



超级电容使用寿命说明

目录

超级电容使用寿命说明

计算超级电容使用寿命的行业标准

超级电容使用寿命到底意味着什么？

结论



超级电容使用寿命说明

与任何其他储能组件一样，在设计带有超级电容的系统时，周围环境中的许多变量都可能对超级电容的储能能力产生不利影响。其中一些变量是系统设计人员可控的，而有一些则可能不可控。但无论如何，必须以最坏的情况来考虑这些变量。

其中最常见的变量包括电压和温度。当超级电容遇到过压时，它们可能会受损并且使用寿命会缩短。换言之，任何高于超级电容额定电压的电压都可能缩短电容的使用寿命。因此，将系统电压稍微降低到低于超级电容额定电压的值是一种更好的设计实践。

温度是另一个可能对储能元器件不利的变量。除非超级电容被设计在控制良好的温度环境中，比如带有主动散热底座的系统，否则处理温度波动可能会非常棘手。以笔记本电脑电池为例，即使它带有主动散热（风扇），电池仍然可能会因为用户活动而过热。系统热量由 CPU、内存等组件以及电池本身产生的。因此，笔记本电脑设计中包含复杂的热管理电路和负载管理方案来维护电池的健康。

幸运的是，超级电容不受内部发热困扰，其充放电周期很短，因此温度几乎不会升高。然而，它们对周围环境温度的升高非常敏感。

图 1 展示了一个 6.0V 超级电容器在 25° C 到 70° C 温度范围内的预期使用寿命对数图。在这个图中，每一条线代表电压以 0.2V 的递减量进行降额（derating）时超级电容的预期寿命。从曲线中可以看到降额设计有利于延长超级电容的使用寿命。

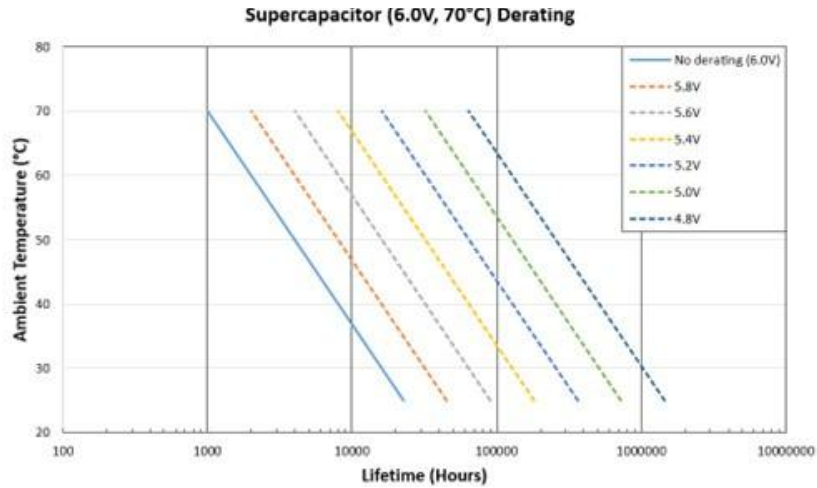


图 1：通过降低温度及电压来延长使用寿命的示例

Abracon 不建议超级电容工作在规定的条件范围之外。例如，不要将设计为在 0-70°C 范围内工作的超级电容用于可能经历 85°C 环境温度的系统中，无论这种温度上升是暂时的还是持续的。

计算超级电容使用寿命的行业标准

基于所使用的材料和组件设计，业界已采用一些标准来确定超级电容的预期使用寿命。换句话说，使用‘X’材料，在额定电压和额定温度下工作时，超级电容将工作多少‘Y’小时。

$$L = L_0 * M_{(T)}^{(T_{max} - T_a)/a} * M_{(V)}^{(V_{max} - V_a)/b}$$

- L: 超级电容的预期寿命（小时）
- L₀: 基准寿命，通常为 1000 小时
- M_(T): 与温度相关的材料系数
- T_{max}: 额定工作温度
- T_a: 环境温度。让环境温度低于额定最高工作温度可延长超级电容的使用寿命。
- a: 温度对材料影响的缩放因子
- M_(V): 与电压相关的材料系数
- V_{max}: 额定工作电压
- V_a: 实际工作电压。降低实际工作电压可有助于延长超级电容的使用寿命。
- b: 电压对材料影响的缩放因子

根据上述公式和 M(T)、a、M(V)和 b 的一些常用系数值，可计算出超级电容在不同降额电压和降额温度下的预期寿命。图 1 中的图形数据见下表 1。

计算的使用寿命

	降额电压						
	4.8	5	5.2	5.4	5.6	5.8	6
25	1,448,155	724,077	362,039	181,019	90,510	45,255	22,627
30	1,024,000	512,000	256,000	128,000	64,000	32,000	16,000
35	724,077	362,039	181,019	90,510	45,255	22,627	11,314
40	512,000	256,000	128,000	64,000	32,000	16,000	8,000
45	362,039	181,019	90,510	45,255	22,627	11,314	5,657
50	256,000	128,000	64,000	32,000	16,000	8,000	4,000
55	181,019	90,510	45,255	22,627	11,314	5,657	2,828
60	128,000	64,000	32,000	16,000	8,000	4,000	2,000
65	90,510	45,255	22,627	11,314	5,657	2,828	1,414
70	64,000	32,000	16,000	8,000	4,000	2,000	1,000

表 1: 基于降额电压和降额温度计算的预期使用寿命 (额定值为 6.0V/70 °C 的超级电容)

从理论上讲，表 1 的数据表示该超级电容的使用寿命从一个多月到超过 165 年不等！在更多实际应用中，将超级电容运行在满 6.0V 及室温下，就会实现超过 2.5 年的使用寿命。只将电压降低 0.2V，就会将其使用寿命延长一倍，达到 5 年以上。这相当于将电压降低 3%，就可带来延长一倍的使用寿命。

降低工作温度不会像降低电压那样产生剧烈影响，但如果应用场景不允许降低电压，可通过降低温度来延长使用寿命。例如，环境温度每降低 10°C，使用寿命就会增加一倍。

超级电容使用寿命到底意味着什么？

如前文所述，当超级电容器在额定电压下运行，并且环境温度等于组件的额定温度时，其寿命为 1000 小时。这个数据在表 1 的右下角用粗体数字表示。

超级电容在使用寿命结束时的状态怎样？其仍然可以工作，但性能不再是最优的。设计人员可以通过预先的设计考虑使超级电容超过预期的使用寿命。在设计中使超级电容在使用寿命后期对其进行补偿而无需其以 100%性能工作。

随着超级电容的老化，其有效电容会减小，等效串联电阻（ESR）会增加。对比不同的公司的产品规格书可以发现，大家通过测量这些数据来界定超级电容的使用寿命。但业界并没有一个统一的标准来确定当电容值降低 X%或 ESR 增加 Y%时，超级电容就已失效。在大多数情况下，当电容值降低 30%或 ESR 增加 2-3 倍时，即认为超级电容的使用寿命已经到期，这取决于哪个条件首先达到。

这些用于确定寿命终点的限制也适用于循环寿命，即超级电容达到 ESR 或电容限制之前可以完成多少次充放电循环。EDLC 超级电容的典型循环寿命通常在数万到数十万次之间。这个数字非常大，通常不需要特别考虑。循环寿命和预期寿命之间，不管是哪个先到期都意味着电容已经达到了其使用限制，其已走到生命的尽头。

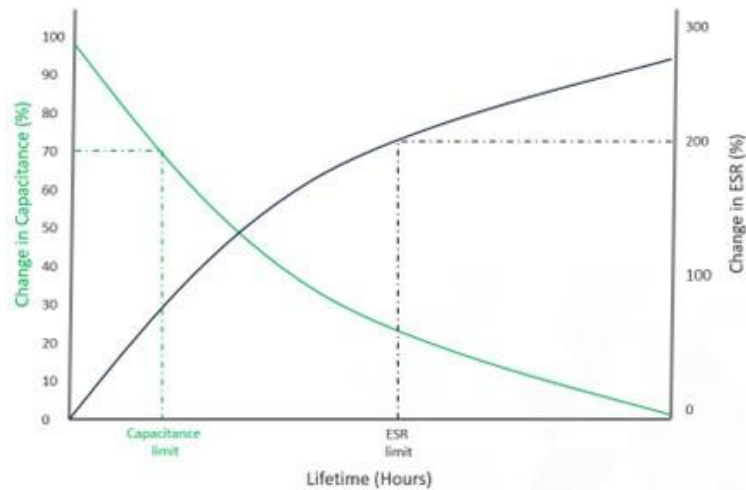


图 2: 超级电容容值下降与 ESR 升高的一般关系。

图 2 中的示例展示了超级电容在等效串联电阻（ESR）增加两倍之前就已经达到了其容值下降的限制。然而，这并非总是如此，这里只是为了说明起见。



结论

超级电容的寿命是有限的。如果遵循产品规格书中定义的限制条件，超级电容的性能应该可以非常接近本应用说明中的预测寿命。需要注意的是，降低电压比降低温度更有益于延长超级电容的寿命。使用寿命的结束并不代表“不能工作”，只是性能不是最佳的。只要在设计上未雨绸缪，超级电容的使用寿命突破这些极限也不是不可能。