
电容选型规范

(内部)

Prepared by 拟制	付世勇	Date 日期	2021年3月2日
Reviewed by 审核	朱晓明	Date 日期	2021年3月15日
Reviewed by 审核		Date 日期	
Approved by 批准		Date 日期	

All rights reserved

版权所有 侵权必究

电容器是一个储能元件，是电子设备大量使用的主要元件之一。电容器选型规范方便开发人员对电容器的选型和使用，帮助从事开发设计工程技术人员了解电容器的分类和基本特性，通过查询此选型规范得到通用电容器的基本选型原则，同时能保证产品的电容器选型归一化，向优选型号集中，既能保证质量又能降低成本和风险。

1 电容器选用基本原则

1.1 电容器基本规格参数

电容器类型的选择，主要根据这几方面来考虑：电容量及精度、额定电压、工作频率、封装尺寸、工作温度、阻抗（低频 ESR、高频 ESL）、寿命等，滤波和耦合电容还要考虑纹波电流能力。

a) 电容量及允许偏差：电容的容量基本可以决定电容选用的类型。现阶段，按最低容量计算，超级电容>液体铝电容>Polymer 铝电容>陶瓷电容>薄膜电容（不考虑工业和电力用电容），根据电路设计确定电容器的容量大小及容量的允许偏差。

b) 额定电压：根据电容的工作环境电压和降额要求，得出电容器的额定工作电压。各类电容器的额定工作电压范围不同，部分电压范围有一些重叠。就最大额定电压来说，薄膜电容>陶瓷电容>液体铝电容>MnO₂ 钽电容> Polymer 铝电容> Polymer 钽电容>超级电容。（不考虑工业和电力用电容）

c) 工作频率：根据电容在电路中的工作和电路工作频率，确定工作频率是落在容性区域、谐振区域还是感性区域（一般不会工作在感性区域）。然后确定电容的串联谐振频率。一般来说陶瓷电容器的串联谐振频率最高。

d) 封装尺寸：根据单板布局空间、单板整体加工要求和电容参数需求选择合适封装尺寸的电容。其中电容的封装不仅仅包括长宽高，还包括电容封装方式和个别电容周围应预留的空间，比如液体铝电解电容上方应根据封装预留 2~5mm 的间距空间；而对于裸封的薄膜电容器相对来说，需要预留足够的安全间距。一般来说液体铝电容，薄膜电容体积较大，钽电解电容器、陶瓷电容器体积较小。薄膜电容现阶段主要是插装方式型号，而液体铝电容和陶瓷电容有插装和表贴两种型号。

e) 工作温度：指定电容的上下限类别温度，工作温度对电容器的性能、可靠性以及寿

命均有较大影响。

f) 阻抗：指电容在频域内的阻抗值参数，随频率变化。这个参数决定了电容在频域上的旁路滤波能力以及在耦合电路上对信号的衰减大小。相同类别的器件，电容容量越大，低频阻抗越低；封装越小，高频阻抗越小（不考虑 X2Y 等特殊结构器件）

h) 寿命：电容在单板上的工作时间，由于电容类别的不同，在寿命方面有不同的考虑，选用电容式需要考虑高温参数和可靠性退化壳聚糖可以参考降额规范及本规范中的相关章节规定。

备注：

1、在电容器厂家 datasheet 中定义的电性能参数，在没有特殊说明的情况下，均指厂家器件出厂规格承诺值。选用时需考虑降额及参数性能可靠性退化。

1.2 电容选用要素

每个器件型号的维护都需要成本，所以尽量选用已经用过的型号。支持引入新型电容在某些电路特殊场合的应用，提高产品的竞争力。支持小型化器件的引入，持续提升成本空间。避免出现独家供货的风险。

1.2.1 规则

1. 电容器选型遵守降额规范
2. 在未作特殊说明的情况下，必须选择符合环保要求的电路

1.2.2 建议

1. 考虑单板器件归一化，检视单板上电容型号总数：可提高加工效率，集中采购，降低成本

2. 尽量选用主流规格电容，不选用极限、边缘或生僻规格电容；
3. 避免选用独家供货器件
4. 禁选 MnO₂ 钽电容、禁选排容、禁选表贴薄膜电容；
5. 低压场合（<24V），优先考虑陶瓷电容、圆柱型固体铝电容；
6. 小容量（≤100uF）电容优选陶瓷电容；大容量（≥100uF）电容，高压场合（≥24V）

优选液体铝电容，低压非高温场合优选圆柱型 Polymer 铝电容；

7. 在选用电容器件是需要考虑容差设计，比如不同厂家的参数差异，不同温度情况下的参数差异；

8. 安规场合，考虑外部环境对电容实际安规间距的影响；

9. 根据单板加工要求，选择合适封装形式的器件，尽量使用全表贴或全插件电容；

10. 考虑电容小型化，主动优选小封装电容器件；在单板改板时，主动更新电容型号，保证版本单板电容型号的健康度。

11. 在耦合大功率电源滤波场合，考虑电容纹波电流产生的温升对电容可靠性及寿命的影响；同时考虑信号强度急剧变化，导致电容快速温变造成的影响（如焊点可靠性）。

12. 在特殊要求的场合，选择新型电容提高产品竞争力；如储能场合，考虑使用超级电容替代电池

13. 尽量避免过度降额设计。

1.2.3 各类电容选用基本原则

各类电容器如铝、钽、陶瓷、薄膜等需要注意各种参数的温度系数、频率特性等，例如电容量随温度、电压、频率、老化时间而变化；ESR 随温度、频率的变化等；IR 随电压及温度的变化；DF 值（或 Q 值）随温度及频率的变化。

项目根据常用的电容自身特点，分别给出了选用基本原则。

a) 非固体铝电解电容：

优点：容量大，电压较高（可达 550V）

缺点：受温度影响，参数变化很大，存在寿命问题。

表 1 非固体铝电解电容基本选型原则表

1	根据单板加工要求，合理选择非固体铝电解电容
2	作为滤波用时优先选择推荐指数高的电容，同时注意 DF/ESR 随温度的变化情况，中断关注低温时 DF/EST 是否满足单板设计要求
3	尽量统一选用型号，检视选用型号数量，保证电容器件选型归一化
4	尽量选择业界主流厂家主流出货的型号，保证电容器件选型归一化
5	额定工作电压和标称容量优选标准值

6	额定工作温度优选 105℃；高温应用场景推荐选用 125℃
7	根据环境情况，选择非固体铝电容的寿命，推荐选择 2000hrs 及以上的型号，禁选 1000hrs 或 85℃ 的非固体铝电容。同时根据降额规范，计算寿命是否满足单板需求
8	尽量选用已经有的电容型号，对新申请型号严格控制

b) Polymer 铝电解电容：

优点：容量大，ESR 低，性能一致性比钽电容好。圆柱体铝电容为气密结构，耐高温特性稍优于方片固体铝，但体积大，方片固体铝有尺寸优势。

缺点：电压较低，现阶段只有 35V 产品，Polymer 铝电容存在

表 2 Polymer 铝电解电容基本选型原则表

1	适合用于开关电源输入输出滤波、CPU 滤波和瞬态响应要求较高的电路等场合，不能应用在高阻抗电压保持电路等。
2	Polymer 铝电容的使用必须满足降额规范。
3	尽量统一选用型号，减少选用型号的数量，保证电容器件选型归一化
4	滤波场合，大容量电容优选圆柱形 polymer 铝电容，如结构尺寸不满足设计要求可选择表贴方片 Polymer 铝电容，但需确认满足寿命约束条件，对于不满足寿命约束条件的场景，推荐选用大容量 MLCC。
5	选型向业界主流厂家主流出货规格集中，保证电容器件选型归一化
6	规定工作电压和标称容量优选标准值
7	建议 Polymer 铝电容和 10uF/22uF 陶瓷电容组合应用
8	Polymer 铝电容，需选用寿命为 105℃ 2000hrs 及以上的型号，并根据 Polymer 铝电容可靠性应用规范或元器件降额规范，技术应用温度下寿命是否满足单板需求。
9	开关电源输出端，使用 Polymer 铝电容时，注意环路稳定的考虑
10	尽量选用网上现有项目，对新申请项目应严格控制
11	考虑供应资源的问题，建议优选考虑圆柱型固体铝电容，供应资源充足

c) MnO₂ 钽电容：

优点：封装小，一定电压范围内容量较大，稳定特性好，可靠性较好；

缺点：ESR 较大，应用电压低，失效模式恶劣，大尺寸电容存在潮敏问题。

表 3 MnO₂ 钽电容基本选型原则表

1	根据业界的发展形势和原材料情况，在非特殊场合（音频、微波、海缆），禁止使用 MnO ₂ 钽电容，对于特殊场合下使用，需严格遵守降额准则。
---	---

d) Polymer 钽电容：

优点：封装小，ESR 小，一定电压范围内容量较大，温度特性好；

缺点：在高功率场合短路时，可能出现燃烧的情况，价格趋势较差。

表 4 Polymer 钽电容基本选型原则表

1	在非必要情况下（对高度有严格要求且 Polymer 铝电容不满足），不选择 Polymer 钽电容。
2	Polymer 钽电容的使用必须满足降额规范
3	尽量统一选用型号，减少选用型号数量，保证电容器件选型归一化
4	滤波场合，优先选用 polymer 铝电容，在有封装要求的场合下，可选 polymer 钽电容
5	尽量选择业界主流厂家主流出货的型号，保证电容器件选型归一化
6	额定工作电压和标称容量优选标准值
7	为保证长期可靠性，电源输入输出电路中要求单元电路中 Polymer 钽电容至少 3pcs 并联，或和多颗大容量陶瓷并联，并联陶瓷电容容量不少于单个钽电容用量
8	尽量选用已经有的型号，控制选用新型号

e) 陶瓷电容：

优点：封装小，ESR 小，价格低廉，温度特性好，符号业界趋势，NPO 电容容量特性稳定；

缺点：容量相比较电解电容小很多（先阶段只能到 220uF/6.3V），X7R 和 X5R 系列容量特性较差（会受到直流偏置和温度的影响），在布局或生产操作不规范的时候，容易出现机械应力的问题。

表 5 陶瓷电容基本选型原则表

1	尽量统一选用型号，减少选用型号数量，保证电容器件选型归一化
2	尽量选择业界主流厂家主流出货的型号，保证电容器件选型归一化
3	尽量选用表贴规格型号
4	陶瓷电容的应用必须满足降额规范
5	除高 Q 电容外，要求 X5R 选择 E3 系列，X7R 选择 E6 系列，NOP 可以选择 E12 系列容值的电容，特殊场合可以考虑 E24 系列容值
6	优选 X7R、X5R 介质电容，高精度场合可选 NPO 介质电容。尽量不选 Y5V 和 Z5U 介质电容
7	在设计、工艺等其他办法都无法规避机械应力的情况下，1206 及以上封装的陶瓷电容可选择软端子产品，但成本相对较高。
8	小于 100uF 容值区间优选陶瓷电容，注意线性电源稳定性 ESR 要求，线性电源输出端可以使用陶瓷电容串联小阻值使用。
9	高 Q 值电容的应用对参数容差要求较高，因此必须考虑各厂家的参数兼容性
10	尽量选用已经有的型号，控制选用新型号

f) 薄膜电容：

优点：容量温度，电压高，交流特性好；

缺点：电子产品的型号容量都较小，封装较大，内部结构为单串的电容器，高压使用时可能存在电晕线性（单串电压 $V_{ac} > 250V$ ），目前为止表贴器件可靠性差，相比陶瓷电容而言，ESR 较大。

表 5 薄膜电容基本选型原则表

1	尽量统一选用型号，减少选用型号数量，保证电容器件选型归一化
2	尽量选择业界主流厂家主流出货的型号，保证电容器件选型归一化

3	高耐压，高稳定性，交流特性好，建议在安规场合或能源场合应用。其它场合建议优选陶瓷电容。
4	对于交流和安规此案人在湿热条件下使用，容易发生电晕现象，新项目选用时需根据软寿命模型确定电容温湿度可靠性验证条件，建议温湿度类别：T/RH：40/93%，60/93%，85/85%
5	优选结构：金属化薄膜
6	优选介质：聚酯膜和聚丙烯
7	在薄膜电容的表贴技术没有突破之前，不建议使用表贴薄膜电容
8	尽量选用已经有的型号，控制选用新型号

g) 穿心电容：

优点：等效于 LC 电路或 PI 电路，对高频纹波抑制能力强；

缺点：容量较小，耐压值较低，容易受到机械应力。

表 5 穿心电容基本选型原则表

1	尽量统一选用型号，减少选用型号数量，保证电容器件选型归一化
2	尽量选择业界主流厂家主流出货的型号，保证电容器件选型归一化
3	尽量减少滤波电容容值种类，保证电容器件选型归一化
4	仅表贴器件优选
5	优选 X7R、X5R 介质电容避免使用 Y5V 和 Z5U 介质电容
6	该电容主要是为滤波设计，可以用于电源和信号滤波，不建议非滤波场合应用。
7	优选标准封装器件
8	尽量选用已经有的型号，控制选用新型号

2 选型树

为了方便知道硬件人员设计选型，本规范采用了按电容应用场景进行开发选型树；主要分为电源滤波场景、交流耦合、匹配电路和其它四类。根据前期开展的读板工作，数据分析结果显示，一般单板在电容的使用上，80%以上为电压滤波应用场景。

2.1 电源滤波应用场景

2.1.1 电源输入输出滤波

通常来说，滤波（包括输入输出）电容主要用于电源系统，以提供较小的纹波电压，电源滤波（包括输入输出）电容的选取直接影响电源输出电压质量，因此电源滤波用电容的选

取必须满足相关的标准要求。

滤波电容器的选用基本原则：

规则 1.1.1 工作环境温度较高时尽量使用陶瓷电容，固体铝电解电容及非固体铝电解电容在高温环境中电容预期寿命均会明显缩短；

规则 1.1.2 电容应用需满足电压降额，特别是不同类型陶瓷电容的降额；

规则 1.1.3 为规避应力风险，尽量不要选用大尺寸陶瓷电容，0805 及以上陶瓷电容的布局需要考虑 PCB 应力，1206 及以上封装的陶瓷电容可选择软端子产品

规则 1.1.4 从滤波性能来讲，通常电解电容对中低频段的纹波滤波效果较好，陶瓷电容对高频噪声有较好的滤波效果，一般在实际应用中，陶瓷电容和电解电容要配合使用。

规则 1.1.5 非特殊场合，禁止选用 MnO₂ 钽电容。

2.1.2 数字电路器件电源滤波

对于数字电路的电源滤波应用，取决于数字器件工作时所需的动态电流能量频谱分布；但其滤波电容的选取应遵从以下几条原则：

规则 1.2.1 铝电解电容选用时，低 ESR 应用推荐圆柱形 polymer 铝电容，如结构尺寸不满足设计要求可选择表贴方片 Polymer 铝电容，但需确认满足寿命约束条件，对于不满足寿命约束条件的场景，推荐使用高容量 MLCC；非固体铝电解电容工作寿命必须满足单板寿命需求，在电源等高可靠性场合优选长寿命铝电容。

规则 1.2.2 满足应用要求的同时，优选小尺寸封装电容，优选表贴器件。

规则 1.2.3 非特殊场合，禁止选用 MnO₂ 钽电容。

建议 1.2.1 选用陶瓷电容时，通常推荐 X7R、X5R，不推荐 NPO 材料（成本高），禁止 Y5V、Z5U 材料（性能差），封装类型优选表贴类型，大小优选小封装。

建议 1.2.2 100uF 以下容指建议选用陶瓷电容。

建议 1.2.3 大功率高速高频 IC 的电源滤波，多选用低 ESL 的电容来减少电容的应用数量。

2.1.3 模拟或者时钟器件电源滤波

对于模拟或者时钟器件，电源噪声指标更加苛刻，常用滤波手段为应用 PI 型、L 型等特殊结构滤波电路。针对此种电路的选型，其滤波电容的选取应遵从以下几条原则：

规则 1.3.1 隔离滤波电路推荐选用穿心电容、磁珠、和电感，其中穿心电容和磁珠对高频滤波效果更好，而电感则偏重于滤除低频纹波，三种器件的选用都需要关注其通流规格，

让电路的电流小于其额定值；对于瞬态响应要求较高的电路，不建议使用电感隔离，因为电感隔离会影响电路的瞬态响应能力。

规则 1.3.2 推荐在模拟器件侧添加 1 个容量在 10uF 的电容（尤其时钟器件），满足动态电流储能需求，另也规避其与高频电容形成的 LC 电路的谐振引起电源噪声过大的问题；

规则 1.3.3 磁珠、电感的选用应注意其直流电阻，通常为 mΩ 级别，保证应用电流的直流压降满足器件要求；

规则 1.3.4 此两类电路布局空间均十分有限，故电容的选取优选小封装。

2.1.4 PWM 控制电源滤波

在 PWM 变化电路中，电容主要起存储和滤波的作用。对电容的选择，从性能上来看，主要考虑容量，ESR，纹波电流能力 3 个参数，理论上是容量越大越好，ESR 越小越好，纹波电流能力越大越好。实际上，容量太大会影响稳定性，同时大容量的电容自身可靠性较差，而且成本较高，一般使用 1~2 个 100uF~470uF 的电容并联使用。PWM 电路中，电容 ESR 的大小直接影响了纹波的大小，选择低 ESR 的电容对电路性能的改善非常重要。针对此种电路的选型，其滤波电容的选取应遵从以下几条原则：

规则 1.4.1 优选 LOW ESR 的电容，如大量陶瓷电容，Polymer 铝电容（高温情况下不推荐使用）；

规则 1.4.2 由于开关频率的原因，PWM 电路中，电容上的纹波电流都较大，因此通常选择纹波能力强的电容。一般来说，大容量陶瓷电容纹波电流能力最好，其次为 Polymer 铝电容。在纹波电流较大时，可采用多个 100uF 容量且 ESR 很低的电容并联来实现较大的纹波电流能力。

规则 1.4.3 PWM 电路工作频率较低，ESL 影响较小，一般只加 0.1uF 陶瓷电容来滤除多次谐波。

2.1.5 产品新开发滤波电容选择建议及应用约束

电容类型	器件平均应用温度范围	单元电路容量冗余	单元电路 ESR 冗余	单元电路并联数量	其它要求	备注
方片铝固体电容	≤60℃	冗余 50%以上	至少按器件 ESR 规格最大值的 5 倍设计	不少于 2PCS	需要满足电容降额规范	/
	60~65℃	冗余 50%以上	至少按器件 ESR 规格最大值的 10 倍	不少于 2PCS		

			设计		
圆柱固体铝电容	≤75℃	冗余 50%以上	ESR 规格最大值的 2 倍设计	建议 2PCS	
陶瓷电容	≤80℃ (X5R)	冗余 50%以上	至少按器件 ESR 规格最大值的 1.2 倍设计	无特殊要求	需考虑陶瓷电容的应力要求, 规避应力风险
	≤110℃ (X7R)				
	本体温升不超过 20℃ (用于脉冲吸收和耦合时考虑温升要求, 用于滤波时可不考虑)				
Polymer 钽电容	≤75℃	冗余 50%以上	至少按器件 ESR 规格最大值的 5 倍设计	不少于 3PCS	
特别说明: 温度超过 75℃的单板, 风险较高, 需要结合应用场景、可靠性要求和竞争力分析, 决策电容选择及应用方案					
*备注: 容量冗余 50%举例, 加入电路要求使用 100uF 容量的电容, 考虑出售容差 9mohm, 设计时需保证 ESR 裕度 45mohm 以上					

2.2 交流耦合应用场景

单板上的电容应用场景中, 交流耦合应用仅次于电压滤波, 其用途多为不同电平信号互连时的隔直去噪作用。本质都是给一定频率的信号提供一个低阻通道。其滤波电容的选取应遵从以下几条原则:

规则 2.1 对于射频电路应用的大功率信号链路, 关注所选规格电容的 ESR 和电容的散热, 决定电容能通过信号功率的最大值。如通过的信号功率超过了该信号频率点上电容的允许范围, 则电容很容易烧毁。理论上时, 信号频率点上, 改电容的 Q 值越高 (ESR 越低), 电容能够通过的信号功率越大。

建议 2.1 对于 1GHz 以下频率的信号, 根据待传输的信号频率, 选择其容量、封装合适的规格电容, 是其在信号频率的阻抗为低阻, 其插损满足涉及需求即可: 通常推荐选用的电路容值大于或等于 100nF, 封装选择 0603 或者更新封装 (100nF, 0402 封装, 1GHz 范围内

插损小于 0.3dB)；总线多信号耦合应用，不推荐使用排容，因为排容之间相互影响，会导致通向信号经过排容时，产生更多的互感，对信号衰减更多；

建议 2.2 如果信号耦合接收端为高阻态，需要关注电容的绝缘阻抗的影响，当电容的绝缘阻抗小于或接近接收端阻抗时，就会和接收端形成分压电路，导致接收端存在直流或其他品类信号的分压，从而影响耦合信号的直流。

2.3 匹配应用场景

匹配应用场景主要用于平滑波形，主要应用三类情况，内存总线一驱多（9 个负载以上）情况；一些低速器件例如 DSP 的输出端；低速总线的终端 RC 匹配电路；其电容的选取应遵从以下几条原则：

规则 3.1 低速总线的终端 RC 匹配电路应用时，不宜选用容值过大规格电容，以免影响信号质量，推荐 pF 级规格电容，具体容值需要 SI 仿真结果。

规则 3.2 匹配频率点，电容自环处于容抗区域。谐振点附近和感抗区域，阻抗值波动较大，容易出现容差问题。

建议 3.1 内存总线的一驱多（9 个以上负载）情况匹配电容的选取，优选器件资料推荐规格，如果没有，通常推荐 30pF 左右规格陶瓷电容

建议 3.2 一些低速器件例如 DSP 的输出端，为了平滑波形，通常推荐 30pF 左右规格陶瓷电容。

建议 3.3 阻抗匹配的电容对精度的要求都较高，如果选用陶瓷电容，最好选用 NPO 介质材料的电容。

2.4 其它应用场景

以上三种场景的电容应用比例占据 90%以上，对于其它应用场景，例如：颜色、谐振、控制补偿电路等，选用电容器件时，安装器件手册推荐规格，尽量选用已有的型号，电容的选取应遵守以下几条原则：

规则 4.1 优选小封装器件；

规则 4.2 对于谐振、延时高精度应用场合，推荐选用 NPO 陶瓷电容；

规则 4.3 安装器件手册推荐规格，尽量选用已经用过的型号。

3 电容器行业趋势

电容是单板上用量最大的基础元器件，电容的应用直接影响单板质量、稳定性、寿命，同时也是成本的重要因素之一，所以规范电容器的选型非常重要。

3.1 电容发展趋势

目前业界电容应用的发展趋势是：小型化、SMD 化、大容量化、长寿命化、低 ESR 化、低 ESL 化、宽温高压化、高可靠性、环保化。

小型化：相同的容量在更小的封装上实现。主要是两个方面的，一是长宽的小型化，而是高度的小型化。

SMD 化：整个行业的趋势，主要为了提高加工效率

大容量化：就是小型化的一种表现，在相同的封装上面实现更大的容量

长寿命化：主要应对工艺、通讯和汽车电子方面的需求

高可靠性：所有电子产品的追求。这里独立于寿命，是指寿命范围内的可靠性；

低 ESR 化：相同的容量，ESR 更小，这样达到相同的滤波效果，电容的数量就更少；

低 ESL 化：高频滤波需求，ESL 越小，滤波频段就越宽，高频滤波电容的数量就越少；

宽温化：应对工业、通讯和汽车电子方面的恶劣环境需求；

高压化：主要对电源领域方面的需求，包括新能源方面的需求；

环保化：法规需求；

电容选型要符合业界电容的发展趋势，想主流厂家的主流出货规格集中，提高可采购性，避免出现供货风险，降低成本。

3.2 各类别电容行业发展趋势

1) 非固体铝电容：主要趋势为小型化、表贴 **haul**、大容量、高纹波、长寿命和低 ESR、宽温度、高电压。代表厂家日系 NCC、NICHICON、台湾厂家 LELON 及国内红海。

2) 固体钽电容：小型化、高压化、大容量、低 ESR、低 ESL、高可靠性、包括 Polymer 钽电容和 MnO₂ 钽电容。Polymer 钽电容代表厂家 Panasonic(Pos-cap 系列)和 KEMET(Ko-cap 系列)。MnO₂ 钽电容代表厂家 AVX、KEMET 和 Vishay 国内厂家宁夏星日。由于 MnO₂ 钽电容市场萎缩，厂家已不在 MnO₂ 钽电容上投入研发，谨慎选用。

3) 类薄膜电容：小型化、SMD 化、大容量、超高压、大功率、高精度、高可靠。在新能源和一次电源侧有广泛的应用。代表厂家为厦门法拉（国内）和 Epcos（已被 TDK 收购）；而现阶段，SMD 薄膜电容还存在即是屏蔽，低成本产量还需要长时间研究和发展；

4) 陶瓷电容：小型化、高容、低 ESL、高温高可靠、高电压，内电极有 PME 想 BME 切换以降低成本。由于成低，会逐步替代小容量（100uF 以下）的其它类别电容。高容的主力供应厂家包括 Murata、Taiyo Yuden、TDK、MURATA 的器件等级分为两类：普通品和汽车级；TAIYO YUDEN 的器件等级分为三类：商业及、工业级和汽车级；TDK 已退出商业级市场，聚焦工业级和汽车级。新引入高容陶瓷电容型号，需选择 MURATA 的普通品、TAIYO YUDEN 和 TDK 的工业级器件。近年来陶瓷电容持续供应紧张，特别是大尺寸 MLCC 降持续至 2018 年底，甚至可能更长时间，同时主流厂家已经在逐步退出生产大尺寸电容，集中于产能更高的小尺寸电容，而小型化也是当前陶瓷电容发展的必然趋势，同时车载、终端等需求旺盛，也挤压了部分产能，从另一方面迫使小型化趋势越来越快。

5) 厂家资质如下：

厂家资质	厂家	情况概述	备注
第一梯队	MURATA	陶瓷电容 TOP1 厂商，器件等级分为两类，普通品和汽车级	太诱的器件不少是商业级的，质量管控相对较弱。建议只选用太诱工业级电容。
	TAIYOU YUDEN	陶瓷电容 TOP2 厂商，器件等级分为三类：商业级、工业级和汽车级	
	TDK	已退出商业级市场。聚焦工业级和汽车级	
第二梯队	SAMSUNG	陶瓷电容 TOP2 发货量的供应商，器件等级分为两类，普通品和汽车品。以普通品为主。	三星高容量规格的器件慎选，需重点验证
	KYOCERA	在材料技术、球磨。制膜技术较先进（和 TAIYO 基本持平），在陶瓷材料和电容研发能力很强。电容发货量规模较小（聚焦高容量价值的型号）	京瓷电容正在高温高 Q 视频电容领域投入研发
第三梯队	YAGEO	器件等级分为三类：商业级、工业级和汽车级。该厂家的质量意识较弱	国巨高容量规格的器件慎选，需加强质量管控
	WALSIN	器件等级分为三类：商业级、工业级和汽车级。	华新科高容量规格的器件慎选，需加质量理管控
第四梯队	AVX	AVX 收购 ATC 后，被 KYOCER 整体收购。仍单独供货，响应慢。主要供应排容、少量高容量、高压陶瓷电容	尽量不要选用，需要加强质量管控
	KEMET	陶瓷电容不是该厂家的主要投入方向。材料技术、设备、技术能力都较为薄弱。其提供普通品和高压陶瓷电容。	尽量不要选用，需要加强质量管控

硬件十五个为什么