

采用超低电压转换器改善从热电能源的能量收集

背景

测量和控制所需的超低功率无线传感器节点的激增,再加上新型能量收集技术的运用,使得由局部环境能量而非电池供电的全自主型系统成为可能。利用环境或“免费”能量来为无线传感器节点供电是很有吸引力,因为它能够对电池或导线供电提供补充、甚至完全无需使用电池或供电导线。当更换或检修电池存在不便、费用昂贵或危险之时,这显然是有好处的。

许多无线传感器系统消耗非常低的平均功率,从而成为可利用能量收集技术进行供电的主要候选对象。很多传感器节点用于监视缓慢变化的物理量。所以可以不经常进行测量,也不需要经常发送测量数据,因此传感器节点是以非常低的占空比工作的。相应地,平均功率需求也很低。例如:如果一个传感器系统处于唤醒状态时需要 3.3V/30mA(100mW),但每秒钟只有 10ms 在工作,那么其所需的平均功率仅为 1mW,假定在传送突发的间隔期间不工作时,传感器系统电流降至数 μ A。倘若这个无线传感器只是每分钟(而不是每秒钟)进行一次采样和传送,则平均功率将骤降至 20 μ W 以下。这差异是十分重要,因为大多数形式的能量收集均提供非常小的稳态功率(通常只有几 mW,某些场合甚至仅为几 μ W)。应用所需的平均功率越低,就越有可能采用收集能量来供电。

能量收集源

可供收集的最常见能量源是振动(或运动)、光和热。用于所有这些能量源的换能器都具有以下的共同特性:

- 它们的电输出未经稳压,并且不适合直接用于给电子电路供电
- 它们可能无法提供一个连续和不间断的电源
- 它们往往只产生非常低的平均输出功率(通常大约为 10 μ W 至 10mW)

如果想把此类能量源用于给无线传感器或其他电子线路供电,就必需针对上述特性进行明智而审慎的电源管理。

电源管理

由收集能量供电的典型无线传感器系统可分解为 5 个基本构件,如图 1 所示。除了电源管理构件之外,所有这些构件都已经用了有一段时间。比如:运行功率仅数 μ W 的微处理器以及功耗同样非常之低、具成本效益的小型 RF 发送器和收发器已被广泛使用。低功率的模拟和数字传感器也是无处不在。

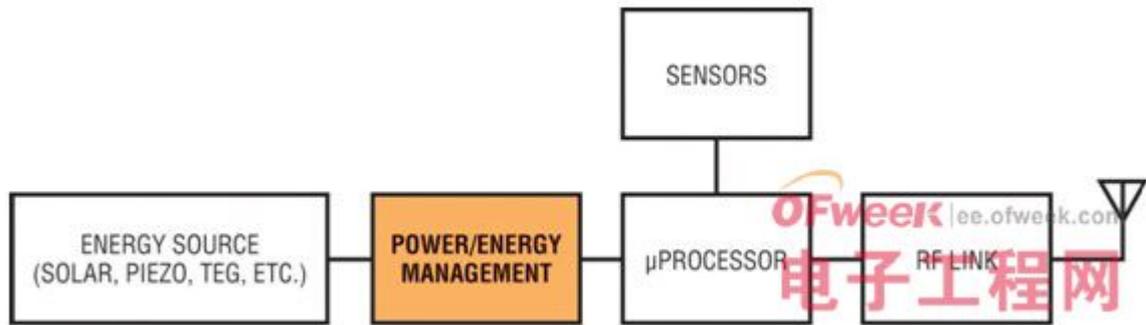


图 1：典型的无线传感器系统配置

面向能量收集的理想电源管理解决方案应具有小巧、易用和工作性能良好的特性，同时能够采用由常见能量收集源所产生的异常高或异常低电压来运作，并且以理想的方式提供与源阻抗的良好负载匹配，可实现最佳的功率传输。电源管理器本身必须只需要非常微小的电流来管理累积的能量，并使用极少的分立组件来产生稳定的输出电压。

有些应用(比如：无线 HVAC 传感器或地热供电型传感器)则给能量收集电源转换器提出了另一项独特的挑战。此类应用要求能量收集电源管理器能够依靠一个非常低、而且是任一极性的输入电压来运作，这是因为热电发生器(TEG)两端之 ΔT 的极性是会变化的。这是一个特别棘手的难题，而且在几十或几百 mV 的电压条件下，二极管桥式整流器并不是可选的方案。

采用 4mmx4mmx0.75mm20 引脚 QFN 封装或 20 引脚 SSOP 封装的 LTC3109 可解决任一极性之超低输入电压源的能量收集问题。该器件提供了一款紧凑、简单、高度集成的单片式电源管理解决方案，适合采用低至 $\pm 30\text{mV}$ 的输入电压来运作。这种独特的能力使其可以采用一个热电发生器(TEG)来给无线传感器供电，并从小至 2°C 的温差 (ΔT) 收集能量。该器件采用了两个小型(6mmx6mm)的现成有售升压变压器和少量的低成本电容器，可提供为当今的无线传感器电子线路供电所需的稳定输出电压。

LTC3109 采用这些升压变压器和内部 MOSFET 形成了一个谐振振荡器，该振荡器能够采用非常低的输入电压运作。利用一个 1:100 的变压器匝数比，此转换器能依靠低至 30mV 的输入实现启动，这与输入的极性无关。变压器副端绕组负责为一个充电泵和整流器电路馈电，这用于给 IC 供电(通过 VAUX 引脚)及对输出电容器进行充电。2.2VLD0 输出被设计为首先处于调节状态，以尽快地为一个低功率微处理器供电。之后，主输出电容器被充电至由 VS1 和 VS2 引脚设置的电压(2.35V、3.3V、4.1V 或 5.0V)，以给传感器、模拟电路、RF 收发器供电，甚至给一个超级电容器或电池充电。当无线传感器处于运行状态并发送信号时，VOUT 存储电容器将提供低占空比负载脉冲期间所需的突发能量。另外，还提供了一个可由主机轻松控制的开关输出(VOUT2)，用于为那些没有停机或低功率睡眠模式的电路供电。该器件内置了一个电源良好输出，用以向主机发出“主输出电压接近其稳定值”的提示信号。图 2 示出了 LTC3109 的电路原理图。

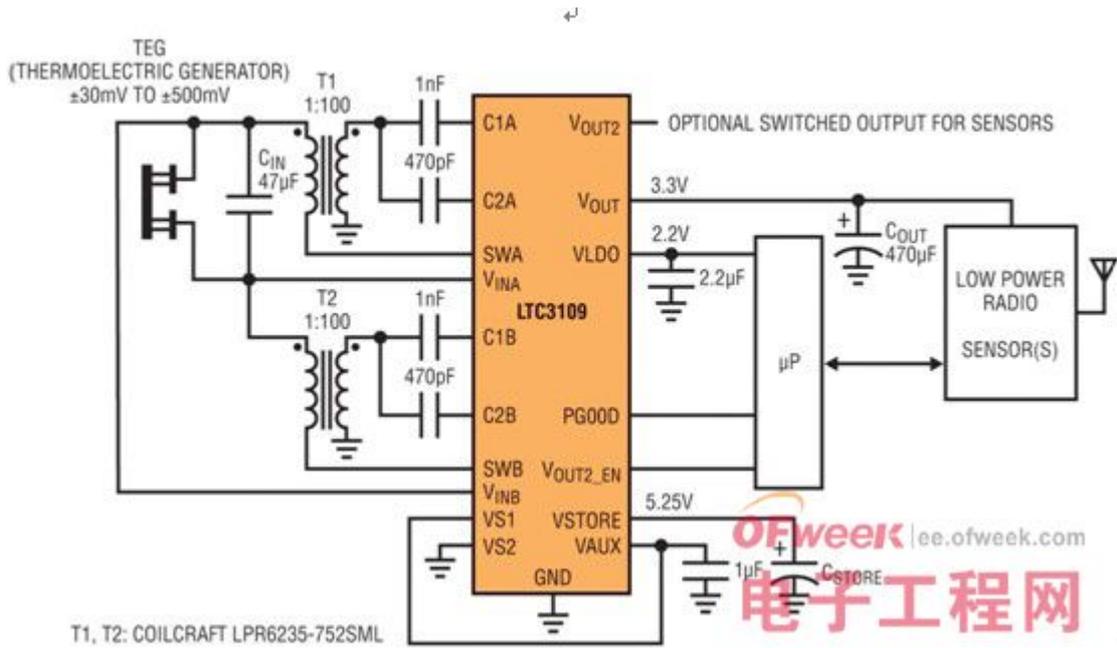


图 2：针对单极输出操作的 LTC3109 原理图

热电发生器

热电发生器其实就是热电模块，它利用塞贝克 (Seebeck) 效应将设备上的温度差 (以及由于温度差所导致流过设备的热量) 转换为电压。这一现象的逆过程 (被称为帕尔帖 [Peltier] 效应) 则是通过施加电压而产生温差，并为热电冷却器 (TEC) 所惯用。输出电压的极性取决于 TEG 两端温度差的极性。如果 TEG 的热端和冷端掉换过来，那么输出电压就将改变极性。

TEG 由采用电串联连接并夹在两块导热陶瓷板之间的 N 型掺杂和 P 型掺杂半导体芯片对或偶所构成。最常用的半导体材料是碲化铋 (Bi_2Te_3)。图 3 示出了 TEG 的机械构造。

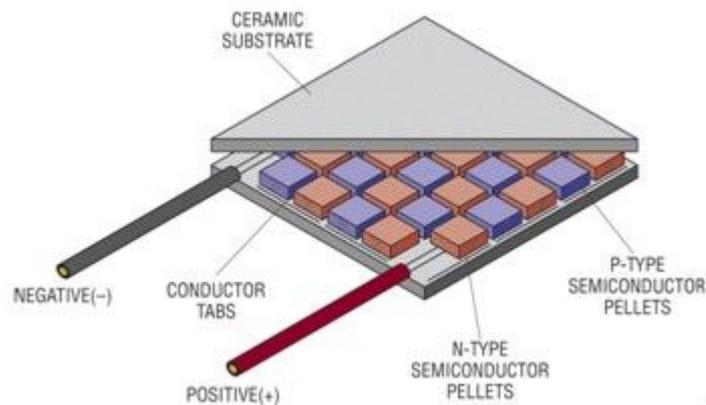


图 3：TEG 的典型机械构造

对于一个给定的 ΔT (与塞贝克系数成比例), TEG 将产生多大的电压受控于诸多的变量。其输出电压为每 K 温差 10mV 至 50mV (取决于电偶的数目), 并具有大约 0.5Ω 至 5Ω 的源电阻。一般而言, 对于给定的 ΔT , TEG 所拥有的串联电偶越多, 其输出电压就越高。然而, 增加电偶的数目也会增加 TEG 的串联电阻, 从而导致在加载时产生较大的电压降。制造商可以通过调整个别半导体芯片的尺寸和设计对此进行补偿, 以在保持低电阻的同时仍然提供较高的输出电压。TEG 的热阻则是在选择 TEG 以及使其与散热器匹配时所需考虑的另一个因素。

结论

凭借其可在低至 $\pm 30\text{mV}$ 的输入电压下运作之独特能力, LTC3109 提供了一款简单和高效的电源管理解决方案, 其实现的热能收集可用于从常见的热电器件来给无线传感器和其他的低功率应用供电。该产品采用 20 引脚 QFN 封装或 SSOP 封装, 可提供前所未有的低电压能力和很高的集成度, 以最大限度地缩减解决方案的占板面积。LTC3109 可与现有的低功率构件无缝连接, 以支持自主型无线传感器并延长关键型电池后备应用中的电池寿命。