

设计实例

超级电容器备用电路提供可靠的不间断电源

作者: Samuel Nork

对许多应用来说, 配备临时备用电源是基本要求, 过去, 当主电源供应不足或不可用时, 这些高可靠性系统会使用电池来提供不间断的电源。但是, 电池备用电源存在很多缺点, 例如充电时间长、电池使用寿命和循环寿命有限、存在安全性和可靠性问题等。大容量双电层电容器(多被称为超级电容器)的出现提供了另一种备用架构, 可消除上述电池备用电源的诸多缺点。

电池与电容器对比

基于电池的系统需要在整个备用期间提供持续电源，与之不同的是，基于电容器的备用系统仅需短期的备用电源，以便将易失性数据转移到闪存中，或在最短必需时间内提供“断电报警”操作。一旦所需数据保存完毕且电源故障告警已发出，何时恢复供电也就不再重要了。

使用这一方法有几大好处：首先，可避免电池供电产生的诸多缺点，也无需在最糟糕的情况下准备体积较大的储能元件。尽管相对于基于电池的备用系统，基于电容器的备用系统对备用电源的要求高很多，但对备用能量的要求却低得多。由

于备用解决方案的成本和体积通常由存储元件决定,电容器解决方案通常尺寸较小且成本较低。在出现可存储大量能量、较便宜的小尺寸超级电容器后,可使用电容器而非备用方案数量大增。

备用系统要求

基于电容器的备用系统都会共用较多相同元件。若要通过适当电源为负载供电，并在从正常工作模式转换到备用模式时向系统发出告警，需要采用PowerPath控制与电源故障检测。存储电容器需要充电，理想条件下充电过程会快速有效地完成。

除非备用电容器存储了足够的能量，否则将无法进行适当备用，因此，许多应用需要在系统启动并准备好运行前完成充电。为此，通常需要大充电电流，同时，由于超级电容器的最大运行电压一般为2.7V，通常需要串联堆叠数个电容器。在这种情况下，电容器充电时必须采取措施来对其进行平衡和保护，以防止出现因过电压导致的受损或使用寿命衰减。

图1给出了LTC3350的简化原理图。LTC3350电容器充电器与备用控制

器IC旨在应对电容器备用应用的相关问题。LTC3350拥有为电容器备用的应用提供完整、独立备用控制器所需的所有功能。该器件最多可对四个串联电容器进行充电、平衡和保护。输入电源失效阈值、电容器充电电压和最低稳定备用电压都可使用外部电阻进行编程。

此外,该器件还包括一个14位内部测量ADC,可对输入、输出和电容器电压与电流进行监测。内部测量系统还可监测备用电容器相关参数,包括电容器堆叠电压、电容与堆叠ESR(等效串联电阻)。所有系统参数和故障状态均可通过I²C总线读回,并可设置告警等级,以在任意测量参数突然发生变化时向系统发出告警。

超级电容器充电基本原理

除几个关键点外,超级电容器充电与电池充电类似。第一点是处于完全放电状态的电容器可在整个充电周期内采用全电流充电,而电池在达到规定的最低电压前需要采取涓流充电。第二点是电容器不需要使用终止计时器。一旦达到最终“浮充”电压,电容器将无法存储更多电量,届时充电必须终止。

如果多个超级电容器以串联方式进行充电，电容器间出现电容不匹配，在对电容器组进行充电时，将导致各电容器的电压上升率不同。此时需要具备一些其他安全功能来确保所有电容器在充电周期内都不会超过其最大额定电压。此外，必须使用均衡系统来确保一旦对电容器组进行充电，所有电容器将拥有相同电压，并且不会由于自放电的差异而出现不同漂移。这样的电容器间的均衡操作可确保电容器的最大使用寿命。

LTC3350的充电电路由一个具有电阻可编程最大充电电流和最大堆叠电压的大电流、同步降压控制器组成(图2)。由于为充电器供电与为负载供电的电源相同, LTC3350还包括一个可编程输入电流限流器, 可在重 V_{OUT} 负载条件下自动降低电容器的充电电流。内置低电流均衡器(图2中未显示)可使所有电容器在每个电容器最大电压达5V时, 彼此间保持在10mV以内。

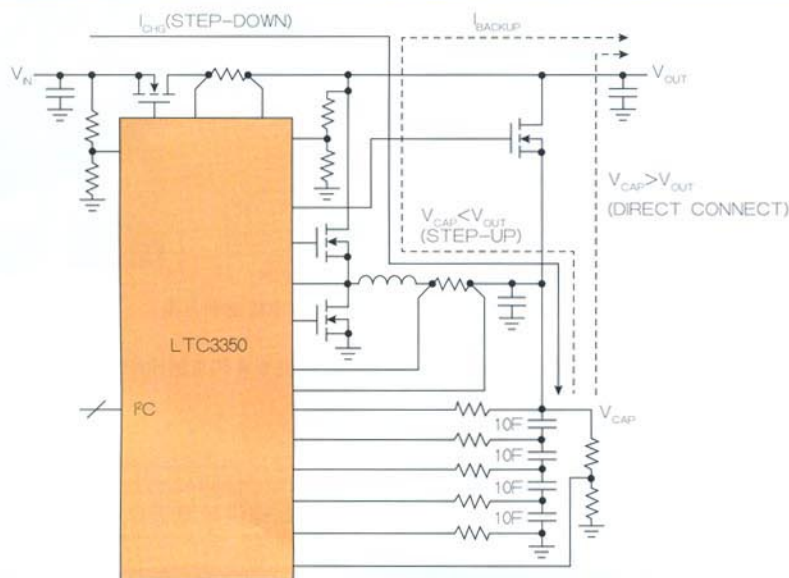


图1: 驱动电路, 适用于采用串联或串并联结合配置方式的中大功率LED灯组成的集成式LED模块。

EDN 电子技术设计

EDN-China

设计实例

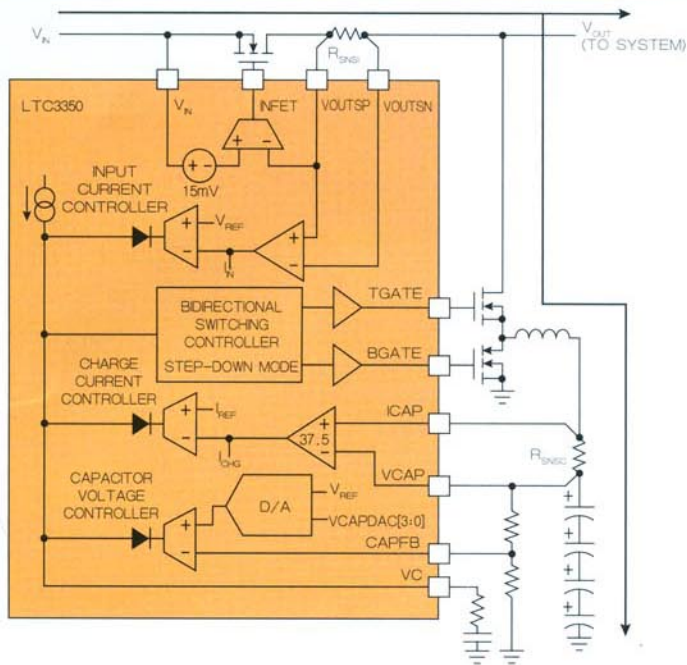


图2：正常运行中的功率流。

当任意电容器的电压达到2.7V的缺省值或达到用户设置的最大电压时，内部保护分流器(图中未显示)将自动降低充电电流，并分流该电容器的剩余充电电流。此外，可在软件控制的情况下降低堆叠充电电压，以便根据给定的备用能量要求优化电容器的使用寿命。

备用模式

一旦备用电容器组充好电，系统就能够提供备用电源。充电模式和备用模式取决于PFI(电源失效输入)引脚上的电压。如果 V_N 电压下降导致PFI比较器数值降低，这一部分将立即进入备用模式(图3)。 V_{OUT} 会随着 V_N 的下降而下降。一旦 V_{OUT} 下降至电容器堆叠电压以下，OUTFET理想二极管将导通以防止 V_{OUT} 继续下降。

一旦 V_{OUT} 下降至OUTFB引脚上电阻分压器所设置的电压，电容器充电器将作为同步升压备用DC/DC转换器以相反的方向运行，并将 V_{CAP} 堆叠电压作为其输入源，将 V_{OUT} 作为其稳压输出。升压备用转换器将继续运行，直至其无法再支持 V_{OUT} 负载条件，且 V_{OUT} 电压下降至4.5V的欠压锁定点以下。由于升压转换器在堆叠电压远低于4.5V时都将持续运行，这实际上使得超级电容器组内部几乎

所有的可用能量在备用期间都可以转移至负载。

“健康”监测确保可靠性并优化性能

在需要短期备用电源的高可靠性系统中，必须存储充足、可用的能量，以便在主电源发生故障时立即执行关键功能。备用能量源必须能够提供所需的备用电源。超级电容器以其极高的单位电容量和极低的ESR成为这些应用的完美选择。但与电池一

样，电容器的性能也会随时间逐渐劣化。

电容器的使用寿命通常定义为：电容降低30%/ESR增加100%所需的时间。高工作电压或温度升高会加速电容器的劣化。由于电容和电容器的ESR是确保系统进行可靠备用的关键所在，系统能够在备用电容器老化过程中监测并报告其“健康”状况非常重要。

一旦电容器组充满电，LTC3350会按照用户选择的频率自动监测堆叠电容和堆叠ESR。该器件采用精密电流源、精密定时电路及内置14位ADC来监测堆叠电容。

在充电器被强制关闭时，将从电容器组顶部拉出设置的电流。测算出电容器组下降200mA所需时间后，再通过这些参数来计算堆叠电容。完成电容测试后，通过测量具备和不具备大电流充电器(对电容器组再充电)的堆叠电压来完成ESR测试。

由于测试中使用了充电器，无需再使用外部大功率测试负载。充电器启动时，堆叠电压的瞬间升高为测得的充电电流与堆叠ESR的乘积。可通过 I^2C 随时读取最新的电容和电容器ESR值。

得到堆叠电容和ESR值后，就可以计算出为给定应用提供可靠备用所需的最低堆叠电压。由于大部分备用系统都设计有内部裕量，可以相对堆叠电压的标称值安全降低堆叠电压，从而延长电容器的使用寿命。这一过程可通过软件控制LTC3350 V_{CAP} 反馈DAC电压来轻松完成。 EDN

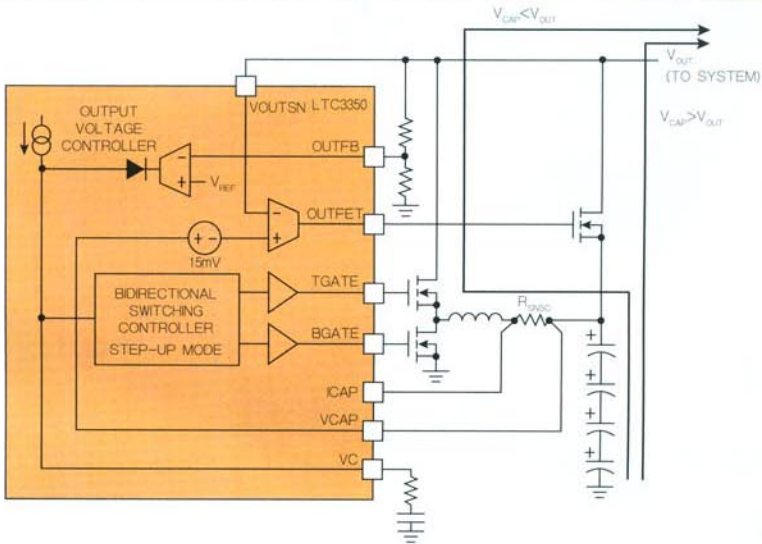


图3：备用模式下的PowerPath运行情况。