

RA 系列

USB 2.0 电路板设计指南

要点

本文档描述了 USB 2.0 电路板设计指南。

对象 MCU

本文档中陈述的应用程序适用于以下情况。

RA 系列

注意：本文档中的内容是基于 USB 规范提供的参考示例，信号系统质量不受保证。在现有系统实现本实例时，应彻底评估整个系统，用户应谨慎考虑自行集成。

目录

1. 简介.....	3
2. USB 传输线.....	3
3. USBA_RREF 线.....	4
4. 电源和接地模式.....	5
4.1 USBHS 电源和地.....	5
4.1.1 USBHS 连接示例.....	6
4.1.2 USBFS 电源和地.....	6
5. VBUS 电源电路.....	7
6. EMI/ESD 解决方案.....	9

1. 简介

本应用说明未指定 USB 终端。对于每个终端，请参阅 RA 系列用户手册。

2. USB 传输线

USB 传输线讲述了连接 USB 连接器和 RA 嵌入式 USB 收发器的布线模式。

USB 2.0 有三种通信模式：高速、全速和低速模式。高速模式的通信速度为 480 Mbps。因此，USB 传输线必须设计为高频电路。

- 高速模式：USB 传输线需要采用阻抗控制
 - 全速、低速模式：USB 传输线建议采用阻抗控制
- 下面描述关于设计 USB 传输线的布线模式的注意事项。
- USB 传输线所需的特性阻抗是差分阻抗 $90\Omega \pm 15\%$ 。
 - 用于阻抗控制的布线宽度和间距取决于板厚度、材料和层配置。有关详细信息，请与电路板制造商联系。
 - 从 RA 的 USB 引脚到 USB 连接器的 USB 传输线的布线长度必须设计成不超过 USB 规范规定的最大延迟时间。表 1 列出了主机和外围设备 USB 传输线的布线模式长度的建议值。

表 1 USB 传输线布线长度建议值

	最大延时时间(USB 规范)	线长	D+ 和 D- 线长差分
主机控制器	3ns	300 mm 或者更短	2.5 mm 或者更短
• 从机控制器	• 1ns	• 100mm 或者更短	• 2.5 mm 或者更短

注意：

USB 传输线必须参考接地平面。接地平面必须至少比 USB 传输线宽 2mm。接地平面的电源为 GND。

不要在 USB 传输线附近分配其他信号线。特别是，诸如时钟和数据总线的剧烈波动信号线必须远离 USB 传输线分配。此外，USB 传输线和其他线路不得交叉。

与 USB 传输线相同的层（表层）应与 USB 相距 1mm 并用保护环接地。

USB 传输线应分配在同一层，不要穿孔。此外，传输线不应分叉。

USB 传输线应采用均匀间距布线。

USB 传输线应远离振荡器、电源电路和其他 I/O 连接器。

USB 传输线应采用直线连接。如果需要拐弯处理，则应以弧形轻度弯曲或角度大于 135 度，并且不以锐角或直角弯曲。

图 1 展示了主机控制器 USB 传输线模式的设计示例，图 2 展示了从机控制器 USB 传输线模式的设计实例。

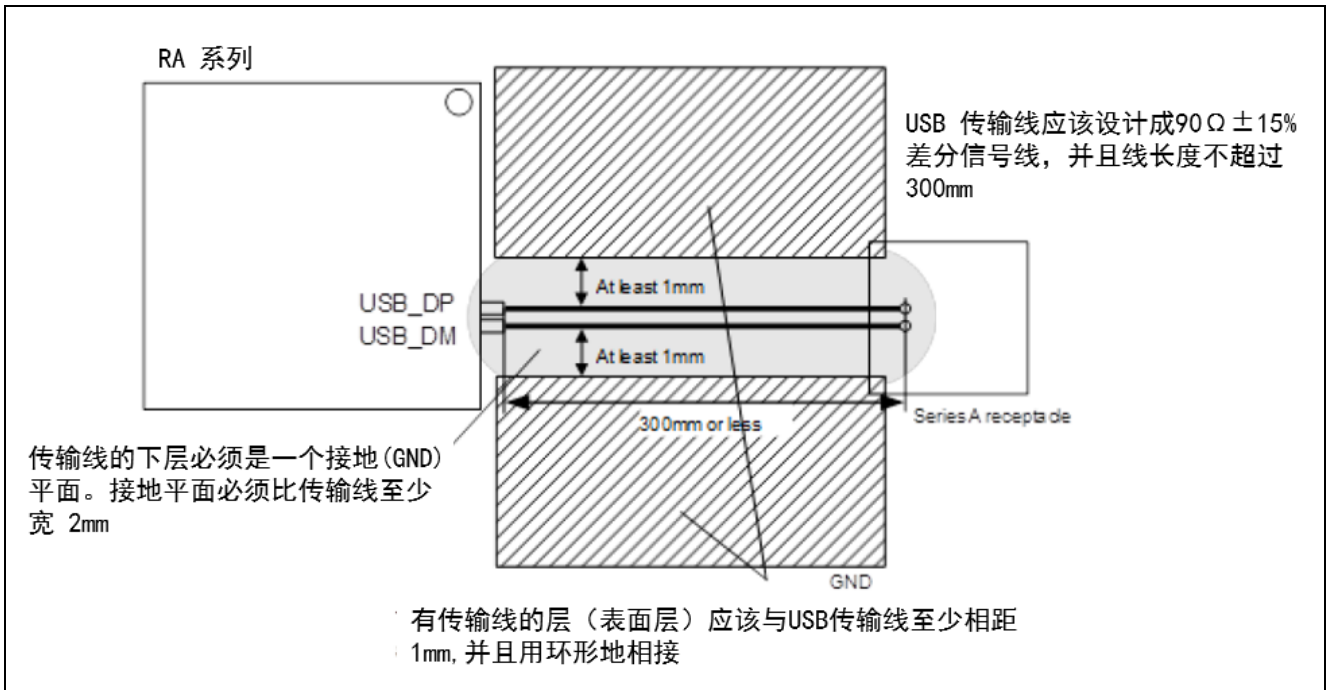


图 1 USB 主机控制器传输线设计范例

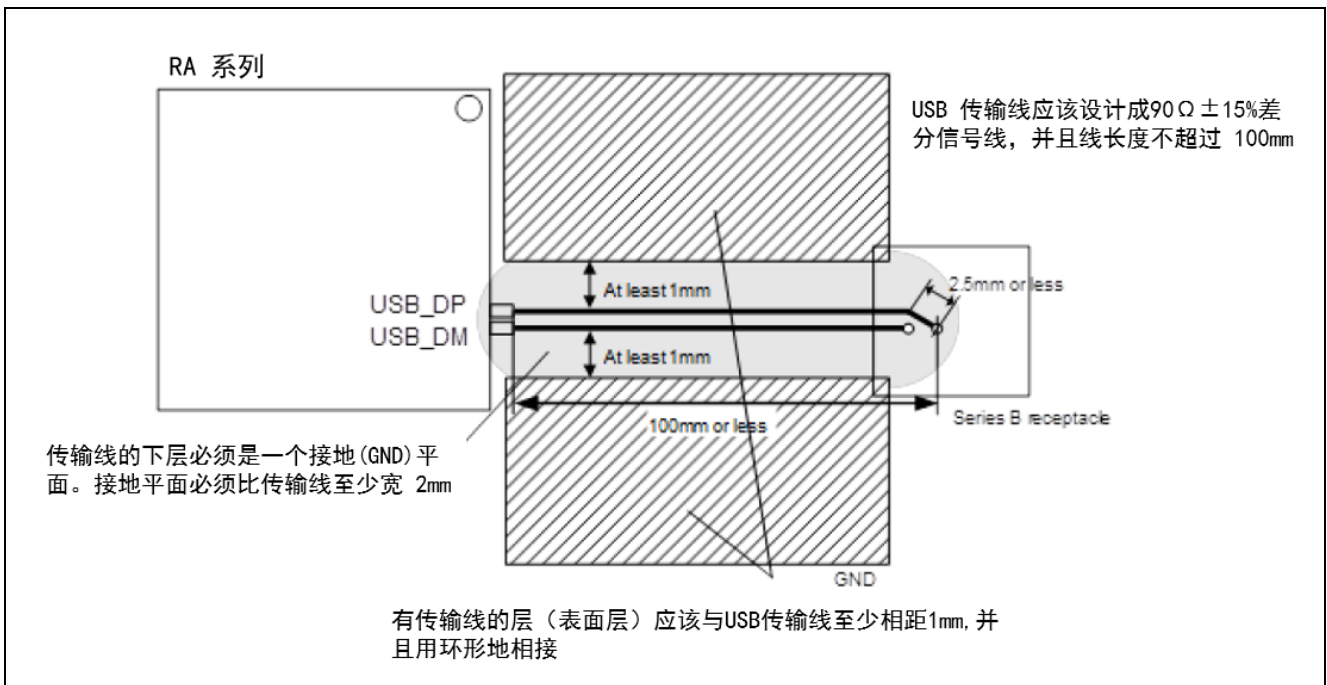


图 2 USB 从机控制器传输线设计范例

3. USBA_RREF 线

RA 高速驱动器的稳态电流和 PLL 偏置电流由 USBHS_RREF 和 GND 之间的外部电阻器确定的参考电压产生。

换言之，USBHS_RREF 布线的电压波动导致稳态电流和偏置电流的波动，并影响 PLL 的稳定性和发送和接收波形（传输波形的抖动和振幅）。

因此，需要采取抑制噪声的对策。

RA 系列全速驱动器没有此终端。

- 在 USBHS_RREF 和 GND 之间放置一个 2.2K Ω 的参考电阻（电阻精度 $\pm 1\%$ ）。
- 不要将电容与参考电阻并联放置。
- 避免干扰参考电阻中的其他信号。
- 将 USBHS_RREF 布线的寄生电阻设计为 0.5 Ω 或更小。
- 避免干扰其他信号，例如使用 USBHS_RREF 布线的内层，以防止来自噪声源的干扰。
- 布线时，使其他信号布线不会与 USBHS_RREF 交叉。
- 使 USBHS_RREF 布线远离其他信号线。

4. 电源和接地模式

4.1 USBHS 电源和地

RA 系列高速兼容产品是高频电路，因此需要以下电源和 GND 的处理。

1. 模拟电源

AVCC_USBHS 引脚连接到模拟电源平面。

保持模拟电源的接线阻抗尽可能小。

通过电感和磁珠将模拟电源与数字电源分开。在这种情况下，请在数字电源调节器附近分开。然而，根据电路板来看，即使它们没有分开，PLL 稳定性和发送/接收波形也可能不会受到影响。最后，对整个电路板进行评估，如果结果没有问题，那么移除电感器和磁珠也没有问题。

在每个电源引脚和 GND 之间放置一个去耦电容，以抑制电压波动。

在芯片附近放置一个 10000 pF 的陶瓷电容。

布线时，确保没有其他信号布线穿过模拟电源平面。

使模拟电源平面远离其他信号布线。

2. 数字电源

VCC_USBHS 终端连接到数字电源平面。

让数字电源线的阻抗尽可能小。

在每个电源引脚和 GND 之间放置一个去耦电容，以抑制电压波动。

在芯片附近放置一个 10000 pF 的陶瓷电容和一个 47 μ F 的电解电容。47 μ F 电容可以放置在远离芯片的地方。

3. GND

连接 VSSx_USBHS/PVSS_USBHS/AVSS_USBHS 引脚到 USB GND 平面

使 GND 走线阻抗尽可能小。确保没有其他信号线穿过 USB GND 平面。使 USB GND 平面远离其他信号线。

4.1.1 USBHS 连接示例

USBHS 连接示例如下所示。

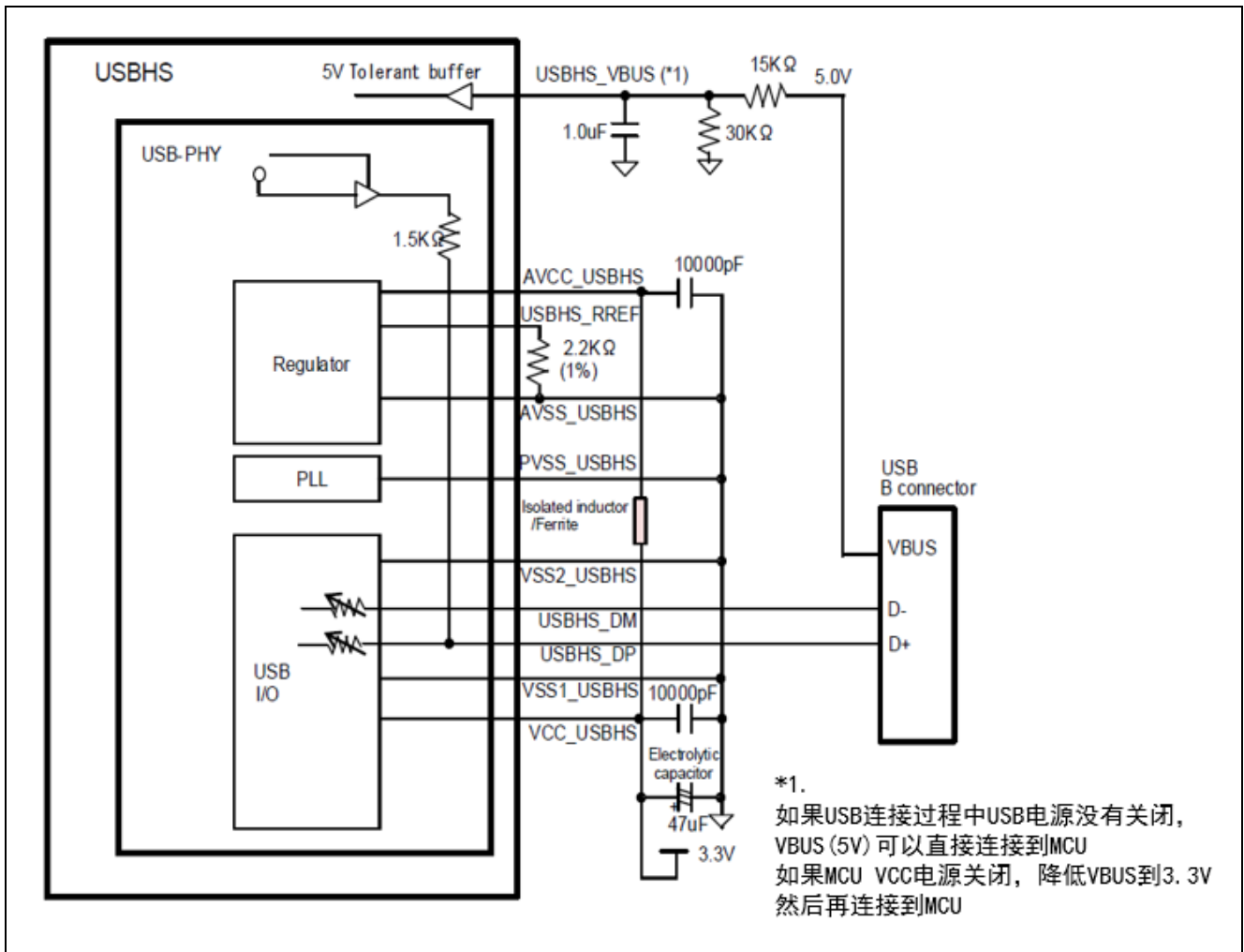


图 3 USBHS 自供电功能连接示例

4.1.2 USBFS 电源和地

- 关于设计电源/接地模式的注意事项如下所述。
- 电源和接地的接线应设计为具有尽可能宽的表面层
- 推荐使用具有优异高频特性的陶瓷电容作为电源电容。
- 铝电解电容在测量眼图时会影响抖动值。在使用之前, 应对电容器进行彻底分析和测试。
- 对于去耦电容器的电容, 建议将 $0.1\mu\text{F}$ 和 $10\mu\text{F}$ 的电容分配到最接近 USB 电源引脚的位置。图 4 显示了去耦电容分配的示例。

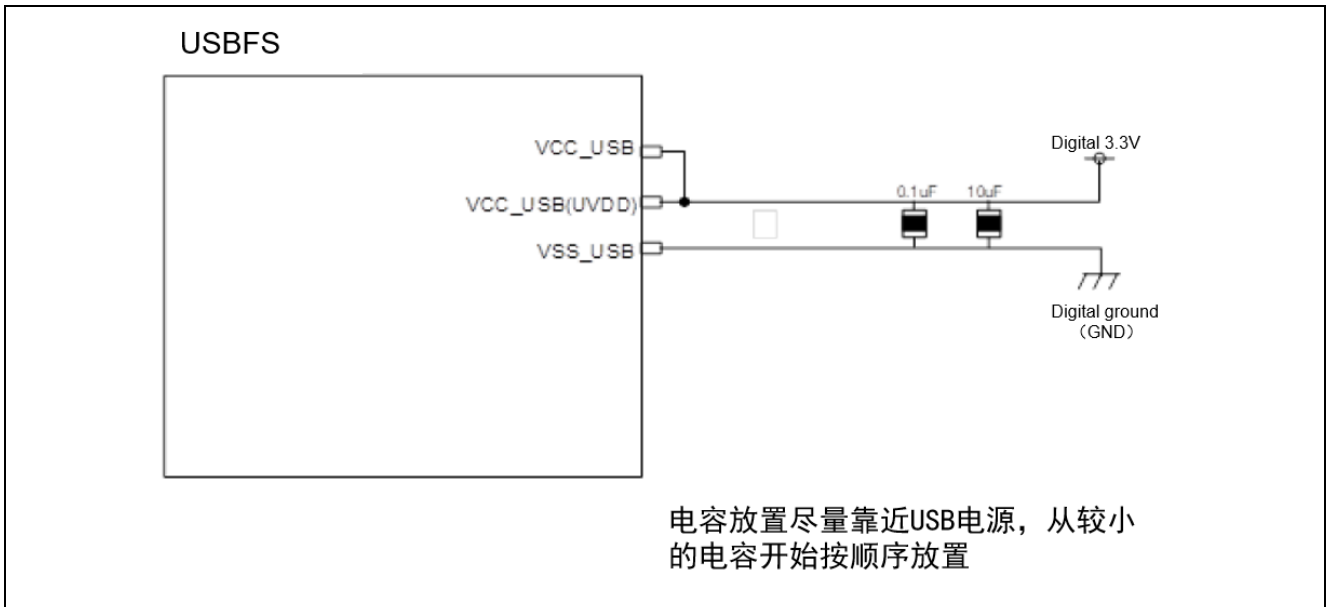


图 4 USBFS 电源/GND 连接

5. VBUS 电源电路

下面描述设计 VBUS 电源电路的注意事项。

当 RA MCU 用作主机控制器时，VBUS 线的附加电容应设计为 120µF 或更大。

当 RA MCU 用作从机控制器时，VBUS 线的附加电容应设计在 1.0µF 至 10µF 之间。

VBUS 线应包含滤波器电路，因为当 USB 线连接时，不一致的阻抗有可能引起过冲。应增加 1.0µF 电容和 100Ω 至 1 kΩ 电阻作为滤波电路。这个值应在电路板上确认未发生过冲后定义。此外，不应添加大于 1 kΩ 的电阻。

当 RA MCU 用作主机控制器时，应向外围设备提供 VBUS 电源。VBUS 电源控制建议使用 USB 电源过电流保护的电源开关 IC（以下称为“USB 电源切换 IC”）。确保根据应用的系统电源和 USB 外围设备所使用的电流值，考虑 VBUS 电源线的电流限制值。此外，请参阅用于 VBUS 电源控制电路的 USB 电源开关 IC 的数据手册。

图 5 是用作主机控制器时的 VBUS 电源电路示例。

图 6 和图 7 是用作从机控制器时的 VBUS 电源电路示例。

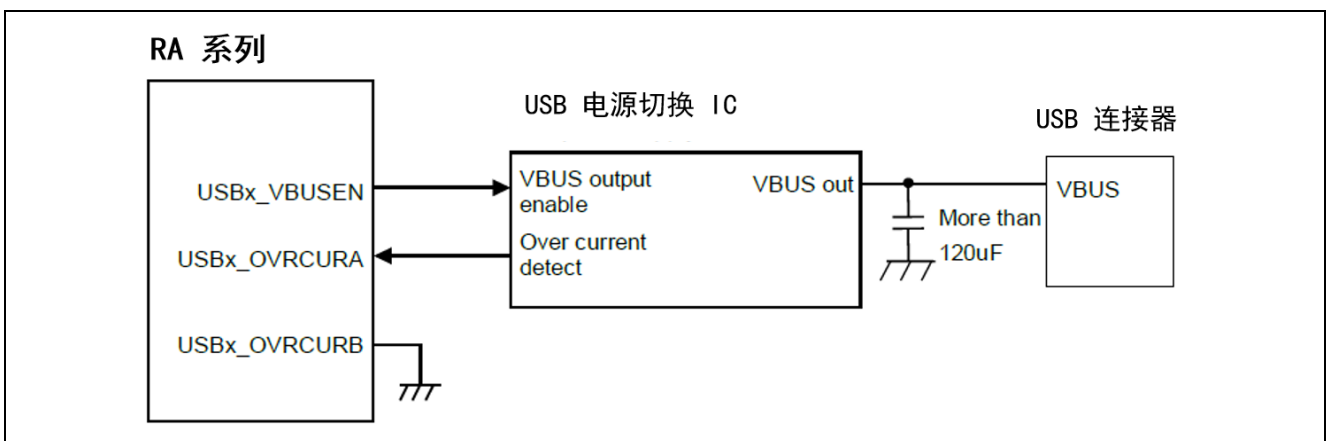


图 5 主机 VBUS 电源供电示例电路

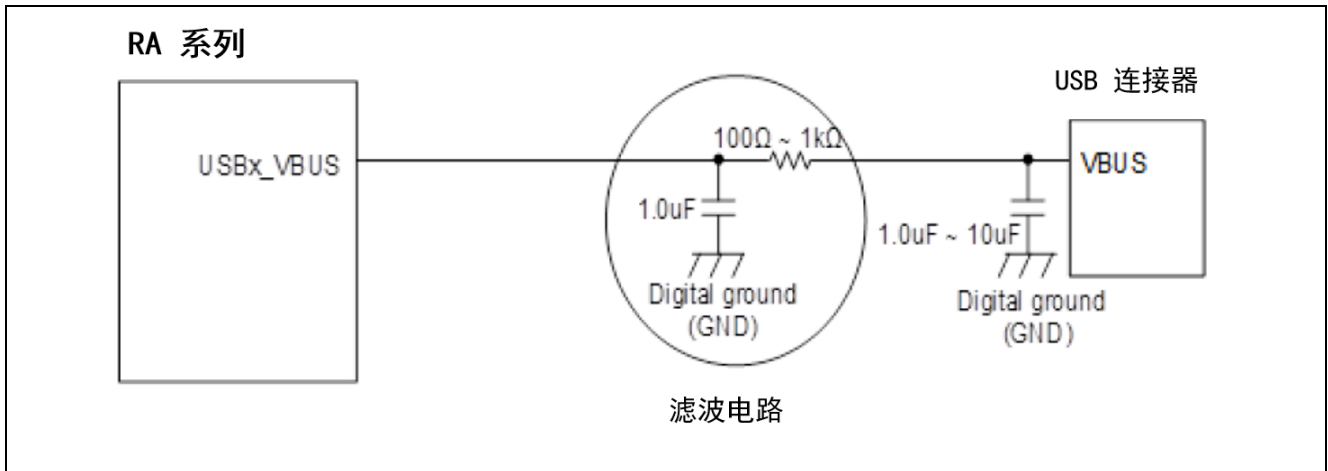


图 6 从机 VBUS 电源供电参考电路 1

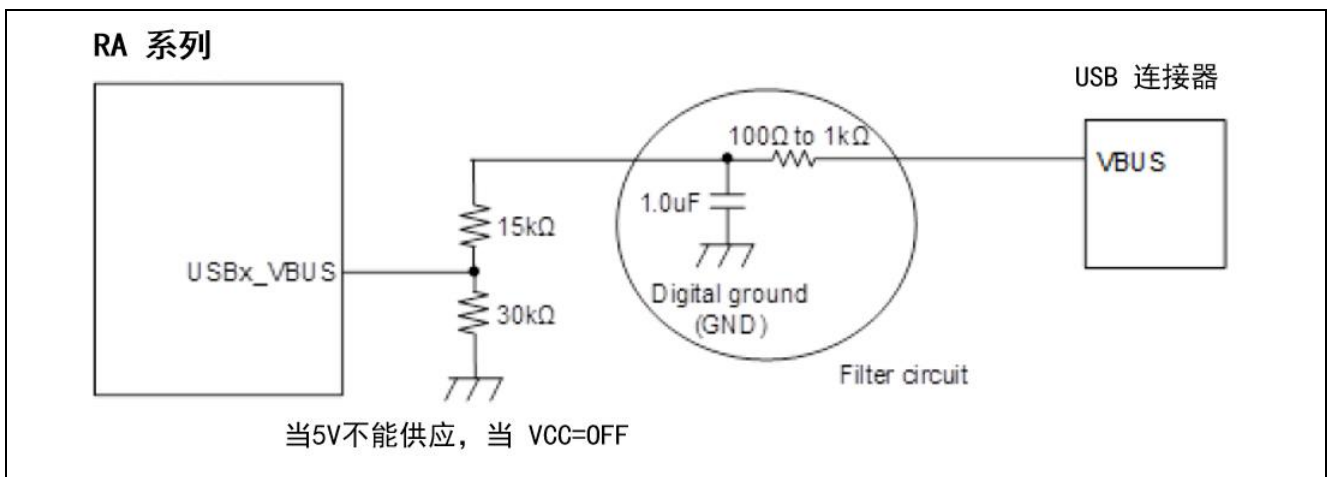


图 7 从机 VBUS 电源供电参考电路 2

6. EMI/ESD 解决方案

EMI/ESD 解决方案说明如下

- 当用于 EMI/ESD 解决方案的元件（如线圈和二极管）焊接在 USB 传输线上时，应将其分配在 USB 传输线附近，并且布线应尽可能短。
- EMI/ESD 解决方案的元件必须符合 USB 2.0 标准。此外，使用 EMI/ESD 解决方案元件可能会导致 USB 传输线上的阻抗不一致，波形可能会失真。所以应彻底评估后选择使用的元件。

图 8 是使用 EMI/ESD 解决方案元件时的连接示例框图。

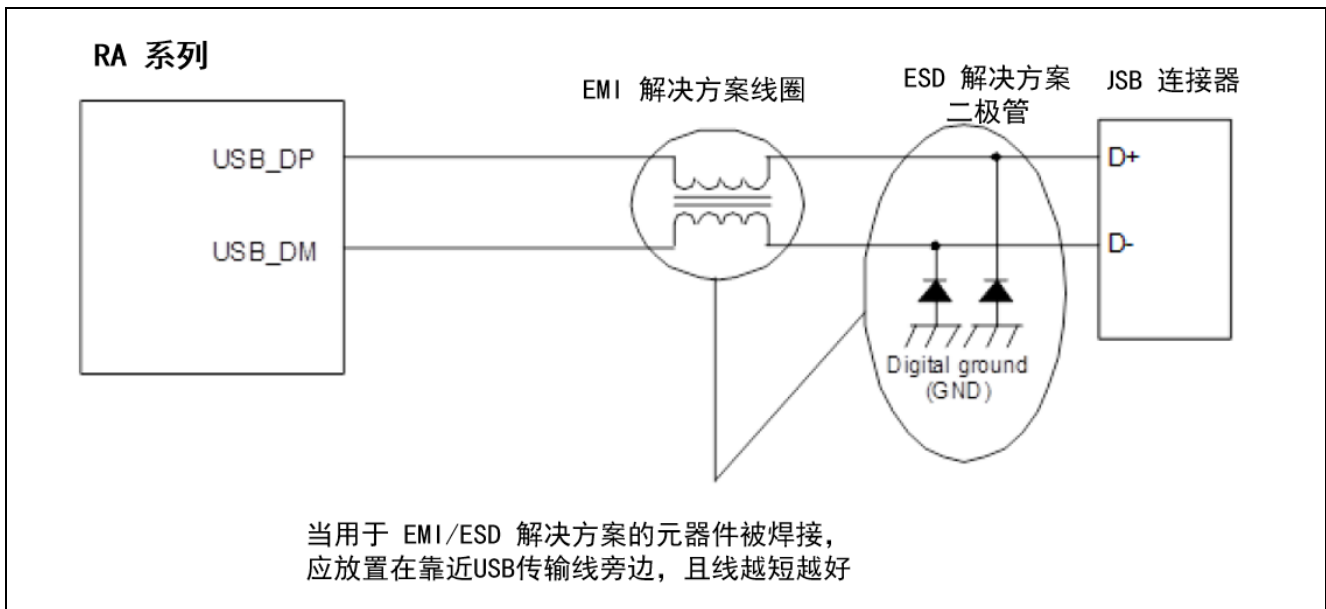


图 8 使用 EMI/ESD 解决方案时元件的连接示例

网站和支持

访问以下链接以了解 RA 系列的关键要素，下载组件和相关文档，并获得支持。

RA 产品信息	www.renesas.com/ra
RA 产品支持论坛	www.renesas.com/ra/forum
RA 灵活软件包	www.renesas.com/FSP
瑞萨支持	www.renesas.com/support

更新履历

版本号	日期	描述	
		页数	概述
1.00	2023 年 2 月	-	初版发布

注意

1. 本文件中电路、软件和其他相关信息的描述仅用于说明半导体产品的操作和应用示例。用户应对产品或系统设计中电路、软件和信息纳入或任何其他用途承担全部责任。对于您或第三方因使用这些电路、软件或信息而引起的任何损失和损害，Renesas Electronics 不承担任何责任。
2. Renesas Electronics 特此声明，对于因使用本文件中所述的 Renesas Electronics 产品或技术信息（包括但不限于产品数据、图纸、图表、程序、算法和应用示例）而引起的侵权或与第三方有关的专利、版权或其他知识产权的任何其他索赔，概不承担任何责任和赔偿。
3. 对 Renesas Electronics 或其他公司的任何专利、版权或其他知识产权均不授予任何明示、暗示或其他形式的许可。
4. 您应负责确定需要从任何第三方获得哪些许可，并在需要时为合法进口、出口、制造、销售、使用、分销或以其他方式处置包含 Renesas Electronics 产品的任何产品获得此类许可。
5. 不得对 Renesas Electronics 产品的全部或部分进行更改、修改、复制或逆向工程。对于因更改、修改、复制或逆向工程而导致您或第三方蒙受的任何损失或损害，Renesas Electronics 不承担任何责任。
6. Renesas Electronics 产品根据以下两个质量等级进行分类：“标准”和“优质”。Renesas Electronics 每种产品的预期应用取决于产品的质量等级，具体如下所示。

“标准”：计算机、办公设备、通信设备、测试和测量设备、视听设备、家用电器、机械工具、个人电子设备、工业机器人等

“优质”：运输设备（汽车、火车、轮船等）；交通管制（交通信号灯）；大型通信设备；关键金融终端系统；安全控制设备等

除非在 Renesas Electronics 数据手册或 Renesas Electronics 其他文档中明确指定为高可靠性产品或用于恶劣环境的产品，否则 Renesas Electronics 产品不适合或不授权用于可能对人类生命构成直接威胁或造成人身伤害（人造生命支持设备或系统；手术植入物等），或者可能造成严重的财产损失（空间系统、海底中继器、核动力控制系统、飞机控制系统、关键设备系统、军事装备等）的产品或系统。对于因使用任何与 Renesas Electronics 数据手册、用户手册或其他 Renesas Electronics 文档不一致的 Renesas Electronics 产品而引起的您或任何第三方所造成的任何损坏或损失，Renesas Electronics 不承担任何责任。
7. 没有任何半导体产品是绝对安全的。尽管 Renesas Electronics 的硬件或软件产品中可能实施了任何安全措施或功能，Renesas Electronics 对因任何漏洞或侵袭（包括但不限于以任何未经授权的方式访问或使用 Renesas Electronics 产品或使用 Renesas Electronics 产品的系统）而产生的任何后果概不负责。RENESAS ELECTRONICS 不担保或保证 RENESAS ELECTRONICS 产品或使用 RENESAS ELECTRONICS 产品创建的任何系统不会被破坏，或者可免于数据损坏、攻击、病毒、干扰、黑客攻击、数据丢失或失窃或其他安全入侵（“漏洞问题”）。RENESAS ELECTRONICS 不承担由任何漏洞问题引起的或与之相关的任何和所有责任或义务。此外，在适用法律允许的范围内，RENESAS ELECTRONICS 不对本文件和任何相关或附带的软件或硬件提供任何和所有明示或暗示的保证，包括但不限于对适用性或特定用途的适用性的暗示保证。
8. 使用 Renesas Electronics 产品时，请参见最新的产品信息（数据手册、用户手册、应用笔记、可靠性手册中的“处理和使用半导体器件的一般说明”等），并确保使用条件符合 Renesas Electronics 在最大额定值、工作电源电压范围、散热特性和安装等方面的规定。对于因在超出上述规定范围的条件范围内使用 Renesas Electronics 产品而引起的任何失常、故障或事故，Renesas Electronics 不承担任何责任。
9. 尽管 Renesas Electronics 致力于提高 Renesas Electronics 产品的质量和可靠性，但半导体产品具有特定的特性，例如在特定速率下发生故障以及在某些使用条件下出现故障。除非在 Renesas Electronics 数据手册或 Renesas Electronics 其他文档中指定为高可靠性产品或用于恶劣环境的产品，否则 Renesas Electronics 的产品将不受抗辐射设计的约束。用户应负责采取安全措施，以防止人身伤害、火灾造成的伤害，和/或因 Renesas Electronics 产品发生故障或失常而对公众造成的危险，例如硬件和设备的安全设计，包括但不限于冗余、火控和故障预防、针对老化退化的适当处理或其他适当的措施。由于对微型计算机软件进行评估非常困难且无实操性，因此用户有责任评估自己生产的最终产品或系统的安全性。
10. 请联系 Renesas Electronics 销售办事处，以获取有关环境事宜的详细信息，例如每个 Renesas Electronics 产品的环境相容性。用户有责任认真、充分地研究有关纳入或使用受控物质的适用法律和法规（包括但不限于欧盟 RoHS 指令），并按照所有适用法律和法规使用 Renesas Electronics 产品。对于因您未遵守适用的法律和法规而造成的损坏或损失，Renesas Electronics 不承担任何责任。
11. Renesas Electronics 产品和技术不得被用于或纳入为任何适用的本国或外国法律、法规所禁止制造、使用或销售的产品或系统范围内。用户应遵守由对当事方或交易拥有管辖权的任何国家/地区的政府颁布和管理的任何可适用的出口控制法律和法规。
12. 应由 Renesas Electronics 产品的购买方或分销商，或者对产品进行分发、处置或以其他方式出售或转让给第三方的任何其他当事方，负责将本文中阐明的内容和条件提前通知前述第三方。
13. 未经 Renesas Electronics 事先书面同意，不得以任何形式全部或部分重印、再现或复制本文件。
14. 如果对本文中包含的信息或 Renesas Electronics 产品有任何疑问，请联系 Renesas Electronics 销售办事处。

（注 1）本文件中的“Renesas Electronics”是指 Renesas Electronics Corporation，也包括其直接或间接控制的子公司。

（注 2）“Renesas Electronics 产品”是指 Renesas Electronics 开发或制造的任意产品。

（版本 5.0-1 2020 年 10 月）

公司总部

TOYOSU FORESIA, 3-2-24 Toyosu,
Koto-ku, Tokyo 135-0061, Japan
www.renesas.com

商标

Renesas 和 Renesas 徽标是 Renesas Electronics Corporation 的商标。所有商标和注册商标都是各自所有者的财产。

联系信息

有关产品、技术、文档最新版本或离您最近的销售办事处的更多信息，请访问：www.renesas.com/contact/。