



1 描述

TX41601是一款高压PWM控制器，专为输入电压高达100V 的高性能同步降压 DC/DC 应用而设计。TX41601驱动一对外部N-MOSFET。开关频率可编程为50kHz至500kHz，从而可以灵活地调整效率和尺寸。对于低电压应用，可以使用内部1.2V参考电压精确调节输出电压。保护功能包括用户可编程欠压锁定、过压锁定和过流保护。在关断模式下，电源电流降至 10 μ A 以下。TX41601 是汽车信息娱乐应用、电信总线转换器等不错的选择。

2 产品特征

- 12V 至 100V 宽工作输入范围
- 可调频率从 50kHz 到 500kHz 操作
- 精密参考电压 (1.2V)
- 具有预偏置负载能力的可编程软启动
- 可编程 EN 关闭延迟功能
- 具有 0.2 秒空白定时器和打嗝功能的可编程过载保护
- 可编程逐周期限流保护
- 带锁存器的可编程输入欠压锁定保护
- 带锁存器的可编程输入过压保护
- 输出过压保护
- 过温保护
- ETSSOP20 封装

3 应用领域

- 48 V 非隔离式 DC-DC 转换器
- 汽车应用
- 电信总线转换器
- USB C 型供电
- 工业 DC-DC 电机驱动器

4 典型应用示意图

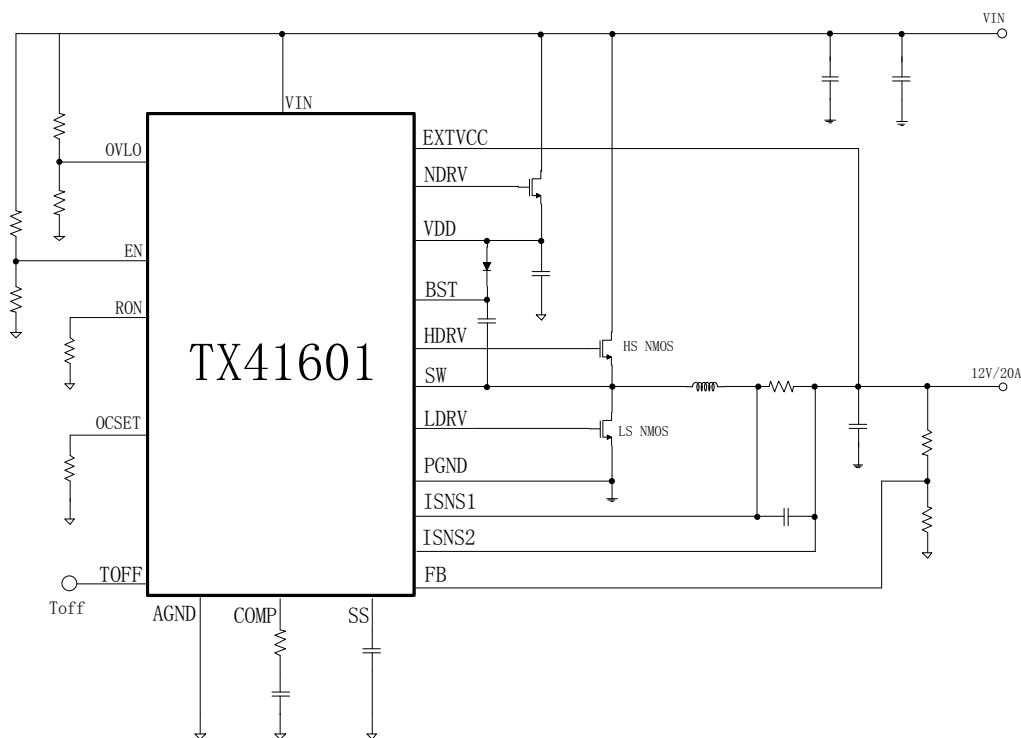


图 1. 应用示意图



5 引脚配置和功能

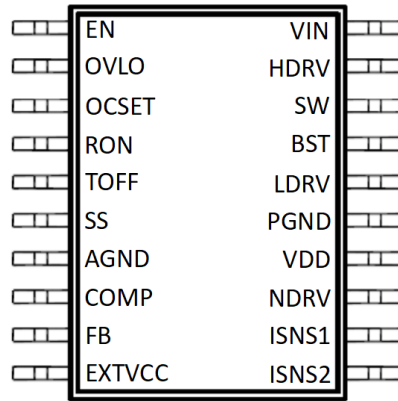


图 2 ETSSOP-20 封装（俯视图）

脚位		描述
序号	名称	
1	EN	使能引脚。
2	OVLO	外部分压器用于设置过压阈值电平。
3	OCSET	电流限制设定点。从该引脚到 GND 的电阻器将设置正负电流限制阈值。
4	RON	通过电阻将此引脚连接到 GND 以设置开关频率。
5	TOFF	该引脚提供用户可编程关机延迟时间功能。连接到 GND：无延迟 连接到 VCC：20 秒 浮动：10s
6	SS	该引脚提供用户可编程软启动功能。从该引脚连接到地的外部电容器设置输出电压的启动时间。
7	AGND	内部参考和控制电路的信号地。
8	COMP	误差放大器的输出。外部电阻和电容网络通常从该引脚连接到地，以提供环路补偿。
9	FB	反馈输入。FB 感应输出电压。将 FB 与连接在输出和地之间的电阻分压器连接起来。FB 是敏感节点。使 FB 远离噪声信号，例如 SW 和 BST 引脚。
10	EXTVCC	连接到 VCC 的内部 LDO 线性稳压器的外部电源输入。该 LDO 从 EXTVCC 提供 VCC 电源，当 EXTVCC 高于 10V 时绕过外部 NDRV LDO。此引脚上的电压不要超过 30V。不要将 EXTVCC 连接到高于 VIN 的电压。如果不使用，连接到 GND。
11	ISNS2	电感电流检测输入 2。
12	ISNS1	电感电流检测输入 1。
13	NDRV	用于 VCC 的 NDRV LDO 线性稳压器的外部通路器件的驱动输出。将此引脚连接到外部 NMOS 或 NPN 传输器件的栅极。
14	VDD	该引脚为 IC 的内部模块供电。至少 4.7uF 的电容器必须从该引脚连接到地。
15	PGND	电源接地。该引脚用作 MOSFET 驱动器的单独接地，应连接到系统的电源接地层。
16	LDRV	低侧 MOSFET 的输出驱动器。
17	BST	该引脚为高端驱动器供电，并且必须连接到高于输入电压的电压。最小 0.1uF 的高频电容必须从该引脚连接到开关节点。
18	SW	切换节点。该引脚连接到上部 MOSFET 的源极和下部 MOSFET 的漏极。该引脚是上部栅极驱动器的返回路径。
19	HDRV	高边 MOSFET 的输出驱动器。
20	VIN	输入电压。



6 型号标记信息

型号	订购信息	封装	包装数量	顶部标记
TX41601	TX41601	ETSSOP-20	4000	TX41601

TX41601: 型号

XDSXXXX: 批号。XX: 年; XX:周期



7 规格

7.1 绝对最大额定值 (注1)

	范围	最小	最大	单位
输入电压	V_{IN} to GND	-0.3	100	V
	V_{FB} , V_{OVLO} , V_{UVLO} to GND	-0.3	6	
	V_{TOFF} to GND	-0.3	12	
	$V_{ISNS1,2}$ to GND	-0.3	65	
	V_{EN} to GND	-0.3	100	
	V_{EXTVCC} to GND	-0.3	30	
输出电压	V_{VDD} to GND	-0.3	12	V
	V_{RON} , V_{OCSET} , V_{SS} , V_{COMP} to GND	-0.3	6	
	V_{LDRV} to GND	-0.3	12	
	V_{HDRV} to V_{SW}	-0.3	12	
	V_{BST} to V_{SW}	-0.3	12	
	V_{SW} to GND	-3	$V_{IN} + 0.3$	

7.2 处理评级

范围	定义	最小	最大	单位
T_{ST}	储存温度范围	-65	150	°C
T_J	结温		+150	°C
T_L	引线温度		+260	°C
V_{ESD}	HBM 人体模型		2	kV
	CDM 充电器设备型号		500	V

7.3 推荐操作条件 (注2)

	范围	最小	最大	单位
输入电压	V_{IN} to GND	12	100	V
	V_{FB} , V_{OVLO} , V_{UVLO} to GND	-0.3	5	
	V_{TOFF} to GND	-0.3	10	
	$V_{ISNS1,2}$ to GND	-0.3	60	
	V_{EN} to GND	-0.3	100	
	V_{EXTVCC} to GND	-0.3	30	
输出电压	V_{VDD} to GND	-0.3	10	V
	V_{RON} , V_{OCSET} , V_{SS} , V_{COMP} to GND	-0.3	5	
	V_{LDRV} to GND	-0.3	10	
	V_{HDRV} to V_{SW}	-0.3	10	
	V_{BST} to V_{SW}	-0.3	10	
	V_{SW} to GND	-3	$V_{IN} + 0.3$	
Temperature	工作结温范围, T_J	-40	+125	°C

7.4 热信息 (注4)

符号	描述	ETSSOP-20	单位
θ_{JA}	结到环境热阻	40	°C/W
θ_{JC}	结壳热阻	23	

注意：

- 1) 超过这些额定值可能会损坏设备。
- 2) 在推荐的操作条件之外，不保证设备功能。
- 3) 在大约 1 英寸见方的 1 盎司铜上测量。

7.5 电气特性 ($V_{in} = 48V$ 时的典型值, $T_J = 25^\circ C$, 除非另有说明。)

符号	范围	状态	最小	典型	最大	单位
VIN	输入电源工作电压范围		12		100	
VOUT	稳压输出电压设定点		1.2		60	
参考电压						
I _Q	静态电流	开环, VFB = 1.25V, 无开关, VIN=48V, TJ=25℃		400		uA
I _{SHUTDOWN}	EN 关断电源电流	Close Loop, VEN=0V, VIN=48V		20		
参考电压						
V _{FB}	反馈电压			1.2		V
	准确性		-1.5		+1.5	%
电源电压 (V _{DD})						
V _{DD}	V _{DD} 稳压器输出	由 NDRV LDO 供应	9	9.5	10	V
		由 EXT VCC LDO 供应	9.5	10	10.5	V
欠压锁定						
V _{DD_UVLO}	V _{DD} 欠压锁定电压 (V _{DD} 增加)	-40℃≤ T _J ≤ 125℃		8		V
V _{DD_UVLOH}	V _{DD} 欠压迟滞			670		mV
V _{BST_UVLO}	V _{BST} 欠压锁定电压 (V _{BST} 增加)	-40℃≤ T _J ≤ 125℃		5.6		V
V _{BST_UVLOH}	V _{BST} 欠压迟滞			860		mV
V _{IN_UVLO}	VIN 欠压锁定电压 (V _{IN} 增加)			6.5		V
V _{IN_UVLOH}	VIN 欠压迟滞			650		mV
V _{EN_UVLO}	EN 欠压锁定电压 (VEN 增加)			1.2		V
V _{EN_UVLOH}	EN 欠压迟滞			200		mV
过压锁定						
REF _{IN_OVP}	VIN 过压锁定电压参考 (V _{IN} 增加)			1.2		V
HYS _{IN_OVP}	VIN 过压锁定电压的参考迟滞			200		mV
控制回路						
I(Source/Sink)	源/灌电流			300		uA
gm	跨传导			3		mS
软启动						
I _{SS}	软启动电流	SS = 0 V	15	20	25	uA
VSNS LIMIT						
V _{OCSET}	OCSET电压	-40℃≤ T _J ≤ 125℃		1.2		V
V _{LIMH}	值班是 S1-IN S2 限制	R _{OCSET} = 25k Ohm, V _{LIMH} =1.2/R _{OCSET} *25K/10		120		mV
V _{LIML}	下班是 S1-IN S2 限制	R _{OCSET} = 25k Ohm, V _{LIML} =1.2/R _{OCSET} *20K/10		96		mV
T _{OVERLOAD}	过载保护消隐时间			200		ms
频率						
F _{SW}	开关频率	F _{sw} =Vout/(Rh*500p) or F _{sw} =1/(RL*50p)	50	200	500	kHz
TON _{MIN}	最短准时			140		ns
TOFF _{MIN}	最短关闭时间			400		ns



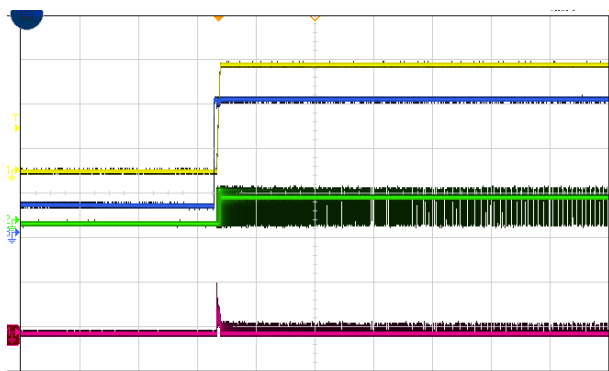
关闭定时器				
T _{OFF}	时间延迟	Toff = GND	0	s
		Toff =浮动	10	s
		Toff = VDD	20	s
输出驱动器				
HDRV	峰值 HDRV 源电流		1	A
	峰值 HDRV 灌电流		2.2	A
LDRV	峰值 LDRV 源电流		1.8	A
	峰值 LDRV 灌电流		3.5	A
Tr(HDRV)	C _{LOAD} = 1000pF		19	ns
Tf(HDRV)	C _{LOAD} = 1000pF		13	ns
Tr(LDRV)	C _{LOAD} = 1000pF		18	ns
Tf(LDRV)	C _{LOAD} = 1000pF		12	ns
Tdelay1	顶门关闭到底门延迟		70	ns
Tdelay2	底部闸门关闭至顶部闸门延迟		70	ns

注意：

4) 由设计保证，未经生产测试。



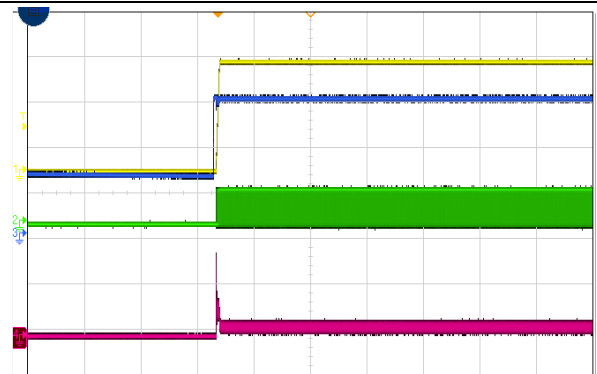
7.6 典型特征



CH1:Vout CH2:SW CH3:Vin CH4:IL

Vin=24V Vout=12V

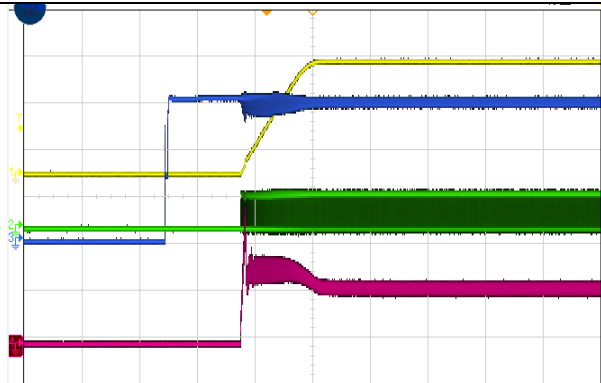
图. 3 上电波形, Iout =0A



CH1:Vout CH2:SW CH3:Vin CH4:IL

Vin=24V Vout=12V

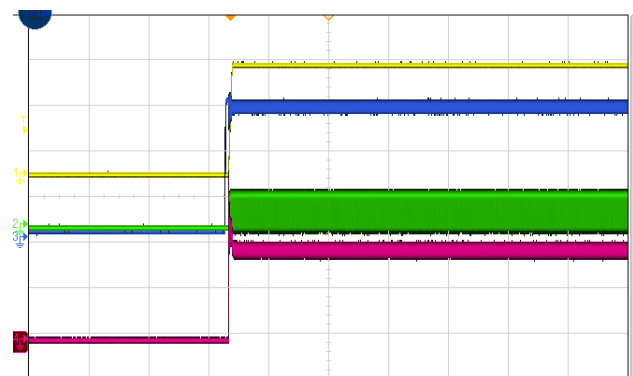
图. 4 上电波形, Iout =2A



CH1:Vout CH2:SW CH3:Vin CH4:IL

Vin=24V Vout=12V

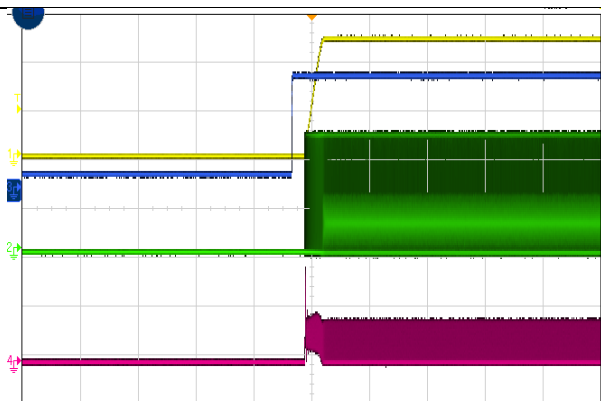
图. 5 上电波形, Iout =6A



CH1:Vout CH2:SW CH3:Vin CH4:IL

Vin=24V Vout=12V

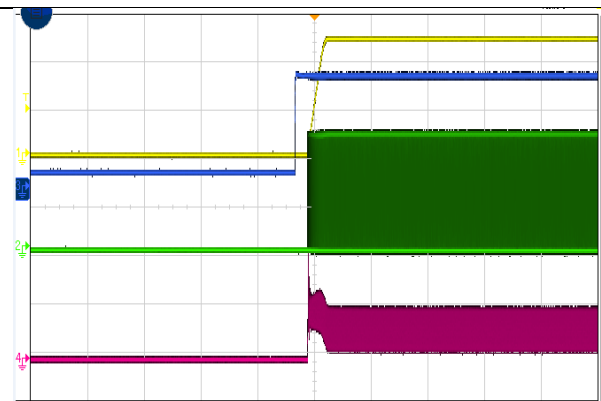
图. 6 上电波形, Iout =20A



CH1:Vout CH2:SW CH3:Vin CH4:IL

Vin=48V Vout=12V

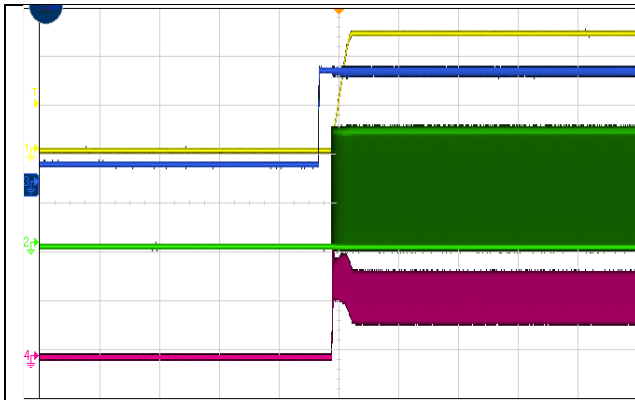
图. 7 上电波形, Iout =1A



CH1:Vout CH2:SW CH3:Vin CH4:IL

Vin=48V Vout=12V

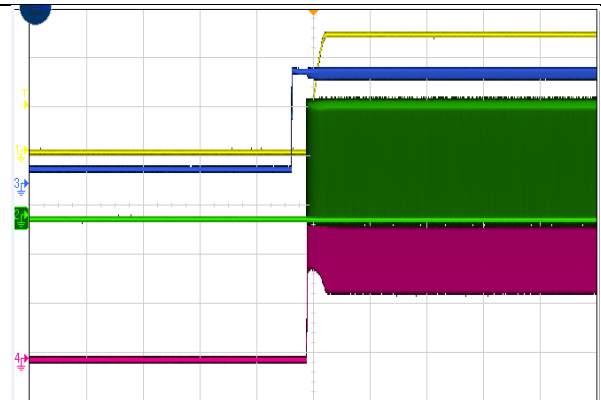
图. 8 上电波形, Iout =3A



CH1:Vout CH2:SW CH3:Vin CH4:IL

Vin=48V Vout=12V

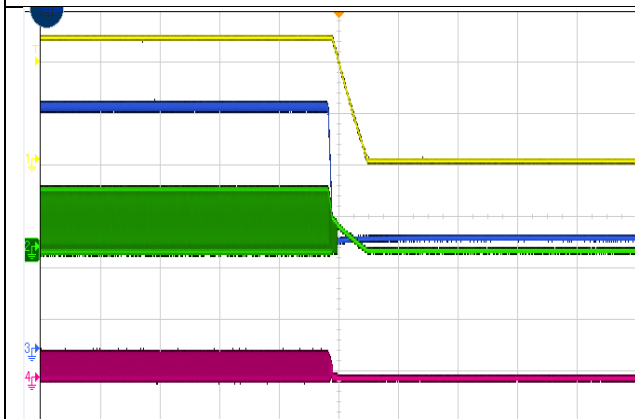
图. 9 上电波形, Iout =6A



CH1:Vout CH2:SW CH3:Vin CH4:IL

Vin=48V Vout=12V

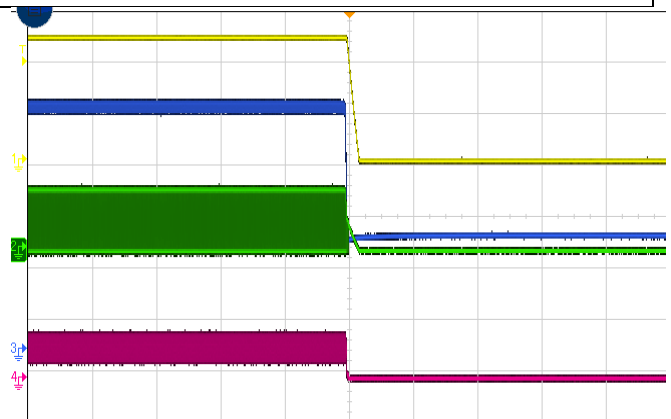
图. 10 上电波形, Iout =20A



CH1:Vout CH2:SW CH3:Vin CH4:IL

Vin=24V Vout=12V

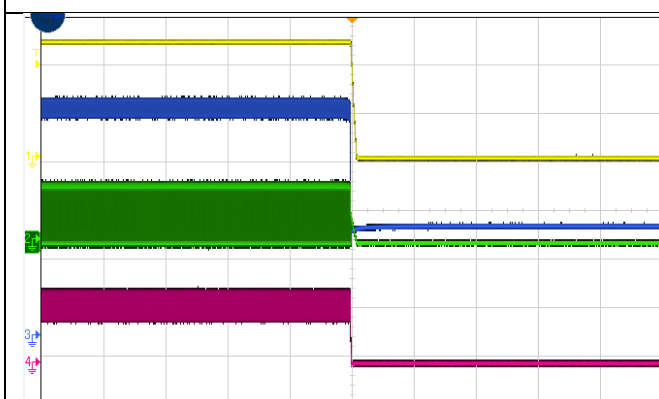
图. 11 掉电波形, Iout =1A



CH1:Vout CH2:SW CH3:Vin CH4:IL

Vin=24V Vout=12V

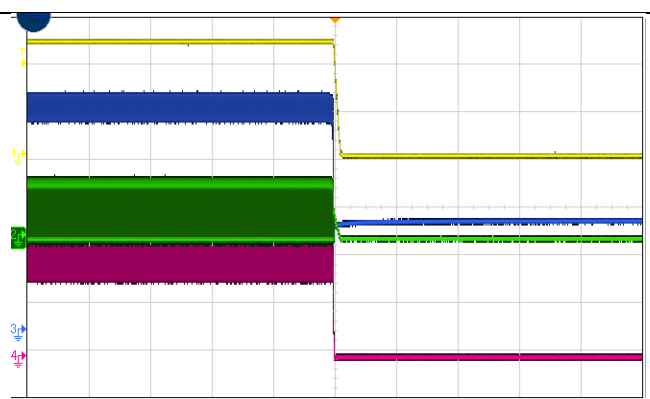
图. 12 掉电波形, Iout =3A



CH1:Vout CH2:SW CH3:Vin CH4:IL

Vin=24V Vout=12V

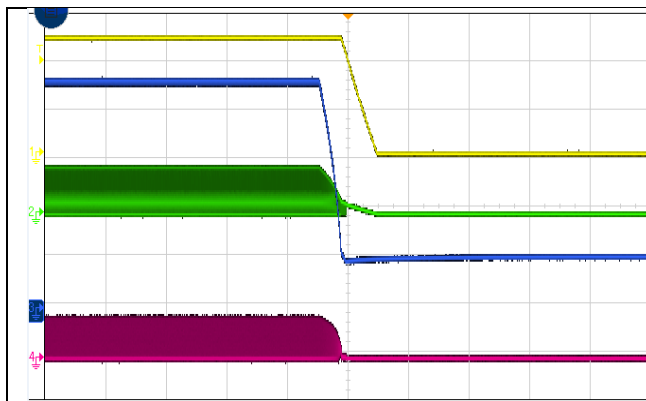
图. 13 掉电波形, Iout =6A



CH1:Vout CH2:SW CH3:Vin CH4:I

Vin=24V Vout=12V

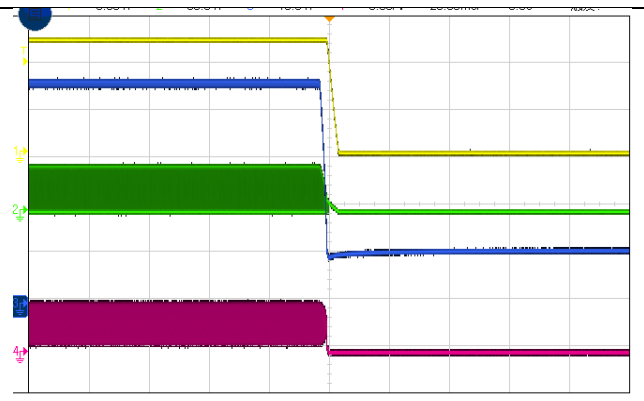
图. 14 掉电波形, Iout =20A



CH1:Vout CH2:SW CH3:Vin CH4:IL

Vin=48V Vout=12V

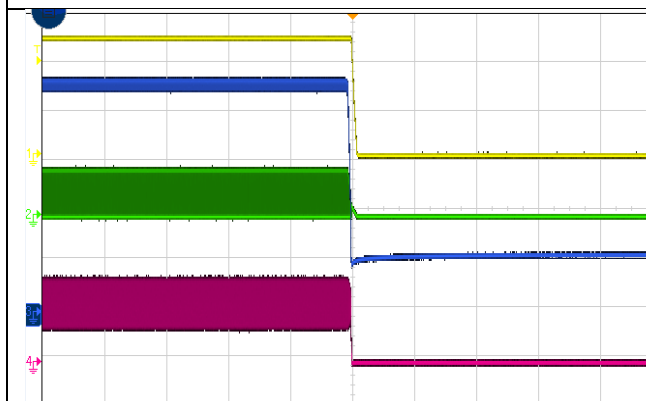
图. 15 掉电波形, Iout =1A



CH1:Vout CH2:SW CH3:Vin CH4:IL

Vin=48V Vout=12V

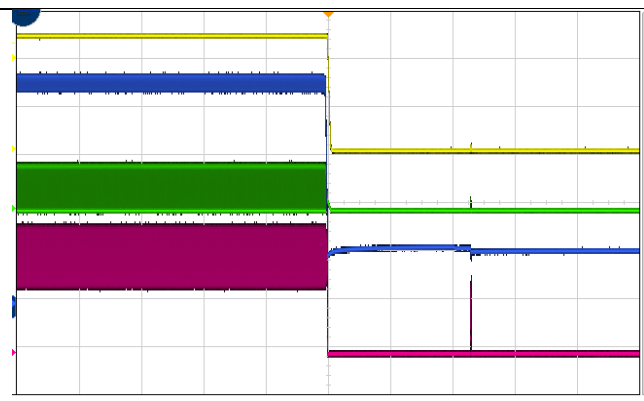
图. 16 掉电波形, Iout =3A



CH1:Vout CH2:SW CH3:Vin CH4:IL

Vin=48V Vout=12V

图. 17 掉电波形, Iout =6A



CH1:Vout CH2:SW CH3:Vin CH4:IL

Vin=24V Vout=12V

图. 18 掉电波形, Iout =20A



8 详细说明

8.1 概述

TX41601 是一款高压 PWM 控制器，专为输入电压高达 100V 的高性能同步降压 DC/DC 应用而设计。

TX41601在中到重负载电流下采用自适应恒定导通时间峰值电流模式控制，在轻负载电流下工作在PFM模式。通过这种控制方案，TX41601 以最小的输出电容器提供出色的线路和负载瞬态响应。外部环路补偿为使用更广泛的电感器和输出电容器组合带来了灵活性。

TX41601 支持高达 500kHz 的可调开关频率。该器件通过 200ms 过载定时器实现用户可编程的逐周期电流限制，以保护器件免受热失控。如果触发过载条件，这部分将停止切换，直到 EN 切换。该器件还实现了用户可编程的过压锁定保护和过温保护，以确保可靠运行。

8.2 功能框图

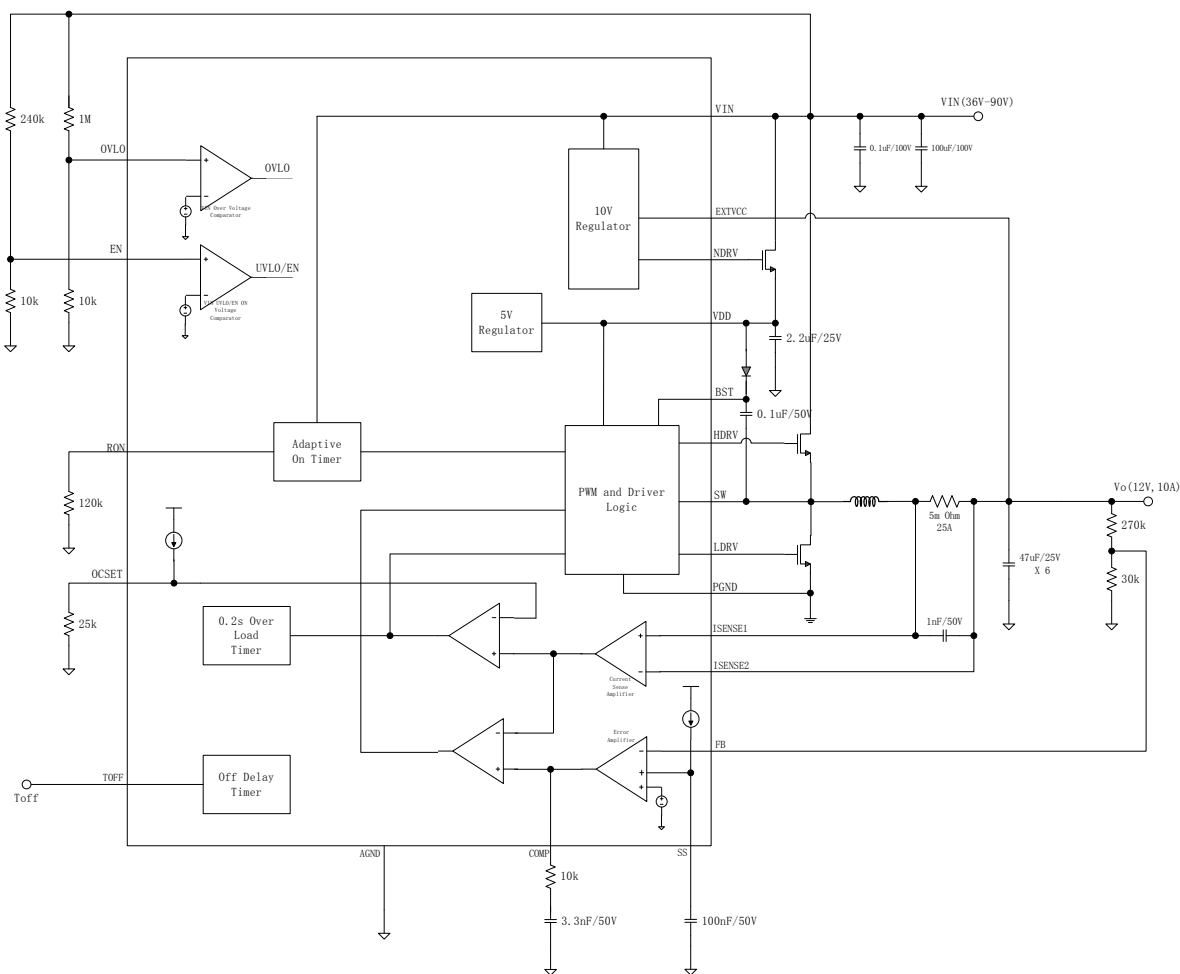


Fig. 19 功能框图



8.3 功能描述

8.3.1 使能和过压锁定

当 EN 引脚被拉高到 1.2V 以上时，这部分被启用。当 EN 引脚被拉至低于 1.0V 时，这部分进入关断模式并停止工作。

当 OVLO 引脚被拉高到 1.2V 以上时，TX41601 被禁用，即使 OVLO 低于 1.0V，它也不会恢复开关，除非 EN 被触发。

8.3.2 欠压锁定

当输入电压低于 5.85V 或 VDD 低于 7.33V 时，该控制器停止开关。当输入电压大于 6.5V 且 VDD 大于 8V 时恢复工作。

8.3.3 逐周期电流限制和过载保护

TX41601 提供逐周期电流限制，以在工作和关断期间保护功率 MOSFET。一旦开启占空比电流限制被触发或延长关闭占空比直到电感电流低于关闭占空比电流限制，它将立即关闭高端 MOSFET。如果过流情况持续超过 200 毫秒，则会触发打嗝保护。16 次软启动程序后恢复切换。

8.3.4 可编程开关频率

该控制器具有范围从 50kHz 到 500kHz 的可编程开关频率。RON 设定的频率计算如下：

$$F_{SW} = \frac{V_{OUT}}{R_{ON} (k\Omega) \times 0.5} (\text{MHz}) \quad (1)$$

8.3.5 误差放大器

TX41601 具有跨导放大器，并将反馈电压与内部参考电压（或启动阶段的内部软启动电压）进行比较。误差放大器的跨导通常为 3 mA/V。环路补偿元件需要放置在 COMP 端和地之间，以平衡环路稳定性和瞬态响应时间。

8.3.6 VDD 稳压器

TX41601 包含两个 VDD 稳压器，为低侧栅极驱动器和自举高侧栅极驱动器提供电源。一种是 NDRV 稳压器，它将 VDD 调节到 9.5V。另一个是由 EXTVCC 供电的 10V 低压差 LDO，其电流限制为 60mA。如果未使用 NDRV 稳压器，则应评估 VDD 负载电流。

8.3.7 自举电压 (BST)

TX41601 具有集成自举稳压器，需要在 BST 引脚和 SW 引脚之间使用一个小型陶瓷电容器来为高端 FET 提供栅极驱动电压。当 BST-SW 电压低于规定值时，对自举电容器充电。该陶瓷电容器的值应高于 100 nF。推荐使用具有 25 V 或更高额定电压的 X7R 或 X5R 级电介质的陶瓷电容器，因为它具有随温度和直流偏置电压的稳定特性。

8.3.8 热关断

实施热关断以防止由于过多的热量和功率耗散而造成损坏。通常，热关断发生在结温超过 150°C 时。当触发热关断时，器件停止开关并在结温降至 130°C 以下时恢复。



9 应用与实施

9.1 设置开关频率

TX41601 的开关频率可以按照公式 1 进行编程。对于 200 kHz 的目标开关频率，计算值为 120 kΩ。

9.2 设置输出电流限制

TX41601 的逐周期电流限制由 OCSET 和 AGND 之间的 Rocset 和与电感串联的检测电阻 Rsns 组合配置。

逐周期电流限制确定如下：

$$I_{LIML} = \frac{2.4}{R_{OCSET} (k\Omega) \times R_{SNS} (\Omega)} (A) \quad (2)$$

9.3 设置输出电压

选择 R1 和 R2 以设置合适的输出电压。为了尽量减少轻负载下的功耗，最好为 R1 和 R2 选择较大的电阻值。建议两个电阻的值都在 10k 和 1M 之间。如果选择 R1=200k，则 R2 可以计算为：

$$V_{OUT} = V_{FB} \times \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \quad (3)$$

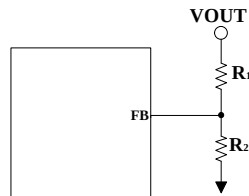


Fig. 20

9.4 选择电感

1) 选择电感以提供所需的纹波电流。建议选择纹波电流为最大平均输入电流的 40% 左右。电感计算如下：

$$L = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \times \frac{V_{IN} - V_{OUT}}{0.4 \times F_{SW} \times I_{OUT_MAX}} \quad (4)$$

其中 F_{SW} 是开关频率， I_{OUT_MAX} 是最大负载电流。

TX41601 对纹波电流变化不太敏感。因此，电感的最终选择可能会略微偏离计算值，而不会显著影响性能。

2) 必须选择电感的饱和电流额定值，以保证在满载条件下对峰值电感电流有足够的裕度。

3) 电感的 DCR 和开关频率下的磁芯损耗必须足够低才能达到所需的效率要求。最好选择 DCR<10mohm 的电感，以获得良好的整体效率。



9.5 选择输出电容器

选择输出电容器来处理输出纹波噪声要求。选择这些电容器时，必须同时考虑稳态纹波和瞬态要求。为获得最佳性能，建议使用 X5R 或更高等级的陶瓷电容。

9.6 选择输入电容器

多层陶瓷电容器是降压转换器输入去耦的绝佳选择，因为它们具有极低的 ESR 和小尺寸。输入电容器应尽可能靠近器件。虽然 10 μ F 输入电容对于大多数应用来说已经足够了，但可以使用更大的电容值来降低输入电流纹波。

仅使用陶瓷输入电容器时要小心。当在输入端使用陶瓷电容器并且通过长电线供电时，例如来自壁式适配器，输出端的负载阶跃会在 VIN 引脚引起振铃。这种振铃可以耦合到输出，并被误认为是环路不稳定，甚至可能损坏部件。在这种情况下，额外的“大容量”电容（电解电容或钽电容）应放置在 CIN 和电源引线之间，以减少电源引线电感和 CIN 之间可能发生的振铃。

9.7 选择自举电容器

BST 和 SW 引脚之间的自举电容器提供栅极电流，在每个周期的导通期间为高侧 FET 器件栅极充电，并且还作为自举电容器提供电荷。自举电容的推荐值为 0.1 μ F 至 1 μ F。CBST 应该是位于器件引脚处的优质、低 ESR 陶瓷电容器，以最大限度地减少由走线电感引起的潜在破坏性电压瞬变。本设计示例选择了 0.1 μ F 的值。

9.8 选择 VDD 电容器

VDD 电容的主要用途是为驱动器和自举电容提供峰值瞬态电流，并为 VDD 稳压器提供稳定性。CVDD 的值至少应比 CBST 的值大 10 倍，并且应该是质量好的、低 ESR 的陶瓷电容器。CVDD 应靠近 IC 的引脚放置，以最大限度地减少由走线电感引起的潜在破坏性电压瞬变。本设计示例选择了 4.7 μ F 的值。

9.9 选择 MOSFET

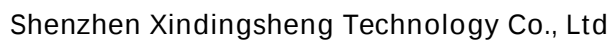
MOSFET 选择的重要参数是：

- 额定电压
- 导通电阻
- 总栅极电荷

高端和低端 MOSFET 的额定电压基本上等于功率级输入电压 VIN。应将 30% 的安全系数添加到 VIN(MAX)。

9.10 设计实例

图 1 是 36 至 90V 输入的典型应用原理图
输出 12V 输出转换器。



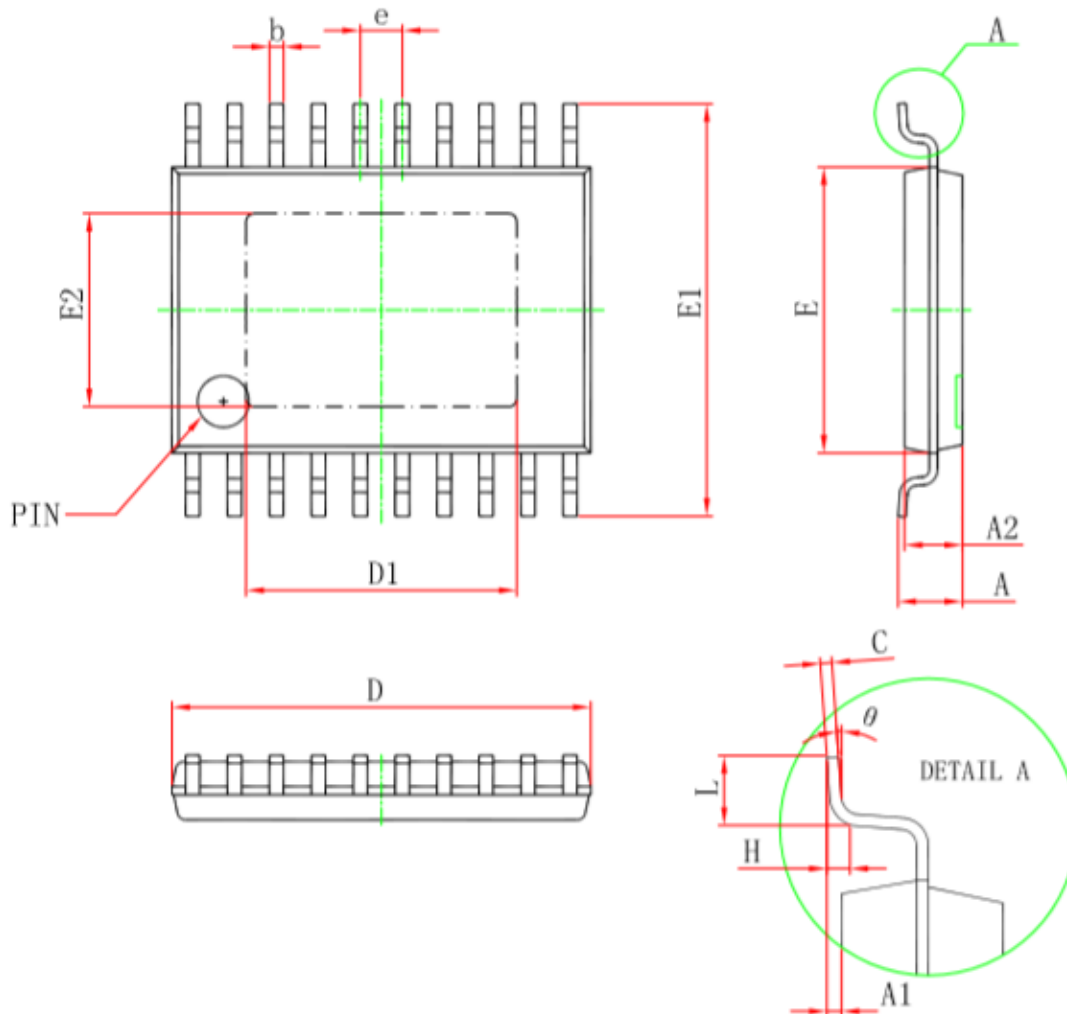
The figure displays two PCB layout designs for a power converter. The left image shows a red PCB layout with yellow traces, labeled with component values and pin numbers. The right image shows a blue PCB layout with yellow traces, featuring large circular and rectangular copper pours for thermal management.

图23. 底部铺设



11 包装信息

TSSOP20/PP PACKAGE OUTLINE DIMENSIONS



Symbol	Dimensions In Millimeters		Dimensions In Inches	
	Min	Max	Min	Max
D	6.400	6.600	0.252	0.259
D1	4.100	4.300	0.165	0.169
E	4.300	4.500	0.169	0.177
b	0.190	0.300	0.007	0.012
c	0.090	0.200	0.004	0.008
E1	6.250	6.550	0.246	0.258
E2	2.900	3.100	0.114	0.122
A		1.100		0.043
A2	0.800	1.000	0.031	0.039
A1	0.020	0.150	0.001	0.006
e	0.65 (BSC)		0.026 (BSC)	
L	0.500	0.700	0.02	0.028
H	0.25(TYP)		0.01(TYP)	
e	1°	7°	1°	7°