

大容量磷酸铁锂电池需要大功率充电器

Steve Knoth, Trevor Barcelo

(凌力尔特公司)

1 需求背景

患者护理领域的主要趋势之一,是在患者家中越来越多地使用远程监视系统。出现这种趋势的原因很明显,让患者住在医院的费用太高了,令人难以承受。因此,很多这类便携式电子监视系统纳入了 RF 收发器,以便数据能直接发到医院中的监察系统中,供医生研究和分析之用。显然,这类系统通常由 AC 电源、电池或同时由二者供电。为了确保在除医院之外的其他地点使用时,系统能连续工作,这种冗余性是必要的。此外,在便携式医疗诊断设备领域取得了很多新的进展,例如医生和护士到处携带的设备,都将电池作为主电源,或将电池作为备份电源,以防 AC 电源中断。这类系统需要高效率电池充电电路。

除了医疗应用,便携式工业银行终端、坚固耐用的平板电脑、库存控制和条码扫描设备等都需要单节大容量电池,以减小外形尺寸和重量。基于锂材料的电池一直是最流行的选择。然而,要快速、准确和安全地给这类电池充电,却不是非微不足道的事情。此外,人们一直在开发新的、基于锂的化学阳极/阴极组合,这类组合也在不断地推向主流市场。这种趋势的一个例子是,磷酸铁锂(LiFePO_4)电池已在许多应用中崭露头角,与基于钴的锂离子/锂聚合物电池相比,磷酸铁锂电池可提供更高的安全性和更长的电池寿命。而且这种化学组成的电池还同时具备基于钴的锂离子电池所具备的其他许多优势,包括较低的自放电速率和相对较轻的重量。相比之下,

除了改善安全性(因为具有抗“热失控”能力)及延长电池循环寿命之外,磷酸铁锂电池具备更高的峰值功率额定值,对环境影响更小。通常医疗和工业应用愿意接受磷酸铁锂电池更低的单位体积能量密度,以换取更高的安全性和更长的周期寿命。备份应用需要更长的周期寿命,且要能以大电流放电。

2 怎样得到更大的功率

很多手持式工业或医疗设备的电源架构常常与大显示屏智能手机的电源架构类似。一般情况下,3.7V(最终充电或“浮置”电压为4.2V)锂离子电池一直用作主电源,因为其单位重量能量密度(Wh/kg)和单位体积能量密度(Wh/m^3)很高。过去,很多大功率设备使用两节7.4V(8.4V浮置电压)锂离子电池,以满足功率要求,但是由于价格低廉的5V电源管理IC的上市,越来越多的手持式设备采用了更低电压的架构,这使得可以使用单节锂离子电池。典型的便携式医疗或工业设备具有很多功能和非常大(就便携式设备而言)的显示屏。当用3.7V电池供电时,其容量必须以数千毫瓦小时计。为了用几小时给这么容量的电池充电,就需要几安培的充电电流。

不过,即使需要这么大的充电电流,在没有大电流交流适配器可用时,用户依然想用USB端口给他们的大功率设备充电。为了满足这种要求,当有交流适配器可用时,电池充电器必须能以大电流($>2\text{A}$)充电,但是仍然能高效率地利用USB端口可提供的

2.5W 至 4.5W 功率。此外,该 IC 产品需要保护敏感的下流低压组件,使它们免受可能由损坏导致的过压事件的影响,并高效率地将大电流从 USB 输入、交流适配器或电池引导到负载,以最大限度地减少以热量形式损失的功率。同时,该 IC 必须安全地管理电池充电算法,并监视关键的系统参数。

磷酸铁锂电池较低的 3.6V 浮动电压导致无法使用标准的锂离子电池充电器。如果充电不当,就有可能对这种电池造成无法修复的损坏。准确的浮动电压充电将延长电池的寿命。与基于钴的锂离子电池相比,LiFePO₄ 电池的优点包括体积能量密度(每单位体积的容量)较高,而且不容易过早地出现故障(倘若新电池过早地“深度循环”)。

主要设计限制总结如下:

- ◆ 大容量电池需要大的充电电流和高效率
- ◆ 很多便携式应用,包括工业和医疗设备,都需要 USB 兼容充电所提供的便利性
- ◆ 磷酸铁锂电池有特殊充电要求,即更低的浮置电压,与锂离子电池相比有一些令人欣慰的优势

上面讨论的任何满足这些设计限制的 IC 解决方案都必须是紧凑和单片型的,能应对快速、高效率给单节大容量电池充电的问题,并与磷酸铁锂等新的化学组成兼容。这样的设备会成为催化剂,能提高采用大容量电池的便携式工业和医疗产品在全球的采用率。

3 应对采用单节电池的便携式设备的功率挑战

尽管上述要求也许看似不可能用单片 IC 来满足,但是看一下 LTC4156 吧。LTC4156 紧随流行的、基于锂材料的 LTC4155 而来,是一款大功率、I²C 控制、高效率电源通路(PowerPath™)管理器、理想二极管控制器和磷酸铁锂(LiFePO₄)电池充电器,适用于采用单节电池的便携式应用,例如便携式医疗和工业设备、备份设备和高功率密度电池供电应用。该 IC 为从各种电源高效率传送高达 15W 的功率而

设计,同时最大限度地降低了功耗,并减轻了热量预算限制。LTC4156 的开关电源通路拓扑无缝地管理从两个输入电源,例如交流适配器和 USB 端口,到设备的可再充电磷酸铁锂电池的功率分配,同时当输入功率有限时,优先向系统负载供电。参见图 1。

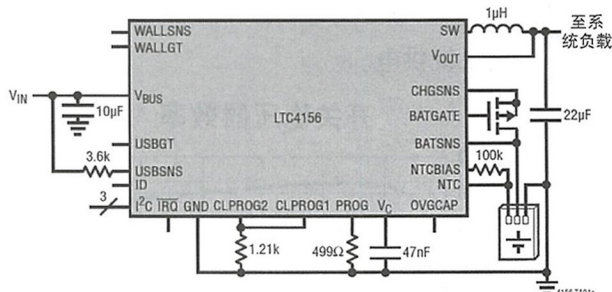


图 1 LTC4156 的典型应用电路

由于节省功率,所以 LTC4156 允许输出负载电流超过输入电源吸取的电流,从而能最大限度地利用可用功率给电池充电,而不会超出输入电源供电规格。例如,当用 5V/2A 交流适配器供电、可用功率为 10W 时,该 IC 的开关稳压器能高效率传送超过 85% 的可用功率,提供高达 ~2.4A 的充电电流,并能更快地充电。与普通开关电池充电器不同,LTC4156 具备即时接通工作能力,以确保甚至在电池已深度放电时,一插上插头系统就可以供电。由于支持 USB OTG (On-the-Go),所以无需任何额外的组件,就能反过来向 USB 端口提供一个 5V 电源。

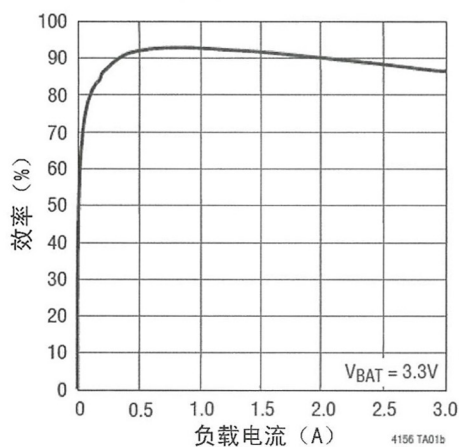
LTC4156 的自主全功能单节磷酸铁锂电池充电器能提供高达 3.5A 的充电电流,具备 15 种用户可选的充电电流设置。该充电器包括自动再充电、坏电池检测、可编程安全定时器、热敏电阻控制的温度合格的充电、可编程充电结束指示/终止以及可编程中断。LTC4156 采用扁平(0.75mm) 28 引脚 4mm x 5mm QFN 封装,在 -40℃ 至 125℃ 的温度范围内工作有保证。

4 高效率内部开关稳压器

LTC4156 的开关稳压器工作起来像一个变压器,允许 V_OUT 端的负载电流超过输入电源吸取的

电流,而且与典型线性模式充电器相比,充分利用可用功率给电池充电的能力得到了极大的改善。前述例子说明,LTC4156 可以怎样以高达 3.5A 的电流高效地充电,从而实现了更快的充电速度。与普通开关电源充电器不同,LTC4156 具备即时接通工作能力,以确保甚至在电池没电或已深度放电时,一插上电源就可向系统供电。

开关稳压器效率

图 2 LTC4156 V_{out} 效率随负载电流变化的曲线

5 对电池而言更安全

在对电池快速充电时,监视电池的安全性是很重要的。当电池温度降至低于 0°C 或升至高于 60°C 时(如一个外部负温度系数的 NTC 热敏电阻所测得的那样),LTC4156 会自动停止充电。除了这一自主性功能,LTC4156 还提供一个扩展标度的 7 位模数转换器(ADC),以凭借约 1°C 的分辨率监视电池温度(参见图 3)。这个 ADC 与 4 个可用的浮置电压设置和 15 个电池充电电流设置相结合,可用来建立基于电池温度的定制充电算法。

可通过一个简单的两线 I²C 接口读取 NTC ADC 的结果,从而能对充电电流和电压设置进行调整。该通信总线允许 LTC4156 指示额外的状态信息,例如输入电源状态、充电器状态和故障状态。由于支持 USB On-The-Go,所以无需任何附加组件,就能反过来向 USB 端口提供一个 5V 电源。

(下转第 53 页)

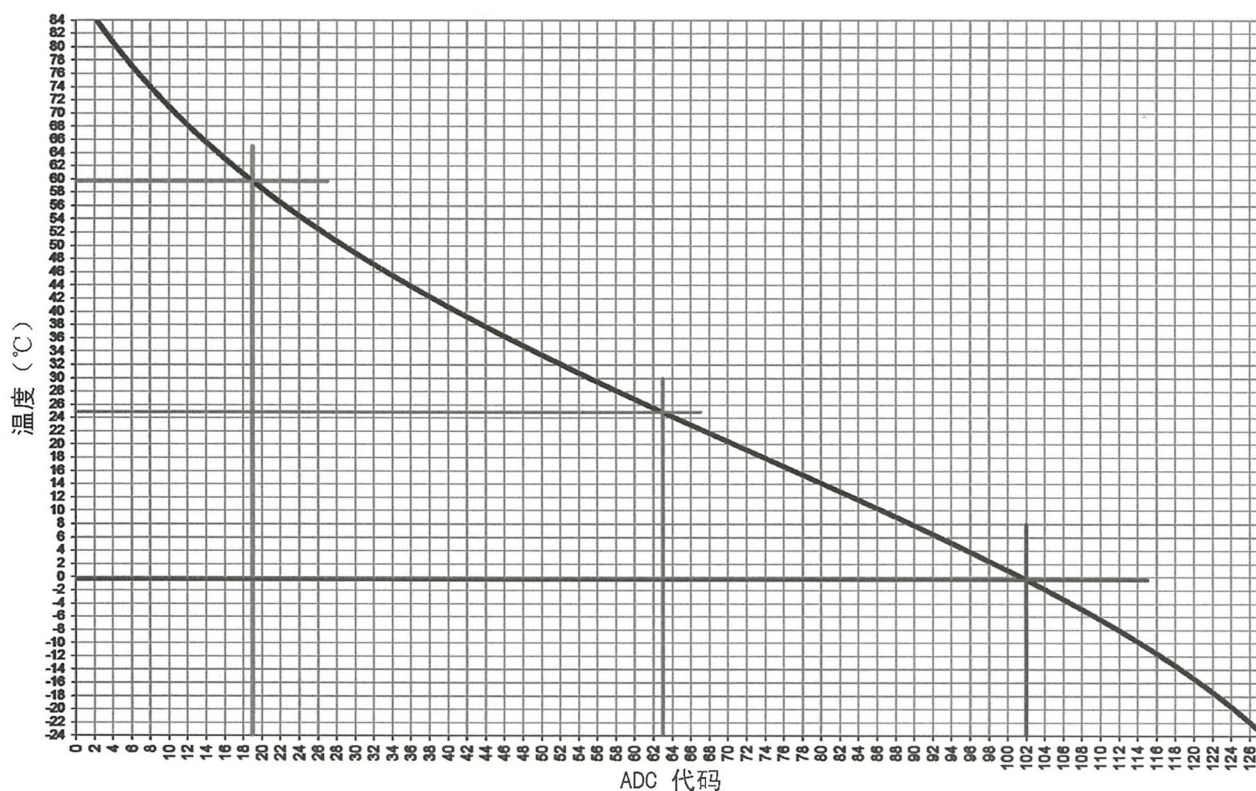


图 3 7 位热敏电阻 ADC 显示预置的 LTC4156 温度跳变点

对平板电脑或工业条码扫描器等很多便携式应用来说,管理两个输入(例如 USB 和交流适配器)足够了。不过,便携式设备设计师一直在不断寻求用任何可用电源给电池充电的方式。LTC4156 的双输入、优先级多工器根据用户定义的优先级(缺省优先级为适配器输入),自主地选择最合适的输入(交流适配器或 USB)。过压保护(OVP)电路同时保护两个输入,以免受到意外加上的高压或反向电压引起的损坏。LTC4156 的理想二极管控制器保证,即使输入功率不充足或不存在,也总是可以向 V_{OUT} 提供充足的功率。为了在设备连接到一个处于暂停模式的 USB 端口时,最大限度地减少电池泄漏,在 V_{BUS} 和 V_{OUT} 之间放置了一个 LDO,以向应用提供可允许的 USB 暂停电流。为了消除制造和销售阶段的电池泄漏,“装运及贮存”特性将已经很低的电池备用电流进一步降至几乎为零。

最后,LTC4156 与 LTC4155 锂离子版本是引脚和组件完全兼容的,从而无需重新大面积安排电路

板,就可以灵活方便地在最后一分钟更换不同化学组成的电池。

6 结论

对于新式便携式工业和医疗设备来说,设计师的工作极具挑战性,尤其是涉及功率时。企业的功能越来越需要更大的功率,结果就是更大的电池。同时,人们需要便利性,希望可用任何电源给这些电池充电。由于固有的安全性、低浮置电压、更长的周期寿命、较低的自放电速率和相对轻的重量,磷酸铁锂电池正在成为主流选择。但是像任何可再充电电池一样,磷酸铁锂电池必须小心对待。尽管便携式设备电源领域的这些趋势成为了设计挑战,但是 LTC4156 使事情容易多了。在低压系统中,LTC4156 高效率地提供了高达 3.5A 的充电电流,同时提供了高性能和安全功能。