

英飞凌连续导通模式 (CCM) 下的独立功率 因数校正 (PFC) 控制器

产品亮点

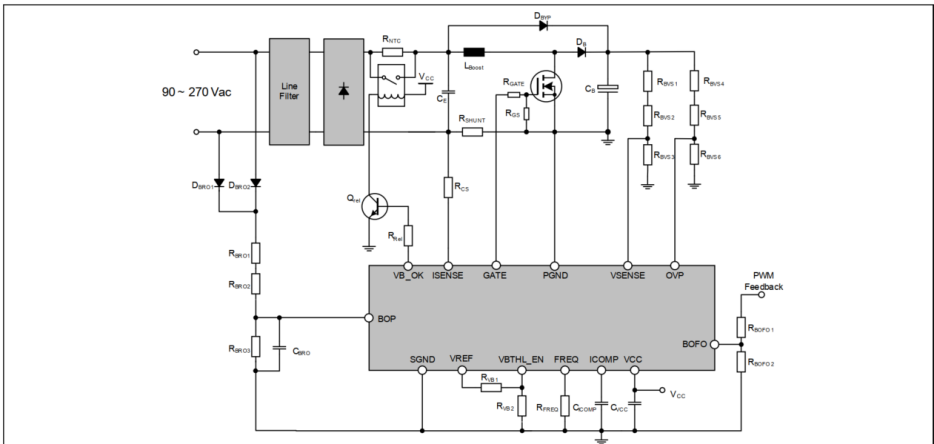
- 整个负载范围内效率高
- 外部元件数量最少
- 开关频率精确可调
- 用于浪涌继电器控制或 PWM IC 启用的 Bulk 电压良好信号
- 集成数字电压环路补偿
- 负载跳变时输出动态响应快
- 外部同步
- 超低峰值电流限制

特性

- 持续电流运行模式 PFC
- 宽 Vcc 输入范围，最高可达 25V
- 可编程升压跟随器的阶跃电平是根据输入线路和输出功率条件的外部元件。
- 外部辅助电源可提供更强的动态响应，而无输入电流失真
- 精确的断电保护阈值
- 外部电流环路补偿，提高用户使用灵活性
- 开环保护
- 二次过 Bulk 电压保护
- PFC 使能功能
- 独立的信号和电源接地引脚
- 最大占空比为 95% (典型值)

描述

ICE3PCS01G 是一款 14 引脚宽输入范围控制器集成电路，用于有源功率因数校正转换器。它是去升压拓扑中的转换器签署的，只需要很少的电平就能实现。建议其电源由外部辅助电源提供，该电源将控制 IC 的开关状态。



Type	Package
ICE3PCS01G	PG-DSO-14

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)。

1	引脚配置和功能	4
1.1	引脚配置	4
1.2	引脚功能	4
2	框图	6
3	功能说明	8
3.1	一般描述	8
3.2	电源	8
3.3	启动	8
3.4	频率设置和外部同步	8
3.4.1	频率设置	8
3.4.2	外部同步	9
3.5	电压回路	9
3.5.1	陷波滤波器	9
3.5.2	电压模式补偿器	9
3.6	平均电流控制	10
3.6.1	完整电流回路	10
3.6.2	电流回路补偿	10
3.6.3	脉宽调制器 (PWM)	10
3.7	PWM 逻辑	11
3.8	系统保护	11
3.8.1	输入电压欠压保护 (BOP)	11
3.8.2	峰值电流限值 (PCL)	12
3.8.3	开环保护 (OLP)	12
3.8.4	第一过压保护 (OVP1)	12
3.8.5	第二过压保护 (OVP2)	12
3.8.6	Bulk 电压监控和启用功能	12
3.8.7	提升随动装置	12
3.9	输出栅极驱动器	13
3.10	保护功能	14
4	电气特性	15
4.1	绝对最大额定值	15
4.2	工作范围	16
4.3	特性	16
4.3.1	电源部分	16
4.3.2	变频部分	17
4.3.3	PWM 部分	17
4.3.4	外部同步	17
4.3.5	PFC 断电保护部分	18
4.3.6	系统保护部分	18
4.3.7	内部电压参考	18
4.3.8	提升随动装置部分	19

4.3.9	Bulk电压良好部分	19
4.3.10	电流回路部分	20
4.3.11	电压回路部分	20
4.3.12	驱动器部分	20
4.3.13	栅极驱动部分	20
5	外形尺寸	21

1 引脚配置和功能

1.1 引脚配置

Pin	Symbol	Function
1	BOFO	Boost Follower Setting
2	ISENSE	Current Sense Input
3	SGND	Signal Ground
4	ICOMP	Current Loop Compensation
5	FREQ	Switching Frequency Setting
6	VB_OK	Bulk Voltage OK signal
7	VBTHL_EN	PFC Enable Function
8	VREF	Voltage Reference
9	BOP	Brownout Protection
10	OVP	Over Voltage Protection
11	VSENSE	Bulk Voltage Sense
12	VCC	IC Supply Voltage
13	GATE	Gate Drive
14	PGND	Power Ground

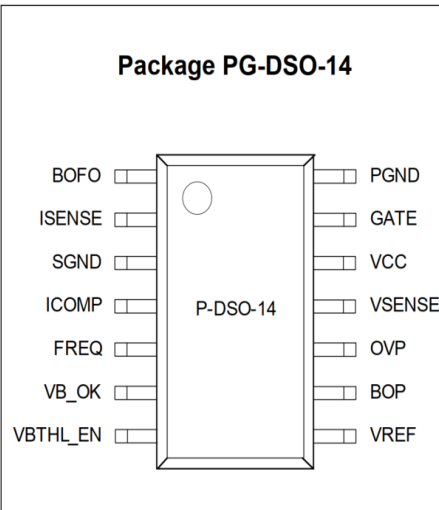


图1 引脚配置 (顶视图)

1.2 引脚功能

BOFO (升压跟随器设置)

该引脚的外部直流电压指示 PWM 输出功率，可设置为进入升压跟随器低电平阶跃。

ISENSE (电流检测输入)

ISENSE 引脚检测外部检测电阻器 (R_{SHUNT}) 上的压降。这是电流环中平均电流调节的输入信号。它也被馈送至峰值电流限制模块。

在上电期间，高浪涌电流会在 R_{SHUNT} 上造成高负压降，从而驱动引脚 2 的电流超出绝对最大额定值。因此，建议使用 50Ω 左右的串联电阻器 (R_{CS})，以限制进入集成电路的电流。

SGND (信号接地)

集成电路的地电位。

ICOMP (电流环路补偿)

低通滤波器和电流控制环路补偿。连接在该引脚上的电容器对 OTA6 的输出电流进行积分，并对电流检测信号进行平均。

FREQ (频率设置)

该引脚允许通过将电阻连接到地来设置工作开关频率。频率范围为 21kHz 至 100kHz 。

VB_OK (Bulk电压确定信号)

一旦 Bulk 电压高于 95% 额定电压，该引脚就会被内部上拉至 5V；一旦 VSENSE 引脚低于预设的 VBTHL_EN 门限，该引脚就会被下拉至地。该信号可启用 PWM 集成电路或控制浪涌继电器。

VBTHL_EN

VBTHL_EN 可采用外部电压基准来设置 VB_OK 信号的关断阈值。将引脚电压拉低至 0.5V 以下，即可关闭集成电路。

VREF (电压基准)

该引脚是 5V 稳压器输出端，供电电流 (最小值) 为 5mA 。

BOP (断电保护)

BOP 监控交流输入电压，以实现欠压保护和线路范围选择

OVP

大容量电压到 SGND 之间的电阻分压器可设置过压保护阈值。这一额外的 OVP 能够确保系统安全运行。

VSENSE

VSENSE 通过一个电阻分压器与主体电压相连。VSENSE 相对于 SGND 的电压代表输出电压。对Bulk电压进行监控，以实现电压调节、过压保护和开环保护。

VCC

VCC 为与集成电路部分相关的接地提供电源。

GATE

GATE是用于驱动 PFC MOSFET 的输出，其栅极驱动电压通常箝位在 15V。

PGND (电源接地)

栅极开关接地。

2 框图

功能框图见图 2。请注意，该图只显示了简要的功能模块，并不代表集成电路的实现。

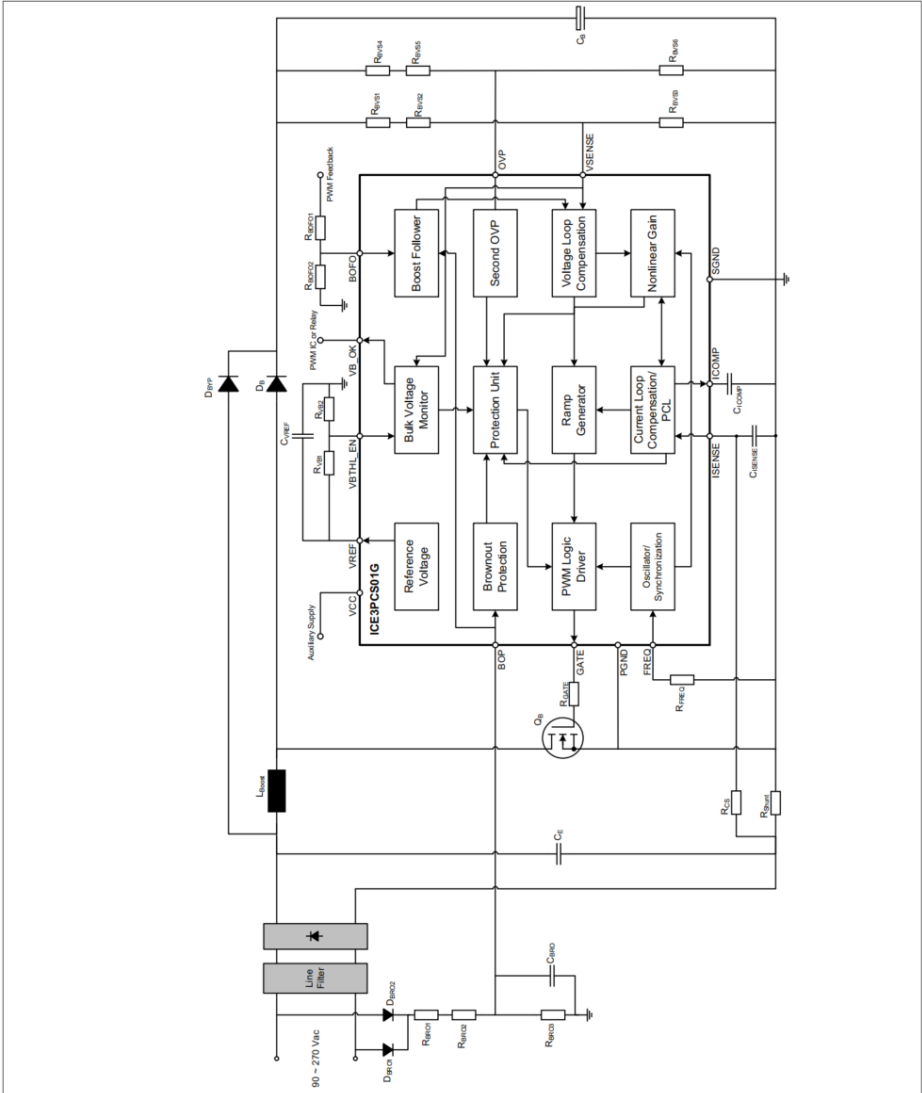


图2 框图

表 11 材料清单

Component	Parameters
Rectifier Bridge	GBU8J
C_E	100nF/X2/275V
L_{Boost}	750uH
Q_B	IPP60R199CP
D_{BYP}	MUR360
D_B	IDT04S60C
C_B	220μF/450V
$D_{BRO1...2}$	1N4007
$R_{BRO1...2}$	3.9MΩ
R_{BRO3}	130kΩ
C_{BRO}	3μF
R_{shunt}	30mΩ
C_{isense}	1nF
R_{CS}	50Ω
R_{GATE}	3.3Ω
R_{FREQ}	67kΩ
C_{ICOMP}	4.7nF/25V
$R_{BVS1...2}$	1.5MΩ
R_{BVS3}	18.85kΩ
$R_{BVS4...5}$	2MΩ
R_{BVS6}	23kΩ
R_{VB1}	330kΩ
R_{VB2}	200kΩ
C_{VREF}	100nF/25V
$R_{BOF01...2}$	200kΩ

3 功能说明

3.1 一般描述

ICE3PCS01G 是一款 14 引脚控制集成电路，用于功率因数校正转换器。它适用于 85 至 265 VAC 的宽范围线路输入应用，总体效率高于 90%。该集成电路支持升压拓扑结构中的转换器，并以平均电流控制的连续导通模式 (CCM) 运行。集成电路采用级联控制，即内层电流环和外层电压环。集成电路的内电流环控制平均输入电流的正弦曲线。它利用 PWM 占空比与线路输入电压的关系来确定相应的输入电流。这意味着只要设备在 CCM 模式下运行，平均输入电流就会跟随输入电压变化。在轻载条件下，根据扼流圈电感的不同，系统可能会进入不连续传导模式 (DCM)，从而产生较高的谐波，但仍能满足 IEC 1000-3-2 的 D 级要求。

外电压环路控制输出 Bulk 电压、以数字方式集成在集成电路中。根据负载情况，内部 PI 补偿输出会转换为适当的直流电压，从而控制平均输入电流的振幅。集成电路具有各种保护功能，可确保系统和设备处于安全运行状态。

3.2 电源

内部欠压锁定 (UVLO) 模块监控 VCC 电源。只要电压超过 12.0V，且 11 引脚 (VSENSE) 上的两个电压 >0.5V 和引脚 9 (BOP) >1.25V，集成电路开始运行栅极驱动并执行启动，如图 3 所示。

如果 VCC 下降到 11V 以下，集成电路就会关闭。这样，集成电路的功耗通常为 1.4 mA，而消耗的电流则为 1.5 mA。

正常运行时为 6.7mA

通过将 11 引脚 (VSENSE) 的电压拉低至 0.5V 以下或将 7 引脚 (VBTHL_EN) 的电压拉低至 0.5V 以下，可关闭集成电路并强制其进入待机模式。

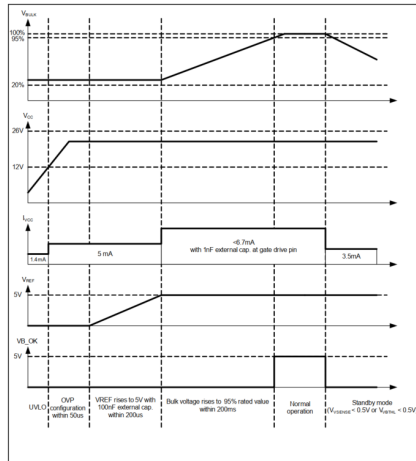


图 3 与 VCC 有关的运行状态

3.3 启动

在开机过程中，当 V_{out} 小于额定值的 95% 时，内部电压环输出会在软启动控制下从初始电压开始增加。这使得输入电流从 0A 开始呈受控线性增长，从而降低了外部元件的应力。

当 V_{out} 达到额定值的 95% 时，软启动控制被释放，以实现良好的调节和动态响应，VB_OK 引脚输出 5V 电压，表明 PFC 阶段处于正常工作状态。

3.4 频率设置和外部同步

集成电路可通过外部电阻 R_{FREQ} 提供外部开关频率设置，并通过 FREQ 引脚上的外部脉冲信号提供在线同步。

3.4.1 频率设置

如图 2 所示，PFC 转换器的开关频率可通过 FREQ 引脚上的外部电阻 R_{FREQ} 设置。 V_{FREQ} 引脚电压通常为 1V。振荡器的相应电容集成在器件中， R_{FREQ} /频率见图 4。建议的工作频率范围为 21kHz 至 100kHz。例如，引脚 FREQ 的 R_{FREQ} 为 67 k Ω ，则开关频率 F_{SW} 通常为 65kHz。

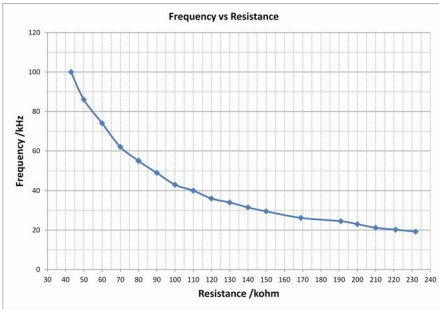


图 4 频率与 R_{FREQ}

3.4.2 外部同步

一旦 FREQ 引脚的电压高于 2.5V，经过 6 个外部脉冲延迟后，开关频率可与外部脉冲信号同步。同步意味着两点。首先，PFC 开关频率跟踪外部脉冲信号频率。其次，PFC 信号的下降沿由外部脉冲信号的上升沿触发。图 5 显示了频率设置和同步模块。外部 R_{SIN} 与 R_{FREQ} 和外部二极管 D_{SIN} 确保引脚电压保持在 1.0V（外部箝位）和 5V（最大引脚电压）之间。如果外部脉冲信号消失的时间超过 $108\mu s$ （典型值），开关频率将与外部电阻 R_{FREQ} 设置的内部时钟同步。

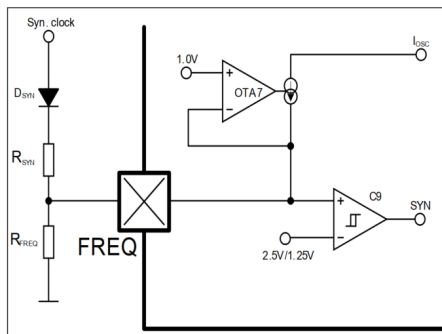


图 5 频率设置和同步

3.5 电压回路

电压回路是级联控制方案的外环，用于控制 PFC 输出总线电压 V_{OUT} 。该回路由 V_{SENSE} 的反馈检测电压闭合， V_{SENSE} 是 V_{OUT} 的电阻分压器。 V_{SENSE} 引脚是 $\Sigma-\Delta$ ADC 的输入端，其内部基准为电压为 2.5V，采样率为 3.55kHz（典型值）。电压回路补偿以数字方式集成，动态响应更好，节省设计工作。图 6 显示了该电压回路的重要模块。

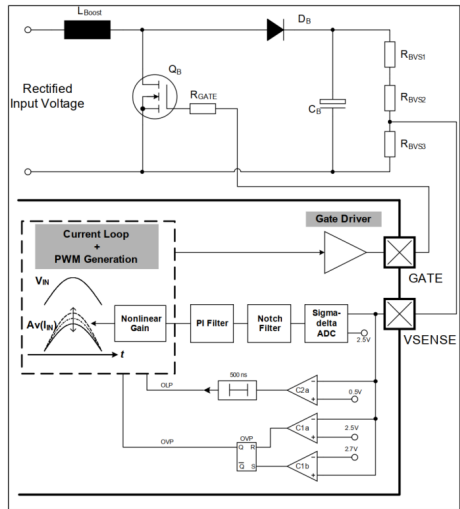


图 6 电压回路

3.5.1 陷波滤波器

在 PFC 转换器中，通过输出二极管的整流正弦波平均电流会给输出电容器充电，从而在输出电容器上产生频率为线路频率两倍的纹波电压。在这种数字 PFC 中，使用陷波滤波器消除感应输出电压的纹波，同时保持信号的其余部分几乎不受影响。这样，就能实现精确、快速的输出电压调节，而不受输出电压纹波的影响。

3.5.2 电压模式补偿器

集成电路内部以数字方式集成了电压回路的比例积分（PI）补偿功能。PI 补偿器输出的数字数据被转换成模拟电压，用于电流环控制。

非线性增益模块控制调节后的电感器电流幅度。该模块的输入是集成 PI 补偿器的输出电压。该模块旨在降低电压环路对输入电压的依赖性，以支持宽输入电压范围（85VAC-265VAC）。图 7 给出了相对输出功率传输曲线与来自集成 PI 补偿器的数字字的关系。将 PI 补偿器在输入电压为 85VAC 和最大数字字数为 256 时的输出功率设定为标准功率，不同输入电压下的功率曲线显示了与标准功率的相对功率。

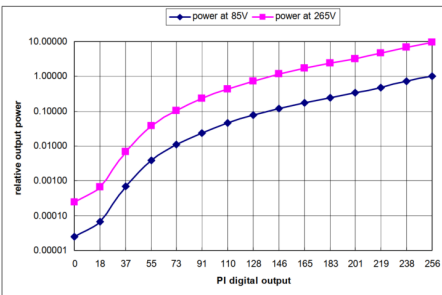


图 7 功率传输曲线

3.6 平均电流控制

扼流圈电流通过分流电阻上的电压感应，并由 ICOMP 引脚电容器平均，这样集成电路就能控制扼流圈电流，跟踪输入电压的瞬时变化。

3.6.1 完整电流回路

完整的系统电流回路如图 8 所示。它由电流环块组成，电流环块对流过 R_{shunt} 的电感器电流在 ISENSE 引脚处产生的电压进行平均。平均波形与斜坡发生器和 PWM 模块中的内部斜坡进行比较。一旦斜坡越过平均波形，比较器 C10 就会接通电流环。

驱动级通过 PWM 逻辑模块进行。非线性增益块定义电感器电流的振幅。以下各节将介绍各个区块的功能。

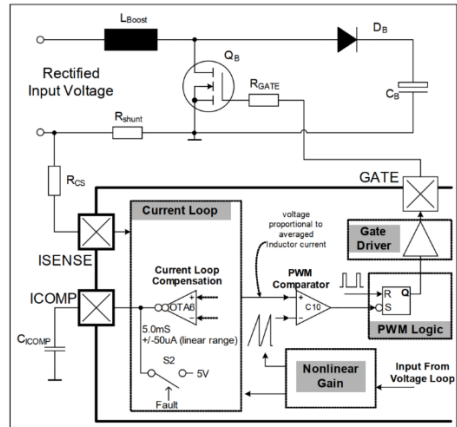


图 8 完整的系统电流回路

3.6.2 电流回路补偿

电流回路的补偿通过 ICOMP 引脚实现。该引脚由 OTA6 输出，必须在该节点上安装一个接地电容器 C_{ICOMP} (见图 8)。在正常工作模式下，该引脚提供的电压与平均电感器电流成正比。在待机模式下，该引脚内部短路为 5V。

3.6.3 脉宽调制器 (PWM)

集成电路采用连续模式 (CCM) 的平均电流控制方案来实现功率因数校正。假设回路电压正常且输出电压保持恒定，则 CCM PFC 系统的关断占空比 D_{OFF} 为

$$D_{OFF} = V_{IN} / V_{OUT}$$

从上式可知， D_{OFF} 与 V_{IN} 成正比。电流回路的目标是调节电感器的平均电流，使其与以下值成正比，因此输入电压 V_{IN} 。图 9 显示了实现这一目标的方案。

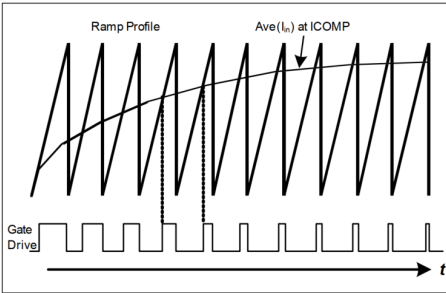


图9 CCM 中的平均电流控制

PWM 通过斜坡信号与引脚 4 (ICOMP) 上的平均电感电流相交来实现。PWM 周期从栅极关闭开始, 持续时间为 T_{OFFMIN} (600ns typ.) T_{OFFMIN} 结束后, 斜坡允许上升。升压晶体管的关断时间在匝道信号灯与平均电流波形。这就形成了平均电流与关断占空比 D_{OFF} 之间的比例关系。

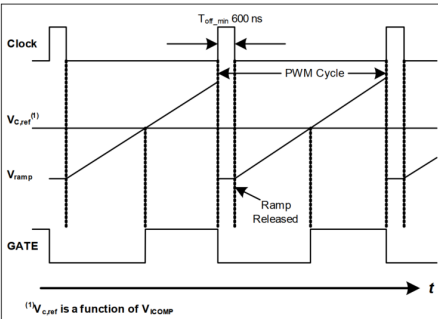


图10 斜坡和 PWM 波形

3.7 PWM逻辑

PWM 逻辑模块对控制输入信号进行优先排序, 并产生最终逻辑信号以开启驱动级。该逻辑块中逻辑门的速度以及复位脉冲 T_{OFFMIN} 的宽度, 都是为了满足 95% 的最大占空比 D_{MAX} 而设计的。

在 65kHz 工作频率下的 GATE 输出端 如果输入电流过高, 导致峰值电流限制, GATE 将被关闭

并在当前 PWM 周期中保持关闭状态。如图 11 所示, 信号号 T_{OFFMIN} 复位 (最高优先级, 优先于其他输入信号) 电流限制锁存器和 PWM 开启锁存器。

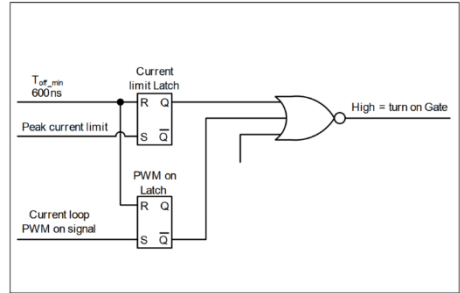


图11 PWM 逻辑电路

3.8 系统保护

集成电路提供多种保护功能, 以确保 PFC 系统安全运行。

3.8.1 输入电压欠压保护 (BOP)

当输入电压 V_{IN} 低于设计的最小输入电压 (即通用输入电压范围为 85V), 而 V_{CC} 尚未进入 V_{CCUVLO} 电平时, 就会发生欠压。对于无欠压保护的系统, 升压转换器在给定输出功率下会从电源中汲取越来越大的电流, 这可能会超过输入电流的最大设计值。

ICE3PCS01G 提供了一种新的 BOP 功能, 即通过图 12 所示的外部电阻器/电容器/二极管网络, 直接检测输入电压是否处于输入欠压状态。当引脚 9 (BOP) 上的电压超过 1.25V 时, 该网络将提供一个 V_{IN} 滤波值, 从而打开集成电路。当 BOP 低于 1.0V 时, 集成电路进入故障模式。滞后可防止系统在正常模式和故障模式之间摆动。还请注意

V_{IN} 峰值至少要达到额定 V_{OUT} 的 20%, 才能克服 OLP 和启动系统。

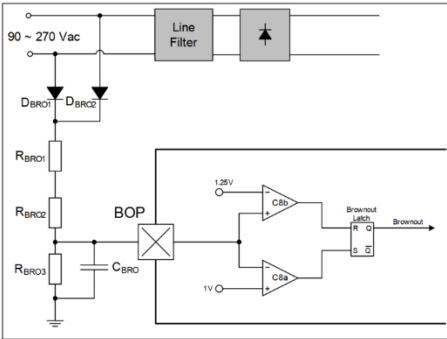


图 12 输入欠压保护

3.8.2 峰值电流限制 (PCL)

集成电路提供逐周期峰值电流限制 (PCL)。当引脚 2 (ISENSE) 上的电压达到 $-0.2V$ 时, 它处于激活状态。该电压的放大系数为 5 并连接到基准电压为 $1.0V$ 的比较器, 如图 13 所示。在比较器之后设置一个 $200ns$ 的降噪器, 可提高对激活该保护的抗噪能力。

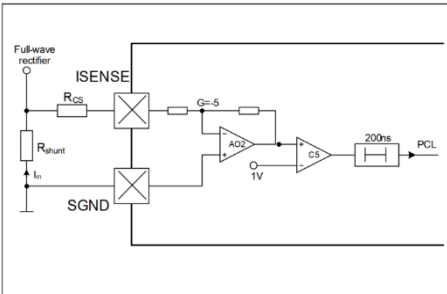


图 13 峰值电流限制 (PCL)

3.8.3 开环保护 (OLP)

每当 V_{SENSE} 电压低于 $0.5V$ 或 V_{OUT} 低于其额定值的 20% 时, 就表明出现了开环情况 (即 V_{SENSE} 引脚未连接) 或输入电压 V_{IN} 不足, 无法正常工作。如图 6 中的集成电路框图所示, 它是通过阈值为 $0.5V$ 的比较器 C2a 实现的。

3.8.4 第一过压保护 (OVP1)

如图 6 所示, 只要 V_{OUT} 超过额定值 8%, 过压保护 OVP1 就会启动。该功能是通过检测 V_{OUT} 和 OVP1 处的电压来实现的。

V_{SENSE} 引脚的基准电压为 $2.7V$ 。如果 V_{SENSE} 电压高于 $2.7V$, 栅极将立即关闭, 从而避免损坏总线电容器。
 $Bulk$ 电压降至额定值以下后, 栅极驱动再次恢复开关。

3.8.5 第二过电压保护 (OVP2)

第二个 OVP 是在第一个 OVP 因老化或连接到 V_{SENSE} 引脚的电阻不正确而失效的情况下提供的。这是通过感应引脚 OVP 相对于 $2.5V$ 基准电压的电压来实现的。当 OVP 引脚上的电压高于 $2.5V$ 时, 集成电路会立即关闭栅极, 从而避免损坏总线电容器。

当 $Bulk$ 电压降到滞后之外时, 集成电路可以进一步锁存或开始自动软启动。如图 3 所示, 这两种保护模式是通过检测 V_{CC} 高于 UVLO 门限后连接到 $VBTHL_EN$ 引脚的外部等效电阻来区分的。如果等效电阻高于 $100k\ \Omega$, 集成电路将选择锁存模式进行第二次 OVP, 否则选择自动软启动模式。

正常运行时, 第二个 OVP 的触发电平应高于第一个 OVP。不过, 在市电瞬态过冲的情况下, $Bulk$ 电压可能会被拉高到高于 OVP1 和 OVP2 门限的市电峰值。在这种情况下, OVP1 和 OVP2 同时被触发, 集成电路将关闭栅极驱动, 直到 $Bulk$ 电压跌出两个保护滞后, 然后再次恢复栅极驱动。

3.8.6 Bulk 电压监控和启用功能

集成电路通过 V_{SENSE} 引脚监控 $Bulk$ 电压, 并输出 TTL 信号, 以启用 PWM 集成电路或控制浪涌继电器。软启动期间, 一旦 $Bulk$ 电压高于 95% 的额定值, 引脚 VB_OK 就会输出高电平。触发低电平的阈值由引脚 $VBTHL_EN$ 电压决定, 该电压可从外部调节。

当引脚 $VBTHL_EN$ 被外部拉低至 $0.5V$ 以下时, 集成电路将进入待机模式, 大部分功能块被关闭。禁用信号释放后, 集成电路通过软启动恢复。

3.8.7 提升随动装置

在低线路输入和轻输出功率情况下, 集成电路可提供可调节的较低 $Bulk$ 电压。当引脚 BOP 电压小于 $2.3V$ 时, 即为低线状态。引脚 BOFO 通过分压器与 PWM 反馈电压相连, 代表输出功率。当引脚 BOFO 电压低于 $0.5V$ 时, 即为轻载状态。一旦同时满足这两个条件, 引脚 V_{SENSE} 将流出 $20\mu A$ 的电流源, 因此 $Bulk$ 电压应降低到较低的水平, 以确保输出功率。

以保持 VSENSE 电压与内部基准电压 2.5V 相同，
如图 14 所示。

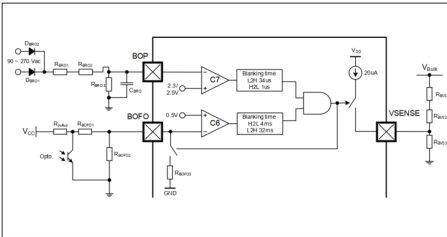


图 14 提升跟随装置

降低的Bulk电压可通过引脚 VSENSE 的分压器上端电阻来设计。因此，低端电阻是根据从基准 2.5V 到额定大容量电压的分压比来设计的。内部 300kΩ 电阻将与 BOFO 引脚的外部低端电阻并联，以便在升压跟随器启动时为 PWM 反馈电压提供可调迟滞。

在 PFC 软启动过程中，内部将禁用升压跟随器功能，以防止因 PWM 反馈电压不稳定而导致Bulk电压振荡。也可通过将引脚 BOFO 持续拉高至 0.5V 以上，从外部禁用该功能。

3.9 输出栅极驱动器

输出栅极驱动器是一个快速图腾柱栅极驱动器。它有一个内置的交叉传导电流保护和一个齐纳二极管 Z1（见图 15），用于保护外部晶体管开关免受意外过压的影响。引脚 13（GATE）的最大电压通常箝位在 15V。

输出为高电平有效，当 VCC 电压低于欠压锁定阈值 V_{CCUVLO} 时，栅极驱动被内部拉低以保持关断状态。

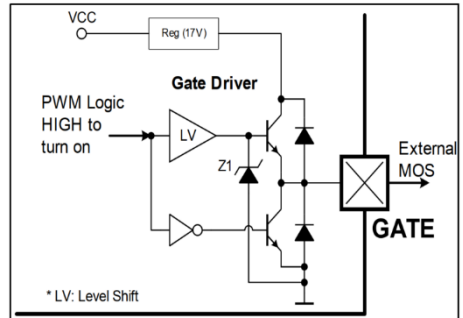


图 15 栅极驱动器

3.10 保护功能

Description of Fault	Fault-Type	Min. Duration of Effect	Consequence
Voltage at Pin ISENSE < -200mV	PCL	200 ns	Gate Driver is turned off immediately during current switching cycle
Voltage at Pin BOP < 1V	BOP	20 μ s	Gate Driver is turned off. Soft-restart after BOP voltage > 1.25V
Voltage at Pin VSENSE < 0.5V	OLP	1 μ s	Power down. Soft-restart after VSENSE voltage > 0.5V
Voltage at Pin VSENSE < 0.8V when boost follower is active	OLP	1 μ s	Disable boost follower function.
Voltage at Pin VSENSE > 108% of rated level	OVP1	12 μ s	Gate Driver is turned off until VSENSE voltage < 2.5V.
Voltage at Pin OVP > 2.5V and Voltage at Pin VSENSE > 108% of rated level	OVP1 and OVP2	12 μ s	Gate Driver is turned off until bulk voltage drops out of both OVP hysteresis
Voltage at Pin OVP > 2.5V	OVP2 (latch mode)	12 μ s	Latched fault mode. Soft-restart after V_{CC} UVLO
Voltage at Pin OVP > 2.5V	OVP2 (auto-restart mode)	12 μ s	Gate Driver is turned off. Soft-restart after OVP voltage < 2.3V
Voltage at Pin VBTHL_EN < 0.5V after V_{CC} > 7V	OVP2 mode detection	18 μ s	IC enters soft-restart mode after OVP2 released.
Voltage at Pin VBTHL_EN > 0.5V after V_{CC} > 7V	OVP2 mode detection	18 μ s	IC enters latch mode after OVP2 released.
Voltage at Pin VBTHL_EN < 0.5V when Vref outputs 5V	Disable function	9 μ s	Power down. Soft-restart after disable signal is released.

4 电气特性

注意：所有电压都是相对于地（引脚 3）测量的。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

注意：绝对最大额定值定义为当超过该额定值时可能导致集成电路损坏的额定值。出于同样的原因，在组装应用电路之前，请确保连接到引脚 12（VCC）的任何电容器都已放电。

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
VCC Supply Voltage	V_{VCC}	-0.3		26	V	
GATE Voltage	V_{GATE}	-0.3		17	V	Clamped at 15V if driven internally.
ISENSE Voltage	V_{ISENSE}	-20		5.3	V	¹⁾
ISENSE Current	I_{ISENSE}	-1		1	mA	
VSENSE Voltage	V_{VSENSE}	-0.3		5.3	V	
VSENSE Current	I_{VSENSE}	-1		1	mA	
ICOMP Voltage	V_{ICOMP}	-0.3		5.3	V	
FREQ Voltage	V_{FREQ}	-0.3		5.3	V	
VREF Voltage	V_{VREF}	-0.3		V_{VREF_0A}	V	
BOP Voltage	V_{BOP}	-0.3		9.5	V	²⁾
BOP Current	I_{BOP}	-1		35	μ A	
VB_OK Voltage	V_{VB_OK}	-0.3		5.3	V	
VBTHL/EN Voltage	V_{VBTHL}	-0.3		5.3	V	
BOFO Voltage	V_{BOFO}	-0.3		5.3	V	
OVP Voltage	V_{OVP}	-0.3		5.3	V	
Junction Temperature	T_J	-40		150	$^{\circ}$ C	
Storage Temperature	T_{A_STO}	-55		150	$^{\circ}$ C	
Thermal Resistance	R_{THJA}			140	K/W	Junction to Air
Soldering Temperature	T_{SLD}			260	$^{\circ}$ C	Wave Soldering ³⁾
ESD Capability	V_{ESD}			2	kV	Human Body Model ⁴⁾

¹⁾绝对 ISENSE 电流不应超标

²⁾不得超过 BOP 绝对电流

³⁾符合 JESD22A111

⁴⁾按照EIA/JESD22-A114-B（通过1.5k Ω 串联电阻对100pF电容放电）

4.2 工作范围

注：在工作范围内，IC按照电路说明中的描述运行。

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
VCC Supply Voltage @ 25°C	V_{VCC}	$V_{VCC,OFF}$		25	V	$T_J=25^\circ\text{C}$
Junction Temperature	T_J	-25		125	°C	
PFC switching frequency	F_{PFC}	21		100	kHz	

4.3 特性

注：电气特性涉及在指定电源电压和结温范围 T_J （-25 °C 至 125 °C）内给出的数值范围。典型值代表与 25 °C 有关的中值。如无特殊说明，假定电源电压为 $V_{VCC} = 18\text{V}$ ，典型开关频率为 $f_{req} = 65\text{ kHz}$ ，集成电路工作在有源模式。此外，如无特殊说明，所有电压均指接地。

4.3.1 电源部分

Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Note/Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
VCC Turn-On Threshold	V_{CCon}	11.5	12	12.9	V	
VCC Turn-Off Threshold/ Under Voltage Lock Out	V_{CCUVLO}	10.5	11.0	11.9	V	
VCC Turn-On/Off Hysteresis	V_{CChy}	0.7	1	1.45	V	
Start Up Current Before V_{CCon}	$I_{CCstart1}$	-	380	700	μA	$V_{CCon}-1.2\text{V}$
Start Up Current Before V_{CCon}	$I_{CCstart2}$	-	1.4	2.4	mA	$V_{CCon}-0.2\text{V}$
Operating Current with active GATE	I_{CCHG}	-	6.7	9	mA	$C_L = 1\text{nF}$
Operating Current during Standby	$I_{CCstdby}$	-	3.5	4.7	mA	$V_{SENSE} = 0.4\text{V}$ $V_{ICOMP} = 4\text{V}$

4.3.2 变频部分

Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Switching Frequency (Typical)	F_{SWnom}	62.5	65	67.5	kHz	R5 = 67k Ω
Switching Frequency (Min.)	F_{SWmin}	-	21	-	kHz	R5 = 212k Ω
Switching Frequency (Max.)	F_{SWmax}	-	100	-	kHz	R5 = 43k Ω
Voltage at FREQ pin	V_{FREQ}	-	1	-	V	
Max. Duty Cycle	D_{max}	93	95	98.5	%	$f_{SW} = f_{SWnom}$ (R _{FREQ} = 67k Ω)

4.3.3 PWM部分

Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Min. Duty Cycle	D_{MIN}			0	%	V _{SENSE} = 2.5V V _{COMP} = 4.3V
Min. Off Time	T_{OFFMIN}	310	600	920	ns	V _{SENSE} = 2.5V V _{SENSE} = 0V (R5 = 67k Ω)

4.3.4 外部同步

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Detection threshold of external clock	V_{thr_EXT}		2.5		V	
Synchronization range	f_{EXT_range}	50		100	kHz	
Synchronization frequency ratio	$f_{EXT} : f_{PFC}$		1:1			
propagation delay from rising edge of external clock to falling edge of PFC gate drive	$T_{EXT2GATE}$			500	ns	$f_{EXT} = 65kHz$
Allowable external duty on time	T_{D_on}	10		70	%	

电气特性
4.3.5 PFC 断电保护部分

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Input Brownout Protection High to Low Threshold	V_{BOP_H2L}	0.98	1	1.02	V	
Input Brownout Protection Low to High Threshold	V_{BOP_L2H}	1.2	1.25	1.3	V	
Blanking time for BOP turn_on	T_{BOPon}		20		μ s	
Input Brownout Protection BOP Bias Current	I_{BOP}	-0.5	-	0.5	μ A	$V_{BOP}=1.25V$

4.3.6 系统保护部分

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Over Voltage Protection (OVP1) Low to High	V_{OVP1_L2H}	2.65	2.7	2.77	V	$108\%V_{BULKRated}$
Over Voltage Protection (OVP1) High to Low	V_{OVP1_H2L}	2.45	2.5	2.55	V	
Over Voltage Protection (OVP1) Hysteresis	V_{OVP1_HYS}	150	200	270	mV	
Blanking time for OVP1	T_{OVP1}		12		μ s	
Over Voltage Protection (OVP2) Low to High	V_{OVP2_L2H}	2.45	2.5	2.55	V	
Over Voltage Protection (OVP2) High to Low	I_{OVP2_H2L}	2.25	2.3	2.35	V	
Blanking time for OVP2	T_{OVP2}		12		μ s	
OVP2 mode detection threshold	V_{OVP2_mode}		0.5		V	comparator at VBTHL pin
Current source for OVP2 mode detection ¹⁾	I_{OVP2_mode}	4	5	6	μ A	current source at VBTHL pin
Peak Current Limitation (PCL) ISENSE Threshold	V_{PCL}	-180	-200	-220	mV	
Blanking time for PCL turn_on	T_{PCLon}		200		ns	

¹⁾ 这些参数不适用于生产测试 - 由设计/特性验证。

4.3.7 内部电压参考

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Output Reference Voltage	V_{VREF_0A}	4.9	5	5.1	V	$I_{VREF}=0mA$
Load Regulation	ΔV_{VREF_5mA}			50	mV	$I_{VREF}=-5mA^{1)}$
Line Regulation	ΔV_{VREF_VCC}			25	mV	$\Delta V_{CC}=3V$

电气特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Maximum Source Current	I_{VREF}	-6			mA	
Temperature Stability	ΔV_{VREF_temp}		1.0		%	
Total Variation	V_{VREF_total}	4.85		5.2		Line, Load, Temperature

¹⁾ 最大拉电流取决于最高工作结温

4.3.8 提升随动装置部分

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
BOFO threshold	V_{BOFO}	0.47	0.5	0.53	V	
BOFO hysteresis resistor	R_{BOFO_hys}	240	300	360	k Ω	
Blanking time for BOFO on	T_{BOFO_L2H}		32		ms	
Blanking time for BOFO off	T_{BOFO_H2L}		4		ms	
High line detection threshold	V_{LD_H}	2.46	2.5	2.56	V	
Low line detection threshold	V_{LD_L}	2.25	2.3	2.35	V	
Blanking time for line detection	T_{LD}		32		μ s	
Current source for low step	I_{BOFO}	18.7	20	21	μ A	

4.3.9 Bulk电压良好部分

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
VB_OK turn-on threshold	V_{VBOKon}	2.25	2.375	2.5	V	sensed at pin VSENSE
VB_OK turn-off threshold	$V_{VBOKoff}$		V_{VBTHL_EN}		V	set by pin VBTHL_EN
Disable function threshold	V_{VBTHL_EN}	0.45	0.5	0.55	V	
Blanking time for disable function	T_{VBTHL_EN}		9		μ s	
VB_OK max source current	I_{VB_OKMax}	-1 ¹⁾			mA	

¹⁾ 与 VREF 引脚的最大源电流共享。

电气特性
4.3.10 电流回路部分

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
OTA6 Transconductance Gain	G_{mOTA6}	3.5	5.0	6.35	mS	At Temp = 25°C
OTA6 Output Linear Range ¹⁾	I_{OTA6}		± 50		μA	
ICOMP Voltage during OLP	V_{ICOMP}	4.8	5.0	5.2	V	$V_{SENSE} = 0.4V$

¹⁾ 这些参数不适用于生产测试 - 由设计/特性验证。

4.3.11 电压回路部分

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Trimmed Reference Voltage	V_{VSREF}	2.47	2.5	2.53	V	±1.2%
Open Loop Protection (OLP) VSENSE Threshold	V_{VS_OLP}	0.45	0.5	0.55	V	
VSENSE Input Bias Current	I_{VSENSE}	-1	-	1	μA	$V_{SENSE} = 2.5V$

4.3.12 驱动器部分

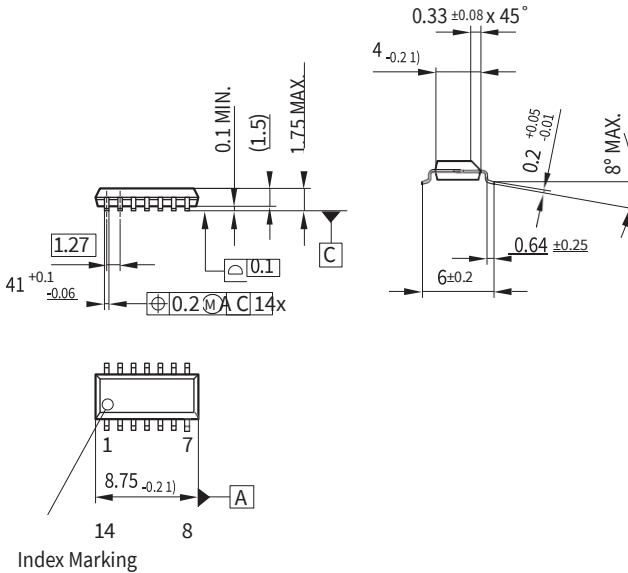
Parameter	Symbol	Values			Unit	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
GATE Low Voltage	V_{GATEL}	-	-	1.2	V	$V_{CC} = 10V$ $I_{GATE} = 5\text{ mA}$
		-	0.4	-	V	$I_{GATE} = 0\text{ A}$
		-	-	1.4	V	$I_{GATE} = 20\text{ mA}$
		-0.2	0.8	-	V	$I_{GATE} = -20\text{ mA}$
GATE High Voltage	V_{GATEH}	-	15	-	V	$V_{CC} = 25V$ $C_L = 1\text{ nF}$
		-	12.4	-	V	$V_{CC} = 15V$ $C_L = 1\text{ nF}$
		8.0	-	-	V	$V_{CC} = V_{VCCoff} + 0.2V$ $C_L = 1\text{ nF}$

4.3.13 栅极驱动部分

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
GATE Rise Time	t_r	-	30	-	ns	$V_{Gate} = 20\% - 80\%$ $V_{GATEH} C_L = 1\text{ nF}$
GATE Fall Time	t_f	-	25	-	ns	$V_{Gate} = 80\% - 20\%$ $V_{GATEH} C_L = 1\text{ nF}$

5 外形尺寸

PG-DSO-14 外形尺寸图



1) 不包括最大 0.15 的塑料或金属突出物。每边

注:

- 您可以在我们的英飞凌互联网分页“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>。
- 单位是毫米。

CCM-PFC**修订历史:**

数据手册

Page 4/8/16/ 17	Maximum switching frequency was changed to 100kHz
Figure 4	Maximum switching frequency was changed to 100kHz
Page 17	Maximum synchronization frequency was changed to 100kHz

Edition 2017-04-03**Published by****Infineon Technologies AG****81726 Munich, Germany****© Infineon Technologies AG 05/05/10.****All Rights Reserved.****Legal Disclaimer**

The information given in this document shall in no event be regarded as a guarantee of conditions or characteristics ("Beschaffheitsgarantie"). With respect to any examples, hints or any typical values stated herein and/or any information regarding the application of the product, Infineon Technologies hereby disclaims any and all warranties and liabilities of any kind, including without limitation warranties of non-infringement of intellectual property rights of any third party.

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 the types in question, please contact the nearest Infineon Technologies Office.

Infineon Technologies components may be used in life-support devices or systems only with the express written approval of Infineon Technologies, if a failure of such components can reasonably be expected to cause the failure of that life-support device or system or to affect the safety or 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 and 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 2026-03-03

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>。