

# 英飞凌 TDA38640 OptiMOS iPOL

## 40A 单轨电压同步降压稳压器，带 SVID 和 I2C

### 质量要求类别：工业

### 特性

- 无外部 Vcc 应用时，输入电压范为 5 V 至 17 V；或带外部 Vcc 应用时，输入电压范围展宽至 3.0 V 至 17 V
- 在 SVID 模式下使用外部反馈电阻分压下，输出电压范围：0.25 V 至 3.04 V，
- 增强型快速 COT 引擎性能稳定，采用陶瓷输出电容，无需外部补偿
- 可选强制连续导通模式和二极管模拟，以提高轻载效率
- 可编程开关频率为 400 kHz 至 2 MHz，步进 200 kHz，不包括 1600 kHz
- 单调启动，可通过 SVID 或 PMBus 命令选择软启动时间 & 预偏置启动
- 热补偿内部过流保护，有八种可选设置
- 用于报告温度、电压、电流 & 功率遥测的 I2C 系统接口
- USER 部分的单图像多次编程 (MTP)
- 数字可编程负载线，无需任何外部元器件
- 支持 12 V 输入电流检测，无需外部接口电路
- 工作温度：-40 °C < Tj < 125 °C
- 小尺寸：5 毫米 x 6 毫米 PQFN
- 无铅、无卤素、符合 RoHS2 标准（豁免条款 7a）

### 应用

- 服务器应用
- 存储应用
- 电信 & 数据通信应用
- 分布式负载点电源架构

### 描述

英飞凌 TDA38640 是一款易于使用、完全集成的高效直流-直流稳压器，具有 Intel SVID 和 I2C/PMBU 接口。该控制器采用英飞凌的快速 COT 控制，简化了设计工作，并实现了更快的瞬态响应。

PWM 控制器和集成了自举二极管的 OptiMOS™ FET 使 TDA38640 成为一款小尺寸解决方案，可为可能需要 SVID 接口的低压大电流应用提供高效的功率传输。

TDA38640 是一款多功能稳压器，可在宽输入和输出电压范围内工作，提供 400 kHz 至 2 MHz（不包括 1600 kHz）的八种可编程开关频率，并通过 PMBU 命令提供八种独特的可选电流限值。

它还具有重要的保护功能，如热补偿限流、过压和欠压保护以及热关断，以便在发生故障时提供所需的系统级安全性。该部件支持可编程数字直流负载线，为客户提供了额外的工具来管理特定轨道的瞬态。

*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）。*

该器件支持 12 V 差分输入电流检测（通过引脚 VINSEN<sub>P</sub> 和 VINSEN<sub>M</sub>），无需外部接口电路（例如pi-sense 等），从而简化了设计，降低了复杂性，并使报告的电流更加一致和准确，因为它只取决于内部集成电路，而内部集成电路的每个部件的参数都经过微调，以满足规格要求。

器件配置可通过英飞凌的 XDP Designer GUI 轻松定义，并存储在片上存储器中。TDA38640 提供广泛的 OVP、UVP、OCP、OTP& Boot UVLO 故障保护。该控制器只需尽可能少的外部元器件，从而简化了物料清单（BOM）。

## 目录

<b>1</b>	<b>订购信息</b> .....	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>功能框图</b> .....	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>典型应用图</b> .....	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>引脚描述</b> .....	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>绝对最大额定值</b> .....	<b>10</b>
<b>6</b>	<b>热特性</b> .....	<b>12</b>
<b>7</b>	<b>电气规格</b> .....	<b>13</b>
7.1	电气特性 .....	14
<b>8</b>	<b>典型效率和功率损耗曲线</b> .....	<b>19</b>
8.1	$PV_{in} = 12\text{ V}$ 、 $F_{sw} = \text{变化}$ .....	19
8.2	$PV_{in} = 12\text{ V}$ 、 $F_{sw} = 800\text{ kHz}$ .....	20
8.3	$PV_{in} = \text{变化}$ 、 $F_{sw} = 1000\text{ kHz}$ .....	20
<b>9</b>	<b>热降额曲线</b> .....	<b>22</b>
<b>10</b>	<b>MOSFET 的 RDS(on) 随温度变化情况</b> .....	<b>23</b>
<b>11</b>	<b>典型工作特性 (<math>-40\text{ }^{\circ}\text{C} \leq T_j \leq +125\text{ }^{\circ}\text{C}</math>)</b> .....	<b>24</b>
<b>12</b>	<b>概述</b> .....	<b>26</b>
12.1	Intel 工作模式 .....	26
12.2	PMBUS 工作模式 .....	26
12.3	多次编程存储器 .....	26
12.4	电压检测 .....	27
12.5	VID 解码器 .....	27
12.6	I2C & PMBus 接口 .....	27
12.7	英飞凌 XDP Designer GUI .....	27
12.8	编程 .....	29
12.9	实时监控 .....	29
<b>13</b>	<b>工作原理</b> .....	<b>30</b>
13.1	工作模式 .....	30
13.2	器件上电 .....	30
13.3	预偏压启动 .....	31
13.4	内部低压差 (LDO) 稳压器 .....	31
13.5	快速恒定导通时间控制 .....	31
13.6	使能 (EN) 引脚 .....	31
13.7	开关频率和 FCCM/DEM 工作模式 .....	32
13.8	Intel 模式 .....	32
13.8.1	Intel 启动模式 .....	33
13.8.2	Intel SVID 接口 .....	33
13.8.3	All Call 支持 .....	33
13.8.4	VR13 工作模式 .....	33
13.8.5	VR14 工作模式 .....	33
13.8.6	设置工作点 .....	34
13.9	编程引脚 (SM_ADDR/PROG) .....	36
13.10	软启动 .....	37
13.11	负载线 .....	37
13.12	输出电压差分检测 .....	37
13.13	输入电流检测 .....	38
13.14	CAT_FAULT# 和 VRRDY .....	39
<b>14</b>	<b>故障和保护</b> .....	<b>40</b>

14.1	过流保护 (OCP) .....	40
14.2	输出欠压保护 (UVP) .....	41
14.3	过压保护 (OVP) .....	42
14.4	过温保护 (OTP) .....	43
14.5	启动欠压锁定 (UVLO) .....	43
14.6	最短导通时间和最短关断时间 .....	43
14.7	高边短路 (HSS) 检测 .....	44
<b>15</b>	<b>故障通信 .....</b>	<b>45</b>
15.1	I2C 从机寻址 .....	45
15.2	实时遥测 .....	45
15.3	I2C 协议 .....	45
15.4	支持的 PMBus 命令 .....	46
15.5	11 位线性数据格式 .....	51
15.6	16 位线性数据格式 .....	51
15.7	SVID 寄存器 .....	52
<b>16</b>	<b>设计示例 .....</b>	<b>57</b>
16.1	启用 TDA38640 .....	57
16.2	开关频率和工作模式编程 .....	57
16.3	选择输入电容 .....	57
16.4	电感选择 .....	58
16.5	输出电容选择 .....	58
16.6	输出电压编程 .....	59
16.7	自举电容 .....	59
16.8	PVIN 和 VCC/LDO 旁路电容 .....	59
16.9	设计建议 .....	59
<b>17</b>	<b>布局建议 .....</b>	<b>60</b>
17.1	PCB 金属和元器件放置 .....	60
17.2	阻焊剂 .....	61
17.3	钢网设计 .....	62
<b>18</b>	<b>封装 .....</b>	<b>64</b>
18.1	标记信息 .....	64
18.2	尺寸 .....	64
18.3	卷带信息 .....	67
<b>19</b>	<b>环境资质 .....</b>	<b>68</b>
<b>20</b>	<b>修订历史 .....</b>	<b>69</b>

订购信息

# 1 订购信息

表 1 订购信息

Base Part Number	Package Type	Standard Pack		Orderable Part Number
		Form and Qty		
TDA38640	QFN 5 mm x 6 mm	Tape and Reel	5000	TDA38640aabbAUMA1

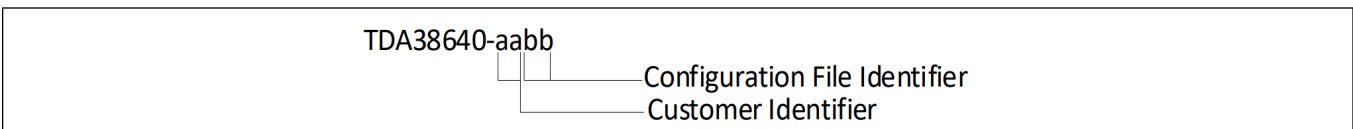


图 1 可订购部件号说明

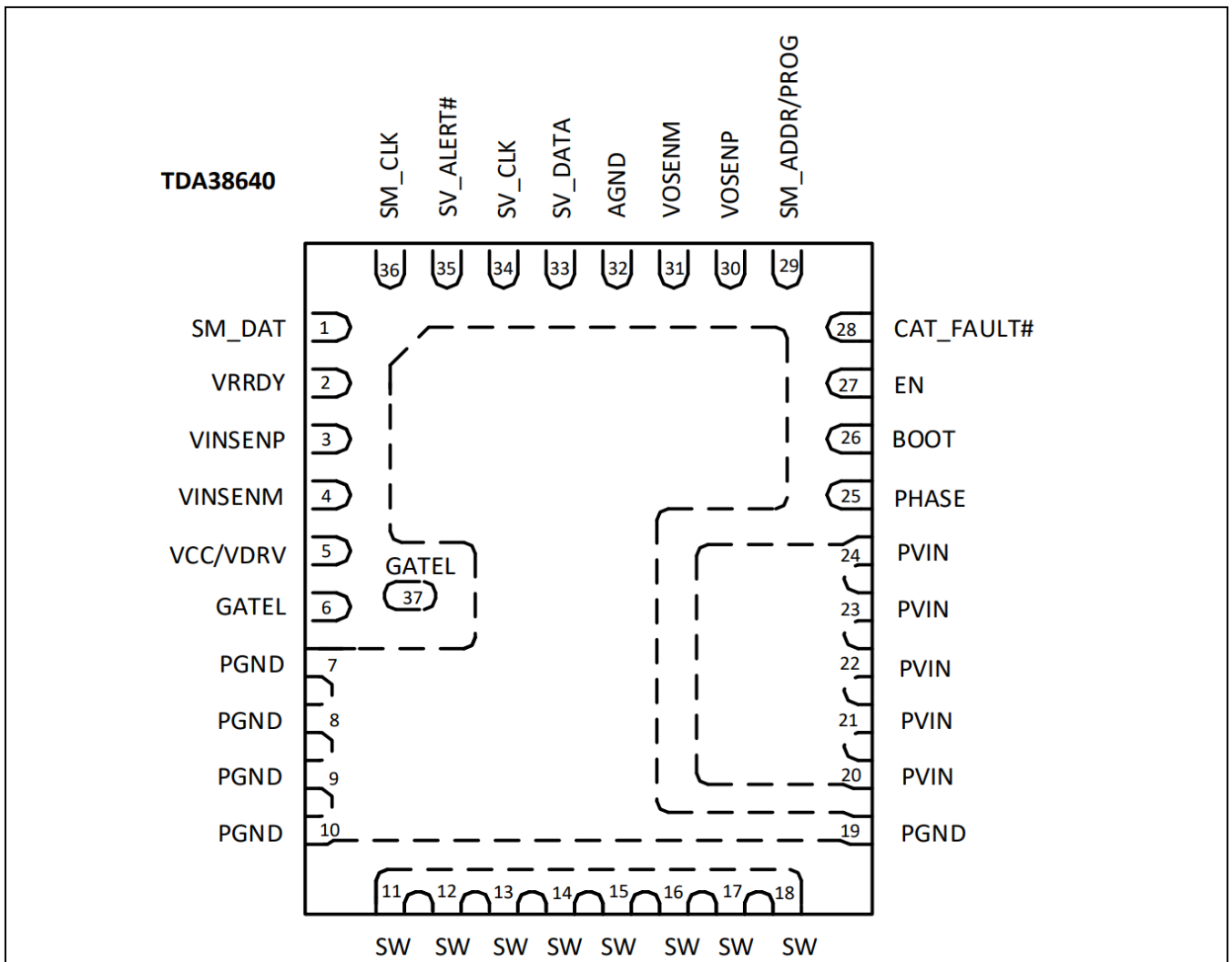


图 2 封装顶视图

功能框图

2 功能框图

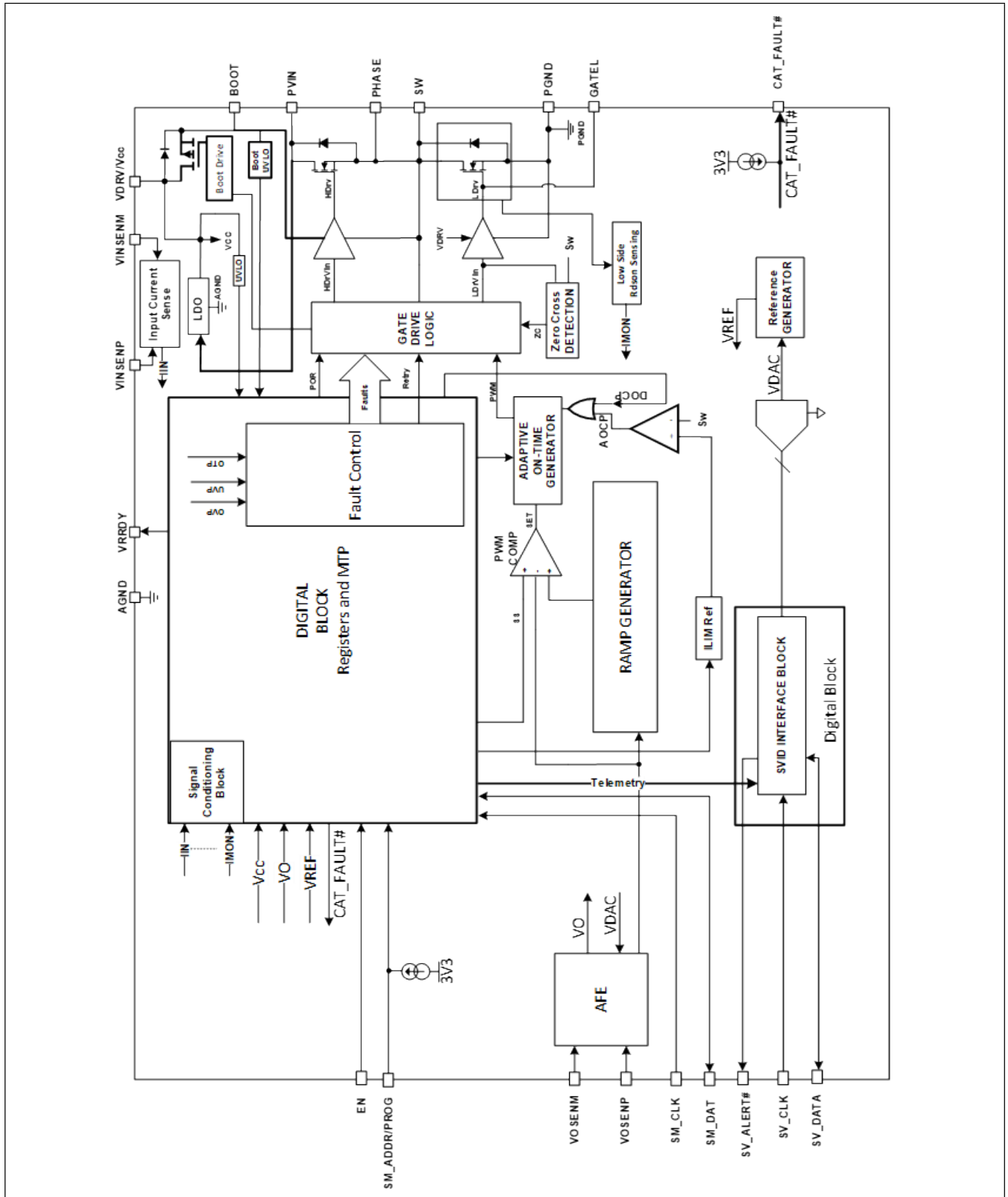


图 3 框图



## 引脚描述

## 4 引脚描述

表2 引脚描述

注释:

1. A- 模拟; D- 数字; [I]- 输入; [O]- 输出; [B]- 双向; [P]- 电源
2. 详情请参见第13.9节

Pin#	Pin Name	Pin Type	Pin Description
1	SM_DAT	D [B]	I2C bi-directional serial data line. Ground it if not used.
2	VRRDY	D [O]	Open-drain output that asserts high when the VR has completed soft-start to boot. Pull-up to an external voltage through a resistor.
3	VINSENP	A [I]	This pin connects to the positive side of the shunt resistor that is used to monitor the input current. Connect to PVIN if not used.
4	VINSENM	A [I]	This pin connects to the negative side of the shunt resistor that is used to monitor the input current. Connect to PVIN if not used.
5	Vcc/Vdrv	A [P]	Input bias for the external Vcc voltage and internal driver/output of the internal LDO. A 2.2 uF ceramic capacitor is recommended to use between Vcc and the analog ground (AGND). Connect to external Supply when internal LDO is not used.
6, 37	GATEL	A [O]	Gate of Low-side FET. The signal on this pin should be used for test purposes only and should not have external components connected to it. Leave it open if not used.
7, 8, 9, 10, 19	PGND	-	Power Ground. Should be connected to the system's power ground plane. PGND and AGND are internally connected via the lead frame.
11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18	SW	A [O]	Switch Node. Connect these pins to an output inductor.
20, 21, 22, 23, 24	PVin	A [P]	Input supply for the power stage.
25	Phase	A [O]	Source of High-side FET. Connect a bootstrap capacitor between this pin and Boot pin. A high temperature (x7R) 0.1 uF or greater value ceramic capacitor is recommended.
26	Boot	A [I]	Supply voltage for the high side driver. Connect this pin to the Phase pin of the regulator through a bootstrap capacitor. For PVin above 14 V, a resistor is recommended in series with the bootstrap capacitor to control the slew rate of the SW node rising edge.
27	EN	A [I]	Enable pin to turn on and off the IC. Leave it open or ground it when not used.
28	CAT_FAULT#	D [O]	This is an Active Low open drain output that asserts when a catastrophic fault is detected. Leave it open when not used.
29	SM_ADDR/PROG	D [I]	I2C Slave Address. A resistor to ground on this pin; points to one of the unique 16 I2C slave devices <sup>2</sup> which needs to be addressed on the board, it does it by adding a fixed offset to

## 引脚描述

Pin#	Pin Name	Pin Type	Pin Description
			the I2C base address. The same resistor also defines the specific configuration file that will be loaded from the OTP during power-up.
30	VOSEN <sub>P</sub>	A [I]	Direct sense output line connected after the switch node inductor.
31	VOSEN <sub>M</sub>	A [I]	This pin provides the return connection for remote output voltage sensing. It is used as the internal reference voltage by the Analog Front End (AFE).
32	AGND	-	Signal ground for the internal circuitry. Connect it to the PGND power plane.
33	SV_DATA	D [B]	Serial VID Data I/O. This is a bi-directional serial line over which the CPU Master issues commands and receives data back. Leave the pin open or Ground it if not being used.
34	SV_CLK	D [I]	Serial VID Clock Input. Clock input driven by the CPU Master. Leave the pin open or Ground it if not being used.
35	SV_ALERT#	D [O]	Serial VID ALERT# (INTEL). SV ALERT# is pulled low by the controller to alert the CPU of VR 14/13/12/12.5 status. Leave the pin open if not being used.
36	SM_CLK	D [I]	Serial Clock Line Input. I2C clock input. The interface is rated to 1 MHz. Ground the pin if not being used.

## 绝对最大额定值

## 5 绝对最大额定值

高于下表 3 所示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表 5 所列条件的条件下运行。长时间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 3 绝对最大额定值

Description	Symbol	Values			Unit	Note/ Test Conditions
		Min	Typ	Max		
Power Input Voltage	$V_{PVIN}$	-0.3	-	25	V	Note 3, PVIN Pin
Positive Input-Current-Sense voltage	$V_{INSENP}$	-0.3	-	25	V	Note 3, VINSENP Pin
Enable voltage	$V_{EN}$	-0.3	-	25	V	EN Pin
PVIN-PHASE voltage	$V_{PVIN} - V_{PHASE}$	-5 V for 5 ns, -0.3 V dc	-	34 V for 1 ns, 25 V dc	V	PVIN-PHASE pin
PVIN-Switch Node voltage	$V_{PVIN} - V_{SW}$	-5 V for 5 ns, -0.3 V dc	-	34 V for 1 ns, 25 V dc	V	PVIN- SW Pin
Internal Driver Voltage	$V_{DRV}$	-0.3	-	6	V	Note 3, VCC/VDRV Pin
Gate Low Pin Voltage	$V_{GATEL}$	-0.3	-	6	V	GateL Pin
BOOT Voltage	$V_{BOOT}$	-0.3 V for 5 ns, -0.3 V dc	-	29 V dc	V	BOOT Pin
	$V_{BOOT} - V_{PHASE}$	-0.3	-	7 V for 5 ns, 6 V dc	V	BOOT – PHASE Pin
Switch Node voltage	$V_{SW}$	-5 V for 5 ns, -0.3 V dc	-	34 V for 1 ns, 25 V dc	V	Switch Node Pin
Phase Node voltage	$V_{PHASE}$	-5 V for 5 ns, -0.3 V dc	-	34 V for 1 ns, 25 V dc	V	Phase Pin
Address/PROG voltage	$V_{SM\_ADDR/PROG}$	-0.3	-	3.6	V	Note 3, SM_ADDR/PROG Pin
Output Positive Sense voltage	$V_{VOSENP}$	-1.5 V for 5 ns, -0.3 dc	-	3.6	V	Note 3, VOSENP Pin
Output Negative Sense voltage w.r.t AGND	$V_{VOSENM}$	-0.3	-	0.3	V	Note 3, VOSENM Pin
Voltage Regulator Ready voltage	$V_{VRRDY}$	-0.3	-	3.6	V	Note 3, VRRDY Pin
Power GND w.r.t Analog GND voltage	$V_{PGND} - V_{AGND}$	-1.5 V for 5 ns, -0.3 dc	-	1.5 V for 5 ns, 0.3 dc	V	PGND – AGND Pin
SVID CLK voltage	$V_{SV\_CLK}$	-0.3	-	3.6	V	SV_CLK Pin
SVID Data voltage	$V_{SV\_DAT}$	-0.3	-	3.6	V	SV_DAT Pin
SVID Alert voltage	$V_{SV\_ALERT\#}$	-0.3	-	3.6	V	SV_ALERT# Pin
SM CLK voltage	$V_{SM\_CLK}$	-0.3	-	3.6	V	SM_CLK Pin
SM Data voltage	$V_{SM\_DAT}$	-0.3	-	3.6	V	SM_DAT Pin

## 绝对最大额定值

Description	Symbol	Values			Unit	Note/ Test Conditions
		Min	Typ	Max		
Catastrophic Fault voltage	$V_{\text{CAT\_FAULT\#}}$	-0.3	-	3.6	V	CAT_FAULT# Pin
Junction Temperature	$T_{\text{Jmax}}$	-40	-	150	°C	-
Storage Temperature	$T_{\text{STORAGE}}$	-55	-	150	°C	-

注释:

3. PGND 和 AGND 引脚连接在一起

**注意:** 超过“绝对最大额定值”所列值的应力可能会对器件造成永久性损坏。这些仅仅是应力额定值，并不意味着器件在这些或任何其他超过操作规格部分所示的条件下能够正常运行。

## 热特性

## 6 热特性

表 4 热特性

Description	Symbol	Values	Test Conditions
Junction to Ambient Thermal Resistance	$\theta_{JA}$	19 °C/W	Note 4
Junction to PCB Thermal Resistance	$\theta_{JC-PCB}$	1.1 °C/W	Note 5
Junction to Case Top Thermal Resistance	$\theta_{JC}$	24 °C/W	

## 注释:

4. 热阻是在自由空气中将元器件安装在标准 EVAL\_TDA38640\_1Vout 演示板上进行测量的
5. 热阻基于引脚 22 附近的电路板温度

## 电气规格

## 7 电气规格

表 5 实现可靠运行的推荐工作条件

Description	Min	Max	Unit	Note
PVin Voltage Range with External Vcc	3	17	V	Note 6, Note 7
PVin Voltage Range with Internal LDO	5	17	V	Note 7, Note 8 & Note 11
Vcc Supply Voltage Range	4.5	5.5	V	Note 6, Note 9
Output Voltage Range	0.25	3.04	V	Note 10
Continuous Output Current Range		40	A	Note 11
Switching Frequency (excluding 1600 kHz)	400	2000	kHz	Note 12
Operating Junction Temperature	-40	125	°C	

## 注释:

6. VCC/VDRV 引脚与外部偏置电压相连, PVIN 小于 5 V
7. 通常的做法是在设计中为最大 SW 节点电压留出 20% 的余量。对于要求 PVin 等于或高于 14 V 的应用, 应在 Boot 引脚上串联一个小电阻, 以确保最大 SW 节点尖峰电压不超过绝对最大直流和交流规格。另外, 还可在 SW 节点上使用缓冲器来降低 SW 节点的尖峰。
8. PV<sub>in</sub> 采用内部 LDO。对于使用内部 LDO 且 PV<sub>in</sub> = 5 V-6 V 的单轨应用, 内部 LDO 可能会进入压降模式。由于 VCC 电压较低, AOCV 限制可能会降低。
9. TDA38640 可在 VCC 低至 4.5 V 时工作, 但 AOCV 限制等电气规格可能会降低。
10. 最大输出电压受最短关断时间限制。输出电压超过 2.56 V 时, 需要一个外部反馈电阻分压器。3.04 V 的限制仅在 SVID 模式下有效, 在 PMBus 模式下则高达 5.12 V。
11. 有关不同环境温度下的最大额定输出电流和 OCV 阈值容差, 请参阅第 14.1 节。
12. 在  $-40\text{ °C} \leq T_J \leq 125\text{ °C}$  的全工作温度范围内运行时, 最大 LDO 输出电流必须限制在 60 mA 以内。在环境温度较高时, 可能需要进行热降额, 以确保结温在推荐的工作温度范围内。

## 电气规格

## 7.1 电气特性

除非另有规定，这些规格适用于  $5\text{ V} \leq \text{PVin} \leq 17\text{ V}$ ,  $0\text{ }^\circ\text{C} < \text{T}_j < 125\text{ }^\circ\text{C}$ 。

典型值在  $\text{T}_a = 25\text{ }^\circ\text{C}$  时设定。

表 6 电气特性

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
<b>Power Stage</b>						
Top Switch	$R_{\text{ds(on)_Top}}$	VBoot – Vsw = 5.0 V, IO = 35 A, Tj = 25 °C	-	2.9	-	mΩ
Bottom Switch	$R_{\text{ds(on)_Bot}}$	Vcc = 5.0 V, IO = 35 A, Tj = 25 °C	-	1.0	-	
Bootstrap Diode Forward Voltage		I(Boot) = 25 mA	-	780	950	mV
SW Leakage Current	$I_{\text{sw}}$	SW = 0 V, EN = 0 V	-	-	175	μA
		SW = 0 V, EN = high, No Switching	-	-	175	
Dead Band Time	$T_{\text{db}}$	SW Node rising edge, 40 A, Internal LDO, Tj = 25 °C, Note 13	-	10	-	ns
		SW Node falling edge, 40 A, Internal LDO, Tj = 25 °C, Note 13	-	10	-	
<b>Supply Voltage</b>		<b>PVin and External Vcc</b>				
PVin range (using external VCC = 5V)			-	3 - 17	-	V
External Vcc Range			4.5	5	5.5	V
<b>Supply Current</b>		<b>Iin</b>				
PVin Supply Current (standby, LDO)	$I_{\text{in(Standby)}}$	EN = Low, No Switching	-	12	-	mA
PVin Supply Current (dynamic, LDO)	$I_{\text{in(Dyn)}}$	EN=High, Fsw= 800 kHz, PVIN = 12 V, Vout = 1.1 V, Note 13	-	48	-	mA
<b>Digital Inputs</b>		<b>VR_ENx (Intel)</b>				
Input High Voltage			0.70	-	-	V
Input Low Voltage			-	-	0.50	V
Input Impedance			-	1	-	MΩ
<b>Digital Inputs</b>		<b>SV_CLK, SV_DAT</b>				
Input High Voltage			0.65	-	-	V
Input Low Voltage			-	-	0.45	V
Hysteresis			-	95	-	mV
Input Leakage Current		SV_CLK = 3.6 V	-1	-	1	μA
Pin Capacitance		See Note 13	-	-	4	pF
<b>Digital Inputs - LVTTTL</b>		<b>SM_DAT, SM_CLK</b>				
Input High Voltage			2.31	-	-	V
Input Low Voltage			-	-	0.99	V

## 电气规格

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Input Leakage Current		SM_CLK = 3.6 V	-1	-	1	μA
Pin Capacitance		See Note 13	-	-	4	pF
<b>Remote Voltage Sense Inputs</b>	<b>VOSENP, VOSENM</b>					
VOSENP Input Current		VOSENP = 3.6 V	-	-	230	μA
		VOSENP = -0.3 V	-85	-	-	μA
VOSENM Input Current		VOSENM = 0.3 V	-155	-	-	μA
		VOSENM = -0.3 V	-200	-	-	μA
Differential Input Voltage Range			-	-	2.56	V
VOSENM Input CM Voltage			-	±300	-	mV
<b>Input Current Sense Input</b>	<b>VINSENP, VINSENM</b>					
VINSENP Input current			-	200	-	μA
VINSEM Input Current			-	-	5	μA
<b>Analog Address/Level Inputs</b>	<b>SM_ADDR/PROG</b>					
Output Current			-	15	-	μA
<b>Open-Drain Outputs-20mA Drive</b>	<b>VRRDYx, CAT_FAULT#</b>					
Output Low Voltage		I = 20 mA	-	-	0.3	V
Output Leakage		V <sub>VRRDY</sub> = 3.6 V	-5	-	5	μA
<b>Open-Drain Outputs-20mA Drive</b>	<b>SV_DAT, SV_ALERT#, SM_DAT</b>					
Output Low Voltage		I = 20 mA	-	-	0.26	V
On Resistance		I = 20 mA	4	-	13	Ω
Tri-State Leakage			-5	-	5	μA
<b>On-Time Timer</b>						
Frequency Range (programmable)		Excluding 1600 kHz and in steps of 200 kHz	400	--	2000	kHz
Minimum On-Time		T <sub>j</sub> =25 °C, Note 13, PVIN = 12 V, V <sub>o</sub> = 0 V, See Note 15	-	25	-	ns
Minimum Off-Time	Toff (Min)	T <sub>j</sub> =25 °C, VFB=0 V, See Note 13	-	150	-	ns
<b>System Set Point Accuracy (5 mV and 10 mV step mode voltage)</b>						
VBOOT Voltage Range			Meets Spec			V
0.25 V ≤ VID ≤ 0.795 V		-40 °C ≤ T <sub>j</sub> ≤ 125 °C	-	±10	-	mV
0.8 V ≤ VID ≤ 0.995 V		VDD > VID + 200 mV	-	±8	-	mV
1.0 V ≤ VID ≤ 2.52 V		Typ = 3σ, Note 13 & 14	-	±1	-	%VID
<b>VCC LDO Output</b>	<b>Vcc</b>					
Vcc Output Voltage	Vcc	5.5 V ≤ PVIN ≤ 17 V, when I <sub>cc</sub> = 50 mA, C <sub>load</sub> = 2.2 μF, T <sub>j</sub> = 25 °C	4.7	5.0	5.3	V

## 电气规格

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
VCC Dropout	Vcc_drop	PVIN = 4.5 V, I <sub>cc</sub> = 50 mA, C <sub>load</sub> = 2.2 uF, T <sub>j</sub> = 25 °C	-	650	-	mV
<b>Under Voltage Lockout</b>						
Vcc_Good Start Threshold	VCC_UVLO_Start	Vcc Rising Trip Level	3.8	-	4.2	V
Vcc_Good Stop Threshold	VCC_UVLO_Stop	Vcc Falling Trip Level	3.6	-	4.0	
Enable-Start-Threshold	Enable_UVLO_Start	ramping up	0.61	0.65	0.69	V
Enable-Stop-Threshold	Enable_UVLO_Stop	ramping down	0.51	0.55	0.59	
Boot Rising Threshold	BOOT_UVLO_Rising	Boot-Phase Ramping up, Note 13	3.7	3.85	4.0	V
Boot Falling Threshold	BOOT_UVLO_Falling	Boot-Phase Ramping down, Note 13	3.5	3.65	3.8	V
<b>IMON Reporting Accuracy</b>						
IMON Accuracy TDA38640 (40 A)	I <sub>mon</sub>	Maximum load	-	±6	-	%
<b>Over Current Limit</b>						
Current Limit Threshold (Valley Current)	I <sub>oc</sub>	T <sub>j</sub> = 25 °C, V <sub>cc</sub> = 5.0V	-	10	-	A
			-	15	-	
			-	20	-	
			-	25	-	
			-	30	-	
			-	40	-	
			-	50	-	
-	60	-				
Current Limit Threshold Accuracy		See Note 13	-	± 20	-	%
<b>Over Voltage Protection</b>						
Output Fixed OVP Threshold (Programmable)	OVP_Vth	VID Rising	-	0.8	-	V
			-	1.0	-	
			-	1.2	-	
			-	1.35	-	
			-	1.5	-	
			-	1.8	-	
			-	2.2	-	
-	2.85	-				
Output Fixed OVP Threshold Accuracy		See Note 13	-	±5	-	%
Output Relative OVP Threshold (programmable)		Relative to VID in steps of 50 mV in VOUT_SCALE_LOOP 1:1 mode	50	-	400	mV
Output Relative OVP Threshold Accuracy		Relative to VID in steps in VOUT_SCALE_LOOP 1:1 mode	-	± 100	-	mV
<b>Under Voltage Protection</b>						

## 电气规格

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Output Relative UVP Threshold (programmable)	UVP_Vth	Relative to VID in steps of 50 mV in VOUT_SCALE_LOOP 1:1 mode	50	-	400	mV
Output Relative UVP Threshold Accuracy		Relative to VID in steps; in VOUT_SCALE_LOOP 1:1 mode	-	± 100	-	mV
<b>I2C and Reporting</b>						
Bus Speed		Normal	-	100	-	kHz
		Fast	-	400	-	kHz
		High-Speed	-	1000	-	kHz
Output Voltage Resolution		Note 15 and 16	-	0.625, 0.977, 1.953, 3.906	-	mV
Output Voltage Filter Rate			-	8	-	kHz
Output Voltage Update Rate			-	379	-	kHz
Highest Reported Vout		VOUT_SCALE_LOOP=1:1	-	-	2.56	V
Vout Reporting Accuracy		-40 °C - 125 °C (Tj), 4.5V < Vcc < 5.5V, 0.25 s VID ≤ 0.5; VOUT_SCALE_LOOP in 1:1 mode	-2	-	2	%
		-40 °C - 125 °C (Tj), 4.5V < Vcc < 5.5V, 0.5 < VID ≤ 2.52; VOUT_SCALE_LOOP in 1:1 mode	-1	-	1	%
Iout Resolution			-	0.0625	-	A
Iout Filter Rate			-	8	-	kHz
Iout Update Rate			-	379	-	kHz
Iout Digital Monitoring Range			-		64	A
Iout Reporting Accuracy (PMBus)		0 °C-125 °C, 4.5V < Vcc < 5.5V 0 A ≤ Iout ≤ 40 A 0.25 V ≤ Vout ≤ 2.52 V, Note 15	-	±6	-	%
Temperature Resolution			-	1	-	°C
Temperature Filter Rate			-	4	-	kHz
Temperature Update Rate			-	189	-	kHz
Temperature Monitoring Range			-40	-	125	°C
Temperature Reporting Accuracy		See Note 13	-	±1	-	°C

## 电气规格

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Thermal Shutdown		See Note 13	-	140	-	°C
Thermal Shutdown Hysteresis		See Note 13	-	20	-	°C
Input Power Resolution			-	0.5	-	W
Input Power Reporting Range			-	-	1024	W
Input Power Filter Rate			-	8	-	kHz
Input Power Update Rate			-	379	-	kHz
Input Power Accuracy		A 4-terminal 1 mΩ (1 % accurate) shunt is used, Note 15	-	±3	-	%

## 注释:

13. 由设计保证, 但未经生产测试
14. 通过统计质量控制的相关性来保证低温性能。未经生产测试。
15. 保证在室温下进行工作台表征, 未经生产测试
16. 实际输出受内部 DAC 分辨率的限制

## 8 典型效率和功率损耗曲线

### 8.1 $P_{Vin} = 12\text{ V}$ 、 $F_{sw} = \text{变化}$

效率测试是在 0 LFM 条件下进行的，驱动器损耗已包括在效率数字中。实线表示效率，虚线表示功率损耗。

表 7  $P_{Vin}=12\text{ V}$ 、 $F_s = \text{变化}$ 时的电感器

Vout (V)	Lout (nH)	P/N	Frequency(kHz)	DCR (mΩ)	Inductor Size (mm <sup>3</sup> )
1.1 (Ext. Vcc)	100	L101247A-100L	600	0.125	10 x 6.4 x 12
			800		
			1000		

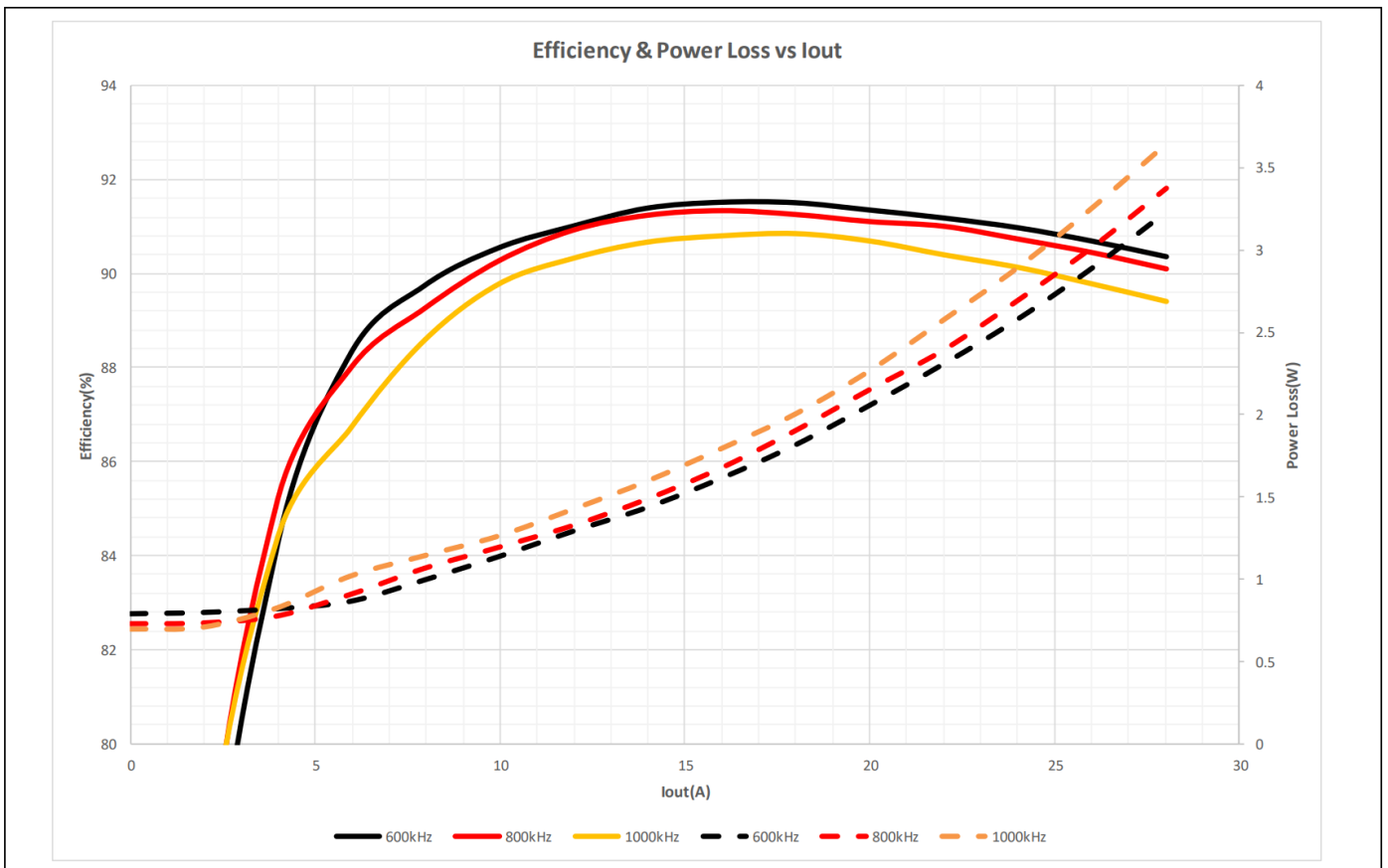


图 6 典型效率和功率损耗曲线， $P_{Vin} = 12\text{ V}$ 、 $F_{sw} = \text{变化}$

### 典型效率和功率损耗曲线

#### 8.2 $P_{Vin} = 12\text{ V}$ 、 $F_{sw} = 800\text{ kHz}$

效率测试是在 0 LFM 条件下进行的，驱动器损耗已包括在效率数字中。实线表示效率，虚线表示功率损耗。

表 8  $P_{Vin}=12\text{ V}$ 、 $F_{sw} = 800\text{ kHz}$  时的电感器

Vout (V)	Lout (nH)	P/N	Frequency(kHz)	DCR (mΩ)	Inductor Size (mm <sup>3</sup> )
1.1 (Ext. Vcc)	100	L101247A-100L	800	0.125	10 x 6.4 x 12
1.1 (Int. Vcc)					

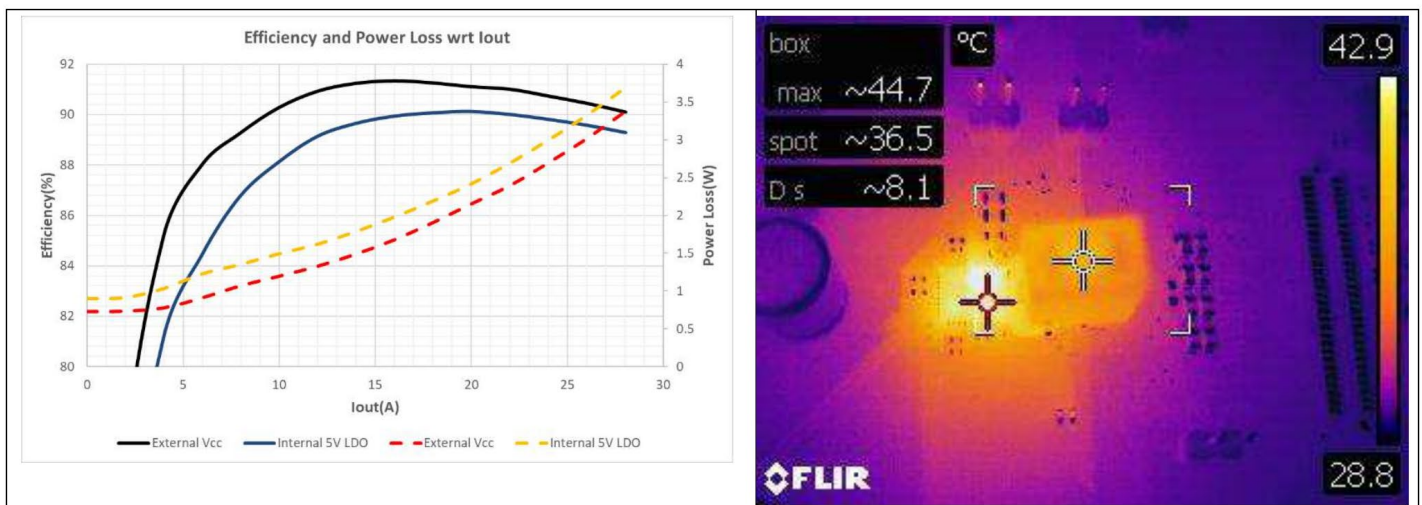


图 7 使用内部 LDO、 $P_{Vin} = 12\text{ V}$ 、 $F_{sw} = 800\text{ kHz}$ 时，满载 28 A 电流时的典型效率 & 功率损耗曲线和热图像

#### 8.3 $P_{Vin} = \text{变化}$ 、 $F_{sw} = 1000\text{ kHz}$

效率测试是在 0 LFM 条件下进行的，驱动器损耗已包括在效率数字中。实线表示效率，虚线表示功率损耗。

表 9  $P_{Vin} = \text{变化}$ 、 $F_{sw} = 1000\text{ kHz}$  时的电感器

Vout (V)	Lout (nH)	P/N	PVIN(V)	DCR (mΩ)	Inductor Size (mm <sup>3</sup> )
1.1 (Int. Vcc)	100	L101247A-100L	10.8	0.125	10 x 6.4 x 12
			12		
			13.2		

典型效率和功率损耗曲线

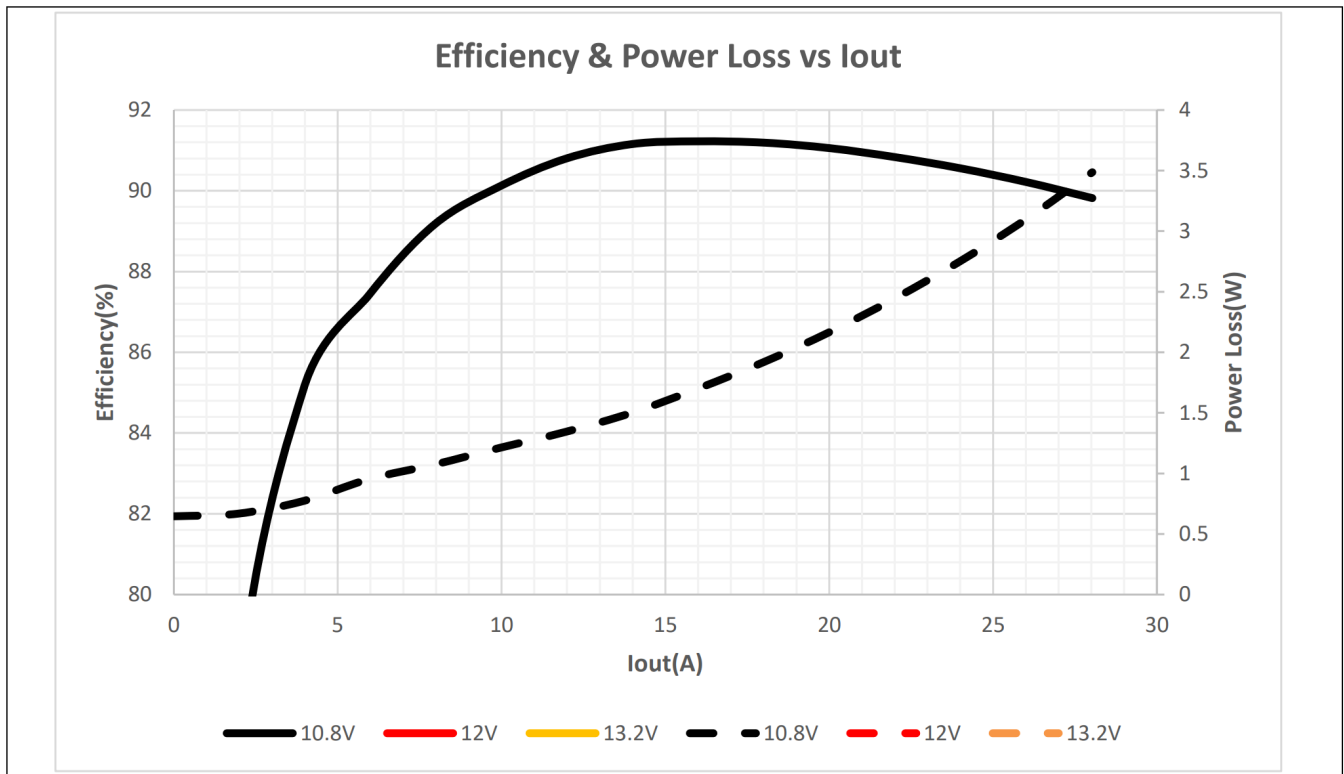


图 8 典型效率和功率损耗曲线， $P_{Vin}$  = 变化、 $F_{sw}$  = 1000 kHz

热降额曲线

### 9 热降额曲线

该测试在 TDA38640 的 DB356 Rev 2 评估板上进行。它是一种 8 层板，内 Cu 层为 1 盎司，顶层和底层为 2 盎司。材料为 FR4，评估板尺寸为 105 毫米 x 133 毫米。

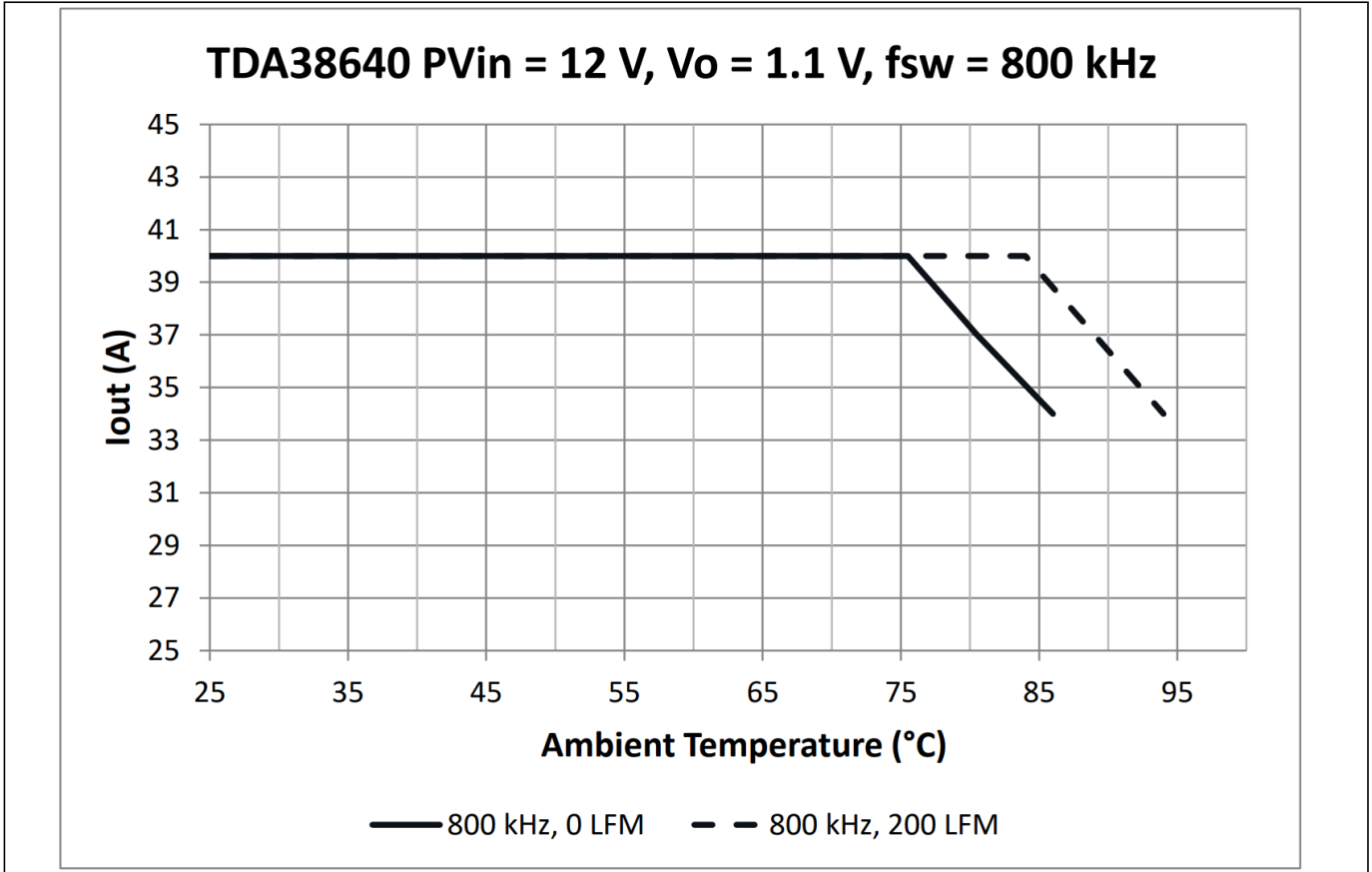


图 9 热降额曲线,  $P_{Vin} = 12\text{ V}$ 、 $V_{out} = 1.1\text{ V}$ 、 $f_{sw} = 800\text{ kHz}$ 、 $VCC =$  内部 LDO

MOSFET 的  $R_{DS(on)}$  随温度变化情况

### 10 MOSFET 的 $R_{DS(on)}$ 随温度变化情况

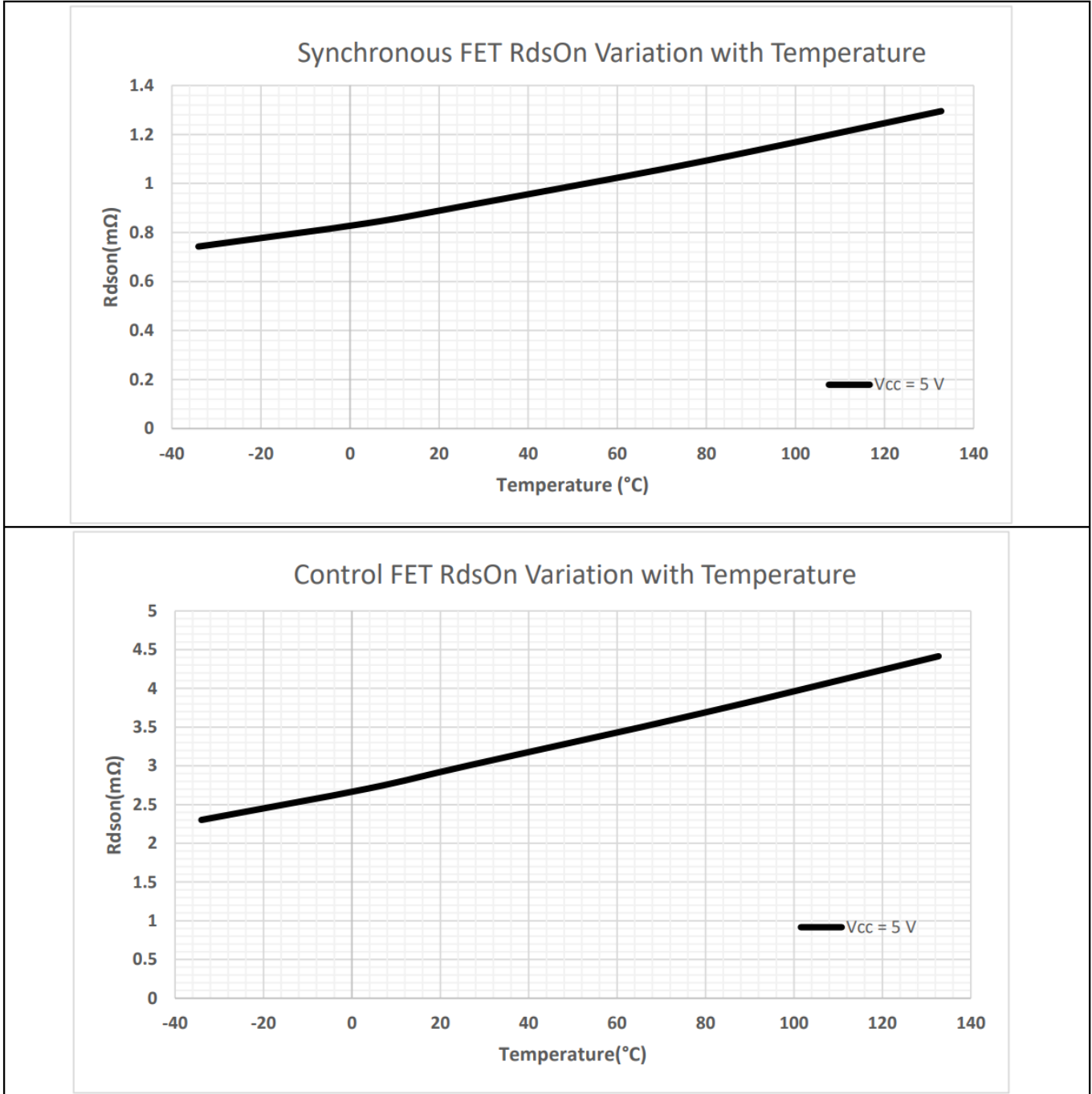


图 10 MOSFET 的  $R_{DS(on)}$  随结温变化情况

典型工作特性 (-40 C ≤ Tj ≤ +125 C)

### 11 典型工作特性 (-40 °C ≤ Tj ≤ +125 °C)

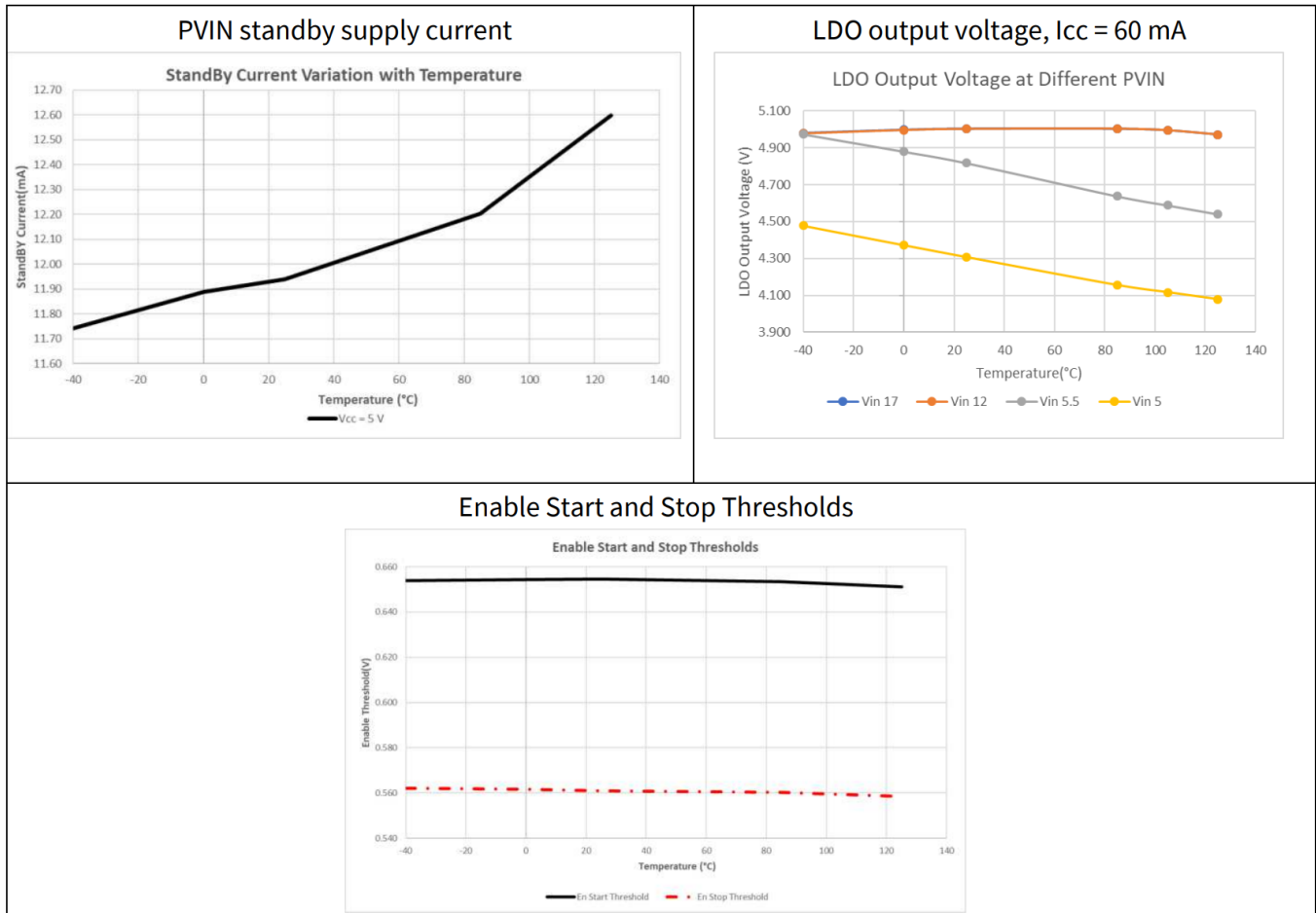


图 11 典型工作特性 (第 1 组, 共 2 组)

典型工作特性 (-40 C ≤ Tj ≤ +125 C)

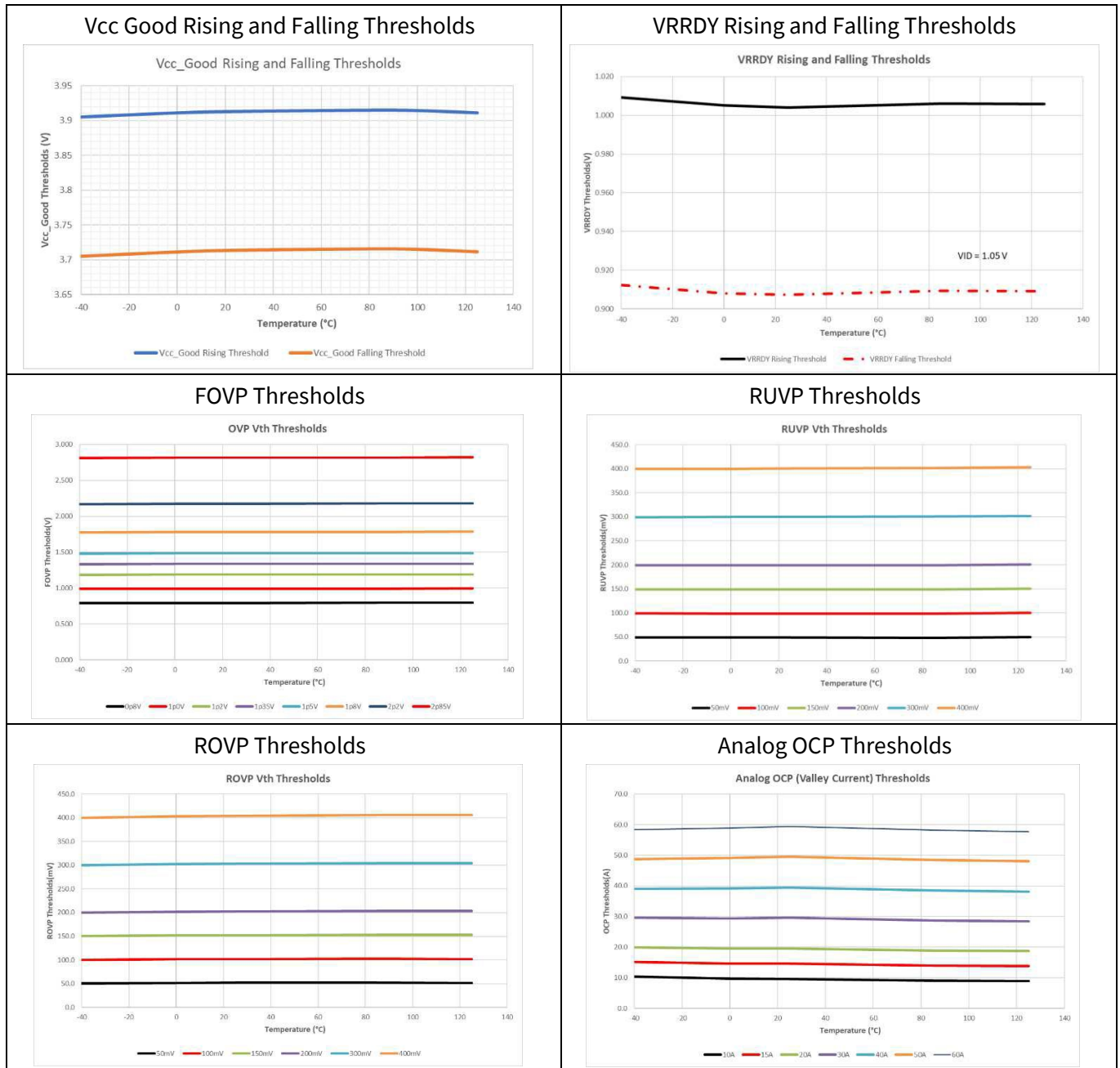


图 12 典型工作特性 (第 2 组, 共 2 组)

## 概述

## 12 概述

TDA38640 是一款易于使用、完全集成的高效直流-直流稳压器，经过优化可将 12 V 输入电源转换为高性能微处理器和 DDR 存储器所需的电压水平。PWM 控制器和集成了自举二极管的 OptiMOS™ FET 使 TDA38640 成为一款小尺寸解决方案，可提供高效的功率传输。使用快速恒定运行时间 (COT) 控制方案可简化设计工作，实现快速控制响应。器件配置可通过英飞凌的 XDP Designer GUI 轻松定义，并存储在片上存储器中。

### 12.1 Intel 工作模式

TDA38640 可用于 Intel® VR12、VR 12.5、VR13、VR14、IMPVP8 设计和 DDR 存储器，而无需对物料清单 (BOM) 进行重大修改。在 MTP 中选择所需的模式，并自动配置引脚输出、VID 表和其他相关功能。这大大缩短了产品上市时间，并消除了管理和库存不同 PWM 控制器的需要。

### 12.2 PMBUS 工作模式

TDA38640 可在 PMBUS 模式下使用。所需的模式可通过寄存器 0x44[15] 在 MTP 的 GUI 中选择。在 PMBUS 模式下，输出电压由 PMBUS VOUT\_COMMAND 命令控制。VOUT\_COMMAND 分辨率可设置为 0.625 mV/lsb、0.977 mV/lsb、1.953 mV/lsb 或 3.906 mV/lsb。输出 DAC 分辨率为 1.25 mV/lsb。用户可通过配置文件对分辨率进行编程。所有支持的 PMBUS 命令的完整列表请参见表 20。更多信息，请参阅应用笔记 AN\_2203\_PL12\_2204\_184108。

### 12.3 多次编程存储器

多次编程存储器 (MTP) 存储器件配置。上电时，MTP 内容被传输到操作寄存器中，供器件运行时访问。MTP 允许在设计和大批量制造过程中进行定制。每次开机时，都会通过循环冗余码 (CRC) 检查验证 MTP 的完整性。如果出现 CRC 错误，控制器将无法启动。

TDA38640-xxxx 允许多达 5 种独特的配置来编程基本器件参数，如频率、故障运行特性和启动电压。与传统的模拟方法相比，这大大节省了体积和元器件。此外，TDA38640 还允许加载多图像（最多 5 个连续的）配置文件，并根据 SM-ADDR/PROG 引脚上的电阻值和指针 (0x00[13:8]) 在上电后自动选择一个唯一的文件。在寄存器映射的 CNFG 部分有一些寄存器，允许用户设置多图像的起点（寄存器 0x0000[13:8]）和多图像配置文件中的图像数（寄存器 0x0000[3:0]）。

TDA38640-xxxx 在单个图像配置文件下可为同一应用成功编程最多 16 次。这项工作应在离线编程期间或通过英飞凌编程解决方案完成。此外，TDA38640 还允许加载多图像配置文件，多图像配置文件最多不超过 5 个。对于任何需要多图像配置的应用，英飞凌将建立定制的部件编号，并在英飞凌生产工厂进行编程。使用 5 图像多图像焊接部件后，可再使用单图像编程两次。

用户仍可访问所有可能的 I2C 从地址。用户必须使用寄存器来完成这项工作。这需要通过将位 0x42[6] 设为 1 来禁用 SM\_ADDR/PROG 引脚的地址偏移功能。因此，I2C 的基地址寄存器 0x40[14:8] 和 PMBus 的 0x40[6:0] 将代表器件的有效从地址。在这种情况下，SM\_ADDR/PROG 实际上只是用于为某一应用选择正确配置文件的 PROG 引脚。例如，对于 14h 的有效 7 位 I2C 地址，寄存器 0x40[14:8] 应设置为 14h。选择有效从地址的第二种方法是使用寄存器 0x40 中的基地址并加上 SM\_ADDR/PROG 引脚选择的偏移量。如表 13 所示，引脚配置

## 概述

限制了应用的偏移能力。

### 12.4 电压检测

目标电压（由 VID 和负载线（如有）定义）与差分感应输出电压（远程感应）之间的差值会产生误差电压。误差电压由高速、高精度 ADC 进行数字化处理。抗混叠滤波器可提供必要的高频噪声抑制功能。每个环路的电压检测电路的增益和偏移均在出厂前经过微调，以达到所需的精度。

为了获得 2.56 V - 3.04 V 范围内的输出电压，需要一个外部反馈电阻网络，器件需要在 VOUT\_SCALE\_LOOP 1:2 模式下运行。反馈电阻值必须等于且小于 500 Ω（推荐值为 499 Ω，E96）。此外，要在 1:2 的 VOUT\_SCALE\_LOOP 中实现严格调节，可在分压的顶端电阻上并联一个 31kΩ（公差为 1%）的电阻。这将补偿模拟前端 (AFE) 电路阻抗造成的误差。

### 12.5 VID 解码器

VID 解码器接收来自 CPU 的 VID 代码，并将其转换为代表 VID 电压的内部代码。8 位 VID 代码支持 Intel® VR13、VR14。此外，根据用户选择的协议 ID，用户还可编程 5 mV 或 10 mV VID 步进。

### 12.6 I2C & PMBus 接口

I2C 或 PMBus 接口用于与 TDA38640 通信。这种两线串行接口由时钟和数据信号组成，运行速度高达 1 MHz。总线提供对内部寄存器的读 & 写访问，用于配置和监控运行参数。总线还用于对片上非易失性存储器 (MTP) 进行编程，以存储运行参数。

为确保总线上多个器件的运行，TDA38640 的基地址被编程到 MTP 中。器件的唯一从地址是器件寄存器中的基地址加上 SM\_ARR/PROG 引脚产生的偏移量（取决于连接到该引脚的电阻值）的组合。另一种方法是将有效的 I2C 地址编程到基地址寄存器中，并通过 USER 部分的一个位禁用 SM\_ADDR/PROG 引脚偏移功能。

为保护客户配置和信息，I2C 接口可配置为有限访问或使用 16 位软件密码锁定。有限访问包括写保护和读保护选项。此外，还有一种只允许从遥测寄存器读取数据的遥测模式。

详情请参阅表 20 中的 PMBus 命令代码。可以通过 MFR\_REG\_ACCESS(D0h) PMBus 命令访问非 PMBus 寄存器（I2C 寄存器）。更多信息请参阅 PMBus 命令文档。将 PMBus 基地址（0x40[6:0]）设为零将禁用 PMBus 接口。如果将 I2C 基地址寄存器 0x40[14:8] 设置为 0，器件将强制进入测试模式。应避免使用保留地址：（0x00 至 0x07）、0x08、0x0c、0x28、0x37、0x61、（0x78 至 0x7F）。该地址下的所有寄存器均受 i2c\_pmb\_addr\_lock 寄存器 0xD4[2] 的保护。有关寄存器映射的更多信息，请参阅应用笔记 AN\_2203\_PL12\_2204\_210835。

### 12.7 英飞凌 XDP Designer GUI

英飞凌 XDP Designer GUI 为设计人员提供了全面的设计环境，包括输入设置、输出设置、遥测、PMBus 接口和 SVID 设置。利用这些工具，设计人员可以监控和设置故障阈值和输出行为的实时系统配置设置。XDP Designer GUI 可对输出电流和功率、输入电流和功率、效率、温度和故障等关键参数进行实时设计监控。图 13 和图 14 显示了 GUI 的主界面以及带有可用参数窗口的设计工具。GUI 作为

# TDA38640 OptiMOS iPOL

## 40A Single-voltage Synchronous Buck Regulator with SVID and I2C



### 概述

Toolbox 工具的一部分，可从英飞凌网站下载。

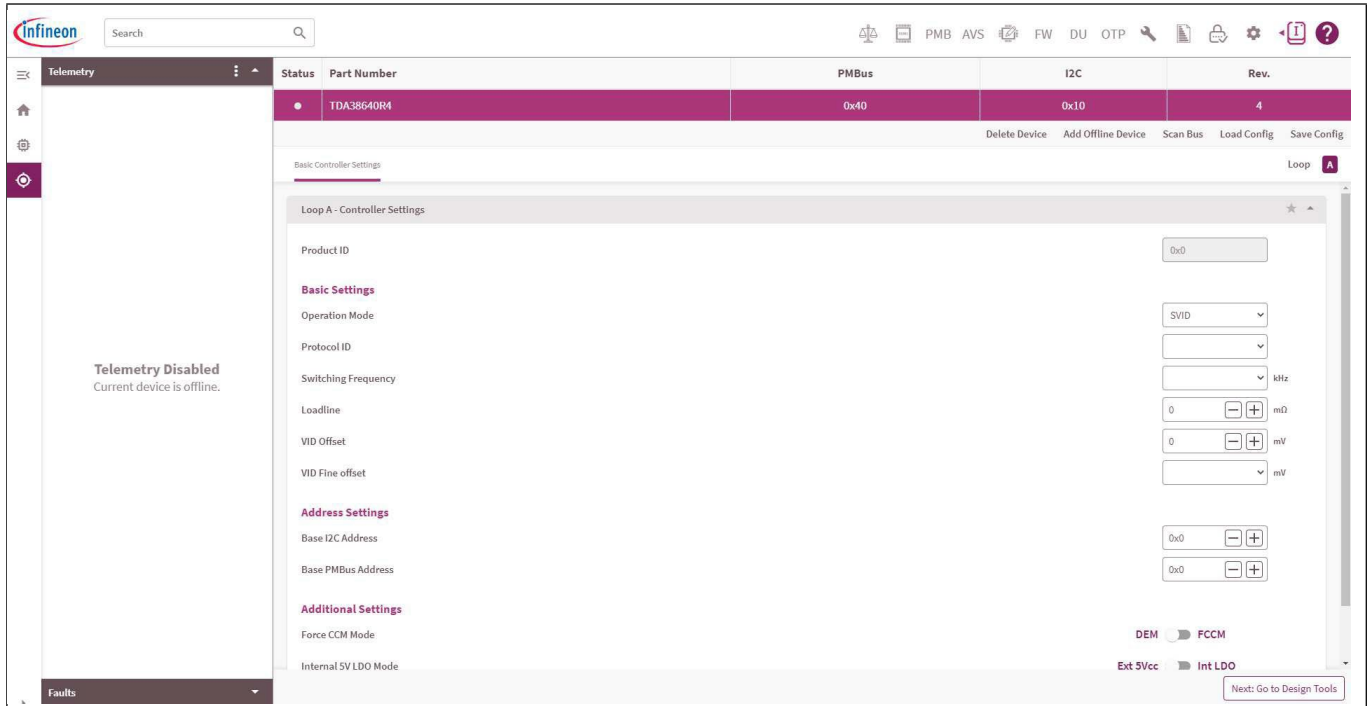


图 13 TDA38640 在离线模式下运行时 XDP Designer GUI 主界面截图

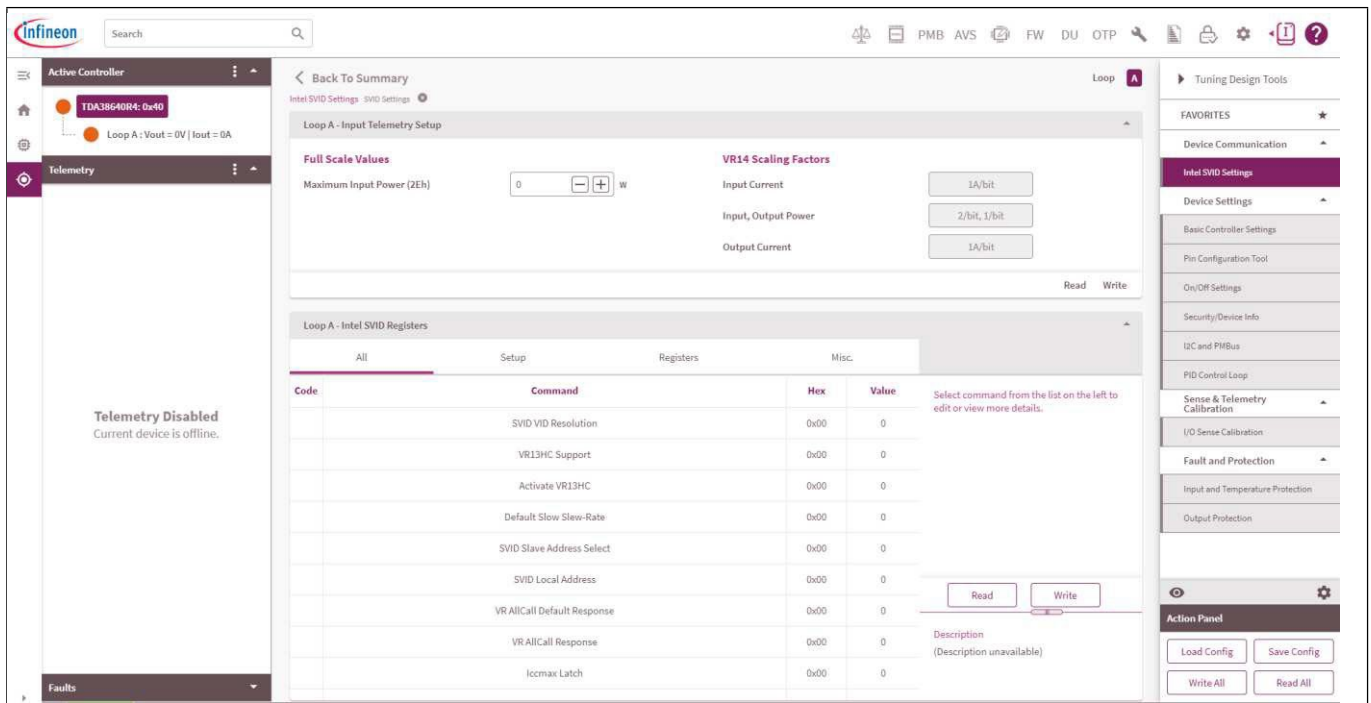


图 14 TDA38640 在离线模式下运行时 XDP Designer GUI 设计工具截图

### 概述

## 12.8 编程

设计完成后，XDP Designer GUI 会生成一个配置文件。这些配置文件可以保存和加载。英飞凌不建议在器件运行产生输出电压时加载新配置文件并对器件进行编程。详情请参阅编程指南 AN\_2204\_PL12\_2204\_185449。

## 12.9 实时监控

通过使用 PMBus 命令代码（如表 20 所述）访问 TDA38640，可读取 VR 系统的实时状态，包括输入电压、输出电压、输入和输出电流、输入和输出功率以及集成电路的温度。

## 工作原理

## 13 工作原理

### 13.1 工作模式

TDA38640 可根据用户选择的工作模式改变其功能，从而使一个器件可用于多种应用，而无需对 BoM 进行重大更改。这大大缩短了用户的设计周期和上市时间 (TTM)。

只需在 MTP 中进行简单选择，就能完全配置每种工作模式的功能。模式配置如表 10 所示。可根据 I2C 寄存器 0x44[12:8] 选择模式，这是一个协议 id 寄存器，用于选择器件使用的 Intel 模式。

表 10 模式选择

Mode	Description
VR14	Intel® VR14 (Selected via MTP)
VR13	Intel® VR13 (Selected via MTP)
VR12.X	Intel® VR12.X (Selected via MTP)

### 13.2 器件上电

一旦 Vcc 高于 3.6 V 的阈值，TDA38640 即可开始通信。一旦将使能信号拉高，器件即开始开关。根据 Vcc 是由外部提供还是使用内部 LDO，推荐的上电顺序如图 15 所示。

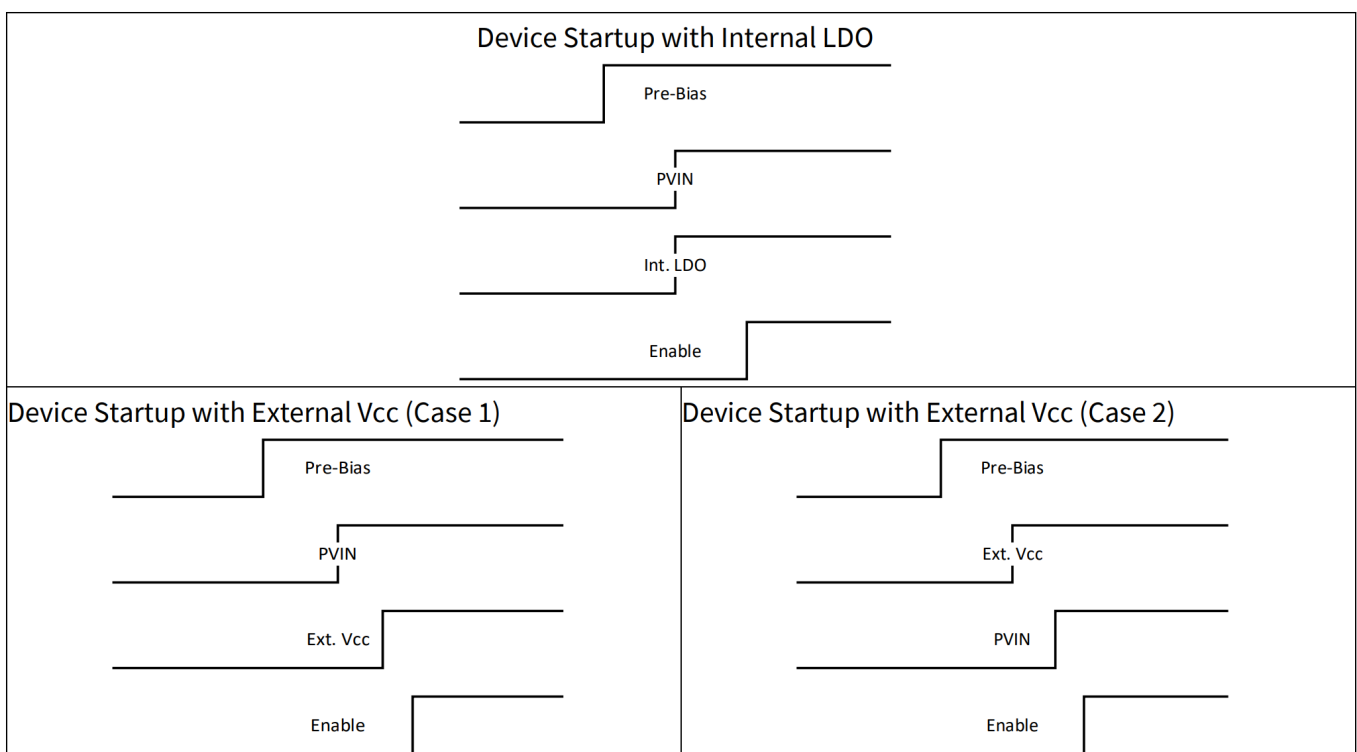


图 15 带预偏压的器件上电序列。

## 工作原理

## 13.3 预偏压启动

TDA38640 能够启动到预充电输出，而不会引起输出电压振荡和干扰，最高可达 0.5V 预偏置电平。

预偏压操作要求是：

- 启动序列应遵循图 15 所示的顺序。
- 应在配置文件中禁用 "输出未使能时关闭模拟电路" 功能（将寄存器 0x6C 的值设置为 0xF240）。

如需预偏压 >0.5 V，请联系英飞凌。

## 13.4 内部低压差 (LDO) 稳压器

TDA38640 集成了低压差 LDO 稳压器，为内部电路提供偏置电压。当 Vcc UVLO 启动阈值和使能电压高于使能阈值时，软启动序列启动。当使用内部 LDO 进行单轨运行时，PVIN 在内部充当 LDO 模块的输入。为了节省 LDO 的功率损耗，可将外部偏置电压连接到 VCC/LDO 引脚。此外，建议将 0x64[3] 设置为 1，这将禁用内部 LDO 操作。图 16 说明了 VCC/LDO 和 PVIN 引脚的可能配置。

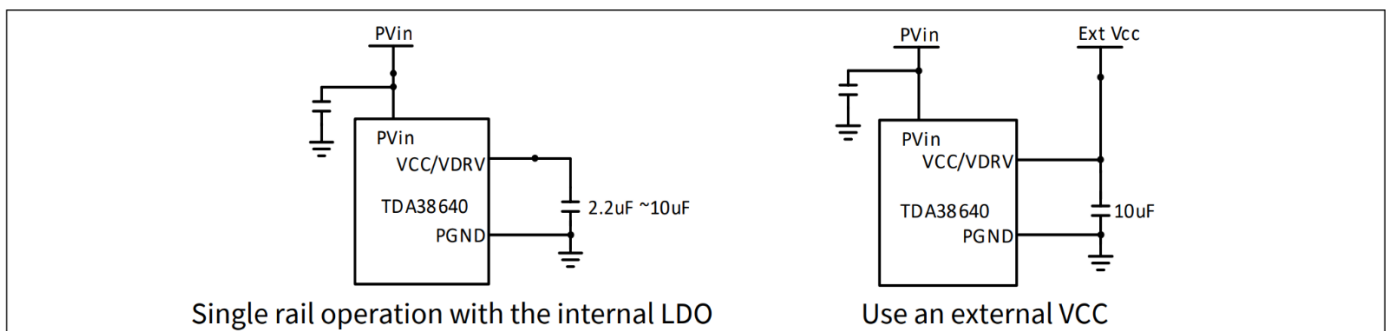


图 16 使用内部 LDO 或外部 VCC 的配置。

## 13.5 快速恒定导通时间控制

TDA38640 采用专有的快速恒定导通时间 (COT) 控制，可提供快速的负载瞬态响应、良好的输出调节并最大限度减少设计工作量。快速 COT 控制将输出电压  $V_o$  与一个结合内部斜坡信号的底限电压进行比较。当  $V_{out}$  降到该信号以下时，PWM 信号被触发，使高边 FET 以固定导通时间开启。底限电压由内部补偿误差放大器产生，该放大器将  $V_{out}$  与参考电压进行比较。与传统的 COT 控制相比，快速 COT 控制大大提高了输出电压的调节能力。

## 13.6 使能 (EN) 引脚

EN 引脚控制 TDA38640 的开/关状态。当 VCC/LDO 电压升至 VCC\_UVLO\_Start 阈值以上时，软启动序列启动。当 VCC 电压降至 VCC\_UVLO\_Stop 以下并升至 VCC\_UVLO\_Start 阈值以上时，需要切换 EN 电压，以启动软启动序列。

EN 引脚有四种配置方式。其中三种如图 17 所示。第一种配置是外部逻辑信号。第二种可能的配置是通过电阻分压器  $R_{EN1}$  和  $R_{EN2}$  从 PVIN 电压获得使能信号。第三种配置是将 EN 直接连接到 PVIN 引脚。这在空间有限的应用中非常有用。第四种配置是通过 PMBus 寄存器 0x204[7:0]，利用 PMBus 线路进行控制。TDA38640 利用 PMBus ON\_OFF\_CONFIG 命令与操作命令、寄存器 0x202[7:0]，以数字方式控制使能。

## 工作原理

通过这种方式，可以在硬件使能与软件使能之间建立优先级。更多信息请参见 PMBus 应用笔记 AN\_2203\_PL12\_2204\_184108。

如果不使用，EN 引脚可保持浮动。集成电路内部有一个 1 MΩ 的下拉电阻。

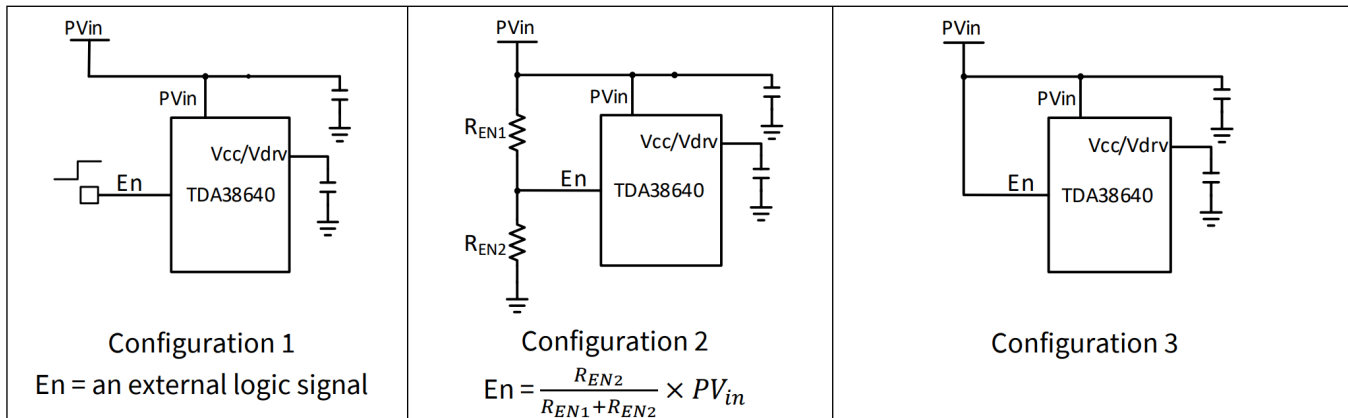


图 17 使能配置

## 13.7 开关频率和 FCCM/DEM 工作模式

TDA38640 提供两种工作模式：强制连续导通 (FCCM) 和二极仿真模式 (DEM)。使用 FCCM 时，TDA38640 始终作为同步降压转换器工作，开关频率为假定恒定，因此输出电压纹波很小。在 DEM 中，当电感电流接近于零时，同步 FET 会关闭，从而降低开关频率，提高轻负载时的效率。在重载情况下，FCCM 和 DEM 的工作方式相同。可通过位 0x5A [1] 选择工作模式。该位为 1 时，器件被编程为 FCCM 模式。该位为 0 时，器件被编程为 DEM 模式。需要注意的是，工作模式的选择不能随意更改。如需加载新配置，需要循环 EN 或 VCC 电压。

通过使用 I2C 线路编辑 PMBus 寄存器 0x266[16:0]，TDA38640 可提供从 400 kHz 到 2 MHz（不包括 1600 kHz）的八个可编程开关频率  $f_{sw}$ 。根据所选的  $f_{sw}$ ，TDA38640 可为给定的  $PV_{in}$  和  $V_o$  生成相应的控制 FET 导通时间，如下式所示。

$$T_{on} = \frac{V_o}{PV_{in}} \times \frac{1}{f_{sw}}$$

其中  $f_{sw}$  为所需的开关频率。工作期间，TDA38640 会监控  $PV_{in}$  和  $V_o$ ，并自动调整导通时间以保持预选的  $f_{sw}$ 。随着负载的增加，开关频率也会增加，以补偿功率损耗。因此，TDA38640 具有假定恒定开关频率。

如需加载新的 TON/MODE 配置，需要循环 EN 或 VCC 电压。

使用 FREQUENCY\_SWITCH PMBus 命令，开关频率可在 400 kHz 至 2 MHz 之间编程，步进为 200Hz（1600Hz 除外）。

## 13.8 Intel 模式

当上电序列启动且 VBOOT 设置为大于 0 V 时，输出电压将上升至配置的启动电压，并拉高 VRRDY。到 VBOOT 的压摆率根据 VID\_FAST/VID\_SLOW 命令进行编程。

## 工作原理

如果  $V_{boot} = 0V$ ，则 VR 将保持  $0V$ ，在 CPU 向环路发出 VID 命令之前不会进行软启动。在 VR13 模式下，一旦集成电路准备好进行 SVID 通信且  $V_{boot} = 0V$ ，SV\_ALERT# 将会被拉高。

### 13.8.1 Intel 启动模式

TDA38640  $V_{boot}$  电压可在 MTP 中完全编程，达到 Intel VID 表中指定的范围。表 11 和表 12 分别显示了  $5mV$  和  $10mV$  VID 级的 Intel VID 表。

### 13.8.2 Intel SVID 接口

TDA38640 实现了完全兼容 Intel® VR 13、VR12、VR 12.5 和 VR14 串行 VID (SVID) 接口。这是 Intel 处理器 & VR 之间的 3 线接口，由时钟、数据和 alert# 组成。

TDA38640 根据 Intel 规格实现了所有必要的 SVID 寄存器和命令。对于所选的 Intel 模式，TDA38640 还实现了大部分可选命令和寄存器，只有极少数例外。Intel CPU 能够检测并识别 TDA38640 所提供的额外功能，从而使 Intel® VR 14/13/12/12.5CPU 具有无与伦比的能力来检测并优化其功率。

TDA38640 的 SVID 地址默认为  $0$ ，可以在 MTP 中重新编程。地址锁定功能可防止地址被意外覆盖。

下面的伪代码说明了 MTP 地址编程：

```
# unlock the address register to write, then lock
Set Address_lock_bit=0
Write new SVID address
```

### 13.8.3 All Call 支持

TDA38640 每个环路的全 Call 均可按以下方式配置：

- $0E$  和  $0F$ 。
- 仅  $0E$ 。
- 仅  $0F$ 。
- 无 All Call

TDA38640 可配置为 CPU 的 VR（使用 All Call  $0F$ ）或存储器的 VR（使用 All Call  $0E$ ）。

### 13.8.4 VR13 工作模式

VR 13 模式可通过 MTP 位 ( $0x44[12:8]$ ) 进行选择。VR 13 模式下的启动电压在启动寄存器中配置。在 VR 13 模式下，启动电压可按  $5mV$  或  $10mV$  步进配置。

### 13.8.5 VR14 工作模式

VR 14 模式可通过 MTP 位 ( $0x44[12:8]$ ) 进行选择。VR 14 模式下的启动电压在启动寄存器中配置。在 VR 14 模式下，启动电压可按  $5mV$  或  $10mV$  步进配置。

## 工作原理

## 13.8.6 设置工作点

TDA38640 支持 SVID Set WP 命令，可通过所有调用地址设置所有轨的 VID 电压。当处理器发出 Set WP 命令时，VR 的所有轨都会恢复到 WP 寄存器中编码的相应新设置电压。在设定工作点运行期间，所有导轨的转换斜率和电源状态相同。

表 11 Intel 5mV VID 表 (VR14 和 VR13)

VID (Hex)	Voltage (V)	VID (Hex)	Voltage (V)	VID (Hex)	Voltage (V)	VID (Hex)	Voltage (V)	VID (Hex)	Voltage (V)
FF	1.52	DA	1.335	B5	1.15	90	0.965	6B	0.78
FE	1.515	D9	1.33	B4	1.145	8F	0.96	6A	0.775
FD	1.51	D8	1.325	B3	1.14	8E	0.955	69	0.77
FC	1.505	D7	1.32	B2	1.135	8D	0.95	68	0.765
FB	1.5	D6	1.315	B1	1.13	8C	0.945	67	0.76
FA	1.495	D5	1.31	B0	1.125	8B	0.94	66	0.755
F9	1.49	D4	1.305	AF	1.12	8A	0.935	65	0.75
F8	1.485	D3	1.3	AE	1.115	89	0.93	64	0.745
F7	1.48	D2	1.295	AD	1.11	88	0.925	63	0.74
F6	1.475	D1	1.29	AC	1.105	87	0.92	62	0.735
F5	1.47	D0	1.285	AB	1.1	86	0.915	61	0.73
F4	1.465	CF	1.28	AA	1.095	85	0.91	60	0.725
F3	1.46	CE	1.275	A9	1.09	84	0.905	5F	0.72
F2	1.455	CD	1.27	A8	1.085	83	0.9	5E	0.715
F1	1.45	CC	1.265	A7	1.08	82	0.895	5D	0.71
F0	1.445	CB	1.26	A6	1.075	81	0.89	5C	0.705
EF	1.44	CA	1.255	A5	1.07	80	0.885	5B	0.7
EE	1.435	C9	1.25	A4	1.065	7F	0.88	5A	0.695
ED	1.43	C8	1.245	A3	1.06	7E	0.875	59	0.69
EC	1.425	C7	1.24	A2	1.055	7D	0.87	58	0.685
EB	1.42	C6	1.235	A1	1.05	7C	0.865	57	0.68
EA	1.415	C5	1.23	A0	1.045	7B	0.86	56	0.675
E9	1.41	C4	1.225	9F	1.04	7A	0.855	55	0.67
E8	1.405	C3	1.22	9E	1.035	79	0.85	54	0.665
E7	1.4	C2	1.215	9D	1.03	78	0.845	53	0.66
E6	1.395	C1	1.21	9C	1.025	77	0.84	52	0.655
E5	1.39	C0	1.205	9B	1.02	76	0.835	51	0.65
E4	1.385	BF	1.2	9A	1.015	75	0.83	50	0.645
E3	1.38	BE	1.195	99	1.01	74	0.825	4F	0.64
E2	1.375	BD	1.19	98	1.005	73	0.82	4E	0.635
E1	1.37	BC	1.185	97	1	72	0.815	4D	0.63
E0	1.365	BB	1.18	96	0.995	71	0.81	4C	0.625
DF	1.36	BA	1.175	95	0.99	70	0.805	4B	0.62
DE	1.355	B9	1.17	94	0.985	6F	0.8	4A	0.615

## 工作原理

VID (Hex)	Voltage (V)	VID (Hex)	Voltage (V)	VID (Hex)	Voltage (V)	VID (Hex)	Voltage (V)	VID (Hex)	Voltage (V)
DD	1.35	B8	1.165	93	0.98	6E	0.795	49	0.61
DC	1.345	B7	1.16	92	0.975	6D	0.79	48	0.605
DB	1.34	B6	1.155	91	0.97	6C	0.785	47	0.6
46	0.595	37	0.52	28	0.445	19	0.37	0A	0.295
45	0.59	36	0.515	27	0.44	18	0.365	09	0.29
44	0.585	35	0.51	26	0.435	17	0.36	08	0.285
43	0.58	34	0.505	25	0.43	16	0.355	07	0.28
42	0.575	33	0.5	24	0.425	15	0.35	06	0.275
41	0.57	32	0.495	23	0.42	14	0.345	05	0.27
40	0.565	31	0.49	22	0.415	13	0.34	04	0.265
3F	0.56	30	0.485	21	0.41	12	0.335	03	0.26
3E	0.555	2F	0.48	20	0.405	11	0.33	02	0.255
3D	0.55	2E	0.475	1F	0.4	10	0.325	01	0.25
3C	0.545	2D	0.47	1E	0.395	0F	0.32	00	0
3B	0.54	2C	0.465	1D	0.39	0E	0.315		
3A	0.535	2B	0.46	1C	0.385	0D	0.31		
39	0.53	2A	0.455	1B	0.38	0C	0.305		
38	0.525	29	0.45	1A	0.375	0B	0.3		

表 12 Intel 10mV VID 表 (VR14 和 VR13)

VID (Hex)	Voltage (V)	VID (Hex)	Voltage (V)	VID (Hex)	Voltage (V)	VID (Hex)	Voltage (V)	VID (Hex)	Voltage (V)
FF	3.04	DC	2.69	B9	2.34	96	1.99	73	1.64
FE	3.03	DB	2.68	B8	2.33	95	1.98	72	1.63
FD	3.02	DA	2.67	B7	2.32	94	1.97	71	1.62
FC	3.01	D9	2.66	B6	2.31	93	1.96	70	1.61
FB	3.00	D8	2.65	B5	2.30	92	1.95	6F	1.60
FA	2.99	D7	2.64	B4	2.29	91	1.94	6E	1.59
F9	2.98	D6	2.63	B3	2.28	90	1.93	6D	1.58
F8	2.97	D5	2.62	B2	2.27	8F	1.92	6C	1.57
F7	2.96	D4	2.61	B1	2.26	8E	1.91	6B	1.56
F6	2.95	D3	2.60	B0	2.25	8D	1.90	6A	1.55
F5	2.94	D2	2.59	AF	2.24	8C	1.89	69	1.54
F4	2.93	D1	2.58	AE	2.23	8B	1.88	68	1.53
F3	2.92	D0	2.57	AD	2.22	8A	1.87	67	1.52
F2	2.91	CF	2.56	AC	2.21	89	1.86	66	1.51
F1	2.90	CE	2.55	AB	2.20	88	1.85	65	1.50
F0	2.89	CD	2.54	AA	2.19	87	1.84	64	1.49
EF	2.88	CC	2.53	A9	2.18	86	1.83	63	1.48

## 工作原理

VID (Hex)	Voltage (V)	VID (Hex)	Voltage (V)	VID (Hex)	Voltage (V)	VID (Hex)	Voltage (V)	VID (Hex)	Voltage (V)
EE	2.87	CB	2.52	A8	2.17	85	1.82	62	1.47
ED	2.86	CA	2.51	A7	2.16	84	1.81	61	1.46
EC	2.85	C9	2.50	A6	2.15	83	1.80	60	1.45
EB	2.84	C8	2.49	A5	2.14	82	1.79	5F	1.44
EA	2.83	C7	2.48	A4	2.13	81	1.78	5E	1.43
E9	2.82	C6	2.47	A3	2.12	80	1.77	5D	1.42
E8	2.81	C5	2.46	A2	2.11	7F	1.76	5C	1.41
E7	2.80	C4	2.45	A1	2.10	7E	1.75	5B	1.40
E6	2.79	C3	2.44	A0	2.09	7D	1.74	5A	1.39
E5	2.78	C2	2.43	9F	2.08	7C	1.73	59	1.38
E4	2.77	C1	2.42	9E	2.07	7B	1.72	58	1.37
E3	2.76	C0	2.41	9D	2.06	7A	1.71	57	1.36
E2	2.75	BF	2.40	9C	2.05	79	1.70	56	1.35
E1	2.74	BE	2.39	9B	2.04	78	1.69	55	1.34
E0	2.73	BD	2.38	9A	2.03	77	1.68	54	1.33
DF	2.72	BC	2.37	99	2.02	76	1.67	53	1.32
DE	2.71	BB	2.36	98	2.01	75	1.66	52	1.31
DD	2.70	BA	2.35	97	2.00	74	1.65	51	1.30
50	1.29	3E	1.11	2C	0.93	1A	0.75	08	0.57
4F	1.28	3D	1.10	2B	0.92	19	0.74	07	0.56
4E	1.27	3C	1.09	2A	0.91	18	0.73	06	0.55
4D	1.26	3B	1.08	29	0.90	17	0.72	05	0.54
4C	1.25	3A	1.07	28	0.89	16	0.71	04	0.53
4B	1.24	39	1.06	27	0.88	15	0.70	03	0.52
4A	1.23	38	1.05	26	0.87	14	0.69	02	0.51
49	1.22	37	1.04	25	0.86	13	0.68	01	0.50
48	1.21	36	1.03	24	0.85	12	0.67	00	0
47	1.20	35	1.02	23	0.84	11	0.66		
46	1.19	34	1.01	22	0.83	10	0.65		

### 13.9 编程引脚 (SM\_ADDR/PROG)

该引脚上的接地电阻既可设置固定的 I2C 从地址偏移，也可在上电期间从 OTP 中的 5 个可能配置文件中选择配置。如表 13 所示，SM\_ADDR 引脚根据连接到 SM\_ADDR/PROG 引脚的电阻选择偏移量。PROG 功能的使用如下表 13 所示。对于任何需要多图像编程的应用，请联系英飞凌。更多信息请参见第 12.3 节。

## 工作原理

表 13 SM\_ADDR/PROG 引脚在位置 0 处配置 0 开始的连续图像

Resistor to GND (kΩ)	PROG Functionality	SM_ADDR Functionality: Offset from the Base Address	Programmability Access for Multi-image config file
SHORT	CONFIG0	0	Please refer to Section 12.3 for more details on single image and multi-image programming
5.62	CONFIG1	1	
9.53	CONFIG2	2	
14	CONFIG3	3	
21	CONFIG4	4	
30.1	CONFIG5	5	
36.5	CONFIG6	6	
43.2	CONFIG7	7	
51.1	CONFIG8	8	
61.9	CONFIG9	9	
75	CONFIG10	10	
88.7	CONFIG11	11	
105	CONFIG12	12	
127	CONFIG13	13	
150	CONFIG14	14	
FLOAT	CONFIG15	15	

### 13.10 软启动

软启动功能被定义为支持 SVID 的软启动命令，其中 SetVID\_Slow (0x44[1:0]) 和 SetVID\_Fast (0x46[15:12]) 命令用于将软启动时序设置为 VID。

### 13.11 负载线

TDA38640 提供数字负载线，可通过配置寄存器进行设置，无需外部元器件。使用 VOUT\_DROOP 命令 0x250[15:0] 可对负载线进行 0 至 10 mΩ 的编程，分辨率为 19.53 μΩ。VOUT\_DROOP 的量程和分辨率可通过使用 loadline\_range\_sel 0x6A [6] 位增加到 0 至 50 mΩ，分辨率为 100 μΩ。此外，数字负载线的带宽也可通过寄存器 0x6A [3:0] 的 4 位以 30 kHz 为单位从 30 kHz 到 500 kHz 进行编程。

### 13.12 输出电压差分检测

TDA38640 VSEN 和 VRTN 引脚跨接在负载附近的输出电容上，以提供具有高共模抑制能力的真正差分远程电压检测。快速 COT 控制将输出电压与结合了内部斜坡信号的底限电压进行比较。当 Vout 电压低于该信号时，PWM 信号被触发，使高边 FET 以固定导通时间开启。底限电压由内部补偿误差放大器产生，该放大器将 Vout 与参考电压进行比较。如图 18 所示，输出检测引脚 VOSEN<sub>P</sub> 和 VOSEN<sub>M</sub> 跨输出电容连接。

## 工作原理

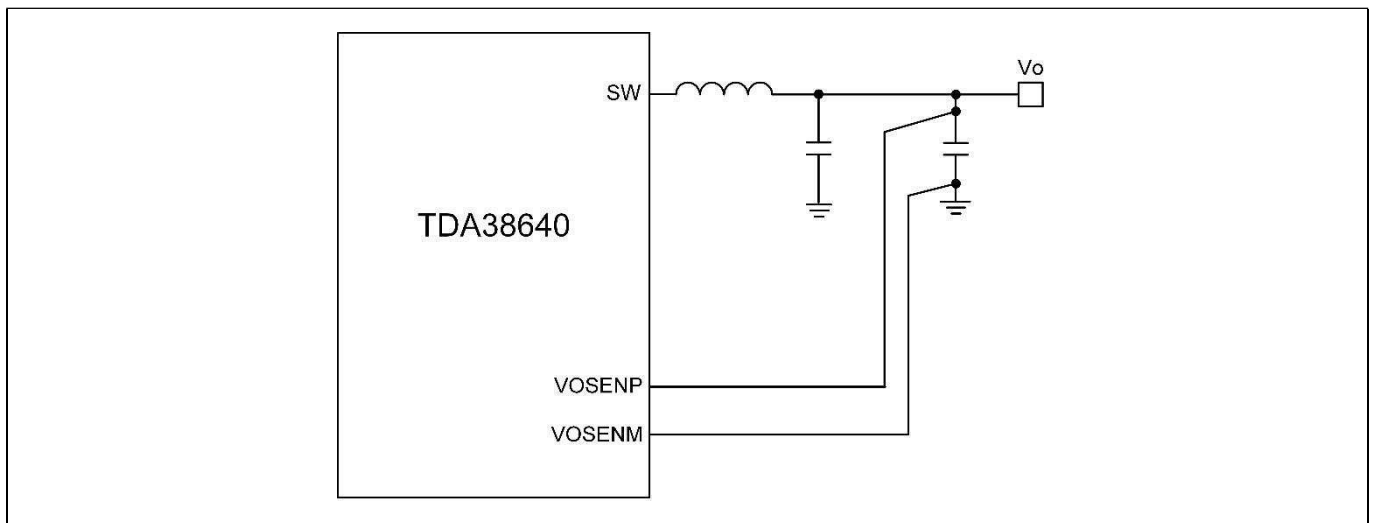


图 18 输出电压检测连接

## 13.13 输入电流检测

TDA38640 可以使用检流电阻的测量值测量输入电流，和/或使用其他已知变量计算输入电流。输入电流检测模式由寄存器 `iin_sense_mode` 控制，选项见表 14。

表 14 寄存器 `iin_sense_mode` 选项。

Value	Mode
3, 2	Calculated and external resistor sense
1	External resistor sense
0	Calculated

"无损输入电流估算" 方案可准确计算实际输入电流，因为它知道每相的输出电流、输出电压、输入电压和脉冲宽度的值。因此无需使用专用分流器。IINSEN 引脚还可省去额外的元器件，从而简化电路板布局。当在部件中使用该功能进行输入电流检测时，建议寄存器 `iin_sense_mode` 的值为 1。若在某一轨应用中需要禁用该功能，寄存器 `iin_sense_mode` 应设置为 0。

寄存器 `iin_rsense_value` 控制用于检测的外部电阻值。此外，用户还可分别通过 `iin_offset_user` (0x66[13:8]) 和 `iin_gain_user` (0x66[7:4]) 寄存器进行偏移和增益校正。

表 15 总结了 `iin_rsense_value` (0x66[3:0]) 中可用的外部电阻值。

图 19 显示了典型应用中输入电流检测的通用应用电路。

表 15 寄存器 `iin_rsense_value` 中可用的外部输入电流检测电阻。

Value	Threshold	Value	Threshold
11-15	10 mΩ	5	4 mΩ
10	9 mΩ	4	3 mΩ
9	8 mΩ	3	2 mΩ
8	7 mΩ	2	1 mΩ

## 工作原理

Value	Threshold	Value	Threshold
7	6 mΩ	1	0.5 mΩ
6	5 mΩ	0	0.2 mΩ

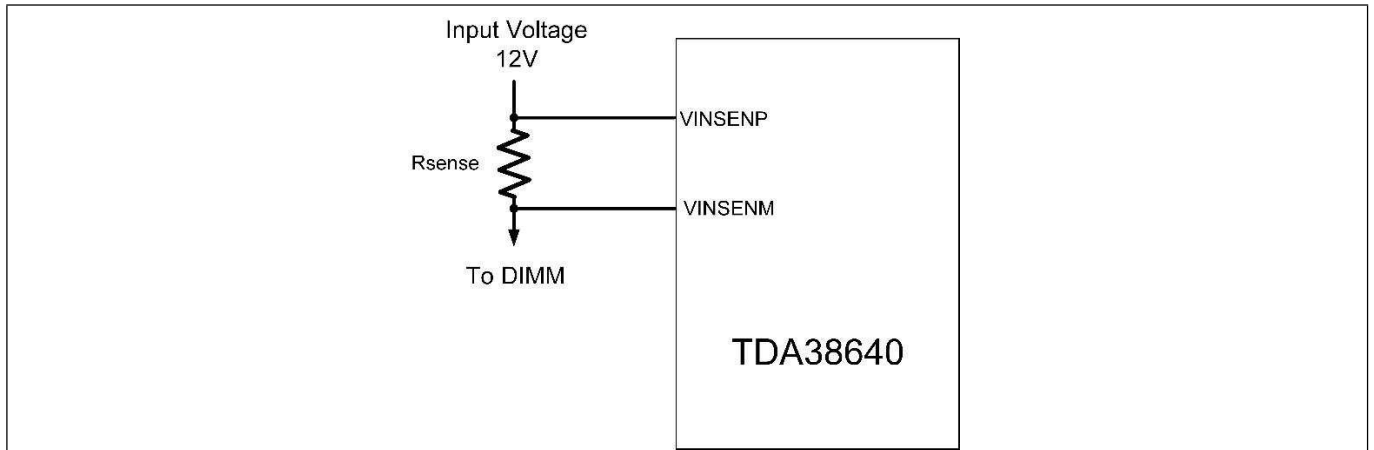


图 19 使用外部分流器检测输入电流

## 13.14 CAT\_FAULT# 和 VRRDY

TDA38640 支持 CAT\_FAULT 功能。这是一个额外的故障指示，系统可以利用它来采取行动。CAT\_FAULT 是漏极开路输出，在系统中被拉高至 3.3 V。发生故障时，该低电平有效信号将被拉低。触发条件见表 16。VR14 PWM 文件对该功能做了进一步定义。CAT\_FAULT# 在启动期间因高边短路而被拉低。要在使用外部 Vcc 时复位 CAT\_FAULT#，必须将 PVIN 循环至 4.0V 以下。对于使用内部 LDO 的轨，需要一个 PVIN 周期来复位 CAT\_FAULT#。

VRRDY 相当于 Intel 的 PGOOD。Intel VR14 PWM 文件详细定义了信号的电气特性。它是一个漏极开路输出，上拉至 3.3 V。当上电序列启动且 VBOOT 设置为大于 0V 时，输出电压将上升至配置的启动电压，并拉高 VRRDY。

表 16 VRRDY 和 CAT\_FAULT# 对故障的响应

Type of Fault	VRRDY Pin Functionality	CATFLT# Pin Functionality	Device Behavior after event
OVP	This pin is de-asserted	This pin is asserted	Latched Shutdown
OCP	This pin is de-asserted	This pin is asserted	Latched Shutdown
UVP	This pin is de-asserted	This pin is asserted	Latched Shutdown
Boot UVLO	This pin is de-asserted	This pin is asserted	Latched Shutdown
Vcc UVLO	This pin is de-asserted	This pin is asserted	Latched Shutdown
OTP	This pin is de-asserted	This pin is asserted	Latched Shutdown

## 故障和保护

## 14 故障和保护

### 14.1 过流保护 (OCP)

TDA38640 具有两级 OCP 保护：模拟 OCP (AOCP) 和数字 OCP (DOCP)。AOCP 电流限制基于谷值电感器电流，而 DOCP 则基于平均电流信息。AOCP 是一种快速故障响应，应设置为可防止器件发生故障的值。

该方案可根据同步 FET RDS(on) 上检测到的电压重建电感器电流。值得注意的是，ADC 将重建的平均电感电流数字化，并将其用于输出电流报告。

过流 (OC) 故障保护电路也使用同步 MOSFET 的 RDS(on) 两端检测到的电压；不过，保护机制依靠快速比较器将检测到的信号与过流阈值进行比较，而不依赖于 ADC 或报告的电流。限流方案采用内部温度补偿电流源，其温度系数与同步 MOSFET 的 RDS(on) 相同。因此，过流跳闸阈值在温度范围内几乎保持不变。

可以通过寄存器映射中的三个位 (aocp\_thresh\_sel [0:2]) 访问 TDA38640 AOCP。数字 OCP (DOCP) 通过 PMBus 寄存器 IOUT\_OC\_FAULT\_LIMIT 提供，响应由 IOUT\_OC\_FAULT\_RESPONSE 决定。可用的响应包括关断、重试 6 次并锁定或无限期重试。故障指示可在 PMBus 的 STATUS\_IOUT 寄存器中查看。

AOCP 应在软启动和正常运行（包括 FCCM 和 DEM 模式）期间启用。当越过 AOCP 时，低边 MOSFET 将在剩余周期内继续保持导通，接下来的高边脉冲将被忽略，以允许电感得以释放能量（跳过脉冲）。如果在 PWM 脉冲的上升沿检测到 AOCP 条件，高边仍将被阻止开启，脉冲将被跳过。

如果电流仍高于 AOCP 阈值，则高边将继续被忽略。10 计数器用于计数 10 次 AOCP 事件，然后向数字块发送信号以执行编程响应。计数器在连续发生 3 次非 OCP 事件后复位。计数发生在电流谷点。请注意，跳过脉冲时 COT 开关频率会降低。图 20 是一个 AOCP 响应示例。

逐周期 OCP 响应允许 TDA38640 满足短暂的大电流需求，例如启动时的高浪涌电流。输出压摆率和输出电容会影响启动期间的 AOCP。在较高的空载输出电压下，较高的压摆率或较高的输出电容可能会在启动时触发 AOCP。应增加 TON\_RISE 时间或减少输出电容，以避免误触发 AOCP。

当 EN 电压高于其阈值时，AOCP 激活。在 AOCP 事件期间，电感电流谷值围绕 AOCP 限值进行调节。但在 AOCP 跳闸的第一个开关周期内，电感电流的谷值可能会略低于 AOCP 限值。需要注意的是，除非输出电压最终降至欠压保护 (UVP) 阈值以下并触发 UVP，否则 AOCP 事件不会将 VRRDY 信号拉低。图 20 也显示了响应情况。

OCP 限值经过热补偿。相应的输出直流电流可按下式计算：

$$I_{out\_OCP} = I_{LIM} + \frac{\Delta i_L}{2}$$

其中： $I_{out\_OCP}$  = AOCP 跳闸时的输出直流电流。 $I_{LIM}$  = AOCP 限值，即电感电流的谷值。

$\Delta i_L$  = 峰值电感纹波电流。

为避免在 AOCP 事件期间出现电感器饱和，建议采用以下标准来确定电感器的饱和电流额定值。

$$I_{sat} \geq I_{LIM\_max} + \Delta i_L$$

## 故障和保护

其中： $I_{sat}$  是电感器饱和电流， $I_{LIM\_max}$  是 AOCV 限值的最大规格。

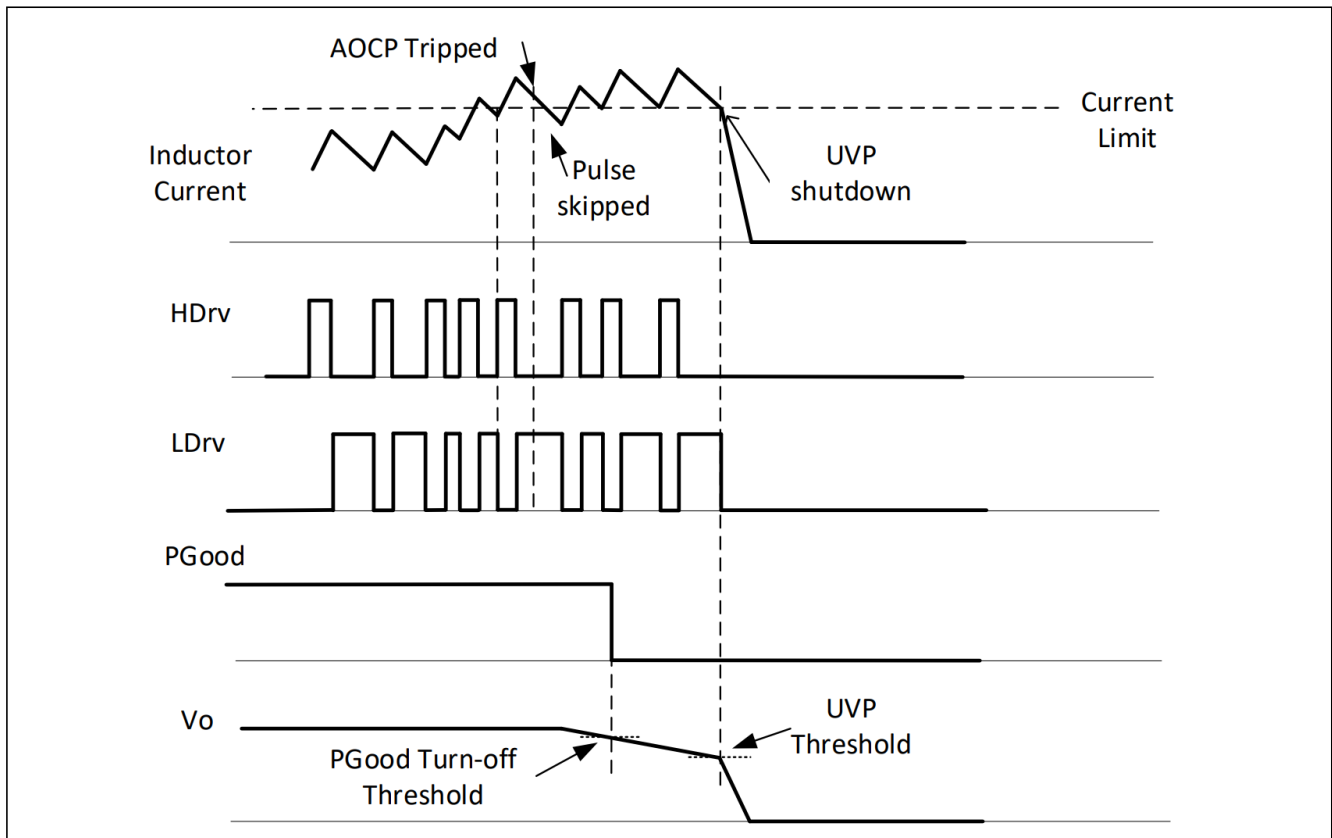


图 20 AOCV 响应时序图。

## 14.2 输出欠压保护 (UVP)

TDA38640 UVP 响应是一个相对限值，可配置为 50 mV 至 400 mV，步进为 50 mV。限值通过 VOUT\_UV\_FAULT\_LIMIT PMBus 命令进行编程，响应通过 VOUT\_UV\_FAULT\_RESPONSE 命令进行编程。此外，还可以通过访问通用重映射空间中的 I2C 寄存器，对部件的 UVP 限值进行编程。UVP 阈值通过 relative\_uvp\_thresh\_en (0x5E [15]) 位启用，电平通过 relative\_uvp\_thresh [2:0] (0x5E [10:8]) 位设置。可能的响应有忽略、关断和无限重试。可使用 disable\_relative\_UVP(0x60[14]) 位禁用相对 UVP。

当 UVP 故障被触发时，会触发一个标志，部件将处于三态，直到使用 PMBus CLEAR\_FAULTS 命令清除标志，并通过循环 Vcc 或 EN 信号再次启动部件。关断响应需要将两个 MOSFET 三态化，并通过输出端的放电电阻或低边 FET 的体二极管对输出放电。

如果将响应设置为重试，则一旦触发 UVP 故障，将立即启动用户定义的计时器（1 毫秒至 8 毫秒，步进为 1 毫秒），并将输出设置为三态。计时器结束时，将根据 250 mV 的固定电平检查输出。如果输出低于该电压，则启动程序启动，否则计时器重置，输出三态继续（两个 MOSFET 均为三态）。

在电压转换（Vboot、DVID 升高和/或降低）期间，可使用寄存器位 blank\_uv\_sel [1:0] 解除 UVP 保护。表 17 列出了该寄存器的选项。

表 17 通过寄存器 blank\_uv\_sel (0x60[11:10]) 进行可选的 UVP 消隐。

## 故障和保护

sel	Description
3	blank UV faults during DVID up or down (including Vboot)
2	blank UV faults during DVID up (including Vboot)
1	blank UV faults during Vboot
0	no UV fault blanking

### 14.3 过压保护 (OVP)

OVP 响应分为两个部分：固定 OVP (FOVP) 和相对 OVP (ROVP)。固定 OVP 通常用于启动、所有 DVID 和 EN 低电平时。ROVP 涵盖运行期间的所有其他情况。图 21 描述了使用 FOVP 和 ROVP 的示例。

FOVP 有 8 个不同的电平 (0.8 V、1 V、1.2 V、1.35 V、1.5 V、1.8 V、2.2 V 和 2.85 V)，VOUT\_SCALE\_LOOP 为 1:1 模式。1:2 模式下的电平为 2 倍。它可通过配置寄存器 0x60 中的 fixed\_ov\_thresh [2:0] 进行编程。通过 VOUT\_OV\_FAULT\_RESPONSE 命令对 OVP 事件的响应进行编程。OVP 可有四种响应：忽略、关断、n (由 PMBus 定义) 秒后重试 n (最多 6) 次，然后锁定并永远重试。ROVP 的阈值相对于编程输出电压，可通过 I2C 寄存器 relative\_ov\_thresh [2:0] (0x5e [14:12]) 以 50 mV 为单位设置为 50 mV 至 400 mV。也可以使用通用重映射空间寄存器 0x60 的 [13:12] 位来清除 OVP 故障。详情请参见表 18。使用 relative\_ov\_thresh\_en (0x5e [15]) 位可以覆盖 PMBUs 命令。

**表 18 通过 blank\_ov\_sel(0x60[13:12]) 进行的可选 OVP 消隐**

sel	Description
3	blank OV faults during DVID up or down (including Vboot)
2	blank OV faults during DVID up (including Vboot)
1	blank OV faults during Vboot
0	no OV fault blanking

当输出触发 FOVP 事件时，OVP 标志被设置，低边开关导通，高边开关关断。低边开关将保持导通，直到输出电压降至设定的 FOVP 阈值。然后，输出电压随着自然衰减降至零。

当输出触发 ROVP 事件时，VID 设置点以 30 V/μs 的受控压摆率移至 0 V，并设置 OVP 标志。接着，低边开关导通，高边开关关断。这就允许输出放电，直到 VID 设置点达到零或 Vout 赶上 VID 设置点，此时低边和高边开关根据需要导通或关断，以将输出维持在 VID 设置点。在此过程中，输出电压放电的速度取决于输出电压、输出电容和输出电感。这决定了在受控 VID 放电过程结束时，输出电压是否确实被拉低至零。在放电结束时，如果输出尚未被拉低至零，输出电压将随着自然衰减而降至零。

## 故障和保护

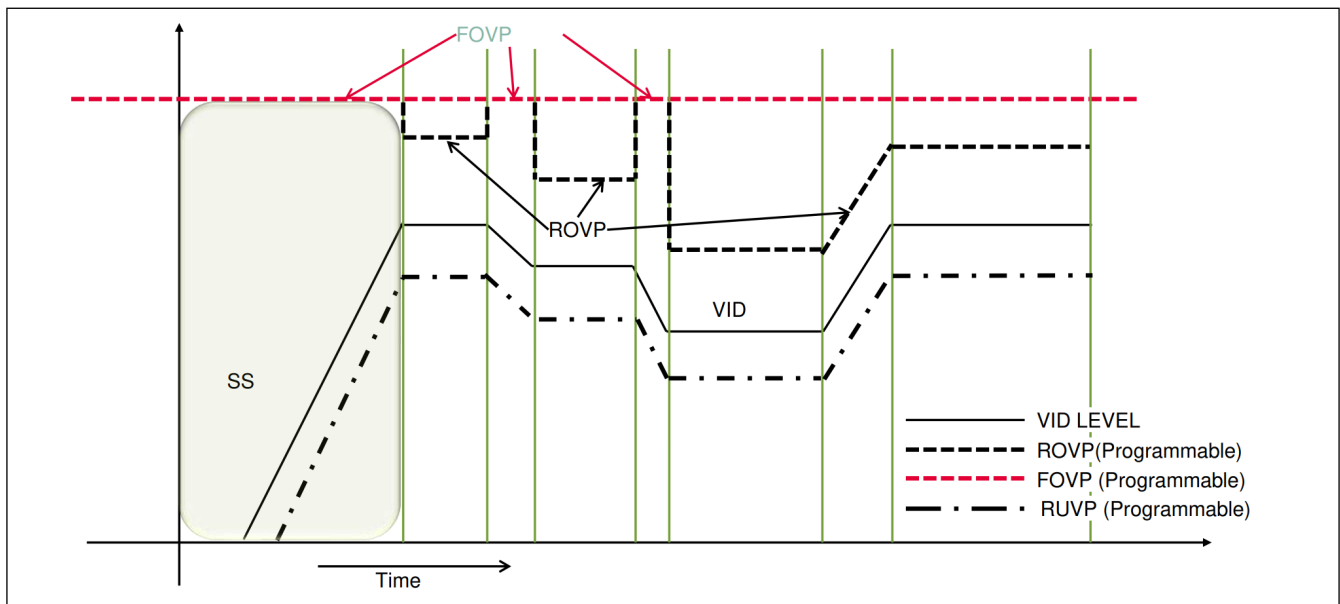


图 21 OVP 和 RUVP 示例图。请注意 FOVP 取代 ROVP 的情况。

## 14.4 过温保护 (OTP)

温度保护可通过 OT\_FAULT\_LIMIT、OT\_WARN\_LIMIT 和 OT\_FAULT\_RESPONSE PMBus 寄存器进行编程。TDA38640 支持三种响应：忽略、关断和无限重试。故障不闭锁。

当器件温度达到 OT\_FAULT\_LIMIT 时，将触发 OTP 事件。开关输出被三态化，输出放电，同时内部 LDO 保持偏置。在输出关闭的情况下，器件会冷却，直至达到 OT\_WARN\_LIMIT，如果设置为重试，器件将在预偏压启动时出现打嗝现象。本部分的 OT\_FAULT\_LIMIT 默认设置为 140°C，滞后为 20 °C。

## 14.5 启动欠压锁定 (UVLO)

TDA38640 可监控从 BOOT 引脚到 PHASE 引脚的电压。如果在 PWM 周期内检测到 UVLO 启动下限阈值违规，则对事件进行计数，并在 10 次违规后触发故障。在连续 3 个周期没有发生 UVLO BOOT 事件（在 PWM 周期中高于下阈值）后，计数器复位。为了清除故障，必须循环 Vcc 或 EN。启动 UVLO 故障位于 fail\_code\_sticky 寄存器中。

## 14.6 最短导通时间和最短关断时间

最短导通时间是指控制 MOSFET 可靠导通的最短时间。最短关断时间是指在产生新的 PWM 脉冲之前，同步 FET 保持导通的最短持续时间。TDA38640 需要最短的关断时间对自举电容充电，并检测 OCP 的同步 MOSFET 电流。

对于需要较小占空比的应用，所选开关频率的导通时间必须大于第 7.1 节中最小导通时间的最大值。否则，产生的开关频率可能会低于预期目标。可使用以下公式来检查最小导通时间要求。

$$\frac{V_0}{k f_{sw} \times V_{in}} > \max \text{ spec of } T_{on(\min)}$$

## 故障和保护

其中,  $f_{sw}$  是所需的开关频率,  $k$  是开关频率的变化量。根据经验, 选择  $k = 1.25$  以确保设计裕度。

对于需要高占空比的应用, 必须确保选择适当的开关频率, 使关断时间长于第 6 节中最小关断时间的最大规格, 计算公式如下。

$$\frac{V_{in} - V_0}{k f_{sw} \times V_{in}} > \max \text{ spec of } T_{off(\min)}$$

其中,  $f_{sw}$  是所需的开关频率,  $k$  是开关频率的变化量。根据经验, 选择  $k = 1.25$  以确保设计裕度。

因此, 最大占空比取决于所选的导通时间和最小关断时间。

$$D_{max} = \frac{T_{on}}{T_{on} + T_{off(\min)}}$$

## 14.7 高边短路 (HSS) 检测

TDA38640 提供高边 FET 短路检测功能。低边 FET 工作时, 相位引脚受到监控。在启动和正常运行期间都会进行 HSS 监控。在 HSS 事件中, 达到 HSS 阈值后, VRRDY 和 CAT\_FAULT# 引脚都会被拉高。如果在启动过程中发生 HSS 事件, 则通过 CAT\_FAULT# 引脚作出响应。一旦达到 HSS 阈值, 低边 FET 即会打开, 开关停止。在此期间没有任何报告。故障具有粘性, 只有在 VCC 或 EN 信号循环时才会清除。

## 故障通信

## 15 故障通信

TDA38640 通过遥测支持 OCP、OVP、UVP、OTP、BOOT UVLO 和 Vcc UVLO。

### 15.1 I2C 从机寻址

通过使用独占寻址，TDA38640 可同时支持 I2C 和 PMBus。通过使用 7 位地址，用户可将器件配置为 127 个不同 I2C 地址中的任意一个。一旦设置了 TDA38640 的地址，就可以将其锁定以防止被覆盖。如表 19 所示，可选择在 SM\_ADDR/PROG 引脚上绑定一个电阻，以产生偏移。

例如，将 7 位 I2C 基本地址设置为 28h，电阻偏移为 +15，则 7 位 I2C 地址为 37h。有一个选项可供选择，即通过使用 common regmap 空间中的 i2c\_disable\_addr\_offset (0x42[6]) 位来禁用 SM\_ADDR 引脚上的偏移功能。启用该位后，根据连接到 SM\_ADDR/PROG 引脚的电阻，i2c 的基地址将增加一个偏移量。

表 19 禁用偏移量选项 (0x42[6])

Enable I2C_use_addr_offset bit	I2C Address Offset
0	enabled
1	disabled

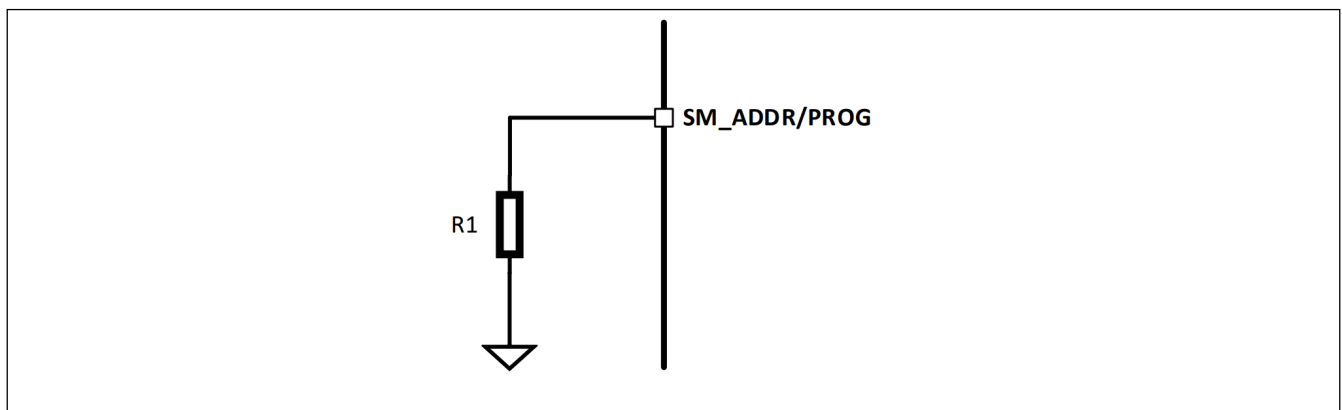


图 22 SM-ADDR/PROG 引脚元器件

### 15.2 实时遥测

TDA38640 可通过 I2C 接口实时精确测量输入电压、输入电流、输出电压、输出电流温度、输出功率和输入功率。根据 VID 设置计算输出电压，并通过 I2C 报告结果。在 SVID 领域，TDA38640 支持输出电压、输出电流、输入电压、输入电流和输入功率遥测。

### 15.3 I2C 协议

可以使用 I2C 或 PMBus 协议访问所有寄存器。I2C 允许使用简单格式，而 PMBus 则提供错误检查功能。图 23 显示了 TDA38640 采用的 I2C 格式。

## 故障通信

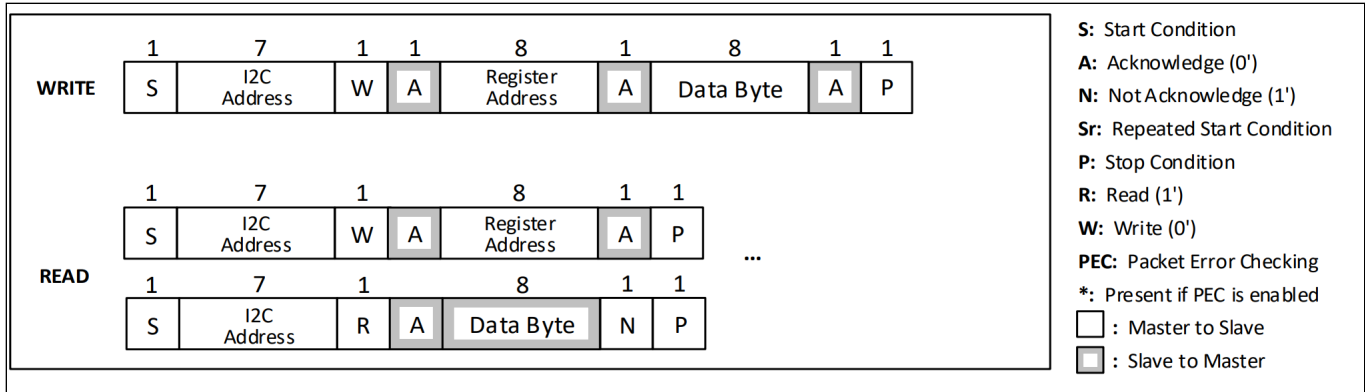


图 23 I2C 格式

## 15.4 支持的 PMBus 命令

表 20 列出了器件支持的所有 PMBus 命令。

表 20 支持的 PMBus 命令

I2C Register Address	COMMAND	PMBus PROTOCOL	PMBus COMMAND CODE	DESCRIPTION
0x200	PAGE	Read/Write Byte	00h	Allows access of each loop via paging.
0x202	OPERATION	Read/Write Byte	01h	Enables or disables the output and controls margining. Ignores OVP on Margin High, UVP on Margin Low.
0x204	ON_OFF_CONFIG	Read/Write Byte	02h	Configures the combination of CONTROL pin and OPERATION command needed to turn the unit on and off.
0x206	CLEAR FAULTS	Send Byte	03h	Clear contents of Fault registers
0x20A	PAGE_PLUS_WRITE	Write Block	05h	Set the PAGE within a device, send a command, and send the data for the command in one packet.
0x20C	PAGE_PLUS_READ	Block Write/ Block Read Process Call	06h	Set the PAGE within a device, send a command, and read the returned data by the command in one packet
0x220	WRITE_PROTECT	Read/Write Byte	10h	Protects from overwriting the configuration files and modes accidentally
0x222	STORE_DEFAULT_ALL	Sen Byte	11h	Instructs the device to copy the entire contents of the configuration registers to the NVM
0x224	RESTORE_DEFAULT_ALL	Send Byte	12h	Reloads the OTP
0x22A	STORE_USER_ALL	Send Byte	15h	Stores the user OTP section
0x22C	RESTORE_USER_ALL	Send Byte	16h	Reloads the user OTP section
0x232	CAPABILITY	Read Byte	19h	Returns 1010xxxx to indicate Packet Error Checking is supported and Maximum bus speed is 400kHz
0x236	SMBALERT_MASK	Block Write/ Block Read Process Call	1Bh	Set to prevent warning or fault conditions from asserting the SMBALERT# signal. Write command code for STATUS register

## 故障通信

I2C Register Address	COMMAND	PMBus PROTOCOL	PMBus COMMAND CODE	DESCRIPTION
				to be masked in the low byte, the bit to be masked in the High byte.
0x240	VOUT_MODE	Read/Write Byte	20h	Sets the format for VOUT related commands. Linear mode, -8, -9, and -12 exponents supported.
0x242	VOUT_COMMAND	Read/Write Word	21h	Sets the voltage to which the device should set the output. Format according to VOUT_MODE. Resolution is 5mV when the IC Vout is configured with a load line. Resolution is 5mV or 0.625 mV when the IC is configured without a load line.
0x248	VOUT_MAX	Read/Write Word	24h	Sets an upper limit on the output voltage the unit can command. Format according to VOUT_MODE.
0x24A	VOUT_MARGIN_HIGH	Read/Write Word	25h	Sets the margin high voltage when commanded by OPERATION. Must be in format determined by VOUT_MODE.
0x24C	VOUT_MARGIN_LOW	Read/Write Word	26h	Sets the margin low voltage when commanded by OPERATION. Must be in format determined by VOUT_MODE.
0x24E	VOUT_TRANSITION_RATE	Read/Write Word	27h	Sets the rate at which the output changes voltage due to VOUT_COMMAND or OPERATION commands.
0x250	VOUT_DROOP	Read/Write Word	28h	Allows the user to set the load-line value in resolution of 5/256 $\Omega$ . Exponent is 1
0x252	VOUT_SCALE_LOOP	Read/Write Word	29h	Used to account for any external attenuation network on VOUT sense feedback and provide correct VOUT reporting.
0x256	VOUT_MIN	Read/Write Word	2Bh	Sets a lower limit on the commanded output voltage. Format according to VOUT_MODE
0x266	FREQUENCY_SWITCH	Read/Write Word	33h	Sets the switching frequency in kHz per table found in user note UN0047. Exp = 0, 1
0x26A	VIN_ON	Read/Write Word	35h	Sets the value of the input voltage at which the unit should begin power conversion. Exp = -1.
0x26C	VIN_OFF	Read/Write Word	36h	Sets the value of the input voltage at which the unit, once operation has started, should stop power conversion. Exp = -1.
0x270	IOUT_CAL_GAIN	Read/Write Word	38h	Used to calibrate the output current's gain
0x272	IOUT_CAL_OFFSET	Read/Write Word	39h	Used to null out any offsets in the output current sensing circuitry. Exp = 2.

## 故障通信

I2C Register Address	COMMAND	PMBus PROTOCOL	PMBus COMMAND CODE	DESCRIPTION
0x280	VOUT_OV_FAULT_LIMIT	Read Only	40h	Returns the value of the output voltage, measured at the sense or output pins, that causes an output over voltage fault.
0x282	VOUT_OV_FAULT_RESPONSE	Read/Write Byte	41h	Instructs the device on what action to take in response to an output over voltage fault. Only shutdown and ignore are supported.
0x288	VOUT_UV_FAULT_LIMIT	Read Only	44h	Returns the value of the output voltage, measured at the sense or output pins, that causes an output undervoltage fault.
0x28A	VOUT_UV_FAULT_RESPONSE	Read/Write Byte	45h	Instructs the device on what action to take in response to an output undervoltage fault. Only shutdown and ignore are supported.
0x28C	IOUT_OC_FAULT_LIMIT	Read/Write Word	46h	Sets the value of the output current, in amperes, that causes the over current detector to indicate an over current fault condition. Set by writing this command in Linear format with a -1 exponent.
0x28E	IOUT_OC_FAULT_RESPONSE	Read/Write Byte	47h	Instructs the device on what action to take in response to an output over current fault. Only C0h (shutdown immediately), F8h (hiccup forever), and D8 (hiccup 3 times) are supported.
0x29E	OT_FAULT_LIMIT	Read/Write Word	4Fh	Sets the temperature, in degrees Celsius, of the unit at which it should indicate an over temperature fault. Exp = 0.
0x2A0	OT_FAULT_RESPONSE	Read/Write Byte	50h	Instructs the device on what action to take in response to an over temperature fault. Only shutdown and ignore are supported.
0x2A2	OT_WARN_LIMIT	Read/Write Word	51h	Sets the temperature, in degrees Celsius, of the unit at which it should indicate an over temperature Warning alarm. Exp = 0.
0x2AA	VIN_OV_FAULT_LIMIT	Read/Write Word	55h	Sets the value of the input voltage that causes an input over voltage fault. Exp = -4.
0x2AC	VIN_OV_FAULT_RESPONSE	Read/Write Byte	56h	Instructs the device on what action to take in response to an input over voltage fault. Only shutdown and ignore are supported.
0x2BC	POWER_GOOD_ON	Read/Write Word	5Eh	Sets the output voltage at which an optional POWER_GOOD signal should be asserted. Format according to VOUT_MODE.
0x2BE	POWER_GOOD_OFF	Read/Write Word	5Fh	Sets the output voltage at which an optional POWER_GOOD signal should be

## 故障通信

I2C Register Address	COMMAND	PMBus PROTOCOL	PMBus COMMAND CODE	DESCRIPTION
				negated. Format according to VOUT_MODE.
0x2C0	TON_DELAY	Read/Write Word	60h	Sets the time, in milliseconds, from when a start condition is received (as programmed by the ON_OFF_CONFIG command) until the output voltage starts to rise. Exp = 0.
0x2C2	TON_RISE	Read/Write Word	61h	Sets the time, in milliseconds, from when the output starts to rise until the voltage has entered the regulation band. Exp = 0.
0x2C8	TOFF_DELAY	Read/Write Word	64h	Sets the time (in ms) from when a stop condition is received (as programmed by the ON_OFF_CONFIG command) until the unit stops transferring energy to the output. Exp = 0.
0x2CA	TOFF_FALL	Read/Write Word	65h	Sets the time, in milliseconds, from the end of the turn-off delay time until the voltage is commanded to zero. Exp = 0.
0x2F0	STATUS_BYTE	Read/Write Byte	78h	Returns 1 byte where the bit meanings are: Bit <7> Reserved Bit <6> Output off (due to fault or enable) Bit <5> Output over voltage fault Bit <4> Output over current fault Bit <3> Input under voltage fault Bit <2> Temperature fault Bit <1> Communication/Memory/Logic fault Bit <0>: None of the Above
0x2F2	STATUS_WORD	Read/Write Word	79h	Returns 2 bytes where the Low byte is the same as the STATUS_BYTE data. The High byte has bit meanings are: Bit <7> Output high or low fault Bit <6> Output over current fault Bit <5> Input voltage or current fault. Bit <4> MFR_SPECIFIC Bit <3> POWR_GOOD# Bit <2:0> Not Supported
0x2F4	STATUS_VOUT	Read/Write Byte	7Ah	Bit <7> Output over voltage Fault Bit <6> Not Supported Bit <5> Not Supported Bit <4> Output Undervoltage Fault Bit <3> VOUT_MAX Warning Bit <2:0> Not Supported

## 故障通信

I2C Register Address	COMMAND	PMBus PROTOCOL	PMBus COMMAND CODE	DESCRIPTION
0x2F6	STATUS_IOUT	Read/Write Byte	7Bh	Bit <7> Output over current Fault Bit <6> Not Supported Bit <5> Output over current Warning Bit <4:0> Not Supported
0x2F8	STATUS_INPUT	Read/Write Byte	7Ch	Bit <7> Input over voltage Fault Bit <6:0> Not Supported
0x2FA	STATUS_TEMPERATURE	Read/Write Byte	7Dh	Bit <7> Over temperature Fault Bit <6> Over temperature Warning Bit <5:0> Reserved
0x2FC	STATUS_CML	Read/Write Byte	7Eh	Returns 1 byte where the bit meanings are: Bit <7> Invalid or unsupported command Bit <6> Invalid or unsupported data Bit <5> PEC fault Bit <4:2> Reserved Bit <1> Other communication fault not listed here Bit <0> Reserved
0x310	READ_VIN	Read Word	88h	Returns the input voltage in Volts
0x312	READ_IIN	Read Word	89h	Returns the input current in Amperes
0x316	READ_VOUT	Read Word	8Bh	Returns the output voltage in the format set by VOUT_MODE
0x318	READ_IOUT	Read Word	8Ch	Returns the output current in Amperes
0x31A	READ_TEMPERATURE_1	Read Word	8Dh	Returns the addressed loop NTC temperature in degrees Celsius
0x32C	READ_POUT	Read Word	96h	Returns the output power in Watts
0x32E	READ_PIN	Read Word	97h	Returns the input power in Watts
0x330	PMBUS_REVISION	Read Byte	98h	Reports PMBus Part I rev 1.1 & PMBUS Part II rev 1.2(draft)
0x332	MFR_ID	Block Read/Write Byte count = 2	99h	The MFR_ID is set to IR (ASCII 52 49) unless programmed differently in the USER registers of the controller.
0x334	MFR_MODEL	Block Read, Byte count = 1	9Ah	The MFR_MODEL is the same as the device ID if the USER register for Manufacturer model is 00. Otherwise MFR_Model command returns the value in the USER register for MFR_MODEL.
0x336	MFR_REVISION	Block Read, Byte count = 2	9Bh	The MFR_REVISION is the same as the device revision if the USER register for Manufacturer revision is 00. Otherwise MFR_REVISION command returns the value in the USER register for MFR_REVISION.
0x35A	IC_DEVICE_ID	Block Read	ADh	Returns a 1-byte code with the following values: 5Dh = TDA38640

故障通信

I2C Register Address	COMMAND	PMBus PROTOCOL	PMBus COMMAND CODE	DESCRIPTION
0x35C	IC_DEVICE_REV	Block Read	AEh	The IC revision that is stored inside the IC
0x382	MFR_VENDOR_INFO_1	Block Read, Byte count = 2	C1h	Returns the product_id and silicon revision
0x384	MFR_VENDOR_INFO_2	Block Read/Write Byte count = 2	C2h	Available for vendor use
0x3A0	MFR_READ/WRITE_REG	Custom MFR protocol	D0h	Read/Write I2C registers

### 15.5 11 位线性数据格式

监测参数使用线性数据格式（图 24），编码为 1 个字（2 个字节），其中：

$$Value = Y * 2^N$$

请注意：N 和 Y 是"有符号的"值。如果 VOUT 设置为线性格式（通过 VOUT\_MODE），则 N 由 VOUT\_MODE 命令设置，数据字段中只有 Y 以 16 位无符号数的形式返回。

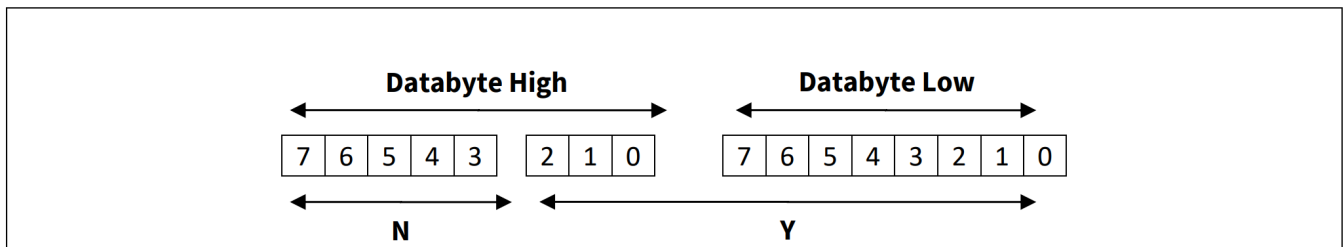


图 24 11 位线性数据格式

### 15.6 16 位线性数据格式

该格式仅用于与 VOUT 有关的命令（READ\_VOUT、VOUT\_COMMAND、VOUT\_MARGIN\_HIGH、VOUT\_MARGIN\_LOW、POWER\_GOOD\_ON 和 POWER\_GOOD\_LOW）：

$$Value = Y * 2^N$$

请注意：N 和 Y 是"有符号"值。如果 VOUT 被设置为线性格式（通过 VOUT\_MODE），则 N 由 VOUT\_MODE 命令设置，数据字段中只有 Y 以 16 位无符号数的形式返回。

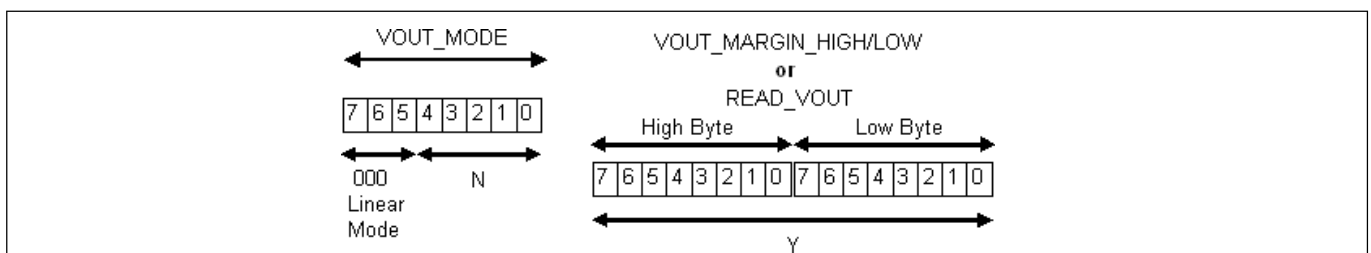


图 25 16 位线性数据格式

## 故障通信

## 15.7 SVID 寄存器

表 21 列出了所有 SVID 寄存器。在 VR12.5、VR13 和 VR13.HC 模式下，TDA38640 支持的 SVID 寄存器分别符合 VR12.5、VR13 和 VR13.HC 规格。

表 21 SVID 寄存器

Register Address	Register Name	Access	VR12.5 Mode	VR13 Mode	VR14 Mode
00	Vendor ID	RO	Supported	Supported	Supported
01	Product ID	RO	Supported	Supported	Supported
02	Product Revision	RO	Supported	Supported	Supported
03	Product Date Code	-	Not Supported	Not Supported	Not Supported
04	Lot Code	-	Not Supported	Not Supported	Not Supported
05	Protocol ID	RO	Supported	Supported	Supported
06	Capability	RO	Supported	Supported	Supported
07	Step Size	RO	Not Supported	Not Supported	Not Supported
07	Vendor Use	RW	Not Supported	Not Supported	Not Supported
08	Bias VID Table	RO	Not Supported	Not Supported	Not Supported
09	VIDOMAX_H_CAPA	RO	Not Supported	Not Supported	Supported
0A	VIDOMAX_L	RO	Not Supported	Not Supported	Supported
0B	VIN_FULLSCALE_H	RO	Not Supported	Not Supported	Not Supported
0C	VIN_FULLSCALE_L	RO	Not Supported	Not Supported	Not Supported
0D	VOUT_FULLSCALE_H	RO	Not Supported	Not Supported	Supported
0E	VOUT_FULLSCALE_L	RO	Not Supported	Not Supported	Supported
0F	ALLCALL_ACT	RW	Not Supported	Not Supported	Supported
10	Status_1	RO	Supported	Supported	Supported
11	Status_2	RO	Supported	Supported	Supported
12	Temperature	RO	Supported	Supported	
13	PMIC_GLOBAL_ST	RO	Not Supported	Not Supported	Not Supported
14	LASTREAD	RO	Not Supported	Not Supported	Supported
15	IOUT_H	RO	Supported	Supported	Supported
16	VOUT_H	RO	Supported	Supported	Supported

## 故障通信

Register Address	Register Name	Access	VR12.5 Mode	VR13 Mode	VR14 Mode
17	VR Temperature	RO	Supported	Supported	Supported
18	Output Power	RO	Supported	Supported	Supported
19	Input Current	RO	Not Supported	Not Supported	Not Supported
1A	Input Voltage	RO	Not Supported	Not Supported	Not Supported
1B	Input Power	RO	Not Supported	Not Supported	Not Supported
1C	Status 2 Last Read	RO	Supported	Supported	Supported
1D	PARERR_CNT	RO	Not Supported	Not Supported	Not Supported
1E	CFG_FILE_ID	RO	Not Supported	Not Supported	Supported
1F	Future Command	-	Not Supported	Not Supported	Not Supported
20	ICC IN Max	RO	Not Supported	Not Supported	Not Supported
21	ICC Max	RO	Supported	Supported	Supported
22	Temp Max	RO	Not Supported	Supported	Supported
23	DC_LL	RO	Not Supported	Not Supported	Not Supported
24	SR_Fast	RO	Supported	Supported	Supported
25	SR_Slow	RO	Supported	Supported	Supported
26	Vboot	RO	Supported	Supported	Supported
27	VR Tolerance	-	Not Supported	Not Supported	Not Supported
28	Current-Offset	RW	Not Supported	Not Supported	Not Supported
29	Temperature Offset	RW	Not Supported	Not Supported	Not Supported
2A	Slow Slew Rate Select	RW	Not Supported	Supported	Supported
2B	PS4 Exit Latency	RO	Not Supported	Not Supported	Supported
2C	PS3 Exit Latency	RO	Not Supported	Not Supported	Supported
2D	Enable to Ready	RO	Not Supported	Not Supported	Supported
2E	Pin Max	RO	Not Supported	Not Supported	Not Supported
2F	Pin Alert Threshold	RW	Not Supported	Not Supported	Not Supported

## 故障通信

Register Address	Register Name	Access	VR12.5 Mode	VR13 Mode	VR14 Mode
30	V <sub>OUT</sub> Max	RW	Supported	Supported	Supported
31	VID Setting	RW	Supported	Supported	Supported
32	Pwr State	RW	Supported	Supported	Supported
33	Offset	RW	Supported	Supported	Supported
34	Multi VR Config	RW	Supported	Supported	Supported
35	MAIN_ADDR_PTR	RW	Not Supported	Not Supported	Not Supported
36	DC_LL_FINE	RO	Not Supported	Not Supported	Not Supported
37	Future Command	-	Not Supported	Not Supported	Not Supported
38	Future Command	-	Not Supported	Not Supported	Not Supported
39	Future Command	-	Not Supported	Not Supported	Not Supported
3A	Work Point 0	RW	Not Supported	Supported	Supported
3B	Work Point 1	RW	Not Supported	Supported	Supported
3C	Work Point 2	RW	Not Supported	Supported	Supported
3D	Work Point 3	RW	Not Supported	Supported	Supported
3E	Work Point 4	RW	Not Supported	Not Supported	Not Supported
3F	Work Point 5	RW	Not Supported	Not Supported	Not Supported
40	Work Point 6	RW	Not Supported	Not Supported	Not Supported
41	Work Point 7	RW	Not Supported	Not Supported	Not Supported
42	IVID1-VID	RW	Not Supported	Not Supported	Not Supported
43	IVID1-I	RW	Not Supported	Not Supported	Not Supported
44	IVID2-VID	RW	Not Supported	Not Supported	Not Supported
45	IVID2-I	RW	Not Supported	Not Supported	Not Supported
46	IVID3-VID	RW	Not Supported	Not Supported	Not Supported
47	IVID3-I	RW	Not Supported	Not Supported	Not Supported

## 故障通信

Register Address	Register Name	Access	VR12.5 Mode	VR13 Mode	VR14 Mode
50	HIGH_PWR	RO	Not Supported	Not Supported	Supported
51	PWRSTATE_SUP	RO	Not Supported	Not Supported	Supported
52	PHSHED_SUP	RO	Not Supported	Not Supported	Supported
53	PHSHED_ACT	RW	Not Supported	Not Supported	Supported
54	NEGVREN_SUP	RO	Not Supported	Not Supported	Supported
55	NEGVREN_ACT	RW	Not Supported	Not Supported	Supported
56	DIGOUT_STATUS	RO	Not Supported	Not Supported	Not Supported
57	WP_SLEW_0	RW	Not Supported	Not Supported	Supported
58	WP_SLEW_1	RW	Not Supported	Not Supported	Supported
59	WP_SLEW_2	RW	Not Supported	Not Supported	Not Supported
5A	WP_SLEW_3	RW	Not Supported	Not Supported	Not Supported
5B	WP_SLEW_TT	RW	Not Supported	Not Supported	Supported
60	CAL_CAPABILITY	RO	Not Supported	Not Supported	Not Supported
61	CAL_REQUEST	WT	Not Supported	Not Supported	Not Supported
62	CAL_IMAG_A	RW	Not Supported	Not Supported	Not Supported
63	CAL_IMAG_B	RW	Not Supported	Not Supported	Not Supported
64	CAL_STATUS	RO	Not Supported	Not Supported	Not Supported
70	EXP_ACCURACY	RO	Not Supported	Not Supported	Not Supported
71	IOUT_L	RO	Not Supported	Not Supported	Not Supported
72	VOUT_L	RO	Not Supported	Not Supported	Not Supported
73	POUT_L	RO	Not Supported	Not Supported	Not Supported
74	IIN_L	RO	Not Supported	Not Supported	Not Supported

**故障通信**

<b>Register Address</b>	<b>Register Name</b>	<b>Access</b>	<b>VR12.5 Mode</b>	<b>VR13 Mode</b>	<b>VR14 Mode</b>
75	VIN_L	RO	Not Supported	Not Supported	Not Supported
76	PIN_L	RO	Not Supported	Not Supported	Not Supported
77	PSYS_CR_LVL_L	RW	Not Supported	Not Supported	Not Supported
78	PSYS_W2_LVL_L	RW	Not Supported	Not Supported	Not Supported
79	PSYS_W1_LVL_L	RW	Not Supported	Not Supported	Not Supported
7A-BF	RESERVED		Not Supported	Not Supported	Not Supported
C0-FF	VENDOR_RESERVED	RW	Not Supported	Not Supported	Not Supported

## 设计示例

## 16 设计示例

本节以一个示例说明如何使用 TDA38640 设计降压稳压器。设计规格如下。

- $PV_{in} = 12\text{ V} (\pm 10\%)$
- $V_o = 1.0\text{ V}$
- $I_o = 40\text{ A}$
- $V_o$  ripple voltage =  $\pm 1\%$  of  $V_o$
- 负载瞬态响应 =  $V_o$  的  $\pm 3\%$ ，阶跃负载电流 =  $9\text{ A}$ ，压摆率 =  $30\text{ A}/\mu\text{s}$

### 16.1 启用 TDA38640

TDA38640 有一个精确的使能阈值电压，使能反馈电阻  $R_{EN1}$  和  $R_{EN2}$  可按下式计算。

$$PV_{in(\min)} \times \frac{R_{EN2}}{R_{EN1} + R_{EN2}} \geq V_{EN(\max)}$$

$$R_{EN2} \geq R_{EN1} \times \frac{V_{EN(\max)}}{PV_{in(\min)} - V_{EN(\max)}}$$

其中， $V_{EN(\max)}$  是绝对最大额定值表中定义的 EN 启动阈值的最大规格。对于  $PV_{in(\min)} = 10.8\text{ V}$ ，选择  $R_{EN1} = 49.9\text{ k}\Omega$  和  $R_{EN2} > 3.4\text{ k}\Omega$ 。建议值为  $R_{EN2} = 7.5\text{ k}\Omega$ 。

### 16.2 开关频率和工作模式编程

TDA38640 具有非常出色的效率性能，适合高开关频率操作。在这种情况下，选择  $800\text{ kHz}$  是为了在效率、无源器件尺寸和动态响应之间实现良好的折衷。此外，选择 FCCM 工作模式可确保在整个负载范围内输出纹波电压较小。可通过寄存器位选择  $800\text{ kHz}$  开关频率和 FCCM 工作模式。

### 16.3 选择输入电容

在没有输入电容的情况下，控制 MOSFET 的脉冲电流直接由输入电源提供。由于电缆上的阻抗，脉冲电流会对输入电压造成干扰，并引发潜在的电磁干扰问题。输入电容对脉冲电流进行滤波，使输入电源的电流几乎保持恒定。输入电容的选择应能承受输入脉冲电流，并能降低输入电压纹波。输入纹波电流的有效值可表示为：

$$I_{RMS} = I_o \times \sqrt{D \times (1 - D)}$$

$$D = \frac{V_o}{PV_{in}}$$

其中， $I_{RMS}$  是输入电容电流的有效值。 $I_o$  是输出电流， $D$  是占空比。在  $I_o = 40\text{ A}$  和  $D_{(\max)} = 0.09$  的情况下，流入输入电容的有效值电流为  $I_{rms} = 11.6\text{ A}$ 。

为满足输入纹波电压的要求，最小输入电容可按下式计算。

$$C_{in(\min)} > \frac{I_o \times (1 - D) \times D}{f_{sw} \times (\Delta PV_{in} - ESR \times I_o \times (1 - D))}$$

## 设计示例

其中， $\Delta PV_{in}$  是允许的最大峰峰值输入纹波电压，ESR 是输入电容的等效串联电阻。推荐使用陶瓷电容，因为它具有低 ESR、ESL 和高有效值电流能力。对于  $I_o = 40$  A、 $f_{sw} = 800$  kHz、 $ESR = 3$  m $\Omega$ 、 $\Delta PV_{in} = 240$  mV、 $C_{in(min)} > 32$   $\mu$ F。考虑到陶瓷电容在偏置电压下的额定值，输入电容使用了  $10 \times 22$   $\mu$ F/0805/25 V MLCC。此外，如果输入电源不靠近稳压器，建议使用大容量电容。

### 16.4 电感选择

电感根据输出功率、工作频率和效率要求进行选择。较低的电感值会导致较大的纹波电流、较低的效率和较高的输出噪声，但有助于减小尺寸和瞬态负载响应。一般来说，电感中理想的峰峰值纹波电流 ( $\Delta i$ ) 在输出电流的 20% 至 50% 之间。

电感饱和电流必须高于 OCP 限制的最大规格加上电感纹波电流的峰峰值。对于某些磁芯材料，电感的饱和电流可能会随着温度的升高而减小。检查最高工作温度下的电感饱和电流非常重要。

可通过以下关系式确定所需工作纹波电流的电感值：

$$L = (PV_{in(max)} - V_o) \times \frac{D_{min}}{\Delta i_{L(max)} \times F_{sw}}$$

$$D_{min} = \frac{V_o}{PV_{in(max)}}$$

$$I_{sat} \geq OCP_{max} + \Delta i_{L(max)}$$

其中， $PV_{in(max)}$  = 最大输入电压； $\Delta i_{Lmax}$  = 最大峰峰值电感纹波电流； $OCP_{max}$  = 第 14.1 节中定义的 OCP 限制的最大规格； $I_{sat}$  = 电感饱和电流。在这种情况下，选择电感  $L = 150$  nH，以实现  $\Delta i_{Lmax} = 25\%$  的  $I_{omax}$ 。  $I_{sat}$  不应小于 56 A。

### 16.5 输出电容选择

输出电容的选择主要取决于输出电压纹波和瞬态要求。为满足  $V_o$  纹波要求， $C_o$  应满足以下标准。

$$C_o > \frac{\Delta i_{Lmax}}{8 \times \Delta V_{or} \times f_{sw}}$$

其中， $\Delta V_{or}$  是所需的峰峰值输出纹波电压。对于  $\Delta i_{Lmax} = 7.5$  A、 $\Delta V_{or} = 20$  mV、 $f_{sw} = 800$  kHz， $C_o$  必须大于 59  $\mu$ F。输出电容的 ESR 和 ESL 以及 PCB 布局造成的寄生电阻或电感也会导致输出电压纹波。建议使用多层陶瓷电容 (MLCC)，因为其 ESR、ESL 低，体积小。

为满足瞬态响应要求，输出电容还应符合以下标准。

$$C_o > \frac{L \times \Delta I_o^2(max)}{2 \times \Delta V_{oL} \times V_o}$$

其中， $\Delta V_{oL}$  是负载瞬态期间允许的  $V_o$  偏差。 $\Delta I_o(max)$  是最大阶跃负载电流。请注意，上述计算未考虑 ESL、ESR、控制回路响应、瞬态负载回转率和 PWM 延迟的影响。通常需要额外的电容来满足瞬态要求。根据经验，我们可以将上述计算得出的  $C_o$  增加三倍作为起点，然后根据工作台测量结果优化设计。在这种情况下，要满足瞬态负载要求（即  $\Delta V_{oL} = 30$  mV、 $\Delta I_o(max) = 9$  A），选择  $C_o = \sim 600$   $\mu$ F。要更准确地估算  $C_o$ ，应使用仿真工具辅助设计。

**设计示例****16.6 输出电压编程**

输出电压可通过寄存器位编程，也可通过 PMBus 或 SVID 命令修改，具体取决于所选的工作模式。

**16.7 自举电容**

对于大多数应用，建议在 PHASE 和 BOOT 之间使用 0.1  $\mu\text{F}$  陶瓷电容作为自举电容。对于要求  $PV_{in}$  等于或高于 14 V 的应用，应在 BOOT 引脚上串联一个 1 - 2  $\Omega$  的小电阻，以确保 SW 节点的最大尖峰电压不超过 20 V。

**16.8 PVIN 和 VCC/LDO 旁路电容**

请参见 13.4 中关于内部 LDO 的建议。VCC/LDO 旁路电容选用 10  $\mu\text{F}$  MLCC，PVIN 旁路电容选用 4.7  $\mu\text{F}$  MLCC。

**16.9 设计建议**

以下是使用 TDA38640 的应用的设计建议。

- Vcc 和 Vdrv 之间应连接一个 0  $\Omega$  电阻。
- 输出端应连接一个最小为 100  $\Omega$  的负载电阻。
- GL 引脚应处于浮动状态。仅供测试之用
- 引脚 19 应接地
- AGND 和 PGND 应尽可能以最小阻抗短路
- 在 PVIN 和 PGND 之间添加一个 1  $\mu\text{F}$  或 2.2  $\mu\text{F}$  0402 陶瓷电容，用于高频去耦
- 在 PVIN 和 PGND 之间添加一个 1  $\mu\text{F}$  或 2.2  $\mu\text{F}$  0402 陶瓷电容，用于高频去耦
- 检查预偏压、PVIN、VCC/VDRV 和 EN 的序列是否符合建议序列
- 检查远程和本地感应电阻的选择是否正确。
- LDO 输出不得用于为外部器件供电

## 布局建议

## 17 布局建议

在设计高频开关转换器时，PCB 布局非常重要。布局会影响噪声拾取，并可能导致良好设计的性能达不到预期效果。建议遵循以下设计准则，以实现最佳性能。

- 旁路电容（包括输入/输出电容  $V_{CC}/V_{DRV}$  旁路电容）应尽可能靠近相应引脚。
- 在 TDA38640 电源输入端（控制 MOSFET 漏极）和 PGND（同步 MOSFET 源极）之间放置旁路电容，以减少系统中的噪声和振铃。输出电容应端接至远离输入 PGND 的地平面，以减少  $V_o$  上的开关尖峰。VCC 和 VDRV 共用的旁路电容应端接至 PGND。
- 在 TDA38640 BOOT 和 PHASE 引脚附近放置一个自举电容，尽可能靠近，以尽量减少环路电感。
- SW 节点铜缆只应在顶层布线，以尽量减少交换噪音的影响
- 在 TDA38640 演示板上，AGND 引脚用铜线连接到裸露的 PGND 焊盘。
- 可在 PVin 和 PGND 焊盘上开孔，以帮助散热。
- PVin 和 PGND 连接需要宽铜多边形，以减少功率损耗和散热。应使用足够的通孔来连接不同层之间的电源线。
- TDA38640 的输出电压差分检测是通过 VOSEN<sub>P</sub> 和 VOSEN<sub>M</sub> 引脚进行的。
  - 应使用一对至少 15 mil 宽，相互靠近且远离任何噪声源（如电感和 SW 节点）的 PCB 线路，对 0.1  $\mu$ F 或更高的高频旁路电容上的电压进行开尔文检测。
  - 远端采样信号的接地连接必须在 VOSEN<sub>M</sub> 引脚处终止。
  - 对于输出电压大于 2.5 V 时，远端采样信号的  $V_o$  连接必须与反馈电阻分压器相连，下反馈电阻端接 VOSEN<sub>M</sub> 引脚。
  - 在一对远端采样线路的上方和下方用地平面进行屏蔽
  - 在此配置中，请勿连接 VOSEN<sub>M</sub> 引脚和 AGND 引脚
- VINSEN<sub>M</sub> 和 VINSEN<sub>P</sub> 线路必须以差分方式布线，并应从上方和下方用地平面进行屏蔽
- SVID 线路的布线应遵循 Intel 关于线路间距和允许长度（最大值）的指导。将这些线路连接到多个从属 SVID 时，还应注意匹配电阻和上拉要求。所有这些信息均可在 Intel VR14 PWM 规格文件中找到。
- En 引脚和配置引脚（包括 SM\_ADDRS/PROG）应端接至安静的地。在 TDA38640 标准演示板上，它们被端接至 PGND 铜平面，远离电源电流路径。或者，也可将它们端接至专用的 AGND PCB 线路。

有关布局的更多信息，请参阅 TDA38640 评估板用户指南。如需了解更多信息，请联系相关销售团队成员

### 17.1 PCB 金属和元器件放置

评估结果表明，采用如下图所示的基板/PCB 布局实现最佳的整体性能。PQFN 器件在 X 轴和 Y 轴上的放置精度均应达到 0.050 毫米。自定心行为在很大程度上取决于焊料和工艺，因此应通过实验来确认自定心对特定工艺的限制。

有关详细信息，请参阅"英飞凌无铅集成封装的电路板装配建议"应用笔记 [https://ecmpub.infineon.com/dctm-publish/ecmdata/tech\\_0460/Z8F80291788.pdf](https://ecmpub.infineon.com/dctm-publish/ecmdata/tech_0460/Z8F80291788.pdf)。

## 布局建议

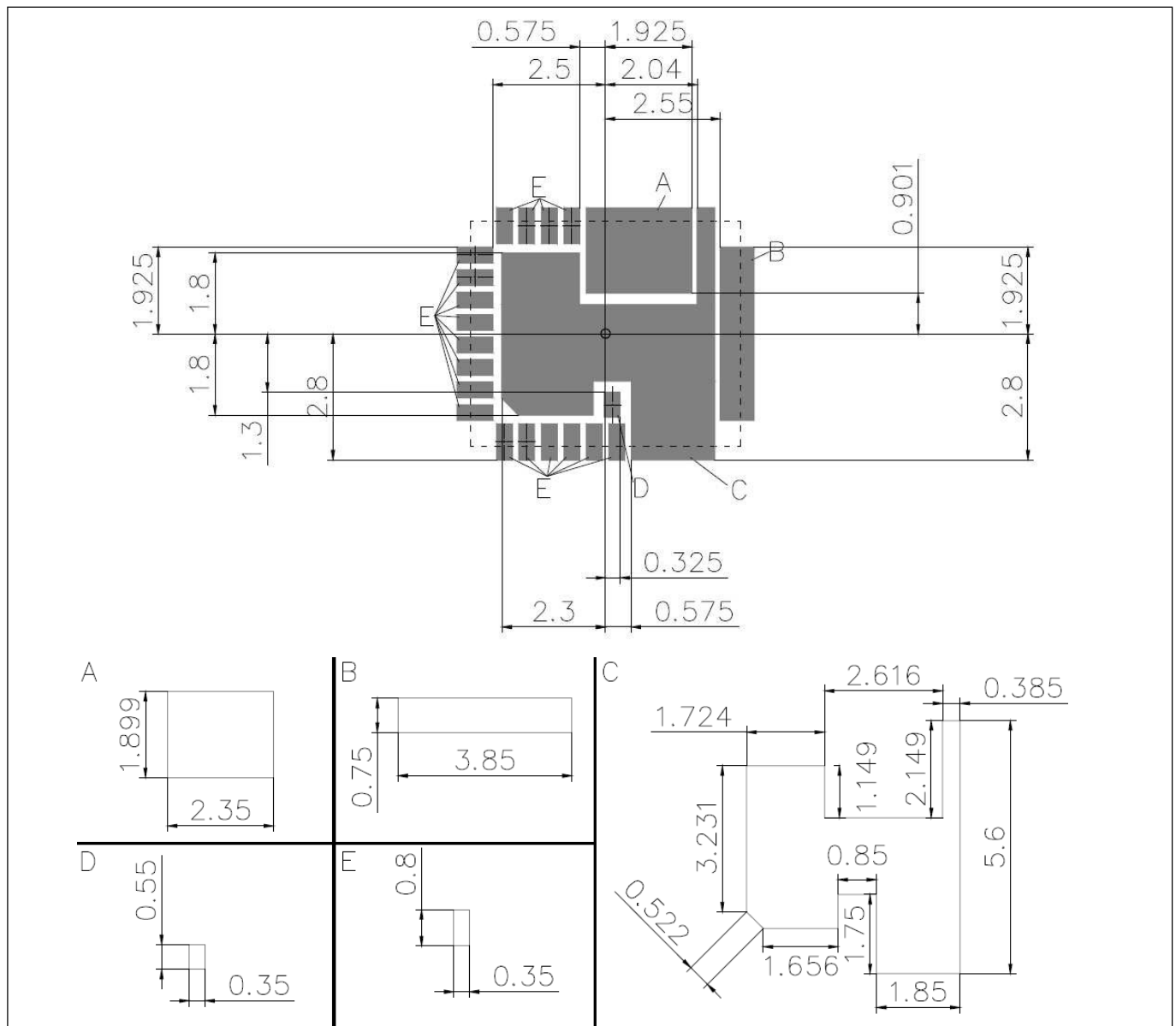


图 26 PCB 金属焊盘尺寸和间距（所有尺寸均以毫米为单位）

## 17.2 阻焊剂

英飞凌建议功率或焊盘面积较大的焊盘采用阻焊定义 (SMD)。这使得底层铜线尽可能大，有助于提高电流承载能力和器件冷却能力。使用 SMD 焊盘时，底层铜线应比阻焊窗口至少大 0.05 毫米（在每条边缘上），以适应任何层与层之间的错位。（即 0.1 mm in X&Y）。使用 NSMD 焊盘时，阻焊窗口应比铜垫的每一边缘至少大 0.025 毫米，（即 X&Y, 0.05 毫米），以适应任何层与层之间的错位。确保较小信号引线区域之间的阻焊层至少有 0.15 毫米宽，因为阻焊层条的 x/y 长宽比很高。

## 布局建议

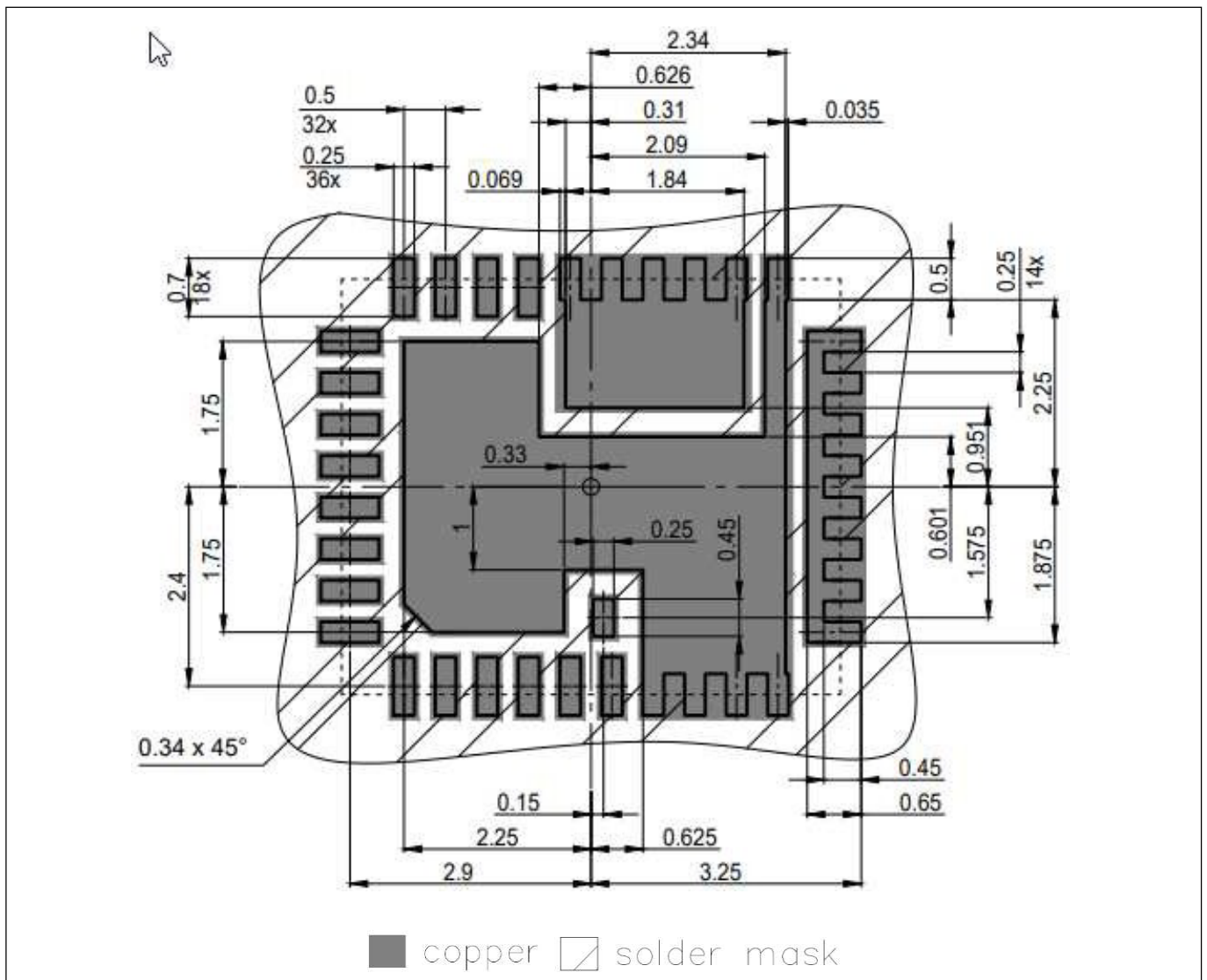


图 27 阻焊

### 17.3 钢网设计

用于 PQFN 封装的钢网厚度为 0.100-0.250 毫米 (0.004-0.010")。钢网薄于 0.100 毫米则并不合适，因为它们沉积的焊膏不足以与接地焊盘形成良好的焊点。过度缩减有的时候也会有同样的问题。0.125 毫米-0.200 毫米 (0.005-0.008") 范围内的钢网经过适当缩减后，效果最佳。

推荐的钢网设计如图 28 所示。该设计的钢网厚度为 0.127 毫米 (0.005")。对于其他厚度的钢网，应调整减少量。

布局建议

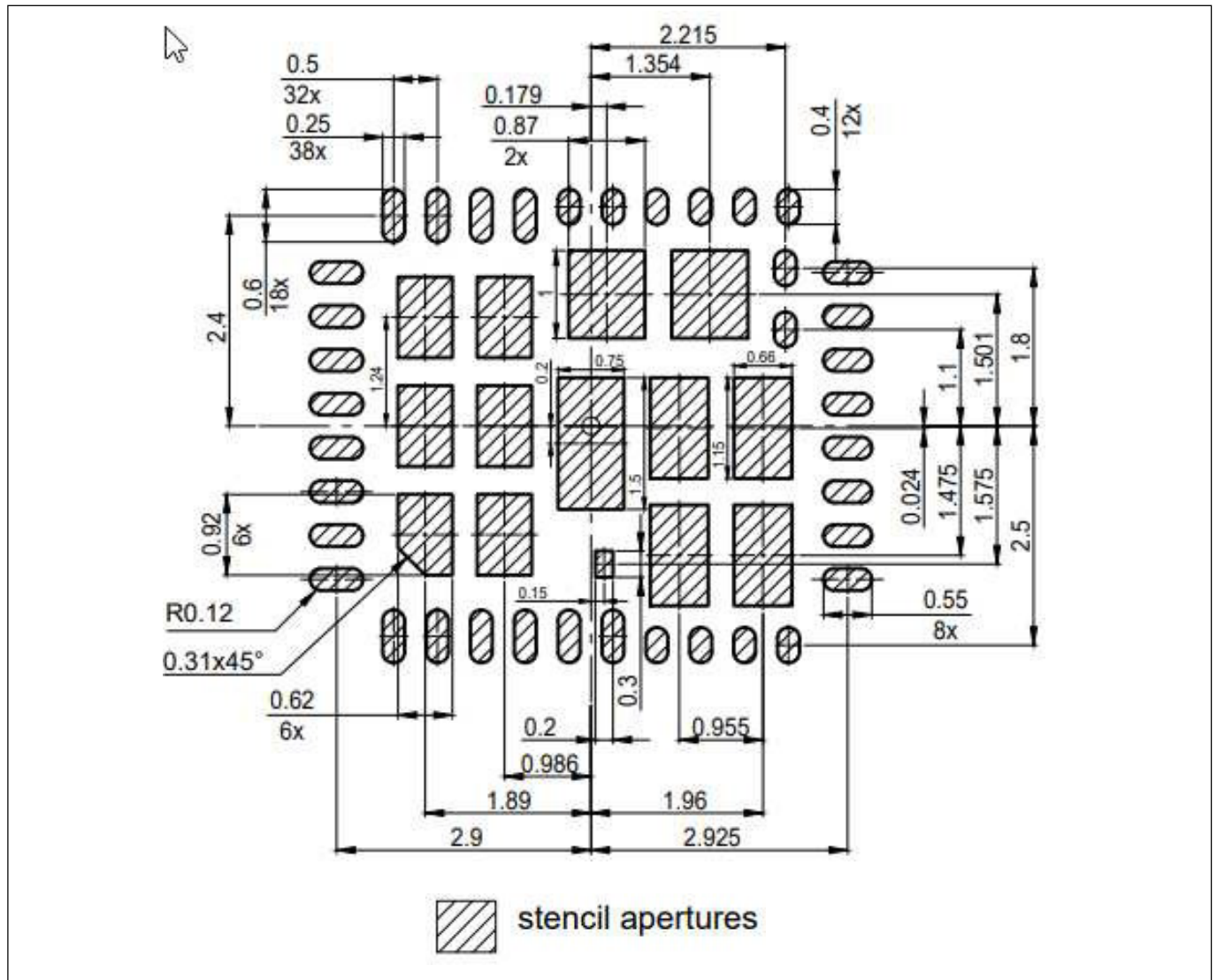


图 28 钢网焊盘尺寸和间距 (所有尺寸均以毫米为单位)

封装

18 封装

18.1 标记信息

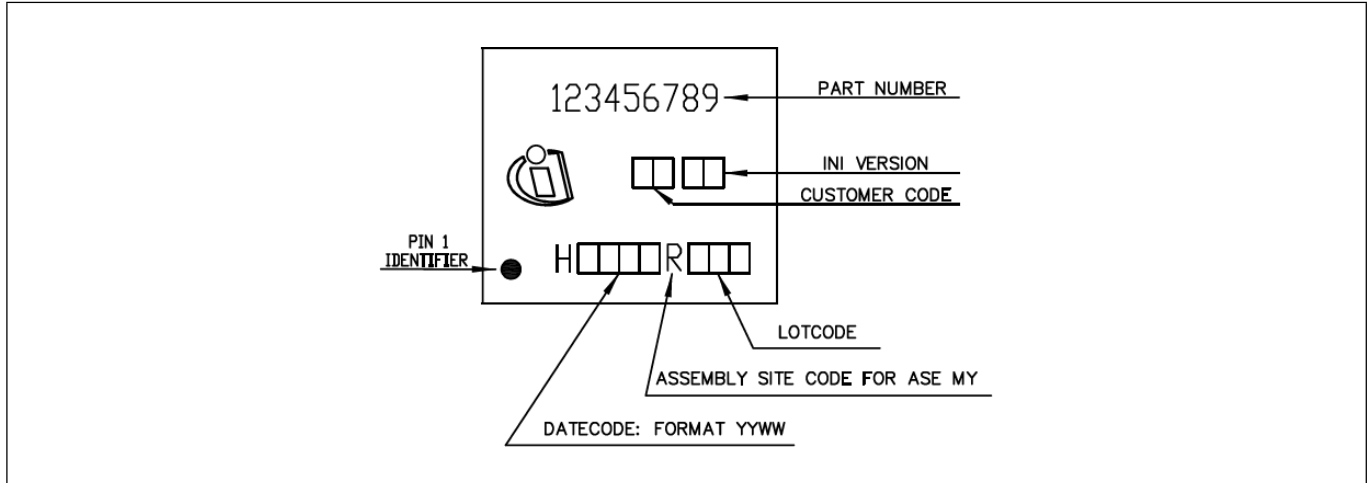


图 29 封装标记

18.2 尺寸

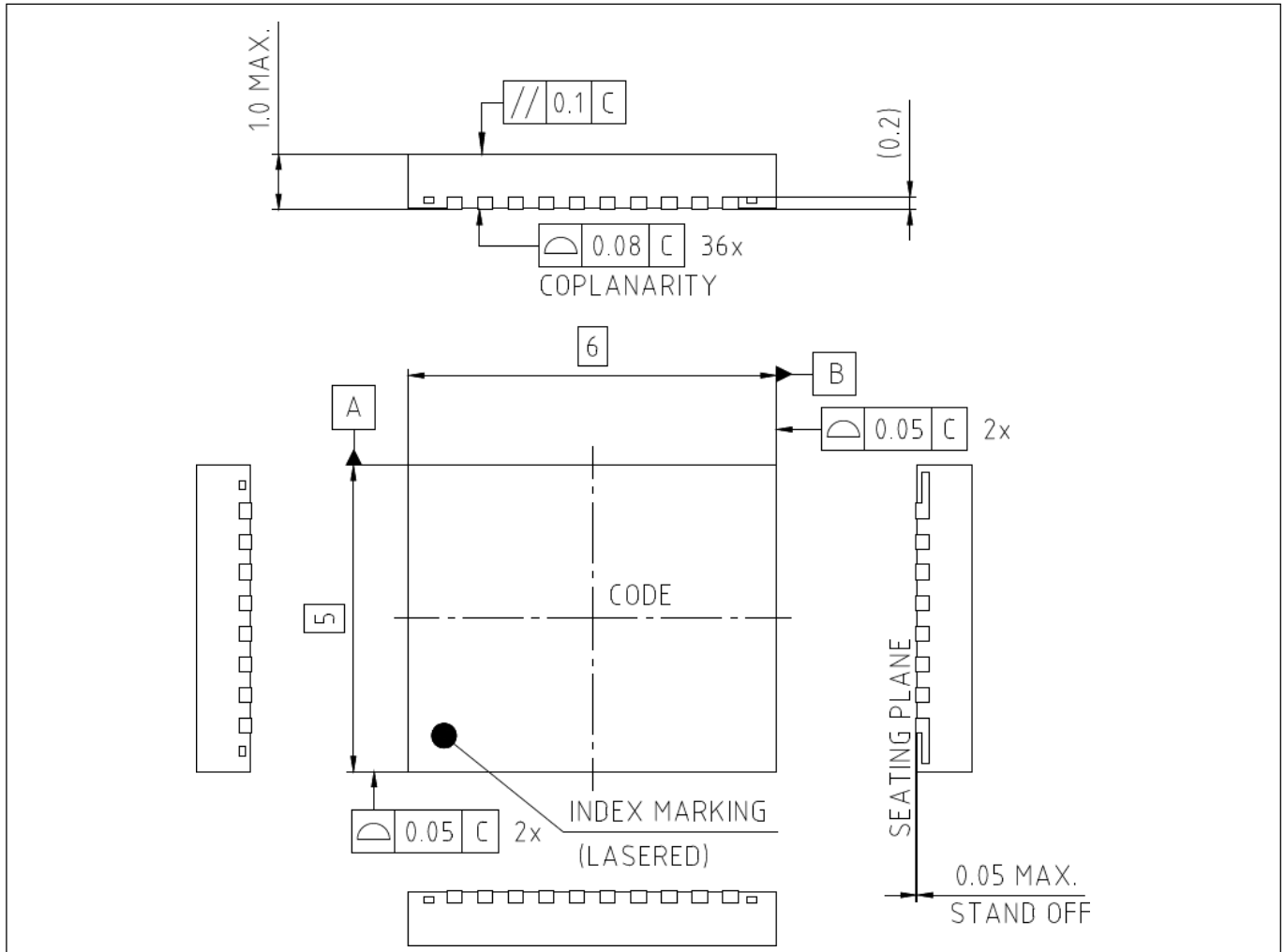


图 30 封装视图

封装

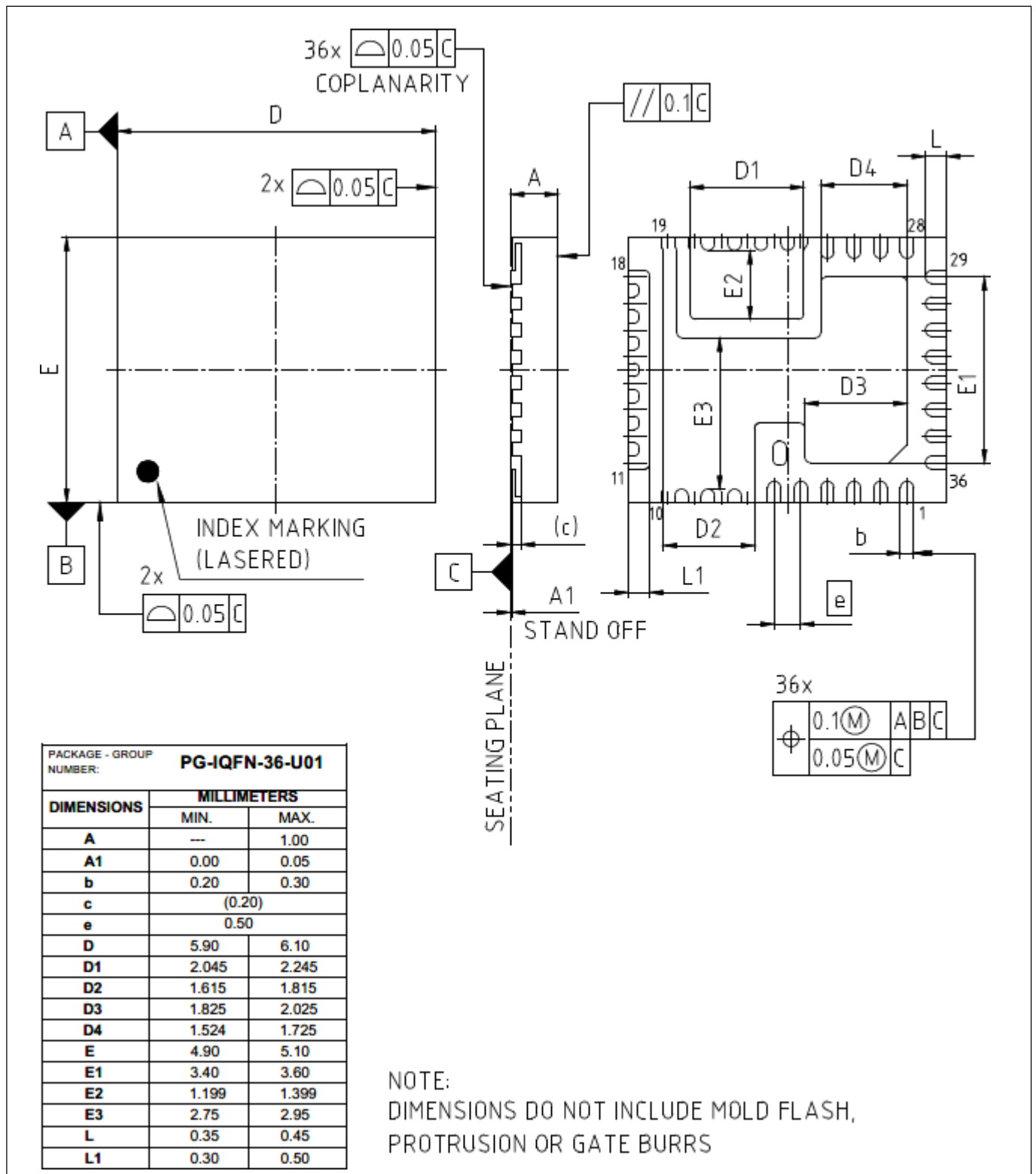


图 31 封装尺寸 (毫米)

封装

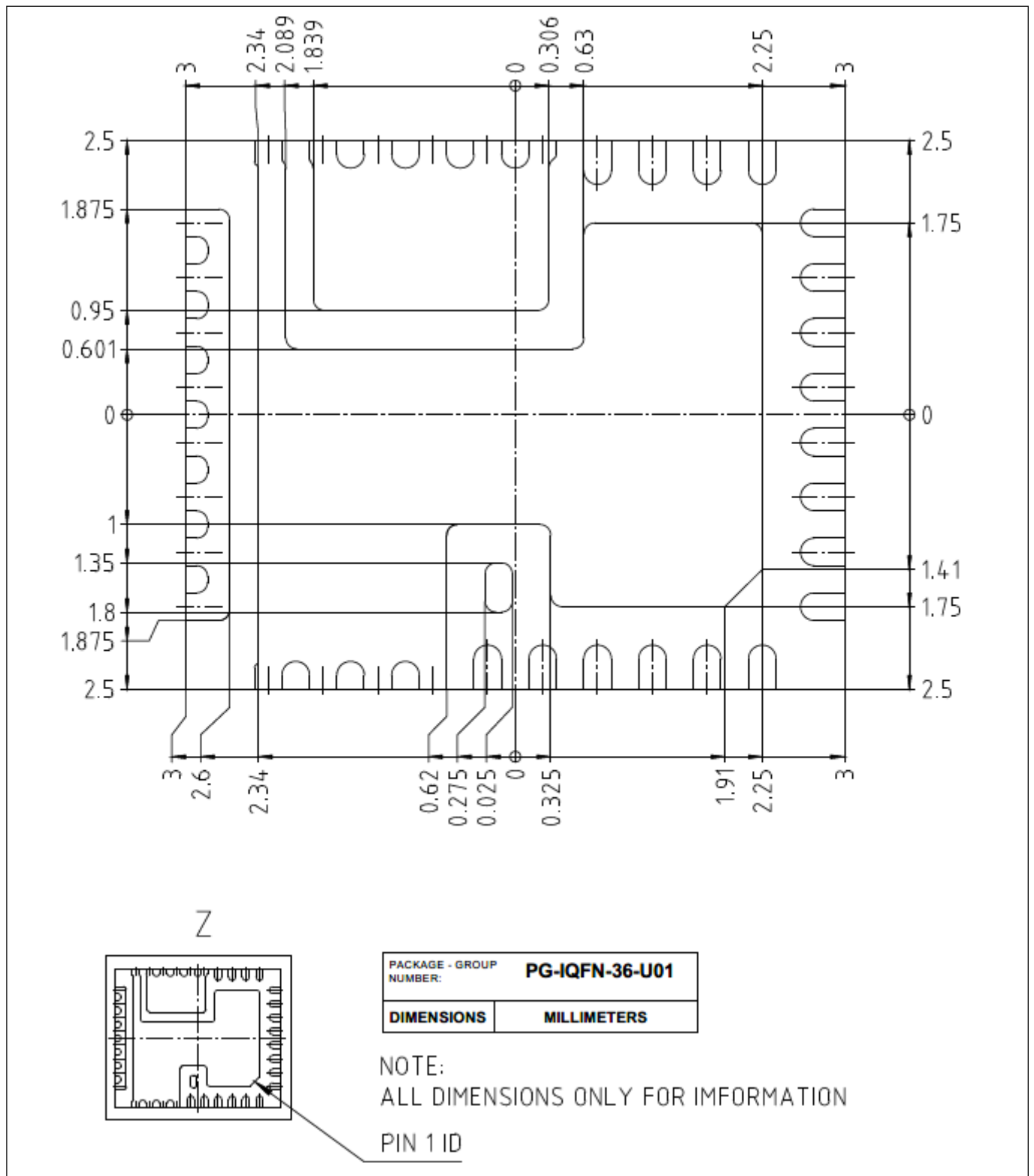


图 32 封装尺寸 - 焊盘布局



## 19 环境资质

表 22

<b>Qualification Level</b>		<b>Industrial</b>	
<b>Moisture Sensitivity</b>		5 x 6 mm QFN Package	JEDEC Level 2 @ 260°C
<b>ESD</b>	<b>Human Body Model</b>	ANSI/ESDA/JEDEC JS-001, Class 2 (2000 V to < 4000 V)	
	<b>Charged Device Model</b>	ANSI/ESDA/JEDEC JS-002, Class C3 ( $\geq 1000$ V)	
<b>RoHS2 Compliant</b>		This product follows EU Directive 2015/863/EU amending Annex II to EU Directive 2011/65/EU(RoHS) and contains Pb according to RoHS exemption 7a, Lead in high melting temperature type solders	

## 修订记录

TDA38640

**Revision: 2023-10-27, Rev. 2.8**

### 历史修订版本

Revision	Date	Subjects (major changes since last revision)
2.0	2022-04-06	Release of final version
2.1	2022-04-08	Changed the VID Setpoint Accuracy from 0.75% to 0.5% in the Electrical Specs Table
2.2	2022-04-13	No of programmable USER Images corrected from 48 to 24
2.3	2022-05-10	Corrections to the Description of LDO and Enable
2.4	2022-05-12	Correction the version number and the date of release
2.5	2022-08-12	Updated the multi-image programming capability of the device
2.6	2022-10-21	Programming Capability is re-defined, and Set-point accuracy is updated
2.7	2022-11-21	Updated the package drawing, programming Section, made changes to abs max table and Pre-bias startup section
2.8	2023-10-27	Updated the package drawings in figure 30, 31 and 32. Updated the tape and reek information in figure 33. Updated section 13.14 with correct description Updated App note reference in section 17.1



## 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 2026-03-09

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>。