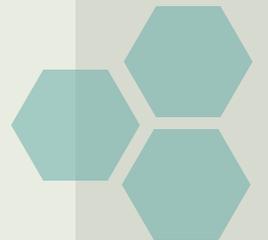
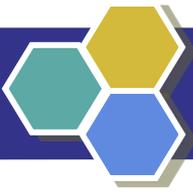


数据处理

德国普乐福尼克股份公司上海代表处





目录

1

数据处理概述

2

FFT变换

3

平均值

4

问题与讨论

目录

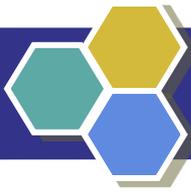
数据处理概述

FFT变换

平均值

问题与讨论

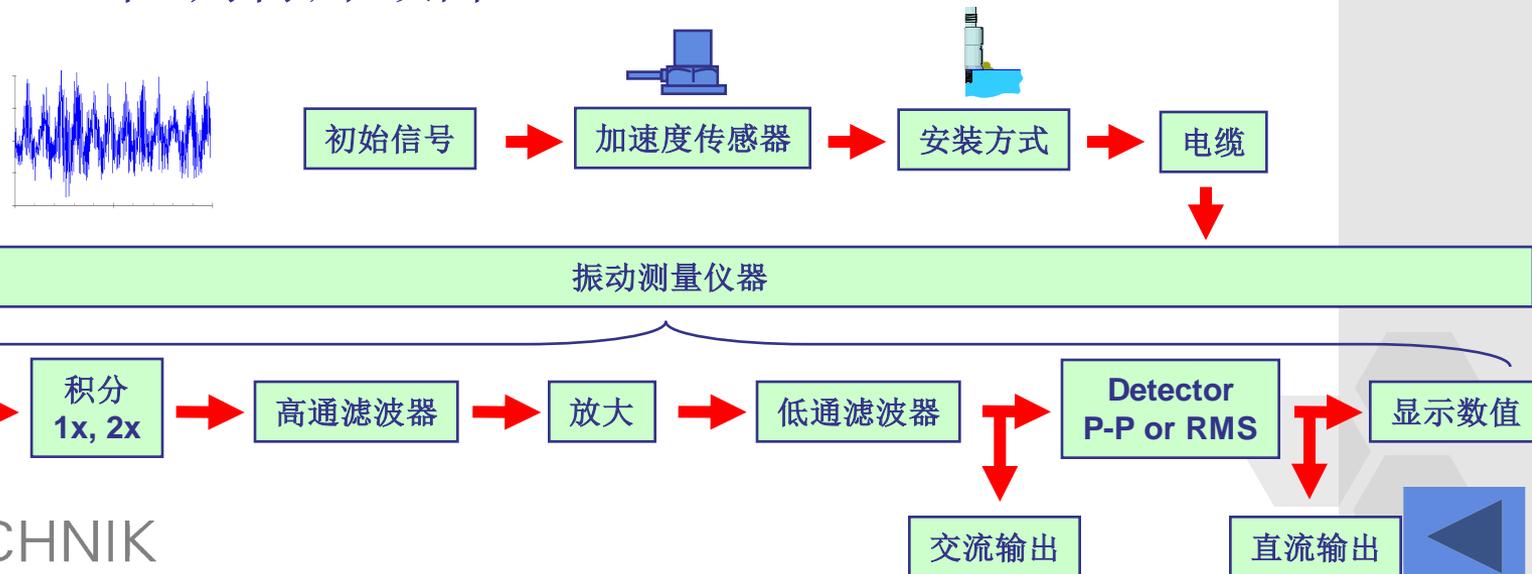




数据处理概述

◆ 概述

- 从采集原始信号至得到测量值，历经了一系列的过程
- 了解数据处理的过程，有助于：
 - 优化测量任务的设置
 - 减少测量时间
 - 检测特殊故障



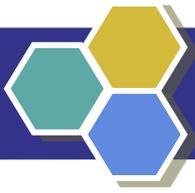
目录

数据处理概述

FFT变换

平均值

问题与讨论



FFT变换

◆影响FFT变换的因素

有效的FFT变换

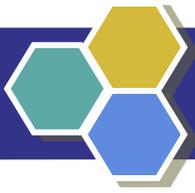
FFT
采样频率

FFT
混叠现象

FFT
窗函数

FFT
动态范围

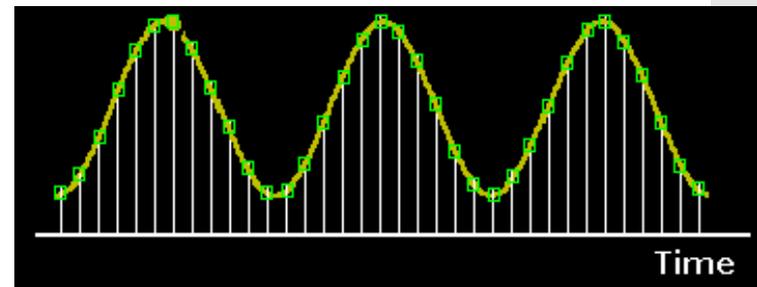
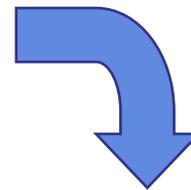
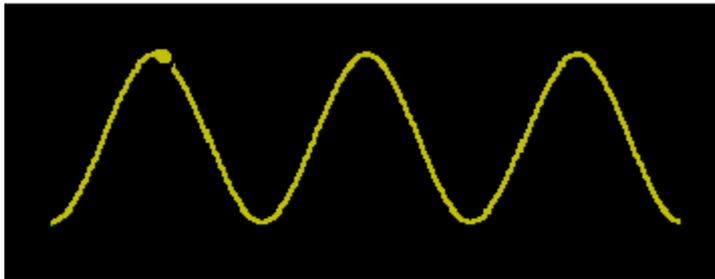
目录
数据处理概述
FFT变换
平均值
问题与讨论



◆ FFT采样频率

■ 概述

- 加速度传感器输出的是模拟信号
- 数采器和计算机能处理的是数字信号
- 原始信号必须通过模/数转换，才能被处理



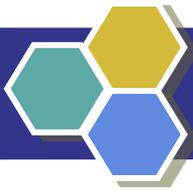
目录

数据处理概述

FFT变换

平均值

问题与讨论



FFT变换

◆ FFT采样频率

■ 几个术语：

- 采样率：单位时间内采样的次数，通常为2的n次幂，例如1024,2048,4096
- 线数：频谱中包含的频率线数，等于采样率的二分之一，例如512线,1024线,2048线
- 采样时间：记录模拟信号的时间，单位为秒
- 最大频率：频谱中能观察到的最高频率，单位为Hz

目录

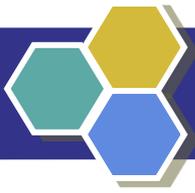
数据处理概述

FFT变换

平均值

问题与讨论

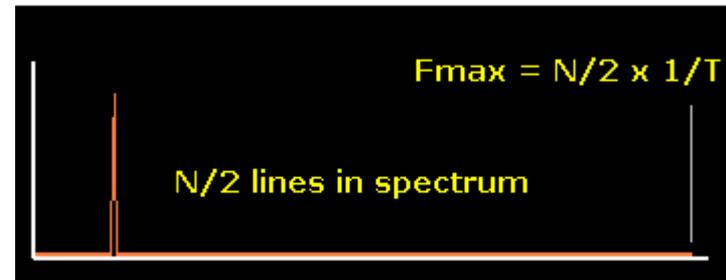
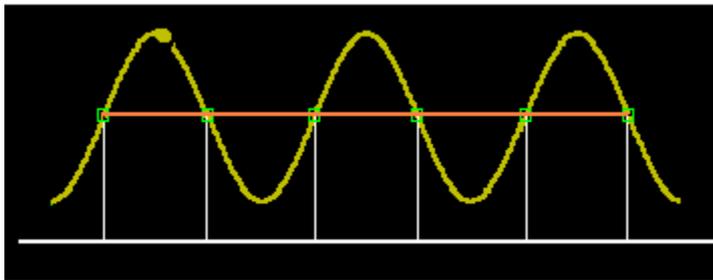




FFT变换

◆ FFT采样频率

- 采样时间必须大于时域信号的周期，否则无法分辨该信号
- 频谱中的最大频率，由采样率和采样时间决定



目录

数据处理概述

FFT变换

平均值

问题与讨论

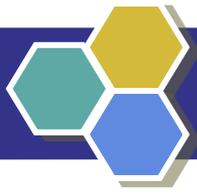


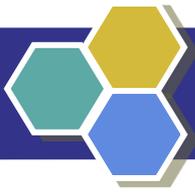
Table 4-2 lists the increasing number of lines for a constant F_{max} showing the resolution or bandwidth, the sample rate, the number of samples and the sample time.

Number of lines	F_{max} (Hz)	Resolution (Hz)	Sample rate	Number of samples	Sample time (sec)
400	1000	2.50	2560	1024	0.4
800	1000	1.25	2560	2048	0.8
1600	1000	0.63	2560	4096	1.6
3200	1000	0.31	2560	8192	3.2
6400	1000	0.16	2560	16384	6.4



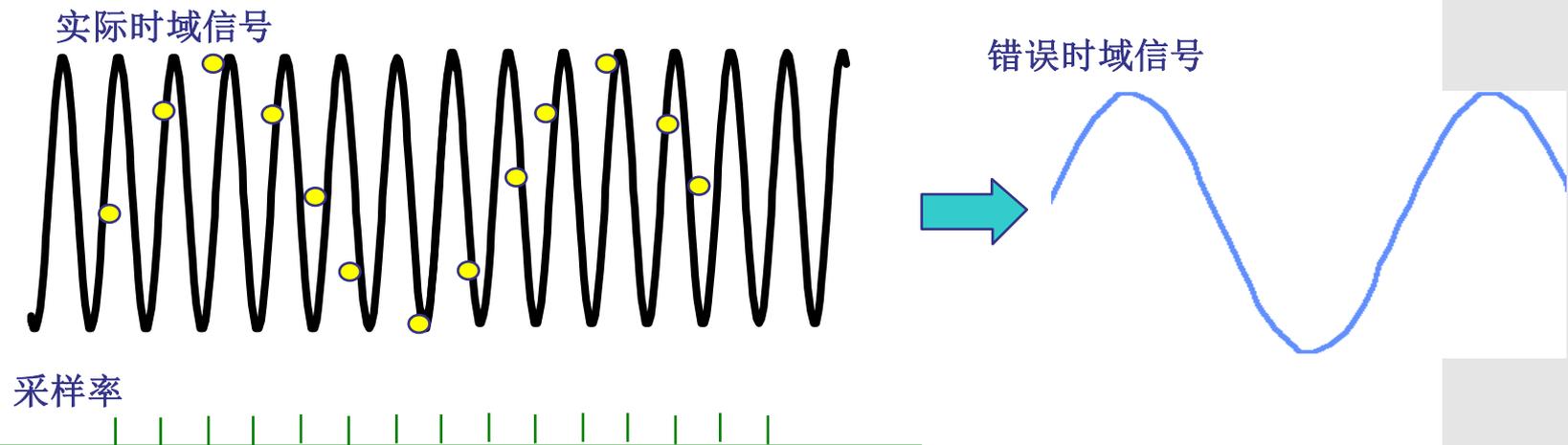
目录
数据处
FFT变
平均值
问题与讨论



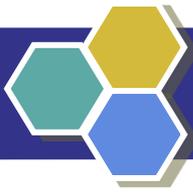


◆ FFT的混叠现象

- 定义：高频信号表现为低频信号
- 原因：采样率过低，高频信号以错误的低频信号形式还原



- 目录
- 数据处理概述
- FFT变换
- 平均值
- 问题与讨论



◆ FFT的混叠现象

- 解决方案：
 - 采样率必须大于所感兴趣频率的2倍——奈奎斯特准则
 - 问题：
 - 在实际测量中，怎能预知测量信号中所含的频率成分？
 - 在实际测量中，如何确定采样率已经足够高？



答案：

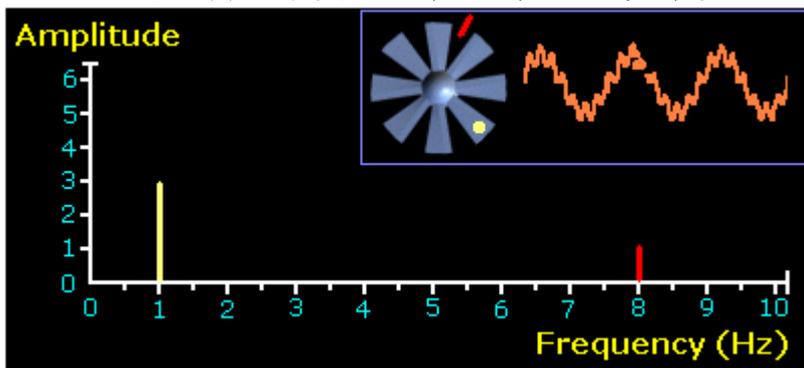
使用抗混叠滤波器！

◆ FFT的混叠现象

■ 抗混叠滤波器

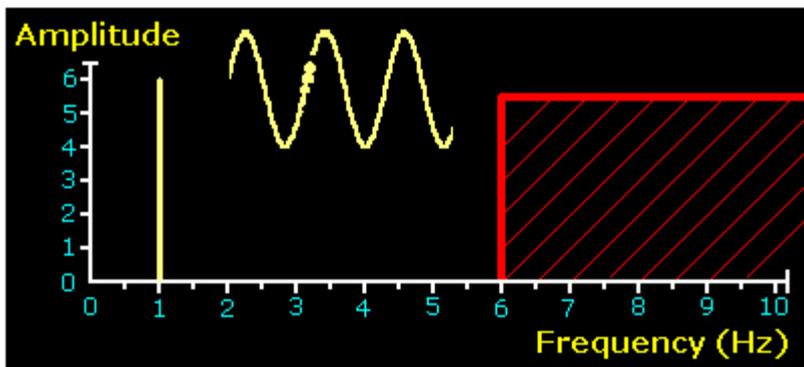
- 一种低通滤波器

- 过滤所有频率高于采样频率2倍的信号



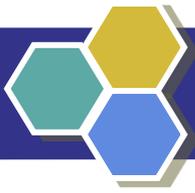
原始信号 (1Hz+8Hz)

若我们只关心1Hz的信号，
为了去除其它可能存在的不同
频率信号的干扰



1. 以3Hz的采样率进行采样
2. 过滤任何大于6Hz ($3 \times 2 = 6$) 的信号

- 目录
- 数据处理概述
- FFT变换
- 平均值
- 问题与讨论



FFT变换

◆ FFT的混叠现象

- 使用抗混叠滤波器后，采样率和频率范围的关系

采样率	频率范围
512	200
1024	400
2048	800
4096	1600
8192	3200

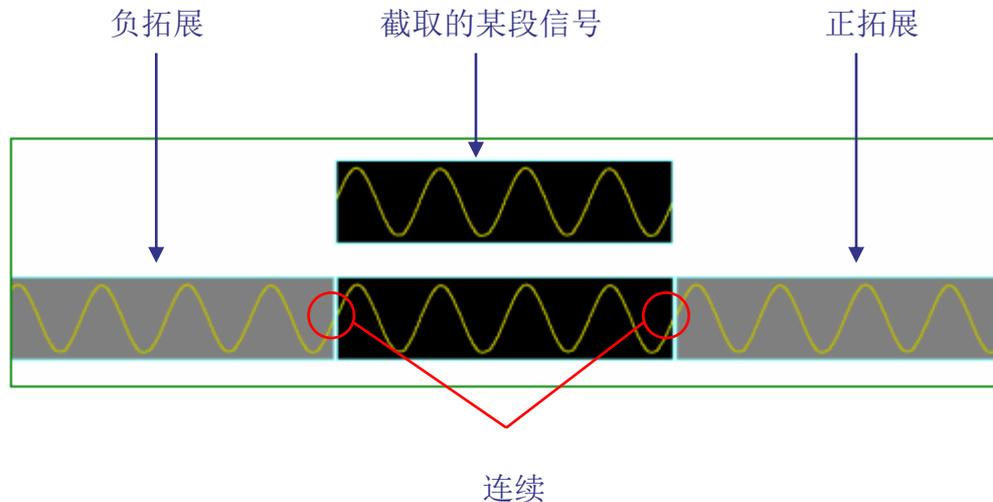
- 目录
- 数据处理概述
- FFT变换**
- 平均值
- 问题与讨论

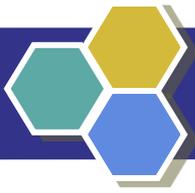


◆ FFT窗函数

■ FFT的泄漏现象

- FFT总是针对某一段时间波形进行的运算，其中包含2个前提：
 - 截取该段时间波形后，将其进行正拓展和负拓展，使该信号在时间轴为无限信号
 - 拓展后的信号应该为连续信号



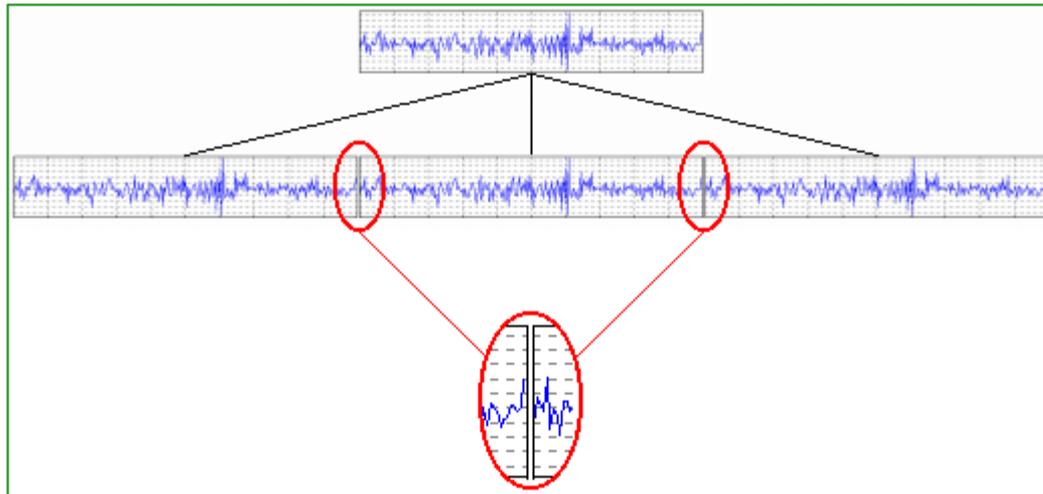


FFT变换

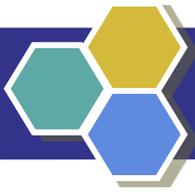
◆ FFT窗函数

■ FFT的泄漏现象

- 若选取的时间段中，不包含整数个周期，则出现泄漏现象



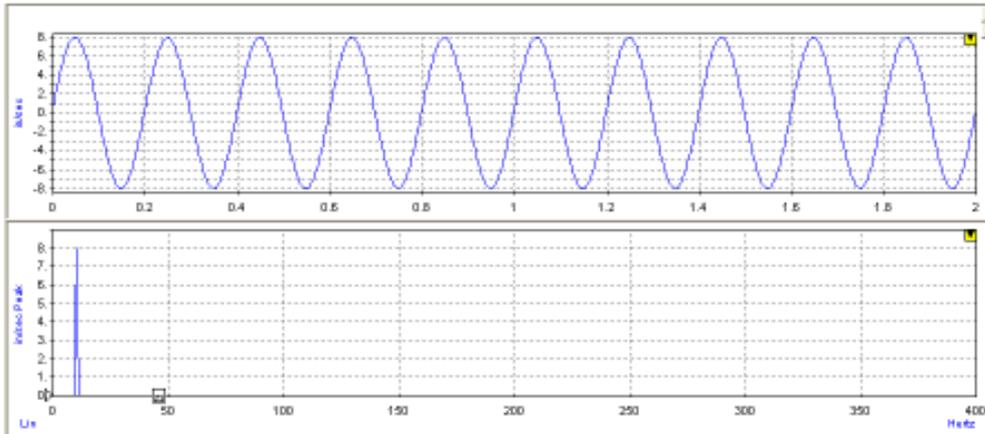
- 目录
- 数据处理概述
- FFT变换
- 平均值
- 问题与讨论



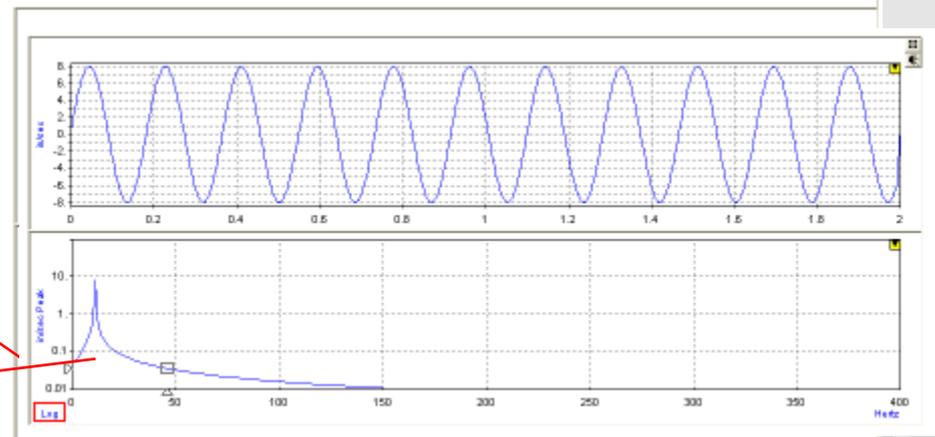
FFT变换

◆ FFT的泄漏现象

■ 举例：



截取的时间段中，有10个周期的波形
FFT变换后，无泄漏现象



截取的时间段中，有10.9个周期的波形
FFT变换后，有泄漏现象

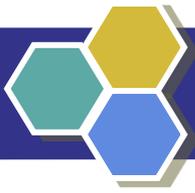
若查看对数坐标
则泄漏现象更明显

目录
数据处理概述

FFT变换

平均值

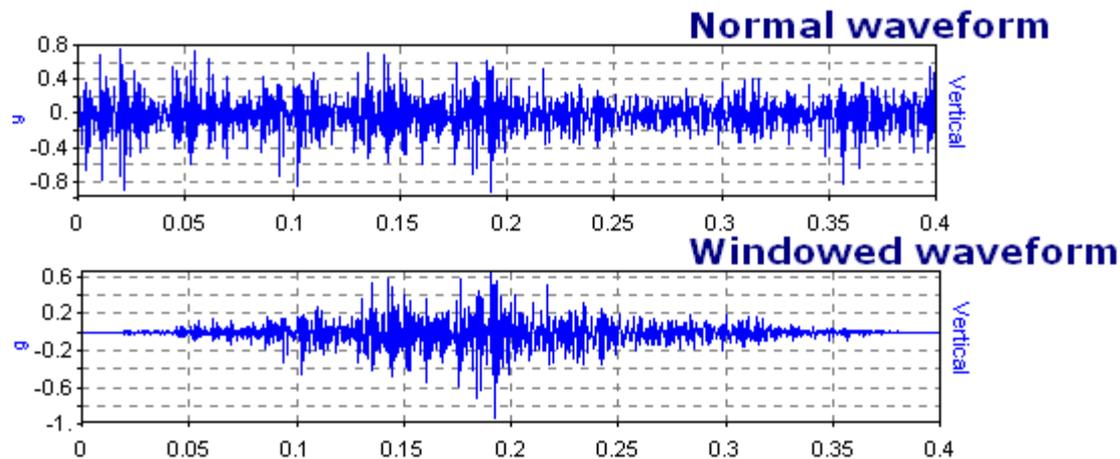
问题与讨论



◆ FFT的泄漏现象

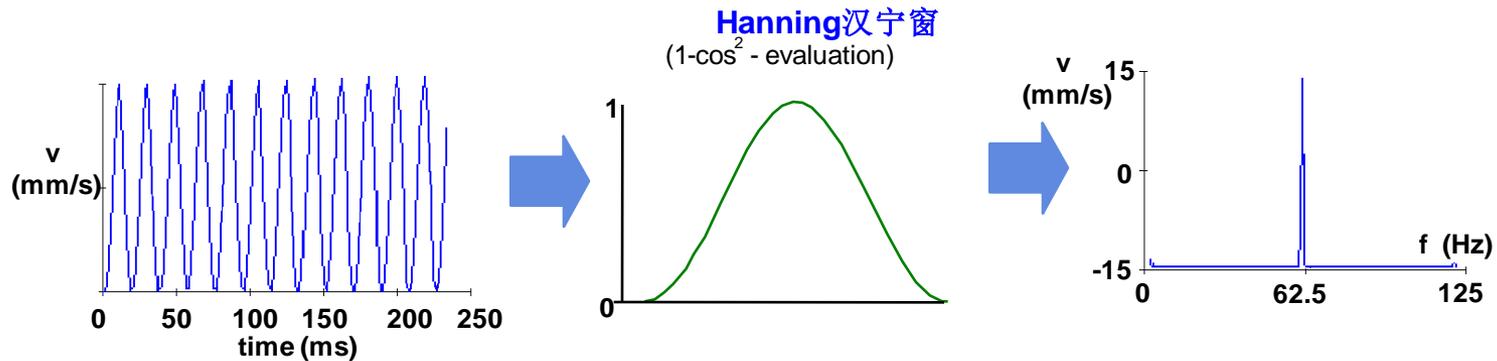
■ 窗函数

- FFT泄漏现象的解决方案
- 不改变截取信号的频率成分
- 仅改变截取前部和后部信号的幅值情况
- 有一系列的窗函数，它们的频率特性和幅值特性均不同



◆ FFT的泄漏现象

- 汉宁窗 (Hanning)
 - 用于振动分析的最常见的窗函数
 - 频域分辨率高
 - 幅值精度差，最大误差**15%**或**15dB**



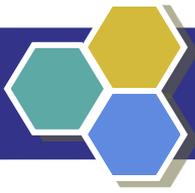
目录

数据处理概述

FFT变换

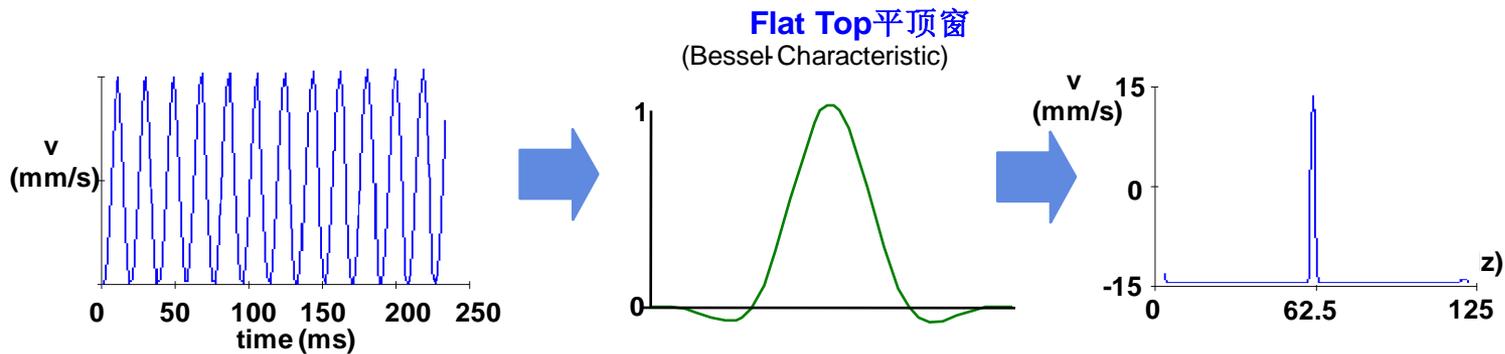
平均值

问题与讨论



◆ FFT的泄漏现象

- 平顶窗 (Flat Top)
 - 幅值精度高，误差最大为1%或0.1dB
 - 频域分辨率差



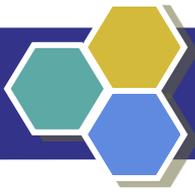
目录

数据处理概述

FFT变换

平均值

问题与讨论



◆ FFT的泄漏现象

- 汉明窗（Hamming）
 - 汉宁窗（Hanning）的改进版
 - 一定程度上改善了汉宁窗的幅值精度
 - 但频域分辨率有所降低

目录

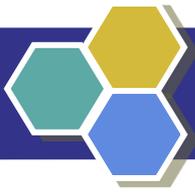
数据处理概述

FFT变换

平均值

问题与讨论

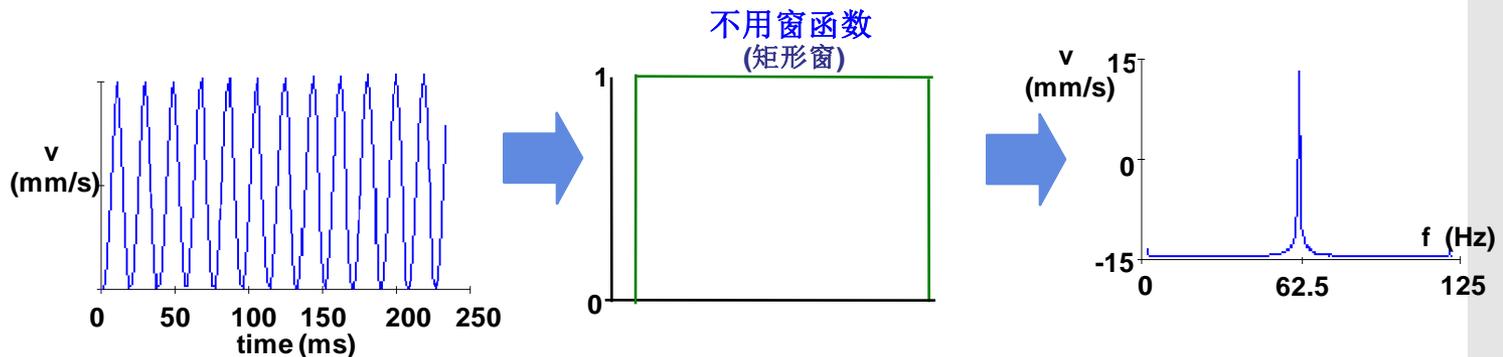




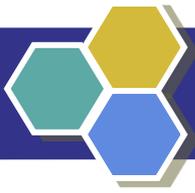
◆ FFT的泄漏现象

■ 矩形窗

- 实质上等于不使用窗函数
- 幅值精度高
- 常用于瞬态测量（例如：撞击测试）



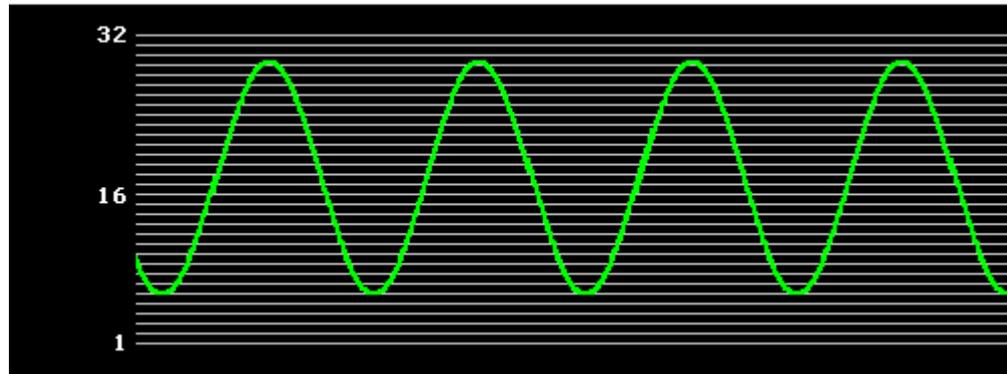
- 目录
- 数据处理概述
- FFT变换
- 平均值
- 问题与讨论



FFT变换

◆ FFT的动态范围

- 动态范围概述
 - 表征FFT变换后，幅值精度的一个参数
 - 通常用dB或者bit作为单位
 - 动态范围 = $20 \times \log$ (最小信号/最大信号)
 - 常见数采器的动态范围为96dB



目录
数据处理概述
FFT变换
平均值
问题与讨论



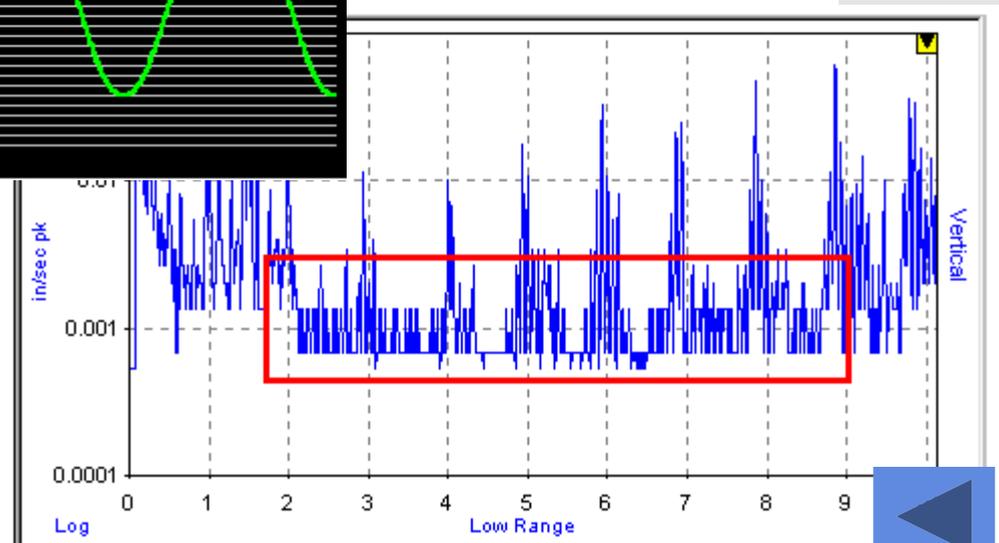
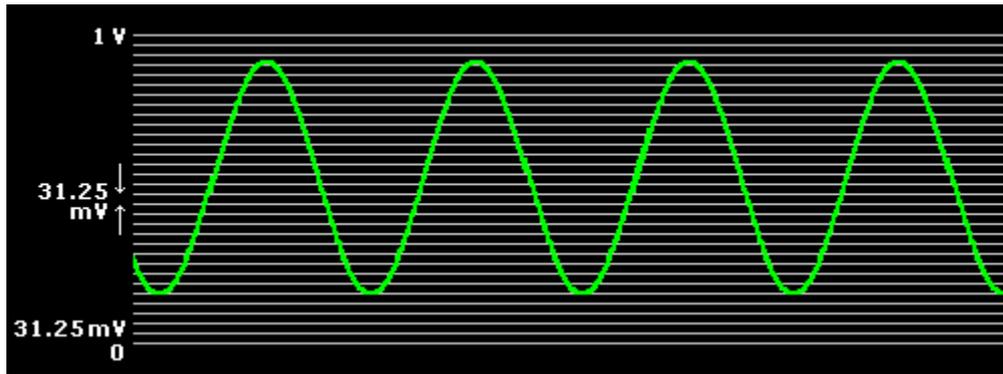
FFT变换

◆ FFT的动态范围

■ 举例:

- 若数采器的A/D转换器为5bit（30dB），输出最大电压为1V，则：

- 输出电压的最小分辨率为 $1V/2^5=1/32=31.25mV$

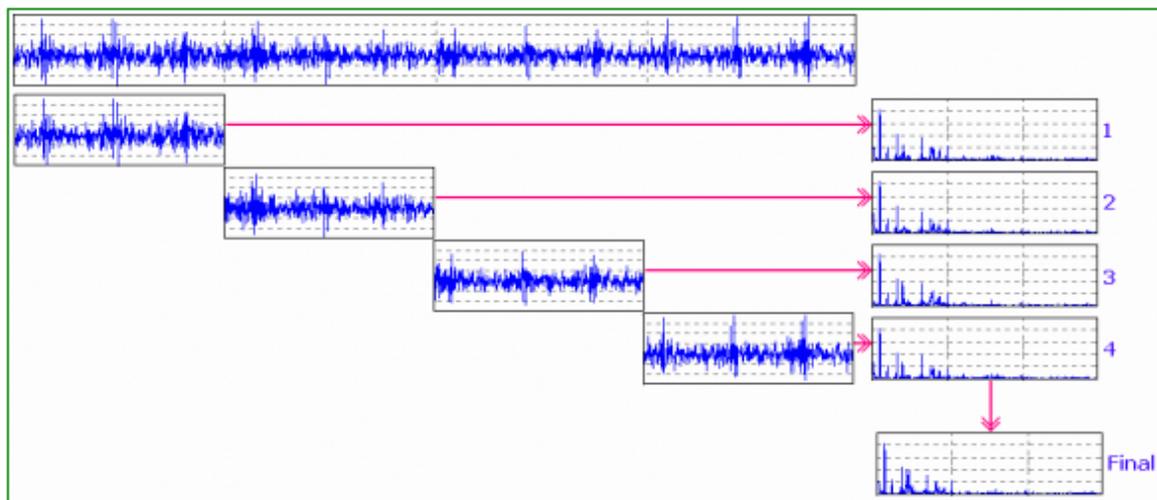


很糟糕的动态范围

- 目录
- 数据处理概述
- FFT变换
- 平均值
- 问题与讨论

◆平均值概述

- 现实中机器的振动值总是随机变化的
- 通常还存在很多随机噪声
- 为了得到较好的测量值，通常需要进行平均值计算

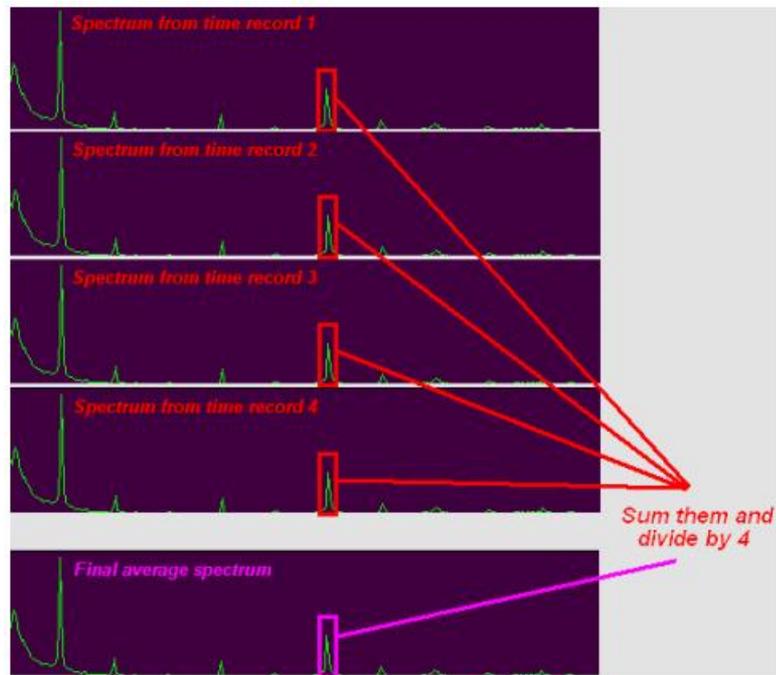


平均值

◆ 平均值类型

■ 线性平均

- 能在一定程度上抑制噪声
- 分段采集时域波形后，再依次进行FFT变化
- 将若干个FFT频谱进行线性平均



- 目录
- 数据处理概述
- FFT变换
- 平均值
- 问题与讨论

平均值

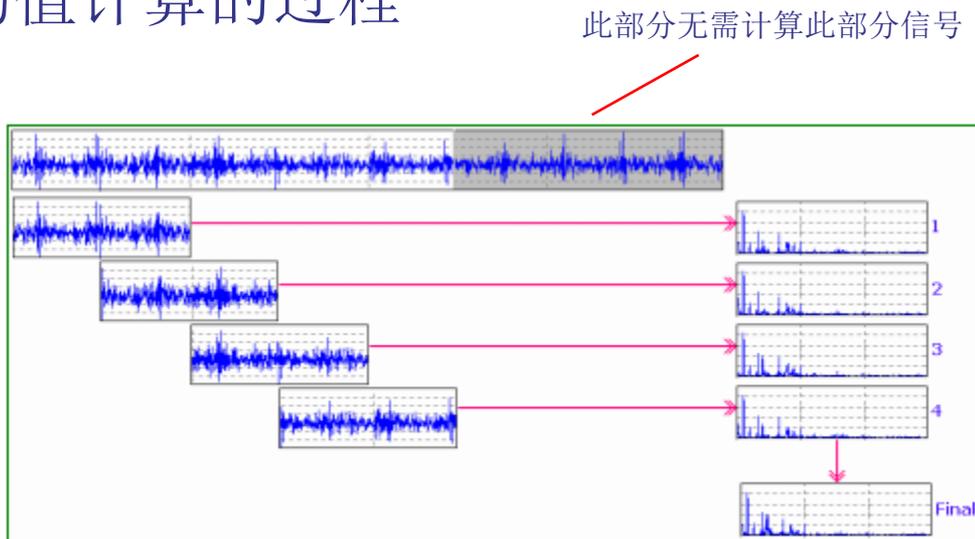
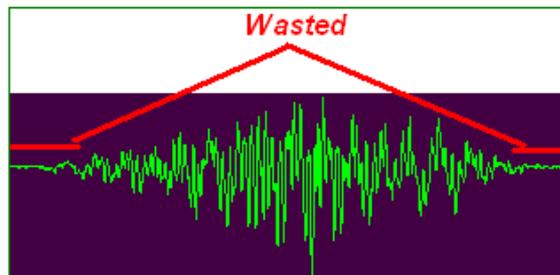
平均值类型

重叠平均

线性平均的改进

- 由于窗函数的存在，某块时域波形的前部和后部信号被弱化
- 选取若干块时域信号，将其重叠起来，进行平均值计算

加快平均值计算的过程



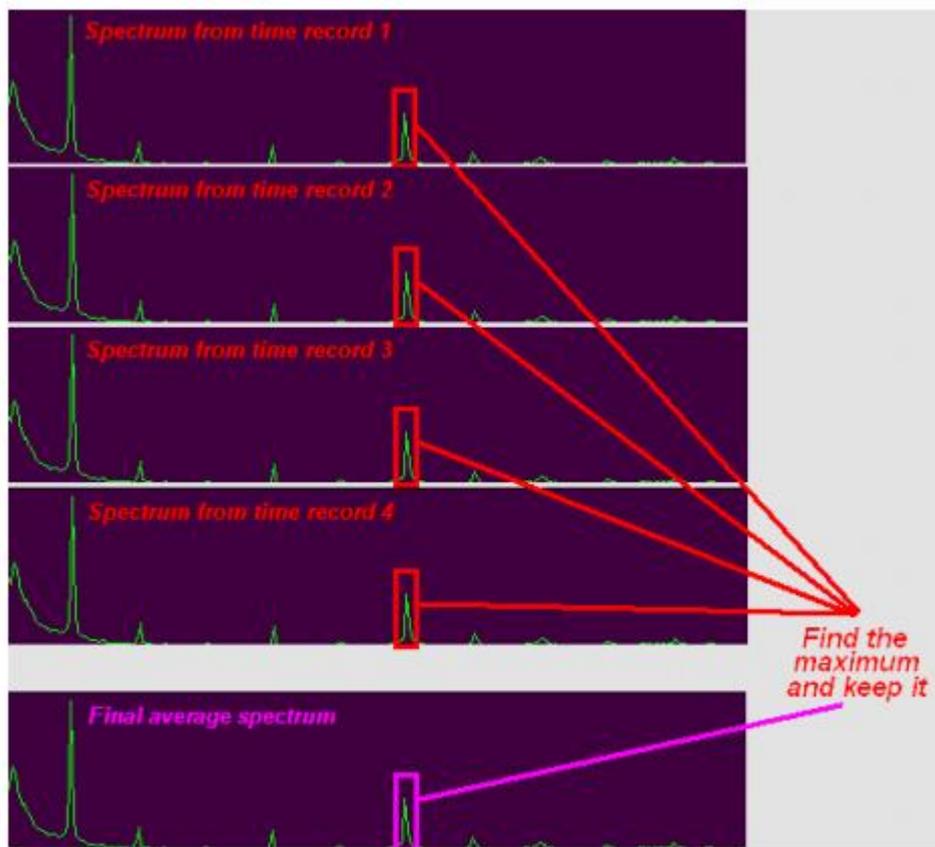
- 目录
- 数据处理概述
- FFT变换
- 平均值
- 问题与讨论

平均值

◆ 平均值类型

■ 峰值保持平均

- 记录每个频率上的最大值，并将最大值记录下来

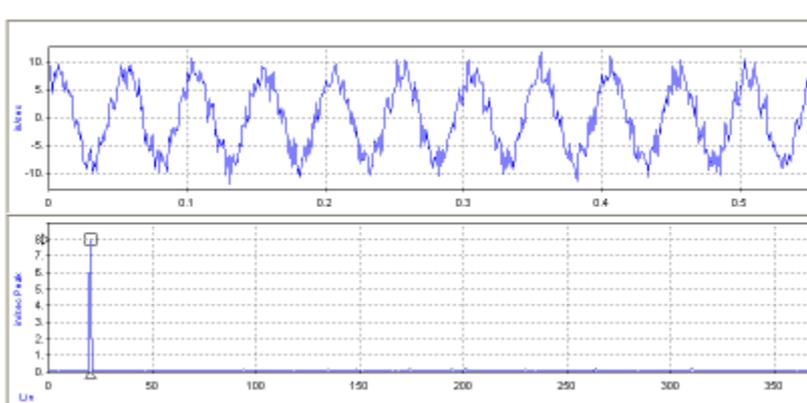


- 目录
- 数据处理概述
- FFT变换
- 平均值
- 问题与讨论

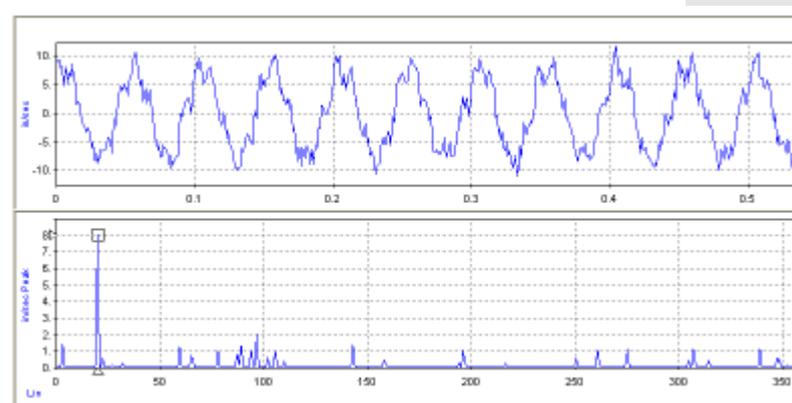
平均值

◆ 平均值类型

- 峰值保持平均
 - 与线性平均的区别



线性平均——抑制噪声



峰值保持平均——记录噪声

目录

数据处理概述

FFT变换

平均值

问题与讨论



平均值

◆ 平均值类型

- 峰值保持平均
 - 应用环境
 - 起/停机测试
 - 机器启动（或停止）时，连续测量频谱
 - 随着机器转速变化，频谱不断变化
 - 若转速经过机器的共振频率，频谱上激发最大的振动幅值
 - 变速测试
 - 与起/停机类似
 - 冲击测试
 - 机器静止时，用重锤敲击
 - 使用峰值保持平均，测量机器的冲击响应
 - 获得机器的共振频率

目录

数据处理概述

FFT变换

平均值

问题与讨论

平均值

◆ 平均值类型

■ 时间同步平均

- 线性平均仅抑制噪声，不能去除噪声
- 时间同步平均
 - 去除噪声（随机噪声和其它噪声）
 - 挖掘出较小振幅的有用信号
 - 必须与转速传感器配合使用



目录

数据处理概述

FFT变换

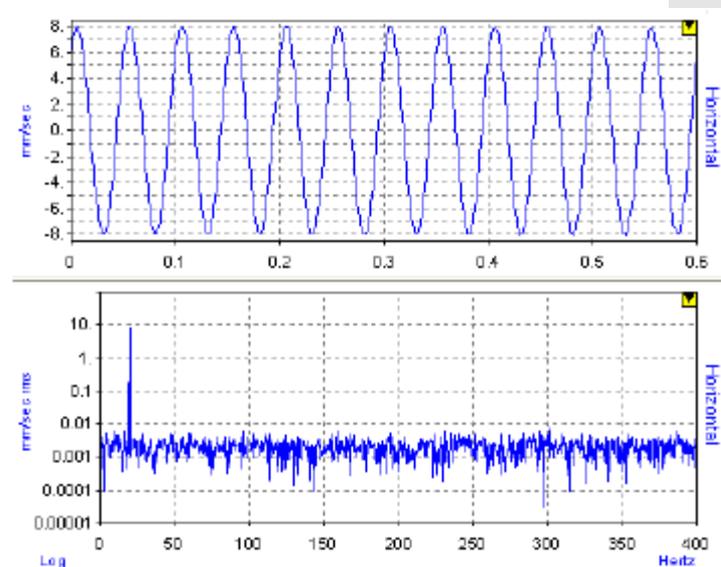
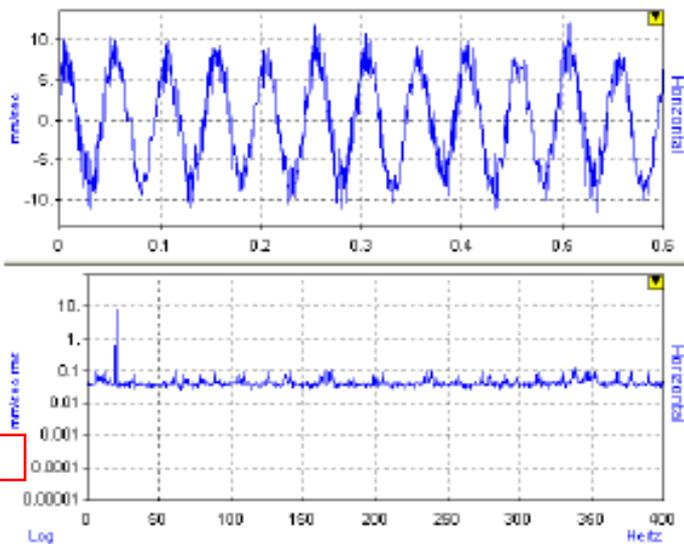
平均值

问题与讨论

平均值

平均值类型

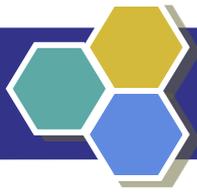
- 转速同步平均
 - 可去除与所关心转速不同步的振动信号
 - 特别适合用于齿轮箱的诊断
 - 也适用于低转速高噪声机器的诊断



目录
数据处理概述
FFT变换
平均值
问题与讨论

线性平均—信噪比100左右

转速同步平均—信噪比10000左右



问题与讨论



- 目录
- 数据处理概述
- FFT变换
- 平均值
- 问题与讨论





Thank You!

