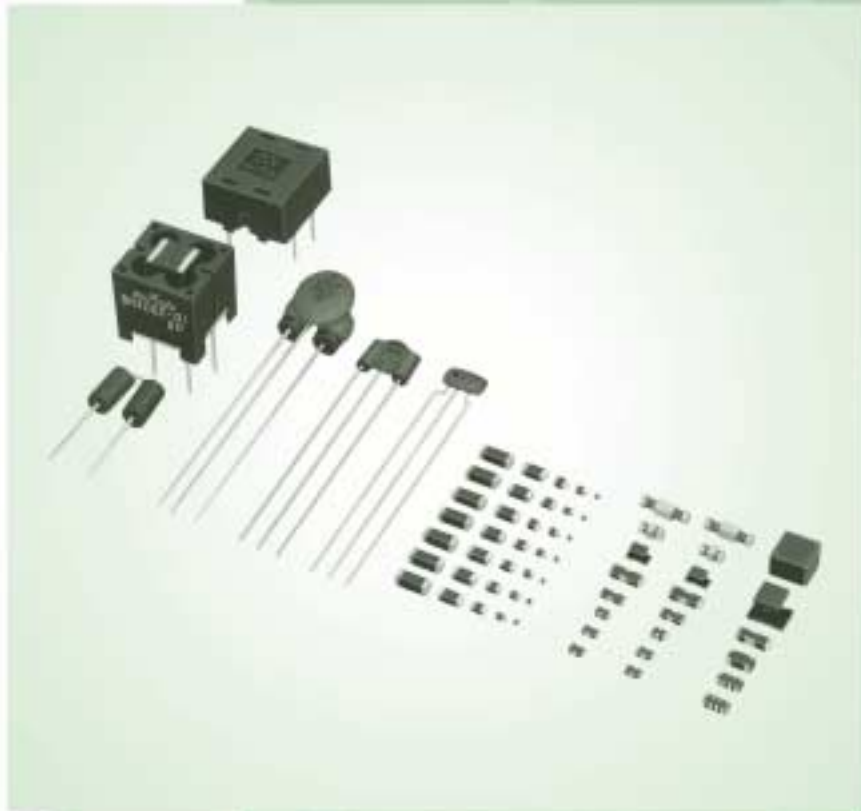


用EMIFIL[®]抑制噪声 数据设备

Noise Suppression by EMIFIL[®] Digital Equipment



Application Manual

Innovator in Electronics

muRata
村田制作所

序言

由于来自电路的EMI噪声发射、传导和辐射的过程十分复杂，因此抑制这种EMI噪声非常困难。为了提高静噪效率，必须全面考察采取静噪措施的位置和方法。

在本手册的前半部分，我们将通过引用实验数据阐述电路发射EMI噪声的原理以及EMI噪声通过电路传导和辐射的原理。同时，我们还将阐述抑制EMI噪声的方法。在本手册的后半部分，将讲述使用EMI静噪滤波器采取静噪措施的注意事项，并给出EMI静噪滤波器在典型电路中的应用示例。

我们衷心希望您在考虑静噪措施时参考本手册。

*EMIFIL®、EMIGUARD®和CERALOCK®是村田制作所的注册商标。

目录

| | | |
|----------|-----------------------------|----|
| 1 | 数据设备的噪声源 | 2 |
| 1. | 数字信号与谐波分量 | 3 |
| | 数字频谱测量的示例 | 4 |
| | IC电源线的噪声 | 5 |
| 2. | 来自数字电路板的辐射噪声 | 6 |
| | IC产生的噪声 | 6 |
| | 来自布局的辐射噪声 | 7 |
| | EMI静噪滤波器的效果 | 8 |
| 3. | 来自电缆的辐射噪声 | 9 |
| | 来自电缆的辐射噪声(1) | 9 |
| | 抑制电缆辐射噪声的示例(1) | 10 |
| | 来自电缆的辐射噪声(2) | 11 |
| | 来自电缆的辐射噪声(3) | 12 |
| | 抑制电缆辐射噪声的示例(2) | 13 |
| | 来自电缆的辐射噪声(4) | 14 |
| | 抑制电缆辐射噪声的示例(3) | 15 |
| 4. | 共模噪声的原因 | 16 |
| 5. | EMI噪声源总结 | 16 |
| 2 | 抑制EMI噪声发射 | 17 |
| 1. | 抑制EMI噪声发射的思维方法 | 17 |
| | 抑制EMI噪声发射的示例 | 17 |
| 2. | EMI静噪滤波器 | 18 |
| | 使用EMI静噪滤波器 | 18 |
| | EMI静噪滤波器的静噪效果 | 19 |
| | 电感器型EMI静噪滤波器的使用方法 | 20 |
| | 电容器型EMI静噪滤波器的使用方法(1) | 20 |
| | 电容器型EMI静噪滤波器的使用方法(2) | 21 |
| | 电容器型EMI静噪滤波器的使用方法(3) | 22 |
| 3. | 增强接地布局 | 23 |
| | 接地布局的影响 | 24 |
| | 采用接地层增强接地布局 | 25 |
| 4. | 元件与布局配置的变更 | 26 |
| | 信号频率的影响 | 27 |
| | 传输线长度的影响 | 28 |
| 5. | 信号布局宽度的影响 | 29 |
| 6. | PWB厚度的影响 | 30 |
| 7. | 屏蔽 | 31 |
| | 屏蔽盒 | 31 |
| | 屏蔽盒开口的影响 | 32 |
| 3 | EMI静噪滤波器的选择与使用方法 | 33 |
| | EMI滤波器的静噪效果与信号波形失真之间的关系(1) | 33 |
| | EMI滤波器的静噪效果与信号波形失真之间的关系(2) | 34 |
| | EMI滤波器的静噪效果与信号波形失真之间的关系(3) | 35 |
| 1. | 电路阻抗与EMI静噪滤波器的效果 | 36 |
| 2. | 电容器型或电感器型EMI静噪滤波器的选择方法 | 37 |
| 3. | 用于噪声源的EMI静噪滤波器的示例 | 38 |
| | 1. 时钟线 | 38 |
| | 2. 总线 | 38 |
| 4. | 用于传导噪声路径的EMI静噪滤波器的示例 | 39 |
| | 1. 信号电缆连接部分 | 39 |
| | 2. 电源电缆连接部分 | 39 |
| | 3. 电源电缆连接部分-2 | 40 |
| 4 | 因传输线长度所引起的静噪效果差异 | 41 |
| 1. | 静噪效果随着传输线长度而变化的示例 | 41 |
| | 实验PWB与测量方法 | 41 |
| | 辐射噪声的测量 | 42 |
| 2. | 静噪效果变化的原因分析 | 43 |
| | 静噪效果变化原因的分析方法 | 43 |
| | 安装铁氧体磁珠电感器之后的电流分布变化 | 44 |
| | 变化原因的分析 | 45 |
| | 峰值电流损耗根据传输线长度的差异 | 46 |
| | 传输线长度对铁氧体磁珠电感器静噪效果的影响 | 47 |
| 3. | 提高静噪效果的方法 | 48 |
| | 提高静噪效果的方案1: 研究铁氧体磁珠电感器的安装位置 | 48 |
| | 铁氧体磁珠电感器的安装位置移动后的测量结果 | 49 |
| | 方案1的校正: 使用多个铁氧体磁珠电感器 | 50 |
| | 提高静噪效果的方案2: 使用电容器 | 51 |
| | 研究添加电容器 | 52 |
| 4. | 铁氧体磁珠电感器静噪效果变化的原因与提高静噪效果的方法 | 53 |

1 数据设备的噪声源

2 抑制EMI噪声发射

3 EMI静噪滤波器的选择与使用方法

4 因传输线长度所引起的静噪效果差异

1 数据设备的噪声源

由于发生EMI噪声问题的电路中使用很多IC，使得EMI噪声发射过程变得非常复杂。为了能够将EMI噪声现象说明得简单清楚，本章将通过使用2、3个IC的实验电路示例来描述电路发射EMI噪声的过程。

数据设备的噪声源 1

1. 数字信号与谐波分量

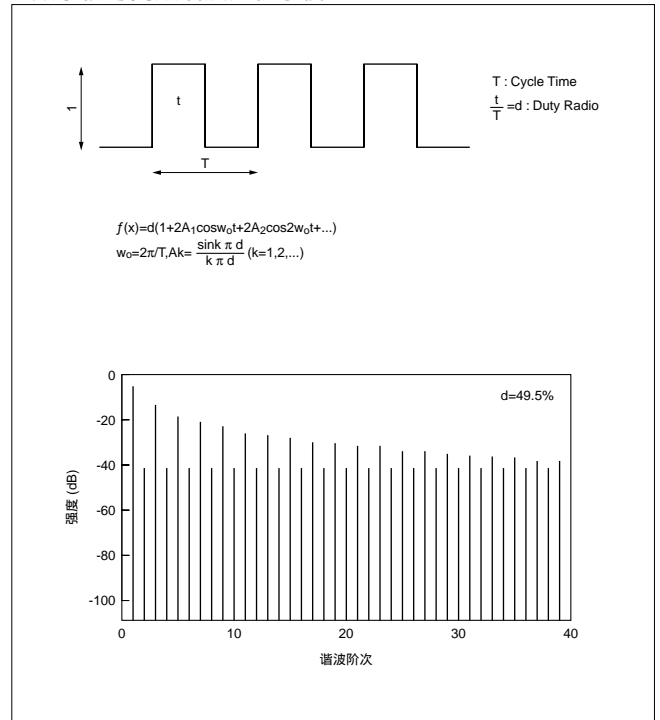
电路中所使用的数字信号被认为是电路发射EMI噪声的一个原因。

数字信号表现为矩形电压波形, 是由许多正弦波叠加而成的。这些正弦波的频率是该数字信号的重复频率的整数倍。频率等于该重复频率的正弦波称为基波, 频率等于n倍重复频率的正弦波称为n次谐波。右图显示了信号波形计算结果, 表示当基波与高次谐波组合在一起时, 合成的波形越来越接近一个矩形波。

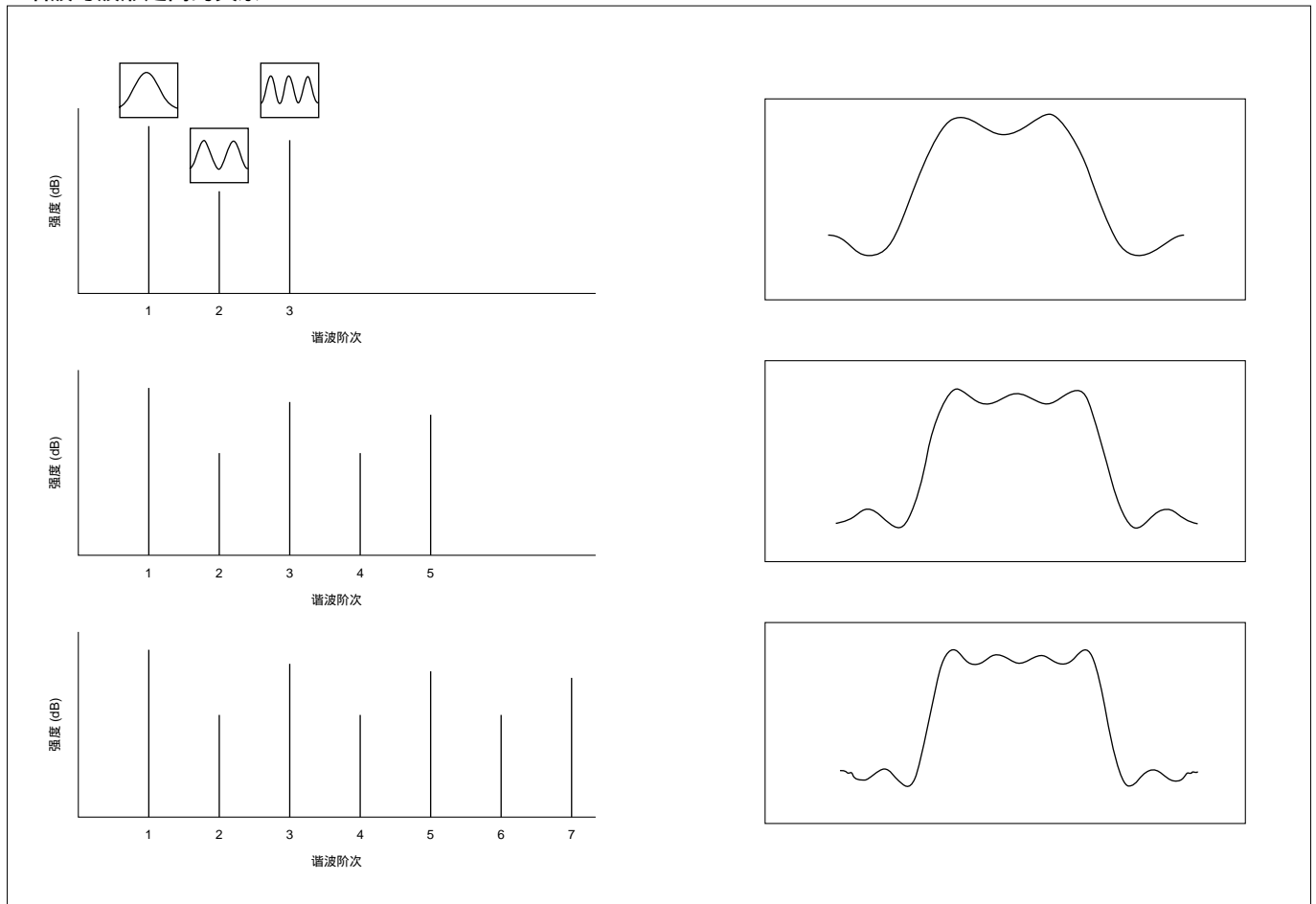
从这些图中可以看出, 具有陡峭上升/下降边沿的信号是由高次谐波即高频分量构成的。

占空比为50%的数字信号仅由奇次谐波构成。但是, 如果占空比不是50%, 则信号还将包含偶次谐波。

数字信号高频谐波分析示例



谐波与波形之间的关系



1 数据设备的噪声源

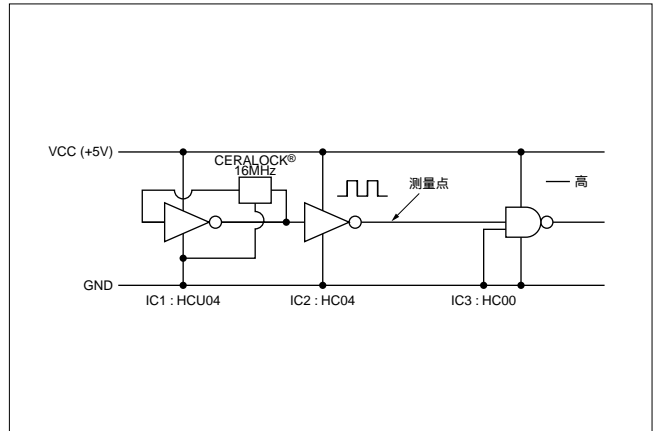
数字频谱测量的示例

使用频谱分析仪所测得的实际数字信号中包含的谐波如右图所示。

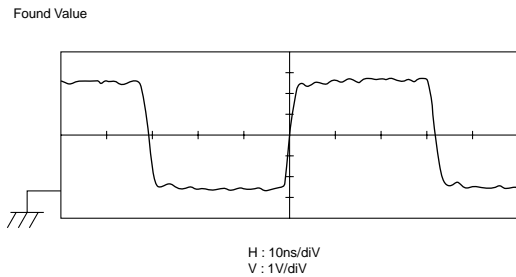
从该图可以看出, 数字信号中包含几十次或更高阶次的谐波, 该信号的频率达到了几百兆赫兹。

该数字信号中包含的谐波被认为是造成电路发射EMI噪声的主要原因。由于频率较高, 谐波较易辐射。如果谐波频率接近某个无线电或电视广播信号的频率, 该谐波将叠加在无线电波形上, 造成接收干扰。

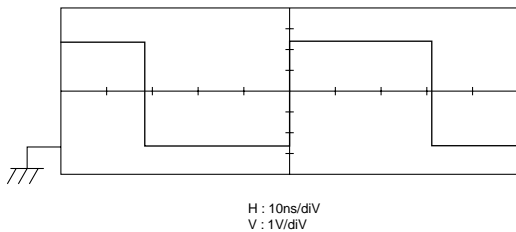
测试电路



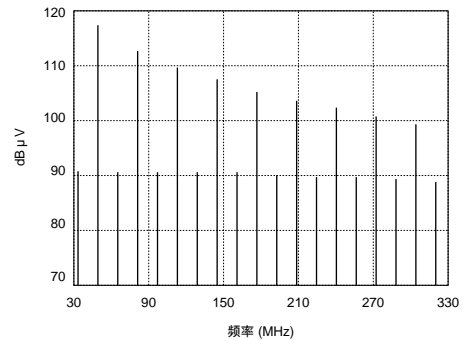
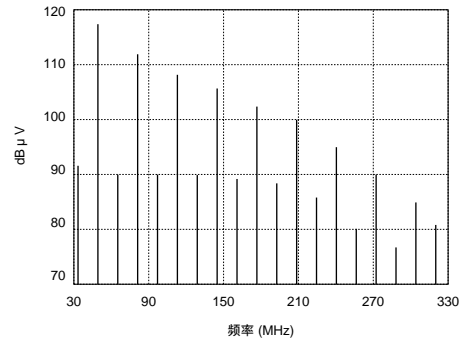
< 信号波形 >



(Reference) Calculated Waveform



< 信号频谱 >



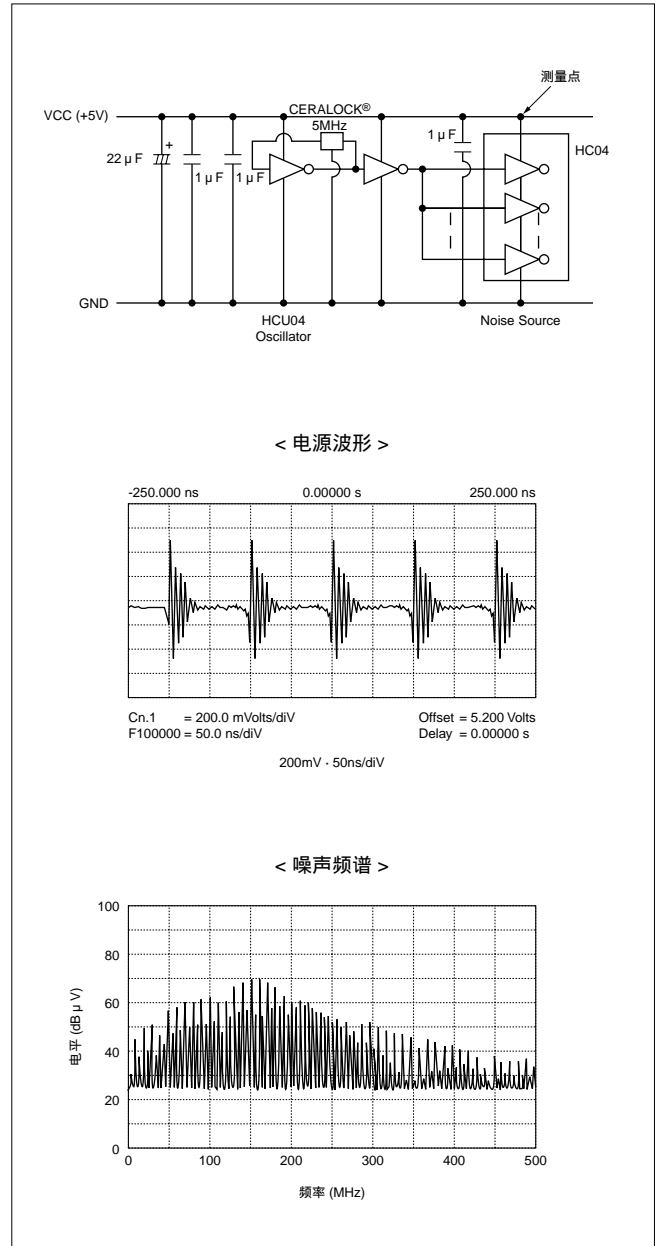
数据设备的噪声源 1

IC电源线的噪声

电源噪声被认为是造成电路发射EMI噪声的另一个原因。由于数字IC使用DC电源，根据IC工作时序，数字IC电源端子上的DC电流将中断。电流中的这种不规则变化将导致EMI噪声。

右图中显示了使用示波器和频谱分析仪在工作于5MHz的IC电源端子测得的电压。根据IC工作时序，电源端子输出振荡波形，对此振荡波形的频谱分析数据表明波形中包含谐波。这些谐波分量将导致EMI噪声。

测试电路



1

1 数据设备的噪声源

2. 来自数字电路板的辐射噪声

IC产生的噪声

在前面几页中，我们阐述了由于数字IC的工作而产生噪声发射。下面我们将通过引用一些实验电路来阐述噪声通过数字电路传导和从数字电路辐射的过程。

作为数字电路最简单的例子，我们准备了PWB的振荡电路，并测量了来自该PWB的噪声辐射。

此PWB为单面板。正面的一部分安置电路，剩余部分则全部接地。在此PWB，IC1振荡频率为16MHz，接收此振荡信号的IC2的信号输出端子为开路。

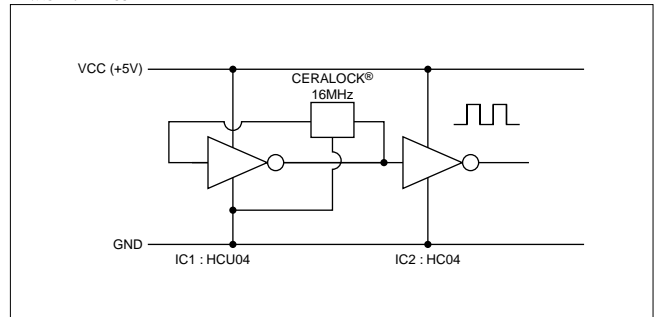
2个IC的电源端子均配有静噪元件，以便使从电源端子发射的噪声辐射可以被完全抑制。

右图显示了将从该PWB辐射的噪声在距离3m位置进行测量时所获得的结果。可以看出，噪声电平大大低于 CISPRpub.22限定值。

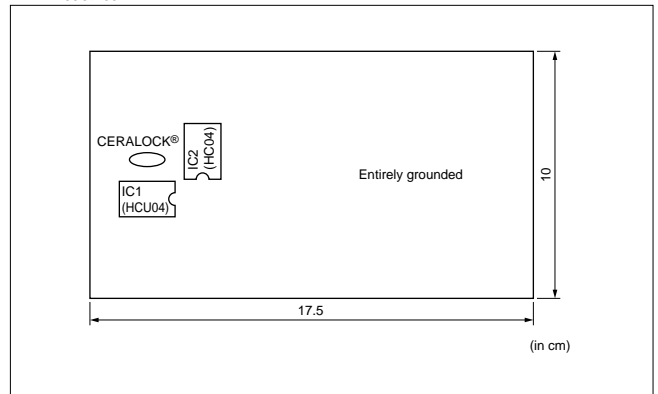
要辐射噪声，需要噪声源和噪声辐射天线。由于上述PWB没有噪声天线，因此虽然其IC充当了噪声源，从该PWB辐射的噪声仍然很低。

对于最近常见的一些大型IC，其封装自身就可以充当噪声天线。在这种情况下，从IC封装发射的噪声辐射将不可忽视。

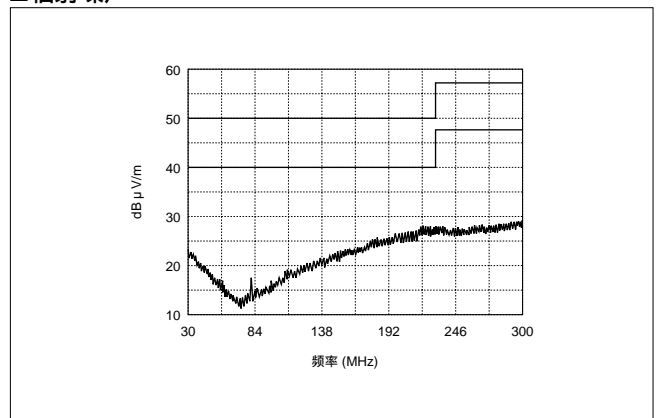
测试电路



电路板配置



辐射噪声



数据设备的噪声源 1

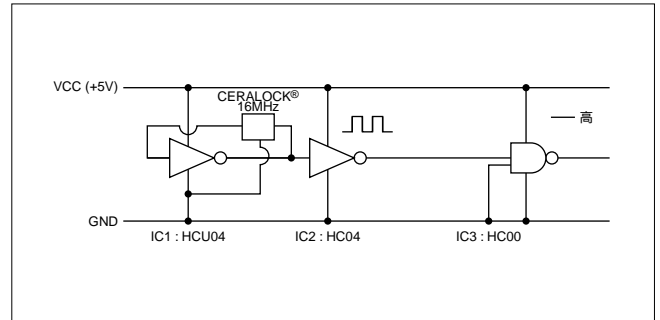
来自布局的辐射噪声

在此所示的实验电路，其噪声源连接在充当了噪声天线的信号布局上。如右图所示，在前一实验中开路的IC2输出端子，被连接到约10cm的信号布局上，该信号布局以IC3端接。

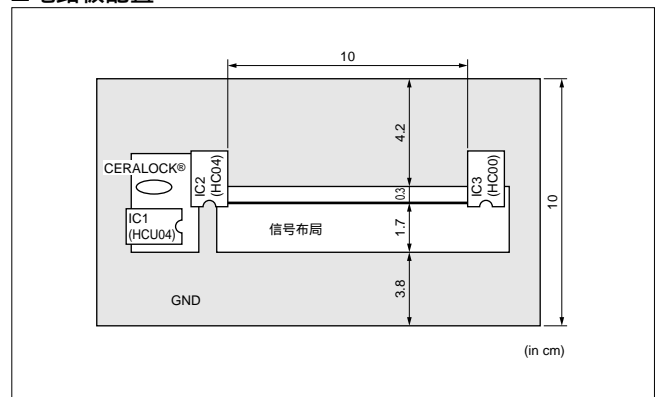
从该PWB发射的噪声辐射测量结果显示在上图中。仔细观察该IC振荡频率的谐波，即此图中的16MHz，就可以看出，在一些频带噪声电平超过了CISPRpub.22限定值。这一现象可能是由于当IC2输出端子连接到信号布局时，在PWB上形成了噪声天线所致。

这一噪声天线由以下信号电流流动构成：IC2 信号布局 IC3 GND IC2。如本例所示，因信号布局与GND布局之间的电流流动而引起的、传导电平相同而传导方向相反的噪声，称为“常态噪声”（差模噪声）。在这种情况下，噪声和信号将以相同的传导模式流动。

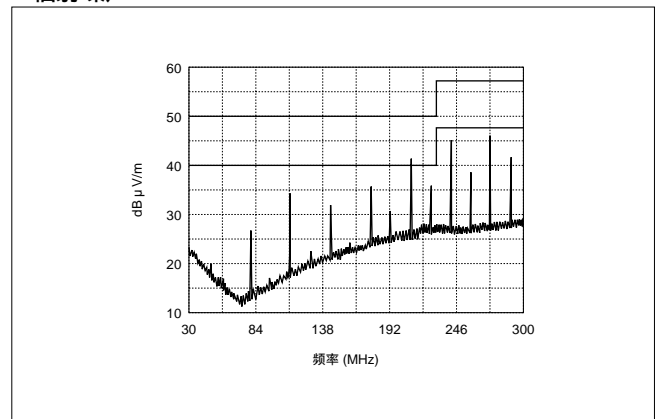
测试电路



电路板配置



辐射噪声



1

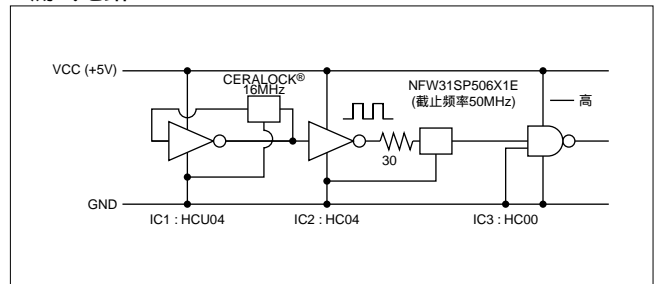
1 数据设备的噪声源

EMI静噪滤波器的效果

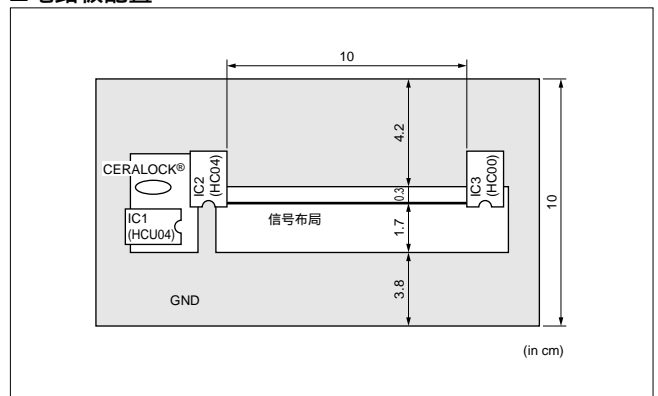
此图显示了抑制由充当噪声天线的信号布局辐射的噪声（常态噪声）的实验结果。

在IC2输出端子和信号布局之间插入EMI静噪滤波器可以显著地抑制噪声电平。本实验中使用的EMI静噪滤波器是由信号线用片状EMIFIL[®]和30Ω电阻组成，因而可以抑制数字信号波形的失真。

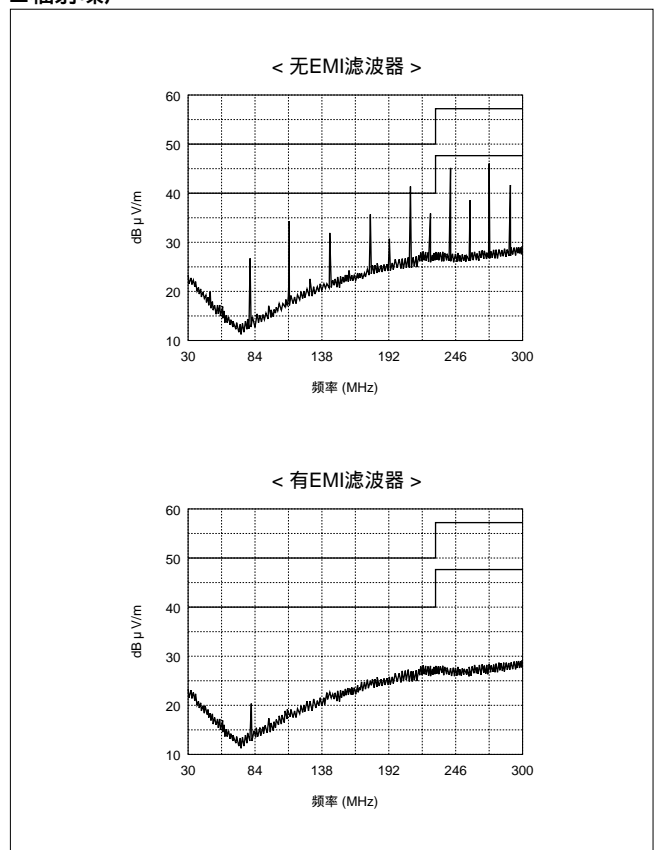
测试电路



电路板配置



辐射噪声



数据设备的噪声源 1

3. 来自电缆的辐射噪声

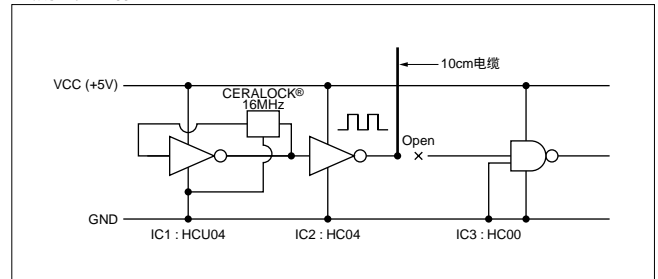
来自电缆的辐射噪声 (1)

在此介绍一个示例，其中IC2或噪声源被连接到电缆上而非信号布局上。

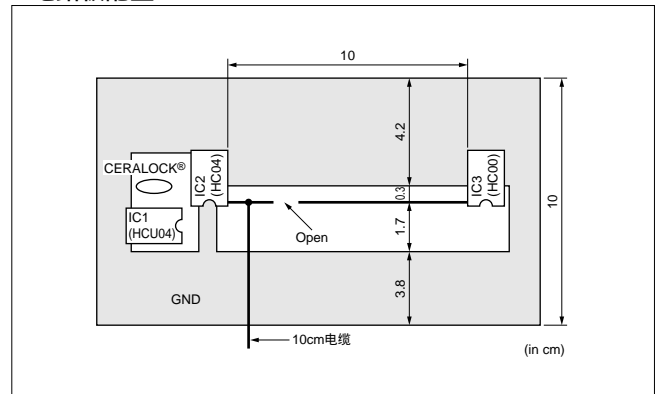
如右所示，IC2输出端子从信号布局上断开，连接到与信号布局长度相等，即为10cm的电缆上。从此电路辐射的噪声显示在右图中。与前一种情况即连接信号布局的情况进行比较，本实验中的噪声电平最高升高了大约10dB。由此可以看出，电缆充当噪声天线比信号布局更为有效。

当信号与如右所示的电缆连接时，必须注意到来自该电缆的较强噪声辐射。

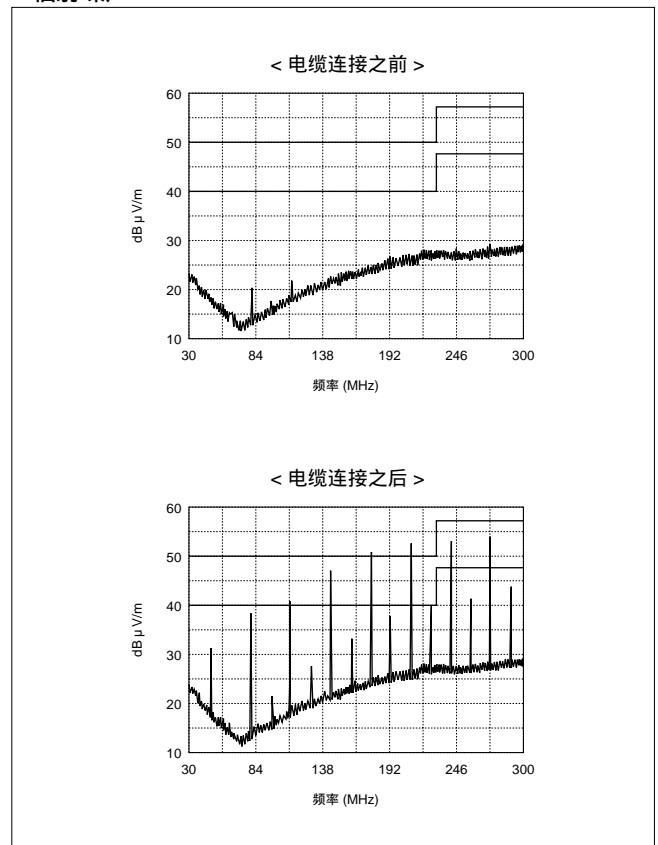
测试电路



电路板配置



辐射噪声



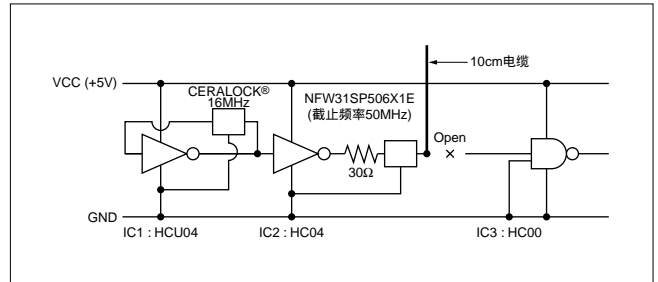
1 数据设备的噪声源

抑制电缆辐射噪声的示例 (1)

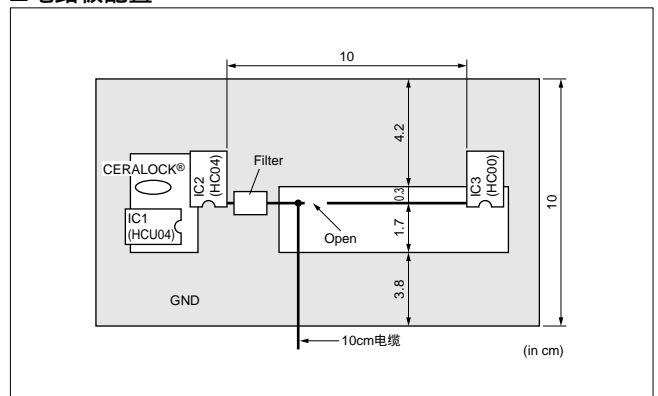
这些图显示了抑制电缆充当天线辐射噪声的实验结果。在采用信号布局的情况下，在IC2输出端子和电缆之间插入EMI滤波器可以显著地降低噪声电平。

如图所示，在噪声源直接与噪声辐射天线连接的情况下，在噪声源与天线之间插入EMI静噪滤波器可以获得较大的静噪效果。

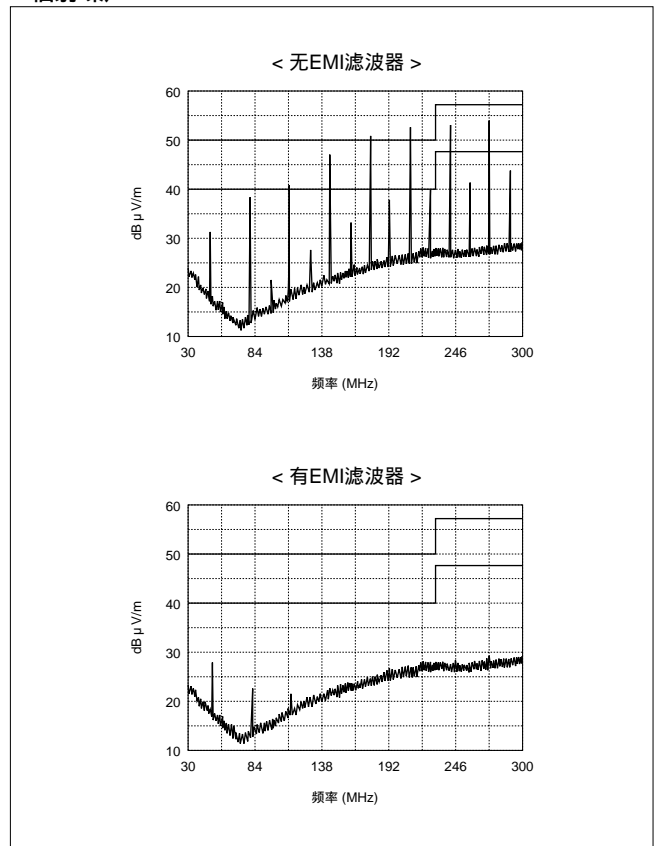
■测试电路



■电路板配置



■辐射噪声



1

数据设备的噪声源 1

来自电缆的辐射噪声 (2)

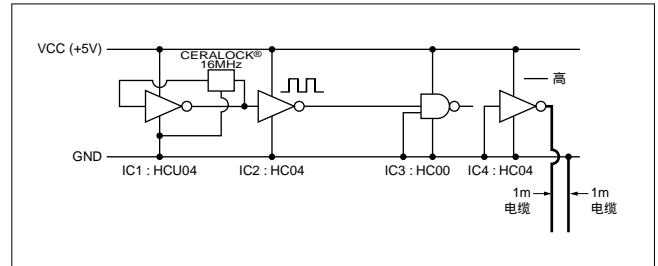
下一个示例显示了安装在PWB上的电缆充当天线而辐射噪声的情况。如右所示，将一个信号布局连接在PWB上的IC2和IC3之间，将IC4安装在PWB的末端，将长为1m的电缆连接到IC4输出端子和GND上。将此电缆假定为接口电缆。在此示例中，我们假设IC4没有工作，接口电路没有被激活。因此，没有信号电流流经电缆。

图中显示了电缆连接前后所测得的辐射噪声电平。可以看出，在电缆连接之后噪声电平大大提高。特别是，在80MHz频率附近其提高幅度可达30dB。

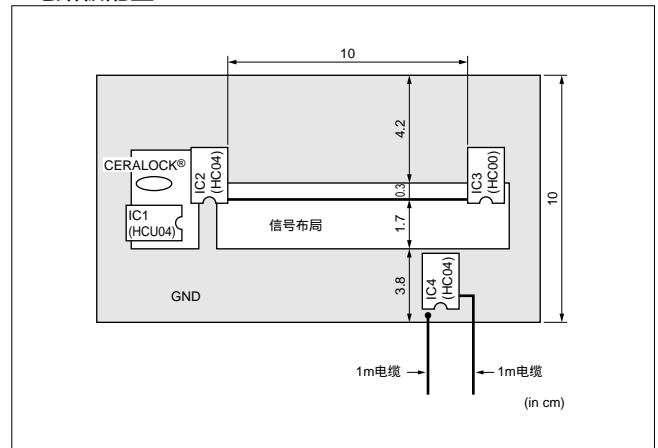
这一现象可能是由于从IC2发射的噪声经过电源线或GND线导入IC4，然后因电缆充当了噪声天线，则从IC4经过电缆进行辐射。同时，我们可以考虑之所以在80MHz频率附近噪声电平出现显著提高，其原因是由于将电缆充当天线时，在此频率下其长度等于波长的1/4。

在连接了接口电缆的实际电子设备中，我们经常可以看到类似的现象，也就是接口电路接收从内部电路发射的噪声，然后接口电缆充当天线辐射噪声。

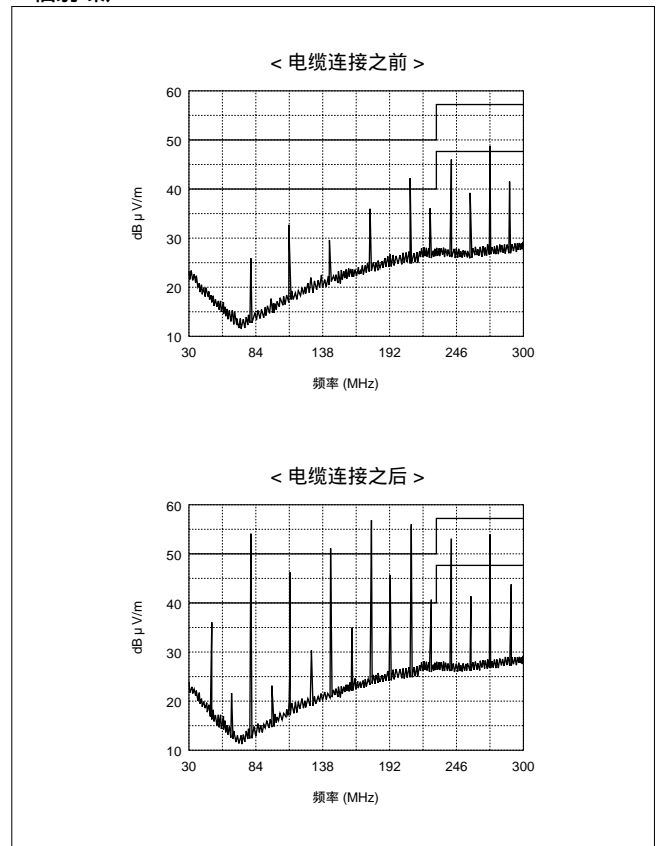
测试电路



电路板配置



辐射噪声



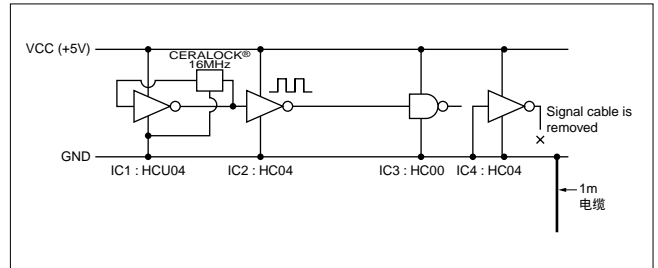
1 数据设备的噪声源

来自电缆的辐射噪声 (3)

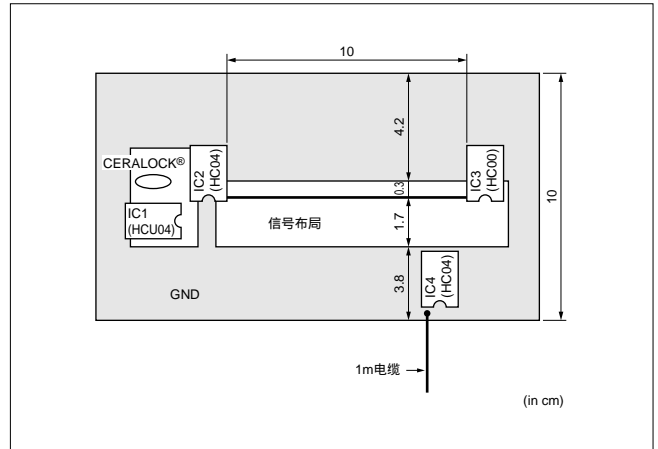
本实验旨在考察在前一个实验中通过电缆传导的噪声流经电缆的信号线和GND线的哪一种。在本实验中，我们通过连接信号线或GND线测量了辐射噪声电平。仅连接信号线或连接GND线所测得的噪声电平，几乎与同时连接这2种线所观测到的噪声电平相等。右图显示了断开信号线后仅对GND线测量的噪声电平。

从本实验的结果，我们可以看出，信号线和GND线传导的噪声电平相同，信号线和GND线形成单个噪声天线。如右所示，因电流流经所有线路而引起的，传导电平和传导方向相同的噪声，称为“共模噪声”。

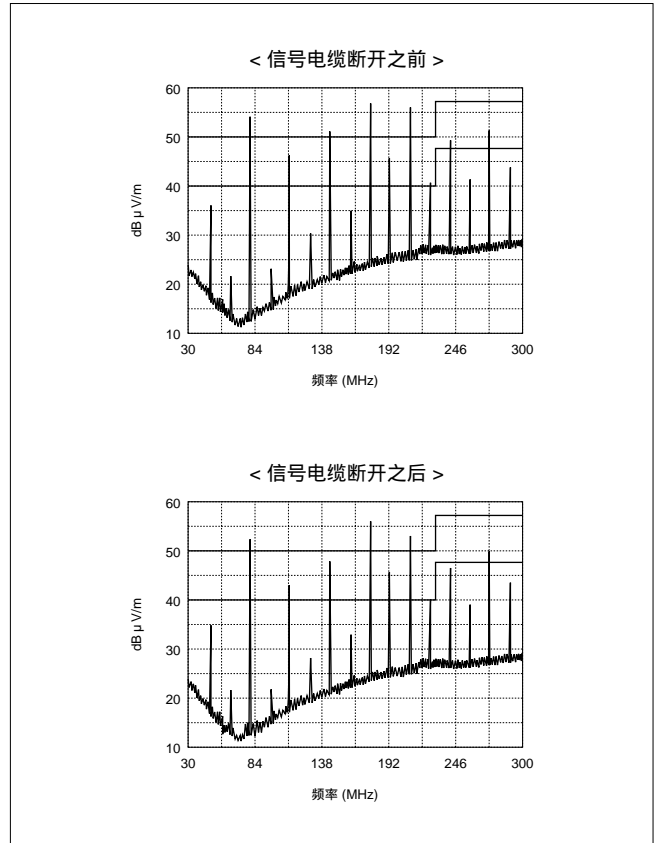
■测试电路



■电路板配置



■辐射噪声



数据设备的噪声源 1

抑制电缆辐射噪声的示例 (2)

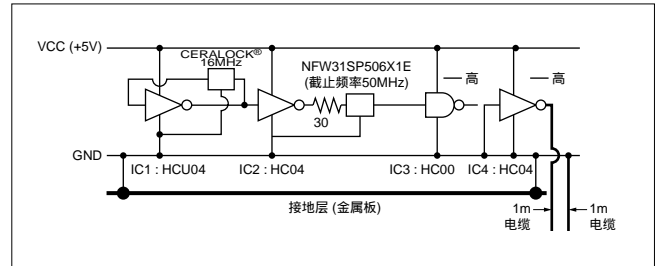
此图显示了使用前一个实验中所述之电缆作为天线辐射共模噪声的静噪电路的示例。在本实验中，采用了GND层来增强GND的状况，以使经由GND线传导的共模噪声得到抑制。此外，还在IC2输出端子连接了EMI静噪滤波器，从而使经由信号布局辐射的噪声得到抑制。

通过这些静噪措施，可以显著降低辐射噪声电平。

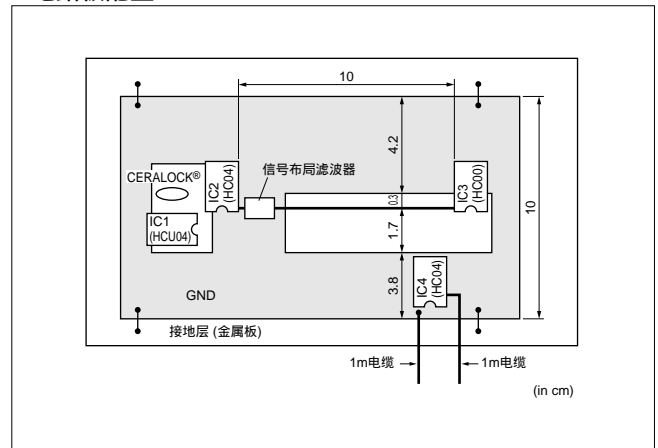
GND层是由金属板构成，其尺寸大致与PWB的尺寸相同。将该金属板设置在PWB下面，PWB上的GND端子与金属板上的多个部位相连接。采用GND层对于抑制经由GND线传导的共模噪声非常有效。

为了抑制共模噪声，除了采用GND增强方法之外，还可以使用共模扼流线圈。

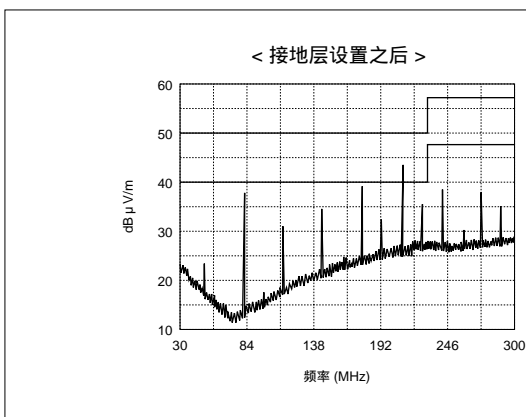
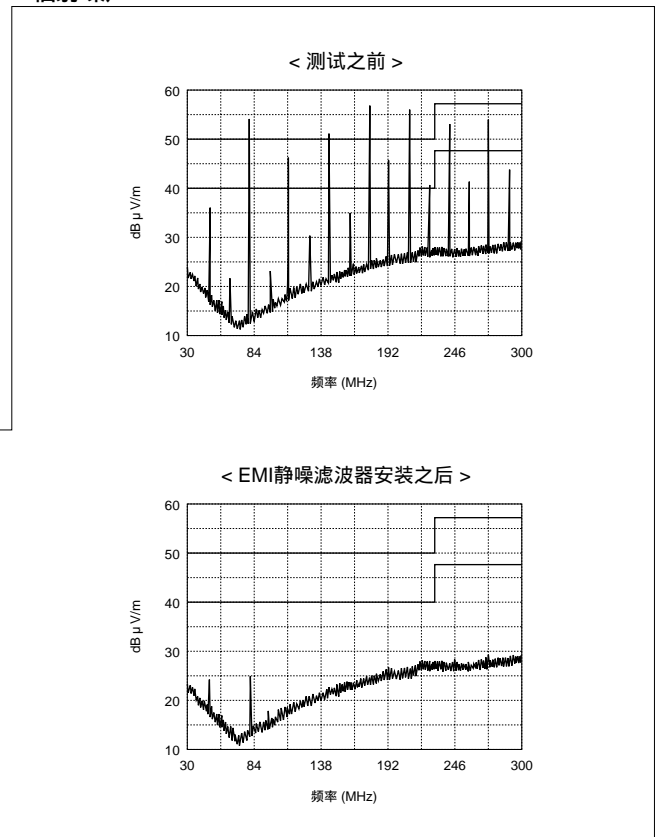
测试电路



电路板配置



辐射噪声



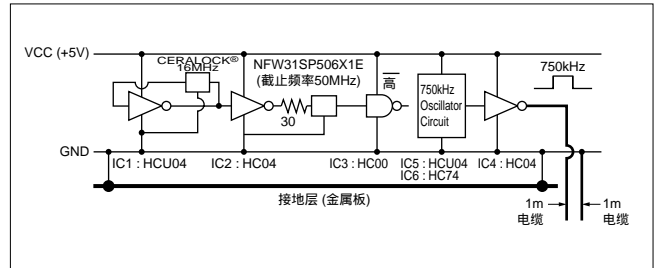
1 数据设备的噪声源

来自电缆的辐射噪声 (4)

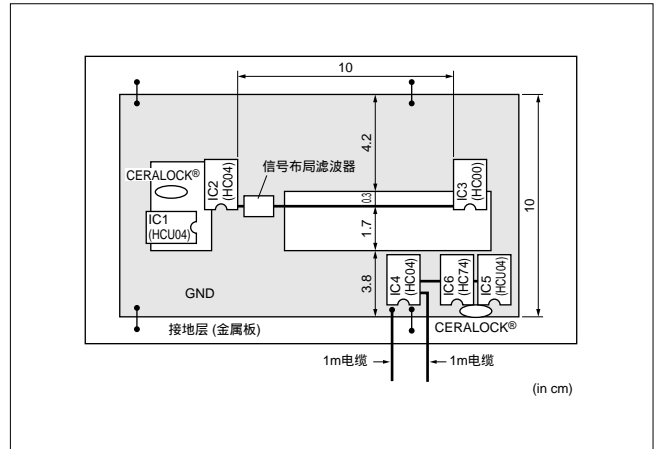
下面考虑接口电路在激活状态时的措施。

在采用如右所示静噪措施的实验PWB中，将750kHz振荡电路连接到IC4，以从其输出端子产生750kHz的数字信号。图中显示了来自该PWB的噪声辐射。当电缆接收到750kHz输入信号时，该信号的谐波就会通过电缆辐射出去。如图所示，信号流经接口电缆可能会导致辐射噪声。

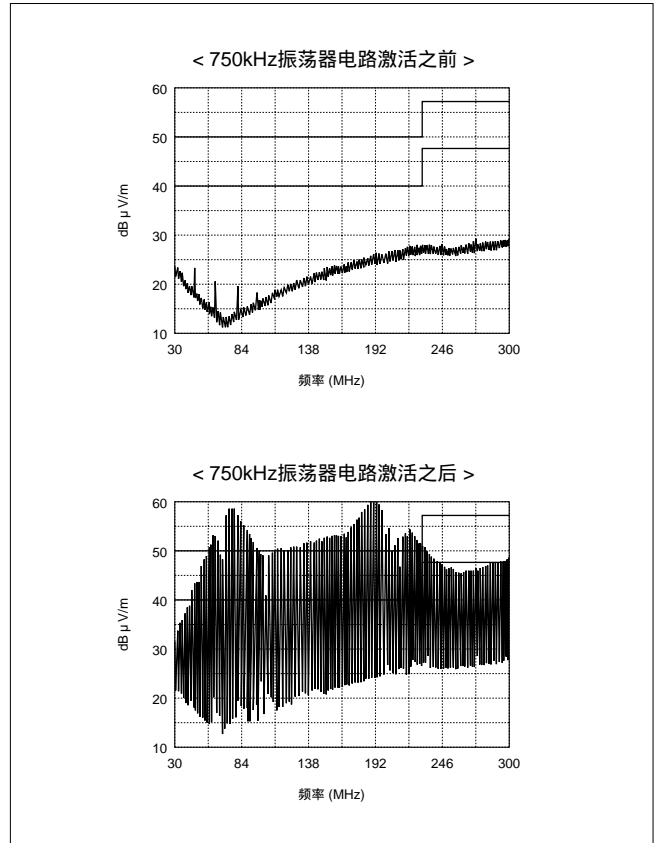
测试电路



电路板配置



辐射噪声



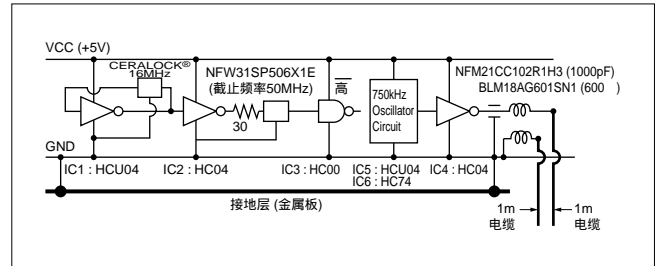
数据设备的噪声源 1

抑制电缆辐射噪声的示例 (3)

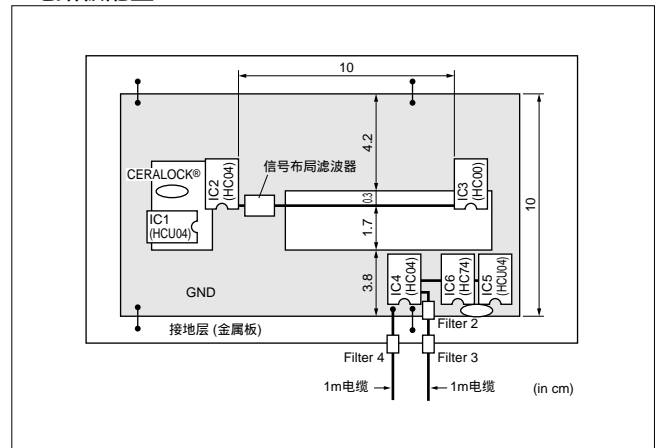
图中显示的是抑制因信号流经电缆所引起的辐射噪声的抑制电路示例。在本实验中，在电缆和新噪声源的IC4之间安装了EMI静噪滤波器。首先，在信号线上组合安装了片状EMIFIL®和片状铁氧体磁珠电感器。结果，大部分辐射噪声被消除。接着在GND线上安装了另一个片状铁氧体磁珠电感器，获得了进一步的静噪效果。

如上述所示，同时对信号线和GND线采取静噪措施可以提高静噪效果。

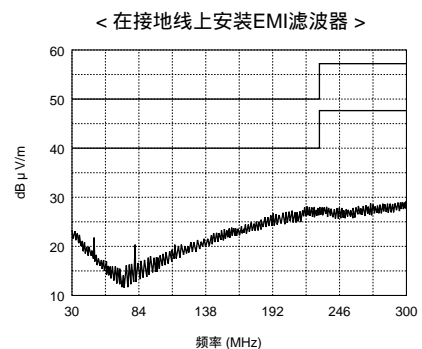
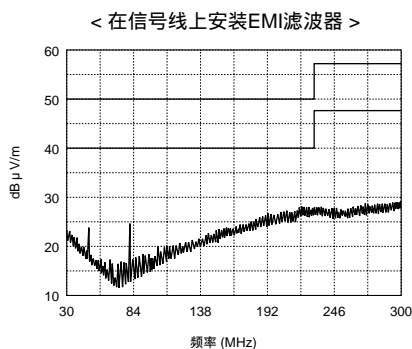
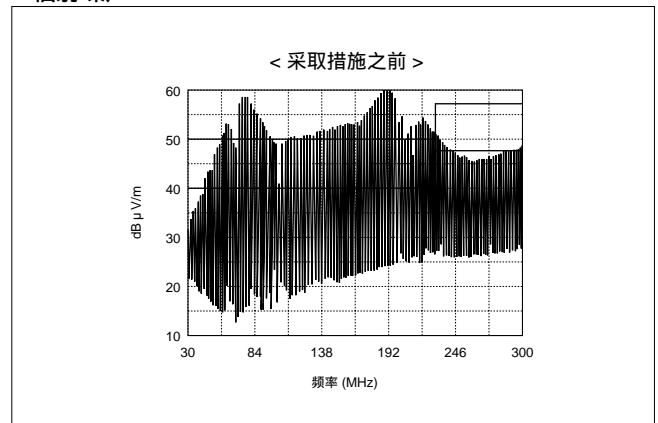
测试电路



电路板配置



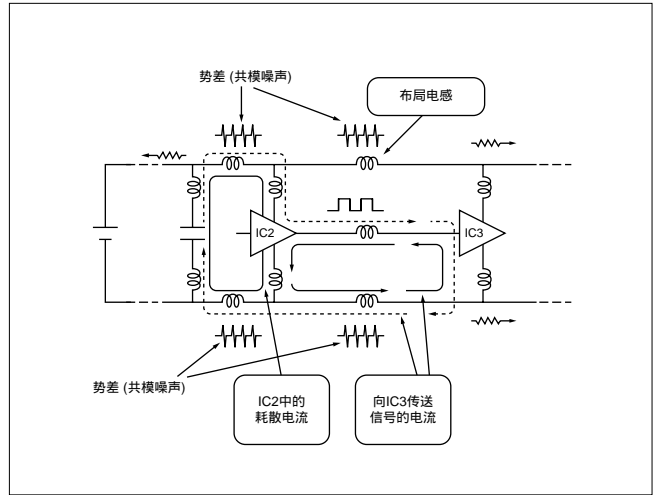
辐射噪声



1 数据设备的噪声源

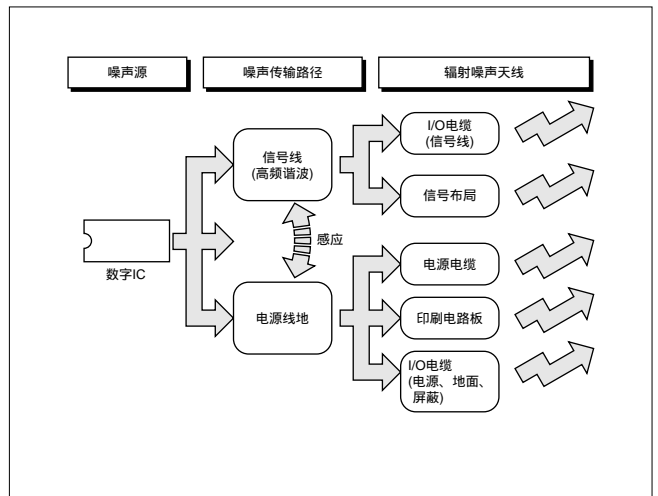
4. 共模噪声的原因

在此我们对在前一个实验电路中观测到的共模噪声的原因进行研究。在本实验电路中，16MHz数字信号从IC2产生，并传输到IC3。如果GND在此电路中工作状态理想，GND端子应当不发生电压，相应地也就没有共模噪声。但是，由于本实验PWB上的GND布局相对较小，GND布局具有电感，因而信号的回流将导致GND端子发生电压。可以认为这是产生共模噪声的原因。除此之外，流经IC的电源电流也会在GND端子产生电压，从而造成共模噪声。为了抑制共模噪声，有效的措施是通过增强GND以降低GND阻抗，或者在信号线和电源线上采用EMI静噪滤波器，以减小回流。



5. EMI噪声源总结

此图对前面几页的描述进行了总结。数字IC充当噪声源，噪声经由信号线、电源线和GND线传导。当流经这些导线的噪声直接从PWB辐射，或通过充当天线的I/O电缆或电源电缆辐射时，就会出现噪声干扰。采用EMI静噪滤波器抑制噪声是通过消除流经这些传输线的噪声来实现的。



2 抑制EMI噪声发射

本章介绍了使用EMI静噪滤波器来抑制源自PWB的噪声辐射的一些方法。

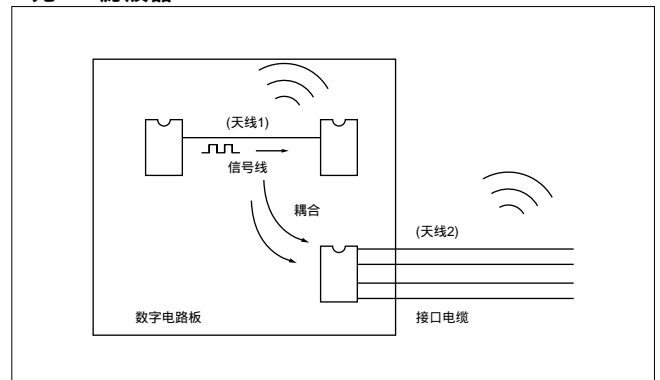
为了便于您参考PWB设计，在此将给出通过PWB上的元件或布局更改，以及通过增强GND状况而得到的噪声测量数据。此外，为了便于您参考PWB屏蔽，将给出随着屏蔽开口尺寸而变化的静噪效果测量数据。

1. 抑制EMI噪声发射的思维方法

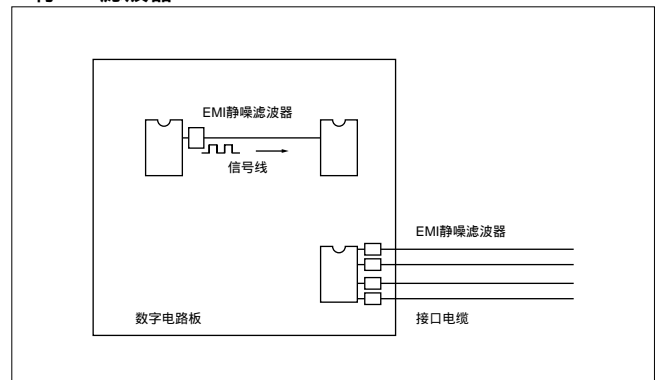
抑制EMI噪声发射的示例

这些图显示了在PWB上使用EMI静噪滤波器时的静噪示例。从数字IC发射的噪声经由充当天线的信号线来辐射，或传导进入接口电路，然后通过同样充当天线的接口电缆来辐射。为了抑制此类噪声，有效的措施是将EMI静噪滤波器安装在噪声将最先发射的信号线上。如果无法确定相关电路，或由于信号规格要求，EMI静噪滤波器无法安装在信号线上，则应将EMI静噪滤波器安装在接口电缆连接端子上。

■无EMI滤波器



■有EMI滤波器



2 抑制EMI噪声发射

2. EMI静噪滤波器

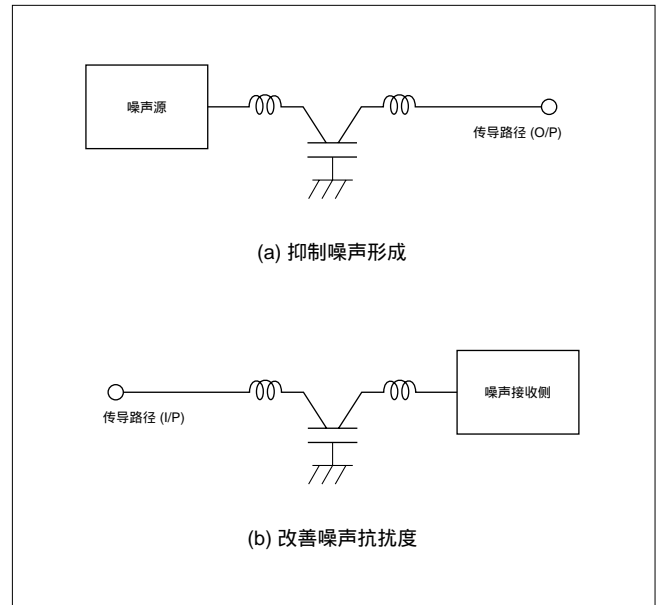
使用EMI静噪滤波器

在噪声传输线上安装EMI静噪滤波器，可消除从噪声源发射的噪声，或从外部设备侵入的噪声。

因此，EMI静噪滤波器可用于2种噪声的抑制目的：抑制噪声发射，和改善噪声抗扰度。

为了阻止滤波器输入侧和输出侧的噪声相互混合，用于抑制噪声发射的EMI静噪滤波器应安装在靠近噪声源的位置，而用于改善噪声抗扰度的滤波器则应安装在靠近接收外部噪声的装置处。

如果要将EMI静噪滤波器用于电缆连接部分，则应将其安装在电缆的根部。



抑制EMI噪声发射 2

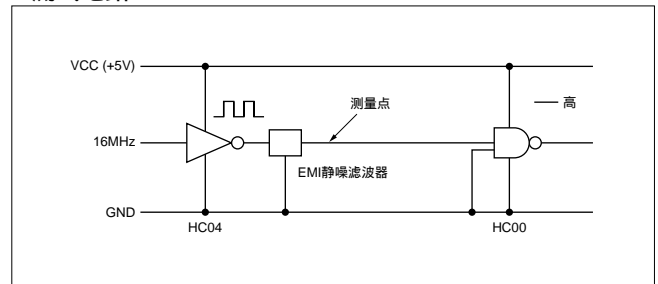
EMI静噪滤波器的静噪效果

EMI静噪滤波器大致可分为2种类型：电感器型和电容器型。片状铁氧体磁珠是典型的电感器型EMI静噪滤波器，而片状EMIFIL®则是典型的电容器型EMI静噪滤波器。这2种类型的EMI静噪滤波器都属于低通滤波器，用于从数字信号中消除不需要的谐波。

电感器型EMI静噪滤波器串联接到信号线上，以抑制不需要的谐波电流。电容器型EMI静噪滤波器连接到信号线和GND线上，以强制不需要的谐波经过旁路电容器流入GND线。

随后几页我们将阐述如何使用这些EMI静噪滤波器。

测试电路



| EMI静噪滤波器 | 信号波形 | 频谱 |
|--|----------------------------------|------------------------------|
| <p>无滤波器</p> | <p>H: 10ns/diV V: 1V/diV</p> | <p>dB μV</p> <p>频率 (MHz)</p> |
| <p>片状铁氧体磁珠电感器</p> <p>BLM18AG221SN1 (220 at 100MHz)</p> | <p>H: 10ns/diV V: 1V/diV</p> | <p>dB μV</p> <p>频率 (MHz)</p> |
| <p>片状EMI滤波器</p> <p>NFM21CC470U1H3 (47pF)</p> | <p>H: 10ns/diV V: 1V/diV</p> | <p>dB μV</p> <p>频率 (MHz)</p> |

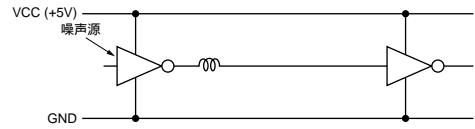
2

2 抑制EMI噪声发射

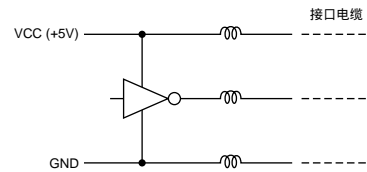
电感器型EMI静噪滤波器的使用方法

电感器型EMI静噪滤波器（主元件为电感器的EMI静噪滤波器，例如：“铁氧体磁珠电感器”）应串联接入噪声传输线中。当EMI静噪滤波器位于靠近噪声源处时，应只将其安装在信号线上。当EMI静噪滤波器位于远离噪声源处时，因为噪声除了信号线以外，也可能通过电源线和GND线传导，应将其安装在所有的传输线上。

a) 安装在噪声源处



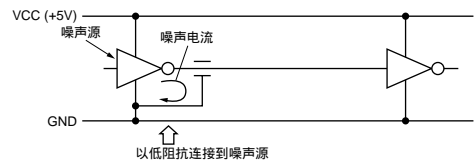
b) 安装在噪声传输路径上



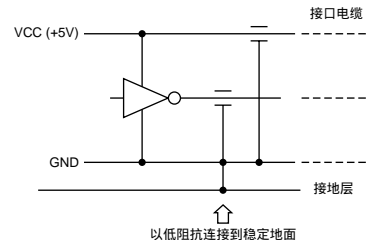
电容器型EMI静噪滤波器的使用方法 (1)

电容器型EMI静噪滤波器（具有电容器内藏式的EMI静噪滤波器，“例如：三引出电容器、信号线用EMI静噪滤波器”）应串联接入噪声传输线中，并同时连接到GND线上。当EMI静噪滤波器位于靠近噪声源处时，应将其连接到噪声源的GND端子最短距离处，以建立从电容器型EMI静噪滤波器到噪声源的良好噪声返回路径。当EMI静噪滤波器位于远离噪声源处时，除了使用静噪元件以外，还应采用GND层来增强GND状况，因为噪声可能会通过信号线和GND线传导。

a) 安装在噪声源处



b) 安装在噪声传输路径上



抑制EMI噪声发射 2

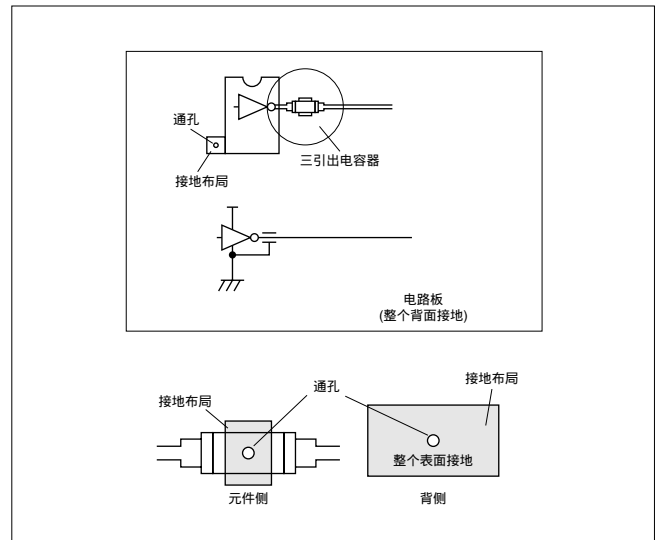
电容器型EMI静噪滤波器的使用方法 (2)

这些图显示了将电容器型EMI静噪滤波器用在噪声源附近的布局设计的示例。应将EMI静噪滤波器的GND端子和充当噪声源的IC的GND端子连接到覆盖整个PWB背面的接地层上，从而建立良好的噪声返回路径。

良好示例

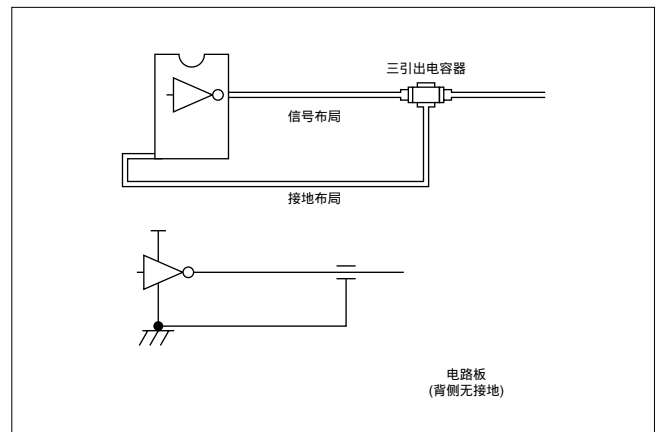
滤波器的接地端子通过通孔连接到背面，整个背侧表面全部覆以接地层。

1. 接地层的高频阻抗较小
2. 信号布局到接地布局的回路较小



不良示例

1. 滤波器的接地端子与IC的接地端子之间的阻抗较大。
(返回地线的噪声电流很小。)
2. 信号布局到接地布局的回路较大。
(噪声可能从此回路辐射出去。)



2 抑制EMI噪声发射

电容器型EMI静噪滤波器的使用方法 (3)

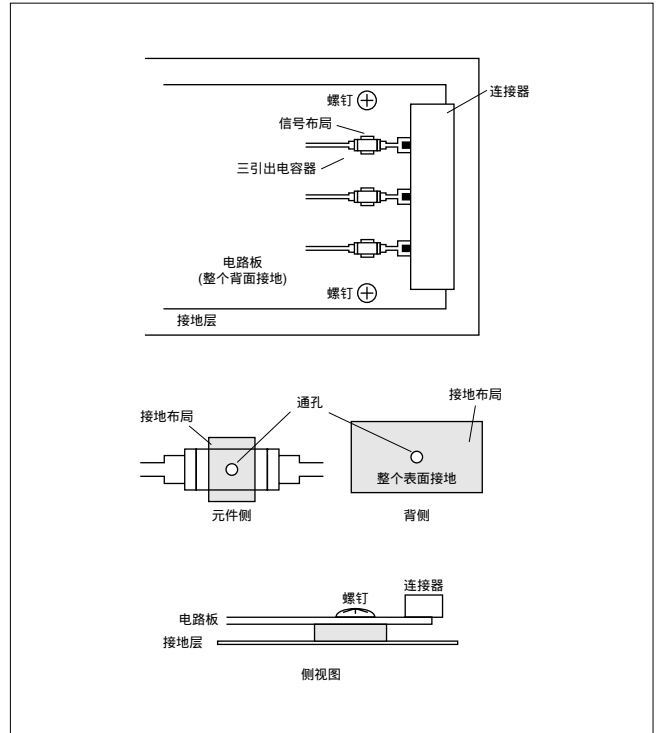
这些图显示了将电容器型EMI静噪滤波器安装在接口连接器附近的布局设计的示例。

EMI静噪滤波器应尽可能的靠近连接器安装，并连接到PWB背面的滤波器GND端子。此滤波器GND端子应连接到GND层以增强GND状况。

2

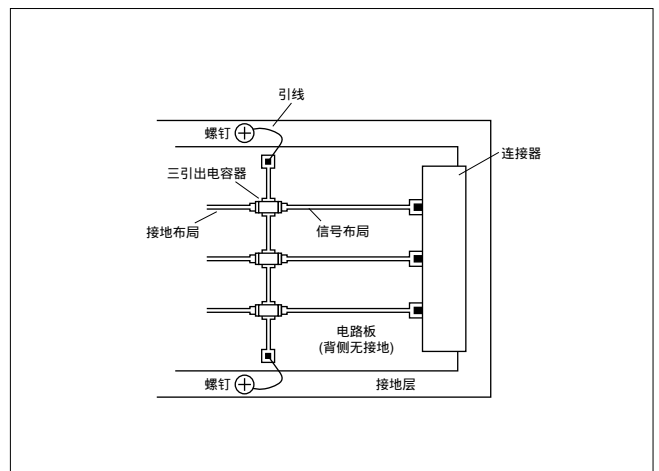
■良好示例

1. 三引出电容器与连接器之间的信号布局较短。
(噪声不易于感应到信号布局中)
2. 滤波器的接地端子通过通孔连接到背面，整个背侧表面全部覆以接地层。
(接地布局的高频阻抗较小)
3. 电路板上的接地布局与接地层之间通过螺钉连接。



■不良示例

1. 三引出电容器与连接器之间的信号布局较长。
(噪声易于感应到信号布局中)
2. 接地布局的高频阻抗较大。
3. 电路板的接地布局与稳定地面之间的高频阻抗较大。
(接地层)

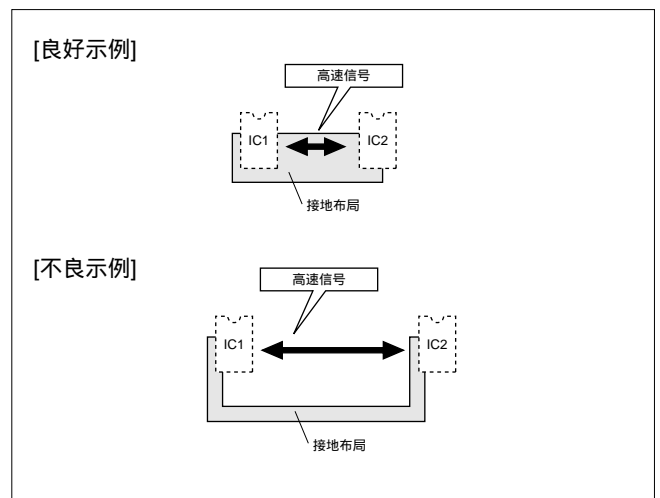


3. 增强接地布局

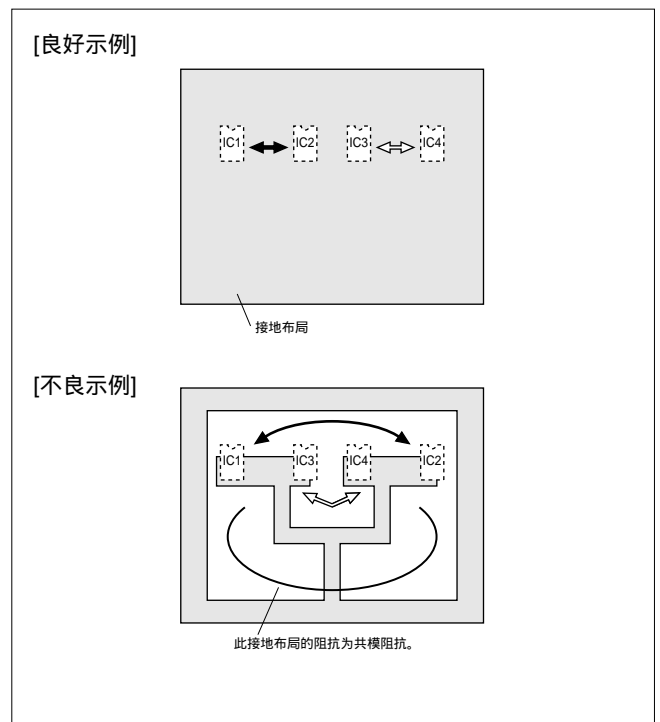
作为抑制共模噪声的一种方法，可以考虑增强GND状况。当信号的回流流经GND线时，作用于GND端子的电压将导致共模噪声。为了抑制GND端子的此类电压，必须注意电路中的高速信号，减小该信号发送与接收IC之间的GND阻抗。

为了阻止电路块之间出现噪声干扰，必须减小各个电路块之间的GND阻抗，以使来自各个电路块的GND电流不会互相干扰。

1. 通过加宽和缩短信号IC的输入端与输出端之间的接地布局，可减小接地阻抗，这将减小对地势差。



2. 通过加宽接地布局，可减小共模阻抗，从而可抑制信号线之间的串扰。



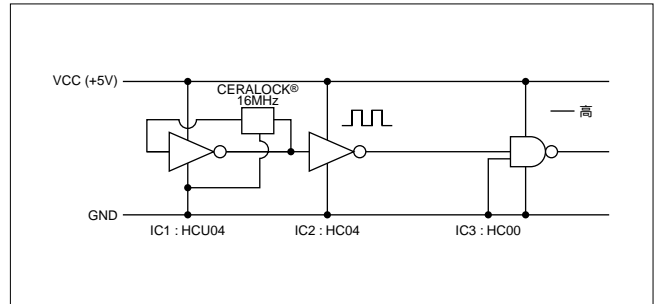
2 抑制EMI噪声发射

接地布局的影响

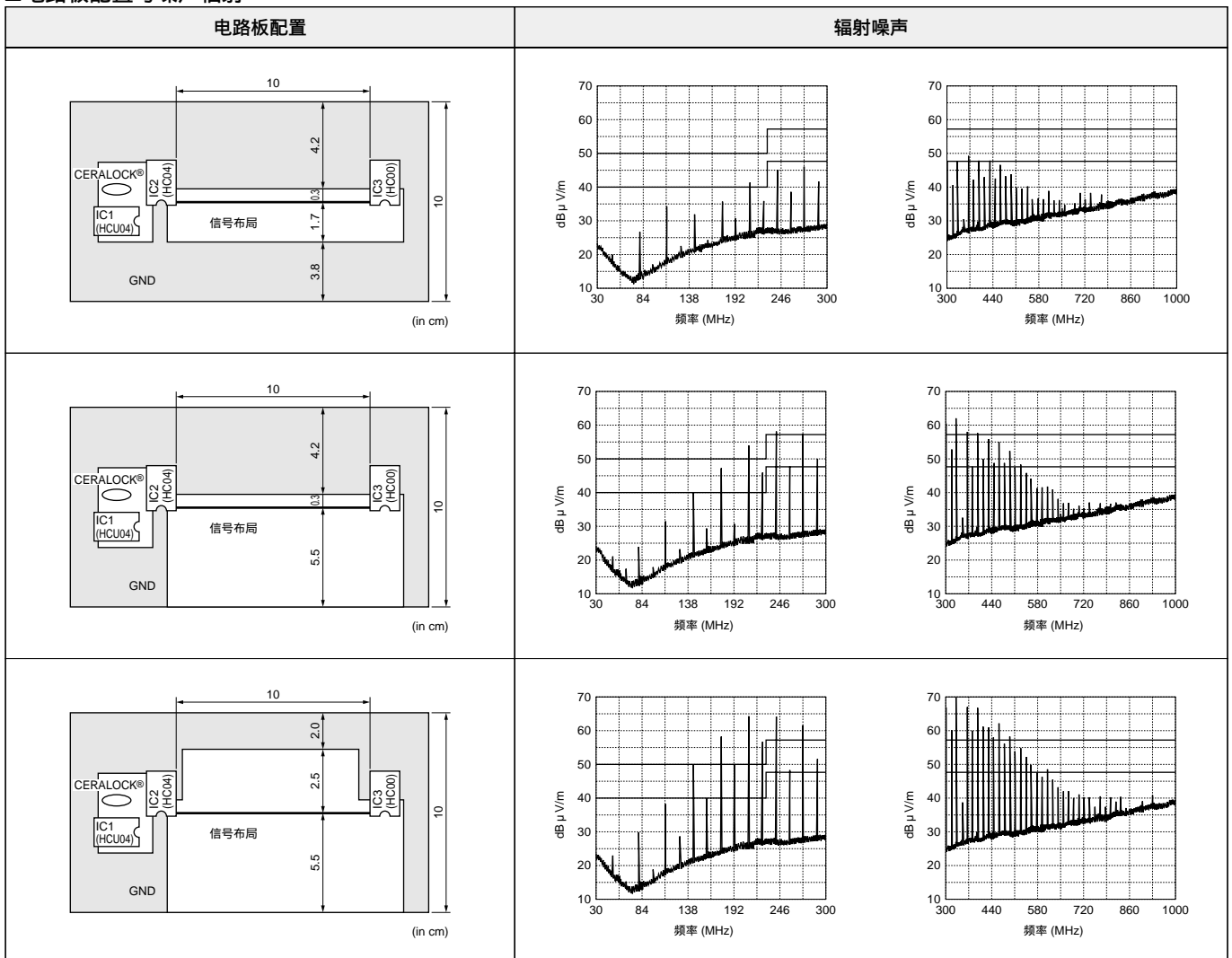
我们进行了一项实验，以验证噪声辐射电平随着GND布局宽度变化而变化的现象，此实验的结果如图所示。当只在PWB的正面具有GND布局时（尽管原来的PWB在正面和背面都具有GND布局），噪声辐射电平将增大10dB以上。此外，当减小正面GND布局宽度，并增大GND布局与信号布局之间的间隔时，噪声辐射电平将进一步增大10dB。

如上述实验结果，随着GND布局宽度减小，噪声辐射电平则增大。为了抑制来自PWB的噪声辐射，有效的措施是在信号线中插入EMI静噪滤波器，采用GND层以增强GND状况，这些内容将在下页进行描述。

测试电路



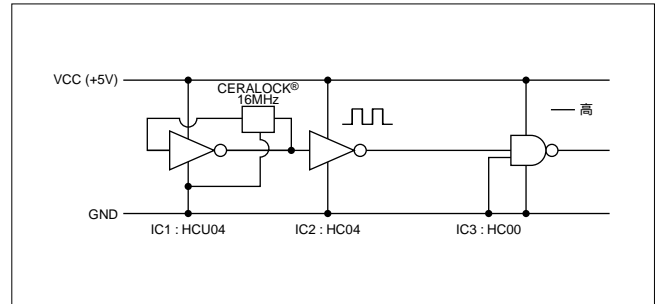
电路板配置与噪声辐射



抑制EMI噪声发射 2

采用接地层增强接地布局

测试电路



电路板配置与噪声辐射

| | 电路板配置 | 辐射噪声 |
|-----------------|-------|------|
| 采取措施之前 | | |
| 仅采取接地增强措施 | | |
| 仅采用EMI静噪滤波器 | | |
| EMI静噪滤波器与接地增强措施 | | |

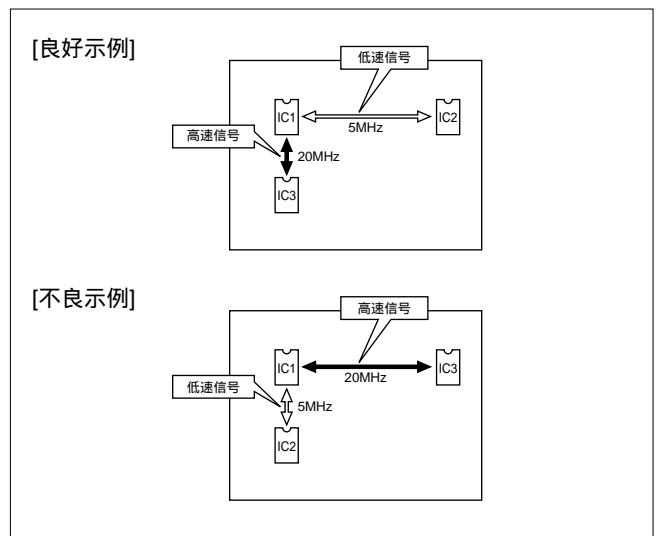
2 抑制EMI噪声发射

4. 元件与布局配置的变更

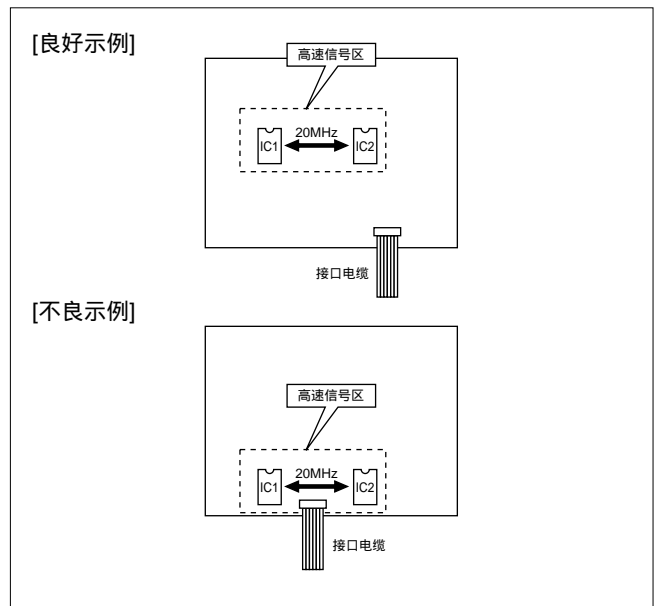
即使电路用于类似的操作，噪声电平也会根据PWB上的元件或布局而不同。如后面几页的实验数据所示，噪声电平将随着信号频率升高或信号线延长而增大。因此，将高速信号线比其他低速信号线优先地缩短，从而可抑制噪声电平。

如果发射较强噪声的电路位于靠近接口电缆的位置，从该电路发射出来的噪声可能会通过该电缆传导，这将导致从该电缆辐射噪声。为了阻止此类辐射噪声，发射较强噪声的高速信号电路必须尽可能的远离接口电缆。

1. 优先地缩短高速信号线以尽可能地降低从信号线产生的辐射噪声和共模噪声。



2. 将高噪声电平电路与电缆分开，尽可能地减小噪声耦合。

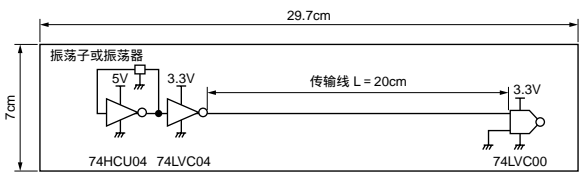


抑制EMI噪声发射 2

信号频率的影响


这些图显示了噪声辐射电平随着信号频率的变化而变化的情况。随着信号频率升高，频谱间隔增大，噪声电平也增大。产生噪声辐射的频率范围扩展到更高频率。

■实验PWB

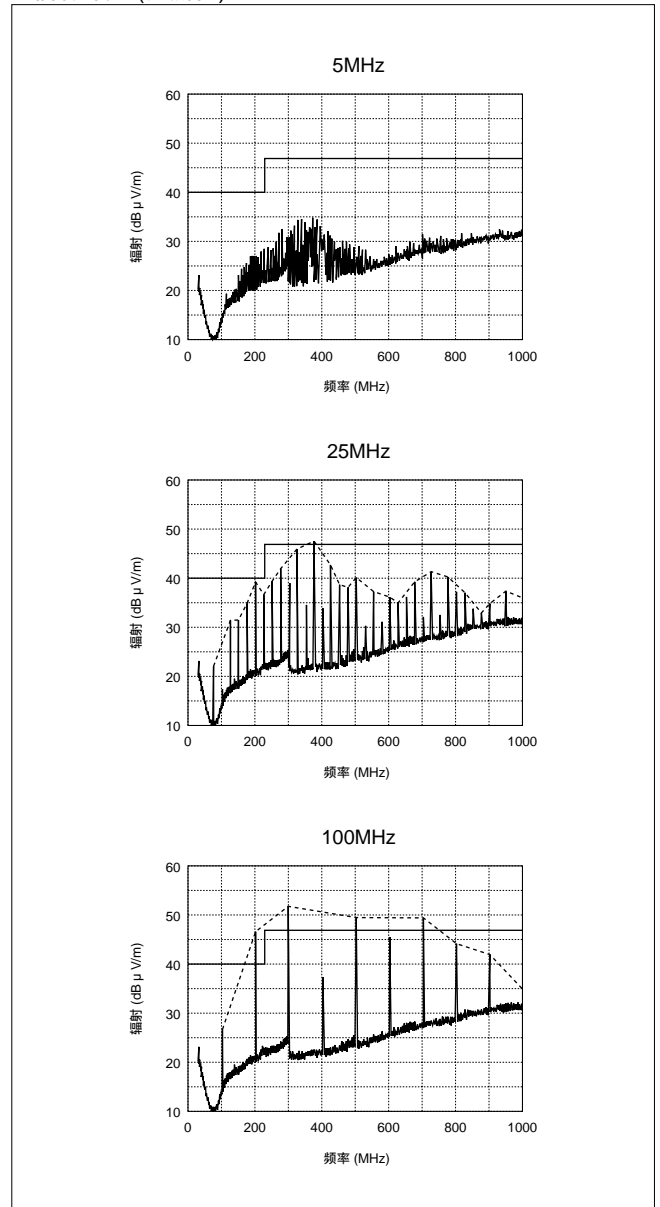


29.7cm
7cm
振荡子或振荡器
5V
3.3V
传输线 L = 20cm
74HCU04 74LVC04
74LVC00

双面环氧玻璃 PWB (PWB的背面全部接地)。
 厚度 $t = 0.8\text{mm}$ $\epsilon = 4.7$
 特性阻抗 130
 信号频率 5MHz \rightarrow 25MHz \rightarrow 100MHz



■辐射噪声 (实测值)



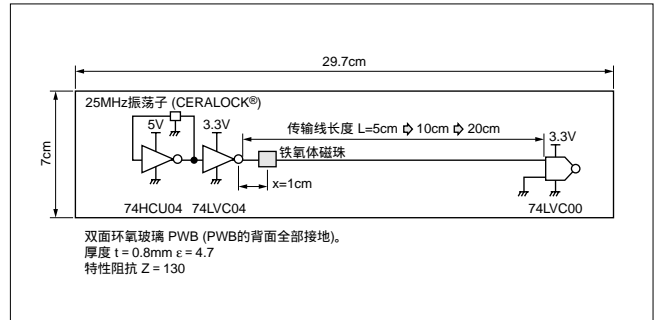
2 抑制EMI噪声发射

传输线长度的影响

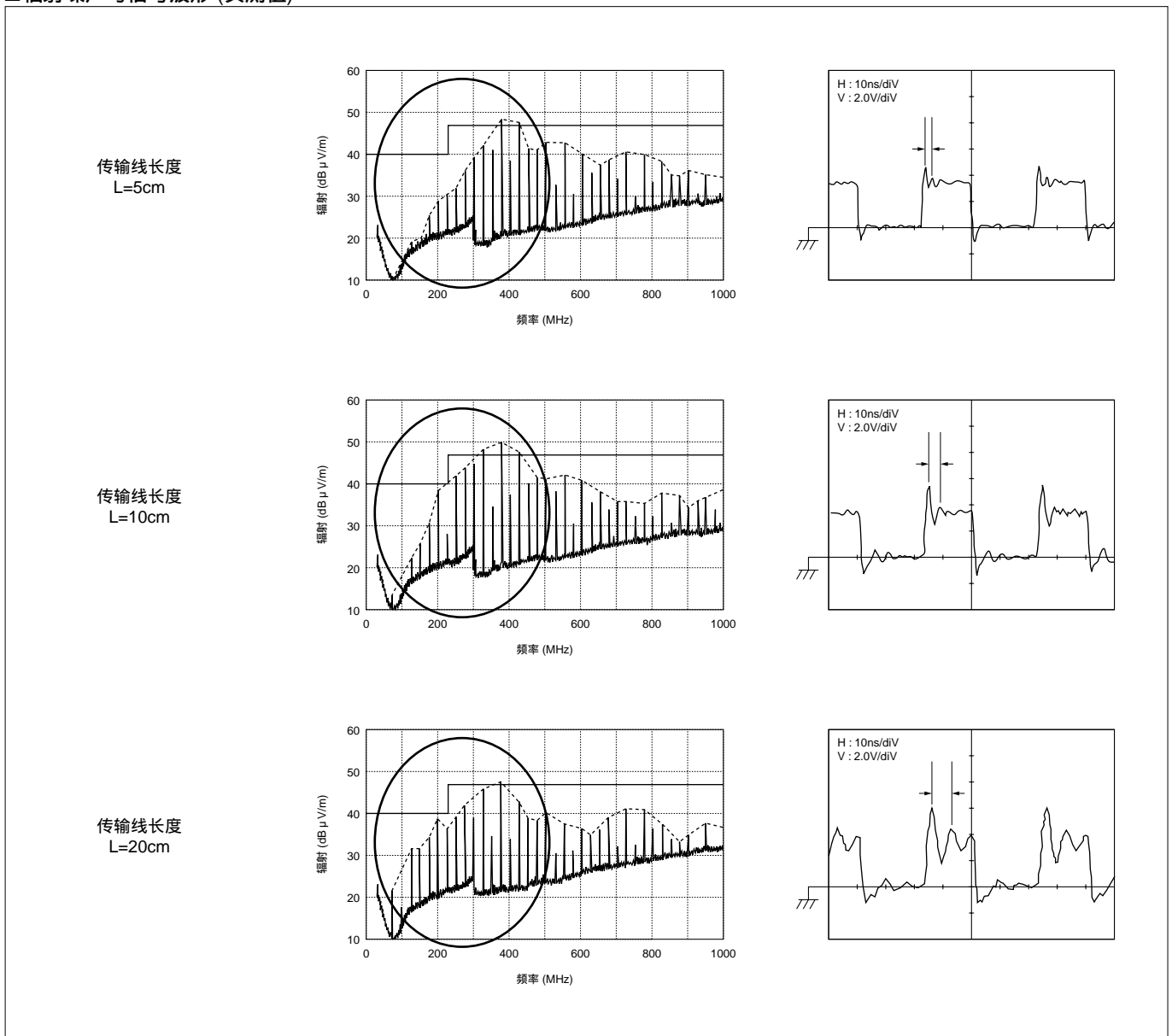
这些图显示了在同一信号频率下噪声电平随着传输线长度的变化而变化的情况。

由此可以看出, 随着传输线的延长, 尤其是在低频部分, 噪声电平则增大。

实验PWB



辐射噪声与信号波形 (实测值)



5. 信号布局宽度的影响

这些图显示了辐射噪声电平和波形随着传输线布局宽度变化而变化的情况。当传输线布局宽度减小, 辐射噪声电平也减小。这种现象可能是由于随着传输线特性阻抗增大, 流经传输线的电流减少所造成的。

对于波形, 由此可以看出, 随着传输线布局宽度增大, 波形振铃受到了抑制。这可能是由于增大布局宽度降低了传输线的特性阻抗, 而当传输线阻抗降低到等于IC的输出阻抗(本例中约为20 Ω)时, 信号反射将降到最小。

特性阻抗: Z

$$Z = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

L : 单位长度的电感

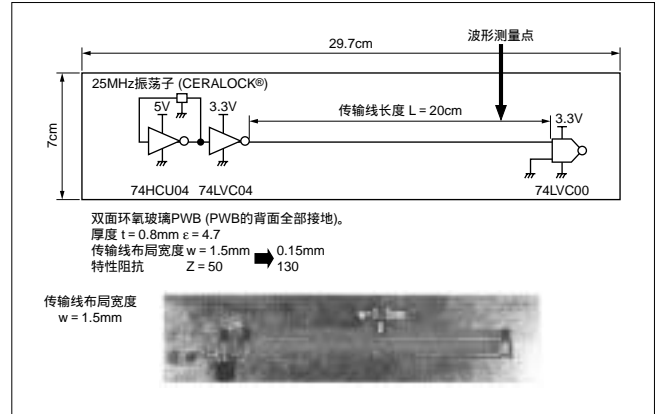
C : 单位长度的电容量

$$\text{电流 } I = \frac{V_i}{Z} - \frac{V_r}{Z}$$

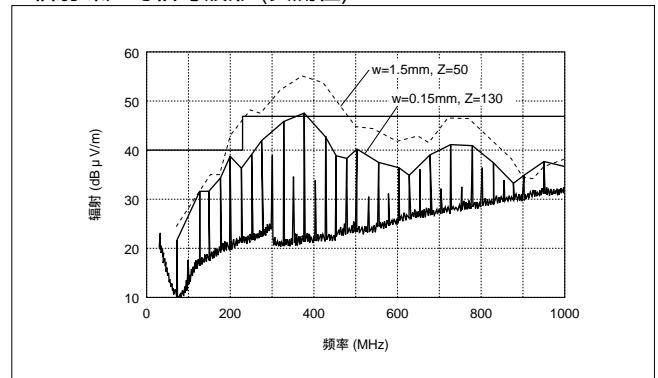
V_i : 行波电压

V_r : 反射波电压

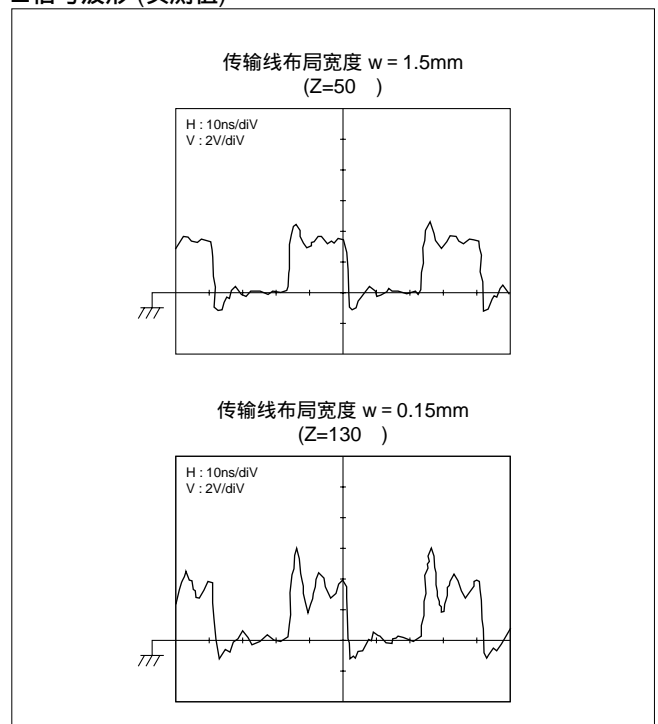
实验PWB



辐射噪声与信号波形 (实测值)



信号波形 (实测值)

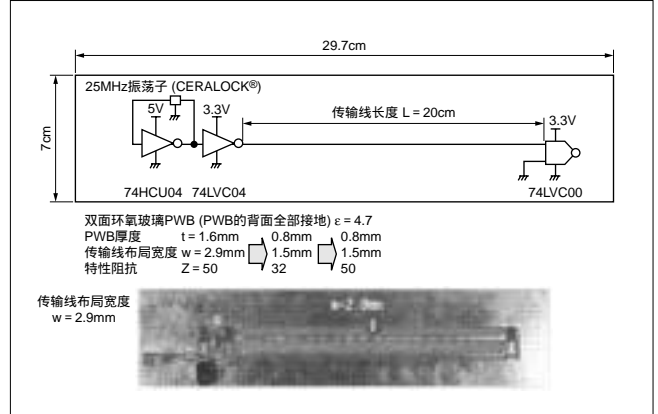


2 抑制EMI噪声发射

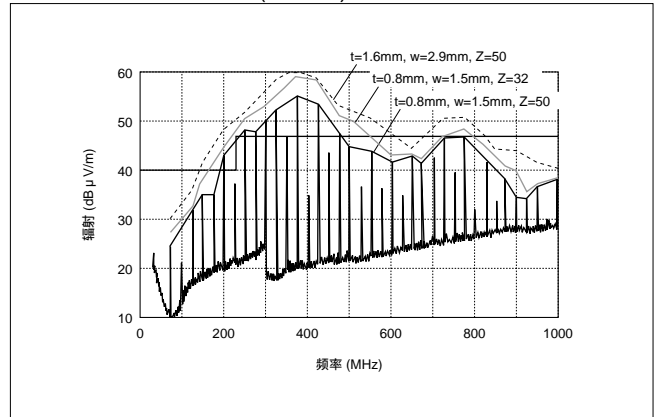
6. PWB厚度的影响

此图显示了辐射噪声电平随PWB厚度变化而变化的情况。
当同时改变PWB厚度和布局宽度从而得到相同特性阻抗时，
辐射噪声电平将随着PWB厚度的减小而降低。

实验PWB



辐射噪声与信号波形 (实测值)



7. 屏蔽

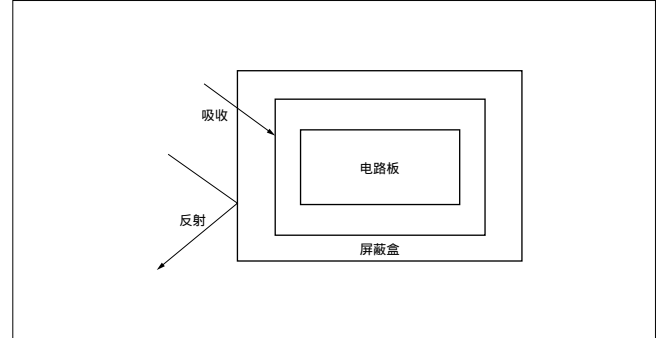
屏蔽盒

下面将阐述有关屏蔽PWB的注意事项。一般而言，屏蔽效果取决于反射和吸收的条件。但是，当PWB采用金属盒屏蔽时，在数字设备噪声条例所管制的30MHz以上频率范围，反射要比吸收的影响更重要。作为一种通用的屏蔽方法，应使用导电材料如铁或铝来屏蔽PWB。

发挥屏蔽效果的关键是如何设计屏蔽盒的开口和连接部分之间的间隙。必须增多屏蔽盒的连接部分，从而使开口和间隙的最长的边减至最小。

屏蔽盒的连接部分必须具有较低的阻抗，而且必须相互紧密结合，不许有间隙。应确保屏蔽盒的金属表面没有绝缘材料涂层。

屏蔽原理



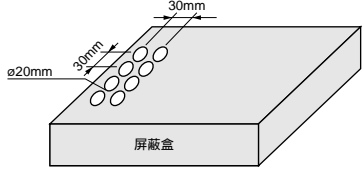
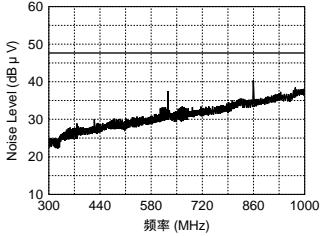
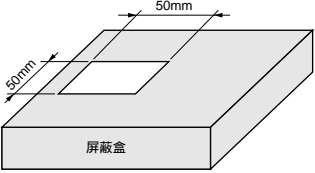
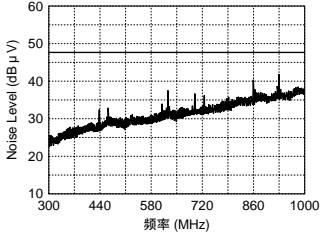
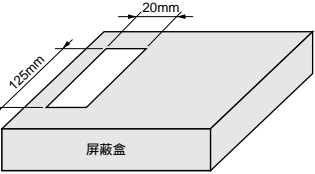
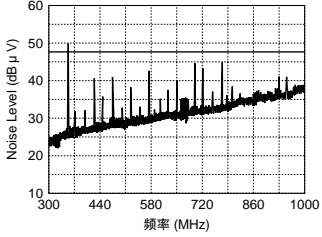
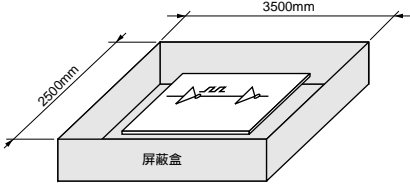
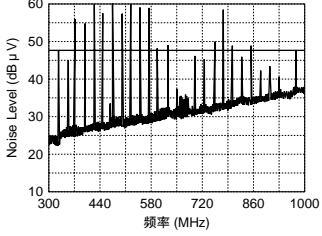
屏蔽的关键

| | 良好示例 | 不良示例 |
|------|---------------------------|------|
| 开口部分 | <p>散置小孔</p> | |
| 盖连接 | <p>尽可能地减小间隔，以获得低阻抗连接。</p> | |

2 抑制EMI噪声发射

屏蔽盒开口的影响

图中显示了数字电路在各种屏蔽条件下辐射的噪声的变化。
假设屏蔽盒的开口总面积约为2500mm²，如下图改变了开口形状。
从这些测量中可以看出，当开口面积被分割成小孔时可以获得较为优越的屏蔽效果。
但是，当屏蔽盒具有单个矩形开口时，将会显著地降低屏蔽效果。

| 开口部分的形状 | 噪声发射 |
|--|--|
| <p>ø20mm × 8 (2513mm²)</p>  |  |
| <p>50mm × 50mm (2500mm²)</p>  |  |
| <p>125mm × 20mm (2500mm²)</p>  |  |
|  |  |

使用金属盒对测试板进行屏蔽，而使用1m法对辐射噪声进行了测量。
(信号频率：25MHz)

3 EMI静噪滤波器的选择与使用方法

本章描述了如何选择用于噪声抑制的EMI静噪滤波器, 并将通过引用EMI静噪滤波器在典型电路中的应用示例讲述如何有效地使用该滤波器。

EMI滤波器的静噪效果与信号波形失真之间的关系 (1)

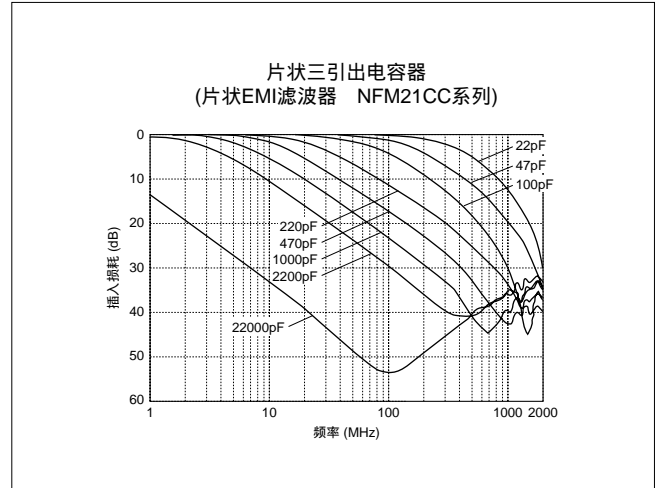
一般而言, EMI静噪滤波器属于低通滤波器, 在消除噪声的同时将造成信号波形失真。因此, 当选择EMI静噪滤波器时, 应注意信号波形质量。

电容器型EMI静噪滤波器和电感器型EMI静噪滤波器的静噪效果会随着电容量的增大和阻抗的增大而提高。

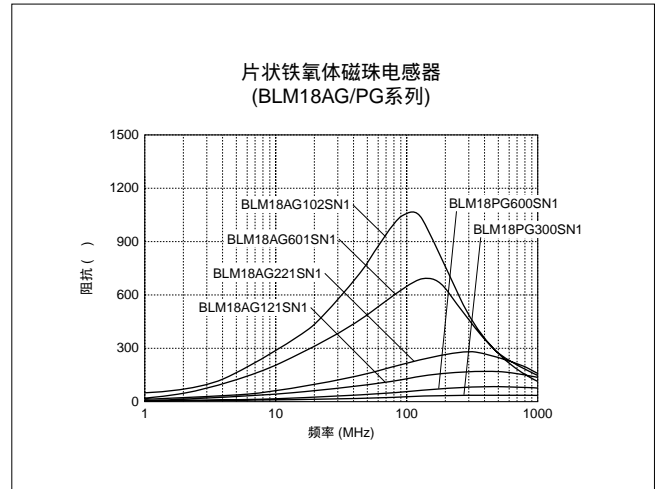
但是, 随着静噪效果的提高, 信号波形的失真也将增大。

村田制作所可提供各种类型的EMI静噪滤波器, 因此可以根据您的应用要求选择最佳的滤波器。

■ 电容型EMI静噪滤波器的插入损耗示例



■ 电感器型EMI静噪滤波器的阻抗特性示例



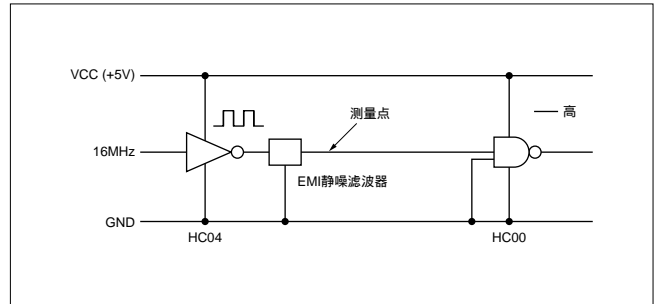
3

3 EMI静噪滤波器的选择与使用方法

EMI滤波器的静噪效果与信号波形失真之间的关系 (2)

这些图显示了在数字信号线上使用三引出电容器的电路中所测得的信号波形和谐波频谱(噪声原因)的示例。从这些测量数据可以看出, 通过增大三引出电容器的电容量可以提高静噪效果, 但是将会导致较大的信号波形失真。

测试电路



EMI静噪滤波器的静噪效果与信号波形失真之间的关系

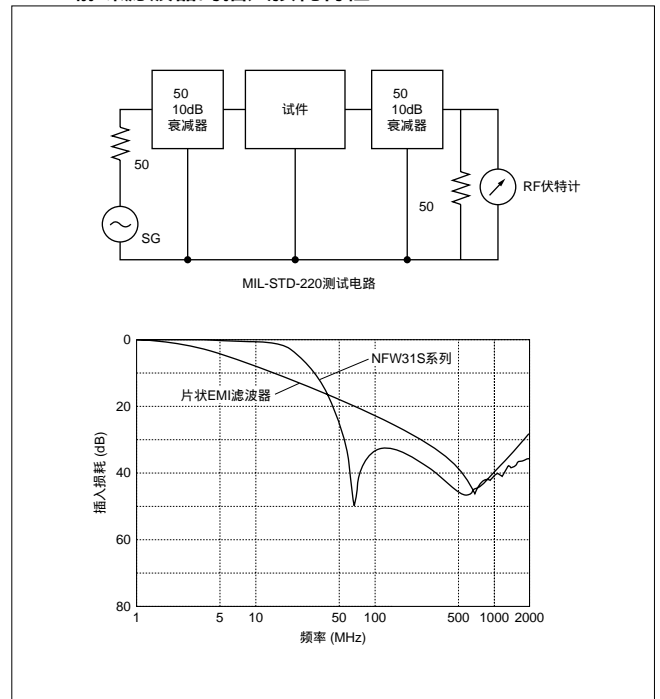
| EMI静噪滤波器 | 信号波形 | 频谱 |
|---|------------------------------|----------------------------|
| 无滤波器 | H: 10ns/div V: 1V/div | dB μ V 频率 (MHz) |
| 片状EMI滤波器 NFM21CC470U1H3 (47pF) | H: 10ns/div V: 1V/div | dB μ V 频率 (MHz) |
| 片状EMI滤波器 NFM21CC101U1H3 (100pF) | H: 10ns/div V: 1V/div | dB μ V 频率 (MHz) |

EMI静噪滤波器的选择与使用方法 3

EMI滤波器的静噪效果与信号波形失真之间的关系 (3)

信号线用EMI静噪滤波器具有陡峭的频率特性, 从而可以在消除噪声的同时减小信号波形的失真。在数字信号线上使用该EMI静噪滤波器的电路中, 对信号波形和谐波频谱进行了测量, 将测量数据与使用三引出电容器的示例中获得的数据进行了比较, 其结果显示在下图中。从这些测量数据可以看出, 信号线用EMI静噪滤波器可以减小信号波形的失真, 同时可实现显著的静噪效果。

EMI静噪滤波器的插入损耗特性

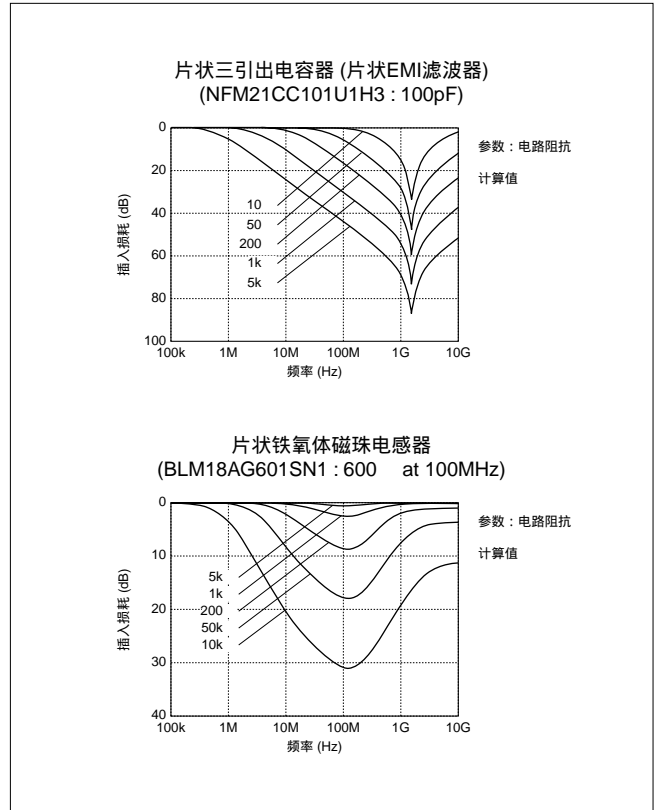


| EMI静噪滤波器 | 信号波形 | 频谱 |
|---------------------------------------|------------------------------|----|
| 信号线用EMI静噪滤波器 | H: 10ns/div V: 1V/div | |
| 片状EMI滤波器 NFM21CC470U1H3 (47pF) | H: 10ns/div V: 1V/div | |
| 片状EMI滤波器 NFM21CC101U1H3 (100pF) | H: 10ns/div V: 1V/div | |

3 EMI静噪滤波器的选择与使用方法

1. 电路阻抗与EMI静噪滤波器的效果

EMI静噪滤波器的静噪效果随着安装滤波器的电路阻抗而发生变化。一般而言, 电容器型EMI静噪滤波器在高阻抗电路中, 而电感器型EMI静噪滤波器在低阻抗电路中, 可获得显著的静噪效果。使用电容器型EMI静噪滤波器很容易实现相对较大的静噪效果。另一方面, 电感器型EMI静噪滤波器由于不需要连接到GND线, 因而易于安装, 并可以实现稳定的静噪效果。



2. 电容器型或电感器型EMI静噪滤波器的选择方法

1. 在噪声源处

(a) 电容器型EMI静噪滤波器作为主器件

- 具有高电路输入阻抗或输出阻抗的线路
- 具有高噪声电平的线路
(例如：时钟线、控制总线)

(b) 电感器型EMI静噪滤波器作为主器件

- 具有低电路输入阻抗或输出阻抗的线路
(例如：连接总线控制器的电源线)
- 具有相对较低噪声电平的线路
(由于该滤波器不需要接地因此易于安装)
- 需要进行电流控制的线路
(例如：多条线同时开关,因而较大电流流向地线；地址 / 数据总线、控制总线)

2. 传导路径上的噪声

将电容器型和电感器型EMI静噪滤波器组合使用。

要抑制传输线如接口电缆连接器中的噪声，应将电感器型EMI静噪滤波器与电容器型EMI静噪滤波器组合起来一起使用，因为这种线路需要达到显著的静噪效果，并且在大多数情况下，无法达到稳定的GND状况。

当多数电容器和电感器组合使用时，要确保不同类型的元件相邻安装 (即电容器和电感器要交替安装)。

3 EMI静噪滤波器的选择与使用方法

3. 用于噪声源的EMI静噪滤波器的示例

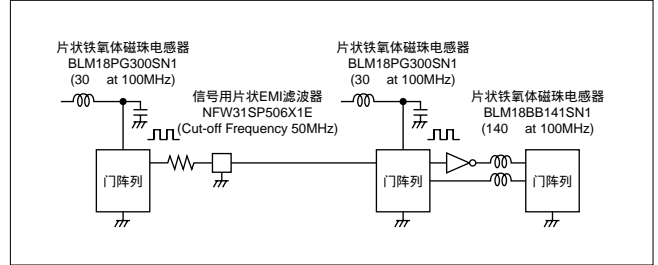
1. 时钟线

时钟线拥有电路中的最高频率。

当信号线较长时，时钟信号可能会发射较强噪声。此外，由于信号频率接近噪声频率，因此很难在保持信号波形的同时从时钟信号线中消除噪声。因此，应使用具有陡峭频率特性的信号线用EMI静噪滤波器，或使用高速信号线用片状铁氧体磁珠电感器，以便从时钟信号线中消除噪声。

如果可以缩短信号线，可以使用片状铁氧体磁珠电感器，因为相对较低的静噪效果也可解决该情况。

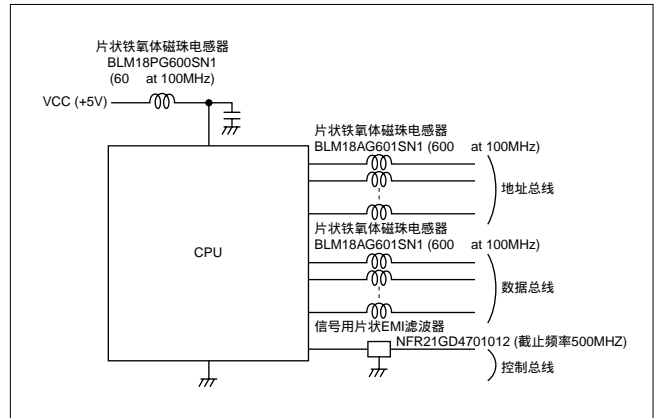
要为驱动时钟信号的IC消除从电源发射的噪声，应使用片状铁氧体磁珠电感器并组合旁路电容器。



2. 总线

由于在总线中很多信号同时开关，因此将有较大瞬间电流流过电源线和GND线，并导致噪声干扰。要消除此类噪声，较为有效的方法是通过减小流经信号线的电流来抑制流过电源线和GND线的电流。为此，应对每条信号线使用铁氧体磁珠电感器。

如果需要较大的静噪效果，应使用具有内藏电阻的信号线用片状EMIFIL®。



3

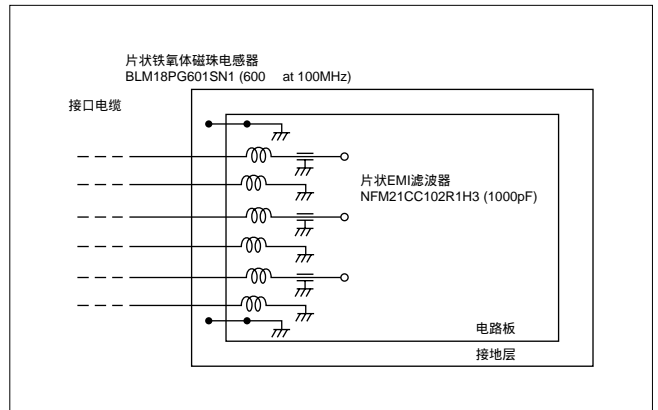
EMI静噪滤波器的选择与使用方法 3

4. 用于传导噪声路径的EMI静噪滤波器的示例

1. 信号电缆连接部分

如果需要较大的静噪效果，应使用片状EMIFIL[®]，即电容器型EMI静噪滤波器，并组合使用片状铁氧体磁珠电感器。如果相对较低的静噪效果也可解决问题，仅使用片状铁氧体磁珠电感器即可。

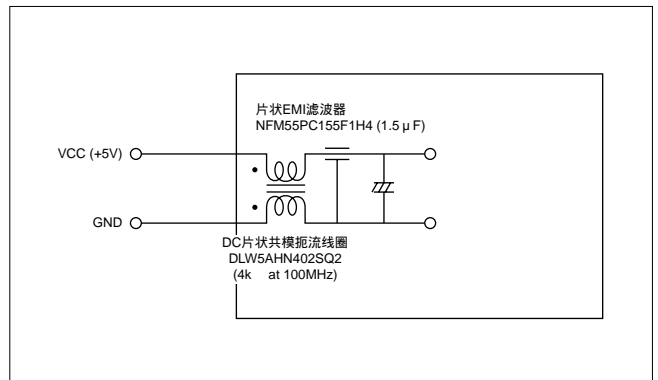
如果想更有效地利用电容器型EMI静噪滤波器时，必须将EMI静噪滤波器的GND端子连接到稳定地上。如果没有稳定地可用，应设置接地层以增强GND状况。



2. 电源电缆连接部分

对电源线采取EMI静噪措施时，应先确定传导的噪声模式，然后必须使用与该特定噪声模式相适应的EMI静噪滤波器。在接地相对稳定的电路中，常态噪声为主要噪声。在接地不稳定的电路中，同时存在共模噪声。

当常态噪声和共模噪声同时存在时，必须采取对2种噪声都有效的措施。



3

3 EMI静噪滤波器的选择与使用方法

3. 电源电缆连接部分-2

使用在第1章和第2章中使用的测试板，对于电源电缆的噪声抑制进行了测试。

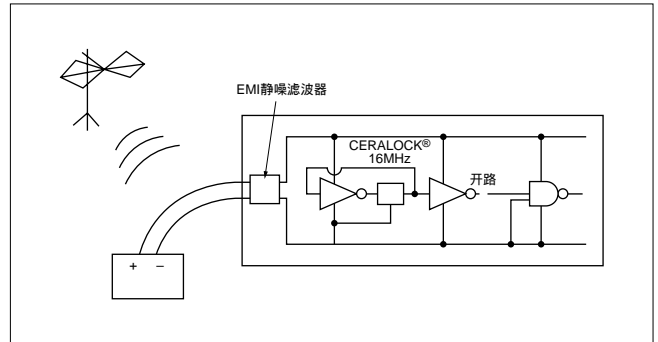
该测试板就使用下列EMI静噪滤波器，采取了针对常态噪声和共模噪声的静噪措施，以减小电源电缆的噪声辐射。

针对常态噪声：三引出电容器 (片状EMI滤波器)

针对共模噪声：共模扼流线圈

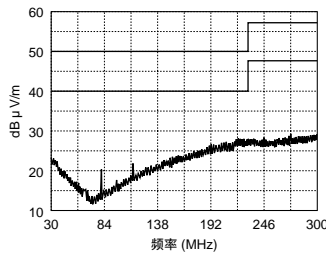
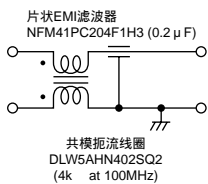
测试以拆除这些EMI静噪滤波器中的一个，这个形式来进行，其结果正如下面的数据所示。从这些数据得知，该电路板的电源电缆既辐射共模噪声又辐射常态噪声。

■测试板

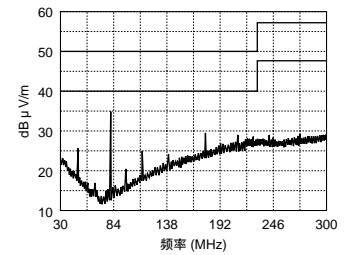
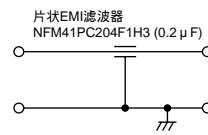


3

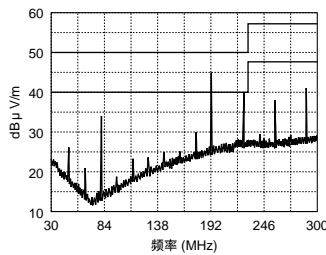
● 采取同时针对常态噪声和共模噪声的措施



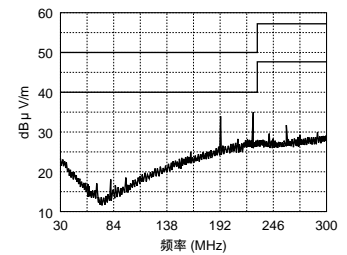
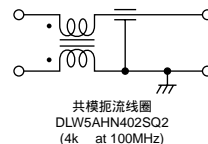
● 采取仅针对常态噪声的措施



● 无滤波器



● 采取仅针对共模噪声的措施



4 因传输线长度所引起的静噪效果差异

即使使用的是相同的输入 / 输出电路，EMI静噪滤波器的静噪效果可根据输入和输出电路之间传输线的条件会有很大的变化。本章将介绍铁氧体磁珠电感器的静噪效果随着传输线长度的变化而发生变化的示例，并将分析造成静噪效果变化的原因。

为了分析其变化原因，对传输线中的电流分布进行了测量，以考察测得的电流分布与铁氧体磁珠电感器的静噪效果之间的关系。

在本章的最后，我们将阐述当单个铁氧体磁珠电感器的静噪效果不足时，应如何提高静噪效果。

1. 静噪效果随着传输线长度而变化的示例

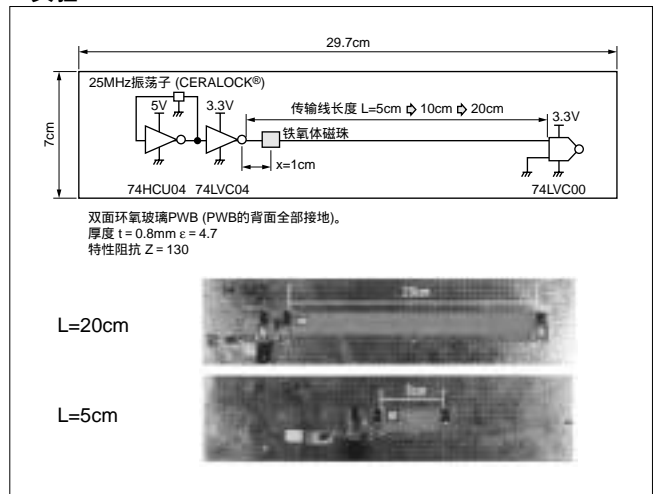
实验PWB与测量方法

本实验中使用的PWB与噪声测量条件如右所示。我们准备了频率为25MHz的数字信号，并测量了该数字信号流过传输线（微带线）时的信号波形和辐射噪声电平。

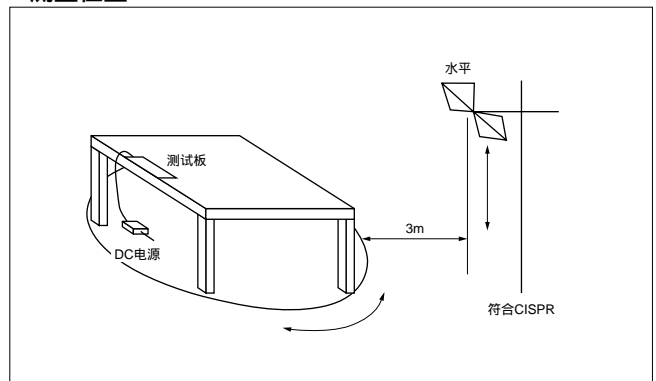
当铁氧体磁珠电感器安装在该信号线上时，信号线辐射电平的下降被定义为该铁氧体磁珠电感器的静噪效果。

在本实验中，通过从5cm到20cm的传输线长度变化，评估了静噪效果的变化。

实验PWB



测量位置



4 因传输线长度所引起的静噪效果差异

辐射噪声的测量

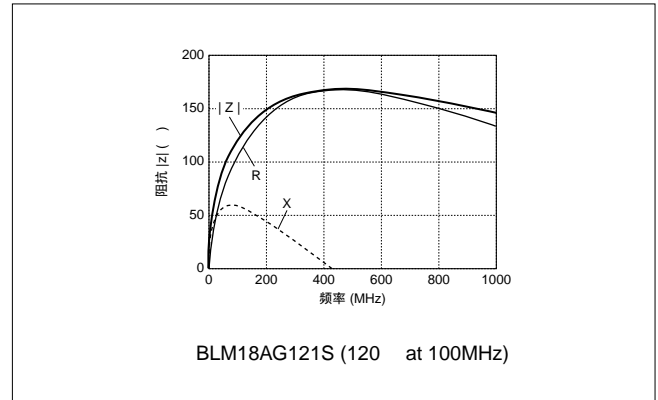
这些图显示了用作样本的铁氧体磁珠电感器的阻抗—频率特性和辐射噪声的测量结果。

虽然初始噪声电平会根据传输线长度稍有变化，但峰值频率和峰值噪声电平却几乎恒定不变。

但是，在安装铁氧体磁珠电感器后，辐射噪声电平将随着传输线长度的变化出现了显著的差异。特别是，在测量峰值噪声电平的频率375Hz处，观测到了重大的变化。对于长为5cm的传输线，噪声电平下降达到了13dB。而对于长为20cm的传输线，噪声电平却只下降2dB。

从这些测量结果得知，即使使用了同一个铁氧体磁珠电感器，静噪效果也会随着传输线长度的变化而发生重大变化。

■ 安装的铁氧体磁珠电感器



■ 辐射噪声 (实测值)

| | 安装铁氧体磁珠电感器之前 | 安装铁氧体磁珠电感器之后 |
|--------|--------------|--------------|
| L=5cm | | |
| L=10cm | | |
| L=20cm | | |

静噪效果随着传输线的长度变化而有所不同。

因传输线长度所引起的静噪效果差异 4

2. 静噪效果变化的原因分析

静噪效果变化原因的分析方法

为了分析铁氧体磁珠电感器的静噪效果随着传输线长度的变化而有所不同的原因，测量了传输线中的电流和电压分布。对于电流测量，使用了磁场探针和频谱分析仪，并准备了校正PWB以导出电流校正系数。

对于电压测量，使用了电压探针和频谱分析仪。

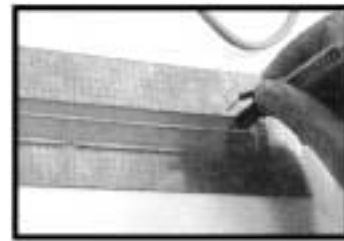
下图显示了长为20cm的传输线在安装铁氧体磁珠电感器之前的电流和电压分布的测量结果。正如从本例得知，传输线中的电流和电压根据线上的测量位置有所不同，电流 / 电压分布也会根据测量频率有所不同。

■ 电流 / 电压分布测量方法

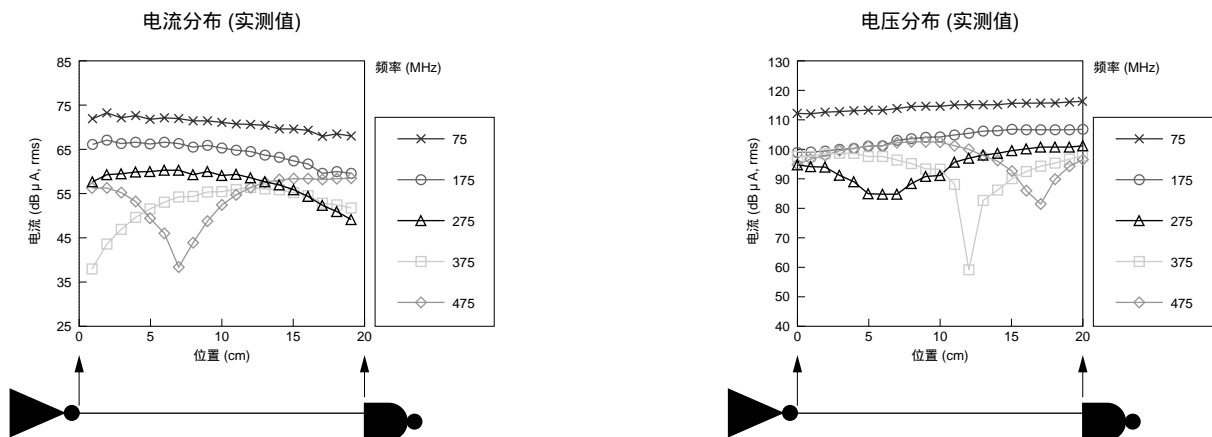
电流分布：磁场探针
(频带：1MHz - 1GHz)
(为了导出校正系数，准备校正PWB。)



电压分布：电压探针
(频带：2.5GHz)



■ 电流 / 电压分布测量示例 (当传输线的长度为20cm时)



传输线的电流 / 电压随着线路上的测量位置变化而有所不同。
同时，电流 / 电压分布也随着测量频率的变化而有所不同。

4 因传输线长度所引起的静噪效果差异

安装铁氧体磁珠电感器之后的电流分布变化

下面将铁氧体磁珠电感器安装之前的电流分布与铁氧体磁珠电感器安装之后的数据进行比较。为了比较电流的分布情况，对在频率为375MHz处的数据进行了重点观察，因为当改变实验PWB上的传输线长度时，在375MHz处，铁氧体磁珠电感器的静噪效果出现了显著的差异。下图显示了各长度的传输线下电流分布的测量结果。

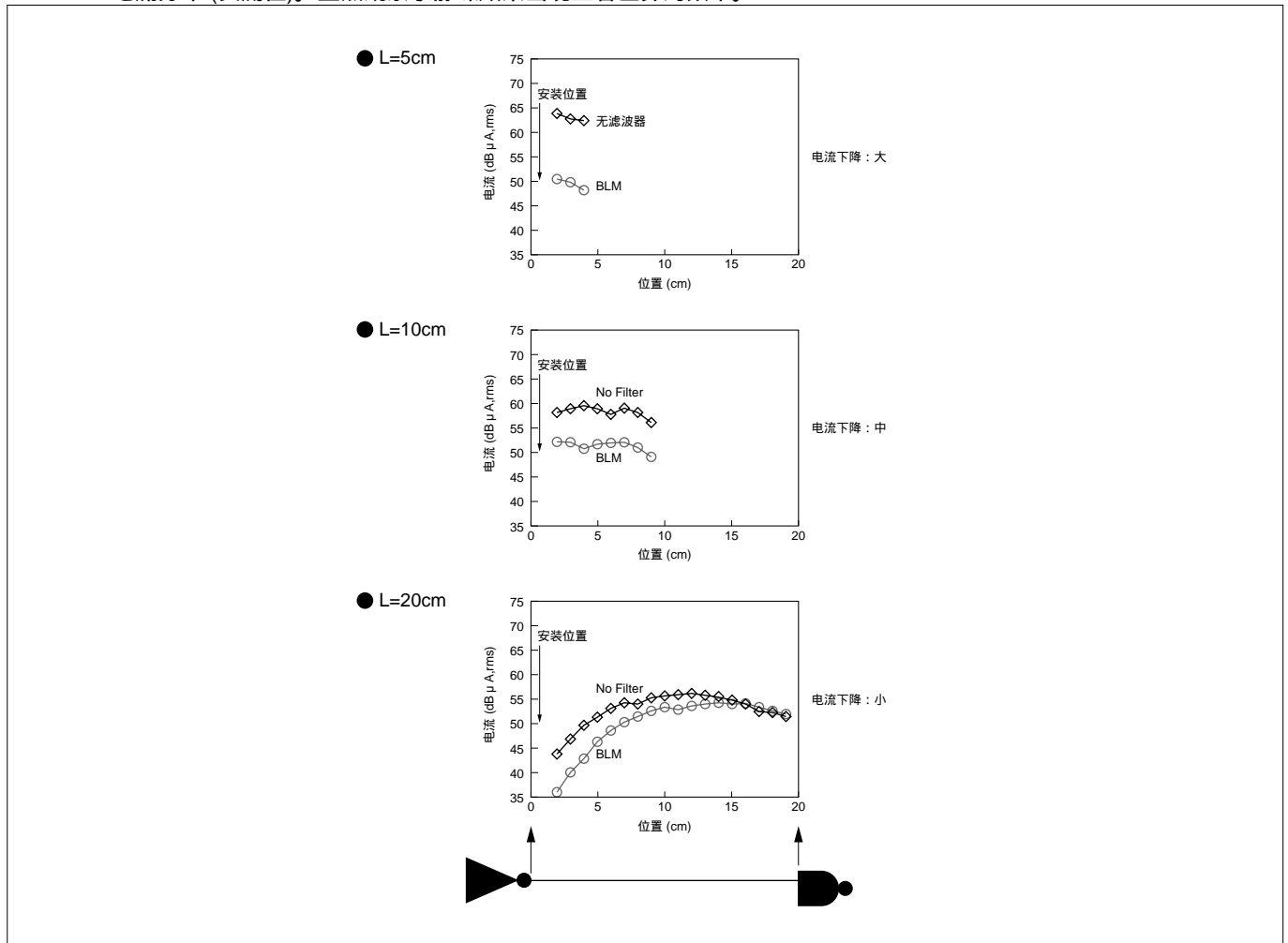
从这些测量结果得知，频率为375MHz时的电流分布，同辐射噪声电平一道，随着传输线长度的缩短而减少。

传输线长度为5cm时所测得的电流整体下降，而且峰值电流下降达13dB，辐射噪声测量结果同样如此。

然而，传输线长度为20cm时，却没有出现显著的电流下降，峰值电流下降仅2dB，辐射噪声测量结果同样如此。

4

■375MHz电流分布 (实测值)。重点观察了静噪效果出现显著差异的频率。



因传输线长度所引起的静噪效果差异 4

变化原因的分析

至此已了解到, 在电流分布变化与辐射噪声变化之间存在着某种关系。

在此将对安装铁氧体磁珠电感器之前每种长度传输线的电流分布数据进行了比较。

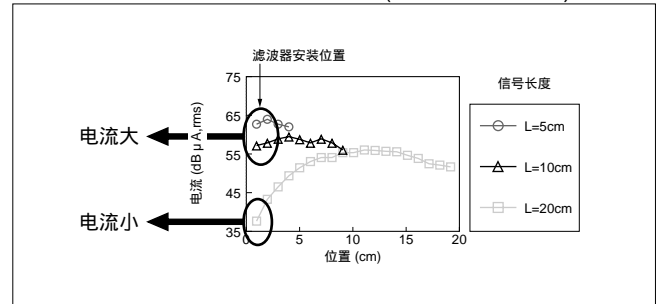
通过关注铁氧体磁珠电感器安装位置处的电流分布, 可观察到在长为5cm和10cm的传输线中出现较大电流, 这时铁氧体磁珠电感器具有显著的静噪效果。另一方面, 在长为20cm的传输线中, 铁氧体磁珠电感的静噪效果则较低, 在滤波器安装位置处测得的电流为最小值, 而峰值电流则出现在远离滤波器安装位置或稍微靠近负载的位置处。

然后, 将电流值除以电压值, 计算出了阻抗。在长为5cm和10cm的传输线上滤波器安装位置处的阻抗低于100 Ω 。另一方面, 在长为20cm的传输线上滤波器安装位置处的阻抗则约为1k Ω , 远远大于前一个值。

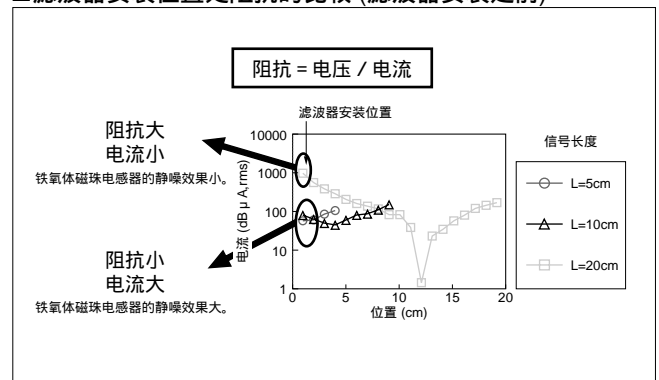
由于铁氧体磁珠电感器是阻抗分量, 因此当滤波器安装位置处的阻抗较小时, 它可以获得显著的静噪效果。但是, 当滤波器安装位置处的阻抗较大时, 它却很难达到足够的静噪效果。在使用长为20cm的传输线的实验中, 滤波器安装位置处的阻抗高达1k Ω , 而铁氧体磁珠电感器的阻抗仅有166 Ω 。

因此, 我们推断在长为20cm的传输线上铁氧体磁珠电感器达不到足够的静噪效果。

■滤波器安装位置处电流值的比较 (滤波器安装之前)



■滤波器安装位置处阻抗的比较 (滤波器安装之前)



4 因传输线长度所引起的静噪效果差异

峰值电流损耗根据传输线长度的差异

通过前面的研究已了解到，传输线上的电流和电压根据线路上的测量位置有所变化，电流和电压分布则根据测量频率有所变化。同时已了解到，电流/电压分布的差异会影响铁氧体磁珠电感器的静噪效果。

在前面的实验中，重点观察了375MHz频率处。在下一步中，研究了静噪效果是如何根据测量频率发生变化的。

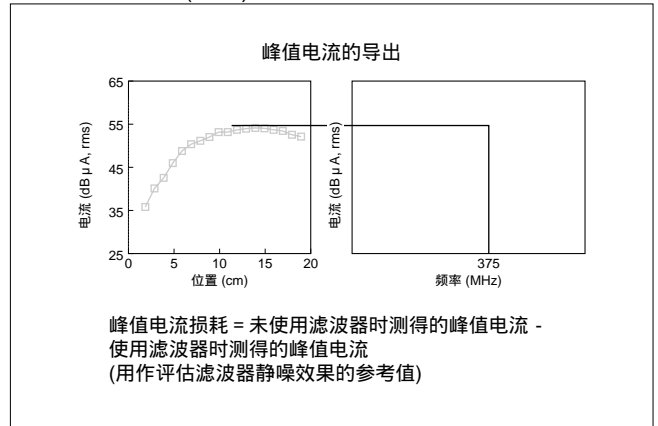
本研究基于峰值电流损耗，峰值电流损耗通过在每个测量频率上从未使用滤波器的传输线中测得的峰值电流中减去使用滤波器的传输线中测得的峰值电流而得出。

峰值电流损耗可用作评估滤波器对辐射噪声的静噪效果的参考值。

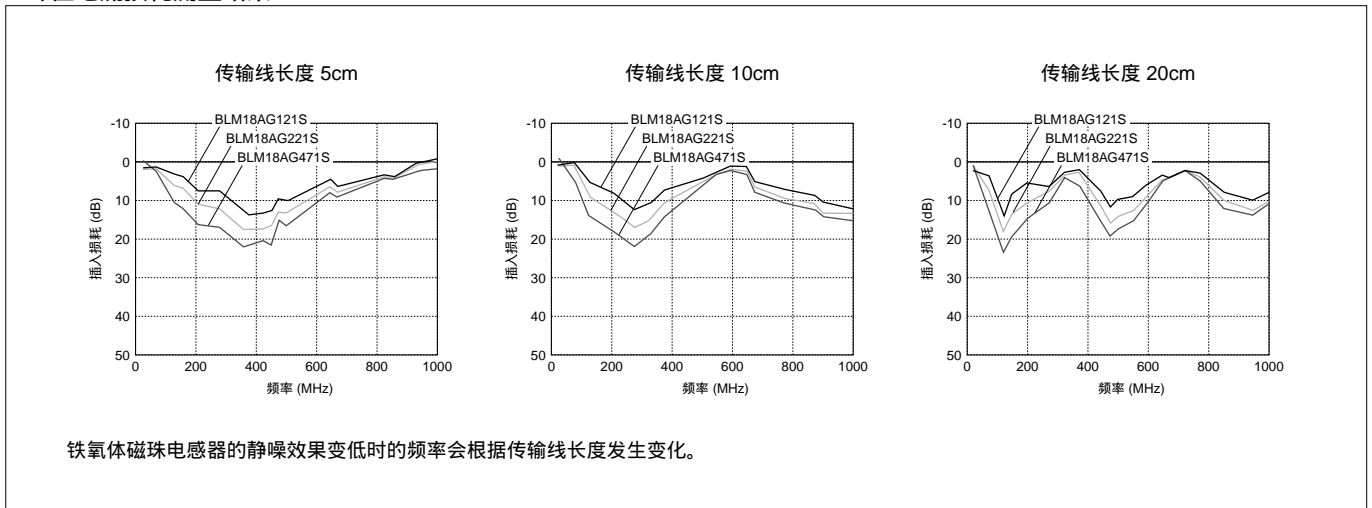
下图显示了在长为5cm、10cm和20cm的传输线上的峰值电流损耗的测量结果。

从这些图中得知，铁氧体磁珠电感器静噪效果变低时的频率会根据传输线长度发生变化。

■峰值电流损耗 (定义)



■峰值电流损耗测量结果



因传输线长度所引起的静噪效果差异 4

传输线长度对铁氧体磁珠电感器静噪效果的影响

此表中列出了实验PWB上的铁氧体磁珠电感器难以发挥足够静噪效果时的频率。

假设将铁氧体磁珠电感器用于一般的C-MOS数字电路，测量结果显示，在长为5cm的传输线上，在频率低于1GHz处，铁氧体磁珠电感器极有可能发挥足够的静噪效果。与此相反，如果传输线变长，会明显地观测到铁氧体磁珠电感器难以发挥足够静噪效果时的频率所在。

■铁氧体磁珠电感器的静噪效果变小时的频率示例

| 传输线长度 | | |
|-------|--------|------------------|
| 5cm | 10cm | 20cm |
| 1GHz | 600MHz | 350MHz 700MHz |

(铁氧体磁珠电感器用于C-MOS数字电路时)

铁氧体磁珠电感器静噪效果

当传输线长度为5cm以下时



铁氧体磁珠电感器在1GHz以下频率处可发挥足够静噪效果

当传输线长于5cm时



可明显观察到铁氧体磁珠电感器不能发挥足够静噪效果时的频率所在。

4 因传输线长度所引起的静噪效果差异

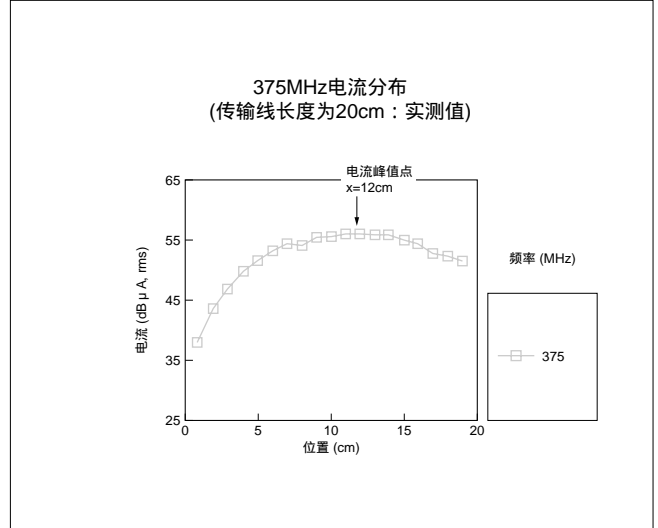
3. 提高静噪效果的方法

提高静噪效果的方案1：研究铁氧体磁珠电感器的安装位置

在一般的C-MOS数字电路中，已了解到，根据传输线长度，铁氧体磁珠电感器可能难以发挥足够静噪效果。下面，研究了如何提高静噪效果以应对这种情况。

从前面研究的结果得知，铁氧体磁珠电感器静噪效果不足的原因是由于铁氧体磁珠的安装位置处的微小电流所引起的。于是进行了以下实验，假定将铁氧体磁珠的安装位置改变到峰值电流点处可提高静噪效果。

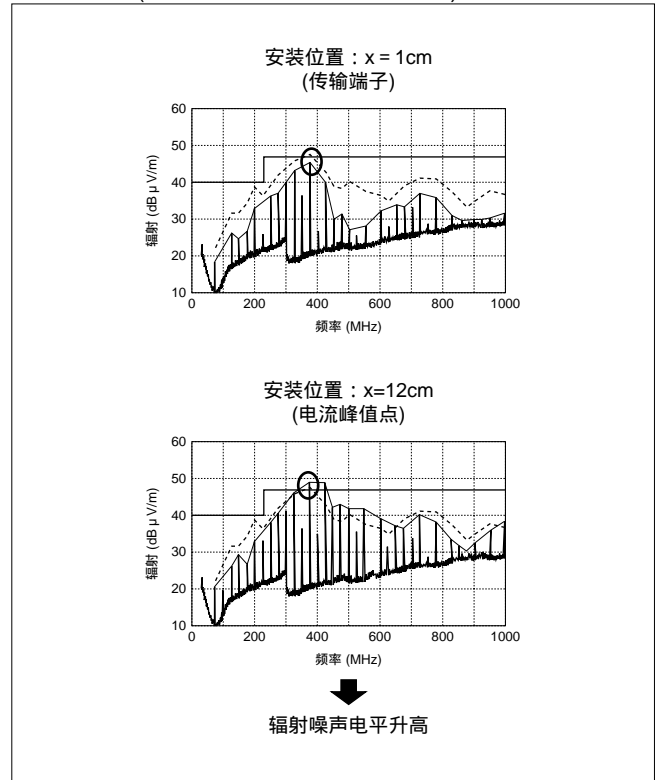
在本实验中，使用了长为20cm的传输线，并重点观察了375MHz频率处的噪声电平。



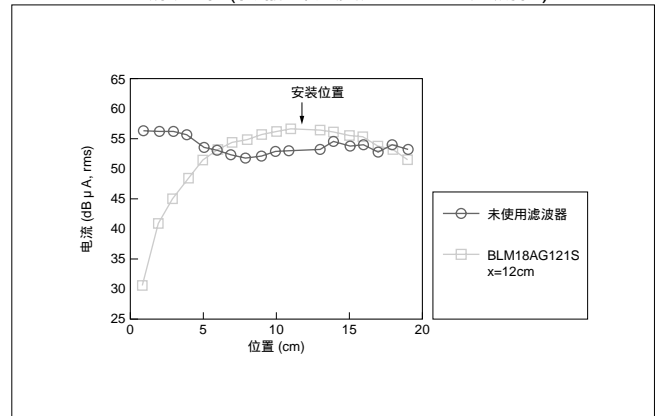
因传输线长度所引起的静噪效果差异 4

铁氧体磁珠电感器的安装位置移动后的测量结果
这些图显示了当把铁氧体磁珠电感器安装位置移向在频率
375MHz处的峰值电流点时的辐射噪声电平的结果。
与所预期的结果相反，在375MHz处测得的辐射噪声电平高
于初始值。
为了考察这一现象的原因，测量了375MHz处的电流分布，
其测量结果如图所示。当铁氧体磁珠电感器从传输端子移开
时，流经铁氧体磁珠电感器与传输端子之间的传输线的电流
变大，因此得知这将是辐射噪声电平升高的原因。
考虑到这一现象，在大多数情况下，应该将铁氧体磁珠电感
器安装在靠近传输端子的位置，以提高静噪效果。

辐射噪声 (传输线长度为20cm : 实测值)



375MHz电流分布 (传输线长度为20cm : 实测值)



4 因传输线长度所引起的静噪效果差异

方案1的校正：使用多个铁氧体磁珠电感器

当铁氧体磁珠电感器安装在峰值电流点 (距离传输端子12cm) 上以抑制375MHz电流时, 流经该铁氧体磁珠电感器上游传输线的电流升高。为了抑制升高的电流, 除峰值电流点之外, 另将相同的铁氧体磁珠电感器安装到传输端子处。电流分布的测量结果显示在右图中。

峰值电流比未使用滤波器时测量的值下降了7dB。

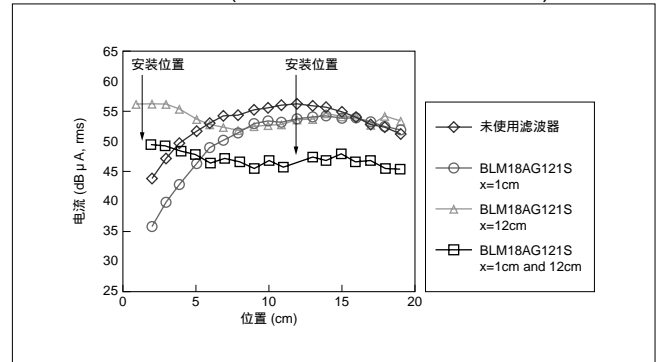
同时, 针对噪声辐射电平也评估了静噪效果。当铁氧体磁珠电感器同时安装在传输端子和峰值电流点处时, 375MHz的辐射噪声电平比未使用铁氧体磁珠电感器时的值下降了7dB。

此辐射噪声电平值比在传输端子上安装阻抗约为2倍的铁氧体磁珠电感器时的值低3dB。

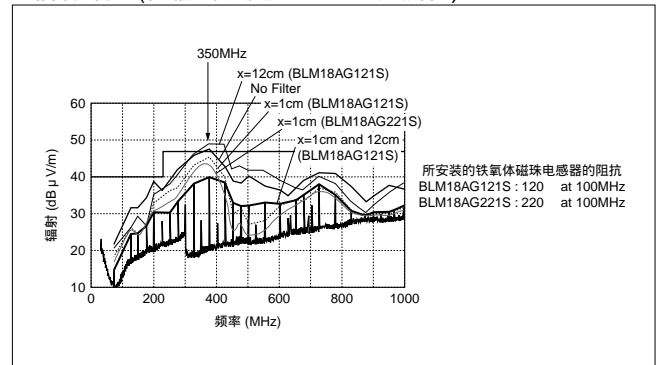
从这些结果得知, 在2个点 (传输端子和峰值电流点) 处同时安装铁氧体磁珠电感器时可获得足够的静噪效果, 即使单个具有较高阻抗的铁氧体磁珠电感器也无法获得足够的静噪效果。

这种校正方法不适合一般的使用, 因为需要找到峰值电流点的步骤。但是, 可以应用于由于电流消耗限制而只能使用铁氧体磁珠电感器 (不能使用电容器) 的情况。

■375MHz电流分布 (传输线长度为20cm：实测值)



■辐射噪声 (传输线长度为20cm：实测值)



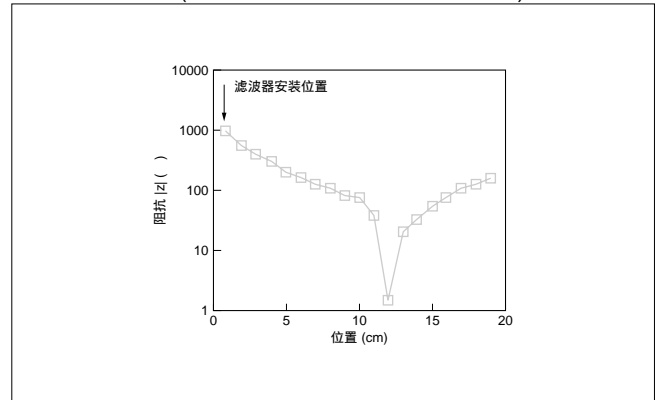
因传输线长度所引起的静噪效果差异 4

提高静噪效果的方案2：使用电容器

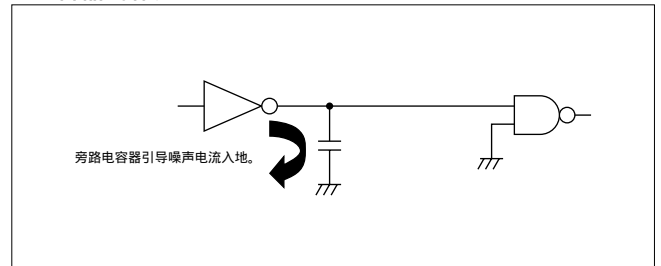
在此介绍第2种方案。

在已提到的375MHz频率处，由于滤波器安装位置处存在大阻抗，铁氧体磁珠电感器无法发挥足够的静噪效果。在这种情况下，使用旁路电容器可降低传输线与地之间的阻抗，从而有效地将噪声电流从传输线导入地。于是下面考虑如何使用电容器。

■375MHz阻抗 (传输线长度为20cm：无滤波器)



■电容器的作用



4

4 因传输线长度所引起的静噪效果差异

研究添加电容器

拆下铁氧体磁珠电感器之后，安装了容量相对较小的具有10pF的电容器。

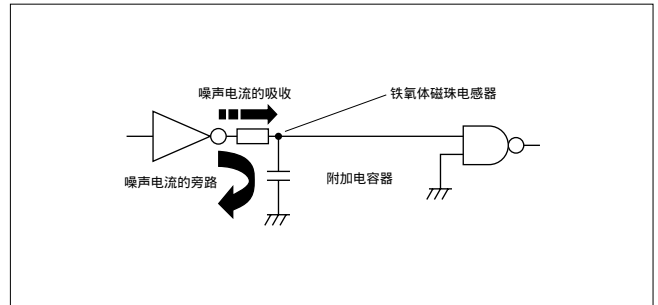
在有些频率处观测到电容器的静噪效果，但在其他频率处观测不到。

当安装位置处的阻抗较小时，铁氧体磁珠电感器可达到显著的静噪效果。另一方面，当安装位置处的阻抗较大时，电容器则可达到显著的静噪效果。因此，在本实验中，将铁氧体磁珠电感器和电容器组合安装，结果在很宽的频率范围内获得了显著的静噪效果。

375MHz时的辐射噪声电平比未使用滤波器时的值下降了18dB。

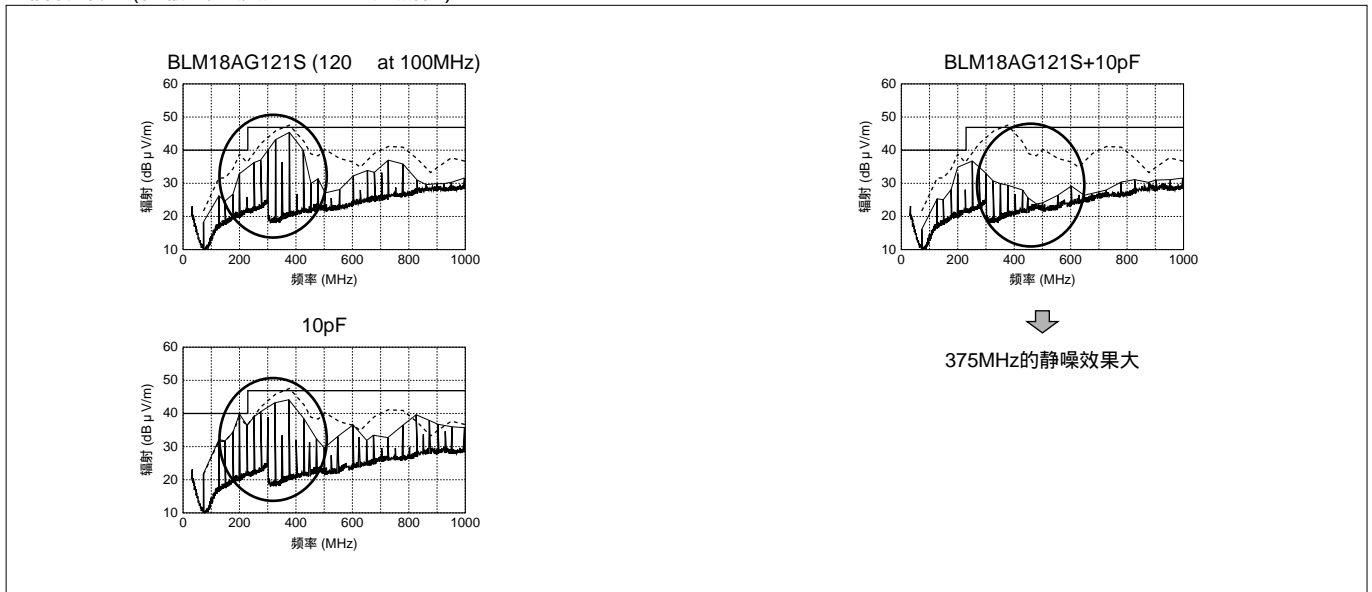
在此了解到，当单个铁氧体磁珠电感器无法单独获得足够静噪效果时，电容器和铁氧体磁珠电感器的组合使用可达到显著的静噪效果。同时，还通过与使用单个铁氧体磁珠电感器时获得的波形进行比较，对使用铁氧体磁珠电感器与电容器组合时获得的波形进行了确认。

由于附加电容器的容量相对较小（10pF），因此它对信号频率为25MHz的波形的失真影响就很小。

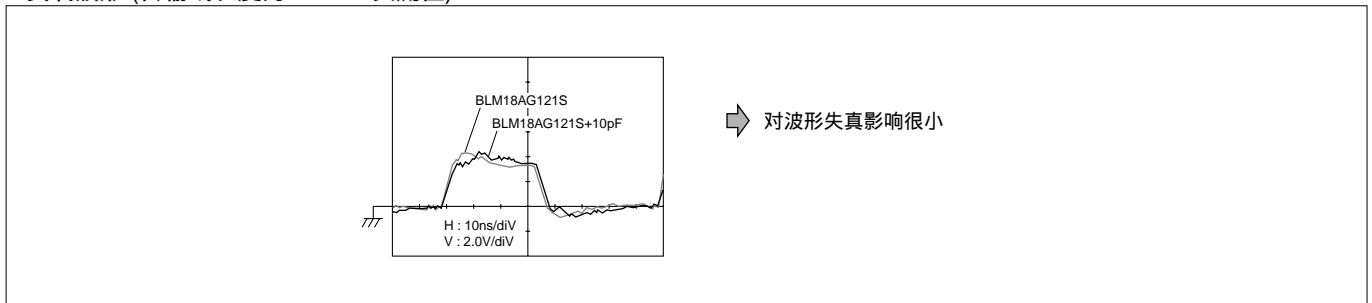


4

■辐射噪声 (传输线长度为20cm：实测值)



■负载波形 (传输线长度为20cm：实测值)



因传输线长度所引起的静噪效果差异 4

4. 铁氧体磁珠电感器静噪效果变化的原因与提高静噪效果的方法

本章介绍了铁氧体磁珠电感器的静噪效果根据传输线长度而变化的示例，并分析了该变化的原因。测量了传输线上的电流分布，以考察电流分布与铁氧体磁珠电感器的静噪效果之间的关系。从测量结果得知，传输线的电流 / 电压随着线路上的测量位置移动而发生变化，电流 / 电压分布也随着传输线条件如线路长度而变化。

通过将每个频率处的电流分布数据与铁氧体磁珠电感器的静噪效果进行比较，了解到，在铁氧体磁珠电感器的安装位置处的电流达到最小值的频率上，铁氧体磁珠电感器难以发挥足够的静噪效果。为了应对这种情况，下列方法对提高静噪效果较为有效。

- 1) 在传输端子和峰值电流点处同时安装铁氧体磁珠电感器。
- 2) 组合安装铁氧体磁珠电感器与电容器。

- △注:
1. 出口管制
<对于日本国外客户>
禁止将村田公司产品用于或出售用于任何常规武器、大规模杀伤性武器(核武器、生化武器或导弹等)以及任何其它武器的开发、生产、储存或使用。
<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2004年3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△注意事项, 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)。



株式会社 村田制作所

<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 台北营业所
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709-712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天竺空港工农业区天柱路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
深圳市福田区福华一路88号中心商务大厦21层2101至2106、2116至2120室
邮政编码: 518026
电话: 86-755-8359-2664 传真: 86-755-8359-2069
E-mail: enquiry@sz.murata.com.cn

村田电子贸易(上海)有限公司
上海市长宁区娄山关路85号 东方国际大厦C座12楼
邮政编码: 200336
电话: 86-21-6270-0611/2/3 传真: 86-21-6270-0614