

利用热能收集延长远程传感器所用电池寿命

|| 凌力尔特公司 || Dave Salerno

人们常常在周围充满能源的环境中看到无线和有线传感器系统，这种环境能源非常适合用来给传感器供电。例如，能量收集可以显著地延长已安装电池的寿命，尤其当功率要求较低时，从而降低了长期维护成本，减少了宕机事件。尽管有这么多好处，但是在能量收集的采用上始终存在一些障碍。最显著的是，环境能源常常是间歇性的，或者不够给传感器系统连续供电，而主电池电源在其额定寿命期内是极其可靠的。系统设计师也许不愿意将系统升级为可以收集环境能源，尤其是当无缝集成非常重要时。凌力尔特LTC3107的目标是，使其

容易且无缝地延长电池寿命，以及通过给现有设计增加能量收集功能，以改变这类设计师的想法。

LTC3107 是一款负载点能量收集器，仅占用很小的空间，只要能够容纳LTC3107的3mm x 3mm DFN封装以及几个外部组件即可。通过产生一个跟踪现有主电池电压的输出电压，可无缝地采用LTC3107以把免费热能收集的成本节约带到新的和现有的电池供电型设计中。

LTC3107与一个小型的热能能源一起使用，就可以延长电池寿命，因此降低了与电池更换有关且重复发生的维护成本。LTC3107用来增强电池，甚至视负载情况和可用的可收集能源的情况而定，完全由LTC3107给负载供电。

数字输出BAT_OFF用来指示在任意给定时刻电池是否处于使用中以为负载供电。这就允许系统监视收集器的有效性，以及电池使用的占空比，以提供维护报告。BAT_OFF从内部上拉到V_{OUT}。

图1显示了一个典型的无线传感器应用。这个系统完全由一个CR3032 3.0V锂币形主电池供电，电池容量为500mA-Hr。如果平均系统功率需求是250μW，那么这个电池在连续运行时，可以供电大约8个月时间。

图2显示了相同的系统，使用相同的电池，但增加了基于LTC3107的热能收集器，以延长电池寿命。

图1 一个典型的电池供电无线传感器系统的简化方框图

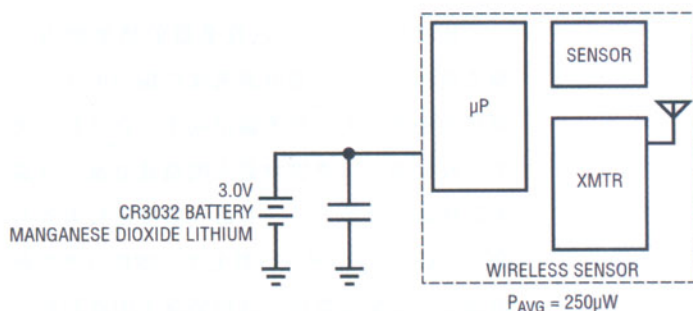


图2 具电池和LTC3107热能收集器的无线传感器系统

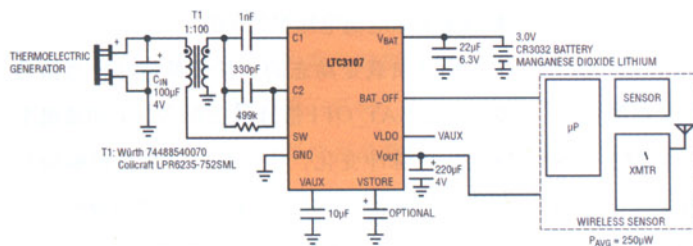


图3 通过使用一个热能收集器，电池寿命可以延长几年

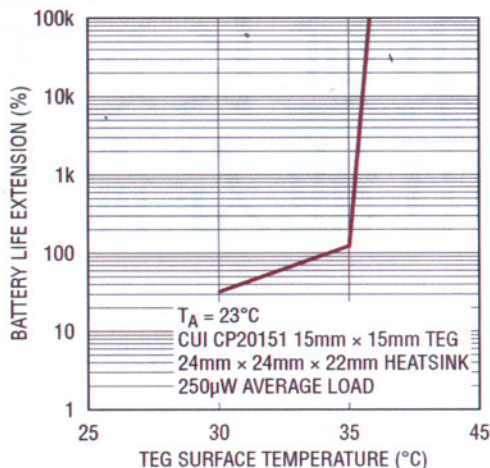


图4 PHARVEST > PLOAD 时收集器的波形

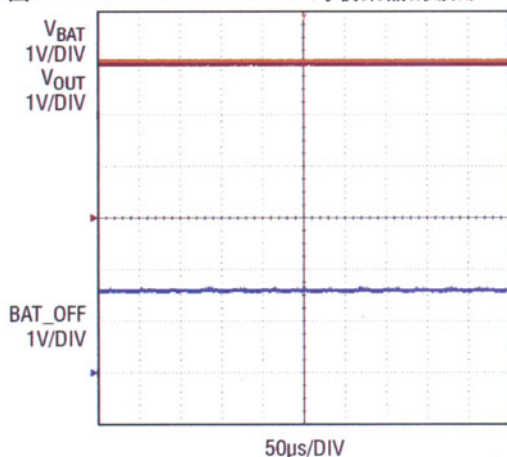


图5 PHARVEST < PLOAD 时收集器的波形

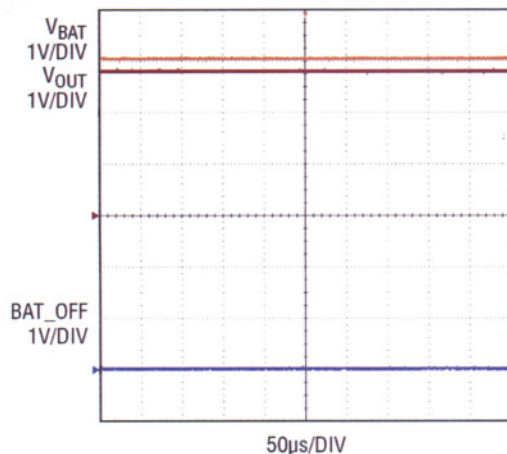


图3显示了通过增设热能收集实现的预期电池寿命延长，其在一系列TEG安装表面温度下（假定环境温度为23°C）采用了一个小型（15mm x 15mm）热电发生器（TEG）和一个

24mm²散热器。

在所收集的热功率大于负载所需的平均功率时，绝不用电池给负载供电，仅从电池吸取80nA电流，从而使电池寿命接近一个典型主电池的保存寿命（5至10年）。在这种情况下，电池仅用来作为LTC3107的基准电压以提供输出电压调节。需要提及的重要一点是，在所有工作条件下，LTC3107都能够防止任何充电电流进入电池。

例如，就图2所示系统而言，当TEG连接至可收集热源时，诸如仅比环境温度高12°C的温管道或机器时，LTC3107就可以完全用收集的能量给250μW负载供电，从而在电池保存寿命期内，省去了多次电池更换服务，如图3所示。

图4波形显示了电池电压和LTC3107的输出电压。如图所示，输出电压稳定在大约比未加载电池电压低30mV的电压值上，对系统负载而言是无缝和透明的，从而为所设计的系统提供一个输出电压。在这种情况下，BAT_OFF输出保持高电平，指示电池未用来给负载供电。（请注意，在这些图中，由于示波器探头和LTC3107内部的上拉电阻器组成了电阻分压器，所以示波器探头的电阻性负载使BAT_OFF的高电平电压降低至低于V_{OUT}。）

如果负载需求超过收集器的供电能力，那么就按照需要，用电池来保持输出电压，并提供负载所需的必要的输出功率。在这种情况下，收集器尽可能提供最大的负载电流，以最大限度降低电池电流，并最大限度延长电池寿命。BAT_OFF信号保持低电平，即使有些负载电流是由收集器提供。这种情况下的波形如图5所示。在这种情况下，LTC3107将V_{OUT}调节至大约比实际电池电压低220mV。

如果负载是动态的，从较低值向较高值转变，那么BAT_OFF信号就会在高电平和低电平之间出现脉冲变化，指示何时收集器能够向负载供电，何时需要电池。图6所示波形说明了这种情况，该波形在瞬间的负载阶跃时出现。

图6 短暂的负载瞬态超过 PHARVEST 时收集器的波形

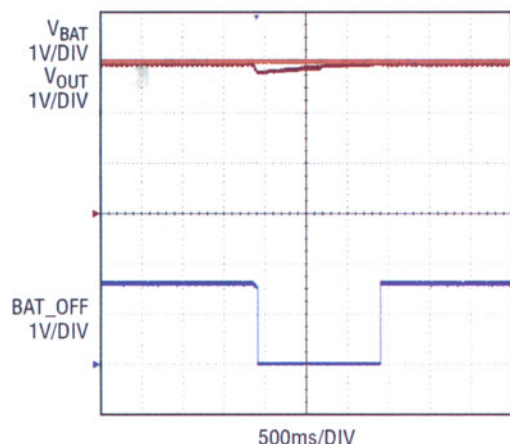
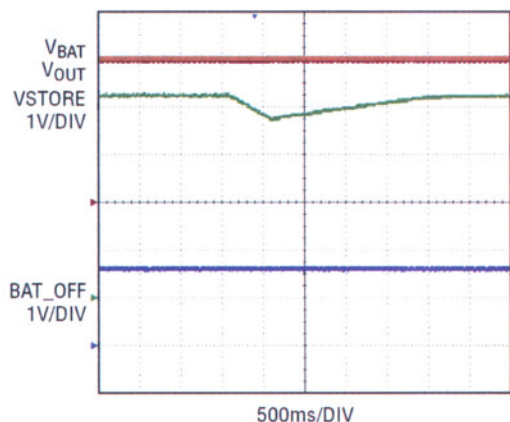


图7 用VSTORE功能支持负载瞬间增大



为了进一步延长电池寿命，LTC3107可在轻负载时通过VSTORE引脚上电容值较大的电容器存储多余的收集能量，以在重负载时支持 V_{OUT} 。为了方便使用超级电容器（超级电容器典型情况下最高电压额定值为5V），VSTORE引脚上的电压从内部箝位至最高4.48V。

在负载增大时，这种能量存储功能可在恢复至电池电源之前自动使用存储的能量保持 V_{OUT} ，可降低或消除了电池泄漏。在图7所示波形中说明了这一点。这时可以看到，在轻负载时已经升高的VSTORE电压在负载增大时下降了，因为向负载提供了能量。可以看到， V_{OUT} 没有下降，BAT_OFF信号仍然保持高电平，这指示即使在负载瞬态时电池也未用来支持输出。

在无收集能量可用、存储能量耗尽的情况

下，输出功率全部由电池提供，就像没有收集器一样，同时 V_{OUT} 稳定在比电池电压低220mV的电压值上。在这种情况下，收集器电路仍然保持空闲状态，仅给电池增加了6 μ A负载。这种情况下的收集器波形与图5所示相同。

为了针对 V_{OUT} 端短路情况保护电池，从 V_{BAT} 到 V_{OUT} 的电流限制到最低30mA和最大100mA。因此，当靠电池运行时，可以支持至少30mA的稳态负载。如果需要，可以在短时间内用 V_{OUT} 端的去耦电容器支持较大的瞬态负载。

收集器产生的稳态输出电流受几个因素的影响，但是主要受到可以加到TEG两端的温度差的限制。该电流不仅是TEG安装表面的温度和环境温度的函数，而且受到TEG低温侧使用的散热器热阻的影响。收集能量提供的输出电流在稳态时可能低至数微安直至几毫安。从VSTORE到 V_{OUT} 能够提供的电流受到这两个引脚之间电压差的限制以及通过LTC3107充电控制电路的内部通路电阻（典型值约为120 Ω ）的限制。因此VSTORE电流典型情况下也限制到数毫安，而且未打算支持很大的负载瞬态。这应该由 V_{OUT} 去耦电容器应对。

除了BAT_OFF功能，LTC3107还提供第二个输出电压，该电压由一个内部低压差（LDO）稳压器稳定在2.2V，可用来给高达10mA的负载供电。如果必要，这个2.2V LDO也可由收集器和电池供电。

总结

为了方便在多种新的和现有的主电池供电应用中采用热能收集技术，LTC3107设计为在2V至4V电池电压范围内工作。这个范围包括了在较低功率应用中使用的大多数流行的长寿命主电池，例如3V币形锂电池和3.6V锂亚硫酸酞氮电池。LTC3107提供了两全其美的解决方案，既提供电池电源的可靠性，又可以最少的设计工作量和采用热能收集而降低了维护成本。CEM