

双电层超级电容器使用注意事项

此档将提供双电层超级电容器（EDLC）基本应用开发指南。若在开发使用过程中遇到问题且在此文件中找不到相关解决方案，请直接与我们联系。

1) 寿命

EDLC具有二次电池更长久的寿命，但是其寿命也不是无限长的。EDLC基本的寿命终止失效模式为等效串联电阻（ESR）升高和/或容量的降低。实际的寿命终止标准取决于应用要求。长期置于高温下，高电压和超电流将会导致ESR升高和容量降低。这些参数的降低将可延长超级电容器的寿命。一般来说，圆筒型EDLC具有与电解电容器相类似的构造，有电解液、铝壳和胶粒。多年使用后，EDLC内电解液也会干涸，如同电解电容器一样，导致ESR升高，寿命终止。

2) 电压

EDLC是有额定的推荐工作或使用电压的。电压值是基于其在最高额定温度下最长寿命来设定的。如果使用电压超出了推荐电压，其结果将会导致寿命缩短。如果电压持续过高，EDLC内将会产生气体，导致漏液或防爆阀破裂。但EDLC是可以承受短期过电压的。

3) 极性

EDLC的电极设计具有相对称的特性，即两极有相似的成分。在EDLC初次组装时，任一电极都可定为正极或负极。但EDLC在100%质量测试时第一次充电，其电极将会形成极性化。每一EDLC都有负极框或符号来标识极性。尽管其可以降低到零电压，其电极还是会保留非常少的电荷。还是不应进行反极使用。

*注：在一方向上保留的电荷越久，EDLC就变得越极性化。如果在一方向上长期充电后再进行反向充电，EDLC的寿命将会大大地缩短。

4) 环境温度

温度及电压会对EDLC寿命有影响。一般来说，环境温度每提升10°C，EDLC寿命就会缩短一半。因此，建议尽可能在最低温度下使用EDLC以降低内部劣化与ESR升高。在低于正常室温环境下，可使用稍高于额定工作电压而不造成内部劣化和寿命缩短。在低温下提升使用电压将可抵消ESR的升高。高温下ESR的升高会导致EDLC永久性劣化/电解液分解。在低温下，因电解液粘性的提升及离子的缓性移动缘故，ESR升高只是一种短暂现象。

5) 放电特性

EDLC放电时电压是呈斜线的。在确定应用时的容量与ESR要求时，考虑耐压放电和电容性放电成分是很重要的。在高脉冲电流应用时，内阻值是最为关键的。在低电流长时间应用时，电容放电特性是最为关键的。在I电流下放电t(秒)时电压降低Vdrop公式为：

$$V_{drop} = I(R+t/C)$$

在脉冲电池应用时，须使用低ESR（R值）EDLC以减低电压降幅。

在低电流应用时，应使用高容量（C值）EDLC。

6) 充电方法

EDLC可用各种方法进行充电，包括恒定电流、恒定功率、恒定电压或与能量储存器，如电池、燃料电池、直流转换器等进行并联。如果EDLC与电池并联，加一个低阻值串联电阻将会提升电池的寿命。如果使用串联电阻，须确保EDLC电压输出端是直接与应用器连接而不是通过电阻与应用器连接，否则EDLC的低ESR将无效。在高脉冲电流放电时，许多电池系统寿命均会缩短。



EDLC建议最大充电电流 I 应按以下方式计算， V_w 为充电电压， R 为EDLC ESR:

$$I = V_w / 5R$$

持续大电流或高电压充电，EDLC将会过度发热。过度发热将会导致ESR提升，气体产生，寿命缩短，漏液，防爆阀破裂。如果要使用高于额定值的电流或电压充电请与生产厂商联系。

7) 自放电与漏电流

以不同方法进行测量时自放电和漏电流在本质上是相同的，因为EDLC在构造上，从正极到负极具备高的耐电流特性。也即是说为保留电容电荷，需要少量的额外电流，此称为漏电流。当充电电压移除，电容不在负荷时，额外的电流会促使EDLC放电，此称为自放电电流。

为测量实际的漏电流或自放电数值，因构造原因，EDLC须充电100小时以上。EDLC可模拟为几个并联的电容器，每一个都有不同的串联电阻值。低串联电阻值的电容器能迅速充电从而提升终端电压达到充电电压值的同一水平。但在充电电压移除时，如果这些并联的电容器之中有未完全充电的话，电容器将会放电到具有较高串联电阻的并联电容器中。结果就是终端电压将会降低，形成高自放电电流。须注意容量越高，完全充电时间就越久。

8) EDLC系列设置

因许多应用领域要求高电压，EDLC可以设置为串联以提升工作电压。确保单一的EDLC电压不超过其最大的额定工作电压是很重要的，否则会导致电解液分解，气体产生，ESR升高，寿命缩短。充电和放电时，在稳态下因容量和漏电流差异，将会产生电容器电压不平衡现象。在充电时，串联电容器将起到电压分配作用，因此低容值单体将会承受更大的电压。例如：2个1F电容器进行串联，一个电容器容量为+20%，另一个容量为-20%，电压通过电容器的最差情况为：

$$V_{cap2} = V_{supply} \times (C_{cap1} / (C_{cap1} + C_{cap2}))$$

其中 C_{cap1} 具备+20%容量。

则 $V_{supply} = 5V$,

$$V_{cap2} = 5V \times (1.2 / (1.2 + 0.8)) = 3V$$

从上可以看出，为避免超出3V的EDLC浪涌电压范围，串联电容器的容量值应在±20%的公差范围内。在选择上，一个合适的主动电压平衡电路可用来降低因容值不平衡而产生的电压不平衡。须注意到大多数的电压平衡方法都是取决于具体的应用。

9) 被动电压平衡

被动电压平衡可用电压分配电阻与每一EDLC并联来实现。这可让电流从高电压的EDLC上流至低电压的EDLC上从而实现电压的平衡。最重要是选择平衡电阻值以提供EDLC更高电流的流动而不增加EDLC的漏电流。须记住在高温下漏电流是会上升的。

被动电压平衡只在不经常进行EDLC充放电使用和使用能承受平衡电阻的额外电流负载时推荐使用。建议所选择的平衡电阻应能提供最差EDLC漏电流50倍以上的额外电流(根据最高使用温度选择3.3kΩ~22kΩ的电阻)。尽管更大阻值的平衡电阻在大多数情况下也能工作，但其不可能在不匹配的电容器串联时起到保护作用。

10) 主动电压平衡

主动电压平衡电路能使串联的EDLC上的电压与特定参数电压相同，而不管有多少电压不平衡产生。同时确保在稳态情况下准确的电压平衡电路能有效地降低电流，而且只在电容电压发生不平衡时才要求更大的电流。这些特性使得主动电压平衡电路是EDLC频繁充放电及如电池等能量组件使用的最理想电路。



11) 逆向电压防护

当串联EDLC迅速放电，容量值低的电容器之上的电压将潜在地变为负电压。如之前的解释，此是不希望出现的且会缩短EDLC的工作寿命。一种简单的防护逆向电压的方法是在电容器上增加一个二极管。使用适当的额定的限流二极管替代标准的二极管，还可以保护EDLC出现过电压现象。须谨慎的是确保二极管能承受电源的峰值电流。

12) 焊接信息

过热会导致EDLC电性能的退化，漏液或内压升高。焊接应遵循以下具体指示：

- 不要把EDLC浸入已熔解的焊锡中。
- 只在EDLC导针上粘上焊剂。
- 确保EDLC套管不直接与PCB或其它组件接触，过高的焊锡温度会导致套管收缩或破裂。
- 避免EDLC在裸露的电路板之下工作以防止短路发生。

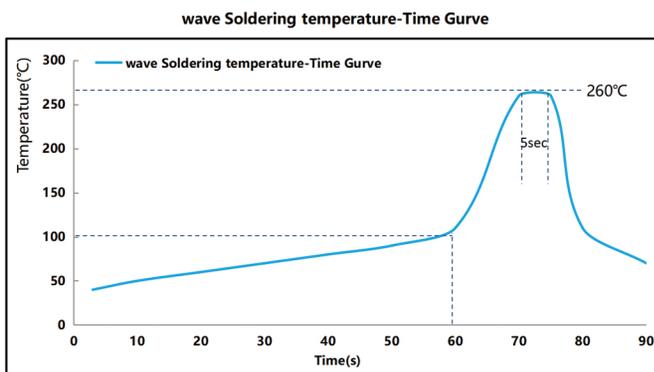
13) 手工焊接

不可让EDLC外部套管与焊棒接触，否则套管会熔化或破裂。焊嘴温度建议低于350°C，焊接持续时间少于4秒钟。应使烙铁与EDLC导针直接接触时间最小化，因为导针的过热会提高等效串联电阻值（ESR）。

14) 波峰焊

最多给PCB预热60秒钟，浸锡达0.8mm或更厚。预热温度极限应低于100°C。

以下表格信息只用于导针的波峰焊接：



焊锡温度(°C)	建议焊锡时间(秒)	最大焊锡时间(秒)
220	7	9
240	7	9
250	5	7
260	3	5

15) 回流焊接

除非EDLC有明确的额定耐回流焊接温度，否则不应对EDLC使用回流焊接而应使用红外线或传送烤炉加热方法进行焊接。

16) 纹波电流

EDLC相对于其它超级电容来说有很低的电阻，相比铝电解电容器有更高的电阻且在纹波电流之中容易受内部热量的影响而使ESR升高，寿命缩短。为确保长久的寿命，建议最大纹波电流不应使EDLC表面温度提升高于3°C。

17) 电路板设计

尽量避免清洁电路板，如果要进行电路板清洁，应使用标准电路板清洁液通过无静电或超音波浸渍方法进行清洁，时间不超过5分钟，最高温度不高于+60°C。之后要彻底冲洗和风干。一般来说，应将EDLC如同铝电解电容器一样对待。



18) 长期贮存

不要在以下环境中贮存EDLC:

- 高温/高湿度下贮存
- 直接与水, 盐水, 油或其它化学品接触
- 直接与腐蚀性材料, 酸, 碱金属或有毒气体接触
- 阳光直射
- 粉尘环境
- 冲击和/或振动环境

19) 运输信息

EDLC的国际运输受到US DOT(运输部)/IATA规定, 正确的国际运输产品编码UN3499 CAPACITOR, electric double layer.详情可参照以下国际运输规定:

20) 紧急事故应急程序

如果发现EDLC过热或是闻到气味, 应立即断开与EDLC连接的电源或负载。让EDLC降温, 然后进行正确处理。不可让脸或手接触过热的EDLC。如果EDLC发生漏液或防爆阀破裂请与生产厂商联系索取材料安全数据表。

如果有漏液情况:

皮肤接触: 用肥皂和水冲洗皮肤。

眼睛接触: 用水清洗眼睛15分钟, 看医生。

吸取: 喝牛奶/水并吐出, 看医生。

21) 一般性安全考虑

如果过度充电, 反向充电, 焚烧或高于150°C加热, EDLC有可能发生防爆阀爆裂。不要压挤, 损伤, 压钉或拆解EDLC。滥用EDLC可能导致铝壳升上高温(烧伤)。

废弃处理程序:

不要随便丢弃, 应根据当地法律法规进行处理。

22) 寿命

EDLC寿命有限, 会经时性的减少容量, 内部电阻不断增加。EDLC的特性变化受周围温度, 湿度, 外加电压影响较大, 因此能合理控制这些项目, 可提高使用寿命。

EDLC的耐久性保证一般为70°C 1000小时。(高温系列保证为85°C 1000小时)。请使用符合使用集成所需可靠性的商品。

超过规定的寿命时, 有可能会造成特性劣化, 液体渗漏。长时间在集成上使用时, 请进行定期点检和更换。

23) 寿命计算公式

EDLC电容器寿命受使用温度和电压的影响, 一般情况下, 使用温度降低10°C的话, 寿命延长翻倍; 使用电压下降0.1V, 寿命延长1.5倍, 请尽量在低于最高使用温度、最高使用电压的低温、低电压下使用, 超过保证范围使用的话, 可能会造成特性急剧劣化、破损。



寿命推算公式如下：

$$L = 1000 \times 2^{\Delta T / 10} \times 1.5^n$$

在电压 V =额定电压 $-0.1n$ (n 为电压降低的 $0.1V$ 次数) 和温度 ΔT 下, 其中 ΔT =最高使用温度-实际使用温度

L : 实际推算出的使用寿命, 单位 (小时) ;

ΔT : 最高使用温度-实际使用温度

n : 为电压降低的 $0.1V$ 次数;

注: 计算有效电压范围 $2.0V$ ~额定电压, 计算有效温度范围 $25^{\circ}C$ ~最高使用温度; 多个产品串/并联时, 需拆分按单个电容计算。

24) 特性

- 可用作充电电池及后备电源。
- 具备数十万次充电/放电循环次数, 免却废物处理。
- 不含有毒材料, 如操及镉。

25) 关于使用环境

• 本产品为电子设备提供通用标准使用用途、以下特殊环境中的使用不在设计范围内。因此、在以下特殊环境中使用时、可能会影响电容器的性能、使用时请自行充分确认性能及可靠性等。

(1)在水、油、药液、有机溶剂等液体中使用。

(2)在阳光直射下、暴露于室外、尘埃中使用。

(3)在水分(电阻部位的结霜、水渗漏等)、海风、氯气、硫化氢、氨、二氧化硫、氧化氮等腐蚀性气体多的环境中使用。

(4)在静电或电磁波较强的环境中使用。

(5)安装在发热零部件或塑料电线等可燃物周边使用。

(6)树脂密封使用。

(7)使用溶剂、水、水溶性洗剂清洗焊接后的助焊剂时(特别要注意水溶性助焊剂)。

(8)在酸或碱性环境中使用。

(9)在过度的振动或冲击环境中使用。