

适用于任何化学物的简单电池充电器IC

作者: Steve Knoth

背景知识

许多由电池供电的设备通常需要各种各样的充电电源、电池化学组成、电压和电流。例如,随着适合所有类型电池化学组成的新型大电池组出现,功能丰富的高端消费型、医疗、工业和汽车电池充电器电路都需要更高电压和电流。此外,支持宽功率范围的太阳能电池板也用于为各种采用可充电密封铅酸(SLA)电池和锂电池的创新系统供电。例如人行道信号灯、便携式扬声器系统、垃圾压实机,甚至海上浮标灯。此外,太阳能应用中的一些铅酸(LA)电池是深循环电池,除了深度放电之外,还能长时间重复充电。深海浮标就是一个很好的实例,要求具备10年使用寿命。另一个示例是离网型(即与电力公司断开连接)可再生能源系统(如太阳能或风能发电),由于难以靠近维护,这些系统必须持久运行。

即使在非太阳能应用领域,最近的市场趋势也表明人们对大容量SLA电池重新燃起了兴趣。从成本/功率输出的角度来看,汽车或启动应用SLA电池的价格并不高,且可以在短时间内提供高脉冲电流,是汽车和其他汽车启动器应用的理想选择。嵌入式汽车应用的输入电压高于30 V,有的甚至更高。考虑一下具有防盗威慑作用的GPS定位系统;能够将典型的12 V输入降至2个串联锂离子电池(一般7.4 V)且需要提供高压保护的线性充电器,都具有应用价值。深循环铅酸电池是另一项深受工业应用欢迎的技术。其电池板比汽车电池更厚,设计放电量可以低至总容量的20%。通常用于需要长时间连续供电的场合,如叉车和高尔夫球车。然而,与锂离子电池一样,铅酸电池对过度充电很敏感,所以在充电过程中必须慎重处理。

针对众多输入电压、充电电压和充电电流组合需求,只有一小部分可采用基于电流集成电路(IC)的解决方案。其余更复杂的组合和拓扑,通常采用的集成电路和分立式组件组合,繁琐累

赘。直到2011年,ADI公司利用其颇受欢迎的双芯片充电解决方案化解了这一市场难题,这种情况才得以改变。该解决方案由LTC4000电池充电控制器IC以及配套的外部补偿兼容型dc-dc转换器组成。

开关与线性充电器

传统线性拓扑电池充电器IC常常因其紧凑的尺寸、简单和低成本而受到重视。但是,这些线性充电器存在一些缺点,包括输入和电池电压范围有限、电流消耗量相对更高、功耗过高、充电端电极算法有限,以及相对效率更低(效率 $\sim [V_{OUT}/V_{IN}] \times 100\%$)。另一方面,开关模式电池充电器也因其灵活的拓扑结构,多化学充电、高充电效率(产生的热量极低,支持快速充电)、宽工作电压范围而受欢迎。但是,开关充电器也存在一些缺点,包括:成本相对较高,基于电感的设计更为复杂,可能会产生噪声,解决方案尺寸较大。基于上述原因,现代铅酸、无线电源、能量收集、太阳能充电、远程传感器和嵌入式汽车应用通常使用高压线性电池充电器供电。但是,现在有机会获得没有这些缺点的更现代化的开关模式充电器。

简单的降压电池充电器

设计人员设计充电解决方案时会面临一些严峻挑战,包括众多输入源和众多可用电池、充电电池的高容量以及高输入电压。

输入源的范围广泛且非常多变,但涉及电池充电系统,遇到的更复杂的问题包括:电压范围为5 V至19 V甚至更高的大功率壁式适配器、24 V整流AC系统、高阻抗太阳能电池板、汽车和重型卡车/Humvee电池。因此,能够在这些系统中使用的电池化学组合数量随之进一步增加,如锂基(锂离子、锂聚合物、磷酸铁锂(LiFePO₄))和铅酸基,从而使设计面临更复杂的局面。

由于IC设计的复杂性，现有的电池充电IC主要局限于采用降压型（或降压）或更复杂的SEPIC拓扑。在这个组合中添加太阳能充电功能，会带来各种其他难题。最后，现有的一些解决方案为多种电池化学组成充电，一些采用板载终止方法。但是，到目前为止，还没有一种单一的IC充电器能够提供解决这些问题所需的所有性能特性。

功能多样的新款紧凑型充电器

能够解决上述问题的降压型IC充电解决方案需要具备以下大部分特性：

- ▶ 宽输入电压范围
- ▶ 宽输出电压范围，用于满足多个电池堆叠需求
- ▶ 灵活性—能够为多种电池化学组成充电
- ▶ 带有板载充电终止功能算法的简单自主操作（无需微处理器）
- ▶ 高充电电流，能够为大型大容量电池快速充电
- ▶ 太阳能充电功能
- ▶ 采用先进封装以提高散热性能和空间效率

ADI在几年前开发出颇受欢迎的LTC4000电池充电控制器IC（与外部补偿dc-dc转换器配合使用，构成功能强大且灵活的2芯片电池充电解决方案）之后，极大地简化了现有的非常复杂和麻烦的解决方案。为了实现PowerPath™控制、升压/降压功能，以及输入电流限制，解决方案包含了一个降压-升压dc-dc开关稳压器或一个降压开关稳压器充电器控制器（与一个前端增压控制器配对）、一个微处理器，以及多个IC和分立组件。主要缺点包括：操作电压范围有限、不具备太阳能电池板输入功能、无法为所有电池化学组成充电，以及没有板载充电终止功能。快速发展到现在，目前已经有一些更简单、更紧凑的单片式解决方案可用于解决这些问题。ADI公司提供的LTC4162和LTC4015降压电池充电器均提供单芯片降压充电解决方案，支持多种充电电流等级和完整的功能组。

LTC4162电池充电器

LTC4162是一款高度集成、高电压多化学组成同步单片降压电池充电器和PowerPath管理器，具有板载遥测功能和可选的最大功率点跟踪(MPPT)特性。它能高效地传输各种输入源（如壁式适配器、背板和太阳能电池板）电力，为锂离子/聚合物、LiFePO4或铅酸电池组充电，同时仍然为系统负载提供高达35 V的电力。该设备提供先进的系统监控和PowerPath管理，以及电池状况监测。虽然使用LTC4162最先进的功能需要采用主机微控制器，仍可选择性地使用I²C端口。该产品的主要充电功能可以使用引脚绑定配置和编程电阻进行调整。该设备提供±5%的充电电流调节（高达3.2 A）、±0.75%的充电电压调节，支持4.5 V至35 V的输入电压范围。适用于便携式医疗器械、USB电源传输(USB-C)设备、军事设备、工业手持设备和加固笔记本/平板电脑等。

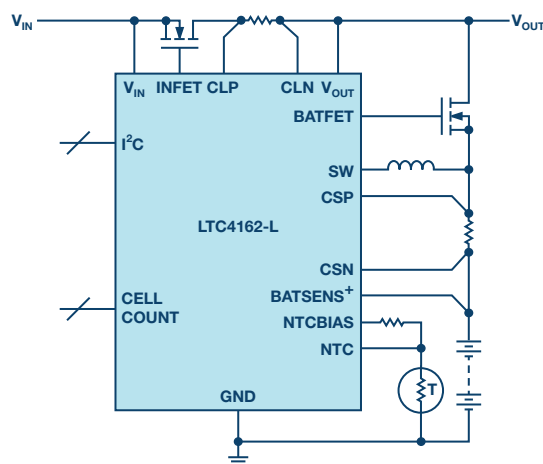


图1. LTC4162-L的典型应用电路

LTC4162（见图1）包含一个精确的16位模数转换器(ADC)，可以按照需求连续监控许多系统参数，包括输入电压、输入电流、电池电压、电池电流、输出电压、电池温度、模具温度和电池串联电阻(BSR)。所有系统参数都可以通过一个双线I²C接口来监控，而可编程和可屏蔽的警报可以确保只有感兴趣的信息才会导致中断。该设备的主动最大功率点跟踪算法在全局范围内扫描输入低压控制回路，并选择一个工作点，以最大限度地从太阳能电池板和其他电阻源提取电力。此外，其内置的PowerPath拓扑去耦电池中的输出电压，使便携式产品能够在极低电池电压条件下使用充电电源时即时启动。LTC4162的板载充电配置针对锂离子/聚合物、LiFePO4和铅酸等多种电池化学组成实施了优化。充电电压和充电电流都可以根据电池温度自动调整，以符合JEITA指南的要求，或者可以自定义。对于铅酸电池，连续温度曲线会根据环境温度自动调整电池电压。对于所有化学组成，可以采用可选的模具连接温度调节系统，防止在受限空间或存在热问题的应用中出现过热。锂离子充电能效性能参见图2。

最后，LTC4162采用28引脚4 mm × 5 mm QFN封装，配备裸露金属焊盘，散热性能出色。E级和I级设备能够在-40°C至+125°C范围内工作。

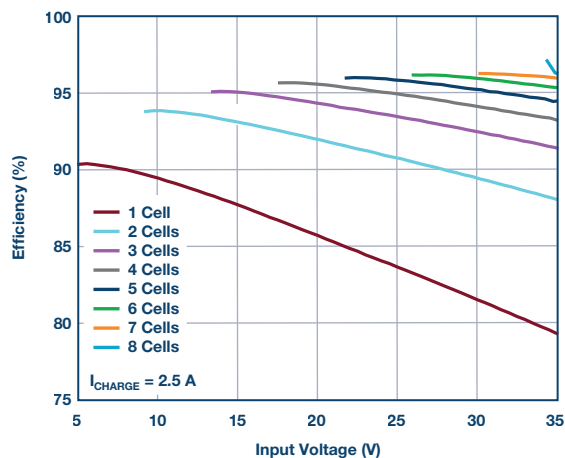


图2. 采用不同数量电池时，锂离子充电效率与输入电压的关系

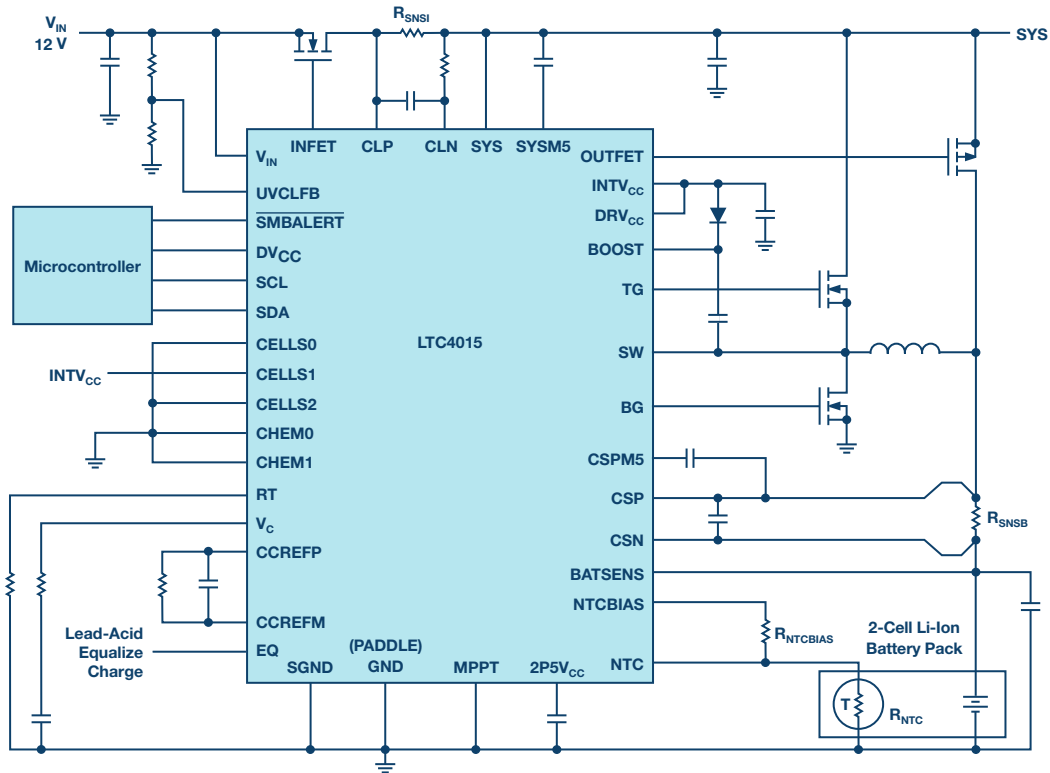


图3. 12V_{IN}、8A双锂离子电池降压型电池充电器电路。

需要更高电流时怎么办？

LTC4015也是一款高度集成的高电压、多化学组成、同步降压型电池充电器，提供板载遥测功能。但是，它采用了控制器架构与离线功率FET，可以实现更高的充电电流能力（高达20 A或更高，具体取决于所选的外部组件）。该设备能通过输入源（壁式适配器、太阳能电池板等）向锂离子/聚合物、LiFePO4或铅酸电池高效供电。它提供先进的系统监测和管理功能，包括电池库仑计数和状况监测。虽然使用LTC4015最先进的功能需要采用主机微控制器，仍可选择性地使用I²C端口。该产品的主要充电功能可以使用引脚绑定配置和编程电阻进行调整。

LTC4015提供±2%的充电电流调节（高达20 A）、±1.25%的充电电压调节，支持4.5 V至35 V的输入电压范围。适用于便携式医疗仪器、军事设备、电池备份应用、工业手持设备、工业照明、加固式笔记本/平板电脑、远程动力通信和遥测系统。

LTC4015还包含一个精确的14位模数转换器(ADC)，以及一个高精度库仑计数器。ADC连续监测系统的许多参数，包括输入电压、输入电流、电池电压、电池电流，并根据命令报告电池温度和电池串联电阻(BSR)。通过监测这些参数，LTC4015可以报告电池的工作状态和充电状态。所有的系统参数都可以通过一个双线I²C接口来监控，而可编程和可屏蔽的警报可以确保只有感兴趣的信息才会导致中断。LTC4015的板载充电配置针对锂离子/聚合物、LiFePO4和铅酸等多种电池化学组成进行了优化。通过配置引脚，用户可以在几种为电池化学组成预先定义的充电算法，以及几种可以通过I²C调整参数的算法之间进行选择。充电电压

和充电电流都可以根据电池温度自动调整，以符合JEITA指南，或者自定义设置的要求。铅酸充电能效性能参见图4。LTC4015采用5 mm × 7 mm QFN封装，配备裸露金属焊盘，散热性能出色。

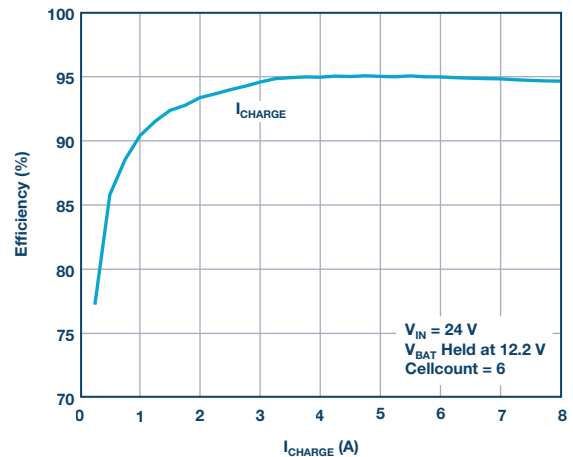


图4. LTC4015的铅酸充电效率

节省空间、灵活、具备更高的功率级别

由于LTC4162是一个带有集成功率MOSFET的单片器件，在同等功率等级下（例如，3 A），它比LTC4015节省多达50%的PCB面积。由于它们的功能相似，当输出电流范围为>3.2 A到20 A，或高于此范围时，应该使用LTC4015。业内同类IC电池充电器解决方案都不能提供同等集成水平，也不能产生相同的功率水平。这些接近充电电流（2 A到3 A）的电池解决方案只适用于单一电池化学组成（锂离子），或者电池充电电压受到限制（最大13 V），

因此不能提供与LTC4162或LTC4015同等的功率水平或灵活性。此外，当您考虑实现最近的竞争单片式电池充电器解决方案需要用的外部组件数量时，LTC4162能够节省多达40%的PCB空间，因此更具吸引力。

大太阳能充电

在最大功率点(MPP)操作太阳能电池板有许多方法。最简单的方法之一是通过二极管将电池连接到太阳能电池板上。这种技术依赖于将电池板的最大输出电压与电池相对狭窄的电压范围匹配。当可用功率非常低（大约低于几十毫瓦）时，这可能是最好的方法。然而，功率水平不可能一直很低。因此，LTC4162和LTC4015采用了MPPT技术，这种技术可以根据入射光的变化来确定太阳能电池板的最大功率电压(MPV)。当电路板电流在20年或更长的动态时间范围内发生变化时，这个电压可以从12 V急剧变化到18 V。MPPT电路算法查找并跟踪面板电压值，为电池提供最大的充电电流。MPPT功能不仅可以连续跟踪最大功率点，还可

以在功率曲线上选择正确的最大功率点，从而在功率曲线上出现多个峰值时，在部分遮阳条件下增加电路板获得的功率。在弱光状态下，即使没有足够的光线让MPPT正常工作，低功率模式也能让充电器提供小充电电流。

结论

ADI公司功能齐全而强大的全新电池充电和PowerPath管理器集成电路LTC4162和LTC4015，简化了繁复的高压和高电流充电系统。这些设备能够高效管理输入源（如壁式适配器、背板、太阳能电池板等）和各种电池化学组成（包括锂离子/聚合物、LiFePO4和SLA）之间的电源分配。其简单的解决方案和紧凑的外形使它们能够在前沿应用中实现高性能，而过去只有基于更复杂、更古老的开关调节器的拓扑（如SEPIC）才是唯一的选择。设计中高功率电池充电器电路时，可以极大简化设计师的工作。

Steve Knoth [steve.knoth@analog.com]是ADI公司Power by Linear™部门的高级产品营销工程师。他负责所有电源管理集成电路(PMIC)产品、低压差(LDO)稳压器、电池充电器、电荷泵、基于电荷泵的发光二极管驱动器、超级电容器充电器、低压单片开关稳压器和理想二极管器件。Steve从1990年起在Micro Power Systems、ADI公司和Micrel Semiconductor担任过多种营销和产品工程职位，之后于2004年加入ADI公司（以前的凌力尔特公司）。他于1988年获得圣何塞州立大学电气工程学士学位，并于1995年获得该大学物理学硕士学位。2000年，Steve还获得了凤凰城大学技术管理硕士学位(MBA)。除了与孩子们一起享受美好时光之外，Steve还喜欢玩弹球/街机游戏或肌肉车，以及购买、出售、收藏古董玩具和电影/体育/汽车纪念品。



Steve Knoth

该作者的其他文章：

[车辆跟踪系统：
任何时间、任何地点、
任何方式](#)

第52卷，第1期