

# 英飞凌Optimos™ 功率级

## TLF12505

### 特性

- 集成驱动器、控制 MOSFET Q1 和同步 MOSFET Q2
- 片上 MOSFET 电流检测，采样精度 5 $\mu$ A/A。
- 输入电压 (VIN) 范围为 4.25 V 至 20 V
- VCC 和 VDRV 电源为 4.9 V 至 5.5 V
- 当 VIN = 12 V 时，输出电压范围为 0.225 V 至 5.5 V
- 输出电流能力为 60 A
- 工作频率高达 2 MHz
- VDRV 欠压锁定 (UVLO)
- 自举欠压保护和标记
- 8mV / °C 温度模拟输出
- 过温保护警告和热关机
- 逐周期过流保护 (OCP) 和警告
- 逐周期负过流保护 (NOCP)
- 控制 MOSFET 短路 (HSS) 检测和警告
- 自动补能的自举电容
- 兼容 3.3V 和 5V 三态 PWM 输入
- 深度睡眠模式，通过 EN 拉低实现省电（电流典型值 32  $\mu$ A）
- 小型 5 mm x 6 mm x 0.9 mm PQFN 封装
- 符合 RoHS 标准的无铅封装
- 符合汽车 AEC-Q100 Rev H 1 级要求

### 潜在应用

- 汽车计算 (ADAS/AD、驾驶舱等)
- DDR 内存

### 描述

- 符合 AEC-Q100 Rev H 1 级标准的汽车应用要求
- 高频、小型直流-直流转换器

TLF12505 集成电源级包含一个低静态电流同步降压栅极驱动器 IC，该 IC 与控制 MOSFET 共同封装。参考布局指南，该封装针对 PCB 布局、热传递、驱动器/MOSFET 控制时序和最小开关节点振铃进行了优化。配对的栅极驱动器和 MOSFET 的组合，可在尖端 CPU、GPU 和 DDR 内存设计所需的较低输出电压下实现更高的效率。

**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](http://infineon.com) 参考最新的英文版本（控制文档）。**

## 目录

与同类最佳的基于控制器的电感器 DCR 检测方法相比，内置 MOSFET 检测实现了更高的电流检测精度。

保护功能包括集成电路温度报告和过温保护功能（带热关断功能的OTP）、逐周期过流保护（OCP）、负过流保护、控制 MOSFET 短路检测（HSS - 高压侧短路检测）、VDRV 和自举欠压保护。TLF12505 还具有自举电容的"刷新"的功能，以防止自举电容器过度放电。

高达 2 MHz 的开关频率可实现高性能的瞬态响应，从而实现输出电感器以及输入和输出电容器的小型化，同时保持业界领先的效率。

## 目录

特性	1
潜在应用	1
描述	1
<b>1 引脚布局</b>	<b>4</b>
1.1 引脚布局、引脚编号和名称 (透明俯视图)	5
<b>2 框图</b>	<b>7</b>
<b>3 电气规格参数</b>	<b>8</b>
3.1 绝对最大额定值	8
3.2 热特性	9
3.3 推荐工作条件	9
3.4 电气特性	10
<b>4 典型工作特性</b>	<b>14</b>
<b>5 工作原理</b>	<b>16</b>
5.1 描述	16
5.2 睡眠模式	17
5.3 电流检测和汇报	17
5.4 VDRV 欠压锁定 (UVLO)	18
5.5 温度汇报和过温保护	18
5.6 过流保护和标记	18
5.7 自举电容欠压	19
5.8 负过流保护	19
<b>6 设计程序</b>	<b>20</b>
6.1 输入电容器 $C_{VIN}$	20
6.2 自举电容器 $C_{boot}$ 和电阻器 $R_{boot}$	20
6.3 Vcc 和 Vdrv 去耦电容器	20
6.4 散热器的安装	20
<b>7 应用框图</b>	<b>21</b>
7.1 典型应用	21
7.2 典型单相应用图	22
<b>8 机械制图</b>	<b>23</b>
8.1 机械尺寸 (俯视图和侧视图)	23
8.2 封装机械尺寸 (毫米)	24
免责声明	24

## 引脚布局

### 1 引脚布局

表 1 产品标识

Part Number	Temp Range	Package	Marking	Orderable Part Number
TLF12505	-40 to 125°C	PQFN 5 mm x 6 mm	TLF12505	TLF12505AUMA1

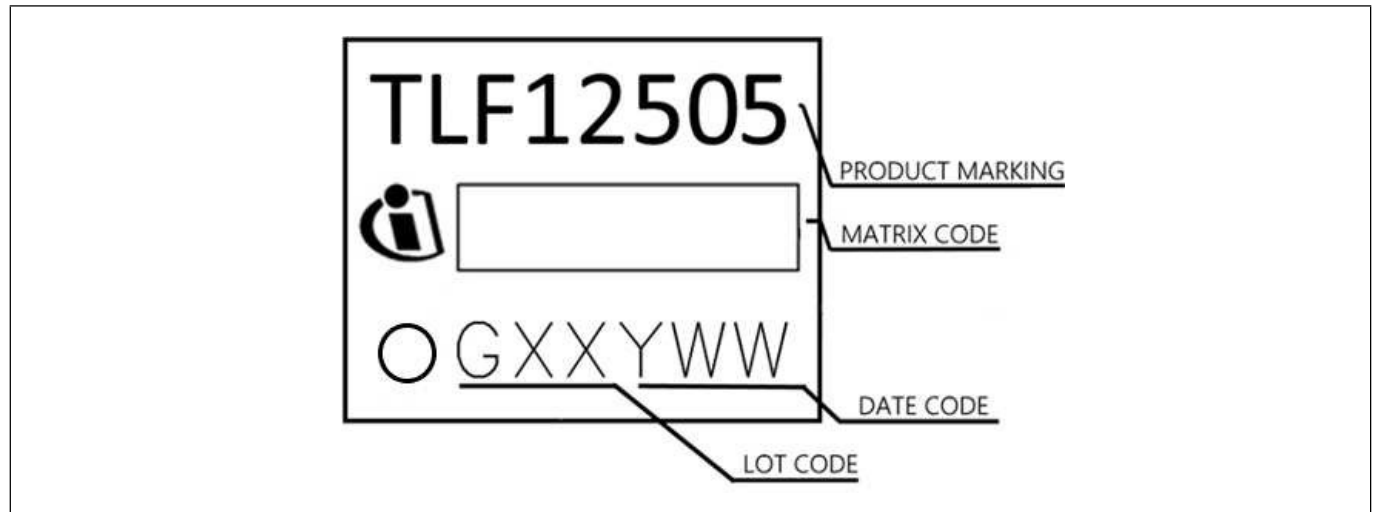


图 1 产品图片

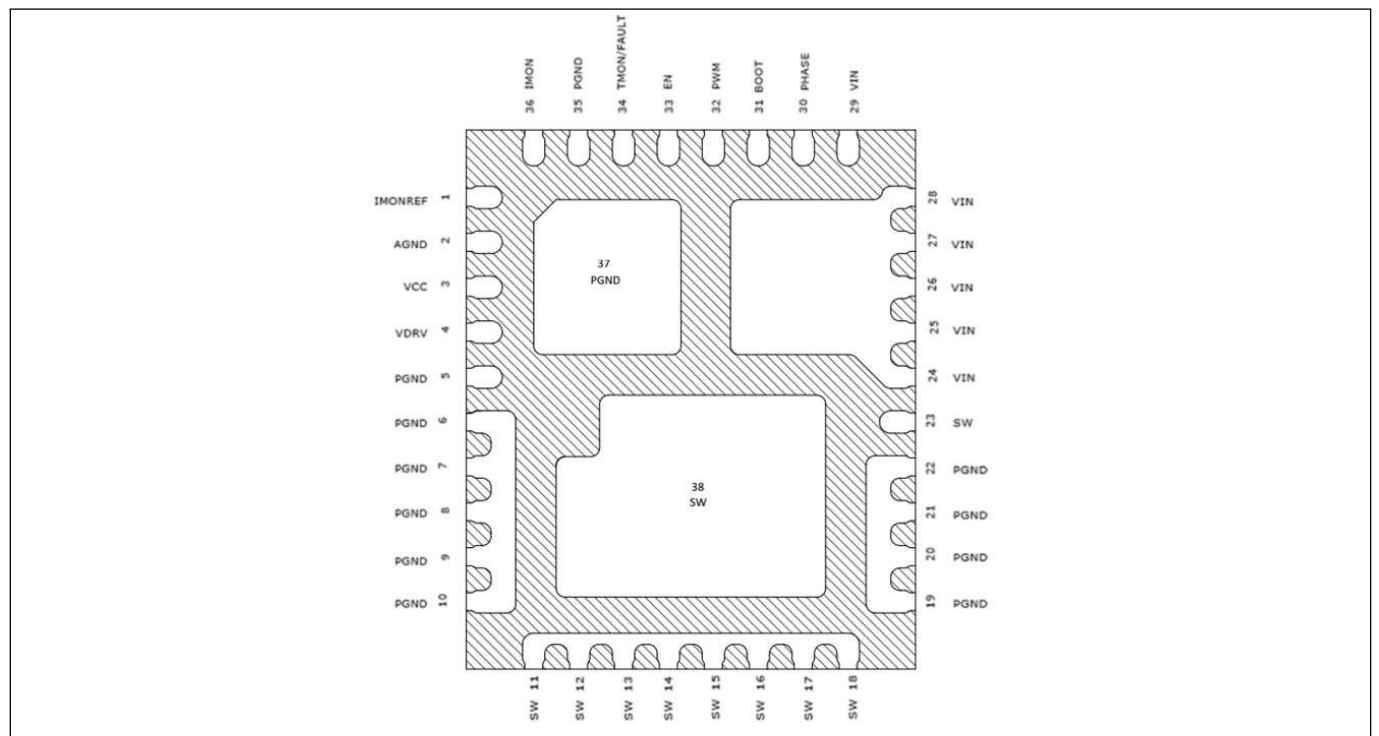


图 2 引脚布局、引脚编号和名称（透明俯视图）

### 引脚布局

#### 1.1 引脚布局、引脚编号和名称（透明俯视图）

表 2 输入/输出信号

Pin No.	Name	Pin Type	Buffer Type	Function
1	IMONREF	I/O	Analog	This pin provides a system reference for the IMON information. This pin can be tied to a fixed voltage between 1.1 V and 1.9 V such as bias rails of a PWM controller.
11-18, 23, 38	SW	O	Analog	Switching node of synchronous buck converter.
30	PHASE	I	Analog	Switching node. For Bootstrap capacitor connection only.
31	BOOT	I	Analog	Bootstrap capacitor connection. Connect an X7R ceramic capacitor with value between 0.22 $\mu$ F to 0.56 $\mu$ F from BOOT to PHASE pin. Recommended value is 0.47 $\mu$ F. The bootstrap capacitor provides the charge to turn on the control MOSFET. For VIN between 13.2V and 19V, a 2- $\Omega$ bootstrap resistor in series with the capacitor is required to help reduce SW ringing and EMI. For VIN > 19V, a 3.3- $\Omega$ bootstrap resistor is required.
32	PWM	I/O	+5 V logic	5 V logic level PWM input. PWM input: “High” turns control MOSFET on; “Tri-state” turns both MOSFETs off; “Low” turns the synchronous MOSFET on.
33	EN	I	+3.3 V logic	Pulling EN high enables the driver; pulling EN low disables the driver and enters ultra-low quiescent current mode. Floating this pin is not recommended, however a pull-down is embedded to keep the driver off if the pin is floating. Pin is VCC tolerant.
34	TMON / FAULT	O	Analog	The voltage at this pin is defined by the equation. $8\text{mV} * (\text{Celsius Temperature}) + 0.6 \text{ V}$ . This pin will be pulled up to 3.3 V under severe over-temperature, over-current, HSS or bootstrap under-voltage condition.
36	IMON	O	Analog	Sensed current output signal referenced to the IMONREF pin through external resistor. V (IMON – IMONREF) voltage across that resistor represents current information.

表 3 电源

Pin No.	Name	Pin Type	Buffer Type	Function
3	VCC	POWER	–	Bias voltage for control logic. Connect a 1 $\mu$ F cap between VCC and AGND. VCC should be connected to +5 V power supply.
4	VDRV	POWER	–	The supply of gate driver. Connect a 1 $\mu$ F cap between VDRV and PGND. VDRV should be connected to +5 V power supply.
24-29	VIN	POWER	–	4.25 V to 20 V high current input voltage connection.

表 4 接地引脚

Pin No.	Name	Pin Type	Buffer Type	Function
2	AGND	GND	–	Signal ground. All interface signals are referenced to this pin.
5-10, 37	PGND	GND	–	Power ground. It is also the power ground of the synchronous MOSFET.
19-22	PGND	GND	–	Power ground. It is also the power ground of the synchronous MOSFET.
35	PGND	GND	–	Power ground. It is also the power ground of the synchronous MOSFET.

框图

## 2 框图

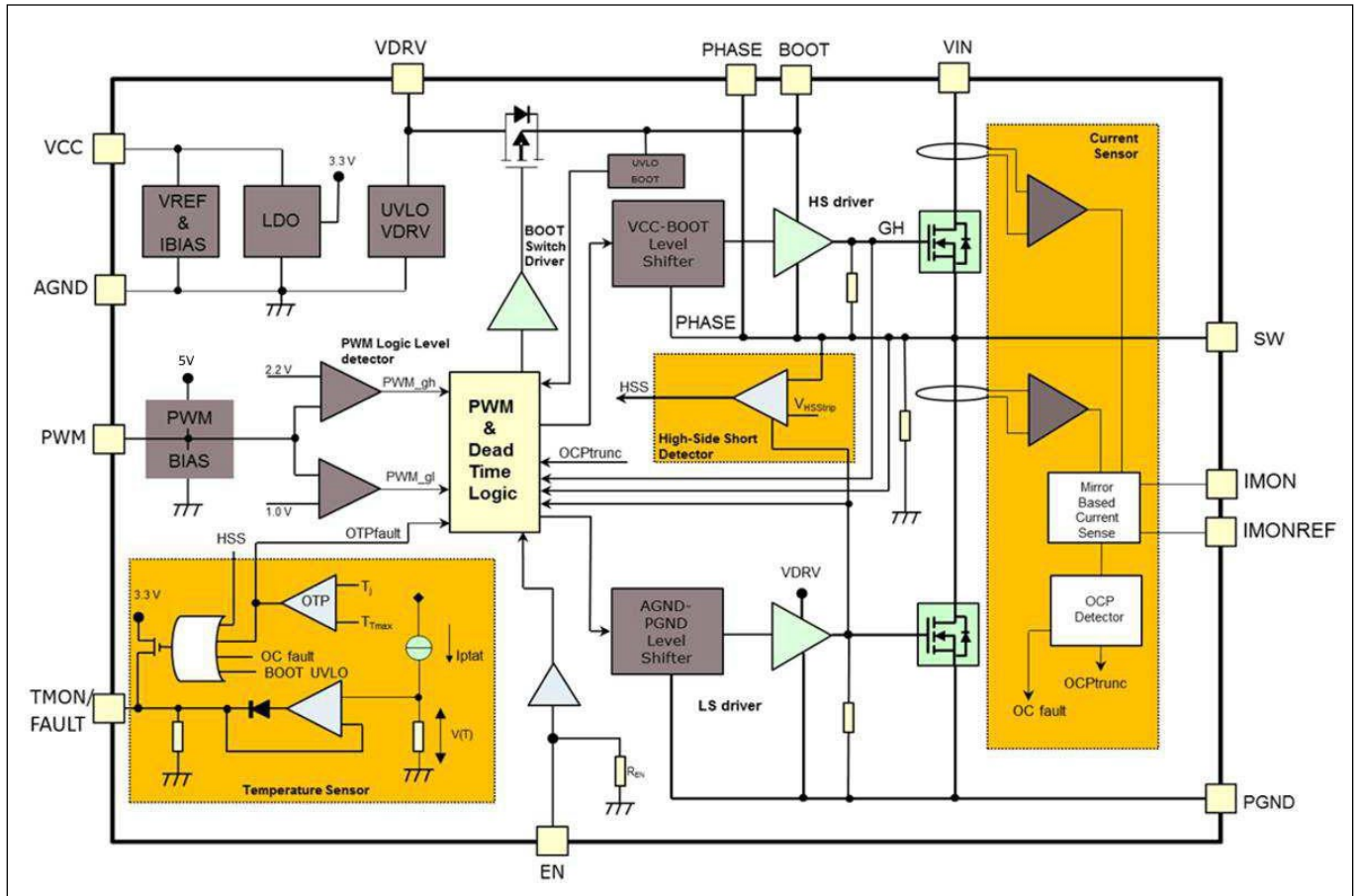


图 3 简化框图

## 电气规格参数

## 3 电气规格参数

## 3.1 绝对最大额定值

注释:  $T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$

超过表 5 “绝对最大额定值” 所列的应力可能会对器件造成永久性损坏。这些仅为绝对应力额定值，并不暗示或建议器件在这些或任何其他超过本规范工作部分所列条件的条件下运行。长期暴露在超过建议额定值的环境中可能会对器件的运行和可靠性产生不利影响。

表 5 绝对最大额定值

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Frequency of the PWM input	$f_{SW}$	0.1	–	2	MHz	
Maximum average load current	$I_{OUT}$	–	–	60	A	
Input Voltage	$V_{IN}$	-0.30	–	30	V	Pin VIN
Logic supply voltage	$V_{CC}$	-0.3	–	6.5	V	Pin VCC
High and low-side driver voltage	$V_{DRV}$	-0.3	–	6.5	V	Pin VDRV
Switch node voltage	$V_{SW} (DC)$	-1	–	30	V	Pin SW
	$V_{SW} (AC)$	-8 for 10 ns	–	32 for 2 ns		
PHASE voltage	$V_{PHASE} (DC)$	-1	–	30	V	Pin PHASE
	$V_{PHASE} (AC)$	-8 for 10 ns	–	32 for 2 ns		
VIN-PHASE voltage	$V_{VIN-PHASE} (DC)$	-1	–	30	V	
	$V_{VIN-PHASE} (AC)$	-8 for 10 ns	–	32 for 2 ns	V	
BOOT voltage	$V_{BOOT} (DC)$	-0.3	–	29	V	Pin BOOT
	$V_{BOOT} (AC)$	Below -0.3 for 5 ns		34 for 1 ns		
BOOT-PHASE voltage	$V_{BOOT-PHASE} (DC)$	-0.3	–	6.5	V	
	$V_{BOOT-PHASE} (AC)$	Below -0.3 for 5 ns		7.5 for 3 ns	V	
EN voltage	$V_{EN}$	-0.3	–	6.5	V	Pin EN
PWM voltage	$V_{PWM}$	-0.3	–	6.5	V	Pin PWM
TMON voltage	$V_{TMON}$	-0.3	–	3.6	V	Pin TMON / FAULT
IMON voltage	$V_{IMON}$	-0.3	–	3.6	V	Pin IMON
IMONREF voltage	$V_{IMONREF}$	-0.3	–	3.6	V	Pin IMONREF
Junction temperature	$T_{Jmax}$	-40	–	150	$^\circ\text{C}$	
Storage temperature	$T_{STG}$	-55	–	150	$^\circ\text{C}$	

## 电气规格参数

注释： 除非另有说明，所有额定电压值均是基于AGND和PGND的相关电压。

表6 静电放电电阻率

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Electrostatic Discharge Voltage at all pins	VESD	-1.5		1.5	kV	Human Body Model (100pF v2a 1.5kΩ) <a href="#">Note 2</a>
Electrostatic Discharge Voltage at all pins	VESD		500		V	CDM

## 3.2 热特性

表7 热特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Thermal resistance-Junction to PCB (pin 24)	$\theta_{JC\_PCB}$	-	1.5	-	K/W	
Thermal resistance-Junction to top of package	$\theta_{JC\_Top}$	-	17.8	-		
Thermal resistance to ambient	$\theta_{JA}^{Note}$	-	28.4	-		

注释：热阻 ( $\theta_{JA}$ ) 是将元器件安装在自由空气中的高效热导率测试板上测量的。

## 3.3 推荐工作条件

表8 推荐工作条件

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Input voltage	$V_{IN}$	4.25	-	20	V	<a href="#">Note 3</a>
MOSFET driver voltage	$V_{DRV}$	4.9	-	5.5		-
Logic supply voltage	$V_{CC}$	4.9	-	5.5		-
Frequency of the PWM	$f_{SW}$	300	-	2000	kHz	-
EN voltage	$V_{EN}$	-	-	5.5	V	Pin EN
PWM voltage	$V_{PWM}$	-	-	5.5	V	Pin PWM
Current Sense reference voltage	$V_{IMON\_CM}$	1.1	-	1.9	V	Pins IMON, IMONREF
Junction temperature	$T_{JOP}$	-40	-	+125	°C	

## 电气规格参数

### 3.4 电气特性

注释:  $V_{DRV} = V_{CC} = 5V$ ,  $T_J = 25^\circ C$ ,  $V_{IMONREF} = 1.2V$

表 9 电源电压、偏置电流

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
UVLO VDRV rising	$V_{UVLO\_R}$	3.9	4.05	4.2	V	
UVLO VDRV falling	$V_{UVLO\_F}$	3.7	3.85	4.0		
Bootstrap Under voltage rising threshold	$V_{UVBOOT\_R}$	3.7	3.85	4.0		
Bootstrap Under voltage falling threshold	$V_{UVBOOT\_F}$	3.65	3.82	4.0		
Driver current	$I_{VDRV}$	-	20	-	mA	EN = H, fSW = 600 kHz, D=15%
		-	220	-	$\mu A$	EN = H, PWM floating
		-	2.5	-	$\mu A$	EN = L
Supply Current	$I_{VCC}$	-	6	-	mA	EN = H, fSW = 600 kHz, D=15%
		-	1.5	-	mA	EN = H, PWM floating
		-	30	-	$\mu A$	EN = L
VIN Current	$I_{VIN}$	-	-	860	$\mu A$	No switching

表 10 电流检测

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note / Test Condition	
		Min.	Typ.	Max.			
IMON	IMON Voltage range	$V_{IMON}$	0.8	-	2.35	V	DC + AC components
	IMON/IMONREF reference voltage range	$V_{IMON\_CM}$	1.1	-	1.9	V	Reference Voltage connected externally for the current sense signal
	Current sense gain	$A_{CS}$	-	5	-	$\mu A/A$	
	IMON Gain resistor range	$R_{IMON}$	-	1	-	k $\Omega$	Resistor to be connected between IMON and IMONREF. For 5mV/A, recommended 1k $\Omega$ $R_{IMON}$
	Leakage Current	$I_{Leak}$	-2	0	2	$\mu A$	$I_{OUT} = 0A$ , $V_{IMON} = 1.2V$ PWM in tri-state
	Zero current offset	$I_{offset}$	-3	0	3	$\mu A$	Corresponds to 3 mV at 5 mV/A. ( $R_{IMON} = 1k\Omega$ ), device in regulation
	Accuracy at $T_J = -5$ to $125^\circ C$ $V_{CC} = V_{DRV} = 5V \pm 10\%$		-3.0	-	3.0	%	for $25A < I_{OUT} < I_{OCP\_TH}$ <a href="#">Note 1, Note 3</a>
		-0.5	-	0.5	A	for $-25A < I_{OUT} < 25A$ <a href="#">Note 1</a>	

## 电气规格参数

表 11 温度感应和故障通信

Parameter		Symbol	Values			Unit	Note / Test Condition
			Min.	Typ.	Max.		
TMON / FAULT	Temperature Sense Slope	$A_{TMPGAIN}$	7.84	8.0	8.16	mV/°C	$25^{\circ}\text{C} \leq T_J \leq 125^{\circ}\text{C}$ , <a href="#">Note 1</a>
	Temperature Sense Offset Voltage	$V_{TMPOFFSET}$	784	800	816	mV	$T_J = 25^{\circ}\text{C}$ , $0.6\text{ V} + 8\text{ mV}/^{\circ}\text{C} * T_J$
	TMON / FAULT Source Current	$I_{TMONSRC}$	2.5	3	3.5	mA	TMON / FAULT pulled low
	TMON / FAULT Sink Current	$I_{TMONSNK}$	26	32	40	$\mu\text{A}$	TMON / FAULT pulled high
	Fault mode Active High	$V_{TFLTHIGH}$	2.6	3.3	3.6	V	$I_{TMON/FAULT} = 5\text{ mA}$ and under Over-Temperature, Over-Current, bootstrap undervoltage or HSS Fault
	TMON / FAULT Low <sup>Note 1</sup>	$V_{TFLTLOW}$	-	-	0.35	V	No Fault, $V_{DRV} < V_{UVLO1\_R}$
	TMON / FAULT pull down resistance	$R_{PULLDN\_TMON}$	-	150	-	k $\Omega$	No Fault, $V_{DRV} < V_{UVLO1\_R}$

表 12 其他逻辑功能、输入/输出和阈值

Parameter		Symbol	Values			Unit	Note / Test Condition
			Min.	Typ.	Max.		
EN	Enable Power-on Delay	$t_{EN\_ondelay}$	-	17	35	$\mu\text{s}$	PWM=0. Measured from EN rising edge to $V_{SW} > 1\text{ V}$ .
	Enable Power-off Delay	$t_{EN\_offdelay}$	-	-	1	ns	PWM=0. Measured from EN falling edge to $V_{SW} < 0.9 * V_{IN}$ .
	Internal Pull-down Resistance	$R_{PULLDN\_EN}$	-	280	-	k $\Omega$	When EN is floating
	Input High Voltage	$V_{EN\_H}$	2.0	-	-	V	
	Input Low Voltage	$V_{EN\_L}$	-	-	0.8	V	

## 电气规格参数

PWM	PWM Input High Threshold	$V_{IH}$	2.4	-	-	V	PWM Low or Tri-state to High
	PWM Input Low Threshold	$V_{IL}$	-	-	0.8	V	PWM High or Tri-state to Low
	PWM Hysteresis	$I_{PWM\_HYS}$	-	40	-	mV	Active to Tri-state or Tri-state to Active
	PWM Input Tri-State Floating Voltage	$V_{PWM\_TRI}$		1.6		V	PWM Input Floating
	Tri-state Window	$V_{PWM\_S}$	1.2	-	2.0	V	
	PWM Input Equivalent Pull-up Resistance	$R_{PWM\_PU}$	-	20	-	k $\Omega$	$V_{PWM} = 0\text{ V}$
	PWM Input Equivalent Pull-down Resistance	$R_{PWM\_PD}$	-	50	-	k $\Omega$	$V_{PWM} = 3.3\text{ V}$
Bootstrap Diode	Forward Voltage	$V_{FWD}$	-	620	-	mV	$I(\text{BOOT}) = 5\text{ mA}$
SW Bleeding Resistor	SW Floating Voltage	$V_{SW\_FLOAT}$	-	-	200	mV	$V_{PWM} = 1.6\text{ V}$ or Tri-state, $V_{CC} = V_{DRV} = 5\text{ V}$
	SW Pull Down Resistance	$R_{SW\_PULL\_DOWN}$	0.85	1.125	1.5	k $\Omega$	

表 13 保护

Parameter		Symbol	Values			Unit	Note / Test Condition
			Min.	Typ.	Max.		
OTP	Over Temp Rising Threshold	$T_{RISE}$	-	155	-	°C	TMON/FAULT pulled up high <a href="#">Note 1</a>
	Over Temp Falling Threshold	$T_{FALL}$	-	143	-	°C	TMON/FAULT released <a href="#">Note 1</a>
HSS FAULT	High-side MOSFET Short Threshold	$V_{HSS\_TH}$	-	560	-	mV	$V_{SW} - V_{PGND}$
	TMON/FAULT Delay	$T_{HSS\_DEL}$	-	150	-	ns	After $V_{HSS\_TH}$ is detected, and TMON/FAULT is pulled high

## 电气规格参数

OCP	Over-Current Threshold	$I_{OCP\_TH}$	80	90	100	A	
	Over-Current Delay	$T_{OCP\_DEL}$	10	-	-	Cycle	PWM High-Low Cycles to TMON/FAULT is pulled high
OCPn	Negative OCP Threshold	$T_{OCPN\_TH}$	-55	-50	-45	A	

表 14 时序特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
PWM High Propagation Delay	$t_{PWM\_HI\_DELAY}$	-	48	-	ns	Measured from PWM rising edge to $V_{SW}$ starts to rise
PWM Low Propagation Delay	$t_{PWM\_LO\_DELAY}$	-	45	-	ns	Measured from PWM falling edge to $V_{SW}$ starts to fall
Tri-State to High Propagation Delay	$t_{TRI\_HI\_DELAY}$	-	53	-	ns	PWM Tri-state to High transition to $V_{SW} > 1V$
Tri-State Hold Off Time	$t_{TriHold}$	-	56	-	ns	PWM Low to Tri-state transition to SW starts to fall <a href="#">Note 1</a>
			75			PWM High to Tri-state transition to SW starts to fall <a href="#">Note 1</a>
Minimum Recognized PWM Pulse Width <sup>Note 1</sup>	$t_{MinPWM}$	-	17	-	ns	PWM pulses shorter than $t_{MinPWM}$ will be ignored by driver. <a href="#">Note 1</a>
Minimum output pulse width	$t_{OnSWmin}$	-	18	-	ns	Positive load current. PWM pulses shorter than $t_{OnSWmin}$ will be extended to $t_{OnSWmin}$ . <a href="#">Note 1</a>

注释:

1. 由设计保证, 但未经生产测试。
2. ESD 耐受性HBM 符合EIA/JESD 22-A 114 标准
3. 器件在VIN 低至3V 仍可正常工作。IMON 信号精度在VIN 低至6V 仍得满足。

### 4 典型工作特性

图 16 的单相电路,  $V_{IN} = 12\text{ V}$ ,  $V_{OUT} = 0.8\text{ V}$ ,  $f_{SW} = 500\text{ kHz}$ ,  $L = 150\text{ nH}$ ,  $V_{CC} = V_{DRV} = 5\text{ V}$ ,  $T_{AMBIENT} = 25^\circ\text{C}$ , 无散热器, 无空气流动, 8 层 PCB 板, 3.7 英寸 (长) x 2.6 英寸 (宽), 无 PWM 控制器损耗, 无电感器损耗, 除非另有说明。

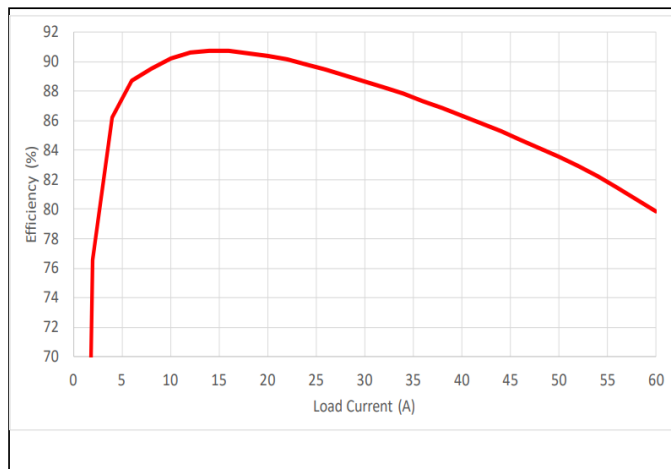


图 4 功率级效率

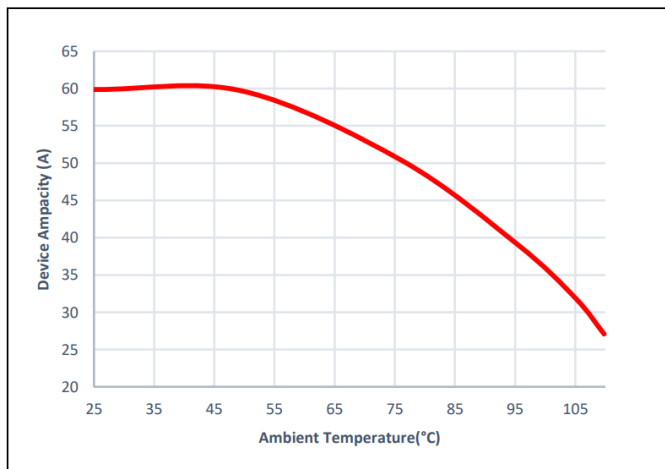


图 7 热降额,  $T_{case} \leq 125^\circ\text{C}$

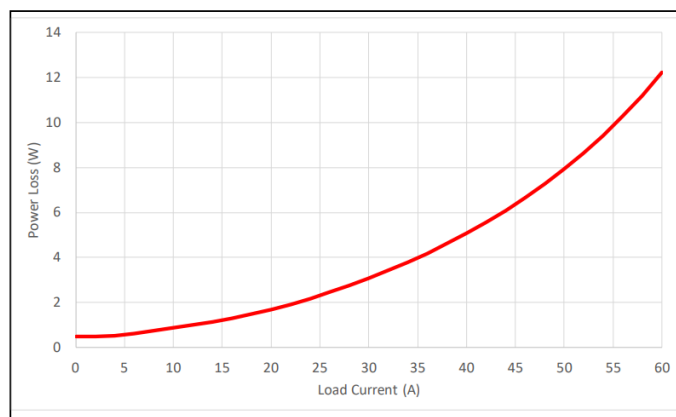


图 5 功率级损耗

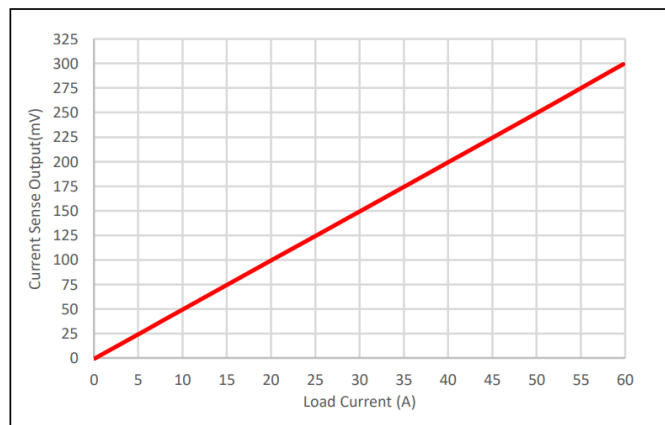


图 8 电流检测输出

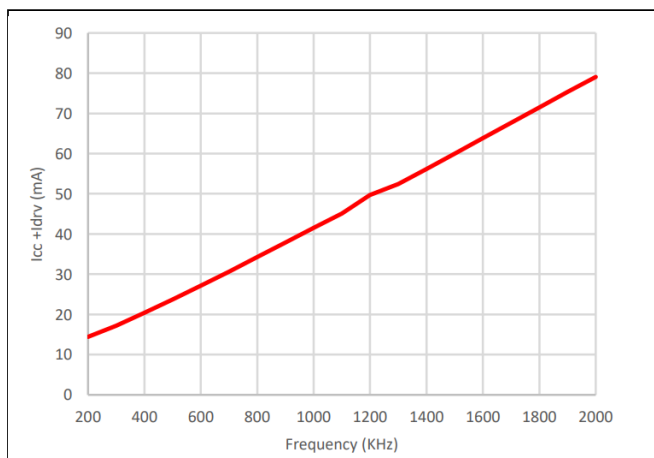


图 6  $V_{CC} + V_{drv}$  电流与频率的关系

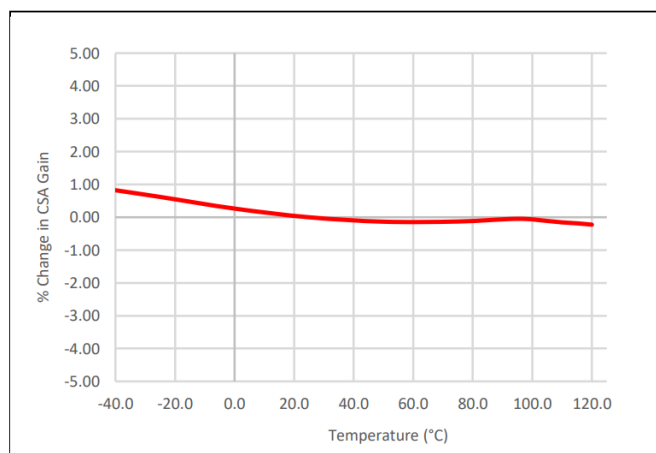


图 9 电流检测增益与温度的关系

# Automotive 60A Optimos™ Powerstage TLF12505



## 电气规格参数

图 16 的单相电路,  $V_{IN} = 12V$ ,  $V_{OUT} = 0.8V$ ,  $f_{SW} = 500kHz$ ,  $L = 150nH$ ,  $V_{CC} = V_{DRV} = 5V$ ,  $T_{AMBIENT} = 25^{\circ}C$ , 无散热器, 无空气流动, 8层 PCB 板, 3.7 英寸 (长) x 2.6 英寸 (宽), 无 PWM 控制器损耗, 无电感器损耗, 除非另有说明。

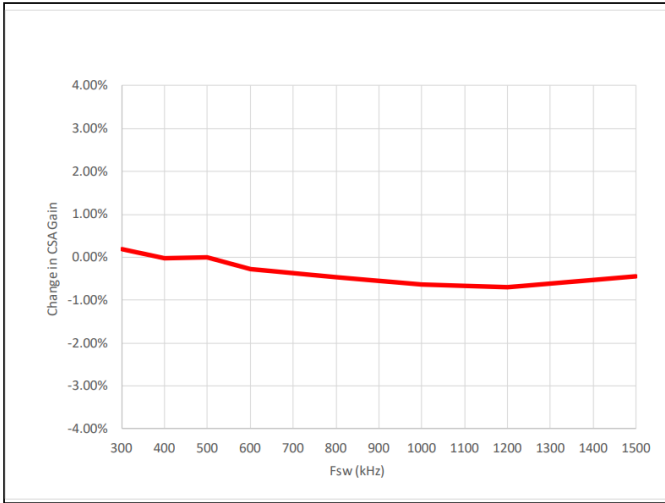


图 10 电流检测增益变化与频率的关系

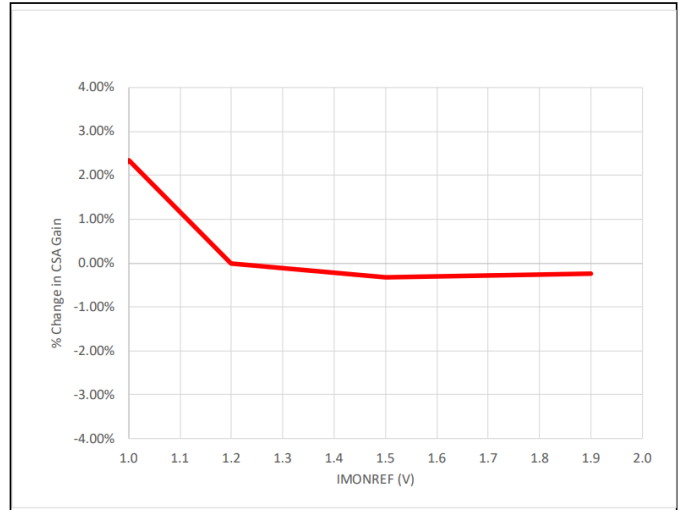


图 13 电流检测增益变化与 IMONREF 的关系

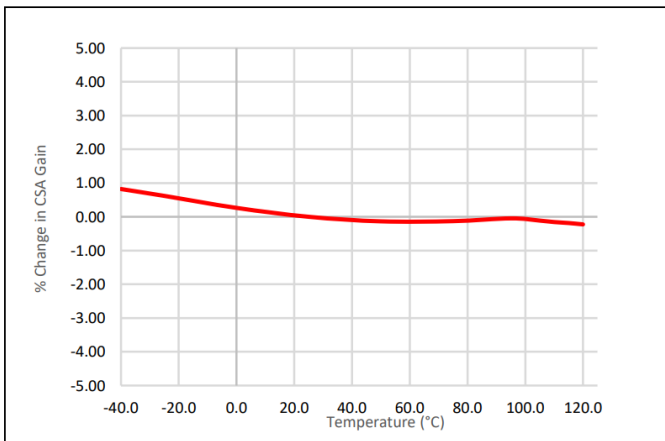


图 11 电流检测增益变化与温度的关系

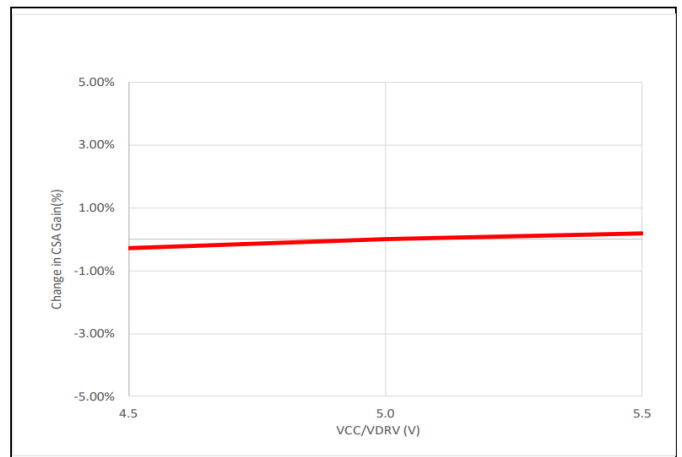


图 14 电流检测增益变化与 VCC/VDRV 的关系

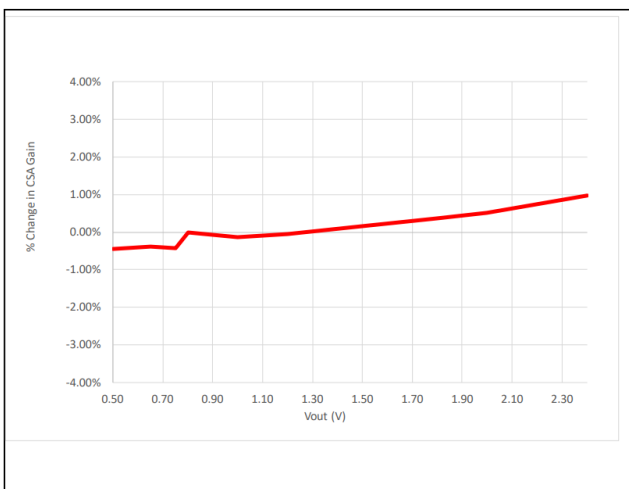


图 12 电流检测增益变化与 Vout 的关系

## 5 工作原理

### 5.1 描述

TLF12505 包含一个经过优化的高速 MOSFET 驱动器，优化用于驱动一对共同封装的高压侧和低压侧 OptiMOS MOSFET，频率可高至2MHz。使用传统电流检测方法（如：DCR检测和Rdson检测）的直流-直流控制器通常具有局限性。DCR 电流检测对电感的温度变化非常敏感，因此需要温度补偿，这种温度补偿要么是采用外置热电偶要么是内置于功率级。另一方面，Rdson 电流检测并不依赖于电感，但其检测结果具有温度系数且与 MOSFET Rdson 相关。此外，高压侧 MOSFET 很难进行 Rdson 电流检测，因此会用拟合电流代替，而低压侧电流则通过 MOSFET 检测实现。有了 TLF12505 先进的电流镜检测技术，所有这些限制都不复存在，同时还能实现卓越的精度。高压侧和低压侧 MOSFET 上的电流都镜像反映在一个感测 MOSFET 上，感测 MOSFET 是主 MOSFET 器件的一部分，因此无需额外电路即可实现固有的温度补偿。两个 MOSFET 上的真实电流检测确保系统始终监测实际输出电流，并能立即对负载阶跃或过流故障等任何关键事件做出反应。

TLF12505 可报告精确的温度，比例为 8 mV /°C，有助于系统主动实时监测温度。多个功率级的温度输出信号可以相连，以便将最高温度上报给英飞凌的数字 PWM 控制器。

TLF12505 PWM 输入与工业标准的 3.3V PWM 输入（三态）兼容，并可容忍高达 5V 的输入信号。

TLF12505可以通过响应控制器发送的 PWM 三态信号来启用体二极管制动模式，快速关断功率级中的两个 MOSFET，以增强瞬态性能或提供高阻抗输出。

TLF12505 通过 PWM 三态信号支持二极管等效续流模式。由英飞凌的数字 PWM 控制器控制，当电感电流即将变为负值时，PWM 三态信号将强制低侧 FET 关闭。通过防止负电感电流引起的传导损耗，可以提高轻载效率。

### 工作原理

TLF12505 还支持深度睡眠省电模式。当处于深度睡眠模式时，驱动器将关闭大部分功能电路，以大幅降低功耗。

TLF12505 具有全方位的保护功能，包括 VCC/VDRV 欠压锁定 (UVLO)、针对内部过热状况的热关断、高压侧 MOSFET 短路的相位故障检测以及由于过载下或输出电感饱和导致的逐周期过流保护。

TLF12505 还具有内部保护电路，可自动补充自举电容器两端的电压。它避免了功率级长时间处于三态时电容器能量的逐渐耗尽。

## 5.2 睡眠模式

当 EN 被拉低时，功率级将进入深度睡眠模式。栅极驱动器电路将立即关闭，并且大多数逻辑电路将关闭，以将偏置电流降低至 32  $\mu$ A 以下。在深度睡眠模式下，IMON 输出将短路至 IMONREF。

当 EN 从低电平切换到高电平时，功率级将被重新激活，并且在延迟 17  $\mu$ s 后即可接收 PWM 信号。

## 5.3 电流检测和汇报

TLF12505 在高压侧和低压侧 MOSFET 上都采用了非常精确的电流镜架构，因此能报告实时电流信息。当前电流信息通过 IMON 引脚报告。报告的电流以电流输出的形式，从 IMON 引脚输出，增益为 5  $\mu$ A/A。为了将其转换为电压，建议在 IMON 引脚处使用一个 1 k $\Omega$ 、1% 精度的电阻，并将其靠近 PWM 控制器放置。来自该电阻的差分电压信号连接至控制器，作为电流的报告信息。请注意，为了准确报告电流，电阻器的另一端不能处于浮动状态。控制器侧的转换电压信号具有 5 mV/A 的有效增益，即每 1 A 负载，控制器将从功率级读取 5 mV 电压。功率级的电流输出差分信号可为报告的电流信息提供出色的抗噪能力。

## 5.4 VDRV 欠压锁定 (UVLO)

TLF12505 具有 VDRV 欠压锁定故障电路，可主动监控 VDRV 电压。这是一种非灾难性故障，如果 VDRV 电压低于 UVLO 阈值，TMON/FAULT 引脚会出现弱下拉。如果功率级尚未启动，功率级 PWM 引脚也会被弱下拉至 0V。PWM 控制器可将此作为功率级发出的信号进行监测，表明功率级尚未准备好启动。一旦 VDRV 电压高于 UVLO 阈值，PWM 引脚就会处于三态，而不是 0V，这表明控制器可以发送 PWM 信号。

当功率级处于正常工作状态时，如果遇到 VDRV UVLO 条件，功率级将停止开关，TMON 引脚和 IMON-IMONREF 信号均被拉低至 0V。如果同一回路中连接了多个相位，则 TMON 引脚电压在连接到其他功率级 TMON 引脚后，将继续报告最高功率级温度。

## 5.5 温度汇报和过温保护

内部温度检测电路监控 TLF12505 的温度。如公式 (1) 所示，TMON/FAULT 引脚汇报的采样温度具有 8mV/°C 的线性电压斜率且 0°C 时有 0.6V 的偏移。

$$V_{TMON/FAULT}(V) = 0.6V + 0.008V/^\circ C \times T_j(^\circ C) \dots \dots \dots (1)$$

TMON/FAULT 引脚还用作故障引脚，在发生任何灾难性故障时被拉至 3.3V，在发生任何非灾难性故障时被拉低至 0V。当没有故障时，只要 VCC 电源相连电压在建议工作范围内的，它就会继续报告温度。在结温低于 -25°C 时，TMON 电压被箝位在 0.4V，以避免错误触发 VDRV 欠压。

一旦温度上升超过 OTP 上升阈值（155°C），TMON/FAULT 输出将立即被拉高，驱动器将停止开关，并停止响应控制器输入的 PWM 信号。高压侧和低压侧 MOSFET 都将关闭。TMON/FAULT 将保持高电平，直到温度降至下降阈值（143°C）以下。

## 5.6 过流保护和标记

此功能可保护功率级免于因元器件选择不当或控制环路优化不正确而导致的电感饱和等重复性高电流事件的自我毁灭。这些高电流事件最终可能导致高压侧 MOSFET 短路故障。

## 工作原理

通过逐周期自我保护，每个周期都会监控电流。如果超过了过流阈值（默认为 90A），PWM 高脉冲将被截断，以便允许电感电流缓和。当 TLF12505 检测到连续 10 个 PWM 周期的过流事件时，TMON/FAULT 引脚被标记为高电平，以向控制器指示发生故障。请注意，为了确保过流保护能准确工作，PWM 脉冲的导通时间（on-time）应至少为 50ns。

## 5.7 自举电容欠压

TLF12505 具有自举电容欠压电路，可在开机前检测到自举电容丢失，或在正常运行期间检测到自举电容损坏。一旦确定自举电容欠压，TMON/FAULT 引脚将被拉高，向 PWM 控制器报告灾难性故障。

## 5.8 负过流保护

TLF12505 在器件内部集成了负过流保护功能，可防止极高的负电流。一旦功率级检测到 IMON 报告的（负）电流超过负过流阈值 (OCPn)，高压侧 FET 会先导通 200ns，之后功率级才会继续按照 PWM 输入信号运行。在负过电流故障期间，TMON 继续报告功率级温度。

## 6 设计程序

### 6.1 输入电容器 $C_{VIN}$

建议在 VIN 引脚上安装一个 0402 或 0603、X7R、1- $\mu$ F 陶瓷电容器和三个 10- $\mu$ F X7R 陶瓷电容器。使用 ESR 较低的电容器将提高效率，尤其是在单相操作中。提供布局指南和示例。

### 6.2 自举电容器 $C_{boot}$ 和电阻器 $R_{boot}$

建议使用 0.22- $\mu$ F 或更高值的 0402 X7R 高温电容器。它应与 TLF12505 安装在 PCB 的同一侧，并尽可能靠近 BOOT 引脚。强烈建议将 PHASE 引脚与自举电容器负极的连接采用低电感布线。

自举电容器连接。在 BOOT 至 PHASE 引脚之间连接一个 X7R 陶瓷电容器，其值在 0.22  $\mu$ F 至 0.56  $\mu$ F 之间。建议值为 0.22 $\mu$ F。自举电容器为控制 MOSFET 提供开启电荷。对于  $V_{IN} > 13.2$  V，需要一个与电容串联的 2- $\Omega$  自举电阻，以帮助减少 SW 振铃和 EMI。

### 6.3 $V_{CC}$ 和 $V_{DRV}$ 去耦电容器

VCC 和 LGND 引脚之间需要一个 1 $\mu$ F X7R 去耦电容器，并且建议使用 1- $\Omega$  VCC 电阻器。VDRV 和 PGND 引脚之间需要一个 1 $\mu$ F X7R 去耦电容器，并且可以直接连接到 5V 电源。两个电容器应与功率级安装在 PCB 的同一侧，并且尽可能靠近 VCC-LGND 和 VDRV-PGND 引脚。强烈建议在电容器和 PMC41520 之间采用低电感布线。提供布局指南和示例。

### 6.4 散热器的安装

安装散热器时应小心，以便在功率级表面施加均匀的压力。功率级和散热器之间应使用热界面材料来解决平面性问题并确保均匀的热传导。

VCC、VDRV、VIN 和自举电容器通常与功率级位于 PCB 的同一侧。使用散热器时必须考虑这些电容器的高度。

应用

## 7 应用框图

### 7.1 典型应用

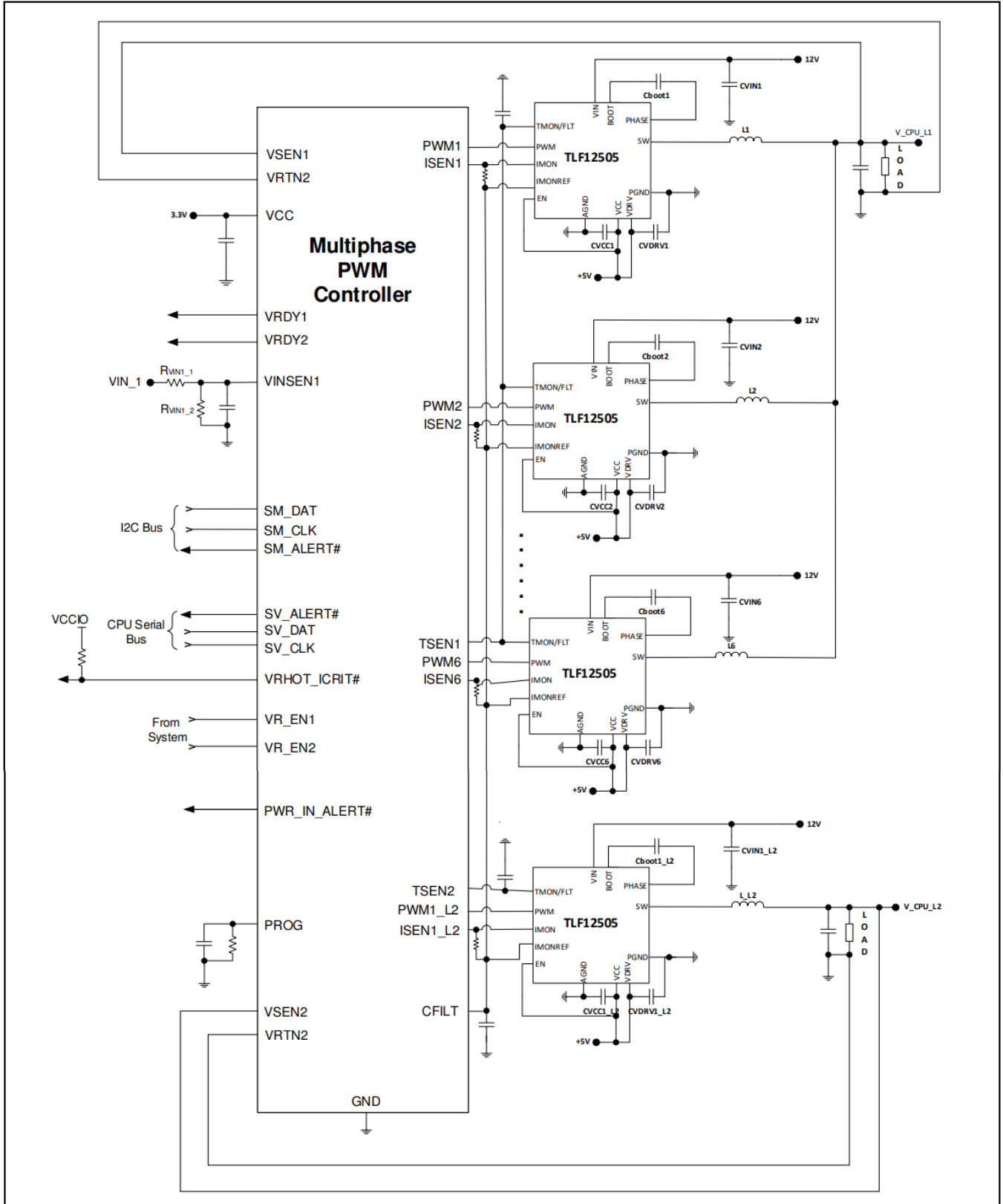


图 15 6+1 - 相稳压器 - 典型应用 (简化原理图)

应用

## 7.2 典型单相应用图

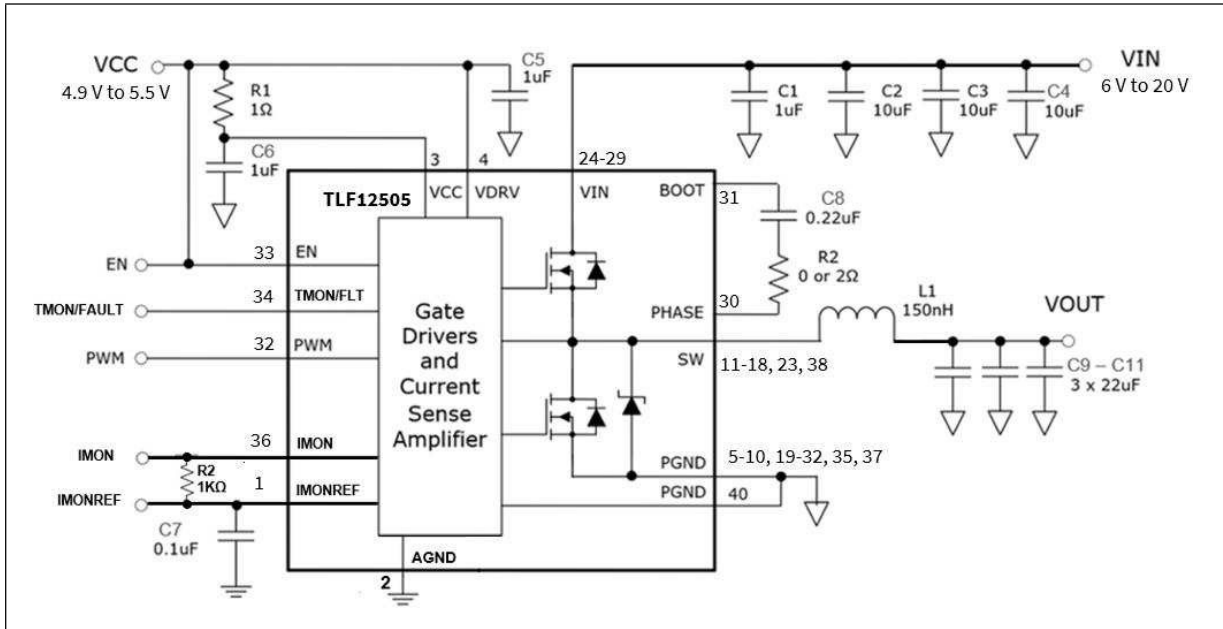


图 16 单相稳压器典型应用图

## 8 机械制图

### 8.1 机械尺寸（俯视图和侧视图）

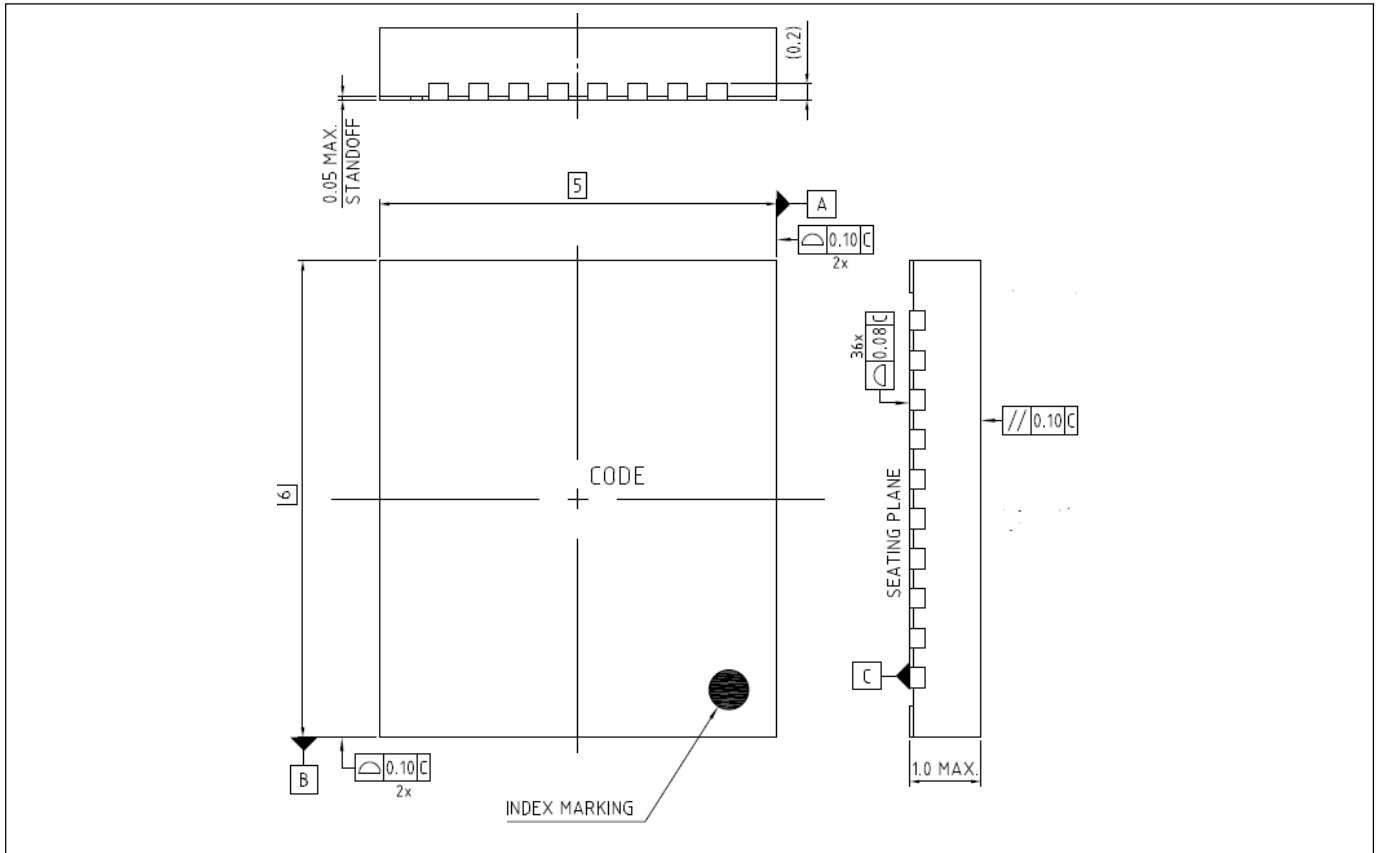


图 17 封装机械尺寸（俯视图和侧视图），单位：毫米

8.2 封装机械尺寸 (毫米)

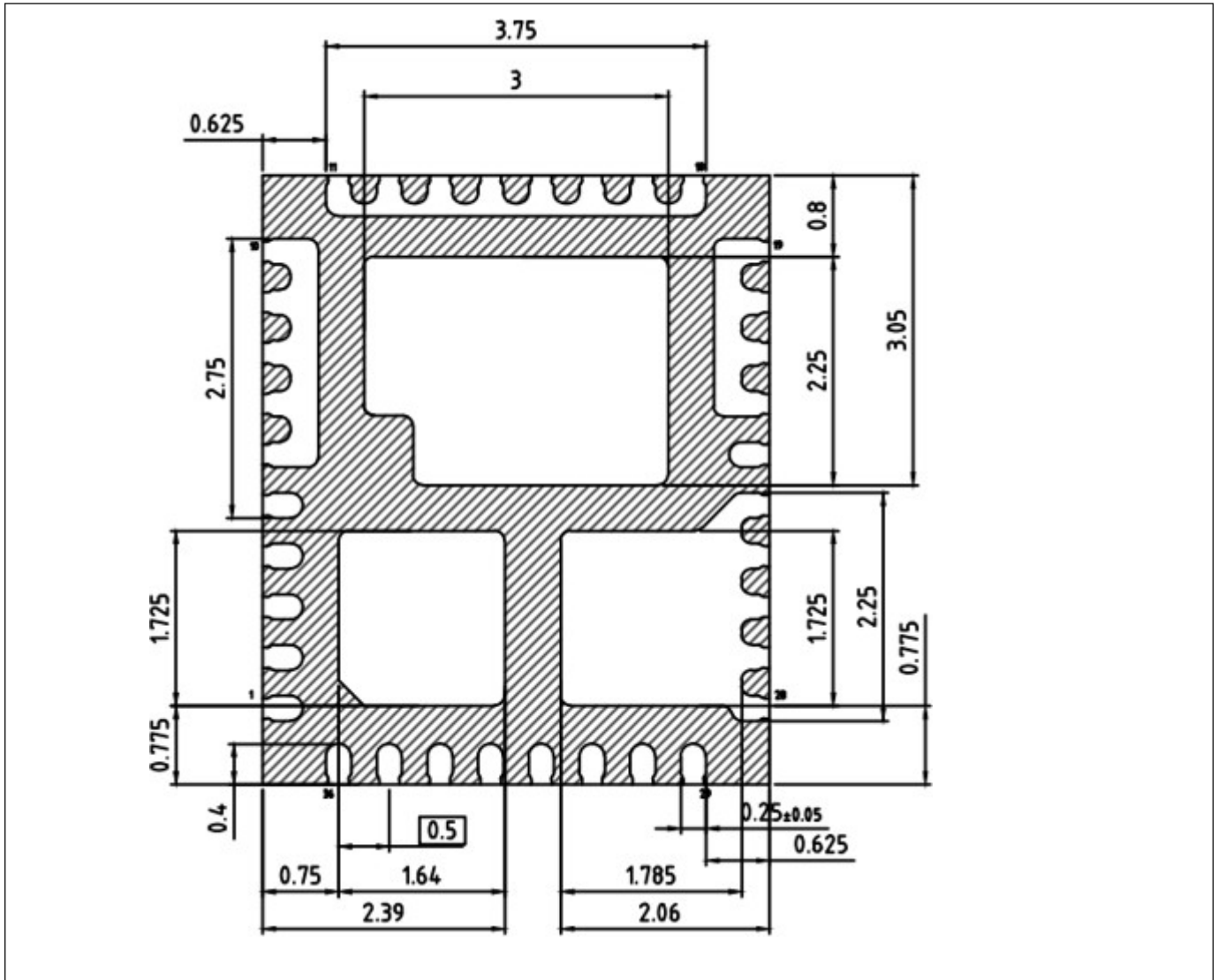


图 18 封装机械尺寸 (底视图), 单位: 毫米

# Automotive 60A OptiMOST™ Power Stage

TLF12505

---

## 修订记录

TLF12505

版本: 2024-02-05, Rev. 2.1

### 历史修订版本

Revision	Date	Subjects (major changes since last revision)
2.0	2023-12-07	Release of final version
2.1	2024-02-05	VIN-PHASE and BOOT-GND abs max spec. is added

### Trademarks

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

### We Listen to Your Comments

Any information within this document that you feel is wrong, unclear or missing at all? Your feedback will help us to continuously improve the quality of this document. Please send your proposal (including a reference to this document) to:

[erratum@infineon.com](mailto:erratum@infineon.com)

### Published by

**Infineon Technologies AG**

**81726 München, Germany**

**© 2023 Infineon Technologies AG**

**All Rights Reserved.**

### Legal Disclaimer

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

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.

### Information

For further information on technology, delivery terms and conditions and prices please contact your nearest Infineon Technologies Office ([www.infineon.com](http://www.infineon.com)).

### Warnings

Due to technical requirements, components may contain dangerous substances. For information on the types in question, please contact the nearest Infineon Technologies Office.

The Infineon Technologies component described in this Data Sheet may be used in life-support devices or systems and/or automotive, aviation and aerospace applications or systems only with the express written approval of Infineon Technologies, if a failure of such components can reasonably be expected to cause the failure of that life-support, automotive, aviation and aerospace device or system or to affect the safety or effectiveness of that device or system. Life support devices or systems are intended to be implanted in the human body or to support and/or maintain and sustain and/or protect human life. If they fail, it is reasonable to assume that the health of the user or other persons may be endangered.



## 免责声明

请注意，本文件的原文使用英文撰写，为方便客户浏览英飞凌提供了中文译文。该中文译文仅供参考，并不可作为任何论点之依据。

由于翻译过程中可能使用了自动化程序，以及语言翻译和转换过程中的差异，最后的中文译文与最新的英文版本原文含义可能存在不尽相同之处。

因此，我们同时提供该中文译文版本的最新英文原文供您阅读，请参见 <http://www.infineon.com>

英文原文和中文译文版本之间若存有任何歧异，以最新的英文版本为准，并且仅认可英文版本为正式文件。

**您如果使用本文件，即表示您同意并理解上述说明。英飞凌不对因翻译过程中可能存在的任何不完整或不准确信息而产生的任何直接或间接损失或损害负责。英飞凌不承担中文译文版本的完整性和准确性责任。如果您不同意上述说明，请不要使用本文件。**

## Trademarks

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

## 重要通知

版本 2026-03-03

Infineon Technologies AG 出版，  
德国 Neubiberg 85579

版权 © 2026 Infineon Technologies AG  
及其关联公司。  
保留所有权利。

Do you have a question about this  
document?

Email:

[erratum@infineon.com](mailto:erratum@infineon.com)

Infineon Technologies AG 及其关联公司（以下简称“英飞凌”）销售或提供和交付的产品（可能也包括样品，且可能由硬件或软件或两者组成）（以下简称“产品”），应遵守客户与英飞凌签订的框架供应合同或其他书面协议的条款和条件，如无上合同或其他书面协议，则应遵守适用的英飞凌销售条件。只有在英飞凌明确书面同意的情况下，客户的一般条款和条件或对适用的英飞凌销售条件的偏离才对英飞凌具有约束力。

为避免疑义，英飞凌不承担不侵犯第三方权利的所有保证和默示保证，例如对特定用途/目的的适用性或适销性的保证。

英飞凌对与样品、应用或客户对任何产品的具体使用有关的任何信息或本文件中给出的任何示例或典型值概不负责。

本文件中包含的数据仅供具有技术资格和技能的客户代表使用。客户有责任评估产品对预期应用和客户特定用途的适用性，并在预期应用和客户特定用途中验证本文件中包含的所有相关技术数据。客户有责任正确设计、编程和测试预期应用的功能性和安全性，并遵守与其使用相关的法律要求。

除非英飞凌另行明确批准，否则产品不得用于任何因产品故障或使用产品的任何后果可合理预期会导致人身伤害的应用。但是，上述规定并不妨碍客户在英飞凌明确设计和销售的使用领域中使用任何产品，但是客户对应用负有全部责任。

英飞凌明确保留根据适用法律，如《德国版权法》（UrhG）第 44b 条，将其内容用于商业资料和数据探勘（TDM）的权利。

如果产品包含安全功能：

由于任何计算设备都不可能绝对安全，尽管产品采取了安全措施，但英飞凌不保证产品不会被入侵、数据不会被盗或遗失，或不会发生其他漏洞（以下简称“安全漏洞”），英飞凌对任何安全漏洞不承担任何责任。

如果本文件包含或引用软件：

根据美国、德国和世界其他国家的知识产权法律和条约，该软件归英飞凌所有。英飞凌保留所有权利。因此，您只能按照软件附带的软件授权协议的规定使用本软件。

如果没有适用的软件授权协议，英飞凌特此授予您个人的、非排他性的、不可转让的软件知识产权授权（无权转授权）：(a) 对于以源代码形式提供的软件，仅在贵组织内部修改和复制该软件用于英飞凌硬件产品；及 (b) 对于以二进制代码 (binary code) 形式对外向终端用户分发该软件，仅得用于英飞凌硬件产品。禁止对本软件进行任何其他使用、复制、修改、翻译或编译。有关产品、技术、交货条款和条件以及价格的详细信息，请联系离您最近的英飞凌办公室或访问 <https://www.infineon.com>。