



TX4116

高效率的同步降压型开关稳压器

概述

- TX4116 是一款高效率的同步降压型开关稳压器，芯片内置了两个功率 MOS 管，上拉 $36V/76m\Omega$ ，下拉 $36V/52m\Omega$ 。
- 提供 3.1A 连续负载电流输出，宽输入电压：6.5V-36V。输入电压保护值为 33V，用来保护在高电流，高输入工作的功率 MOS 管。
- 峰值电流控制提供了快速的瞬态响应和逐周期电流限制。具有电压线补偿功能，电流可调节控制。CC / CV 模式控制提供了稳定的恒流和恒压充电功能。
- 内置的软启动。芯片采用 ESOP8 封装。

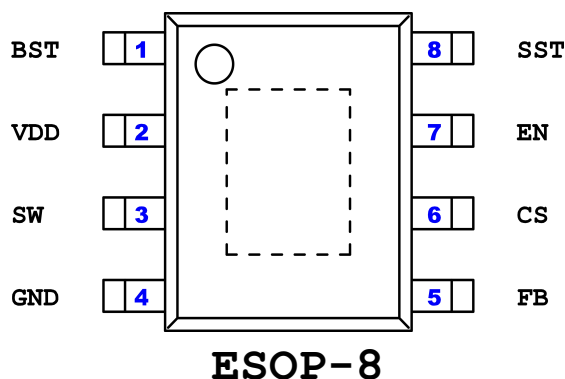
产品特点

- ☐ 宽输入电压 6.5V-36V
- ☐ 输入过压保护
- ☐ 3.1A 的可调电流输出
- ☐ 效率：高达 95%
- ☐ 控制模式：恒流、恒压
- ☐ 线补功能
- ☐ 过热保护
- ☐ 启动时间可调

应用领域

- 网络系统
- 医疗设备
- 工业设备
- 消费类电子产品
- 充电器
- 便携式充电设备
- 通用 USB 充电器
- DC-DC 的转换

管脚定义

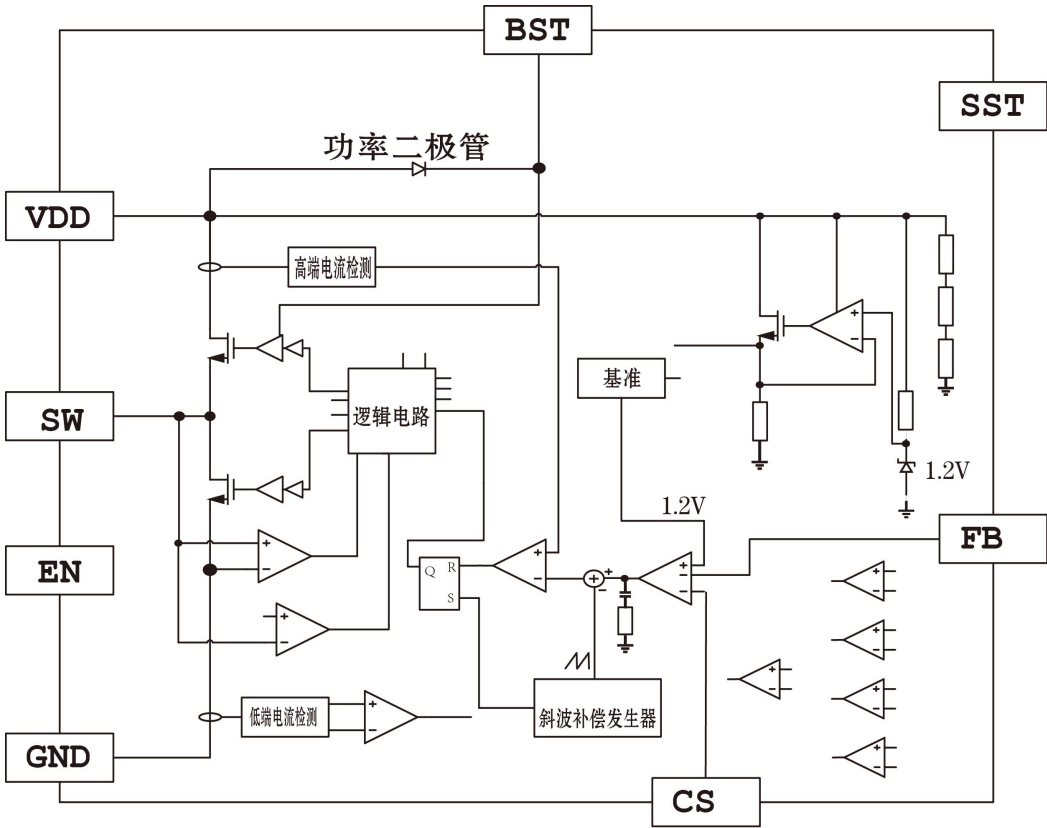




管脚功能描述

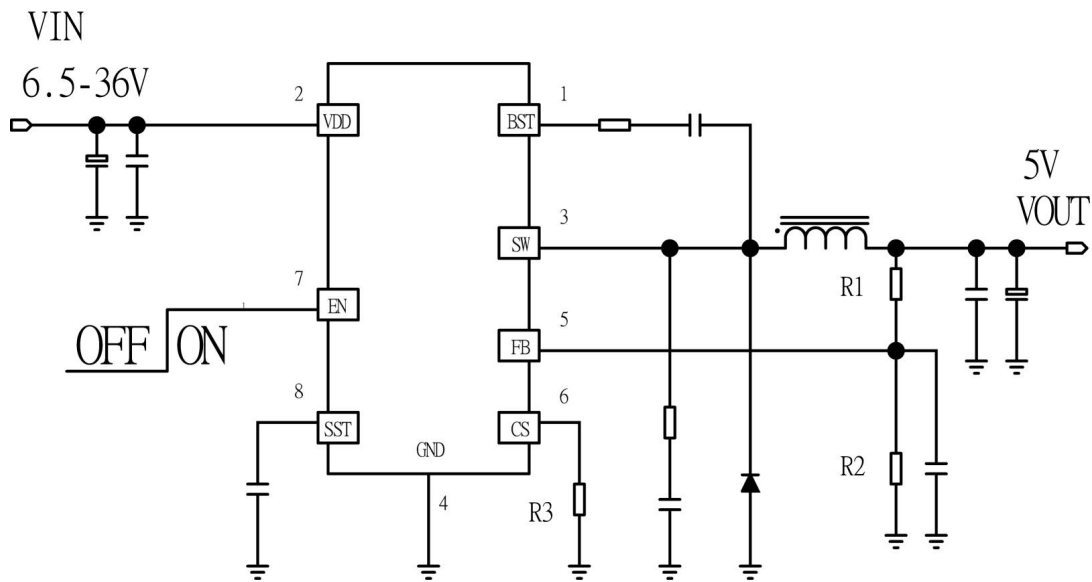
管脚号	字符	管脚描述
1	BST	自举驱动脚，和SW脚接一个0.1uF或更大的电容
2	VDD	芯片电源
3	SW	开关脚，外接电感端
4	GND	芯片接地
5	FB	反馈输入端，外接分压器，和电容接地
6	CS	外接电阻，设置输出电流
7	EN	使能端，高电平工作，低电平关闭
8	SST	外接电容，设置软启动时间
9	EP	散热器，内接芯片地

电路框图





典型应用



极限应用参数

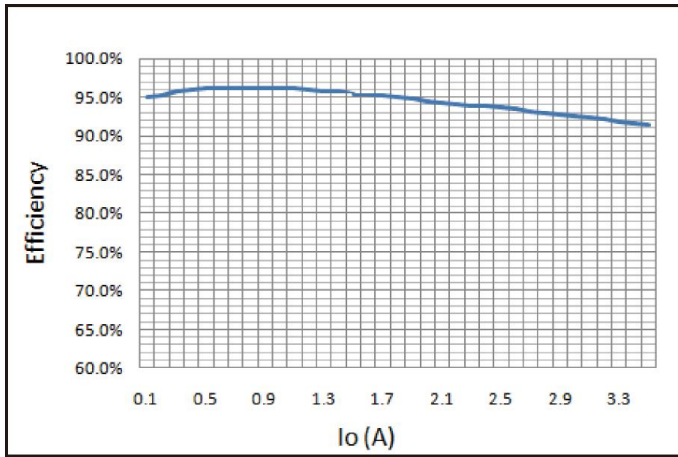
参数名称	标号	测试调件	MIN	TYP.	MAX	Unit
电源电压	VDD		-0.3	-	36	V
EN/FB/SS	V_MAX		-0.3		6	V
CS/BST-SW	V_MAX		-0.3		6	V
SW	V_SW		-0.3	VIN+0.3		V
输出电流	I_MAX		0		3.1	A
工作结温度	T _A		-40		125	°C
结温度	T _J		-65		150	°C
存储温度	T_STG		-65	-	150	°C
焊接温度	T_TD	焊接, 10秒左右		265		°C
静电耐压值	V_ESD				2000	V

注 1: 极限参数是指超过上表中规定的工作范围可能会导致器件损坏。而工作在以上极限条件下可能会影响器件的可靠性。



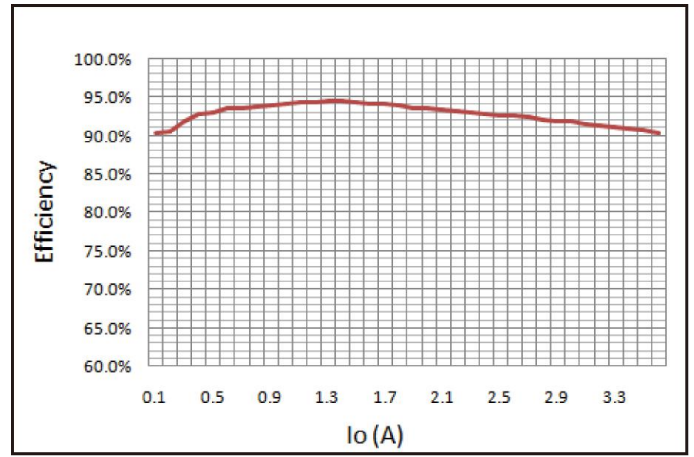
电气特性 测试条件: $V_{DD}=12V$, $T_A=25^{\circ}C$, 除非另有说明

参数	标号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
启动最小输入电压	VUVLO_up				6.5	V
关闭电压	VUVLO_down			6.0		V
	VUVLO_hys			0.5		V
静态电流	IQ	VFB=1.2V		1		mA
振荡器	Fosc			100		KHz
反馈电压	VFB			1.2		V
反馈过电压阈值	VFB_OVP		1.1*VFB			V
最大占空比	D_MAX			95		%
最短的时间	Ton			200		ns
上限开关电流限制	Hs_Iocl	最小占空比		5.5		A
降低开关电流限制	Ls_Iocl			4.5		A
输入过压保护	Vinovp			33		V
过热保护	Thsd			155		$^{\circ}C$
热关断迟滞	Thsdhys			15		$^{\circ}C$
循环打嗝工作	Dhiccup			10		%
高侧开关导通电阻	RDS(ON)_H	$I_{OUT} = 1A, V_{OUT} = 3.3V$		76		m Ω
低侧开关导通电阻	RDS(ON)_L	$I_{OUT} = 1A, V_{OUT} = 3.3V$		56		m Ω



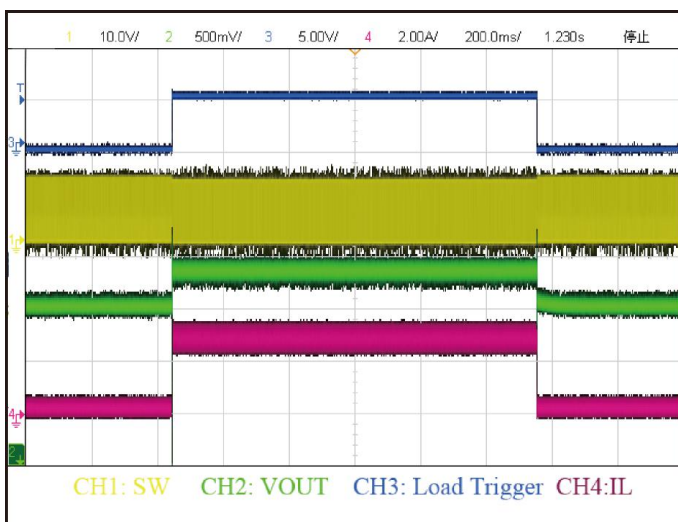
$V_{IN}=12V$ $V_{OUT}=5V$

效率



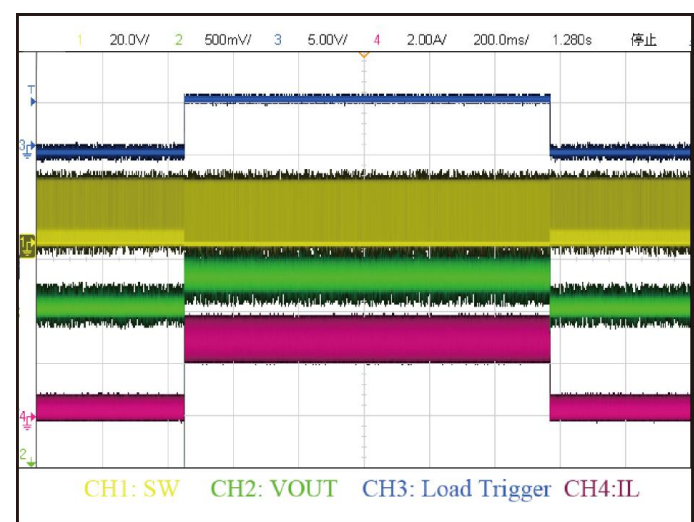
$V_{IN}=24V$ $V_{OUT}=5V$

效率



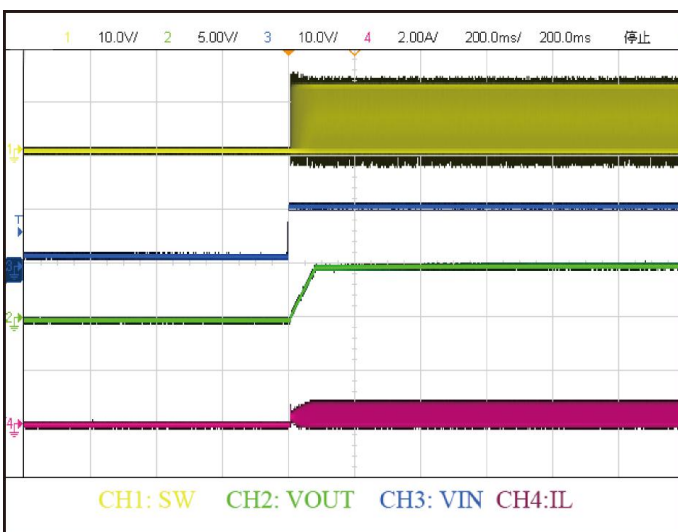
$V_{IN}=12V$ $V_{OUT}=5V$

负载瞬态



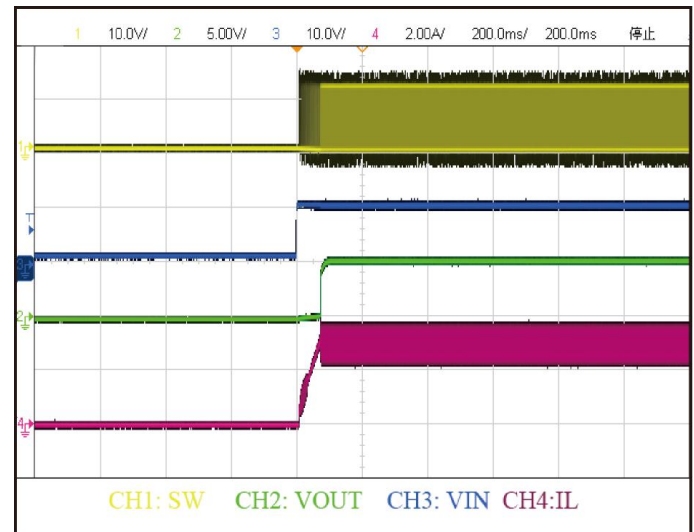
$V_{IN}=24V$ $V_{OUT}=5V$

负载瞬态



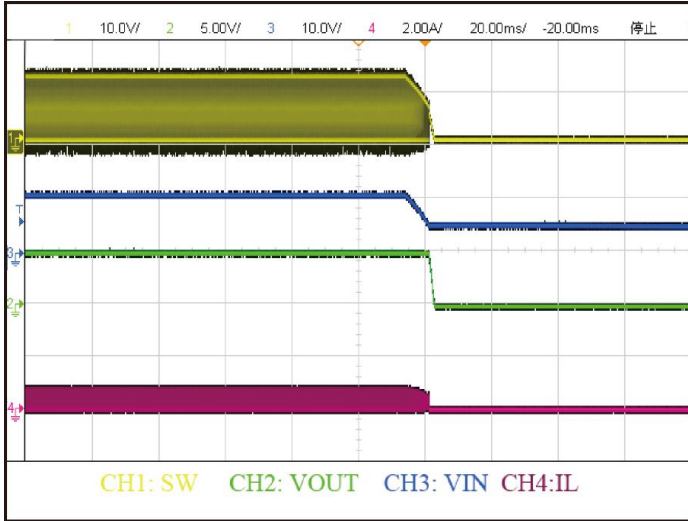
$V_{IN}=12V$ $V_{OUT}=5V$

启动波形 $I_{OUT}=0.3A$

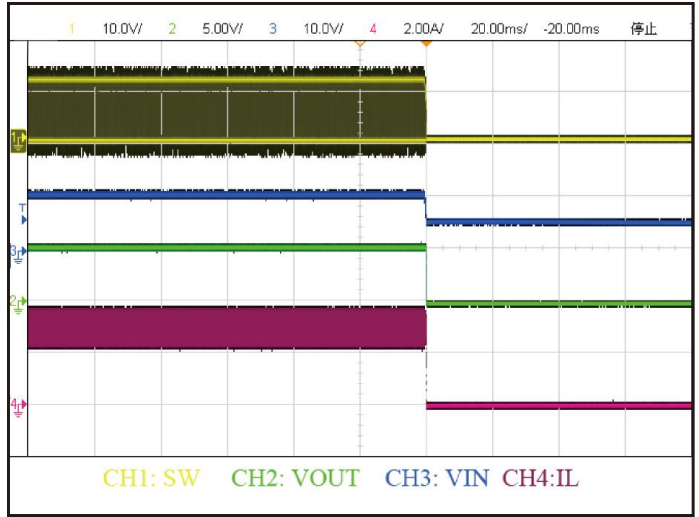


$V_{IN}=12V$ $V_{OUT}=5V$

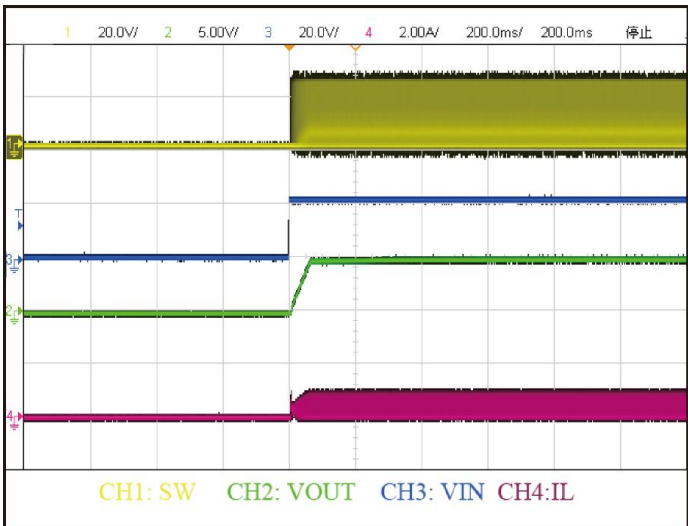
启动波形 $I_{OUT}=3A$



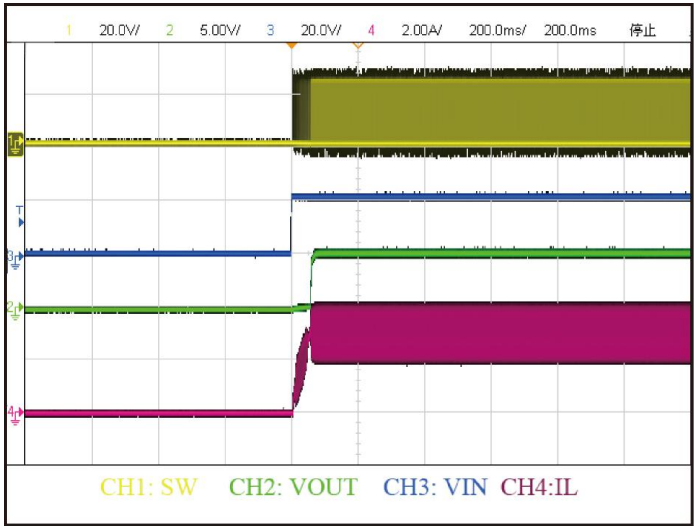
$V_{IN}=12V$ $V_{OUT}=5V$
关闭波形 $I_{OUT}=0.3A$



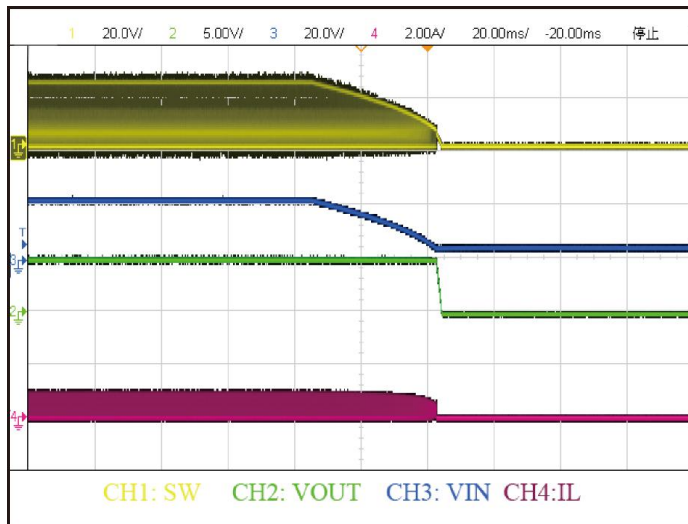
$V_{IN}=12V$ $V_{OUT}=5V$
关闭波形 $I_{OUT}=3A$



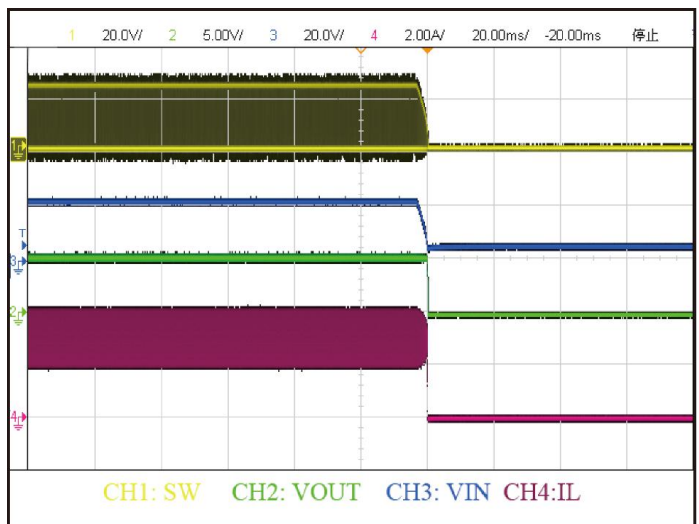
$V_{IN}=24V$ $V_{OUT}=5V$
启动波形 $I_{OUT}=0.3A$



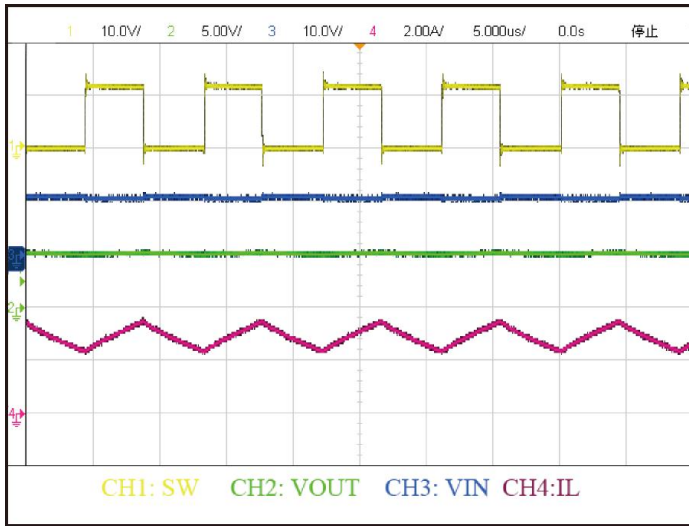
$V_{IN}=24V$ $V_{OUT}=5V$
启动波形 $I_{OUT}=3A$



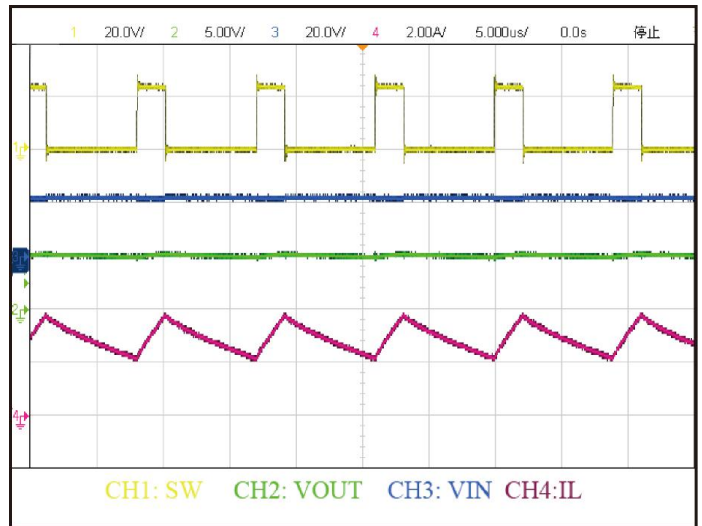
$V_{IN}=24V$ $V_{OUT}=5V$
关闭波形 $I_{OUT}=0.3A$



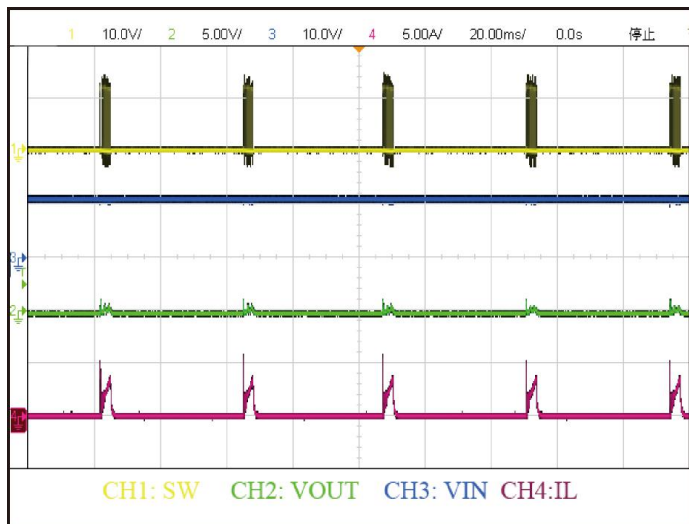
$V_{IN}=24V$ $V_{OUT}=5V$
关闭波形 $I_{OUT}=3A$



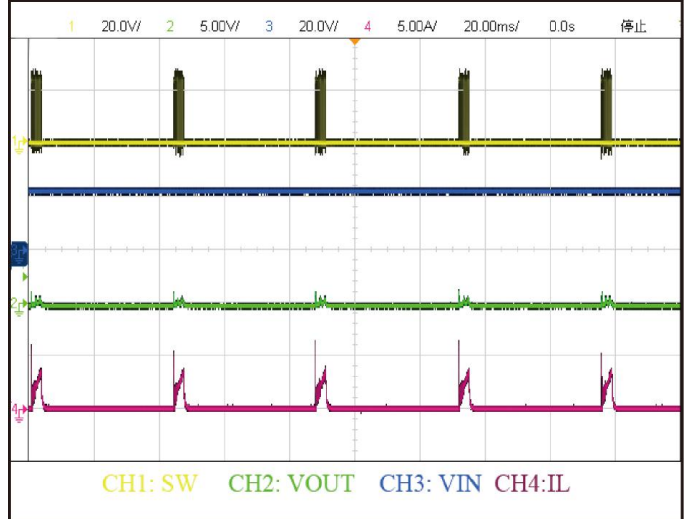
$V_{IN}=12V$ $V_{OUT}=5V$
稳定状态 $I_{OUT}=3A$



$V_{IN}=12V$ $V_{OUT}=5V$
稳定状态 $I_{OUT}=3A$



$V_{IN}=12V$ $V_{OUT}=5V$
短路波形



$V_{IN}=24V$ $V_{OUT}=5V$
短路波形



应用指南

TX4116是一款同步降压型DC-DC转换器，工作电压为6.5V至36V。它是能够提供高达3.1A的连续负载电流输出，并具有极高的效率和散热性能。芯片采用固定频率峰值电流模式控制来调节输出电压。内部有频率补偿功能，只需很少的外部器件。开关频率固定在100 kHz，以最大限度地减小电感器尺寸并提高EMI性能。

峰值电流模式控制

芯片采用固定的100 kHz频率峰值电流模式控制。输出电压由FB引脚上的外部反馈电阻串检测，并馈送至内部误差放大器。误差放大器的输出将通过内部PWM比较器与高侧电流检测信号进行比较。当第二个信号高于第一个信号时，PWM比较器将产生一个关断信号来关闭高侧开关。误差放大器的输出电压会随输出负载电流按比例增加或减少。芯片内部具有逐周期峰值电流限制功能，有助于将负载电流保持在安全区域。

CC / CV控制模式和平均负载电流限制

芯片具有CC / CV控制模式。负载电流按平均检测。当平均负载电流足够高时，恒流环路将占主导地位，并将平均负载电流限制在由CS引脚上的电阻配置的值。平均负载电流限制的设置，可由电阻器R3按照以下公式计算：

R3是CS引脚上的电流设置电阻，典型的范围是10k-50k。

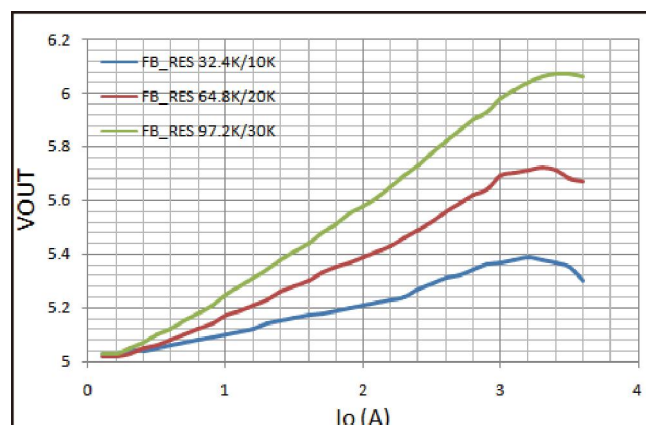
$$R3 = \frac{1.5}{\frac{I_{LOAD}}{23.6} - 0.016} K\Omega$$

线路补偿功能

当USB充电线缆过长时，电阻变大，电缆上会出现一些明显的压降。负载将得到更低的输入电压。如果负载输入端子上的电压过低，则会影响负载的充电时间。所以要调整充电器的输出电压来补偿这个电压降。该芯片具有出色的可调线路降压补偿功能。线路损耗补偿值可以通过原理图中上拉反馈电阻R1进行设置。该值的粗略计算为公式：

$$V_{LINE Drop} = \frac{I_{LOAD} * G_{IS} * R3 * R1}{100K}$$

I_{LOAD} 是负载电流。 G_{IS} 是负载电流到CS引脚上的电流源检测增益。R3是CS引脚上的编程电阻。R1是最高输出检测电阻。例如：5V/3.1A输出的应用，典型值可以设置为：R3 =10K；R2 =10K；R1 =31.6k。下图是在不同取值情况下的曲线。





输出电压设置

输出电压由输出端电阻分压器来设置然后连接到FB引脚。分压电阻需使用精度为1%的电阻。输出电压值可由以下公式计算： $R2 / R1 = 3.16$

V_{REF} 是内部参考电压，为1.2V。

$$V_{OUT} = V_{REF} * \frac{R1 + R2}{R2}$$

误差放大器

误差放大器将FB电压与内部参考电压（ V_{REF} ）进行比较，并输出与这两个信号之间的差值成比例的电流。该输出电流对内部补偿网络进行充电或放电来产生误差放大器的输出电压，用来控制功率MOSFET的电流。优化的内部补偿网络并减少了外部元件数量和简化了控制回路设计。

斜坡补偿

为了避免在高占空比时发生次谐波振荡，芯片内部增加了一个斜率发生器来补偿流过高压侧开关的电流信号。

内部LDO提供的自举电压

芯片有一个内部LDO来提供高侧开关所消耗的能量。在BST引脚和SW引脚之间外接一个为100nF小陶瓷电容，为高侧开关提供栅极驱动电压。自举电容器在连续电流模式下，当高侧关闭时自举电容被放电，低侧导通时，自举电容被充电。自举电容电压将保持在大约5.3V。当IC在睡眠模式下工作时，自举电容的充电容值取决于输入和输出电压的差异。但是当电压在自举电容低于自举电压刷新阈值时，将强制低压侧对自举充电电容。将稳压器输出端的外部二极管连接到BST引脚的作用，目的是在输出足够高时提高稳压器的效率。

软启动

芯片具有软启动功能。用来控制瞬间输出电压并限制IC启动期间的输入电流浪涌。在SST引脚外接一个电容来设置软启动时间。

过流保护和打嗝功能

芯片具有高侧和低侧开关的逐周期峰值电流限制。当高侧开关电流高于高侧电流限制，高侧开关将被关闭。当低端开关电流低于低侧开关电流限制时，芯片将不会再打开高侧开关。

芯片具有CC/CV控制结构。当负载电流小于CS引脚上电阻编程的负载电流限制时，CV（恒压）环路占主导地位。FB电压将被调整到内部参考点。当负载电流接近负载电流极限点时，CC（恒流）环路将占主导地位，并通过降低输出电压来调节负载电流。如果CS连接到GND并且输出短接到GND，芯片将进入打嗝模式以限制平均负载电流。一旦过电流情况消除，芯片将退出打嗝模式。

内部具有提高轻载效率功能，当输出电流较低时，芯片将进入跳脉冲模式以节省功耗。



过温保护

如果结温超过155，内部过温保护电路将强制将开关器件关闭。当结温降至140°C以下时，芯片将重新开始工作。

芯片使能脚

EN使能引脚。EN引脚内部阈值设置为1V。可以通过分压电阻设置EN脚的启动电压。

电感的选择

在开关输入电压的驱动下，电感需要向负载提供恒定电流。电感值越大会减低输出纹波。但电感值越大，体积也就越大。计算电感值的很好规则是允许电感器中的峰 - 峰纹波电流约为最大负载电流的25%，同时需要确保峰值电感电流低于电感饱和电流。电感值可以通过以下公式计算：

$$L = \frac{V_{OUT}}{F_S * \Delta I_L} \left(1 + \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \right)$$

其中VOUT是输出电压，VIN是输入电压，FS是开关频率，ΔIL是峰 - 峰值电感纹波电流。选择一个在最大峰值电流下不会饱和的电感。可以计算峰值电感电流可以通过以下公式计算：

$$I_{L_P} = I_{LOAD} + \frac{V_{OUT}}{2 * F_S * L} \left(1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \right)$$

输入电容选择

降压转换器的输入电流是不连续的，因此将AC电流提供给转换器，需要选用低ESR电容来优化性能。最好选用X5R或X7R电介质的电容，或钽电容等。由于输入电容（CIN）吸收输入开关电流，所以电容需要良好的纹波电流额定值。输入电容中的RMS电流可以通过以下公式估算：

$$I_{CIN} = I_{LOAD} * \sqrt{\frac{V_{OUT}}{V_{IN}} * \left(1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \right)}$$

最差情况发生在VIN = 2×VOUT，其中：

$$I_{CIN} = \frac{I_{LOAD}}{2}$$

选择RMS电流额定值大于最大负载电流一半的输入电容：当使用电解电容器或钽电容器时，应该尽可能靠近IC放置一个小的，高质量的陶瓷电容器，即0.1μF。当使用陶瓷电容器时，确保它们有足够的电容来维持输入端的电压纹波。由电容引起的输入电压纹波可以通过以下公式估算：

$$\Delta V_{IN} = \frac{I_{LOAD}}{F_S * C_{IN}} * \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} * \left(1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \right)$$

CIN是输入电容



输出电容选择

输出电容（C_{OUT}）主要是为了维持直流输出电压。需要使用陶瓷电容、钽电容或低ESR电解电容。用低 ESR 电容使输出电压纹波更低。输出电压纹波可以通过以下方式估算：

$$\Delta V_{OUT} = \frac{V_{OUT}}{F_s * L} * \left(1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}\right) * \left(R_{ESR} + \frac{1}{8 * F_s * C_{OUT}}\right)$$

其中L是电感值，R_{ESR}是输出电容的等效串联电阻（ESR）值，C_{OUT}是输出电容值。在陶瓷电容器的情况下，开关频率处的阻抗主要由陶瓷电容器决定电容。输出电压纹波主要由电容决定。输出电压纹波可以通过以下公式估算：

$$\Delta V_{OUT} = \frac{V_{OUT}}{8 * F_s^2 * L * C_{OUT}} * \left(1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}\right)$$

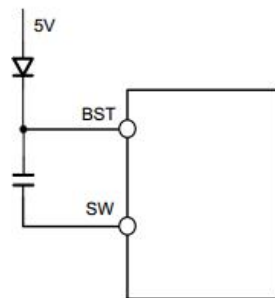
在钽或电解电容器的情况下，ESR主宰开关频率处的阻抗。为了简化，输出纹波可以近似为：

$$\Delta V_{OUT} = \frac{V_{OUT}}{F_s * L} * \left(1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}\right) * R_{ESR}$$

输出电容器的特性也会影响稳压器的稳定性，应该选用优质的电容和良好的ESR值。

外部自举二极管

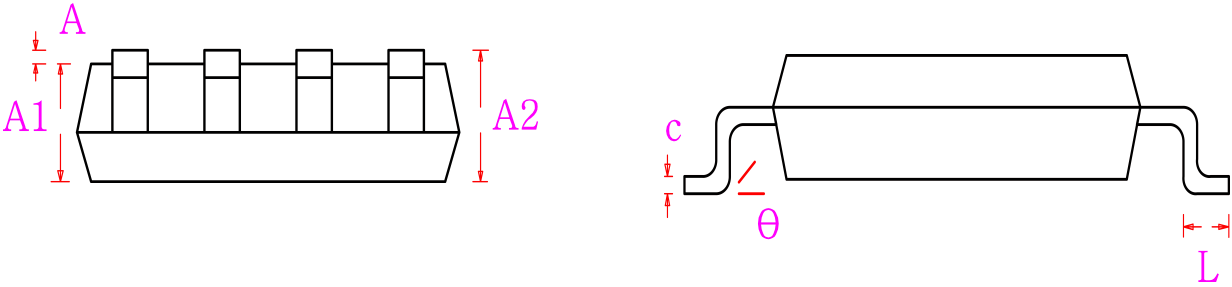
当系统有固定5V输入时，建议增加一个外部自举二极管产生一个5V输出。这有助于提高工作效率。自举二极管可以用低成本的IN4148或BAT54。



当（V_{OUT} / V_{IN} > 65%）和高输出电压（V_{OUT} > 12V）时，也推荐使用该二极管进行高占空比工作应用



封装信息 ESOP8



字符	公制		英制	
	最小	最大	最小	最大
D	4.7	5.1	0.185	0.2
D1	3.202	3.402	0.126	0.134
E	5.8	6.2	0.228	0.244
E1	3.8	4	0.15	0.157
E2	2.313	2.513	0.091	0.099
e	1.27		0.05	
b	0.33	0.51	0.013	0.02
A	0.05	0.25	0.004	0.01
A1	1.35	1.55	0.053	0.061
A2	1.35	1.75	0.053	0.069
L	0.4	1.27	0.016	0.050
c	0.17	0.25	0.006	0.01
θ	0°	8°	0°	8°