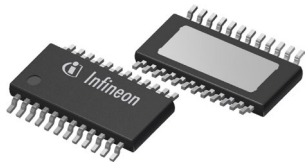


英飞凌LITIX™ 功率H桥直流-直流控制器

特性

- 单电感高功率升降压控制器
- 开关频率范围为 200 kHz 至 700 kHz
- 任何条件下的最大效率（高达 96%）
- 恒流（LED）和恒压调节
- 电磁兼容性优化设备：展频功能始终激活
- 过压、LED短路故障和过温诊断输出
- 增强的调光功能：模拟调光和PWM调光（来自数字输入或内置PWM引擎）
- LED电流精度±3%



潜在应用

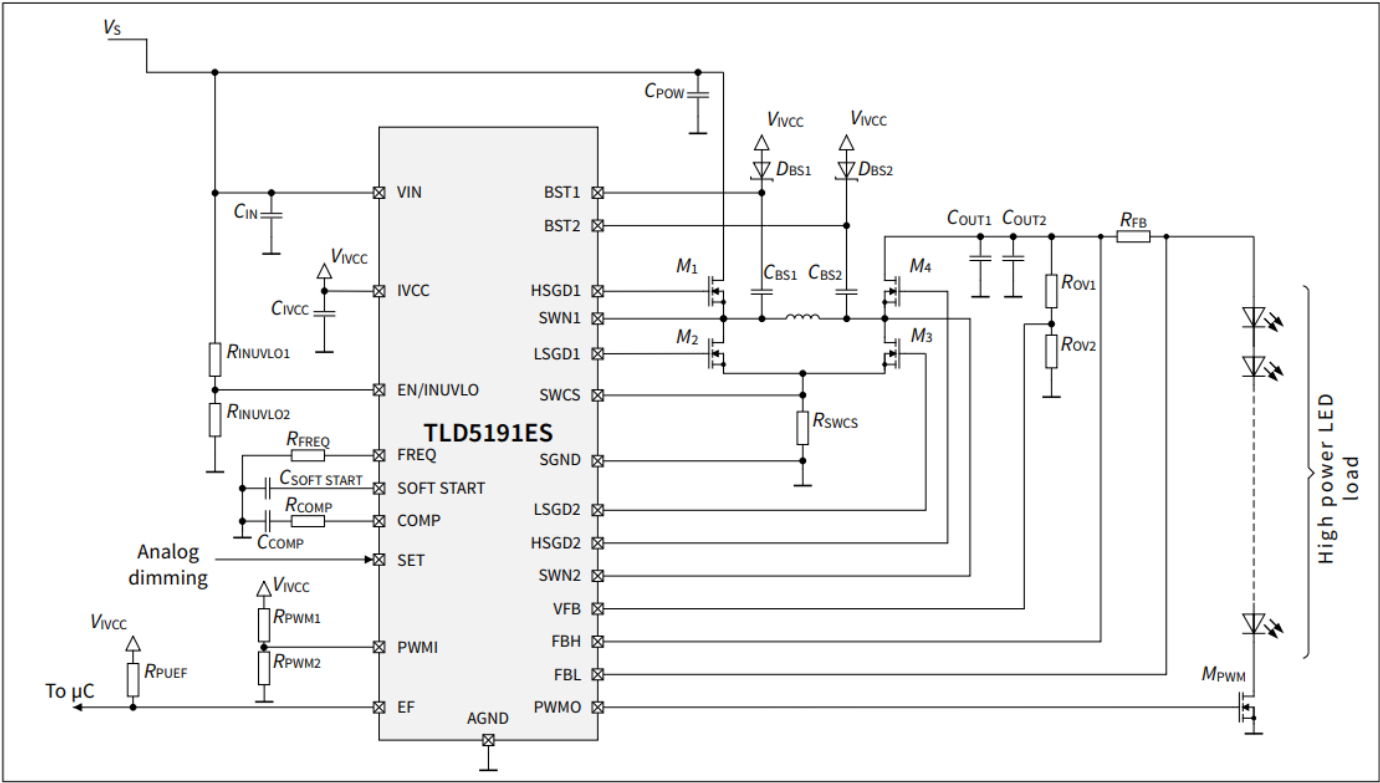
- 特别设计用于驱动汽车应用中的高功率LED
- 汽车外部照明：全 LED 前照灯组件（近光灯、远光灯、矩阵光束、像素灯）
- 后灯组件的电压预调节器
- 通用直流-直流转换器，适用于恒流或恒压应用

产品验证

产品验证符合AEC-Q100标准，等级1。适用于汽车应用，已获得认证。

描述

TLD5191ES是一款具有内置保护功能的同步MOSFET H桥直流-直流（DC-DC）控制器。这种概念有利于以最大系统效率和最少外部元件数量驱动高功率LED。TLD5191ES 提供模拟和数字 (PWM) 调光以及内置 PWM 引擎。开关频率可在200 kHz至700 kHz范围内调节。内置的展频调制和强制连续电流调节模式提高了整体的电磁兼容性（EMC）行为。此外，电流模式调节方案提供了一个稳定的调节环路，由小型外部补偿元件维持。可调的软启动功能限制了启动时的电流峰值和电压超调。TLD5191ES适用于汽车环境中的应用。



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）。

描述

Parameter	Symbol	Values
Power stage input voltage range	V_{POW}	4.5 V ... 55 V
Device input supply voltage range	V_{VIN}	4.5 V ... 40 V
Maximum output voltage (depending on the application conditions)	$V_{OUT(max)}$	55 V as LED driver boost mode 50 V as LED driver buck mode 50 V as voltage regulator
Switching frequency range	f_{SW}	200 kHz ... 700 kHz
Typical H-Bridge NMOS driver on-state resistance at $T_J = 25^{\circ}\text{C}$ (Gate pull-up)	$R_{DS(ON_PU)}$	2.3 Ω
Typical H-Bridge NMOS driver on-state resistance at $T_J = 25^{\circ}\text{C}$ (Gate pull-down)	$R_{DS(ON_PD)}$	1.2 Ω

保护功能

- 外部 MOSFET 的过载保护
- 负载短路、输出过压保护
- 输入欠压保护
- 可自动重启行为器件热关断
- 静电防护 (ESD)

诊断功能

通过错误标志提供的诊断信息：器件过温关断、输出对 GND 短路、输出过压

Type	Package	Marking
TLD5191ES	PG-TSDSO-24	TLD5191ES

目录

	特性	1
	潜在应用	1
	产品验证	1
	描述	1
	目录	3
1	框图	5
2	引脚配置.....	6
2.1	引脚分配.....	6
2.2	引脚定义和功能.....	6
3	一般产品特性.....	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	电源	12
4.1	描述.....	12
4.2	不同的电源状态.....	13
4.3	电气特性.....	15
5	调节器	16
5.1	调节器框图.....	16
5.2	可调节的软启动斜坡.....	17
5.3	开关频率设置.....	18
5.4	4个开关H桥架构的工作原理	19
5.4.1	升压模式 ($V_{IN} < V_{OUT}$)	20
5.4.2	降压模式 ($V_{IN} > V_{OUT}$)	20
5.4.3	Buck-BOOST模式 ($V_{IN} \sim V_{OUT}$)	21
5.5	可调节输出电压(恒定电压调节器)	22
5.6	电气特性.....	23
6	数字调光功能.....	25
6.1	描述.....	25
6.2	电气特性.....	27
7	模拟调光.....	29
7.1	描述.....	29
7.2	电气特性.....	31
8	线性调节器	32
8.1	IVCC 描述	32
8.2	电气特性.....	32



目录

9 保护和诊断功能 33

9.1 描述..... 33

9.2 输出过压,短路保护..... 33

9.2.1 短路保护..... 34

9.2.2 过压保护..... 34

9.3 器件温度监测..... 34

9.4 电气特性..... 35

10 英飞凌FLAT SPECTRUM特性..... 37

10.1 描述..... 37

10.2 展频..... 37

10.3 电气特性..... 37

11 应用信息 38

12 封装尺寸 41

 修订记录 42

 免责声明..... 43

1 框图

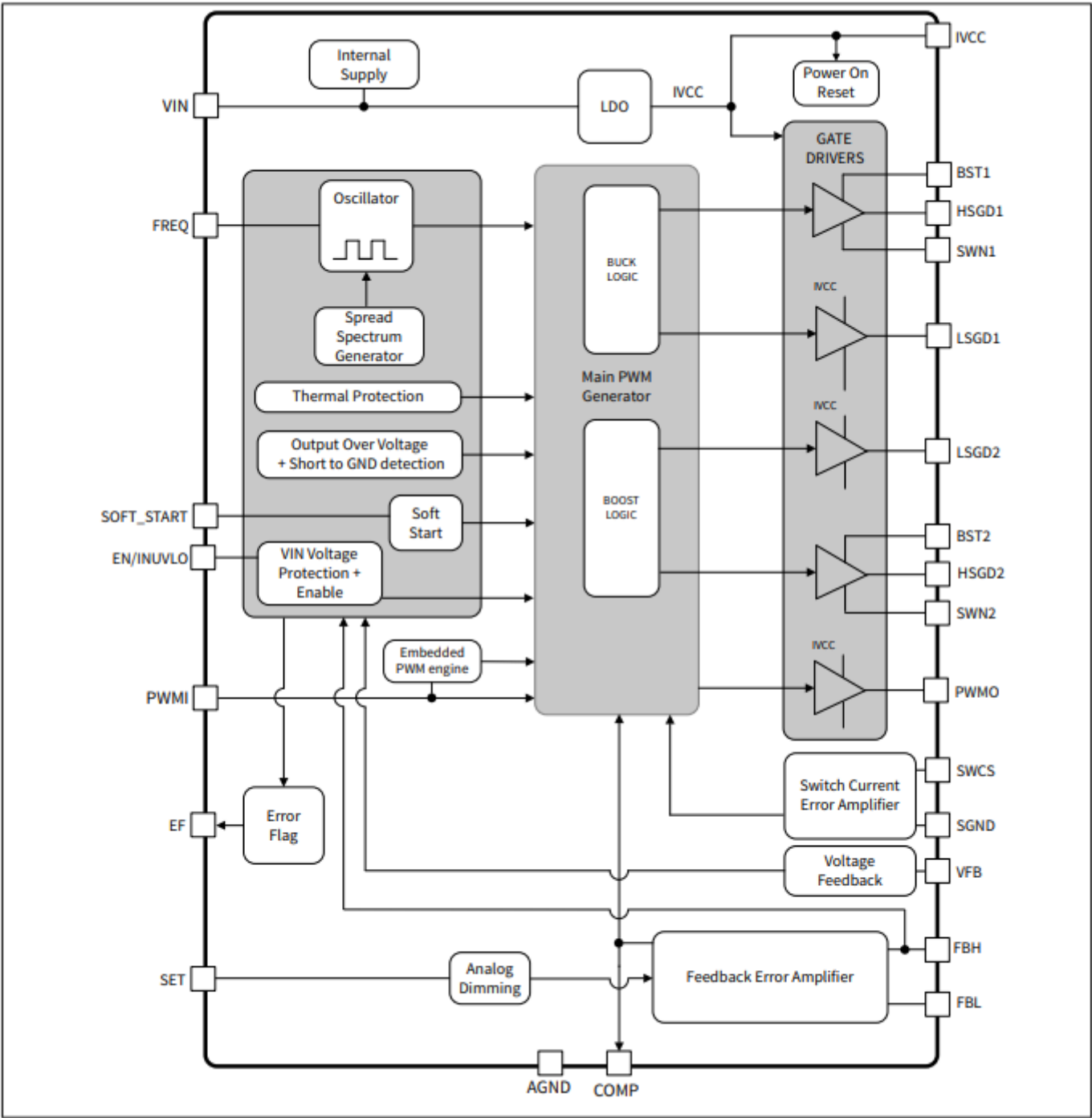


Figure 1 Block diagram TLD5191ES

2 引脚配置

2.1 引脚分配

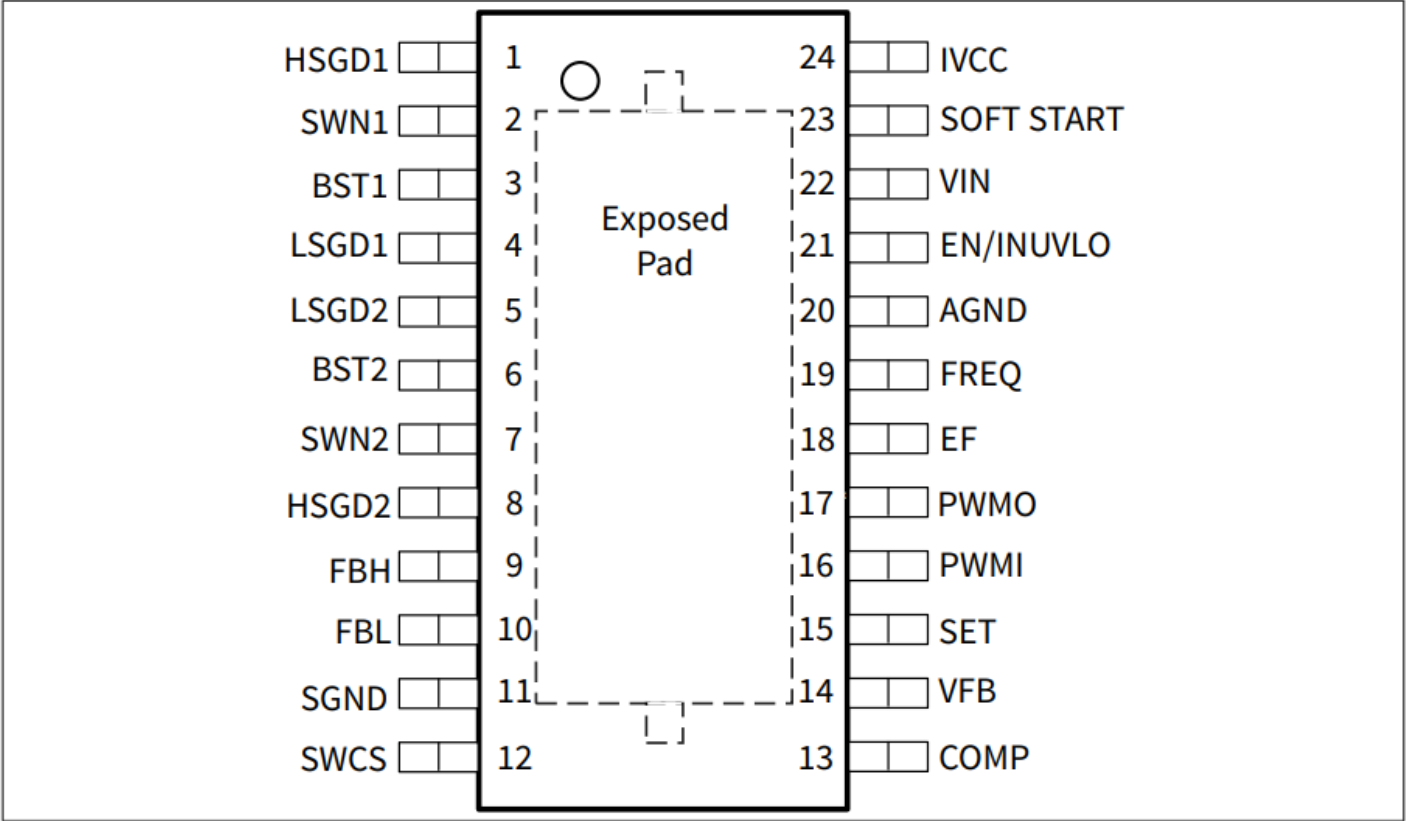


图2 PG-TSDSO-24 引脚配置

2.2 引脚定义和功能

表1 引脚定义及功能

Pin	Symbol	I/O ¹⁾	Function
22	VIN	-	Power supply voltage Supply for internal biasing
20	AGND	-	Analog ground Ground reference
-	EP	-	Exposed pad Connect to external heatspreading Cu area (e.g. inner GND layer of multilayer PCB with thermal vias)
1	HSGD1	O	High-side gate driver output 1 Drives the top n-channel MOSFET with a voltage equal to V_{IVCC} superimposed on the switch node voltage SWN1. Connect to gate of external switching MOSFET

(表格续下页.....)

表 1 (续) 引脚定义和功能

Pin	Symbol	I/O ¹⁾	Function
8	HSGD2	O	High-side gate driver output 2 Drives the top n-channel MOSFET with a voltage equal to V_{IVCC} superimposed on the switch node voltage SWN2. Connect to gate of external switching MOSFET
4	LSGD1	O	Low-side gate driver output 1 Drives the low-side n-channel MOSFET between GND and V_{IVCC} . Connect to gate of external switching MOSFET
5	LSGD2	O	Low-side gate driver output 2 Drives the low-side n-channel MOSFET between GND and V_{IVCC} . Connect to gate of external switching MOSFET
2	SWN1	IO	Switch node 1 SWN1 pin swings from a diode voltage drop below ground up to V_{IN}
7	SWN2	IO	Switch node 2 SWN2 pin swings from ground up to a diode voltage drop above V_{OUT}
24	IVCC	O	Internal LDO output Used for internal biasing and gate driver supply. Bypass with external capacitor close to the pin. Pin must not be left open
21	EN/INUVLO	I, PD	Enable/Input undervoltage lockout Used to put the device in a low current consumption mode, with additional capability to fix an undervoltage threshold via external components. Pin must not be left open
19	FREQ	I	Frequency select input Connect external resistor to GND to set frequency
16	PWMI	I, PD	PWM Control input Used to control the digital dimming via external PWM signal or via the embedded PWM engine
9	FBH	I	Output current feedback positive Non inverting Input (+)
10	FBL	I	Output current feedback negative Inverting Input (-)
3	BST1	IO	Bootstrap capacitor Used for internal biasing and to drive the high-side switch HSGD1. Bypass to SWN1 with external capacitor close to the pin. Pin must not be left open
6	BST2	IO	Bootstrap capacitor Used for internal biasing and to drive the high-side switch HSGD2. Bypass to SWN2 with external capacitor close to the pin. Pin must not be left open
12	SWCS	I	Current sense input Inductor current measurement - Non-inverting input (+)

(表格续下页.....)

表 1 (续) 引脚定义和功能

Pin	Symbol	I/O ¹⁾	Function
11	SGND	I	Current sense / Power ground Inductor current sense - Inverting Input (-). Power ground, connect to GND
13	COMP	O	Compensation network pin Connect R and C network to pin for stability phase margin adjustment
23	SOFT_START	O	Softstart configuration pin Connect a capacitor C_{SOFT_START} to GND to fix a soft start ramp default time
14	VFB	I	Output voltage feedback pin Output voltage feedback to set output overvoltage protection function
15	SET	I	Analog current sense adjustment pin A voltage V_{SET} between 0.2 V and 1.4 V will adjust the I_{LED} or V_{OUT} in a linear relation
17	PWMO	O	PWM Digital dimming output Drives n-channel MOSFET between GND and V_{VCC} for dimming purposes
18	EF	O	Error flag output An open drain output which is pulled to LOW when an output short to GND, an output overvoltage or IC overtemperature occurs

1) O: 输出, I: 输入, PD: 集成下拉电路

3 General product characteristics

3 一般产品特性

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, 正极电流流入引脚 (除非另有规定) 不受生产测试, 由设计指定

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
供电电压							
VIN Supply Input	V_{VIN}	-0.3	–	60	V	–	PRQ-32
IVCC Internal linear voltage regulator output voltage	V_{IVCC}	-0.3	–	6	V	–	PRQ-33
栅极驱动器级							
LSGD1,2 Low-side gatedriver voltage	$V_{LSGD1,2}$	-0.3	–	5.5	V	–	PRQ-34
HSGD1,2 - SWN1,2 High-side gate driver voltage	$V_{HSGD1,2-SWN1,2}$	-0.3	–	5.5	V	Differential signal (not referred to GND)	PRQ-35
SWN1, SWN2 Switching node voltage	$V_{SWN1,2}$	-1	–	60	V	–	PRQ-36
(BST1-SWN1), (BST2-SWN2) Bootstrap voltage	$V_{BST1,2-SWN1,2}$	-0.3	–	6	V	Differential signal (not referred to GND)	PRQ-37
BST1, BST2 Bootstrap voltage related to GND	$V_{BST1,2}$	-0.3	–	65	V	–	PRQ-38
SWCS Switch current sense input voltage	V_{SWCS}	-0.3	–	0.3	V	–	PRQ-39
SGND Switch current sense GND voltage	V_{SGND}	-0.3	–	0.3	V	–	PRQ-40
SWCS-SGND Switch current sense differential voltage	$V_{SWCS-SGND}$	-0.5	–	0.5	V	Differential signal (not referred to GND)	PRQ-41
PWMO Output voltage	V_{PWMO}	-0.3	–	5.5	V	–	PRQ-46
高压引脚							
FBH, FBL Feedback error amplifier voltage	$V_{FBH, FBL}$	-0.3	–	60	V	–	PRQ-42
FBH-FBL Feedback error amplifier differential voltage	$V_{FBH-FBL}$	-0.5	–	0.5	V	Differential signal (not referred to GND)	PRQ-43
EN/INUVLO Device enable/input undervoltage lockout	$V_{EN/INUVLO}$	-0.3	–	60	V	–	PRQ-44

(表格续下页.....)

3 General product characteristics

表 2 (续) 绝对最大额定值

$T_J = -40^{\circ}\text{C}$ 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) 不受生产测试, 由设计指定

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			

模拟引脚

PWMI Input voltage	V_{PWMI}	-0.3	–	5.5	V	–	PRQ-45
VFB Input voltage	V_{VFB}	-0.3	–	5.5	V	–	PRQ-47
EF Error flag output voltage	V_{EF}	-0.3	–	5.5	V	–	PRQ-48
SET Analog dimming input voltage	V_{SET}	-0.3	–	5.5	V	–	PRQ-49
COMP Compensation input voltage	V_{COMP}	-0.3	–	3.6	V	–	PRQ-205
SOFT_START Softstart voltage	$V_{\text{SOFT_START}}$	-0.3	–	3.6	V	–	PRQ-50
FREQ Voltage at frequency selection pin	V_{FREQ}	-0.3	–	3.6	V	–	PRQ-51

温度

Junction Temperature	T_J	-40	–	150	$^{\circ}\text{C}$	–	PRQ-52
Storage Temperature	T_{stg}	-55	–	150	$^{\circ}\text{C}$	–	PRQ-53

ESD 承受能力

ESD resistivity of all pins	$V_{\text{ESD,HBM}}$	-2	–	2	kV	HBM ¹⁾	PRQ-54
ESD Resistivity to GND	$V_{\text{ESD,CDM}}$	-750	–	750	V	CDM ²⁾	PRQ-55

1) ESD 耐受性, 符合AEC Q100-002标准的人体模型 (HBM)

2) ESD 耐受性, 符合AECQ100-011标准的充电设备模型 (CDM)

注:

1. 超过此处列出的应力可能会对设备造成永久性损害。长时间暴露在绝对最大额定条件下可能会影响设备的可靠性。
2. 集成的保护功能旨在防止在数据手册中描述的故障条件下损坏C。故障情况被认为超出了正常工作范围。保护功能不是为了连续重复的操作而设计的。

3.2 工作范围

表 3 工作范围

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
Device extended supply voltage range	V_{VIN}	4.5		40	V	¹⁾	PRQ-142
Device nominal supply voltage range	V_{VIN}	8	–	36	V	–	PRQ-57
Power stage voltage range	V_{POW}	4.5	–	55	V	¹⁾	PRQ-58
Junction temperature	T_J	–40	–	150	°C	–	PRQ-59

1) 不进行生产测试，由设计指定。

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

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

表 4 热阻

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
Junction to case	R_{thJC}	–	7.78	–	K/W	^{1) 2)}	PRQ-60
Junction to ambient	R_{thJA}	–	38.2	–	K/W	³⁾ 2s2p	PRQ-61

1) 不进行生产测试，由设计指定。

2) 指定的 R_{thJC} 值是在自然对流冷板设置下模拟的（所有引脚和散热焊盘都固定在环境温度下）。 $T_A = 25^\circ\text{C}$ ；IC耗散为1 W

3) 指定 R_{thJA} 值根据JEDEC 2s2p（JESD 51-7）+（JESD 51-5）和JEDEC 1s0p（JESD 51-3）+在FR4板上的自然对流条件下测量的散热器面积。器件在76.2 x 114.3 x 1.5 mm的板子上进行了模拟。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）。在散热焊盘下方应用了一个热通孔阵列（直径=0.3 mm，镀层厚度=25 μm ），将第一外层（顶部）连接到第一内层和第二外层（底部）JEDEC PCB。 $T_A = 25^\circ\text{C}$ ；IC耗散功率为1 W

4 电源

4.1 描述

TLD5191ES由VIN（主供电电压）引脚供电。

VIN 电源为模拟和数字模块提供内部电源电压。IVCC 提供低边驱动和 PWM0 驱动。

该电源还用于通过外部肖特基二极管对自举电容器充电，从而为高边驱动器级提供电源电压。

电源引脚VIN 和 IVCC 具有欠压检测功能。

如果 IVCC 上的电压低于 $V_{IVCC_RTH,d}$ ，驱动器级将停用，从而停止开关活动。通过在VIN 和 GND 之间放置一个电阻分压器，EN/INUVLO 引脚可用作输入欠压保护。

如果 EN/INUVLO 引脚上的电压低于 $V_{EN/INUVLOth}$ ，则 IVCC 调节器将关闭，并且开关活动也将停止。

图 3 显示了电源域和引脚VIN和IVCC之间交互的基本概念图。

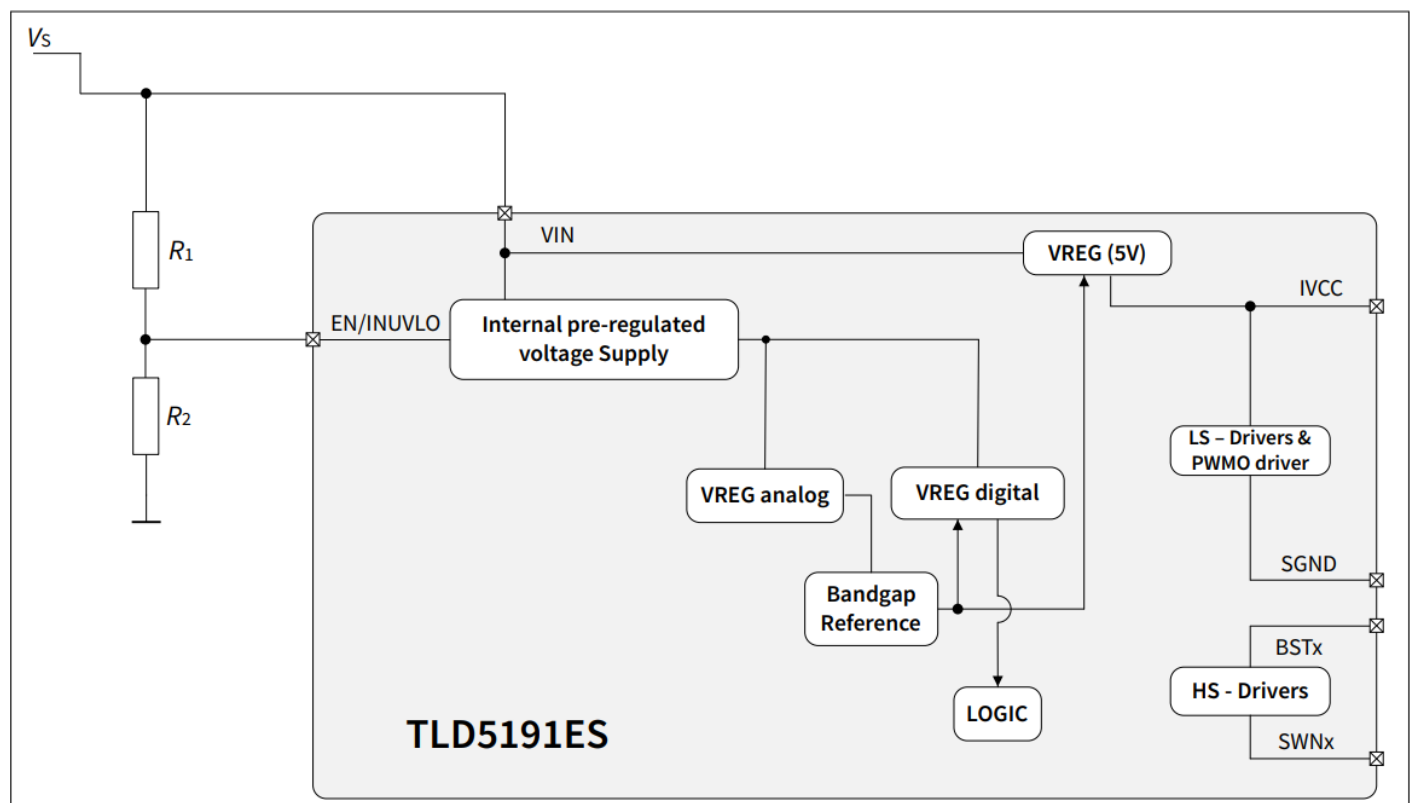


图3 电源概念图 EN/INUVLO 引脚

在不同应用中的使用

EN/INUVLO 引脚是双功能引脚，可用于将器件置于低消耗电流模式。应通过放置外部电阻分压器 (A) 来固定欠压阈值，以避免低电压运行条件。该引脚可以由 μC 端口驱动 (如 (B) 和 (C) 所示)，或者直接连接到输入电压电源 (如 (D) 所示)。

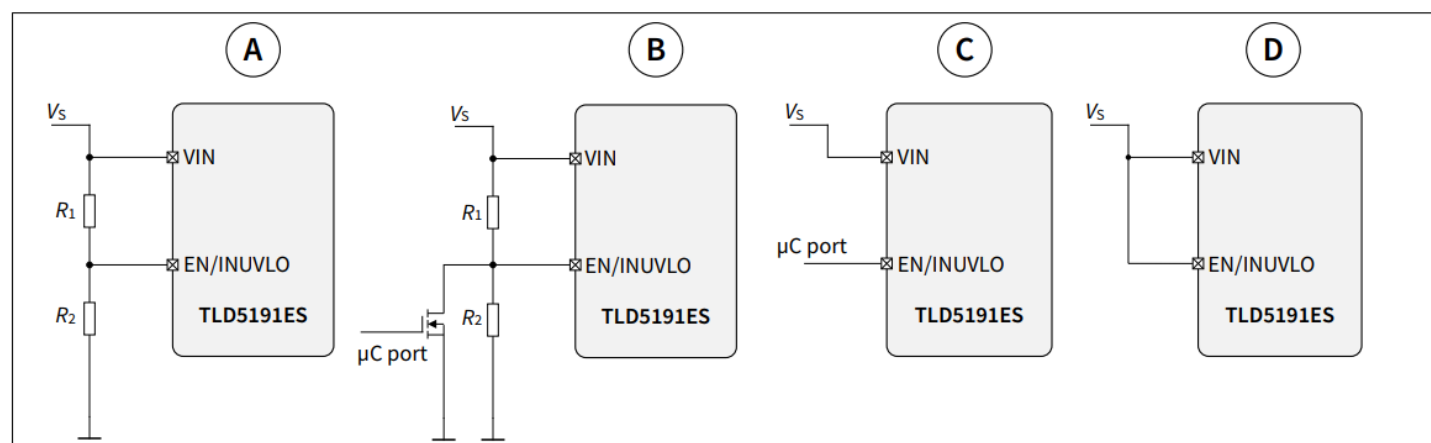


图 4 EN/INUVLO 引脚在 不同 应用 中的使用

4.2 不同的 电源状态

TLD5191ES具有以下电源状态：

- 睡眠状态
- 空闲状态
- 激活状态

功率状态之间的转换是根据这些变量确定的：

- VIN电平
- EN/INUVLO 电平
- IVCC 电平

状态图，包括可能的状态转换如图 5所示

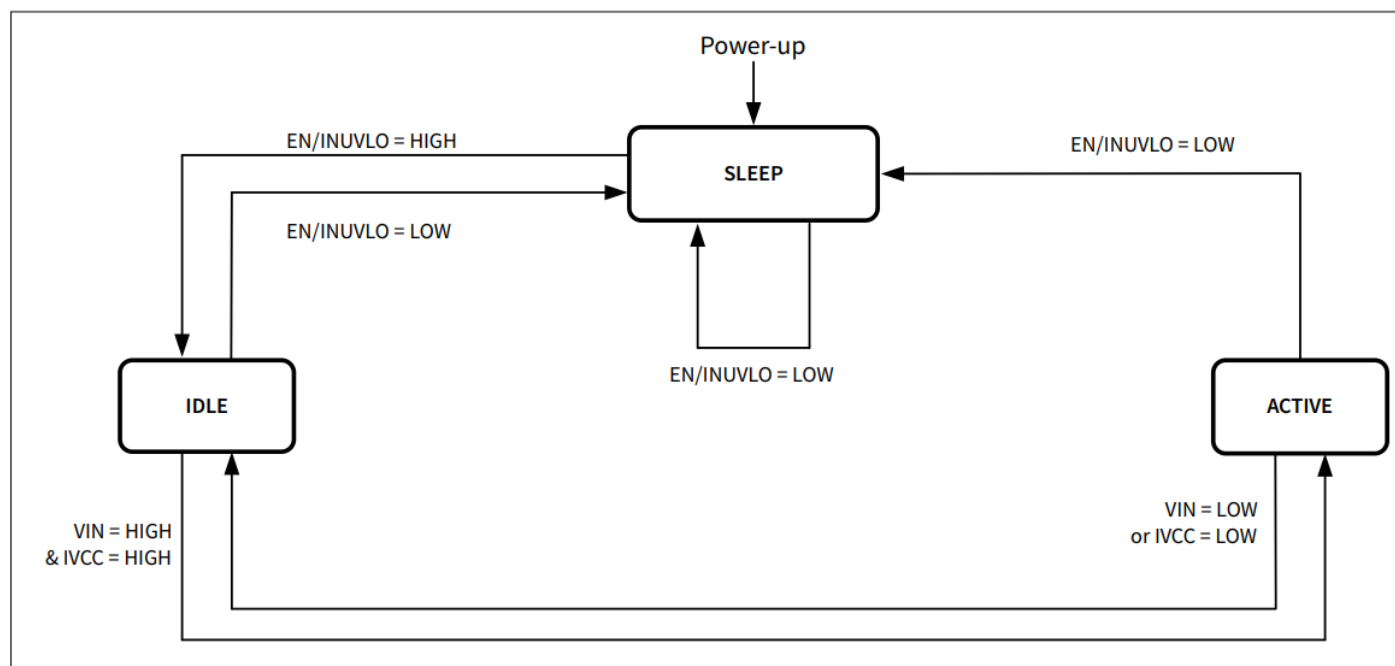


图5 简化状态图

当供电电压 V_{VIN} 超过其最小供电电压阈值 时，进入上电条件 $V_{VIN(ON)}$ 。

休眠

当TLD5191ES处于休眠状态时，所有电流驱动器和错误标志均处于关闭状态，与电源电压 V_{IN} 、 $IVCC$ 无关。消耗电流低于 $I_{VIN(SLEEP)}$ 。

从休眠到激活转变需要一个指定的时间： t_{ACTIVE} 。

空闲

空闲状态下内部稳压器正常工作。输出驱动器已关闭。诊断功能不可用。

活动

实际上，仅当 $PWMI = HIGH$ 或 $PWMI$ 处于有效范围内能使内式PWM引擎，在激活状态器件才会开始开关活动以在输出端提供功率。

如果引脚 $BST1,2$ 和 $SWN1,2$ 之间的电压高于 $V_{BST1,2 - VSWN1,2_Uvth}$ ，则高边栅极驱动器启用，否则高边栅极驱动器被禁用并且不允许进行任何开关活动。

在激活状态时，在 V_{IN} 上器件消耗电流取决于所使用的外部 MOSFET 和开关频率 f_{SW} 。

除非检测到故障条件，否则数字调光PWM活动将镜像在 $PWMO$ 输出引脚上（有关详细信息，请参阅第 6.1 章）。

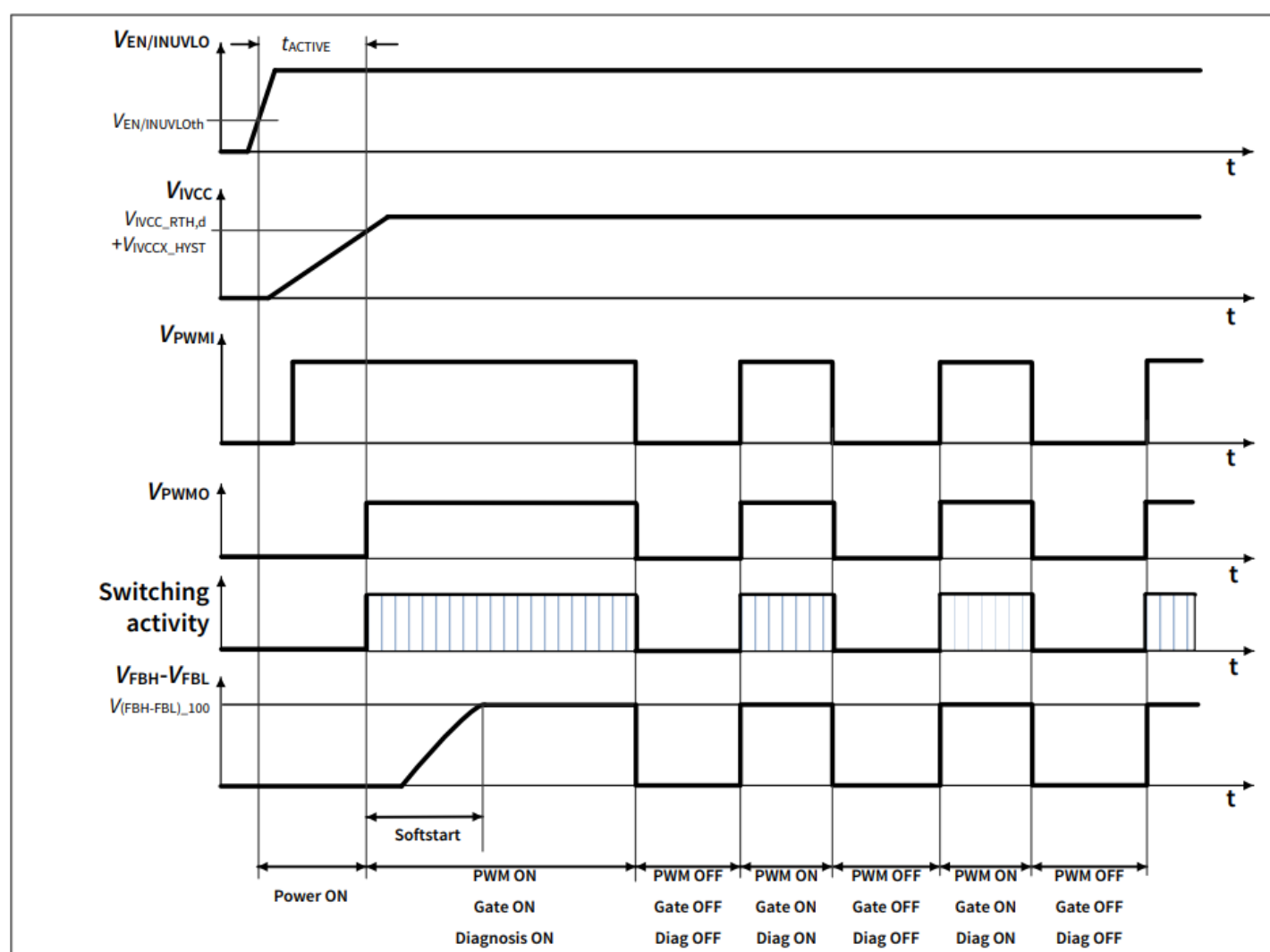


图6 LED调光和启动示例的时序图(V_{IN} 稳定在功能范围内，并且不是在启动期间)

4.3 电气特性

表5 电气特性

$V_{IN} = 8V$ to $36V$, $T_J = -40^{\circ}C$ to $+150^{\circ}C$, 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.			
Input voltage startup	$V_{VIN(ON)}$	–	–	4.7	V	V_{VIN} increasing; $V_{EN/INUVLO} = HIGH$; $I_{IVCC} = 0\text{ mA}$	PRQ-64
Input undervoltage switch OFF	$V_{VIN(OFF)}$	–	–	4.5	V	V_{VIN} decreasing; $V_{EN/INUVLO} = HIGH$; $I_{IVCC} = 10\text{ mA}$	PRQ-65
Device operating current	$I_{VIN(ACTIVE)}$	–	5	7	mA	¹⁾ ACTIVE mode; $V_{PWMI} = 0\text{ V}$	PRQ-66
VIN Sleep mode supply current	$I_{VIN(SLEEP)}$	–	–	1.5	μA	$V_{EN/INUVLO} = 0\text{ V}$; $V_{VIN} = 13.5\text{ V}$; $V_{IVCC} = 0\text{ V}$	PRQ-67
Input undervoltage falling threshold	$V_{EN/INUVLOth}$	1.6	1.75	1.9	V	–	PRQ-68
EN/INUVLO rising hysteresis	$V_{EN/INUVLO(hyst)}$	–	90	–	mV	¹⁾	PRQ-69
EN/INUVLO input current LOW	$I_{EN/INUVLO(LOW)}$	0.45	0.89	1.34	μA	$V_{EN/INUVLO} = 0.8\text{ V}$;	PRQ-70
EN/INUVLO input current HIGH	$I_{EN/INUVLO(HIGH)}$	1.1	2.2	3.3	μA	$V_{EN/INUVLO} = 2\text{ V}$;	PRQ-71
SLEEP mode to ACTIVE time	t_{ACTIVE}	–	–	0.7	ms	¹⁾ $C_{IVCC} = 10\text{ }\mu F$; $V_{VIN} = 13.5\text{ V}$	PRQ-72

¹⁾ 不进行生产测试, 由设计指定

5 调节器

TLD5191ES包括为输出提供常数电流（通常用于驱动LED）所需的所有功能。还可实现常数电压调节（请参阅第5.5章）。

该设计旨在通过仅使用一个电感和4个外部MOSFETs，以H桥拓扑结构控制4个栅极驱动输出。该拓扑能够在高功率BOOST、buck-BOOST和buck模式应用中实现最高效率运行。

器件可以根据应用的边界条件自动在不同的调节模式之间进行切换。

不同模式之间的转换是无缝的。

5.1 调节器框图

一个模拟电流控制环路（总增益为 $1/FB \times g_m$ ）通过连接到感应引脚FBL、FBH来调节输出电流。

调节器功能由脉冲宽度调制（PWM）电流模式控制器实现。输出电流环路中的误差被用来确定适当的占空比，以实现恒定的输出电流。

外部补偿网络（RCOMP、CCOMP）被用来调整控制环路以适应各种应用边界条件。电流模式环路的电感电流由 R_{SWCS} 电阻来感应。 R_{SWCS} 还用于限制最大外部开关/电感电流。

如果 R_{SWCS} 两端的电压在buck模式下超过其过流阈值（ V_{SWCS_buck} 或在boost模式下超过 V_{SWCS_boost} ），则该器件会降低占空比，以使开关电流低于规定的限值。

电流模式控制器还具有内置斜坡补偿，以防止次谐波振荡。

控制环路逻辑模块（逻辑）向四个内部栅极驱动器提供PWM信号。栅极驱动器（HSGD1,2和LSGD1,2）用于驱动H桥设置中的外部MOSFET。

一旦 V_{SOFT_START} 超过 $V_{Soft_Start_LOFF}$ 或 V_{FBH_FBL} 超过 $V_{FBH_FBL_VALID}$ ，TLD5191ES会强制进入CCM调节模式。控制环路如图7所示的典型电流应用。两端电压 R_{FB} 设定输出电流。

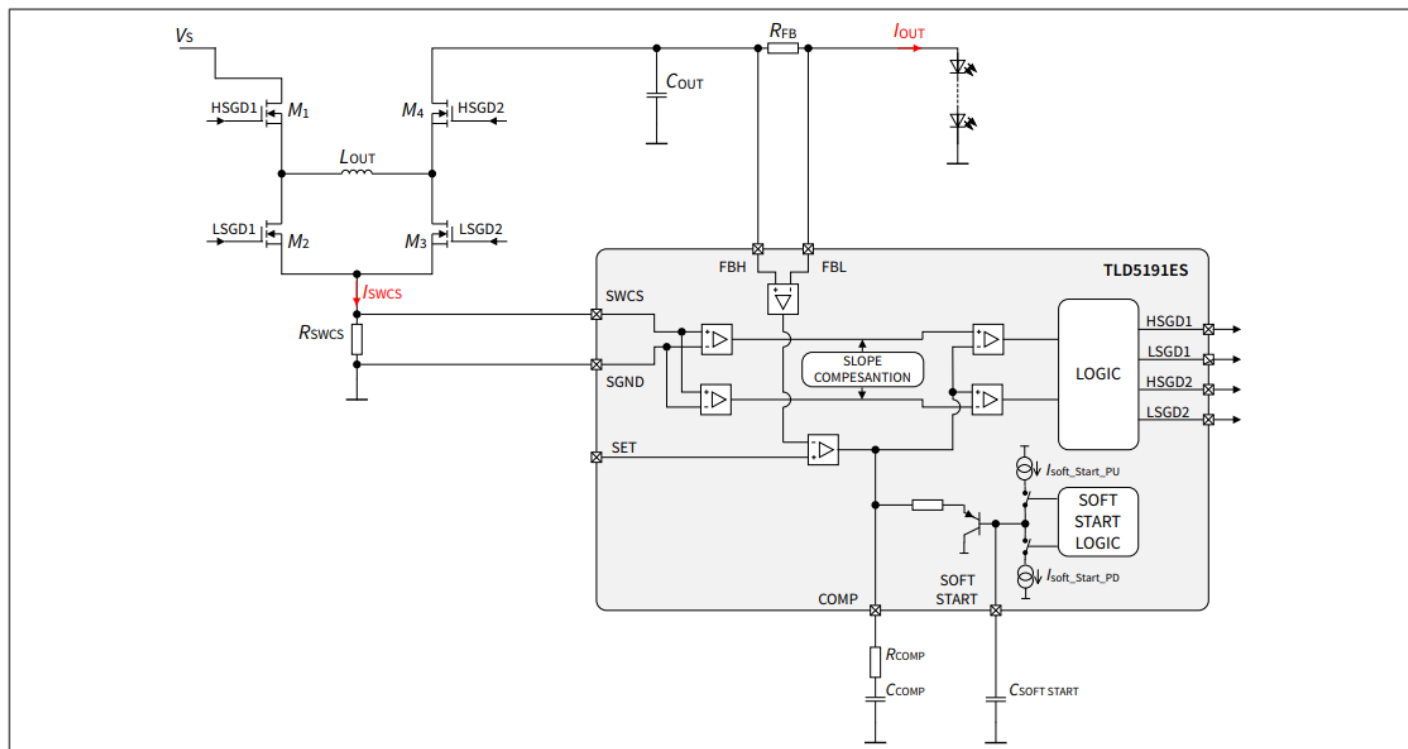


图7 调节器框图 - TLD5191ES

5.2 可调节 软启动 斜坡

软启动程序限制在初始化期间流过电感和外部MOSFET开关的电流，以最大限度地减少输出端的过冲。

SOFT START引脚还用于实现故障屏蔽和重试延时，分别在上升沿和下降沿触发。

参见图 8 和章节 9.2 了解详情。

如果 PWMI 高于 $V_{\text{PWMI,ON}}$ 或 PWMI 在有效范围内，则应用软启动程序以启用内置PWM引擎，如果以下条件之一被满足：

- 在IDLE到ACTIVE电源状态转换之后
- PWMI 保持低于 $V_{\text{PWMI,DC}_0}$ 的时间超过 $t_{\text{PWMI,OFF}}$
- 输出短路至 GND 检测后

软启动程序在 $V_{\text{SOFT_START}}$ 的上升沿和下降沿期间激活。软启动时序由放置在 SOFT_START 引脚上的电容器以及软启动上拉和下拉电流源 ($I_{\text{Soft_Start_PU}}$ 、 $I_{\text{Soft_Start_PD}}$) 来定义。软启动上升沿时间大约为：

$$t_{\text{Soft_Start},r} = V_{\text{Soft_Start_LOFF}} \cdot \frac{C_{\text{Soft_Start}}}{I_{\text{Soft_Start_PU}}} \quad (1)$$

注意：软启动电容器的最小值必须设计成，在启动期间，输出电压超过短路接地阈值 ($V_{\text{FBH}} > V_{\text{FBH_S2G_inc}}$)，然后软启动电压才能达到 $V_{\text{SOFT_START_LOFF}}$ 。最低温度和最低输入电压应被视为最坏情况条件来进行设计。

软启动程序通过缓冲器钳位COMP引脚来限制浪涌电流，如图7所示。因此，此功能仅当软启动电容足够大于COMP电容时才有效，其效果主要体现在降压-升压或升压调节模式下。

如果检测到输出短路，则激活下拉电流源 $I_{\text{Soft_Start_PD}}$ 。该电流放电 $V_{\text{SOFT_START}}$ 直至达到 $V_{\text{Soft_Start_RESET}}$ 之后，只有当 PWMI 信号高于 $V_{\text{PWMI,DC}_0}$ 时，上拉电流源 $I_{\text{Soft_Start_PU}}$ 才会再次打开。如果故障条件尚未消除在达到 $V_{\text{Soft_Start_LOFF}}$ 之前，下拉电流源被重新激活，从而启动一个新周期。

在软启动上升时间期间可以观察到开关活动，而在下降时间期间，开关活动停止，如图8所示。此打嗝模式将持续，直到故障消除。

通过在 IVCC 和 SOFT START 引脚之间连接一个外部上拉电阻，提供高于 $I_{\text{Soft_Start_PD}}$ 的电流，可以锁定 TLD5191ES 上的故障条件。在此条件下，仅当 EN/INUVLO 引脚切换或 PWMI 在保持低电平超过 $t_{\text{PWMI,OFF}}$ 后切换时，器件才会重新启动调节。

在软启动的上升沿期间，内部 PWM 会延长，直到达到以下两个条件之一：

- 直到 $V_{\text{SOFT_START}}$ 超过 $V_{\text{Soft_Start_LOFF}}$
- 直到 $V_{\text{FBH-FBL}}$ 超过 $V_{\text{FBH_FBL_VALID}}$

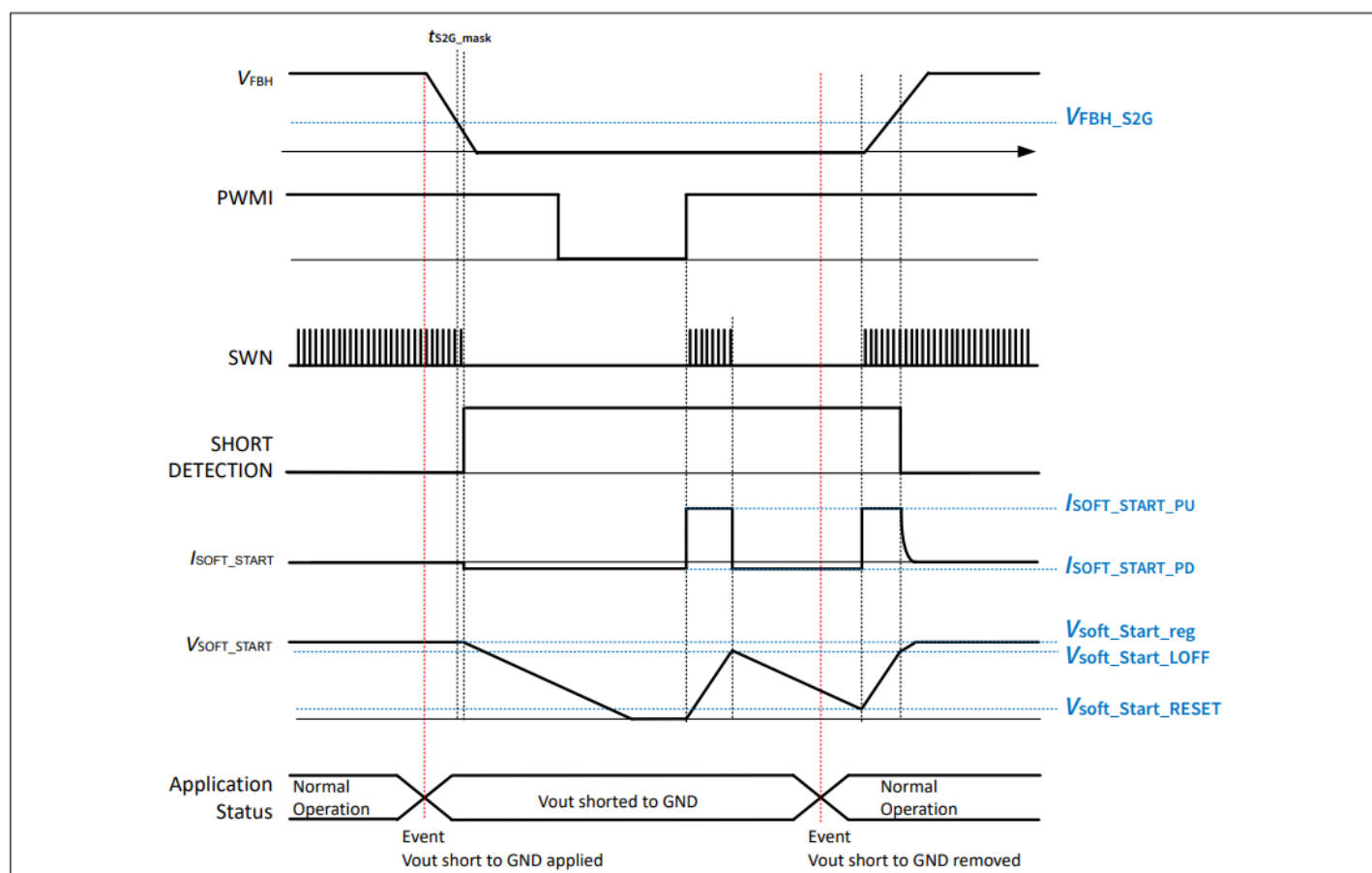


图 8 FBH 引脚检测到接地短路时的软启动时序图

5.3 开关频率设置

通过从 FREQ 引脚连接到 GND 的外部电阻，可以将开关频率设置在 200 kHz 至 700 kHz 之间。根据图 9 中的图表选择带有外部电阻的开关频率 或以下近似公式。

$$f_{SW}[kHz] = 5375 * (R_{FREQ}[k\Omega])^{-0.8} \quad (2)$$

$$R_{FREQ}[k\Omega] = 46023 * (f_{SW}[kHz])^{-1.25} \quad (3)$$

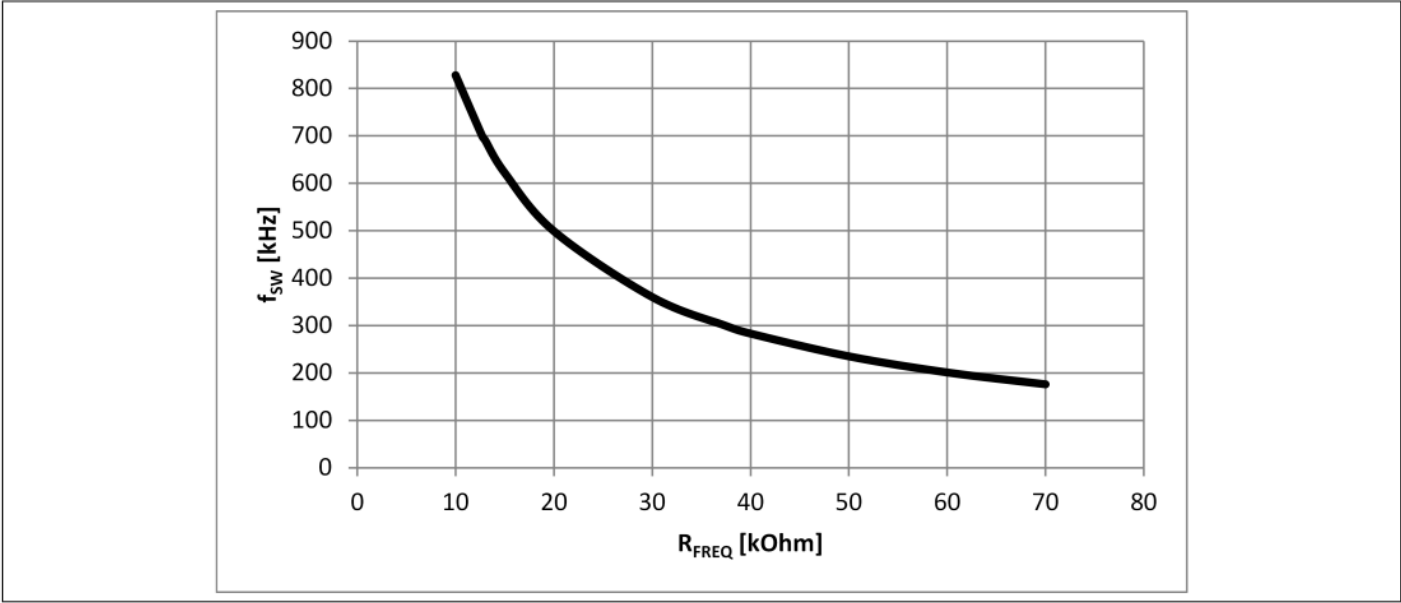


图 9 开关频率fsw与频率选择电阻至 GND RFREQ 的关系

5.4 4 个开关 H 桥架构的工作原理

- 电感器 LOUT 与 4 个外部 n 沟道 MOSFET (M1、M2、M3 和 M4) 以 H 桥配置连接
- 晶体管 M1 和 M3 通过 LOUT 在 VIN 和地 之间提供一条单向路径 (由顶部和底部栅极驱动器 HSGD1 和 LSGD2 驱动)
- 晶体管 M2 和 M4 在另一方向上 通过 LOUT 在 VOUT 和地 之间提供一条路径 (由顶部和底部栅极驱动器 HSGD2 和 LSGD1 驱动)
- 节点 SWN1、SWN2、RSWCS 两端的电压和负载电流也由 TLD5191ES 监控

表6 4开关H桥架构晶体管状态汇总

	BOOST mode	BUCK-BOOST mode	BUCK mode
M1	ON	PWM	PWM
M2	OFF	PWM	PWM
M3	PWM	PWM	OFF
M4	PWM	PWM	ON

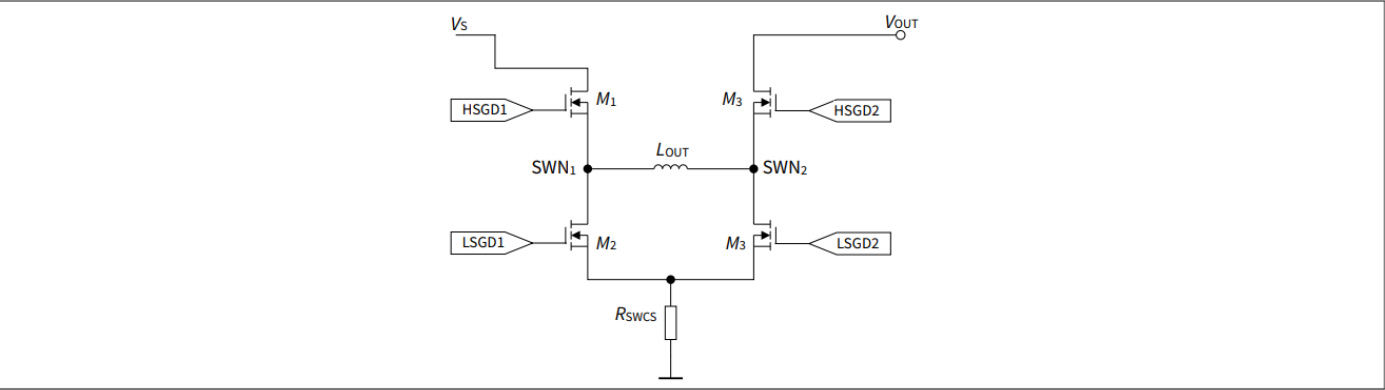


图 10 4开关H-Bridge 架构概述

5.4.1 升压模式 ($V_{IN} < V_{OUT}$)

- M_1 始终为 ON, M_2 始终为 OFF
- 每个周期, M_3 首先导通, 并感测电感电流 (峰值电流控制)
- M_3 保持开启状态, 直到达到 R_{SWCS} 上的上基准阈值 (通电)
- M_3 OFF, M_4 ON, 直到循环结束 (再循环)
- 开关 M_3 和 M_4 工交替工作, 其行为类似于典型的同步升压调节器

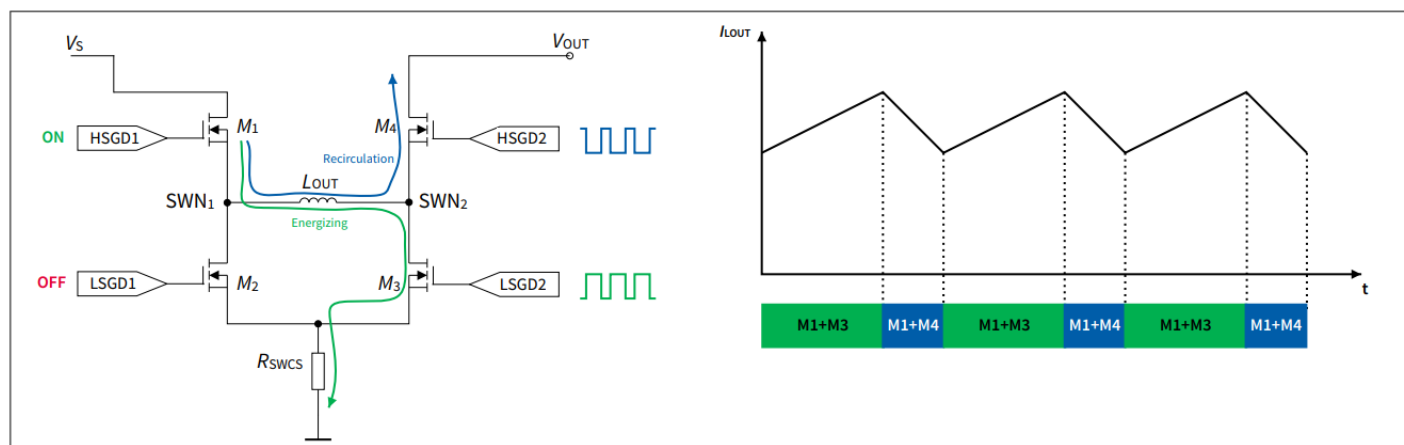


图 11 BOOST 模式下的 4 开关 H 桥架构

4 开关 H 桥架构与传统异步升压方法的简单比较

- 在此模式下, M_2 始终处于OFF状态 (开路)
- 在此模式下, M_1 始终处于ON状态 (电感与 V_{IN} 闭合连接)
- M_4 充当同步二极管, 具有显著较低的导通损耗 ($I^2 \times R_{DS(on)}$ 与 $0.7V \times I$)

注释: 二极管是损耗和较低系统效率的来源!

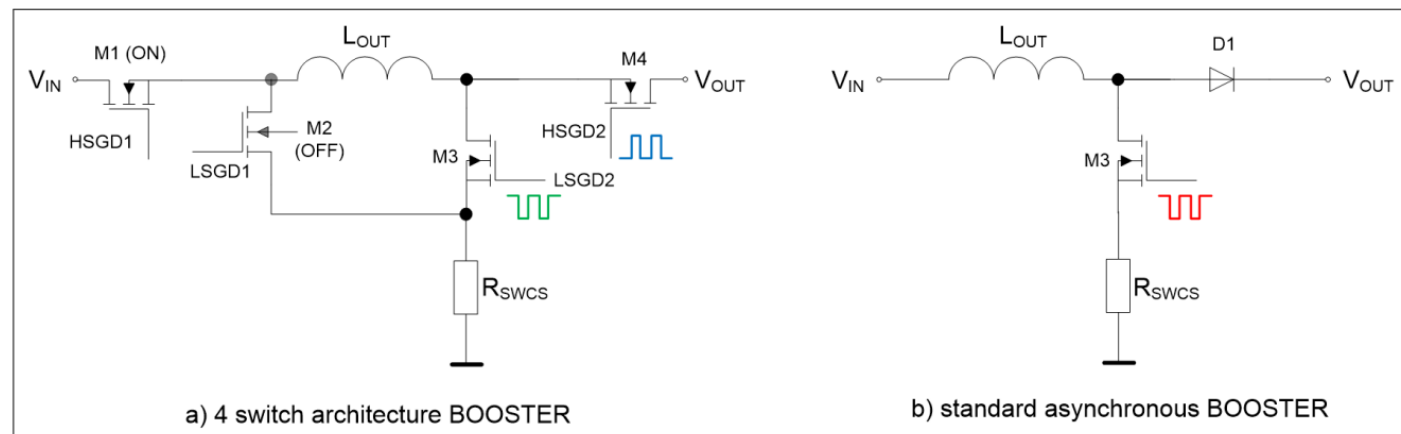


图 12 BOOST 模式下的 4 开关 H 桥架构与标准异步升压器的比较

5.4.2 降压模式 ($V_{IN} > V_{OUT}$)

- M_4 始终为 ON, M_3 始终为 OFF
- 每个周期 M_2 ON, 并检测电感电流 (谷值电流控制)
- M_2 保持ON状态, 直到 R_{SWCS} 达到下基准阈值 (再循环)
- M_2 OFF, M_1 ON, 直到循环结束 (通电)
- 开关 M_1 和 M_2 交替使用, 其行为类似于典型的同步降压调节器

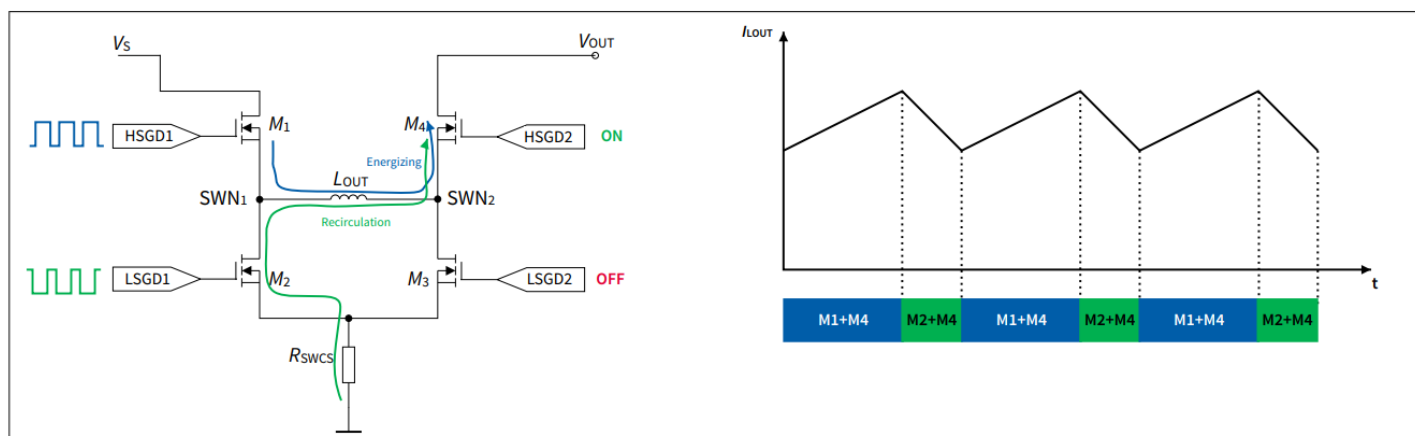


图13 降压模式下4开关H-Bridge架构

4 开关架构与传统异步降压方法的简单比较

- 在此模式下， M_3 始终处于OFF状态（开路）
- 在此模式下， M_4 始终处于ON状态（电感器与 V_{OUT} 之间的连接闭合）
- M_2 充当同步二极管，具有显著较低的通态损耗（ $I^2 \times R_{DS(on)}$ 与 $0.7V \times I$ ）

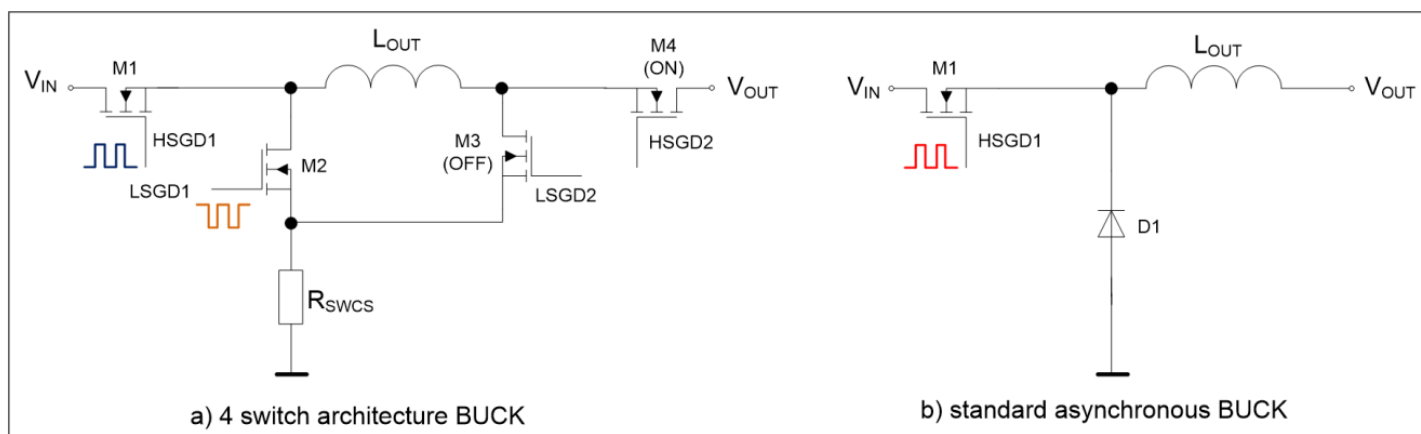


图 14 降压模式下的 4 开关 H 桥架构与标准异步降压模式的比较

5.4.3 Buck-Boost模式 ($V_{IN} \sim V_{OUT}$)

- 当 V_{IN} 接近 V_{OUT} 时，控制器处于升降压操作
- 所有开关管在升降压模式下均参与开关动作。从输入到输出的直接能量传输（ $M_1 + M_4 = ON$ ）有利于降低纹波电流，提高升降压控制方案的能量效率
- 两种升降压波形和开关行为如下图15所示

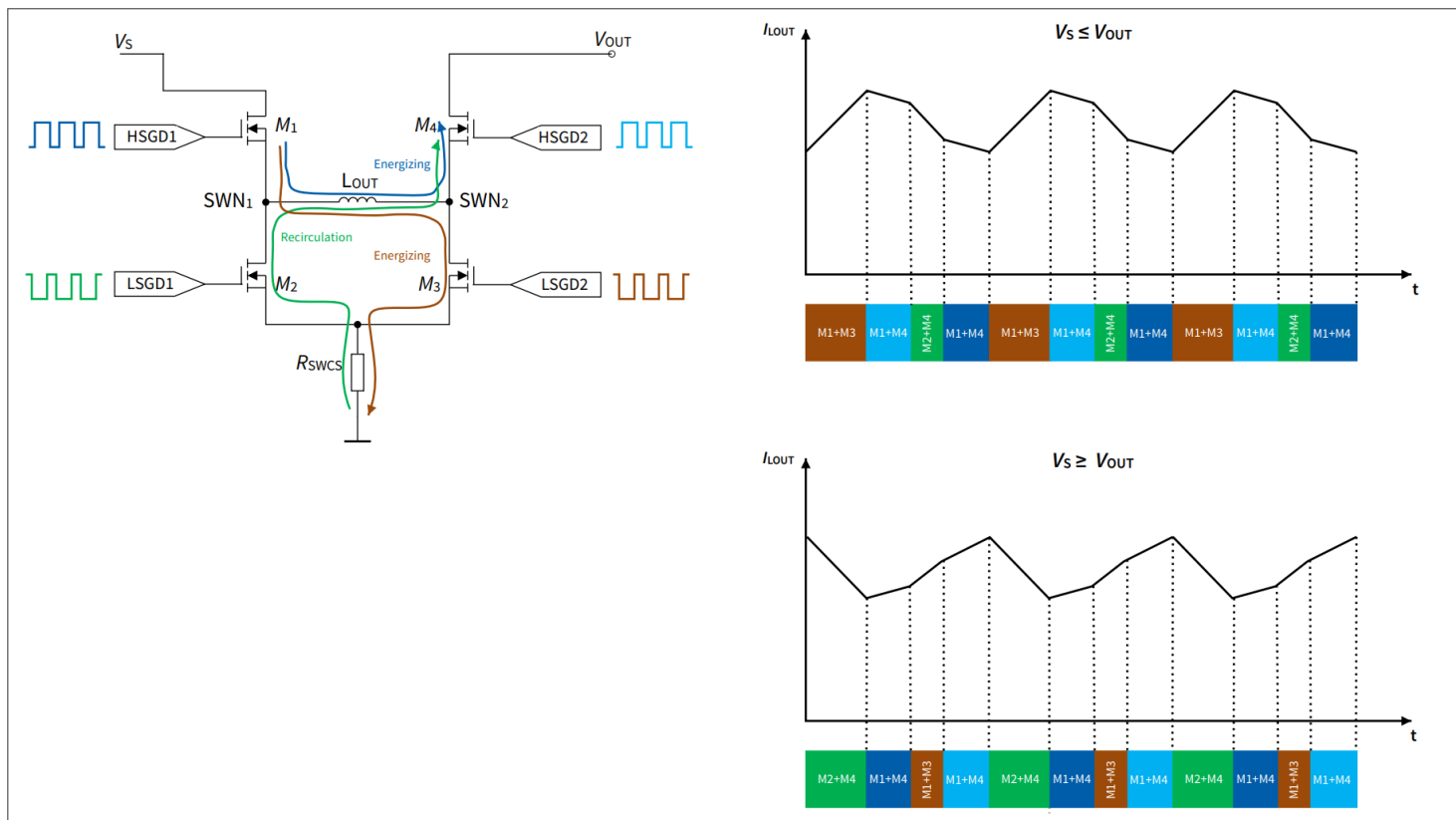


图 15 BUCK_BOOST 模式下的 4 开关 H 桥架构

5.5 可调节输出电压（恒定电压调节）

对于稳压器，输出电压可以通过根据以下公式选择 R_{FB1} 和 R_{FB2} 值来设置：

$$V_{OUT} = \left(\frac{V_{FBH} - FBL}{R_{FB1}} - I_{FBL} \right) \cdot R_{FB2} + V_{FBH} - FBL \quad (4)$$

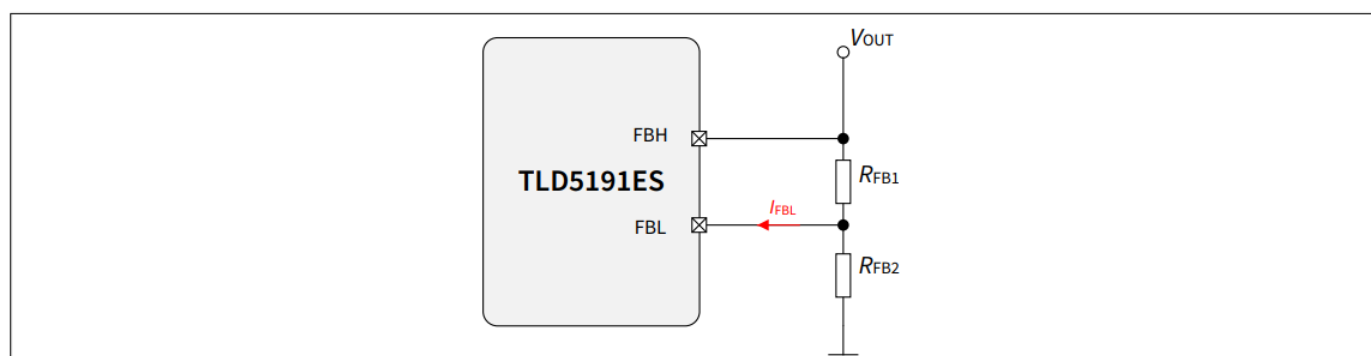


图 16 可调节输出电压（恒定电压调节）

5.6 电气特性

表 7 电气特性

$V_S = 8\text{ V}$ 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.			
V(FBH-FBL) threshold @ analog dimming 100%	$V_{(\text{FBH-FBL})_{100}}$	145.5	150	154.5	mV	$V_{\text{SET}} = 2\text{ V}$; $V_{\text{FBH}} = 2\text{ V}$ to 60 V ;	PRQ-73
V(FBH-FBL) threshold @ analog dimming 10%	$V_{(\text{FBH-FBL})_{10}}$	10	15	20	mV	$V_{\text{SET}} = 0.32\text{ V}$; $V_{\text{FBH}} = 2\text{ V}$ to 60 V	PRQ-74
FBH Bias current	I_{FBH}	65	110	155	μA	¹⁾ $V_{\text{FBL}} = 7\text{ V}$; $V_{\text{FBH-FBL}} = 150\text{ mV}$	PRQ-75
FBL Bias current	I_{FBL}	17	30	43	μA	¹⁾ $V_{\text{FBL}} = 7\text{ V}$; $V_{\text{FBH-FBL}} = 150\text{ mV}$	PRQ-76
V(FBH-FBL) valid range threshold	$V_{\text{FBH-FBL_VALID}}$	110	120	130	mV	$V_{\text{SET}} > 1.5\text{ V}$	PRQ-198
OUT Current sense amplifier gain	$I_{\text{FBX}}x_{\text{gm}}$	–	890	–	μS	¹⁾	PRQ-77
Maximum BOOST duty cycle	$D_{\text{BOOST_MAX}}$	89	91	93	%	¹⁾ $f_{\text{sw}} = 300\text{ kHz}$	PRQ-80
Switch peak over current threshold - BOOST	$V_{\text{SWCS_boost}}$	70	76	82	mV	¹⁾	PRQ-81
Switch peak over current threshold - BUCK	$V_{\text{SWCS_buck}}$	-60	-50	-40	mV	¹⁾	PRQ-82
Soft Start pull up current	$I_{\text{Soft_Start_PU}}$	22	26	32	μA	$V_{\text{Soft_Start}} = 1\text{ V}$	PRQ-83
Soft Start pull down current	$I_{\text{Soft_Start_PD}}$	2.2	2.6	3.2	μA	$V_{\text{Soft_Start}} = 1\text{ V}$	PRQ-84
Soft start latch-OFF threshold	$V_{\text{Soft_Start_LOFF}}$	1.65	1.75	1.85	V	–	PRQ-85
Soft start reset threshold	$V_{\text{Soft_Start_RESET}}$	0.1	0.2	0.3	V	–	PRQ-86
Soft start voltage during regulation	$V_{\text{Soft_Start_reg}}$	1.9	2	2.1	V	¹⁾ No Faults	PRQ-87
Average switching frequency	f_{SW}	280	300	320	kHz	$T_j = 25^\circ\text{C}$; $R_{\text{FREQ}} = 37.4\text{ k}\Omega$; Average value (spread spectrum modulator always on)	PRQ-88
Gate driver undervoltage threshold	$V_{\text{BST1,2-VSWN1,2_UVth}}$	3.4	–	4	V	$V_{\text{BST1,2}} - V_{\text{SWN1,2}}$ decreasing; Differential signal (not referred to GND)	PRQ-89

(表格续下页.....)

表 7 (续) 电气特性

$V_S = 8\text{ V}$ 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.			
HSGD1,2 NMOS driver on-state resistance (Gate Pull Up)	$R_{DS(ON_PU)HS}$	1.4	2.3	3.7	Ω	$V_{BST1,2} - V_{SWN1,2} = 5\text{ V}$; $I_{source} = 100\text{ mA}$	PRQ-90
HSGD1,2 NMOS driver on-state resistance (Gate Pull Down)	$R_{DS(ON_PD)HS}$	0.6	1.2	2.2	Ω	$V_{BST1,2} - V_{SWN1,2} = 5\text{ V}$; $I_{sink} = 100\text{ mA}$	PRQ-91
LSGD1,2 NMOS driver on-state resistance (Gate Pull Up)	$R_{DS(ON_PU)LS}$	1.4	2.3	3.7	Ω	$V_{IVCC} = 5\text{ V}$; $I_{source} = 100\text{ mA}$	PRQ-92
LSGD1,2 NMOS driver on-state resistance (Gate Pull Down)	$R_{DS(ON_PD)LS}$	0.4	1.2	2.5	Ω	$V_{IVCC} = 5\text{ V}$; $I_{sink} = 100\text{ mA}$	PRQ-93
HSGD1,2 Gate driver peak sourcing current	$I_{HSGD1,2_SRC}$	380	–	–	mA	¹⁾ $V_{HSGD1,2} - V_{SWN1,2} = 1\text{ V to }4\text{ V}$; $V_{BST1,2} - V_{SWN1,2} = 5\text{ V}$	PRQ-161
HSGD1,2 Gate driver peak sinking current	$I_{HSGD1,2_SNK}$	410	–	–	mA	¹⁾ $V_{HSGD1,2} - V_{SWN1,2} = 4\text{ V to }1\text{ V}$; $V_{BST1,2} - V_{SWN1,2} = 5\text{ V}$	PRQ-162
LSGD1,2 Gate driver peak sourcing current	$I_{LSGD1,2_SRC}$	370	–	–	mA	¹⁾ $V_{LSGD1,2} = 1\text{ V to }4\text{ V}$; $V_{IVCC} = 5\text{ V}$	PRQ-163
LSGD1,2 Gate driver peak sinking current	$I_{LSGD1,2_SNK}$	550	–	–	mA	¹⁾ $V_{LSGD1,2} = 4\text{ V to }1\text{ V}$; $V_{IVCC} = 5\text{ V}$	PRQ-164
LSGD1,2 OFF to HSGD1,2 ON delay	$t_{LSOFF-HSON_delay}$	15	30	40	ns	¹⁾	PRQ-98
HSGD1,2 OFF to LSGD1,2 ON delay	$t_{HSOFF-LSON_delay}$	35	60	75	ns	¹⁾	PRQ-99

¹⁾ 无需经过生产测试, 由设计指定。

6 数字调光功能

采用 PWM 调光来改变 LED 亮度，同时大大减少色度偏移。PWM调光通过改变LED串中电流的占空比来实现亮度降低。

6.1 描述

通过直接接口的PWM控制

脉冲宽度调制 (PWM) 信号可施加至 PWMI 引脚。如果信号处于高电平，则栅极驱动器启用；如果信号处于低电平，则禁用驱动器。

施加的 PWM 信号应具有高于 f_{PWM} (最小值) 的频率。

PWMO 引脚复制 PWMI 引脚的高电平或低电平状态，除非发生以下任一情况：

- 输出过压事件
- 输出短路到地事件
- 热关断

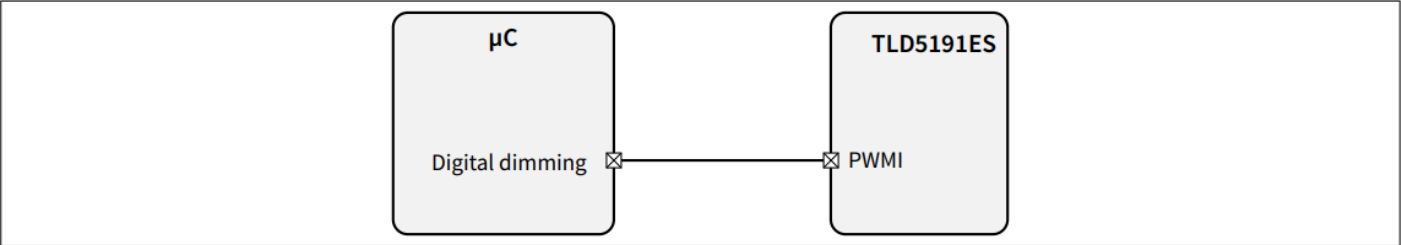


图 17 数字调光概述

PWM调光低电平状态，可安全长时间关断输出电流。实际上，如果脉宽调制输入信号持续在 $t_{PWMI,OFF}$ 期间电平保持在 V_{PWMI,DC_0} 以下，则一旦通道被打开，就会应用软启动流程。

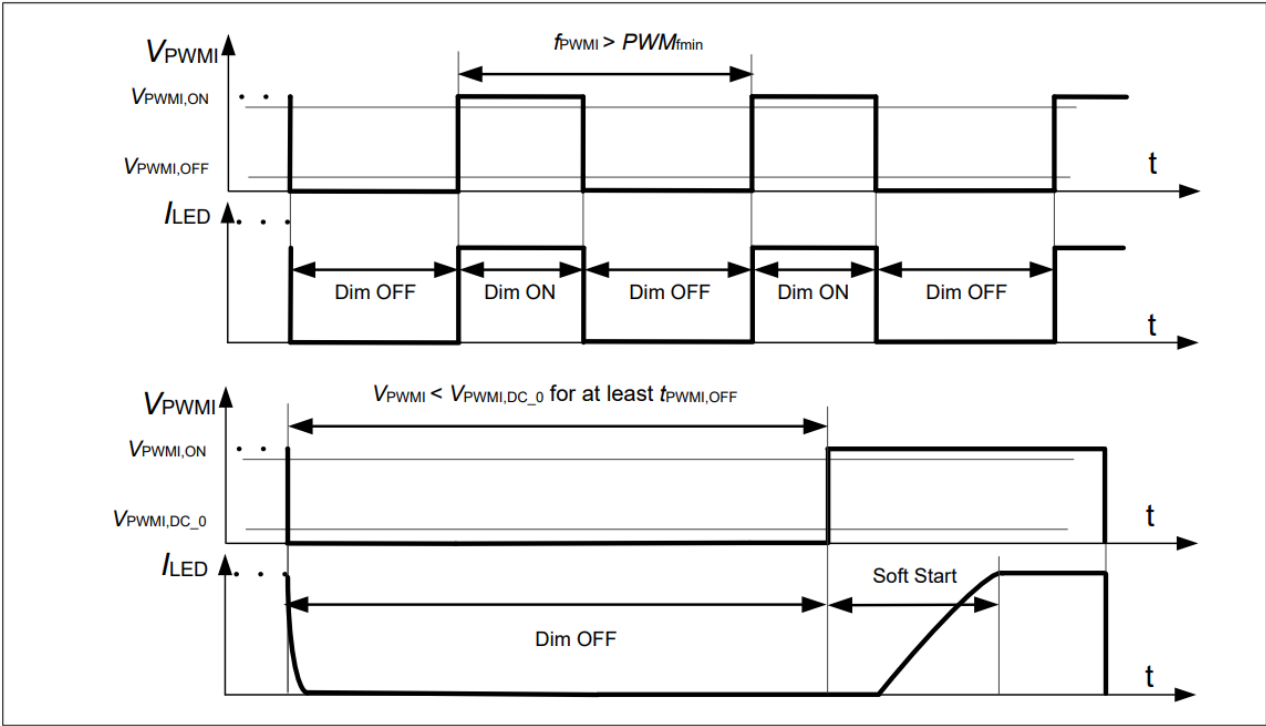


图 18 PWMI 时序图

通过内置 PWM 引擎进行 PWM

如果施加在 V_{PWMI,DC_0} 和 V_{PWMI,DC_100} 之间的模拟信号，则内置 PWM 被激活。内置 PWM 引擎

具有 8 位分辨率，固定频率为 f_{PWM} 。

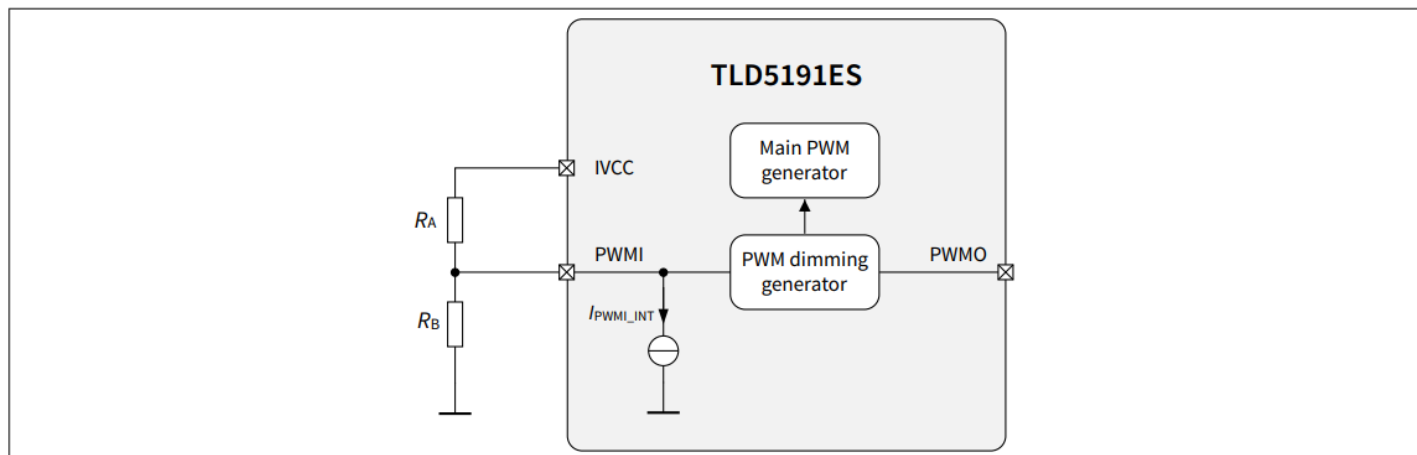


图 19 内置 PWM 发生器框图

注释： 采用非线性嵌入式 PWM 引擎来保证低占空比的高精度。它可以帮助头灯设计人员在调光至低占空比时实现较高的 LED 亮度精度周期值。此外，它有助于产生平滑的渐变曲线，补偿人眼感知亮度的对数变化。

PWMO 引脚内置 PWM 引擎的频率和占空比，除非发生以下情况之一：

- 输出过压事件
- 输出短路到地事件
- 热关断

内置 PWM 引擎产生的占空比是施加在 PWMI 引脚上的电压的函数。占空比在以下 V_{PWMI} 范围内以不同的 LSB 步进值进行量化：

- 0.142% (对于 $V_{PWMI,DC_0} \leq V_{PWMI} \leq 0.23 \cdot V_{IVCC}$)
- $0.23 \cdot V_{IVCC} < V_{PWMI} \leq 0.28 \cdot V_{IVCC}$ 时为 0.284%
- $0.28 \cdot V_{IVCC} < V_{PWMI} \leq V_{PWMI,DC_100}$ 时为 0.569%

并可以通过以下公式计算：

$$DC \% = 63 \cdot \left(\frac{V_{PWMI} - 0.18 \cdot V_{IVCC}}{0.05 \cdot V_{IVCC}} \right) \cdot 0.142 \% \quad \text{for } V_{PWMI,DC_0} \leq V_{PWMI} \leq 0.23 \cdot V_{IVCC} \quad (5)$$

$$DC \% = 8.95 \% + 64 \cdot \left(\frac{V_{PWMI} - 0.23 \cdot V_{IVCC}}{0.05 \cdot V_{IVCC}} \right) \cdot 0.284 \% \quad \text{for } 0.23 \cdot V_{IVCC} < V_{PWMI} \leq 0.28 \cdot V_{IVCC} \quad (6)$$

$$DC \% = 27.13 \% + 128 \cdot \left(\frac{V_{PWMI} - 0.28 \cdot V_{IVCC}}{0.1 \cdot V_{IVCC}} \right) \cdot 0.569 \% \quad \text{for } 0.28 \cdot V_{IVCC} < V_{PWMI} \leq V_{PWMI,DC_100} \quad (7)$$

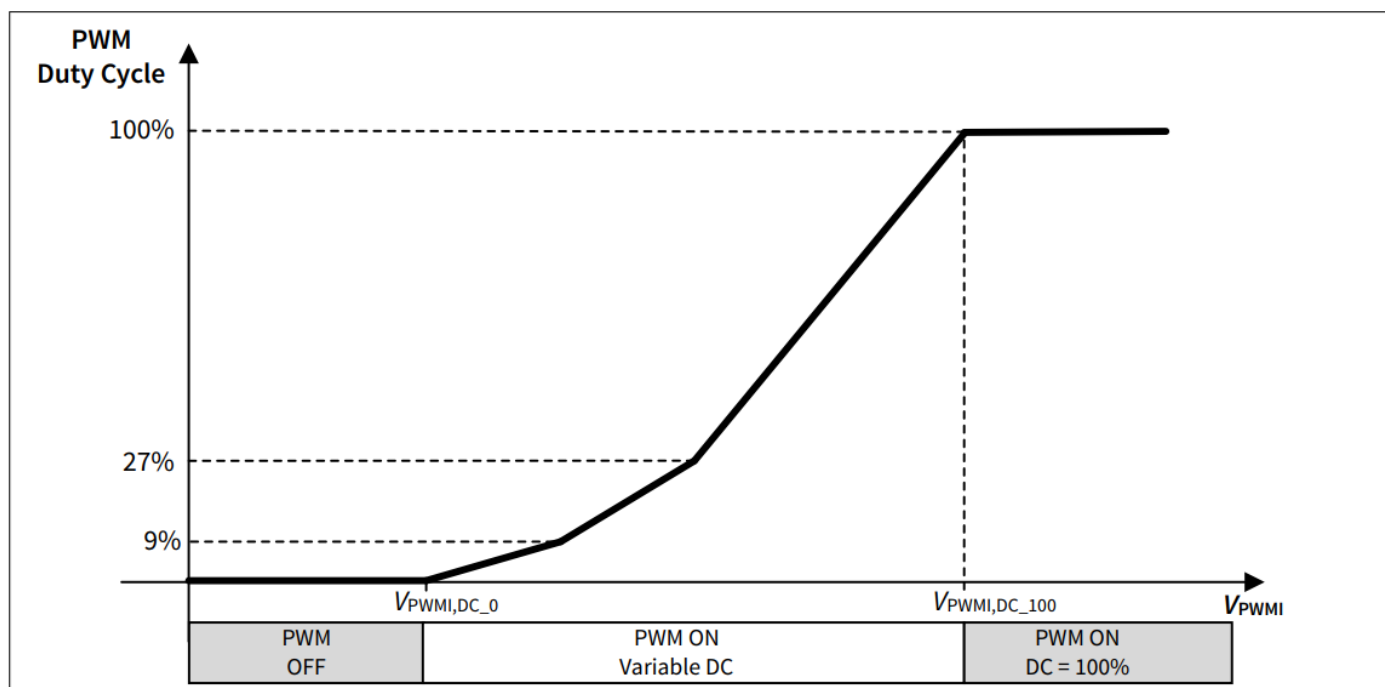


图 20 模拟PWM DC曲线

6.2 电气特性

表 8 电气特性

$V_s = 8\text{ V}$ 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.			
PWMI Turn on threshold	$V_{\text{PWMI,ON}}$	–	–	2	V	–	PRQ-100
PWMI Turn off threshold	$V_{\text{PWMI,OFF}}$	0.8	–	–	V	–	PRQ-101
PWMI Off time threshold	$t_{\text{PWMI,OFF}}$	–	–	25	ms	¹⁾	PRQ-199
PWMI Minimum frequency	$f_{\text{PWM,min}}$	75	–	–	Hz	¹⁾	PRQ-202
PWM Engine minimum voltage	$V_{\text{PWMI,DC}_0}$	$0.176^* V_{\text{IVCC}}$	$0.18^* V_{\text{IVCC}}$	–	V	–	PRQ-102
PWM Engine maximum voltage	$V_{\text{PWMI,DC}_100}$	–	$0.38^* V_{\text{IVCC}}$	$0.387^* V_{\text{IVCC}}$	V	–	PRQ-103
PWM Engine DC	$PWM_{\text{DC}_15\%}$	14.25	15	15.75	%	$V_{\text{PWMI}} = 0.246^* V_{\text{IVCC}}$	PRQ-104
PWM Engine frequency	f_{PWM}	220	275	330	Hz	–	PRQ-105
PWMI Internal pull down current	$I_{\text{PWMI_INT}}$	1.5	–	3.5	uA	¹⁾ $V_{\text{PWMI}} = 0.2^* V_{\text{IVCC}}$	PRQ-106
PWMO Gate driver sourcing current	$I_{\text{PWMO_SRC}}$	-40	-22	-10	mA	¹⁾ $V_{\text{PWMO}} = 2.5\text{ V}$; $V_{\text{IVCC}} = 5\text{ V}$	PRQ-109

(表格续下页.....)

表 8 (续) 电气特性

$V_s = 8\text{ V}$ 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.			
PWMO Gate driver sinking current	$I_{\text{PWMO_SNK}}$	10	25	40	mA	¹⁾ $V_{\text{PWMO}} = 2.5\text{ V}$; $V_{\text{IVCC}} = 5\text{ V}$	PRQ-110
PWMO Gate driver rise time	$t_{\text{R,PWMO}}$	200	450	700	ns	¹⁾ $C_{\text{gate}} = 2.2\text{ nF}$; $V_{\text{PWMO}} = 1\text{ V to }4\text{ V}$	PRQ-111
PWMO Gate driver fall time	$t_{\text{F,PWMO}}$	150	375	600	ns	¹⁾ $C_{\text{gate}} = 2.2\text{ nF}$; $V_{\text{PWMO}} = 4\text{ V to }1\text{ V}$	PRQ-112
PWMO Gate driver supply voltage	V_{PWMO}	4.8	5	5.2	V	–	PRQ-113

¹⁾ 无需经过生产测试, 由设计指定。

7 模拟调光

模拟调光特性允许进一步控制输出电流。该方法用于：

- 将默认电流降低至较窄的范围，以适应所用 LED 的不同binning类别
- 调整负载电流，使一种硬件能够用于需要不同电流水平的多种LED类型
- 降低高温下的电流（保护 LED 免受过温）
- 减少低输入电压下的电流（例如，电源的启动脉冲击穿或功率降额）

7.1 描述

模拟调光的特点是通过反馈误差放大器电压 ($V_{FBH-FBL}$) 的控制来调节平均负载电流水平。

SET引脚用于调节平均输出电流/电压。模拟调光的 V_{SET} 启用范围为 200 mV 至 1.5 V。

不同的应用场景如图 22所示。

使用SET引脚调节输出电流：

为了计算输出电流 I_{OUT} ，使用以下方程：

$$I_{OUT} = \frac{V_{FBH-FBL}}{R_{FB}} \quad (8)$$

可以在 0.2 V 至 1.4 V 之间通过控制SET引脚电压 (V_{SET}) 来减少平均输出电流，其数学关系如下式所示：

$$I_{OUT} = \frac{V_{SET} - 200mV}{R_{FB} \cdot 8} \quad (9)$$

如果 V_{SET} 为 200 mV（典型值），则LED电流仅由比较器的内部偏置电压决定。为确保开关活动停止且

$I_{OUT} = 0$ ， V_{SET} 必须小于 100 mV。

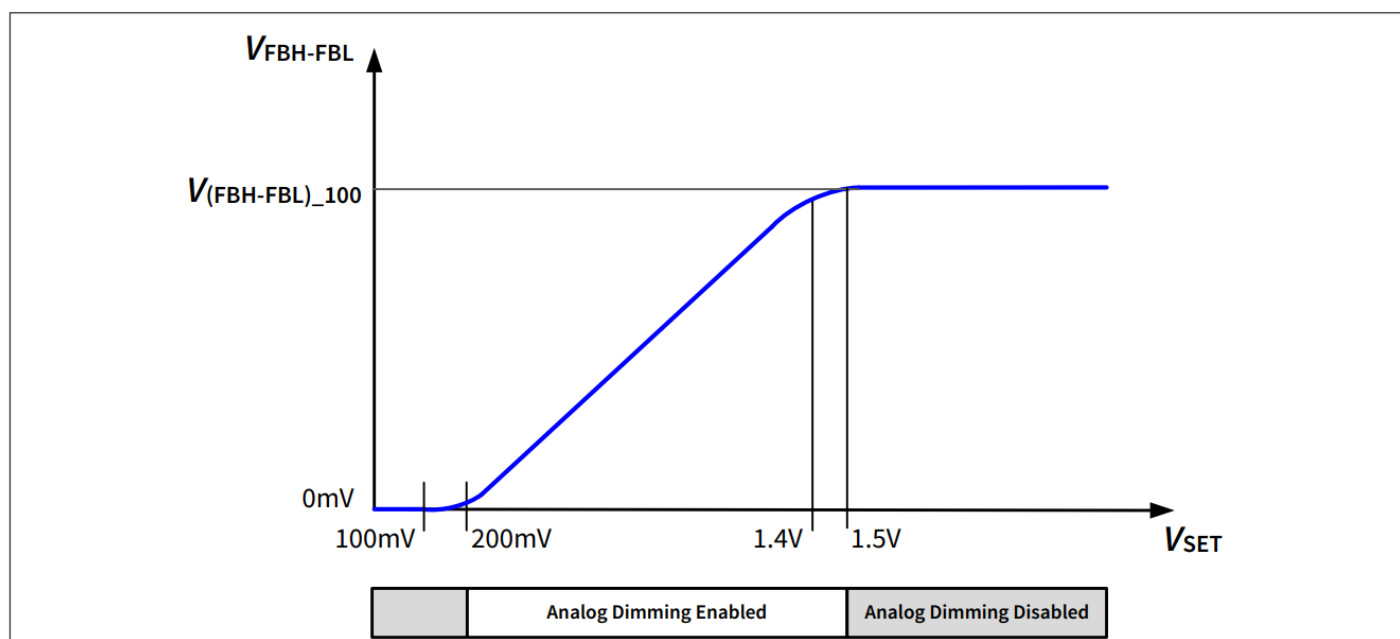


图 21 模拟调光概述

模拟调光特性的多用途使用

1. μC 集成数字模拟转换器 (DAC) 输出或独立 DAC 可用于为TLD5191ES的SET引脚供电。
2. 对于没有板载 μC 的系统，可以选择使用连接在 IVCC、SET和 GND LED之间的外部电阻分压器。该概念允许通过放置低功率电阻来控制电流。
3. 此外，还可以连接温度敏感电阻器（热敏电阻）来保护 LED 负载免受热损坏。
4. 如果不需要模拟调光功能，则应将SET引脚连接至 IVCC 引脚。
5. 除了DAC， μC 还可以提供PWM 和外部 RC 滤波器，为模拟调光提供恒定电压。电压电平取决于占空比，此占空比可通过 μC 软件读取放置在LED 模块上的编码电阻来控制。

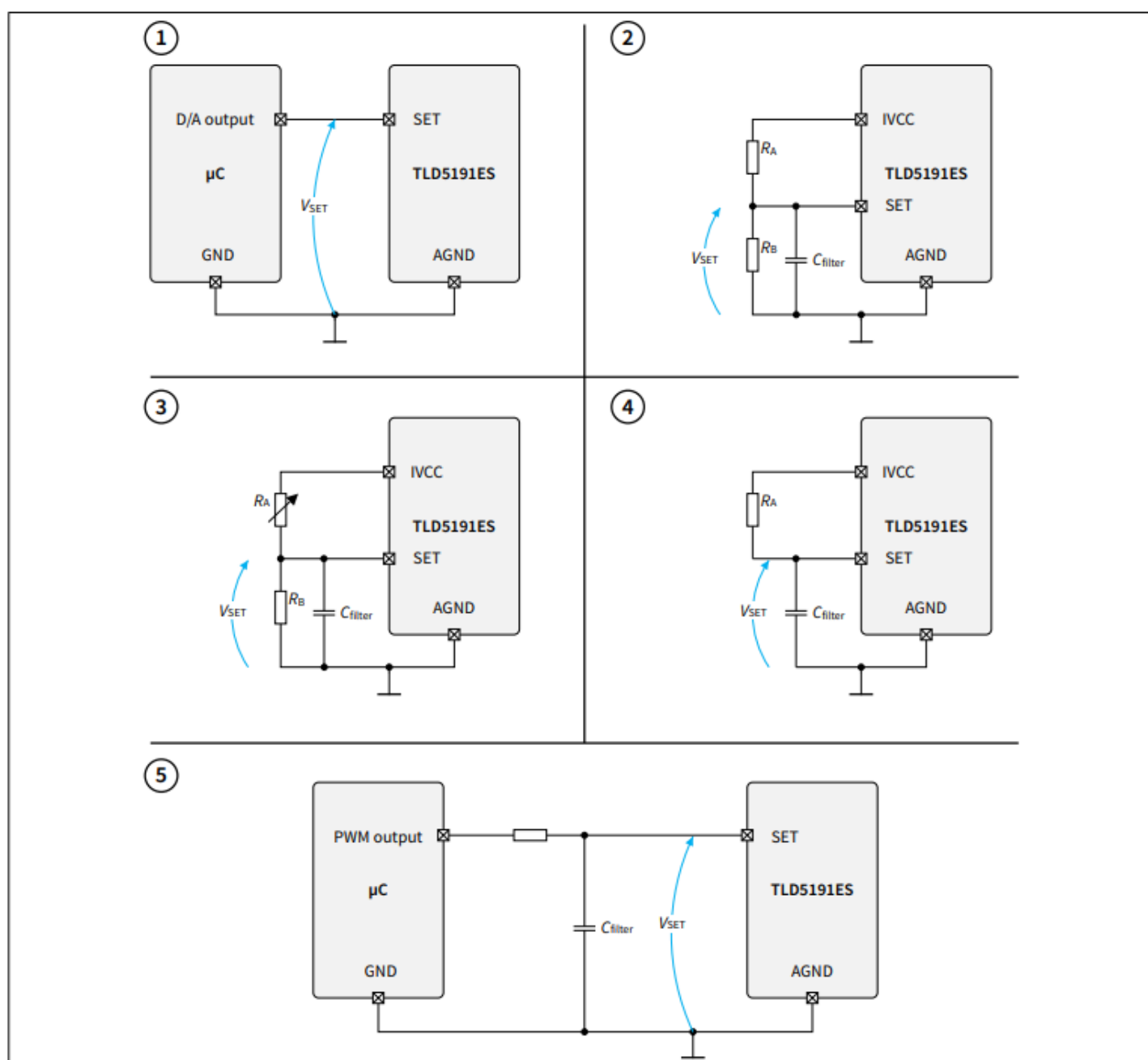


图 22 模拟调光的不同用例引脚SET

7.2 电气特性

表 9 电气特性

$V_{IN} = 8V$ to $36V$, $T_J = -40^{\circ}C$ to $+150^{\circ}C$, 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.			
Source current on SET pin	I_{SET_source}	–	–	1	μA	¹⁾ $V_{SET} = 0.2 V$ to $1.4 V$	PRQ-114

¹⁾ 无需经过生产测试, 由设计指定。

8 线性调节器

TLD5191ES内置电压条机器，用于内部栅极驱动器级供电。

8.1 IVCC 描述

内部线性稳压器为内部栅极驱动器提供 5 V 的典型电压和高达 I_{LIM} 的电流。IVCC 引脚上需要一个具有低 ESR 的外部输出电容器，以实现稳定性并缓冲瞬态负载电流。在正常运行期间，外部 MOSFET 开关将从线性调节器及其输出电容器汲取瞬态电流。必须考虑输出电容器的适当选值，以便为外部 MOSFET 开关的栅极提供足够的峰值电流。最小电容值在参数 C_{IVCC} 中给出。

集成外部开关 MOSFET 欠压保护

集成欠压复位阈值电路监控线性调节器输出电压。如果 IVCC 引脚上的电压低于 V_{IVCC_RTH} ，则栅极驱动器将关闭。

IVCC 引脚的欠压复位阈值有助于保护外部开关免受过度功率耗散，方法是确保栅极驱动电压足以增强外部逻辑电平 n 沟道 MOSFET 的栅极。

8.2 电气特性

表 10 电气特性

$V_{IN} = 8V$ to $36V$, $T_J = -40^{\circ}C$ to $+150^{\circ}C$ ，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.			
Output voltage	V_{IVCC}	4.8	5	5.2	V	$V_{VIN} = 13.5 V$; $0.1 mA \leq I_{IVCC} \leq 50 mA$	PRQ-134
Output current limitation	I_{LIM}	70	90	110	mA	¹⁾ $V_{IVCC} = 4 V$	PRQ-135
Drop out voltage	V_{DR}	–	200	350	mV	$V_{VIN} = 5 V$; $I_{IVCC} = 10 mA$	PRQ-136
IVCC buffer capacitor	C_{IVCC}	10	–	–	μF	¹⁾ ²⁾	PRQ-137
IVCC undervoltage reset switch OFF threshold	$V_{IVCC_RTH,d}$	3.7	3.9	4.1	V	³⁾ V_{IVCC} decreasing	PRQ-138
IVCC undervoltage hysteresis	V_{IVCC_HYST}	0.31	0.34	0.37	V	V_{IVCC} increasing;	PRQ-139

1) 未经过生产测试，由设计指定。

2) 给定的最小值是调节器稳定性所必需的；应用可能需要比最小值更高的电容。使用低 ESR 的电容器

3) 外部开关 MOSFET 的选择至关重要， $V_{IVCC_RTH,d}$ min，最坏情况下必须考虑 MOSFET 的阈值电压

9 保护和诊断功能

9.1 描述

TLD5191ES 具有集成电路，可诊断和保护过压、负载短路和过温故障。
在IDLE状态下，根据规范仅报告过温关闭。在图23中显示保护、诊断和监控功能的摘要。

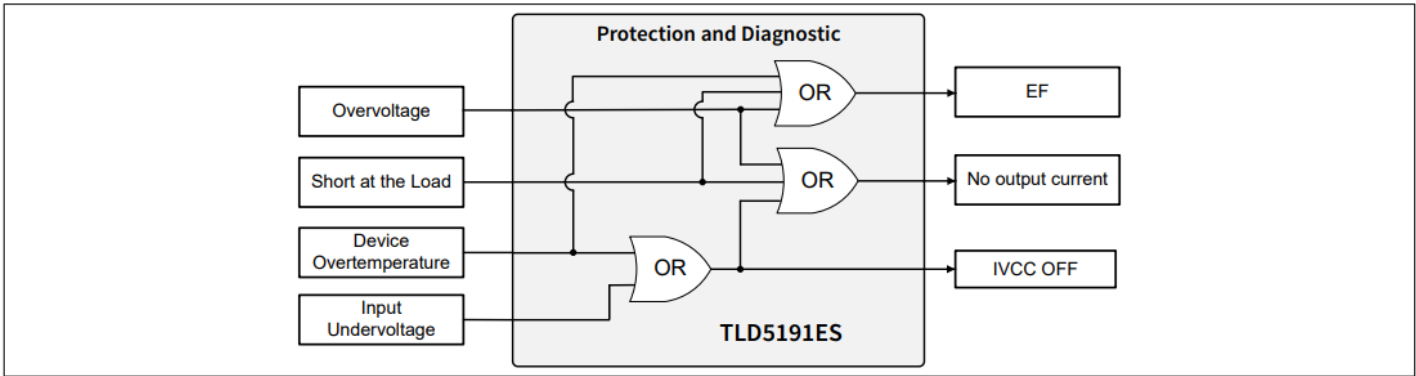


图 23 保护和诊断概述 - TLD5191ES

9.2 输出过压、短路保护

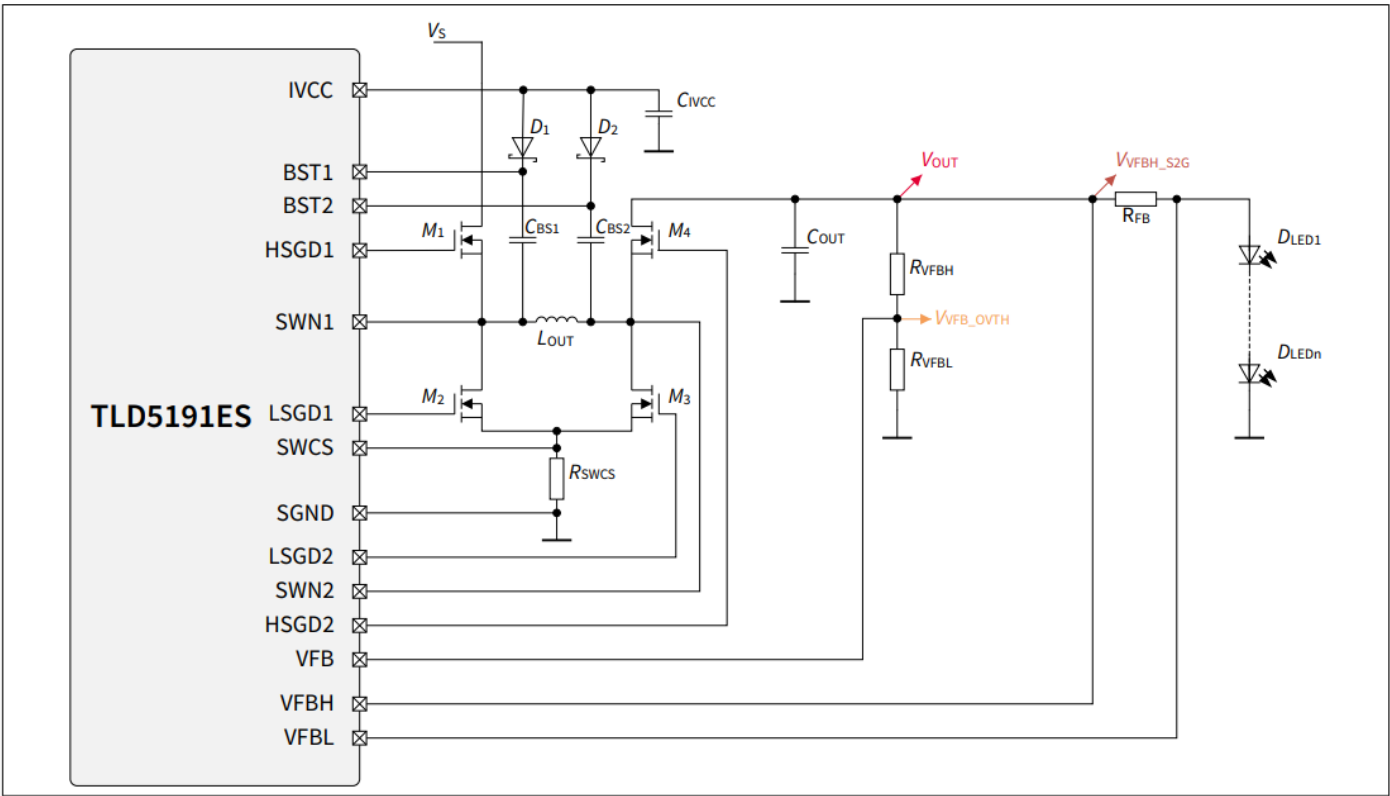


图 24 保护引脚 - 概述

9.2.1 短路保护

如果验证了以下条件，则该器件检测到输出端发生短路：

- 引脚 V_{FBH} 降至阈值电压 $V_{VFBH_S2G_dec}$ 以下至少持续 $t_{S2G_mask\ o}$

在软启动的上升沿期间，短路检测被忽略，直到 $V_{SOFT_START_LOFF}$ 为止。

TLD5191ES提供开漏状态引脚EF，当检测到短路时，该引脚拉低电平。

在检测到短路的情况下，软启动引脚用于分别在上升沿和下降沿实现故障屏蔽和重试前等待时间。参见图8了解更多详情。

注释： 如果短路条件消失，器件将按照第5.2章所述的软启动程序重新启动。

9.2.2 过压保护

TLD5191ES通过监控VFB引脚上的电压来实现集成输出过压保护。

VOUT、VFB引脚和AGND之间的分压器用于调整过压保护阈值。为了固定过压保护阈值，使用以下方程式：

$$V_{OUT_OV_protected} = V_{VFB_OVTH} \cdot \frac{R_{VFBH} + R_{VFBL}}{R_{VFBL}} \quad (10)$$

当 $V_{VFB} > V_{VFB_OVTH}$ 时检测到过压事件，并且器件做出如下反应：

- 开关活动已禁用
- 场效应晶体管 M_1 、 M_3 和 M_4 保持OFF，而场效应晶体管 M_2 保持ON，以将电感电流释放到输出。一旦电压 $V_{VFB} < V_{VFB_OVTH} - V_{VFB_OVTH,HYS}$ ，开关活动就会恢复。

如果输出发生过压事件，开漏状态引脚EF将切换至低电平。过压事件消失后，器件将自动重启，状态引脚EF将切换至高电平。

注释： 在过压事件期间，电感器电流被释放到输出，因此根据 L_{OUT} 和 C_{OUT} 设计可以观察到输出电压增加。过压阈值的设计必须避免超过器件最大绝对额定值。

9.3 器件温度监测

芯片集成温度传感器。温度监控电路将测量的温度与关断阈值进行比较。

如果内部温度传感器达到关断温度 $T_{J,SD}$ ，IVCC调节器被关断，并且栅极驱动器输出被置位至低电平。

当集成传感器测量的温度降至 $T_{J,SD} - T_{J,SD,hyst}$ 到以下后，器件通过软启动程序退出热关断状态。

TLD5191ES提供开漏状态引脚EF，当达到关断温度时，该引脚拉低电平。

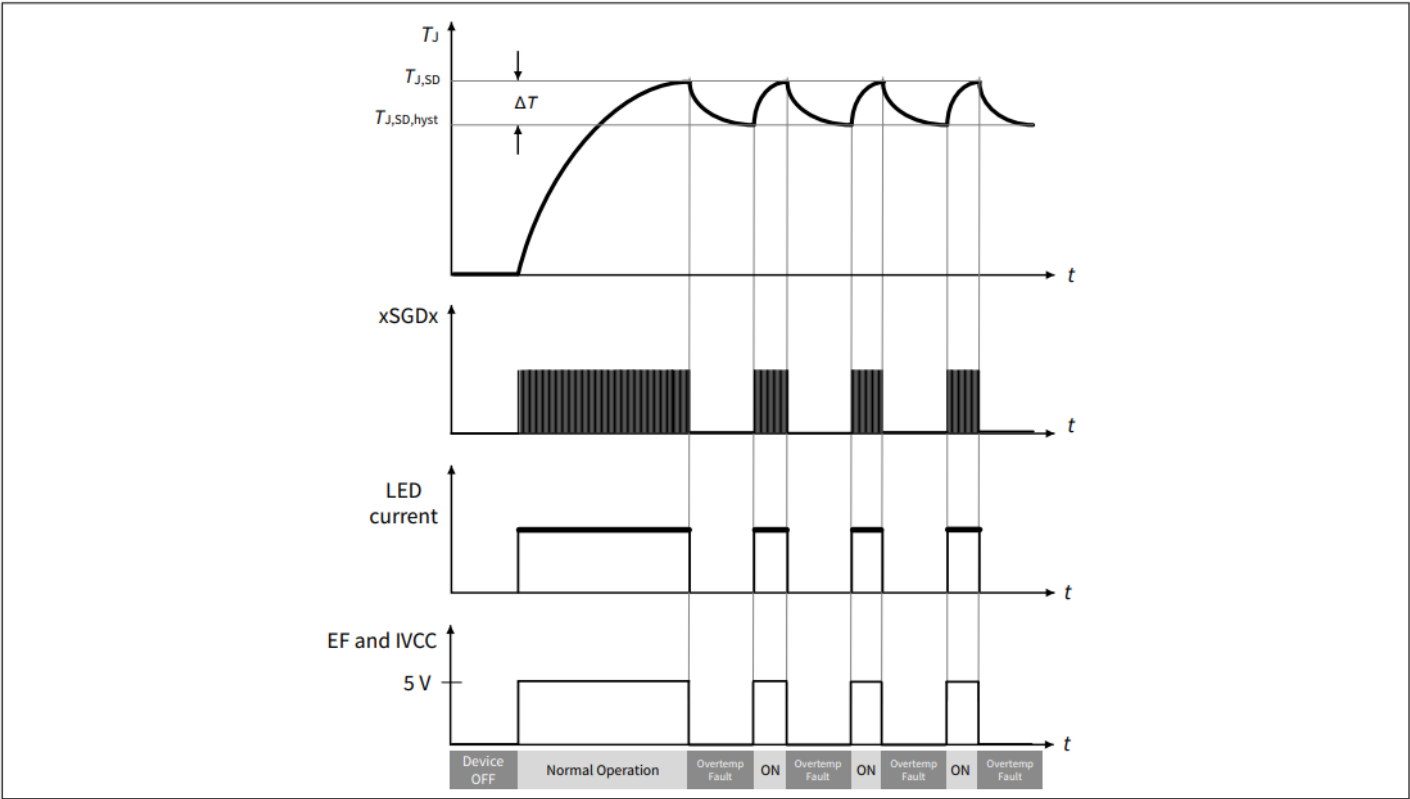


图 25 器件过温保护行为

9.4 电气特性

表 11 电气特性

$V_{IN} = 8V$ to $36V$, $T_J = -40^{\circ}C$ to $+150^{\circ}C$, 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.			
Short to GND exit threshold	$V_{FBH_S2G_inc}$	1.9	2	2.15	V	V_{FBH} increasing	PRQ-127
Short to GND entry threshold	$V_{FBH_S2G_dec}$	1.65	1.75	1.85	V	V_{FBH} decreasing	PRQ-128
Short to GND masking time	t_{S2G_mask}	–	42	50	μs	1)	PRQ-203
Over temperature shutdown	$T_{J,SD}$	160	175	190	$^{\circ}C$	1)	PRQ-129
Over temperature shutdown hysteresis	$T_{J,SD,hyst}$	–	10	–	$^{\circ}C$	1)	PRQ-130
VFB over voltage feedback threshold	V_{VFB_OVTH}	1.42	1.46	1.50	V	–	PRQ-131
Output over voltage feedback hysteresis	$V_{VFB_OVTH,HYS}$	25	40	58	mV	Output Voltage decreasing	PRQ-132

(表格续下页.....)

表 11 (续) 电气特性

$V_{IN} = 8V$ to $36V$, $T_J = -40^{\circ}C$ to $+150^{\circ}C$, 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.			
EF pin output impedance	R_{EF}	–	2.1	–	k Ω	¹⁾ Fault Condition $I = 100 \mu A$	PRQ-133

¹⁾由设计指定; 无需进行生产测试

注释: 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。故障情况被认为超出了正常工作范围。
保护功能不是为了连续重复的操作而设计的。

10 Infineon FLAT SPECTRUM 的特点

10.1 描述

英飞凌FLAT SPECTRUM的特点是最大限度地减少外部额外滤波器电路。

10.2 展频

展频调制技术显著改善了频谱低频率范围（ $f < 30\text{ MHz}$ ）。

通过使用展频技术，可以仅针对峰值限值优化输入滤波器，同时满足平均限值（平均发射限制比最高发射限制低-20 dB）。通过使用展频，可以放松对低电平 ESR 输入电容器的需求，因为输入电容器串联电阻对于低频滤波器特性非常重要。如果在对平均限值有严格要求时，这可以带来经济效益。

TLD5191ES具有内置展频功能，并保持激活，调制频率是 f_{FM} 和频偏是 f_{dev}

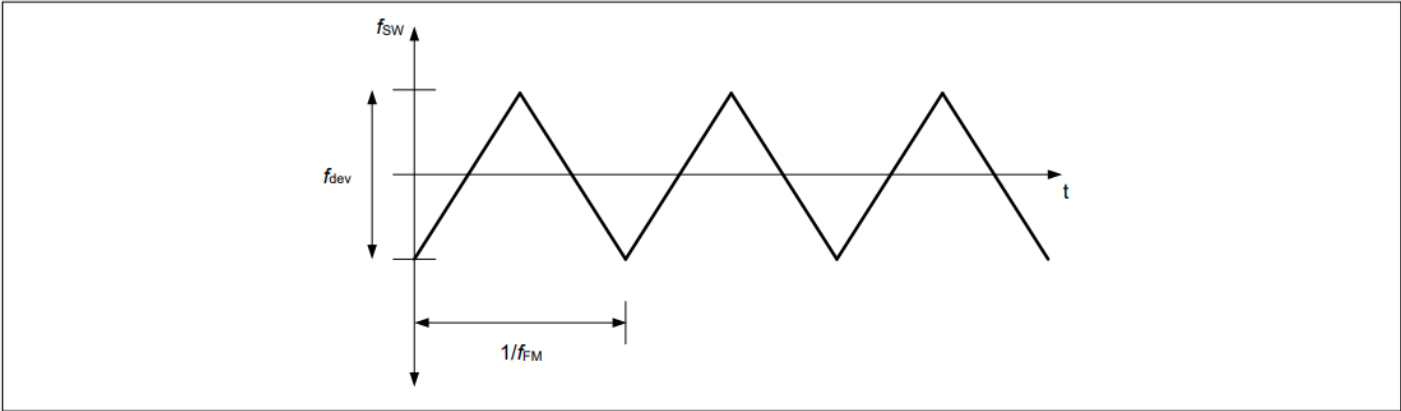


图 26 展频概述

10.3 电气特性

表 12 电气特性

$V_{IN} = 8\text{ V to } 36\text{ V}$, $T_J = -40^{\circ}\text{C to } +150^{\circ}\text{C}$ ，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.			
Frequency deviation	f_{dev}	–	±20	–	%	1)	PRQ-140
Frequency modulation	f_{FM}	–	12	–	kHz	1)	PRQ-141

1)由设计指定；无需进行生产测试

11 应用信息

注： 以下信息仅作为执行器件的提示，不应被视为对器件某种功能、条件或质量的描述或担保。

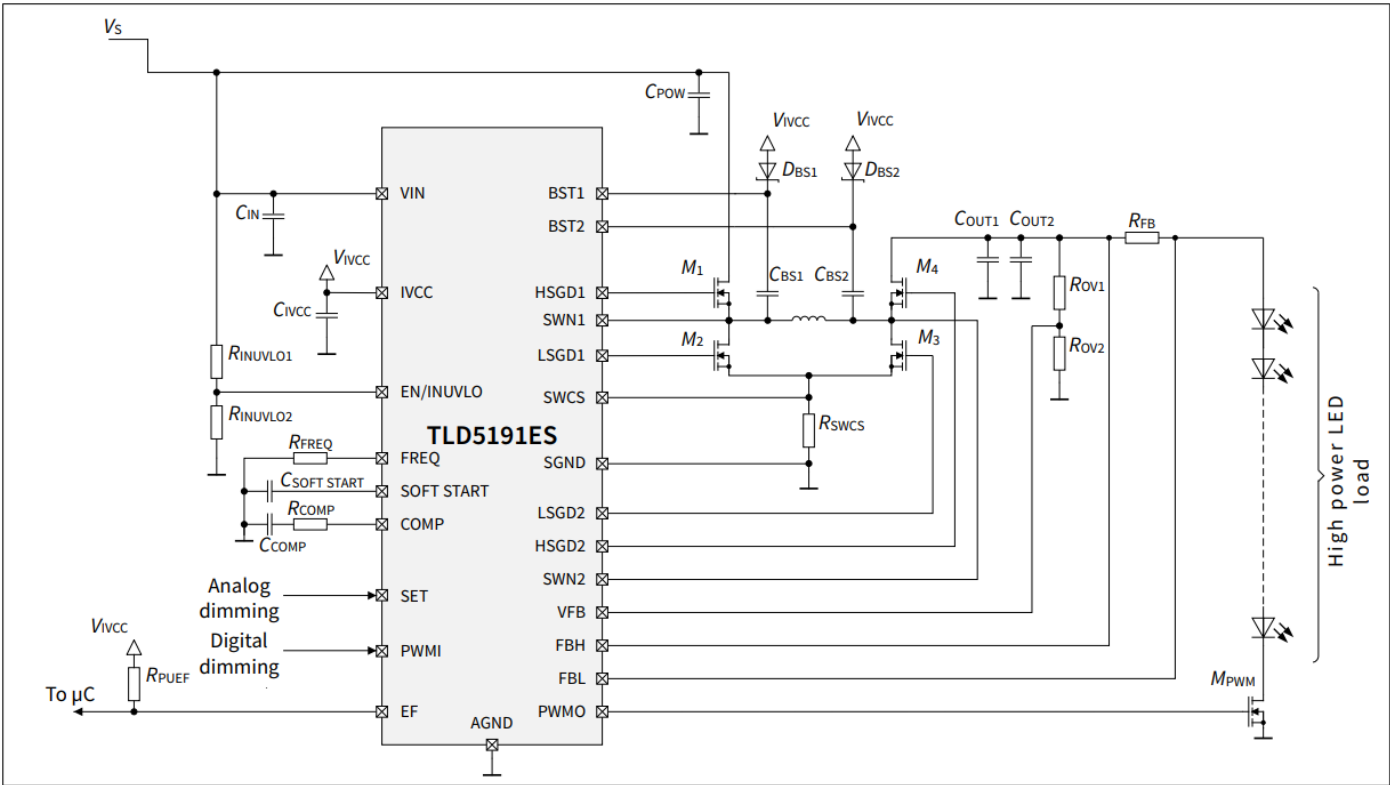


图 27 应用图 - TLD5191ES 作为电流调节器

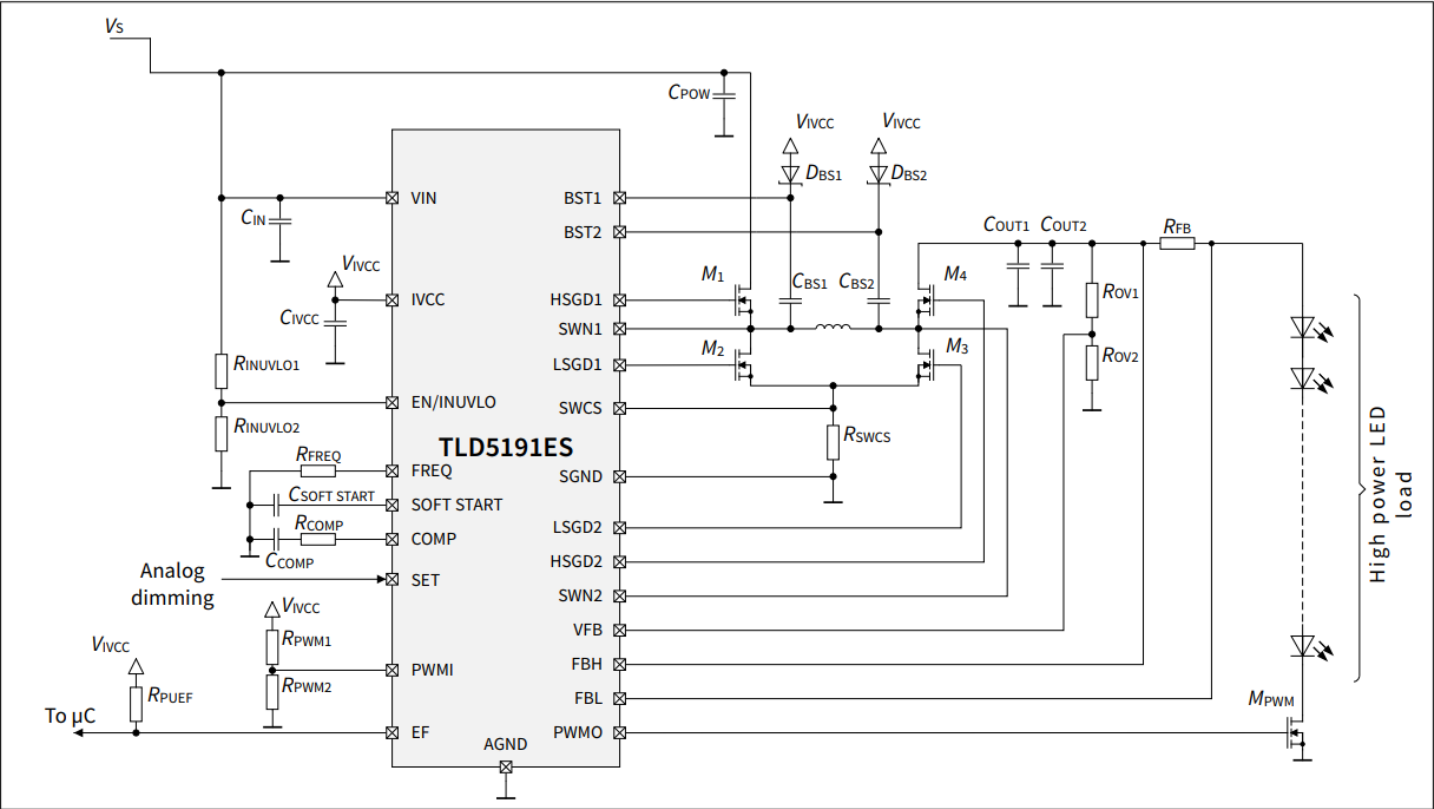


图 28 应用图 - TLD5191ES 作为带 PWM 引擎的电流调节器

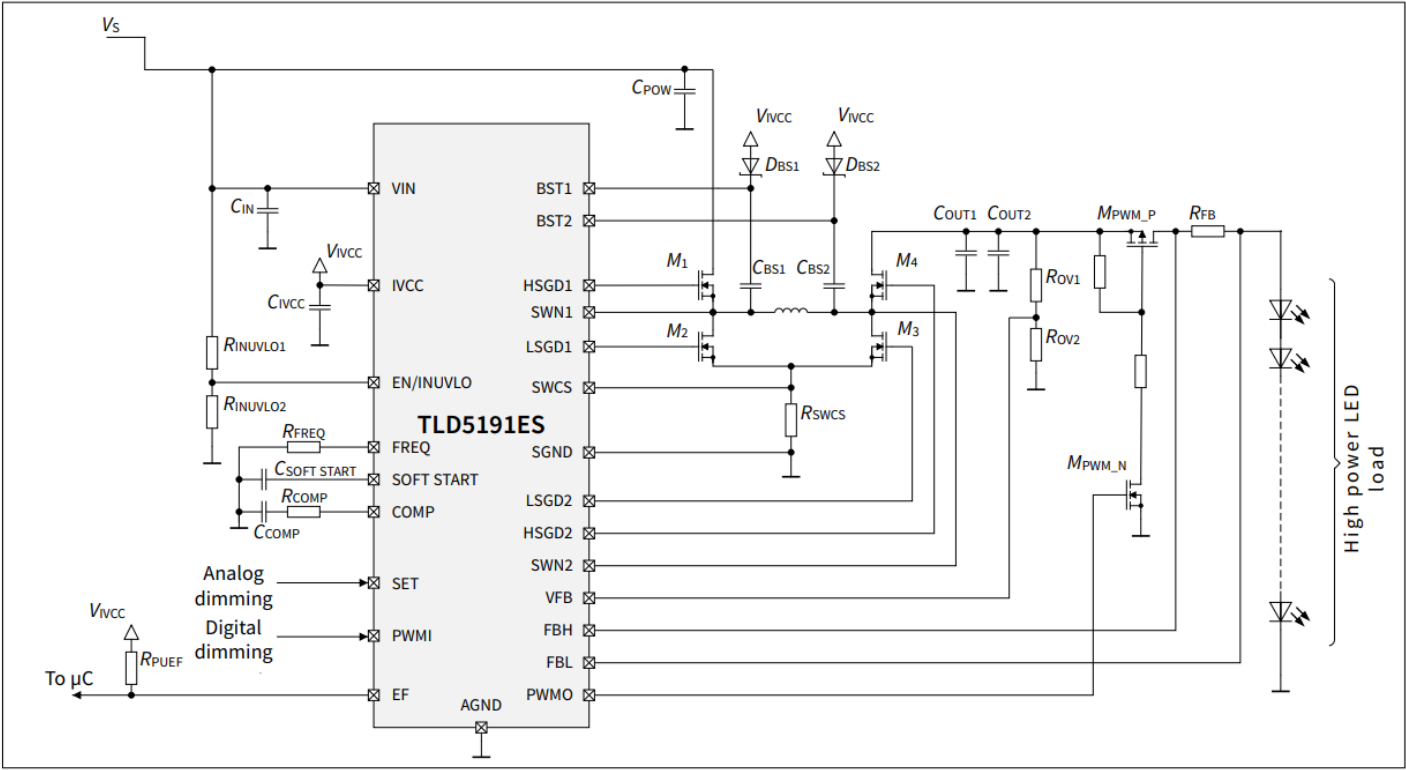


图 29 应用图 - TLD5191ES 作为带调光 PMOS 的电流调节器

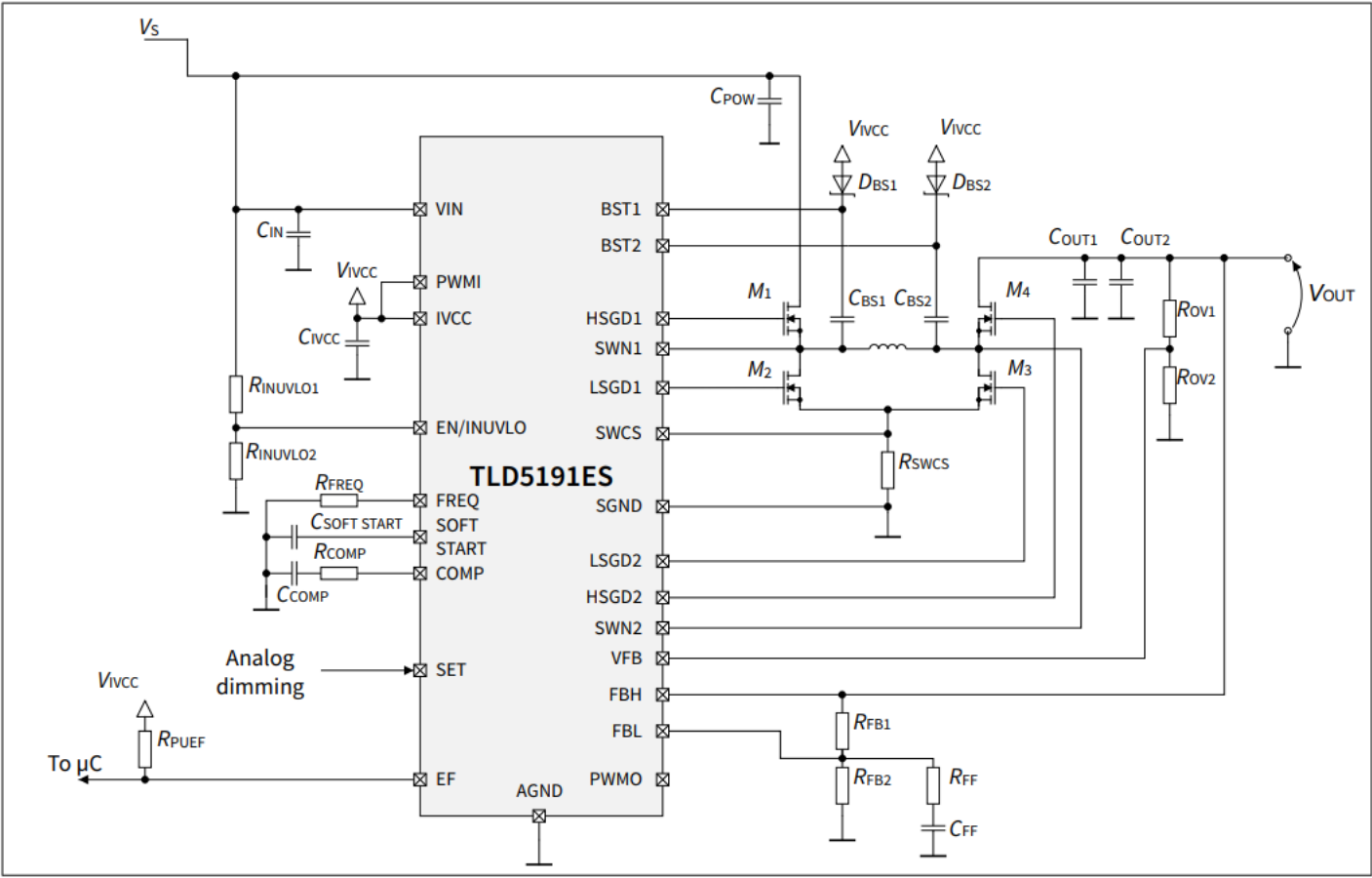


图 30 应用图-TLD5191ES 电压模式

12 封装尺寸

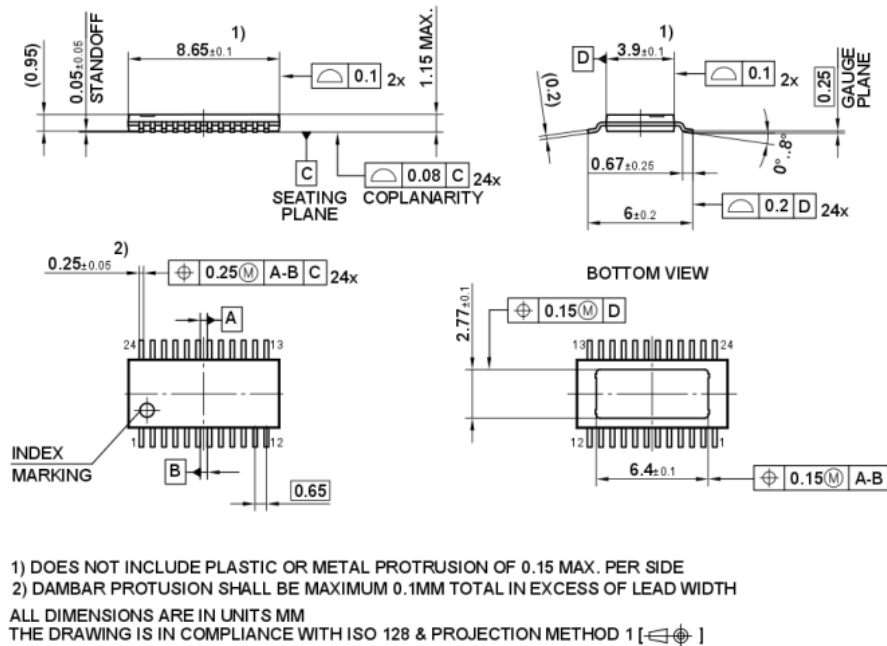


图 31 PG-TSDSO-24 封装外形

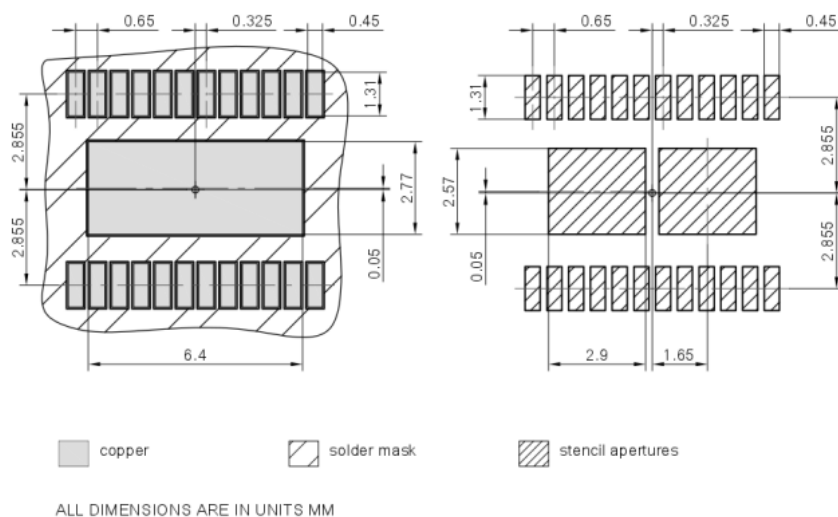


图 32 PG-TSDSO-24 封装焊盘和钢网设计

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）。

有关替代封装的更多信息，请访问我们的网站：<https://www.infineon.com/packages>

修订记录

Document version	Date of release	Description of changes
Rev.1.00	2022-02-18	Datasheet release

Trademarks

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

Edition 2022-02-18

**Published by
Infineon Technologies
AG 81726 Munich,
Germany**

**© 2022 Infineon Technologies
AG All Rights Reserved.**

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

**Document reference
IFX -
qnq1639124674948**

IMPORTANT NOTICE

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

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.