

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), $\pm 1\%$ ($0^{\circ}\text{C} \sim -125^{\circ}\text{C}$)
 - 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** ($1.975\text{mm} \times 1.575\text{mm}$) 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	$-40^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$	WLCSP-20	24157D	3000

BCT24157D 典型应用电路

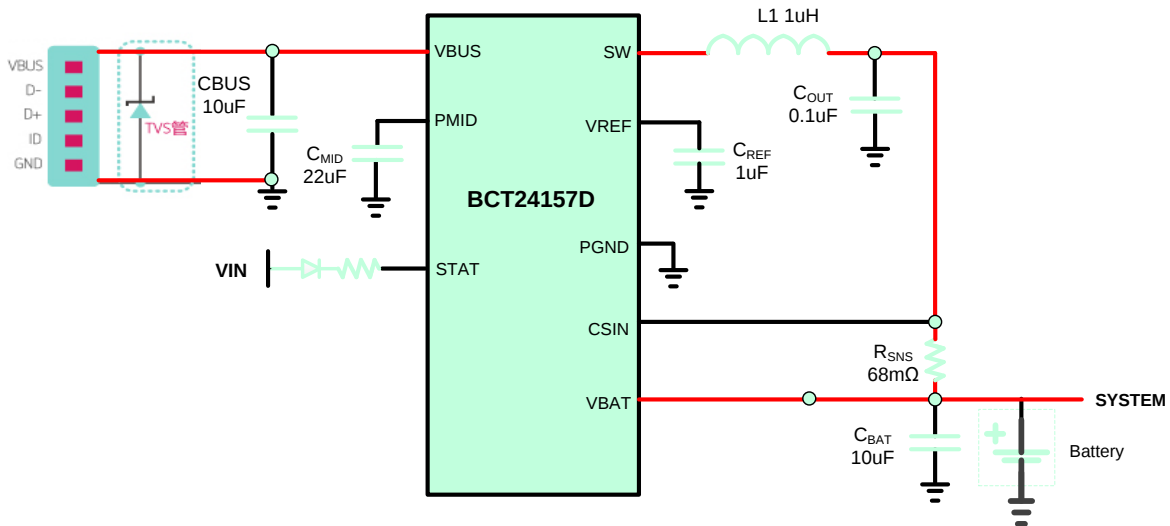


图 1 BCT24157D 典型应用电路图(1.5A 充电应用)

注 1: RSNS 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

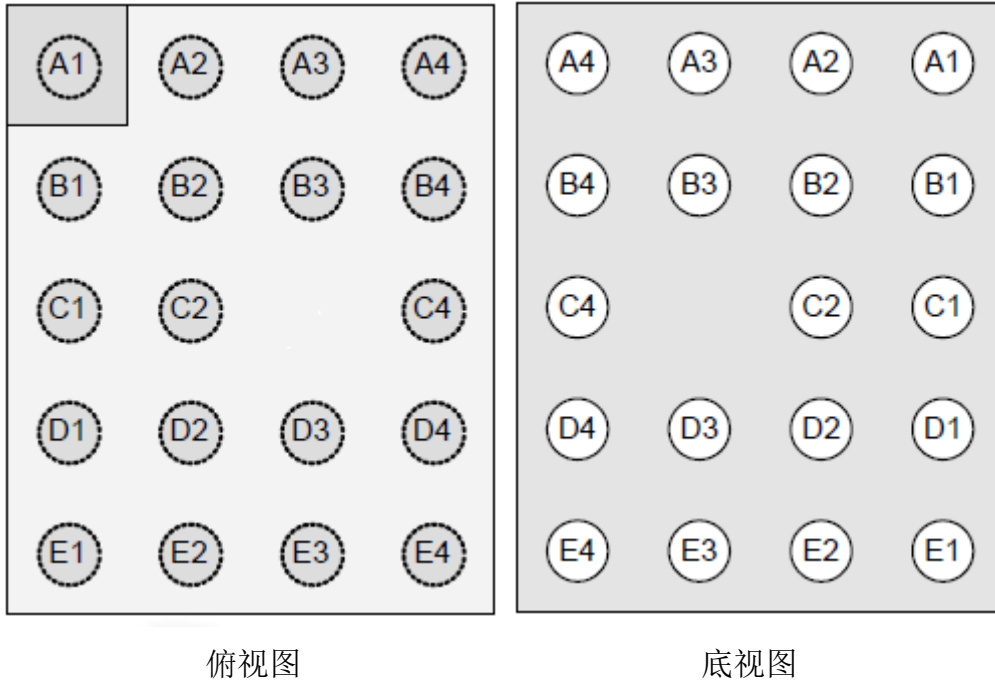


图 2 BCT24157D WLCSP-20 引脚分布

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。

BCT24157D 内部功能框图

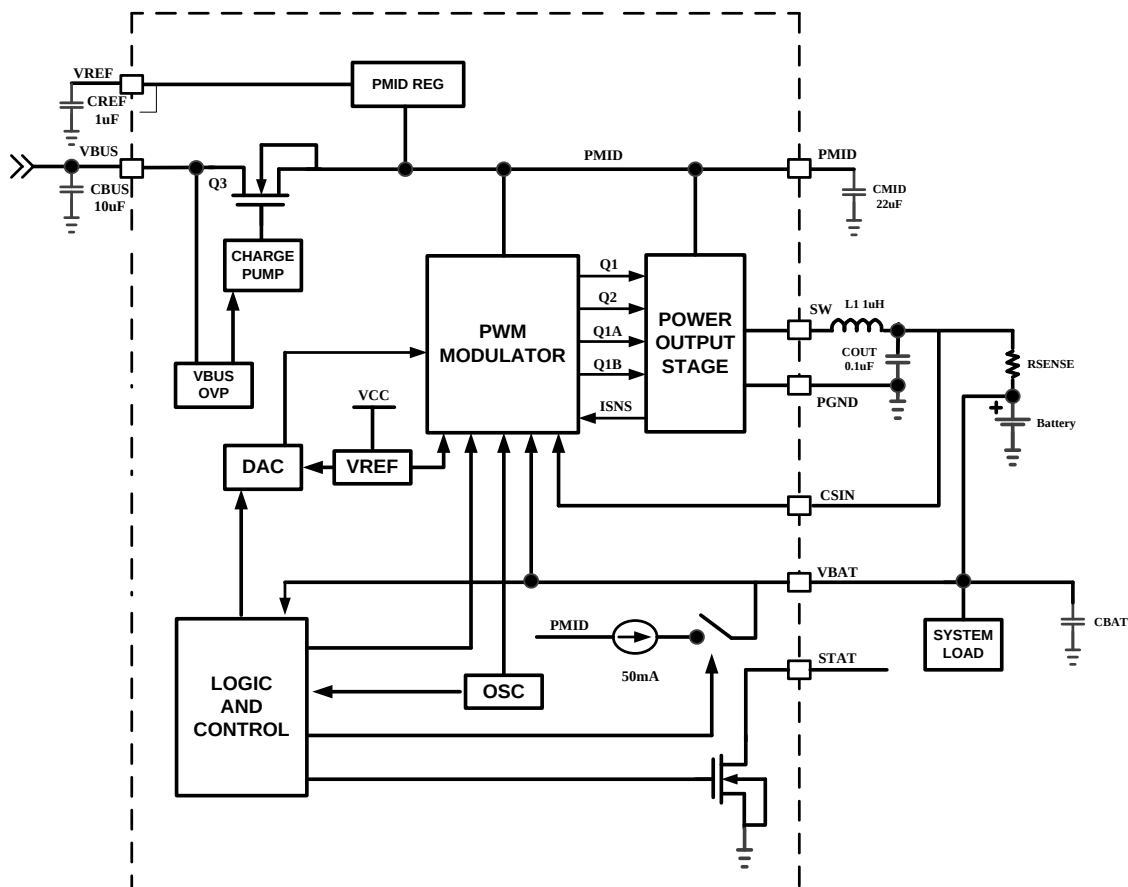


图 3 IC 和系统原理框图

注 1: CBUS, CMID, COUT, CBAT 请尽量靠近芯片放置。

注 2: 为驱动能力考虑, 电源线 (特别是管脚 VBUS), 输出线, 以及 L1, RSENSE 和到 Battery 的连接线尽量短而粗。

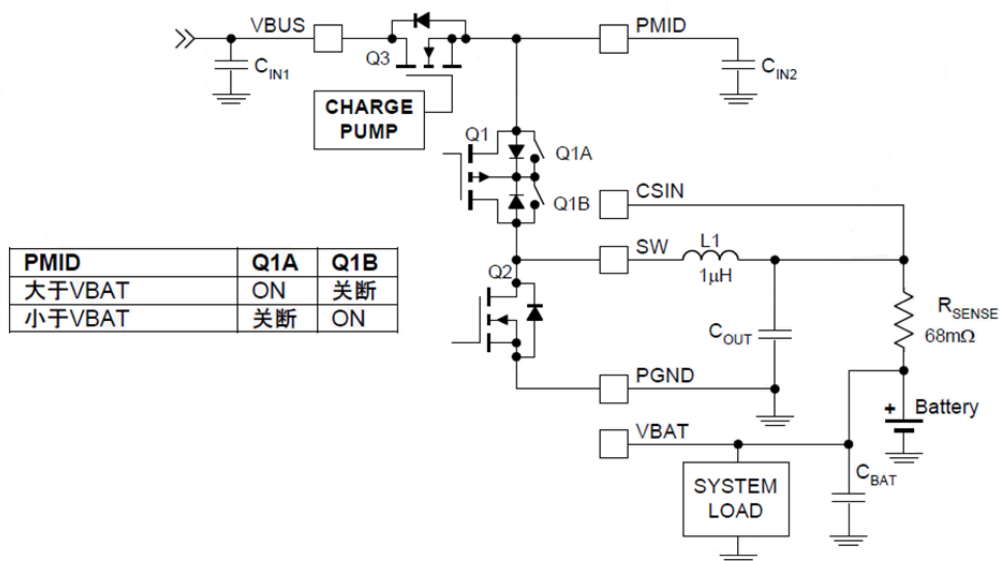


图 4 功率级

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℃/W
环境温度			-40℃ to 85℃
最大结温T _{JMAX}			160℃
存储温度T _{STG}			-65℃ to 150℃
引脚温度（焊接10 秒）			260℃
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，TA=25℃ R_{SENSE}=68mΩ。

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<V _{UVLO}	VBUS=3V		200		uA
I _{IKG}	从V _{BAT} 向VBUS 的反灌电流	V _{BAT} =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，V _{BUS} -V _{BAT}	VBUS电压下降		40		mV
V _{SLP-EXIT}	SLEEP MODE 退出门限，V _{BUS} -V _{BAT}	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
	V _{LOW} 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	$R_{SENSE}=68m\Omega$		1500		mA
	1000mA 恒流充电电流精度	$R_{SENSE}=68m\Omega$	-5		+5	%
I_{TKL}	激活充电电流	$V_{BAT} \leq 2.05V$		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）

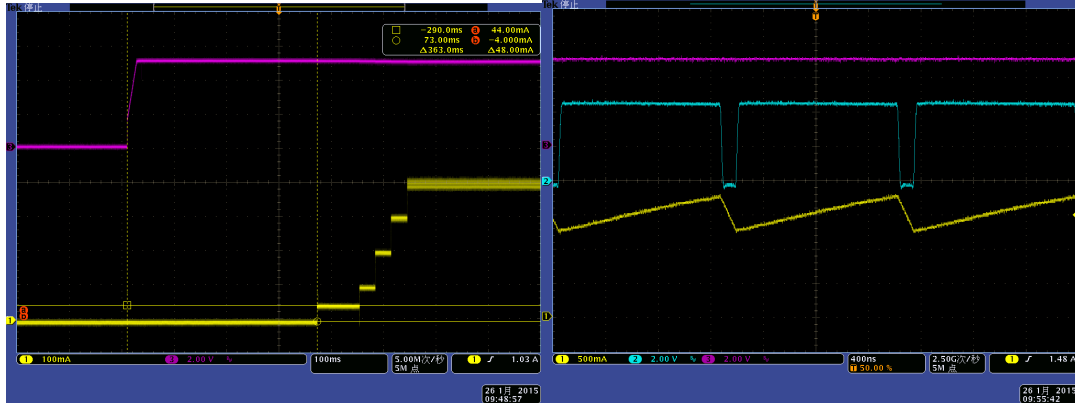
参数	参数描述	测试条件	最小	典型	最大	单位
充电过程保护						
V _{BUS}	VBUS最高耐压			24		V
V _{BUS_MAX}	VBUS最高工作电压				6.2	V
V _{OVP_VBUS}	VBUS OVP 门限电压	VBUS电压上升		6.2		V
	VBUS OVP 迟滞电压	VBUS电压下降		280		mV
V _{OVP_BAT}	BAT OVP 门限电压	BAT 电压上升, 超过恒压充电电压(V _{OREG})		250		mV
I _{LIMIT}	峰值电流阈值			3		A
USB AIC						
V _{BUS}	VBUS AIC启动电压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

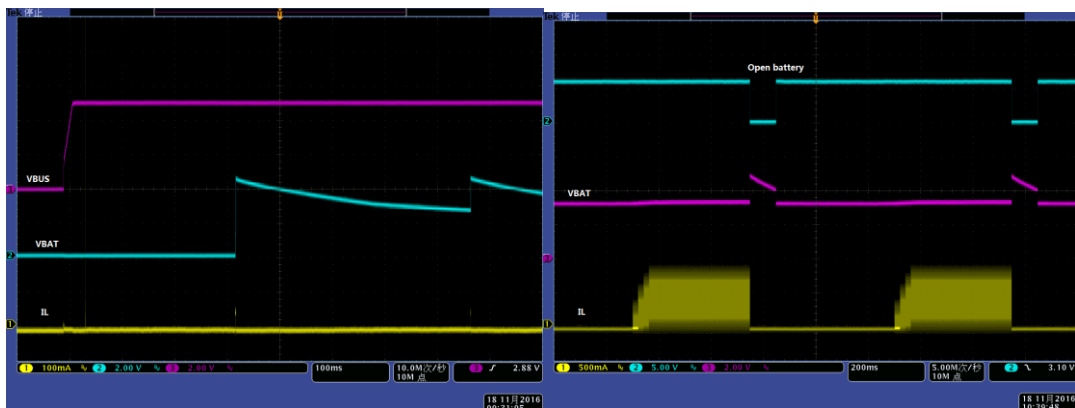


VBUS=5V, VBAT=3.6V, $I_{\text{OREG}}=400\text{mA}$

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

No Battery, VBUS at Power UP

Battery Removal/Insertion During Charging



VBUS=5V

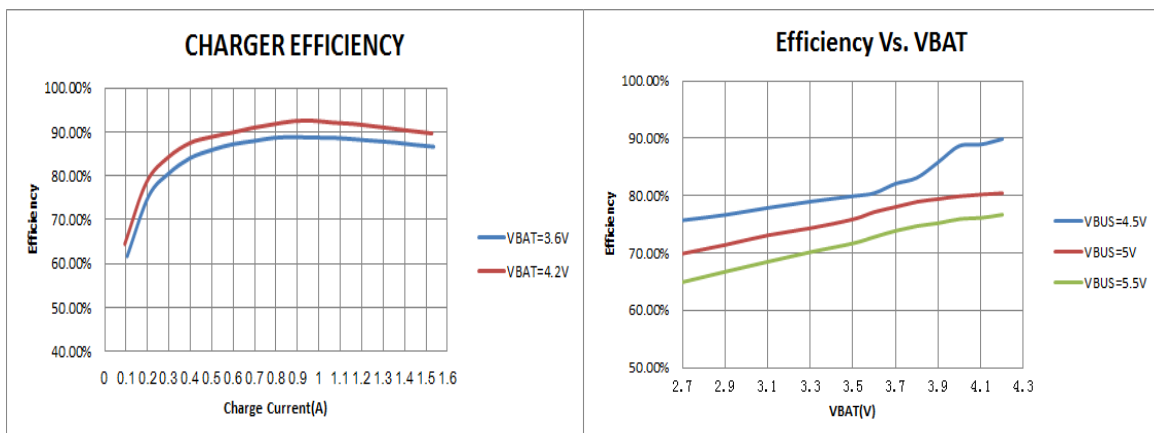
VBUS=5V

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, $I_{\text{BAT}}=380\text{mA}$

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+VSLP(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+VSLP_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 _{RENSE} (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 _{RENSE} (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

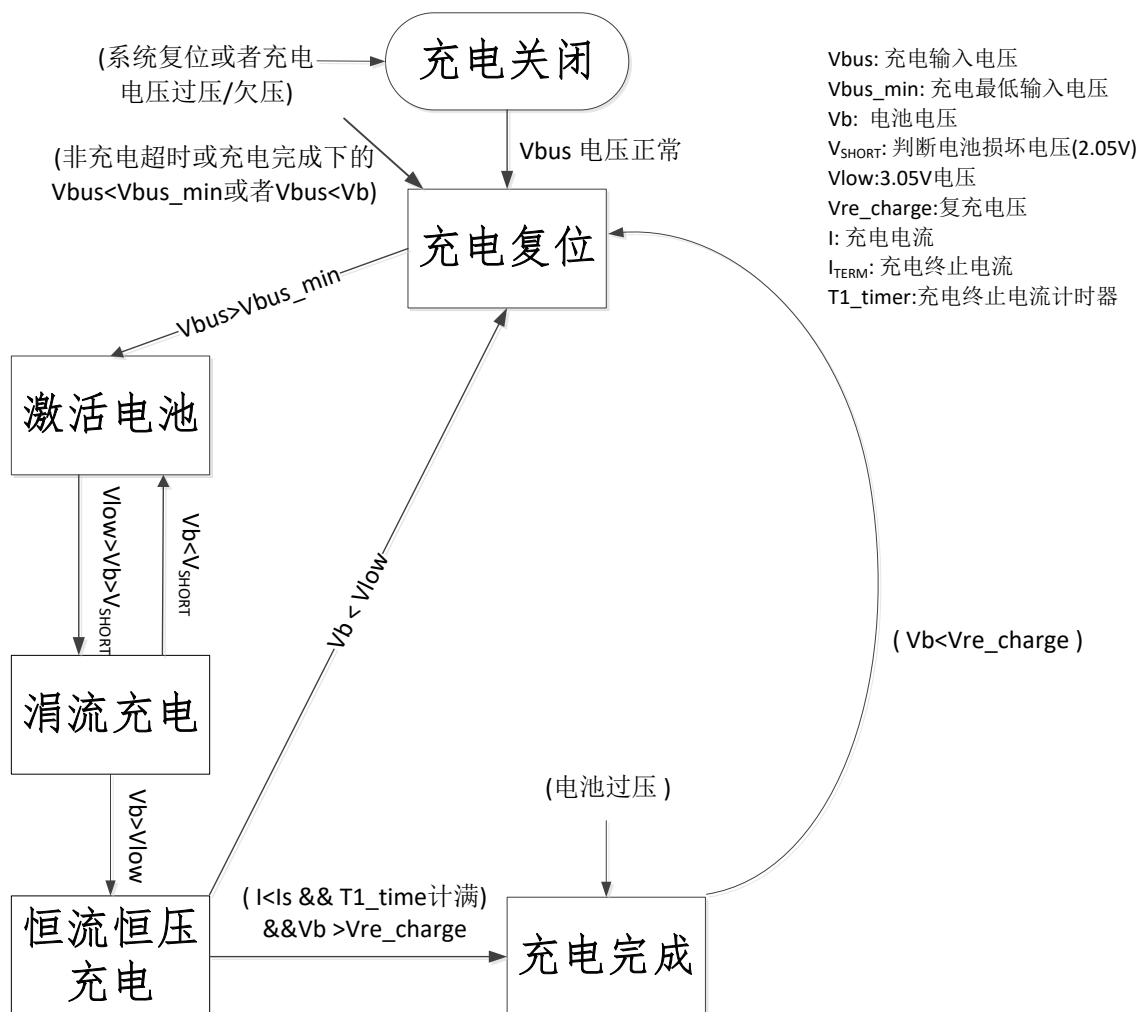


图5 充电流程图

充电操作过程

当 V_{BUS} 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。

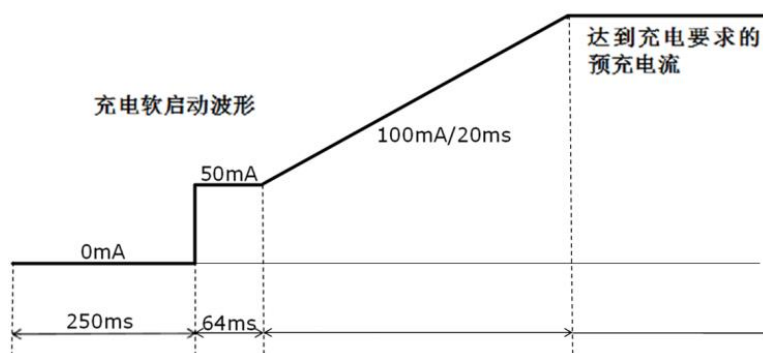


图 6 充电电流软启动波形

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)

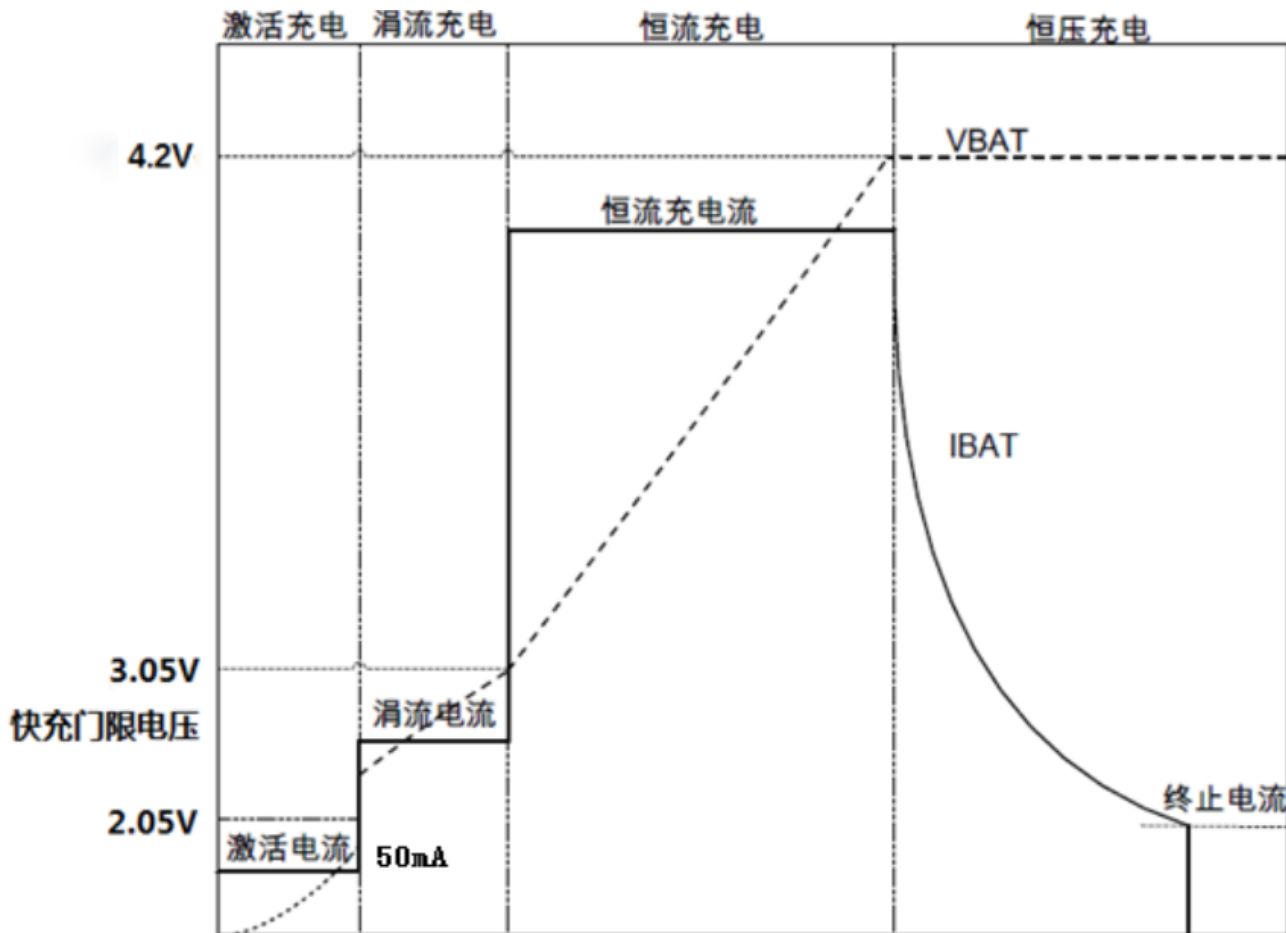


图7 BCT24157D典型充电流程图

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：

$$\Delta I_L = \frac{V_{BAT} \times (V_{IN} - V_{BAT})}{V_{IN} \times f_{SW} \times L}$$

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

$$L = \frac{V_{BAT} \times (V_{IN} - V_{BAT})}{V_{IN} \times f_{SW} \times \Delta I_L}$$

$$= \frac{3.1 \times (6.2 - 3.1)}{6.2 \times 1 \times 0.8}$$

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

$$\Delta I_L = \frac{V_{BAT} \times (V_{IN} - V_{BAT})}{V_{IN} \times f_{SW} \times L}$$

$$= \frac{3.1 \times (6.2 - 3.1)}{6.2 \times 1 \times 2.2 \times 10^{-6}}$$

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
WPN201610H1ROMT	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=I²×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

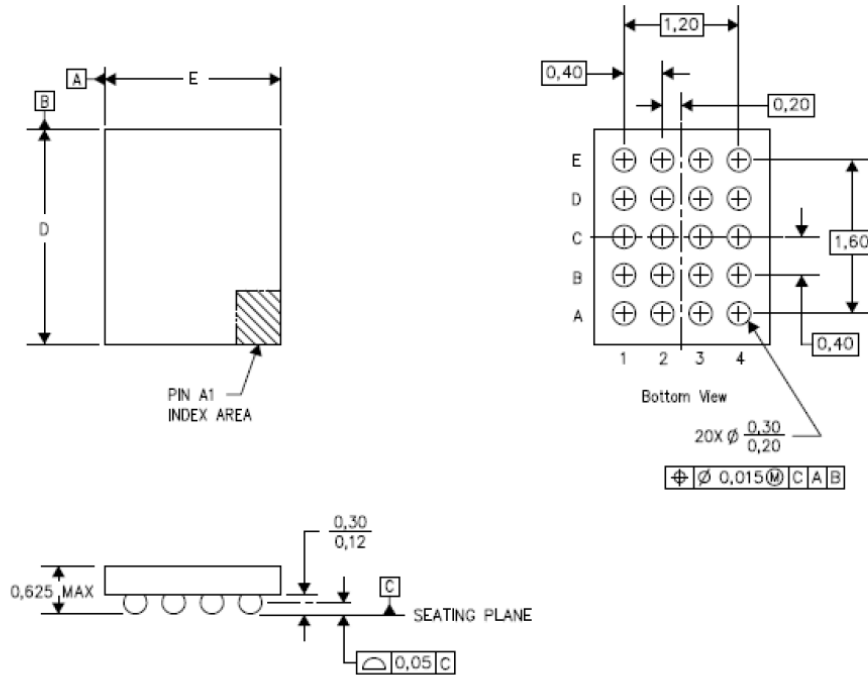
BCT24157D是一款开关降压型DC/DC充电芯片，为了充分发挥IC的性能，PCB布局以及器件的布局必须仔细考虑。

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_{OVP} ， 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