

基于超级电容器的后备电源可防止 RAID 系统中的数据丢失 – 设计要点 487

Jim Drew

引言

就其本质而言，独立冗余磁盘阵列 (RAID) 系统是专为在面对恶劣环境时保存数据而设计。电源故障就是一个例子，它会威胁到临时存储在易失性存储器之中的数据。为了保护这些数据，许多系统采用了基于电池的后备电源，这种后备电源可提供足以供 RAID 控制器将易失性数据写入非易失性存储器的短时功率。然而，闪存性能的进步 (例如：DRAM 密度、较低的功耗和较快的写入时间)、再加上超级电容器的技术改良 (比如：较低的 ESR 和每单位体积较高的电容)，使得能够采用寿命更长、性能更高和“环保性更佳”的超级电容器来替代这些系统中的电池。图 1 示出了一款基于超级电容器的后备电源系统，该系统采用了 LTC[®]3625 超级电容充电器、一个使用 LTC4412 PowerPath[™] 控制器的自动电源通道切换和一个 LTM[®]4616 双路输出 μModule[®] DC/DC 转换器。

LTC3625 是一款高效率超级电容充电器，非常适合于 RAID 应用中的小型后备电源系统。该器件采用 3mm x 4mm x 0.75mm 12 引脚 DFN 封装，且所需的外部组件极少。它具有一个高达 1A 的可编程平均充电电流、两个串接超级电容器的自动电量电压平衡功能和一种从超级电容器吸收少于 1μA 电流的低电流状态。

后备电源应用

有效的后备电源系统包括一个超级电容器组，该超级电容器组具有支持一次完整的数据传输所需的蓄电容量。一个 DC/DC 转换器负责获取超级电容器组的输出，并向数据恢复电子线路提供一个恒定电压。数据传输必须在超级电容器组两端的电压下降至 DC/DC 转换器的最小输入工作电压 (V_{UV}) 之前完成。

为了估算超级电容器组的最小电容，必需确定有效电路电阻 (R_T)。 R_T 是超级电容器的 ESR、分配损失 (R_{DIST}) 与自动通道切换的 MOSFET 的 $R_{DS(ON)}$ 之和：

$$R_T = ESR + R_{DIST} + R_{DS(ON)}$$

在 V_{UV} 条件下，当允许 10% 的输入功率损失于 R_T 之中时，可以确定 $R_{T(MAX)}$ ：

$$R_{T(MAX)} = \frac{0.1 \cdot V_{UV}^2}{P_{IN}}$$

LT、LT、LTC、LTM、Linear Technology 和 Linear 标识是凌力尔特公司的注册商标，PowerPath 是凌力尔特公司的商标。所有其他商标均为其各自拥有者的产权。

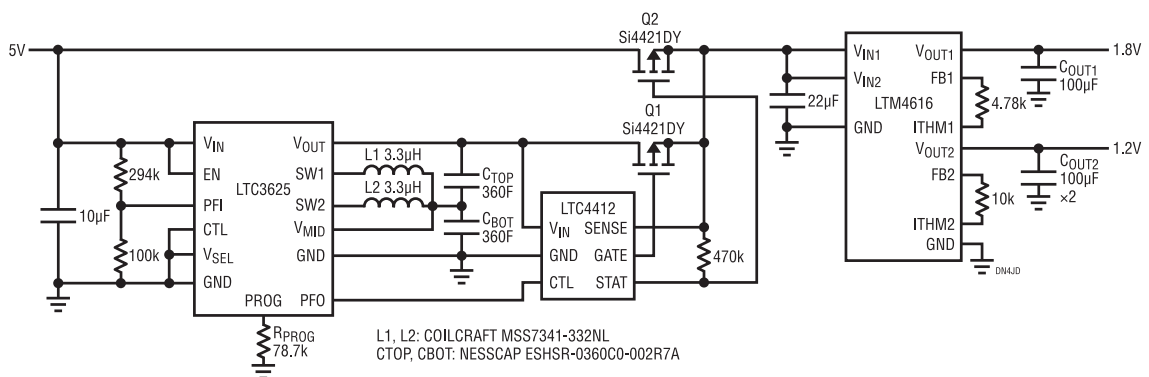


图 1：用于数据备份的超级电容器能量存储系统

在 V_{UV} 条件下，超级电容器组两端上所需的电压 ($V_{C(UV)}$) 为：

$$V_{C(UV)} = \frac{V_{UV}^2 + P_{IN} \cdot R_T}{V_{UV}}$$

现在，可以根据将数据传输至闪存所需的备份时间 (t_{BU})、超级电容器组的初始电压 $V_{C(0)}$ 和 $V_{C(UV)}$ 来计算最小电容 (C_{MIN}) 要求：

$$C_{MIN} = \frac{2 \cdot P_{IN} \cdot t_{BU}}{V_{C(0)}^2 - V_{C(UV)}^2}$$

C_{MIN} 为一个超级电容器电容的 1/2。在计算 R_T 的表达式中所使用的 ESR 是寿命末期 ESR 的两倍。寿命末期被定义为当电容降至其初始值的 70% 或 ESR 倍增之时。

LTC3625 产品手册中的“匹配超级电容器的充电曲线”图描绘了采用 LTC3625 将一个含有两个 10F 超级电容器的超级电容器组充电至 5.3V (R_{PROG} 被设定为 143k) 的两种配置之充电曲线。将这幅曲线图与下面的公式相结合，用于确定所需的 R_{PROG} 值，以产生适合目标应用中使用的实际超级电容器的期望充电时间：

$$R_{PROG} = 143k \cdot \frac{10F}{C_{ACTUAL}} \cdot \frac{5.3V - V_{C(UV)}}{V_{OUT} - V_{C(UV)}} \cdot \frac{t_{RECHARGE}}{t_{ESTIMATE}}$$

$V_{C(UV)}$ 是使 DC/DC 转换器能够产生所需输出的超级电容器最小电压。 V_{OUT} 是目标应用中 LTC3625 的输出电压 (由 V_{SEL} 引脚设定)。 $t_{ESTIMATE}$ 是从 $V_{C(UV)}$ 充电至 5.3V 所需的时间 (可从充电曲线来推知)。 $t_{RECHARGE}$ 是目标应用中期望的再充电时间。

设计实例

例如：假设在 DC/DC 转换器的输入功率为 20W 的情况下将数据存储在闪存需要 45 秒，而 DC/DC 转换器的 V_{UV} 为 2.7V。所需的 $t_{RECHARGE}$ 为 10 分钟。超级电容器组的满充电电压被设定为 4.8V —— 这在延长超级电容器的寿命与尽可能利用其蓄电容量之间实现了良好的折衷。对 R_T 的组成部分进行了估算： $R_{DIST} = 10m\Omega$ 、 $ESR = 20m\Omega$ 和 $R_{DS(ON)} = 10m\Omega$ 。

对于该设计阶段而言，最终得到的估算值 $R_{T(MAX)} = 36m\Omega$ 与 $R_T = 40m\Omega$ 足够接近。 $V_{C(UV)}$ 的估算值为 3V。 C_{MIN} 为 128F。两个 360F 电容器提供了一个 126F 的寿命末期电容和 6.4m Ω 的 ESR。通道切换由 LTC4412

和两个 P 沟道 MOSFET 组成。栅极电压为 2.5V， $R_{DS(ON)}$ 为 10.75m Ω (最大值)。26.15m Ω 的 R_T 完全在 $R_{T(MAX)}$ 的范围之内。 R_{PROG} 的估算值为 79.3k。与之最接近的 1% 精度标准电阻器为 78.7k。产品手册建议的降压和升压电感器的数值均为 3.3 μ H。

LTC3625 包含一个电源故障比较器，该比较器用于监视启用 LTC4412 的输入电源。一个连接至 PFI 引脚的分压器负责将电源故障触发点 (V_{PF}) 设定为 4.75V。

图 2 示出了一个具有 20W 负载的系统之实际备份时间。期望的备份时间为 45 秒，而该系统提供的备份时间为 76.6 秒。造成这种差异的原因是 R_T 低于估算值以及实际的 V_{UV} 为 2.44V。如图 3 所示，实际的再充电时间为 685 秒，而计算中所采用的再充电时间为 600 秒，该差异源于实际的 V_{UV} 较低。

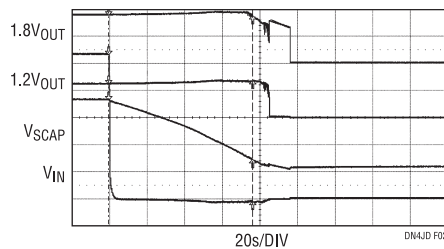


图 2：支持一个 20W 负载的超级电容器备份时间

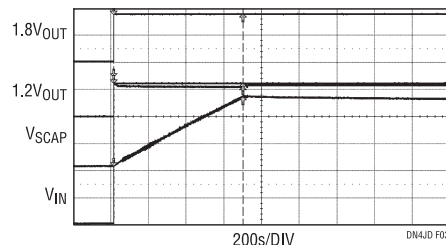


图 3：备份之后的再充电时间

结论

超级电容器正在逐步取代电池，以满足针对数据中心的绿色环保计划强制要求。LTC3625 是一款具自动电量平衡功能的高效率 1A 超级电容充电器，可与 LTC4412 低损耗 PowerPath 控制器相组合，以造就一款用于在存储应用中保护数据的后备电源系统。

产品手册下载

www.linear.com.cn

如要获得更多资料或技术支持，请与我们的销售部或当地分销商联系，也可浏览我们的网址：www.linear.com.cn 或电邮到 info@linear.com.cn

凌力尔特有限公司
Linear Technology Corp. Ltd.
www.linear.com.cn
香港电话：(852) 2428-0303
北京电话：(86) 10-6801-1080
上海电话：(86) 21-6375-9478
深圳电话：(86) 755-8236-6088

艾睿电子亚太有限公司
Arrow Asia Pac Ltd.
www.arrowasia.com
香港电话：(852) 2484-2484
北京电话：(86) 10-8528-2030
上海电话：(86) 21-2215-2000
深圳电话：(86) 755-8836-7918

骏龙科技有限公司
Cytech Technology Ltd.
www.cytech.com
香港电话：(852) 2375-8866
北京电话：(86) 10-8260-7990
上海电话：(86) 21-6440-1373
深圳电话：(86) 755-2093-5811

派睿电子有限公司
Premier Electronics Limited
cn.element14.com
香港电话：(852) 2268-9888
北京电话：(86) 10-6260-8088
上海电话：(86) 21-6196-1388
深圳电话：(86) 755-8305-4888

好利顺电子香港有限公司
Nu Horizons Electronics Asia Pte Ltd.
www.nuhorizons.com
香港电话：(852) 3511-9911
北京电话：(86) 10-8225-0019
上海电话：(86) 21-6441-1811
深圳电话：(86) 755-3398-2850

dn487f 0711 137.8K • PRINTED IN CHINA

LINEAR TECHNOLOGY
© LINEAR TECHNOLOGY CORPORATION 2011