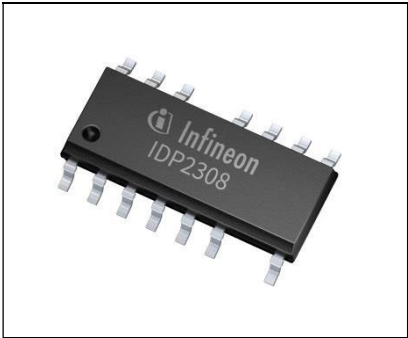


英飞凌数字多模 PFC + LLC 组合控制器

产品亮点

- 集成 600V 启动单元
- 基于无芯变压器技术的集成式浮动驱动器
- 数字多模式运行，实现更高的效率曲线
- 通过 X 电容直接放电功能和先进的突发模式控制，支持低待机功耗
- 通过集成启动单元和突发模式消除辅助电源
- 用于通信和在线配置的 UART 接口
- 通过一次性编程功能，可灵活设计各种参数



描述

英飞凌 IDP2308 是一款多模式 PFC 和 LLC 控制器，结合了浮动高压侧驱动器和启动单元。数字引擎为多模式运行提供了先进的算法，在整个负载范围内支持最高效率。实现了全面和可配置的保护功能集。采用低引脚数 DSO-14 封装，只需最少的外部元件。集成的高压启动单元和先进的突发模式可实现低待机功耗。此外，还集成了一个一次性编程（OTP）单元，可提供多种可配置参数，有助于简化设计阶段的工作。

特性

- 多模式 PFC
- 可配置的 PFC 栅极驱动器
- 同步 PFC 和 LLC 突发模式控制
- 可配置的非线性 LLC VCO 曲线
- 可配置的软启动
- V_{AC} 输入电压检测和通过 HV 引脚进行 X 电容放电

应用

- 液晶电视 75W ~ 300W
- 通用 SMPS

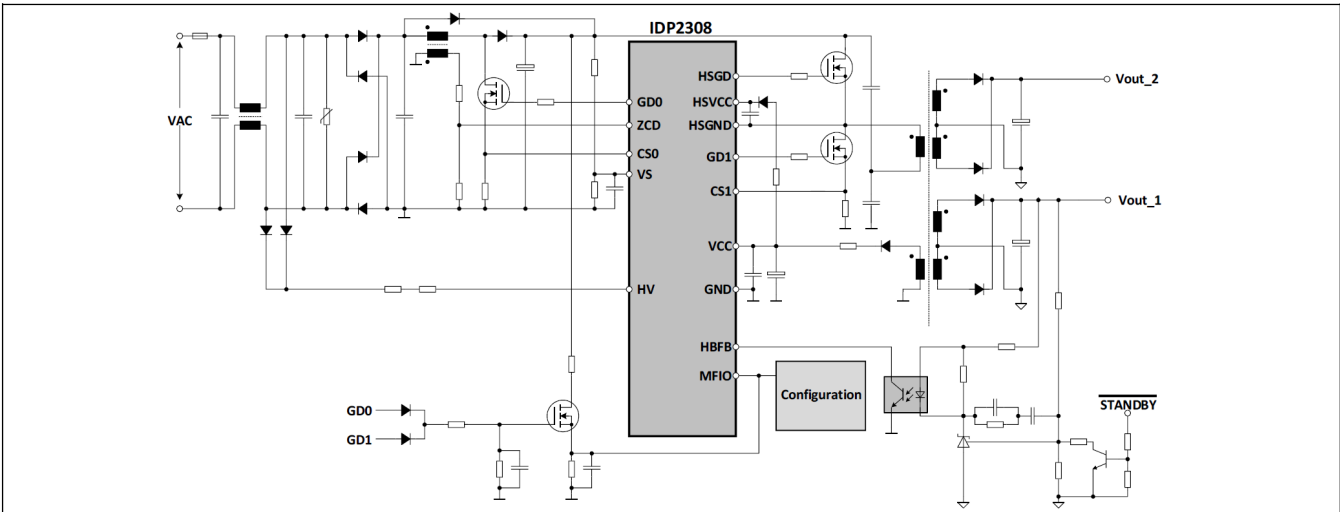


图 1 典型应用

Product Type	Package	Marking
IDP2308	PG-DSO-14	DP2308

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）。

数字多模 PFC + LLC 组合控制器	1
1 引脚配置及说明	4
2 典型框图	6
3 功能说明	7
3.1 简介	7
3.2 控制器功能概述	7
3.3 控制器功能概述	7
3.3.1 系统和设备概述	8
3.3.1.1 处理器和存储器操作	8
3.3.1.2 通信接口	10
3.3.1.3 电压和电流传感器	10
3.3.2 IC 电源和高压启动单元	11
3.3.2.1 直接 AC 输入监控与 VCC 启动功能相结合	11
3.3.2.2 通过集成高压启动单元实现 X 电容放电功能	12
3.3.3 带同步 PFC-LLC 突发运行的待机模式	13
3.3.4 IC 保护	13
3.3.4.1 欠压锁定(VCC)	13
3.3.4.2 过压保护(VCC)	14
3.3.4.3 过温保护	14
3.3.4.4 自动重启模式	14
3.3.5 AC 检测	14
3.4 PFC 控制器	14
3.4.1 PFC 软启动	15
3.4.2 PFC 多模式运行	15
3.4.3 PFC 保护	17
3.4.3.1 PFC 开路控制环路保护 (PFCOCLP)	17
3.4.3.2 PFC 电感过流保护 (PFCOCP)	17
3.4.3.3 PFC 输出过压保护 (PFCOVP)	17
3.4.3.4 PFC 输出冗余过压保护 (PFCROVP)	17
3.4.3.5 PFC 输出欠压保护 (PFCUVP)	18
3.4.3.6 AC 输入线路 PFC brownin 保护 (PFCBIP)	18
3.4.3.7 AC 输入线路 PFC brownout 保护 (PFCBOP)	18
3.4.3.8 PFC 长时间连续导通模式保护 (PFCCCMP)	18
3.5 半桥 LLC 控制器	19
3.5.1 LLC 软启动 (时控振荡器 TCO)	19
3.5.2 LLC 正常运行 (压控振荡器 VCO)	19
3.5.3 LLC 从 TCO 到 VCO 频率控制的平滑过渡	21
3.5.4 LLC 半桥保护	21
3.5.4.1 LLC 开路控制环路保护 (LLCOCLP)	21
3.5.4.2 LLC 过载保护 (LLCOLP)	21
3.5.4.3 LLC 过流保护等级 1 (LLCOCP1)	21
3.5.4.4 LLC 过流保护等级 2 (LLCOCP2)	22
3.6 操作流程	22
3.6.1 IC 初始化	22
3.6.2 PFC 控制器操作流程	23
3.6.3 半桥 LLC 控制器操作流程	24
3.7 保护功能概述	25

3.7.1	欠压锁定(VCC).....	25
3.7.2	过压保护(VCC).....	26
3.7.3	通过内部温度检测实现过温保护.....	26
3.8	固定参数和可配置参数.....	27
3.8.1	固定参数.....	27
3.8.2	可配置参数	28
4	电气特性	30
4.1	绝对最大额定值.....	30
4.2	封装特性.....	31
4.3	工作条件.....	31
4.4	DC 电气特性	31
4.4.1	电源特性.....	32
4.4.2	MFIO 引脚特性	32
4.4.3	HBFB 引脚特性	32
4.4.4	电流检测输入端 CSx 特性.....	33
4.4.5	零交叉输入 ZCD 特性	33
4.4.6	栅极驱动器引脚 GDx 特性.....	33
4.4.7	高压引脚 HV 特性	34
4.4.8	VS 引脚特性	34
4.4.9	HSGD 引脚特性	34
5	外形尺寸和标记	36
5.1	外形尺寸	36
5.2	标记.....	36
	修订记录	37

1 引脚配置及说明

引脚配置如图 2 和表 1 所示。引脚功能说明如下。

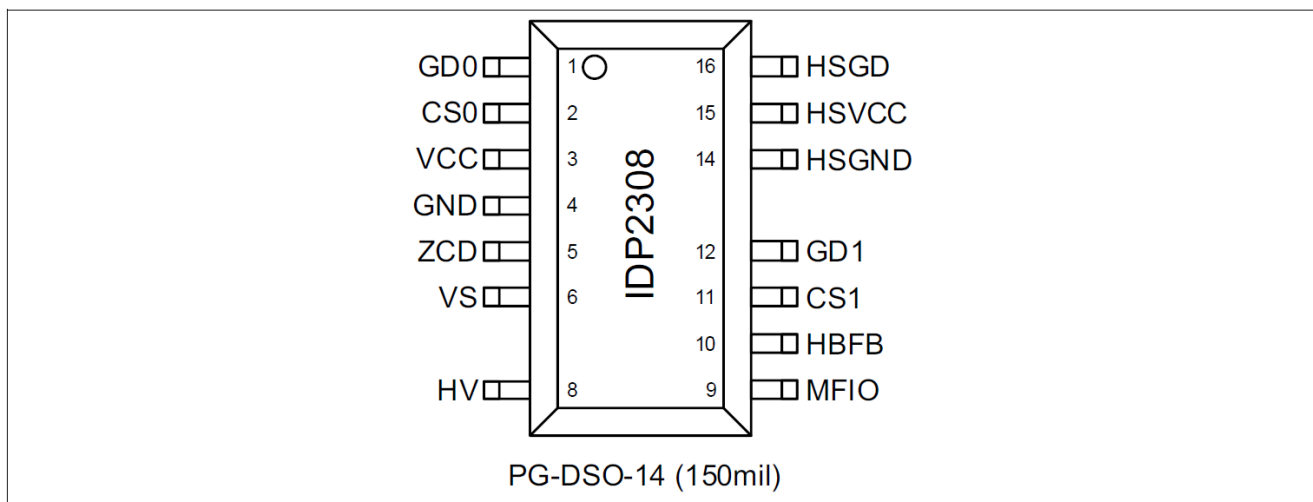


图 2 引脚配置

表 1 引脚定义和功能

Symbol	Pin	Type	Function
GD0 (PFCGD)	1	O	Gate Driver Output 0 (PFC Gate Driver) Output for directly driving the PFC PowerMOS. The default peak source current capability is 156 mA and the peak sink current capability is 800 mA.
CS0 (PFCCS)	2	I	Current Sense 0 (PFC Current Sense) Pin CS0 is connected to an external shunt resistor and the source of the PFC PowerMOS.
VCC	3	P	Positive Voltage Supply IC power supply
GND	4	G	Ground IC ground
ZCD	5	I	Zero Crossing Detection Pin ZCD is connected to the auxiliary winding of the PFC choke.
VS	6	I	Voltage Sensing Pin VS is connected to a high ohmic resistor divider for directly sensing the bus voltage.
HV	8	I	High Voltage Input Pin HV is connected to the AC input via an external resistor and 2 diodes. There is a 600 V HV startup-cell internally connected that is used for initial VCC charge. It is also used to discharge the x-capacitors of the EMI network. Furthermore sampled high voltage sensing is supported for brownin/brownout detection.
MFIO	9	I	MFIO Pin MFIO provides a half duplex UART communication IO interface for parameter configuration. It also can be used for PFC output redundant over voltage protection. In that case it is recommended to use a BSS127 transistor as shown in Figure 1 and the described in section 3.4.3.4.
HBFB	10	I	Half Bridge Feedback Pin HBFB is connected to an optocoupler for the feedback path to control the LLC switching frequency.

Symbol	Pin	Type	Function
CS1 (HBCS)	11	I	Current Sense 1 (Half Bridge current Sense) Pin CS1 is connected to an external shunt resistor and the source of the PowerMOS in the half-bridge stage.
GD1 (LSGD)	12	O	Gate Driver Output 1 (Half Bridge Low Side Gate Driver) Output for directly driving the lowside PowerMOS in the half-bridge. The peak source current capability is 120 mA and the peak sink current capability is 500 mA.
HSGND	14	G	High side Ground Ground for floating high side driver
HSVCC	15	P	High side VCC Power supply of the high side floating driver, supplied via bootstrap
HSGD	16	O	High side floating Gate Driver Output for directly driving the high side PowerMOS in the half-bridge. The peak source current capability is 0.52 A and the peak sink current capability is 1.3 A. Refer to item 4.4.9 for more details.

2 典型框图

图 3 给出了一个简化的功能框图。需注意，该图只表示了主要功能。

IDP2308 数字组合 PFC & LLC 控制器由英飞凌 66MHz (f_{MCLK}) NanoDSP 处理器组成，可实现功率因数校正（PFC）和半桥谐振功能。PFC 和 LLC 控制器按照各自的配置参数运行，以优化性能。电流检测、过零检测和电压检测为控制器以及处理器提供控制所需的输入信号。

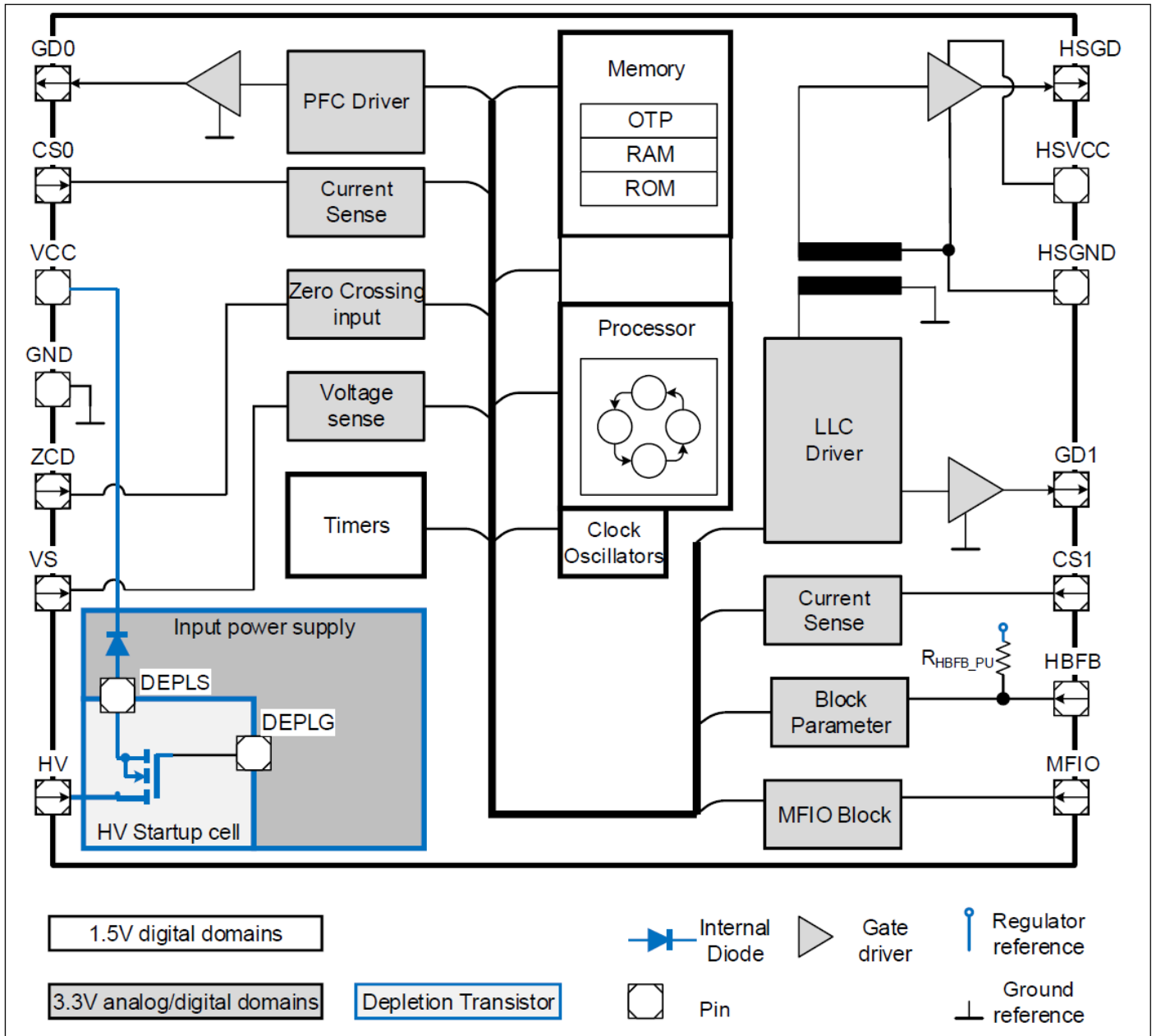


图 3 典型框图

3 功能说明

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 $T_A = 25\text{ °C}$ 时的典型值。相应的最小值和最大值显示在第 4 章电气特性中。

本章包含以下主要说明：

- 简介（第 3.1 章）
- 控制器功能概述（第 3.2 章）
- 一般控制功能（第 3.3 章）
- PFC 控制器（第 3.4 章）
- 半桥 LLC 控制器（第 3.5 章）
- 操作流程（第 3.6 章）
- 保护功能概述（第 3.7 章）
- 固定参数和可配置参数（第 3.8 章）

3.1 简介

IDP2308 是一款数字 Combo-LLC 控制器，可支持具有多模 PFC 和半桥 LLC 级的应用拓扑。该 IC 由一个智能数字内核组成，可为多模式操作提供高级算法和各种保护功能。通过在小型 PG-DSO-14 封装中集成浮动高压栅极驱动器和高压启动单元，实现了高度前置集成。多功能引脚确保了应用中极少的元件数量。表 2 概述了控制器的一般特性。

IC 通过一套先进的可配置参数，支持最高的应用设计灵活性。配置可通过引脚 MFIO 的半双工 UART 接口完成。

3.2 控制器功能概述

- 一般控制器功能（表 2）
- PFC 控制器功能（表 5）
- LLC 控制器功能（表 6）

3.3 控制器功能概述

本章概述图 3 的功能块。一般控制功能包括

表 2 一般控制器功能

System and Devices overview	Chapter 3.3.1
IC Power System and High Voltage Startup Cell	Chapter 3.3.2
Direct AC input monitoring combined with VCC startup function	Chapter 3.3.2.1
X-cap discharge function via the integrated HV startup-cell	Chapter 3.3.2.2
Standby Mode with synchronous PFC-LLC burst operation	Chapter 3.3.3
IC protection	Chapter 3.3.4
Auto restart mode	Chapter 3.3.4.4
AC detection	Chapter 3.3.5

3.3.1 系统和设备概述

该设备主要用于AC/DC应用，工作场景如下图所示。设备上电后进入启动和软启动阶段。变压器初级侧和次级侧的电压稳定后，根据负载情况，设备可在极轻负载或正常运行状态下工作。

在极轻负载的情况下，器件以突发方式工作，这意味着栅极驱动器以较低的频率范围驱动，并定期开启，以维持器件的电源电压和 VCC。

在正常工作状态下，该器件会主动切换栅极驱动器，以调节向负载提供的电压和电流。

在图 4 中，当触发过流保护机制时，设备将关闭其 LLC 和 PFC 控制器，进入系统重启并尝试重新为系统供电。有多种保护和关断情况。详情请参阅第 3.7 章。

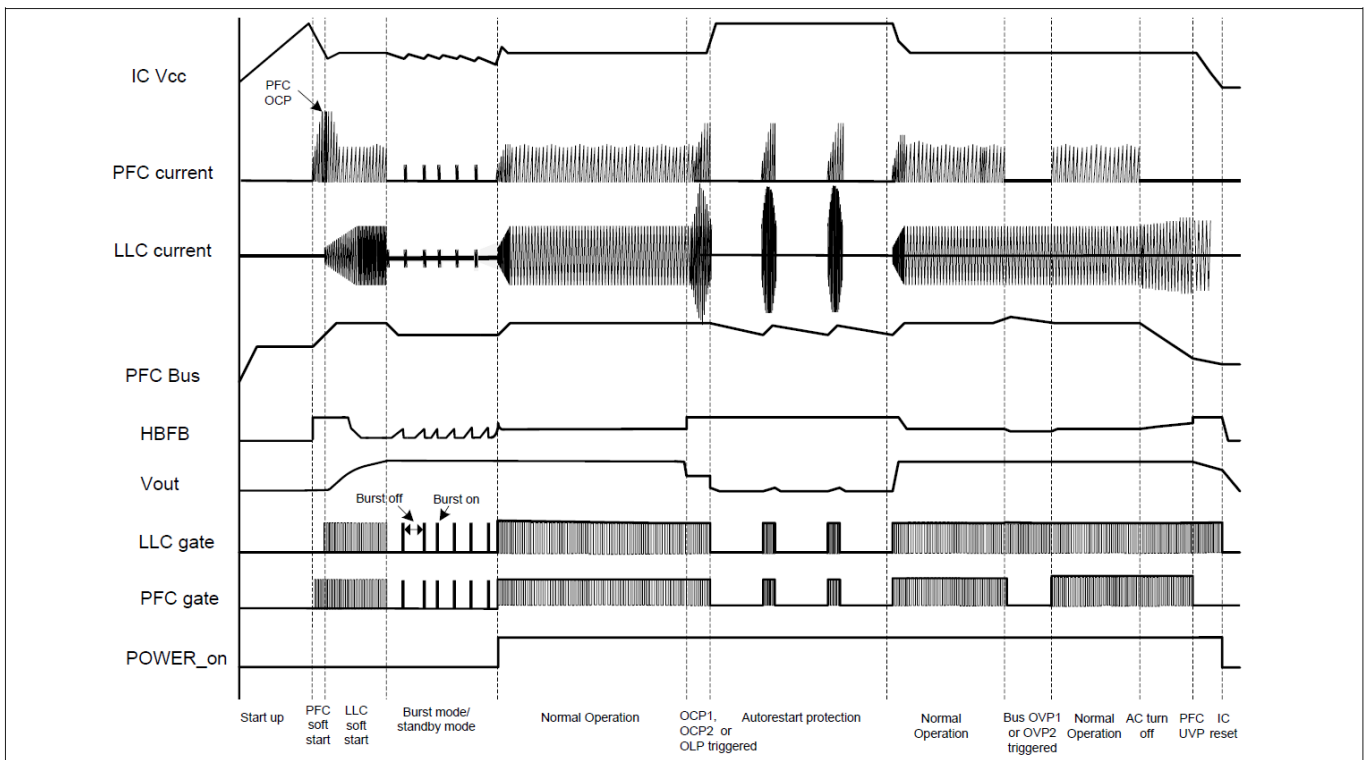


图 4 IDP2308 运行概述

3.3.1.1 处理器和存储器操作

本章介绍 IC 电源处理器的功能及其操作。

上电时，设备的处理器从一次性可编程存储器中初始化和加载配置，并根据应用需求配置设备。调度程序的定时器已编程，处理器在调度程序定时功能内运行，以持续监控任何保护事件，并优化 PFC 和 LLC 控制器的参数。

当 PFC 和 LLC 控制器运行时，处理器以主动调度器模式运行，而在系统的特定条件下，则以下列模式运行。

- 高压启动：系统 "冷启动"，通过集成的高压启动单元启动 VCC。
- 待机：系统以同步 PFC-LLC 突发运行方式工作，以保持输出电压稳定，同时维持极低的系统功耗

- 自动重启：一种保护模式，可停止所有 PFC 和 LLC 开关操作，使 IC 进入适当的睡眠模式，并在可配置的中断时间后发起新的启动程序¹。

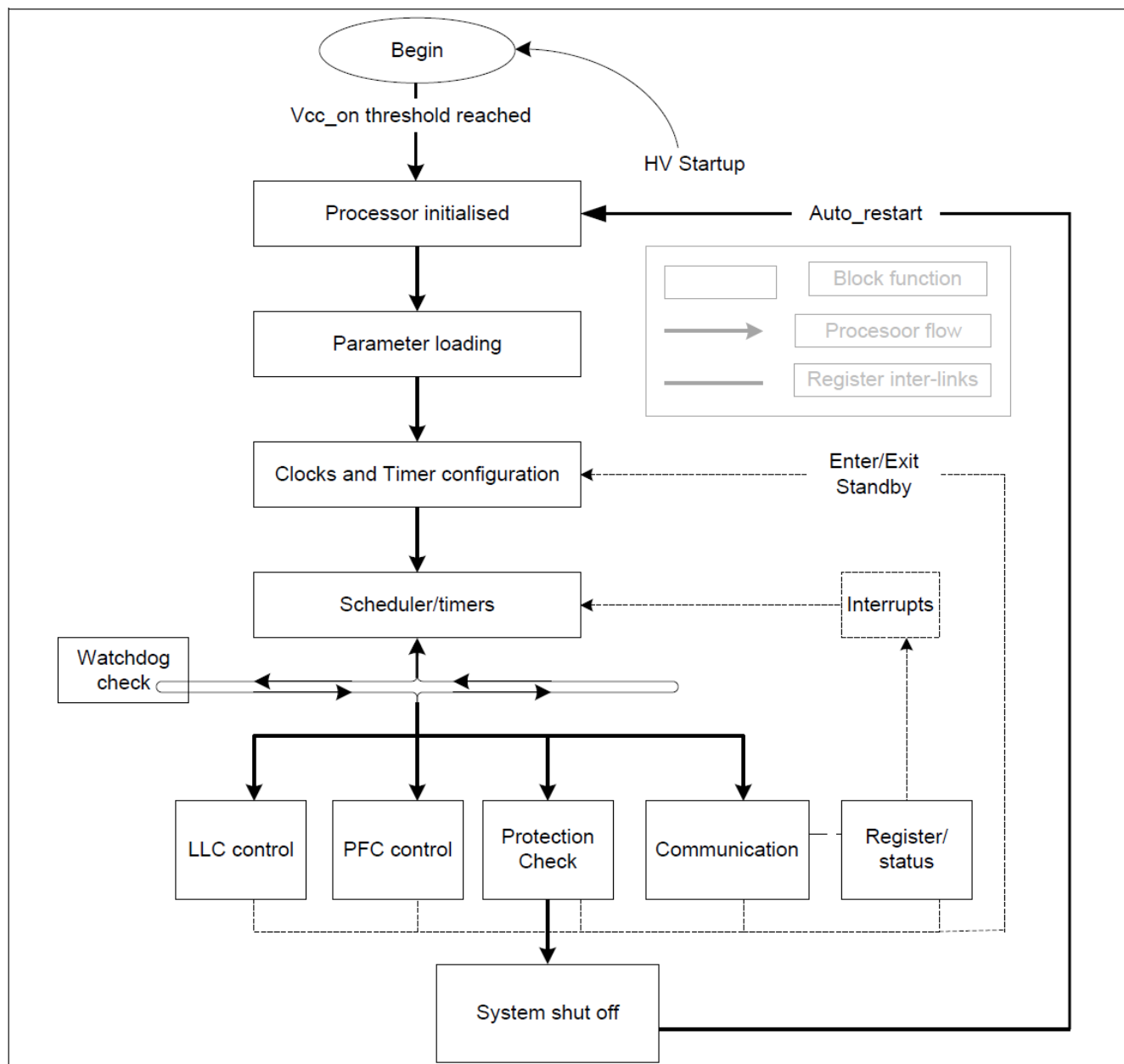


图 5 处理器运行概述

处理器通过其只读存储器（ROM）运行程序，在运行过程中以随机存取存储器（RAM）作为计算和控制流状态记录的主要数据空间。

处理器监控并处理模数转换（ADC）数据。处理后的数据用于控制功率因数校正（PFC）和谐振 LLC 转换器。处理器还监控输入线路（AC）、自身监控线路以及输出负载反馈电压的保护状态，并根据保护功能的条件进行缓解。所有信息都会被登记，中断事件发生时触发中断。

¹有关保护机制的更多详情，参阅第 4.7 章。

3.3.1.2 通信接口

与外部主机的通信通过 MFIO 引脚进行，由处理器固件处理。主机与设备之间的半双工 UART 通信数据通过内部 UART 传输。

3.3.1.3 电压和电流传感器

IDP2308 传感节点与模数转换 (ADC) 模块复用，使设备能够监控系统行为及其内部行为。电压和电流传感器也被复用到 ADC。

每个传感节点都对其电压或电流进行采样，然后将采样结果多路复用到 ADC 上，在 ADC 上测量数字读数。

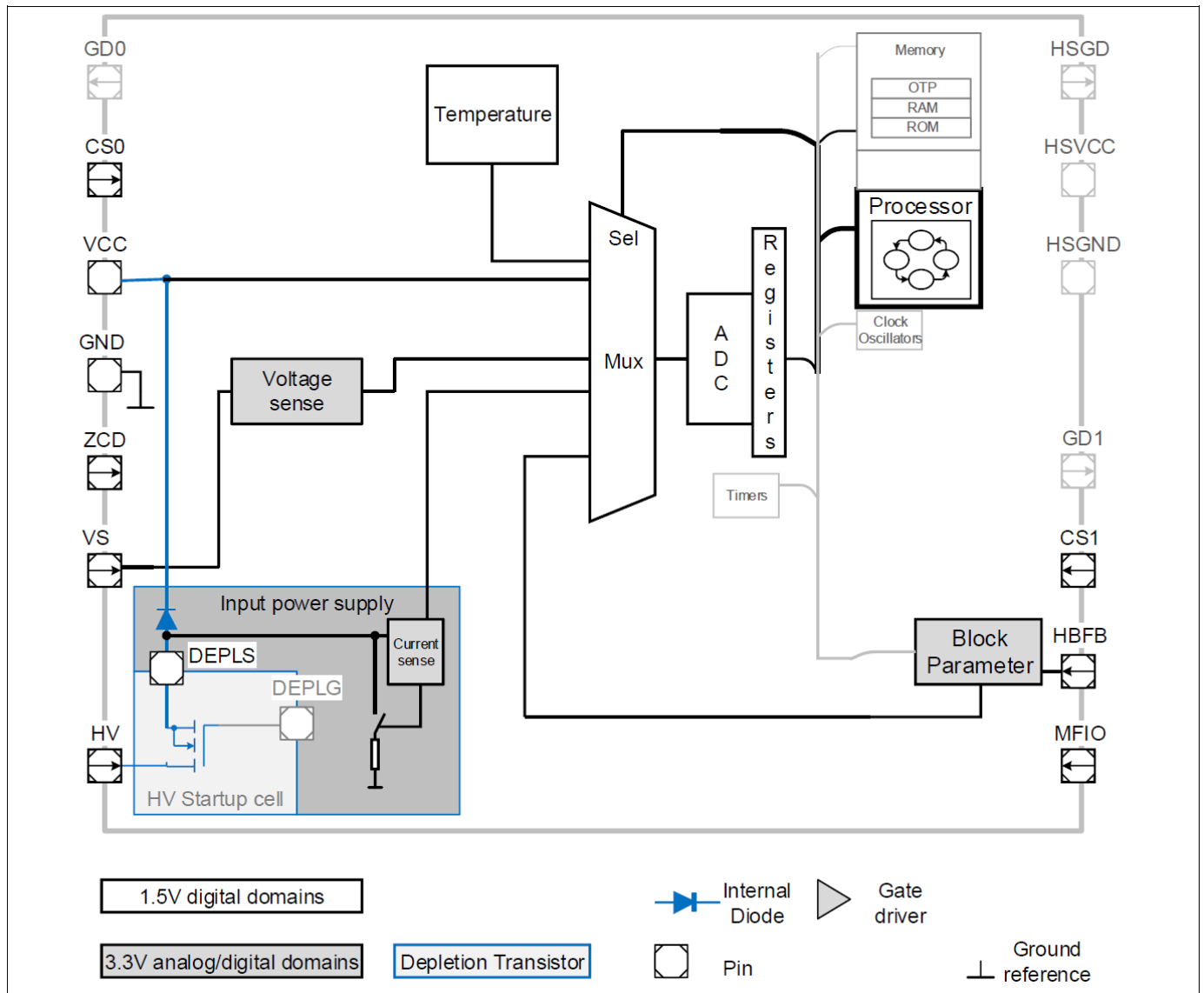


图 6 电压和电流传感多路复用至 ADC

图 6 显示了多路复用到 ADC 的传感路径。模数转换器的传感通过时间多路复用到传感节点，并由处理器进行内部管理。定时器用于启用和禁用电流检测模块中的采样和保持电路。在每个传感模块中，都有子传感节点，可对每个特定功能进行测量。详见第 4.4.3 章和第 4.4.4 章。

3.3.2 IC 电源和高压启动单元

本章介绍 IC 供电方法以及与图 1 中高压启动单元相关的功能。高压启动单元支持的功能包括

- 直接 AC 输入监控与 VCC 启动功能相结合（第 3.3.2.1 章）
- 通过集成高压启动单元实现 X 电容放电功能（第 3.3.2.2 章）

IDP2308 包含四个电源引脚 VCC、GND、HSVCC 和 HSGND。VCC 是 IC 的主要低压电源输入端。除集成浮动驱动器外，所有内部电路都与引脚 VCC 和引脚 GND（即公共接地）相连。需要在引脚 VCC 和 GND 上直接放置一个电容器，以便为 IC 电源电压提供适当的缓冲。

引脚 HSVCC 和 HSGND 是集成浮动高压侧驱动器的电源引脚。高压侧驱动器由一个外部自举缓冲电容器供电，该电容器也需要连接到引脚 HSVCC 和 HSGND 附近。外部自举电容器通过外部自举二极管和电阻充电，外部自举二极管和电阻与 VCC 电源串联。

3.3.2.1 直接 AC 输入监控与 VCC 启动功能相结合

HV 引脚有两个主要功能，通过一个电阻器 R_{HV} （51k Ω ）和两个二极管连接 AC 输入电压（见图 8）。

在 IC 处于非激活状态的 VCC 启动阶段，集成的高压启动单元被接通。电流通过内部二极管从引脚 HV 流向引脚 VCC，对引脚 VCC 的电容器充电。该电流受高压启动单元的 R_{HV} 和 $R_{DS(on)}$ 限制。一旦 VCC 引脚的电压超过 VCC 导通阈值，即进入激活工作阶段。

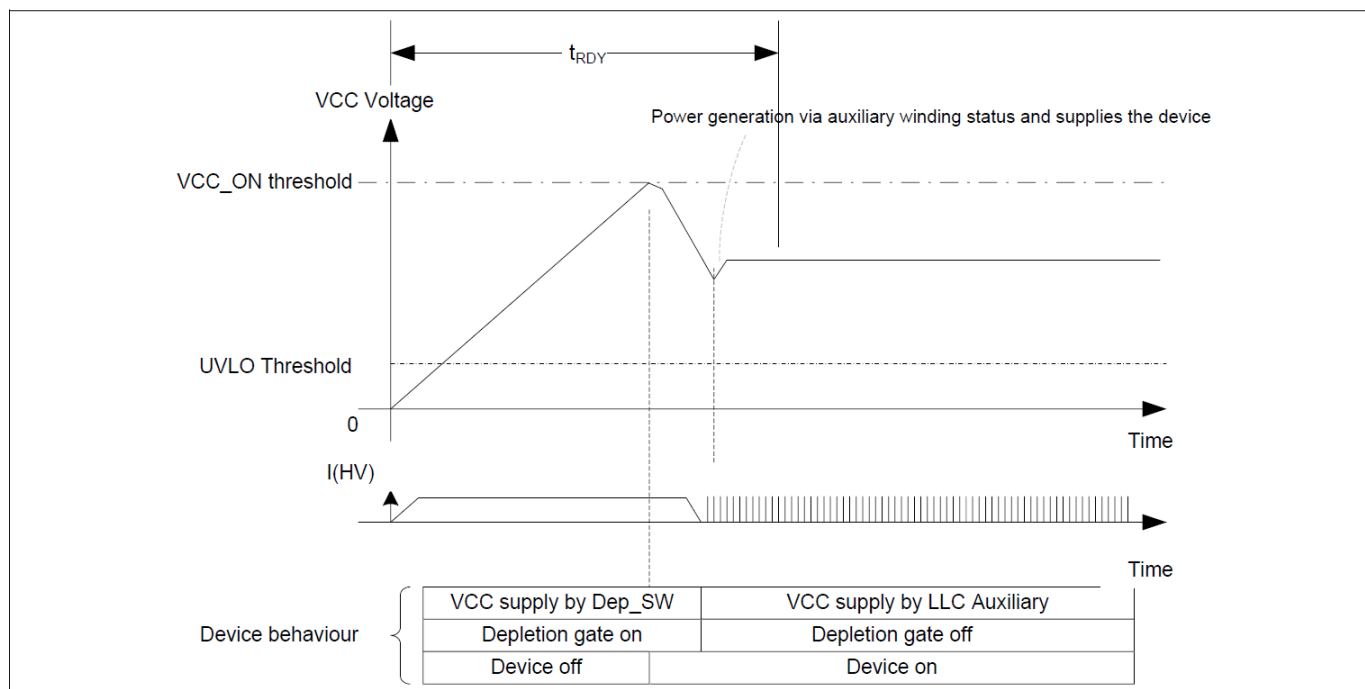


图 7 直接 AC 输入上电行为的 VCC 电压说明

在设备内部，通过内部定时器定期开启的电阻感应器支持直接 AC 输入监控。定时器接通高压启动单元，开关 T2 在规定的时段后接通很短的时间。在这段短暂的导通时间内， R_{SH} 两端的电压将被感应以估算高压电压（见图 8）。

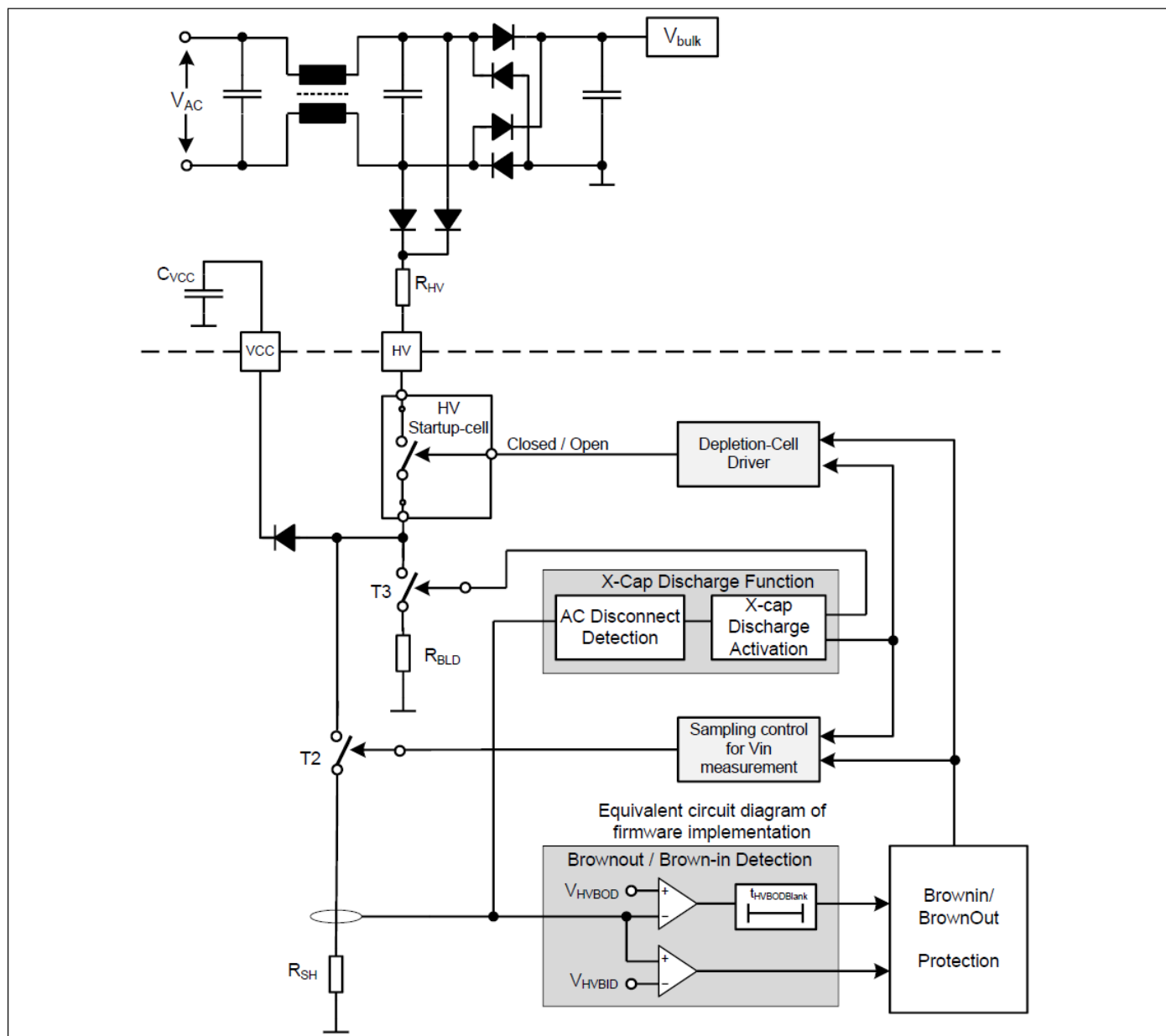


图 8 HV 引脚的高压感应

3.3.2.2 通过集成高压启动单元实现 X 电容放电功能

安全标准规定，一旦开关电源与 AC 线路断开，X 电容必须在 1s 内放电。

AC 波形由 HV 引脚通过外部电阻 R_{HV} (51 k Ω) 密切监控。AC 检测算法会检查转换器输入端是否存在 AC 电压。对于表 3 中规定的输入电压，该功能可靠工作。一旦电压停止交变，就会检测到 AC 拔插事件，输入电容器 (XCAP) 将通过 IDP2303B 引脚 HV 和 GND 之间的耗尽单元放电。AC 拔插检测时间通常为几百 ms，最长为 800 ms。在最大 XCAP 电容值为 2 μ F 时 (见表 4)，最大放电时间常数约为 104 ms (R_{HV} = 51 k Ω ，IC 内阻约为 1k Ω)。因此，根据 IEC62368 和 IEC60950 标准，XCAP 可在 1s 内安全放电至 ES1 或 SELV 极限值。

然后对 X 电容放电，以达到安全标准。放电电流由外部电阻 R_{HV} (51 k Ω) 和 R_{BLD} 决定 (见图 8)。X 电容放电功能是一个可配置的参数。

表 3 用于可靠 AC 检测的额定输入电压

Parameters		Min.	Max.	Unit	Remarks
Input voltage		90	264	VAC	
Frequency	Range 1	47	53	Hz	
	Range 2	57	63	Hz	

表 4 XCAP 放电组件额定值

Parameters		Min.	Max.	Unit	Remarks
Total capacitance of all XCAPs		0.1	2	μF	
Total discharge resistance from AC voltage to HV pin		51	60	$\text{k}\Omega$	Default R_{HV} 51 $\text{k}\Omega$

3.3.3 带同步 PFC-LLC 突发运行的待机模式

对于 IDP2308，来自应用的“待机”信号将触发启动器进入待机模式。“待机”信号将导致电阻分压比发生变化，从而在待机模式下以较低电压调节额定输出电压。如果在 $t_{\text{blk_burst}}$ 的消隐时间内 V_{HBFB} 小于 $V_{\text{burst_enter}}$ ，PFC 和 LLC 都将立即停止开关。IC 进入省电模式。控制器进入待机模式的突发暂停阶段。

在待机模式下，HBFB 引脚受监控，以控制突发模式的运行。当 HBFB 电压上升并达到突发开启阈值 $V_{\text{burst_on}}$ 或 VCC 下降到 $V_{\text{VCC_burst_off}}$ 以下时，器件将唤醒并启动突发模式操作。LLC 的突发导通时间 $t_{\text{burst_on_max}}$ 是常数，可通过软启动和软停止进行配置。LLC 完成一个完整的突发导通开关后，器件将停止开关并进入睡眠模式，以节省功耗。

LLC 的突发频率 $f_{\text{sw_burst}}$ 和 $t_{\text{burst_on_max}}$ 在典型待机功率负载下进行了优化，以实现最低的输入功率和输出纹波。同时，在超轻负载条件下，例如空载条件下，LLC 将根据突发关闭时间自适应地提高突发频率。最终，突发频率被稳定下来，以调节最大突发关闭时间 $t_{\text{burst_off_max}}$ 附近的突发关闭时间。通过设置适当的 $t_{\text{burst_off_max}}$ ，LLC 可以根据不同的负载自适应地提供合适的能量，避免反馈回路的深度饱和，从而降低输出纹波，最大限度地减少次级反馈路径的功耗，实现出色的动态负载响应。

当重载到来时，HBFB 电压将上升并达到突发模式退出阈值 $V_{\text{burst_exit}}$ 。然后，器件将退出突发模式运行。另一个退出突发模式的条件是突发关闭时间达到最小突发关闭时间限制 $t_{\text{burst_off_min}}$ 。

3.3.4 IC 保护

3.3.4.1 欠压锁定 (VCC)

IC 采用了欠压锁定单元 (UVLO)，可根据引脚 VCC 的电源电压情况，确定启用和禁用 IC 的操作。UVLO 包含一个滞后，其电压阈值 V_{VCCon} 用于启用 IC， V_{VCCoff} 用于禁用 IC。

3.3.4.2 过压保护 (VCC)

当 V_{VCC} 超过阈值 V_{VCCOV} ，且持续时间达到消隐时间 t_{VCCOV} 时，将触发 VCC 过压保护。此时系统进入自动重启模式。

3.3.4.3 过温保护

当内部温度超过过温保护电平 T_{OTP} 时，系统进入锁存模式。系统在 VCC 循环 ($V_{CC} < V_{VCC_PD}$) 后重新启动运行。

3.3.4.4 自动重启模式

一旦进入自动重启模式，IC 就会停止 PFC 和 LLC 开关操作，并进入睡眠模式。在此自动重启休眠期，高压启动单元被激活，以保持 VCC 电压。在可配置的自动重启中断时间 t_{AR} 之后，IC 发起新的启动。

3.3.5 AC 检测

该功能用于检测待机模式下的 AC 拔插情况，通过内置硬件和固件组合实现。下图显示了 EMI 滤波器的配置，以及通过 HV 引脚感应输入电压的位置。

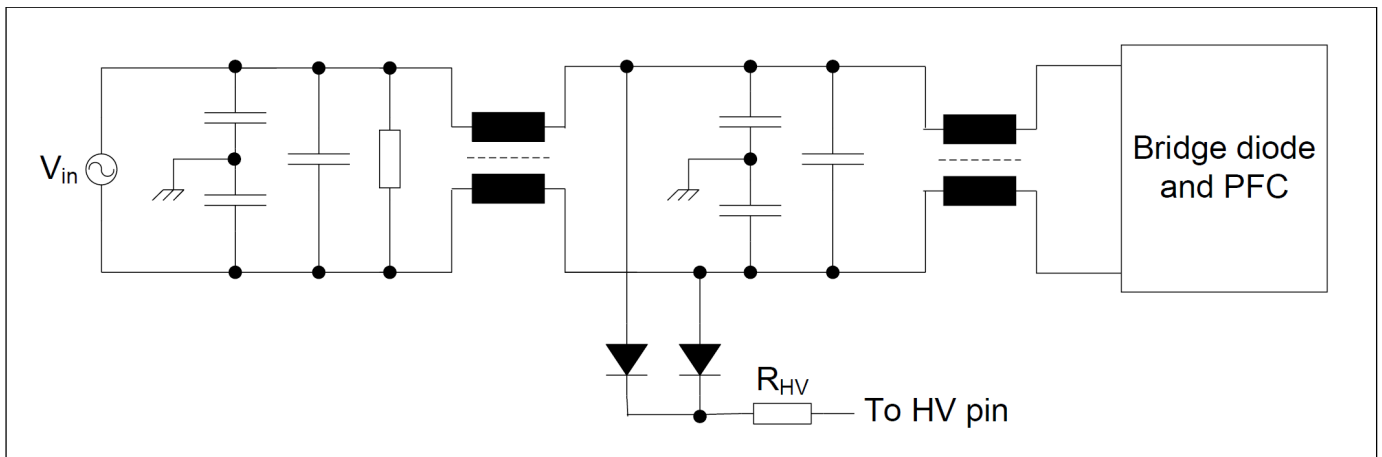


图 9 带有 EMI 滤波器的 AC 检测电路

在待机模式下，低功耗是主要挑战。IDP2308 利用 AC 检测功能快速、可靠地检测 AC 的插拔。通过 AC 检测，它既不需要频繁采样 AC 电压，也不需要频繁触发 IC 的唤醒，因此可以保持较低的待机功耗。检测到 AC 电源插头拔出后，X 电容放电功能将被触发。在 AC 检测功能中，IDP2308 会在规定的時間间隔后采集 AC 样本，并根据专有算法决定是否处于拔插状态。

3.4 PFC 控制器

PFC 控制器开启和关闭 PFC 栅极驱动器，以保持理想的总线电压，同时使 AC 输入电流与 AC 线路电压大致成正比，从而实现高功率因数和低 THD。栅极驱动器的开关周期分为三个阶段：

- 导通时间， t_{on} ，PFC MOSFET 导通，PFC 扼流圈电流增加
- 续流时间， t_f ，PFC MOSFET 关断，扼流圈电流减小，并通过续流二极管对 PFC 输出电容充电。

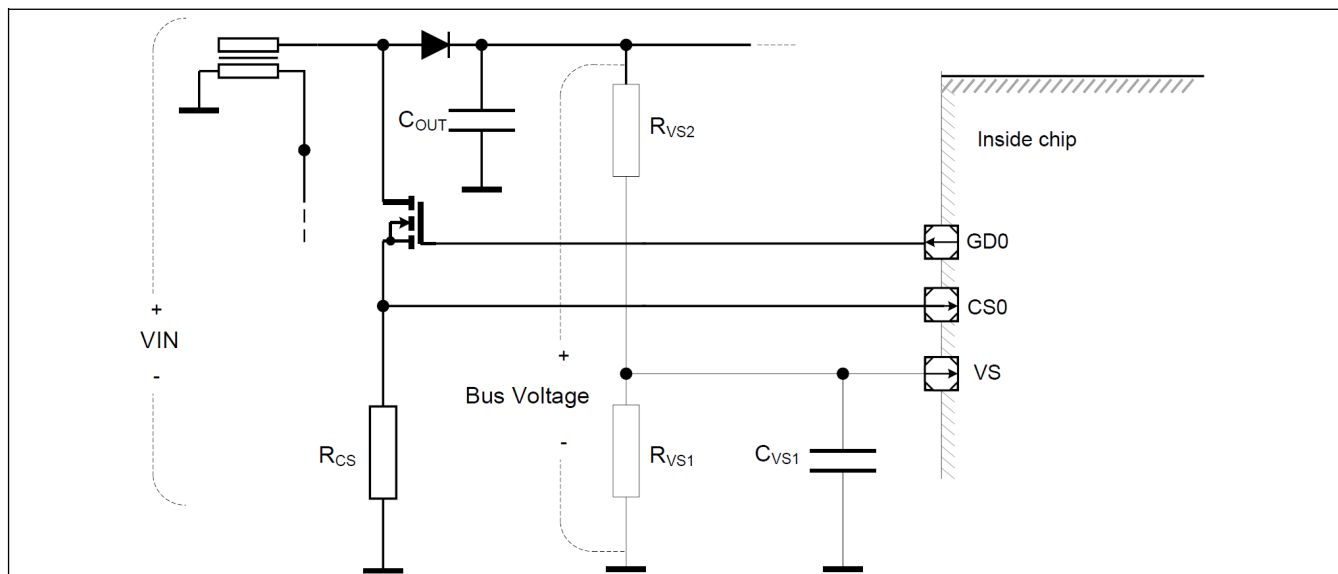


图 10 GDO 引脚的 PFC 控制以及 VS 和 CS 引脚的电压和电流检测

下面介绍控制器的 PFC 功能:

表 5 PFC 控制器功能

PFC Softstart	Chapter 3.4.1
Multi-mode PFC control	Chapter 3.4.2
PFC Protection	Chapter 3.4.3
PFC Open Control Loop Protection (PFCOLP)	Chapter 3.4.3.1
PFC Inductor Over Current Protection (PFCOCP)	Chapter 3.4.3.2
PFC Output Over Voltage Protection (PFCOVP)	Chapter 3.4.3.3
PFC Output Redundant Over Voltage Protection (PFCROVP)	Chapter 3.4.3.4
PFC Output Under Voltage Protection (PFCUVP)	Chapter 3.4.3.5
PFC Brownin Protection for AC Input Line (PFCBID)	Chapter 3.4.3.6
PFC Brownout Protection for AC Input Line (PFCBOD)	Chapter 3.4.3.7
PFC Long Time Continuous Conduction Mode Protection (PFCCCMP)	Chapter 3.4.3.8

3.4.1 PFC 软启动

PFC 软启动时，PI 控制器根据参考总线电压和实际 PFC 总线电压之间的差值来计算导通时间。为了补偿升压功率级的导通时间和线路依赖性，PI 控制器的输出乘以导通时间。PFC 采用固定 QR-1 运行模式，开机时间最短。将最短接通时间乘以 PI 控制器的输出，将形成一个接通时间指数软启动斜坡，限制开关频率和启动电流。一旦达到所需的 PFC 总线电压，就会恢复正常的多模 PFC 运行。

3.4.2 PFC 多模式运行

对于在临界传导模式 CrCM 下运行的 PFC，MOSFET 在整个 AC 半周期内以恒定的导通时间导通，而关断时间则根据所施加的瞬时输入电压在 AC 半周期内变化。因此，开关频率在每个 AC 半周期内变化，在 AC 输入电压的峰值时开关频率最低，而在输入电压的零交叉点附近开关频率最高。当电感电流为零时，新的开关周期立即开始。

CrCM 也等同于第一电感电流谷或 QR1 运行时的准谐振开关。CrCM 运行的开关周期为

$$T_{sw} = t_{cyc} = t_{on} + t_{off} \quad (1)$$

CrCM 非常适合满负载运行，恒定导通时间较长。不过，在轻负载时，恒定导通时间会缩短，从而导致开关频率非常高，尤其是在输入电压的零交叉点附近。高开关频率会增加开关损耗，导致轻负载时效率低下。

IDP2308 中采用的新型多模 PFC 控制算法可通过选择更多的电感器电流谷值，在每个开关周期中增加额外的延迟，从而降低开关频率，实现 QR2、QR3 和高达 QR10 的操作。这样，开关频率就被限制在最小值和最大值之间。多模 PFC 运行（包括 QR1 至 QR10 运行和 DCM）的开关周期为

$$T_{sw} = t_{cyc} + t_w \quad (2)$$

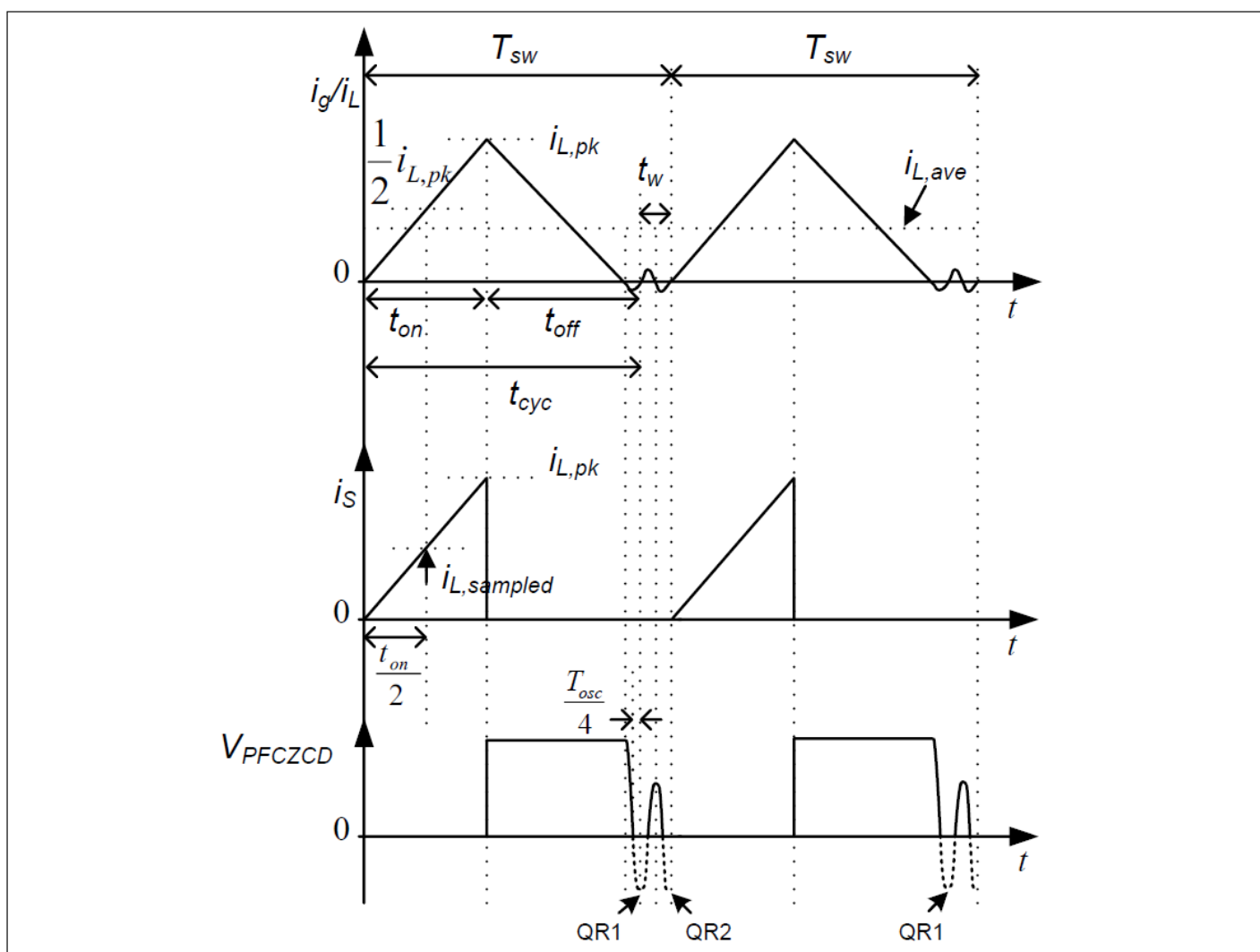


图 11 QR2 运行时的电流和时序

引入延迟有助于降低开关频率，但同时也会扭曲输入电流波形，从而影响 PFC 的 THD 性能。多模 PFC 控制还包括一种算法，可逐个周期优化所应用的导通时间，以确保良好的输入电流整形并改善 PFC 的 THD 性能。

3.4.3 PFC 保护

PFC 级受保护：

- PFC 开路控制环路保护 (PFCOCLP) (第 3.4.3.1 章)
- PFC 电感过流保护 (PFCOCP) (第 3.4.3.2 章)
- PFC 输出过压保护 (PFCOVP) (第 3.4.3.3 章)
- PFC 输出冗余过压保护 (PFCROVP) (第 3.4.3.4 章)
- PFC 输出欠压保护 (PFCUVP) (第 3.4.3.5 章)
- AC 输入线路 PFC brownin 保护 (PFCBID) (第 3.4.3.6 章)
- AC 输入线路 PFC brownout 保护 (PFCBOD) (第 3.4.3.7 章)
- PFC 长时间连续传导模式保护 (PFCCCMP) (第 3.4.3.8 章)

3.4.3.1 PFC 开路控制环路保护 (PFCOCLP)

如果引脚 VS 的电压值低于阈值 V_{OipPFC} ，则会检测到控制环路开路。这种情况可能发生在电压检测回路高边开路或输入电压过低的情况下。如果在 IC 启动时检测到开环，PFC 和 HB LLC 控制器都不会启动。如果在系统运行期间检测到这种开环情况，系统将进入自动重启模式。

3.4.3.2 PFC 电感过流保护 (PFCOCP)

在转换器系统中，通过 PFC 分流电阻 R_{PCS} 监控 MOSFET 的峰值电流，以最大限度地降低 MOSFET、电感 L_{PFC} 和二极管 D_{PFC} 的压力。一旦分流电阻上的电压超过过流阈值 $V_{CS0ocpset}$ ，MOSFET 栅极就会关闭。随后，ZCD 信号或 PFC 最大周期超时信号将初始化下一个开关周期。这种保护机制在每个开关周期都处于激活状态。

3.4.3.3 PFC 输出过压保护 (PFCOVP)

采用两级过压保护方案：OVP1 由固件实现，对总线电压进行较慢的平均测量，在较低阈值下触发 PFC 关断；OVP2 由硬件实现，对总线电压进行较快的即时测量，触发 PFC 关断。对于 OVP1，如果检测到的 PFC 总线电压平均值超过阈值 $V_{OvpSwSetPFC}$ ，PFC 将停止开关，而 LLC 则继续运行。OVP2 由硬件实现。该比较器的阈值固定为 $V_{OvpHwSetPFC} = 2.8V$ 。一旦检测到的总线电压在可配置的滤波延迟时间内超过该阈值，PFC 将停止开关，而 LLC 则继续运行。一旦平均 PFC 总线电压降低并达到参考总线电压 V_{RefPFC} ，PFC 转换器将恢复正常运行。

3.4.3.4 PFC 输出冗余过压保护 (PFCROVP)

对于 ROVP，如果 PFC 总线电压超过 V_{ROVP_set} ，则记录一次 ROVP 计数。PFC 将停止切换，但 LLC 继续运行。一旦平均感应到的 PFC 总线电压降低并达到基准总线电压 V_{ROVP_reset} ，PFC 转换器将恢复正常运行。如果在 t_{ROVP} (8s) 内记录到另一个 ROVP，则记录为第 2 个 ROVP 计数。PFC 将再次停止切换，但 LLC 继续运行。但是，如果在 t_{ROVP} (8s) 之后发生下一次 ROVP 事件，ROVP 计数将重置为零。 t_{ROVP} (8s) 从上一次发生 ROVP 事件时开始计数。每当 ROVP 计数累积到最大 ROVP 计数 n_{ROVP} (10)，IC 就会进入自动重启模式。

在正常运行时，ROVP 的行为与 OVP1 相似。当 VS 引脚上的 OVP1 或 MFIO 引脚上的 ROVP 被触发时，也会发生同样的情况。如果 OVP1 电阻器分压器的阻值有问题，如果 VS 电压降低，PFC 总线电压就会升高。在这种情况下，ROVP 会触发以保护系统。

由于故障电阻电平保持不变，一旦开关停止后总线电压下降到正常水平，ROVP 将反复触发，从而导致进入自动重启模式。

该功能默认为禁用，可在可配置参数中进行选择。由于 MFIO 引脚是一个多功能引脚，并非专用于高阻抗总线电压检测，因此建议使用图 1 所示的 BSS127 解决方案，以确保几乎无损的 ROVP 功能，同时不影响待机性能。

3.4.3.5 PFC 输出欠压保护 (PFCUVP)

PFC 欠压保护 (UVP) 是防止 LLC 转换器进入电容工作范围的保护装置。由于 UVP 是通过感应 PFC 总线电压来检测的，因此它属于 PFC 保护功能的范畴。UVP 由固件实现。如果 PFC 总线电压的平均感应值低于可配置的 UVP 阈值 $V_{UvpSetPFC}$ ，且持续消隐时间为 $t_{UvpBlkPFC}$ ，则会检测到 PFC 欠压。PFC 和 LLC 将停止切换。

3.4.3.6 AC 输入线路 PFC brownin 保护 (PFCBIP)

PFC brownin 保护由固件实现，它利用 HV 引脚对 AC 输入电压进行采样，以便更好地测量输入电压。

所需的 brownin 输入电压阈值为 V_{HVBID} 。如果 $V_{ACrms} > V_{HVBID}$ ，则检测到 brownin，系统进入启动状态。

3.4.3.7 AC 输入线路 PFC brownout 保护 (PFCBOP)

PFC brownout 保护可防止系统在超出正常工作范围的极低输入电压下运行。这有助于在输入电压很低时保护系统免受大电流压力或设备故障的影响。PFC brownout 保护由固件实现，它利用 HV 引脚对 AC 输入电压进行采样，以便更好地测量输入电压。

预期的 brownout 输入电压阈值为 V_{HVBOD} 。如果 $V_{AC, rms} < V_{HVBOD}$ ，并经过 $t_{HVBODblank}$ 的消隐时间，则检测到 brownout。PFC 将停止切换，LLC 将继续切换。

3.4.3.8 PFC 长时间连续导通模式保护 (PFCCCMP)

在 PFC 启动期间，可能会出现持续传导模式 (CCM) 运行，持续时间有限。只有在较长时间内观察到 PFC 转换器的 CCM 运行时，才会将其视为系统故障。由于旁路二极管短路、重负载阶跃超出规格或输入电压过低超出正常工作范围，PFC 转换器可能会在较长时间内进入 CCM 运行状态。

发生 CCM 时，PFC 扼流圈中的磁化电流没有机会在 MOSFET 接通之前衰减为零。在达到开启 MOSFET 的最大开关周期超时之前，ZCD 信号不会出现准谐振振荡。对无 ZCD 震荡的这一接通事件进行监控，以保护 PFC 转换器免于连续 CCM 运行。长时间 CCM 保护由固件实现。

在每个采样周期，如果在 ZCD 信号上观察到任何准谐振振荡之前出现最大开关周期超时，则 CCM 时间计数器增加 1。如果 PFC 开关周期小于超时周期，则 CCM 时间计数器减少 1。一旦 CCM 时间计数器超过 $t_{CcmpPFC}$ ，系统将进入自动重启模式。只有当 PFC 的导通时间超过阈值 $t_{OnMinPFC}$ 达 200ns 以上时，长时间 CCM 保护才会激活。

3.5 半桥 LLC 控制器

下面介绍 LLC 的功能：

表 6 半桥 LLC 控制器功能

LLC Softstart (Time Controlled Oscillator TCO)	Chapter 3.5.1
LLC Normal Operation (Voltage Controlled Oscillator VCO)	Chapter 3.5.2
LLC Smooth Transition of Frequency Control From TCO to VCO	Chapter 3.5.3
LLC Half-bridge Protection	Chapter 3.5.4
LLC Open Control Loop Protection (LLCOCLP)	Chapter 3.5.4.1
LLC Over Load Protection (LLCOLP)	Chapter 3.5.4.2
LLC Over Current Protection Level 1 (LLCOCP1)	Chapter 3.5.4.3
LLC Over Current Protection Level 2 (LLCOCP2)	Chapter 3.5.4.4

3.5.1 LLC 软启动（时控振荡器 TCO）

半桥 LLC 控制器在每次 VCC 上电和从特定保护模式恢复时进入软启动，前提是总线电压在适当范围内。如图 12 所示，在软启动过程中，开关频率随时间的流逝而变化（时控振荡器 - TCO）。

开关频率从最大值开始，每 2ms 以规定的频率阶跃变化递减。初始频率步进变化较大，每 2ms 频率步进变化逐渐减小，直至达到最小频率步进变化值。

一旦软启动开关频率接近自由运行压控振荡器 (VCO) 输出的开关频率，外部次级侧 LLC 总线电压控制器和 VCO 将接管 LLC 输出电压的调节。LLC 进入正常运行。

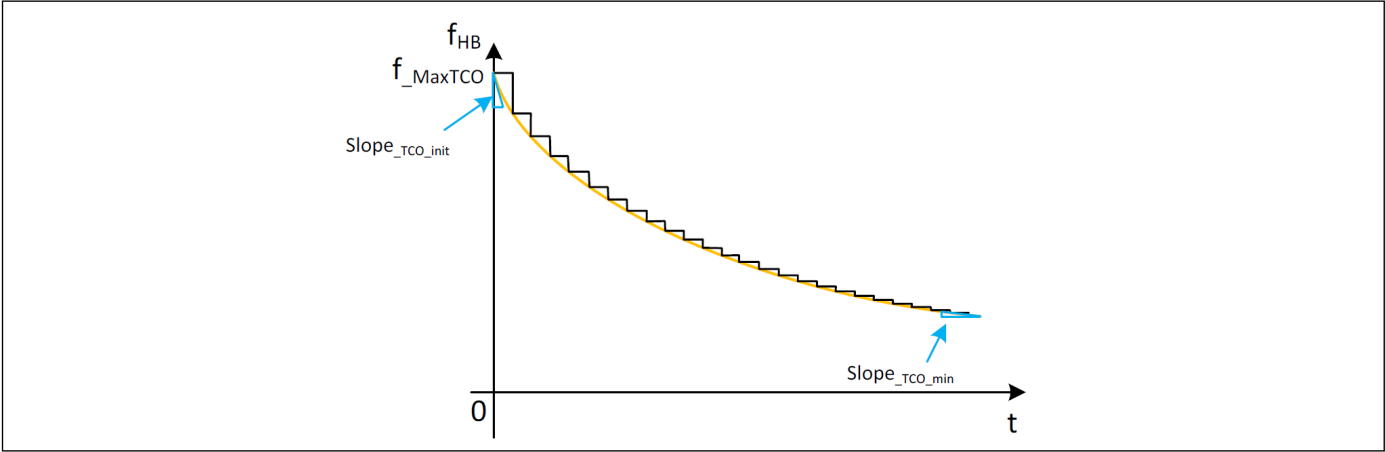


图 12 TCO 的频率与时间关系

3.5.2 LLC 正常运行（压控振荡器 VCO）

正常工作时，压控振荡器（VCO）根据 HB 反馈电压 V_{HBFB} 生成 HB LLC 转换器开关频率 f_{HB} 。在该控制器中，HB 开关频率 f_{HB} 响应于反馈电压 V_{HBFB} 的曲线示意图如图 13 所示。

该控制器内的 VCO 开关周期与反馈电压之间的关系由三条具有不同斜率的直线段组成。如图 13 所示，区域 II（正常运行）的斜率远远低于区域 I（轻负载）和区域 III（重负载）。因此，与区域 I 和区域 III 相比，区域 II 中的 VCO 频率分辨率要高得多。

实现了 V_{NomHB} ，同时可覆盖较宽的工作频率范围，并实现了对重载和轻载负载变化的快速响应。

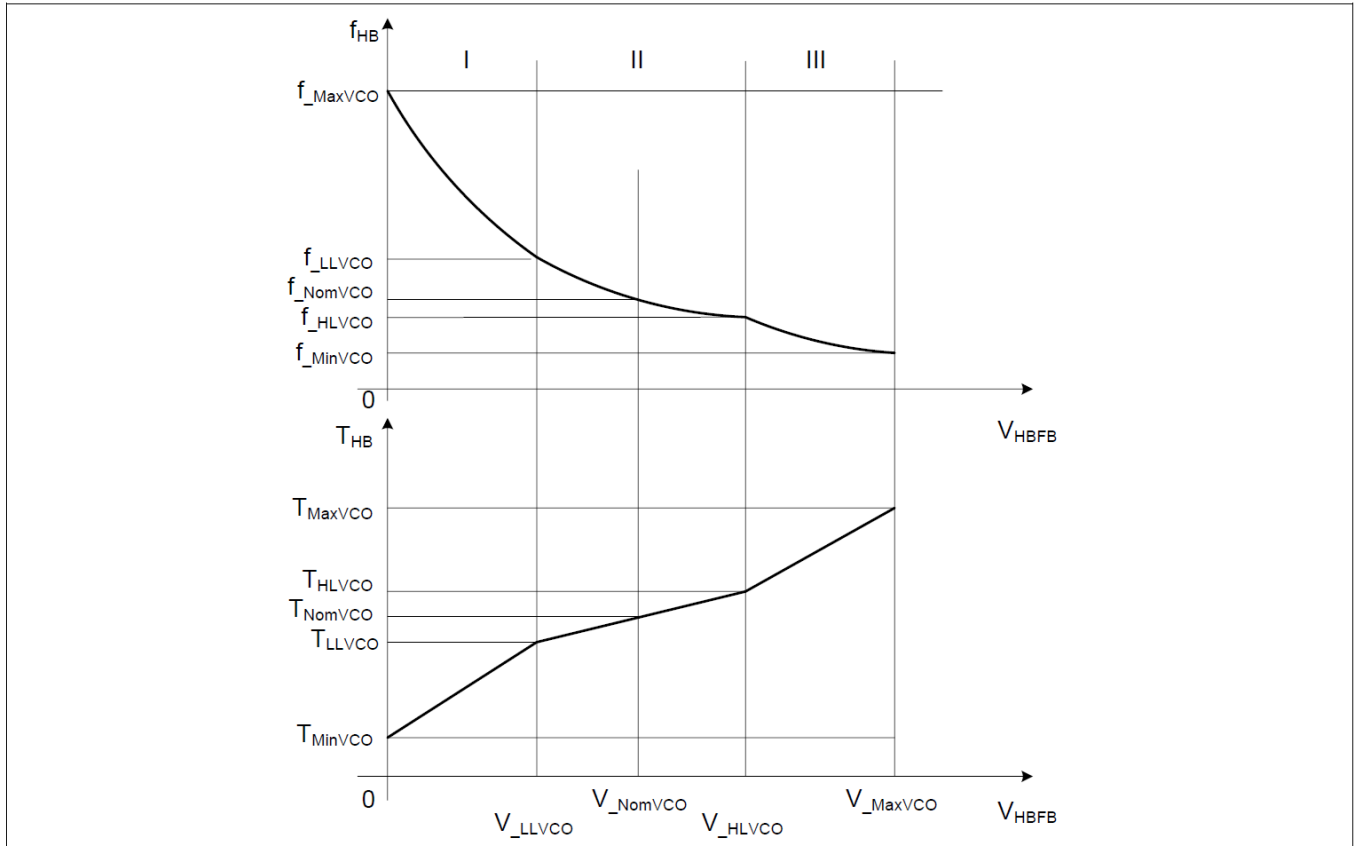


图 13 频率与 vco 反馈电压的关系

开关周期曲线由以下关键点定义：反馈原点 $(0, T_{\text{MinVCO}})$ 、VCO 轻负载 $(V_{\text{LLVC0}}, T_{\text{LLVC0}})$ 、VCO 标称点 $(V_{\text{NomVCO}}, T_{\text{NomVCO}})$ 、VCO 重负载 $(V_{\text{HLVCO}}, T_{\text{HLVCO}})$ 和反馈最大点 $(V_{\text{MaxVCO}}, T_{\text{MaxVCO}})$ 。在该控制器中，所有数值都是根据 VCO 额定频率 f_{NomVCO} 和标称反馈电压 V_{NomVCO} 计算得出的，并考虑了某些因素，如：

最小和最大 HB LLC 开关频率 f_{MinVCO} 和 f_{MaxVCO} ：

$$f_{\text{MinVCO}} = k_{f\text{MinVCO}} \cdot f_{\text{NomVCO}} \quad (3)$$

$$f_{\text{MaxVCO}} = k_{f\text{MaxVCO}} \cdot f_{\text{NomVCO}} \quad (4)$$

转角处频率：

$$f_{\text{HLVCO}} = k_{f\text{HLVCO}} \cdot f_{\text{NomVCO}} \quad (5)$$

$$f_{\text{LLVCO}} = k_{f\text{LLVCO}} \cdot f_{\text{NomVCO}} \quad (6)$$

和反馈电压：.

$$V_{\text{HLVCO}} = k_{v\text{HLVCO}} \cdot V_{\text{NomVCO}} \quad (7)$$

$$V_{\text{LLVCO}} = k_{v\text{LLVCO}} \cdot V_{\text{NomVCO}} \quad (8)$$

确定这些点后，通过开关周期与反馈电压的线性插值计算出开关周期，并得出整个反馈范围内的开关频率曲线，该曲线自然是反馈电压的非线性函数，如图 13 所示。

为了实现最佳的 HB LLC 运行，频率 f_{NomVCO} 应设置为 LLC 谐振槽的谐振频率，而相应的反馈电压 V_{NomVCO} 取为调节反馈范围的中间值。

3.5.3 LLC 从 TCO 到 VCO 频率控制的平滑过渡

通过内置的 HB LLC 软启动功能，输出电压会平滑上升，一旦输出电压达到调节范围，反馈电压 V_{HBFB} 即可使用。在启动过程中，如果压控振荡器 (VCO) 确定的开关频率等于或高于 TCO 确定的开关频率，LLC 将离开软启动模式，进入正常工作模式，此时压控振荡器 (VCO) 接管频率控制。

3.5.4 LLC 半桥保护

LLC 半桥受到保护：

- LLC 开路控制环路保护 (LLCOCLP) (第 3.5.4.1 章)
- LLC 过载保护 (LLCOLP) (第 3.5.4.2 章)
- LLC 过流保护 1 (LLCOCP1) (第 3.5.4.3 章)
- LLC 过流保护 2 (LLCOCP2) (第 3.5.4.4 章)

在该控制器中，HB LLC 转换器受到 HB 开环、过载 (OLP) 和过流保护。

3.5.4.1 LLC 开路控制环路保护 (LLCOCLP)

光耦合器二极管或晶体管开路、HB 反馈引脚开路或 IC 引脚与光耦合器晶体管源极的连接断路都可能导致控制环路开路。在这种情况下，HB 反馈 V_{HBFB} 保持高电平。软启动结束后，将反馈电压 V_{HBFB} 在 $N_{\text{AccHB}} \cdot t_{\text{SrHB}}$ 时间段内的平均值与阈值 V_{OlpHB} 进行比较。如果测量值在 t_{OlpHB} 时间内高于阈值，则触发开环保护，整个系统进入自动重启模式。系统将停止运行，随后进入中断时间 t_{ARo} 。中断时间结束后，HB LLC 转换器通过软启动再次重启。这就是开环保护。

3.5.4.2 LLC 过载保护 (LLCOLP)

正常运行期间，HB LLC 输出端的过载会导致反馈电压 V_{HBFB} 上升。一旦反馈电压 V_{HBFB} 在 $N_{\text{AccHB}} \cdot t_{\text{SrHB}}$ 时间段内的平均值高于阈值 V_{OlpHB} 且持续时间 t_{OlpHB} ，就会触发过载保护，HB 控制器和 PFC 一起进入自动重启模式。HB LLC 转换器将停止运行，随后进入中断时间 t_{ARo} 。中断时间结束后，HB LLC 转换器通过软启动再次重启。

3.5.4.3 LLC 过流保护等级 1 (LLCOCP1)

LLC OCP1 是通过硬件比较器和固件处理实现的，每次 LLC 切换时都会检查其状态。低边 MOSFET 上分流电阻 R_{HB} 的电压通过 CS1 引脚检测。

有三种不同的过流保护阈值 $V_{\text{Ocp1_norm}}$ 、 $V_{\text{Ocp1_burst}}$ 和 $V_{\text{Ocp1_startup}}$ ，以涵盖各种运行条件。阈值 $V_{\text{Ocp1_startup}}$ 适用于启动时，阈值 $V_{\text{Ocp1_burst}}$ 适用于离开突发模式转换时，以避免 OCP1 被误触发，而相对较低的阈值 $V_{\text{Ocp1_norm}}$ 则适用于正常运行时。

如果低边 MOSFET 的分流电阻 R_{HB} 上的电压超过 OCP1 阈值，则会触发 OCP1 保护，以 $t_{\text{Slope_after OCP1}}$ 的速率提高电流开关频率 f ，从而限制功率。较高的开关频率会导致 LLC 谐振腔中流过的电流减少，并限制输出功率传输。如果感应电流低于 OCP 阈值，则 LLC 开关频率开始降低。

当基于 HBFB 信号计算出的 LLC 开关频率高于 OCP1 保护所定义的开关频率时，LLC 转换器将恢复 VCO 控制。

如果上述情况连续发生超过 N_{Ocp1_max} 次，则将出现严重故障，IC 将进入自动重启保护模式，以保护整个系统。同时，由于 OCP1 保护期间的功率传输有限，开环保护或过载保护也可能被触发，从而进入自动重启保护模式。

表 7 LLC 过电流保护 1 参数¹

Parameters	Symbol	Values			Unit	Note/Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
LLC OCP1 detection during startup ²	$V_{Ocp1_startup}$	-	550	-	mV	¹³
LLC OCP1 detection during leaving burst mode ²	V_{Ocp1_burst}	-	750	-	mV	¹³
LLC OCP1 detection during normal operation mode ⁴	V_{Ocp1_norm}	-	427.5	-	mV	
Maximum overcurrent count for overcurrent protection to trigger	N_{Ocp1_max}	-	8	-	-	

¹此设置与具体应用有关，根据应用进行相应更改。应用不同时，请检查设置。

²仅在启动和突发模式时触发的电压电平。

³生产测试中未测试参数。

⁴仅适用于正常运行。电压电平不触发软启动和突发模式。

3.5.4.4 LLC 过流保护等级 2 (LLCOCP2)

LLC OCP2 可由通过分流电阻器的较大原边电流触发。OCP2 由硬件通过 OCP2 比较器实现。固件可读取 OCP2 硬件的状态，检测是否发生了 OCP2 事件，以便采取后续行动。如果分流电阻上的电压高于阈值 V_{Ocp2} ，系统将进入自动重启模式。

3.6 操作流程

本章介绍 IC 的控制流程。运行流程图如图 14 所示。

- IC 初始化（第 4.6.1 节）
- PFC 控制器的操作流程（第 4.6.2 节）
- HB LLC 控制器的操作流程（第 4.6.3 节）

3.6.1 IC 初始化

如前所述，一旦 VCC 超过开启阈值，IC 就会处于激活状态。VCC 上电后，IC 立即进入初始化状态。在初始化状态下，为控制单元分配正确的设置值，然后启用 PFC 和 HB。调度程序参见图 5。

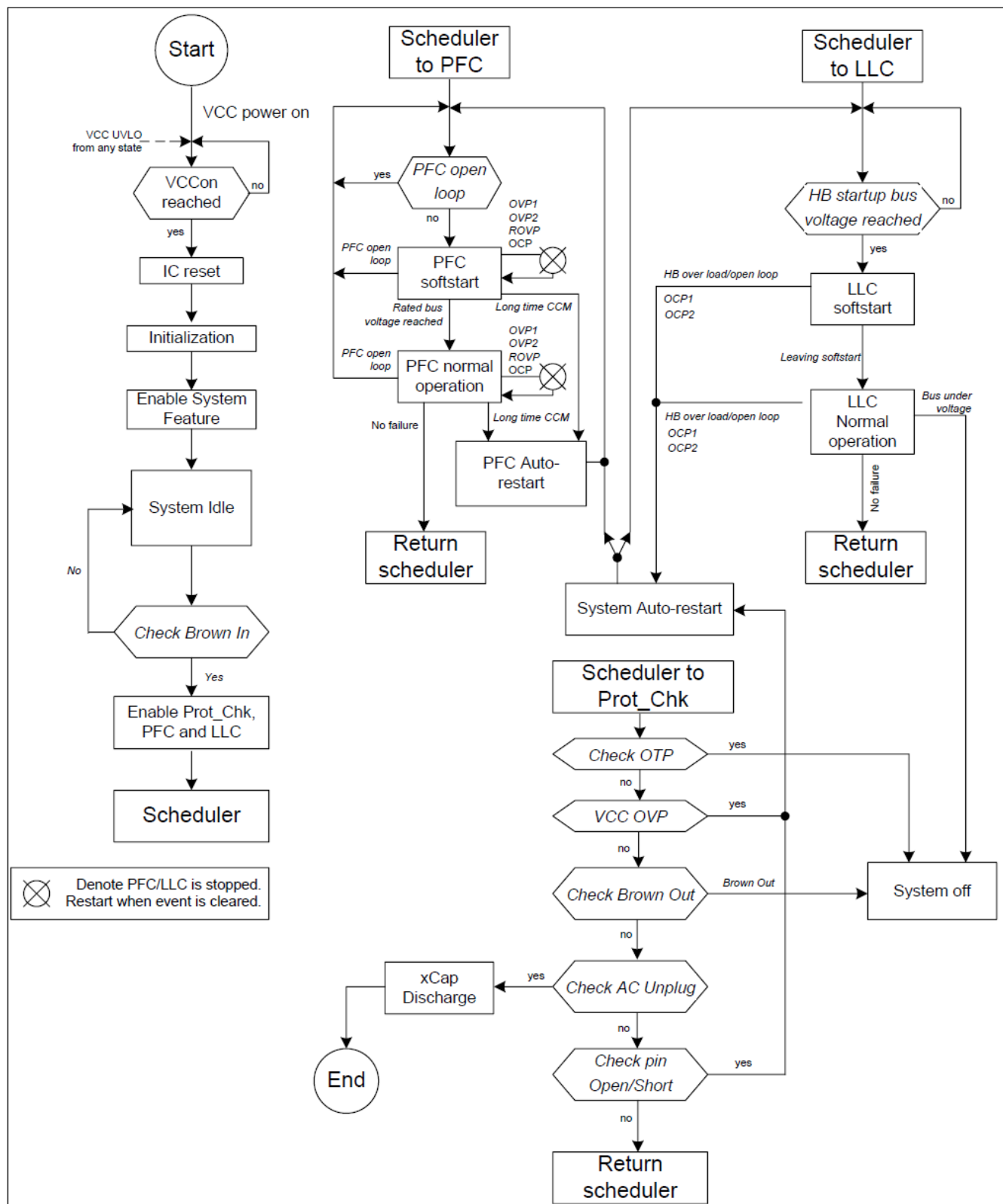


图 14 控制器的一般操作流程

3.6.2 PFC 控制器的操作流程

如果禁用 PFC，则不会感应任何与 PFC 相关的信号，也不会切换 PFC 栅极驱动器，PFC MOSFET 栅极会主动下拉至地。

启用 PFC 后，将根据开环情况检查总线电压。如果未检测到开环，则 PFC 通过软启动开始运行。

在 PFC 软启动期间, PFC 根据 ZCD、CS0 和 VS 的感应信号启动运行。电压控制回路 (PI 调节器) 保持足够的速度, 并限制 PI 调节器的积分器增长, 以避免输出电压过冲。一旦总线电压接近额定值, PFC 就会进入正常工作状态, 通过调节来提高功率因数。总线电压被调节至其额定值。

从 PFC 保护来看, OCP 不会导致 PFC 转换器运行中断, 但 OVP1 和 OVP2 会导致 PFC 运行短暂中断。总线电压恢复到额定值后, PFC 立即恢复运行。如果长时间运行 CCM, PFC 将进入自动重启状态。自动重启时间中断后, PFC 通过软启动重新启动。

3.6.3 半桥 LLC 控制器的操作流程

如果禁用 HB LLC, 则不会感应任何与 HB LLC 转换器相关的信号, 高低侧栅极驱动器也不会进行开关动作。MOSFET 栅极被主动下拉至地。

启用 HB LLC 后, 控制器将根据 HB 启动总线电压 V_{HBstrt} 检查总线电压。达到 PFC 总线上的 HB 启动电压后, HB LLC 控制器进入软启动状态。在此状态下, HB LLC 转换器的开关频率由 TCO 控制, 并随着时间的推移而降低。输出将建立起来, 反馈信号应在软启动时间 t_{ss_max} 内可用。一旦反馈电压达到一定值, 即 VCO 确定的频率与 TCO 确定的电流频率相等, 控制器便进入正常运行状态, 然后反馈信号将用于 VCO 的输出调节。某些故障可能会停止 HB 运行, 并导致控制器回到有效的总线电压检查 (即总线欠压) 或 HB 自动重启时间中断后的软启动状态 (即开环或过载)。在过电流保护 2 (OCP2) 的情况下, HB LLC 转换器进入系统自动重启模式。

该控制器为 PFC 和 HB LLC 转换器集成了一整套保护装置。其中有些保护仅对 PFC 或 HB LLC 有影响, 而有些则对控制器的其他部分有影响。表 8 和表 9 汇总了这些信息。

表 8 启用时的 PFC 保护

Protection	Effect on PFC converter	Effect on HB converter
Bus over voltage protection 1	$V_{VS} > V_{OvpSwSetPFC}$: blocks gate signal; $V_{VS} < V_{RefPFC}$: releases gate signal	no influence
Bus over voltage protection 2	$V_{VS} > V_{OvpHwSetPFC}$: blocks gate signal $V_{VS} < V_{RefPFC}$: releases gate signal	no influence
Bus under voltage	$V_{VS} < V_{UvpSetPFC}$: stops operation	$V_{VS} < V_{UvpSetPFC}$: LLC continues switching
VS open loop protection	$V_{VS} < V_{OlpPFC}$ for : no startup of PFC	no start up
PFC over current protection	$V_{CS0} > V_{CS0ocpSet}$ for $t_{OcpLebPFC}$: stops gate immediately; next gate turn-on triggered by ZCD or t_{maxPFC}	no effect
PFC minimal on-time	PFC on time from regulator $t_{on} < t_{OnMinPFC}$: blocks PFC gate signal; $t_{on} > t_{OnMinPFC}$: releases PFC gate signal	no effect
PFC maximal on-time	$t_{on} > t_{OnMaxPFC}$: $t_{on} = t_{OnMaxPFC}$	no effect
PFC Brownin	$V_{ACrms} > V_{HVBID}$: Enters startup	no effect
PFC Brownout	$V_{ACrms} < V_{HVBOD}$: After a blanking time of $t_{HVBODblank}$, stops PFC operation	LLC continues switching
PFC long time CCM protection	CCM operation for longer than $t_{CcnpPFC}$: system Auto-restart	

表 9 启用时的 LLC 保护

Protection	Effect on PFC converter	Effect on HB converter
HB over current protection 1	$V_{CS1} > V_{_OCP1}$ for $N_{_Ocp1_max}$: system Auto-restart	
HB over current protection 2	$V_{CS1} > V_{_OCP2}$: system Auto-restart	
HB open control loop protection	$V_{HBFB} > V_{_OlpHB}$ for $t_{_OlpHB}$: system Auto-restart	
HB over load protection		

3.7 保护功能概述

下表概述了完整的保护功能集。针对触发保护功能的情况，列出了相应的默认操作。如果应用对表 8 中的项目有不同要求，请联系英飞凌代表。

表 10 保护功能概述

Protection Features	Symbol	Default Action	Description
Undervoltage Lockout for VCC	ULVO	PFC and LLC stop switching	Chapter 3.7.1
Overvoltage Protection for VCC	VCCOVP	Auto restart	Chapter 3.7.2
Overtemperature Protection by means of internal Temperature Detection	OTP	Latch	Chapter 3.7.3
PFC Open Control Loop Protection	PFCOCLP	Auto restart	Chapter 3.4.3.1
PFC Inductor Over Current Protection	PFCOCP	PFC turns off switch immediately	Chapter 3.4.3.2
PFC Output Over Voltage Protection	PFCOVP	PFC stops switching	Chapter 3.4.3.3
PFC Output Redundant Over Voltage Protection	PFCROVP	Auto restart	Chapter 3.4.3.4
PFC Output Under Voltage Protection	PFCUVP	PFC stops switching while LLC continues switching	Chapter 3.4.3.5
PFC Brownin Protection for AC Input Line (PFCBIP)	PFCBIP	IC starts switching operation after threshold exceeded	Chapter 3.4.3.6
PFC Brownout Protection for AC Input Line	PFCBOP	PFC stops switching while LLC continues switching	Chapter 3.4.3.7
PFC Long Time Continuous Conduction Mode Protection	PFCCMP	Auto restart	Chapter 3.4.3.8
LLC Open Control Loop Protection	LLCOCLP	Auto restart	Chapter 3.5.4.1
LLC Over Load Protection	LLCOLP	Auto restart	Chapter 3.5.4.2
LLC Over Current Protection 1	LLCOCP1	Frequency increases	Chapter 3.5.4.3
LLC Over Current Protection 2	LLCOCP2	Auto restart	Chapter 3.5.4.4

3.7.1 欠压锁定 (VCC)

IC 采用了欠压锁定单元 (UVLO)，可根据引脚 VCC 的电源电压情况，确定启用和禁用 IC 的操作。UVLO 包含一个滞后，其电压阈值 V_{VCCon} 用于启用 IC， V_{VCCoff} 用于禁用 IC。

一旦输入主电源电压，电流就会通过外部电阻进入引脚 HV，再通过集成二极管流向引脚 VCC。一旦 VCC 超过阈值 V_{VCCon} ，IC 即被启用，如果没有检测到故障情况，则进入正常工作状态。在这一阶段， V_{VCC} 将下降，直到通过辅助绕组的自供电接管引脚 VCC 的供电。

因此，通过辅助绕组的自供电必须在 V_{VCC} 低于 V_{VCCoff} 阈值之前建立。

3.7.2 过压保护 (VCC)

在引脚 VCC 上实现了过压检测功能。检测功能包括阈值 V_{VCCOVp} 和消隐时间 t_{VCCOVp} 。一旦 VCC 引脚触发过压保护，IC 就会被禁用。

3.7.3 通过内部温度检测实现过温保护

系统具有过温保护功能，一旦超过内部温度水平 T_{OTP} ，就会启动热关断。随后系统进入锁存模式，只有 VCC 循环才能重新启动系统。

3.8 固定参数和可配置参数

本章将介绍所有固定参数和可配置参数。下表所列参数为默认值，已在参考设计系统中验证。

3.8.1 固定参数

以下参数是固定的，不能更改。

表 11 一般参数

Parameter Symbol	Parameter Description	Pin	Fixed Value	Unit
V _{VCCOVP}	VCC OVP	VCC	23.5	V
t _{HVBODBlank}	AC brownout blanking time	-	120	ms
T _{OTP}	IC OTP	-	125	°C

表 12 PFC 参数

Parameter Symbol	Parameter Description	Pin	Fixed Value	Unit
V _{OlpPFC}	PFC open loop	VS	0.39	V
V _{startup}	PFC startup voltage	VS	0.59	V
V _{RefPFC}	PFC control_normal	VS	2.45	V
t _{ZCDfilter}	PFC ZCD filter time	ZCD	160	ns
t _{ringsup}	PFC Ringing suppression time	ZCD	400	ns
n _{valley_min}	Minimum PFC valley number for multimode operation	-	1	-
n _{valley_max}	Maximum PFC valley number for multimode operation	-	10	-
t _{CcmpPFC}	PFC Blanking time for CCM protection	-	60	ms
t _{maxPFC}	PFC max switching periodtosc	-	40	μs
t _{OcpLebPFC}	Blanking time for PFC OCP	CS0	0	s

表 13 LLC 参数

Parameter Symbol	Parameter Description	Pin	Fixed Value	Unit
Step _{LLC_VCO_decrease}	LLC VCO frequency decrement step	HBFB	3	1/f _{MCLK}
Step _{LLC_VCO_increase}	LLC VCO frequency increment step	HBFB	20	1/f _{MCLK}
t _{Ocp1_leb}	LLC LEB of OCP1	CS1	0.4	μs
t _{Ocp2_filter}	LLC noise blanking CS1 OCP2	CS1	110	ns
Slope _{after OCP1}	LLC softstart slope after OCP1 event	CS1	80	ns/32μs
V _{burst_on}	LLC HBFB voltage burst on in burst mode	HBFB	1.65	V
t _{Ocp1_blk_Leave_burst}	LLC OCP1 blanking time during burst mode to normal mode transition	CS1	200	ms
t _{ss_max}	LLC max. soft start duration	-	131	ms

3.8.2 可配置参数

表 14 已定义并可配置以下参数。一般参数

Parameter Symbol	Parameter Description	Pin	Default	Range	Unit
V _{HVBID1}	AC brownin	HV	70	1 ~ 255	Vac
V _{HVBOD1}	AC brownout	HV	60	1 ~ 255	Vac
t _{AR}	Auto restart break time	-	2	0.01~2.08	s
t _{VCCOVP}	VCC OVP blanking time	-	9	1~17	ms

¹AC brownin/brownout 基于 R_{HV}51kΩ

表 15 PFC 参数

Parameter Symbol	Parameter Description	Pin	Default	Range	Unit
V _{GD0H1}	PFC GD0 drive voltage	GD0	10.5	4.5 ~ 15	V
I _{GD0H1}	PFC GD0 drive current	GD0	0.156	0.087 ~ 0.36	A
V _{UvpSetPFC}	PFC bus under voltage	VS	1.77	0.1 ~ 2.3	V
V _{RefPFC_burst}	PFC control_burst	VS	2.2	0.1 ~ 2.3	V
V _{HBstrt}	LLC enter soft start	VS	2.05	0.1 ~ 2.3	V
t _{UvpBlkPFC}	PFC blanking time for bus under voltage	VS	3	0.128 ~ 8388	ms
t _{ovc}	PFC over voltage comparator filter time	VS	10000	0 ~ 31500	ns
V _{OvpSwSetPFC}	PFC bus over voltage	VS	2.572	2 ~ 2.8	V
V _{OvpSwClearPFC}	PFC bus over voltage clear	VS	2.45	2 ~ 2.8	V
V _{CS0ocpSet2}	PFC over current	CS0	0.6	0.05 ~ 1.15	V
f _{sw_max_pfc}	PFC max switching frequency	-	120	1 ~ 300	kHz
f _{sw_min_pfc}	PFC min switching frequency	-	60	1 ~ 300	kHz
svp_startup	PFC PIT1 P-coe during startup	-	4	0 ~ 7	-
Svp	PFC PIT1 P-coe	-	6	0 ~ 7	-
Svi	PFC PIT1 I-coe	-	7	0 ~ 7	-
Svt	PFC PIT1 T-coe	-	4	0 ~ 7	-
t _{OnMinPFC}	PFC min on time	-	0.1	0.016 ~ 63.98	μs
t _{OnMaxPFC}	PFC max on time	-	20	0.016 ~ 63.98	μs

¹有关限值，参见 5.4.6

²有关限值，参见 5.4.4

表 16 LLC 参数

Parameter Symbol	Parameter Description	Pin	Default	Range	Unit
V _{GD1H1}	LLC GD1 drive voltage	GD1	10.5	4.5 ~ 15	V
I _{GD1H1}	LLC GD1 drive current	GD1	0.12	0.026 ~ 0.12	A
V _{Ocp1_norm1}	LLC OCP1 during steady state	CS1	0.4275	0.05 ~ 1.15	V
V _{Ocp1_start1}	LLC OCP1 during softstart	CS1	0.55	0.05 ~ 1.15	V
V _{Ocp1_burst1}	LLC OCP1 during burst mode	CS1	0.75	0.05 ~ 1.15	V
N _{Ocp1_max}	LLC max number of OCP1 events	CS1	8	1 ~ 255	-
f _{Ocp1}	LLC switching frequency during OCP1	CS1	200	100 ~ 600	kHz
V _{burst_enter}	LLC HBFB voltage when entering a burst mode	HBFB	0.3	0.1 ~ 2.3	V
V _{burst_exit}	LLC HBFB voltage when exiting burst mode	HBFB	2.05	0.1 ~ 2.3	V

Parameter Symbol	Parameter Description	Pin	Default	Range	Unit
V _{OlpHB}	LLC open-loop / overload protection	HBFB	2	0.1 ~ 2.3	V
V _{HLVCO}	LLC VCO heavy load voltage	HBFB	2	0.1 ~ 2.3	V
V _{LLVCO}	LLC VCO light load voltage	HBFB	0.45	0.1 ~ 2.3	V
f _{MaxVCO}	LLC VCO max frequency	-	250	1 ~ 300	kHz
f _{LLVCO}	LLC VCO light load frequency	-	140	1 ~ 300	kHz
f _{NomVCO}	LLC nominal operating frequency	-	100	1 ~ 300	kHz
f _{HLVCO}	LLC VCO heavy load frequency	-	85	1 ~ 300	kHz
f _{MinVCO}	LLC VCO minimal frequency	-	82	1 ~ 300	kHz
f _{sw_burst_start}	LLC starting frequency in burst mode	-	200	80 ~ 300	kHz
f _{sw_burst_stop}	LLC ending frequency in burst mode	-	200	80 ~ 300	kHz
f _{sw_burst}	LLC switching frequency during burst mode	-	130	50 ~ 200	kHz
f _{MaxTCO}	LLC max. soft start frequency	-	270	100 ~ 300	kHz
t _{Ocp1_blk_startup}	LLC OCP1 blanking time from startup threshold to low threshold during startup	-	200	0.032 ~ 2097	ms
t _{Ocp1_release}	LLC releasing OCP1 lapse time	CS1	100	0.032 ~ 2097	ms
t _{Ocp1_filter}	LLC blanking filter time CS1 OCP1	CS1	0	0 ~ 984	ns
t _{blk_Ocp2}	LLC blanking time for OCP2	CS1	0	0 ~ 984	ns
t _{dead_llc}	LLC dead time	-	0.5	0.0157 ~ 0.984	μs
t _{OlpHB}	LLC blanking time before open-loop / overload protection	-	100	0.032 ~ 2097	ms
t _{blk_burst}	Blanking time to enter burst mode	-	20	0.032 ~ 2097	ms
t _{burst_off_min}	Minimum burst off time		0.1	0.08 ~ 20.4	ms
Slope _{TCO_init}	LLC initial slope during soft start	-	0.85	0.0157 ~ 3.984	μs / 128 μs
Slope _{TCO_min}	LLC min slope during soft start	-	0.36	0.0157 ~ 3.984	μs / 128 μs
N _{burst_sstart}	LLC soft start steps	-	4	1 ~ 218	-
N _{burst_sstop}	LLC soft stop steps	-	4	1 ~ 218	-
T _{burst_on_max}	LLC burst on time (excluding soft stop time)	-	160	32 ~ 8160	us
Slope _{burst_leave}	LLC slope of soft start when leaving burst mode	HBFB	0.32	0.0157 ~ 3.984	μs / 128 μs
T _{High_limit Burst_off_time}	High limit of burst off time for adaptive minimum frequency during burst on	-	120	20 ~ 200	ms

¹有关限值，参见 5.4.6

4 电气特性

除了引脚 HSVCC 和 HSGD 的高电平信号是相对于引脚 HSGND 测量外，所有信号都是相对于接地引脚 GND 测量的。只要没有违反其他额定值，这些电压电平即为有效。

4.1 绝对最大额定值

注： 超过以上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；仅超过其中任意一个值即可能对 IC 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。出于同样的原因，请确保在组装应用电路之前，将连接至 VCC 和 HSVCC 引脚的任何电容器放电。

表 17 绝对最大额定值

Parameters	Symbol	Limit Values		Unit	Remarks
		Min.	Max.		
Voltage externally supplied to pin VCC	V _{VCCEXT}	- 0.5	26	V	
Voltage at pin GDx	V _{GDx}	-0.5	V _{VCC} + 0.3	V	
Junction temperature	T _J	- 40	125	°C	
Storage temperature	T _S	- 55	150	°C	
Soldering temperature	T _{SOLD}	—	260	°C	Wave Soldering ¹
Latch-up capability	I _{LU}	—	150	°C	² Pin voltages acc. to abs. max. ratings
ESD capability HBM	V _{HBM}	—	2000	V	³
ESD capability CDM	V _{CDM}	—	500	V	⁴
Input Voltage Limit for pin MFIO, HBFB, VS, CS, ZCD	V _{IN_DC}	- 0.5	3.6	V	
Maximum permanent clamping current for pin ZCD and CS	-I _{CLN_DC}	—	2.5	mA	RMS
Maximum transient clamping current for pin 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 voltage at pin HV	V _{HV}	- 0.3	600	V	
Maximum current at pin HV	I _{HV}	—	10	mA	
Voltage at pins HSVCC, HSGD and HSGND	V _{HSx}	-650	+650	V	Isolation voltage, referred to IC GND

¹根据 JESD22-A111 Rev A。

²门锁能力符合 JEDEC JESD78D 标准，TA= 85°C。

³ESD-HBM 符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 标准。

⁴ESD-CDM 符合 JESD22-C101F 标准。

4.2 封装特性

表 18 封装特性

Parameters	Symbol	Limit Values		Unit	Remarks
		Min.	Max.		
Thermal resistance	R_{thJA}	—	119	K/W	
Creepage distance HV vs. GND-related pins.	D_{CRHV}	2.1	—	mm	
Creepage distance HSGND vs. GND-related pins	D_{CRHS}	2.1	—	mm	

4.3 工作条件

表 19 工作范围

Parameters	Symbol	Limit Values		Unit	Remarks
		Min.	Max.		
Junction Temperature	T_J	-40	125	°C	
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	

4.4 DC 电气特性

电气特性涉及在指定电源电压和结温范围（ T_J 为 -40 °C 至 +125 °C）内给出的数值范围。

典型值代表 $T_A = 25$ °C 时的中值。所有电压均参考地，如无特殊说明，假定电源电压为 $V_{VCC} = 18$ V。

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。

4.4.1 电源特性

表 20 电源电气特性

Parameters	Symbol	Values			Unit	Note/Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
VCC Turn_On threshold	V_{VCCon}	19	20.5	22	V	$dV_{CC}/dt = 0.2 \text{ V/ms}$
VCC active current in normal mode with open gates	$I_{VCCactive}$	—	18	—	mA	
VCC Turn_Off ¹ threshold	V_{VCCoff}	7.12	7.5	7.88	V	
VCC Tun_Off ¹ threshold in burst off mode ²	$V_{VCCoff_burst_off}$	9.97	10.5	11.03	V	VCC Tun_Off ¹ threshold in burst off mode ²
VCC quiescent current in burst off mode ² , not include current drawn from HBFB pin ³	$I_{VCC_burst_off}$	—	0.6	1.4	mA	$T_j \leq 85^\circ\text{C}$
		—	—	3.3	mA	$T_j \leq 125^\circ\text{C}$
IC Power down threshold	V_{VCC_PD}	5.7	6	6.3	V	
VCC quiescent current in Power down mode	I_{VCC_PD}	5	20	40	μA	$V_{VCC} < V_{VCC_PD}(\text{min}) - 0.3\text{V}$

¹ VCC Turn_Off 表示 IC 处于 UVLO 模式，启动单元已打开。

² Burst on 和 Burst off 模式均属于突发模式，在 Burst on 模式下，IC 的电流消耗与正常模式相同，而在 Burst off 模式下，处理器处于关闭状态（参见图 4）。

³ Burst off 模式下的总电流 = $I_{VCC_burst_off} + V_{HBFB_open}/R_{HBFB_PU}$ ，HBFB 引脚的内部连接参见图 3。

4.4.2 MFIO 引脚特性

表 21 MFIO 引脚电气特性

Parameters	Symbol	Values			Unit	Note/Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Output low voltage	V_{OL}	—	—	0.8	V	$I_{OL} = 2 \text{ mA}$
Output high voltage	V_{OH}	2.2	—	—	V	$I_{OH} = -2 \text{ mA}$
Output sink current	I_{OL}	—	—	2	mA	
Output source current	$-I_{OH}$	—	—	2	mA	
Output rise time (0 → 1)	t_{RISE}	—	—	25	ns	20 pF load, push/pull output ¹
Output fall time (1 → 0)	t_{FALL}	—	—	25	ns	20 pF load, push/pull or open-drain output ¹

¹ 未在生产测试中进行测试。

4.4.3 HBFB 引脚特性

表 22 HBFB 引脚电气特性¹

Parameters	Symbol	Values			Unit	Note/Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
HBFB open voltage	V_{HBFB_open}	3.04	3.20	3.36	V	
Pull-up resistor	R_{HBFB_PU}	—	9	—	k Ω	
Pull-up resistor tolerance	ΔR_{HBFB_PU}	—	—	± 20	%	

¹ 未在生产测试中进行测试。

4.4.4 电流检测输入端 CSx 特性

表 23 CSx 引脚电气特性

Parameters	Symbol	Values			Unit	Note/Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
OCP2 threshold voltage	V_{OCP2}	—	1.2	—	V	
OCP2 threshold tolerance	ΔV_{OCP2}	—	—	±5	%	voltage divider tolerance
OCP, OCP1 threshold tolerance	ΔV_{OCP1}	—	—	±6.2	%	
Delay from V_{CSx} crossing $V_{CSxOCP1}$ to CSx_OCP1 rising edge, 1.2V range	t_{CSOCP1}	20	320	620	ns	¹ input signal slope $dV_{CS}/dt = 10 \text{ mV}/\mu\text{s}$ ²
		90	170	250	ns	¹ input signal slope $dV_{CS}/dt = 150 \text{ mV}/\mu\text{s}$ ²
		90	140	210	ns	¹ input signal slope $dV_{CS}/dt = 300 \text{ mV}/\mu\text{s}$ ²

¹ 未在生产测试中进行测试。

² 此斜率表示输入电压达到最小值的开关模式电源的使用场景。

4.4.5 零交叉输入 ZCD 特性

表 24 零交叉比较器特性

Parameters	Symbol	Values			Unit	Note/Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Zero-crossing threshold	V_{ZCTHR}	15	40	70	mV	
Comparator propagation delay	t_{ZCPD}	30	50	70	ns	$dV_{ZCD}/dt = 4 \text{ V}/\mu\text{s}$
Input voltage negative clamping level	$-V_{INPCLN}$	140	180	220	mV	

4.4.6 栅极驱动器引脚 GDx 特性

表 25 栅极驱动器引脚 GD0 和 GD1 电气特性

Parameters	Symbol	Values			Unit	Note/Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
APD low voltage (Active Pull Down while device is not powered or gate driver is not enabled)	V_{APD}	—	—	1.6	V	$I_{GDx} = 5 \text{ mA}$ ¹
R_{PPD} tolerance	ΔR_{PPD}	—	—	± 25	%	permanent pull-down resistor inside gate driver
Driver Output low impedance for GD0	R_{GDL}	—	—	4.4	Ω	$T_J \leq 125^\circ\text{C}$, $I_{GD} = 0.1 \text{ A}$
Driver Output low impedance for GD1	R_{GDL}	—	—	7.0	Ω	$T_J \leq 125^\circ\text{C}$, $I_{GD} = 0.1 \text{ A}$
Output voltage tolerance	ΔV_{GDxH}	—	—	±5	%	tolerance of programming options if $V_{GDH} > 10 \text{ V}$

Parameters	Symbol	Values			Unit	Note/Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Rail-to-rail output high voltage	V_{GDxHRR}	$V_{VCC} - 0.5$	—	V_{VCC}	V	if $V_{VCC} < \text{programmed } V_{GDH}$ and output at high state
Output high current tolerance in PWM mode	ΔI_{GDxH}	—	—	± 15	%	
Discharge current for GD0	I_{GD0DIS}	800	—	—	mA	$V_{GD} = 4 \text{ V}$ and driver at low state ¹
Discharge current for GD1	I_{GD1DIS}	500	—	—	mA	$V_{GD} = 4 \text{ V}$ and driver at low state ¹
Output low reverse current	$-I_{GDREVL}$	—	—	100	mA	applies if $V_{GD} < 0 \text{ V}$ and driver at low state ¹
Output high reverse current in PWM mode	I_{GDREXH}	—	1/6 of I_{GDH}	—	mA	applies if $V_{GDxH} < V_{GD}$ and driver at high state ¹

¹ 未在生产测试中进行测试

4.4.7 高压引脚 HV 特性

表 26 HV 引脚电气特性

Parameters	Symbol	Values			Unit	Note/Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Leakage current at HV pin	I_{HVleak}	—	—	10	μA	$V_{HV} = 600 \text{ V}$ HV startup cell off
Resistor value for bleeding path	$R_{HV_discharge}$	200	—	1000	Ω	Overall resistance between VIN to GND
Current charging capability for VCC cap.	I_{LD}	3.2	5	7.5	mA	$V_{VCC} < V_{VCCon} - 0.3\text{V}$

4.4.8 VS 引脚特性

表 27 VS 引脚电气特性

Parameters	Symbol	Values			Unit	Note/Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Input leakage current, no pull device	$ I_{LK} $	—	—	200	nA	$V_{VS} \leq 2.9\text{V}$ ¹
PFC Overvoltage protection 2, OVP2	$V_{OvpHwSetPFC}$	2.70	2.8	2.90	V	

¹ 焊垫泄漏已在 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 条件下通过保护环进行验证。

4.4.9 HSGD 引脚特性

电气特性涉及在指定电源电压和结温范围 (T_J 从 -40°C 到 $+125^\circ\text{C}$) 内给出的数值范围。典型值代表与 $T_J = 25^\circ\text{C}$ 相关的中值。所有电压均参考 HSGND, 如无特殊说明, 假定电源电压为 $V_{Hsvcc} = 14 \text{ V}$ 。

表 28 HSGD 引脚电气特性

Parameters	Symbol	Values			Unit	Note/Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Operating voltage range	V_{HSVCC}	—	—	24	V	lower limit defined by V_{HSVCCon} , V_{HSVCCoff}
HSVCC turn on threshold	V_{HSVCCon}	8.7	9.2	9.7	V	
HSVCC turn off threshold	V_{HSVCCoff}	6.2	6.7	7.2	V	
HSVCC turn on/off hysteresis	V_{HSVCChy}	2	2.5	3	V	
Output voltage at low state	V_{HSGDlow}	—	25	100	mV	$I_{\text{HSGD}} = 20 \text{ mA (sink)}$
		—	125	500	mV	$I_{\text{HSGD}} = 100 \text{ mA (sink)}$
	$-V_{\text{HSGDlow}}$	—	25	100	mV	$I_{\text{HSGD}} = -20 \text{ mA (src)}$
Output voltage at high state	V_{HSGDhigh}	10	11	12	V	$I_{\text{HSGD}} = -20 \text{ mA (src)}$
		7	—	—	V	$I_{\text{HSGD}} = -20 \text{ mA (src)}$ $V_{\text{HSVCC}} = 8 \text{ V}$
Output voltage at active shutdown	V_{HSGDuvlo}	—	25	200	mV	$I_{\text{HSGD}} = 20 \text{ mA (sink)}$ $V_{\text{HSVCC}} = 5 \text{ V}$
Output low impedance	R_{HSGDLS}	—	—	5	Ω	$I_{\text{HSGD}} = 20 \text{ mA (sink)}$
Peak source current	$I_{\text{HSGDpksrc}}$	0.13	—	0.52	A	¹
Peak sink current	$-I_{\text{HSGDpkshk}}$	0.45	—	1.3	A	¹
Output low reverse current	$-I_{\text{HSGDREVL}}$	—	—	100	mA	applies if $V_{\text{HSGD}} < 0 \text{ V}$ and driver at low state ¹
Rising time $2\text{V} < V_{\text{HSGD}} < 8\text{V}$	t_{HSGDrise}	20	60	140	ns	$C_{\text{LOAD}} = 3.3 \text{ nF}$, $R_{\text{LOAD}} = 6.8 \Omega$ ¹
Falling time $8\text{V} > V_{\text{HSGD}} > 2\text{V}$	t_{HSGDfall}	4	20	40	ns	$C_{\text{LOAD}} = 3.3 \text{ nF}$, $R_{\text{LOAD}} = 6.8 \Omega$ ¹

¹ 未在生产测试中进行测试

5 外形尺寸和标记

5.1 外形尺寸

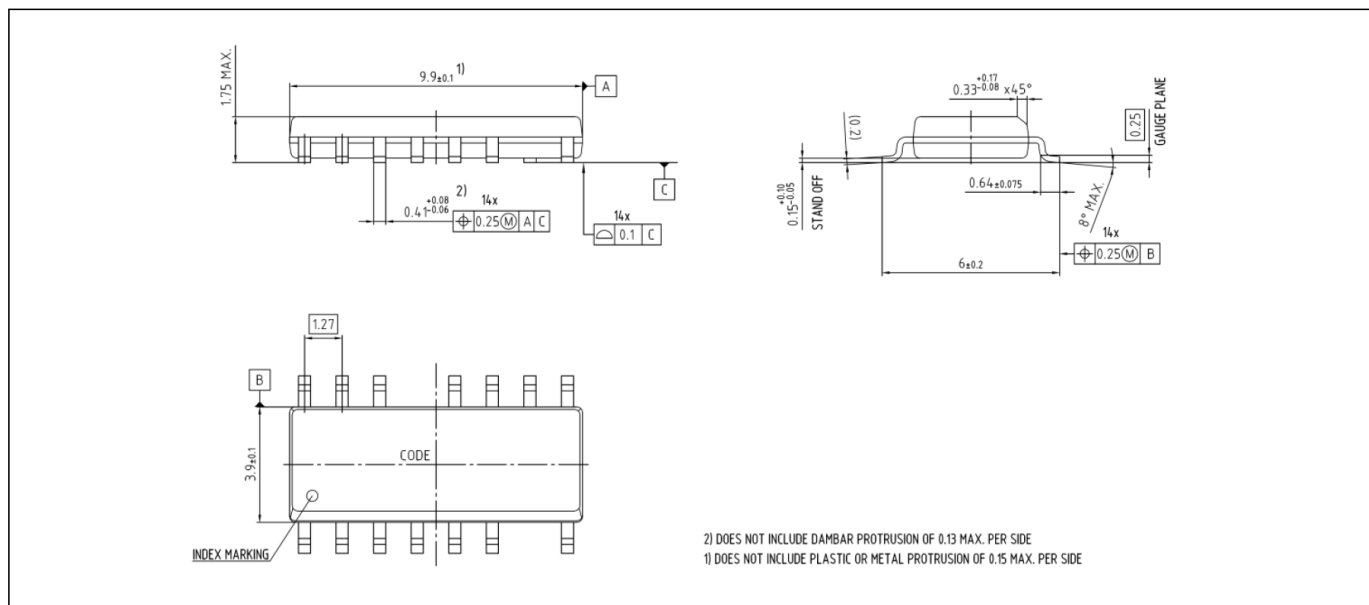


图 15 PG-DSO-14

注：请阅读入门指南，了解如何使用本模板中的宏和样式。

- 1) 您可以在我们的英飞凌互联网页面"产品"中找到我们所有的封装、包装种类和其他信息：
<http://www.infineon.com/products>
- 2) 单位是毫米。

5.2 标记

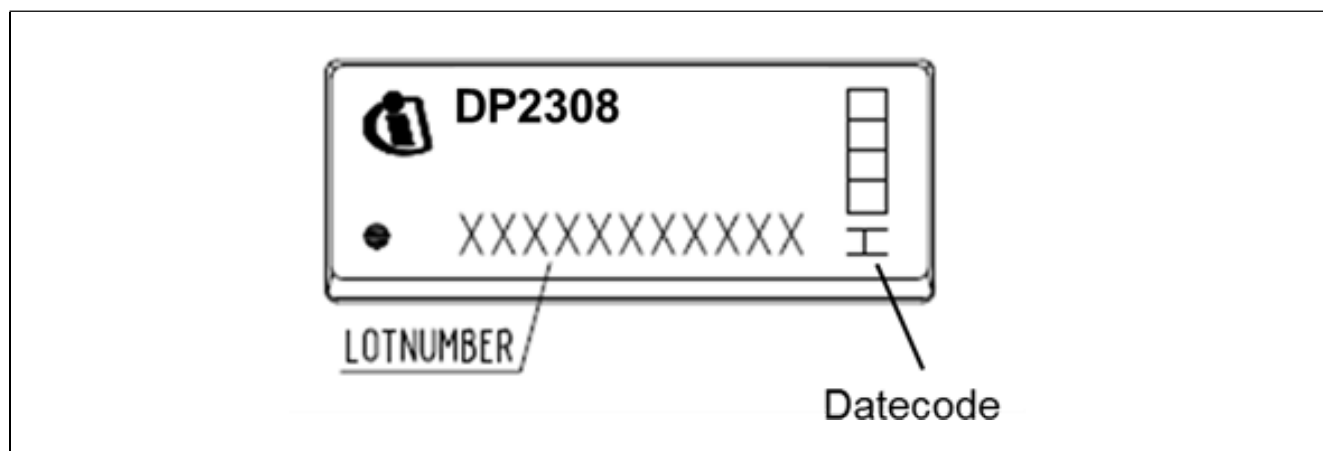


图 16 IDP2308 的标记

修订记录

自上次修订以来的主要变化

Page or Reference	Description of change
13	Max R_{HV} in Table 4 changed to 60 k Ω
14, 25, 26, 27	Update description on over temperature protection (OTP)

Trademarks of Infineon Technologies AG

AURIX™, C166™, CanPAK™, CIPOS™, CIPURSE™, CoolGaN™, CoolMOS™, CoolSET™, CoolSiC™, CORECONTROL™, CROSSAVE™, DAVE™, DI-POL™, DrBLADE™, EasyPIM™, EconoBRIDGE™, EconoDUAL™, EconoPACK™, EconoPIM™, EiceDRIVER™, eupec™, FCOS™, HITFET™, HybridPACK™, ISOFACE™, IsoPACK™, i-Wafer™, MIPAQ™, ModSTACK™, my-d™, NovalithIC™, OmniTune™, OPTIGA™, OptiMOS™, ORIGA™, POWERCODE™, PRIMARION™, PrimePACK™, PrimeSTACK™, PROFET™, PRO-SiL™, RASIC™, REAL3™, ReverSave™, SatRIC™, SIEGET™, SIPMOS™, SmartLEWIS™, SOLID FLASH™, SPOC™, TEMPFET™, thinQ!™, TRENCHSTOP™, TriCore™.

Other Trademarks

Advance Design System™ (ADS) of Agilent Technologies, AMBA™, ARM™, MULTI-ICE™, KEIL™, PRIMECELL™, REALVIEW™, THUMB™, μVision™ of ARM Limited, UK. ANSI™ of American National Standards Institute. AUTOSAR™ of AUTOSAR development partnership. Bluetooth™ of Bluetooth SIG Inc. CAT-ig™ of DECT Forum. COLOSSUS™, FirstGPS™ of Trimble Navigation Ltd. EMV™ of EMVCo, LLC (Visa Holdings Inc.). EPCOS™ of Epcos AG. FLEXGO™ of Microsoft Corporation. HYPERTERMINAL™ of Hilgraeve Incorporated. MCS™ of Intel Corp. IEC™ of Commission Electrotechnique Internationale. IrDA™ of Infrared Data Association Corporation. ISO™ of INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. MATLAB™ of MathWorks, Inc. MAXIM™ of Maxim Integrated Products, Inc. MICROTEC™, NUCLEUS™ of Mentor Graphics Corporation. MIPI™ of MIPI Alliance, Inc. MIPS™ of MIPS Technologies, Inc., USA. muRata™ of MURATA MANUFACTURING CO., MICROWAVE OFFICE™ (MWO) of Applied Wave Research Inc., OmniVision™ of OmniVision Technologies, Inc. Openwave™ of Openwave Systems Inc. RED HAT™ of Red Hat, Inc. RFMD™ of RF Micro Devices, Inc. SIRIUS™ of Sirius Satellite Radio Inc. SOLARIS™ of Sun Microsystems, Inc. SPANSION™ of Spansion LLC Ltd. Symbian™ of Symbian Software Limited. TAIYO YUDEN™ of Taiyo Yuden Co. TEAKLITE™ of CEVA, Inc. TEKTRONIX™ of Tektronix Inc. TOKO™ of TOKO KABUSHIKI KAISHA TA. UNIX™ of X/Open Company Limited. VERILOG™, PALLADIUM™ of Cadence Design Systems, Inc. VLYNQ™ of Texas Instruments Incorporated. VXWORKS™, WIND RIVER™ of WIND RIVER SYSTEMS, INC. ZETEX™ of Diodes Zetex.

Last Trademarks Update 2014-07-17

www.infineon.com

Edition 2017-02-0630

Published by

Infineon Technologies AG

81726 Munich, Germany

© 2018 Infineon Technologies AG.

All Rights Reserved.

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

Email: erratum@infineon.com

Document reference

ifx000000000001

Legal Disclaimer

The information given in this document shall in no event be regarded as a guarantee of conditions or characteristics. With respect to any examples or hints given herein, any typical values stated herein and/or any information regarding the application of the device, 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.

Information

For further information on technology, delivery terms and conditions and prices, please contact the nearest Infineon Technologies Office (www.infineon.com).

Warnings

Due to technical requirements, components may contain dangerous substances. For information on types in question, please contact the nearest Infineon Technologies Office. Infineon Technologies components may be used in life-support devices only with the express written approval of Infineon Technologies, if a failure of such components can reasonably be expected to cause the failure of the life-support device or system or to affect the safety effectiveness of that device or system. Life support devices or systems are intended to be implanted in the human body or to support and/or maintain an sustain and/or protect human life. If they fail, it is reasonable to assume that the health of the user or other persons may be endangered.



免责声明

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

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

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

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

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

Trademarks

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

重要通知

版本 2026-09-20

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>。