



Is Now Part of



**ON Semiconductor®**

To learn more about ON Semiconductor, please visit our website at  
[www.onsemi.com](http://www.onsemi.com)

Please note: As part of the Fairchild Semiconductor integration, some of the Fairchild orderable part numbers will need to change in order to meet ON Semiconductor's system requirements. Since the ON Semiconductor product management systems do not have the ability to manage part nomenclature that utilizes an underscore (\_), the underscore (\_) in the Fairchild part numbers will be changed to a dash (-). This document may contain device numbers with an underscore (\_). Please check the ON Semiconductor website to verify the updated device numbers. The most current and up-to-date ordering information can be found at [www.onsemi.com](http://www.onsemi.com). Please email any questions regarding the system integration to [Fairchild\\_questions@onsemi.com](mailto:Fairchild_questions@onsemi.com).

ON Semiconductor and the ON Semiconductor logo are trademarks of Semiconductor Components Industries, LLC dba ON Semiconductor or its subsidiaries in the United States and/or other countries. ON Semiconductor owns the rights to a number of patents, trademarks, copyrights, trade secrets, and other intellectual property. A listing of ON Semiconductor's product/patent coverage may be accessed at [www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Marking.pdf](http://www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Marking.pdf). ON Semiconductor reserves the right to make changes without further notice to any products herein. ON Semiconductor makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does ON Semiconductor assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages. Buyer is responsible for its products and applications using ON Semiconductor products, including compliance with all laws, regulations and safety requirements or standards, regardless of any support or applications information provided by ON Semiconductor. "Typical" parameters which may be provided in ON Semiconductor data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. ON Semiconductor does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. ON Semiconductor products are not designed, intended, or authorized for use as a critical component in life support systems or any FDA Class 3 medical devices or medical devices with a same or similar classification in a foreign jurisdiction or any devices intended for implantation in the human body. Should Buyer purchase or use ON Semiconductor products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold ON Semiconductor and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that ON Semiconductor was negligent regarding the design or manufacture of the part. ON Semiconductor is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer. This literature is subject to all applicable copyright laws and is not for resale in any manner.

# FAN5400 / FAN5401 / FAN5402 / FAN5403 / FAN5404 / FAN5405

## 符合 USB 规范的单体锂离子开关充电器 (带 USB-OTG 升压调节器)

### 产品特性

- 用于单体锂离子和锂聚合物电池组的全集成高效充电器
- 比线性充电器的充电速度更快
- 充电电压精度:  $\pm 25^{\circ}\text{C}$ 时为0.5%  
 $\pm 0$ 到 $125^{\circ}\text{C}$ 时为1%
- $\pm 5\%$ 输入电流调节精度
- $\pm 5\%$ 充电电流调节精度
- 输入电压的最大绝对值为20 V
- 输入工作电压最大值为6 V
- 1.25 最大充电速率
- 可通过具有快速模式及其兼容性的高速I<sup>2</sup>C接口 (3.4Mb/s) 进行编程
  - 输入电流
  - 快速充电 / 终端电流
  - 充电器电压
  - 终端使能
- 占空周期范围宽的3 MHz同步降压PWM控制器
- 小尺寸1  $\mu\text{H}$ 外部电感
- 带复位控制功能的安全定时器
- VBUS经过1.8V稳压输出提供给辅助电路
- 由下降的充电电流调节来保持最小VBUS电压的弱输入源
- 防止电池漏电至VBUS的反向小漏电流
- 5 V, 300 mA的升压模式, 用于USB OTG的2.5到4.5 V电池输入

### 应用场景

- 手机、智能手机、PDA
- 平板电脑、便携式媒体播放器
- 游戏机、数码相机

商标所有权归各自生产商所有。

### 说明

FAN5400系列 (FAN540X) 结合高度集成的开关模式充电器在最大程度上缩短USB电源的单体锂离子充电时间, 结合升压调节器通过电池给USB外设供电。

通过操作速度高达3.4Mbps的I<sup>2</sup>C接口, 可对充电参数和工作模式进行编程。  
充电器电路和升压调节器电路切换到3MHz在最大程度上降低外部无源器件的大小。

FAN540X提供三相电池充电: 调节、恒定电流及恒定电压。

要确保符合USB规范并在最大程度上缩短充电时间, 应将输入电流限定为通过I<sup>2</sup>C主机所设定的值。  
充电是否终止由可编程最小电流决定。  
带复位控制功能的安全计时器可为I<sup>2</sup>C主机提供安全备份

电池电量低于内部阈值时, 集成电路 (IC) 自动重新开始充电周期。  
如果移除了输入源, IC会进入高阻抗模式, 可防止输入端电池的漏电。 充电状态报告通过I<sup>2</sup>C端口发回给主机。  
芯片温度达到 $120^{\circ}\text{C}$ 时充电电流会减小。

FAN540X可作为升压调节器按照系统命令来运行。  
升压调节器包括限制电池涌入电流的软启动。

FAN540X采用1.96 x 1.87 mm、20焊球、0.4 mm间距WLCSP封装。

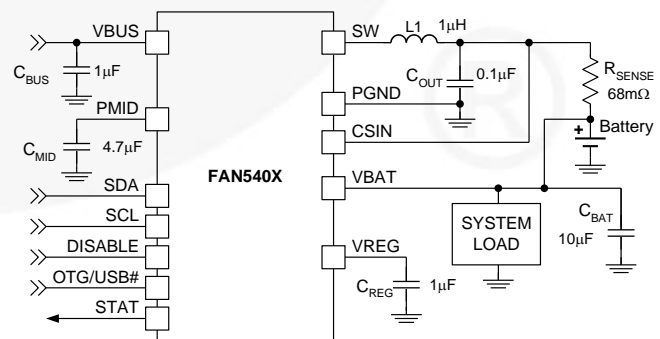


图1. 典型应用 (FAN5403-05引脚输出)

## 订购信息

器件型号	温度范围	封装	PN位: IC_INFO[4:3]	包装方法
FAN5400UCX	-40至85° C	20焊球晶圆级芯片尺寸封装 (WLCSP)、0.4mm间距, 估计尺寸: 1.96 x 1.87mm	01	卷带
FAN5401UCX	-40至85° C		00	卷带
FAN5402UCX	-40至85° C		01	卷带
FAN5403UCX	-40至85° C		10	卷带
FAN5403BUCX <sup>(1)</sup>	-40至85° C		10	卷带
FAN5404UCX	-40至85° C		11	卷带
FAN5405UCX	-40至85° C		10	卷带
FAN5405BUCX <sup>(1)</sup>	-40至85° C		10	卷带

## Note:

1. FAN5403BUCX and FAN5405BUCX Includes backside lamination

表1 功能对比总结

器件型号	PN位: REG3[4:3]	从地址	自动 充电	特殊 充电器 <sup>(2)</sup>	安全 限制	无电池 行为	E2引脚	VREG (E3引脚)
FAN5400	01	1101011	是	否	否	关断	AUXPWR (连接至VBAT)	PMID
FAN5401	00	1101011	否	否	否	关断		
FAN5402	01	1101011	是	否	否	ON		
FAN5403	10	1101011	是	是	是	关断	禁用	1.8V
FAN5404	11	1101011	否	是	是	关断		
FAN5405	10	1101010	是	是	是	ON		

## 注意:

2. 特殊充电器是限流充电器, 而不是USB兼容电源。

表2 建议使用的外部器件

组件	说明	厂商	参数	典型值	单位
L1	1 $\mu$ H, 20%, 1.3 A, 2016	Murata: LQM2MPN1R0M 或等效	L	1.0	$\mu$ H
			DCR (Series R)	85	m $\Omega$
C <sub>BAT</sub>	10 $\mu$ F, 20%, 6.3 V, X5R, 0603	Murata: GRM188R60J106M TDK: C1608X5R0J106M	C	10	$\mu$ F
C <sub>MID</sub>	4.7 $\mu$ F, 10%, 6.3 V, X5R, 0603	Murata: GRM188R60J475K TDK: C1608X5R0J475K	C <sup>(3)</sup>	4.7	$\mu$ F
C <sub>BUS</sub>	1.0 $\mu$ F, 10%, 25 V, X5R, 0603	Murata GRM188R61E105K TDK: C1608X5R1E105M	C	1.0	$\mu$ F

## 注意:

3. 6.3V额定值对于C<sub>MID</sub>而言足够了, 因为VBUS上的Q3为PMID提供过压浪涌保护。(图3).

框图

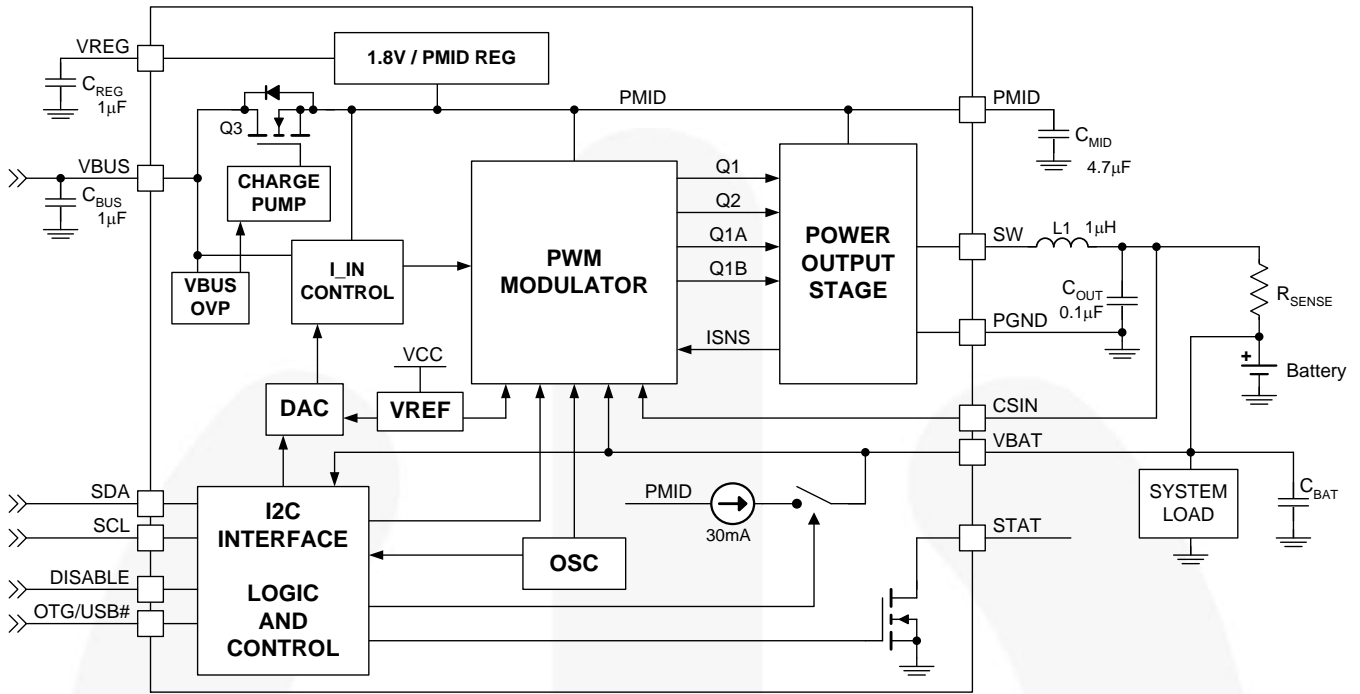


图. 2 IC和系统原理框图

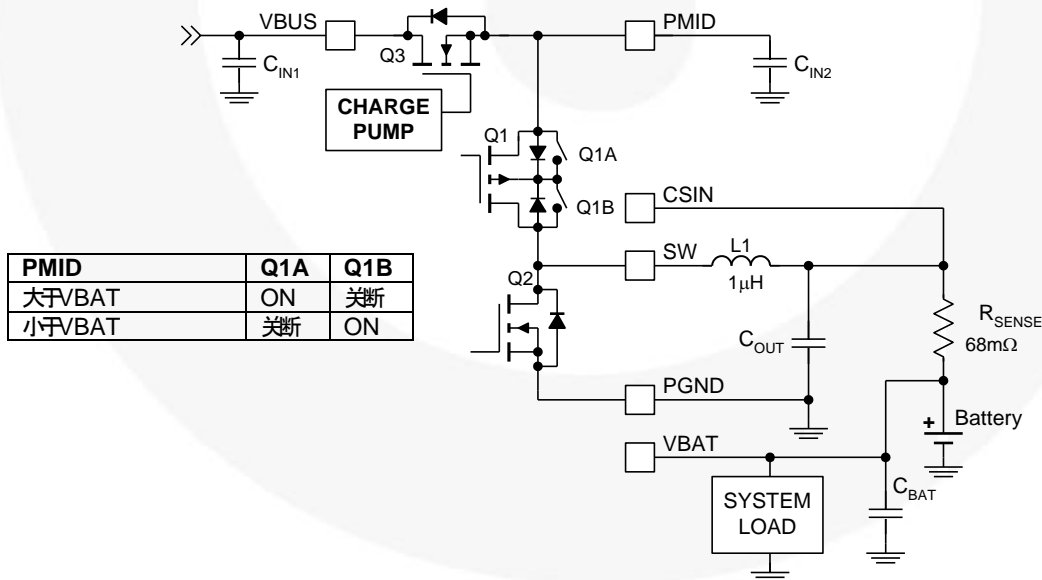


图3. 功率级

## 引脚布局



图4. WLCSP-20 引脚分频

## 引脚说明

引脚号	名称	部件编号	说明
A1, A2	VBUS	所有	充电器输入电压和USB-OTG输出电压。通过一个1 $\mu$ F电容旁路至PGND。
A3	NC	所有	未连接。该引脚和IC内部电路之间无外部连接。
A4	SCL	所有	I <sup>2</sup> C接口串行时钟。该引脚切勿悬浮。
B1-B3	PMID	所有	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。采用一个最小值为4.7 $\mu$ F, 6.3 V的电容旁路至PGND。
B4	SDA	所有	I <sup>2</sup> C接口串行数据。该引脚切勿悬浮。
C1-C3	SW	所有	开关节点。连接至输出电感。
C4	STAT	所有	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	所有	电源地。栅极驱动和功率二极管的功率返回。从该引脚至C <sub>MID</sub> 底部的连接应该尽可能地短。
D4	OTG	所有	On-The-Go。结合OTG_EN和OTG_PL位使能升压调节器(参见表16)。VBUS通电复位(POR)时, 该引脚将输入电流限值设置为t <sub>15MIN</sub> 充电。
E1	CSIN	所有	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 $\mu$ F的电容将该引脚旁路至PGND。
E2	AUXPWR	FAN5400, FAN5401, FAN5402	辅助电源。在高阻抗模式下与电池包连接为IC供电。通过一个1 $\mu$ F电容旁路至PGND。
E2	禁用	FAN5403, FAN5404, FAN5405	充电禁用。如果该引脚为高电平, 充电被禁用。当为低电平时, 充电由I2C寄存器控制。如果该引脚为高电平, 15分钟计时器被复位。该引脚不影响32秒计时器。
E3	VREG	所有	调节器输出。连接至一个1 $\mu$ F电容至PGND。该引脚能提供最高值为2 mA的DC负载电流。对于FAN5400-FAN5402来说, 输出电压PMID限值为6.5 V。对于FAN5403-FAN5405, 输出电压调节为1.8 V。
E4	VBAT	所有	电池电压。连接至电池包的正(+)极。如果电池通过长引脚连接, 采用一个0.1 $\mu$ F的电容旁路至PGND。

## 绝对最大额定值

应力超过绝对最大额定值，可能会损坏设备。

在超出推荐的工作条件的情况下，该器件可能无法正常运行或操作，且不建议让器件在这些条件下长期工作。

此外，过度暴露在高于推荐的工作条件下，会影响器件的可靠性。绝对最大额定值仅是额定应力值。

符号	参数		最小值	最大值	单位
$V_{BUS}$	VBUS电压	连续	- 1.4	20.0	V
		脉冲，最大非重复值100ms	- 2.0		
$V_{STAT}$	STAT电压		- 0.3	16.0	V
$V_I$	PMID电压			7.0	V
	SW、CSIN、VBAT、AUXPWR、DISABLE 电压		- 0.3	7.0	
$V_O$	其它引脚上的电压		- 0.3	6.5 <sup>(4)</sup>	V
$\frac{dV_{BUS}}{dt}$	当升压器或充电器为有效时，最大VBUS斜率大于5.5 V。			4	V/ $\mu$ s
ESD	静电放电防护等级	人体模型满足JESD22-A114	2000		V
		充电器件模型 JESD22-C101	500		
$T_J$	结温		- 40	+150	$^{\circ}$ C
$T_{STG}$	存储温度		- 65	+150	$^{\circ}$ C
$T_L$	引脚焊接温度，10秒			+260	$^{\circ}$ C

### 注意：

4. 选取6.5 V与 $V_I+0.3V$ 中的较小值。

## 推荐工作条件

推荐的操作条件定义了器件的真实工作条件。

指定推荐的工作条件，以确保设备的最佳性能达到数据表中的规格。

飞兆半导体建议不要超过推荐工作条件，也不能按照绝对最大额定值进行设计。

符号	参数		最小值	最大值	单位
$V_{BUS}$	电源电压		4	6	V
$V_{BAT}$ (最大值)	升压使能时的最大电池电压			4.5	V
$-\frac{dV_{BUS}}{dt}$	在VBUS短路时，VBUS压摆率为负值， $C_{MID} \leq 4.7 \mu F$ ，参见 充电时VBUS短路	$T_A \leq 60^{\circ}$ C		4	V/ $\mu$ s
		$T_A \geq 60^{\circ}$ C		2	
$T_A$	环境温度		- 30	+85	$^{\circ}$ C
$T_J$	结温 (参见热调节和保护节)		- 30	+120	$^{\circ}$ C

## 热性能

结-环境之间热阻与具体应用和电路板布局有关。

该数据由2s2p四层板测得，符合JESD51-JEDEC标准。

特别注意的是，不要超过给定环境温度 $T_A$ 时的结温  $T_{J(max)}$ 。有关测量数据，参见表 11。

符号	参数	典型值	单位
$\theta_{JA}$	结-环境之间热阻	60	$^{\circ}$ C/W
$\theta_{JB}$	结-PCB之间热阻	20	$^{\circ}$ C/W

## 电气规格

若无其他说明：根据图1电路； $T_J$ 和 $T_A$ 的推荐工作温度范围；

$V_{BUS}=5.0\text{ V}$ ；HZ\_MODE；OPA\_MODE=0；（充电模式）；SCL、SDA、OTG=0或1.8 V；以及 $T_J=25^\circ\text{ C}$ 时的典型值。

符号	参数	工作条件	最小值	典型值	最大值	单位	
<b>电源</b>							
$I_{VBUS}$	VBUS电流	$V_{BUS} > V_{BUS}$ (最小值)、PWM开关		10		mA	
		$V_{BUS} > V_{BUS}$ (最小值)；PWM使能、无开关（电池OVP条件）； $I_{IN}$ 设置=100mA		2.5		mA	
		$0^\circ\text{ C} < T_J < 85^\circ\text{ C}$ 、HZ_MODE=1 $V_{BAT} < V_{LOWV}$ 、32S模式0		63	90	$\mu\text{A}$	
$I_{LKG}$	VBAT至VBUS漏电流	$0^\circ\text{ C} < T_J < 85^\circ\text{ C}$ 、HZ_MODE=1, $V_{BAT}=4.2\text{ V}$ 、 $V_{BUS}=0\text{ V}$		0.2	5.0	$\mu\text{A}$	
$I_{BAT}$	高阻抗模式下的电池放电电流	$0^\circ\text{ C} < T_J < 85^\circ\text{ C}$ 、HZ_MODE=1, $V_{BAT}=4.2\text{ V}$			20	$\mu\text{A}$	
		FAN5403-05、DISABLE=1、 $0^\circ\text{ C} < T_J < 85^\circ\text{ C}$ 、 $V_{BAT}=4.2\text{ V}$			10		
<b>充电器电压调节</b>							
$V_{OREG}$	充电电压范围		3.5		4.4	V	
	充电电压精度	$T_A=25^\circ\text{ C}$	-0.5%		+0.5%		
		$T_J=0$ 至 $125^\circ\text{ C}$	-1%		+1%		
<b>充电电流调节</b>							
$I_{OCHRG}$	输出充电电流范围	$V_{LOWV} < V_{BAT} < V_{OREG}$ $V_{BUS} > V_{SLP}$ 、 $R_{SENSE}=68\text{ m}\Omega$	550		1250	mA	
	通过 $R_{SENSE}$ 的充电电流精度	$20\text{ mV} \leq V_{IREG} \leq 40\text{ mV}$	FAN5400-02	95	100	105	%
			FAN5403-05	92	97	102	
		$V_{IREG} > 40\text{ mV}$	FAN5400-02	97	100	103	
			FAN5403-05	94	97	100	
<b>弱电池检测</b>							
$V_{LOWV}$	弱电池阈值范围		3.4		3.7	V	
	弱电池阈值精度		-5		+5	%	
	弱电池抗尖峰脉冲时间	上升电压，2 mV过激		30		ms	
<b>逻辑电平：DISABLE、SDA、SCL、OTG</b>							
$V_{IH}$	输入电压高电平		1.05			V	
$V_{IL}$	输入电压低电平				0.4	V	
$I_{IN}$	输入偏置电流	输入连接到GND 或VIN		0.01	1.00	$\mu\text{A}$	
<b>充电终止检测</b>							
$I_{(TERM)}$	终止电流范围	$V_{BAT} > V_{OREG} - V_{ROH}$ 、 $V_{BUS} > V_{SLP}$ 、 $R_{SENSE}=68\text{ m}\Omega$	50		400	mA	
	终止电流精度	$[V_{CSIN} - V_{BAT}]$ 从3 mV至20 mV	-25		+25	%	
		$[V_{CSIN} - V_{BAT}]$ 从20 mV至40 mV	-5		+5		
	终止电流抗尖峰脉冲时间	2 mV过激		30		ms	

## 电气规格

若无其他说明：根据图1电路； $T_J$ 和 $T_A$ 的推荐工作温度范围；

$V_{BUS}=5.0\text{ V}$ ；HZ\_MODE；OPA\_MODE=0；（充电模式）；SCL、SDA、OTG=0或1.8 V；以及 $T_J=25^\circ\text{ C}$ 时的典型值。

符号	参数	工作条件	最小值	典型值	最大值	单位
<b>1. 8V线性调节器</b>						
$V_{REG}$	1.8V调节器输出	$I_{REG}$ 从0至2 mA、FAN5403-05	1.7	1.8	1.9	V

接下页

<b>输入电源检测</b>						
$V_{IN(MIN)1}$	VBUS输入电压上升	初始化及通过VBUS验证		4.29	4.42	V
$V_{IN(MIN)2}$	充电时VBUS的最小值	充电期间		3.71	3.94	V
$t_{VBUS\_VALID}$	VBUS验证时间			30		ms
<b>特殊充电器 (<math>V_{BUS}</math>) (FAN5403 - FAN5405)</b>						
$V_{SP}$	特殊充电器设置点精度		-3		+3	%
<b>电流限值最小值</b>						
$I_{IN(LIM)}$	输入限流阈值	$I_{IN}$ 设置为100 mA	88	93	98	mA
		$I_{IN}$ 设置为500 mA	450	475	500	
<b><math>V_{REF}</math>偏置生成器</b>						
$V_{REF}$	偏置调节器电压	$V_{BUS} > V_{IN}$ (最小值) 或 $V_{BAT} > V_{BAT}$ (最小值)			6.5	V
	短路电流限值			20		mA
<b>电池充电阈值</b>						
$V_{RCH}$	充电阈值	低于 $V_{(OREG)}$	100	120	150	mV
	抗尖峰脉冲时间	$V_{BAT}$ 下降至低于 $V_{RCH}$ 阈值		130		ms
<b>STAT输出</b>						
$V_{STAT(OL)}$	STAT输出低电平	$I_{STAT}=10\text{ mA}$			0.4	V
$I_{STAT(OH)}$	STAT高漏电流	$V_{STAT}=5\text{ V}$			1	$\mu\text{A}$
<b>电池检测</b>						
$I_{DETECT}$	在充电完成前的电池检测电流 (源电流) <sup>(6)</sup>	在检测到终止后开始, 且 $V_{BAT} \leq V_{OREG} - V_{RCH}$		-0.80		mA
$t_{DETECT}$	充电器检测时间			262		ms
<b>睡眠比较器</b>						
$V_{SLP}$	进入睡眠模式阈值、 $V_{BUS} - V_{BAT}$	$2.3\text{ V} \leq V_{BAT} \leq V_{OREG}$ 、 $V_{BUS}$ 下降	0	0.04	0.10	V
$V_{SLP\_EXIT}$	VBUS上升至高于 $V_{SLP} + V_{SLP\_EXIT}$ 的抗尖峰脉冲时间	上升电压		30		ms
<b>功率开关 (参见图3)</b>						
$R_{DS(ON)}$	Q3导通电阻 (VBUS至PMID)	$I_{IN(LIMIT)}=500\text{ mA}$		180	250	m $\Omega$
	Q1导通电阻 (PMID至SW)			130	225	
	Q2导通电阻 (SW至GND)			150	225	
<b>充电器PWM调制器</b>						
$f_{SW}$	振荡器频率		2.7	3.0	3.3	MHz



## 电气规格

若无其他说明：根据图1电路； $T_J$ 和 $T_A$ 的推荐工作温度范围；

$V_{BUS}=5.0\text{ V}$ ；HZ\_MODE；OPA\_MODE=0；（充电模式）；SCL、SDA、OTG=0或1.8 V；以及 $T_J=25^\circ\text{ C}$ 时的典型值。

符号	参数	工作条件	最小值	典型值	最大值	单位
$D_{MAX}$	最大占空比				100	%
$D_{MIN}$	最小占空比			0		%
$I_{SYNC}$	同步至异步电流截止阈值 <sup>(6)</sup>	低端MOSFET (Q2) 逐周期限流		140		mA

接下页

### 升压模式操作 (OPA\_MODE=1, HZ\_MODE=0)

$V_{BOOST}$	VBUS上的升压输出电压	$2.5\text{ V} < V_{BAT} < 4.5\text{ V}$ , $I_{LOAD}$ 从0至200 mA	4.80	5.07	5.17	V
		$2.7\text{ V} < V_{BAT} < 4.5\text{ V}$ , $I_{LOAD}$ 从0至200 mA	4.85	5.07	5.17	
$I_{BAT(BOOST)}$	升压模式静态电流	PFM模式、 $V_{BAT}=3.6\text{ V}$ 、 $I_{OUT}=0$		140	300	$\mu\text{A}$
$I_{LIMPK(BST)}$	Q2峰值限流		1100	1380	1660	mA
$UVLO_{BST}$	升压操作的最低电池电压	当升压有效时		2.42		V
		启动升压调节器		2.58	2.70	

### VBUS负载电阻

$R_{VBUS}$	VBUS至PGND电阻	正常运行		1500		$\text{K}\Omega$
		充电器验证		100		$\Omega$

### 保护和计时器

$VBUS_{OVP}$	VBUS过压关断	$V_{BUS}$ 上升	6.09	6.29	6.49	V
	滞环	$V_{BUS}$ 下降		100		mV
$I_{LIMPK(CHG)}$	Q1逐周期峰值限流	充电模式		2.3		A
$V_{SHORT}$	电池短路阈值	$V_{BAT}$ 上升	1.95	2.00	2.05	V
	滞环	$V_{BAT}$ 下降		100		
$I_{SHORT}$	线性充电电流	$V_{BAT} < V_{SHORT}$	20	30	40	mA
$T_{SHUTDOWN}$	热关断阈值 <sup>(7)</sup>	$T_J$ 上升		145		$^\circ\text{ C}$
	滞环 <sup>7</sup>	$T_J$ 下降		10		
$T_{CF}$	热调节阈值 <sup>(7)</sup>	充电电流开始降低		120		$^\circ\text{ C}$
$t_{INT}$	检测间隔			2.1		s
$t_{32S}$	32秒计时器 <sup>(8)</sup>	充电器使能	20.5	25.2	28.0	s
		充电器禁用	18.0	25.2	34.0	
$t_{15MIN}$	15分钟计时器	15分钟模式 (FAN5400、FAN5402、FAN5404、FAN5405)	12.0	13.5	15.0	最小值
$\Delta t_{LF}$	低频计时器精度	充电器不工作	-25		25	%

### 说明：

- 负电流时指从电池流向 $V_{BUS}$ 的电流（电池放电）。
- Q2始终开启60 ns，然后当电流低于 $I_{SYNC}$ 时关闭。
- 由设计保证；未经产品测试。
- 该容许度(%)适用于IC上所有的计时器，包括软启动和抗尖峰脉冲计时器。

I<sup>2</sup>C时序规格

设计保证。

符号	参数	工作条件	最小值	典型值	最大值	单位
f <sub>SCL</sub>	SCL 时钟频率	标准模式			100	kHz
		快速模式			400	
		高速模式, C <sub>b</sub> ≤ 100 pF			3400	
		高速模式, C <sub>b</sub> ≤ 400 pF			1700	
t <sub>BUF</sub>	在STOP和START条件之间的总线空闲时间	标准模式		4.7		μs
		快速模式		1.3		
t <sub>HD:STA</sub>	START或重复起始保持时间	标准模式		4		μs
		快速模式		600		ns
		高速模式		160		ns
t <sub>LOW</sub>	SCL 低电平时间	标准模式		4.7		μs
		快速模式		1.3		μs
		高速模式, C <sub>b</sub> ≤ 100 pF		160		ns
		高速模式, C <sub>b</sub> ≤ 400 pF		320		ns
t <sub>HIGH</sub>	SCL高电平时间	标准模式		4		μs
		快速模式		600		ns
		高速模式, C <sub>b</sub> ≤ 100 pF		60		ns
		高速模式, C <sub>b</sub> ≤ 400 pF		120		ns
t <sub>SU:STA</sub>	重复START建立时间	标准模式		4.7		μs
		快速模式		600		ns
		高速模式		160		ns
t <sub>SU:DAT</sub>	数据建立时间	标准模式		250		ns
		快速模式		100		
		高速模式		10		
t <sub>HD:DAT</sub>	数据保持时间	标准模式	0		3.45	μs
		快速模式	0		900	ns
		高速模式, C <sub>b</sub> ≤ 100 pF	0		70	ns
		高速模式, C <sub>b</sub> ≤ 400 pF	0		150	ns
t <sub>RCL</sub>	SCL 上升时间	标准模式	20+0.1C <sub>b</sub>		1000	ns
		快速模式	20+0.1C <sub>b</sub>		300	
		高速模式, C <sub>b</sub> ≤ 100 pF		10	80	
		高速模式, C <sub>b</sub> ≤ 400 pF		20	160	
t <sub>FCL</sub>	SCL 下降时间	标准模式	20+0.1C <sub>b</sub>		300	ns
		快速模式	20+0.1C <sub>b</sub>		300	
		高速模式, C <sub>b</sub> ≤ 100 pF		10	40	
		高速模式, C <sub>b</sub> ≤ 400 pF		20	80	
t <sub>RDA</sub> t <sub>RCL1</sub>	SDA上升时间 在Repeated START条件 下及ACK位后的SCL上升时间	标准模式	20+0.1C <sub>b</sub>		1000	ns
快速模式	20+0.1C <sub>b</sub>		300			
高速模式, C <sub>b</sub> ≤ 100 pF		10	80			
高速模式, C <sub>b</sub> ≤ 400 pF		20	160			

接下页

## I<sup>2</sup>C时序规格

设计保证。

符号	参数	工作条件	最小值	典型值	最大值	单位
t <sub>FDA</sub>	SDA 下降时间	标准模式	20+0.1C <sub>B</sub>		300	ns
		快速模式	20+0.1C <sub>B</sub>		300	
		高速模式, C <sub>B</sub> ≤ 100 pF		10	80	
		高速模式, C <sub>B</sub> ≤ 400 pF		20	160	
t <sub>SU:STO</sub>	停止条件建立时间	标准模式		4		μs
		快速模式		600		ns
		高速模式		160		ns
C <sub>B</sub>	SDA、SCL的电容负载				400	pF

## 时序图

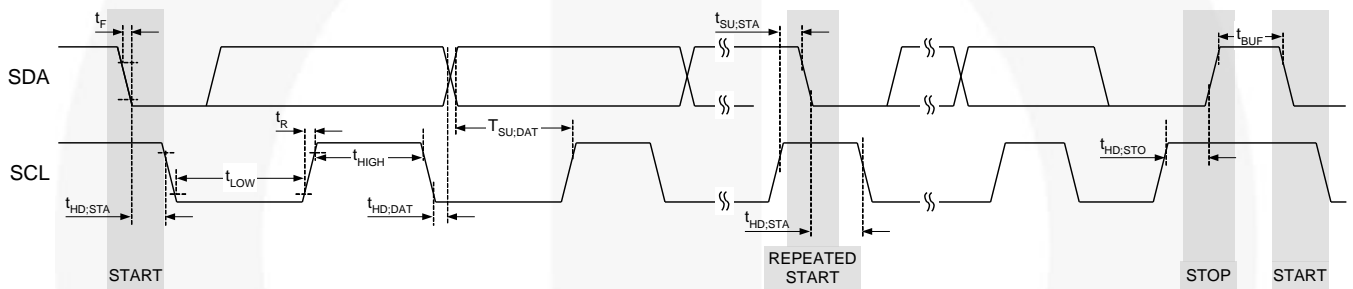
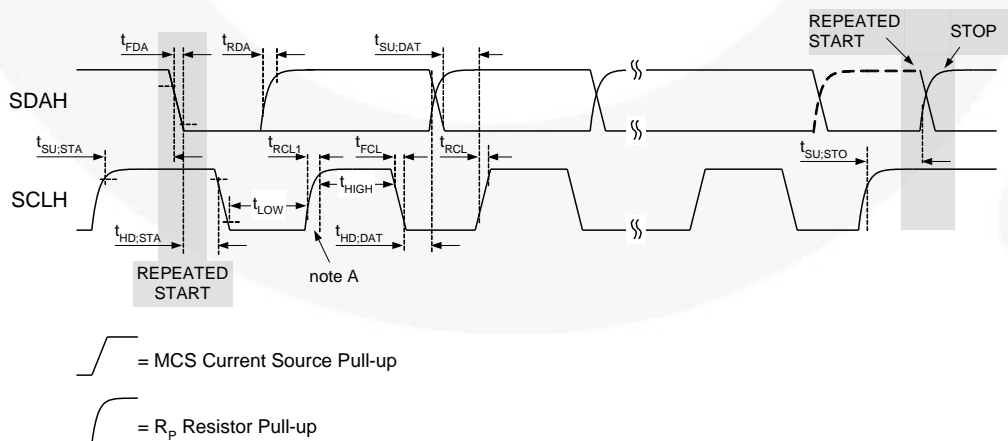


图5. 快速和慢速模式的I<sup>2</sup>C接口时序



Note A: First rising edge of SCLH after Repeated Start and after each ACK bit.

图6. 适用于高速模式的I<sup>2</sup>C接口时序

## 充电模式典型特征

若无其他说明, 电路中图1  $V_{\text{REG}}=4.2\text{ V}$ 、 $V_{\text{BUS}}=5.0\text{ V}$ 且 $T_A=25^\circ\text{ C}$ 。

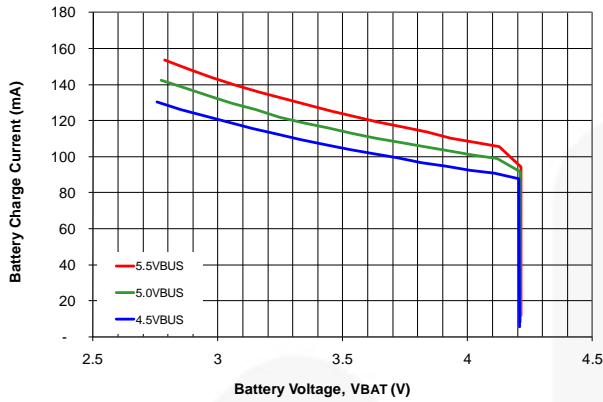


图7. 电池充电电流与 $V_{\text{BUS}}$ ,  $I_{\text{INLIM}}=100\text{ mA}$

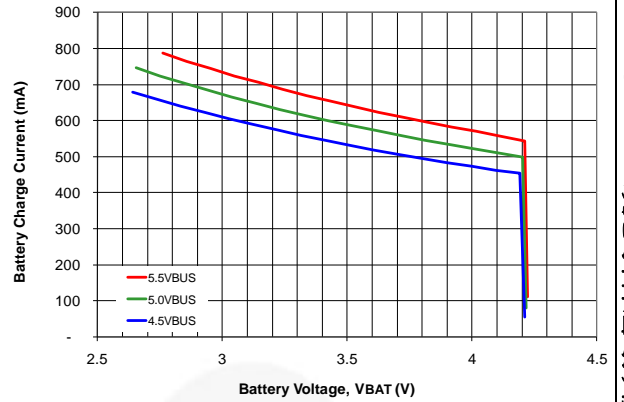


图8. 电池充电电流与 $V_{\text{BUS}}$ ,  $I_{\text{INLIM}}=500\text{ mA}$

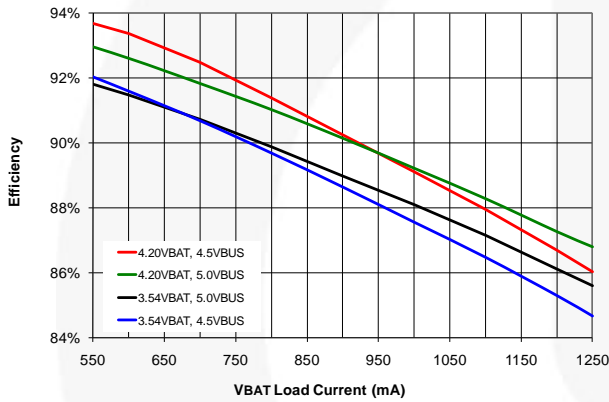


图9. 充电效率, 无 $I_{\text{INLIM}}$ ,  $I_{\text{OCHARGE}}=1250\text{ mA}$

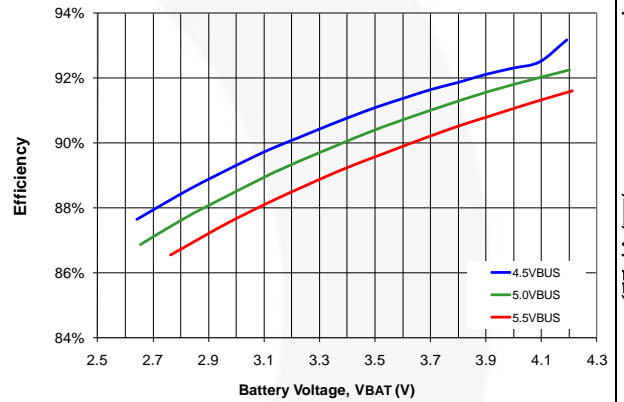


图10. 充电效率与 $V_{\text{BUS}}$ ,  $I_{\text{INLIM}}=500\text{ mA}$

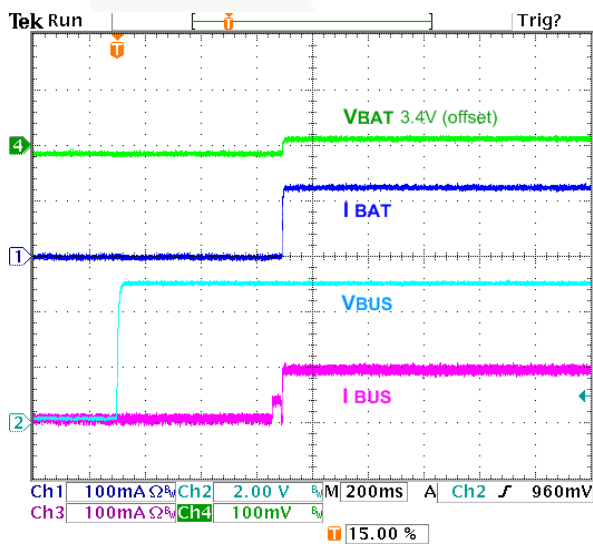


图11.  $V_{\text{BUS}}$ 插入时, 自动充电启动,  $I_{\text{INLIM}}=100\text{ mA}$ 、 $\text{OTG}=1$ 、 $V_{\text{BAT}}=3.4\text{ V}$

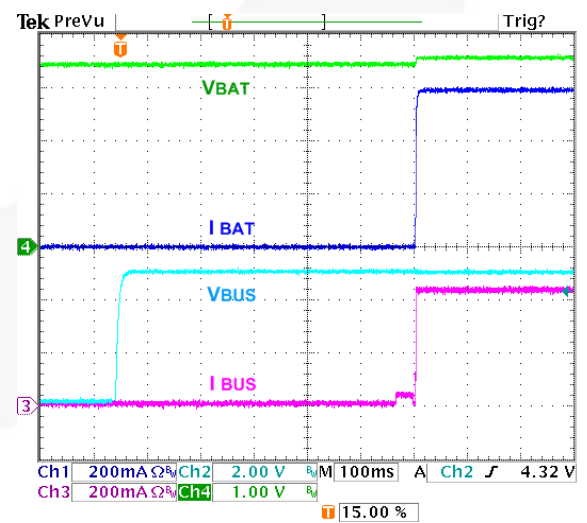


图12.  $V_{\text{BUS}}$ 插入时, 自动充电启动,  $I_{\text{INLIM}}=500\text{ mA}$ 、 $\text{OTG}=1$ 、 $V_{\text{BAT}}=3.4\text{ V}$

## 充电模式典型特征

若无其他说明，电路中图1  $V_{OREG}=4.2\text{ V}$ 、 $V_{BUS}=5.0\text{ V}$ 且 $T_A=25^\circ\text{ C}$ 。

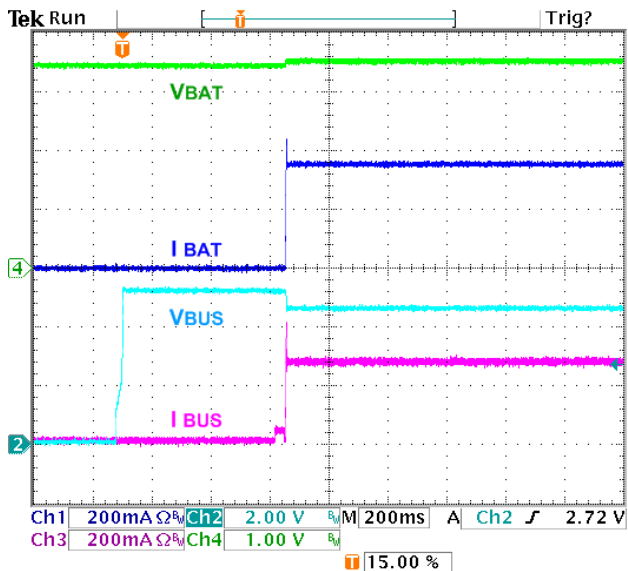


图13. 自动充电启动，限值充电器/整流器为300mA， $I_{INLIM}=50\text{ mA}$ ， $OTG=1$ ， $V_{BAT}=3.4\text{ V}$

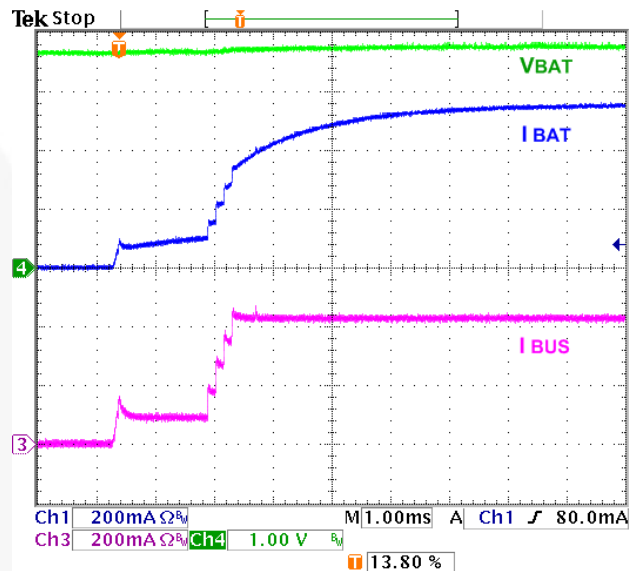


图14. HZ\_MODE位复位时，充电器启动， $I_{INLIM}=500\text{ mA}$ ， $I_{OCHARGE}=950\text{ mA}$ ， $OREG=4.2\text{ V}$ ， $V_{BAT}=3.6\text{ V}$

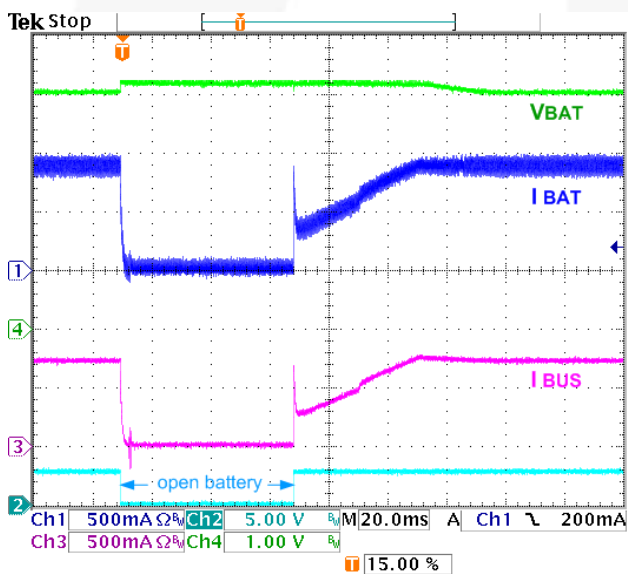


图15. 移除电池/充电时插入， $V_{BAT}=3.9\text{ V}$ ， $I_{OCHARGE}=950\text{ mA}$ ，无 $I_{INLIM}$ ， $TE=0$

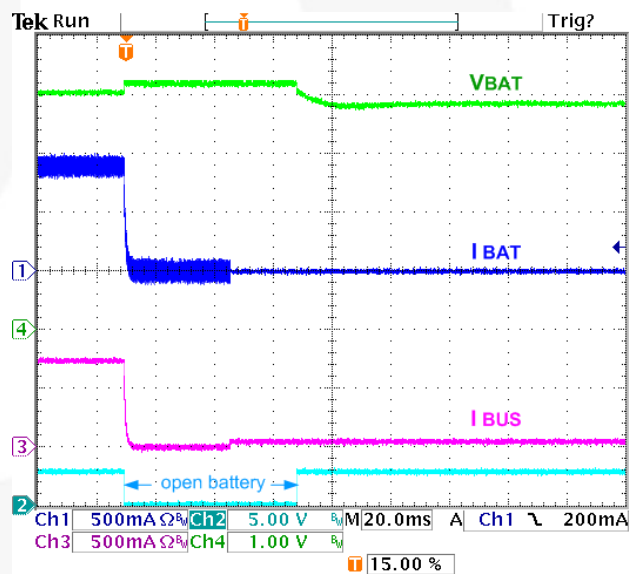


图16. 移除电池/充电时插入， $V_{BAT}=3.9\text{ V}$ ， $I_{OCHARGE}=950\text{ mA}$ ，无 $I_{INLIM}$ ， $TE=1$

## 充电模式典型特征

若无其他说明，电路中图1  $V_{OREG}=4.2\text{ V}$ 、 $V_{BUS}=5.0\text{ V}$ 且 $T_A=25^\circ\text{ C}$ 。

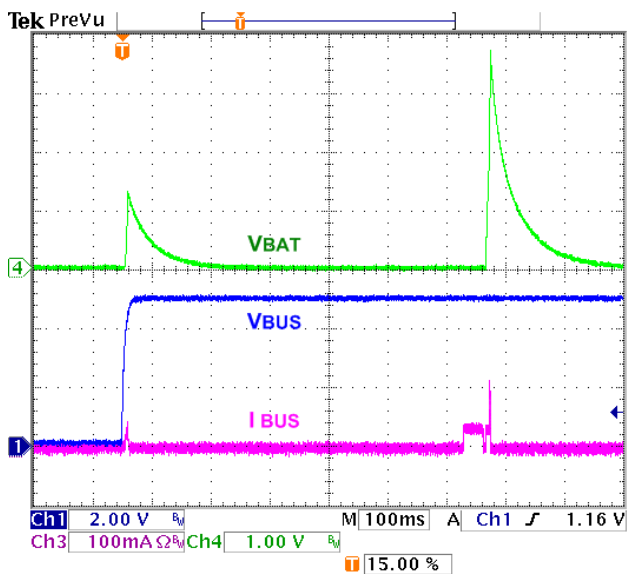


图17.  $V_{BUS}$ 上电时无电池; FAN5400、FAN5403

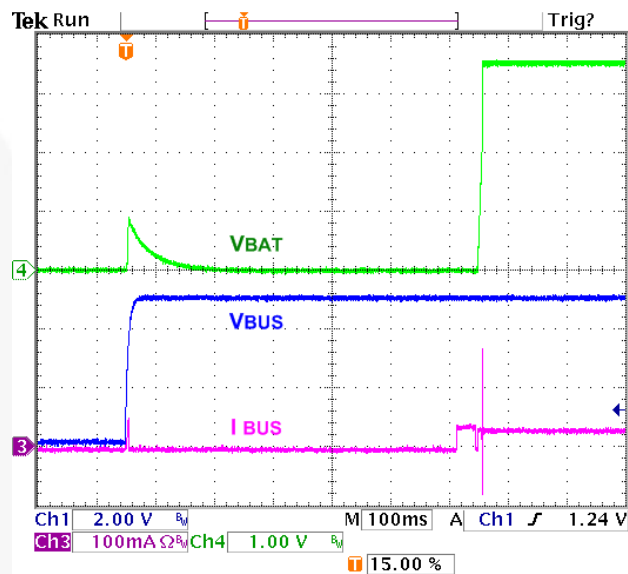


图18.  $V_{BUS}$ 上电时无电池; FAN5402、FAN5405

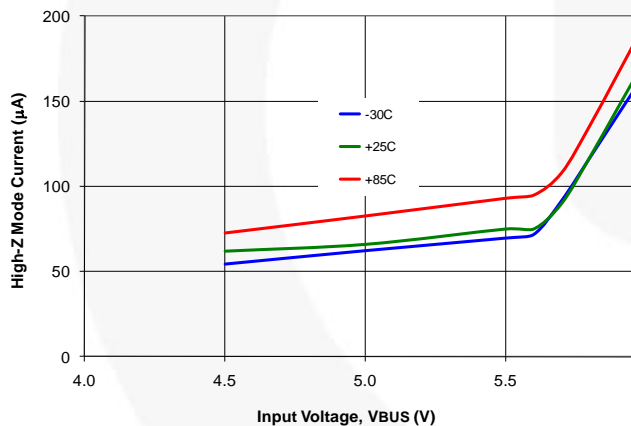


图19. 电池开路、高阻抗模式下的VBUS电流

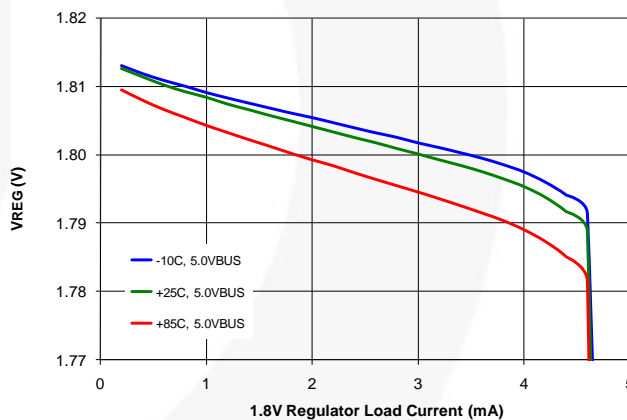


图20.  $V_{REG}$  1.8V输出调节

## 升压模式典型特征

若无其他说明, 采用图1电路,  $V_{BAT}=3.6\text{ V}$ 、 $T_A=25^\circ\text{ C}$ 。

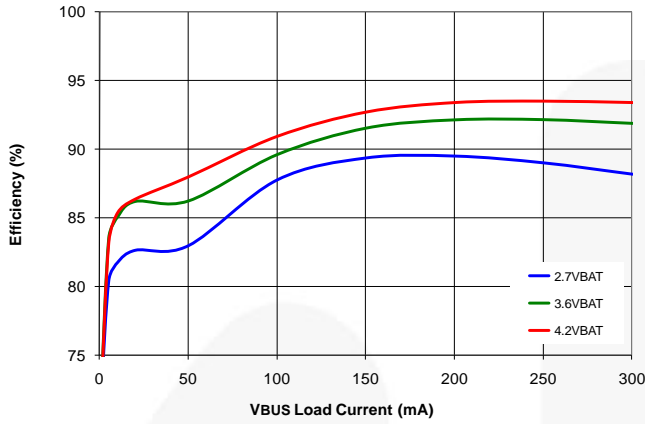


图21. 效率和 $V_{BAT}$

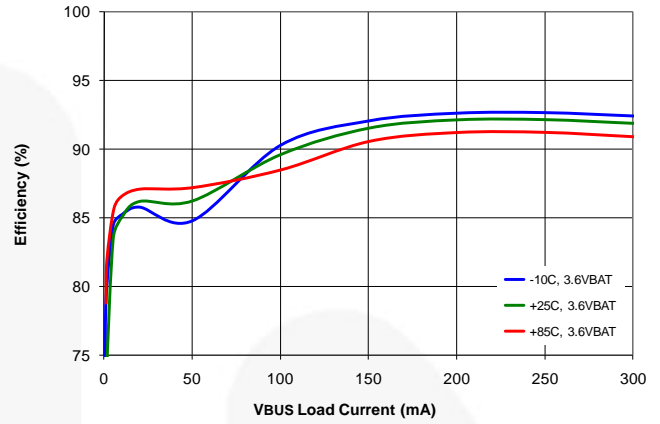


图22. 温度范围内的效率

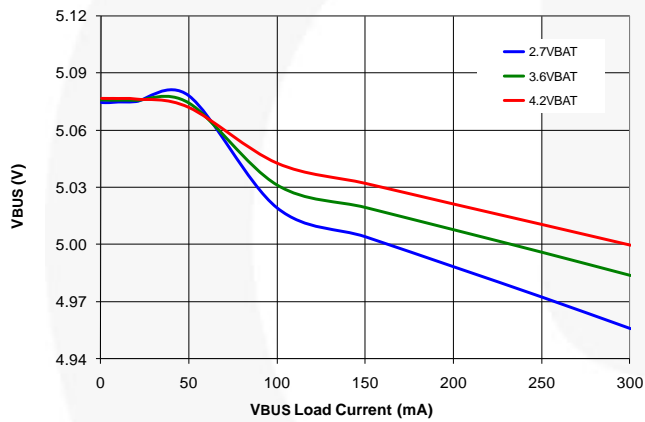


图23. 输出调节和 $V_{BAT}$

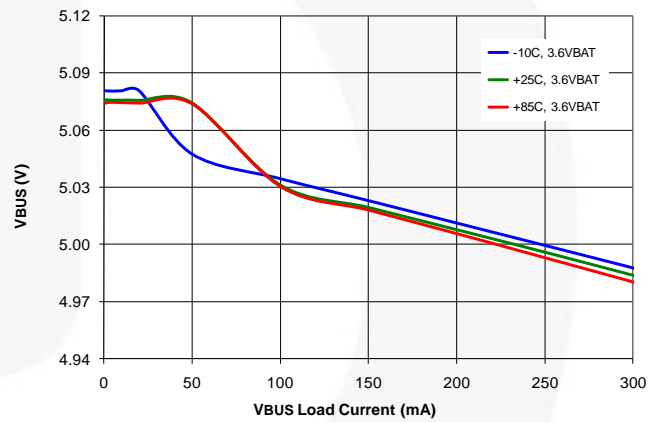


图24. 温度范围内的输出调节

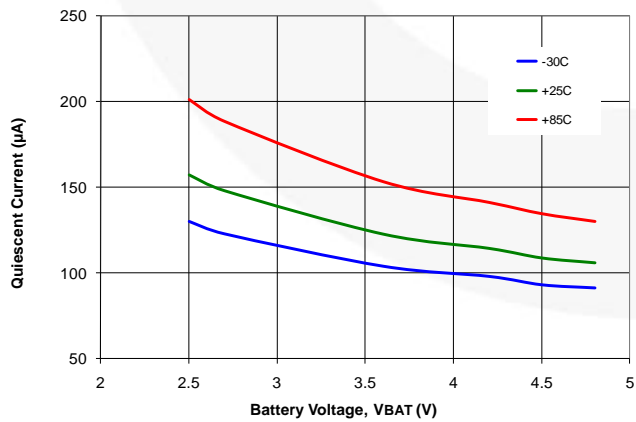


图25. 静态电流

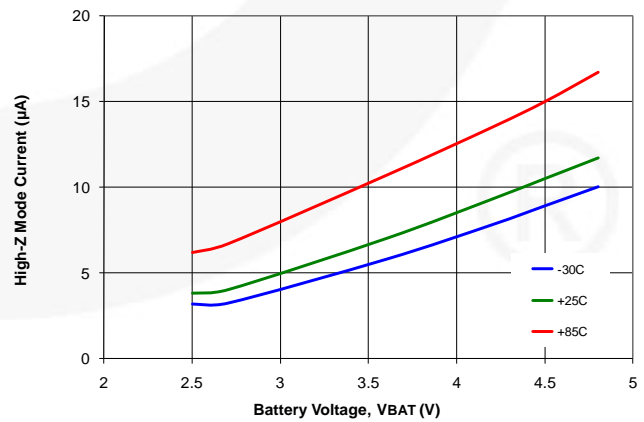


图26. 高阻抗模式电池电流

## 升压模式典型特征

若无其他说明, 采用图1电路,  $V_{BAT}=3.6V$ 、 $T_A=25^{\circ}C$ 。

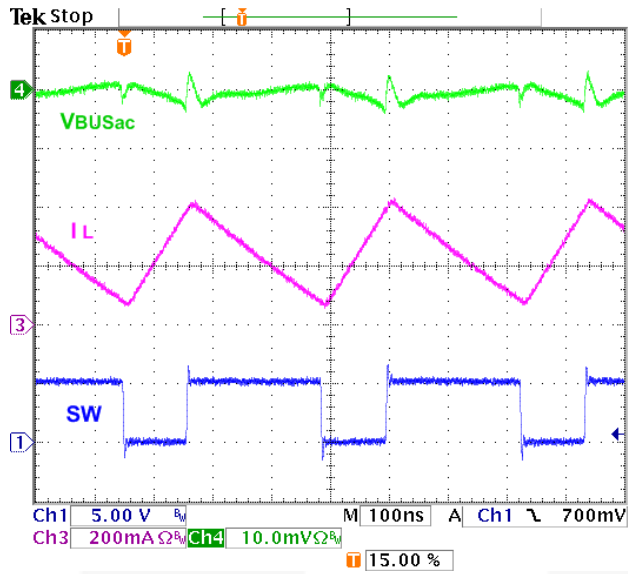


图27. 升压PWM波形

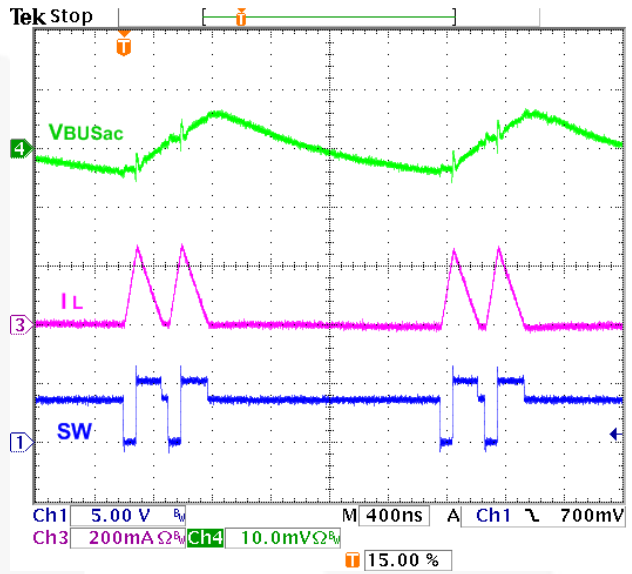


图28. 升压PFM波形

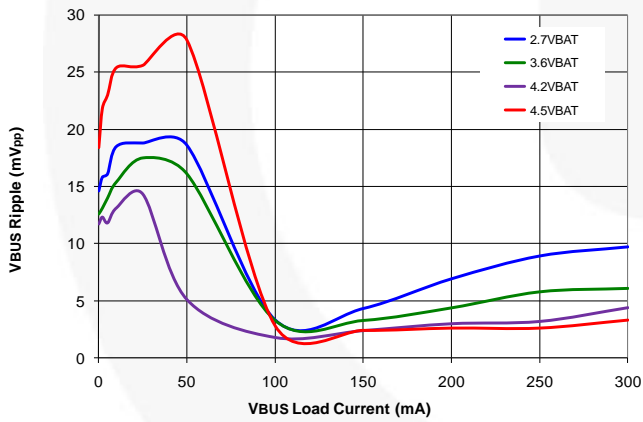


图29. 输出波纹和 $V_{BAT}$

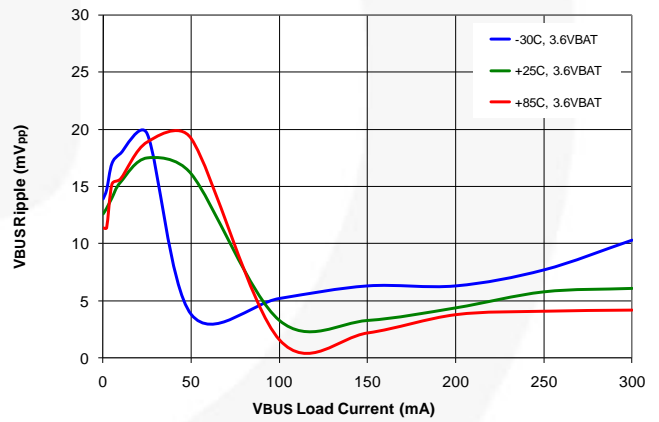


图30. 输出波纹和温度



## 升压模式典型特征

若无其他说明, 采用图1电路,  $V_{BAT}=3.6\text{ V}$ 、 $T_A=25^\circ\text{ C}$ 。

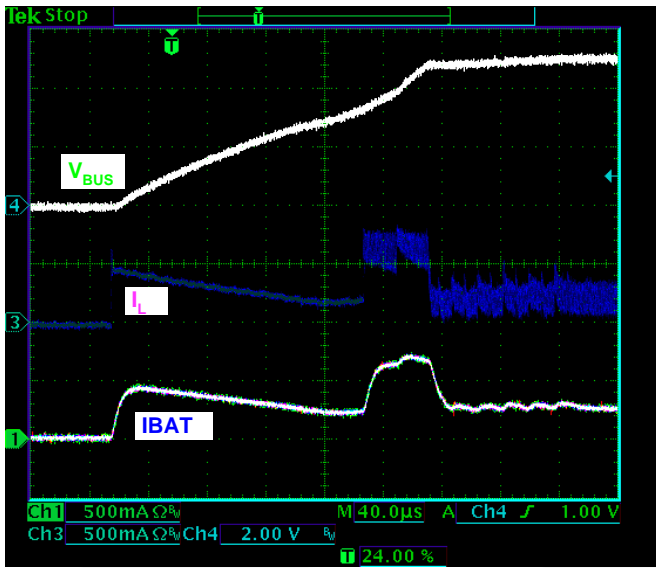


图31. 启动,  $3.6\text{ V}_{BAT}$ 、 $44\ \Omega$ 负载、额外 $10\ \mu\text{F}$ 、X5R通过 $V_{BUS}$

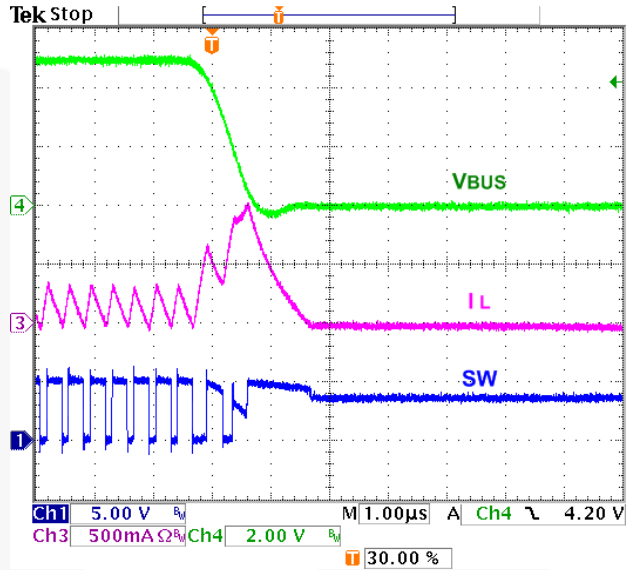


图32.  $V_{BUS}$ 故障响应、 $3.6\text{ V}_{BAT}$

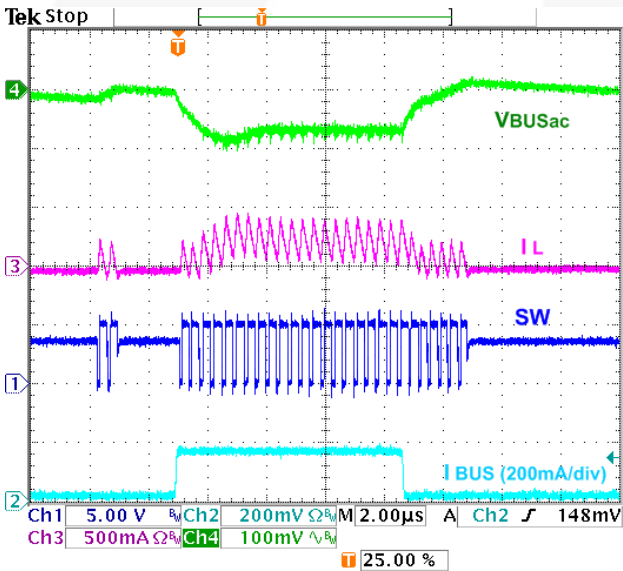


图33. 负载瞬变,  $5\text{--}155\text{--}5\text{ mA}$ 、 $t_r=t_f=100\text{ ns}$

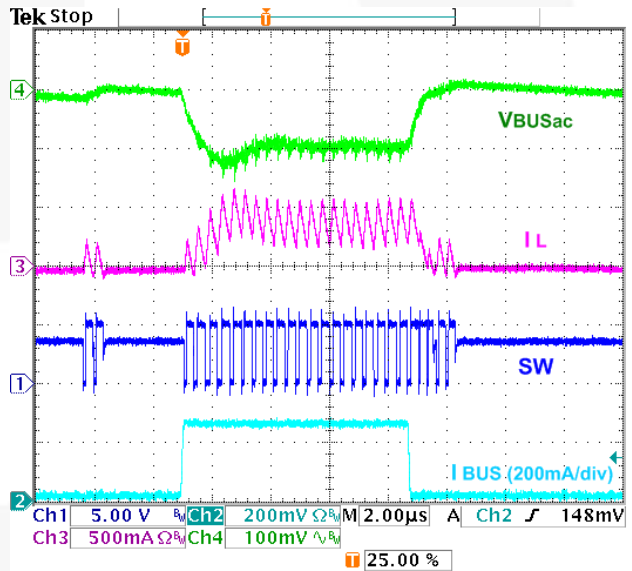


图34. 负载瞬变,  $5\text{--}255\text{--}5\text{ mA}$ 、 $t_r=t_f=100\text{ ns}$

## 电路描述/概述

当充电电池具有限流输入源时，如USB，开关充电器在宽输出电压范围内的高效率最大限度地缩短了充电时间。

FAN540X结合高度集成的同步降压调节器，使用同步升压调节器充电，可为USB On-The-Go (OTG)外设提供5V的电压。调节器针对充电器和升压调节器同时采用同步整流，以在不同的电池电压和充电状态下保持高效。

FAN540X有三种工作模式：

1. 充电模式：  
为单节锂离子或锂聚合物电池充电。
2. 升压模式：  
使用以电池作为输入的集成同步整流升压调节器为USB-OTG提供5V电压。
3. 高阻抗模式：  
升压和充电电路在该模式下均为关闭状态。。  
在该模式下，从VBUS流向电池或从电池流向VBUS的电流被截断。该模式仅从VBUS或电池中消耗极少的电流。

注意： 缺省设置采用**粗字体**表示。

## 充电模式

在充电模式下，FAN540X采用四个调节环路：

1. 输入电流：**限制从VBUS输出的电流大小。**  
该电流从内部感测，可通过I<sup>2</sup>C接口进行编程。
2. 充电电流：**限制最大充电电流。**  
该电流采用外部R<sub>SENSE</sub>电阻进行感测。
3. 充电电压：**防止调节器超过该电压。**  
当内部电池电压上升时，电池的**内部电阻和R<sub>SENSE</sub>互相配合**，与充电电压调节器一起降低流入电池的电流大小。  
当通过R<sub>SENSE</sub>的电压低于I<sub>TERM</sub>阈值时，充电完成。
4. 温度：  
如果IC的结温达到120° C，充电电流将持续降低，直到IC的温度稳定在120° C。

此外，FAN5403-05采用一个额外的环路，将VBUS上的压降限制在可编程的电压(V<sub>SP</sub>)，这是为了容纳“特殊充电器”，以便将电流限制在“普通”USB壁式充电器可提供的值。

## 电池充电曲线

如果电池电压低于V<sub>SHORT</sub>，线性电流源对电池进行预充电，直到V<sub>BAT</sub>达到V<sub>SHORT</sub>。

PWM充电电路将启动，如果有足够的输入功率，电池将采用恒定电流进行充电。电流压摆率将被限制，以防止过冲。

FAN540X旨在配合VBUS处的限流输入电源使用。

在充电的电流调节阶段，I<sub>INLIM</sub>或经过编程的充电电流限制了可用于对电池充电或为系统供电的电流大小。

I<sub>INLIM</sub>对I<sub>CHARGE</sub>的影响请见 图36。

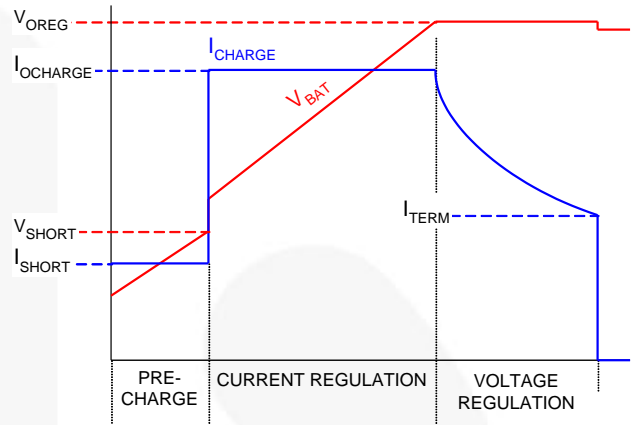


图35. 充电曲线，I<sub>CHARGE</sub>不受I<sub>INLIM</sub>限制

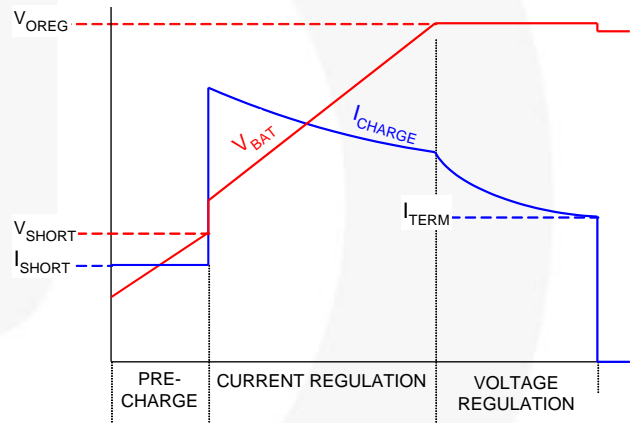


图36. 充电曲线，I<sub>INLIM</sub>限制I<sub>CHARGE</sub>

假设V<sub>OREG</sub>被编程到手机的全充电“浮动”电压，则电池使用PWM调节器来接受电流，将其输出（在VBAT处感测）限制到V<sub>OREG</sub>衰减值，且充电器进入充电电压调节阶段。

电流下降到已编程的I<sub>TERM</sub>值后，充电循环即完成。可通过复位TE位(REG1[3])来禁用充电电流终止。

可使用OREG位编程充电器输出或“浮动”电压，从3.5 V 到4.44 V，以20 mV为增量，如表3所示。

**表 3. OREG位(OREG[7:2])与充电器V<sub>out</sub>(V<sub>OREG</sub>)浮动电压**

十进制	HEX	VOREG	十进制	HEX	VOREG
0	00	3.50	32	20	4.14
1	01	3.52	33	21	4.16
2	02	3.54	34	22	4.18
3	03	3.56	35	23	4.20
4	04	3.58	36	24	4.22
5	05	3.60	37	25	4.24
6	06	3.62	38	26	4.26
7	07	3.64	39	27	4.28
8	08	3.66	40	28	4.30
9	09	3.68	41	29	4.32
10	0A	3.70	42	2A	4.34
11	0B	3.72	43	2B	4.36
12	0C	3.74	44	2C	4.38
13	0D	3.76	45	2D	4.40
14	0E	3.78	46	2E	4.42
15	0F	3.80	47	2F	4.44
16	10	3.82	48	30	4.44
17	11	3.84	49	31	4.44
18	12	3.86	50	32	4.44
19	13	3.88	51	33	4.44
20	14	3.90	52	34	4.44
21	15	3.92	53	35	4.44
22	16	3.94	54	36	4.44
23	17	3.96	55	37	4.44
24	18	3.98	56	38	4.44
25	19	4.00	57	39	4.44
26	1A	4.02	58	3A	4.44
27	1B	4.04	59	3B	4.44
28	1C	4.06	60	3C	4.44
29	1D	4.08	61	3D	4.44
30	1E	4.10	62	3E	4.44

以下充电参数可使用主机，通过I<sup>2</sup>C进行编程

**表 4 可编程充电参数**

参数	名称	寄存器
输出电压调节	V <sub>OREG</sub>	REG2[7:2]
电池充电限流	I <sub>CHRG</sub>	REG4[6:4]
电流限值最小值	I <sub>INLIM</sub>	REG1[7:6]
充电终止限制	I <sub>TERM</sub>	REG4[2:0]
电池电压不足	V <sub>LOWV</sub>	REG1[5:4]

出现以下情况之一时，会开始新的充电循环：

- 电池电压低于V<sub>OREG</sub> - V<sub>RCH</sub>
- VBUS “上电复位”(POR)清零，且电池电压低于电池低电压阈值(V<sub>LOWV</sub>)。除FAN5401外，所有型号都是如此。
- CE或HZ\_MODE通过I<sup>2</sup>C写入CONTROL1 (R1)寄存器来复位。

**充电电流限值(I<sub>CHARGE</sub>)**

**表 5. I<sub>CHARGE</sub> (REG4 [6:4]) 电流与I<sub>CHARGE</sub>位和R<sub>SENSE</sub>电阻值成函数关系**

十二月	BIN	HEX	V <sub>RSENSE</sub> (mV)	I <sub>CHARGE</sub> (mA)	
				68 mΩ	100 mΩ
0	000	00	37.4	550	374
1	001	01	44.2	650	442
2	010	02	51.0	750	510
3	011	03	57.8	850	578
4	100	04	64.6	950	646
5	101	05	71.4	1050	714
6	110	06	78.2	1150	782
7	111	07	85.0	1250	850

**终止电流限值**

TE (REG1[3])=1时，电流充电终止使典型的终止电流值在表6中给出。

**表6. I<sub>TERM</sub>电流与I<sub>TERM</sub>位 (REG4[2:0])和R<sub>SENSE</sub>电阻值成函数关系**

I <sub>TERM</sub>	FAN5400 - FAN5402				FAN5403 - FAN5405			
	V <sub>RSENSE</sub> (mV)	I <sub>TERM</sub>		V <sub>RSENSE</sub> (mV)	I <sub>TERM</sub>			
		68 mΩ	100 mΩ		68 mΩ	100 mΩ		
0	3.4	50	34	3.3	49	33		
1	6.8	100	68	6.6	97	66		
2	10.2	150	102	9.9	146	99		
3	13.6	200	136	13.2	194	132		
4	17.0	250	170	16.5	243	165		
5	20.4	300	204	19.8	291	198		
6	23.8	350	238	23.1	340	231		
7	27.2	400	272	26.4	388	264		

充电电流降至低于I<sub>TERM</sub>达到32 ms时；  
 PWM充电停止且STAT位变为READY (00)  
 约500 ms，同时IC会确定电池和充电源是否仍然连接。  
 STAT位随即改变为CHARGE DONE  
 (10)，前提是电池和充电器仍然连接。

## 处于充电模式的PWM控制器

IC使用电流模式的PWM控制器来调节输出电压和电池充电电流。同步整流器(Q2)有负的电流量值,会在140mA时关闭Q2,以防电流从电池流出。

## 安全计时器

此部分参考图。41和图。42。

充电开始时,IC会启动一个15分钟的计时器( $t_{15MIN}$ )。

此计时器超时后,充电终止。

通过I<sup>2</sup>C写入任何寄存器都会停止并复位 $t_{15MIN}$ 计时器,使其启动一个32秒计时器( $t_{32S}$ )。

设置TMR\_RST位(REG0[7])将复位 $t_{32S}$ 计时器。

如果 $t_{32S}$ 计时器超时,则充电终止,寄存器被设置为默认值,并使用这些默认值恢复充电,同时 $t_{15MIN}$ 计时器运行。

正常充电由主机控制,同时 $t_{32S}$

计时器运行,以确保主机处于活动状态。

运行 $t_{15MIN}$ 计时器的充电方式用于无主机监管情况下的充电。

如果 $t_{15MIN}$ 计时器超时,则IC关闭充电器,设置

CE位,并在FAULT位(REG0[2:0])上指示计时器故障(110)。

此序列在主机未能复位 $t_{32S}$ 计时器时防止过度充电。

## V<sub>BUS</sub> POR / 非兼容充电器抑制

当IC检测到V<sub>BUS</sub>已升高至超过 $V_{IN(MIN)1}$ (4.4 V),IC会施加一个110Ω的负载,从VBUS到GND。要清零VBUS

POR(上电复位)并开始充电,在IC启动充电之前,VBUS必须保持高于 $V_{IN(MIN)1}$ 并低于 $V_{BUS(OVP)}$ 达 $t_{VBUS\_VALID}$ (30 ms)。

VBUS验证序列始终发生在开始充电或重新开始充电前(例如,在VBUS OVP故障或V<sub>RCH</sub>重新充电启动后)。

$t_{VBUS\_VALID}$ 确保抑制未滤波的

50 / 60 Hz充电器及其他非兼容充电器。

## USB兼容引导序列

适于所有型号, FAN5401、FAN5404除外

在VBUS POR,当电池电压高于电池低阈值( $V_{LOW}$ )时,IC将根据其I<sup>2</sup>C寄存器设置操作。如果 $V_{BAT} < V_{LOW}$ ,则IC将所有寄存器设置为默认值,并使能使用输入电流量值的充电器,限值由OTG针(OTG为LOW时为100 mA,OTG为HIGH时为500 mA)控制。

此功能可恢复电压过低的电池,以确保可靠的主机操作。

充电过程在没有主机通讯的情况下持续进行,即使电池已达到 $V_{OREG}$ (默认值是3.54 V),充电器保持活动直到 $t_{15MIN}$ 超时。

主机处理器开始写入IC后,主机会立即设置充电参数,主机必须持续复位 $t_{32S}$ 计时器,以便使用已编程的充电参数继续充电。

。

如果 $t_{32S}$ 超时,则会载入寄存器默认值,FAULT位被设置为110,STAT变为高电平,且使用默认充电参数继续充电。

FAN5401和FAN5404在VBUS POR时不会自动启动充电。

相反,它们会等待主机通过I<sup>2</sup>C命令启动充电。

## 输入限流

为了最大限度地缩短充电时间且不让VBUS电流限制过载,可通过 $I_{INLIM}$ 位(REG1[7:6])对IC的输入限流进行编程。

表 7. 输入限流

$I_{INLIM}$ REG1[7:6]	电流限值最小值
00	100 mA
01	500 mA
10	800 mA
11	无限制

对于除FAN5401和FAN5404之外的所有型号,OTG针在 $t_{15MIN}$ 运行时确定了输入限流。

对于FAN5401和FAN5404,在VBUS POR时不会发生自动充电,因此输入限流由 $I_{INLIM}$ 位确定。

流程图

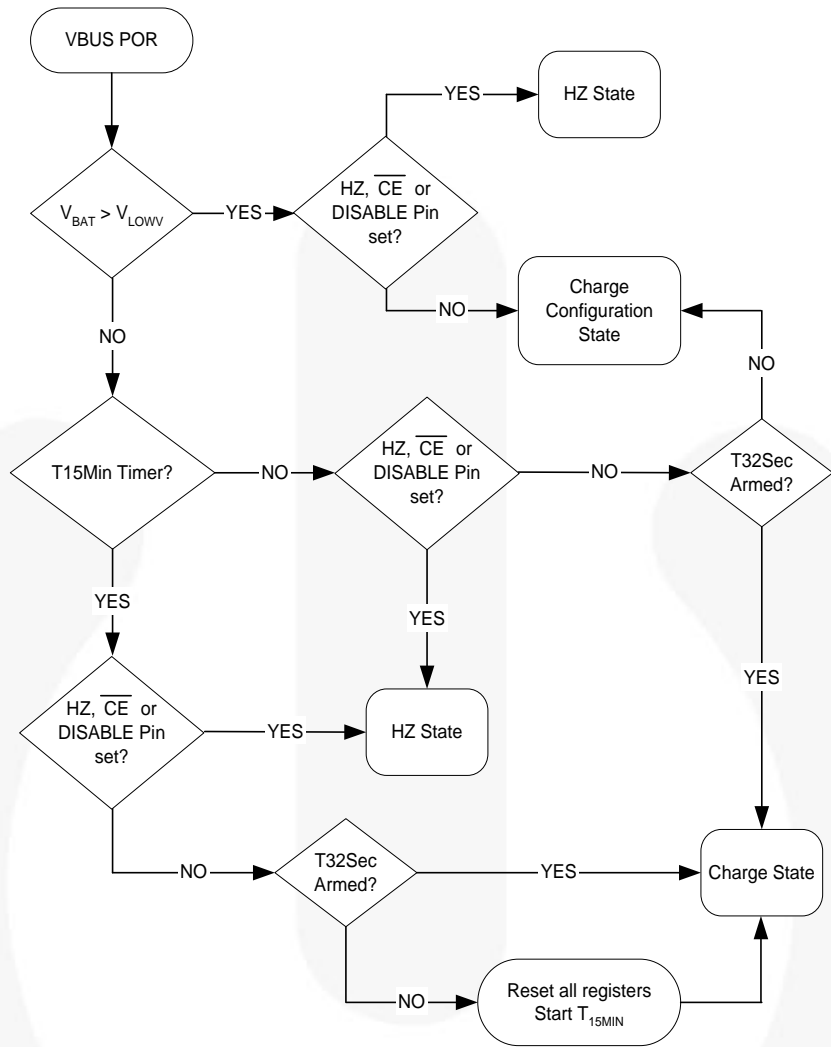


图37. 充电器VBUS POR

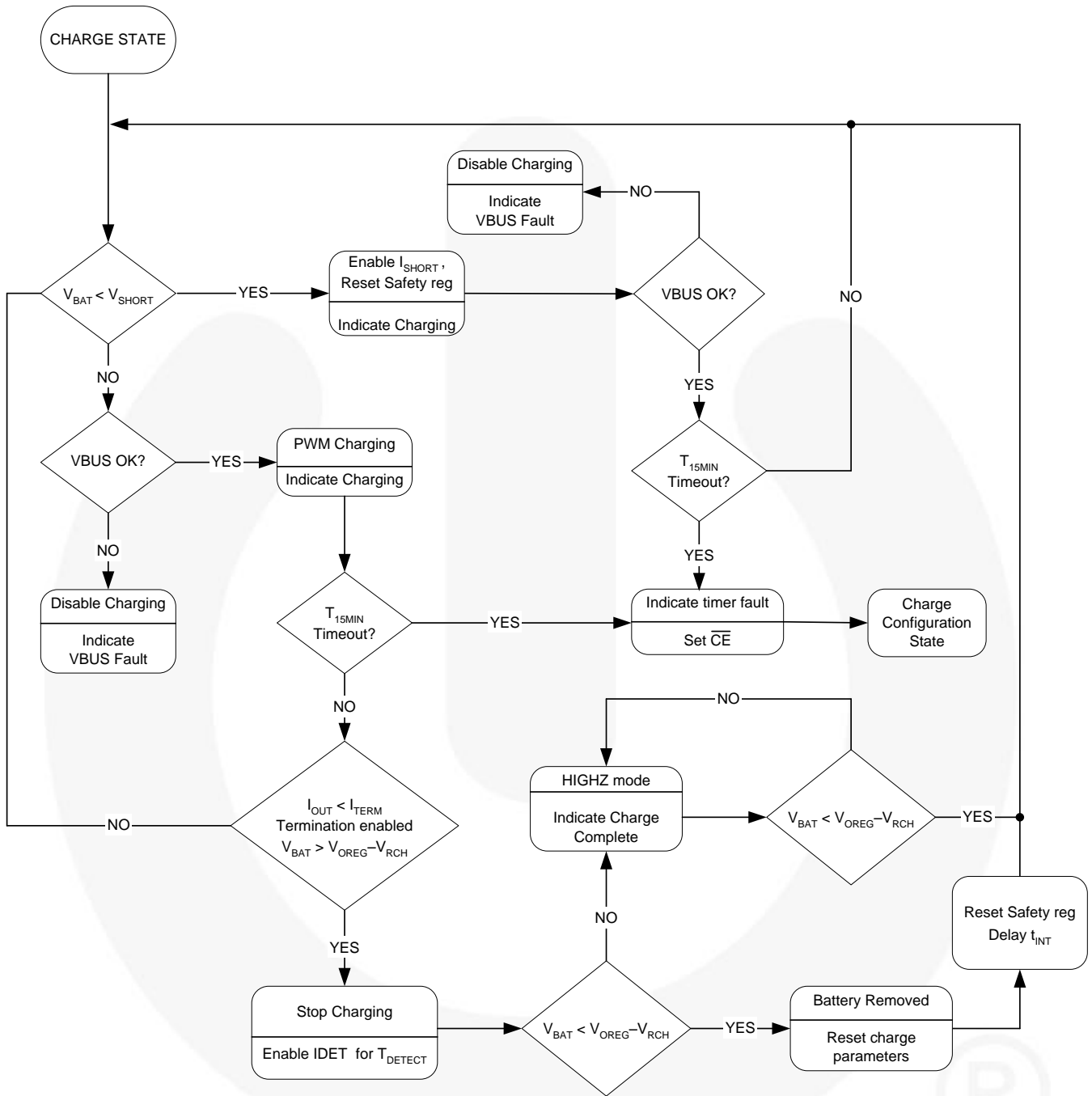


图38. 充电模式

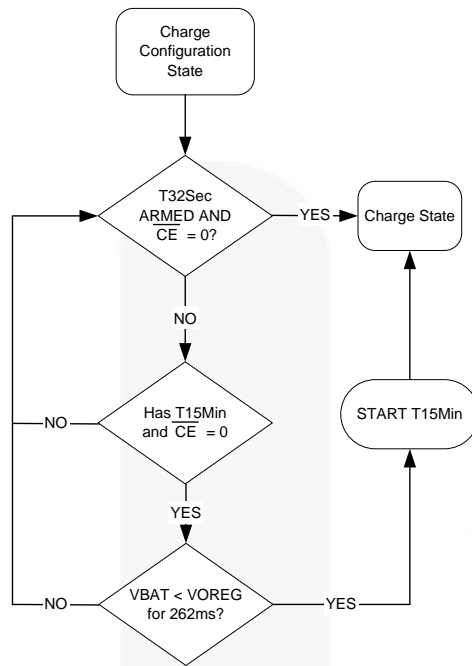


图39。 充电配置

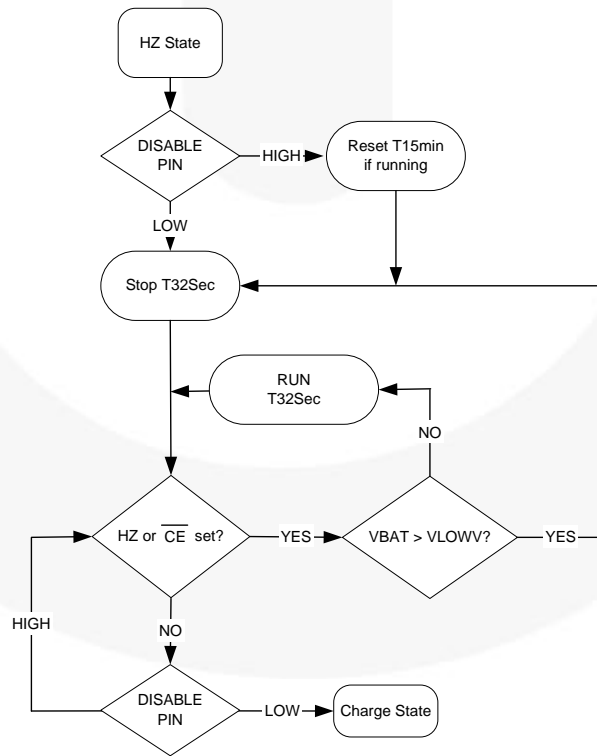


图40。 HZ-状态

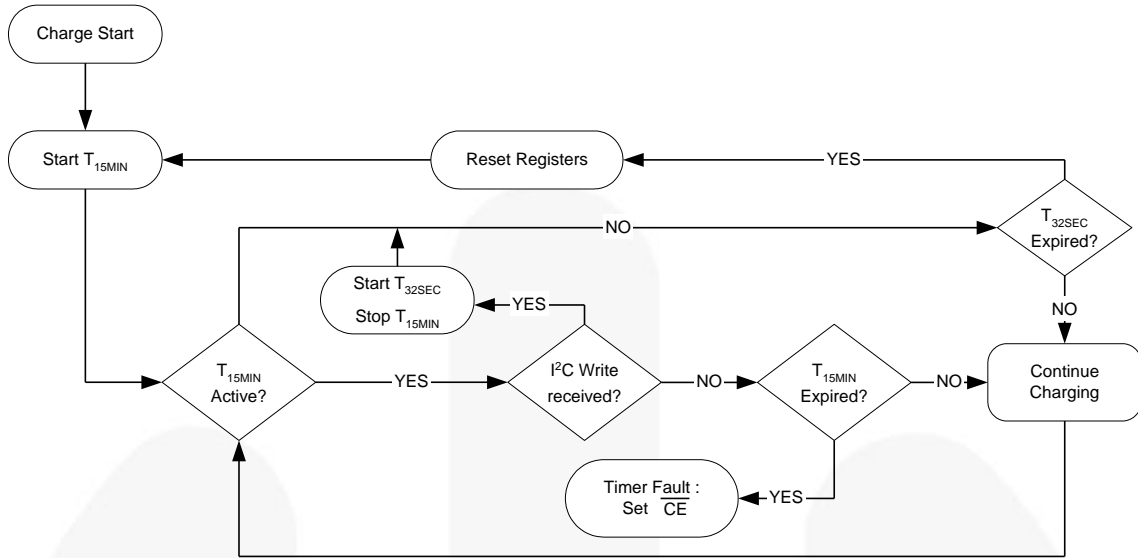


图. 41 FAN5400、FAN5402、FAN5403、FAN5405的计时器流程图

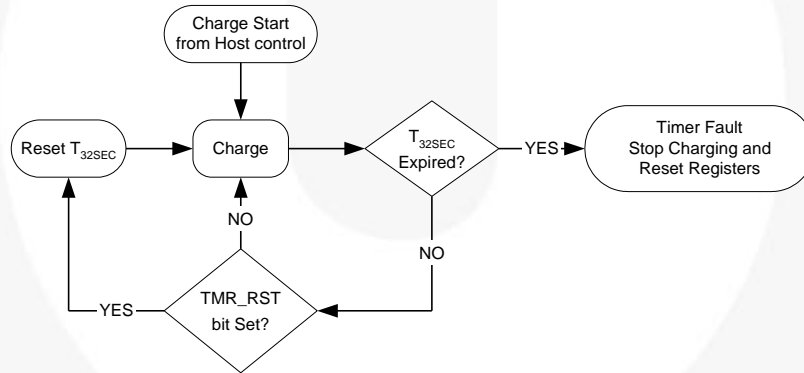


图. 42 FAN5401、FAN5404的计时器流程图



## 特殊充电器

FAN5403-05 仅限

如果VBUS是由电流受限的“特殊充电器”供电,则FAN5403、FAN5404和FAN5405具有额外的特殊功能来限制输入电流。FAN5403-05缓慢增加充电电流直到达到:

- $I_{INLIM}$ 或 $I_{OCHARGE}$
- 或
- $V_{BUS}=V_{SP}$ .

如果在电流逐渐增加时, $V_{BUS}$ 崩溃于 $V_{SP}$ ,则FAN5403-05使用可保持 $V_{BUS}=V_{SP}$ 的输入电流进行充电。在 $V_{SP}$ 控制环路限制充电电流时,SP位(REG5[4])被置位。

表 8.  $V_{SP}$ 与SP位(REG5[2:0])成函数关系

SP (REG5[2:0])			
DEC	BIN	HEX	$V_{SP}$
0	000	00	4.213
1	001	01	4.293
2	010	02	4.373
3	011	03	4.453
<b>4</b>	<b>100</b>	<b>04</b>	4.533
5	101	05	4.613
6	110	06	4.693
7	111	07	4.773

## 安全设置

仅限FAN5403-FAN5405

FAN5403-05含一个SAFETY寄存器(REG6),该寄存器防止OREG(REG2[7:2])和IOCHARGE(REG4[6:4])中的值超出VSAFE和ISAFE的值。

$V_{BAT}$ 超出 $V_{SHORT}$ 后,SAFETY寄存器会加载默认值,并只能在写入其他寄存器之前写入。

写入其他任何寄存器后,SAFETY寄存器被锁定,直到 $V_{BAT}$ 降至低于 $V_{SHORT}$ 。

ISAFE (REG6[6:4])和VSAFE (REG6[3:0])寄存器的确定值限制着控制逻辑使用的 $I_{OCHARGE}$ 和 $V_{OREG}$ 的最大值。

如果主机试图将高于VSAFE或ISAFE的值分别写入OREG或IOCHARGE,则VSAFE、ISAFE值分别作为OREG、IOCHARGE寄存器的值出现。

表9.  $I_{SAFE}$  ( $I_{OCHARGE}$ 限值)与ISAFE位(REG6[6:4])成函数关系

ISAFE (REG6[6:4])			$V_{SENSE}$ (mV)	$I_{SAFE}$ (mA)	
DEC	BIN	HEX		68 mΩ	100 mΩ
0	000	00	37.4	550	374
1	001	01	44.2	650	442
2	010	02	51.0	750	510
3	011	03	57.8	850	578
<b>4</b>	<b>100</b>	<b>04</b>	<b>64.6</b>	<b>950</b>	<b>646</b>
5	101	05	71.4	1050	714
6	110	06	78.2	1150	782
7	111	07	85.0	1250	850

表 10.  $V_{SAFE}$  ( $V_{OREG}$ 限值)与VSAFE位(REG6[3:0])成函数关系

VSAFE (REG6[3:0])			最大OREG (REG2[7:2])	VOREG最大值
DEC	BIN	HEX		
<b>0</b>	<b>0000</b>	<b>00</b>	<b>100011</b>	<b>4.20</b>
1	0001	01	100100	4.22
2	0010	02	100101	4.24
3	0011	03	100110	4.26
4	0100	04	100111	4.28
5	0101	05	101000	4.30
6	0110	06	101001	4.32
7	0111	07	101010	4.34
8	1000	08	101011	4.36
9	1001	09	101100	4.38
10	1010	0A	101101	4.40
11	1011	0B	101110	4.42
12	1100	0C	101111	4.44
13	1101	0D	110000	4.44
14	1110	0E	110001	4.44
15	1111	0F	110010	4.44

## 热调节和保护

当IC的结温达到 $T_{CF}$ (约120°C),充电器将其输出电流降低到50mA以防止过热。

如果温度升高至超过 $T_{SHUTDOWN}$ ;充电暂停,FAULT位设置为101,且STAT变为高电平。

在“暂停”模式中,所有计时器都停止,且IC的逻辑状态被保留。在芯片冷却到约120°C后,充电过程恢复到编程电流。

其余 $\theta_{JA}$ 数据点使用FAN540X评估板测量, 在表11中给出 (在 $T_A=25^\circ\text{C}$ 下测量)。

请注意, 随着功耗增加, 有效的 $\theta_{JA}$ 由于芯片温度与环境之间的较大差异而降低。

**表 11. FAN5400评估板测量 $\theta_{JA}$**

功率 (W)	$\theta_{JA}$
0.504	$54^\circ\text{C} / \text{W}$
0.844	$50^\circ\text{C} / \text{W}$
1.506	$46^\circ\text{C} / \text{W}$

## 充电模式输入电源保护

### 睡眠模式

当 $V_{BUS}$ 降至低于 $V_{BAT}$  +  $V_{SLP}$ , 且 $V_{BUS}$ 高于 $V_{IN(MIN)}$ 时, IC进入睡眠模式以防止电池泄入VBUS。在睡眠模式期间, 通过主体开关Q1来禁用反向电流。

### 输入电源低电压检测

IC在充电期间持续监控VBUS。如果 $V_{BUS}$ 降至低于 $V_{IN(MIN)}$ , 则IC:

1. 终止充电
2. 向STAT引脚发送脉冲, 将STAT位设置为11, 并将FAULT位设置为011。

如果 $V_{BUS}$ 恢复到高于 $V_{IN(MIN)}$ 升高阈值 (在时间 $t_{INT}$ 后, 约两秒), 则充电过程重复。

在IC连接到暂停的USB端口或者低电流能力的OTG设备时, 此功能防止USB电源总线崩溃或振荡。

### 输入过压检测

当 $V_{BUS}$ 超出 $V_{BUS\_OVPT}$ 时, IC:

1. 关闭Q3
2. 暂停充电
3. 将FAULT位设置为001, 将STAT位设置为11, 然后向STAT引脚发送脉冲。

当 $V_{BUS}$ 降至低于 $V_{BUS\_OVPT}$ 约150 mV时, 故障被清除且充电在 $V_{BUS}$ 被重新验证后恢复 (参见VBUS POR / 非兼容充电器抑制)。

### 充电时的VBUS短路

如果在IC充电时 (且 $I_{IN(LIM)}=100\text{ mA}$ ) VBUS因为非常低的阻抗而短路, 则IC可能无法达到数据表规格, 直到电源断开。

为了触发此条件, 必须以高压摆率将 $V_{BUS}$ 从5 V驱动到GND。

要获得此压摆率, 要求到USB电缆的短路为

0  $\Omega$ , 电缆与连接器的距离小于10cm。

## 充电模式电池检测和保护

### VBAT过压保护

移除电池后, OREG稳压环路防止 $V_{BAT}$ 过冲OREG电压的值超过50 mV。

当PWM充电器无电池运行时, TE位不会设置, 且插入的电池被充电至高于 $V_{OREG}$ 的电压; PWM脉冲停止。

如果30 ms内没有脉冲产生, 则IC将FAULT位设置为100, 将STAT位设置为11, 且向STAT引脚发送脉冲。

### 充电期间电池检测

设置终止位 (TE) 后, IC可检测电池是否存在或被移除。

正常充电期间,  $V_{BAT}$ 接近 $V_{OREG}$ 且检测到终止充电电流后, IC会立即终止充电并将STAT位设置为10。

然后它会启动放电电流 $I_{DETECT}$ , 时间达 $t_{DETECT}$ 。

如果 $V_{BAT}$ 仍然高于 $V_{OREG}$

$V_{RCH}$ , 则电池存在, IC将FAULT位设置为000。如果 $V_{BAT}$ 低于 $V_{OREG}$  -  $V_{RCH}$ , 则电池不存在, IC可执行以下操作:

1. 将寄存器设置为默认值。
2. 将FAULT位设置为111。
3. 在时间 $t_{INT}$ 后, 使用默认值恢复充电。

### 电池短路保护

如果电池电压低于短路阈值 ( $V_{SHORT}$ ), 则由一个线性电流源 $I_{SHORT}$ 供应 $V_{BAT}$ , 直到 $V_{BAT} > V_{SHORT}$ 。

### 上电期间电池检测

对于FAN5400和FAN5403

在VBUS

POR时, 5 k $\Omega$ 负载施加到VBAT, 时间达500 ms, 以便在电池不存在时, 排放任何残余系统电容。如果 $V_{BAT} < V_{SHORT}$ , 则开始线性充电。

当 $V_{BAT}$ 升至高于 $V_{SHORT}$ 时, PWM继续充电, 且浮动电压 (OREG) 临时设置为4 V。

如果电池电压在PWM充电开始后32 ms内超过3.7 V, 则电池不存在。如果检测到电池不存在:

1. 进入高阻抗模式。
2. 将FAULT位设置为111。
3.  $t_{15MIN}$ 计时器禁用, 直至移除VBUS。

如果 $V_{BAT}$ 在初始32 ms期间保持低于3.7 V, 则浮动电压返回OREG寄存器设置, 且PWM充电继续进行。

## 无电池系统运行

FAN5402和FAN5405在VBUS

POR后使用默认参数继续充电, 将 $V_{BAT}$ 线调节至3.54 V, 直到主机处理器发出命令或者15分钟计时器超时。

这样, FAN5402和FAN5405即可在无电池的情况下启动系统。

电池不存在时, FAN540X软启动功能会对系统电源造成干扰。只要 $V_{OREG}$ 、 $I_{IN(LIM)}$ 或 $I_{OCHARGE}$ 从较低值设置为较高值, 软启动功能就会激活。

软启动期间,  $I_{IN}$ 限值降至100 mA达约1 ms, 除非将 $I_{IN(LIM)}$ 设置为11 (无限值)。

这可能导致系统处理器无法启动。为避免此现象, 请使用以下操作序列。

1. 将OTG引脚设置为HIGH。  
插入VBUS后, 将 $I_{IN(LIM)}$ 设置为500 mA, 直到系统处理器上电并可通过 $I^2C$ 设置参数。
2. 编程安全寄存器。
3. 将 $I_{IN(LIM)}$ 设置为11 (无限值)。
4. 将OREG设置为所需值 (一般为4.18)。
5. 复位IOLEVEL位, 然后设置IOCHARGE。
6. 如果连接USB电源, 将 $I_{IN(LIM)}$ 设置为500mA。

系统初始启动期间，对充电器IC进行编程时，在步骤4和5期间，系统电流被限制于325 mA达1ms。这是软启动I<sub>CHARGE</sub>电流的值，此值在I<sub>INLIM</sub>设置为“无限制”时使用。

如果系统在没有电池的情况下上电，则应设置CV位。插入电池后，CV位清零。

### 充电器状态/故障状态

STAT引脚指示IC的工作条件，并提供中断驱动系统的故障指示器。

**表 12 STAT引脚功能**

EN_STAT	充电状态	STAT引脚
0	X	打开
X	正常条件	打开
1	充电	低
X	故障 (充电或升压)	128μs，脉冲 然后OPEN

FAULT位(R0[2:0])指示“充电模式”中的故障类型(参见表13)。

**表 13. 充电模式期间的故障状态位**

故障位			故障描述
B2	B1	B0	
0	0	0	正常(无故障)
0	0	1	VBUS OVP
0	1	0	睡眠模式
0	1	1	输入源不佳
1	0	0	电池OVP
1	0	1	热关断
1	1	0	计时器故障
1	1	1	无电池

### 充电模式控制位

设置HZ\_MODE或

CE(通过I<sup>2</sup>C)将禁用充电器，将IC置于高阻抗模式并复位t<sub>32S</sub>。如果在高阻抗模式中，VBAT

v<sub>LOWV</sub>，则t<sub>32S</sub>开始运行，且当它溢流时，所有寄存器(SAFETY除外)复位，这将在具有15分钟计时器的型号上使能t<sub>15MIN</sub>充电。

当t<sub>15MIN</sub>溢流时，IC设置CE位且IC进入高阻抗模式。如果

CE被t<sub>15MIN</sub>溢流设置，则新充电周期只能通过I<sup>2</sup>C或VBUS POR初始化。

设置RESET位将清零所有寄存器。

如果在设置RESET位时HZ\_MODE或

CE位已置位，则这些位也将清零，但t<sub>32S</sub>计时器不会启动，IC保持高阻抗模式。

**表14 FAN5403 - FAN5405 DISABLE引脚和CE位功能**

充电	DISABLE引脚	CE	HZ_MODE
ENABLE	0	0	0
禁用	X	1	X
禁用	X	X	1
禁用	1	X	X

升高DISABLE引脚将停止t<sub>32S</sub>前进，但不会将其复位。

如果DISABLE引脚在t<sub>15MIN</sub>充电期间升高，则t<sub>15MIN</sub>计时器复位。

### 工作模式控制

OPA\_MODE(REG1[0])和HZ\_MODE(REG1[1])位与FAULT状态一起定义充电器的工作模式。

**表15 工作模式控制**

HZ_MODE	OPA_MODE	故障	工作模式
0	0	0	充电
0	X	1	电荷配置
0	1	0	升压
1	X	X	高阻抗

无论是由于故障还是通过设置HZ\_MODE位禁用，一旦禁用升压，IC就会复位OPA\_MODE位。

## 升压模式

如果IC处于32秒模式，且OTG引脚和OPA\_MODE位如表16中所指示，就可使能升压模式。

如果OTG\_PL=0时OTG\_PL=1和0，则OTG引脚ACTIVE状态为1。

如果使用OTG引脚激活升压，则升压模式启动，即使HZ\_MODE=1。HZ\_MODE位覆盖OPA\_MODE位。

表 16. 使能升压

OTG_EN	OTG 引脚	HZ_MODE	OPA_MODE	升压
1	ACTIVE	X	X	使能
X	X	0	1	使能
X	ACTIVE	X	0	禁用
0	X	1	X	禁用
1	ACTIVE	1	1	禁用
0	ACTIVE	0	0	禁用

要保持升压模式，TMR\_RST必须在 $t_{32S}$ 计时器超时前由主机置位。如果 $t_{32S}$ 在升压模式中超时，则IC复位所有寄存器，向STAT引脚发送脉冲，将FAULT位设置为110，并复位BOOST位。V<sub>BUS</sub> POR或读取R0可清除故障条件。

## 升压PWM控制

IC采用最短导通时间和计算出的最短关断时间来调节V<sub>BUS</sub>。该调节器通过使用电流模式调制实现卓越的瞬态响应。这项技术令调节器输出有负载线路的状态。在PWM模式下，当输入电流升高时，输出电压的跌落有限。当V<sub>BAT</sub>恒定时，该器件表现为恒定输出电阻。

由输出电阻在加载负载时导致的“电压降”使调节器能够平滑地对负载瞬变作出相应，不会从负载线路上形成欠冲。请见图33和图43。

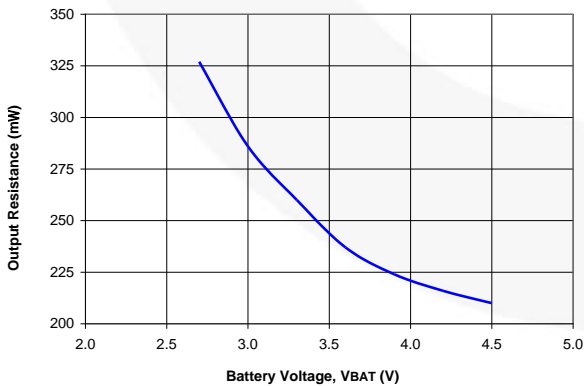


图43. 输出电阻 (R<sub>out</sub>)

调节器在PWM模式（连续导通）下工作时，V<sub>OUT</sub>为I<sub>LOAD</sub>的函数，计算式为：

$$V_{OUT} = 5.07 - R_{OUT} \cdot I_{LOAD} \quad \text{EQ. 1}$$

V<sub>BAT</sub>=3.3V且I<sub>LOAD</sub>=200mA时，V<sub>BUS</sub>将降至：

$$V_{OUT} = 5.07 - 0.26 \cdot 0.2 = 5.018V \quad \text{EQ. 1A}$$

V<sub>BAT</sub>=2.7V且I<sub>LOAD</sub>=200mA时，V<sub>BUS</sub>将降至：

$$V_{OUT} = 5.07 - 0.327 \cdot 0.2 = 5.005V \quad \text{EQ. 1B}$$

## PFM 模式

如果V<sub>BUS</sub> > VREF<sub>BOOST</sub>（通常为5.07V），当最短关断时间结束时，调节器进入PFM模式。升压脉冲被禁止，直到V<sub>BUS</sub> < VREF<sub>BOOST</sub>。提高导通时间最小值，可令每个PFM升压脉冲都能足以启动输出。因此，调节器的作用是恒定导通时间调节器，PFM模式下其输出电压波纹的最小值为5.07V。

表 17 升压PWM运行状态

MODE	说明	触发，当
LIN	线性启动	V <sub>BAT</sub> > V <sub>BUS</sub>
SS	升压软启动	V <sub>BUS</sub> < V <sub>BST</sub>
BST	升压操作模式	V <sub>BAT</sub> > UVLO <sub>BST</sub> 且SS完成

## 启动

升压调节器关闭时，会阻止从V<sub>BAT</sub>到V<sub>BUS</sub>的电流，以及从V<sub>BUS</sub>到V<sub>BAT</sub>的反向电流。

## LIN状态

当EN上升时，如果V<sub>BAT</sub> > UVLO<sub>BST</sub>，调节器首先尝试使用V<sub>BAT</sub>（LIN状态）的内部450mA电流源将PMID控制在V<sub>BAT</sub>的400mV内。如果PMID在560mV - 400mV，则会激活FAULT状态。

## SS状态

当PMID > 400mV，升压调节器使用降低的峰值限流（约正常限流的50%）开始转换。输出向上摆动，直到V<sub>BUS</sub>在其设置点的5%之内，此时，稳压环路关闭，且限流设置为100%。

如果输出在128 μs之内未能达到其设定点（V<sub>BST</sub>）的95%，则限流升高到100%。

如果输出在此第二个384 μs期间未能达到其设定点的95%，则激活故障状态。

## BST状态

这是调节器的正常操作模式。调节器使用 $t_{OFF}$ 最小值 $t_{ON}$ 最小值的调制方法。

$t_{ON}$ 与 $V_{IN}$ 成比例, 这将使调节器的开关频率在CCM中合理地保持 $V_{OUT}$

恒定。 $t_{ON(MIN)}$ 与 $V_{BAT}$ 成比例, 且如果电感器电流在先前周期中的 $t_{OFF(MIN)}$ 之前达到0, 将变为较高值。

为了确保VBUS不会升至远高于调节点, 只要 $FB > V_{REF}$ , 升压开关就保持关闭状态。

## 升压故障

如果发生BOOST故障:

1. STAT引脚脉冲。
2. OPA\_MODE位复位。
3. 功率级处于高阻抗模式。
4. FAULT位(REG0[2:0])的设置如表 18的说明。

## 升压故障后重启

如果在OPA\_MODE位和OTG\_EN=0时使能升压, 则只能通过后续的I<sup>2</sup>C命令使能升压模式, 因为OPA\_MODE在出现升压故障时复位。如果OTG\_EN=1且OTG引脚仍然ACTIVE (参见表 16), 升压在经过5.2ms延迟后重启, 如图44所示。如果故障条件仍存在, 则重启操作会每5ms尝试一次, 直到故障清除或者I<sup>2</sup>C命令禁用了升压。

表 18. 升压模式期间的故障位

故障位			故障描述
B2	B1	B0	
0	0	0	正常(无故障)
0	0	1	$V_{BUS} > V_{BUS\_OVP}$
0	1	0	$V_{BUS}$ 未能在软启动期间达到前进到下一状态所需的电压或者在BST状态期间出现持久(>50 $\mu$ s)限流。
0	1	1	$V_{BAT} < UVLO_{BST}$
1	0	0	N/A: 此代码不会出现。
1	0	1	热关断
1	1	0	计时器故障, 所以寄存器复位。
1	1	1	N/A: 此代码不会出现。

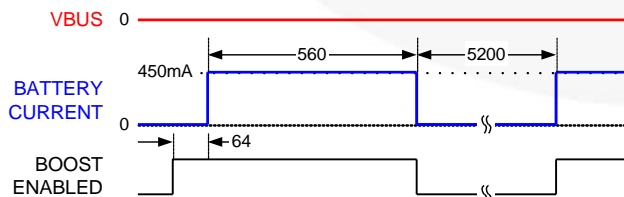


图44. 升压响应尝试进入 $V_{BUS}$ 短路(时间单位  $\mu$ s)

## VREG引脚

FAN5400

FAN5402上的VREG引脚提供了VBUS过电压浪涌电压保护, 可用于运行辅助电路。此电压本质上是PMID的限电流副本。此节点上的最大电压是5.9 V。

FAN5403-

FAN5405在此引脚上提供了1.8 V调节输出, 可通过I<sup>2</sup>C禁用, 方法为设置DIS\_VREG位(REG5[6])。VREG最高可供应2 mA电流。此电路由PMID供电, 仅当PMID  $> V_{BAT}$ 时使能, 且不会从电池泄入电流。升压期间,  $V_{REG}$ 关闭。当HZ\_MODE位(REG1[1])=1时也关闭。

## 监视器寄存器(Reg10h)

其他状态监控位使主机处理器可以更清楚IC的状态。监控位是实时状态指示器, 不会内部去抖动或以其他方式认证时间。

在高阻抗模式中列出的MONITOR寄存器位的状态仅当 $V_{BUS}$ 有效时才有效。

表 19。 MONITOR寄存器位定义

位#	名称	國		活动条件
		0	1	
<b>MONITOR</b> 地址10h				
7	ITERM_CMP	$V_{CSIN} - V_{BAT} < V_{ITERM}$	$V_{CSIN} - V_{BAT} > V_{ITERM}$	TE=1时充电
		$V_{CSIN} - V_{BAT} < 1mV$	$V_{CSIN} - V_{BAT} > 1mV$	TE=0时充电
6	VBAT_CMP	$V_{BAT} < V_{SHORT}$	$V_{BAT} < V_{SHORT}$	充电
		$V_{BAT} < V_{LOW}$	$V_{BAT} > V_{LOW}$	高阻抗模式
		$V_{BAT} < UVLO_{BST}$	$V_{BAT} > UVLO_{BST}$	升压
5	LINCHG	线性充电未使能	线性充电使能	充电
4	T_120	$T_J < 120^{\circ} C$	$T_J > 120^{\circ} C$	
3	ICHG	充电电流由 $I_{CHARGE}$ 控制环路控制	充电电流不由 $I_{CHARGE}$ 控制环路控制	充电
2	IBUS	$I_{BUS}$ 限制充电电流	充电电流不受 $I_{BUS}$ 限制	充电
1	VBUS_VALID	$V_{BUS}$ 无效	$V_{BUS}$ 有效	$V_{BUS} > V_{BAT}$
0	CV	恒流充电	恒压充电	充电

## 12C 接口

FAN540X的串行接口兼容标准、快速、增强快速和高速模式I<sup>2</sup>C-Bus®规格。

FAN540X的SCL线路为输入端，其SDA线路为双向漏极开路输出；激活时，它只能下拉该总线。

在读取数据过程中和发送ACK信号时，SDA线只能拉低。全部数据都移位，MSB（位7）优先。

### 从地址

表 20 I<sup>2</sup>C从地址字节

部件类型	7	6	5	4	3	2	1	0
FAN5400 - FAN5404	1	1	0	1	0	1	1	R/W
FAN5405	1	1	0	1	0	1	0	R/W

在十六进制记数法中，从机地址假定为0LSB。

FAN5405的十六进制从机地址为D4h，且系列中所有其它器件的地址为D6h。

### 总线时序

如图图45所示，数据在SCL为低时进行传输。

数据在SCL上升沿上根据时钟输入。

典型地，在SCL下降沿或下降沿后，数据快速切换，提供足够时间，确保在下一个SCL上升沿到来前建立数据。

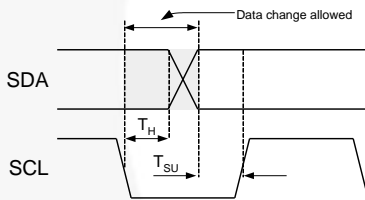


图45. 数据传输时序

每条总线传输均在SDA和SCL为高电平时起始和停止。

一次传输起始于一个START条件，该条件定义为SCL高电平时SDA从1到0切换，如图图46所示。

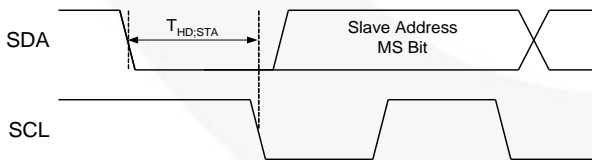


图46. 起始位

一次传输起始于一个STOP条件，该条件定义为SCL高电平时SDA从0到1切换，如图图47所示。

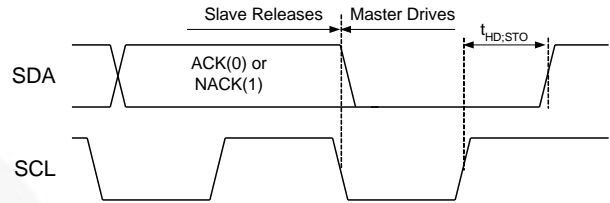


图47. 停止位

在读取FAN540X (图50) 过程中，在发送寄存器地址之后及再次发送从地址之前，主驱动发出一个Repeated Start信号。

REPEATED

START信号指SCL为高时SCD从1到0的切换，如图图48所示。

### 高速 (HS) 模式

除了HS模式的总线速度为3.4MHz以外，高速 (HS)、低速 (LS) 和快速 (FS) 模式的协议均完全相同。

当总线主机按照启动情况发送HS主机代码00001XXX时，进入HS模式。

主机代码在快速或增强快速模式下发送（小于1MHz时钟）；从机无法对此传输进行肯定应答。

然后主机产生重复启动情况 (图48)，导致总线上的所有从机切换至HS模式。

然后，主机会使用HS模式时钟速率和时序发送I<sup>2</sup>C数据包（如上所述）。

总线将保持处于HS模式的状态，直至主机发送停止位 ()。图47在处于HS模式时，数据包会被重复启动情况分离 ()。图48

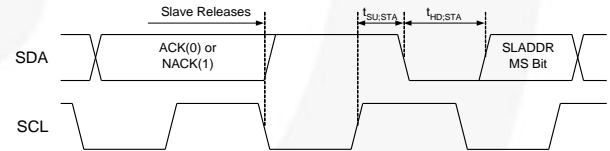


图48. 重复启动时序

## 读和写的处理

下列图表显示了数据读取和写入的序列。

总线控制即封包的阴影部分，定义为 **Master Drives Bus** 和 **Slave Drives Bus**。

所有地址和数据均为MSB（最高有效位）优先。

表 21 位定义图49、图50

符号	定义
S	START (参见图46。)
A	ACK. 从驱动SDA=0, 以确认前面的数据包。
$\bar{A}$	NACK. NACK. 从驱动发送1, 不确认前面的数据包。
R	Repeated START (参见图48)
P	STOP (参见图47)

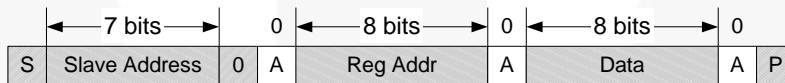


图49. 写操作



图50. 读操作



## 寄存器说明

FAN5400-FAN5402有七个用户可访问寄存器， FAN5403-05有额外两个寄存器， 如表22所定义。

表22。 I<sup>2</sup>C寄存器地址

IC	寄存器		地址位							
	名称	REG#	7	6	5	4	3	2	1	0
所有	CONTROL0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CONTROL1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
	OREG	2	0	0	0	0	0	0	1	0
	IC_INFO	03 或 3Bh	0	0	0	0	0	0	1	1
	IBAT	4	0	0	0	0	0	1	0	0
FAN5403-FAN5405	SP_CHARGER	5	0	0	0	0	0	1	0	1
	安全	6	0	0	0	0	0	1	1	0
所有	MONITOR	10H	0	0	0	0	1	0	1	0

表23。 寄存器位定义

此表定义所有IC型号在每个寄存器位的操作。 默认值为**粗体**。

位	名称	数值	类型	说明
<b>CONTROL0</b>		<b>寄存器地址: 00</b>		<b>默认值=X1XX 0XXX</b>
7	TMR_RST OTG	1	W	写入1将复位 $t_{32S}$ 计时器； 写入0无效
			R	返回OTG引脚电平 (1=HIGH)
6	EN_STAT	0	R/W	防止STAT引脚在充电期间进入LOW电平， STAT引脚仍然发出脉冲说明有故障
		1		在IC充电时 <b>使能STAT引脚LOW</b>
5:4	STAT	00	R	就绪
		01		充电进行中
		10		充电完成
		11		故障
3	升压	0	R	<b>IC不处于升压模式</b>
		1		IC处于升压模式
2:0	故障		R	故障状态位: 关于充电模式, 请参见表 13, 关于充电模式: 请参见表 18

表23. 寄存器位定义 (续)

位	名称	数值	类型	说明
<b>CONTROL1</b> 寄存器地址: 01 默认值=0011 0000 (30h)				
7:6	I <sub>INLIM</sub>		R/W	输入限流, 请参见表 7
5:4	I <sub>LOW</sub>	00	R/W	3.4 V
		01		3.5 V
		10		3.6 V
		11		3.7 V
低电量电池电压阈值				
3	TE	0	R/W	禁用充电电流终止
		1		使能充电电流终止
2	$\overline{\text{CE}}$	0	R/W	充电器使能
		1		充电器禁用
1	HZ_MODE	0	R/W	非高阻抗模式
		1		高阻抗模式
如需相关特性, 请参见表 16				
0	OPA_MODE	0	R/W	充电模式
		1		升压模式
<b>OREG</b> 寄存器地址: 02 默认值=0000 1010 (0Ah)				
7:2	OREG		R/W	充电器输出“浮动”电压; 从3.5到4.44 V可编程, 增量20 mV; 默认为000010 (3.54 V), 请参见表 3
1	OTG_PL	0	R/W	OTG引脚低电平有效
		1		OTG引脚高电平有效
0	OTG_EN	0	R/W	禁用OTG引脚
		1		使能OTG引脚
<b>IC_INFO</b> 寄存器地址: 03或3B 默认值=100X XXXX				
7:5	供应商代码	100	R	选定飞兆半导体作为IC供应商
4:3	PN		R	部件编号位, 请参见第1页上的订购信息
2:0	REV		R	IC修订版, 修订版1.X, 其中X是这三个位的十进制
<b>IBAT</b> 寄存器地址: 04 默认值=1000 1001 (89h)				
7	复位	1	W	写入1将充电参数复位到默认值, 安全性寄存器(Reg6)除外: 写入0无效; 读数返回1
6:4	IOCHARGE	表 5	R/W	编程最大充电电流, 请参见表 5
3	保留	1	R	未使用
2:0	ITERM	表6	R/W	设置用于充电终止的电流, 请参见表6

表23. 寄存器位定义 (续)

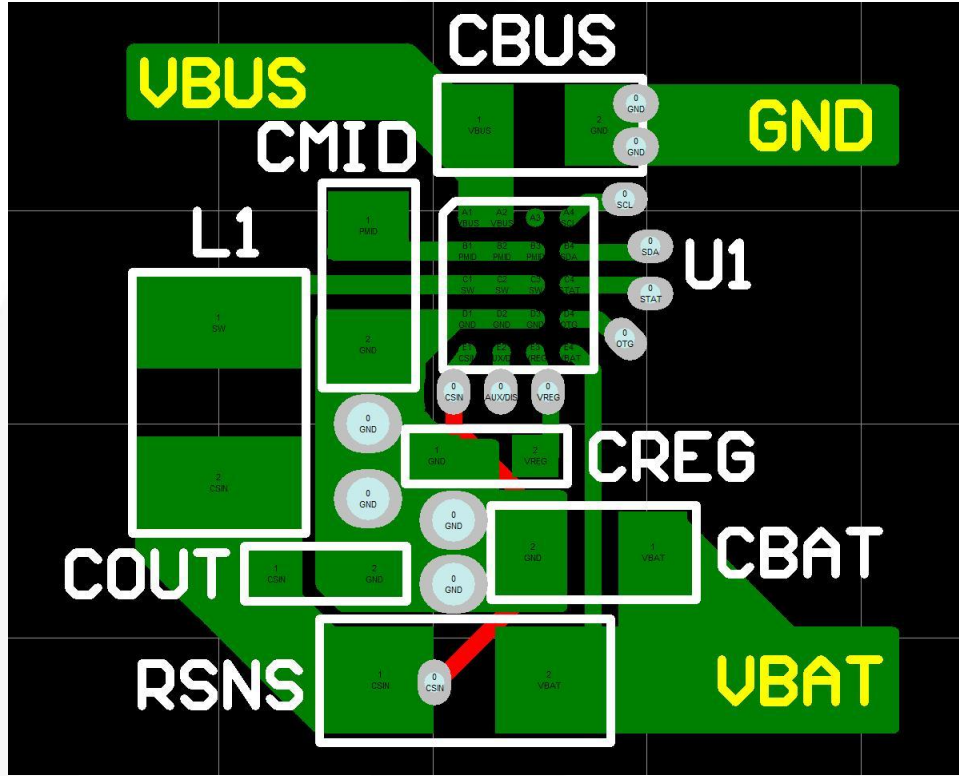
SP_CHARGER (FAN5403 - FAN5405)			寄存器地址: 05		默认值=001X X100
7	保留	0	R	未使用	
6	DIS_VREG	0	R/W	1.8 V 调节器ON	
		1		1.8 V 调节器OFF	
5	IO_LEVEL	0	R/W	输出电流由IOCHARGE位控制	
		1		通过R <sub>SENSE</sub> 的电压 (用于控制输入电流) 设置为22.1 mV (对于R <sub>SENSE</sub> =68 mΩ为325 mA, 对于100 mΩ为221 mA)	
4	SP	0	R	特殊充电器不活动 (V <sub>BUS</sub> 能够保持高于V <sub>SP</sub> )	
		1		已检测到特殊充电器, 且V <sub>BUS</sub> 正被调节到V <sub>SP</sub>	
3	EN_LEVEL	0	R	DISABLE引脚为LOW	
		1		DISABLE引脚为LOW	
2:0	VSP	表 8	R/W	特殊充电器输入调节电压, 请参见表 8	
SAFETY (FAN5403 - FAN5405)			寄存器地址: 06		默认值=0100 0000 (40h)
7	保留	0	R	位禁用, 且读回时始终返回0	
6:4	ISAFE	表9	R/W	设置控制回路使用的最大I <sub>CHARGE</sub> 值, 请参见表9	
3:0	VSAFE	表 10	R/W	设置控制回路使用的最大V <sub>OREG</sub> 值, 请参见表 10	
MONITOR			寄存器地址: 10h (16)		如需相关特性, 请参见 表 19
7	ITERM_CMP	如需相关特性, 请参见表 19	R	实时ITERM比较器输出: 当VRSENSE > ITERM参比时为1. 动态系统负载可导致此位在0和1之间切换。	
6	VBAT_CMP		R	VBAT比较器的输出	
5	LINCHG		R	30 mA线性充电器ON	
4	T_120		R	热调节比较器; 当=1且T_145=0时, 通过R <sub>SENSE</sub> 的充电电流限制到22.1 mV	
3	ICHG		R	0指示I <sub>CHARGE</sub> 环路正在控制电池充电电流	
2	IBUS		R	0指示I <sub>BUS</sub> (输入电流) 环路正在控制电池充电电流	
1	VBUS_VALID		R	1指示V <sub>BUS</sub> 已通过检验, 可进行充电	
0	CV		R	1指示恒压环路(OREG)正在控制充电器, 且所有电流限制环路已释放	

## PCB推荐布局

旁通电容应尽可能靠近IC放置。

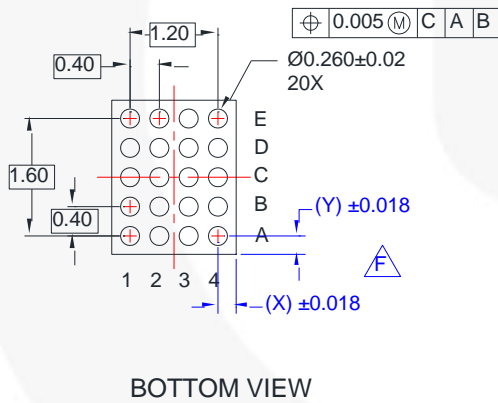
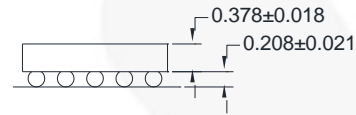
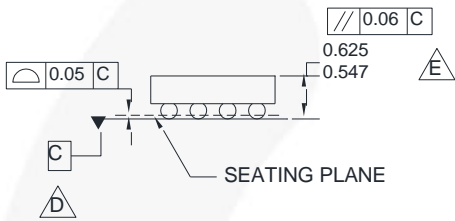
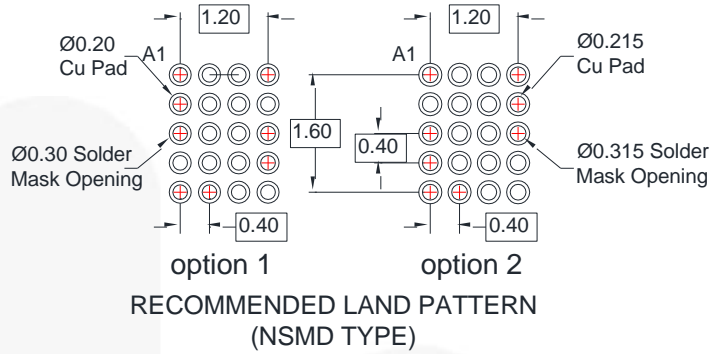
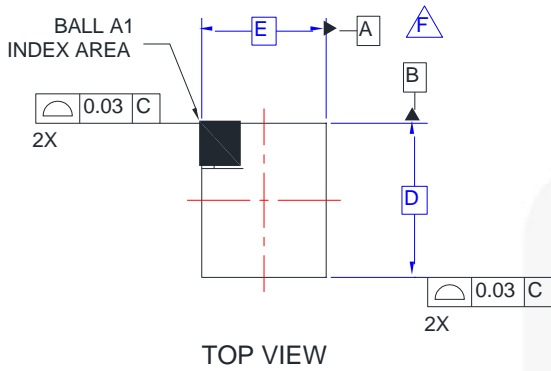
具体而言，CMID的总环路长度应最小化，以降低SW、PMID和VBUS引脚上的过冲和振铃。

所有电源和接地引脚必须尽可能使用顶部铜材料路由至旁通电容。连接到IC的铜面积应最大化，以改善热性能。



图。51 PCB推荐布局

### 物理尺寸测试



### NOTES:

- A. NO JEDEC REGISTRATION APPLIES.
- B. DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS.
- C. DIMENSIONS AND TOLERANCE PER ASMEY14.5M, 1994.
- D. DATUM C IS DEFINED BY THE SPHERICAL CROWNS OF THE BALLS.
- E. PACKAGE NOMINAL HEIGHT IS 586 MICRONS ±39 MICRONS (547-625 MICRONS).
- F. FOR DIMENSIONS D, E, X, AND Y SEE PRODUCT DATASHEET.
- G. DRAWING FILNAME: MKT-UC020AArev3.

图52. 20焊球WLCSP、4x5列、0.4mm引脚间距、250μm凸块

### 产品规格尺寸

产品	D	E	X	Y
FAN540XUCX	1.960 $\pm$ 0.030	1.870 $\pm$ 0.030	0.335	0.180



## TRADEMARKS

The following includes registered and unregistered trademarks and service marks, owned by Fairchild Semiconductor and/or its global subsidiaries, and is not intended to be an exhaustive list of all such trademarks.

AccuPower™	F-PFS™	OPTOPLANAR®	
AttitudeEngine™	FRFET®	®	SYSTEM GENERAL®
Awinda®	Global Power Resource™		TinyBoost®
AX-CAP®*	GreenBridge™	Power Supply WebDesigner™	TinyBuck®
BitSiC™	Green FPS™	PowerTrench®	TinyCalc™
Build it Now™	Green FPS™ e-Series™	PowerXS™	TinyLogic®
CorePLUS™	Gmax™	Programmable Active Droop™	TINYOPTO™
CorePOWER™	GTO™	QFET®	TinyPower™
CROSSVOLT™	IntelliMAX™	QS™	TinyPWM™
CTL™	ISOPLANAR™	Quiet Series™	TinyWire™
Current Transfer Logic™	Making Small Speakers Sound Louder and Better™	RapidConfigure™	TranSiC™
DEUXPEED®		™	TriFault Detect™
Dual Cool™	MegaBuck™	Saving our world, 1mW/W/kW at a time™	TRUECURRENT®*
EcoSPARK®	MICROCOUPLER™	SignalWise™	μSerDes™
EfficientMax™	MicroFET™	SmartMax™	SerDes™
ESBC™	MicroPak™	SMART START™	UHC®
Fairchild®	MicroPak2™	Solutions for Your Success™	Ultra FRFET™
Fairchild Semiconductor®	MillerDrive™	SPM®	UniFET™
FACT Quiet Series™	MotionMax™	STEALTH™	VCX™
FACT®	MotionGrid®	SuperFET®	VisualMax™
FAST®	MTI®	SuperSOT™-3	VoltagePlus™
FastvCore™	MTX®	SuperSOT™-6	XS™
FETBench™	MVN®	SuperSOT™-8	Xsens™
FPS™	mWSaver®	SupreMOS®	仙童™
	OptoHi™	SyncFET™	
	OPTOLOGIC®	Sync-Lock™	

\* Trademarks of System General Corporation, used under license by Fairchild Semiconductor.

## DISCLAIMER

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCTS HEREIN TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION, OR DESIGN. TO OBTAIN THE LATEST, MOST UP-TO-DATE DATASHEET AND PRODUCT INFORMATION, VISIT OUR WEBSITE AT [HTTP://WWW.FAIRCHILDSEMI.COM](http://www.fairchildsemi.com). FAIRCHILD DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY ARISING OUT OF THE APPLICATION OR USE OF ANY PRODUCT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN; NEITHER DOES IT CONVEY ANY LICENSE UNDER ITS PATENT RIGHTS, NOR THE RIGHTS OF OTHERS. THESE SPECIFICATIONS DO NOT EXPAND THE TERMS OF FAIRCHILD'S WORLDWIDE TERMS AND CONDITIONS, SPECIFICALLY THE WARRANTY THEREIN, WHICH COVERS THESE PRODUCTS.

## AUTHORIZED USE

Unless otherwise specified in this data sheet, this product is a standard commercial product and is not intended for use in applications that require extraordinary levels of quality and reliability. This product may not be used in the following applications, unless specifically approved in writing by a Fairchild officer: (1) automotive or other transportation, (2) military/aerospace, (3) any safety critical application – including life critical medical equipment – where the failure of the Fairchild product reasonably would be expected to result in personal injury, death or property damage. Customer's use of this product is subject to agreement of this Authorized Use policy. In the event of an unauthorized use of Fairchild's product, Fairchild accepts no liability in the event of product failure. In other respects, this product shall be subject to Fairchild's Worldwide Terms and Conditions of Sale, unless a separate agreement has been signed by both Parties.

## ANTI-COUNTERFEITING POLICY

Fairchild Semiconductor Corporation's Anti-Counterfeiting Policy. Fairchild's Anti-Counterfeiting Policy is also stated on our external website, [www.fairchildsemi.com](http://www.fairchildsemi.com), under Terms of Use

Counterfeiting of semiconductor parts is a growing problem in the industry. All manufacturers of semiconductor products are experiencing counterfeiting of their parts. Customers who inadvertently purchase counterfeit parts experience many problems such as loss of brand reputation, substandard performance, failed applications, and increased cost of production and manufacturing delays. Fairchild is taking strong measures to protect ourselves and our customers from the proliferation of counterfeit parts. Fairchild strongly encourages customers to purchase Fairchild parts either directly from Fairchild or from Authorized Fairchild Distributors who are listed by country on our web page cited above. Products customers buy either from Fairchild directly or from Authorized Fairchild Distributors are genuine parts, have full traceability, meet Fairchild's quality standards for handling and storage and provide access to Fairchild's full range of up-to-date technical and product information. Fairchild and our Authorized Distributors will stand behind all warranties and will appropriately address any warranty issues that may arise. Fairchild will not provide any warranty coverage or other assistance for parts bought from Unauthorized Sources. Fairchild is committed to combat this global problem and encourage our customers to do their part in stopping this practice by buying direct or from authorized distributors.

## PRODUCT STATUS DEFINITIONS

### Definition of Terms

Datasheet Identification	Product Status	Definition
Advance Information	Formative / In Design	Datasheet contains the design specifications for product development. Specifications may change in any manner without notice.
Preliminary	First Production	Datasheet contains preliminary data; supplementary data will be published at a later date. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice to improve design.
No Identification Needed	Full Production	Datasheet contains final specifications. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice to improve the design.
Obsolete	Not In Production	Datasheet contains specifications on a product that is discontinued by Fairchild Semiconductor. The datasheet is for reference information only.

Rev. I75

ON Semiconductor and  are trademarks of Semiconductor Components Industries, LLC dba ON Semiconductor or its subsidiaries in the United States and/or other countries. ON Semiconductor owns the rights to a number of patents, trademarks, copyrights, trade secrets, and other intellectual property. A listing of ON Semiconductor's product/patent coverage may be accessed at [www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Marking.pdf](http://www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Marking.pdf). ON Semiconductor reserves the right to make changes without further notice to any products herein. ON Semiconductor makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does ON Semiconductor assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages. Buyer is responsible for its products and applications using ON Semiconductor products, including compliance with all laws, regulations and safety requirements or standards, regardless of any support or applications information provided by ON Semiconductor. "Typical" parameters which may be provided in ON Semiconductor data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. ON Semiconductor does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. ON Semiconductor products are not designed, intended, or authorized for use as a critical component in life support systems or any FDA Class 3 medical devices or medical devices with a same or similar classification in a foreign jurisdiction or any devices intended for implantation in the human body. Should Buyer purchase or use ON Semiconductor products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold ON Semiconductor and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that ON Semiconductor was negligent regarding the design or manufacture of the part. ON Semiconductor is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer. This literature is subject to all applicable copyright laws and is not for resale in any manner.

## PUBLICATION ORDERING INFORMATION

### LITERATURE FULFILLMENT:

Literature Distribution Center for ON Semiconductor  
19521 E. 32nd Pkwy, Aurora, Colorado 80011 USA  
**Phone:** 303-675-2175 or 800-344-3860 Toll Free USA/Canada  
**Fax:** 303-675-2176 or 800-344-3867 Toll Free USA/Canada  
**Email:** [orderlit@onsemi.com](mailto:orderlit@onsemi.com)

**N. American Technical Support:** 800-282-9855 Toll Free  
USA/Canada  
**Europe, Middle East and Africa Technical Support:**  
Phone: 421 33 790 2910  
**Japan Customer Focus Center**  
Phone: 81-3-5817-1050

**ON Semiconductor Website:** [www.onsemi.com](http://www.onsemi.com)  
**Order Literature:** <http://www.onsemi.com/orderlit>  
For additional information, please contact your local  
Sales Representative