

# 用一款简单的解决方案 实现复杂的高压、大电流电池充电系统

Steve Knoth

(凌力尔特公司)

## 1 背景与存在的问题

很多电池供电设备需要多种充电电源、化学组成不同的电池、多种电压和电流,这是很常见的。例如,随着面向所有类型电池化学组成和新的大型电池组应用的出现,工业、医疗和汽车电池充电器需要较高的电压和较大的电流。此外,越来越多不同功率等级和尺寸的太阳能电池板对各种含有可再充电密封铅酸(SLA)电池及锂电池的创新系统供电,这从人行横道标志灯、便携式扬声器系统到垃圾压实机甚至海上浮标灯。在这些太阳能电池供电应用中,有些铅酸电池是深周期型的,除了深度放电,还能够长时间承受重复充电周期。这种深周期型电池的一个很好的例子是深海浮标灯,对于这种浮标灯,10年的使用寿命是一个先决条件。另一个例子是“离网”(即不连接公用电力公司的电网)可再生能源系统,例如太阳能或风力发电,这类系统由于安装地点很难靠近,所以系统运行时间长是最重要的。

目前的市场趋势表明,即使在非太阳能供电应用中,对大容量SLA电池的兴趣也重新出现了。从成本/输出功率的角度看,汽车或“启动型”SLA电池价格不高,可以在很短的持续时间内提供大的脉冲电流,因此非常适合汽车以及其他机车的启动器应用。在工业应用中,深周期铅酸电池也很流行。这

种电池的极板比汽车电池的厚,可放电至满充电容量的20%,这类电池通常用于需要供电时间较长的应用,例如叉式升降机和高尔夫球车。然而,与锂离子电池类似,铅酸电池对于过充电非常敏感,因此谨慎处理这一问题非常重要。

输入电压、充电电压和充电电流的组合有很多种,基于单片集成电路(IC)的现有解决方案仅适合其中一小部分。对于大多数其余组合,总是采用IC与分立式组件相结合的笨重解决方案,其组合及拓扑都更加复杂。直到2011年这种情况才有所改变,这一年凌力尔特公司满足并简化了这一市场需求,推出大受欢迎的两芯片充电解决方案,包括LTC4000电池充电控制器IC和一个兼容的外部补偿DC/DC转换器。

## 2 所需要的只是一种简单的 “降压-升压型”电池充电器

在充电系统设计一开始时,设计师面临的一些比较艰巨的挑战是,多种输入电源与多种可用电池有各种可能组合、需要给大容量电池充电、输入电压范围在高端和低端均超出电池电压范围等,因此采用降压-升压型拓扑是很有必要的。此外,使情况更糟的是,对于很多应用,没有简单、专用的单片IC充电解决方案。对这些问题举例如下:



### 设计

●用各种输入对给定电池充电（有些高于电池电压，有些则低于电池电压）；

●单输入——其范围涵盖了高于和低于电池电压范围；

●高输入电压电源（>30V）。

输入电源变化有多大，范围就有多宽，但是谈到电池充电系统时，需要应对的一些更加复杂的问题是：电压范围为 5V 至 19V 甚至更宽的大功率交流适配器、经过整流的 24VAC 系统、高阻抗太阳能电池板、以及汽车和重型卡车 / 悍马车的电池。因此，接下来的问题是，在这类系统中组合可能的电池化学组成——基于锂（锂离子、锂聚合物、磷酸铁锂）、铅酸甚至镍的电池，这进一步增加了可能的排列，使充电设计更加复杂了。

由于 IC 设计的复杂性，现有电池充电控制器主要限定为采用降压型或更加复杂的 SEPIC 拓扑。如果增加太阳能充电功能，又会产生其他各种可能性。最后，有些现有解决方案给多种化学组成的电池充电，其中一些具备内置终止功能，然而直到现在，仍然没有单片 IC 充电器为解决所有这些问题提供必要的高性能功能。

### 3 一种新的单片 IC 解决方案

解决上述问题的降压 - 升压型 IC 充电解决方案需要具备以下大部分属性：

●灵活性——必须以升压或降压模式高效率运行

●宽输入电压范围

●宽输出电压范围，以满足多种电池组需求

●能够给多种化学组成的电池充电

●简单、自主工作（无需微处理器）

●大充电电流，以给大型、大容量电池快速充电

●占板面积很小的扁平解决方案

●先进的封装以改善热性能和提高空间占用效率

凌力尔特几年前开发出广受欢迎的 LTC4000

电池充电控制器 IC（该器件与一个外部补偿的 DC/DC 转换器一起使用，以形成一个强大和灵活的两芯片电池充电解决方案）时，该芯片极大地简化了这类曾经相当复杂和笨重的解决方案。就在不久以前，为了实现电源通路（PowerPath™）控制、升压 / 降压型功能和输入电流限制，解决方案还必须包括一个降压 - 升压型 DC-DC 开关稳压器或一个降压型开关稳压器充电器控制器，再配上一个前端升压型控制器、一个微处理器以及几个 IC 和分立式组件。这种解决方案的主要缺点包括工作电压范围受限、没有太阳能电池板输入功能、不能给所有化学组成的电池充电以及没有内置充电终止功能。不过，现在有一款更简单、占板面积更小的单片解决方案，可用来解决这些问题。LTC4020 降压 - 升压型电池充电控制器提供了一种单芯片升压 / 降压型充电解决方案。

### 4 LTC4020 电池充电控制器

LTC4020 是一款先进的高压电源管理器和针对多种化学组成电池的充电器控制器，用来从各种电源给系统电源轨供电以及给电池充电。该器件提供精确的充电电流调节和  $\pm 0.5\%$  充电电压调节，在 4.5V 至 55V 的宽输入电压范围内工作，与各种不同的输入电压源兼容。凭借高达 55V 的输出电压范围、充电电流至 20A 以及 3 种可选终止算法，LTC4020 适合种类同样繁多的电池组电压和化学组成。LTC4020 包含一个升压 / 降压型 DC/DC 控制器，能够以高于、低于或等于输入电压（ $V_{IN}$ ）的电池电压运行。典型应用包括便携式工业和医疗设备、太阳能供电系统、军用通信设备以及 12V 至 24V 嵌入式汽车系统。

LTC4020 具备智能电源通路拓扑，可将下游系统组件所需的电压范围减小到预期的电池电压范围，而不是整个输入电源电压范围。另外，在电池完全放电时，即时接通工作确保向系统负载供电。当输入功率受限时，这种拓扑还优先给系统负载供电，而



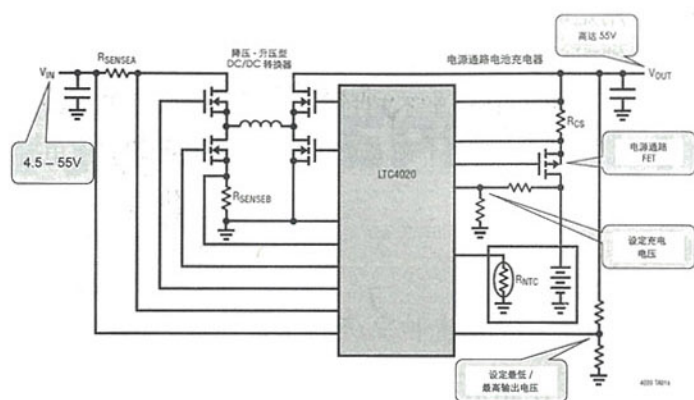


图1 LTC4020 的典型应用电路，突出显示了该器件的特色和益处

且，如果从 DC/DC 转换器不能得到充足的功率，那么该器件的理想二极管控制器还确保始终向  $V_{OUT}$  提供充足的功率。最大功率点控制 (MPPC) 电路具备一个输入电压调节环路，该环路控制充电电流，以保持输入电压在设定值上，非常适合高阻抗输入或太阳能电池板供电应用。当没有输入电源存在时，电池漏电流被降至仅为  $10\mu A$ ，从而可保持最大存储容量。

LTC4020 的 3 种引脚可选充电方式针对多种电池化学组成进行了优化。LTC4020 可提供恒定电流 / 恒定电压 (CC/CV) 充电方式，同时 C/10 或定时终止用于基于锂电池的系统，包括锂离子、锂聚合物和磷酸铁锂电池。具备定时终止的恒定电流 (CC) 充电可用来给超级电容器充电或者给基于镍的电池进行涓流充电。最后，一种 4 步、3 级铅酸电池充电模式可很好地用于所有类型的铅酸电池，包括密封、AGM 和富液式铅酸电池。集成的定时器在 CC/CV 充电时控制终止，并在针对铅酸电池进行电池预查验和吸收充电时提供额外的保护。两位开漏输出指示充电器状态和信号故障情况。这些二进制编码引脚提供电池充电、备用或停机模式、电池温度故障以及电池损坏故障指示信号。该电池充电器的其他特点包括：用一个 NTC 热敏电阻实现温度合格的充电、自动再充电以及针对深度放电的电池进行小电流充电预查验。

LTC4020 以很高的充电效率工作。参见如图 2

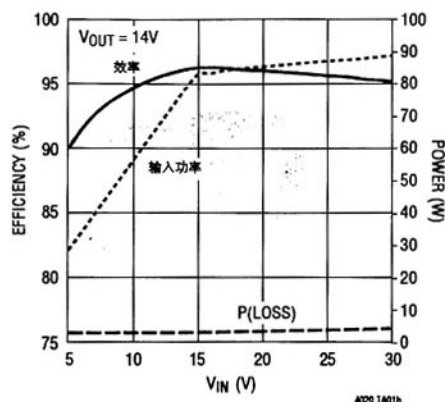


图2 LTC4020 5V 至 30V 6 节铅酸电池电源 / 充电器随  $V_{IN}$  变化的最高电源效率

的 6 节铅酸电池充电曲线，其效率远高于 90%，视输入电压和功率值的不同而不同，最高可接近 97%。

LTC4020 采用扁平 (0.75mm) 38 引脚 5mm × 7mm QFN 封装，具备底面金属焊盘，以提供出色的热性能。该器件在  $-40^{\circ}C$  至  $125^{\circ}C$  的温度范围内工作有保证。其主要特点包括：

- 宽电压范围：4.5V 至 55V 输入，高达 55V 的输出 (60V 绝对最大值)
- 同步降压 - 升压型 DC/DC 控制器
- 锂离子和铅酸电池充电算法
- $\pm 0.5\%$  浮置电压准确度
- $\pm 5\%$  充电电流准确度
- 电池深度放电时即时接通工作
- 输入功率受限时，理想二极管控制器提供低损耗电源通路
- 针对高阻抗输入电源以及太阳能电池板峰值功率工作模式提供输入电压调节
- 内置定时器实现保护和终止
- 具备自动复位的坏电池检测
- NTC 输入用于实现温度合格的充电
- 二进制编码、集电极开路状态引脚

## 5 太阳能充电

人们尝试用很多不同方法使太阳能电池板在最

# 中國集成電路

CHINA INTEGRATED CIRCUIT

大功率点 (MPP) 上工作。一种最简单的方法是通过二极管将电池连接到太阳能电池板。这种方法依靠的是, 使电池板的最大输出电压与电池相对较窄的电压范围相匹配。当可用功率非常低时 (大约低于几十毫瓦), 这有可能是最佳方法。但是功率值并不总是很低。因此, LTC4020 采用了最大功率点控制 (MPPC), 这种方法基于以下事实: 入射光量变化时, 太阳能电池板的最大功率电压 (VMP) 一般不会变化很大。因此, 可用一种简单的电路强制太阳能电池板在固定电压上和以近似最大功率工作。电压分压器用来测量电池板电压, 如果输入电压降至低于设定值, 那么电池板上的负载就被降低, 直到输入电压可以保持在设定电压值上为止。

## 6 镍电池充电

就镍化学组成的电池 (例如镍镉 NiCd 或镍氢金属 NiMH 电池) 而言, 必须考虑过充电的可能性。一种典型的方法是, 以小电流长时间充电。NiCd 和 NiMH 电池可以无限期地吸收 C/300 充电速率。运

用定时电流源充电算法, 也可以实现更短的充电持续时间。建议在充电之前, 确保电池电量已耗尽, 然后给电池充电至不超过其容量的 125%。例如, 用 2.5A 电流给一个电量耗尽的 2000mAh NiMH 电池充电一小时。

## 7 结论

LTC4020 简化了非常难以实现的高压和大电流充电系统。该器件可以给各种化学组成的电池充电, 包括锂离子 / 锂聚合物 / 磷酸铁锂、密封铅酸甚至基于镍的电池。该 IC 能够对包括太阳能电池板在内的各种输入电源有效和高效地升压或降压, 同时进行充电, 因此极大地简化了大功率电池充电器电路的设计。CIC

## 作者简介

Steve Knoth, 凌力尔特公司电源产品部高级产品市场工程师。