

英飞凌固定频率 800 V / 950 V CoolSET™

采用DIP-7封装

特性

- 集成 800 V/950 V CoolMOS™，雪崩能力强
- 增强型主动突发模式，具有可选的进入和退出待机功率
- 数字降频，提高整体系统效率
- 借助共源共栅配置实现快速启动
- 具有斜率补偿的 DCM 和 CCM 操作
- 支持频率抖动和软栅极驱动，实现低 EMI
- 内置数字软启动
- 集成误差放大器，支持非隔离反激式和降压拓扑中的直接反馈
- 具有输入线过压、 V_{CC} 过压、 V_{CC} 欠压、过载、开环和过热等全面保护
- 所有的保护功能均处于自动重启模式
- 受限的 V_{CC} 短接至地的充电电流
- 无铅镀层、无卤塑封材料，符合 RoHS 标准



PG-DIP-7

潜在应用

- 适用于家用电器、白色家电、电视、电脑和服务器、智能计量的辅助电源
- 蓝光播放器、机顶盒和 LCD/LED 显示器

产品验证

完全符合 JEDEC 工业应用标准

描述

ICE5xRxxxxxZ 是第五代固定频率集成电源 IC (CoolSET™)，共源共栅配置，对离线式开关电源进行了优化。CoolSET™ 封装集成了两个独立的芯片。一个是控制器芯片，另一个是 800V/950V CoolMOS™ 芯片。共源共栅配置有助于实现快速启动。器件通过软栅极驱动和频率抖动操作以降低频率，进而在轻负载和 50% 负载之间实现低 EMI 效果和较高效率。可选的进入和退出待机功率 ABM 可在待机模式下实现灵活性和超低功耗，并且输出电压纹波小且可控。该产品的供电电压工作范围宽 (10.0V~25.5V)，功耗较低。多种保护功能可在故障情况下为电源系统提供支持。所有这些使得第五代 CoolSET™ 系列成为市场上出色的集成功率级固定频率反激式和降压转换器。

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

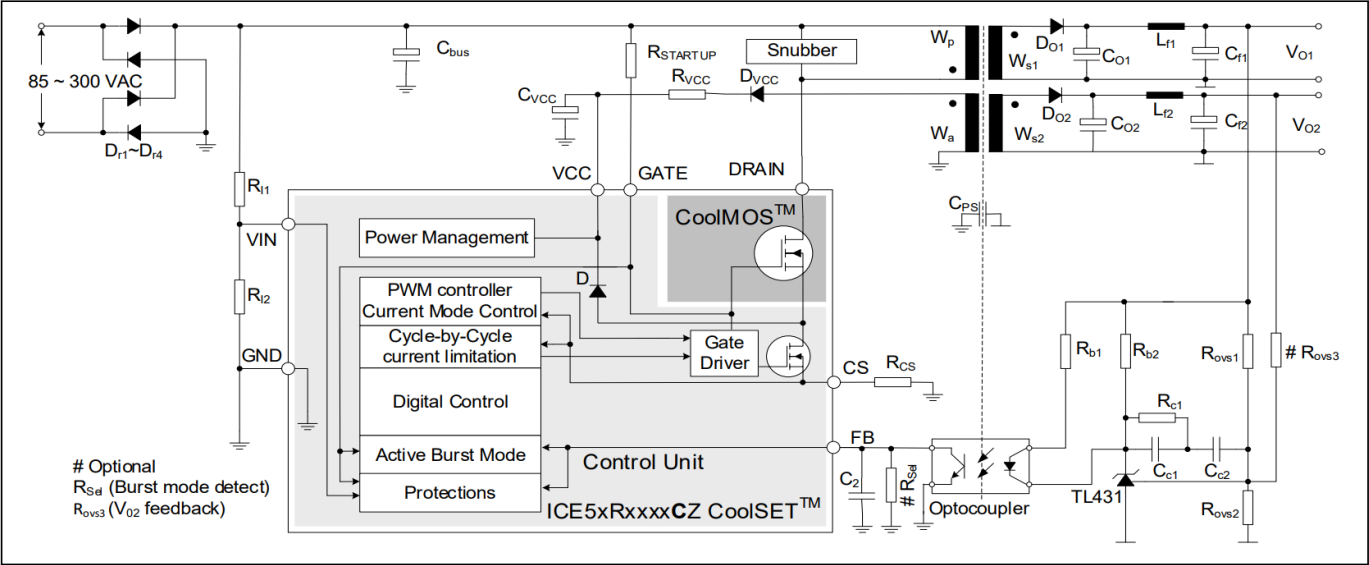


图 1 在采用 TL431 及光耦合器的隔离反激式结构中的典型应用

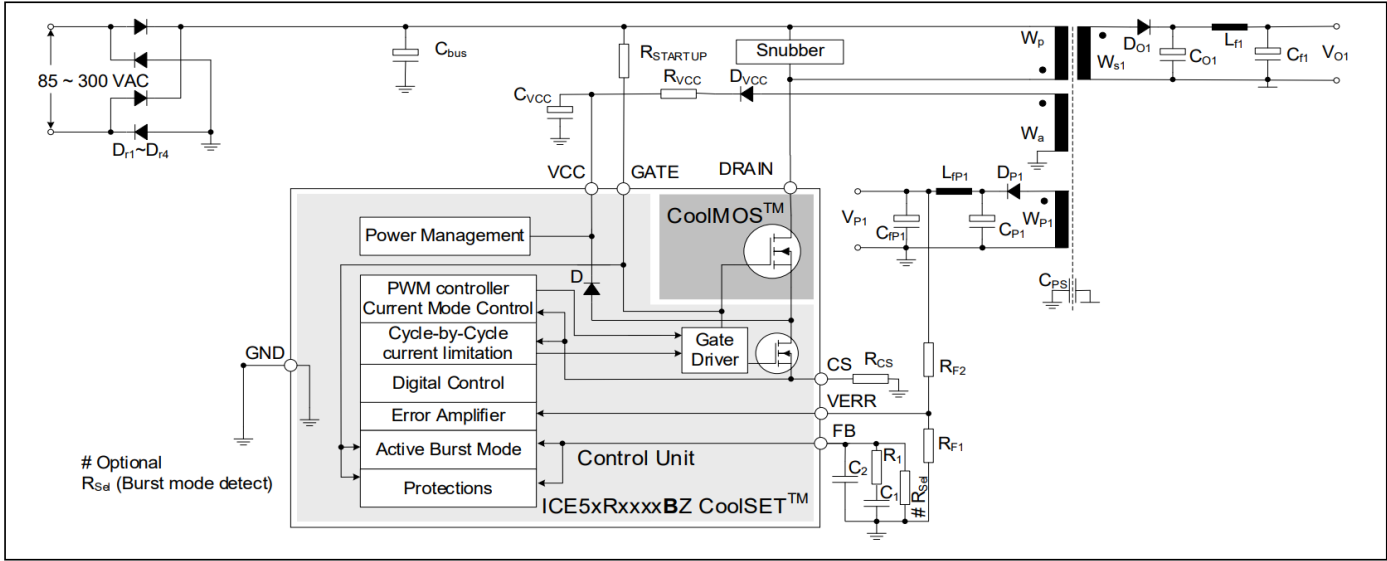


图 2 在集成误差放大器的非隔离反激式结构中的典型应用

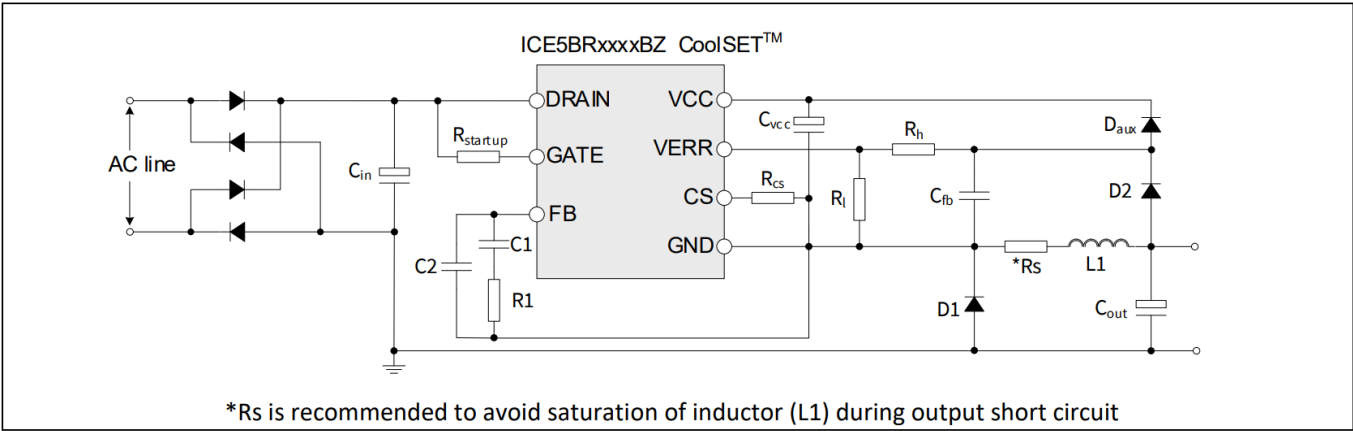


图 3 非隔离降压结构中的典型应用

第五代固定频率CoolSET™ 反激式设计的输出功率

表 1 第五代固定频率CoolSET™ 反激式设计的输出功率

Type	Package	Marking	V _{DS}	F _{sw}	R _{DSon} ¹	220 V AC ±20% ² at DCM	85-300 V AC ² at DCM	85-300 V AC ² at CCM
ICE5BR4780BZ	PG-DIP-7	5BR4780BZ	800 V	65 kHz	4.13 Ω	27.5 W	15 W	16.5 W
ICE5BR3995BZ	PG-DIP-7	5BR3995BZ	950 V	65 kHz	3.46 Ω	30 W	16.5 W	18 W
ICE5BR3995CZ	PG-DIP-7	5BR3995CZ	950 V	65 kHz	3.46 Ω	30 W	16.5 W	18 W
ICE5AR3995BZ	PG-DIP-7	5AR3995BZ	950 V	100 kHz	3.46 Ω	30 W	16.5 W	18 W
ICE5BR2280BZ	PG-DIP-7	5BR2280BZ	800 V	65 kHz	2.13 Ω	40 W	22 W	24 W
ICE5AR2280CZ	PG-DIP-7	5AR2280CZ	800 V	100 kHz	2.13 Ω	40 W	22 W	24 W

第五代固定频率CoolSET™ 非隔离降压设计的输出电流

英飞凌® 建议使用 65 kHz 的非隔离降压转换器。

表 2 第五代固定频率CoolSET™ 非隔离降压设计的输出电流

Type	Package	Marking	V _{DS}	F _{sw}	R _{DSon} ¹	85-265 V AC ³ at DCM	Typical output voltage
ICE5BR4780BZ	PG-DIP-7	5BR4780BZ	800 V	65 kHz	4.13 Ω	450 mA	15 V
ICE5BR3995BZ	PG-DIP-7	5BR3995BZ	950 V	65 kHz	3.46 Ω	550 mA	
ICE5BR2280BZ	PG-DIP-7	5BR2280BZ	800 V	65 kHz	2.13 Ω	700 mA	

¹ 在 T_i = 25°C 时的典型值（包括低边 MOSFET）。

² 在 T_a = 50°C、T_j = 125°C（集成高压 MOSFET）时，以开放框架设计所计算出的最大额定输出功率，该设计所用单面 PCB 的漏极引脚铜散热区采用了最小面积，铜厚为 2 oz。输出功率数值仅供选型之用。实际功率因具体设计而异。如需了解更多信息，请联系英飞凌技术专家。

³ 在 T_a = 50 °C、T_j = 125°C（集成高压 MOSFET）时，以开放框架设计所计算出的最大额定输出电流，该设计所用单面 PCB 的漏极引脚铜散热区采用了最小 100mm² 面积，铜厚为 2 oz。输出电流数值仅供选型之用。实际电流可能因设计而异。请联系英飞凌® 的技术专家以获取更多信息。

目录

目录

目录	4
1 框图	6
2 引脚配置	7
3 功能说明	8
3.1 启动期间的 VCC 预充电和典型 VCC 电压	8
3.2 软启动	9
3.3 正常工作	9
3.3.1 PWM 操作和峰值电流模式控制	9
3.3.1.1 导通判断	9
3.3.1.2 关断判断	9
3.3.2 电流检测	10
3.3.3 降频	11
3.3.4 斜坡补偿	11
3.3.5 振荡器和频率抖动	12
3.3.6 调制栅极驱动	12
3.4 峰值电流限制	12
3.4.1 传输延迟补偿	13
3.5 具有可选功率级别的主动突发模式	14
3.5.1 进入主动突发模式 (ABM) 工作	14
3.5.2 主动突发模式工作期间	14
3.5.3 退出主动突发模式工作	14
3.5.4 主动突发模式 (ABM) 配置	16
3.6 非隔离/隔离配置	16
3.7 保护功能	17
3.7.1 线电压过压 (CZ 版本)	17
3.7.2 V _{CC} 过压和欠压	17
3.7.3 过载或开环	17
3.7.4 过温	17
3.7.5 V _{CC} 短路至 GND	18
3.7.6 保护模式	18
4 电气特性	20
4.1 绝对最大额定值	20
4.2 工作范围	21
4.3 工作条件	21
4.4 内部电压参考	22
4.5 PWM 部分	22
4.6 误差放大器	23
4.7 电流检测	23
4.8 软启动	24
4.9 主动突发模式	24
4.10 线电压过压保护 (CZ 版)	25
4.11 V _{CC} 过压保护	25
4.12 过载保护	25
4.13 过温保护	25
4.14 CoolMOS™ 部分	26
5 CoolMOS™ 性能特性	27
6 输出功率曲线	33



目录

7 输出电流曲线 36

8 封装信息 37

8.1 标记..... 38

9 修订记录 39

框图

1 框图

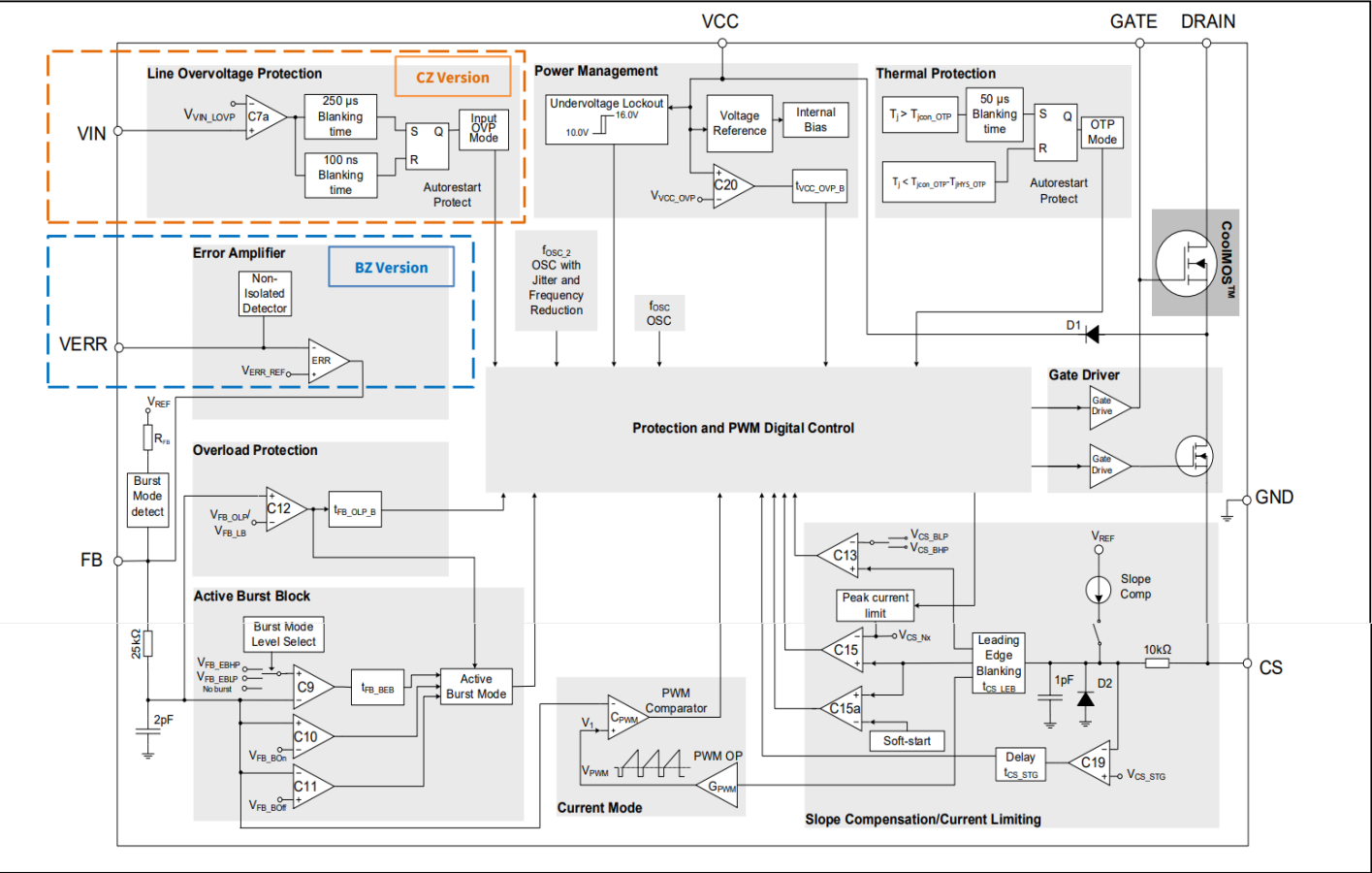


图4 框图

注释： 控制器芯片的结温会被检测来实施过温保护功能。CoolMOSTM 芯片与控制器芯片位于同一封装内，为独立芯片。请参阅设计指南或咨询技术专家，了解如何进行合理的热设计。

引脚配置

2 引脚配置

引脚配置如图 5所示，功能见表 3.。

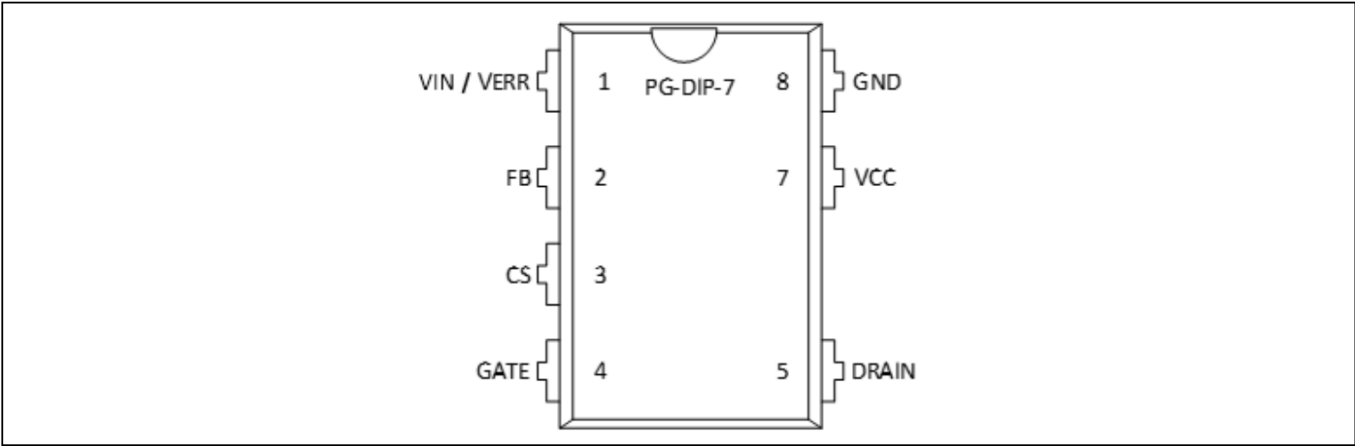


图5 引脚配置

表3 引脚定义及功能

Pin	Symbol	Function
1	VERR (BZ version)	Error amplifier VERR pin is internally connected to the transconductance error amplifier for a non-isolated converter. Connect this pin to GND for an isolated converter.
	VIN (CZ version)	Input line overvoltage protection (LOVP) VIN pin is connected to the bus via a resistor divider (see Figure 1) to sense the line voltage. Internally, it is connected to the line overvoltage comparator which stops the switching when a LOVP condition occurs. To disable LOVP, connect this pin to GND.
2	FB	Feedback and ABM entry and exit control FB pin combines the functions of feedback control, selectable burst entry/exit control and overload/open loop protection.
3	CS	Current sense The CS pin is connected to the shunt resistor for the primary current sensing externally and to the PWM signal generator block for switch-off determination (together with the feedback voltage) internally.
4	GATE	Gate driver output The GATE pin is connected to the Gate of the internal CoolMOS™ and additionally, a pull- up resistor is connected from a bus voltage to turn on the internal CoolMOS™ for charging up the VCC capacitor during startup.
5	DRAIN	DRAIN (Drain of integrated CoolMOS™) The DRAIN pin is connected to the drain of the integrated CoolMOS™.
7	VCC	VCC (Positive voltage supply) The VCC pin is the positive voltage supply to the IC. The operating range is between V _{VCC_OFF} and V _{VCC_OVP} .
8	GND	Ground The GND pin is the common ground of the controller.

3 功能说明

3.1 启动期间的 VCC 预充电和典型 VCC 电压

如图 1 所示，一旦施加线路输入电压，电容 C_{BUS} 两端就会出现整流电压。上拉电阻 $R_{STARTUP}$ 提供电流对 CoolMOS™ 的 C_{iss} （输入电容）进行充电，并逐渐产生一个电压电平。如果 C_{iss} 的电压足够高，CoolMOS™ 和 V_{CC} 电容会通过变压器 LP 的初级电感、CoolMOS™ 和内部二极管 D1，利用两级恒流源 $I_{VCC_Charge1}$ 和 $I_{VCC_Charge3}$ 进行充电。

一个非常小的恒流源 ($V_{CC_Charge1}$) 对 V_{CC} 电容充电，直到 V_{CC} 达到 V_{VCC_SCP} ，以保护控制器在启动过程中免受 V_{CC} 引脚短路接地的影响。此后，第二级恒流源 ($I_{VCC_Charge3}$) 继续对 V_{CC} 电容充电，直到 V_{CC} 电压超过开启阈值 V_{VCC_ON} 。如图 6 中时间阶段 I 所示， V_{CC} 电压几乎以两个阶段呈线性上升。

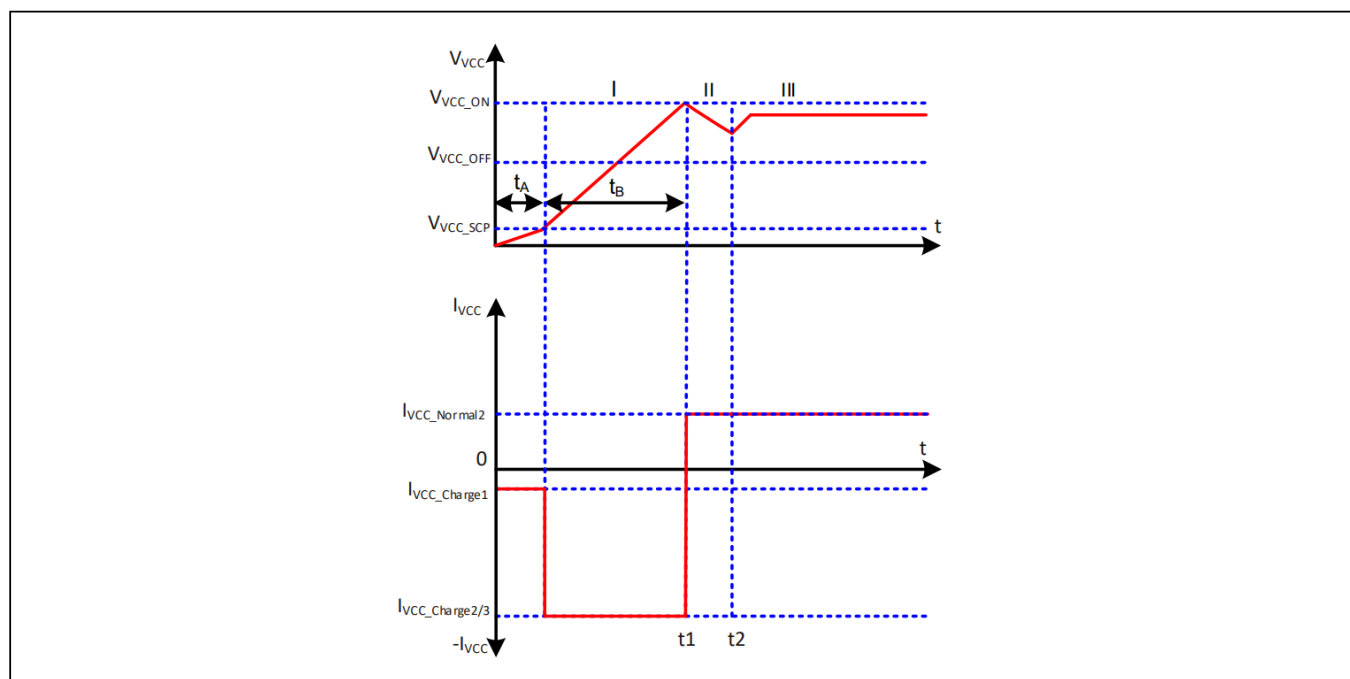


图6 启动时的 V_{CC} 电压和电流

V_{CC} 预充电时间可计算如下：

$$t_1 = t_A + t_B = \frac{V_{VCC_SCP} \times C_{VCC}}{I_{VCC_Charge1}} + \frac{(V_{VCC_ON} - V_{VCC_SCP}) \times C_{VCC}}{I_{VCC_Charge3}} \quad (1)$$

当 V_{CC} 电压在时间 t_1 超过 V_{CC} 开启阈值 V_{VCC_ON} 时，IC 开始软启动工作。由于 IC 的功耗，以及在输出电压建立之前辅助绕组仍无能量为 V_{CC} 电容充电， V_{CC} 电压下降（阶段 II）。一旦输出电压升至接近稳定电压，辅助绕组将从 t_2 开始为 V_{CC} 电容充电，并将 $I_{VCC_Normal2}$ 输送至 CoolSET™ 随后， V_{CC} 达到取决于输出负载的恒定值。

¹ $I_{VCC_Charge1/2/3}$ 是启动过程中从控制器到 V_{CC} 电容器的充电电流

² $I_{VCC_Normal2}$ 是正常运行期间从 V_{CC} 电容器或辅助绕组到 CoolSET™ 供电电流。

3.2 软启动

如图7所示，IC 在 t_{on} 时刻通过软启动开始工作。软启动期间，功率 MOSFET、二极管和变压器上的开关应力被最小化。ICE5xRxxxxxZ 中实现的软启动是一种基于时间的数字功能。预设软启动时间为 t_{ss} (12 ms)，分为四个阶段。如果不受其他功能限制，CS 引脚上的峰值电压将从 0.3 V 逐步增加到 V_{CS_N} (0.8 V)。当输出电压达到其稳定值时，正常的反馈环路将接管控制。

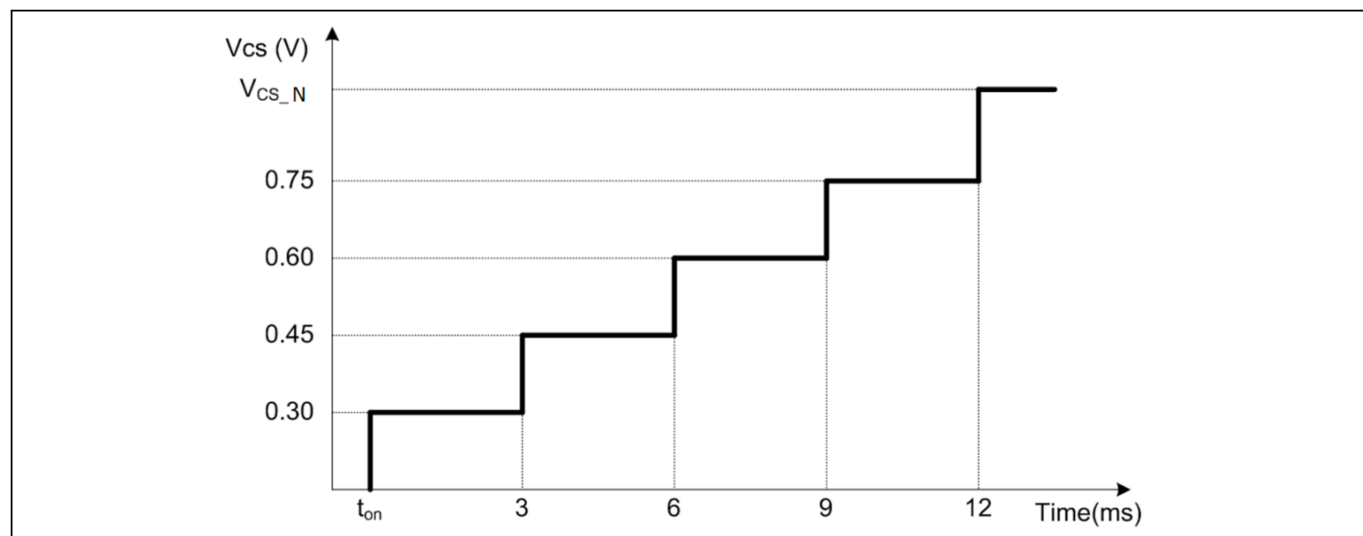


图7 软启动期间的最大电流检测电压

3.3 正常工作

正常工作时的PWM控制器由包括调节控制的数字信号处理电路和包括电流测量单元和比较器的模拟电路组成。以下段落详细说明了 CoolSET™ 在正常运行下的完整操作。

3.3.1 PWM 操作和峰值电流模式控制

3.3.1.1 导通判断

功率 MOSFET 的导通与内部振荡器同步，其开关频率 FSW 对应电压电平 VFB（见图9）。

3.3.1.2 关断判断

在峰值电流模式控制中，PWM比较器监测电压 V_1 （见图4），该电压代表功率MOSFET的瞬时电流。当 V_1 超过 V_{FB} 时，PWM比较器发出信号，关闭功率MOSFET的栅极。因此，功率MOSFET的峰值电流由反馈电压 V_{FB} 控制（见图8）。

在功率 MOSFET 导通瞬态过程中， R_{CS} 两端的电压尖峰 可能导致 V_1 升高并超过 V_{FB} 。为避免误关断，IC 在检测 R_{CS} 两端电压之前 预留了一段消隐时间 t_{CS_LEB} ，以屏蔽电压尖峰。因此，功率 MOSFET 的最小导通时间为 t_{CS_LEB} 。

如果 V_1 处的电压水平 需要很长时间才能超过 V_{FB} ，则 IC 会实施最大占空比控制，以 在达到 $D_{MAX} = 0.75$ 时强制功率 MOSFET 关闭。

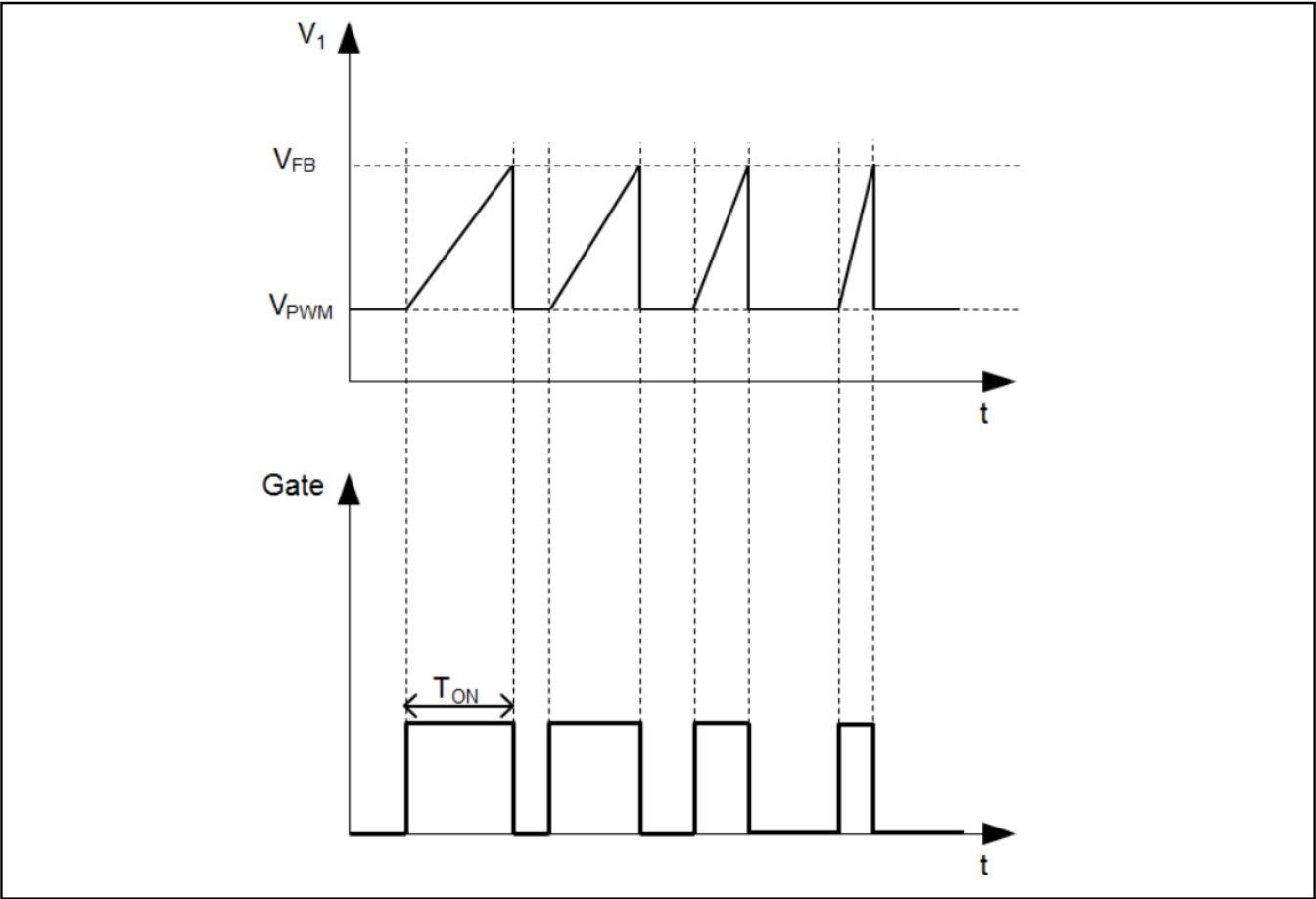


图8 脉冲宽度调制

3.3.2 电流检测

功率 MOSFET 电流 在连接 CS 引脚和 GND 引脚的 电流检测电阻 R_{CS} 两端产生电压 V_{CS} 。 V_{CS} 经增益 G_{PWM} 放大，然后加上偏移电压 V_{PWM} ，得到 V_1 ， 如下面的公式 3 所示。

$$V_{CS} = I_D \times R_{CS} \tag{2}$$

$$V_1 = V_{CS} \times G_{PWM} + V_{PWM} \tag{3}$$

其中:

- V_{CS} : CS引脚电压
- I_D : 功率MOSFET电流
- R_{CS} : 电流检测电阻的阻值
- V_1 : 与 V_{FB} 相比的电压电平，如第 3.3.1.2 章所述
- G_{PWM} : PWM-OP增益
- V_{PWM} : 电压斜坡偏移

如果在电源开关导通期间，电流检测引脚上的电压在经过时间 $t_{CS_STG_SAM}$ 之后连续三个脉冲低于预设阈值 V_{CS_STG} ，则此异常 V_{CS} 会触发 IC 进入自动重启模式。

3.3.3 降频

在ICE5xRxxxxxZ中实施降频操作的目的在于获得更高的轻载效率。在轻载状态下，较低的开关频率 F_{SW} 通过减少开关损耗来提高效率。

当负载减小时， V_{FB} 也减小。 F_{SW} 取决于 V_{FB} ，如图9所示。因此， F_{SW} 随着负载的减少而减小。

例如，高负载时 F_{SW} 为 65 kHz，在 $V_{FB} = 1.7$ V 时开始下降。一旦达到 f_{OSC2_MIN} ，即使负载进一步降低，频率也不会进一步降低。

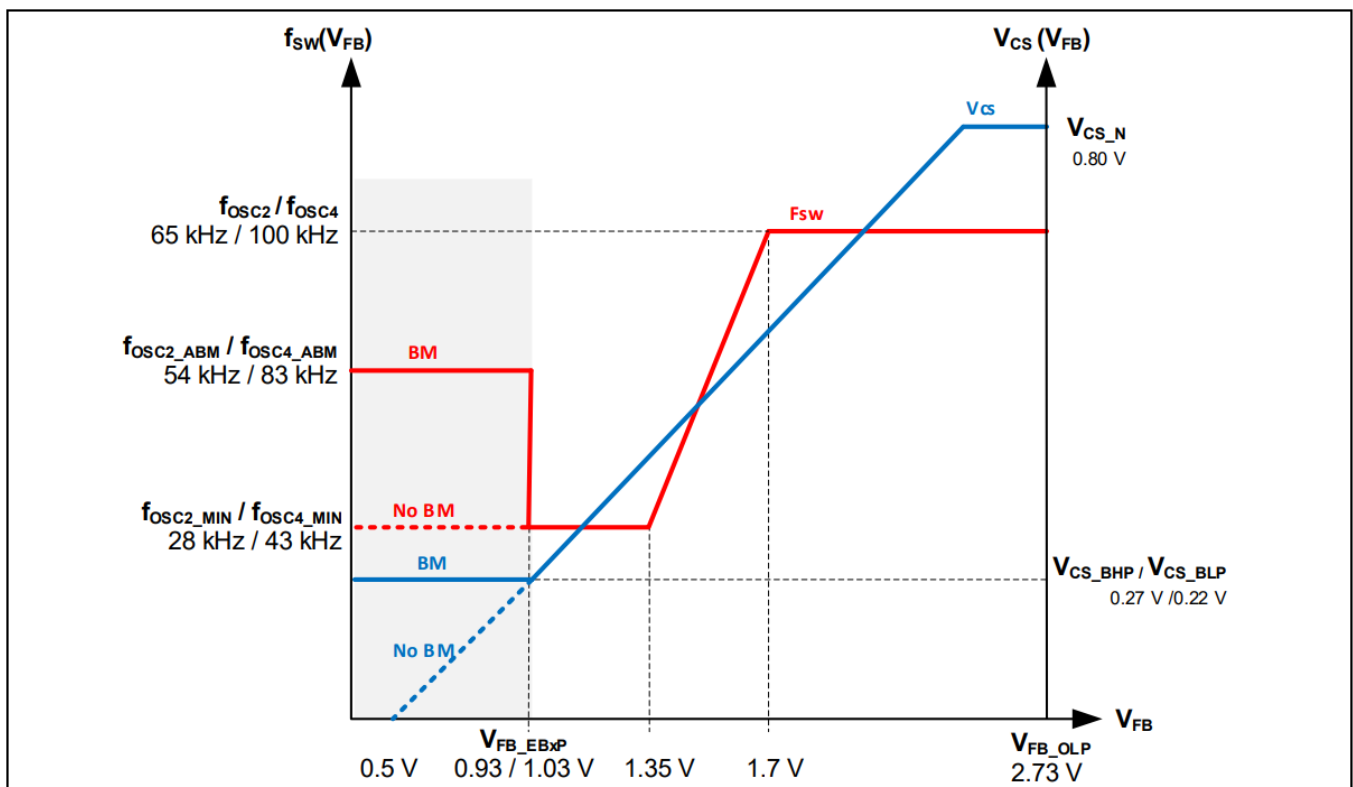


图9 降频曲线

3.3.4 斜坡补偿

ICE5xRxxxxxZ 可在连续导通模式 (CCM) 下工作。在 CCM 模式下，占空比超过 50% 可能会产生次谐波振荡。为了避免次谐波振荡，当功率 MOSFET 栅极导通时间超过开关周期的 40% 时，会在 V_{CS} 在引脚添加斜坡补偿。

CCM 操作的 V_{FB} 和 V_{CS} 之间的关系如公式 4 所示：

$$V_{FB} = V_{CS} \times G_{PWM} + V_{PWM} + M_{COMP} \times (T_{ON} - 40\% \times T_{PERIOD}) \quad (4)$$

此公式中

T_{ON} : 功率 MOSFET 的栅极导通时间

M_{COMP} : 斜坡补偿斜率

T_{PERIOD} : 开关周期

在处于主动突发模式期间，系统会禁用斜坡补偿电路，VCS 引脚不会增加斜坡补偿，以节省功耗。

3.3.5 振荡器和频率抖动

振荡器产生 65 kHz / 100 kHz 的频率，频率抖动为 ±4%，抖动周期为 T_{JITTER} （4 毫秒）。频率抖动有助于降低传导 EMI。

集成了决定频率的电容器、电流源和电流吸收器。为实现高精度开关频率，所用振荡器电容的充放电电流已经过内部修整。

一旦软启动期结束并且 IC 进入正常工作模式，频率抖动就会启用。降频过程中还存在频率抖动。

3.3.6 调制栅极驱动

驱动级针对电磁干扰进行了优化。在达到CoolMOS™ 的导通阈值前，系统会减慢其接通速度。驱动器输出端采用上升沿斜坡控制（见图 10），从而最大限度地减小导通期间的前沿开关尖峰。

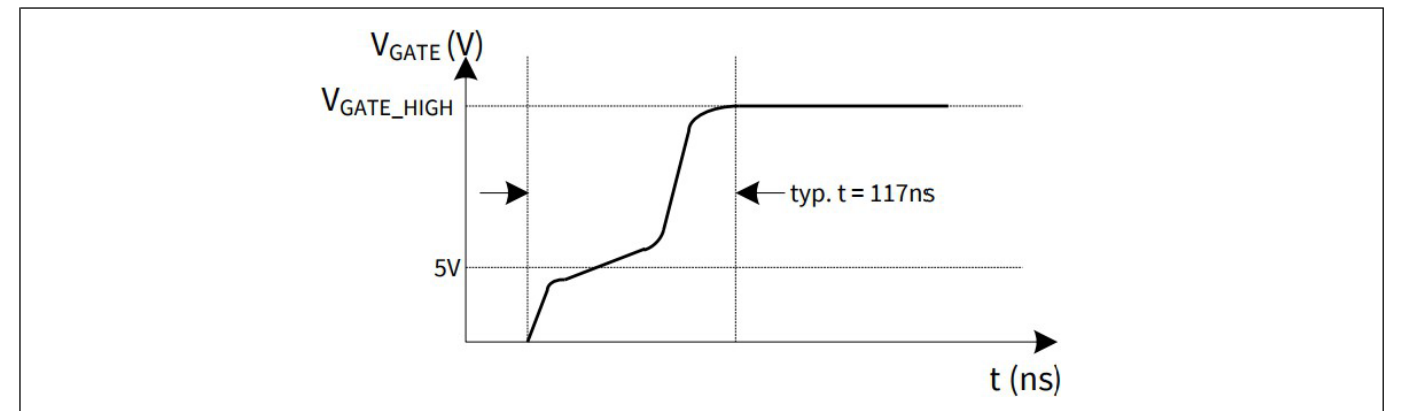


图10 栅极上升波形

3.4 峰值电流限制

电流限制比较器实现逐周期峰值电流限制，以提供初级过流保护。初级电流 在连接 CS 引脚和 GND 引脚的 电流检测电阻 R_{CS} 两端产生电压 V_{CS} 。如果 V_{CS} 电压 超过内部电压限值 V_{CS_N} ，比较器会立即 关闭栅极驱动。

初级峰值电流 I_{PEAK_PRI} 的计算公式如下：

$$I_{PEAK_PRI} = V_{CS_N} / R_{CS}$$

(5)

为避免因 MOSFET 接通瞬态电压尖峰引起误触发，电流检测线路中增加了前沿消隐 (LEB) 时间 (t_{CS_LEB})。

3.4.1 传输延迟补偿

在进行过流检测时，从感测 V_{CS} 到关断功率 MOSFET 的过程中始终存在传输延迟。因延迟引起的峰值电流 I_{peak} 过冲值取决于初级电流的 di/dt 比值（见图 11）。

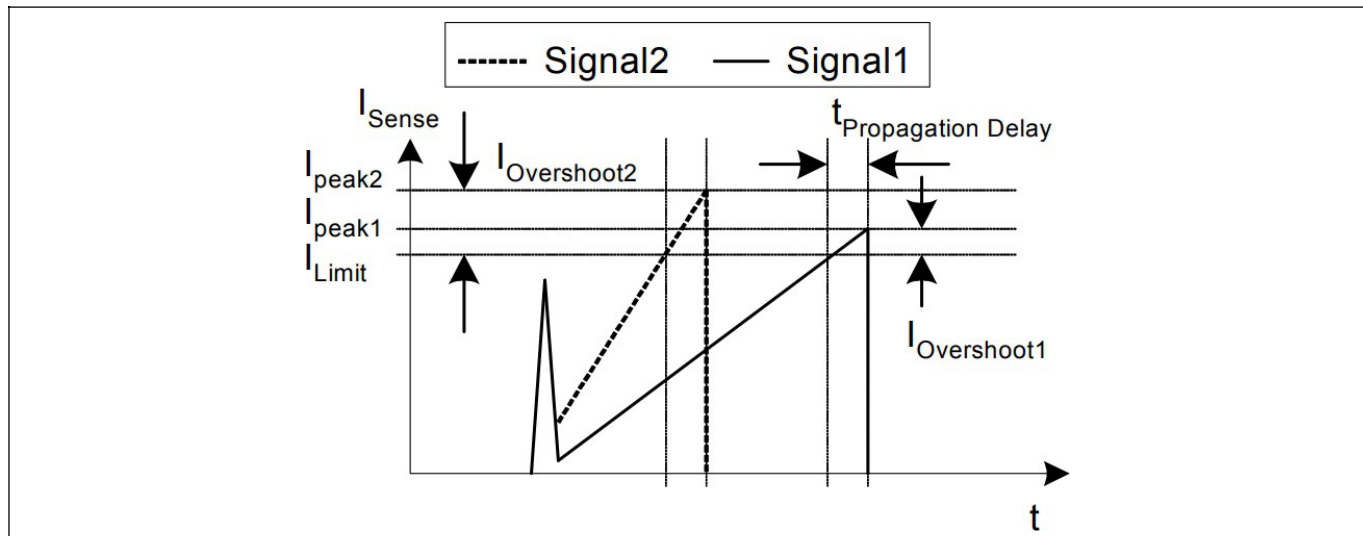


图11 电流限制

由于上升波形更陡峭，信号 2 的过冲大于信号 1。斜率的变化取决于交流输入电压。集成了传播延迟补偿，以减少由上升原边电流的 di/dt 引起的过冲。因此，在宽总线电压范围内，从超过电流检测阈值 V_{CS_N} 到功率 MOSFET 关断之间的传播延迟时间得到了补偿。

电流限制变得更加精确，这使得低和高交流线路输入电压之间的过载保护触发功率差异最小。

在 CCM 模式下，相同的 V_{CS} 不会产生相同的功率。为了实现 CCM 的过载触发水平接近，ICE5xRxxxxxZ 实现了两条补偿曲线，如图 12 所示。其中一条曲线用于 T_{ON} 大于 0.40 占空比，另一条曲线用于 T_{ON} 低于 0.40 占空比。

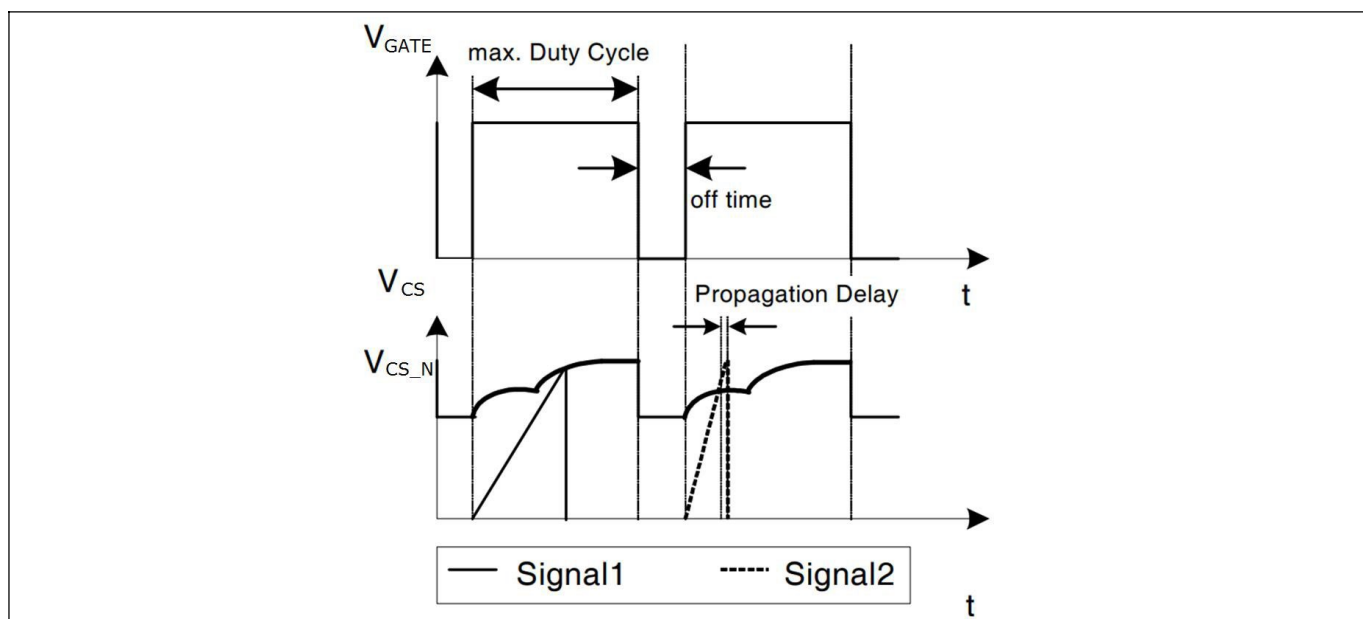


图12 动态电压阈值 V_{CS_N}

类似地，同样的传播延迟补偿概念也在ABM中实现，只是补偿有所降低。通过这种实现方式，进入和退出突发模式的功率可以在低和高交流线路输入电压之间接近。

3.5 具有可选功率级别的主动突发模式

在轻负载条件下，IC 进入主动突发模式 (ABM) 操作以最大限度地降低功耗。以下段落将解释有关ABM运行的详细信息。

3.5.1 进入主动突发模式 (ABM) 工作

当满足以下两个条件时，系统进入ABM运行：

- 反馈电压低于 V_{FB_EBLP}/V_{FB_EBHP} 的阈值，具体数值依突发配置选项设置而定；
- 具备一定的消隐时间 t_{FB_BEBO}

一旦满足所有这些条件，ABM 触发器就会被设置，控制器进入 ABM 操作。这种进入 ABM 操作的多条件判断可以防止误触发进入 ABM 操作，使得控制器仅在输出功率确实很低时才进入 ABM 操作。

3.5.2 主动突发模式工作期间

进入ABM模式后，PWM部分处于非激活状态，导致 V_{OUT} 开始下降。随着 V_{OUT} 的下降， V_{FB} 上升。一旦 V_{FB} 超过 V_{FB_BON} ，内部偏置电压将再次激活内部电路，开始开关动作。

如果PWM仍在工作且输出负载仍然较低，则 V_{OUT} 上升， V_{FB} 信号开始下降。当 V_{FB} 达到低阈值 V_{FB_BOFF} 时，内部偏置再次复位，PWM部分禁用，不进行开关操作，直到 V_{FB} 再次上升至超过 V_{FB_BON} 阈值。

在ABM模式下， V_{FB} 呈锯齿波状，在 V_{FB_BOFF} 和 V_{FB_BON} 之间波动，如图13 所示。

在ABM模式下，功率MOSFET的峰值电流 I_{PEAK_ABM} 定义为

$$I_{PEAK_ABM} = V_{CS_BxP} / R_{CS} \quad (6)$$

其中 V_{CS_BxP} 是 ABM 中的峰值电流限制。

3.5.3 退出主动突发模式工作

如果输出负载突然增加，FB电压会立即升高。当 V_{FB} 超过 V_{FB_LB} 时，它脱离ABM，峰值电流限制阈值电压立即返回到 V_{CS_N} 。

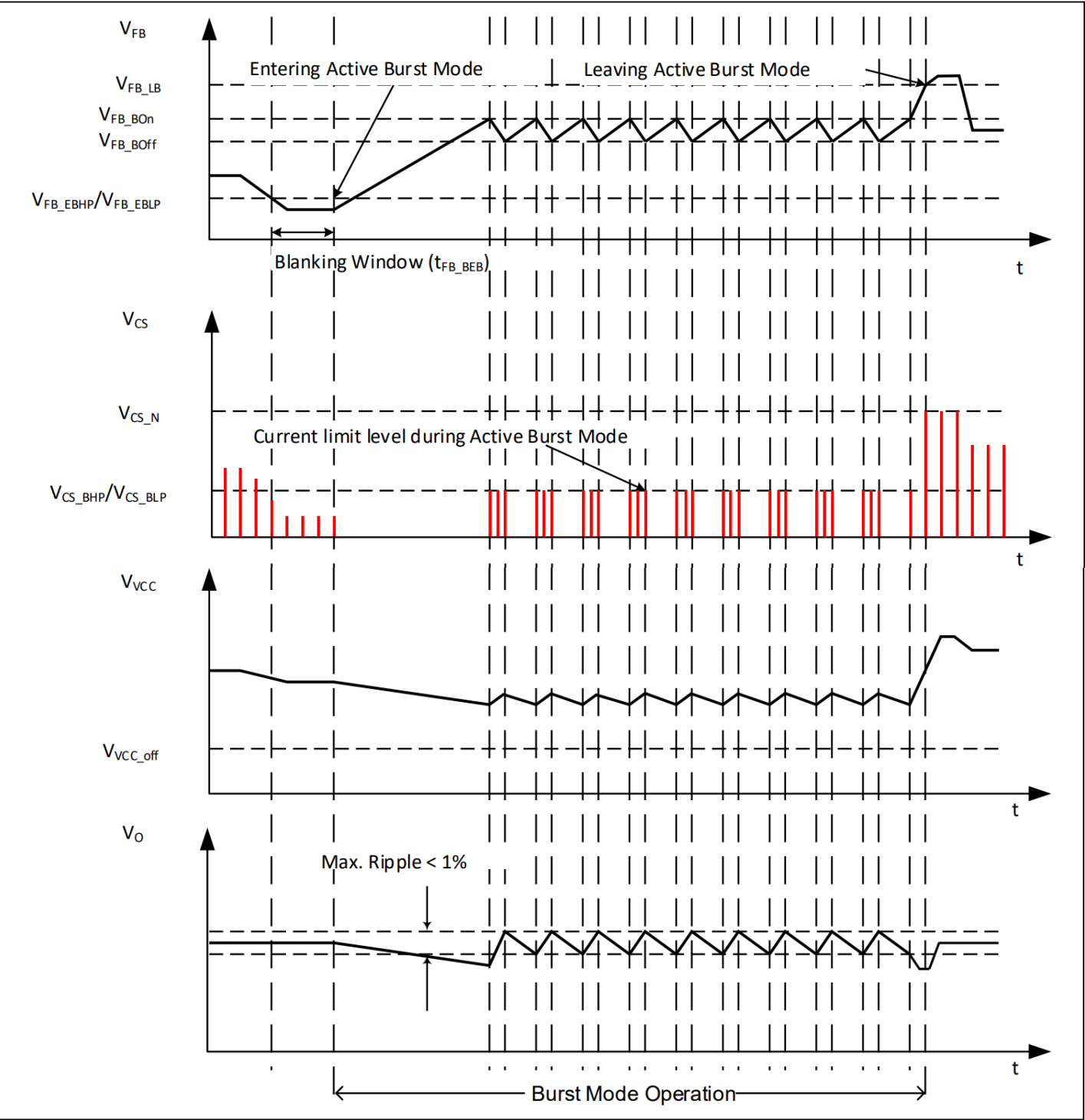


图 13 ABM 中的信号

3.5.4 主动突发模式 (ABM) 配置

通过改变 FB 引脚上的电阻 R_{Sel} ，系统即可选择进入的突发模式电平。根据 R_{Sel} 的不同，系统有三种配置方案，分别对应无主动突发模式（方案 1）、主动突发模式低功率范围（方案 2）以及主动突发模式高功率范围（方案 3）。下表显示了根据反馈电压以确定进入和退出电平的控制逻辑。

表 4 ABM 配置选项设置

Option	R_{Sel}	V_{FB}	V_{CS_BxP}	Entry level	Exit level
				V_{FB_EBxP}	V_{FB_LB}
1	< 470 kΩ	$V_{FB} < V_{FB_P_BIAS1}$	-	No ABM	No ABM
2	720 kΩ ~ 790 kΩ	$V_{FB_P_BIAS1} < V_{FB} < V_{FB_P_BIAS2}$	0.22 V	0.93 V	2.73 V
3 (default)	> 1210 kΩ	$V_{FB} > V_{FB_P_BIAS2}$	0.27 V	1.03 V	2.73 V

在 IC 首次启动期间，控制器将 ABM 选择预设选项 3，FB 电阻器 (R_{FB}) 由内部开关 S_2 断开（见图 14），并改为开启电流源 I_{sel} 。从 $V_{CC} = 4.44\text{ V}$ 到 V_{CC} 开启阈值，FB 引脚开始以电流 I_{sel} 为电阻 R_{Sel} 充电，直至达到特定电压水平。当 V_{CC} 达到 V_{CC} 开启阈值时，将感测 FB 电压。然后根据 FB 电压水平选择突发模式选项。完成选择后，FB 电压的任何变化都不会改变突发模式选项，电流源 (I_{sel}) 将断开，同时 FB 电阻 (R_{FB}) 重新连接到电路（图 14）。

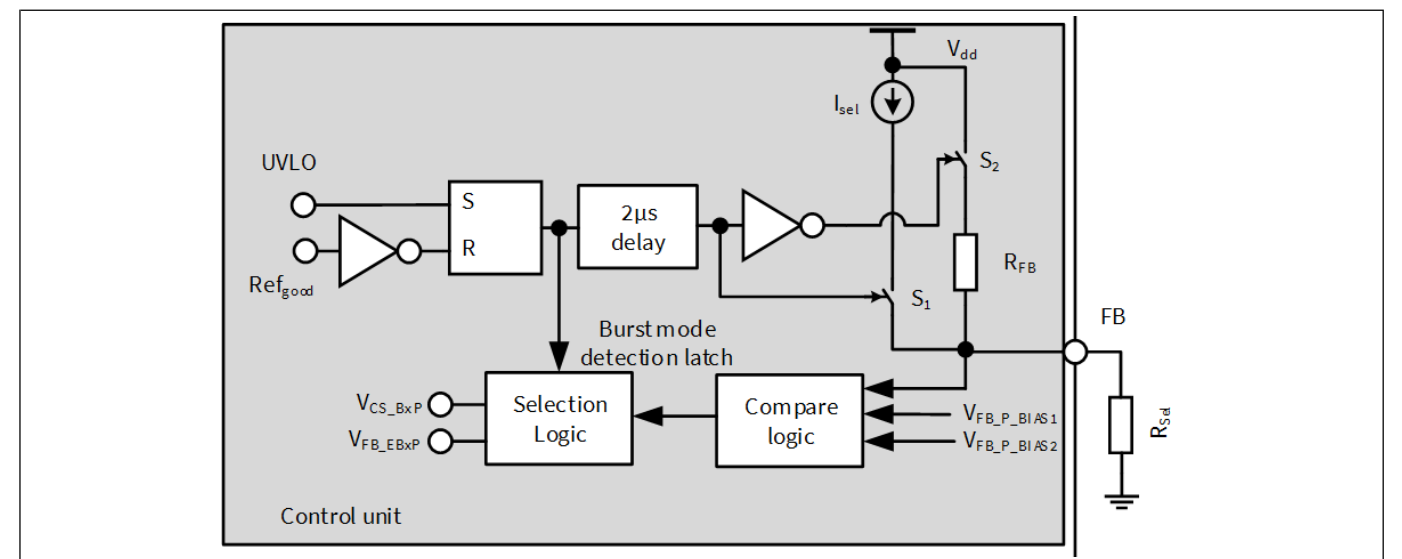


图14 ABM检测与调整

3.6 非隔离/隔离配置

ICE5xRxxxxBZ 有一个 VERR 引脚，连接到集成误差放大器的输入端，以支持非隔离转换器（见图2）。当 V_{CC} 充电时，在达到 V_{CC} 开启阈值之前，来自 VERR 引脚的电流源 $I_{ERR_P_BIAS}$ 与 R_{F1} 和 R_{F2} 共同在 VERR 两端产生电压。如果 VERR 电压高于 $V_{ERR_P_BIAS}$ (0.2V)，则选择非隔离配置；否则，选择隔离配置。在隔离配置中，误差放大器输出与 FB 引脚断开连接。

在非隔离配置中，分压器 R_{F1} 和 R_{F2} 用于感测输出电压，并与内部参考电压 V_{ERR_REF} 进行比较。

功能说明

感测电压与内部参考电压之间的差值经误差放大器转换为输出电流。输出电流对 FB 引脚处连接的电阻器和电容器网络进行充电或放电，以进行环路补偿。

3.7 保护功能

ICE5xRxxxxxZ 提供多种保护功能，可显著提高电源系统的稳健性、安全性和可靠性。下表总结了这些保护功能及其对应的保护模式，包括无开关自动重启、自动重启或跳过奇数式自动重启模式。参见图 15，图 16 和图 17 了解保护模式的波形图。

表5 保护功能

Protection functions	Normal mode	Burst mode		Protection mode
		Burst ON	Burst OFF	
Line overvoltage (CZ version)	√	√	√	Non-switch auto restart
V _{CC} overvoltage	√	√	n/a ¹	Odd skip auto restart
V _{CC} undervoltage	√	√	√	Auto restart
Overload or open loop	√	n/a ¹	n/a ¹	Odd skip auto restart
Overtemperature	√	√	√	Non-switch auto restart
V _{CC} short to GND	√	√	√	No startup

3.7.1 线电压过压（CZ 版本）

交流线路过压保护 (LOVP) 是通过分压电阻 R₁₁和 R₁₂通过 VIN 引脚检测总线电容电压来检测的（图 1）。一旦 V_{VIN} 电压高于线路过压阈值 (V_{VIN_LOVP})，控制器将进入保护模式，直至 V_{VIN} 低于 V_{VIN_LOVP}。将 VIN 引脚接地即可禁用此保护功能。

3.7.2 V_{CC}过压和欠压

工作期间，V_{CC} 电压受到持续监控。如果 V_{CC} 低于 V_{VCC_OFF} 并持续 50 μs (t_{VCC_OFF_B}) 或高于 V_{VCC_OVP} 并持续 55 μs (t_{VCC_OVP_B})，功率 MOSFET 将保持关断状态。当 V_{CC} 电压降至阈值 V_{VCCOff} 以下后，新的启动序列将被激活。V_{CC} 电容随后充电。一旦电压超过阈值 V_{VCC_ON}，IC 将通过新的软启动开始工作。

3.7.3 过载或开环

如果控制环路开路或输出过载，FB 电压会被上拉。当 V_{FB} 经过消隐时间 t_{FB_OLP_B} 后超过 V_{FB_OLP} 时，IC 进入跳过奇数式自动重启模式。消隐时间使转换器能够在 V_{FB} 因负载突然增加而升高的情况下提供峰值功率。

3.7.4 过温

如果控制器结温高于 T_{jcon_OTP}，IC 将在自动重启模式下进入过温保护 (OTP)。此外，该 IC 还具备 40°C 的迟滞设置。这意味着只有当控制器结温低于触发点 40°C 温差时，IC 方可从过温保护中恢复。

¹不适用。

3.7.5 VCC 短路至GND

为限制启动电路在 V_{CC} 短接接地端时的功率损耗， V_{CC} 充电电流被限制为最小值 $I_{VCC_Charge1}$ ，这一低电流足以限制 IC 功率损耗，以防过热。

3.7.6 保护模式

所有保护均处于自动重启模式，并具有新的软启动序列。下图说明了三种自动重启模式。

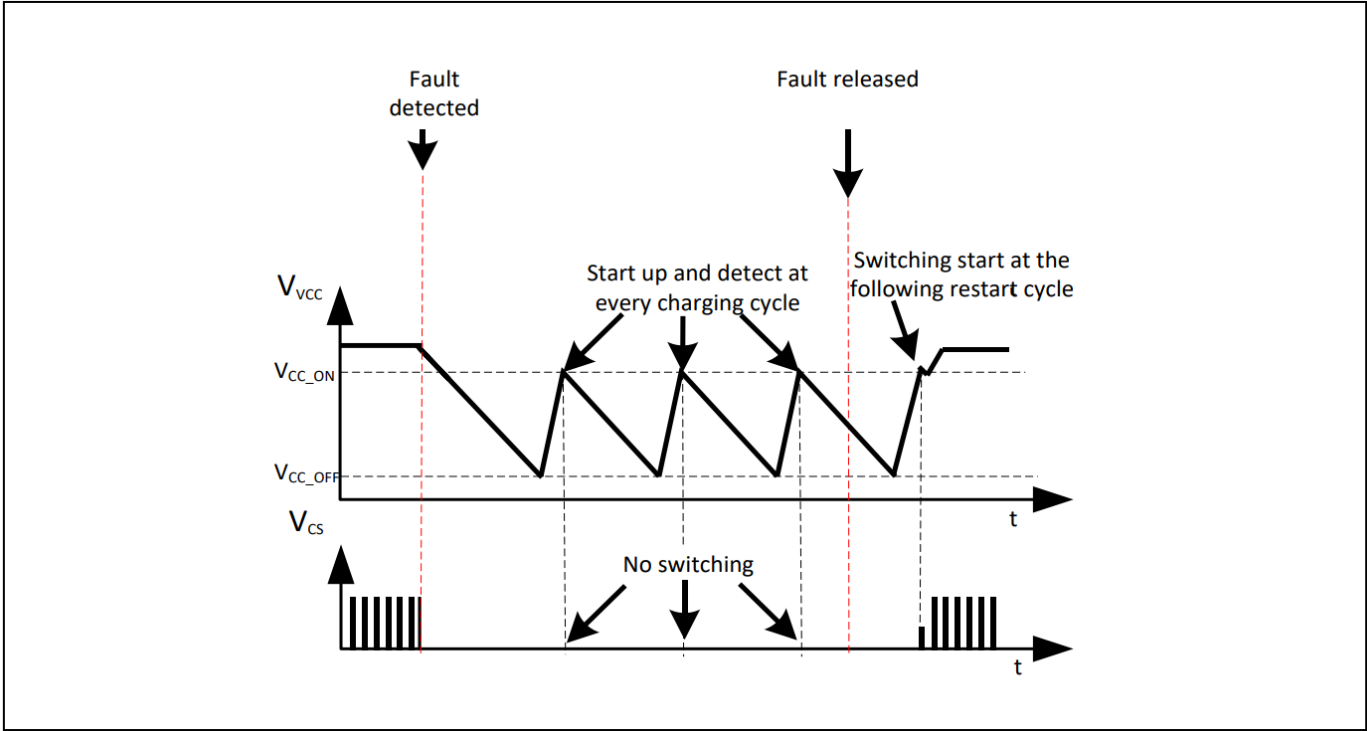


图15 无开关自动重启模式

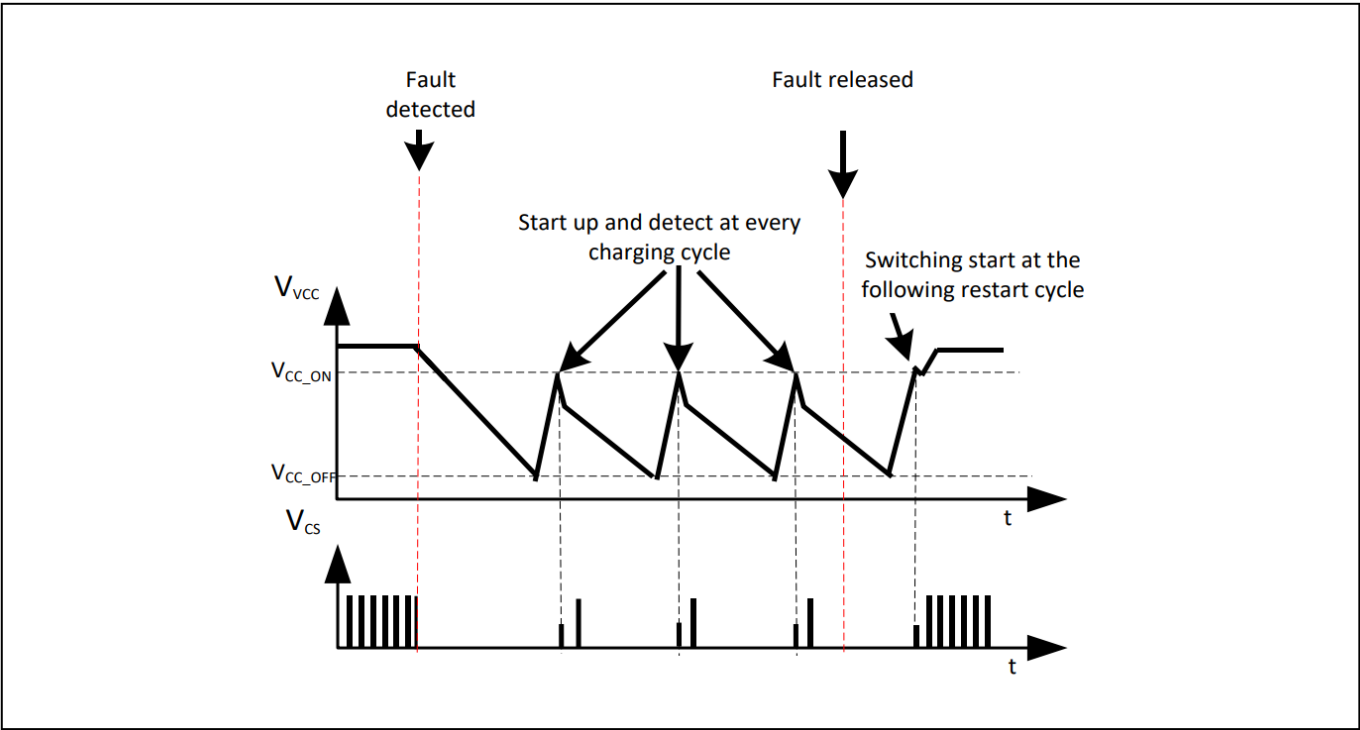


图16 自动重启模式

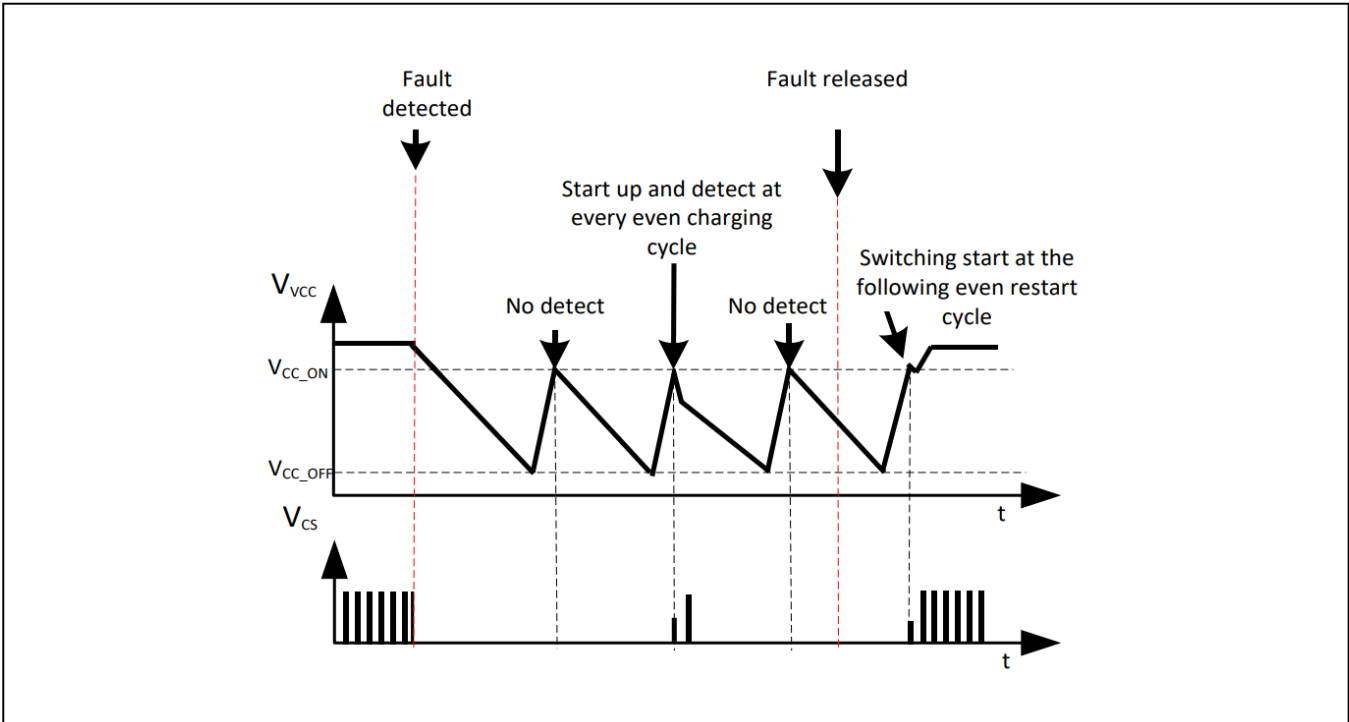


图 17 跳过奇数式自动重启

4 电气特性

注意：所有电压都是相对于地（引脚8）测量的。如果没有违反其他额定值，则电压电平都有效。

4.1 绝对最大额定值

注意：此处列出的最大值以上的应力可能会对器件造成永久性损坏。长时间暴露在绝对最大额定值条件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。出于同样的原因，在组装应用电路之前，请确保连接到引脚7（VCC）的任何电容器都已放电。除非另有规定，否则 $T_a = 25^\circ\text{C}$ 。

表 6 绝对最大额定值

Parameter	Symbol	Limit values		Unit	Note or test condition
		Min.	Max.		
Drain voltage ICE5xRxx80xZ ICE5xR3995xZ	V_{DRAIN}	800 950	– –	V	$T_j = 25^\circ\text{C}$
Pulse drain current ICE5xR3995xZ ICE5BR4780BZ ICE5xR2280xZ	$I_{\text{D,Pulse}}$	– – –	5.0 ¹ 2.6 ¹ 5.8 ²	A	
Avalanche energy, repetitive, t_{AR} limited by maximal $T_j = 150^\circ\text{C}$ and $T_{j,\text{Start}} = 25^\circ\text{C}$ ICE5xR2280xZ ICE5BR4780BZ ICE5xR3995xZ	E_{AR}	– – –	0.05 0.02 0.04	mJ	$I_{\text{D}} = 0.40\text{ A}, V_{\text{DD}} = 50\text{ V}$ $I_{\text{D}} = 0.20\text{ A}, V_{\text{DD}} = 50\text{ V}$ $I_{\text{D}} = 0.20\text{ A}, V_{\text{DD}} = 50\text{ V}$
Avalanche current, repetitive, t_{AR} limited by maximal $T_j = 150^\circ\text{C}$ and $T_{j,\text{Start}} = 25^\circ\text{C}$ ICE5BR4780BZ ICE5xR3995xZ ICE5xR2280xZ	I_{AR}	– – –	0.20 0.20 0.40	A	
VCC supply voltage	V_{CC}	-0.3	27.0	V	
GATE voltage	V_{GATE}	-0.3	27.0	V	
FB voltage	V_{FB}	-0.3	3.6	V	
VERR voltage	V_{ERR}	-0.3	3.6	V	
CS voltage	V_{CS}	-0.3	3.6	V	
VIN voltage	V_{VIN}	-0.3	3.6	V	
Maximum DC current on any pin		-10.0	10.0	mA	Except DRAIN and CS pin.

¹ 脉冲宽度 t_p 受 $T_{j,\text{max}}$ 限制

² 脉冲宽度 $t_p = 20\text{ }\mu\text{s}$ 并受 $T_{j,\text{max}}$ 限制。

Parameter	Symbol	Limit values		Unit	Note or test condition
		Min.	Max.		
ESD robustness HBM	V_{ESD_HBM}	–	2000	V	According to EIA/JESD22.
ESD robustness CDM	V_{ESD_CDM}	–	500	V	
Junction temperature range	T_j	-40	150	°C	Controller and CoolMOS™.
Storage temperature	T_{STORE}	-55	150	°C	
Thermal resistance (junction-ambient)	R_{thJA}			K/W	Setup according to the JEDEC standard JESD51 and using minimum drain pin copper area in a 2 oz copper single-sided PCB.
ICE5BR4780BZ		–	107		
ICE5xR3995xZ		–	106		
ICE5xR2280xZ		–	104		

4.2 工作范围

注释： 在工作范围内，IC按照电路说明中的描述运行。

表 7 工作范围

Parameter	Symbol	Limit values		Unit	Note or test condition
		Min.	Max.		
VCC supply voltage	V_{VCC}	V_{VCC_OFF}	V_{VCC_OVP}		
Junction temperature of controller	T_{jCon_op}	-40	T_{jCon_OTP}	°C	Maximum value limited due to OTP of controller chip.
Junction temperature of CoolMOS™	$T_{jCoolMOS_op}$	-40	150	°C	

4.3 工作条件

注释： 电气特性涉及额定电源电压和结温范围 T_j (-40°C 至 125°C) 内的数值分布。典型值代表中值，以 25°C 为基准。如无其他说明，则假设电源电压为 $V_{CC} = 18\text{ V}$ 。

表8 输入模式

Parameter	Symbol	Limit values			Unit	Note or test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
VCC charge current	$I_{VCC_Charge1}$	-0.35	-0.20	-0.09	mA	$V_{VCC} = 0\text{ V}$, $R_{StartUp} = 50\text{ M}\Omega$ and $V_{DRAIN} = 90\text{ V}$
	$I_{VCC_Charge2}$	–	-3.2	–	mA	$V_{VCC} = 3\text{ V}$, $R_{StartUp} = 50\text{ M}\Omega$ and $V_{DRAIN} = 90\text{ V}$
	$I_{VCC_Charge3}$	-5	-3	-1	mA	$V_{VCC} = 15\text{ V}$, $R_{StartUp} = 50\text{ M}\Omega$ and $V_{DRAIN} = 90\text{ V}$
Current consumption, startup current	$I_{VCC_Startup}$	–	0.25	–	mA	$V_{VCC} = 15\text{ V}$
Current consumption, normal with Inactive Gate	$I_{VCC_Normal1}$	–	0.9	–	mA	$I_{FB} = 0\text{ A}$

采用DIP-7封装

电气特性

Parameter	Symbol	Limit values			Unit	Note or test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Current consumption, normal with Active Gate	$I_{VCC_Normal2}$				mA	
ICE5BR2280BZ		–	–	1.89		
ICE5BR3995xZ		–	–	1.82		
ICE5AR3995BZ		–	–	2.21		
ICE5BR4780BZ		–	–	1.69		
ICE5AR2280CZ		–	–	2.31		
Current consumption, auto restart	I_{VCC_AR}	–	410	–	μA	
Current consumption, Burst mode – isolated	I_{VCC_Burst} $Mode_ISO$	–	0.54	–	mA	
Current consumption, Burst mode – non-isolated	I_{VCC_Burst} $Mode_NISO$	–	0.61	–	mA	
VCC turn-on threshold voltage	V_{VCC_ON}	15.3	16.0	16.5	V	
VCC turn-off threshold voltage	V_{VCC_OFF}	9.4	10.0	10.4	V	
VCC short circuit protection	V_{VCC_SCP}	–	1.1	1.9	V	
VCC turn-off blanking	$t_{VCC_OFF_B}$	–	50	–	μs	

4.4 内部电压参考

表 9 内部电压参考

Parameter	Symbol	Limit values			Unit	Note or test condition
		Min.	Typ.	Max.		
Internal reference voltage	V_{REF}	3.20	3.30	3.39	V	Measured at FB pin $I_{FB} = 0$ A

4.5 PWM部分

表10 PWM部分

Parameter	Symbol	Limit values			Unit	Note or test condition
		Min.	Typ.	Max.		
Fixed oscillator frequency – 100 kHz	f_{OSC3}	92	100	108	kHz	
	f_{OSC4}	94	100	106	kHz	$T_J = 25^\circ\text{C}$
Fixed oscillator frequency – 100 kHz (ABM)	f_{OSC4_ABM}	71	83	94	kHz	$T_J = 25^\circ\text{C}$
Fixed oscillator frequency – 100 kHz (minimum F_{SW})	f_{OSC4_MIN}	36	43	51	kHz	$T_J = 25^\circ\text{C}$
Fixed oscillator frequency – 65 kHz	f_{OSC1}	59.8	65	70.2	kHz	
	f_{OSC2}	61.1	65	68.9	kHz	$T_J = 25^\circ\text{C}$
Fixed oscillator frequency – 65 kHz (ABM)	f_{OSC2_ABM}	46.2	54	61.1	kHz	$T_J = 25^\circ\text{C}$

Parameter	Symbol	Limit values			Unit	Note or test condition
		Min.	Typ.	Max.		
Fixed oscillator frequency – 65 kHz (minimum F_{SW})	f_{OSC2_MIN}	23.4	28	33.2	kHz	$T_j = 25^\circ\text{C}$
Frequency jittering range	F_{JITTER}	–	± 4	–	%	$T_j = 25^\circ\text{C}$
Frequency jittering period	T_{JITTER}	–	4	–	ms	$T_j = 25^\circ\text{C}$
Maximum duty cycle	D_{MAX}	70	75	80	%	
Feedback pull-up resistor	R_{FB}	11	15	20	k Ω	
PWM-OP gain	G_{PWM}	1.91	2.03	2.16		
Offset for voltage ramp	V_{PWM}	0.42	0.50	0.58	V	
Slope compensation rate - 100 kHz	M_{COMP}	41	50	58	mV/ μs	$V_{CS} = 0\text{ V}$
Slope compensation rate - 65 kHz	M_{COMP}	26.5	32.5	38	mV/ μs	$V_{CS} = 0\text{ V}$

4.6 误差放大器

表11 误差放大器

Parameter	Symbol	Limit values			Unit	Note or test condition
		Min.	Typ.	Max.		
Transconductance	G_{ERR_M}	2.14	2.80	3.44	mA/V	
Transconductance – Burst mode	G_{ERR_BM}	6.9	9.2	11.6	mA/V	
Error amplifier source current	I_{ERR_SOURCE}	85	150	223	μA	
Error amplifier sink current	I_{ERR_SINK}	85	150	223	μA	
Error amplifier reference voltage	V_{ERR_REF}	1.76	1.80	1.84	V	
Error amplifier output dynamic range of transconductance	V_{ERR_DYN}	0.05	–	3.15	V	
Error amplifier mode bias current	$I_{ERR_P_BIAS}$	9.5	14.0	18.5	μA	
Error amplifier mode threshold	$V_{ERR_P_BIAS}$	0.16	0.20	0.24	V	

4.7 电流检测

表 12 电流检测

Parameter	Symbol	Limit values			Unit	Note or test condition
		Min.	Typ.	Max.		
Peak current limitation in normal operation	V_{CS_N}	0.72	0.80	0.88	V	$dV_{sense}/dt = 0.41\text{ V}/\mu\text{s}$
Peak current limitation in normal operation, 15% of T_{ON}	V_{CS_N15}	0.74	0.79	0.84	V	
Leading edge-blanking time	t_{CS_LEB}	70	220	365	ns	
Peak current limitation in ABM - high power	V_{CS_BHP}	0.23	0.27	0.31	V	

采用DIP-7封装

电气特性

Peak current limitation in ABM - low power	V_{CS_BLP}	0.18	0.22	0.26	V	
Abnormal CS voltage threshold	V_{CS_STG}	0.06	0.10	0.15	V	
Abnormal CS voltage consecutive trigger	P_{CS_STG}	–	3	–	cycle	
Abnormal CS voltage sample period	$t_{CS_STG_SAM}$	$t_{PERIOD} \times 0.36$	$t_{PERIOD} \times 0.4$	$t_{PERIOD} \times 0.44$	μs	

4.8 软启动

表 13 软启动

Parameter	Symbol	Limit values			Unit	Note or test condition
		Min.	Typ.	Max.		
Soft start time	t_{SS}	7.3	12.0	–	ms	
Soft start time step	t_{SS_S1}	–	3	–	ms	
CS peak voltage at first step of soft start	V_{SS1_1}	–	0.30	–	V	CS peak voltage.
Step increment of CS peak voltage in soft start	V_{SS_1}	–	0.15	–	V	CS peak voltage.

4.9 主动突发模式

表 14 主动突发模式

Parameter	Symbol	Limit values			Unit	Note or test condition
		Min.	Typ.	Max.		
Charging current to select burst mode	I_{sel}	2.5	3.0	3.5	μA	
Burst mode selection reference voltage threshold	$V_{FB_P_BIAS1}$	1.65	1.73	1.80	V	
Burst mode selection reference voltage threshold	$V_{FB_P_BIAS2}$	2.76	2.89	3.01	V	
Feedback voltage for entering ABM for high power	V_{FB_EBHP}	0.98	1.03	1.08	V	
Feedback voltage for entering ABM for low power	V_{FB_EBLP}	0.88	0.93	0.98	V	
Blanking time for entering ABM	t_{FB_BEB}	–	36	–	ms	
Feedback voltage for leaving ABM	V_{FB_LB}	2.63	2.73	2.83	V	
Feedback voltage for burst-on – isolated case	$V_{FB_Bon_ISO}$	2.26	2.35	2.45	V	
Feedback voltage for burst-off – isolated case	$V_{FB_Boff_ISO}$	1.88	2.00	2.05	V	

¹ 无需经过生产测试，由设计指定

Feedback voltage for burst-on – non-isolated case	$V_{FB_Bon_NISO}$	1.88	1.95	2.05	V	
Feedback voltage for burst-off – non-isolated case	$V_{FB_Boff_NISO}$	1.50	1.55	1.64	V	

4.10 线电压过压保护 (CZ版)

表 15 线电压过压保护

Parameter	Symbol	Limit values			Unit	Note or test condition
		Min.	Typ.	Max.		
Line overvoltage threshold	V_{VIN_LOVP}	2.75	2.85	2.95	V	
Line overvoltage blanking	$t_{VIN_LOVP_B}$	–	250	–	μs	

4.11 V_{CC} 过压保护

表 16 V_{CC} 过压保护

Parameter	Symbol	Limit values			Unit	Note or test condition
		Min.	Typ.	Max.		
VCC overvoltage threshold	V_{VCC_OVP}	24.0	25.5	27.0	V	
VCC overvoltage blanking	$t_{VCC_OVP_B}$	–	55	–	μs	

4.12 过载保护

表 17 过载保护

Parameter	Symbol	Limit values			Unit	Note or test condition
		Min.	Typ.	Max.		
Overload detection threshold for OLP protection at FB pin	V_{FB_OLP}	2.63	2.73	2.83	V	
Overload protection blanking time	$t_{FB_OLP_B}$	30	54	–	ms	

4.13 过温保护

表 18 过温保护

Parameter	Symbol	Limit values			Unit	Note or test condition
		Min.	Typ.	Max.		
Overtemperature protection	T_{jcon_OTP1}	129	140	150	°C	Junction temperature of the controller chip (not the CoolMOS™ chip).
Overtemperature hysteresis	T_{jHYS_OTP}	–	40	–	°C	
Overtemperature blanking time	$T_{jcon_OTP_B}$	–	50	–	μs	

4.14 CoolMOS™ 部分

表 19 ICE5xRxxxxxZ

Parameter	Symbol	Limit values			Unit	Note or test condition
		Min.	Typ.	Max.		
Drain source breakdown voltage ICE5xRxx80xZ ICE5xR3995xZ	$V_{(BR)DSS}$	800 950	– –	– –	V	$T_j = 25^\circ\text{C}$
Drain source on-resistance (inclusive of low side MOSFET) ICE5BR4780BZ ICE5xR2280xZ ICE5xR3995xZ	R_{DSon}	– – – – – –	4.13 8.69 ¹ 2.13 4.31 ¹ 3.46 7.69 ¹	4.85 – 2.35 – 4.05 –	Ω	$T_j = 25^\circ\text{C}$ $T_j = 125^\circ\text{C}$ at $I_D = 0.4\text{ A}$ $T_j = 25^\circ\text{C}$ $T_j = 125^\circ\text{C}$ at $I_D = 1\text{ A}$ $T_j = 25^\circ\text{C}$ $T_j = 125^\circ\text{C}$ at $I_D = 0.8\text{ A}$
Effective output capacitance, energy related ¹ ICE5BR4780BZ ICE5xR2280xZ ICE5xR3995xZ	$C_{o(er)}$	– – –	3 7 5	– – –	pF	$V_{GS} = 0\text{ V}, V_{DS} = 0 \sim 500\text{ V}$ $V_{GS} = 0\text{ V}, V_{DS} = 0 \sim 500\text{ V}$ $V_{GS} = 0\text{ V}, V_{DS} = 0 \sim 400\text{ V}$
Rise time	t_{rise2}	–	30	–	ns	
Fall time	t_{fall2}	–	30	–	ns	

¹ 无需经过生产测试，由设计指定。² 在典型的反激式/降压转换器应用中测得。

5 CoolMOS™性能特性

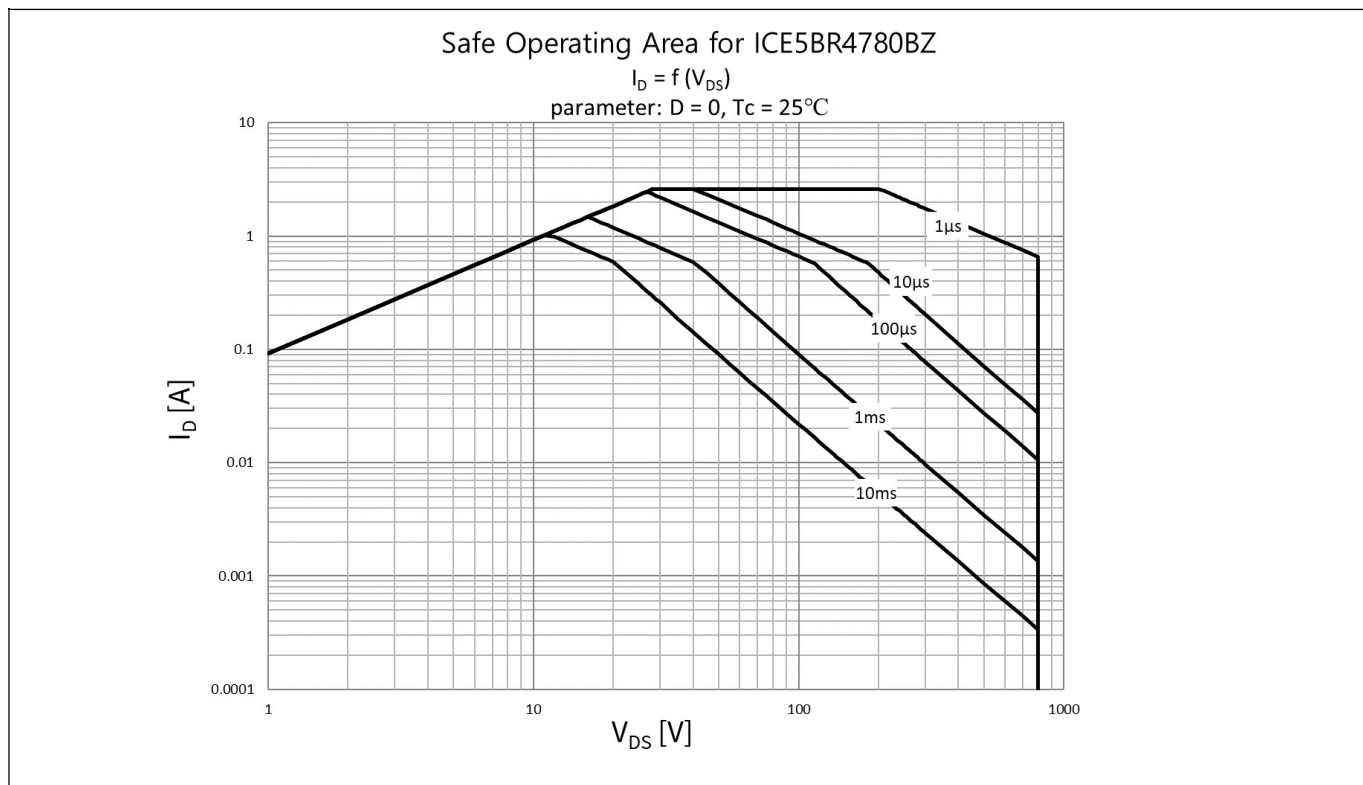


图 18 ICE5BR4780BZ 的安全工作区 (SOA) 曲线

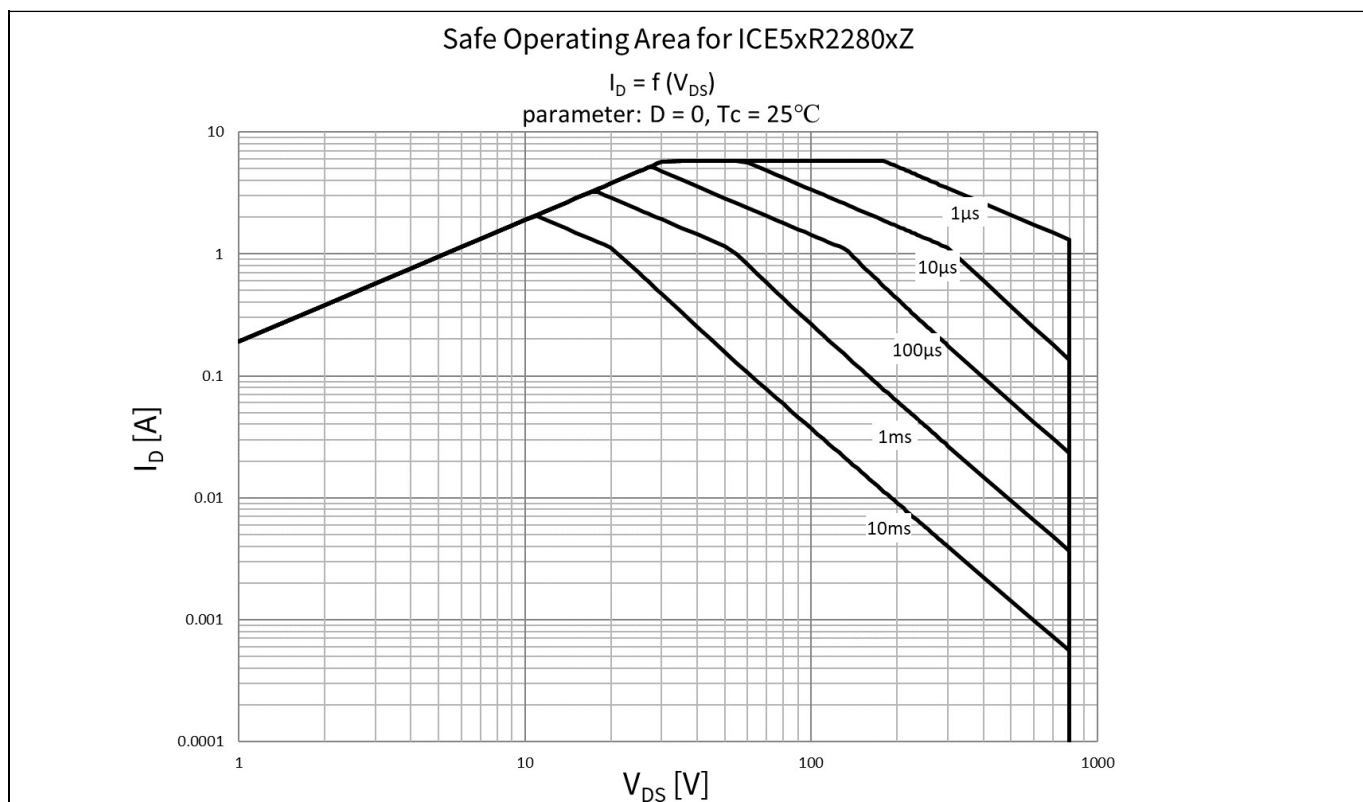


图 19 ICE5xR2280xZ 的安全工作区 (SOA) 曲线

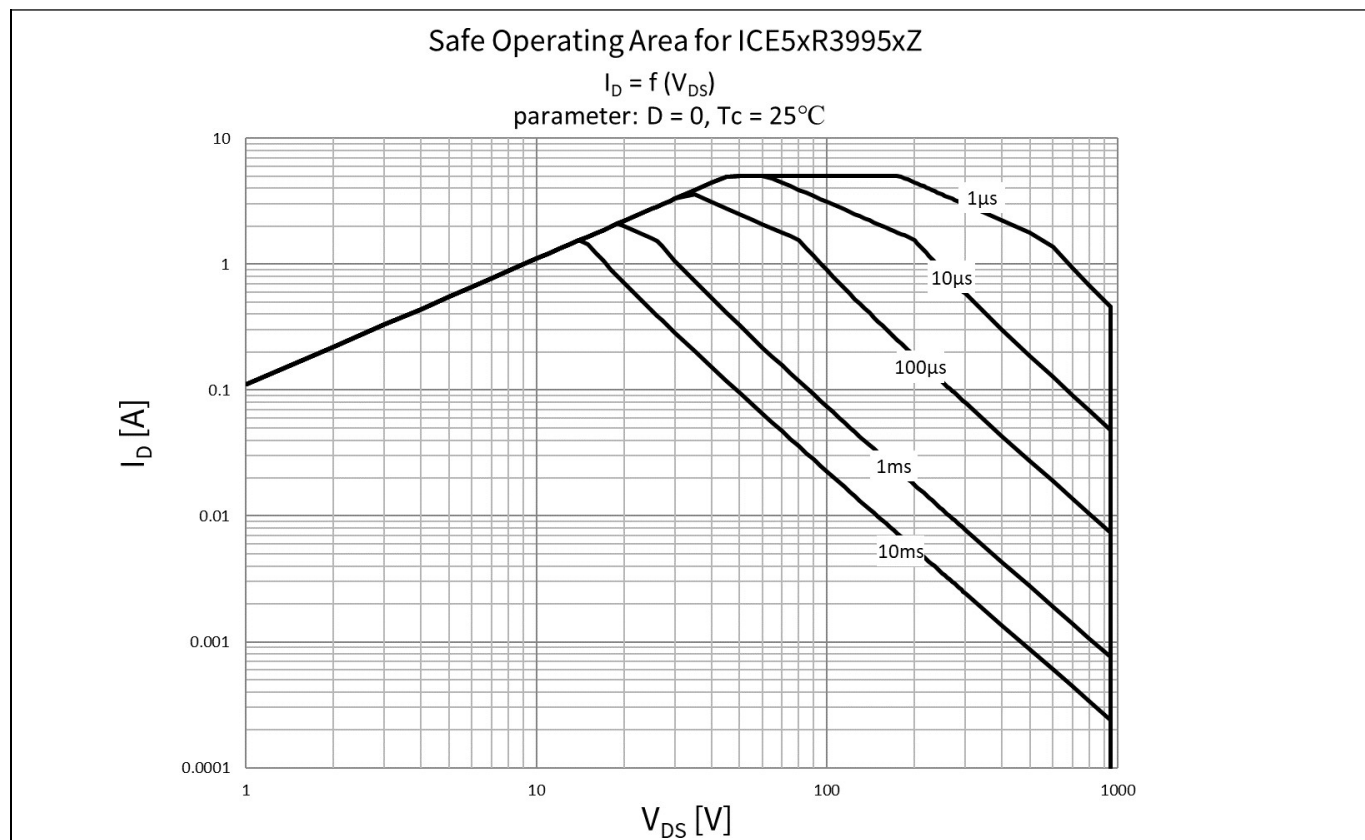
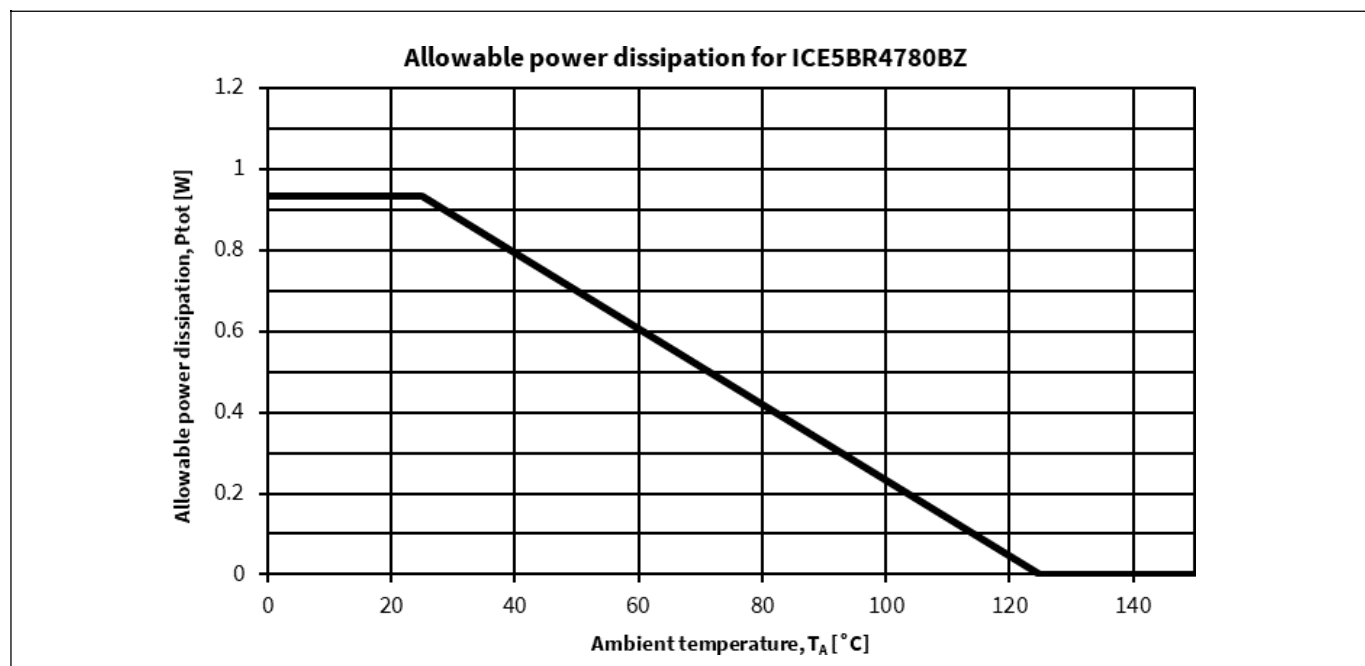


图 20 ICE5xR3995xZ 的安全工作区 (SOA) 曲线

图 21 ICE5BR4780BZ 的功率耗散; $P_{\text{tot}} = f(T_a)$ (不得超过第 4.1 章中给出的最大额定值)

CoolMOS™性能特性

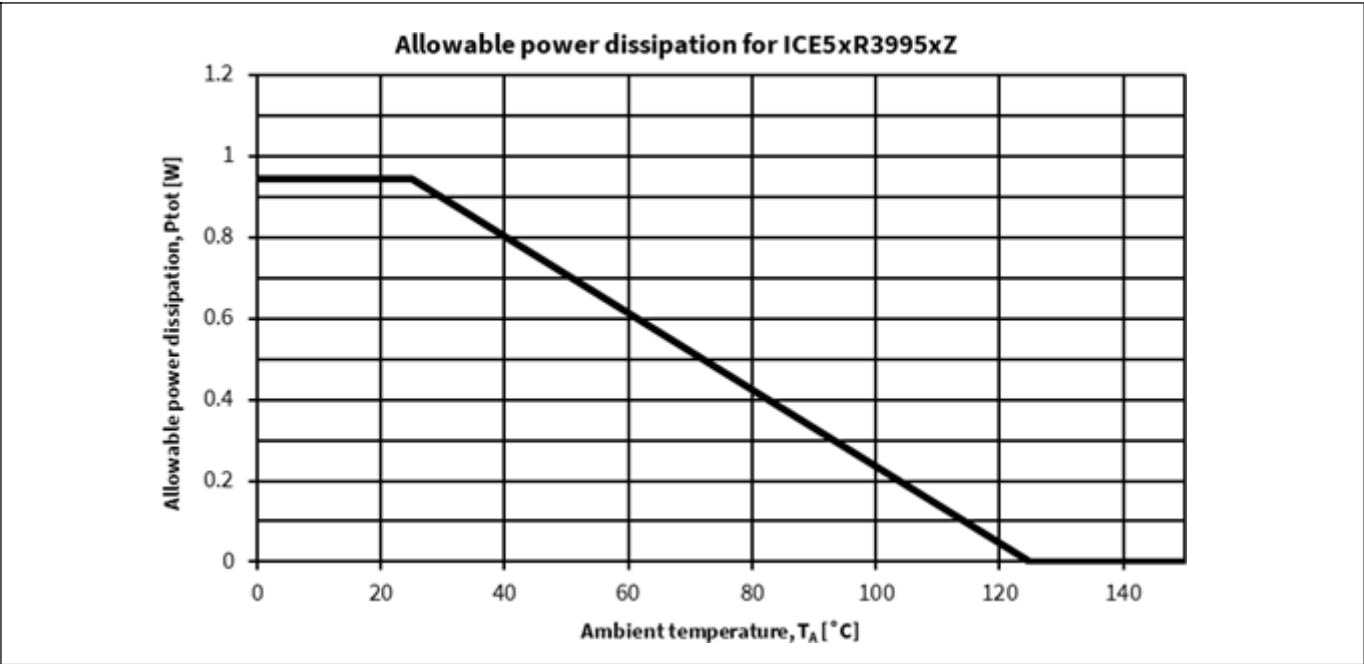


图 22 ICE5xR3995xZ 的功率耗散； $P_{tot} = f(T_a)$ (不得超过第 4.1 章中给出的最大额定值)

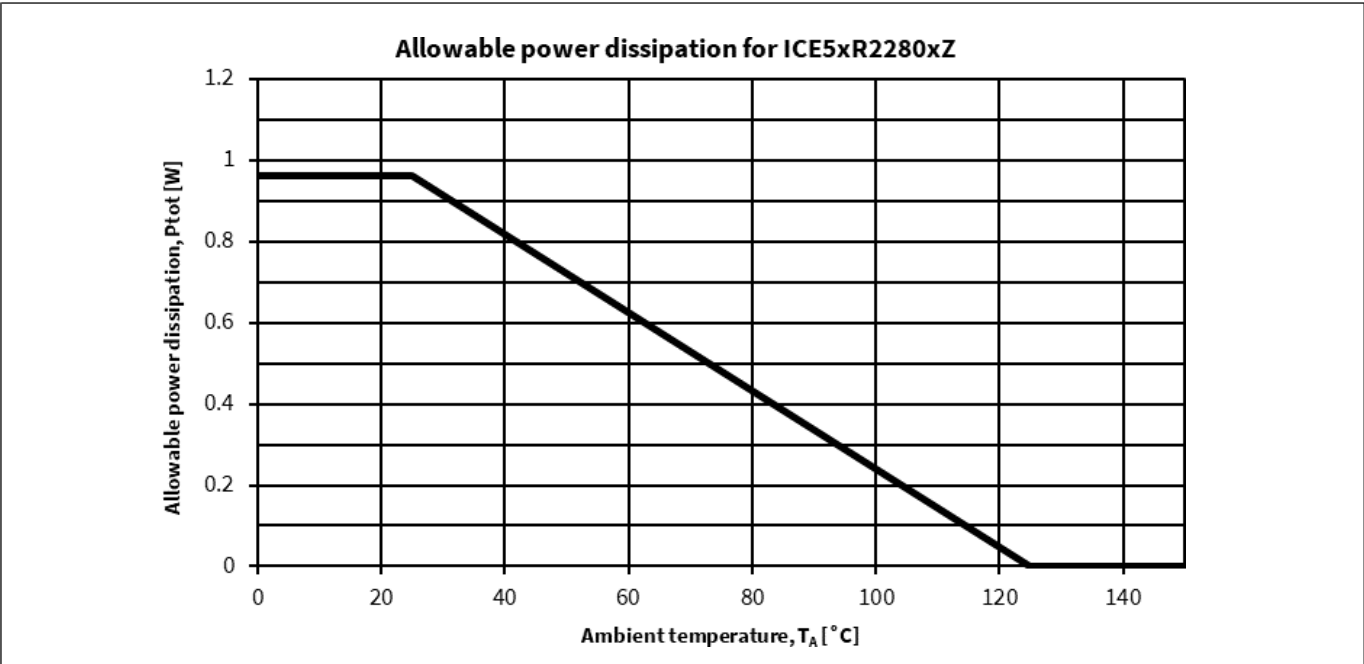


图 23 ICE5xR2280xZ 的功率耗散； $P_{tot} = f(T_a)$ (不得超过第 4.1 章中给出的最大额定值)

CoolMOS™性能特性

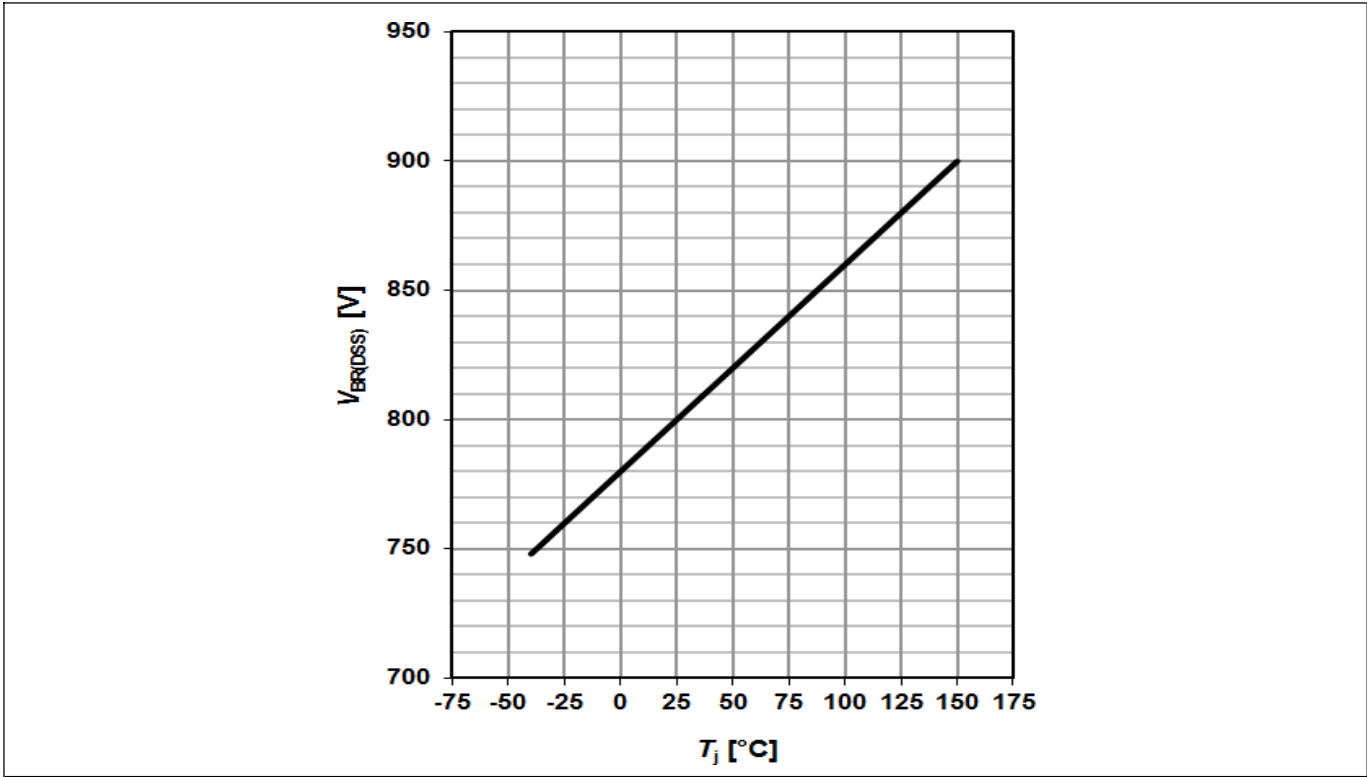


图 24 漏源击穿电压 ICE5xRxx80xZ； $V_{BR(DSS)} = f(T_J)$ ， $I_D = 1\text{ mA}$

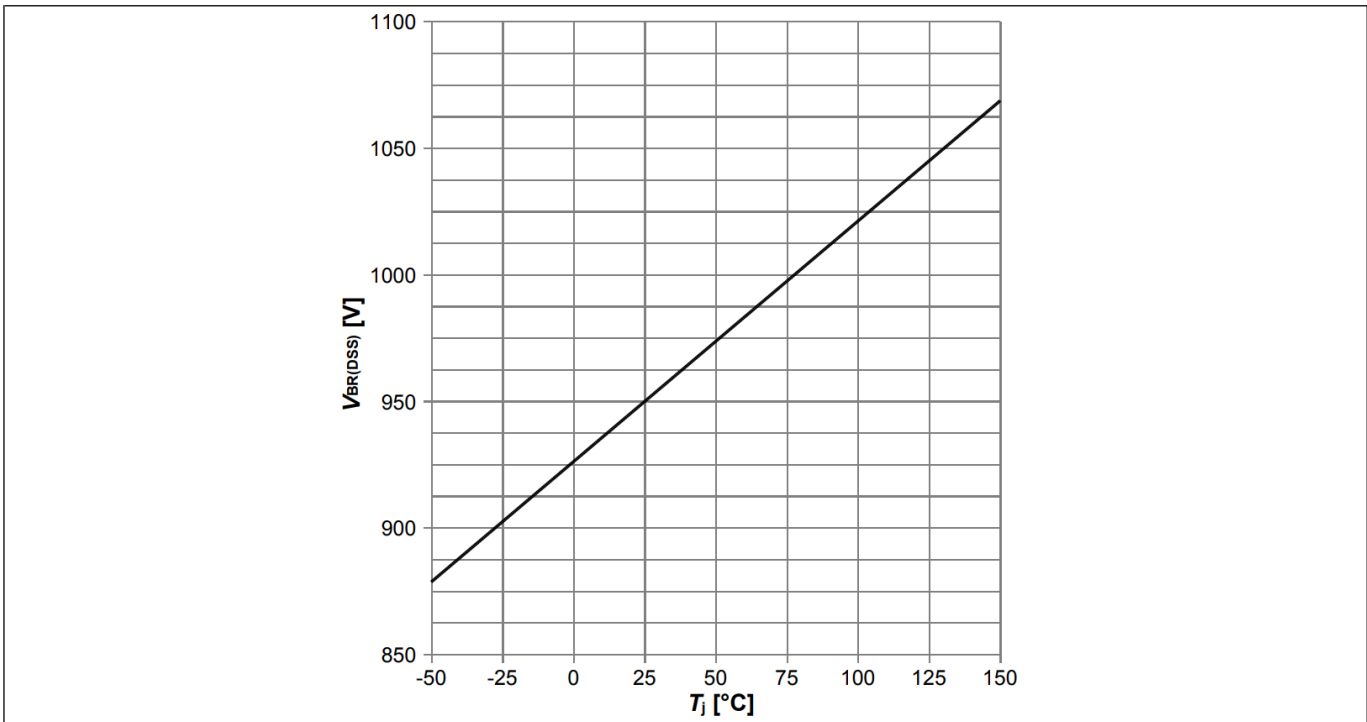


图 25 漏源击穿电压 ICE5xR3995xZ； $V_{BR(DSS)} = f(T_J)$ ， $I_D = 1\text{ mA}$

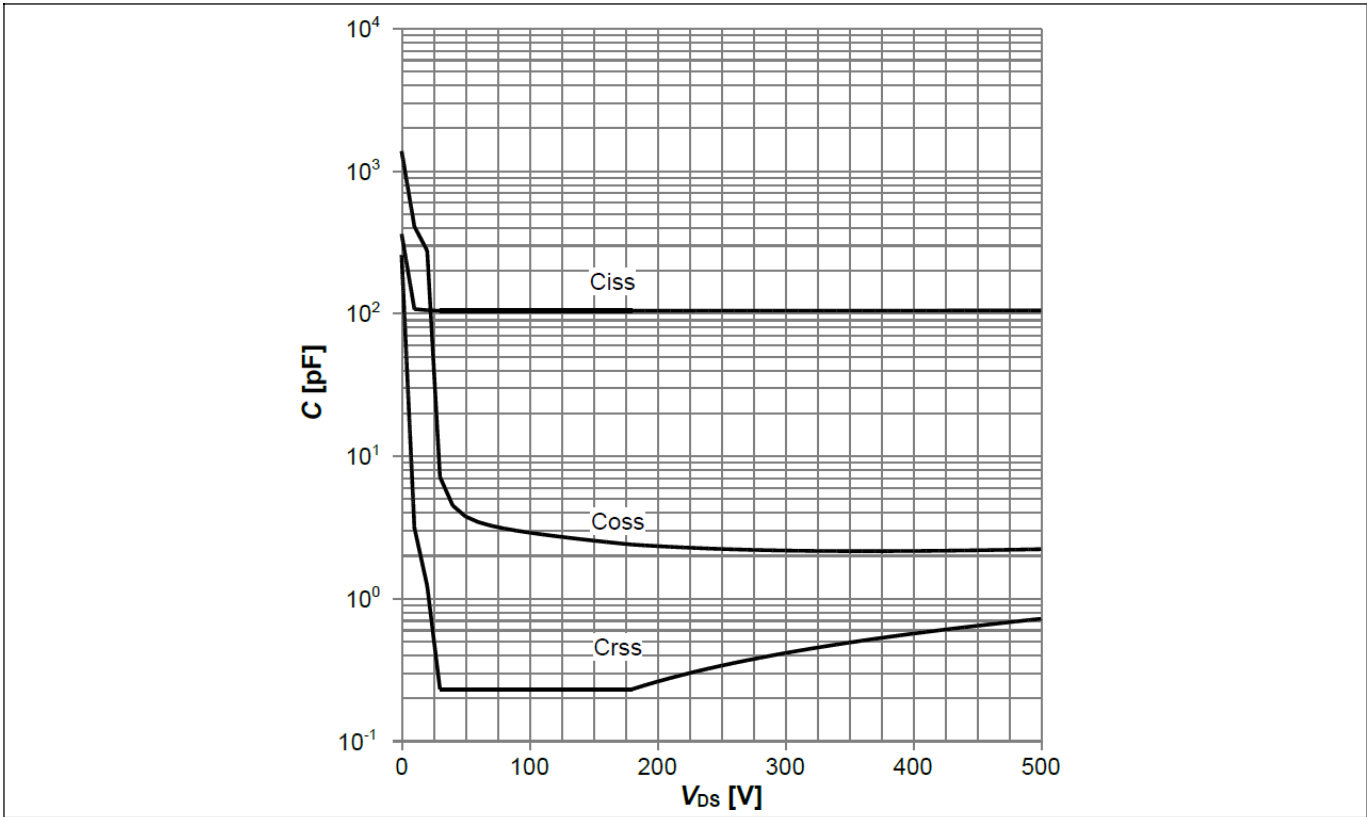


图 26 ICE5BR4780BZ 的典型 CoolMOS™ 电容 ($C = f(V_{DS})$; $V_{GS} = 0\text{ V}$; $f = 250\text{ kHz}$)

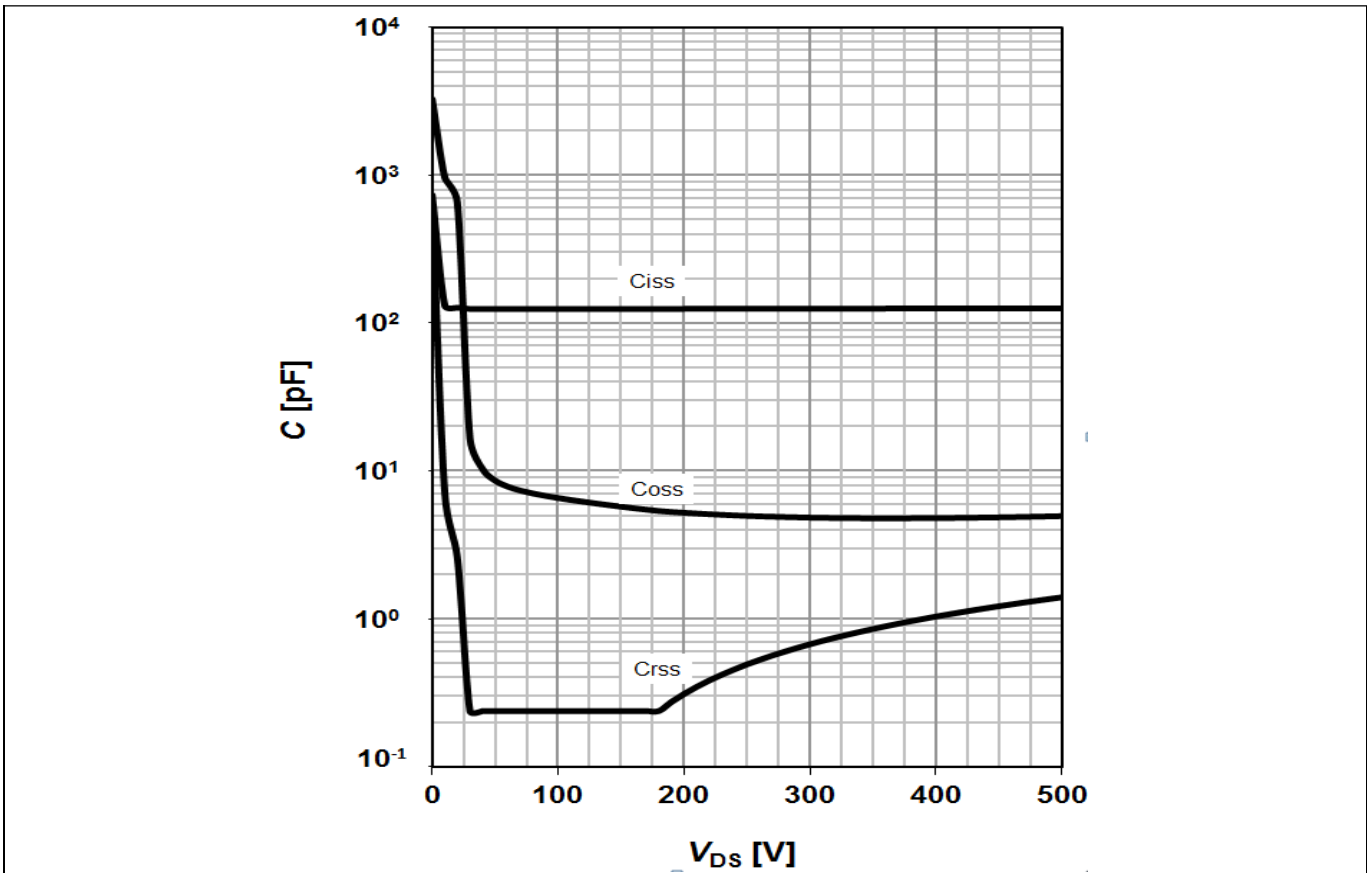


图 27 ICE5xR2280xZ 的典型 CoolMOS™ 电容 ($C = f(V_{DS})$; $V_{GS} = 0\text{ V}$; $f = 250\text{ kHz}$)

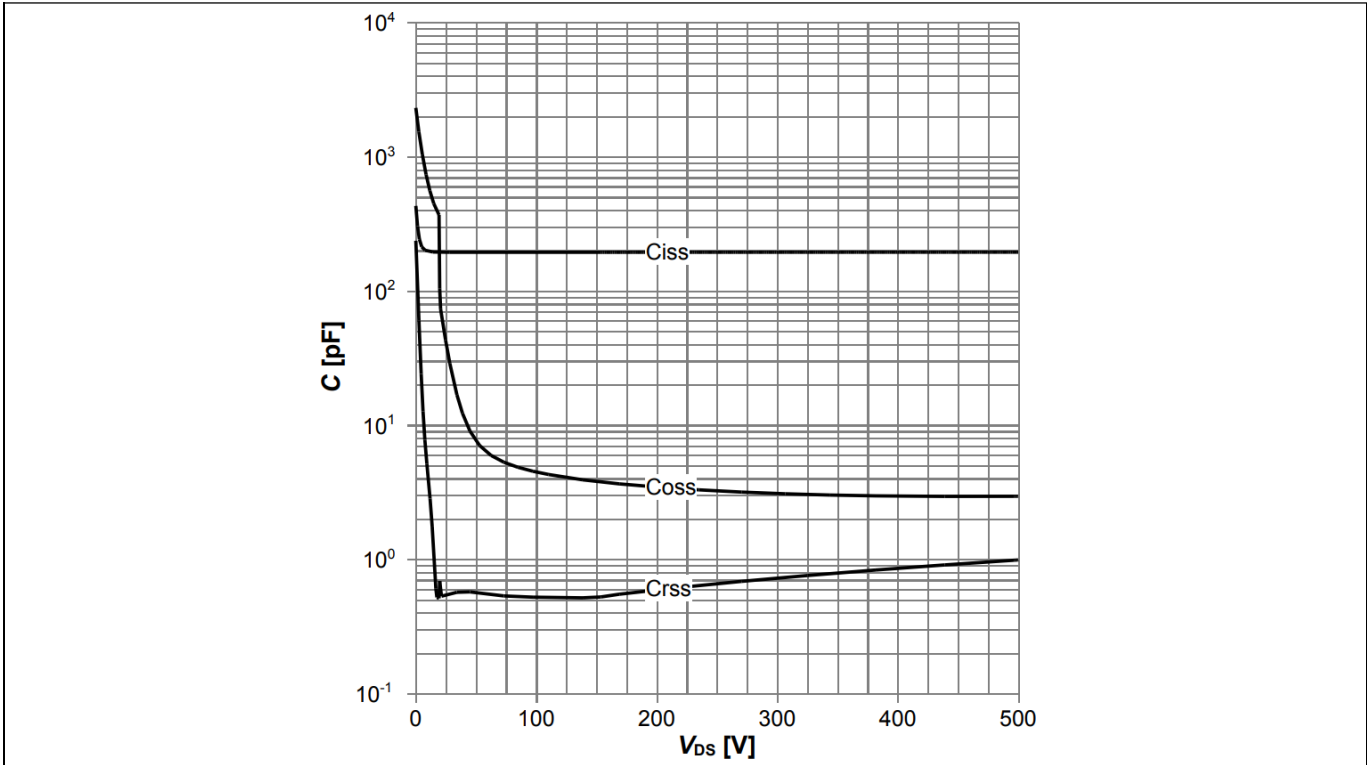


图 28 ICE5xR3995xZ 的典型 CoolMOS™ 电容 ($C = f(V_{DS})$; $V_{GS} = 0\text{ V}$; $f = 250\text{ kHz}$)

输出功率曲线

6 输出功率曲线

计算得出的输出功率与环境温度的关系曲线如下所示。这些曲线基于典型的开放式框架设计中的 DCM/CCM 反激式拓扑，将集成 CoolMOS™ 的最大 T_j 设置为 125°C，在2盎司铜单面PCB上使用最小漏极引脚铜面积，并且仅在稳定状态下工作（未考虑异常工作模式的设计裕度）

输出功率仅供选择。实际功率可能因具体设计而异。在电源系统中，必须考虑适当的热设计裕度，以确保设备在4.1章中给出的最大额定值范围内运行。

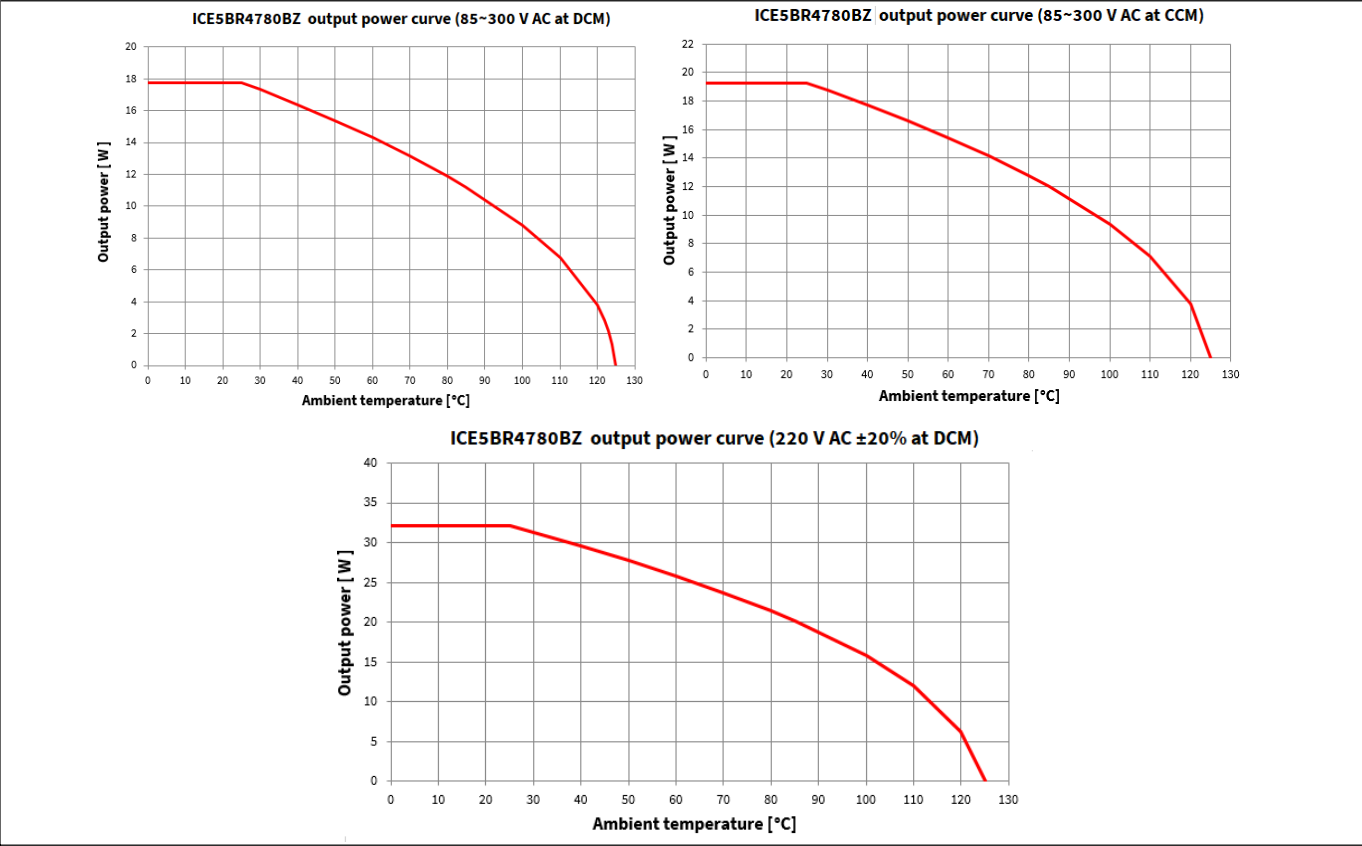


图29 ICE5BR4780BZ的输出功率曲线

输出功率曲线

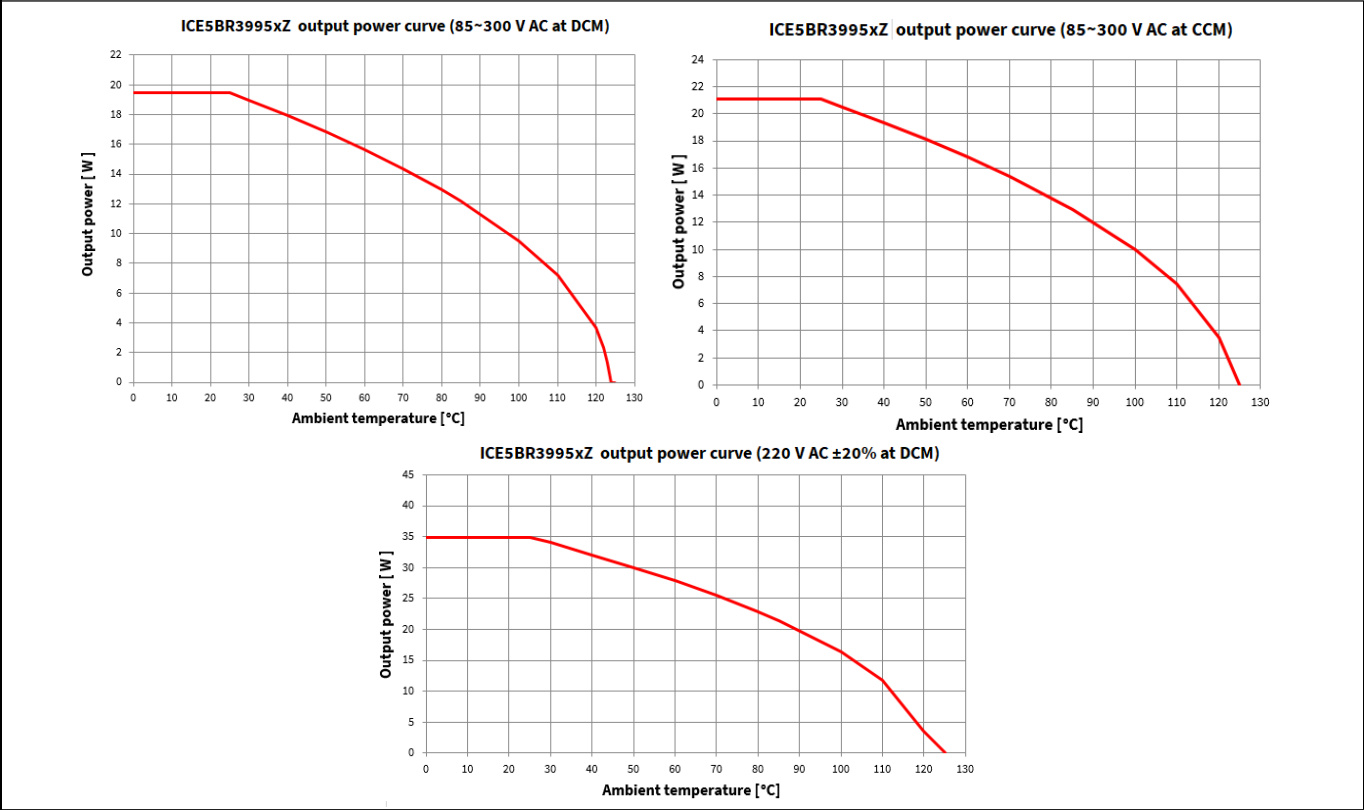


图30 ICE5BR3995xZ的输出功率曲线

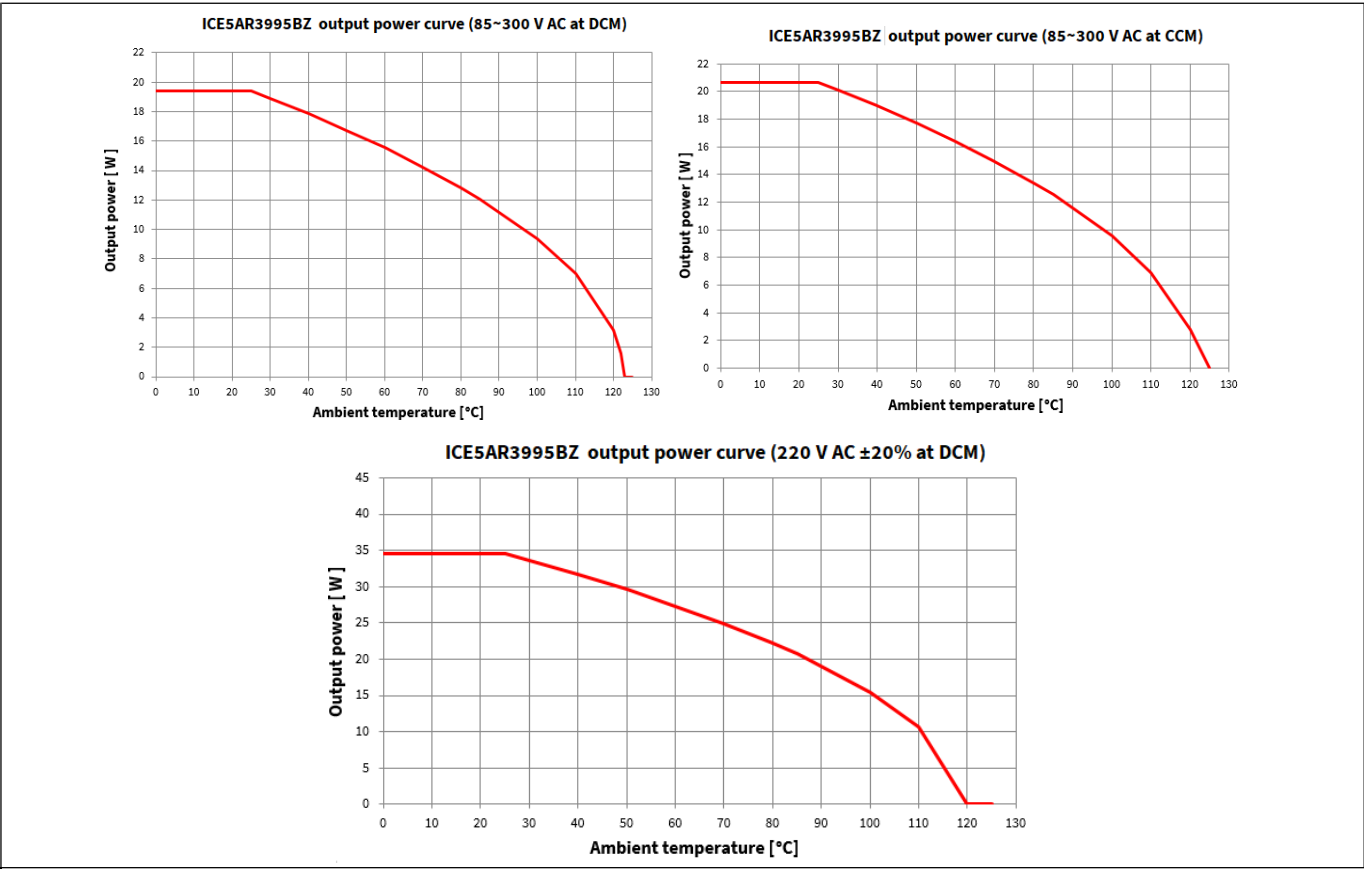


图31 ICE5AR3995BZ输出功率曲线

输出功率曲线

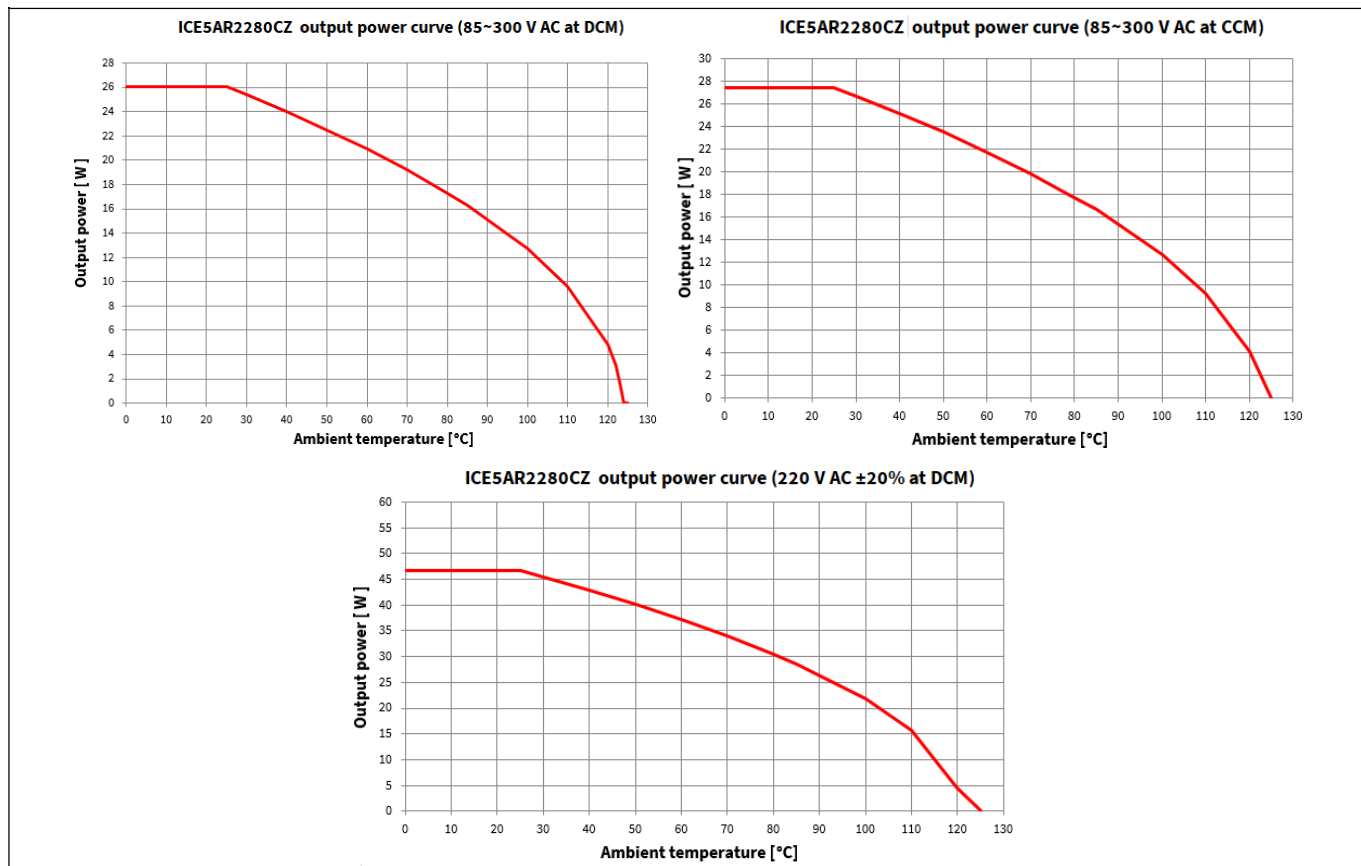


图32 ICE5AR2280CZ输出功率曲线

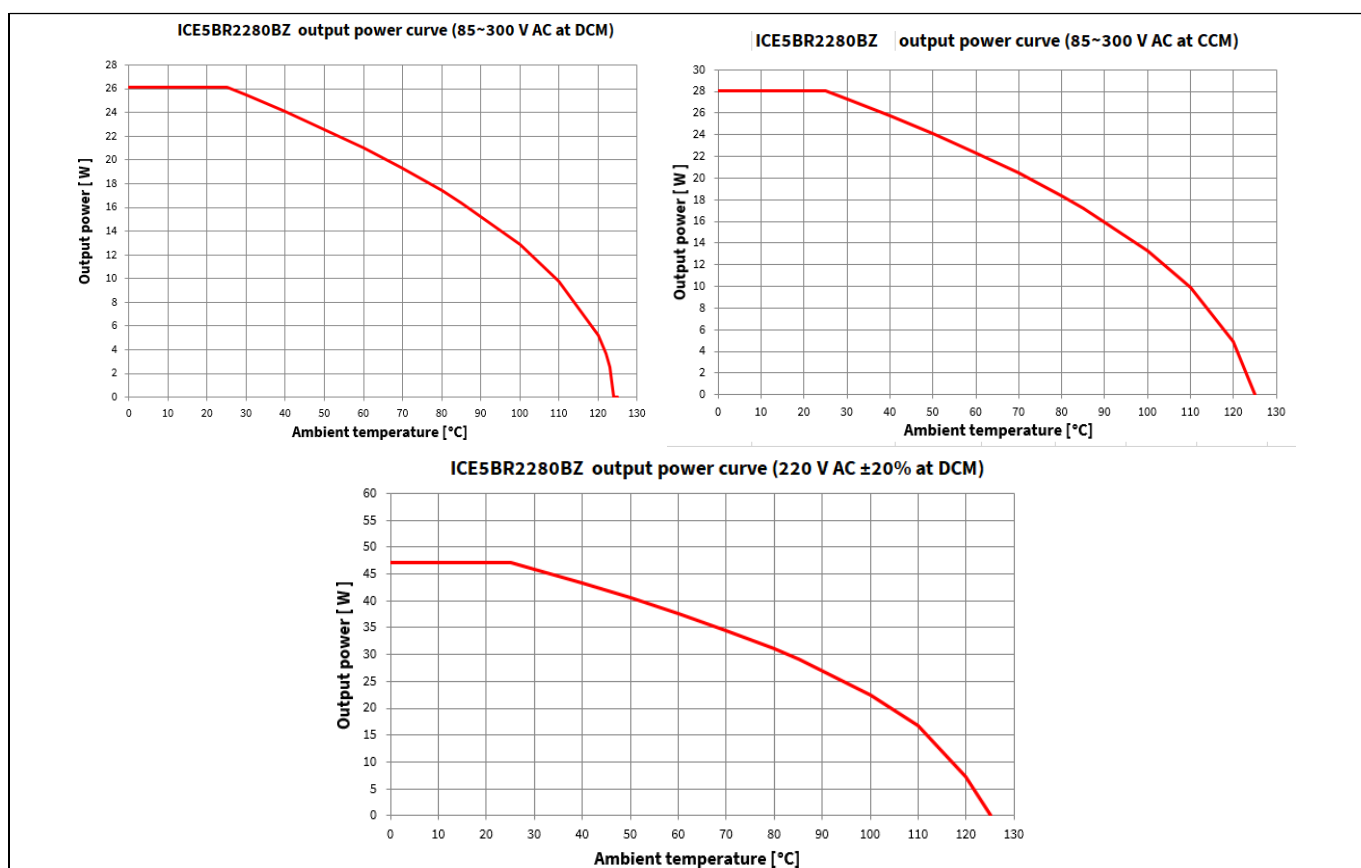


图33 ICE5BR2280BZ输出功率曲线

7 输出电流曲线

计算的典型输出功率与环境温度关系曲线如下所示。曲线由基于开放框架设计的计算得出，其中 $T_a = 50^\circ\text{C}$ ， $T_j = 125^\circ\text{C}$ （CoolSET™ 集成高压 MOSFET），使用单面 PCB，漏极引脚铜散热区采用了最小100mm²面积，铜厚为 2 oz，仅稳态工作（不包括用于异常工作模式设计裕度）。输出功率数值仅供选型之用。实际功率因具体设计而异。

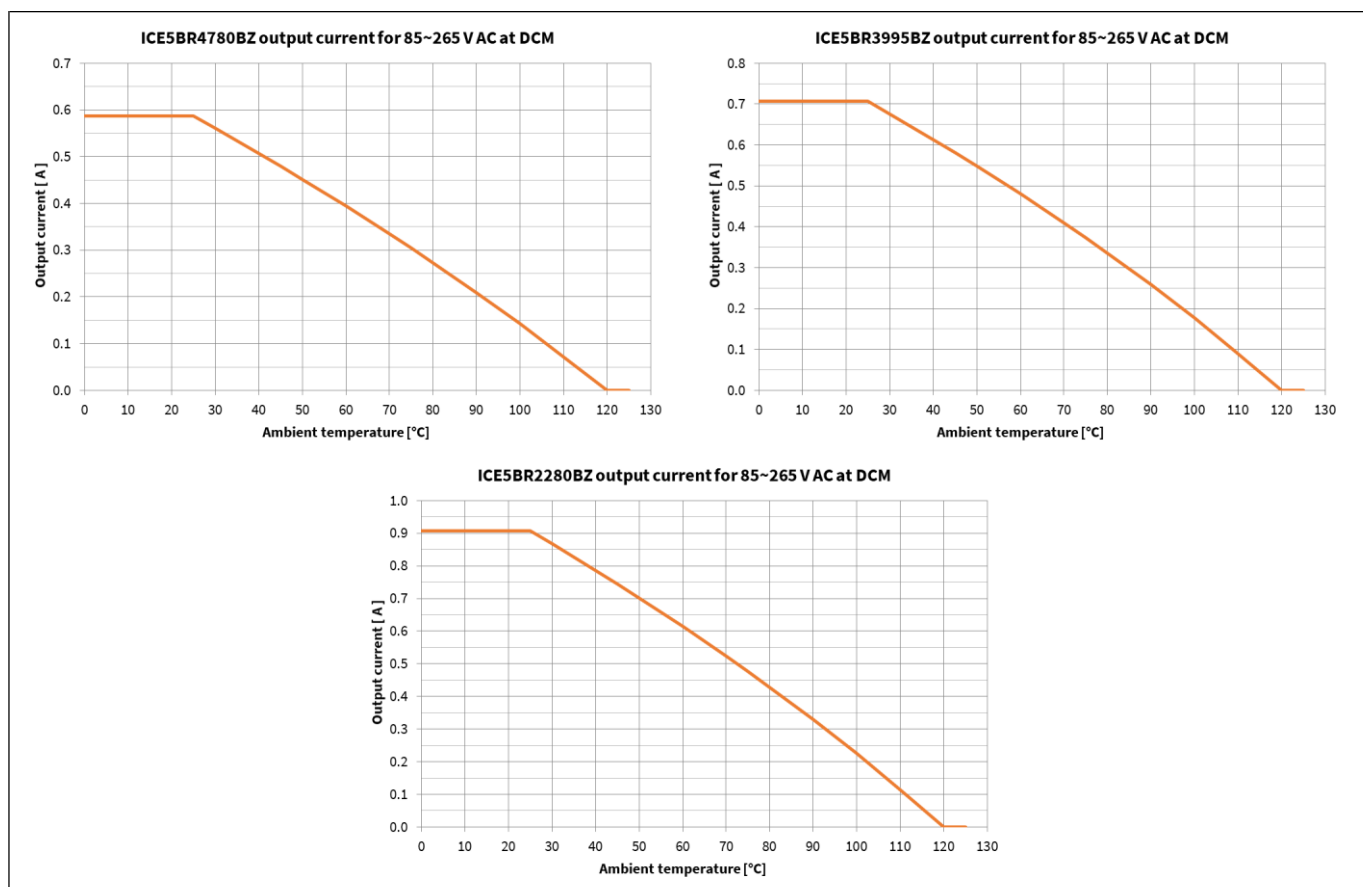


图34 ICE5BRxxxxBZ输出电流曲线

8 封装信息

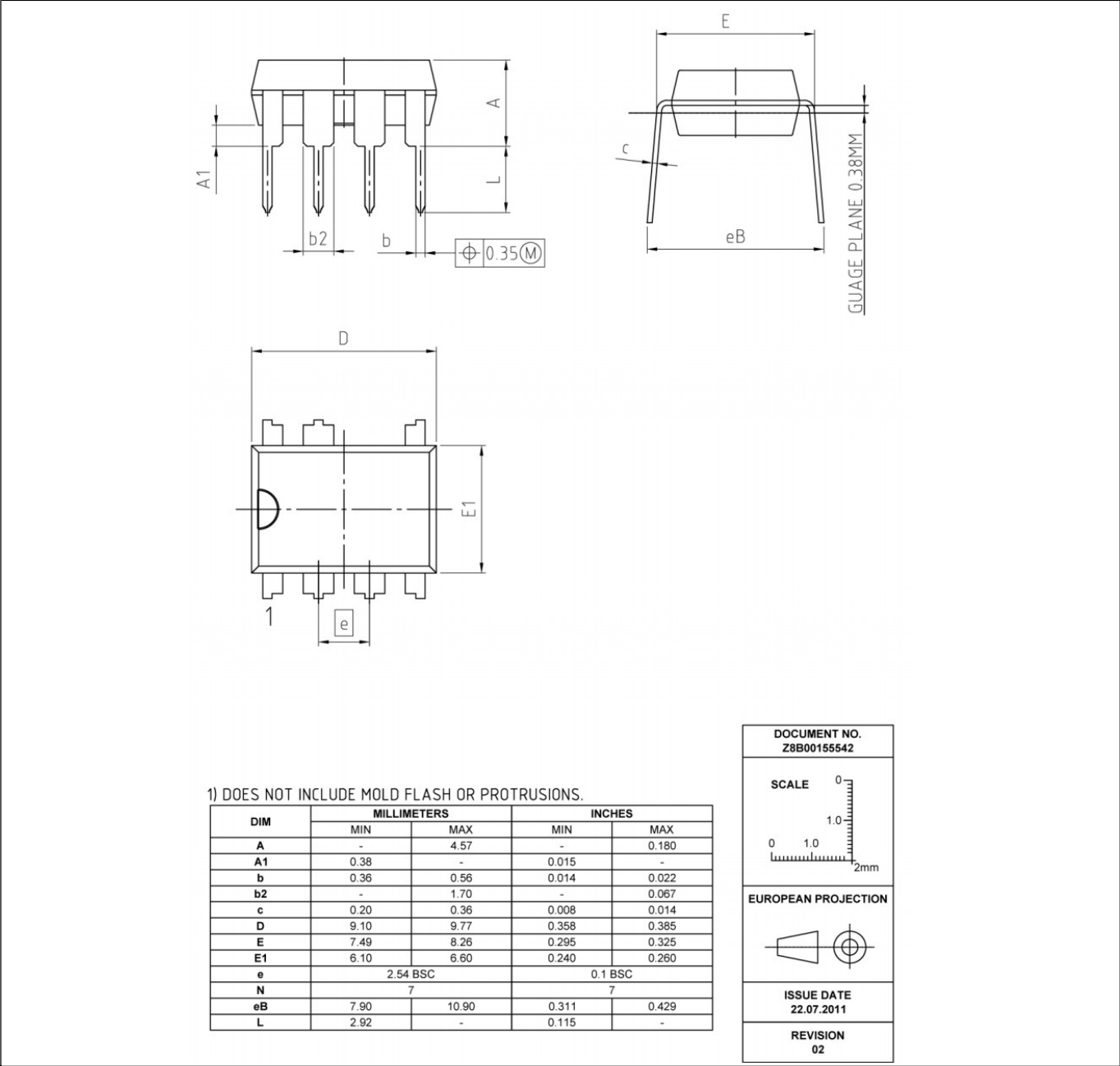


图 35 PG-DIP-7

绿色产品：符合 RoHS 标准

为了满足全球客户对环保产品的要求，并符合政府规定，该设备可作为绿色产品提供。绿色产品符合RoHS标准（即，引线采用无铅涂层，并且符合IPC/JEDEC J-STD-020标准，适用于无铅焊接）。

有关封装的更多信息

<https://www.infineon.com/packages>

8.1 标记

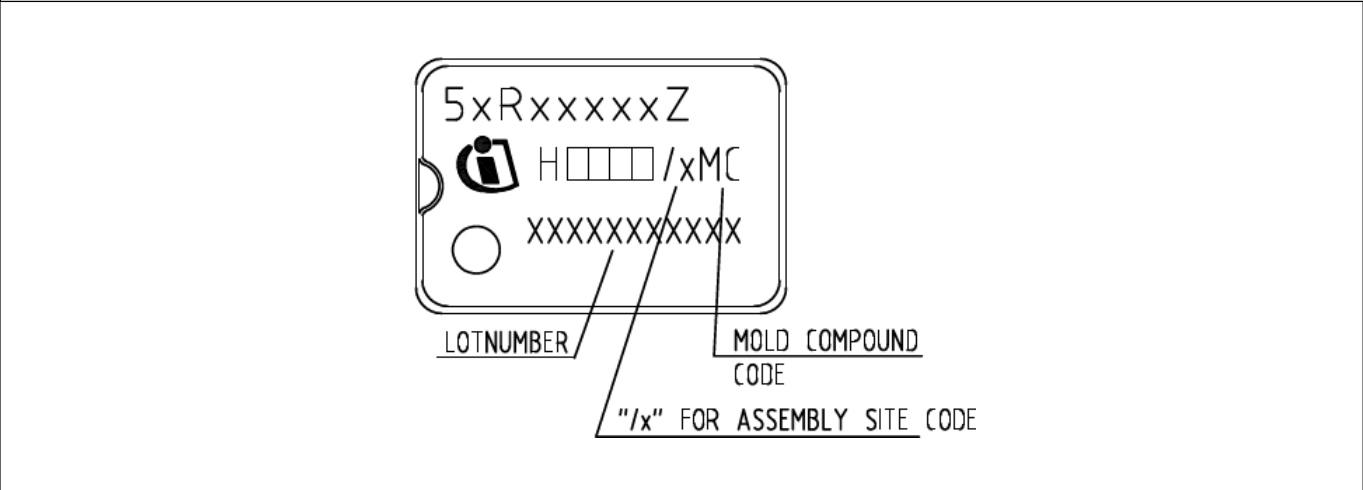


图36 PG-DIP-7的标记

9 修订记录

Revision	Date	Changes
Rev 1.0	22 February 2022	Initial release
Rev 1.1	19 July 2022	Add new part number - ICE5AR3995BZ



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 2025-12-24

Infineon Technologies AG 出版，
德国 Neubiberg 85579

版权 © 2025 Infineon Technologies AG
及其关联公司。
保留所有权利。

Do you have a question about this
document?

Email:
erratum@infineon.com

Infineon Technologies AG 及其关联公司（以下简称“英飞凌”）销售或提供和交付的产品（可能也包括样品，且可能由硬件或软件或两者组成）（以下简称“产品”），应遵守客户与英飞凌签订的框架供应合同或其他书面协议的条款和条件，如无上述合同或其他书面协议，则应遵守适用的英飞凌销售条件。只有在英飞凌明确书面同意的情况下，客户的一般条款和条件或对适用的英飞凌销售条件的偏离才对英飞凌具有约束力。

为避免疑义，英飞凌不承担不侵犯第三方权利的所有保证和默示保证，例如对特定用途/目的的适用性或适销性的保证。

英飞凌对与样品、应用或客户对任何产品的具体使用有关的任何信息或本文件中给出的任何示例或典型值概不负责。

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

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

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

如果产品包含安全功能：

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

如果本文件包含或引用软件：

根据美国、德国和世界其他国家的知识产权法律和条约，该软件归英飞凌所有。英飞凌保留所有权利。因此，您只能按照软件附带的软件授权协议的规定使用本软件。

如果没有适用的软件授权协议，英飞凌特此授予您个人的、非排他性的、不可转让的软件知识产权授权（无权转授权）：(a) 对于以源代码形式提供的软件，仅在贵组织内部修改和复制该软件用于英飞凌硬件产品；及 (b) 对于以二进制代码 (binary code) 形式对外向终端用户分发该软件，仅得用于英飞凌硬件产品。禁止对本软件进行任何其他使用、复制、修改、翻译或编译。有关产品、技术、交货条款和条件以及价格的详细信息，请联系离您最近的英飞凌办公室或访问 <https://www.infineon.com>。