

说明

TD1305 是一款完全集成的高效同步降压转换器，需要最少数量的外部元件。它提供非常紧凑的解决方案，在宽输入范围内具有高达 4A 的连续输出电流能力。

TD1305 采用了专有的恒定导通时间（COT）控制模式，能够实现卓越的瞬态响应，并在连续导通模式下保持恒定的开关频率。内部的斜坡补偿网络使得在使用超低等效串联电阻（ESR）输出陶瓷电容器时也能稳定运行，且无需使用外部补偿网络。控制环路中的误差放大器可实现出色的线性调整率和负载调整率。

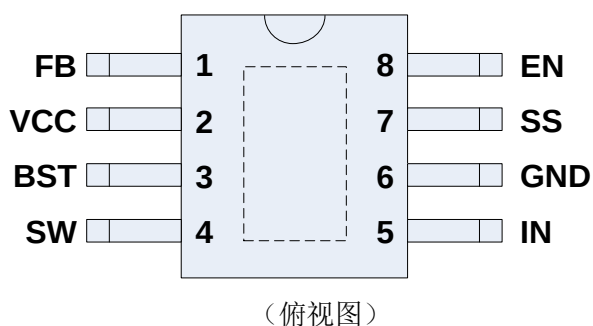
TD1305 集成了广泛的保护功能，包括：UVLO、OCP、OVP 和热关断。输入欠压锁定在内部设置为 3.8V。

TD1305 采用 ESOP-8 封装。

特性

- 4V 至 30V 输入电压范围，耐压峰值 32V
- $\pm 2\%$ 0.8V 反馈电压精度
- 4A 连续输出电流
- 支持 100% 占空比低压差工作
- 低 ESR 输出陶瓷电容器可稳定运行
- 具有出色瞬态性能的快速 PWM 常通时间（COT）控制方案
- 500KHz 开关频率，轻负载模式控制方案脉冲跳跃模式
- 集成 40mΩ 和 40mΩ 高侧和低侧开关
- 外部可编程 VIN UVLO 的精确 EN 阈值
- 低静态电流
- 具有自动恢复功能的热关断保护功能。
- 打嗝模式过流保护
- 采用 ESOP-8 封装

引脚配置



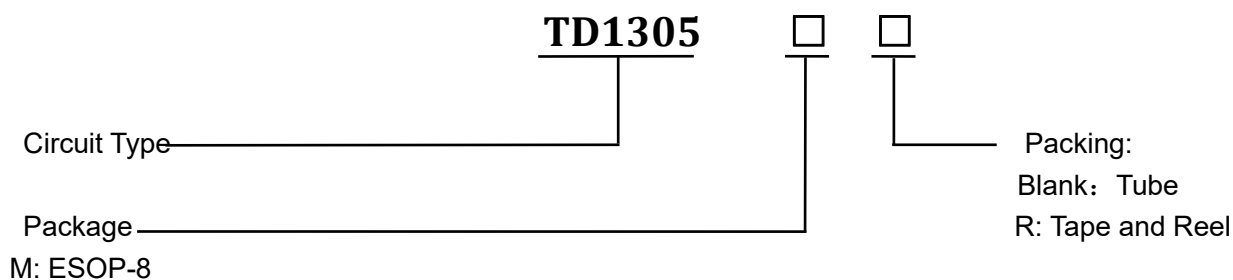
应用

- 扩展坞
- 电脑周边
- 网络系统
- 网络匹配器
- 快充
- 平板电视和显示器
- 分布式电源系统

引脚描述

引脚号	引脚名称	描述
1	FB	反馈输入。将 FB 连接到从输出到 GND 的外部电阻分压器的中心，以设置输出电压。
2	VCC	内部 5V LDO 输出。驱动器和控制电路由此电压供电。使用最小 1 μ F 的陶瓷电容器对 PGND 进行去耦，使其尽可能靠近引脚。
3	BST	自举电容供电。在 SW 和 BST 之间连接一个 0.1 μ F 电容器以正常工作。
4	SW	内部开关的输出引脚。将此引脚连接到电感器和自举电容器。
5	IN	电源输入。IN 引脚为内部 MOSFET 和稳压器供电。TD1305 可在 +4V 至 +30V 输入电压范围工作。使用 22 μ F 或更大的低 ESR 陶瓷电容器将 IN 旁路至 PGND。
6	GND	内部线路地。
7	SS	软启动时间设置。此引脚允许用户在启动期间控制输出电压斜坡速率。来自该引脚上 VCC 的 10 μ A 内部上拉电流允许电容器对输出电压转换速率进行编程。在关断和故障情况下，该引脚通过内部 200 Ω MOSFET 拉至地。
8	EN	当该 pin 为低电平时，器件关闭，当该 pin 为高电平时，该器件被激活。迟滞阈值电压为 1.3V 上升和 1.2V 下降。来自 VIN 的外部电阻分压器可用于对 VIN 阈值进行编程，低于该阈值，器件将关断。通过 100K 电阻将 EN 连接到 VIN 以实现自动启动。
EP	PGND	裸露焊盘连接到低侧 MOSFET 电源接地。将 EP 连接到大面积连续的铜接地层，以实现有效的热耗散。

订购信息



功能框图

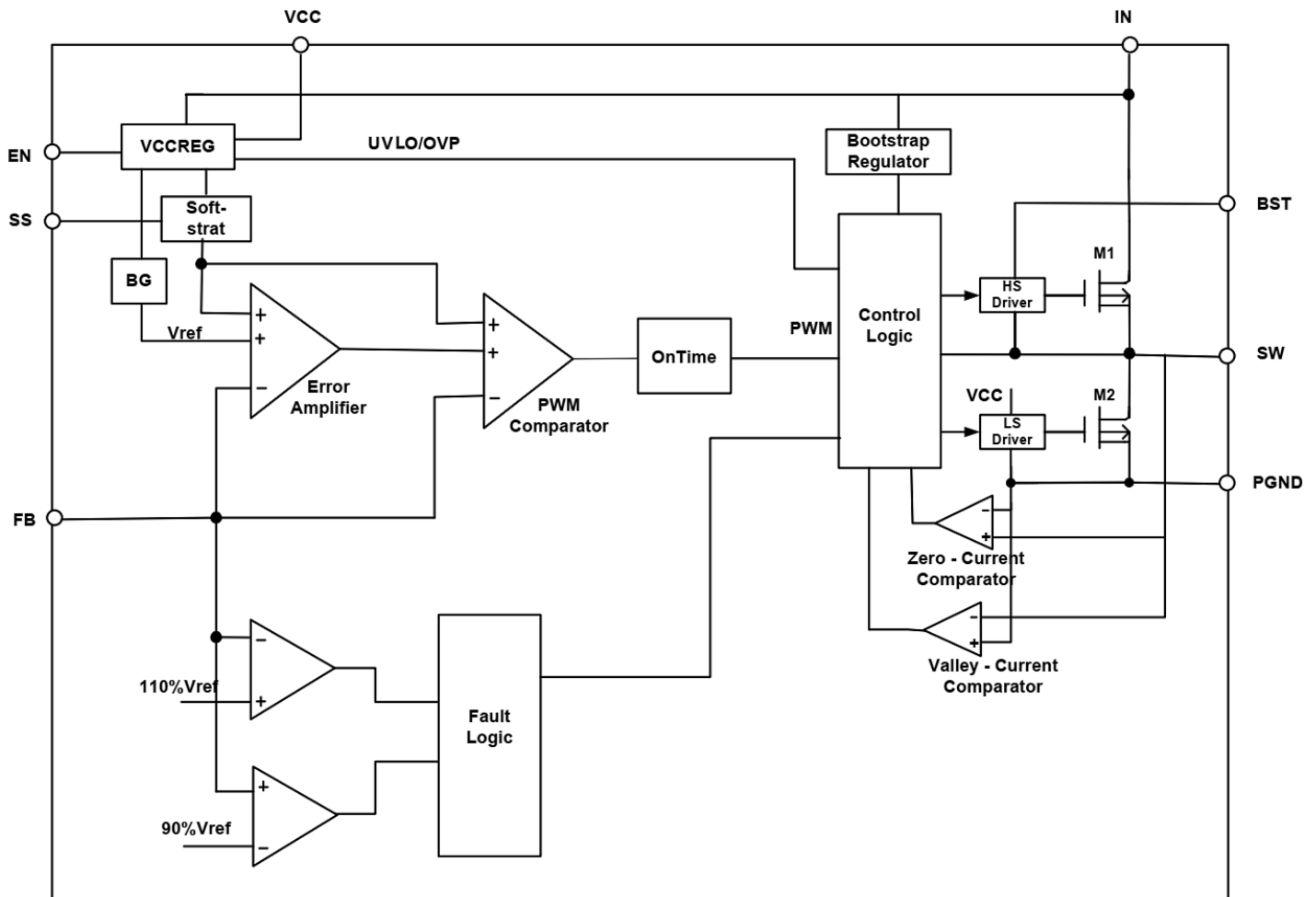


图 1 TD1305 功能框图

绝对最大额定值 (注 1)

标识	参数	额定值	单位
V _{IN}	电源输入电压 IN 至 GND	+32	V
V _{EN}	EN 到 GND	+32	V
V _{SW}	SW 到 GND 电压	-0.3 至 VIN+0.3	V
V _{BST}	BST 至 SW	- 0.3 至 +6	V
	其他引脚	-0.3 至 +6	V
P _D	耗散功率	内部设定	W
θ _{JA}	Junction-to-Ambient Resistance in free air ^(Note 2)	50	°C/W

30V 500KHz 4A 快速 PWM 同步整流转换器

TD1305

T_J	结温	150	°C
T_{STG}	储存温度	-65 ~ 150	°C
T_{SDR}	最高铅焊接温度 (10 秒)	260	°C

注 1: 超出“绝对最大额定值”下列出的应力可能会对设备造成永久性损坏。这些只是应力额定值，并不暗示设备在这些条件或超出“推荐作条件”中指示的任何其他条件下的功能运行。长时间暴露在绝对最大额定值条件下可能会影响设备的可靠性。

注 2: θ_{JA} 是在自由空气中将元件安装在高效导热测试板上的情况下测量的。

推荐作条件 (注 3)

标识	参数	范围	单位
V_{IN}	V_{IN} 输入供电电压	+4 至 +30	V
V_{OUT}	转换器输出电压	+0.8 到 V_{IN}	V
	工作结温	-40 ~ +125	°C

注 3: 参考典型应用电路

电气特性

$T_A = +25^{\circ}\text{C}$, $V_{IN}=12\text{V}$ 和 $V_{EN}=2\text{V}$, 除非另有说明。典型值为 $V_{IN}=12\text{V}$ 、 $V_{EN}=2\text{V}$ 和 $V_{OUT} = 5\text{V}$ 。

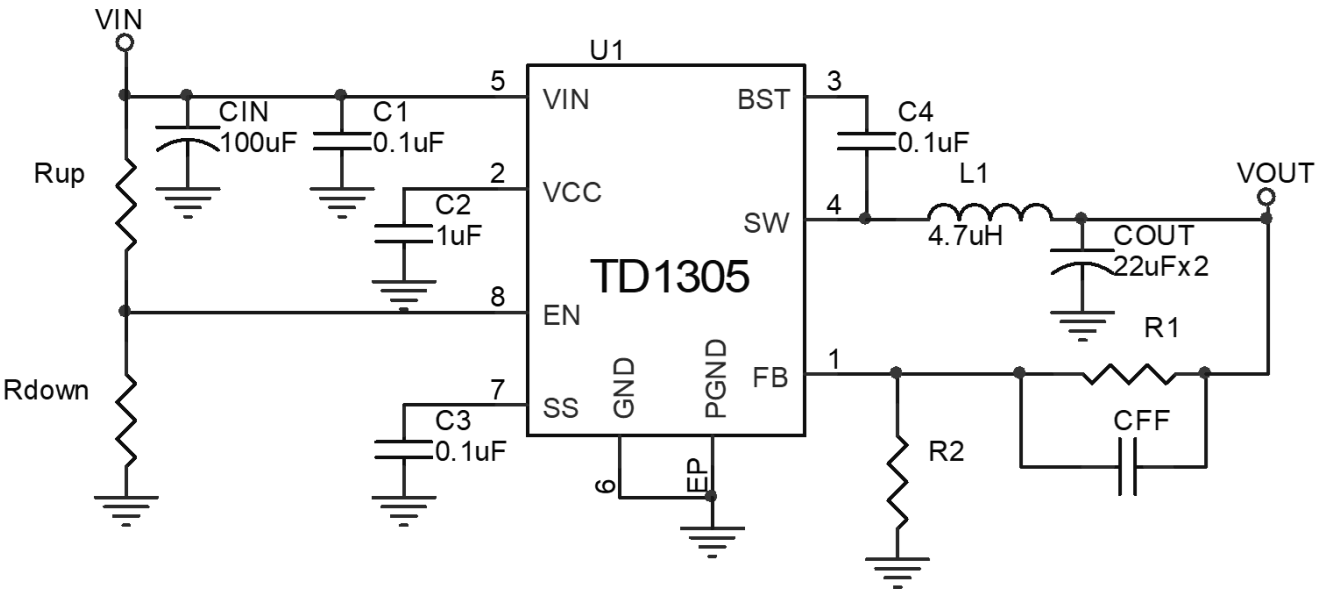
标识	参数	测试条件	最小	典型	最大	单位
V_{IN}	输入电压范围		4	-	30	V
V_{UVLO_R}	输入欠压锁定阈值	V_{IN} 上升	-	3.80	4.05	V
V_{UVLO_HYS}	输入欠压锁定滞后		-	430	-	mV
I_{SD}	关断电流	$V_{EN} = 0\text{V}$, $V_{IN} = 12\text{V}$	-	1	8	μA
	输入电流	$V_{FB} = 0.85\text{V}$	-	500	-	μA
V_{FB}	反馈电压		0.784	0.800	0.816	V
I_{FB}	反馈电流	$V_{FB} = 0.8\text{V}$	-100	-	100	nA
f_{SW}	工作频率	$I_{OUT}=1\text{A}$	-	500	-	KHz
T_{OFF}	最小关闭时间		-	120	-	nS
D_{MAX}	最大占空比	$V_{FB}=0.57\text{V}$	-	100	-	%
$R_{DS(ON)HS}$	高侧主开关导通电阻		-	40	-	m Ω
I_{HSW_LKG}	高侧开关漏电流	$V_{IN}=12\text{V}$, $V_{EN}=V_{SW}=0\text{V}$	-	-	1	μA
I_{SL}	低侧开关谷值电流限制		4	-	-	A
I_{ZX}	低侧开关过零电流限制		-	80	-	mA
R_{ONLS}	低侧开关导通电阻		-	40	-	m Ω
I_{LSW_LKG}	低侧开关漏电流	$V_{IN} = V_{SW} = 12\text{V}$, $V_{EN} = 0\text{V}$	-	-	1	μA

30V 500KHz 4A 快速 PWM 同步整流转换器

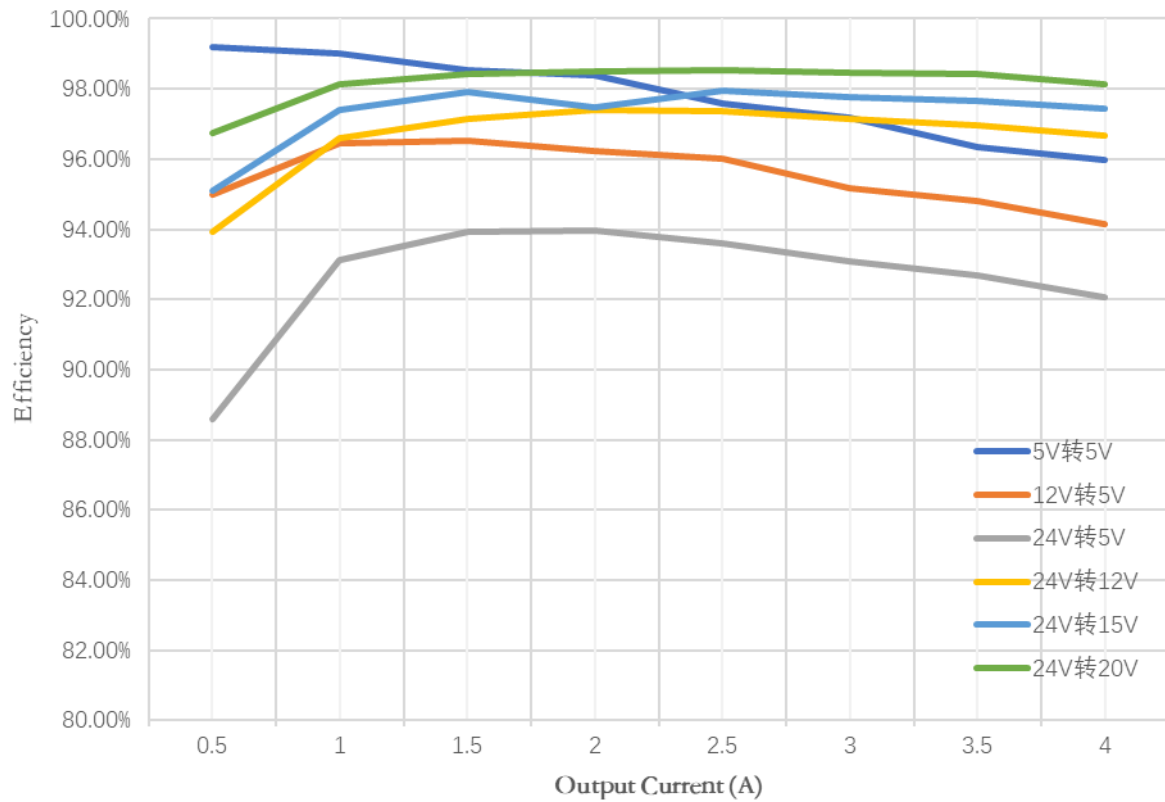
TD1305

V _{EN_R}	EN 阈值, 上升		-	1.3	-	V
V _{EN_F}	EN 阈值, 下降		-	1.2	-	V
	EN 内部下拉电阻器		700	1000	1300	kΩ
	VCC 线性稳压器	V _{FB} = 0.63V, 0<I _{VCC} <10mA	4.7	5.0	5.3	V
T _{SD}	热关断		-	160	-	°C
T _{SD_HYS}	热关断迟滞		-	30	-	°C

典型应用电路



效率曲线

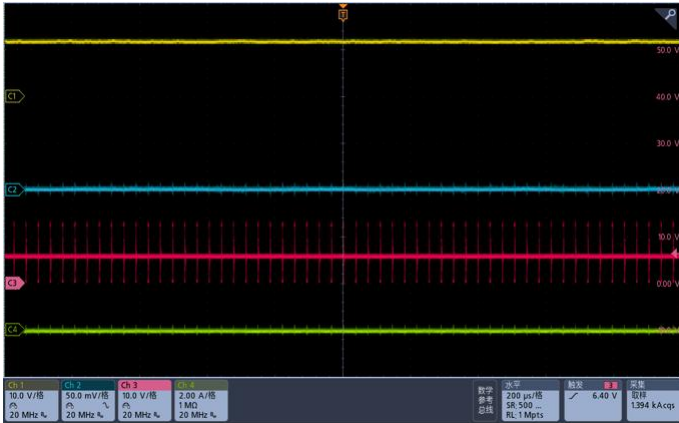


性能特点

$V_{in}=12V$, $V_{out}=5V$, $L=4.7\mu H$, $C_{out}=22\mu F \times 2$, $T_A=+25^\circ C$, unless otherwise noted

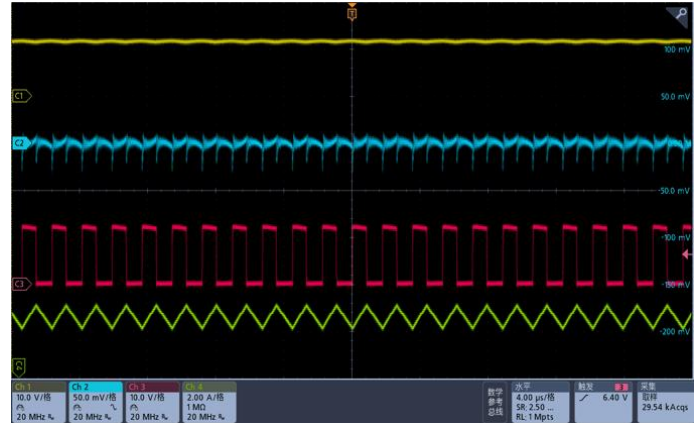
Light Load Operation

0A Load (C1: Vin C2: Vo.AC C3: SW C4: IL)



Steady State Test

4A Load (C1: Vin C2: Vo.AC C3: SW C4: IL)



Startup through VIN

$I_{out}=4A$ (C1: Vin C2: Vo.DC C3: SW C4: IL)



Shutdown through VIN

$I_{out}=4A$ (C1: Vin C2: Vo.DC C3: SW C4: IL)



Startup through Enable

$I_{out}=4A$ (C1: VEN C2: Vo.DC C3: SW C4: IL)



Shutdown through Enable

$I_{out}=4A$ (C1: VEN C2: Vo.DC C3: SW C4: IL)

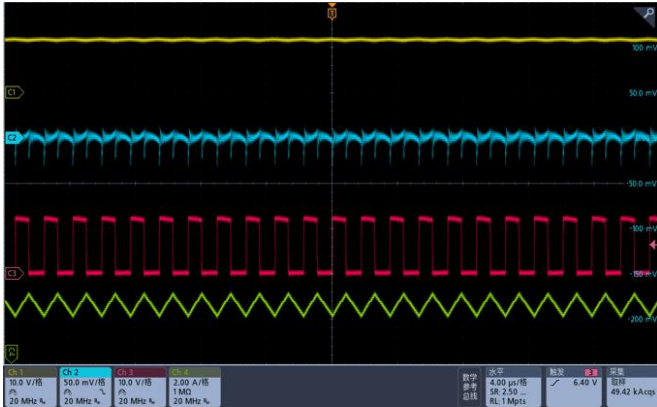


性能特点 (续)

$V_{in}=12V$, $V_{out}=5V$, $L=4.7\mu H$, $C_{out}=22\mu F \times 2$, $T_A=+25^\circ C$, unless otherwise noted

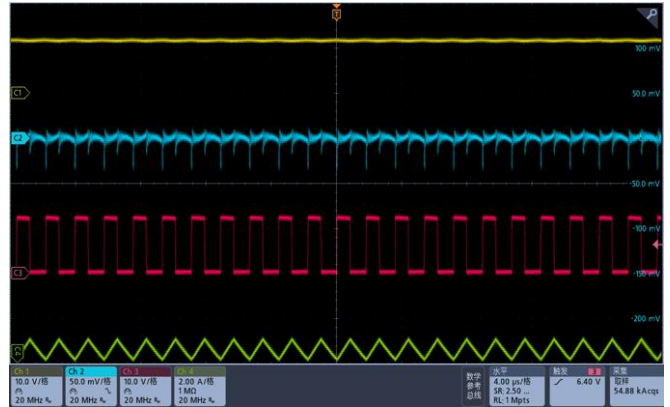
Heavy Load Operation

4A Load (C1: Vin C2: Vo.AC C3: SW C4: IL)



Medium Load Operation

2A Load (C1: Vin C2: Vo.AC C3: SW C4: IL)



Short Circuit Protection

$I_o=4A$ -Short (C1: Vin C2: Vo.DC C3: SW C4: IL)



Short Circuit Recovery

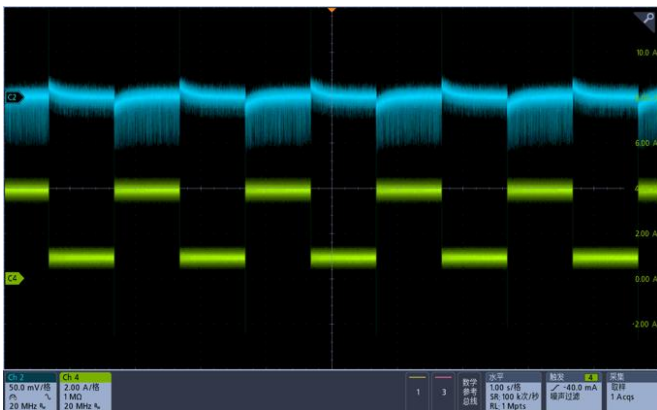
$I_o=Short-4A$ (C1: Vin C2: Vo.DC C3: SW C4: IL)



Load Transient

1A Load->4A Load->1A Load (2A/μs)

(C2: Vo.AC C4: IL)



原理描述

TD1305 是一款完全集成的同步降压转换器，采用恒定导通时间（COT）控制模式，可实现卓越的瞬态性能。其专有的内部斜坡补偿功能可利用较低 ESR 陶瓷输出电容器实现稳定运行，而无需使用外部复杂的补偿网络。

恒定导通时间控制

恒定导通时间控制（COT）通过将反馈电压 VFB 与参考电压（VFBREG）进行比较来工作。当 FB 下降到低于基准电压时，控制电路会立即在 HS 开关上预先确定的时间（导通时间）内接通，以增加电感电流。当此导通时间超时，LS 开关导通以斜坡降低电感电流。当电感电流达到零 IZX（或触发负电流限制 INEG TD1305）时，LS 开关关闭，或者 HS 开关在下一个周期再次打开。如果 FB 再次下降到低于 reference，则此作将重复。

TD1305 使用专有算法，根据输入电压、输出电压和负载电流计算导通时间，从而在整个连续导通负载电流范围内实现几乎恒定的开关频率。导通时间可以估计为：

$$T_{ON} = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} * 2\mu S$$

由于对 FB 电压下降的即时响应和简化的环路补偿，与传统的固定频率 PWM 控制转换器相比，TD1305 可提供卓越的瞬态响应。

轻负载运行

在中重负载条件下，TD1305 以 PWM 模式运行，典型开关频率为 500KHz。当负载电流降低时，TD1305 自然地 PWM 模式转换为 PFM 模式，其中脉冲宽度保持计算的导通时间，但开关频率降低以适应低输出电流。输出电流越低，开关频率越低。一旦开关频率下降到足够低，器件就会进入休眠模式，以降低其静态电流，从而在轻负载下保持高效率。

PWM 模式和 PFM 模式边界的临界负载电流与电感纹波电流有关，而电感纹波电流取决于电感值、输入电压和输出电压。通常，此临界负载电流水平估计为：

$$I_{CRIT} = \frac{V_{OUT} \times (V_{IN} - V_{OUT})}{2L \times V_{IN} \times f_{SW}}$$

在极轻负载条件下，当开关频率降至 20KHz 以下时，人耳可以听到开关噪声。TD1305 提供独特的脉冲跳跃模式，最小开关频率为 25KHz。这种超声波脉冲跳跃模式减少了在非常轻的负载下可能发生的电源音频调制。过渡到固定频率 PWM 作是自动的，并且发生在与脉冲跳跃模式相同的点。如果在最后 30μs 内没有发生切换，则会发生超声波脉冲跳跃。低侧开关短时间导通，在电感器中感应出负电流，使输出放电。如果输出降至调节点以下，则高侧导通。

100% 占空比低压差

当输入电压接近输出电压时，TD1305 会将导通时间延长至最大导通时间，以满足调节输出电压的占空比要求。如果输入进一步下降到等于或低于输出电平，TD1305 会强制主高侧（HS）开关保持导通状态超过一个周期，最终达到 100% 占空比。100% 占空比作允许转换器有效地将输入电压直接传递到输出，HS 开关和电感器上的压降最小。在低压差作模式下，TD1305 会开启 HS 开关多个开关周期，直到它暂时关闭 HS 开关并打开低侧（LS）开关（典型值为 120ns）以刷新 BST 电源电压。LS 开关在 BST 刷新脉冲后关闭，然后 HS 开关恢复开启多个开关周期，从而提供有效的 100% 占空比。需要刷新 BST 脉冲来为 BST 电容器充电并确保 HS 开关驱动器电路正常工作。

30V 500KHz 4A 快速 PWM 同步整流转换器

TD1305

使能

TD1305 提供精确的 EN 引脚使能阈值，通常为 1.3V 上升和 1.2V 下降。TD1305 通过将 EN 引脚上拉至 1.3V 以上来使能，TD1305 通过将上面的 EN 引脚下拉至 1.2V 以下来禁用。

当使用 EN 引脚阈值电压来设置输入启动电压电平时，应使用以下公式：

$$V_{IN-START} = 1.3V \times \frac{R_{UP} + R_{DOWN} // 1M}{R_{DOWN} // 1M}$$

其中 1MΩ 是 EN 引脚上的内部下拉电阻。

当 EN 被拉高时，如果 VIN 高于 UVLO 阈值，TD1305 将启动。当 EN 被拉低时，TD1305 将进入关断状态。如果不使用关断功能，则将 EN 引脚连接到 VIN。

软启动

在软启动期间，输出电压线性上升至调节电平，与负载电流和输出电容器值无关。SS 引脚允许用户在启动期间控制输出电压斜坡速率。来自该引脚上 VCC 的 10μA 内部上拉电流允许电容器对输出电压转换速率进行编程。不同电容器的软启动时间如下：

$$T_{SS} = \frac{0.8V \times C_{SS}}{10\mu A}$$

电流限制和打嗝模式

TD1305 具有内置的逐周期电流限制保护，以防止电感电流在任何故障情况失。TD1305 在运行期间持续监控电感谷电流。一旦谷值电流超过限制水平，TD1305 将打开 LS 并等待电感电流下降到预定水平，然后才能再次打开 HS。如果此电流限制条件持续长时间重复，TD1305 将进入打嗝模式，在预定时间内停止切换，然后自动重试再次启动。它始终以软启动启动，以限制浪涌电流并避免输出过冲。

当 TD1305 进入谷值电流限制模式时，由于 HS 的固定导通时间，峰值电流也会受到限制，该峰值电流可以估算为：

$$I_{PEAK} = I_{VALLEY} + T_{ON} \times \frac{(V_{IN} - V_{OUT})}{L}$$

应用信息

设置输出电压

外部反馈电阻器用于设置输出电压。建议使用 1% 电阻器以保持输出电压精度。参考第 5 页的典型应用电路，顶部反馈电阻 R_1 对回路稳定性有一定影响， R_1 推荐范围在 10kΩ-150kΩ 之间。对于任何选定的 R_1 ，底部反馈电阻 R_2 可以计算为：

$$R_2 = \frac{R_1}{\frac{V_{OUT}}{0.8} - 1}$$

电感器

电感器需要向输出负载提供恒定电流，同时由开关输入电压驱动。电感值越大，纹波电流越小，输出纹波电压越低。然而，较大值的电感将具有更大的物理尺寸、更高的串联电阻和/或更低的饱和电流。确定电感值的一个好规则是将电感中的峰峰值纹波电流设计在最大输出电流的 30% 至 40% 范围内，并且峰值电感电流低于最大开关电流限制。电感值可以通过以下方式计算：

$$L = \frac{V_{OUT}}{f_{SW} \times \Delta I_L} \times \left(1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}\right)$$

其中 ΔI_L 是峰峰值电感纹波电流。

为避免过热和效率低下，必须选择额定 RMS 电流大于应用最大预期输出负载的电感。此外，电感的饱和电流（通常标记为 I_{SAT} ）额定值必须高于最大负载电流加上电感纹波电流的 1/2。峰值电感电流可通过以下方式计算：

$$I_{LP} = I_{OUT} + \frac{V_{OUT}}{2f_{SW} \times L} \times \left(1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}\right)$$

输入电容

降压转换器的输入电流是不连续的，因此需要一个电容器来为降压转换器提供交流电流，同时保持直流输入电压。建议使用陶瓷电容器以获得最佳性能，并应尽可能靠近 V_{IN} 引脚放置。建议使用带有 X5R 和 X7R 陶瓷电介质的电容器，因为它们在温度波动下相当稳定。电容器的纹波电流额定值还必须大于转换器的最大输入纹波电流。输入纹波电流可按以下方式估算：

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

最坏情况发生在 $V_{IN} = 2 \times V_{OUT}$ 时，其中：

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

为简化起见，请选择 RMS 电流额定值大于最大负载电流一半的输入电容器。输入电容值决定了转换器的输入电压纹波。如果系统中存在输入电压纹波要求，请选择符合规格的输入电容器。输入电压纹波的估计方式如下：

$$\Delta V_{IN} = \frac{I_{OUT}}{f_{SW} \times C_{IN}} \times \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \times \left(1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}\right)$$

在 $V_{IN} = 2 \times V_{OUT}$ 的最坏情况下：

$$\Delta V_{IN} = \frac{1}{4} \times \frac{I_{OUT}}{f_{SW} \times C_{IN}}$$

30V 500KHz 4A 快速 PWM 同步整流转换器

TD1305

输出电容器

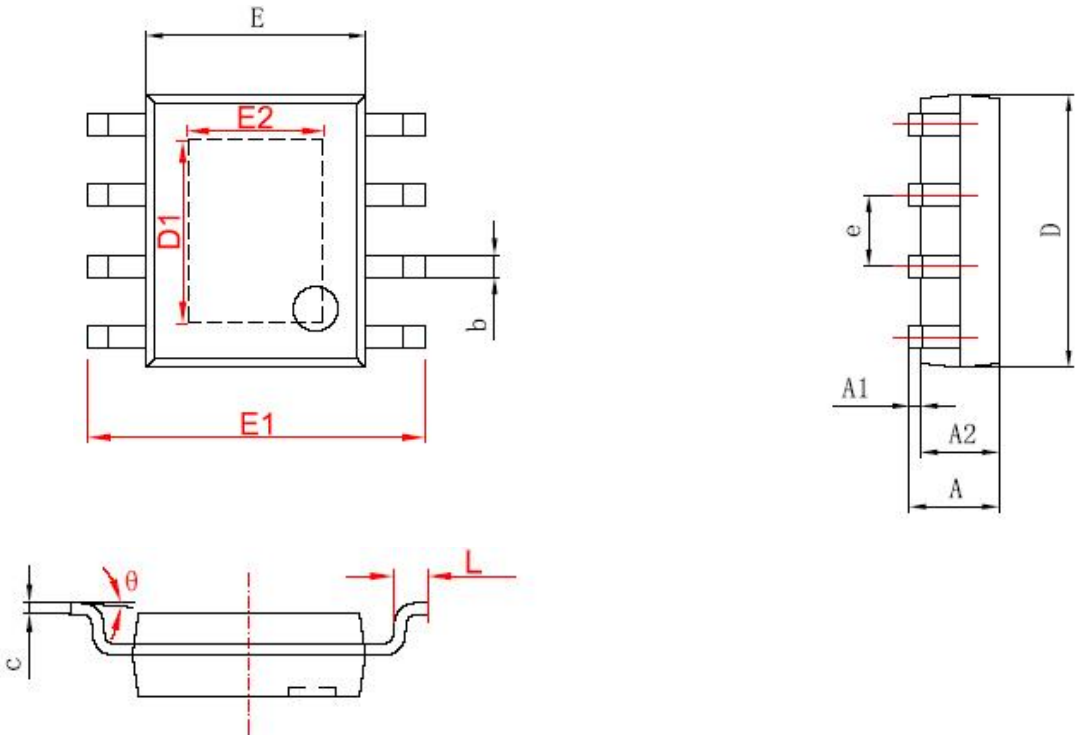
输出电容器有两个基本功能。它与电感器一起过滤 TD1305 产生的方波以产生直流输出。在这个角色中，它决定了输出纹波，因此开关频率下的低阻抗很重要。第二个功能是存储能量，以满足瞬态负载并稳定 TD1305 的控制回路。X5R 或 X7R 型陶瓷电容器具有非常低的等效串联电阻（ESR），并提供低输出纹波和良好的瞬态响应。瞬态性能可以通过更高值的输出电容器和在 VOUT 和 FB 之间增加一个前馈电容器来提高。增加输出电容也会减小输出电压纹波。可以使用较低的输出电容值来节省空间和成本，但瞬态性能会受到影响，并可能导致环路不稳定。选择电容器时，应特别注意数据表，以计算电压偏置和温度的相关工作条件下的有效电容。可能需要物理上更大的电容器或具有更高额定电压的电容器。

PCB 布局建议

- (1) 大电流路径（PGND、IN 和 SW）应放置在非常靠近器件的位置，并具有短、直接和宽的走线。
- (2) 将输入电容器尽可能靠近 IN 和 PGND 引脚。
- (3) 将去耦电容器尽可能靠近 VCC 和 GND 引脚。如果距离较长，请将 Cap 靠近 GND。如果需要过孔，请放置数量大于 3 个的过孔以减少漏感。
- (4) 保持开关节点 SW 短，并远离反馈网络。
- (5) 外部反馈电阻应放置在 FB 引脚旁边。确保 FB 走线上没有过孔。
- (6) 保持 BST 电压路径（BST、R_{BST}、C_{BST} 和 SW）尽可能短。
- (7) 保持 IN 和 PGND 焊盘与大铜连接，并使用至少两层 IN 和 PGND 走线，以实现更好的热性能。此外，在靠近 IN 和 PGND 焊盘的地方添加几个 10mil 孔/18mil 铜宽的过孔，以帮助散热。
- (8) 强烈建议使用四层布局，以实现更好的散热性能。

封装信息

ESOP-8 封装外形尺寸



	Dimensions In Millimeters		Dimensions In Inches	
	Min	Max	Min	Max
A	1.350	1.750	0.053	0.069
A1	0.050	0.150	0.004	0.010
A2	1.350	1.550	0.053	0.061
b	0.330	0.510	0.013	0.020
c	0.170	0.250	0.006	0.010
D	4.700	5.100	0.185	0.200
D1	3.202	3.402	0.126	0.134
E	3.800	4.000	0.150	0.157
E1	5.800	6.200	0.228	0.244
E2	2.313	2.513	0.091	0.099
e	1.270 (BSC)		0.050 (BSC)	
L	0.400	1.270	0.016	0.050
θ	0°	8°	0°	8°

应用笔记