



# SF32LB52x 充电应用指南

V0.2

2024年04月03日

思澈科技（上海）有限公司

[www.sifli.com](http://www.sifli.com)

版权 ©2024

# 1 目录

<b>1 目录</b> .....	<b>- 2 -</b>
<b>2 Charger 基本介绍</b> .....	<b>- 3 -</b>
2.1 电气特性.....	- 3 -
2.2 充电曲线.....	- 3 -
2.3 充电状态.....	- 4 -
<b>3 寄存器说明</b> .....	<b>- 5 -</b>
3.1 控制寄存器说明.....	- 5 -
3.2 输出数字指示信号说明.....	- 6 -
3.3 校准寄存器说明.....	- 6 -
3.4 充电电流对应表.....	- 7 -
<b>4 测试数据</b> .....	<b>- 9 -</b>
4.1 不同满电电压/充电电压/充电电流数据汇总.....	- 9 -
<b>5 实际应用</b> .....	<b>- 10 -</b>
5.1 电池参数.....	- 10 -
5.2 电池充电场景.....	- 10 -
5.3 软件配置.....	- 11 -
5.3.1 关键参数配置什么值.....	- 11 -
5.3.2 关键参数怎么配置.....	- 13 -
5.3.3 EOC 关闭后 vbat 补偿算法.....	- 13 -
5.3.4 其他优化算法.....	- 14 -
<b>6 注意事项</b> .....	<b>- 15 -</b>
<b>7 版本历史</b> .....	<b>- 16 -</b>

## 2 Charger 基本介绍

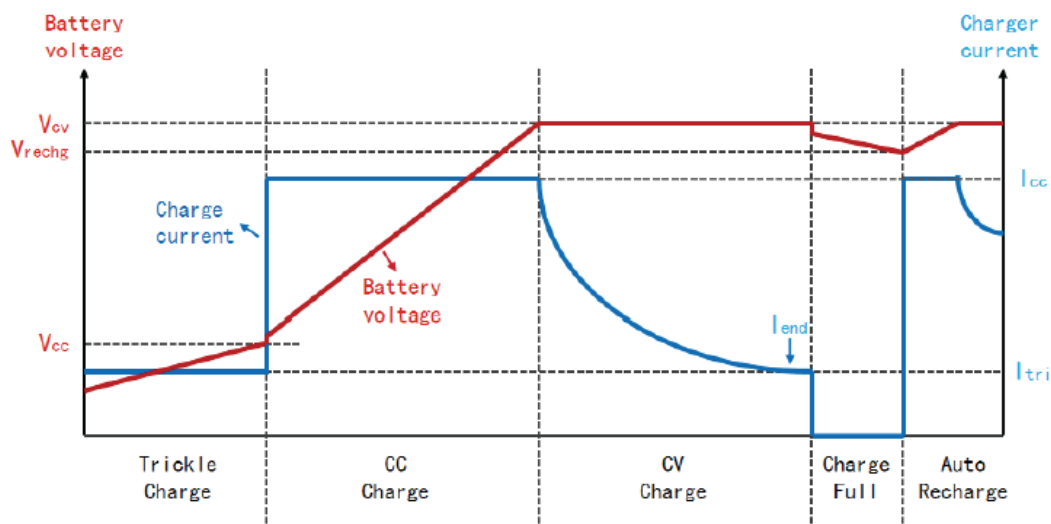
SF32LB-52x 芯片集成了性能优异充电模块。充电电流和满电电压均可调节，充电电流最大支持 560mA，满电电压可支持 4.4V。

Charger 默认由硬件状态机控制。VBUS 检测到有合适的 VBUS 电压 ( $\geq 4.6V$ )，charger 状态信号 VBUS\_RDY\_OUT=1，直接使能状态机，自动开启充电。**此处需注意，在最大电流的时候，排除电池内阻损耗，一定要保证芯片端 vbus $\geq 4.6V$ 。**

### 2.1 电气特性

Parameter	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Charger Input Voltage	Vbus	4.6	5	5.5	V
BAT Leakage Current	Ileak		30		nA
Constant Charging Current	Icc	5		560	mA
Trickle Charging Current	Itri	0.5	56	56	mA
Battery Charge Full, Termination Current Ratio	Iend		10		% of Icc
Battery Charge Full, Termination Voltage	Vcv		4.2	4.4	V
Fully-Charged Voltage Accuracy			$\pm 1.5$		% of Vcv
Trickle to Constant Charging Transition Threshold	Vcc		3		V
Re-Charge Threshold	Vrechg		Vcv-0.15		V
Over-Charge Protection	Vhigh		4.5		V

### 2.2 充电曲线



## 2.3 充电状态

Charger Mode	Battery Voltage	Charger Current	Note
Trickle Charger Mode	$V_{BAT} < V_{cc}$	0.1C (suggested) Hardware default 56mA.	Software configurable; Refer to PRECC_ICTRL<5:0> register.
Constant Current Mode (CC Mode)	$V_{cc} \leq V_{BAT} \leq V_{cv}$	Customer defined; Hardware default 56mA.	Software configurable; Refer to CC_ICTRL<5:0> register.
Constant Voltage Mode (CV Mode)	$V_{BAT} = V_{cv}$	Icc to Iend Hardware control	Iend default value = $0.1 * I_{cc}$
Re-Charge Mode	$V_{BAT} \leq V_{rechg}$	Re-start the CC and CV cycle	Follow the parameter in CC and CV mode

- ◆ Trickle Charger: 当 VBAT 低于 3V 时(状态信号 VBAT\_ABOVE\_CC\_OUT=0), charger 以涓流的形式充电 (0.1C, 涓流充电电流可由寄存器 PRECC\_ICTRL<5:0>控制)。涓流转恒流阈值电压 3V, 可由寄存器 CC\_VCTRL<5:0>控制, 默认为 3V, 如需调节+50mV/code。
- ◆ Constant Current Mode: 当 VBAT 高于 3V 时(状态信号 VBAT\_ABOVE\_CC\_OUT=1), charger 以恒流的形式充电 (1C, 恒流充电电流可由寄存器 CC\_ICTRL<5:0>控制)。
- ◆ Constant Voltage Mode: VBAT 继续增大到接近 VCHG 目标值如 4.2V, 充电电流会慢慢减小, 进入恒压模式。VCHG 由校准得到(默认校准为 4.2V), 软件读取 CV\_VCTRL<5:0>的校准值 CV 并给寄存器赋值, 如需调节可以根据校准得到的步长 CHG\_STEP 调节。 $CV\_VCTRL<5:0> = CV + (\text{目标充满电压} - 4.2) / ((CHG\_STEP * 0.25) / 1000)$ 。
- ◆ EOC Mode: 当充电电流减小到小于所设定的阈值时 (default:10%\*Icc, 寄存器可调), 进入满电 EOC 状态 (状态信号 EOC\_MODE=1), 硬件会自动关闭 charger 的充电环路 (EN=1, LOOP\_EN=0)。例如恒流充电模式电流为 300mA, 那么当充电电流降低到 30mA 时, 会触发 End-of-charge。软件这时会多读几次状态信号 EOC\_MODE, 确保充电器确实已经完全进入 EOC 状态。
- ◆ RE-Charge Mode: 在 EOC 状态时, 状态机会通过状态信号 VBAT\_ABOVE\_REP 去检测电池是否需要补充充电。如果 VBAT 掉到低于 VCHG-150mV 时(VBAT\_ABOVE\_REP\_OUT=0), 充电环路会重新开启。补充充电电压阈值 VCHG-150mV 可随寄存器 REP\_VCTRL<5:0>变化, 软件可以设置为 CV\_VCTRL 校准值-7 ( $REP\_VCTRL<5:0> = CV\_VCTRL<5:0> - 7$ )。

### 3 寄存器说明

Charger 寄存器分为控制寄存器和输出指示寄存器。给客户只需要开放涓流充电电流 (PRECC\_ICTRL<5:0>)、恒流充电电流 (CC\_ICTRL<5:0>) 以及完成充电的电压 (CV\_VCTRL<5:0>)。

#### 3.1 控制寄存器说明

PMUC 基地址: 0x500CA000

Control Bit (PMUC offset address)	说明	默认寄存器值	客户可配置
EN (0x34[0])	使能 charger bias 和比较器电路, 不包括实际的充电环路(默认硬件状态机控制, 只有在 CHG_CR3 FORCE_CTRL=1 时软件才能控制)	0x0	
LOOP_EN (0x34[1])	打开充电环路(默认硬件状态机控制, 只有在 CHG_CR3 FORCE_CTRL=1 时有效)	0x0	
CC_VCTRL<5:0> (0x34[13:8])	涓流到恒流切换的阈值电压, 默认 3V	0x5	
HIGH_VCTRL<5:0> (0x38[23:18])	过压保护, 默认为<4.45V	0x36	
PRECC_ICTRL<5:0> (0x38[11:6])	设置涓流电流 0.5mA~56mA, 默认 56mA	0x2F	是
CC_ICTRL<5:0> (0x34[7:2])	设置恒流电流 5mA~560mA, 默认 65mA	0x0C	是
CC_MN<4:0> (0x34[23:19])	内部 bias 电流比例, 需读取校准值 MN		
CC_MP<4:0> (0x34[18:14])	内部 bias 电流比例, 需读取校准值 MP		
BG_PROG_V1P2<3:0> (0x38[3:0])	设置 bandgap 电压, 需读取校准值 BG		
CV_VCTRL<5:0> (0x34[31:26])	结束充电时的 VBAT 电压, 需读取校准值 CV, 默认校准在 4.2V。如需调节可以根据校准得到的步长 CHG_STEP 调节。CV_VCTRL<5:0>设置为 CV+ (目标充满电压 - 4.2) / ((CHG_STEP*0.25) / 1000)。		是
REP_VCTRL<5:0> (0x38[17:12])	补充充电电压, CV_VCTRL<5:0>-7。(VCHG-100mV)		是
RANGE_EOC (0x38[27])	设置 EOC 电流比例, 0: 0.5x, 1: 1x, 跟 BM_EOC<5:0> 配合使用	0x0	
BM_EOC<5:0> (0x38[26:24])	设置 EOC 电流是恒流电流的百分比, 如果 RANGE_EOC_LV=0, 范围是 4% 到 18% (step=2%); 如果 RANGE_EOC_LV=1, 范围是 8%	0x3	

	to 36% (step=4%)。默认设置为 10%		
--	----------------------------	--	--

### 3.2 输出数字指示信号说明

PMUC 基地址: 0x500CA000

Output registers (PMUC offset address)	功能	输出值
VBUS_RDY_OUT (0x48[1])	指示符合充电要求的 VBUS 接入	=1
VBAT_ABOVE_CC_OUT (0x48[3])	VBAT 电压到达 3V,可由涓流充电电流 (0.1C) 切换到恒流充电电流 (1C)	=1
VBAT_ABOVE_REP_OUT (0x48[2])	VBAT 大于补充充电电压, 保持在 EOC 状态	=1
VBAT_HIGH_OUT (0x48[1])	VBAT 超过了最大阈值	=1
EOC_MODE (0x48[6])	充电电流小于截止电流阈值,充电结束	=1
CC_MODE (0x48[4])	Charger 处于涓流充电电流状态或者恒流充电电流状态	=1
CV_MODE (0x48[5])	Charger 处于恒压充电状态	=1

### 3.3 校准寄存器说明

FT 测试时会对芯片的 CC 电流、EOC VBAT 电压、BandGap 电压、VBat 电压 step 校准, 保证充电时充电电流及电压的精度。

Control Bit (PMUC offset address)	说明	校准值存放位置
CC_MN<4:0> (0x34[23:19])	内部 bias 电流比例	EFUSE_BANK1[98:94]
CC_MP<4:0> (0x34[18:14])	内部 bias 电流比例	EFUSE_BANK1[103:99]
BG_PROG_V1P2<3:0> (0x38[3:0])	设置 bandgap 电压	EFUSE_BANK1[87:84]
CV_VCTRL<5:0> (0x34[31:26])	结束充电时的 VBAT 电压, 默认校准在 4.2V。	EFUSE_BANK1[93:88]
CHG_STEP	充电步进值, 寄存器值每增加 1 对应的毫伏值 (mv/b), 精度为 0.25, 即范围为 0 ~ 63.75mV	EFUSE_BANK1[123:116]

### 3.4 充电电流对应表

恒流充电电流控制		涓流充电电流控制	
CC_ICTRL<5:0> (HEX)	I_CC (mA)	PRECC_ICTRL<5:0> (HEX)	I_Precc (mA)
0	5	0	0.5
1	10	1	1.0
2	15	2	1.5
3	20	3	2.0
4	25	4	2.5
5	30	5	3.0
6	35	6	3.5
7	40	7	4.0
8	45	8	4.5
9	50	9	5.0
A	55	A	5.5
B	60	B	6.0
C	65	C	6.5
D	70	D	7.0
E	75	E	7.5
F	80	F	8.0
10	90	10	9.0
11	100	11	10
12	110	12	11
13	120	13	12
14	130	14	13
15	140	15	14
16	150	16	15
17	160	17	16
18	170	18	17
19	180	19	18
1A	190	1A	19
1B	200	1B	20
1C	210	1C	21
1D	220	1D	22
1E	230	1E	23
1F	240	1F	24
20	260	20	26
21	280	21	28
22	300	22	30

23	320	23	32
24	340	24	34
25	360	25	36
26	380	26	38
27	400	27	40
28	420	28	42
29	440	29	44
2A	460	2A	46
2B	480	2B	48
2C	500	2C	50
2D	520	2D	52
2E	540	2E	54
2F	560	2F	56

爱都机器整个充电电路线阻情况: 0.3R (充电线) +0.72R (磁吸和充电铜柱) +0.22R (PCB线阻+OVP) +铜柱和弹片 (未测出) =1.4R ~ 1.5R@吕远 "

## 4 测试数据

具体测试结果参考“52x Charger 测试报告 V1.1”。

关键参数

### 4.1 不同满电电压/充电电压/充电电流数据汇总

VBat=4.4V											
VBUS	CC-Current (mA)	电池满电压 (v)	Rep (v)	Rep-step (mV)	vbus (v) @ EOC	vbus (v) @ vbat=3.1V	vbus (v) @ MAX_CC-	max. CC-current (mA)	Current 偏差 (%)	vbus与Vbat偏差 (V) @ Current 偏差=10%	
4.6V	565.2	4.3908	4.2509	19.99	4.8118	4.6108	4.5976	601.6	7.43%	vbus=4.597, vbus-vbat=0.773	
	403	4.409	4.257	21.71	4.761	4.622	4.599	467.94	16.99%	vbus=4.61, vbus-vbat=0.797	
	362	4.4107	4.26	21.53	4.7518	4.621	4.599	423.893	17.75%	vbus=4.61, vbus-vbat=0.767	
	301	4.4097	4.259	21.53	4.7119	4.6076	4.591	346.685	15.56%	vbus=4.598, vbus-vbat=0.706	
239.100	4.410	4.260	21.43	4.682	4.600	4.590	253.660	5.69%	vbus=4.594, vbus-vbat=0.5805		
4.5V	403.200	4.407	4.260	21.00	4.662	4.521	4.498	467.900	16.98%	vbus=4.598, vbus-vbat=0.794	
4.45V	566.120	4.403	4.253	21.47	4.682	4.464	4.451	601.260	7.37%	vbus=4.451, vbus-vbat=0.7966	
4.8V	360.741	4.415	4.258	22.357	4.944	4.821	4.800	426.091	18.36%	vbus=4.810, vbus-vbat=0.7757	
5.0V	562.985	4.414	4.254	22.90	5.232	5.020	5.008	601.954	7.49%	vbus=5.007, vbus-vbat=0.7752	
	360.638	4.420	4.264	22.343	5.134	5.010	4.992	416.647	15.74%	vbus=4.998, vbus-vbat=0.761	
5.5V	561.406	4.421	4.251	24.300	5.712	5.502	5.499	570.170	1.82%	0.000	
	359.758	4.429	4.262	23.800	5.624	5.501	5.499	366.113	1.70%	0.000	

VBat=4.45V											
VBUS	CC-Current (mA)	电池满电压 (v)	Rep (v)	Rep-step (mV)	vbus (v) @ EOC	vbus (v) @ vbat=3.1V	vbus (v) @ MAX_CC-	max. CC-current (mA)	Current 偏差 (%)	vbus与Vbat偏差 (V) @ Current 偏差=10%	
4.6V	565	4.4573	4.3174	19.99	4.8215	4.6081	4.5947	601.556	7.42%	vbus=4.597, vbus-vbat=0.781	

VBat=4.35V											
VBUS	CC-Current (mA)	电池满电压 (v)	Rep (v)	Rep-step (mV)	vbus (v) @ EOC	vbus (v) @ vbat=3.1V	vbus (v) @ MAX_CC-	max. CC-current (mA)	Current 偏差 (%)	vbus与Vbat偏差 (V) @ Current 偏差=10%	
4.6V	560.7383	4.3421	4.1824	22.81	4.8215	4.6081	4.6131	597.1495	6.63%	0	
	298.84	4.3452	4.1824	23.26	4.6936	4.5818	4.5646	344.5757	14.86%	vbus=4.570, vbus-vbat=0.6868	
4.8V	559.276	4.339	4.184	22.20	5.012	4.807	4.783	597.553	6.71%	vbus=4.782, vbus-vbat=0.7708	
5.0V	558.866	4.350	4.184	23.77	5.210	5.013	5.002	589.798	5.32%		
	552.187	4.358	4.182	25.07	5.710	5.503	5.500	565.700	1.02%		
	397.239	4.360	4.184	25.11	5.648	5.501	5.499	403.505	0.88%		
	296.6	4.3579	4.1824	25.07	5.6097	5.5004	5.4989	300.86	0.29%		
177.7071	4.3606	4.1834	25.31	5.6097	5.5443	5.5435	180.0799	0.04%			

VBat=4.2V											
VBUS	CC-Current (mA)	电池满电压 (v)	Rep (v)	Rep-step (mV)	vbus (v) @ EOC	vbus (v) @ vbat=3.1V	vbus (v) @ MAX_CC-	max. CC-current (mA)	Current 偏差 (%)	vbus与Vbat偏差 (V) @ Current 偏差=10%	
4.6V	565.1059	4.1941	4.0415	21.80	4.8118	4.6072	4.5947	601.7942	7.46%		
	402.9966	4.1932	4.0415	21.67	4.7617	4.6164	4.5928	467.6023	16.90%	vbus=4.603, vbus-vbat=0.8339	
	301.0507	4.1961	4.0415	22.09	4.7226	4.6151	4.599	347.1296	15.71%	vbus=4.605, vbus-vbat=0.8104	
	180.140	4.198	4.042	22.41	4.669	4.605	4.595	208.389	15.77%	vbus=4.598, vbus-vbat=0.5106	
5.0V	563.525	4.199	4.043	22.39	5.207	5.007	5.000	584.871	4.44%		
5.5V	562.131	4.196	4.042	22.07	5.701	5.502	5.500	569.133	1.63%		

具体数据参考测试报告：<https://drive.weixin.qq.com/s?k=AOgA0gePAA8lvoZ0c0>

注意：

- ① 芯片端 VBUS 一定要大于 4.6V；
- ② CC 模式时，VBUS-VBAT 压差小时受芯片电路特性，CC 电流会有波动，表现为增高；如果对电流精有要求时则要保证 VBUS 电压尽可能大 (<5.5V)。

## 5 实际应用

在实际应用中，需要根据电池参数来配置涓流充电电流（PRECC\_ICTRL<5:0>），恒流充电电流（CC\_ICTRL<5:0>）以及完成充电的电压（CV\_VCTRL<5:0>）。

### 5.1 电池参数

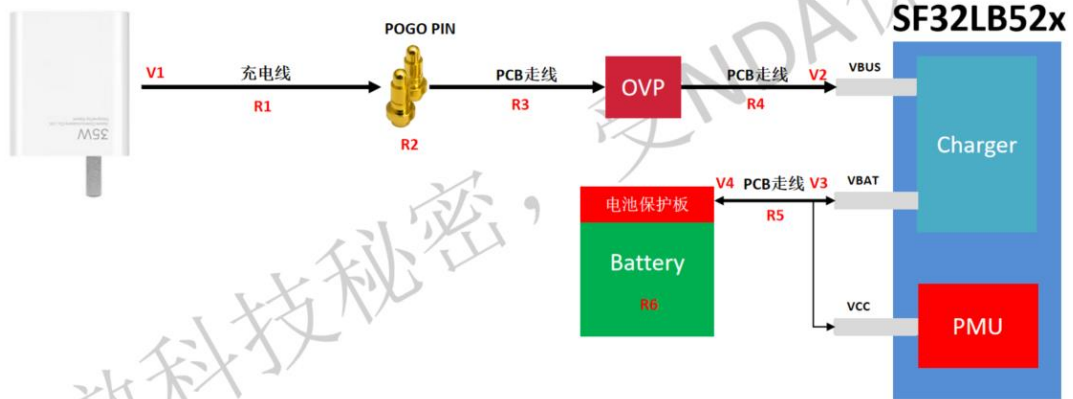
以下面电池为例，标红为我们需要重点关注的主要参数。

标称容量:	530mAh
产品尺寸:	4.5x30x40mm
额定电压:	3.7V
充电电压:	4.2V
电池内阻:	450mΩ
充电温度:	0°C ~ +45°C
放电温度:	-20°C ~ +60°C
充电电流:	标准充电: 0.5C、快速充电: 1.0C
标准充电方法:	0.5C CC (恒流) 充电至4.25V, 再CV (恒压4.2V) 充电直至充电电流≤0.05C
最大充电电流:	1C
最大放电电流:	1C
保护IC参数:	过充电保护电压4.20V±0.05V 过放电保护电压2.7V±0.1V

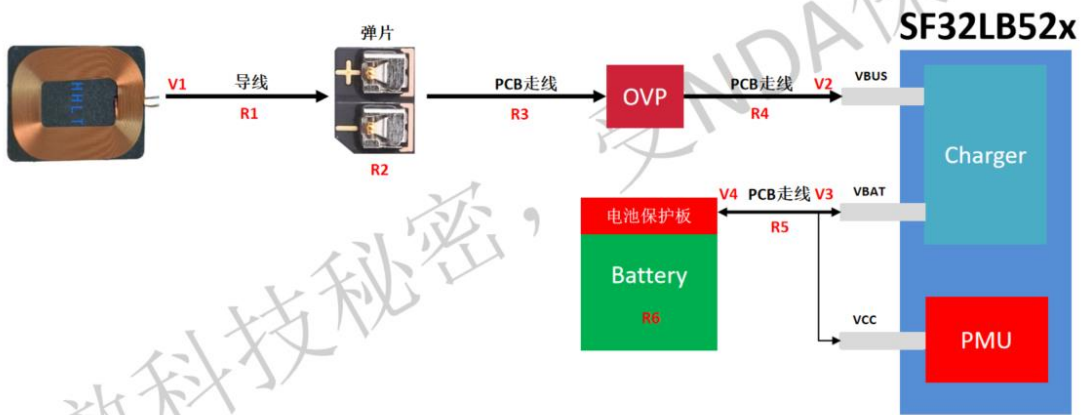
标称容量:	影响 Icc (恒流充电电流) 的设置
充电电压:	影响 Vcv (电池充满电压) 的设置
电池内阻:	影响电池充满时的电压值
充电温度:	影响充电过温保护设置
放电温度:	影响工作过温保护设置
最大充电电流:	影响 Icc (恒流充电电流) 的设置
保护 IC 参数:	影响过充过放保护设置值

### 5.2 电池充电场景

- 有线充



● 无线充



不管是无线充和有线充，有充电电流时尤其是恒流充电，一定要考虑芯因 PCB 走线、电池、充电器自身内阻带来的压差，会导致芯片端 VBUS 电压低于充电器输出电压、芯片端 VBAT 电压低于电芯端电压。

## 5.3 软件配置

### 5.3.1 关键参数配置什么值

Charger 模块需要根据电池参数配置 CC 充电电流及 CV 充满电压。



### ◆ 设置电池充满电压值

$V_{cv}$  = 电池“满电电压”值

例如：电池满电电压=4.35V； $V_{cv} = 4.35(V)$

需要设置寄存器 CV\_VCTRL<5:0> 来修改  $V_{cv}=4.35V$ ，硬件默认为 4.2V，CV\_VCTRL+5 对应 4.35V。

注意：这里因为电池内阻和 PCB 走线内阻，当进入 EOC 后充电电压降为 0mA，当实际 VBAT 电压低于满电电压时软件会调用 vbat 补偿算法保证实际 VBat 电压满足满电电压。

### ◆ 设置电池充电电流

标准充： $I_{cc} = \text{电池“标称容量”值} \times 0.5$ ； $I_{tri} = I_{cc} \times 0.1$

快充： $I_{cc} = \text{电池“标称容量”值}$ ； $I_{tri} = I_{cc} \times 0.1$

例如：电池标称容量为 560mA

标准充  $I_{cc} = 560 \times 0.5 = 280(mA)$ ，快充  $I_{cc} = 560(mA)$ ， $I_{tri} = 560 \times 0.1 = 56(mA)$

需要设置寄存器：CC\_ICTRL<5:0> 来修改  $I_{cc}$  的值，参考章节 3.4，硬件默认 65mA

PRECC\_ICTRL<5:0> 来修改  $I_{tri}$  的值，参考章节 3.4，硬件默认 56mA

注：配置 CC\_ICTRL 充电电流时一定要根据充电器输出电压及充电器到 VBUS 脚的阻抗计算下充电电流设置成多少才能保证芯片端 VBUS>4.6V（影响 CC 电流精度）

根据线阻来确认最大 CC 电流设定，如果线阻为 1.1ohm，VBUS>4.6V，不同充电口 VBUS 电压下 CC 电流最大设置范围。

线阻-R(ohm)	1.1						
充电口VBUS电压输入-V1(V)	芯片VBUS电压输入-V2(V)						
	充电电流-I(A)	充电电流-I(A)	充电电流-I(A)	充电电流-I(A)	充电电流-I(A)	充电电流-I(A)	充电电流-I(A)
	0.56	0.48	0.4	0.32	0.24	0.16	0.08
5.5	4.884	4.972	5.06	5.148	5.236	5.324	5.412
5.4	4.784	4.872	4.96	5.048	5.136	5.224	5.312
5.3	4.684	4.772	4.86	4.948	5.036	5.124	5.212
5.2	4.584	4.672	4.76	4.848	4.936	5.024	5.112
5.1	4.484	4.572	4.66	4.748	4.836	4.924	5.012
5	4.384	4.472	4.56	4.648	4.736	4.824	4.912
4.9	4.284	4.372	4.46	4.548	4.636	4.724	4.812
4.8	4.184	4.272	4.36	4.448	4.536	4.624	4.712
4.7	4.084	4.172	4.26	4.348	4.436	4.524	4.612
4.6	3.984	4.072	4.16	4.248	4.336	4.424	4.512

### ◆ VBAT\_HIGH 阈值

VBAT\_HIGH = “电池满电电压” +0.1V;

例如：电池满电电压为 4.35V，则 VBAT\_HIGH = 4.35+0.1=4.45V;

需要设置寄存器：HIGH\_VCTRL<5:0> 来修改 Icc 的值，±20mV/code，硬件默认 =0x36, 4.45V。

### 5.3.2 关键参数怎么配置

#### ◆ 设置电池充满电压值

rt\_charge\_set\_target\_volt()

作用：设置满电电压；

位置：charge.c

```
/**
 * @brief Configure charging full target voltage
 *
 *
 * @param[in] volt target voltage in mV
 *
 * @retval function execution result @see rt_charge_err_t
 */
rt_charge_err_t rt_charge_set_target_volt(uint32_t volt);
```

#### ◆ 设置恒流充电电流

rt\_charge\_set\_cc\_current()

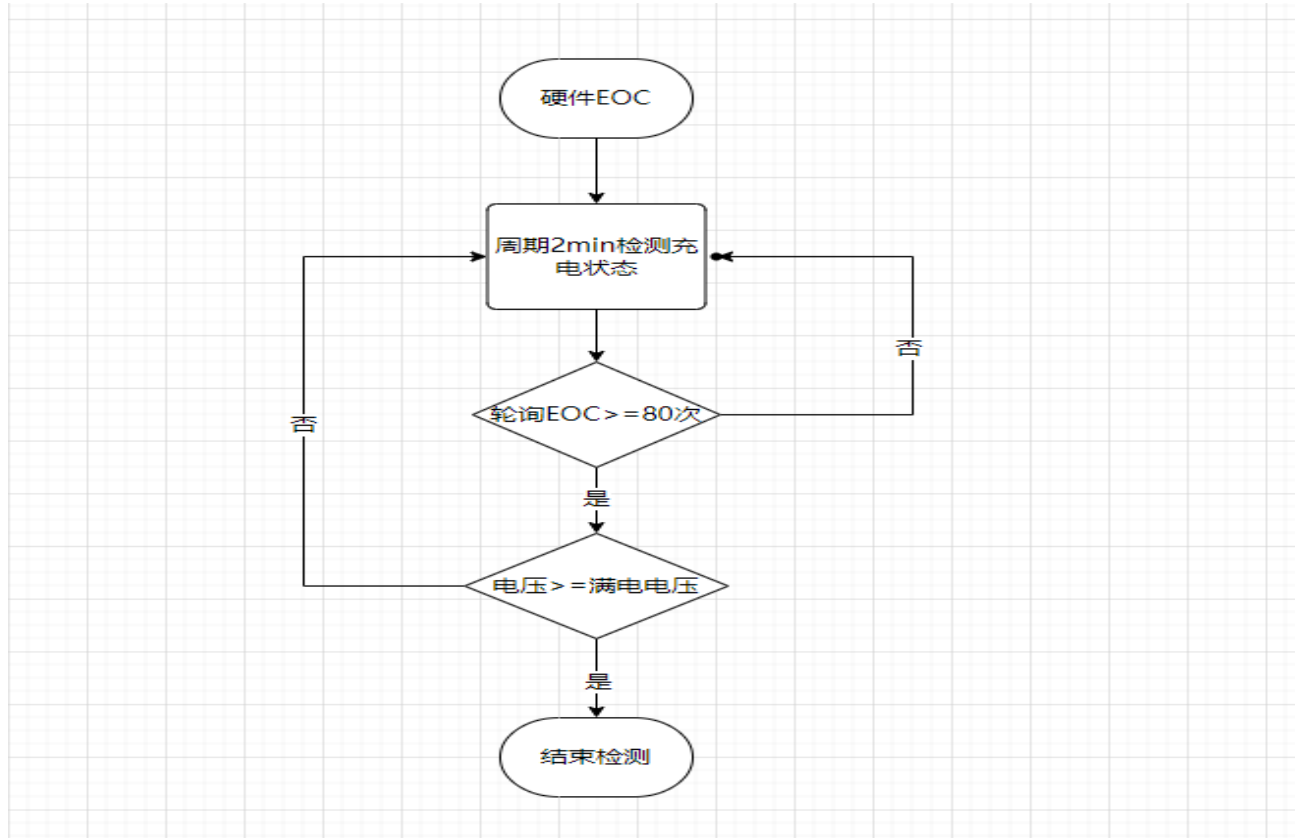
作用：配置恒流充电电流；

位置：charge.c

```
/**
 * @brief Configure CC current
 *
 *
 * @param[in] current CC current in mA
 *
 * @retval function execution result @see rt_charge_err_t
 */
rt_charge_err_t rt_charge_set_cc_current(uint32_t current);
```

### 5.3.3 EOC 关闭后 vbat 补偿算法

- (1) 硬件 EOC 后软件强制启用充电
- (2) 充电 2 分钟后检测轮询 100 次 EOC 状态 ()
- (3) EOC 状态超过 80 次软件关闭充电环路，检测电压是否满足满电电压
- (4) 不满足满电电压，继续步骤 1
- (5) 电压符合后结束充电



### 5.3.4 其他优化算法

◆ 温度检测处理

- (1) 电压检测时同步检测芯片内部/外部 NTC 温度
- (2) 判断外部 NTC 温度高于 53°C 时断开充电环路 (LOOP\_EN=0)
- (3) 温度恢复到正常范围恢复充电

◆ VBAT\_HIGH 充电电压阈值检测

- (1) 充电开启, 监测状态信号 VBAT\_HIGH\_OUT
- (2) 为 0, 继续充电;
- (3) 为 1, 充电环路断开 (LOOP\_EN=0)

## 6 注意事项

### 1. 充电电流的选择

一般建议客户根据电池容量和VBUS端线阻来选择。

如果电池容量为300mAH,那么最大充电电流尽量不要超过1C,就是300mA。恒流充电时电流本身是有偏差的,所以安全期间建议客户选择的电流 $<0.8C-0.9C$ 。

我们芯片端VBUS电压任意时刻要求 $>4.6V$ 。例如USB输入端电压Vchg是4.95V的话,在最大电流时,VBUS端的压降要 $<350mV$ 。那么如果线阻是1.2Ohm的话,任意时刻最大电流就要 $<0.35/1.2=291.6mA$ 。考虑电流误差,在极端vbus-vbat很小的情况下有可能到20%,那么CC电流建议选择 $<240mA$ 。 $I=(Vchg-4.60)/R/1.2$ 。

### 2. VBAT和VCC之间阻抗大,可能触发硬件关机重启

开机过程中,VBAT和VCC之间存在阻抗,VBAT和VCC之间的压差就越大,VCC电压浮高越大。亮屏前低电检测阈值和亮屏后低电检测阈值进行判断的时候,需要降低充电电流,以降低电压浮高的幅度。

### 3. 满电之后电流从I<sub>EOC</sub>变成0时,VBAT的电压会发生下降

原因是电池有内阻和到芯片的连线电阻,所以在有电流充电的时候,芯片端看到的电压会比电芯的电压高一些。CHG电路是以芯片端看到的电压是否到达满电电压来判断是否充满电的。满电之后电流变为0之后,芯片端的VBAT电压也会下降到电芯电压值。我们目前有软件补偿方案,就是硬件判断充满关闭CHG之后,软件会用GPADC检测VBAT电压,如果低于目标电压,会继续开启CHG,补充充电。

### 4. VBUS端OVP选型问题

输出电压最大值要注意不超过5.5V,防止打坏芯片。输出电压最小值在满足电压不大于5.5V的情况下越大越好,保证VBUS-VBAT裕量越大( $>0.8V$ ),输出电流精度越高,大电流时也不容易出现VBUS $<4.6V$ 的情况。

### 5. 关于开机电流

默认恒流充电电流只有65mA,在系统没开机之前,因为没有配置校准值,电流可能更低。开机过程中会有LCD上电、马达震动、RF校准等大电流场景,这些大电流会拉低VCC电压,所以建议开机之后,第一步就配置好充电相关寄存器,提高恒流充电电流,保证开机时的电流消耗不能高于充电电流。主要原因在于,如果开机电流大于充电电流的话,系统会从VBAT上抽电流,那么VBAT电压会下降。VBAT电压刚满足开机条件开机,又遇到下降,可能会出现频繁开关机的情况。

### 6. 与片外充电芯片区别

- ① 不带路径管理,充电时间长、亮屏晚;
- ② 片外需要加OCP、OVP保护;
- ③ 不支持电池反接和VBUS反接;
- ④ 不支持船运模式;

## 7 版本历史

日期	版本	发布说明
2024 年 04 月 01 日	V0.1	Draft 版本
2024 年 04 月 07 日	V0.2	增加充电曲线测试数据

思澈科技秘密