

# 具 $1.3 \mu A$ 超低静态电流的 15V 降压 - 升压型转换器， 专为微功率应用和物联网而量身定制

Dava Salerno  
(凌力尔特公司)

由于支持物联网的无线传感器激增，所以针对无线低功率设备而定制的小型、高效率电源转换器的需求也增大了。最新的 LTC3129 和 LTC3129-1 设计满足了这种需求。LTC3129 和 LTC3129-1 均是单片降压 - 升压型 DC/DC 转换器，输入电压范围为 2.42V 至 15V。LTC3129 的输出电压范围为 1.4V 至 15.75V，而 LTC3129-1 有 8 个引脚可选的固定输出电压（在 1.8V 至 15V）。这两款器件在降压模式都提供了 200mA 最低输出电流。

LTC3129 和 LTC3129-1 在禁止工作时电流为零（ $V_{IN}$  和  $V_{OUT}$  均为零），而当选择省电的突发模式（Burst Mode<sup>®</sup>）工作时， $V_{IN}$  的静态电流仅为  $1.3 \mu A$ ，这些特点使低功率传感器非常受益，因此这两款器件非常适合微功率和能量收集应用，在这类应用中，高效率 and 极轻负载是至关重要。这两款器件的降压 - 升压型架构使它们非常适合多种电源。

LTC3129 和 LTC3129-1 的其他关键特点包括固定 1.2MHz 工作频率、电流模式控制、内部环路补偿、自动突发模式工作或低噪声 PWM 模式工作、准确的 RUN 引脚门限以允许设定 UVLO 门限、电源良好输出和 MPPC（最大功率点控制）功能以从光伏电池供电时优化功率传送。

紧凑的 3mm x 3mm QFN 封装和高集成度使得

LTC3129 / LTC3129-1 在空间受限的应用中摆放更为容易。用这两款器件完成电源设计仅需要为数不多的几个外部组件和一个电感器，而且这些外部组件可以小至 2mm x 3mm。内部环路补偿进一步简化了设计流程。

## 3.3V 转换器靠室内光照 条件用小型太阳能电池工作

图 1 电路利用了 LTC3129 和 LTC3129-1 独特的能力，可采用低至  $7.5 \mu W$  的输入电源启动和运行，这使它们能够用小型（不到 1 平方英寸）低成本太阳能电池、靠不到 200 流明的室内光级别的光照工作。这使由室内光供电的无线传感器等应用得

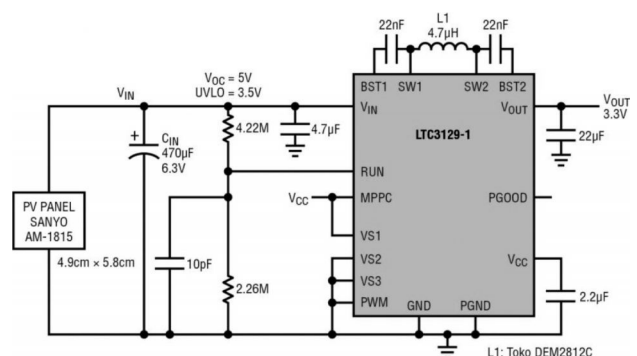


图 1 3.3V 太阳能供电的转换器靠室内光工作

以实现,在这类应用中,由于工作时占空比非常低,所以 DC/DC 转换器必须从非常低的可用功率支持极低的平均功率要求,同时尽可能少地消耗功率。

为了实现这种低电流启动,LTC3129 和 LTC3129-1 仅吸取非常小的  $2\mu\text{A}$  电流(停机时更小),直至满足以下 3 个条件为止:

- RUN 引脚电压必须超过 1.22V (典型情况)
- $V_{\text{IN}}$  引脚电压必须超过 1.9V (典型情况)
- $V_{\text{CC}}$  电压(在内部靠  $V_{\text{IN}}$  产生,不过也可以从外部提供)必须超过 2.25V (典型情况)

直至所有这 3 个条件都满足为止,该器件始终处于“软停机”或备用状态,仅吸取  $2\mu\text{A}$  电流。

这就允许功率微弱的输入源给输入存储电容器充电,直至电容器电压足够高以满足前述 3 个条件为止,这时,LTC3129 / LTC3129-1 开始切换,如果输入电容器存储了充足的能量,那么  $V_{\text{OUT}}$  上升至稳定值。利用 RUN 引脚上的外部电阻分压器,输入电压可以设定为 2.4V 至 15V 之间的任意值,在这个设定电压值上,该器件退出 UVLO 状态。RUN 引脚电流典型值低于 1nA,因此可以使用电阻值很大的电阻器,以最大限度降低  $V_{\text{IN}}$  端吸取的电流。

在图 1 所示应用实例中,一旦转换器启动,存储在  $C_{\text{IN}}$  中的能量就用来使  $V_{\text{OUT}}$  进入稳定状态。如果  $V_{\text{OUT}}$  的平均功率需求低于太阳能电池提供的功率,那么 LTC3129 / LTC3129-1 就保持突发模式工作,  $V_{\text{OUT}}$  保持稳定状态。

如果平均输出功率需求超过可用输入功率,那

么  $V_{\text{IN}}$  降低,直至达到 UVLO 为止,在这个点上,转换器重新进入软停机状态。也是在这个点上,  $V_{\text{IN}}$  开始再充电,从而允许周期重复。在这种打嗝模式工作中,  $V_{\text{IN}}$  迟滞地设定在大约 UVLO 点,在这实例中,  $V_{\text{IN}}$  纹波大约为 290mV。这个纹波是由 RUN 引脚的 100mV 迟滞设定的,由 UVLO 分压比而获得。

请注意,通过针对选定太阳能电池,将转换器的 UVLO 电压设定为 MPP (最大功率点) 电压(典型情况下为 70% 至 80% 开路电压),太阳能电池可以始终靠近最大功率传输电压工作(除非平均负载要求低于太阳能电池的功率输出,在这种情况下,  $V_{\text{IN}}$  上升,并保持高于 UVLO 电压)。

为了进一步优化效率和消除不必要的  $V_{\text{OUT}}$  负载,LTC3129 / LTC3129-1 在软启动或任何时候选择了突发模式时都不从  $V_{\text{OUT}}$  吸取电流。这防止了转换器在软启动时给  $V_{\text{OUT}}$  放电,因此保持了输出电容器上的电量。实际上,当 LTC3129 处于休眠状态时,在  $V_{\text{OUT}}$  端根本就不吸取电流。就 LTC3129-1 而言,由于存在高阻抗内部反馈分压器,  $V_{\text{OUT}}$  端吸取低于微安级电流。

## 增加电池备份

在很多太阳能供电应用中,当太阳能电池功率不足时,由备份电池供电。图 2 显示了一个应用,与之前的实例相比,本图中转换器增加了一个硬币型锂离子主电池和几个外部组件,以在万一光源不能

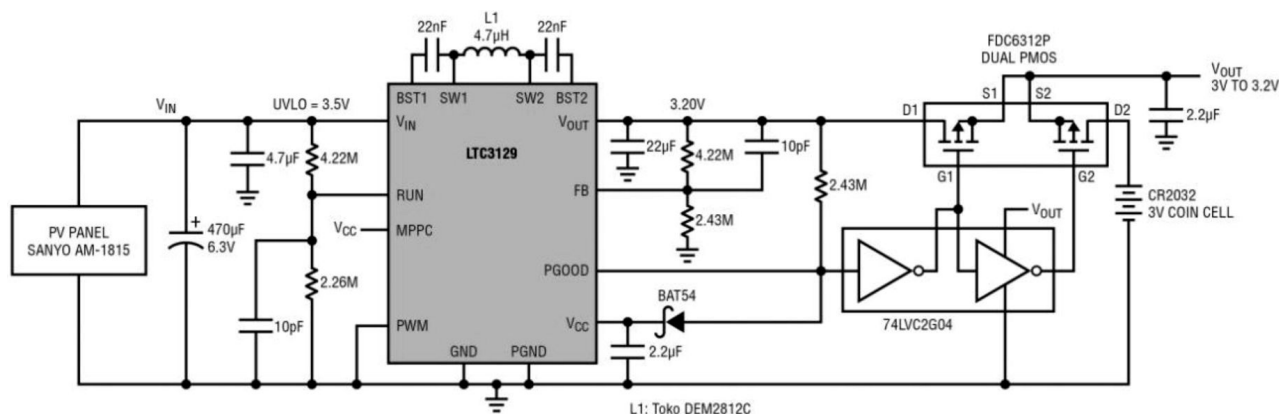


图 2 使用硬币型备份电池的太阳能供电转换器

提供维持  $V_{OUT}$  所需的必要功率时,作为备份电源使用。在这个例子中使用了 LTC3129,允许  $V_{OUT}$  针对 3.2V 来设定,以更好地与硬币型电池电压相匹配。

在这个例子中,电池放置在转换器的输出端,设定 LTC3129 以调节  $V_{OUT}$  略高于电池电压。这样就可以确保,无论何时,只要  $V_{OUT}$  可以有太阳能输入供电,在电池就没有负载。万一由于给负载供电的光照不足而导致  $V_{OUT}$  下降,那么 LTC3129 的 PGOOD 输出就降低,负载就从转换器输出端切换到电池端,从而保持  $V_{OUT}$  等于电池电压,转换器的输入和输出电容器能够进行再充电(如果有光照可用),从而使负载能够借助 PGOOD 信号周期性地从电池切换至转换器。采用这种方法以后,负载会尽可能由太阳能输入供电,电池则仅以分时方式使用,从而延长了电池寿命。

在  $V_{CC}$  (因此也是 PGOOD)有效之前,连接从 PGOOD 至  $V_{CC}$  的二极管用来在启动时保持 PGOOD 为低电平。

### 选择在哪里放置备份电池

在前述例子中,备份电池放置在输出端。就轻负载应用而言,这么做的优点是,电池不会暴露于相对较高的转换器启动输入电流突发之下,因为电池有可能是低容量和具高内部阻抗。这种突发会导致较大幅度的电池电压下降和内部功耗,从而缩短电池寿命。

将备份电池放置在转换器输出端的缺点是,电池电压与想要的输出电压必须良好匹配,电池必须具备相对平坦的放电曲线,以便合理保持  $V_{OUT}$  稳定。3V 锂离子电池满足所有这些要求。

将备份电池放置在转换器的输入端,允许电池电压与想要的输出电压不同,但是电池必须能够承受转换器启动或负载瞬态时产生的较大电流。备份电池如果放置在输入端,那么就长寿命应用而言,锂亚硫酰氯电池一般是较好的选择。它可以与太阳能电池进行二极管“合路”连接,或者用类似于图 2

所示的方法,用 MOSFET 开关连接和断接备份电池。

### 5V 转换器无缝地用各种输入源工作

图 3 说明,LTC3129-1 能够以最少的外部组件,在多种负载和输入电压情况下以高效率工作。在这个例子中,输出已经用 VS1-VS3 引脚针对 5V 电压设定,可以由 5V USB 输入、各种电池或者 3V 至 15V 交流适配器供电。在军用无线电设备等至关重要的现场应用中,能够灵活无缝地用多种电源工作是非常有价值的。

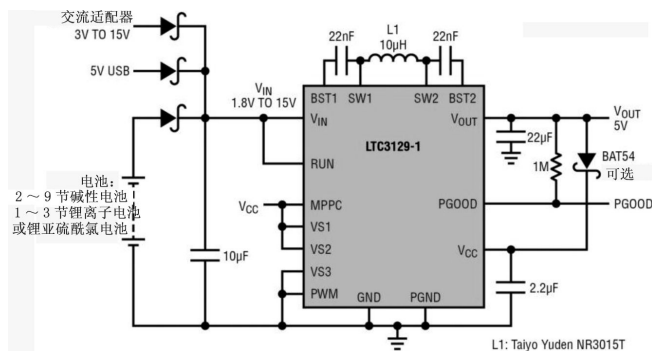


图 3 多输入 5V 转换器

LTC3129-1 在休眠模式时  $I_Q$  仅为很低的  $1.3 \mu A$ ,加之高阻抗内部反馈分压器,所以该器件能够在很宽的负载范围内保持高效率,如图 4 所示。当负载电流仅为  $100 \mu A$  时,效率在几乎整个  $V_{IN}$  范围内均为大约 80%。这个特点很重要,在大量时间处于低功率状态的应用中,可延长电池寿命。

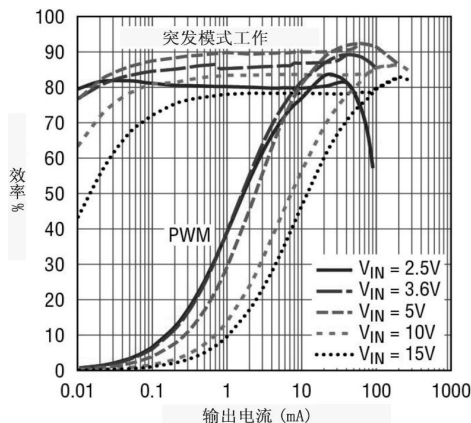


图 4 图 3 所示 5V 转换器的效率随  $V_{IN}$  和负载的变化

电压阶跃响应 ( $V_{IN}$  从 5V 阶跃至 12V) 如图 5 所示,图中显示了重负载和轻负载情况下的  $V_{OUT}$ 。在 200mA 负载时,该器件以 PWM 模式工作, $V_{OUT}$  过冲仅为 150mV (3%)。在 10mA 负载时,该器件以突发模式工作,突发纹波为  $100mV_{PK-PK}$  (2%),由于电压阶跃而产生了低于 100mV 的  $V_{OUT}$  过冲。

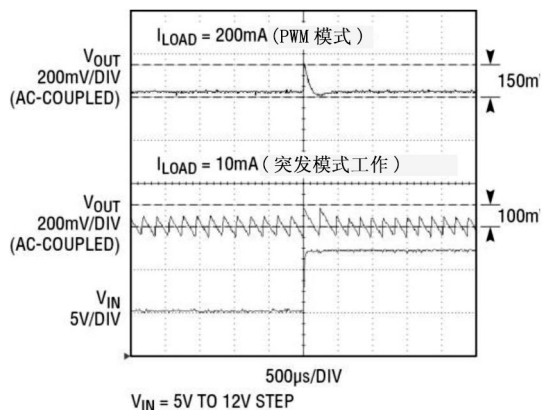


图 5 图 3 所示 5V 转换器的电压瞬态响应

$V_{CC}$  引脚是内部 LDO 的输出,从  $V_{IN}$  产生标称 3.9V 电压以给 IC 供电。这个 LDO 设计为可以从外部向后驱动至高达 5V。本例中显示,在  $V_{OUT}$  至  $V_{CC}$  之间连接了一个可选自举二极管。

增加这个外部自举二极管有两个优势。首先,它提高了低  $V_{IN}$  时的效率,并通过向内部开关提供更高的栅极驱动电压以提供很大的负载电流,从而降低了  $R_{DS(ON)}$ 。另外,在高  $V_{IN}$  和轻负载时,它通过降低用来产生  $V_{CC}$  内部 LDO 中的功率损耗以提高效率。(请注意, $V_{CC}$  引脚禁止升高至高于 6V,所以它不能用二极管连接至更高的输出电压。)

增加一个自举二极管的第二个优势是,允许以较低的  $V_{IN}$  工作。启动之后,如果  $V_{CC}$  保持高于其 2.2V 最低值(在本例中靠输出电压保持),那么转换器就能够以低至 1.75V 的更低输入电压工作,在这里达到了固定的内部  $V_{IN}$  UVLO 门限。这种能力使可用电压范围有了足够大的扩展,因此有可能用两个几乎没电的碱性电池运行。请注意,如果电池电压低于 2.4V,转换器关断(或者  $V_{OUT}$  短路),那么该 IC 就不能重新启动。

## 具 MPPC 的室外太阳能电池转换器 / 充电器

LTC3129 和 LTC3129-1 包括最大功率点控制 (MPPC) 功能,允许转换器跟随  $V_{IN}$  至低于负载的最低电压(用户设定)。应用如果采用较大电流的太阳能电池或其他内部阻抗很高的电源,那么调节  $V_{IN}$  可保持最佳功率传输。当用电流受限的电源工作时,这个功能防止转换器导致输入电压崩溃。

MPPC 控制环路是通过降低转换器控制的平均电感器电流而工作,因此可保持所设定的最低  $V_{IN}$  电压低于负载电压。这个电压用一个连接至  $V_{IN}$  和 MPPC 引脚的外部电阻器分压器设定,如图 6 的超级电容器充电实例所示。MPPC 控制环路设计为,用  $22\mu F$  最小输入电容可稳定。

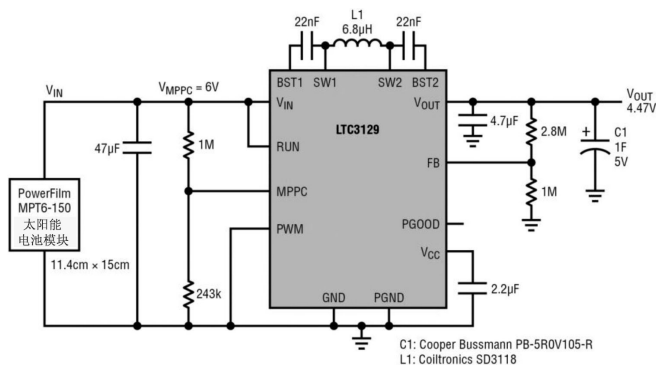


图 6 具最大功率点控制的室外太阳能电池供电超级电容器充电器

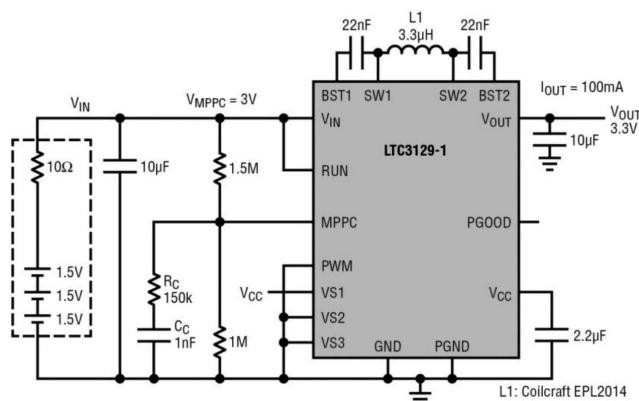
请注意,如果输出电压驱动常规负载,那么使电感器电流降至低于 MPPC 点的电流会导致输出电压下降。因此,大多数具 MPPC 的应用都涉及到用太阳能电池给一个大型存储电容器充电(或者给电池涓流充电)的问题。MPPC 功能保证,电容器或电池以最大电流充电,同时使太阳能电池以最大功率点电压工作。

有一点很重要,请注意,当 LTC3129/ LTC3129-1 处于 MPPC 控制状态时,突发模式工作是禁止的,而且  $V_{IN}$  静态电流为几毫安,因为该 IC 以 1.2MHz 连续地切换。因此,MPPC 不适合与不能提供约 10mA 最小电流的电源一起使用。就需要类似

MPPC 功能但输入电源电流能力很弱的应用而言, 准确的 RUN 引脚应该用来设定一个 UVLO 门限, 如图 1 例子所述。

### 使用 MPPC 实现固有安全性

MPPC 功能可用在其他应用中, 包括用来提供固有安全性的应用, 在这类应用中, 输入电源与 DC/DC 转换器之间有一个串联限流电阻器。在这种情况下, MPPC 环路防止 LTC3129 / LTC3129-1 吸取太大的电流, 尤其是在启动且输出电容器正在充电时, 还防止导致输入电压崩溃。图 7 显示了一个这样的例子, 其中输入电压保持在 3V 最低值, 如 MPPC 分压器所设定的那样。



请注意: 当所使用的输入电容器之电容值低于推荐的 22μF 最低值时, 增加 RC 和 CC 以提高 MPPC 环路稳定性

图 7 用 MPPC 实现固有安全应用的 3.3V 转换器

在这种情况下, 为安全起见, 输入电容器的值限制到仅为 10μF ( 低于使用 MPPC 时所推荐的

22μF 最低值), 因此给 MPPC 引脚增加了一个额外的 RC 补偿网络, 以提高 MPPC 环路的相位裕度。

### 用 MPPC 实现输入电流限制

请注意, MPPC 功能可用将来将最大输入电流设定为给定值。通过选择串联输入电阻器的值, 并将 MPPC 电压设定为低于固定输入电源电压的值, 最大输入电流就可以限制为:

$$I_{IN} = (V_{SOURCE} - V_{MPPC}) / R_{SERIES}$$

### 结论

LTC3129 和 LTC3129-1 单片降压 - 升压型 DC/DC 转换器提供真实世界无线传感器及便携式电子仪器所需的卓越低功率性能和电源灵活性。如果与能量收集系统一起使用, 那么超低 1.3μA 静态电流和高转换效率可无限期地延长电池寿命。

通过选择最大功率点控制方案, 可以针对多种电源优化电源性能。由于无线监视应用覆盖范围日益扩大, 因此需要易用、高效和灵活的 DC/DC 电源转换器解决方案。LTC3129 和 LTC3129-1 已经准备好应对这种挑战。CIC

### 作者简介

Dava Salerno, 凌力尔特公司 电源产品部 设计部 负责人。