



Is Now Part of



ON Semiconductor®

To learn more about ON Semiconductor, please visit our website at
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. Please email any questions regarding the system integration to 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. 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.



2015年2月

FAN54040 — FAN54047 支持电源路径和 2.3 A 生产测试的 USB-OTG、1.55 A 锂离子开关充电器

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
- 在连接 VBUS 时，电源路径电确保能使一个带失效电池系统快速启动
- 1.55 A 最大充电电流
- 浮动电压精度：
 - $\pm 25^{\circ}\text{C}$ 时为 0.5%
 - ± 0 至 125°C 时为 1%
- $\pm 5\%$ 输入和充电电流调节精度
- 通过温度感测输入，防止自动充电，从而满足 JEITA 要求
- 热调节和关断
- 生产测试模式下电流为 2.3 A 时电压为 4.2 V
- 用于 USB OTG 的 5 V、500 mA 升压模式
- 输入电压的最大绝对值为 28 V
- 输入工作电压最大值为 6 V
- 可通过具有快速模式及其兼容性的高速 I²C 接口 (3.4 Mb/s) 进行编程
 - 输入电流
 - 快速充电 / 终端电流
 - 浮置电压
 - 终端使能
- 宽占空比范围的 3 MHz 同步降压 PWM 控制器
- 小尺寸 1 μH 外部电感
- 带复位控制功能的安全定时器
- 输入电压动态控制
- 充电器不活动时，电池电流非常低

应用

- 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

商標所有權歸各自生產商所有。

说明

FAN5404X 系列产品包括 I²C 控制 1.55 A、兼容 USB 的开关模式充电器，支持电源路径运行和 USB OTG 升压运行。该 IC 集成充电器，支持生产测试模式，为系统提供 4.2 V 电压，电流最高可达 2.3 A。

为了促进系统快速启动，IC 包含一个电源路径电路，可以断开电池与系统轨道的连接，确保在连接 VBUS 后系统能够快速启动。电源路径电路确保插入充电器时，系统轨道保持活跃状态，即使电池失效或短接时也能保持这种状态。

可通过数据速率最高可达 3.4 Mbps 的 I²C 接口，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。

FAN5404X 提供三相电池充电：调节、恒定电流及恒定电压。电池电量低于电压阈值时，集成电路自动重新开始充电周期。若移除了输入源，则 IC 进入高阻抗模式，阻止电池电流泄入输入中。充电状态报告通过 I²C 端口发回给主机。

通过动态输入电压控制，能够防止较弱适配器电压崩溃，确保此类适配器提供的充电能力。

FAN5404X 采用 25 焊点、0.4 mm 间距 WLCSP 封装。

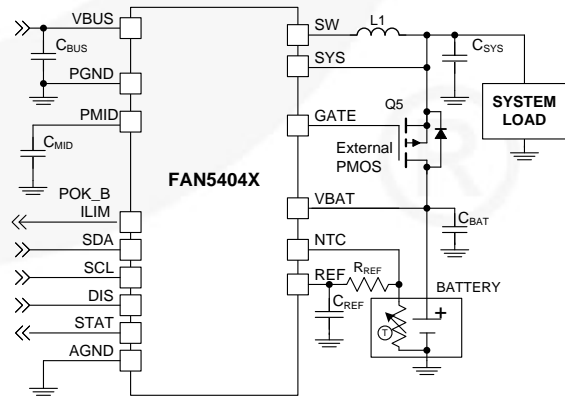


图1。典型应用

订购信息

器件编号	温度范围	封装	PN位: IC_INFO[5:3]	包装方法
FAN54040UCX	-40至85° C	25 焊点、晶圆级芯片规模封装 (WLCSP)、0.4 mm 间距	000	卷带
FAN54041UCX			001	
FAN54042UCX ⁽¹⁾			010	
FAN54045UCX ⁽¹⁾			101	
FAN54046UCX ⁽¹⁾			110	
FAN54047UCX			110	

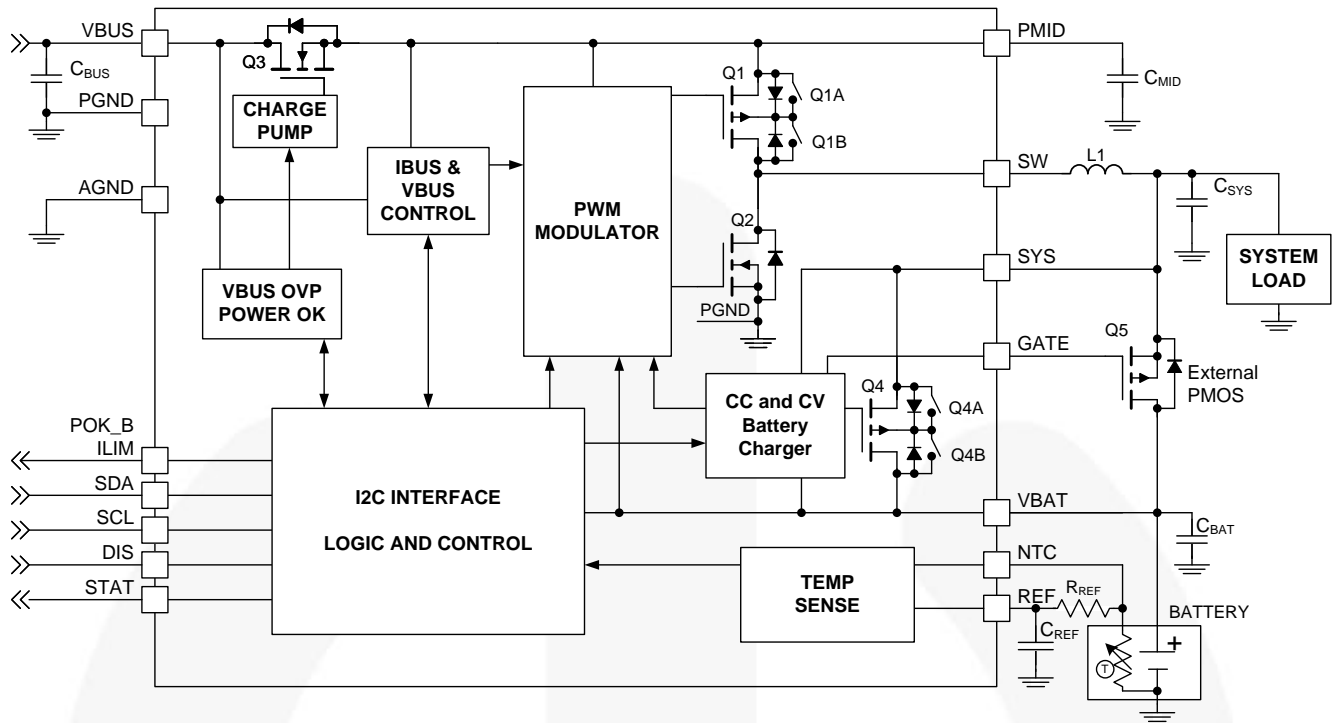
注意:

- 有关供货情况, 请联系飞兆销售部门。

表。1 功能对比总结

器件编号	从地址	自动充电	无电池行为	E1 引脚
FAN54040	1101011	是	关	POK_B
FAN54041	1101011	否	关	POK_B
FAN54042	1101011	是	导通	POK_B
FAN54045	1101011	否	关	ILIM
FAN54046	1101011	否	导通	ILIM
FAN54047	1101011	是	导通	ILIM

框图



PMID	Q1A	Q1B	SYS	Q4A	Q4B
大于 V_{BAT}	导通	关	大于 V_{BAT}	导通	关
小于 V_{BAT}	关	导通	小于 V_{BAT}	关	导通

图2. IC和系统原理框图

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 μH , 20%, 2.2 A, 2016	Taiyo Yuden MAKK2016T1ROM 或同等产品	L	1.0	μH
			DCR (系列 R)	75	$\text{m}\Omega$
C_{BAT} , C_{SYS}	10 μF , 20%, 6.3 V, X5R, 0603	Murata: GRM188R60J106M TDK: C1608X5R0J106M	C	10	μF
C_{MID}	4.7 μF , 10%, 6.3 V, X5R, 0603	Murata: GRM188R60J475K TDK: C1608X5R0J475K	$C^{(2)}$	4.7	μF
C_{BUS}	1.0 μF , 10%, 25 V, X5R, 0603	Murata GRM188R61E105K TDK: C1608X5R1E105M	C	1.0	μF
Q5	PMOS, 12 V, 16 $\text{m}\Omega$, MLP2x2	飞兆 FDMA905P	$R_{DS(ON)}$	16	$\text{m}\Omega$
C_{REF}	1 μF , 10%, 6.3 V, X5R, 0402		C	1.0	μF

注意:

2. 6.3 V 额定值对于 C_{MID} 足够了, 因为 VBUS 上的 Q3 为 PMID 提供过压浪涌保护。

引脚布局

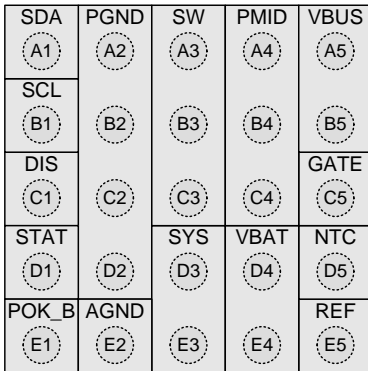


图3. 俯视图

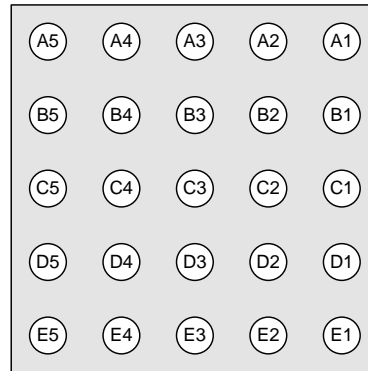


图4. 底视图

引脚说明

引脚号	名称	说明
A1	SDA	I ² C 接口串行数据。该引脚切勿浮空。
B1	SCL	I ² C接口串行时钟。该引脚切勿浮空。
C1	DIS	禁用。如果该引脚保持高电平，Q1 和 Q3 将断开，使 VBUS 处于高阻态，并且 PWM 转换器关闭。
D1	STAT	状态。开路漏极输出显示充电状态。充电过程中，IC 将该引脚拉低；发生故障时，可用来向主机处理器发送信号。
E1	POK_B	电源正常 (FAN54040-2)。开漏输出，当插入 VBUS 且电池电压升至 VLOW 以上时拉低。此信号用于告知主机处理器，它可以开始吸取大量电流。
E1	ILIM	输入限流 (FAN54045-7)。控制自动充电模式下的输入电流限值。处于低电平时，输入电流限值为 100 mA。处于高电平时，输入电流限值为 500 mA。在 32 秒模式下，输入电流限值由 I _{BUSLIM} 位设置。
A2 - D2	PGND	电源地。栅极驱动和功率二极管的功率返回。从该引脚至C _{MID} 底部的连接应该尽可能地短。
E2	AGND	模拟地。所有 IC 信号均以该节点为参考。
A3 - C3	SW	开关节点。连接至输出电感。
D3 - E3	SYS	系统电源。开关充电器的输出电压和电源路径控制器的输入电压。利用 10 μF 电容将 SYS 旁路至 PGND。
A4 - C4	PMID	电源输入电压。充电器稳压器的电源输入，输入电流检测的旁路点。利用一个最小值 4.7 μF、6.3 V 电容旁路至 PGND。
D4 - E4	VBAT	电池电压。连接至电池包的正 (+) 极。利用一个 10 μF 电容旁路至 PGND。VBAT 是一个电源路径连接。
A5 - B5	VBUS	充电器输入电压和USB-OTG输出电压。利用一个 1 μF 电容旁路至 PGND。
C5	栅极	外部 MOSFET 栅极。此引脚控制外部 P 沟道 MOSFET 晶体管的栅极，后者用于辅助内部理想二极管。该 P 沟道 MOSFET 的源极应连接至 SYS，漏极应连接至 VBAT。
D5	NTC	热敏电阻输入。IC 将此节点与 REF 电阻分压器上的抽头进行比较，当电池温度超出允许的快速充电限值时，将禁止自动充电。
E5	REF	参考电压。REF 是一个 1.8 V 稳压输出。

绝对最大额定值

应力超过绝对最大额定值，可能会损坏器件。在超出推荐的工作条件的情况下，该器件可能无法正常工作，所以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应力规格值。

符号	参数		最小值	最大值	单位	
V_{BUS}	VBUS 引脚上的电压	连续	-0.3	28.0	V	
		脉冲，最大非重复值 100 ms	-1.0			
V_i	PMID 电压引脚上的电压		-0.3	7.0	V	
	SW、SYS、VBAT、STAT、DIS 引脚上的电压		-0.3	7.0		
V_o	其它引脚上的电压		-0.3	6.5 ⁽³⁾	V	
$\frac{dV_{BUS}}{dt}$	当升压器或充电器有效时，5.5 V 以上的最大 V_{BUS} 斜率			4	V/ μ s	
ESD	静电放电防护等级	人体模型满足 JESD22-A114	2000		V	
		充电器模型 JESD22-C101	500			
	IEC 61000-4-2 系统ESD ⁽⁴⁾	USB 连接器引脚 (V_{BUS} 至 GND)	空气式	15		kV
			接触式	8		
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：

- 选取 6.5 V 与 $V_{IN}+0.3$ V 中的较小值。
- $C_{BUS} \geq 1 \mu$ F 且 $C_{MID} \geq 4.7 \mu$ F 时保证。

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，以确保器件的最佳性能达到数据表中的规格。飞兆不建议超出额定或依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
$V_{BAT(MAX)}$	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 <i>充电时 VBUS 短路</i>	$T_A \leq 60^{\circ}$ C		4	V/ μ s
		$T_A \geq 60^{\circ}$ C		2	
T_A	环境温度		-30	+85	$^{\circ}$ C
T_J	结温 (参见 <i>热调节和保护</i>)		-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 18。

符号	参数		典型值	单位
θ_{JA}	结至环境热阻 (另请参见 图18)		50	$^{\circ}$ C/W
θ_{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的电路； 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=0 或 1.8 V；典型值对应 $T_J=25^\circ\text{C}$ 。

符号	参数	工作条件	最小值	典型值	最大值	单位	
电源							
I_{VBUS}	VBUS电流	$V_{BUS} > V_{BUS(min)}$, PWM开关		10		mA	
		$V_{BUS} > V_{BUS(min)}$; $V_{BAT} > V_{OREG}$ $I_{BUSLIM}=100\text{ mA}$		2.5		mA	
		$0^\circ\text{C} < T_J < 85^\circ\text{C}$, HZ_MODE=1 $V_{BAT} < V_{LOW}$, 32S 模式, $I_{REG}=0$			280		μA
I_{BAT_HZ}	高阻抗模式下的电池放电电流	DIS=1 或 HZ_MODE=1, $V_{BUS}=0$ 、5 V 或浮空, $V_{BAT}=4.2\text{ V}$		<1	10	μA	
I_{BUS_HZ}	高阻抗模式下电池至 V_{BUS} 的漏电流	DIS=1 或 HZ_MODE=1, V_{BUS} 短路接地, $V_{BAT}=4.2\text{ V}$	-5.0	-0.2		μA	
充电器电压调节							
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	%	
		$T_J=0\text{ to }125^\circ\text{C}$	-1		+1	%	
充电电流调节							
I_{OCHRG}	输出充电电流范围	$V_{LOW} < V_{BAT} < V_{OREG}$	IO_LEVEL=0	550		1550	mA
			IO_LEVEL=1	290	340	390	mA
	充电电流精度	IO_LEVEL=0	-5		+5	%	
弱电池检测							
V_{LOW}	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	
逻辑电平：DIS, SDA, SCL							
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 V_{BUS}		0.01	1.00	μA	
充电终止检测							
$I_{(TERM)}$	终止电流范围	$V_{BAT} > V_{OREG} - V_{RCH}$, $V_{BUS} > V_{SLP}$	50		400	mA	
	终止电流精度	I_{TERM} 设置 $\leq 100\text{ mA}$	-15		+15	%	
		I_{TERM} 设置 $\geq 200\text{ mA}$	-5		+5	%	
	终止电流抗尖峰脉冲时间			30		ms	
电源路径 (Q4) 控制							
I_{LIN}	电源路径最大 充电电流		IO_LEVEL=1	290	340	390	mA
		$I_{BUSLIM} > 01$, $I_{OCHARGE} \leq 02$	IO_LEVEL=0	400	450	510	mA
		$I_{BUSLIM} > 01$, $I_{OCHARGE} > 02$	IO_LEVEL=0	650	725	800	mA
V_{THSYS}	充电时 Q4 和栅极转换的 VBAT 至 SYS 阈值	(SYS-VBAT) 下降	-6	-5	-3	mV	
		(SYS-VBAT) 上升	-1	+1	2	mV	
生产测试模式							
$V_{BAT(PTM)}$	生产测试输出电压	$1\text{ mA} < I_{BAT} < 2\text{ A}$, $V_{BUS}=5.5\text{ V}$	4.116	4.200	4.284	V	
$I_{BAT(PTM)}$	生产测试输出电流	20% 占空比, 最大 周期 10 ms	2.3			A	

接 下 页

电气规格 (续)

若无其他说明：根据图1的电路； 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=0 或 1.8 V；典型值对应 $T_J=25^\circ\text{C}$ 。

符号	参数	工作条件	最小值	典型值	最大值	单位
输入电源检测						
T1	T1 (0° C) 温度阈值		71.9	73.9	75.9	% of V_{REF}
T2	T1 (10° C) 温度阈值		62.6	64.6	66.6	
T3	T1 (45° C) 温度阈值		31.9	32.9	34.9	
T4	T1 (60° C) 温度阈值		21.3	23.3	25.3	
输入电源检测						
$V_{IN(MIN)1}$	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
V_{BUS} 控制环路						
V_{BUSLIM}	VBUS 环路设定点精度		-3		+3	%
电流限值最小值						
I_{BUSLIM}	充电器输入限流阈值	I_{BUSLIM} 设置为 100 mA	88	93	98	mA
		I_{BUSLIM} 设置为 500 mA	450	475	500	
V_{REF} 偏置生成器						
V_{REF}	偏置调节器电压	$V_{BUS} > V_{IN(MIN)}$		1.8		V
	短路电流限值			2.5		mA
电池充电阈值						
V_{RCH}	充电阈值	低于 $V_{(DREG)}$	100	120	150	mV
	抗尖峰脉冲时间	V_{BAT} 下降至低于 V_{RCH} 阈值		130		ms
STAT、POK_B 输出						
$V_{STAT(OL)}$	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	μA
电池检测						
I_{DETECT}	在充电完成前的电池检测电流（源电流） ⁽⁵⁾	在检测到终止后开始，且 $V_{BAT} \leq V_{OREG}$		-0.8		mA
t_{DETECT}	充电器检测时间	$-V_{RCH}$		262		ms
睡眠比较器						
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
功率开关 (参见图2)						
$R_{DS(ON)}$	Q3导通电阻 (VBUS至PMID)	$I_{IN(LIMIT)}=500\text{ mA}$		180	250	m Ω
	Q1 导通电阻 (PMID 至 SW)			130	225	
	Q2 导通电阻 (SW 至 GND)			150	225	
	Q4 导通电阻 (SYS 至 VBAT)	$V_{BAT}=4.2\text{ V}$			70	100
I_{SYNC}	同步至异步电流截止阈值 ⁽⁶⁾	低端MOSFET (Q2) 逐周期限流		140		mA

接下页

电气规格 (续)

若无其他说明：根据图1的电路； 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=0 或 1.8 V；典型值对应 $T_J=25^\circ\text{C}$ 。

符号	参数	工作条件	最小值	典型值	最大值	单位
充电器 PWM 调制器						
f_{SW}	振荡器频率		2.7	3.0	3.3	MHz
D_{MAX}	最大占空比				100	%
D_{MIN}	最小占空比			0		%
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	5.20	V
		$3.0\text{ V} < V_{BAT} < 4.5\text{ V}$, I_{LOAD} 从 0 至 500 mA	4.77	5.07	5.20	
$I_{BAT(BOOST)}$	升压模式静态电流	PFM 模式, $V_{BAT}=3.6\text{ V}$, $I_{LOAD}=0$		250	350	μA
$I_{LIMPK(BST)}$	Q2峰值限流		1350	1550	1950	mA
$UVLO_{BST}$	升压操作的最低电池电压	当升压有效时		2.32		V
		启动升压调节器		2.48	2.70	
VBUS负载电阻						
R_{VBUS}	VBUS至PGND电阻	正常运行		500		k Ω
		VBUS 有效		100		Ω
保护和计时器						
V_{BUS_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		3		A
V_{SHORT}	电池短路阈值	V_{BAT} 上升	1.95	2.00	2.05	V
	滞环			100		mV
I_{SHORT}	线性充电电流	$V_{BAT} < V_{SHORT}$	信号路径		13	mA
			线性		30	
$T_{SHUTDOWN}$	热关断阈值 ⁽⁷⁾	T_J 上升		145		$^\circ\text{C}$
	滞回 ⁽⁷⁾	T_J 下降		25		
T_{CF}	热调节阈值 ⁽⁷⁾	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 ⁽⁸⁾	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 (FAN54040、FAN54042、FAN54046、FAN54047)	12.0	13.5	15.0	分钟
Δt_{LF}	低频计时器精度	充电器不工作	-25		25	%

注意：

- 负电流时指从电池流向VBUS的电流（电池放电）。
- Q2 始终导通 60 ns，然后在电流低于 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。

I²C 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 _{SCL}	SCL 时钟频率	标准模式			100	kHz
		快速模式			400	
		增强快速模式			1000	
		高速模式, C _b ≤ 100 pF			3400	
		高速模式, C _b ≤ 400 pF			1700	
t _{BUF}	停止和开始条件之间的总线空闲时间	标准模式		4.7		μs
		快速模式		1.3		
		增强快速模式		0.5		
t _{HD:STA}	START或重复起始保持时间	标准模式		4		μs
		快速模式		600		ns
		增强快速模式		260		ns
		高速模式		160		ns
t _{LOW}	SCL 低电平周期	标准模式		4.7		μs
		快速模式		1.3		μs
		增强快速模式		0.5		μs
		高速模式, C _b ≤ 100 pF		160		ns
		高速模式, C _b ≤ 400 pF		320		ns
t _{HIGH}	SCL 高电平周期	标准模式		4		μs
		快速模式		600		ns
		增强快速模式		260		ns
		高速模式, C _b ≤ 100 pF		60		ns
		高速模式, C _b ≤ 400 pF		120		ns
t _{SU:STA}	重复START建立时间	标准模式		4.7		μs
		快速模式		600		ns
		增强快速模式		260		ns
		高速模式		160		ns
t _{SU:DAT}	数据建立时间	标准模式		250		ns
		快速模式		100		
		增强快速模式		50		
		高速模式		10		
t _{HD:DAT}	数据保持时间	标准模式	0		3.45	μs
		快速模式	0		900	ns
		增强快速模式	0		450	ns
		高速模式, C _b ≤ 100 pF	0		70	ns
		高速模式, C _b ≤ 400 pF	0		150	ns
t _{RRL}	SCL 上升时间	标准模式	20+0.1C _b		1000	ns
		快速模式	20+0.1C _b		300	
		增强快速模式	20+0.1C _b		120	
		高速模式, C _b ≤ 100 pF		10	80	
		高速模式, C _b ≤ 400 pF		20	160	

接下页

I²C时序规格 (续)

设计保证。

符号	参数	工作条件	最小值	典型值	最大值	单位
t _{FCL}	SCL 下降时间	标准模式	20+0.1C _B		300	ns
		快速模式	20+0.1C _B		300	
		增强快速模式	20+0.1C _B		120	
		高速模式, C _B ≤ 100 pF		10	40	
		高速模式, C _B ≤ 400 pF		20	80	
t _{RCL1}	重复开始条件后以及 ACK 位后的 SCL 上升时间	高速模式, C _B ≤ 100 pF		10	80	ns
		高速模式, C _B ≤ 400 pF		20	160	
t _{RDA}	SDA上升时间	标准模式	20+0.1C _B		1000	ns
		快速模式	20+0.1C _B		300	
		增强快速模式	20+0.1C _B		120	
		高速模式, C _B ≤ 100 pF		10	80	
		高速模式, C _B ≤ 400 pF		20	160	
t _{FDA}	SDA 下降时间	标准模式	20+0.1C _B		300	ns
		快速模式	20+0.1C _B		300	
		增强快速模式	20+0.1C _B		120	
		高速模式, C _B ≤ 100 pF		10	80	
		高速模式, C _B ≤ 400 pF		20	160	
t _{SU;STO}	停止条件建立时间	标准模式		4		μs
		快速模式		600		ns
		增强快速模式		120		ns
		高速模式		160		ns
C _B	SDA 和SCL的容性负载				400	pF

时序图

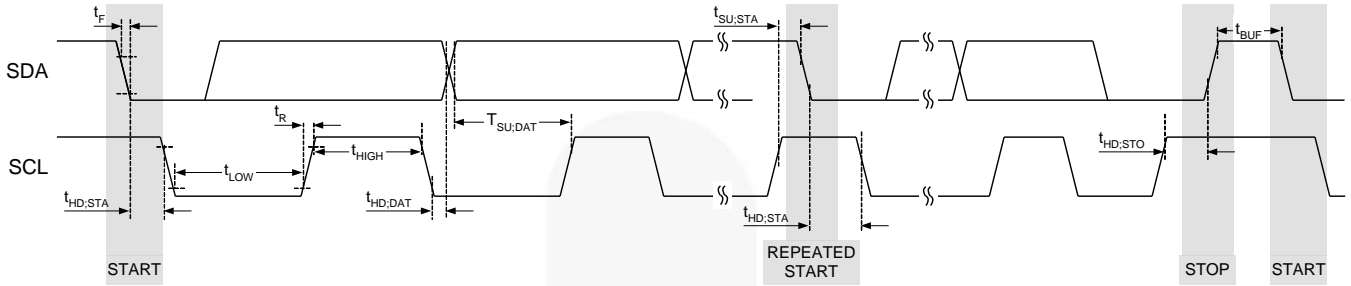
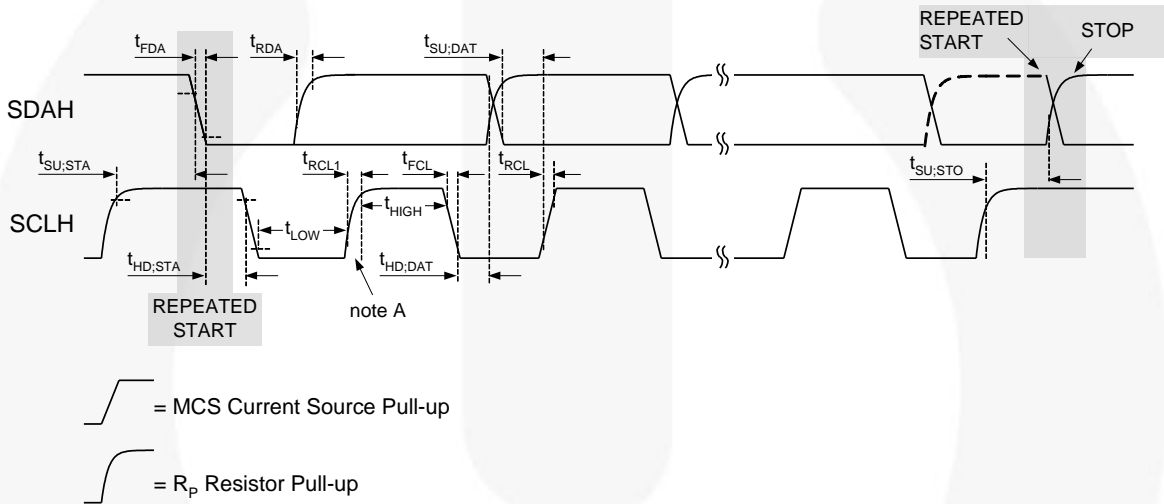


图5. 快速和慢速模式的 I²C 接口时序



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 I²C 接口时序

充电模式典型特征

除非另有说明，图1 的电路， $V_{REG}=4.2\text{ V}$ ， $V_{BUS}=5.0\text{ V}$ ， $T_A=25^\circ\text{ C}$ 。

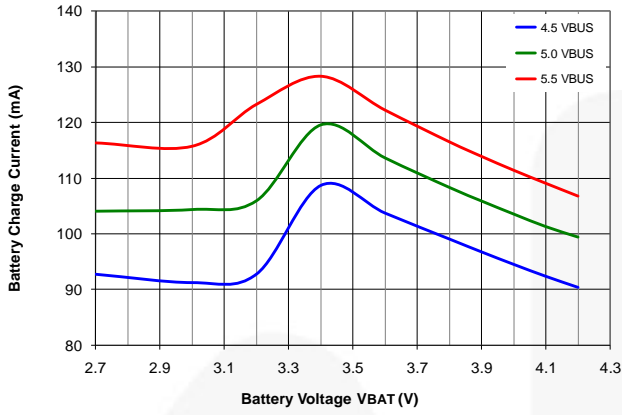


图7. 电池充电电流与 V_{BUS} ， $I_{BUSLIM}=100\text{ mA}$

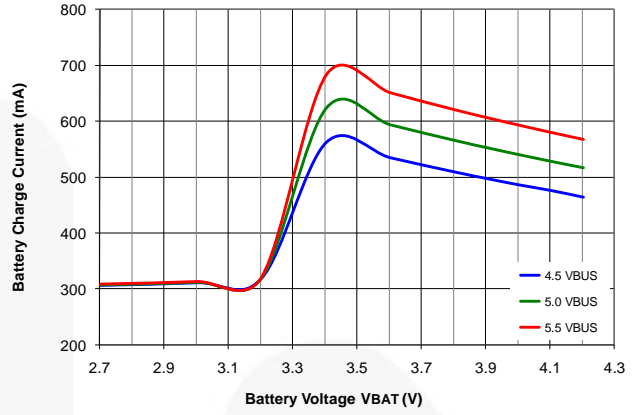


图8. 电池充电电流与 V_{BUS} ， $I_{BUSLIM}=500\text{ mA}$

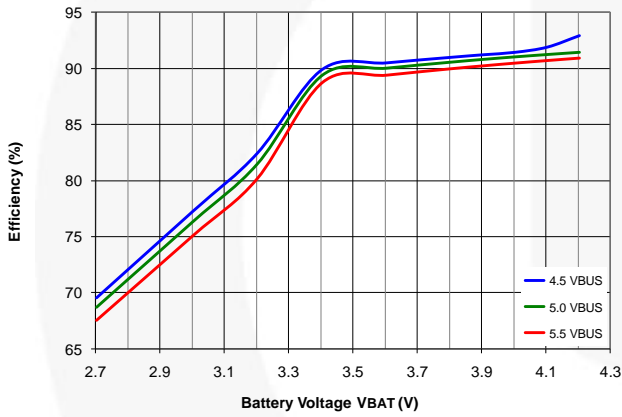


图9. 效率与 V_{BUS} ， $I_{BUSLIM}=500\text{ mA}$ ， $I_{SYS}=0$

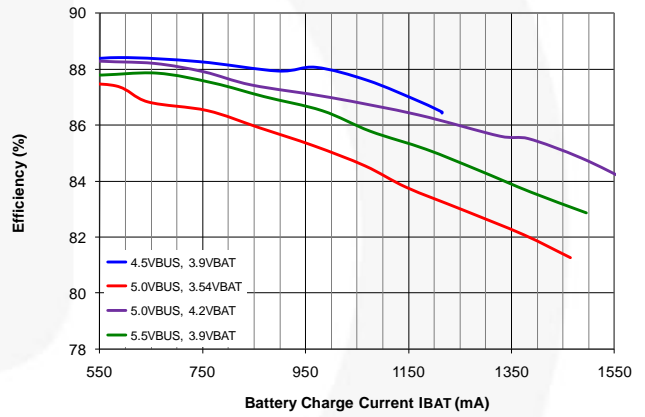


图10. 效率与 充电电流， $I_{BUSLIM}=\text{无限制}$

充电模式典型特征

除非另有说明，图1 的电路， $V_{REG}=4.2\text{ V}$ ， $V_{BUS}=5.0\text{ V}$ ， $T_A=25^\circ\text{ C}$ 。

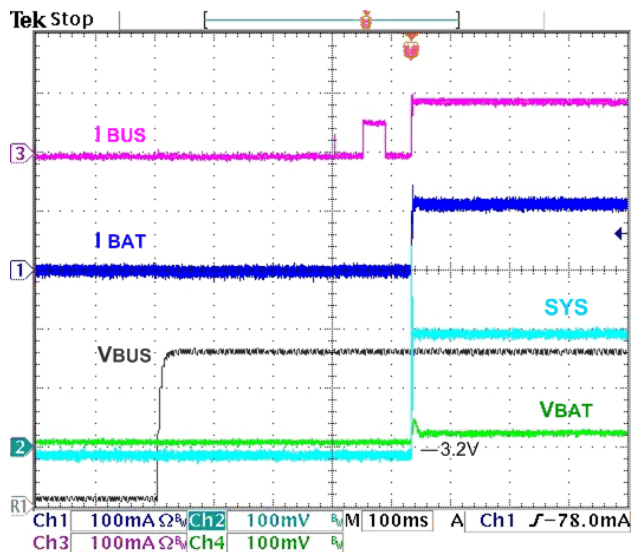


图11. 充电器在 V_{BUS} 插入时启动，100 mA
 $I_{BUS, LIM}$, 3.2 V_{BAT} , 100 Ω SYS 负载

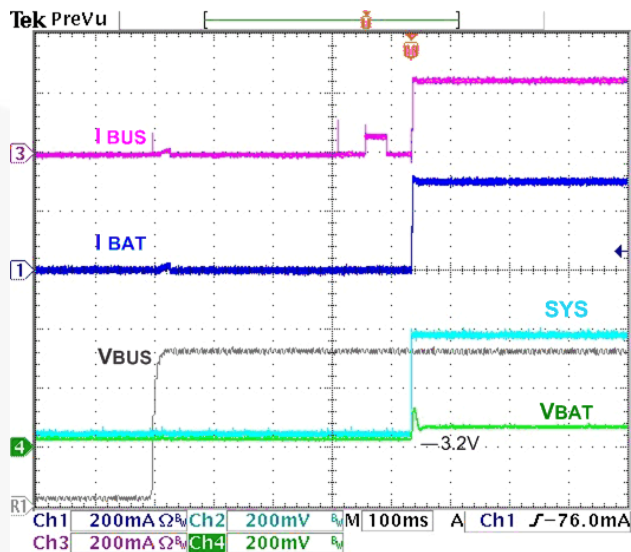


图 12. 充电器在 V_{BUS} 插入时启动，500 mA
 $I_{BUS, LIM}$, 3.2 V_{BAT} , 100 Ω SYS 负载

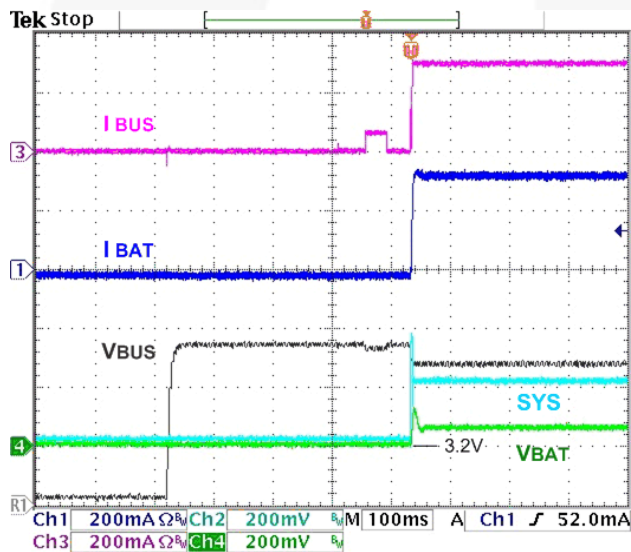


图 13. 充电器在 V_{BUS} 插入时启动，使用 300 mA
限流源，500 mA $I_{BUS, LIM}$, 3.2 V_{BAT} , 50 Ω SYS 负载

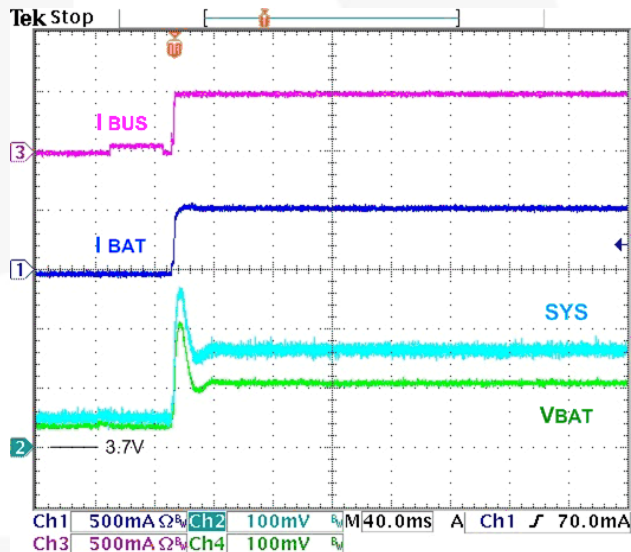


图14. 充电器启动时 HZ 位复位，500 mA $I_{BUS, LIM}$, 950 mA
 I_{CHARGE} , 50 Ω SYS 负载

充电模式典型特征

除非另有说明，图1 的电路， $V_{REG}=4.2\text{ V}$ ， $V_{BUS}=5.0\text{ V}$ ， $T_A=25^\circ\text{ C}$ 。

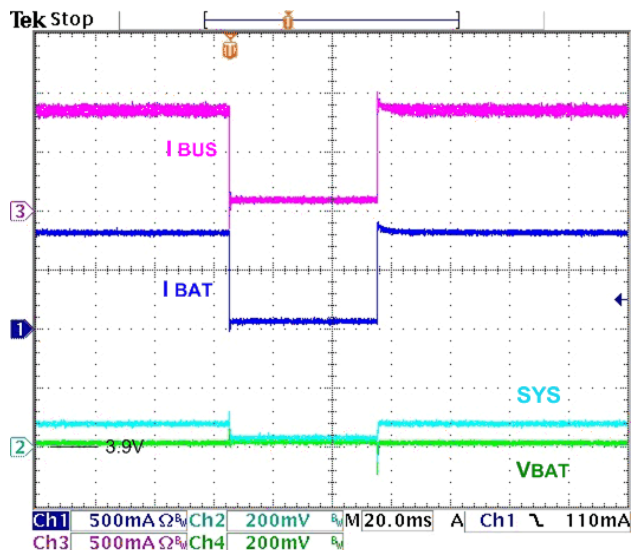


图 15. 充电时移除/插入电池， $TE=0$ ， 3.9 V_{BAT} ， $I_{CHRG}=950\text{ mA}$ ， $I_{BUS,IN}$ =无限制， $50\ \Omega$ SYS 负载

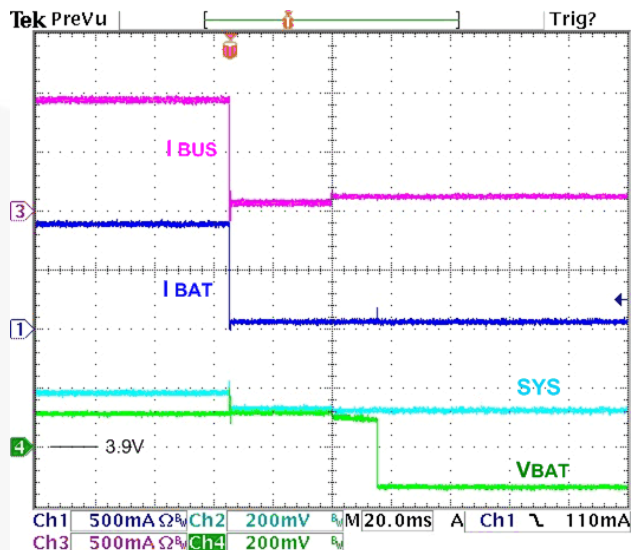


图 16. 充电时移除/插入电池， $TE=1$ ， 3.9 V_{BAT} ， $I_{CHRG}=950\text{ mA}$ ， $I_{BUS,IN}$ =无限制， $50\ \Omega$ SYS 负载

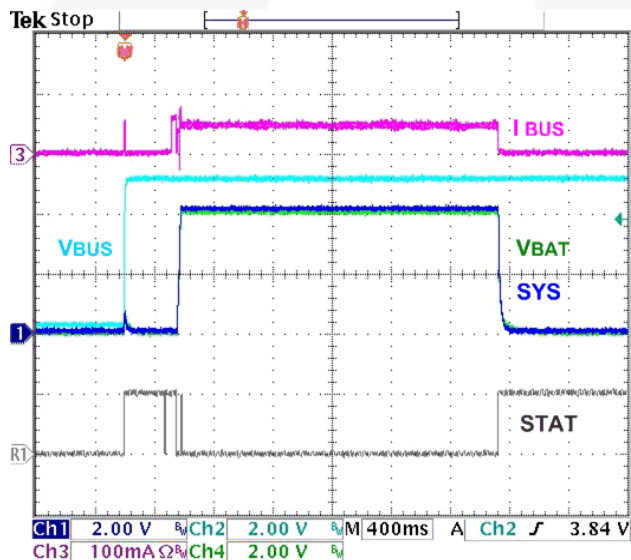


图17. V_{BUS} 上电时无电池，FAN54040， $100\ \Omega$ SYS 负载， $1\text{ k}\Omega$ V_{BAT} 负载

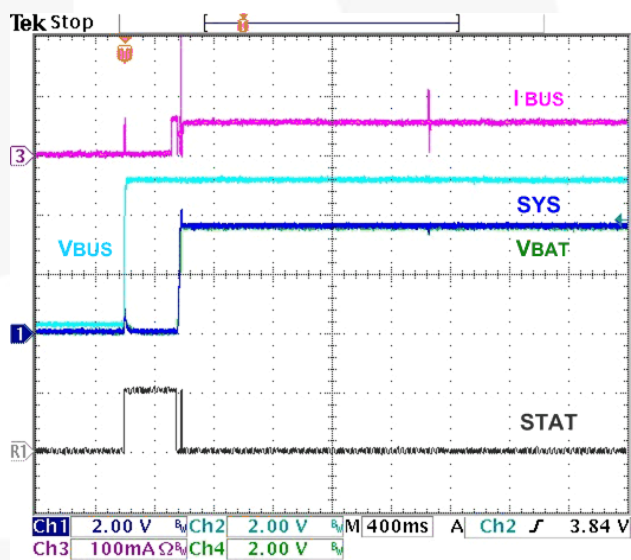


图18. V_{BUS} 上电时无电池，FAN54042， $100\ \Omega$ SYS 负载， $1\text{ k}\Omega$ V_{BAT} 负载

充电模式典型特征

除非另有说明，图1 的电路， $V_{OREG}=4.2\text{ V}$ ， $V_{BUS}=5.0\text{ V}$ ， $T_A=25^\circ\text{ C}$ 。

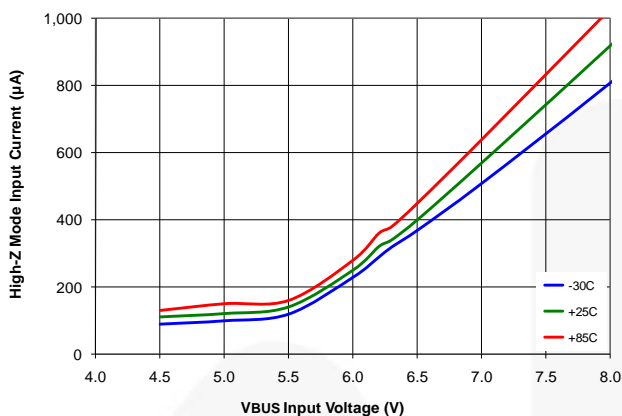


图19。HZ 模式 VBUS 电流与 温度，3.7 V_{BAT}

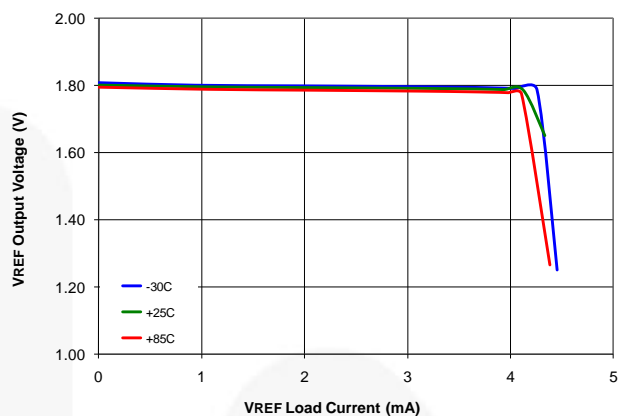


图20。V_{REF} 与 负载电流，整个温度范围内，5.0 V_{BUS}

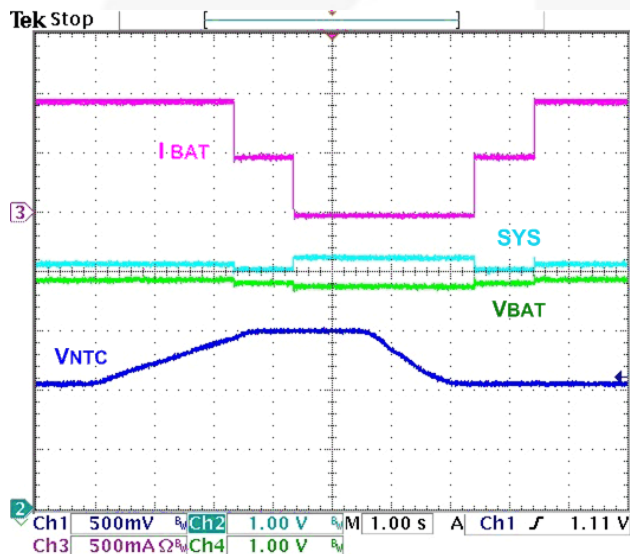


图21。充电与 温度 (NTC)，+30° C 至 -10° C
3.7 V_{BAT}，I_{CHRG}=950 mA，无 I_{BUSLIM}，100 Ω SYS 负载

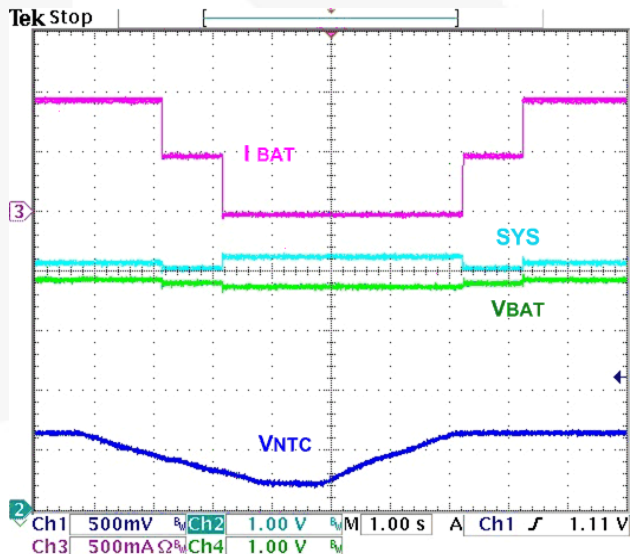


图 22 充电与 温度 (NTC)，+30° C 至 +70° C
3.7 V_{BAT}，I_{CHRG}=950 mA，无 I_{BUSLIM}，100 Ω SYS 负载

GSM 典型特性

将 2.0 A GSM 脉冲施加于 VBAT，5 μ s 上升/下降时间。与 GSM 脉冲同步，50 Ω 附加负载施加于 SYS。

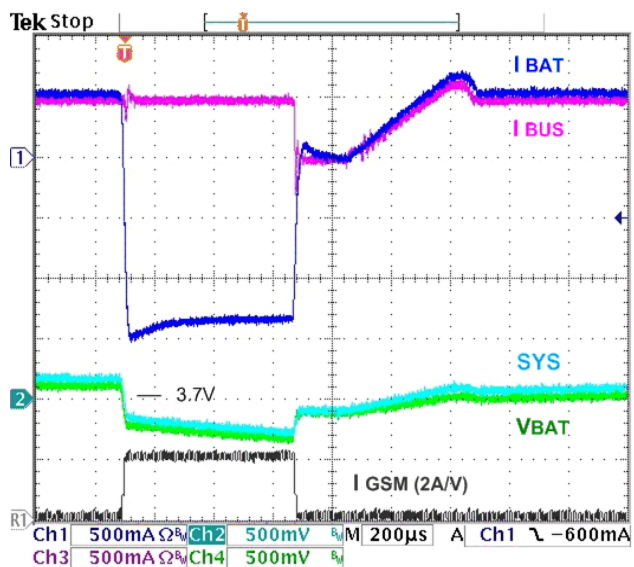


图23. 2.0 A GSM 脉冲响应, $I_{BUS,IN}=500$ mA 控制, $I_{CHRG}=950$ mA, 3.7 V_{BAT}, OREG=4.2 V

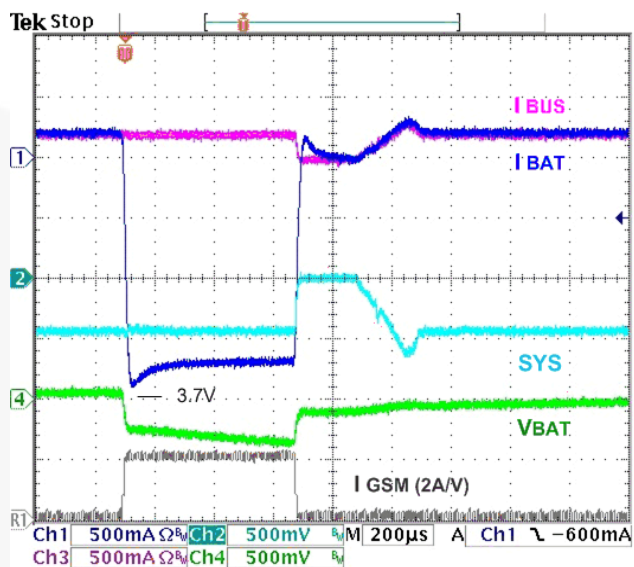


图24. 2.0 A GSM 脉冲响应, $I_{BUS,IN}=500$ mA, $I_{CHRG}=950$ mA, 3.7 V_{BAT}, OREG=4.2 V, 200 mA 源电流限值

升压模式典型特征

除非另有说明, 使用 图1 的电路, $V_{BAT}=3.6\text{ V}$, $T_A=25^\circ\text{ C}$ 。

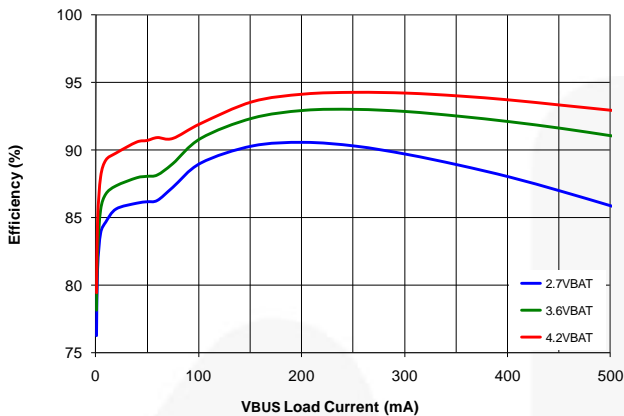


图25. 效率与 I_{BUS} , 不同 V_{BAT}

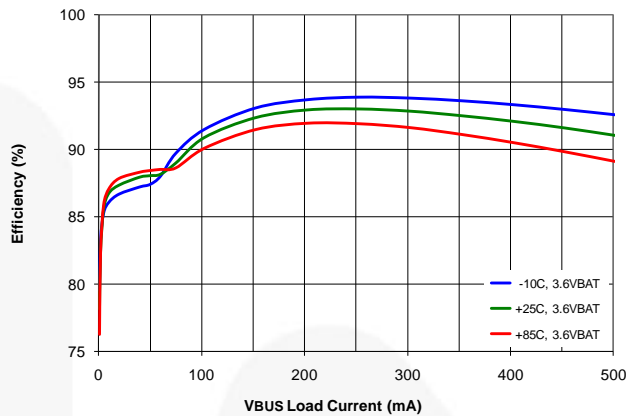


图26. 效率与 I_{BUS} , 不同温度, 3.6 V_{BAT}

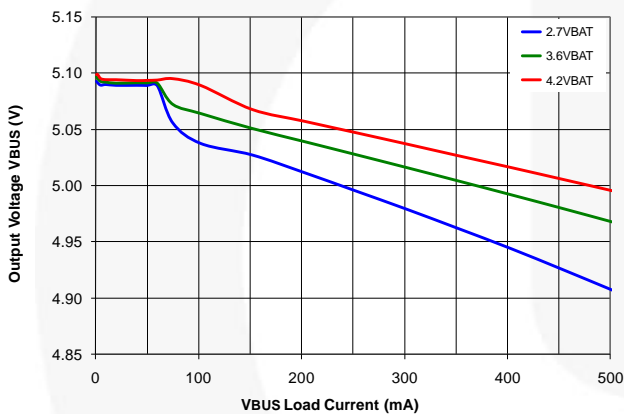


图. 27 调节与 I_{BUS} , 不同 V_{BAT}

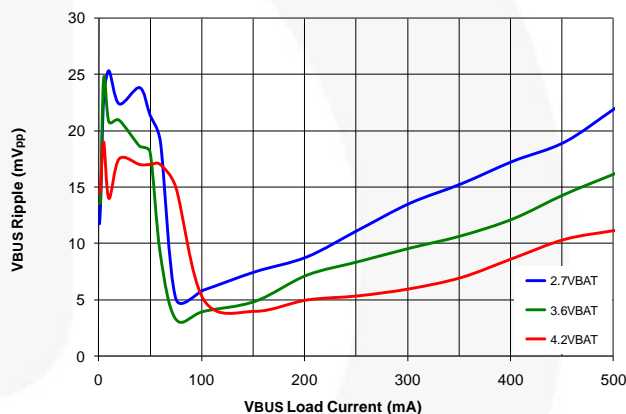


图. 28 输出纹波与 I_{BUS} , 不同 V_{BAT}

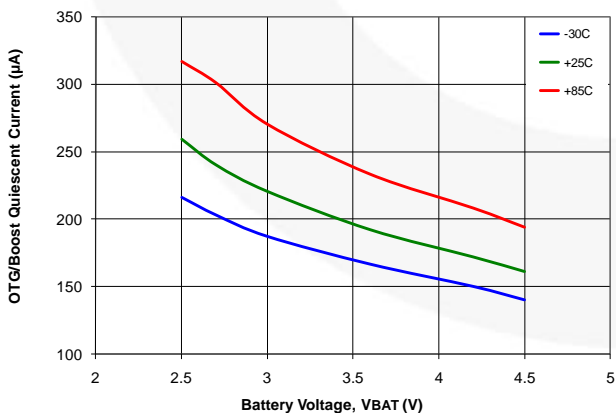


图29. 静态电流 (I_Q) 与 V_{BAT} , 整个温度范围内

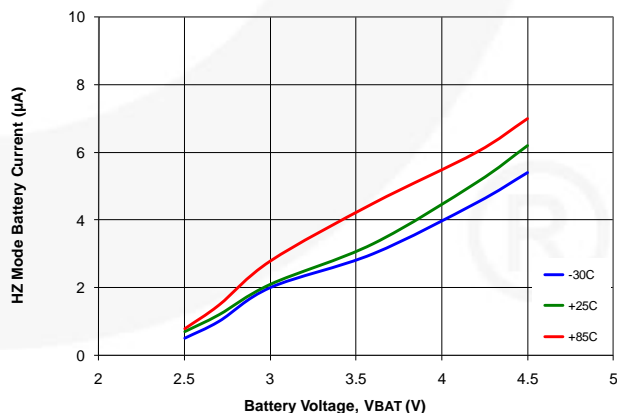


图30. 电池放电电流与 V_{BAT} , HZ / 休眠模式

升压模式典型特征

除非另有说明，使用 图1 的电路， $V_{BAT}=3.6\text{ V}$ ， $T_A=25^\circ\text{ C}$ 。

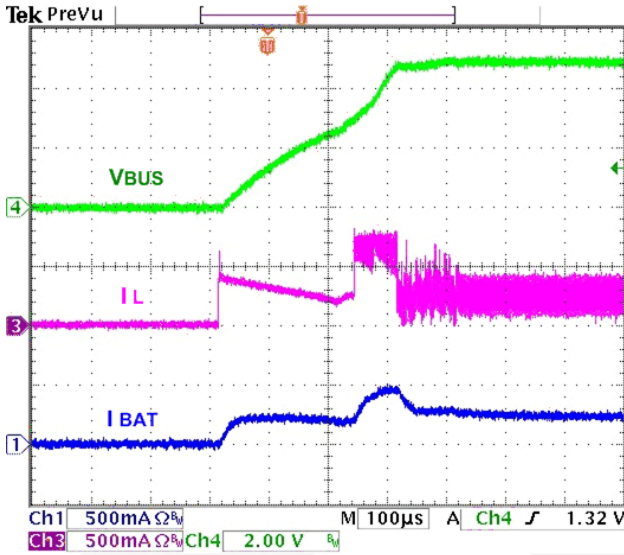


图31. OTG 启动, 50 Ω 负载, 3.6 V_{BAT} 外部 / 附加 10 μf 在 V_{BUS} 上

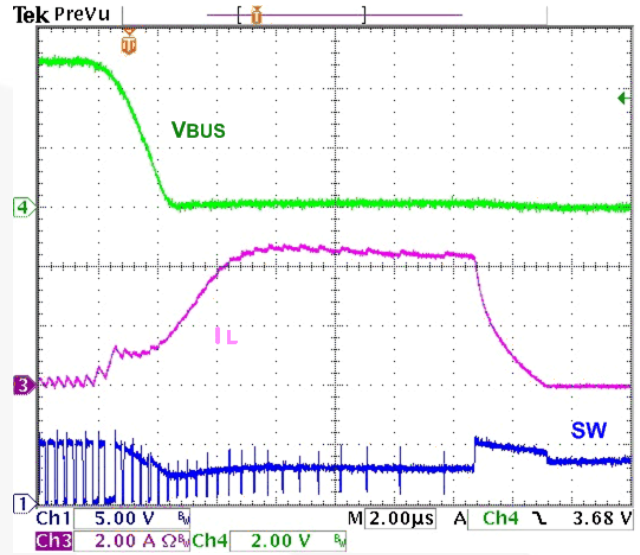


图32. OTG V_{BUS} 过载响应

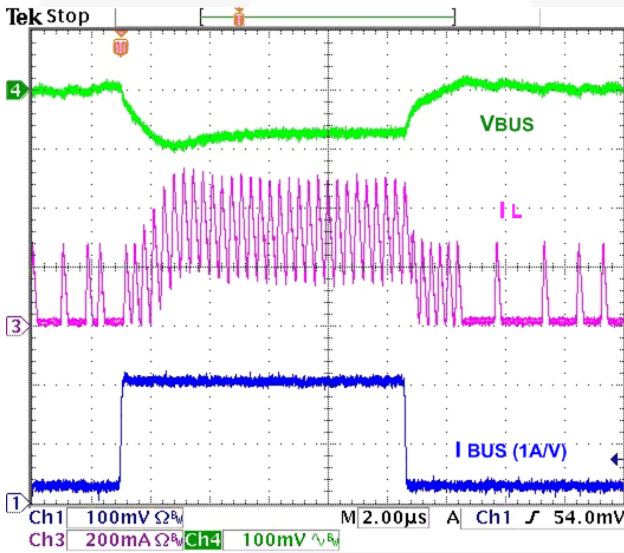


图33. 负载瞬态响应, 20-200-20 mA
 I_{BUS} , $t_{RISE/FALL}=100\text{ ns}$

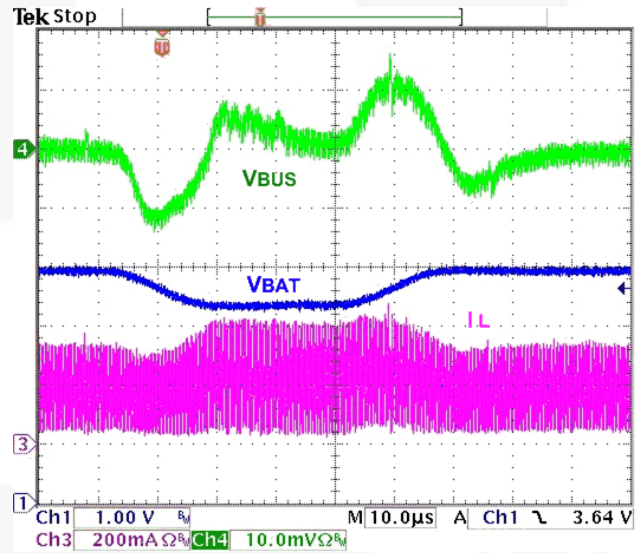


图34. 线路瞬态响应, 50 Ω 负载, 3.9-3.3-
3.9 V_{BAT} , $t_{RISE/FALL}=10\text{ }\mu\text{s}$

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。

FAN5404X

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 5 V 电压。FAN5404X 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率。

FAN5404X 有四种工作模式：

1. 充电器模式：
为单体锂离子或锂聚合物电池充电。
2. 升压模式：
使用电池作为输入的集成同步整流升压调节器为 USB-OTG 提供 5 V 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。
4. 生产测试模式
此模式在 VBAT 上提供 4.2 V 输出，并供应最多 2.3 A 的负载电流。

充电模式

在充电模式下，FAN5404X 采用六个调节环路：

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 I²C接口进行编程。
2. 充电电流： 限制最大充电电流。该电流利用内部检测 MOSFET 检测。
3. VBUS 电压：
当输入电源被限流时，此环路可防止输入电源被拉到 V_{BUSLIM}（典型值 4.5 V）以下。一个实例是旅行充电器。当 V_{BUS} 接近 V_{BUSLIM} 时，此环路会降低电流，以便输入源在限流模式下运行。
4. 充电电压：
防止调节器超过该电压。随着内部电池电压上升，电池的 内部阻抗与充电电压调节一起降低流入电池的电流。当通过 Q4 的电流降至 I_{TERM} 阈值以下时，电池充电完成。
5. 电源路径： 当 V_{BAT} 低于 V_{BATMIN} 时，Q4 用作线性电流源并调整其电流，确保 SYS 上的电压始终高于 3.4 V。
6. 温度： 如果 IC 的结温达到 120° C，充电电流将降低，直到 IC 的温度低于 120° C。

电池充电曲线

如果电池电压低于V_{SHORT}，线性电流源对电池进行预充电，直到 V_{BAT}达到V_{SHORT}。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。

FAN5404X 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_{BUSLIM} 或经过编程的充电电流会限制可用于对电池充电和为系统供电的电流大小。I_{BUSLIM} 对 I_{CHARGE} 的影响请参见 图36。

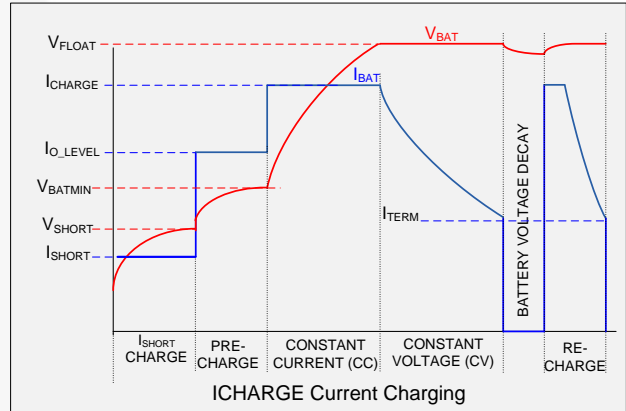


图35. 充电曲线，I_{CHARGE}不受I_{INLIM}限制

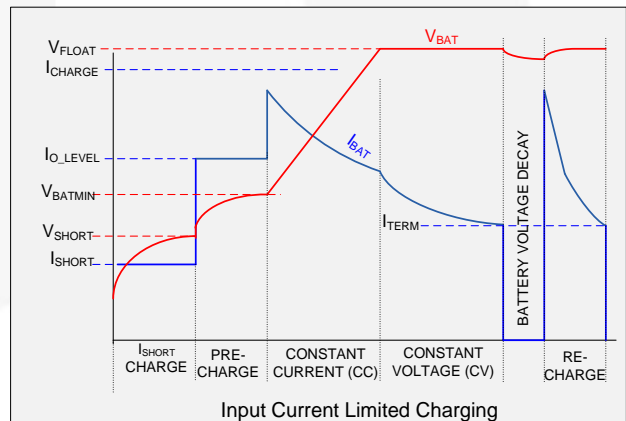


图36. 充电曲线，I_{BUSLIM}限制I_{CHARGE}

假设

编程为电池单元的完全充电“浮动”电压，则电池接受的电流会下降，PWM 调节器将其输出（于 VBAT 处检测）限制为 V_{OREG}，并且充电器进入充电的电压调节阶段。电流下降到已编程的 I_{TERM} 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。

充电器输出或“浮动”电压可通过 OREG 位编程，范围为 3.5 V 至 4.44 V，增量为 20 mV，如 表4 所示。

以下充电参数可使用主机，通过 I²C 进行编程

表 3. 可编程充电参数

参数	名称	寄存器
输出电压调节	V _{OREG}	REG2[7:2]
电池充电限流	I _{OCHRG}	REG4[6:3]
电流限值最小值	I _{INLIM}	REG1[7:6]
充电终止限制	I _{TERM}	REG4[2:0]
电池电压不足	V _{LOW}	REG1[5:4]

表4. OREG位 (OREG[7:2]) 与充电器V_{OUT} (V_{OREG}) 浮动电压

十进制	十六进制	VOREG	十进制	十六进制	VOREG
0	00	3.50	24	18	3.98
1	01	3.52	25	19	4.00
2	02	3.54	26	1A	4.02
3	03	3.56	27	1B	4.04
4	04	3.58	28	1C	4.06
5	05	3.60	29	1D	4.08
6	06	3.62	30	1E	4.10
7	07	3.64	31	1F	4.12
8	08	3.66	32	20	4.14
9	09	3.68	33	21	4.16
10	0A	3.70	34	22	4.18
11	0B	3.72	35	23	4.20
12	0C	3.74	36	24	4.22
13	0D	3.76	37	25	4.24
14	0E	3.78	38	26	4.26
15	0F	3.80	39	27	4.28
16	10	3.82	40	28	4.30
17	11	3.84	41	29	4.32
18	12	3.86	42	2A	4.34
19	13	3.88	43	2B	4.36
20	14	3.90	44	2C	4.38
21	15	3.92	45	2D	4.40
22	16	3.94	46	2E	4.42
23	17	3.96	47-63	2F-3F	4.44

注意:

9. 缺省设置采用**粗体**字表示。

如果 DIS、CE# 和 HZ_MODE

为低电平，则当出现下列任一条件时，将开始新的充电周期：

1. 充电已终止后，电池电压降至 V_{OREG} - V_{RCH} 以下。
2. 发生 I²C 写操作，导致 T32 定时器运行。

具有自动充电功能的产品也会开始充电：

3. VBUS 发生上电复位 (POR)，而且电池电压低于弱电池阈值 (V_{LOW})。

充电电流限值 (I_{OCHARGE})

表5. I_{OCHARGE} 电流与 I_{OCHARGE} 位 (REG4 [6:3]) 成函数关系

DEC	BIN	HEX	I _{OCHARGE} (mA)
0	0000	0	550
1	0001	1	650
2	0010	2	750
3	0011	3	850
4	0100	4	950
5	0101	5	1,050
6	0110	6	1,150
7	0111	7	1,250
8	1000	8	1,350
9	1001	9	1,450
10-15	1010-1111	A-F	1,550

当 IO_LEVEL 位置 1 (默认值) 时，忽略 I_{OCHARGE} 位，充电电流设置为 340 mA。

处于充电模式的PWM控制器

IC 使用电流模式 PWM

控制器来调节输出电压和电池充电电流。同步整流器 (Q2) 有负的电流感测，会在 140 mA 时关闭 Q2，以防电流从电池流出。

终止电流限值

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

表 6 终止电流与 I_{TERM} 位 (REG4[2:0]) 或 PC_IT 位 (REG7[2:0]) 成函数关系

I _{TERM} 位或 PC_IT 位	终止电流 (mA)
0	50
1	100
2	150
3	200
4	250
5	300
6	350
7	400

当充电电流低于 I_{TERM} 时，PWM 充电停止，但 STAT 引脚保持低电平。STAT 引脚随即变为高电平，并且 STATUS 位变为 CHARGE DONE (10)，前提是电池和充电器仍然连接。

提供后充电特性 (“充满”充电)，以较低的充电电流继续给电池充电，使电池容量最大化。在电池充电电流达到正常充电的终止电流 I_{TERM} 之前，PC_EN 位必须置

1。后充电终止电流由 PC_IT[2:0] 位设置，如表 6 所示。如果 PC_EN 设置为

1, 则在正常充电如上所述结束后, 后充电开始, PC_ON 监视位设置为 1。一旦电流达到后充电完成的阈值, PWM 充电即停止, PC_ON 位变回 0。

在后充电期间, STAT 引脚为高电平, 表示充电电流低于 I_{TERM} 水平。要退出后充电, 必须出现下列任一条件: V_{BUS} POR, POK_B 循环 ($V_{BAT} < 3.0$ V 时), 或 CE# / HZ_Mode 位循环。

安全计时器

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 I²C 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, 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_{BUS} POR / 非兼容充电器抑制

VBUS 连接 256 ms 后, IC 发送脉冲至 STAT 引脚, 设置 VBUS_CON 位。开始供应电流之前, IC 应用 VBUS 到 GND 之间的 110 Ω 负载。 V_{BUS} 必须高于 $V_{IN(MIN)1}$ 且低于 $V_{BUS(OVP)}$ 并持续 t_{VBUS_VALID} (32 ms), 然后 IC 启动充电或向 SYS 供电。 V_{BUS} 验证始终发生在从 VBUS 吸取大量电流之前 (例如, VBUS OVP 故障或 V_{RCH} 再充电启动后)。 t_{VBUS_VALID} 确保无滤波的 50/60 Hz 充电器和其他不兼容充电器被拒绝。

USB 兼容引导序列

在 V_{BUS} POR 时, 当电池电压高于弱电池阈值 (V_{LOW}) 时, IC 将根据 I²C 寄存器设置操作。如果 $V_{BAT} < V_{LOW}$ 且 t_{32S} 不在运行, IC 将把所有寄存器设为默认值, 并开始向 SYS 供电。

FAN54040、FAN54042 和 FAN54047 具有自动充电特性, 在接收到主机命令之前, 便可向电池充电。

FAN54041 在 V_{BUS} POR 时不会自动启动充电。相反, 它会在空闲状态下等待主机通过 I²C 命令启动充电。在空闲状态下, Q4 和 Q5 导通。这样, 系统便可通过单独的电源路径运行, 而不需要额外的断开 MOSFET。

电源路径操作

只要 $V_{BAT} < V_{BATMIN}$, Q4 就用作线性电流源 (电源路径模式), 其电流以 340 mA 为限。然后, IC 将 SYS 调节至 3.54 V, 并尝试用尽可能多的可用 I_{BUSLIM} 输入电流向电池充电, 只要 SYS 不低于 3.4 V 即可。这样可确保系统电源在有限的输入电源中始终优先。在此期间, POK_B 为高电平。如果 $V_{BAT} < V_{SHORT}$, 当 I_{BUSLIM} 设置为

100 或 500 mA 时, Q4 的电流将进一步降低至约 13 mA (I_{SHORT})。对于所有其他输入电流限值, I_{SHORT} 电流约为 30 mA。

POK_B

信号可用来使系统处于低功耗状态, 防止系统在尝试给已耗尽电池充电时发生过载。

表 7. 退出电源路径模式的 VBATMIN 阈值

I_{BUSLIM} (mA)	V_{BATMIN} (V)
100	3.4
500	3.3
800	3.2
无限制	3.2

V_{BAT} 达到 V_{BATMIN} 后, Q4 关闭, 并用作电流检测元件, 按照 I²C 寄存器的设置, 通过限制 PWM 调制器的电流 (完全 PWM 模式) 来限制 I_{CHARGE} 。在 PWM 模式下, 如果 SYS 比 V_{BAT} 低 5 mV (V_{THSYS}) 以上, Q4 和 Q5 将导通 (GATE 被拉至低电平)。一旦 SYS 电压高于 V_{BAT} , Q5 将关闭, Q4 又用作电流检测元件来限制 I_{CHARGE} 。

当 IC 进入休眠模式 ($V_{BUS} < V_{BAT}$) 时, Q4 和 Q5 均导通。

一旦 V_{BAT} 达到 V_{LOW} , POK_B 就会被拉至低电平; 只要 IC 处于完全 PWM 模式下, 它将一直保持低电平。只要 $V_{BAT} > 3.0$ V, IC 就会保持完全 PWM 模式; 在该点, IC 进入电源路径充电模式。

在电池耗尽情况下启动

在 V_{BUS} POR 时, 对 V_{BAT} 应用一个 2 k Ω 负载 256 ms, 使系统的任何残余电容放电, 防止因为电池不存在或其放电保护开关断开而损坏系统。

如果 $V_{BAT} < V_{LOW}$, 所有寄存器将复位到默认值, IC 在 T15Min 模式下充电。如果 $V_{BAT} < V_{SHORT}$, SAFETY 寄存器将复位到默认值, 并执行下面的电池检测测试。

电池检测

充电使能时, 如果 V_{BAT} 低于 V_{SHORT} , DBAT_B 位将复位, 并且 IC (FAN54045 和 FAN54046 除外) 执行附加电池检测测试。

当 V_{BAT} 升至高于 V_{SHORT} 时, PWM 充电开始 (CE# = 0 时), 且浮动电压 (V_{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. STAT 发送脉冲, FAULT 位设置为 111, NOBAT 位置 1。
2. 仅限 FAN54040; t_{15MIN} 计时器禁用, 直到 V_{BUS} 被移除、进入空闲状态且 POK_B 保持高电平为止。
3. IC 略过下面的保护开关闭合测试, 因为电池不存在。

FAN54042 和 FAN54047 继续充电。

如果在初始 32 ms 时间内 V_{BAT} 一直低于

3.7 V, 电源路径模式充电将继续, 以确保电池的放电保护开关在退出电源路径模式之前已闭合:

1. 如果 V_{BAT} 低于 3.4 V, V_{SYS} 将被设置为 4 V, 电源路径充电继续, 直到 V_{BAT} 超过 3.4 V 至少 128 ms。充电继续, 直到:

2. V_{BAT} 降至 3.2 V 以下至少 32 ms 。一旦发生这种情况， V_{SYS} 就会恢复 OREG 寄存器设置（默认 3.54 V ）。

3. V_{BAT} 再次升至 V_{BATMIN} 以上至少 4 ms 。

这三个事件之后，IC 进入 PWM 模式并设置 DBAT_B 位。如果主机设置 DBAT_B 位 (Reg2[1])，将略过以上的事件 1 和 2，一旦 V_{BAT} 升至 V_{BATMIN} 以上就会进入 PWM 模式。

在典型应用中，一旦主机处理器清除其 UVLO 阈值（典型值 3.3 V ），主机的低电平软件就会设置 IBUSLIM 和 IOCHARGE 寄存器，一旦主机判断可通过 VBUS 提供 100 mA 以上电流，则将电池更加迅速地充电至 V_{BATMIN} 以上（参见图37）。

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，寄存器将加载默认值，FAULT 位设置为 110，STAT 发送脉冲，充电以 T15MIN 模式下的默认充电参数继续进行（对于 FAN54040、FAN54042 和 FAN54047）。

POK_B (参见表8)

POK_B

引脚和位用于向基带处理器提供反馈：电池足够强，可以让器件充分发挥其功能。只要 IC 在电源路径模式下工作，POK_B 就会保持高电平。退出电源路径模式时，POK_B 保持高电平，直到 $V_{BAT} > V_{LOW}$ 。Reg1[5:4] 设置 V_{LOW} 阈值。

POK_B 引脚改变时，STAT 引脚就会发送脉冲。

表8. Q4、Q5、POK_B 和 GATE 操作与 充电模式

Q4 CC-CV 控制	V_{BUS}	V_{BAT}	V_{SYS}	Q4	Q5	GATE	POK_B
电源路径模式：维持 $V_{SYS} \geq 3.4\text{ V}$	有效	$< V_{BATMIN}$	≤ 3.4	线性	关	高	高
电源路径模式：限制 $I_{CHARGE} \leq 340\text{ mA}$	有效	$< V_{BATMIN}$	> 3.4	线性	关	高	高
PWM 模式。Q4 检测 I_{CHARGE} 的电流	有效	$> V_{BATMIN}$ 且 $< V_{LOW}$	X	导通	关	高	高
		$> V_{LOW}$					低
关	$< V_{BAT}$	X	X	导通	导通	低	高

注意：

10. POK_B 保持低电平，直到 Q4 返回电源路径模式。如果 $V_{SYS} < V_{BAT}$ 且 $CE\# = 0$ ，则 Q4 和 Q5 均导通。如果 $CE\# = 1$ 且 $V_{SYS} < V_{BAT}$ ，则 Q5 断开，Q4 阻止电流从 VBAT 流到 SYS。

表9. Q4、Q5 操作与 V_{BUS} 和 V_{BAT} 之间的关系成函数关系

PWM	充电器	CE#	V_{BUS}	V_{BAT}	Q4	Q5	GATE
导通	PWM 模式	0	有效	$< V_{SYS}, > V_{BATMIN}$	导通	关	高
导通	PWM 模式	0	有效	$> V_{SYS}, > V_{BATMIN}$	导通	导通	低
导通	禁用	1	有效	X	关	关	高
导通	电源路径充电	0	有效	$2\text{ V} < V_{BAT} < V_{BATMIN}$	线性	关	高
关	30 mA 线性充电	X	有效	$< 2\text{ V}_{BAT}$	导通	导通	低
关	关	X	X	X	导通	导通	低

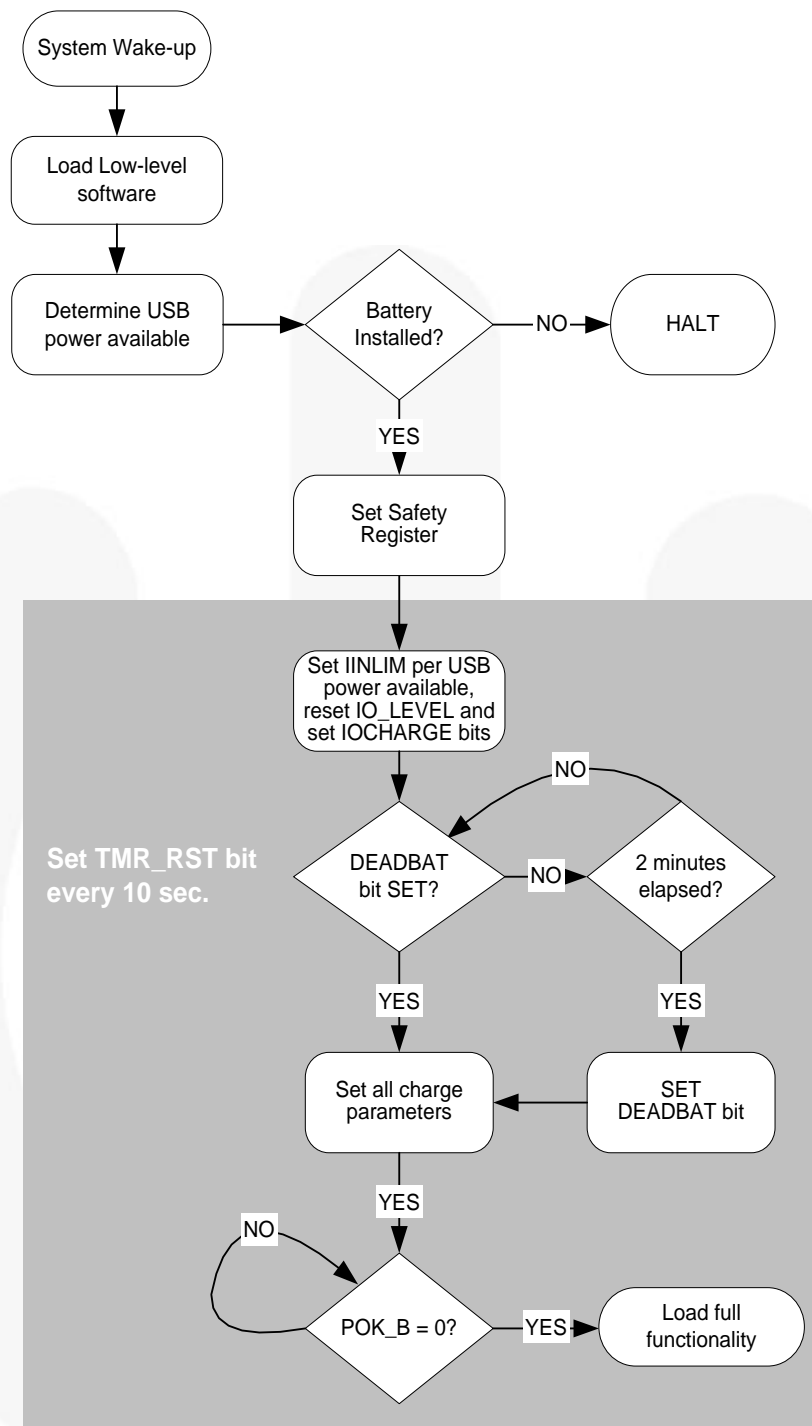


图37. 用无电电池引导时的推荐主机软件序列

电池温度 (NTC) 监控器

如果 NTC 测量的电池温度 (T_{BAT}) 超出快速充电限值范围 (T_2 至 T_3)，FAN5404X 将降低最大充电电流和终止电压，如 JEITA 规范所述¹。有四个温度阈值可改变电池充电器操作： T_1 、 T_2 、 T_3 和 T_4 ，如表 10 所示。

表 10. 电池温度阈值

使用 10 k Ω NTC、 $\beta = 3380$ 且 $R_{REF} = 10$ k Ω 。

阈值	温度	% V_{REF}
T1	0° C	73.9
T2	10° C	64.6
T3	45° C	32.9
T4	60° C	23.3

表 11. 充电参数与 T_{BAT}

T_{BAT} (° C)	I_{CHARGE}	V_{FLOAT}
低于 T1	充电至 V_{BAT} 禁用	
T1 与 T2 之间	$I_{OCHARGE} / 2^{(11)}$	4.0 V
T2 与 T3 之间	$I_{OCHARGE}$	V_{OREG}
T3 与 T4 之间	$I_{OCHARGE} / 2^{(11)}$	4.0 V
高于 T4	充电至 V_{BAT} 禁用	

注意：

11. If $I_{OCHARGE}$ 编程值小于 650 mA，充电电流将以 340 mA 为限。

可以使用其他 β 值的热敏电阻，但对应的温度阈值有一定的偏移，如表 12 所示。

表 12. 热敏电阻温度阈值

25° C 时 $R_{REF} = R_{THRM}$

参数	各种热敏电阻			
	10 k Ω	10 k Ω	47 k Ω	100 k Ω
R_{THRM} (25° C)	10 k Ω	10 k Ω	47 k Ω	100 k Ω
β	3380	3940	4050	4250
T1	0° C	3° C	6	8
T2	10° C	12° C	13	14
T3	45° C	42° C	41	40
T4	60° C	55° C	53	51

主机处理器可以将 1 写入 TEMP_DIS 位，从而禁用充电参数的温度控制。只要 IC 复位其寄存器，TEMP_DIS 就会复位，因此只要 IC 采用自动充电，就会实施温度控制，因为自动充电前必定会复位寄存器。

要禁用热敏电阻电路，须将 NTC 引脚连接到 GND。使能充电器之前，IC 会执行测试，检查 NTC 是否短接至 GND。如果 NTC 短接至 GND，则不会出现热敏电阻读数，NTC_OK 和 NTC1-NTC4 复位。

进入任何 PWM 充电状态之前，IC 会测量 NTC，然后每秒测量一次 NTC，并更新 NTC1-NTC4 位中的结果 (Reg 12H[3:0])。

表 13. NTC1-NTC4 解码

T_{BAT} (° C)	NTC4	NTC3	NTC2	NTC1
高于 T4	1	1	1	1
T3 与 T4 之间	0	1	1	1
T2 与 T3 之间	0	0	1	1
T1 与 T2 之间	0	0	0	1
低于 T1	0	0	0	0

¹ 日本电子和信息技术工业协会 (JEITA) 及日本电业协会。“笔记本型个人计算机安全使用二次锂离子电池指南”，2007 年 4 月 28 日。

流程图

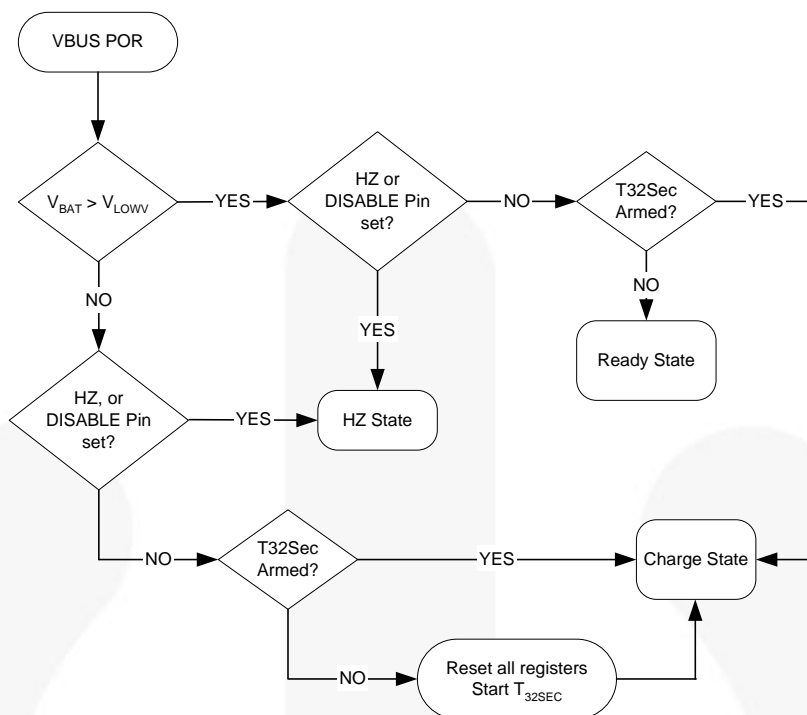


图38. 充电器 V_{BUS} POR 流程图

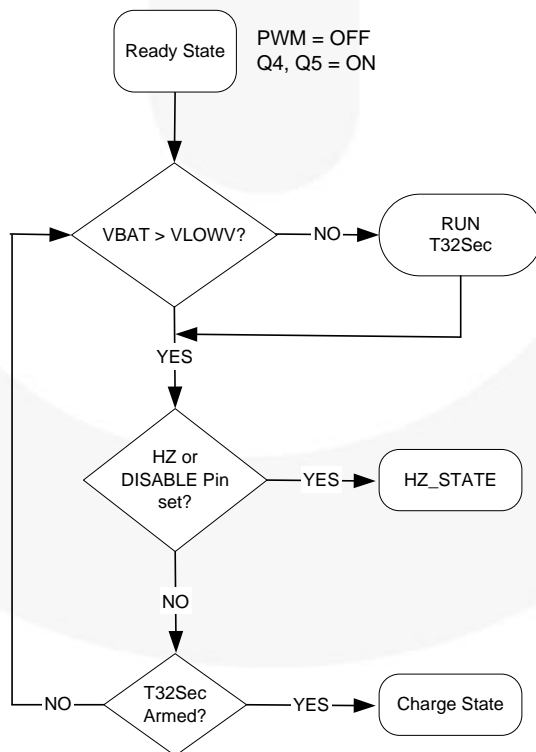
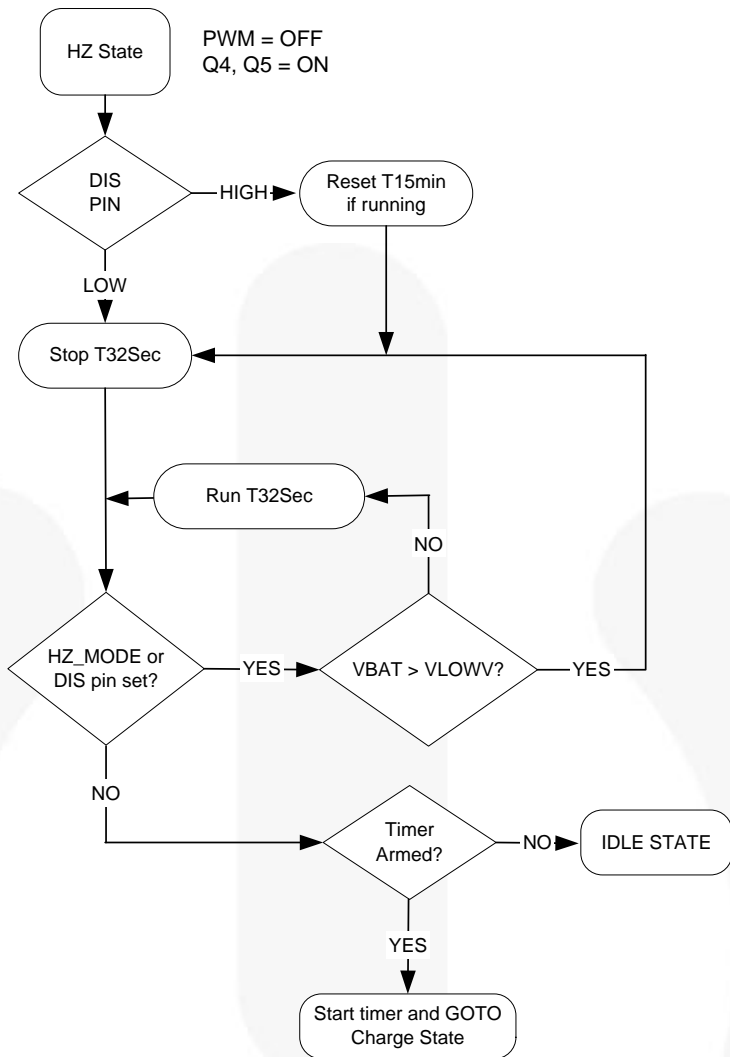


图39. 就绪状态流程图



41图。HZ 状态

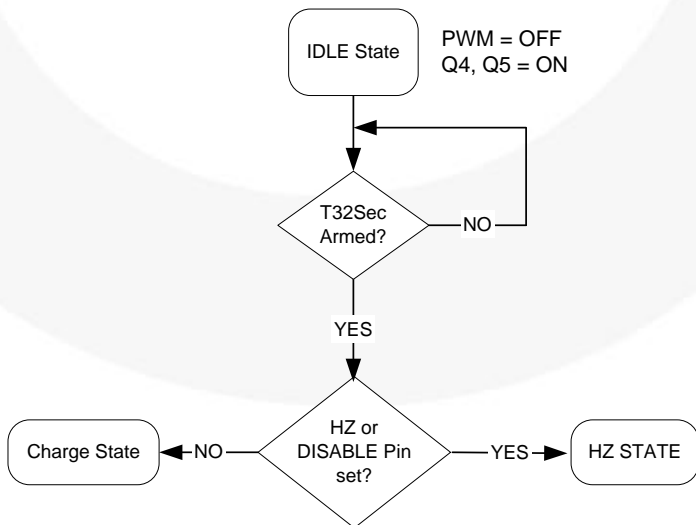


图42。空闲状态

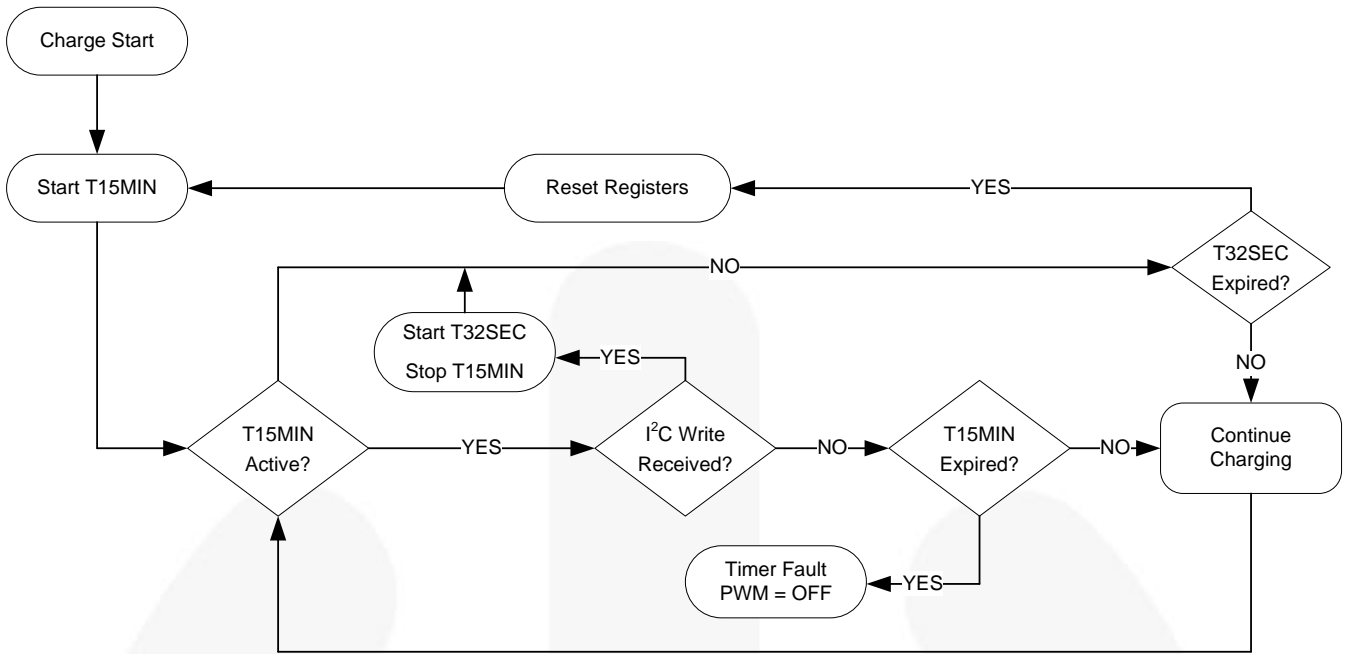


图43. FAN54040、FAN54042、FAN54047 的计时器流程图

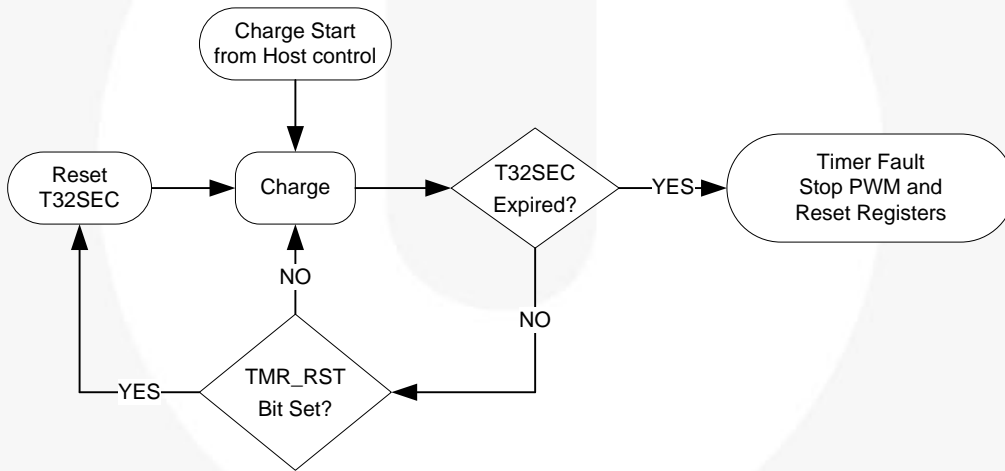


图44. FAN54041 的计时器流程图

输入限流

为使充电时间最短，同时不超过 V_{BUS} 电流限值，可以通过 I_{BUSLIM} 位 (REG1[7:6]) 设置 IC 的输入电流限值。

表 14 电流限值最小值

I_{BUSLIM} 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 FAN54041，在 V_{BUS} POR 时不会发生自动充电，因此输入电流限值由 I_{BUSLIM} 位确定。

VBUS 控制环路

IC 包括一个控制环路，在限流源提供 V_{BUS} 的情况下，它可以限制输入电流。

控制环路提高充电电流，直到：

- 达到 I_{BUSLIM} 或 $I_{OCHARGE}$ 或者
- $V_{BUS} = V_{BUSLIM}$

如果 V_{BUS} 降至 V_{BUSLIM} ， V_{BUS} 环路将降低其电流以使 $V_{BUS} = V_{BUSLIM}$ 。当 V_{BUS} 控制环路限制充电电流时，VLIM 位 (REG5[3]) 置 1。

表 15. V_{BUS} 限值与 V_{BUSLIM} 位 (REG5[2:0]) 成函数关系

V_{BUSLIM} (REG5[2:0])			
DEC	BIN	HEX	V_{BUSLIM}
0	000	0	4.213
1	001	1	4.293
2	010	2	4.373
3	011	3	4.453
4	100	4	4.533
5	101	5	4.613
6	110	6	4.693
7	111	7	4.773

安全设置

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

V_{BAT} 升至高于 V_{SHORT} 后，SAFETY 寄存器会加载默认值，并且只能在写入其他寄存器之前写入。要设置 Safety 寄存器值，应将同一 8 位值两次写入该寄存器。写入其它任何寄存器后，SAFETY 寄存器被锁定，直到 V_{BAT} 降低至低于 V_{SHORT} 。

ISAFE (REG6[7:4]) 和 VSAFE (REG6[3:0]) 寄存器确定的值限制控制逻辑使用的 $I_{OCHARGE}$ 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 16. 最大 $I_{OCHARGE}$ 与 ISAFE 位 (REG6[7:4]) 成函数关系

DEC	BIN	HEX	$I_{OCHARGE(MAX)}$ (mA)
0	0000	0	550
1	0001	1	650
2	0010	2	750
3	0011	3	850
4	0100	4	950
5	0101	5	1,050
6	0110	6	1,150
7	0111	7	1,250
8	1000	8	1,350
9	1001	9	1,450
10-15	1010-1111	A-F	1,550

表 17. V_{SAFE} (V_{OREG} 限值) 与 VSAFE 位 (REG6[3:0]) 成函数关系

VSAFE (REG6[3:0])			OREG 最大值 (REG2[7:2])	VOREG 最大值
DEC	BIN	HEX		
0	0000	0	100011	4.20
1	0001	1	100100	4.22
2	0010	2	100101	4.24
3	0011	3	100110	4.26
4	0100	4	100111	4.28
5	0101	5	101000	4.30
6	0110	6	101001	4.32
7	0111	7	101010	4.34
8	1000	8	101011	4.36
9	1001	9	101100	4.38
10	1010	A	101101	4.40
11	1011	B	101110	4.42
12-15	1100-1111	C-F	101111-110010	4.44

热调节和保护

当 IC 的结温达到 T_{OF} (约 120°C) 时，充电器将其输出电流降低到 550 mA 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。在暂停模式下，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 θ_{JA} 数据点使用 FAN54040 评估板测量，在表 18 中给出 (在 $T_A=25^{\circ}\text{C}$ 下测量)。请注意，随着功耗增加，有效 θ_{JA} 由于芯片温度与环境之间的较大差异而降低。

表 18 评估板测量的 θ_{JA}

功率 (W)	θ_{JA}
0.504	54°C/W
0.844	50°C/W
1.506	46°C/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 V_{BUS} 。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

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

1. 终止充电
2. 发送脉冲至 STAT 引脚，将 STATUS 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_OVP} 时，IC：

1. 关闭 Q3
2. 暂停充电
3. 将 FAULT 位设置为 001，将 STATUS 位设置为 11，并发送脉冲至 STAT 引脚。

当 V_{BUS} 降至 V_{BUS_OVP} 以下大约 100 mV 时，故障清除，重新验证 V_{BUS} 后充电恢复

(参见 V_{BUS} POR / 非兼容充电器抑制)

充电时的VBUS短路

如果在 IC 充电时（且 $I_{BUSLIMIT}=100$ mA） V_{BUS} 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。要实现此压摆率，要求到 USB 电缆的短路为 0 Ω ，电缆与连接器的距离小于 10 cm。

放电/补充模式下 SYS 短路

务必确保连接到电池时 SYS 引脚不短路。否则可能引起高电流流过 BATFET (Q4)，直到电池本身的安全电路跳闸。由此产生的高电流可能损坏 IC。

充电模式电池检测和保护

V_{BAT} 过压保护

移除电池后，OREG 稳压环路防止 V_{BAT} 过冲 V_{OREG} 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 STATUS 位设置为 11，且向 STAT 引脚发送脉冲。

充电期间电池检测

如果终止位 (TE) 置 1 且 CE# = 0，则 IC 可以检测电池存在与否或是否被移除。正常充电期间，一旦 V_{BAT} 接近 V_{OREG} 且充电电流降至 I_{TERM} 以下，PWM 充电器将继续向 SYS 供电，且 Q4 断开。然后，它会接通一个放电电流 I_{DETECT} ，持续时间为 t_{DETECT} 。如果 V_{BAT} 仍然高于 $V_{OREG} - V_{RCH}$ ，则电池存在，IC 将 STATUS 位设置为 10（充电完成）。如果 V_{BAT} 低于 $V_{OREG} - V_{RCH}$ ，则电池不存在，IC 执行下列操作：

1. 将充电参数设置为默认值。
2. 将 FAULT 位设置为 111（电池不存在），且将 NOBAT 位置 1。
3. 如果 EOC=0，则 IC 关闭 PWM，持续时间为 t_{INT} ，然后恢复充电。如果电池仍然存在，则每隔 t_{INT} 发布一次电池不存在故障警告。
4. 如果 EOC = 1，则 PWM 保持开启以为 SYS 供电，但充电终止，电池不存在测试每隔 t_{INT} 执行一次。

线性充电

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} 给 V_{BAT} 充电，直到 $V_{BAT} > V_{SHORT}$ 。

I_{BUSLIM} 设置为 100 mA 或 500 mA 时，线性充电电流典型值为 13 mA。对于更高的 I_{BUSLIM} 设置，线性充电电流提高至 30 mA。

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 19. STAT 引脚功能

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

FAULT 位 (R0[2:0]) 指示充电模式下的故障类型（参见 表 28）。

生产测试模式 (PTM)

当 $V_{BUS} = 5.5$ V $\pm 5\%$ 时，PTM 以最高 2.3 A 电流向 V_{BAT} 提供 4.2 V 电压。

当 PROD 位置 1 且 NOBAT 位为高电平（表示 IC 检测到电池不存在）时，IC 进入 PTM。 V_{BUS} POR 后会执行电池存在检测测试（仅限 FAN54040、FAN54042 和 FAN54047）。

电池不存在检测测试可以随时进行，方法是将 TE 位置 1，将 V_{OREG} 设置为至少 4.0 V，然后复位 CE# 位。如果电池不存在，充电即终止，接下来会执行电池不存在

测试，从而将 NOBAT 位置 1。从 CE# 置 1 开始，电池不存在检测在 500 ms 内完成。

在 PTM 下，GATE 为低电平，Q4 和 Q5 导通，所有辅助控制环路禁用。仅 OREG 环路有效，它将 V_{BAT} 控制在 4.2 V，无论 OREG 寄存器如何设置。热关断仍然有效。

在 PTM 下，高电流脉冲（负载电流大于 1.5 A）必须限制为 20% 占空比，最短周期为 10 ms。

充电模式控制位

将 HZ_MODE（通过 I²C）或 DIS 引脚设为高电平将禁用充电器，IC 进入高阻抗模式，并且停止 t_{32S}。如果在高阻抗模式下，V_{BAT} < V_{LOWV}，则 t_{32S} 开始运行，当它溢出时，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_{15MIN} 充电（若 DIS=0）。

当 t_{15MIN} 溢出时，IC 进入高阻抗模式（空闲）。新充电周期只能通过 I²C 或 VBUS POR 启动。

设置 RESET 位将清零所有寄存器。如果在设置 RESET 位时 HZ_MODE 位已设置，则此位也将被清零，但 t_{32S} 计时器不会启动，IC 保持高阻抗模式。

表 20 DIS 引脚和 HZ_MODE 位功能

充电	DIS 引脚	HZ_MODE
使能	0	0
禁用	X	1
禁用	1	X

拉高 DIS 引脚将使 t_{32S} 停止前进，但不会将其复位。如果 DIS 引脚在 t_{15MIN} 充电期间被拉高，则 t_{15MIN} 计时器复位。CE# 确定是否使能对 V_{BAT} 进行充电。

升压模式

如果将 OPA_MODE 位设为高电平，并将 HZ_MODE 位清零，使 IC 处于 32 秒模式，则可以使能升压模式。

表 21 使能升压

HZ_MODE	OPA_MODE	升压
0	1	使能
1	X	禁用
X	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。VBUS POR 或读取 R0 可清除故障条件。

升压 PWM 控制

IC 使用最短导通时间和计算得到的最短关断时间来调节 V_{BUS}。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，随着输入电流升高，输出电压会略微下降。当 V_{BAT} 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响应，不会导致负载线路欠冲。请见图 33 和图 45。

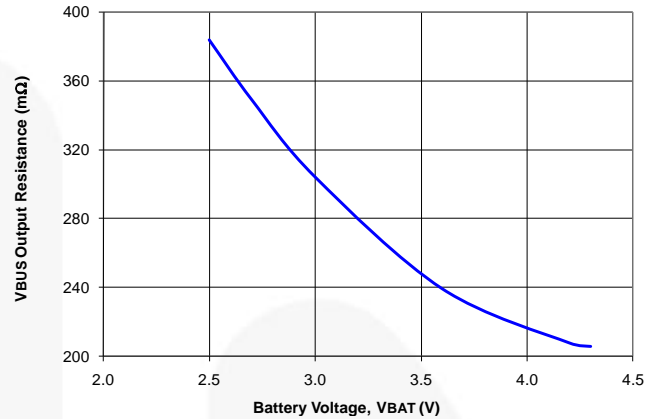


图45. 输出电阻 (R_{out})

稳压器在 PWM 模式（连续导通）下工作时，V_{BUS} 为 I_{LOAD} 的函数，计算式为：

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

V_{BAT}=3.0 V 且 I_{LOAD}=300 mA 时，V_{BUS} 降至：

$$V_{OUT} = 5.07 - 0.30 \cdot 0.3 = 4.98V \quad \text{EQ. 2}$$

V_{BAT}=3.6 V 且 I_{LOAD}=500 mA 时，V_{BUS} 降至：

$$V_{OUT} = 5.07 - 0.24 \cdot 0.5 = 4.95V \quad \text{EQ. 3}$$

PFM 模式

当最短关断时间结束时，如果 V_{BUS} > V_{REFBOOST}（标称值为 5.07 V），稳压器将进入 PFM

模式。升压脉冲被禁止，直到 V_{BUS} < V_{REFBOOST}。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，该稳压器就像一个恒定导通时间稳压器，PFM 模式下其输出电压纹波的底部在 5.07 V。

表 22. 升压 PWM 运行状态

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

启动

升压调节器关闭时，会阻止从 V_{BAT} 到 V_{BUS} 的电流，以及从 V_{BUS} 到 V_{BAT} 的反向电流。

LIN状态

当 EN 上升时, 如果 $V_{BAT} > UVLO_{BST}$, 则稳压器首先尝试使用 VBAT (LIN状态) 的内部 450 mA 电流源将 PMID 控制在 V_{BAT} 的 400 mV 内。如果 PMID 在 560 s 后仍未达到 $V_{BAT,LL} - 400$ mV, 则会激活故障状态。

SS状态

当 $PMID > V_{BAT} - 400$ mV 时, 升压调节器开始切换, 其峰值限流降低至正常限流的约 50%。输出向上摆动, 直到 V_{BUS} 在其设定点的 5% 以内; 此时, 稳压器环路闭合, 限流设置为 100%。

如果输出未能在 128 s 内达到其设定点 ($V_{BST,LL}$) 的 95%, 则限流升高到 100%。如果输出在此第二个 384 μ s 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。稳压器使用最短 t_{OFF} -最短 t_{ON} 调制方案。最短 t_{OFF} 与 $\frac{V_{IN}}{V_{OUT}}$

成比例, 这使稳压器的开关频率在 CCM

下合理地保持恒定。 $t_{ON(MIN)}$ 与 V_{BAT}

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

为了确保 V_{BUS} 不会超过调节点, 只要 $V_{FB} > V_{REF(BST)}$, 升压开关就保持断开状态。

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23的说明。

升压故障后重启

OPA_MODE 在发生升压故障时复位。升压模式只能通过设置 OPA_MODE 位来重新使能。

表23. 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	$V_{BUS} > VBUS_{OVP}$
0	1	0	V_{BUS} 未能在软启动期间达到前进至下一状态所需的电压, 或者在 BST 状态期间出现持久 (>50 μ s) 限流。
0	1	1	$V_{BAT} < UVLO_{BST}$
1	0	0	NA: 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	NA: 此代码不会出现。

监控寄存器 (Reg10H、Reg11H)

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。

高阻抗模式中列出的 MONITOR 寄存器位的状态仅在 V_{BUS} 有效时有效。

I²C 接口

FAN5404X 的串行接口兼容标准、快速、增强快速和高速模式 I²C 总线规范。FAN5404X 的 SCL 线路为输入端, SDA 线路为双向开漏输出端; 激活时, 它只能下拉总线。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 24. I²C从地址字节

7	6	5	4	3	2	1	0
1	1	0	1	0	1	1	R/W

在十六进制记数法中, 从机地址假定为0LSB。该系列所有器件的十六进制从机地址都是 D6H。根据要求, 也可以提供其他从机地址。请联系飞兆半导体公司代表。

总线时序

如图图46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。

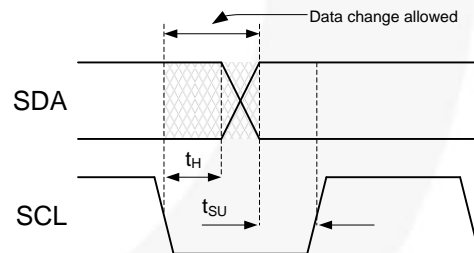


图46. 数据传输时序

每次总线处理总是在 SDA 和 SCL 为高电平时开始和停止。一次处理从一个 START 条件开始, 该条件定义为 SCL 高电平时 SDA 从 1 切换到 0, 如图47所示。

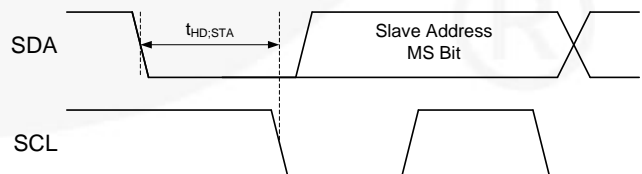


图47. 起始位

处理以 STOP 条件结束，该条件定义为 SCL 高电平时 SDA 从 0 切换到 1，如图 48。

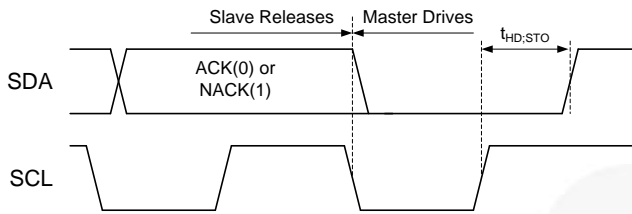


图48. 停止位

在读取 FAN5404X 过程中 (图51)，主机在发送寄存器地址之后及再次发送从机地址之前，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49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。起始条件之后，当总线主机发送 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 (低于 1 MHz 时钟)；从机不对该处理做出应答。

然后主机产生重复启动情况 (图49)，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 I²C 数据包 (如上所述)。

总线将保持 HS 模式，直至主机发送停止位 (图48)。处于 HS 模式时，数据包会被重复起始条件分离 (图49)。

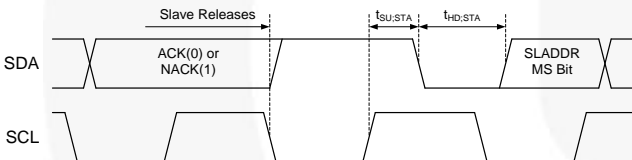


图49. 重复启动时序

读和写的处理

下列图表显示了数据读取和写入的序列。总线控制即数据包的阴影部分，定义为 **Master Drives Bus** 和 **Slave Drives Bus**。所有地址和数据均为 MSB 优先。

表 . 25 图50 - 图53 的位定义

符号	定义
S	START 参见 图47
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49
P	STOP 参见图48

多字节 (顺序) 读写处理

顺序写操作 (图52)

从机地址、寄存器地址和第一个数据字节以与字节写入 (图50) 相同的方式传输到 FAN5404x。然而，在第 8 位的下降沿之后，主机不是产生停止条件，而是传输其他字节，将其顺次写入相连的寄存器。写入最后一个字节并收到 ACK 位后，主机发送一个停止位。IC 包含一个 8 位计数器，每写入一个字节后，就会递增地址指针。

顺序读操作 (图53)

顺序读操作的启动方式与单字节读操作 (图51) 相同，不同之处是从机发送第一个数据字节之后，主机不是发送停止条件，而是发送应答信号。这将使从机的 I²C 逻辑按地址顺序发送下一个 8 位字。FAN5404x 包含一个 8 位计数器，每读取一个字节，就会递增地址指针。一次 I²C 处理器可以读取全部存储器内容。

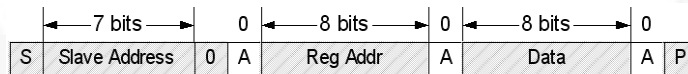


图50. 单字节写处理

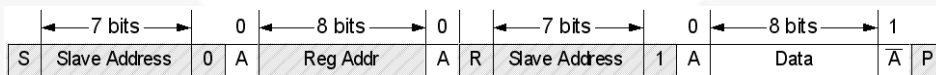


图51. 单字节读处理

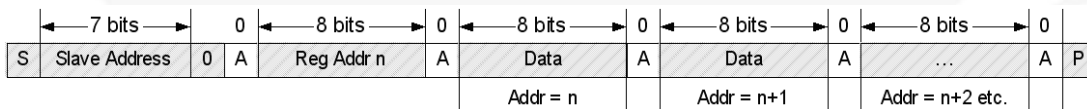


图52. 多字节 (顺序) 写处理

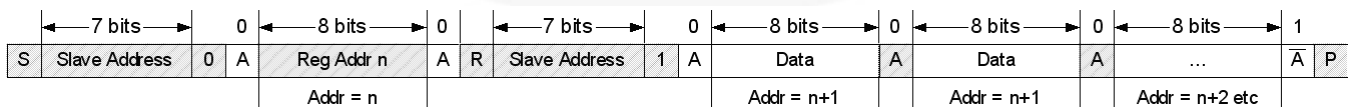


图53. 多字节 (顺序) 读处理

寄存器说明

表26 中定义了 8 个用户可访问 IC 寄存器。

表26。 I²C 寄存器地址

寄存器		地址位							
名称	REG#	7	6	5	4	3	2	1	0
CONTROL0	0H	0	0	0	0	0	0	0	0
CONTROL1	1H	0	0	0	0	0	0	0	1
OREG	2H	0	0	0	0	0	0	1	0
IC_INFO	3H	0	0	0	0	0	0	1	1
IBAT	4H	0	0	0	0	0	1	0	0
VBUS_CONTROL	5H	0	0	0	0	0	1	0	1
安全	6H	0	0	0	0	0	1	1	0
POST_CHARGING	7H	0	0	0	0	0	1	1	1
MONITOR0	10H	0	0	0	1	0	0	0	0
MONITOR1	11H	0	0	0	1	0	0	0	1
NTC	12H	0	0	0	1	0	0	1	0
WD_CONTROL	13H	0	1	1	0	1	1	0	0

表27。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																																							
CONTROL0		寄存器地址: 00		默认值=0100 0000																																							
7	TMR_RST	0	W	写入 1 复位 t _{32S} 计时器；写入 0 无作用。 读取此位始终返回 0																																							
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		当 IC 充电时，STAT 引脚变为低电平																																							
5:4	STAT	00	R	就绪																																							
		01		PWM 使能。如果 CE# = 0，则发生充电。																																							
		10		充电完成																																							
		11		故障																																							
3	升压	0	R	IC不处于升压模式																																							
		1		IC处于升压模式																																							
2:0	故障		R	<p>表 . 28 充电器模式故障</p> <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th colspan="3">故障位</th> <th rowspan="2">故障描述</th> </tr> <tr> <th>2</th> <th>1</th> <th>0</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>正常（无故障）</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>VBUS OVP</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>睡眠模式</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>输入源不佳</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>电池OVP</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>热关断</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>计时器故障</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>无电池</td> </tr> </tbody> </table> <p>有关升压模式故障，请参见 表23</p>	故障位			故障描述	2	1	0	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
故障位			故障描述																																								
2	1	0																																									
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																																								

位	名称	数值	类型	说明
CONTROL1 寄存器地址: 01 默认值=0011 0X00				
7:6	I _{BUSLIM}		R/W	输入限流; 默认值为 00 (100 mA), 参见表。14
5:4	V _{LOWV}	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	CE#	0	R/W	充电使能。FAN54040、FAN54042、FAN54047 的默认值。
		1		充电禁用。FAN54041、FAN54045、FAN54046 的默认值。
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。21				
0	OPA_MODE	0	R/W	充电模式
		1		升压模式
OREG 寄存器地址: 02 默认值=0000 1000 (08H)				
7:2	OREG		R/W	充电器输出“浮动”电压; 可编程范围为 3.5 至 4.44 V, 增量为 20 mV; 默认值为 000010 (3.54 V), 参见表4。
1	DBAT_B	0	R/W	表示 IC 在 VBUS_POR 后检测到电池耗尽, 并且充电器尚未完成三个步骤以确保在电池存在时电池保护开关闭合, 如第 页的无电电池 21 一节所述。写入 0 到此位会被忽略。
		1		如果下列任意条件为真, 则 IC 将此位设置为 1: 1. VBUS_POR 时未检测到电池耗尽 ($V_{BAT} < V_{SHORT}$)。 2. IC 已完成三个步骤以确保在电池存在时电池保护开关闭合, 如第 页的无电电池 21 一节所述。 当 IC 正在给电池充电且 DBAT_B 为低电平时, 如果主机设置此位, 这三步将中止, 并执行正常电源路径或 PWM 充电。
0	EOC	0	R/W	电池充满电时 (充电结束), 如果未检测到电池, 则 PWM 停止, Q4 和 Q5 仍然导通, 充电器 2 秒后自动重启, TE 和 CE# 位保持不变。
		1		电池充满电时 (充电结束), 如果未检测到电池, 则 PWM 充电器保持开启, 使得主机处理器能够在无电池情况下继续运行。
IC_INFO 寄存器地址: 03 默认值=100X XXXX				
7:6	供应商代码	10	R	选定飞兆半导体作为 IC 供应商
5:3	PN		R	部件编号位, 参见第 2 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
IBAT 寄存器地址: 04 默认值=1000 0001 (81H)				
7	RESET	1	W	写入 1 将使 Safety 寄存器 (Reg6) 以外的所有寄存器复位到默认值: 写入 0 无效; 读数返回 1
6:3	IOCHARGE	表 5	R/W	编程最大充电电流, 请参见表 5
2:0	ITERM	表。6	R/W	设置用于充电终止的电流, 请参见表。6

位	名称	数值	类型	说明
MONITOR1 寄存器地址: 11H (17) 默认值=XX1X XXXX				
7	GATE	0	R	GATE 引脚为低电平, Q5 导通。
		1		GATE 引脚为高电平, Q5 关断。
6	VBAT	0	R	PP 充电时 $V_{BAT} < V_{BATMIN}$, PWM 充电时 $V_{BAT} < V_{LOW}$
		1		PP 充电时 $V_{BAT} > V_{BATMIN}$, PWM 充电时 $V_{BAT} > V_{LOW}$
5	POK_B	0	R/W	POK_B 引脚为低电平。
		1		POK_B 引脚为高电平。写入此位将设置 POK_B 引脚。
4	DIS_LEVEL	0	R	DIS 引脚为低电平。
		1		DIS 引脚为高电平。
3	NOBAT	1	R	电池不存在
		0		电池存在
2	PC_ON	1	R	后充电 (后台充电) 正在进行。
		0		后充电 (后台充电) 未在进行。
1:0	保留	0	R	这些位始终返回 0。
NTC 寄存器地址: 12H (18) 默认值=000X XXXX				
7:6	保留	00	R	这些位始终返回 0。
5	TEMP_DIS	0	R/W	NTC 温度测量结果影响充电参数。
		1		NTC 温度测量结果不影响充电。NTC1-4 监控位中的温度测量结果继续每隔一秒更新一次。
4	NTC_OK		R	如果 NTC 短接至 GND、开路或短接至 REF, 则为 0。
3	NTC4		R	1 表示 NTC 高于 T4 阈值。
2	NTC3		R	1 表示 NTC 高于 T3 阈值。
1	NTC2		R	1 表示 NTC 高于 T2 阈值。
0	NTC1		R	1 表示 NTC 高于 T1 阈值。
参见表10 - 表13				
WD_CONTROL 寄存器地址: 13H (19) 默认值 = 0110 1100				
7	保留	0	R/W	这些位不改变 IC 的功能。
6:5	保留	11	R/W	这些位不改变 IC 的功能。
4	保留	0	R/W	这些位不改变 IC 的功能。
3	保留	1	R/W	这些位不改变 IC 的功能。
2	EN_VREG	0	R/W	VREG 关闭
		1		VREG 开启
1	WD_DIS	0	R/W	看门狗计时器 (T32S) 工作正常
		1		看门狗计时器 (T32S) 禁用。
0	保留	0	R	此位始终返回 0
重启 寄存器地址: FAH (250) 默认值 = 1111 1111				
7:0	重启		W	IC 处于充电完成状态时, 写入 B5H 将重新开始充电。此寄存器回读结果为 FF。

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。电源和接地引脚应利用上部铜层直接连至旁路电容。连接到 IC

的铜面积应最大化，以改善散热性能。参见 图54 中的推荐布局。

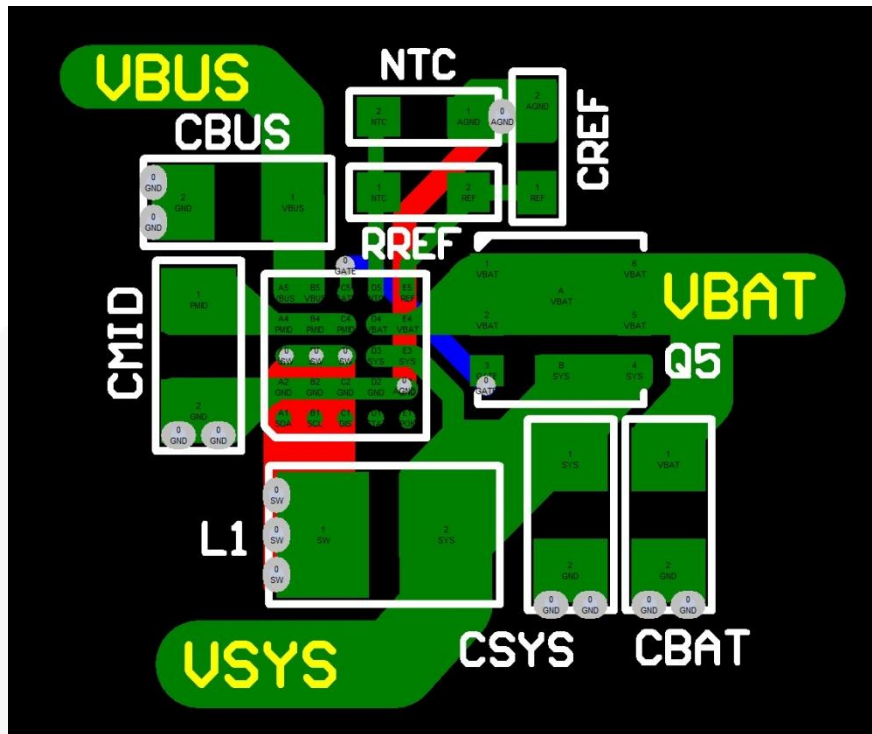
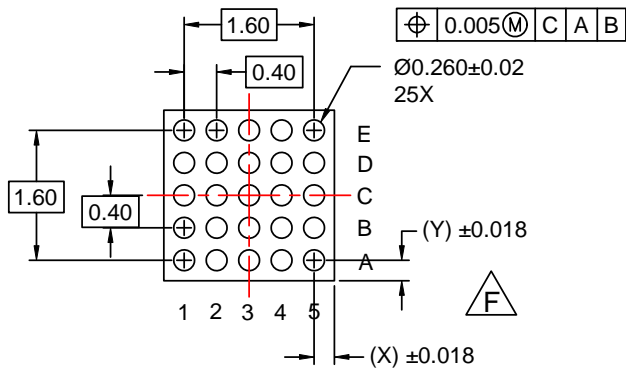
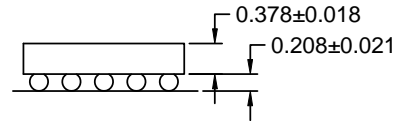
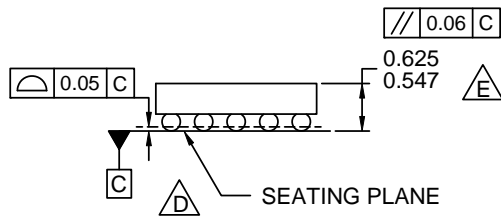
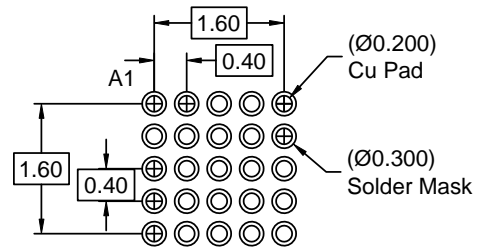
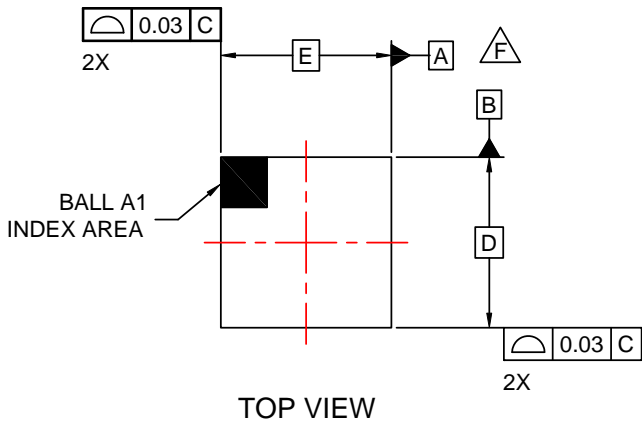


图54。 PCB推荐布局

产品规格尺寸

产品	D	E	X	Y
FAN5404XUCX	2.40 ±0.030	2.00 ±0.030	0.180	0.380



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 FILENAME: MKT-UC025AArev3.



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. 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

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
Order Literature: <http://www.onsemi.com/orderlit>
For additional information, please contact your local
Sales Representative