

# 智能家居需要智能电池管理

Paul Pickering

**摘要：**随着锂离子电池成为智能家居应用的首选电池选择，交流和直流管理解决方案的混合，以及合适的充电器，通常是最佳的行动方案。

毫无疑问，世界变得越来越智能。广泛可用的无线连接、低成本传感器和低功耗嵌入式微控制器催生了众多“智能”消费产品，包括手机、手表和信用卡。除此之外，我们看到了智能工厂和智能电网的崛起，研究人员甚至在研究智能尘埃。

智能家居是更广泛趋势的一部分——物联网(IoT)——这将给工厂车间、手术室和农场带来巨大变化。智能家居为许多以前“愚蠢”的设备增加了无线连接，并将它们联网在一起，以实现更高的能效、安全性和便利性。图1显示了典型的智能家居安装，其中多个远程外围设备通过无线 LAN 或家庭局域网 (HAN) 链接到中央网关 (控制器)。



图1 智能家居连接了许多以前“愚蠢”的设备。协同作用包括更高的能源效率和更高的安全性。

## 智能家居供电

连接许多设备开辟了许多有趣的可能性，但为这种不同的产品系列提供电源，却给系统设计者带来了难题，特别是在不适合“智能”安装的家庭中。

一些电源解决方案相对明显。大多数智能家居系统依赖于固定位置的控制面板、集线器或基座单元，该位置可位于交流电源插座旁边。然而，该系统还可以包括分布式或移动无线传感器、视频门铃、安全摄像机或类似外围设备，它们不能方便永久地安装在电源附近，尤其是在物联网革命之前建造的家庭中。

电池在家庭自动化应用有两种基本类型：

- 电池提供主要电源。这些包括上面提到的远程外围设备、清洁机器人等移动设备，以及家庭医疗监视器等可穿戴设备。

- 电池扮演次要角色。它是备用的，是在主交流电源发生故障时联机。当然，电力连续性对于家庭安全和防火至关重要，但对于新出现的家庭应用（如患者监护和高级护理）也很重要。远程信息处理、UPS 和服务器的能量存储系统和备用电源具有类似的用例。

那些希望降低维护和更换成本的公司更多地为这两种类型的应用选择可充电锂离子 (Li-ion) 电池。功率集成电路 (IC) 的供应商已经为电池供电设备开发了各种电源管理和充电解决方案。如果您正在开发智能家居系统，那么利用这些现成的方案，有助于您腾出更多时间专注于系统功能的研发。

在快速发展的家庭自动化市场中，使用现成的解决方案还可以缩短产品上市时间并提高产品成功的机会。

## 锂离子电池的保养与供给

电池管理系统的关键功能包括：在不会对电池造成压力、缩短其使用寿命的同时，管理充电周期以最小化充电时间；监控电池的当前状态；检测和报告故障情况；并采取适当的行动。让我们快速回顾前两个函数：

- 充电：锂离子电池在充电和放电过程中都有一个小的安全操作窗口。标准充电曲线 (图2) 包括恒流 (CC) 相，然后是恒压 (CV) 相。

- 电池监控：电池管理设备包含了用于监控和测量电池状况的复杂算法。电池中的能量表示为其充电状态 (SoC)。这通常以百分比来表示，范围为 0% (完全放电) 到 100% (完全充电)。一种常见的算法，即库仑计数，通过从基线值开始估计可用电荷，然后随着电流从电池中流入和流出，而随时间调整该值。通过在一组严格指定的空载条件下测量开路电压 (OCV) 并从电池特性表中获取新值，

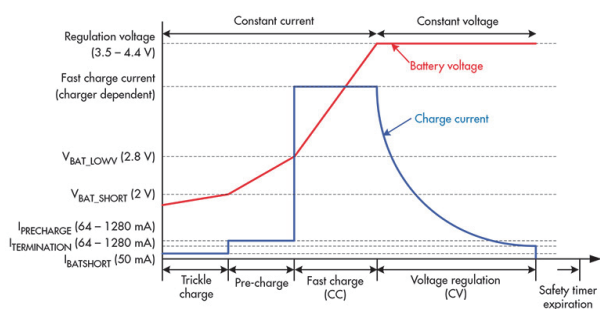


图2 电池充电器的主要作用是管理充电周期

可定期复位基线值。

所有电池都会根据其运行模式、环境条件和内部处理情况，在其使用寿命期间缓慢衰减。这种衰减发生在所有负载条件下，即使在存储时也是如此。

电池的健康状况 (SoH) 以百分比表示，是另一种广泛使用的指标。SoH 表示电池相对于新部件的当前性能。例如，电池的有效容量可能在两年后降至 850mAh，而新电池的有效容量可能降至 850mAh，这意味着它的 SoH 为 85%。虽然存在多种变化，但是一旦 SoH 降至 70-75% 以下，许多电池化学物质会迅速降解。因此，如果应用对安全或安全至关重要，一旦电池健康状况为 80%，那么通常需要更换电池。

## 为主电池应用选择充电器

对于纯电池供电的应用，长电池寿命至关重要。当然，充电器必须遵循标准充电曲线，但在 CV 阶段精确控制电压对于延长使用寿命至关重要。充电电压的微小差异可以产生巨大的差异。

例如，标称电池电压为 4.1V 的电池可以过充电以提供更高的初始容量，但在多次充电循环中，衰减会更严重 (图 3)。我们来比较 4.25V 与 4.2V 充电电压的曲线：经过 500 次充电后，50mV 的差异就会导致容量减少 50%!

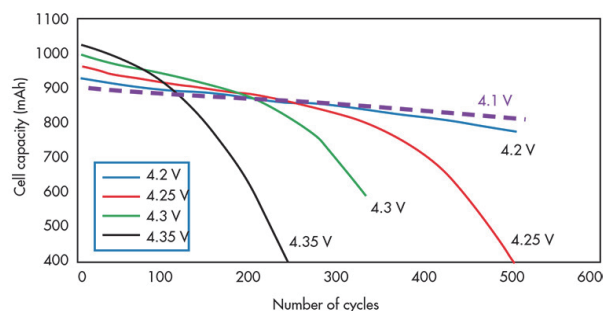


图3 电池的使用寿命在很大程度上取决于充电周期的 CV 阶段

## 低功耗应用的线性充电器

对于小型电池和低充电电流应用，线性充电器是一个不错的选择——它具有成本效益且易于实施。线性拓扑使用通道晶体管来降低适配器电压。这种晶体管通过将电能作为热量耗散来浪费多余的电能，但这对于低功率应用来说不是问题。

许多充电管理设备集成了常用的电源管理功能，以节省空间并降低物料清单 (BOM) 成本。例如，bq25120A 将线性充电器、300mA 的降压转换器、100mA 的低压差 (LDO) 线性稳压器、电池监控电路和其他功能集成到尺寸为 2.5×2.5mm 的 25 引脚晶圆芯片级封装中 (WCSP) (图 4)。

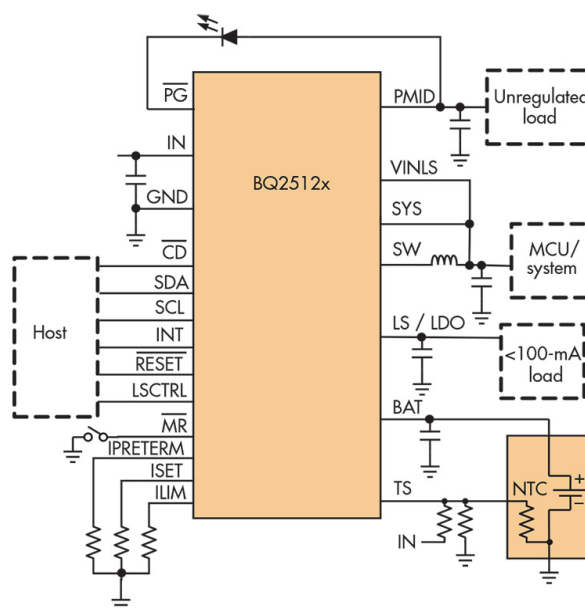


图4 bq25120A 是一款高度集成的电源管理解决方案，适用于低功耗应用。

电池充电器遵循标准锂离子充电曲线。为基于电压的电池组热敏电阻提供输入。内部电路监控电池温度并自动更改充电参数，以使电池保持在安全温度范围内。该电路符合日本电子和信息技术产业协会 (JEITA) 建立的电池充电安全标准。

USB 是最流行的串行接口，住宅交流电源插座开始集成 USB 充电功能。bq25120 针对 5V USB 输出功率进行了优化，但可承受高达 20V 的线路瞬态电压。

这款集成降压转换器采用 TI 的高效低纹波 DCS 控制拓扑结构，负载电流低至 10μA。该器件在工作 and 关断期间

具有低静态电流，可延长电池寿命，并支持 5 至 300mA 的充电电流。

输入电流限制、充电电流、降压转换器输出电压、LDO 输出电压和其他参数，可通过工业标准 I<sup>2</sup>C 接口进行编程。

## 开关模式充电器适合更高电流的应用

线性充电器是低功耗应用的绝佳选择。然而，高分辨率相机等家庭自动化外围设备可能需要更大的电池以增加运行时间，并且这种电池需要更高功率的充电器以维持短的充电时间。

随着功率水平的增加，高效率变得更加重要。因此，更高功率的充电器通常是开关模式设计。转换器可以实现超过 90% 的效率，但设计和布局要比线性产品复杂得多。在处理多种电池化学成分方面，充电方案和配置的灵活性是另一个非常理想的特性。但是，分立设计通常需要添加微控制器，从而增加复杂性。更高电流的开关模式充电器也可能需要外部功率 FET 或电流检测元件。

在这一领域，也有帮助集成功能和简化设计的可用产品。bq25606 是一款独立的开关模式电池管理器件，可提供高达 3 A 的电流，为单节锂离子或锂聚合物电池充电。该设备包括电源路径管理电路，如果移除输入电源，该电路会自动将电池连接到系统。这种低阻抗电源路径可优化开关模式的运行效率，缩短电池充电时间并延长电池寿命。

图 5 中的电路为典型的单节充电和系统电源解决方案提供了所有功能。它具有内置过压保护功能，可防止电源线或连接瞬变。

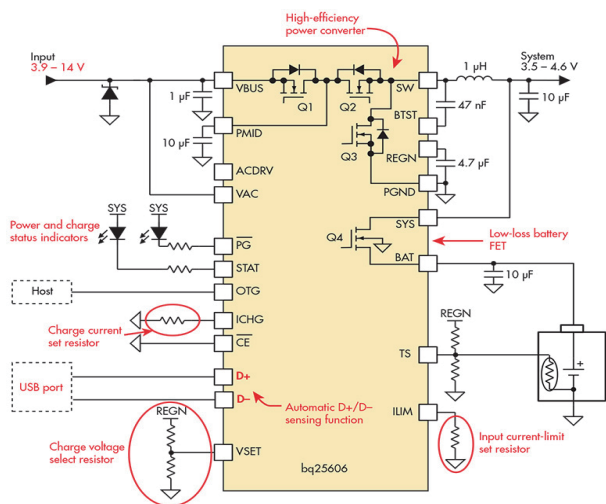


图 5 bq25606 具有内部功率 FET 的高效率操作，从而使设计人员可通过几个外部电阻设置参数。

外部电阻设定了输入电流限制、充电电流和电池电压。集成功能包括输入反向电压阻断 FET (Q1)；高侧和低侧开关 FET (Q2 和 Q3)；系统和电池之间的电池 FET (Q4)。

bq25606 还集成了用于高侧栅极驱动的自举二极管，以简化系统设计。

该器件可以管理各种输入电源。USB 选项包括标准 USB 主机端口、USB 充电端口和 USB 兼容适配器。该器件还符合 USB 3.0 电源规范，符合 USB 活动式 (OTG) 操作额定功率规范。

## 交流供电应用增加了另一种电池充电器要求

具有备用电池的交流供电家庭自动化应用，对电池充电器的要求与以前相同。然而，又出现了一个复杂的问题，因为电池在被调用之前可能会闲置多年。

在此期间，电池管理已连接，但电池未提供任何电流。在这种“很少放电”的应用中，对于评估电池在多年不活动后提供突然负载电流的能力，前面讨论的标准指标是没有用的。根据标准 SoC 测量，电池可以在数百年甚至数年后仍读取为 100% 电量。内部阻抗确实会随着时间的推移而增加，但如果不测量通过负载的电流，这种情况就不明显了。此外，直到电池的 SoH 远低于更换点，许多可充电化学品在 OCV 的变化都是非常小的。

对电池进行服务终止 (EOS) 确定的传统方法是执行维护周期：使电池脱机，释放大容量 (在某些情况下超过 90%)，并测量结果电压。如果电池发生故障，则更换电池，但当然在此期间电池无法供紧急使用。

设计人员面临的挑战是如何在不影响电池可用性的情况下检测老化。德州仪器 (TI) 开发了一种 EOS 算法，可以使用“学习阶段”来评估电池状态。学习阶段 (图 6) 使得电池能够继续使用。它们仅需要 1-2% 的放电，来评估电池的健康状况，并估计它是否接近其使用寿命。在备用电池的多年使用寿命期间，EOS 算法仅需要每月运行一次以提供足够的数据库。

该 EOS 算法集成在多个电池气量计设备中。例如，bq34110 可为高达 65 V 的单节和多节电池提供 EOS 测定。该器件支持多种电池化学，包括锂离子和 LiFePO<sub>4</sub>，镍氢 (NiMH)，镍镉 (NiCd)，甚至是铅酸 (PbA)。

bq34110 的气体测量功能使用电压、电流和温度数据以及 TI 的补偿放电终止电压 (CEDV) 技术来提供 SoC 和 SoH 数据。CEDV 还根据温度估算电池的自放电情况。