

英飞凌 XDPL8219 数字反激式控制器 IC

XDPL™ 数字电源

特性

- 反激式控制器，带 **功率因数校正(PFC)**
- **副边调节(SSR) 恒定电压(CV)** 输出
- 集成 600 V 高压启动单元电路
- 支持通用 AC 输入 (90V_{rms} 至 305V_{rms}) 和 DC 输入 (127 V 至 431 V)
- 增强型 **总谐波失真(THD)** 校正
- 增强型 **功率因数(PF)** 校正
- PF > 0.9 和 THD < 10%，适用于宽负载范围，AC 输入电压最高达 277 V_{rms}
- 高效率、低 **电磁干扰(EMI)**，采用 **准谐振模式，在第 n 个谷底开关(QRMn)**
- 空载待机功耗低至 < 100 mW，可听噪音低，带有 **主动突发模式(ABM)**
- 低 EMI，具有开关频率抖动功能，用于恒定 DC 输入
- 通过单向 **通用异步收发器** 通信，报告输入电压、电网频率、控制器温度、输入电压损失和上次触发保护的错误代码
- 保护功能：输入过压、输入欠压、输出过压、输出短路、VCC 过压、VCC 欠压和 **集成电路(IC)** 过温保护
- UL1310 安全特性：基于计算输入电压的自适应 CS 引脚最大电压和 QRMn 最小谷数限制，防止在较高输入电压下输出功率过大
- 数字可配置参数：最大开关频率、ABM 突发频率、保护阈值和响应（自动重启/锁存）等。

产品验证

符合 JEDEC47/20/22 相关的工业应用要求

潜在应用

- 用于 LED 灯具的电子控制装置的前级 **PFC** 转换器

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

描述

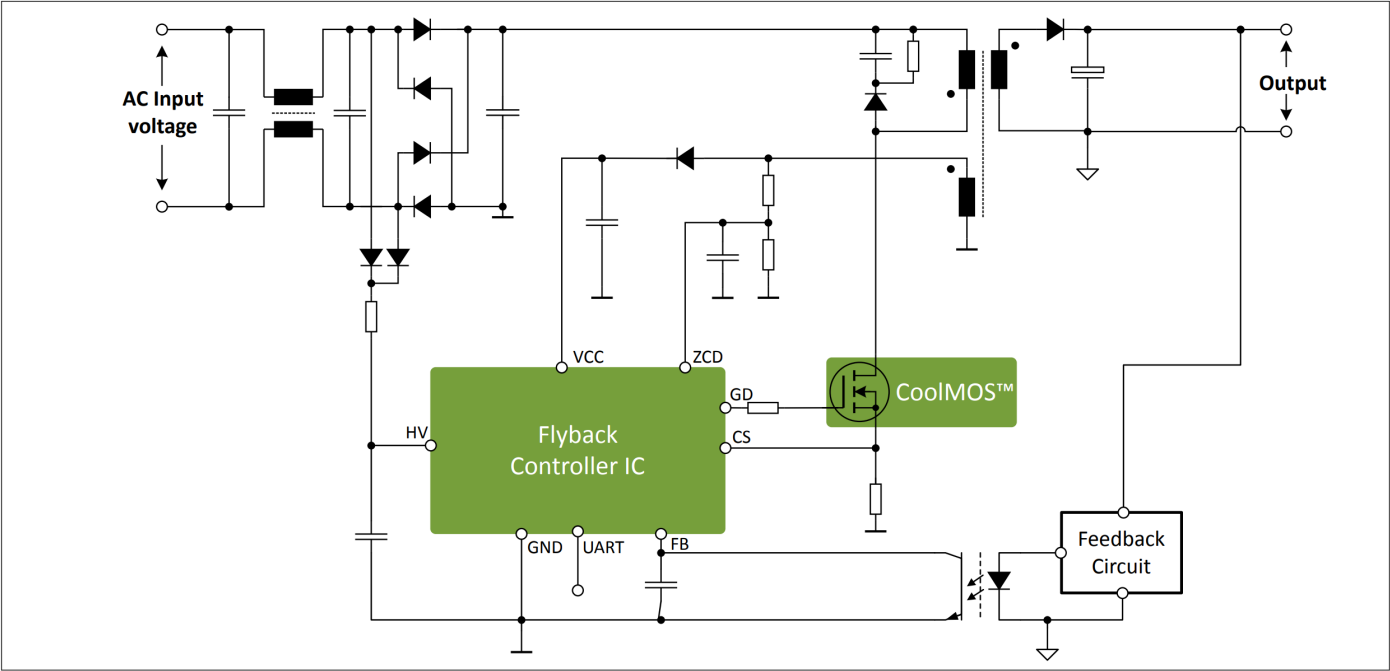


图 1 XDPL8219 的典型应用

注：图 1 中的 SSR CV 输出不应直接用于驱动 LED。对于 LED 照明应用，应通过二级 DC-DC 开关或线性稳压器将其转换为恒流输出。

Product type	Package	Marking	Firmware version	Ordering code
XDPL8219	PG-DSO-8	L8219	0.0.1.1	SP002990946

描述

XDPL8219 是一款高性能 SSR（副边调节）CV 控制器，用于高功率因数反激式转换器。该器件在 QRMn 下工作，可在宽负载范围内实现效率最大化和 EMI 最小化。它在轻负载时进入 ABM，以防止产生可听噪声，同时实现低至 < 100 mW 的空载待机功率。

XDPL8219 可检测输入电压类型（AC 或恒定 DC），并相应调整其专有的电压模式脉冲调制器，以提高系统性能。对于 AC 输入，它能调整脉冲调制，在宽输入和负载范围内实现高 PF (>0.9) 和低 THD (<10%)。对于恒定的 DC 输入，它采用脉冲调制，通过抖动开关频率降低整个工作范围内的电磁干扰。

英飞凌的创新数字电源平台在标准 DSO-8 封装中最大限度地提高了 XDPL8219 的性能。XDPL8219 传输 UART 信号，报告计算输入电压、计算电网频率、控制器温度、上次错误代码和输入电压损失指示。此外，它还可通过 UART 进行参数配置，从而提供最大的设计灵活性和性能优化。英飞凌提供的编程工具包括用于个人计算机的用户友好图形用户界面，用于配置 XDPL8219 参数。

该设备内置 600 V HV 启动单元和专有启动顺序，可确保输出电压快速上升，并将过冲降至最低。

目录

目录

	特性	1
	产品验证	1
	潜在应用	1
	描述	2
	目录	3
1	引脚配置	5
2	功能框图	6
3	功能描述	7
3.1	启动	7
3.2	稳压模式	7
3.3	工作周期	11
3.4	电网同步	11
3.5	增强型电能质量	11
3.6	恒定DC输入电压下的开关频率抖动	12
3.7	GD 引脚上可配置的栅极电压上升斜率	12
3.8	UART 报告	12
3.9	输入电压和输出电压估算	13
3.9.1	输出电压估算	13
3.9.2	输入电压估算	14
3.10	保护功能	15
3.10.1	原边 MOSFET 过流保护	15
3.10.2	输出欠压保护	15
3.10.3	输出过压保护	16
3.10.4	变压器消磁时间不足保护	17
3.10.5	最低输入电压启动检查和输入欠压保护	17
3.10.6	最大输入电压启动检查和输入过压保护	18
3.10.7	VCC 欠压锁定	18
3.10.8	VCC 欠压保护	18
3.10.9	VCC 过压保护	19
3.10.10	IC 过温保护	19
3.10.11	其他保护措施	19
3.10.12	保护响应	20
3.11	调试模式	20
3.12	参数列表	21
4	电气特性及参数	27
4.1	封装特性	27
4.2	绝对最大额定值	27

目录

4.3	工作条件.....	28
4.4	DC电气特性.....	29
5	封装尺寸	40
6	参考文档	41
7	修订记录	41
	术语表	41
	免责声明	45

1 引脚配置

1 引脚配置

引脚分配和基本引脚说明信息如下所示。

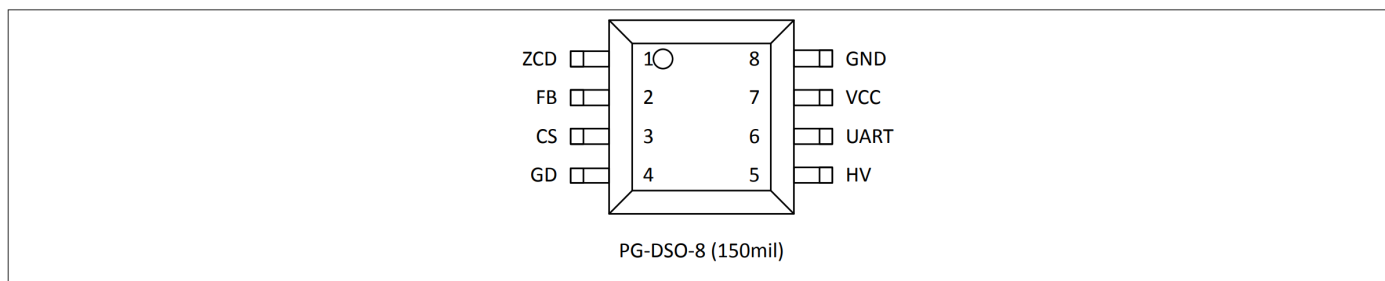


图 2 XDPL8219 的引脚

表 1 引脚定义及功能

Name	Pin	Type	Function
ZCD	1	I	Zero-crossing detection: The ZCD pin is connected to the transformer auxiliary winding via external resistors divider. It is used for zero-crossing detection, primary-side output voltage sensing and input voltage sensing.
FB	2	I	Secondary Side Feedback: The FB pin is used as a feedback pin for SSR .
CS	3	I	Current sensing: The CS pin is used for Flyback MOSFET current sensing via external shunt resistor.
GD	4	O	Gate driver: The GD pin is used for Flyback MOSFET gate drive control via external series resistor.
HV	5	I	High voltage: The HV pin is connected to the rectified input voltage via external series resistor. The HV pin is used to charge VCC pin voltage during startup and protection, via an internal 600 V startup cell. In addition, it is also used for line synchronization.
UART	6	I/O	UART configuration: The UART pin is used as the digital interface for IC parameter configuration. It can also be used for the information reporting based on the uni-directional UART communication (when UART reporting is enabled).
VCC	7	I	Operating voltage supply and sensing
GND	8	-	IC grounding

2 功能框图

2 功能框图

功能框图显示了从输入引脚经信号处理到输出引脚的基本数据流。

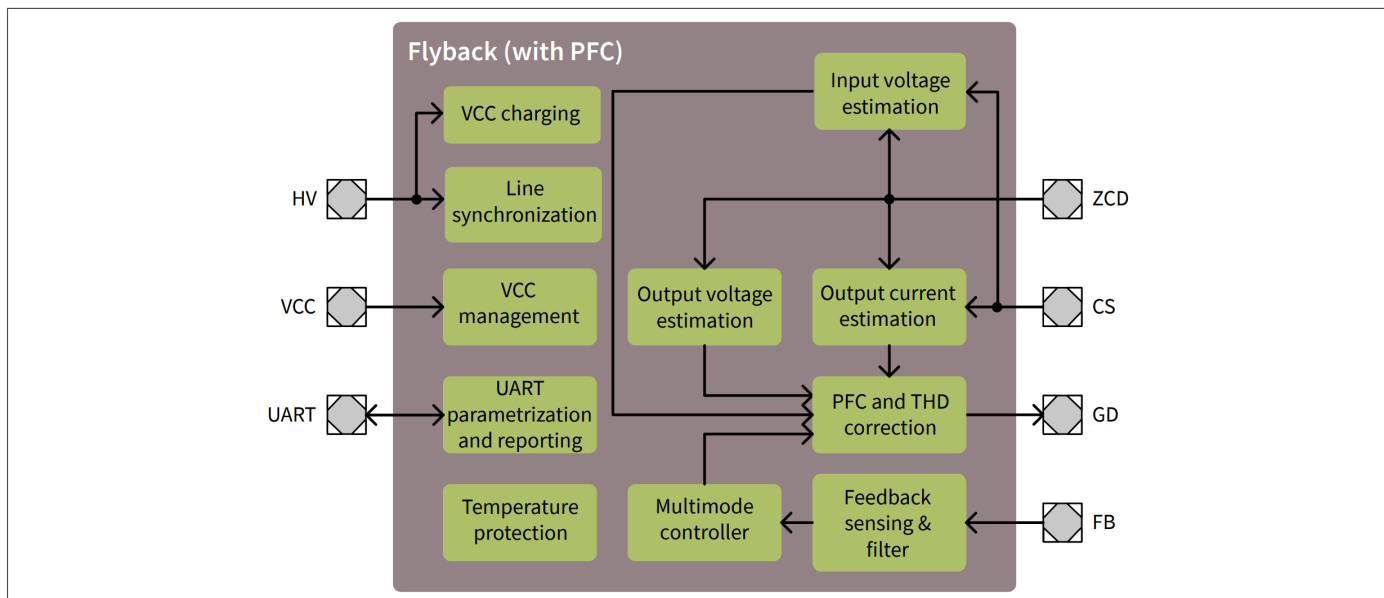


图 3 XDPL8219 功能框图

3 功能说明

3 功能描述

功能说明概述了集成的功能和特性以及它们之间的关系。所述参数和公式基于 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 时的典型值。相应的最小值和最大值显示在电气特性中。

3.1 启动

XDPL8219 在检查启动前的条件（如计算输入电压、**IC** 温度）是否在限制范围内后进入启动阶段。在启动阶段，首先是软启动阶段，然后是输出充电阶段。软启动阶段是为了最大限度地减少启动期间的元件应力，输出充电阶段是将输出电压快速充电至 $V_{\text{out,start}}$ 参数用于从原边辅助绕组快速接管 V_{CC} 电压自供电。启动阶段结束后，在没有任何保护触发的情况下，将进入稳压模式，根据反馈电压映射进行输出调节。

3.2 稳压模式

在稳压模式下， FB 引脚电压信号定期采样并进行数字滤波。根据图4中的滤波反馈电压 $V_{\text{FB,filtered}}$ ，工作模式（**QRMn**、**非连续导通模式(DCM)** 或 **ABM**）和相应的开关参数（导通时间 t_{on} 、谷数 N_{valley} 、最小开关周期 $t_{\text{sw,min}}$ 、脉冲数 n_{ABM} ）在每个**工作周期**中定期更新。每个开关参数的更新率都是独立的，可以根据运行模式和条件而有所不同。

FB 引脚电压上拉和采样

控制器的典型基准电压 V_{REF} 为 2.428 V，通过一个内部上拉电阻器与 FB 引脚相连。内部上拉电阻值可根据 $R_{\text{FB,pull,up}}$ 参数在 2.25 kohm 和 7.5 kohm 之间配置。为了在 ABM 中节省功耗，控制器在休眠状态下会禁用内部上拉电阻。

为了获得较高的信噪比，在 CS 前沿消隐时间 $t_{\text{CS,LEB}}$ 结束时对 FB 引脚电压进行周期性采样。

反馈电压滤波

采样反馈电压的滤波取决于工作模式和条件：

- **QRMn/DCM：**

当 HV 引脚**电网同步**与AC输入正确就位时，或当控制器检测到恒定的DC输入电压，持续时间超过 $n_{\text{notch,blank}}$ 参数时，数字陷波滤波器就会使能。否则，采样反馈电压将由数字低通滤波器处理，以减少高频分量。

数字陷波滤波器可抑制AC输入的双线频率正弦波分量，或**恒定DC 输入电压下的开关频率**抖动产生的正弦波分量，以稳定滤波后的反馈电压 $V_{\text{FB,filtered}}$ 。

- **ABM：**

在突发脉冲期间，反馈电压采样由数字低通滤波器处理，以减少高频成分。

3 功能说明

滤波反馈电压映射

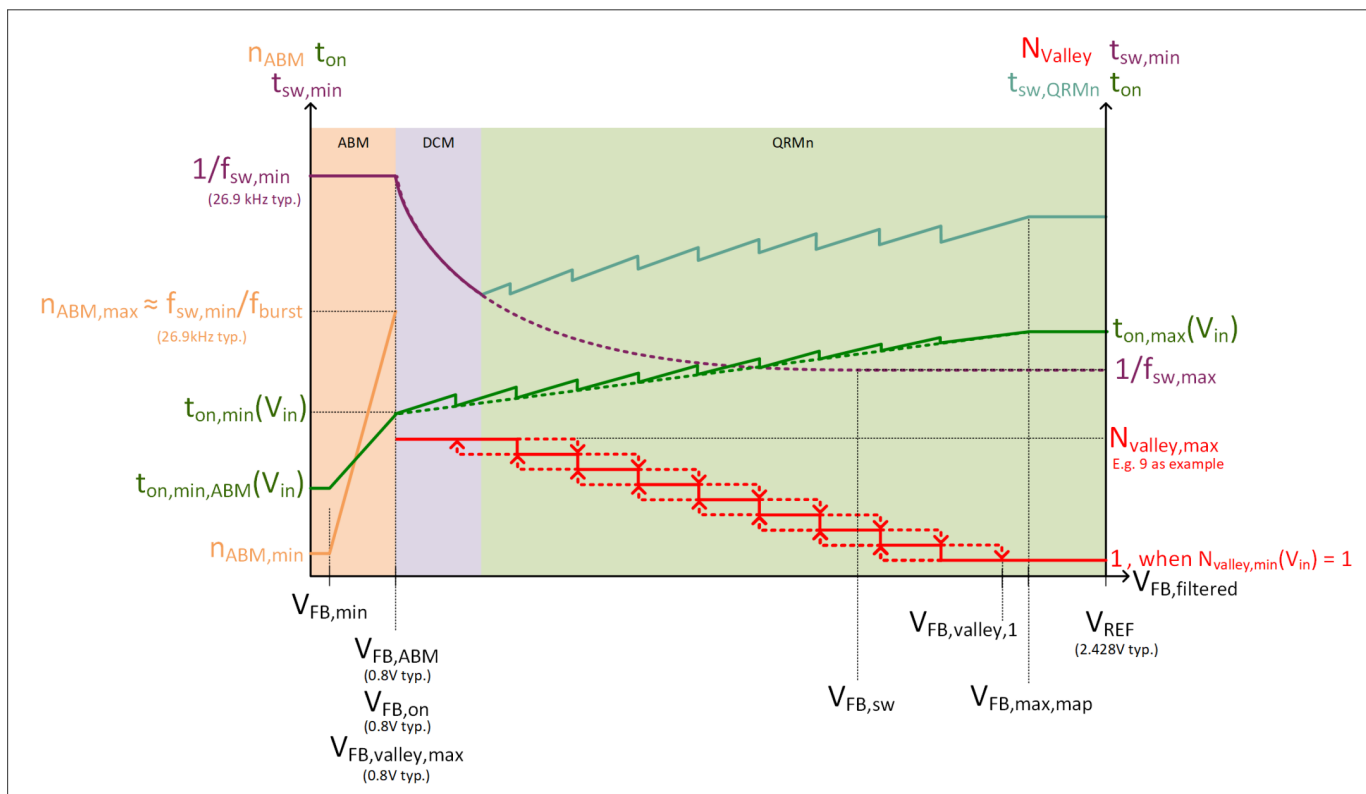


图 4 滤波反馈电压映射

- QRMn/DCM:

图 4 中的 t_{on} 、 $t_{sw,min}$ 和 N_{valley} 是由滤波后的反馈电压 $V_{FB,filtered}$ 映射而来。

在 QRMn 中，要在漏极电压 N_{valley} 处开启 MOSFET，与系统相关的 QRMn 开关周期 $t_{sw,QRMn}$ 必须大于 $t_{sw,min}$ 。如果漏极电压 N_{valley} 谷值发生在 $t_{sw,min}$ 达到之前，控制器将在 DCM 下运行，DCM 开关周期 $t_{sw,DCM}$ 将跟随 $t_{sw,min}$ 变化。

为了在 N_{valley} 变化时实现更平滑的过渡，器件可使用 $C_{valley,comp}$ 参数对 t_{on} 曲线进行补偿。为使 N_{valley} 在稳态运行时保持稳定， N_{valley} 变化时会出现滞回，并且 N_{valley} 在每个工作周期内只更新一次。如果 N_{valley} 变化大于 $N_{valley,fast}$ 参数，控制器可加快 N_{valley} 更新速度，以获得更好的动态负载响应。

注： t_{on} 或 $t_{sw,min}$ 或两者均可在每个工作周期上进行调制，以实现 AC 输入的增强型电能质量或恒定 DC 输入电压的开关频率抖动。

- ABM:

t_{on} 和 n_{burst} 由上一个突发周期最后一个脉冲采集的 $V_{FB,filtered}$ 映射而来。

如图 5 所示，通常情况下，控制器的突发间隔约为配置的 $1/f_{burst}$ ，并在完成每个突发周期的最后一个脉冲后进入睡眠模式以节省功耗。

但是，如果使用 $EN_{UART,reporting}$ 参数使能了 UART 报告功能，则偶尔会出现比典型突发间隔更长的时间或延迟进入睡眠模式或两者兼而有之的情况，例如，当 UART 信号传输无法在典型突发间隔内或在突发周期的最后一个脉冲之前完成时。

3 功能说明

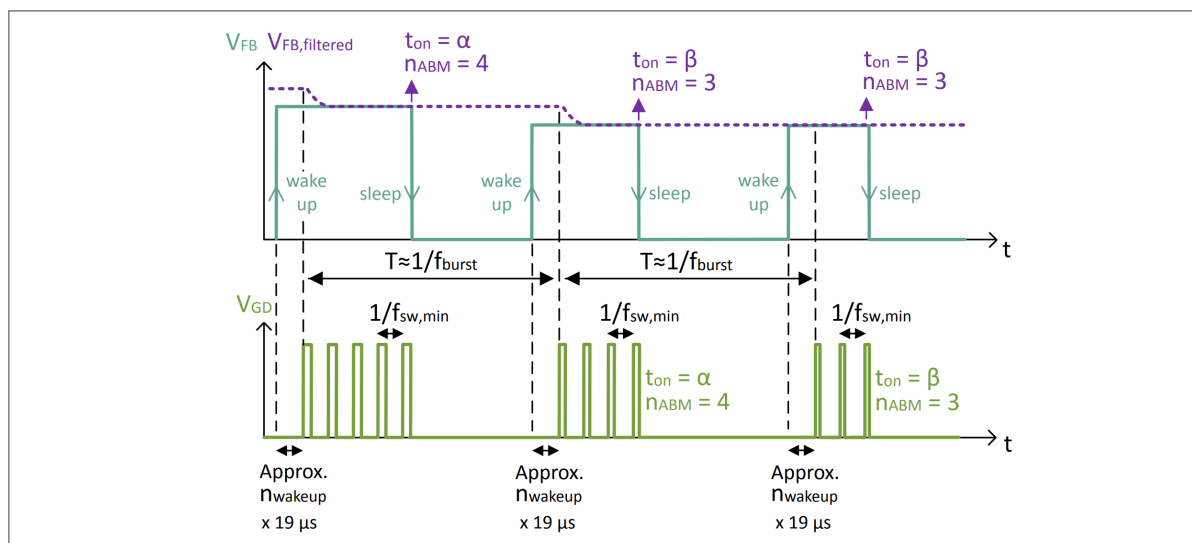


图 5 典型的 ABM 开关波形

注： ABM 开关脉冲频率通常遵循最小开关频率参数 $f_{sw,min}$ （典型值为 26.9 kHz），但可以在每个工作周期上进行调制，以实现恒定 DC 输入电压下的开关频率抖动。

稳压模式 CS 引脚最大电压和最小谷数限制

在稳压模式下，最小谷值限值 $N_{valley,min}(V_{in})$ 和 CS 引脚最大电压限值 $V_{OCP1}(V_{in})$ 都是根据计算的输入电压 V_{in} 自适应设置的，如图 6 所示，以防止在较高输入电压下输出功率过大。如果导通 MOSFET 电流在 CS 前沿消隐时间 $t_{CS,LEB}$ （典型值 480 ns）之后上升到 $V_{OCP1}(V_{in})$ 电平，则有效导通时间低于图 4 中的映射 t_{ono} 。

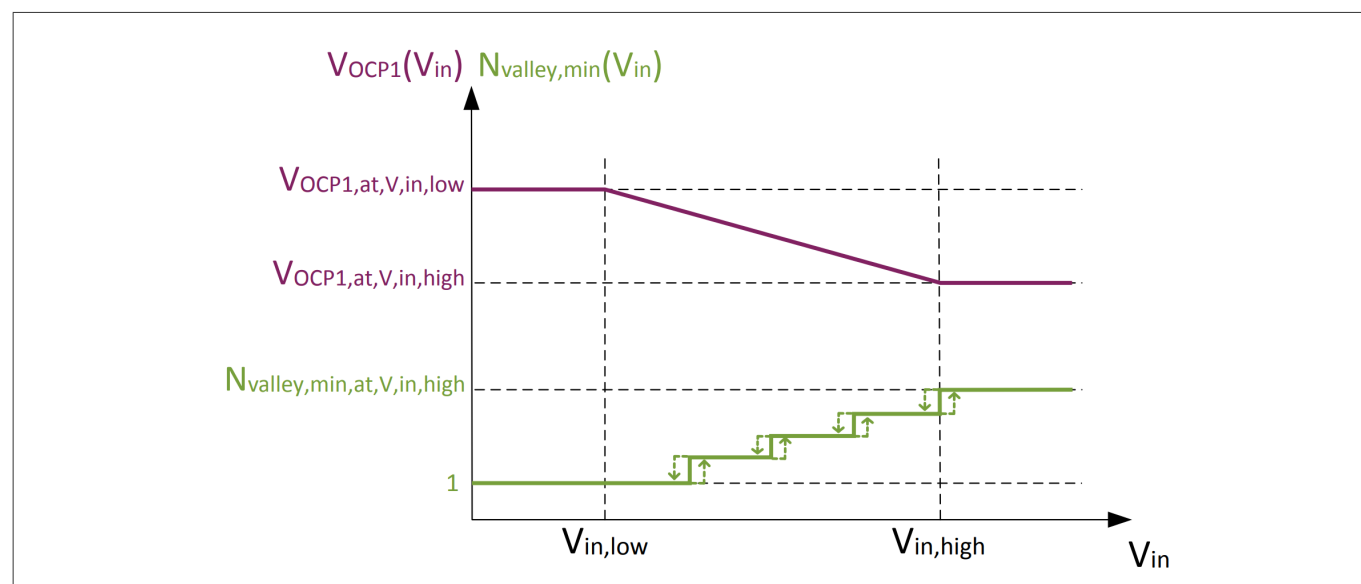


图 6 基于计算输入电压 V_{in} 的稳压模式 CS 引脚最大电压和最小谷数限值适配

注： $V_{OCP1}(V_{in})$ 和 $N_{valley,min}(V_{in})$ 在每个工作周期调整一次。

3 功能说明

导通时间限制

图4 中的导通时间限制是根据计算的输入电压 V_{in} 自适应设置的。

- QRMn/DCM:

为检测输出过压电平 V_{outOV} 参数, 设备会计算一个 $t_{on,min,V,out,sense}(V_{in})$ 变量, 即在计算输入电压 $V_{in,peak}$ 的峰值时, 为实现所需的变压器最小消磁时间 $t_{min,demag}$ 参数而计算的最短导通时间。最小导通时间限制 $t_{on,min}(V_{in})$ 基于 $t_{on,min}$ 参数或 $t_{on,min,V,out,sense}(V_{in})$ 变量, 以较高者为准, 如图7 所示。

对于介于最低工作输入电压参数 $V_{in,low}$ 和输入过压保护电平参数 V_{inOV} 之间的 V_{in} , 最大导通时间限制 $t_{on,max}(V_{in})$ 按比例调整, 以补偿输入电压对反馈增益的影响。

对于 V_{in} 从 $V_{in,low}$ 到输入欠压保护电平参数 $V_{in,UV}$, $t_{on,max}(V_{in})$ 可从 $t_{on,max,at,V,in,low}$ 参数线性降低到 $t_{on,max,at,V,in,UV}$ 参数, 以限制掉电期间的最大功率。

- ABM:

当 V_{in} 从 $V_{in,high}$ 下降时, ABM 的最小导通时间限制 $t_{on,min,ABM}(V_{in})$ 将从 $t_{on,min,ABM}$ 参数增加, 以减少突发脉冲数, 从而在较低输入电压下降低待机功率。

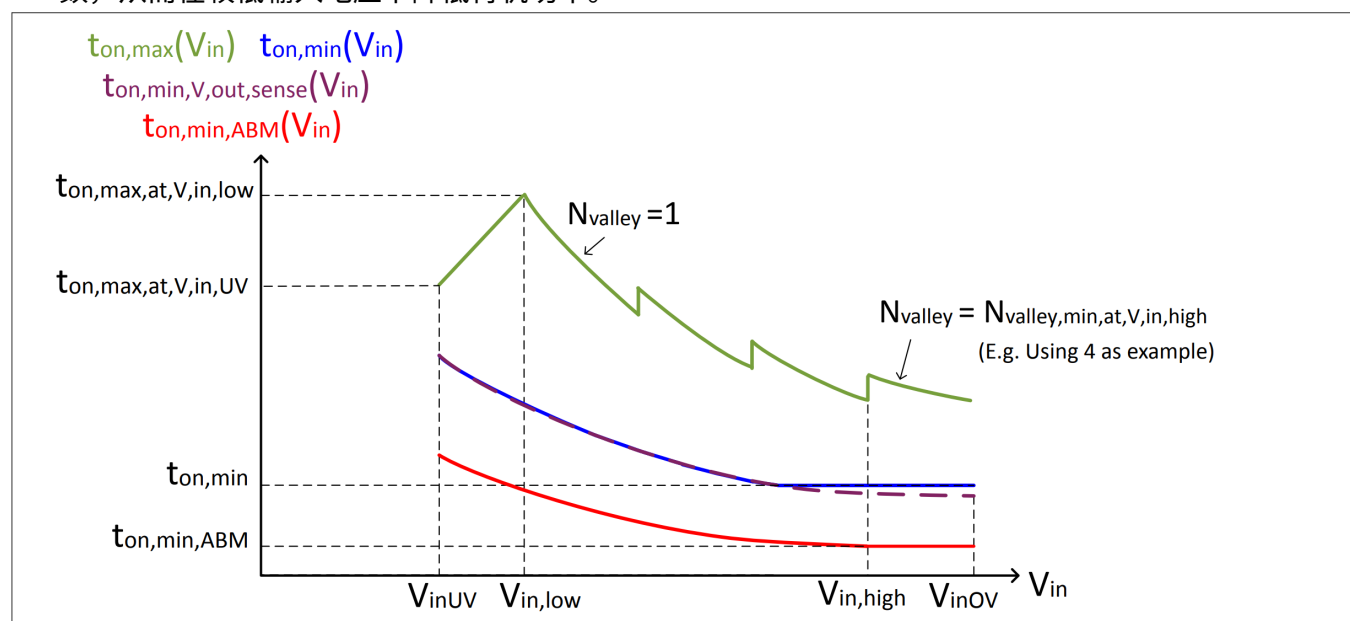


图 7 根据计算的输入电压 V_{in} 调整导通时间限制

注: $t_{on,min}(V_{in})$ 、 $t_{on,max}(V_{in})$ 和 $t_{on,min,ABM}(V_{in})$ 在每个工作周期调整一次。

反馈电压最大限值

进入稳压模式后, 滤波反馈电压最大限值 $V_{FB,filtered,max}$ 将从 $V_{FB,limit,start}$ (1.2 V typ.) 逐步升至 V_{REF} (2.428 V typ.), 每 $t_{FB,limit,step}$ 之后的电压增量为 $V_{FB,limit,step}$ 参数。

如图8 所示, 在进入稳压模式初期, 当 $V_{FB,filtered}$ (滤波电压) 高于 $V_{FB,filtered,max}$ (最大滤波电压) 时, 反馈电压映射以 $V_{FB,filtered,max}$ (最大滤波电压) 斜坡为基准, 以防止输出上升时输出电压过冲。当 $V_{FB,filtered}$ 值低于 $V_{FB,filtered,max}$ 时, 反馈电压映射将遵循 $V_{FB,filtered}$, 以实现稳态输出调节。

3 功能说明

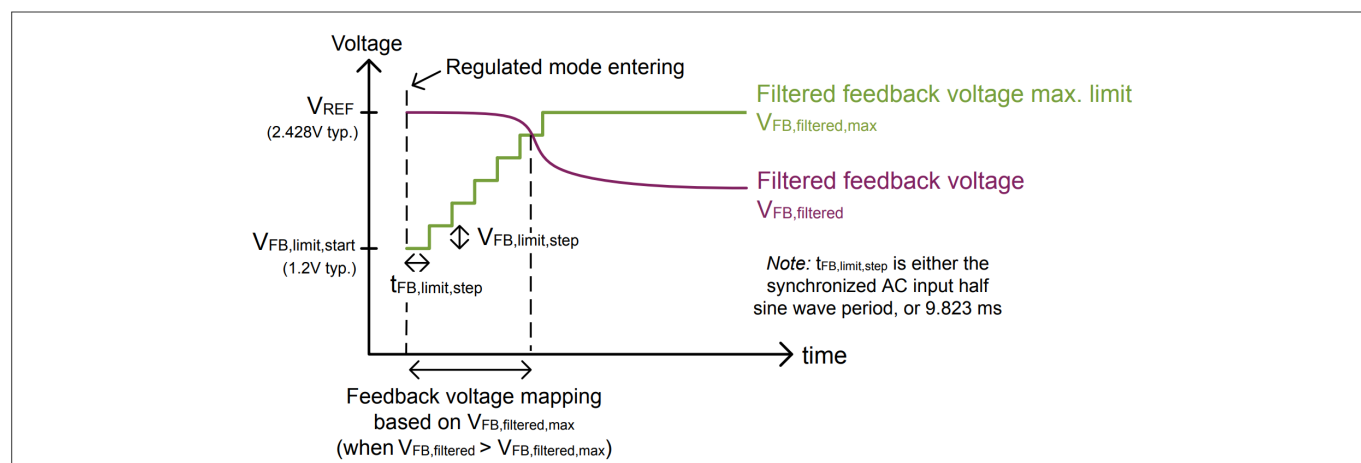


图 8 反馈电压最大限值

3.3 工作周期

每个 XDPL8219 工作周期的周期默认为 9.823 ms。当 HV 引脚使能 **电网同步** 并与 AC 输入正确到位时，该周期约为 AC 输入的半正弦波周期，否则将遵循默认值。

3.4 电网同步

根据工作条件，XDPL8219 可使能电网同步功能，通过检测 HV 引脚信号来检测输入电压类型和 AC 输入电压的两倍电网频率。

如果检测到的 HV 引脚电网同步输入电压类型为 AC，则在 **QRMn** 和 **DCM** 中使能 HV 引脚电网同步，在 **ABM** 中禁用。最初使能的 HV 引脚电网同步需要一些时间才能在 AC 输入时正确就位。当 HV 引脚电网同步与 AC 输入正确就位时，控制器检测到的两倍电网频率或半正弦波周期与 AC 输入同步，HV 引脚信号检测占空比降低，以减少 HV 引脚串联电阻的功耗。

如果 HV 引脚电网同步检测到的输入电压类型为恒定 DC，则禁用 HV 引脚电网同步，只有通过 ZCD 引脚和 CS 引脚信号从 **输入电压估算** 检测到输入电压类型变为 AC 时，才能在 QRMn 和 DCM 中重新使能引脚电网同步。

如果使能了 **UART 报告** 功能，并在启动时立即进入 ABM，则 HV 引脚电网同步会在初始阶段短暂使能，以检测初始电网频率。

注意： 为确保高压引脚电网同步能通过 AC 输入建立并正确到位，AC 输入应为稳定的正弦波，频率在 45 Hz 至 66 Hz 之间。此外，通过外部电阻连接到 HV 引脚的整流 AC 输入也不应有过多噪声。

3.5 增强型电能质量

在 **QRMn** 和 **DCM** 中，AC 输入的 HV 引脚同步两倍电网频率被用作数字滤波器的陷波频率，以抑制反馈电压的两倍电网频率正弦波分量，从而实现良好的 **PFC** 和 **THD** 修正。在 QRMn 和 DCM 中，通过使稳压模式 **工作周期** 与 AC 输入半正弦波周期同步，控制器还可以根据相位角调节开关参数，以增强 PFC 和 THD 校正。

3 功能说明

增强型 THD 校正

通过使能 EN_{ETHDC} 参数，控制器可补偿AC输入半正弦波周期内 QRMn 占空比变化造成的输入电流失真。

增强型功率因数校正

为了获得更好的 PFC，可以通过将 C_{EMI} 参数值配置为零以上并微调该值，使能获得专利的增强型 PFC (EPFC) 功能，以补偿主要由DC链路滤波电容器 $C_{DC,filter}$ 和电网滤波器造成的输入电流位移效应。

3.6 恒定 DC 输入电压下的开关频率抖动

为了在恒定DC输入电压下降低 **EMI**，可通过将 C_{dither} 参数设置为零以上来使能开关频率抖动功能。根据调制增益参数 C_{dither} ，在 **QRMn** 和 **DCM** 中对 t_{on} 和 $t_{sw,min}$ 进行调制，而在 **ABM** 中对 $t_{sw,min}$ 进行调制，以实现开关频率抖动。

3.7 GD 引脚上可配置的栅极电压上升斜率

栅极驱动峰值电压 $V_{GD,pk}$ 典型值为 12 V。为了实现开关损耗和 **EMI** 的良好平衡，可以通过配置栅极驱动器峰值源电流参数 $I_{GD,pk}$ 来控制决定 MOSFET 开关导通速度的栅极电压上升斜率。

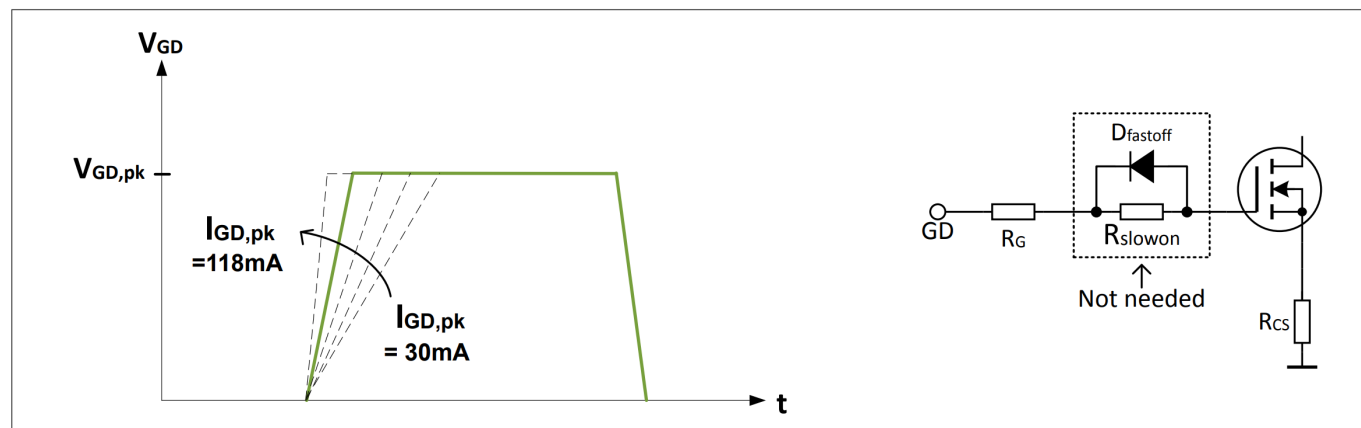


图 9 可配置栅极电压上升斜率和节省元件

3.8 UART 报告

可使能XDPL8219 **UART** 报告功能，以便在特定时序和条件下传输包含以下数据的数据包：

- 最后计算的输入电压均方根值 V_{in} ，基于 **输入电压估算**
- 上次检测到的电网频率或输入电压类型，基于 HV 引脚 **电网同步**
- 上次测量的 **IC** 结温，基于其内部传感器
- 如果 ZCD 引脚 $-I_v$ 采样值连续过低的次数超过限值，则指示输入电压丢失
- 自动重启前最后一次触发保护的错误代码

UART 报告基于单向 UART 通信，波特率固定为 9600 bps。

3 功能说明

3.9 输入电压和输出电压估算

XDPL8219 根据 ZCD 引脚的开关信号估算输入电压和输出电压。如 [图10](#) 中的波形示例所示，变压器原边辅助绕组电压 V_{AUX} 包含反射输入电压和反射输出电压的信息，可使用电阻分压器在 ZCD 引脚处进行测量。

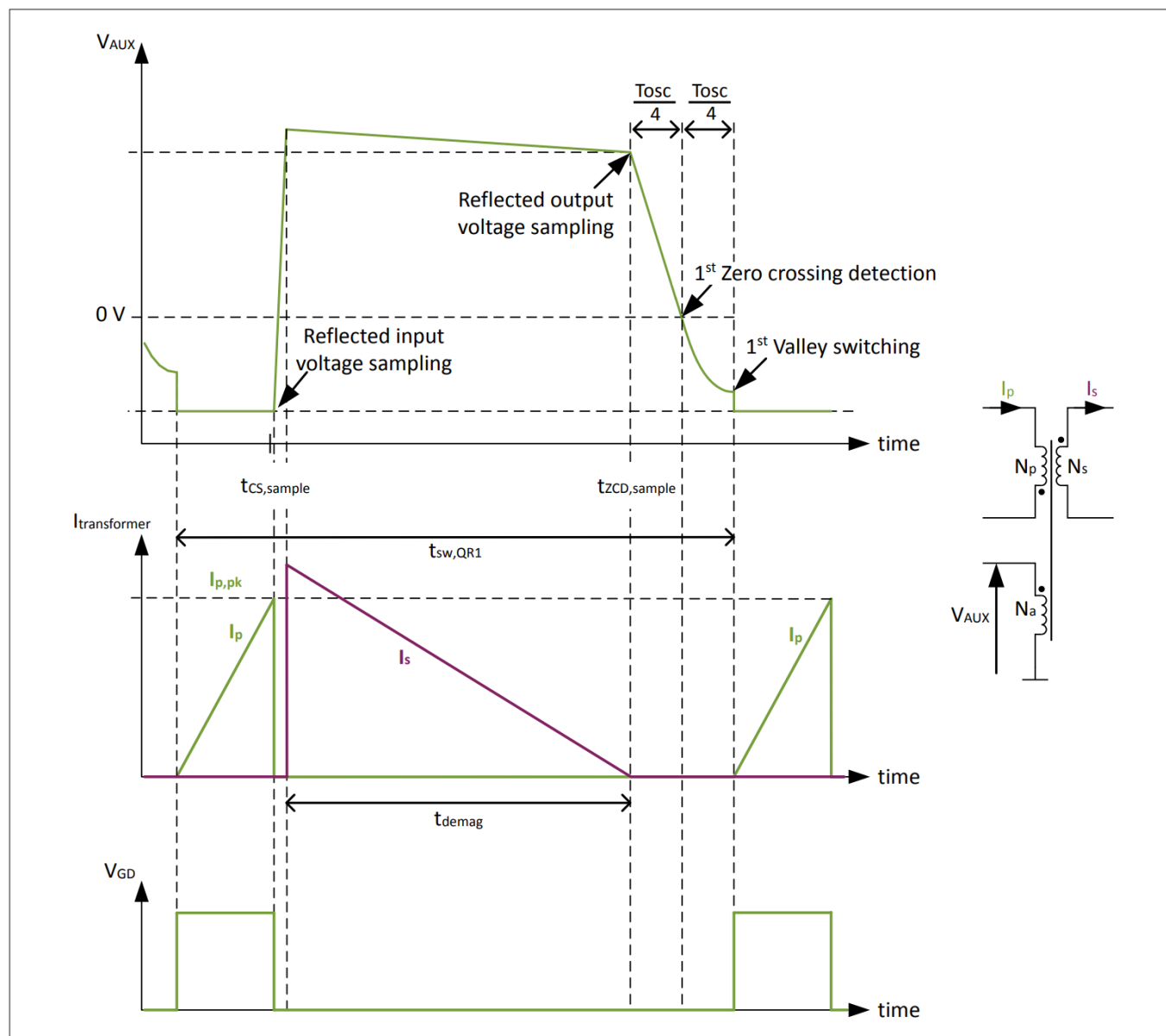


图 10 QRM1 中的反激式开关波形示例

3.9.1 输出电压估算

当 MOSFET 关断并接近变压器消磁末期，通过检测变压器原边辅助绕组电压 V_{AUX} 的反射输出电压信号来估算输出电压。如 [图11](#) 所示，由 $R_{ZCD,1}$ 和 $R_{ZCD,2}$ 组成的电阻分压器可根据 ZCD 引脚的工作范围调整其电压，同时需要一个 ZCD 引脚滤波电容器 C_{ZCD} 进行噪声滤波。

基于 [图10](#) 所示的 $t_{ZCD,sample}$ 时序（大约为 V_{AUX} 第一个过零点之前四分之一振荡周期 ($T_{osc}/4$) 的 ZCD 引脚电压 $V_{ZCD,SH}$ 采样值，检测 V_{AUX} 反射输出电压信号的比值。

3 功能说明

在 **QRMn** 和 **DCM** 中，每次 $V_{ZCD,SH}$ 采样的典型间隔约为稳压模式 **工作周期** 的 1/64，而振荡周期 T_{osc} 在启动期间测量一次，并在稳压模式 **工作周期** 内每隔 7 个周期更新一次。

注： 由于 V_{AUX} 过零只能由 IC 通过 ZCD 引脚在其内部模拟延迟加上由 C_{ZCD} 引起的外部延迟后进行检测，因此需要对 $t_{ZCD,PD}$ 参数进行微调，以补偿这些延迟，从而获得 $t_{ZCD,sample}$ 的正确时序，用于输出电压估算。

注意： 请注意，变压器消磁时间 t_{demag} 在输入电压峰值时必须至少为 $2.0 \mu s$ ，以确保 ZCD 引脚能正确检测到反射输出电压。

估算输出电压 V_{out} 基于下式

$$V_{out} = V_{ZCD,SH} \cdot \frac{R_{ZCD,1} + R_{ZCD,2}}{R_{ZCD,2}} \cdot \frac{N_s}{N_a} - V_d$$

公式 1

其中， N_s 为变压器副边主绕组匝数， N_a 为变压器原边辅助绕组匝数， V_d 为副边主输出二极管正向电压（控制器假定为 $0.7 V$ ）。

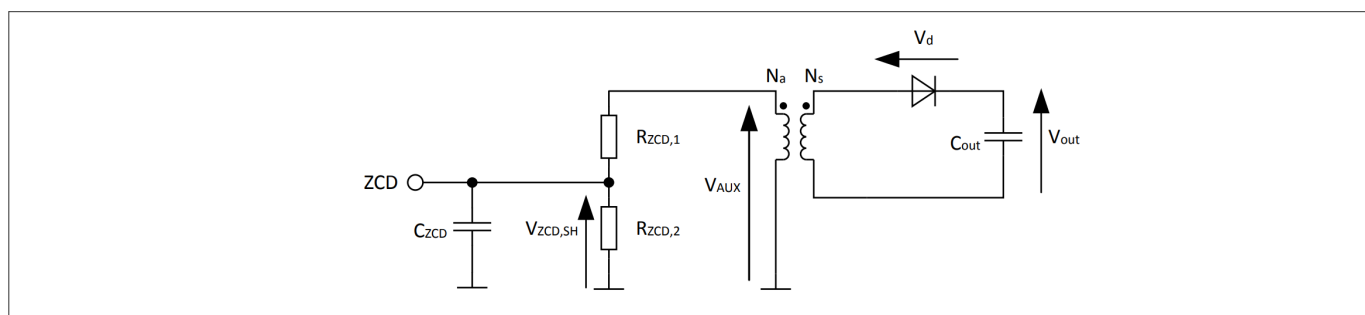


图 11 基于 $V_{ZCD,SH}$ 的输出电压估算

估算输出电压 V_{out} 用于输出电压保护，因此必须确保 IC 参数 $R_{ZCD,1}$ 、 $R_{ZCD,2}$ 、 N_s 和 N_a 根据实际系统硬件尺寸进行配置。

3.9.2 输入电压估算

输入电压是通过检测 MOSFET 接通时变压器原边辅助绕组电压 V_{AUX} 的反射输入电压信号来估算的。由于反射输入电压信号是负电压，无法直接检测，因此 ZCD 引脚的电压被钳位在 V_{INPCLN} 的负电压上。如图 12 所示，由 $R_{ZCD,1}$ 和 $R_{ZCD,2}$ 组成的电阻分压器可根据 ZCD 引脚的工作范围调整 $-I_{IV}$ 即流出 ZCD 引脚的钳位电流，而 ZCD 引脚的滤波电容 C_{ZCD} 则用于噪声滤波。

根据图 10 所示的 $t_{CS,sample}$ 时序（即导通时间结束时）的钳位电流 $-I_{IV}$ 采样，可检测到来自 V_{AUX} 的反射输入电压信号。每个 $-I_{IV}$ 采样的典型间隔约为稳压模式 **工作周期** 的 1/64，此时 XDPL8219 处于唤醒状态，栅极驱动器输出正在切换。

每个稳压模式 **工作周期** 的估算峰值输入电压 $V_{in,peak}$ 基于：

$$V_{in,peak} = \max \left\{ \frac{N_p}{N_a} \cdot \left[\left(-I_{IV} - \frac{V_{INPCLN}}{R_{ZCD,2}} \right) \cdot R_{ZCD,1} - V_{INPCLN} \right] + \frac{R_{in}}{R_{CS}} \cdot V_{CS,peak} \right\}$$

公式 2

其中， N_p 为原边主绕组匝数， N_a 为原边辅助绕组匝数， R_{CS} 为 CS 引脚分流电阻值， $V_{CS,peak}$ 为 CS 引脚峰值电压， R_{in} 为微调参数，用于通过补偿 $C_{DC,filter}$ 上的开关频率电压纹波来提高输入电压检测精度。

3 功能说明

无论输入电压类型是AC还是恒定DC，控制器都会根据几个稳压模式运行周期的滤波值，将估算输入电压 V_{in} 的有效值假定为 $V_{in,peak}$ 的 0.707 倍。 V_{in} 的更新率为每个稳压模式运行周期一次。

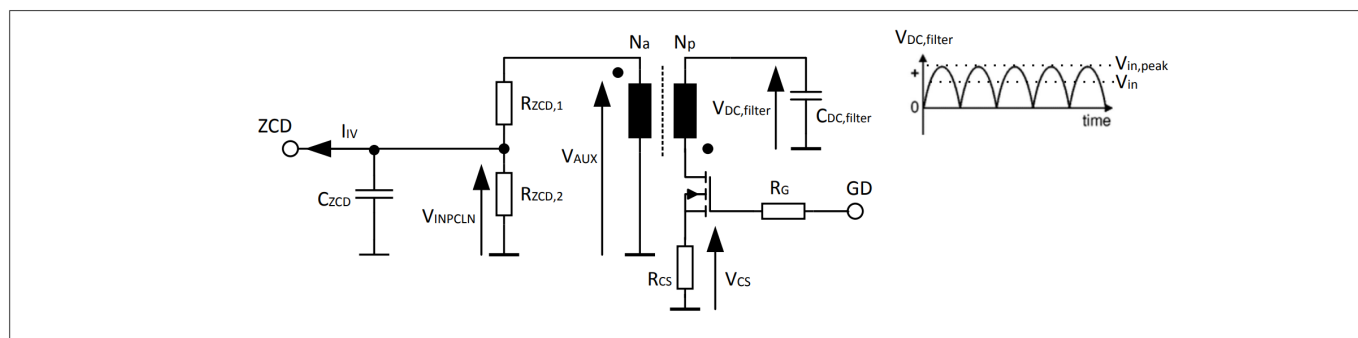


图 12 基于 $-I_{iv}$ 的输入电压估算

估算的输入电压 V_{in} 用于输入电压保护，因此必须确保 **IC** 参数 $R_{ZCD,1}$ 、 $R_{ZCD,2}$ 、 N_p 、 N_a 和 R_{CS} 根据实际系统硬件尺寸配置。

3.10 保护功能

保护装置可确保控制器在受限条件下运行。本节将介绍保护监控信号采样率、保护触发条件和保护响应。

注意： 保护监测信号的采样精度受数字量化、元器件（包括 **IC**）容差和间接检测估算（如基于 **ZCD**、**CS** 引脚信号的输入和输出电压估算）的影响，而保护电平触发精度则受采样信号精度、采样延迟、间接检测延迟（如在AC输入相位角为 0° 和 180° 附近，**ZCD** 引脚无法检测到反射的输出电压信号）和消隐时间的影响。

3.10.1 原边 MOSFET 过流保护

V_{OCP2} 表示 **CS** 引脚电压等级 2，用于原边 MOSFET 过流保护。在一次主绕组短路的单一故障条件下，当 **CS** 引脚电压超过 V_{OCP2} 的时间超过基于 t_{CSOCP2} 参数的消隐时间时，就会触发原边 MOSFET 过流保护。 V_{OCP2} 的电平根据 **表 2** 自动选择。

表 2 根据 $V_{OCP1,at,V_{in,low}}$ 参数值选择 V_{OCP2} 电平

$V_{OCP1,at,V_{in,low}}$ (V)	V_{OCP2} (V)
0.34 to 0.36	0.6
0.37 to 0.54	0.8
0.55 to 0.72	1.2
0.73 to 1.08	1.6

原边 MOSFET 过流保护的响应被固定为自动重启。

3.10.2 输出欠压保护

输出短路或过载时，输出电压可能会降至较低水平。根据 **ZCD** 引脚开关信号监测估算的输出电压 V_{out} （详见 **输出电压估算**），如果满足条件，即可触发输出欠压保护。

$EN_{UVP,V_{out}}$ 参数指的是稳压模式输出欠压保护的使能开关。在稳压模式下，如果 $EN_{UVP,V_{out}}$ 参数被使能，且估算输出电压 V_{out} 低于 V_{outUV} 参数且持续时间超过消隐时间 $t_{VoutUV,blank}$ 之后，将触发稳压模式输出欠压保护。

3 功能说明

稳压模式输出欠压保护的响应基于参数 $Reaction_{UV,P,V_{out}}$ ，可配置为自动重启或锁存模式。

注意：控制器在 **ABM** 模式下运行时，不提供稳压模式输出欠压保护。

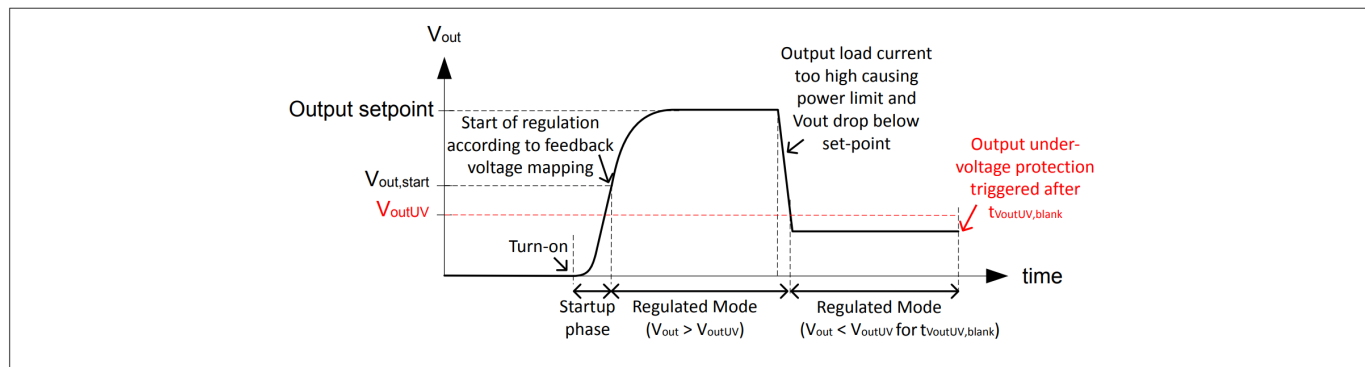


图 13 稳压模式输出欠压保护触发波形示例

在启动阶段，如果估算输出电压 V_{out} 在 $t_{start,max}$ 参数超时后低于 $V_{out,start}$ 参数电平，则启动输出欠压保护被触发。 $t_{start,max}$ 参数是指启动阶段的最大允许持续时间，包括软启动阶段和输出充电阶段。它可以通过 V_{CC} 电容参数 C_{VCC} 间接配置。

启动输出欠压保护的响应被固定为自动重启。

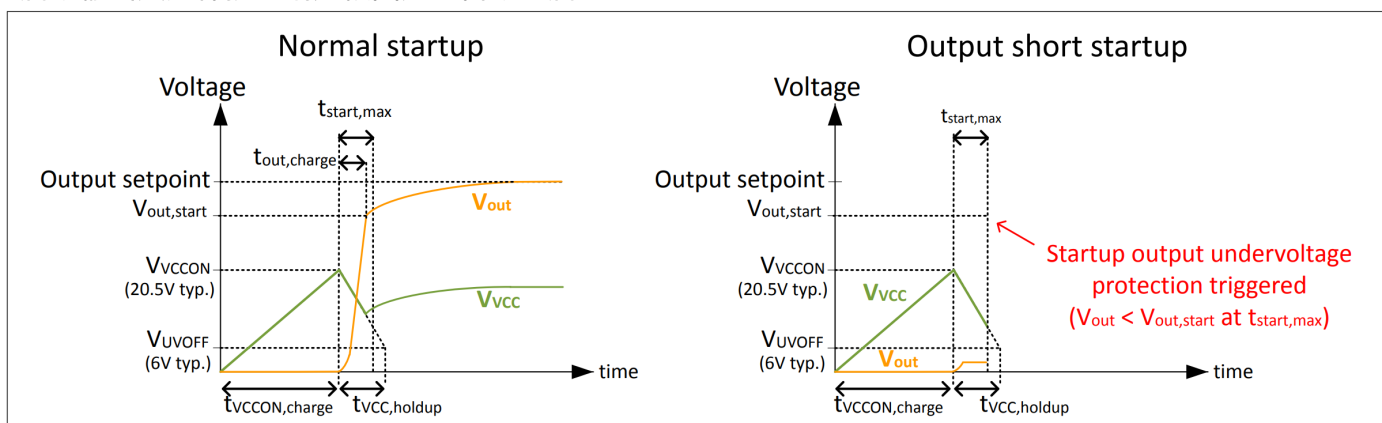


图 14 正常启动和启动输出欠压（短路）保护波形示例

3.10.3 输出过压保护

在 FB 引脚开路的情况下，输出电压可能会升高电压。根据 ZCD 引脚开关信号监测估算的输出电压 V_{out} （详见[输出电压估算](#)），如果满足条件，即可触发输出过压保护。

如果估算输出电压 V_{out} 高于 V_{outOV} 的时间超过消隐时间，则会触发输出过压保护。输出过压保护消隐时间典型值为[工作周期](#)的四分之一。输出过压保护的响应基于参数 $Reaction_{OV,P,V_{out}}$ ，可配置为自动重启或锁存模式。

注意：控制器在 **ABM** 模式下运行时，不提供输出过压保护。

注意：必须确保配置的 V_{outOV} 远低于实际输出电容器的额定电压 $V_{out,cap,rating}$ ，
同时所有必要的测试条件下进行实际测试时不超过 $V_{out,cap,rating}$ 。

3 功能说明

保护电平触发精度受采样的信号精度、采样延迟、间接传感延迟（如在AC输入相位角为 0° 和 180° 附近，ZCD引脚无法检测到反射的输出电压信号）和消隐时间。

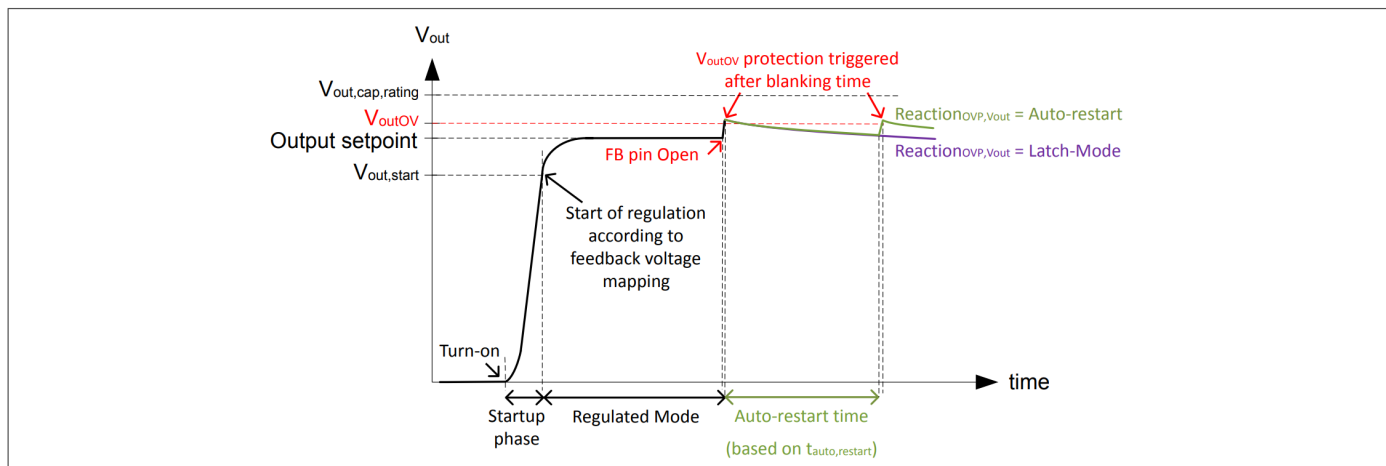


图 15 输出过压保护

3.10.4 变压器消磁时间不足保护

如果变压器消磁时间不足，则无法通过 ZCD 引脚正确检测反射的输出电压信号。如果在稳压模式运行周期内出现这种情况的时间超过 50%，则会触发保护。该保护的响应被固定为自动重启。

注意：控制器在 **ABM** 模式下运行时，变压器消磁时间不足保护功能不可用。

3.10.5 最低输入电压启动检查和输入欠压保护

通过监测主要基于 ZCD 引脚开关信号的估算输入电压 V_{in} （详见 [输入电压估算](#)），可执行最低输入电压启动检查，如果满足条件，则可触发输入欠压保护。

$EN_{UVP,In}$ 参数是指最小输入电压启动检查（基于 $V_{in,start,min}$ ）和输入欠压保护（基于 V_{inUV} ）的使能开关。

注： $V_{in,start,min}$ 参数指启动时的最小输入电压电平，而 V_{inUV} 参数指输入欠压保护电平。

在预启动检查期间，如果 $EN_{UVP,In}$ 参数已使能，且估算输入电压 V_{in} 低于 $V_{in,start,min}$ ，则不进入启动阶段，并执行自动重启的保护响应。

启动时在稳压模式下，输入欠压保护触发条件取决于运行模式：

- **QRMn/DCM:**
如果使能 $EN_{UVP,In}$ 参数，且估算输入电压 V_{in} 低于 V_{inUV} 的时间超过消隐时间 $t_{VinUV,blank}$ ，则将触发输入欠压保护。 $t_{VinUV,blank}$ 典型值是稳压模式 **工作周期** 的 10 倍
- **ABM:**
如果 $EN_{UVP,In}$ 参数使能， $EN_{VIN,ABM}$ 参数使能，且估算输入电压 V_{in} 低于 V_{inUV} 的时间超过消隐时间，则将触发输入欠压保护。输入欠压保护的消隐时间可能与其他模式下的消隐时间有偏差，这是因为对突发数进行了整数舍入。

3 功能说明

注: $EN_{VIN,ABM}$ 指主动突发模式(ABM) 下输入电压保护的使能开关。

输入欠压保护的响应被固定为自动重启。

3.10.6 最大输入电压启动检查和输入过压保护

通过监测主要基于 ZCD 引脚开关信号的估算输入电压 V_{in} (详见 [输入电压估算](#)), 可以执行最大输入电压启动检查, 并在满足条件时触发输入过压保护。

$EN_{OVP,In}$ 参数指的是最大输入电压启动检查 (基于 $V_{in,start,max}$) 和输入过压保护 (基于 V_{inOV}) 的使能开关。

注: $V_{in,start,max}$ 参数指启动时的最大输入电压电平, 而 V_{inOV} 参数指输入过压保护电平。

在预启动检查期间, 如果 $EN_{OVP,In}$ 参数已使能, 且估算输入电压 V_{in} 高于 $V_{in,start,max}$, 则不进入启动阶段, 并执行自动重启的保护响应。

启动时和在稳压模式下, 输入过压保护触发条件取决于运行模式:

- **QRMn/DCM:**

如果使能 $EN_{OVP,In}$ 参数, 且估算输入电压 V_{in} 高于 V_{inOV} 的时间超过消隐时间 $t_{VINOV,blank}$, 则将触发输入过压保护。 $t_{VINOV,blank}$ 通常等于 1 稳压模式 [工作周期](#)。

- **ABM:**

如果 $EN_{OVP,In}$ 参数已使能, $EN_{VIN,ABM}$ 参数已使能, 且估算输入电压 V_{in} 高于 V_{inOV} 的时间超过消隐时间, 则将触发输入过压保护。输入过压保护的消隐时间可能与其他模式下的消隐时间有偏差, 这是因为对突发数进行了整数舍入。

注: $EN_{VIN,ABM}$ 指主动突发模式(ABM) 下输入电压保护的使能开关

输入过压保护的响应被固定为自动重启。

3.10.7 VCC 欠压锁定

[欠压锁定\(UVLO\)](#) 是在硬件中实现的。它可确保使能和禁用 IC 根据 VCC 引脚上工作电源电压 V_{VCC} 的定义阈值进行操作。

UVLO 具有滞回特性, 电压阈值 V_{VCCon} 用于使能控制器, V_{UVOff} 用于禁用控制器。一旦施加主输入电压, 电流就会通过外部电阻进入 HV 引脚, 经由集成耗尽启动单元和二极管流向 VCC 引脚。一旦 V_{VCC} 超过 V_{VCCon} 阈值, 控制器就会使能, 然后 V_{VCC} 开始下降。正常启动时, V_{VCC} 电源应在 V_{VCC} 下降到 V_{UVOff} 之前由外部电源或通过辅助绕组自供电接管。

3.10.8 VCC 欠压保护

当 XDPL8219 处于唤醒状态且栅极驱动器输出正在开关时, VCC 电压采样间隔约为稳压模式 [工作周期](#) 的 1/64。在稳压模式下, 如果使能 $EN_{VCC,UVp}$ 参数, 且 VCC 采样的滤波值低于 VCC 欠压保护电平 $V_{VCC,min}$ 超过消隐时间, 将触发 VCC 欠压保护。VCC 欠压保护响应被固定为自动重启。

3 功能说明

3.10.9 VCC过压保护

当 XDPL8219 处于唤醒状态且栅极驱动器输出正在开关时，VCC 电压采样间隔约为 **工作周期** 的 1/64。如果 VCC 电压采样数据的滤波值高于 VCC 过压保护电平 $V_{VCC,max}$ ，则会触发 VCC 过压保护。此时 VCC 过压保护响应动作基于参数 $Reaction_{VCC,OVP}$ ，可配置为自动重启或锁存模式。

3.10.10 IC过温保护

IC 的结温 T_j 在每个稳压模式 **工作周期** 采样 1 次。如果采样的 IC 结温 T_j 高于 $T_{critical}$ 参数，则 IC 会触发过温保护。保护响应被固定为自动重启，而启动和重启时的最高结温 $T_{start,max}$ 被固定为低于 $T_{critical}$ 4°C。

如果 $T_{critical}$ 的配置高于 119°C，则最大开关频率参数 $f_{sw,max}$ 的配置不能高于 186.4 kHz。如果 $T_{critical}$ 为 119°C 或以下，则可配置的最大 $f_{sw,max}$ 值为 247.2 kHz。

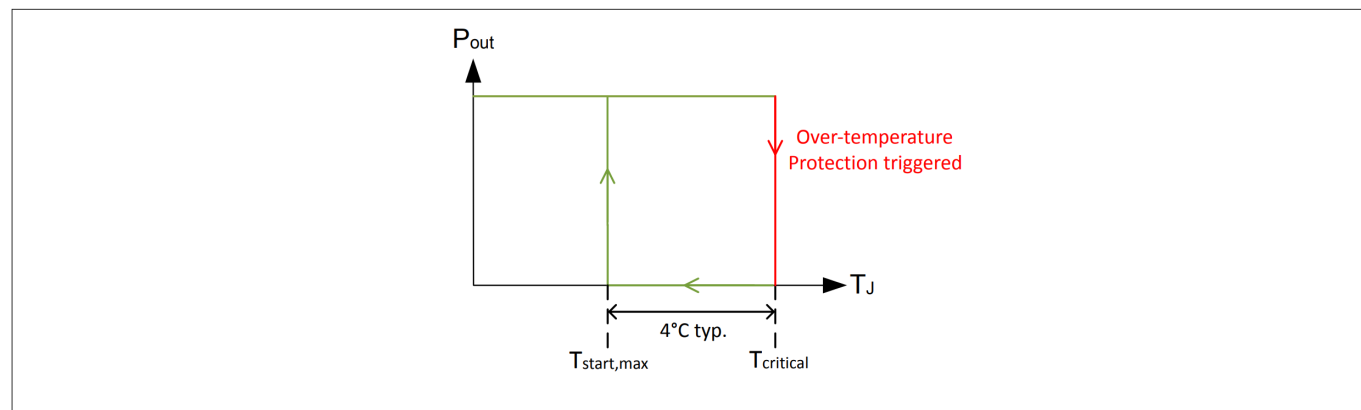


图 16 IC 过温保护

3.10.11 其他保护措施

- 硬件弱上拉可防止 CS 引脚开路。这种保护响应是自动重启。
- 如果 ADC 硬件无法在规定时间内提供所有必要信息，固件看门狗就会触发保护。如果超过 ADC 的时序要求，可能会出现这种情况。这种保护的响应是快速自动重启。
- 硬件看门狗可检查固件的正确执行情况。如果固件在规定时间内未对看门狗提供服务，则会触发保护。这种保护的响应是自动重启。
- 硬件 **随机存取存储器** 的奇偶校验功能可在存储器中的某一比特发生意外变化时触发保护。这种保护的响应是自动重启。
- 每次启动时，固件 **循环冗余校验** 验证固件和参数的完整性。这种保护的响应是停止模式。
- 如果固件任务未按预期执行，固件任务执行看门狗会触发保护。这种保护的响应是自动重启。
- 如果启动时可配置参数值为空，则会触发保护。这种保护的响应是停止模式。
- 如果在启动时没有从 ZCD 引脚检测到反射输入电压信号，则会触发保护。该保护的响应是停止模式。

3 功能说明

3.10.12 保护响应

保护响应（不包括硬件重启响应）的顺序如下：

1. 触发保护后，栅极驱动器将在最长时间被禁用，最长时间为稳压模式工作周期的 1/512。
2. 响应取决于触发的保护：
 - 如果是锁存模式，应用程序此时将进入锁存模式。在 VCC 电压降至 V_{UVOFF} 以下之前，不会执行进一步的序列。
 - 如果发生自动重启响应，控制器将进入省电模式 PSMD2，自动重启时间基于 $t_{auto, restart}$ 。
 - 在快速自动重启响应情况下，控制器将进入省电模式 PSMD2，快速自动重启时间通常为 0.4 秒。

注：对于锁存模式、自动重启和快速自动重启响应，内部高压启动单元会在此序列期间自动使能和禁用，以便将 VCC 电压保持在 V_{UVLO} 和 V_{OVLO} 阈值之间。

注：对于停止模式，如果 VCC 没有外部电压供应，VCC 电压将耗尽至 V_{UVOFF} ，并执行硬件重启。

3. 在（快速）自动重启时间结束后，控制器会执行一个持续时间为 t_{pw} 的放电脉冲。该脉冲对桥式整流器后的电容进行部分放电，以提高下一次启动前输入电压检查的准确性。
4. 任何自动重启都可能包括一个新的 VCC 充电周期。通过 HV 引脚电流对 VCC 充电的时间取决于输入电压电平和（快速）自动重启时间结束时的 VCC 电平。
5. 功率级将使能栅极驱动器，进行启动前检查。如果启动前检查的条件符合要求，则进入启动阶段，随后进入稳压模式。在此期间如果触发了任何保护，则保护响应顺序（不包括硬件重启响应）从上述步骤 1 重新开始。

3.11 调试模式

可以使能 $Debug_{Mode}$ 参数，在保护触发时（VCC 欠压锁定除外）进入停止模式响应，读出保护的错误代码。例如，在图 17 中，GUI 中的错误代码读数显示为 0040_H（红色），表明输入欠压保护已触发。

注： $Debug_{Mode}$ 参数只能在调试时使能。对于最终应用程序，则必须禁用。

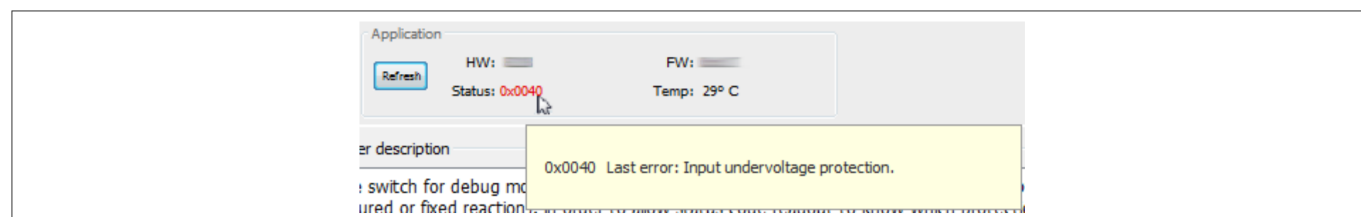


图 17 用于调试的错误状态代码读数

4 参数列表

4 参数列表

该列表提供了有关可配置参数和固定参数的信息。

本文档使用符号来简化公式的可读性。由于某些工具不支持这种格式，因此使用下划线将符号转换为纯文本。例如，参数 $f_{sw,max}$ 转换为 f_sw_max 。

所有参数值均为典型设置。精度可能会因数字量化和容差而有所变化。

注： 默认情况下，英飞凌新 XDPL8219 芯片的可配置参数为空，因此有必要在进行任何应用测试之前通过 UART 引脚对其进行数字配置。

可配置参数列表

表 3 硬件配置的可配置参数

Symbol	Basic description	Example	Minimum value	Maximum value
N_p	Transformer primary main winding turns	32	1	300
N_s	Transformer secondary main winding turns	10	1	300
N_a	Transformer primary auxiliary winding turns	3	1	300
L_p	Transformer nominal primary main winding inductance	0.544 mH	Refer GUI	3 mH
R_{cs}	Current sense resistor value	0.2 Ω	0.1 Ω	3 Ω
$R_{ZCD,1}$	ZCD series resistor value	27 k Ω	Refer GUI	Refer GUI
$R_{ZCD,2}$	ZCD shunt resistor value	3.9 k Ω	Refer GUI	Refer GUI
C_{vcc}	VCC capacitor value	22 μ F	21.94 μ F	100 μ F
$V_{out,cap, rating}$	Main output capacitor voltage rating	80 V	10 V	450 V
R_{HV}	HV series resistor value	52 k Ω	Refer GUI	255 k Ω
$I_{GD,pk}$	Gate driver peak source current	30 mA	30 mA	108 mA

表 4 可配置的启动参数

Symbol	Basic description	Example	Minimum value	Maximum value
n_{ss}	Number of soft start steps	3	1	Refer GUI
$V_{out,start}$	Output charging phase output voltage set-point	33 V	Refer GUI	V_{outOV}
$V_{start,OCP1}$	Output charging phase CS pin maximum voltage limit	0.52 V	Refer GUI	$V_{OCP1,at,V_{in,low}}$
$V_{OCP1,init}$	Initial CS pin maximum voltage limit for the input voltage measurement pulse before startup	0.3 V	Refer GUI	$V_{start,OCP1}$

表 5 可配置的保护参数

Symbol	Basic description	Example	Minimum value	Maximum value
$t_{auto,restart}$	Auto-restart time	1.2 s	0.4 s	4 s
$V_{OCP1,at,V_{in,low}}$	Regulated mode CS pin maximum voltage limit at lowest operational input voltage ($V_{in,low}$)	0.52 V	Refer GUI	1.08 V

4 参数列表

表 5 可配置的保护参数 (续)

Symbol	Basic description	Example	Minimum value	Maximum value
$V_{OC1,at,V,in,high}$	Regulated mode CS pin maximum voltage limit at highest operational input voltage ($V_{in,high}$)	0.40 V	Refer GUI	$V_{OC1,at,V,in,low}$
$V_{in,low}$	Lowest operational input voltage (rms in case of AC input)	82 V	V_{inUV}	$V_{in,high}$
$V_{in,high}$	Highest operational input voltage (rms in case of AC input)	326 V	$V_{in,low}$	V_{inOV}
t_{CSOCP2}	MOSFET overcurrent protection blanking time	240 ns	100 ns	Refer GUI
$Reaction_{OVP,Vout,t}$	Output overvoltage protection reaction	Auto-Restart	Auto-Restart	Latch-Mode
V_{outOV}	Output overvoltage protection threshold	65 V	$V_{out,start}$	Refer GUI
$EN_{UVP,Vout}$	Enable switch for regulated mode output undervoltage protection	Enabled	Enabled	Disabled
$Reaction_{UVP,Vout,t}$	Regulated mode output undervoltage protection reaction	Auto-Restart	Auto-Restart	Latch-Mode
V_{outUV}	Regulated mode output undervoltage protection threshold	33 V	Refer GUI	Refer GUI
$t_{VoutUV,blank}$	Blanking time for regulated mode output undervoltage protection	500 ms	5 ms	1000 ms
$EN_{OVP,In}$	Enable switch for maximum input voltage startup check and input overvoltage protection	Enabled	Enabled	Disabled
$EN_{UVP,In}$	Enable switch for minimum input voltage startup check and input undervoltage protection	Enabled	Enabled	Disabled
$EN_{VIN,ABM}$	Enable switch for ABM input voltage protections	Enabled	Enabled	Disabled
V_{inOV}	Input overvoltage protection threshold (rms in case of AC input)	350 V	$V_{in,start,max}$	Refer GUI
$V_{in,start,max}$	Maximum input voltage for startup (rms in case of AC input)	325 V	$V_{in,start,min}$	V_{inOV}
$V_{in,start,min}$	Minimum input voltage at startup (rms in case of AC input)	82 V	V_{inUV}	$V_{in,start,max}$
V_{inUV}	Input undervoltage protection threshold (rms in case of AC input)	70 V	Refer GUI	$V_{in,start,min}$
$t_{on,max,at,V,in,UV}$	Maximum on-time at input undervoltage protection threshold	13 μ s	Refer GUI	$t_{on,max,at,V,in,low}$
$Reaction_{VCC,ovP}$	VCC overvoltage protection reaction	Latch-Mode	Auto-Restart	Latch-Mode
$V_{VCC,max}$	VCC overvoltage protection threshold	23 V	23 V	24.9 V
$EN_{VCC,UVP}$	Enable switch for regulated mode VCC undervoltage protection	Enabled	Enabled	Disabled
$V_{VCC,min}$	Regulated mode VCC undervoltage protection threshold	7.5 V	7.5 V	11 V
$T_{critical}$	Temperature threshold for IC overtemperature protection	119°C	Refer GUI	143°C

4 参数列表

表 5 可配置的保护参数 (续)

Symbol	Basic description	Example	Minimum value	Maximum value
$Debug_{Mode}$	Enable switch for debug mode	Disabled	Enabled	Disabled

表 6 多模可配置参数

Symbol	Basic description	Example	Minimum value	Maximum value
$R_{FB,pull,up}$	FB pin internal pull-up resistor value	5.5 kohm	2.25 kohm	7.5 kohm
$N_{quality}$	Quality factor of the notch filter	1.6	0	2.0
$n_{notch,blank}$	Number of operation cycles as a timeout between the line synchronization being established and the notch filter output being applied as the filtered feedback voltage. ¹⁾	2	1	10
$f_{sw,max}$	Maximum switching frequency when $V_{FB,filtered}$ is $V_{FB,sw}$ or more	247.2 kHz	26.9 kHz	Refer GUI
$t_{on,min}$	Minimum on-time $t_{on,min}(V_{in})$ value when $t_{on,min,V,out,sense}(V_{in})$ is lower than $t_{on,min}$	1.38 μ s	Refer GUI	$t_{on,max,at,V,in,low}$
$t_{min,demag}$	Minimum transformer demagnetizing time value used for $t_{on,min,V,out,sense}(V_{in})$ variable calculation internally	2.0 μ s	2.0 μ s	5.0 μ s
$t_{on,max,at,V,in,low}$	Maximum on-time when V_{in} is $V_{in,low}$	15 μ s	Refer GUI	30 μ s
$EN_{Burst,Exit,Filter,Feedback}$	Enable switch for ABM burst exit based on the filtered feedback voltage	Enabled	Enabled	Disabled
f_{burst}	ABM burst frequency	130 Hz	130 Hz	1000 Hz
$n_{ABM,min}$	Minimum number of pulses per burst in ABM	3	3	Refer GUI
$t_{on,min,ABM}$	Minimum on-time in ABM	1 μ s	Refer GUI	$t_{on,min}$
$t_{ABM,blank}$	Timeout for ABM entrance	6.5 ms	0 ms	Refer GUI
n_{wakeup}	Number of scheduler intervals between wakeup and start of the burst	1	1	20
$N_{valley,max}$	Maximum valley number	14	3	14
$N_{valley,fast}$	Valley number difference which triggers the fast valley adaptation	9	1	$N_{valley,max} - 1$
$N_{valley,min,at,V,in,high}$	Minimum valley number at highest operational input voltage ($V_{in,high}$)	4	1	$N_{valley,max} - 1$
$C_{valley,comp}$	On time compensation factor for every valley change	3.00	0.01	5.00
$V_{FB,valley,1}$	Feedback voltage for the end of the valley mapping (valley 1)	1.5 V	Refer GUI	$V_{FB,max,map}$
$V_{FB,max,map}$	$V_{FB,filtered}$ threshold which represents the maximum power transfer of the system	2.0 V	Refer GUI	2.403 V

1 陷波滤波器必须与电网同步才能正常工作。这一超时可使陷波滤波器收敛。在此超时期间，使用低通滤波器作为反馈电压滤波。

4 参数列表

表 6 多模可配置参数 (续)

Symbol	Basic description	Example	Minimum value	Maximum value
$V_{FB,sw}$	$V_{FB,filtered}$ threshold for the end of the maximum switching frequency ramp up	2.0 V	0.8 V	2.2 V
$V_{FB,min}$	$V_{FB,filtered}$ threshold which represents the minimum power transfer of the system	0.3 V	0.2 V	0.5 V
$V_{FB,limit,step}$	Voltage step size of filtered feedback voltage max. limit $V_{FB,filtered,max}$ ramp	800 mV	Refer GUI	Refer GUI

表 7 功率因数校正的可配置参数

Symbol	Basic description	Default	Minimum value	Maximum value
C_{EMI}	Input current displacement compensation gain parameter for enhanced PFC	0.16 μ F	0 μ F	1 μ F
$V_{EPFC,on}$	$V_{FB,filtered}$ threshold for C_{EMI} gain reduction towards $V_{FB,filtered} = 0.8$ V	1.0 V	0.8 V	2.403 V

表 8 用于 UART 报告的可配置参数

Symbol	Basic description	Default	Minimum value	Maximum value
$EN_{UART,REPORTING}$	Enable switch for UART reporting	Enabled	Enabled	Disabled
$EN_{SEND,LAST,ERROR,CODE}$	Enable switch for error code signal transmission	Enabled	Enabled	Disabled
$EN_{SEND,V,IN,LOSS}$	Enable switch for input voltage loss signal transmission	Enabled	Enabled	Disabled
$UARTPOLARITY$	Idle level of the UART reporting bus	Low	Low	High

表 9 用于微调的可配置参数

Symbol	Basic description	Default	Minimum value	Maximum value
t_{ZCDPD}	ZCD pin propagation delay compensation parameter	370 ns	0 ns	1000 ns
R_{in}	DC link filter capacitor voltage ripple compensation parameter to improve input voltage estimation accuracy	10.5 Ω	0 Ω	30 Ω
EN_{ETHDC}	Enable switch for Enhanced THD correction	Enabled	Enabled	Disabled
C_{dither}	Percentage of switching parameter modulation for switching frequency dithering with a constant DC input voltage	10%	0%	20%

表 10 用户 ID 的可配置参数

Symbol	Basic description	Default	Minimum value	Maximum value
$User_{ID,A}$	User ID A	0	-	-

4 参数列表

固定参数列表

表 11 硬件配置的固定参数

Symbol	Basic description	Default	Minimum value	Maximum value
V	Secondary main output diode forward voltage assumption for output voltage estimation	0.7 V	-	-
V_{GD}	GD pin peak voltage	12 V	-	-

表 12 保护装置的固定参数

Symbol	Basic description	Default	Minimum value	Maximum value
$t_{start,max}$	Maximum allowable duration for startup phase	$967 \cdot C_{VCC}$	-	-
$T_{start,max}$	Maximum IC junction temperature for startup	$T_{critical} - 4^{\circ}C$	-	-

表 13 启动时的固定参数

Symbol	Basic description	Default	Minimum value	Maximum value
t_{ss}	Soft start time step	0.5 ms	-	-
$V_{FB,limit,start}$	Start voltage for filtered feedback voltage max. limit $V_{FB,filtered,max}$ ramp	1.2 V	-	-

表 14 多模固定参数

Symbol	Basic description	Default	Minimum value	Maximum value
$V_{FB,ABM}$	$V_{FB,filtered}$ threshold for the ABM/ DCM transition	0.8 V	-	-
$V_{FB,on}$	$V_{FB,filtered}$ threshold for the start of the on-time ramp up	0.8 V	-	-
$f_{sw,min}$	Minimum switching frequency	26.9 kHz	-	-

表 15 功率因数校正的固定参数

Symbol	Basic description	Default	Minimum value	Maximum value
$t_{on,min,EPFC}$	Minimum on time for enhanced PFC modulation	$t_{CS,LEB} + 24/f_{MCLK}$	-	-
$t_{on,max,EPFC}$	Maximum on time for enhanced PFC modulation	$t_{on,max,at,V_{in,low}}$	-	-

表 16 其他固定参数

Symbol	Basic description	Default	Minimum value	Maximum value
$t_{CS,LEB}$	CS leading edge blanking time	480 ns	-	-
$t_{ZCD,ring}$	ZCD ringing suppression	1.2 μs	-	-
t_{pw}	Discharge pulse duration	1.5 μs	-	-

4 参数列表

表 16 **其他固定参数 (续)**

Symbol	Basic description	Default	Minimum value	Maximum value
$n_{OSC,ZCD}$	Selection of zero-crossings for the oscillation period measurement at pre-startup	Second and Third zero-crossings	-	-
$T_{OSC,max}$	Maximum limit of the measured oscillation period (If exceeded at pre-startup, $T_{OSC,preset}$ is used; If exceeded after startup, the last valid measured oscillation period is used)	6.6 μs	-	-
$T_{OSC,preset}$	Oscillation period used by the controller if the measured oscillation period at pre-startup exceeds $T_{OSC,max}$	3.3 μs	-	-

5 电气特性及参数

5 电气特性及参数

所有信号都是相对于接地引脚 GND 测量的。如果没有违背其他额定值，则电压电平都有效。

5.1 封装特性

表 17 封装特性

Parameter	Symbol	Limit Values		Unit	Remarks
		min	max		
Thermal resistance for PG- DSO-8-58	RthJA	—	178	K/W	JEDEC 1s0p for 140 mW power dissipation

5.2 绝对最大额定值

注意： 超过此处所列的应力可能会对器件造成永久性损坏。长时间在绝对最大额定值条件下工作可能会影响器件的可靠性。

最大额定值是绝对额定值；超过其中一个值可能会对集成电路造成不可逆转的损坏。这些值在生产测试期间没有经过测试。

表 18 绝对最大额定值

Parameter	Symbol	Limit Values		Unit	Remarks
		min	max		
Voltage externally supplied to pin VCC	V _{VCCEXT}	-0.5	26	V	voltage that can be applied to pin VCC by an external voltage source
Voltage at pin GDx	V _{GDx}	-0.5	V _{VCC} + 0.3	V	if gate driver is not configured for digital I/O
Junction temperature	T _J	-40	125	°C	f _{sw,max} ≤ 247.2 kHz
Junction temperature	T _J	-40	150	°C	2) f _{sw,max} ≤ 186.4 kHz
Storage temperature	T _S	-55	150	°C	
Soldering temperature	T _{SOLD}	—	260	°C	Wave Soldering 3)
Latch-up capability	I _{LU}	—	150	mA	4) Pin voltages acc. to abs. max. ratings
ESD capability HBM	V _{HBM}	—	1500	V	5)
ESD capability CDM	V _{CDM}	—	500	V	6)

2 设备保证在 125°C 至 150°C 温度范围内正常工作。性能可能会有所下降。

3 根据 JESD22-A111 Rev A₀。

4 闩锁能力符合 JEDEC JESD78D 标准，T_A = 85°C。

5 ESD-HBM 符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001-2012 标准。

6 ESD-CDM 符合 JESD22-C101F 标准。

5 电气特性及参数

表 18 绝对最大额定值 (续)

Parameter	Symbol	Limit Values		Unit	Remarks
		min	max		
Input Voltage Limit	V_{pin_DC}	-0.5	3.6	V	Voltage externally supplied to pins FB, CS, ZCD, UART (If not stated different)
Maximum permanent negative clamping current for ZCD and CS	$-I_{CLN_DC}$	—	2.5	mA	RMS
Maximum transient negative clamping current for ZCD and CS	$-I_{CLN_TR}$	—	10	mA	pulse < 500ns
Maximum negative transient input voltage for ZCD	$-V_{IN_ZCD}$	—	1.5	V	pulse < 500ns
Maximum negative transient input voltage for CS	$-V_{IN_CS}$	—	3.0	V	pulse < 500ns
Maximum permanent positive clamping current for CS	I_{CLP_DC}	—	2.5	mA	RMS
Maximum transient positive clamping current for CS	I_{CLP_TR}	—	10	mA	pulse < 500ns
Maximum current into pin VIN	I_{AC}	—	10	mA	for charging operation
Maximum sum of input clamping high currents for digital input stages of device	I_{CLH_sum}	—	300	μA	limits for each individual digital input stage have to be respected
Voltage at HV pin	V_{HV}	-0.5	600	V	

5.3 工作条件

以下推荐工作条件为 DC 电气特性有效的推荐工作条件。

表19 工作范围

Parameter	Symbol	Limit Values		Unit	Remarks
		min	max		
Ambient temperature	T_A	-40	85	$^{\circ}C$	
Junction Temperature	T_J	-40	125	$^{\circ}C$	max. 66 MHz f_{MCLK}
Lower VCC limit	V_{VCC}	V_{UVOFF}	—	V	device is held in reset when $V_{VCC} < V_{UVOFF}$
Voltage externally supplied to VCC pin	V_{VCCEXT}	—	24	V	maximum voltage that can be applied to pin VCC by an external voltage source
Gate driver pin voltage	V_{GD}	-0.5	$V_{VCC} + 0.3$	V	
Line frequency	f_{in}	45	66	Hz	

5 电气特性及参数

5.4 DC电气特性

电气特性提供了在指定电源电压和结温范围 (T_J 从 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 至 $+150\text{ }^{\circ}\text{C}$) 内适用的各种数值。 $T_{J\leq 125\text{ }^{\circ}\text{C}}$ 和 $T_{J> 125\text{ }^{\circ}\text{C}}$ 之间的任何必要差异值均已明确显示。

这些数值已通过模拟模型 (最高温度 $T_J = 150\text{ }^{\circ}\text{C}$) 或器件特性分析 (最高温度 $140\text{ }^{\circ}\text{C}$) 得到验证。

典型值代表 $T_A = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时的中值。所有电压均指向接地, 如无特殊说明, 假定电源电压为 $V_{VCC} = 18\text{ V}$ 。

注: 并非表中给出的所有数值都在生产测试中进行了测试。未测试的值会明确标出。

表 20 电源特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
VCC_ON threshold	V_{VCCon}	—	V_{SELF}	—	V	Self-powered startup (default)
VCC_ON_SELF threshold	V_{SELF}	19	20.5	22	V	$dV_{VCC}/dt = 0.2\text{ V/ms}$
VCC_ON_SELF delay	t_{SELF}	—	—	2.1	μs	Reaction time of V_{VCC} monitor
VCC_UVOFF current	$I_{VCCUVOFF}$	5	20	40	μA	$V_{VCC} < V_{SELF}(\text{min}) - 0.3\text{ V}$ or $V_{VCC} < V_{EXT}(\text{min}) - 0.3\text{ V}$ ⁷⁾
UVOFF threshold	V_{UVOFF}	—	6.0	—	V	$\text{SYS_CFG0.SELUVTHR} = 0\text{ }0_B$
UVOFF threshold tolerance	Δ_{UVOFF}	—	—	± 5	%	This value defines the tolerance of V_{UVOFF}
UVOFF filter constant	t_{UVOFF}	600	—	—	ns	1V overdrive
UVLO (UVWAKE) threshold	V_{UVLO}	—	$V_{UVOFF} \cdot 1.25$	—	V	
UVWAKE threshold tolerance	Δ_{UVLO}	—	—	± 5	%	This value defines the tolerance of V_{UVLO}
UVLO (UVWAKE) filter constant	t_{UVLO}	0.6	—	2.2	μs	1 V overdrive
OVLO (OVWAKE) threshold	V_{OVLO}	—	V_{SELF}	—	V	
OVLO (OVWAKE) filter constant	t_{OVLO}	0.6	—	2.4	μs	1 V overdrive
VDDP voltage	V_{VDDP}	3.04	3.20	3.36	V	At PMD0/PSMD1. Some internal values refer to V_{VDDP} / V_{VDDA}

⁷ 测试电压为 $V_{VCC} = 5.5\text{ V}$

5 电气特性及参数

表 20 电源特性 (续)

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
						and VVDDPPS / VVDDAPS respectively.
VDDA voltage	VVDDA	3.20	3.31	3.42	V	At PMD0/PSMD1. Some internal values refer to VVDDP / VVDDA and VVDDPPS / VVDDAPS respectively.
Nominal range 0% to 100%	VADCVCC	0	—	VREF	V	$VADCVCC = 0.09 \cdot V_{VC}^{8)}$
Reduced VCC range for ADC measurement	RADCVCC	8	—	92	%	⁹⁾¹⁰⁾
Maximum error for ADC measurement (8-bit result)	TET0 _{VCC}	—	—	3.8	LSB ₈	
Maximum error for ADC measurement (8-bit result)	TET256 _{VCC}	—	—	5.2	LSB ₈	
Gate driver current consumption excl. gate charge current	IVCCGD	—	0.26	0.35	mA	T _j ≤ 125°C
Gate driver current consumption excl. gate charge current	IVCCGD	—	—	0.5	mA	T _j > 125°C
VCC quiescent current in PMD0	IVCCPMD0	—	3.5	4.7	mA	All registers have reset values, clock is active, CPU is stopped
VCC quiescent current in PSMD2	IVCCPSMD2	—	0.3	0.48	mA	T _j ≤ 85 °CWU_PWD_CFG = 2C _H
VCC quiescent current in PSMD2	IVCCPSMD2	—	—	1.2	mA	T _j ≤ 125 °CWU_PWD_CFG = 2C _H
VCC quiescent current in PSMD2	IVCCPSMD2	—	—	1.8	mA	T _j > 125 °CWU_PWD_CFG = 2C _H
VCC quiescent current in power saving mode PSDM4 with standby logic active	IVCCPSMD4	—	0.13	0.18	mA	T _j ≤ 125 °C WU_PWD_CFG = 00 _H

⁸ 理论最小值, 实际最小值与V_{UVOFF} 阈值有关。

⁹ 工作值。

¹⁰ 注意, 如果V_{VCC} < V_{UVOFF}, 系统将关闭。

5 电气特性及参数

表 20 电源特性 (续)

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
VCC quiescent current in power saving mode PSDM4 with standby logic active	IVCCPSMD4	—	—	0.25	mA	$T_J > 125\text{ }^{\circ}\text{C}$ WU_PWD_CFG = 00 _H

表 21 GD 引脚的电气特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Input clamping current, low	-ICLL	—	—	100	μA	only digital input
Input clamping current, high	ICLH	—	—	100	μA	only digital input
APD low voltage (active pull-down while device is not powered or gate driver is not enabled)	VAPD	—	—	1.6	V	$I_{GD} = 5\text{ mA}$
R _{PPD} value	RPPD	—	600	—	kΩ	Permanent pull-down resistor inside gate driver
R _{PPD} tolerance	ΔPPD	—	—	±25	%	Permanent pull-down resistor inside gate driver
Driver output low impedance	RGDL	—	—	7.0	Ω	$T_J \leq 125\text{ }^{\circ}\text{C}$, $I_{GD} = 0.1\text{ A}$
Driver output low impedance	RGDL	—	—	7.5	Ω	$T_J > 125\text{ }^{\circ}\text{C}$, $I_{GD} = 0.1\text{ A}$
Nominal output high voltage in PWM mode	VGDH	—	12	—	V	GDx_CFG.VOL = 2, $I_{GDH} = -1\text{ mA}$
Output voltage tolerance	ΔVGDH	—	—	±5	%	Tolerance of programming options if $V_{GDH} > 10\text{ V}$, $I_{GDH} = -1\text{ mA}$
Rail-to-rail output high voltage	VGDHRR	$V_{VCC} - 0.5$	—	V_{VCC}	V	If $V_{VCC} < \text{programmed } V_{GDH}$ and output at high state
Output high current in PWM mode for GD0	-IGDH	—	100	—	mA	GDx_CFG.CUR = 8
Output high current tolerance in PWM mode	ΔIGDH	—	—	±15	%	Calibrated 11)

11 指 GDx_CFG.CUR = 16

5 电气特性及参数

表 21 **GD 引脚的电气特性 (续)**

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Discharge current for GD0	IGDDIS	800	—	—	mA	$V_{GD} = 4\text{ V}$ and driver at low state
Output low reverse current	$-I_{GDREVL}$	—	—	100	mA	Applies if $V_{GD} < 0\text{ V}$ and driver at low state
Output high reverse current in PWM mode	IGDREVH	—	1/6 of I_{GDH}	—		Applies if $V_{GD} > V_{GDH} + 0.5\text{ V}$ (typ) and driver at high state

表 22 **CS 引脚的电气特性**

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Input voltage operating range	V_{INP}	-0.5	—	3.0	V	
OCP2 comparator reference voltage, derived from V_{VDDA} , given values assuming $V_{VDDA} = V_{VDDA,typ}$	V_{OCP2}	—	1.6	—	V	$SYS_CFG0.OCP2 = 00_B$
OCP2 comparator reference voltage, derived from V_{VDDA} , given values assuming $V_{VDDA} = V_{VDDA,typ}$	V_{OCP2}	—	1.2	—	V	$SYS_CFG0.OCP2 = 01_B$
OCP2 comparator reference voltage, derived from V_{VDDA} , given values assuming $V_{VDDA} = V_{VDDA,typ}$	V_{OCP2}	—	0.8	—	V	$SYS_CFG0.OCP2 = 10_B$
OCP2 comparator reference voltage, derived from V_{VDDA} , given values assuming $V_{VDDA} = V_{VDDA,typ}$	V_{OCP2}	—	0.6	—	V	$SYS_CFG0.OCP2 = 11_B$
Threshold voltage tolerance	ΔV_{OCP2}	—	—	± 5	%	Voltage divider tolerance
Comparator propagation delay	t_{OCP2PD}	15	—	35	ns	
Minimum comparator input pulse width	t_{OCP2PW}	—	—	30	ns	
OCP2F comparator propagation delay	$t_{OCP2FPD}$	70	—	170	ns	$dV_{CS}/dt = 100\text{ V}/\mu\text{s}$

5 电气特性及参数

表 22 CS 引脚的电气特性 (续)

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Delay from V_{CS} crossing V_{CSOCP2} to begin of GDx turn-off ($I_{GD0} > 2mA$)	$t_{CSGDxOCP2}$	125	135	190	ns	$dV_{CS}/dt = 100 V/\mu s$; $f_{MCLK} = 66 MHz$. GDx driven by QR_GATE $FIL_OCP2.STABLE = 3$
OCP1 operating range	V_{OCP1}	0	—	$V_{REF}/2$	V	RANGE = 00 _B
OCP1 threshold at full scale setting ($CS_OCP1LVL=FF_H$)	V_{OCP1FS}	1187	1209	1243	mV	RANGE = 00 _B
Delay from V_{CS} crossing V_{CSOCP1} to CS_OCP1 rising edge, 1.2 V range	t_{CSOCP1}	90	170	250	ns	Input signal slope $dV_{CS}/dt = 150 mV/\mu s$. This slope represents a use case of a switch-mode power supply with minimum input voltage.
Delay from CS_OCP1 rising edge to QR_GATE falling edge	$t_{OCP1GATE}$	—	—	130	ns	
Delay from QR_GATE falling edge to start of GDx turn-off	$t_{GATEGDx}$	1	3	5	ns	GDx driven by QR_GATE. Measured up to $I_{GDx} > 2 mA$
OCP1 comparator input single pulse width filter	t_{OCP1PW}	60	—	95	ns	Shorter pulses than min. are suppressed, longer pulses than max. are passed
Nominal S&H operating range 0% to 100%	V_{CSH}	0	—	$V_{REF}/2$	V	$CS_ICR.RANGE = 00_B$
Reduced S&H operating range	RR_{CVSH}	8	—	92	%	$CS_ICR.RANGE = 00_B$ Operational values
Maximum error of CS0 S&H for corrected measurement (8-bit result)	$TET0_{CS0S}$	—	—	4.7	LSB	$CS_ICR.RANGE = 00_B$
Maximum error of CS0 S&H for corrected measurement (8-bit result)	$TET256_{CS0S}$	—	—	6.0	LSB	$CS_ICR.RANGE = 00_B$
Nominal S&H operating range 0% to 100%	V_{CSH}	0	—	$V_{REF}/6$	V	$CS_ICR.RANGE = 11_B$
Reduced S&H operating range	RR_{CVSH}	20	—	80	%	$CS_ICR.RANGE = 11_B$ Operational values

5 电气特性及参数

表 22 CS 引脚的电气特性 (续)

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Maximum error of CS0 S&H for corrected measurement (8-bit result)	TET0 _{CS0S}	—	—	8.0	LSB	CS_ICR.RANGE = 11 _B
Maximum error of CS0 S&H for corrected measurement (8-bit result)	TET256 _{CS0S}	—	—	8.7	LSB	CS_ICR.RANGE = 11 _B
S&H delay of input buffer	tCSHST	—	—	510	ns	Referring to jump in input voltage. Limits the minimum gate driver T _{on} time.

表 23 ZCD 引脚的电气特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Input voltage operating range	V _{INP}	-0.5	—	3.3	V	
Input clamping current, high	I _{CLH}	—	—	100	μA	
Zero-crossing threshold	V _{ZCTHR}	15	40	70	mV	
Comparator propagation delay	tZCPD	30	50	70	ns	dV _{ZCD} /dt = 4 V/μs
Input voltage negative clamping level	-V _{INPCLN}	140	180	220	mV	Analog clamp activated
Nominal I/V-conversion operating range 0% to 100%	-I _{IV}	0	—	0.5	mA	CRNG = 11 _B Gain = 4800 mV/mA
Nominal I/V-conversion operating range 0% to 100%	-I _{IV}	0	—	1	mA	CRNG = 10 _B Gain = 2400 mV/mA
Nominal I/V-conversion operating range 0% to 100%	-I _{IV}	0	—	2	mA	CRNG = 01 _B Gain = 1200 mV/mA
Nominal I/V-conversion operating range 0% to 100%	-I _{IV}	0	—	4	mA	CRNG = 00 _B Gain = 600 mV/mA
Reduced I/V-conversion operating range	RR _{IV}	5	—	80	%	

5 电气特性及参数

表 23 **ZCD 引脚的电气特性 (续)**

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Overall tolerance of the ZCD IV measurement	ΔI_{IV}	-4.7	—	4.7	%	T<125°C, $-I_{IV}>375\text{ }\mu\text{A}$, by design, not ensured by production test
Maximum deviation between ZCD clamp voltage and trim result stored in OTP	EZCDClp	—	—	± 5	%	$-I_{IV}>0.25\text{ mA}$
IV-conversion delay of input buffer	tIVST	—	—	900	ns	Refers to jump in input current ¹²⁾
Nominal S&H input voltage range 0% to 100%	VZSH	0	—	$2/3 \cdot V_{REF}$	V	SHRNG = 0 _B
Nominal S&H input voltage range 0% to 100%	VZSH	$V_{REF}/2$	—	$7/6 \cdot V_{REF}$	V	SHRNG = 1 _B
Reduced S&H input voltage range	RRZVSH	4	—	95	%	
Maximum error for corrected ADC measurement (8-bit result)	TET0 _{ZVS0}	—	—	3.7	LSB ₈	SHRNG = 0 _B
Maximum error for corrected ADC measurement (8-bit result)	TET256 _{ZVS0}	—	—	4.9	LSB ₈	SHRNG = 0 _B
Maximum error for corrected ADC measurement (8-bit result)	TET0 _{ZVS1}	—	—	4.2	LSB ₈	SHRNG = 1 _B
Maximum error for corrected ADC measurement (8-bit result)	TET256 _{ZVS1}	—	—	5.8	LSB ₈	SHRNG = 1 _B
S&H delay of input buffer referring to jump of input voltage	tzSHST	—	—	1.0	μs	SHRNG = 0 _B T _j ≤ 125 °C
S&H delay of input buffer referring to jump of input voltage	tzSHST	—	—	1.2	μs	SHRNG = 0 _B T _j > 125 °C

¹² 限制最小栅极驱动器T_{on}时间。

5 电气特性及参数

表 23 ZCD 引脚的电气特性 (续)

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
S&H delay of input buffer referring to jump of input voltage	tzSHST	—	—	1.6	μs	SHRNG = 1 _B T _j ≤ 125 °C
S&H delay of input buffer referring to jump of input voltage	tzSHST	—	—	1.8	μs	SHRNG = 1 _B T _j > 125 °C

表 24 HV 引脚的电气特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Current for V _{CC} cap charging	I _{LD}	3.0	5	7.5	mA	V _{HV} = 30 V; V _{VCC} < V _{VCCCon} – 0.3 V; T _j ≥ 0 °C
Current for V _{CC} cap charging	I _{LD}	2.4	5	7.5	mA	V _{HV} = 30 V; V _{VCC} < V _{VCCCon} – 0.3 V; -25 °C < T _j < 0 °C
Current for V _{CC} cap charging	I _{LD}	2.0	5	7.5	mA	V _{HV} = 30 V; V _{VCC} < V _{VCCCon} – 0.3 V; T _j < -25 °C
Nominal current for measurement path 0% to 100%	I _{MEAS}	0	—	9.6	mA	CURRNG = 11 _B
Nominal current for measurement path 0% to 100%	I _{MEAS}	0	—	4.8	mA	CURRNG = 10 _B
Nominal current for measurement path 0% to 100%	I _{MEAS}	0	—	1.6	mA	CURRNG = 01 _B
Comparator threshold (in % of full range of I _{MEAS})	THR _{COMP}	15	20	25	%	COMPTHR = 00 _B
Comparator threshold (in % of full range of I _{MEAS})	THR _{COMP}	25	30	35	%	COMPTHR = 01 _B
Comparator threshold (in % of full range of I _{MEAS})	THR _{COMP}	45	50	55	%	COMPTHR = 11 _B

表 25 FB 引脚的电气特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
MFIO reference voltage	V _{MFIOREF}	—	V _{REF}	—	V	Selection = V _{REF}
Nominal range 0% to 100%	V _{MFIO}	0	—	V _{REF}	V	Gain = 1

5 电气特性及参数

表 25 **FB 引脚的电气特性 (续)**

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Reduced operating range	RRVMFIO	4	—	96	%	Gain = 1. Operational values.
Maximum error for corrected measurement (8-bit result)	TETO _{MFIO}	—	—	4.0	LSB ₈	Gain = 1
Maximum error for corrected measurement (8-bit result)	TET256 _{MFIO}	—	—	4.8	LSB ₈	Gain = 1
Delay of input buffer	t _{MFIOST}	—	—	2.7	μs	Refers to jump in input voltage 0% to 90%. Applicable for MFIO0 and MFIO1 only.
Pull-up resistor tolerance	ΔRPU	—	—	±20	%	Overall tolerance

表 26 **UART 引脚的电气特性**

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Input clamping current, low	-I _{CLL}	—	—	100	μA	only digital input
Input clamping current, high	I _{CLH}	—	—	100	μA	only digital input
Input capacitance	C _{INPUT}	—	—	25	pF	
Input low voltage	V _{IL}	—	—	1.0	V	
Input high voltage	V _{IH}	2.1	—	—	V	
Input low current with active weak pull-up WPU	-I _{LPU}	30	—	90	μA	Measured at max. V _{IL}
Max. input frequency	f _{INPUT}	15	—	—	MHz	
Output low voltage	V _{OL}	—	—	0.8	V	I _{OL} = 2 mA
Output high voltage	V _{OH}	2.4	—	—	V	I _{OH} = -2 mA
Output sink current	I _{OL}	—	—	2	mA	
Output source current	-I _{OH}	—	—	2	mA	
Output rise time (0 → 1)	t _{RISE}	—	—	50	ns	20 pF load, push/pull output
Output fall time (1 → 0)	t _{FALL}	—	—	50	ns	20 pF load, push/pull or open-drain output
Max. output switching frequency	f _{SWITCH}	10	—	—	MHz	

5 电气特性及参数

表 26 **UART 引脚的电气特性 (续)**

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
UART baudrate for parameter configuration	f _{UART}	-10%	57600	+10%	baud	
UART baudrate for reporting	f _{UART,report}	-10%	9600	+10%	baud	

表 27 **A/D 转换器的电气特性**

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Integral non-linearity	INL	—	—	1	LSB ₈	13)

表 28 **基准电压的电气特性**

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Reference voltage	V _{REF}	—	2.428	—	V	
VREF overall tolerance	ΔV _{REF}	—	—	±1.5	%	Trimmed, T _j ≤ 125 °C and aging
VREF overall tolerance	ΔV _{REF}	—	—	±2.0	%	Trimmed, full temperature range and aging

表 29 **OTP 编程的电气特性**

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
OTP programming voltage at the VCC pin for range C000 _H to CFFF _H	V _{PP}	7.35	7.5	7.65	V	Operational values
OTP programming current	I _{PP}	—	1.6	—	mA	Programming of 4 bits in parallel

表 30 **时钟振荡器的电气特性**

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Master clock oscillation period including all variations	t _{MCLK}	15.0	15.8	16.6	ns	In reference to 66 MHz f _{MCLK}

13 在 STC = 5 条件下, 通过通道 MFIO 测得的 ADC 能力, 不含因相邻引脚 (如栅极驱动器) 开关而产生的误差。只取 ADC 输出值 ≥ 30, 屏蔽了 MFIO 缓冲器的非线性影响。

5 电气特性及参数

表 30 时钟振荡器的电气特性 (续)

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Main clock oscillator frequency variation of stored DPARAM frequency	Δ_{MCLK}	-3.2	—	+3.5	%	Temperature drift and aging only, 66 MHz f_{MCLK}
Standby clock oscillator frequency	f_{STBCLK}	96	100	104	kHz	Trimming tolerance at $T_A = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$
Standby clock oscillator frequency	f_{STBCLK}	90	100	110	kHz	Overall tolerance, $T_j \leq 125\text{ }^{\circ}\text{C}$
Standby clock oscillator frequency	f_{STBCLK}	85	100	110	kHz	Overall tolerance, $T_j > 125\text{ }^{\circ}\text{C}$

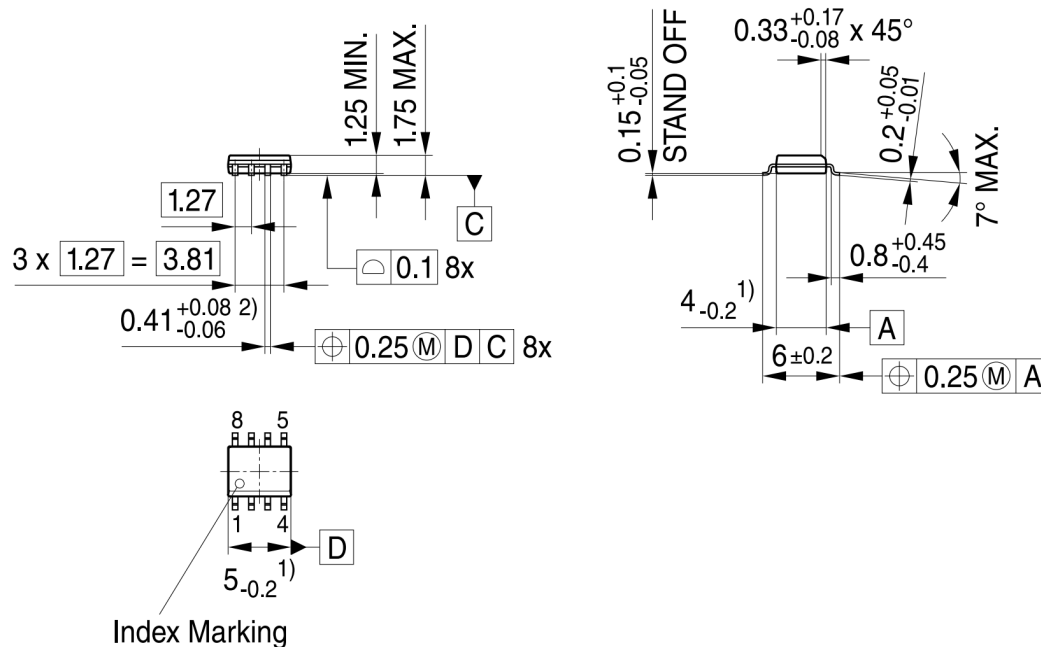
表 31 温度传感器的电气特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Temperature sensor ADC output operating range	ADC_{TEMP}	0	—	190	LSB	$\text{ADC}_{\text{TEMP}} = 40 + \text{temperature} / ^{\circ}\text{C}$
Temperature sensor tolerance	Δ_{TEMP}	—	—	± 6	K	Incl. ADC conversion accuracy at 3σ

6 封装尺寸

6 封装尺寸

提供了 PG-DSO-8 的封装尺寸。



- 1) Does not include plastic or metal protrusion
 2) Does not include dambar protrusion of 0.127 max. in excess of the lead width dimension

PG-DSO-8-41, -42, -51, -53, -58-PO V06

图 18 PG-DSO-8 的封装尺寸

注： 尺寸单位为mm。

注： 您可以在英飞凌互联网页面"产品": <http://www.infineon.com/products> 上找到我们的所有封装、包装类型和其他包装信息。

7 参考文档

7 参考文档

1. Infineon: XDPL8219 Design Guide
2. Infineon: XDPL8219 Reference Board Engineering Report
3. Infineon: CoolMOS P7 power MOSFETs, <http://www.infineon.com/P7>

8 修订记录

自上次修订以来的主要变化

Revision History

Revision	Description
1.0	Initial version
1.1	Figure 1: Text improvement from "XDPL8219" to "Flyback Controller IC". Figure 4: Correction of $t_{on,min}(V_{in})$ alignment with the reference point.

术语表

ABM

主动突发模式 (ABM)

主动突发模式是开关电源的一种工作模式，适用于非常轻的负载条件。控制器以脉冲串的形式进行开关，突发之间存在无开关动作的暂停间隔。

ADC

模数转换器(ADC)

模数转换器是一种将连续物理量（通常是电压）转换为代表该物理量振幅的数字的设备。

BOM

物料清单(BOM)

材料清单是生产最终产品所需的原材料、子装配、中间装配、子组件、零件及其数量的清单。

CCM

连续导通模式(CCM)

连续导通模式是开关电源的一种工作模式，在这种模式下，电流持续流动，不会归零。

CRC

循环冗余校验

循环冗余校验是一种错误检测代码，通常用于检测原始数据的意外更改。

CV

恒定电压(CV)

恒压是一种电源模式，在这种模式下，无论负载如何，输出电压都保持恒定。

术语表

非连续导通模式

非连续导通模式(DCM)

非连续导通模式是开关电源的一种工作模式，在这种模式下，电流从开始到归零。

EMI

电磁干扰 (EMI)

也称为射频干扰 (RFI)，它是由于外部辐射源发出的电磁辐射而影响电路的一种干扰（通常是不良干扰）。干扰可能会中断、阻碍或以其他方式降低或限制电路的有效性能。

FB

反激式(FB)

反激式转换器是一种电源转换器，它将电感器分割成一个变压器，从而使电压比成倍增加，并具有输入和输出之间电隔离的额外优势。

GUI

图形用户界面

图形用户界面是一种允许用户通过图形图标和视觉指示器与电子设备进行交互的界面。

HID

人机界面设备 (HID)

人机接口设备是一种可直接与人交互的计算机设备，通常接收人的输入，并可向人提供输出。HID 一词通常指 USB-HID 规范。

IC

集成电路 (IC)

在半导体材料薄基板表面制造的微型电子电路。集成电路也可称为微电路、微芯片、硅芯片或芯片。

IIR

无限脉冲响应(IIR)

无限脉冲响应是许多线性时变系统的一个特性。线性时变系统的常见例子是大多数电子和数字滤波器。具有这种特性的系统，其脉冲响应不会在某一点之后完全变为零，而是无限期地持续下去。

OCP 1

1 级过流保护(OCP1)

1 级过流保护可限制开关模式电源中的电流，从而限制输出到电源的功率。

OTP

一次性可编程存储器

一次性可编程存储器是一种可一次性写入数据的存储器。写入数据后，数据将被永久保存，无法进一步更改。

术语表

PCB

印刷电路板 (PCB)

印制电路板使用导电轨道、焊盘和其他蚀刻在非导电基板上的铜片特征，对电子元件进行机械支撑和电气连接。

PC

个人计算机

个人计算机是一种通用计算机，其尺寸、功能和原始销售价格使其对个人非常有用，其目的是由最终用户直接操作，没有任何干预。

计算机分时模式，允许许多人（通常是同时）使用更大、更昂贵的微计算机和大型机系统。

PFC

功率因数校正 (PFC)

功率因数校正可使AC电路的功率因数更接近 1，这相当于将电路的无功功率降至最低。

PF

功率因数 (PF)

功率因数是实际功率和视在功率之间的比率。

PWM

脉宽调制 (PWM)

脉宽调制是一种将模拟值编码为任意振幅脉冲信号占空比的技术。

QRM1

准谐振模式，第一谷底开关 (QRM1)

准谐振模式是开关电源的一种工作模式，可最大限度地提高效率。这是通过在信号出现第一个谷底时进行开关动作来实现的，此时切换损耗较低。

QRMn

准谐振模式，第n 谷底开关 (QRMn)

准谐振模式是开关电源的一种工作模式，可最大限度地提高效率。这是通过在信号出现第 n 个谷底时进行开关动作来实现的，此时切换损耗较低。

RAM

随机存取存储器

随机存取存储器是计算机数据存储的一种形式，可读写数据项而不受存取顺序的限制。

SSR

副边调节 (SSR)

副边调节电源根据来自隔离电源副边的反馈控制其运行。

术语表

THD

总谐波失真(THD)

信号的总谐波失真是对存在的谐波失真的测量，定义为所有谐波成分的功率之和与基频功率之比。

UART

通用异步收发器

通用异步收发器用于通过外围设备串行端口进行串行通信，在并行和串行形式之间转换数据。

USB

通用串行总线

通用串行总线是一种工业标准，它定义了总线中使用的电缆、连接器和通信协议，用于计算机与电子设备之间的连接、通信和供电。

UVLO

欠压锁定(UVLO)

欠压锁定是一种电子电路，用于在电压降至工作值以下时关闭电子设备的电源。

Trademarks

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

Edition 2020-08-26

Published by
Infineon Technologies AG
81726 Munich, Germany

© 2020 Infineon Technologies AG
All Rights Reserved.

Do you have a question about any
aspect of this document?

Email: erratum@infineon.com

Document reference
IFX-upn1544165930598

IMPORTANT NOTICE

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

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

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

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

WARNINGS

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

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



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.

版本 2026-08-28

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

重要通知

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勘探（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>。