



3 V 双电层电容器 (EDLC) 延长使用寿命

作者 Gerald Tatschl

摘要

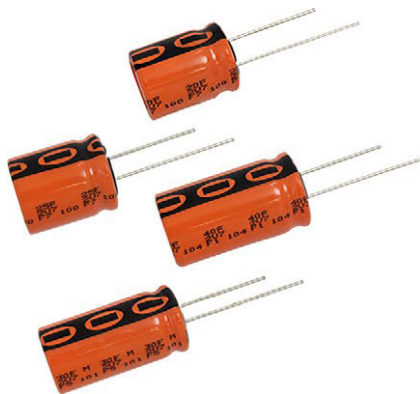
一些知名制造商扩大产品组合, 增加 3 V 双电层储能电容器 (EDLC), 扩展其现有 2.7 V 产品线。这些新开发的产品使用寿命长, 具有创新功能, 耐受高湿等恶劣工作条件, 同时在更大的温度范围内保持极小功耗。

近年来, EDLC 显著增长。这些器件可用作高容量可充电储能系统, 以其快速充放电循环而闻名。由于内阻 (ESR) 非常低, EDLC 能够提供和吸收高峰值功率, 特别适合升压器等应用。它们还可以在不同的温度下保持稳定的容量和存储能力。

EDLC 产品的一个突出特点是充放电次数几乎不受限制, 从而延长电池系统使用寿命。某些情况下, 它们可以减少甚至消除某些应用所需的电池, 是备份电源、能量回收和自供电物联网 (IoT) 应用的重要器件。

EDLC 充电速度快, 因此比电池更有竞争力。3V EDLC 产品的推出进一步增强了这一优势, 因为它们存储的能量比同等尺寸的 2.7 V 系统高 20 %。此外, 这些 3 V 器件电压窗口更大, 可以延长器件使用寿命, 节省空间并降低 PCB 成本。

新型 3 V Vishay 系列产品旨在直接取代原有 2.7 V 产品, 使用寿命可延长两到三倍。



通用 EDLC 技术概述

Vishay 双电层储能电容器 (EDLC) 是典型插件超级电容器。即使在这种配置中, EDLC 也能够实现极高的容值, 最高可达 100 F。这项技术弥补了传统铝电解电容器和充电电池之间的空白。

与传统铝电容器相比, 超级电容器可储存更多的能量。另一个关键优势是它们能够产生高放电电流, 从而使其不同于充电电池。此外, EDLC 充放电循环次数令人难以想象, 数量超过一百万次。

EDLC 已广泛应用于各种领域, 如备用电源、应急电源和能量回收设备。它们还用于微型 UPS 系统和能量回收装置。

3 V 长寿命电双层储能电容器 (EDLC)

技术特性

EDLC 的基本结构由两个活性炭电极组成，两个电极由纸和电连接两个电极的电解质隔开 (图1)。EDLC 电容器使用所谓的双电层效应来存储电能。双层电容器没有分离不同电位的固态电解质。电极被施加的电压极化，导致电解质中的离子在两个电极表面形成双电层。这种物理效应使这种电容器技术具有高能量密度。

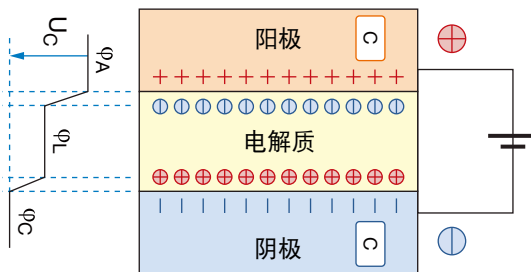


图 1 - 静电 Helmholtz EDLC $I = 0$

由于自放电，EDLC 产品的电荷仅保留几周。

EDLC 的使用寿命取决于温度和电压。温度降低 10°K ，EDLC 的寿命会翻倍，施加电压降低 200 mV 时寿命也会翻倍。这一原理源于众所周知的反应过程加速 Arrhenius 定律。为了确保即使在高湿条件下也能充分发挥性能，Vishay 开发了坚固耐用的 EDLC 版器件，如 [225 EDLC-R](#) 和 [235 EDLC-HVR](#)。

如果两个以上电容器串联，则需要平衡产品。否则，可能发生电压失配。

“加固型”EDLC 器件的优势在于，这些产品可以承受比标准版更严苛的环境条件。

测试表明，这些“加固型”器件在温度 85°C / 相对湿度 85 % 条件下使用寿命可达 1500 小时甚至更长时间 (信息来源: Vishay, 235 EDLC-HVR 数据手册)。根据 IEC 标准, 这些器件只要求达到 1000 小时。

参考资料 [1]

计算

通常，EDLC 的寿命受电气参数降级的限制。一般来说，不会发生突然故障。EDLC 系统寿命主要取决于应用的环境温度和施加的电压。

Arrhenius 近似式足以求出寿命 t 的极限。EDLC 模型常用加速因子 / 活化能为:

湿度 T	活化能 $\Delta T = 10\text{ K}$ 规则: 温度降低 $\Delta T = 10\text{ K}$ ($^\circ\text{C}$) 寿命延长一倍
电压 U	活化能 $\Delta U = 0.2\text{ V}$ 规则: 电压降低 $\Delta U = 0.2\text{ V}$ 寿命延长一倍

3 V 长寿命电双层储能电容器 (EDLC)

寿命计算

参考资料 [2]

寿命 t :

$$t = t_0 \times 2^{\frac{T_0 - T}{\Delta T_0}} \times 2^{\frac{U_0 - U}{\Delta U_0}}$$

for $T < T_0$ 和 $2.2 \text{ V} < U < U_0 < 3.0 \text{ V}$

t_0 ... 规定寿命

T_0 ... 额定温度, 如 3 V, 65 °C

U_0 ... 和额定电压, 如 3 V, 65 °C

寿命乘数 m :

$$m1 = 2^{\frac{T_0 - T}{\Delta T_0}}$$

$$m2 = 2^{\frac{U_0 - U}{\Delta U_0}}$$

$$m = m1 \times m2$$

$$t = t_0 \times m$$

使用寿命可采用乘数图来确定 (图 2), 图中显示预期使用寿命与环境温度和施加电压的函数关系。

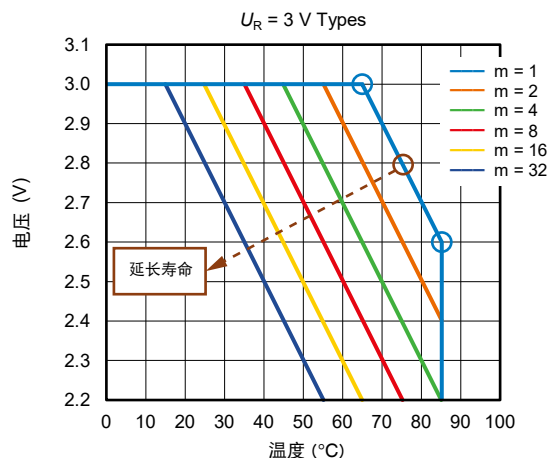


图 2 - 3 V EDLC 产品乘数图
(寿命乘数 m 作为环境温度和施加电压的函数)

- 40 °C 至 + 65 °C 温度范围内可施加规定的额定电压 U_R 。+ 65 °C 至 + 85 °C，需要施加线性电压降额。
以下图 3 显示 2.7 V 和 3.0 V 系统工作电压的安全工作范围。

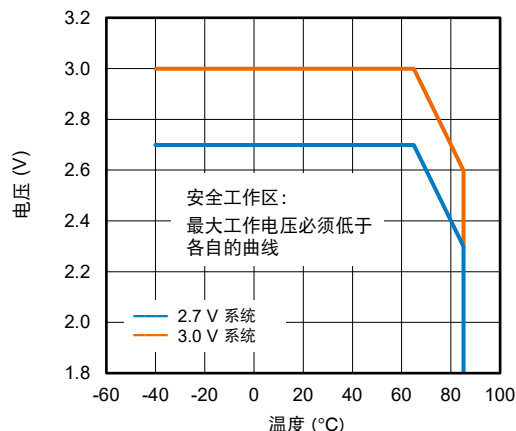


图 3 - 电压和温度降额
($U_R = 2.7 \text{ V}$ 和 3.0 V 条件下, Vishay 器件温度降额电压)



3 V 长寿命电双层储能电容器 (EDLC)

Arrhenius 模型是寿命 (t) 预测的标准。行业中常用加速系数和乘法计算简化公式。

超级电容器典型降额行为类似于指数衰减。性能变化大部分发生在电容器初始使用期间，然后随着时间的推移趋于平稳。寿命下降最显著的影响是器件的内阻 (与初始值相比)。产品技术规格考虑到这种影响，因此规定的最大初始ESR高于典型值。

总结与结论

本白皮书探讨了与标准 2.7 V 产品相比, 3 V 产品延长了使用寿命。使用寿命的优化是 3 V EDLC 系统的一个主要优势。它表明, 即使在高于室温的温度下, 超级电容器的使用寿命也可能超过 10 年。未来趋势表明, 开发耐受更高应用温度和更加小型化的产品是今后的重点。

参考资料

[1] Vishay BCcomponents Austria, dokuwiki

[2] Supercapacitors, G.Q. Max Lu et. al; Wiley-CHV; ISBN 978-3-527-32883-3; 2013;p483ff