

# 射频基础——电容电感怎么选型？

原创 皮诺曹 射频通信链 2025年12月12日 17:18 江苏



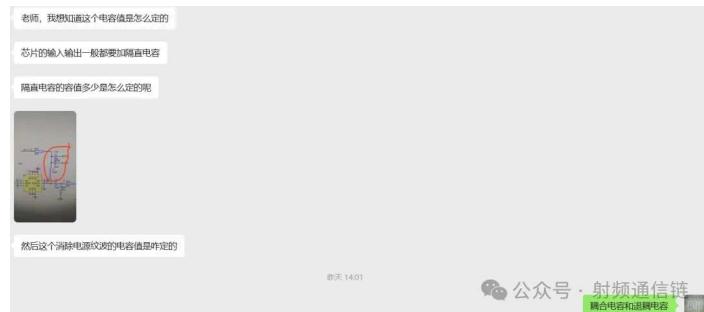
射频通信链

让射频学习不再困难，学射频，学通信，就看射频通信链。

415篇原创内容

公众号

经常会有人问我，电容电感怎么选型



## 1.核心参数与选型原则

在射频领域，我们必须用“射频思维”来看待元件。每一个实际的元件都是一个复杂的RLC网络。

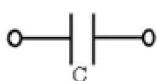
### (1) 自谐振频率(SRF)

非理想特性：在射频/微波频率下，实际的介质并非理想介质，介质内部存在传导电流，会引起损耗。此外，电容器的阻抗由电导 $G_C$ 和电纳 $\omega C$ 并联组成。

等效电路：在射频/微波应用中，电容器的等效电路不仅包括电容，还要考虑引线电感L以及引线导体损耗的串联电阻 $R_S$ 和介质损耗电阻 $R_E$ 。

频率响应：高频段电容的特性会偏离理想电容，其阻抗随频率变化的特性会受到寄生参数的影响

### 理想的电容器

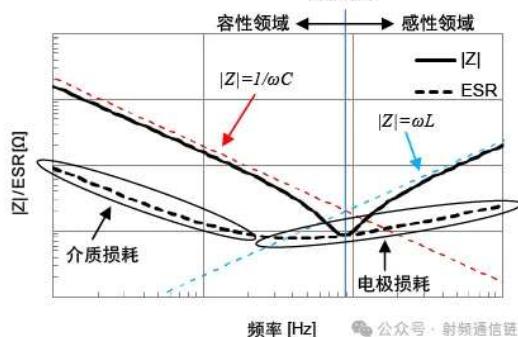


### 实际的电容器



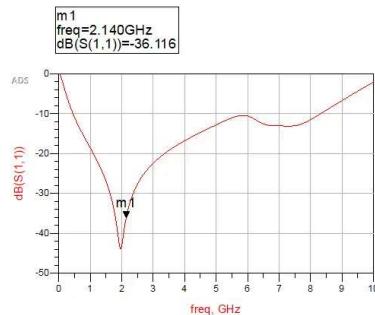
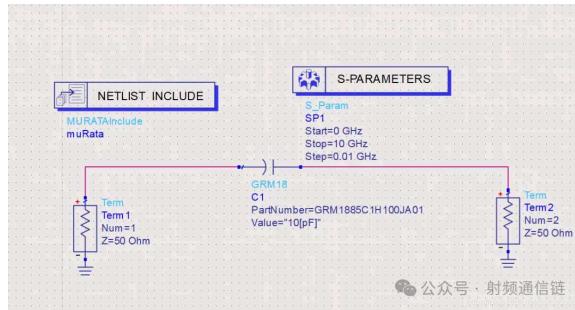
公众号 · 射频通信链

### 自振频率



失效机制：超过SRF后电容呈感性，失去容性特性

验证方法：优先选择提供S参数模型的供应商，实测频响曲线确认



射频电路中，电容主要有三大用途：隔直、退耦/旁路、谐振/匹配。

#### 隔直电容

目标：在所需的工作频带内，其阻抗应足够低，以最小化对信号的衰减。

选型方法：

计算在最低工作频率下的容抗 ( $X_C = 1/(2\pi f C)$ )。通常要求容抗远小于源阻抗和负载阻抗（例如，对于 $50\Omega$ 系统，容抗应远小于 $5\Omega$ ）。

确保其SRF远高于最高工作频率，通常要求  $SRF \geq 2\sim 3$ 倍工作频率，以保证它在整个频带内都呈现容性。

典型值：对于GHz频段，100pF的COG电容是常见选择。

#### 退耦/旁路电容

目标：为射频信号提供一个到地的低阻抗路径，防止信号通过电源线串扰。

选型方法：

使用不同容值的电容并联。大电容（如 $10nF$ ,  $100nF$ ）提供低频段的低阻抗路径，小电容（如 $1pF$ ,  $10pF$ ,  $100pF$ ）提供高频段的低阻抗路径。

关键点：必须考虑PCB上的过孔和走线引入的寄生电感（可能高达 $1\sim 2nH$ ）。这个寄生电感会与电容在某个频率谐振，形成一个高阻抗峰，反而使退耦效果变差。多电容并联可以“抹平”这个阻抗曲线。

#### 谐振/匹配电容

目标：用于LC谐振电路、阻抗匹配网络等，其性能直接影响电路的中心频率、带宽和效率。

选型方法：

必须使用高Q值、高稳定性的COG/NPO电容。

精确计算容值后，选择其SRF远高于工作频率的型号。

关注其容值精度（如 $\pm 5\%$ ,  $\pm 2\%$ ）。

## 介质材料选择

| 介质类型    | 温漂系数      | 适用场景           | 耐压特性 |
|---------|-----------|----------------|------|
| C0G/NP0 | ±30ppm/°C | 高频/精密电路（谐振、匹配） | 耐压最高 |
| X7R     | ±15%      | 宽温工业/汽车应用（去耦）  | 中等   |
| X5R/Y5V | ±22%      | 消费电子（成本敏感）     | 较低   |
| Z5U     | +22%/-56% | 大容量滤波（非关键射频路径） | 最低   |

建议：射频信号路径必须选用COG/NP0

## 二、射频电感选型指南

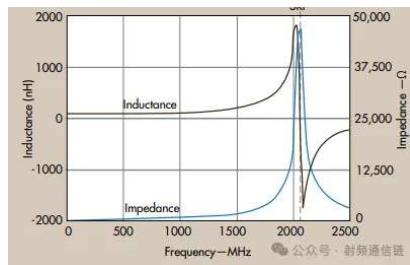
### 1. 核心参数与选型原则

电感主要用于匹配网络、RF Choke（射频扼流圈）和諧振电路。

#### (1) 自谐振频率(SRF)

必须满足：工作频率  $\leq 0.5 \times SRF$

物理本质：分布电容( $C_d$ )与电感并联谐振，超过SRF后呈容性



#### 1. 感抗与频率的非线性关系

- 低频区 ( $f \ll f_{SRF}$ )：感抗  $X_L = 2\pi f L$  线性增长。
- 谐振区 ( $f \approx f_{SRF}$ )：电感与分布电容谐振，阻抗达到峰值。
- 高频区 ( $f > f_{SRF}$ )：分布电容主导，电感表现为容性。信链

#### (2) 电感值与Q值

选择依据：根据电路功能（匹配、滤波、扼流）计算所需感值

高频优化：Q值越高，损耗越小，选择性越好

#### (3) 磁芯类型选择

| 磁芯类型  | 适用频段        | 特点        | 注意事项            |
|-------|-------------|-----------|-----------------|
| 空心/陶瓷 | 高频(>500MHz) | 热性能好，无饱和  | 电感值有限           |
| 铁芯    | 中频          | 不饱和，电感值适中 | 性能介于陶瓷与铁氧体之间    |
| 铁氧体   | 低频(<100MHz) | 电感值高      | 易饱和，温度稳定性差，射频慎用 |
| 锥形磁芯  | 超宽带         | 带宽宽，寄生电容小 | 用于Bias-T和宽带扼流   |

#### (4) 电流能力

饱和电流： $I_{sat} \geq 1.2 \times (I_{out} + \Delta I/2)$

温升计算： $\Delta T = I^2 \times DCR \times R_\theta$ ，需确保温升在安全范围内

博主遇到过温升过高，导致电感失效的情况

### 2. 电感结构类型对比

| 类型   | 工艺     | 优点         | 缺点             | 适用场景           |
|------|--------|------------|----------------|----------------|
| 叠层片式 | 陶瓷集成工艺 | 成本低，高频性能好  | 电感值范围有限，额定电流较小 | mainstream射频电路 |
| 薄膜电感 | 光刻工艺   | 精度高，公差小    | 电流小，电感值有限      | 高精度匹配网络        |
| 线绕式  | 铜线绕制   | Q值高，DCR小   | 体积较大，杂散电容较大    | 低频射频电路         |
| 锥形电感 | 细线锥形绕制 | 超宽带，寄生电容极小 | 尺寸小，电流能力有限     | 超宽带Bias-T      |

### 类型选择

绕线电感：Q值最高，电流容量大。是匹配和谐振电路的首选。但SRF相对较低，寄生电容较大。

薄膜电感：在硅基或陶瓷基板上制作，精度高，尺寸小，SRF非常高，非常适合GHz以上的高频电路。但Q值和电流容量通常低于绕线电感。

多层片式电感：类似于MLCC电容，制作工艺类似。成本低，尺寸小，但Q值较低，稳定性较差，通常用于退耦和低频应用。

### 射频扼流圈

目标：为直流或低频信号提供通路，同时对射频信号呈现极高的阻抗，阻止射频信号进入电源电路。

选型方法：

确保其在工作频率下的阻抗足够大 ( $X_L = 2\pi fL$ )。通常要求感抗是电路阻抗的10倍以上。

确保其SRF远离工作频带。如果SRF正好落在工作频带内，其阻抗会急剧下降，失去扼流作用。

### 匹配和谐振电路电感

目标：与电容共同工作，实现特定的阻抗变换或频率选择。

选型方法：

必须使用高Q值电感（通常是绕线或薄膜类型），以减小损耗。

确保其SRF远高于工作频率。

关注其额定电流，防止大信号下饱和。

### 三、实践选型步骤总结

确定应用场景：是隔直、退耦、匹配还是谐振？这决定了元件的首要性能要求（稳定性、Q值、SRF）。

计算理论值：根据电路理论（如阻抗匹配公式、截止频率公式）计算出理想情况下的C或L值。

初选元件类型：

电容：匹配/谐振/隔直 → C0G/NP0；退耦 → X7R/X5R + C0G小电容组合。

电感：匹配/谐振/RF Choke → 绕线或薄膜电感；低频退耦 → 多层片式电感。

查阅制造商Datasheet：这是最关键的一步！重点关注：

SRF曲线：确保在你工作的频率点上，元件呈现你期望的特性（容性/感性）。

Q值曲线：在工作频率点是否有足够高的Q值？

容值/感值精度和温度系数：你的电路容差有多大？

封装尺寸：更小的封装（如0201, 01005）通常有更低的寄生参数（ESL），但更难焊接。

仿真验证：将制造商提供的S参数模型（或自己根据SRF、ESR建立的RLC模型）导入ADS、HFSS等仿真软件，在完整的电路中进行仿真，看性能是否达标。

实际测试与调试：制作PCB并进行测量。由于PCB本身的寄生效应，实际性能与仿真总有差异，可能需要在板上进行容值/感值的微调。

课程培训，行业交流，公司内训，商务合作，请加微信：jump-qq

 射频通信链



扫一扫上面的二维码图案，加我为朋友。  
微信号 - 射频通信链



皮诺曹  
“射频工程师加油”

喜欢作者

[阅读原文](#)