

英飞凌 ICL8830

用于恒压输出的高频单级 PFC 反激式控制器

特性

英飞凌 ICL8830 控制器专为高频开关操作而定制，能够驱动 GaN 和 Si MOSFET 开关器件。它能检测反激式开关漏极电压的高频振荡，并以较小的延迟提供栅极信号，从而实现准确可靠的准谐振模式 (QRM) 操作。

- SSR-CV 输出反激式拓扑结构
- 针对高频操作进行了优化。适用于氮化镓器件的运行
- 在宽交流输入电压和输出负载范围内，功率因数高，总谐波失真低
- 支持通用交流输入电压 ($90 V_{AC}$ 至 $300 V_{AC}$, 45 Hz 至 66 Hz) 和直流输入电压操作
- QRM 运行，通过谷底开关防止连续导通模式 (CCM)
- 非常轻负载时进入突发模式较低，同时实现低待机功耗
- 可调节谷数变化位置的导通时间映射，以实现所需的最高工作开关频率
- 可调节的最大导通时间 - 限制输入功率和电流，以便在低市电输入电压状态下安全运行
- 全面的保护措施：
 - 内部过温保护 (OTP)
 - 反激式输出过压保护 (OVP)
 - 原边过流保护 (OCP)
 - 输入欠压保护
 - 欠压掉电保护
 - VCC 过压保护
 - 开环保护
 - 输入过压保护
- 软启动，用于降低起机期间的元件应力
- 外部启动电路控制信号
- 降低了启动过程中的栅极驱动电压，使 VCC 电容更小，启动速度更快
- VCC 唤醒突发模式发操作，在突发模式下保持足够的 V_{VCC}
- 在突发模式下降低栅极驱动器电压，以减少栅极电荷损耗，从而降低待机功耗

潜在应用

高频 PFC 反激式 SSR-CV

- 开关电源
- LED 驱动器、智能照明、应急照明
- 适配器、充电器、家用电器、吊扇

产品验证

根据 JEDEC20/22 相关测试的测试条件，符合上述应用要求。

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。为确保准确性，请务必访问 infineon.com 参考最新的英文版本（控制文档）。

描述

描述

英飞凌 ICL8830 是一款电压模式控制器，适用于在 QRM 下工作的反激式拓扑结构，具有谷底开关功能，可在提供高功率因数的同时实现高效率。它专为高频开关应用而设计，能够检测反激式开关的漏极电压高频振荡。该集成电路专为反激式和 PFC 反激式拓扑以及 AC/DC 和 DC/DC 应用而设计。该集成电路可与氮化镓和硅 MOSFET 开关配合使用。集成的突发模式功能使设计在待机模式和轻负载时功耗极低。该控制器易于设计，只需最少的外部元件。

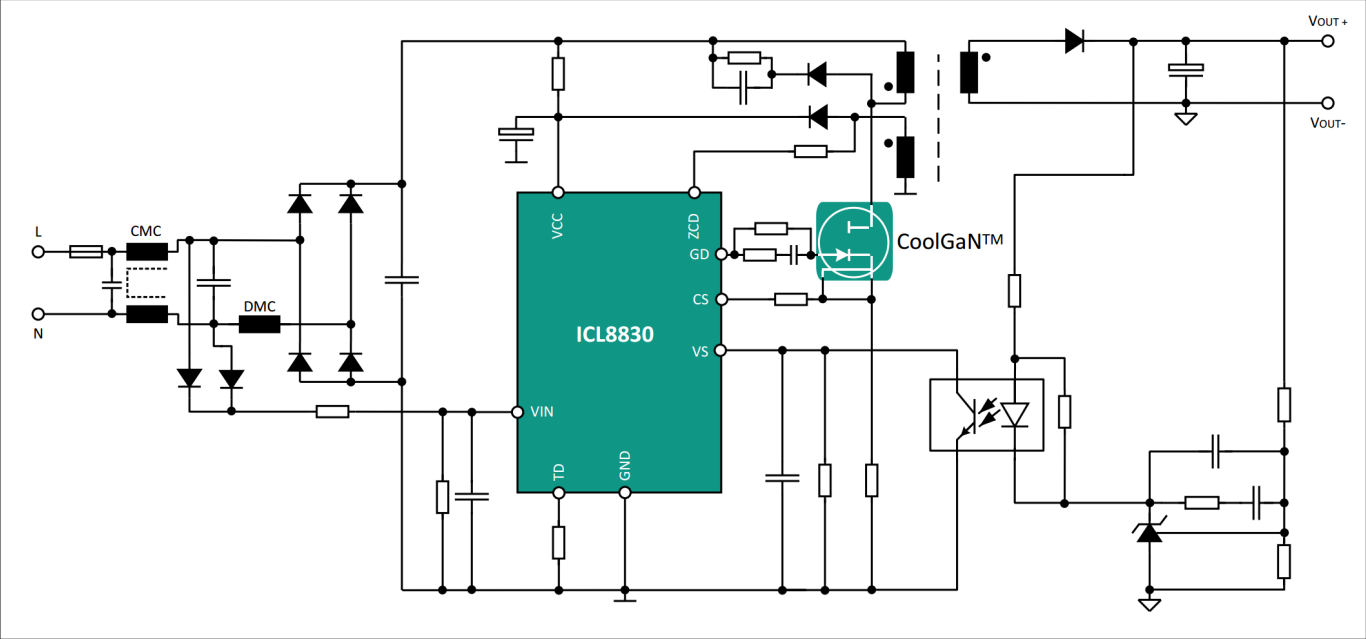


图 1 采用 GaN FET 的 PFC 反激式 SSR-CV

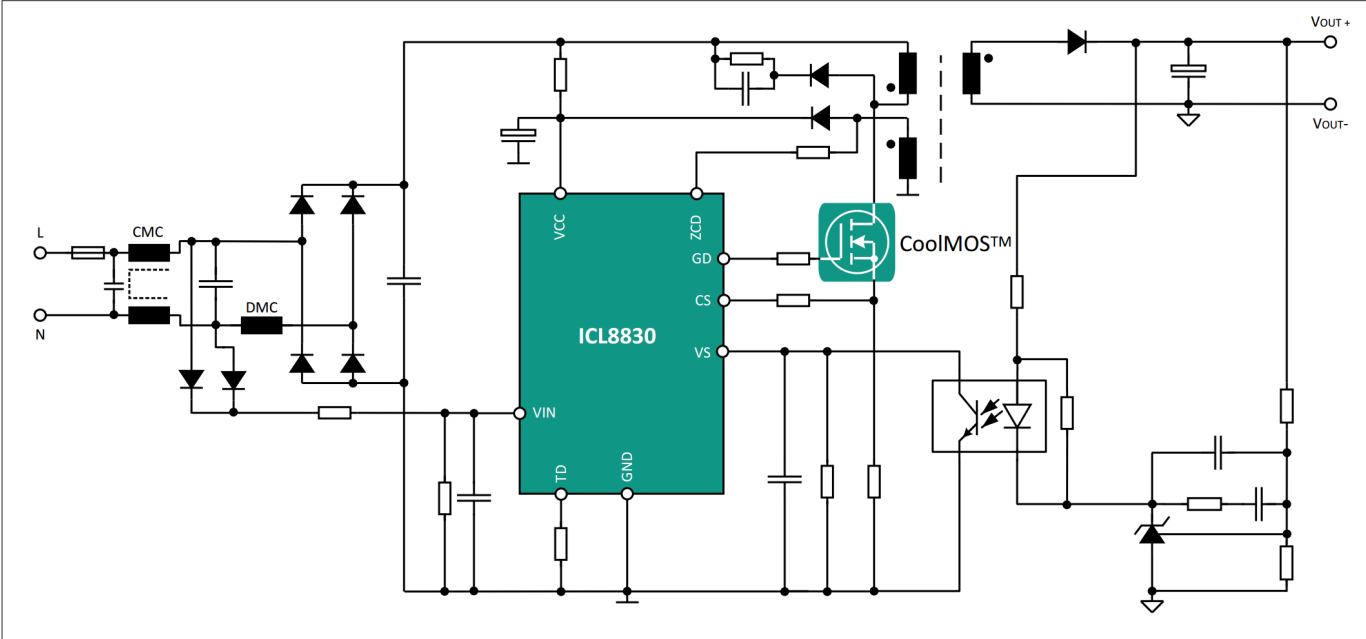


图 2 采用硅 MOSFET 的 PFC 反激式 SSR-CV

Product type	Package	Marking	Ordering code
ICL8830	PG-DSO-8	L8830	SP006071841

目录

目录

	目录	3
1	引脚配置	5
2	框图	6
3	功能描述	7
3.1	启动	7
3.2	TD 引脚内部上拉和外部启动电路控制	7
3.3	输入电压检测和保护	8
3.4	ZCD 引脚信号检测	8
3.5	功率因数校正和 THD 校正	10
3.6	VS 引脚信号检测	11
3.7	工作模式	12
3.8	脉冲生成	14
3.9	原边过流保护	19
3.10	VCC 电压保护	20
3.11	反激式输出过压保护	20
3.12	过温保护	21
3.13	开环保护	21
3.14	状态流程图和故障反应	22
3.15	可调节功能	23
4	电气特性及参数	24
4.1	绝对最大额定值	24
4.2	工作条件	25
4.3	DC 电气特性	25
4.3.1	电源	25
4.3.2	过零检测	26
4.3.3	电压检测	26
4.3.4	输入电压检测	26
4.3.5	TD 配置	27
4.3.6	电流检测	27
4.3.7	PWM 生成	27
4.3.8	栅极驱动器	28
4.3.9	时钟振荡器	28
4.3.10	温度传感器	28
5	封装尺寸	29
6	术语表	31
	修订记录	32

目录

免责声明	33
------------	----

1 引脚配置

1 引脚配置

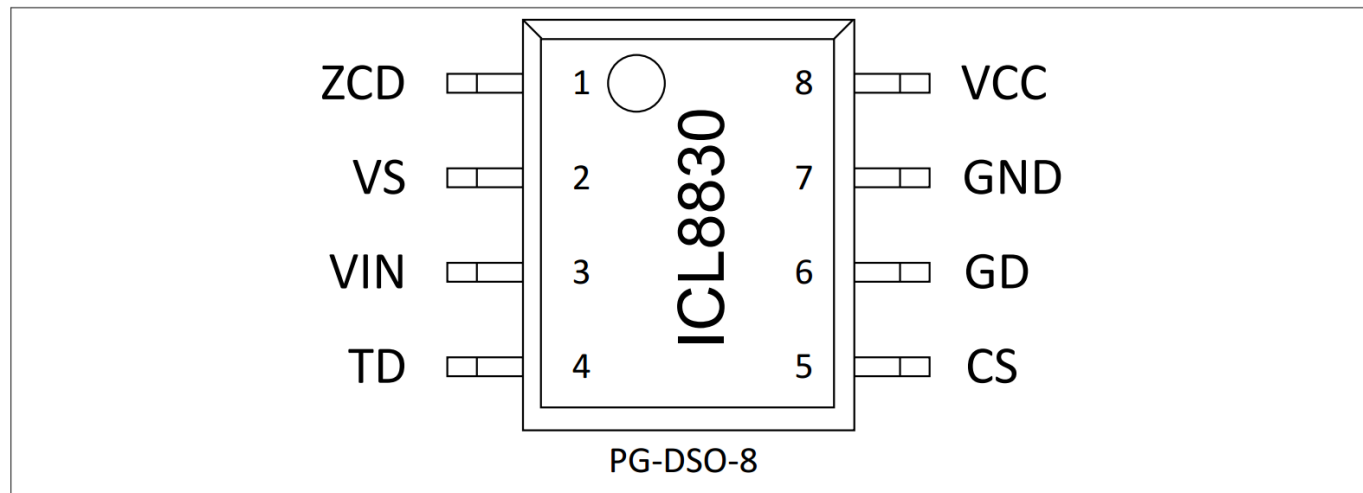


图 3 引脚配置

表 1 引脚定义及功能

Symbol	Pin	Function
ZCD	1	Zero crossing detection This pin is connected to an auxiliary winding via a series resistor to detect the zero crossing, for QRM valley switching. This series resistor value can be adjusted to configure the on-time mapping and maximum on-time.
VS	2	Feedback sensing This pin measures the feedback signal in the form of load current, for output regulation with voltage mode control.
VIN	3	Input voltage detection This pin is used to measure the rectified input voltage via a resistor divider for the power limitation function, brownin, brownout and input overvoltage protection.
TD	4	Turn-on delay The resistance to ground R_{TD} of this pin can adjust the turn-on delay upon zero crossing detection for QRM valley switching. The internal pull-up of this pin can also be used to control an external start-up circuit for active V_{VCC} charging.
CS	5	MOSFET current sense and flyback output overvoltage protection This pin is used for primary side overcurrent protection. The series resistance (connected between this pin and the primary MOSFET current shunt resistor) can be used to adjust the flyback output overvoltage protection level.
GD	6	Gate driver This pin controls the gate of the MOSFET.
GND	7	Ground This pin is connected to ground and represents the ground level of the IC for the supply voltage, gate driver and sense signals.
VCC	8	Operating voltage supply This pin supplies the IC.

2 框图

2 框图

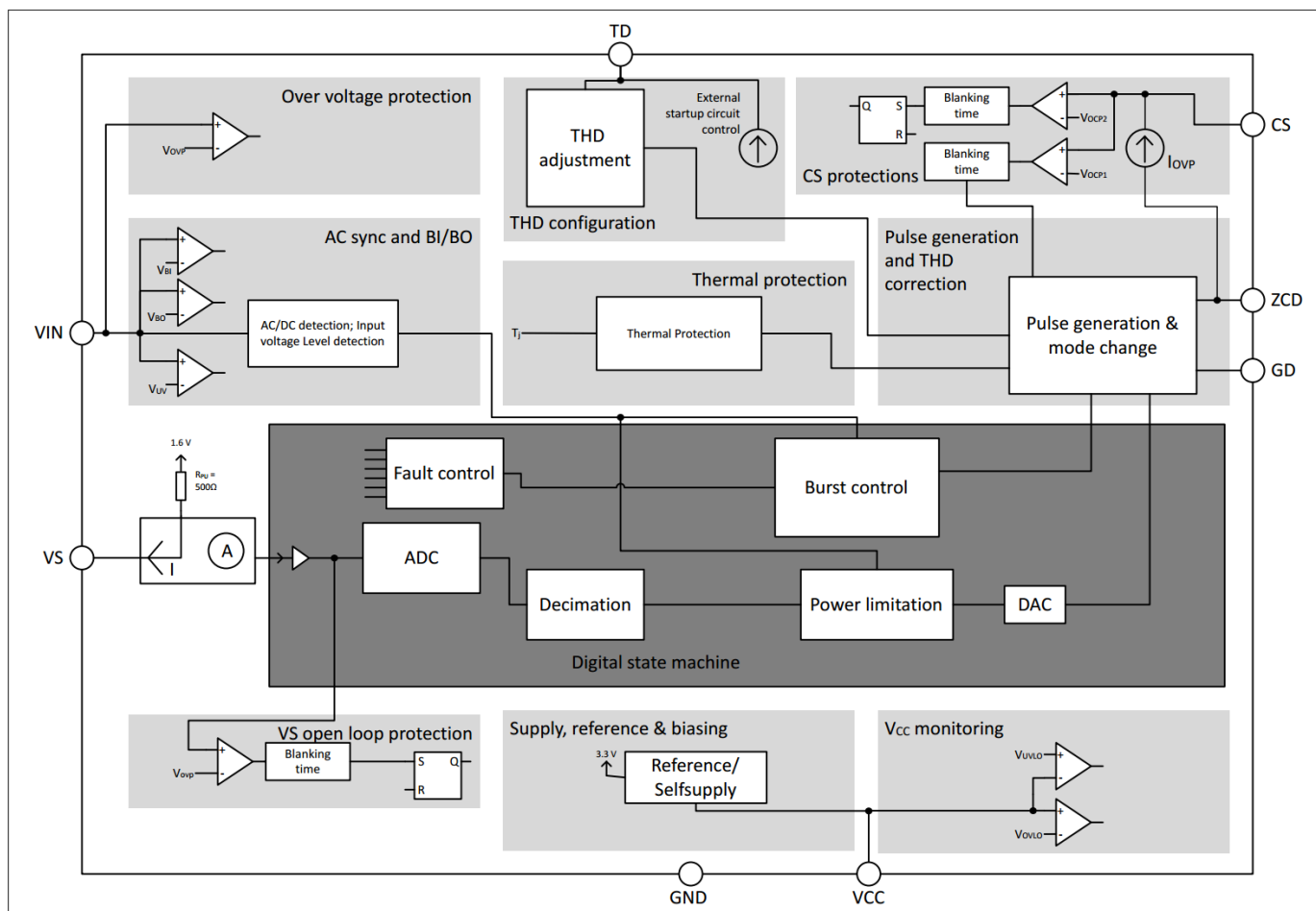


图 4 框图

3 功能描述

3 功能描述

这些章节详细介绍了所列功能。

3.1 启动

在预启动阶段，ICL8830 会测量 T_D 引脚对地电阻 R_{TD} 、 V_{IN} 引脚平均电压 $V_{VIN,avg}$ 及其内部结温 T_j 。如果满足启动条件，ICL8830 将开始软启动，以减少启动期间的元件应力。

软启动完成后，在没有任何保护触发的情况下，ICL8830 进入运行状态，根据 V_S 引脚信号感应进行输出调节。

注： 在启动过程中，栅极驱动电压 V_{GDred} （典型值 7 V）会降低。

3.2 T_D 引脚内部上拉和外部启动电路控制

除了通过图 1 和图 3 中的限流电阻从高压总线电压为 V_{VCC} 充电外，ICL8830 T_D 引脚还支持图 5 中的示例性外部启动电路的控制，以实现主动 V_{VCC} 充电，典型启动顺序如下：

1. 当 ICL8830 处于欠压锁定（UVLO）状态且 $V_{VCC} < V_{VCCcon}$ （典型值 12.5 V）时，禁用 T_D 引脚内部上拉。
2. V_{VCC} 由外部启动电路充电至 V_{VCCcon} ，以激活 ICL8830。
3. 在预启动阶段，ICL8830 将 T_D 引脚内部上拉电阻 $R_{TD,RUN}$ （典型值 10 k Ω ）和 $R_{TD,flyback}$ （典型值 40 k Ω ）设为有效，然后测量 T_D 引脚对地电阻 R_{TD} 。
4. 如果满足启动条件且启动成功，则在软启动阶段和运行状态下启用 $R_{TD,RUN}$ ，以禁止外部启动电路对 V_{VCC} 充电。如果触发任何保护，ICL8830 会在重启计时器过期后进入 UVLO 状态（返回序列号 1）。

注： T_D 引脚内部上拉 V_{REF} 的内部电压基准通常为 3.3 V。

注： 当 V_{CC} 降至 $V_{VCCwake}$ （典型值 7.6 V）时， $R_{TD,RUN}$ 在突发模式下被禁用，以便外部启动电路将 V_{VCC} 充电至 $V_{VCCburst}$ （典型值 8.1 V）。

图 5 显示了示例启动电路连接到 T_D 引脚时的 R_{TD} 计算公式。当 T_D 引脚由 $R_{TD,RUN}$ 内部上拉时，启动前阶段检测到的 R_{TD} 必须设计为至少 18 k Ω ；当 T_D 引脚由 $R_{TD,flyback}$ 内部上拉时，检测到的 R_{TD} 不得超过 68 k Ω 。这是为了激活 V_S 引脚负载电流检测，以实现输出调节，并保持在 T_D 配置限制范围内。

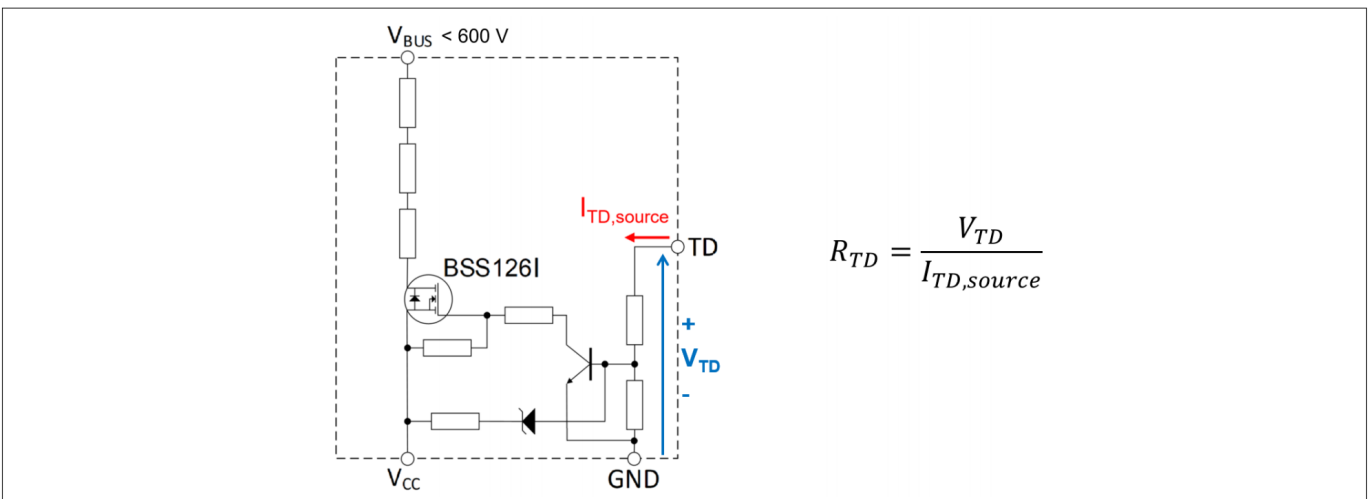


图 5 用于主动 V_{VCC} 充电的示例外部启动电路和 R_{TD} 通用方程

3 功能描述

3.3 输入电压检测和保护

ICL8830 根据 V_{IN} 引脚电压的 ADC 采样检测 AC 或 DC 振幅。对于功率限制功能、brownin 和 brownout 保护，控制器根据观察时间内的最高 V_{IN} 引脚电压采样值和最低 V_{IN} 引脚电压采样值的中间值，测量平均 V_{IN} 引脚电压 $V_{VIN,avg}$ 。运行状态下的观察时间约为 10.6 ms 和 12.7 ms，分别基于 50 Hz 和 60 Hz 的最后同步 AC 线路频率。

注： 在非线路同步的情况下，观察时间约为 10.6 ms。例如，当系统以直流输入启动时，可能会出现非线路同步的情况。

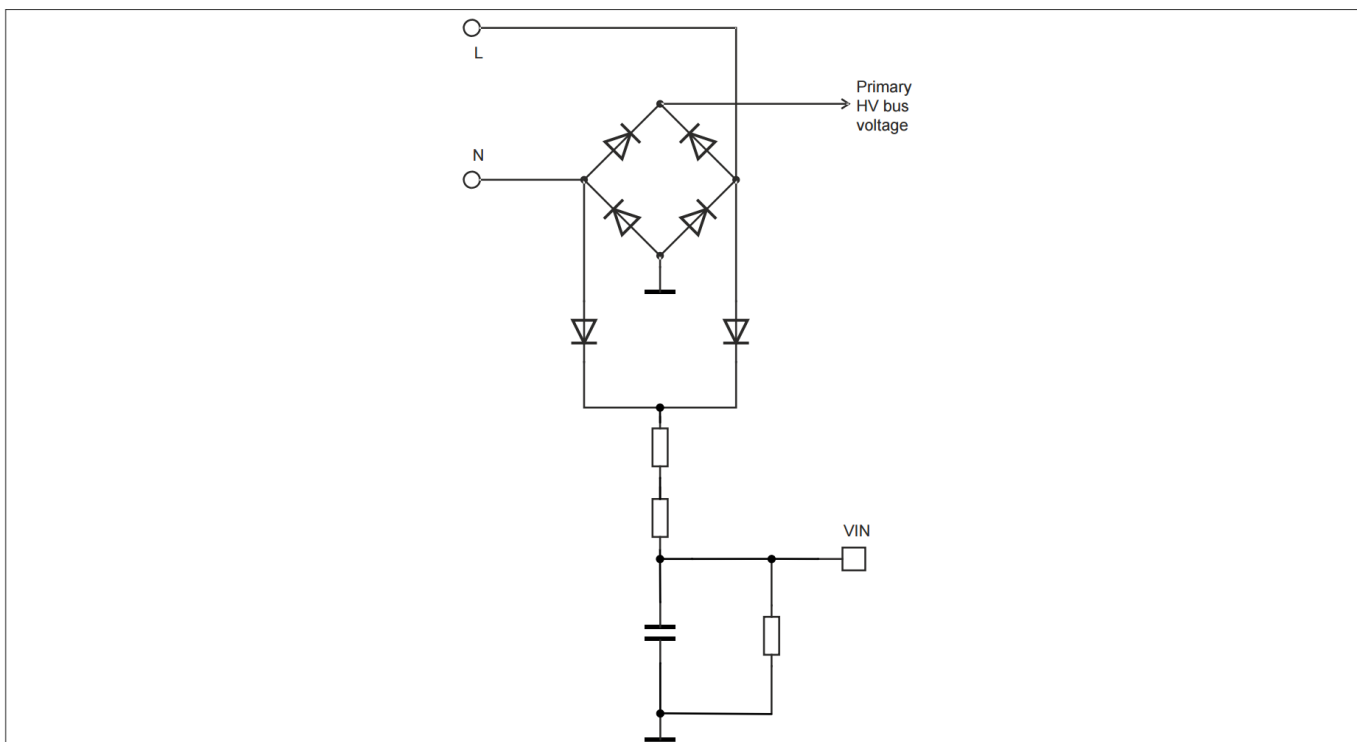


图 6 V_{IN} 引脚电路

此外，ICL8830 V_{IN} 引脚还具有 V_{VINOV} （典型值 2.0 V）输入过压阈值和 $V_{VINshort}$ （典型值 200 mV）短路保护阈值。

在运行过程中，如果检测到 $V_{IN} < V_{VINshort}$ 的时间超过消隐时间，则会触发 V_{IN} 引脚短路保护。如果 $V_{IN} < V_{VINshort}$ 条件在 V_{IN} 引脚短路保护重启时间 $t_{restart}$ （典型值 200 ms）后还存在，基于 $V_{IN,avg} < V_{BI}$ ，输入欠压重启保护将被触发。这将导致随后的快速重启周期 $t_{restart,fast}$ （典型值 25 ms）。

通过将 V_{IN} 引脚信号下拉至能触发 V_{IN} 引脚短路保护或掉电保护的电平，可以禁用 ICL8830 栅极脉冲发生，并降低控制器的电流消耗。

3.4 ZCD 引脚信号检测

ICL8830 ZCD 引脚通过连接到绕组的 ZCD 串联电阻 R_{ZCD} 检测辅助绕组电压的过零。通过 V_{ZCDup} （典型值 55 mV）和 $V_{ZCDdown}$ （典型值 45 mV）阈值回带来检测过零。

在 QRM 模式下，ICL8830 计数过零次数，直到达到目标谷数，并在谷底时导通，以尽量减少开关损耗。如果未达到目标谷数，且无法通过 ZCD 引脚检测到进一步的过零信号，则可通过外推法在内部生成过零事件。图 7 显示了 QRM 运行中第一次过零检测和第一次谷底开关的示例。

3 功能描述

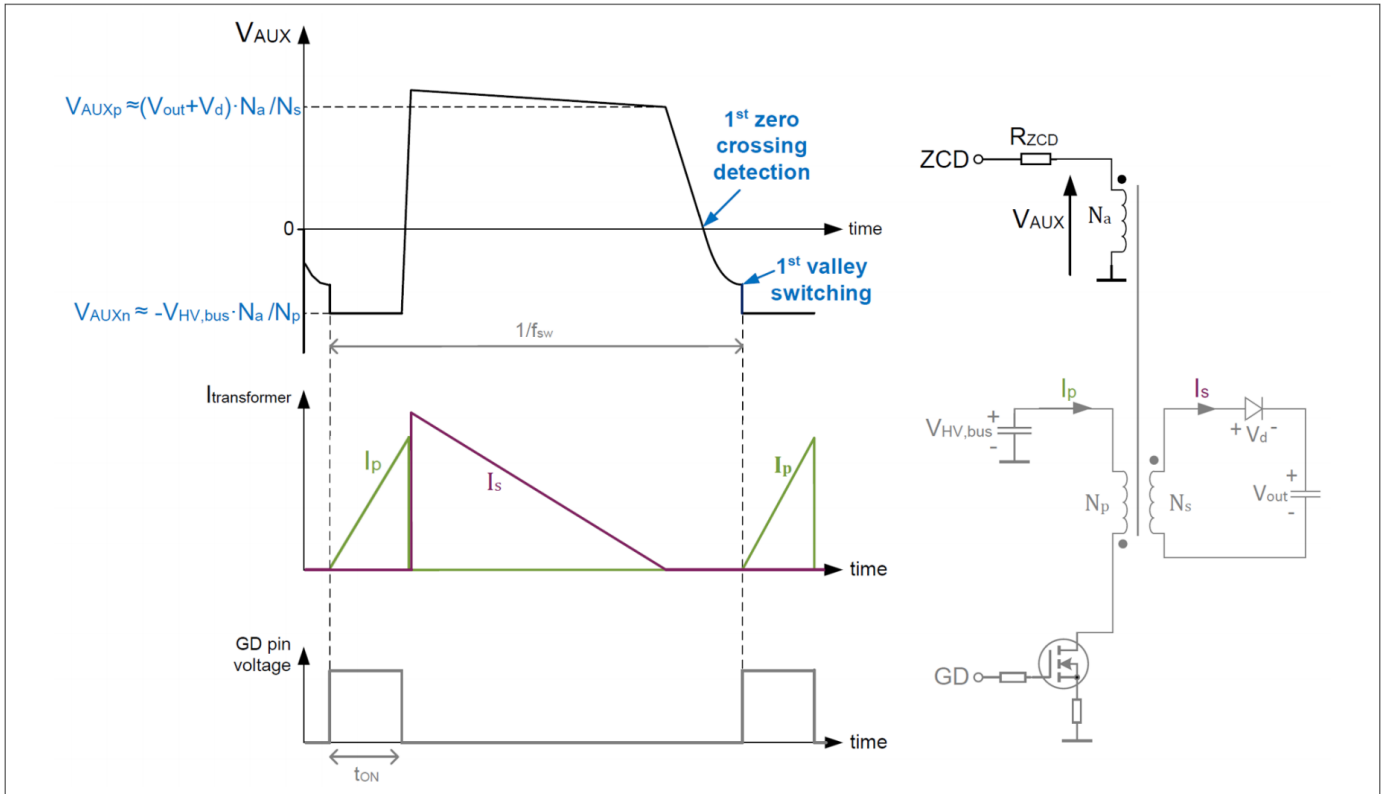


图 7 QRM 工作模式下第1次过零检测及第1次谷底开关的典型波形示例

当辅助绕组电压超过 ZCD 引脚内部箝位电平 $V_{ZCDpclip}$ (典型值 0.55 V) 和 $V_{ZCDnclip}$ (典型值 -0.5 V) 时, R_{ZCD} 分别限制 ZCD 引脚的灌电流和源电流。当辅助绕组的感应电压电平不足时 (例如, 在启动期间), 内部启动定时器会在栅极驱动器关断后每隔 t_{rep} (典型值 52 μs) 启动一个新周期。ICL8830 通过 ZCD 引脚的灌电流和源电流, 检测 ZCD 引脚的正峰值稳定箝位电流 $I_{ZCDpclip}$ 和负峰值稳定箝位电流 $I_{ZCDnclip}$, 以进行内部操作, 如 THD 校正和反激式输出过压保护。

$$I_{ZCDpclip} = \frac{V_{AUXp} - V_{ZCDpclip}}{R_{ZCD}} \quad (1)$$

$$I_{ZCDnclip} = \frac{|V_{AUXn}| - |V_{ZCDnclip}|}{R_{ZCD}} \quad (2)$$

如图 7 所示, V_{AUXp} 和 V_{AUXn} 分别为辅助绕组电压的正峰值和负峰值。

此外, ICL8830 还可基于 $I_{ZCDpclip}$ 和 $I_{ZCDnclip}$ 总和推导出 ZCD 引脚峰值到峰值的稳定钳位电流 I_{ZCDclp} , 用于其内部操作, 如脉冲生成和功率限制。

$$I_{ZCDclp} = I_{ZCDpclip} + I_{ZCDnclip} \quad (3)$$

3 功能描述

3.5 功率因数校正和THD校正

在运行状态下，当 VS 引脚反馈信号映射到 QRM 中的稳定工作点时，ICL8830 可实现功率因数校正。此外，ICL8830 的 THD 校正功能可延长导通时间，尤其是在接近交流输入电压过零点时，以优化交流输入电流波形。

如图 8 区域 A 所示，ICL8830 在 AC 输入电压过零点附近增大导通时间的延伸量，其中 $I_{ZCDnclp}$ 小于 $I_{ZCDpclp}$ 的 80%。

THD 校正导通时间延伸的增益可根据预启动阶段检测到的 TD 引脚对地电阻 R_{TD} 进行配置。由于 THD 校正导通时间延伸也会影响过零检测时的接通延迟，因此必须针对给定系统手动微调 R_{TD} 值，以实现 QRM 谷底开关点优化和 THD 校正之间的平衡。

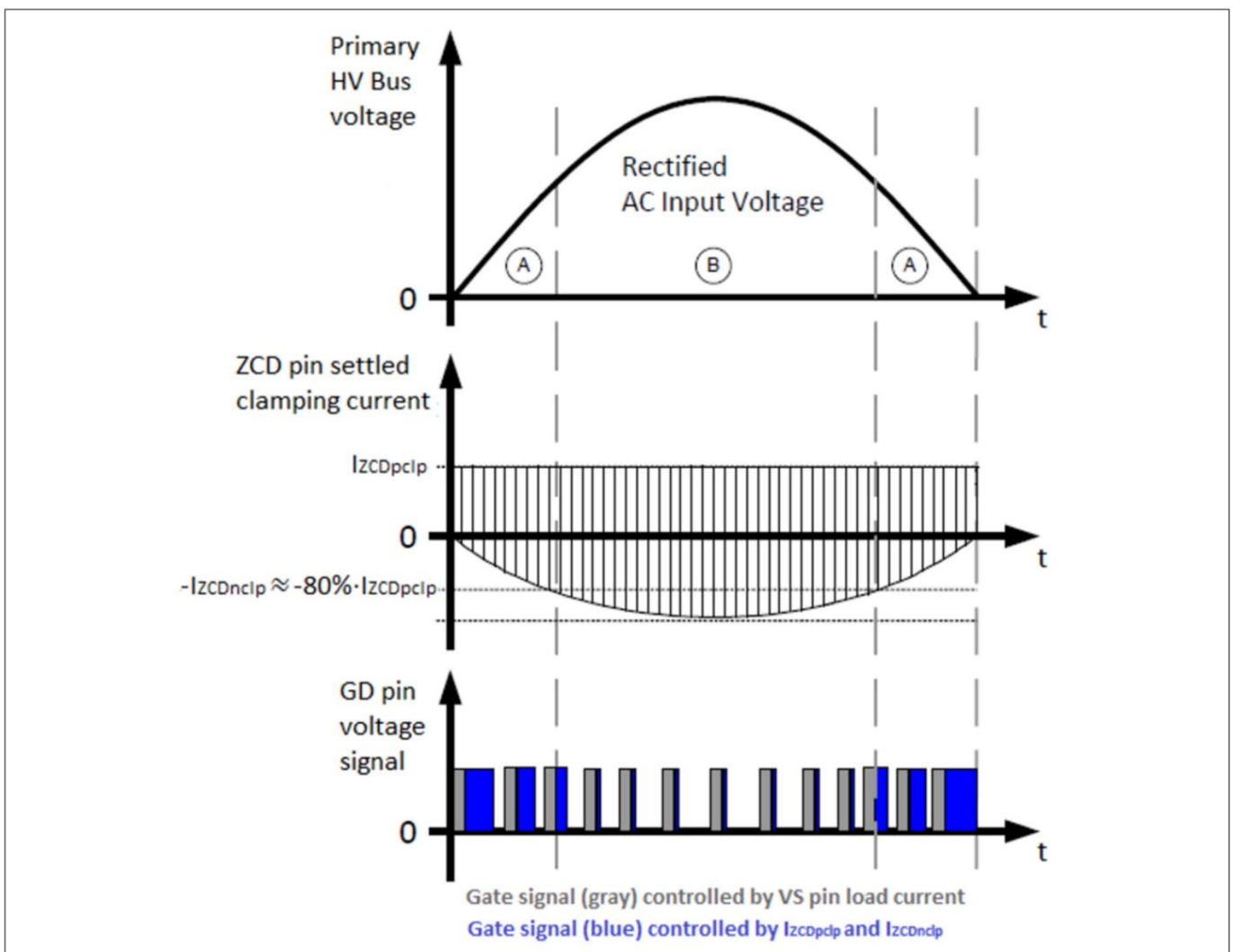


图 8 ICL8830 在 AC 输入电压过零点附近利用导通时间扩展进行 THD 校正

如果 TD 引脚仅用于 THD 校正增益配置，而不用于控制外部启动电路等其他用途，则可将一个电阻器从 TD 引脚连接到地，并在 18 kΩ 和 68 kΩ 之间进行简单微调。

如果在 TD 引脚和地之间连接的不仅仅是一个电阻器，还有其他电路，则应用以下 R_{TD} 计算通用公式：

$$R_{TD} = \frac{V_{TD}}{I_{source, TD}} \quad (4)$$

3 功能描述

其中, V_{TD} 为 TD 引脚对地电压, $I_{source,TD}$ 为预启动阶段启用 $R_{TD,RUN}$ 或 $R_{TD,flyback}$ 的内部上拉电阻时流出 TD 引脚的电流。

在预启动阶段 TD 引脚由 $R_{TD,RUN}$ 内部上拉时, 用于 TD 配置以及在运行状态下激活 VS 引脚负载电流检测以实现输出调节的 R_{TD} 最小值为 $18\text{ k}\Omega$ 。

在预启动阶段 TD 引脚由 $R_{TD,flyback}$ 内部上拉时, 用于 TD 配置的 R_{TD} 最大值为 $68\text{ k}\Omega$ 。

3.6 VS 引脚信号检测

在运行状态下, ICL8830 根据 ADC 对 VS 引脚负载电流的采样, 测量用于输出调节的反馈信号。在使用交流输入的 QRM 模式下工作时, 当 VS 引脚负载电流纹波足够大时, ICL8830 还会将其部分工作与线路频率或交流半周期同步。

要在 RUN 状态下激活 VS 引脚负载电流检测以进行输出调节, 必须在 VS 引脚与地之间连接一个 $12\text{ k}\Omega$ 电阻, 且在预启动阶段当 TD 引脚被 $R_{TD,RUN}$ 内部拉高时, R_{TD} 必须至少为 $18\text{ k}\Omega$ 。

对于副边调节, VS 引脚负载电流包括流经变压器和 $12\text{ k}\Omega$ 电阻器的电流。当 VS 引脚负载电流为 $-I_{VSADCmin}$ (典型值 $210\text{ }\mu\text{A}$) 或以下时, 功率传输最大。当 VS 引脚负载电流为 $-I_{VSADCmax}$ (典型值 $610\text{ }\mu\text{A}$) 或以上时, 功率传输最小。

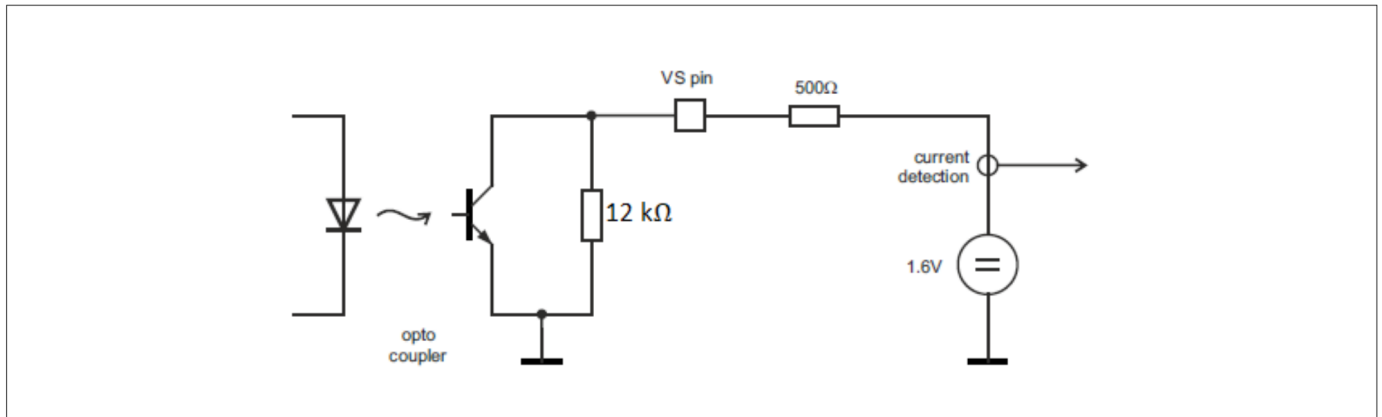


图 9 基于副边调节的 VS 引脚负载电流检测

3 功能描述

3.7 工作模式

在运行状态下，ICL8830 采用带谷底开关的 QRM 或突发模式工作。

准谐振模式 (QRM)

QRM 通过在漏极电压谷打开电源开关，最大限度地提高了效率并减少了电磁干扰。

ICL8830 控制 QRM 中的导通时间和谷数。当谷数发生变化时，控制器会对 QRM 的导通时间进行补偿，以实现相对恒定的功率传输，从而实现平稳过渡。

图 10 中蓝色高亮区域显示了导通时间补偿效果（之字形模式），例如，当 QRM 谷数从 1 增加到 2、从 2 增加到 3、从 3 增加到 4 时。当相对功率进一步降低时，导通时间补偿继续在更高的波谷变化位置（更小的之字形）进行，直到达到最大谷数 32。为确保 QRM 开关频率降低保持在可听范围以上，QRM 关断时间被限制在最大值 t_{off} （典型值 $47 \mu s$ ）。

增加 ICL8830 的谷数可确保与系统相关的 QRM 保持在一定限度以下，从而在较宽的工作范围内实现高效率 and 低 EMI 频谱。

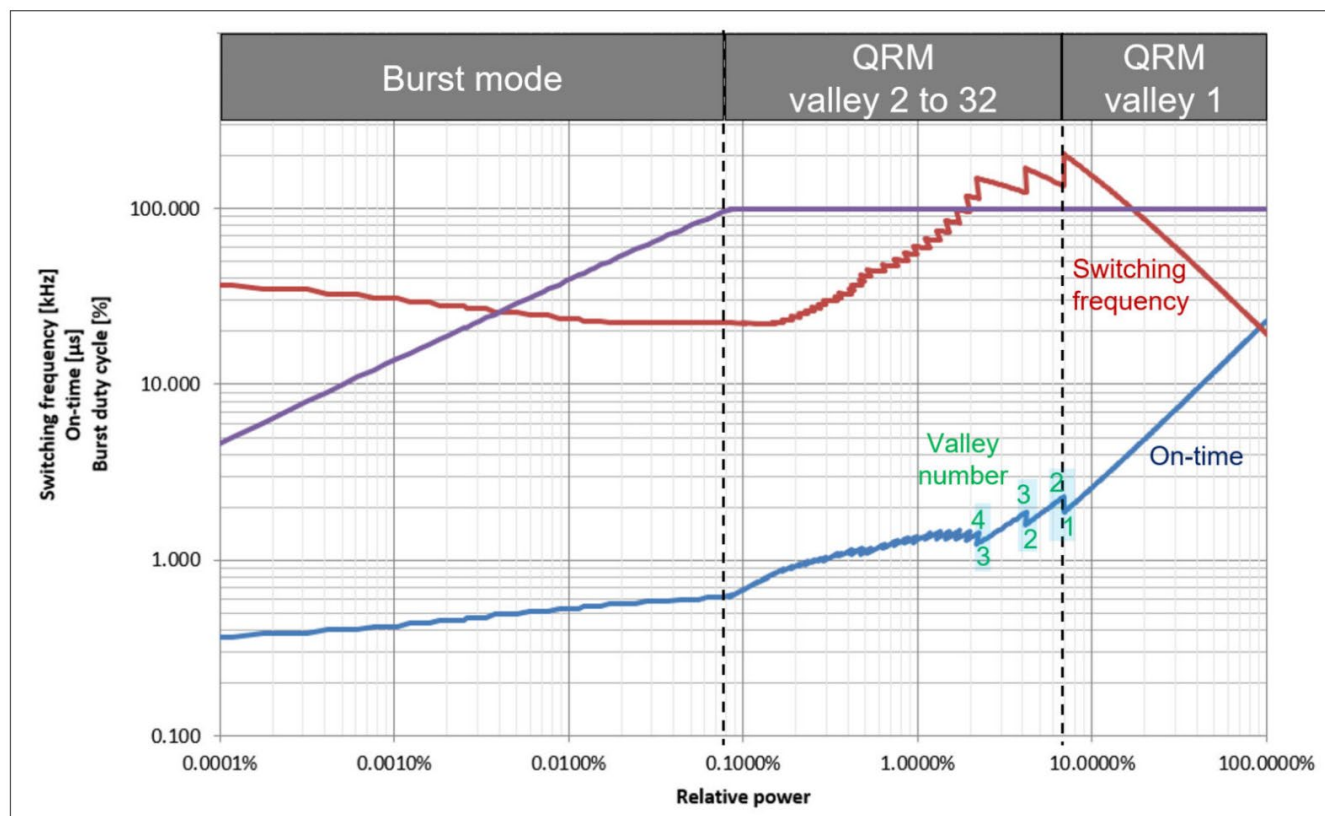


图 10 开关特性与相对功率的示例性对比，对谷数变化进行导通时间补偿

突发模式

突发模式传输的功率小于 QRM，可支持轻负载和空载/待机运行。

为了实现低待机功耗，控制器在脉冲串暂停期间处于休眠状态，以降低电流消耗。此外，控制器在突发模式下工作时，栅极驱动器电压水平降低到 V_{GDred} （典型值 7 V），以尽量减少栅极电荷损耗。

如图 11 所示，控制器以固定的重复频率 $f_{wake,reg}$ 唤醒，根据测量到的 VS 引脚负载电流信号执行突发脉冲，并在突发暂停期间进入休眠状态。

$f_{wake,reg}$ 约为上次同步输入线路频率的四倍。例如，如果最后同步输入线路频率为 60 Hz，则 $f_{wake,reg}$ 约为 240 Hz。

3 功能描述

注： 如果在进入突发模式前发生非线性同步，则应用 $f_{\text{wake,reg}} = 200 \text{ Hz typ.}$
例如，当系统采用DC输入或低载时VS引脚负载电流纹波非常小时，就会出现非线性同步现象。

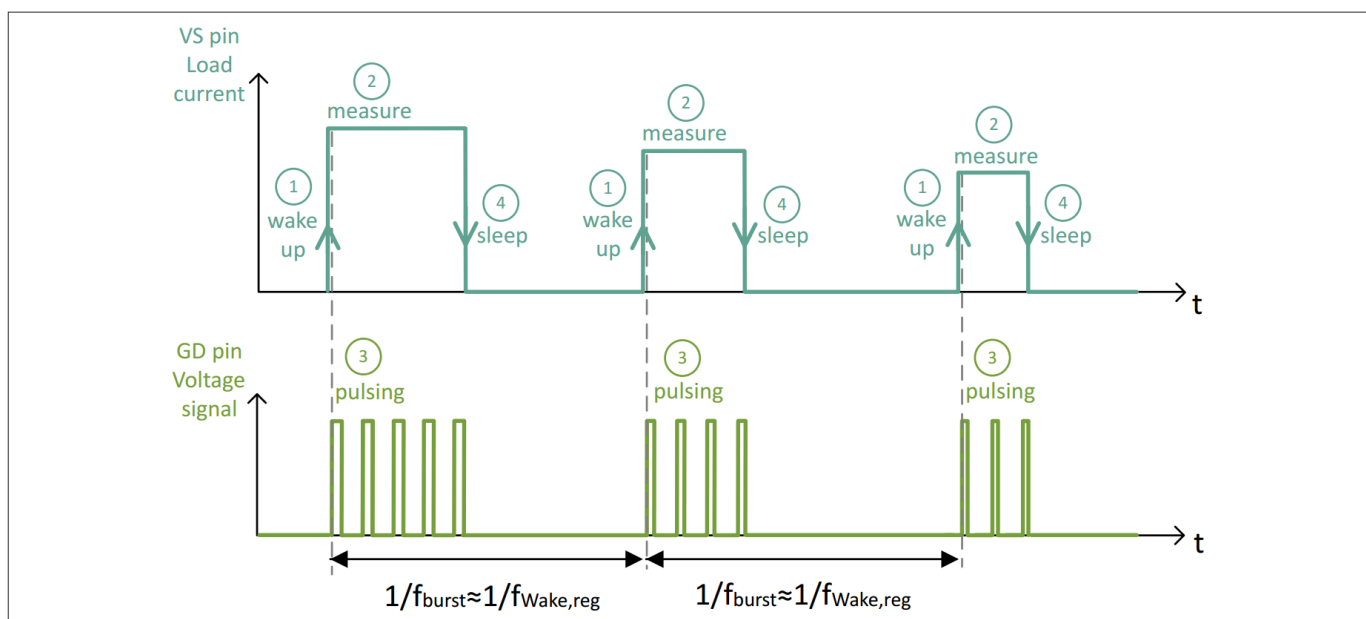


图 11 带有固定唤醒间隔的突发模式示意图

为了在突发模式下保持足够的 V_{VCC} ，控制器采用了以下两种机制：

- 如果 V_{VCC} 下降到 V_{VCCwake} （典型值 7.6 V），一个优先级更高的 V_{CC} 唤醒阈值会触发突发启动，而不是根据常规的 $f_{\text{wake,reg}}$ 唤醒。控制器会持续脉冲串，直到 $V_{\text{VCC}} = V_{\text{VCCburst}}$ （典型值 8.1 V）。
- 当 V_{VCC} 下降到 V_{VCCwake} 时，TD 引脚内部上拉电阻被禁用，以便外部启动电路将 V_{VCC} 充电到 V_{VCCburst} 。

因此，如图 11 所示，突发周期 $1/f_{\text{burst}}$ 不一定遵循 $1/f_{\text{wake,reg}}$ 。突发周期可以在突发脉冲跳过的情况下延长 $1/f_{\text{wake,reg}}$ 的整数倍，也可以 V_{CC} 唤醒突发触发的情况下缩短 $1/f_{\text{wake,reg}}$ 的一部分，或者由这两种效应组合而成。

请注意： V_{CC} 唤醒突发控制机制的工作原理是通过 ZCD 绕组提供 V_{CC} 电压。如果 V_{CC} 电压通过绕组电压提供，而绕组电压与初级母线电压成一定比例，则必须确保突发模式期间的 V_{CC} 电压始终高于 V_{VCCburst} 最大值（最大值为 9.1 V），并留有足够的余量，尤其是当输入电压较低且接近于掉电电平时，这样才能避免 V_{CC} 唤醒突发机制，从而实现良好的输出调节。

3 功能描述

3.8 脉冲生成

在运行状态下，ICL8830 将测得的 VS 引脚负载电流映射到虚拟脉冲长度、谷数和突发占空比，如图 12 所示。

如第 2 章所示，这些内部参数与功率限制一起进行处理，并送入脉冲发生和校正功能块。

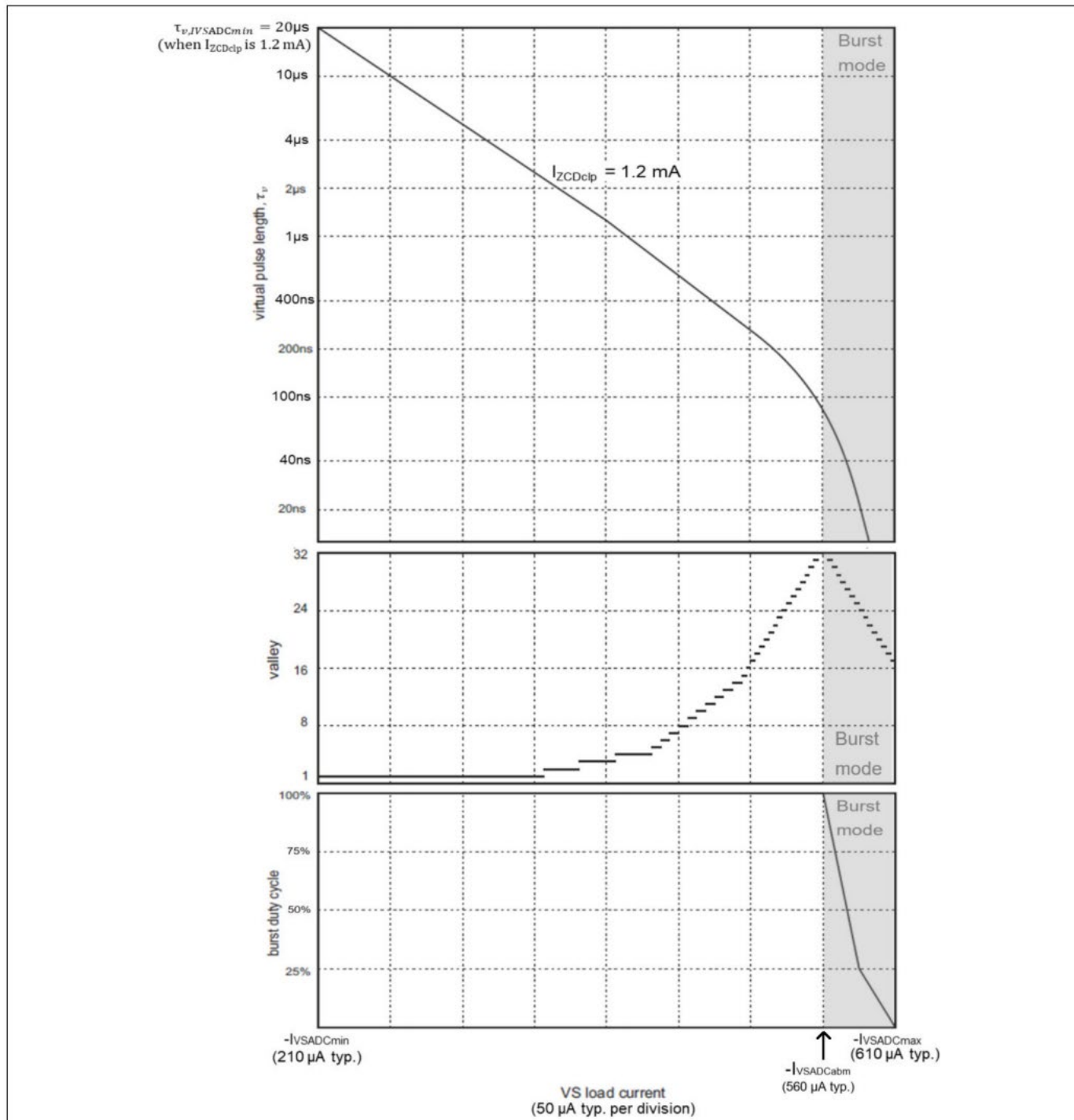


图 12 虚拟脉冲长度映射（以 $I_{ZCDclp} = 1.2 \text{ mA}$ 为例）、谷数映射和突发模式映射

3 功能描述

虚拟脉冲长度映射及其应用案例

虚拟脉冲长度映射是一种示意性的导通时间映射，其中不包括：

- 谷数变化时与系统相关的导通时间补偿效应（见图 10）
- 用于 THD 校正的导通时间延伸效应（见图 8）
- 功率限制对最长导通时间的影响（将在本章中说明）
- 脉冲产生模块对最小栅极脉冲长度的限制。

图 12 所示的虚拟脉冲长度映射并非静态的。

它根据 ZCD 引脚峰值到峰值的稳定箝位电流 I_{ZCDclp} 垂直移动，该电流取决于 R_{ZCD} 、变压器绕组匝数比、工作输入和输出电压。

如图 13 所示，不同的 I_{ZCDclp} 水平会导致每个谷数变化位置（包括突发模式进入位置）的虚拟脉冲长度发生变化。例如，当输入电压降低或 R_{ZCD} 值增加时， I_{ZCDclp} 的降低会导致每个谷底变化位置（包括突发模式进入位置）的相对导通时间缩短。反之亦然。

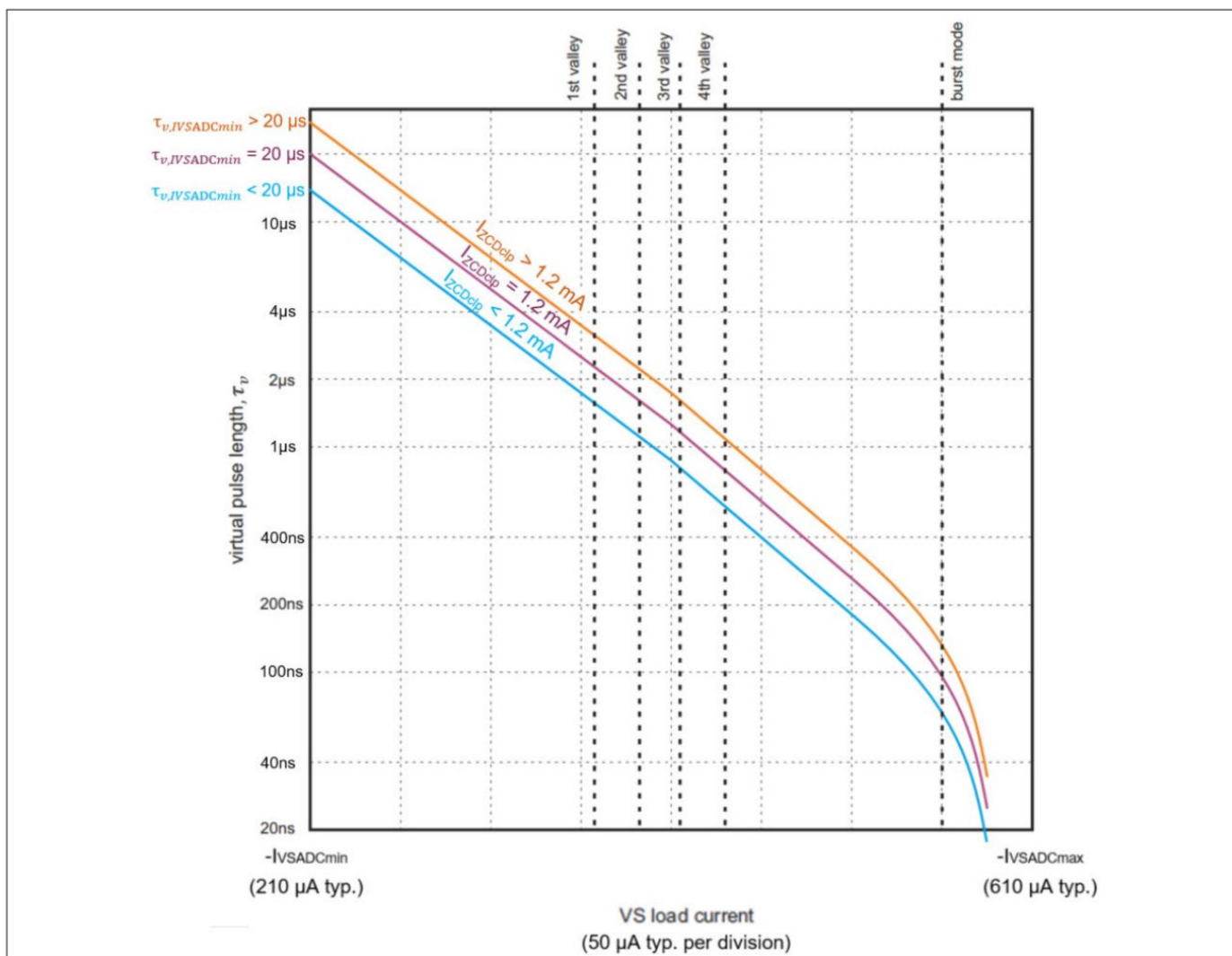


图 13 I_{ZCDclp} 变化对虚拟脉冲长度映射的影响

例如，图 13 中基于 $I_{ZCDclp} = 1.2 \text{ mA}$ 的虚拟脉冲长度映射是根据以下步骤得出的：

1. 根据 $I_{ZCDclp} = 1.2 \text{ mA}$ ，得出 $\tau_{v,IVSADCmin} = 20 \mu\text{s}$ ，如图 14 所示。
2. 在 y 轴上标出 $\tau_{v,IVSADCmin} = 20 \mu\text{s}$ ，并以此为起点绘制虚拟脉冲长度映射曲线图，在 $20 \mu\text{s}$ 至 $1 \mu\text{s}$ 的范围内，该曲线呈相对较好的指数曲线，每增加 $50 \mu\text{A}$ VS 引脚负载电流，脉冲长度减半。

3 功能描述

例如，虚拟脉冲长度映射的另一个实际用例是估算 QRM 第 1 谷开关的最小导通时间（约为 $\tau_{v,IVSADCmin}$ 的 10%），以估算系统的最大开关频率。

注： 当 QRM 中的谷数大于 1 时，或当处于突发模式时，不应直接将虚拟脉冲长度映射值作为估计导通时间，因为它排除了谷数变化的导通时间补偿效应。

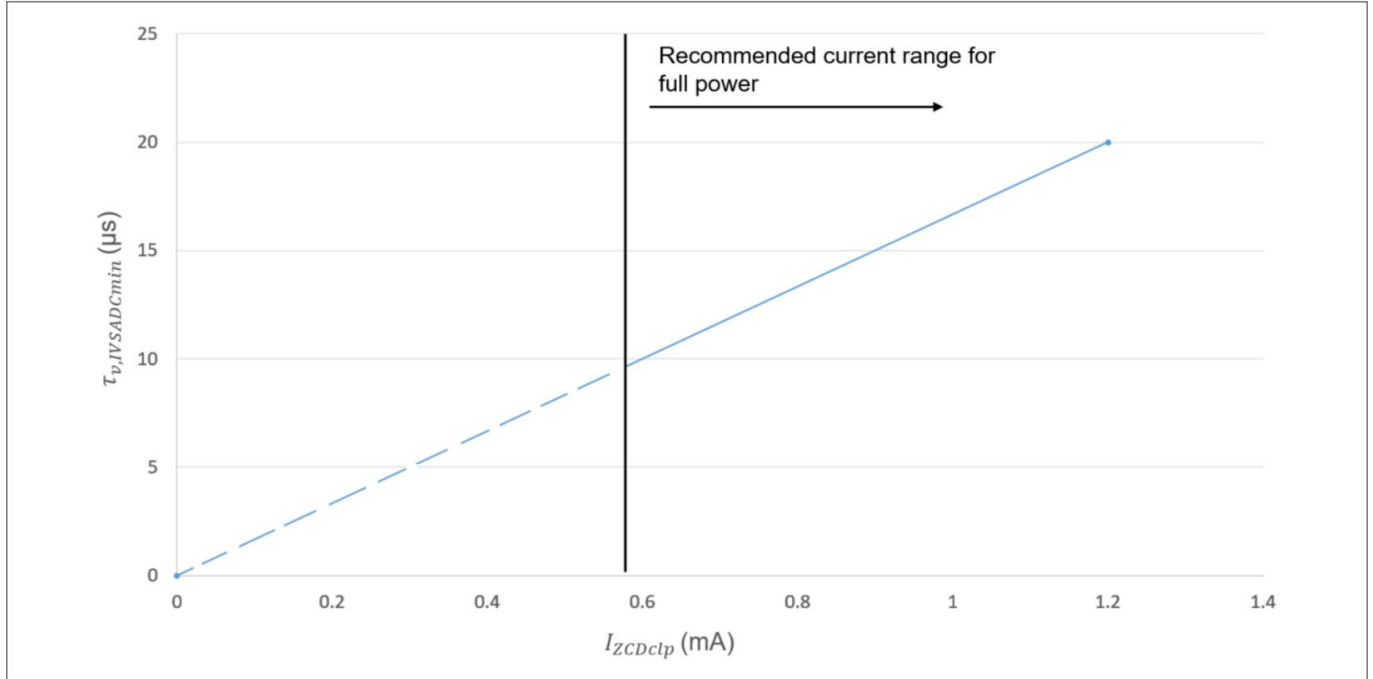


图 14 $I_{VSADCmin}$ 时的虚拟脉冲长度 $\tau_{v,IVSADCmin}$ 与 ZCD 峰峰值稳定箝位电流 I_{ZCDclp} 的关系

功率限制和最长导通时间

ICL8830 功率限制功能根据最大导通时间 $t_{ON,max}$ 进行限制：

$$t_{ON,max} \approx \tau_{v,IVSADCmin} \cdot \min \left[1, \frac{1}{2^{3.058 \cdot \ln \left(\frac{V_{VIN,avg}}{0.4} \right) - 1.25}} \right] \quad (5)$$

对于 $t_{ON,max}$ 的估算，需要注意的是，当应用图 6 中的输入电压检测电路时， $\tau_{v,IVSADCmin}$ 会随不同的 $V_{VIN,avg}$ 电平而变化。这是因为 $\tau_{v,IVSADCmin}$ 的比例取决于图 14 中的 I_{ZCDclp} ，而 I_{ZCDclp} 则取决于输入电压，这在 ZCD 引脚信号检测中已有说明。

当 VS 引脚负载电流为 $I_{VSton,sat}$ 或更低时， $t_{ON,max}$ 将被应用，其中 $I_{VSton,sat}$ 可基于以下公式估算：

$$-I_{VSton,sat} \approx -I_{VSADCmin} + \max \left[0, 152.9 \cdot \ln \left(\frac{V_{VIN,avg}}{0.4} \right) - 62.5 \right] \cdot 10^{-6} \quad (6)$$

图 15 显示了当 $V_{VIN,avg}$ 分别为 0.65 V、1.0 V、1.5 V 和 1.9 V 时，具有功率限制最大导通时间效应的虚拟脉冲长度。

3 功能描述

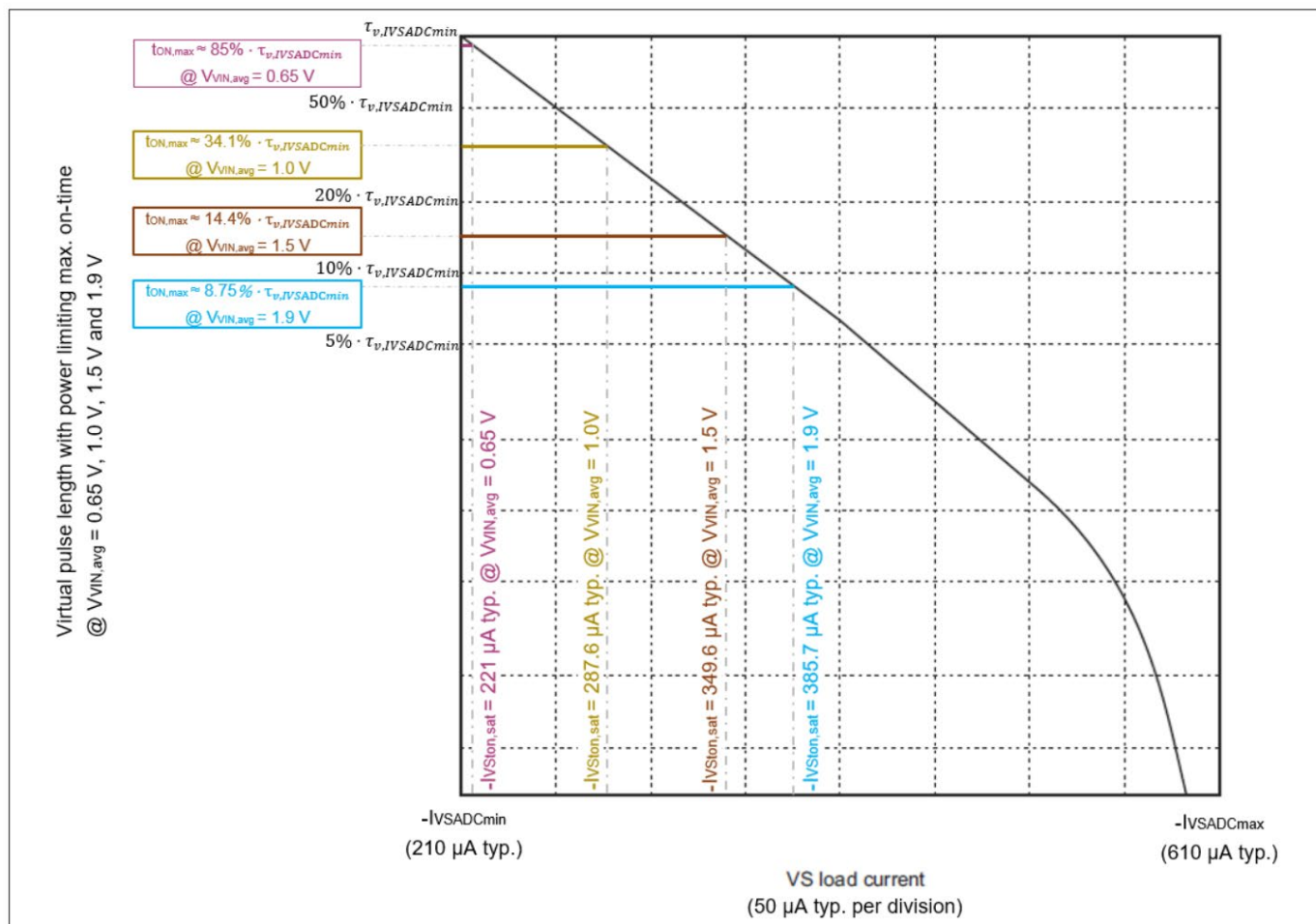


图 15 具有功率限制最大导通时间效应的虚拟脉冲长度映射

当 $V_{VIN,avg}$ 处于欠压掉电平（典型值 0.44 V）至约 0.6 V 的范围内时，功率限制被禁用，此时 $t_{ON,max} = \tau_{v,IVSADCmin}$ 。如图 15 所示，当 $V_{VIN,avg}$ 处于输入欠压恢复电平（ $V_{BI} = 0.65 \text{ V typ.}$ ）时，功率限制启用， $t_{ON,max} = \tau_{v,IVSADCmin}$ 的 85%。例如，如果输入欠压恢复电平下所需的 $t_{ON,max}$ 为 $17 \mu\text{s typ.}$ ，则需要 $\tau_{v,IVSADCmin} = 17 \mu\text{s} / 85\% = 20 \mu\text{s}$ 。根据图 14，当施加 $I_{ZCDclp} = 1.2 \text{ mA}$ 时， $\tau_{v,IVSADCmin} = 20 \mu\text{s}$ 。因此，要在输入欠压恢复电平下达到 $t_{ON,max} = 17 \mu\text{s typ.}$ ，应将 R_{ZCD} 的尺寸设计为在输入欠压恢复电平处产生 $I_{ZCDclp} = 1.2 \text{ mA typ.}$ 。

谷数和突发占空比

基于 VS 引脚负载电流的谷数和突发占空比映射如图 12 所示。突发占空比是指突发脉冲持续时间与突发周期时间之比。 $-IVSADcabm$ （典型值 $560 \mu\text{A}$ ）标志着 QRM 与突发模式之间的边界。

在 QRM 模式下，映射所得的谷数并不一定直接或立即作为脉冲产生的 ZCD 引脚谷底计数号。ZCD 引脚谷底计数号的更新基于以下谷底选择滞回机制进行：

1. 为尽量减少一个交流半周期内的多次谷数变化，ICL8830 根据上一个交流半周期的最小映射谷数，每半个交流周期更新一次 ZCD 谷数，如图 16 所示。在每半个交流周期内，控制器调整导通时间，使其保持在所选的谷数。这样跳谷次数就被限制在最低。
2. 发生跳谷时，如果必须减少谷数，则会立即发生跳谷。对于谷数增加的情况，如果跳谷导致谷数增加 10 或更多，则会立即发生变化。否则，只有在下一个 AC 半周期开始时才会发生变化，如图 16 所示。

3 功能描述

注： 如果达到最大关闭时间 t_{off} （典型值 $47\mu s$ ）ZCD 谷数计数不能发生，脉冲发生将会基于 t_{off} ，而不是已选择的ZCD谷底计数。

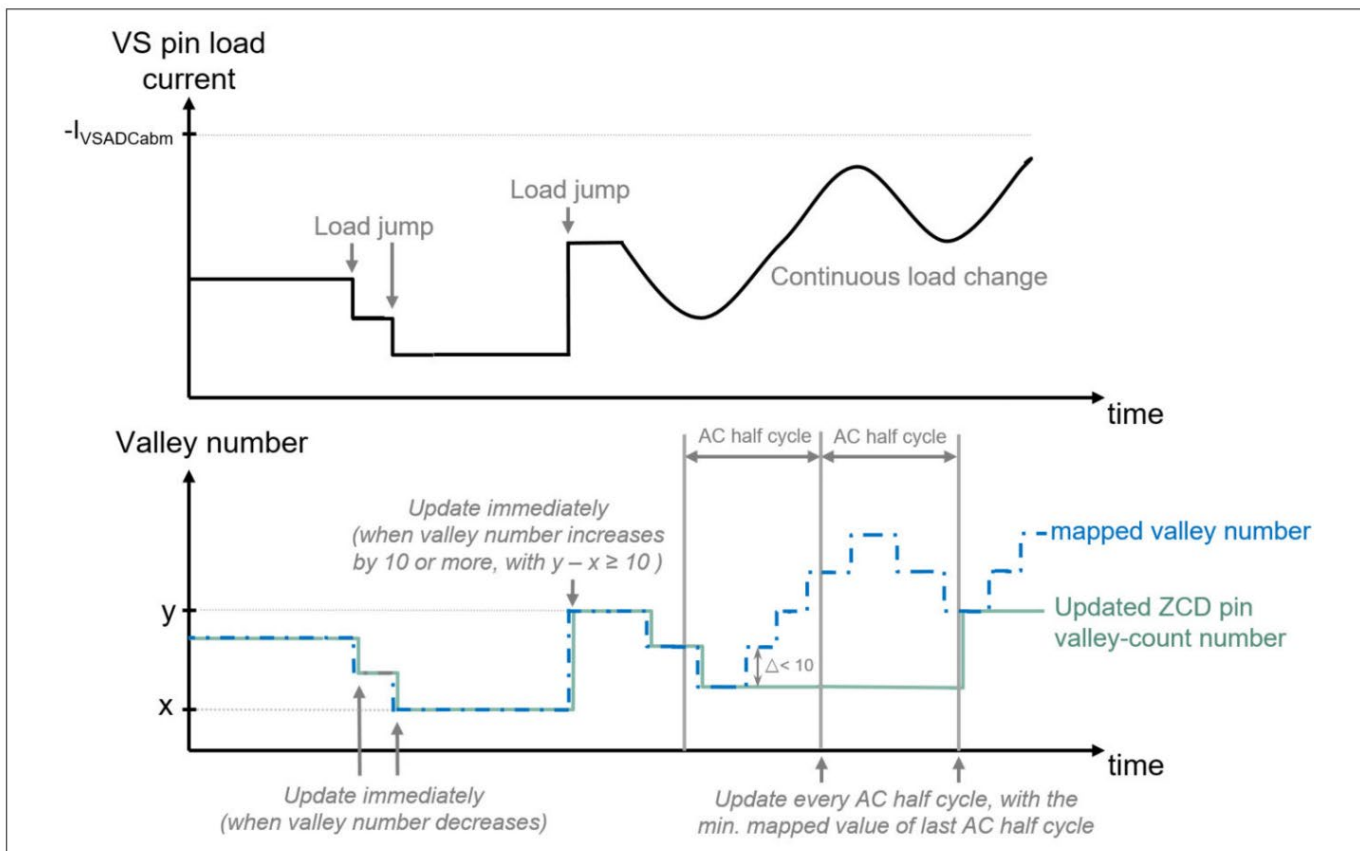


图 16 QRM 谷底选择滞回机制示例

注： 如果交流半周期无法同步，例如当输入电压为直流或VS 引脚负载电流纹波非常小时，常规谷数更新周期将基于约10 ms 或上次同步的交流半周期。

在突发模式下，控制器会在一个固定的唤醒间隔测量 VS 负载电流，并立即应用映射的谷数作为 ZCD 引脚的谷数，以产生突发开关脉冲。同时，立即采用映射的突发占空比来确定突发脉冲持续时间，如图 11 所示。如果测得的 VS 负载电流为 $-I_{VSADCmin}$ （典型值 $610\mu s$ ）或更大，则跳过突发脉冲。

如果 V_{VCC} 下降到 $V_{VCCwake}$ （典型值 7.6 V），较高优先级的 VCC 唤醒阈值可触发突发启动，而不是根据常规间隔唤醒。在触发 VCC 唤醒突发的情况下，突发脉冲持续时间取决于将 V_{VCC} 从 $V_{VCCwake}$ 充电到 $V_{VCCburst}$ （典型值 8.1 V）所需的时间。

请注意： VCC 唤醒突发控制机制的工作原理是通过 ZCD 绕组提供 VCC 电压。如果 VCC 电压通过绕组电压提供，而绕组电压与初级母线电压成一定比例，则必须确保突发模式期间的 VCC 电压始终高于 $V_{VCCburst}$ 最大值（最大值为 9.1 V），并留有足够的余量，尤其是当输入电压较低且接近于掉电平时，这样才能避免 VCC 唤醒突发机制，从而实现良好的输出调节。

突发模式常规唤醒间隔和突发周期时间

请参阅 [工作模式](#) 章节中的突发模式部分。

3 功能描述

3.9 原边过流保护

原边过流保护1级 (OCP1) 通过逐周期峰值电流限制来执行。内部前沿消隐 t_{LEB} (典型值 160 ns) 可防止因前沿尖峰而误触发该保护。如果测量到的 CS 引脚电压超过 V_{OCP1} (典型值 0.61 V) 的时间超过 t_{LEB} (典型值 160 ns)，则会触发保护，并在该开关周期内将 GD 引脚输出拉低。

原边过流保护2级 (OCP2) 用于保护变压器初级绕组短路或变压器铁芯饱和等故障情况。在这种情况下，由于峰值电流的斜率非常大，OCP1 无法正确限制峰值电流。如果测量到的 CS 引脚电压 (初始电平至少为 V_{OCP1}) 在 t_{OCP2} (典型值 150 ns) 的时间窗口内达到或超过 V_{OCP2} (典型值 1.21 V)，则触发 OCP2 保护。

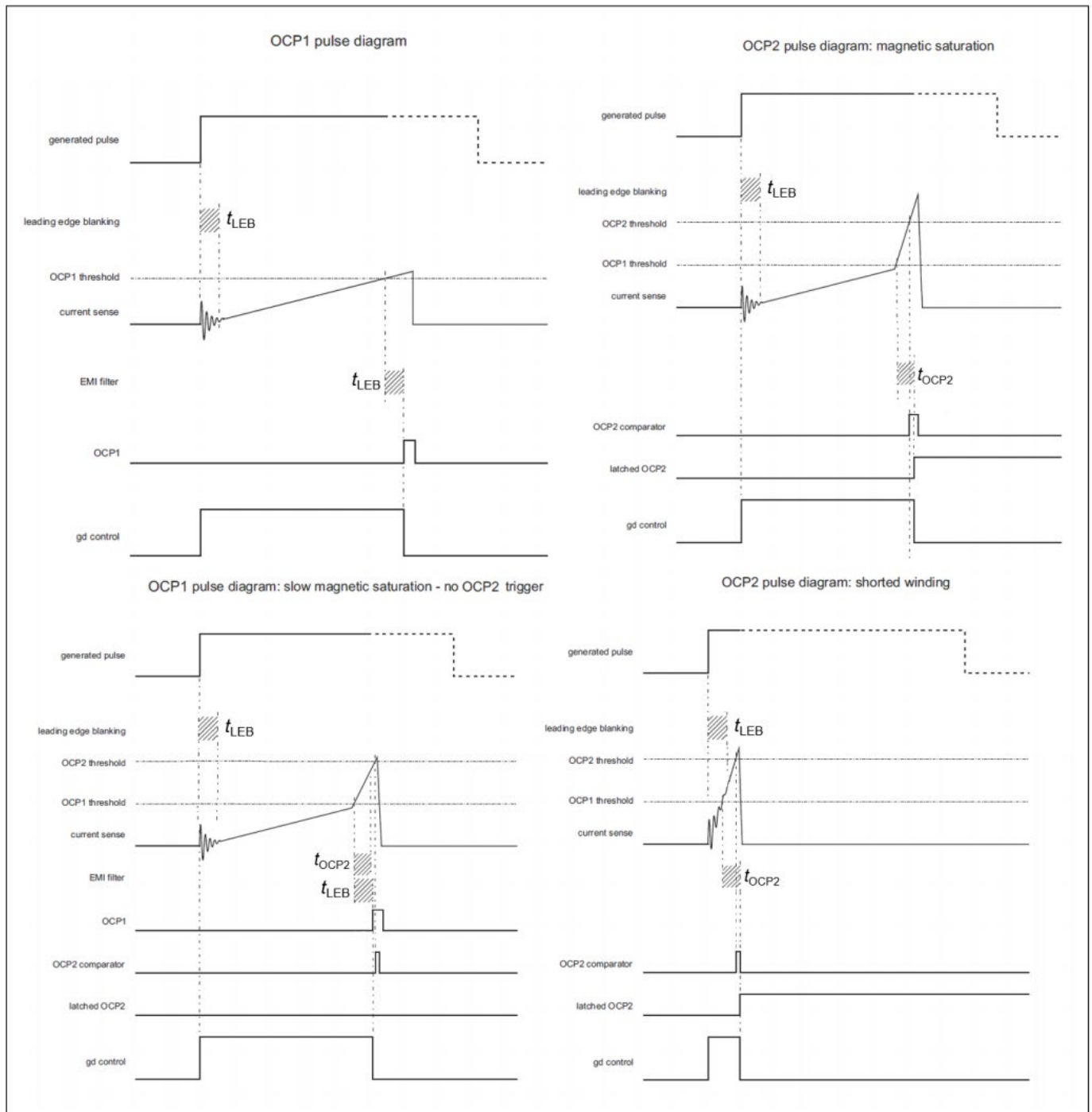


图 17 OCP1 和 OCP2 时序概览

3 功能描述

3.10 VCC 电压保护

UVLO 可根据 VCC 引脚上的电压激活或停用控制器。UVLO 包含一个电压阈值迟滞， V_{VCCon} （典型值为 12.5 V）用于激活控制器， V_{VCCmin} （典型值为 6.6 V）用于停用控制器。

控制器不工作时，电流消耗为 $I_{VCCstart}$ （典型值 30 μ A）。

在启动、重启和突发暂停期间，如果 VCC 引脚上的电压达到 $V_{VCCclamp}$ （典型值 24.2 V），控制器就会产生高达 $I_{VCCclamp}$ （典型值 2.5 mA）的电流。VCC 过压保护基于 V_{VCCmax} （典型值 25 V）阈值实现。

VCC 唤醒突发

为了在突发模式下保持足够的 V_{VCC} ，控制器采用了以下两种机制：

- 如果 V_{VCC} 下降到 $V_{VCCwake}$ （典型值 7.6 V），VCC 唤醒阈值可触发突发启动。控制器会持续突发，直到 $V_{VCC} = V_{VCCburst}$ （典型值 8.1 V）。
- 当 V_{VCC} 下降到 $V_{VCCwake}$ 时，TD 引脚内部上拉电阻被禁用，以便外部启动电路将 V_{VCC} 充电到 $V_{VCCburst}$ 。

请注意： VCC 唤醒突发控制机制的工作原理是通过 ZCD 绕组提供 VCC 电压。如果 VCC 电压通过绕组电压提供，而绕组电压与初级母线电压成一定比例，则必须确保突发模式期间的 VCC 电压始终高于 $V_{VCCburst}$ 最大值（最大值为 9.1 V），并留有足够的余量，尤其是当输入电压较低且接近于掉电电平时，这样才能避免 VCC 唤醒突发机制，从而实现良好的输出调节。

3.11 反激式输出过压保护

在变压器消磁期间，ZCD 引脚的正峰值稳定电流 $I_{ZCDpclip}$ 在内部转换为从 CS 引脚流出的电流，转换率为 n_{ZCDOVP} 。因此，此时 CS 引脚的电压电平约为该流出电流与 CS 引脚对地电阻的乘积。如果该电压水平超过 V_{OCP1} 阈值（典型值 0.61 V）超过消隐时间，则触发反激式 OVP。

由于 CS 引脚串联电阻值远大于初级 MOSFET 电流分流电阻值，因此反激式输出 OVP 电平可根据 CS 引脚串联电阻进行调整。

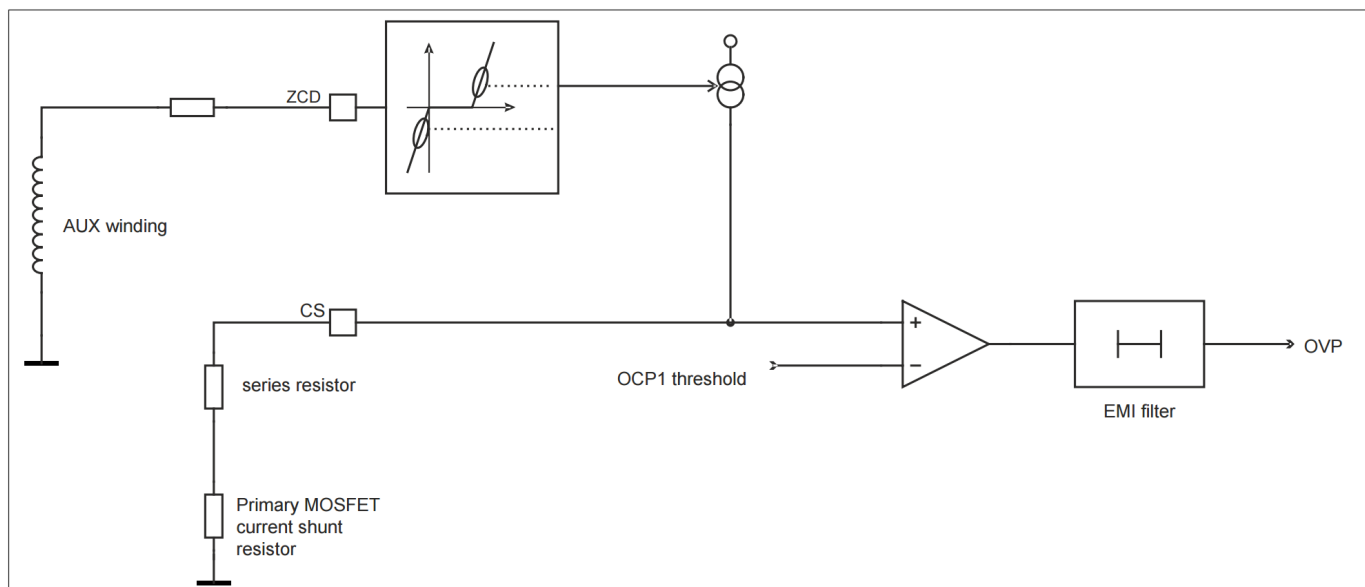


图 18 反激式次级输出 OVP

3 功能描述

由于采用了这种保护措施，在变压器退磁期间，CS 引脚上的电压并不为零，而是反映了反射输出电压。

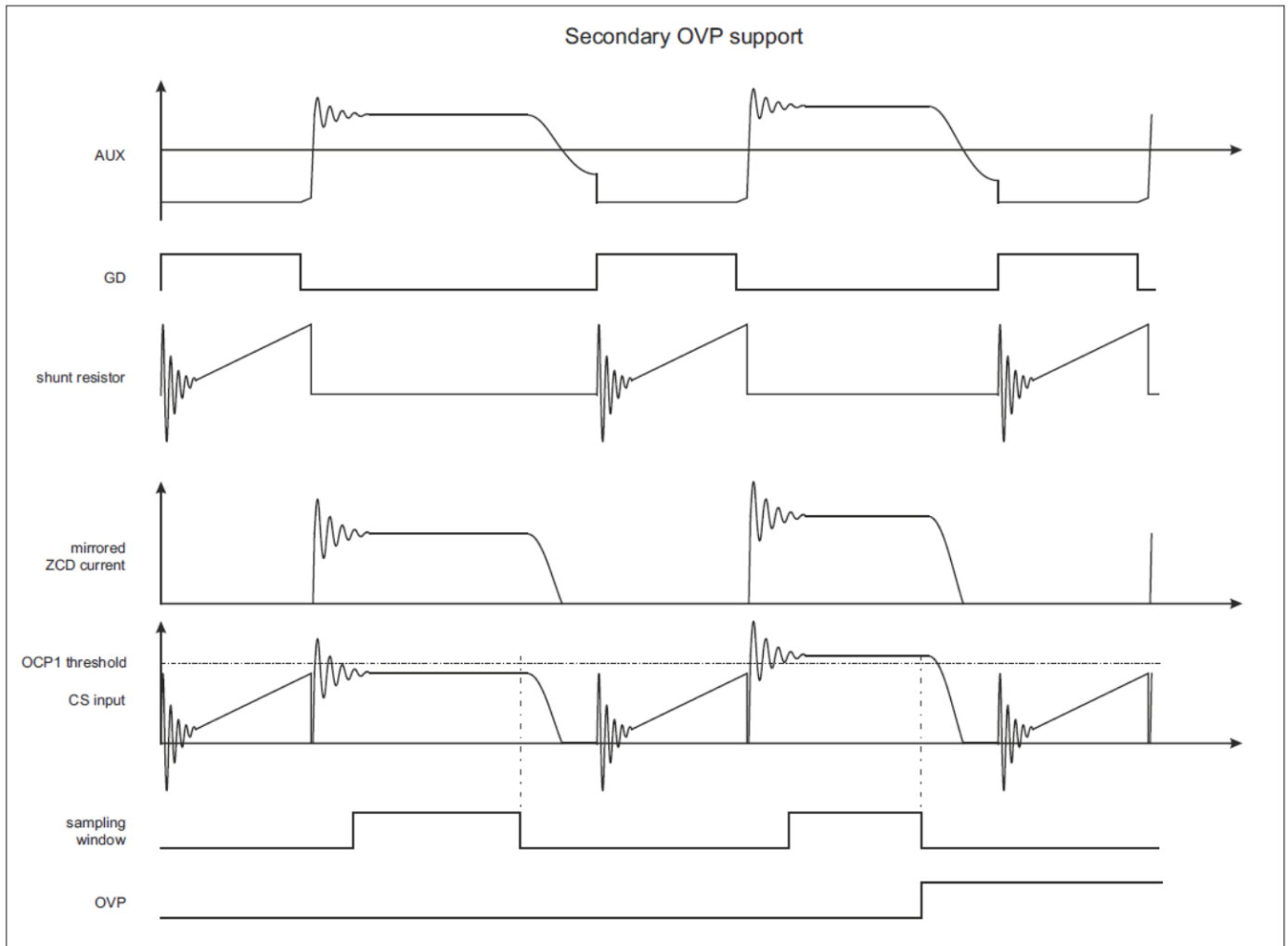


图 19 反激式 CS 波形

3.12 过温保护

ICL8830 利用内部温度传感器提供过温保护。当内部结温 T_j 达到 T （典型值 130°C ）时，触发过温保护。

3.13 开环保护

开环反馈回路可在软启动后实现最大功率传输。一旦超过过压阈值的时间超过相关的消隐时间，[反激式输出过压保护](#) 就会被触发。这将导致自动重启。

在 VS 引脚开路的情况下，由于 VS 引脚在正常工作期间会从控制器输出 $-I_{\text{VSBias}}$ （典型值 $1\text{ }\mu\text{A}$ ）的电流，因此 VS 引脚电压会升高。VS 引脚电压与过压比较器阈值 V_{VSOVOFFB} （典型值 2.7 V ）进行比较。如果电压超过阈值的时间超过相关的消隐时间，VS 引脚过压保护将阻止任何开关驱动脉冲。如果 VCC 电压降至 V_{VCCmin} 以下，则可能发生复位。

3 功能描述

3.14 状态流程图和故障反应

流程图

图 20 显示了集成电路的不同状态以及改变状态的条件。

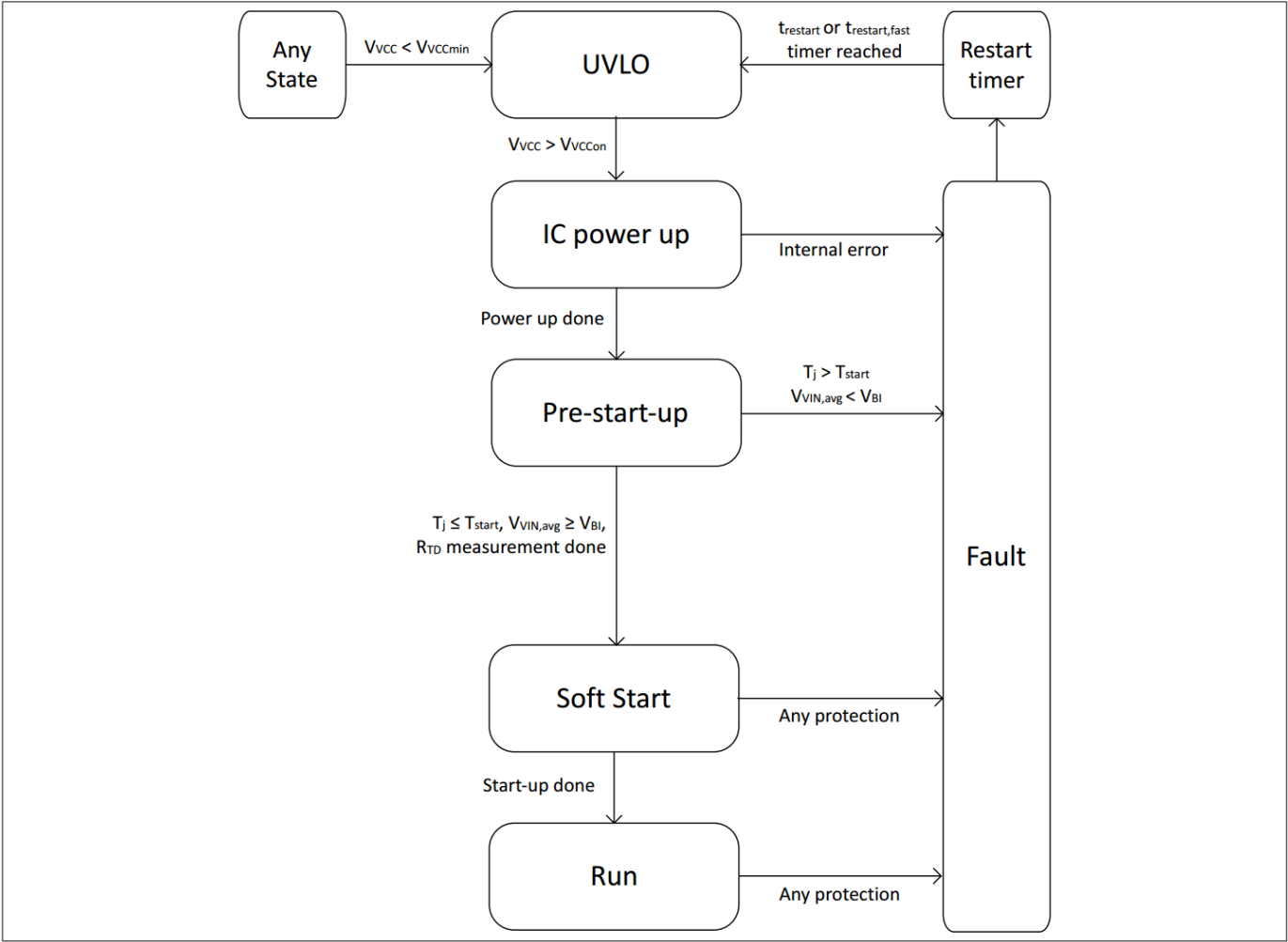


图 20 状态流程图

故障反应

控制器所处理的保护功能如表 2 所示。

注：某些消隐时间会随线路频率略有不同。

3 功能描述

表 2 故障矩阵

Fault	Detection	Typical blanking time	State			Reaction
			Pre-start-up	Soft start	Run	
Insufficient supply	$V_{VCC} < V_{VCCon}$	1 μ s	X	-	-	Wait in reset
Insufficient supply	$V_{VCC} < V_{VCCmin}$	1 μ s	X	X	X	Reset
VCC overvoltage	$V_{VCC} > V_{VCCOV}$	1 μ s	-	X	X	Auto-restart after $t_{restart}$
VIN short protection	$V_{VIN} < V_{VINshort}$	1 μ s	-	X	X	Auto-restart after $t_{restart}$
Brownin protection	$V_{VIN,avg} < V_{BI}$	2 ms	X	-	-	Fast auto-restart after $t_{restart,fast}$
Brownout protection	$V_{VIN,avg} < (V_{BI} - \Delta V_{BI-BO})$	2 ms	-	X	X	Auto-restart after $t_{restart}$
VIN overvoltage protection	$V_{VIN,avg} > V_{VINOV}$	2 ms	-	X	X	Auto-restart after $t_{restart}$
Overcurrent protection (OCP1)	$V_{CS} > V_{OCP1}$	t_{LEB}	-	X	X	Turn off gate driver for the on-going switching cycle
Overcurrent protection (OCP2)	$V_{CS} > V_{OCP2}$	t_{OCP2}	-	X	X	Auto-restart after $t_{restart}$
Flyback output overvoltage protection	$I_{ZCDpclip} * n_{ZCDOVP} > V_{OCP1}$	100 μ s	-	X	X	Auto-restart after $t_{restart}$
Overtemperature	$T_j > T$ or $T_j > T_{start}$	18 μ s	X	X	X	Auto-restart after $t_{restart}$
VS overvoltage	$V_{VS} > V_{VSVOFFFB}$	20 μ s	-	X	X	Turn off gate driver and restart if $V_{VS} < V_{VSVOVFNB}$

3.15 可调节功能

控制器的某些功能可通过外部电路进行调节：

- 最大功率/开机时间/工作点可通过 ZCD 引脚与 ZCD/辅助绕组的串联电阻进行配置
- 反激式输出过压保护可通过 CS 引脚与初级 MOSFET 电流分流电阻的串联电阻进行配置
- 欠压和断电保护以及相关的输入过压保护
- 原边过流保护

4 电气特性及参数

4 电气特性及参数

所有信号均以接地引脚 GND 为基准进行测量。在不违反其他额定值的情况下，电压电平有效。

4.1 绝对最大额定值

注： 绝对最大额定值定义为当超过该额定值时可能导致集成电路损坏的额定值。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 3 绝对最大额定值

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or test condition
		Min.	Typ.	Max.		
VCC voltage	V_{VCC}	-0.5	–	26	V	
Junction temperature	T_j	-40	–	150	°C	
Storage temperature	T_s	-55	–	150	°C	
Soldering temperature	T_s	–	–	260	°C	Wave soldering according to JESD22-A111 Rev A.
Thermal resistance junction to ambient	R_{ThJA}	–	–	185	K/W	
Power dissipation at 50°C	P_D	–	–	0.5	W	
ESD capability HBM	V_{ESD}	–	–	2	kV	ESD-HBM according to ANSI/ESDA/JEDEC JS-001.
ESD capability CDM	V_{ESD}	–	–	500	V	ESD-CDM according to ANSI/ESDA/JEDEC JS-002.
GD voltage	V_{GD}	-0.5	–	$V_{VCC} + 0.3$	V	
CS voltage	V_{CS}	-0.5	–	3.6	V	
CS current	I_{CS}	-2	–	2	mA	
ZCD voltage	V_{ZCD}	-1.2	–	3.6	V	
ZCD current	I_{ZCD}	-4	–	4	mA	
VS voltage	V_{VS}	-0.3	–	3.6	V	
VIN voltage	V_{VIN}	-0.3	–	3.6	V	
TD voltage	V_{TD}	-0.3	–	3.6	V	

4 电气特性及参数

4.2 工作条件

图中显示了DC电气特性有效的推荐工作条件。

表 4 工作特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or test condition
		Min.	Typ.	Max.		
Junction temperature	T_J	-40	–	T	°C	
Supply voltage	V_{VCC}	$V_{VCCburst}$	–	23	V	
External capacitance at the TD pin	C_{TD}	–	–	1	nF	

4.3 DC 电气特性

电气特性提供了在指定电源电压和结温范围内适用的各种数值。器件在 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 时进行了生产测试。这些值已通过模拟模型或高达 125°C 的器件特性验证。典型值代表与 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 相关的中值。

如无特殊说明，所有电压均以地 GND 作为基准，假定电源电压为 $V_{VCC} = 15\text{ V}$ 。

4.3.1 电源

表 5 电源特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or test condition
		Min.	Typ.	Max.		
VCC turn-on threshold	V_{VCCon}	12.0	12.5	13.1	V	
Start-up current	$I_{VCCstart}$	–	30	–	μA	
Supply current	I_{CC}	–	2.0	–	mA	IC self-supply excluding gate currents.
Supply current during burst pause	$I_{CCburst}$	–	220	–	μA	
Supply current in protection mode	$I_{CCrestart}$	–	40	–	μA	
VCC undervoltage threshold	V_{VCCmin}	6.0	6.6	7.6	V	
VCC wake-up threshold	$V_{VCCwake}$	6.6	7.6	8.8	V	
VCC burst threshold	$V_{VCCburst}$	7.1	8.1	9.1	V	
Difference between $V_{VCCwake}$ and $V_{VCCburst}$	V_{Δ}	500	–	–	mV	
VCC overvoltage threshold	V_{VCCmax}	23.8	25	26.4	V	
VCC clamp voltage	$V_{VCCclamp}$	–	24.2	–	V	
VCC clamp current	$I_{VCCclamp}$	–	2.5	–	mA	

4 电气特性及参数

4.3.2 过零检测

表 6 电气特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or test condition
		Min.	Typ.	Max.		
Zero crossing threshold (falling edge)	$V_{ZCDDown}$	10	45	–	mV	
Zero crossing threshold (rising edge)	V_{ZCDUp}	–	55	90	mV	
Clamping of positive voltages	$V_{ZCDpclip}$	400	550	700	mV	$I_{ZCDSink} = 1 \text{ mA}$
Clamping of negative voltages	$V_{ZCDnclip}$	-600	-500	-400	mV	$I_{ZCDSource} = -1 \text{ mA}$
ZCD ringing suppression time	$t_{Ringsup}$	350	700	1100	ns	
ZCD to GD delay	t_{ZCDGD}	–	270	–	ns	$R_{TD} = 18 \text{ k}\Omega$
ZCD to CS current ratio for flyback secondary side OVP	n_{ZCDOVP}	0.455	0.484	0.513		$I_{CSsource} / I_{ZCDpclip}$ at 1.2 mA
ZCD to CS current ratio for flyback secondary side OVP	n_{ZCDOVP}	0.450	0.484	0.518		$I_{CSsource} / I_{ZCDpclip}$ at 0.8 mA

4.3.3 电压检测

注：表 9 中的 R_{TD} 限值适用于表 7。

表 7 电气特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or test condition
		Min.	Typ.	Max.		
VS bias current	$-I_{VSBias}$	0.5	1.0	1.5	μA	$V_{VS} = V_{ref}$.
Voltage source for optocoupler/feedback supply	V_{VS}	1.56	1.6	1.63	V	Internal series resistance of 500 Ω .
VS current threshold for start up	$-I_{VSSink}$	102	130	154	μA	12 k Ω from VS to GND.
Open pin turn-off	$V_{SOVOFFFB}$	2.64	2.7	2.76	V	
Voltage for restart after overvoltage turn-off	$V_{SOVONFB}$	2.54	2.6	2.66	V	
ADC lower current limit	$-I_{VSADCmin}$	166	210	260	μA	For maximum on-time during operation.
ADC upper current limit	$-I_{VSADCmax}$	500	610	720	μA	For minimum on-time in burst mode.

4.3.4 输入电压检测

表 8 电气特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or test condition
		Min.	Typ.	Max.		
VIN pin short to GND threshold	$V_{VINshort}$	150	200	250	mV	
VIN overvoltage threshold	V_{VINOV}	1.9	2.0	2.1	V	

4 电气特性及参数

4.3.5 TD 配置

表 9 电气特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or test condition
		Min.	Typ.	Max.		
Internal pull-up resistor for pre-start-up R_{TD} measurement	$R_{TD, flyback}$	32	40	48	k Ω	Internal voltage 3.3 V.
Internal pull-up resistor for RUN state and pre-start-up R_{TD} measurement	$R_{TD, RUN}$	8	10	12	k Ω	Internal voltage 3.3 V. Pull-up is disabled in burst mode if V_{CC} wake-up is triggered from $V_{VCC} \leq V_{VCCwake}$, until V_{VCC} reaches $V_{VCCburst}$.
TD pin resistance to ground, for configuration and to activate VS pin load current sensing for output regulation	R_{TD}	18	–	68	k Ω	Internal voltage 3.3 V. Minimum value based on Internal pull-up resistor of $R_{TD, RUN}$. Maximum value based on internal pull-up resistor of $R_{TD, flyback}$. Measured in pre-start-up phase.

4.3.6 电流检测

表 10 电气特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or test condition
		Min.	Typ.	Max.		
OCP1 turn-off threshold	V_{OCP1}	570	610	650	mV	
OCP1 leading-edge blanking time	t_{LEB}	–	160	–	ns	
OCP2 turn-off threshold	V_{OCP2}	1140	1210	1260	mV	
OCP2 trigger time	t_{OCP2}	–	150	–	ns	Pulse width when $V_{CS} > V_{OCP2}$
CS pull-up current	$-I_{CSPU}$	0.5	1	1.5	μ A	

4.3.7 PWM 生成

表 11 电气特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or test condition
		Min.	Typ.	Max.		
Repetition time	t_{Rep}	47	52	60	μ s	$V_{ZCD} = 0$ V
Off-time	t_{Off}	42	47	52.5	μ s	

4 电气特性及参数

4.3.8 栅极驱动器

表 12 电气特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or test condition
		Min.	Typ.	Max.		
GD source current	$-I_{\text{source}}$	125	–	–	mA	
GD sink current	I_{sink}	250	–	–	mA	
GD peak voltage	V_{GDfull}	10.4	11.0	11.6	V	$V_{\text{VCC}} > (V_{\text{GDfull}} + 0.5 \text{ V})$ and in QRM.
Reduced GD peak voltage	V_{GDred}	6.5	7.0	7.5	V	$V_{\text{VCC}} > (V_{\text{GDred}} + 0.7 \text{ V})$, during start-up or burst mode.

4.3.9 时钟振荡器

表 13 电气特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or test condition
		Min.	Typ.	Max.		
Restart time	t_{restart}	–	200	–	ms	
Fast restart time	$t_{\text{restart,fast}}$	–	25	–	ms	Only for VIN under voltage (brownin protection) event

4.3.10 温度传感器

表 14 电气特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or test condition
		Min.	Typ.	Max.		
Relative accuracy of the temperature sensor	ΔT	-6	–	+6	°C	
Shutdown temperature	T	–	130	–	°C	

5 封装尺寸

5 封装尺寸

提供了 PG-DSO-8 的封装尺寸。

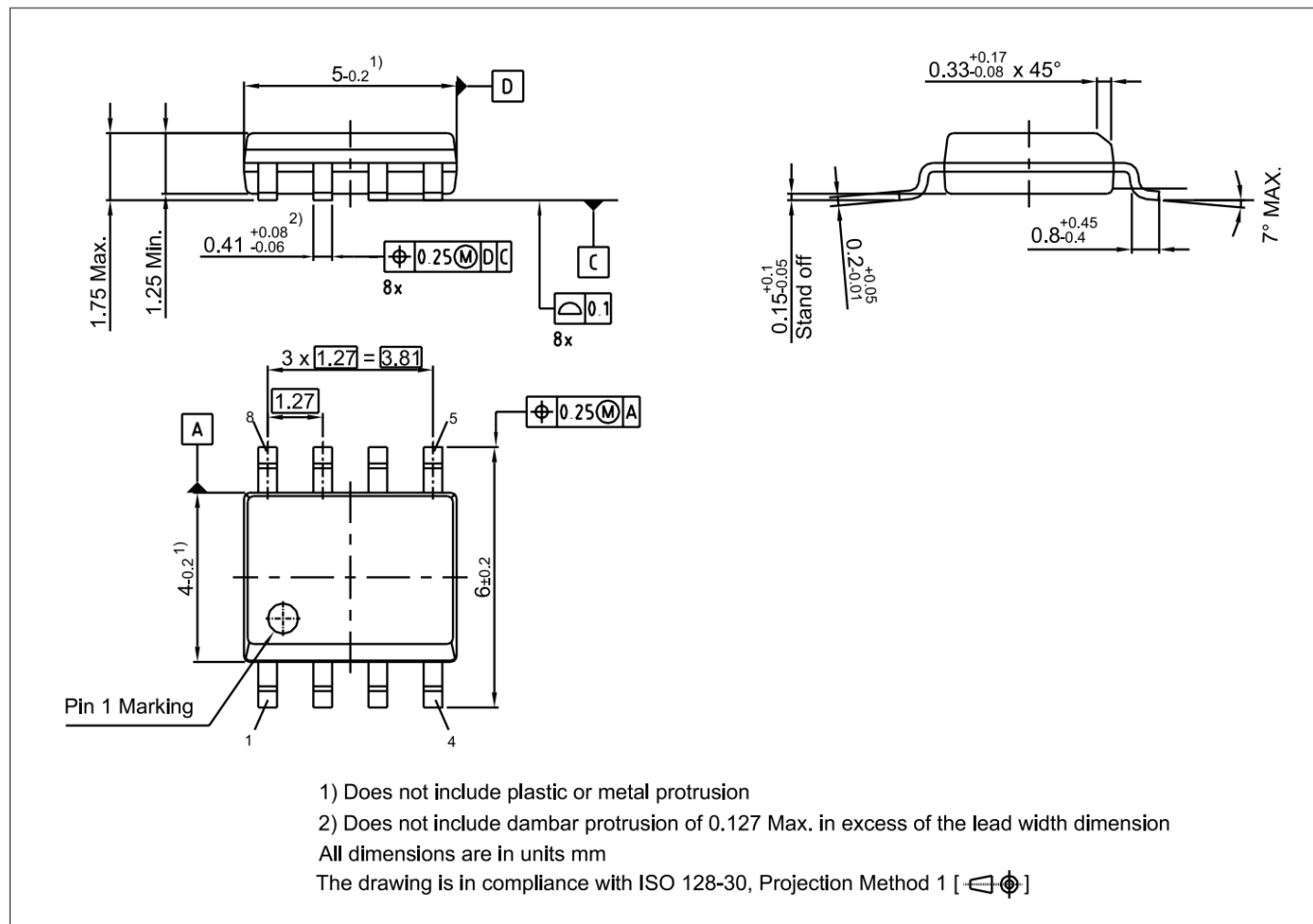


图 21 PG-DSO-8 的封装尺寸

5 封装尺寸

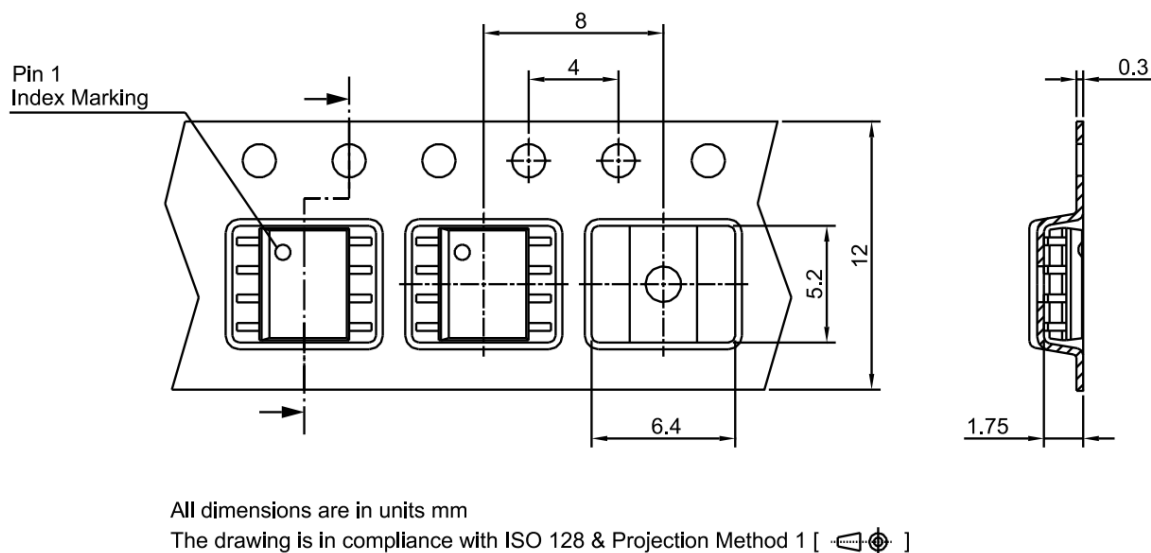


图 22 PG-DSO-8 卷带包装

注： 您可以在英飞凌官网“产品”页面 <http://www.infineon.com/products> 上找到我们的所有封装、包装类型和其他封装信息。

绿色产品（符合 RoHS 标准）

为了满足全球客户对环保产品的需求，并遵守政府法规，该器件以绿色产品的形式提供。绿色产品符合 RoHS 标准（即引线采用无铅涂层，并且符合 IPC/JEDEC J-STD-020 标准，适用于无铅焊接）。更多封装信息请访问: <https://www.infineon.com/packages>

6 术语表

6 术语表

AC	Alternating current
ADC	Analog-to-digital converter
BM	Burst mode
CV	Constant voltage
CCM	Continuous conduction mode
DC	Direct current
EMI	Electromagnetic interference
ESD	Electrostatic discharge
OCP	Overcurrent protection
OTP	Overtemperature protection
OVP	Overvoltage protection
QR	Quasi-resonant
QRM	Quasi-resonant mode
SSR	Secondary side regulation
UVLO	Under voltage lockout unit

ICL8830

用于恒压输出的高频单级 PFC 反激式控制器

修订记录

修订记录

Document version	Date of release	Description of changes
Rev. 1.0	2025-04-07	Initial release
Rev. 1.1	2025-04-28	Update Figure 1, Figure 2: PFC Flyback-SSR-CV with GaN FET, Si MOSFET



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 2026-07-14

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

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，如无上述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>。