

紧凑型太阳能电池板利用创新性能量收集技术

Compact solar panels take advantage of innovative energy harvesting

□ Bruce Haug 凌力尔特公司电源产品部 高级产品市场工程师

1 背景信息

我们周围到处都是能量，它们以热、光、电流甚至机电能的形式存在。不过，人们常常发现，这些能源提供的能量太少了，无法为任何实际用途连续提供充足的功率。实际上，直到不久前，除了太阳能和地热能，一直无法从其他形式的能源中获得充足的能量来执行任何有用的功能。能量收集是从一种或多种自然存在的能源中收集微量能量、然后把

得到恰当利用，不仅无需维护，而且在很多应用的生命周期中始终可用。

另外，能量收集可以用于辅助能源以补充电池等主电源，从而极大地延长了电池寿命，降低维护费用。

2 能量收集应用

现在很多应用将能量收集电源作为主电源使用。例

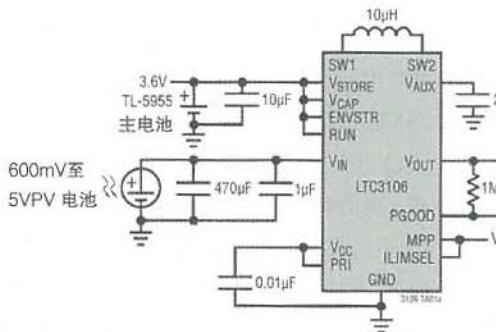


图1 LTC3106 采用太阳能电池板或主电池为下游负载连续供电

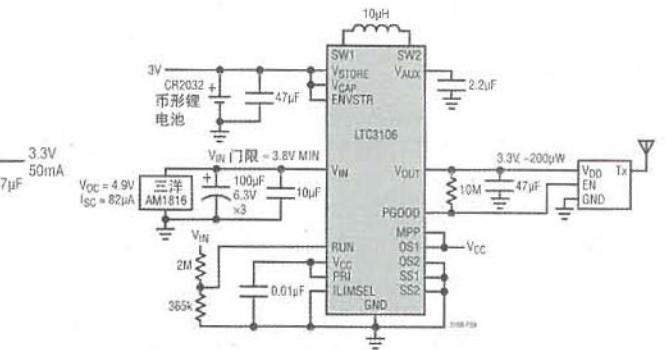


图2 配置为太阳能收集器、具主电池备份电源、给无线网络节点供电的 LTC3106

收集到的能量累积或存储起来以备之后使用的过程。能量收集设备可以高效采集、累积、存储、调节和管理环境能量，而且所用调节方式适合将这类能量用于执行有用的功能。

最近的技术进步提高了从自然环境中获得微量能量并将其转换成电能的效率。此外，转换器技术的进步不仅提高了电源转换效率，还降低了转换器的内部功耗。这些进步激发了工程界的兴趣，促使他们开发出更多利用能量收集技术的应用。

在远程应用的部署中，从根本上不可能耗尽的自然环境能源中收集能量替代有线电源或电池，日益成为一种备受关注的供电方式。自然能源从本质上来说是免费能源，如果

如，无线传感器网络 (WSN) 常常受益于能量收集电源。如果在一个偏远地点部署无线节点，有线电源或电池或者不够可靠或者不可用，那么就可用收集的能量提供节点运行所需功率。在其他一些情况下，多种能源选择可以提高系统的总体效率和可靠性。

一些较常见的可收集能量包括：

- 机械能 - 来自振动、机械压力和应变力；
- 热能 - 炉子、加热器、马达和摩擦运动等浪费的能量；
- 光能 - 通过光电二极管或太阳能电池从太阳光或室内照明中获得的能量；

- 电磁能 - 来自电感器、线圈和变压器;
- 自然环境中的能量 - 来自风、水流、洋流、电流和太阳;
- 人体能量 - 通过运动等产生的机械能和热能;
- 其他能量 - 来自化学和生物源。

需要提到的重要一点是，几乎所有这些能源都不受限制，且本质上是免费的，只要在系统部署位置或系统部署位置附近能够获得就行。

典型的能量收集系统需要诸如振动、热量或光等能源

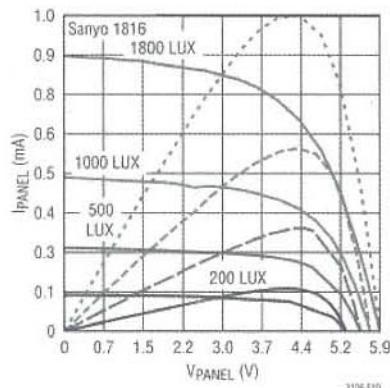


图3 在可变光照情况下测得的AM-1816之I-V和P-V曲线

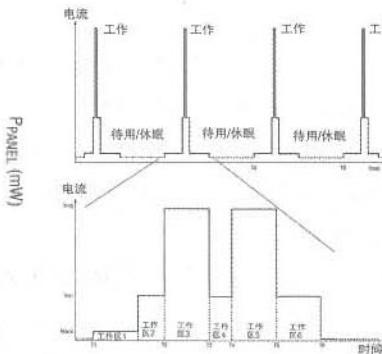


图4 图2原理图的应用负载曲线

表2 图2原理图的应用负载曲线功率预算

间隔	MCU功能	峰值电流 I_{in} (mA)	间隔 T_n (ms)	电荷 $I_n T_n$ (μ C)	工作区 占空比 (%)	间隔输出 功率 (mW)	平均输出 功率 (μ W)	LTC3106 功耗(根据 曲线)(mW)	LTC3106 平均功耗 (μ W)
工作区1	唤醒	0.3	1	0.3	0.1	1.0	1	0.2	0.2
工作区2	预处理	8	0.6	4.8	0.1	26.4	16	3	1.8
工作区3	Rx/Tx	20	1	20	0.1	66.0	66	5	5.0
工作区4	处理	8	0.5	4	0.0	26.4	13	3	1.5
工作区5	Rx/Tx	20	1	20	0.1	66.0	66	5	5.0
工作区6	休眠/空闲	0.001	1000	1	99.5	0.003	3	0.02	19.9

总周期时长: 1004ms 总平均功率: 165 μ W 总平均功耗: 37 μ W

以及一些关键电子组件，包括：

- 能量转换设备(换能器)，例如压电组件或太阳能电池板，可将环境能源转换成电能；
- 能量收集转换IC以获得、存储和管理电能；
- 传感器、微控制器和收发器，作为WSN的组成部分以读取、记录和传送数据；
- 可选的补充性能量存储设备，例如薄膜型主电池或超级电容器。

很重要的一点是，电源转换设备需要有很高的效率和很低的静态电流，这样大部分收集的能量才能用于给传感器网络或控制电路供电，或者用来监视设备。此外，必须了解

可收集能源能够提供多大的平均功率，以及给特定设备供电需要多少能量(工作占空比)。

3 能量收集IC解决方案

幸运的是，为了处理、存储和使用收集的能量，凌力尔特提供了几款能量收集器件。LTC3106是其中之一，这是一款高集成度、超低电压降压-升压型DC/DC转换器，具备为多种输入能源和低功率系统而优化的自动电源通路(PowerPath)管理功能。如果主电源不可用，LTC3106就无缝地切换到备份电源，且与可再充电电池或主电池兼容，无论何时，只要有剩余能量可用，就可以给备份电池涓流充电。如果使用的输入能源是光源，那么可选最大功率点控制功能优化电源和负载之间的功率传送。在无负载时，LTC3106仅消耗1.6 μ A电流，并能从任何输入能源产生高达5V的输出电压。图1显示了一个典型的原理图。

LTC3106采用电源通路(PowerPath™)控制架构，允许使用单个电感器，通过在两个电源输入之间无缝转换，产生用户可选和固定的稳定输出电压。如果输入电源(V_{in})可用，降压-升压型稳压器就用 V_{in} 工作，向负载提供高达300mA的电流。如果 V_{in} 不可用，稳压器选择 V_{store}/V_{cap} 作为其输入，向负载提供高达50mA的电流。如果用可再充电电池作为备份电源，那么还提供小电流再充电电源通路，从而允许在输出电压处于稳定状态时，用多余的输入能量给备份电源充电。用户可选择不同的充电/放电门限适用于多种化学组成的电池，可防止过度充电/深度放电保护电池。当主电池用作备份电源时，充电可以通过PRI从外部禁止。

在没有备份电源时，主输入电压 V_{in} 可配置为在850mV至5.1V电压范围内工作，有备份电源时(例如主电池)则配置为在330mV至5.1V范围内工作。这样的范围适合多种类型的电源，包括高阻抗电源(例如小型太阳能电池板)。为了确保获得最大功率，LTC3106集成了一个准确的RUN引脚和可选最大功率点函数。二者均可用来控制稳压器接通点，使其位于输入电源的最大功率点上。对于较高功率的输入电

源而言，准确的 RUN 引脚函数非常适合用来将可预测的稳压器接通点设定到特定输入电压上。

如果由可收集能量提供的输入电压消失了，主电池或辅助电池可从 V_{STORE} 连接至 GND，以给系统供电。如果电池可再充电，将从这个引脚向电池涓流充电，直至达到最高可选电压。

LTC3106 可由两个输入电压源之一启动，优先选择 V_{IN} 。最初在同步整流器被禁止的情况下对 V_{AUX} 充电，一旦 V_{AUX} 达到最终电压，输出电压也开始异步充电，直至 V_{OUT} 达到约 1.2V。然后，转换器退出异步模式，以支持更高效的同步启动模式，直至 V_{OUT} 处于稳定状态，器件进入正常工作模式为止。 V_{AUX} 充电时输出电压也会上升。主输出电压是用户设定的，可设定为 1.8V、2.2V、3.3V 或 5V 任意一个预置稳定电压。

4 设计实例

在仅由电池供电的传统型无线网络节点中，主控制单元 (MCU) 直接连接到电池。在这类应用中，有几种因素导致电池容量减小。一般而言，这类无线系统以非常低的频率轮询节点，空闲阶段功率非常低，偶尔需要与该节点通信时，会有一些大电流脉冲。有脉冲负载时，峰值电流可能远大于电池制造商给出的标称漏电流，从而使电池容量减小到在典型静态漏电流情况下所规定的值以下。此外，就大多数 MCU (典型最小值为 2V) 而言，可用输入电压限制了可用电池容量。

图2所示应用电路显示了与 AM-1816 太阳能电池板连接的 LTC3106，其总体尺寸为 9.8cm x 5.7cm (胸卡大小)，CR2032 主电池起补充作用，该应用电路配置为向脉冲负载输出供电。尽管能量收集系统可能无需电池，但是电池可以起到补充作用，而且寿命得以延长。当有充足的环境能源可用时，就不给电池加载，仅当环境能源不足以带动负载时，才启用电池。这不仅延长了电池寿命，从而提高了可靠性，同时还降低了维护成本。

LTC3106 的主输入电压 (V_{IN}) 范围很宽，可以满足高阻抗太阳能电池的各种需求。太阳能电池按照输出功率、所用材料 (晶体硅、无定形硅、化合物半导体等) 和应用环境 (室内或室外照明) 进行分类。三洋电机的 Amorton 产品线 (松下下一个子公司的产品) 提供了多种太阳能电池，以满足各种

表1 典型照明条件

地点	亮度 (单位: 流明)
会议室	200
走廊	200
办公桌	400 至 700
实验室	500 至 1000
室外 (阴天)	1000 至 2000
室外 (晴天)	> 2000

照明条件 (参见表 1，了解典型照明条件)、功率大小以及针对特定应用的尺寸和形状定制电池的要求。

AM-1816 板的 I-V

和 P-V 曲线如图 3 所示。电池的最大功率 (P_{MAX}) 随光照强弱而变化，但是 P_{MAX} 点上的电压波动轻微。在这个应用实例中， V_{IN} 门限电压用 RUN 引脚上的电阻分压器设定为等于 P_{MAX} 点上的电压。输入电压上升的 U_{VLO} 门限 $V_{IN(OV)}$ 设定为 4.2V。由于内部迟滞， $V_{IN(UV)}$ 为 3.8V，从制造商提供的有关 AM-1816 太阳能电池的 I-V 和 P-V 数据看，最大功率点上的平均 V_{IN} 电压约为 4V。

就这个应用而言，负载是低功率 RF 设备，其负载曲线如图 4 所示。工作区、输出和功耗如表 2 所示，表中还列出了每个工作状态下的峰值电流。

在上述负载曲线下，LTC3106 总平均功耗为 37 μ W，电阻分压器的功耗为 5 μ W，总平均功率为 165 μ W，所以，总的输入功率需求为 207 μ W。计算得出的平均效率 (包括电阻分压器在内) $\eta = 165\mu\text{W}/207\mu\text{W} = 80\%$ 。200 流明时 AM-1816 的可用功率约为 400 μ W。在约为 80% 的转换器效率下，它给总功率需求为 207 μ W 的负载供电有一定的裕度，无需从电池汲取电流。如果光照条件变差，那么可用输入功率也许会降至低于保持输出电压所需的值。这时，LTC3106 会以“打嗝”模式工作，在 V_{IN} 升至高于 4.2V 时接通，降至低于 3.8V 时断开。当 V_{IN} 断开时，就用 V_{STORE} (主电池) 供电，直至 V_{IN} 恢复并升至高于 4.2V 门限为止。如果光照条件变得更加有利， V_{IN} 会升至能量收集电源的开路电压，并再次提供所有负载功率。

5 结论

即使有些能量收集电源仅能提供很低的可用功率 (如本文所示胸卡大小的太阳能电池设计实例)，但它们足以满足大多数无线传感器的供电需求。LTC3106 降压-升压型 DC/DC 转换器针对低功率系统中常见的多种输入电源而优化，为多种能量收集应用提供必要的功能。因此，诸如 WSN 等能量收集系统设计师现在有了有用和恰当的电源转换 IC，可极大地简化设计任务了。EW