

功率器件

旁路电容器的阻抗特性

电容器有各种各样的种类，如果只根据容量值选择器件，作为旁路电容器所需的条件不足，器件有误动作或不满足规格的情况。本应用笔记将聚焦电容器的阻抗特性，说明选择旁路电容器时的注意事项。

旁路电容器的作用

电源电路上的旁路电容器大致有两个作用。第 1 个是将电源线上叠加的噪音成分释放到地面。噪声成分比稳定电压高的情况下，通过向电容器充电，低的情况下放电，可以减小电压的变动。另外，电容器随着频率的提高，交流阻抗也会变小，所以频率高的噪声成分容易释放到地面上。第 2 个是抑制由于负载电流的突然变化而引起的电源线的波动。电源线存在配线阻抗，负载电流急变时会发生电压下降。因此，会发生偏离设定电压和电压噪声的问题。旁路电容器通过放电（如果电压相对于稳态电压降低）或充电（如果电压相对于稳态电压升高）来减轻电压变化。它的作用类似于短时间运行的辅助电源。

旁路电容器所需的性能

这两个作用都是在高于稳定电压的情况下进行充电，下降的话就会放电，所以电容器必须具有能够对应噪音频率和电压变动速度的性能。

接下来，让我们考虑所需的性能。Figure 1 显示了简化的电容器等效电路。C 是静电容量。ESR 是等效串联电阻，是取决于电介质类型的电阻分量以及电极和端子的电阻分量。ESL 是等效串联电感，是由电极、端子等电容器的构造产生的电感分量。

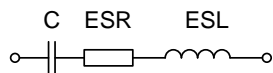


Figure 1. 简化的电容器等效电路

该等效电路的阻抗可以通过表达式 (1) 计算，其特性如 Figure 2 所示。在低频区域，电容 C 决定阻抗。在高频区域，ESL 决定阻抗。C 和 ESL 串联共振，阻抗相同 ($1/2\pi f C = 2\pi f ESL$) 的地方是自谐振频率，由于 C 和 ESL 的影响变为零，所以只有 ESR 的影响。另外，可以通过公式 (2) 计算自谐振频率。比起这些

特性，要作为电容器发挥作用，必须在比自谐振频率低的区域使用。

$$|Z| = \sqrt{ESR^2 + \left(2\pi f \times ESL - \frac{1}{2\pi f \times C}\right)^2} \quad [\Omega] \quad (1)$$

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{ESL \times C}} \quad [Hz] \quad (2)$$

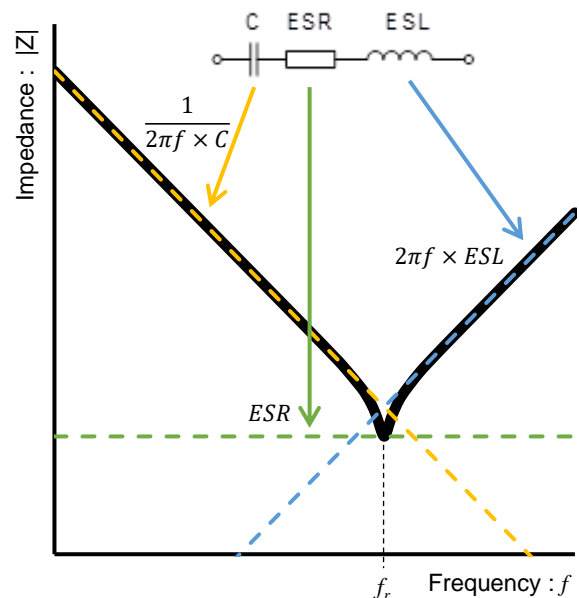


Figure 2. 电容器等效电路的阻抗特性

旁路电容器选择要点如下。

1. 选择足够大的电容值以降低噪声频率下的阻抗。电容值越大阻抗越低。
2. 在低于自谐振频率的区域中使用。
3. 选择 ESR 较小的器件以降低阻抗。
4. 对于频率高的噪声，选择 ESL 较小的器件。
5. 选择储存电荷量能够抑制电压下降的容量值。

陶瓷电容器的阻抗特性

为了降低电源线的阻抗，需要大容量、低 ESR、低 ESL 的电容器，但不能用一种电容器覆盖较宽的频带范围。一般来说容量大的电容器形状会变大，从而 ESL 也会变大。因此，自谐振频率变低，在高频区域的阻抗变高。另一方面，容量小的电容器一般形状小，ESL 也会变小。因此，自谐振频率高，在高频区域内可获得低阻抗。但是由于电容值小，低频范围内的阻抗会变高。

为了在宽频带范围内实现低阻抗，有一种方法是将每个频带范围对应的不同电容值的多个电容器并联。Figure 3 是层叠陶瓷电容器 (MLCC) 的一个例子。在这个例子中，1 个 $22\mu\text{F}$ 的旁路电容器在 1MHz 以上时阻抗会上升，因此预计高频范围内噪声会恶化 (红线)。将 100pF 到 $1\mu\text{F}$ 的电容器进行并联，可以降低合成阻抗 (黑线)。

作为考虑事项，如果放置自谐振频率分离的 MLCC，在各个 C 和 ESL 之间会产生并联谐振，则阻抗可能会变高。因此，请务必实机确认。这种并联谐振被称为反谐振点。

作为其他的考虑事项，即使是相同容量的电容器，如果尺寸大小或者型号不同，阻抗特性也会不同。另外，在实际的 PCB 中，由于有布线产生的寄生电感成分，所以可能会发生阻抗值没有按照电容器的特性而变小的情况。

根据 Figure 3 的图表，把握对每个频带有效果的容量值的大致范围，成为噪音对策的指南。例如，为了减少对短波 (HF) 带 (短波收音机和市民广播等) 的噪音，对超短波 (VHF) 带 (FM 无线电等) 的对策是把 $0.01\mu\text{F}$ 的 MLCC 并列连接几个，可以期待改善。

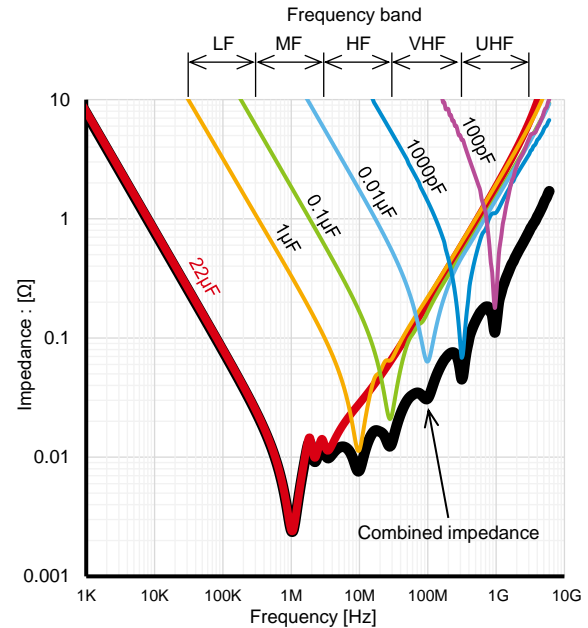


Figure 3. 多种容量的层叠陶瓷电容器并联连接的阻抗特性的举例。可以在宽频带上实现低阻抗

电解电容器的阻抗特性

大容量陶瓷电容器因为价格昂贵或无法供应而经常用电解电容器替代，但是其阻抗特性比陶瓷电容器要高，所以需要注意。

Figure 4 中的红线显示了一个 $330\mu\text{F}$ 铝电解电容器的阻抗特性的例子。在这个例子中，大约 10kHz 以上的阻抗受到 ESR 值的限制，因此没有下降。 100pF 到 $22\mu\text{F}$ 的线表示 MLCC 的特性。通过将这些 MLCC 与铝电解电容器并联，可以降低合成阻抗 (黑线)。

Figure 4 的例子是为了说明 MLCC 的效果，但是器件用得太多不易实现。例如 Figure 5 那样，即使是 3 个左右的电容的组合，也能在宽频带实现阻抗的降低，并根据需要考追加高频域的电容器。

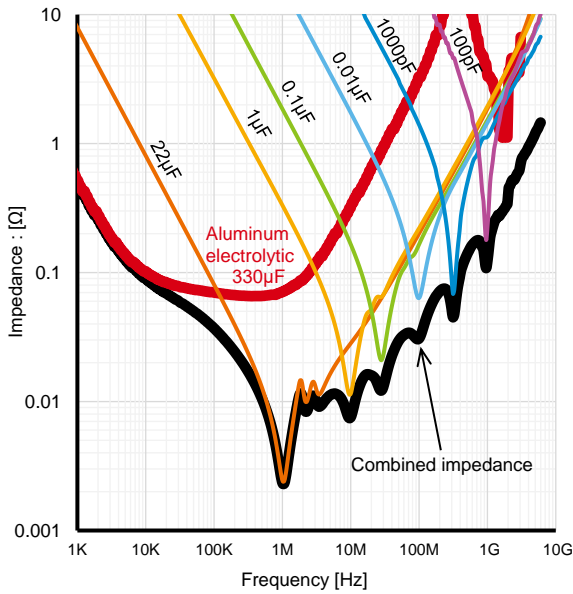


Figure 4. 铝电解电容器的阻抗特性的举例。多种容量的层叠陶瓷电容器的并联可以实现宽频带范围的低阻抗。

聚合物混合铝电解电容器。各类电容器的阻抗特性的例子如 Figure 7、8 所示。

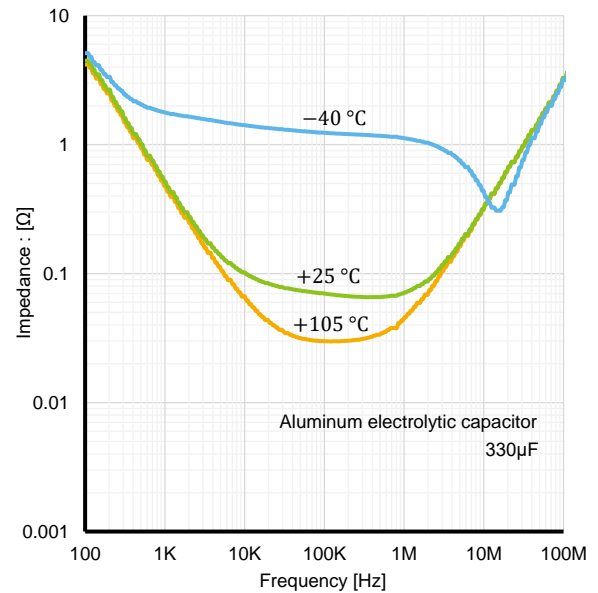


Figure 6. 铝电解电容器的阻抗特性的举例。需要注意低温下发生静电容量的减少与 ESR 的增加

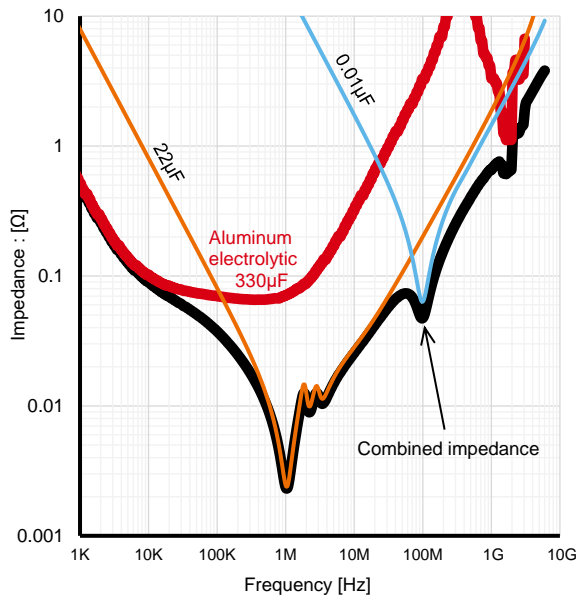


Figure 5. 考虑即使是 3 个左右的电容的组合，也能在宽频带实现阻抗的降低，并根据需要考虑追加高频域的电容器。

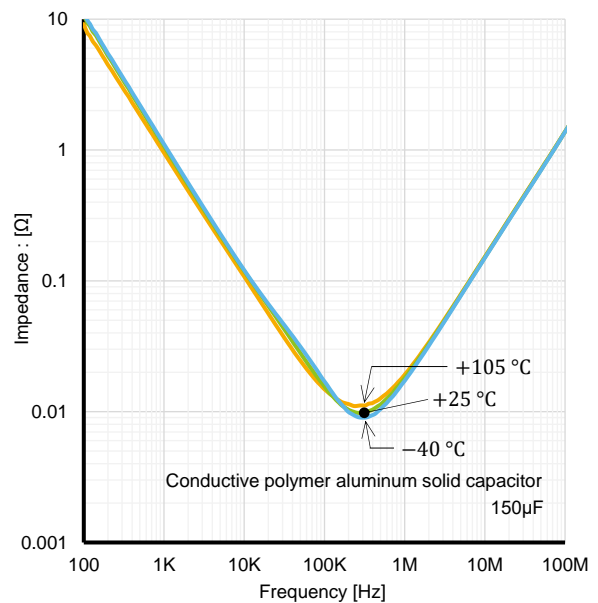


Figure 7. 导电性高分子铝固态电容器的阻抗特性的举例

另外，使用铝电解质电容器等液态电解质的电解电容器时需要注意其在低温时的特性。液态电解电容器中使用的电解液在低温下，粘度和阻抗会增加，离子移动性降低，从而使容量减少和 ESR 增加。这样一来，低温时的阻抗就会上升。Figure 6 是一个铝电解电容器的阻抗特性的例子。在这个例子中， -40°C 时的阻抗比 $+25^{\circ}\text{C}$ 时的阻抗高了一个数量级。如果电路动作存在问题，则需要考虑更换为即使在低温下也能获得低阻抗的电容器，例如使用固态电解质的导电聚合物铝固态电容器或导电

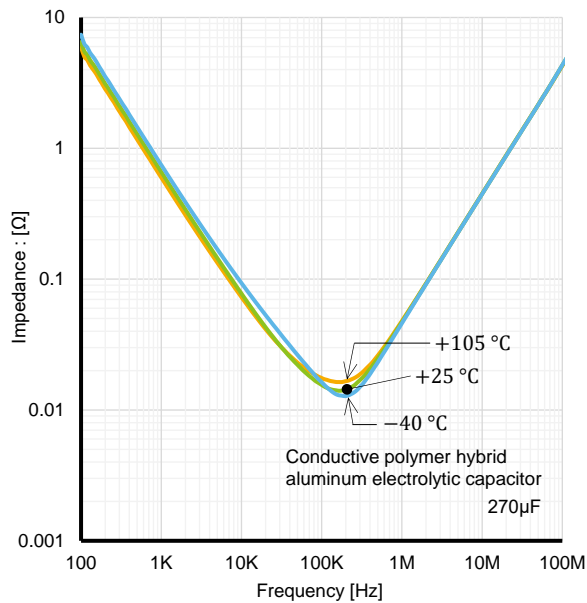


Figure 8. 导电性高分子混合铝电解电容器的阻抗特性的举例

选择替换电容器时的注意事项

在产品量产后，有时会由于不能供应现有电容器或为了降低成本而寻找替代的电容器，但如果第三方不理解电路动作而只关注容量和额定电压来选择的话，可能会出现动作不正常或 EMC 超标的问题。这是因为根据电容器的形状、构造、材料不同，即使是同一厂家，只要型号不一样，特性也会不一样。请务必确认电容器的阻抗特性。另外，像这样重要的器件可以通过在电路图和 BOM 中追加特别记载事项来避免这个问题。

Notes

- 1) The information contained herein is subject to change without notice.
- 2) Before you use our Products, please contact our sales representative and verify the latest specifications :
- 3) Although ROHM is continuously working to improve product reliability and quality, semiconductors can break down and malfunction due to various factors.
Therefore, in order to prevent personal injury or fire arising from failure, please take safety measures such as complying with the derating characteristics, implementing redundant and fire prevention designs, and utilizing backups and fail-safe procedures. ROHM shall have no responsibility for any damages arising out of the use of our Products beyond the rating specified by ROHM.
- 4) Examples of application circuits, circuit constants and any other information contained herein are provided only to illustrate the standard usage and operations of the Products. The peripheral conditions must be taken into account when designing circuits for mass production.
- 5) The technical information specified herein is intended only to show the typical functions of and examples of application circuits for the Products. ROHM does not grant you, explicitly or implicitly, any license to use or exercise intellectual property or other rights held by ROHM or any other parties. ROHM shall have no responsibility whatsoever for any dispute arising out of the use of such technical information.
- 6) The Products specified in this document are not designed to be radiation tolerant.
- 7) For use of our Products in applications requiring a high degree of reliability (as exemplified below), please contact and consult with a ROHM representative : transportation equipment (i.e. cars, ships, trains), primary communication equipment, traffic lights, fire/crime prevention, safety equipment, medical systems, servers, solar cells, and power transmission systems.
- 8) Do not use our Products in applications requiring extremely high reliability, such as aerospace equipment, nuclear power control systems, and submarine repeaters.
- 9) ROHM shall have no responsibility for any damages or injury arising from non-compliance with the recommended usage conditions and specifications contained herein.
- 10) ROHM has used reasonable care to ensure the accuracy of the information contained in this document. However, ROHM does not warrants that such information is error-free, and ROHM shall have no responsibility for any damages arising from any inaccuracy or misprint of such information.
- 11) Please use the Products in accordance with any applicable environmental laws and regulations, such as the RoHS Directive. For more details, including RoHS compatibility, please contact a ROHM sales office. ROHM shall have no responsibility for any damages or losses resulting non-compliance with any applicable laws or regulations.
- 12) When providing our Products and technologies contained in this document to other countries, you must abide by the procedures and provisions stipulated in all applicable export laws and regulations, including without limitation the US Export Administration Regulations and the Foreign Exchange and Foreign Trade Act.
- 13) This document, in part or in whole, may not be reprinted or reproduced without prior consent of ROHM.



Thank you for your accessing to ROHM product informations.
More detail product informations and catalogs are available, please contact us.

ROHM Customer Support System

<http://www.rohm.com/contact/>