

1. 产品介绍

MX26631DL是一款耐压60V的电子保险丝，具有完整的保护功能，包括：过压、欠压、过流、短路、过温保护等。另外MX26631DL具有非常多的扩展功能，FLT引脚的错误信号输出、PGOOD引脚的输出电压建立指示、IMON引脚的主回路电流监测、dvdt引脚的可编程软起动时间以及ILIM引脚的可编程过流保护等。最大电流可以达到5A，在工控、安防、无人机、筛选机、机器人等多个领域具有广泛的应用。

另外，MX26631DL通过了IEC62368的功能安全测试，IECEE证书编号：DK-148984-UL。

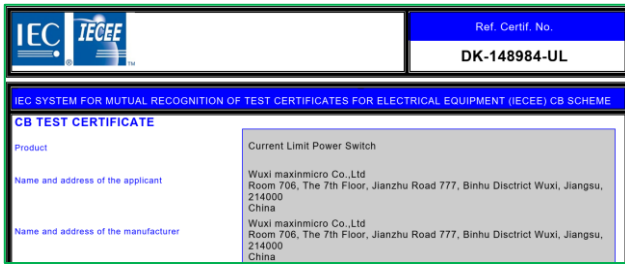


图1 IECEE安全证书编号



图2 UL认证证书编号

2. 评估版工作条件

输入电压：12-32V

最大持续电流：4A

输入过压设置：34-36V；输入欠压点设置：7-9V

输出过流点设置：4.25A-4.70A

工作环境温度范围：0°C to 45°C

评估版尺寸：76.8*49.7mm

3. 评估版实物

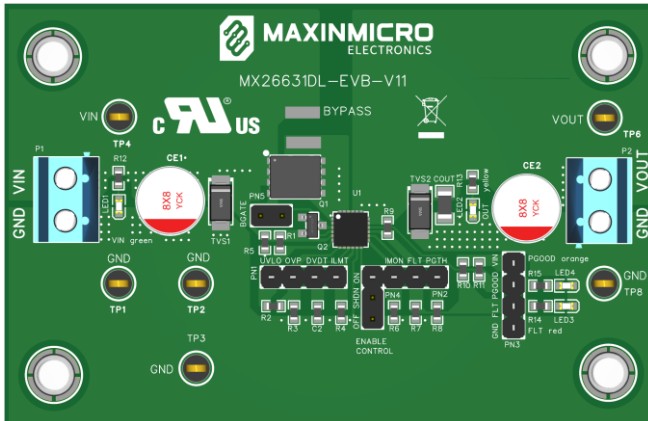


图3 评估板3D图正面

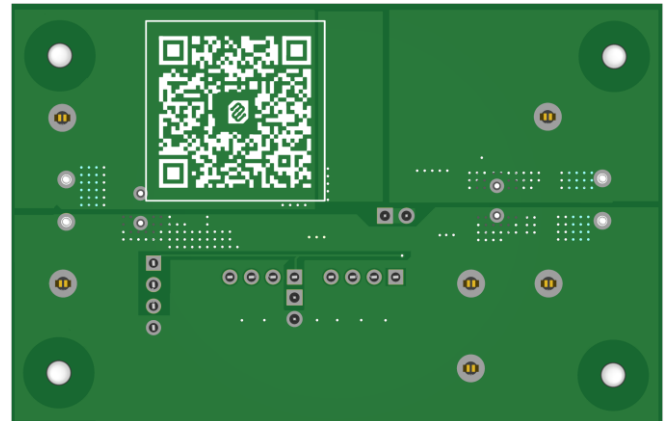


图4 评估板3D图背面

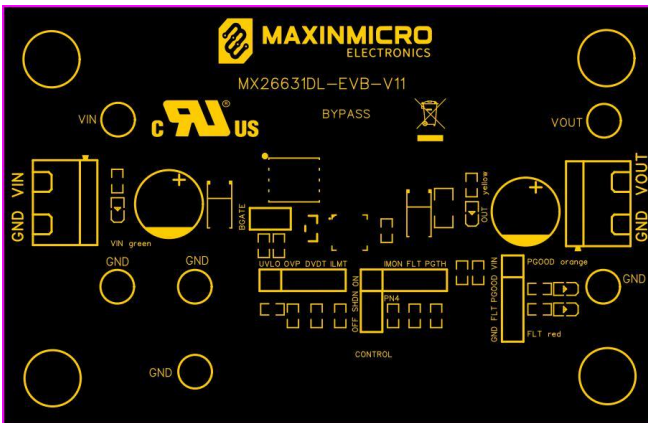


图5 评估版顶层丝印图



图6 评估版底层丝印图

4. 评估版原理图

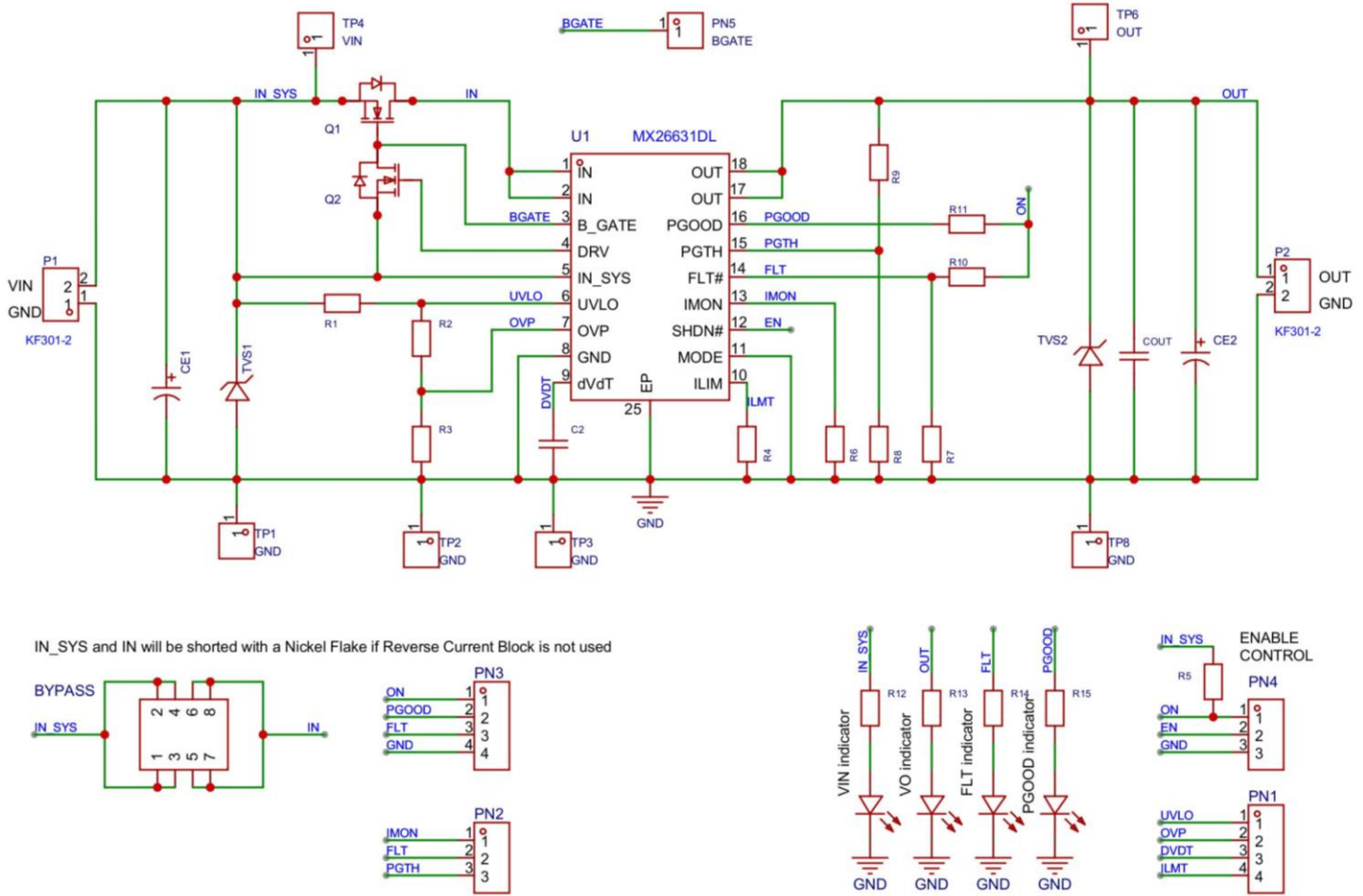


图7 评估版原理图

5. 评估版BOM表

Designator	Footprint	Value/Parameter	Quantity	Supplier
R1	SMT-0603	240kohm-0603-1%	1	YAGEO
R2	SMT-0603	33kohm-0603-1%	1	YAGEO
R3/R4/R5/R10/R11/R14/R15	SMT-0603	10kohm-0603-1%	7	YAGEO
R6	SMT-0603	51kohm-0603-1%	1	YAGEO
R7/R8	SMT-0603	No Connect	2	
R9	SMT-0603	150kohm-0603-1%	1	YAGEO
R12/R13	SMT-0603	24kohm-0603-1%	2	YAGEO
COU1	SMT-1206	1uF/100V-1206-X7R	1	MURATA
C2	SMT-0603	10nF/50V-0603-X7R	1	MURATA
CE1/CE2	D8*12mm	50V100uF-D8*12mm	2	AISHI
LED1	SMT-0603	LED-GREEN	1	NATIONSTAR
LED2	SMT-0603	LED-YELLOW	1	NATIONSTAR
LED3	SMT-0603	LED-RED	1	NATIONSTAR
LED4	SMT-0603	LED-ORANGE	1	NATIONSTAR
TVS1/TVS2	SMT-SMA	SZ1SMA36CAT3G	2	LITTELFUSE
U1	QFN44-24L	MX26631DL-EFUSE	1	MAXIN MICRO
Q1	DFN5*6L	No Connect	0	
Q2	SOT23-3L	2N7002K-60V300mA	1	VISHAY
TP1/TP2/TP3/TP4/TP6/TP8	Test point	RH5001-Black-Nylon	6	RH
P1/P2	IN/OUT	KF301-2P-5.0	2	KEFA
PN1/PN3	P=2.54-4pin	HDGCPH-PZ01-04	2	HD
PN2/PN4	P=2.54-3pin	HDGCPH-PZ01-03	2	HD
PN5	P=2.54-2pin	HDGCPH-PZ01-02	1	HD
BYPASS	NICKEL	NICKEL-4*4mm-0.3mm	1	LC

5. 功能介绍

5.1 UVLO和OVP的设置

MX26631DL具有输入过压和欠压保护功能，OVP过压保护点为1.23V典型值，退出过压保护点为1.17V典型值；UVLO欠压保护点为1.17V典型值，退出欠压保护点为1.21V典型值。通过分压电阻可以设置系统的过压保护点和欠压保护点。下面介绍几种典型的设置方案，其中需要注意的一点是当UVLO接地时，输出欠压电压微典型值15.5V。

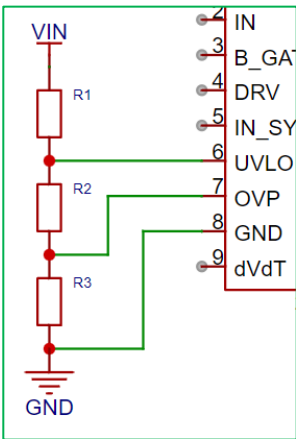


图8 三电阻联动配置

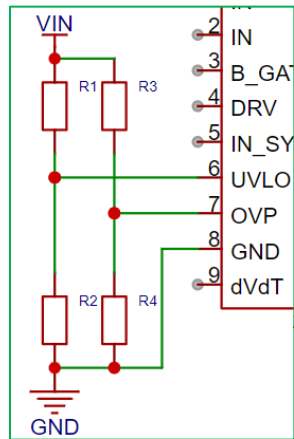


图9 四电阻单独配置

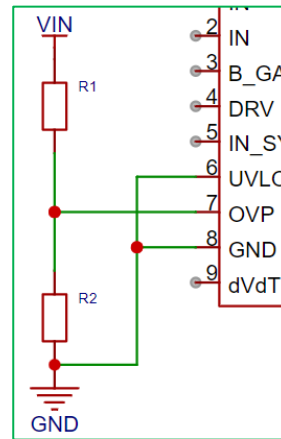


图10 默认欠压配置

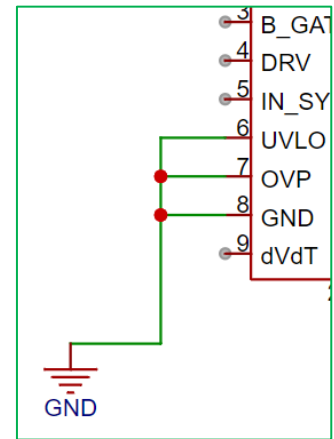


图11 默认欠压、无过压

配置方式	OVP电压	UVP电压	备注
图8	$\frac{R_3}{R_1 + R_2 + R_3} \times V_{OVP} = 1.23V(\text{典型值})$	$\frac{R_3 + R_2}{R_1 + R_2 + R_3} \times V_{UVLO} = 1.17V(\text{典型值})$	先固定R3
图9	$\frac{R_4}{R_4 + R_3} \times V_{OVP} = 1.23V(\text{典型值})$	$\frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_{UVLO} = 1.17V(\text{典型值})$	
图10	$\frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_{OVP} = 1.23(\text{典型值})$	15.5V典型值	
图11	无OVP	15.5V 典型值	

在当前的评估板，过压和欠压点的设置按照图8方式进行，其中过压点的典型值是35V；欠压点的典型值是8V。当系统触发过压或欠压时，内部的开关管断开，FLT拉低，FLT的指示灯LED熄灭。同样的，作为输出电压指示的PGOOD也会拉低，PGOOD的指示灯LED4熄灭。

图12是OVP保护之后FLT拉低的波形；图13是欠压保护时FLT拉低的波形。

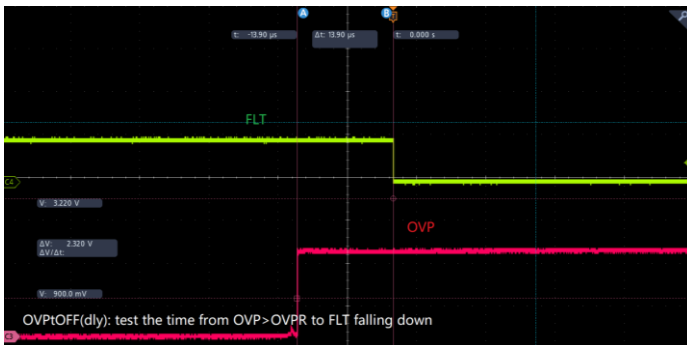


图12 过压保护后经过13.9μs后FLT变低

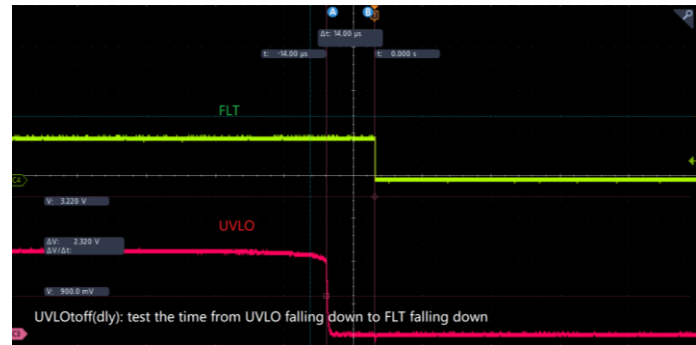


图13 欠压保护后经过14μs后FLT变低

5.2 外部dVdT软起动时间设置

dVdT引脚通过外接电容对地实现输出的软起动功能，主要通过控制内部MOSFET的GATE电压跟随dVdT的电压缓慢上升，实现软起动功能。当dVdT引脚悬空时，软起动时间最快约为200mV/μs的上升斜率。当dVdT外接电容时，输出电压的软起动时间可以用下式计算：

$$C_{dVdT} \times V_{dVdT} = I_{dVdT} \times T_{SST} \rightarrow T_{SST} = \frac{C_{dVdT} \times V_{dVdT}}{2.0\mu A} = \frac{C_{dVdT} \times V_{IN}}{25 \times 2.0\mu A} = 20 \times 10^3 \times C_{dVdT} \times V_{IN}$$

其中， $V_{IN}=V_{OUT} \approx 25V_{dVdT}$ ，dVdT引脚流出的电流 I_{dVdT} 约为2.0μA。

在当前的评估板中，dVdT的电容设置微10nF，其dVdT的软起动时间约为4.28ms（理论计算为4.8ms）。图14是输入电压为24V，采用10nF时测试的软起动时间。

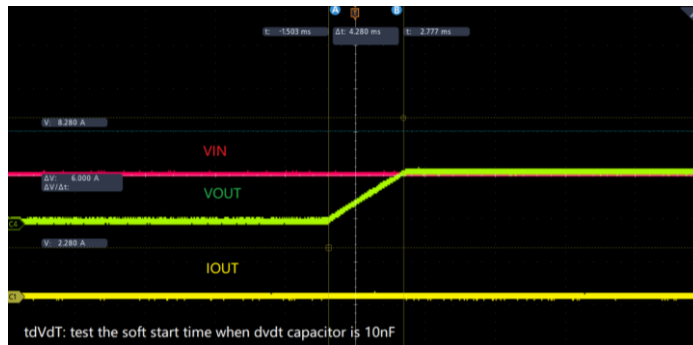


图14 软起动时间测试

5.3 ILIM设置

ILIM通过外接电阻对地实现输出过流保护的功能。随着设置过流点的增大，其过流点的精度越高，当过流点设置为5-6A时，其过流点精度约为±8%左右。由于过流点设置并不具有很强的线性关系，用户可以根据过流点的需求，通过以下三个公式进行外置ILIM电阻的选择。

$$I_{OL} = \frac{42}{R_{ILMT}} \times 10^3 (A) \text{ 当 } 25k \leq R_{ILMT} \leq 75k;$$

$$I_{OL} = \frac{40}{R_{ILMT}} \times 10^3 (A) \text{ 当 } 10k < R_{ILMT} < 25k;$$

$$I_{OL} = \frac{37}{R_{ILMT}} \times 10^3 (A) \text{ 当 } 5.1k \leq R_{ILMT} \leq 10k.$$

在当前的评估板中，ILIM电阻为10kohm，其过流点在4A左右，过流之后，电路内部通过调整GATE，内部MOS会热量积累，达到芯片的热保护后，芯片关断，经过600ms左右系统重启。在此需要注意的是输出端建议增加电解电容，目的是当输出过流后，输出会快速下降，在芯片没有进入热保护之前，输出电流低于了过流保护点，出现系统反复重启的现象。图15是过流后进入热保护的重启现象。如果用户不需要过流保护，那么可以将ILMT引脚接地，MODE引脚连接到SHDN，这样可以工作于更大的电流，知道芯片内阻发热导致过温保护关断。

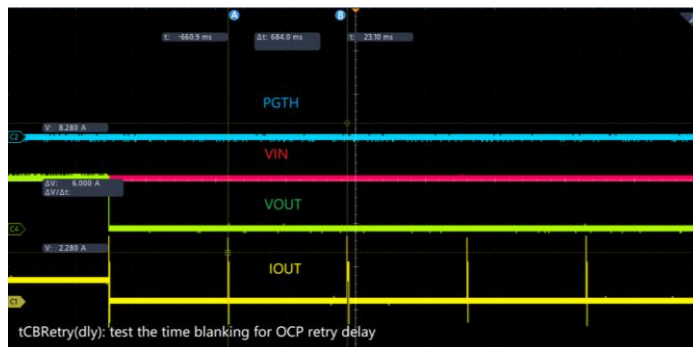


图15 过流保护重启波形

5.4 MODE和SHDN设置

MODE脚用于选择短路保护功能，MODE接地（<1.2V典型值），则输出短路保护功能被使能。如果MODE悬空输出短路保护功能被关闭，建议客户直接做MODE接地处理。当用户不需要过流保护，可以设置MODE接SHDN，ILIM接地。

SHDN用于控制系统的使能，当SHDN大于2V时，系统开始工作，而且要经过dVdT软起动过程；如果要关断系统输出，SHDN要小于0.8V，且SHDN要有10μA以上的拉电流和灌电流的能力。当系统关断后，待机电流为25μA左右。另外当SHDN不用时，可以讲SHDN引脚悬空，系统默认其为高电平。

在当前的评估板中，MODE接地，SHDN通过排针短接帽，可以接输入，实现常开；可以接地，实现长关；也可以通过杜邦线连接至外部的控制逻辑信号。

5.5 IMON引脚说明

IMON可以通过外接电阻对地进行主回路电流的检测。IMON引脚流出的电流与主电流的关系为19μA~29μA/A，由于是电流镜倍数较高，其精度相对较差，可简单进行主回路电流的判断。

$$V_{IMON} = GAIN_{IMON} \times I_{OUT} \times R_{IMON}$$

其中GAIN_{IMON}为IMON引脚电流与主电流的关系，典型值为24μA/A，I_{OUT}为主回路电流，R_{IMON}为IMON脚外置电阻的阻值（单位为ohm）。

5.6 FLT引脚说明

FLT内部设置为开漏输出，用于发送信号给主控设备，当系统发生过压、过流、短路以及反向关断保护时，FLT引脚会将内部MOS打开，让引脚处于下拉状态，对主控设备呈现为低电平。

在当前的评估板中，FLT通过电阻上拉到输入，并在FLT对地加了用于指示的LED灯珠，当系统正常时，指示灯处于常亮状态，当系统处于保护时，FLT下拉，LED指示灯将会根据不同的保护模式，显示为熄灭或者闪烁状态。图16到图19分别是系统处于过压、欠压、过流和倒灌保护时FLT的波形。

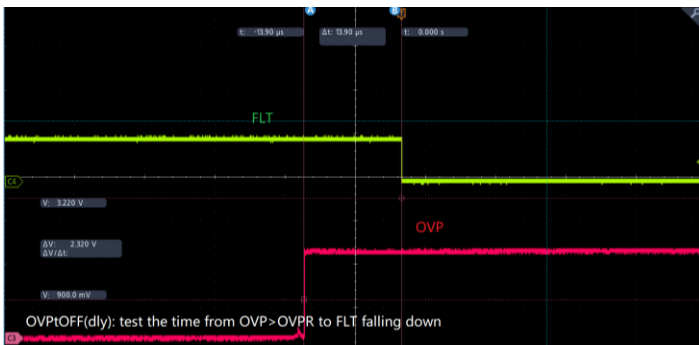


图16 过压保护时的FLT波形

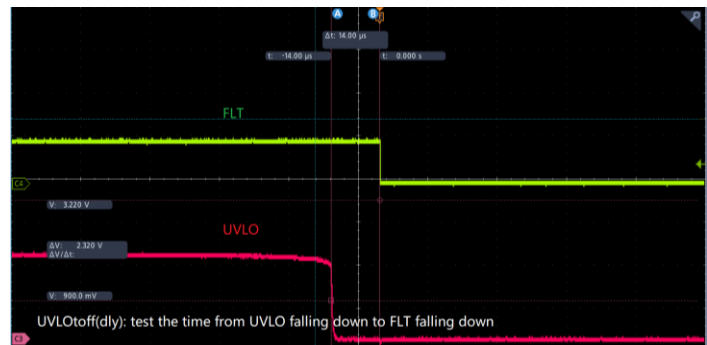


图17 欠压保护时的FLT波形

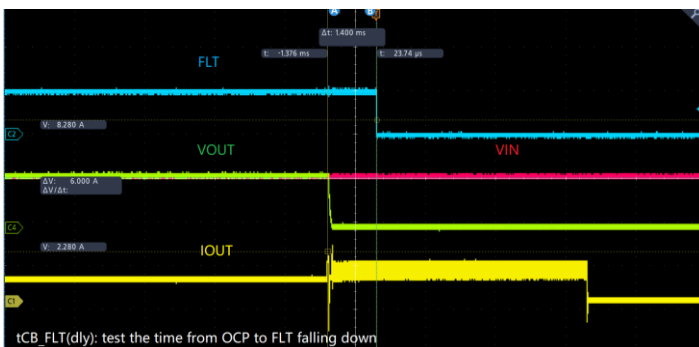


图18 过流保护时的FLT波形

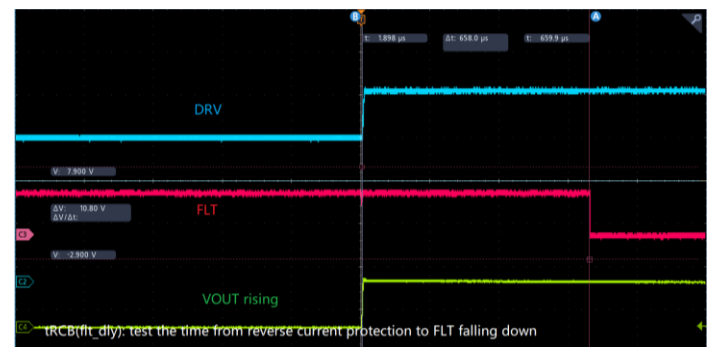


图19 倒灌保护时的FLT波形

5.7 PGTH和PGOOD引脚设置

PGOOD引脚用于给后级电路或主控电路提供状态指示信号，告知其他电路主回路的状态正常后开启后级电路；而PGTH则用于设置状态OK的阈值，此处PGOOD是开漏状态，需要外加上拉电阻。VOUT通过分压电阻连接到PGTH，输出上升时，PGTH跟随上升，当PGTH达到VPGTHR (1.24V典型值) 后，PGOOD上拉输出为高电平，此时后级电路工作；当出现保护或者断电后，VOUT下降，PGTH跟随下降，当PGTH下降到VPGTHF (1.15V典型值) 时，PGOOD上拉输出低电平，后级电路停止工作。

在当前的评估板中，PGTH没有分压，而是通过电阻直接上拉到输出电压，也就是不管输出电压为多少，只要超过1.24V，那么在正常工作时，PGOOD处于高电平状态。图20和图21是PGOOD跟随PGTH的波形。

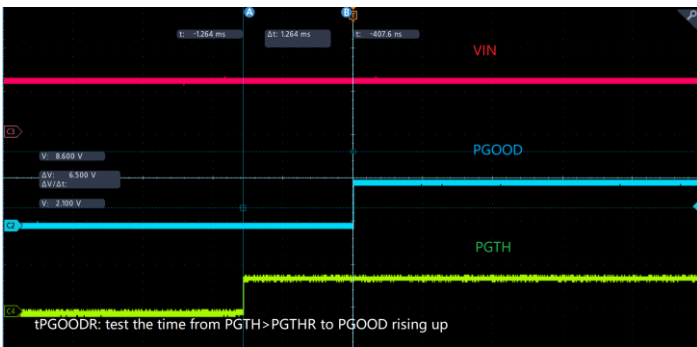


图20 PGOOD跟随PGTH上升沿的波形

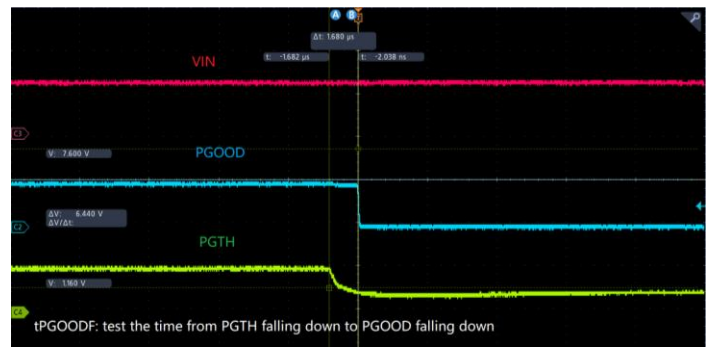


图21 PGOOD跟随PGTH下降沿的波形

另外，在PGTH电压处于不同位置时，其欠压保护和过压保护恢复的时间是不同的。如果系统进入欠压或者过压保护后关断，且进入恢复状态时，如果此时PGTH > PGTHF，那么系统启动的时候要快很多。下图22-图25对应过压欠压在不同PGTH电压下的恢复时间。

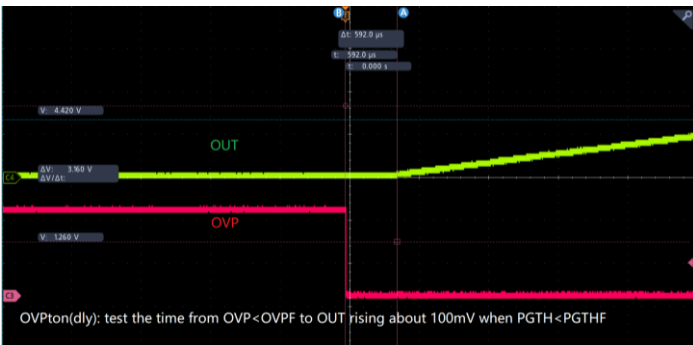


图22 PGTH < PGTHF时，OVP恢复时间

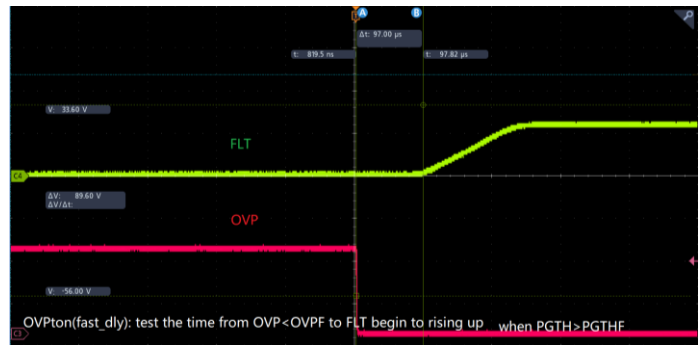


图23 PGTH > PGTHF时，OVP恢复时间

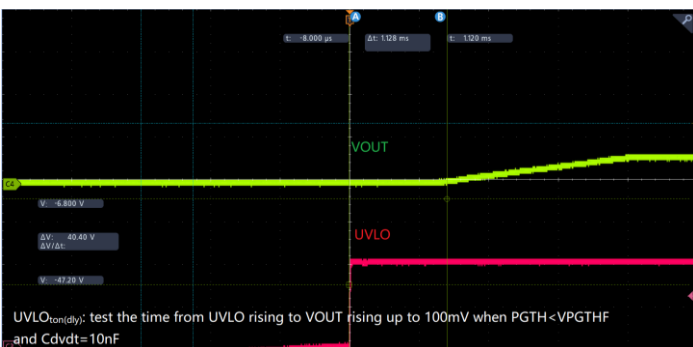


图24 PGTH < PGTHF时，UVLO恢复时间

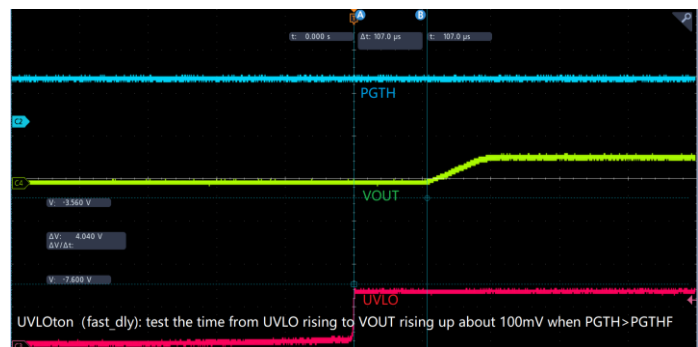


图25 PGTH > PGTHF时，UVLO恢复时间

5.8 电流倒灌保护

MX26631DL可以通过外部串联NMOSFET实现电流倒灌保护，防止输入端故障，或者输出端冲高导致的电流倒灌现象。如图7原理图中所示，Q1为外部串联的反向NMOSFET，用于阻断倒灌电流，其耐压规格需要大于可能出现的最大倒灌电压，内阻要满足所需要的5A最大通流能力。

另外，当外部Q1的结电容较大时，由于MX26631DL的3脚灌电流能力优先，其反向关断时的速度会有影响，此时可以配合4脚DRV驱动外部的Q2将Q1的GATE快速下拉。Q2的选择主要以耐压为主，其电流能力不需要特别突出。

如果用户不需要反向电流关断功能，那么可以通过短接片，将BYPASS处短路，如镍片或者铜片即可。此时MX26631DL的3脚BGATE和4脚DRV可以处于悬空状态。在当前的评估板中，Q1位置被短路，用户可以自行添加NMOSFET在Q1的位置进行电流倒灌保护功能的测试。如图26为输出电压瞬间高于输出电压时，快速关断MOS管Q2（DRV）被打开的过程。

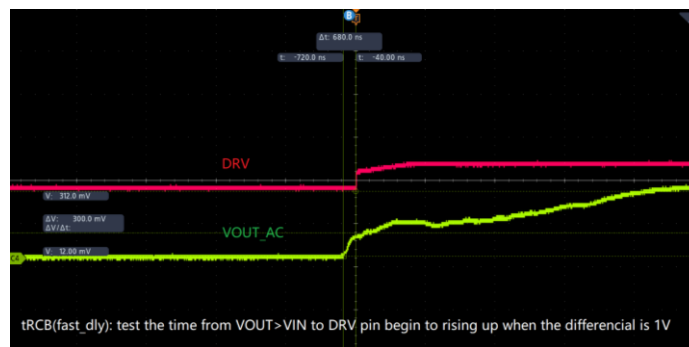


图26 输出电压高于输入电压关断波形

5.9 短路保护功能

MX26631DL集成了快速短路保护功能，当系统检测到电流超过快速关断阈值电流，将不会经过内部GATE的调节过程，而是直接将内部MOSFET关断，如下图27所示。

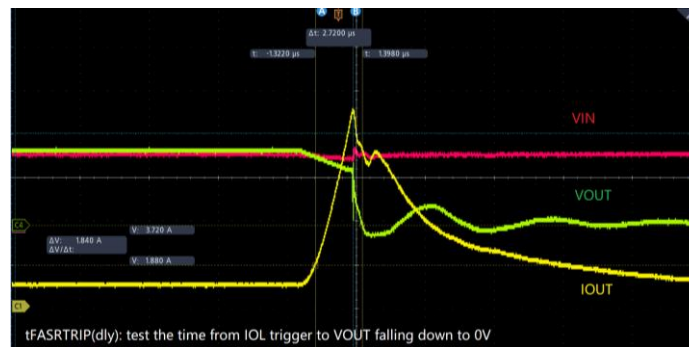


图27 短路后快速关断波形

5.10 温升测试数据

MX26631DL推荐的最大通流能力为5A，如果用户需要更大的电流，那么可以尝试将与MX26631DL连接的焊盘加大，或者铺铜的走线增加为2盎司，针对当前的评估板在环温20°C的开放环境进行测试，其不同电流下的温升数据如下：

负载电流	3A	4A	5A
环境温度	20.1°C	20.3°C	20.3°C
芯片表面温度	47.2°C	74.2°C	112.9°C
温升	27.1°C	53.9°C	92.6°C

6. 测试设备记录

当前评估板测试设备记录如下：

设备名称	型号	品牌	校准
可编程直流源	IT6953A	ITECH	YES
可编程直流源	DP832	RIGOL	YES
电子负载	IT8512A+	ITECH	YES
示波器	MDO3034	Tektronix	YES
电流探头	TCP0020	Tektronix	YES
红外测温仪	H11PRO+	HIKVISION	YES
万用表	F15B	FLUKE	YES