

### 超级电容器充电、备份和平衡变得容易了

凌力尔特公司

电源产品部科学家 John Bazinet

电源产品部高级产品市场工程师 Steve Knoth

电源产品部波士顿设计中心总监 Sam Nork

#### 1 背景信息

随着超级电容器(SCAP)的生产成本持续下降,这类电容器在传统电容器和充电器之间于市场上开辟了一个新路径。尽管超级电容器需要某种程度的“护理和喂养”,但是在需要大电流/短持续时间备份电源的数据存储应用中,这类电容器正在取代电池。此外,这类电容器也正在进入需要大电流突发或短时间电池备份的各种高峰功率及便携式应用中。与电池相比,超级电容器外形尺寸更小,提供峰值功率更高的脉冲,在更宽的工作温度范围内具备更长的充电周期寿命。与标准陶瓷、钽或电解质电容器相比,超级电容器在相似的外形尺寸和重量情况下可提供更高的能量密度和更大的容量。此外,通过降低电容器的“Top-off”电压并避免高温( $>50^{\circ}\text{C}$ ),超级电容器的寿命得到了最大限度地延长。超级电容器与电容器及电池的比较如表1所示。

#### 2 超级电容器设计挑战

超级电容器有很多优势,然而,当为串联的能量存储器件充电时,最终产品设计师可能会面临诸如容量平衡、充电时电池过压损坏、吸取过大电流以及在空间关键时的大解决方案占板面积等问题。

串联连接电容器的容量平衡可确保每节电池上的电压近似相等。超级电容器如果容量不平衡,可能导致

过压损坏。每节电池有一个平衡电阻器的外部电路是一种解决方案。平衡电阻器的值将取决于超级电容器的工作温度和充电/放电曲线。为了限制超级电容器能量存储平衡电阻器引起的电流泄漏之影响,设计师还可以使用一种电流非常低的主动平衡电路。另一种容量失配原因是泄漏电流不同。电容器的泄漏电流开始时非常高,然后随时间变化衰减到较低的值。不过如果各节串联电池的泄漏电流失配,那么这些电池再充电时也许会过压,除非设计师用平衡电阻器应对泄漏电流。但是,平衡电阻器增加了不想要的组件和负载电流,加重了应用电路的负担。

#### 3 超级电容器充电器 IC 设计挑战

超级电容器充电项目一开始,设计师就必须考虑一些比较难以解决的问题。超级电容器充电电路需要提供:

(1) 高效率和大充电电流。高效率、大电流降压-升压型超级电容器充电器/平衡器包括充分利用超级电容器的优势所需之所有功能。分立式解决方案尽管可以实现,但是复杂、较大、效率较低而且准确度相对低。

(2) 高准确度和负载均分能力。具 $\pm 2\%$ 准确度的输入电流限制和输入负载均分使多个负载能够以最小的降额/裕度均分同一电源的全部功能。这是采用分立式解决方案不能实现的。

表1 超级电容器与电容器及电池的比较

参数	超级电容器	电容器	电池
能量存储	瓦-秒能量	瓦秒能量	瓦时能量
充电方法	跨终端电压	跨终端电压	恒定电流和恒定电压
提供的功率	快速放电,线性或指数电压衰减	快速放电,线性或指数电压衰减	在长时间内保持恒定电压
充电/放电时间	毫秒至秒	微微秒至毫秒	1~10小时
外形尺寸	小	从小到大	从小到大
重量	1~2g	1g~10kg	1g~10kg
能量密度	1~5 Wh/kg	0.01~0.05 Wh/kg	8~600 Wh/kg
工作电压	每节 2.3 V~2.75 V	6 V~800 V	每节 1.2 V~4.2 V
寿命	>10 万个周期	>10 万个周期	150~1 500 个周期
工作温度	-40 $^{\circ}\text{C}$ ~+85 $^{\circ}\text{C}$	-20 $^{\circ}\text{C}$ ~+100 $^{\circ}\text{C}$	-20 $^{\circ}\text{C}$ ~+65 $^{\circ}\text{C}$



(3)主动平衡。大多数超级电容器系统都运用有损耗(电阻器)平衡方法。主动平衡在电容器之间高效地运送电荷,消除了功率损耗和采用损耗方法所需的后续再充电周期。

### 4 针对超级电容器备份系统的最新解决方案

解决上述问题的降压-升压型 IC 超级电容器充电解决方案需要具备以下所有属性:

- (1)灵活性——必须在升压模式或降压模式高效地工作;
- (2)能够以可编程的最高电容器电压进行主动充电平衡;
- (3)提供大的充电电流;
- (4)具备准确的可编程平均输入电流限制;
- (5)占板面积很小的扁平解决方案;
- (6)采用先进的封装以提高热性能和空间利用率。

### 5 具备主动平衡功能的 LTC3128 降压-升压型超级电容器充电器

LTC3128 是一款高效率、限制输入电流的降压-升压型超级电容器充电器,具备针对一或两串超级电容器的主动充电平衡功能。该器件提供平均输入电流限制,能够以 $\pm 2\%$ 的准确度将电流限制设定为高达 3 A,从而防止电源过载,同时最大限度地缩短电容器再充电时间。高效率主动充电平衡功能无需有损耗的外部镇流电阻器,即使采用失配的电容器,也可确保平衡运行和充电,并减少再充电次数。可编程的最高电容器电压箝位功能跨串联电容器组中的每个电容器主动地监视和施加电压,从而随电容器老化并逐渐出现容量失配时,确保可靠运行。无论输出超级电容器电压是高于还是低于输入,低噪声降压-升压型拓扑都允许给输出超级电容器充电。低  $R_{DS(ON)}$ 、低栅极电荷同步开关提供高效率转换,以最大限度缩短存储组件的充电时间。这些特点使 LTC3128 非常适合在备份电源应用中安全充电,并保护大型电容器。参见图 1 的典型备份应用电路。

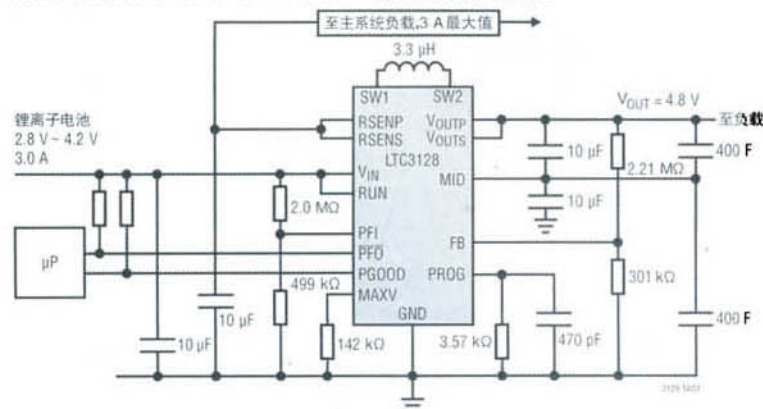


图 1 LTC3128 典型备份应用电路

LTC3128 的输入电流限制和最高电容器电压均可用单个电阻器设定。平均输入电流在 0.5 A~3 A 设定范围内可准确地控制,而且单个电容器的最高电压可以设定在 1.6 V~3.0 V 范围。LTC3128 的其他特点包括:突发模式(Burst Mode<sup>®</sup>)工作时  $V_{OUT}$  的静态电流  $< 2 \mu A$ 、准确的电源良好和电源故障指示器,以及热过载保护。

### 6 高效率充电

给输出电容器充电时,LTC3128 采用固定频率、平均输入电流 PWM 控制。专有开关算法允许充电器在降压和升压模式之间转换,同时电感器电流或环路特性不会失去连续性。用于降压-升压型充电器的开关拓扑如图 2 所示。

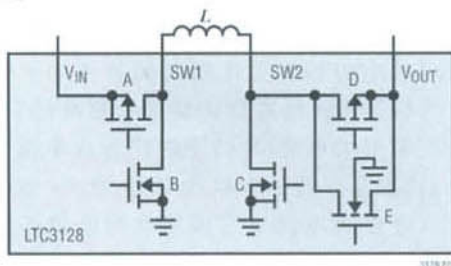


图 2 LTC3128 的充电器降压-升压型拓扑

两个开关(D和E)将 SW2 连至  $V_{OUT}$ ,以在整个输出电压范围内提供高效率。LTC3128 提供超过 90% 的高效率,如图 3 曲线所示。

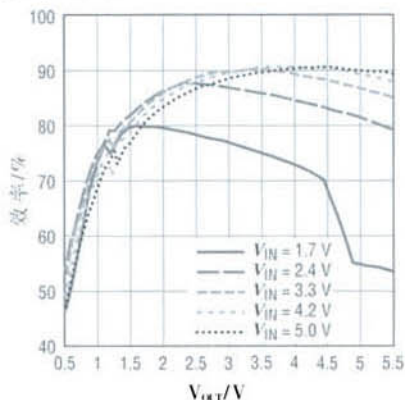


图 3 LTC3128 效率与  $V_{OUT}/0.5 A$  的关系

### 7 结论

LTC3128 是一款控制平均输入电流的降压-升压型 DC/DC 超级电容器充电器,该充电器运用了专有的开关算法,使输出能够调节在高于、低于或等于输入电压的情况下。该器件可构成了一款单芯片、紧凑、强大和灵活的解决方案。该器件能够以高效升压或降压方式给超级电容器充电,同时保护电池并平衡电池容量,极大地简化了过去非常困难的设计任务。如需更多信息,请访问 [www.linear.com.cn/products/supercapacitor\\_chargers](http://www.linear.com.cn/products/supercapacitor_chargers)。

《电子技术应用》2014 年第 40 卷 第 10 期