

## 带限流设定功能的开关式降压转换器

## 概述:

AF5060E是单片集成带可设定输出电流的开关式DC-DC降压转换器,可在宽输入电压范围提供2.1安培的持续输出电流,具有优良的负载调整度和线性调整度。最大输出电流可通过外接高精度取样电阻来设定。安全保护机制包括每周期的峰值限流和温度保护。AF5060E需要非常少的常规外围器件。采用8脚的ESOP-8封装。

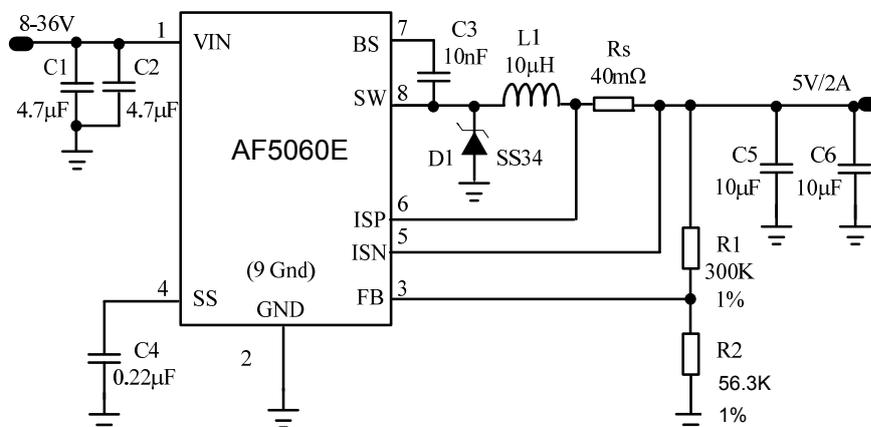
## 特性:

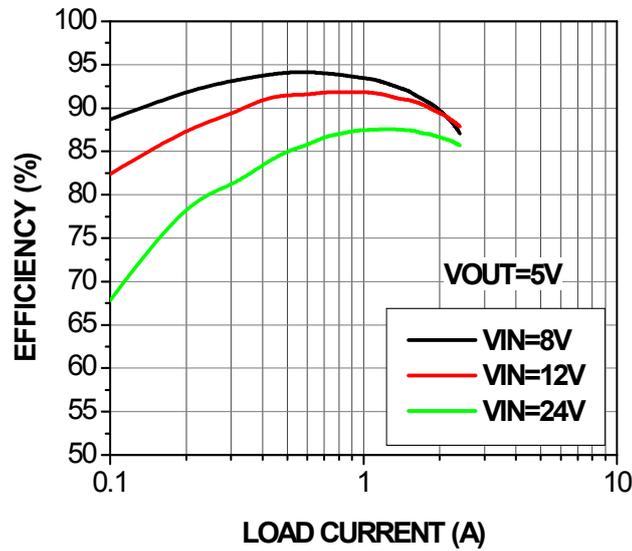
- 宽输入电压: 4.5V到36V
- 高至2.1A的可设定输出电流
- 输出电压可从0.8V到15V
- 集成0.25Ω的功率开关
- 支持贴片式陶瓷电容
- 最高达94%的能效在500mA @  $V_o=5V$
- 固定850K的开关频率
- 热保护
- 每周期电流保护
- ESOP-8封装

## 应用

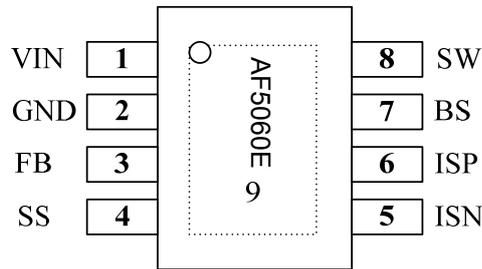
- USB电源适配器
- 汽车点烟器适配器
- 线充适配器

## 典型应用图





### 管脚定义



管脚	管脚名称	管脚描述
1	VIN	输入电源。需要输入电容来防止输入端的电压过冲，请将输入电容尽可能的靠近电路的输入管脚。电源交连接内部功率管的漏极。
2	GND	地。内部基准源的地。正因如此 PCB 板地线必须仔细排布。避免其与肖特基二极管和输入电容地的干扰。
3	FB	反馈脚。输出和地之间通过外部电阻分压来设定输出电压。
4	SS	软启动脚。通过连接外接电容设定软启动和电流环路的补偿。
5	ISN	电流限流电阻的负输入端。
6	ISP	电流限流电阻的正输入端。
7	BS	自举脚。通过和 SW 脚间连接 10nF 的电容来提供输出功率管栅极驱动。
8	SW	开关输出脚。

**最大工作范围**

参数	符号	值	单位
输入电压	$V_{IN}$	40	V
SW 脚电压	$V_{SW}$	$-0.3 \sim V_{IN} + 0.3$	V
BS 脚电压	$V_{BST}$	$V_{SW} + 6.0$	V
ISN、ISP 脚电压	$V_{ISN}, V_{ISP}$	0~15	V
其他管脚		-0.3~6.5	V
结温		150	°C
管脚焊锡温度	$T_L$	260	°C
存储温度	$T_{STJ}$	-65~150	°C

**推荐的工作条件**

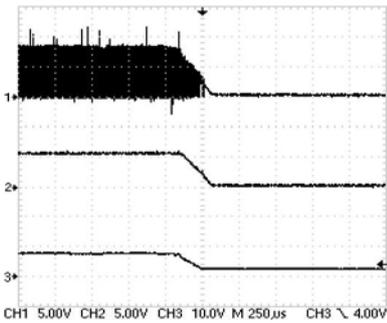
参数	符号	值	单位
输入电压	$V_{IN}$	4.5~36	V
输出电压( $V_{IN} > 16.5V$ )	$V_{OUT}$	0.8~15	V
输出电压( $V_{IN} \leq 16.5V$ )	$V_{OUT}$	$0.8 \sim V_{IN} - 1.5$	V
工作温度	$T_{OPR}$	-40~85	°C

**电气特性**
 **$V_{IN} = 12V, T_A = +25^\circ C$** , (非特殊注明时)

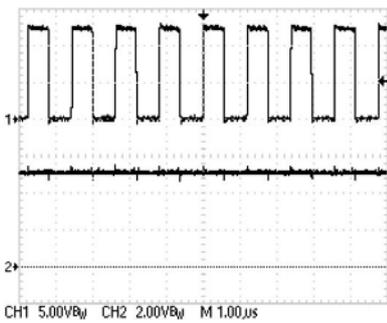
参数名称	符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
反馈电压	$V_{FB}$	$4.5V \leq V_{IN} \leq 36V$	0.785	0.805	0.825	V
反馈偏置电流	$I_{BIAS(FB)}$	$V_{FB} = 0.8V$		10		nA
开关导通电阻	$R_{DS(ON)}$			0.25		$\Omega$
开关漏电		$V_{EN} = 0V, V_{SW} = 0V$		0.1	10	$\mu A$
限流点 (4)			2.5	2.8	3.1	A
震荡频率	$f_{SW}$	$V_{FB} = 0.6V$	700	850	1000	KHz
保护频率		$V_{FB} = 0V$		200		KHz
自举电压	$V_{BST} - V_{SW}$			6		V
最小开时间 (4)	$t_{ON}$	$V_{FB} = 1V$		100		ns
低压锁定 (上升)			3.0	3.3	3.6	V
低压锁定迟滞			200			mV
静态电流		$V_{EN} = 2V, V_{FB} = 1V$		400	700	$\mu A$
热保护				160		°C
电流检测电压	$V_{ISP} - V_{ISN}$	$V_{ISP}, V_{ISN} 0.4-15V$	85	95	105	mV
输入偏置电流 (ISN, ISP)	$I_{BIAS (ISN,ISP)}$	$V_{ISP}, V_{ISN} 0.4-15V$	-1	0.1	+1	$\mu A$



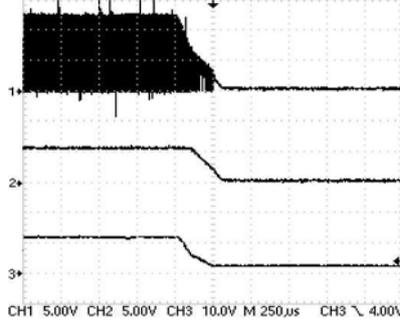
下电(VIN=8V,VOUT=5V,Iload=0.5A)



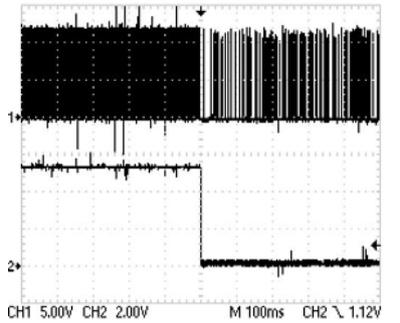
稳态(VIN=12V,VOUT=5V,Iload=2A)



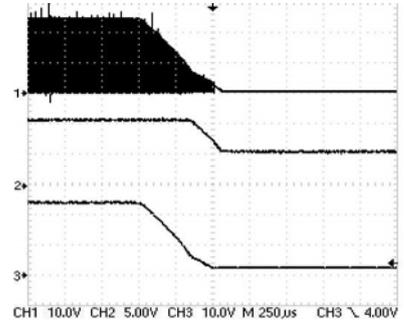
下电(VIN=12V,VOUT=5V,Iload=0.5A)



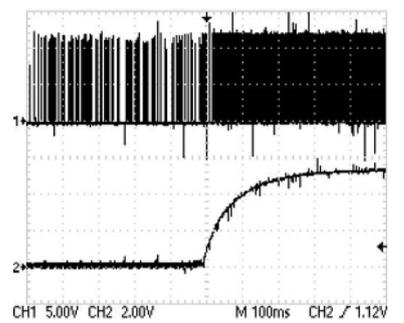
短路恢复(VIN=8V,VOUT=5V,Iload=2A)



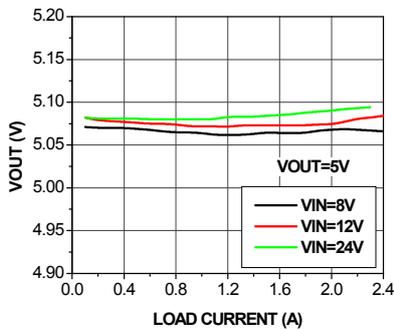
下电(VIN=24V,VOUT=5V,Iload=0.5A)



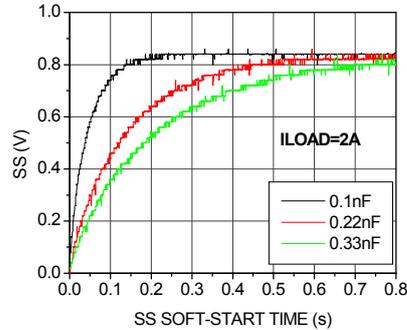
短路恢复(VIN=12V,VOUT=5V,Iload=2A)


**TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS***(continued)*
**C1=C2=4.7 $\mu$ F, C4=0.22 $\mu$ F, C5=C6=10 $\mu$ F, L=10 $\mu$ H, T<sub>A</sub>=25 $^{\circ}$ C, unless otherwise noted**

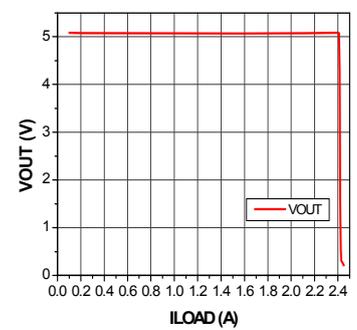
输出电压-负载电流曲线



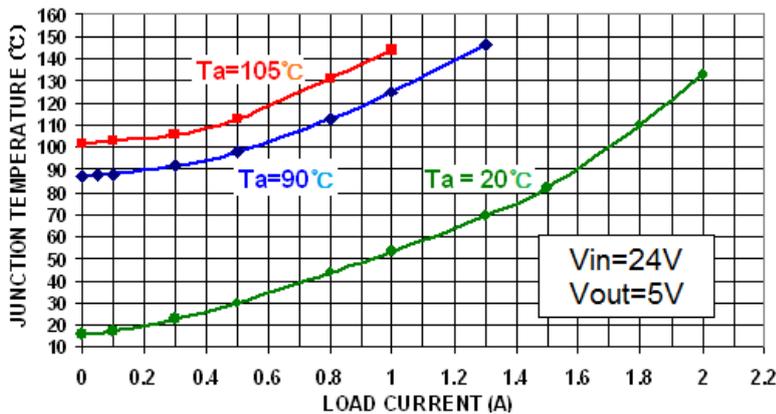
SS 脚电压-软启动电容



电流电压曲线



结温-负载电流曲线



内容如有变更, 恕不先行通知

## 工作原理

### 主控制环路

AF5060E 是电流模式降压转换器，其误差放大器（EA）输出电压正比于峰值电感电流。在每个周期的开始期间，集成的高端功率开关管 M1 不导通，误差放大器输出电压高于电流检测放大器电压，电流比较器输出低电平。850K 时钟信号的上升沿置位 RS 触发器，输出高电平使功率开关管 M1 导通，SW 管脚和电感通过 M1 管连接到输入电源。

电流检测放大器检测增加的电感电流并将其放大，合并斜坡补偿信号后输入 PWM 比较器的正端，与误差放大器（EA）的输出相比较，当叠加斜坡补偿信号的电流检测放大器输出超过误差放大器（EA）的电压值，RS 触发器复位，AF5060E 转换为初始的功率开关管 M1 截止状态。

如果叠加斜坡补偿信号电流检测放大器输出没有超过限流放大器的 COMP 电压，时钟 CLK 的下降沿将会复位 RS 触发器。

误差放大器的输出电压放大了反馈电压和 0.8V 内部带隙基准源的偏差。其极性是当 FB 管脚电压低于 0.8V，误差比较器输出电压将增大。由于误差放大器（EA）的输出电压正比于电感的峰值电流，其数值的增大即意味着更多的电流传送到输出。在功率开关管 M1 关断期间，电感电流通过外接的肖特基二极管 D1 续流。

### 负载电流限流环路

输出电流通过 ISP 和 ISN 脚来检测，检测点设定为 95mV，如果 VSENSE、VISP 和 VISN 的电压差小于 95mV，输出电压由反馈电压 FB 脚的电压来设定；如果 VSENSE 电压达到 95mV，限流环路将拉低 SS 脚电压，转换器将工作于取决于外部取样电阻的恒流模式。连接 SS 脚的外部电容是负载电流环路的补偿电容。通常取 220nF，此电容值将负载电流环路在 VSENSE 高于 95mV 时的带宽限定在 1KHz。SS 不会立即下降到最终的设定值，它将使负载电流在短时间高于设定电流。当负载电流达到设定电流的 120%，快速比较器将关闭功率开关管。精密取样电阻可用于负载电流检测。

## 应用

### 设定输出电压

外部分压电阻来设定输出电压。反馈电阻 R1 连同内部的补偿电容同时也用来设定反馈环路的带宽。为优化瞬态响应，应选择 R1 在 300kΩ 左右，R2 按下面公式来选取：

$$R2 = \frac{R1}{V_{OUT}/0.8 - 1}$$

分压电阻的选取

Vout(V)	R1(K Ω)	R2(KΩ)
1.8	300(1%)	240(1%)
2.5	300(1%)	141.1(1%)
3.3	300(1%)	96(1%)
5	300(1%)	57.1(1%)
12	300(1%)	21.4(1%)
15	300(1%)	16.9(1%)

### 电感的选取

常规应用选用直流电流指标至少高于负载电流 25% 的 1μH 到 15μH 的电感。为提升能效，电感的直流电阻应该小于 100mΩ。多数应用，电感的数值可通过下面公式得出：

$$L = \frac{V_{OUT} \times (V_{IN} - V_{OUT})}{V_{IN} \times \Delta I_L \times f_{sw}}$$

$\Delta I_L$  是电感的纹波电流，选取电感电流大约为 30% 的最大负载电流，最大的电感峰值电流为：

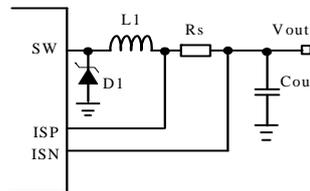
$$I_{L(MAX)} = I_{L(MAX)} - \frac{\Delta I_L}{2}$$

在小于 100mA 的轻载条件，推荐使用大的电感以改善能效。

### 输出电流检测

输出电流可通过精密电阻  $R_S$  来检测，输出电流被限定为：

$$I_{L(MAX)} = \frac{95mV}{R_S}$$

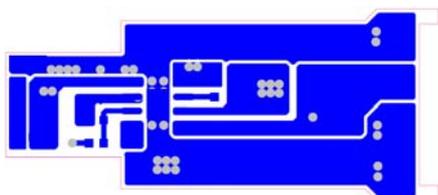
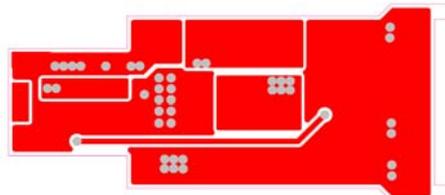


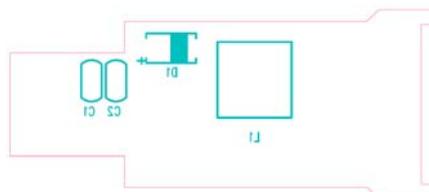
### 输入、输出电容的选取

输入电容减少来自输入端的浪涌电流和来自器件的开关噪声。在开关频率的输入电容阻抗应小于输入电源的阻抗以防止高频开关电流传输到输入。推荐使用低 ESR 和小温度系数的 X5R 或 X7R 陶瓷电容。多数应用场合，可选用 4.7 $\mu$ F 的电容。输出电容保证输出电压值和输出环路稳定。输出电容阻抗应该在开关频率保持低值。推荐使用 X5R 或 X7R。

### PCB 板布局

- 1) 大电流路径 (GND, VIN 和 SW) 应尽可能靠近器件，用短、直、宽的覆铜线连接。
- 2) 输入电容需要尽可能靠近 VIN 和 GND 管脚。
- 3) 外部反馈电阻需要放在 FB 管脚附近。开关信号节点 SW 尽可能短并远离反馈环路。
- 4) ISN, ISP 是敏感节点。将检测器件尽可能靠近电路并保证它们远离高电流和噪声路径比如：GND, VIN 和 SW, ISN, ISP 的路径和器件选取尽可能匹配。

**Demo Board 资讯**

**Top Layer**

**Bottom Layer**

**Top Silk Layer**

**Bottom Silk Layer**

注: **Demo Board**上标识为‘VIN’位置的焊盘接输入电压的正极, 标识为‘GND’位置的焊盘接输入电压的负极; 标识为‘VOUT+’位置的焊盘接负载的正极, 标识为‘VOUT-’位置的焊盘接负载的负极。

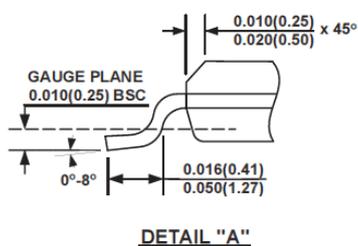
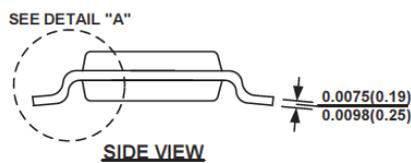
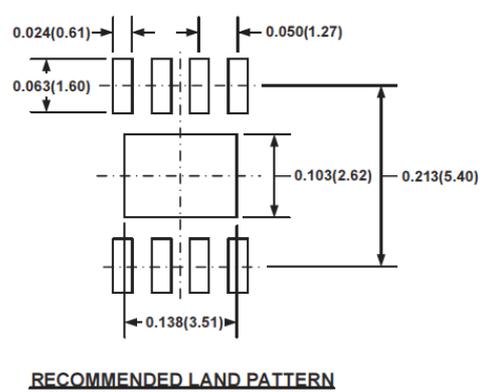
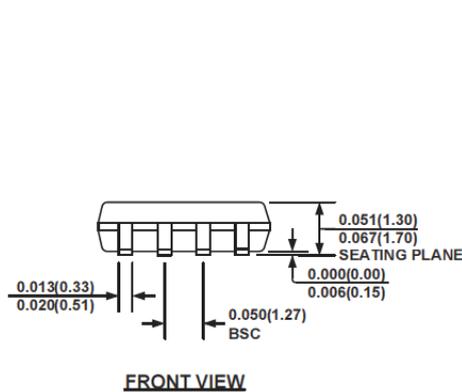
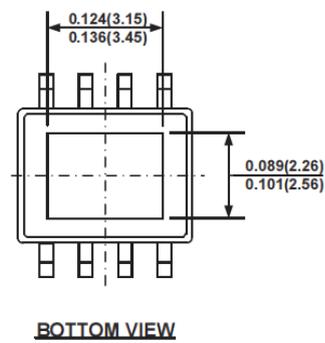
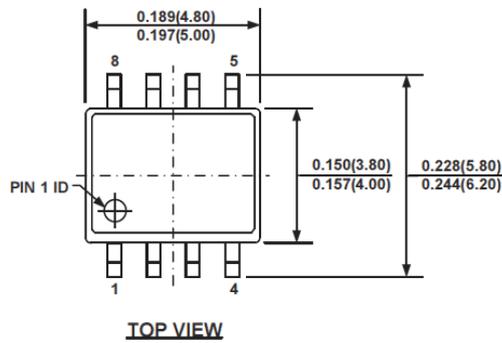
车载充电器**5V/2.1A Demo Board**所用物料清单:

Ref	Value	Description	Package	Manufacturer	Q'ty
C1, C2	4.7uF	Ceramic Cap., 50V, X7R	0805	muRata	2
C4	10nF	Ceramic Cap., 50V, X7R	0603	muRata	1
C8	0.22uF	Ceramic Cap., 16V, X7R	0603	muRata	1
C5, C6	10uF	Ceramic Cap., 25V, X7R	0805	muRata	2
D1	3A	Schottky Diode, SMD, 40V, 3A	SMA	ON Semiconductor	1
L1	10uH	DS85LC Inductor, 2.3A/51mΩ	SMD	TOKO	1
R2	300KΩ	Film Res., 1%, 300KΩ	0603	Panasonic	1
R3	56.3KΩ	Film Res., 1%, 56.3KΩ	0603	Panasonic	1
R1	40mΩ	Film Res., 1%, 40mΩ	2010	Vishay	1
U1		DC-DC Converter	SOP8-EP	AF5060E	1

注: 建议使用**LOW VF**值的肖特基二极管。

## 封装

## ESOP-8封装外形和尺寸


**NOTE:**

- 1) CONTROL DIMENSION IS IN INCHES. DIMENSION IN BRACKET IS IN MILLIMETERS.
- 2) PACKAGE LENGTH DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH, PROTRUSIONS OR GATE BURRS.
- 3) PACKAGE WIDTH DOES NOT INCLUDE INTERLEAD FLASH OR PROTRUSIONS.
- 4) LEAD COPLANARITY (BOTTOM OF LEADS AFTER FORMING) SHALL BE 0.004" INCHES MAX.
- 5) DRAWING CONFORMS TO JEDEC MS-012, VARIATION BA.
- 6) DRAWING IS NOT TO SCALE.