

SC8815高效、同步、双向降压-升压充电器控制器，带I2C接口

1 描述

SC8815是一款支持反向放电操作的同步升降压充电器控制器。它可支持高达36V的电池电压，因此无论适配器电压高于、低于或等于电池电压，均可用于有效管理1~6节锂离子电池的充电。当系统需要从电池产生输出时，SC8815还可以使电池放电并提供高达36V的所需输出。

通过其I2C接口，用户可以轻松设置充电/放电模式，灵活编程充电电流、充电电压、备用输出电压、电流限制、开关频率等参数。此外，SC8815集成了10位ADC，用户可以实时读取VBUS/VBAT电压和电流，简化系统设计。

SC8815支持内部限流、过压保护、输出短路保护和过温保护，确保不同异常情况下的安全。

SC8815采用32引脚4x4 QFN封装。

3 应用

- 具有快速充电功能的充电宝
- USB供电
- C型集线器
- 工业电源

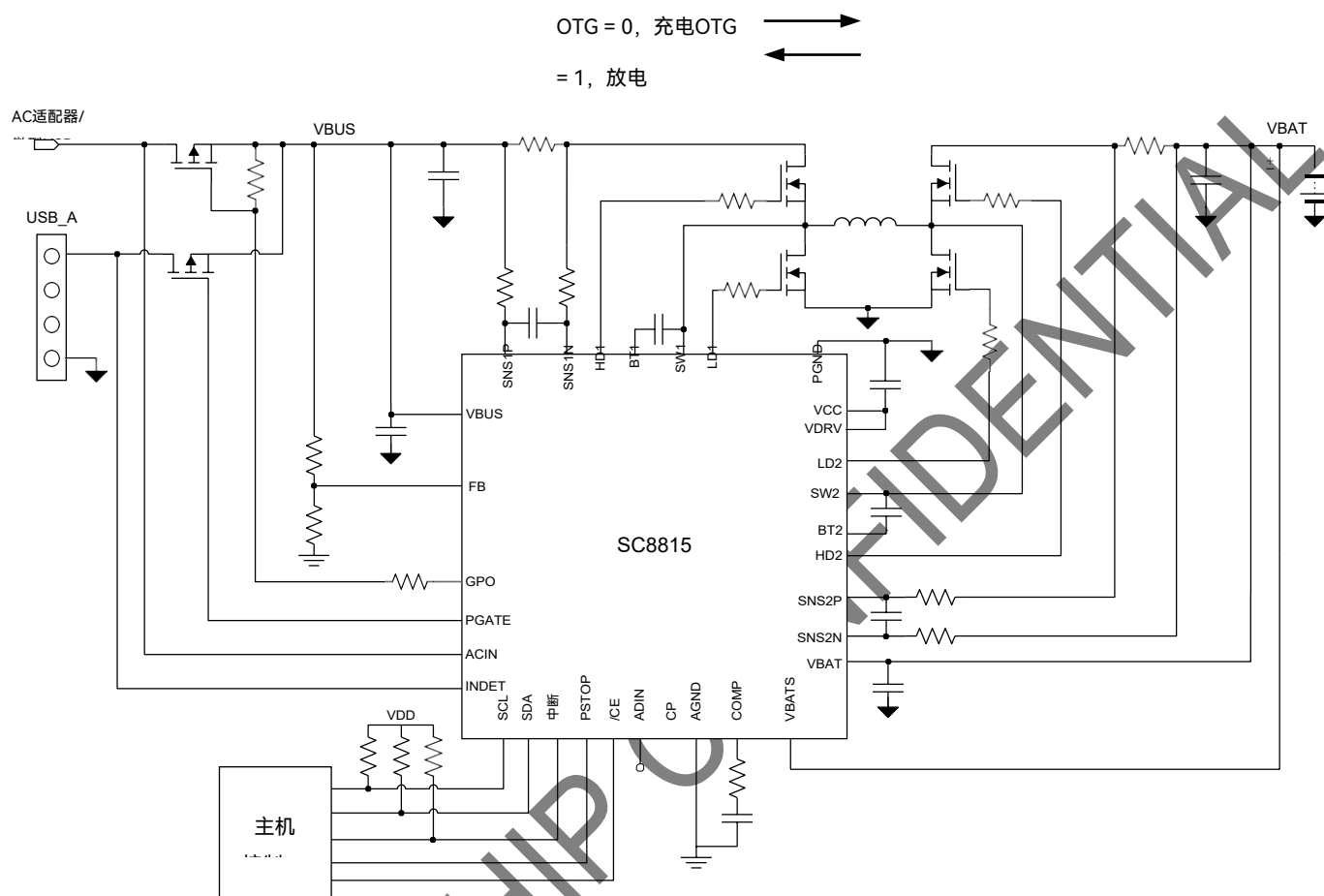
2 特性

- 适用于1至6节电池的降压-升压电池充电器
- 充电管理，包括涓流充电、CC充电、CV充电和充电终止
- Buck-Boost反向放电模式
- 宽V_{BAT}范围：2.7 V至36 V，40V可持续
- 宽V_{BUS}范围：2.7 V至36 V，40V可持续
- I2C可编程充电电流和电压
- I2C可编程放电输出电压
- I2C可编程输入/输出电流限制
- I2C可编程开关频率
- 高效降压-升压转换
- 10位ADC资源
- 充电状态指示
- 事件检测，包括自动适配器插入和自动负载插入检测
- 电源路径控制
- 欠压保护、过压保护、过流保护、短路保护和热关断保护
- QFN-32封装

4 设备信息

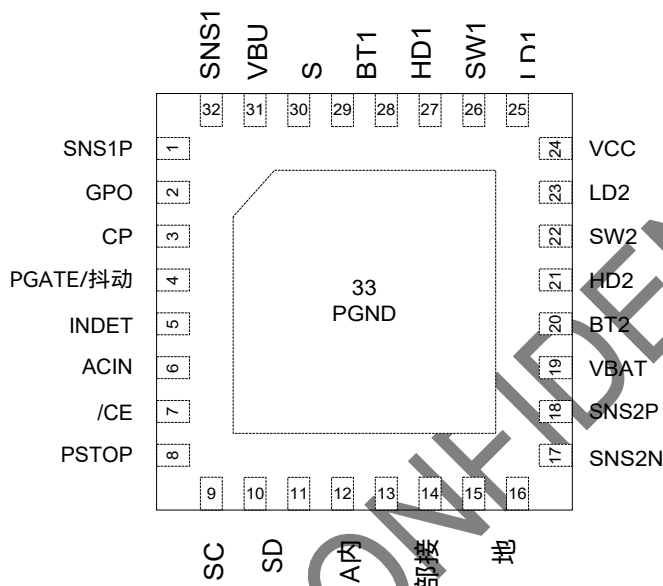
零件号	封装	尺寸
SC8815QDER	32引脚QFN	4.0mm x 4.0mm x 0.75mm

5 典型应用电路



6 终端配置和功能

顶视图



终端		I/O	描述
数字	名称		
1	SNS1P	I	电流检测放大器的正输入。连接到电源路径上电流检测电阻器（典型值为10 mΩ）的一个焊盘，以检测流入或流出VBUS的电流。
2	GPO	O	通用开漏输出。它由GPO_CTRL位控制。用户可以使用此引脚通过上拉电阻驱动外部PMOS。
3	CP	O	外部电荷泵电路的驱动器。（不推荐使用电荷泵。建议将此引脚悬空，并将VDRV与VCC连接。如果需要电荷泵，请咨询当地的FAE）
4	PGATE/抖动	IO	由PGATE位控制的PMOS栅极驱动器，用于控制电源路径上的外部PMOS。该引脚可通过I2C配置为开关频率抖动功能。在使用频率抖动功能时，从该引脚连接一个陶瓷电容（典型值100nF）到地。
5	INDET	I	将此引脚连接到USB-A端口以检测负载插入事件。当检测到插入事件时，IC设置INDET位并输出一个INT中断脉冲通知MCU。
6	ACIN	I	将此引脚连接到交流适配器输入节点或微型USB端口以检测交流适配器插入事件。当检测到插入事件时，IC设置AC_OK位并输出一个INT中断脉冲通知MCU。
7	/CE	I	芯片使能控制。将此引脚拉至逻辑低电平以启用IC；将此引脚拉至逻辑高电平以禁用IC。 该引脚在内部被拉低。

8	PSTOP	I	<p>停电控制。将此引脚拉至逻辑低电平以启用电源模块；将此引脚拉至逻辑高电平以禁用电源模块，IC进入待机模式。在待机模式下，只有AC适配器和负载插入检测功能和I2C电路保持工作。</p> <p>该引脚在内部被拉低。</p>
9	SCL	I	I2C接口时钟。通过上拉电阻（典型值10 kΩ）将SCL连接到逻辑轨。IC作为从机工作，I2C地址为0x74H。
10	SDA	I/O	I2C接口数据。通过上拉电阻（典型值10 kΩ）将SDA连接到逻辑轨。
11	INT	O	用于中断信号的开漏输出。如果发生中断事件，IC会在INT引脚发送一个逻辑低脉冲以通知主机。
12	AGND	I/O	模拟接地。将PGND和AGND在IC下方的散热焊盘处连接在一起。
13	ADIN	I	ADC输入引脚。向此引脚施加模拟信号（≤ 2.048V），内部10位ADC可将此模拟信号转换为数字信号，并将数字值存储在寄存器中。
14	FB	I	VBUS电压的反馈节点。在VBUS和FB之间连接一个电阻分压器，以外部方式设置VBUS放电输出电压。FB参考也可以通过I2C编程。
15	COMP	I	在此引脚连接电阻和电容以补偿控制回路。
16	VBATS	I	VBAT电压的检测节点。如果VBAT充电终止电压设置选择内部方式，则连接到VBAT轨；选择在VBATS外部方式连接一个电阻分压器。
17	SNS2N	I	电流检测放大器的负输入。连接到电源路径上电流检测电阻器（典型值为10 mΩ）的一个焊盘，以检测流入或流出电池的电流。
18	SNS2P	I	电流检测放大器的正输入。连接到电源路径上电流检测电阻器（典型值为10 mΩ）的另一个焊盘，以检测流入或流出电池的电流。
19	VBAT	I	IC的电源。连接到电池正极节点。在该引脚与PGND之间放置一个1 μF电容，并尽可能靠近IC。
20	BT2	I	在BT2引脚和SW 2引脚之间连接一个100nF电容，为高端MOSFET驱动器自举偏置电压。
21	HD2	O	栅极驱动器输出控制外部高侧功率MOSFET。
22	SW2	I/O	切换节点。连接到电感器。
23	LD2	O	栅极驱动器输出控制外部低端功率MOSFET。
24	VCC	O	内部5V线性稳压器的输出。在VCC引脚和PGND之间连接一个1 μF电容，并尽可能靠近IC。
25	VDRV	I	内部驱动电路的电源输入。获得电源的一种方法是将VCC直接连接到该引脚。另一种方法是使用CP驱动器在VCC和VDRV引脚之间实现电荷泵。（不推荐使用电荷泵方式。如果使用电荷泵，请咨询当地的FAE）
26	PGND	I/O	电源接地。在IC下方的PGND散热焊盘处将PGND和AGND连接在一起。
27	LD1	O	栅极驱动器输出到外部低侧MOSFET。
28	SW1	I/O	切换节点。连接到电感器。
29	HD1	O	栅极驱动器输出到外部高侧MOSFET。

30	BT1	I	在BT1引脚和SW 1引脚之间连接一个100nF电容，为高端MOSFET驱动器自举偏置电压。
31	VBUS	I	IC的电源。连接到VBUS轨。在该引脚与PGND之间放置一个1 μ F电容，并尽可能靠近IC。
32	SNS1N	I	电流检测放大器的负输入。连接到电源路径上电流检测电阻器（典型值为10 m Ω ）的一个焊盘，以检测流入或流出VBUS的电流。
33	导热垫		PGND导热垫。将PGND和AGND在IC下方的散热焊盘处连接在一起。

7 规格

7.1 绝对最大额定值

超出操作自由空气温度范围(除非另有说明)⁽¹⁾

		MIN	MAX	单元
电压范围 terminals ⁽²⁾	CP, LD2, VCC, VDRV, LD1 HD1到SW1, BT1到SW1, BT2到SW2, HD2到SW2	-0.3	6.5	V
	PSTOP	-0.3	6	V
	SCL, SDA, INT, ADIN, COMP	-0.3	5	V
	FB	-0.3	30	V
	VBUS, SNS1N, SNS1P, GPO, PGATE, INDET, ACIN, VBATS, SNS2N, SNS2P, VBAT, SW2, SW1, /CE	-0.3	40	V
	VBUS转SNS1P、SNS1N	-0.3	11	V
	VBAT转SNS2P、SNS2N	-0.3	11	V
	SNS1P到SNS1N	-10	10	V
	SNS2P到SNS2N	-10	10	V
	BT1, HD1, BT2, HD2	-0.3	45	V
	BT1到HD1, BT2到HD2	-0.3	6.5	V
T _J	工作结温范围	-40	150	°C
T _{stg}	储存温度范围	-65	150	°C

(1) 超过绝对最大额定值的应力可能会对设备造成永久性损坏。这些仅为应力额定值，不暗示设备在这些或任何其他条件下的功能运行，超出推荐运行条件下的规定。长时间暴露在绝对最大额定条件下可能会影响设备可靠性。

(2) 所有电压值均相对于网络接地端。

7.2 热信息

热阻 ⁽¹⁾		QFN-32 (4mmX4mm)	单位
θ _{JA}	结至环境热阻	35	°C/W
θ _{JC}	接头至外壳电阻	7	°C/W

(1) 在JESD51-7, 4层PCB上测量。

7.3 处理额定值

范围	定义	MIN	MAX	单位
ESD ⁽¹⁾	人体模型(HBM) ESD应力电压 ⁽²⁾	-2	2	kV
	充电器件模型(CDM) ESD应力电压 ⁽³⁾	-750	750	V

(1) 静电放电 (ESD)，用于测量设备的灵敏度和对装配线静电放电对设备造成的损坏的免疫力。

(2) 上述等级为ANSI、ESDA和JEDEC JS-001规定的合格等级。JEDEC文件JEP155指出，500-V HBM允许使用标准ESD控制过程进行安全制造。

(3) 上述等级为EIA-JEDEC JESD22-C101规定的合格等级。JEDEC文件JEP157指出，250-V CDM允许采用标准ESD控制工艺进行安全制造。

7.4 推荐工作条件

		MIN	MAX	单位
--	--	-----	-----	----

V _{BUS}	VBUS电压范围	2.7	36	V
------------------	----------	-----	----	---

V _{BAT}	VBAT电压范围	2.7	36	V
C _{BUS} , C _{BAT}	VBUS电容、VBAT电容	30		μF
L	电感	2.2	10	μH
R _{SNS1/2}	电流检测电阻	5	10	mΩ
T _A	工作环境温度	-40	85	°C
T _J	工作结温	-40	125	°C

7.5 电气特性

除非另有说明，否则 $T_J = 25^{\circ}\text{C}$ 且 $V_{\text{BUS}} = 5\text{V}$ ， $V_{\text{BAT}} = 10.8\text{V}$ 。

范围		测试条件	MIN	TYP	MAX	单位
电源电压						
V _{UVLO_VBUS}	VBUS欠压锁定阈值	上升沿		2.5	2.7	V
		迟滞		170		mV
V _{UVLO_VBAT}	VBAT欠压锁定阈值	上升沿		2.4	2.6	V
		迟滞		170		mV
I _{Q_VBAT}	进入VBAT的静态电流	VBUS = 5V PSTOP = L, 非开关		2.4	4	mA
		VBUS = 5V PSTOP = L, 后 收费 终止		2.4	4	mA
I _{Q_VBUS}	进入VBUS的静态电流	PSTOP = L, 非开关		25	40	μA
I _{SB_VBAT}	待机电流进入VBAT	VBUS打开 PSTOP = H, AD_START = 0		17	40	μA
		VBUS打开 PSTOP = H, AD_START = 1		0.65	1.2	mA
I _{SB_VBUS}	进入VBUS的待机电流	PSTOP = H, AD_START = 0		12	50	μA
I _{SD_VBAT}	关断电流流入VBAT	/CE = H, VBUS = 打开		10	20	μA
VCC、驱动器和电源开关						
V _{CC}	VCC调节电压	PSTOP = L, VBUS = 9V		5.0	5.3	V
		PSTOP = L, VBUS = 5V		4.96	5	V
		PSTOP = H, VBAT = 3.6V			3	V
I _{VCC_LIM}	VCC电流限制	PSTOP = L VBUS = 5V, VCC = 4.5V	17	25	30	mA
		PSTOP = L VBUS = 9V, VCC = 4.5V		160		mA
		PSTOP = H			1	mA
V _{DRV}	VDRV调节电压	改变泵连接VBUS = 5V, IDRV = 0mA	5.8	6.2	6.5	V
		改变泵连接VBUS = 9V, IDRV = 30mA	5.7	6.1	6.4	V
R _{HS/LS_PU}	高/低边MOS驱动器上拉电阻			4		Ω
R _{HS/LS_PD}	高/低侧MOS驱动器下拉电阻			1		Ω
充电模式下的参考电压						
V _{BATS_ext}	VBATS外部设定参考电压	VBAT_SEL = 1	1.197	1.203	1.209	V
V _{BATS_int}	内部设置的VBATS精度, 超过VBATS目标	VBAT_SEL = 0, CSEL = 00 VCELL_SET = 000~111	-0.5		0.5	%
V _{TRICKLE_int}	内部设置的涓流充电阈值电压	VBAT_SEL = 0, 电池编号 = N VCELL_SET = 000~1111, TRICKLE_SET = 0	2.73*N	2.94*N	3.15*N	V
		VBAT_SEL = 0, 电池编号 = N	2.31*N	2.52*N	2.73*N	V

		VCELL_SET = 000~1111, TRICKLE_SET = 1				
V _{TRICKLE_ext}	外部设置的涓流充电阈值, 超过VBAT目标	VBAT_SEL = 1, TRICKLE_SET = 0	65	70	75	%
		VBAT_SEL = 1, TRICKLE_SET = 1	55	60	65	%
V _{EOC}	EOC电压阈值, 超过VBAT目标	VBAT_SEL = 0/1	97%	98%	99%	
V _{RECH}	再充电阈值电压, 超过VBAT目标	VBAT_SEL = 0/1	94.8%	95.8%	96.8%	
V _{VINREG}	VINREG参考电压	4.5V目标 VINREG_SET = 0x2C, VINREG_RATIO = 0	4.3	4.5	4.7	V
		15V目标 VINREG_SET = 0x95, VINREG_RATIO = 0	14.7	15	15.3	V
		4.48V目标 VINREG_SET = 0x6F, VINREG_RATIO = 1	4.4	4.5	4.6	V
		10V目标 VINREG_SET = 0xF9, VINREG_RATIO = 1	9.8	10	10.2	V
V _{BAT_OVP}	VBAT OVP阈值, 超过VBAT目标	VBAT_SEL = 0/1	103%	105.5%	108%	
V _{CLAMP}				125		mV
放电模式下的参考电压						
V _{FB}	FB外部设定参考电压	FB_SEL = 1,VBUSREF_E_REF 目标从0.5V到2.048V	-2%		2%	
V _{BUS}	内部设置的VBUS参考电压精度	FB_SEL = 0 VBUS_RATIO = 1 (5x) VBUS = 3.6 ~10.24V	-2%		2%	
		FB_SEL = 0 VBUS_RATIO = 0 (12.5x) VBUS = 9 ~ 24V	-2%		2%	
V _{BUS_OVP}	VBUS OVP阈值, 上升沿	VBUSREF_I_SET = 1V VBUSREF_E_SET = 1V	107.3%	110%	113%	
	迟滞	VBUSREF_I_SET = 1V VBUSREF_E_SET = 1V		3%		
电流限制						
I _{BUS_LIM}	IBUS电流极限精度	充电方式, 6A靶 IBUS_RATIO = 01 (6x) IBUS_LIM = 0x7F	-10%		10%	
		充电方式, 3A靶 IBUS_RATIO = 10 (3x) IBUS_LIM = 0x7F	-10%		10%	
		放电方式, 6A靶 IBUS_RATIO = 01 (6x) IBUS_LIM = 0x7F	-10%		10%	
		放电模式, 3A目标 IBUS_RATIO = 10 (3x) IBUS_LIM = 0x7F	-10%		10%	

I _{BAT_LIM}	IBAT限流精度	充电模式, 6A目标 IBAT_RATIO = 0 (6x) IBAT_LIM = 0xFF	-10%	10%		
		充电方式, 12A靶 IBAT_RATIO = 1 (12x) IBAT_LIM = 0xFF	-10%	10%		
		放电方式, 6A靶 IBAT_RATIO = 0 (6x) IBAT_LIM = 0xFF	-15%	15%		
		放电方式, 12A靶 IBAT_RATIO = 1 (12x) IBAT_LIM = 0xFF	-15%	15%		
I _{TRICKLE}	涓流充电电流, 超过 IBAT_LIM设置		10%			
	涓流充电电流, 超过 IBUS_LIM设置		22%			
I _{EOC}	EOC电流阈值, 超过 IBUS_LIM / IBAT_LIM设置	EOC_SET= 0	4%			
		EOC_SET= 1	10%			
误差放大器						
G _{MEA}	误差放大器gm		0.12	0.15	0.18	mS
R _{OUT}	误差放大器输出电阻 ⁽¹⁾			20		MΩ
I _{SINK_COMP}	COMP吸收电流	LOOP_SET = 0/1		25		μA
I _{SRC_COMP}	COMP源电流	LOOP_SET = 0		18		μA
		LOOP_SET = 1		32		μA
I _{BIAS_FB}	FB引脚输入偏置电流	FB_SEL = 1 FB在调节中			50	nA
交换						
f _{SW}	开关频率	FREQ_SET = 00 (150kHz)	140	155	170	kHz
		FREQ_SET = 01 (300kHz)	270	305	330	kHz
		FREQ_SET = 11 (450kHz)	400	450	500	kHz
电源路径管理						
R _{PU_PGATE}	PGATE引脚上拉电阻	EN_PGATE = 0		20		kΩ
R _{PD_PGATE}	PGATE引脚下拉电阻	EN_PGATE = 1		6		kΩ
V _{CLAMP}	从VBUS到PGATE引脚的钳位 电压	EN_PGATE = 1	6.9	7.35	7.7	V
R _{RD_GPO}	GPO引脚下拉电阻	GPO_CTRL = 1		6		kΩ
检测						
V _{AC_DET}	交流检测阈值		2.9	3.1	3.4	V
V _{SHORT}	短路检测阈值		0.95	1	1.05	V
I2C和逻辑控制						
R _{PD}	PSTOP引脚内部下拉电阻		0.75	1	1.25	MΩ
V _{IL}	PSTOP、SCL、SDA输入低电 压				0.4	V
V _{IH}	PSTOP、SCL、SDA输入高电 压		1.2			V

I_{SINK_INT}	INT引脚吸收电流	$V_{INT} = 0.4V$	0.3	0.375	0.45	mA
-----------------	-----------	------------------	-----	-------	------	----

$I_{SINK_SCL/SDA}$	SCL/SDA引脚吸收电流	$V_{SCL/SDA} = 0.4V$	100	mA
t_{PULSE}	中断脉冲宽度（逻辑低电平）		0.6 1 1.5	ms
慢启动				
故障	充电去毛刺时间	PSTOP = L, OTG_SET = 0 VBUS = 5V, 从PSTOP低到IC开始 充电	220	ms
t_{SS}	内部软启动时间	VBUS在放电模式下从0V到5V VBUS_Ratio = 1 (5x)	12	ms
热关断				
T_{SD}	热停堆温度 ⁽¹⁾		165	°C
	热关断滞后 ⁽¹⁾		15	°C

8 详细说明

8.1 充电方式

充电模式和放电模式由EN_OTG位选择。

当EN_OTG位为0时，IC工作在充电模式。电流从VBUS流向VBAT，为电池充电。

在充电模式下，IC会根据以下典型充电曲线为电池单元充电。当电池电压低于涓流充电阈值时，IC以较小的充电电流对电池进行充电；当电芯电压高于阈值时，IC进入恒流充电阶段，以IBUS limit或IBAT limit设置的恒流对电芯进行充电。当电芯电压达到目标终止电压时，IC进入恒压充电阶段，以逐渐减小的电流对电芯充电，直至电流低于终止电流阈值。一旦满足终止电压和终止电流条件，IC就进入充电结束阶段。在此阶段，IC可以终止充电或继续为电池充电。

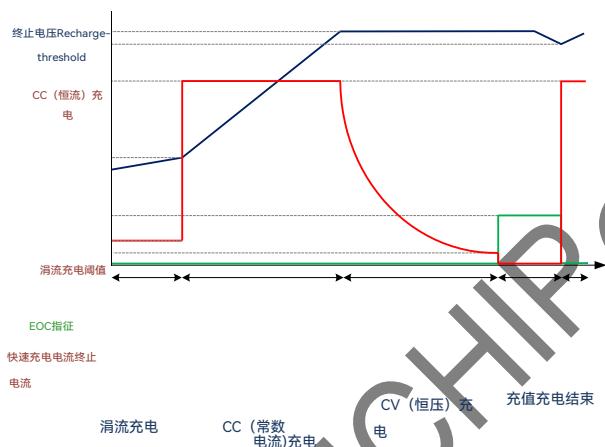


图1典型充电曲线

8.1.1 涓流充电

涓流充电电压阈值可通过TRICKLE_SET位设置为4.2V/cell的60%或70%。当处于涓流充电阶段时，充电电流会降低到一个小值，以利于电池单元。如果ICHAR_SEL位为0，则IBUS降低到IBUS限流设定值的22%；如果ICHAR_SEL位为1，则IBAT降低至IBAT限流设置值的10%。

如果不需要涓流充电阶段，用户可以将DIS_TRICKLE位设置为1以禁用它。

8.1.2 CC充电（恒流充电）

当电池电压高于涓流阈值时，IC以IBUS限制或IBAT限制设置的恒定电流对电池单元充电，这两个限制分别通过IBUS_LIM_SET和IBAT_LIM_SET寄存器设置。限流值可以动态改变，也与电流检测电阻和比例位有关。详情请参见寄存器映射部分。

它的当前限制值第一。例如IBUS限流设置为3A，IBAT限流设置为10A，当IBUS达到3A时，IBAT仅为6A，远低于IBAT限流10A，则IC将IBUS限制在3A。

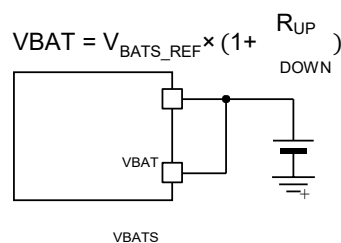
不允许将任何电流限制设置为0A。将最小电流限制保持在0.3A以上。

8.1.3 CV充电（恒压充电）

电池目标电压可以通过CSEL位和VCELL_SET位在内部设置。CSEL位设置串联的电池单元数，VCELL_SET位设置每个电池单元的电池电压。例如，如果电池单元采用xp2s连接（几个电池并联，两个电池串联）并且电池电压为4.3V，则用户应将CSEL设置为01（2S），并将VCELL_SET位设置为011（4.3V）。

当内部设置电池充电电压时，用户应将VBATS引脚连接到VBAT端子以检测电池电压，并将VBAT_SEL位设置为0。

如果VBAT_SEL设置为1，则表示电池电压由外部设置。在这种情况下，用户应使用VBATS引脚上的电阻分压器来设置目标电压，如下所示。VCELL_SET和CSEL位不起作用。VBATS的参考电压为1.2V。



在充电模式下，IC调节电流达到

A. VBAT_SEL = 0

当EOC 检测的欠压条件和电流条件都满足时，IC 进入EOC

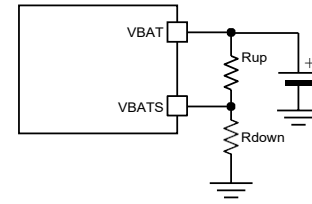
B. VBAT_SEL = 1

图2电池电压设置

当电池单体电压达到单体目标电压的98%时，IC进入CV充电阶段。在此阶段，VBAT 电压被调节在目标值，充电电流逐渐减小。

8.1.4 EOC (充电结束)

Copyright © 2017,南芯半导体科技（上海）有限公司



阶段，并通过EOC中断位通知MCU。

1. 电池电压高于设定值的98%
2. IBUS或IBAT电流（由ICHAR_SEL位决定）低于其限流值的1/10或1/25（由EOC_SET位决定）

在EOC阶段，IC可以终止充电过程或继续为电池单元充电，这可以通过DIS_TERM位设置。如果IC继续充电，它将电池单元电压调节到设定值。

8.1.5 充值

如果IC在检测到EOC后终止充电过程，则电池电压可能会由于电池单元的泄漏或工作电流而缓慢下降。一旦VBAT电压降至设定电压的95%以下，EOC位被清零，IC进入CC充电阶段并为电池充电。

8.1.6 自适应充电电流(VINREG)

该IC具有动态电源管理功能。允许的最小VBUS工作电压为VINREG阈值，可通过VINREG_SET寄存器和VINREG_RATIO位动态设置。在充电过程中，如果IBUS充电电流高于适配器的电流能力，适配器将过载，VBUS电压被拉低。一旦IC检测到VBUS电压下降到VINREG阈值，它会自动降低充电电流并将VBUS电压调节到VINREG阈值。

8.1.7 电池阻抗补偿

该IC提供电池阻抗补偿功能。用户可以通过IRCOMP位设置阻抗，然后CV阶段的VBAT目标电压被补偿为

$$VBAT_cmp = VBAT_set + \min(IBAT \cdot IRCOMP, VCLAMP)$$

在哪里，

VBAT_cmp是补偿后的电池电压目标；VBAT_set为原先设定的电池终止目标；IBAT为电池侧充电电流；IRCOMP为IRCOMP位设置的电阻补偿值，VCLAMP为允许的最大补偿值，固定为125mV。

用户应仔细评估实际电池阻抗。如果IRCOMP位设置的值高于实际值，将导致过充电。

8.2 放电方式

当EN_OTG位设置为1时，IC进入放电模式。在放电模式下，电池(VBAT)放电，电流从VBAT流向VBUS。

如果FB_SEL设置为0，则通过VBUSREF_I_SET和VBUSREF_I_SET2寄存器以及VBUS_RATIO位在内部设置VBUS输出电压。VBUS可以是

动态变化，推荐VBUS电压范围为3V~36V。当VBUS低于10.24V时，建议将VBUS_RATIO设置为5x，最小变化步长为10mV/step；当VBUS高于10.24V时，VBUS_RATIO应设置为12.5x，最小变化步长为25mV/step。

如果FB_SEL设置为1，则VBUS电压目标由外部设置，即通过连接在FB引脚的电阻分压器设置，可以按下式计算。

$$VBUS = VBUSREF_E \times \left(1 + \frac{R_{UP}}{R_{DOWN}}\right)$$

即使外部设置了VBUS，用户仍然可以通过VBUSREF_E_SET和VBUSREF_E_SET2寄存器更改参考电压VBUSREF_E来动态更改VBUS电压。默认VBUSREF_E为1V，建议VBUSREF_E电压范围为0.7V至2.048V。

详情请参见寄存器映射部分。

IBUS电流限制和IBAT电流限制在放电模式下仍然有效，并且可以动态更改。

不允许将任何电流限制设置为0A。将最小电流限制保持在0.3A以上。

8.2.1 慢启动

该IC集成软启动控制以在放电模式下产生VBUS电压。当VBUS低于V_{SHORT}（典型值1V）时，IBUS和IBAT电流限制都折回到设置值的1/10。同时，IC逐渐升高内部参考电压（~10ms）以避免浪涌电流。

如果在启动开始时VBUS上有负载，由于IBUS和IBAT的1/10电流限制，IC可能无法将VBUS电压升高到V_{SHORT}以上。如果需要加载启动，用户应将DIS_ShortFoldBack位设置为1以禁用电流限制折返功能。启动后，用户可以将DIS_ShortFoldBack位设置回0，从而启用此功能以进行短路保护。有关详细信息，请参见VBUS短路保护部分。

8.2.2 转换率设置

当VBUS电压通过参考动态变化时，电压（VBUSREF_I_SET和VBUSREF_I_SET2寄存器或VBUSREF_E_SET和VBUSREF_E_SET2寄存器），参考电压变化率可以通过SLEW_SET位控制。例如，VBUS以内部方式设置为5x比率，首先VBUSREF_I = 1V（VBUS = 5V），然后用户将VBUSREF_I电压设置为1.6V以获得8V输出。如果转换率为2mV/μs，VBUS电压将在600mV / 2mV/μs = 300μs内增加到8V。

8.2.3 PFM操作

通过将EN_PFM位设置为1，IC在放电模式下支持PFM操作。在PWM模式下，IC在整个负载范围内始终以恒定开关频率工作。这有助于实现最佳输出电压性能，但

由于开关损耗较高，在轻负载条件下效率较低。

在PFM模式下，IC在重载条件下仍以恒定开关频率工作，但在轻载条件下，IC会自动切换到脉冲频率调制操作以降低开关损耗。在轻负载条件下可以提高效率，但与PWM操作相比，输出电压纹波会稍大一些。下图显示了PFM模式的输出电压行为。

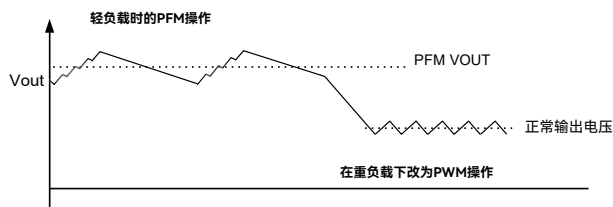


图3 PFM模式示意图

8.3 用于电压和电流监控器的ADC

IC内部集成了一个10位ADC，因此无论在充电模式还是放电模式，IC都可以监测VBUS/VBAT电压和IBUS/IBAT电流。除此之外，该IC还提供一个模拟输入：用于10位ADC采样的ADIN引脚。ADC在ADIN引脚上可采样的最大电压为2.048V，采样分辨率为2mV/step。AD_START位设置为1后，ADC功能启用。当ADC在待机模式下启用时，IC将有0.5mA~1mA的工作电流。详情请参见寄存器映射部分。

8.4 电源路径管理

该IC在PGATE和GPO引脚上提供电源路径管理功能。PGATE引脚可用于驱动PMOS，连接在VBUS。当EN_PGATE设置为1时，PGATE引脚内部连接一个6 kΩ下拉电阻，并且VBUS和PGATE之间的最大电压被钳位在7.35V；当EN_PGATE设置为0时，PGATE引脚通过内部20 kΩ上拉电阻连接到VBUS轨。

GPO引脚为漏极开路输出，因此需要外接上拉电阻。当GPO_CTRL位设置为0时，GPO输出高阻；当GPO_CTRL设置为1时，GPO内部下拉，下拉电阻为6kΩ。

用户可以使用PGATE引脚和GPO引脚来控制适配器输入和USB输出之间的隔离MOSFET，如典型应用电路所示。然而，MCU或系统控制器通过I2C接口控制位，这需要时间进行通信，因此PMOS可能不会很快打开/关闭。在需要快速控制隔离PMOS的应用中，建议使用MCU的I/O管脚直接控制PMOS的开/关。

8.5 电话插入检测

如果将INDET引脚连接到USB-A端口，如典型应用电路所示，IC可以检测电话检测。一旦IC检测到有手机插入，它就会设置INDET中断位来通知MCU。INDET位被MCU读取后清零。

8.6 适配器连接/分离检测

如果将ACIN引脚连接到典型应用电路所示的Micro-USB端口，IC可以检测适配器的连接/分离。

一旦ACIN引脚电压高于3V，即适配器已插入，IC将设置AC_OK中断位以通知MCU已连接。如果ACIN引脚电压低于3V，这意味着适配器被移除，IC清除AC_OK位以通知MCU脱离。

8.7 开关和频率抖动

IC以固定频率开关，可通过FREQ_SET位进行调整。开关死区时间也可以通过DT_SET引脚设置。详情请参见寄存器映射部分。

该IC还提供频率抖动功能。可通过将EN_DITHER位设置为1来启用此功能。启用此功能后，开关频率不固定，而是在+/- 5%范围内变化。例如，如果开关频率设置为300kHz (FREQ_SET = 01)，则频率将从285kHz逐渐变化到315kHz，然后再回到285kHz来回变化。它从最低频率到最高频率或从最高频率到最低频率变化的时间可以由连接在PGATE/DITHER引脚的电容器控制，如下式所示。例如，如果连接100nF电容，则时间为1.2 ms。

$$T_{\text{dither}} = \frac{120 \text{ mV} \times C}{10 \mu\text{A}}$$

当EN_DITHER设置为1时，PGATE驱动函数为禁用，并且PGATE/DITHER引脚仅用于抖动功能。

8.8 VCC稳压器和驱动器电源

该IC集成了一个稳压器，该稳压器由VBUS电压供电，并在VCC引脚上产生5V电压，具有典型的25 mA驱动能力。

在待机模式下，VCC电压不受调节，电流能力非常有限。不建议在待机模式下使用VCC。

内部驱动电路由VDRV引脚供电，用户应在VDRV引脚提供电源以为电路供电。用户可以直接将VCC连接到VDRV，也可以将外部电源连接到VDRV。除了这两种方式之外，IC在CP引脚提供了一个电荷泵驱动器，可以将VCC电压泵送到VDRV引脚。IC带有电荷泵电路，可以将VDRV电压调节在6V。

不建议将电荷泵用于VDRV。如果使用电荷泵，请咨询当地的FAE。

8.11 保护

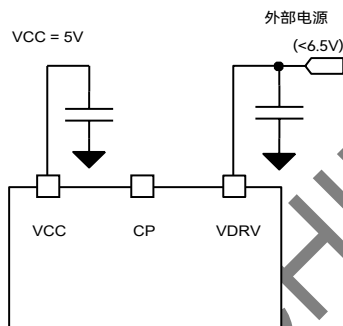
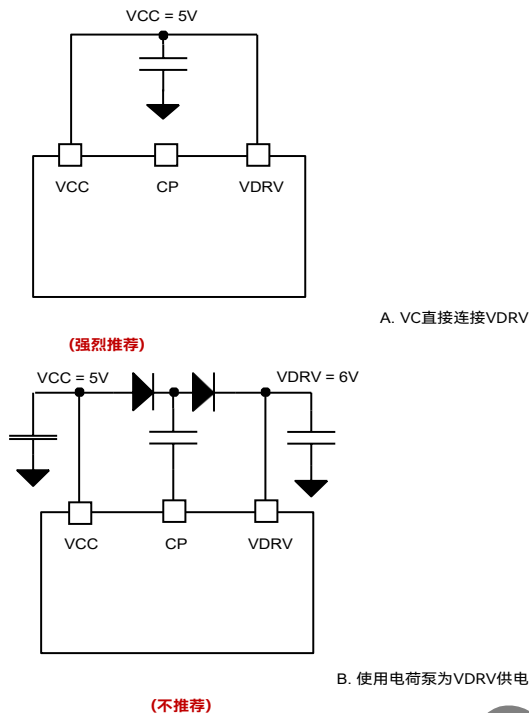


图4 VDRV电源

8.9 待机模式

当/CE信号为低而PSTOP信号为高时，IC进入待机模式。在此模式下，IC停止开关以节省静态电流。其他功能仍然有效，MCU仍然可以通过I2C控制IC。但是，如果在Standby模式下启用ADC功能，静态电流将增加到0.5mA~1mA。

8.10 关机模式

当/CE信号为高电平时，IC进入关断模式。在此模式下，IC停止工作并禁用I2C接口以节省功率。当/CE信号被拉低时，IC进入待机模式或活动模式。/CE信号被内部电阻拉低。

8.11.1 VBUS过压保护

用户可以通过DIS_OVP位启用/禁用放电模式下的VBUS过压保护。启用OVP后，当VBUS高于目标电压10%时，IC停止开关。

8.11.2 VBAT过压保护

IC在充电模式和放电模式下都实现了VBAT过压保护。一旦VBAT电压高于目标电压10%，IC就会停止开关。

8.11.3 VBUS短路保护

在放电模式下，如果检测到VBUS电压低于 V_{SHORT} （典型值1V），IC会设置VBUS_SHORT中断位以通知MCU。同时将IBUS限幅降低至设定值的22%，同时将IBAT限幅降低至设定值的10%，以保护IC。如果DIS_ShortFoldBack位设置为1，则不会降低电流限制。

8.11.4 过温保护

当IC检测到结温高于165°C时，IC停止开关保护芯片，并设置OTP中断位通知MCU。一旦温度降至15°C以下，它就会恢复开关。

8.12 I2C和中断

8.12.1 I2C接口

该IC具有I2C接口，因此MCU或控制器可以灵活地控制IC。芯片的7位I2C地址为0x74（写命令8位地址为0xE8，读命令为0xE9）。SDA和SCL引脚为漏极开路，必须通过电流源或上拉电阻连接到正电源电压。当总线空闲时，两条线都是高电平。I2C接口支持标准模式（高达100kbits）和快速模式（高达400k位，SCL引脚和SDA引脚分别带有5kΩ上拉电阻）。

8.12.1.1 数据有效性

SDA线上的数据必须在时钟的高电平期间保持稳定。数据线的高电平或低电平状态只能在SCL线上的时钟信号为低电平时发生变化。为传输的每个数据位生成一个时钟脉冲。

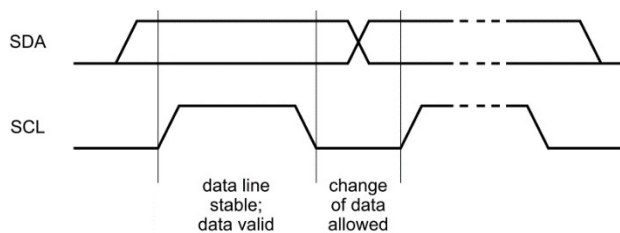


图5 I2C总线上的位传输

8.12.1.2 启动和停止条件

所有事务均以START (S)开始，并以STOP (P)终止。当SCL为高电平时，SDA线上从高电平到低电平的转换定义了START条件。SCL为高电平时SDA线上从低电平到高电平的转换定义了停止条件。

START和STOP条件总是由主机产生。在START条件之后总线被认为是繁忙的。在STOP条件之后的某个时间，总线被认为再次空闲。



图6 START和STOP条件

8.12.1.3 字节格式

SDA线上的每个字节都必须是八位长。每次传输可以传输的字节数不受限制。每个字节后面都必须跟一个确认位。数据以最高有效位(MSB)在先传输。如果从机在执行某些其他功能（例如服务内部中断）之前无法接收或传输另一个完整的数据字节，则它可以将时钟线SCL保持为低电平以迫使主机进入等待状态。当从设备准备好接收另一个数据字节并释放时钟线SCL时，数据传输将继续。

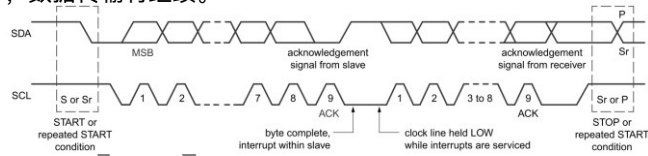


图7 I2C总线上的数据传输

8.12.1.4 确认(ACK)和不确认(NACK)

确认发生在每个字节之后。确认位允许接收器用信号通知发送器该字节已成功接收并且可以发送另一个字节。在数据传输期间，主机可以是发送器或接收器。不管是什么，主设备都会生成所有时钟脉冲，包括确认第九个时钟脉冲。

发送器在确认时钟脉冲期间释放SDA线，因此接收器可以将SDA线拉低，并在此时钟脉冲的高电平期间保持稳定的低电平。

当SDA在这第九个时钟脉冲期间保持高电平时，这被定义为非应答信号。然后主机可以生成一个停止条件来中止传输，或者生成一个重复的启动条件来开始新的传输。

8.12.1.5 从地址和R/W位

数据传输遵循以下格式。在START条件(S)之后，发送从机地址。该地址有七位长，后面跟着第八位，这是数据方向位(R/W)——“0”表示传输(WRITE)，“1”表示数据请求(READ)。数据传输总是由主机生成的停止条件(P)终止。但是，如果主机仍希望在总线上通信，它可以生成重复的起始条件(Sr)并寻址另一个从机，而无需首先生成停止条件。

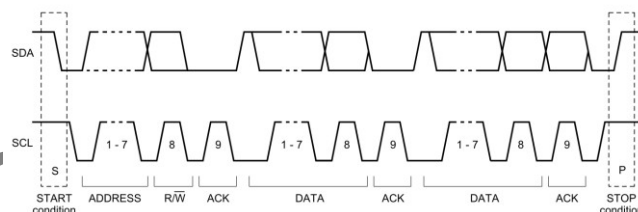


图8一次完整的数据传输



图9 START程序后的第一个字节

8.12.1.6 单读写

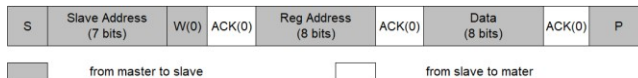


图10单写

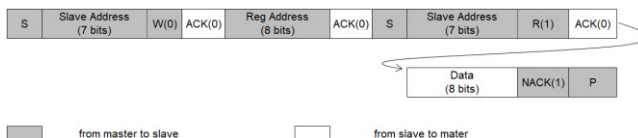


图11单次读取

如果未定义寄存器地址，则充电器IC发回NACK并返回空闲状态。

8.12.1.7多读多写

该IC支持连续寄存器的多次读取和多次写入。

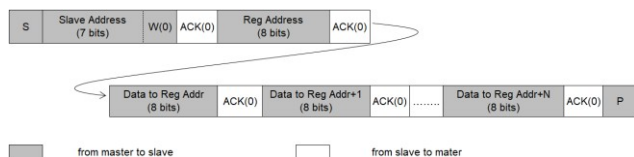


图12多次写入

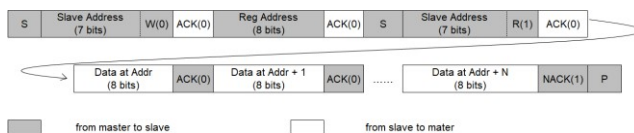


图13多次读取

8.12.2 打断

当AC_OK/VBUS_SHORT/OTP/EOC置1，或清0时，IC在INT pin发送如下中断脉冲通知MCU。但当INDET only置1时，IC发出中断脉冲。总结如下：

状态信号	中断触发机制
保留	

AC_OK	上升沿或下降沿触发1ms_pulse INT
INDET2	只有上升沿触发1ms_pulse INT
INDET1	只有上升沿触发1ms_pulse INT
VBUS_SHORT	逻辑高触发连续INT
OTP	上升沿或下降沿触发1ms_pulse INT
EOC	上升沿或下降沿触发1ms_pulse INT
保留	

INT引脚的中断脉冲如下：

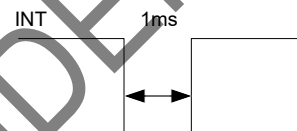


图14 INT引脚的中断脉冲

INDET位是读取和清除类型。除了INDET，Status寄存器中的所有其他位都代表实时状态。用户可以通过在屏蔽寄存器中设置相应的位来屏蔽任何位的中断输出。当设置屏蔽位时，相应的状态位仍然设置，但IC不会在INT引脚发送中断。

9 应用信息

9.1 电容选择

IC的开关频率在150kHz ~ 450kHz范围内。由于MLCC陶瓷电容器具有良好的高频滤波和低ESR，因此建议使用60μF以上的X5R或X7R电容器，其额定电压更高，然后工作电压有余量。例如，如果最高工作Vin/Vout电压为12V，则选择至少16V的电容器并确保足够的余量，建议使用25V额定电压的电容器。

输入和输出可采用大容量聚合物电容或钽电容，但电容额定电压必须高于最高工作电压并留有足够余量。这些电容的高频特性不如瓷片电容，因此至少应并联10μF的瓷片电容以降低高频纹波。

9.2 电感选择

建议使用2.2 μH至4.7 μH电感器以实现环路稳定性。放电模式下的峰值电感电流可计算为

$$IL_peak = IBAT + \frac{VBAT \cdot (VBUS - VBAT \cdot \eta)}{2 \cdot f_{sw} \cdot L \cdot VBUS} \quad (VBUS \geq VBAT)$$

$$IL_peak = IBUS + \frac{VBUS \cdot (VBAT - VBUS)}{2 \cdot f_{sw} \cdot L \cdot VBAT \cdot \eta} \quad (VBUS < VBAT)$$

其中IBAT是VBAT侧的电池电流，可以计算为

$$IBAT = \frac{VBUS \cdot IBUS}{\eta \cdot VBAT}$$

是功率转换效率。用户可以使用90%进行计算。

fsw是开关频率L是电感值

充电模式下的峰值电感电流可计算为

$$IL_peak = IBAT + \frac{VBAT \cdot (VBUS - VBAT)}{2 \cdot f_{sw} \cdot L \cdot VBUS \cdot \eta} \quad (VBUS > VBAT)$$

$$IL_peak = IBUS + \frac{VBUS \cdot (VBAT - VBUS \cdot \eta)}{2 \cdot f_{sw} \cdot L \cdot VBAT} \quad (VBUS \leq VBAT)$$

其中IBAT是VBAT侧的电池充电电流，以及可以计算为

$$IBAT = \frac{VBUS \cdot IBUS \cdot \eta}{VBAT}$$

是功率转换效率。用户可以使用90%进行计算。

fsw是开关频率L是电感值

选择电感时，电感饱和电流必须高于峰值电感电流并留有足够余量（建议留有20%的余量）。电感的额定电流必须高于电池电流。

电感直流电阻值（DCR）影响开关稳压器的导通损耗，因此推荐低DCR电感，特别是大功率应用。电感的导体损耗可粗略计算为

$$PL_DC = IL^2 \cdot DCR$$

IL为电感电流的平均值，等于IBAT或IBUS。

除了直流功率损耗外，还有电感交流绕组损耗和电感铁芯损耗，这些都与电感峰值电流有关。通常，较高的峰值电流会导致较高的交流损耗和磁芯损耗。用户可咨询电感厂商选择高频ESR小、磁芯损耗小的电感。

9.3 电流取样电阻

RSNS1和RSNS2是电流检测电阻。RSNS1应使用10 mΩ来检测IBUS电流，5 mΩ或

10 mΩ用于RSNS2感应IBAT电流（10 mΩ支持更高的电池限流精度，5 mΩ

支持更高的效率）。建议使用1%或更高精度和低温度系数的电阻器。

注意：如果用户想使用其他电阻值，请联系厂家支持。

应考虑电阻器的额定功率和温度系数。功耗粗略计算为 $P=I^2R$ ，I为流过电阻的最大电流。电阻额定功率应高于计算值。

通常，如果温度升高，电阻值会发生变化，变化由温度系数决定。如果要求限流精度高，尽量选用温度系数较低的电阻。

9.4 MOSFET选择

IC内部集成了两个功率MOSFET，用户需要在VBAT侧外接两个功率MOSFET。

MOSFET的V_{DS}应高于最高工作电压并留有足够余量（建议高出10V以上）。例如，如果最高操作电压为20V，至少应选择额定电压为30V的V_{DS} MOSFET；如果最高工作电压为24V，则应选择40V V_{DS}额定电压。

The V_{GS} MOSFET的额定电压应选择更高

高于8V。考虑到运行期间的PCB寄生参数，MOSFET V_{GS}电压可能高于V_{DRV}

由于瞬态过冲导致的电压，因此建议使用10V V_{GS} 以确保足够的余量。

MOSFET电流 I_D 应高于最高电池电流并留有足够余量。

为确保在较高温度环境下有足够的电流能力， $T_A=70^{\circ}\text{C}$ 或 T_C 时的电流速率

$= 100^{\circ}\text{C}$ 应予以考虑。此外，还应考虑功耗值 P_D ， P_D 越高越好。确保MOSFET功耗不得超过 P_{D0} 值。

MOSFET $R_{DS(ON)}$ 和输入电容器 C_{ISS} 直接影响功率效率。通常，较低的 $R_{DS(ON)}$ MOSFET具有较高的 C_{ISS} 。 $R_{DS(ON)}$ 与传导损耗有关。更高的 $R_{DS(ON)}$ 会导致更高的传导损耗，从而降低效率和更高的热耗散； C_{ISS} 与MOSFET的开关时间有关，开关时间越长，开关损耗越高，效率越低。正确的

应根据 $R_{DS(ON)}$ 和 C_{ISS} 之间的权衡来选择MOSFET。

如果选择高 C_{ISS} MOSFET，开关导通和关断时间变长，则应调整死区时间以避免高侧和低侧MOSFET同时导通。

9.5 驱动电阻器和SW缓冲电路

为EMI调试调整MOSFET开关时间和开关过冲，建议栅极驱动信号（HD1到MOS栅极，LD1到MOS栅极，LD2到MOS栅极，HD2到MOS栅极）串联电阻（0603尺寸），和SWx处的RC缓冲器（0603尺寸）电路，如下所示。

驱动电阻应放置在MOS附近。首先，使用0Ω电阻；如果开关过冲大，可以增大电阻值来减慢开关速度。建议保持电阻值 $< 10\ \Omega$ 。当开关速度变慢时，默认死区时间可能不足以避免功率MOSFET的过冲。因此，如果需要高于10Ω，用户应根据需要增加死区时间。

SWx节点的RC吸收电路也有助于吸收SWx节点的高频尖峰，从而提高EMC性能。用户可将RC元件一开始保留为NC，必要时调整数值以提高EMC性能。通常用户可以尝试2.2Ω和1nF的缓冲器。如果需要进一步改善EMC，减小电阻值（如1Ω或更低）并增加电容值（如2.2nF或更高）。

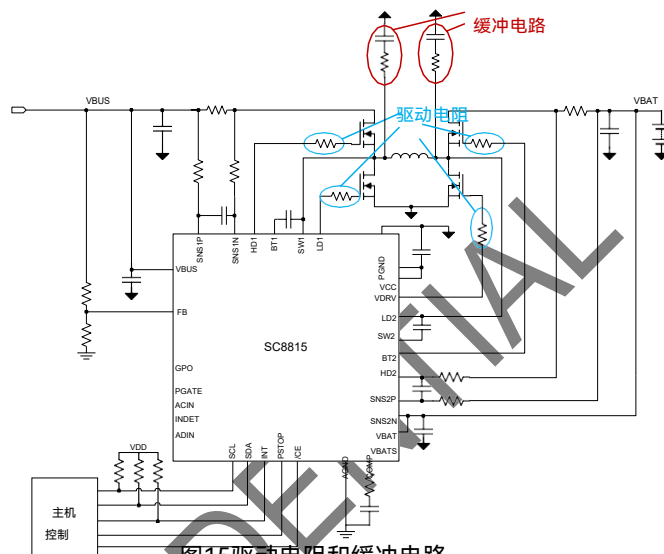


图15驱动电阻和缓冲电路

9.6 布局指南

1. 这 1μF 电容器 已 连 接 VBUS/VBAT/VCC/VDRV引脚应靠近IC放置，并且它们与接地引脚的接地连接应尽可能短。

a. 原理图上的元件:

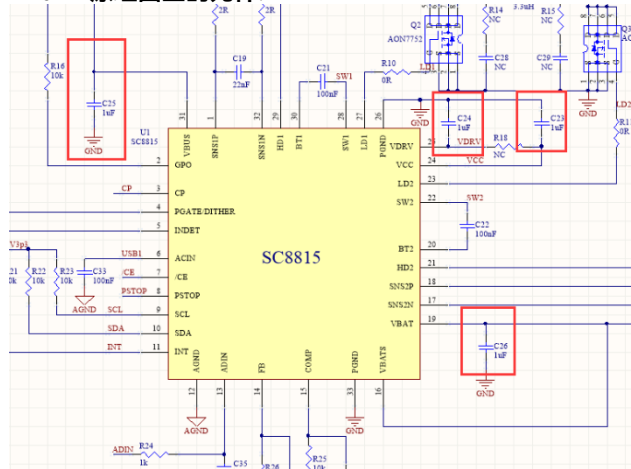


图16原理图

- b. 布局示例：将三个电容放在顶层靠近IC的位置。将电容连接到同一层的每个引脚，并通过过孔将电容连接到地。

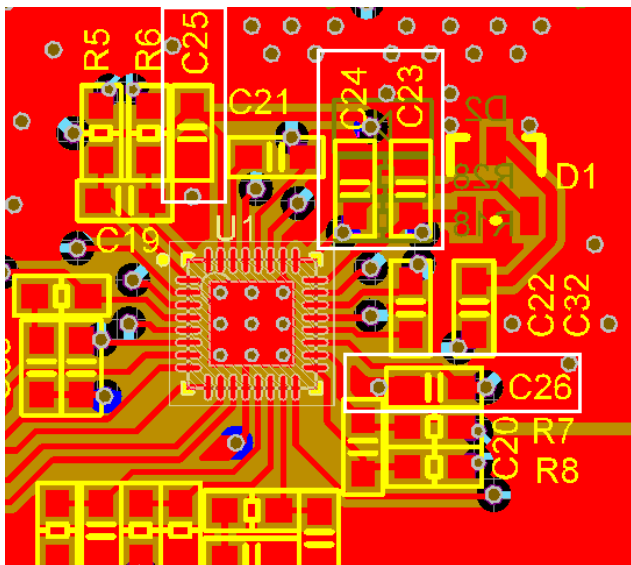


图8顶层视图

2. 将IBUS电流检测电阻器、MOSFET和大容量电容器放在VBUS侧尽可能靠近。低侧MOSFET和大容量电容器应非常靠近PGND引脚。在电流检测电阻和高端MOS之间，添加一个100nF 0402电容到PGND。有助于抑制高频噪声。把它放在离MOS和PGND管脚很近的地方。

a. 原理图上的元件

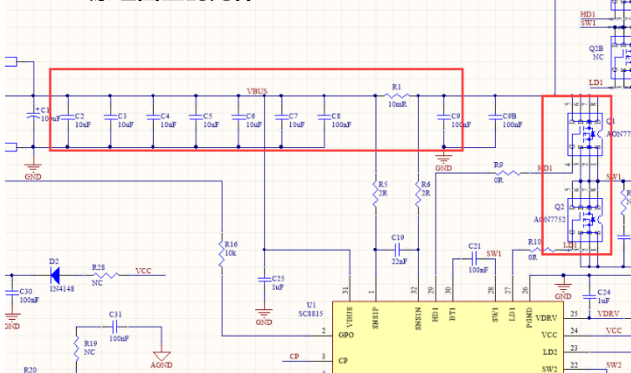


图9原理图

- b. 布局示例：将所有这些组件作为一组放在顶层，VBUS和PGND电源路径应尽可能宽。低边MOS、100nF电容和大容量电容通过顶层和底层的接地连接到PGND引脚。

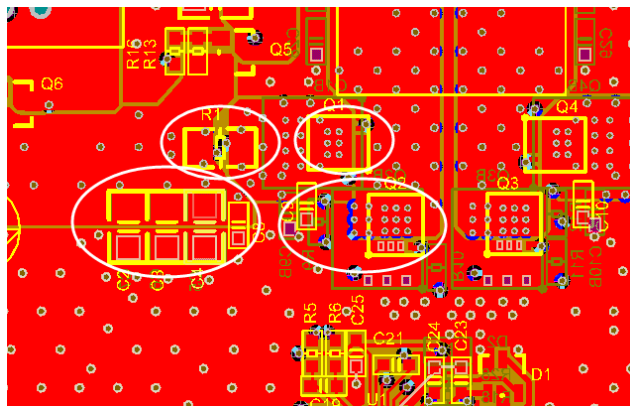


图10顶层视图

3. 将IBAT电流检测电阻、MOSFET和大容量电容器尽可能靠近VBAT侧放置。低侧MOSFET和大容量电容器应非常靠近PGND引脚。在电流检测电阻和高端MOS之间，添加一个100nF 0402电容到PGND。有助于抑制高频噪声。把它放在离MOS和PGND管脚很近的地方。

a. 原理图上的元件

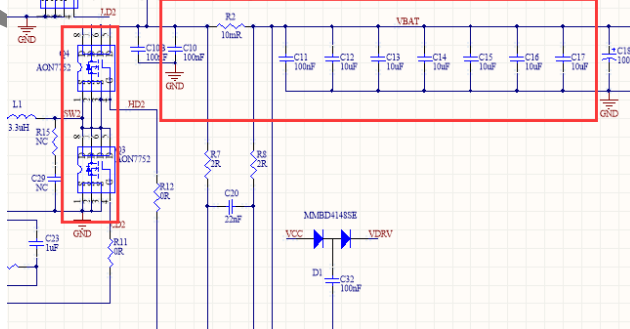


图11原理图

- b. 布局示例：将所有这些组件作为一组放在顶层，VBAT和PGND电源路径应尽可能宽。低边MOS、100nF电容和大容量电容通过顶层和底层的接地连接到PGND引脚。

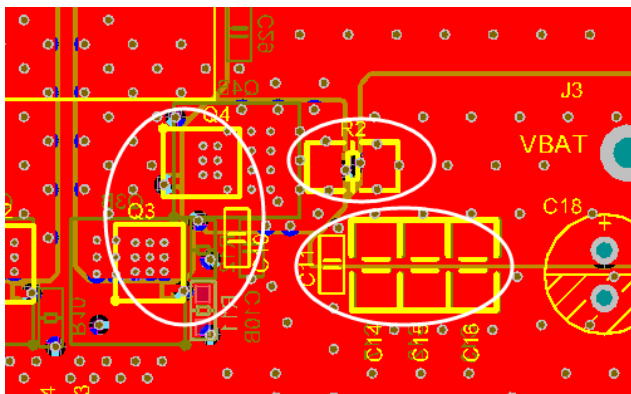


图12顶层视图

4. 如下所示的驱动器信号(LD1 / HD1 / SW1 / LD2 / HD2 / SW2)应使用宽走线(≥ 15 mil)进行布线。驱动电阻应放置在MOS附近。HDx和SWx应平行走线,彼此靠近;LDx应与PGND走线(≥ 1500 mil)平行布线或靠近PGND走线布线。LDx和HDx之间应该有很大的空间填充PGND,并且LDx和SWx之间也应该有很大的空间以避免干扰。

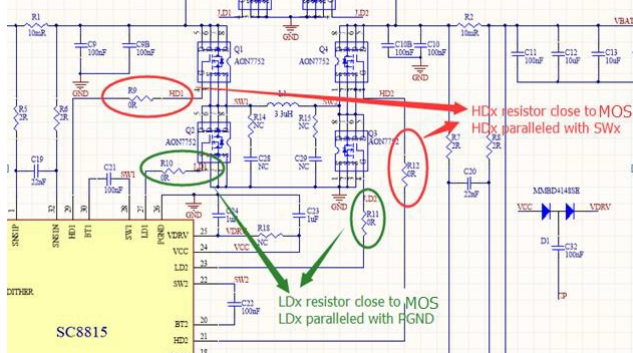


图13原理图

5. 电流感测走线应如下图所示以Kelvin感测方式连接到电流感测电阻焊盘,并联布线(差分布线),并在IC附近为每个电流感测添加滤波器。

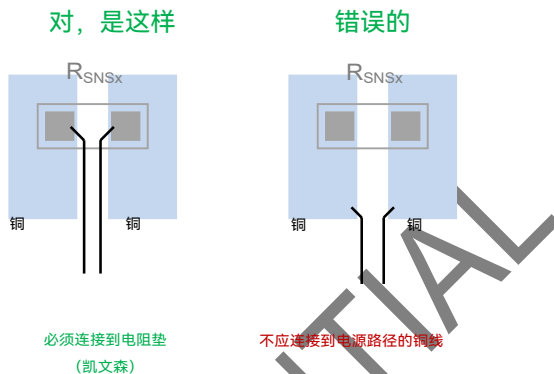


图14电流检测

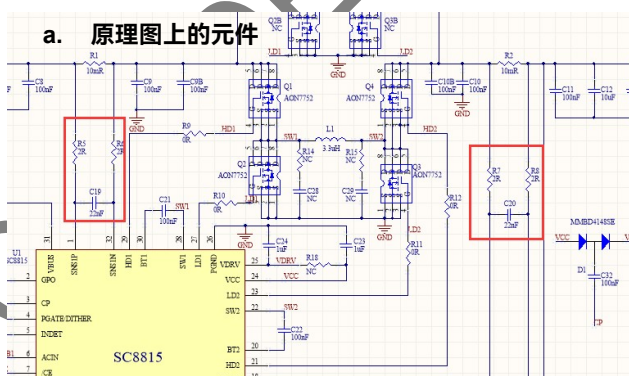


图15原理图

- b. 布局示例: 电流检测电阻R1和R2应放置在功率MOSFET附近,因此可能远离IC。感测滤波器应放置在IC附近。走线可以在其他层(本例中为3rd层)走线,但走线应平行(差分方式),远离开关信号并用PGND灌线隔离。

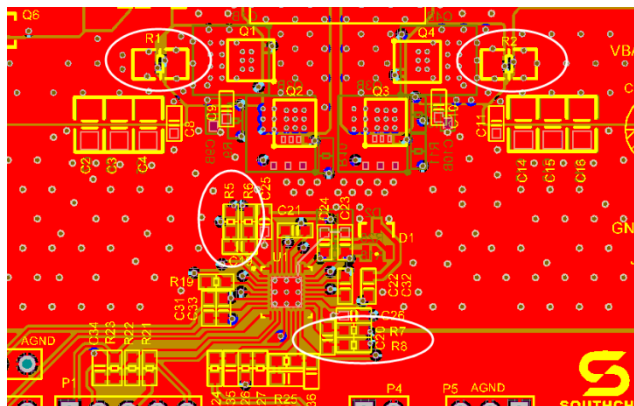


图16顶层视图

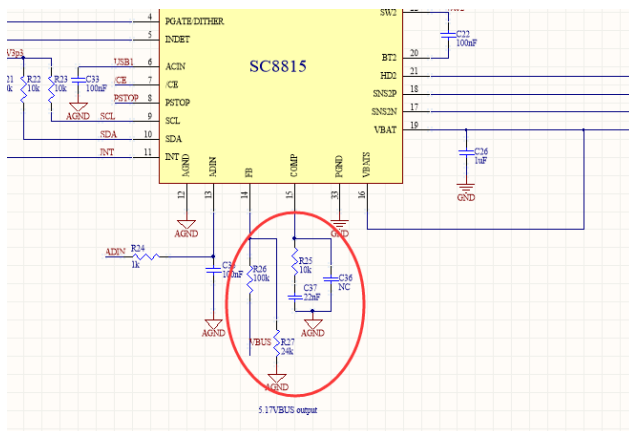


图18原理图

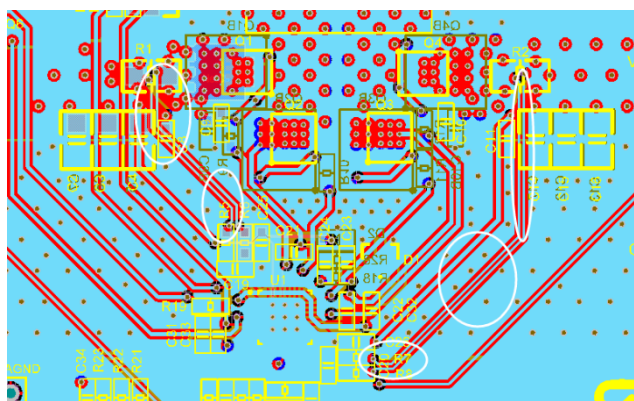


图17 Middle-2层视图

6. 模拟信号的元器件（如FB电阻分压器、COMP引脚元器件等）应靠近IC放置，并连接到AGND（模拟地）引脚。然后在IC下方的PGND焊盘上连接AGND引脚和PGND。在PGND焊盘上放置过孔以实现更好的散热。

a. 原理图上的元件

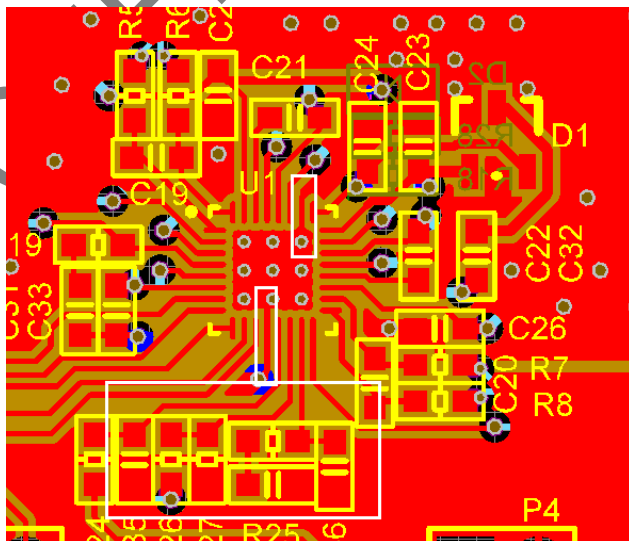


图19顶层视图

10寄存器映射

7位地址：0x74；8位地址：0xF8为写命令；0xF9用于读取命令。

Addr	登记	类型	默认值@POR	位7	第6位	位5	第4位	位3	位2	位1	位0
00H	VBAT_SET	R/W	0000 0001	IRCOMP		VBAT_SEL	CSEL		VCELL_SET		
01H	VBUSREF_I_SET	R/W	0011 0001	VBUSREF_I_SET							
02H	VBUSREF_I_SET2	R/W	11xx xxxx	VBUSREF_I_SET_2		保留					
03H	VBUSREF_E_SET	R/W	0111 1100	VBUSREF_E_SET							
04H	VBUSREF_E_SET2	R/W	11xx xxxx	VBUSREF_E_SET_2		保留					
05H	IBUS_LIM_SET	R/W	1111 1111	IBUS_LIM设置							
06H	IBAT_LIM_SET	R/W	1111 1111	IBAT_LIM设置							
07H	VINREG_SET	R/W	0010 1100	VINREG电压设置							
08H	比率	R/W	0011 1000	保留			IBAT_RATIO	IBUS_RATIO		VBAT_MON_比率	VBUS_RATIO
09H	CTRL0_SET	R/W	0000 0100	EN_OTG	保留	保留	VINREG_RATIO	FREQ_SET		DT_SET	
0AH	CTRL1_SET	R/W	0000 0001	ICHAR_SEL	DIS_TRICKLE	DIS_TERM	FB_SEL	TRICKLE_SET	DIS_OVP	保留	保留
0BH	CTRL2_SET	R/W	0000 0001	保留				工厂	EN_DITHER	SLEW_SET	
0CH	CTRL3_SET	R/W	0000 0010	EN_PGATE	GPO_CTRL	AD_START	ILIM_BW_SEL	LOOP_SET	DIS_ShortFoldBack	EOC_SET	EN_PFM
0DH	VBUS_FB_VALUE	R	0000 0000	VBUS_FB_value							
0EH	VBUS_FB_VALUE2	R	0000 0000	VBUS_FB_value2		保留					
0FH	VBAT_FB_VALUE	R	0000 0000	VBAT_FB_value							
10H	VBAT_FB_VALUE2	R	0000 0000	VBAT_FB_value2		保留					
11H	IBUS_VALUE	R	0000 0000	IBUS_value							
12H	IBUS_VALUE2	R	0000 0000	IBUS_value2		保留					
13H	IBAT_VALUE	R	0000 0000	IBAT_value							
14H	IBAT_VALUE2	R	0000 0000	IBAT_value2		保留					
15H	ADIN_VALUE	R	0000 0000	ADIN_value							
16H	ADIN_VALUE_2	R	0000 0000	ADIN_value2			保留				
17H	地位	R	0000 0000	保留	AC_OK	INDET	保留	VBUS_SHORT	OTP	EOC	保留
18H	保留	R	0000 0000	保留							
19H	MASK	R/W	1000 0000	保留	AC_OK_Mask	INDET_Mask	保留	VBUS_SHORT_面具	OTP_Mask	EOC_Mask	保留
1AH	保留	R/W	0000 0000	保留							
1BH	保留	R/W	xxx0 0000	保留							

表1 0x00H VBAT_SET寄存器

少量	模式	位名称	默认值@POR	描述	笔记
7-6	R/W	IRCOMP	00	电池IR补偿设置: 00: 0 mΩ (默认) 01: 20 mΩ 10: 40 mΩ 11: 80 mΩ	在PSTOP引脚为高电平期间设置此位
5	R/W	VBAT_SEL	0	VBAT电压设置选择: 0: 内部设置 (默认) 1: 外部设置	在PSTOP引脚为高电平期间设置此位
4-3	R/W	CSEL	00	电池芯选择, 仅对内部VBAT电压设置有效 00: 1S电池 (默认) 01: 2S电池 10: 3S电池 11: 4S电池	在PSTOP引脚为高电平期间设置此位
2-0	R/W	VCELL_SET	001	每节电池的电池电压设置, 仅对内部VBAT电压设置有效 000: 4.1V 001: 4.2V (default) 010: 4.25V 011: 4.3V 100: 4.35V 101: 4.4V 110: 4.45V 111: 4.5V	在PSTOP引脚为高电平期间设置此位

桌子 2 0x01H VBUSREF_I_SET寄存器

少量	模式	位名称	默认值@POR	描述	笔记
7-0	R/W	VBUSREF_I_SET	0011 0001	内部VBUS电压设置的参考电压编程。 当FB_SEL = 0 (内部VBUS设置) 时, 设置VBUS参考电压的最高8位 (共10位编程)。 内部参考电压计算如下 $VBUSREF_I = (4 \times VBUSREF_I_SET + VBUSREF_I_SET2 + 1) \times 2 \text{ mV}$ VBUS输出电压计算如下 $VBUS = VBUSREF_I \times VBUS_RATIO$ VBUSREF_I_SET范围: 0 ~ 255 0000 0000: 0 0000 0001: 1 0000 0010: 2	

				<p>....</p> <p>0011 0001: 49 (default)</p> <p>....</p> <p>1111 1111: 255</p> <p>默认参考电压为$(4 \times 49 + 3 + 1) \times 2 \text{ mV} = 400 \text{ mV}$; FB_SEL = 0时的默认VBUS输出电压为$400\text{mV} \times 12.5 = 5\text{V}$</p>	
--	--	--	--	--	--

表3 0x02H VBUSREF_I_SET_2寄存器

少量	模式	位名称	默认值@POR	描述	笔记
7-6	R/W	VBUSREF_I_SET2	11	<p>内部VBUS电压设置的参考电压编程。</p> <p>当FB_SEL = 0（内部VBUS设置）时，设置VBUS参考电压的最低2位（共10位编程）。</p> <p>内部参考电压计算如下</p> $\text{VBUSREF_I} = (4 \times \text{VBUSREF_I_SET} + \text{VBUSREF_I_SET2} + 1) \times 2 \text{ mV}$ <p>VBUS输出电压计算如下</p> $\text{VBUS} = \text{VBUSREF_I} \times \text{VBUS_RATIO}$ <p>VBUSREF_I_SET2范围: 0 ~ 3</p> <p>00: 0</p> <p>01: 1</p> <p>10: 2</p> <p>11: 3 (default)</p>	
5-0		保留	xx xxxx		

表4 0x03H VBUSREF_E_SET寄存器

少量	模式	位名称	默认值@POR	描述	笔记
7-0	R/W	VBUSREF_E_SET	0111 1100	<p>用于外部VBUS电压设置的参考电压编程。</p> <p>当FB_SEL = 1（外部VBUS设置）时，设置VBUS参考电压的最高8位（共10位编程）。</p> <p>外部参考电压计算为</p> $\text{VBUSREF_E} = (4 \times \text{VBUSREF_E_SET} + \text{VBUSREF_E_SET2} + 1) \times 2 \text{ mV}$ <p>VBUS输出电压计算如下</p> $\text{VBUS} = \text{VBUSREF_E} \times \left(1 + \frac{\text{RUP}}{\text{RDOWM}}\right)$ <p>VBUSREF_E_SET范围: 0 ~ 255</p> <p>0000 0000: 0</p> <p>0000 0001: 1</p> <p>0000 0010: 2</p> <p>....</p>	

				0111 1100: 124 (default) 1111 1111: 255 默认参考电压为(4 x 124 + 3 + 1) x 2 mV = 1 V	
--	--	--	--	---	--

表5 0x04H VBUSREF_E_SET_2寄存器

少量	模式	位名称	默认值@POR	描述	笔记
7-6	R/W	VBUSREF_E_SET2	11	<p>用于外部VBUS电压设置的参考电压编程。</p> <p>当FB_SEL = 1（外部VBUS设置）时，设置VBUS参考电压的最低2位（共10位编程）。</p> <p>外部参考电压计算为</p> $VBUSREF_E = (4 \times VBUSREF_E_SET + VBUSREF_E_SET2 + 1) \times 2mV$ <p>VBUS输出电压计算如下</p> $VBUS = VBUSREF_E \times (1 + \frac{RUP}{RDOWM})$ <p>VBUSREF_E_SET2范围: 0 ~ 3</p> <p>00: 0 01: 1 10: 2 11: 3 (default)</p>	
5-0		保留	xx xxxx		

表6 0x05H IBUS_LIM_SET寄存器

少量	模式	位名称	默认值@POR	描述	笔记
7-0	R/W	IBUS_LIM_SET	1111 1111	<p>设置IBUS电流限制，对充电和放电模式均有效。</p> $IBUS_LIM(A) = \frac{(IBUS_LIM_SET + 1)}{256} \times IBUS_RATIO \times \frac{10\text{ m}\Omega}{RS1}$ <p>RS1为VBUS端的电流检测电阻。IBUS_LIM_SET</p> <p>范围: 0 ~ 255</p> <p>0000 0000: 0 0000 0001: 1 0000 0010: 2 ... 1111 1111: 255 (default)</p> <p>例如，如果RS1 = 10 mΩ，则默认IBUS电流限制为(255+1)/256 x 3 x 10 mΩ / 10 mΩ = 3 A</p>	<p>IBUS_LIM_SET必须 be >=300mA</p>

表7 0x06H IBAT_LIM_SET寄存器

少量	模式	位名称	默认值@POR	描述	笔记
7-0	R/W	IBAT_LIM_SET	1111 1111	<p>设置IBAT电流限制，对充电和放电模式均有效。</p> $IBAT_LIM(A) = \frac{IBAT_LIM_SET+1}{256} \times IBAT_RATIO \times \frac{10\text{ m}\Omega}{RS2}$ <p>RS2为VBAT端的电流检测电阻。IBAT_LIM_SET</p> <p>范围：0 ~ 255</p> <p>0000 0000: 0</p> <p>0000 0001: 1</p> <p>0000 0010: 2</p> <p>...</p> <p>1111 1111: 255 (default)</p> <p>例如，如果RS2 = 10 mΩ，则默认IBAT电流限制为(255+1)/256 x 12 x 10 mΩ / 10 mΩ = 12 A</p>	IBAT_LIM_SET必须be >=300mA

表8 0x07H VINREG_SET寄存器

少量	模式	位名称	默认值@POR	描述	笔记
7-0	R/W	VINREG_SET	0010 1100	<p>设置充电模式的VINREG参考电压。</p> $VINREG = (VINREG_SET+1) \times VINREG_RATIO (mV)$ <p>VINREG_SET范围：0 ~ 255</p> <p>0000 0000: 0</p> <p>0000 0001: 1</p> <p>...</p> <p>0010 1100: 44 (default)</p> <p>...</p> <p>1111 1111: 255</p> <p>如果VINREG_RATIO = 1 (40x)，则默认VINREG电压为1.8V，可设置的最大VINREG电压为10.24V；</p> <p>如果VINREG_RATIO = 0 (100x)，则默认VINREG电压为4.5V，可设置的最大VINREG电压为25.6V。</p>	

表9 0x08H RATIO寄存器

少量	模式	位名称	默认值@POR	描述	笔记
7-6	R/W	保留	00	内部使用。不要覆盖这个位。	
5	R/W	保留	1	内部使用。不要覆盖这个位。	

4	R/W	IBAT_RATIO	1	IBAT_LIM设置比例0: 6x 1: 12x (default)	在PSTOP 引脚为高电 平期间设置 此位
3-2	R/W	IBUS_RATIO	10	IBUS_LIM设置比率00 : 不允许 01: 6x 10: 3x (default) 11: 不允许	在PSTOP 引脚为高电 平期间设置 此位
1	R/W	VBAT_MON_比 率	0	VBAT电压监视器的比率设置0: 12.5x (默认) 1: 5x 电池电压通过ADC监控, 可计算如下: $VBAT = (4 \times VBAT_FB_VALUE + VBAT_FB_VALUE2 + 1) \times VBAT_MON_RATIO \times 2 \text{ mV}$ VBAT_FB_VALUE和VBAT_FB_VALUE2是ADC寄存器值。 对于1S和2S电池应用 (VBAT < 9V), 将此位设置为1。	在PSTOP 引脚为高电 平期间设置 此位
0	R/W	VBUS_RATIO	0	设置VBUS电压设置和VBUS电压监控器的比率。0: 12.5x (默认) 1: 5x	在PSTOP 引脚为高电 平期间设置 此位

表10 0x09H CTRL0_SET寄存器

少量	模式	位名称	默认值@POR	描述	笔记
7	R/W	EN_OTG	0	启用OTG操作 0: 设置充电器工作在充电模式(默认) 1: 设置充电器 工作在放电模式	
6	R/W	保留	0	内部使用。不要覆盖这个位。	
5	R/W	保留	0	内部使用。不要覆盖这个位。	
4	R/W	VINREG_RATIO	0	VINREG设置比率0: 100x (默认) 1: 40x 当VBUS < 12V时将此位设置为1。	
3-2	R/W	FREQ_SET	01	开关频率设定00: 150kHz 01: 300kHz (default) 10: 300kHz 11: 450kHz	在PSTOP 引脚为高电 平期间设置 此位
1-0	R/W	DT_SET	00	切换死区时间设置	期间设置 此位

				00: 20ns (default) 01: 40ns 10: 60ns 11: 80ns	PSTOP引脚 为高电平
--	--	--	--	--	-----------------

表11 0x0AH CTRL1_SET寄存器

少量	模式	象征	默认值@POR	描述	笔记
7	R/W	ICHAR_SEL	0	充电电流选择 0: IBUS为充电电流, 涓流充电电流和终止电流将以IBUS为准 (默认) 1: IBAT为充电电流, 涓流充电电流和终止电流以IBAT为准	在PSTOP 引脚为高电 平期间设置 此位
6	R/W	DIS_TRICKLE	0	涓流充电控制 0: 启用涓流充电阶段(默认) 1: 禁用涓 流充电阶段	在PSTOP 引脚为高电 平期间设置 此位
5	R/W	DIS_TERM	0	充电终止控制 0: 启用自动终止(默认) 1: 禁用自 动终止	在PSTOP 引脚为高电 平期间设置 此位
4	R/W	FB_SEL	0	VBUS电压设置控制, 仅用于放电模式 0: 内部VBUS设置, VBUS输出电压由VBUS_RATIO位 和VBUSREF_I_SET位设置 (默认) 1: 外部VBUS设置, VBUS输出电压由FB引脚的电阻分压器设置	在PSTOP 引脚为高电 平期间设置 此位
3	R/W	TRICKLE_SET	0	涓流充电阶段阈值设置0: VBAT电压设 置的70% (默认) 1: VBAT电压设置的60%	在PSTOP 引脚为高电 平期间设置 此位
2	R/W	DIS_OVP	0	放电模式OVP保护设置0: 开启OVP保护 (默 认) 1: 关闭OVP保护	
1	R/W	保留	0	内部使用。不要覆盖这个位。	
0	R/W	保留	1	内部使用。不要覆盖这个位。	

表12 0x0BH CTRL2_SET寄存器

少量	模式	象征	默认值@POR	描述	笔记
7-4	R/W	保留	0000	内部使用。不要覆盖这个位。	
3	R/W	工厂	0	出厂设置位。上电后MCU应将此位写为1。	

2	R/W	EN_DITHER	0	在PGATE引脚启用开关频率抖动功能: 0: 关闭抖频功能, PGATE管脚用作PMOS栅极控制 (默认) 1: 使能抖频功能, PGATE管脚用于设置抖频	在PSTOP 引脚为高电 平期间设置 此位
1-0	R/W	SLEW_SET	01	放电模式下VBUS动态变化的Slew rate设置00: 1mV/μs 01: 2mV/μs (default) 10: 4mV/μs 11: 8mV/μs	在PSTOP 引脚为高电 平期间设置 此位

表13 0x0CH CTRL3_SET寄存器

少量	模式	象征	默认值@POR	描述	笔记
7	R/W	EN_PGATE	0	PGATE控制 0: PGATE输出逻辑高电平以关闭PMOS (默认) 1: PGATE输出逻辑低电平以打开PMOS	
6	R/W	GPO_CTRL	0	GPO输出控制 0: 开漏输出 (默认) 1: 逻辑低电平输出	
5	R/W	AD_START	0	ADC控制 0: 停止ADC转换 (默认) 1: 开始ADC转换, MCU可以从ADC寄存器读取电压/电流值	
4	R/W	ILIM_BW_SEL	0	ILIM环路带宽设置: 0: 5kHz (默认) 1: 1.25kHz	在PSTOP 引脚为高电 平期间设置 此位
3	R/W	LOOP_SET	0	循环响应控制 0: 正常环路响应 (默认) 1: 改善环路响应	在PSTOP 引脚为高电 平期间设置 此位
2	R/W	DIS_ShortFoldBack	0	IBUS和IBAT电流折返控制用于VBUS短路情况, 仅在放电模式下有效 0: IBUS和IBAT限流值分别折返到设置值的22%和10% (默认) 1: 禁用折回。	
1	R/W	EOC_SET	1	充电结束(EOC)检测的电流阈值设置0: 充电电流的1/25 充电电流的1: 1/10(默认)	在PSTOP 引脚为高电 平期间设置 此位
0	R/W	EN_PFM	0	轻载条件下的PFM控制, 仅适用于放电模式0: 禁用PFM模式 (启用PWM模式) (默认) 1: 启用PFM模式	

表14 0x0DH VBUS_FB_VALUE寄存器

少量	模式	象征	默认值@POR	描述	笔记
7-0	R	VBUS_FB_VALUE	0000 0000	<p>VBUS电压的ADC读数的最高8位（共10位）。</p> <p>VBUS电压计算如下</p> $VBUS = (4 \times VBUS_FB_VALUE + VBUS_FB_VALUE2 + 1) \times VBUS_RATIO \times 2 \text{ mV}$ <p>VBUS_FB_VALUE范围：0 ~ 255</p> <p>0000 0000: 0</p> <p>0000 0001: 1</p> <p>0000 0010: 2</p> <p>....</p> <p>1111 1111: 255</p>	

表15 0x0EH VBUS_FB_VALUE_2寄存器

少量	模式	象征	默认值@POR	描述	笔记
7-6	R	VBUS_FB_VALUE2	00	<p>VBUS电压的ADC读数的最低2位（共10位）。</p> <p>VBUS电压计算为VBUS电压计算为</p> $VBUS = (4 \times VBUS_FB_VALUE + VBUS_FB_VALUE2 + 1) \times VBUS_RATIO \times 2 \text{ mV}$ <p>VBUS_FB_VALUE2范围：0 ~ 3</p> <p>00: 0</p> <p>01: 1</p> <p>10: 2</p> <p>11: 3</p>	
5-0		保留	00 0000		

表16 0x0FH VBAT_FB_VALUE寄存器

少量	模式	象征	默认值@POR	描述	笔记
7-0	R	VBAT_FB_VALUE	0000 0000	<p>VBAT电压的ADC读数的最高8位（共10位）。</p> <p>VBAT电压计算如下</p> $VBAT = (4 \times VBAT_FB_VALUE + VBAT_FB_VALUE2 + 1) \times VBAT_MON_RATIO \times 2 \text{ mV}$ <p>VBAT_FB_VALUE范围：0 ~ 255</p> <p>0000 0000: 0</p> <p>0000 0001: 1</p>	

				0000 0010: 2	
				
				1111 1111: 255	

表17 0x10H VBAT_FB_VALUE_2寄存器

少量	模式	象征	默认值@POR	描述	笔记
7-6	R	VBAT_FB_VALUE_2	00	VBAT电压的ADC读数的最低2位（共10位）。 VBAT电压计算如下 $VBAT = (4 \times VBAT_FB_VALUE + VBAT_FB_VALUE2 + 1) \times VBAT_MON_RATIO \times 2 \text{ mV}$ VBAT_FB_VALUE_2范围：0 ~ 3 00: 0 01: 1 10: 2 11: 3	
5-0		保留	00 0000		

表18 0x11H IBUS_VALUE寄存器

少量	模式	象征	默认值@POR	描述	笔记
7-0	R	IBUS_VALUE	0000 0000	IBUS电流的ADC读数的最高8位（共10位）。 IBUS电流计算如下 $IBUS(A) = \frac{(4 \times IBUS_VALUE + IBUS_VALUE2 + 1) \times 2}{1200} \times IBUS_RATIO \times \frac{10 \text{ m}\Omega}{RS1}$ IBUS_VALUE范围：0 ~ 255 0000 0000: 0 0000 0001: 1 0000 0010: 2 1111 1111: 255	

表19 0x12H IBUS_VALUE_2寄存器

少量	模式	象征	默认值@POR	描述	笔记
7-6	R	IBUS_VALUE_2	00	IBUS电流的ADC读数的最低2位（共10位）。 IBUS电流计算如下 $IBUS(A) = \frac{(4 \times IBUS_VALUE + IBUS_VALUE2 + 1) \times 2}{1200} \times IBUS_RATIO \times \frac{10 \text{ m}\Omega}{RS1}$	

				IBUS_VALUE2范围: 0 ~ 3 00: 0 01: 1 10: 2 11: 3	
5-0		保留	00 0000		

表20 0x13H IBAT_VALUE寄存器

少量	模式	象征	默认值@POR	描述	笔记
7-0	R	IBAT_VALUE	0000 0000	<p>IBAT电流的ADC读数的最高8位（共10位）。</p> <p>IBAT电流计算如下</p> $IBAT(A) = \frac{(4 \times IBAT_VALUE + IBAT_VALUE2 + 1) \times 2}{1200} \times IBAT_RATIO \times \frac{10\text{ m}\Omega}{RS2}$ <p>IBAT_VALUE范围: 0 ~ 255</p> <p>0000 0000: 0 0000 0001: 1 0000 0010: 2 1111 1111: 255</p>	

表21 0x14H IBAT_VALUE_2寄存器

少量	模式	象征	默认值@POR	描述	笔记
7-6	R	IBAT_VALUE ₂	00	<p>IBAT电流的ADC读数的最低2位（共10位）。</p> <p>IBAT电流计算如下</p> $IBAT(A) = \frac{(4 \times IBAT_VALUE + IBAT_VALUE2 + 1) \times 2}{1200} \times IBAT_RATIO \times \frac{10\text{ m}\Omega}{RS2}$ <p>IBAT_VALUE2范围: 0 ~ 3</p> <p>00: 0 01: 1 10: 2 11: 3</p>	
5-0		保留	00 0000		

表22 0x15H ADIN_VALUE寄存器

少量	模式	象征	默认值@POR	描述	笔记
----	----	----	---------	----	----

7-0	R	ADIN_VALUE	0000 0000	ADIN电压的ADC读数的最高8位（共10位）。 ADIN电压计算如下 $V_{ADIN} = (4 \times ADIN_VALUE + ADIN_VALUE2 + 1) \times 2 \text{ mV}$ ADIN_VALUE范围：0 ~ 255 0000 0000: 0 0000 0001: 1 0000 0010: 2 1111 1111: 255	
-----	---	------------	-----------	--	--

表23 0x16H ADIN_VALUE_2寄存器

少量	模式	象征	默认值@POR	描述	笔记
7-6	R	ADIN_VALUE 2	00	ADIN电压的ADC读数的最低2位（共10位）。 ADIN电压计算如下 $V_{ADIN} = (4 \times ADIN_VALUE + ADIN_VALUE2 + 1) \times 2 \text{ mV}$ ADIN_VALUE_2范围：0 ~ 3 00: 0 01: 1 10: 2 11: 3	
5-0		保留	00 0000		

表24 0x17H状态寄存器

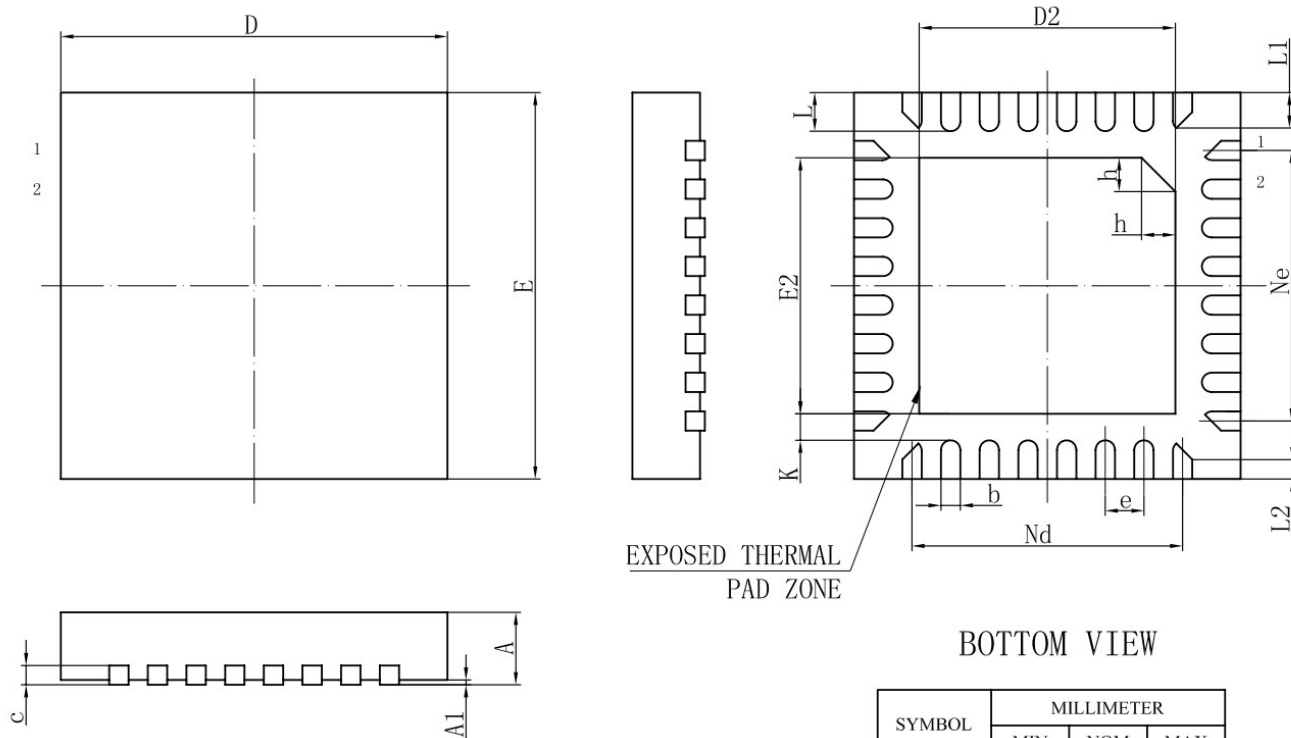
少量	模式	象征	默认值@POR	描述	笔记
7	R	保留	0	保留	
6	R	AC_OK	0	1: 插入交流适配器	
5	R	INDET	0	1: 在INDET引脚检测到USB-A负载插入	
4	R	保留	0	保留	
3	R	VBUS_SHORT	0	1: 放电模式下VBUS短路故障	
2	R	OTP	0	1: OTP故障发生	
1	R	EOC	0	1: 满足EOC条件	
0	R	保留	0		

表25 0x19H屏蔽寄存器

少量	模式	象征	默认值@POR	描述	笔记
7	R/W	保留	1	内部使用。不要覆盖这个位。	
6	R/W	AC_OK_Mask	0	1: 中断禁止	
5	R/W	INDET_Mask	0	1: 中断禁止	
4	R/W	保留	0	内部使用。不要覆盖这个位。	
3	R/W	VBUS_SHORT_面具	0	1: 中断禁止	
2	R/W	OTP_Mask	0	1: 中断禁止	
1	R/W	EOC_Mask	0	1: 中断禁止	
0	R/W	保留	0	内部使用。上电后将此位写入1。	

机械数据

QFN32L (0404x0.75-0.40)



BOTTOM VIEW

SYMBOL	MILLIMETER		
	MIN	NOM	MAX
A	0.70	0.75	0.80
A1	0	0.02	0.05
b	0.15	0.20	0.25
c	0.18	0.20	0.25
D	3.90	4.00	4.10
D2	2.60	2.65	2.70
e	0.40BSC		
Nd	2.80BSC		
E	3.90	4.00	4.10
E2	2.60	2.65	2.70
Ne	2.80BSC		
K	0.20	—	—
L	0.35	0.40	0.45
L1	0.30	0.35	0.40
L2	0.15	0.20	0.25
h	0.30	0.35	0.40
L/P载体尺寸 (M1)	112*112		