



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.



## FAN4860 3 MHz 同步 TinyBoost™ 调节器

### 特性

- 以很少的外部元件运行：1  $\mu\text{H}$  电感器和 0402 外壳大小的输入和输出电容
- 输入电压范围从 2.3 V 至 5.4 V
- 固定的 3.3 V、5.0 V 或 5.4 V 输出电压选项
- 最大负载电流 > 150 mA，需  $V_{\text{IN}}=2.3\text{ V}$
- 最大负载电流 300 mA，需  $V_{\text{IN}}=3.3\text{ V}$ 、 $V_{\text{OUT}}=5.4\text{ V}$
- 最大负载电流 300 mA，需  $V_{\text{IN}}=3.3\text{ V}$ 、 $V_{\text{OUT}}=5.0\text{ V}$
- 最大负载电流 300 mA，需  $V_{\text{IN}}=2.7\text{ V}$ 、 $V_{\text{OUT}}=3.3\text{ V}$
- 效率高达 92%
- 低操作静态电流
- 关断期间断开真实负载
- 轻载节电模式下，导通脉冲频率调制（PFM）可调
- 内部同步整流器（无需外部二极管）
- 热关断和过载保护
- 6 引脚、2 x 2 mm UMLP
- 6 焊点 WLCSP、0.4 mm 间距

### 应用

- USB “On the Go” 5 V 电源
- 5 V 电源—HDMI、H 桥电机驱动
- 为 3.3 V Core Rail 供电
- PDA，便携媒体播放器
- 手机，智能电话，便携式设备

### 说明

FAN4860 是一款小功率升压调节器，可利用单个锂电池或锂离子电池提供可调节的 3.3 V、5.0 V 或 5.4 V 的输出电压。保证的最大负载电流为 200 mA（需  $V_{\text{IN}}=2.3\text{ V}$ ）和 300 mA（需  $V_{\text{IN}}=3.3\text{ V}$ ）时，输出电压选项固定为 3.3 V、5.0 V 或 5.4 V。关断模式下的输入电流小于 1  $\mu\text{A}$ ，从而最大程度地延长了电池寿命。

轻负载 PFM 运行自动且“无毛刺”。在无负载且静态电流低至 37  $\mu\text{A}$  情况下，调节器保持输出调节。

内置功率晶体管、同步整流以及低源电流的完美融合，使 FAN4860 成为便携式应用的理想之选。

FAN4860 采用 6 焊点 0.4 mm 间距晶圆级芯片级封装（WLCSP）和 6 引脚 2 x 2 mm 超薄 MLP 封装。

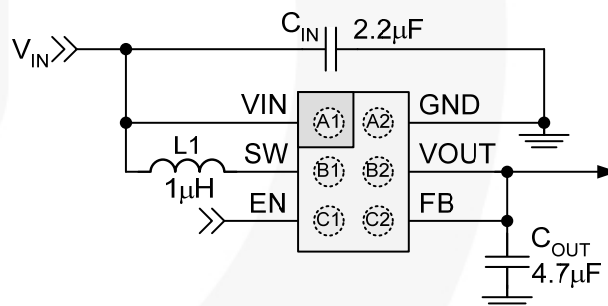


图 1. 典型应用

### 订购信息

器件编号	工作温度范围	封装	包装方法
FAN4860UC5X	-40°C 至 85°C	WLCSP, 0.4 mm 间距	卷带
FAN4860UMP5X	-40°C 至 85°C	UMLP-6, 2 x 2 mm	卷带
FAN4860UC33X	-40°C 至 85°C	WLCSP, 0.4 mm 间距	卷带
FAN4860UC54X	-40°C 至 85°C	WLCSP, 0.4 mm 间距	卷带

### 框图

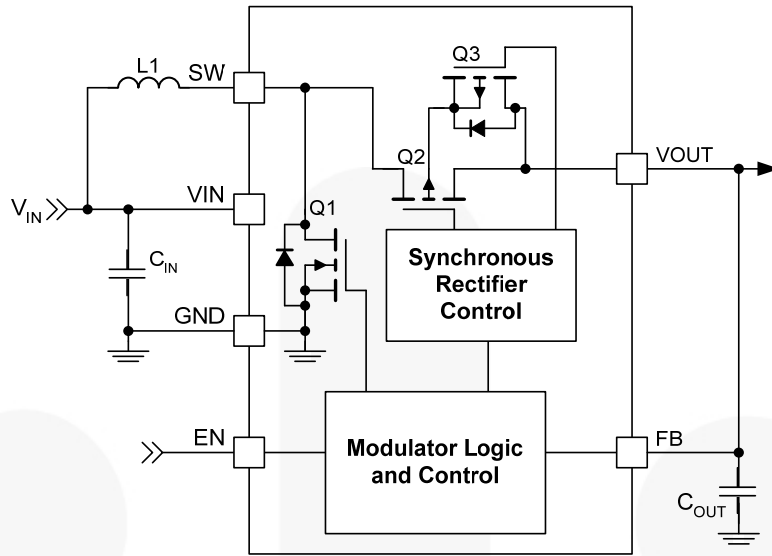


图 2. IC 模块图

### 引脚布局

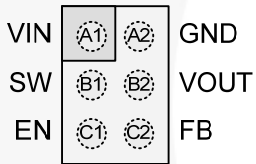


图 3. WLCSP (俯视图)

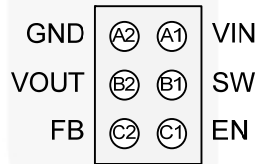


图 4. WLCSP (底视图)

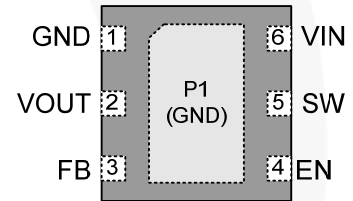


图 5. 2 x 2 mm UMLP (俯视图)

### 引脚定义

引脚号		名称	说明
WLCSP	UMLP		
A1	6	VIN	<b>输入电压。</b> 连接至锂离子电池电源输入电源端和输入电容 ( $C_{IN}$ )。
B1	5	SW	<b>开关节点。</b> 连接至电感。
C1	4	EN	<b>使能。</b> 该引脚为高电平时，使能该电路。该引脚切勿浮空。
C2	3	FB	<b>反馈。</b> $V_{OUT}$ 的输出电压感应点。连接至输出电容 ( $C_{OUT}$ )。
B2	2	VOUT	<b>输出电压。</b> 该引脚可用于输出电压端，也可用于 IC 偏压。
A2	1, P1	GND	<b>接地。</b> 芯片参考的电源和信号地。测得的所有电压都参照该引脚。

## 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，长期在高于推荐的工作条件下工作，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
$V_{IN}$	VIN 引脚		-0.3	5.5	V
$V_{OUT}$	VOUT 引脚		-2	6	V
$V_{FB}$	FB 引脚		-2	6	V
$V_{SW}$	SW 节点	DC	-0.3	5.5	V
		瞬态: 10 ns, 3 MHz	-1.0	6.5	
$V_{EN}$	EN 引脚		-0.3	5.5	V
ESD	静电放电防护等级	人体模型满足 JESD22-A114	2		kV
		充电器件模型 JESD22-C101	1		
$T_J$	结温		-40	+150	°C
$T_{STG}$	存储温度		-65	+150	°C
$T_L$	引脚焊接温度, 10 秒			+260	°C

## 推荐工作条件

推荐的操作条件表明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
$V_{IN}$	电源电压	$5.4 V_{OUT}$	2.3	4.5	V
		$5.0 V_{OUT}$	2.3	4.5	
		$3.3 V_{OUT}$	2.3	3.2	
$I_{OUT}$	输出电流			200	mA
$T_A$	环境温度		-40	+85	°C
$T_J$	结温		-40	+125	°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 2 s2 p 四层板测得，符合 JESD51-JEDEC 标准。特别注意的是，不要在特定环境温度  $T_A$  下，超过结温  $T_{J(max)}$ 。

符号	参数		典型值	单位
$\theta_{JA}$	结-环境之间热阻	WLCSP	130	°C/W
		UMLP	57	°C/W

## 电气规格

除非另有说明，电路中最大值和最小值的测得条件为： $V_{IN}=V_{EN}=2.3\text{ V}$  至  $4.5\text{ V}$ （对于  $3.3\text{ V}_{OUT}$  选项，为  $2.5$  至  $3.2\text{ V}_{IN}$ ）， $T_A=-40^\circ\text{C}$  至  $+85^\circ\text{C}$  图 1。典型值的测得条件为： $T_A=25^\circ\text{C}$ ， $V_{IN}=V_{EN}=3.6\text{ V}$ （针对  $V_{OUT}=5.0\text{ V}/5.4\text{ V}$ ）和  $V_{IN}=V_{EN}=2.7\text{ V}$ （针对  $V_{OUT}=3.3\text{ V}$ ）。

符号	参数		工作条件	最小值	典型值	最大值	单位
$I_{IN}$	$V_{IN}$ 输入电流	$5.4\text{ V}_{OUT}$	静态： $V_{IN}=3.6\text{ V}$ ， $I_{OUT}=0$ ， $EN=V_{IN}$ 关断： $EN=0$ ， $V_{IN}=3.6\text{ V}$		37 0.5	45 1.5	$\mu\text{A}$
		$5.0\text{ V}_{OUT}$	静态： $V_{IN}=3.6\text{ V}$ ， $I_{OUT}=0$ ， $EN=V_{IN}$ 关断： $EN=0$ ， $V_{IN}=3.6\text{ V}$		37 0.5	45 1.5	
		$3.3\text{ V}_{OUT}$	静态： $V_{IN}=2.7\text{ V}$ ， $I_{OUT}=0$ ， $EN=V_{IN}$ 关断： $EN=0$ ， $V_{IN}=2.7\text{ V}$		50 0.5	65 1.5	
$I_{LK\_OUT}$	$V_{OUT}$ 漏电流		$V_{OUT}=0$ ， $EN=0$ ， $V_{IN}\geq 3\text{ V}$		10		$\text{nA}$
$I_{LK\_RVSR}$	$V_{OUT}$ 至 $V_{IN}$ 反向漏电流		$V_{OUT}=5.4\text{ V}$ ， $V_{IN}=3.6\text{ V}$ ， $EN=0$			2.5	$\mu\text{A}$
			$V_{OUT}=5.0\text{ V}$ ， $V_{IN}=3.6\text{ V}$ ， $EN=0$				
			$V_{OUT}=3.3\text{ V}$ ， $V_{IN}=3.0\text{ V}$ ， $EN=0$				
$V_{UVLO}$	欠压锁定		$V_{IN}$ 上升		2.2	2.3	$\text{V}$
$V_{UVLO\_HYS}$	欠压锁定滞环宽度				190		$\text{mV}$
$V_{ENH}$	启用 HIGH 电压			1.05			$\text{V}$
$V_{ENL}$	启用 LOW 电压					0.4	$\text{V}$
$I_{LK\_EN}$	启用输入漏电流				0.01	1.00	$\mu\text{A}$
$V_{OUT}$	输出电压精度 <sup>(1)</sup>	$5.4\text{ V}_{OUT}$	$V_{IN}$ 范围是 $2.3\text{ V}$ 至 $4.5\text{ V}$ ， $I_{OUT}\leq 200\text{ mA}$	5.15	5.40	5.50	$\text{V}$
			$V_{IN}$ 范围是 $2.7\text{ V}$ 至 $4.5\text{ V}$ ， $I_{OUT}\leq 200\text{ mA}$	5.20	5.40	5.50	
			$V_{IN}$ 范围是 $3.3\text{ V}$ 至 $4.5\text{ V}$ ， $I_{OUT}\leq 300\text{ mA}$	5.15	5.40	5.50	
		$5.0\text{ V}_{OUT}$	$V_{IN}$ 范围是 $2.3\text{ V}$ 至 $4.5\text{ V}$ ， $I_{OUT}\leq 200\text{ mA}$	4.80	5.05	5.15	
			$V_{IN}$ 范围是 $2.7\text{ V}$ 至 $4.5\text{ V}$ ， $I_{OUT}\leq 200\text{ mA}$	4.85	5.05	5.15	
			$V_{IN}$ 范围是 $3.3\text{ V}$ 至 $4.5\text{ V}$ ， $I_{OUT}\leq 300\text{ mA}$	4.85	5.05	5.15	
$3.3\text{ V}_{OUT}$	$V_{IN}$ 范围是 $2.5\text{ V}$ 至 $3.2\text{ V}$ ， $I_{OUT}\leq 200\text{ mA}$	3.17	3.33	3.41			
$V_{REF}$	参考精度		参考 $V_{OUT}=5.4\text{ V}$	5.325	5.400	5.475	$\text{V}$
			参考 $V_{OUT}=5.0\text{ V}$	4.975	5.050	5.125	
			参考 $V_{OUT}=3.3\text{ V}$	3.280	3.330	3.380	
$t_{OFF}$	关断时间		$V_{IN}=3.6\text{ V}$ ， $V_{OUT}=5.4\text{ V}$ ， $I_{OUT}=200\text{ mA}$	185	230	255	$\text{ns}$
			$V_{IN}=3.6\text{ V}$ ， $V_{OUT}=5.0\text{ V}$ ， $I_{OUT}=200\text{ mA}$	195	240	265	
			$V_{IN}=2.7\text{ V}$ ， $V_{OUT}=3.3\text{ V}$ ， $I_{OUT}=200\text{ mA}$	240	290	350	
$I_{OUT}$	最大输出电流 <sup>(1)</sup>	$5.4\text{ V}_{OUT}$	$V_{IN}=2.3\text{ V}$	200			$\text{mA}$
			$V_{IN}=3.3\text{ V}$	300			
			$V_{IN}=3.6\text{ V}$		400		
		$5.0\text{ V}_{OUT}$	$V_{IN}=2.3\text{ V}$	200			
			$V_{IN}=3.3\text{ V}$	300			
			$V_{IN}=3.6\text{ V}$		400		
$3.3\text{ V}_{OUT}$	$V_{IN}=2.5\text{ V}$	250					
	$V_{IN}=2.7\text{ V}$	300					
$I_{SW}$	SW 峰值电流限值		$5.4\text{ V}_{OUT}$ ， $V_{IN}=3.6\text{ V}$ ， $V_{OUT}>V_{IN}$	1000	1400	1500	$\text{mA}$
			$5.0\text{ V}_{OUT}$ ， $V_{IN}=3.6\text{ V}$ ， $V_{OUT}>V_{IN}$	930	1100	1320	
			$3.3\text{ V}_{OUT}$ ， $V_{IN}=2.7\text{ V}$ ， $V_{OUT}>V_{IN}$	650	800	950	

接下页

## 电气规格

除非另有说明，电路中最大值和最小值的测得条件为： $V_{IN}=V_{EN}=2.3\text{ V}$  至  $4.5\text{ V}$ （对于  $3.3\text{ V}_{OUT}$  选项，为  $2.5$  至  $3.2\text{ V}_{IN}$ ）， $T_A=-40^\circ\text{C}$  至  $+85^\circ\text{C}$  图 1。典型值的测得条件为： $T_A=25^\circ\text{C}$ ， $V_{IN}=V_{EN}=3.6\text{ V}$ （针对  $V_{OUT}=5.0\text{ V}/5.4\text{ V}$ ）和  $V_{IN}=V_{EN}=2.7\text{ V}$ （针对  $V_{OUT}=3.3\text{ V}$ ）。

符号	参数	工作条件	最小值	典型值	最大值	单位	
$I_{SS}$	软启动输入峰值电流限值 <sup>(2)</sup>	$5.4\text{ V}_{OUT}$	$V_{IN}=3.6\text{ V}$ , $V_{OUT} < V_{IN}$		900	mA	
		$5.0\text{ V}_{OUT}$	$V_{IN}=3.6\text{ V}$ , $V_{OUT} < V_{IN}$		850		
		$3.3\text{ V}_{OUT}$	$V_{IN}=2.7\text{ V}$ , $V_{OUT} < V_{IN}$		700		
$t_{SS}$	软启动时间 <sup>(3)</sup>	$5.4\text{ V}_{OUT}$	$V_{IN}=3.6\text{ V}$ , $I_{OUT}=200\text{ mA}$		270	400	$\mu\text{s}$
		$5.0\text{ V}_{OUT}$	$V_{IN}=3.6\text{ V}$ , $I_{OUT}=200\text{ mA}$		100	300	
		$3.3\text{ V}_{OUT}$	$V_{IN}=2.7\text{ V}$ , $I_{OUT}=200\text{ mA}$		250	750	
$R_{DS(ON)}$	N 沟道升压开关	$V_{IN}=3.6\text{ V}$		300		m $\Omega$	
	P 沟道同步整流器	$V_{IN}=3.6\text{ V}$		400			
$T_{TSD}$	热关断	$I_{LOAD}=10\text{ mA}$		150		$^\circ\text{C}$	
$T_{TSD\_HYS}$	热关闭滞环宽度			30		$^\circ\text{C}$	

### 注意：

- $I_{LOAD}$  范围是 0 至  $I_{OUT}$ ；也包括负载瞬态响应。 $V_{OUT}$  从输出电压纹波的中点测得。 $C_{OUT}$  的有效电容  $>1.5\text{ }\mu\text{F}$ 。
- 由设计和特性保证；未经产品测试。
- 从上升 EN 至调节  $V_{OUT}$  的实耗时间。

## 5.4 V<sub>OUT</sub> 典型特性

除非另有说明，按照图 1 中的电路，3.6 V<sub>IN</sub> 且 T<sub>A</sub>=25°C。

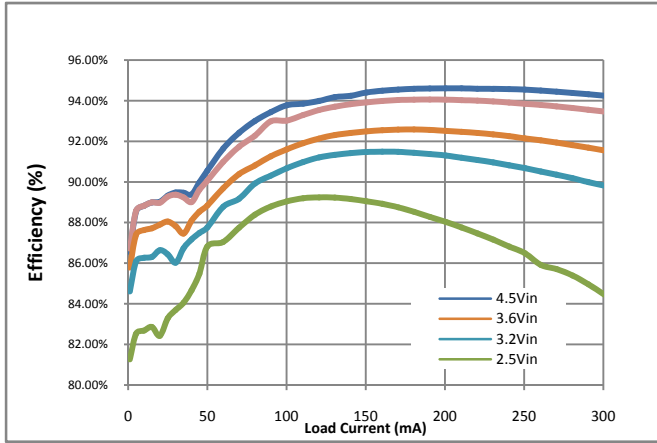


图 6. 效率与 V<sub>IN</sub> 的关系

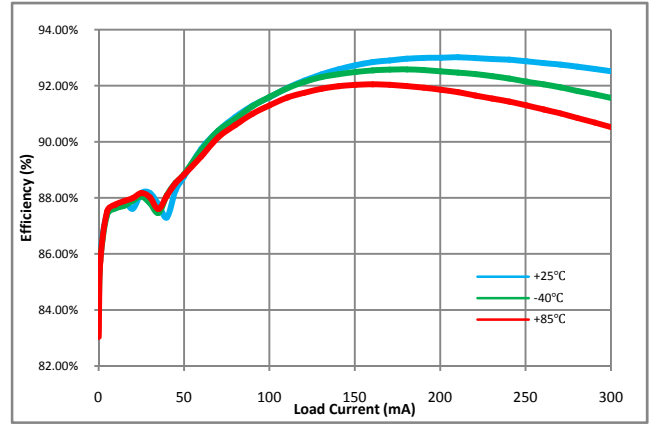


图 7. 效率与温度的关系，3.6 V<sub>IN</sub>

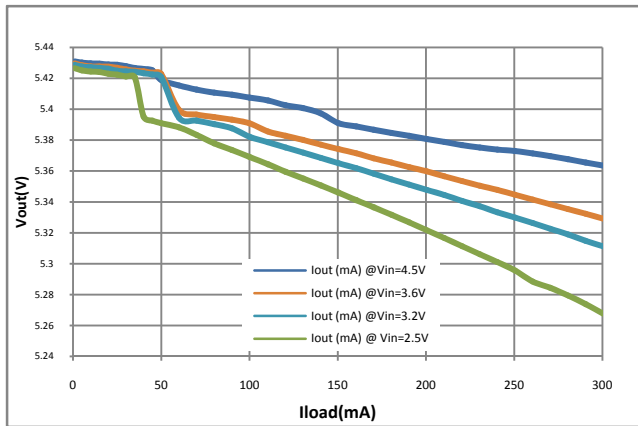


图 8. 电源调整和负载调整

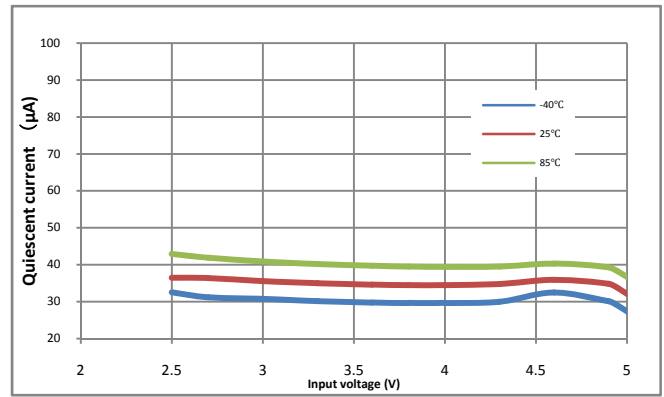


图 9. 静态电流

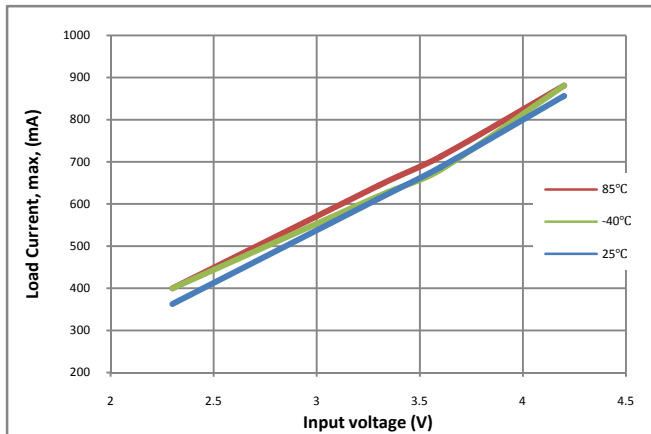


图 10. 最大直流负载电流

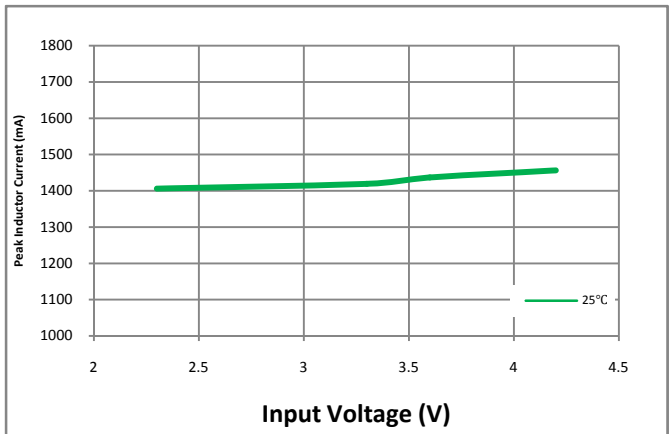


图 11. 峰值感应电流

### 5.4 $V_{OUT}$ 典型特性

除非另有说明，按照图 1 中的电路， $3.6 V_{IN}$  且  $T_A=25^{\circ}C$ 。

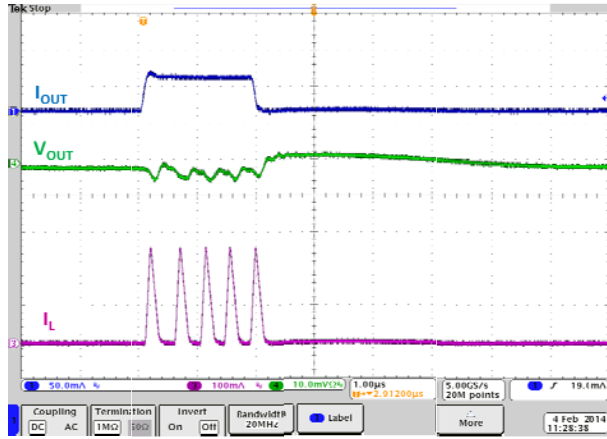


图 12. 0-50 mA 瞬态负载，步进 100 ns

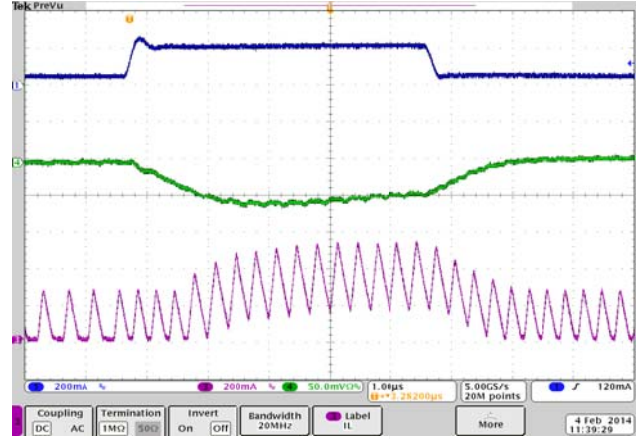


图 13. 50-200 mA 瞬态负载，步进 100 ns

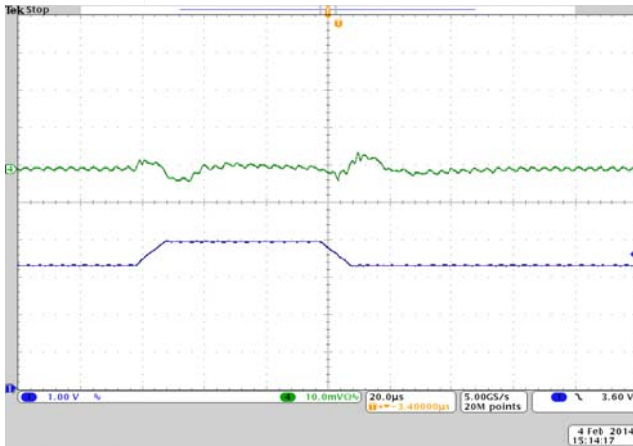


图 14. 线路瞬变，5 mA 负载，10  $\mu$ s 步进

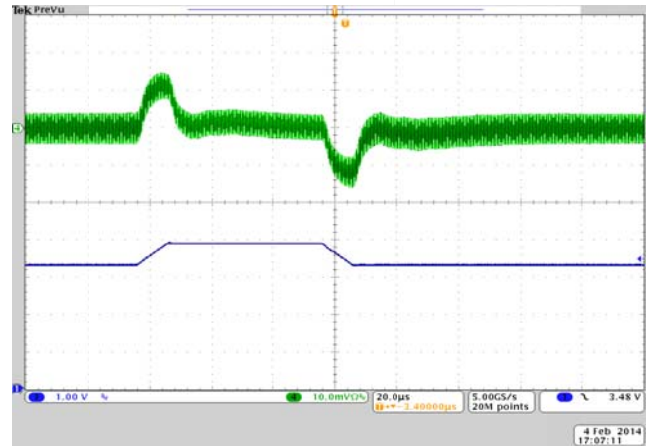


图 15. 线路瞬变，200 mA 负载，10  $\mu$ s 步进

### 5.0 $V_{OUT}$ 典型特性

除非另有说明，按照图 1 中的电路， $3.6 V_{IN}$  且  $T_A=25^{\circ}C$ 。

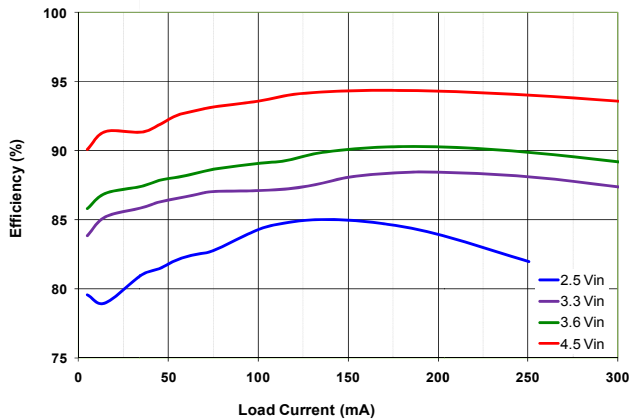


图 16. 效率与  $V_{IN}$  的关系

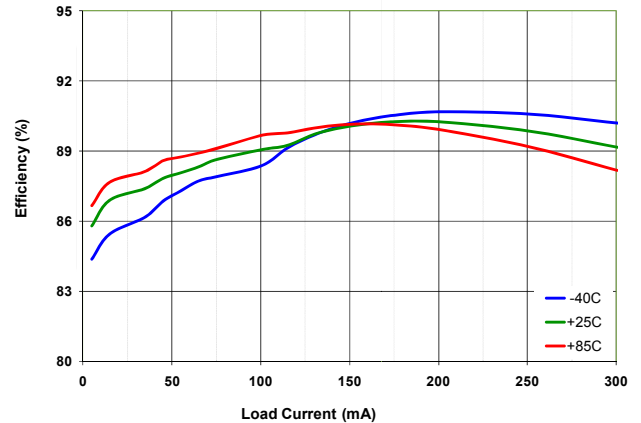


图 17. 效率与温度的关系， $3.6 V_{IN}$



## 5.0 V<sub>OUT</sub> 典型特性

除非另有说明，按照图 1 中的电路，3.6 V<sub>IN</sub> 且 T<sub>A</sub>=25°C。

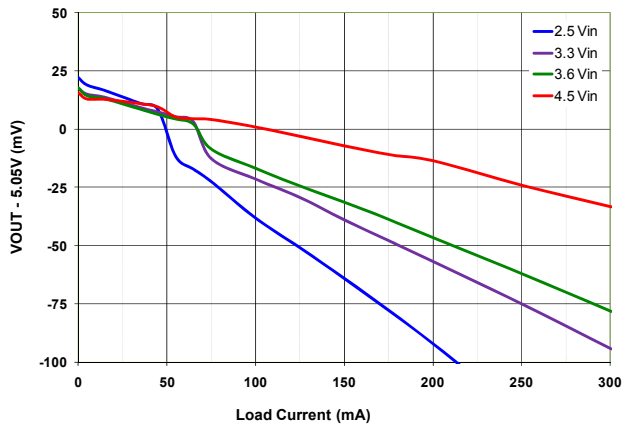


图 18. 电源调整和负载调整

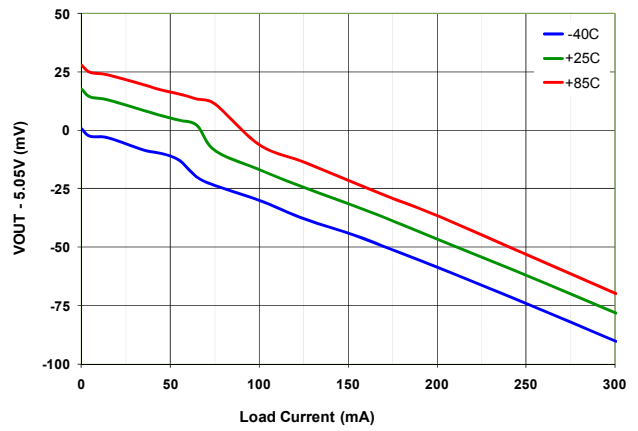


图 19. 负载调节与温度的关系，3.6 V<sub>IN</sub>

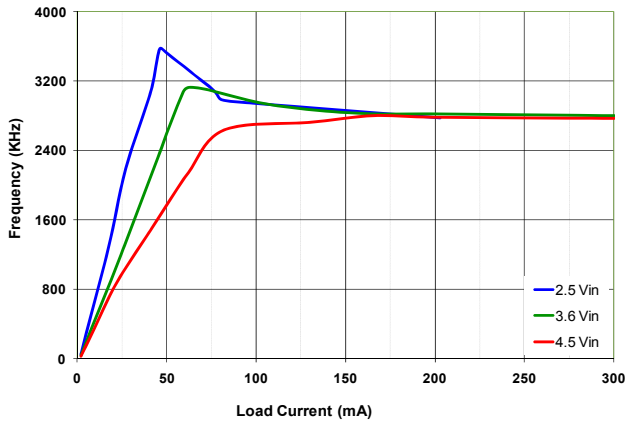


图 20. 开关频率

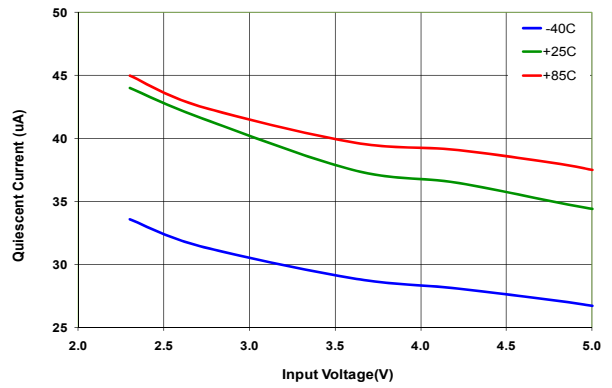


图 21. 静态电流

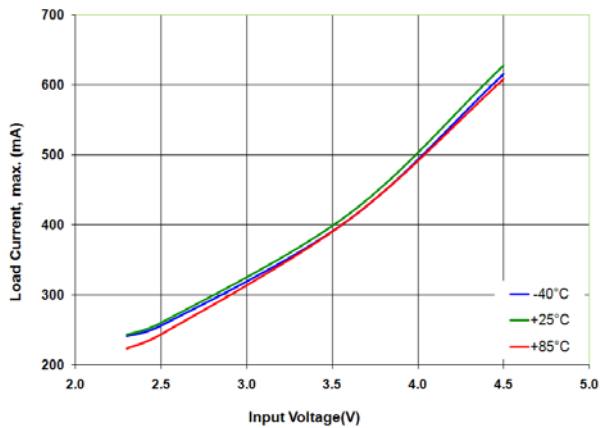


图 22. 最大直流负载电流

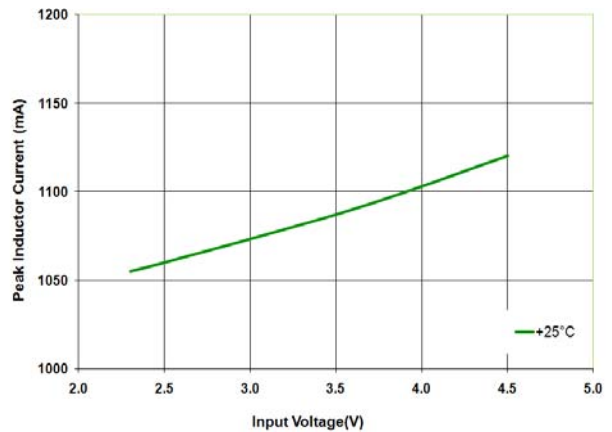


图 23. 峰值感应电流

## 5.0 V<sub>OUT</sub> 典型特性

除非另有说明，按照图 1 中的电路，3.6 V<sub>IN</sub> 且 T<sub>A</sub>=25°C。

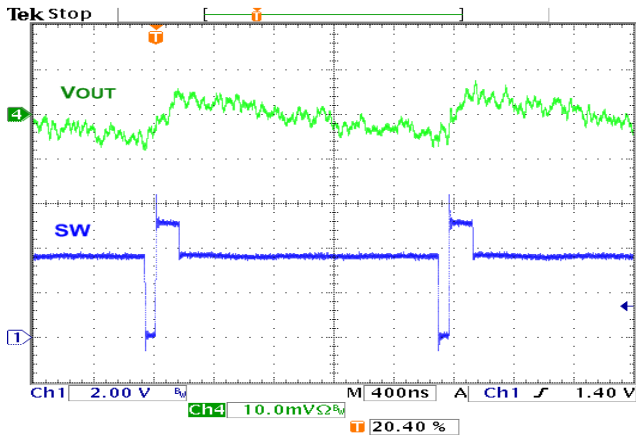


图 24. 输出纹波，10 mA PFM 负载

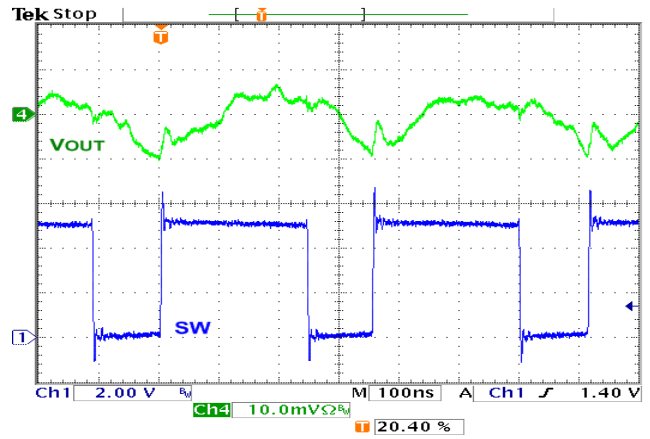


图 25. 输出纹波，200 mA PWM 负载

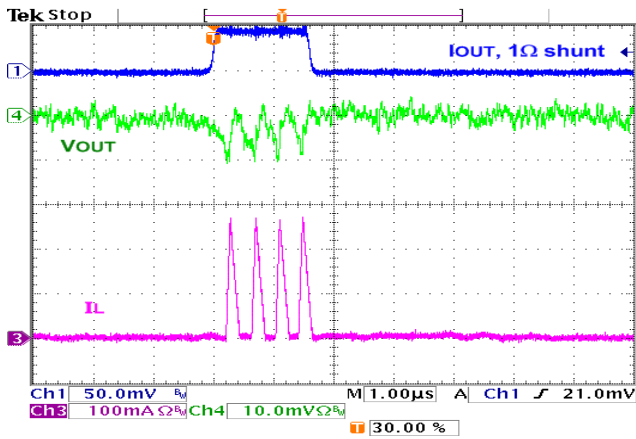


图 26. 0-50 mA 瞬态负载，步进 100 ns

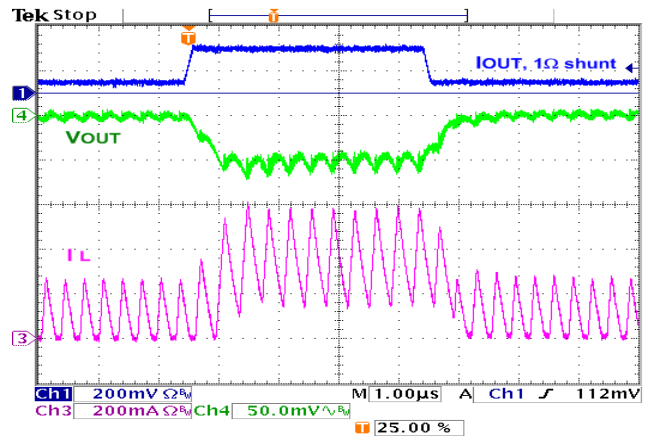


图 27. 50-200 mA 瞬态负载，步进 100 ns

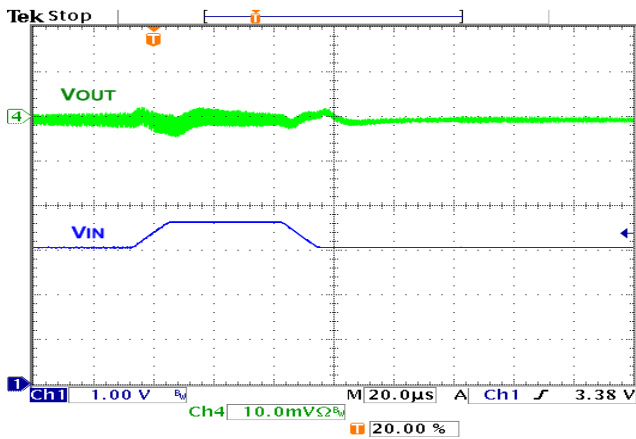


图 28. 线路瞬变，5 mA 负载，10 μs 步进

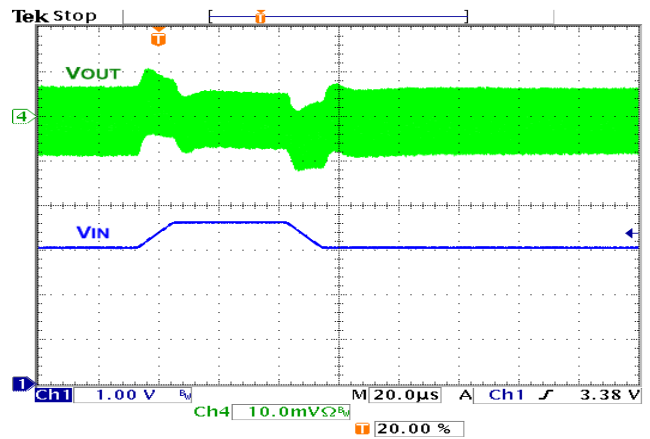


图 29. 线路瞬变，200 mA 负载，10 μs 步进

## 5.0 V<sub>OUT</sub> 典型特性

除非另有说明，按照图 1 中的电路，3.6 V<sub>IN</sub> 且 T<sub>A</sub>=25°C。

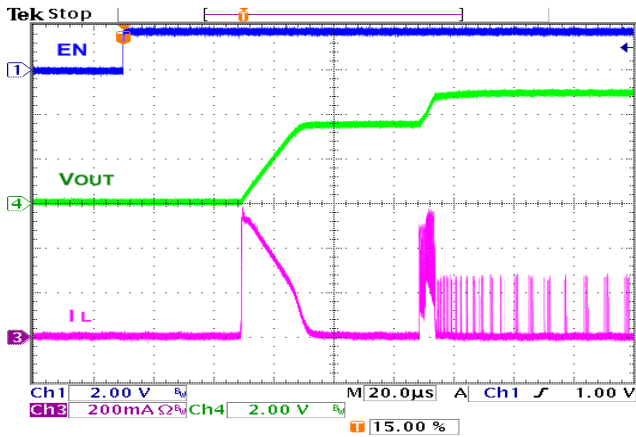


图 30. 启动，无负载

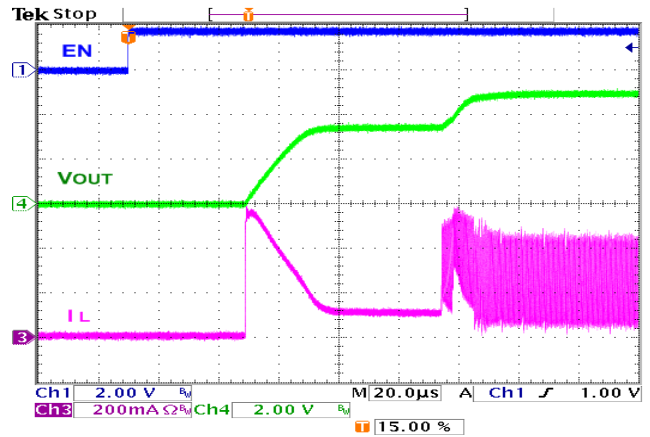


图 31. 启动，33 Ω 负载

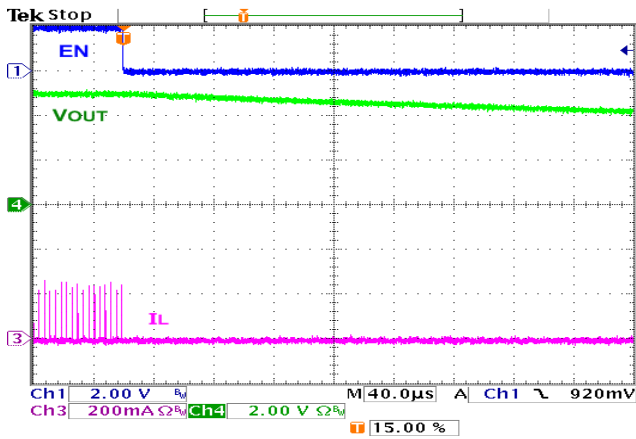


图 32. 关断，1 kΩ 负载

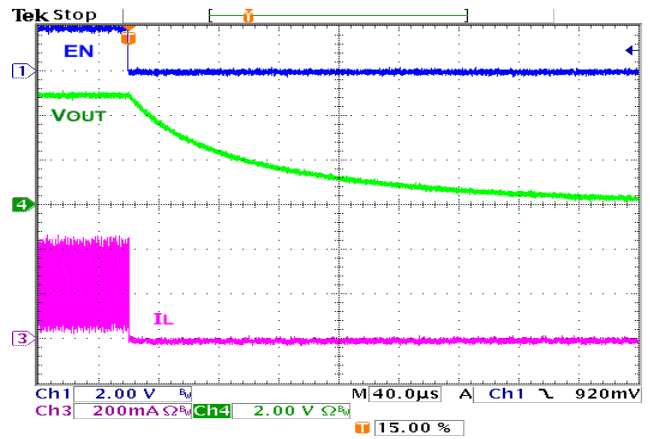


图 33. 关断，33 Ω 负载

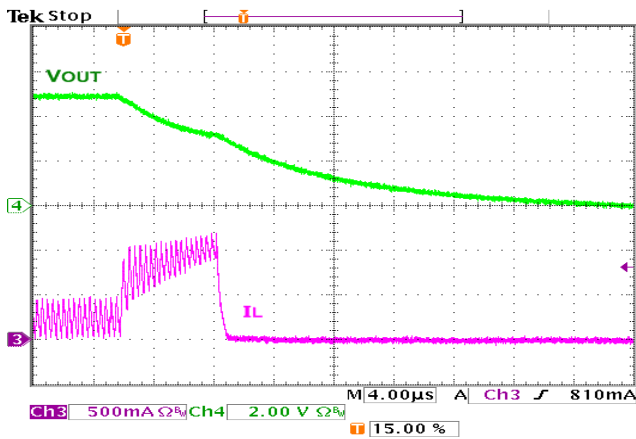


图 34. 过载保护

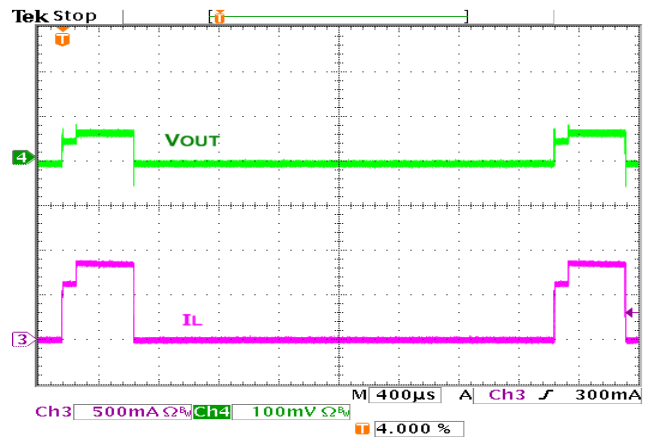


图 35. 短路响应

### 3.3 V<sub>OUT</sub> 典型特性

除非另有说明，按照图 1 中的电路，3.0 V<sub>IN</sub> 且 T<sub>A</sub>=25°C。

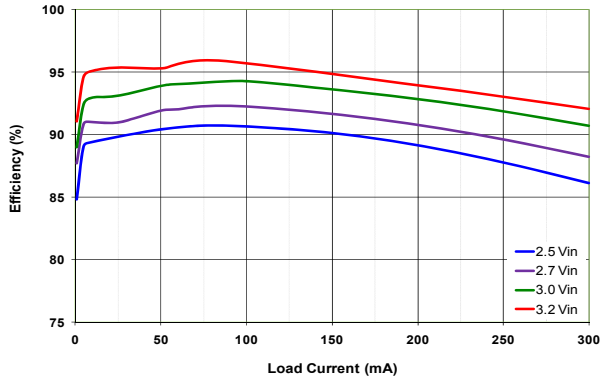


图 36. 效率与 V<sub>IN</sub> 的关系

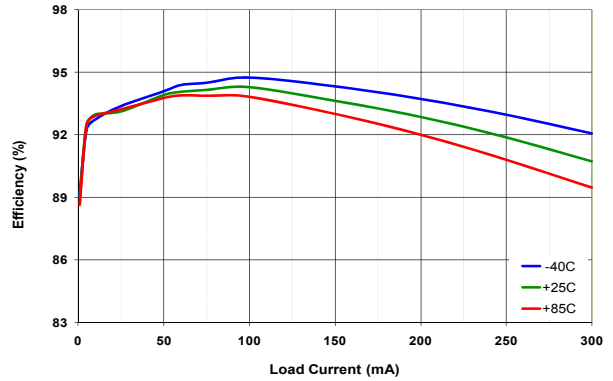


图 37. 效率与温度的关系, 3.0 V<sub>IN</sub>

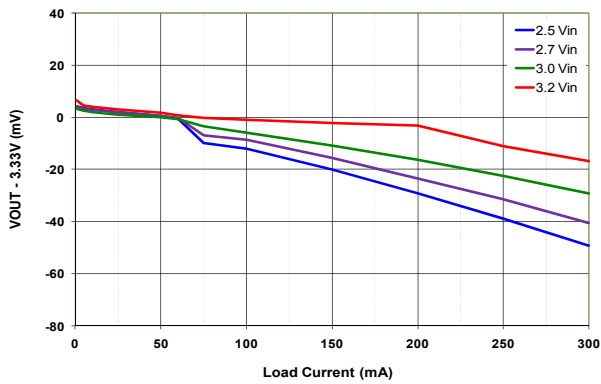


图 38. 电源调整和负载调整

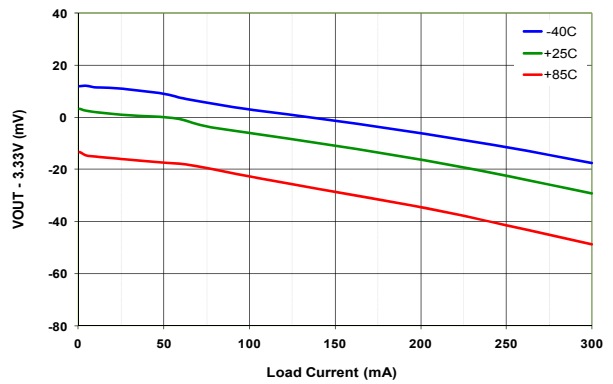


图 39. 负载调节与温度的关系, 3.0 V<sub>IN</sub>

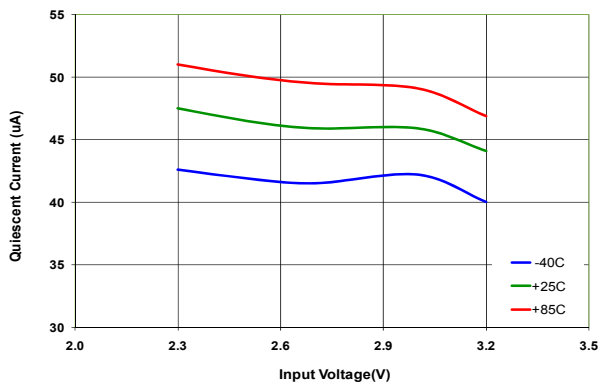


图 40. 静态电流

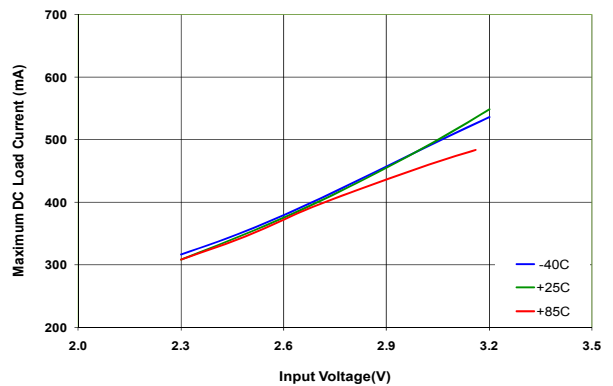


图 41. 最大直流负载电流

### 3.3 V<sub>OUT</sub> 典型特性

除非另有说明，按照图 1 中的电路，3.0 V<sub>IN</sub> 且 T<sub>A</sub>=25°C。

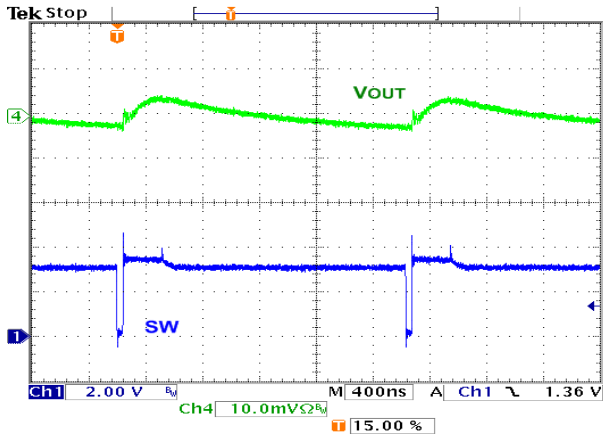


图 42. 输出纹波，10 mA PFM 负载

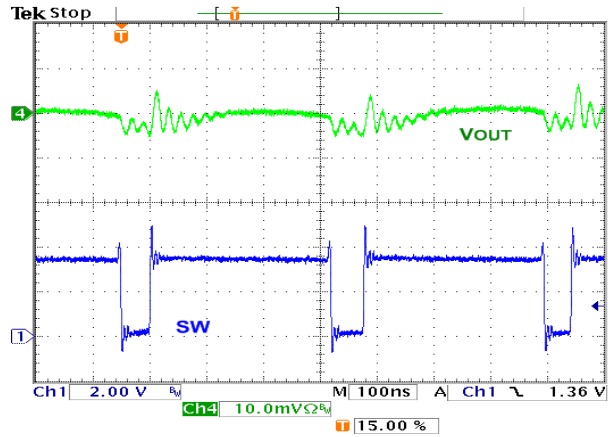


图 43. 输出纹波，200 mA PWM 负载

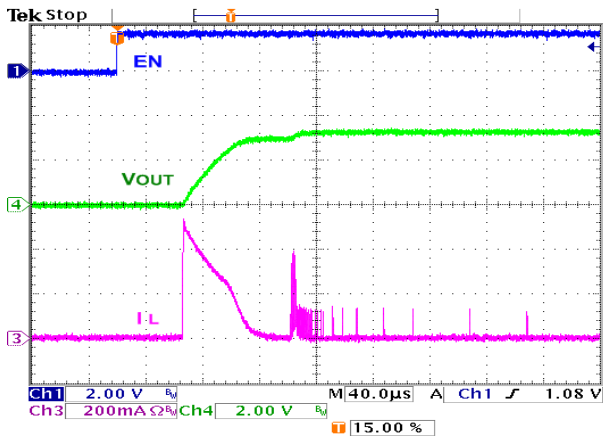


图 44. 启动，无负载

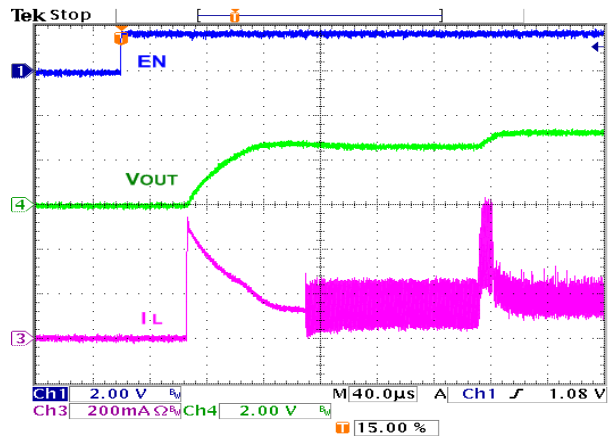


图 45. 启动，22 Ω 负载

## 功能说明

### 电路说明

FAN4860 为同步升压调节器，通常工作在 3 MHz 的连续导通模式 (CCM) 下，出现条件为中到高负载电流和低  $V_{IN}$  电压。

轻载电流下，转换器自动转换到节电的 PFM 模式。调节器可自动实现准固定频率连续导通 PWM 模式和可变频率 PFM 模式间的平滑转换，从而在整个负载电流和输入电压范围内实现尽可能高的效率。

### PWM 模式的调节

FAN4860 使用导通时间最小值，并计算关断时间的最小值，用于调节  $V_{OUT}$ 。通过采用电流模式调制，调节器可实现优良的瞬态响应。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。在恒定  $V_{IN}$  下，显示为恒定的输出电阻。

应用负载时输出电阻引起的“跌落”允许调节器以微小的过冲，对负载瞬态实现平滑响应。

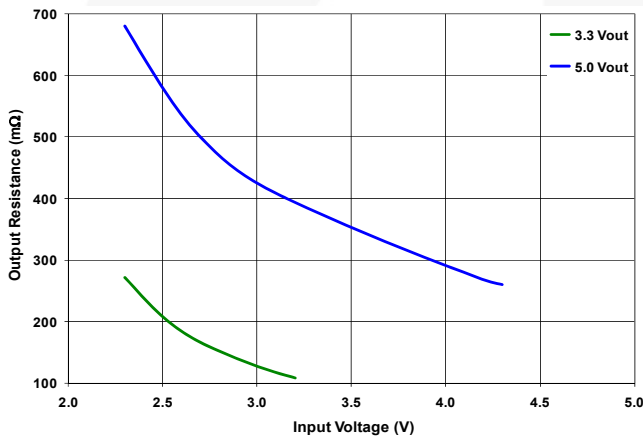


图 46. 输出电阻 ( $R_{OUT}$ )

当调节器以 PWM CCM 模式工作且目标  $V_{OUT}=5.05\text{ V}$ ， $V_{OUT}$  为  $I_{LOAD}$  的函数，可计算如下：

$$V_{OUT} = 5.05 - R_{OUT} \cdot I_{LOAD} \quad (1)$$

例如，当  $V_{IN}=3.3\text{ V}$  且  $I_{LOAD}=200\text{ mA}$  时， $V_{OUT}$  跌落至：

$$V_{OUT} = 5.05 - 0.38 \cdot 0.2 = 4.974\text{ V} \quad (1A)$$

当  $V_{IN}=2.3\text{ V}$  且  $I_{LOAD}=200\text{ mA}$  时， $V_{OUT}$  跌落至：

$$V_{OUT} = 5.05 - 0.68 \cdot 0.2 = 4.914\text{ V} \quad (1B)$$

### PFM 模式

如果最小关断时间过后， $V_{OUT}>V_{REF}$ ，调节器进入 PFM 模式。抑制升压脉冲，直至  $V_{OUT}<V_{REF}$ 。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，调节器的作用类似于一个恒定导通时间的调节器，在 PFM 模式下，其输出电压纹波的最小值为 5.05 V。

表 1. 工作状态

模式	说明	调用时间点：
LIN	线性启动	$V_{IN} > V_{OUT}$
SS	升压软启动	$V_{OUT} < V_{REG}$
BST	升压操作模式	$V_{OUT}=V_{REG}$

### 关断和启动

若 EN 低电平，则偏压关闭，调节器处于关断模式。关断期间，断开电池和负载间的真实连接，可防止电流从  $V_{IN}$  流向  $V_{OUT}$ ，或从  $V_{OUT}$  反向流至  $V_{IN}$ 。

### LIN 状态

EN 上升时，若  $V_{IN}>UVLO$ ，调节器首先使用内部固定电流源  $V_{IN}$  ( $I_{LIN1}$ )，尝试令  $V_{OUT}$  距离  $V_{IN}$  1 V 左右。在 LIN1 模式下，电流限值约为 630 mA。

若在 LIN1 模式下， $V_{OUT}$  达到  $V_{IN}-1\text{ V}$ ，将启动 SS 状态。否则，在 16 个时钟计数后，LIN1 超时，进入 LIN2 模式。

在 LIN2 模式下，电流源将提高至 850 mA。若在 64 个时钟计数后， $V_{OUT}$  仍无法达到  $V_{IN}-1\text{ V}$ ，则宣布故障发生。

### SS 状态

若成功完成 LIN 状态 ( $V_{OUT}\geq V_{IN}-1\text{ V}$ )，在升压脉冲电流限值为额定值 50% 时，调节器开始开关过程，在整个 32 时钟计数期间扩展至满额状态。

在满额电流限值下，如果在 96 个时钟计数后，输出仍无法达到其设定点的 90%，则宣布故障状态。

### BST 状态

这是调节器的正常操作模式。调节器使用最短  $t_{OFF}$ -最短  $t_{ON}$  调制方案。最短  $t_{OFF}$  与  $\frac{V_{IN}}{V_{OUT}}$  成正比，这使调节器的开关频率在 CCM 模式下合理地保持恒定。 $t_{ON(MIN)}$  与  $V_{IN}$  成正比，如果电感器电流在先前周期中达到  $t_{OFF(MIN)}$  之前达到 0，它将变为较高值。

为确保  $V_{OUT}$  不会明显高过调节点，只要  $FB>V_{REF}$ ，升压开关就保持关断。

## 故障状态

发生下列情况时，调节器将进入 FAULT 故障状态：

- $V_{OUT}$  无法达到从 LIN 状态进入 SS 状态所需的电压。
- $V_{OUT}$  无法达到从 SS 状态进入 BST 状态所需的电压。
- 在 BST 状态下出现持续的逐脉冲电流限值（32 个时钟计数）。
- 因电路短路或输出过载造成调节器从 BST 进入 LIN 状态 ( $V_{OUT} < V_{IN} - 1\text{ V}$ )。

一旦触发故障，调节器将停止开关，且  $V_{IN}$  和  $V_{OUT}$  之间出现高阻抗路径。等待 480 个时钟计数后，尝试重新启动。

## 软启动和故障时序

各个状态下的软启动时序和故障时间都取决于故障时钟，其周期与  $V_{IN}$  成反比。当  $V_{IN}$  较低时，调节器有更多时间为  $C_{OUT}$  充更多电。若  $V_{IN}$  较高，这样还可以在电流限制的每个周期内减少输入至  $V_{OUT}$  的功率。

各个状态的时钟计数数量如图 47 所示。

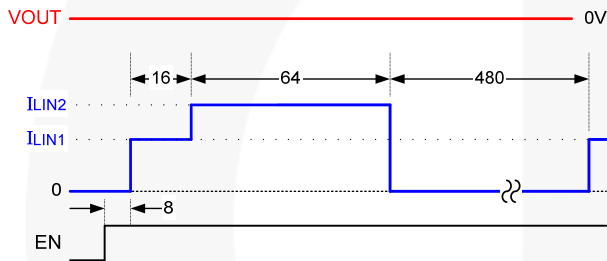


图 47. 短路状态时的故障响应

如所示，故障时钟周期为  $V_{IN}$  图 48 的函数。

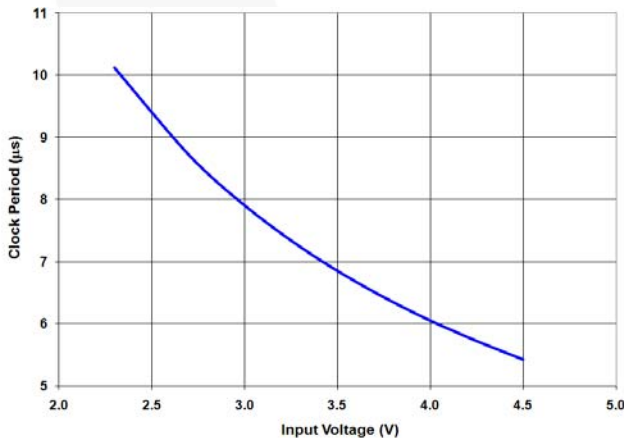


图 48. 故障时钟周期与  $V_{IN}$  的关系

显示依赖  $V_{IN}$  的 LIN 图 49 模式充电电流。

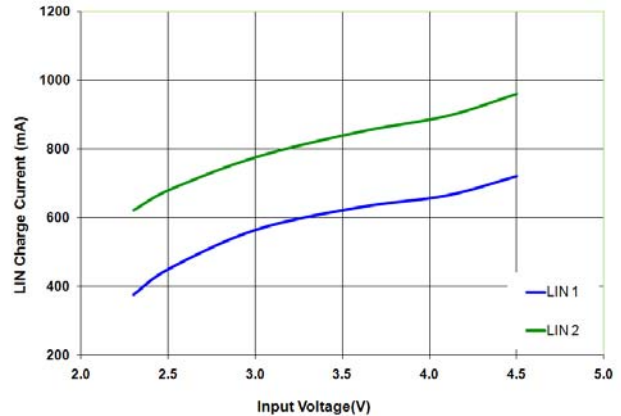


图 49. LIN 模式电流与  $V_{IN}$  的关系

## 过温保护 (OTP)

达到热关闭阈值时，调节器将关断。将芯片冷却至  $30^{\circ}\text{C}$  左右时，通过软启动重启。

## 过流保护 (OCP)

升压模式工作期间，FAN4860 采用逐周期峰值限流，从而保护开关元件。电流限制持续时间为 32 个故障时钟计数时，将触发故障。

在过载条件下，由于  $V_{OUT}$  跌至大约  $V_{IN} - 1\text{ V}$ ，同步整流器立刻关断，并宣布故障状态。

当过载/短路情况解决后，自动重启，且故障计时器完成计时。

## 应用信息

### 外部元件的选择

表 2 所示为推荐的适用于 FAN4860 的元件：

表 2. 外部元件

REF	说明	生产厂商
L1	1.0 $\mu\text{H}$ , 0.8 A, 190 m $\Omega$ , 0805	Murata LQM21PN1R0MC0, 或同等厂家
C <sub>IN</sub>	2.2 $\mu\text{F}$ , 6.3 V, X5R, 0402	Murata GRM155R60J225M TDK C1005X5R0J225M
C <sub>OUT</sub>	4.7 $\mu\text{F}$ , 10 V, X5R, 0603 <sup>(4)</sup>	Kemet C0603C475K8PAC TDK C1608X5R1A475K

#### 注意：

4. 额定 6.3 V 的 0603 电容器可用作 C<sub>OUT</sub>，如 Murata GRM188R60J225M。所有数据表参数对于额定 6.3 V 的电容器有效。因为存在直流偏压效应，10 V 的电容器性能更佳，尤其在输出纹波和瞬态响应方面，且尺寸没有增加。

### 输出电容 (C<sub>OUT</sub>)

#### 稳定性

如所示，小巧高值的陶瓷电容其有效电容 (C<sub>EFF</sub> 图 50) 随着偏置电压的提高而降低。

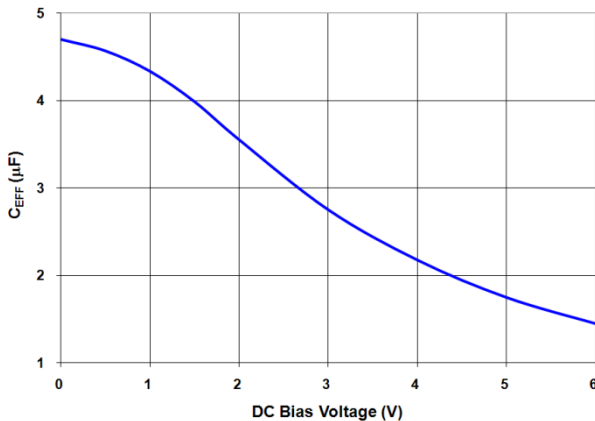


图 50. 4.7  $\mu\text{F}$ , 0603, X5R, 6.3 V (Murata GRN188R60J475K) 电容器的 XEFF

FAN4860 保证以中列出的 (C<sub>EFF</sub> 最小值 (C<sub>EFF(MIN)</sub>) 表 3) 稳定运行。

表 3. 稳定运行所需的 C<sub>EFF</sub> 最小值

工作条件		C <sub>EFF(MIN)</sub> (μF)
V <sub>IN</sub> (V)	I <sub>LOAD</sub> (mA)	
2.3 至 4.5	0 至 200	1.5
2.7 到 4.5	0 至 200	1.0
2.3 至 4.5	0 至 150	1.0

不同的生产厂商，电介质材料，外壳尺寸和温度都会影响 C<sub>EFF</sub> 值。部分厂商可以提供尺寸为 0402 规格的 X5R 电容器，可在 5 V 的偏压时保持 C<sub>EFF</sub>>1.5  $\mu\text{F}$ ，其他厂商做不到这点。如果无法找到价格低廉，且尺寸符合 0402 规格的 C<sub>EFF</sub> 电容器，只要 V<sub>IN</sub> 限制为 > 2.7 V，芯片就能使用 0402 规格的电容器。

若要实现最佳性能，推荐使用额定值为 10 V 的 0603 输出电容器 (Kemet C0603C475K8PAC 或同等产品)。在偏压和过温情况下，都能保持更高的 C<sub>EFF</sub>，因而可降低输出纹波并提高瞬态响应能力。

### 输出电压纹波

输出电压纹波与 C<sub>OUT</sub> 成反比。在 t<sub>ON</sub> 期间，升压开关导通时，C<sub>OUT</sub> 提供全负载电流。

$$V_{\text{RIPPLE(P-P)}} = t_{\text{ON}} \cdot \frac{I_{\text{LOAD}}}{C_{\text{OUT}}} \quad (2)$$

和

$$t_{\text{ON}} = t_{\text{SW}} \cdot D = t_{\text{SW}} \cdot \left(1 - \frac{V_{\text{IN}}}{V_{\text{OUT}}}\right) \quad (3)$$

因此：

$$V_{\text{RIPPLE(P-P)}} = t_{\text{SW}} \cdot \left(1 - \frac{V_{\text{IN}}}{V_{\text{OUT}}}\right) \cdot \frac{I_{\text{LOAD}}}{C_{\text{OUT}}} \quad (4)$$

其中：

$$t_{\text{SW}} = \frac{1}{f_{\text{SW}}} \quad (5)$$

如等式 4 所示，当 V<sub>IN</sub> 为最小值且 I<sub>LOAD</sub> 为最大值时，V<sub>RIPPLE</sub> 出现最大值。

### 启动

软启动期间实行输入电流限制，可控制对 C<sub>OUT</sub> 充电的电流。如果在上文所述的软启动周期内，输出无法实现调节目标，将出现 FAULT 故障，致使电路关断，等待一定时间后重启。若 C<sub>OUT</sub> 的值很高，电路一开始不会尝试启动，但在无负载的情况下最终实现调节。如果在软启动期间同时出现大电流负载和高电容，电路可能无法实现调节并且持续尝试软启动，在 FAULT 状态下只是由负载将 C<sub>OUT</sub> 放电。

如果 V<sub>IN</sub> 较高，电路可在满载情况下以更高的 C<sub>OUT</sub> 值启动，原因是：

$$I_{\text{OUT}} = \left( I_{\text{LIM(PK)}} - \frac{I_{\text{RIPPLE}}}{2} \right) \cdot \frac{V_{\text{IN}}}{V_{\text{OUT}}} \quad (6)$$

一般来说，在 BST 模式下出现限制。



当  $C_{EFF(MAX)}$  满足下列条件时, FAN4860 通常可一次性启动 (不会触发故障):

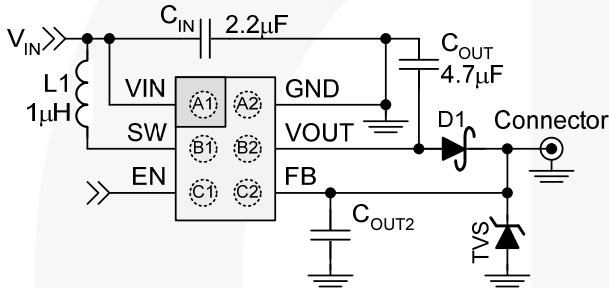
**表 4. 一次性启动所需的  $C_{EFF}$  最大值**

$V_{IN}$ (V)	工作条件			$C_{EFF(MAX)}$ ( $\mu F$ )
	$R_{LOAD(MIN)}$ ( $\Omega$ )			
	5.4 $V_{OUT}$	5.0 $V_{OUT}$	3.3 $V_{OUT}$	
> 2.3	27	25	16	10
> 2.7	27	25	16	15
> 2.7	37	33	20	22

表 4 中所示的  $C_{EFF}$  值通常适用于最低的  $V_{IN}$ 。若存在较高的  $V_{IN}$ , 就能够在满载时达到更大值的  $C_{EFF}$ 。

### 瞬态保护

为了防止 ESD 放电事件引起的外部电压瞬态或不当外部连接对器件的损坏, 在部分应用中采用外部的瞬态电压抑制二极管 (TVS) 和肖特基二极管 (图 51 中的 D1)。



**图 51. FAN4860 的外部瞬态防护**

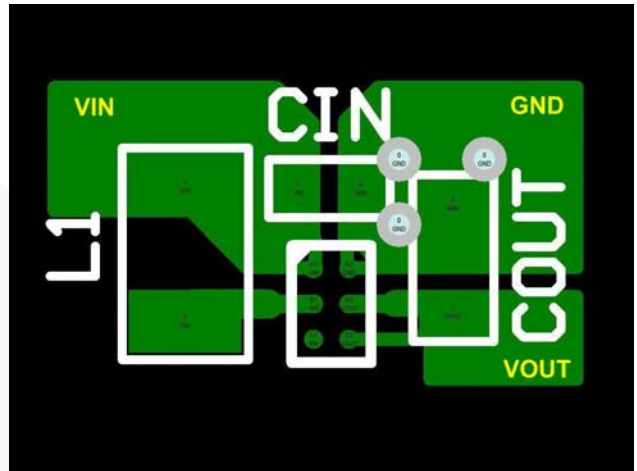
TVS 设计用于在外部瞬态事件期间将 FB 线路 (系统  $V_{OUT}$ ) 钳位在 +10 V 或 -2 V。肖特基二极管用于输出元件免受正电压冲击。FB 引脚可容忍最高达 14 V 的正电压冲击, 而 FB 和  $V_{OUT}$  引脚都能耐受负电压。

FAN4860 包括一个用于侦测电路, 通过比较  $V_{OUT}$  和 FB, 可寻找遗失或失效的 D1。若  $V_{OUT}-FB >$  约 0.7 V, 则 IC 关断。IC 将保持关断, 直至  $V_{OUT} < UVLO$  且  $V_{IN} < UVLO + 0.7$  或切换 EN。

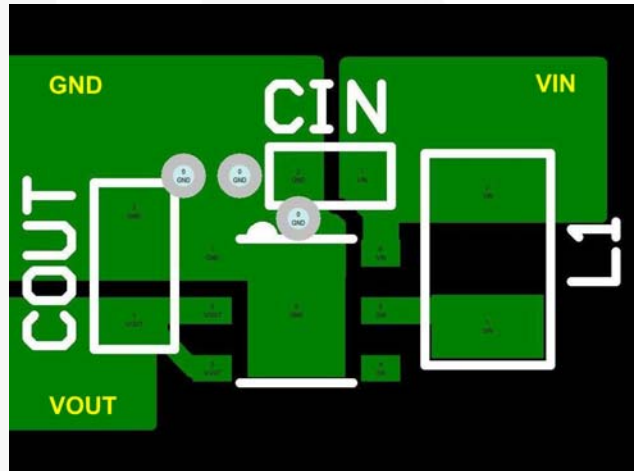
使用肖特基二极管时, 需要使用  $C_{OUT2}$  来保存负载瞬态响应。负载施加在 FB 引脚上时, 在调节器响应或感应电流变化之前, D1 的正向电压将迅速增大。如果缺少  $C_{OUT2}$ , 这会造成高达 300 mV 的瞬间跌落, 具体要看 D1 的特性。当调节器调整电感电流时,  $C_{OUT2}$  向负载提供瞬态电流。 $C_{OUT2}$  应使用至少为  $C_{OUT}$  最小值一半的电容。当 TVS 钳制期间,  $C_{OUT2}$  要用于承受 FB 引脚的最大电压。

由于 D1 耗散的要求, 降低了该电路的支流输出电流的最大值。

### 布局指南



**图 52. WLCSP 推荐布局 (俯视图)**



**图 53. UMLP 推荐布局 (俯视图)**

## 物理尺寸

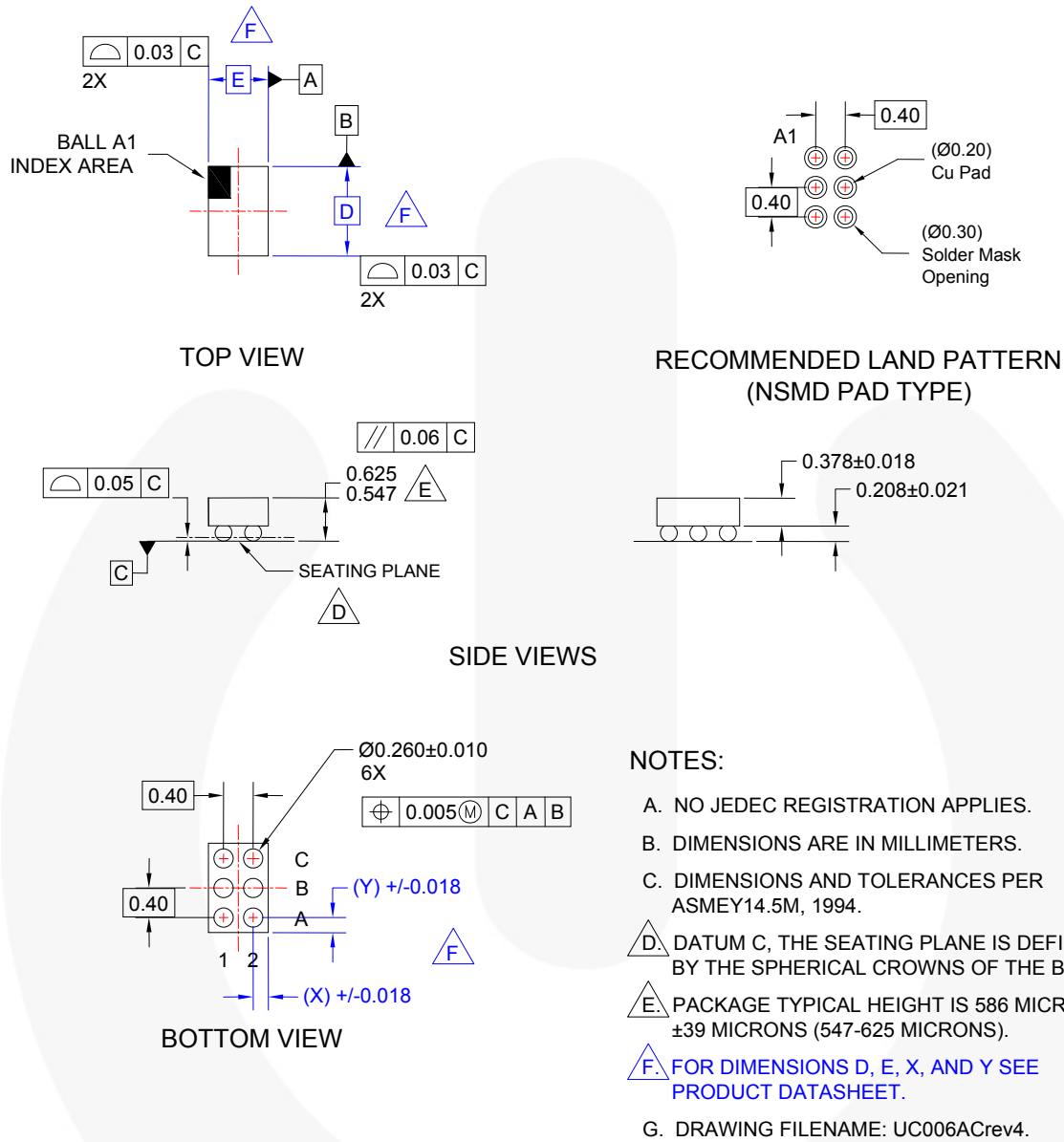


图 54. 6- 引脚、0.4 mm 间距、WLCSP 封装

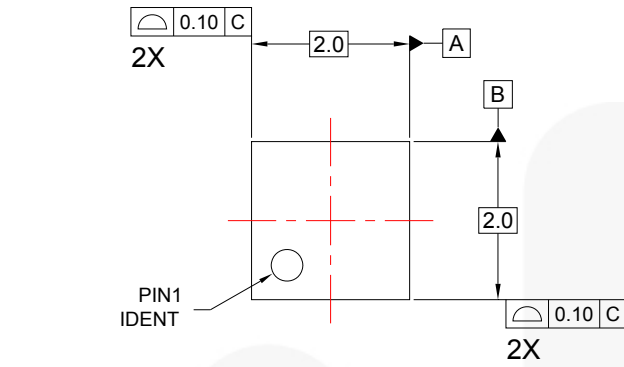
## 产品规格尺寸

产品	D	E	X	Y
FAN4860UC5X	1.230mm ±0.030 mm	0.880 mm ±0.030 mm	0.240 mm	0.215 mm
FAN4860UC33X				

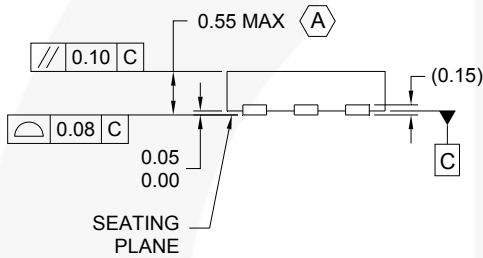
封装图纸作为一项服务，提供给考虑飞兆半导体元件的客户。具体参数可能会有变化，且不会做出相应通知。请注意图纸上的版本和/或日期，并联系飞兆半导体代表核实或获得最新版本。封装规格并不扩大飞兆公司全球范围内的条款与条件，尤其是其中涉及飞兆公司产品保修的部分。

随时访问飞兆半导体在线封装网页，获得最新的封装图：  
<http://www.fairchildsemi.com/dwg/UC/UC006AC.pdf>

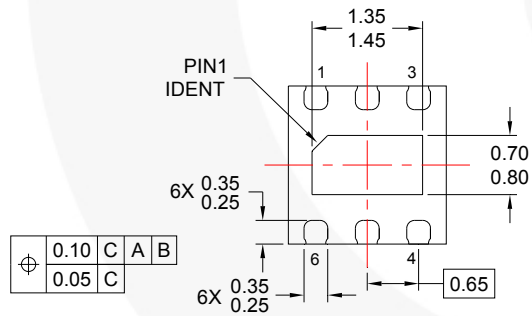
## 物理尺寸



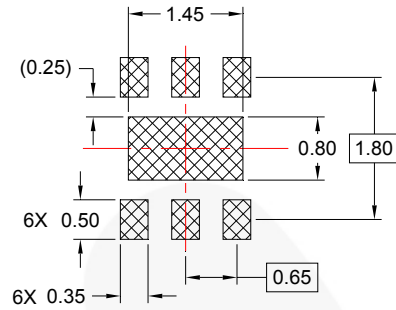
TOP VIEW



SIDE VIEW



BOTTOM VIEW



RECOMMENDED LAND PATTERN

### NOTES:

- A. PACKAGE CONFORMS TO JEDEC MO-229 EXCEPT WHERE NOTED.
- B. DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS.
- C. DIMENSIONS AND TOLERANCES PER ASME Y14.5M, 1994.
- D. LANDPATTERN RECOMMENDATION IS BASED ON FSC DESIGN ONLY.
- E. DRAWING FILENAME: MKT-UMLP06Erev2.

图 55. 6 引脚、UMLP 封装

封装图纸作为一项服务，提供给考虑飞兆半导体元件的客户。具体参数可能会有变化，且不会做出相应通知。请注意图纸上的版本和/或日期，并联系飞兆半导体代表核实或获得最新版本。封装规格并不扩大飞兆公司全球范围内的条款与条件，尤其是其中涉及飞兆公司产品保修的部分。

随时访问飞兆半导体在线封装网页，获得最新的封装图：  
<http://www.fairchildsemi.com/dwg/UM/UMLP06E.pdf>



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

\* 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. 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.

**LIFE SUPPORT POLICY**

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION.

As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body or (b) support or sustain life, and (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury of the user.
2. A critical component in any component of a life support, device, or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

**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 Sales Support.

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. I66

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