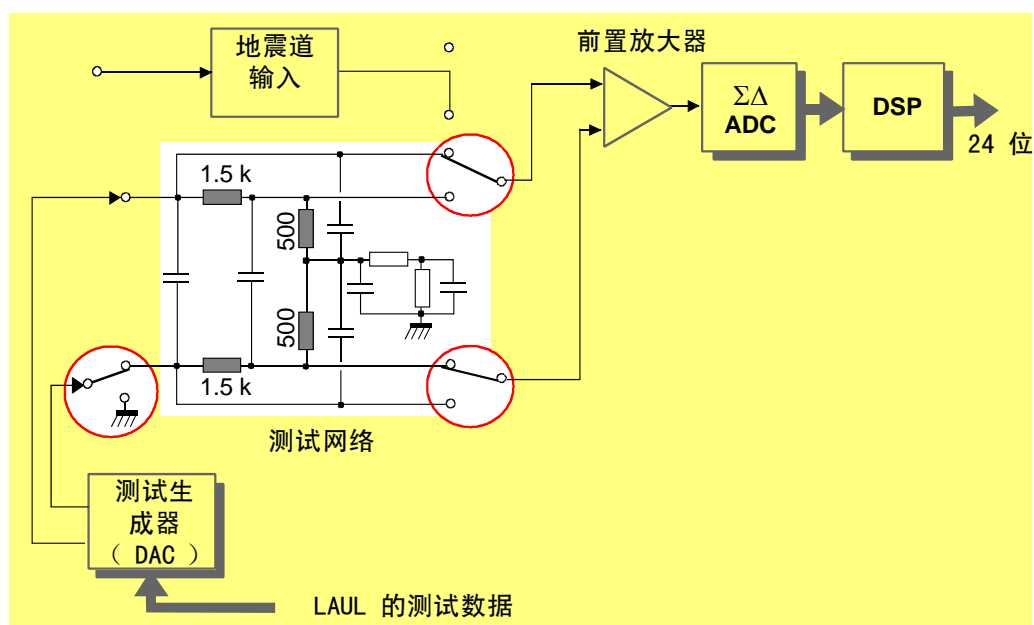


图 6-11

在地震道输入和测试网络配置为上图所示的情况下，计算出相对于 ADC 输入所产生的输出信号 RMS 值 (RMS2)。

步骤 3 (RC_NETWORK_RES_3)

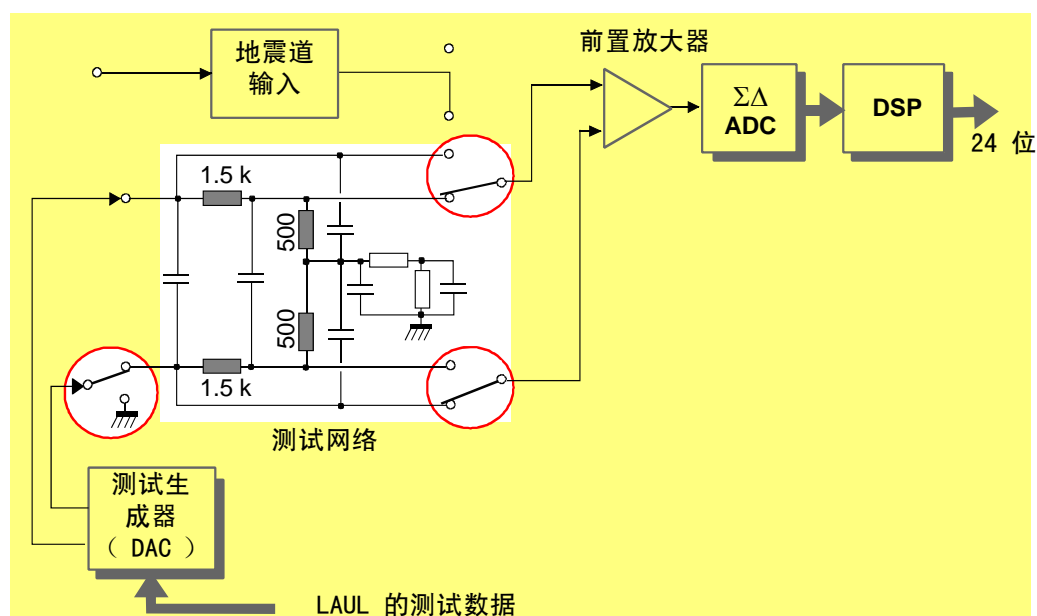


图 6-12

在地震道输入和测试网络配置为上图所示的情况下，计算出相对于 ADC 输入所产生的输出信号 RMS 值 (RMS3)。

步骤 4 (RC_NETWORK_RES_4)

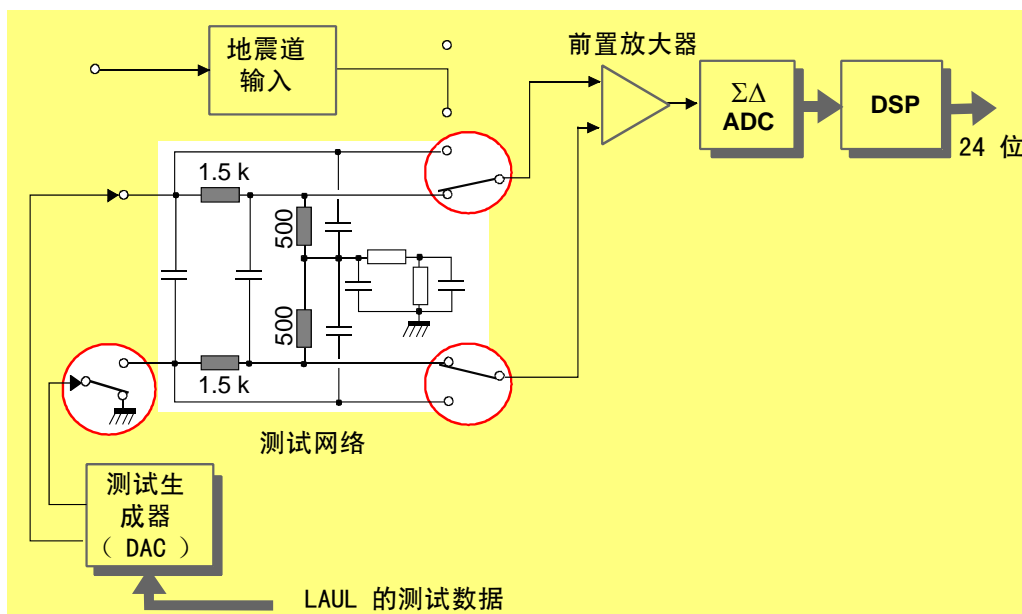


图 6-13

在地震道输入和测试网络配置为上图所示的情况下，计算出相对于 ADC 输入所产生的输出信号 RMS 值 (RMS4)。

确定四个测试网络电阻

用以下公式确定四个电阻的实际值：

$$\text{LowGainResP} = \frac{(\text{Rms2} - \text{Rms1})}{\text{IDacP}}$$

$$\text{LowGainResN} = \frac{(\text{Rms3} - \text{Rms1})}{\text{IDacN}}$$

$$\text{HighGainResP} = \frac{\text{Rms4}}{\text{IDacP}}$$

$$\text{HighGainResN} = \frac{(\text{Rms1} - \text{Rms4})}{\text{IDacN}}$$

其中，DAC 电流表示为：

$$\text{IDacP} = \text{NomIDac} * \text{SineModRate} * (1.0 + \text{FineCurrentPFactor})$$

且

$$\text{IDacN} = \text{NomIDac} * \text{SineModRate} * (1.0 + \text{FineCurrentNFactor})$$

- *NomIDac* = 500.0 微安。
- *SineModRate* = 0.776。
- *FineCurrentPFactor* 和 *FineCurrentNFactor* 为前面确定的 DAC 输出电流的精校正系数（请参见第 116 页）。

确定测试网络电阻的校正系数

位于内部测试网络中的两个 1.5 千瓦电阻和两个 500 瓦电阻的校正系数是通过计算每个电阻器的实际测量值与理论值之间的相对误差来确定的。

$$\text{LowGainResPFactor} = \frac{\text{LowGainResP}}{\text{NomLowGainRes}} - 1.0$$

$$\text{LowGainResNFactor} = \frac{\text{LowGainResN}}{\text{NomLowGainRes}} - 1.0$$

其中，*NomLowGainRes* = 1500 瓦。

$$\text{HighGainResPFactor} = \frac{\text{HighGainResP}}{\text{NomHighGainRes}} - 1.0$$

$$\text{HighGainResNFactor} = \frac{\text{HighGainResN}}{\text{NomHighGainRes}} - 1.0$$

其中，*NomHighGainRes* = 500 瓦。

共模电阻器

目的

本段中介绍的标定步骤可确定四个校正系数：

- **ComModeResPDacFactor**：一个针对测试生成器 DAC 的正共模路径中电阻（**ComModeResPDac**）的校正系数。
- **ComModeResNDacFactor**：一个针对测试生成器 DAC 的负共模路径中电阻（**ComModeResNDac**）的校正系数。
- **ComModeRes1Factor**：一个针对内部测试网络共模路径中第一个 1 千瓦电阻（**ComModeRes1**）的校正系数。
- **ComModeRes2Factor**：一个针对内部测试网络共模路径中第二个 1 千瓦电阻（**ComModeRes2**）的校正系数。

确定了这四个校正系数后，它们被保存到 FDU 的非易失性内存中。在随后的校正步骤中可根据需要使用它们。

种类

要想确定上述四个校正系数，测试系统首先需要确定测试网络中两个 1 千瓦共模电阻（**ComModeRes1** 和 **ComModeRes2**）的实际值，以及测试生成器 DAC 中两个共模路径电阻（**ComModeResPDac** 和 **ComModeResNDac**）的实际值。

由于这些测量不能直接进行，因此需要通过求解四个独立方程式来确定这四个未知数。

为进行这四个独立测量，需要采用以下四个校正步骤：

- RC_NETWORK_RES_1
- RC_NETWORK_RES_2
- RC_NETWORK_RES_3
- RC_NETWORK_RES_4

步骤 1 (RC_NETWORK_RES_1)

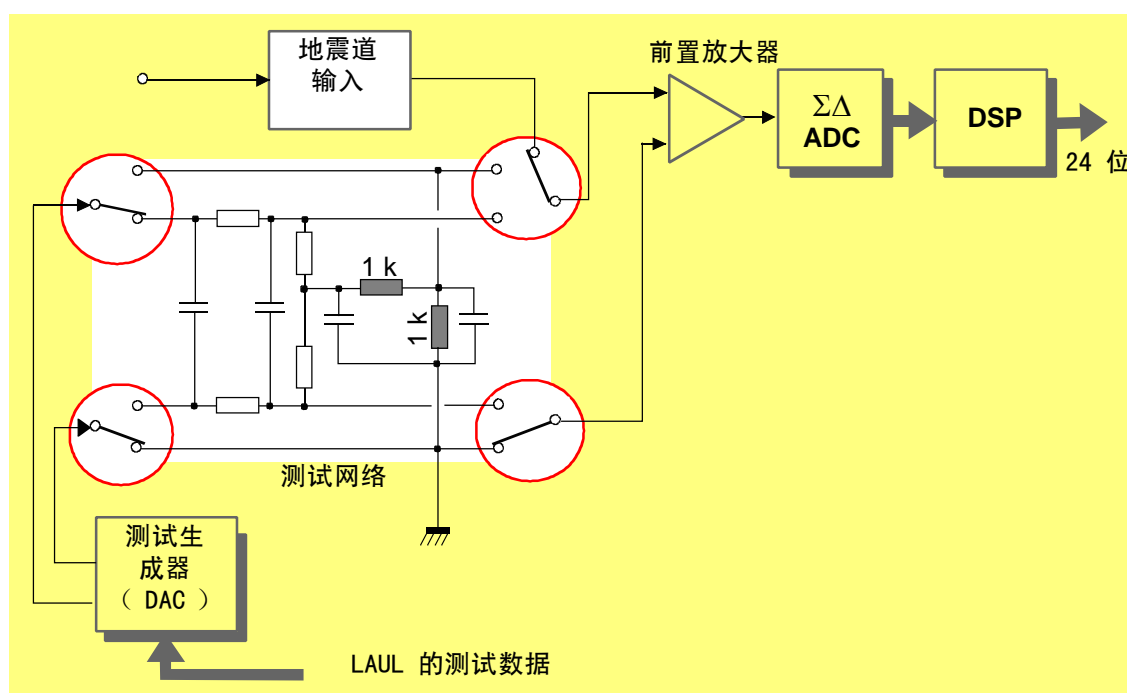


图 6-14

在地震道输入和测试网络配置为上图所示的情况下，计算出相对于 ADC 输入所产生的输出信号 RMS 值 (RMS1)。

步骤 2 (RC_NETWORK_RES_2)

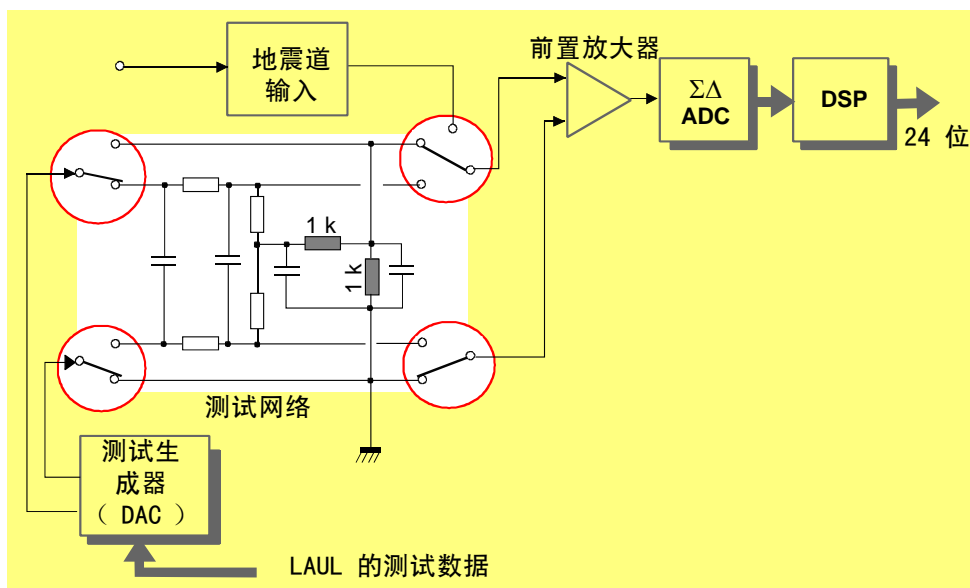


图 6-15

在地震道输入和测试网络配置为上图所示的情况下，计算出相对于 ADC 输入所产生的输出信号 RMS 值 (RMS2)。

步骤 3 (RC_NETWORK_RES_3)

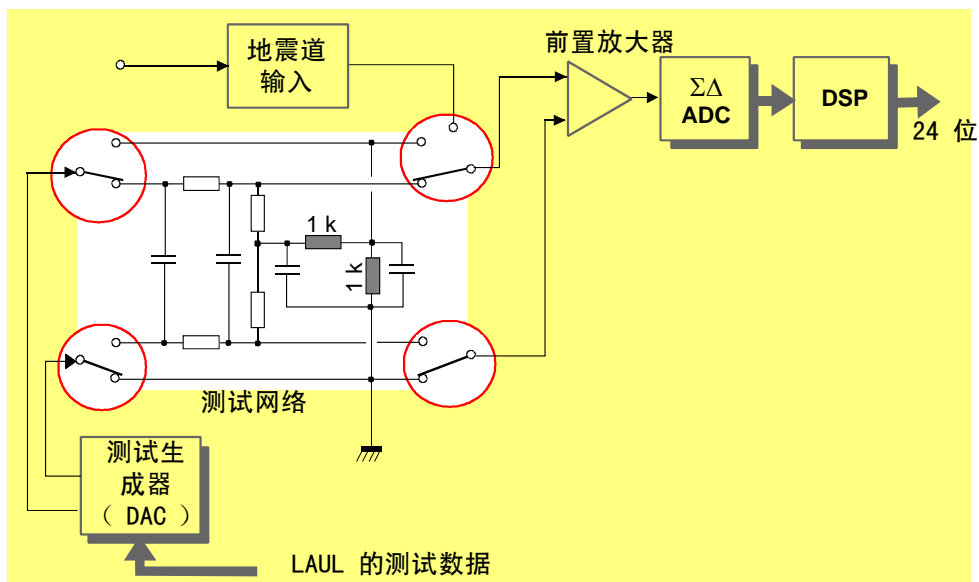


图 6-16

在地震道输入和测试网络配置为上图所示的情况下，计算出相对于 ADC 输入所产生的输出信号 RMS 值 (RMS3)。

步骤 4 (RC_NETWORK_RES_4)

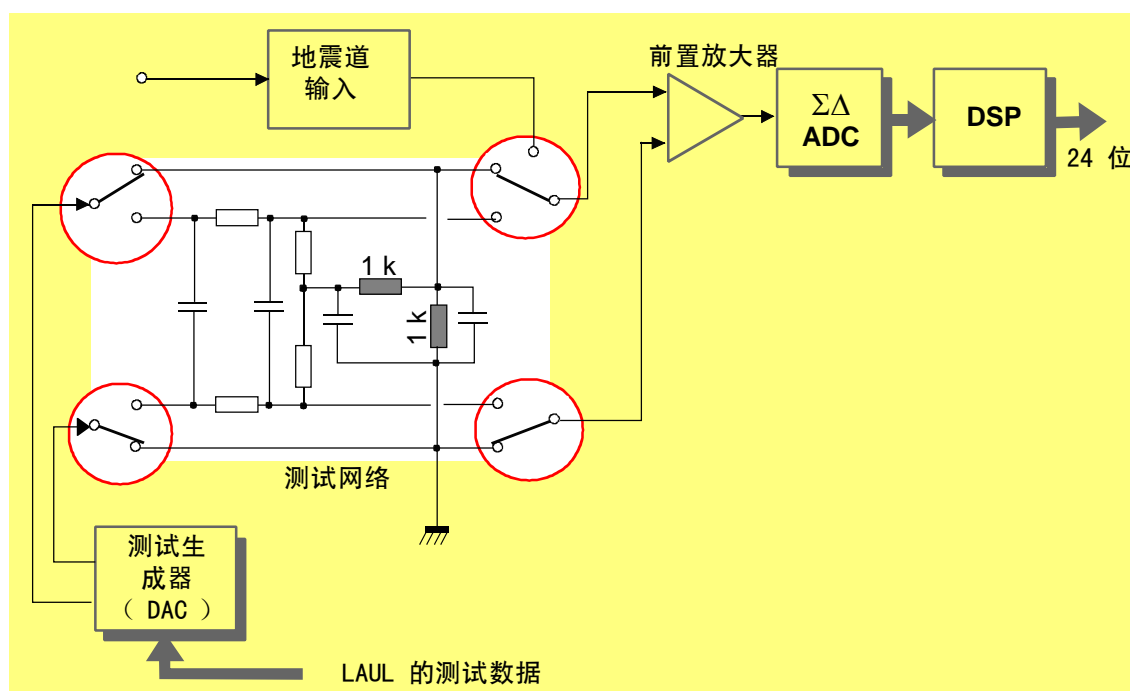


图 6-17

在地震道输入和测试网络配置为上图所示的情况下，计算出相对于 ADC 输入所产生的输出信号 RMS 值 (RMS4)。

确定四个共模电阻

用以下公式确定四个电阻的实际值：

$$\text{ComModeResNDac} = \frac{\text{Rms1}}{\text{IDacN}}$$

$$\text{ComModeResPDac} = \frac{(\text{Rms4} - \text{Rms2})}{\text{IDacP}}$$

$$\text{ComModeRes1} = \frac{(\text{Rms4} - \text{Rms3})}{\text{IDacP}}$$

$$\text{ComModeRes2} = \frac{(\text{Rms3} - \text{Rms2})}{\text{IDacP}} - \text{HighGainResP}$$

其中，DAC 电流表示为：

$$IDacP = NomIDac * SineModRate * (1.0 + FineCurrentPFactor)$$

$$IDacN = NomIDac * SineModRate * (1.0 + FineCurrentNFactor)$$

HighGainResP 电阻表示为：

$$HighGainResP = NomHighGainRes * (1.0 + HighGainResPFactor)$$

- $NomIDac = 500.0$ 微安。
- $SineModRate = 0.56$ 。
- FineCurrentPFactor 和 FineCurrentNFactor 为前面确定的 DAC 输出电流的精校正系数（请参见第 116 页）。
- $NomHighGainRes = 500$ 瓦。
- $HighGainResPFactor$ ：针对位于内部测试网络正路径中 500 瓦电阻（HighGainResP）的校正系数（请参见第 121 页）。

确定共模校正系数

针对测试生成器 DAC 的两个共模路径电阻（ **ComModeResPDac** 和 **ComModeResNDac** ）的校正系数是通过计算每个电阻的实际测量值与理论值之间的相对误差来确定的。

$$\text{ComModeResNDacFactor} = \frac{\text{ComModeResNDac}}{\text{NomComModeResDac}} - 1.0$$

$$\text{ComModeResPDacFactor} = \frac{\text{ComModeResPDac}}{\text{NomComModeResDac}} - 1.0$$

其中 $\text{NomComModeResDac} = 100$ 瓦。

针对测试网络中两个 1 千瓦共模电阻（ **ComModeRes1** 和 **ComModeRes2** ）的校正系数是通过计算每个电阻的实际测量值与理论值之间的相对误差来确定的。

$$\text{ComModeRes1Factor} = \frac{\text{ComModeRes1}}{\text{NomComModeRes1}} - 1.0$$

$$\text{ComModeRes2Factor} = \frac{\text{ComModeRes2}}{\text{NomComModeRes2}} - 1.0$$

其中

$\text{NomComModeRes1} = 1000$ 瓦。

$\text{NomComModeRes2} = 1000$ 瓦。

接地电阻

目的

本段中介绍的校正步骤用于确定地震道接地通路中 100 千瓦电阻（EarthRes）的校正系数（EarthResFactor）。

确定了这个校正系数后，它被保存到 FDU 的非易失性内存中。

种类

在标定步骤中，对地震道接地通路中的电阻的电压进行测量。鉴于通过该电阻的漏电电流值为已知，因此可确定该电阻的实际值。

此标定步骤的地震道输入和测试网络的配置如下图所示。所产生的输出信号的 RMS 值（Rms）是相对于 ADC 的输入计算出的。

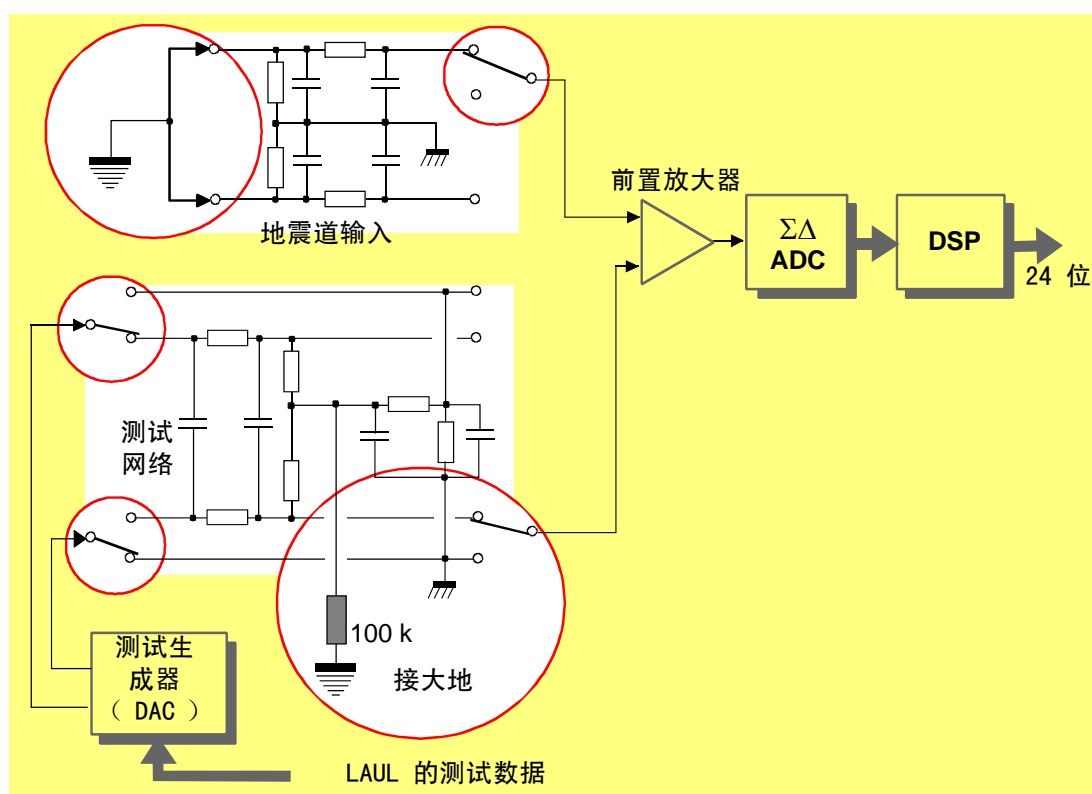


图 6-18

确定接地电阻

用以下公式确定接地电阻（ **EarthRes** ）的实际值：

$$\text{EarthRes} = \frac{(\text{ZCM} + \text{ComModeRes1} + \text{ComModeRes2}) \times \text{Rms}}{(\text{ComModeRes1} + \text{ComModeRes2}) \times \text{IDacP} - \text{Rms}}$$

其中

$$\text{ZCM} = \frac{\text{PosGndRes} \times \text{NegGndRes}}{\text{PosGndRes} + \text{NegGndRes}}$$

输入电阻（ **PosGndRes** 和 **NegGndRes** ）表示为：

$$\text{PosGndRes} = \text{NomGndRes} * (1.0 + \text{PosGndResFactor})$$

$$\text{NegGndRes} = \text{NomGndRes} * (1.0 + \text{NegGndResFactor})$$

其中

- *NomGndRes* = 10000 瓦。
- *PosGndResFactor*：针对位于地震道输入正通路于模拟地线之间的 10 千瓦电阻（ **PosGndRes** ）的校正系数（请参见第 111 页）。
- *NegGndResFactor*：针对位于地震道输入端负通路于模拟地线之间的 10 千瓦电阻（ **NegGndRes** ）的校正系数（请参见第 111 页）。

共模电阻（ **ComModeRes1** 和 **ComModeRes2** ）表示为：

$$\text{ComModeRes1} = \text{NomComModeRes1} * (1.0 + \text{ComModeRes1Factor})$$

$$\text{ComModeRes2} = \text{NomComModeRes2} * (1.0 + \text{ComModeRes2Factor})$$

其中

- $NomComModeRes1 = 1000$ 瓦。
- $NomComModeRes2 = 1000$ 瓦。
- $ComModeRes1Factor$: 针对内部测试网络共模通路中第一个 1 千瓦电阻 ($ComModeRes1$) 的校正系数 (请参见第 127 页)。
- $ComModeRes2Factor$: 针对内部测试网络共模通路中第二个 1 千瓦电阻 ($ComModeRes2$) 的校正系数 (请参见第 127 页)。

DAC 输出电流 ($IDacP$) 表示为:

$$IDacP = NomIDac * SineModRate * (1.0 + FineCurrentPFactor)$$

其中

- $NomIDac = 500.0$ 微安。
- $SineModRate = 0.56$ 。
- $FineCurrentPFactor$: 针对前面确定的 DAC 输出电流的精校正系数 (请参见第 116 页)。

确定接地电阻器校正系数

接地电阻的校正系数 ($EarthResFactor$) 是通过计算该电阻的实际测量值 ($EarthRes$) 与理论值之间的相对误差来确定的。

$$EarthResFactor = \frac{EarthRes}{NomEarthRes} - 1.0$$

其中, $NomEarthRes = 100$ 千瓦。

ADC 高增益

目的

此标定步骤用于确定启用 12 dB (400) 增益选项的地震道的校正系数 (HighGainFactor)。

此标定系数用于对采集道中模拟设备特性的任何误差进行补偿。它可被系统地应用到来自启用了高增益选项的 DSP 输出的所有样本数据上，无论是正常操作还是测试模式。

种类

在此标定步骤中，向启用 12 dB 增益选项的地震道输入端供给一个已知电压。HighGainFactor 校正系数表示地震道读取的电压与理论输入电压之间的相对误差。

此校正步骤的地震道输入的配置如下图所示。

所产生的输出信号 RMS 值 (Rms) 是相对于 ADC 的输入计算出的。

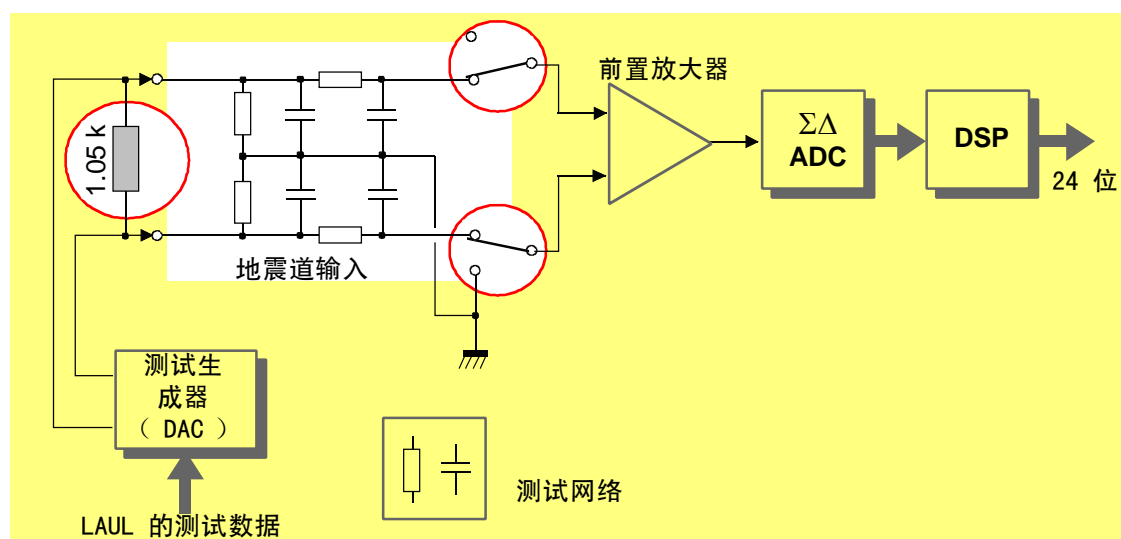


图 6-19

确定输入电压

用以下公式确定理论输入电压 ($TheoritVin$):

$$TheoritVin = \frac{LoRes * (PosGndRes * IDacP + NegGndRes * IDacN)}{LoRes + PosGndRes + NegGndRes}$$

其中:

$LoRes$: 测试电阻值 (1.0526 千瓦 \pm 0.03%)。

输入电阻值 ($PosGndRes$ 和 $NegGndRes$) 表示为:

$$PosGndRes = NomGndRes * (1.0 + PosGndResFactor)$$

$$NegGndRes = NomGndRes * (1.0 + NegGndResFactor)$$

其中

- $NomGndRes = 10000$ 瓦。
- $PosGndResFactor$: 针对位于地震道输入端正通路与模拟地线之间的 10 千瓦电阻 ($PosGndRes$) 的校正系数 (请参见第 111 页)。
- $NegGndResFactor$: 针对位于地震道输入端负通路与模拟地线之间的 10 千瓦电阻 ($NegGndRes$) 的校正系数 (请参见第 111 页)。

DAC 电流表示为:

$$IDacP = NomIDac * SineModRate * (1.0 + FineCurrentPFactor)$$

$$IDacN = NomIDac * SineModRate * (1.0 + FineCurrentNFactor)$$

其中

- $Nom/Dac = 500.0$ 微安。
- $SineModRate = 0.776$ 。
- $FineCurrentPFactor$ 和 $FineCurrentNFactor$ 为前面确定的 DAC 输出电流的精校正系数（请参见第 116 页）。

确定高增益校正系数

针对采集道 12 dB 增益选项的校正系数（ $HighGainFactor$ ）是通过计算输入电压实际测量值与理论值之间的相对误差来确定的。

$$HighGainFactor = \frac{Rms}{TheoritVin} - 1.0$$

章 7

FDU 测试功能

本章介绍野外数字化设备中仪器测试和野外测试的原理。有关 TMS428 上进行的测试，另请参见 428XL 技术手册。本章包括以下各节：

- 一般介绍（第 136 页）
- 仪器测试（第 140 页）
- 检波器测试（第 160 页）

一般介绍

概述

在 428XL GUI 上或 TMS428 测试系统上或 LT428 上启动仪器测试或检波器测试时，下面即是每个有地址的 FDU 中所涉及电路的简化方框图。

但对于 TMS428，电路连接可能稍微不同。此外，有关 TMS428 上配备的 **Gain**（增益）、**Filter**（滤波器）类型和 **Sample Rate**（采样率）选项，请参见 428XL 技术手册。本章中给出的参数仅限用于在 428XL GUI 或 LT428 上启动的测试。

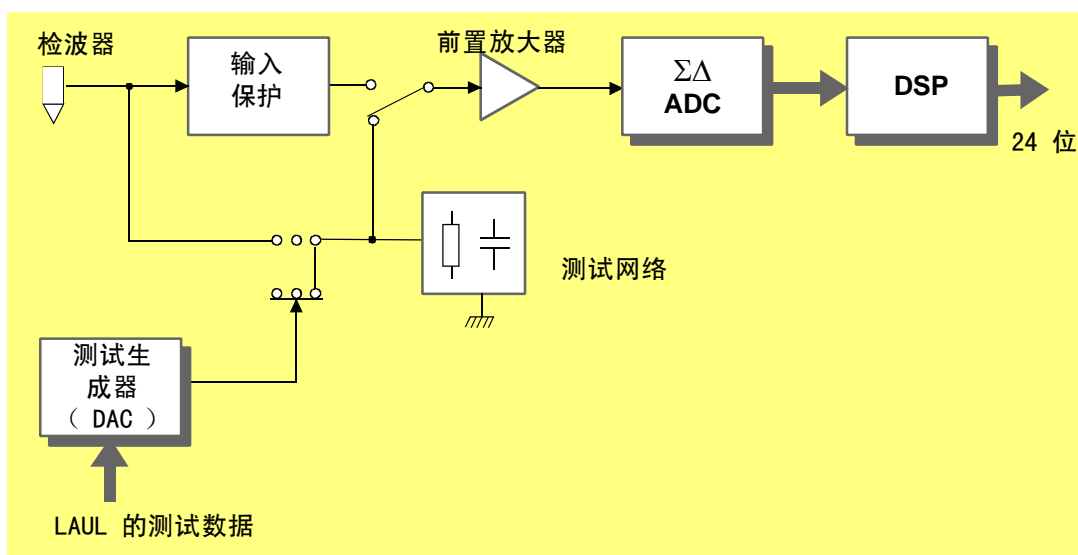


图 7-1

每个 FDU 中的测试电路主要由一个电流生成器（数模转换器）和一个测试网络构成。采集道的输入是根据要进行的测试功能而进行选择的：

- 来自检波器的信号（如噪声测试），
- 来自检波器和 DAC 的信号（如倾斜测试），
- 来自 DAC 和测试网络的信号（如增益测试）。

必要的测试信号（直流电压、正弦波或脉冲）是由 FDU 的 DAC 从存储在 LAU 中的基本数字信号生成的。其最大输出电压对于 G1600 增益为 2828 毫伏，对于 G400 增益则为 707 毫伏（最大 DAC 电流 $\times R_{\text{网络}}$ ； $R_{\text{网络}}$ 分别 = 4 千瓦或 1 千瓦）。

DAC 提供以下测试频率：7.8125 赫兹、15.625 赫兹、31.25 赫兹、62.5 赫兹、125 赫兹、250 赫兹、500 赫兹和 1000 赫兹。

根据所选前置放大器增益，用相应因子对模数转换器的输入信号进行度量（对于 0 dB 增益为 $1.6\sqrt{2}$ ，对于 12 dB 增益则为 $0.4\sqrt{2}$ ）。

针对在标定过程中记录的误差量（增益、DAC 电流增益、输入网络电阻标定），对采集道的输出信号进行校正。在 FDU 中不进行任何偏差消除。



注 对于双重遥测中的仪器测试，FDU 没有低切滤波器。

测试序列由不同步骤组成：

- 模拟电路的瞬态步骤：开始时间（ T_b ）和结束时间（ T_e ）。

滤波器类型	采样率 (毫秒)	T_b (毫秒)		T_e (毫秒)
		仪器	检波器	(仪器与检波器)
0.8 LIN (线性)	0.25	136	520	16
	0.5	144	528	24
	1	160	544	40
	2	192	576	72
	4	256	640	136
0.8 MIN (最小)	0.25	144	528	8
	0.5	160	544	8
	1	192	576	8
	2	256	640	8
	4	384	768	8
无滤波器	0.25		512	8

- 测量步骤 (T_m), 长度取决于测试类型、滤波器类型和采样率。

步骤的多少取决于测试类型。

仪器测试结果的界限保存在文件中 (每个允许采样率有一个文件), 428XL 用户手册第二册中介绍了这些文件的格式。

关于仪器测试界限的工厂设置, 请参见本手册中的验收测试。

检波器测试的界限则由用户在 LINE (测线) 主窗口的 Survey Setup (测量设置) 中选择。

可进行的测试

仪器测试

测试	428XL GUI	TMS428	LT428
内部参考	✓	✓	✓
内部电阻	✓	✓	✓
噪声	✓	✓	✓
偏差		✓	
增益	✓	✓	✓
相位误差	✓	✓	✓
畸变	✓	✓	✓
CMRR	✓	✓	✓
脉冲	✓		

检波器测试

测试	428XL GUI	TMS428	LT428
电阻	✓	✓	✓
噪声	✓	✓	✓
偏差		✓	
漏电	✓	✓	✓
倾斜度	✓	✓	✓
脉冲	✓		
CMRR		✓	✓
畸变	(仅限 FDU2S)		

仪器测试

仪器电阻

此项测试用于检查采集道电子设备（测试生成器 DAC，和 ADC 转换器）中有任何故障。

虽然此项测试不能用 428XL GUI 上的 Test（测试）菜单启动，但可在每次接通测线上电源时自动进行。只有结果才会显示在 GUI 上（OK 或 ERROR）。

此外，也可用 TMS428 启动此测试。在 TMS428 上，对于选择 12 dB 增益选项的情况，仪器电阻测试还允许您检查高增益校正系数的漂移。

配置

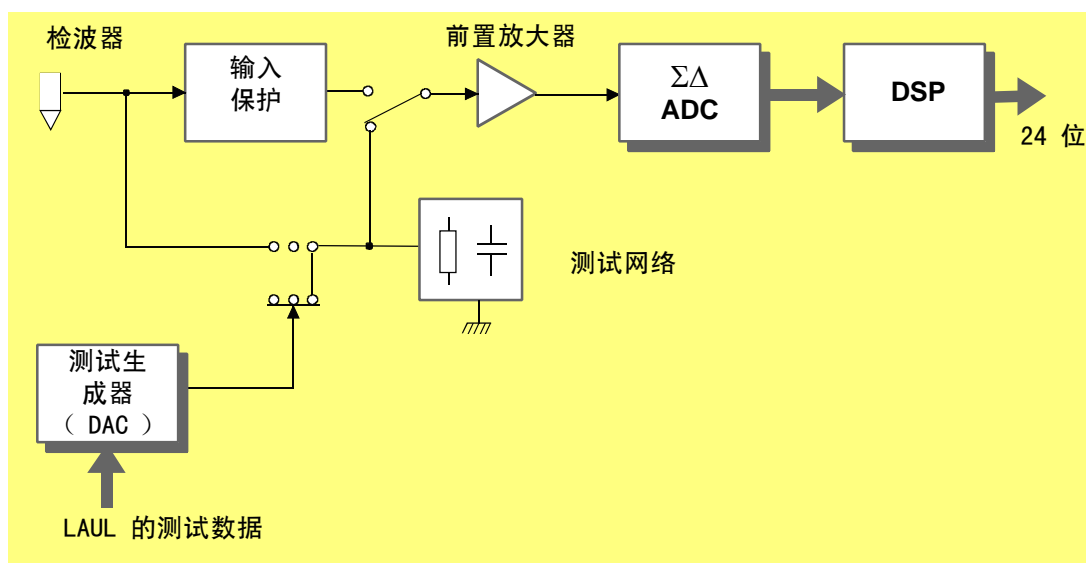


图 7-2

- ADC 输入：连接到内部测试网络。
- 前置放大器增益：1600 毫伏（0 dB）。
只有 TMS428 上还提供 400 毫伏（12 dB）增益选项。
- DAC：连接到内部测试网络。
- 滤波器类型 0.8LIN；采样率：1 毫秒。

测试序列：



关于开始时间和结束时间（ T_b 和 T_e ），请参见第 137 页。

测试原理

- DAC 向内部测试网络提供一个正弦波（ $F=7.8125$ 赫兹，振幅 = $0.776 \times$ 生成器满刻度）。ADC 输入也连接到内部测试网络。
- 在测试序列过程中输出信号相对于 ADC 输入电平 RMS 值（ V_{rms} ）是通过 DSP 输出信号的 DFT 确定的（对于输入信号频率）。
- 鉴于测试生成器 DAC 输出电压的 RMS 值和输出电流都是已知的，因此可以用以下公式计算出 ADC 转换器所找到的等效电阻（ $InstRes$ ）：

$$InstRes = \frac{V_{rms}}{NomIDAC \times SineModRate}$$

其中 $NomIDac = 500.0$ 微安。

$SineModRate = 0.776$ 。

$InstRes$ 单位为瓦。

- 该电阻理论值（ $TheoretRes$ ）是通过标定过程确定的（存储在 FDU 的非易失性内存中的）校正系数计算出的。
- 与预期值比较的相对误差（%）是用以下公式计算的：

$$RelInstResError = 100 \times \left[\frac{InstRes}{TheoretRes} - 1 \right]$$

如果相对误差超出允许范围，测试将回应出一个错误状态。

仪器噪声测试

此项测试用于测量 FDU 中 ADC 转换器的噪声。

噪声为从 3 赫兹一直到尼奎斯特频率的信号能量。

转换器输入端连接到内部测试网络。系统进行一次 DFT，并计算出低于 3 赫兹的噪声谱功率。鉴于输出信号的总能量为已知，因此可推导出带宽内的总噪声。

配置

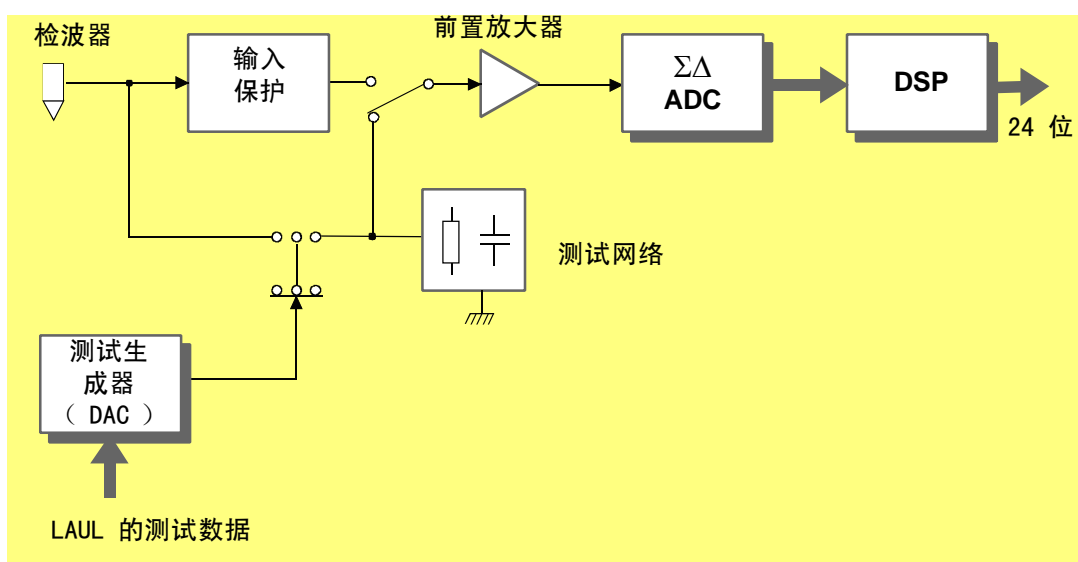


图 7-3

- ADC 输入：连接到内部测试网络。
- 前置放大器增益：1600 毫伏（0 dB）或 400 毫伏（12 dB），由用户选择。
- DAC：OFF
- 滤波器类型和采样率：由用户选择。

测试序列：



滤波器类型	采样率 (毫秒)	T_m (毫秒)	采样数
0.8 LIN (线性)	0.25	512	2048
	0.5	1024	2048
	1	2048	2048
	2	2048	1024
	4	2048	512
0.8 MIN (最小)	0.25	512	2048
	0.5	1024	2048
	1	2048	2048
	2	2048	1024
	4	2048	512

关于开始时间和结束时间 (T_b 和 T_e)，请参见第 137 页。

7

测试原理

根据 DSP 输出信号的 DFT，计算出低于 3 赫兹的噪声信号的功率。

鉴于输出信号总能量为已知，因此系统可计算出带宽内仪器噪声的 RMS 电平。

N 个输出信号采样上的总功率：

$$\text{TotalPower} = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} X_i^2$$

其中 N 取决于采集长度和 S. R.。
 X 度量的样本振幅，24 位编码。

低于 3 赫兹的功率：

$$\text{PowerLT3Hz} = \sum_0^M \left| \hat{X}_j \right|^2$$

其中 M 低于 3 赫兹的谐波线数目，
 （根据 $Df = 1/N \cdot SR$ ）。
 \hat{X}_j DSP 输出信号 $X(t)$ 的 DFT。

仪器噪声 RMS 值：

$$\text{InstNoise} = \sqrt{\text{TotalPower} - \text{PowerLT3Hz}}$$

仪器偏差（仅限 TMS428）

在 TMS428 上，相对于 ADC 输入，在测试长度过程中得到的 DSP 输出信号度量后的平均值也会被计算出，并将其显示为仪器偏差。

仪器增益与相位测试

此项测试用于检查 FDU 内置 ADC 转换器的增益和相位从直流到滤波器截止频率的频带内的漂移。

用一个脉冲作为测试信号。

配置

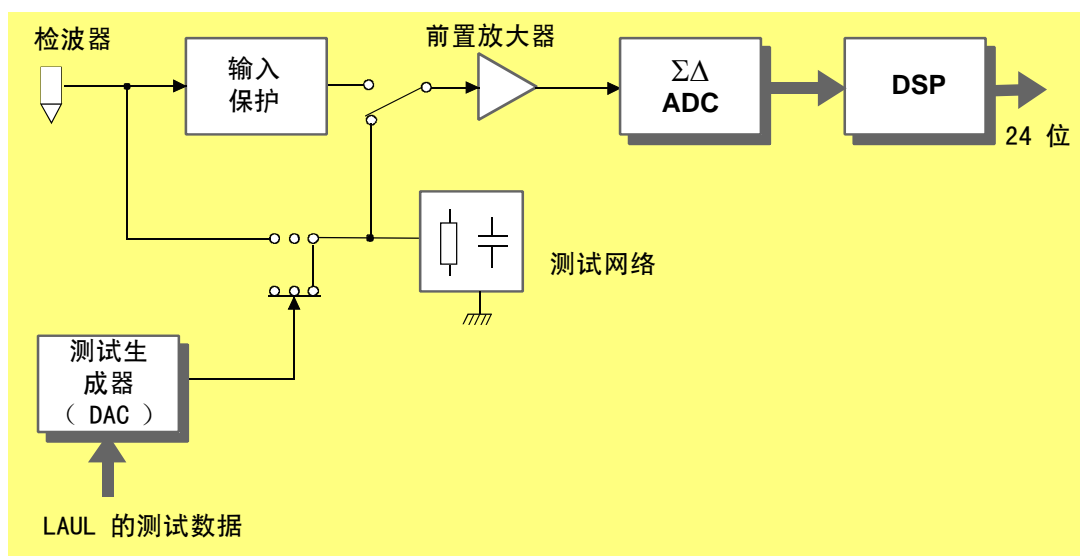
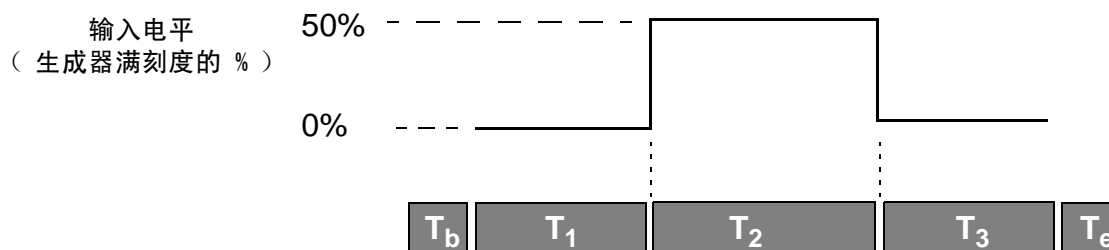


图 7-4

- ADC 输入：连接到内部测试网络。
- 前置放大器增益：1600 毫伏（0 dB）或 400 毫伏（12 dB），由用户选择。
- DAC：连接到内部测试网络。
- 滤波器类型和采样率：由用户选择。

使用三个测试序列（ T_1 、 T_2 、 T_3 ）：



滤波器类型	采样率 (毫秒)	T_1 (毫秒)	T_2 (毫秒)	T_3 (毫秒)	$T_1+T_2+T_3$ (毫秒)	采样数
0.8 LIN (线性)	0.25	8	39	465	512	2048
	0.5	16	39	969	1024	2048
	1	32	38	1978	2048	2048
	2	64	36	1948	2048	1024
	4	128	40	1880	2048	512
0.8 MIN (最小)	0.25	8	39	465	512	2048
	0.5	16	39	969	1024	2048
	1	32	38	1978	2048	2048
	2	64	36	1948	2048	1024
	4	128	40	1880	2048	512

关于开始时间和结束时间（ T_b 和 T_e ），请参见第 137 页。

一般测试原理

DAC 向内部测试网络提供一个（振幅和宽度均为已知的）脉冲。

增益	测试脉冲电平（生成器满刻度的 50%）
400	353.5 毫伏。
1600	1214 毫伏。

ADC 输入端连接到内部测试网络。测量整个内部测试网络的电压。

计算出 DSP 输出信号（针对不同测试频率）上的 DFT，并将其与用相同频率计算的模型进行比较。

根据相对于该模型的振幅和相位的差计算出误差。

此测试将返回计算出的振幅和相位的最大误差。

DFT 计算

用于 DFT 计算（针对该模型和所测量的信号）的测试频率的数目取决于所选采样率，因为存在以下关系：

$$f_{nyquist} = 1/2 \text{ SR 及 } f_{cutoff} = 0.8 f_{nyquist}$$

采样率 (毫秒)	7. 8125 赫兹	15. 625 赫兹	31. 25 赫兹	62. 5 赫兹	125 赫兹	250 赫兹	500 赫兹
0. 25	X	X	X	X	X	X	X
0. 5	X	X	X	X	X	X	X
1	X	X	X	X	X	X	
2	X	X	X	X	X		
4	X	X	X	X			

7

输入信号的理论 DFT

输入信号的理论 DFT，即 TheoretDft，是根据 FDU 的标定值、DAC 的输出电流以及内部电阻网络配置计算得出的。

增益漂移计算

理论输入信号的 RMS 值：

$$\text{TheoretRms} = | \text{TheoretDft} | * \text{DevFreqRms}$$

DevFreqRms 表示采集道电路所引起的所有增益校正系数的乘积，如来自 FDU 和 LAU 数字滤波器以及来自 ADC 和 DAC 的增益校正。TheoretDft 的计算中不涉及 DevFreqRms。不同的 DevFreqRms 值取决于所用滤波器类型、采样率和频率。

所测量信号的 RMS 值：

（ 对 DSP 输出信号敷于 DFT 后 ）

$$V_{rms} = |Dft|$$

增益相对误差：

$$GainDeviation = 100 \times \left[\frac{V_{rms}}{TheoretRms} - 1 \right]$$

对所有测试频率都计算增益误差，遇到的最大值保留为最后结果。

相移计算

理论输入信号的相位值：

$$TheoretArg = Argument (TheoretDft) + DevFreqArg$$

DevFreqArg 表示采集道电路所引起的所有相位校正系数的乘积，如来自 FDU 和 LAU 数字滤波器以及来自 ADC 和 DAC 的相位校正。TheoretDft 的计算中不涉及 DevFreqArg。不同 DevFreqArg 值取决于所用滤波器类型、采样率和频率。

所测量信号的相位值：

（ 对 DSP 输出信号应用 DFT 后 ）

$$Arg = Argument (Dft)$$

相位误差：

$$PhaseDeviation = 10^6 \times \left[\frac{Arg - TheoretArg}{2\pi \times TestFreq} \right]$$

对所有测试频率都计算相位误差，遇到的最大值保留为最后结果。

仪器畸变测试

此项测试用于检查 FDU 内置 ADC 转换器的线性响应。通过内部测试网络对其输入端施加一个振幅和频率均为已知的正弦波。此测试返回所选滤波器确定的带宽内的所有谐波的谱功率与输出信号谱功率之比。

配置

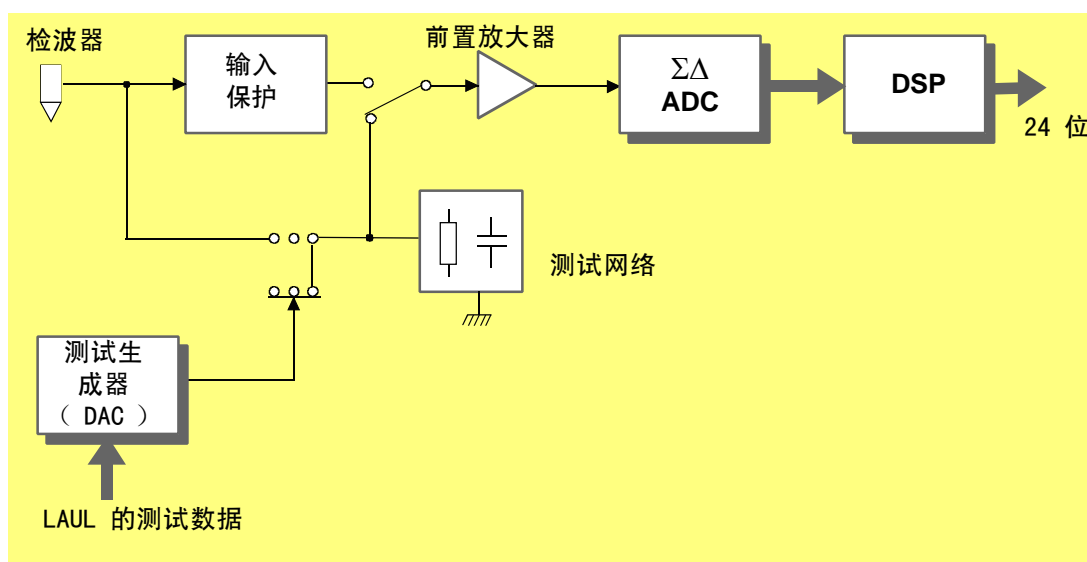


图 7-5

- ADC 输入：连接到内部测试网络。
- 前置放大器增益：1600 毫伏（0 dB）或 400 毫伏（12 dB），由用户选择。
- DAC：连接到内部测试网络。
- 滤波器类型和采样率：由用户选择。

测试序列：



滤波器类型	采样率 (毫秒)	T_m (毫秒)	采样数
0.8 LIN (线性)	0.25	512	2048
	0.5	1024	2048
	1	2048	2048
	2	2048	1024
	4	2048	512
0.8 MIN (最小)	0.25	512	2048
	0.5	1024	2048
	1	2048	2048
	2	2048	1024
	4	2048	512

关于开始时间和结束时间 (T_b 和 T_e)，请参见第 137 页。

测试原理

DAC 向内部测试网络提供一个 31.25 赫兹正弦波，
振幅为 FDU 满刻度的 97%。

增益	RMS 测试信号	峰值测试信号
400	388 毫伏。	548.7 毫伏。
1600	1552 毫伏。	2194.9 毫伏。

将 ADC 输入端连接到内部测试网络，测量内部测试网络输出端的电压。

计算出 DSP 输出信号的 DFT (针对输入信号频率)。

计算出相应基波谱功率 (**TestFreqPower**)。还要计算出相同信号的谐波谱功率 (**HarmonicPower**)，将其除以基本谱功率 (谐波线位于所选滤波器截止频率所分隔的通带内)。

测试结果单位为 dB。

基本谱功率计算：

$$\text{TestFreqPower} = \left| \hat{X}_1 \right|^2$$

其中 \hat{X}_1 基本谐波线的 DFT

谐波谱功率计算：

$$\text{HarmonicPower} = \sum_2^N \left| \hat{X}_i \right|^2$$

其中， $N \leq 9$ 。

仪器畸变计算：

$$\text{InstDistortion} = 10 \times \log_{10} \frac{\text{HarmonicPower}}{\text{TestFreqPower}}$$

仪器 CMRR 测试

此项测试用于测量 FDU 内置 ADC 转换器的共模抑制比。通过内部测试网络对其两个输入端都施加一个振幅和频率均为已知的正弦波。此测试回应出相对于输入的输出电压 RMS 值与共模电压之比。

配置

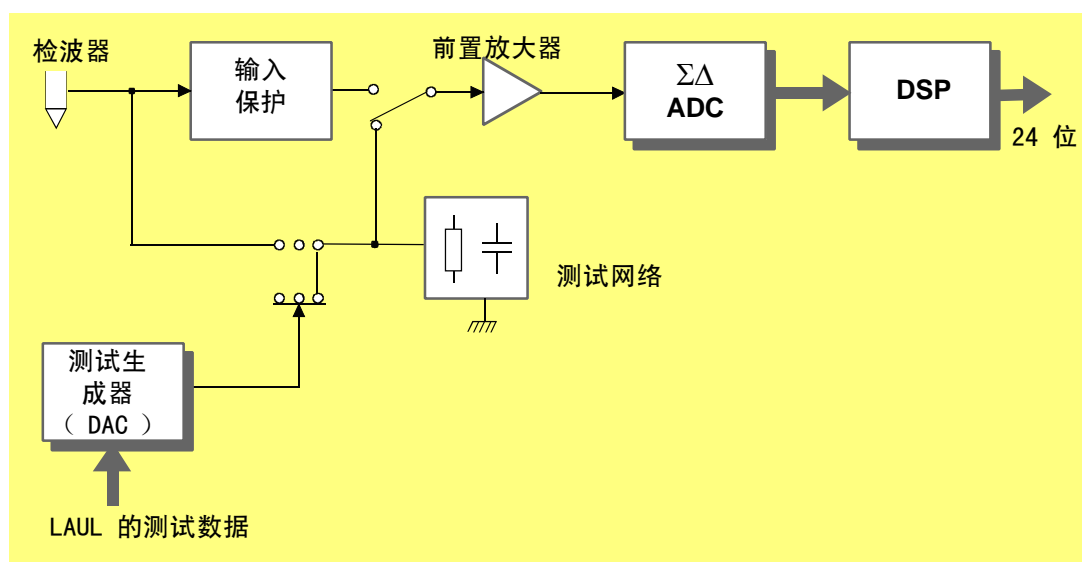


图 7-6

- ADC 输入：连接到内部测试网络。
- 前置放大器增益：1600 毫伏（0 dB）或 400 毫伏（12 dB），由用户选择。
- 滤波器类型和采样率：由用户选择。
- DAC：连接到内部测试网络。

测试序列：



滤波器类型	采样率（毫秒）	T _m （毫秒）	采样数
0.8 LIN（线性）	0.25	512	2048
	0.5	1024	2048
	1	2048	2048
	2	2048	1024
	4	2048	512
0.8 MIN（最小）	0.25	512	2048
	0.5	1024	2048
	1	2048	2048
	2	2048	1024
	4	2048	512

关于开始时间和结束时间（T_b 和 T_e），请参见第 137 页。

7

测试原理

DAC 向内部测试网络提供一个正弦波（F=31.25 赫兹，
振幅 = DAC 满刻度的 77.6%）。

将 ADC 输入端连接到内部测试网络，使 ADC 能在两个输入端上都接收相同信号。

- 根据 FDU 的标定值（理论电阻校正系数、DAC 的电流校正系数）计算出共模电压的理论输入 RMS 值 CMSignalRms。
- 测量输出电压 Vrms，为 DSP 输出缩放后的 RMS 值（x1.6√2 或 0.4√2）。

- CMRR 计算：

$$InstCMRR = 20 \times \log_{10} \frac{CMSignalRms}{Vrms} + 20 \times \log_{10}(CMfactor)$$

其中，**CMfactor** 代表从 FDU 标定结果中推导出的共模电阻校正系数。所得 CMRR 是相对于大地，而非相对于模拟地线的。
测试结果单位为 dB。

仪器脉冲

此项测试用于记录仪器地震道对（一个采样长度）脉冲的响应。
此项测试只能从 Operation（操作）主窗口中调用。

配置

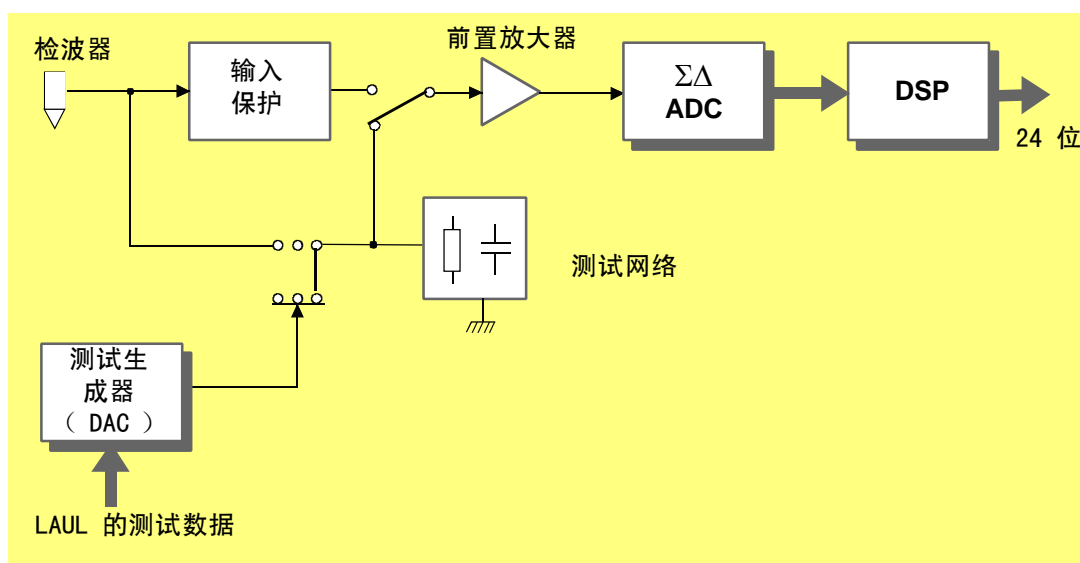
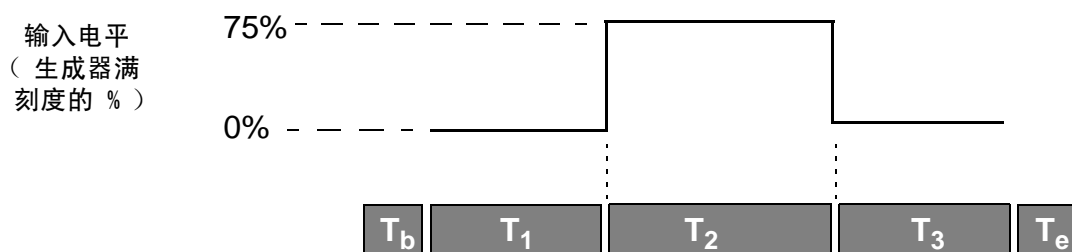


图 7-7

- ADC 输入：连接到内部测试 RC 网络。
- 前置放大器增益：1600 毫伏（0 dB）或 400 毫伏（12 dB），由用户选择。
- DAC：连接到内部测试 RC 网络。
- 滤波器类型和采样率：由用户选择。

使用三个测试序列 (T_1 、 T_2 、 T_3):



滤波器类型	采样率 (毫秒)	T_1 (毫秒)	T_2 (毫秒)	T_3 (毫秒)
0.8 LIN (线性)	0.25	512	0.25	511.75
	0.5	512	0.5	511.5
	1	512	1	511
	2	512	2	510
	4	512	4	508
0.8 MIN (最小)	0.25	512	0.25	511.75
	0.5	512	0.5	511.5
	1	512	1	511
	2	512	2	510
	4	512	4	508

关于开始时间和结束时间 (T_b 和 T_e), 请参见第 137 页。

测试原理

DAC 将上述脉冲供给内部测试 RC 网络, 而 ADC 输出端所获得的信号则被记录到磁带。

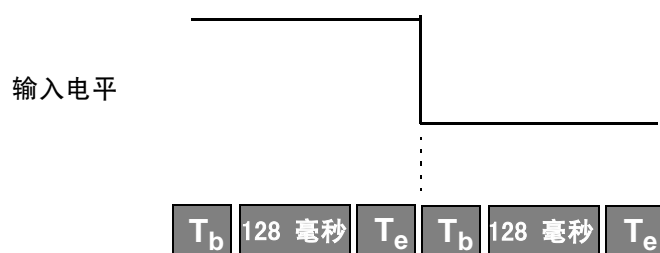
参考电压（仅限接通测线上电源或使用 TMS428 时）

此项测试用于检查 ADC 转换器的 FDU 内置参考电压的漂移。虽然此项测试不能用 428XL GUI 上的 Test（测试）菜单启动，但可在每次接通测线时自动进行。此外，也可用 TMS428 启动此测试。

配置

- 前置放大器增益：1600 毫伏（0dB）。
- DAC：OFF
- 滤波器类型：0.8LIN；采样率：1 毫秒。

使用两个 128 毫秒测试序列：



关于开始时间和结束时间（ T_b 和 T_e ），请参见第 137 页。

第一个序列的配置：

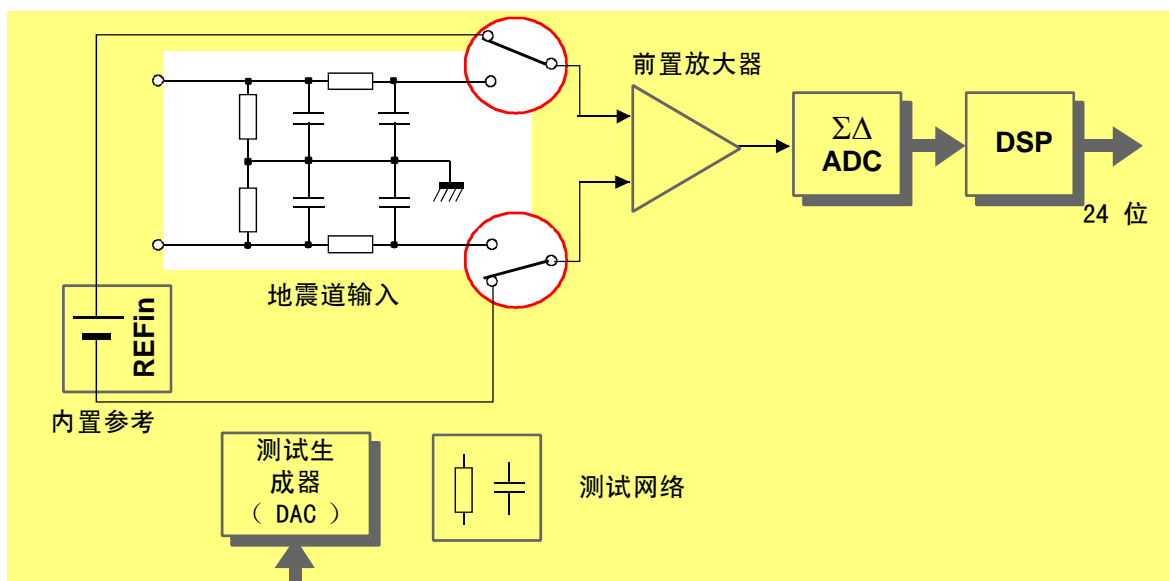


图 7-8 第一个序列

ADC 输入：连接到 FDU 的内置参考电压。

第二个序列的配置：

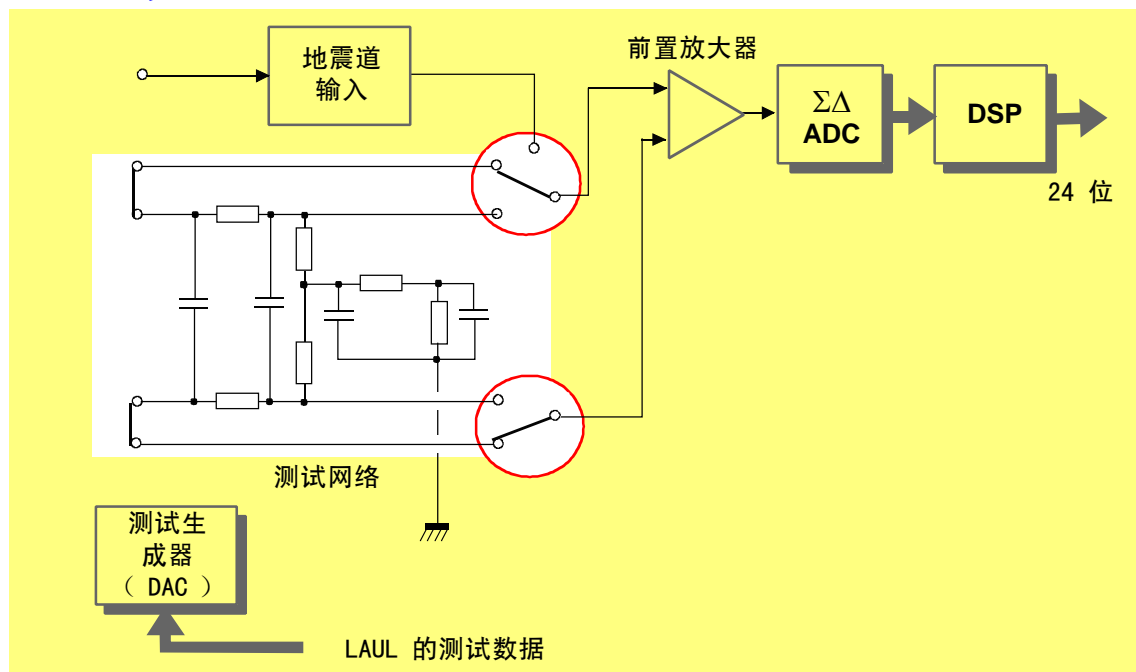


图 7-9 第二个序列

ADC 输入：连接到 FDU 的内部测试网络。

测试原理

在第一个序列过程中，将内置参考电压供给 ADC 转换器。所产生输出信号的平均值（**Mean1**）是相对于 ADC 的输入计算出的。

在第二个序列过程中，将 ADC 输入端端接在内部测试网络。所产生输出信号的平均值（**Mean2**）是相对于 ADC 的输入计算出的。这就相当于测量了偏差。

根据这两次测量，用以下公式计算出参考电压的实际值：

$$VrefMes = |Mean2 - Mean1|$$

参考电压的理论值表达为：

$$TheoretVref = NomVref \times (1,0 + RefVoltageFactor)$$

其中

- *NomVref* = 1.2 伏。
- *RefVoltageFactor*：标定过程中保存到 FDU 的非易失性内存中的校正系数（请参见校正一章）。

用以下公式计算出参考电压的实际测量值与理论值之间的相对误差：

$$RelRefError = 100 \times \left(\frac{VrefMes}{TheoretVref} - 1,0 \right)$$

检波器测试

检波器噪声测试

此项测试用于测量地震道输入端的噪声。将 ADC 转换器输入端连接到地震道输入端。系统进行一次 DFT，并计算出低于 3 赫兹的噪声谱功率。鉴于输出信号的总能量为已知，因此可推导出带宽内的总噪声。

配置

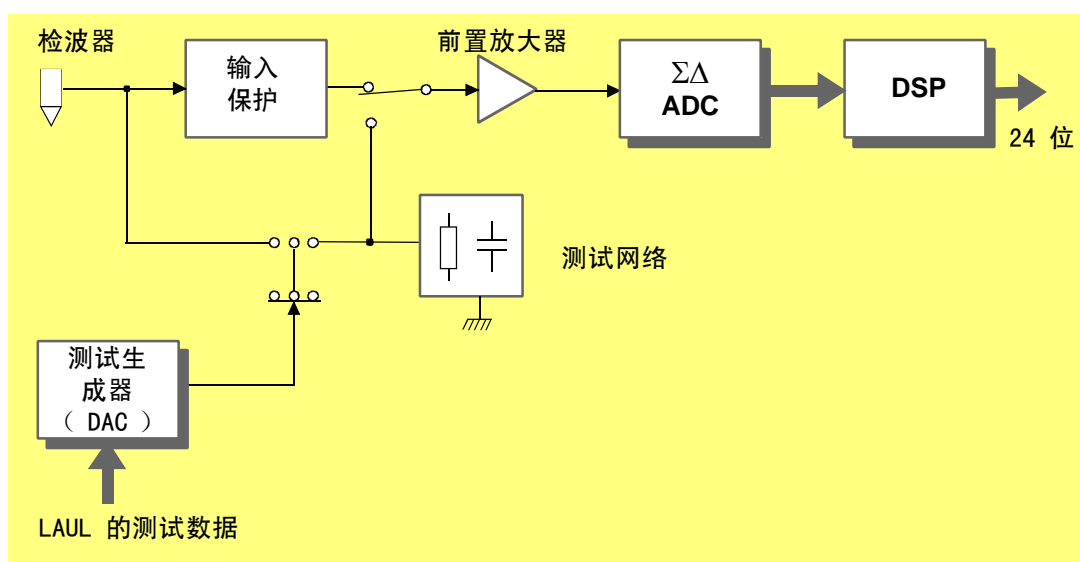


图 7-10

- ADC 输入：连接到检波器的电路输入端。
- 前置放大器增益：400 毫伏（12 dB）。
- DAC：OFF。
- 滤波器类型：0.8LIN（线性）；采样率：由用户选择。

测试序列：



滤波器类型	采样率 (毫秒)	T_m (毫秒)
0.8 LIN (线性)	0.25	512
	0.5	1024
	1	2048
	2	2048
	4	2048
0.8 MIN (最小)	0.25	512
	0.5	1024
	1	2048
	2	2048
	4	2048

关于开始时间和结束时间 (T_b 和 T_e), 请参见第 137 页。

7

测试原理

根据 DSP 输出信号的 DFT, 计算出低于 3 赫兹的噪声信号的功率。
鉴于输出信号总能量为已知, 因此系统可计算出带宽内的检波器噪声的 RMS 电平。

N 个输出信号采样上的总功率：

$$\text{TotalPower} = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} X_i^2$$

其中 N 取决于采集长度和 S. R.。
 X 度量的样本振幅，24 位编码。

低于 3 赫兹的功率：

$$\text{PowerLT3Hz} = \sum_{j=0}^M \left| \hat{X}_j \right|^2$$

其中 M 低于 3 赫兹的谐波线数目，
 （根据 $Df = 1/N \cdot SR$ ）。
 \hat{X}_j DSP 输出信号 $X(t)$ 的 DFT。

检波器噪声 RMS 值：

$$\text{FieldNoise} = \sqrt{\text{TotalPower} - \text{PowerLT3Hz}}$$

检波器偏差（仅限 TMS428）

在 TMS428 上，相对于 ADC 输入，还会计算出在测试长度过程中得到的 DSP 输出信号度量后的平均值，并将其显示为野外偏差。

检波器电阻测试

此项测试用于测量与地震道输入端相连的地震检波器的电阻。

配置

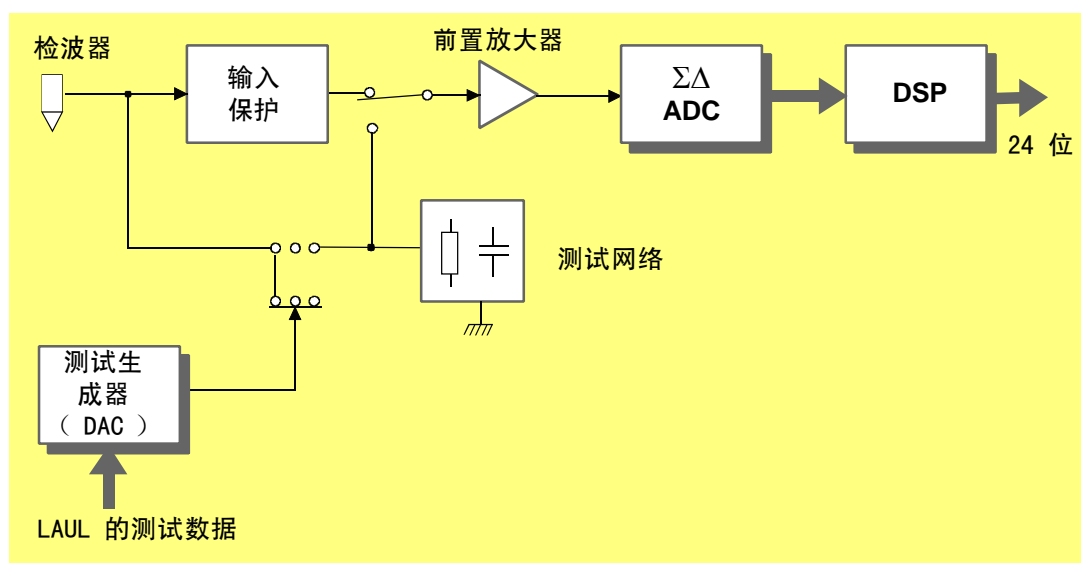
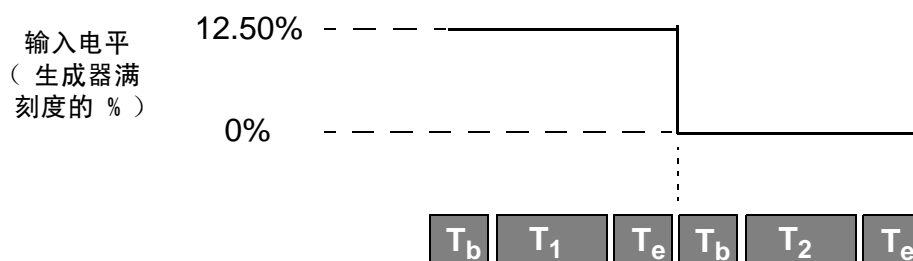


图 7-11

- ADC 输入：连接到检波器的电路输入端。
- 前置放大器增益：1600 毫伏（0dB）。
- DAC：连接到检波器。
- 滤波器类型：0.8LIN；采样率：由用户选择（如果自动，则默认设为 2 毫秒）。

使用两个测试序列（ T_1 、 T_2 ）：



滤波器类型	采样率 (毫秒)	T_1 (毫秒)	T_2 (毫秒)
0.8 LIN (线性)	0.25	128	128
	0.5	128	128
	1	128	128
	2	128	128
	4	128	128
0.8 MIN (最小)	0.25	128	128
	0.5	128	128
	1	128	128
	2	128	128
	4	128	128

关于开始时间和结束时间（ T_b 和 T_e ），请参见第 137 页。

测试原理

DAC 向检波器道提供两个不同的电流电平（已知振幅）。

将 ADC 输入端连接到检波器道，并测量输出端的电压。

测量的输出电压 $mean1$ 和 $mean2$ ，为 DSP 输出缩放后的值（ $\times 1.6\sqrt{2}$ ）。

知道了输出电压和电流电平后，系统可计算出检波器的电阻值。

- 测量检波器输入道总电阻：

$$\text{InputRes} = \left| \frac{\text{mean2} - \text{mean1}}{\text{IDac2} - \text{IDac1}} \right|$$

其中，IDac2 和 IDac1 分别为测试用的两个不同的电流电平。

- 检波器电阻：

$$\text{InputRes} = \text{SensorRes} // \text{InputNetworkRes}$$

检波器漏电测试

此项测试用于测量地震道与地面之间的总漏电阻。

配置

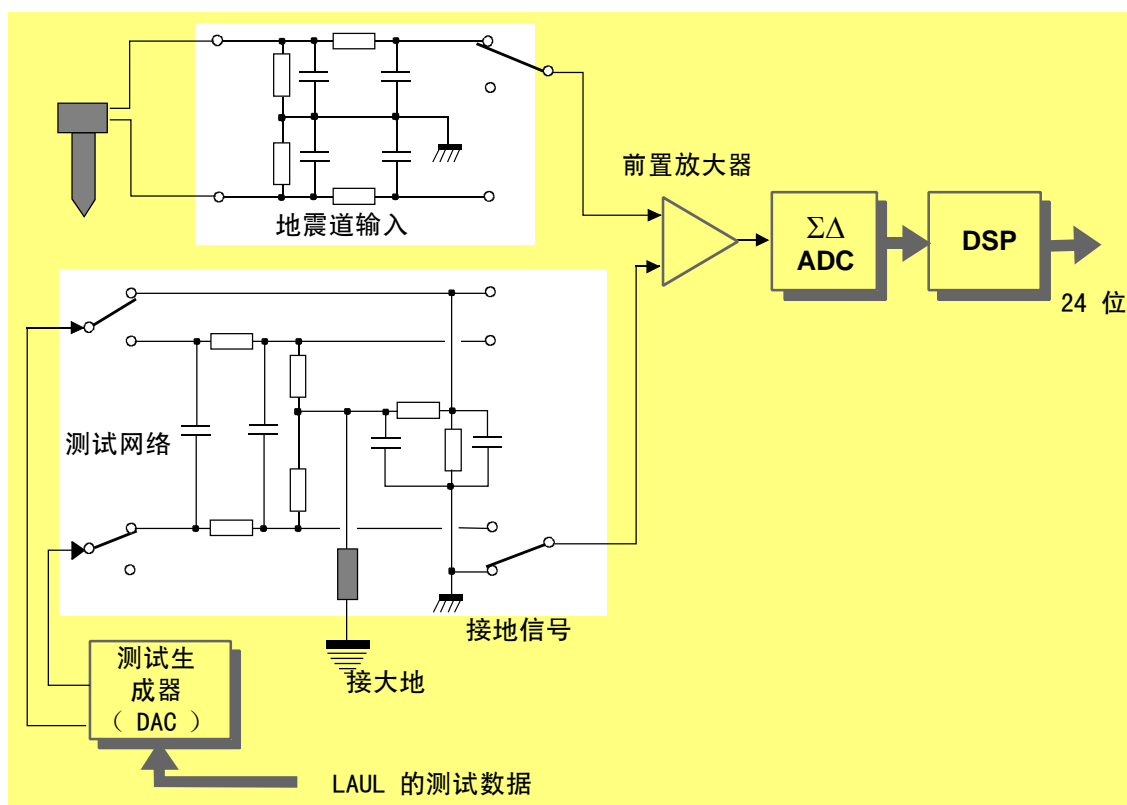


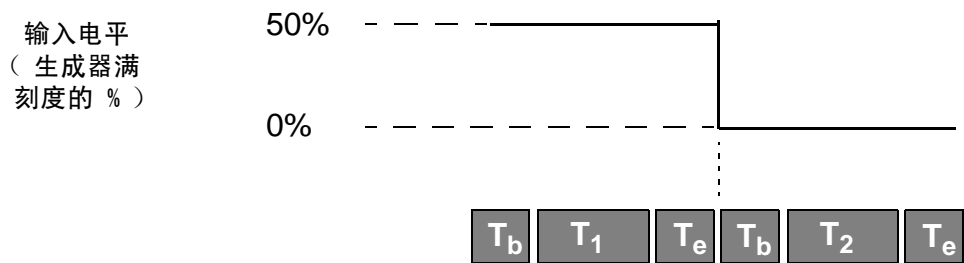
图 7-12

- ADC 输入：既连接到检波器输入电路，又连接到内部测试网络。
- 前置放大器增益：1600 毫伏（0 dB）或 400 毫伏（12 dB），由用户选择。
- DAC：连接到内部测试网络。
- 滤波器类型：由用户选择；采样率：由用户选择（如果自动，则默认设为 2 毫秒）。



注 如果 FDU 的输入端未连接（或如果所连接的电阻超过 9999 瓦），则检波器漏电测试不适用。

使用两个测试序列（ T_1 、 T_2 ）：



滤波器类型	采样率（毫秒）	T_1 （毫秒）	T_2 （毫秒）
0.8 LIN（线性）	0.25	128	128
	0.5	128	128
	1	128	128
	2	128	128
	4	128	128
0.8 MIN（最小）	0.25	128	128
	0.5	128	128
	1	128	128
	2	128	128
	4	128	128

关于开始时间和结束时间（ T_b 和 T_e ），请参见第 137 页。

测试原理

此项测试潜在的原理是在 FDU 的地线和接地基准上施加一个电压。

- DAC 向内部网络提供两个不同的电流电平（已知振幅）。
- 将 ADC 输入端连接到检波器道，并测量输出端的电压。
- 测量的输出电压，mean1 和 mean2，为 DSP 输出缩放后的值（ $\times 1.6\sqrt{2}$ 或 $\times 0.4\sqrt{2}$ ）。
- 知道了输出电压和电流电平后，系统可计算出检波器输入道的漏电电阻值，单位为欧姆。

此测试回应出 FDU 所发现的漏电电阻，也就是接收点采集链输入导线与地面之间的总漏电电阻。当然，这是一个等效电阻，它可能由漏电电阻的复杂网络所产生的。



注 检波器电阻越小，漏电测量就越准确。

在检波器排列导线间没有漏电的情况下，将一个检波器排列与一个 FDU 相连的两个导线的对地（大地）阻抗是相等的。随后在共模中检测到所拾的无用信号（天电干扰、大地电位等），并被 FDU 抑制。

如果发生任何漏电（因电缆、连接器或检波器中渗水等原因），则采集链会表现出不平衡阻抗。这样，共模信号以某种方式转换成微分信号，并因此被添加到地震信号中。

漏电还可能导致其它故障：

- 同一个检波器排列中两个导线之间发生漏电将可能导致对脉冲响应的差异（增益和阻尼）。其中的偏差可通过在倾斜测试中检查一致性而检测出来。
- 一个检波器排列中的导线与另一个排列中的导线间的漏电将导致串音。
- 电源导线与接收点采集链导线之间的漏电将导致可由检波器噪声测试检测出来的噪声。

检波器倾斜度测试

此项测试用于检查地震道是否符合基准响应。

配置

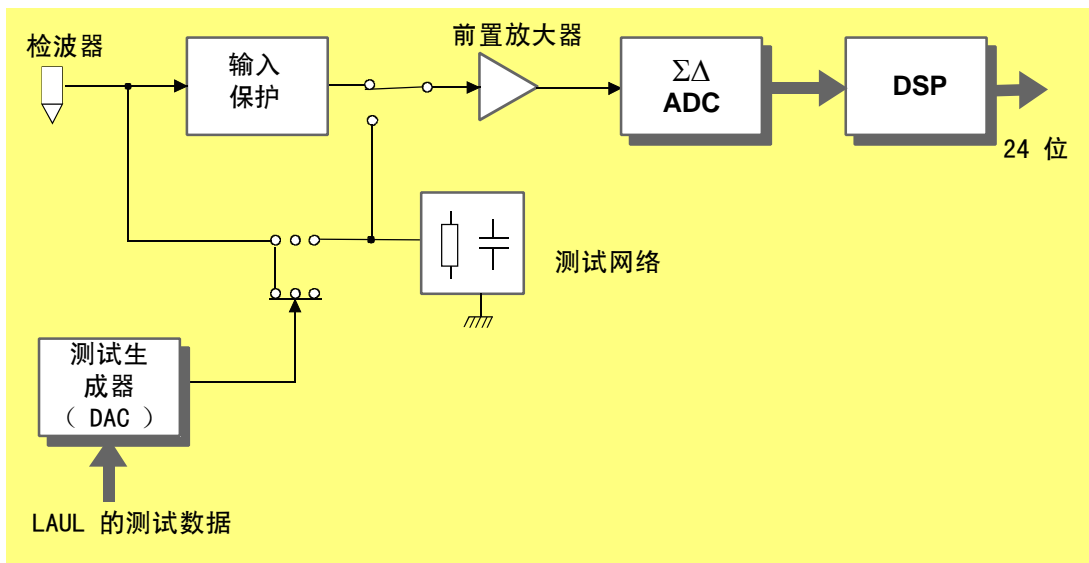
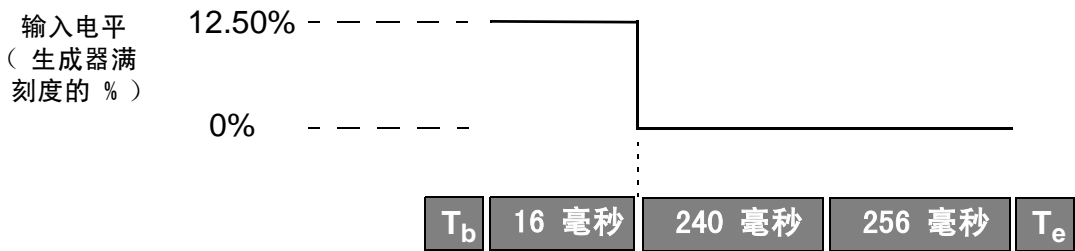


图 7-13

7

- ADC 输入：连接到检波器的电路输入端。
- 前置放大器增益：1600 毫伏（0dB）。
- DAC：连接到检波器。
- 滤波器类型：无滤波器；采样率：0.25 毫秒。

使用三个测试序列：



关于开始时间和结束（ T_b 和 T_e ）时间，请参见第 137 页。

测试原理

DAC 向检波器输入道施加一个（ 振幅和宽度均为已知的 ）脉冲。
将 ADC 输入端连接到检波器道，并测量检波器道输出端的电压。
用 $\times 1.6\sqrt{2}$ 系数缩放 DSP 的输出信号（ 脉冲响应 ），并将其与在保存接收点测试过程中记录的模型进行比较。
根据与该模型之差的 % 计算出误差。

- 信号偏差（ 倾斜度偏差 ）的计算结果由测试过程中采集的 $1.6\sqrt{2}$ 系数所度量的 DSP 输出信号平均值表示。
- 倾斜度响应与模型响应之间的相关系数的计算结果为所有激活 FDU 的全部倾斜度响应的 “平均值”。

检波器 CMRR 测试（仅限 LT428 和 TMS428）

此项测试用于测量地震道的共模抑制比。对地震道施加一个振幅和频率均已知的正弦波。此测试返回施加到地震道输入端的，相对于 ADC 输入的输出电压 RMS 值与共模电压之比。

配置

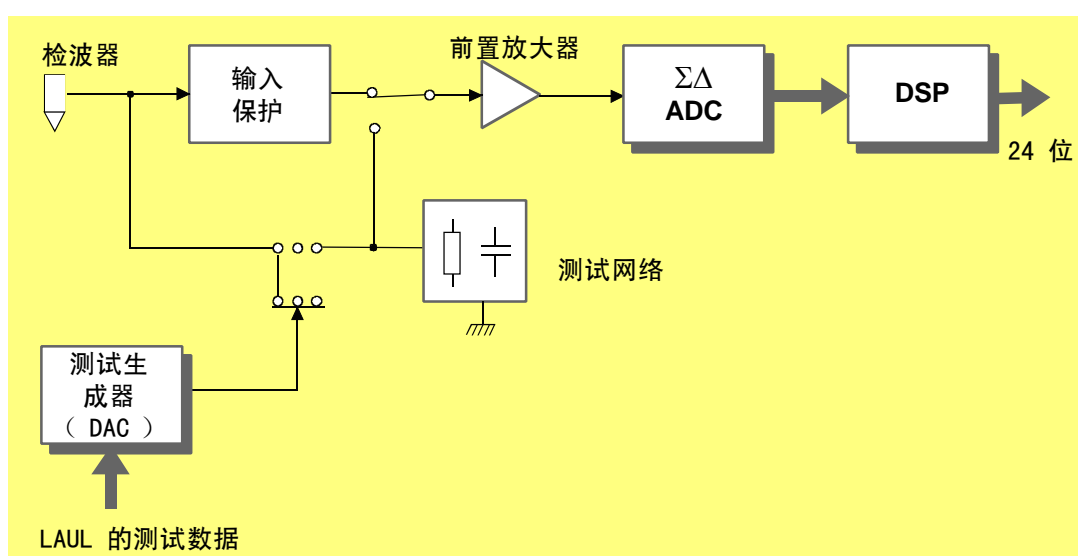


图 7-14

- ADC 输入：连接到检波器的电路输入端。
- 注：对于 TMS428，TMU428 的内置 1.05 千瓦基准电阻被连接到地震道输入端，取代了任何检波器。
- 前置放大器增益：1600 毫伏（0 dB）或 400 毫伏（12 dB），由用户选择。
- 滤波器类型和采样率：由用户选择。
- DAC：连接到检波器。

测试序列：



滤波器类型	采样率 (毫秒)	T_m (毫秒)
0.8 LIN (线性)	0.25	512
	0.5	1024
	1	2048
	2	2048
	4	2048
0.8 MIN (最小)	0.25	512
	0.5	1024
	1	2048
	2	2048
	4	2048

关于开始时间和结束时间 (T_b 和 T_e), 请参见第 137 页。

测试原理

DAC 向检波器震道施加一个正弦波共模电压 ($F = 31.25$ 赫兹及振幅 $= 0.776 * FullScale$)。

将 ADC 输入端连接到检波器的输入道。

- 根据 FDU 的标定值 (理论电阻校正系数、DAC 电流校正系数) 计算出施加到检波器输入道的共模电压的理论输入 RMS 值 $CMSignalRms$ 。
- 测量的输出电压, V_{rms} , 为 DSP 输出缩放后的 RMS 值 ($\times 1.6\sqrt{2}$ 或 $0.4\sqrt{2}$)。

- CMRR 计算：

$$FieldCMRR = 20 \text{ Log} \frac{CMSignalRms}{Vrms}$$

测试结果单位为 dB。

检波器脉冲

此项测试用于记录地震道对一个采样长脉冲的响应。

配置

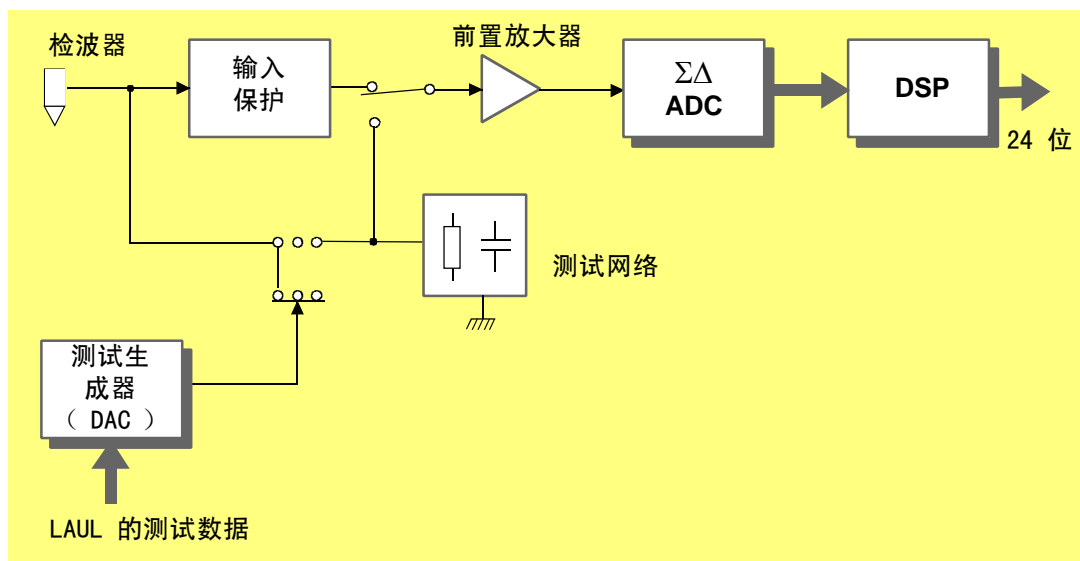
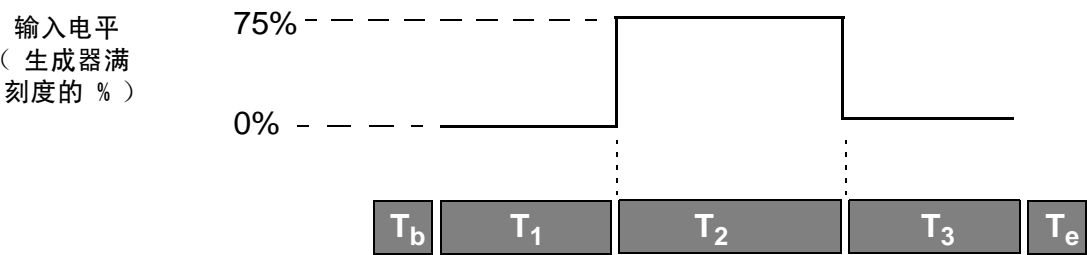


图 7-15

- ADC 输入：连接到检波器的电路输入端。
- 前置放大器增益：1600 毫伏（0 dB）或 400 毫伏（12 dB），由用户选择。
- DAC：连接到地震道输入端。
- 滤波器类型和采样率：由用户选择。

使用三个测试序列（ T_1 、 T_2 、 T_3 ）：



滤波器类型	采样率（毫秒）	T_1 （毫秒）	T_2 （毫秒）	T_3 （毫秒）
0.8 LIN（线性）	0.25	512	0.25	511.75
	0.5	512	0.5	511.5
	1	512	1	511
	2	512	2	510
	4	512	4	508
0.8 MIN（最小）	0.25	512	0.25	511.75
	0.5	512	0.5	511.5
	1	512	1	511
	2	512	2	510
	4	512	4	508

关于开始时间和结束时间（ T_b 和 T_e ），请参见第 137 页。

测试原理

DAC 将上述脉冲供给地震道输入端，而 ADC 输出端所产生的信号则被记录到磁带。

检波器畸变

TMS428 上可以进行此项测试。在 GUI 上，只有 FDU2S 单元才能进行此项测试。此项测试用于检查 FDU2S 地震道的线性响应（输入滤波器和 ADC 转换器）。

对地震道输入端施加一个振幅和频率均已知的正弦波。此测试返回在所选滤波器确定的带宽内所有谐波的谱功率与输出信号谱功率之比。

配置

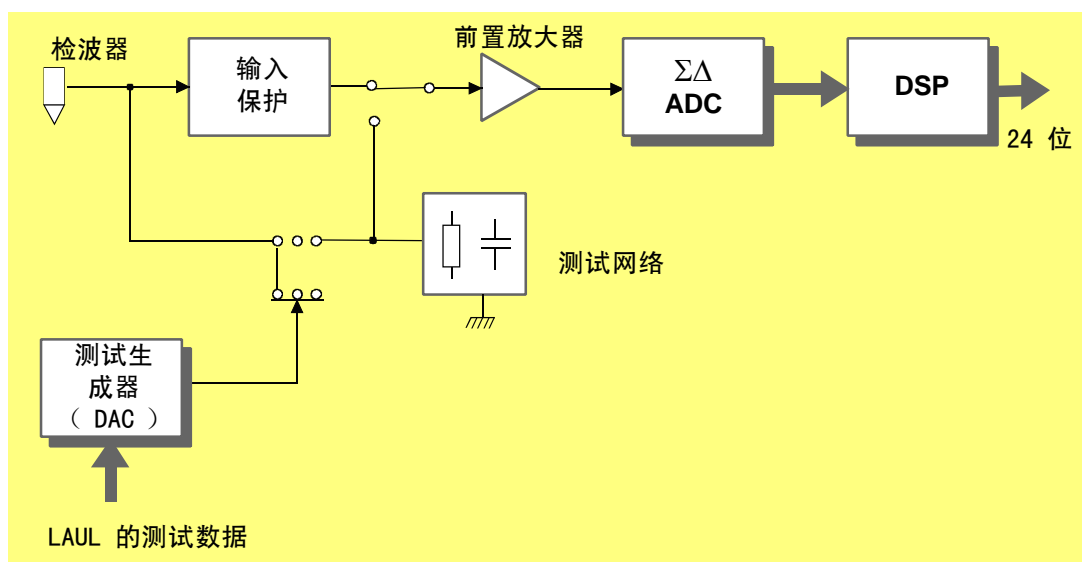


图 7-16

- ADC 输入：连接到检波器的电路输入端。
- 前置放大器增益：1600 毫伏（0 dB）或 400 毫伏（12 dB），由用户选择。
- DAC：连接到地震道输入端。
- 滤波器类型和采样率：由用户选择。

测试序列：



滤波器类型	采样率（毫秒）	T_m （毫秒）
0.8 LIN（线性）	0.25	512
	0.5	1024
	1	2048
	2	2048
	4	2048
0.8 MIN（最小）	0.25	512
	0.5	1024
	1	2048
	2	2048
	4	2048

关于开始时间和结束时间（ T_b 和 T_e ），请参见第 137 页。

测试原理

DAC 向地震道输入端供给一个正弦波（ $F=31.25$ 赫兹，
振幅 = $0.776 \times$ 生成器满刻度）。

将 ADC 输入端连接到输入电路。

计算出相对于 ADC 输入的 DSP 输出信号的 DFT
（针对输入信号频率）。

计算出相应基波谱功率（**TestFreqPower**）。还要计算出相同
信号的谐波谱功率（**HarmonicPower**），将其除以基本谱功率
（谐波线位于所选滤波器截止频率所分隔的通带内）。

测试结果单位为 dB。

基本谱功率计算：

$$\text{TestFreqPower} = \left| \hat{X}_1 \right|^2$$

其中 \hat{X}_1 基本谐波线的 DFT。

谐波谱功率计算：

$$\text{HarmonicPower} = \sum_2^N \left| \hat{X}_i \right|^2$$

其中， $N \leq 9$ 。

检波器畸变计算：

$$\text{FieldDistortion} = 10 \text{ Log} \frac{\text{HarmonicPower}}{\text{TestFreqPower}}$$

章 8

DSU3 测试功能

本章介绍用于检查 DSU3 性能的各类测试。
其中包括以下各节：

- 概述（第 180 页）
- 标定（第 182 页）
- 测试（第 183 页）

概述

在 428XL GUI 上，测试分为两类，即仪器测试和检波器测试，因为仪器（地震道采集设备）与检波器（检波器排列）通常被视为不同设备。就 DSU3 而言，虽然有些测试被视为仪器测试，而另一些测试被视为检波器测试，但地震道采集设备和加速度计都是作为整体组件，而不以不同的功能来进行测试的。

DSU3 测试	428XL GUI 上的测试类型	
	仪器	检波器
噪声		✓
增益和相位	✓	
倾斜度		✓
畸变	✓	
串音	✓	
重力		✓

仪器测试结果的界限保存在文件中（每个允许采样率有一个文件），428XL 用户手册第二册中介绍了这些文件的格式。

检波器测试的界限则由用户在 LINE（测线）主窗口的 Survey Setup（测量设置）中选择。

测试序列由不同步骤组成：

- 瞬态步骤：开始时间（ T_b ）和结束时间（ T_e ）。

滤波器类型	采样率 (毫秒)	Tb (毫秒)		Te (毫秒) (仪器与检波器)
		仪器	检波器	
0.8 LIN (线性)	0.25	136	520	16
	0.5	144	528	24
	1	160	544	40
	2	192	576	72
	4	256	640	136
0.8 MIN (最小)	0.25	144	528	8
	0.5	160	544	8
	1	192	576	8
	2	256	640	8
	4	384	768	8
无滤波器	0.25		512	8

- 测量步骤（ T_m ），长度取决于测试类型、滤波器类型和采样率。
步骤的多少取决于测试类型。

标定

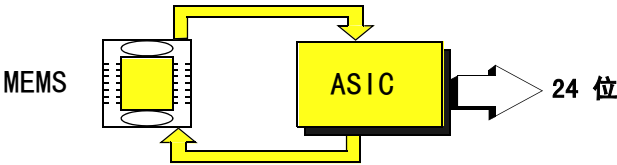
DSU3 地震道在 SERCEL 公司出厂前已进行了标定。标定过程决定了保存到 DSU3 中非易失性内存的参数，使控制测线段的 LAU 能校正结构所导致的所有固有误差（增益误差、偏移误差、几何误差）。标定过程中允许的误差范围如下：

- 增益：0.5%，相当于 0.03° （ 5.23×10^{-4} rad）的相对误差。
- 串音：0.25%，相当于 0.15° （ 2.62×10^{-3} rad）的正交性和水平性误差。
- DSU3 在测试夹具上的位置：与各轴夹角为 1° 。

测试

噪声测试

此测试返回在每个震道上所采集信号的 RMS 值（ $\mu\text{s}^2/\text{g}$ 峰值
幅值允许 GUI 上。不使用任何测试信号。



- 滤波器类型：0.8LIN（线性）；采样率：由用户选择。
- 界限由用户在 GUI 的 Sensor（检波器）设置中选择。

测试序列：



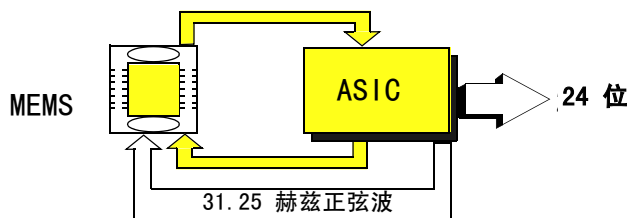
滤波器类型	采样率（毫秒）	T_m （毫秒）
0.8 LIN（线性）	0.25	512
	0.5	1024
	1	2048
	2	2048
	4	2048
0.8 MIN（最小）	0.25	512
	0.5	1024
	1	2048
	2	2048
	4	2048

关于开始时间和结束时间（ T_b 和 T_e ），请参见第 181 页。

增益和相位测试

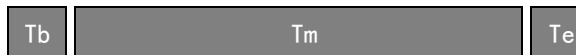
对每个地震道上的检波器加一个 31.25 赫兹正弦波。将地震道响应与模板进行比较。

此测试返回与预期 RMS 值（增益误差）比较后的相对误差（%）。此测试还返回相位误差，即，测量相位与预期相位（@31.25 赫兹）之差（微秒）。



- 滤波器类型和采样率：由用户选择。
- 界限由 SERCEL 公司预设（增益误差 < +-3%，相位误差 < 20 微秒）。

测试序列：

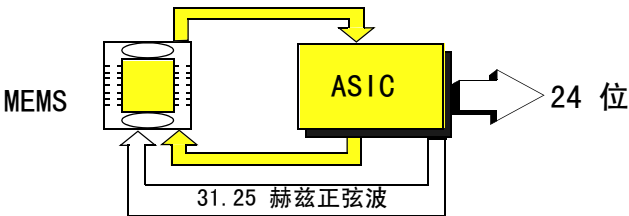


滤波器类型	采样率（毫秒）	T _m （毫秒）	采采采样数
0.8 LIN （线性）	0.25	512	2048
	0.5	1024	2048
	1	2048	2048
	2	2048	1024
	4	2048	512
0.8 MIN （最小）	0.25	512	2048
	0.5	1024	2048
	1	2048	2048
	2	2048	1024
	4	2048	512

关于开始时间和结束时间（T_b 和 T_e），请参见第 181 页。

畸变测试

此项测试用于检查 DSU3 的线性响应。对每个地震道上的检波器施加一个 31.25 赫兹正弦波。此测试返回所选滤波器确定的带宽内的所有谐波的谱功率与基频功率（dB）之比。



- 滤波器类型和采样率：由用户选择。
- 界限由 SERCEL 公司预设。

测试序列：



滤波器类型	采样率（毫秒）	T_m （毫秒）	采样数
0.8 LIN （线性）	0.25	512	2048
	0.5	1024	2048
	1	2048	2048
	2	2048	1024
	4	2048	512
0.8 MIN （最小）	0.25	512	2048
	0.5	1024	2048
	1	2048	2048
	2	2048	1024
	4	2048	512

关于开始时间和结束时间（ T_b 和 T_e ），请参见第 181 页。

注：畸变与噪声有关。

串音

此测试用于测量仪器测试配置中 DSU3 地震道之间的串音。

测试包括两个序列：在第一个序列过程中，测试生成器对每个**偶数**地震道中的检波器施加一个正弦波（对于 4 毫秒采样率， $F=62.5$ 赫兹，否则为 125 赫兹）。在每个**奇数**地震道上测量出所产生的电压。（奇数地震道中的测试生成器被禁用）。

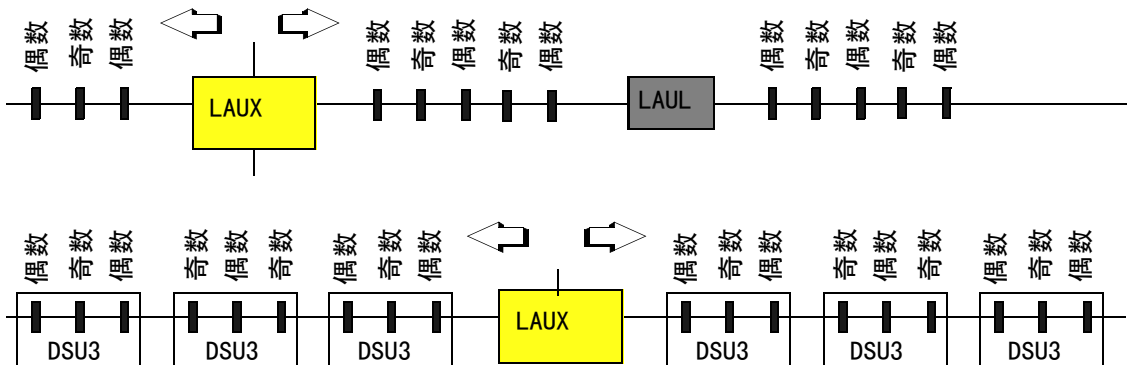
相反，在第二个测试序列过程中，该测试正弦波被输入给每个奇数地震道，而所产生的电压则是在每个偶数地震道上测量的。

针对每个激活 DSU3，计算出“激活”和“静寂”序列过程中两个电压之比，并将其显示为仪器串音（有意限制在 140 dB）。



注 奇数和偶数道之间的互换并不是根据排列中地震道编号进行，而是根据 LAU 分隔的每个测线段中的编号进行：与交叉线距离最近的地震道总是在第一个测试序列中触发。这样，当穿越一条交叉线时，或如果两个连续 LAU 之间的地震道数目为奇数，则可能导致被触发地震道产生不规则模式。

因此，在绘图仪上，出现在相邻记录道上的测试正弦波（在 LAU 的任一侧）就没有必要表示出串音误差。



配置

- 滤波器类型：由用户选择；采样率：由用户选择（ 1、2 或 4 毫秒 ）。
- 测试记录长度：请参见 428XL 用户手册第三册中的技术规范。

使用两个测试序列（ T_1 、 T_2 ）：



滤波器类型	采样率（ 毫秒 ）	T_1 （ 毫秒 ）	T_2 （ 毫秒 ）	（ 对于 T_1 或 T_2 的 ） 采样数
0.8 LIN （ 线性 ）	1	2048	2048	2048
	2	2048	2048	1024
	4	2048	2048	512
0.8 MIN （ 最小 ）	1	2048	2048	2048
	2	2048	2048	1024
	4	2048	2048	512

关于开始时间和结束时间（ T_b 和 T_e ），请参见第 181 页。

测试原理

将一个正弦波送入被触发地震道（在第一个序列中送入偶数地震道，在第二个序列中送入奇数地震道）。系统采集在“激活”和“静寂”序列程序过程中从每个地震道的输出信号，并计算出这些信号的 RMS 值 (V_{rms})。

用以下公式计算出仪器串音：

$$InstXtalk = 20 \log_{10} \times \frac{V_{active_{RMS}}}{V_{silent_{RMS}}}$$

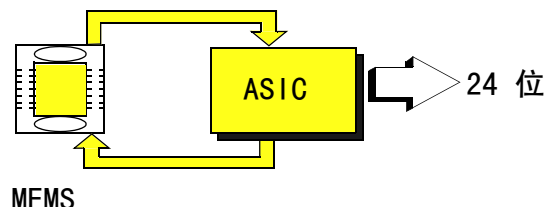
（不应小于 80 dB）。

注：串音与噪声有关。

倾斜度测试

倾斜测试测量每个地震道上因重力导致的 DC 偏差。
(DSU3 没有低切频率)。
不使用任何测试信号。

此测试返回 I 道和 C 道的倾斜角，单位为度，也就是地震道方向轴与水平面之间的夹角（请参见 3C 极性约定，第 223 页）。在出现倾斜误差的情况下，DSU3 上的 LED 指示灯会闪烁。



- 滤波器类型：0.8 LIN（线性）；采样率：由用户选择。
- 满刻度：由用户选择。
- 界限由用户在 GUI 的“Sensor setup”（检波器设置）中选择。

测试序列：



滤波器类型	采样率（毫秒）	T_m （毫秒）
0.8 LIN（线性）	0.25	512
	0.5	1024
	1	2048
	2	2048
	4	2048
0.8 MIN（最小）	0.25	512
	0.5	1024
	1	2048
	2	2048
	4	2048

关于开始时间和结束时间（ T_b 和 T_e ），请参见第 181 页。

倾斜角通过以下几个步骤计算。首先，系统确定哪个轴垂直度更好，即，加速度绝对值最大的那个地震道。根据从其它两个地震道上测量的数据计算出该地震道的倾斜角。此项计算取决于哪个地震道距离垂直方向最近，以及其它地震道上加速度的符号。

下表给出了用于计算每个方向的倾斜角的公式。

垂直度更好的轴		V 道倾斜角
$ AccV > AccI $ $ AccV > AccC $	$AccV < 0$	$TiltV = ArcSin\left(\frac{\sqrt{AccI^2 + AccC^2}}{G}\right)$
	$AccV > 0$	$TiltV = 180^\circ - ArcSin\left(\frac{\sqrt{AccI^2 + AccC^2}}{G}\right)$
$ AccI > AccV $ $ AccI > AccC $		$TiltV = ArcCos\left(\frac{-AccV}{G}\right)$
$ AccC > AccV $ $ AccC > AccI $		$TiltV = ArcCos\left(\frac{-AccV}{G}\right)$

垂直度更好的轴		I 道倾斜角
$ AccV > AccI $ $ AccV > AccC $	$AccV < 0$	$TiltI = ArcSin\left(\frac{AccI}{G}\right)$
	$AccV > 0$	$TiltI = ArcSin\left(\frac{AccI}{G}\right)$
$ AccI > AccV $ $ AccI > AccC $		$TiltI = sign(AccI) \times ArcCos\left(\frac{\sqrt{AccV^2 + AccC^2}}{G}\right)$
$ AccC > AccV $ $ AccC > AccI $		$TiltI = ArcSin\left(\frac{AccI}{G}\right)$

垂直度更好的轴		C 道倾斜角
$ AccV > AccI $ $ AccV > AccC $	$AccV < 0$	$TiltC = -ArcSin\left(\frac{AccC}{G}\right)$
	$AccV > 0$	$TiltC = ArcSin\left(\frac{AccC}{G}\right) - sign(AccC) \times 180$
$ AccI > AccV $ $ AccI > AccC $		$TiltC = -ArcSin\left(\frac{AccC}{G}\right)$
$ AccC > AccV $ $ AccC > AccI $		$TiltC = -sign(AccC)$ $ArcCos\left(-sign(AccV) \times \frac{\sqrt{AccV^2 + AccI^2}}{G}\right)$

重力

此项测试测量重力加速度（“g”）。这可使其验证 DSU3 全部性能要求。

重力由 DSU3 的三个地震道上同时采集的噪声和偏差，用以下公式计算出的：

$$g = \sqrt{\text{offset}V^2 + \text{offset}I^2 + \text{offset}C^2}$$

LAUL 将测量数据与 $G = 9.81$ 进行比较，并返回偏差 %。

增益、采样率和滤波器由用户选择。必须对以下采样率进行采集：

- 2048 毫秒 @ S. R. 4 毫秒、2 毫秒和 1 毫秒。
- 1024 毫秒 @ S. R. 0.5 毫秒。
- 512 毫秒 @ S. R. 0.25 毫秒。

此测试返回倾斜度差。

章 9

参考信息

本章包含关于各种技术问题的高等参考信息。
其中包括以下各节：

- [相关](#) （第 194 页）
- [地震道偏差消除](#) （第 199 页）
- [检波器串](#) （第 200 页）
- [静校正下样点内插](#) （第 209 页）

相关

本节介绍 428XL 中使用的相关技术。

时域中的相关

$$c_n = \sum_{i=0, N-1} p_i s_{i+n}$$

其中	p	参考道
	s	地震道
	N	如果参考信号以零结尾，则为采集中参考样本或地震样本的数目。

频域中的相关

原理：要相关的两个信号的傅里叶变换的复数乘积等于相关的傅里叶变换。

相关的傅里叶变换：

1.

$$C_k = \sum_{n=0, N-1} c_n e^{-j\left(\frac{2\pi}{N}\right)nk}$$

2.

$$CK = \sum_{n=0, N-1} \sum_{i=0, N-1} p_i s_{i+n} e^{-j\left(\frac{2\pi}{N}\right)nk}$$

3.

$$CK = \sum_{n=0, N-1} \sum_{i=0, N-1} p_i s_{i+n} e^{-j\left(\frac{2\pi}{N}\right)(n+i-i)k}$$

4.

$$CK = \sum_{i=0, N-1} p_i e^{+j\left(\frac{2\pi}{N}\right)ik} \sum_{n=0, N-1} s_i e^{-j\left(\frac{2\pi}{N}\right)(n+i-i)k}$$

5.

$$C_k = P_k^* \times S_k$$

(有待证明)

P_k^* 为参考信号傅里叶变换的共轭。

从傅里叶逆变换中得出相关。

6.

$$c_n = (1 \text{ } \S \text{ } N) \sum_{k=0, N-1} C_k e^{j\left(\frac{2\pi}{N}\right)kn}$$

428XL 中的相关

通过长度超过采集长度的一次 FFT 实现相关。由于进行了完全傅里叶逆变换。所以，结果不需要任何校正。

MP 系数的影响（缩小比例乘数）：

- 让 MP_s 作为地震道上的系数，让 MP_p 作为参考道上的系数：

$$S_i = S_{mv} / 2^{MP_s}$$

$$P_i = P_{mv} / 2^{MP_p}$$

- 对于地震道和参考道的互相关：

$$c_{mv}^2 = c_n^2 2^{MP_s} 2^{MP_p}$$

- 对于参考道的自相关：

$$a_{mv}^2 = a_n^2 2^{MP_p} 2^{MP_p}$$

无论参考道的电平和增益是多少，要想对结果进行标准化并考虑地震道的增益，我们需要将结果除以自相关峰值的平方根，再乘以 MP_s ：

$$c_{mv}^2_{normalized} = \frac{c_n^2 2^{MP_s}}{\sqrt{a_n}}$$



注

S_{mv} 和 P_{mv} 的单位均为毫伏。

将采样读数换为毫伏

记录道头段扩展数据块 #7 中的字段（字节 9 到 12）可使记录道采样读数转换为毫伏，与以下条件无关：

- 接收检波器类型（FDU、DSU），
- 地震道增益，
- 处理类型（叠加、前相关或后相关），
- 叠加次数，
- 噪声抑制类型，
- 参考信号电平和相应辅助道增益。

通过将磁带读取的样本直接乘以记录道头段中记录的数值来获得毫伏值。

例如，让 8388607（0x7FFFFFFF）作为采样值，让 2.697×10^{-4} 作为系数的值，则采样的毫伏值为：

$8388607 \times 2.697 \times 10^{-4} = 2262$ 毫伏（这对应着增益为 0 dB 的接收检波器中 ADC 转换器的最大值）。

采样读数对毫伏转换系数（K）计算为：

$$K = K1 \times K2$$

K1 取决于接收检波器类型和增益：

表 9-1

FDU		DSU3-428
0 dB（1600 毫伏）	12 dB（400 毫伏）	$K1 = 2.697 \times 10^{-4}$
$K1 = 2.697 \times 10^{-4}$	$K1 = 6.742 \times 10^{-5}$	

K2 取决于处理类型、叠加次数、噪声抑制类型和参考自相关最大值（请参见下表）。

表 9-2

K2 =	无噪声抑制或有历史噪声抑制的情况	有花样叠加的情况
爆炸	1	1
叠加	$\frac{1}{SF}$	1
相关前	$\sqrt{\frac{2}{An \times NS \times SF}}$	$\sqrt{\frac{2 \times SF}{An \times NS}}$
相关后	$\sqrt{\frac{2}{An \times NS \times SF^2}}$	$\sqrt{\frac{2}{An \times NS}}$

其中 An = 参考自相关最大值
 SF = 叠加次数
 NS = 参考长度 / 采样率

地震道偏差消除

无论信号类型（地震、辅助或测试）和检波器类型是什么，在处理一个记录道之前，PRM 都会从该记录道中的每个样本上消除偏差。对于 DSU3 检波器，倾斜度的可选校正是在以后进行的。

消除偏差的方法是，先计算出整个记录道中采样的平均值，再从每个采样值中减去该值。

脉冲和串音测试

在脉冲测试和串音测试中，用以下公式对每个采样值数据进行校正：

$$A(k, i) = A(k, i) - \frac{\sum_{k=m}^n A(k, i)}{n - m + 1}$$

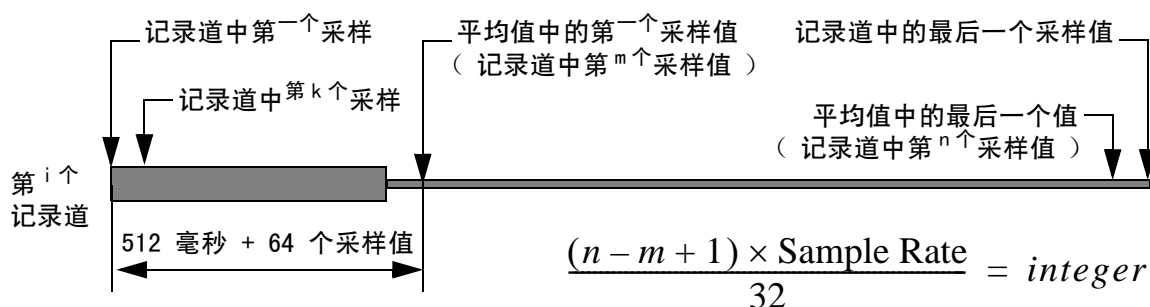


图 9-1 脉冲测试和串音测试中平均值的计算

在脉冲测试中，计算中不包括前 512 毫秒 + 64 个样本。因此，平均值不会受到记录道前期部分中任何瞬态因素或震源导致的任何超限的影响（最可能出现在记录道前期部分中）。用于计算平均值部分的长度选择为 32 毫秒的倍数。这可避免平均值在串音测试中受到影响（因为长度是该种测试类型中所用的 31.25 赫兹正弦波周期的倍数）。

检波器串

每道检波器数目

地震采集的目的是捕捉信号。遗憾的是，信号总会受到噪声这一无用信号的影响。所以，采集的质量在很大程度上取决于信噪比（ S/N ），也称动态范围（ DR ），常用单位 dB 表示： $DR = 20 \times \log (S/N)$ 。

在地震采集中，可采用更强的震源使有用信号增强到某一特定水平，高于该水平就会变得不可靠（当检波器线圈开始超出磁场线性区以外时，就会出现畸变）。

在野外条件下，该地区大地噪声使检波器串的动态范围局限在其低侧（热噪声或布朗噪声等其它噪声一般可忽略不计）。

每串中检波器数目（ N ）使动态范围 dB 增大 $10 \times \log(N)$ 倍，无论如何安排（ $N = N_p \times N_s$ ： N_s 个串联检波器的 N_p 并联子串），因为，同相信号以线性方式增加，而不相关信号则以二次方方式增加。例如，每串有 16 个检波器可望实现 12 dB 的增益。

在多数地区，使用 428XL 时，FDU 噪声非常低，因此，就信噪比而言，排列方式（串联 / 并联）对结果没有影响：对于串联排列，检波器捕捉的信号电压被乘以 N ，噪声电压（ RMS 值）则被乘以 \sqrt{N} ；而对于并联排列，信号电压不被放大（ $\times 1$ ），但噪声电压被除以 \sqrt{N} 。因此在这两种情况下， S/N 比优势相同。

串联 / 并联排列

虽然排列方式不会影响 S/N 比，但会影响：

1- 增益；

2- 检波器串阻抗（因此，也会影响共模抑制比，
请参见[共模抑制比](#)，第 202 页）。

一个检波器串中的检波器可按以下方式连接：

- 第一种排列：全部并联（ $N_s = 1$ ， $N_p = N$ ）
- 第二种排列：全部串联（ $N_s = N$ ， $N_p = 1$ ）
- 第三种排列： N_s 个串联检波器加 N_p 个并联子串
（ $N = N_p \times N_s$ ）。



注 第一种排列和第二种排列为第三种排列的特殊情况。

串增益

检波器灵敏度为输出电压与地面速度之比
（ G_g ，单位为伏 / 米 / 秒），也称跨导常数。

串增益， G_s ，为串输出电压与检波器输出电压之比。
 G_s 取决于检波器排列。

串增益等于 N_s ，而 N_s 则为串或子串中串联检波器数目：

- 第一种排列（全部并联）： $G_s = 1$
- 第二种排列（全部串联）： $G_s = N$
- 第三种排列（ $N_p \times N_s$ ）： $G_s = N_s$

串阻抗

根据排列是串联还是并联，串的差分阻抗既可低于，
也可高于单个检波器的阻抗。

串阻抗与检波器阻抗之比 (I_r) 由以下公式给出：

$$I_r = N_s / N_p$$

- 第一种排列 (全部并联)： $I_r = 1/N$
- 第二种排列 (全部串联)： $I_r = N$
- 第三种排列 ($N_p \times N_s$)： $I_r = N_s / N_p$

对于每串中特定数目的检波器，第二种排列 (全部串联) 与第一种排列 (全部并联) 之间的阻抗比为 N^2 (例如，16 个检波器为 256)。

这对于串的共模抑制比 (CMRR) 是非常重要的。

共模抑制比

一个检波器串可作为天电活动或工业活动所产生的电磁场的接收器 (天线)。当串的两个导线表现出相等的对地阻抗时 (平衡串)，电磁场就会变为串两端上的相同 (对地) 电压 (相同振幅，相同相位)。记录仪器的差分输入性质会抑制这种共模电压。

如果出于漏电原因或结构原因 (请参见[串连接方式](#)，第 206 页)，一条导线的对地阻抗不同于另一条导线的对地阻抗，则会有电流流过串差分阻抗，导致串两端产生差分电压 (脉冲、高压线感应等)。这种现象称为共模电压向差模电压的转换。所拾信号的振幅与串的差分阻抗几乎成正比，即，与 I_r (N_s/N_p) 成正比。

N 个检波器时，在 $N_p \times N_s$ 串配置中，信号与 N_s 成正比增强，寄生信号则与 N_s/N_p 成正比增强。所以，信号与所拾信号比将增大 N_p 倍。

并联分支越多越好。与并联类型相比，串联类型检波器串更可能捕捉到寄生信号 (在给定不平衡配置中)。

此外，最好应采用低阻抗检波器。特别是线圈的电阻应低，因为它是高频时的决定性因素。

最佳串排列

我们已经看到，如果我们考虑在差模中产生的‘正常’噪声（大地噪声、检波器热噪声等），则串排列就不会影响动态范围。只有检波器数目会产生影响。

并联类型排列抗干扰噪声的能力更强，因此应作为首选。

然而，当串连接到记录系统时，我们就必须从系统（检波器 + 记录仪器）动态范围的角度来考虑，因为这时涉及到两个新的因素：记录仪器噪声和记录仪器最大输入电压（这两者本身又是前置放大器增益的函数）。

接收检波器配置的灵敏度（即，检波器灵敏度乘以串灵敏度： $G_g \times G_s$ ）必须以串动态范围能最好配合仪器动态范围的方式进行选择。灵敏度太高会导致系统剪去大信号（超标）。灵敏度太低则会使仪器噪声限制信噪比。这两种情况都降低系统动态范围。

首先，最佳前置放大器增益是多少？

428XL 提供两种可选前置放大器增益（G1600 和 G400），这二者按以下方式调节仪器动态范围：

表 9-3

增益	噪声 (典型 2 毫秒, nVrms)	最大信号 (mVrms)	动态范围 (dB, 典型)
G1600	450	1600	131
G400	145	400	129

428XL 在这两种增益水平上具有无与伦比的动态范围，G1600 的优势稍强。然而，G400 将作为配置检波器排列的基准，因为它对接收检波器灵敏度的要求更低（请记住：灵敏度越高，就意味着串联类型的串排列，因此干扰噪声也就越多）。这个 G400 增益应在最低野外噪声条件下使用。无动态范围损失的有噪声野外条件应选择 G1600，前提是震源能量要相应增大。

我们再回来探讨一个检波器串中或更广泛地说在一个接收检波器组中的最佳检波器排列。

最佳接收检波器组灵敏度为 *可使该地区最低大地噪声高于所选前置放大器增益的仪器噪声的“适高”灵敏度。*

在 G400 增益上，428XL 的输入噪声密度约为 $10 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ 。在 20 赫兹下，大地背景噪声约为 $0.1 \text{ nm/s}/\sqrt{\text{Hz}}$ （新的低噪声模型，Peterson 1993 年版）。这样，接收检波器组灵敏度至少应为 100 伏 / 米 / 秒。对于一般 30 伏 / 米 / 秒的检波器灵敏度（ G_g ）而言，串增益（ G_s ）为 4 较为合适。然而，由于野外很少能见到这种理想的背景噪声条件，所以，还必须对此进行校正。

比较现实的建议是 2 或 3 串增益（2 或 3 个串联检波器加 N_p 个并联子串），这样就有了按下表组成的串：

表 9-4 建议的串配置

N	Np	Ns	Gs	Irs	DRBs (dB)
6	3	2	2	0.66	7.8
6	2	3	3	1.5	7.8
9	3	3	3	1	9.5
8	4	2	2	0.5	9

N: 串中检波器数目

Np: 并联分支数目

Ns: 每个分支中串联检波器数目

Gs: 排列的增益

Irs: 阻抗比 (串阻抗与检波器阻抗之比)

DRBs: 动态范围优势。



注

最好采用高灵敏度检波器，因为，对于给定的接收检波器组灵敏度，它们可以最大限度减少所需的串联检波器数目。

串组

当然，为获得更好的分辨率，还可通过在串联 / 并联配置中对表 9-4 的若干个串进行组合而实现动态范围的进一步改进 (串组)。同样，只要仪器噪声不是限制因素，则应优先采用并联类型串组合。

当使用若干串时，下表 (不完全) 提供了要对表 9-4 数字进行的校正：

表 9-5 串组校正

NS	NSp	NSs	Gg	Irg	DRBg (dB)
2	2	1	1	0.5	3
2	1	2	2	2	3
3	3	1	1	0.66	4.8
3	1	3	3	3	4.8
4	2	2	2	1	6

NS :	每组的串数
NSp :	并联的串数
NSs :	串联的串数
Gg :	串组增益
lrg :	组的阻抗比 (组对串的阻抗比)
DRBg :	串组动态范围优势

为获得接收检波器组的全部数字，应采用以下公式：

组的检波器总数：	$N \times NS$
组增益：	$G_s \times G_g$
组对检波器阻抗比：	$l_{rs} \times l_{rg}$
组对检波器动态范围优势 (dB)：	$DRBs + DRBg$

串连接方式

我们已经看到 (共模抑制比 ， 第 202 页)，对于给定的不平衡配置而言，并联类型的串排列可减小共模向差模的转换，即，可减小记录中的寄生信号 (天电噪声和工业噪声)。

减小共模向差模转换的另一个非常重要的因素在于，串 (或串组) 两端的阻抗对地的匹配性。

当一端与局部地面之间看到的阻抗等于另一端看到的阻抗时，串就是平衡的。

对地阻抗由电阻和电容构成。

这个阻抗中的电阻主要是由于连接器、检波器或破损串电缆中渗水而导致的漏电产生。必须认真检查和修复。

除电阻漏电之外，这个对地阻抗主要由串中通过检波器阻抗而彼此相连的每段电线的对地电容构成。

每段电线的电容与其长度成正比。因此，检波串的连接方式必须是对称的，即，从一端看到的每段电线的长度，包括通过检波器的长度，必须等于从另一端看到的电线长度。

如果我们将所有检波器串视为由并联的若干串联子串所构成，则所有这些子串，包括（串尾端的）最后一个子串都必须符合这一对称原则。如果能在子串等级上满足这一条件，则各个串和串组就都将是平衡的。

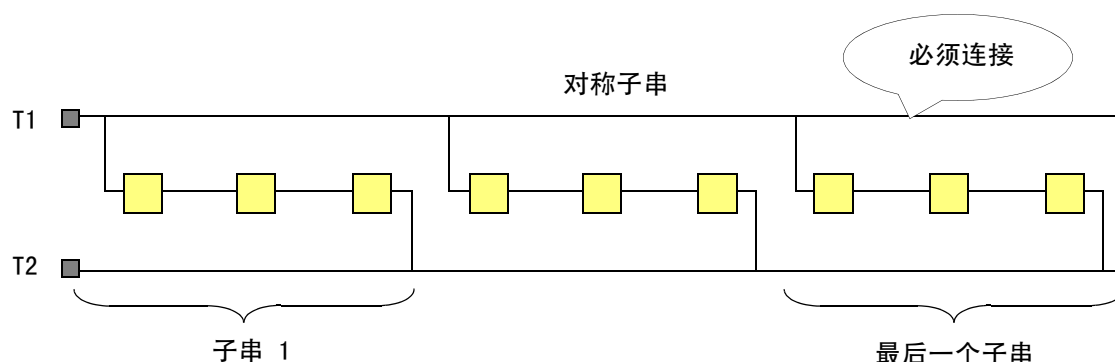


图 9-2 对称的串连接方式举例

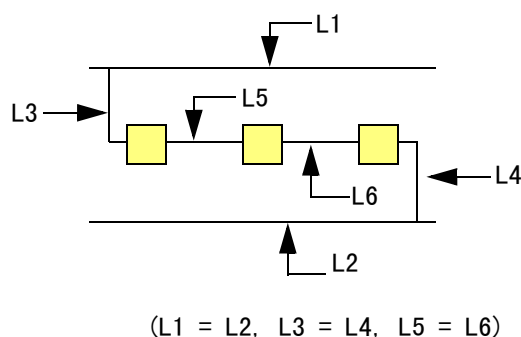


图 9-3 对称子串

注意，只有 2 芯的检波器电缆，通常用在全部串联的串中，一般很难满足平衡条件。可通过将检波器轮流调配给这 2 根电线而最大限度地减小不平衡：

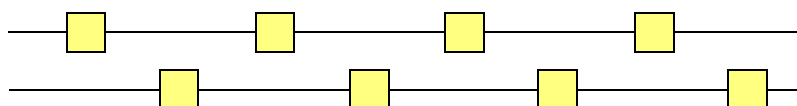


图 9-4 减小 2 芯电缆的不平衡效应

结论

为获得更好的地震采集质量，应牢记以下提示：

1. 增加每个记录道的检波器数目有助于改善信噪比（本文中未考虑空间滤波）。
2. 在低噪声地区，G400 前置放大器增益对 428XL 记录系统最合适（G1600 则更适合有噪声环境）。
3. 只要仪器噪声不是动态范围的限制因素，则与串联类型排列相比，应优先采用并联类型检波器或串排列（阻抗更低、干扰噪声更少）。应在这两个增益上都运行野外噪声测试和仪器噪声测试，以选定可使 *平均野外噪声刚好高于仪器噪声* 的增益。
4. 由线圈电阻低而灵敏度高的检波器组成的串对干扰噪声的敏感程度低。检波器的正确质量因素是 *标准化跨导常数*，表达为伏 / 米 / 秒 / $\sqrt{R_c}$ （或伏 / 英寸 / 秒 / $\sqrt{R_c}$ ，其中 R_c ：线圈电阻）。
5. 对称的串连接方式是能获得良好共模抑制比的条件（天电干扰或工业干扰）。应避免使用两芯串电缆（除全部并联排列外）。

静校正下样点内插

428XL 采集原理

同步数传

428XL 系统在 8.192 兆赫或 16.384 兆赫大线上采用同步数传，交叉线则采用 100 Mbps 以太网传输。

数传位组织成每隔 1 毫秒发生一次的帧格式。这些帧由 428XL（LCI-428）中央单元在其交叉线左端和右端产生，并由每个 LAUX428 在其低端和高端端口复制。

一个帧由 64 个数据包组成：第一个数据包是帧头段，其它 63 个数据包专用于 LAU/LAU 或 FDU/LAU 通信。大线上的一个数据包长 16 个字节，交叉线上的一个数据包长 32 个字节。

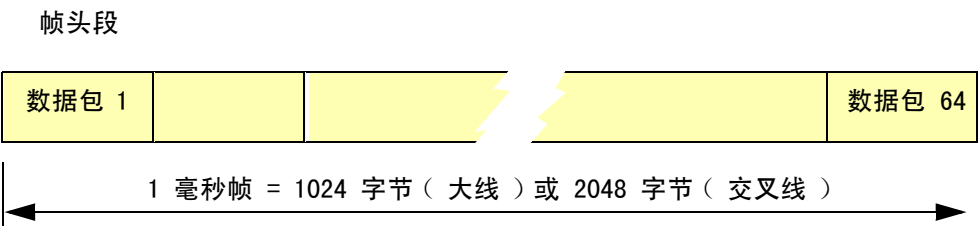


图 9-5

每个数据包由三个部分组成：

- 包含控制位的数据包头段（一个字节），
- 数据包数据（大线上为 14 个字节，交叉线上为 30 个字节），
- 数据包 CRC（一个字节）。

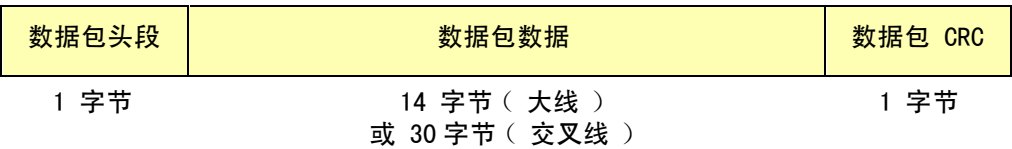


图 9-6

帧用于实现下面介绍的两种通信方案。

FDU/LAU 通信（低级协议）

在采集过程中，每毫秒一次（即，每帧一次），每个 FDU 在一个数据包数据字段中写入 4 个样点。寻址方式采用令牌机制。每个 FDU 将其数据写入帧头段后面的第一个可用数据包中，然后（在数据包头段中）设置一个忙位。寻址模式然后按顺序进行：第 N 个 FDU 将其数据写入第 N 个数据包中。

FDU 采集通信是同步的，并使用 CRC 字段提供错误检测机制。

头段	令牌		样点 1	样点 2	样点 3	样点 4	CRC
字节 1			字节 4、5、6	字节 7、8、9	字节 10、11、12	字节 13、14、15	字节 16

图 9-7 测线 FDU 单元

LAU/LAU 通信（高级协议）

LAU 对接收到的 FDU 采样值进行处理、压缩成数据包，再送回给 428XL 中央单元。这与 FDU 采集没有时间关系：实施了带错误检测与恢复的高级协议。

时间同步

FDU 使用 256 Kbits/s Sigma-delta 转换器来采集模拟输入样点。采样时钟从 8.192 兆赫测线频率得出。FDU 进行第一次抽取采样过程，以产生 0.25 毫秒采样率下的 24-位样点。每隔 1 毫秒有四个 0.25 毫秒样点被写入一个数据包中。

接通测线上电源时，以 122 纳秒精确度测量 428XL 帧的生成与每个 FDU 采样之间的时差。在各 LAU 中对其所控制的每个 FDU 测量并存储此值（称为 T1）。

由 428XL 中央单元发送的帧头段包含 T0 信息。这一信息被所有 LAU 和 FDU 接收。

要想在发生传输错误时避免 T0 出错或不解码：

- 只有当帧头段的 CRC 正确时，LAU 或 FDU 才会对 T0 进行解码，
- T0 信息会重复三次。

放炮系统的 TB 与 428XL 帧的生成不同步。当生成 TB 时，428XL 以 488 纳秒精确度测量从 TB 到下一帧开始的时间，并将 T0 信息和测得时间（称为 T2）写入下一帧头段中。

LAU 利用 T1+T2 时间使 FDU 接收的数据与 T0 实现同步。

LAU 采集

LAU 内部配备两个处理器：一个 DSP 处理器和一个 IBM403 处理器。

LAU 的 DSP 运行两个独立进程：

- 进程 1 负责接收进入帧、对数据包进行解码、检验数据包一致性和 CRC、提取样点并将其存储到 512 毫秒环形缓冲器中。
- 进程 2 负责从环形缓冲器中读取样点、进行卷积和抽取采样并以用户采样率生成采集样点、将样点压缩成 16 次扫描数据包、再将压缩数据包发送到 IBM 处理器。

IBM 处理器将压缩数据包存储到采集缓冲器中。根据请求，采用 LAU/LAU 协议将采集缓冲器发送到 428XL 中央单元。此阶段（称为回传）可在比采集稍晚的时候进行。

LAU 卷积

DSP 用 FIR 滤波器进行 0.25 毫秒 FDU 样点的卷积，以用户采样率产生与 T0 同步的样点。

FIR 滤波器长度取决于采样率：

表 9-6

采样率	滤波器长度 (点数)
0.25	64
0.5	128
1	256
2	512
4	1024

共有 10 个标准 FIR 滤波器：其中一个用于每个采样率，另一个则用于每个高截滤波器（0.8Lin 和 0.8Min）。

从每个标准滤波器，通过以 3.9 毫秒步幅（0.25 毫秒 / 64）移动标准滤波器而计算出一组 64 个滤波器。640 个滤波器是预先计算并存储在 LAU 内存中的。

接收 T0 时，对于每个 FDU，LAU DSP 都会将传播时间除以 0.25 毫秒：所得商用于在要开始卷积的环形缓冲器中选择 0.25 毫秒样点，余数则用于选择能获得 3.9 毫秒精确度的正确 FIR 滤波器。

传输错误的影响

根据使用的协议，传输错误会对测线传输产生不同影响：

- FDU 至 LAU 通信：从测线接收到一个帧时，LAU 检查数据包一致性。当检测到数据包 CRC 错误时，相应路径会显示为橙色。如果帧头段没有更改，则采集会继续进行。如果帧头段已被更改，则采集停止并显示帧错误或令牌错误等错误信息。

- LAU 至 LAU 通信：从 LAU 向 428XL 中央单元传输压缩样点数据包采用的是高级协议。如果发生传输错误，则会检测到数据包 CRC 错误，丢弃错误数据包并重复进行。传输错误对这种类型的通信没有影响。

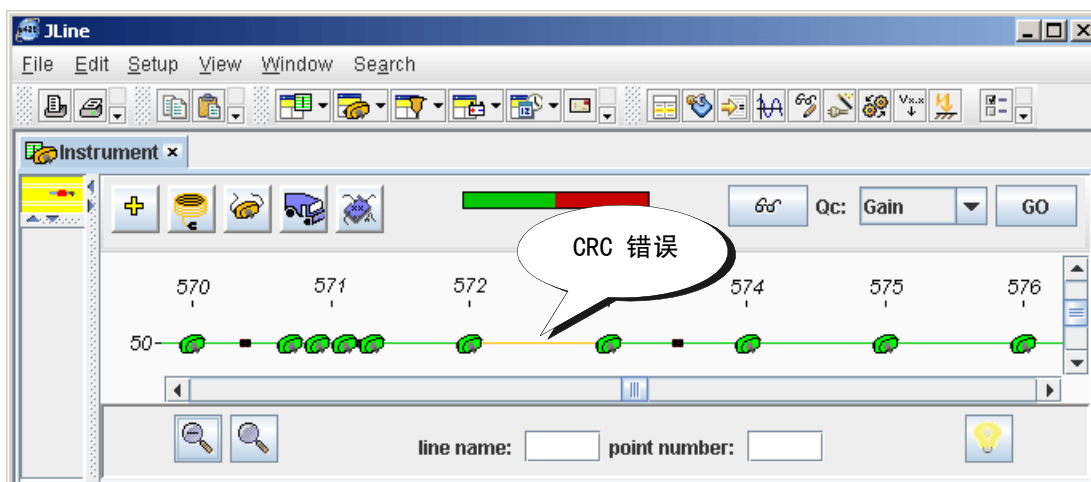


图 9-8

CRC 错误处理算法

系统实现了一种算法，可减小采集时随机传输错误的影响，并允许采集在发生 CRC 错误时继续进行，而非停止采集并显示错误信息。

在出现 CRC 错误的任何帧中，每个 FDU 的四个 0.25 毫秒样点被前一个帧的四个对应样点所取代。

随后对这些 0.25 毫秒 FDU 样点进行滤波，结果为一个内插值（在 2 毫秒采样率下，4 个复制样点被 508 个样点卷积起来）。

相应路径显示为橙色。

在 SEGD 记录中，采集过程中受到 CRC 错误影响的记录道被标为“edited”（已编辑）。（多路解编记录道头段中的记录道编辑字段被设为 03）。

实验

单一 CRC 错误的影响

为了说明 CRC 错误处理算法的工作原理，下面特给出了实验得出的结果，其中，在针对所有采样率采集一个 FDU 测试正弦波（31.25 赫兹频率）的过程中生成了一个 CRC 错误。

被 CRC 更改的记录道（seis 5441）以及一个参考记录道（seis 5436）被 SGA 捕捉。

对应这一捕捉的采样率显示在底部。

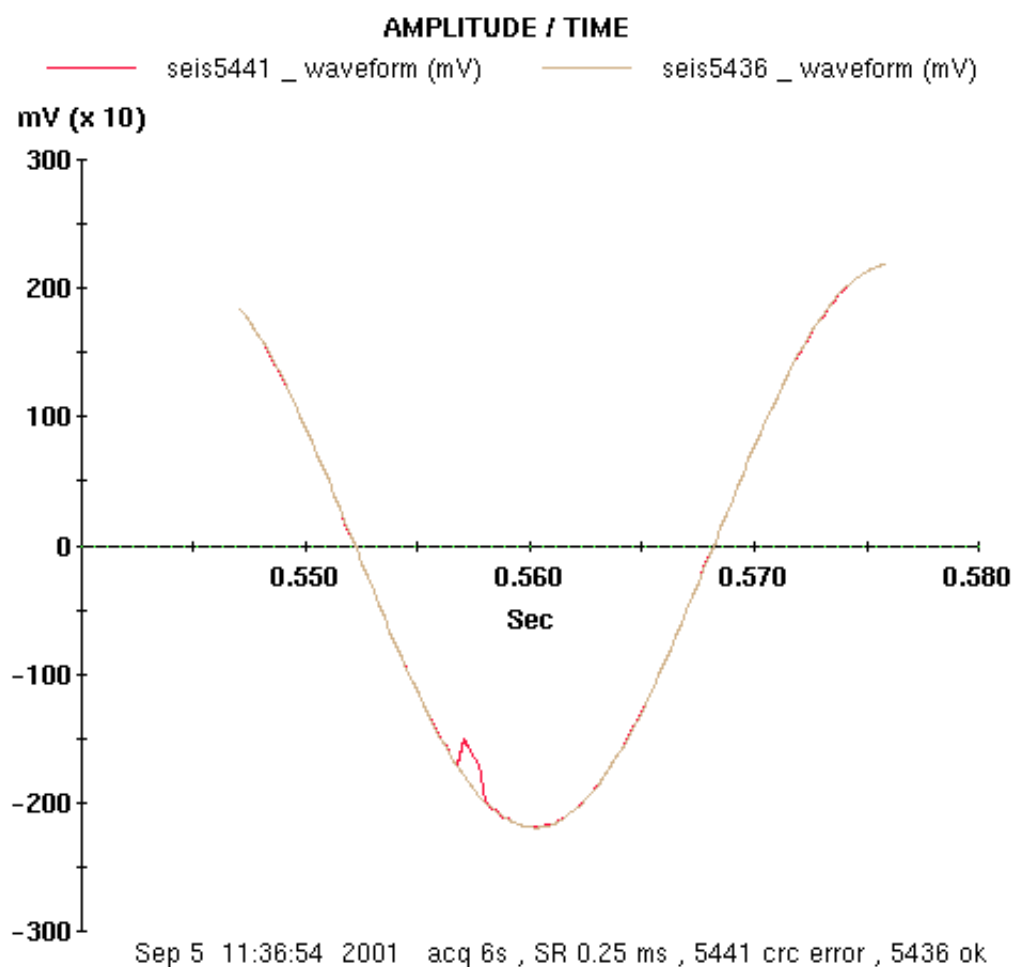


图 9-9 0.25 毫秒采样率

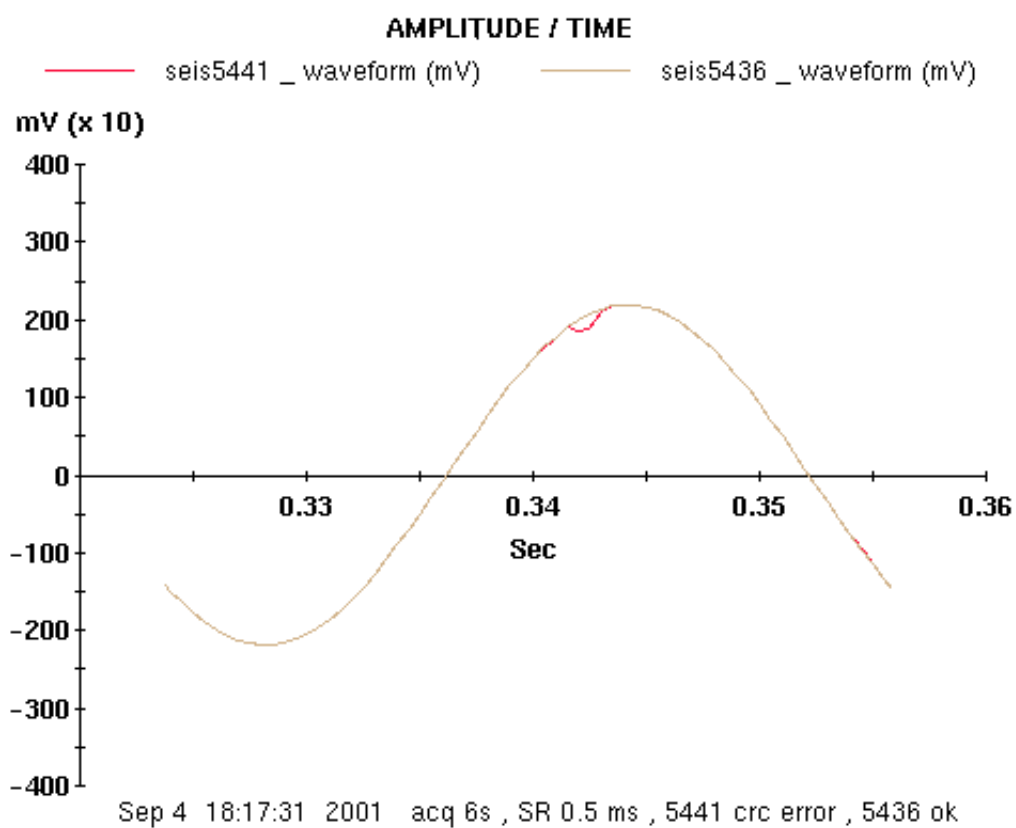


图 9-10 0.5 毫秒采样率

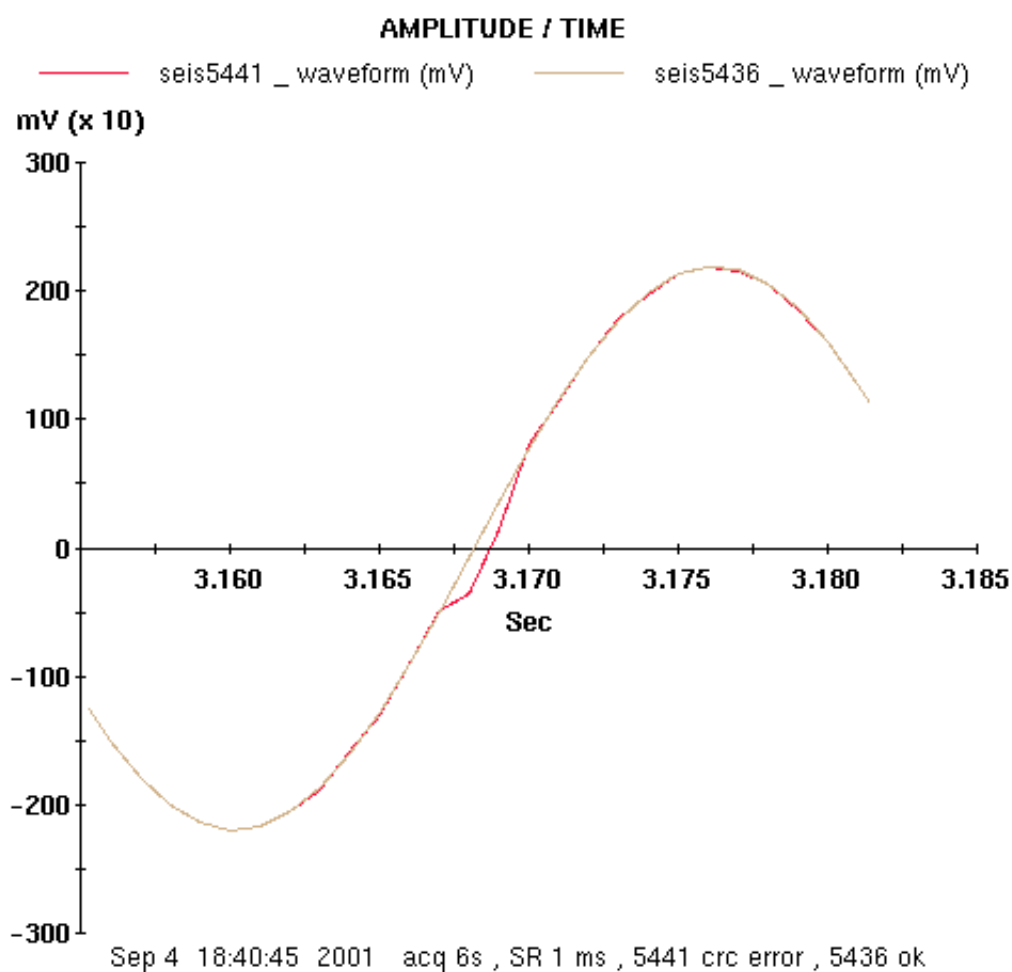


图 9-11 1 毫秒采样率

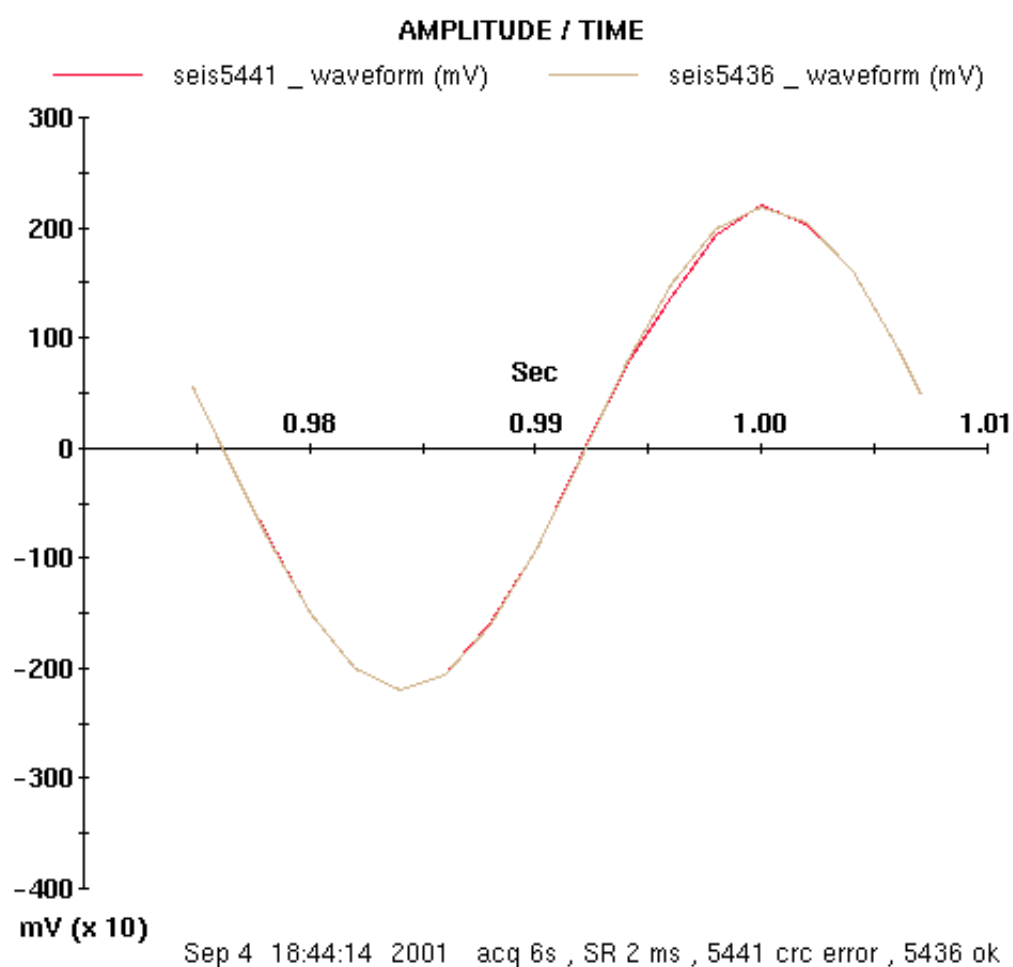


图 9-12 2 毫秒采样率

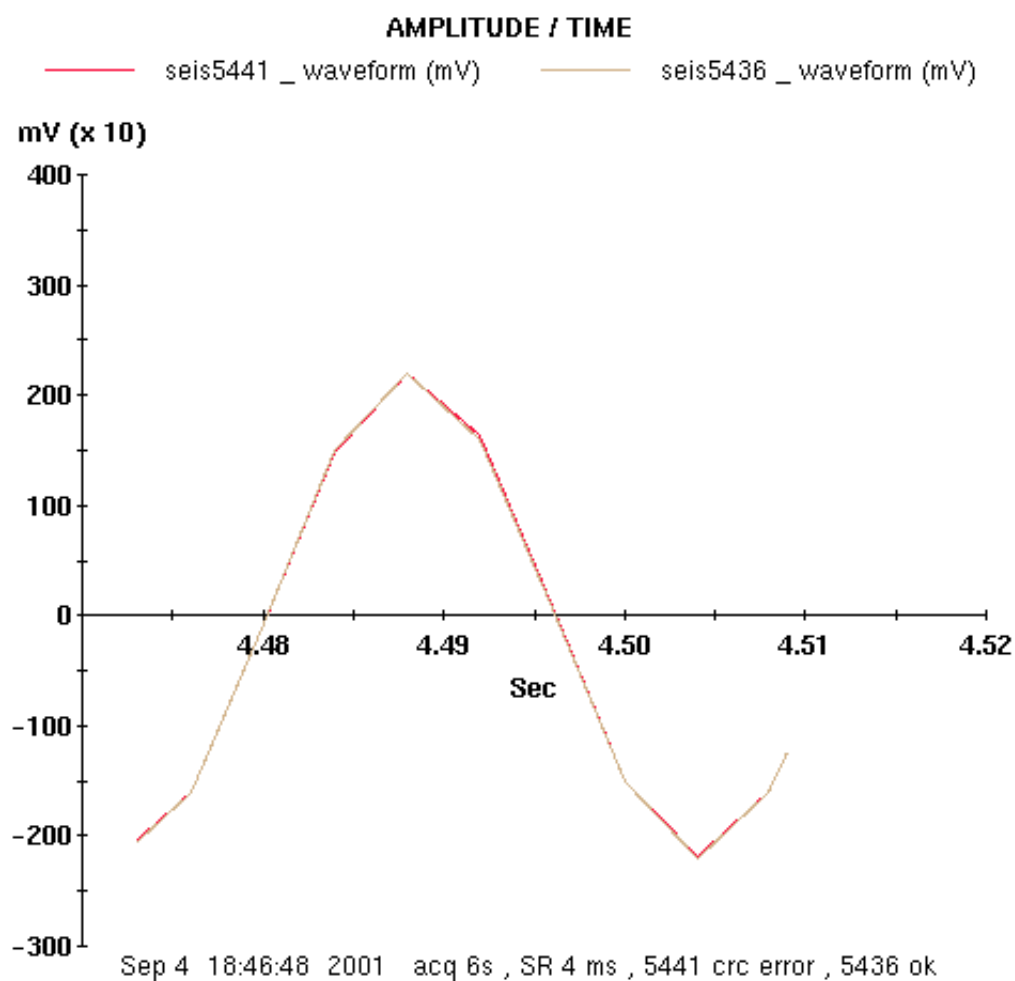


图 9-13 4 毫秒采样率

连续 CRC 错误的影响

这一实验是以 1 毫秒和 2 毫秒采样率在每 100 毫秒的 20 毫秒过程中对所有采集帧创建 CRC 错误。

采集信号为 31.25 赫兹正弦波。

被 CRC 错误更改的记录道显示为红色，并可与显示为棕色的正常记录道进行比较。

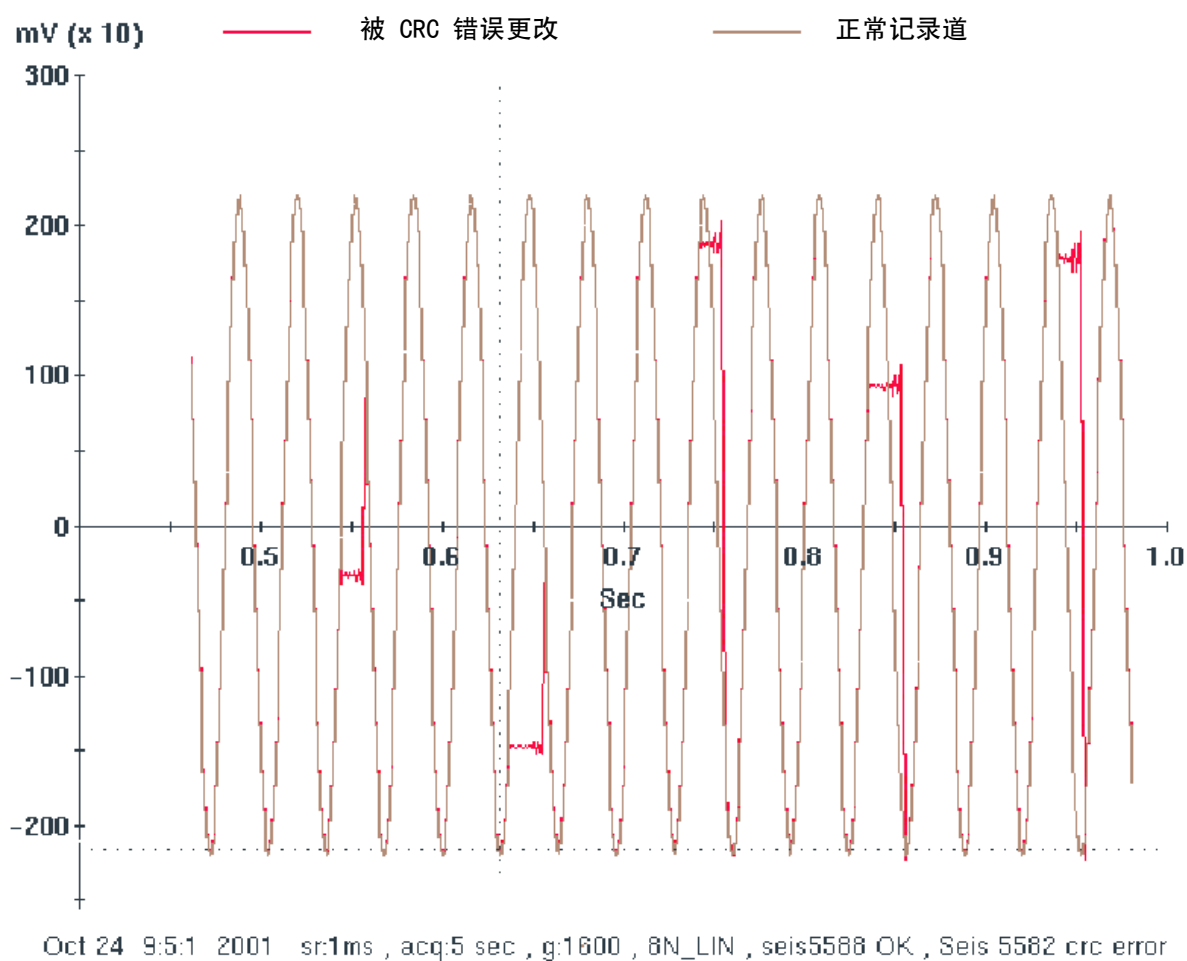
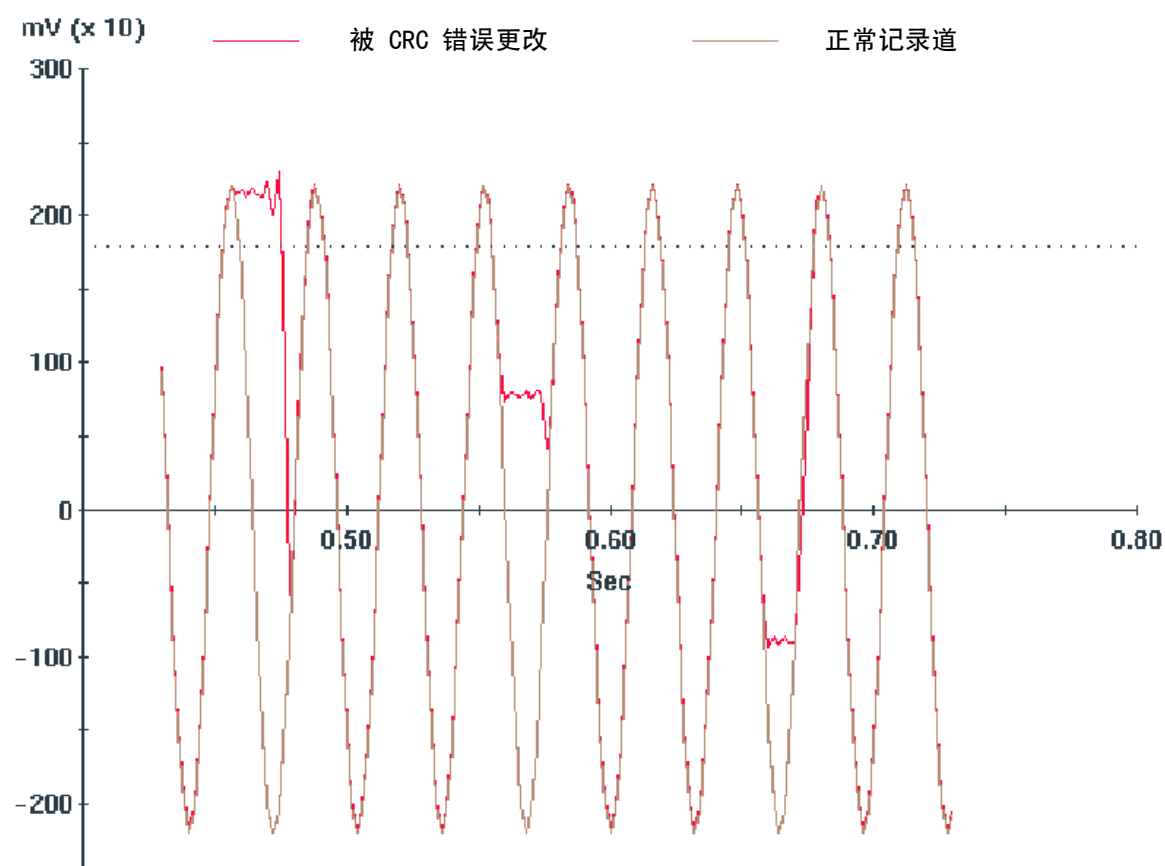


图 9-14 1 毫秒采样率



Oct 23 15:37:51 2001 sr:2ms , acq:5 sec , g:1600 , 8N_LIN , seis5588 OK , Seis 5582 crc error

图 9-15 2 毫秒采样率

用倾斜角校正 DSU3 记录道

概述

根据测试过程中测得的倾斜角，用以下公式对一个 DSU3-428（或 DSU3-408）的垂直记录道、主测线记录道和交叉线记录道进行校正。

要想启用校正选项，请参见用户手册第一册中的第 59 页。

表明是否已完成校正的选项状态，被记录在 SEGD 文件的头段数据块（字节 777–780）中。请参见用户手册第二册中的第 21 页。

倾斜角记录在记录道头段扩展数据块 #3 的第 17 – 20 字节中。请参见用户手册第二册中的第 27 页。

如果已启用倾斜校正而 DSU3 没有任何倾斜测试结果可用，则在其震道上没有进行校正，并会显示一条警告信息。

同样，如果因为所涉及的值是负数而无法计算平方根，则不进行校正并会显示一条警告信息。

DSU3 记录道校正公式

$$V' = a_1 V + b_1 I + c_1 C$$

$$I' = a_2 V + b_2 I + c_2 C$$

$$C' = a_3 V + b_3 I + c_3 C$$

其中：

V 、 I 、 C 为同时采集的 DSU3 的 3 个分量。

V' 、 I' 、 C' 为校正后 DSU3 的 3 个分量。

$$a_1 = S_C \times S_I \times \sqrt{\cos(T_C) \times \cos(T_C) - \sin(T_I) \times \sin(T_I)}$$

$$b_1 = -\sin(T_I)$$

$$c_1 = \sin(T_C)$$

$$a_2 = \tan(T_I) \times \sqrt{\cos(T_C) \times \cos(T_C) - \sin(T_I) \times \sin(T_I)}$$

$$b_2 = \cos(T_I)$$

$$c_2 = \sin(T_C) \times \tan(T_I)$$

$$a_3 = -S_C \times \frac{\sin(T_C)}{\cos(T_I)}$$

$$b_3 = 0$$

$$c_3 = S_C \times \frac{\sqrt{\cos(T_C) \times \cos(T_C) - \sin(T_I) \times \sin(T_I)}}{\cos(T_I)}$$

T_I 为 I 分量的倾斜角。

T_C 为 C 分量的倾斜角。

$$S_C = \text{sign}(\cos(T_C))$$

$$S_I = \text{sign}(\cos(T_I))$$

S_C 和 S_I 可允许使用 V 分量向上的 DSU3 单元。

附录

A

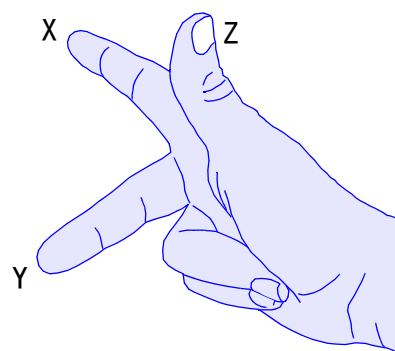
3C 极性约定

在本附录中：

- 右手系统（第 223 页）
- 3C 极性的 SEGD 约定（第 224 页）
- DSU3 倾斜角（第 225 页）

右手系统

DSU3-428（或 DSU3-408）中的三个检波器以直接正交（也称右手）三轴坐标系为参照系。



3C 极性的 SEGD 约定

428XL 数据记录符合 SEGD 对 3C 极性的约定，即：

- 三个分量以垂直轴向下的“右手”三轴坐标系为参照系。

- **POSITIVE** 沿各轴的加速度指向该轴的””向。

以下极性约定用于倾斜角度：

- 绕 C 轴从 V 向 I 旋转为正。
- 绕 V 轴从 I 向 C 旋转为正。
- 绕 I 轴从 C 向 V 旋转为正。

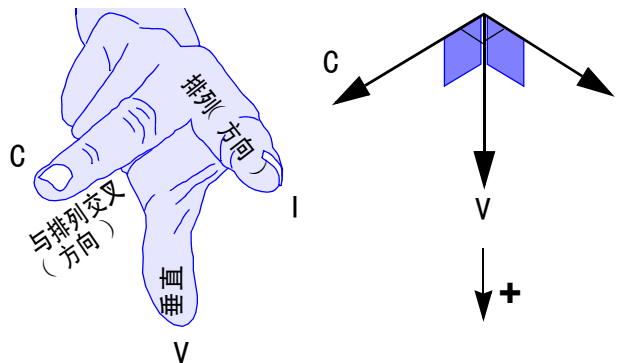


图 A-1

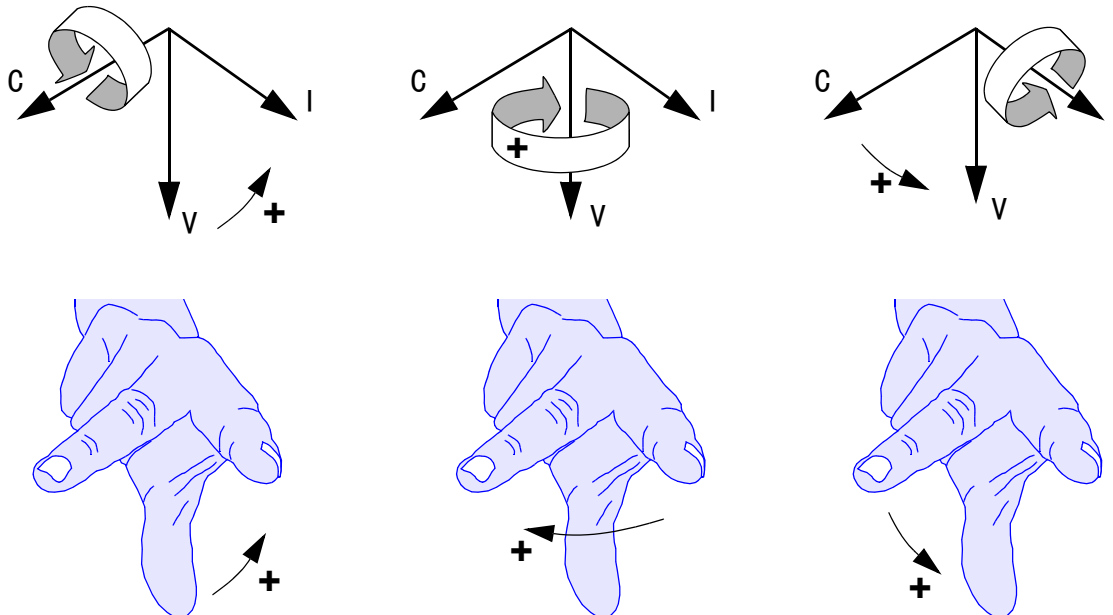


图 A-2

DSU3 倾斜角

倾斜测试显示了 I 震道和 C 震道的倾斜角，即，地震道方向轴与水平面之间的夹角，单位为度。

例如，倾斜测试将显示下图所示的“I 倾斜角”和“C 倾斜角”，其中：

- I' 为 I 在水平面上的投影。
- C' 为 C 在水平面上的投影。

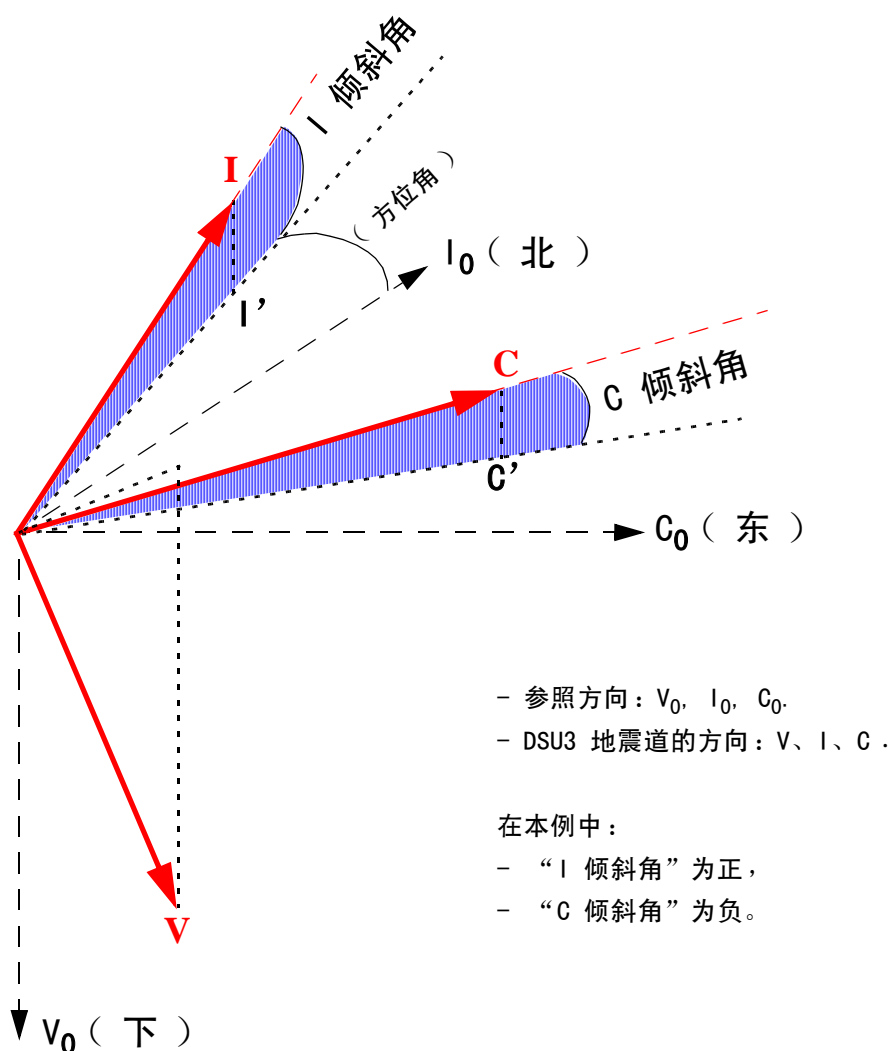


图 A-3

附录

B

428XL 技术规格

本附录包括以下各节：

- 一般介绍 （ 第 228 页 ）
- 最大实时采集能力 （ 第 233 页 ）
- 最大采集或记录长度与记录道数目对比 （ 第 234 页 ）
- 仪器测试技术规格 （ 第 239 页 ）

一般介绍

注 以下所有技术规格均为 25° C 时的典型值。

CENTRAL UNIT ARCHITECTURE		PERFORMANCES	
Client-server architecture: clients can be located anywhere and access server through the web. Server is connected to line interface LCI-428.		Performances are easily scalable, depending on server workstation configuration.	
SERVER		PROCESSING CAPABILITIES	
Workstation :	<p>Sun or PC desktop or laptop, depending on configuration, no screen required</p> <ul style="list-style-type: none"> Blade 2500 mono-processor dual disk 4 GB for impulsive operations and vibroseis up to 4000 channels @ 2 ms Blade 2500 bi-processor dual disk 8 GB for vibroseis operation above 4000 channels @ 2 ms 	<ul style="list-style-type: none"> Correlation before or after stack Vertical or diversity stack Spike editing: zeroing or clipping Alternate or simultaneous multi-source operation Slip sweep HFVS 	
Operating system:	Solaris 8, Linux Red Hat WS4	TRANSMISSION CAPABILITIES	
Software:	e-428 Server Software, performing data computation, storage and handling of local or remote clients	Line data rate:	8 Mbps, compatible with 408UL equipment 16 Mbps, 428XL equipment only
CLIENT		Transverse data rate:	TCP-IP protocol, 100 Mbps Ethernet-based transmission
Station:	PC desktop or laptop, local or remote	HARDWARE CAPABILITIES	
Screens:	Up to 3 per client	SEG-D files are stored temporarily in the server disk prior to be transferred to tape or NAS or QC tools, allowing acquisition to continue during taping incident (tape recording fault tolerant), and allowing SEG-D to be annotated with source and receiver QCs.	
Operating system:	Windows 2000, XP, Linux	Maximum record length:	
Software:	e-428 Client software, performing operator interface and parameters display	Depending on server memory	8 GB allows 10,000 channels 4 fleets vibroseis, 24s acq. length @ 2 ms
LCI-428		Real-time links:	eSQC Pro for data QC SGA for specific trace analysis
Field units management, up to 10,000 channels real time @ 2 ms.		Play-back:	eSQC Pro Plotter
Up to 10 LCI-428 can be linked together to handle up to 100,000 channels real time @ 2 ms.		STORAGE CAPABILITIES	
Operating voltage:	110-220 VAC, 50/60 Hz	Tape drives:	Listed in compatibility list
Power consumption:	6.7 W	NAS	
Operating temperature:	0 to +45°C		
Storage temperature:	-40° to +70°C		
Dimensions (HxWxD):	2U 19" rackable, 86.1 x 483 x 420.7 mm (19 x 16.5 x 3.4 in.)		
Weight:	4.1 kg (9.0 lbs.)		

FDU-428

Functions:	<ul style="list-style-type: none">• Data transmission with CRC control• 24 bits A/D conversion• D/A conversion with programmable bit stream
Input impedance:	
Differential mode	20 k Ω // 77 nF
Common mode	105 k Ω
Full scale input levels	
@ G1600	1.6 V RMS
@ G400	400 mV RMS
Offset:	0 (digitally zeroed)
Crosstalk:	> 130 dB
Low-cut filter:	None
High-cut filter:	0.8 FN (linear or minimum phase)
Stop band attenuation:	> 120 dB (above Nyquist)
Sample rates:	4, 2, 1, 0.5, 0.25 ms
Word size:	24 bits
Time standard:	True synchronous system
Interval between FDU:	@ 8 Mbps: up to 110 m with ST+ cable, 90 m with WPSR cable
	@ 16 Mbps: up to 90 m with ST+ cable, 75 m with WPSR cable

Power consumption:	120 mW @ 8 Mbps, 132 mW @ 16 Mbps
Noise (3-200Hz) :	
@ G1600	450 nV RMS
@ G400	145 nV RMS
Instant dynamic range:	130 dB
System dynamic range:	140 dB
Distortion:	-110 dB
Gain accuracy:	< 0.1%
Phase accuracy:	20 μ s
CMRR:	110 dB
Operating power voltage	22 to 50V DC
Dimensions (HxWxD):	82.5 x 71.4 x 194 mm (3.2 x 2.8 x 7.6 in.)
Weight:	0.35 kg (0.77 lbs.) with ST+ cable
Operating temperatures:	-40° to +70°C
Storage temperatures:	-40° to +70°C
Water depth:	15 m (for WPSR) 1 m (for ST+)

DSU3-428

Functions:	<ul style="list-style-type: none"> • Acceleration measurement and data transmission with CRC control • 24 bits digital acquisition
Full scale:	5 m/s ²
Tilt max value:	+/- 180°
Noise (10-200Hz):	0.4 $\mu\text{m/s}^2/\sqrt{\text{Hz}}$
System dynamic range:	120 dB @ 4 ms
Sampling rate:	4, 2, 1, 0.5, 0.25 ms
Bandwidth:	0 - 800 Hz (up to 1600 Hz with degraded specifications)
Distortion:	-90 dB
Amplitude calibration accuracy:	+/- 0.25%
Orthogonolaty calibration accuracy:	+/- 0.25%
Power consumption:	285 mW @ 8 Mbps, 300 mW @ 16 Mbps
Static sensor tests:	Tilt, gravity, noise
Dynamic sensor tests:	Distortion, gain, phase
Dimensions (HxWxD):	159.2 x 70 x 194 mm (6.2 x 2.7 x 7.6 in.)
Weight:	0.43 kg (0.9 lbs.)
Operating temperatures:	-40° to +70°C
Storage temperatures:	-40° to +70°C
Water depth:	15 m (for WPSR) 1 m (for ST+)

LAUL-428

Functions:	<ul style="list-style-type: none">• FDUs, DSUs and line management, data transmission with error recovery and temporary storage• 50 V line power supply• Tests	
Tests capabilities	<ul style="list-style-type: none">• Power supply• Data transmission• Field tests (resistance, tilt, leakage, noise, CMRR)• Instrument tests (noise, distortion, phase, gain, CMRR, crosstalk)	
Operating power voltage:	10.5 to 15 VDC, 2 battery connectors, to allow uninterrupted operation during battery replacement	
Power consumption:	2.8 W (idle: 320 mW)	
Maximum number of FDUs/DSUs between LAUs (@ 2 ms):		
Cable length between		
FDUs/DSUs	8 Mbps	16 Mbps
5 m	60/20	102/40
10 m	60/20	90/40
15 m	60/20	81/40
20 m	60/20	74/40
25 m	60/20	68/40
30 m	60/20	64/40
35 m	60/20	60/40
40 m	59/20	57/40
45 m	56/20	55/39
50 m	54/20	52/37
55 m	52/20	50/36
60 m	50/20	48/34
70 m	47/20	45/32
80 m	44/20	43/30
90 m	42/20	40/29
100 m	38/20	NA/NA
110 m	37/20	NA/NA
Line data rate:	1000 ch. @ 2 ms @ 8 Mbps, 2000 @ 16 Mbps	
Memory:	30 MB local buffer for non-real time mode transmission	
Material:	Aluminium	
Dimensions (HxWxD):	108 x 93 x 224 mm (4.2 x 3.6 x 8.8 in.)	
Weight:	2.4 kg (5.3 lbs.)	
Operating temperatures:	-40° to +70°C	
Storage temperatures:	-40° to +70°C	
Water depth:	15 m	

LAUX-428		LAUR-428	
Functions:	<ul style="list-style-type: none"> • Ethernet-TCP/IP data transmission and routing (transverse) with error recovery and temporary storage • 50 V line power supply • Tests 	Functions:	<ul style="list-style-type: none"> • Handles 408UL or 428XL links of FDUs or DSUs • Up to 30 channels each side of LAUR-428 • Slave of a cell handled by master LRU
Tests capabilities:	<ul style="list-style-type: none"> • Power supply • Data transmission • Field tests (resistance, tilt, leakage, noise, CMRR) • Instrument tests (noise, distortion, phase, gain, CMRR, crosstalk) 	Tests capabilities:	<ul style="list-style-type: none"> • Power supply • Data transmission • Field tests (resistance, tilt, leakage, noise, CMRR) • Instrument tests (noise, distortion, phase, gain, CMRR, crosstalk)
Operating power voltage:	10.5 to 15 VDC, 2 battery connectors to allow uninterrupted operation during battery replacement	RF transmission:	<ul style="list-style-type: none"> • 30 channels @ 2 ms real-time radio transmission • Bandwidth occupancy 200 kHz • Data rate 256 kbps • Up to 6 W automatically adjusted output power <ul style="list-style-type: none"> - 215-250 MHz international use - 217-218 MHz & 219-220 MHz USA use - 217-220 MHz Canada use
Power consumption:		FCC emission designators:	200 KD1D
LAUX-428	6.7 W (idle 1 W)	Operating power voltage:	10.5 to 15 V DC, 2 battery connectors to allow uninterrupted operation during battery replacement
TREP-428	0.6 W	Power consumption:	
TFOI-428	1.4 W	When retrieving	40.6 W with 30 FDUs connected
Interval between LAUX on transverse:		Sleep mode	2.4 W with receive ON 0.2 W without receiving
Copper wire	up to 6 x 150 m with TREP-428 repeaters and SRHRF cable	Material:	Aluminium
Fiber optics	up to 40 km with TFOI-428 interfaces	Water depth:	1 m
TREP-428 and TFOI-428 are powered through the line by LAUX-428		Operating temperature:	-40° to +70°C
Transverse data rate:	10,000 ch. @ 2 ms	Storage temperature:	-40° to +70°C
Memory:	3 MB local buffer for non-real time mode transmission	Dimensions (HxWxD):	169.5 x 380 x 380 mm (6.7 x 15 x 15 in.) without antenna
Material:	Aluminium	Weight:	12.2 kg (26.8 lbs.)
Water depth:	15 m		
Operating temperature:	-40° to +70°C		
Storage temperature:	-40° to +70°C		
Dimensions (HxWxD):	137 x 312 x 242 mm (5.4 x 12.3 x 9.5 in.)		
Weight:	5.5 kg (12.1 lbs.)		

LRU	
Radio functions:	<p>1 - Communication with another LRU for data transmission with error recovery and temporary storage</p> <ul style="list-style-type: none"> Up to 16 km up to 240 channels* @ 2 ms real-time with Yagi type antenna (8 m mast) Up to 24 km up to 60 channels* @ 2 ms real-time with Yagi type antenna (8 m mast) <p>2 - Master of a cell composed of several LAURs for data transmission with error recovery and temporary storage</p> <ul style="list-style-type: none"> Up to 24 km with Yagi type antenna (18 m mast) Up to 8 km with omni-directional antenna (8 m mast)
Cable functions:	Full LAUX capabilities
Tests capabilities:	<ul style="list-style-type: none"> Power supply Radio data transmission Cable data transmission Field tests (resistance, tilt, leakage, noise, CMRR) Instrument tests (noise, distortion, phase, gain, CMRR, crosstalk)
Antenna spectrum monitoring capability	
Radio setup:	Pocket terminal connection capability
Memory:	3 MB local buffer for non-real time transmission mode
Interval between LRUs or LRU and LAUX on transverse:	<ul style="list-style-type: none"> Up to 300 m with ST+ cable Up to 250 m with WPSR Up to 400 m with WPSRLR
Material:	Aluminium
Dimensions (HxWxD):	225 x 380 x 380 mm (8.8 x 14.9 x 14.9 in.)
Weight:	12.6 kg (27.8 lbs.)
Operating power voltage:	10.5 to 15 VDC, 2 battery connectors, to allow uninterrupted operation during battery replacement
Power consumption:	<p>Master 23 W</p> <p>Slave 80 W when retrieving</p> <p>Sleep 1.2 W</p>
Operating temperatures:	-40° to 70°C
Storage temperatures:	-40° to 70°C
Water depth:	1 m
RF Frequencies:	<ul style="list-style-type: none"> 215-250 MHz international use 217-218 MHz & 219-200 MHz USA use 217-220 MHz Canada use
RF Output power:	RF power management; 6 W nominal
RF Output impedance:	50 Ω
FCC emission designators:	200 KD1D and 800 KD1D
Cable performances:	<p>(Typical @ 2 ms sample rate and 25°C)</p> <p>Maximum number of FDUs per LRU :</p> <ul style="list-style-type: none"> 120 with up to 30 m interval 96 with up to 55 m interval 80 with up to 75 m interval <p>Maximum number of FDUs between LRUs or between LRU and LAU :</p> <ul style="list-style-type: none"> 60 with up to 30 m interval 48 with up to 55 m interval 40 with up to 75 m interval

* the number of channels increases proportionally with the ratio:
(shot time)/(acquisition time)

最大实时采集能力

大线数传输率：	1000 道 @ 2 毫秒 @ 8 Mbps。
	2000 道 @ 2 毫秒 @ 16 Mbps。
交叉线数传率：	10000 道 @ 2 毫秒。
采集：	每个 LCI-428 10000 道 @ 2 毫秒。
传输至驱动器：	

3490E	单独	同时
分组记录道 @ 2 毫秒	1350	1350
非分组记录道 @ 2 毫秒	1350	1350

FUJI 3590	单独	同时
分组记录道 @ 2 毫秒	4500	4500
非分组记录道 @ 2 毫秒	3500	2200

IBM 3590B	单独	同时
分组记录道 @ 2 毫秒	3200	3200
非分组记录道 @ 2 毫秒	3200	3200

IBM 3590E	单独	同时
分组记录道 @ 2 毫秒	5500	5500
非分组记录道 @ 2 毫秒	5500	5500

LT0	单独	同时
分组记录道 @ 2 毫秒	4500	4500
非分组记录道 @ 2 毫秒	4500	4500

3592	单独	同时
分组记录道 @ 2 毫秒	13000	13000
非分组记录道 @ 2 毫秒	13000	13000

注：以上数字是根据系统处理能力推导出来的。要想确定最大采集能力，还应考虑随采集长度和记录长度（第 233 页）而改变的允许记录道数目，并选择其中最低的数字。

最大采集或记录长度与记录道数目对比

表 B-1 至表 B-9 给出了针对每种类型震源信号（可控震源地震、脉冲、测试）的最大允许采集或记录长度。

允许的采集或记录长度取决于以下因素：

- 测线数传率（16 或 8 Mbps）；
- 428XL 服务器机器的内存大小；
- 采样率；
- 每个 LCI-428 中记录道数目；
- 处理软件中允许的最大样本数目由 Administration（管理）窗口中“Maximum Nb Of Samples”（最大采样数）参数设置（默认值为 12001）决定。

表 B-1 至表 B-9 中数字的假设条件是“Maximum Nb Of Samples”（最大采样数）参数设为 128001。

如果该参数设为 12001，则将得到更短的最大采集长度。

例如，在表 B-1 中，每个配备 125 个记录道的 LCI-428 的最大采集长度减小至：

- 48 秒（而非 99）@ 4 毫秒采样率；
- 12 秒（而非 99）@ 1 毫秒采样率；
- 3 秒（而非 32）@ 0.25 毫秒采样率；

可控震源

表 B-1 LAUL428 @ 16 或 8 Mbps，服务器内存为 8-GB

数据秒数与每个 LCI-428 中记录道数目对比								
S. R (毫 秒)	记录道							
	125	250	500	1000	2000	4000	8000	10000
4	99	99	99	99	99	99	55	44
2	99	99	99	99	99	55	27	22
1	99	99	99	99	55	27	13	11
0.5	64	64	64	55	27	13	6	5
0.25	32	32	32	27	13	6	3	2

表 B-2 LAUL408 @ 8 Mbps，4-GB 服务器内存

数据秒数与每个 LCI-428 中记录道数目对比								
S. R (毫 秒)	记录道							
	125	250	500	1000	2000	4000	8000	10000
4	99	99	99	99	95	47	23	19
2	99	99	99	95	47	23	11	9
1	99	99	95	47	23	11	5	4
0.5	64	64	47	23	11	5	2	2
0.25	32	32	23	11	5	2	1	1

注：对于 3490E 磁带驱动器，记录长度限制为 64 秒 @2 毫秒。

脉冲震源

表 B-3 LAUL428 @ 16 或 8 Mbps，8-GB 服务器内存，FDU

数据秒数与每个 LCI-428 中记录道数目对比									
LAU 之间 FDU 地震道数目	S. R (毫 秒)	记录道							
		125	250	500	1000	2000	4000	8000	10000
48	4	99	99	99	99	99	99	55	44
	2	99	99	99	99	99	55	27	22
	1	99	99	99	99	55	27	13	11
	0.5	64	64	64	55	27	13	6	5
	0.25	32	32	32	27	13	6	3	2

表 B-4 LAUL428 @ 16 Mbps，8-GB 服务器内存，DSU3-428

数据秒数与每个 LCI-428 中记录道数目对比									
LAU 之间 DSU3 地震道数目	S. R (毫 秒)	记录道							
		125	250	500	1000	2000	4000	8000	10000
120 (即， 40 个 DSU3)	4	99	99	99	99	99	99	55	44
	2	99	99	99	99	99	55	27	22
	1	85	85	85	85	55	27	13	11
	0.5	42	42	42	42	27	13	6	5
	0.25	21	21	21	21	13	6	3	2

表 B-5 LAUL408 @ 8 Mbps, 8-GB 服务器内存

数据秒数与每个 LCI-428 中记录道数目对比									
LAU 之间 FDU 地震道数目	S. R (毫 秒)	记录道							
		125	250	500	1000	2000	4000	8000	10000
48	4	66	66	66	66	66	66	55	44
	2	33	33	33	33	33	33	27	22
	1	16	16	16	16	16	16	13	11
	0.5	8	8	8	8	8	8	6	5
32	0.25	6	6	6	6	6	6	3	2

表 B-6 LAUL408 @ 8 Mbps, 4-GB 服务器内存

数据秒数与每个 LCI-428 中记录道数目对比									
LAU 之间 FDU 地震道数目	S. R (毫 秒)	记录道							
		125	250	500	1000	2000	4000	8000	10000
48	4	66	66	66	66	66	47	23	19
	2	33	33	33	33	33	23	11	9
	1	16	16	16	16	16	11	5	4
	0.5	8	8	8	8	8	5	2	2
32	0.25	6	6	6	6	5	2	1	1

测试

表 B-7 LAUL428 @ 8 Mbps, 8-GB 服务器内存, FDU

数据秒数与每个 LCI-428 中记录道数目对比									
LAU 之间 FDU 地震道数目	S. R (毫 秒)	记录道							
		125	250	500	1000	2000	4000	8000	10000
60	4	99	99	99	99	99	99	55	44
	2	99	99	99	99	99	55	27	22
	1	99	99	99	99	55	27	13	11
48	0.5	64	64	64	55	27	13	6	5
	0.25	32	32	32	27	13	6	3	2

表 B-8 LAUL428 @ 16 Mbps, 8-GB 服务器内存, DSU3-428

数据秒数与每个 LCI-428 中记录道数目对比									
LAU 之间 DSU3 地震道数目	S. R (毫 秒)	记录道							
		125	250	500	1000	2000	4000	8000	10000
120 (即, 40 个 DSU3)	4	99	99	99	99	99	99	55	44
	2	99	99	99	99	99	55	27	22
	1	76	76	76	76	55	27	13	11
	0.5	38	38	38	38	27	13	6	5
	0.25	19	19	19	19	13	6	3	2

关于 DSU3 串音干扰测试的注释:

- @ 1 毫秒采样率: 要求最小长度为 5.5 秒;
- @ 2 或 4 毫秒采样率: 要求最小长度为 8 秒;
- @ 0.5 或 0.25 毫秒采样率: 不允许串音干扰测试。

表 B-9 LAUL408 @ 8 Mbps, 4-GB 服务器内存

数据秒数与每个 LCI-428 中记录道数目对比									
LAU 之间 FDU 地震道数目	S. R (毫 秒)	记录道							
		125	250	500	1000	2000	4000	8000	10000
60	4	48	48	48	48	48	47	23	19
	2	24	24	24	24	24	23	11	9
	1	12	12	12	12	12	11	5	4
48	0.5	7	7	7	7	7	5	2	2
32	0.25	5	5	5	5	5	2	1	1

仪器测试技术规格

FDU-428

B

0.25 毫秒采样率

- 最大畸变：-103 dB。
- 最小共模抑制：100 dB。
- 最大增益误差：3.0%。
- 最大相位误差：30 微秒。
- 最大噪声（0 dB 增益，1600 毫伏刻度）：16.0 微伏。
- 最大噪声（12 dB 增益，400 毫伏刻度）：4.0 微伏。
- 最小串音干扰抑制：110 dB。

0.5 毫秒采样率

- 最大畸变：-103 dB。
- 最小共模抑制：100 dB。
- 最大增益误差：1.5%。
- 最大相位误差：25 微秒。
- 最大噪声（0 dB 增益，1600 毫伏刻度）：2.0 微伏。
- 最大噪声（12 dB 增益，400 毫伏刻度）：0.5 微伏。
- 最小串音干扰抑制：110 dB。

1 毫秒采样率

- 最大畸变：-103 dB。
- 最小共模抑制：100 dB。
- 最大增益误差：1.0%。
- 最大相位误差：20 微秒。
- 最大噪声（0 dB 增益，1600 毫伏刻度）：1.4 微伏。
- 最大噪声（12 dB 增益，400 毫伏刻度）：0.35 微伏。
- 最小串音干扰抑制：110 dB。

2 毫秒采样率

- 最大畸变：-103 dB。
- 最小共模抑制：100 dB。
- 最大增益误差：1.0%。
- 最大相位误差：20 微秒。
- 最大噪声（0 dB 增益，1600 毫伏刻度）：1.0 微伏。
- 最大噪声（12 dB 增益，400 毫伏刻度）：0.25 微伏。
- 最小串音干扰抑制：110 dB。

4 毫秒采样率

- 最大畸变：-103 dB。
- 最小共模抑制：100 dB。
- 最大增益误差：1.0%。
- 最大相位误差：20 微秒。
- 最大噪声（0 dB 增益，1600 毫伏刻度）：0.7 微伏。
- 最大噪声（12 dB 增益，400 毫伏刻度）：0.18 微伏。
- 最小串音干扰抑制：110 dB。

DSU3-428

针对所有采样率：

- 重力：3 %。
- 最大畸变：-60.0 dB（与噪声相关）。
- 最大增益误差：3.0 %。
- 最大相位误差：20 微秒。
- 最小串音干扰抑制：80.00 dB（与噪声相关）。

B

索引

IM = 安装手册

U1 = 用户手册第一册

U2 = 用户手册第二册

U3 = 用户手册第三册

TM = 技术手册

· 图形 U1: 88

Numerics

3592 盒式磁带机 IM: 122

3C

· 极性, SEGD U3: 223

408ULS

· 操作 IM: 185

A

Abort

· Plot U1: 445

Acquisition

· index, process type U1: 222

· local U1: 395

· test, TMS428 TM: 91

· type, Process type U1: 223

Activity

· 窗口 U1: 82

ADC

· test, TMS428) TM: 87

Additional

· effects U1: 328

Advance II U3: 76

Advanced

· connection parameters U1: 33

Again

· Plot U1: 445

AGC

· 绘图仪 U1: 455

APS

· 文件格式 U2: 47

Auto

· Corr Peak Time U1: 224

· Level, vib drive U1: 407

· Lift, VE432 U1: 383

Automation

· Continuous, shooting U1: 241

· Discontinuous, shooting U1: 242

· Manual, shooting U1: 242

· shooting U1: 241

Auxiliary

· channels, Comments U1: 118

· channels, Gain U1: 117

B

Backup

· setup U1: 81

Battery

· polarity test (TMS428) TM: 86

· threshold LED test TM: 85

Blade 2000

· 减震座部件 IM: 44

Blade 2500

· 减震座部件 IM: 43

Blocking

· trace U1: 349

BoomBox U1: 63

Box

· type, detour U1: 119

Break

· Point U1: 235

Browser

· settings U1: 34

Buffer U1: 60

C

Camp

- distance to, alarm U1: 326

Changing

- Serial number (TMS428) TM: 96

Clipping

- method (noise elimination) U1: 275
- noise editing type U1: 253
- plotter U1: 460

Cluster U1: 249

CMRR

- Instrument test U1: 187
- 测试, FDU U3: 152
- 测试, 检波器 U3: 171
- 测试, 野外 (TMS428) TM: 73
- 测试记录结果恢复 U3: 99
- 检波器串 U3: 202
- 仪器 (TMS428) TM: 77

COG

- radius threshold U1: 295

Comments

- Auxiliary channels U1: 118
- setup, Operation window U1: 237

Common

- Mode Rejection U1: 187

Compound

- basic sweep signal U1: 378

Consumption

- port, TMS428 TM: 88

Continuity

- test limit U1: 109

Continuous

- shooting U1: 241

Copy

- function (Export window) U1: 357

CopyMedia U3: 14

Correlation

- Pilot Aux channel U1: 224

CRC 误差 U3: 209

Crossline

- spacing, AGC U1: 457

Custom

- basic sweep signal U1: 375

Cygwin IM: 92

D

DAC

- 电流粗校正 U3: 108
- 电流精校正 U3: 114
- 共模电阻 U3: 122

Data

- computation domain, vib QC U1: 388

Delay

- basic sweep signal U1: 379
- lift up U1: 408
- refraction, process type U1: 222
- speed alarm U1: 327

Description

- Generic Line U1: 125
- Generic spread U1: 126
- Receiver section U1: 107

Desktop U1: 35

Detection

- fiber, TMS428 TM: 89

Detour U1: 118

Discontinuous

- shooting U1: 242

Disk

- buffer U1: 60

Display

- Traces per inch U1: 460

Diversity

- stack U1: 252

DPG

- Slave U1: 364
- 数目 U1: 63

Drive

- level
 - high U1: 407
 - low U1: 407
- tape, install U1: 65

DSD

- Get U1: 398
- setting U1: 397
- 参考信号 U1: 385
- 网络 U1: 364

- 网络, 导航 U1: 260
- 状态, 获取 U1: 384

DSP

- DRAM 和 DPR 测试 TM: 84

DSU

- 布设 IM: 168
- 测试 TM: 141
- 拆卸说明 TM: 174
- 重新组装说明 TM: 175

DSU3

- 测试原理 U3: 179
- 记录道校正公式 U3: 221
- 倾斜度校正 U1: 146

DSU3-428

- 测试技术规格 U3: 241
- 测试仪 (DSUT428) TM: 99
- 在 Line (测线) 窗口中 U1: 138

DSUT

- 安装, 软件 TM: 105
- 安装, 硬件 TM: 103
- 测试报告 TM: 137
- 测试顺序编辑器 TM: 121
- 存档 TM: 136
- 登录 TM: 114
- 技术规格 TM: 100
- 密码 TM: 114
- 入门 TM: 114
- 统计 TM: 134
- 维修日志文件 TM: 130
- 维修助手 TM: 129
- 运行测试 TM: 122

E

Editing

- number of windows (noise) U1: 253
- Zeroing Length (noise) U1: 253
- Zeroing Taper Length (noise) U1: 253

Effect

- speed alert U1: 328

Enable

- instruments U1: 59

EOF U1: 352

EOM U1: 353

ESD TM: 15

Ethernet

- port, testing (TMS428) TM: 92

Exponential

- time, plotter U1: 456

F

FDU

- INPUT 接头连接器 IM: 296
- LAU 间最大数目 IM: 174, IM: 175
- 标定 U3: 101
- 采集链中数目, LT428 IM: 226
- 拆卸说明 TM: 169
- 电源 IM: 173
- 连接器, 更换 TM: 210
- 设备类型 (SEGD) U2: 29
- 输入极性 IM: 296
- 重新组装说明 TM: 170

FDU-428

- 测试技术规格 U3: 239

Fiber

- detection, TMS428 TM: 89

Files

- per tape U1: 348

Filters

- plotter U1: 458

Firing

- Order (F0), process type U1: 221

Firmware

- upgrading (TMS428) TM: 95
- version, reading (TMS428) TM: 93

First

- waypoint U1: 299

Fleet

- vibrator, crew U1: 364

FM4 插头组装

- ST+ 电缆 TM: 235
- WPSR 电缆 TM: 240

F0 窗口 U1: 390

FTP

- 服务器 U1: 65
- 服务器, 在电脑上安装 IM: 142
- 服务器设置 U1: 351

FUJI 3x90

- 地址, 更改 IM: 112

- 地址, 显示 IM: 113

G

Gain

- Auxiliary channels U1: 117

Gap U1: 107

Generic

- spread, description U1: 126

Geographic

- AGC U1: 456

Geozone

- 警报 U1: 324

Get

- DSD U1: 398

Global

- rendering, plotter U1: 460

GoBook

- Q200 IM: 189
- 连接 IM: 191
- 入门 IM: 192

GoBook Q200

- 安装 IM: 155
- 备份 IM: 158
- 电池 IM: 154
- 快速指南 IM: 152
- 重新安装 IM: 159

GPS

- port, testing (TMS428) TM: 93
- 时间管理 U1: 78

Grabbing

- VP U1: 296

H

HDOP U2: 51

Header

- external, size U1: 80

Help

- language U1: 34

High

- box, detour U1: 120
- channel, detour U1: 120
- drive level U1: 407
- Line, sync U1: 383
- SN, detour U1: 120

Historical

- Noise Editing U1: 252

I

ID

- vibrator U1: 364

Inactive

- units (detour) U1: 118

Increment

- Marker U1: 115
- Shot U1: 246
- VP to do U1: 248

Init

- Thresh U1: 255

Inline

- spacing, AGC U1: 457

Input

- servo control loop U1: 406

Internal

- ADC, testing (TMS428) TM: 87

IP 地址

- 428XL 本地网络 IM: 32
- TMS428 TM: 40
- 客户机 IM: 90
- 内联网 IM: 54, IM: 60

J

JBOD FC U1: 60

L

Lab

- distance to, alarm U1: 326

Language

- help U1: 34

LAU 测试

- XILINX 装载 TM: 85
- 传输 TM: 89

LAUL428 IM: 297

- 拆卸说明 TM: 180
- 电缆更换 TM: 179
- 电源 IM: 173
- 间距 IM: 173, IM: 174
- 接头连接器

- LAUL
 - XDEV IM: 297
 - 连接器 IM: 297
 - 重新组装说明 TM: 181
- LAUR
 - 拆卸说明 TM: 192
 - 重新组装说明 TM: 193
- LAUX428
 - 拆卸说明 TM: 186
 - 电源 IM: 173
 - 接头连接器
 - LAUX
 - LINE IM: 298
 - TRANSVERSE IM: 298
 - XDEV IM: 299
 - 电源 IM: 298
 - 重新组装说明 TM: 187
- LCI
 - 地址 U1: 60
 - 更改 U1: 58
 - 振荡器, 调节 TM: 17
- Leakage
 - Line port, TMS428 TM: 88
 - Test limit U1: 110
- LED
 - Run, testing (TMS428) TM: 87
- LED 测试
 - DSU TM: 141
- Length
 - record, process type U1: 221
 - Zeroing (noise) U1: 253
 - Zeroing Taper (noise) U1: 253
- Level
 - auto, vib drive U1: 407
- Licence
 - code, entering U1: 61
- Lift
 - up delay U1: 408
- Line
 - Generic U1: 125
 - number U1: 106
 - port, leakage test (TMS428) TM: 88
 - port, transmission test (TMS428) TM: 90
 - power polarity (TMS428) TM: 92
 - splitting U1: 115
- LINE 接头连接器
 - LAUX IM: 298
- Linear
 - basic sweep signal U1: 367
- Listening
 - time U1: 221
- LLX400。请参见激光中继
- Load
 - Thresh U1: 256
- Local
 - acquisition U1: 395
 - disk U1: 60
 - oscillator, testing (TMS428) TM: 89
- Look
 - DSD U1: 392
 - test (TMS428) TM: 93
- Look&Feel U1: 35
- Loop
 - servo control U1: 406
- Low
 - box, detour U1: 119
 - channel, detour U1: 120
 - drive level U1: 407
 - SN, detour U1: 119
 - Trace U1: 254
 - Trace Value U1: 254
- LP 追踪功能, DSU TM: 131
- LRU
 - 半双工 IM: 235
 - 拆卸说明 TM: 200
 - 降敏 IM: 239
 - 频率 IM: 236, U1: 168
 - 时分复用 U1: 173
 - 休眠 U1: 180
 - 重新组装说明 TM: 201
- LT
 - 测线号 IM: 197
 - 检波器型号 IM: 199
 - 接收点号 IM: 198
 - 位置 IM: 195, IM: 197
- LT428
 - 保存接收点倾斜度模型 IM: 210

- 结果 IM: 217
- 连接 IM: 191
- 轻敲检测 IM: 196, IM: 223
- 入门 IM: 192
- 设置 LT 位置 IM: 195, IM: 197
- 设置检测界限 IM: 195, IM: 201
- 设置通用参数 IM: 195, IM: 199
- 通电 IM: 192
- 野外检测 IM: 212
- 仪器检测 IM: 211
- 运行测线检测 IM: 204
- 运行交叉线检测 IM: 214
- 执行测线检测 IM: 196
- 执行交叉线检测 IM: 196
- 主菜单 IM: 194
- 自检 IM: 193

LTO 地址, 更改 IM: 118

LXIU。请参见激光中继

M

MACHA U3: 83

Macha 爆炸机 U1: 63

MAC 地址 U1: 64

Management

- time U1: 78

Manual

- shooting U1: 242

Marker

- increment U1: 115

Marking, stop U1: 120

Max

- speed U1: 327
- speed, scale U1: 298

Min

- High Drive U1: 408
- Low Drive U1: 407

Mode

- display, plotter U1: 460

MRU U1: 66

N

NAS

- 存档系统 U1: 65
- 救援模式 IM: 140

NAS 系统 IM: 128

- 减震架零件 IM: 129
- 连接 IM: 130
- 用户网络 IM: 136
- 用户网络上的 IP 地址 IM: 133
- 重新安装 IM: 137

Next

- Plot U1: 445

NFS

- 磁盘设置 U1: 350
- 服务器 U1: 65

No

- reply U1: 325

Noise

- Test limit U1: 110

Noisy

- Trace % U1: 254

Normalization

- plotter U1: 456

Number of

- windows, noise editing U1: 253

O

Off

- Line U1: 82

On

- Line U1: 82

Orientation

- plotter page U1: 459
- test, LAUL (TMS428) TM: 92

Oscillator

- local, testing (TMS428) TM: 89

P

Page

- setup, plotter U1: 459

PCMCIA

- 工具 U1: 408

Pilot

- Aux channel U1: 224

Plot

- abort U1: 445
- Again U1: 445
- Next U1: 445

Plotter

- mode, display U1: 460
- scaling U1: 457

Point Code

- FDU channels U1: 108

Polarity

- battery, test (TMS428) TM: 86
- test, line power (TMS428) TM: 92

Port

- consumption, TMS428 TM: 88
- switching test (TMS428) TM: 91
- voltage, testing (TMS428) TM: 86

Power

- polarity, line (TMS428) TM: 92

Process

- type, Log shooting setup U1: 437
- Type, setup U1: 237

Processing

- Crossline spacing, plotter U1: 457
- filter, plotter U1: 458
- Geographic AGC, plotter U1: 456
- Inline spacing, plotter U1: 457
- Normalization, plotter U1: 456
- Time, exponential U1: 456
- Window length (AGC) U1: 456
- Wz velocity, plotter U1: 456

Pseudorandom

- basic sweep signal U1: 374

Pulse

- basic sweep signal U1: 373

Q

Q200 IM: 189

- 安装 IM: 155
- 备份 IM: 158
- 电池 IM: 154
- 快速指南 IM: 152
- 连接 IM: 191
- 入门 IM: 192
- 重新安装 IM: 159

QC

- 数据 (如何查看) U1: 97

Quality

- COG radius threshold U1: 295

- Vib position accuracy U1: 297

R

Random

- basic sweep signal U1: 374

Read

- traceability, FDU (TMS428) TM: 80
- traceability, LAU (TMS428) TM: 95
- user info (TMS428) TM: 94

Receiver

- section U1: 107

Record

- Instrument tests U1: 183
- length, Intrument tests U1: 186
- length, process type U1: 221

Redhat

- 安装, 服务器 IM: 50

Refraction

- delay, process type U1: 222

Release

- tape drive U1: 353

Rendering

- global, plotter U1: 460

Reply

- alarm U1: 325

Repository U1: 60

Resistance

- Sensor test U1: 188

Return

- Pilot U1: 385
- signal, DSD U1: 384
- sweep, vib U1: 385

Reversed

- Marking option U1: 115

Rewind

- tape U1: 353

Run

- LED, testing (TMS428) TM: 87

RVT300 IM: 146

S

S N (serial number)

- detour U1: 119

- Save
 - Thresh U1: 256
- Scaling
 - plotter U1: 457
- SEGD
 - 3C 极性 U3: 223
 - Trace Blocking U1: 349
 - 代码 U1: 110
 - 格式 U2: 9
 - 设置 U1: 80
 - 修订, 选择 U1: 80
- Seismonitor U1: 95
- Select
 - vib (Look) U1: 392
- Sensor
 - Resistance test U1: 188
 - tests, Look U1: 128
 - Tilt model U1: 189
 - Tilt test U1: 189
- Sequencer
 - Shallow U3: 81
- Sequential
 - time, plotter U1: 460
 - trace, plotter U1: 460
- Serial
 - number, changing (TMS428) TM: 96
 - number, detour U1: 119
- Servo
 - input U1: 406
 - setting U1: 406
- Set
 - DSD U1: 397
 - Servo U1: 406
- Settings
 - browser U1: 34
 - help U1: 34
- SFL
 - 排列第一条测线 U1: 237
- SFN
 - 排列第一个号码 U1: 237
- SGD-S
 - 爆炸机电缆 IM: 300
- SGDS U3: 84
- SGS
 - 放炮系统 U1: 63
- Shallow
 - Sequencer U3: 81
- Shallow 爆炸机 U1: 63
- Shot
 - automation U1: 241
 - Id U1: 235
 - Id, Log shooting setup U1: 437
 - increment U1: 246
- ShotPro
 - 安装 U1: 63
 - 接口连接 U3: 77
- Signal
 - return sweep U1: 385
- Size
 - external header U1: 80
- Slave
 - DPG U1: 364
- Snaking U1: 115
- Solaris 安装 IM: 63
- Source
 - Line U1: 236
 - Receiver U1: 236
- Spacing
 - crossline (AGC) U1: 457
 - inline (AGC) U1: 457
- Speed
 - alarm U1: 328
 - maximum U1: 327
 - maximum, scale U1: 298
- Split
 - line U1: 115
- Spread
 - Superspread U1: 237
 - type U1: 236
- SPS 相似文件格式 U2: 47
- SST
 - 测试方案 TM: 53
- ST 电缆
 - 修理 TM: 220
- ST+ 电缆
 - 修理 TM: 220
- Step
 - Vibroseismic source U1: 248
- Stop
 - Marking U1: 120

Superspread U1: 237

Swath

- Id U1: 236

Sweep

- return signal U1: 385

Switching

- port (TMS428) TM: 91

Sync

- high line U1: 383

T

T0

- Repeat Times U1: 389
- 模式 U1: 390
- 设置 U1: 389

Tape

- drive, install U1: 65
- Label U1: 348
- Number U1: 348
- number of files U1: 348
- setup, Export window U1: 348

TB

- 窗口, SEGD U2: 17
- 窗口, 处理类型 U1: 222

Tb 至 T0 时间 (SEGD) U2: 18

TCX0, LCI 板 TM: 17

Test

- limit
 - Continuity U1: 109
 - Leakage U1: 110
 - Noise U1: 110
 - Tilt U1: 110

TF01

- 板, 更换 TM: 261
- 拆卸说明 TM: 255
- 电缆 TM: 255
- 重新组装说明 TM: 262

Threshold

- COG radius U1: 295
- Init U1: 255
- Init Value, noise editing U1: 254
- Load U1: 256
- Save U1: 256
- type, other vibrator systems U1: 465

Tilt

- correction, enable U1: 59
- Model U1: 189
- test U1: 189
- Test limit U1: 110

Time

- exponential, plotter U1: 456
- listening U1: 221
- management U1: 78
- Sequential, plotter U1: 460

TMS408

- 安装 TM: 30
- 接地 TM: 30
- 连接 FDU 采集链 TM: 57
- 连接 LAUL TM: 58
- 连接 LAUX TM: 59

TMS408 技规格

- 物理 TM: 29

TMS408 技术规格

- 电气 TM: 29
- 环境 TM: 29

TMS428 U3: 102

- 测试报告 TM: 62
- 定制测试 TM: 65
- 固件更新 TM: 49
- 技术规格 TM: 27
- 模板 TM: 42
- 软件, 安装 TM: 32
- 主窗口 TM: 47

TMU428 U3: 102

Tn U1: 372

- 基本扫描信号 U1: 372

Tools

- ST+ FM4 plug replacement TM: 235
- STSR FM4 plug replacement TM: 240
- WPSR FM4 plug replacement TM: 240

Trace

- blocking U1: 349
- Low U1: 254
- Noisy percentage U1: 254
- Sequential, plotter U1: 460

Trace Header

- Extension block 2 (SEGD) U2: 25

Traceability

- FDU, read (TMS428) TM: 80

- FDU, write (TMS428) [TM: 80](#)
- LAU, read (TMS428) [TM: 95](#)
- LAU, write (TMS428) [TM: 96](#)

Traces

- per inch [U1: 460](#)

Tracking

- vehicle setup [U1: 298](#)

Transmission

- Line port (TMS428) [TM: 90](#)
- Transverse port (TMS428) [TM: 90](#)

Transverse

- port, transmission test (TMS428)
[TM: 90](#)

TREP

- 拆卸说明 [TM: 207](#)
- 重新组装说明 [TM: 208](#)

Type

- box, detour [U1: 119](#)

U

ULS 技术 [IM: 22](#)

- 布设 [IM: 181](#)
- 操作 [IM: 185](#)
- 在 Line (测线)窗口中 [U1: 147](#)

Unload

- tape [U1: 353](#)

Updating

- firmware (TMS428) [TM: 95](#)

Upgrade

- firmware (TMS428) [TM: 95](#)

URL

- 打开一个对话框 [U1: 33](#)

USB

- 钥匙 [IM: 86](#)

V

VA (plotter) [U1: 460](#)

VE432

- DPG, 连接 [IM: 38](#)
- 版本 [U2: 51](#)
- 功能 [U1: 391](#)

Velocity

- plotter [U1: 456](#)

Version

- firmware, reading (TMS428) [TM: 93](#)

Vib

- position accuracy [U1: 297](#)

Voltage

- port (TMS428) [TM: 86](#)

VP

- grabbing radius [U1: 296](#)
- Id [U1: 235](#)
- to do, increment [U1: 248](#)

VSR

- 布设 [IM: 177](#)
- 方法 [U1: 420](#)
- 启用 [U1: 241](#)
- 希尔伯特变换 [U1: 377](#)

W

Waypoint

- first [U1: 299](#)

Wiggle [U1: 460](#)

Window

- Length, AGC [U1: 456](#)
- Number of (noise) [U1: 253](#)

WPSR 电缆

- 修理 [TM: 226](#)

Write

- traceability, FDU (TMS428) [TM: 80](#)
- traceability, LAU (TMS428) [TM: 96](#)
- user info (TMS428) [TM: 94](#)

Wz Velocity, AGC [U1: 456](#)

X

XDEV

- 插座, 更换 [TM: 214](#)
- 接头连接器, LAUL [IM: 297](#)
- 接头连接器, LAUX [IM: 299](#)
- 升级野外采集单元 [IM: 81](#)

Z

Zeroing

- Length (noise) [U1: 253](#)
- method (noise elimination) [U1: 275](#)
- noise editing type [U1: 253](#)

- Taper Length (noise) U1: 253

e428 软件

- 许可证 U1: 61

安装

- DSUT 软件 TM: 105
- DSUT 硬件 TM: 103
- FDPA428 软件 IM: 155
- LT428 软件 IM: 155
- Redhat, 服务器 IM: 50
- Solaris IM: 63
- TMS408 硬件 TM: 30
- TMS428 软件 TM: 32
- TMS428 软件新版本 TM: 36
- 补丁 (服务器) IM: 77
- 补丁 (客户机) IM: 97
- 部件 IM: 43
- 车辆跟踪系统 IM: 149
- 窗口 U1: 58
- 电脑的 FTP 服务器 IM: 142
- 服务器软件 IM: 70
- 激光中继 IM: 282
- 客户机软件 IM: 87, IM: 88
- 手持式掌上电脑软件 IM: 151
- 以太网绘图仪 IM: 106
- 硬件 IM: 31

按钮 U1: 17

版本号 (SEGD) U2: 13

版权 U1: 73

半径

- 放炮设置, 记录 U1: 437
- 警报, 到记录设备的距离 U1: 326
- 警报, 到营地的距离 U1: 326

帮助 TM: 52

- 发送, 紧急警报 U1: 324

包

- 工具 TM: 166

保持 / 变量 U1: 255

保存

- 接收点倾斜度模型, LT428 IM: 210
- 结果, LT428 IM: 220
- 系统参数 U1: 431
- 自动, TMS428 报告 TM: 55

保存, 自动

- DSUT TM: 127

报告

- 测试, TMS428 TM: 62
- 仅限错误 (TMS428) TM: 55
- 生成, 查询 U1: 333

爆炸

- 震源类型设置 U1: 246

爆炸工 U1: 258

爆炸机

- Advance II U3: 76
- MACHA U3: 83
- SGDS U3: 84
- Shallow Sequencer U3: 81
- Shot Pro U3: 77
- 标识号 (SEGD) U2: 18
- 接口连接 U3: 73
- 控制器 U1: 258
- 类型 U1: 63
- 信号 IM: 294
- 状态 (SEGD) U2: 18

爆炸机接口

- 连接器, LCI428 IM: 292, IM: 293

北向纬度差, 中心距 U2: 52

备份

- GoBook Q200 IM: 158

备用

- DSU-428 零件 TM: 174
- FDU 零件 TM: 168
- LAUL 零件 TM: 178
- LAUX 零件 TM: 185

被检测

- 测线号, LT428 IM: 198

本地

- 网络 IM: 26
- 用户 U1: 33

编辑

- 类型 (噪声) U1: 253
- 脉冲 U1: 274
- 系统参数 (记录) U1: 430
- 噪声 U1: 252

编辑菜单

- DSUT TM: 121

变换

- 希尔伯特 U1: 377

变量 / 保持 U1: 255

标尺

- 按钮 U1: 19

标定

- FDU U3: 101

标度

- 直方图 U1: 104

标记

- FDU2S 地震道 U1: 151
- 测线布局设置 U1: 111

标界 (参见地形标桩)

标签

- 属性 U1: 329

标准

- 处理类型 U1: 221

表

- 放炮 U1: 212
- 如何选择 U1: 26

并联

- 检波器 U3: 201

补丁

- 服务器 IM: 77
- 客户机 IM: 97

不规则

- LT428 布局 IM: 210, IM: 212

布局

- LT428 IM: 199
- 设置 U1: 111

步幅

- 负 U1: 264

步进

- LT428 接收点号 IM: 198

采集

- 长度 U3: 234
- 长度 (SEGD) U2: 17
- 错误说明 (SEGD) U2: 20
- 号 U2: 50
- 号 (SEGD) U2: 20
- 类型, VE432 U1: 381
- 数值视图, 正常 U1: 415
- 图形视图, 正常 U1: 412
- 正常 U1: 411

采集类型表 (SEGD) U2: 19

采集链

- FDU 数目, 更新 LT428) IM: 226
- 实例 IM: 166

采样

- 毫伏转换系数 U2: 31

- 率 U1: 76

- 率, LT428 IM: 199

采样读数

- 转换为毫伏 U3: 197

采样率

- SEGD U2: 17

参考

- DSU3, DSUT TM: 103, TM: 124
- 电压 U3: 104
- 电压, 标定 U3: 103
- 电阻, 标定 U3: 103
- 基本信号 U1: 382
- 信号, DSD U1: 385

参考信号

- 长度, 其它可控震源系统 U1: 464

参考信号长度 (SEGD) U2: 20

参数

- 保存 (记录) U1: 430
- 系统, 编辑 U1: 430
- 载入 (记录) U1: 430

操作员

- 特权 U1: 37
- 注释, 设置 U1: 257

测量

- 描述 U1: 106
- 设置 U1: 105

测试

- 电缆校正 TM: 50
- 定制 (TMS428) TM: 65
- 多项 U1: 190
- 功能 U1: 182
- 功能, FDU U3: 135
- 极限
 - 电池 U1: 94
 - 检波器 U1: 109
- 记录, 类型 (SEGD) U2: 17
- 记录结果恢复 U3: 89
- 检波器, FDU U3: 160
- 界限文件格式 U2: 35
- 快捷键 (地形视图) U1: 91, U1: 92
- 排列 U1: 184
- 设置 U1: 182
- 生成器 U3: 108
- 顺序编辑器, DSUT TM: 121
- 网络, 电阻 U3: 117
- 仪器, FDU U3: 140

- 运行, DSUT TM: 122
- 运行, TMS428 TM: 60
- 自动的 U1: 243
- 测试报告
 - DSUT TM: 137
- 测试仪
 - 重置 TM: 49
- 测线
 - 插座, 更换 TM: 211
 - 对应到一条逻辑测线 U1: 133
 - 故障排除 U1: 193
 - 号步进, LT428 IM: 198
 - 检测, LT428 IM: 196
 - 检查 U1: 192
 - 名称 U2: 48, U2: 50
 - 名称, 中心距 U2: 52
 - 跳过 U1: 126
- 插入
 - 磁带盒 U1: 360
- 插头
 - 处理类型, F0 U1: 221
 - 清洁 IM: 162
 - 清洗 TM: 219
- 插头, FM4
 - ST+ 电缆 TM: 235
 - WPSR 电缆 TM: 240
- 查看
 - 菜单, TMS428 TM: 50
 - 检波器 U1: 91, U1: 92
 - 手工 U1: 128
 - 属性 U1: 128
- 查询
 - 生成器 U1: 332
 - 添加到 U1: 333
- 差异
 - 叠加 (理论) U1: 277
- 拆卸
 - DSU TM: 174
 - FDU TM: 169
 - LAUL TM: 180
 - LAUR TM: 192
 - LAUX TM: 186
 - LRU TM: 200
 - TFOI TM: 255
 - TREP TM: 207
- 长度
 - 参考信号, 其它可控震源系统 U1: 464
 - 记录 (SEGD) U2: 19
 - 扫描, 其它可控震源系统 U1: 464
 - 时间, 绘图仪 U1: 461
- 超级排列
 - 测线窗口 U1: 124
- 超载 U2: 50
- 车辆
 - 跟踪系统 IM: 149
- 初始化, DSUT 硬件 TM: 115
- 初学者 U1: 44
- 处理
 - 绘图仪 U1: 455
 - 类型, SEGD U2: 19
 - 能力 U3: 233
- 传输
 - 检测 IM: 216
 - 检测, 测线 (LT428) IM: 208
 - 检测, 交叉线 (LT428) IM: 216
 - 排除故障 U1: 100
 - 至驱动器, 技术规格 U3: 233
- 串
 - 连接方式, 检波器 U3: 206
 - 增益, 检波器 U3: 201
 - 阻抗, 检波器 U3: 201
 - 组, 检波器 U3: 205
- 串联
 - 检波器 U3: 201
- 串音
 - 测试记录结果恢复 U3: 100
 - 仪器测试 U1: 186
- 串音测试
 - DSU3 U3: 186
- 窗口
 - TB U2: 17
 - TB, 处理类型 U1: 222
 - 菜单, TMS428 TM: 50
- 创建
 - 选择 U1: 333
- 垂直
 - 叠加 (SEGD) U2: 16
- 磁带
 - 标签 (SEGD) U2: 20

- 复制 U3: 14
- 号, SEGD U2: 20
- 驱动器, 支持的 IM: 111
- 驱动器地址
 - 3592 IM: 122
 - FUJI 3x90, 更改 IM: 112
 - FUJI 3x90, 显示 IM: 113
 - LTO IM: 118

磁带盒

- 插入 U1: 360

磁盘

- 记录, 设置 U1: 81

磁盘空间

- DSUT TM: 110, TM: 112

次数

- 低 (SEGD) U2: 31
- 有噪声叠加 (SEGD) U2: 31

从

- 428XL U3: 74

从这里开始

- DSUT TM: 114

存档

- DSUT TM: 136
- 配置 U1: 65
- 系统状态 U1: 51

错误

- DSUT TM: 145
- 仅限, TMS428 报告 TM: 55
- 漏电 U1: 129

打开

- 测试报告, TMS428 TM: 64
- 测试方案 TM: 48
- 对话框 U1: 32

大地

- 接地电阻 U3: 128

大地水准面 U1: 334

- 模型 U1: 294

大线

- 数传率 U3: 233

单独

- 模式, 记录技术规格 U3: 233

单线 U1: 133

倒退

- 重放 U1: 356

导航

- 放炮模式 U1: 260

道

- 设置每份记录 U1: 80

道头

- SEGD U2: 24
- 扩展(SEGD) U2: 16, U2: 24, U2: 25
- 扩展数据块 1 (SEGD) U2: 25
- 扩展数据块 3 (SEGD) U2: 27
- 扩展数据块 4 (SEGD) U2: 28
- 扩展数据块 5 (SEGD) U2: 28
- 扩展数据块 6 (SEGD) U2: 29
- 扩展数据块 7 (SEGD) U2: 30

登录

- DSUT TM: 114
- 安装服务器软件 IM: 70
- 登录名 U1: 34
- 连接到服务器 U1: 32

登录名

- 登录 U1: 34

低

- 叠加, 次数 U2: 31
- 记录道百分比 (SEGD) U2: 19
- 记录道值 (SEGD) U2: 19

低截

- 回放滤波器 U3: 20
- 滤波器, 绘图仪 U1: 458
- 滤波器频率 (SEGD) U2: 16
- 滤波器斜率 (SEGD) U2: 16

地理 (请参见地形)

地面

- 刚度 U2: 48, U2: 50
- 高程, 参照 U1: 294
- 力, 监测 U1: 385
- 粘度 U2: 48, U2: 50

地形

- 桩号 U1: 90

地震

- 记录道比例 U1: 457
- 设置, 施工 U1: 240

地震道

- 编号 (SEGD) U2: 29
- 编辑状态 (SEGD) U2: 31
- 采样毫伏转换系数 (SEGD) U2: 31
- 处理 (SEGD) U2: 31

- 类型 (SEGD) U2: 29
- 类型, 记录放炮设置 U1: 437
- 类型标识 (SEGD) U2: 15
- 类型标识号 (SEGD) U2: 31
- 滤波器 (SEGD) U2: 31
- 滤波器响应 U3: 31
- 每个记录组 U2: 12
- 数据误差超过范围 (SEGD) U2: 31
- 跳过 U1: 131
- 增益刻度 (SEGD) U2: 30
- 增益控制方法 (SEGD) U2: 15
- 组, 中地震道数目 U2: 15
- 组号 (SEGD) U2: 15, U2: 24
- 组结束时间 (SEGD) U2: 15
- 组起始时间 (SEGD) U2: 15

地震队

- 编号 U1: 363
- 可控震源 U1: 363
- 设置 U1: 76

地震记录道, 数目 U2: 17

地址

- 428XL 本地网络 IM: 32
- FUJI 3x90, 更改 IM: 112
- FUJI 3x90, 显示 IM: 113
- LCI 卡 U1: 60
- LTO, 更改 IM: 118
- MAC U1: 64
- TMS428 TM: 40
- 客户机 IM: 90
- 内联网 IM: 54, IM: 60

第二

- 陷波频率 (SEGD) U2: 16

第三

- 陷波频率 (SEGD) U2: 16

第一

- 陷波频率 (SEGD) U2: 16

第一个

- 计时字 (SEGD) U2: 24

颠倒

- 按钮 U1: 25

点

- 编号 (标记) U1: 114
- 代码, FDU2S 地震道 U1: 150

点编号 U2: 48, U2: 50

- 中心距 U2: 52

点代码

- DSU 地震道 U1: 140

点击 U1: 17

- 右键, 测线窗口 U1: 98

点索引 U2: 48, U2: 50, U2: 52

电池

- GoBook Q200 IM: 154
- 电压极限 U1: 94
- 界限, LT428 IM: 201

电池 (显示 / 隐藏) U1: 94

电缆

- SGD-S 爆炸机 IM: 300
- 测线电缆长度 IM: 173, IM: 174
- 长度, 测线 IM: 173, IM: 174
- 更换, LAUL TM: 179
- 路径 U1: 100
- 校正 TM: 50

电脑

- 掌上, 安装 IM: 151

电容

- 上限 (SEGD) U2: 28
- 误差 (SEGD) U2: 28
- 下限 (SEGD) U2: 28
- 值 (SEGD) U2: 28

电压

- 参考 U3: 104
- 基准, FDU (TMS428) TM: 78

电源 IM: 297

- 测试, LAU TM: 85
- 插座, 更换 TM: 213
- 接头连接器, LAUX IM: 298
- 野外采集设备 IM: 173

电阻

- 测试, FDU U3: 140
- 测试, 检波器 U3: 163
- 测试, 野外 (TMS428) TM: 75
- 测试, 仪器 (TMS428) TM: 76
- 测试网络 U3: 117
- 上限 (SEGD) U2: 27
- 输入 U3: 108
- 误差 (SEGD) U2: 27
- 下限 (SEGD) U2: 27
- 值 (SEGD) U2: 27

调节

- 时钟, LCI TM: 17

蝶形

- 螺母, 更换 TM: 210

叠加

- 后相关, 处理类型 U1: 231
- 可控震源地震, 处理类型 U1: 232
- 脉冲, 处理类型 U1: 228
- 前相关, 处理类型 U1: 229
- 输出按钮 U1: 223

叠加, 次数

- 低 U2: 31
- 有噪声 U2: 31

叠加次数 U2: 51

- SEG D U2: 19

定期验证, DSUT TM: 102

定位

- 图层 U1: 289

定制

- TMS428 测试 TM: 65
- 扫描文件 (如何载入) U1: 377

动作 (请参见快捷键)

断电

- 测线, LT428 IM: 207

对话框 U1: 17

- 管理器 U1: 39
- 正在打开 U1: 32

对数

- dB/Hz U1: 368
- dB/ 倍频程 U1: 371

对应

- 测线 U1: 133

多 -DPG 配置 IM: 38

多模块 IM: 40

多屏幕 IM: 101

多项

- 测试 U1: 190

额外

- 数据块 (SEG D 普通头段) U2: 11

阀超载 U2: 50

方格

- 视图 U1: 99

方向

- LT428 IM: 206

放电

- 静电防护 TM: 15

放炮 U1: 258

- 表 U1: 212

- 导航模式 U1: 260

- 开始 U1: 216

- 设置, 记录 U1: 436

- 系统 U1: 63

- 系统, 接口连接 U3: 73

放弃

- TMS428 测试 TM: 49
- 按钮, 施工 U1: 217

峰值

- 畸变 U2: 48, U2: 50
- 输出力 U2: 48, U2: 50
- 相位 U2: 48, U2: 50

服务器

- FTP U1: 65
- NFS U1: 65
- 登陆到 U1: 32
- 管理 U1: 36
- 启动 / 停止 U1: 41
- 软件, 安装 IM: 70

辅助

- 测线 U1: 116
- 地震道 U1: 116
- 地震道, 布设 IM: 176
- 地震道, 仪器测试 U1: 185
- 过程描述符 U1: 225
- 记录道比例 U1: 457

辅助道

- 记录道, 数目 U2: 17

副扫描指数 U2: 15

复制

- 磁带, 文件 U3: 14
- 文件到磁带 U1: 359
- 与粘贴 U1: 27

复制, 磁带, 文件 U3: 14

复制, 样点 U3: 209

傅里叶

- 变换 U3: 194

附加

- 可控震源 (寻找) U1: 393

附加转储

- 输出按钮 U1: 223

刚度 (地面) U2: 48, U2: 50

高程

- 参照 U1: 294

- 天线高度 U2: 52
- 中心距 U2: 52
- 高度, 天线 U2: 52
- 高级
 - 操作员, 特权 U1: 37
 - 处理类型 U1: 221
 - 模式, LT428 IM: 199, IM: 210, IM: 212
- 高截
 - 回放滤波器 U3: 20
 - 滤波器, 绘图仪 U1: 458
- 格式
 - APS U2: 47
 - SEGD U2: 9
 - SPS 相似 U2: 47
 - 代码 (SEGD) U2: 11
 - 合成文件 U2: 39
 - 仪器测试界限 U2: 35
 - 震源控制器 U3: 73
- 跟踪
 - 定位窗口 U1: 313
 - 设备, 安装 IM: 149
- 更改
 - LCI U1: 58
 - 按钮 U1: 24
- 更换
 - FDU 连接器 TM: 210
 - TFOI 板 TM: 261
 - XDEV 插座 TM: 214
 - 大线和交叉线插座 TM: 211
 - 电缆, LAUL TM: 179
 - 电缆, TFOI TM: 255
 - 电源插座 TM: 213
 - 接地蝶形螺母 TM: 210
 - 连接器, 光纤 TM: 263
 - 指示器 TM: 216
- 更新
 - TMS428 固件 TM: 49
 - 采集链中 FDU 数目, LT428) IM: 226
 - 固件, 通过 XDEV IM: 81
 - 野外 U1: 87, U1: 188, U1: 189
- 工具
 - PCMCIA U1: 408
 - ST & ST+ 电缆修理 TM: 220
 - TMS428 TM: 49
 - USB 钥匙管理 IM: 86
 - WPSR 电缆修理 TM: 226
 - 万用表和测试电缆校正 TM: 50
 - 维护, 野外电子设备 TM: 166
 - 重置测试仪单元 TM: 49
 - 重置万用表 TM: 49
- 工具栏
 - 测试 TM: 52
- 功能
 - VE432 U1: 391
 - 测试 U1: 182
- 共
 - 模, 测试网络 U3: 122
 - 模, 野外 (TMS428) TM: 73
 - 模, 仪器 (TMS428) TM: 77
- 共模
 - 抑制比, 检波器 U3: 202
- 估算的
 - 震源中心距 U1: 316
- 故障排除
 - DSU TM: 128
 - 测线 U1: 193
 - 工具, 系统 IM: 85
- 固件
 - 更新, TMS428 TM: 49
 - 更新, 通过 XDEV IM: 81
 - 正在更新 U1: 202
- 关机
 - 服务器 U1: 41
- 管理
 - 对话框 U1: 39
 - 服务器 U1: 36
- 光纤
 - 接头, 数目 TM: 271
 - 连接器, 更换 TM: 263
 - 通道 U1: 60
 - 修理 TM: 253
 - 修理工具包 TM: 254
 - 允许损耗 TM: 271
- 滚动条 U1: 19
- 过程
 - 类型, 概述 U1: 220
 - 类型设置, 生成 U1: 234
- 合成
 - 文件格式 U2: 39

- 文件句法 U1: 199
- 信号类型 U1: 199
- 盒式磁带机
 - 减震架零件 IM: 110
- 横向
 - 绘图仪 U1: 459
- 滑动
 - 时间 U1: 266
 - 时间, 选择 U1: 250
- 滑动扫描 IM: 38, U1: 266
 - 启用
 - 扫描
 - 滑动, 启用 U1: 240
 - 所用的模式 (SEGD) U2: 20
- 环路
 - LRU U1: 181
- 恢复
 - 仪器测试记录 U3: 89
- 回传
 - 有线遥测 U1: 83
- 回放
 - 滤波器 U3: 19
- 绘图 U1: 459
- 绘图仪
 - AGC U1: 455
 - 处理 U1: 455
 - 类型 U1: 64
 - 名称 U1: 64
 - 数目 U1: 64
 - 许可证 U1: 61
 - 以太网, 安装 IM: 106
- 绘制
 - 设置, 绘图仪 U1: 459
- 混叠滤波器
 - 3dB 点处的频率 (SEGD) U2: 16
 - 斜率 (SEGD) U2: 16
- 活动地震记录道, 数目 U2: 17
- 获取
 - DSD 状态 U1: 384
- 基本
 - 参考信号 (采集类型) U1: 382
 - 扫描信号 (采集类型) U1: 382
- 基本类型
 - Tn U1: 372
 - 对数, dB/ 倍频程 U1: 371
 - 记录, dB/Hz U1: 368
 - 坡度 U1: 365
 - 设置 U1: 365
- 基本扫描间隔 (SEGD) U2: 12
- 基准
 - 电压, FDU (TMS428) TM: 78
- 基准面 U1: 334
 - 类型, 设置 U1: 291
- 基准面类型设置
 - 大地水准面 U1: 334
 - 基准面 U1: 334
 - 椭球 U1: 334
- 畸变 U2: 48, U2: 50
 - 测试, FDU U3: 149
 - 测试, TMS428 TM: 77
 - 测试记录结果恢复 U3: 92
 - 检波器测试 U1: 189, U3: 176
 - 仪器测试 U1: 186
- 畸变测试
 - DSU U3: 185
- 激光中继 IM: 279
 - 安装 IM: 282
 - 技术规格 IM: 289
- 激励
 - 电平 U2: 48, U2: 50
- 激励超载 U2: 50
- 极限 (请参见测试极限)
- 极性
 - 3C U3: 223
 - FDU 输入 IM: 296
 - SEGD U2: 12
 - 测试, FDU (TMS428) TM: 75
- 技术规格
 - 428XL U3: 227
 - DSUT TM: 100
 - TMS428 TM: 27
 - 激光中继 IM: 289
 - 仪器测试 U3: 239
- 计算范围 U2: 51
- 记录
 - 标识 U2: 48, U2: 50
 - 标识, 中心距 U2: 52
 - 测试结果恢复 U3: 89
 - 长度 (SEGD) U2: 19
 - 磁盘, 设置 U1: 81

- 类型 (SEGD) U2: 12
- 上次, 重放 U1: 356
- 下一个, 重放 U1: 356
- 记录长度 U3: 234
 - SEGD U2: 12
- 记录道
 - 编号 (SEGD) U2: 24
 - 编辑 (SEGD) U2: 24
 - 数据块 U2: 23
 - 选择, 绘制 U1: 452
 - 中样本数目 U2: 17
 - 总数 U2: 17
 - 最大数目 U3: 234
- 记录道, 数目
 - 地震 U2: 17
 - 辅助道 U2: 17
 - 活动地震 U2: 17
 - 停滞地震 U2: 17
- 记录道数目 (SEGD) U2: 17
- 记录道总数 (SEGD) U2: 17
- 加速度
 - 平板, 监测 U1: 385
 - 质量, 监测 U1: 385
- 间隔
 - 两个接收点部分之间 U1: 113
- 间距
 - DSU3 IM: 175
 - FDU IM: 174
 - LAU IM: 174
- 检波器
 - 并联 U3: 201
 - 彩色代码 U1: 90
 - 测试 U1: 187
 - 测试, CMRR U3: 171
 - 测试, FDU U3: 160
 - 测试, 电阻 U3: 163
 - 测试, 畸变 U3: 176
 - 测试, 漏电 U3: 166
 - 测试, 脉冲 U3: 174
 - 测试, 偏差 U3: 162
 - 测试, 倾斜度 U3: 169
 - 测试, 噪声 (FDU) U3: 160
 - 测试极限 U1: 109
 - 串 U3: 200
 - 串联 U3: 201
 - 畸变测试 U1: 189
 - 类型, FDU2S 地震道 U1: 150
 - 类型, LT428 IM: 199
 - 灵敏度 (SEGD) U2: 30
 - 漏电测试 U1: 188
 - 每道数目 U3: 200
 - 排列 U3: 203
 - 数目 / 接收点, LT428 IM: 199
 - 显示 / 隐藏 U1: 90
 - 野外地震监测 U1: 191
 - 噪声测试 U1: 188
- 检波器类型
 - DSU 地震道 U1: 139
 - FDU 地震道 U1: 108
 - SEGD 代码 U2: 25
 - 编号 (检波器测试) U2: 26
- 检测
 - 磁带末尾 U1: 360
 - 界限, LT428 IM: 195, IM: 201
- 检查
 - 测线 U1: 192
- 减震
 - 座件 IM: 43
- 减震架
 - NAS 系统 IM: 129
 - 盒式磁带机 IM: 110
- 减震座
 - Blade 2000 IM: 44
 - Blade 2500 IM: 43
- 建立
 - 特征查询 U1: 332
- 降敏 IM: 239
 - LRU
 - 降敏 U1: 172
- 交叉线
 - 插座, 更换 TM: 211
 - 检测, LT428 IM: 196
 - 接头连接器, LAUX IM: 298
 - 数传率 U3: 233
- 交叉线 (LT428) IM: 216
- 接地
 - TMS408 TM: 30
 - 大地电阻 U3: 128
 - 蝶形螺母, 更换 TM: 210
- 接口连接
 - 震源控制器 U3: 73

接口连接器

- 爆炸机 1 IM: 292
- 爆炸机 2 IM: 293

接收

- 点, 跳过 U1: 126, U1: 135

接收点

- 北向纬度差 (SEGD) U2: 26
- 测线号 (SEGD) U2: 25
- 点号 (SEGD) U2: 25
- 点索引 (SEGD) U2: 25
- 段, 标记 U1: 113
- 高程 (SEGD) U2: 26
- 号步进, LT428 IM: 198
- 偏东距 (SEGD) U2: 26
- 倾斜度模型, LT428 IM: 210

接收检波器

- 类型布局, LT428 IM: 199

接通

- TMS428 TM: 43

接头连接器 IM: 297

- FDU 输入 IM: 296
- LAUL428 IM: 297

截止

- 上限 (SEGD) U2: 28
- 误差 (SEGD) U2: 28
- 下限 (SEGD) U2: 28
- 值 (SEGD) U2: 28

结束

- 颜色映射比例 U1: 330

界限

- 仪器测试 U2: 35

介质

- 复制 U3: 14

紧急

- 警报 U1: 323

仅限

- 错误, TMS428 报告 TM: 55

进带

- 重放 U1: 356

禁用

- 无线 U1: 180

井口

- 时间 (SEGD) U2: 18

警报

- 定位 U1: 323

- 系统 U1: 323

警告

- DSUT TM: 145

静电

- 放电 TM: 15

静校正 U3: 209

静噪

- 地震道 U1: 121

救援

- NAS 系统 IM: 140

局部

- 椭圆模型 U1: 294

距离

- 无运动警报 U1: 326

句法 (参见描述)

绝对

- 排列 U1: 123
- 排列, 测试 U1: 184

开始

- 地形视图 U1: 91, U1: 92
- 开始放炮 U1: 216
- 颜色映射比例 U1: 330

可测量性

- 安装设置 U1: 67

可控震源

- TO U1: 389
- 编号 (APS) U2: 48, U2: 50
- 激励电平 (APS) U2: 48, U2: 50
- 类型 U1: 63
- 类型 (SEGD) U2: 14
- 位置北向纬度差 U2: 48, U2: 50
- 位置高程 U2: 48, U2: 50
- 位置偏东距 U2: 48, U2: 50
- 无线管理 U1: 384
- 质量控制 界限 U1: 387
- 质量控制 选择 U1: 388
- 状态代码 U2: 50
- 组 (APS) U2: 48, U2: 50

客户

- 支持 U1: 73

客户机

- 安装 IM: 87
- 主窗口 U1: 44

客人

- 特权 U1: 37

空间，磁盘

- DSUT TM: 110, TM: 112

控制

- 单元类型 (SEGD) U2: 30
- 单元序列号 (SEGD) U2: 30

控制器

- 震源，时间管理 U1: 78

快捷按钮

- 测试 TM: 52

快捷键

- 测线窗口 U1: 98

快速

- 启动，TMS428 测试 TM: 54

扩展

- 地震道组 / 扫描类型 (SEGD) U2: 13
- 地震道组号 (SEGD) U2: 16, U2: 24
- 记录长度 (SEGD) U2: 13
- 接收点测线号 (SEGD) U2: 25
- 接收点号 (SEGD) U2: 25
- 头段 (SEGD) U2: 17
- 头段标记 (SEGD) U2: 16
- 头段长度 (SEGD) U2: 12
- 头段数据块 (SEGD) U2: 13
- 质量控制，可控震源 U1: 388

扩展文件编号 (SEGD) U2: 13, U2: 14, U2: 24

类型

- 爆炸机 U1: 63
- 处理 (SEGD) U2: 19
- 绘图仪 U1: 64
- 震源 (SEGD) U2: 17

历史

- 编辑类型 (SEGD) U2: 19
- 测线窗口 U1: 103
- 范围 (SEGD) U2: 19
- 归零长度 (SEGD) U2: 19
- 门槛值初始值 (SEGD) U2: 19
- 锥形长度 (SEGD) U2: 19

力

- 地面，监测 U1: 385

联网

- 428XL 本地网络 IM: 32
- TMS428 TM: 40

连接

- FDU 采集链，TMS408 TM: 57

- LAUL，TMS408 TM: 58

- LAUX，TMS408 TM: 59

- LT428 IM: 191

- TMS428 被测设备 TM: 57

- 打开一个对话框 U1: 32

- 地震队网站 U1: 52

连接器 (请参见更换)

列表

- 框 U1: 18

零件

- DSU-428，备用 TM: 174
- FDU，备用 TM: 168
- LAUL，备用 TM: 178
- LAUX，备用 TM: 185

漏电

- 测试 U3: 166, TM: 218
- 测试，野外 (TMS428) TM: 74
- 测试电路 (LAU) U1: 129
- 错误 U1: 129
- 检波器测试 U1: 188
- 界限 (SEGD) U2: 28
- 误差 (SEGD) U2: 28
- 值 (SEGD) U2: 28

路径

- 颜色 U1: 100

率

- 采样 U1: 76
- 刷新 U1: 48

滤波器

- LT428 IM: 199
- 回放 U3: 19
- 类型 U1: 76
- 类型 (SEGD) U2: 20
- 伺服控制 U1: 406
- 响应，地震道 U3: 31

螺母

- 蝶形，更换 TM: 210

逻辑

- 测线对应 U1: 133

脉冲

- 编辑 U1: 274
- 测试，FDU U3: 155
- 处理类型 U1: 227
- 叠加处理类型 U1: 228
- 检波器测试 U3: 174

每次扫描字节数 (SEGD) U2: 11

门槛值

- 不变 / 变化 (SEGD) U2: 19
- 更新 (噪声抑制) U1: 275
- 类型表 (SEGD) U2: 19

密封 TM: 218

密码

- DSUT TM: 114
- 打开一个对话框 U1: 34
- 失效日期 U1: 37

描述

- 测量 U1: 106
- 地震道 (测试) U1: 184
- 地震道 (辅助), 仪器测试 U1: 185
- 辅助道 U1: 116
- 绝对排列 U1: 123

秒钟

- 分钟中的 (SEGD) U2: 11

名称

- 绘图仪 U1: 64
- 属性, 查询生成器 U1: 332
- 特征, 颜色映射 U1: 330
- 用户 U1: 52

模板

- TMS428 测试仪 TM: 42

模式

- LT428 显示 IM: 199
- 施工 U1: 240

模型

- 大地水准面 U1: 294
- 椭圆 U1: 294

末尾

- 磁带的, 检测 U1: 360
- 媒介的 U1: 353

默认

- 地震道类型, 记录 U1: 437

目录

- DSUT TM: 110, TM: 112

内部

- 时断信号 (SEGD) U2: 19
- 时钟 U1: 78

内插 U1: 461

- 样点 U3: 209

内联网

- 地址, 配置 IM: 54, IM: 60

能力

- 处理 U3: 233

尼奎斯特 U1: 77

年份 (SEGD) U2: 11

排除故障

- 传输 U1: 100

排列

- 编号 (SEGD) U2: 17
- 超级排列, 测线窗口 U1: 124
- 绝对 U1: 123
- 类型 (SEGD) U2: 18
- 普通 U1: 125
- 设置 U1: 122

旁路

- 文件输出 U1: 346

炮

- 号 U2: 50
- 号 (SEGD) U2: 17

偏差

- 测试 U3: 144
- 测试, 检波器 U3: 162
- 消除 U3: 199

偏差, 中心距至震源 U2: 52

偏东距, 中心距 U2: 52

频

- 域 U3: 194

频率

- LRU IM: 236, U1: 168
- 尼奎斯特 U1: 77

平板

- 加速度, 监测 U1: 385
- 速度, 监测 U1: 385

平板警告 U2: 50

平均

- 地面刚度 U2: 48, U2: 50
- 地面粘度 U2: 48, U2: 50
- 畸变 U2: 48, U2: 50
- 输出力 U2: 48, U2: 50
- 相位 U2: 48, U2: 50

坡度 U1: 365

普通

- 排列 U1: 125
- 头段数据块 1 (SEGD) U2: 11
- 头段数据块 2 (SEGD) U2: 13
- 头段数据块 3 (SEGD) U2: 14

- 头段数据块编号 (SEGD) U2: 13, U2: 14
- 尾段数据块, 数目 U2: 13
- 普通尾段中的数据块 U2: 13
- 起始
 - 时间, 绘图仪 U1: 461
- 启动
 - 428 服务器 U1: 41
 - 快速, TMS428 测试 TM: 54
- 启动程序
 - 条, 定制 U1: 43
 - 图标 U1: 42
- 启用
 - 无线 U1: 180
- 前置放大器
 - 0 dB 增益 U3: 104
 - 12 dB 增益 U3: 131
- 切换
 - 按钮 U1: 20
- 轻敲
 - 检测, LT428 IM: 196, IM: 223
- 倾斜度
 - 测试 U3: 169
 - DSU TM: 142
 - 测试, 野外 (TMS428) TM: 74
 - 测试, 原理 U3: 189
 - 界限 (SEGD) U2: 27
 - 误差 (SEGD) U2: 27
 - 校正, 启用 U1: 146
 - 值 (SEGD) U2: 27
- 倾斜角
 - DSU3 记录道校正公式 U3: 221
- 清洁
 - 插头 IM: 162
- 清洗
 - 插头 TM: 219
 - 设备 IM: 163
- 驱动器
 - 传输至 U3: 233
- 取消选定
 - 在测线地形视图中 U1: 96
- 权限 U1: 37
- 热
 - 线 U1: 73
- 日期

- SEGD U2: 20
- 年份的 U2: 51
- 日志
 - 文件, DSU 维修 TM: 130
 - 文件, 压缩 IM: 85
- 儒略
 - 日, 备份设置 U1: 81
- 儒略日 (SEGD) U2: 11
- 入
 - 门 TM: 42
- 入门 U1: 31
- 软件
 - e428, 许可证 U1: 61
 - 安装, TMS428 TM: 32
 - 版本 (SEGD) U2: 20
 - 补丁 (服务器) IM: 77
 - 补丁 (客户机) IM: 97
 - 手持式掌上电脑, 安装 IM: 151
 - 新版本 TM: 40
 - 正在更新 U1: 202
- 软件, 安装
 - GoBook IM: 155
 - Solaris IM: 63
 - 服务器 IM: 70
- 扫描
 - 长度 (SEGD) U2: 20
 - 长度, 其它可控震源系统 U1: 464
 - 滑动时间 U1: 266
 - 基本信号 (采集类型) U1: 382
- 扫描类型
 - 编号 (SEGD) U2: 24
 - 每个记录 (SEGD) U2: 12
 - 头段 (SEGD) U2: 15
- 删除
 - 按钮 U1: 25
- 上次
 - 记录, 重放 U1: 356
- 上载 U1: 53
- 蛇形
 - DSU U1: 141
 - FDU U1: 136
 - FDU2S U1: 161
- 设备
 - 类型 (SEGD) U2: 29
 - 如何选择 U1: 96

- 序列号 (SEGD) U2: 29

设置

- DSUT TM: 119
- 操作员注释 U1: 257
- 道, 每份记录数目 U1: 80
- 地震队, 可控震源 U1: 363

身份 U1: 37

- 卡 U1: 74

身份卡 U1: 52

生成

- 报告 U1: 333

升级

- TMS428 固件 TM: 49
- 通过 XDEV, 野外采集单元 IM: 81

施工

- 模式 U1: 240

时

- 分复用, LRU U1: 173
- 域, 相关 U3: 194

时断信号

- SEGD U2: 18
- 窗口, SEGD U2: 24

时间 U2: 51

- 长度, 绘图仪 U1: 461
- 内插 U1: 461
- 起始, 绘图仪 U1: 461

时滞, 样本, 扩展名数目 U2: 12

时钟

- LCI TM: 17
- 内部 U1: 78

实用工具

- LAU (TMS4028) TM: 93

视图

- 数值 (正常采集) U1: 415
- 数值, 测线窗口 U1: 102
- 图形 (正常采集) U1: 412
- 直方图 U1: 104

手工

- 标度, 测线窗口 U1: 104
- 查看 U1: 128
- 输出 U1: 345
- 噪声编辑 U1: 255

手工 / 自动

- VE432 U1: 391
- 噪声编辑阈值 U1: 255

首排列线号

- SFL U1: 237

首排列桩号

- SFN U1: 237

授权

- 授予 U1: 37

输出

- LT428 结果 IM: 220
- Xdump U1: 223
- 叠加 U1: 223
- 客户机窗口 U1: 337
- 配置 U1: 65
- 已启用 U1: 333
- 转储 U1: 223
- 自动 / 手工 U1: 345

输出力 U2: 48, U2: 50

- 超载 U2: 50

输入

- 电阻 U3: 108

鼠标

- 按钮 U1: 18
- 中间按键 U1: 96

属性

- 测试方案 TM: 54
- 查看, 测线 U1: 128
- 对象标签 U1: 329
- 名称, 查询生成器 U1: 332
- 在图形视图中, 测线 U1: 98

数传率

- 大线 U3: 233
- 交叉线 U3: 233

数据

- 存档, DSUT TM: 136
- 旁路 U1: 346

数目

- DPG 模块 U1: 63
- LAU 间 FDU, 最大 IM: 174, IM: 175
- 采集链中 FDU, LT428 IM: 226
- 采样时滞 32 字节扩展名 (SEGD) U2: 12
- 窗口 (SEGD) U2: 19
- 此地震道组中地震道 (SEGD) U2: 15
- 地震记录道 (SEGD) U2: 17
- 辅助道 (SEGD) U2: 17

- 副扫描指数 (SEGD) U2: 15
- 绘图仪 U1: 64
- 活动地震记录道 (SEGD) U2: 17
- 记录道, 最大 U3: 234
- 记录道中样本 (SEGD) U2: 17
- 检波器 / 接收点, LT428 IM: 199
- 检波器类型, LT428 IM: 199
- 接头, 光纤 TM: 271
- 每道检波器 U3: 200
- 每个记录道样本 (SEGD) U2: 25
- 每个记录的地震道组 (SEGD) U2: 12
- 普通尾段数据块 (SEGD) U2: 13
- 停滞地震记录道 (SEGD) U2: 17

数值

- 查询生成器 U1: 333
- 视图, 测线窗口 U1: 102
- 视图, 正常采集, VE432 U1: 415

数字

- 检波器单元, 布设 IM: 168

刷新

- 率 U1: 48

双击 U1: 17

水密性 TM: 218

顺序

- 测试, DSUT TM: 121

搜索

- LT428 结果 IM: 219

速度

- 平板, 监测 U1: 385
- 重锤, 监测 U1: 385

溯源信息

- 野外设备 U1: 101

损耗

- 光纤修理 TM: 271

缩放

- 测线窗口 U1: 97

缩小比例乘数 (SEGD) U2: 15

索引

- 框 U1: 18
- 震源点 U1: 212

特权 U1: 37

特征

- 属性名称 U1: 330

天线

- 高度 U2: 52

添加

- 按钮 U1: 24
- 到查询 U1: 333
- 要快速启动, TMS428 TM: 54

跳过

- 测线 (排列描述) U1: 126
- 地震道 U1: 131
- 接收点 U1: 126
- 接收点 (迂回) U1: 135

停止

- 428 服务器 U1: 41
- 按钮, 施工 U1: 216
- 出错时, TMS428 TM: 55

停滞地震记录道, 数目 U2: 17

通道

- 光纤 U1: 60

通电

- LT428 IM: 192
- 测线, LT428 IM: 207
- 检测, LT428 IM: 207
- 交叉线, LT428 IM: 215

通信

- 协议, 震源控制器 U3: 73

通用

- LT428 参数 IM: 195, IM: 199

同时模式 U3: 233

统计

- DSUT TM: 134
- VE432 U1: 418

投影 U1: 334

- 类型, 设置 U1: 293

投影类型设置

- 投影 U1: 334

图标 U1: 18

图层

- 显示 / 隐藏 (定位) U1: 304
- 重命名 (定位) U1: 304

图形

- 如何选择 U1: 27
- 视图, 定位窗口 U1: 300
- 视图, 正常采集 U1: 412

图形视图 (请参见地形)

拖动 U1: 17

拖放

- 基地 U1: 310
- 记录设备 U1: 310
- 震源 (定位) U1: 312
- 拖缆电缆号 (SEGD) U2: 16
- 椭圆 U1: 334
- 模型 U1: 294
- 外部
 - 头段 (SEGD) U2: 22
 - 头段长度 (SEGD) U2: 12
 - 头段数据块 (SEGD) U2: 13
- 外设
 - 安装设置 U1: 63
- 万用表
 - 校正 TM: 50
 - 重置 TM: 49
- 网络
 - DSD U1: 364
 - DSD, 导航 U1: 260
 - 客户机 IM: 90
- 维护
 - LCI 板上的 TCXO (温度补偿晶体振荡器) TM: 17
 - 野外电子设备 TM: 165
 - 野外设备 TM: 17
- 维修
 - 日志文件, DSUT TM: 130
 - 助手, DSU TM: 129
- 尾段, 普通 U2: 13
- 文本
 - 框 U1: 19
 - 如何选择 U1: 26
- 文件
 - 包装程序 U1: 51
 - 编号 (SEGD) U2: 11
 - 菜单 (TMS428) TM: 48
 - 复制 U3: 14
 - 号 (SEGD) U2: 24
 - 计数 (SEGD) U2: 20
 - 头段数据块 (SEGD) U2: 11
 - 载入 / 保存 U1: 445
- 文件夹
 - DSUT TM: 110, TM: 112
- 文件数
 - 每个磁带 (SEGD) U2: 20
- 无

- 运动 U1: 326
- 无线
 - 管理, 可控震源 U1: 384
 - 延迟 U1: 405
 - 延迟, VE432 U1: 401
 - 延迟, 测量 U1: 403
 - 遥测, 布设 IM: 229
 - 遥测, 设置 U1: 165
- 误差
 - CRC U3: 209
- 希尔伯特
 - 变换 U1: 377
- 系统
 - 放炮 U1: 63
 - 工具, 故障排除 IM: 85
- 下一个
 - 记录, 重放 U1: 356
- 下载
 - 从地震队网站 U1: 53
 - 设置 (固件) U1: 202
- 显示
 - 模式, LT428 IM: 217
 - 图层 (定位 U1: 304
 - 图形, 测线 U1: 88
- 陷波
 - 回放滤波器 U3: 20
- 陷波频率 (SEGD) U2: 16
- 陷频 U1: 458
- 线端插头 IM: 172
- 线束
 - 备份设置 U1: 81
 - 第一个号码 (SEGD) U2: 17
 - 第一条测线 (SEGD) U2: 17
- 线性
 - 相位 U1: 77
 - 相位滤波器 U3: 32
- 相关
 - 叠加后, 处理类型 U1: 231
 - 叠加后, 理论 U1: 277
 - 叠加前, 处理类型 U1: 229
 - 更多关于 U1: 280
 - 频域 U3: 194
 - 时域 U3: 194
 - 数据分布 U1: 283
- 相位 U2: 48, U2: 50

- 测试, FDU U3: 145
- 测试, TMS428 TM: 77
- 角 (SEGD) U2: 14
- 控制 (SEGD) U2: 14
- 误差 (仪器测试) U1: 187
- 线性 U1: 77
- 最小 U1: 78

相位测试

- DSU U3: 184

响应, 地震道滤波器 U3: 31

小时中的分钟 (SEGD) U2: 11

校正

- FDU TM: 78
- 时钟, LCI TM: 17
- 万用表和测试电缆 TM: 50
- 系数 U3: 102
- 系数, FDU 校正 TM: 78

校准

- DSUT TM: 102

协议

- 震源控制器 U3: 73

卸载

- 补丁 (服务器) IM: 77
- 补丁 (客户机) IM: 97

休眠

- LRU U1: 180

修订

- SEGD U1: 80

修理

- ST 电缆 TM: 220
- ST+ 电缆 TM: 220
- WPSR 电缆 TM: 226

许可证

- LT428 IM: 193
- 绘图仪 U1: 61
- 有关信息 U1: 40

选项

- 按钮 U1: 18
- 滑动扫描 U1: 240, U1: 266

选择 U1: 19

- 表单元格 U1: 26
- 创建 U1: 333
- 图形对象 U1: 27
- 文本 U1: 26
- 要绘制的记录道 U1: 452

- 在图形视图中 U1: 96

寻找

- 自动 U1: 128
- 自动的 U1: 243

压力超载 U2: 50

延迟

- VP 结束时 U1: 250
- 采集结束时 U1: 250
- 设置, 施工窗口 U1: 250
- 无线, VE432 U1: 401
- 无线, 测量 U1: 403
- 无运动警报 U1: 326

样本

- 记录道中, 数目 U2: 17
- 每个记录道, 数目 U2: 25
- 时滞, SEGD U2: 24
- 时滞扩展名, 数目 U2: 12

样点

- 内插 U3: 209

野外

- 采集单元, 通过 XDEV 进行升级 IM: 81
- 采集设备, 正在升级 U1: 202
- 测试, 自动化 U1: 243
- 更新模式 U1: 87, U1: 188, U1: 189
- 检测, LT428 IM: 212
- 检测界限, LT428 IM: 202

野外采集设备

- 开 / 关 U1: 90

野外地震监测

- DSUT TM: 125
- 检波器测试 U1: 191
- 增益 U1: 95

野外设备 (请参见仪器)

野外设备中预叠加 (SEGD) U2: 19

一天中的小时 (SEGD) U2: 11

一致性

- 测试, 无线 U1: 385

仪器

- 测试 U1: 185
- 测试, CMRR (FDU) U3: 152
- 测试, FDU U3: 140
- 测试, 电阻 U3: 140
- 测试, 畸变 (FDU) U3: 149
- 测试, 脉冲 (FDU) U3: 155

- 测试, 偏差 U3: 144
- 测试, 噪声 U3: 142
- 测试, 增益与相位 U3: 145
- 测试技术规格 U3: 239
- 测试记录恢复 U3: 89
- 测试界限 U2: 35
- 串音 U1: 186
- 畸变 U1: 186
- 检测, LT428 IM: 211
- 检测界限, LT428 IM: 203
- 显示 / 隐藏 U1: 92
- 相位误差 U1: 187
- 颜色 U1: 92
- 噪声 U1: 186
- 增益误差 U1: 187
- 仪器测试
 - 串音
 - DSU3 U3: 186
- 已启用
 - 输出 U1: 333
- 隐藏
 - 图层 (定位) U1: 304
- 应用
 - 按钮 U1: 25
 - 检波器, 测量设置 U1: 105
 - 全部, 测量设置 U1: 105
- 硬件
 - 安装 IM: 31
- 用户
 - 本地 IM: 26
 - 界面表, DSUT TM: 118
 - 名称 U1: 52
 - 信息 U1: 79
 - 远程 IM: 27, IM: 28, IM: 29
 - 注册 U1: 37
- 有噪声
 - 叠加, 次数 U2: 31
- 右键
 - 点击, 测线窗口 U1: 98
- 迂回道
 - 跳过的接收点 U1: 135
- 预览
 - 颜色映射的属性 U1: 330
- 原始
 - 处理类型, 相关 U1: 229
 - 可控震源叠加处理类型 U1: 232
 - 脉冲叠加处理类型 U1: 228
 - 伺服控制 U1: 407
- 远程
 - 网络 IM: 27, IM: 28, IM: 29
 - 用户 U1: 33
 - 用户, 安装 IM: 88
- 运动
 - 警报 U1: 326
- 运行
 - TMS428 测试 TM: 49
 - 测试
 - DSUT TM: 122
 - 测试, TMS428 TM: 60
 - 测线检测, LT428 IM: 204
 - 交叉线检测, LT428 IM: 214
- 载入
 - 系统参数 U1: 431
- 噪声
 - 编辑 U1: 252
 - 编辑, 设置 U1: 251
 - 测试
 - DSU TM: 142
 - 测试, FDU (仪器) U3: 142
 - 测试, 检波器 (FDU) U3: 160
 - 测试, 野外 (TMS428) TM: 73
 - 测试, 仪器 (TMS428) TM: 76
 - 测试记录结果恢复 U3: 91
 - 记录道百分比 (SEGD) U2: 19
 - 检波器测试 U1: 188
 - 仪器测试 U1: 186
 - 抑制类型 (SEGD) U2: 19
- 噪声测试
 - DSU U3: 183
- 增益
 - LT428 IM: 199
 - 测试, FDU U3: 145
 - 测试, TMS428 TM: 77
 - 测试记录结果恢复 U3: 93
 - 代码 U1: 124
 - 代码, 绝对排列 U1: 123
 - 放炮设置, 记录 U1: 437
 - 检波器串 U3: 201
 - 前置放大器, 0 dB U3: 104
 - 前置放大器, 12 dB U3: 131
 - 误差, 仪器测试 U1: 187

- 野外地震监测 U1: 95
- 仪器测试 U1: 185
- 增益测试
 - DSU U3: 184
- 粘度 (地面) U2: 48, U2: 50
- 粘贴 U1: 27
- 折射
 - 延迟, SEGD U2: 18
- 震源
 - 爆炸 U1: 246
 - 北向纬度差 (SEGD) U2: 20
 - 测线号 (SEGD) U2: 14
 - 点, 设置 U1: 235
 - 点号 (SEGD) U2: 14
 - 点设置, 生成 U1: 239
 - 点索引 U1: 212
 - 点索引 (SEGD) U2: 14
 - 辅助道编号 (SEGD) U2: 20
 - 高程 (SEGD) U2: 20
 - 控制器, 时间管理 U1: 78
 - 类型, 设置 U1: 245
 - 偏东距 (SEGD) U2: 20
 - 中心距文件 U2: 52
 - 组号 (SEGD) U2: 14
- 震源组
 - 准备就绪 U1: 249
- 振荡器
 - 主 (LCI) TM: 17
- 阵列
 - 组成 (SEGD) U2: 16
- 正常
 - 采集 U1: 411
 - 模式, LT428 显示 IM: 199
- 正在更新
 - 固件 U1: 202
- 正在升级
 - 野外采集设备 U1: 202
- 支持
 - 客户 U1: 73
- 直方图
 - 视图 U1: 104
- 指 (向) U1: 19
- 指示器
 - 更换 TM: 216
- 指数
 - 基本扫描信号 U1: 372
- 指数, 副扫描 U2: 15
- 置零的
 - 地震道 U1: 121
- 制造商
 - 代码 (SEGD) U2: 11
 - 序列号 (SEGD) U2: 11
- 质量
 - 警告设置 U1: 295
- 质量控制
 - 界限, 可控震源 U1: 387
 - 扩展, 可控震源 U1: 388
 - 选择, 可控震源 U1: 388
- 中间
 - 按键 (鼠标) U1: 96
- 中心距
 - 北向纬度差 U2: 52
 - 高程 U2: 52
 - 偏东距 U2: 52
 - 文件 U2: 52
 - 震源位置 (估算的) U1: 316
 - 至震源偏差 U2: 52
 - 状态 U2: 52
- 终端
 - Linux IM: 85
 - Solaris IM: 85
- 重锤
 - 加速度, 监测 U1: 385
 - 警告 U2: 50
 - 速度, 监测 U1: 385
- 重锤超载 U2: 50
- 重放
 - 记录 U1: 354
- 重力测试, DSU U3: 192
- 重命名
 - 图层 (定位) U1: 304
- 重启
 - 服务器 U1: 41
- 重新安装
 - TMS428 软件 TM: 36
- 重新引导
 - 服务器 U1: 41
- 重新组装
 - DSU TM: 175
 - FDU TM: 170

- LAUL TM: 181
- LAUR TM: 193
- LAUX TM: 187
- LRU TM: 201
- TFOI TM: 262
- TREP TM: 208
- 重置
 - 按钮 U1: 25
 - 测试仪单元 TM: 49
 - 查询和分类 U1: 331
 - 万用表 TM: 49
- 主
 - 窗口 TM: 47
 - 振荡器, LCI TM: 17
- 注册
 - 用户 U1: 37
- 注释
 - LT428 结果 IM: 219
 - SEGD U2: 22
 - 操作员, 设置 U1: 257
- 转储
 - 输出按钮 U1: 223
- 转储叠加次数 SEGD U2: 20
- 转换
 - 采样毫伏 U2: 31
 - 样本读数为毫伏 U3: 197
- 桩号 (参见地形桩号)
- 装载
 - DSUT 软件 TM: 105
 - TMS428 软件 TM: 32
- 状态
 - DSD, 获取 U1: 384
 - 代码 U1: 417
- 追踪功能
 - DSU LP 板 TM: 131
- 准备就绪
 - 震源组 U1: 249
- 自动
 - 保存 TMS428 报告 TM: 55
 - 保存, DSUT TM: 127
 - 输出 U1: 345
 - 寻找 U1: 128
 - 噪声编辑 U1: 255
- 自动 / 手工
 - VE432 U1: 391
 - 噪声编辑阈值 U1: 255
- 自动化
 - 寻找 U1: 243
- 自检
 - LAU (TMS428) TM: 84
 - LT428 IM: 193
- 自相关峰值时间 (SEGD) U2: 19
- 纵向
 - 绘图仪 U1: 459
- 阻抗
 - 检波器串 U3: 201
- 阻尼
 - 基本扫描信号 U1: 379
- 组
 - 检波器串 U3: 205
 - 可控震源, APS 格式 U2: 48, U2: 50
- 组, 地震道 U2: 12
- 组成
 - 测线, LT428 IM: 207
 - 交叉线, LT428 IM: 215
- 组件
 - 类型 (SEGD) U2: 29
 - 位置 (SEGD) U2: 29
 - 序列号 (SEGD) U2: 29
- 最大
 - FDU 数目 IM: 174, IM: 175
 - 记录道数目 U3: 234
- 最大范围
 - 最大值, 地震道 (SEGD) U2: 20
 - 最大值, 辅助道 (SEGD) U2: 20
- 最小
 - 相位 U1: 78
 - 相位滤波器 U3: 52
- 最远
 - 接收点号, LT428 IM: 208