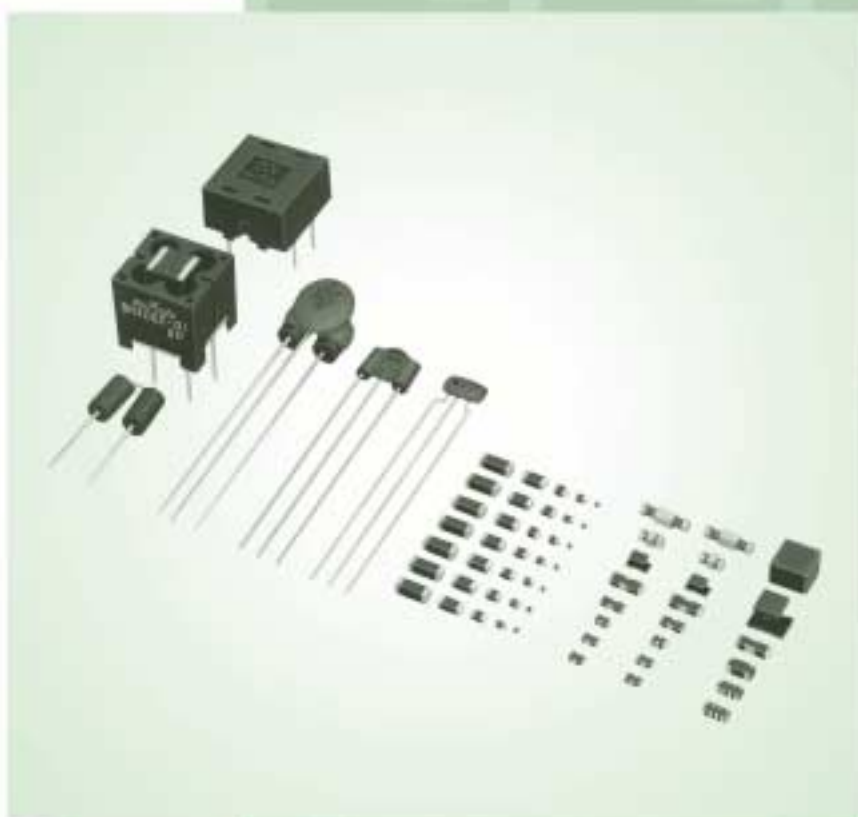


用EMIFIL[®]抑制噪声 EMI滤波器的基础

Noise Suppression by EMIFIL[®] Basics of EMI Filters



Application Manual

Innovator in Electronics

muRata
村田制作所

序言

在我们的日常生活中充满了电子产品。如今大部分电子产品采用了数字电路为我们提供了更多便利。但是，同时带来了由电磁噪声外发射造成的电磁干扰 (EMI) 问题。我们通常携带的便携设备很容易受如静电放电 (ESD) 的外部噪声影响。为防止设备因外部噪声干扰发生故障或损坏，有必要采取抗扰措施。

*EMIFIL®和EMIGARD®是村田制作所的注册商标。

1	静噪措施的必要性	2
	1. 电磁干扰的条件和未来趋势	2
	2. 噪声发射和抗扰度	3
	3. 噪声管制条例	3
2	噪声传导路径和静噪基本概念	4
	1. 静噪原理	4
	2. 使用EMI滤波器的静噪方法	5
3	使用低通滤波器的静噪措施	6
	1. 标准滤波器	6
	2. 插入损耗	7
	3. 低通滤波器	8
	滤波器结构—常数和插入损耗	9
	合适的输入 / 输出阻抗滤波器	10
	4. 非理想电容器的效应	11
	电容器特性	11
	非理想电容器的效应	11
	ESL效应	12
	5. 标准电容器的特性	13
	6. 高频特性的改进	14
	三引出电容器结构	14
	片状三引出电容器	14
	穿心电容器	15
	7. 等效串联电阻的效应	15
	8. 非理想电感器的效应	16
	非理想电感器的效应	16
	铁氧体磁珠电感器	16
	9. 什么是铁氧体磁珠电感器	17
	10. 片状铁氧体磁珠电感器的结构	18
	11. 阻抗特性	19
4	其他滤波器	20
	1. 共模扼流线圈	20
	差模噪声和共模噪声	20
	使用共模扼流线圈抑制噪声 (1)	21
	使用共模扼流线圈抑制噪声 (2)	22
	DC电路的静噪示例	23
	AC电源线上的静噪示例	23
	2. 变阻器	24
	由变阻器提供的瞬变电压电路保护	24
	变阻器的特性	25

目录

1 静噪措施的必要性

2 噪声传导路径和静噪基本概念

3 使用低通滤波器的静噪措施

4 其他滤波器

1 静噪措施的必要性

1. 电磁干扰的条件和未来趋势

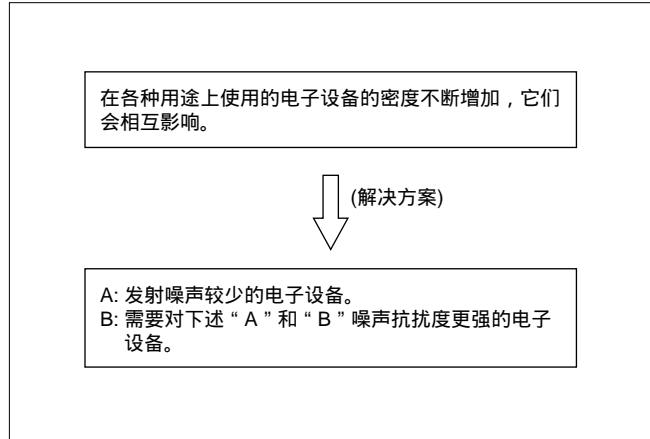
1

有许多电子设备供选择可以使我们的生活更为舒适，如今这些设备已成为我们社会不可或缺的一部分。这些电子装置的工作可能受噪声干扰，在许多情况下，噪声干扰都会危及到人类的生活。为此，我们可以毫不夸张地说预防噪声干扰是社会的义务。

但是，随着日益增长的电子设备在可能相互影响的区域内一起使用，电磁干扰的可能性也变得更高了。

因此，对于发射较少噪声的电子设备的的需求将会增大。

■噪声问题的未来趋势



■EMI需要3个条件或要素

A: EMI发生器 - 发射噪声源。

B: EMI接收器 - 受噪声影响的装置。

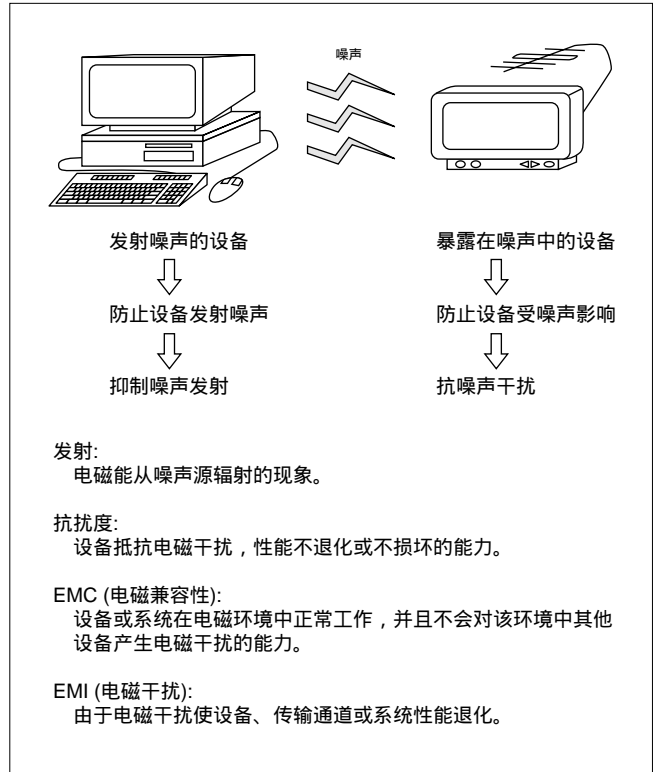
C: EMI路径 - 产生的EMI可到达EMI接收器的路径。

静噪措施的必要性 1

2. 噪声发射和抗扰度

“防止设备发射噪声”称为“发射抑制”。“发射”意思是“从设备发射噪声”。“防止设备受噪声影响”称为“抗噪声干扰”。“抗扰度”意思是“设备在无故障(性能退化)或无损坏的情况下抵抗噪声的程度”。尽管有时也使用“EMS”(电磁敏感性)一词, 是指设备对噪声的敏感性, 但一般来说, 使用“抗扰度”作为“发射”的反义词。

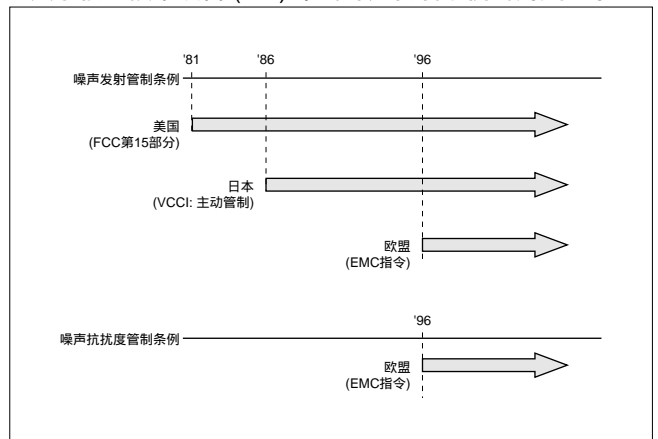
“EMC”(电磁兼容性)意思是“防止设备或系统向外发射不可接受的噪声和防止设备或系统由于噪声而发生故障的能力”。“EMI”(电磁干扰)意思是“当电磁兼容性不好时, 设备、传输通道或系统的性能由于噪声(电磁干扰)而下降”。



3. 噪声管制条例

许多国家都在执行噪声管制条例。因为这些管制条例大多数已变成法律, 不符合管制条例的设备, 国家不允许出售。尽管以前大多数管制条例都是试图防止噪声发射, 但现在已有越来越多的噪声抗扰度管制条例出台。这些管制条例指出设备不应当由于噪声而降低性能。

关于信息技术设备 (ITE) 中的噪声管制条例的历史记录

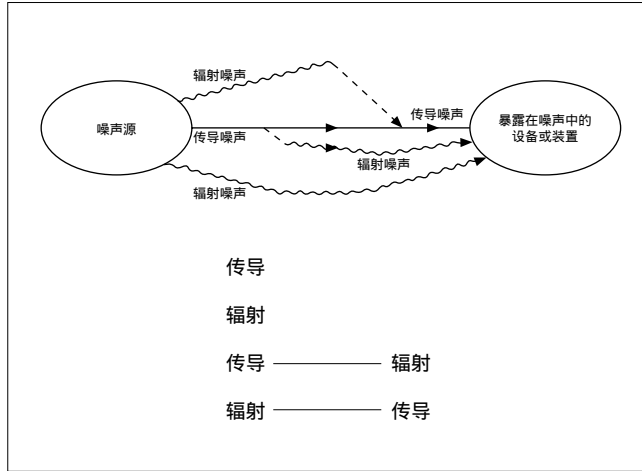


2 噪声传导路径和静噪基本概念

1. 静噪原理

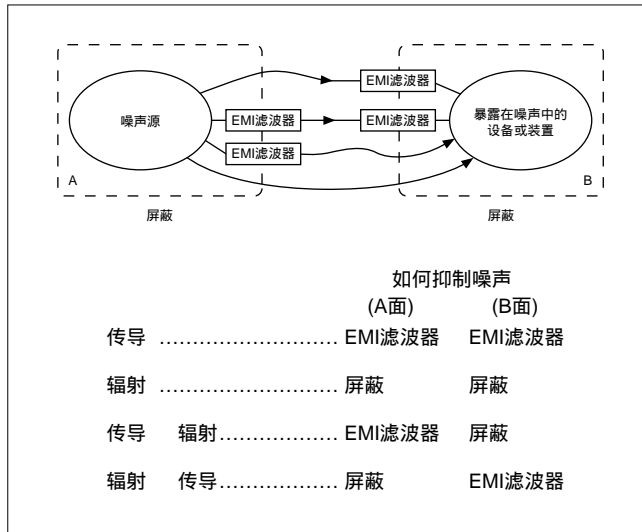
从噪声源发射出的噪声会通过许多复杂的路径传导，有时通过导体，有时通过辐射。当其到达装置或设备时，该设备便暴露在噪声当中。

■ 噪声传导路径



为了妥当地抑制噪声，我们必须知道噪声源及其传导方法。如果初次检测不准确，那么我们就不能断定静噪技术已无效或者该技术应用在了不正确的噪声源上。静噪原理是对传导噪声使用EMI滤波器以及对辐射噪声进行屏蔽。

■ 静噪原理



噪声传导路径和静噪基本概念 2

2. 使用EMI滤波器的静噪方法

使用EMI滤波器抑制噪声时，可采用以下3种方法：

1. 对信号和噪声使用不同的频率。
2. 在信号与噪声之间使用不同的传导模式。
3. 使用非线性电阻器 (变阻器) 抑制高电压浪涌。

■使用EMI滤波器的静噪方法

噪声类型	使用EMI滤波器的静噪方法
高频噪声 (信号的谐波等)	对信号和噪声使用不同的频率
共模噪声 (不论是何种类型线路，比如是信号线或是地线，噪声在所有线路上均以相同的方向传导。)	在信号与噪声之间使用不同的传导模式。
高电压浪涌 (静电放电、浪涌等)	使用非线性电阻器 (变阻器) 抑制高电压浪涌。

3 使用低通滤波器的静噪措施

1. 标准滤波器

用于拾拾所需信号的滤波器分为以下4种类型。

低通滤波器 (LPF):

以低于规定频率的频率传输信号，但以高于规定频率的频率衰减信号的滤波器。

高通滤波器 (HPF):

以高于规定频率的频率传输信号，但以低于规定频率的频率衰减信号的滤波器。

带通滤波器 (BPF):

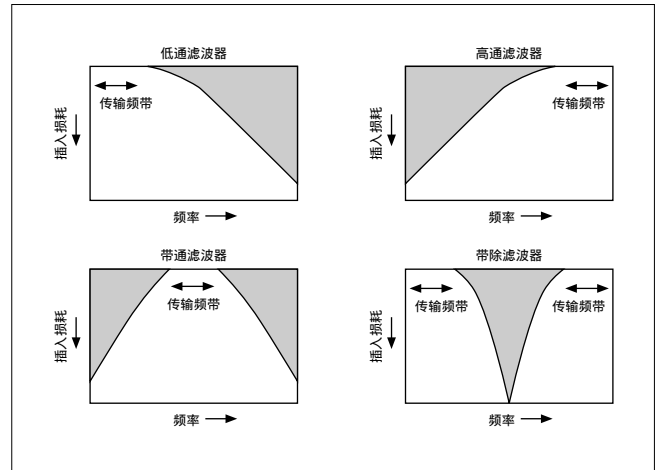
只能在规定的频率范围内传输信号的滤波器。

带除滤波器 (BEF):

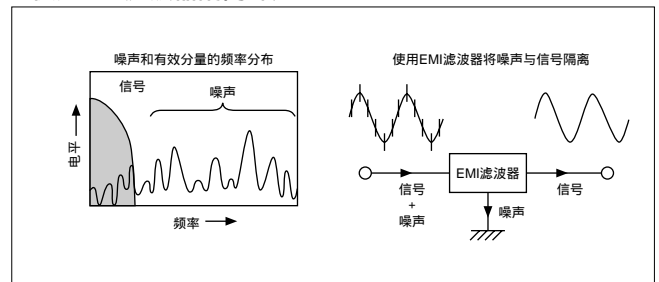
不在规定的频率范围内传输信号的滤波器。

大多数电子设备发射的噪声频率都要高于电路信号的频率。因此，只能传输频率低于规定频率的信号的低通滤波器常用作EMI滤波器。

■标准滤波器



■使用EMI滤波器隔离噪声



使用低通滤波器的静噪措施 **3**

2. 插入损耗

EMI滤波器的静噪性能可根据MIL STD-220中规定的插入损耗的测量方法进行测量。测量负载两端的电压，而使用上述表达公式算出。插入损耗的单位用dB (分贝) 表示。例如：当插入损耗是20dB时，噪声电压下降至十分之一。此测量由50 Ω的输入 / 输出阻抗 (50 Ω系统) 进行。但是，在实际电路中输入 / 输出阻抗不是50 Ω，所以滤波器性能将与50 Ω系统不同。

■插入损耗的测量方法

(按MIL STD-220的规定，输入和输出阻抗均为50 Ω)

(a) 测量插入损耗的电路

(b) 计算插入损耗的表达式

$$\text{插入损耗} = 20 \log B/C$$

(c) dB与电压比之间的关系

插入损耗 (dB)	(电压比)	(示例)
0	1	1 (V)
20	1/10	0.1 (V)
40	1/100	0.01 (V)
60	1/1,000	1 (mV)
80	1/10,000	0.1 (mV)
100	1/100,000	0.01 (mV)

---> 频率

3

3 使用低通滤波器的静噪措施

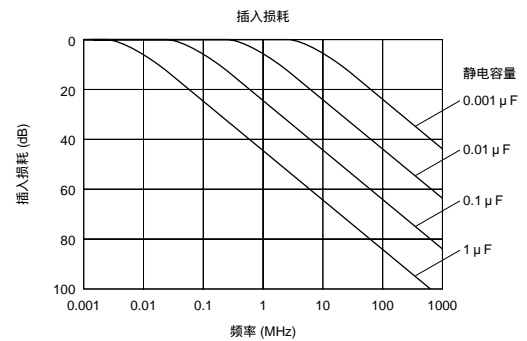
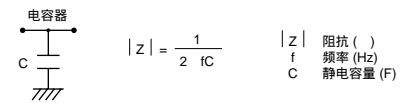
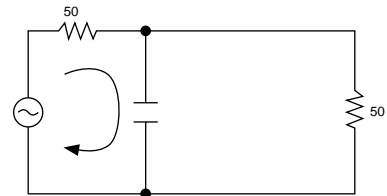
3. 低通滤波器

最基本的低通滤波器包括以下2个元件。

1. 安装在信号线与地线之间的电容器 (当频率变高时，电容器的阻抗变低。这样噪声被迫通过旁路电容器达到地面)。

■使用EMI滤波器隔离噪声

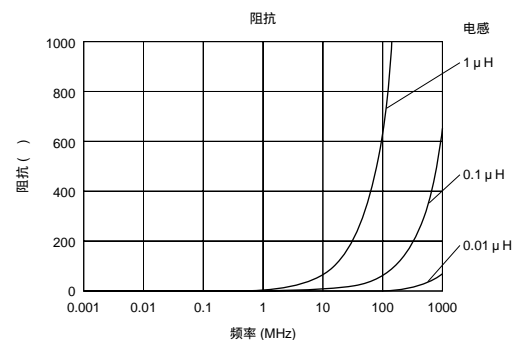
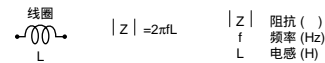
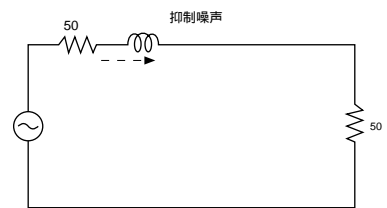
1. 电容器



2. 与信号线串联安装的电感器 (线圈)。当频率变高时，电感器的阻抗增加从而防止噪声流入信号线。

■电感器

2. 电感器



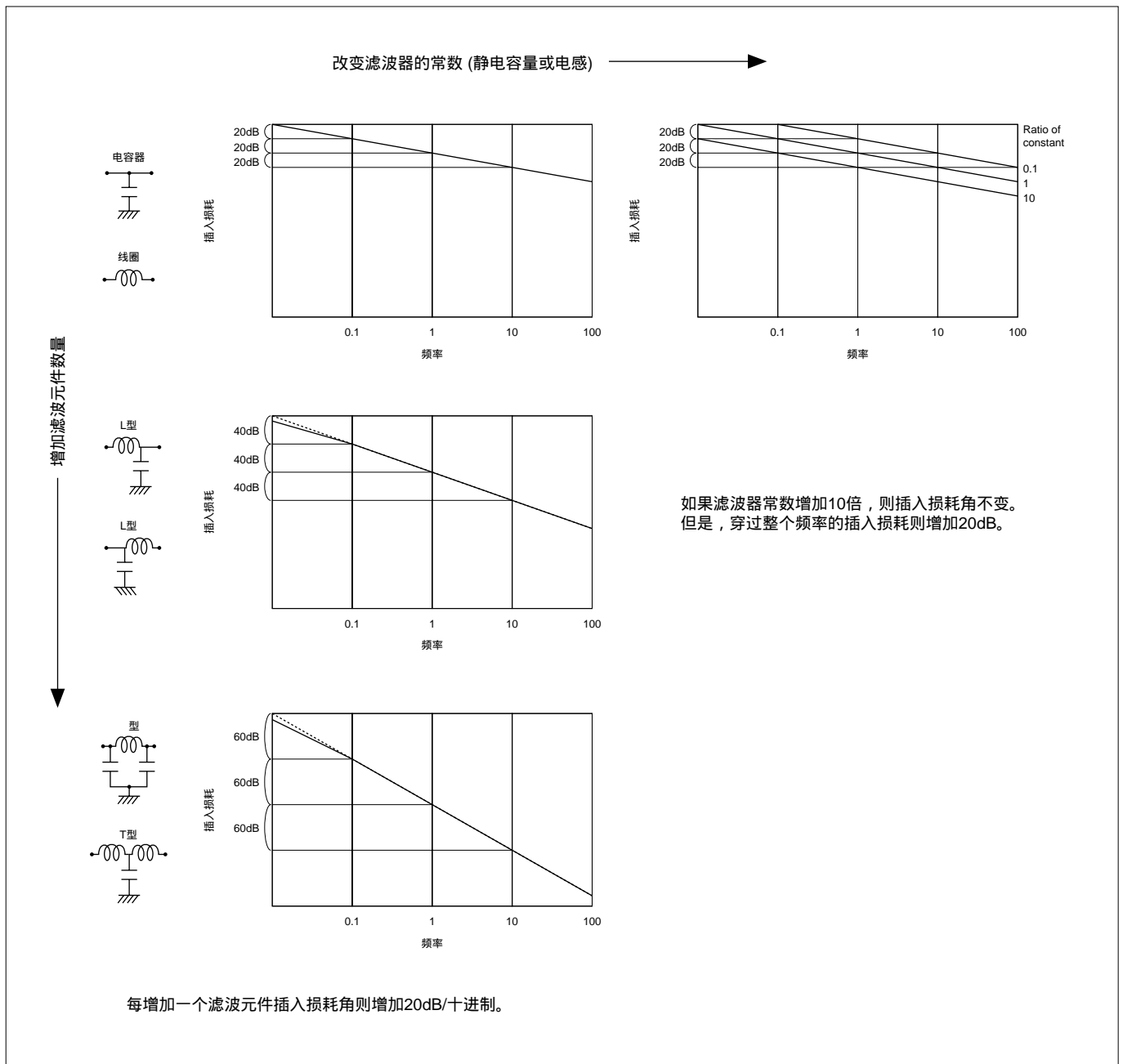
使用低通滤波器的静噪措施 **3**

滤波器结构—常数 and 插入损耗

在发生EMI噪声的频带中, 滤波器的插入损耗每当频率增大10倍时将增加20dB。

当滤波器的常数 (电容器静容量或电感器电感) 增加时, 滤波器的插入损耗每当常数增大10倍时将增加20dB。

为增加插入损耗角, 应联合使用滤波器。

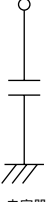
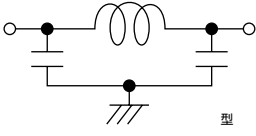
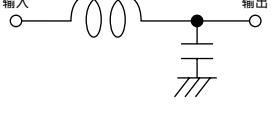
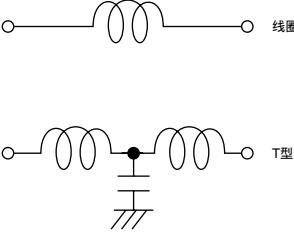


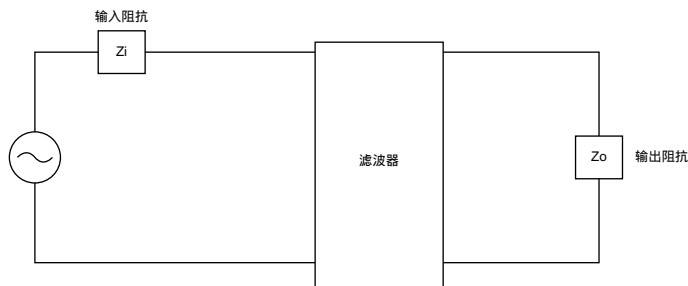
3 使用低通滤波器的静噪措施

合适的输入 / 输出阻抗滤波器

正如前文所述，插入损耗用50Ω 输入和输出阻抗测量。但是，实际电路阻抗不是50Ω 。实际滤波器效应随着安装滤波器的电路阻抗而变化。

一般来说，在高阻抗电路中电容器在静噪方面更为有效，而在低阻抗电路中电感器则更为有效。

		输出阻抗 (Z_o)	
		高	低
输入阻抗 (Z_i)	高	 <p>电容器</p>	 <p>L型</p>
	低	 <p>L型</p>	 <p>线圈 T型</p>



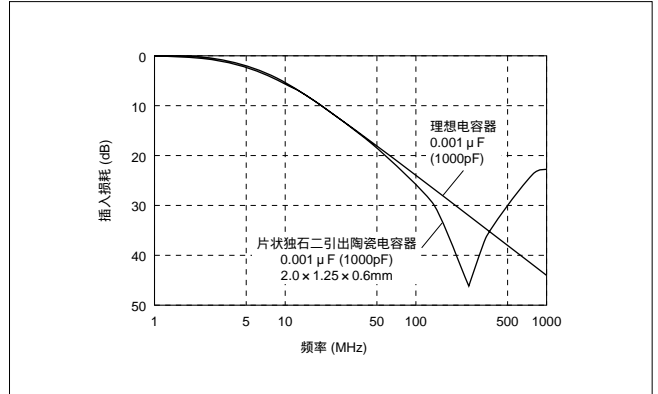
滤波器效应变化取决于输入 / 输出阻抗。

使用低通滤波器的静噪措施 3

4. 非理想电容器的效应

电容器特性

本节和下节将描述电容器型EMI滤波器的必要性及性能。使用理想电容器时，当频率变高时插入损耗增加。但是，实际电容器的插入损耗增加直到频率达到某一级位为止（自我谐振），然后插入损耗减小。



非理想电容器的效应

电容器的插入损耗增加直到在频率达到自我谐振频率为止，然后由于引线的残留电感和与电容器串联存在的电容器的电极布局而减小。因为噪声被阻止经过旁路电容器到达地面，所以插入损耗减小。插入损耗开始减小的频率称为自我谐振频率。

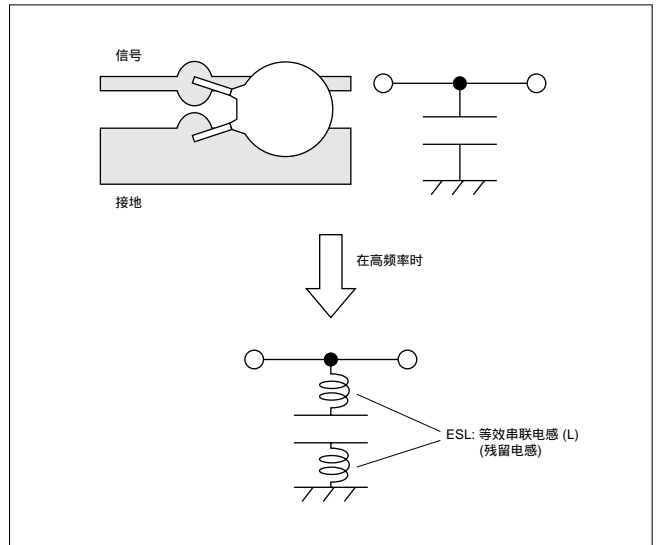
自我谐振频率

由于电容器自身静电容量和残留电感发生谐振时的频率。它是电容器的阻抗变为零的频率。

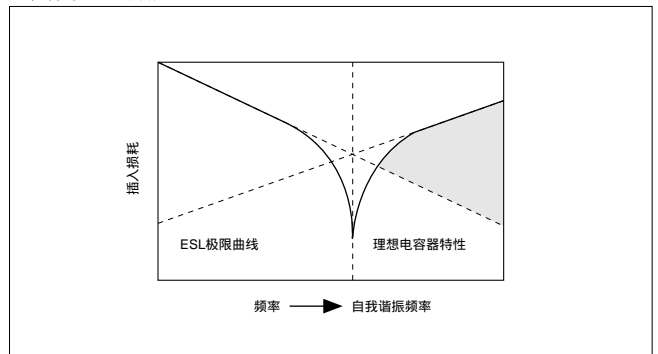
由于 $j\omega L + 1/j\omega C = 0$,
 因此 $f = 1/2\pi \sqrt{LC}$

- f: 自我谐振频率
- C: 静电容量
- L: 残留电感

■ 电容器的等效电路



■ 残留电感效应



3 使用低通滤波器的静噪措施

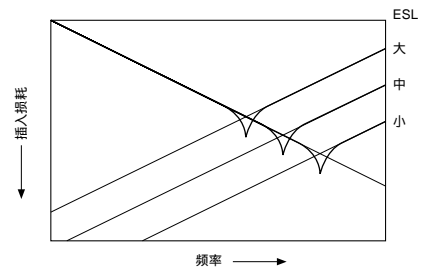
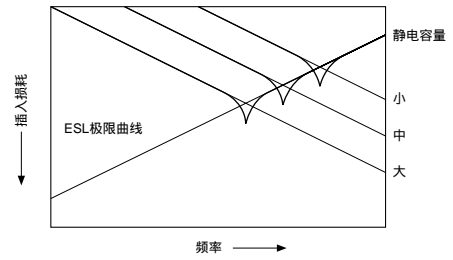
ESL效应

当残留电感相同时，不论电容器的静电容量值增加还是减小，在自我谐振频率以上的频率时插入损耗都不变。因此，为了抑制频率高于自我谐振频率的更大噪声，必须选择带有较高自我谐振频率，即残留电感较小的电容器。

在高于自我谐振频率的频率时，不论静电容量值是增加还是减小，插入损耗都不变。



用于高频范围时，必须选择带有高自我谐振频率，即残留电感 (ESL) 较小的电容器。

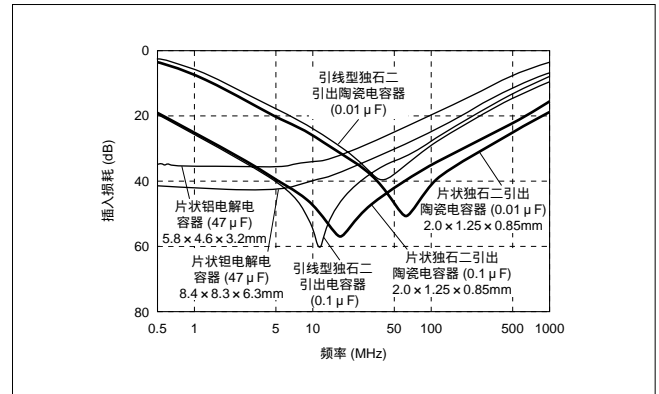


使用低通滤波器的静噪措施 **3**

5. 标准电容器的特性

右图为标准电容器插入损耗测量的示例。对于引线型电容器，应使用切断至1mm的引线测量插入损耗。

■标准二引出电容器的插入损耗特性



右表所示为电容器的标准残留电感 (ESL) 值，其由上图所示的阻抗曲线计算而出。

残留电感根据电容器的类型变化。在同类型电容器中也可根据介质材料和电极布局变化。

■电容器标准ESL值

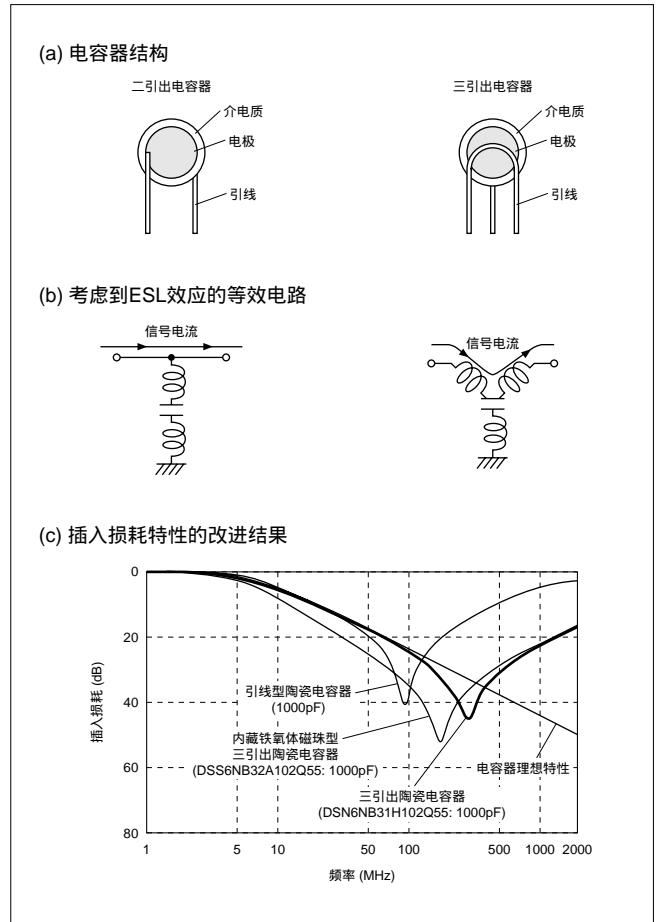
电容器类型	残留电感 (ESL)
引线型陶瓷电容器 (0.01 μ F)	3.0nH
引线型陶瓷电容器 (0.1 μ F)	2.6nH
引线型独石陶瓷电容器 (0.01 μ F)	1.6nH
引线型独石陶瓷电容器 (0.1 μ F)	1.9nH
片状独石陶瓷电容器 (0.01 μ F, 尺寸: 2.0 \times 1.25 \times 0.6mm)	0.7nH
片状独石陶瓷电容器 (0.1 μ F, 尺寸: 2.0 \times 1.25 \times 0.85mm)	0.9nH
片状铝电解电容器 (47 μ F, 尺寸: 8.4 \times 8.3 \times 6.3mm)	6.8nH
片状铝电解电容器 (47 μ F, 尺寸: 5.8 \times 4.6 \times 3.2mm)	3.4nH

3 使用低通滤波器的静噪措施

6. 高频特性的改进

三引出电容器结构

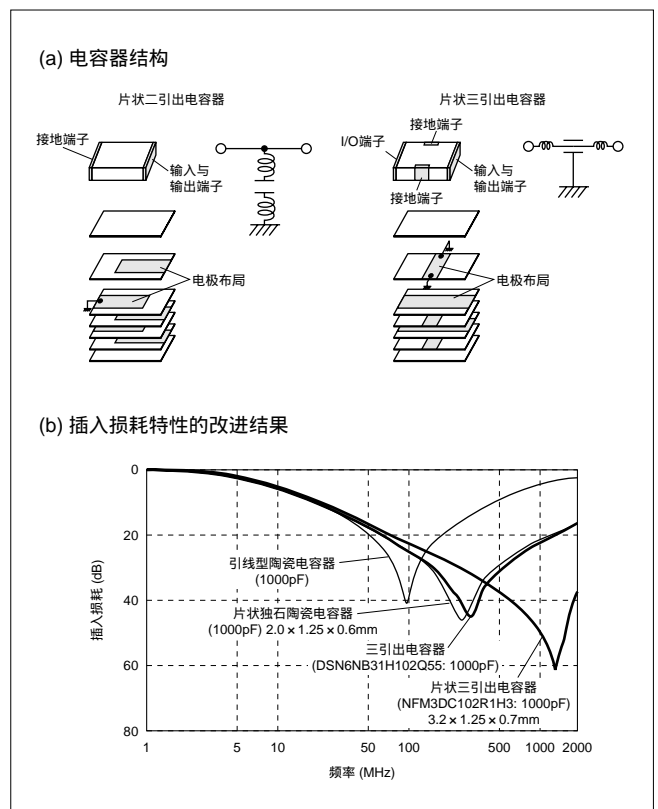
由于二引出电容器的引线用作电感器，所以残留电感较大。通过采用三引出结构，与电感串联的残留电感变低。因此插入损耗要优于二引出电容器。



片状三引出电容器

片状三引出电容器的结构模型如右所示。电极布局印刷在每个介质板上。两端都提供有输入和输出端子并用电极布局相连。此结构可使信号电流通过电容器。接地端子上的残留电感随两侧的接地端子减小。

此结构可产生极低的残留电感，其可提供较高的自我谐振频率。

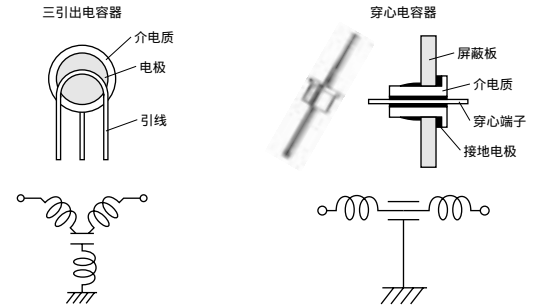


使用低通滤波器的静噪措施 **3**

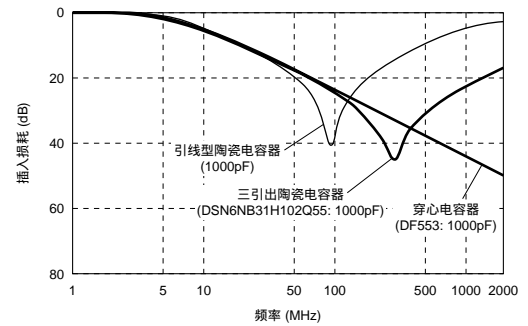
穿心电容器

穿心电容器有接地电极围绕介质并信号端子经过介质这样的结构。在屏蔽罩上打开安装孔，直接将接地电极焊接在屏蔽罩(板)上来使用穿心电容器。由于这种电容器在接地端子侧和信号端子侧没有残留电感，所以可提供接近理想的插入损耗特性。

(a) 电容器结构



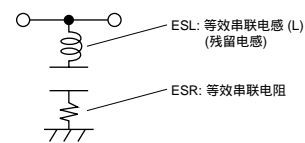
(b) 插入损耗特性的改进结果



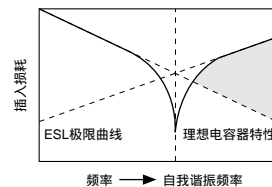
7. 等效串联电阻的效应

使电容器特性降低的第2个因素是等效串联电阻 (ESR)。由于ESR电极和材料的原因插入损耗会变低。在陶瓷电容器中ESR非常低，但在铝电解电容器中则较高。

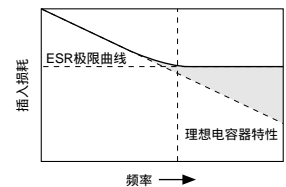
(a) 带有ESL和ESR的电容器等效电路



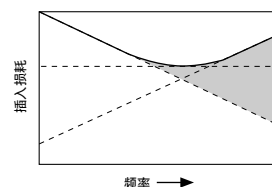
(b) ESL的影响



(c) ESR的影响



(d) 受ESL和ESR影响的实际电容器的插入损耗频率特性

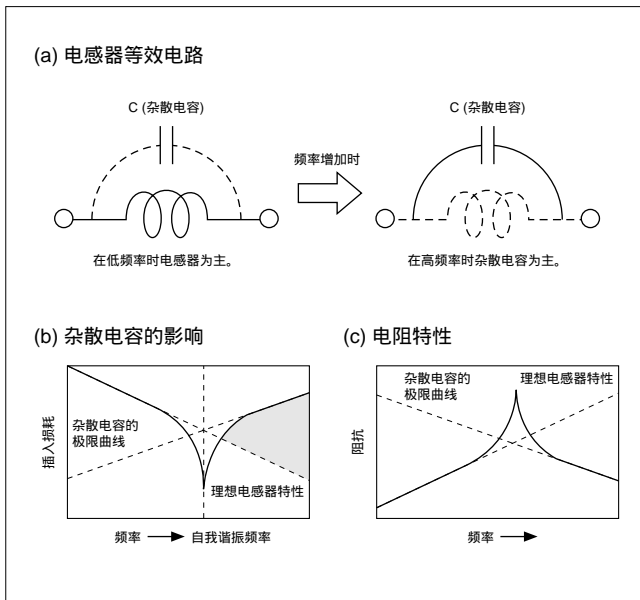


3 使用低通滤波器的静噪措施

8. 非理想电感器的效应

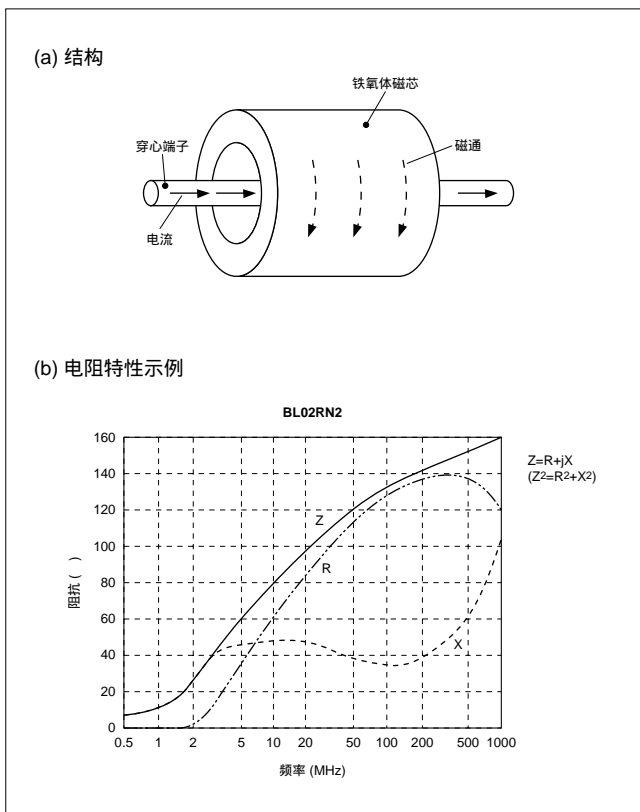
非理想电感器的效应

当使用电容器时，电感器插入损耗并不理想。如果超过一定频率(自我谐振频率)，阻抗将开始减小，因为与电感器并联的杂散电容的阻抗会降低且当频率增加时噪声将旁路经过电感器。



铁氧体磁珠电感器

标准电感器型EMI滤波器，即引线型铁氧体磁珠结构比较简单，穿心端子经过铁氧体磁芯使杂散电容降低。右图(b)所示为阻抗特性示例。从此图可以看出这种电感器具有优异的特性，由于杂散电容较小，其自我谐振频率可达1GHz以上。



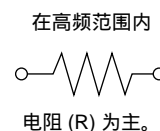
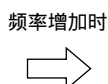
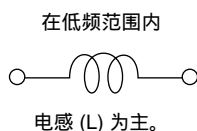
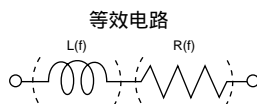
使用低通滤波器的静噪措施 3

9. 什么是铁氧体磁珠电感器

除了杂散电容小之外，铁氧体磁珠电感还具有另一个优异性能。在高频时，这种电感器不是用作电感器而是用作电阻器，以热的形式耗散噪声。

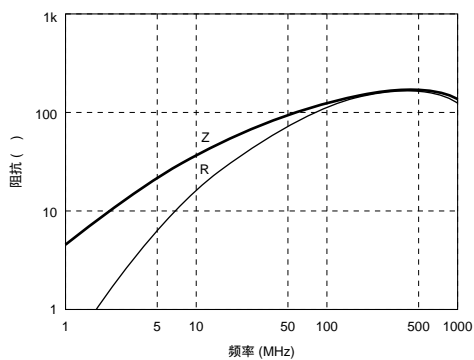
下图所示为铁氧体磁珠电感器和低频滤波器电路线圈所显示的阻抗曲线。“Z”表示阻抗，“R”表示电阻。在铁氧体磁珠电感器中“R”值较高。

在高频时，取代电感器，铁氧体磁珠电感器用作电阻器。



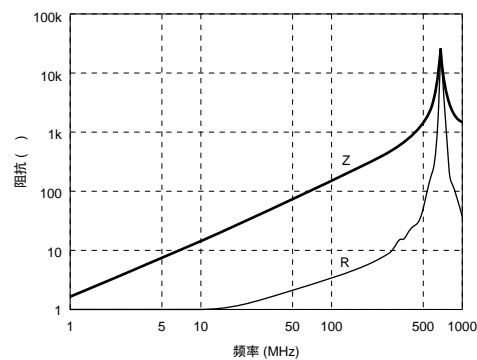
阻抗特性示例

铁氧体磁珠电感器



电阻为主。(损耗高)

参考: 高频滤波器电路的线圈 (空心线圈)

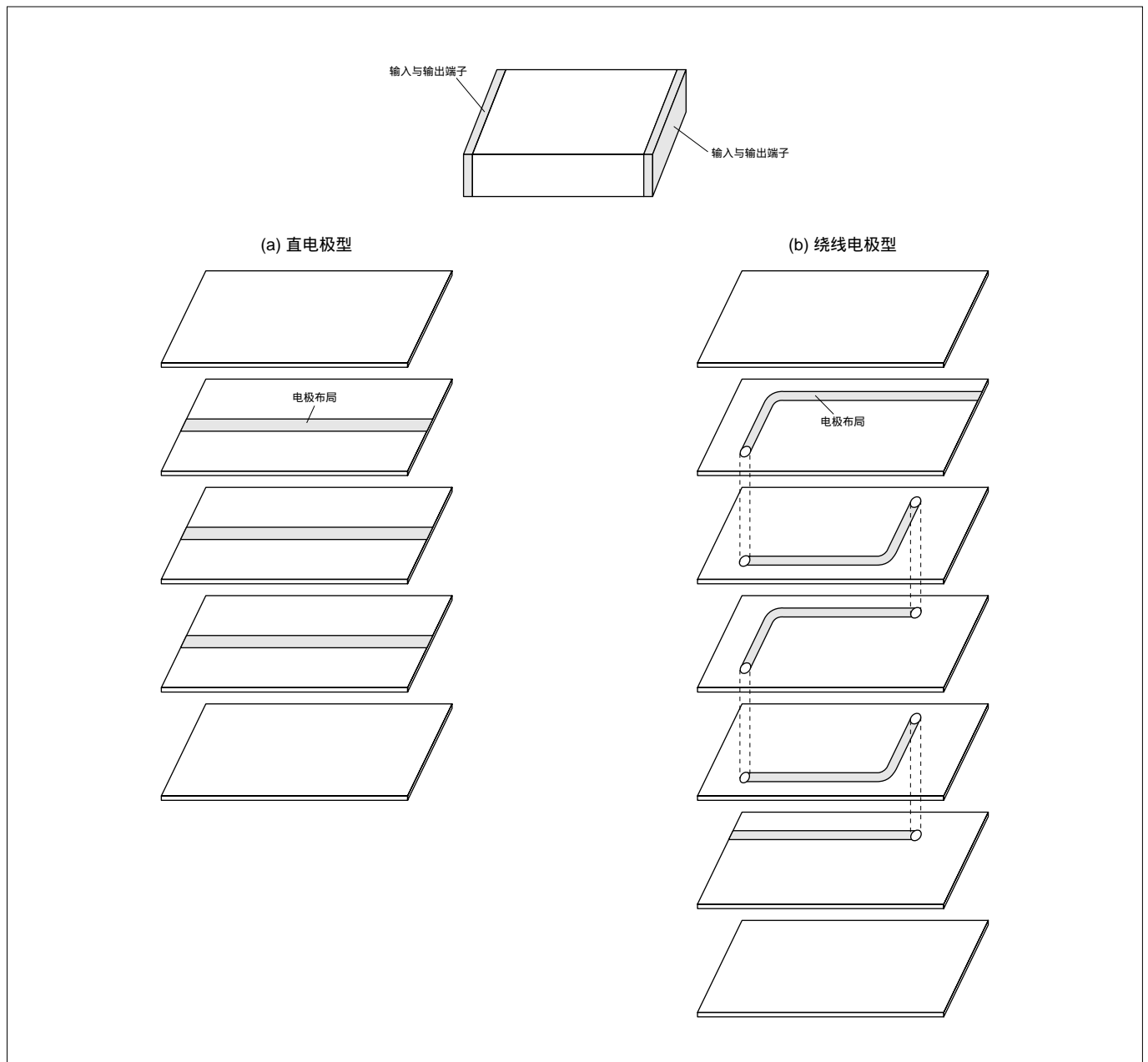


电阻小。(损耗低，即“Q”值高)

3 使用低通滤波器的静噪措施

10. 片状铁氧体磁珠电感器的结构

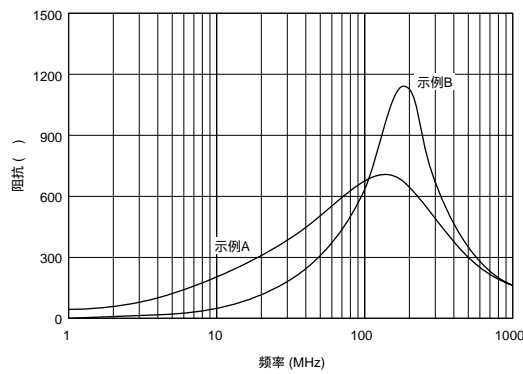
下图所示为片状铁氧体磁珠电感器的结构。构成穿心电极的电极布局印刷在铁氧体板上。这些板堆叠形成片状电感器。当需要大阻抗时，每个板上的电极布局通过通孔连接形成绕线电极型片状电感器。与普通电感器不同，2种片状型都设计为小杂散电容式。



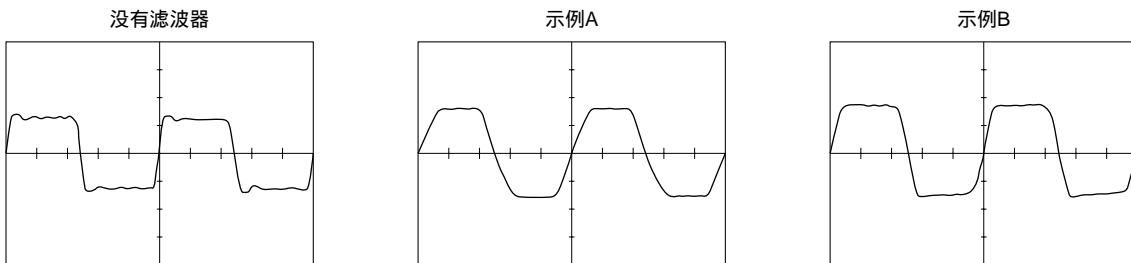
11. 阻抗特性

铁氧体磁珠电感器的阻抗是根据材料和内部结构发生变化的。下图所示为信号波形随着阻抗变化的示例。信号频率为10MHz。选择铁氧体磁珠电感器时，必须考虑噪声频带中的阻抗和阻抗梯度。

不同阻抗特性示例



测得的信号波形示例 (10MHz)



铁氧体磁珠电感器的阻抗特性是根据材料和结构而发生变化的。信号波形和静噪效应则根据阻抗发生变化。

4 其他滤波器

1. 共模扼流线圈

差模噪声和共模噪声

根据传导方法 (模式)，噪声分为以下2种:

第一种是差模噪声，通过信号线和电源线传导。这些线路上的噪声电流相互反向流动。差模噪声可用每一信号线中的滤波器 (旁路电容器，铁氧体磁珠等) 或电源线中的滤波器 (VCC) 来抑制。

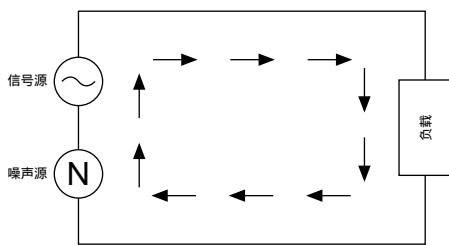
第二种是共模噪声，在信号线或电源线与地线之间传导。这

些线路上的噪声电流同向流动。共模噪声可用每一信号线的滤波器和电源线中的滤波器 (VCC/GND) 来抑制。

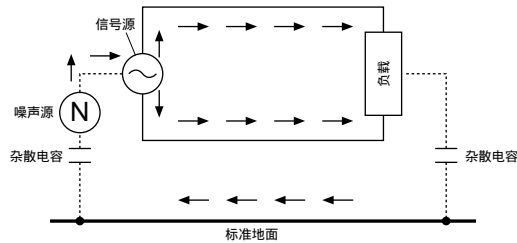
噪声抑制方法 (见下图)

- (1) 在每一个信号线中插入电感器而抑制。
- (2) 用电容器将每一信号连接至金属罩使每一信号线的噪声旁路至金属罩。

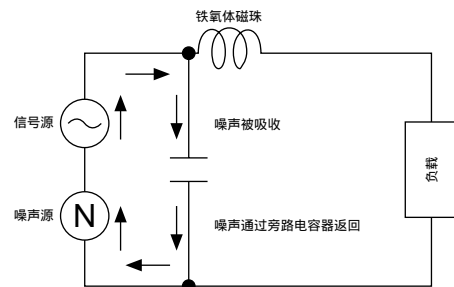
■差模噪声



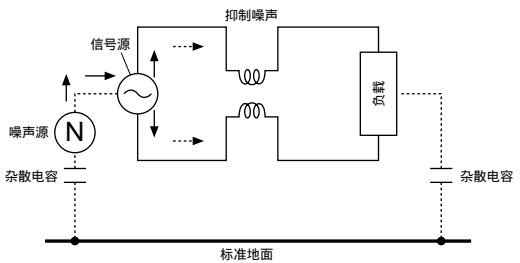
■共模噪声



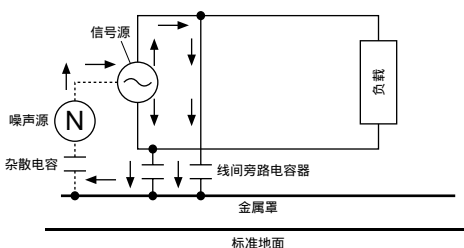
■差模噪声的抑制方法



■共模噪声的抑制方法 (1)



■共模噪声的抑制方法 (2)

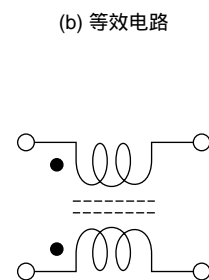
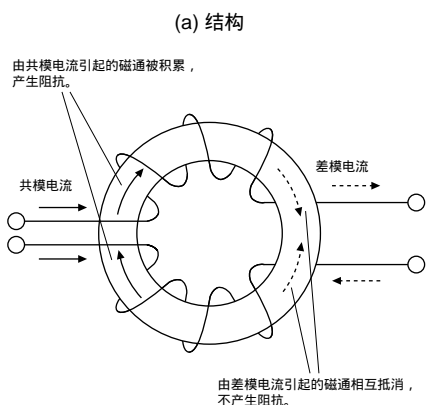


使用共模扼流线圈抑制噪声 (1)

基于传导模式的不同，共模扼流线圈可以消除共模噪声。通常，由于噪声分量以共模传导，有效(信号)分量以简正模传导，所以共模扼流线圈可以将信号与噪声隔离。如下图所示，共模扼流线圈由铁氧体磁芯上相互反向的2根绕线构成。

因为铁氧体磁芯中的磁通被积累，共模扼流线圈用作电感器可对共模电流提供大阻抗。此外，共模扼流线圈可以减小对有效信号(差模电流)的影响。因此，使用共模扼流线圈与使用2个差模电感器比较，更适合用于共模噪声抑制(见下图)。

共模扼流线圈是用作阻止共模电流(噪声)的电感器，对差模电流(信号)的影响不大。

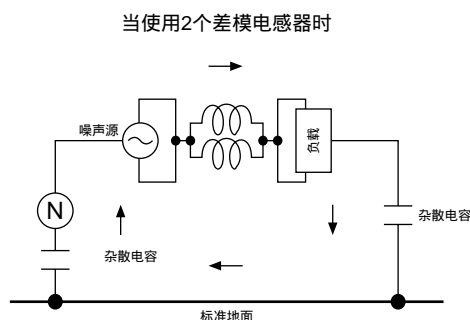


(c) 阻止共模噪声的效应

由于共模电流所引起的磁通被积累，所以产生大量的阻抗。

➡ 因为很容易得到大阻抗的线圈，所以共模扼流线圈适合于共模噪声抑制。

➡ 共模扼流线圈与简正模电感器比较，能够对共模电流提供更大的阻抗。



4 其他滤波器

使用共模扼流线圈抑制噪声 (2)

因为铁氧体磁芯中的磁通抵消，所以共模扼流线圈不对差模电流提供阻抗。

因此，由磁饱和引起的对共模电流的阻抗削减减小。所以共模扼流线圈适合用于电源线的噪声抑制。此外，由于对信号波形影响较小，共模扼流线圈还可以用于如USB/IEEE1394

等的高速差动传输信号线和视频信号线的噪声抑制。

下图所示为绕线片状共模扼流线圈的阻抗特性示例。

但是，由于实际共模扼流线圈的阻抗特性包括差模阻抗，所以检测信号波形时必须考虑到这一点。

(d) 差模电流效应

由于差模电流产生的磁通抵消，所以共模扼流线圈不对简正模电流提供阻抗。



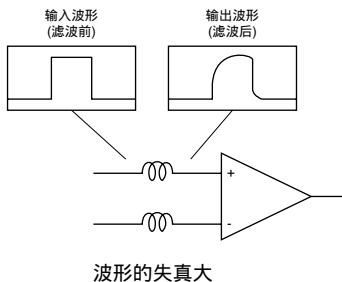
即使大电流通过线路，也不会发生磁饱和引起的阻抗降低。

共模扼流线圈适合用于大电流量线路的噪声抑制，比如AC/DC电源线。

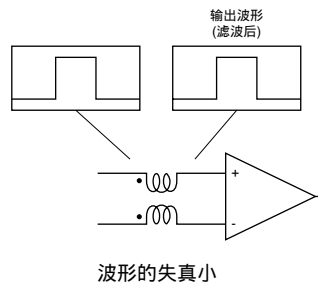


波形的失真小。
共模扼流线圈适合用于信号波形失真引起问题的线路的噪声抑制，比如视频信号线。

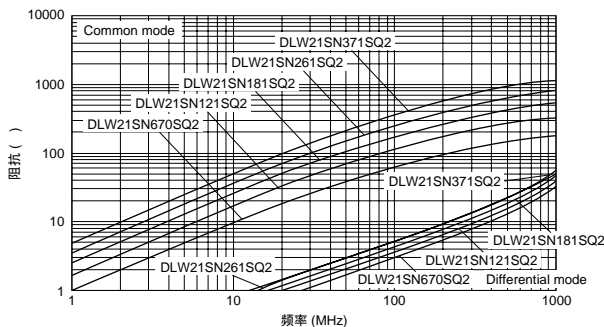
(1) 使用2个电感器时



(2) 使用共模扼流线圈时



(e) DC共模线圈的阻抗特性示例



其他滤波器 4

DC电路的静噪示例

右图所示为DC电源线和差动传输信号线的静噪示例。

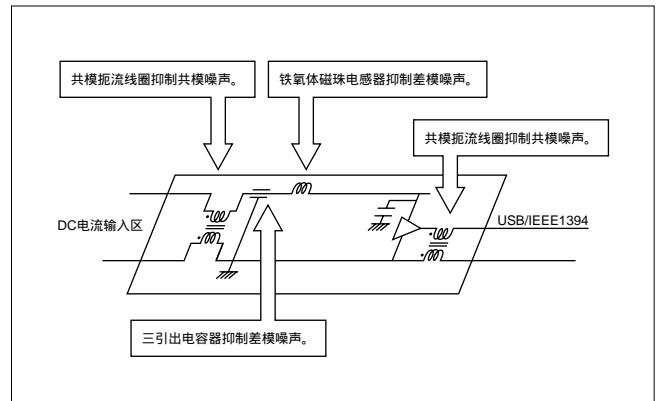
(1) DC电源输入区

在DC电源输入区 (AC适配器等) 使用共模扼流线圈来抑制共模噪声。

为了抑制差模噪声，需要在VCC线路中插入铁氧体磁珠和三引出电容器。

(2) 高速差动传输信号线

还可以抑制高速差动传输信号线 (USB/IEEE1394等) 上的共模噪声。

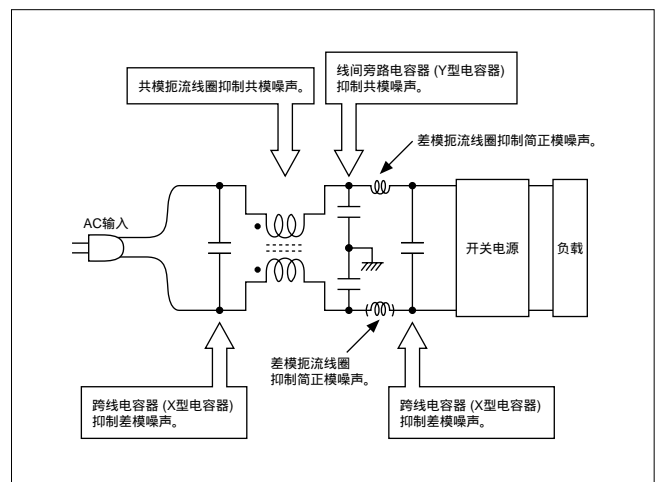


AC电源线上的静噪示例

右图所示为AC线路的静噪示例。

共模扼流线圈和线间旁路电容器 (Y型电容器) 用于抑制共模噪声。通过Y型电容器，噪声分量被旁通至地线。

此外，跨线电容器 (X型电容器) 和差模扼流线圈可用于抑制差模噪声。



4

4 其他滤波器

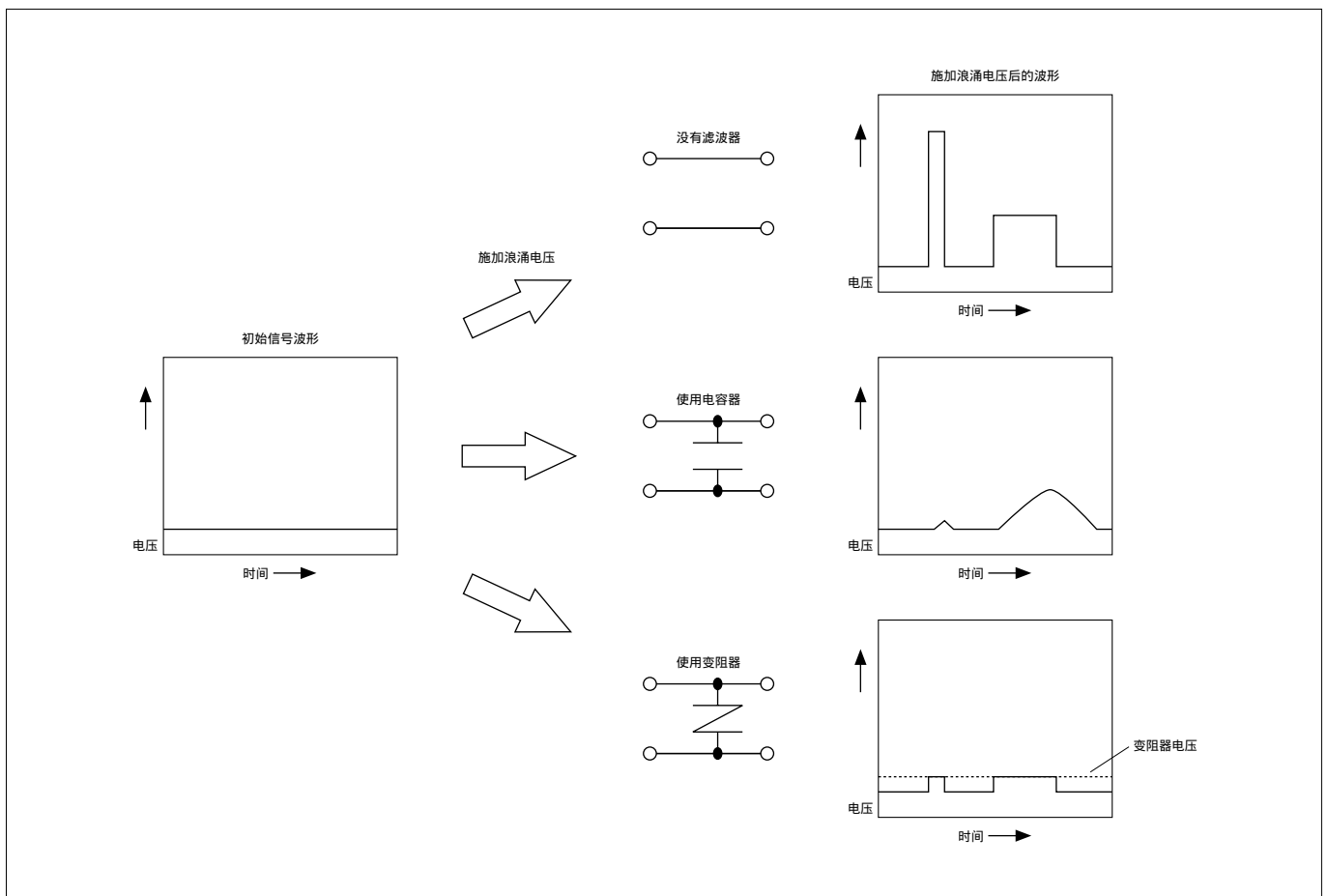
2. 变阻器

由变阻器提供的瞬变电压电路保护

变阻器是用于保护电路，以免受到浪涌电压的危害。

当高电压浪涌施加在电路上时，电路受到的影响通常是很严重的。虽然跨接信号线已安装电容器，但是，该电容器不能抑制浪涌电压。

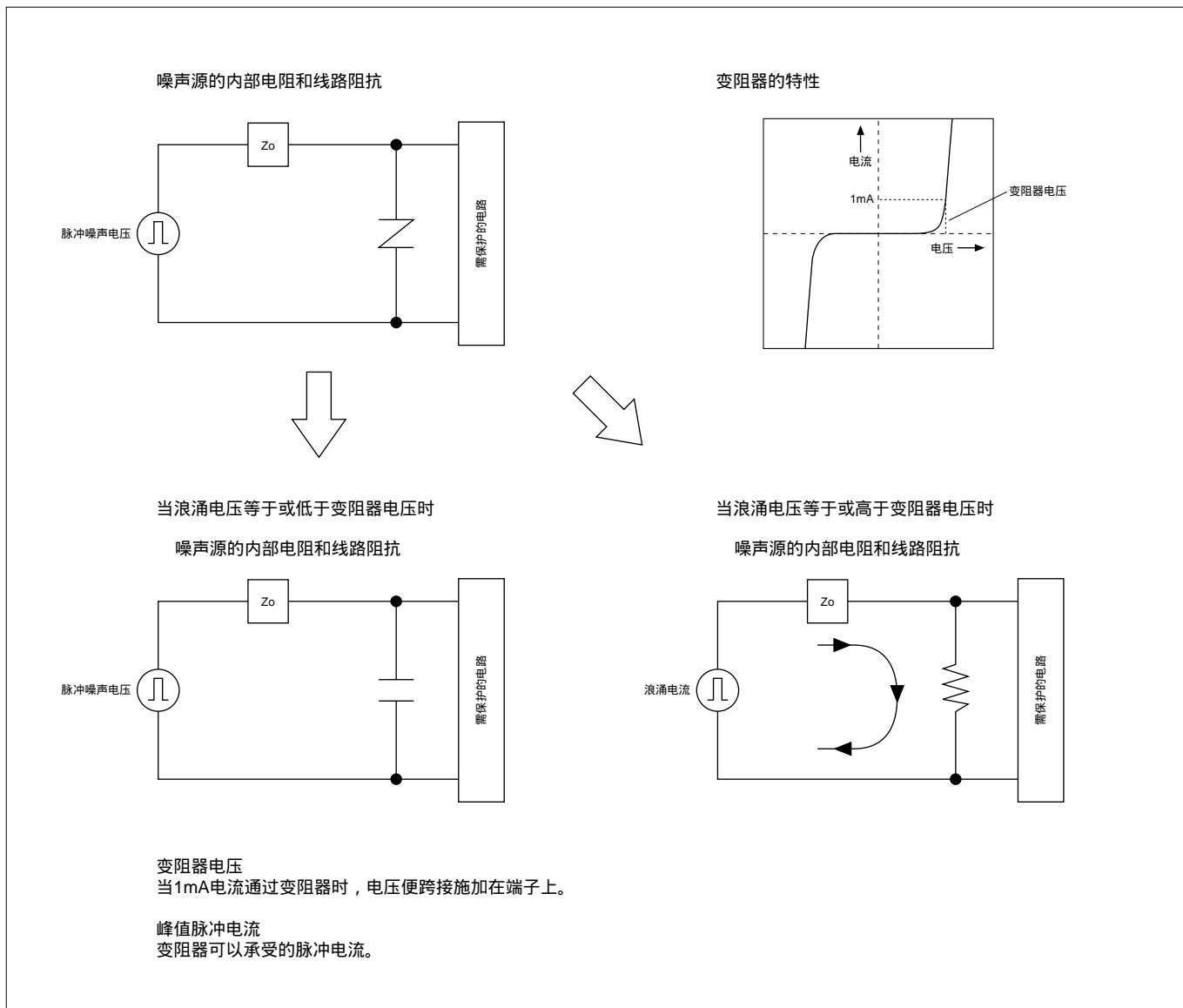
因此，当为了避免受到浪涌电压的危害需要保护电路时，应使用变阻器作为电压保护装置。当施加的浪涌电压超过规定的电压（变阻器电压）时，变阻器将抑制电压以保护电路。



变阻器的特性

当浪涌电压不超过变阻器电压时，变阻器可用作电容器。但是当浪涌电压超过变阻器电压时，跨接变阻器端子的阻抗陡然下降。因为电路的输入电压取决于变阻器内部电阻和线路阻抗，所以跨接变阻器端子上的阻抗下降会使浪涌得到抑制。

选择变阻器时最为重要的是该变阻器能够处理峰值脉冲电流。峰值脉冲电流是最大电流，在最大电流时，即使峰值电流以5分钟间隔施加2次，变阻器电压的变化也不超过10% (脉冲以获得8微米上升脉宽)。



注：

1. 出口管制

<对于日本国外客户>

不应该通过任何渠道将村田产品用于或者销售给下列用途的设计、开发、生产、利用、维护保养或者运行，或者用作下列用途：（1）武器（大规模杀伤性武器（核武器、化学武器或生物武器或导弹）或常规武器，或者（2）专门为军事最终用途或军事最终用户的应用而设计的产品或系统。

<对于日本国内客户>

根据日本“海外流通以及对外贸易管制法”（Foreign Exchange and Foreign Trade Control Law）受到管制的产品在出口时必须办理出口许可证。

2. 若将本目录中的产品用于需要极高可靠性以防直接危及第三方生命、身体或财产的下列用途时，或当其中产品用于本目录规定以外的用途时，请提前与我公司销售代表或产品工程师联系。

飞行设备 宇航设备 海底设备 电厂设备 医疗设备 运输设备（汽车、火车、船舶等）
交通信号设备 防灾 / 预防犯罪设备 数据处理设备 与上述用途具有类似复杂性和（或）可靠性要求的其它用途

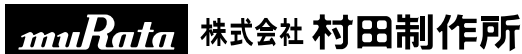
3. 本目录中的产品规格以截止2005年8月的为准。规格若有变更，或若其中产品停产，恕不另行通知。请在订购之前向我公司销售代表或产品工程师查询。若有任何疑问，请与我公司销售代表或产品工程师联系。

4. 请阅读本产品目录中的产品规格，以及有关保管、使用环境、规格上的注意事项、装配时的注意事项、使用时的注意事项的注意项，以免发生冒烟和（或）燃烧等。

5. 本目录因没有足够的空间说明详细规格，仅载明标准规格。因此，在订购产品之前，请核准其规格或者办理产品规格表。

6. 请注意，对由于使用我公司产品和（或）本产品目录中所述或记载的产品信息而发生有关我公司和（或）第三方知识产权及其它权利的冲突或争端，我公司概不负责，除非另有规定。由此而论，未经我公司许可，禁止自作主张将上述授权权利转授任何第三方。

7. 我公司在生产过程中未使用蒙特利尔议定书（Montreal Protocol）规定的消耗臭氧层物质（ODS）。



<http://www.murata.com/cn/>

<总公司> 株式会社 村田制作所
京都府长冈京市东神足1丁目10番1号 邮政编码617-8555
电话: 81-75-951-9111

<海外营业部> 东京都涩谷区涩谷3丁目29番地12号 邮政编码150-0002
电话: 81-3-5469-6123 传真: 81-3-5469-6155
E-mail: intl@murata.co.jp

<台湾> 台湾村田股份有限公司 台北营业部
台湾台北市中山北路2段44号中山大楼14楼A室
电话: 886-2-2562-4218 传真: 886-2-2536-6721
E-mail: mtb1@murata.co.jp

<香港> 村田有限公司
香港九龙尖沙咀弥敦道132美丽华大厦810-814室
电话: 852-2376-3898 传真: 852-2375-5655
E-mail: enquiry@murata.com.hk

<中国> 北京村田电子有限公司
北京市顺义县天竺镇空港工业农业区天柱路11号
邮政编码: 101312
电话: 86-10-8048-6622 传真: 86-10-8048-6665
E-mail: BS222@murata.co.jp

村田电子贸易(天津)有限公司
天津市和平区南京路189号津汇广场1号楼1501室
邮政编码: 300051
电话: 86-22-8319-1655 传真: 86-22-8319-1656
E-mail: mctsales@murata.co.jp

村田电子贸易(深圳)有限公司
深圳市福田区福中三路1006号诺德金融中心29层
邮政编码: 518026
电话: 86-755-8202-2080 传真: 86-755-8202-2380
E-mail: enquiry@sz.murata.com.cn

村田电子贸易(上海)有限公司
上海市长宁区兴义路8号万都中心大厦1201室
邮政编码: 200336
电话: 86-21-6270-0611/2/3 传真: 86-21-6270-0614

射频和天线设计培训课程推荐

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立,致力并专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养;我们于 2006 年整合合并微波 EDA 网(www.mweda.com),现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地,成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 ADS、HFSS 等专业软件使用培训课程,广受客户好评;并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书,帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司,以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

易迪拓培训推荐课程列表: <http://www.edatop.com/peixun/tuijian/>



射频工程师养成培训课程套装

该套装精选了射频专业基础培训课程、射频仿真设计培训课程和射频电路测量培训课程三个类别共 30 门视频培训课程和 3 本图书教材;旨在引领学员全面学习一个射频工程师需要熟悉、理解和掌握的专业知识和研发设计能力。通过套装的学习,能够让学员完全达到和胜任一个合格的射频工程师的要求...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/rfe/110.html>

手机天线设计培训视频课程

该套课程全面讲授了当前手机天线相关设计技术,内容涵盖了早期的外置螺旋手机天线设计,最常用的几种手机内置天线类型——如 monopole 天线、PIFA 天线、Loop 天线和 FICA 天线的设计,以及当前高端智能手机中较常用的金属边框和全金属外壳手机天线的设计;通过该套课程的学习,可以帮助您快速、全面、系统地学习、了解和掌握各种类型的手机天线设计,以及天线及其匹配电路的设计和调试...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/133.html>



WiFi 和蓝牙天线设计培训课程

该套课程是李明洋老师应邀给惠普 (HP)公司工程师讲授的 3 天员工内训课程录像,课程内容是李明洋老师十多年工作经验积累和总结,主要讲解了 WiFi 天线设计、HFSS 天线设计软件的使用,匹配电路设计调试、矢量网络分析仪的使用操作、WiFi 射频电路和 PCB Layout 知识,以及 EMC 问题的分析解决思路等内容。对于正在从事射频设计和天线设计领域工作的您,绝对值得拥有和学习!...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/134.html>



CST 学习培训课程套装

该培训套装由易迪拓培训联合微波 EDA 网共同推出,是最全面、系统、专业的 CST 微波工作室培训课程套装,所有课程都由经验丰富的专家授课,视频教学,可以帮助您从零开始,全面系统地学习 CST 微波工作的各项功能及其在微波射频、天线设计等领域的设计应用。且购买该套装,还可超值赠送 3 个月免费学习答疑...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/cst/24.html>



HFSS 学习培训课程套装

该套课程套装包含了本站全部 HFSS 培训课程,是迄今国内最全面、最专业的 HFSS 培训教程套装,可以帮助您从零开始,全面深入学习 HFSS 的各项功能和在多个方面的工程应用。购买套装,更可超值赠送 3 个月免费学习答疑,随时解答您学习过程中遇到的棘手问题,让您的 HFSS 学习更加轻松顺畅...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/11.html>

ADS 学习培训课程套装

该套装是迄今国内最全面、最权威的 ADS 培训教程,共包含 10 门 ADS 学习培训课程。课程是由具有多年 ADS 使用经验的微波射频与通信系统设计领域资深专家讲解,并多结合设计实例,由浅入深、详细而又全面地讲解了 ADS 在微波射频电路设计、通信系统设计和电磁仿真设计方面的内容。能让您在最短的时间内学会使用 ADS,迅速提升个人技术能力,把 ADS 真正应用到实际研发工作中去,成为 ADS 设计专家...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/ads/13.html>



我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年,10 多年丰富的行业经验,
- ※ 一直致力并专注于微波射频和天线设计工程师的培养,更了解该行业对人才的要求
- ※ 经验丰富的一线资深工程师讲授,结合实际工程案例,直观、实用、易学

联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>