

能收集能量并保护电池组的 并联充电器系统

◆ 凌力尔特公司电源产品部高级产品市场工程师/Steve Knoth

在市场上，能量收集 IC 刚刚进入最初采用阶段。能量收集 IC 可将适合的换能器输出转换成电流，用于电池充电器设备。尽管能量收集自 2000 年初就已经出现了，但是最近的技术发展才将能量收集推进到可商用的程度。在能量收集应用领域有很多机会，包括：

- 在更换电池不方便、不现实或危险的情况下，取代电池供电系统或给电池供电系统再充电
- 无需导线来供电或传送数据
- 用智能无线传感器网络监视和优化复杂的工业过程、安装在偏远现场的设备、以及大楼的加热和冷却系统
- 从工业过程、太阳能电池板、内燃机等收集否则浪费掉的热量
- 各种不同的消费电子产品的附属充电器

在这些应用中，有很多含有固有的断续或低功率电源。而且，有很多应用将需要给电池充电，以提供一个备份电源。

并联电压基准简单易用，已经出现很多年了，有大量产品。不过，这类基准不能有效地给电池充电。要配置一个并联电压基准以给电池有效充电是极端复杂的。此外，用一个小电流电源或一个断续性能量收集电源准确和安全地给锂离子 / 聚合物、币形电池或薄膜电池充电，一直是难以实现的。

从电池方面来看，尽管技术已经改进了，但是便携式电子设备的电池或电池组仍然需要保护和查验，以保持电池在最佳状态运行。锂离子 / 聚合物电池技术已经成熟，是很多电子设备流行的电源选择，因为这类电池能量密度高、自放电很少、需要很少的维护、电压范围很宽并具有其他一些特色。币形电池能

量密度高、放电特性稳定、重量轻且外形尺寸小。薄膜电池是一种新出现的技术，优势是允许非常多的充电周期次数，并具有物理灵活性，即视最终应用的不同而不同，薄膜电池可以做成几乎任何形状。不过，如果不能正确充电和查验，那么所有这些类型的电池都可能受到一些有害影响。

低功耗充电器的设计挑战

可调并联基准可被设定以提供恰当的电池浮置电压，但是这类基准缺乏电池充电器的 NTC 功能。更重要的是，所需的工作电流太高了，以至于用低功率电源或断续性电源给电池充电是不现实的。或者，可以用一个齐纳二极管、一些电阻器、一个 NPN 晶体管和一些比较器构成一个分立式并联基准，以提供 NTC 功能。不过，这样的并联基准仍然受到前述限制。此外，分立式并联基准实现起来比较复杂，相比之下，会占用更多宝贵的 PCB 面积。

典型的电池充电器 IC 需要恒定 DC 输入电压，而且不能处理能量突发。不过，诸如室内光伏阵列或压电换能器等断续性能量收集电源提供的是功率突发。要用这类能源给电池充电，一个静态工作电流低于 $1\mu\text{A}$ 的独特 IC 是必需的。

锂离子 / 聚合物化学组成的电池提供便携式电子设备必需的高性能，但是这类电池必须小心使用。例如，如果用比建议浮置电压高 100mV 的电压充电，锂离子 / 聚合物电池可能变得不稳定。此外，高压和高温同时存在会对电池寿命产生有害影响，而且在极端情况下，可能导致电池自毁。就币形电池和薄膜电池而言，除了高温和高压同时存在可能产生有

害影响，还有容量问题，因为它们的外形尺寸很小。

并联架构的基本要素和好处

并联基准是电流馈送型、两端子电路，在达到目标电压之前不吸取电流。并联基准用起来像一个齐纳二极管，而且在电路原理图上常常显示为一个齐纳二极管。不过，大多数并联基准实际上都是基于带隙基准电压的。

一个并联基准仅需要单个外部电阻器来调节输出电压，从而极其容易使用。没有最高输入电压限制，最低输入电压由基准电压值设定，因为需要一些空间以正常运行。

此外，并联基准在宽电流范围内有良好的稳定性。很多并联基准在有大型或小型容性负载时都是稳定的。

一个简单的解决方案

满足前述电池充电器 IC 设计限制的任何解决方案都必须兼有如下特性：并联稳压器的特性；能用低功率连续或断续性电源充电的电池充电 IC 的特性。这样的器件还需要保护锂离子/聚合物电池、币形电池、薄膜电池或电池组的安全，并使电池或电池组达到最高性能。

凌力尔特开发了业界第一款并联架构电池充电器 LTC4070 和 LTC4071，以满足这类应用的需求。LTC4070 是一款易用、纤巧的并联电池充电器系统 IC，适用于锂离子 / 聚合物电池、币形电池或薄膜电池。该 IC 的工作电流为 450nA，可保护电池，并可用以前不能使用的非常小电流的断续性或连续性充电电源给这些电池充电。增加一个外部 PMOS 并联器件，LTC4070 的充电电流就可以从 50mA 提高到 500mA。当电池温度升高时，内部电池热量查验器降低浮置电压，以保护锂离子 / 聚合物电池的安全。通过串联配置几个 LTC4070，可以给由多节电池组成的电池组充电，并实现各节电池的容量平衡。LTC4070 采用扁平 (0.75mm) 8 引线 2mm x 3mm DFN 封装，仅用单个外部电阻器（要求与输入电压串联）就能组成一个完整和超紧凑的充电器解决方案。

该器件的功能集使其非常适用于连续性和断续性低功率充电电源应用，包括锂离子 / 聚合物电池备份、薄膜电池、币形电池、存储器备份、太阳能供电系统、嵌入式汽车和能量收集。

LTC4070 提供引脚可选的 4.0V、4.1V 和 4.2V 设置，其准确度为 1% 的电池浮置电压允许用户在电池能量密度和寿命之间进行取舍。独立的低电池电量和高电池电量监察状态输出指示放电或完全充电的电池。再加上一个与负载串联的外部 P-FET，该低电池电量状态输出可实现锁断功能，该功能自动断接系统负载和电池，以防止电池深度放电。

除了紧凑的 2mm x 3mm 8 引线 DFN 封装，

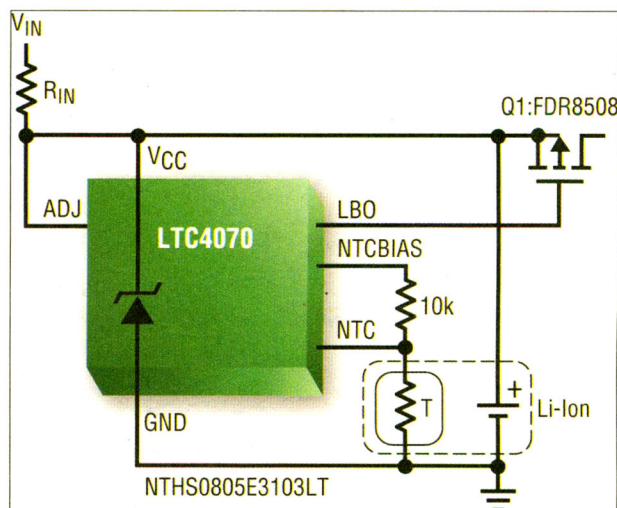


图1: LTC4070 的典型应用电路

LTC4070 还采用 8 引线 MSOP。这些器件规定在 $-40^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内工作。

通过防止电池电压超过设定水平，LTC4070 提供了一个简单、可靠、高性能的电池保护和充电解决方案。其并联架构在输入电源和电池之间仅需要一个电阻器，就可应对多种电池应用。当输入电源去掉，且电池电压低于高的电池输出门限时，LTC4070 仅从电池吸取 450nA 电流。

当电池电压低于设定的浮置电压时，充电速率由输入电压、电池电压和输入电阻器决定：

$$I_{\text{CHG}} = (V_{\text{IN}} - V_{\text{BAT}}) / R_{\text{IN}}$$

当电池电压接近浮置电压时，LTC4070 从电池分走一部分电流，从而降低了充电电流。在整个温度范围内变化浮置电压的准确度为 $\pm 1\%$ 时，LTC4070 可以分走高达 50mA 的电流。分流限制了最大充

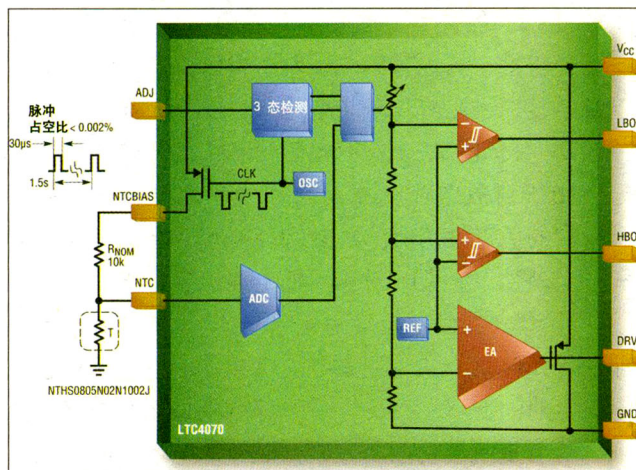


图2: LTC4070 方框图

电电流，不过通过增加一个外部 P 沟道 MOSFET，50mA 的内部分流能力还可以提高，参见图 1。

在内部，LTC4070 采用了一个由放大器 EA（参见图 2）驱动的 P 沟道 MOSFET。VCC 和 GND 之间的电压达到 V_F （即并联电压）之前，流经该器件的电流为零。 V_F 可以由 ADJ 和 NTC 改变，但始终在 3.8V~4.2V 之间。如果 VCC 电压低于这个值，那么 PFET 中的电流为零。如果 VCC 电压试图上升到超过 V_F ，那么电流将流过该器件，以防止电压上升，这就是分流。

工作电流是给该芯片中其余所有电路供电所需的电流。如果不存在外部电源，那么这就是从电池吸取的电流。

当电池电压低时，更多的电压加在输入电阻器两端，因此进入电池的电流（即充电电流）略大于电池完全充电时的电流。当电池充满电时，将没有电流进入电池，所有的输入电流都将进入分流器。

工作电流很重要，因为它给“实际”输入电源的电流能力设定了一个低限制。显然，一个仅有 100nA 驱动能力的输入电源不可能给采用 LTC4070 的电池充电。不过，如果有 $1\mu A$ 的驱动能力，就能剩下少量电流去充电。如果能得到 $10\mu A$ 的驱动能力，那么该电流 90% 以上都可用于充电。

NTC 电池查验电路保护电池

LTC4070 用一个通过热量耦合到电池的负温度系数热敏电阻测量电池温度。NTC 热敏电阻的温度特

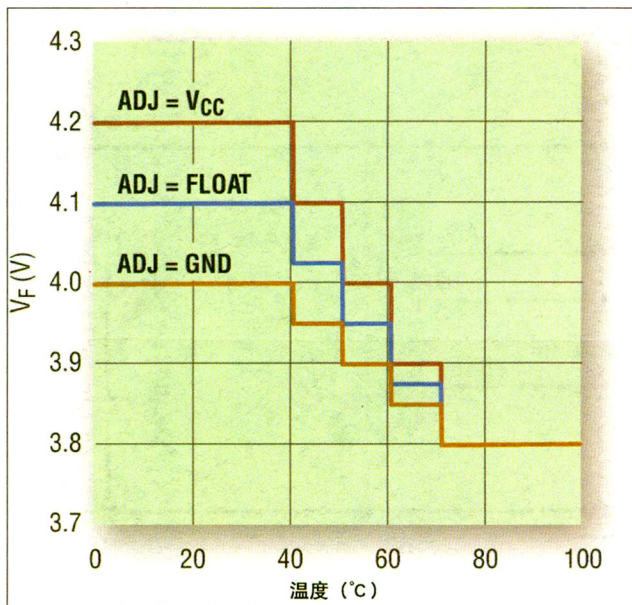


图3: LTC4070 过热浮置电压查验

性在电阻-温度转换表中规定。在温度高于 40°C 以后，每上升 10°C 内部 NTC 电路就降低一次浮置电压，以防止电池过热（参见图 3 以了解详细信息）。

LTC4070 采用一个电阻值之比来测量电池温度。LTC4070 在 NTCBIAS 与 GND 引脚之间布设了一个具 4 个抽头的内部固定电阻分压器。定期地将这些抽头上的电压与 NTC 引脚上的电压进行比较，以测量电池温度。为了节省功率，通过以大约每 1.5s 一次的频度把 NTCBIAS 引脚偏置至 VCC 来定期测量电池温度。

其他关键功能

LTC4070 具有一个与 ADJ 引脚相连的内置三态解码器，用以提供 3 种可编程浮置电压：4.0V、4.1V、或 4.2V。当 ADJ 引脚连接至 GND、浮置或连接至 VCC 时，浮置电压将被分别设置为 4.0V、4.1V 或 4.2V。大约每 1.5s 对 ADJ 引脚的状态进行一次采样。当 ADJ 引脚被采样时，LTC4070 在其上施加一个相对较低的阻抗电压。这种做法可以防止低水平的电路板漏电流破坏设定的浮置电压。免除电阻器不仅缩减了解决方案的外形尺寸，而且还由于无需使用大阻值的电阻器而降低了静态电流。

另外，该器件还具有状态输出及发送指示信号的能力。高电池电量监视器输出（HBO）是一个高态

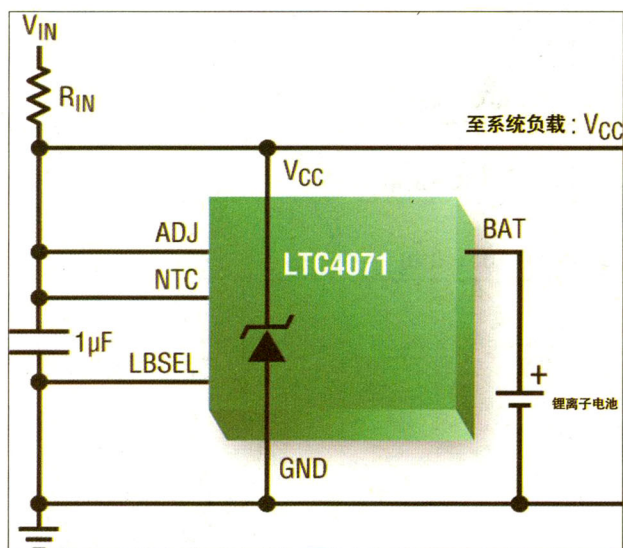


图4: LTC4071 的典型应用电路

有效 CMOS 输出，当电池充满电且电流通过分路离开 BAT 时，该输出将发出指示信号。低电池电量监视器输出 (LBO) 也是一个高态有效 CMOS 输出，当电池放电至 3.2V 以下时，此输出将发出对应的指示信号。最后，外部驱动器输出引脚 DRV 可连接至外部 P-FET 的栅极以增加分路电流，从而满足那些需要 50mA 以上充电电流（最大 500mA）的应用。

LTC4071 集成电池组保护功能

LTC4071 也是一个并联电池充电器系统，而且还是首款具有集成型电池组保护功能（包括低电池电

表1: LTC4070 和 LTC4071 的比较

器件型号	LTC4071	LTC4070
拓扑	基于并联的充电器	基于并联的充电器
化学组成	锂离子/聚合物	锂离子/聚合物
并联/浮置电压	4.0V、4.1V、4.2V	4.0V、4.1V、4.2V
最大分流电流	50mA (最小值为 10μA)	50mA (最小值为 10μA) (采用外部 PFET 时为 500mA)
静态电流	550nA (典型值) 1.2 μA (最大值)	450nA (典型值) 1.04 μA (最大值)
过压保护 (齐纳二极管)	是	是
欠压保护 (低电池电量断接)	是，内部的、可编程的	是，固定的， 外部 PFET + 电阻器 (R) + 两个反相器
负载断接	是，负载和电池	外部 PFET (仅负载)
电池组兼容	是	是
状态指示器	HBO	LBO、HBO
电池热量查验器 / NTC	是	是
封装	2mm x 3mm DFN-8、MSOP-8	2mm x 3mm DFN-8、MSOP-8

量断接) 的器件。相比于 LTC4070, LTC4071 的不同之处包括: 其拥有集成型电池组保护功能 (低电池电量断接)、但充电电流能力较低 (50mA)、静态电流较高 (550nA)、且不具备 LBO。对于避免低电量电池由于自放电而受损而言, 低电池电量断接是一种必需的关键性功能。虽然 LTC4070 能够利用 LBO 和一个外部 P-FET 来实现低电池电量断接功能, 但该 IC 仍将继续从电池消耗全部 IQ (约 0.5 μA)。即使是如此之小的电池漏电流也会在一夜之间导致低电量电池的损坏。相反, LTC4071 集成了一个彻底的低电池电量断接功能, 当断接时, 从电池吸取的电流接近零 (在室温时 <1nA, 在 125°C 时 < 25nA)。为了在 LTC4071 中提供这一功能, 相应于 LTC4070 的 LBO 和 DRV 引脚被去掉了。参见图 4 以了解详细信息。这使 LTC4071 的最大分流电流固定为 50mA (LTC4070 是 50mA, 但采用一个外部 FET, 就能达到 500mA), 而且将该 IC 的静态电流提高到了 550nA (LTC4070 的静态电流为 450nA)。表1 总结了这两个相互关联的 IC 之间的差别。

结论

并联基准有很多应用, 而且视其功能的不同而不同, 并联基准甚至可以用来给电池充电。不过, 这种类型的应用有很多缺点, 包括大静态电流和缺乏电池保护功能。现在, 有了合适的 DC-DC 转换器或电池充电器, 因此可以对低功率能量收集应用进行查验了。凌力尔特公司开发了 LTC4070 和 LTC4071 并联充电器系统, 这两款器件适用于锂离子 / 聚合物电池、币形电池、薄膜电池和电池组, 可为具有低功率电源的领先应用提供一种简单、有效的电池充电和电池组保护解决方案。C