英飞凌 CoolSET™ SiP 系统封装 IC 第 1 代 (G1) LM 系列

特性

- 集成式 800 V 抗雪崩击穿 CoolMOS™ P7
- 通过集成的 950 V 启动单元快速启动
- 集成同步整流 (SR) 驱动器，典型输出电压为 10 V
- 集成从次级侧到初级侧的加强隔离通信
- 新颖的零电压开关 (ZVS) 反激运行可实现最低开关损耗和低电磁干扰 (EMI)
- 初级侧和次级侧 SR 开关时序同步，实现可靠的脉宽调制 (PWM) 开关运行
- 支持初级侧宽 VCC 工作范围，最高达 32 V
- 经过优化的低供应电流，可在滞回模式下工作，待机功率可< 30 mW
- 内置次级侧反馈控制回路，带误差放大器



RoHS
Green
Halogen-free
Lead-free

潜在应用

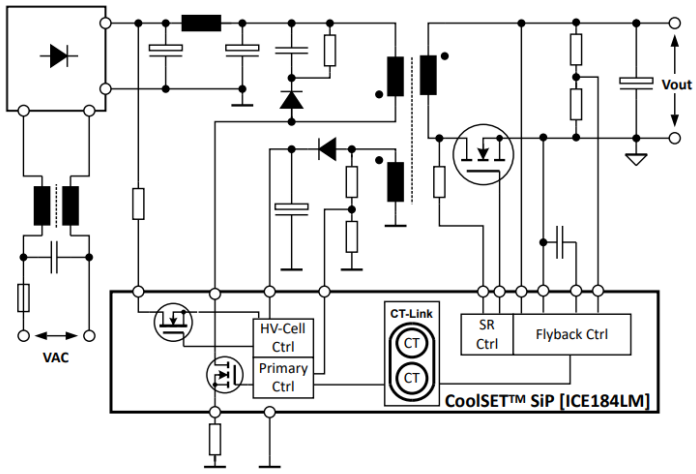
- 家用电器辅助电源
- 电信/服务器辅助电源
- 通用开关电源

产品验证

- 符合 JEDEC JESD47, JESD22 和 J-STD-020 相关测试的工业应用要求。
- 正在申请 IEC 60747-17 (VDE 0884-17) 认证
- 正在申请 UL 1577 认证
- 正在申请 IEC 62368-1（音频/视频/IT 设备安全）和 GB 4943.1-2022 的 EN 和 CQC 认证
- 正在申请 IEC 60355-1（家用电器设备安全）标准认证
- 正在申请 IEC 61010-1 认证（实验室设备）

描述

英飞凌 CoolSET™ SiP G1 可有效降低系统复杂性。通过面向系统的集成，可以移除大量的分立系统元件。除了集成高压功率开关和初级侧控制外，还集成了次级侧 SR 控制和环路调节。初级侧功率开关控制和次级侧 SR 控制的时序是匹配的，因此在所有开关条件下都能可靠、稳健地运行。采用的无铁芯变压器技术（CT-Link）加强了初级侧和次级侧之间的安全隔离通信。先进的 PWM 开关模式可实现准谐振 ZVS 反激式操作，从而降低导通开关损耗并优化EMI 。有一套先进的保护功能便于设计。



Output power table

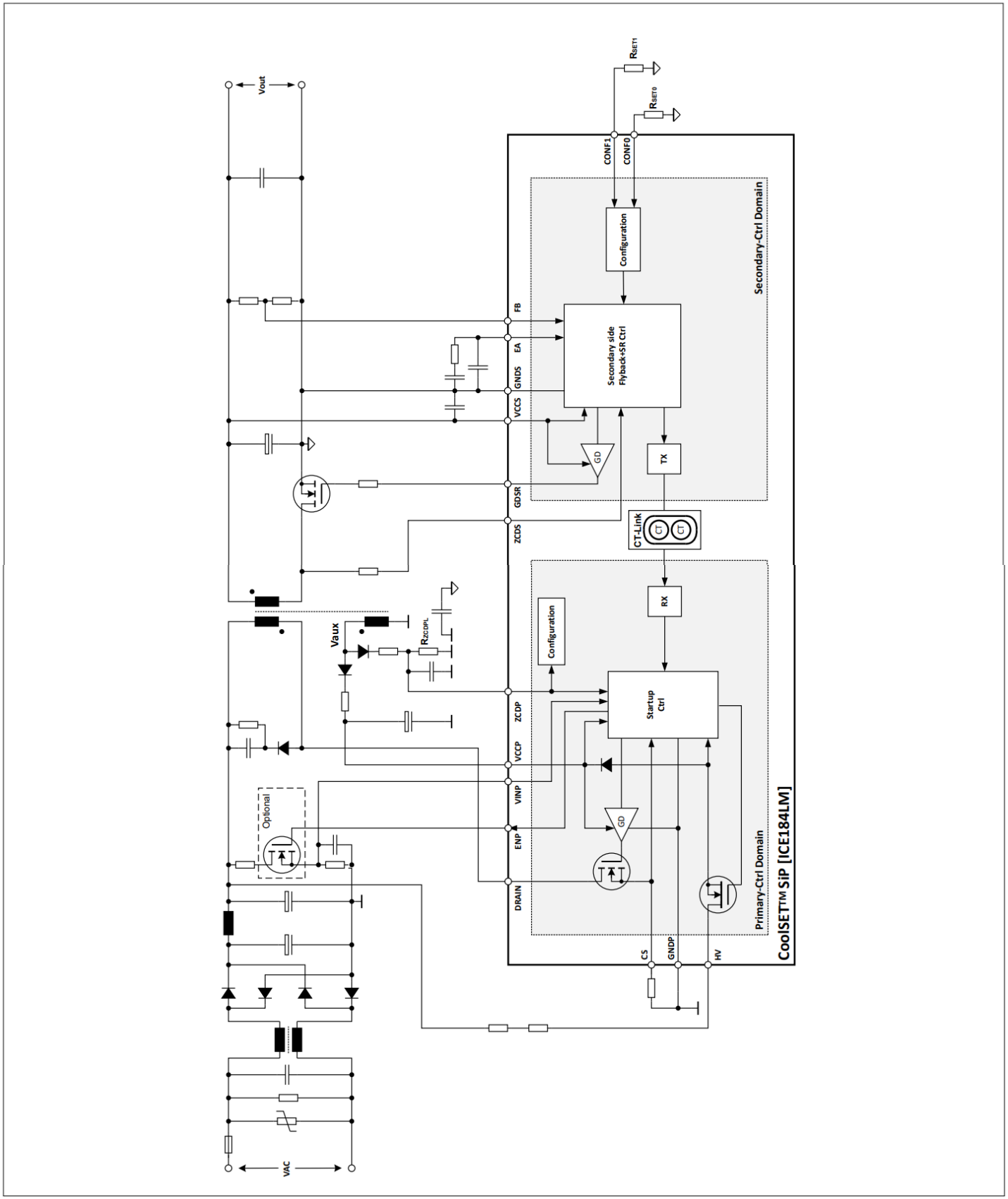
Product[1]	$V_{(BR)DSS}$[2]	$R_{DS(on)(max)}$[3]	220 V_{AC} ± 20%[4]	85 to 305 V_{AC}[4]
ICE184LM	800 V	0.84 Ω	68 W	45 W

[1] PG-DSO-27-1 package
[2] CoolMOS™ P7
[3] at T_J = 25 °C
[4] Open frame design at T_A = 50°C, T_J = 125°C, minimum copper area of 232 mm² in a 2 oz copper single sided PCB at DRAIN pin and GNDS pin. Assuming a system efficiency of 91%.

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

典型应用


Vout
RSET1
RSET0
CONF1
CONF0
Configuration
Secondary-Ctrl Domain
FB
EA
GNDS
VCCS
Secondary side Flyback+SR Ctrl
GD
TX
GDSR
ZCDS
CT-Link
CT
CT
RX
Configuration
Vaux
RZCDPL
ZCDP
VCCP
VINP
ENP
DRAIN
Startup Ctrl
GD
Optional
Primary-Ctrl Domain
CoolSET™ SiP [ICE184LM]
CS
GNDP
HV
VAC

目录

目录 3
1 引脚配置和功能 5
2 代表性框图 7
3 功能描述 8
3.1 简介 8
3.2 电源管理 8
3.2.1 初级侧 VCCP 电容器充电和启动序列 8
3.2.2 次级侧 VCCS 启动序列 8
3.3 控制特性 8
3.3.1 通过 HV 引脚上的 HV 启动单元进行高压检测 8
3.3.2 通过 VINP 引脚进行高压检测 9
3.3.3 CS 引脚的初级电流检测 9
3.3.4 初级侧 ZCDP检测 9
3.3.5 初级软启动控制 10
3.3.6 正常运行 11
3.3.6.1 次级接管控制 11
3.3.6.2 次级 ZCDS 检测 11
3.3.6.3 同步整流器 11
3.3.6.4 零电压开关的自适应电流注入 11
3.3.6.5 闭环运行 12
3.3.7 多模式运行 12
3.3.7.1 带频率限制的QR 操作 12
3.3.7.2 跳转操作 13
3.3.7.3 滞回模式运行 13
3.3.8 启用输出信号 15
3.4 保护功能 15
3.4.1 初级侧保护功能 16
3.4.1.1 初级侧 VCCP 过电压和欠电压保护 16
3.4.1.2 初级侧 VCCP 短路至 GND 保护 16
3.4.1.3 初级侧峰值电流限制（OCP1max） 16
3.4.1.4 初级侧最大功率限制 17
3.4.1.5 初级侧第二级过电流(OCP2) 保护 17
3.4.1.6 初级侧 CS 浮动保护 17
3.4.1.7 初级侧过温保护 17
3.4.1.8 初级侧 brownin 和 brownout 保护 17
3.4.1.9 初级侧线性过压保护 17
3.4.1.10 初级侧输出过压保护 17
3.4.1.11 初级侧输出欠压保护 17
3.4.1.12 初级侧 ZCDP 短路 至 GNDP 保护 18

目录

3.4.1.13 初级侧闭环超时保护 ... 18
3.4.2 次级侧保护功能 ... 18
3.4.2.1 次级侧 VCCS 欠压和过压保护 ... 18
3.4.2.2 次级侧开环保护 ... 18
3.5 通过外部电阻设置进行硬件配置 ... 18
3.5.1 初级侧配置 ... 18
3.5.2 次级侧配置 ... 19
4 特性 ... 20
4.1 绝对最大额定值 ... 20
4.2 封装特性 ... 21
4.3 工作条件 ... 22
4.4 电气特性 ... 23
4.4.1 初级侧电源（VCCP 引脚） ... 23
4.4.2 高压（HV 引脚） ... 23
4.4.3 初级侧电流检测（CS 引脚） ... 24
4.4.4 初级侧过零检测和输出电压检测（ZCDP 引脚） ... 26
4.4.5 初级侧总线电压检测（VINP 引脚） ... 26
4.4.6 初级侧输出启用控制（ENP 引脚） ... 27
4.4.7 功率开关 ... 27
4.4.8 次级侧电源（VCCS 引脚） ... 27
4.4.9 反馈（FB 引脚） ... 28
4.4.10 多模式和误差放大器输出（EA 引脚） ... 29
4.4.11 抖动功能 ... 30
4.4.12 次级侧过零检测（ZCDS 引脚） ... 31
4.4.13 SR 栅极驱动器（GDSR 引脚） ... 31
4.4.14 次级侧配置（CONF 0 和 CONF1 引脚 ） ... 32
4.4.15 初级侧过温检测 ... 32
4.4.16 共模瞬态抗扰度 (CMTI) ... 33
4.4.17 隔离规格 ... 33
4.4.18 安全电源 ... 35
5 封装信息 ... 36
5.1 外形尺寸 ... 36
5.2 封装 ... 37
5.3 绿色产品：符合 RoHS 标准 ... 37
6 部件订购信息 ... 38
7 修订记录 ... 39
免责声明 ... 40

1 引脚配置和功能

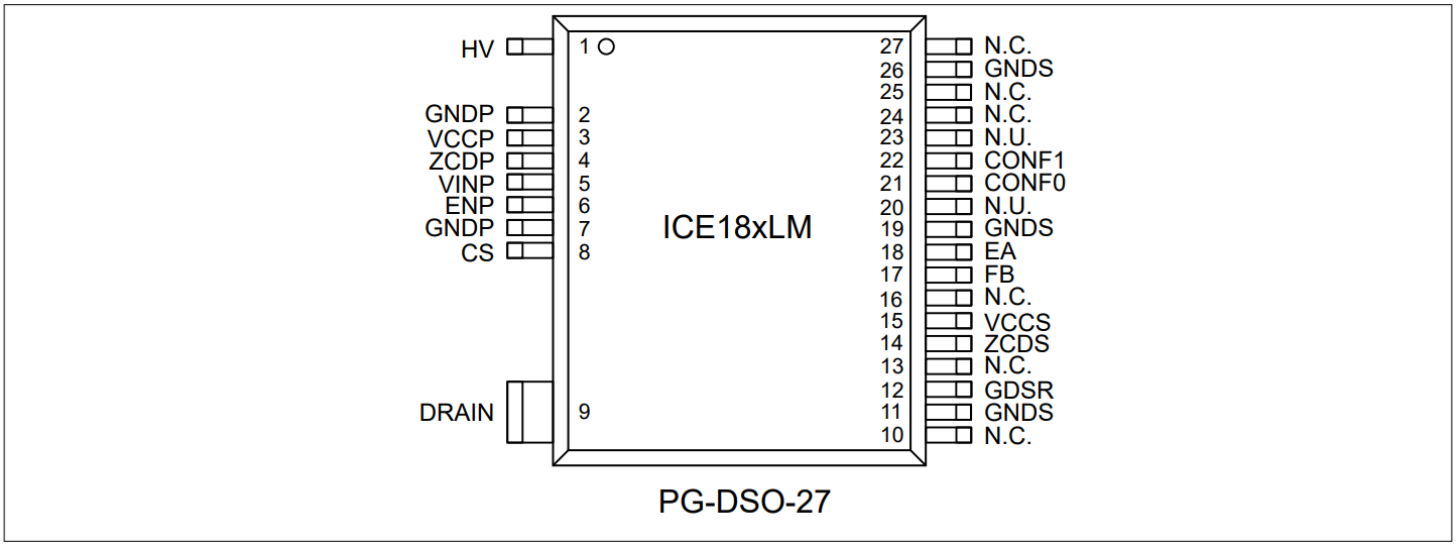


图 1 引脚配置

表 1 引脚功能

Symbol	Pin	Type	Function
HV	1	I	**High voltage** HV pin is connected via a series resistor to VIN node.
GNDP	2	O	**Ground primary side** Power and signal ground.
VCCP	3	IO	**Voltage supply primary side** Primary side power supply.
ZCDP	4	I	**Zero-crossing detection primary side** ZCDP pin is connected to the auxiliary winding of the transformer via a resistor divider and diode.
VINP	5	I	**Input voltage sensing primary side** VINP pin is connected to a resistor divider for measuring the voltage at the bulk capacitor.
ENP	6	O	**Enable signal primary side** ENP pin is used to enable/disable the resistor divider at VINP pin during hysteretic stand-by operation.
GNDP	7	O	**Ground primary side** Power and signal ground.
CS	8	IO	**Current sensing primary side** CS pin is connected to a shunt resistor for measuring the primary side current ramp during turn-on phase.
DRAIN	9	I	**Drain** DRAIN of internal high voltage power switch.

（表格续下页……）

表 1 （续） 引脚功能

Symbol	Pin	Type	Function
N.C.	10	-	Keep open, must be not connected to ensure minimum creepage distance between primary and secondary side > 8 mm.
GNDS	11	O	**Ground secondary side** Power and signal ground.
GDSR	12	O	**SR gate driver** GDSR pin is connected to the gate of the SR power switch.
N.C.	13	-	Not connected. Connect to GNDS.
ZCDS	14	I	**Zero-crossing detection secondary side** ZCDS pin is connected to the secondary side output winding of the transformer via a resistor.
VCCS	15	I	**Voltage supply secondary side** Secondary side power supply
N.C.	16	-	Not connected. Connect to GNDS.
FB	17	I	**Feedback** FB pin is connected via resistor divider to the output voltage rail.
EA	18	IO	**Error amplifier** EA pin is connected to the external compensation network.
GNDS	19	O	**Ground secondary side** Power and signal ground.
N.U.	20	-	Not used. To be connected to GNDS.
CONF0	21	I	**Configuration setting 0** CONF0 pin is connected to a resistor for setting the transformer winding ratio parameter.
CONF1	22	I	**Configuration setting 1** CONF1 pin is connected to a resistor for setting the target parameter table.
N.U.	23	-	Not used. Connect to GNDS.
N.C.	24, 25	-	Not connected. Connect to GNDS.
GNDS	26	O	**Ground secondary side** Power and signal ground.
N.C.	27	-	Keep open, must be not connected to ensure minimum creepage distance between primary and secondary side > 8 mm.

2 代表性框图

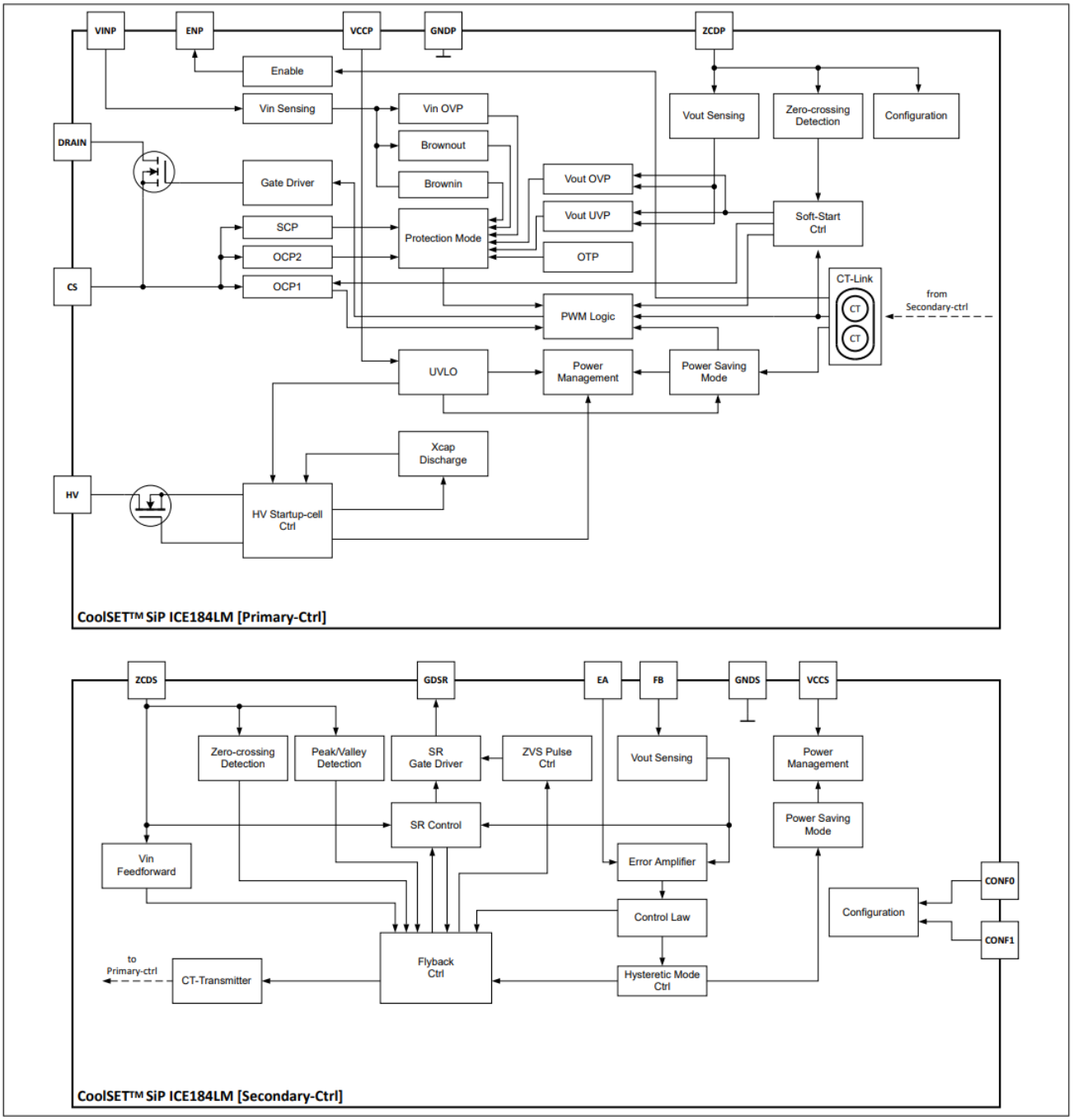


图 2 框图 CoolSET™ SiP ICE184LM

3 功能描述

功能描述概述了集成的功能和特性及其关系。所述参数的数值见第 4 章。

3.1 简介

CoolSET™-SIP1（系统级封装）产品为基于反激拓扑的开关电源(SMPS) 实现了显著的系统前置集成。在一个封装中，它集成了初级侧控制、初级侧功率开关、用于反馈回路的次级侧控制和同步整流 (SR)。此外，高压(HV)启动单元还提供了一条可切换的高压低阻抗检测路径。从次级侧到初级侧的通信是通过无芯变压器加强隔离屏障实现的。

3.2 电源管理

电源管理分别针对初级侧和次级侧隔离电源域（VCCP、GNDP）和（VCCS、GNDS）进行独立管理。

3.2.1 初级侧 VCCP 电容充电和启动序列

950 V HV 启动单元通过两级恒流源 $I_{VCCPCharge1}$ 和 $I_{VCCPCharge2}$ 为 VCCP 电容器充电。在第一阶段，一个较小的恒流源 $I_{VCCPCharge1}$ 对 VCCP 电容器充电，直到 V_{VCCP} 达到 $V_{VCCPstart}$。在此阶段之后，第二阶段的较大恒流源 $I_{VCCPCharge2}$ 进一步对 VCCP 电容器充电，直到 V_{VCCP} 超过导通阈值 V_{VCCPon}。一旦 V_{VCCP} 达到 V_{VCCPon} 电平，初级侧控制器电源管理模块就会启动，并根据第二阶段定义的硬件配置加载配置。第二阶段结束后，如果 VIN 高于 I_{HV_BI} 检测到的阈值，且低于阈值 V_{VINP_LOVP}，且初级侧控制器芯片结温低于过温阈值 T_{JPOTP}，则初级侧控制器开始软启动开关。

3.2.2 次级侧 VCCS 启动序列

次级侧控制器由 VCCS 引脚供电。当连接到输出电压时，电源电压会在初级侧软启动阶段升高。在 V_{VCCS} 超过阈值 V_{VCCSon} 和 V_{FB} 超过阈值 $V_{FBstart}$ 之后，次级侧开始接管 PWM 控制。

3.3 控制特性

本章介绍初级侧和次级侧的反激式控制特性。

3.3.1 通过 HV 引脚上的 HV 启动单元进行高压检测

如图 3所示，控制器利用集成的 HV 启动单元和连接到输入电压 V_{IN} 的外部 HV 电阻 R_{HV}，通过 HV 引脚检测整流输入电压。感测采用周期性采样，而不是连续采样，以减少功率损耗。可通过外部 HV 电阻 R_{HV} 调整内部brownin和brownout电流阈值 I_{HV_BI} 和 I_{HV_BO} 的相应输入电压。

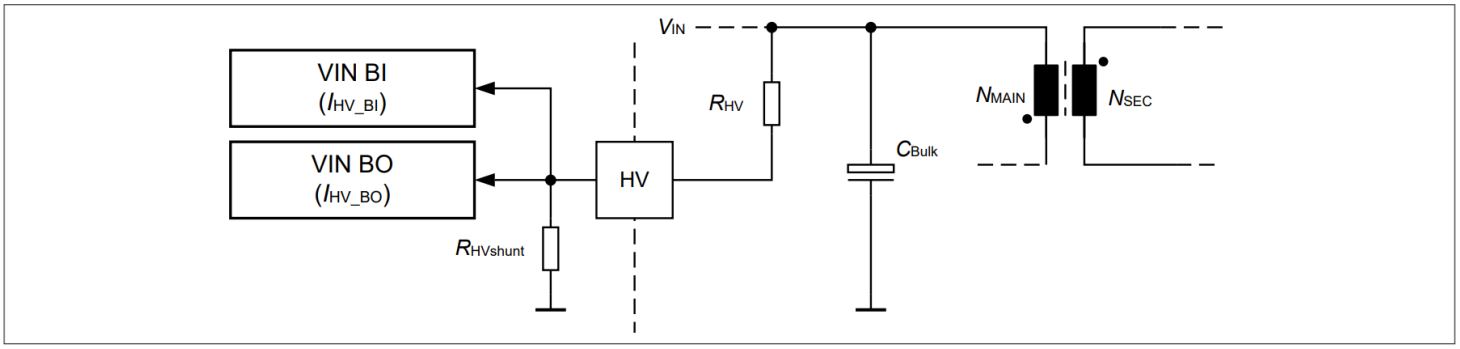


图 3 用于brownin/brownout保护的高压引脚检测

3.3.2 通过 VINP 引脚进行高压检测

控制器通过 VINP 引脚检测整流后的输入线路电压，并通过两个电阻器进行线路过压保护，R_{VINH} 和 R_{VINL} 如图 4 所示。

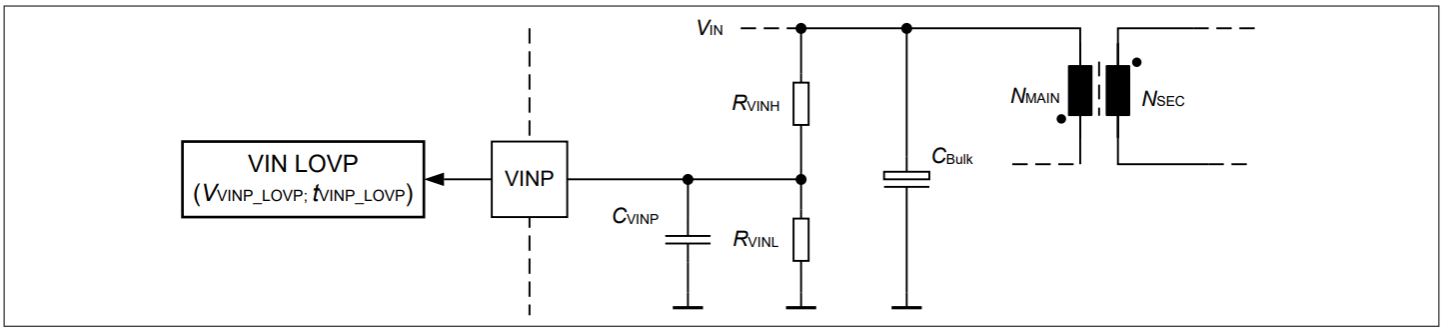


图 4 VINP 引脚检测

3.3.3 CS 引脚的初级电流检测

如图 5 所示，在初级侧控制器中，通过使用外部检流电阻 R_{CS} 将初级变压器绕组电流转换为电压进行监控。这些信息用于以下功能：

- 软启动期间的峰值电流限制
- 正常运行时 OCP1 的最大峰值电流限制
- 故障时的初级侧过流保护 OCP2

为避免初级侧功率开关接通时外部检流电阻上的电压尖峰造成误触发，集成了一个 $t_{OCP1LEB}$ 的前沿消隐（LEB）滤波器。

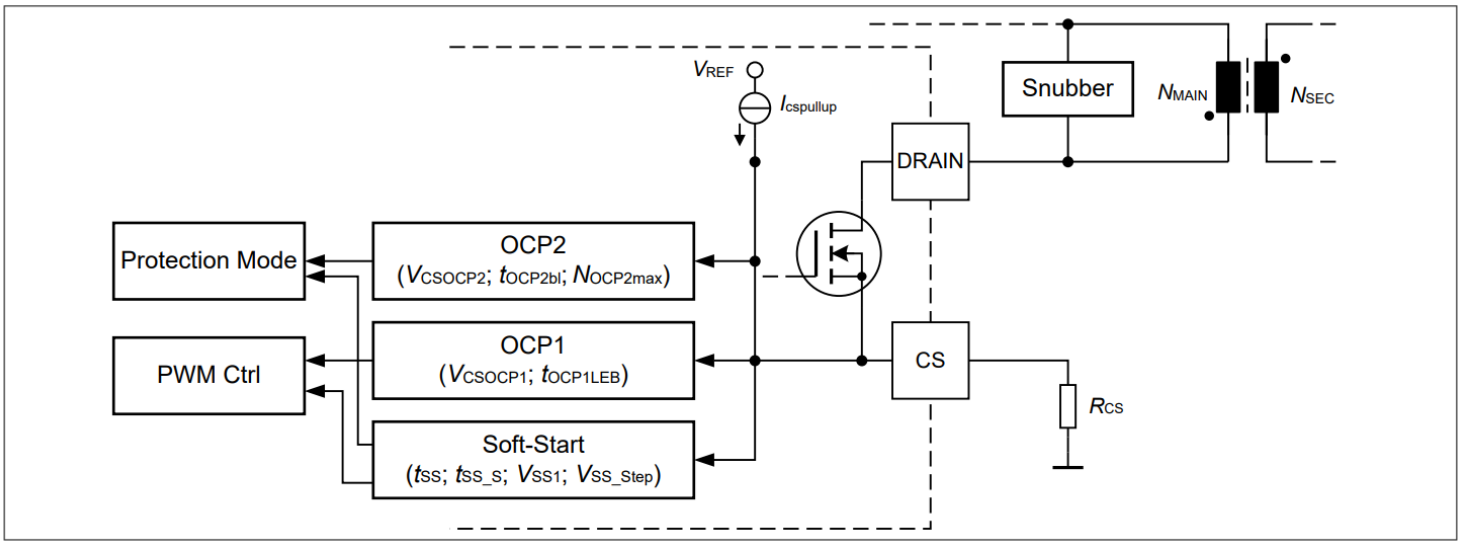


图 5 CS 引脚的初级侧电流检测

3.3.4 初级侧 ZCDP 检测

ZCDP 引脚可在软启动期间检测过零，还可通过辅助变压器绕组提供反射输出保护检测（见图 6）。

在系统中，辅助绕组的电压通过一个 RC 网络（R_{ZCDPH}、R_{ZCDPL} 和 C_{ZCDP}）加到 ZCDP 引脚上，该网络为辅助绕组的电压提供时间延迟。在内部，该引脚与过零检测器、输出过压/欠压检测器和振铃抑制时间控制器相连。外接二极管 D_{AUX} 用于阻断来自辅助绕组的负电压。

在初级功率开关关闭期间，ZCDP 引脚上的电压受到监控，以检测输出过压和输出欠压。后者仅在软启动后启用。

如果电压高于阈值 V_{ZCDP_OVP}，持续 $N_{ZCDPovp}$ 个连续开关脉冲则控制器进入初级输出过压保护。如果电压低于阈值 V_{ZCDP_UVP}，持续 $N_{ZCDPuvp}$ 个连续开关脉冲则控制器进入初级输出欠压保护。

振铃抑制时间

初级侧开关关闭后，V_{DRAIN} 的电压会发生振荡，这也会出现在 V_{ZCDP} 上。为了避免这种振荡误触发初级开关导通，我们采用了振铃抑制定时器。

如果电压 V_{ZCDP} 低于 V_{ZCDPRS} 阈值，则采用较长的预设时间 t_{ZCDPrs_SS}。但是，如果电压 V_{ZCDP} 高于 V_{ZCDPRS} 阈值，则会设置较短的时间 t_{ZCDPrs}。

ZCDP 引脚对地短路

如果 ZCDP 引脚在启动前短路，在配置加载期间，如果 ZCDP 引脚上的电压小于 ZCDP 短路至 GNDP 时的阈值 V_{ZCDP_short}，则会触发初级 ZCDP 短路至GND保护，并进入自动重启模式。为避免 ZCDP 引脚出现未知状态，通过集成的 R_{ZCDP} 提供了一条高阻抗路径。在 ZCDP 引脚浮空的情况下，引脚通过 R_{ZCDP} 向 GNDP 放电。软启动后，会触发初级输出欠压保护。

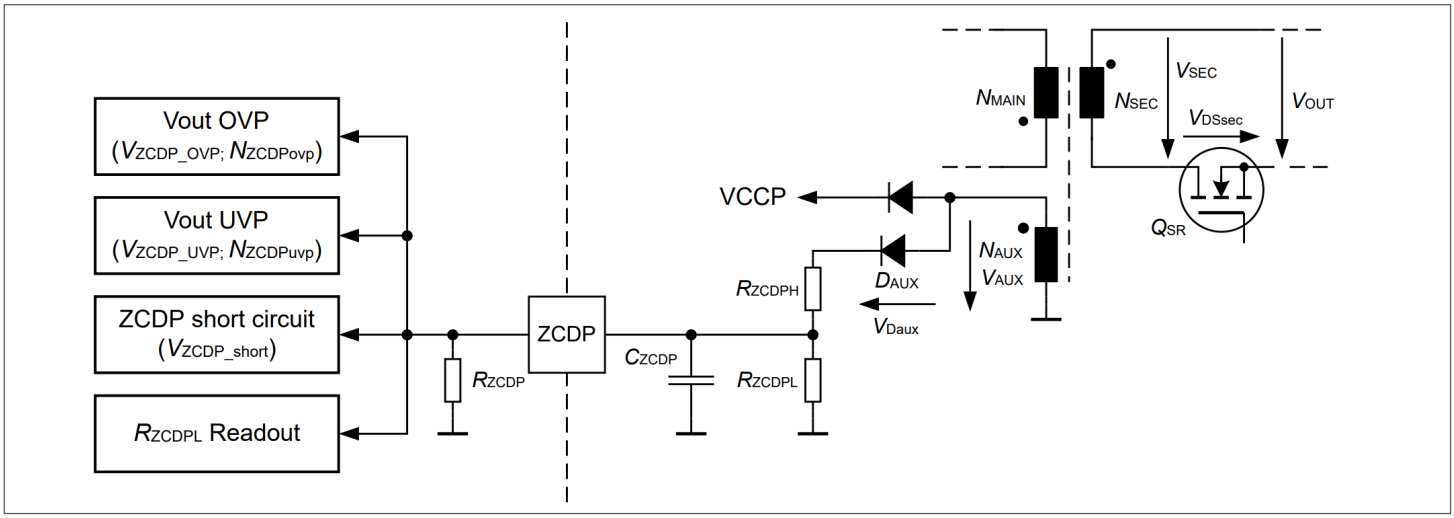


图 6　　初级侧 ZCDP 引脚检测

3.3.5　初级软启动控制

如图 7 所示，控制器通过逐步增加峰值电流限制开始软启动运行。控制器中实现的软启动是一种基于时间的数字功能。预设的软启动时间为 t_{SS}，中间有四个步骤。如果不受其他功能的限制，CS 引脚上的峰值电压将按 V_{SS_Step} 从 V_{SS1} 逐步增加到 V_{CSOCP1}。在软启动的最初 t_{ss_s} 期间，振铃抑制时间设置为 t_{ZCDPrs_SS}，以避免振荡噪声导致开关周期过早关断。

在软启动的第一步，执行最大关闭时间。在栅极驱动关闭 t_{OffMax} 时，栅极驱动再次导通。

此外，控制器还具有最大导通时间 t_{OnMax} 限制。最大接通时间和最大关断时间的限制可限制启动和掉电时的噪音。

在控制权移交失败的情况下，如果次级侧在软启动结束后的超时 t_{pto} 内未能接管控制权，初级侧控制器就会进入自动重启模式。

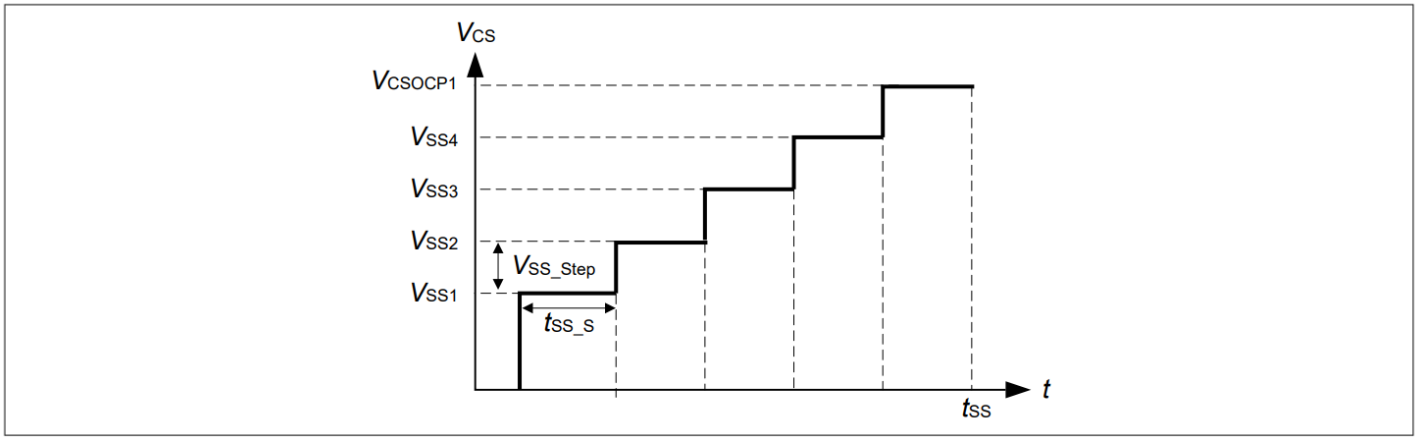


图 7 软启动期间的最大电流检测电压

3.3.6 正常运行

以下各章将介绍次级侧接管 PWM 控制时的正常运行情况。这种控制是通过 ZCDS 引脚感应初级侧的反射电压。该控制装置可确保在任何情况下，SR 功率开关和初级侧功率开关的时序都是同步的。通过 SR 功率开关的电流注入功能，可在初级侧实现 ZVS 操作。控制回路包括集成误差放大器和电压基准，以及外部可配置的 RC 网络。

3.3.6.1 次级接管控制

一旦输出电压超过阈值 V_{VCCSon}，次级侧控制器就开始监控 FB 引脚的电压。一旦 FB 引脚上的电压超过 $V_{FBstart}$ 电平，次级侧控制器就会接管初级侧控制器的控制。这一过程分为两个步骤：

- 次级侧控制器向初级侧发出停止开关的信号。
- 超时 t_{ho} 之后，次级侧开始闭环运行。

3.3.6.2 次级ZCDS 检测

控制器检测 ZCDS 引脚以进行 SR 操作以及谷值和峰值检测。

在初级侧接通阶段，控制器将 ZCDS 引脚钳位在 VCCS 引脚的电压上。因此，流过的电流只代表反射的输入电压，并由该传感路径上的外部电阻决定。这一信息可用于对输入电压变化进行前馈补偿，方法是在导通阶段调整导通时间，以实现快速的瞬态线路响应。

3.3.6.3 同步整流器

该控制器集成了同步整流器 (SR) 控制器，可通过 ZCDS 引脚感应漏极次级侧外部开关两端的电压。检测到的信号与两个阈值电压进行比较，从而在 V_{NSN} 时打开外部开关，在 $V_{ZCDS_SROFFslow}$ 时关闭外部开关，以达到最佳效率。

在滞回模式下，SR 操作被禁用。

3.3.6.4 零电压开关的自适应电流注入

在打开初级侧功率开关之前，会引入一个额外的 SR 接通脉冲，以向变压器注入电流，从而在初级开关处实现 ZVS 状态。当次级侧的反射输入电压高于 ZCDS 引脚上的 I_{ZCDS_mid} 时，就会出现这种情况。控制器激活 SR 栅极驱动器，使其接近次级侧的目标谷底，从而插入一个 ZVS 脉冲。在 ZVS 脉冲之后，变压器电压将摆动到相反一侧。

控制器在接近初级漏极电压最低点时导通初级开关。

3.3.6.5 闭环运行

控制器通过 FB 引脚检测输出电压，并将其与内部基准电压 V_{FBref} 进行比较。集成的运算跨导放大器 (OTA) 会放大误差信号，以便在 EA 引脚上进行外部补偿。

在闭环运行时，控制器会根据 EA 电压产生一个持续时间长短不一的初级栅极脉冲。产生的脉冲采用 ZCDS 引脚检测到的反射输入电压的前馈路径，以补偿输入电压变化对脉冲宽度的影响。

3.3.7 多模式运行

控制器通过多种运行模式优化效率。正常运行时，根据 QR 控制法进行连续切换。QR 开关受特定工作条件（如极高和极低负载）下的频率限制。轻载时，在进入滞回模式之前，首先引入跳周期运行。

3.3.7.1 带频率限制的 QR 操作

在正常 QR 运行期间，控制器与由目标谷底计数器、谷底计数器和比较器组成的数字信号处理电路以及由 PWM 发生单元组成的模拟电路一起工作。这三个数字部分是实现数字频率随负载减小而降低的关键。开关时间点分别由数字电路和模拟电路确定。在确定接通时，需要输入过零信号和目标谷底信息，而在确定关断时，则需要输入误差放大器信号 V_{EA}。

目标谷底确定

目标谷底数决定何时启动新的开关周期。该值取决于误差放大器电压 V_{EA}，它代表输出功率。高输出功率导致高 V_{EA}，低输出功率导致低 V_{EA}。因此，根据 V_{EA}，目标谷底会发生变化，从而根据输出功率改变关断时间。

在每个 $t_{valleyupdate}$ 的时钟周期，将电压 V_{EA} 与三个阈值电压 V_{EA_LHC}、V_{EA_HLC} 和 V_{EA_R} 进行比较。如下表所示，目标谷底增加 1，保持不变或减少 1。

表 2 目标谷底的更新

V_{EA}	Target valley action
Always lower than V_{EA_LHC}	Increase by one till $N_{valley_max_lowline}$ (low-line) or $N_{valley_max_highline}$ (high-line)
Once higher than V_{EA_LHC}, but always lower than V_{EA_HLC}	Stop counting, no value changing
Once higher than V_{EA_HLC}, but always lower than V_{EA_R}	Decrease by one till 1 (low-line) or $N_{valley_min_highline}$ (high-line)
Once higher than V_{EA_R}	Set target valley immediately to 1 (low-line) or $N_{valley_min_highline}$ (high-line)

目标谷底仅限于最小值和最大值，因此计数器在 1 至 $N_{valley_max_lowline}$（低压）或 $N_{valley_min_highline}$ 至 $N_{valley_max_highline}$（高压）之间变化。当 V_{EA} 超过 V_{EA_R} 电压时，目标谷底将重置为可能的最低值（对应线路电压），以便系统对负载突然增加做出快速反应。在启动时，目标谷底也会重置为尽可能低的值（对应线路电压），以确保最大负载的高效启动。使用两个不同的阈值 V_{EA_LHC} 和 V_{EA_HLC} 进行向上或向下计数，是为了防止误差放大器电压接近阈值时出现频率抖动。

最低目标谷底确定

为减少低压和高压之间的开关频率差，采用了最小谷底。如果初级侧脉冲期间的 ZCDS 电流低于 I_{ZCDS_mid} - Δ I_{ZCDS_mid}，即代表低压，则最小谷底设为 1。对于高压，当初级侧脉冲期间的 ZCDS 电流超过 I_{ZCDS_mid} 时，最小谷值被设置为 $N_{valley_min_highline}$。

ΔI_{ZCDS_mid} 决定了具有一定消隐时间 t_{ZCDS_mid}的滞回，以确保在 AC 低压和 AC 高压之间进行稳定选择。

谷底计数

控制器通过 ZCDS 引脚做次级侧的峰值和谷值检测：

- 如果禁用 ZVS，则谷底计数器据次级侧峰值的增加而增加。
- 如果启用 ZVS，则谷底计数器据次级侧谷底的增加而增加。

启动新的开关周期

当谷底计数器的值等于目标谷底值时，将启动新的开关周期。如果振荡阻尼非常快，控制器无法检测到任何进一步的谷底，内部定时器会产生内部事件，增加谷底计数器，以实现频率折返。

避免噪音

通过限制脉宽调制（PWM）的最小开关频率 f_{sw_min}，可避免产生噪音，尤其是在轻载运行和过载条件下。在谷底开关操作期间，通过增加触发下一个初级导通开关周期之前的谷底次数来折返频率。

最迟在达到最小开关频率 f_{sw_min} 时启动新的开关周期，与谷底计数器和 V_{ZCDS} 无关。

在重负载下工作时，开关频率会因消磁时间的增加而降低。如果达到 $t_{CCMperiod}$ 的最大周期，SR 栅极驱动器会立即关闭，并触发下一个初级开关导通周期。

这两种方法都能确保在轻载和重载运行时，开关频率保持在规定的水平之上，以避免产生噪音。

最大开关频率限制

允许的最大开关频率受内部限制。如果开关频率高于 f_{sw_max}，初级侧 PWM 栅极只能在下一个谷底时导通。

频率抖动

频率抖动功能有助于减少传导电磁干扰（EMI）。当软启动期结束，控制器进入正常模式运行时，通过在开关周期上叠加频率抖动来启用频率抖动。

频率抖动功能由抖动重复频率 f_{JITper}（视为开关频率的一部分）和差分频率变化幅度 Δf_{JITamp}（视为相对于工作开关频率的百分比）决定。

3.3.7.2 跳转操作

当误差放大器电压降到 V_{EA_skip} 以下时，初级侧和 SR 开关都保持在断开状态。当误差放大器电压再次升至 V_{EA_skip} 以上时，开关恢复。

3.3.7.3 滞回模式运行

在持续轻载条件下，控制器会进入滞回模式（HM），以最大限度地降低平均功耗。进入滞回模式的目标是低输出功率范围。要确定是否进入滞回模式，需要满足三个条件（见图 8）：

- 误差放大器电压低于阈值 V_{EA_EHMo}
- 低压目标谷为 $N_{valley_max_lowline}$，高压目标谷为 $N_{valley_max_highlineo}$
- 在一定的消隐时间 t_{HM} 之后，上述两个条件依然存在。

进入滞回模式后，由于 PWM 部分处于非活动状态，误差放大器电压会随着 V_{out} 开始下降而上升。如果超过 V_{EA_HMon} 电平，则一个比较器会观察误差放大器电压。在这种情况下，内部电路将通电以恢复开关。初级侧功率 MOSFET 的导通由谷底计数器触发，低压的固定目标谷底为 $N_{valley_max_lowline}$，高压的固定目标谷底为 $N_{valley_max_highlineo}$ 关断基于输入电压补偿的时间。如果输出负载仍然较低，误差放大器电压会随着开关将功率从初级侧转移到次级侧而降低。当误差放大器电压达到低阈值 V_{EA_HMoff} 时，内部电路再次复位，开关被禁用，直到下一次 V_{EA} 上升超过 V_{EA_HMon} 阈值。在滞回模式下，误差放大器电压在 V_{EA_HMoff} 和 V_{EA_HMon} 之间像锯齿一样变化。

发生高负载跳变后，误差放大器电压立即升高。这可以通过一个阈值为 V_{EA_LHM} 的比较器观察到。由于在滞回模式运行期间，初级脉冲发生的电压电平固定为 $V_{EA_PWM_HM}$，因此需要一定的负载才能使误差放大器电压超过 V_{EA_LHMo}。退出滞回模式后，通过 V_{EA} 调节的连续开关重新启动。此外，在退出滞回模式后，目标谷底会立即初始化为 $N_{valley_max_lowhline}$（低压）或 $N_{valley_max_highline}$（高压）。

如果负载阶跃使误差放大器电压升至 V_{EA_R} 以上，目标谷底将立即变为 1（低压）或 $N_{valley_min_highline}$（高压）。

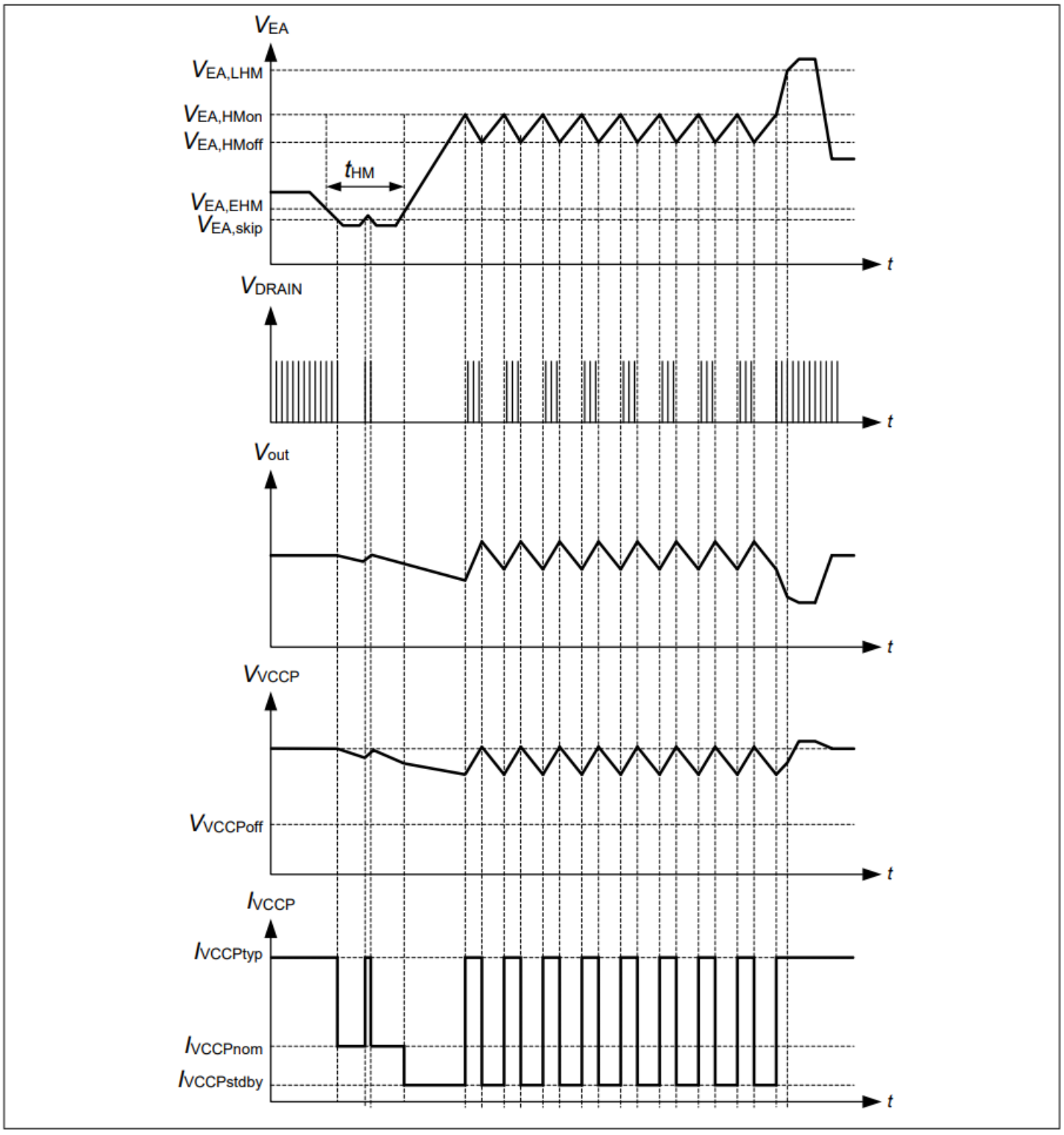


图 8　　进入、处于和退出滞回模式的典型信号

3.3.8 启用输出信号

此功能支持在非切换活动期间禁用 VINP 检测路径，从而降低系统功耗。

使用的逻辑如下：

1. 如果启用了 VINP 检测，则 ENP 逻辑 = 1
2. ENP 逻辑 = 0，如果
   - VINP 检测功能已禁用或
   - 控制器因 VCCP 过低或保护触发而关闭

3.4 保护功能

所有保护功能均强制使用新的软启动序列自动重启。保护机制触发后，将采用三种不同的自动重启模式。

1) 无开关自动重启模式

无开关自动重启模式在自动重启阶段没有开关活动，此时故障检测再次启用。故障检测后，控制器停止运行并进入省电模式。在这种非激活模式下，V_{VCCP} 在 $V_{VCCPoff}$ 和 V_{VCCPon} 阈值之间切换，由 VCCP 通过 HV 启动单元充电控制。每次超过 V_{VCCPon} 阈值时，都会触发故障检测。如果没有检测到其他故障情况，控制器将启动软启动序列。

2) 自动重启模式

当超过V_{VCCPon}阈值时，自动重启模式会激活软启动序列，并开始检测故障条件。如果仍然检测到故障条件，则立即停止软启动切换。

3) 八跳自动重启模式

八跳自动重启模式通过V_{VCCP}在$V_{VCCPoff}$和V_{VCCPon}阈值之间切换八次，延长自动重启模式的不开关状态，然后再启动软启动并检测故障条件。

下表总结了保护功能和指定的自动重启模式。

表 3 保护功能

Protection features	Startup phase (Open-loop operation)	Continuous switching (Closed-loop operation)	Hysteretic mode		Protection mode
			Switching	Non-switching	
Primary VCCP overvoltage and undervoltage protection	√	√	√	√[1)]	Auto-restart
Primary VCCP short to GNDP protection	√	√	√	n.a	No status
Primary maximum peak current limitation (OCP1max)	√	√	√	n.a	HW reset state
Primary 2nd level overcurrent (OCP2) protection	√	√	√	n.a	Eight-skip auto-restart
Primary overtemperature protection	√	√	√	n.a	Non-switch auto-restart

（表格续下页.....）

表 3 （续） 保护功能

Primary brownin and brownout protection	√	√	√	n.a	Non-switch auto-restart
Primary line overvoltage protection	√	√	√	n.a	Non-switch auto-restart
Primary output overvoltage protection	√	√	√	n.a	Eight-skip auto-restart
Primary output undervoltage protection	√	n.a	n.a	n.a	Eight-skip auto-restart
Primary ZCDP short to GNDP protection	√	n.a	n.a	n.a	Auto-restart
Primary closed-loop timeout protection	√	n.a	n.a	n.a	Auto-restart
Secondary VCCS overvoltage	n.a	√	√	n.a	Eight-skip auto-restart
Secondary VCCS undervoltage	n.a	√	√	n.a	Eight-skip auto-restart
Secondary VCCS UVLO detection	√	√	√	√	Secondary side off/ powered down
Secondary overload / open-loop (EA overvoltage)	n.a	√	n.a	n.a	Eight-skip auto-restart

1) 仅提供VCCP欠压保护。

3.4.1 初级侧保护功能

3.4.1.1 初级侧 VCCP 过电压和欠电压保护

在运行期间，如果 V_{VCCP} 在 $t_{VCCPoff}$ 时低于 $V_{VCCPoff}$，或在 $t_{VCCP_OVP_B}$ 时高于 V_{VCCP_OVP}，则初级侧功率 MOSFET 保持关闭。当 VCCP 电压低于阈值 $V_{VCCPoff}$ 时，将启动新的启动程序。

3.4.1.2 初级侧 VCCP 短路至 GND 保护

为了限制 V_{VCCP} 短路至 GNDP 时启动电路的功率损耗，V_{VCCP} 充电电流被限制在较低的 $I_{VCCPCharge1}$ 电平。有了这么低的电流，控制器的功率损耗就会受到限制。

3.4.1.3 初级侧峰值电流限制（OCP1max）

限流比较器可逐个周期限制初级侧的 OCP1 最大峰值电流。内部开关的源电流通过 CS 引脚连接的外部检流电阻 R_{CS} 进行测量。如果电压 V_{CS} 超过内部动态电压限值 $V_{CSOCP1}(t)$，比较器会立即关闭初级侧开关。动态电压阈值 $V_{CSOCP1}(t)$ 可避免在高线状态下产生更高的最大峰值电流限制，提供了传播延迟补偿。

3.4.1.4 初级侧最大功率限制

在高线路条件下，最小目标谷底增加到 $N_{valley_min_highline}$，以减少低压线路和高压线路条件下最大功率限制之间的差距。

3.4.1.5 初级侧第二级过电流(OCP2) 保护

CS 引脚上还有一个比较器 V_{CSOCP2}，用于检测变压器绕组短路或次级侧短路时可能出现的极高初级开关电流。为避免意外触发，设置了尖峰消隐时间 $t_{OCP2blo}$。

计数器对短路绕组情况的发生次数进行计数。如果连续出现 $N_{OCP2max}$ 次，则短路绕组状态确认，系统进入 OCP2 保护模式。

3.4.1.6 初级侧 CS 浮动保护

如果 CS 引脚浮空，内部 CS 上拉电流源 $I_{CSpullup}$ 会对 CS 引脚充电，并触发 OCP2 保护。

3.4.1.7 初级侧过温保护

如果初级侧控制器的结温超过 T_{JPOTP}，控制器将进入过温保护 (OTP) 自动重启模式。只有当控制器的结温降到低于过温触发点 T_{JPOTP_hys} 所确定的过温滞回点时，控制器才能从 OTP 恢复。

3.4.1.8 初级侧 brownin 和 brownout 保护

当控制器激活时，HV 引脚上的 brownin 监控将被启用。此外，还要检查初级侧控制器是否处于 T_{JPOTP} 条件下。当 T_J 温度低于 T_{JPOTP} 时，HV 启动单元导通，比较 HV 引脚上的电流 I_{HV} 与电流阈值 I_{HV_Blo}。如果不满足两个条件之一，则不启动内部初级侧功率开关，初级侧控制器启动另一轮自动重启。这一过程一直持续到两个条件都满足为止。

当控制器进入激活模式时，V_{IN} 电压会在采样周期 $t_{DCHVsmper}$ 内定期检测。然后，耗尽单元在固定的采样时间 $t_{DCHVsmt}$ 内被激活。

如果在采样时间内 I_{HV} 小于 HV brownout电流阈值 I_{HV_BO}，则认为发生了brownout事件。如果该事件连续发生 N_{HVBO} 次，则保护触发自动重启模式。

3.4.1.9 初级侧线路过压保护

AC 线路过压保护（LOVP）是通过分压电阻器 R_{VINH} 和 R_{VINL}，通过 VINP 引脚检测总线电容器电压。当 V_{VINP} 电压高于线路过压阈值 V_{VINP_LOVP} 时，控制器进入保护模式，直到 V_{VINP} 低于 V_{VINP_LOVP}。可通过将 VINP 引脚连接至 GNDP 来禁用这种保护。

3.4.1.10 初级侧输出过压保护

如果次级侧控制器不接管控制，则初级侧控制器会在 V_{ZCDP_OVP} 处的反射输出电压过压时停止开关，并触发自动重启模式。

一旦次级侧控制器成功接管控制权，该保护就会失效。

3.4.1.11 初级侧输出欠压保护

初级输出欠压保护在软启动时间后启用，并在反射输出电压的欠压超过 V_{ZCDP_UVP} 时停止初级侧控制器的开关。在 $N_{ZCDPuvp}$ 连续开关周期检测到欠压条件后，将触发自动重启。

一旦次级侧控制器成功接管控制权，该保护就会失效。

3.4.1.12 初级侧 ZCDP 短路至 GNDP 保护

初级侧控制器上电后，会检测 ZCDP 引脚是否短路。在系统配置阶段，如果 ZCDP 小于 ZCDP 短路至 GNDP 的阈值 V_{ZCDP_short}，则触发自动重启模式。初级侧控制器配置加载完成后，该保护将被禁用。

3.4.1.13 初级侧闭环超时保护

初级侧控制器启动开环操作后，将启动闭环超时 t_{pto} 计数器。如果在超时结束时未检测到来自次级侧控制器的握手，初级侧控制器就会触发八跳自动重启模式。

3.4.2 次级侧保护功能

3.4.2.1 次级侧 VCCS 欠压和过压保护

当 V_{VCCS} 低于 V_{VCCS_UVP} 持续时间达 $t_{VCCS_UVP_B}$，或超过 V_{VCCS_OVP} 持续时间达 $t_{VCCS_OVP_B}$ 时，将触发八次跳周期自动重启。

3.4.2.2 次级侧开环保护

在控制环路开路或输出过载的情况下，误差放大器电压会被拉高。当 V_{EA} 超过 V_{EA_OLP} 消隐时间 $t_{EA_OLP_B}$ 之后，控制器进入八跳自动重启模式。

3.5 通过外部电阻设置进行硬件配置

控制器通过外部电阻器的读数，为初级侧和次级侧提供硬件（HW）配置。初始启动后，当 VCCP 引脚和 VCCS 引脚的电压超过 UVLO 导通阈值时，将在 ZCDP 引脚的初级侧和 CONF0 和 CONF1 引脚的次级侧进行读出。

3.5.1 初级侧配置

在初级侧，brownin保护和brownout保护的阈值由电阻器 R_{ZCDPL} 配置在 ZCDP 引脚上。成对的brownin（BI）和brownout（BO）阈值支持四个可配置选项。

通过打开 HV 引脚上的集成式高压启动单元，可以观察到 BI 和 BO。然后，HV 引脚上的外部高压启动电阻与内部检流电阻 $R_{HVshunt}$ 相连，形成一个电阻分压器（见图 3）。

系统级 BI 和 BO 的不同阈值是通过调整 $R_{HVshunt}$ 设置的。

下表列出了通过连接在 ZCDP 引脚和地之间的 R_{ZCDL} 可以设置的选项。

表 4 初级侧配置选项

Option	[$R_{ZCDL(min)}$; $R_{ZCDL(max)}$]	Brownin current threshold	Brownout current threshold	Internal $R_{HVshunt}$ for HV sensing
1	[1.00 kΩ ; 1.05 kΩ]	2.00 mA	1.40 mA	0.50 kΩ
2	[1.87 kΩ ; 2.70 kΩ]	1.00 mA	0.70 mA	1.00 kΩ
3	[4.30 kΩ ; 5.00 kΩ]	0.67 mA	0.47 mA	1.50 kΩ
4	[9.20 kΩ ; 9.50 kΩ]	0.50 mA	0.35 mA	2.00 kΩ

3.5.2 次级侧配置

次级侧控制器通过 CONF0 和 CONF1 引脚上的两个电阻器进行配置。

注释：　如果 CONFx 引脚短路或开路，将进入自动重启保护模式。连接的电容器应为< 100 pF。

CONF0 引脚的硬件配置

CONF0 引脚通过连接电阻 R_{SET0} 提供六种配置选项，用于设定主初级侧输入绕组与主次级侧输出绕组之间的变压器匝数比 N_{MAIN} / N_{SEC}。该信息用于通过 ZCDS 引脚测量反射输入电压。

CONF1 引脚的硬件配置

CONF1 引脚根据所连接的电阻 R_{SET1} 为不同的参数设置提供六个配置选项。

下表列出了 CONFx 引脚上电阻器 R_{SETx} 的支持选项：

表 5　　R_{SET0} 和 R_{SET1} 的选项

Option	R_{SETx}	Turns ratio N_{MAIN} / N_{SEC} (R_{SET0})	Parameter set (R_{SET1})
1	3.9 kΩ	5	RSET1_1
2	6.8 kΩ	6	RSET1_2
3	12.0 kΩ	7	RSET1_3
4	18.0 kΩ	8	RSET1_4
5	27.0 kΩ	9	RSET1_5
6	39.0 kΩ	10	RSET1_6

可配置以下参数设置：

表 6　　RSET1_x 参数设置

Parameter	Symbol	RSET1_1	RSET1_2	RSET1_3	RSET1_4	RSET1_5	RSET1_6
EA threshold to enter hysteretic mode	V_{EA_EHM}	0.586 V	0.586 V	0.605 V	0.605 V	0.624 V	0.624 V
EA voltage for wakeup in hysteretic mode	V_{EA_HMOn}	1.20 V	1.20 V	1.20 V	1.25 V	1.20 V	1.25 V
EA voltage for off-phase in hysteretic mode	V_{EA_HMOff}	0.9 V	0.9 V	0.9 V	0.8 V	0.9 V	0.8 V
EA voltage during hysteretic mode	$V_{EA_PWM_HM}$	0.8 V	0.9 V	0.9 V	0.8 V	0.9 V	0.8 V

4 特性

所有信号均各自相对于接地 GNDP 引脚或 GNDS 引脚为基准进行测量。如果没有违背其他额定值，则电压电平都有效。

4.1 绝对最大额定值

超过此处所列的电气压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；超过其中任何一个值都可能对集成电路造成不可逆转的损坏。

表 7 绝对最大额定值

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Drain voltage	V_{DRAIN}	–	–	800	V	T_J = 25 °C
Voltage at HV pin	V_{HV}	-0.5	–	950	V	Permanently applied as DC value
Current at HV pin	I_{HV}	–	–	10	mA	Internally limited by HV startup-cell
Voltage at VCCP pin	V_{VCCP}	-0.3	–	32	V	–
Voltage at VINP pin	V_{VINP}	-0.3	–	5.5	V	Permanently applied as DC value
Voltage at ZCDP pin	V_{ZCDP}	-0.3	–	5	V	Permanently applied as DC value
Voltage at ENP pin	V_{ENP}	-0.3	–	V_{VCCP} + 0.3	V	Permanently applied as DC value
Voltage at CS pin	V_{CS}	-0.3	–	3.6	V	Permanently applied as DC value
Current at CS pin	$-I_{CSclp}$	–	–	1.3	mA	Permanently applied as DC value. V_{CS} = -0.45 V
Voltage at VCCS pin	V_{VCCS}	-0.3	–	27	V	Permanently applied as DC value
Voltage at ZCDS pin	V_{ZCDS}	-0.3	–	17	V	Permanently applied as DC value
Current at ZCDS pin	I_{ZCDS}	–	–	8	mA	–
Voltage at GDSR pin	V_{GDSR}	-0.3	–	V_{VCCS} +0.3	V	Permanently applied as DC value
Voltage at FB pin	V_{FB}	-0.3	–	5	V	Permanently applied as DC value
Voltage at EA pin	V_{EA}	-0.3	–	5	V	Permanently applied as DC value
Voltage at CONF0 pin	V_{CONF0}	-0.3	–	3.6	V	Permanently applied as DC value
Voltage at CONF1 pin	V_{CONF1}	-0.3	–	3.6	V	Permanently applied as DC value
Maximum DC current at any pins except for DRAIN and CS pin	–	-10	–	10	mA	–
Junction temperature	T_J	-40	–	150	°C	–
Storage temperature	T_{STORE}	-55	–	150	°C	–
Soldering temperature	T_{Sold}	–	–	260	°C	Reflow soldering according to tbd

（表格续下页……）

表 7 （续）绝对最大额定值

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
ESD HBM capability	V_{HBM}	–	–	2	kV	Human body model according to ANSI/ ESDA/JEDEC JS-001-2012
ESD CDM capability	V_{CDM}	–	–	500	V	Charged device model according to JESD22-C101F
Latch-up capability	I_{LU}	–	–	100	mA	According to JESD78D, 125 °C (Class II) temperature

4.2 封装特性

表 8 封装特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Thermal resistance from junction to ambient	R_{thJA1}	–	84.7	–	K/W	Setup according to the JEDEC standard JESD51 and using minimum drain pin copper area in a 2 oz copper single sided PCB. T_A = 50 °C, T_J = 125 °C for power switch
Thermal resistance from junction to ambient	R_{thJA2}	–	66.9	–	K/W	Setup according to the JEDEC standard JESD51 and soldering to 232 mm² (0.36 sq) drain pin copper area in a 2 oz copper single sided PCB. T_A = 50 °C, T_J = 125 °C for power switch
Creepage distance between HV to GNDP-related pins	CRP_{HV_GNDP}	1.57	–	–	mm	–
Creepage distance between DRAIN to GNDP-related pins	CRP_{DRAIN_GNDP}	3.52	–	–	mm	–
Creepage distance between isolated primary to secondary related pins	CRP_{PSiso}	8.19	–	–	mm	Pin 10 and pin 27 not connected

4.3 工作条件

下表显示了工作范围，其中下一章所示的电气特性有效。

表 9 工作条件

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Junction temperature	T_J	-40	–	125	℃	–
Supply voltage at VCCP pin	V_{VCCP}	$V_{VCCPoff(max)}$	–	$V_{VCCP_OVP(min)}$	V	–
Supply Voltage at VCCS pin	V_{VCCS}	$V_{VCCS_UVP(max)}$	–	$V_{VCCS_OVP(min)}$	V	–
Voltage at HV pin	V_{HV}	-0.3	–	855	V	–
Voltage at CS pin	V_{CS}	-0.3	-	V_{CSOCP2}(max)	V	V_{CSOCP1} = 0.8 V, negative voltage lower needs to respect the negative maximum clamping current $-I_{CSclp}$
Clamp current of CS pin	$-I_{CSclp}$	–	–	2.5	mA	Permanently applied as DC value
Voltage at ENP pin	V_{ENP}	-0.3	-	13	V	–
Voltage at ZCDS pin	V_{ZCDS}	-0.3	–	$V_{VCCS_OVP(min)}$ + 0.7 V	V	–
Voltage at GDSR pin	V_{GDSR}	-0.3	$V_{GDSRclmp}$	11	V	–
Voltage at all the pins except for DRAIN, HV, VCCP, VCCS, CS, ENP, ZCDS, and GDSR pin	–	-0.3	–	3.3	V	–
External capacitance at ZCDP pin	C_{ZCDPL}	–	–	100	pF	–
External bottom resistor tolerance at ZCDP pin	ΔR_{ZCDPL}	-5	–	+5	%	–
Current into ZCDS pin	I_{ZCDS}	0.8	–	6.0	mA	Clamp current during primary side pulse while $V_{ZCDS} > V_{VCCS}$
External capacitance at CONFx pin	C_{CONFx}	–	–	100	pF	–
External resistor tolerance at CONFx pin	ΔR_{SETx}	-1	–	+1	%	–
Flyback resonant period	t_{DCM}	600	–	5000	ns	–

4.4 电气特性

电气特性涉及在给定电源电压和结温范围 T_J（-40 °C 至 125 °C） 内给出的数值范围。典型值代表与 T_J = 25 °C 有关的中值。所有初级侧电压均参考于 GNDP， 如果没有特别说明，假定电源电压为 V_{VCCP} = 14 V。所有次级侧电压均参考于 GNDS，如无特殊说明，假定电源电压为 V_{VCCS} = 12 V。

4.4.1 初级侧电源（VCCP 引脚）

表 10 电源电气特性（VCCP 引脚）

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
VCCP turn-on threshold	V_{VCCPon}	19	20	21	V	dV_{VCCP} / dt = 0.2 V/ms
VCCP turn-off threshold	$V_{VCCPoff}$	8.55	9.00	9.45	V	dV_{VCCP} / dt = -0.2 V/ms
VCCP turn-off blanking time	$t_{VCCPoff}$	30	50	70	µs	1), 1 V overdrive
VCCP off-state quiescent current	$I_{VCCPoff}$	–	165	340	µA	V_{VCCP} < $V_{VCCPon(min)}$ - 0.3 V
VCCP supply current without gate drive	$I_{VCCPnom}$	–	1.4	–	mA	1), IC self supply excluding gate drive currents
VCCP supply current in typical operation	$I_{VCCPtyp}$	–	3.4	–	mA	1), f_{swGDx} = 100 kHz
VCCP supply current in stand-by mode	$I_{VCCPstdby}$	–	210	250	µA	1), Sleep phase, T_J < 50 °C
VCCP supply current in stand-by mode with ENP high	$I_{VCCPstdbyENP}$	–	380	450	µA	1), V_{ENS} > V_{ENS_H}, Sleep phase, T_J < 50 °C
VCCP supply current in auto-restart mode (ARM)	$I_{VCCParm}$	–	200	500	µA	Sleep phase, T_J < 50 °C
VCCP overvoltage threshold	V_{VCCP_OVP}	28.9	30.4	31.9	V	–
VCCP overvoltage blanking time	$t_{VCCP_OVP_B}$	36	60	84	µs	1)

1) 不适用于生产测试 - 由设计/特性验证

4.4.2 高压（HV 引脚）

表 11 HV 引脚电气特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
DC high voltage sampling time	$t_{DCHVsmt}$	18	20	22	µs	1)

（表格续下页……）

表 11 （续）HV 引脚电气特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
DC high voltage sampling period	$t_{DCHVsmper}$	900	1000	1100	µs	1), During active phase
Initial VCCP charge current	$I_{VCCPCharge1}$	0.33	0.78	1.65	mA	$V_{VCCP} < V_{VCCPstart}$
VCCP threshold for safe VCCP charging without short-circuit	$V_{VCCPstart}$	–	–	1.8	V	–
Clamped VCCP charge current	$I_{VCCPCharge2}$	2.3	5.0	9.0	mA	$V_{VCCP} > V_{VCCPstart}$, R_{HV} = 50 kΩ, V_{IN} = 600 V
Leakage current at HV pin	I_{HVLK}	–	–	10	µA	V_{HV} = 800 V, HV startup-cell disabled
HV Brownin current threshold	I_{HV_BI}	1.88	2.00	2.12	mA	2), Option 1
HV Brownout current threshold	I_{HV_BO}	1.31	1.40	1.49	mA	2), Option 1
HV Brownin current threshold	I_{HV_BI}	0.94	1.00	1.06	mA	2), Option 2
HV Brownout current threshold	I_{HV_BO}	0.65	0.70	0.75	mA	2), Option 2
HV Brownin current threshold	I_{HV_BI}	0.63	0.67	0.71	mA	2), Option 3
HV Brownout current threshold	I_{HV_BO}	0.44	0.47	0.50	mA	2), Option 3
HV Brownin current threshold	I_{HV_BI}	0.47	0.50	0.54	mA	2), Option 4
HV Brownout current threshold	I_{HV_BO}	0.33	0.35	0.38	mA	2), Option 4
HV Brownout detection blanking	N_{HVBO}	–	4	–	cycle	1), Consecutive sampling cycles to trigger brownout protection

1) 不适用于生产测试 - 由设计/特性验证
2) 可配置，见表 4

4.4.3 初级侧电流检测（CS 引脚）

表 12 CS 引脚电气特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
CS pin pull-up current	$I_{CSpullup}$	0.8	1.0	1.2	uA	–

（表格续下页……）

表 12 （续） CS 引脚电气特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
OCP1 maximum peak current limitation	V_{CSOCP1}	0.72	0.78	0.84	V	–
Leading edge blanking time	$t_{OCP1LEB}$	154	220	286	ns	–
OCP2 turn-off threshold	V_{CSOCP2}	1.04	1.10	1.16	V	–
OCP2 blanking time	t_{OCP2bl}	28	40	52	ns	1)
Max allowable OCP2 consecutive switching cycles	$N_{OCP2max}$	–	3	–	–	1)
Abnormal CS voltage sample period	$t_{CS_STG_SAM}$	4.5	5	5.5	µs	1)
Number of pulses used for CS pin short protection	N_{CS_STG}	–	3	–	–	1)
Soft-start time	t_{ss}	10.8	12.0	13.2	ms	1)
Soft-start time step	t_{ss_s}	2.7	3.0	3.3	ms	1)
Internal regulation voltage at CS pin for the first step	V_{SS1}	0.27	0.30	0.33	V	–
Internal regulation voltage step at CS pin for soft-start	V_{SS_Step}	0.135	0.150	0.165	V	–
Maximum on-time during open-loop operation	t_{OnMax}	31.5	35.0	38.5	µs	1)
Maximum off-time during open-loop operation	t_{OffMax}	38.2	42.5	46.8	µs	1)
Close-loop timeout time	t_{pto}	36	40	44	ms	1)

1) 不适用于生产测试 - 由设计/特性验证

4.4.4 初级侧过零检测和输出电压测量（ZCDP 引脚）

表 13 ZCDP 引脚电气特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
ZCDP zero-crossing threshold	$V_{ZCDPthr}$	70	100	130	mV	Falling edge
ZCDP long ringing suppression threshold	V_{ZCDPRS}	0.27	0.30	0.33	V	–
ZCDP ringing suppression time	t_{ZCDPrs}	1700	2000	2300	ns	1), $V_{ZCDP} > V_{ZCDPRS}$
ZCDP long ringing suppression time	t_{ZCDPrs_SS}	22.5	25.0	27.5	µs	1), $V_{ZCDP} < V_{ZCDPRS}$
ZCDP output overvoltage threshold	V_{ZCDP_OVP}	2.05	2.20	2.35	V	–
ZCDP output overvoltage blanking	$N_{ZCDPovp}$	–	3	–	cycle	1)
ZCDP output undervoltage threshold	V_{ZCDP_UVP}	0.45	0.50	0.55	V	–
ZCDP output undervoltage blanking	$N_{ZCDPuvp}$	–	3	–	cycle	1)
ZCDP short to GNDP threshold	V_{ZCDP_short}	70	100	130	mV	

1) 不适用于生产测试 - 由设计/特性验证

4.4.5 初级侧总线电压检测（VINP 引脚）

表 14 VINP 引脚电气特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Line overvoltage threshold	V_{VINP_LOVP}	2.68	2.80	2.92	V	–
Line overvoltage blanking	t_{VINP_LOVP}	225	250	275	µs	1)
VINP Input leakage current	I_{VINPLK}	-200	–	200	nA	–

1) 不适用于生产测试 - 由设计/特性验证

4.4.6 初级侧输出启用控制（ENP 引脚）

表 15 ENP 引脚电气特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
ENP output voltage level (High)	V_{ENP_H}	7.9	10.0	13.0	V	To on/off bus voltage sensing resistor ladder **1.** $V_{VCCP} > 9$ V **2.** $R_{load} = 2.5$ kΩ
ENP source current	I_{ENPsrc}	3.7	6.0	8.4	mA	$V_{ENP} = 5$ V, $V_{VCCP} = 7.6$ V to 32 V

4.4.7 功率开关

表 16 功率开关电气特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
DRAIN to CS breakdown voltage (ICE18xx)	$V_{(BR)DSS}$	800	–	–	V	$T_J = 25$ °C
DRAIN leakage current	I_{DSS}	–	–	1	µA	$V_{DRAIN} = 800$ V, $T_J = 25$ °C
DRAIN leakage current	I_{DSS}	–	10	–	µA	[1], $V_{DRAIN} = 800$ V, $T_J = 150$ °C
DRAIN to CS on-resistance (ICE184xx)	$R_{DS(on)}$	–	0.70	0.84	Ω	$T_J = 25$ °C
DRAIN to CS on-resistance (ICE184xx)	$R_{DS(on)}$	–	1.48	–	Ω	$T_J = 125$ °C
Effective output capacitance, energy related (ICE184xx)	C_{oer}	–	12	–	pF	[1], $V_{DRAIN} = 0$ V to 500 V
Minimum on-time in closed loop	t_{ONmin_CL}	302	336	370	ns	[1]
Maximum on-time in closed loop	t_{OnMax_CL}	31.5	35.0	38.5	µs	[1]

1) 不适用于生产测试 - 由设计/特性验证

4.4.8 次级侧电源（VCCS 引脚）

表 17 电源电气特性（VCCS引脚）

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
VCCS turn-on threshold	V_{VCCSon}	–	–	5.7	V	–

（表格续下页.....）

表 17 （续）电源电气特性（VCCS 引脚）

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
VCCS HW reset hysteresis below turn-on threshold	$V_{VCCSres}$	350	–	1050	mV	–
VCCS undervoltage protection threshold	V_{VCCS_UVP}	6.6	7.0	7.4	V	1)
VCCS undervoltage protection blanking time	$t_{VCCS_UVP_B}$	40	–	–	µs	1)
VCCS overvoltage protection threshold	V_{VCCS_OVP}	14.6	15.5	–	V	1)
VCCS overvoltage blanking time	$t_{VCCS_OVP_B}$	40	–	–	µs	1), 1 V overdrive
VCCS supply current in normal mode without gate drive	$I_{VCCSnom}$	–	4.3	–	mA	1)
VCCS supply current during stand-by mode	$I_{VCCSstdby}$	–	360	600	µA	During non-switching time, T_J < 50 °C
VCCS supply current during protection mode	$I_{VCCSoff}$	–	4.3	–	mA	Protection mode entered

1) 不适用于生产测试 - 由设计/特性验证

4.4.9 反馈（FB 引脚）

表 18 FB 引脚电气特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
FB leakage current	I_{FBLK}	–	–	500	nA	1.0 V < V_{FB} < 2.4 V
FB reference voltage	V_{FBref}	1.176	1.200	1.224	V	–
FB startup voltage	$V_{FBstart}$	–	1.14	–	V	1)

1) 不适用于生产测试 - 由设计/特性验证

4.4.10 多模式和误差放大器输出（EA引脚）

表 19 多模式和 EA 引脚电气特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
EA voltage maximum clamp	$V_{EA_maxclamp}$	2.2	2.3	2.4	V	–
EA voltage for maximum pulse width	V_{PWM_hclamp}	2.0	2.1	2.2	V	–
EA voltage offset for PWM generation	V_{PWM_lclamp}	0.35	0.40	0.45	V	–
Update interval for target valley	$t_{valleyupdate}$	45.6	48.0	50.4	ms	1)
Minimum valley for high-line	$N_{valley_min_highline}$	–	3	–	–	1) , Applies if $I_{ZCDS_clamp} > I_{ZCDS_mid}$
Maximum valley for high-line	$N_{valley_max_highline}$	–	10	–	–	1) , Applies if $I_{ZCDS_clamp} > I_{ZCDS_mid}$
Maximum valley for low-line	$N_{valley_max_lowline}$	–	8	–	–	1) , Applies if $I_{ZCDS_clamp} < I_{ZCDS_mid} - \Delta I_{ZCDS_mid}$
EA voltage for immediate minimum target valley	V_{EA_R}	1.72	1.80	1.88	V	–
EA voltage for valley decrease	V_{EA_HLC}	1.15	1.20	1.25	V	1)
EA voltage for valley increase	V_{EA_LHC}	0.95	1.00	1.05	V	1)
DCM minimum switching frequency	f_{sw_min}	24	25	26	kHz	1)
CCM fixed maximum period	$t_{CCMperiod}$	36	40	44	µs	1)
EA voltage skip threshold	V_{EA_skip}	–	0.50	–	V	–
EA hysteretic mode entry threshold tolerance	ΔV_{EA_EHM}	-7	–	7	%	1) , 2)
Hysteretic operation entry blanking time	t_{HM}	18	20	22	ms	1)
EA voltage hysteretic mode on threshold tolerance	ΔV_{EA_HMon}	-9	–	9	%	2)

（表格续下页……）

表 19 （续） 多模式和 EA 引脚电气特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
EA voltage hysteretic mode off threshold tolerance	ΔV_{EA_HMoff}	-7	–	7	%	2)
EA voltage for pulses during hysteretic mode tolerance	$\Delta V_{EA_PWM_HM}$	-7	–	7	%	2)
Target valley during hysteretic mode	N_{valley_HM}	–	N_{valley_max}	–	–	1), Hysteretic mode operation
Wakeup time in hysteretic operation	t_{wkHM}	–	–	80	µs	1), From EA voltage crossing V_{EA_HMon} until primary switch turn-on
EA voltage hysteretic mode exit threshold	V_{EA_LHM}	1.53	1.60	1.67	V	–
EA open-loop threshold	V_{EA_OLP}	–	$V_{EA_maxclamp}$	–	V	–
EA open-loop protection blanking time	$t_{EA_OLP_B}$	20	–	–	ms	1)
Maximum switching frequency limitation	f_{sw_max}	–	–	150	kHz	1)

1) 不适用于生产测试 - 由设计/特性验证
2) 可配置，参见 3.5.2 章

4.4.11 抖动功能

表 20 抖动功能电气特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Jitter repetition frequency	f_{JITper}	3.6	4.0	4.4	kHz	1), Normal mode, f_{sw} = 64 kHz
Jitter frequency amplitude	Δf_{JITamp}	3.6	4.0	4.4	%	1), Normal mode

1) 不适用于生产测试 - 由设计/特性验证

4.4.12 次级侧过零检测（ZCDS 引脚）

表 21 ZCDS 引脚电气特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
ZCDS clamped voltage level	$V_{ZCDSclmp}$	–	V_{VCCS}	–	V	V_{VCCS} = 12 V
ZCDS line voltage threshold for valley selection and ZVS enabling	I_{ZCDS_mid}	1.79	1.99	2.19	mA	1), N_{MAIN} / N_{SEC} = 8, R_{ZCDS} = 15 kΩ
ZCDS line voltage hysteresis for valley selection and ZVS enabling	ΔI_{ZCDS_mid}	242	269	296	µA	1), N_{MAIN} / N_{SEC} = 8, R_{ZCDS} = 15 kΩ
ZCDS line voltage blanking time for valley selection and ZVS enabling	t_{ZCDS_mid}	14.4	16.0	17.6	ms	1)
ZCDS SR turn-on threshold	V_{NSN}	75	100	125	mV	Falling edge
ZCDS SR turn-on propagation delay	$t_{SRONdel}$	–	100	130	ns	1), From V_{ZCDS} crossing V_{NSN} to GDSR reaching 2 V
ZCDS SR slow turn-off threshold	$V_{ZCDS_SROFFslow}$	-13	-4	0	mV	Rising slope
ZCDS SR slow turn-off propagation delay	$t_{SROFFslow_Delay}$	–	300	350	ns	1), From V_{ZCDS} to GDSR reaching 2 V

1) 不适用于生产测试 - 由设计/特性验证

4.4.13 SR 栅极驱动器（GDSR 引脚）

表 22 GDSR 引脚电气特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
GDSR pin clamped gate driver voltage	$V_{GDSRclmp}$	9	10	11	V	V_{VCCS} = 12 V
GDSR pin gate drive voltage at low VCCS	$V_{GDSRlow}$	8.5	–	–	V	V_{VCCS} = 10 V
Rise time (20% to 80%) of SR gate driver output for demagnetization period	$t_{GDSR_demag_rise}$	–	11	80	ns	1), C_{GDSR} = 3 nF, V_{VCCS} = 12 V

（表格续下页……）

表 22 （续） GDSR 引脚电气特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Fall time (80% to 20%) of SR gate driver output for demagnetization period	$t_{GDSR_demag_fall}$	–	25	50	ns	1), C_{GDSR} = 3 nF, V_{VCCS} = 12 V
Rise time (20% to 80%) of SR gate driver output for ZVS pulse current injection	$t_{GDSR_zvs_rise}$	–	26	90	ns	1), $I_{ZCDS} > I_{ZCDS_mid}$, C_{GDSR} = 3 nF, V_{VCCS} = 12 V
Fall time (80% to 20%) of SR gate driver output for ZVS pulse current injection	$t_{GDSR_zvs_fall}$	–	33	70	ns	1), $I_{ZCDS} > I_{ZCDS_mid}$, C_{GDSR} = 3 nF, V_{VCCS} = 12 V
Minimum GDSR on-time	t_{on_GDSR}	567	630	693	ns	1)

1) 不适用于生产测试 - 由设计/特性验证

4.4.14 次级侧配置（CONF0 和 CONF1 引脚）

表 23 CONF0 和 CONF1 引脚电气特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Sourcing sense current	I_{CONFx}	42.5	50	57.5	µA	–

4.4.15 初级侧过温检测

表 24 初级侧过温检测电气特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Overtemperature threshold	T_{JPOTP}	129	140	150	°C	1)
Overtemperature reset hysteresis	T_{JPOTP_hys}	–	40	–	°C	1)
Overtemperature blanking time	t_{JPOTP}	–	48	–	ms	1)

1) 不适用于生产测试 - 由设计/特性验证

4.4.16 共模瞬态抗扰度 (CMTI)

表 25 共模瞬态抗扰度电气特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Common mode transient immunity	CMTI	50	–	–	V/ns	According to DIN V VDE V0884-17, static and dynamic test

4.4.17 隔离规格

表 26 隔离规格

Parameter	Symbol	Value	Unit	Note or condition
External creepage	CRP	> 8	mm	Shortest distance over package surface from any input pin to any output pin according to IEC 60664-17
External clearance	CLR	> 8	mm	Shortest distance in air from any input pin to any output pin according to IEC 60664-1
Comparative tracking index	CTI	> 400	V	According to DIN EN 60112 (VDE 0303-11)
Material group	–	II	–	According to IEC 60112
Pollution degree	–	II	–	According to IEC 60664-1
Overvoltage category (for reinforced isolation)	–	I - IV	–	Rated mains voltage ≤ 150 V_{RMS}
	–	I - IV	–	Rated mains voltage ≤ 300 V_{RMS}
	–	I - III	–	Rated mains voltage ≤ 600 V_{RMS}
Climatic category	–	40/125/21	–	
Input-to-output isolation according to UL1577				
Input-to-output isolation voltage	V_{ISO}	5700	V_{RMS}	$V_{TEST} = V_{ISO}$ for t = 60 s (qualification) $V_{TEST} = 1.2 \times V_{ISO}$ for t = 1 s (100 % productive tests)
Input-to-output isolation according to IEC 60747-17 (VDE 0884-17)				
Maximum impulse voltage	V_{IMP}	8000	V_{pk}	According to IEC 60664-1
Maximum rated transient isolation voltage	V_{IOTM}	8000	V_{pk}	$V_{TEST} = V_{IOTM}$ for t_{ini} = 60 s (type test and sample test) $V_{TEST} = 1.2 \times V_{IOTM}$ for t_{ini} = 1 s (routine test)
Maximum rated repetitive peak isolation voltage (ICE18xxx)	V_{IORM}	800	V_{pk}	According to time dependent dielectric breakdown (TDDB) test for reinforced isolation
Apparent charge	q_{PD}	< 5	pC	Method (b1) $V_{ini,b1} = 1.2 \times V_{IOTM}$ (routine test) $V_{ini,b1} = V_{IOTM}$ for t_{ini} = 1 s (type test preconditioning) $V_{PD(m)} = 1.875 \times V_{IORM}$ for t_m = 1 s

（表格续下页……）

表 26 （续）隔离规格

Parameter	Symbol	Value	Unit	Note or condition
				Method (a) (type test, subgroup 1 final measurements) $V_{ini,a} = V_{IOTM}$ for $t_{ini} = 60$ s $V_{PD(m)} = 1.6 \times V_{IORM}$ for $t_m = 10$ s
				Method (a) (type test, subgroup 2, 3 final measurements) $V_{ini,a} = V_{IOTM}$ for $t_{ini} = 60$ s $V_{PD(m)} = 1.2 \times V_{IORM}$ for $t_m = 10$ s
Maximum surge isolation voltage	V_{IOSM}	11000	V_{pk}	$V_{TEST} = 11$ kV$_{pk} \geq 1.3 \times V_{IMP}$ for reinforced isolation according IEC 60747-17
Isolation resistance	R_{IO}	$> 10^{12}$	Ω	$V_{IO} = 500$ V$_{dc}$ for $t = 60$ s, $T_A = 25$ °C
		$> 10^{11}$	Ω	$V_{IO} = 500$ V$_{dc}$ for $t = 60$ s, $T_A = 125$ °C
		$> 10^{9}$	Ω	$V_{IO} = 500$ V$_{dc}$ for $t = 60$ s, $T_S = T_A = 150$ °C
Isolation capacitance	C_{IO}	< 2	pF	$f = 1$ MHz

4.4.18 安全电源

表 27 IEC 60747-17 (VDE 0884-17) 中规定的强化隔离安全限值

Parameter	Side	Value	Unit	Note or condition
Primary side power switch safe DC current (ICE184xM)	Power switch chip	0.82	A	Average current of PWM switching cycle, T_J = 140 °C
Safety supply currents	Primary chip	12	mA	$R_{thja(max)}$ = 66,9 K/W, VCCP = 20 V, T_A = 25 °C, T_J = 125 °C (Overtemperature protected)
	Secondary chip	20	mA	$R_{thja(max)}$ = 66,9 K/W, VCCS = 12 V, T_A = 25 °C, T_J = 125 °C
Safety power supply	Primary chip	0.24	W	$R_{thja(max)}$ = 66,9 K/W, T_A = 25 °C, T_J = 125 °C (Overtemperature protected)
	Power switch chip	1.27	W	$R_{thja(max)}$ = 66,9 K/W, T_A = 25 °C, T_J = 140 °C
	Secondary chip	0.24	W	$R_{thja(max)}$ = 66,9 K/W, T_A = 25 °C, T_J = 125 °C

5 封装信息

5.1 外形尺寸

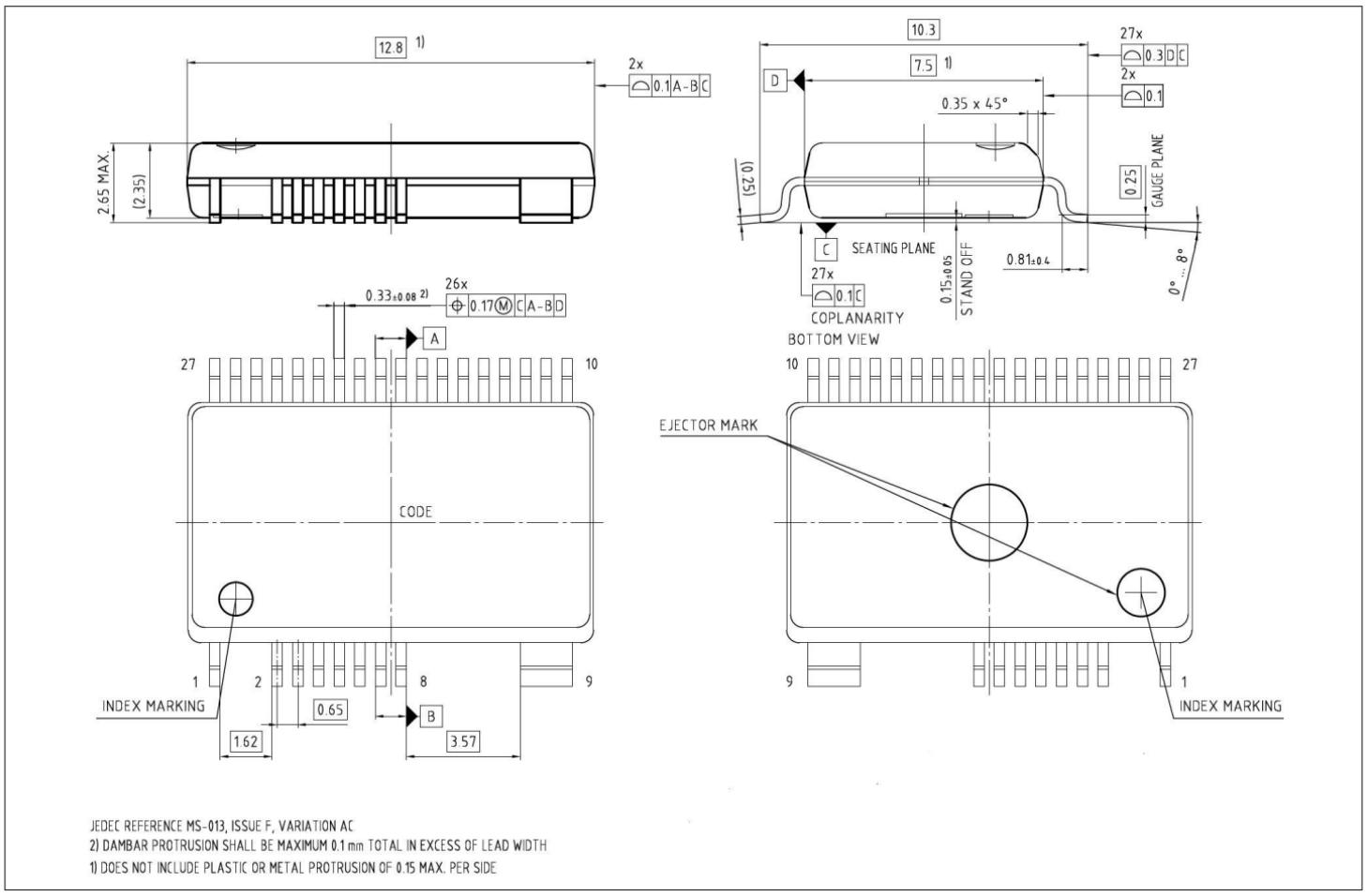


图 9 PG-DSO-27-1

5.2 封装尺寸

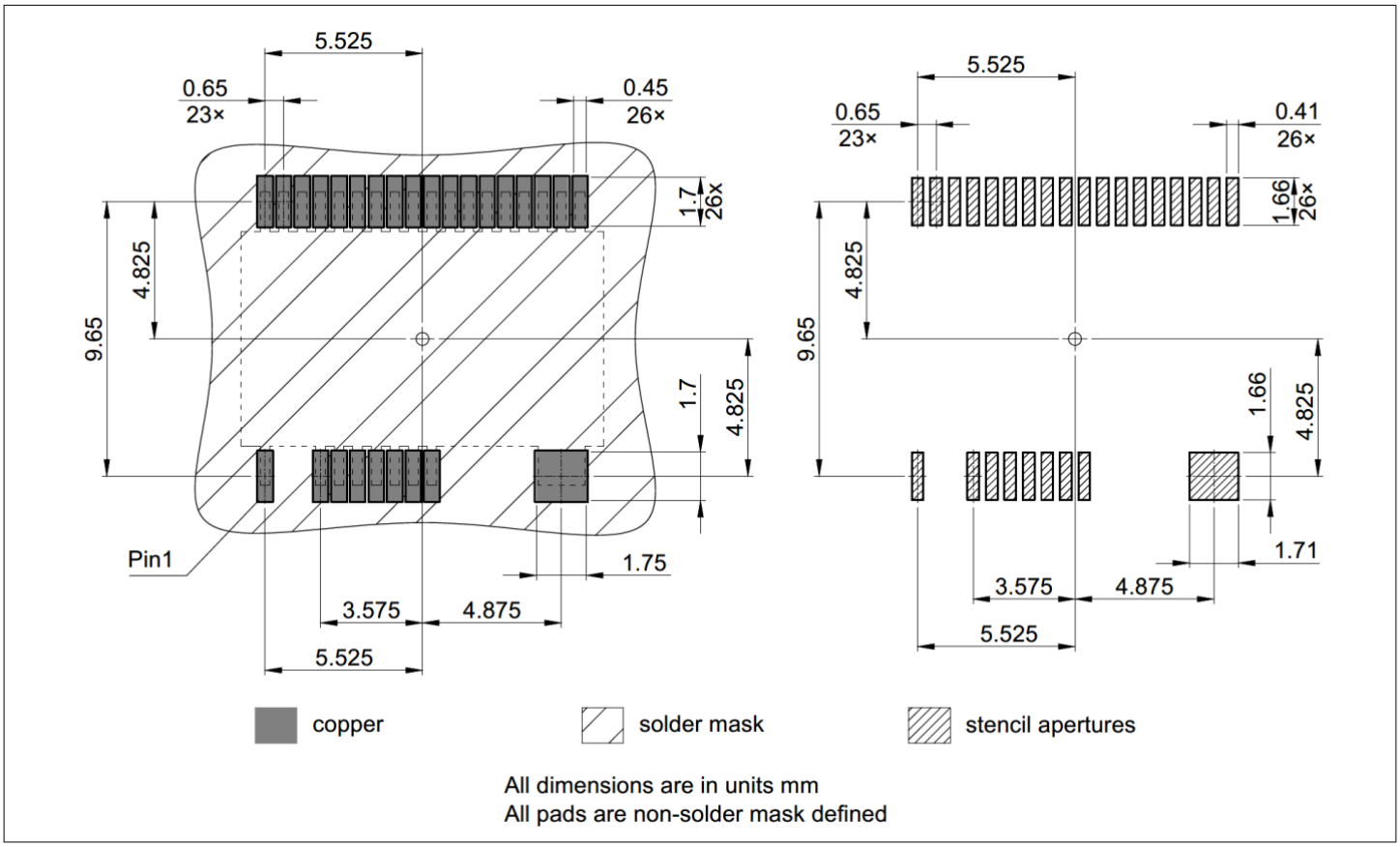


图 10 封装尺寸

5.3 绿色产品：符合 RoHS 标准

表 28 绿色产品和符合 RoHS 标准

Package compliance	Description
Green product	For minimum environmental impact and compliance with government regulations, the package of the device fulfills the requirements of a green product. Green products are RoHS-compliant (Pb-free finish on leads and suitable for Pb-free soldering according to IPC/JEDEC J-STD-020).
RoHS	The package of the device is RoHS-compliant.

6 部件订购信息

Part number	Ordering code	Package	Power FET	$R_{DS(on)}$(max)[1)]
ICE184LM	SP005920356	PG-DSO-27-1	800 V CoolMOS™ P7	0.84 Ω

1) at T_J = 25°C

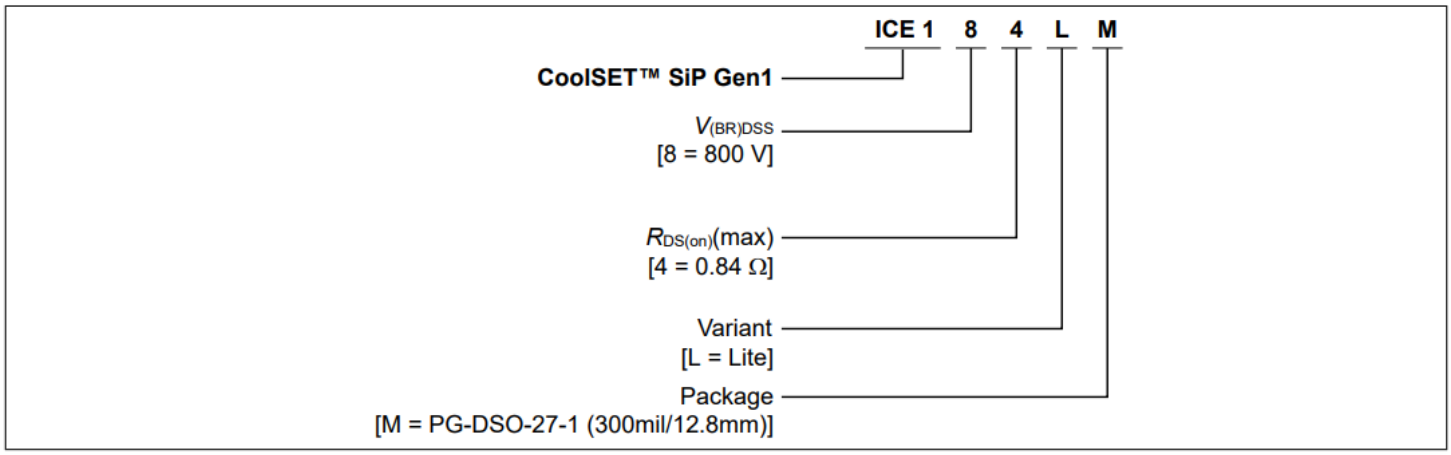


图 11 部件订购信息

7 修订记录

Document version	Date of release	Description of changes
Rev 1.1	25-04-28	

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 **2026-08-25**

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档中给出的任何示例或典型值概不负责。

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

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

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

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

如果本文档包含或引用软件：
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**。