

英飞凌LITIX™ 功率 TLD6098-2ES

英飞凌车规级多拓扑双通道DC-DC控制器

特性

- 双通道器件
- 宽输入电压（高达 58 V）和输出电压范围（高达 70 V）
- 开关频率范围为 100 kHz 至 500 kHz，与外部时钟源同步为 2.2 MHz
- EMC 优化器件
- 模拟可调节输入
- 过压、对地短路、过流、开路反馈和过温诊断输出
- 用于调光和保护的 PMOS 栅极驱动器，具有增强的调光功能
- LED 电流精度 $\pm 3.5\%$



Product type	Package	Marking
TLD6098-2ES	PG-TSDSO-24	TLD6098-2

潜在应用

- LED 驱动器适用于：前灯模块、尾灯模块、内饰灯
- 电压调节器

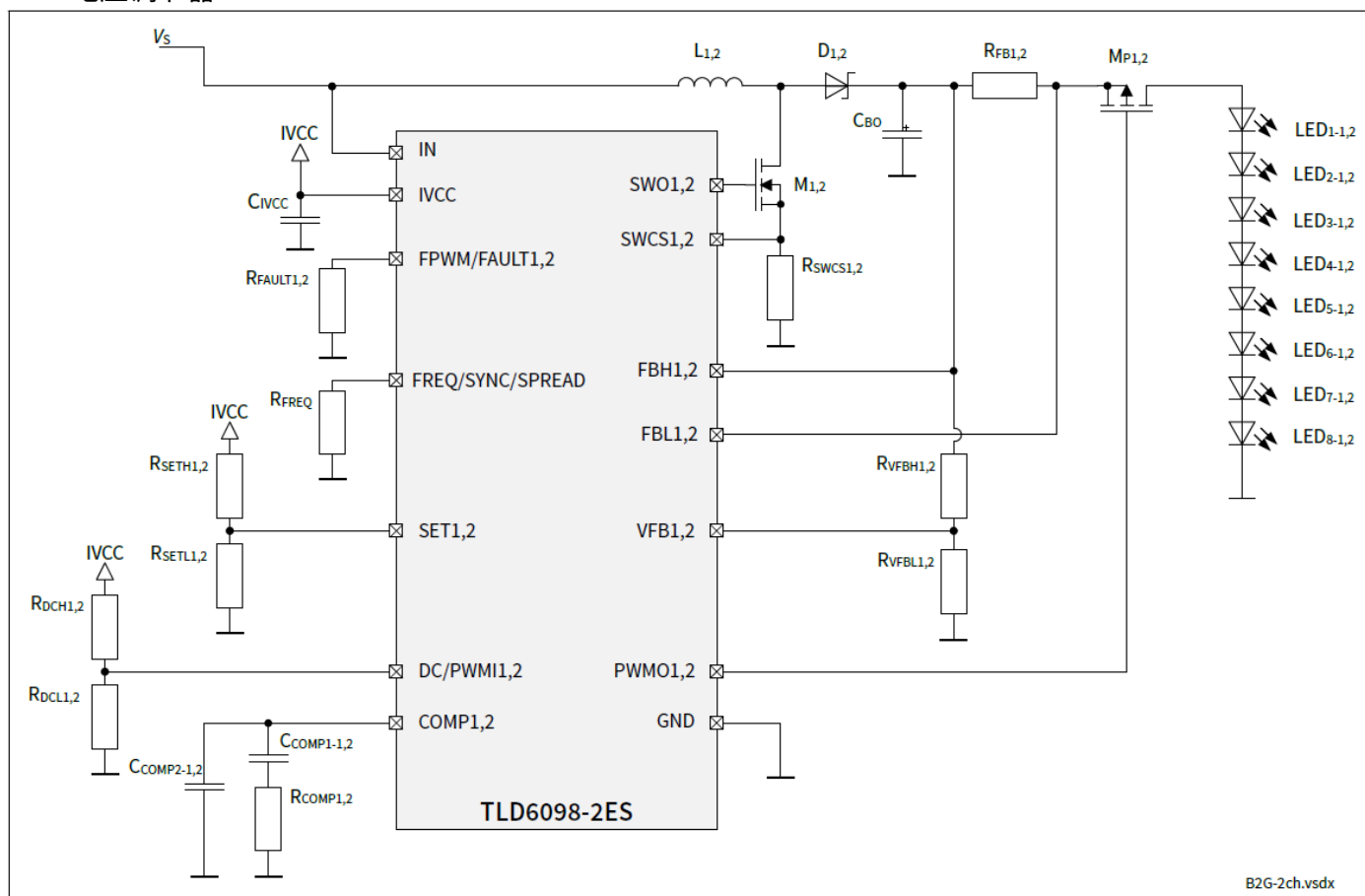


Figure 1 Application diagram

本数据手册的原文使用英文撰写。为方便起见，英飞凌提供了译文；由于翻译过程中可能使用了自动化工具，英飞凌不保证译文的准确性。为确认准确性，请务必访问 infineon.com 参考最新的英文版本（控制文档）。

TLD6098-2ES 描述

TLD6098-2ES是一款双通道多拓扑 DC/DC 控制器，专为LED应用而设计，具有内置保护功能，以实现紧凑的 LED 驱动器。

双通道产生的输出电流是独立的，它们通过峰值电流控制环路来进行调节。内部斜率补偿被用于避免在高占空比（例如高于50%）下发生次谐振振荡。

在整个工作温度范围内，电流精度优于3.5%（未使用模拟调光情况下）。轨到轨电流采样放大器为拓扑选择提供了灵活性，可以为超过 20 个白光LED（输出电压高达 70 V）的LED组串式供电。

通过使用外部电阻，开关频率从100 kHz调整到500 kHz可调。还可以与外部时钟同步。该器件还集成了一个展频调制器，以便于满足电磁辐射标准。

TLD6098-2ES 的每个通道都可以驱动外部 PMOS，用于调光和保护。

为此，TLD6098-2ES 的每个通道都集成了一个由 DC/PWM1,2 引脚上的模拟电压控制的 PWM 生成器。生成的 PWM 信号的占空比可在 0 至 100% 范围内调节，分辨率为 10 位，频率范围可在 150 Hz 至 750 Hz 范围内编程。在同一个DC/PWM1,2引脚上也可以使用数字PWM信号。

产品验证

汽车应用认证。产品依据AEC-Q100进行验证。

Table of contents

目录

	目录.....	3
1	框图.....	5
2	引脚配置.....	6
3	通用产品特性.....	9
3.1	绝对最大 额定值.....	9
3.2	工作范围.....	11
3.3	热阻抗.....	11
4	开关调节器.....	13
4.1	软启动.....	13
4.2	电气特性.....	16
5	线性调节器.....	19
5.1	外部开关MOSFET的欠压保护.....	
5.2	电气特性.....	20
6	开关 频率设置和同步.....	22
6.1	开关 频率设置和 外部电阻器.....	22
6.1.1	电气特征.....	23
6.1.2	展频.....	23
6.1.2.1	电气特性.....	24
6.2	与外部时钟同步（低频模式）.....	24
6.2.1	电气特性.....	25
6.3	与外部时钟同步（高频范围）.....	25
7	模拟输出调整.....	26
7.1	电气特性.....	26
8	调光功能.....	28
8.1	电气特性.....	28
8.2	数字PWM调光.....	二29
8.2.1	电气特性.....	30
8.3	内置PWM引擎.....	30
8.3.1	电气特性.....	33
9	保护措施 和故障管理.....	34
9.1	电气特性.....	34
9.2	对地短路.....	34
9.2.1	电气特性.....	35
9.3	输出过压和电压调节.....	36
9.3.1	电气特性.....	37
9.4	FBH引脚的过压.....	37
9.4.1	电气特性.....	39

Table of contents

9.5	输出过流.....	40
9.5.1	电气特性.....	43
9.6	过温.....	43
9.6.1	电气特性.....	44
10	应用信息	45
11	封装	49
12	修订历史	50
	免责声明	51

1 框图

Figure 2 **Block diagram**

2 Pin configuration

2 引脚配置

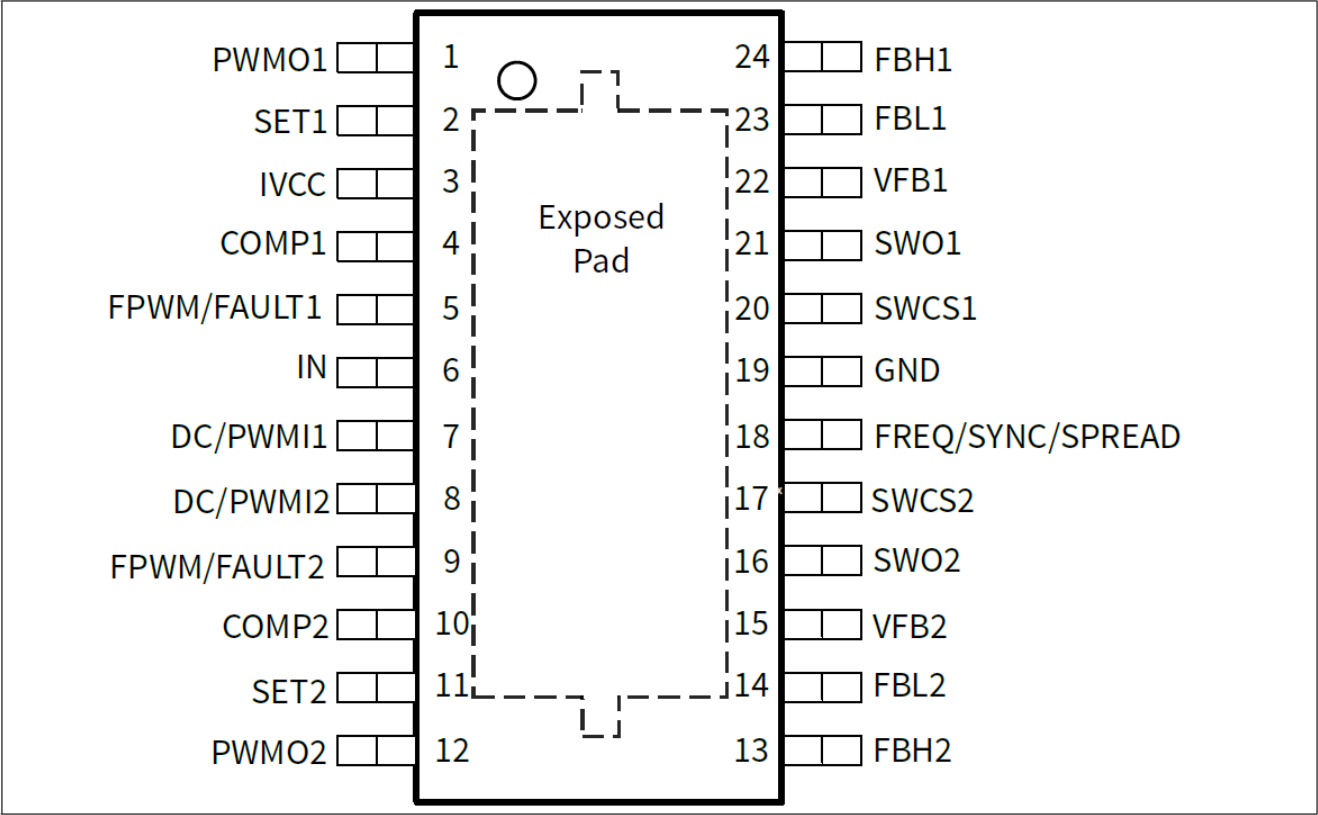


Figure 3 Pin configuration - PG-TSDSO-24

Table 1 Pin configuration of PG-TSDSO-24

Name	Pos.	Description	Direction
PWMO1	1	PMOS driver for dimming and protection <i>Channel 1</i> Connect to gate of external MOSFET Pin must be left open if external MOSFET is not used	Output
SET1	2	Analog adjust input <i>Channel 1</i> Load current adjustment pin Pin must not be left open If analog adjustment is not used, connect to IVCC pin	Input
IVCC	3	Internal linear voltage regulator Used for internal biasing and gate drive Bypass with external capacitor Pin must not be left open	Output
COMP1	4	Compensation <i>Channel 1</i> Connect R and C network for stability	Input

(表格续下页.....)

2 Pin configuration

Table 1 (continued) **Pin configuration of PG-TSDSO-24**

Name	Pos.	Description	Direction
FPWM/FAULT1	5	PWM frequency selector/Fault <i>Channel 1</i> Connect external R to set PWM frequency Faults are reported by raising the voltage on this pin	Input/Output
IN	6	Supply Supply for internal biasing	Input
DC/PWMI1	7	PWM adjustment <i>Channel 1</i> Set Duty cycle of PWM engine or digital input for PWM dimming	Input
DC/PWMI2	8	PWM adjustment <i>Channel 2</i> Set Duty cycle of PWM engine or digital input for PWM dimming	Input
FPWM/FAULT2	9	PWM frequency selector / Fault <i>Channel 2</i> Connect external R to set PWM frequency Faults are reported by raising the voltage on this pin	Input/Output
COMP2	10	Compensation <i>Channel 2</i> Connect R and C network for stability	Input
SET2	11	Analog adjust input <i>Channel 2</i> Load current adjustment pin Pin must not be left open If analog adjustment is not used, connect to IVCC pin	Input
PWMO2	12	PMOS driver for dimming and protection <i>Channel 2</i> Connect to gate of external MOSFET Pin must be left open if external MOSFET is not used	Output
FBH2	13	Voltage feedback positive <i>Channel 2</i> Non inverting input (+)	Input
FBL2	14	Voltage feedback negative <i>Channel 2</i> Inverting input (-)	Input

(表格续下页.....)

2 Pin configuration

Table 1 (continued) Pin configuration of PG-TSDSO-24

Name	Pos.	Description	Direction
VFB2	15	Overvoltage/Voltage loop reference <i>Channel 2</i> Connect to resistive voltage divider to set the maximum voltage at output and the short to ground threshold	Input
SWO2	16	Switch gate driver <i>Channel 2</i> Connect to gate of external switching power n-channel MOSFET	Output
SWCS2	17	Current sense/Power ground <i>Channel 2</i> Detects peak current through power switch Power ground for gate driver of SWO2	Input
FREQ/SYNC/SPREAD	18	Frequency select or synchronization Connect external resistor to GND to set switching frequency Apply square waveform for synchronization	Input
GND	19	Ground	–
SWCS1	20	Current sense/Power ground <i>Channel 1</i> Detects peak current through power switch Power ground for gate driver of SWO1	Input
SWO1	21	Switch gate driver <i>Channel 1</i> Connect to gate of external switching power n-channel MOSFET	Output
VFB1	22	Overvoltage/Voltage loop reference <i>Channel 1</i> Connect to resistive voltage divider to set the maximum voltage at output and the short to ground threshold	Input
FBL1	23	Voltage feedback negative <i>Channel 1</i> Inverting input (-)	Input
FBH1	24	Voltage feedback positive <i>Channel 1</i> Non inverting input (+)	Input
Exposed pad	EP	Exposed pad Used only for heat dissipation Connect to pin 19 (GND)	–

3 General product characteristics

3 产品基本特性

3.1 绝对最大额定值

Table 2 Absolute maximum ratings

$T_j = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $+150^{\circ}\text{C}$, 所有电压相对于地, 正向电流流入引脚 (除非另有规定)

不进行生产测试, 仅由设计指定

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
Power supply input voltage	V_{IN}	-0.3	–	60	V	–	PRQ-31
Voltage at pin SET1, SET2	$V_{\text{SET1,2}}$	-0.3	–	5.5	V	–	PRQ-182
Voltage at pin DC/ PWM1, DC/ PWM2	$V_{\text{DC/PWM1,2}}$	-0.3	–	60	V	–	PRQ-286
Voltage at pin FBH1, FBH2	$V_{\text{FBH1,2}}$	-1	–	75	V	–	PRQ-171
Voltage at pin FBL1, FBL2	$V_{\text{FBL1,2}}$	-1	–	75	V	–	PRQ-172
Differential input voltage	$V_{\text{REF1,2(MAX)}}$	-75	–	75	V	$V_{\text{REF1,2(MAX)}} = V_{\text{FBH1,2}} - V_{\text{FBL1,2}}$ Differential signal (not referred to ground)	PRQ-173
Current at pin FBH1, FBH2, FBL1, FBL2	$I_{\text{FBH1,2}}$ $I_{\text{FBL1,2}}$	-7.5	–	7.5	mA	$V_{\text{REF1,2}} = 150 \text{ mV}$	PRQ-288
Voltage at pin VFB1, VFB2	$V_{\text{FB1,2}}$	-0.3	–	5.5	V	–	PRQ-174
Voltage at pin SWCS1, SWCS2	$V_{\text{SWCS1,2}}$	-0.3	–	0.3	V	–	PRQ-175
Voltage at pin SWO1, SWO2	$V_{\text{SWO1,2}}$	-0.3	–	5.5	V	–	PRQ-176
Voltage at pin FPWM/ FAULT1	$V_{\text{FPWM/FAULT1}}$	-0.3	–	5.5	V	–	PRQ-179
Voltage at pin FPWM/ FAULT2	$V_{\text{FPWM/FAULT2}}$	-0.3	–	5.5	V	–	PRQ-177
Voltage at pin COMP1, COMP2	$V_{\text{COMP1,2}}$	-0.3	–	5.5	V	–	PRQ-180
Voltage at pin FREQ/ SYNC/ SPREAD	$V_{\text{FREQ/SYNC}}$	-0.3	–	5.5	V	–	PRQ-42

(表格续下页.....)

3 General product characteristics

Table 2 (continued) Absolute maximum ratings

$T_j = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $+150^{\circ}\text{C}$, 所有电压相对于地, 正向电流流入引脚 (除非另有规定)

不进行生产测试, 仅由设计指定

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
Voltage at pin PWM01, PWM02	$V_{\text{PWM01,2}}$	-0.3	–	75	V	–	PRQ-181
PMOS output voltage	$V_{\text{PMOS1,2}}$	-1	–	10	V	$V_{\text{PMOS1,2}} = V_{\text{FBH1,2}} - V_{\text{PWM01,2}}$ Differential signal (Not referred to ground)	PRQ-580
Voltage at pin IVCC	V_{IVCC}	-0.3	–	5.5	V	–	PRQ-45

温度

Junction temperature	T_j	-40	–	150	$^{\circ}\text{C}$	–	PRQ-46
Storage temperature	T_{stg}	-40	–	150	$^{\circ}\text{C}$	–	PRQ-47

ESD 承受能力

ESD susceptibility	$V_{\text{ESD_HBM}}$	-2	–	2	kV	HBM: ESD susceptibility, Human Body Model "HBM" according to AEC Q100-002	PRQ-48
ESD susceptibility inner pins	$V_{\text{ESD_CDM}}$	-0.5	–	0.5	kV	CDM: ESD susceptibility, Charged Device Model "CDM" according to AEC Q100-011	PRQ-49
ESD susceptibility corner pins	$V_{\text{ESD_CDM_CR}}$	-0.75	–	0.75	kV	CDM: ESD susceptibility, Charged Device Model "CDM" according to AEC Q100-011	PRQ-50

注意:

1. 超过此处所列的电气压力可能会对器件造成永久性损坏。长时间在绝对最大额定值条件下工作可能会影响器件的可靠性。
2. 集成的保护功能旨在防止IC在数据手册所述故障条件下被毁坏。故障条件被认为是“超出”正常工作范围。保护功能不是为了连续重复的操作而设计的。

3 General product characteristics

3.2 工作范围

Table 3 Functional range

$T_j = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $+150^{\circ}\text{C}$, 所有电压相对于地, 正向电流流入引脚 (除非另有规定)

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
Extended power supply input voltage range	$V_{\text{IN_EXT}}$	4.5	–	58	V	¹⁾ Parameter deviations possible	PRQ-51
Power supply input voltage operating range	$V_{\text{IN_OP}}$	8	–	36	V	–	PRQ-52
Operating voltage at pin FBH1, FBH2	$V_{\text{FBH1,2_OP}}$	0	–	70	V	–	PRQ-303
Operating voltage at pin FBL1, FBL2	$V_{\text{FBL1,2_OP}}$	-0.3	–	70	V	–	PRQ-582
Switching frequency adjustment range	f_{SWO}	100	–	500	kHz	–	PRQ-85
Synchronization low frequency capture range	$f_{\text{FREQ/SYNC/SPREAD(LF)}}$	100	–	500	kHz	–	PRQ-90
Synchronization high frequency capture range	$f_{\text{FREQ/SYNC/SPREAD(HF)}}$	2	–	2.4	MHz	–	PRQ-132
PWM1, PWM02 frequency range	$f_{\text{PWM01,2}}$	150	–	750	Hz	–	PRQ-213

¹⁾ Not subject to production test, specified by design

注: 在工作范围内, IC按照电路描述的方式工作。电气特性是在相关电气特性表中给出的条件下指定的。

3.3 热阻抗

Table 4 Thermal resistance

不进行生产测试, 仅由设计指定

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
Junction to case	R_{thJC}	–	22.3	–	K/W	¹⁾	PRQ-362
Junction to ambient	R_{thJA}	–	52.7	–	K/W	²⁾ 2s2p	PRQ-363
Junction to ambient	R_{thJA}	–	71.2	–	K/W	²⁾ 1s0p + 600 mm ²	PRQ-364

(表格续下页.....)

3 General product characteristics

Table 4 (continued) Thermal resistance

不进行生产测试，仅由设计指定

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
Junction to ambient	R_{thJA}	–	80.4	–	K/W	²⁾ 1s0p + 300 mm ²	PRQ-365

- 1) 指定的 R_{thJC} 值是在自然对流条件下，在冷板设置上模拟得到的（所有引脚和裸露焊盘都固定在环境温度下） $T_A = 25^\circ\text{C}$ 耗散功率 1 W
- 2) 指定的 R_{thJA} 值根据JEDEC 2s2p (JESD 51-7) + (JESD 51-5) 和JEDEC 1s0p (JESD 51-3) + FR4板在自然对流条件下的散热器面积下模拟得到的。该器件在 76.2 x 114.3 x 1.5 mm 的板上进行模拟。2s2p 板有 2 个外层铜层 (2 x 70 μm Cu) 和 2 个内层铜层 (2 x 35 μm Cu)。在裸露焊盘下方应用了一个热通孔阵列（直径 = 0.3 mm，镀层厚度为 25 μm ），并将顶层和内层连接至JEDEC PCB的底层。 $T_A = 25^\circ\text{C}$ ；IC功耗 1 W

注： 此热学数据是根据JEDEC JESD51 标准生成的。欲了解更多信息，请访问
<https://www.jedec.org>

4 Switching regulator

4 开关调节器

TLD6098-2ES实现了双通道调节器，适用于升压到地、升压到电池、降压到电池、SEPIC、反激式和Cuk拓扑。双通道独立工作。

每个通道有两个独立的控制环路：

- A 电流控制环路（始终启用）
- A 电压控制环路（可选）

如果电压环路启用的，只要VFB1,2引脚上的反馈电压低于VFB1,2电压模式ON阈值($V_{VFB1,2_VM(ON)}$)，器件就会调节输出电流。一旦达到VFB1,2基准电压($V_{VFB1,2_REF}$)电压，控制环路就会接管并调节输出电压。

控制器通过感测电感峰值电流以及内部误差放大器的输出来产生两个独立的PWM信号。控制信号施加到连接到SWO1,2引脚的内部栅极驱动器，以驱动外部n沟道MOSFET。

4.1 软启动

软启动程序有两个功能：

- 限制输入电流和输出过冲
- 确保系统输出在合理的时间内达到目标值，即使在低占空比的PWM调光模式下工作

每个通道独立执行自己的软启动程序。

DC/PWM1,2引脚的第一个上升沿或内置PWM引擎的第一个周期使能软启动程序。

然后在下列情况执行：

- 在启动时
- 在FBH1,2引脚过压后
- 在VFB1,2引脚过压后
- 过温故障后
- IVCC引脚欠压后

软启动在短路到接地故障后应用，并在故障持续存在的情况下每隔 t_{FAULT} 时间重复触发一次。

软启动的操作取决于模拟输出的调整。

在软启动期间，开关调节器调整PWM信号，使FBH1,2和FBL1,2之间的电压从0逐渐增加到 $V_{REF(100\%)}$ ，此过程在 t_{SS} 时间内完成。如果没有应用模拟调整，则该过程将分为15个步骤进行；否则，在软启动结束之前，将达到预期的稳态。

当应用低占空比调光时，会对PWM调光脉冲施加ON时间延长，以确保合理的上电时间。

4 Switching regulator

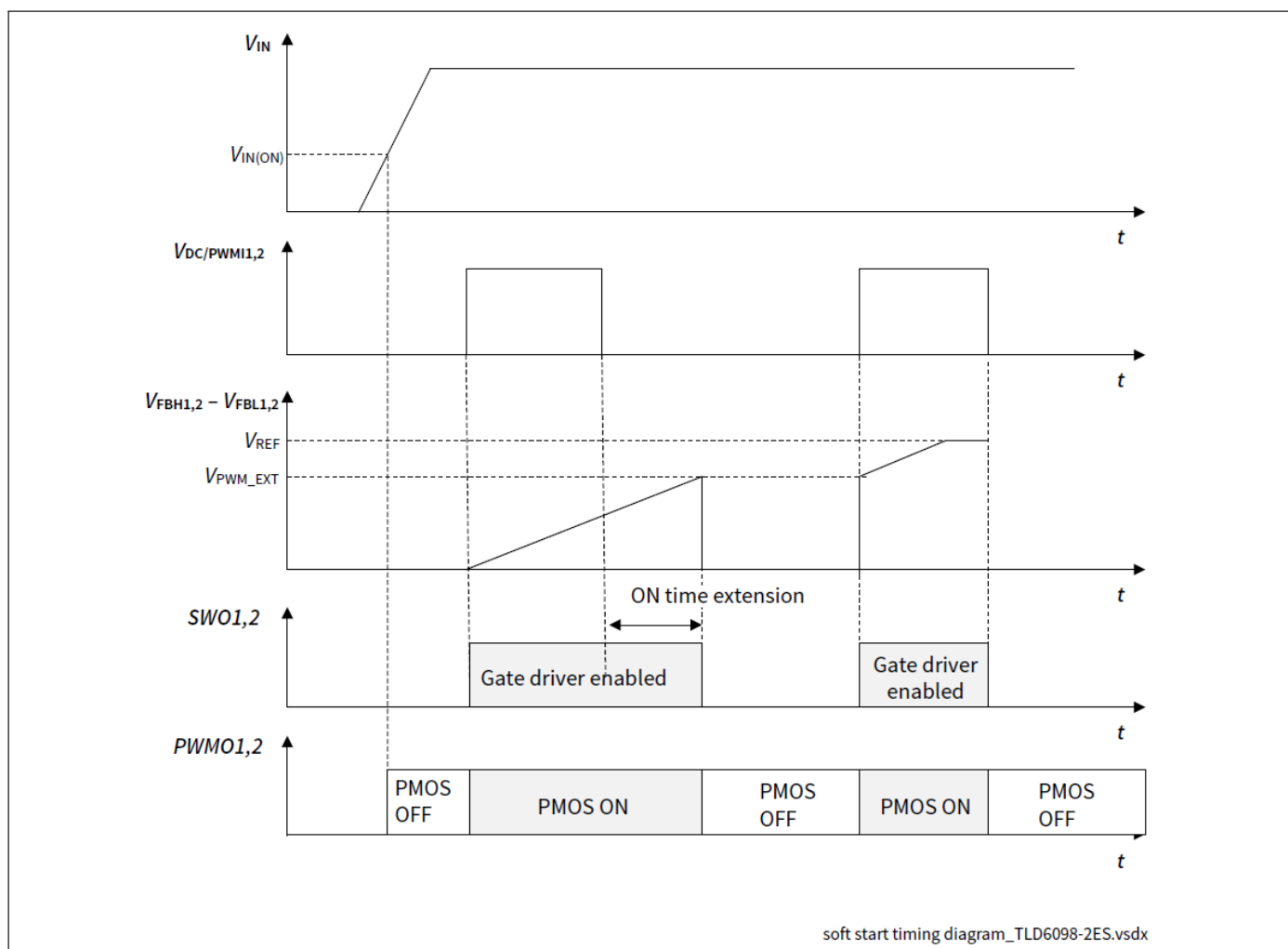


Figure 4 Soft start timing diagram (the linear waveform of VVFBH-VVFBFBL is an example of possible scenario)

ON时间延长将在以下情况下触发：

- 应用的PWM调光信号（或PWM引擎生成的信号）具有比预期更短的ON时间软启动期间的 t_{ss}

以及

- PWM延长期间FBH1,2与FBL1,2之间的电压低于基准电压 V_{PWM_EXT} 在PWM信号的ON时间结束时

PWM信号的ON时间延长持续存在，直到FBH1,2和FBL1,2之间的电压达到 V_{PWM_EXT} 。

V_{PWM_EXT} 在ON时间延长期间通过模拟输出调整被限制到最小参考电压 V_{PWM_MIN}

在 V_{REF} 信号的前3个步骤中， V_{PWM_EXT} 高于 V_{REF0}

如果通过模拟调整功能调整的FBH1,2和FBL1,2之间的参考电压低于 V_{PWM_MIN} ，则ON时间延长在 t_{ss} 后结束。

4 Switching regulator

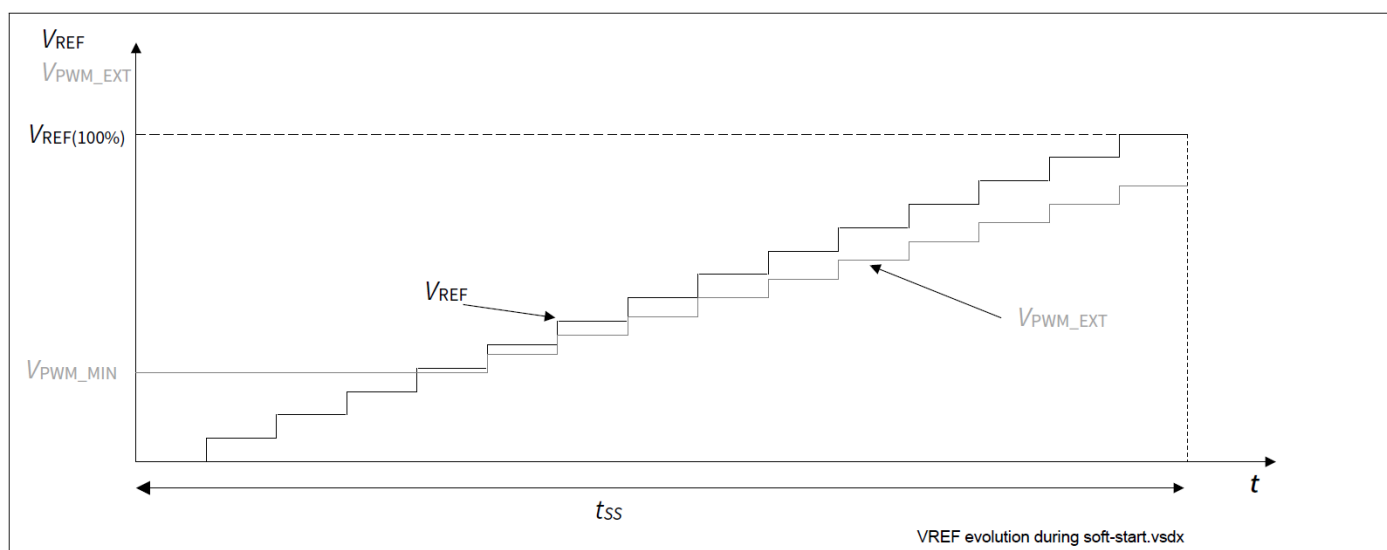


Figure 5 V_{REF} and V_{PWM_EXT} waveforms during the soft start routine without analog output adjustment

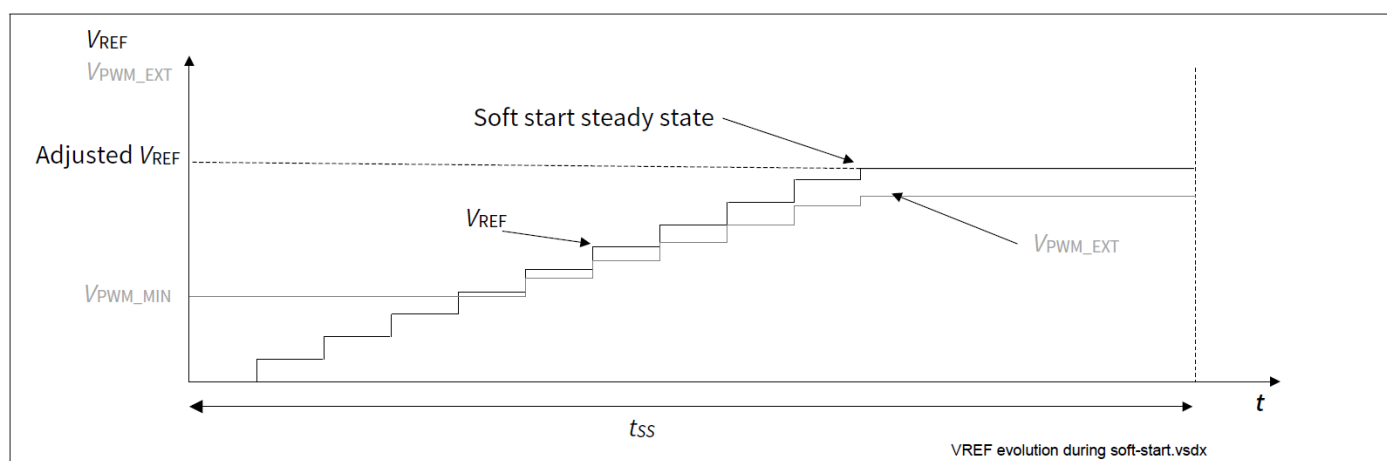


Figure 6 V_{REF} and V_{PWM_EXT} waveforms during the soft start routine with analog output adjustment

如果ON时间延长在 t_{ss} 时间到达之前结束，则在下一个PWM周期中重新触发ON时间延长，前提是FBH1,2和FBL1,2之间的电压再次低于 V_{PWM_EXT}

当ON时间延长结束时，软启动的剩余部分将在PWM调光信号的下一个ON时间内演变。在这种情况下，实际的软启动持续时间可能会长于 t_{ss}

4 Switching regulator

4.2 电气特性

Table 5 Electrical characteristics

$V_{IN} = 8\text{ V}$ 至 36 V , $T_j = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$; 所有电压相对于地, 正极电流流入引脚 (除非另有规定)。

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
调节器							
VFB1,2 reference voltages (voltage loop)	$V_{VFB1,2_REF}$	1.568	1.6	1.632	V	–	PRQ-183
Current loop reference voltages	$V_{REF1,2(100\%)}$	144.75	150	155.25	mV	Differential signal (not referred to ground) $V_{REF1,2} = V_{FBH1,2} - V_{FBL1,2}$; $V_{SET1,2} = 5V$	PRQ-184
Current loop reference voltages	$V_{REF1,2(40\%)}$	54.6	60	65.4	mV	¹⁾ Differential signal (not referred to ground) $V_{SET1,2} = 940\text{ mV}$	PRQ-185
Current loop reference voltages	$V_{REF1,2(0\%)}$	–	–	10	mV	Differential signal (not referred to ground) $V_{SET1,2} = 100\text{ mV}$	PRQ-186
Transconductance error amplifier voltage loop	g_{m1}	–	0.95	–	mS	¹⁾ ²⁾	PRQ-600
Transconductance error amplifier current loop	g_{m2}	–	1.6	–	mS	²⁾ ¹⁾	PRQ-463
Switch current limit thresholds	$V_{SWCS1,2_TH}$	80	100	120	mV	–	PRQ-187
Maximum duty cycle in adjust. freq. mode	D_{MAX}	91	–	–	%	$R_{FREQ/SYNC/SPREAD} = 27\text{ k}\Omega$	PRQ-70
Maximum duty cycle in low frequency sync mode	$D_{MAX(LF)}$	88	–	–	%	$f_{SW} = 500\text{ kHz}$	PRQ-71
Maximum duty cycle in high frequency sync mode	$D_{MAX(HF)}$	80	–	–	%	$f_{SW} = 2.2\text{ MHz}$	PRQ-289
Soft start time	t_{SS}	1.8	2	2.2	ms	²⁾ ¹⁾	PRQ-72
Reference voltage during PWM extension	V_{PWM_EXT}	–	$0.8 \cdot V_{RE}$ F1,2	–	V	¹⁾ ²⁾ $V_{PWM_EXT} > V_{PWM_MIN}$	PRQ-588

(表格续下页.....)

4 Switching regulator

Table 5 (continued) Electrical characteristics

$V_{IN} = 8\text{ V}$ 至 36 V , $T_j = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$; 所有电压相对于地, 正极电流流入引脚 (除非另有规定)。

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
Minimum reference voltage during PWM extension	V_{PWM_MIN}	–	31.5	–	mV	2) 1)	PRQ-589
Input current at pin FBH1, FBH2	$I_{FBH1,2}$	–	550	800	μA	$V_{FBH1,2} - V_{FBL1,2} = 0.15\text{ V}$ $V_{FBH1,2} = 60\text{ V}$	PRQ-188
Input current at pin FBL1, FBL2	$I_{FBL1,2}$	–	50	70	μA	$V_{FBH1,2} - V_{FBL1,2} = 0.15\text{ V}$ $V_{FBH1,2} = 60\text{ V}$	PRQ-189
Input current at pin FBH1, FBH2	$I_{FBH1,2}$	–	50	70	μA	$V_{FBH1,2} - V_{FBL1,2} = 0.15\text{ V}$ $V_{FBL1,2} = 0\text{ V}$ Current flows out of pin	PRQ-190
Input current at FBL1, FBL2	$I_{FBL1,2}$	–	50	70	μA	$V_{FBH1,2} - V_{FBL1,2} = 0.15\text{ V}$ $V_{FBL1,2} = 0\text{ V}$ Current flows out of pin	PRQ-191
Threshold voltage high side sensing	$V_{FBH1,2_HSS}$	–	2.55	2.8	V	1) $V_{FBH1,2}$ increasing	PRQ-265
Threshold voltage low side sensing	$V_{FBH1,2_LSS}$	2.1	2.3	–	V	1) $V_{FBH1,2}$ decreasing	PRQ-266
Power supply undervoltage shutdown	$V_{IN(OFF)}$	2.5	–	4.5	V	V_{IN} decreasing	PRQ-77
Power supply minimum startup voltage	$V_{IN(ON)}$	–	–	5.5	V	V_{IN} increasing	PRQ-78
Power supply current consumption	I_{IN}	–	8	12	mA	$V_{DC/PWMI1,2} = 0\text{ V}$ $V_{SET1,2} = V_{IVCC}$ $R_{FREQ/SYNC/SPREAD} = 33\text{ k}\Omega$ $R_{FPWM/FAULT1,2} = 57\text{ k}\Omega$ no faults detected	PRQ-430

(表格续下页.....)

4 Switching regulator

Table 5 (continued) Electrical characteristics

$V_{IN} = 8\text{ V}$ 至 36 V , $T_j = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$; 所有电压相对于地, 正极电流流入引脚 (除非另有规定)。

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P- Number
		Min.	Typ.	Max.			
外部开关的栅极驱动器							
Gate drivers peak output current	$I_{SWO1,2}$	1	–	–	A	¹⁾ $V_{SWO1,2}$ increasing 1 V to 4 V Current flows out of pin	PRQ-192
Gate drivers peak output current	$I_{SWO1,2}$	1	–	–	A	¹⁾ $V_{SWO1,2}$ decreasing 4 V to 1 V	PRQ-193
Gate drivers output rise time	$t_{R_SWO1,2}$	–	–	20	ns	¹⁾ $C_{L_SWO1,2}$ = 3.3 nF $V_{SWO1,2}$ increasing 1 V to 4 V	PRQ-194
Gate drivers output fall time	$t_{F_SWO1,2}$	–	–	20	ns	¹⁾ $C_{L_SWO1,2}$ = 3.3 nF $V_{SWO1,2}$ decreasing 4 V to 1 V	PRQ-195
Gate driver high side resistance	R_{SWO_HS}	–	1	3	Ω	^{2) 1)} I_{SWO} = -10 mA	PRQ-83
Gate driver low side resistance	R_{SWO_LS}	–	1	3	Ω	^{2) 1)} I_{SWO} = 10 mA	PRQ-196

1) 不进行生产测试, 仅由设计指定

2) 不进行生产测试, 仅由设计指定

5 Linear regulator

5 线性调节器

该设备内置了一个线性调节器，用于生成一个5V输出，用于内部的栅极驱动器供电，并通过IVCC引脚给PCB上其他辅助设备（例如微控制器和电阻分压器）供电。

线性调节器的最大输出电流被限制在IVCC输出电流限制 I_{IVCC} 以内。

如果IVCC上的负载（栅极驱动器加上PCB上的连接设备）所需的电流超过 I_{IVCC} ，则线性调节器的输出电压会降低。

当输入电压 V_{IN} 超过最小启动电压 $V_{IN(ON)}$ 并保持时间超过IVCC启动时间 t_{ST} 时，线性调节器开始向IVCC引脚供电。

需要连接一个低ESR电容器从IVCC到地（图中的 C_{IVCC} ），以稳定线性调节器的输出电压。

电容器 C_{IVCC} 的ESR必须低于IVCC缓冲电容器的ESR $R_{IVCC(ESR)}$ 。

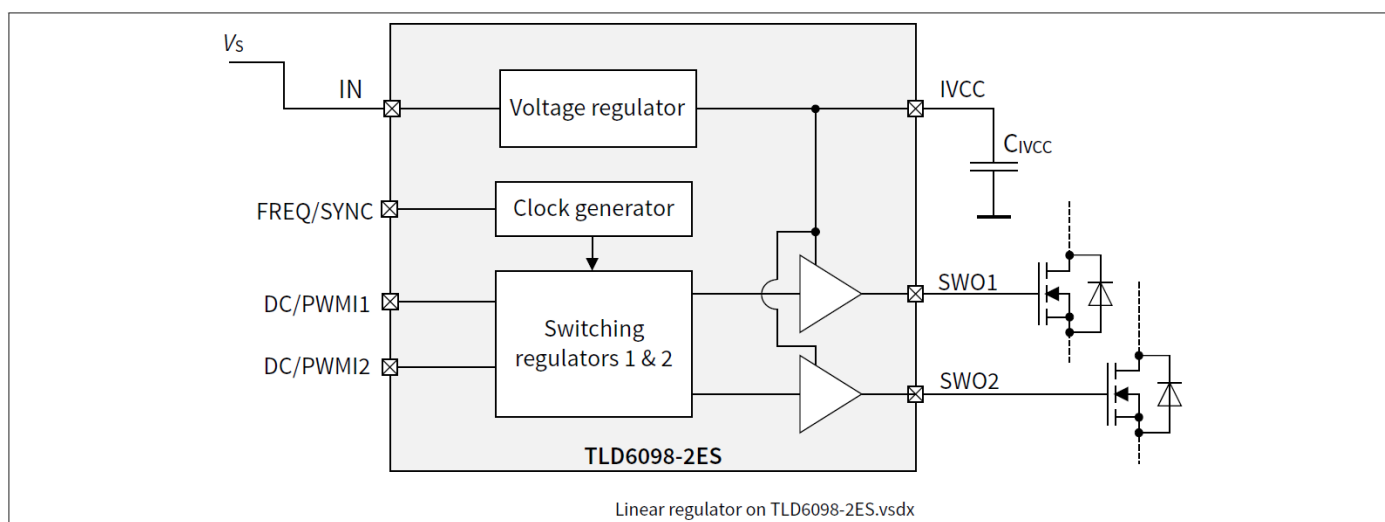


Figure 7 Block diagram of the linear regulator

5.1 外部开关 MOSFET 的欠压保护

在开关PWM信号的ON时间内，栅极驱动器需要将开关NMOS偏置在深欧姆区域，以避免MOSFET自身过热。这是通过选择一个逻辑级MOSFET，其最大阈值电压低于IVCC欠压关断阈值 $V_{IVCC_TH_D}$ 来实现的。

TLD6098-2ES集成了一个欠压复位阈值电路，当 V_{IVCC} 降低到 $V_{IVCC_TH_D}$ 以下时，会禁用栅极驱动器。栅极驱动器会在 V_{IVCC} 升高到IVCC欠压开启阈值 $V_{IVCC_TH_I}$ 以上时重新启用。

5 Linear regulator

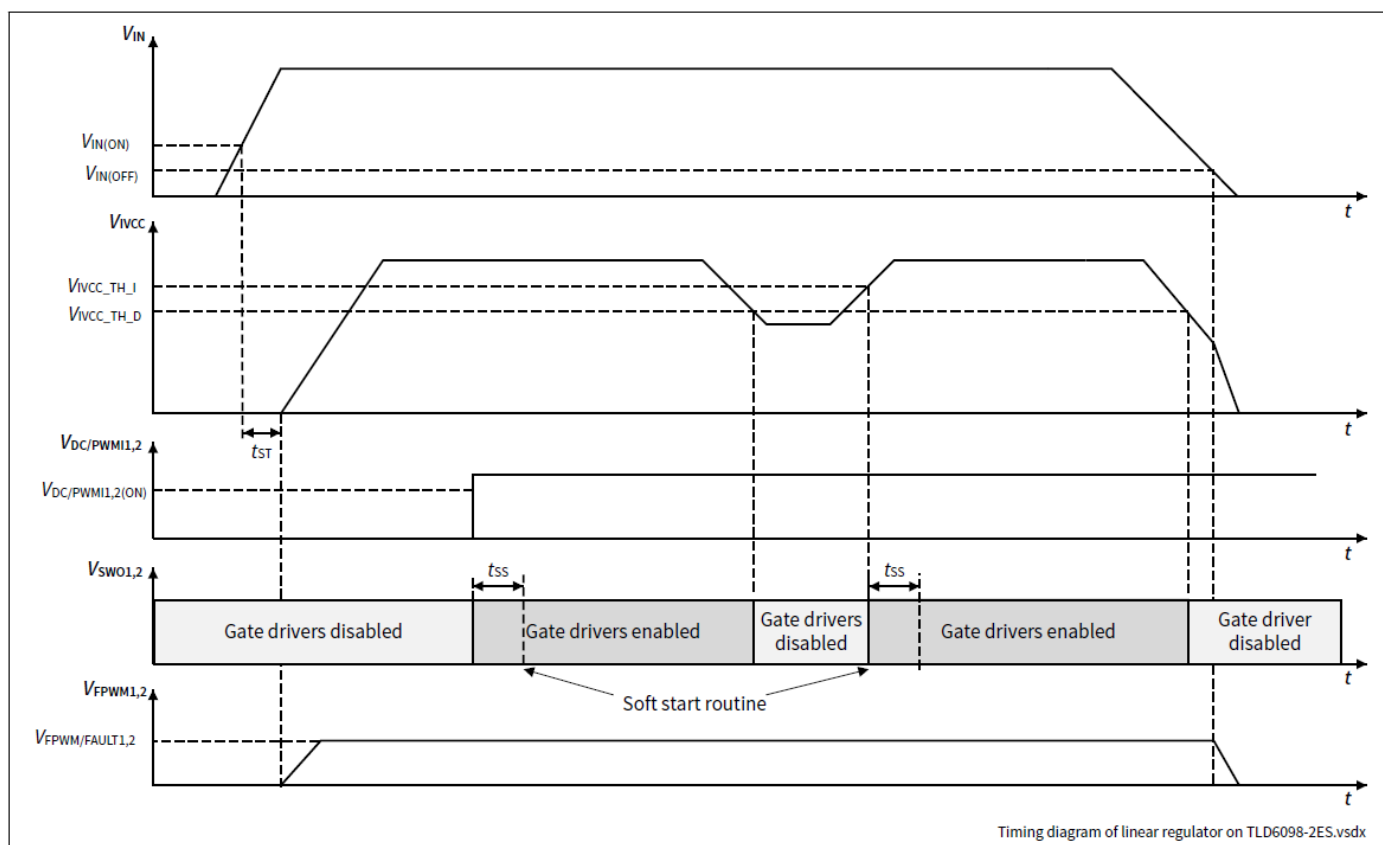


Figure 8 Thresholds and timing diagram related to the linear regulator

5.2 电气特性

Table 6 Electrical characteristics

$V_{IN} = 8\text{ V}$ 至 36 V , $T_j = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$; 所有电压相对于地, 正极电流流入引脚 (除非另有规定)。

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
IVCC output voltage	V_{IVCC}	4.85	5	5.15	V	$8\text{ V} \leq V_{IN} \leq 36\text{ V}$; $0.1\text{ mA} \leq I_{IVCC} \leq 40\text{ mA}$	PRQ-58
IVCC output current limit	I_{IVCC}	51	–	100	mA	$8\text{ V} < V_{IN} < 13.5\text{ V}$; $V_{IVCC} < 4.5\text{ V}$; Current flows out of pin	PRQ-59
IVCC dropout voltage	V_{IVCC_DV}	–	–	0.5	V	$V_{IN} = 5\text{ V}$; $I_{IVCC} < 20\text{ mA}$	PRQ-60
IVCC start time	t_{ST}	–	–	300	μs	¹⁾ V_{IN} slew rate higher than $1\text{ V}/10\text{ }\mu\text{s}$	PRQ-285
IVCC buffer capacitor	C_{IVCC}	1	4.7	10	μF	¹⁾ If embedded PWM engine is used, $4.7\text{ }\mu\text{F}$ has to be chosen as a minimum	PRQ-61

(表格续下页.....)

5 Switching regulator

Table 6 (continued) Electrical characteristics

$V_{IN} = 8\text{ V}$ 至 36 V , $T_j = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$; 所有电压相对于地, 正极电流流入引脚 (除非另有规定)。

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
IVCC buffer capacitor ESR	$R_{IVCC(ESR)}$	–	–	0.2	Ω	¹⁾ Maximum value given for regulator stability	PRQ-62
IVCC undervoltage switch-off threshold	$V_{IVCC_TH_D}$	3.6	–	4.0	V	V_{IVCC} decreasing	PRQ-64
IVCC undervoltage switch-on threshold	$V_{IVCC_TH_I}$	–	–	4.5	V	V_{IVCC} increasing	PRQ-65

1) 不进行生产测试, 仅由设计指定

注意: 选择外部开关MOSFET, 其最坏情况下的阈值电压 $V_{GS(th)}$ 应低于最小的 $V_{IVCC_TH_D}$

6 Switching frequency setup and synchronization

6 开关频率设置和同步

DC/DC 开关频率可通过从 FREQ/SYNC/SPREAD 引脚接地的电阻器或通过向该引脚提供数字时钟来调整。该器件还包含一个展频调制器，以减少满足EMI兼容性的设计工作量。

通过使用电阻，调节器的开关频率在开关频率调节范围 f_{SWO} 内调节。

如果提供外部时钟，设备接受以下两个工作窗口中的数字时钟：

- 同步低频捕获范围 $f_{FREQ/SYNC/SPREAD(LF)}$ （低频同步模式）
- 同步高频捕获范围 $f_{FREQ/SYNC/SPREAD(HF)}$ （高频同步模式）

在这些范围之外，设备无法识别有效的时钟，从而导致调节器的行为可能超出规格

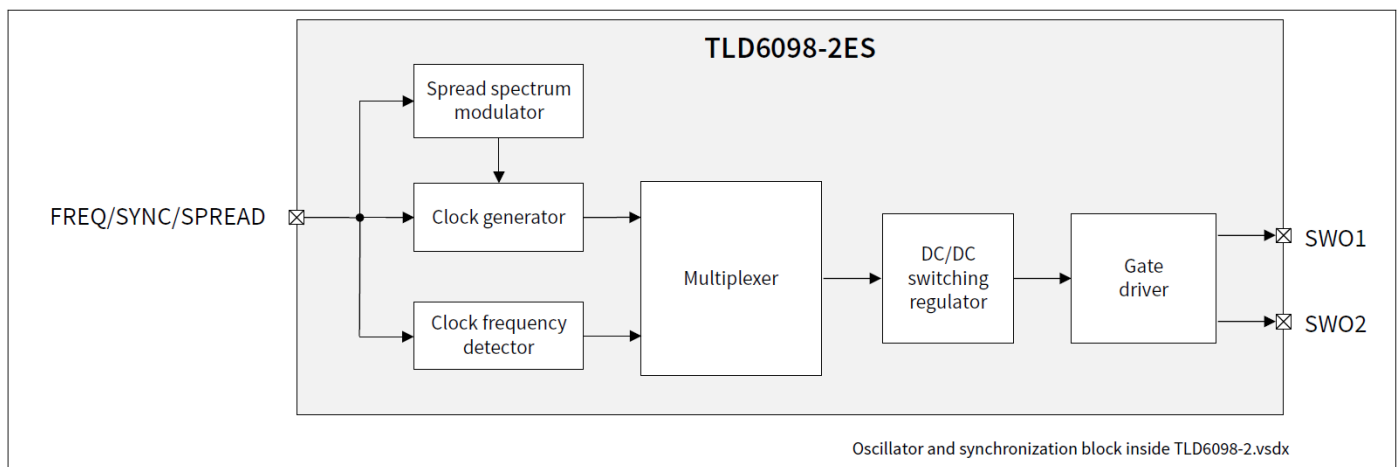


Figure 9 Diagram of switching frequency adjustment and synchronization blocks

为了抑制输入电流尖峰，进而放宽输入滤波器要求，SWO2 与 SWO1 相位相反。

这意味着 SWO2 的激活时间相对于 SWO1 有 $1/(2 \cdot f_{SWO})$ 的延迟。

6.1 使用外部电阻设置开关频率

放置在 FREQ/SYNC/SPREAD 引脚上的电阻器可调节 DC/DC 的频率，并启用或禁用展频调制器。

偏置电阻和带展频的开关频率激活之间的关系是

$$f_{SW} = \frac{1}{(1.11 \cdot 10^{-9} \cdot R_{FREQ/SYNC/SPREAD})} \quad (1)$$

偏置电阻和带展频的开关频率未激活之间的关系是

$$f_{SW} = \frac{1}{(1.11 \cdot 10^{-10} \cdot R_{FREQ/SYNC/SPREAD})} \quad (2)$$

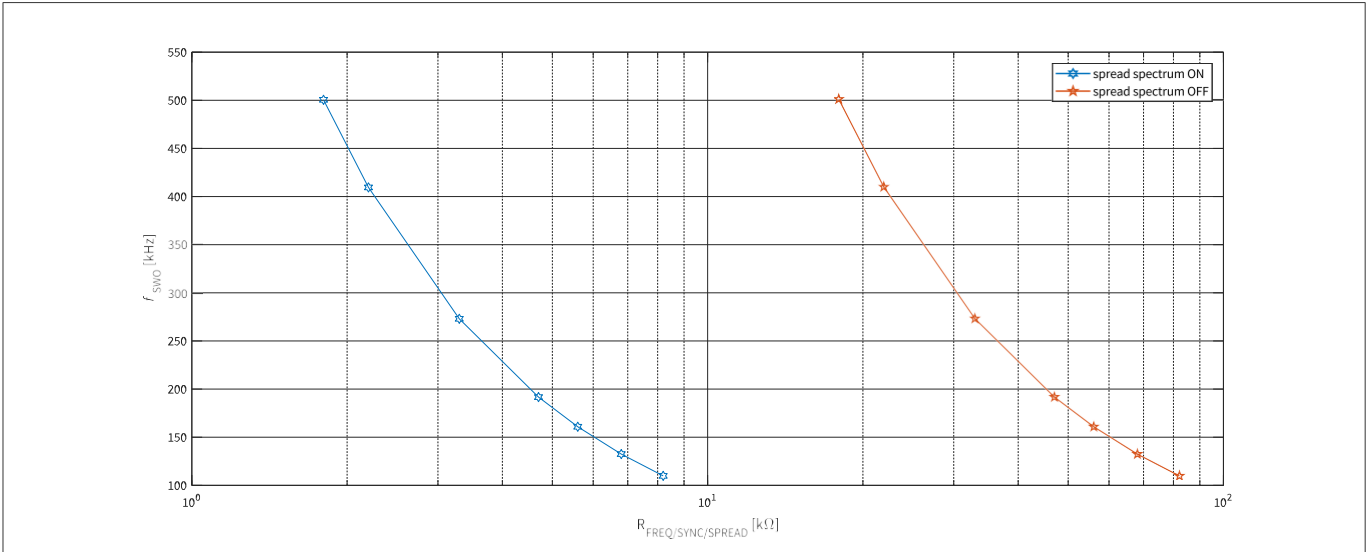


Figure 10 Switching frequency versus $R_{\text{FREQ/SYNC/SPREAD}}$

6.1.1 电气特性

Table 7 Electrical characteristics

$V_{\text{IN}} = 8 \text{ V}$ 至 36 V , $T_j = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$; 所有电压相对于地, 正极电流流入引脚 (除非另有规定)。

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
Switching frequency	$f_{\text{SWO_SSM(OFF)}}$	288	333	378	kHz	$R_{\text{FREQ/SYNC/SPREAD}} = 27 \text{ k}\Omega$	PRQ-277
FREQ/SYNC/SPREAD output current	$I_{\text{FREQ/SYNC/SPREAD}}$	–	–	3	mA	$V_{\text{FREQ/SYNC/SPREAD}} = 0 \text{ V}$ Current flowing out of pin	PRQ-86
FREQ/SYNC/SPREAD output voltage	$V_{\text{FREQ/SYNC/SPREAD_SSM(OFF)}}$	0.72	0.8	0.88	V	$R_{\text{FREQ/SYNC/SPREAD}} = 27 \text{ k}\Omega$	PRQ-87

6.1.2 展频

展频调制技术显著降低了频谱中较低频率范围 ($f < 30 \text{ MHz}$) 的电磁谐波辐射。

该技术是通过随时间改变开关频率来实现的。最终结果是电磁谐波辐射峰值相关的能量在一个宽频带上移动。

开关频率以三角形波形进行调制, 分为7个步骤, 均匀分布在整個频率范围内 (2倍的频率偏差 f_{DEV})。

6 Switching frequency setup and synchronization

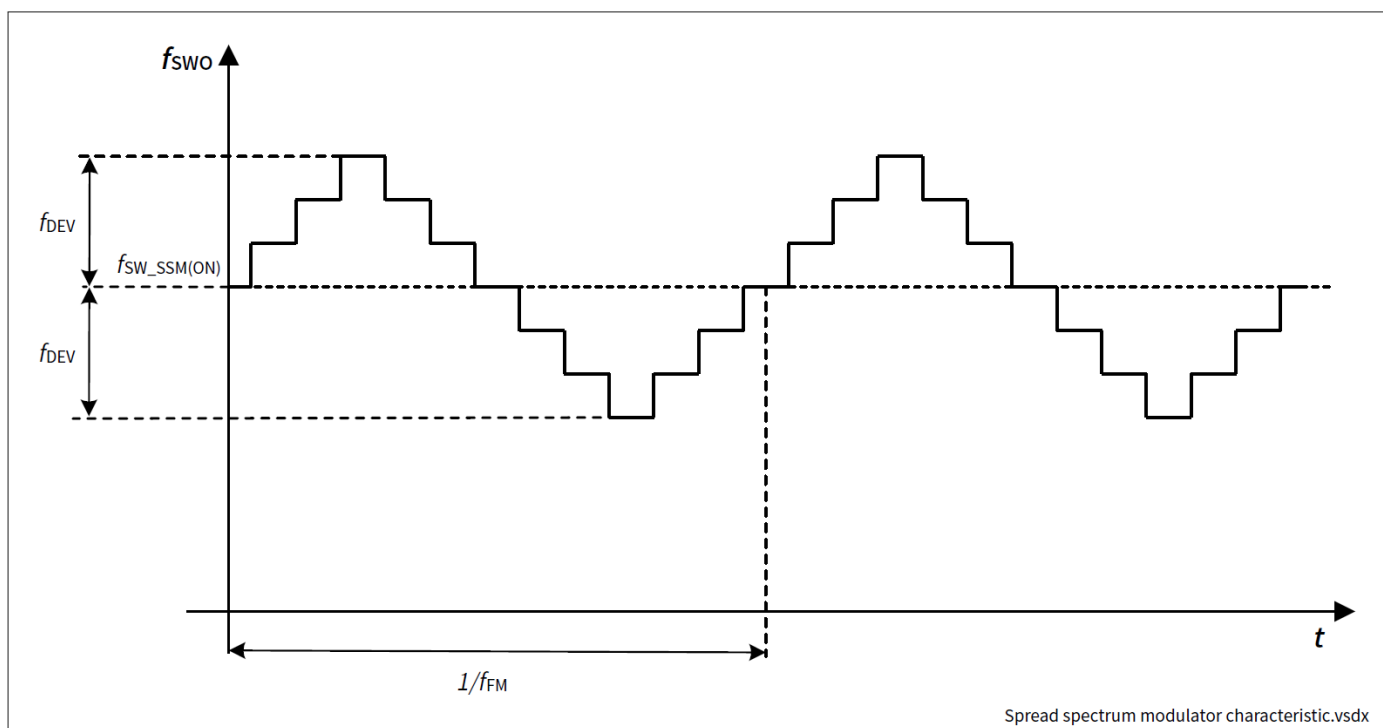


Figure 11 Spread spectrum modulator characteristic

6.1.2.1 电气特性

Table 8 Electrical characteristics

$V_{IN} = 8\text{ V}$ 至 36 V , $T_j = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$; 所有电压相对于地, 正极电流流入引脚 (除非另有规定)。

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
Average switching frequency	$f_{SWO_SSM(ON)}$	288	333	378	kHz	¹⁾ $R_{FREQ/SYNC/SPREAD} = 2.7\text{ k}\Omega$	PRQ-84
Modulation frequency	f_{FM}	13.5	15	16.5	kHz	¹⁾ $1.8\text{ k}\Omega \leq R_{FREQ/SYNC/SPREAD} \leq 9\text{ k}\Omega$	PRQ-88
Frequency deviation	f_{DEV}	$0.09 \cdot f_s$ WO	$0.15 \cdot f_s$ WO	–	kHz	¹⁾ $1.8\text{ k}\Omega \leq R_{FREQ/SYNC/SPREAD} \leq 9\text{ k}\Omega$	PRQ-89
FREQ/SYNC/SPREAD output voltage	$V_{FREQ/SYNC/SPREAD_SSM(ON)}$	0.72	0.8	0.88	V	$R_{FREQ/SYNC/SPREAD} = 2.7\text{ k}\Omega$	PRQ-385

¹⁾ Not subject to production test, specified by design

6.2 与外部时钟同步 (低频模式)

如果频率在同步低频捕获范围 $f_{FREQ/SYNC/SPREAD(LF)}$ 内, 并且占空比在同步输入占空比范围 $DCF_{FREQ/SYNC/SPREAD}$ 内, 则开关频率会与 FREQ/SYNC/SPREAD 引脚上的外部时钟源同步。

6 Switching frequency setup and synchronization

如果 FREQ/SYNC/SPREAD 上的电压超过两个阈值，设备会检测到外部时钟源：

- 正脉冲期间 同步输入高电压 $V_{\text{FREQ/SYNC/SPREAD(H)}}$ ，
- 负脉冲期间 同步输入低电平电压 $V_{\text{FREQ/SYNC/SPREAD(L)}}$ 。

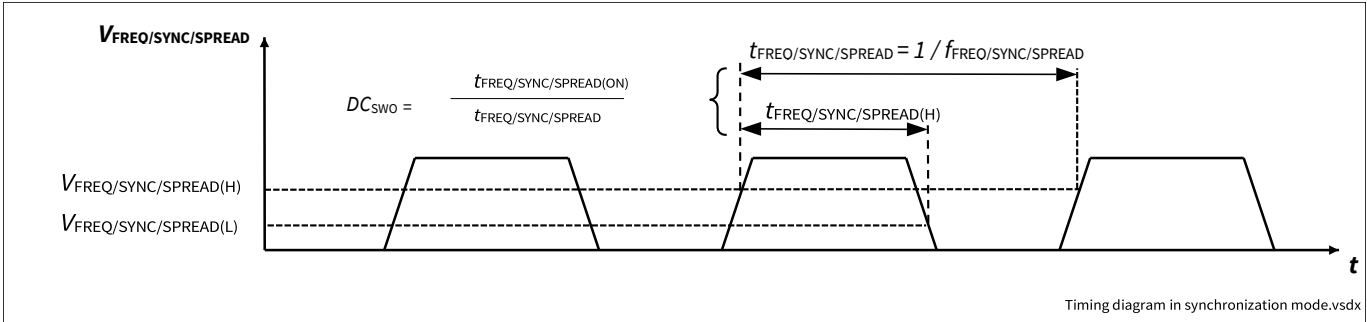


Figure 12 Timing diagram when synchronization mode is enabled

6.2.1 电气特性

Table 9 Electrical characteristics

$V_{\text{IN}} = 8\text{ V}$ 至 36 V ， $T_j = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$ ；所有电压相对于地，正极电流流入引脚（除非另有规定）。

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
Synchronization input high voltage	$V_{\text{FREQ/SYNC/SPREAD(H)}}$	3.0	–	–	V	–	PRQ-91
Synchronization input low voltage	$V_{\text{FREQ/SYNC/SPREAD(L)}}$	–	–	0.8	V	–	PRQ-92
Synchronization input duty cycle range	$DC_{\text{FREQ/SYNC/SPREAD}}$	40	–	60	%	1)	PRQ-94

1) Not subject to production test, specified by design

6.3 与外部时钟同步（高频范围）

高开关频率使得系统成本降低，因为可以使用较小的值的被动元件。

如果输入时钟在同步高频捕获范围 $f_{\text{FREQ/SYNC/SPREAD(HF)}}$ 内，则使能高频同步。

FREQ/SYNC/SPREAD 引脚上的电压阈值电平与低频同步模式下的相同。

7 Analog output adjustment

7 模拟输出调整

每个通道可以通过监控相应 SET1,2 引脚 ($V_{SET1,2}$) 上的模拟电压来调整 FBH1,2 和 FBL1,2 引脚之间的基准电压 $V_{REF1,2}$ (从而调整输出电流)。

模拟输出调整是每个通道独立进行的，通道之间没有任何关系。

如果 SET1,2 引脚上的电压低于 SET 输入电压无开关活动阈值 $V_{SET1,2(NOSW)}$ ，则 SWO1,2 NMOS 栅极驱动器将被禁用。

SET1,2 引脚必须连接到高于 $V_{SET1,2(100\%)}$ 的电压 (例如将 SET1,2 引脚连接到 IVCC 引脚)，以排除输出电流调节功能。

SET1,2 引脚上的电压会影响对应通道的电压参考值，其行为如下图所示。

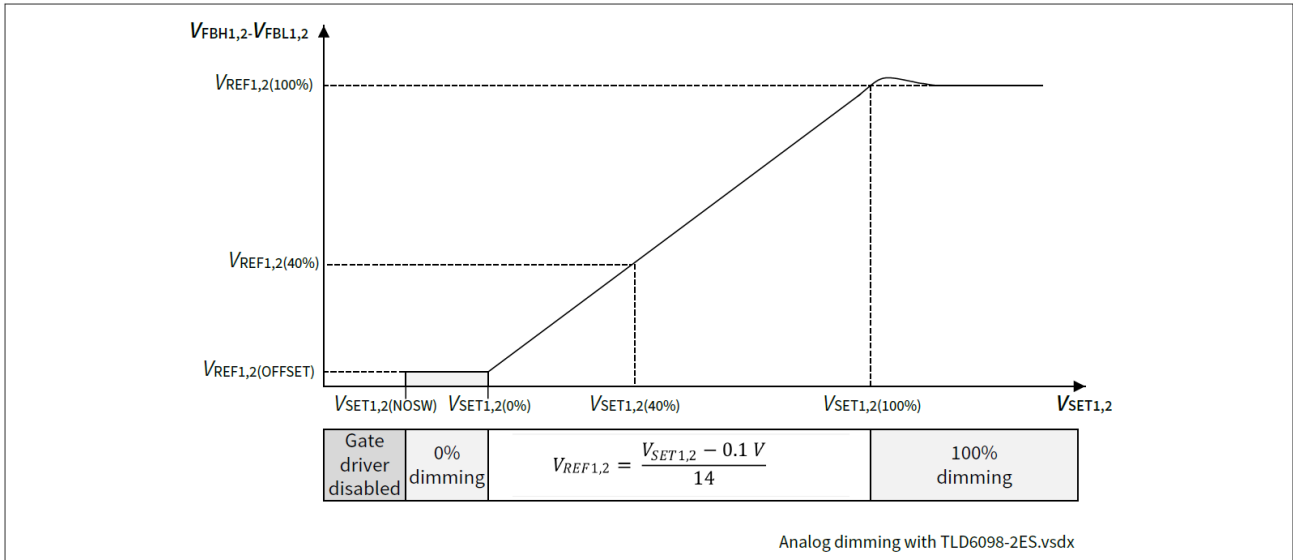


Figure 13 Relationship between $V_{SET1,2}$ and the respective voltage $V_{REF1,2}$

SET引脚还可以连接到外部热敏电阻 (通常安装在LED模块上) 来进行热保护。

7.1 电气特性

Table 10 Electrical characteristics

$V_{IN} = 8 V$ 至 $36 V$, $T_j = -40^{\circ}C$ 至 $+150^{\circ}C$; 所有电压相对于地，正极电流流入引脚 (除非另有规定)。

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
SET1 SET2 input voltage 100%	$V_{SET1,2(100\%)}$	–	2.2	–	V	1)	PRQ-596
SET1 SET2 input voltage 40%	$V_{SET1,2(40\%)}$	–	940	–	mV	1)	PRQ-599
SET1 SET2 input voltage 0%	$V_{SET1,2(0\%)}$	–	100	–	mV	1)	PRQ-598

(表格续下页.....)

7 Analog output adjustment

Table 10 (continued) **Electrical characteristics**

$V_{IN} = 8\text{ V}$ 至 36 V , $T_j = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$; 所有电压相对于地, 正极电流流入引脚 (除非另有规定)。

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
SET1 SET2 input voltage no switching activity	$V_{SET1,2(NOSW)}$	–	–	50	mV	–	PRQ-597

1) Not subject to production test, specified by design

8 Dimming functions

8 调光功能

TLD6098-2ES 提供两个调光输入（每个通道一个），用于脉宽调制（PWM）输出电流。

这种调制有利于降低输出的平均电流（从而降低 LED 的亮度），而不会导致 LED 产生的光出现色偏。

输出电流调制由通道根据DC/PWMI1,2引脚上的信号进行操作：

- 数字时钟信号规定占空比和频率
- 模拟电压转换为占空比，并使用 FPWM/FAULT1,2 引脚上的电阻器调整频率。

这些功能在两个通道上都存在，并且它们独立地在每个通道上起作用，没有任何通道之间的关系。

对于每个通道，DC/PWMI1,2引脚上的不同的电压将激活相应通道上的不同功能，如下所述：

- 如果电压高于 DC/PWMI1,2 输入电压高阈值 $V_{DC/PWMI(ON)}$ 则调光占空比设置为 100%
- 如果电压介于两个数字阈值（ $V_{DC/PWMI(100\%)}$ 和 $V_{DC/PWMI(0\%)}$ ）之间，则内置PWM调光功能被激活
- 如果电压低于 DC/PWMI1,2 输入电压低电平阈值 $V_{DC/PWMI(OFF)}$ 则调光占空比为 0%

当调光功能被激活时，PWM信号控制开关调节器的栅极驱动器和相应通道的PMOS栅极驱动器，其中调光功能被应用。

为了允许调光PMOS在低输出电压下快速转换，PWM01,2栅极驱动器的正电源连接到FBH1,2引脚，如果其电压 $V_{FBH1,2}$ 高于 V_{IVCC} ，否则栅极驱动器由IVCC引脚供电。

在每个通道的PWM调光ON状态期间，相应的PMOS被偏置为PWM0输出电压ON状态 $V_{PWM01,2,ON}$ （最小 $V_{PWM01,2,ON}$ 不能低于0V）。

8.1 电气特性

Table 11 Electrical characteristics

$V_{IN} = 8\text{ V}$ 至 36 V ， $T_j = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$ ；所有电压相对于地，正极电流流入引脚（除非另有规定）。

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
PWM01, PWM02 peak output current	$I_{PWM01,2}$	2	5	–	mA	¹⁾ $V_{FBH1,2} = 14\text{ V}$ $V_{PWM01,2}$ increasing $V_{PWM01,2(ON)} + 0.5\text{ V}$ to $V_{PWM01,2(ON)} + 3.5\text{ V}$ $C_{L,PWM01,2} = 3.3\text{ nF}$ Current flows out of pin	PRQ-199

（表格续下页.....）

8 Dimming functions

Table 11 (continued) **Electrical characteristics**

$V_{IN} = 8\text{ V}$ 至 36 V , $T_j = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$; 所有电压相对于地, 正极电流流入引脚 (除非另有规定)。

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
PWM01 PWM02 peak output current	$I_{\text{PWM01,2}}$	2	5	–	mA	1) $V_{\text{FBH1,2}} = 14\text{ V}$ $V_{\text{PWM01,2}}$ decreasing $V_{\text{PWM01,2(OF F)}}$ - 0.5 V to $V_{\text{PWM01,2(OF F)}} - 3.5\text{ V}$ $C_{\text{L,PWM01,2}} = 3.3\text{ nF}$	PRQ-200
PWM01 PWM02 gate drivers output rise time	$t_{\text{R_PWM01,2}}$	–	2	6	μs	1) $V_{\text{FBH1,2}} = 14\text{ V}$ $V_{\text{PWM01,2}}$ increasing $V_{\text{PWM01,2(ON)}} + 0.5\text{ V}$ to $V_{\text{PWM01,2(ON)}} + 3.5\text{ V}$ $C_{\text{L,PWM01,2}} = 3.3\text{ nF}$	PRQ-201
PWM01 PWM02 gate drivers output fall time	$t_{\text{F_PWM01,2}}$	–	2	6	μs	1) $V_{\text{FBH1,2}} = 14\text{ V}$ $V_{\text{PWM01,2}}$ decreasing $V_{\text{PWM01,2(OF F)}} - 0.5\text{ V}$ to $V_{\text{PWM01,2(OF F)}} - 3.5\text{ V}$ $C_{\text{PWM01,2}} = 3.3\text{ nF}$	PRQ-202
PWM01 PWM02 output voltage ON state	$V_{\text{PWM01,2(ON)}}$	–	$V_{\text{FBH1,2}} - 6.5$	$V_{\text{FBH}} - 5$	V	1) $V_{\text{FBH1,2}} > 7.5$	PRQ-203
PWM01 PWM02 output voltage OFF state	$V_{\text{PWM01,2(OF F)}}$	–	$V_{\text{FBH1,2}}$	–	V	1) $V_{\text{FBH1,2}} = 14\text{ V}$	PRQ-204

1) Not subject to production test, specified by design

8.2 数字 PWM 调光

TLD6098-2ES的每个通道都有一个专用的输入引脚, 用于用数字模式调制LED串的平均电流

如果满足以下条件, 每个通道都会识别出 DC/PWMI1,2 引脚上的数字PWM调光信号:

- DC/PWMI1,2 引脚上的最小电压低于 $V_{\text{DC/PWMI1,2(OF F)}}$
- DC/PWMI1,2 引脚上的最大电压高于 $V_{\text{DC/PWMI1,2(ON)}}$
- DC/PWMI1,2 上的最大频率小于 1 kHz
- 未检测到任何故障

如果识别到有效的模式并且 $V_{\text{DC/PWMI}}$ 高于 $V_{\text{DC/PWMI(ON)}}$, 则NMOS栅极驱动器被启用, PWM0引脚的电压为 $V_{\text{PWM0(ON)}}$; 否则, NMOS栅极驱动器被禁用, PWM0引脚的电压为 $V_{\text{PWM0(OF F)}}$ 。

8 Dimming functions

8.2.1 电气特性

Table 12 Electrical Characteristics

$V_{IN} = 8\text{ V}$ 至 36 V , $T_j = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$; 所有电压相对于地, 正极电流流入引脚 (除非另有规定)。

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
DC/PWMI1, DC/PWMI2 input voltage high threshold	$V_{DC/PWMI1,2(ON)}$	4.0	–	–	V	–	PRQ-205
DC/PWMI1, DC/PWMI2 input voltage low threshold	$V_{DC/PWMI1,2(OFF)}$	–	–	0.8	V	–	PRQ-206
DC/PWMI1 DC/PWMI2 input current	$I_{DC/PWMI1,2}$	–	–	200	μA	$V_{DC/PWMI1,2} = V_{IN}$	PRQ-207
DC/PWMI1 DC/PWMI2 input current	$I_{DC/PWMI1,2}$	–	–	1	μA	$V_{DC/PWMI1,2} = 0.8\text{ V}$	PRQ-208
DC/PWMI1 DC/PWMI2 minimum ON time	$t_{DC/PWMI1,2(ON)}$	6	–	–	μs	–	PRQ-209

8.3 内置PWM引擎

内置PWM引擎在不使用定时器或微控制器的情况下帮助减少LED串在调光时的颜色偏移。它产生频率和占空比可调的脉冲宽度调制 (PWM)。一个可能的应用是日间行车灯调光降低到位置灯而不使用微控制器或定时器。

对于每个通道, 内置PWM调光功能在DC/PWMI引脚上的电压在DC/PWMI输入电压0%调光 $V_{DC/PWMI1,2(0\%)}$ 和DC/PWMI输入电压100%调光 $V_{DC/PWMI1,2(100\%)}$ 之间时启用。

该电压被转换为PWM信号的占空比, 占空比分辨率为 $n_{DC/PWMIo}$

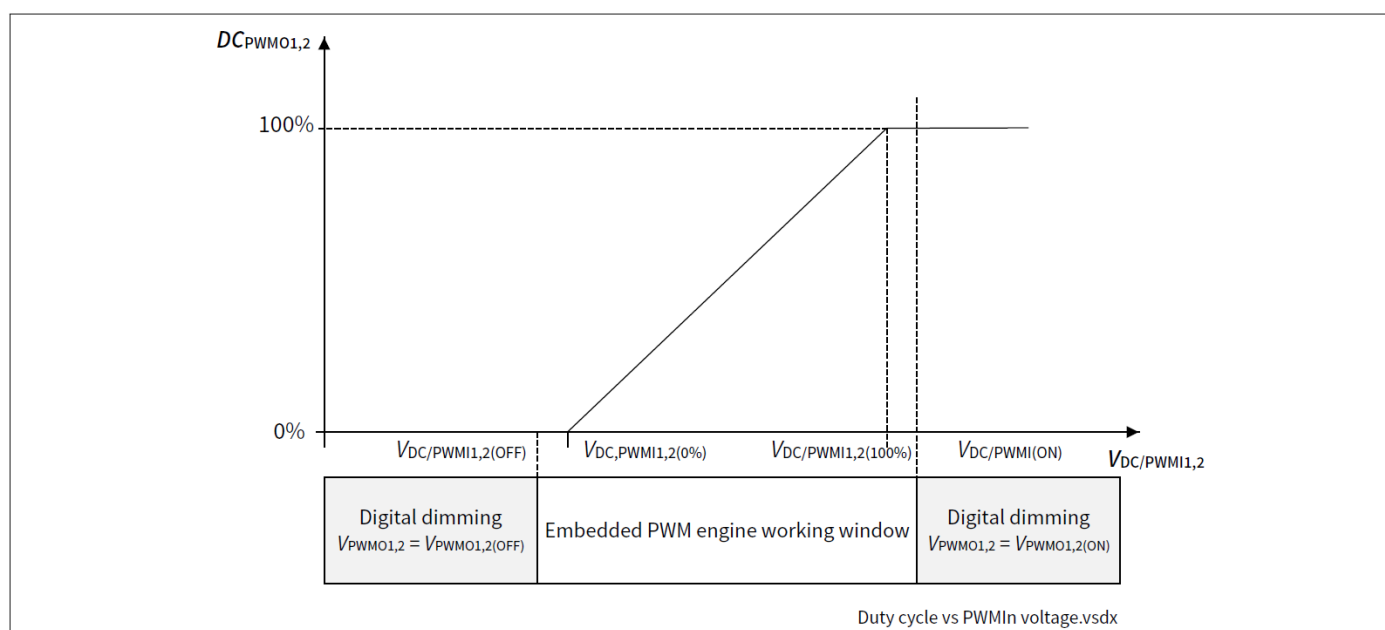


Figure 14 Relationship between $V_{DC/PWMI1,2}$ and dimming duty cycle

8 Dimming functions

如果启动内置PWM调光功能，则 PWM01,2 引脚的行为如下：

- PWM01,2 电压在 PWM01,2 输出电压 ON 状态 $V_{PWM01,2(ON)}$ 和 PWM01,2 输出电压 OFF 状态 $V_{PWM01,2(OFF)}$ 之间切换
- PWM01,2 开关频率取决于 FPWM/FAULT1,2 引脚上的电阻值
- PWM占空比随 VDC/PWM1,2 引脚上的电压线性调整

任何故障都会禁用内置 PWM 引擎，并强制 PWM01,2 引脚上的电压为 $V_{PWM01,2(OFF)}$ 。连接在

FPWM/FAULT1,2 上的电阻器用于：

- 调整内置PWM引擎的频率
- 在故障报告期间，启用FPWM/FAULT1,2引脚上的两种不同的反应。
- 启用或禁用相应通道上的电压控制环路。

如果 FPWM/FAULT1,2 引脚上的电阻处于 FPWM/FAULT 高阻值范围 $R_{FPWM/FAULT(H)}$ 内，则通道具有以下行为：

- PWM引擎的频率在 f_{PWM0} 范围内调整
- 如果检测到故障，则会在 FPWM/FAULT1,2 引脚上以适当的占空比报告
- 电压环路被禁用，并且通过比较器检测过压（详细信息在保护和故障管理部分中描述）

同时，如果 FPWM/FAULT1,2 引脚上的电阻处于 FPWM/FAULT 低阻值范围 $R_{FPWM/FAULT(L)}$ ：

- PWM引擎的频率在 f_{PWM0} 范围内调整
- 故障报告在 FPWM/FAULT1,2 引脚上，但没有特定的指示
- 电压调节环路与电流调节环路同时启用，内置PWM发生器的频率可通过

(3)

以下公式计算：

$$f_{PWM0_HR} = \frac{1}{(7.4 \cdot 10^{-8} \cdot R_{FPWM/FAULT})}$$

电阻 $R_{FPWM/FAULT(H)}$ 范围

$$f_{PWM0_LR} = \frac{1}{(7.4 \cdot 10^{-7} \cdot R_{FPWM/FAULT})} \quad (4)$$

电阻 $R_{FPWM/FAULT(L)}$ 范围。

8 Dimming functions

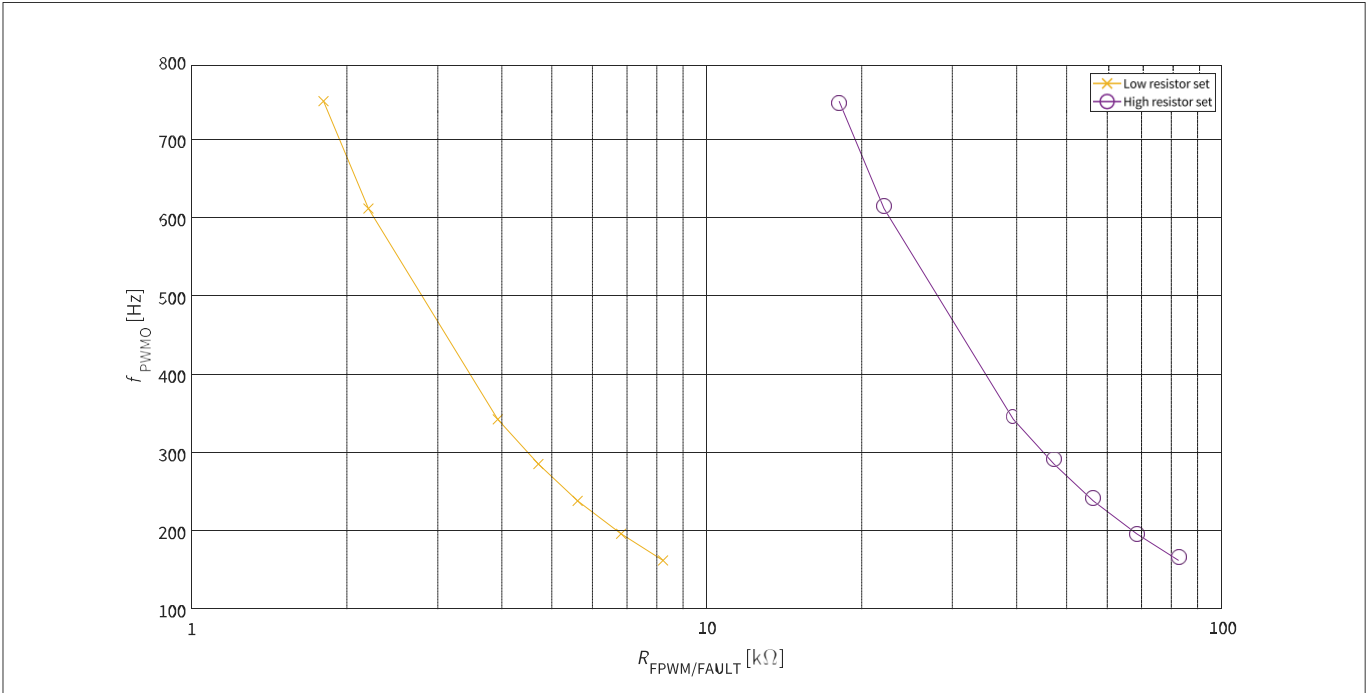


Figure 15 Relationship between $R_{FPWM/FAULT}$ and the frequency of PWMO

下表总结了FPWM/FAULT引脚上两个电阻集之间的差异。

Table 13 Resistor differences on fault pin

	$R_{FPWM/FAULT(H)}$	$R_{FPWM/FAULT(L)}$
Fault report	Each fault reported with a dedicated duty cycle on the respective FPWM/FAULT1,2	The faults are reported by raising the voltage on the respective FPWM/FAULT1,2 pin until the faulty status is removed
Voltage loop	Disabled	Enabled

8 Dimming functions

8.3.1 电气特性

Table 14 Electrical characteristics

$V_{IN} = 8\text{ V}$ 至 36 V , $T_j = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$; 所有电压相对于地, 正极电流流入引脚 (除非另有规定)。

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
DCPWM1 DC/PWM12 input voltage 0% dimming	$V_{DC/PWM1,2(0\%)}$	0.965	1	1.035	V	$V_{IVCC} = 5\text{ V}$	PRQ-211
DC/PWM1 DC/PWM12 input voltage 100% dimming	$V_{DC/PWM1,2(100\%)}$	3.53	3.6	3.67	V	$V_{IVCC} = 5\text{ V}$	PRQ-212
DC/PWM1 DC/PWM12 equivalent pull down resistor	$R_{DC/PWM1,2}$	1.5	2.5	3.5	$\text{M}\Omega$	$V_{DC/PWM1,2} = 4\text{ V}$ 1)	PRQ-434
PWMO duty cycle	DC_{PWMO}	8	10	12	%	$V_{PWM} = 1.26\text{ V}$ $V_{IVCC} = 5\text{ V}$	PRQ-112
FPWM/FAULT1, FPWM/FAULT2 reference voltage	$V_{FPWM/FAULT1,2(REF)}$	0.72	0.80	0.88	V	–	PRQ-214
FPWM/FAULT1, FPWM/FAULT2 output current	$I_{FPWM/FAULT1,2}$	–	–	3	mA	$V_{FPWM1,2} = 0\text{ V}$	PRQ-215
PWMO1, PWMO2 dimming frequency	$f_{PWMO1,2}$	315	345	375	Hz	$R_{FPWM1,2} = 3.92\text{ k}\Omega$	PRQ-216
PWMO1, PWMO2 dimming frequency	$f_{PWMO1,2}$	315	345	375	Hz	$R_{FPWM/FAULT1,2} = 39.2\text{ k}\Omega$	PRQ-374
DC/PWMI duty cycle resolution	$n_{DC/PWMI}$	–	10	–	bit	1) 2)	PRQ-313
FPWM/FAULT high range resistor	$R_{FPWM/FAULT(H)}$	18	–	90	$\text{k}\Omega$	1) 2)	PRQ-590
FPWM/FAULT low range resistor	$R_{FPWM/FAULT(L)}$	1.8	–	9	$\text{k}\Omega$	1) 2)	PRQ-591

1) 不进行生产测试, 仅由设计指定

2) 不进行生产测试, 仅由设计指定

9 Protections and fault management

9 保护措施和故障管理

通过检查 PWM01,2、IVCC 和 FPWM/FAULT1,2 引脚的状态来识别故障情况。双通道独立故障管理和报告。

设备的每个通道在检测到以下情况时会禁用栅极驱动器并在其FPWM/FAULT1,2引脚上报告故障：

- 对地短路
- VFB1,2 引脚过压
- 过温
- FBH1,2 引脚过压
- 过流

通过将相应 FPWM/FAULT1,2 引脚上的电压升高至 $V_{FPWM/FAULT1,2(FAULT)}$ 来报告故障。故障报告的输出波形取决于连接到 FPWM/FAULT1,2 引脚的电阻器。

FPWM/FAULT1,2引脚的状态可以由微控制器监控。在这种情况下，需要在FPWM/FAULT1,2和微控制器的输入引脚之间使用一个串联电阻（最小10 k Ω ）

PWM01,2栅极驱动器在以下情况下将相应的PMOS偏置为OFF状态，以断开负载与DC-DC输出之间的连接：

- VFB1,2 引脚过压，
- FBH1,2 引脚过压
- 过温
- 过流

在短路到地的情况下，PMOS在 t_{S2G} 期间被偏置为OFF状态，并且在以下条件下被偏置为ON状态：每 t_{FAULT} 时间，每隔 t_{SS} ，检测故障是否已消除。

9.1 电气特性

Table 15 Electrical characteristics

$V_{IN} = 8\text{ V}$ 至 36 V , $T_j = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$; 所有电压相对于地，正极电流流入引脚（除非另有规定）。

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
FPWM/FAULT1,2 output voltage with fault	$V_{FPWM/FAULT1,2(FAULT)}$	4	–	–	V	2)	PRQ-609
Fault period	t_{FAULT}	9	10	11	ms	1) 2)	PRQ-133

1) 未经过生产测试，由设计指定。

2) 未经过生产测试，由设计指定。

9.2 对地短路

短路到地检测功能保护每个通道免受短路期间电流过载的影响。

每个通道在VFB1,2引脚的电压低于对地短路电压时检测到此故障。

阈值 $V_{FB1,2_S2G}$ 的持续时间长于对地短路反应时间 t_{S2G_RT} 。对地短路故障时间 t_{S2G} 过后，将触发软启动程序。如果软启动结束时 VFB1,2 引脚上的电压高于 $(V_{FB1,2_S2G} + V_{FB1,2_S2G_HYST})$ ，则解除故障

在软启动过程中，对地短路检测被禁用，并且 FPWM/FAULT1,2 引脚的电压保持在 $V_{FPWM/FAULT1,2(REF)}$ 。

对地短路的反应是：

1. FPWM/FAULT1,2 引脚上的电压升高至 $V_{FPWM/FAULT1,2(FAULT)}$ ，持续时间为 t_{S2G}

9 Protections and fault management

2. 经过 t_{S2G} 时间后, 执行软启动程序
3. 在软启动程序结束时, 重新检查电压 $V_{VFB1,2}$

如果故障仍然存在, 则重复该过程, 否则通道重新启动。无论在 FPWM/FAULT 引脚上使用什么电阻, 这个程序都是有效的。

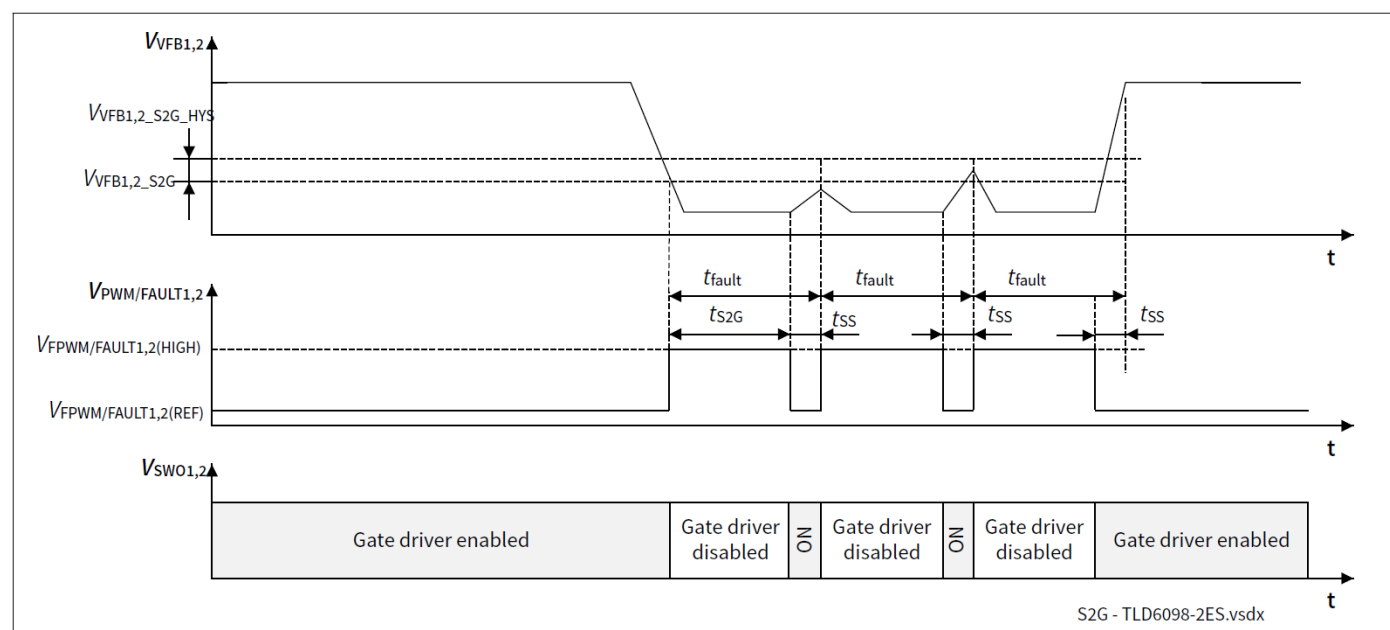


Figure 16 Timing diagram during short to ground detection

一旦DC/PWMI1,2 引脚上的电压低于 $V_{DC/PWMI1,2(OFF)}$, 就会同时检测到过流和对地短路。

所有其他情况下, 不会检测对地短路, 当DC/PWMI1,2引脚上的电压低于 $V_{DC/PWMI1,2(OFF)}$ 时是如此。

9.2.1 电气特性

Table 16 Electrical characteristics

$V_{IN} = 8\text{ V}$ 至 36 V , $T_j = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$; 所有电压相对于地, 正极电流流入引脚 (除非另有规定)。

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
Fault time with short to ground	t_{S2G}	7.2	8	8.8	ms	1)	PRQ-134
Short to ground reaction time	t_{S2G_RT}	4	–	20	μs	–	PRQ-121
Short to ground voltage threshold	$V_{FB1,2_S2G}$	93	100	107	mV	Voltage decreasing	PRQ-218
Short to ground voltage hysteresis	$V_{FB1,2_S2G_HYST}$	–	5	10	mV	1)	PRQ-219

1) Not subject to production test, specified by design

9 Protections and fault management

9.3 输出过压及电压调节

根据 FPWM/FAULT1,2 引脚上使用的电阻，该通道使用比较器实现过压检测或使用内部电压环路实现电压调节。

如果连接到FPWM/FAULT1,2引脚的电阻在 $R_{FPWM/FAULT(H)}$ 范围内，则过压比较器被启用，使用VFB1 VFB2过压阈值 $V_{VFB1,2_OV}$ 。当VFB电压超过此阈值时，检测到故障。

通道反应为：

- 将相应的 $V_{FPWM/FAULT1,2}$ 升高至 $V_{FPWM/FAULT1,2(FAULT)}$ ，并保持过压故障时间 t_{OVFB}
- 禁用相应的 NMOS 栅极驱动器 t_{FAULT} 时间

t_{FAULT} 之后，设备重新检查 VFB1,2 上的电压，如果它仍然高于 $(V_{VFB1,2_OV} - V_{VFB1,2_OV,HYS})$ ，则重复该流程，否则设备将通过软启动流程重启。

如果连接到 FPWM/FAULT1,2 引脚的电阻在 $R_{FPWM/FAULT(H)}$ 范围内，那么即使DC/PWMI1,2 引脚上的电压低于 $V_{DC/PWMI1,2(OFF)}$ ，也会检测到故障。

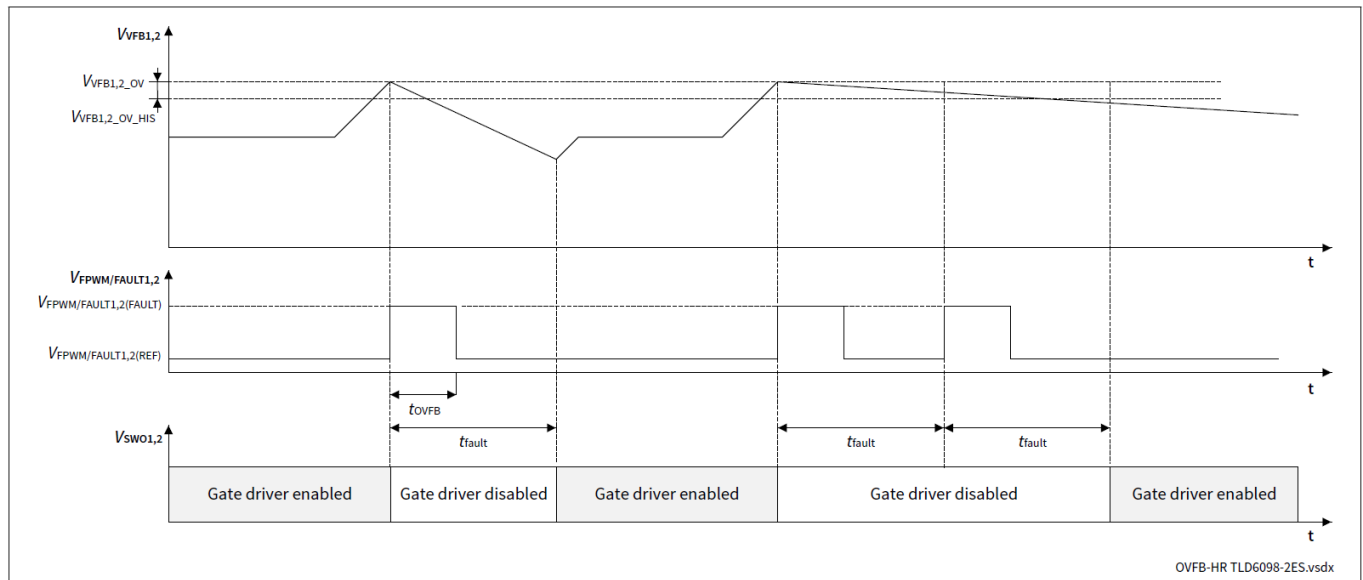


Figure 17 Timing diagram during overvoltage detection

如果连接到 FPWM/FAULT1,2 引脚的电阻在 $R_{FPWM/FAULT(L)}$ 范围内，该通道的主要功能是通过调节输出电压来维持一个稳定的电压值。

如果 DC/PWMI1,2 引脚上的电压高于 $V_{DC/PWMI1,2(ON)}$ ，则通道的行为如下：

当 VFB1,2 引脚上的电压高于 $V_{FB1,2_VM(ON)}$ 时，电压环路接管调节。此时 FPWM/FAULT1,2 引脚上的电压升至 $V_{FPWM/FAULT1,2(FAULT)}$ 。

通道还会报告 VFB1,2 引脚上的电压何时低于 $V_{FB1,2_VM(OFF)}$ ，以指示电压环路无效。在此条件下，FPWM/FAULT 引脚上的电压为 $V_{FPWM/FAULT1,2(REF)}$ 。

如果 DC/PWMI1,2 引脚上的电压低于 $V_{DC/PWMI1,2(ON)}$ ，则通道的行为如下：

当 VFB1,2 引脚上的电压高于 $V_{FB1,2_VM(ON)}$ 时，电压环路接管调节。FPWM/FAULT1,2 引脚的电压保持在 $V_{FPWM/FAULT1,2(REF)}$ 。

通道还会报告 VFB1,2 引脚上的电压何时低于 $V_{FB1,2_VM(OFF)}$ ，以指示电压环路无效。在此条件下，FPWM/FAULT 引脚上的电压保持为 $V_{FPWM/FAULT1,2(REF)}$ 。

9 Protections and fault management

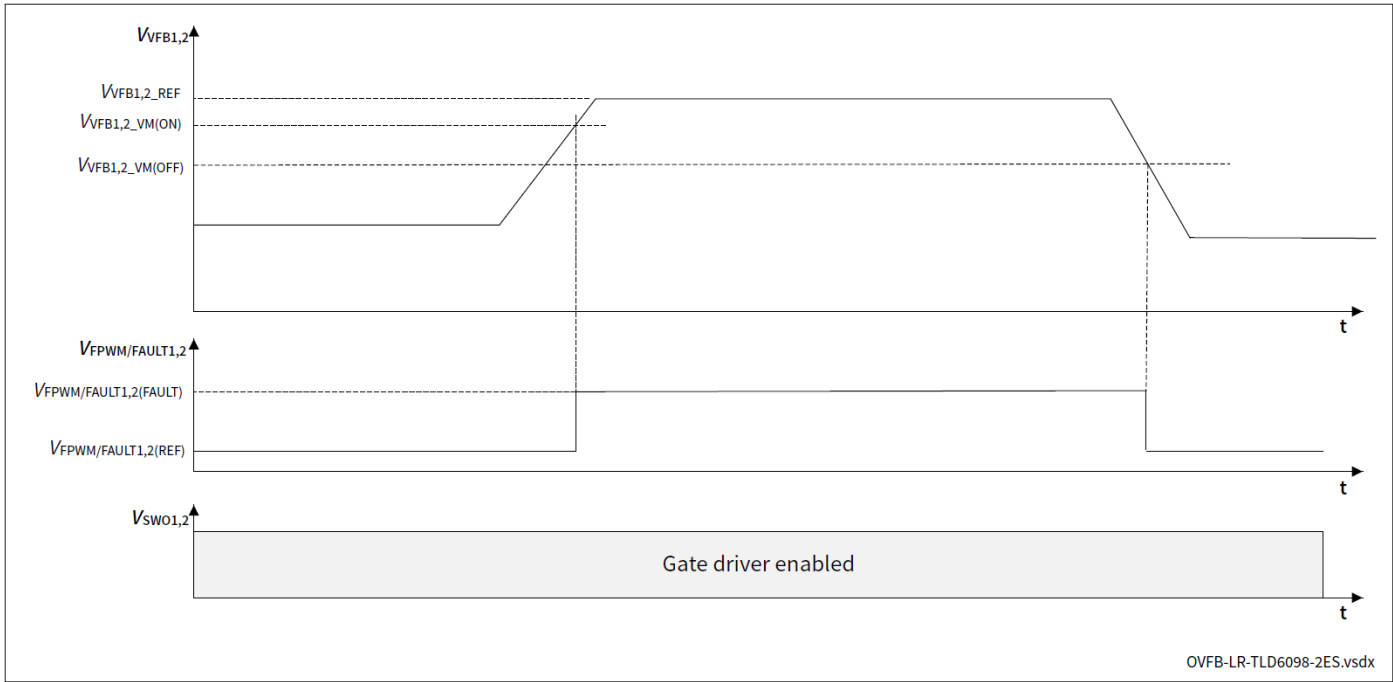


Figure 18 Timing diagram in voltage regulation

9.3.1 电气特性

Table 17 Electrical characteristics

$V_{IN} = 8\text{ V}$ 至 36 V , $T_j = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $+150^{\circ}\text{C}$; 所有电压相对于地, 正极电流流入引脚 (除非另有规定)。

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
VFB1, VFB2 overvoltage threshold	$V_{VFB1,2_OV}$	1.568	1.6	1.632	V	Voltage increasing	PRQ-217
VFB overvoltage hysteresis	$V_{VFB_OV_HYS}$	180	200	220	mV	1)	PRQ-323
VFB1, VFB2 input current	$I_{VFB1,2}$	-1	-0.1	1	μA	$V_{FB1,2} = 1.6\text{ V}$	PRQ-221
VFB1, VFB2 voltage mode ON thresholds	$V_{VFB1,2_VM(ON)}$	1.45	1.5	1.55	V	Voltage increasing	PRQ-408
VFB1, VFB2 voltage mode OFF threshold	$V_{VFB1,2_VM(OFF)}$	1.3	1.35	1.4	V	Voltage decreasing	PRQ-409
Fault time with overvoltage	t_{OVFB}	3.6	4	4.4	ms	1)	PRQ-135

1) Not subject to production test, specified by design

9.4 FBH 引脚过压

通道具有保护功能, 可防止 FBH1,2 引脚上出现过电压。故障的报告取决于连接到 FPWM/FAULT1,2 引脚的电阻。

9 Protections and fault management

当电压 $V_{FBH1,2}$ 高于 FBH1,2 过压高阈值 $V_{FBH1,2(H)}$ 时，检测到 FBH1,2 引脚过压故障；当电压 $V_{FB1,2}$ 低于 FBH 过压低电平阈值 $V_{FBH1,2(L)}$ 时，故障解除。

在 FPWM/FAULT1,2 引脚上连接一个电阻，处于 $R_{FPWM/FAULT(H)}$ 范围内时，通道会做出以下反应：

- 禁用相应的 NMOS 栅极驱动器
- 将 FPWM/FAULT1,2 引脚电压升高至 $V_{FPWM/FAULT1,2(FAULT)}$ 并持续 t_{FBH} 时间
- 在 t_{FAULT} 周期后，器件检查 $V_{FBH1,2}$ 是否仍然高于 $V_{FBH1,2(L)}$

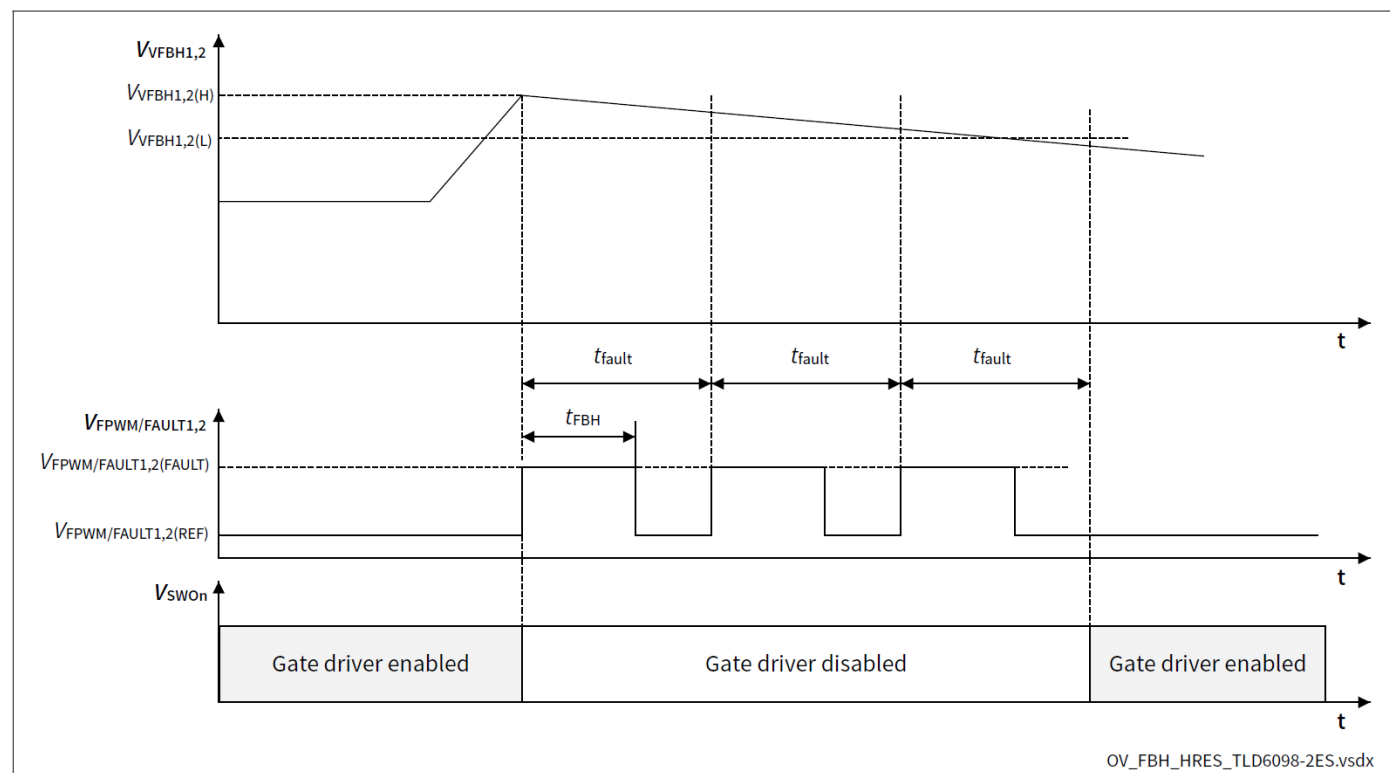


Figure 19 Timing diagram during overvoltage on FBH1,2 detection with $R_{FPWM/FAULT(H)}$ used on FPWM/FAULT1,2 pin

当 FPWM/FAULT1,2 引脚上的电阻处于 $R_{FPWM/FAULT(L)}$ 范围内时，通道对故障的反应如下：

- 禁用相应的 NMOS 栅极驱动器
- 将相应 FPWM/FAULTn 引脚的电压升高至 $V_{FPWM/FAULT1,2(FAULT)}$
- t_{FAULT} 周期后，器件检查 FBH 引脚上的电压是否仍然高于 $V_{FBH1,2(L)}$

9 Protections and fault management

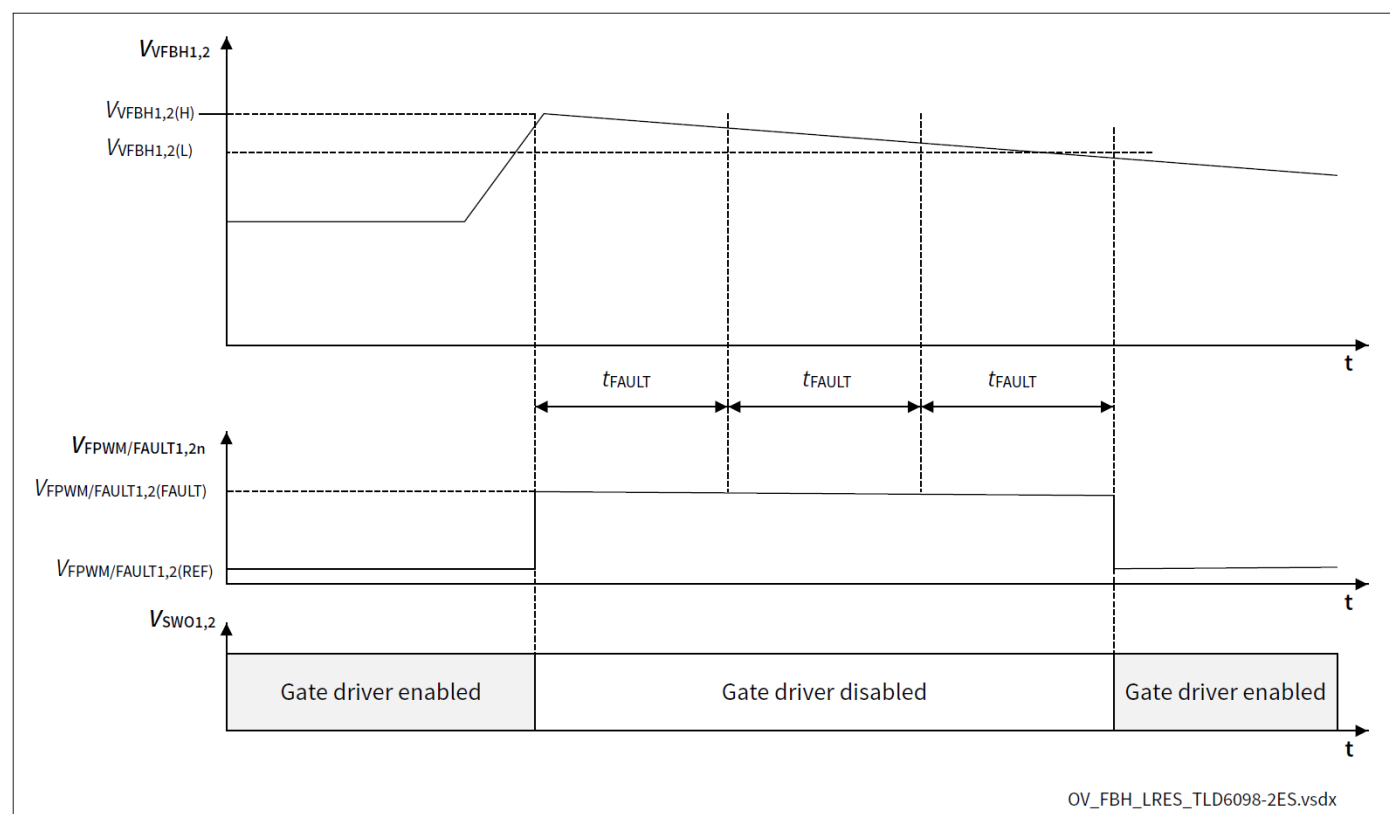


Figure 20 Timing diagram during overvoltage on FBH detection with $R_{FPWM/FAULT(L)}$ used on FPWM/FAULT1,2 pin

当故障消失时，通道通过软启动流程重新启动，并将 FPWM/FAULT1,2 引脚的电压降低至 $V_{FPWM/FAULT1,2(REF)}$ 。

如果在软启动流程期间出现故障，它会中断软启动 t_{FAULT} 时间，然后流程重新启动。

即使 DC/PWMI1,2 引脚上的电压低于 $V_{DC/PWMI1,2(OFF)}$ ，也会检测到故障。

9.4.1 电气特性

Table 18 Electrical characteristics

$V_{IN} = 8\text{ V}$ 至 36 V ， $T_j = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$ ；所有电压相对于地，正极电流流入引脚（除非另有规定）。

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
FBH1 FBH2 overvoltage upper threshold	$V_{FBH1,2(H)}$	70	–	75	V	$V_{FBH1,2}$ increasing	PRQ-414
FBH1 FBH2 overvoltage lower threshold	$V_{FBH1,2(L)}$	65	–	–	V	$V_{FBH1,2}$ decreasing	PRQ-415
Fault time FBH	t_{FBH}	5.4	6	6.6	ms	1)	PRQ-329

1) Not subject to production test, specified by design

9 Protections and fault management

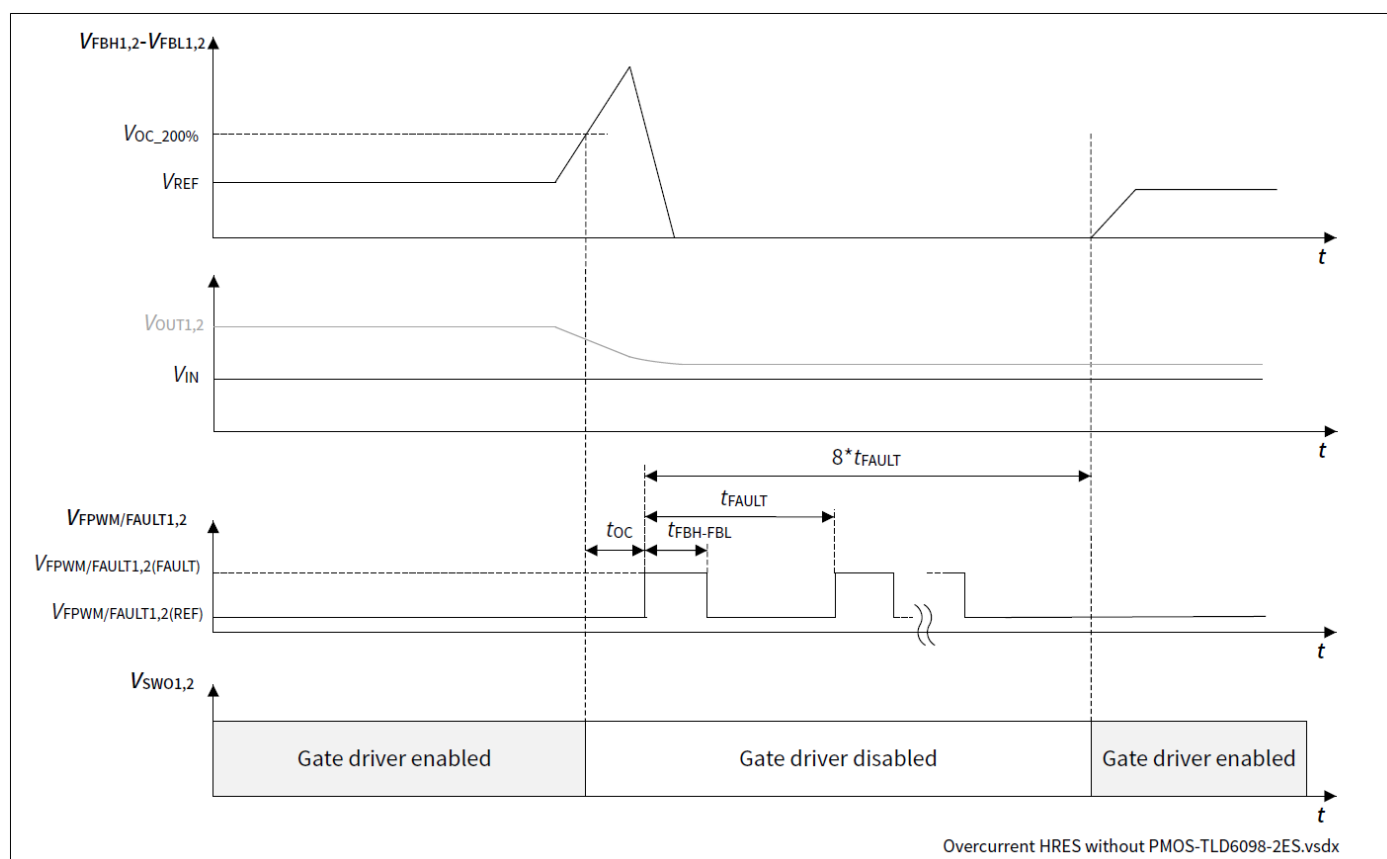


Figure 22 System behavior with $R_{FPWM/FAULT(H)}$ during overcurrent detection without PMOS as dimming/protection element

当 FPWM/FAULT 引脚上的电阻处于 $R_{FPWM/FAULT(L)}$ 范围内时，通道对过流的反应如下：

- 进入过流状态
- 禁用 NMOS 栅极驱动器并将 PWM01,2 引脚上的电压升高至 $V_{PWM01,2(OFF)}$
- 一旦 $(V_{FBH1,2} - V_{FBL1,2}) < (V_{OC_200\%} - V_{OC_HYS})$ ，NMOS 栅极驱动将再次启用
- PWM01,2 引脚再次受调光功能控制
- 退出过流状态

当器件处于过流状态的累计时间在 $8 * t_{FAULT}$ 的时间窗口内达到 t_{OC}

- 将 FPWM/FAULT1,2 引脚的电压升高至 $V_{FPWM/FAULT1,2(FAULT)}$ 并维持 $8 * t_{FAULT}$ 的时间，然后释放至 $V_{FPWM/FAULT1,2(REF)}$

9 Protections and fault management

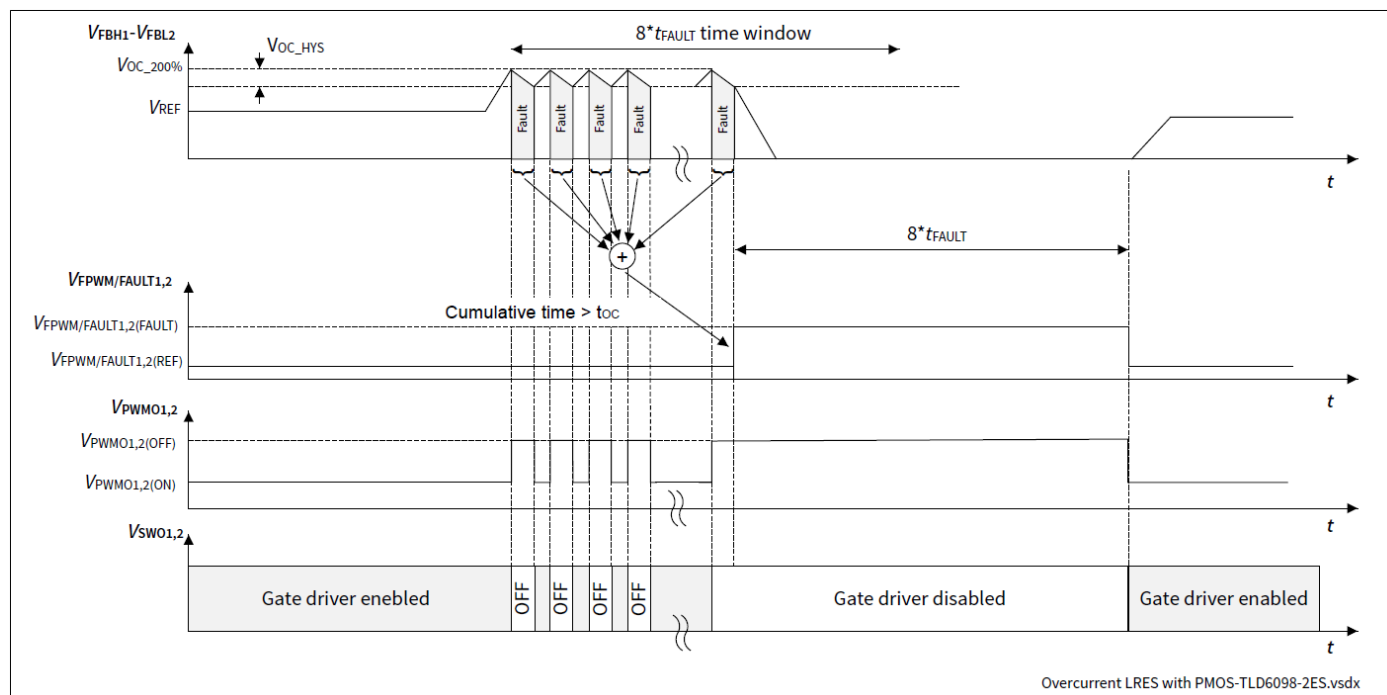


Figure 23 System behavior with $R_{FPWM/FAULT(L)}$ during overcurrent detection with PMOS as dimming/protection element

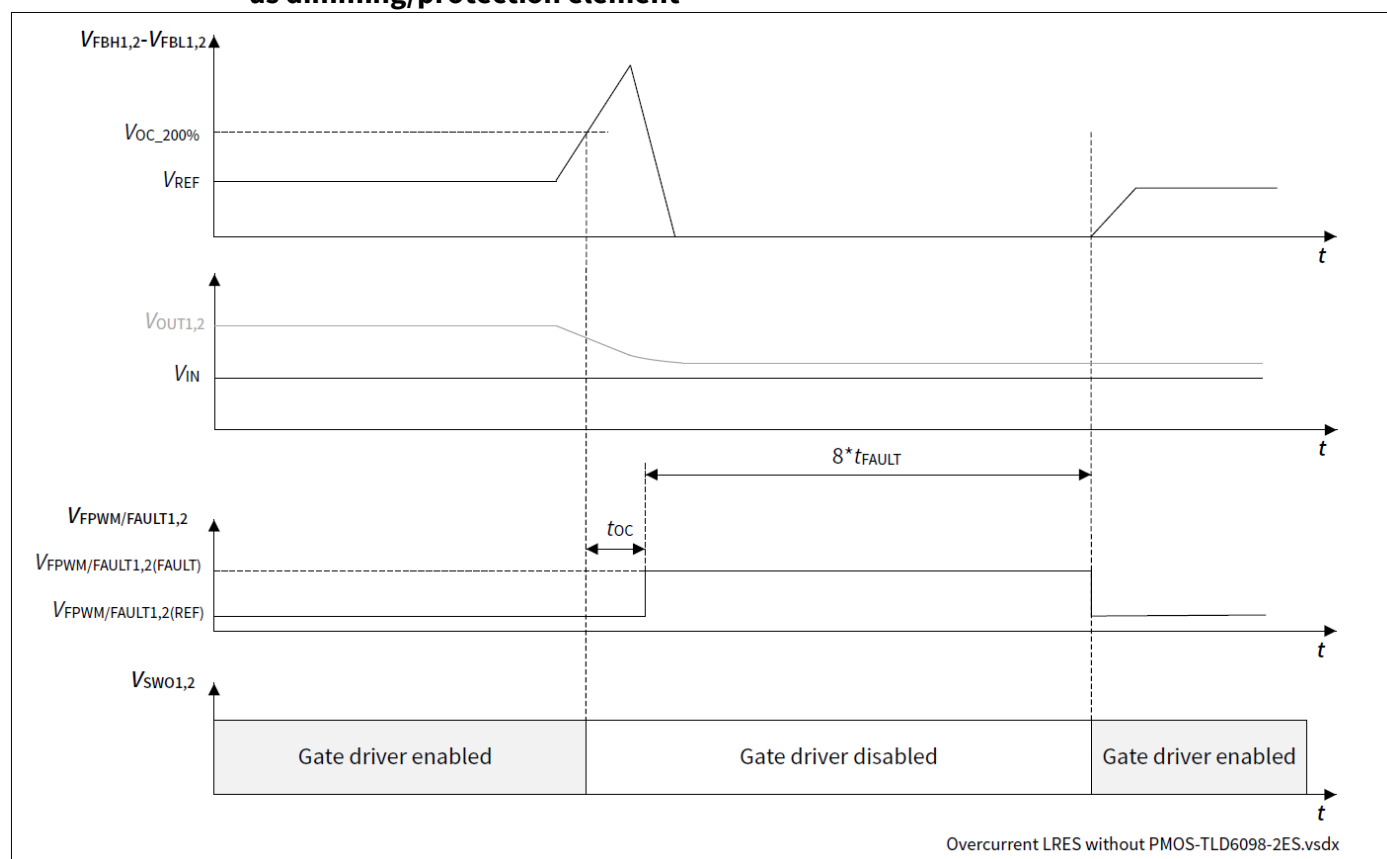


Figure 24 System behavior with $R_{FPWM/FAULT(L)}$ during overcurrent detection without PMOS as dimming/protection element

在过流检测期间， t_{S2G_RT} 滤波时间被忽略。如果同时进行接地短路检测和过流检测，通道会对接地短路故障做出反应，累计时间表示通道处于过流状态。当累计时间达到 t_{OC} 时，在 $8 \cdot t_{FAULT}$ 的时间窗口内，检测到过流。

9 Protections and fault management

即使 VDC/PWM1,2 引脚上的电压低于 $V_{DC/PWM1,2(OFF)}$ 也能检测到故障。

9.5.1 电气特性

表 19 电气特性

$V_{IN} = 8\text{ V}$ 至 36 V , $T_j = -40^\circ\text{C}$ 至 $+150^\circ\text{C}$; 所有电压相对于地, 正极电流流入引脚 (除非另有规定)。

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
Overcurrent detection threshold	$V_{OC_200\%}$	280	300	–	mV	$V_{FBH1,2} - V_{FBL1,2}$ increasing	PRQ-604
Overcurrent detection hysteresis	V_{OC_HYS}	15	–	35	mV	1)	PRQ-532
Overcurrent detection time	t_{OC}	3.6	4	4.4	ms	1)	PRQ-533
Overcurrent fault time	$t_{FBH-FBL}$	1.8	2	2.2	ms	1)	PRQ-555
Reaction time during overcurrent detection	$t_{OC_200\%}$	–	–	2	μs	1)	PRQ-538

1) Not subject to production test, specified by design

9.6 过温

热关断是一种内部特性, 旨在防止设备在高温下受到损害, 而不是用于正常操作中的连续使用。

如果结温达到过温关断 $T_{J(SD)}$, 集成的热关断功能将关闭栅极驱动器和内部线性稳压器。

每个 t_{FAULT} 周期检查一次结温, 当其冷却到 $(T_{J(SD)} - T_{J(SD_HYS)})$ 时, 器件将自动通过软启动重新启动。

热关断功能在两个通道上均起作用

9 Protections and fault management

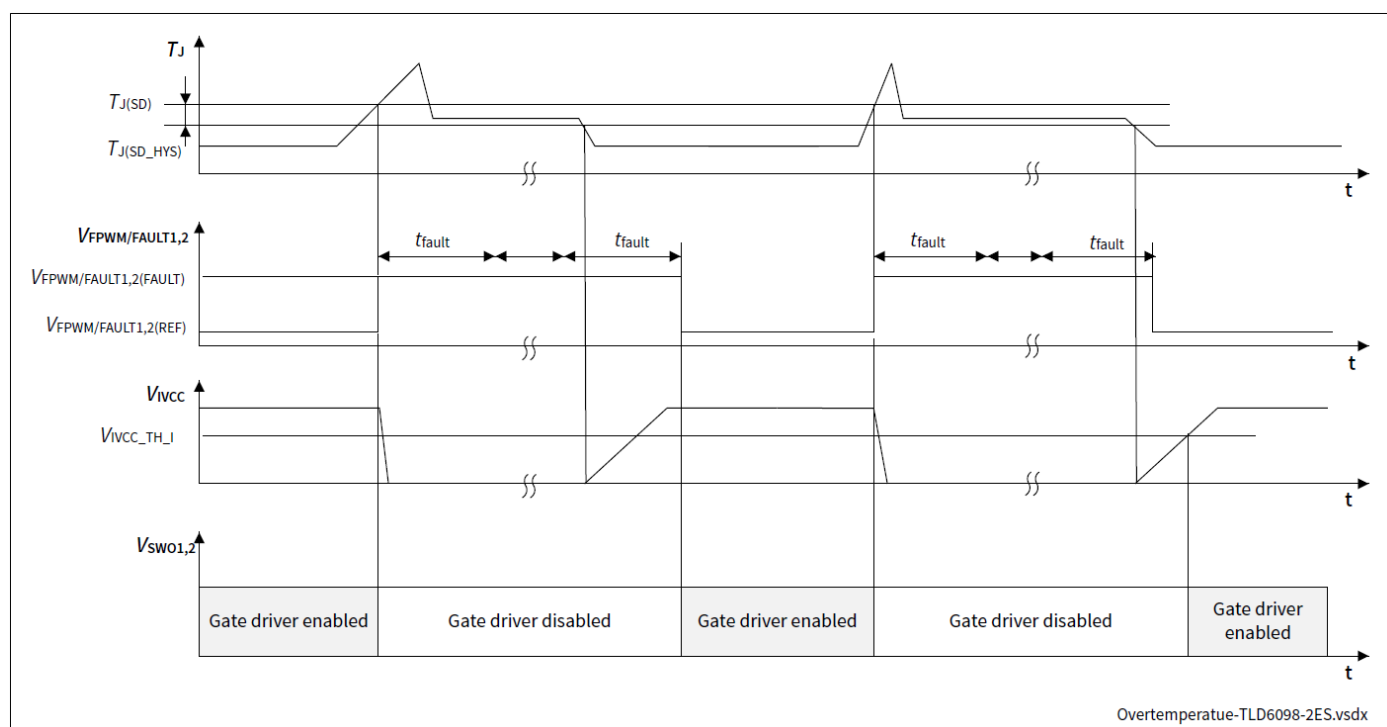


Figure 25 Timing diagram during overtemperature protection

9.6.1 电气特性

Table 20 Electrical characteristics

$V_{IN} = 8\text{ V}$ 至 36 V , $T_j = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $+150^{\circ}\text{C}$; 所有电压相对于地, 正极电流流入引脚 (除非另有规定)。

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
Overtemperature shutdown	$T_{J(SD)}$	160	175	190	$^{\circ}\text{C}$	1)	PRQ-336
Overtemperature shutdown hysteresis	$T_{J(SD_HYS)}$	–	10	–	$^{\circ}\text{C}$	1)	PRQ-337

1) Not subject to production test, specified by design

[illegible]

注： 图表中的信息适用于单个通道或两个通道。两个通道是相同的和独立的，这意味着它们具有相同的特性和行为。

10 Application information

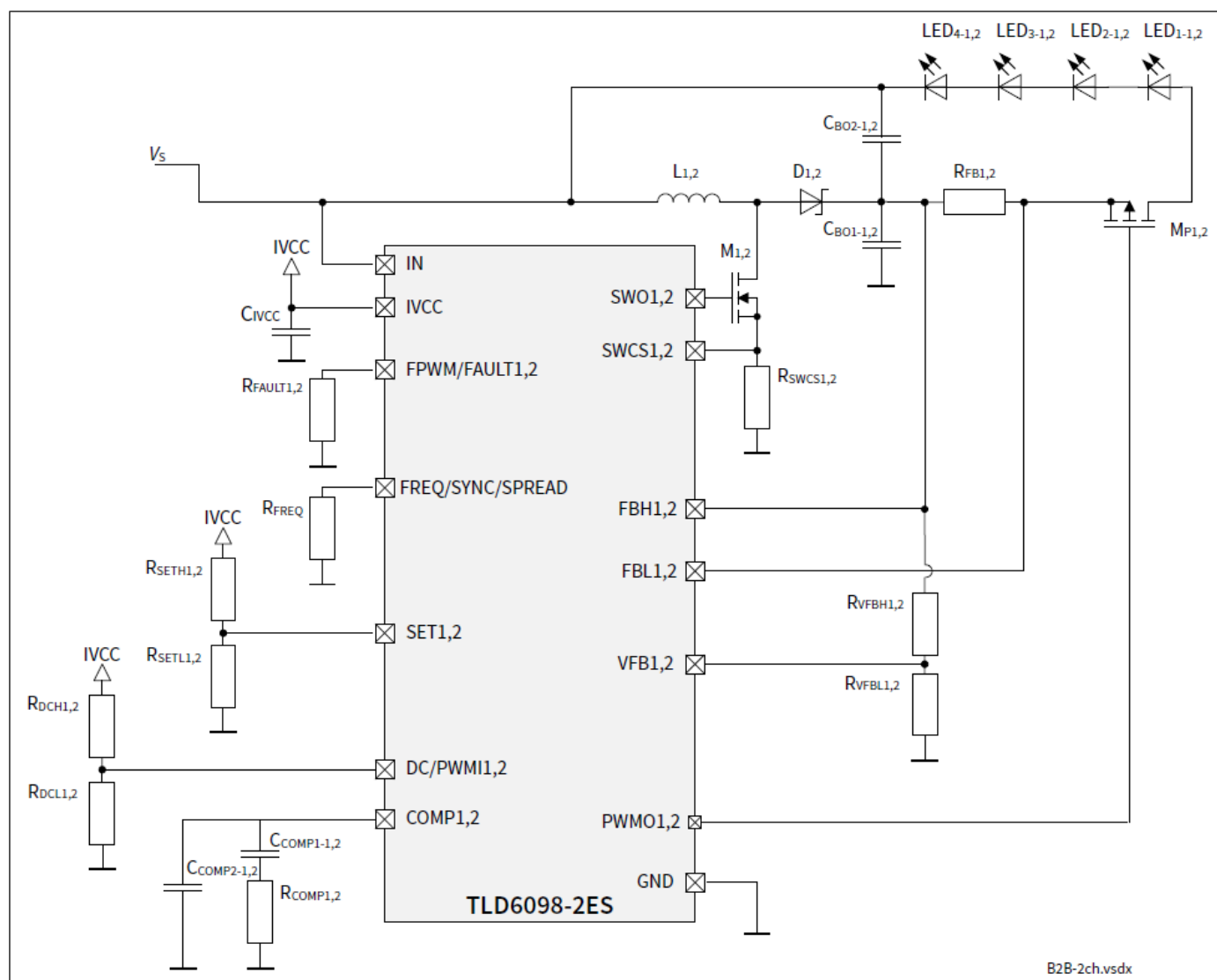


Figure 27 Boost to battery application schematic

注： 图表中的信息适用于单个通道或两个通道。两个通道是相同的和独立的，这意味着它们具有相同的特性和行为。

10 Application information

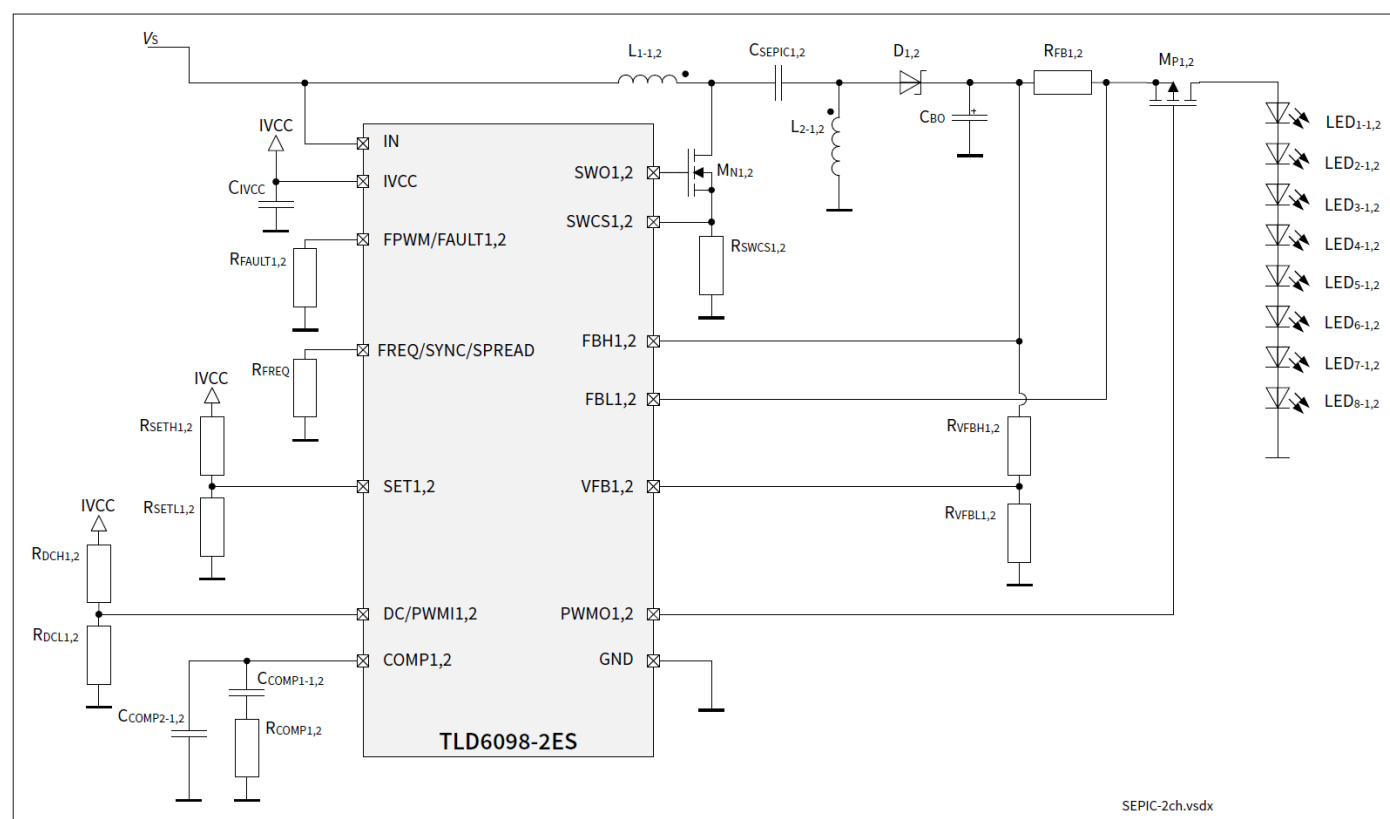


Figure 28 SEPIC application schematic

注： 图表中的信息适用于单个通道或两个通道。两个通道是相同的和独立的，这意味着它们具有相同的特性和行为。

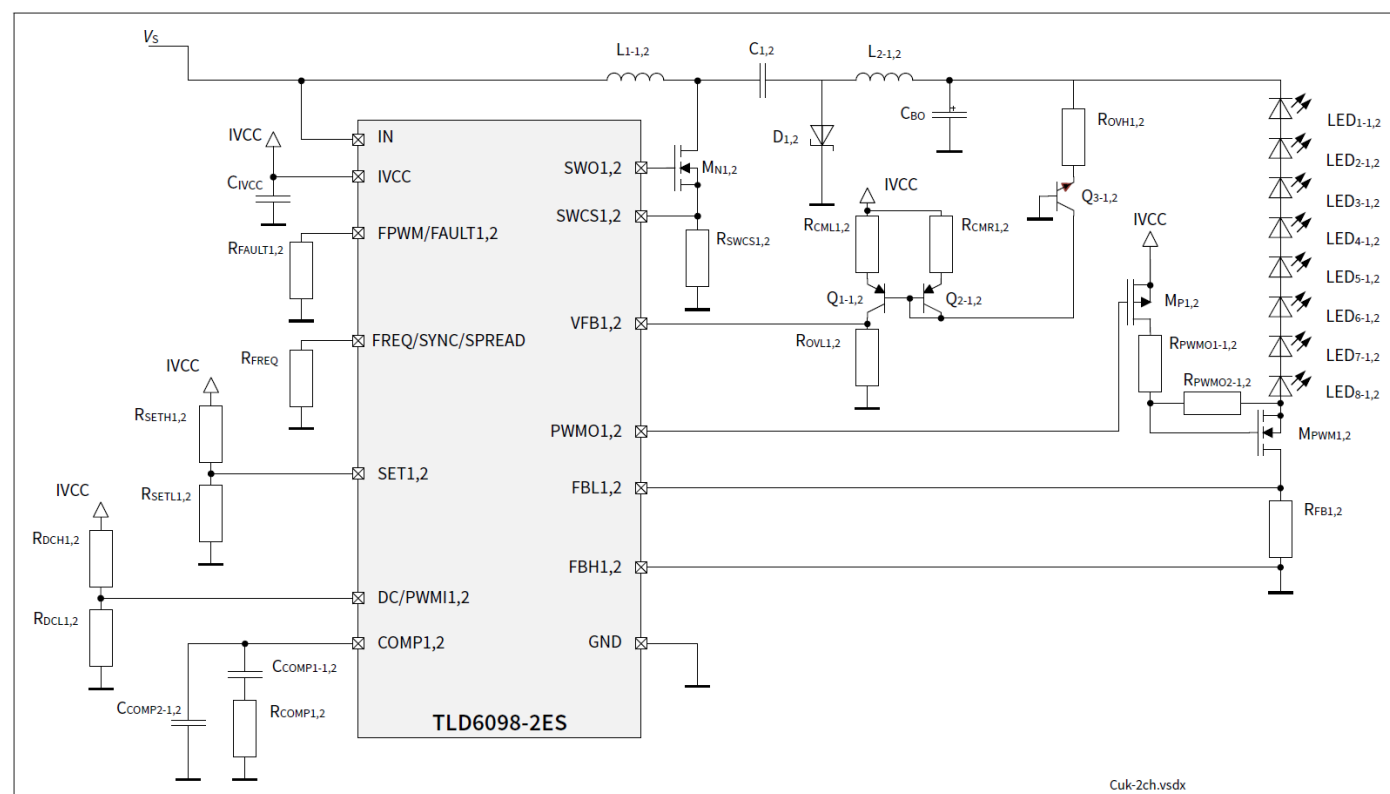


Figure 29 Cuk application schematic

10 Application information

注： 图表中的信息适用于单个通道或两个通道。两个通道是相同的和独立的，这意味着它们具有相同的特性和行为。

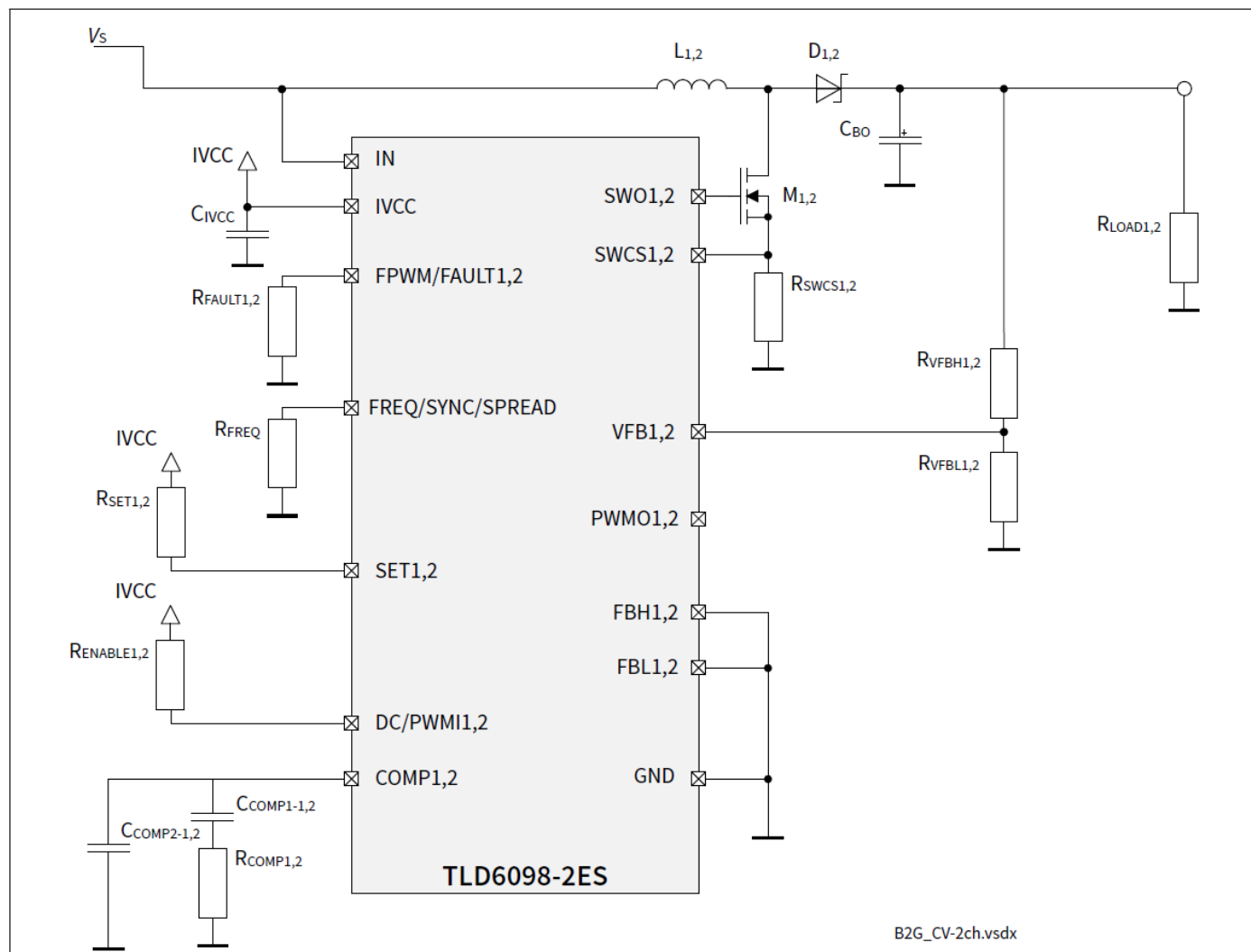


Figure 30 Constant output voltage boost to ground DC-DC application schematic

注： 图表中的信息适用于单个通道或两个通道。两个通道是相同的和独立的，这意味着它们具有相同的特性和行为。

11 Package

11 封装

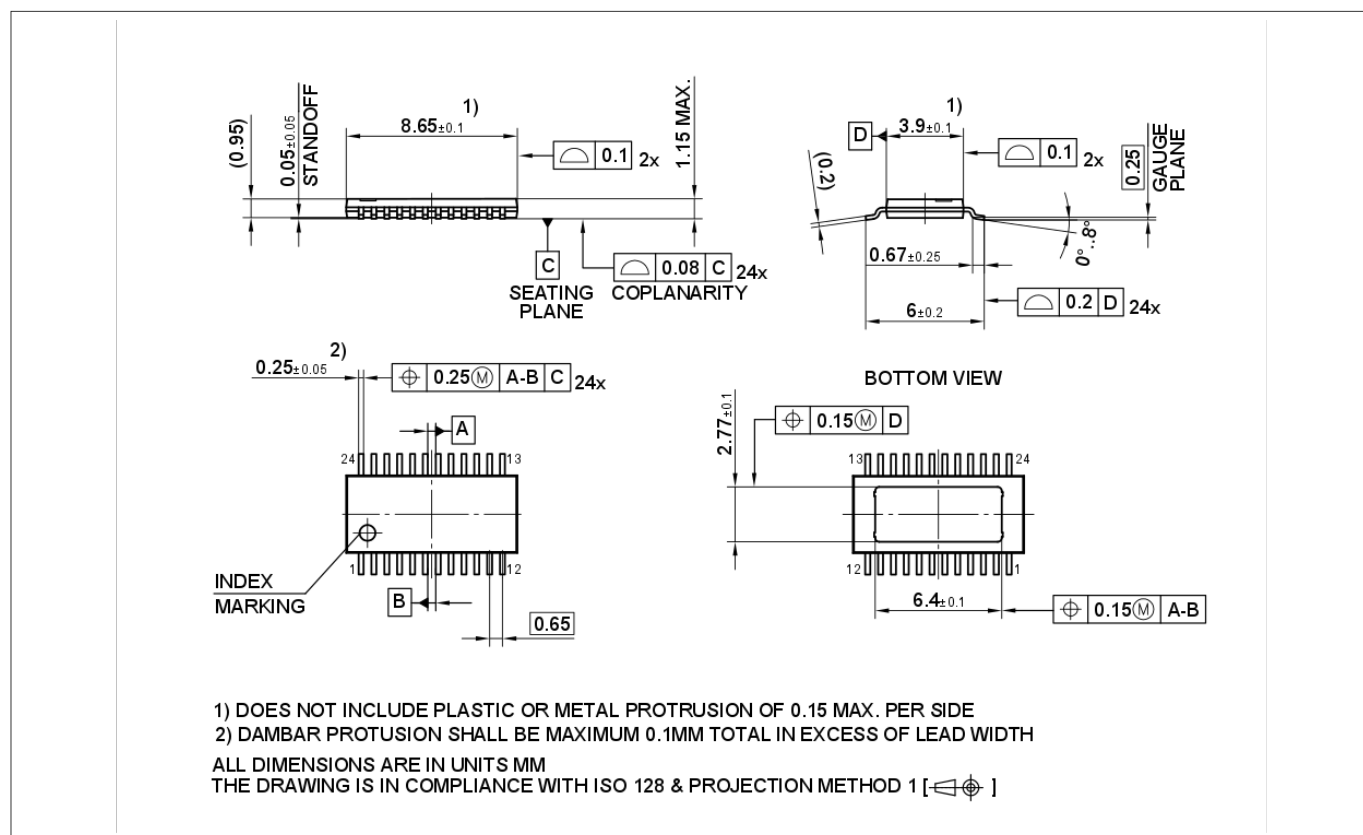


Figure 31 Package dimensions PG-TSDSO-24

注：绿色产品（符合RoHS标准）为了满足全球客户对环保产品的要求，并符合政府规定，该设备可作为绿色产品提供。绿色产品符合RoHS标准（即，引线采用无铅涂层，并且符合IPC/JEDEC J-STD-020标准，适用于无铅焊接）。

有关封装的更多信息，请访问<https://www.infineon.com/packages>

12 修订记录

Document version	Date of release	Description of changes
Rev.1.20	2024-09-27	• Description update of voltage regulation
Rev.1.10	2021-09-30	• Editorial changes • New application schematics
Rev.1.00	2021-04-16	Initial Datasheet

Trademarks

All referenced product or service names and trademarks are the property of their respective owners.

Edition 2024-09-27

Published by
Infineon Technologies
AG 81726 Munich,
Germany

© 2025 Infineon Technologies
AG All Rights Reserved.

Do you have a question about
any aspect of this document?
Email: erratum@infineon.com

Document reference
IFX-
xem1632149255298

Important notice

The information given in this document shall in no event be regarded as a guarantee of conditions or characteristics ("Beschaffheitsgarantie").

With respect to any examples, hints or any typical values stated herein and/or any information regarding the application of the product, Infineon Technologies hereby disclaims any and all warranties and liabilities of any kind, including without limitation warranties of non-infringement of intellectual property rights of any third party.

In addition, any information given in this document is subject to customer's compliance with its obligations stated in this document and any applicable legal requirements, norms and standards concerning customer's products and any use of the product of Infineon Technologies in customer's applications.

The data contained in this document is exclusively intended for technically trained staff. It is the responsibility of customer's technical departments to evaluate the suitability of the product for the intended application and the completeness of the product information given in this document with respect to such application.

Warnings

Due to technical requirements products may contain dangerous substances. For information on the types in question please contact your nearest Infineon Technologies office.

Except as otherwise explicitly approved by Infineon Technologies in a written document signed by authorized representatives of Infineon Technologies, Infineon Technologies' products may not be used in any applications where a failure of the product or any consequences of the use thereof can reasonably be expected to result in personal injury.