

HIOKI

MR6000-01

MR6000-01 专用功能篇
使用说明书

存储记录仪

MEMORY HiCORDER

保留备用

Apr. 2019 Edition 1
MR6000A972-00 (A963-01) 19-04H

CN



目 录

前言	1	SF 频率特性示例图、群延迟特性 示例图	66
功能说明	2	3.6 移动平均滤波器特性	72
本说明书的查看方法	3	群延迟时间	72
1 数字滤波器运算	5	频率特性示例图	72
1.1 数字滤波器运算流程	6	3.7 微分运算特性	73
1.2 数字滤波器运算的设置	7	响应时间	73
2 实时波形运算	11	频率特性示例图	73
2.1 实时波形运算流程	12		
2.2 实时波形运算的设置	13		
3 附录	19		
3.1 数字滤波器	19		
滤波器类型	19		
滤波器构成	20		
群延迟特性	21		
3.2 实时波形运算	22		
运算类型	22		
最快更新率	24		
3.3 运算延迟时间	25		
3.4 FIR 滤波器特性	26		
LPF 与 HPF 的特性	26		
BPF 特性	27		
BSF 特性	28		
滤波器阶数	29		
群延迟时间	32		
LPF 与 HPF 的频率特性示例图	32		
BPF 频率特性示例图	33		
BSF 频率特性示例图	36		
3.5 IIR (巴特沃斯) 滤波器特性	38		
LPF 与 HPF 的特性	38		
BPF 特性	42		
BSF 特性	44		
滤波器阶数	45		
群延迟时间	48		
LPF 频率特性示例图、群延迟特性 示例图	48		
HPF 频率特性示例图、群延迟特性 示例图	53		
BPF 频率特性示例图、群延迟特性 示例图	58		

前言

感谢您选择 HIOKI MR6000-01 存储记录仪。为了您能充分而持久地使用本产品，请妥善保管使用说明书。

MR6000-01 存储记录仪是在 MR6000 中配置有下述运算功能 (选件) 的机型。

- 数字滤波器运算
- 实时波形运算

附带下述使用说明书。请根据用途阅读。

类型	记载内容	打印版	CD版 文件名
使用注意事项	安全使用本仪器的信息	✓	-
快捷指南	本仪器的基本操作方法、规格等	✓	✓ MR6000A969-XX.pdf
使用说明书 详细篇	本仪器的功能、操作方法等	-	✓ MR6000A970-XX.pdf
使用说明书 MR6000-01 专用功能篇 (本说明书)	仅 MR6000-01 可使用的运算使用方法等	-	✓ MR6000A972-XX.pdf

关于标记

*	表示说明记载于底部位置。
☑	表示设置项目的初期设置值。初始化之后，恢复为该值。
(第 页)	表示参阅内容。
START (粗体)	以粗体对画面上的名称以及按键进行标记。
[]	菜单名、对话框名、对话框内的按钮等画面上的名称以 [] 进行标记。
S/s	本仪器以 samples per second (S/s) 为单位，表示对模拟输入信号进行数字化的每秒次数。 例：“20 MS/s” (20 megasamples per second) 表示每秒钟进行 20×10^6 次数字化。

功能说明


MR6000-01可使用下述运算功能。

- 数字滤波器运算功能
 - 实时波形运算功能
-
- 如果使用数字滤波器运算，则可去除测量数据的特定频率噪音。
 - 可将输入信号或数字滤波器结果作为运算对象，实时地对波形进行运算。

本说明书的查看方法

画面的打开方法

如下所述为画面的轻敲顺序。


 表示设置键。

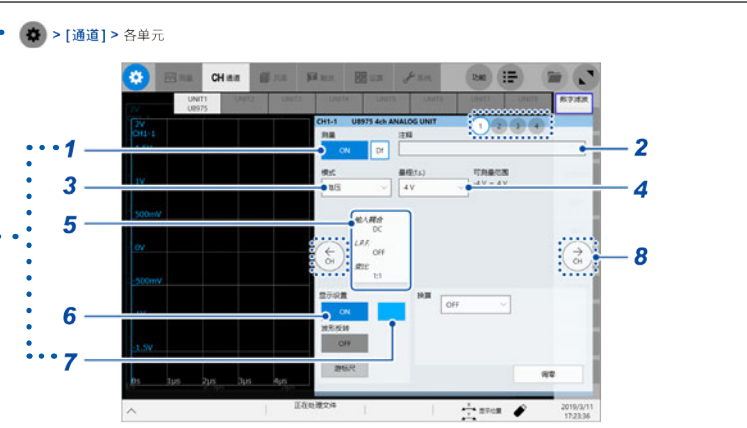
步骤编号

与步骤语句相同的编号。


选择项目与说明


是轻敲项目时可选择的项目及其说明。

 表示设置项目的初期设置值。



- 1 轻敲 [测量] 按钮，将其设为 [ON] 或 [OFF]
- 2 在 [注释] 框中输入注释
可输入字符数：最多40个字符
- 3 轻敲 [模式] 框，从一览中选择测量模式
- 4 轻敲 [量程 (f.s.)] 框，从一览中选择量程
可设置的量程因单元而异。
超出量程时，请将量程变更为低灵敏度。

ON 	设为被测对象。
OFF	不设为被测对象。 由于没有读取数据，因此也无法进行显示或保存。

电压 	在电压模式下进行测量。
温度	在温度模式下进行测量。

设置内容因安装的单元而异。
参照：使用说明书 详细篇“3.6 进行各单元固有的设置”

可通过数字滤波器运算去除测量数据的特定频率噪音。

不能同时使用数字滤波器运算与实时波形运算。

- 可针对安装到UNIT 1 ~ UNIT 8中的单元，设置最多32通道的数字滤波器。
- 通过数字滤波器之后的信号被替换为已设置通道的输入信号，并显示在波形画面中。
- 通过数字滤波器之后的信号可与其它输入信号一起保存/写入到媒介中。
- 可将通过数字滤波器之后的信号用作触发源。
- 可针对通过数字滤波器之后的信号执行数值运算。

有关数字滤波器的特性，请参照“3.4 FIR 滤波器特性”（第26页）、“3.5 IIR（巴特沃斯）滤波器特性”（第38页）。

[数字滤波] 运算可进行的操作

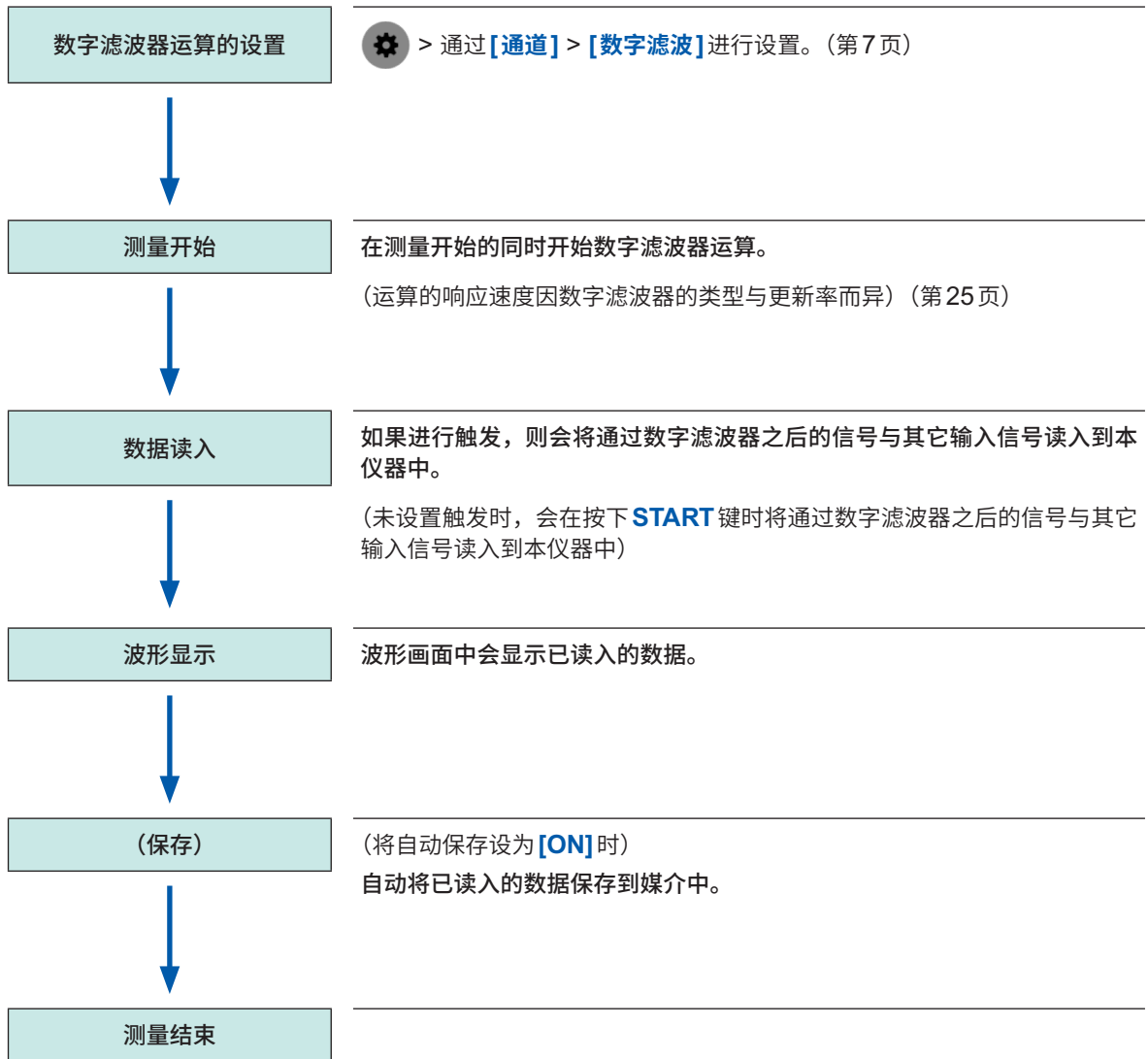
数字滤波器运算类型

- FIR 滤波器 (LPF、HPF、BPF、BSF)
- IIR 滤波器 (LPF、HPF、BPF、BSF)
- 移动平均
- 延迟器

运算公式的详细内容：
“3.1 数字滤波器”（第19页）

1.1 数字滤波器运算流程

由于是在测量的同时进行运算，因此，需要在测量之前对数字滤波器运算进行设置。



1.2 数字滤波器运算的设置

⚙️ > [通道] > [数字滤波]

⚙️ > [运算] > [实时波形运算] 的实时波形运算功能变为 OFF 状态。



1 轻敲 [更新率] 框，选择数字滤波器运算值的更新速率
该设置与采样速度不同。

10 MS/s[□]、1 MS/s、100 kS/s、10 kS/s、1 kS/s、100 S/s、10 S/s、1 S/s

10 MS/s：可选择最多 8 通道的数字滤波器。

1 MS/s：可选择最多 16 通道的数字滤波器。

100 kS/s 以下：可选择最多 32 通道的数字滤波器。

运算延迟时间因更新率而异。

参照：“3.3 运算延迟时间”（第 25 页）

2 轻敲 [OFF]，将要使用的项目设为 [ON]

- 不能选择 8973 逻辑单元的通道。
- 不能选择 MR8990 数字电压表单元的通道。

3 轻敲 [种类] 框，从一览中选择滤波器

移动平均 [□]	通过移动平均滤波器
FIRLPF	通过 FIR 的低通滤波器
FIRHPF	通过 FIR 的高通滤波器
FIRBPF	通过 FIR 的带通滤波器
FIRBSF	通过 FIR 的带阻滤波器

IIRLPF	通过 IIR 的低通滤波器
IIRHPF	通过 IIR 的高通滤波器
IIRBPF	通过 IIR 的带通滤波器
IIRBSF	通过 IIR 的带阻滤波器
延迟器	波形数据的延迟

参照：“滤波器类型”（第 19 页）

4 在[频率]框中设置截止频率或中心频率

(在[种类]框中设置[FIRLPF]、[FIRHPF]、[IIRLPF]或[IIRHPF]时)

FIRLPF、 FIRHPF	截止频率的可设置范围因更新率而异。	
	更新率	截止频率范围
	10 MS/s	400 kHz ~ 3 MHz *
	1 MS/s	20 kHz ~ 300 kHz
	100 kS/s	2 kHz ~ 30 kHz
	10 kS/s	200 Hz ~ 3 kHz
	1 kS/s	20 Hz ~ 300 Hz
	100 S/s	2 Hz ~ 30 Hz
	10 S/s	200 mHz ~ 3 Hz
	1 S/s	20 mHz ~ 300 mHz
* : FIRHPF 时为900 kHz ~ 3 MHz		
IIRLPF、 IIRHPF	截止频率的可设置范围因更新率而异。	
	更新率	截止频率范围
	10 MS/s	20 kHz ~ 3 MHz
	1 MS/s	2 kHz ~ 300 kHz
	100 kS/s	200 Hz ~ 30 kHz
	10 kS/s	20 Hz ~ 3 kHz
	1 kS/s	2 Hz ~ 300 Hz
	100 S/s	200 mHz ~ 30 Hz
	10 S/s	20 mHz ~ 3 Hz
	1 S/s	2 mHz ~ 300 mHz

(在[种类]框中设置[FIRBPF]、[FIRBSF]、[IIRBPF]或[IIRBSF]时)

FIRBPF、 FIRBSF	中心频率的可设置范围因更新率而异。	
	更新率	中心频率范围
	10 MS/s	800 kHz ~ 3 MHz *
	1 MS/s	30 kHz ~ 300 kHz
	100 kS/s	3 kHz ~ 30 kHz
	10 kS/s	300 Hz ~ 3 kHz
	1 kS/s	30 Hz ~ 300 Hz
	100 S/s	3 Hz ~ 30 Hz
	10 S/s	300 mHz ~ 3 Hz
	1 S/s	30 mHz ~ 300 mHz
* : FIRBPF 时为1 MHz ~ 3 MHz		
IIRBPF、 IIRBSF	中心频率的可设置范围因更新率而异。	
	更新率	中心频率范围
	10 MS/s	1.3 MHz ~ 3 MHz
	1 MS/s	130 kHz ~ 300 kHz
	100 kS/s	13 kHz ~ 30 kHz
	10 kS/s	1300 Hz ~ 3 kHz
	1 kS/s	130 Hz ~ 300 Hz
	100 S/s	13 Hz ~ 30 Hz
	10 S/s	1300 mHz ~ 3 Hz
	1 S/s	130 mHz ~ 300 mHz

5 在**[频率带宽]**框中选择频率带宽(相对于更新率的比例)

(在**[种类]**框中设置**[FIRBPF]**、**[FIRBSF]**、**[IIRBPF]**或**[IIRBSF]**时)

可选择的频率带宽因滤波器类型与更新率而异。

参照：“3.4 FIR 滤波器特性” (第 26 页) – “BPF 特性” (第 27 页)、 “BSF 特性” (第 28 页)

“3.5 IIR (巴特沃斯) 滤波器特性” (第 38 页) – “BPF 特性” (第 42 页)、

“BSF 特性” (第 44 页)

1%、2%、5%、10%、15%、20%

6 在**[点击数]**框中选择点击数

(在**[种类]**框中设置**[移动平均]**或**[延迟器]**时)

[移动平均]

2[□]、4、8、16、32、64、128^{*1}

*1：更新率 10 MS/s 时，为 2、4、8、16、32

[延迟器]

0 ~ 200^{*2}

*2：更新率 10 MS/s 时，为 0 ~ 60

- 可设置最多 16 项实时波形运算。
- 不能同时使用数字滤波器运算与实时波形运算。
- 可将安装到 UNIT 1 ~ UNIT 8 中的单元的任意通道与实时波形运算结果选为运算对象。
- 实时波形运算结果会显示在显示输入信号的波形画面中。
- 实时波形运算结果可与其它输入信号一起保存到媒介中，也可以从媒介中读入。
- 可将实时波形运算结果用作触发源。
- 可针对实时波形运算结果执行数值运算。
- MR8990 数字电压表单元的 A/D 分辨率为 24 位，但用于实时波形运算时，只能使用前 16 位进行运算。

[实时波形运算] 可进行的操作

实时波形运算

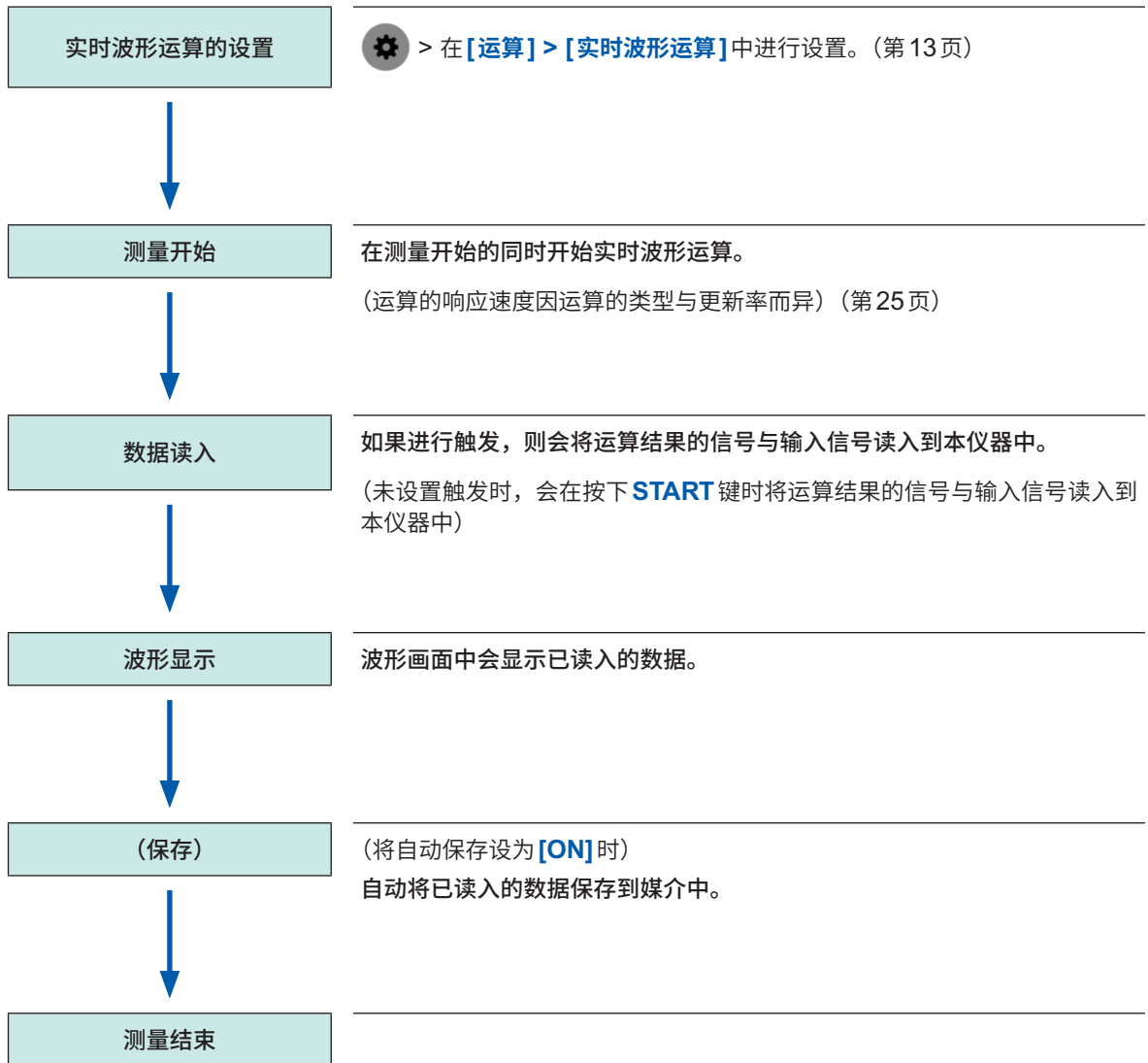
- 四则运算 (+、-、×、/)
- 带系数的四则运算 (+、-、×、/)
- 四次多项式
- 单项式
- 多项加减法
- 微分
- 积分 (绝对值、正、负、合计)
- 累积 (绝对值、正、负、合计)

- FIR 滤波器
(LPF、HPF、BPF、BSF)
- IIR 滤波器
(LPF、HPF、BPF、BSF)
- 移动平均
- 延迟器

运算公式的详细内容：
“3.2 实时波形运算” (第 22 页)

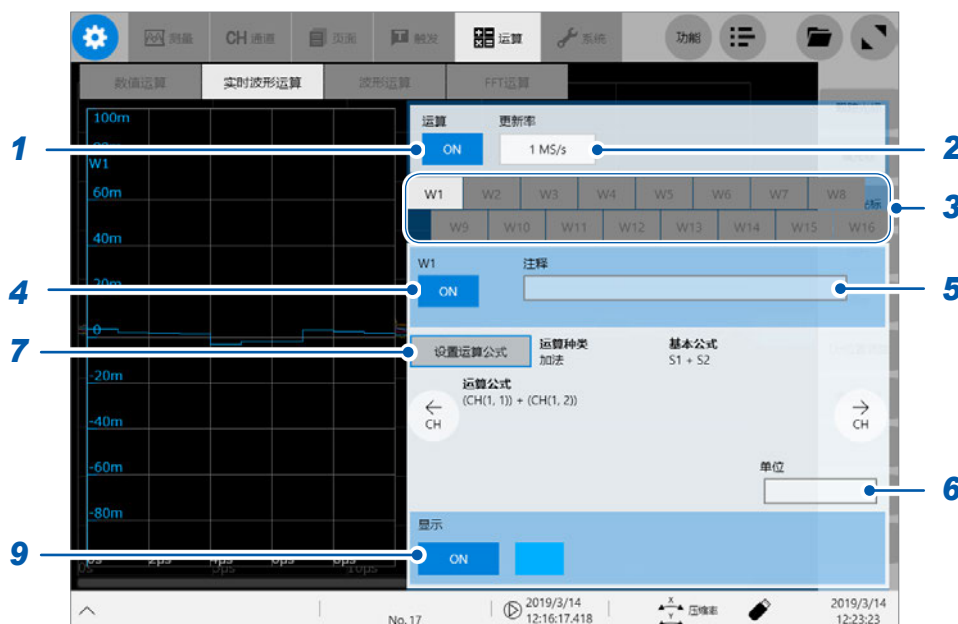
2.1 实时波形运算流程

由于是在测量的同时进行运算，因此，需要在测量之前对实时波形运算进行设置。



2.2 实时波形运算的设置

⚙️ > [运算] > [实时波形运算]



1 轻敲[运算]按钮，将其设为[ON]

(初始设置：[OFF])

⚙️ > [通道] > [数字滤波器] 的数字滤波器运算功能变为 OFF 状态。

2 轻敲[更新率]框，选择实时波形运算值的更新速率

该设置与采样速度不同。

10 MS/s、1 MS/s、100 kS/s、10 kS/s、1 kS/s、100 S/s、10 S/s、1 S/s

10 MS/s：可选择最多 8 项实时波形运算

1 kS/s 以下：可选择最多 16 项实时波形运算

- 可选择的运算类型因更新率而异。
参照：“最快更新率”（第 24 页）
- 运算延迟时间因更新率而异。
参照：“3.2 实时波形运算”（第 22 页）
- 更新率高于采样速度时，会对运算源数据进行间隔记录。
要记录运算源的所有数据时，请将更新率设为采样速度以下。

3 在[W1]按钮～[W16]按钮中，轻敲要设置的运算

4 轻敲要设置运算通道的通道编号，将其设为[ON]

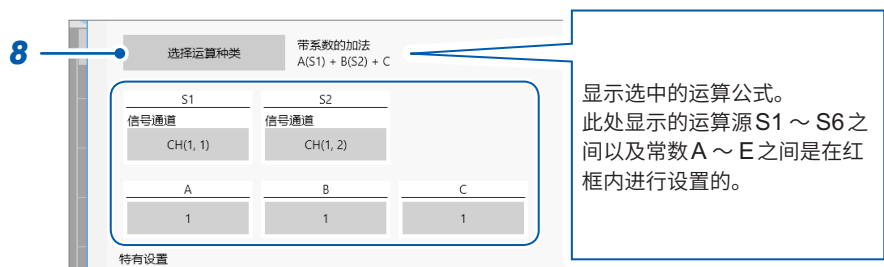
5 轻敲[注释]框，输入注释

6 轻敲[单位]框，输入单位

2

实时波形运算

7 轻敲 [设置运算公式]



8 轻敲 [选择运算种类]，然后选择运算类型、运算对象通道与运算条件

运算类型	运算公式	说明
加法	$S1 + S2$	波形数据的加法
减法	$S1 - S2$	波形数据的减法
乘法	$S1 \times S2$	波形数据的乘法
除法	$S1 / S2$	波形数据的除法
带系数的加法	$A \times (S1) + B \times (S2) + C$	波形数据的带系数加法
带系数的减法	$A \times (S1) - B \times (S2) + C$	波形数据的带系数减法
带系数的乘法	$A \times (S1) \times B \times (S2) + C$	波形数据的带系数乘法
带系数的除法	$A \times (S1) / \{B \times (S2)\} + C$	波形数据的带系数除法
四次多项式	$A \times (S1)^4 + B \times (S1)^3 + C \times (S1)^2 + D \times (S1) + E$	波形数据的四次多项式
单项式	$A \times (S1)$	波形数据的单项式
多项加减运算	$A \times (S1) + B \times (S2) + C \times (S3) + D \times (S4)$	波形数据的多项加减法
微分	Diff (S1, Dspace)	基于 Lagrange 内插公式的微分
积分 (绝对值)	Integ1 (S1)	基于振幅 绝对值的梯形公式的积分
积分 (正)	Integ2 (S1)	基于振幅 正的梯形公式的积分
积分 (负)	Integ3 (S1)	基于振幅 负的梯形公式的积分
积分 (合计)	Integ4 (S1)	基于振幅的梯形公式的积分
累积 (绝对值)	Add1 (S1)	振幅 绝对值的累计
累积 (正)	Add2 (S1)	振幅 正的累计
累积 (负)	Add3 (S1)	振幅 负的累计
累积 (合计)	Add4 (S1)	振幅的累计
移动平均	MOVE (S1, P)	通过移动平均滤波器
FIR 低通滤波器的	FIRLPF (S1, Fc)	通过 FIR 的低通滤波器
FIR 高通滤波器的	FIRHPF (S1, Fc)	通过 FIR 的高通滤波器
FIR 带通滤波器的	FIRBPF (S1, Fcl, Fcu)	通过 FIR 的带通滤波器
FIR 频带抑制滤波器的	FIRBSF (S1, Fcl, Fcu)	通过 FIR 的带阻滤波器
IIR 低通滤波器的	IIRLPF (S1, Fc)	通过 IIR 的低通滤波器
IIR 高通滤波器的	IIRHPF (S1, Fc)	通过 IIR 的高通滤波器
IIR 带通滤波器的	IIRBPF (S1, Fcl, Fcu)	通过 IIR 的带通滤波器
IIR 频带抑制滤波器的	IIRBSF (S1, Fcl, Fcu)	通过 IIR 的带阻滤波器
延迟器	DELAY (S1, P)	波形数据的延迟

基于运算类型的运算对象通道与运算条件的设置内容

更新率为 10 MS/s 时，不能在运算对象通道中选择实时波形运算通道。

运算类型	设置内容	说明	画面示例
加法 减法 乘法 除法	运算对象通道 (模拟、实时波形运算)	设置运算对象通道。	
	带系数的加法 带系数的减法 带系数的乘法 带系数的除法 单项式 四次多项式 多项加减运算	运算对象通道 (模拟、实时波形运算) 系数 * ¹ (A, B, C, D, E)	设置运算对象通道。 设置系数。
微分	运算对象通道 (模拟、实时波形运算)	设置运算对象通道。	特有设置 微分间隔(Dspace) <input type="text" value="1"/>
	微分间隔 (1 ~ 3,200)	用于设置要进行微分的采样间隔。 通常设为“1”，但要捕捉变化较慢的波形变化量时，请增大值。	
积分(绝对值) 积分(正) 积分(负) 积分(合计) 累积(绝对值) 累积(正) 累积(负) 累积(合计)	运算对象通道 (模拟、实时波形运算)	设置运算对象通道。	
	复位时序 (开始、超出设置值、零交叉 上升沿、零交叉 下降沿、零交叉 边缘)	设置积分值或累积值的复位方法。	
	复位值 (正、负) * ¹	开始复位时序或设为超出设置值时，已设置的值为上下限值。	
	滤波器 (OFF ~ 10,000 samples)	设置判断零交叉的宽度。 运算对象通道的信号穿过零电平之后，在已设置的滤波宽度之间没有再次穿过零电平时，首先判断为零交叉。 这对于防止因噪音等而错误地穿过零电平是有效的方法。	
移动平均	运算对象通道 (模拟)	设置运算对象通道。	特有设置 点击数(P) <input type="text" value="2"/>
	点击数 (2、4、8、16、32、64、128) * ²	设置移动平均点数。	

运算类型	设置内容	说明	画面示例
FIR 滤波器 (LPF、HPF、BPF、BSF) IIR 滤波器 (LPF、HPF、BPF、BSF)	运算对象通道 (模拟)	设置运算对象通道。	特有设置 截止频率(Fc) 20 kHz 中心频率 50 kHz 频率带宽 20 kHz 低边缘频率(Fcl) 40 kHz 高边缘频率(Fcu) 60 kHz
	截止频率 或 中心频率	设置频率。 可在“截止频率或中心频率” (第 17 页) 的范围内设置。	
	频率带宽 (1%、2%、5%、 10%、15%、20%)	<ul style="list-style-type: none"> 为 FIRBPF、FIRBSF、IIRBPF 或 IIRBSF 时，设置频率带宽。 以相对于更新率的比例的频率进行设置。 可选择的频率带宽因滤波器类型与更新率而异。*3 	
延迟器	运算对象通道 (模拟)	设置运算对象通道。	特有设置 点击数(P) 1
	点击数 (0 ~ 200) *4	设置延迟点数。	

*1：可设置范围为 $-9.9999E+29 \sim -1.0000E-29$, 0 , $+1.0000E-29 \sim +9.9999E+29$ 。
最多可设置 5 位有效位数。

*2：更新率 10 MS/s 时，为 2、4、8、16、32；更新率 1 MS/s 时，为 2、4、8、16、32、64

*3：请参照：“3.4 FIR 滤波器特性”（第 26 页）- “BPF 特性”（第 27 页）、“BSF 特性”（第 28 页）
“3.5 IIR (巴特沃斯) 滤波器特性”（第 38 页）- “BPF 特性”（第 42 页）、“BSF 特性”（第 44 页）

*4：更新率 10 MS/s 时，为 0 ~ 50

截止频率或中心频率

FIRLPF、 FIRHPF	更新率	截止频率范围
	10 MS/s	600 kHz ~ 3 MHz *1
	1 MS/s	20 kHz ~ 300 kHz *2
	100 kS/s	2 kHz ~ 30 kHz
	10 kS/s	200 Hz ~ 3 kHz
	1 kS/s	20 Hz ~ 300 Hz
	100 S/s	2 Hz ~ 30 Hz
	10 S/s	200 mHz ~ 3 Hz
	1 S/s	20 mHz ~ 300 mHz

*1 : FIRHPF时为 1.2 MHz ~ 3 MHz

*2 : FIRHPF时为 40 kHz ~ 300 kHz

IIRLPF、 IIRHPF	更新率	截止频率范围
	10 MS/s	20 kHz ~ 3 MHz
	1 MS/s	2 kHz ~ 300 kHz
	100 kS/s	200 Hz ~ 30 kHz
	10 kS/s	20 Hz ~ 3 kHz
	1 kS/s	2 Hz ~ 300 Hz
	100 S/s	200 mHz ~ 30 Hz
	10 S/s	20 mHz ~ 3 Hz
	1 S/s	2 mHz ~ 300 mHz

FIRBPF、 FIRBSF	更新率	中心频率范围
	10 MS/s	800 kHz ~ 3 MHz *1
	1 MS/s	30 kHz ~ 300 kHz *2
	100 kS/s	3 kHz ~ 30 kHz
	10 kS/s	300 Hz ~ 3 kHz
	1 kS/s	30 Hz ~ 300 Hz
	100 S/s	3 Hz ~ 30 Hz
	10 S/s	300 mHz ~ 3 Hz
	1 S/s	30 mHz ~ 300 mHz

*1 : FIRBPF时为 1.2 MHz ~ 3 MHz

*2 : FIRBPF时为 50 kHz ~ 300 kHz

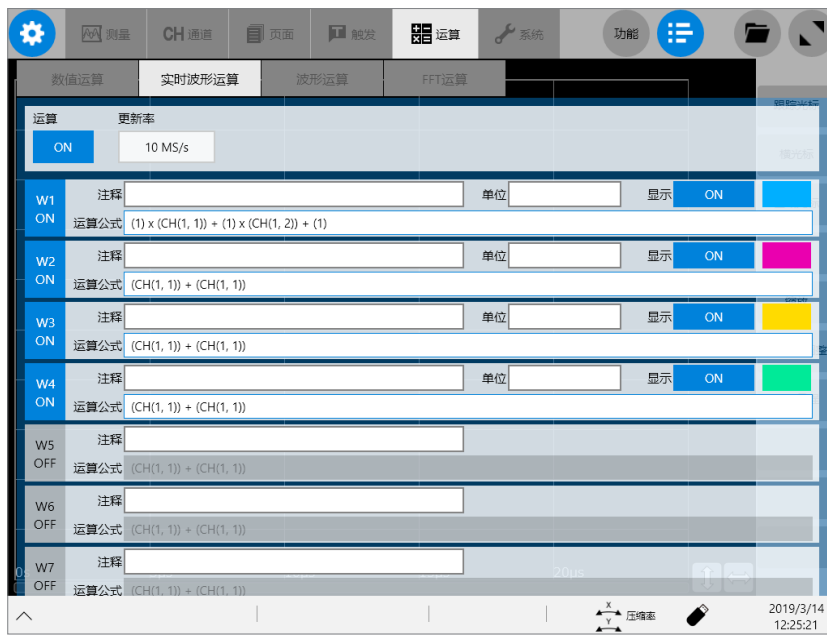
IIRBPF、 IIRBSF	更新率	中心频率范围
	10 MS/s	1.3 MHz ~ 3 MHz
	1 MS/s	130 kHz ~ 300 kHz
	100 kS/s	13 kHz ~ 30 kHz
	10 kS/s	1300 Hz ~ 3 kHz
	1 kS/s	130 Hz ~ 300 Hz
	100 S/s	13 Hz ~ 30 Hz
	10 S/s	1300 mHz ~ 3 Hz
	1 S/s	130 mHz ~ 300 mHz

9 轻敲[显示]按钮，将其设为[ON]

10 轻敲[彩色]框，从调色板中选择波形显示颜色
也可以选择与其它通道相同的颜色。

可在一览画面中确认已设置的内容

⚙️ > [运算] > [实时波形运算] > ☰



3 附录

3.1 数字滤波器

滤波器类型

滤波器名称	说明
FIRLPF (Finite Impulse Response Low-Pass Filter)	可使低频成分通过，以除去高频成分噪音。
IIRLPF (Infinite Impulse Response Low-Pass Filter)	
FIRHPF (Finite Impulse Response High-Pass Filter)	可使高频成分通过，以除去低频成分噪音。
IIRHPF (Infinite Impulse Response High-Pass Filter)	
FIRBPF (Finite Impulse Response Band-Pass Filter)	可仅使指定频带的频率成分通过，以除去低频与高频成分噪音。
IIRBPF (Infinite Impulse Response Band-Pass Filter)	
FIRBSF (Finite Impulse Response Band-Stop Filter)	可使低频与高频成分通过，以除去指定频带的噪音。
IIRBSF (Infinite Impulse Response Band-Stop Filter)	
移动平均 (LPF)	可使低频成分通过，以除去高频成分噪音。
延迟器	可对输入信号进行点击数量部分的延迟。

FIR 数字滤波器 (LPF、HPF、BPF、BSF)

是有限脉冲响应 (Finite Impulse Response) 的数字滤波器。

优点：具有相位偏移与频率变化成比例的线性相位特性，相位畸变（相位滞后）较小。由于滤波器的计算仅使用计算前的输入信号，因此，计算后的输出信号稳定，不会产生发散现象。

缺点：为了获得快速的切断特性，需要通过增大阶数进行应对。
但如果增大阶数，运算时间则会延长。

IIR 数字滤波器 (LPF、HPF、BPF、BSF)

是无限脉冲响应 (Infinite Impulse Response) 的数字滤波器。

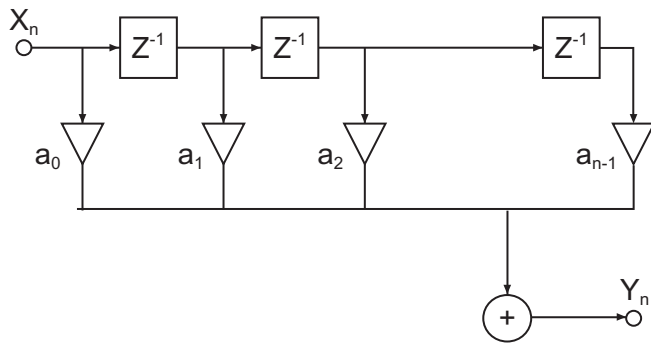
本仪器的 IIR 数字滤波器是按照通带具有平坦特性的巴特沃斯 (Butterworth) 类型进行计算的。

优点：为了获得快速的切断特性，即使减少阶数，也可以进行应对。阶数较小，因此运算时间缩短。

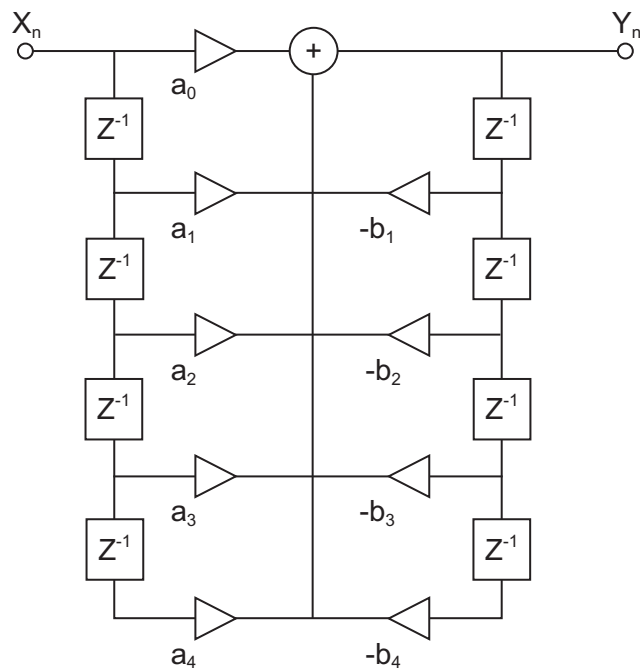
缺点：相位偏移与频率不成比例变化，不具有线性相位特性，因此，相位畸变（相位滞后）较大。由于滤波器的计算使用的是计算前的输入信号与计算后的输出信号，因此，计算后的输出信号会产生发散现象，可能会导致信号不稳定。

滤波器构成

FIR 数字滤波器的构成 (n 阶 FIR 数字滤波器)

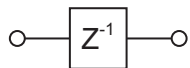


IIR 数字滤波器的构成 (4 阶 IIR 数字滤波器)



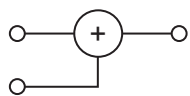
延迟器

是用于对输入信号进行 1 次采样时间延迟的元件。



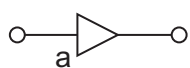
加法器

是用于对 2 个输入信号之和进行输出的元件。



乘法器

是用于对输入信号乘以常数 a 并进行输出的元件。



群延迟特性

在滤波器的响应特性中，将输出频率相对于输入频率（正弦波）的延迟时间 (s) 称为群延迟。

可按更新率周期 (T_s) 对群延迟进行正规化，单位为 s/T_s 。

可按下式求出相对于各频率的延迟时间。

各频率的群延迟量 \times 更新率周期

例：

由下式表达移动平均时的群延迟（固定，与频率无关）。

移动平均时的群延迟 $[s/T_s] = (\text{移动平均点击数} - 1) / 2$

如果将移动平均点击数设为 16，则

群延迟 $[s/T_s] = (16 - 1) / 2 = 15 / 2 = 7.5 s/T_s$

如果将更新率 (f_s) 设为 100 kS/s，则

$T_s = 1 / f_s = 1 / (100 \text{ kS/s}) = 10 \mu\text{s}$

因此，

延迟时间 = 群延迟 \times 更新率周期 = $7.5 s/T_s \times 10 \mu\text{s} = 75 \mu\text{s}$

3.2 实时波形运算

运算类型

$W[i]$: 实时波形运算结果的第*i*个数据 ; $d[i]$: 源通道的第*i*个数据

运算类型	说明
加法、减法、乘法、除法 $S1 + S2$ $S1 - S2$ $S1 \times S2$ $S1 / S2$	用于对源 S1 与源 S2 中指定的波形数据进行加法、减法、乘法或除法运算。
带系数的加法、减法、乘法、除法 $A(S1) + B(S2) + C$ $A(S1) - B(S2) + C$ $A(S1) \times B(S2) + C$ $A(S1) / B(S2) + C$	用于对源 S1 与源 S2 中指定的波形数据进行带系数的加法、减法、乘法或除法运算。
单项式 $A(S1)$	用于对源 S1 中指定的波形数据的单项式进行计算。
四次多项式 $A(S1)^4 + B(S1)^3 + C(S1)^2 + D(S1) + E$	用于对源 S1 中指定的波形数据的四次多项式进行计算。
多项加减运算 $A(S1) + B(S2) + C(S3) + D(S4)$	用于对源 S1、源 S2、源 S3 以及源 S4 中指定的波形数据类进行带系数的加减运算。
微分 Diff(S1)	<p>将 5 次 Lagrange 的内插公式 (中间差) 用于源 S1 中指定的波形。 会产生运算延迟 ($2 \times$ 更新率周期 $\times ds$)。</p> $W[0] = 0$ <p style="text-align: center;">↓</p> $W[2 \times ds - 1] = 0$ $W[2 \times ds] = 1 / (12 \Delta t) \{ 8d[1 \times ds] - d[2 \times ds] \}$ <p style="text-align: center;">↓</p> $W[3 \times ds - 1] = 1 / (12 \Delta t) \{ 8d[2 \times ds - 1] - d[3 \times ds - 1] \}$ $W[3 \times ds] = 1 / (12 \Delta t) \{ -8d[0] + 8d[2 \times ds] - d[3 \times ds] \}$ <p style="text-align: center;">↓</p> $W[4 \times ds - 1] = 1 / (12 \Delta t) \{ -8d[1 \times ds - 1] + 8d[3 \times ds - 1] - d[4 \times ds - 1] \}$ $W[n \times ds] = 1 / (12 \Delta t) \{ d[(n-4) \times ds] - 8d[(n-3) \times ds] + 8d[(n-1) \times ds] - d[n \times ds] \}$ <p>ds: 微分间隔 (Differential spacing) $\Delta t =$ 更新率周期 \times 微分间隔</p>
积分 (绝对值、正、负、合计) Integ(S1)	<p>将梯形公式用于源 S1 中指定的波形。 用于根据积分条件, 对源 S1 中指定的波形瞬时值进行积分。</p> $W[0] = 0 ;$ $W[1] = (d[0] + d[1]) \Delta t / 2$ $W[2] = (d[0] + d[1]) \Delta t / 2 + (d[1] + d[2]) \Delta t / 2 = W[1] + (d[1] + d[2]) \Delta t / 2$ <p style="text-align: center;">↓</p> $W[n] = W[n-1] + (d[n-1] + d[n]) \Delta t / 2$ <p>$d[i]$: 不符合积分条件时, 代入 0 $\Delta t =$ 更新率周期</p>

运算类型	说明
累积 (绝对值、正、负、合计) Add(S1)	用于根据累积条件，对源 S1 中指定的波形瞬时值进行累积。 $W[0]=d[0]$; $W[1]=(d[0]+d[1])=W[0]+d[1]$ ↓ $W[n]=W[n-1]+(d[n-1]+d[n])$ $d[i]$: 不符合累积条件时，代入 0
移动平均 MOVE(S1)	用于按已设置的点击数进行移动平均滤波。
FIR 滤波器 (LPF、HPF、BPF、BSF) FIR(S1)	用于进行将通带波纹调节为 0.8 dB、将阻带衰减调节为 -40 dB 的 FIR 滤波。
IIR 滤波器 (LPF、HPF、BPF、BSF) IIR(S1)	用于进行巴特沃斯 IIR 滤波。
延迟器 DELAY(S1)	用于按已设置的点击数在时间轴方向延迟输入信号。

最快更新率

如下所述为相对于运算类型的最快更新率。

运算类型	运算公式	最快更新率
加法	$S1 + S2$	10 MS/s
减法	$S1 - S2$	10 MS/s
乘法	$S1 \times S2$	10 MS/s
除法	$S1 / S2$	10 MS/s
带系数的加法	$A \times (S1) + B \times (S2) + C$	10 MS/s
带系数的减法	$A \times (S1) - B \times (S2) + C$	10 MS/s
带系数的乘法	$A \times (S1) \times B \times (S2) + C$	10 MS/s
带系数的除法	$A \times (S1) / \{B \times (S2)\} + C$	10 MS/s
四次多项式	$A \times (S1)^4 + B \times (S1)^3 + C \times (S1)^2 + D \times (S1) + E$	10 MS/s
单项式	$A \times (S1)$	10 MS/s
多项加减运算	$A \times (S1) + B \times (S2) + C \times (S3) + D \times (S4)$	10 MS/s
微分	Diff (S1, Dspace)	10 MS/s
积分 (绝对值)	Integ1 (S1)	1 MS/s
积分 (正)	Integ2 (S1)	1 MS/s
积分 (负)	Integ3 (S1)	1 MS/s
积分 (合计)	Integ4 (S1)	1 MS/s
累积 (绝对值)	Add1 (S1)	1 MS/s
累积 (正)	Add2 (S1)	1 MS/s
累积 (负)	Add3 (S1)	1 MS/s
累积 (合计)	Add4 (S1)	1 MS/s
FIR 滤波器	FIR (S1, Fc)	10 MS/s
IIR 滤波器	IIR (S1, Fc)	10 MS/s
移动平均	MOVE (S1, P)	10 MS/s
延迟器	DELAY (S1, P)	10 MS/s

3.3 运算延迟时间

如下所示为相对于更新率的运算延迟时间。

相对于输入信号，相位滞后运算延迟时间部分。

为移动平均、FIR 滤波器、IIR 滤波器运算时，相位滞后运算延迟时间 + 群延迟时间部分。

为延迟器运算时，相位滞后运算延迟时间 + 点击数部分。

更新率	运算延迟时间
10 MS/s	6.2 μ s 或 6.3 μ s
1 MS/s	5 μ s
100 kS/s	20 μ s
10 kS/s 以下	更新率周期

在运算源中选择实时波形运算通道时，会加上下述项目。

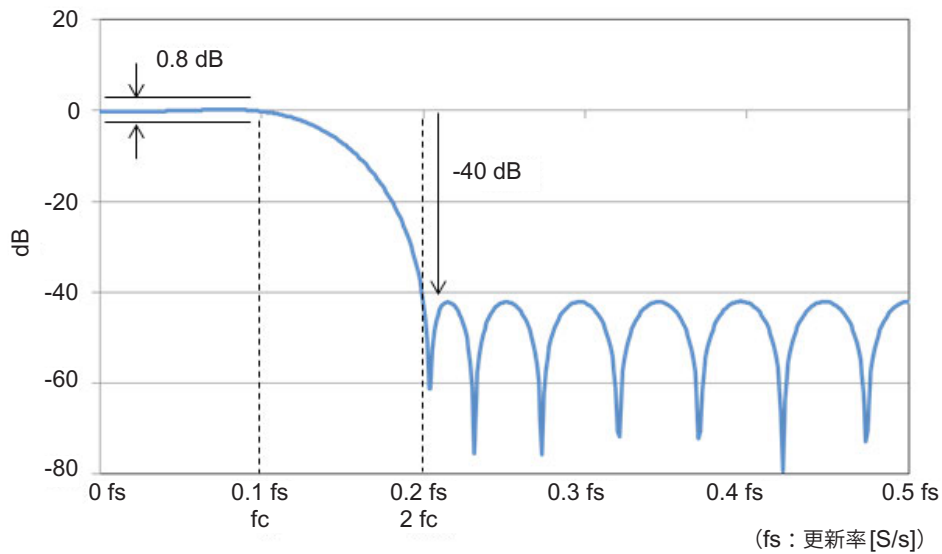
更新率	被加上的运算延迟时间
10 MS/s	1.6 μ s
1 MS/s	2 μ s
100 kS/s	10 μ s
10 kS/s 以下	更新率周期

3.4 FIR 滤波器特性

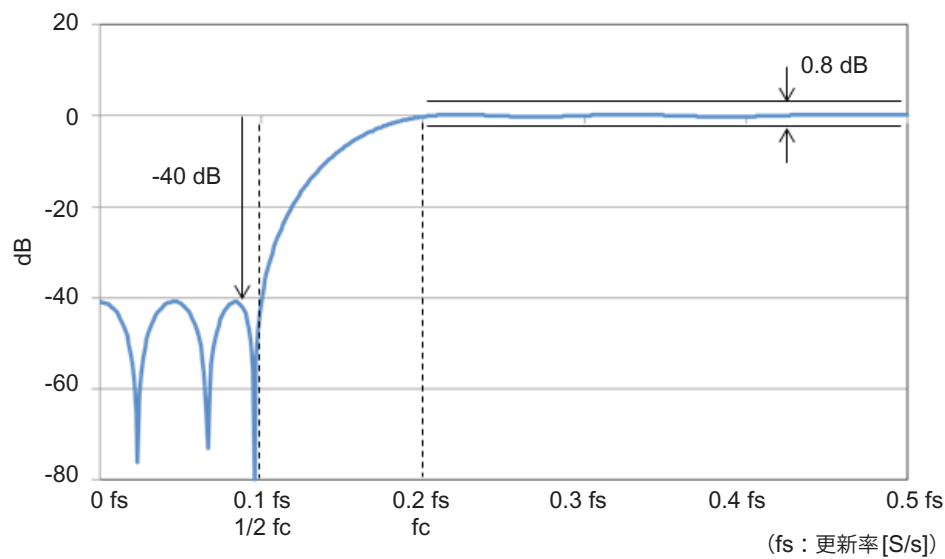
LPF 与 HPF 的特性

- 通带波纹处在 0.8 dB 以内。
- 在截止频率 f_c 的 2 倍频率下，LPF 的衰减量约为 -40dB。
- 在截止频率 f_c 的 1/2 倍频率下，HPF 的衰减量约为 -40dB。
- 阻带衰减约为 -40 dB。

FIR-LPF 频率特性示例



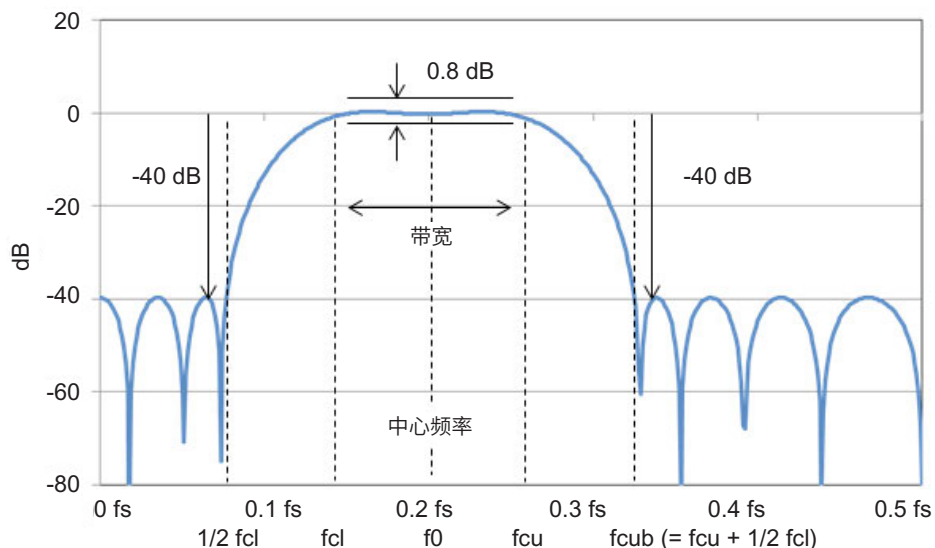
FIR-HPF 频率特性示例



BPF 特性

- 通带波纹处在 0.8 dB 以内。
- 在低频带侧通带边缘 f_{cl} 的 1/2 倍频率下，衰减量约为 -40 dB。
- 在与高频带侧通带边缘 f_{cu} ~ 低频带侧相同的跃迁宽度部分高频带频率下，衰减量约为 -40 dB。
- 阻带衰减约为 -40 dB。

FIR-BPF 频率特性示例



如果将带通滤波器的中心频率设为 f_0 ，将带宽设为 f_w ，则低频带侧通带边缘 $f_{cl} = f_0 - f_w/2$ ，高频带侧通带边缘 $f_{cu} = f_0 + f_w/2$ 。

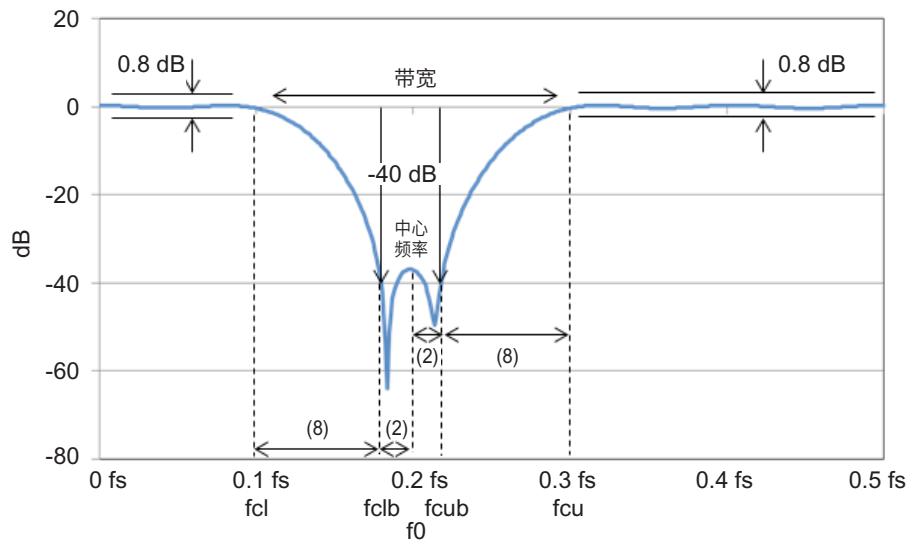
为 FIR 带通滤波器时，可设置的带宽因中心频率而异。

中心频率 [Hz]	频率带宽 [Hz]	更新率 [S/s]
1.9 M ~ 3 M	200 k、500 k、1 M、1.5 M、2 M	10 M
1.6 M ~ 1.8 M	200 k、500 k、1 M、1.5 M	10 M
1.4 M、1.5 M	200 k、500 k、1 M	10 M
1.1 M ~ 1.3 M	200 k、500 k	10 M
1 M	200 k	10 M
120 k ~ 300 k	20 k、50 k、100 k、150 k、200 k	1 M
100 k、110 k	20 k、50 k、100 k、150 k	1 M
70 k ~ 90 k	20 k、50 k、100 k	1 M
50 k、60 k	20 k、50 k	1 M
30 k、40 k	20 k	1 M
12 k ~ 30 k	2 k、5 k、10 k、15 k、20 k	100 k
10 k、11 k	2 k、5 k、10 k、15 k	100 k
7 k ~ 9 k	2 k、5 k、10 k	100 k
5 k、6 k	2 k、5 k	100 k
3 k、4 k	2 k	100 k

BSF 特性

- 通带波纹处在 0.8 dB 以内。
- 在相对于低频带侧通带边缘与中心频率之差为 8 成的高频带侧频率 f_{clb} 下，衰减量约为约 -40 dB。
- 在相对于高频带侧通带边缘与中心频率之差为 8 成的低频带侧频率 f_{cub} 下，衰减量约为约 -40 dB。
- 阻带衰减约为 -40 dB。

FIR-BSF 频率特性示例



为 FIR 带阻滤波器时，可设置的带宽因中心频率而异。

中心频率 [Hz]	频率带宽 [Hz]	更新率 [S/s]
1 M ~ 3 M	1.5 M、2 M	10 M
800 k、900 k	1.5 M	10 M
100 k ~ 300 k	50 k、100 k、150 k、200 k	1 M
80 k、90 k	50 k、100 k、150 k	1 M
50 k ~ 70 k	50 k、100 k	1 M
30 k、40 k	50 k	1 M
10 k ~ 30 k	5 k、10 k、15 k、20 k	100 k
8 k、9 k	5 k、10 k、15 k	100 k
5 k ~ 7 k	5 k、10 k	100 k
3 k、4 k	5 k	100 k

滤波器阶数

如下所述为 FIR 滤波器的阶数。

以相对于更新率的比率 % 表示截止频率与中心频率。

FIR-LPF 阶数

截止频率	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%	10%	11%	12%	13%
阶数	96	64	46	38	32	27	24	21	18	17	15	14
截止频率	14%	15%	16%	17%	18%	19%	20%	21%	22%	23%	24%	25%
阶数	13	12	11	10	9	8	8	7	7	6	6	5
截止频率	26%	27%	28%	29%	30%							
阶数	5	5	5	5	5							

FIR-HPF 阶数

截止频率	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%	10%	11%	12%	13%
阶数	194	134	100	80	68	54	48	42	40	36	34	32
截止频率	14%	15%	16%	17%	18%	19%	20%	21%	22%	23%	24%	25%
阶数	28	26	26	24	22	22	20	18	18	18	16	16
截止频率	26%	27%	28%	29%	30%							
阶数	14	14	14	14	12							

FIR-BPF 阶数 带宽2%

中心频率	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%	10%	11%	12%	13%	14%
阶数	192	128	96	77	64	55	48	43	38	35	32	29
中心频率	15%	16%	17%	18%	19%	20%	21%	22%	23%	24%	25%	26%
阶数	27	25	24	22	21	20	18	18	17	16	15	14
中心频率	27%	28%	29%	30%								
阶数	14	13	13	12								

FIR-BPF 阶数 带宽5%

中心频率	5%	6%	7%	8%	9%	10%	11%	12%	13%	14%	15%	16%
阶数	153	110	85	70	59	51	43	40	36	33	30	28
中心频率	17%	18%	19%	20%	21%	22%	23%	24%	25%	26%	27%	28%
阶数	26	24	23	21	20	19	18	17	16	15	15	14
中心频率	29%	30%										
阶数	13	13										

FIR-BPF 阶数 带宽 10%

中心频率	7%	8%	9%	10%	11%	12%	13%	14%	15%	16%	17%	18%
阶数	192	128	96	77	64	55	48	43	38	35	32	29
中心频率	19%	20%	21%	22%	23%	24%	25%	26%	27%	28%	29%	30%
阶数	27	25	24	22	21	20	18	17	17	16	15	14

FIR-BPF 阶数 带宽 15%

中心频率	10%	11%	12%	13%	14%	15%	16%	17%	18%	19%	20%	21%
阶数	153	110	85	70	55	51	42	40	36	33	30	28
中心频率	22%	23%	24%	25%	26%	27%	28%	29%	30%			
阶数	26	24	23	21	20	19	18	17	16			

FIR-BPF 阶数 带宽 20%

中心频率	12%	13%	14%	15%	16%	17%	18%	19%	20%	21%	22%	23%
阶数	192	128	96	77	64	55	48	43	38	35	32	29
中心频率	24%	25%	26%	27%	28%	29%	30%					
阶数	27	25	24	22	21	20	18					

FIR-BPF 阶数 带宽 5%

中心频率	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%	10%	11%	12%	13%	14%
阶数	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
中心频率	15%	16%	17%	18%	19%	20%	21%	22%	23%	24%	25%	26%
阶数	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
中心频率	27%	28%	29%	30%								
阶数	100	100	100	100								

FIR-BPF 阶数 带宽 10%

中心频率	5%	6%	7%	8%	9%	10%	11%	12%	13%	14%	15%	16%
阶数	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
中心频率	17%	18%	19%	20%	21%	22%	23%	24%	25%	26%	27%	28%
阶数	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
中心频率	29%	30%										
阶数	50	50										

FIR-BPF 阶数 带宽 15%

中心频率	8%	9%	10%	11%	12%	13%	14%	15%	16%	17%	18%	19%
阶数	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
中心频率	20%	21%	22%	23%	24%	25%	26%	27%	28%	29%	30%	
阶数	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	

FIR-BPF 阶数 带宽 20%

中心频率	10%	11%	12%	13%	14%	15%	16%	17%	18%	19%	20%	21%
阶数	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
中心频率	22%	23%	24%	25%	26%	27%	28%	29%	30%			
阶数	26	26	26	26	26	26	26	26	26			

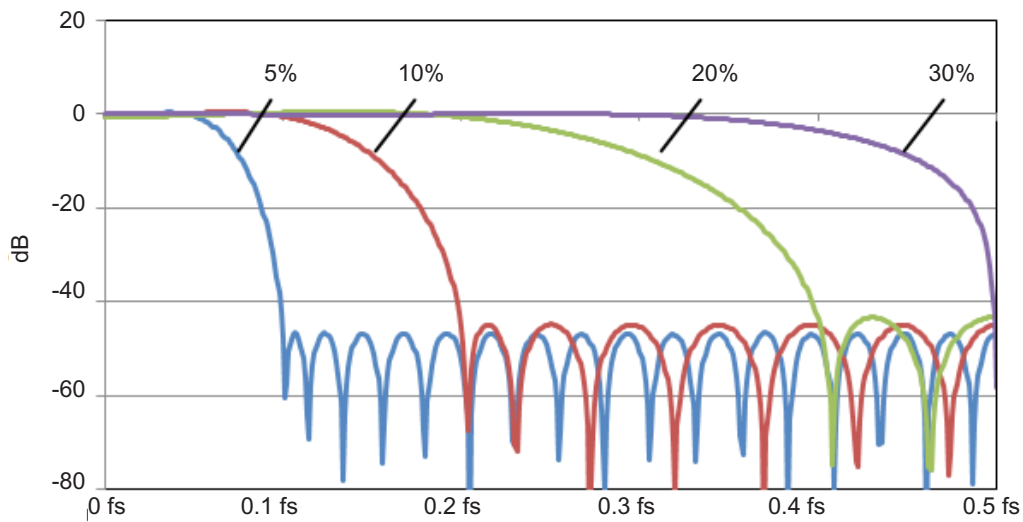
群延迟时间

群延迟时间 = 阶数 \times $T / 2$

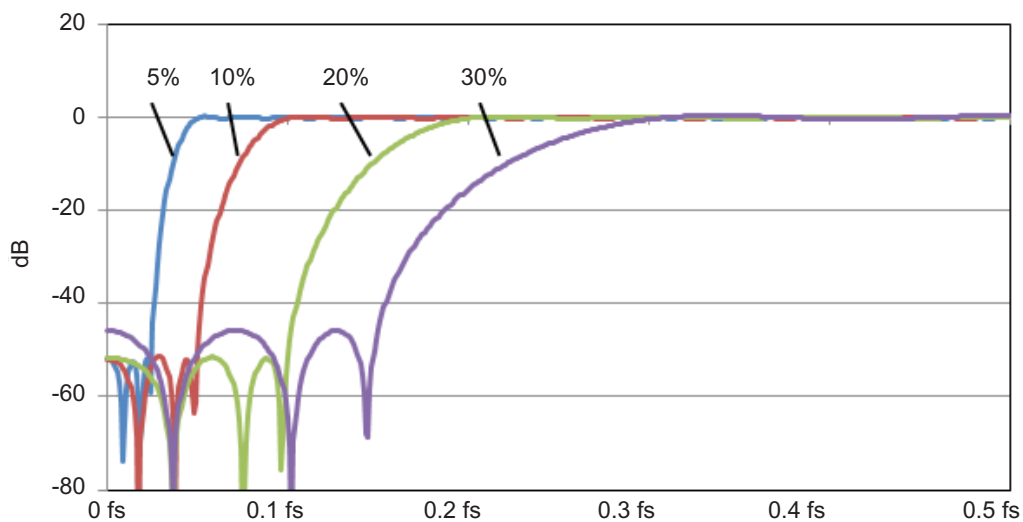
其中, T 为更新率周期

LPF 与 HPF 的频率特性示例图

FIR-LPF 频率特性示例



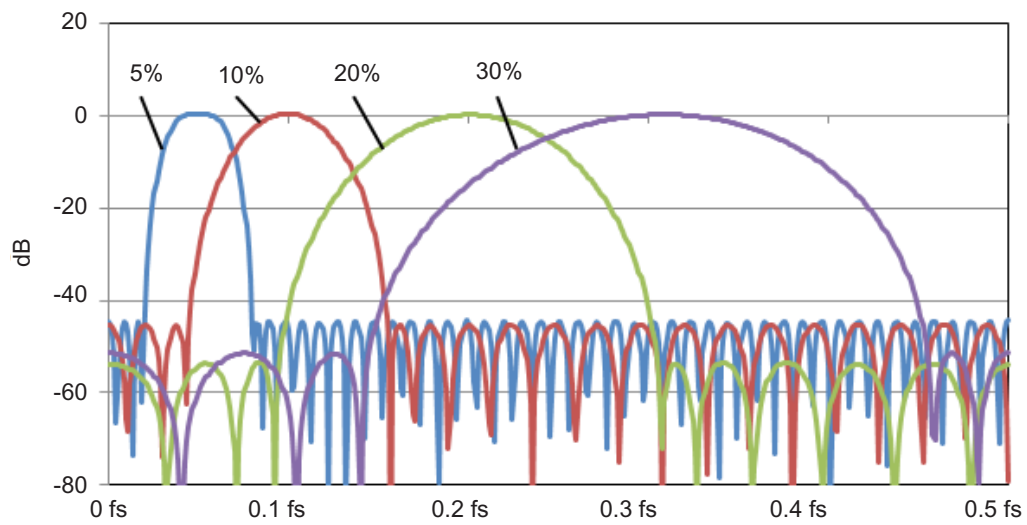
FIR-HPF 频率特性示例



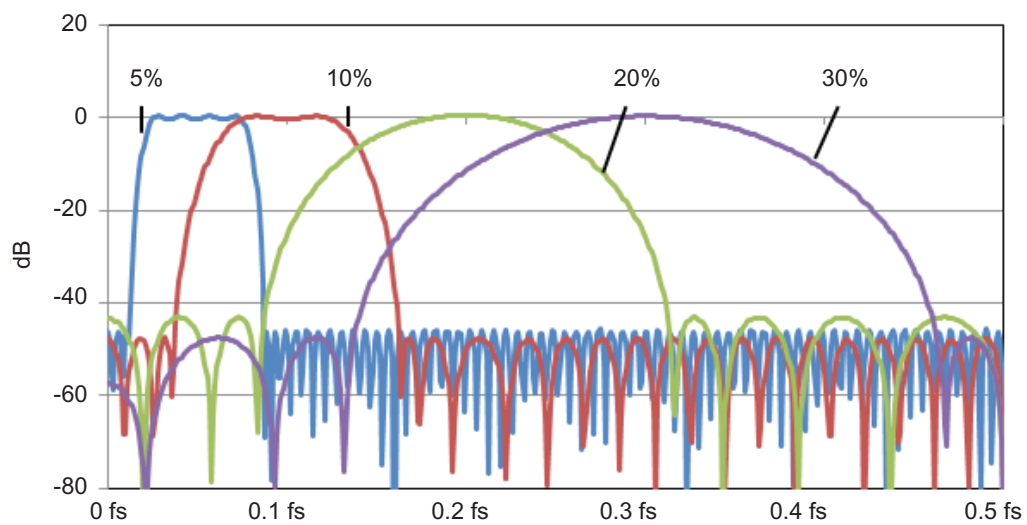
(fs : 更新率 [S/s])

BPF 频率特性示例图

FIR-BPF 频率特性示例 带宽 2%

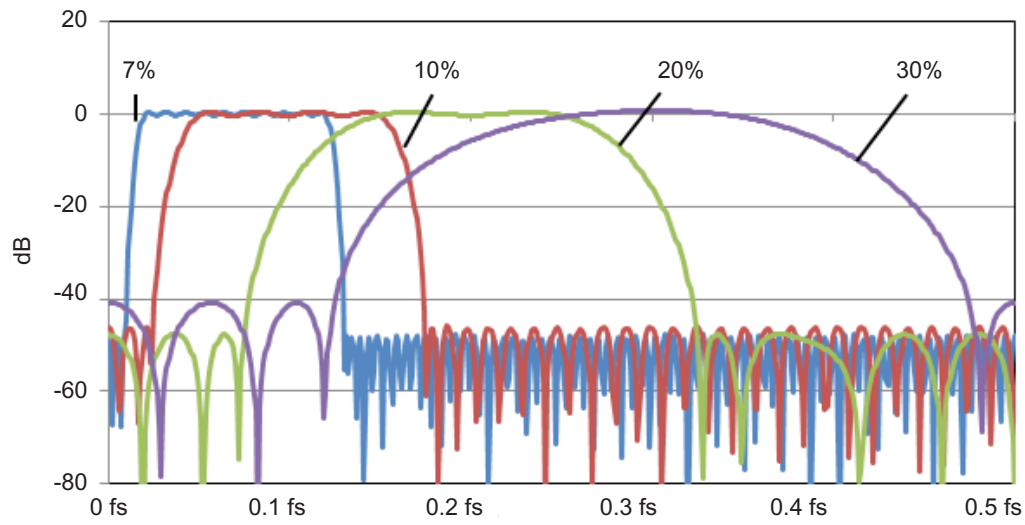


FIR-BPF 频率特性示例 带宽 5%

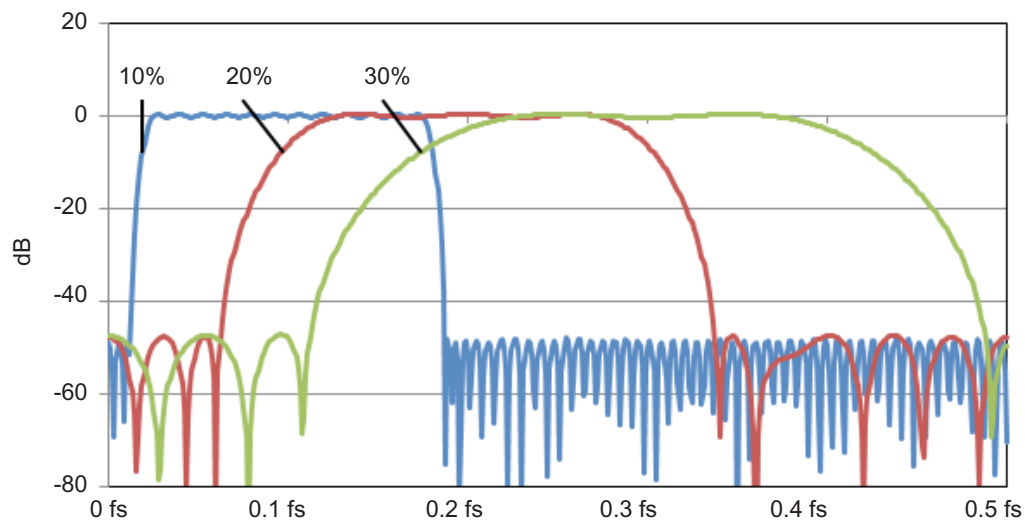


(fs : 更新率[S/s])

FIR-BPF 频率特性示例 带宽 10%

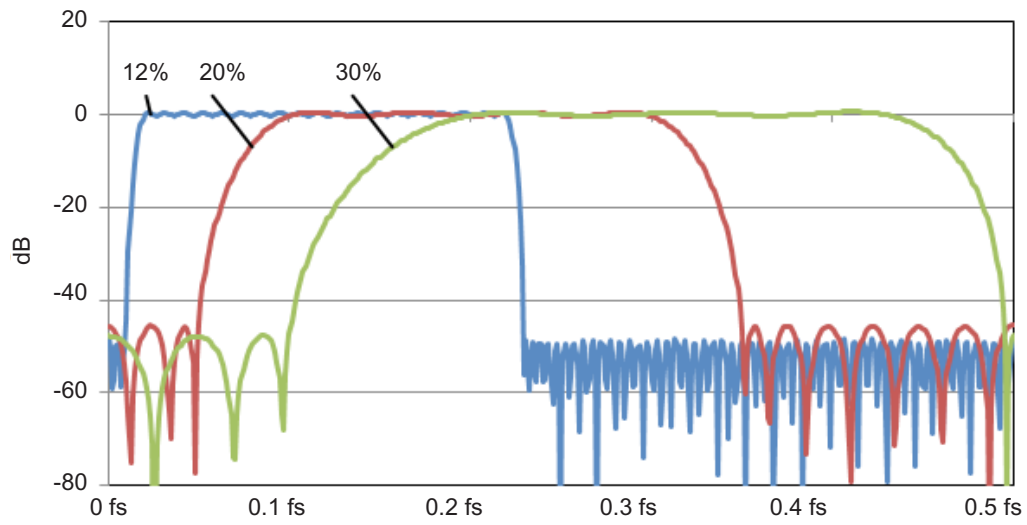


FIR-BPF 频率特性示例 带宽 15%



(fs : 更新率[S/s])

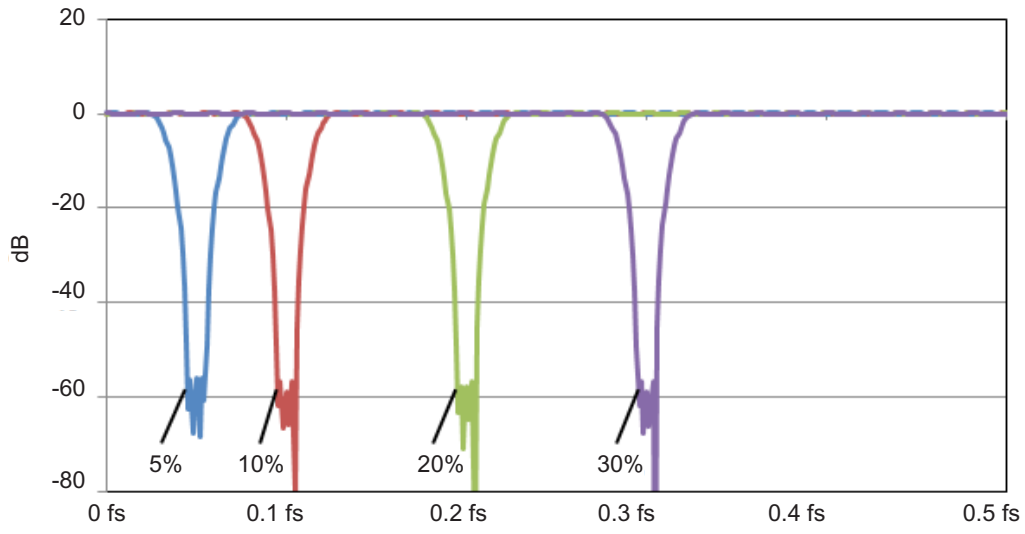
FIR-BPF 频率特性示例 带宽 20%



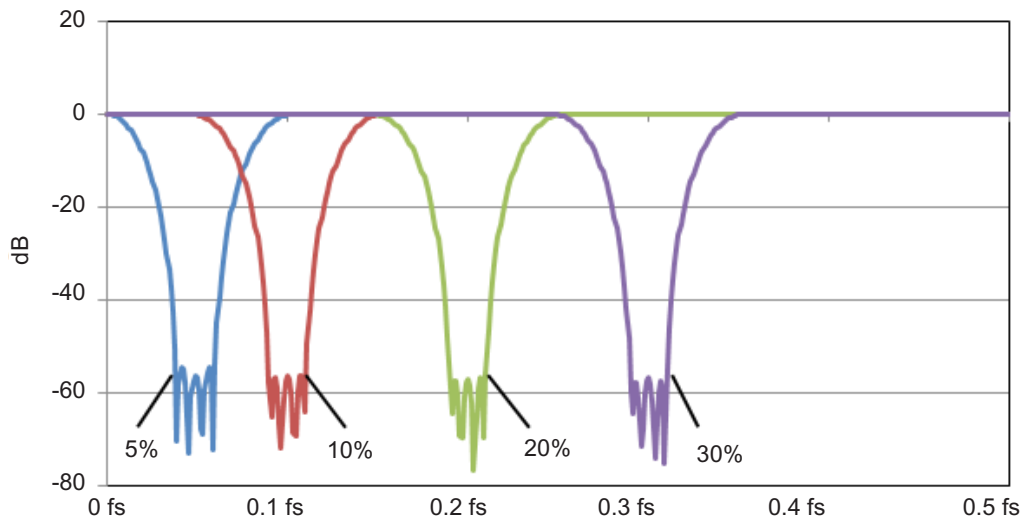
(fs : 更新率[S/s])

BSF 频率特性示例图

FIR-BSF 频率特性示例 带宽 5%

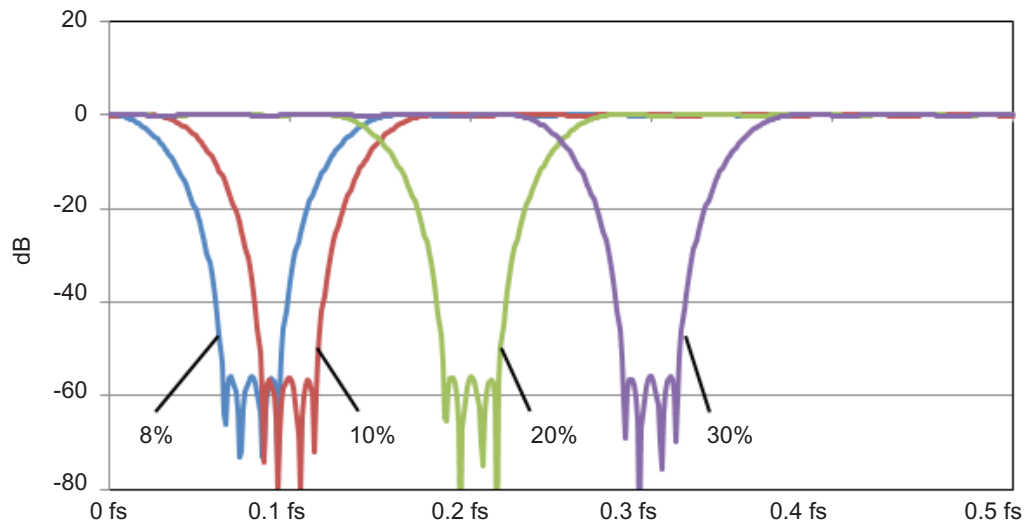


FIR-BSF 频率特性示例 带宽 10%

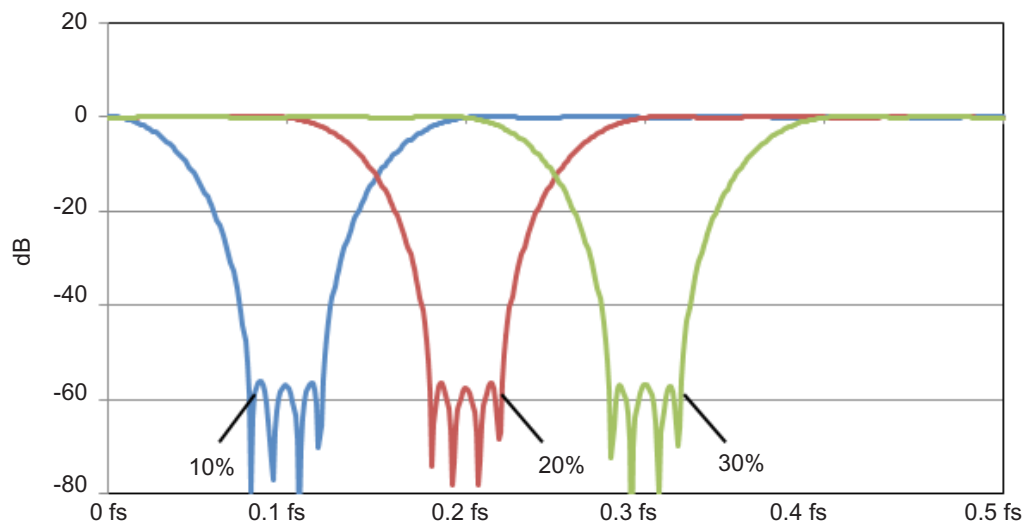


(fs : 更新率 [S/s])

FIR-BSF 频率特性示例 带宽 15%



FIR-BSF 频率特性示例 带宽 20%



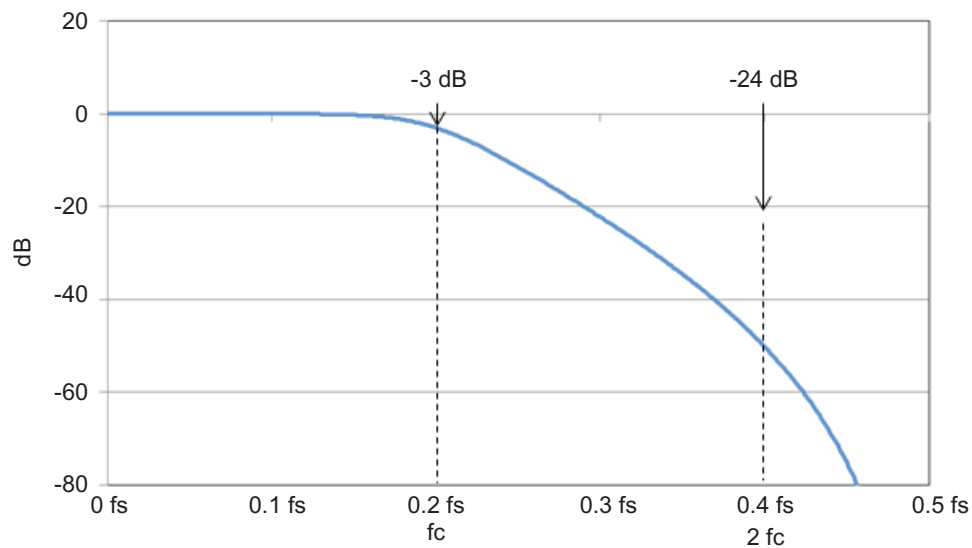
(fs : 更新率[S/s])

3.5 IIR (巴特沃斯) 滤波器特性

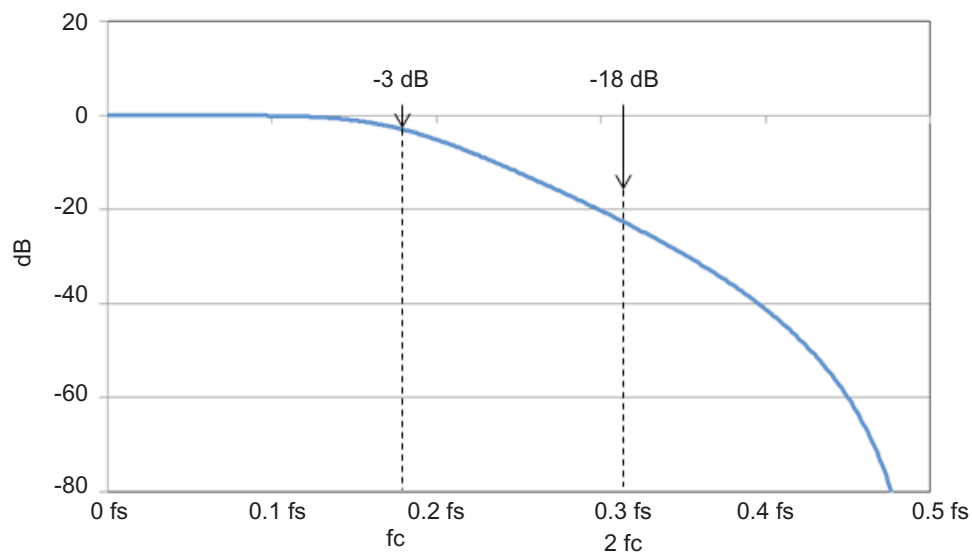
LPF 与 HPF 的特性

- 通带平坦。
- 截止频率下的衰减量为 -3 dB。
- 衰减斜率为 (阶数 \times -6) dB。

IIR-LPF (4阶) 频率特性示例

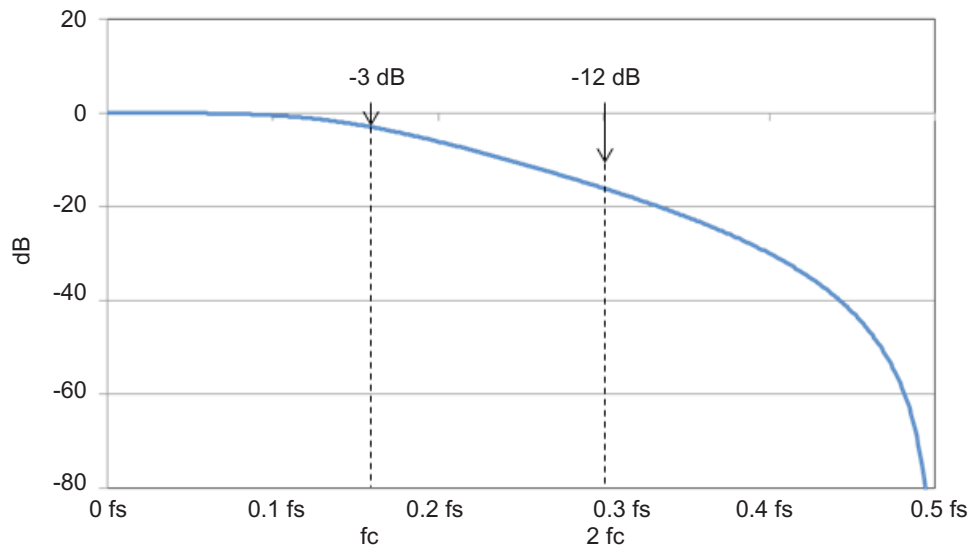


IIR-LPF (3阶) 频率特性示例

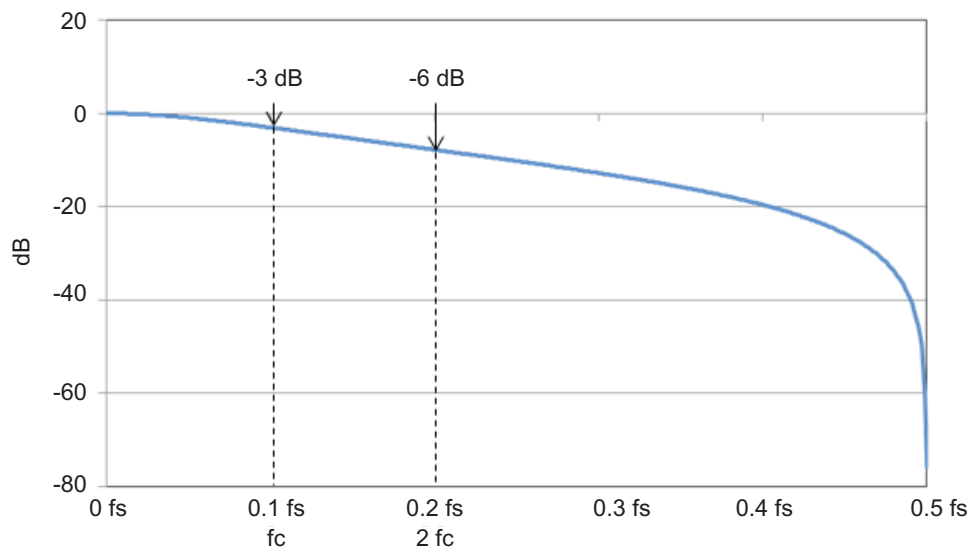


(fs : 更新率 [S/s])

IIR-LPF (2阶) 频率特性示例

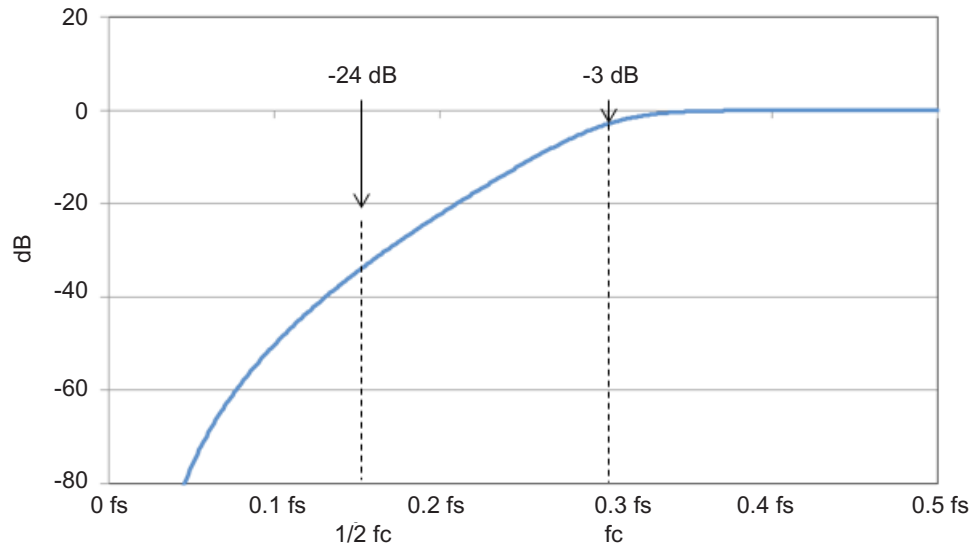


IIR-LPF (1阶) 频率特性示例

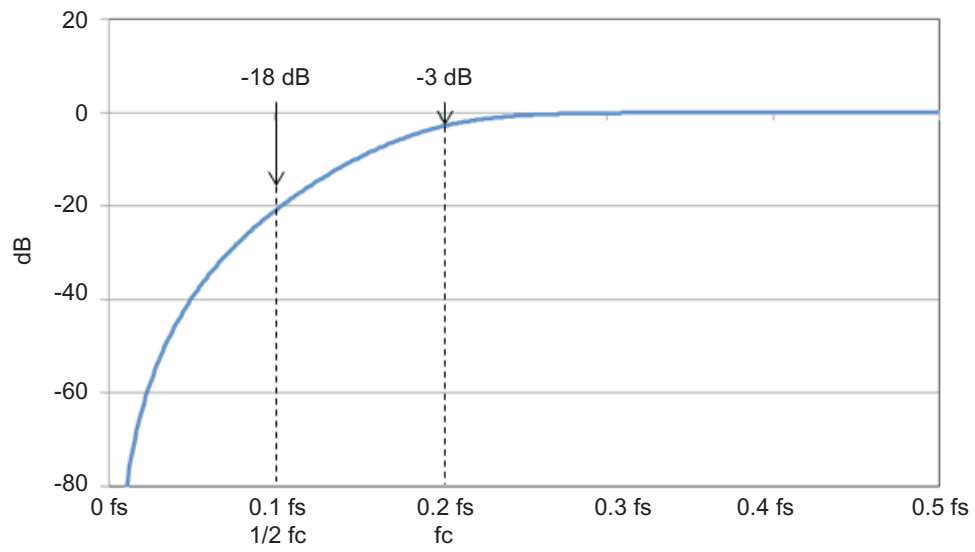


(fs : 更新率[S/s])

IIR-HPF (4阶) 频率特性示例

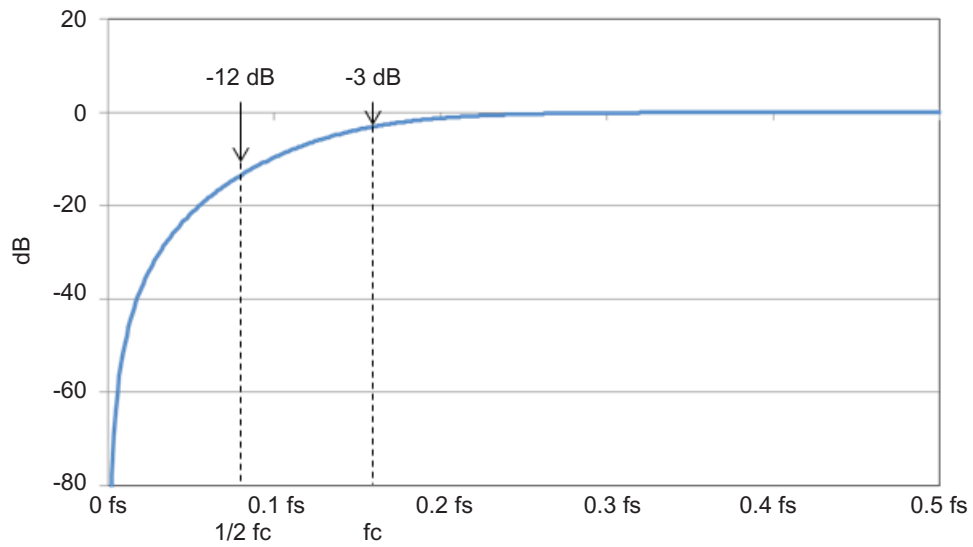


IIR-HPF (3阶) 频率特性示例

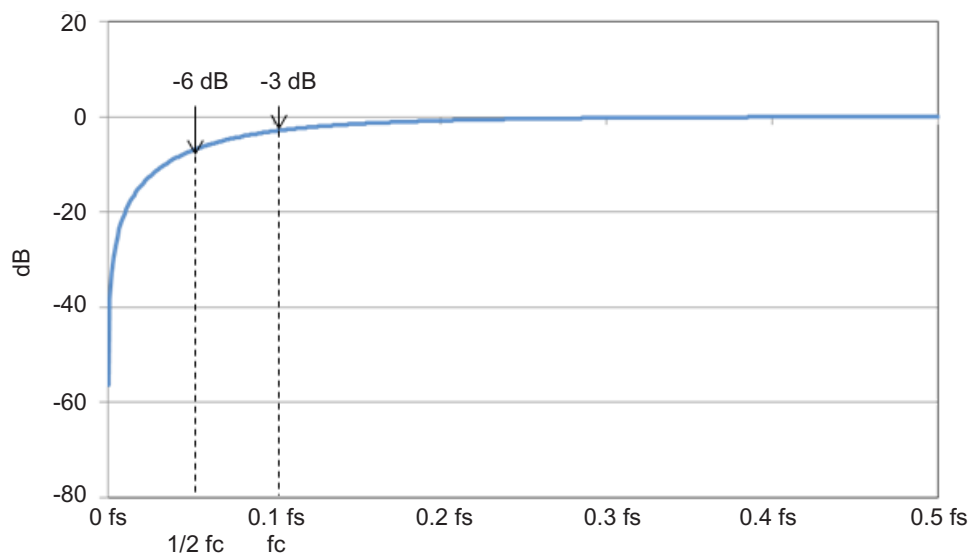


(fs : 更新率[S/s])

IIR-HPF (2阶) 频率特性示例



IIR-HPF (1阶) 频率特性示例

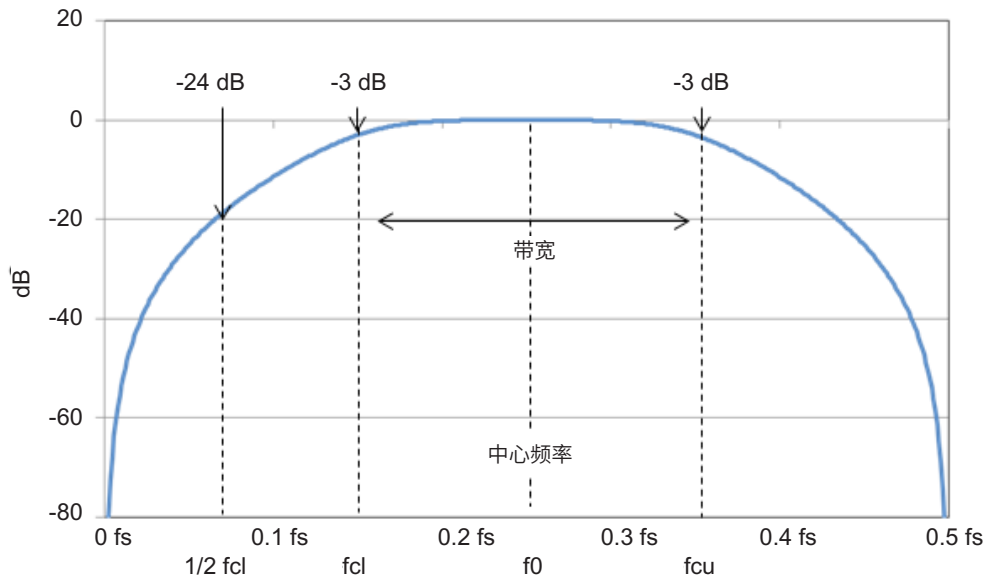


(fs : 更新率[S/s])

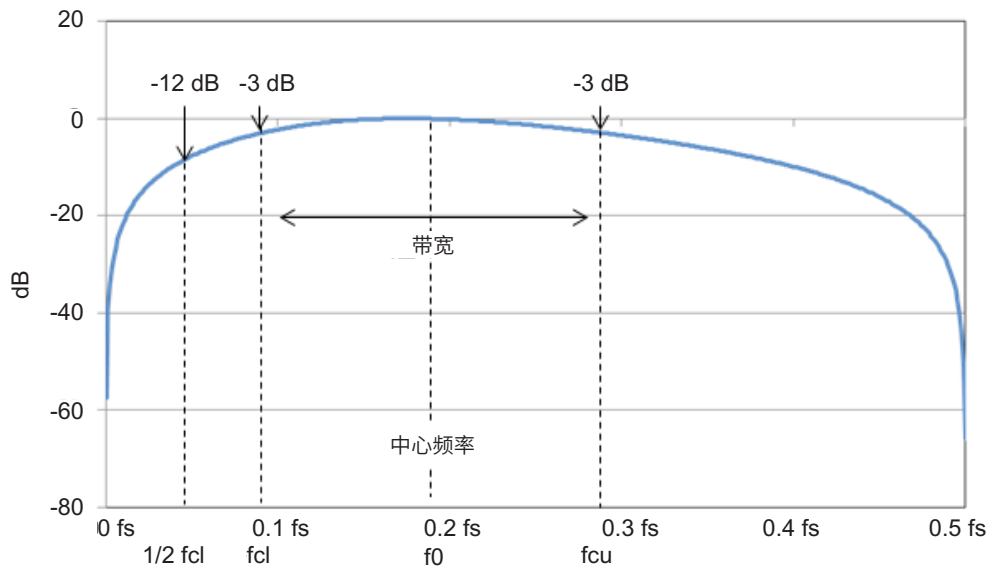
BPF 特性

- 通带平坦。
- 截止频率下的衰减量为 -3 dB。
- 衰减斜率为 (阶数 \times -6) dB。

IIR-BPF (4阶) 频率特性示例



IIR-BPF (2阶) 频率特性示例



(f_s : 更新率[S/s])

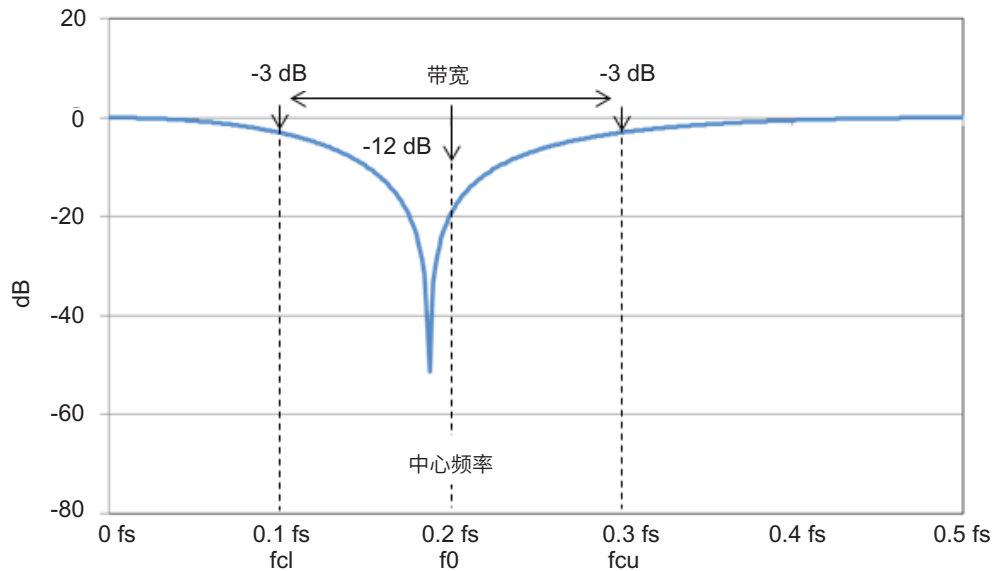
为 IIR 带通滤波器时，可设置的带宽因中心频率而异。

中心频率 [Hz]	频率带宽 [Hz]	更新率 [S/s]
1.7 M ~ 3 M	100 k、200 k、500 k、1 M、1.5 M、2 M	10 M
1.5 M、1.6 M	1 M、1.5 M、2 M	10 M
1.4 M	1.5 M、2 M	10 M
1.3 M	2 M	10 M
170 k ~ 300 k	10 k、20 k、50 k、100 k、150 k、200 k	1 M
150 k、160 k	100 k、150 k、200 k	1 M
140 k	150 k、200 k	1 M
130 k	200 k	1 M
17 k ~ 30 k	1 k、2 k、5 k、10 k、15 k、20 k	100 k
15 k、16 k	10 k、15 k、20 k	100 k
14 k	15 k、20 k	100 k
13 k	20 k	100 k

BSF 特性

- 通带平坦。
- 截止频率下的衰减量为 -3 dB。
- 衰减斜率为 (阶数 × -6) dB。

IIR-BSF (2 阶) 频率特性示例



为 IIR 带阻滤波器时，可设置的带宽因中心频率而异。

中心频率 [Hz]	频率带宽 [Hz]	更新率 [S/s]
1.7 M ~ 3 M	100 k、200 k、500 k、1 M、1.5 M、2 M	10 M
1.6 M	500 k、1 M、1.5 M、2 M	10 M
1.5 M	1 M、1.5 M、2 M	10 M
1.4 M	1.5 M、2 M	10 M
1.3 M	2 M	10 M
170 k ~ 300 k	10 k、20 k、50 k、100 k、150 k、200 k	1 M
160 k	50 k、100 k、150 k、200 k	1 M
150 k	100 k、150 k、200 k	1 M
140 k	150 k、200 k	1 M
130 k	200 k	1 M
17 k ~ 30 k	1 k、2 k、5 k、10 k、15 k、20 k	100 k
16 k	5 k、10 k、15 k、20 k	100 k
15 k	10 k、15 k、20 k	100 k
14 k	15 k、20 k	100 k
13 k	20 k	100 k

滤波器阶数

如下所述为 IIR 滤波器的阶数。以相对于运算更新频率的比率 % 表示截止频率与中心频率。

IIR-LPF 阶数

截止频率	0.2%	0.3%	0.4%	0.5%	0.6%	0.7%	0.8%	0.9%	1%	2%	3%	4%
阶数	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
截止频率	5%	6%	7%	8%	9%	10%	11%	12%	13%	14%	15%	16%
阶数	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2
截止频率	17%	18%	19%	20%	21%	22%	23%	24%	25%	26%	27%	28%
阶数	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
截止频率	29%	30%										
阶数	4	4										

IIR-HPF 阶数

截止频率	0.2%	0.3%	0.4%	0.5%	0.6%	0.7%	0.8%	0.9%	1%	2%	3%	4%
阶数	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
截止频率	5%	6%	7%	8%	9%	10%	11%	12%	13%	14%	15%	16%
阶数	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
截止频率	17%	18%	19%	20%	21%	22%	23%	24%	25%	26%	27%	28%
阶数	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4
截止频率	29%	30%										
阶数	4	4										

IIR-BPF 阶数 带宽 1%

中心频率	17%	18%	19%	20%	21%	22%	23%	24%	25%	26%	27%	28%
阶数	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
中心频率	29%	30%										
阶数	2	2										

IIR-BPF 阶数 带宽 2%

中心频率	17%	18%	19%	20%	21%	22%	23%	24%	25%	26%	27%	28%
阶数	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
中心频率	29%	30%										
阶数	2	2										

IIR-BPF 阶数 带宽 5%

中心频率	17%	18%	19%	20%	21%	22%	23%	24%	25%	26%	27%	28%
阶数	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
中心频率	29%	30%										
阶数	2	2										

IIR-BPF 阶数 带宽 10%

中心频率	15%	16%	17%	18%	19%	20%	21%	22%	23%	24%	25%	26%
阶数	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
中心频率	27%	28%	29%	30%								
阶数	2	2	2	2								

IIR-BPF 阶数 带宽 15%

中心频率	14%	15%	16%	17%	18%	19%	20%	21%	22%	23%	24%	25%
阶数	2	2	2	2	2	2	4	4	4	4	4	4
中心频率	26%	27%	28%	29%	30%							
阶数	4	4	4	4	4							

IIR-BPF 阶数 带宽 20%

中心频率	13%	14%	15%	16%	17%	18%	19%	20%	21%	22%	23%	24%
阶数	2	2	2	2	2	2	2	4	4	4	4	4
中心频率	25%	26%	27%	28%	29%	30%						
阶数	4	4	4	4	4	4						

IIR-BSF 阶数 带宽 1%

中心频率	17%	18%	19%	20%	21%	22%	23%	24%	25%	26%	27%	28%
阶数	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
中心频率	29%	30%										
阶数	2	2										

IIR-BSF 阶数 带宽 2%

中心频率	17%	18%	19%	20%	21%	22%	23%	24%	25%	26%	27%	28%
阶数	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
中心频率	29%	30%										
阶数	2	2										

IIR-BSF 阶数 带宽 5%

中心频率	16%	17%	18%	19%	20%	21%	22%	23%	24%	25%	26%	27%
阶数	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
中心频率	28%	29%	30%									
阶数	2	2	2									

IIR-BSF 阶数 带宽 10%

中心频率	15%	16%	17%	18%	19%	20%	21%	22%	23%	24%	25%	26%
阶数	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
中心频率	27%	28%	29%	30%								
阶数	2	2	2	2								

IIR-BSF 阶数 带宽 15%

中心频率	14%	15%	16%	17%	18%	19%	20%	21%	22%	23%	24%	25%
阶数	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
中心频率	26%	27%	28%	29%	30%							
阶数	2	2	2	2	2							

IIR-BSF 阶数 带宽 20%

中心频率	13%	14%	15%	16%	17%	18%	19%	20%	21%	22%	23%	24%
阶数	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
中心频率	25%	26%	27%	28%	29%	30%						
阶数	2	2	2	2	2	2						

群延迟时间

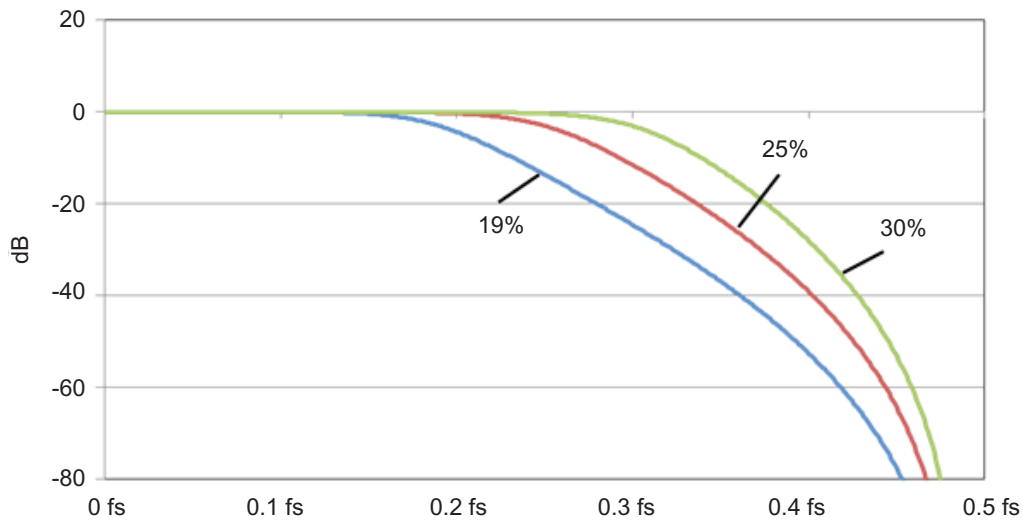
IIR 滤波器具有非线性相位特性，因此，群延迟并不固定，因频率而异。

按下式求出群延迟时间。

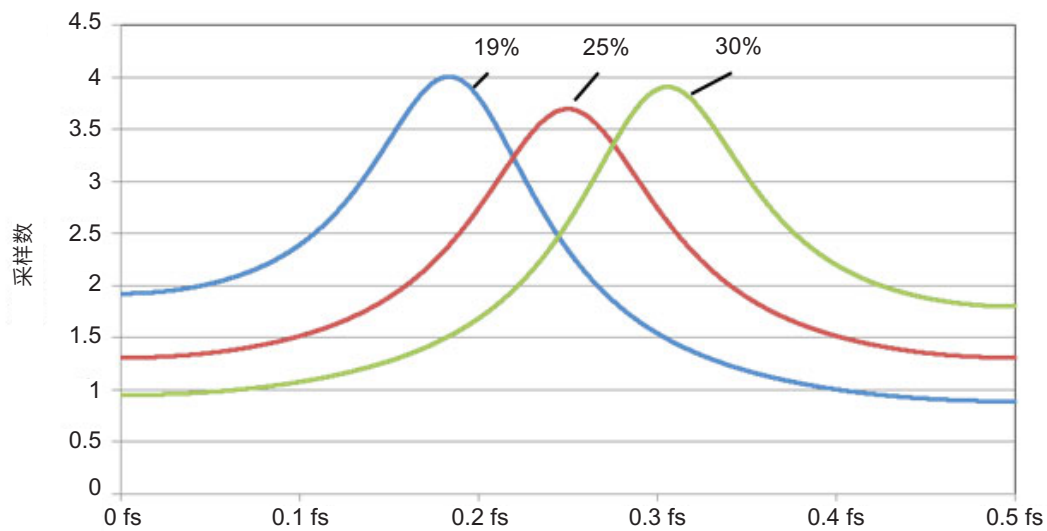
$$\text{群延迟时间} = \text{群延迟采样数} \times \text{更新率周期}$$

LPF 频率特性示例图、群延迟特性示例图

IIR-LPF (4阶) 频率特性示例

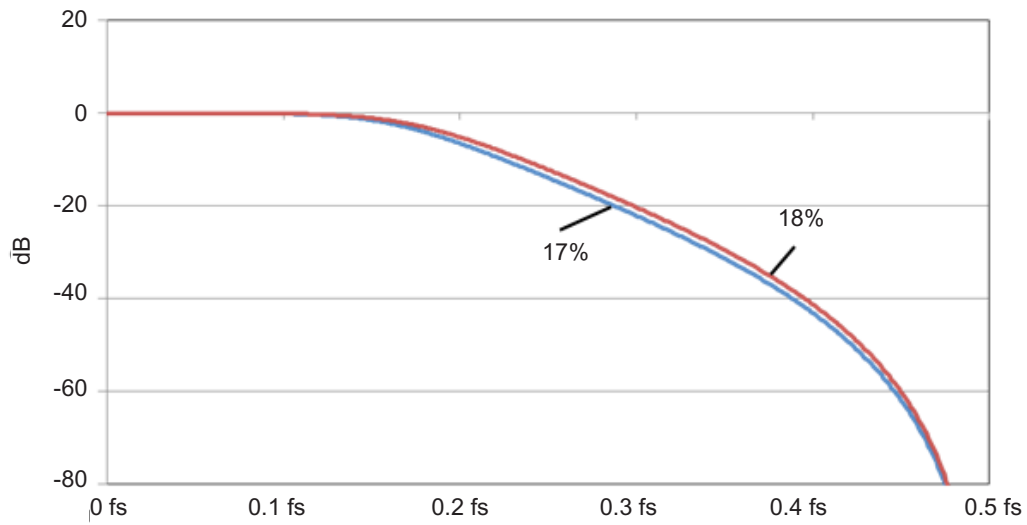


IIR-LPF (4阶) 群延迟特性示例

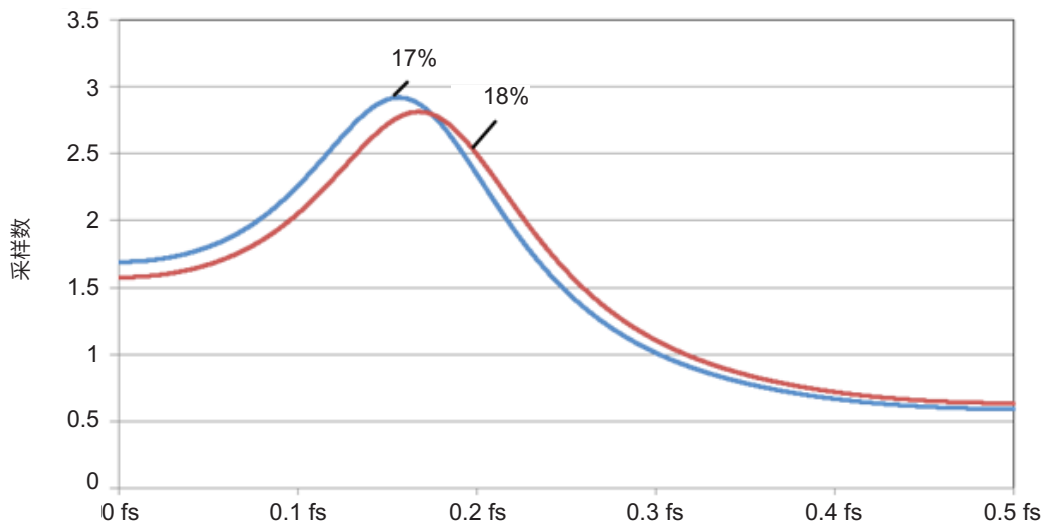


(fs : 更新率[S/s])

IIR-LPF (3阶) 频率特性示例

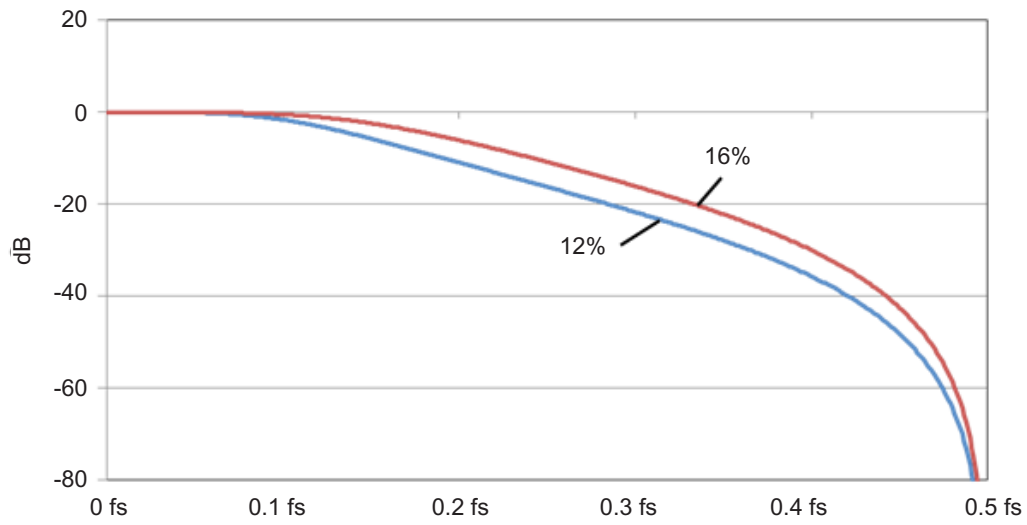


IIR-LPF (3阶) 群延迟特性示例

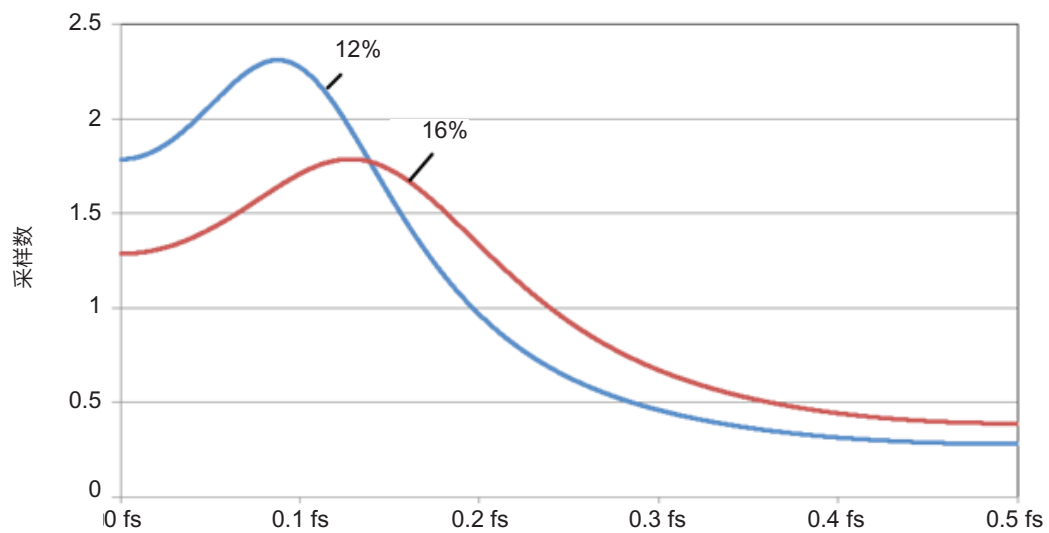


(fs : 更新率 [S/s])

IIR-LPF (2阶) 频率特性示例

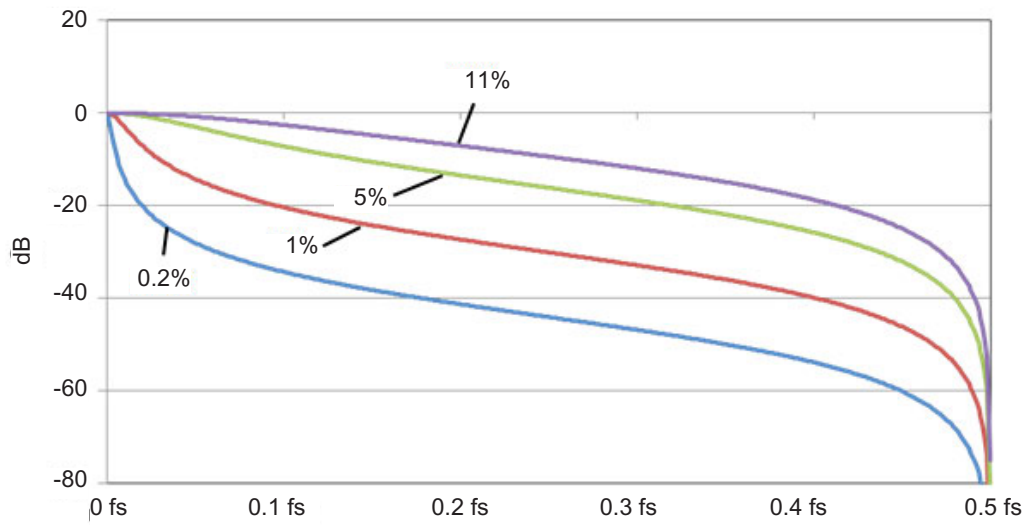


IIR-LPF (2阶) 群延迟特性示例

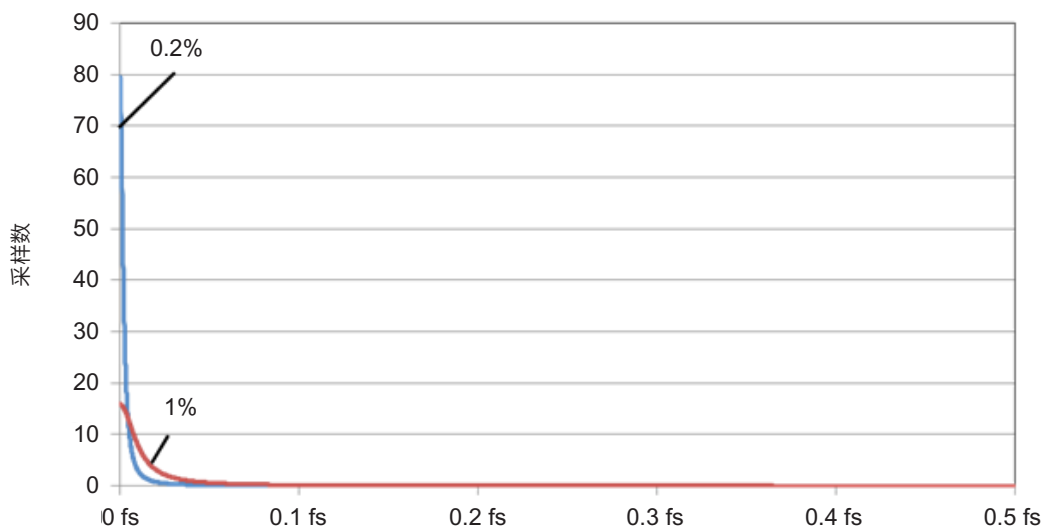


(fs : 更新率[S/s])

IIR-LPF (1阶) 频率特性示例

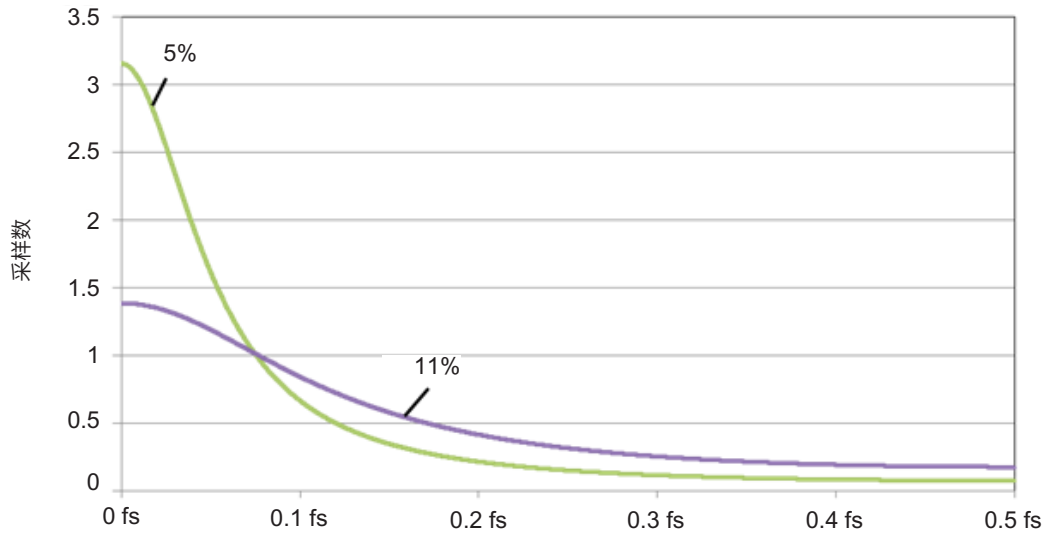


IIR-LPF (1阶) 群延迟特性示例 (1)



(fs : 更新率 [S/s])

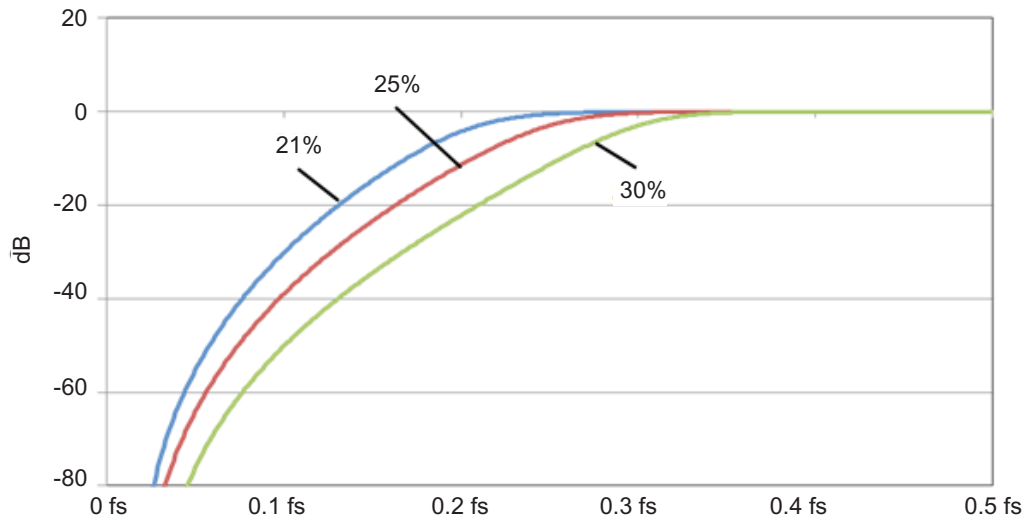
IIR-LPF (1阶) 群延迟特性示例 (2)



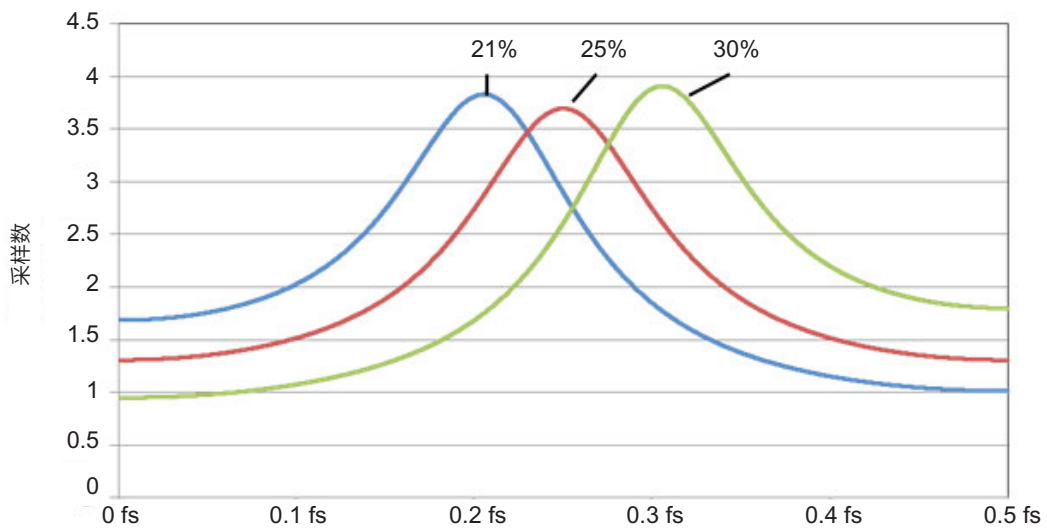
(fs : 更新率[S/s])

HPF 频率特性示例图、群延迟特性示例图

IIR-HPF (4阶) 频率特性示例

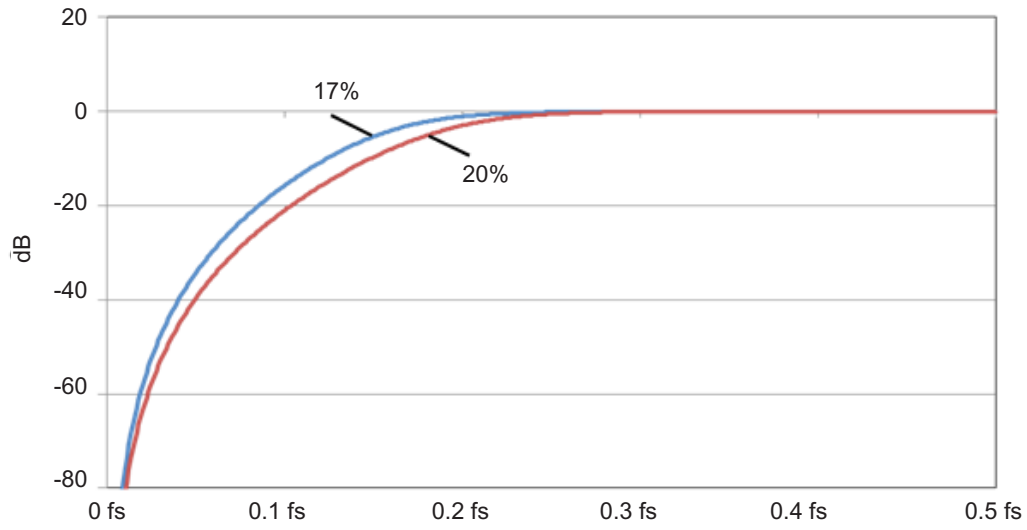


IIR-HPF (4阶) 群延迟特性示例

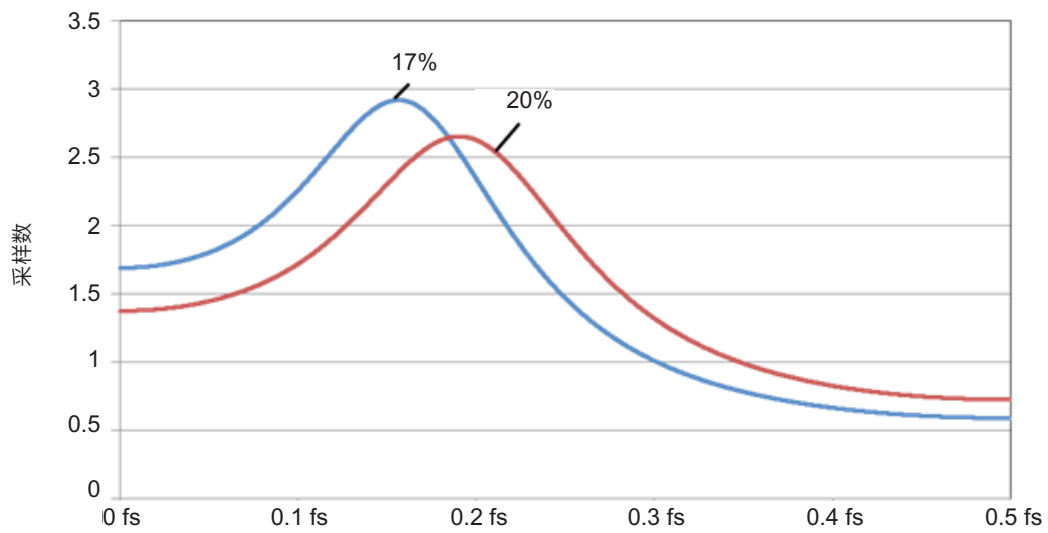


(fs : 更新率 [S/s])

IIR-HPF (3阶) 频率特性示例

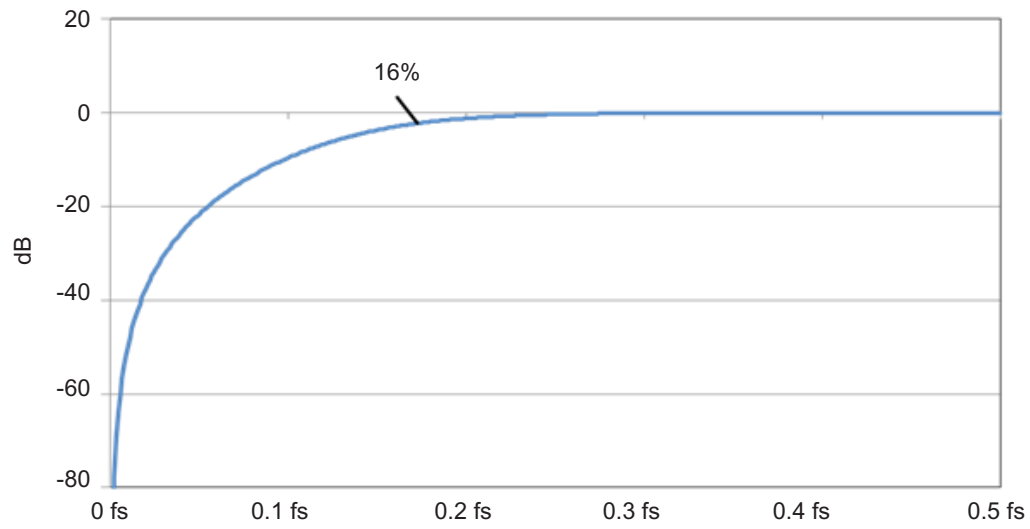


IIR-HPF (3阶) 群延迟特性示例

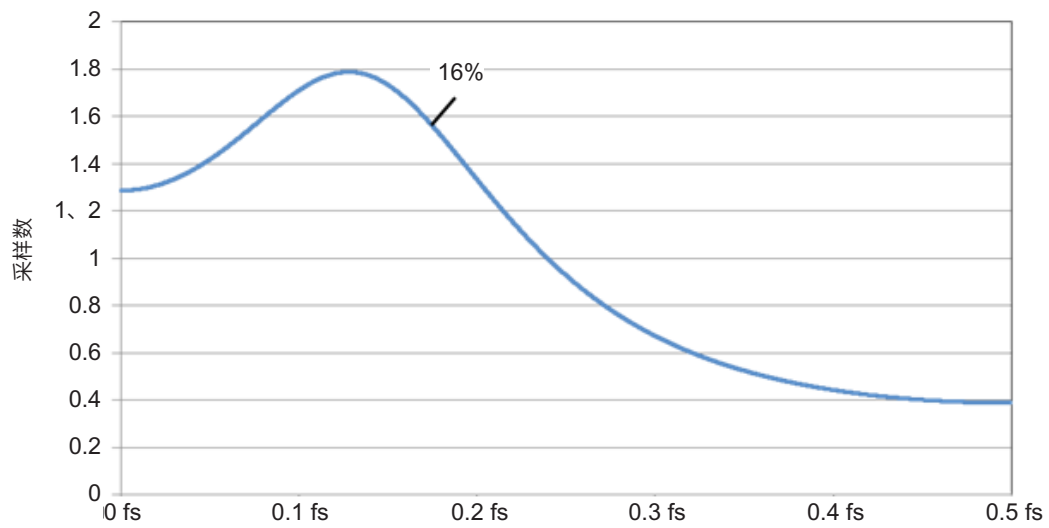


(fs : 更新率[S/s])

IIR-HPF (2阶) 频率特性示例

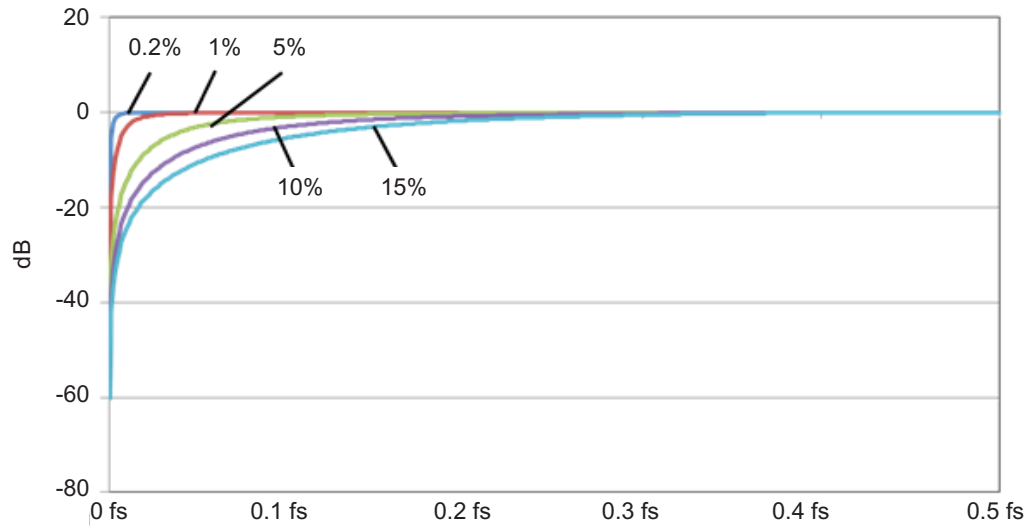


IIR-HPF (2阶) 群延迟特性示例

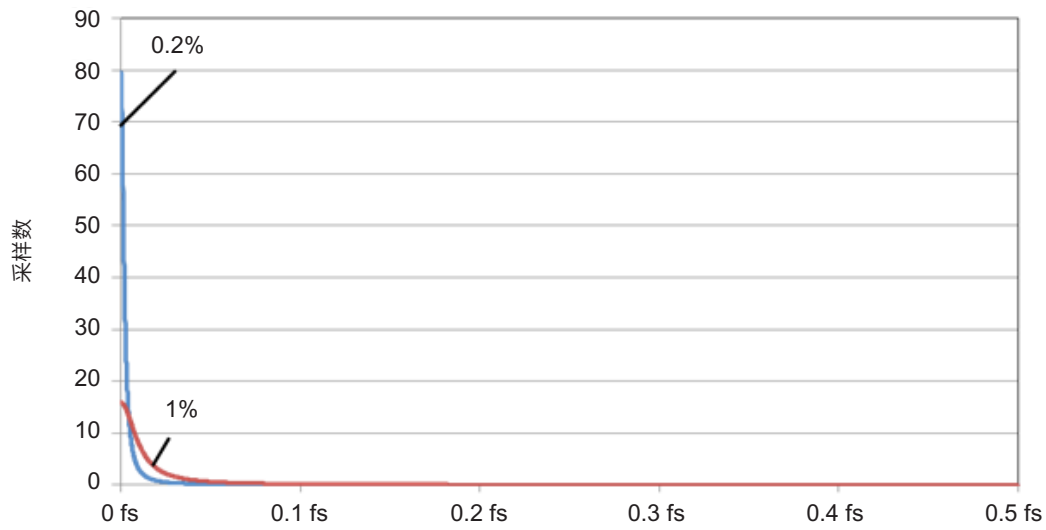


(fs : 更新率 [S/s])

IIR-HPF (1阶) 频率特性示例

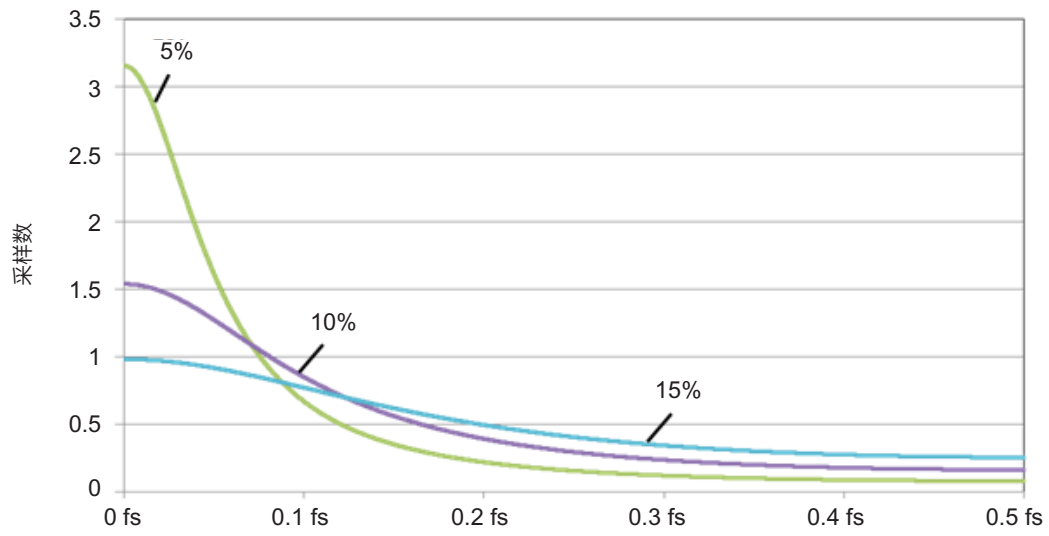


IIR-HPF (1阶) 群延迟特性示例 (1)



(fs : 更新率[S/s])

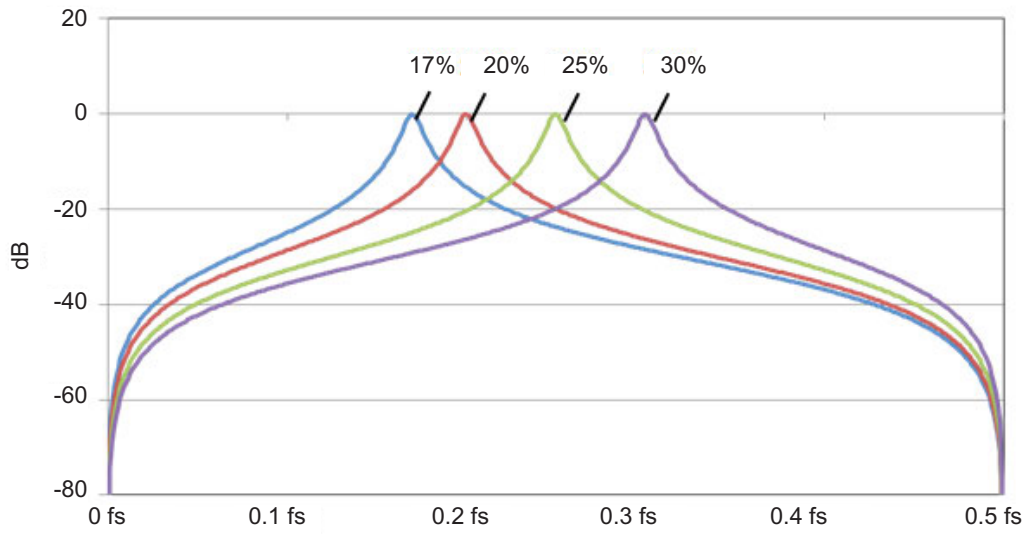
IIR-HPF (1阶) 群延迟特性示例 (2)



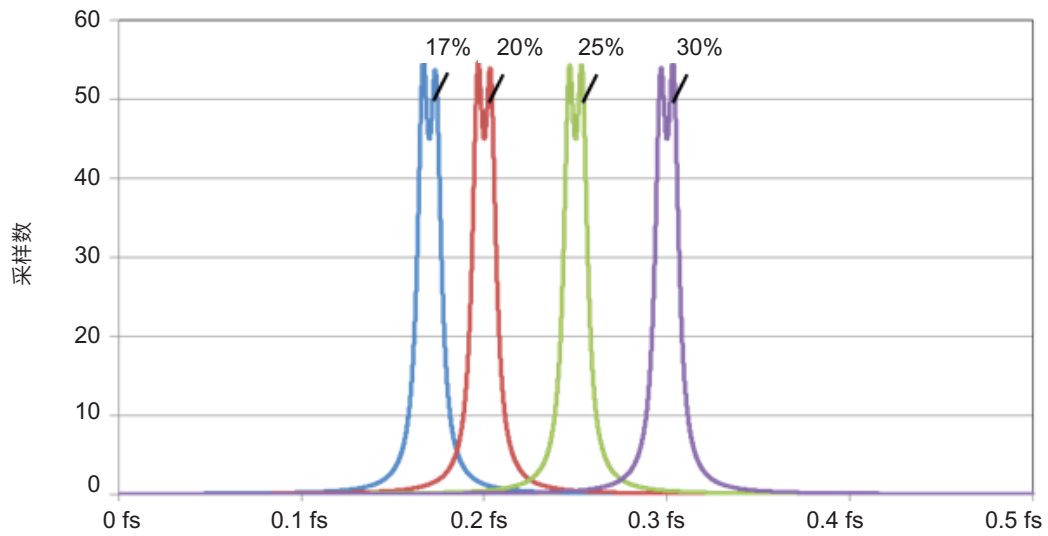
(fs : 更新率 [S/s])

BPF 频率特性示例图、群延迟特性示例图

IIR-BPF (2阶) 频率特性示例 带宽 1%

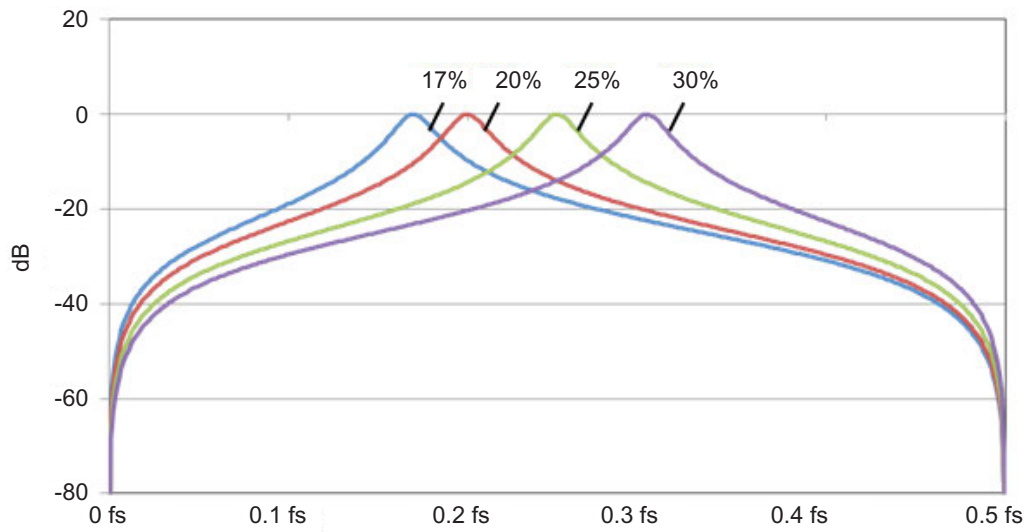


IIR-BPF (2阶) 群延迟特性示例 带宽 1%

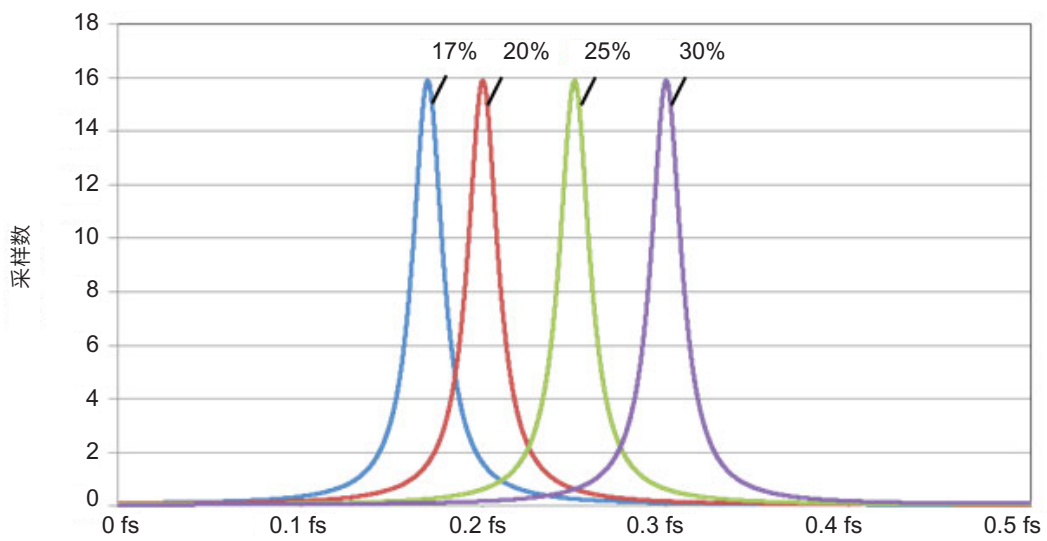


(fs : 更新率[S/s])

IIR-BPF (2阶) 频率特性示例 带宽2%

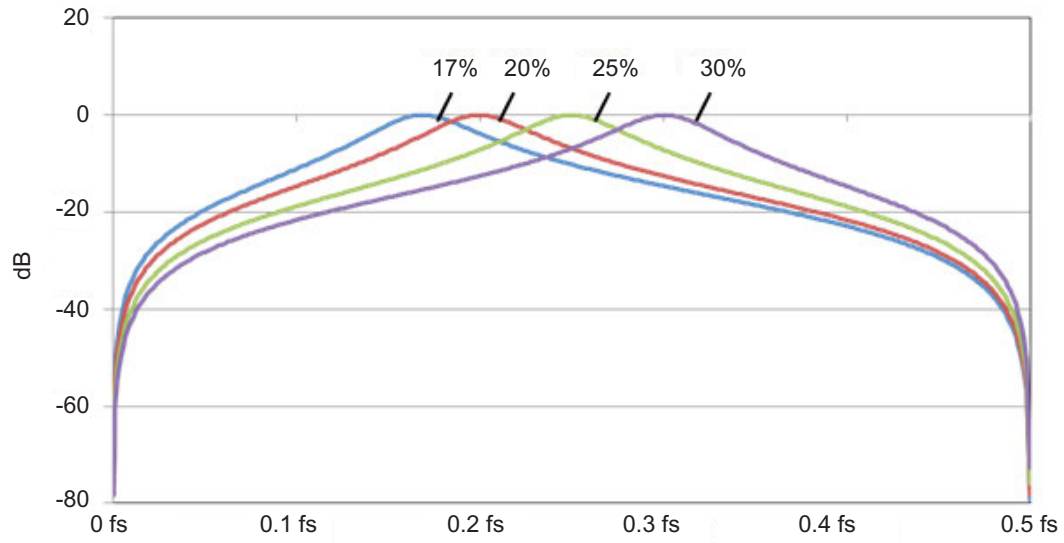


IIR-BPF (2阶) 群延迟特性示例 带宽2%

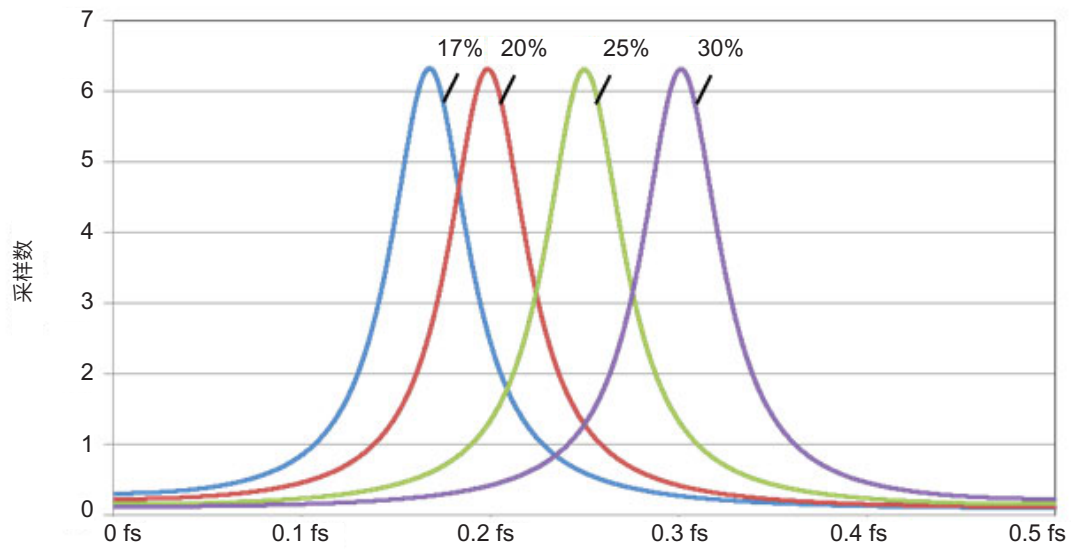


(fs : 更新率 [S/s])

IIR-BPF (2阶) 频率特性示例 带宽5%

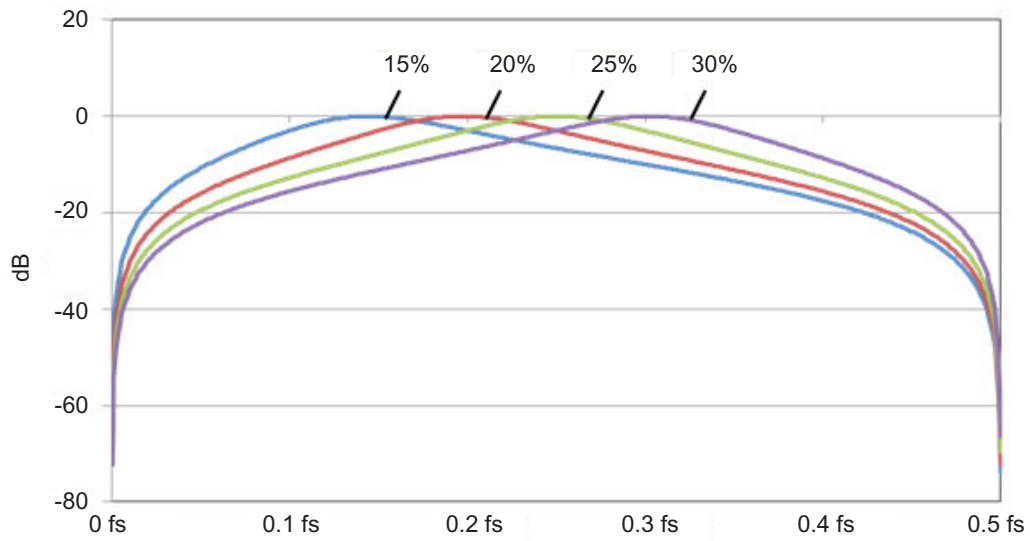


IIR-BPF (2阶) 群延迟特性示例 带宽5%

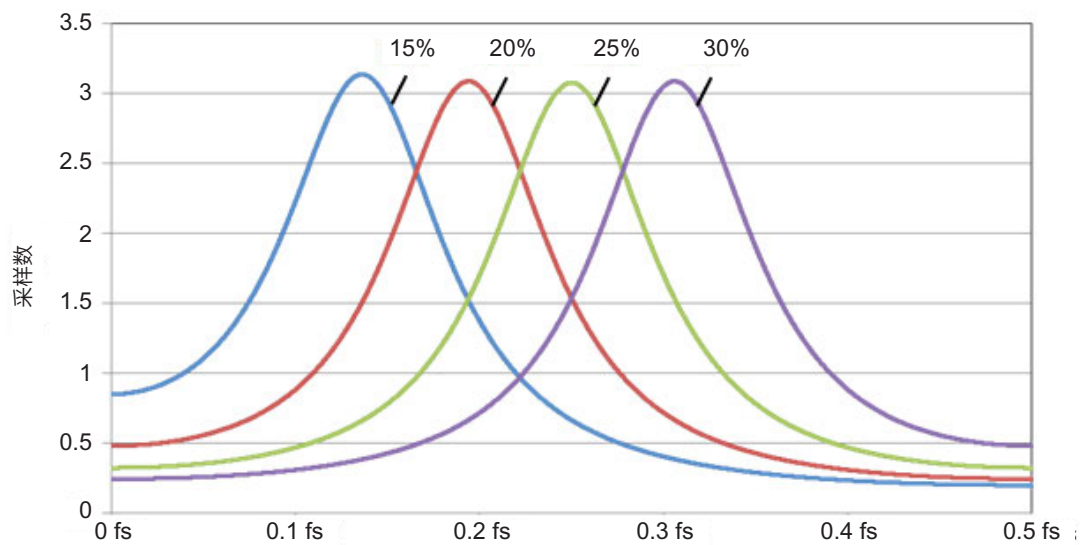


(fs : 更新率[S/s])

IIR-BPF (2阶) 频率特性示例 带宽 10%

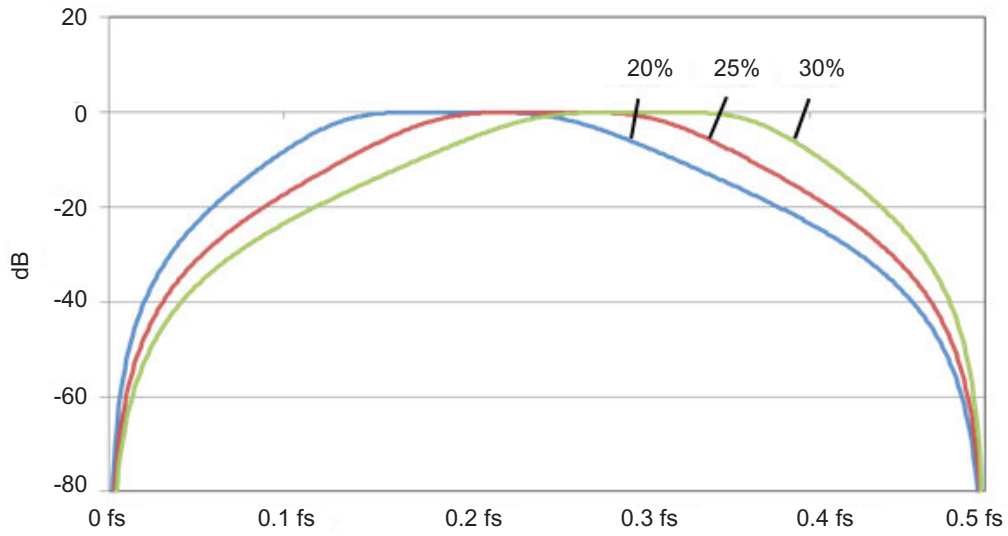


IIR-BPF (2阶) 群延迟特性示例 带宽 10%

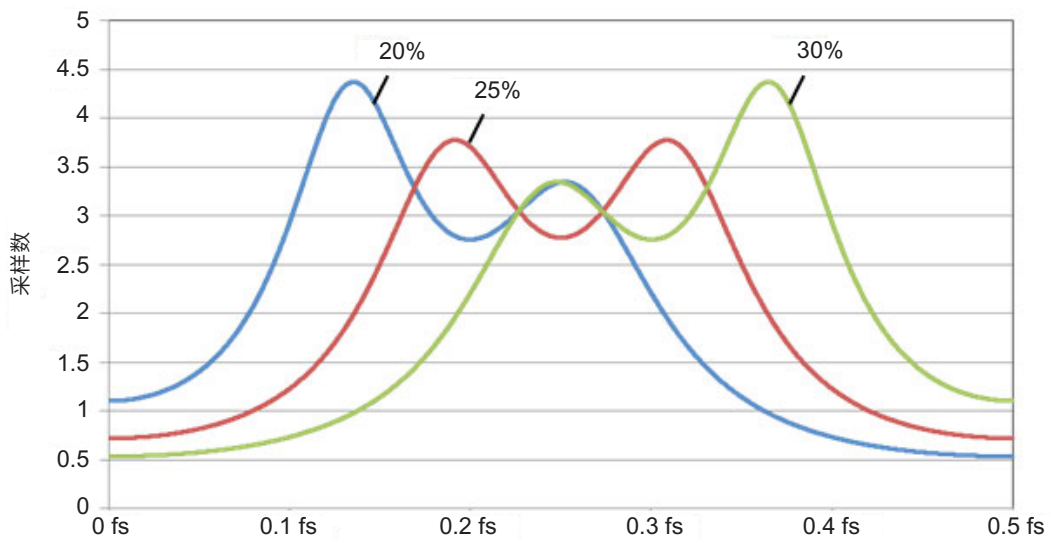


(fs : 更新率[S/s])

IIR-BPF (4阶) 频率特性示例 带宽 15%

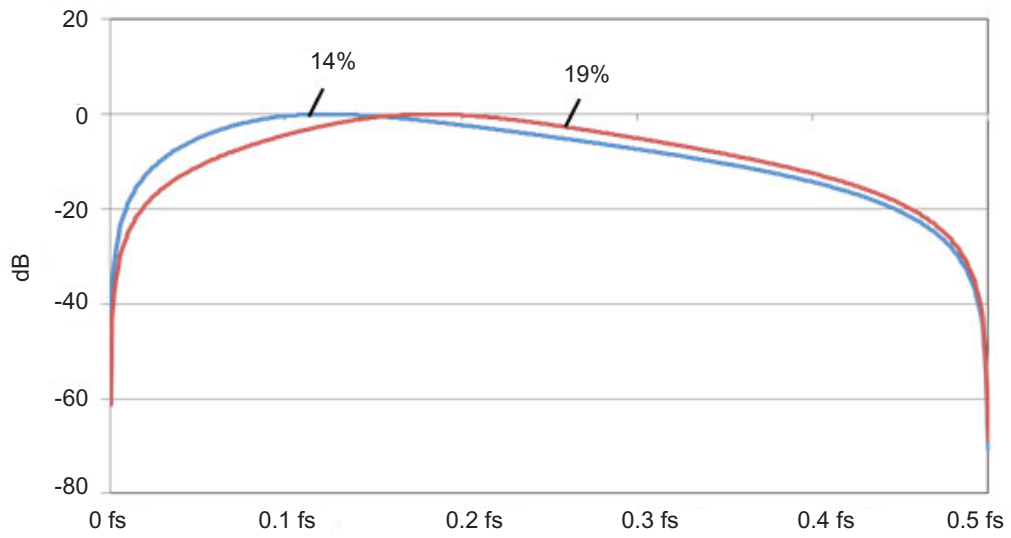


IIR-BPF (4阶) 群延迟特性示例 带宽 15%

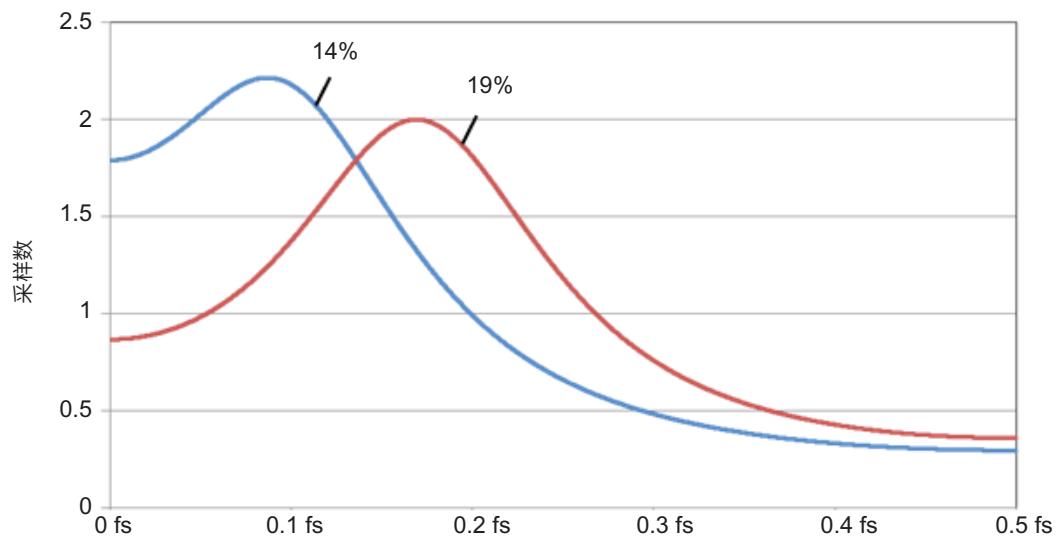


(fs : 更新率[S/s])

IIR-BPF (2阶) 频率特性示例 带宽 15%

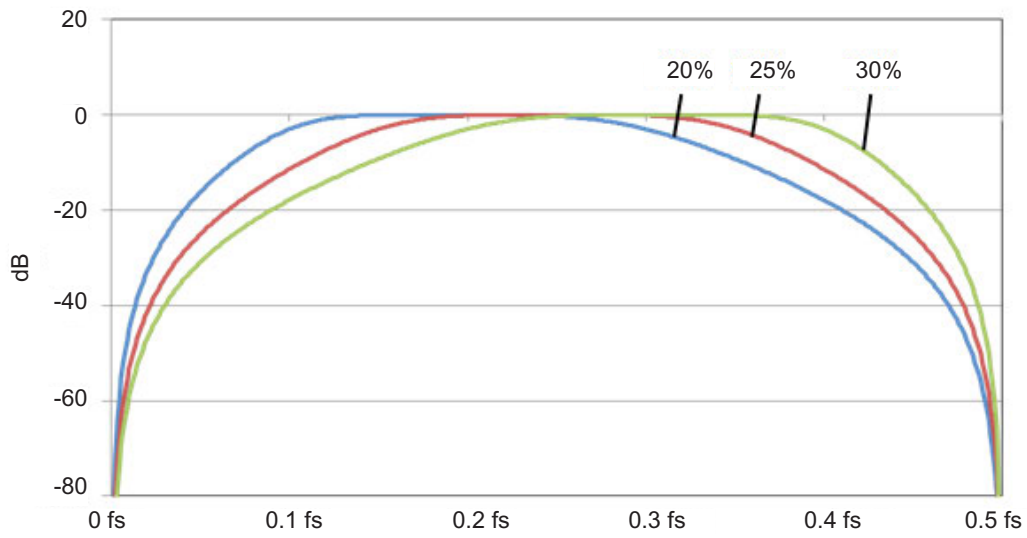


IIR-BPF (2阶) 群延迟特性示例 带宽 15%

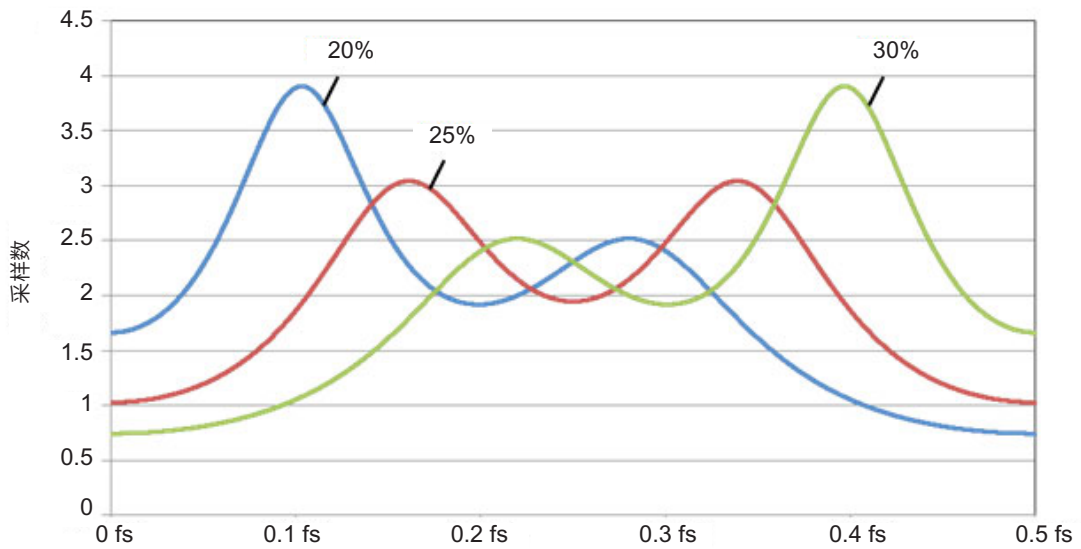


(fs : 更新率[S/s])

IIR-BPF (4阶) 频率特性示例 带宽20%

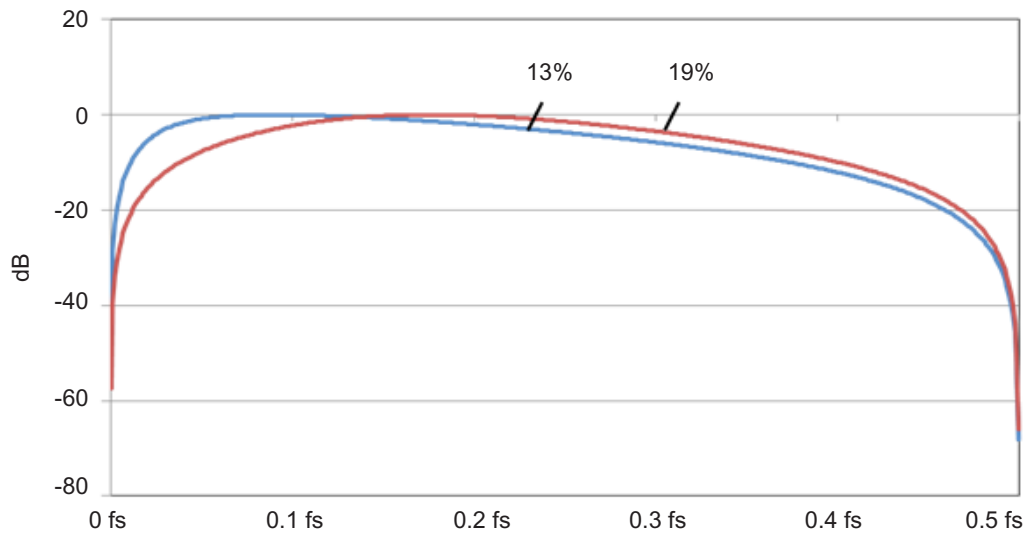


IIR-BPF (4阶) 群延迟特性示例 带宽20%

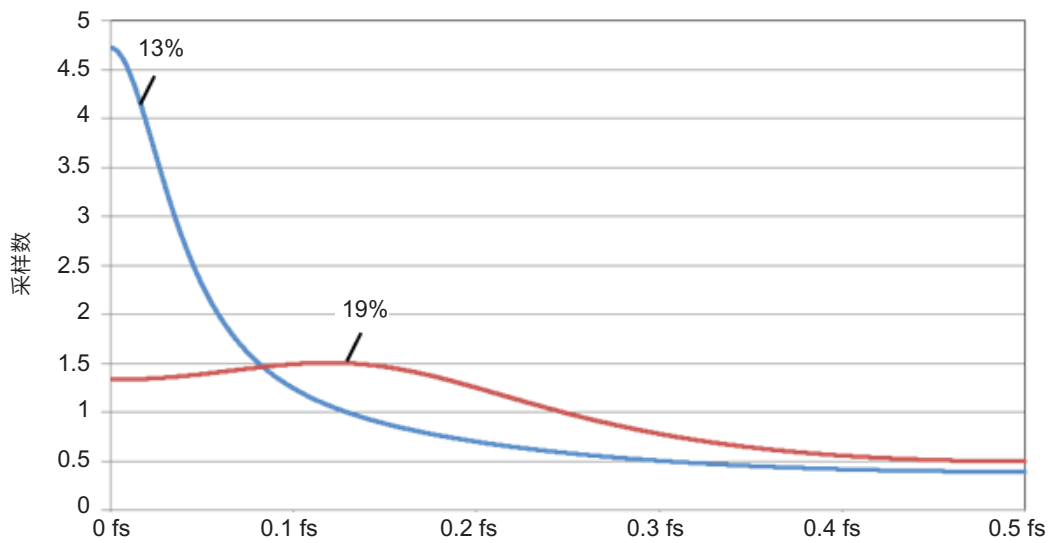


(fs : 更新率[S/s])

IIR-BPF (2阶) 频率特性示例 带宽 20%



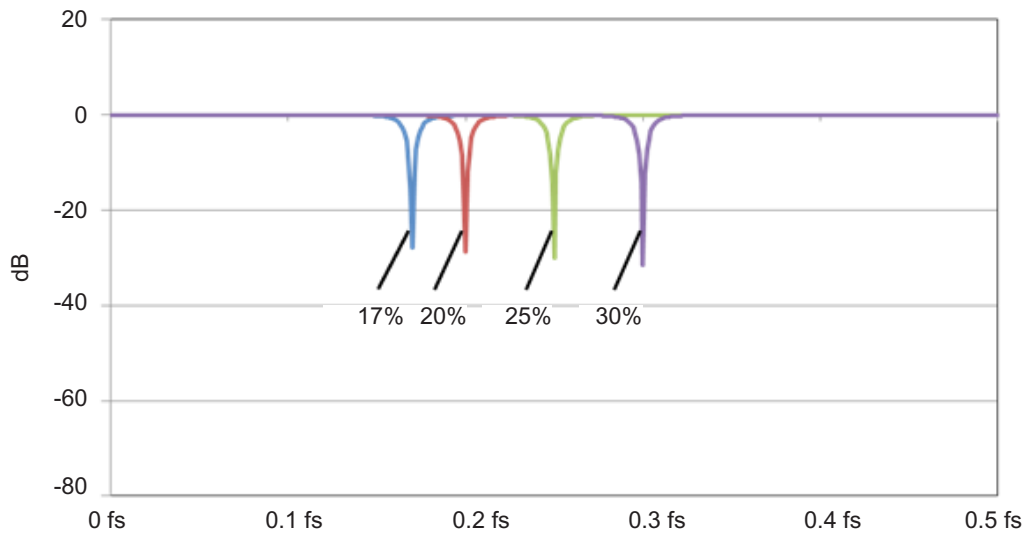
IIR-BPF (2阶) 群延迟特性示例 带宽 20%



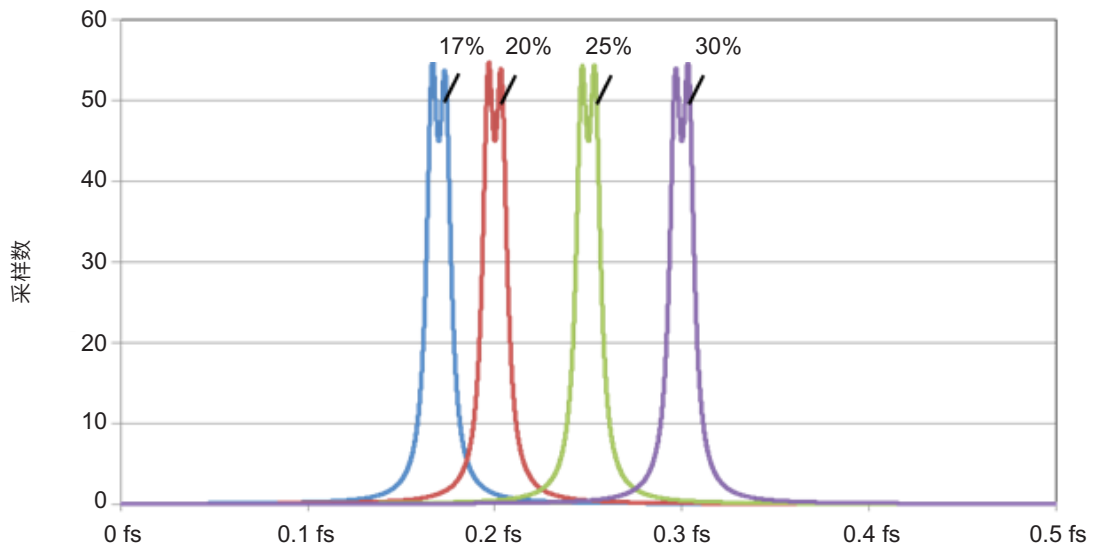
(fs : 更新率 [S/s])

BSF 频率特性示例图、群延迟特性示例图

IIR-BSF (2阶) 频率特性示例 带宽1%

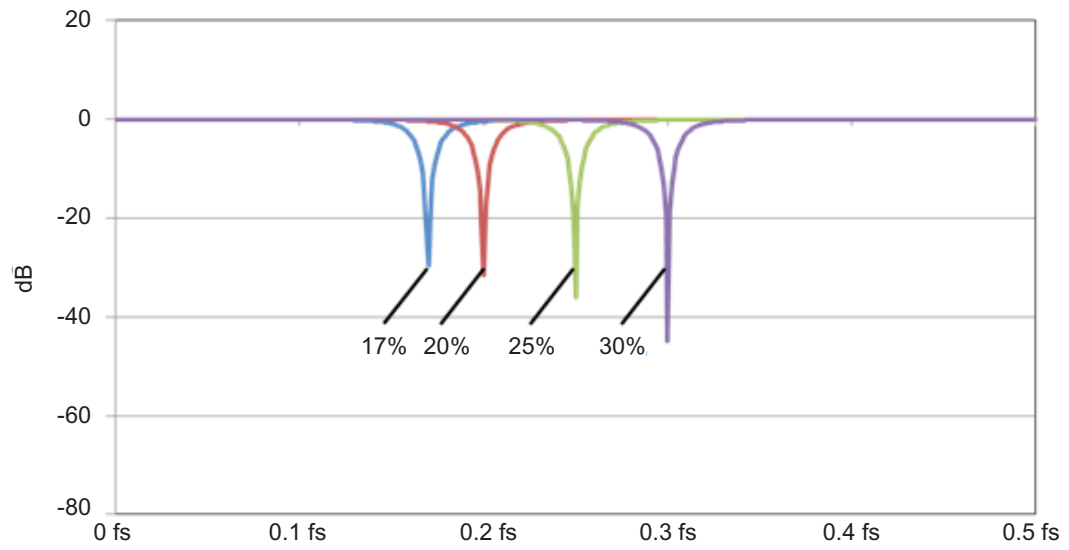


IIR-BSF (2阶) 群延迟特性示例 带宽1%

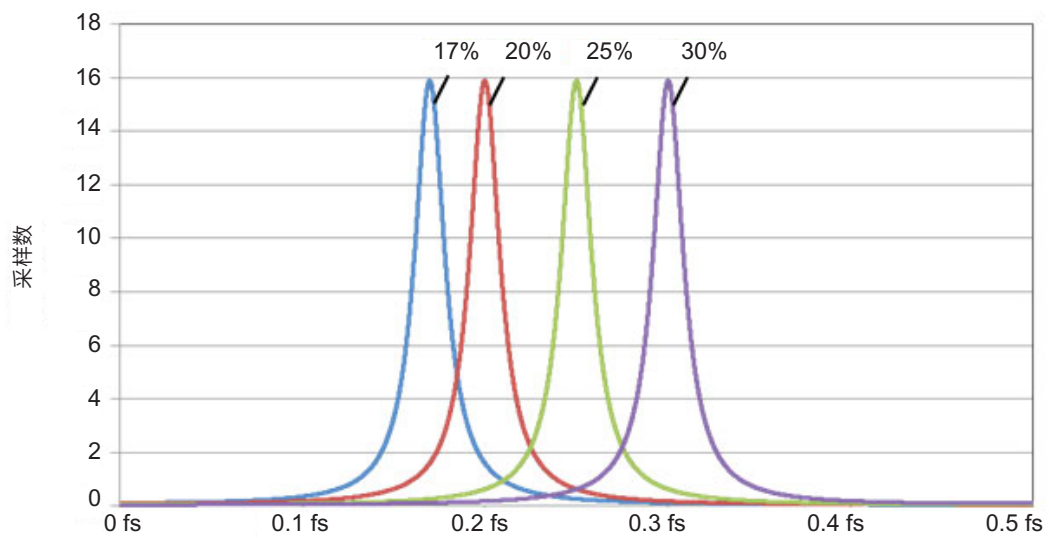


(fs : 更新率[S/s])

IIR-BSF (2阶) 频率特性示例 带宽2%

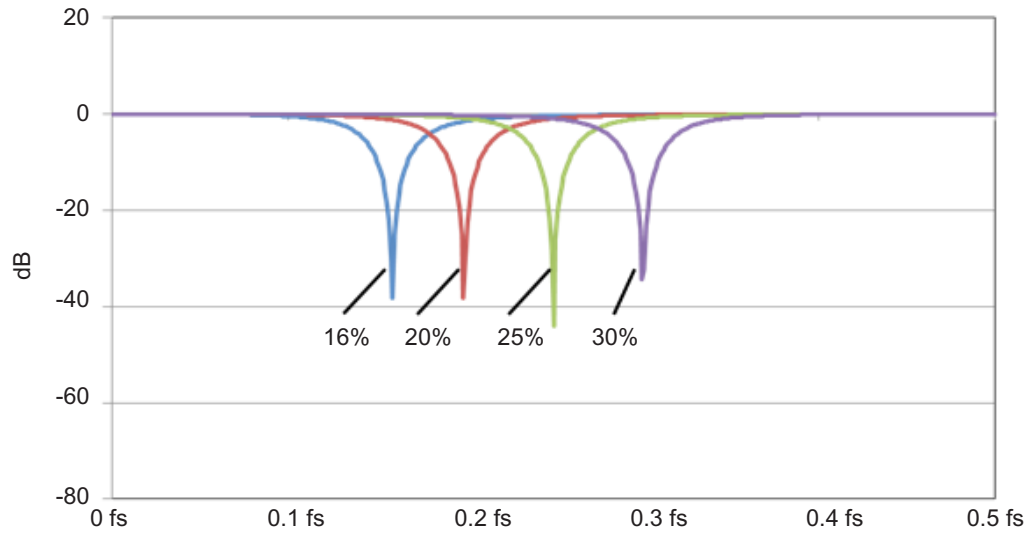


IIR-BSF (2阶) 群延迟特性示例 带宽2%

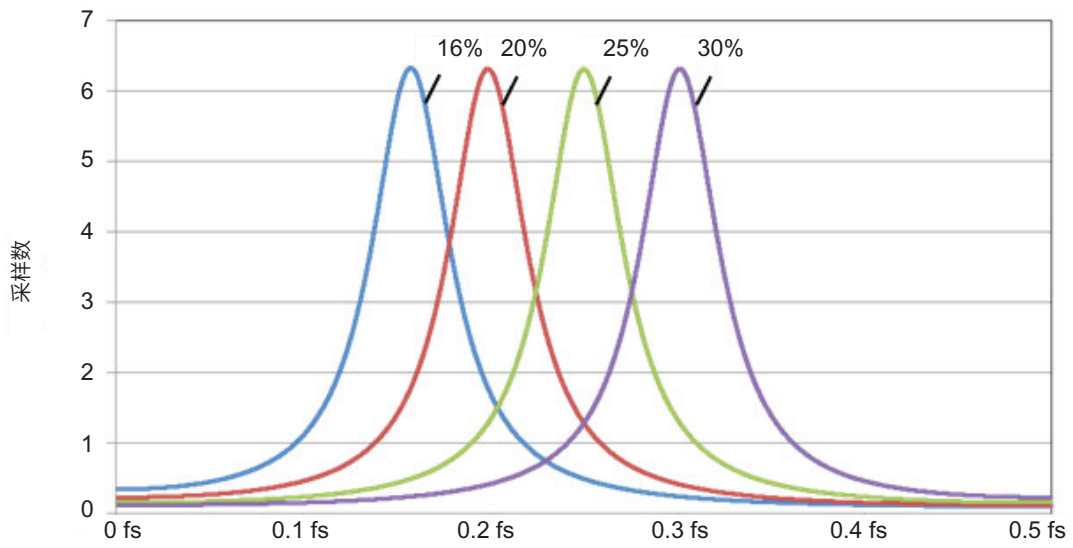


(fs : 更新率[S/s])

IIR-BSF (2阶) 群延迟特性示例 带宽5%

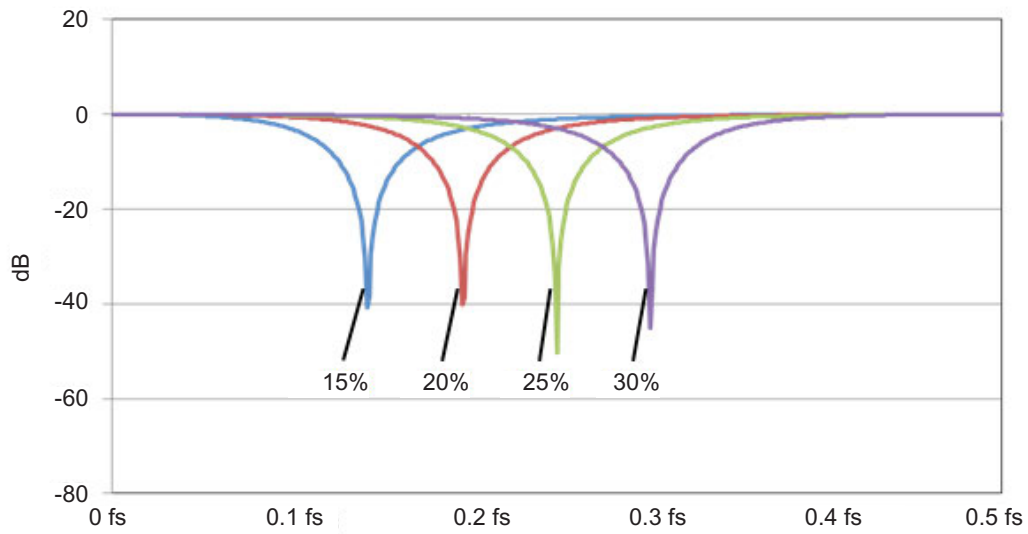


IIR-BSF (2阶) 群延迟特性示例 带宽5%

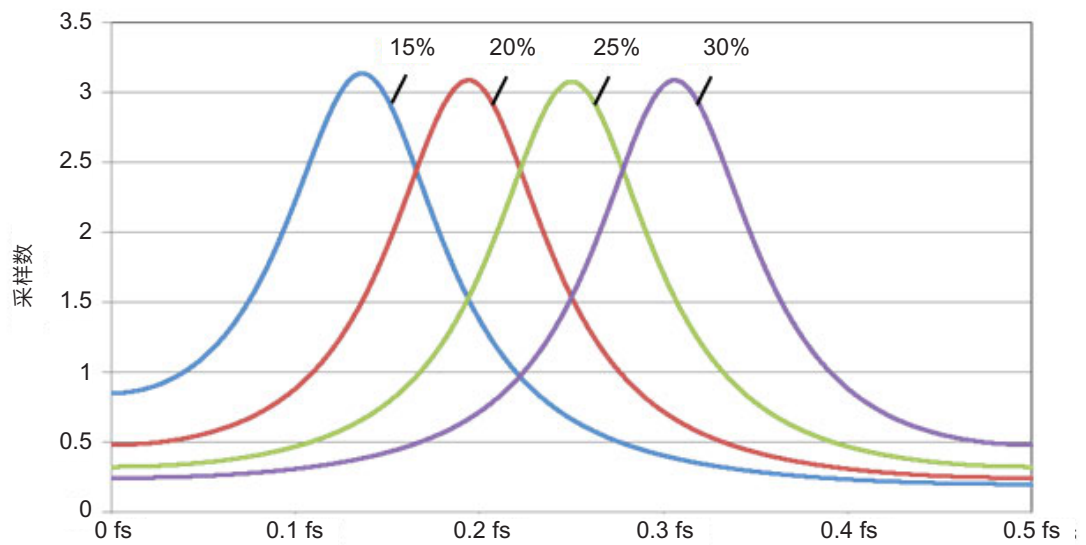


(fs : 更新率[S/s])

IIR-BSF (2阶) 频率特性示例 带宽 10%

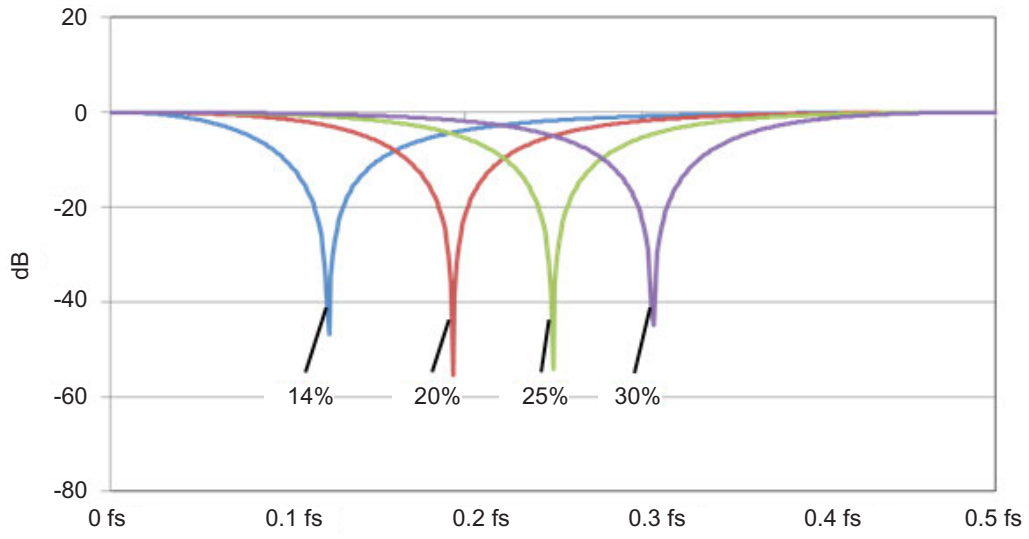


IIR-BSF (2阶) 群延迟特性示例 带宽 10%

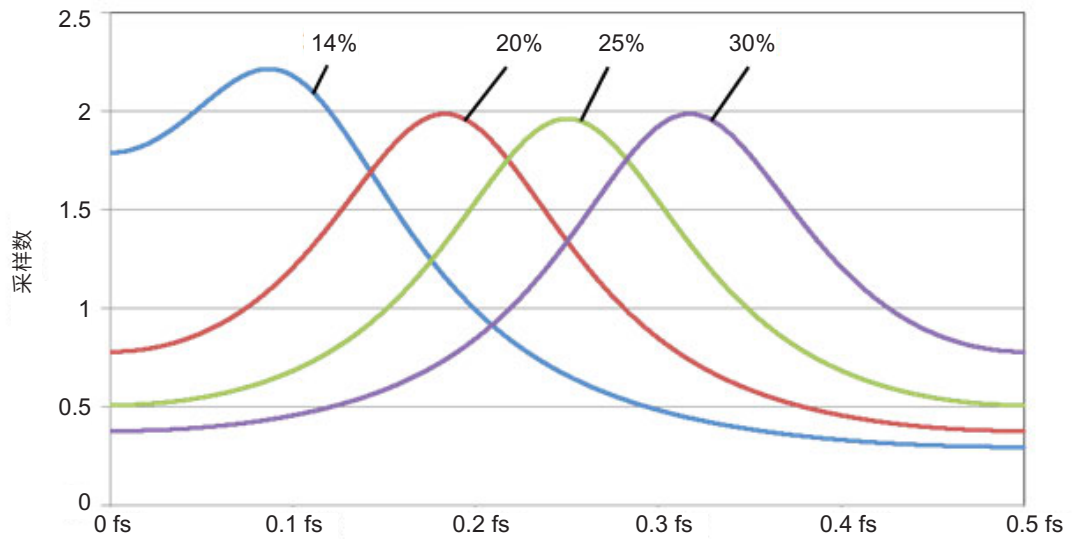


(fs : 更新率[S/s])

IIR-BSF (2阶) 频率特性示例 带宽 15%

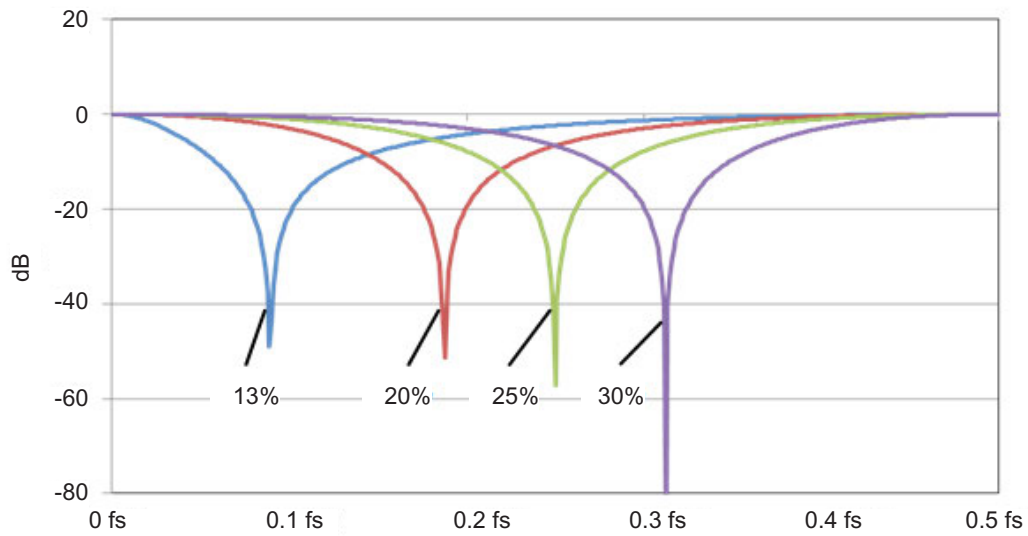


IIR-BSF (2阶) 群延迟特性示例 带宽 15%

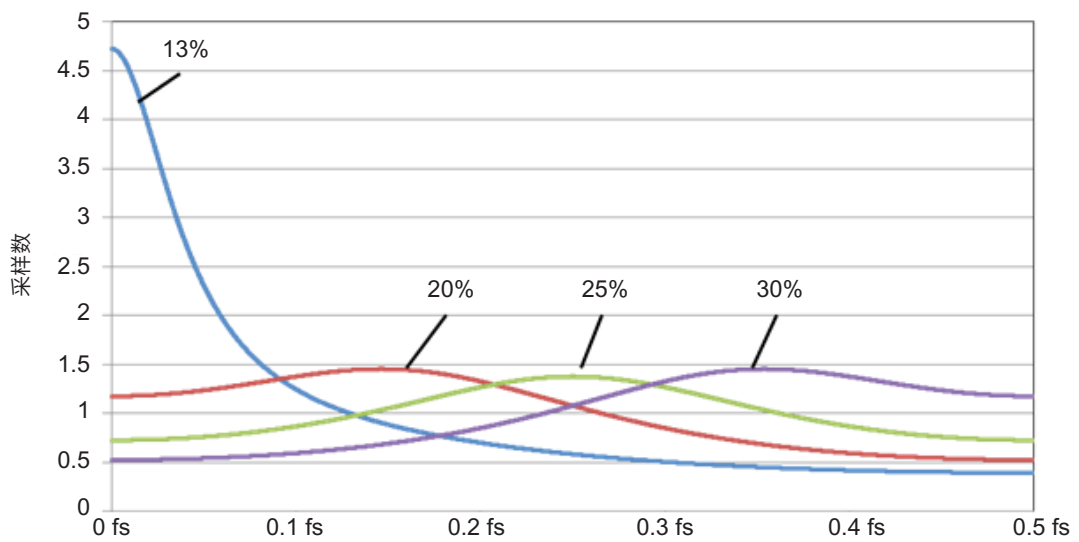


(fs : 更新率[S/s])

IIR-BSF (2阶) 频率特性示例 带宽 20%



IIR-BSF (2阶) 群延迟特性示例 带宽 20%



(fs : 更新率 [S/s])

3.6 移动平均滤波器特性

移动平均滤波器为低通滤波器。

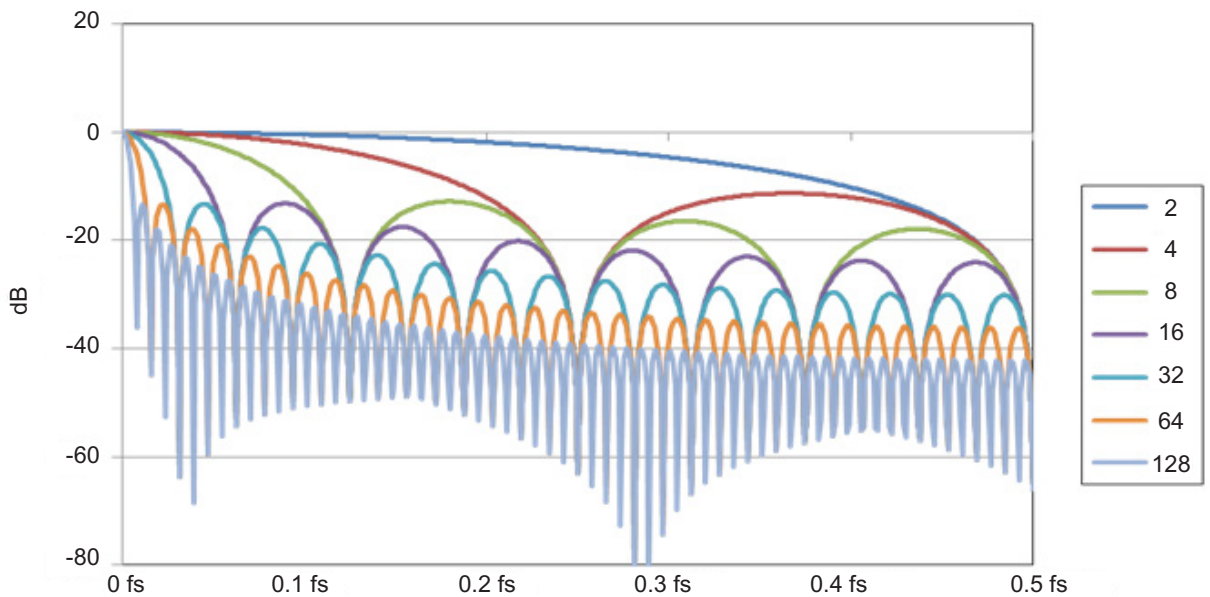
群延迟时间

$$\text{群延迟时间} = (\text{点击数} - 1) T / 2$$

其中，T为更新率周期

频率特性示例图

移动平均频率特性示例



(fs : 更新率 [S/s])

3.7 微分运算特性

在实时波形运算的微分运算中，使用5次Lagrange的内插公式进行运算。
参照：“运算类型”（第22页）

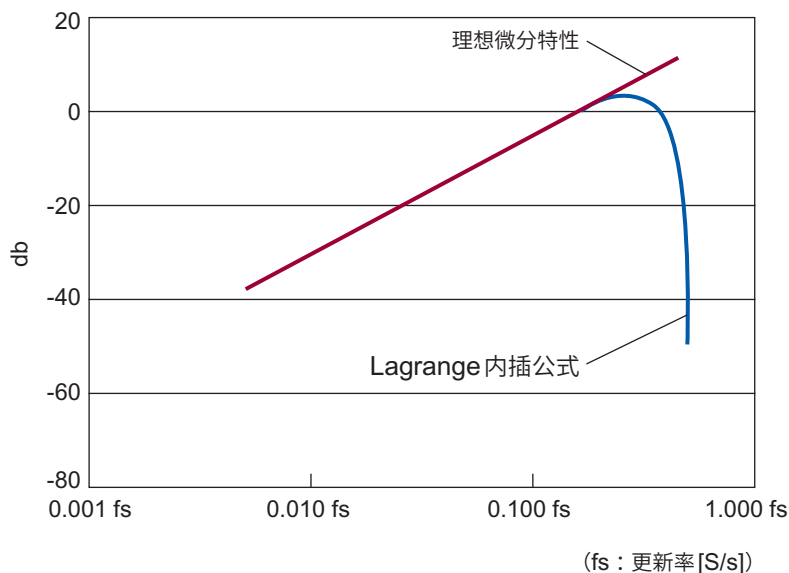
响应时间

响应时间 = $2^* \times$ 更新率周期 \times 微分间隔

*：基于Lagrange内插公式的延迟

频率特性示例图

微分的频率特性示例图



输入频率为运算频率的20%以下时，微分特性基本上等同于理想微分特性。为在此以上的频率时，高频成分会受到Lagrange内插公式的高频带特性的抑制。

HIOKI
日置電機株式会社



联系我们

<http://www.hioki.cn/>

邮编: 386-1192 日本长野县上田市小泉81

日置(上海)商贸有限公司

邮编: 200001 上海市黄浦区西藏中路268号 来福士广场4705室

电话: 021-63910090/63910092 传真: 021-63910360

电子邮件: info@hioki.com.cn

1808CN

日置电机株式会社编辑出版

日本印刷

- 可从本公司主页下载CE认证证书。
- 本书的记载内容如有更改, 恕不另行通知。
- 本书含有受著作权保护的内容。
- 严禁擅自转载、复制、篡改本书的内容。
- 本书所记载的公司名称、产品名称等, 均为各公司的商标或注册商标。