

BCT24157D

开关型、高效率、1.5A锂电池充电管理芯片

特性

- 开关充电，相比线性充电，效率更高，充电更快，可提供最大1.5A的充电电流
- 高效率1MHz 同步降压PWM 控制器，占空比最高达100%
- VBUS引脚最高直流耐压24V
- VBUS最大工作电压6.2V
- 高精度电压和电流调制
 - 充电电压精度: $\pm 0.5\%$ (25°C), $\pm 1\%$ (0°C -125°C)
 - 充电电流精度: $\pm 5\%$
- 集成了功率管，可实现高达1.5A的充电功能
- 充电状态指示
- AIC（自动输入电流管理）技术，VBUS端的最低电压4.6V。
- 具有温度自适应功能，根据温度自动调节充电电流
- 充电电流软启动，防止VBUS浪涌电流
- 具有防电流反灌功能，防止电流从电池反灌至VBUS
- 提供适配4.2V规格的锂电池产品
- WLCSP-20 封装

概要

BCT24157D是一款高集成，开关型，高效率，大电流，锂离子电池充电管理控制芯片。集成了1MHz 同步降压PWM 控制器和功率MOSFET，有效地降低了充电的功率损耗。

BCT24157D充电流程包括涓流，恒流和恒压三个阶段。精度在 $\pm 1\%$ 范围内，恒流充电电流最大可达1.5A。芯片自动控制充电的流程。BCT24157D包括四个环路：分别精确控制充电电流，恒压电压，以及VBUS电压和芯片结温。

BCT24157D内置全面的保护电路：

- 24V的VBUS管脚直流耐压
- VBUS管脚6.2V OVP 保护功能
- 充电时的最低输入电压保护功能
- 电池OVP 保护功能，
- 防电流反灌功能
- 根据芯片温度自动调节充电电流功能

BCT24157D采用WLCSP-20（1.975mm X1.575mm）封装，额定的工作温度范围为-40°C至85°C。

应用

手机平板电脑便携式媒体播放器
游戏机、数码相机等单节锂电池设备

订购信息

| 产品型号 | 输出电压 | 工作温度范围 | 封装形式 | 器件标识 | QTY/Reel |
|-----------------|------|------------|----------|--------|----------|
| BCT24157DEBP-TR | 4.2 | -40°C~85°C | WLCSP-20 | 24157D | 3000 |

BCT24157D 典型应用电路

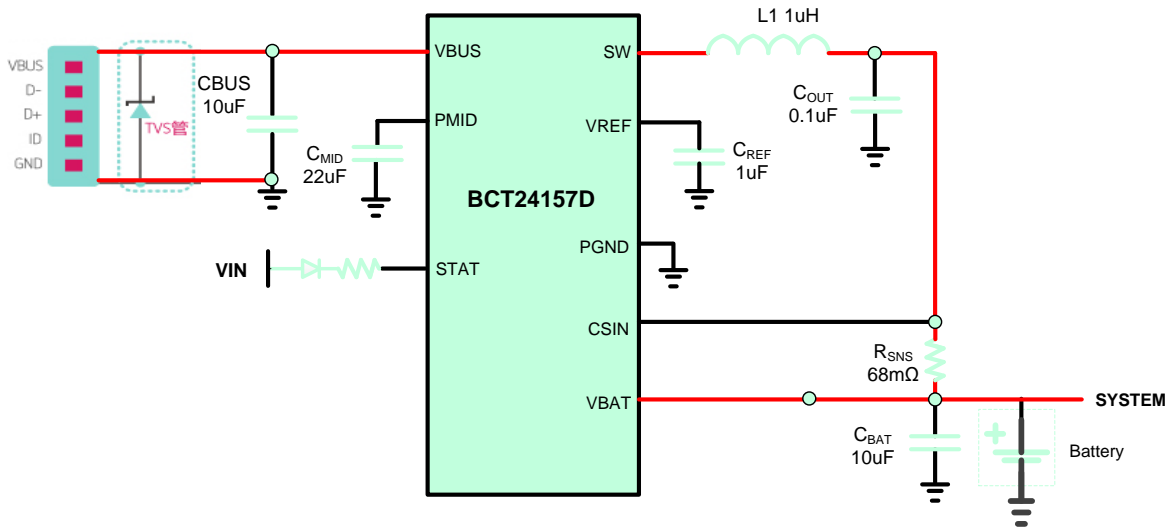


图 1 BCT24157D 典型应用电路图(1.5A 充电应用)

注 1: R_{SNS} 电阻两端一定要 kelvin sense 连接, 保证充电电流的精度。

注 2: 系统的连接一定要靠近电池取电, 保证电池端电压的稳定。

引脚分布及标记图

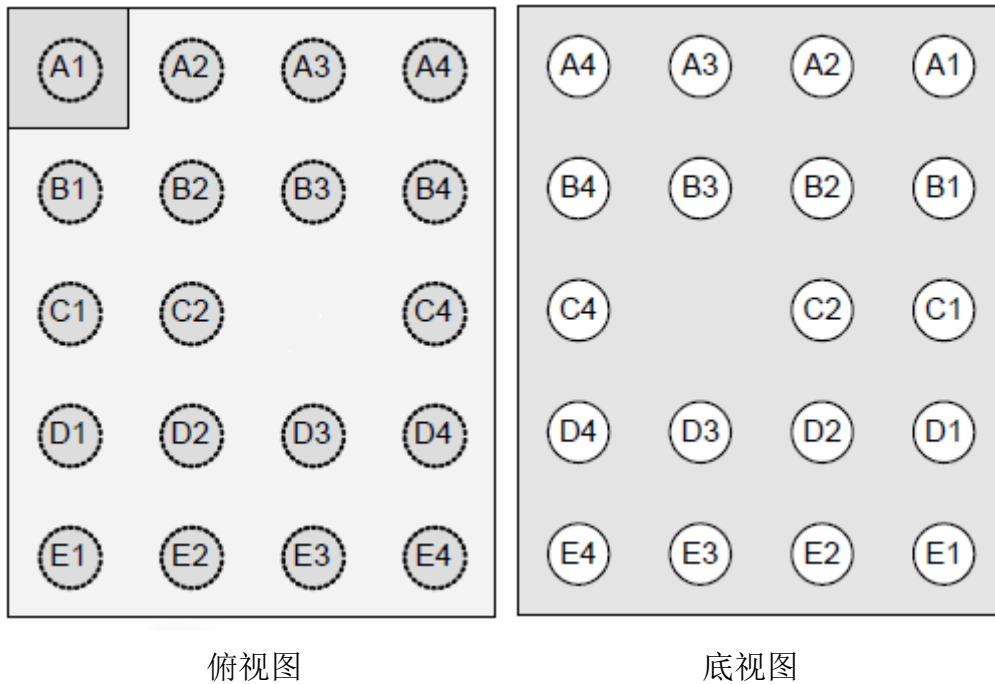


图 2 BCT24157D WLCSP-20 引脚分布

引脚定义及功能

| 引脚号 | 名称 | 描述 |
|--------|------|--|
| A1, A2 | VBUS | 充电器输入电压。通过一个4.7uF电容旁路到PGND。 |
| A3 | NC | 未连接（内部测试引脚）。 |
| A4 | NC | 接PGND。 |
| B1-B3 | PMID | 电源输入电压。输入充电器调节器的功率、输入电流感测的旁路点以及高压输入开关。通过一个最小值为22uF, 6.3V 的旁路电容至PGND。 |
| B4 | NC | 接PGND。 |
| C1, C2 | SW | 开关节点。连接至输出电感。 |
| C3 | SW | 该焊球为空。 |
| C4 | STAT | 状态。开路漏极输出显示充电状态。当充电进行时，IC将该引脚拉至低电平。 |
| D1-D3 | PGND | 电源地。栅极驱动和功率二极管的功率返回。从该引脚至C _{MID} 底部的连接应该尽可能地短。 |
| D4 | NC | 未连接。 |
| E1 | CSIN | 电流感测输入。与电池串联，连接至感测电阻。IC 采用该节点来感测流入电池的电流。采用一个0.1 uF的电容将该引脚旁路至PGND。 |
| E2 | NC | 未连接 |
| E3 | VREF | 调节器输出。连接至一个1uF电容至PGND。 |
| E4 | VBAT | 电池电压。连接至电池包的正极。 |

绝对最大额定值

| 参数 | | 范围 | |
|-------------------------------|----------|--------------------|-------|
| 电源电压VBUS | | -0.3V to 24V | |
| 输入引脚电压 | CSIN | -0.3V to 7V | |
| 输出引脚电压 | STAT | -0.3V to 24V | |
| | VBAT,SW, | -0.3V to 7V | |
| (WLCSP-20) 封装热阻 θ_{JA} | | 60°C/W | |
| 环境温度 | | -40°C to 85°C | |
| 最大结温 T_{JMAX} | | 160°C | |
| 存储温度 T_{STG} | | -65°C to 150°C | |
| 引脚温度（焊接10 秒） | | 260°C | |
| ESD | 静电放电防护等级 | 人体模型满足JESD22-A114 | 2000V |
| | | 充电器件模型 JESD22-C101 | 500V |

如果器件工作条件超过上述各项极限值，可能对器件造成永久性损坏。上述参数仅仅是工作条件的极限值，不建议器件工作在推荐条件以外的情况。器件长时间工作在极限工作条件下，其可靠性及寿命可能受到影响。

电气特性

除特别说明外，测试条件均为：VBUS=5V， $T_A=25^{\circ}\text{C}$ $R_{\text{SENSE}}=68\text{m}\Omega$ 。

| 参数 | 参数描述 | 测试条件 | 最小 | 典型 | 最大 | 单位 |
|-------------------------|--------------------------------|---------------------------|----|------|----|----|
| 输入电流 | | | | | | |
| I_{VBUS} | VBUS<VUVLO | VBUS=3V | | 200 | | uA |
| I_{IKG} | 从VBAT向VBUS 的反灌电流 | VBAT=4V，VBUS 接地或悬空或接2V 电压 | | | 1 | uA |
| VBUS 欠压锁定及充电最低输入 | | | | | | |
| V_{UVLO} | VBUS欠压锁定电压 | VBUS电压上升 | | 3.15 | | V |
| | VBUS欠压锁定迟滞电压 | VBUS电压下降 | | 150 | | mV |
| | VBUS欠压锁定Deglitch 时间 | VBUS电压上升 | | 32 | | ms |
| V_{INMIN} | 正常充电的VBUS电压下限 | VBUS电压上升 | | 4.0 | | V |
| | V_{INMIN} 迟滞 | VBUS电压下降 | | 200 | | mV |
| | V_{INMIN} Deglitch 时间 | VBUS电压上升 | | 32 | | ms |
| SLEEP MODE | | | | | | |
| V_{SLP} | SLEEP MODE 进入门限，VBUS-VBAT | VBUS电压下降 | | 40 | | mV |
| $V_{\text{SLP-EXIT}}$ | SLEEP MODE 退出门限，VBUS-VBAT | VBUS电压上升 | | 100 | | mV |
| | SLEEP MODE 退出 Deglitch | VBUS电压上升 | | 32 | | ms |
| 充电流程 | | | | | | |
| V_{SHORT} | 激活转涓流切换点 | | | 2.05 | | V |
| | VLOW迟滞 | | | 100 | | mV |
| V_{OREG} | 恒压充电电压 | | | 4.2 | | V |

电气特性 (续)

| 参数 | 参数描述 | 测试条件 | 最小 | 典型 | 最大 | 单位 |
|-----------------------|---------------------|---|-----|------|-----|-----|
| 充电电流 | | | | | | |
| I _{OREG} | 恒流充电电流 | R _{SENSE} =68mΩ | | 1500 | | mA |
| | 1000mA 恒流充电电 流精度 | R _{SENSE} =68mΩ | -5 | | +5 | % |
| I _{TKL} | 激活充电电流 | V _{BAT} ≤2.05V | | 50 | | mA |
| 充电结束的检测 | | | | | | |
| I _{TERM} | 充电终止门限电流 | V _{BAT} >V _{OREG} -V _{RCH} | | 100 | | mA |
| | 充电终止Deglitch 时间 | | | 32 | | ms |
| 重新充电 | | | | | | |
| V _{RCH} | 复充门限电压 | 充电终止后电池电压下降 | | 150 | | mV |
| | 复充Deglitch 时间 | 充电终止后电池电压下降 | | 100 | | ms |
| STAT | | | | | | |
| V _{OL(STAT)} | STAT 引脚低电平电压 | I _o =5mA | | | 1 | V |
| | 高阻态漏电流 | STAT 处于高阻态, V _{STAT} =5V | | | 1 | uA |
| PWM | | | | | | |
| R _{OVP} | 内部OVP 管导通阻抗 | | | 110 | | mΩ |
| R _{PMOS} | 内部高边开关功率管导 通阻抗 | | | 80 | | mΩ |
| R _{NMOS} | 内部低边开关NMOS 导通阻抗 | | | 140 | | mΩ |
| F _{OSC} | 振荡器频率 | | | 1.0 | | MHz |
| | 振荡频率精度 | | -10 | | +10 | % |
| D _{OSC} | 占空比 | | 5 | | 100 | % |

电气特性 (续)

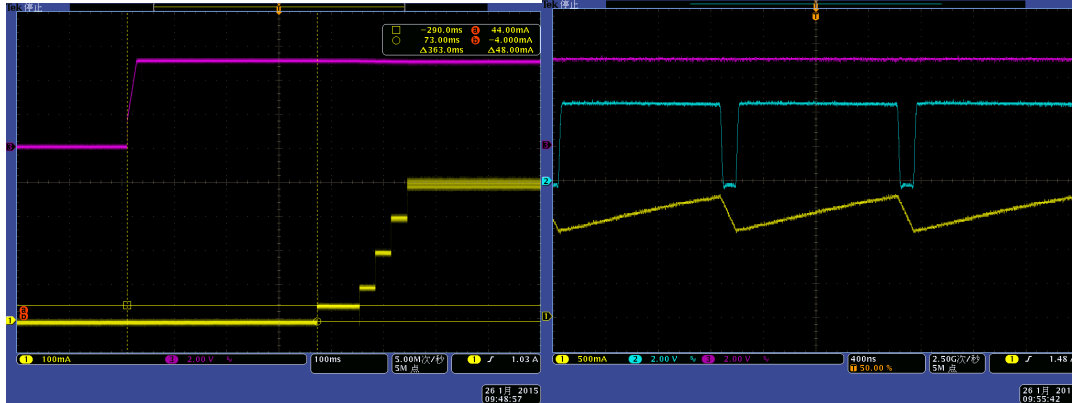
| 参数 | 参数描述 | 测试条件 | 最小 | 典型 | 最大 | 单位 |
|-----------------------|---------------|---|----|-----|-----|----|
| 充电过程保护 | | | | | | |
| V _{BUS} | VBUS最高耐压 | | | 24 | | V |
| V _{BUS_MAX} | VBUS最高工作电压 | | | | 6.2 | V |
| V _{OVP_VBUS} | VBUS OVP 门限电压 | VBUS电压上升 | | 6.2 | | V |
| | VBUS OVP 迟滞电压 | VBUS电压下降 | | 280 | | mV |
| V _{OVP_BAT} | BAT OVP 门限电压 | BAT 电压上升, 超过恒压充电电压(V _{OREG}) | | 250 | | mV |
| I _{LIMIT} | 峰值电流阈值 | | | 3 | | A |
| USB AIC | | | | | | |
| V _{BUS} | VBUS AIC启动电压 | | | 4.6 | | V |

典型特性曲线

除特别说明外，测试条件均为：VBUS=5V, VBAT=3.6V, $T_A=25^\circ\text{C}$

充电电流软启动 (CH3=VBUS, CH1=IL)

PWM 充电波形 (CH3=VBUS, CH2=SW, CH1=IL)

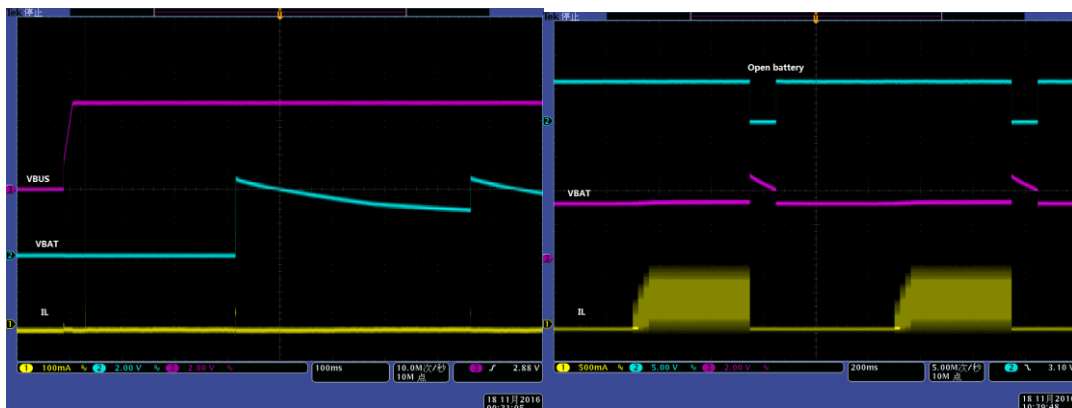


VBUS=5V, VBAT=3.6V, I_{OREG}=400mA

VBUS=5V, VBAT=3.6V, I_{OREG}=1500mA

No Battery, VBUS at Power UP

Battery Removal/Insertion During Charging



VBUS=5V

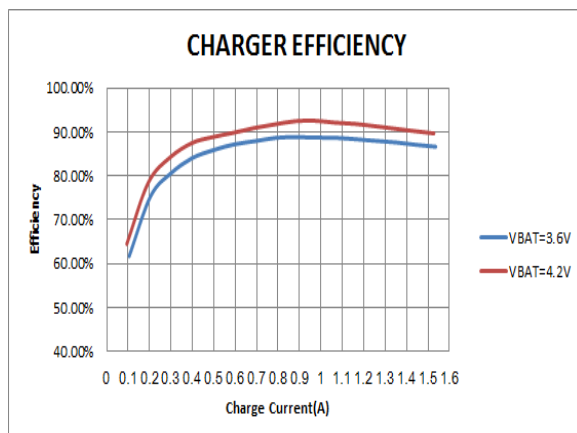
VBUS=5V

典型特性曲线

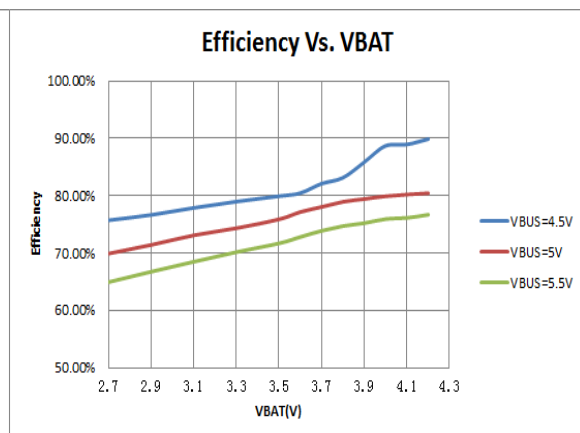
除特别说明外，测试条件均为：VBUS=5V, VBAT=3.6V, $T_A=25^\circ\text{C}$

充电效率

充电效率



VBUS=5V, VBAT=3.6V/4.2V



VBUS=4.5V/5V/5.5V, I_{BAT}=380mA



BCT24157D 开关型、高效率、 1.5A 锂电池充电管理芯片

工作特性

BCT24157D是一款高效率、高集成度的同步开关式充电芯片，在4~6.2V 的VBUS输入范围内，为单节锂离子或锂聚合物电池提供最大1.5A的快速充电。BCT24157D包含完整的三段式充电流程，恒流充电电流为1500mA(RSENSE=68mΩ)，终止电流门限为100mA(RSENSE=68mΩ)。BCT24157D内置VBUS，VBAT过压保护，自适应温度保护，有效地保护芯片在异常工作状况下不被损坏。同时集成了VBUS欠压锁定、SLEEP MODE、VBUS电压动态功率管理等功能，确保充电过程的顺利完成。BCT24157D提供WLCSP20封装，额定的工作温度范围为-40℃至85℃。

VBUS端保护

芯片在VBUS输入端设置了OVP、SLEEP MODE、VINMIN 等保护机制，确保VBUS端提供有效输入电压时才进行充电。

1. VBUS过压保护

BCT24157D集成VBUS OVP 功能，在VBUS端出现高压时保护芯片不受损坏。当VBUS电压超过6.2V时，芯片停止充电，STAT引脚输出高阻；当电压下降至OVP 门限以下时，芯片回到正常充电状态，充电继续。

2. VINMIN

在充电过程中，若VBUS下降至VINMIN（典型值3.8V）以下，芯片判定适配器无效，充电停止，STAT 引脚高阻；VBUS恢复至VINMIN 上升门限后，充电继续。

3. SLEEP MODE

如果VBUS下降至VBAT+V_{SLEEP}(典型值40mV) 以下，且高于VINMIN 时，芯片进入低功耗的SLEEP MODE。这个模式防止了VBUS较低时从电池抽取电流。进入SLEEP MODE 后，功率管关断，充电停止。如果VBUS 电压升高至VBAT+V_{SLEEP_EXIT}(典型值100mV) 以上时且维持超过32ms(典型值)，且高于VINMIN 时，芯片进入正常工作。

电池端保护-电池OVP

BCT24157D集成电池OVP功能，当电池端电压(VBUS)突然出现瞬时的高压，为防止芯片损坏，芯片启动电池OVP功能，停止充电，STAT 管脚高阻；VBUS降至电池OVP阈值后，充电继续，STAT管脚拉低。

VBUS AIC 功能

当充电电流逐渐增加，VBUS电压会逐渐降低，当VBUS电压的降低到AIC阈值电压时，芯片会自动减小充电的电流，自适应匹配USB或输出功率较小的适配器。这个AIC阈值电压为4.6V。

恒流电流控制

| V _{RENS} (mV) | 恒流充电电流(mA) RSENSE=68mΩ | 恒流充电电流(mA) RSENSE=82mΩ |
|------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 102 | 1500 | 1243 |

充电终止电流

| V _{RENS} (mV) | 电流终止门限(mA) RSENSE=68mΩ | 电流终止门限(mA) RSENSE=82mΩ |
|------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 6.8 | 100 | 82.9 |

充电流程图

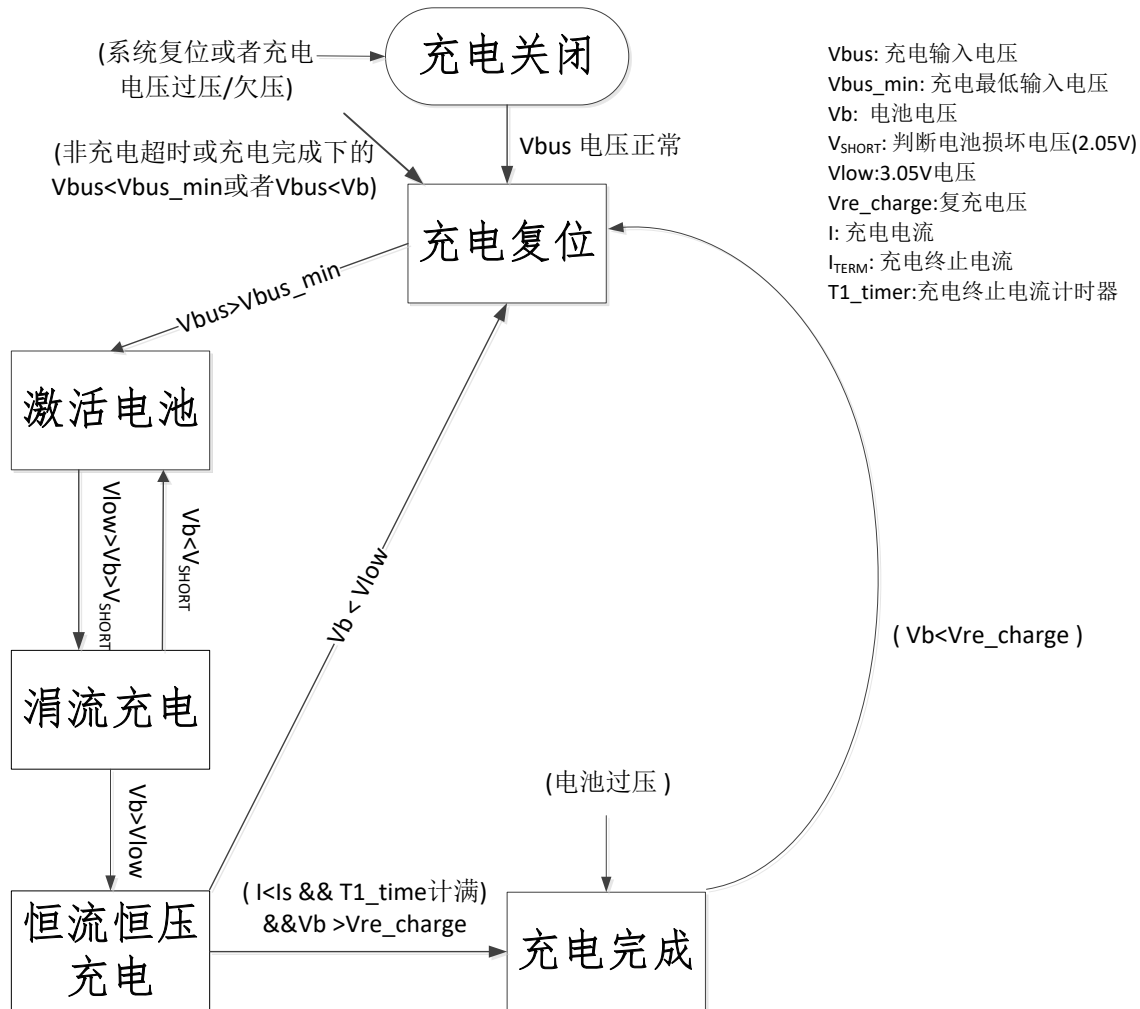


图5 充电流程图

充电操作过程

当 VBUS 电压和电池都正常时，充电操作开始，充电电流软启动，见图 6。

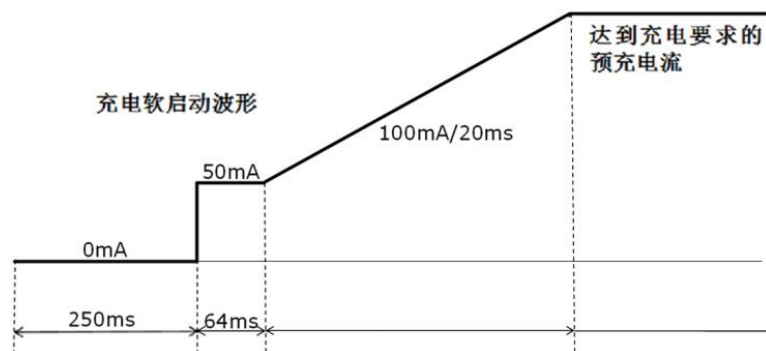


图6 充电电流软启动波形

图 7 是 BCT24157D 充电流程示意图，充电流程分为三个阶段：涪流-恒流-恒压，当进入恒压阶段并检测到充电电流达到或小于终止充电电流时，充电终止。终止充电电流为 100mA。(RSENSE=68mΩ)

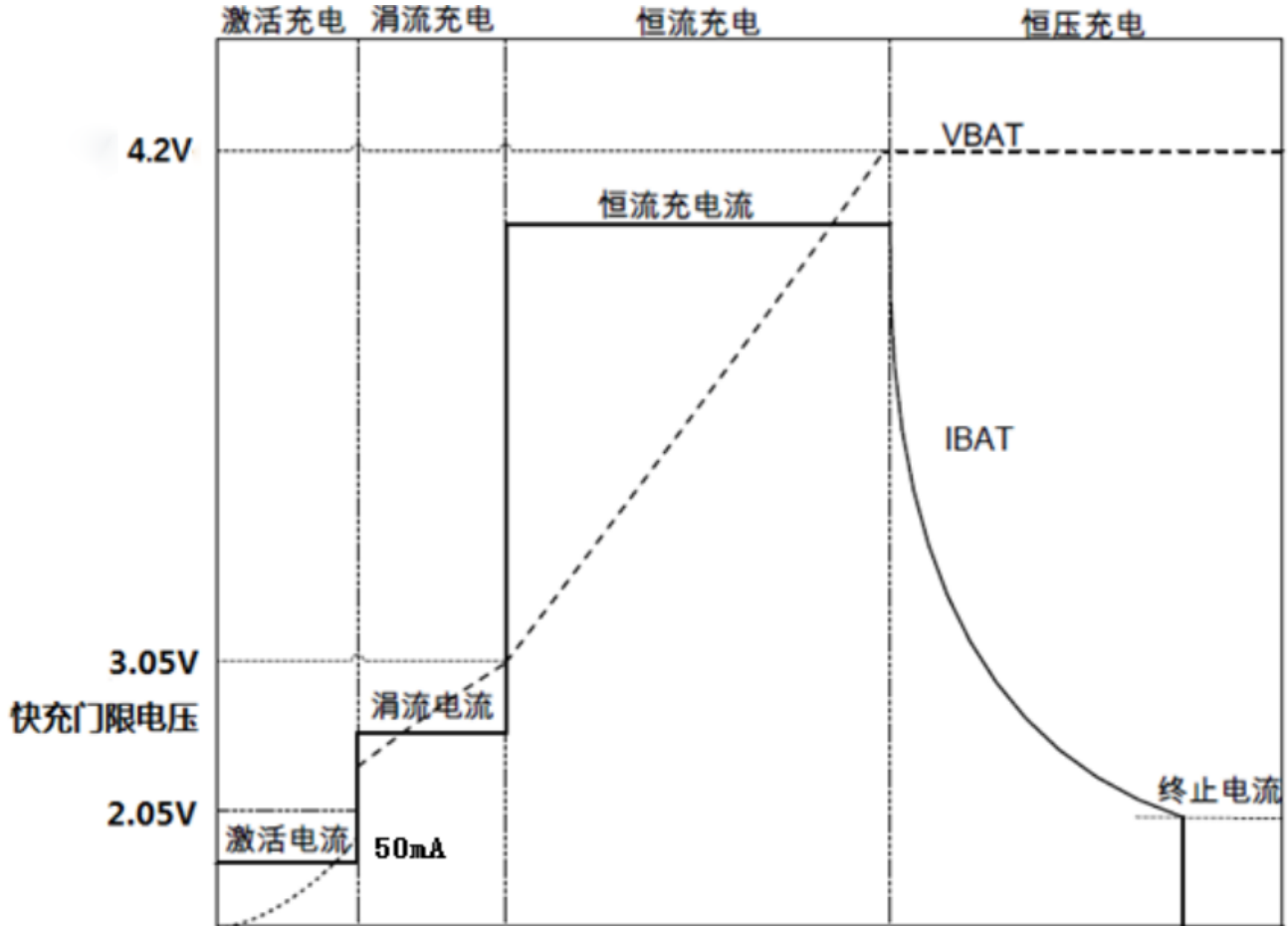


图7 BCT24157D典型充电流程图

环路工作原理

在充电中，芯片通过四个环路分别控制VBUS电压、充电电流、恒压电压和器件的结温。恒流环路通过采样外接RSENSE电阻两端的压差来调整充电电流的大小。

恒压环路则采样VBUS端电压，VBUS电压低于4.2V时，恒压环对环路不起作用，而由恒流环来主导充电。当检测到VBUS电压达到设定值后，恒流环对环路的控制逐渐减弱，恒压环的控制则逐渐加强，最终过渡到由恒压环控制环路工作。从而实现了恒流到恒压的平滑切换，确保切换过程中的环路工作稳定。

当环路工作过程中出现VBUS电压下降，下降到4.6V时，AIC 环路启动，芯片自动减小充电电流，充电电流的减小使VBUS回升，最终使充电电流稳定在适配器的最大供电能力处。

温度环路对环路工作过程中的芯片结温进行检测，当结温上升到检测阈值（典型值 115℃）时，温度环路减小充电电流，充电电流的减小会使芯片温度下降，最终充电电流和芯片结温达到平衡，使充电电流稳定在不使芯片温度继续上升的临界值处。

PWM 控制器

BCT24157D采用集成1MHz 同步PWM 控制器来控制充电电压和电流。其中高边管（Q1）为P沟道MOSFET，其衬底做了电平选择处理，以防止VBUS较低时电池向VBUS放电；低边管（Q2）是N 沟道MOSFET。正常工作时，二者的开关周期中存在死区（DEADTIME），其间高低边管均关闭，电感电流通过低边NMOS体二极管进行续流。

芯片通过高低边管Q1、Q2对电感电流进行限制。Q1将电感峰值电流设定在3.0A，当电流达到设定值后，Q1关闭，Q2打开；而低边管Q2的检测结果将决定PWM控制器工作在同步或异步模式，当电感电流下降到150mA（典型值）左右时，BCT24157D关断NMOS低边管，防止电池向地放电。电流大于150mA 后，PWM 仍回到同步工作模式以减少功率损耗。

电池充电流程

当电池电压低于 V_{SHORT} （典型值为2.05V）门限，充电处于激活充电阶段，芯片用激活充电电流 I_{TKL} （典型值50mA）给电池充电。而电池电压达到 V_{SHORT} （典型值为2.05V）后，且低于 V_{LOW} （典型值3.05V），充电电流为涓流电流 I_{LOW} （典型值400mA）。而电池电压达到 V_{LOW} （典型值3.05V），进入快速充电阶段，电流上升至 $I_{OREG} = 1500mA (R_{SENSE}=68m\Omega)$ 。快充电流的上升速率由软启动模块控制，防止VBUS端出现浪涌电流。电池电压达到 V_{OREG} 后，进入恒压充电阶段，充电电流开始下降，如图7所示。

进入恒压充电阶段后，芯片检测充电电流，当电流低至设定的终止充电门限 $I_{TERM} = 100mA (R_{SENSE}=68m\Omega)$ 以下，并持续32ms（典型值），芯片将终止充电，STAT 引脚高阻。若在终止充电后，VBAT 下降至复充门限 $V_{OREG}-V_{RCH}$ ，并持续100ms（典型值），充电将重新开启。

应用信息

电感的选择

电感的取值主要取决于电感电流纹波的大小，下面举例说明电感选取的计算过程。

根据BUCK 的电感电流纹波公式：

$$\Delta I_L = \frac{VBAT \times (VIN - VBAT)}{VIN \times f_{SW} \times L}$$

VBUS正常工作时最高输入6.2V（典型值），而大电流快充的VBAT 阈值为3.05V（典型值），所以取VBUS=6.2V，VBAT=3.25V 时电流纹波最大。若希望纹波峰峰值不超过800mA，代入上式得

$$L = \frac{VBAT \times (VIN - VBAT)}{VIN \times f_{SW} \times \Delta I_L}$$
$$= \frac{3.1 \times (6.2 - 3.1)}{6.2 \times 1 \times 0.8}$$

计算得出 $L=2.0\mu H$ 。选取标称值2.2 μH 的电感，然后计算纹波及峰值电流大小。将 $L=2.2\mu H$ 代入纹波公式，得

$$\Delta I_L = \frac{VBAT \times (VIN - VBAT)}{VIN \times f_{SW} \times L}$$
$$= \frac{3.1 \times (6.2 - 3.1)}{6.2 \times 1 \times 2.2 \times 10^{-6}}$$

计算得电流纹波 $\Delta I_L=0.54A$ 。则最大输出电流(以1.5A 的应用为例子)

$$I_{LPK} = I_{OUT} + \frac{\Delta I_L}{2} \quad \text{即 } I_{LPK}=1.85A$$
$$= 1.5 + \frac{0.70}{2}$$

选择饱和及温升电流大于 1.85A 的电感。推荐型号如下

| 型号 | 电感值 | 生产商 | 尺寸 | DCR(Ω) | 饱和电流(A) | 温升电流(A) |
|-----------------|-------|---------|------------------------|--------|---------|---------|
| WPN252012H2R2MT | 2.2uH | SUNLORD | 2.5mm X 2mm X 1.2mm | 0.1 | 3.0 | 2.15 |
| WPN201610H1R0MT | 1.0uH | SUNLORD | 2mm X 1.6mm X 1mm | 0.075 | 3.85 | 2.35 |

VBUS端输入电容C_{IN}

VBUS端推荐使用一个10uF 的陶瓷电容，如图1所示。这个电容除了去耦外，还可以减小输入电压的过冲。在热插拔AC 适配器或者充电电流突然下降时，由于输入电源走线的寄生电感影响，输入电压会产生瞬态的过冲，在VBUS引脚增加一个输入电容可以有效减小过冲电压，防止输入电压过冲影响充电系统正常工作。这里推荐使用耐压为25V 的X7R 或X5R 陶瓷电容。

PCB 走线上存在寄生的电感，电阻和电容，当开关电流流过电感，就会形成压降。如果到达芯片端的电源和地电位变化不同步，内部的逻辑电路可能会误翻转，使得芯片功能出错。因此 C_{BUS} 电容必须尽量靠近芯片放置，C_{BUS} 到达芯片引脚端的寄生的电感不超过 2nH。

BAT端输出电容C_{BAT}

BAT引脚同样需要到地的输出去耦电容C_{BAT}。同时，BAT 端电容C_{BAT} 与电感构成LC 滤波器，可滤除输出电流中的高频部分，减小电池电流I_{BAT}的波动。

以L=1.0uH, C_{BAT}=10uF 为例，LC 谐振频率 $f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \times C_{BAT}}}$ ，计算得50kHz，远低于芯片开关频率1.0MHz，可获得很好

的滤波效果。

另外，输出电容的 ESR 对输出电压纹波也有较大影响，因此在 10uF 边再并一个 1uF 电容，以减小 ESR。

下表给出了推荐使用的电容类型和典型值

| 电容位置 | 型号 | 生产商 | 电容值 | 尺寸 | 耐压 |
|------------------|----------------------|--------|------|------|------|
| C _{BUS} | GRM188R61E106MA73 | Murata | 10uF | 0603 | 25V |
| | C1608X5R1E106M080AC | TDK | 10uF | 0603 | 25V |
| C _{BAT} | GRM188R61E106MA73 | Murata | 10uF | 0603 | 25V |
| | C0603X5R1E106M080AC | TDK | 10uF | 0603 | 25V |
| C _{ovp} | GRM21BR61E226ME44 | Murata | 22uF | 0805 | 25V |
| | C2012X5R1E226M125AC | TDK | 22uF | 0805 | 25V |
| C _{REF} | GRM032R60J105ME05 | Murata | 1uF | 0402 | 6.3V |
| | CGB2A3X5R0J105K033BB | TDK | 1uF | 0402 | 6.3V |

RSENSE 的选取

RSENSE 的选取主要取决于其阻值和额定功率。例如选择 68mΩ 电阻，将最大恒流电流设置为 1.5A，则电阻上的功率为 $P=I^2 \times R$ ，计算得 0.174W，即必须选择额定功率大于等于 0.153 W 的电阻。下表给出了推荐的 RSENSE 型号。

| 阻值 | 尺寸 | 额定功率 | 精度 | 型号 | 生产商 |
|------|------|------|-----|-------------------|-------|
| 68mΩ | 0805 | 1/4W | ±1% | RL0805FR-7W0R068L | Yageo |

PCB 布图及器件布局考虑

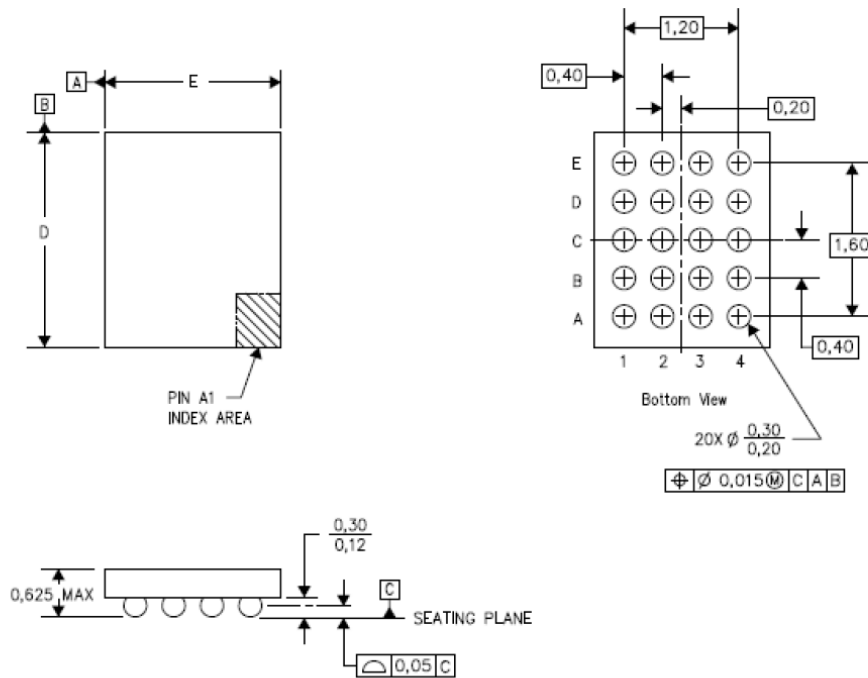
BCT24157D 是一款开关降压型DC/DC充电芯片，为了充分发挥IC的性能，PCB布局以及器件的布局必须仔细考虑。

BCT24157D的PCB布图应严格遵守以下准则：

1. 所有的外围器件尽量靠近芯片。C_{BUS}，C_{OV}P，C_{BAT}和L分别靠近对应的VBUS, VOVP, BAT, SW 引脚，器件焊盘和芯片引脚之间应直接用同一层铜线连接，避免通过通孔用两层铜连接。
2. C_{BUS}, C_{BAT}的焊盘和芯片对应引脚之间连线尽量宽而短，以减小噪声和EMI干扰。
3. RSNS的引脚应直接引到芯片对应的引脚上，SENSE回路不应与大电流通路有交叠，确保电流感应的精确。
4. 电感上工作时有较强的开关信号，布局时尽量远离FM,RFPA等模块，以免对高频器件产生干扰。
5. 为了获得更好的散热性能和噪声性能，芯片的散热片，GND引脚必须直接连接到PCB的大面积铺地层，同时在散热片下面的铺地层上再打足够的地孔，通过地孔将所有铺地层连接在一起，通过地孔和大面积的铺地层减小热阻，提高散热性能。

封装描述

WLCSP-20



Product-Specific Dimensions

| Product | D | E |
|-----------------|---------------|---------------|
| BCT24157DEBP-TR | 1.975±0.025mm | 1.575±0.025mm |