



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.



## 建议使用的外部元件

表 1. 推荐用于最大负载电流 5 A 的外部元件

元件	说明	厂商	参数	典型值	单位
L1	额定 470 nH	参见表 2	L	0.47	$\mu\text{H}$
C <sub>OUT</sub>	10 $\mu\text{F}$ 、6.3V、X5R、0805、2 件	GRM21BR60J106M (Murata) C2012X5R0J106M (TDK)	C	20	$\mu\text{F}$
C <sub>IN</sub>	10 $\mu\text{F}$ 、6.3 V、X5R、0805		C	10	$\mu\text{F}$
C <sub>IN1</sub>	10 nF、25 V、X7R、0402	任意	C	10	nF

表 2. 推荐电感量

生产厂商	部件编号	L (nH)	DCR (m $\Omega$ )	I <sub>MAXDC</sub> <sup>(1)</sup>	L	元件尺寸	
						W	H
Bourns	SRP5012-R47M	470	19	6.0	5.1	4.5	1.2
Bourns	SRP4012-R47M	470	20	5.5	4.6	4.0	1.2
Coilcraft	XPL4020-471ML	470	19	7.2	4.2	4.2	2.0
Inter-Technical <sup>(2)</sup>	SC2511-R47M	470	2.6	16.0	6.5	6.5	3.0
TDK	VLC5020T-R47M	470	15	5.4	5.0	5.0	2.0
Vishay	IHLP1616ABERR47M01	470	20	5.0	4.5	4.1	1.2

**注意：**

1. I<sub>MAXDC</sub> 是较小的电流，可使温度上升 40°C 或使电感衰减 30%。
2. 用于效率和温度升高测量的电感。

## 引脚配置

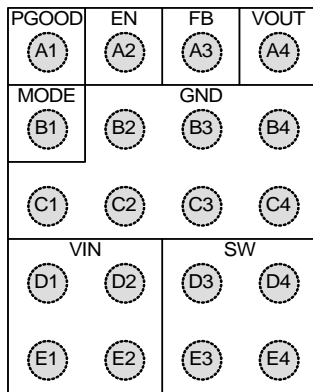


图1. 俯视图

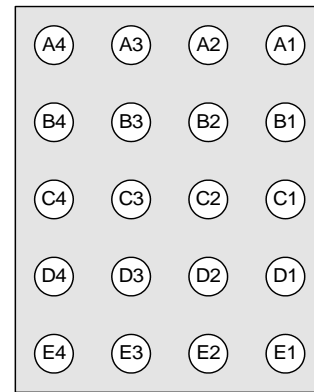


图2. 俯视图仰视图

## 引脚定义

焊点编号	名称	说明
A1	PGOOD	<b>电源正常。</b> 如果输出停止调节或处于软启动中，该开漏引脚拉至低电平。
A2	EN	<b>使能。</b> 该引脚处于低电平时，器件为关断模式。该引脚不得悬浮。
A3	FB	<b>FB。</b> 连接至电阻分压器。集成芯片将该引脚控制在 0.8 V。
A4	VOUT	<b>VOUT。</b> $V_{OUT}$ 的感测引脚。直接连接至 $C_{OUT}$ 。
B1	MODE	<b>模式/同步。</b> 逻辑 0 允许芯片在轻载状态时自动切换至 PFM。保持高电平时，IC 保持在 PWM 模式。调节器也将其开关频率同步至该引脚 ( $f_{MODE}$ ) 所提供频率的四倍 (4X)。该引脚不得悬浮。
B2, B3, C1 – C4	GND	<b>接地。</b> 低端 MOSFET 以此引脚为参考。 $C_{IN}$ 和 $C_{OUT}$ 应使用最短路径返回到这些引脚。
B4	AGND	<b>模拟地。</b> 所有信号均以该引脚为参照。避免高 $dV/dt$ 交流电流经由此引脚的路径。
D1, D2, E1, E2	VIN	<b>电源输入电压。</b> 连接至输入电源。用最短路径连接至 $C_{IN}$ 。
D3, D4, E3, E4	SW	<b>开关节点。</b> 连接至电感。

## 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 <sub>IN</sub>	SW 和 VIN 引脚		-0.3	7.0 <sup>(3)</sup>	V
	其它引脚	无串联阻抗连接	-0.3	4.5	
		通过 ≥ 100 的串联电阻连接Ω	-0.3	V <sub>IN</sub> <sup>(4)</sup>	
ESD	静电放电防护等级	人体模型满足 JESD22-A114	2250		V
		元件充电模型 JESD22-C101	1500		
T <sub>J</sub>	结温		-40	+150	°C
T <sub>STG</sub>	存储温度		-65	+150	°C
T <sub>L</sub>	引脚焊接温度，10 秒			+260	°C

注：

- V<sub>IN</sub> 压摆率限制在 1 V/μs。
- 选取 7 V 与 V<sub>IN</sub>+0.3 V 中的较小值。

## 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。飞兆半导体建议不要超过推荐工作条件，也不能按照绝对最大额定值进行设计。

符号	参数	最小值	典型值	最大值	单位
V <sub>IN</sub>	电源电压范围	2.7		5.5	V
V <sub>OUT</sub>	输出电压范围	0.8		90% 占空比	V
I <sub>OUT</sub>	输出电流	0		5	A
L	电感		0.47	1.20	μH
C <sub>IN</sub>	输入电容		10		μF
C <sub>OUT</sub>	输出电容		20		μF
T <sub>A</sub>	工作环境温度	-40		+85	°C
T <sub>J</sub>	工作结温	-40		+125	°C

## 热性能

符号	参数	典型值	单位
θ <sub>JA</sub>	结-环境之间热阻	38 <sup>(5)</sup>	°C/W

注意：

- 参阅“应用”章节的“热考虑因素”。

## 电气特性

除非另有说明，测得最小值和最大值的条件为  $V_{IN}=2.7\text{ V}$  至  $5.5\text{ V}$ ，且  $T_A=-40^\circ\text{C}$  至  $+85^\circ\text{C}$ 。典型值测量条件为  $T_A=25^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN}=5\text{ V}$ ，且  $V_{OUT}=1.2\text{ V}$ 。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
<b>电源</b>						
$I_Q$	静态电流	$I_{LOAD}=0$ 、 $MODE=0$ (自动 PFM/PWM)		50		$\mu\text{A}$
		$I_{LOAD}=0$ 、 $MODE=1$ (强制 PWM)		30		$\text{mA}$
$I_{SD}$	停机电源电流	$EN=GND$		0.1	10	$\mu\text{A}$
$V_{UVLO}$	欠压锁定阈值	$V_{IN}$ 升		2.67	2.80	$\text{V}$
		$V_{IN}$ 降	2.1	2.3		$\text{V}$
$V_{UVHYST}$	欠压锁定滞环宽度			365		$\text{mV}$
<b>逻辑引脚</b>						
$V_{IH}$	高电平输入电压		1.05			$\text{V}$
$V_{IL}$	低电平输入电压				0.4	$\text{V}$
$V_{LHYST}$	逻辑输入滞回电压			140		$\text{mV}$
$I_{IN}$	输入偏置电流	输入接地或将 $1\text{ k}\Omega$ 电阻接在 $V_{IN}$		0.01	1.00	$\mu\text{A}$
$I_{OUTL}$	PGOOD 下拉电流	$V_{PGOOD}=0.4\text{ V}$	1			$\text{mA}$
$I_{OUTH}$	PGOOD 高漏电流	$V_{PGOOD}=V_{IN}$		0.01	1.00	$\mu\text{A}$
<b><math>V_{OUT}</math>调节</b>						
$V_{REF}$	输出参考直流精度，在 FB 引脚测得	$T_A=25^\circ\text{C}$ ，强制 PWM	0.792	0.800	0.808	$\text{V}$
		$T_A=-40^\circ\text{C}$ 至 $85^\circ\text{C}$ ，强制 PWM	0.787	0.800	0.813	$\text{V}$
		自动 PFM/PWM	0.784	0.800	0.824	$\text{V}$
$\frac{\Delta V_{OUT}}{\Delta I_{LOAD}}$	负载调节	$MODE = V_{IN}$ (强制 PWM)		-0.02		$\%/A$
$\frac{\Delta V_{OUT}}{\Delta V_{IN}}$	线路调节	$2.7\text{ V} \leq V_{IN} \leq 5.5\text{ V}$ ， $I_{OUT(DC)}=1.5\text{ A}$		-0.16		$\%/V$
$I_{REF}$	FB 引脚漏电流	$FB=0.8\text{ V}$		1		$\text{nA}$
$\Delta V_{OUT}$	瞬态响应	$I_{LOAD}$ Step $0.1\text{ A}$ to $1.5\text{ A}$ ， $t_R=100\text{ ns}$		-30		$\text{mV}$
<b>功率开关和保护</b>						
$R_{DS(ON)P}$	P 沟道 MOSFET 导通电阻			33		$\text{m}\Omega$
$R_{DS(ON)N}$	N 沟道 MOSFET 导通电阻			28		$\text{m}\Omega$
$I_{LIMPK}$	P-MOS 峰值限流	开环	5.8	7.5	8.8	$\text{A}$
		闭环		8		$\text{A}$
$T_{LIMIT}$	热关断			155		$^\circ\text{C}$
$T_{HYST}$	热关闭滞环宽度			20		$^\circ\text{C}$
$V_{SDWN}$	输入 OVP 关断	上升阈值		6.1		$\text{V}$
		下降阈值	5.5	5.8		$\text{V}$
<b>频率控制</b>						
$f_{SW}$	振荡器频率		2.1	2.4	3.0	$\text{MHz}$
$f_{MODE}$	MODE 引脚同步范围	外部方波、30% 至 70% 占空比	525	600	700	$\text{kHz}$
<b>软启动和输出放电</b>						
$t_{SS}$	调节器启用至稳定 $V_{OUT}$ (上升 PGOOD)			1.2		$\text{ms}$
$R_{DIS}$	输出放电电阻	$EN=0\text{ V}$		175		$\Omega$

## 典型特性

除非另有说明，一般为  $V_{IN}=5\text{ V}$ 、 $V_{OUT}=1.2\text{ V}$ 、 $V_{MODE}=0\text{ V}$ 、 $T_A=25^\circ\text{C}$ 、电路为图 1，元件为表 1。

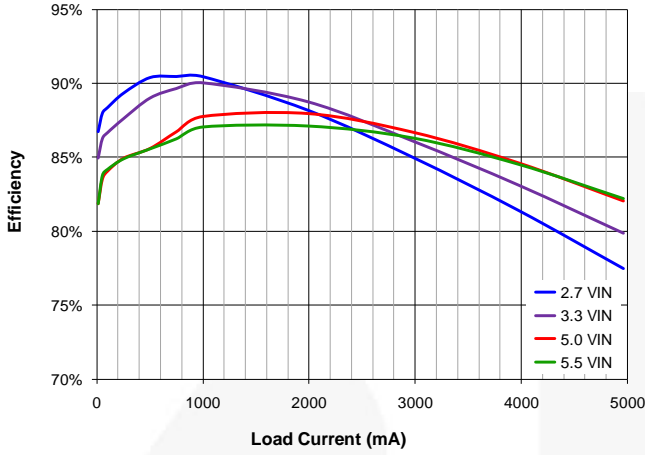


图 4. 效率与  $I_{LOAD}$  的关系, 1.2 V<sub>OUT</sub>

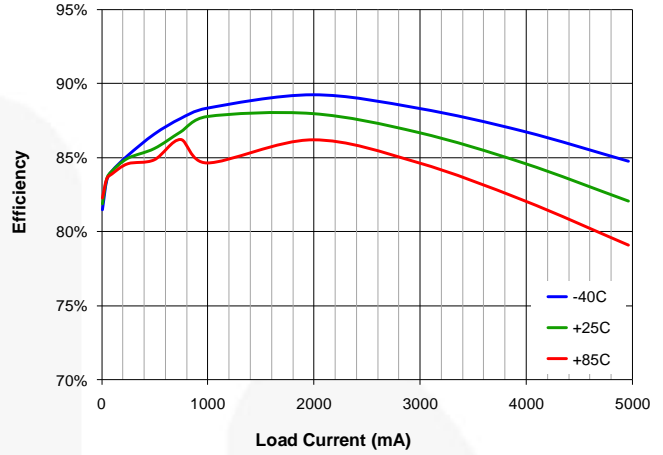


图 5. 效率与  $I_{LOAD}$  的关系, 1.2 V<sub>OUT</sub>

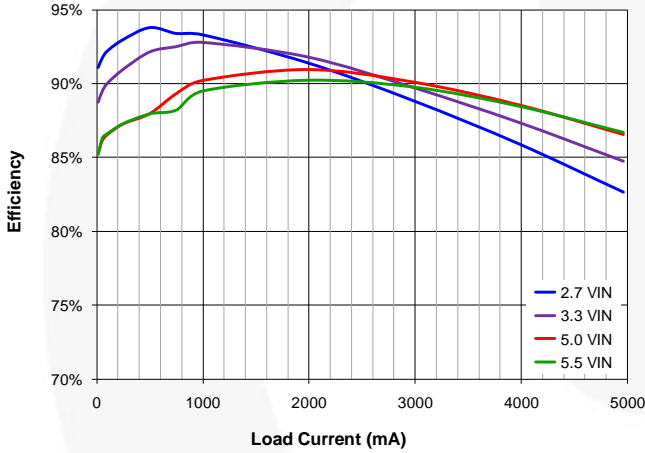


图 6. 效率与  $I_{LOAD}$  的关系, 1.8 V<sub>OUT</sub>

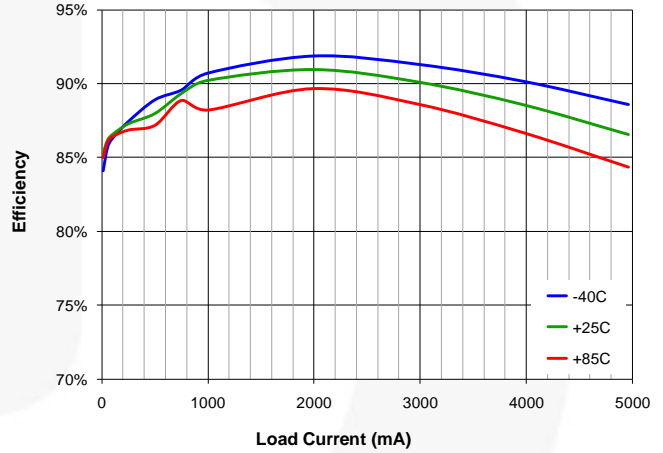


图 7. 效率与  $I_{LOAD}$  的关系, 1.8 V<sub>OUT</sub>

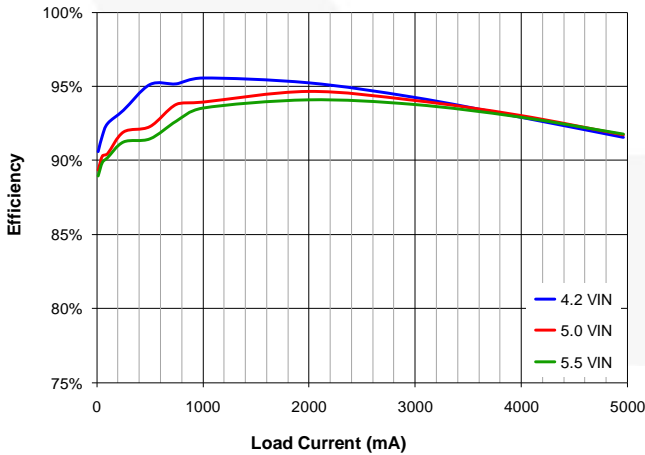


图 8. 效率与  $I_{LOAD}$  的关系, 3.3 V<sub>OUT</sub>

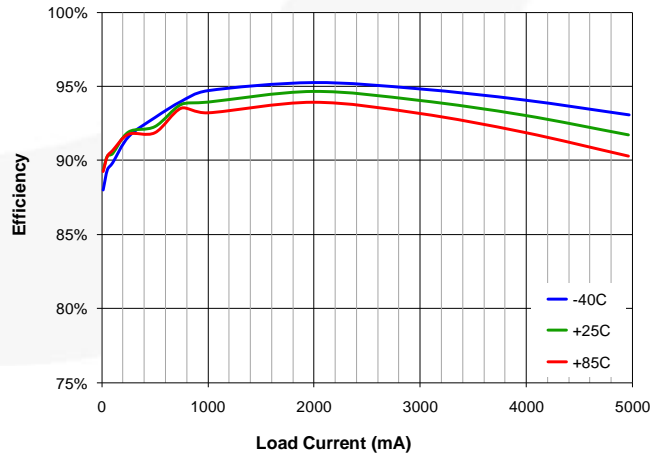


图 9. 效率与  $I_{LOAD}$  的关系, 3.3 V<sub>OUT</sub>

## 典型特性

除非另有说明，一般为  $V_{IN}=5\text{ V}$ 、 $V_{OUT}=1.2\text{ V}$ 、 $V_{MODE}=0\text{ V}$ 、 $T_A=25^\circ\text{C}$ 、电路为图 1，元件为表 1。

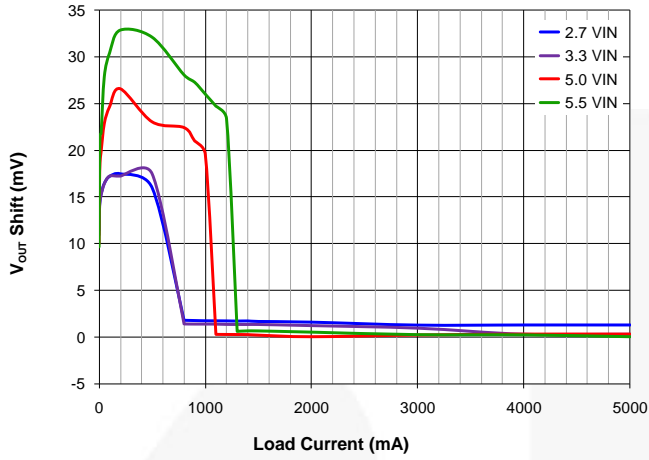


图 10. 稳压 1.2 V<sub>OUT</sub>

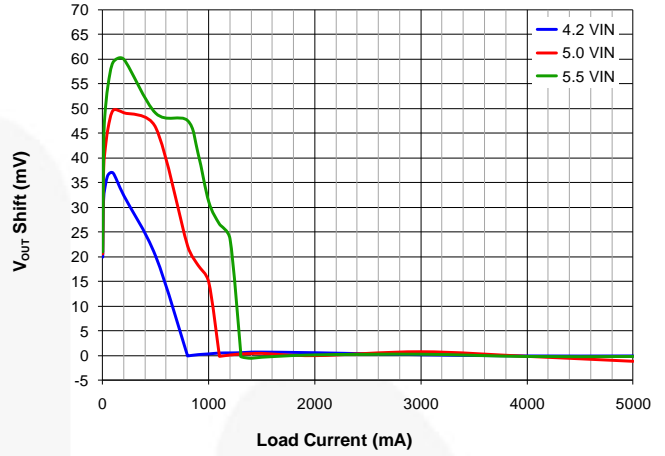


图 11. 稳压 3.3 V<sub>OUT</sub>

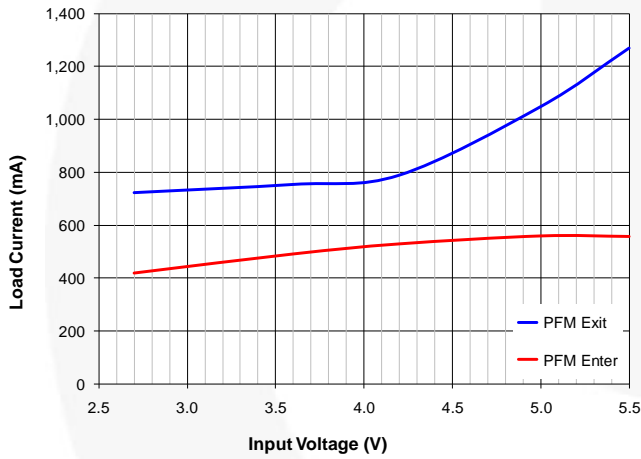


图 12. PFM/PWM 边界 1.2 V<sub>OUT</sub>

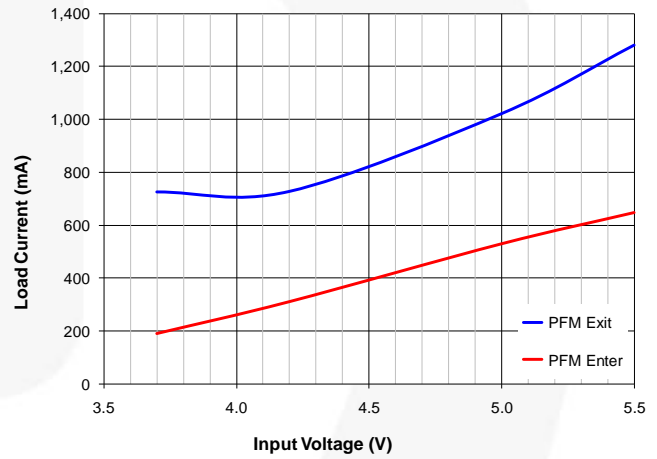


图 13. PFM/PWM 边界 3.3 V<sub>OUT</sub>

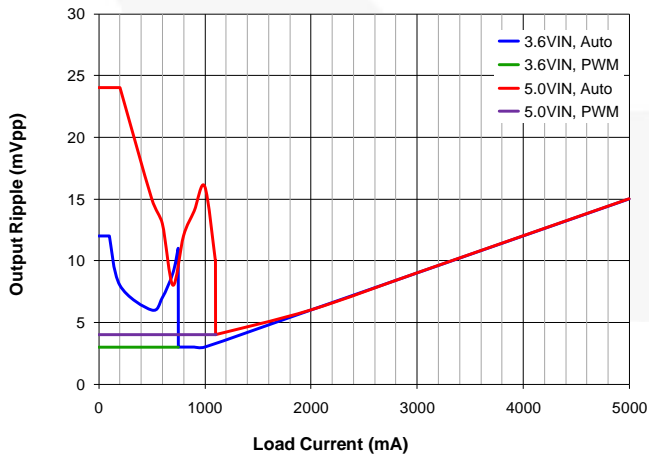


图 14. 输出电压纹波

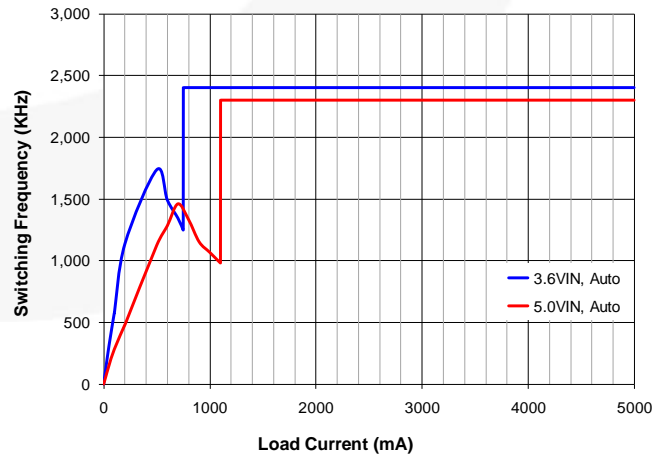


图 15. 开关频率



## 典型特性

除非另有说明，一般为  $V_{IN}=5\text{ V}$ 、 $V_{OUT}=1.2\text{ V}$ 、 $V_{MODE}=0\text{ V}$ 、 $T_A=25^\circ\text{C}$ 、电路为图 1，元件为表 1。

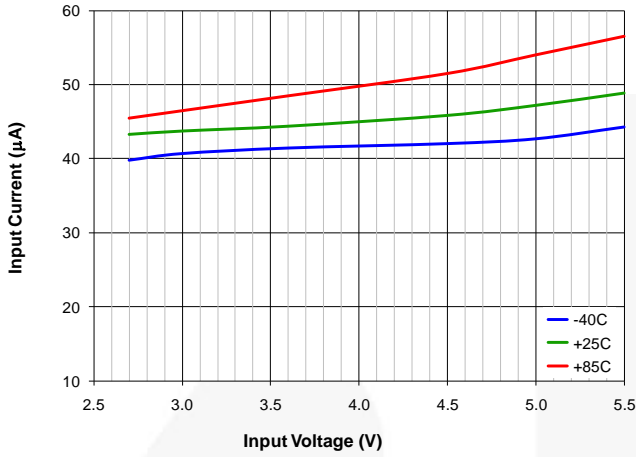


图 16. 静态电流，自动模式， $EN = V_{IN}$

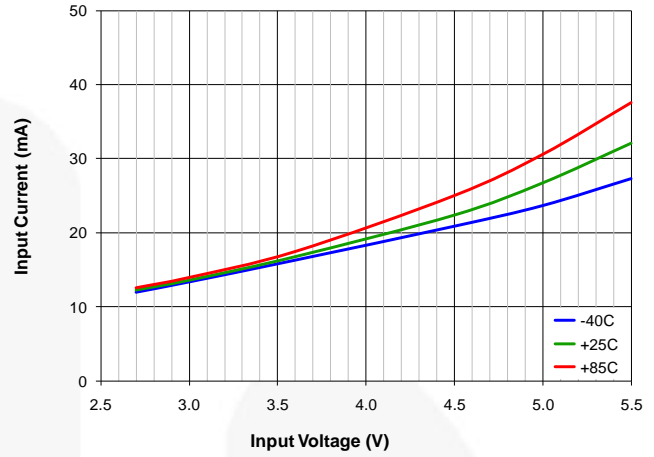


图 17. 静态电流，PWM 模式， $EN = V_{IN}$

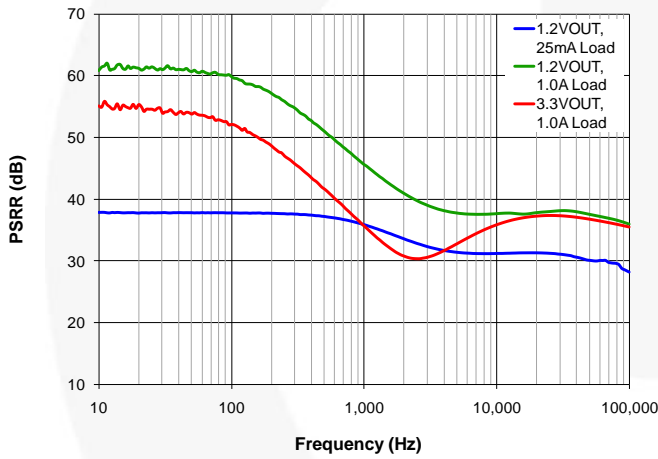


图 18. 电源抑制比 (PSRR)

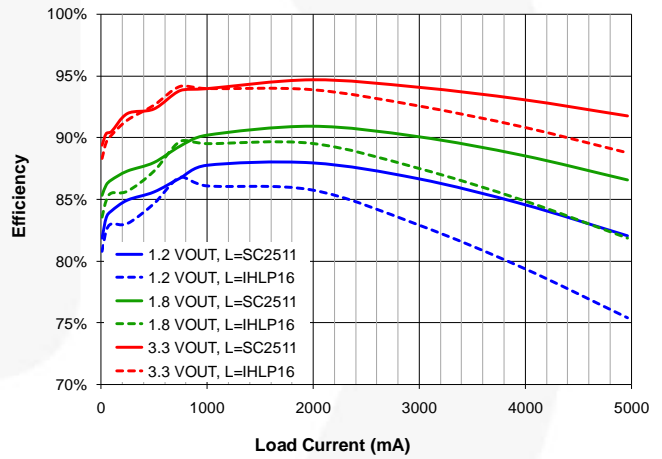


图 19. 电感效率比较， $5.0\text{ V}_{IN}$



图 20. 线路瞬态， $50\ \Omega$  Load,  $t_R=t_F=10\ \mu\text{s}$

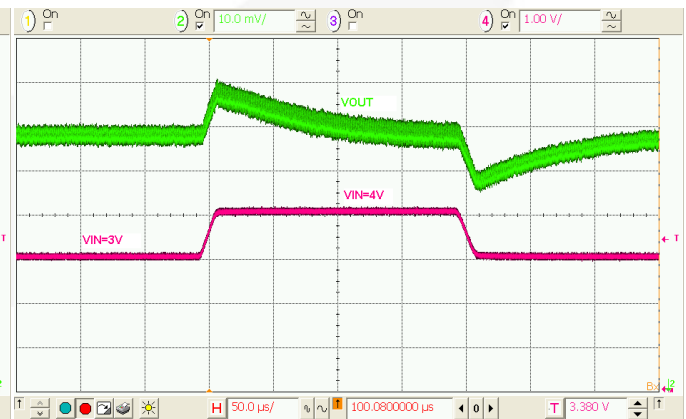


图 21. 线路瞬态， $I_{LOAD}=1.0\text{ A}$ 、 $t_R=t_F=10\ \mu\text{s}$

## 典型特性

除非另有说明，一般为  $V_{IN}=5\text{ V}$ 、 $V_{OUT}=1.2\text{ V}$ 、 $V_{MODE}=0\text{ V}$ 、 $T_A=25^\circ\text{C}$ 、电路为图 1，元件为表 1。

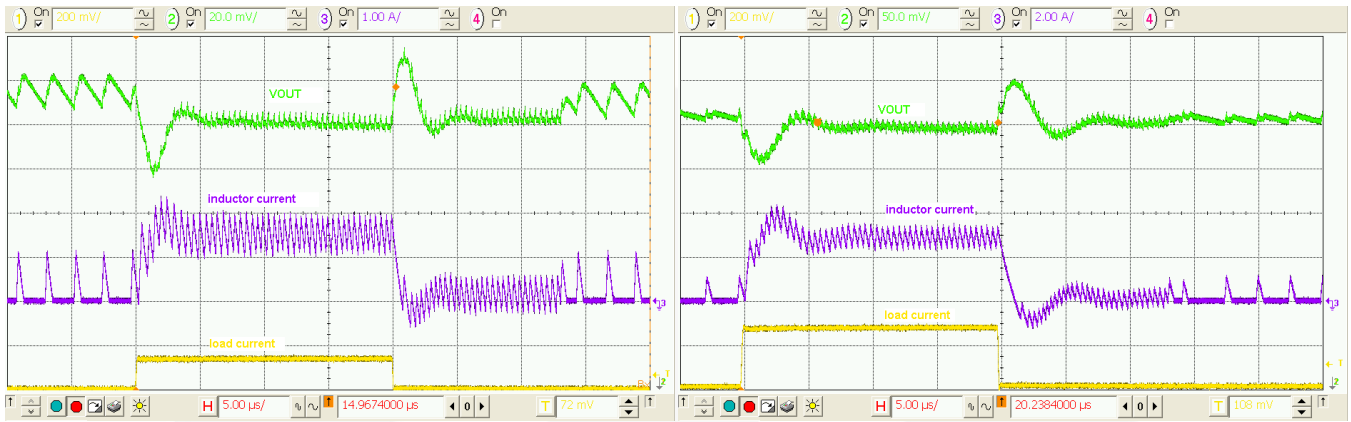


图 22. 负载瞬态, 0.1-1.5 A 负载,  
 $t_R=t_F=100\text{ ns}$

图 23. 负载瞬态, 0.1-3.0 A 负载,  
 $t_R=t_F=100\text{ ns}$ ,  $C_{OUT}=2\times 22\text{ }\mu\text{F}$

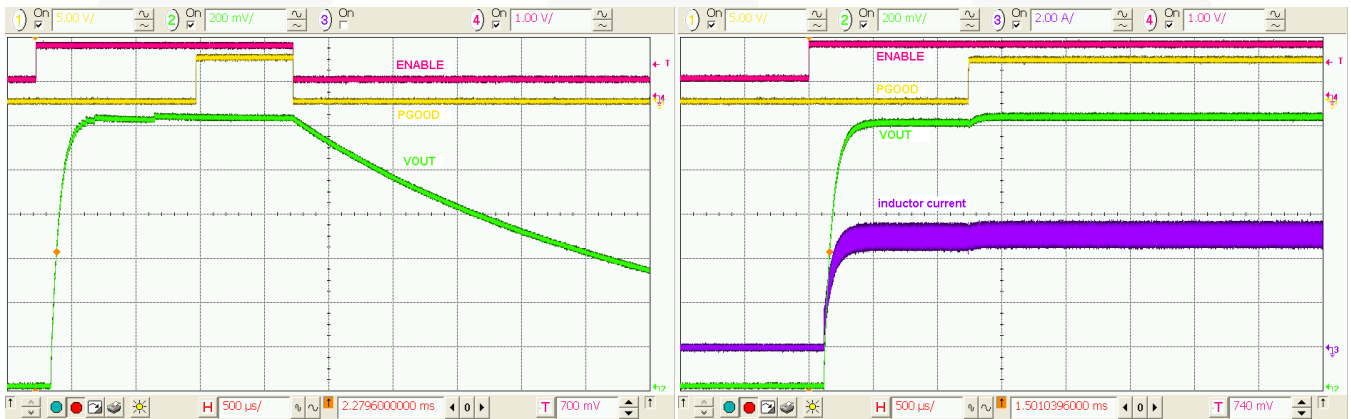


图 24. 启动/关断, 无负载

图 25. 启动/关断, 240 mΩ 负载,  $C_{OUT}=2\times 22\text{ }\mu\text{F}$

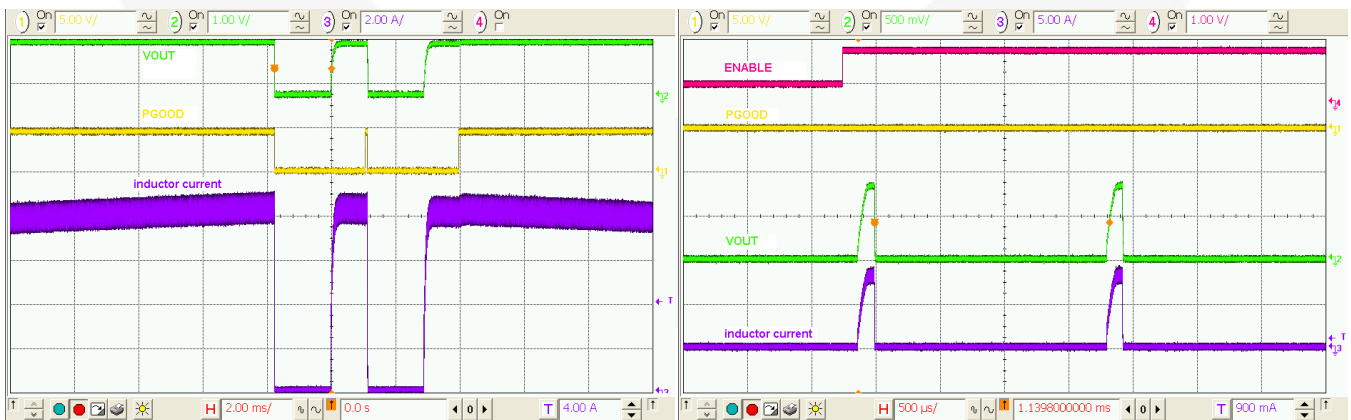


图 26. 过载保护和恢复

图 27. 启动至过载

## 工作说明

FAN53541 是一款降压开关电压调节器，从 2.7 V 至 5.5 V 的输入电压提供一个可调节输出。FAN53541 运用了同步整流专利架构，能够以高于 90% 的效率提供高达 5 A 的电流。该调节器在 2.4 MHz 的标称固定频率下满载工作，可将外部元件的输出电感值降至 470 nH，并将输出电容值降至 20 μF。使用单脉冲 PFM 模式，轻载时仍可保持高效。

## 控制模式

FAN53541 使用独特的非线性、固定频率 PWM 调制器，实现快速负载瞬态响应，同时在较宽的工作条件下保持恒定的开关频率。

调节器性能独立于输出电容 ESR，可使用陶瓷输出电容。尽管这类操作通常会导致开关频率随输入电压和负载电流发生变化，但内部频率环可在较大的输入电压和负载电流范围内保持开关频率的稳定。

若为极轻载情况，FAN53541 在断续电流 (DCM) 单脉冲 PFM 模式下工作，与其它 PFM 结构相比，可产生较低的输出纹波。DCM 和 CCM 模式之间转换时， $V_{OUT}$  的干扰小于 3%，PWM 和 PFM 间可无缝转换。

通过将 MODE 引脚保持在高电平来禁用 PFM 模式。IC 同步至 MODE 引脚频率。同步至 MODE 引脚时，PFM 模式被禁用。

## 设置输出电压

输出电压由 R1、R2 和  $V_{REF}$  (0.8 V) 设定：

$$\frac{R1}{R2} = \frac{V_{OUT} - V_{REF}}{V_{REF}} \quad (1)$$

R1 必须设置为 100 kΩ 或更低；因此：

$$R2 = \frac{R1 \cdot 0.8}{(V_{OUT} - 0.8)} \quad (2)$$

例如当  $V_{OUT}=1.2$  V 时， $R1=100$  kΩ， $R2=200$  kΩ。

## 使能和软启动

EN 引脚处于低电平时；IC 处于关断状态，所有内部电路保持关闭状态，而且器件消耗的电流微乎其微。EN 升过其阈值电压可激活该部件并开始软启动循环。在软启动过程中，调制器的内部参考上升缓慢，以最大限度地减小输入端浪涌电流，并防止输出电压过冲。

如果使用较大的输出电容值，调节器可能无法启动。如果  $V_{OUT}$  未能在软启动开始后 1.2 ms 内完成调节，则调节器将关闭，并等待 1.6ms 后尝试重新启动。如果调节器在 16 个连续 PWM 循环内处于限流状态，调节器将关闭，并在 1.6 ms 后重新启动。这样在启动过程中应用一个重负载 ( $I_{LOAD(SS)}$ ) 时，会限制  $C_{OUT}$  电容。

用于在恒流重载条件下成功启动的最大  $C_{OUT}$  电容约为：

$$C_{OUT_{最大}} \approx (5.8 - I_{负载}) \cdot \frac{800}{V_{OUT}} \quad (3)$$

其中， $C_{OUTMAX}$  用 μF 表示，而  $I_{LOAD}$  是软启动过程中的负载电流，用 A 表示。

软启动过程中采用二极管仿真模式，允许 IC 启动至预充电输出。二极管仿真禁止反向电感电流流过同步整流器。

当 EN 处于低电平时，一个 150 Ω 电阻放电  $V_{OUT}$ 。

## 欠压锁定 (UVLO)

当 EN 处于高电平时，欠压锁定使部件无法工作，直至电源电压升至足以正常工作的水平。从而保证在启动或关机期间避免出现误操作。

## 输入过压保护 (OVP)

当  $V_{IN}$  超过  $V_{SDWN}$  (约 6.1 V)，IC 停止开关，保护电路防止出现过多的内部电压尖峰。内部滤波器防止电路由于  $V_{IN}$  噪声尖峰而关闭。

## 限流

输出电路中的大负载或短路会导致电感中的电流增大，直至达到高侧开关的最大电流阈值。达到该值后，高侧开关关闭，以避免因电流过大造成损坏。电流限制中若有 16 个连续的 PWM 循环，将使调节器关闭并保持大约 1.6 ms，然后尝试重新启动。

短路情况下，软启动电路尝试重新启动并在电流限制 16 个连续循环后产生过流故障，导致占空比低于 5%，使电流进入短路电路。

## 外部频率同步

MODE 引脚的逻辑 1 强制 IC 保持 PWM 模式。逻辑 0 允许 IC 在轻载状态时自动切换至 PFM。如果引脚切换，转换电路可将其开关频率同步至 MODE 引脚 ( $f_{MODE}$ ) 频率的四倍。

MODE 引脚是利用施密特触发器从内部进行缓冲的，使得 MODE 引脚可以使用较慢的上升和下降时间来驱动。只要与参数表中的限值相符，则允许频率同步出现非对称占空比。

## PGOOD 引脚

PGOOD 引脚为开漏引脚。当其状态为断开时，表示 IC 正在进行调节。在下列条件下，PGOOD 将拉至低电平：

- IC 已在逐周期电流限制中运行连续 8 个 PWM 循环。
- 在出现故障或 EN 处于低电平时，电路被禁用；或者
- IC 正在进行软启动。

## 热关断

由于负载过大或环境温度过高造成死区温度升高时，输出开关电路将禁用，直至死区温度充分降低后方可启用。启动过热关闭的结温通常为 155°C，滞环为 20°C。

## 最小关断时间对开关频率的影响

$t_{OFF(MIN)}$  为 45 ns，这既能限制 FAN53541 所能提供的最大  $V_{OUT}/V_{IN}$  比，又能保持 PWM 模式下的固定开关频率。即使调节器无法提供足够的占空比并以 2.4 MHz 运行，也能维持调节。

开关频率在 2.4 MHz 和以下情况的值中间取较小者：

$$f_{SW}(\text{MHz}) = 22.2 \cdot \left( 1 - \frac{V_{OUT} + I_{OUT} \cdot R_{OFF}}{V_{IN} + I_{OUT} \cdot (R_{OFF} - R_{ON})} \right) \quad (4)$$

其中：

$I_{OUT}$  = 负载电流（单位是 A）；

$R_{ON}$  =  $R_{DS(ON)_P} + DCR_L$ （单位是欧姆）；并且

$R_{OFF}$  =  $R_{DS(ON)_N} + DCR_L$ （单位是欧姆）。

结果  $\leq 0$  MHz 表示 100% 占空比运行。

## 应用信息

### 选择电感

选择的输出电感器必须既能达到所需的电感大小，又能达到应用所需的功率处理能力。电感值对平均限流、输出电压纹波、瞬态响应和效率有影响。

调节器的纹波电流 ( $\Delta I$ ) 为：

$$\Delta I \approx \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \cdot \left( \frac{V_{IN} - V_{OUT}}{L \cdot f_{SW}} \right) \quad (5)$$

最大平均负载电流  $I_{MAX(LOAD)}$  取决于峰值电流限值  $I_{LIM(PK)}$  和纹波电流：

$$I_{MAX(LOAD)} = I_{LIM(PK)} - \frac{\Delta I}{2} \quad (6)$$

FAN53541 在  $L = 470$  nH 条件下工作最优，但电感高达 1.2  $\mu\text{H}$ （标称值）时仍可保持稳定。电感器应保持其峰值  $I_{LIM(PK)}$  的 80%。若无法保持，则会降低 IC 输送的直流电流。

电感直流内阻和电感值对效率会产生影响。降低特定尺寸的电感值通常会缩小 DCR；但由于  $\Delta I$  增大，且电流有效值增大，所以核心和表层的效应损耗也将增大。

$$I_{RMS} = \sqrt{I_{OUT(DC)}^2 + \frac{\Delta I^2}{12}} \quad (7)$$

有效电流越大，则由于 IC MOSFET 的  $R_{DS(ON)}$  和电感 ESR 而导致的损耗就越大。

增大电感值可降低有效电流，但会影响瞬态响应。对于一定尺寸的电感，提高电感通常会使其饱和和电流降低。

表 3 显示电感值高于 470 nH 推荐值时对调节器性能的影响。

**表 3. 电感值和调节器性能**

$I_{MAX(LOAD)}$	$\Delta V_{OUT}$ (方程 (8))	瞬态响应
增大	减小	降低

### 额定电感电流

在极端情况下，FAN53541 的限流电路可让约为 8.8 A 的峰值电流通过 L1。若负载上可连续吸收该电流，则电感应可以维持该电流或进入故障安全状态。

对于空间有限的应用，可使用 L1 的较小额定电流。如果发生短路，FAN53541 仍可可以保护这些电感，但若负载所得电流高于该电感的直流额定值时，可能无法防止电感发生故障。

## 输出电容和 $V_{OUT}$ 纹波

表 1 建议用 0805 电容；但如果空间不够，也可使用 0603 电容。由于电压影响，0603 电容的内部电路电容值较低，这会影响瞬态响应和输出纹波。

提高  $C_{OUT}$  不影响环路稳定性，且能够降低输出电压纹波或改善瞬态响应。输出电压纹波  $\Delta V_{OUT}$  为：

$$\Delta V_{OUT} = \Delta I \cdot \left( \frac{1}{8 \cdot C_{OUT} \cdot f_{SW}} + ESR \right) \quad (8)$$

其中， $C_{OUT}$  为有效输出电容。电容  $C_{OUT}$  在输出电压较高时减小，导致  $\Delta V_{OUT}$  较高。如果  $C_{OUT}$  使用较大值，调节器可能无法在负载条件下启动。如果使用的电感值大于  $1.0 \mu\text{H}$ ，则至少应使用  $30 \mu\text{F}$  的  $C_{OUT}$ ，以确保瞬态响应性能。

最低  $\Delta V_{OUT}$  出现在 IC 处于 PWM 模式时，因此在  $2.4 \text{ MHz}$  下运行。在 PFM 模式下， $f_{SW}$  减小，导致  $\Delta V_{OUT}$  增大。

## ESL 影响

应该减小输出电容网络的等效串联电感 (ESL)，从而最大限度地减小因标度比  $C_{OUT}$  ESL 和输出电感 ( $L_{OUT}$ ) 而在输出纹波中产生的方波成分。因 ESL 产生的方波成分可由下式估算出：

$$\Delta V_{OUT(SQ)} \approx V_{IN} \cdot \frac{ESL_{COUT}}{L_1} \quad (9)$$

最大限度地减小此纹波的好方法是使用多个输出电容，以达到预期的  $C_{OUT}$  值。例如，若要获得  $C_{OUT}=20 \mu\text{F}$ ，一个  $22 \mu\text{F}$  的 0805 所产生的方波纹波可达到两个  $10 \mu\text{F}$  的 0805 的两倍。

若要最大限度地减小 ESL，请尝试使用具有最小长宽比的电容。0805 的 ESL 比 1206 低。如果要求输出纹波必须很低，则不妨寻找下哪些厂家的 0508 或 0612 电容 ESL 超低。将其他小电容值的电容置于负载附近也可以减少高频率纹波元件。

## 输入电容

$10 \mu\text{F}$  陶瓷输入电容应尽可能靠近  $V_{IN}$  引脚和 PGND 放置，将寄生电感降到最低。如果用来给 IC 供电的线路较长，则应在  $C_{IN}$  和电源引脚之间添加一个 "bulk" 电容（电解电容或钽电容），从而降低电感和电容引脚和  $C_{IN}$  之间的振荡。

由于直流偏压效应，有效  $C_{IN}$  电容值会随着  $V_{IN}$  的增大而减小。这对调节器性能没有明显影响。

为了降低  $V_{IN}$  和 SW 的振荡和过冲，推荐使用一个额外的旁路电容  $C_{IN1}$ 。因为这个值较小的电容的谐振频率比  $C_{IN}$  高，因此  $C_{IN1}$  应该比  $C_{IN}$  更靠近 IC 的  $V_{IN}$  和 GND 引脚。

## 推荐布局

下面的布局范例说明推荐元件的布置以及表层铜（绿色）布线。该范例中使用的电感为 TDK VLC5020T-R47N。

为了最大限度地减少  $V_{IN}$  和 SW 尖峰从而降低 IC 电源开关的电压应力，最大限度地减小  $V_{IN}$  旁路电容的环路长度至关重要。

通过  $C_{IN}$  和  $C_{OUT}$  的开关电流路径应直接返回到印刷电路板 (PCB) 顶层 IC 的 GND 焊点。 $V_{OUT}$  和 GND 至系统电源和接地平面的连接可以通过在离  $C_{OUT}$  电容尽可能近的地方设置多个过孔来实现。调节器应该尽可能靠近其负载放置，从而最大限度地减小走线电感和电容。

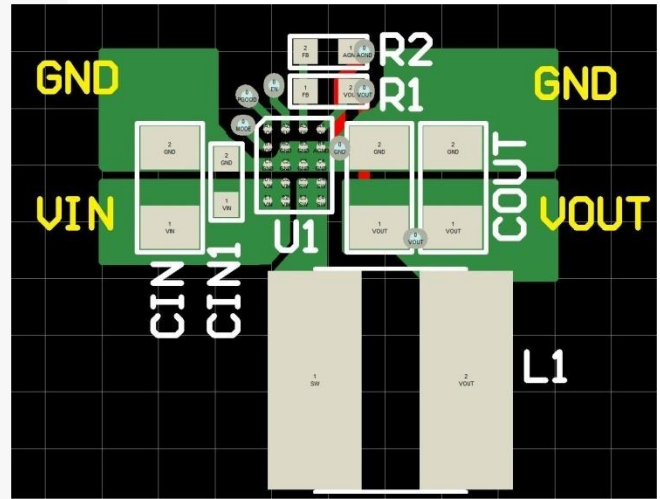


图 28. 推荐布局

采用一个低阻抗路径，将  $V_{OUT}$  引脚和  $R_1$  直接连至  $C_{OUT}$ （如图 28. 推荐布局中红色部分所示）。推荐使用  $\geq 0.4 \text{ mm}$  的宽走线宽度。除非用内部 GND 平面隔开，应避免将该走线布置在 SW 正下方。

如果不需要 MODE 功能，则通过 MODE 引脚扩展接地平面，从而降低  $V_{IN}$  旁路的环路电感。

## 热考虑因素

通过 PCB 铜片上的焊球去除 IC 的热量。结至环境热阻 ( $\theta_{JA}$ ) 很大程度上是 PCB 布局（大小、铜片重量和走线宽度）的一种功能，而且温度起因于结至环境 ( $\Delta T$ )。

在不流动空气中贴装在其四层评测板（2 盎司的外层铜片和 1 盎司的内层）时， $\theta_{JA}$  为  $38^\circ\text{C}/\text{W}$ 。将铜片厚度减半会使得  $\theta_{JA}$  增大到  $48^\circ\text{C}/\text{W}$ 。

为实现长期可靠运行，IC 的结温 ( $T_J$ ) 应保持在  $125^\circ\text{C}$  以下。

芯片最大功耗为  $2.88 \text{ W}$ 。图 29 显示了在静止空气中 ( $38^\circ\text{C}/\text{W}$ ) 贴装在飞兆评测板上的 FAN53541 所需的功率消耗和额定功率降低。

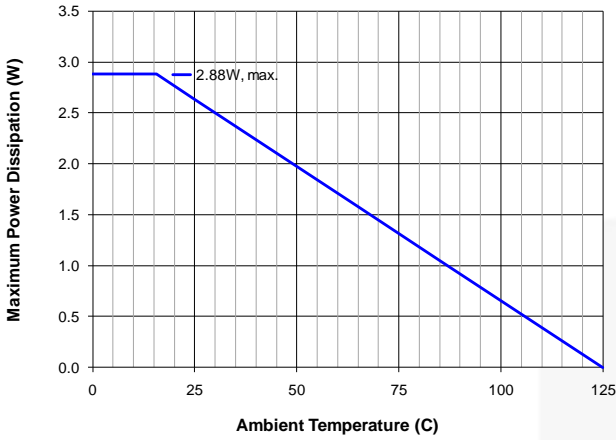


图 29. 功率额定值降低

若要计算特定应用的最大工作温度 ( $\leq 125^{\circ}\text{C}$ ):

1. 使用效率图来确定所需  $V_{\text{IN}}$ 、 $V_{\text{OUT}}$  和负载条件的效率。
2. 使用以下方程式计算 IC 功率耗散:

$$P_{\text{IC}} = V_{\text{OUT}} \cdot I_{\text{LOAD}} \cdot \left( \frac{1}{\eta} - 1 \right) \quad (10)$$

其中,  $\eta$  是从图 4 到 图 的效率。

3. 使用以下方程式计算电感铜损:

$$P_{\text{L}} = I_{\text{LOAD}}^2 \cdot \text{DCR}_{\text{L}} \quad (11)$$

4. 将 IC 损耗 (步骤 2) 和电感损耗 (步骤 3) 相加确定总损耗:

$$P_{\text{D}} = P_{\text{IC}} + P_{\text{L}} \quad (12)$$

5. 确定器件工作温度:

$$\Delta T = P_{\text{D}} \cdot R_{\text{QJA}} \text{ 和 } T_{\text{IC}} = T_{\text{AMB}} + \Delta T \quad (13)$$

器件温度 ( $T_{\text{IC}}$ ) 不应超过  $125^{\circ}\text{C}$ 。

下面作为一个例子, 利用同样的方程式通过不同的方式确定特定应用的最大电感 DCR:

假设某设计要求  $5.0 V_{\text{IN}}$ 、 $1.2 V_{\text{OUT}}$ 、 $4 A_{\text{RMS}}$ , 温度  $75^{\circ}\text{C}$ :

- A. 根据图 4,  $\eta$  为  $\sim 82\%$ 。
- B. 根据方程式 (10),  $P_{\text{IC}}=1,054 \text{ mW}$ 。
- C. 根据方程式 (13), 最大  $P_{\text{D}}=1,316 \text{ mW}$  ( $50^{\circ}\text{C}$  温升)。
- D. 根据方程式 (12),  $P_{\text{L}}=262 \text{ mW}$ 。
- E. 根据方程式 (11),  $\text{DCR} < 16.4 \text{ m}\Omega$ 。

由于铜存在  $+0.4\%/^{\circ}\text{C}$  的温度系数, 电感 DCR 必须进一步降低以适应  $\sim 50^{\circ}\text{C}$  的温升。

为了满足设计需要, 需要一个室温下直流阻值  $< 13.6 \text{ m}\Omega$  的电感。

图 30 显示了 FAN53541 可连续工作的最大环境温度 ( $5.0 V_{\text{IN}}$  时):

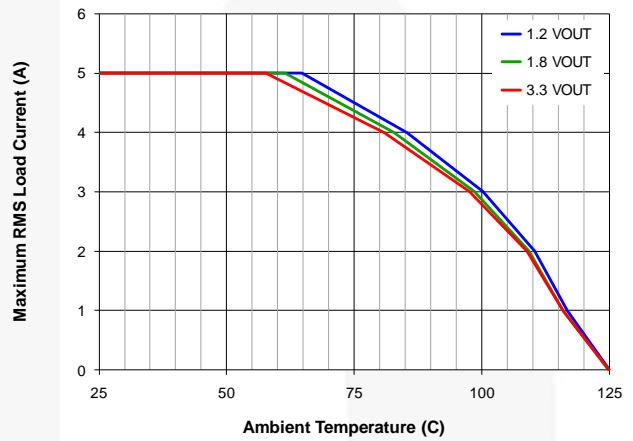
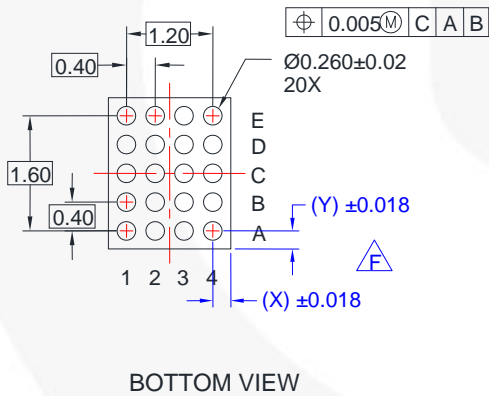
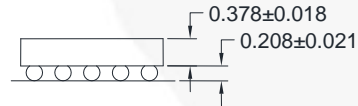
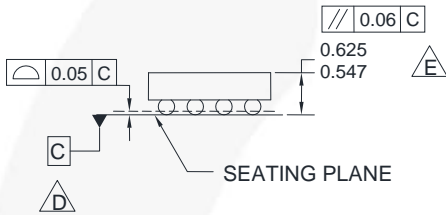
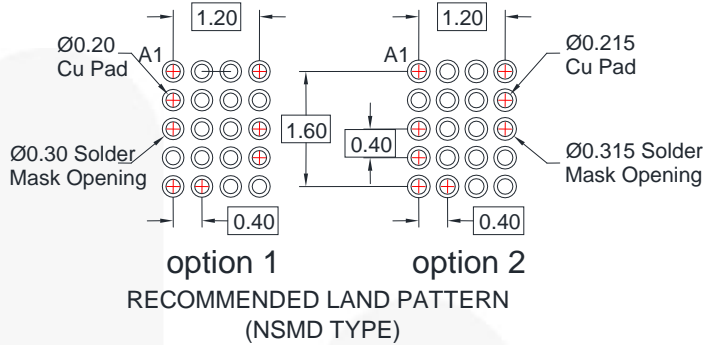
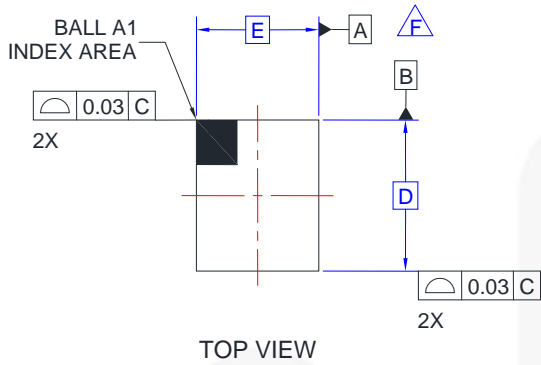


图 30. 负载电流额定值降低<sup>(6)</sup>

注:

6. 图中所示为经验值, 采用具有 DCR 极低 ( $2.6 \text{ m}\Omega$ ) 的电感。对于尺寸更小、DCR 更高的器件, 需要进一步减小负载电流。

## 物理尺寸



### NOTES:

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

图 31：20 焊点 WLCSP 封装、4 x 5 阵列、0.4 mm 间距、250 μm 焊点

## 产品规格尺寸

产品	D	E	X	Y
FAN53541UCX	1.96 ±0.030	1.56 ±0.030	0.180	0.180

封装图纸是作为一项服务而提供给考虑选用飞兆半导体产品的客户。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。封装规格并不超出飞兆公司全球范围内的条款与条件，尤其指保修，保修涵盖飞兆半导体的全部产品。

随时访问飞兆半导体在线封装网页，可以获取最新的封装图纸：  
<http://www.fairchildsemi.com/dwg/UC/UC020AA.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™                           | TinyPVM™         |
| 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™                              | uSerDes™         |
| Fairchild®               | MicroPak™                                      | SuperFET®                             | UHC®             |
| Fairchild Semiconductor® | MicroPak2™                                     | SuperSOT™-3                           | Ultra FRFET™     |
| FACT Quiet Series™       | MillerDrive™                                   | SuperSOT™-6                           | UniFET™          |
| FACT®                    | MotionMax™                                     | SuperSOT™-8                           | VCX™             |
| FAST®                    | mWSaver®                                       | SupreMOS®                             | VisualMax™       |
| FastvCore™               | OptoHiT™                                       | SyncFET™                              | VoltagePlus™     |
| FETBench™                | OPTOLOGIC®                                     |                                       | XS™              |
| FPS™                     | OPTOPLANAR®                                    |                                       |                  |

\* 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