

## 英飞凌采用 DIP-7 封装的第 5 代固定频率增强型 CoolSET™

### 特性

- 集成 700 V/800 V/950 V CoolMOS™，抗雪崩能力强
- 主动突发模式，可选择进入和退出待机功率，以达到最低待机功率  $<100$  mW
- 降频，提高整体系统效率
- 借助共源共栅配置实现快速启动
- 支持频率抖动和软栅极驱动，实现低 EMI
- 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
- 提高引脚额定电压，方便系统设计
- 全面保护，大多数保护处于自动重启模式
- 无铅电镀、无卤塑封材料，符合 RoHS 标准



### 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

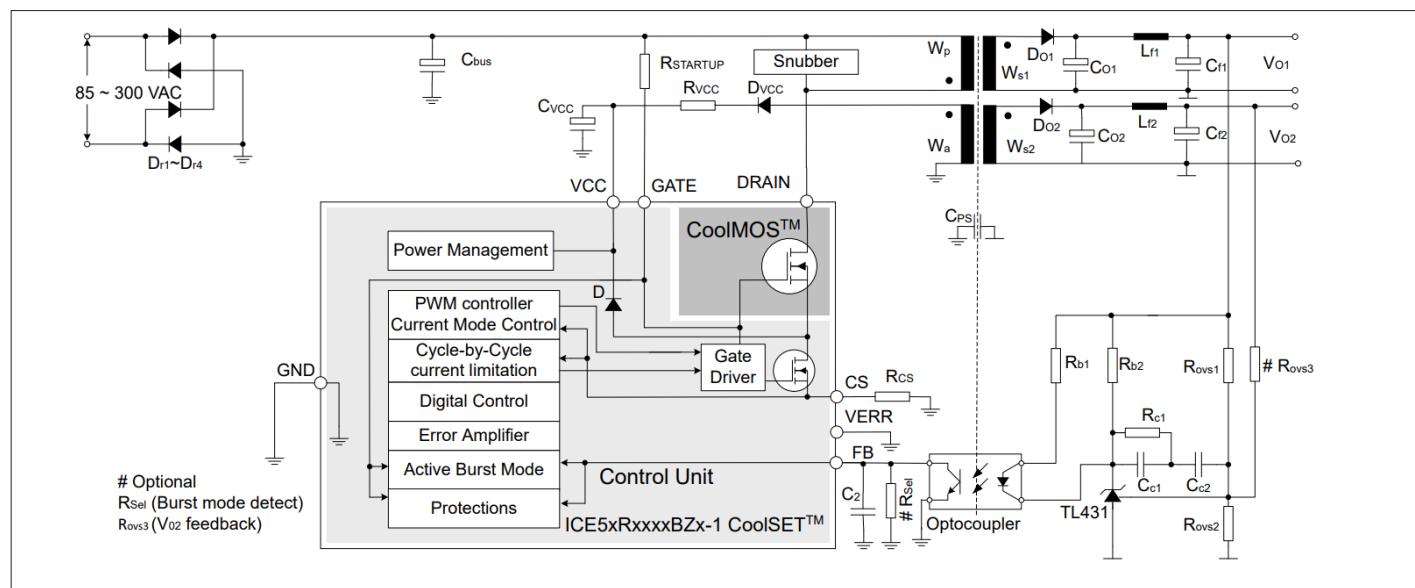
### 产品验证

根据 JEDEC 标准进行产品验证。

### 描述

ICE5xRxxxxBZx-1 是 CoolSET™ 第 5 代定频增强型集成电源 IC，专为共源共栅配置的离线开关模式电源而优化。CoolSET™ 封装内部包含 2 个独立芯片：一个是控制器芯片，另一个是 700 V/800 V/950 V CoolMOS™ 芯片。共源共栅配置有助于实现快速启动。通过软栅极驱动和频率抖动操作降低频率，可降低 EMI 并提高效率。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，并具有小而可控的输出电压纹波。

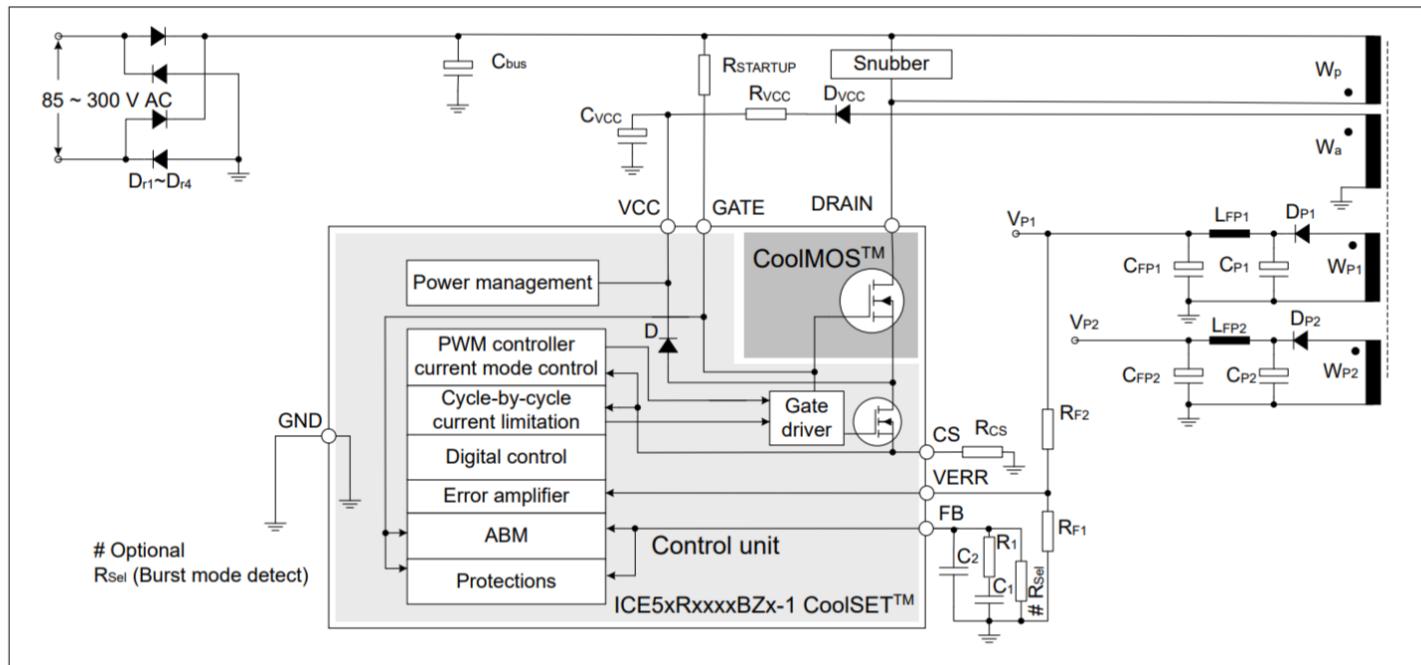
该产品具有宽工作范围（10.0 至 32.0 V）的 IC 电源和更低的功耗。丰富的保护功能可在故障情况下为电源系统提供支持。所有这些特性使 CoolSET™ 第 5 代固定频率 Plus 系列成为市场上卓越的集成功率级固定频率反激式和降压转换器。



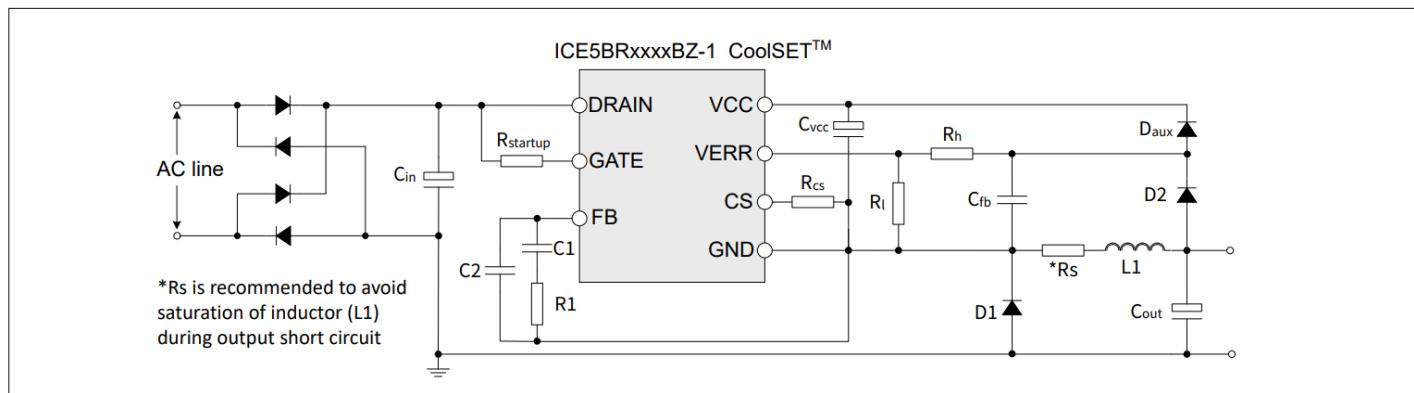
### 在采用 TL431 及光耦合器的隔离固定频率反激式转换器中的典型应用

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](http://infineon.com) 参考最新的英文版本（控制文档）。

描述



在使用集成误差放大器的非隔离反激式转换器中的典型应用



非隔离降压结构中的典型应用

## 描述

表 1 CoolSET™ 第 5 代定频增强型反激式设计的输出功率

Type	Package	Marking	V <sub>DS</sub>	F <sub>sw</sub>	R <sub>DSon</sub> <sup>1</sup>	220 V AC ±20% <sup>2</sup> at DCM	85-300 V AC <sup>2</sup> at DCM	85-300 V AC <sup>2</sup> at CCM
ICE5AR4770BZS-1	PG-DIP-7	5AR4770BZS-1	700 V	100 kHz	4.73 Ω	26.5 W	14.5 W	16 W
ICE5AR4780BZS-1	PG-DIP-7	5AR4780BZS-1	800 V	100 kHz	4.13 Ω	27.5 W	15 W	16.5 W
ICE5BR4780BZ-1	PG-DIP-7	5BR4780BZ-1	800 V	65 kHz	4.13 Ω	27.5 W	15 W	16.5 W
ICE5AR3995BZ-1	PG-DIP-7	5AR3995BZ-1	950 V	100 kHz	3.46 Ω	30 W	16.5 W	18 W
ICE5BR3995BZ-1	PG-DIP-7	5BR3995BZ-1	950 V	65 kHz	3.46 Ω	30 W	16.5 W	18 W
ICE5BR2280BZ-1	PG-DIP-7	5BR2280BZ-1	800 V	65 kHz	2.13 Ω	40 W	22 W	24 W
ICE5AR0680BZS-1	PG-DIP-7	5AR0680BZS-1	800 V	100 kHz	0.71 Ω	66 W	39 W	41 W

1) 在 T<sub>j</sub> = 25°C 时的典型值（包括低边 MOSFET）。

2) 最大输出功率额定值基于开放式框架设计，在 T<sub>a</sub> = 50°C, T<sub>j</sub> = 125°C (集成高压 MOSFET) 条件下计算得出，并在 2 盎司铜单面 PCB 上使用最小漏极引脚铜面积。输出功率数值仅供参考。实际功率可能因设计而异。请联系英飞凌®技术专家了解更多信息。

表 2 CoolSET™ 第 5 代固定频率增强型非隔离降压设计的输出电流

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

英飞凌®建议使用 65 kHz 做非隔离降压转换器。

1) 在 T<sub>j</sub> = 25°C 时的典型值（包括低边 MOSFET）

3) 最大输出电流额定值基于开放式框架设计，在 T<sub>a</sub> = 50°C, T<sub>j</sub> = 125°C (集成高压 MOSFET) 条件下计算得出，并在 2 盎司铜单面 PCB 上使用最小 100mm<sup>2</sup>漏极引脚铜面积。输出电流值仅供参考。实际电流可能因设计而异。请联系英飞凌®的技术专家了解更多信息。

## 目录

<b>目录</b>	4
<b>1</b>	<b>引脚配置和功能</b> ..... 6
<b>2</b>	<b>典型框图</b> ..... 7
<b>3</b>	<b>功能说明</b> ..... 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 ..... 12
3.5	具有可选功率级别的主动突发模式(ABM) ..... 14
3.5.1	进入主动突发模式工作 ..... 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 ..... 15
3.5.4	主动突发模式配置 ..... 15
3.6	非隔离/隔离配置 ..... 16
3.7	保护功能 ..... 16
3.7.1	VCC 过压和欠压 ..... 17
3.7.2	超载或开环 ..... 17
3.7.3	过温 ..... 17
3.7.4	VCC 短路 ..... 17
3.7.5	不同保护模式下的信号 ..... 17
<b>4</b>	<b>电气特性</b> ..... 20
4.1	绝对最大额定值 ..... 20
4.2	工作范围 ..... 21
4.3	工作条件 ..... 22
4.4	内部电压参考 ..... 23
4.5	PWM 部分 ..... 23
4.6	误差放大器 ..... 24
4.7	电流检测 ..... 25
4.8	软启动 ..... 25

4.9	主动突发模式.....	26
4.10	VCC过压保护 .....	26
4.11	过载保护.....	27
4.12	过温保护.....	27
4.13	CoolMOS™ 部分 .....	27
5	<b>CoolMOS™ 性能特性.....</b>	29
6	输出功率曲线.....	38
7	输出电流曲线.....	41
8	封装信息 .....	42
8.1	标记.....	43
9	修订记录 .....	44
	<b>免责声明 .....</b>	45

## 1 引脚配置和功能

## 1 引脚配置和功能

引脚配置如下所示，功能见表 3。

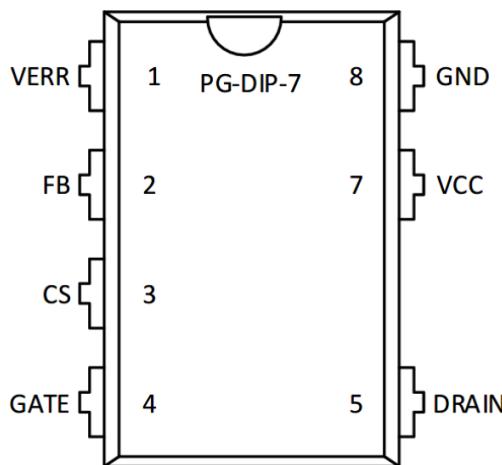


图1 引脚配置

表3 引脚定义及功能

Pin	Symbol	Function
1	VERR	Error amplifier VERR pin is internally connected to the transconductance error amplifier for non-isolated flyback application. Connect this pin to GND for isolated flyback application.
2	FB	Feedback and ABM entry/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 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.

## 2 典型框图

**注:** 控制器芯片的结温会被检测来实施过温保护功能。CoolMOS™ 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。

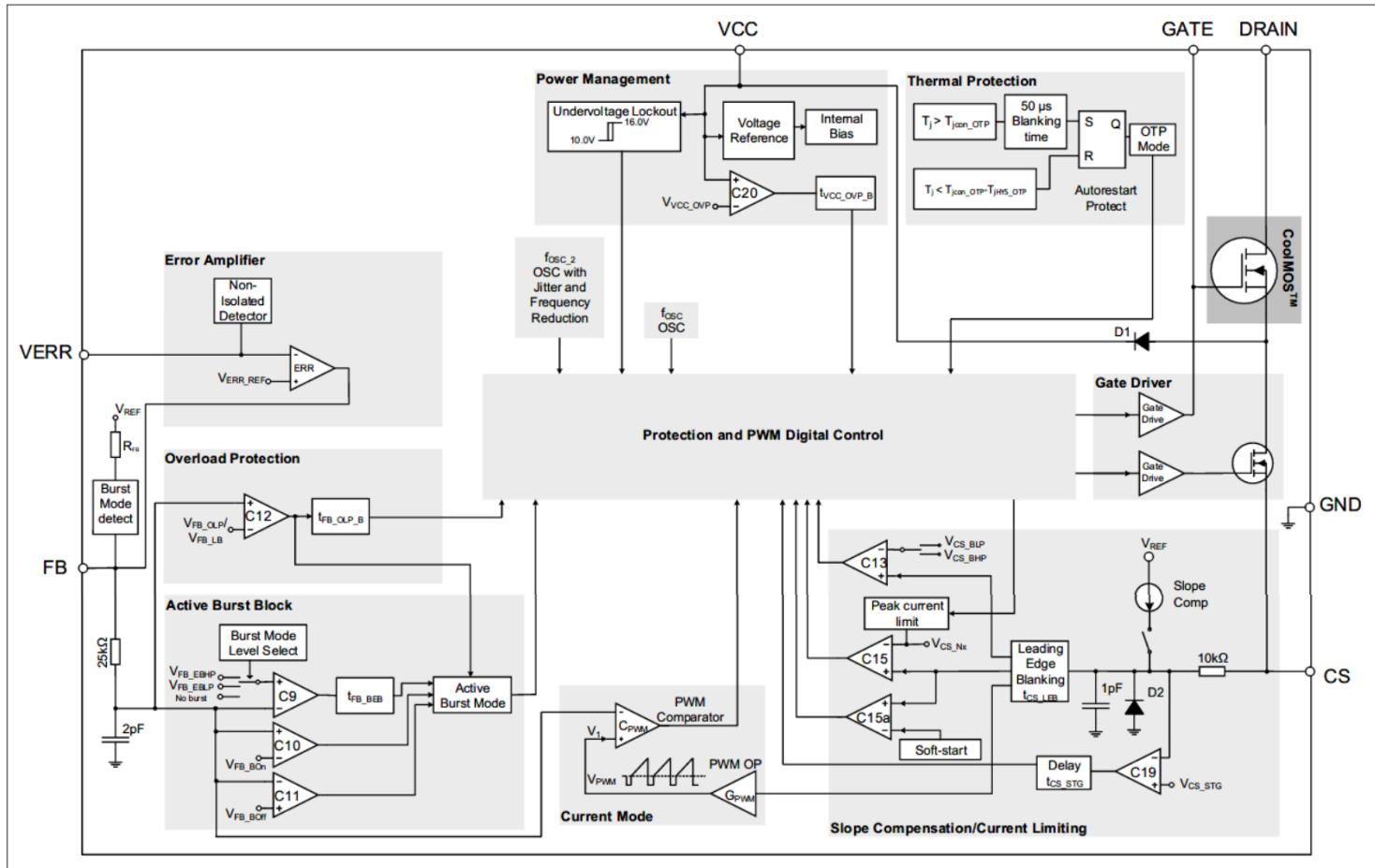


图2

典型框图

## 3 功能说明

### 3.1 启动期间的 VCC 预充电和典型 VCC 电压

如图典型应用电路中所示，一旦施加线路输入电压，电容器  $C_{BUS}$  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) 充电，并逐渐产生一个电压电平。如果  $C_{iss}$  上的电压足够高，CoolMOS™ 和  $V_{CC}$  电容器将通过变压器  $L_P$  的初级电感、CoolMOS™ 和内部二极管 D1，利用两级恒流源  $I_{VCC\_Charge1}$ <sup>1)</sup> 和  $I_{VCC\_Charge3}$ <sup>1)</sup> 进行充电。

一个非常小的恒流源 ( $I_{VCC\_Charge1}$ ) 为  $V_{CC}$  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 ( $I_{VCC\_Charge3}$ ) 继续为  $V_{CC}$  电容充电，直到  $V_{CC}$  电压超过开启阈值  $V_{VCC\_ON}$ 。如图 3 中时间阶段 I 所示。 $V_{CC}$  电压几乎以两步线性增加。

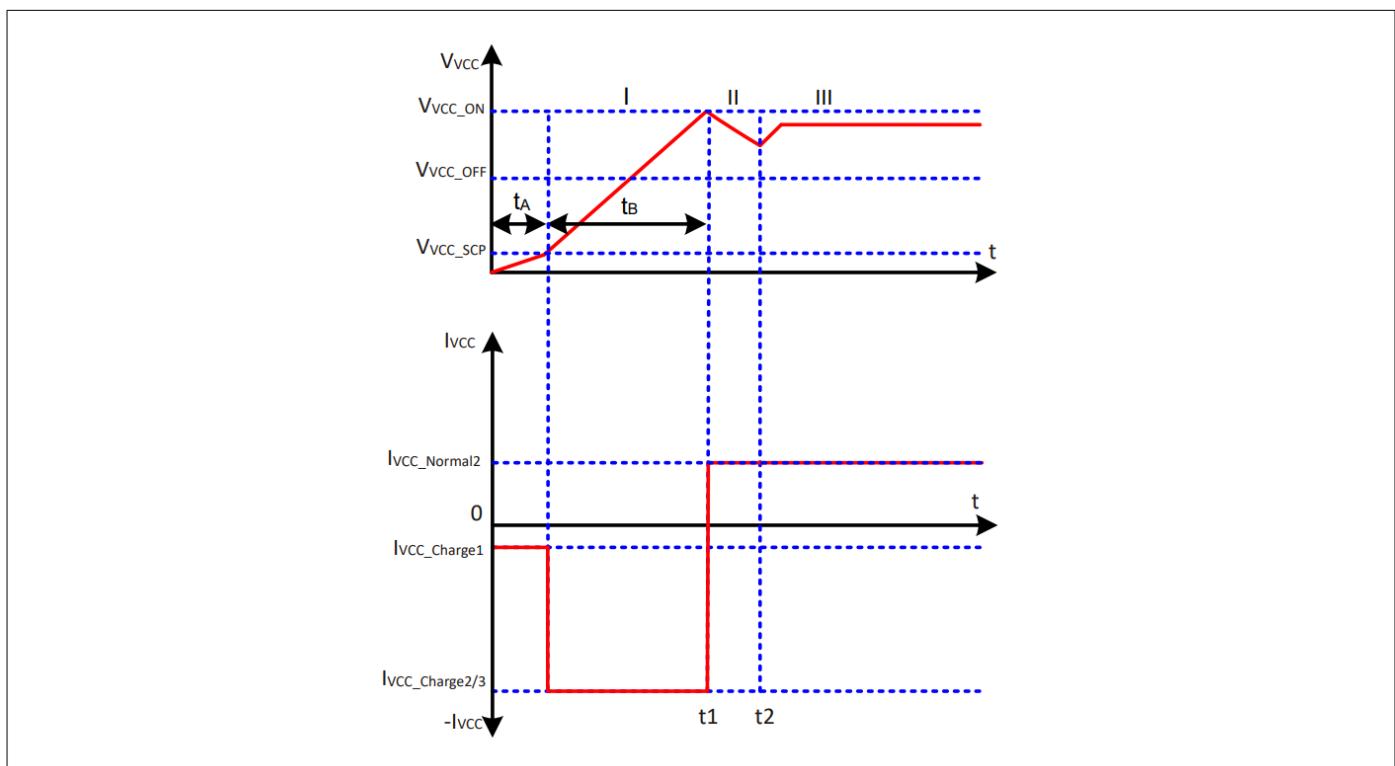


图 3 启动时的  $V_{CC}$  电压和电流

$V_{CC}$  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  $t_1$  处超过  $V_{CC}$  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，辅助绕组从时间  $t_2$  开始为  $V_{CC}$  电容充电，并提供  $I_{VCC\_Normal2}$ <sup>2)</sup> 至 CoolSET™ 然后， $V_{CC}$  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

如下图所示，IC在时间 $t_{on}$ 开始以软启动方式运行。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。软启动实现

ICE5xRxxxxBZx-1 是一款基于数字时间的器件。预设软启动时间为  $t_{ss}$  (12 ms)，共 4 个步长。若不受其他功能限制，CS 引脚上的峰值电压将从 0.3 V 逐步上升至  $V_{CS\_N}$  (0.8 V)。当输出电压达到其稳定值时，常规反馈环路将接管控制。

为了最大程度地减少启动过程中由于连续导通模式 (CCM) 引起的电流尖峰，前 3ms 的频率为  $f_{OSC2\_MIN}/f_{OSC4\_MIN}$ 。在前 3ms 之后，开关频率将变为  $f_{OSC2}/f_{OSC4}$ ，并持续软启动的剩余时间。

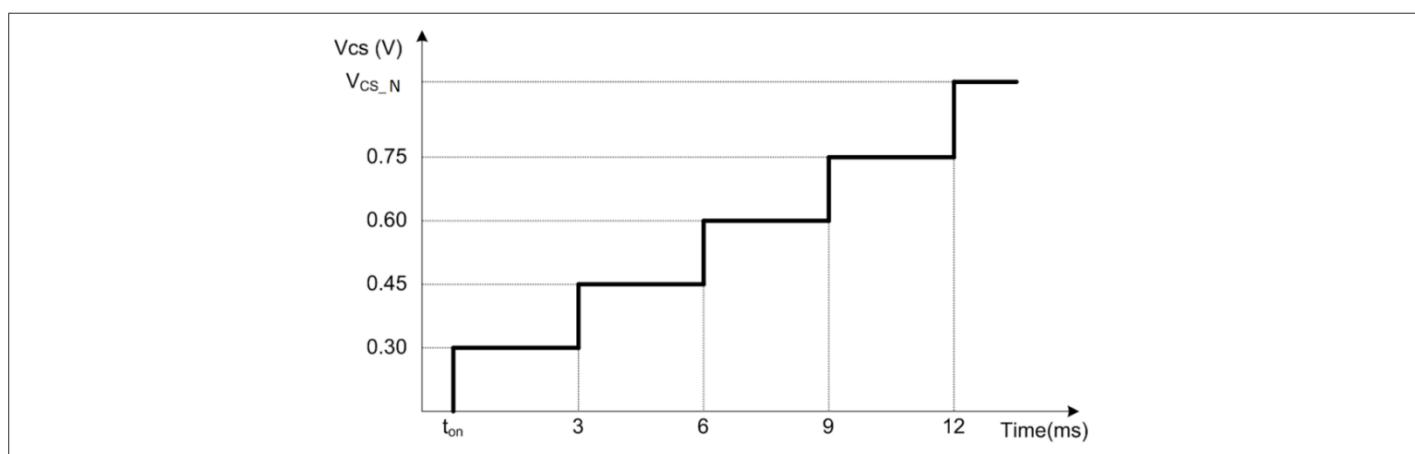


图4 软启动时的最大电流检测电压

## 3.3 正常工作

正常工作状态下的 PWM 控制器由一个包含调节控制的数字信号处理电路和一个包含电流测量单元和比较器的模拟电路组成。CoolSET™ 在正常工作状态下的完整操作细节将在以下段落中详细说明。

### 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  $f_{SW}$  对应电压电平  $V_{FB}$  (见图6)。

#### 3.3.1.2 关断判断

在峰值电流模式控制中，PWM 比较器将监测电压  $V1$  (见图 2)，该值代表功率 MOSFET 的瞬时电流。当  $V1$  超过  $V_{FB}$  时，PWM 比较器就会发送功率 MOSFET 栅极关断信号。因此，功率 MOSFET 的峰值电流由反馈电压  $V_{FB}$  控制 (见图 5)。

在功率 MOSFET 的接通瞬间， $R_{CS}$  两端的电压尖峰将会导致  $V1$  增高并超过  $V_{FB}$ 。为避免误关断，IC 在检测  $R_{CS}$  两端电压之前会有消隐时间  $t_{CS\_LEB}$  以便屏蔽电压尖峰。因此， $t_{CS\_LEB}$  即为功率 MOSFET 的最短导通时间。

由于某种原因， $V1$  处的电压水平需要很长时间才能超过  $V_{FB}$ ，因此 IC 实施了最大占空比控制，以在达到  $D_{MAX} = 0.75$  时强制功率 MOSFET 关闭。

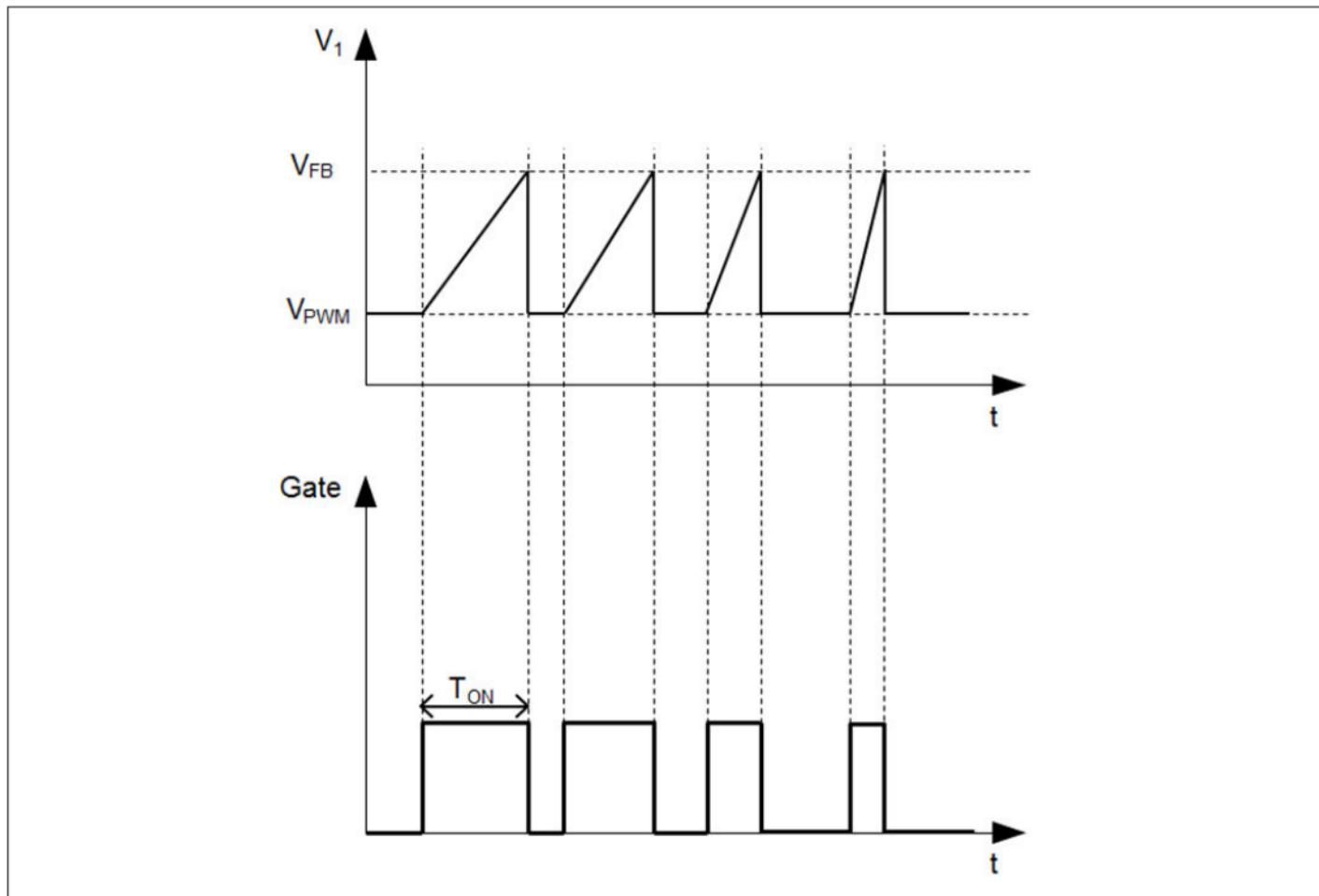


图5 脉冲宽度调制

### 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  $V_1$ ，如下式所示。

$$V_{CS} = I_D \times R_{CS} \quad (2)$$

$$V_1 = V_{CS} \times G_{PWM} + V_{PWM} \quad (3)$$

此公式中

- |           |                        |
|-----------|------------------------|
| $I_D$     | : 功率MOSFET电流           |
| $V_{CS}$  | : CS引脚电压               |
| $R_{CS}$  | : 电流检测电阻的阻值            |
| $V_1$     | : 与所述 $V_{FB}$ 相比的电压水平 |
| $G_{PWM}$ | : PWM-OP 增益            |
| $V_{PWM}$ | : 电压斜坡偏移               |

## 3 功能说明

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

## 3.3.3 降频

在ICE5xRxxxxBZx-1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 6 所示。因此， $F_{SW}$  随着负载的减小而减小。

通常情况下，高负载时的  $F_{SW}$  为 65，在  $V_{FB} = 1.7$  V 时开始降低。一旦频率达到  $f_{OSC2\_MIN}$ ，即使负载继续减小，频率也不会进一步降低。

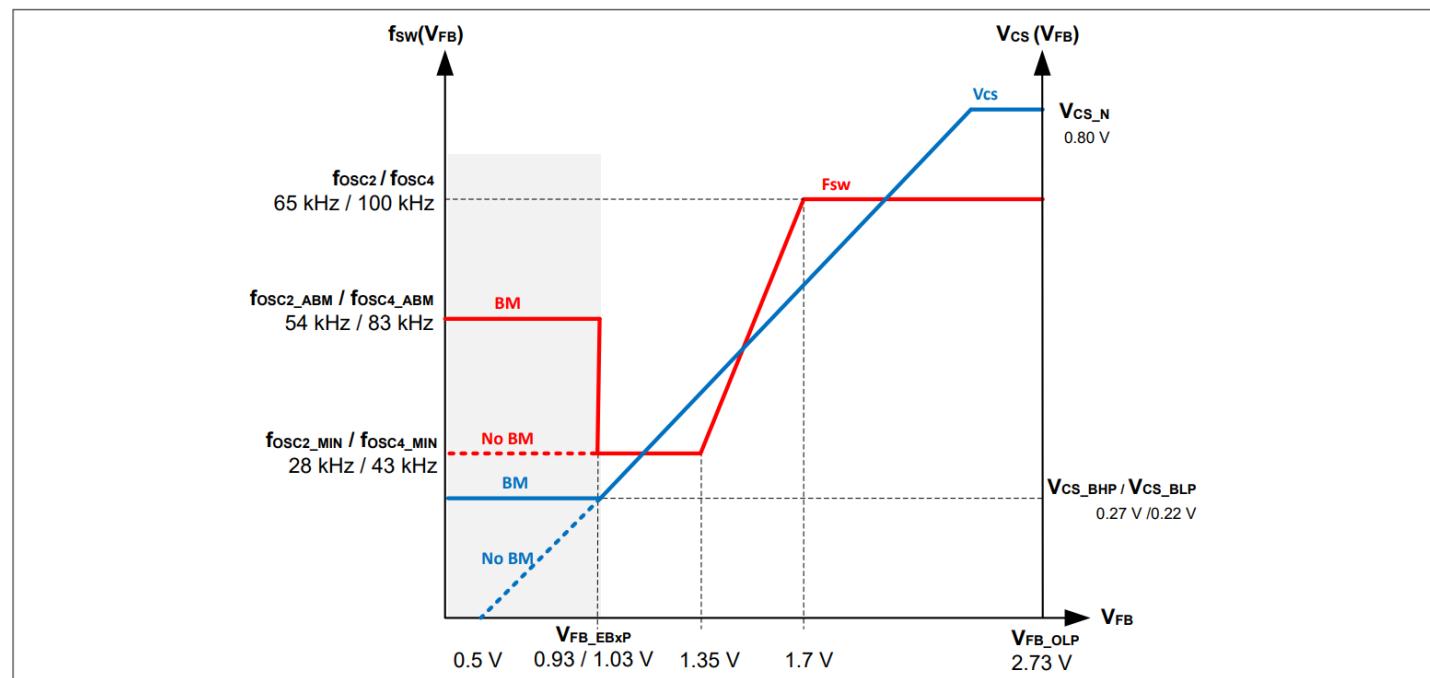


图6 降频曲线

## 3.3.4 斜坡补偿

ICE5xRxxxxBZx-1 可在连续导通模式 (CCM) 下工作。在 CCM 工作模式下，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  $V_{CS}$  在引脚添加斜率补偿。CCM 工作模式下， $V_1$  与  $V_{CS}$  之间的关系如下式所示：

$$V_1 = V_{CS} \times G_{PWM} + V_{PWM} + M_{COMP} \times (T_{ON} - 40\% \times T_{PERIOD}) \quad (4)$$

此公式中

$M_{COMP}$  : 斜坡补偿斜率

$T_{ON}$  : 功率 MOSFET 栅极导通时间

$T_{PERIOD}$  : 开关周期

在主动突发模式期间，斜率补偿电路被禁用并且没有斜率补偿添加到  $V_{CS}$  引脚以节省功耗。

### 3.3.5 振荡器和频率抖动

振荡器产生的频率为  $f_{osc}$ ，频率抖动幅度为  $\pm 4\%$ ，抖动时间为  $T_{JITTER}$  (4 ms)。频率抖动技术有助于降低传导电磁干扰。

集成了决定频率的电容器、电流源和电流吸收器。对所实施的振荡器电容器的充电和放电电流进行内部调整，以实现高度精确的开关频率。

软启动周期结束后，当 IC 进入正常工作模式时就会启用频率抖动功能。此外，在降频期间也会使用此功能。

### 3.3.6 调制栅极驱动

驱动级针对电磁干扰进行了优化。在达到功率 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 7)，从而最大限度地减小导通期间的前沿开关尖峰。

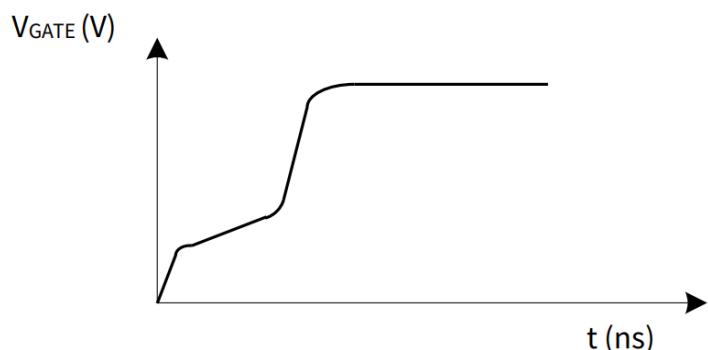


图7 调制栅极驱动

## 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  $V_{CS\_N}$ ，比较器将立即关闭栅极驱动。

初级峰值电流：  $I_{PEAK\_PRI}$  的计算公式如下

$$I_{PEAK\_PRI} = V_{CS\_N} / R_{CS} \quad (5)$$

T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。

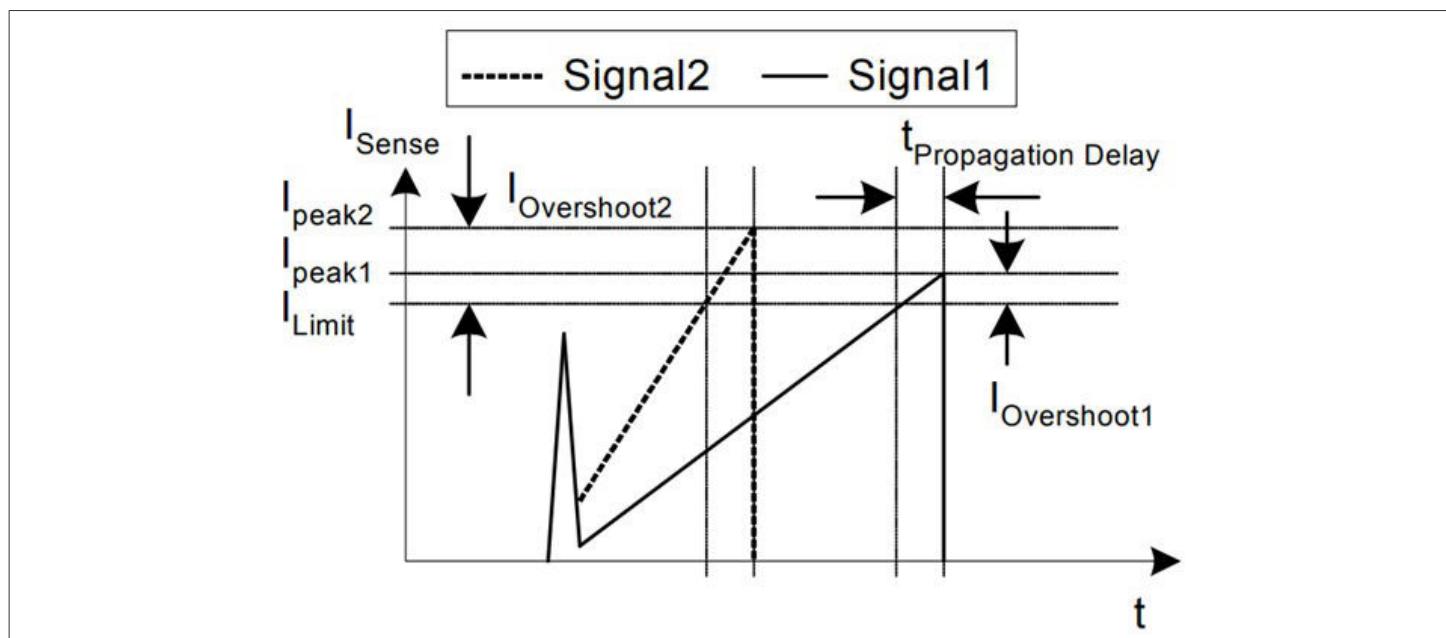
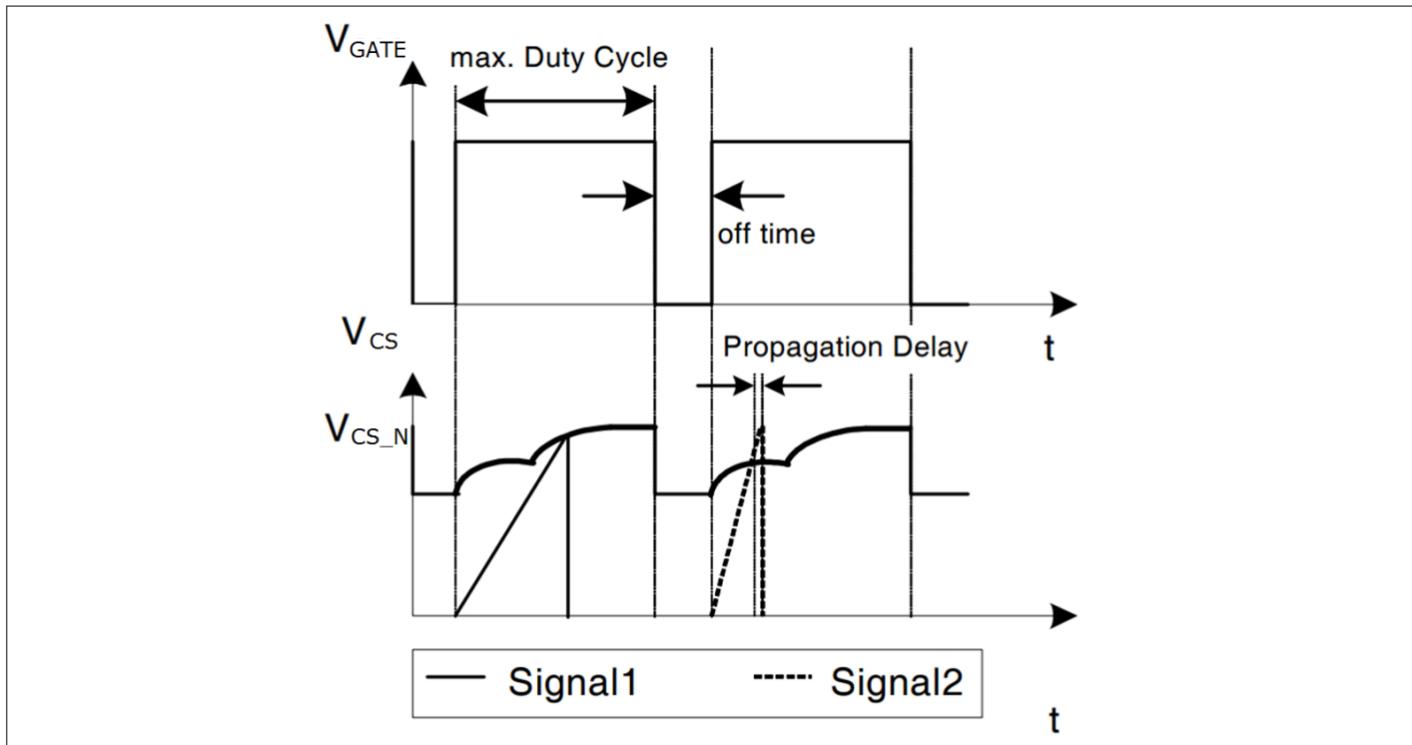


图8 电流限制

由于上升波形更陡, Signal2 的过冲值大于 Signal1 的相应值。而该斜率的变化则取决于交流输入电压。为降低因初级电流上升率 ( $dI/dt$ ) 引起的过冲, 系统采用了传输延迟补偿。因此, 在较宽的总线电压范围内, 系统得以补偿从检测电流超出阈值  $V_{cs\_N}$  到关断功率 MOSFET 之间的传输延迟时间。该设计可提高限流精度, 进而最大限度地减小交流线路输入高低压间过载保护触发功率的差值。

使用 CCM 操作时, 相同的  $V_{cs}$  不会对应相同的功率。为使 CCM 的过载触发电平接近, ICE5xRxxxxBZx-1 采用双曲线补偿设计, 如 图9所示。其中一条曲线应用于大于 0.40 占空比  $T_{ON}$  另一条则用于低于 0.40 占空比的  $T_{ONo}$

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。

图9 动态电压阈值  $V_{CS\_N}$ 

### 3.5 具有可选功率级别的主动突发模式 (ABM)

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

系统进入主动突发模式 (ABM) 工作需满足两个条件:

- 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  $t_{FB\_BEB}$

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

进入主动突发模式后, 由于 PWM 部分停止工作,  $V_{OUT}$  开始下降, 而  $V_{FB}$  则随之上升。一旦  $V_{FB}$  超过  $V_{FB\_BOn}$ , 内部偏置便将再次激活内部电路以启动开关操作。

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。

在主动突发模式中,  $V_{FB}$  在  $V_{FB\_BOff}$  和  $V_{FB\_BOn}$  之间波动, 呈锯齿波形, 如图 10。

在主动突发模式期间, 开关频率为  $f_{OSC2\_ABM}$  或  $f_{OSC4\_ABM}$ 。功率MOSFET的峰值电流  $I_{PEAK\_ABM}$  定义为:

$$I_{PEAK\_ABM} = \frac{V_{CS\_BxP}}{R_{CS}} \quad (6)$$

## 3 功能说明

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, 反馈电压将立即升高。当  $V_{FB}$  超过  $V_{FB\_LB}$ , 系统会退出主动突发模式, 同时 PCL 阈值电压将立即恢复至  $V_{CS\_N}$ 。

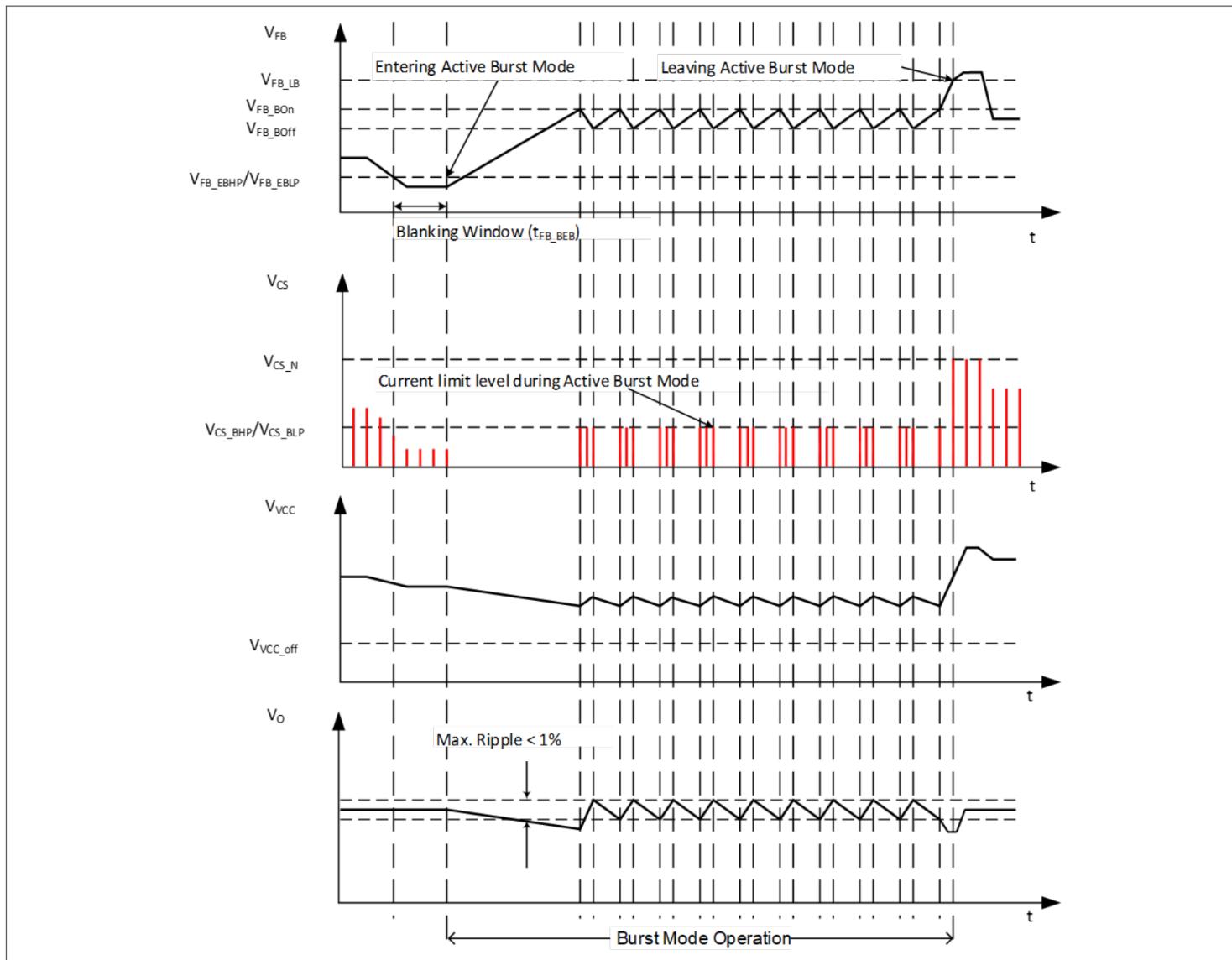


图 10 ABM 中的信号

## 3.5.4 主动突发模式 (ABM) 配置

可以通过改变 FB 引脚上的不同电阻  $R_{Sel}$  来选择突发模式的进入电平。共有 3 种配置选项：无 ABM (选项 1)、低范围 ABM 功率 (选项 2) 和高范围 ABM 功率 (选项 3)。下表显示了 FB 电压控制进入和退出电平的逻辑。

## 3 功能说明

表 4 ABM 配置选项设置

Option	$V_{FB}$	$V_{CS\_BxP}$	Entry level	Exit level
			$V_{FB\_EBxP}$	$V_{FB\_LB}$
1	$V_{FB} < V_{FB\_P\_BIAS1}$	-	No ABM	No ABM
2	$V_{FB\_P\_BIAS1} < V_{FB} < V_{FB\_P\_BIAS2}$	0.22 V	0.93 V	2.73 V
3	$V_{FB} > V_{FB\_P\_BIAS2}$	0.27 V	1.03 V	2.73 V

在 IC 首次启动期间，控制器将 ABM 选择预设为选项 3，FB 电阻器 ( $R_{FB}$ ) 由内部开关  $S_2$  断开（见 [图11](#)），并改为开启电流源  $I_{sel}$ 。从  $V_{CC} = 4.44$  V 到  $V_{CC}$  开启阈值，FB 引脚将通过  $R_{sel}$  和外部 FB 网络提供电流  $I_{sel}$ 。当  $V_{CC}$  达到  $V_{CC}$  开启阈值时，将检测 FB 电压。然后根据 FB 电压电平选择突发模式选项。完成选择后，FB 电平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 ( $R_{FB}$ ) 将重新连接到电路。

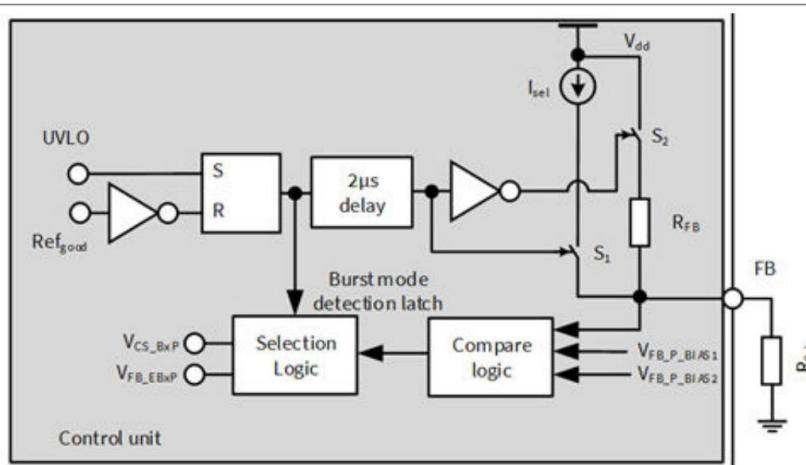


图11 ABM检测与调整

## 3.6 非隔离/隔离配置

ICE5xRxxxxBZx-1 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 [图典型应用电路](#)）。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  $I_{ERR\_P\_BIAS}$  以会与  $R_{F1}$  和  $R_{F2}$  一起在其两端产生电压。如果 VERR 电压高于  $V_{ERR\_P\_BIAS}$  (0.2 V)，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。

在非隔离配置下，分压器  $R_{F1}$  及  $R_{F2}$  用于检测输出电压，并将其与内部基准电压  $V_{ERR\_REF}$  进行比较。随后，误差放大器将检测电压与基准电压的差值转换为输出电流。输出电流将对连接在 FB 引脚上的电阻器和电容器网络进行充电/放电，以实现回路补偿。

## 3.7 保护功能

ICE5xRxxxxBZx-1 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 12](#)，[图 13](#) 和 [图 14](#) 了解保护模式的波形图。

表5 保护功能

Protections functions	Normal mode	Burst mode		Protection mode
		Burst ON	Burst OFF	
VCC overvoltage	√	√	Not applicable	Extended cycle skip auto restart
VCC undervoltage	√	√	√	Auto restart
Overload or open loop	√	Not applicable	Not applicable	Extended cycle skip auto restart
Overttemperature	√	√	√	Non-switch auto restart
VCC short to GND	√	√	√	No start-up

### 3.7.1 VCC过压和欠压

在运行期间，VCC 电压受到持续监控。

如果 VCC 电压低于  $V_{VCC\_OFF}$  并持续消隐时间  $t_{VCC\_OFF\_B}$ ，则 MOSFET 将关闭并启动自动重启。

如果 VCC 电压超过  $V_{VCC\_OVP}$  并持续消隐时间  $t_{VCC\_OVP\_B}$ ，则 MOSFET 将关闭，并启动延长的周期跳跃自动重启。

### 3.7.2 过载或开环

如果控制环路开路或输出过载，FB 电压将被拉高。当  $V_{FB}$  经过消隐时间  $t_{FB\_OLP\_B}$  后超过  $V_{FB\_OLP}$  时，IC 进入延长周期跳跃自动重启模式。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。

### 3.7.3 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。

### 3.7.4 VCC 短路

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。

### 3.7.5 不同保护模式下的信号

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。

3 功能说明

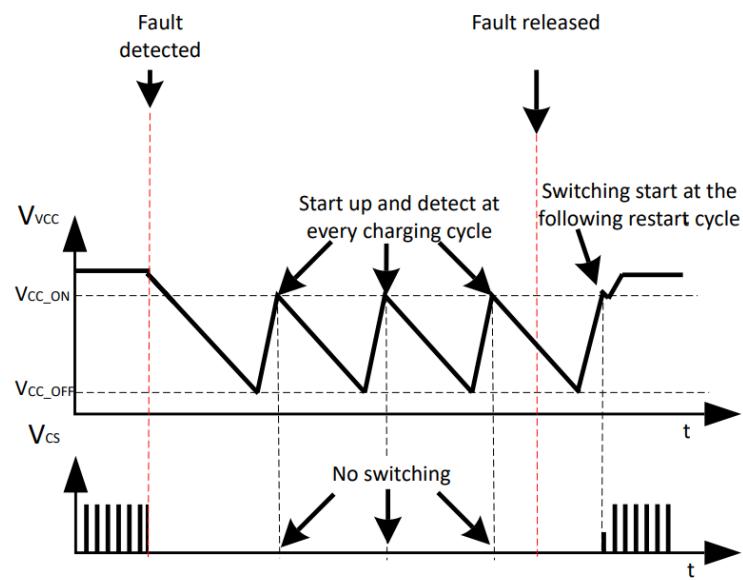


图12 无开关自动重启模式

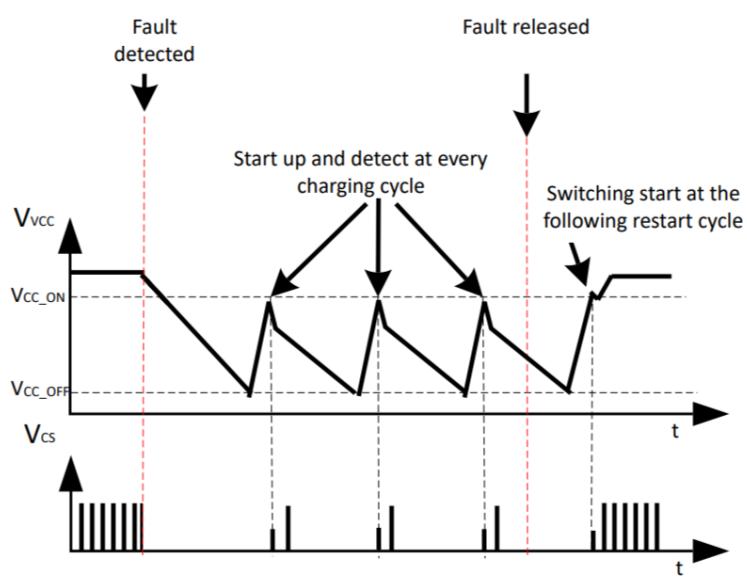


图13 自动重启模式

3 功能说明

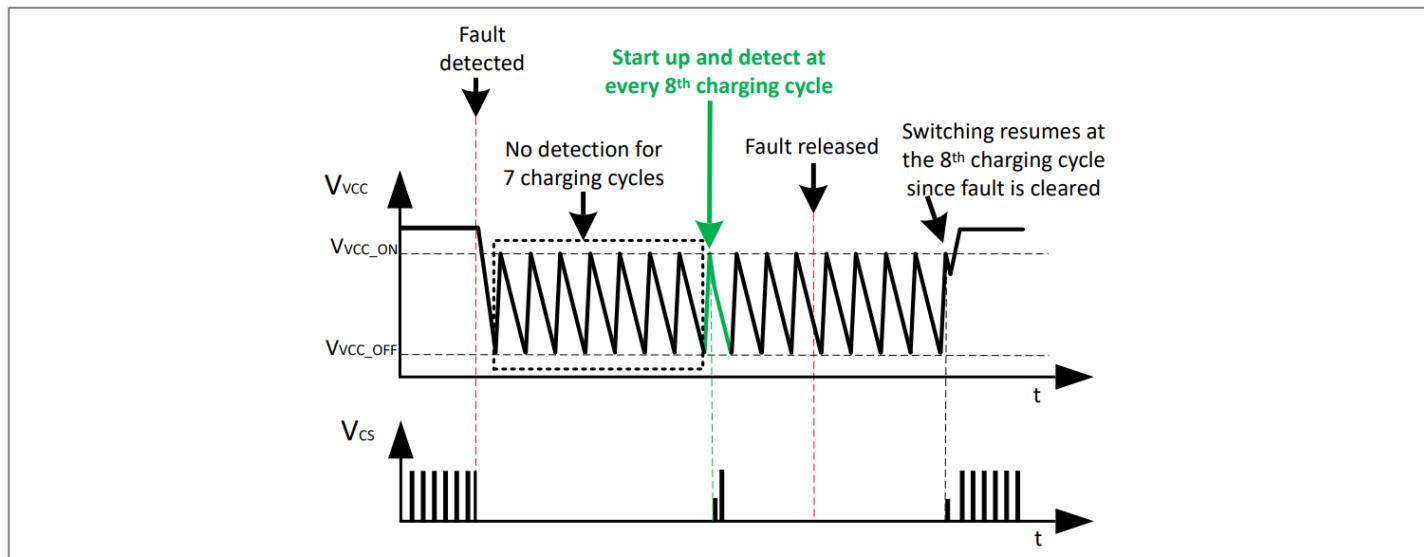


图 14 延长循环跳过自动重启

## 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：超过此处列出的最大值的应力可能会对器件造成永久性损坏。长时间暴露于绝对最大额定值条件下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) 的所有电容都已放电。除非另有说明，否则  $T_a = 25^\circ\text{C}$ 。**

表 6 绝对最大额定值

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		

#### 漏极电压

ICE5AR4770BZS-1	$V_{\text{DRAIN}}$	-	-	700	V	$T_j = 25^\circ\text{C}$
ICE5xRxx80BZx-1	$V_{\text{DRAIN}}$	-	-	800	V	$T_j = 25^\circ\text{C}$
ICE5xR3995BZ-1	$V_{\text{DRAIN}}$	-	-	950	V	$T_j = 25^\circ\text{C}$

#### 脉冲漏极电流

ICE5AR4770BZS-1	$I_{D_{\text{Pulse}}}$	-	-	2.2	A	Pulse width $t_p$ limited by $T_{j_{\text{max}}}$
ICE5xR4780BZx-1	$I_{D_{\text{Pulse}}}$	-	-	2.6	A	Pulse width $t_p$ limited by $T_{j_{\text{max}}}$
ICE5xR3995BZ-1	$I_{D_{\text{Pulse}}}$	-	-	5.0	A	Pulse width $t_p$ limited by $T_{j_{\text{max}}}$
ICE5BR2280BZ-1	$I_{D_{\text{Pulse}}}$	-	-	5.8	A	Pulse width $t_p = 20 \mu\text{s}$ and limited by $T_{j_{\text{max}}}$
ICE5AR0680BZS-1	$I_{D_{\text{Pulse}}}$	-	-	5.8	A	Pulse width $t_p$ limited by $T_{j_{\text{max}}}$

#### 引脚额定值

VCC Supply Voltage	$V_{\text{CC}}$	-0.3	-	35	V	
GATE Voltage	$V_{\text{GATE}}$	-0.3	-	27	V	
FB Voltage	$V_{\text{FB}}$	-0.3	-	5.5	V	
VERR Voltage	$V_{\text{ERR}}$	-0.3	-	5.5	V	
CS Voltage	$V_{\text{CS}}$	-0.3	-	3.6	V	
Maximum DC current on any pin		-10	-	10	mA	Except DRAIN and CS pin
ESD robustness HBM	$V_{\text{ESD\_HBM}}$	-	-	2000	V	According to EIA/JESD22
ESD robustness CDM	$V_{\text{ESD\_CDM}}$	-	-	500	V	According to EIA/JESD22

(表格续下页.....)

表6 (续) 绝对最大额定值

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Junction temperature range	$T_j$	-40	-	150	°C	Controller & CoolMOS
Storage Temperature	$T_{STORE}$	-55	-	150	°C	

## 热阻 (结至环境)

ICE5AR4770BZS-1	$R_{thJA}$	-	-	106	K/W	<a href="#">1)</a>
ICE5xR4780BZx-1	$R_{thJA}$	-	-	107	K/W	<a href="#">1)</a>
ICE5xR3995BZ-1	$R_{thJA}$	-	-	106	K/W	<a href="#">1)</a>
ICE5BR2280BZ-1	$R_{thJA}$	-	-	104	K/W	<a href="#">1)</a>
ICE5AR0680BZS-1	$R_{thJA}$	-	-	100	K/W	<a href="#">1)</a>

雪崩能量, 重复性,  $t_{AR}$  受最大  $T_j = 150^\circ\text{C}$  和  $T_{j\_Start} = 25^\circ\text{C}$  限制

ICE5AR4770BZS-1	$E_{AR}$	-	-	0.02	mJ	$I_D = 0.14 \text{ A}, V_{DD} = 50 \text{ V}$
ICE5xR4780BZx-1	$E_{AR}$	-	-	0.02	mJ	$I_D = 0.20 \text{ A}, V_{DD} = 50 \text{ V}$
ICE5BR2280BZ-1	$E_{AR}$	-	-	0.05	mJ	$I_D = 0.40 \text{ A}, V_{DD} = 50 \text{ V}$
ICE5xR3995BZ-1	$E_{AR}$	-	-	0.04	mJ	$I_D = 0.20 \text{ A}, V_{DD} = 50 \text{ V}$
ICE5AR0680BZS-1	$E_{AR}$	-	-	0.22	mJ	$I_D = 1.80 \text{ A}, V_{DD} = 50 \text{ V}$

雪崩电流, 重复性,  $t_{AR}$  受最大  $T_j = 150^\circ\text{C}$  和  $T_{j\_Start} = 25^\circ\text{C}$  限制

ICE5AR4770BZS-1	$I_{AR}$	-	-	0.14	A	
ICE5xR4780BZx-1	$I_{AR}$	-	-	0.20	A	
ICE5xR3995BZ-1	$I_{AR}$	-	-	0.20	A	
ICE5BR2280BZ-1	$I_{AR}$	-	-	0.40	A	
ICE5AR0680BZS-1	$I_{AR}$	-	-	1.80	A	

1) 根据 JEDEC 标准 JESD51 进行设置, 并在 2 盎司铜单面 PCB 中使用最小漏极引脚铜面积

## 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。

表 7 工作范围

在工作范围内, IC按照功能描述中所述运行。

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
VCC Supply Voltage	$V_{VCC}$	$V_{VCC\_OFF}$	-	$V_{VCC\_OVP}$		
Junction Temperature of controller	$T_{jCon\_op}$	-40	-	$T_{jCon\_OTP}$	°C	Max value limited due to OTP of controller chip

(表格续下页.....)

## 表7 (持续) 工作范围

在工作范围内, IC按照功能描述中所述运行。

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Junction Temperature of CoolMOS	$T_{j\text{CoolMOS\_op}}$	-40	-	150	°C	

## 4.3 工作条件

注: 电气特性值涵盖额定电源电压和结温范围  $T_j$  (-40°C 至 125°C) 内的数值范围。典型值代表 25°C 时的中值。如无其他说明, 则假设电源电压为  $V_{CC} = 18\text{ V}$ 。

## 表8 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。

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
VCC Charge Current	$I_{VCC\text{-Charge1}}$	-0.35	-0.20	-0.09	mA	$V_{VCC}=0\text{ V}$ , $R_{\text{Startup}}=50\text{ M}\Omega$ and $V_{DRAIN}=90\text{ V}$
VCC Charge Current	$I_{VCC\text{-Charge2}}$	-	-3.2	-	mA	$V_{VCC}=3\text{ V}$ , $R_{\text{Startup}}=50\text{ M}\Omega$ and $V_{DRAIN}=90\text{ V}$
VCC Charge Current	$I_{VCC\text{-Charge3}}$	-5	-3	-1	mA	$V_{VCC}=15\text{ V}$ , $R_{\text{Startup}}=50\text{ M}\Omega$ and $V_{DRAIN}=90\text{ V}$
VCC Turn-on Threshold Voltage	$V_{VCC\text{-ON}}$	15.3	16	16.5	V	
VCC Turn-off Threshold Voltage	$V_{VCC\text{-OFF}}$	9.4	10	10.4	V	
VCC Short Circuit Protection	$V_{VCC\text{-SCP}}$	-	1.1	1.9	V	
VCC Turn-off blanking	$t_{VCC\text{-OFF\_B}}$	-	50	-	μs	
Current Consumption, Startup Current	$I_{VCC\text{-Startup}}$	-	0.25	-	mA	$V_{VCC}=15\text{ V}$
Current Consumption, Auto Restart	$I_{VCC\text{-AR}}$	-	410	-	μA	
Current Consumption, Burst Mode - Isolated	$I_{VCC\text{-Burst Mode\_ISO}}$	-	0.54	-	mA	
Current Consumption, Burst Mode - Non-Isolated	$I_{VCC\text{-Burst Mode\_NISO}}$	-	0.61	-	mA	
Current Consumption, Normal with Inactive Gate	$I_{VCC\text{-Normal}}$	-	1.1	-	mA	$I_{FB}=0\text{ A}$ (No gate switching)

## 正常有驱动时的电流消耗

ICE5AR4770BZS-1	$I_{VCC\text{-Normal2}}$	-	-	2.20	mA	
-----------------	--------------------------	---	---	------	----	--

(表格续下页.....)

表 8 (续) 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。

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
ICE5AR4780BZS-1	$I_{VCC\_Normal2}$	-	-	2.20	mA	
ICE5AR3995BZ-1	$I_{VCC\_Normal2}$	-	-	2.36	mA	
ICE5AR0680BZS-1	$I_{VCC\_Normal2}$	-	-	4.18	mA	
ICE5BR4780BZ-1	$I_{VCC\_Normal2}$	-	-	1.84	mA	
ICE5BR3995BZ-1	$I_{VCC\_Normal2}$	-	-	1.97	mA	
ICE5BR2280BZ-1	$I_{VCC\_Normal2}$	-	-	2.04	mA	

## 4.4 内部电压参考

表 9 内部电压参考

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Internal reference voltage	$V_{REF}$	3.2	3.3	3.39	V	Measured at FB pin $I_{FB} = 0 \text{ A}$

## 4.5 PWM部分

表10 PWM部分

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Fixed Oscillator Frequency – 100 kHz	$f_{OSC4}$	94	100	106	kHz	$T_j = 25 \text{ }^\circ\text{C}$
Fixed Oscillator Frequency – 100 kHz	$f_{OSC3}$	92	100	108	kHz	Operating temperature range
Fixed Oscillator Frequency – 100 kHz (ABM)	$f_{OSC4\_ABM}$	71	83	94	kHz	$T_j = 25 \text{ }^\circ\text{C}$
Fixed Oscillator Frequency – 100 kHz (minimum Fsw)	$f_{OSC4\_MIN}$	36	43	51	kHz	$T_j = 25 \text{ }^\circ\text{C}$
Fixed Oscillator Frequency – 65 kHz	$f_{OSC1}$	59.8	65	70.2	kHz	Operating temperature range
Fixed Oscillator Frequency – 65 kHz	$f_{OSC2}$	61.1	65	68.9	kHz	$T_j = 25 \text{ }^\circ\text{C}$
Fixed Oscillator Frequency – 65 kHz (ABM)	$f_{OSC2\_ABM}$	46.2	54	61.1	kHz	$T_j = 25 \text{ }^\circ\text{C}$
Fixed Oscillator Frequency – 65kHz (minimum Fsw)	$f_{OSC2\_MIN}$	23.4	28	33.2	kHz	$T_j = 25 \text{ }^\circ\text{C}$

表 10 (续) PWM 部分

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Frequency jittering range	$f_{\text{JITTER}}$	-	$\pm 4$	-	%	$T_j = 25^\circ\text{C}$
Frequency jittering period	$T_{\text{JITTER}}$	-	4	-	ms	$T_j = 25^\circ\text{C}$
Maximum duty cycle	$D_{\text{MAX}}$	70	75	80	%	
Feedback pull-up resistor	$R_{\text{FB}}$	11	15	20	$\text{k}\Omega$	
PWM-OP gain	$G_{\text{PWM}}$	1.91	2.03	2.16		
Offset for voltage ramp	$V_{\text{PWM}}$	0.42	0.5	0.58	V	
Slope compensation rate - 100 kHz	$M_{\text{COMP}}$	41	50	58	$\text{mV}/\mu\text{s}$	$V_{\text{CS}} = 0 \text{ V}$
Slope compensation rate - 65 kHz	$M_{\text{COMP}}$	26.5	32.5	38	$\text{mV}/\mu\text{s}$	$V_{\text{CS}} = 0 \text{ V}$
Feedback Cutoff Voltage	$V_{\text{FB,Cutoff}}$	-	0.41	-	V	When $V_{\text{FB}} < V_{\text{FB,Cutoff}}$ , no PWM switching.

## 4.6 误差放大器

表 11 误差放大器

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Transconductance	$G_{\text{ERR\_M}}$	2.14	2.80	3.44	$\text{mA}/\text{V}$	
Transconductance – Burst mode	$G_{\text{ERR\_BM}}$	6.9	9.2	11.6	$\text{mA}/\text{V}$	
Error amplifier source current	$I_{\text{ERR\_SOURCE}}$	85	150	223	$\mu\text{A}$	
Error amplifier sink current	$I_{\text{ERR\_SINK}}$	85	150	223	$\mu\text{A}$	
Error amplifier reference voltage	$V_{\text{ERR\_REF}}$	1.76	1.80	1.84	V	
Error amplifier output dynamic range of transconductance	$V_{\text{ERR\_DYN}}$	0.05	-	3.15	V	
Error amplifier mode bias current	$I_{\text{ERR\_P\_BIAS}}$	9.5	14.0	18.5	$\mu\text{A}$	
Error amplifier mode threshold	$V_{\text{ERR\_P\_BIAS}}$	0.16	0.20	0.24	V	

## 4.7 电流检测

表 12 电流检测

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or 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% Duty Cycle	$V_{CS\_N15}$	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	
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	$t_{CS\_STG\_SAM}$	$t_{PERIOD} \times 0.36$	$t_{PERIOD} \times 0.4$	$t_{PERIOD} \times 0.44$	$\mu\text{s}$	

## 4.8 软启动

表 13 软启动

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Soft start time	$t_{SS}$	7.3	12.0	-	ms	
Soft start time step	$t_{SS\_S}$	-	3	-	ms	<sup>1)</sup>
CS peak voltage at first step of soft start	$V_{SS1}$	-	0.30	-	V	<sup>1)</sup>
Step increment of CS peak voltage in soft start	$V_{SS\_S}$	-	0.15	-	V	<sup>1)</sup>

1) 不进行生产测试, 由设计指定。

## 4.9 主动突发模式

表 14 主动突发模式

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Charging current to select burst mode	$I_{sel}$	2.5	3.0	3.5	$\mu A$	
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	
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 VCC过压保护

表 15 VCC 过压保护

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
VCC overvoltage threshold	$V_{VCC\_OVP}$	29	30.5	32	V	
VCC overvoltage blanking	$t_{VCC\_OVP\_B}$	-	55	-	$\mu s$	

## 4.11 过载保护

表 16 过载保护

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or 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	

## 4.12 过温保护

表 17 过温保护

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Overtemperature protection	$T_{jcon\_OTP}$ <sup>1)</sup>	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	

1) 不进行生产测试, 由设计指定。

## 4.13 CoolMOS™ 部分

表 18 CoolMOS™ 部分

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		

## 漏源击穿电压

ICE5AR4770BZS-1	$V_{(BR)DSS}$	700	-	-	V	$T_j = 25^\circ C$
ICE5xRxx80BZx-1	$V_{(BR)DSS}$	800	-	-	V	$T_j = 25^\circ C$
ICE5xR3995BZ-1	$V_{(BR)DSS}$	950	-	-	V	$T_j = 25^\circ C$

## 漏源导通电阻 (包括低压侧 MOSFET)

ICE5AR0680BZS-1	$R_{DSon}$	-	0.71	0.80	Ω	$T_j = 25^\circ C$ at $I_D = 2A$
ICE5AR0680BZS-1	$R_{DSon}$	-	1.27 <sup>1)</sup>	-	Ω	$T_j = 125^\circ C$ at $I_D = 2A$
ICE5BR2280BZ-1	$R_{DSon}$	-	2.13	2.35	Ω	$T_j = 25^\circ C$ at $I_D = 1A$
ICE5BR2280BZ-1	$R_{DSon}$	-	4.31 <sup>1)</sup>	-	Ω	$T_j = 125^\circ C$ at $I_D = 1 A$
ICE5xR3995BZ-1	$R_{DSon}$	-	3.46	4.05	Ω	$T_j = 25^\circ$ at $I_D = 0.8A$

(表格续下页.....)

表 18 (续) CoolMOS™ 部分

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
ICE5xR3995BZ-1	$R_{DSon}$	-	7.69 <sup>1)</sup>	-	$\Omega$	$T_j=125^\circ\text{C}$ at $I_D=0.8\text{ A}$
ICE5xR4780BZx-1	$R_{DSon}$	-	4.13	4.85	$\Omega$	$T_j=25^\circ\text{C}$ at $I_D=0.4\text{ A}$
ICE5xR4780BZx-1	$R_{DSon}$	-	8.69 <sup>1)</sup>	-	$\Omega$	$T_j=125^\circ\text{C}$ at $I_D=0.4\text{ A}$
ICE5AR4770BZS-1	$R_{DSon}$	-	4.73	5.18	$\Omega$	$T_j=25^\circ\text{C}$ at $I_D=0.4\text{ A}$
ICE5AR4770BZS-1	$R_{DSon}$	-	8.73 <sup>1)</sup>	-	$\Omega$	$T_j=125^\circ\text{C}$ at $I_D=0.4\text{ A}$

### 动态特性

Rise time	$t_{rise}^{2)}$	-	30	-	ns	
Fall time	$t_{fall}^{2)}$	-	30	-	ns	

### 有效输出电容, 能量相关

ICE5AR4770BZS-1	$C_{o(er)}$	-	3.4 <sup>1)</sup>	-	pF	$V_{GS}=0\text{V}$ , $V_{DS}=0\sim480\text{V}$
ICE5xR4780BZx-1	$C_{o(er)}$	-	3 <sup>1)</sup>	-	pF	$V_{GS}=0\text{V}$ , $V_{DS}=0\sim500\text{V}$
ICE5BR2280BZ-1	$C_{o(er)}$	-	7 <sup>1)</sup>	-	pF	$V_{GS}=0\text{V}$ , $V_{DS}=0\sim500\text{V}$
ICE5xR3995xZ-1	$C_{o(er)}$	-	5 <sup>1)</sup>	-	pF	$V_{GS}=0\text{V}$ , $V_{DS}=0\sim400\text{V}$
ICE5AR0680BZS-1	$C_{o(er)}$	-	24 <sup>1)</sup>	-	pF	$V_{GS}=0\text{V}$ , $V_{DS}=0\sim500\text{V}$

1) 未经过生产测试, 由设计指定。

2) 在典型的反激式/降压转换器应用中测量。

## 5 CoolMOS™ 性能特性

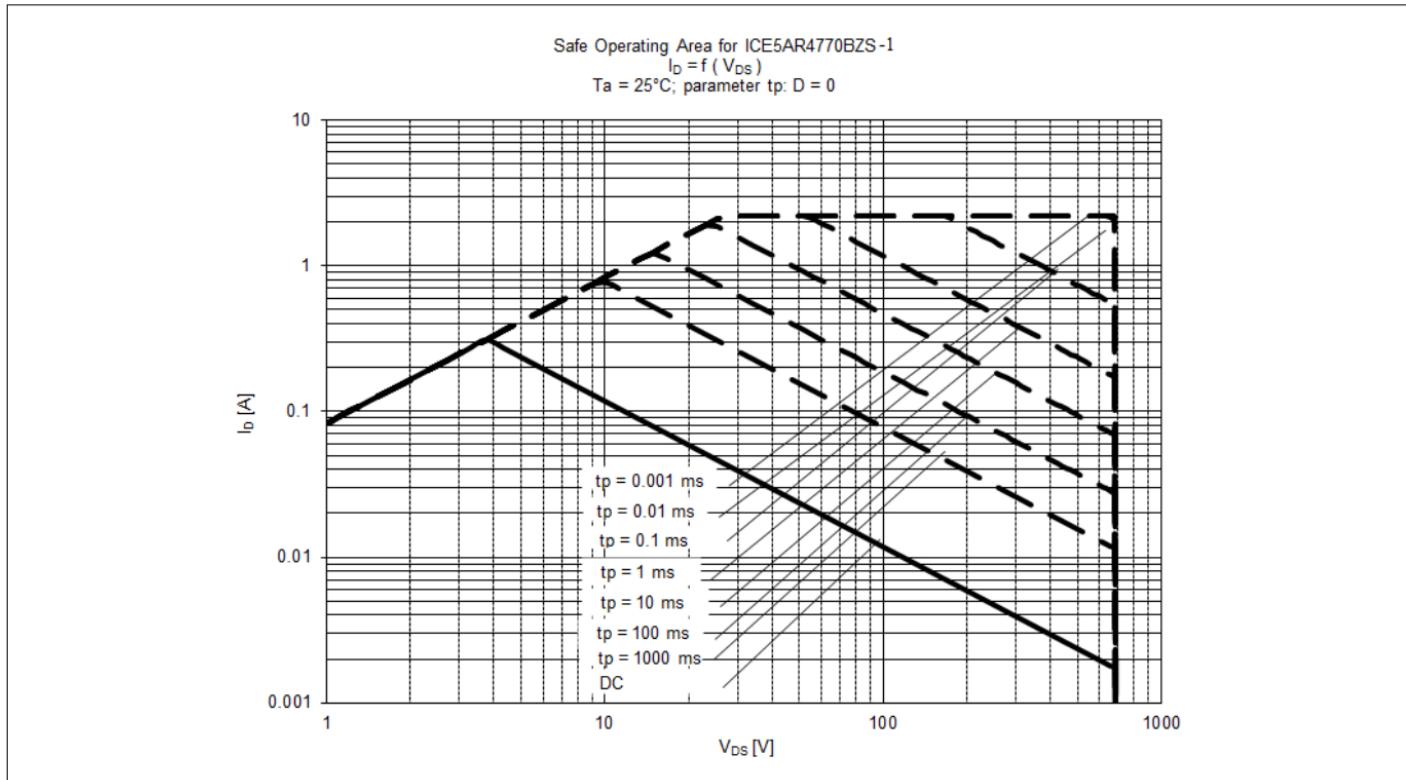


图 15 ICE5AR4770BZS-1 的安全工作区 (SOA) 曲线

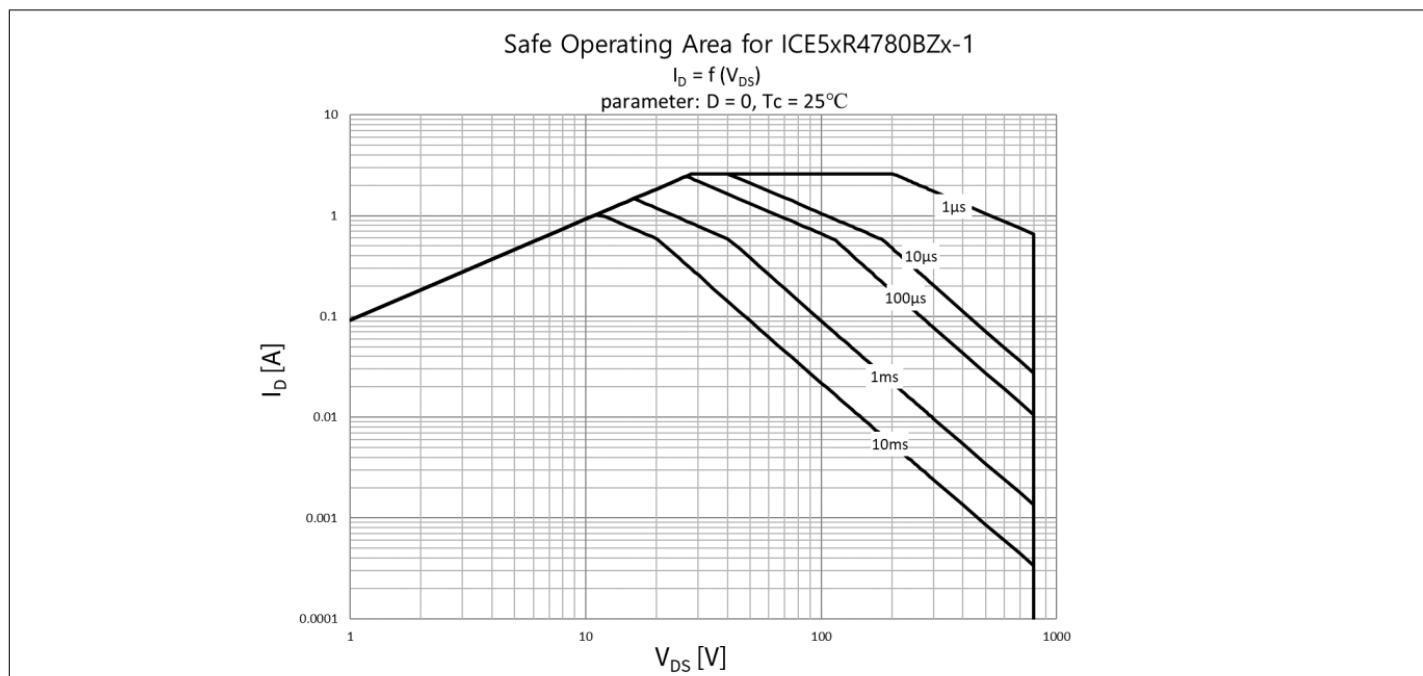


图 16 ICE5xR4780BZx-1 的安全工作区 (SOA) 曲线

5 CoolMOS™ 性能特性

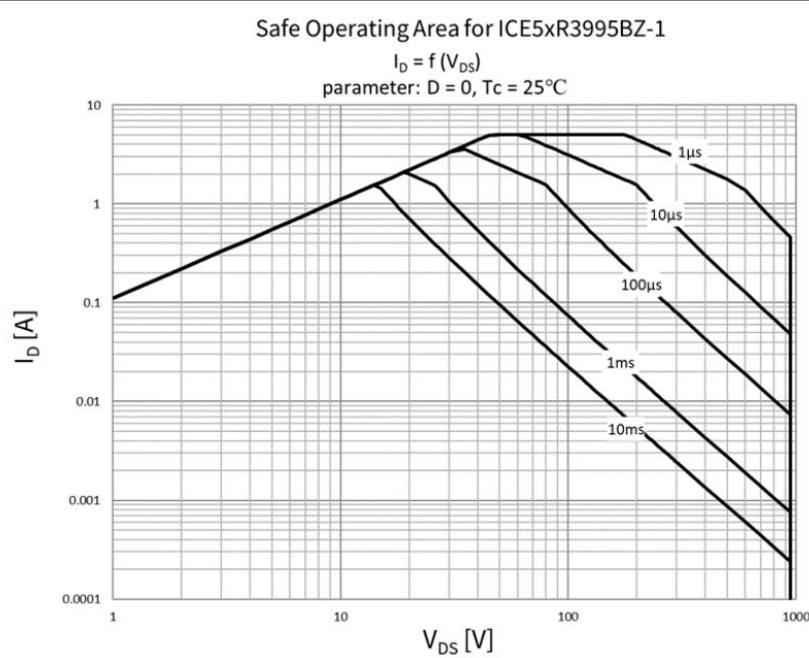


图 17 ICE5xR3995BZ-1 的安全工作区 (SOA) 曲线

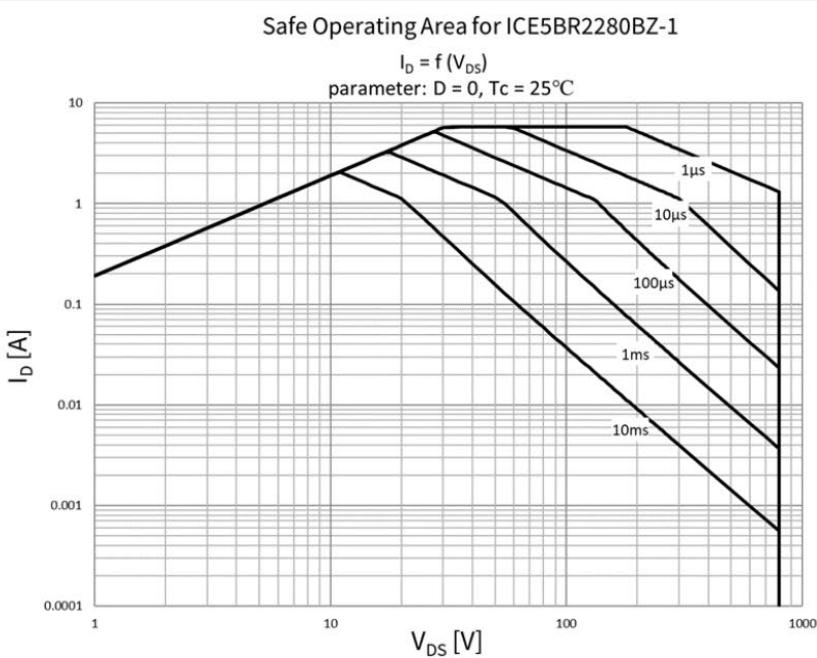


图 18 ICE5BR2280BZ-1 的安全工作区 (SOA) 曲线

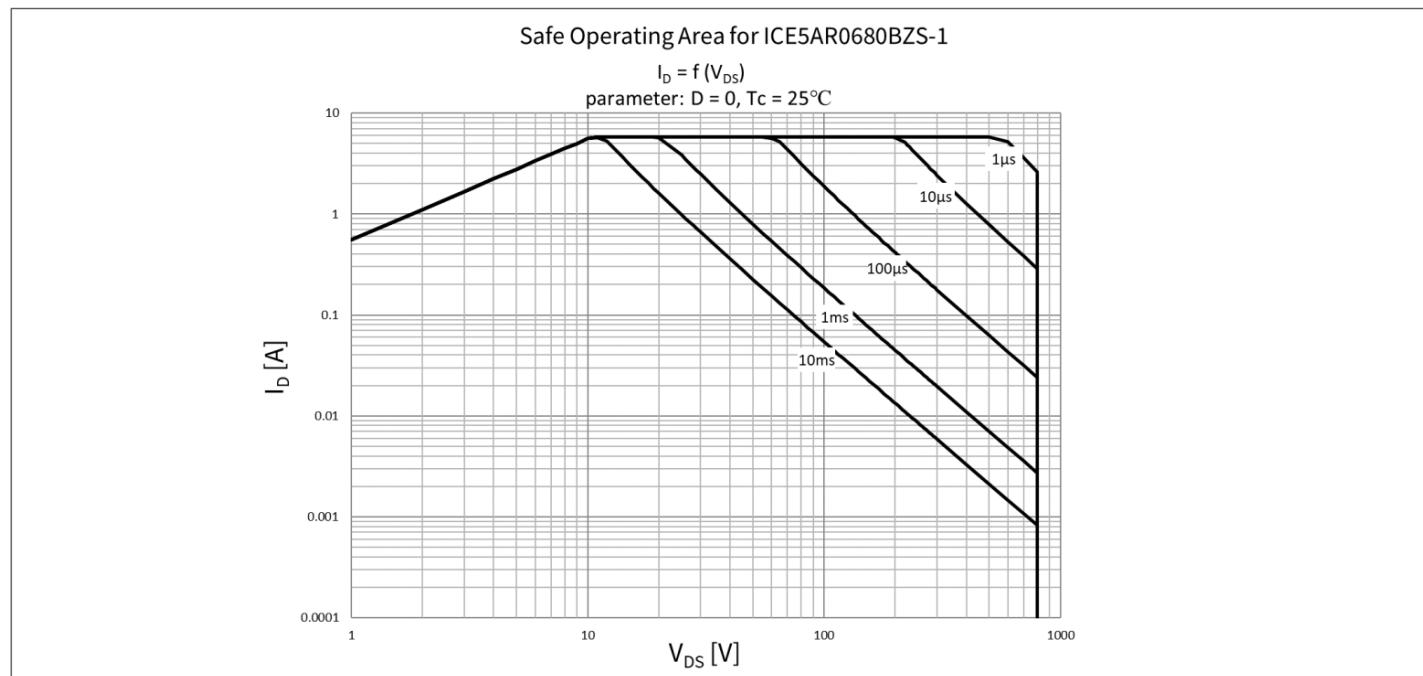


图 19 ICE5AR0680BZS-1 的安全工作区 (SOA) 曲线

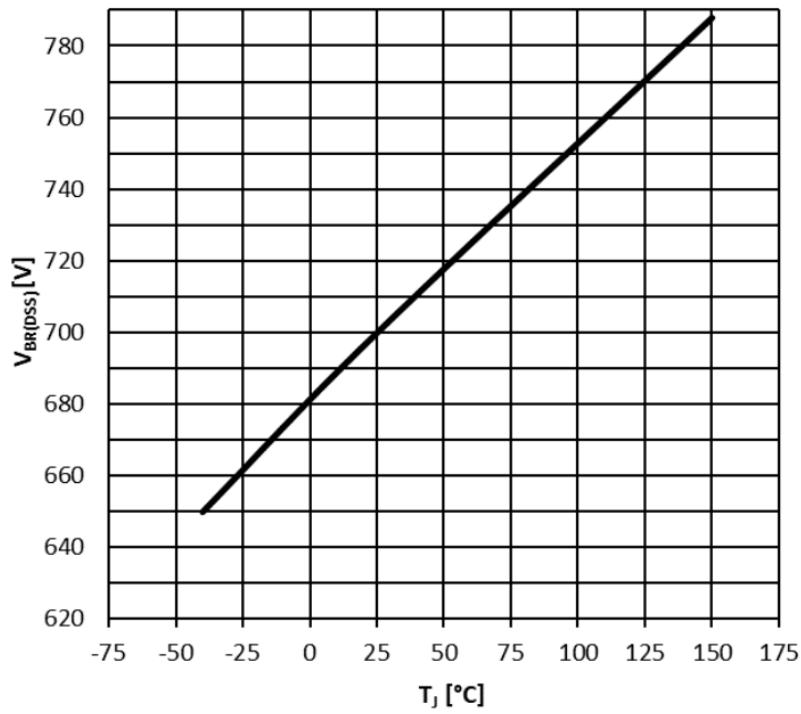


图 20 漏源击穿电压 ICE5AR4770BZS-1;  $V_{BR(DSS)} = f(T_j)$ ,  $I_D = 1 \text{ mA}$

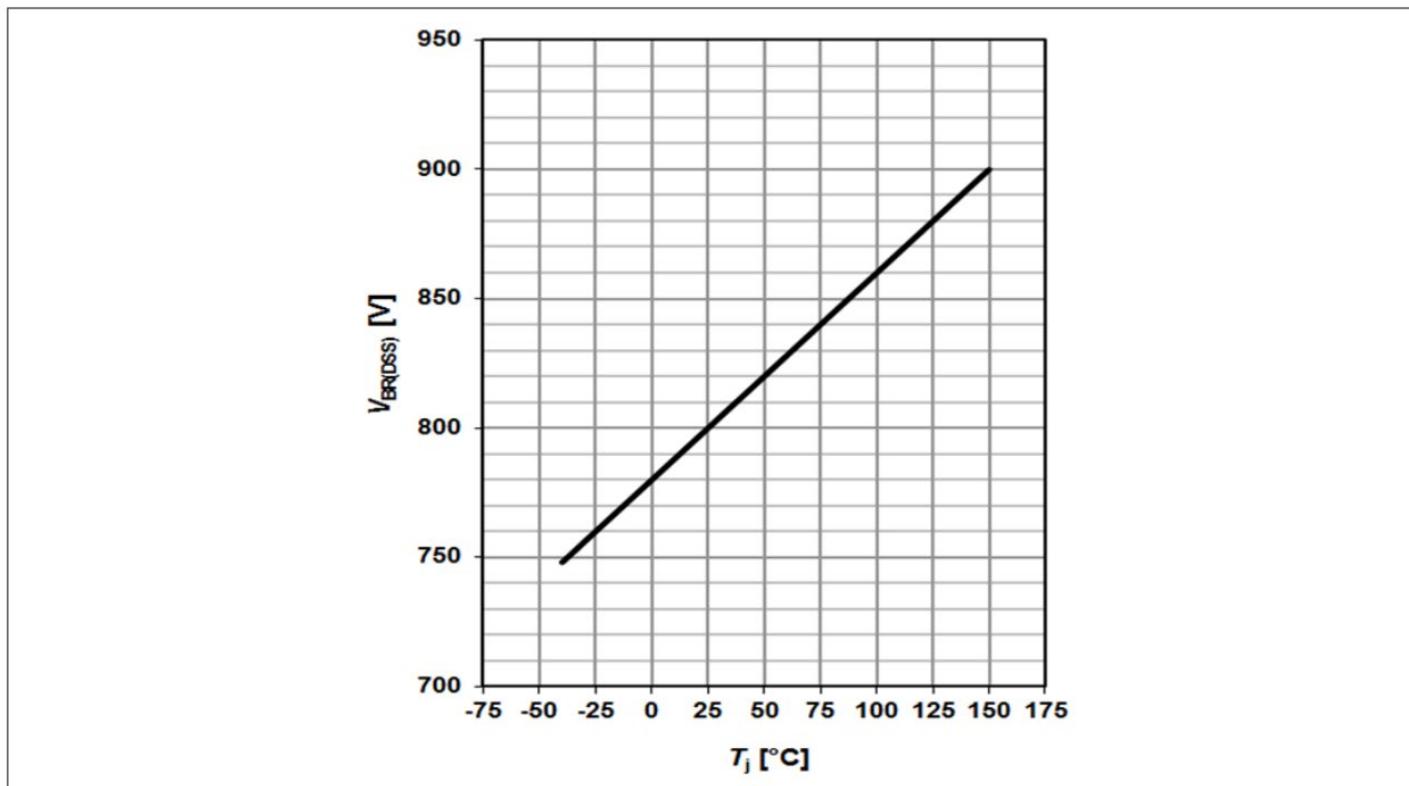


图 21 漏源击穿电压 ICE5xRxx80BZ-1;  $V_{BR(DSS)} = f(T_j)$ ,  $I_D = 1 \text{ mA}$

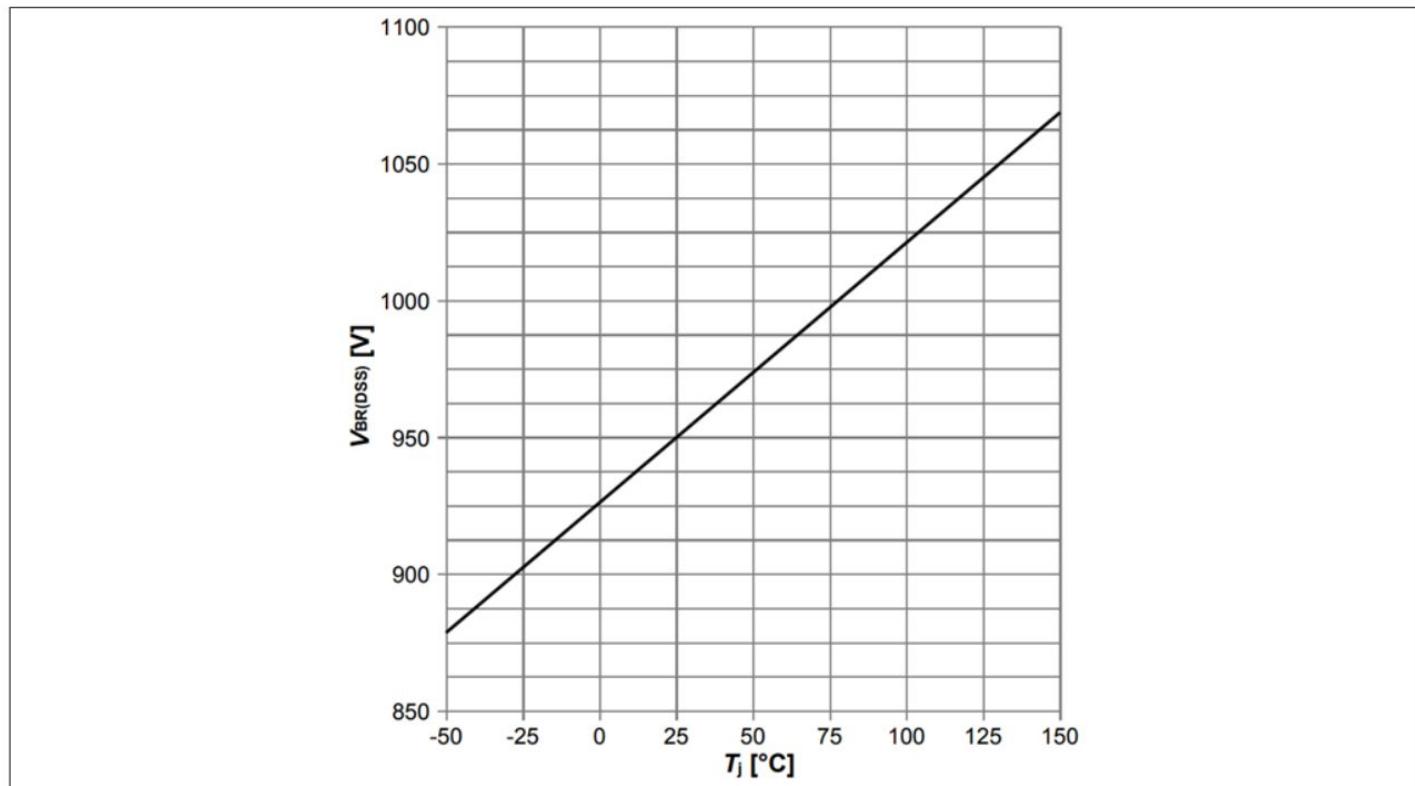


图 22 漏源击穿电压 ICE5xR3995BZ-1;  $V_{BR(DSS)} = f(T_j)$ ,  $I_D = 1 \text{ mA}$

5 CoolMOS™ 性能特性

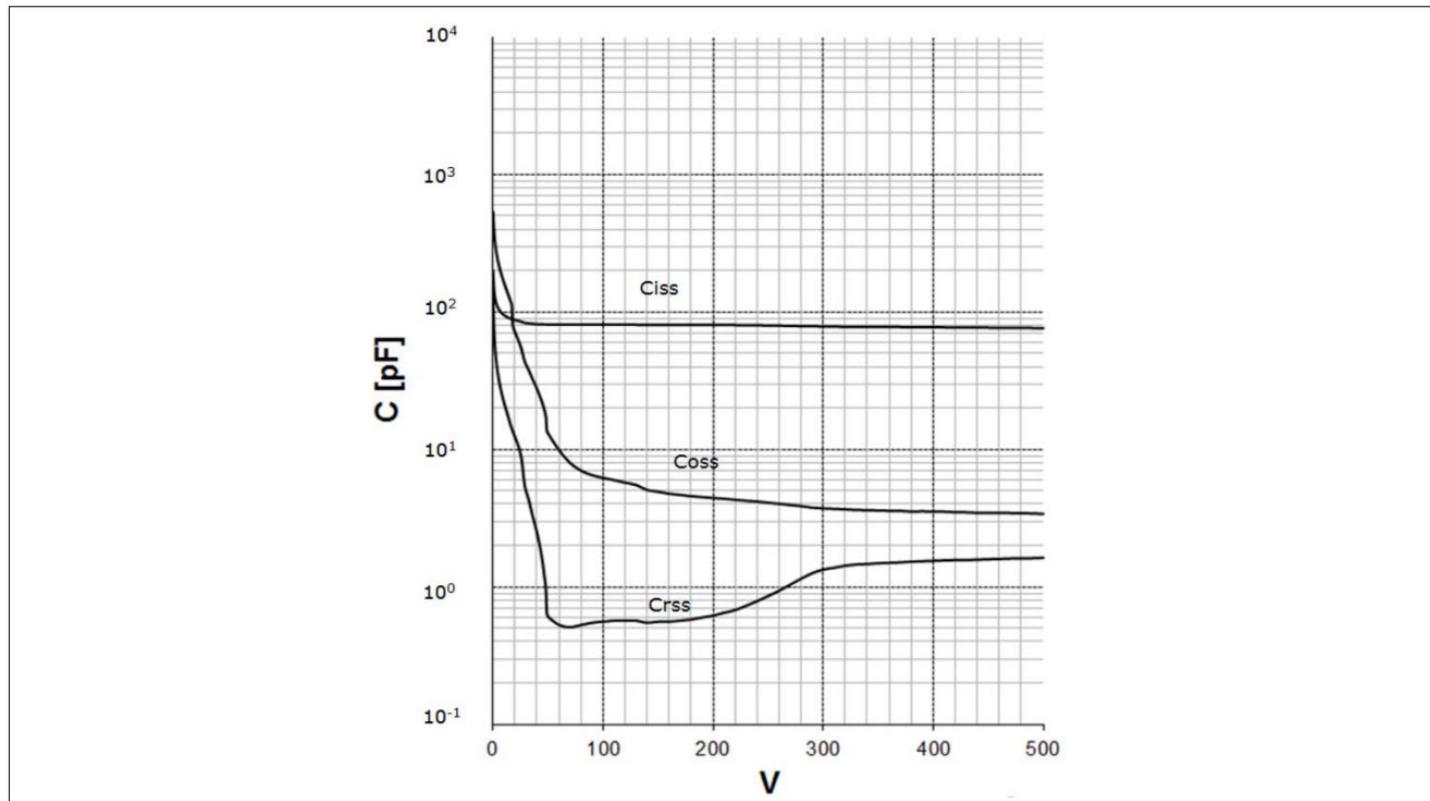


图 23 ICE5AR4770BZS-1 的典型 CoolMOS™ 电容;  $C = f(V_{DS})$ , ( $V_{GS} = 0 \text{ V}$ ;  $f = 1 \text{ MHz}$ )

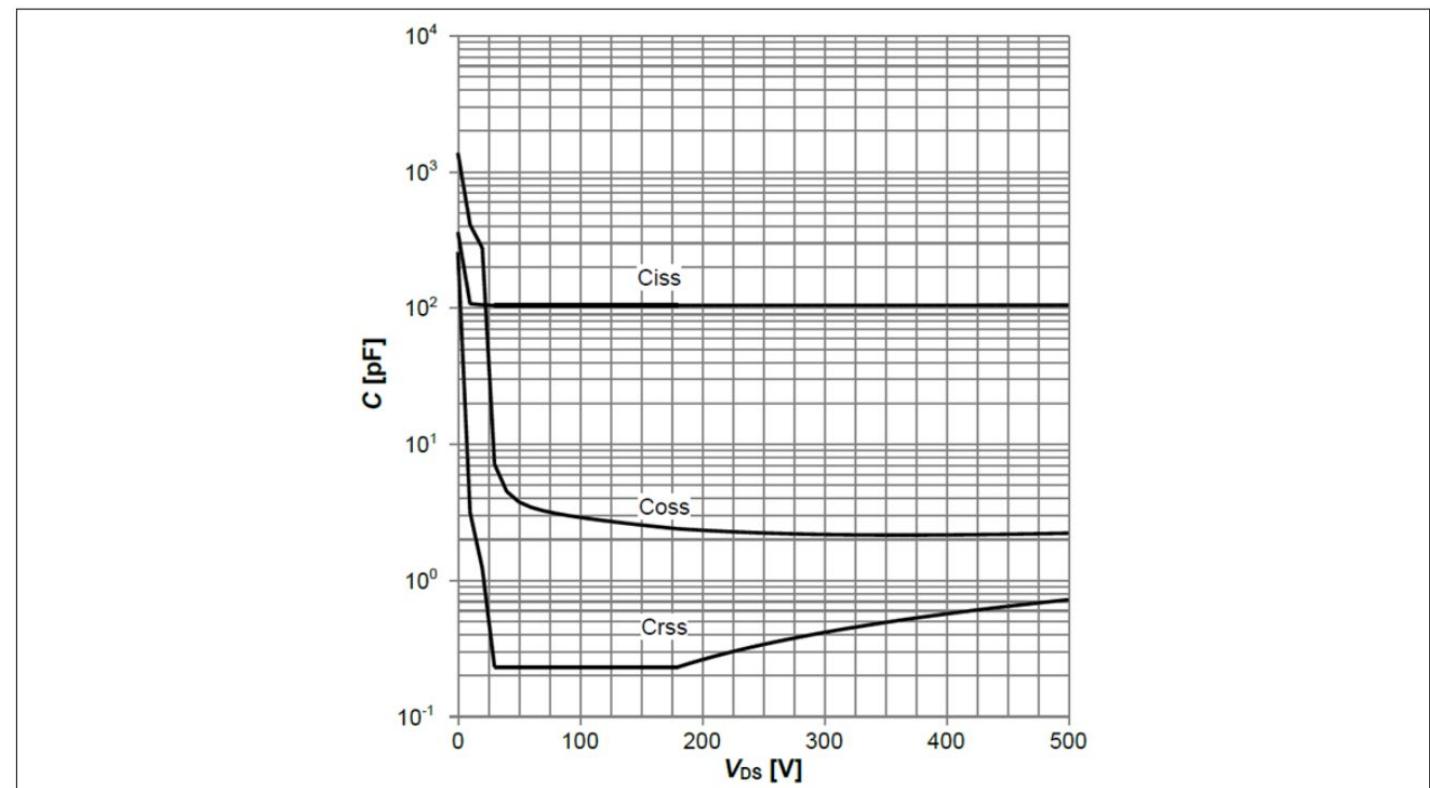


图 24 ICE5xR4780BZ-1 的典型 CoolMOS™ 电容;  $C = f(V_{DS})$ , ( $V_{GS} = 0 \text{ V}$ ;  $f = 250\text{kHz}$ )

5 CoolMOS™ 性能特性

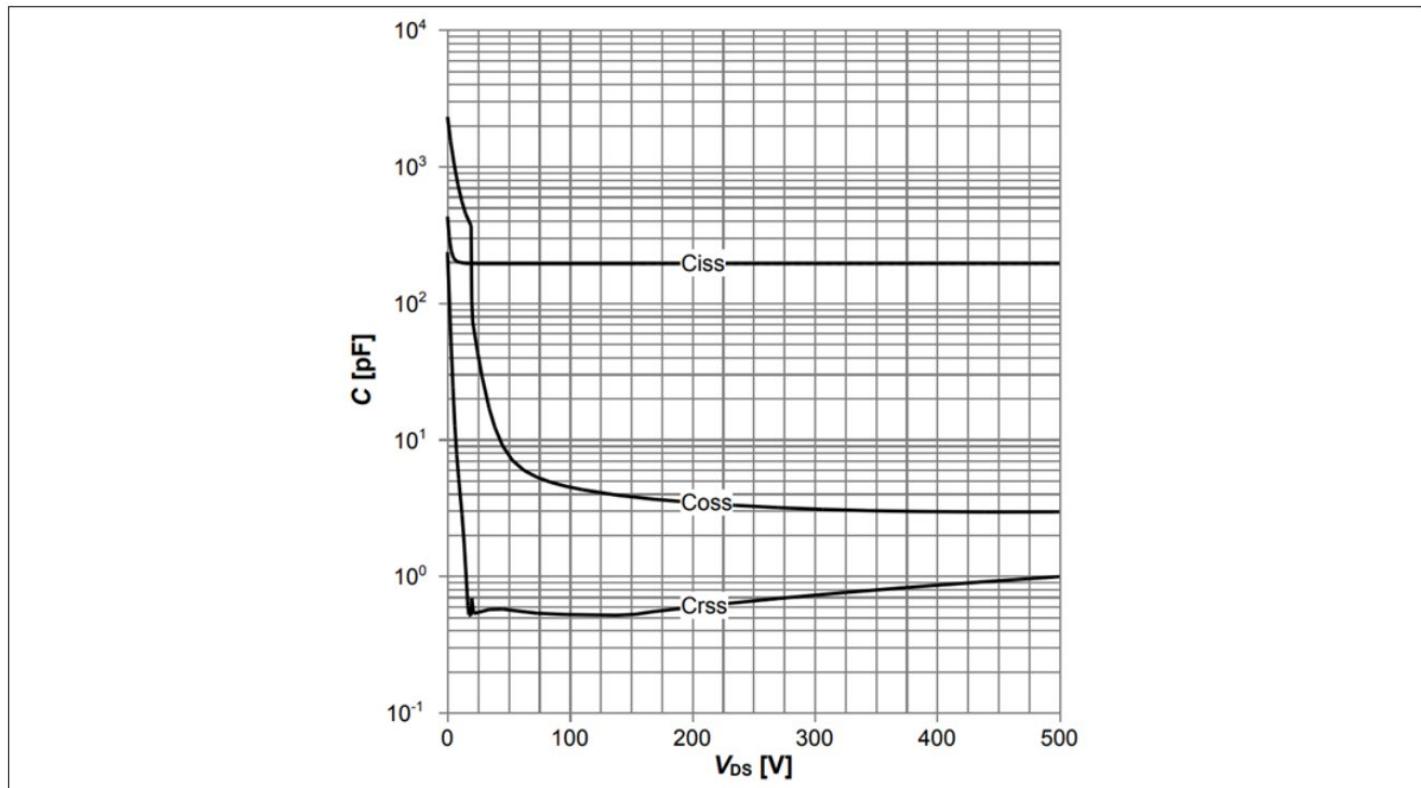


图 25 ICE5xR3995BZ-1 的典型 CoolMOS™ 电容； $C = f(V_{DS})$ ， $(V_{GS} = 0 \text{ V}; f = 250 \text{ kHz})$

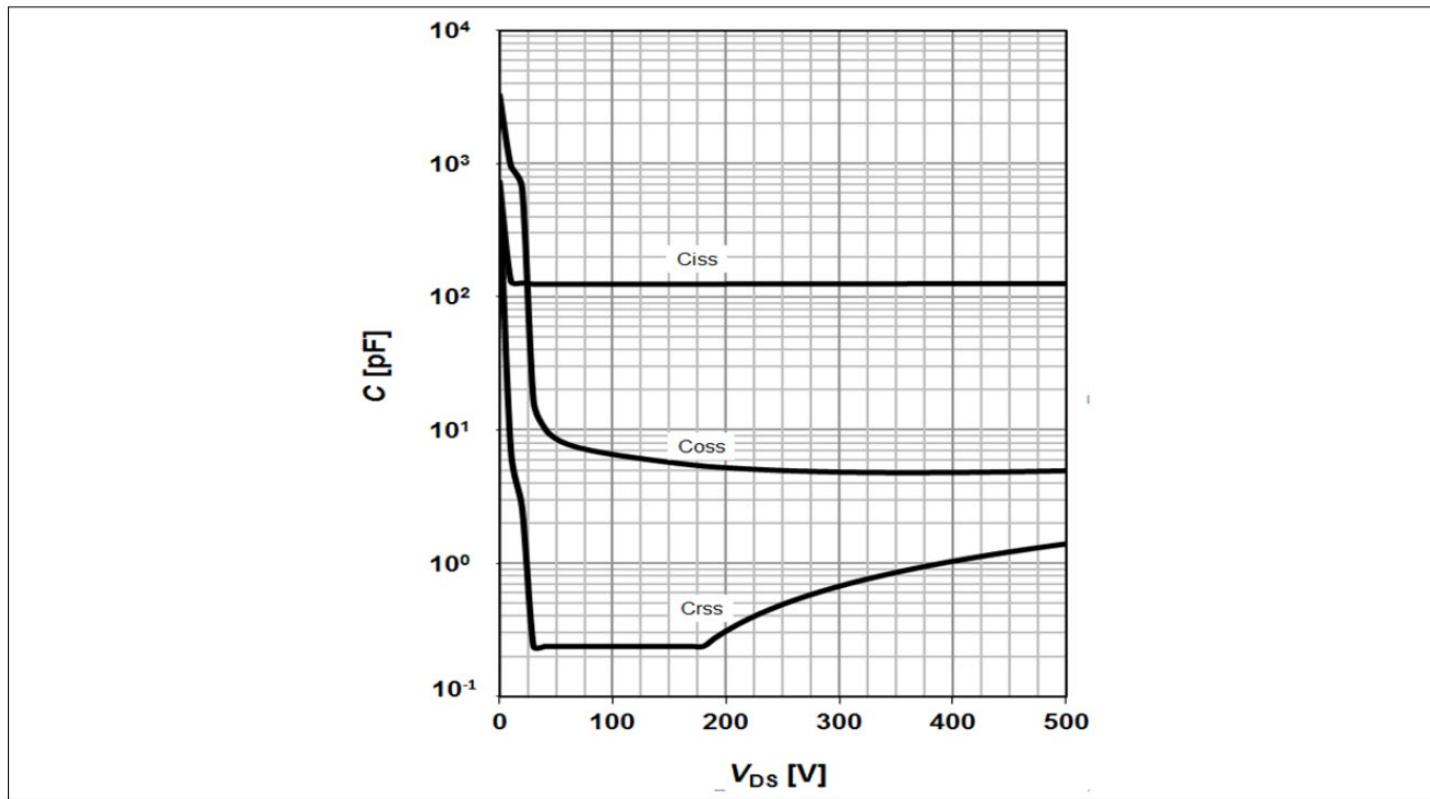
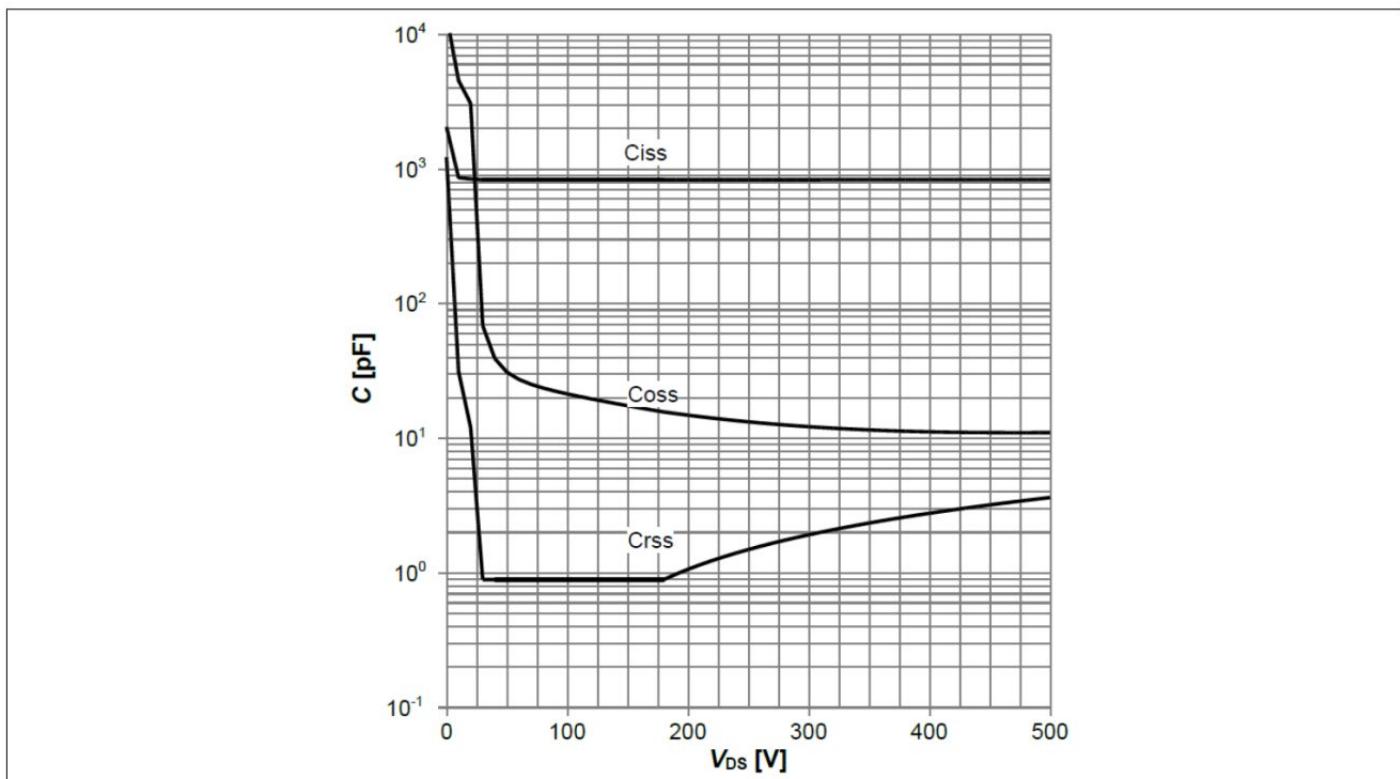
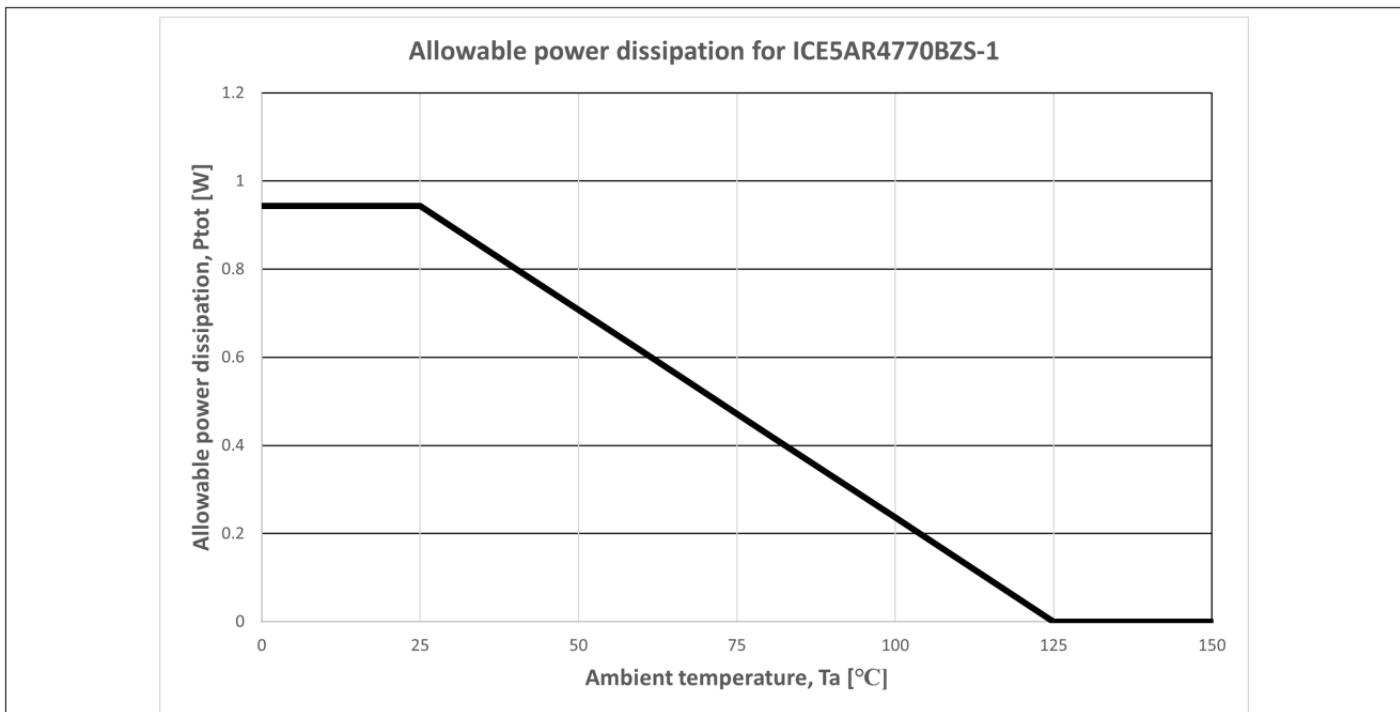


图 26 ICE5BR2280BZ-1 的典型 CoolMOS™ 电容； $C = f(V_{DS})$ ， $(V_{GS} = 0 \text{ V}; f = 250 \text{ kHz})$

## 5 CoolMOS™ 性能特性

图 27 ICE5AR0680BZS-1 的典型 CoolMOS™ 电容； $C = f(V_{DS})$ ， $(V_{GS} = 0\text{ V}; f = 250\text{kHz})$ 图 28 ICE5AR4770BZS-1 的功率耗散； $P_{tot} = f(T_a)$ ，（不得超过第 6 节给出的最大额定值）

5 CoolMOS™ 性能特性

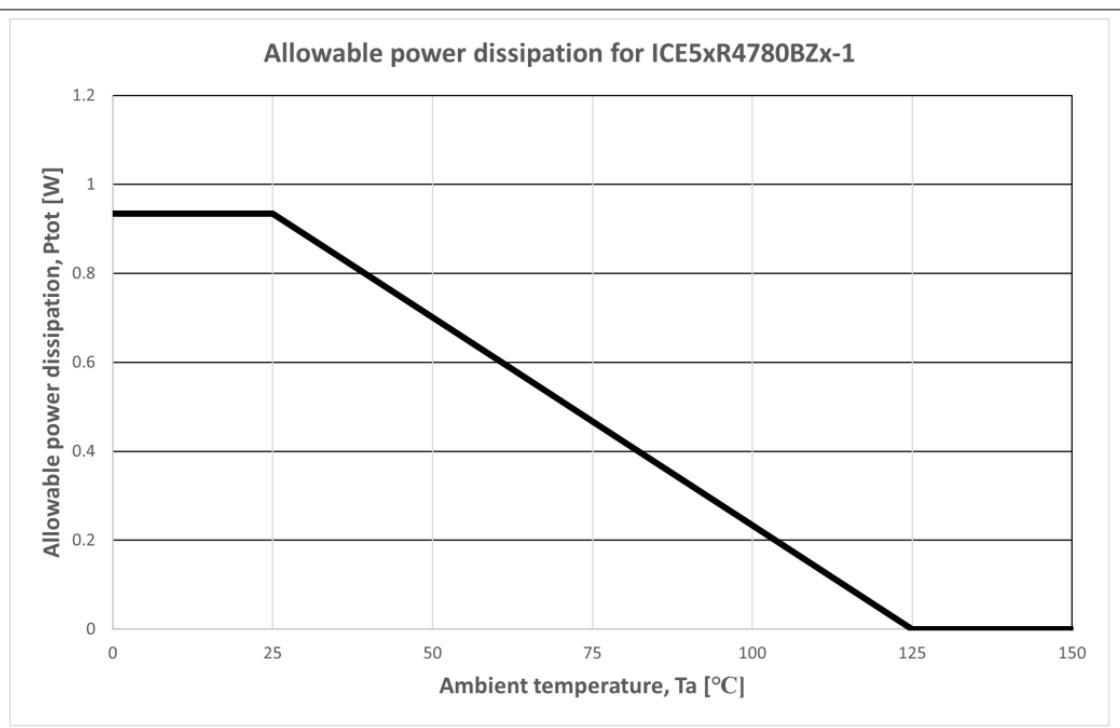


图 29 ICE5xR4780BZx-1 的功率耗散； $P_{tot} = f(T_a)$ （不得超过第 6 章中给出的最大额定值）

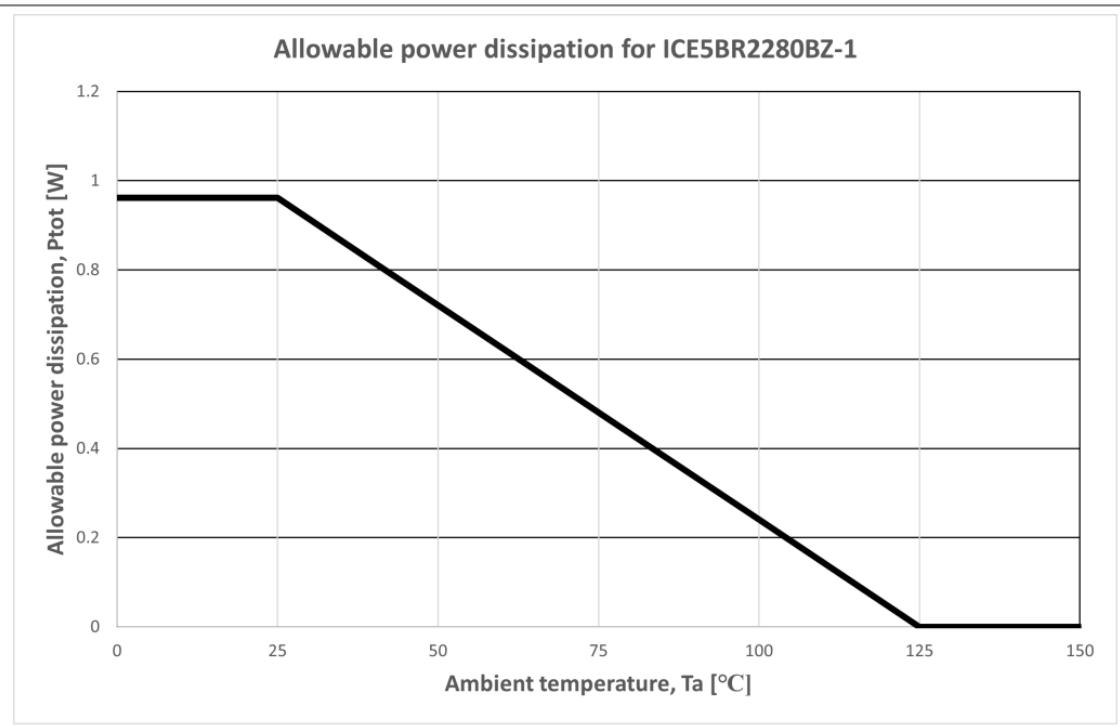


图 30 ICE5BR2280BZ-1 的功率耗散； $P_{tot} = f(T_a)$ （不得超过第 6 章给出的最大额定值）

5 CoolMOS™ 性能特性

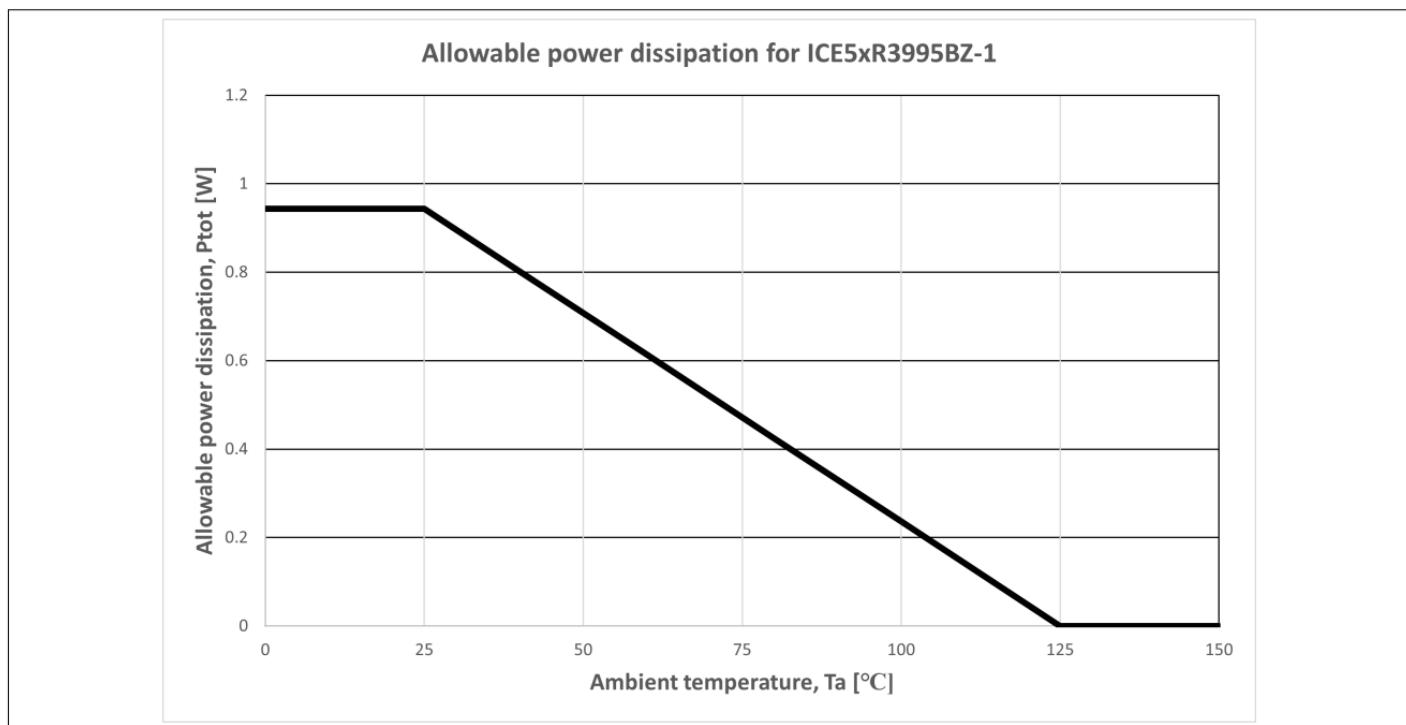


图 31 ICE5xR3995BZ-1 的功率耗散； $P_{tot} = f(T_a)$ （不得超过第 6 章中给出的最大额定值）

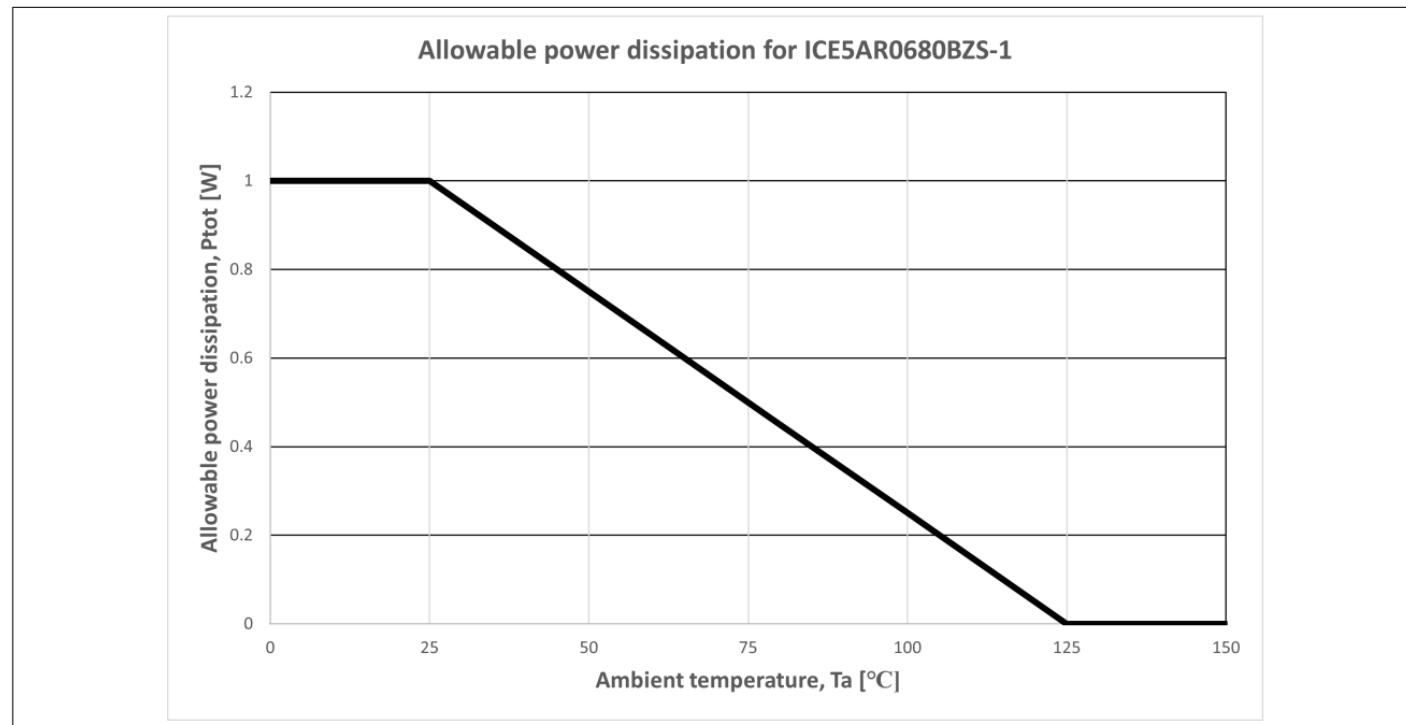


图 32 ICE5AR0680BZS-1 的功率耗散； $P_{tot} = f(T_a)$ （不得超过第 6 章给出的最大额定值）

## 6 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  $125^{\circ}\text{C}$ ，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）。

输出功率数值仅供选择之用。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，以确保设备的运行符合第 4.1 章给出的最大额定值。

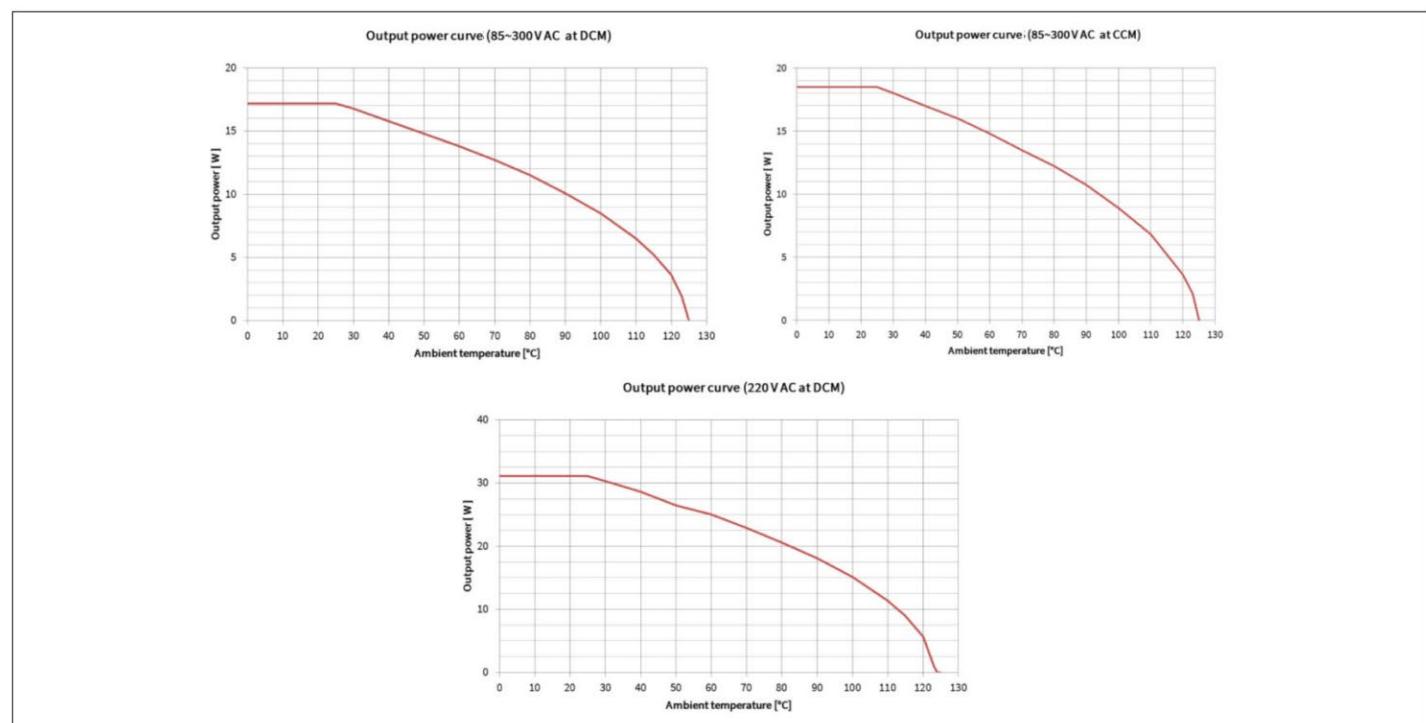


图33 ICE5AR4770BZS-1的输出功率曲线

6 输出功率曲线

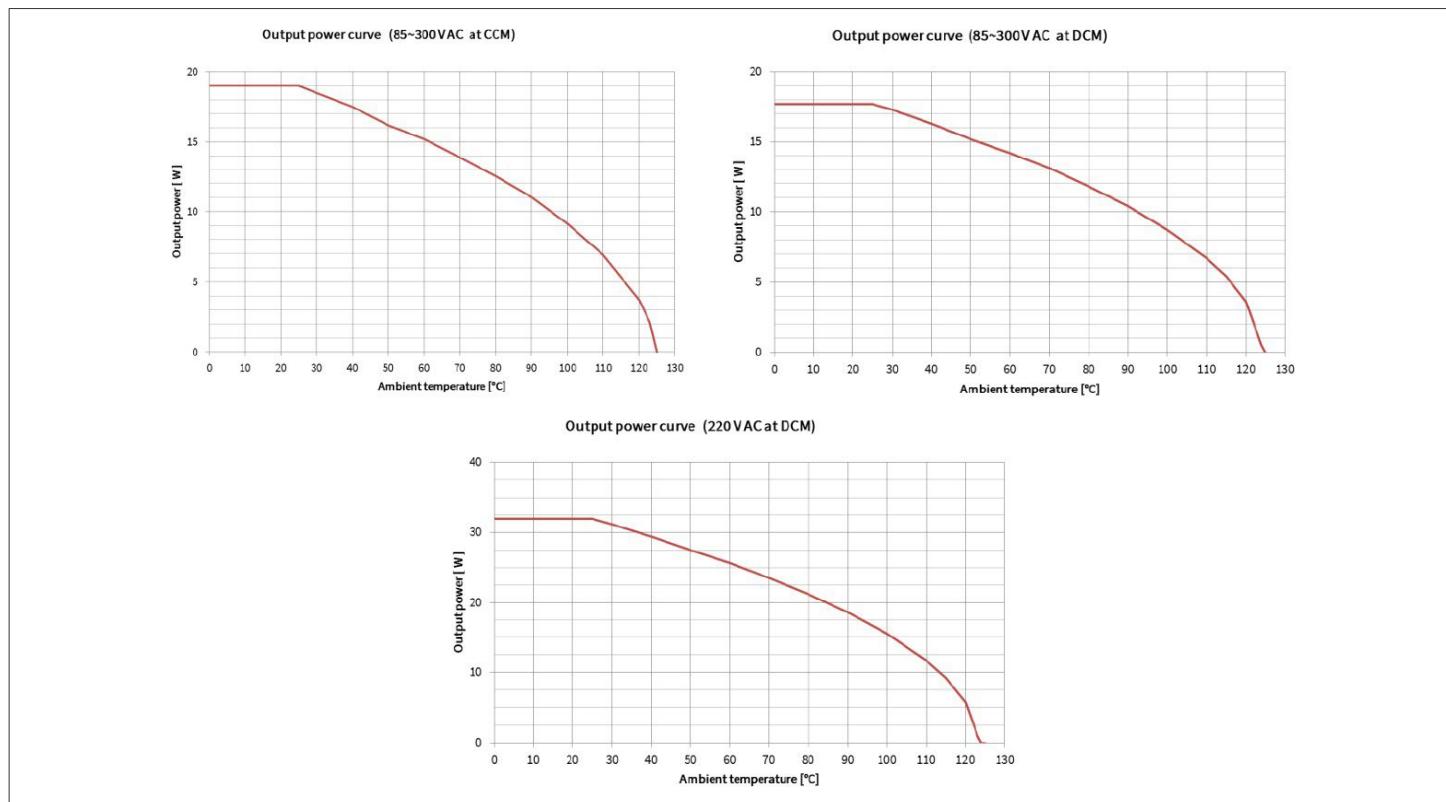


图34 ICE5xR4780BZx-1的输出功率曲线

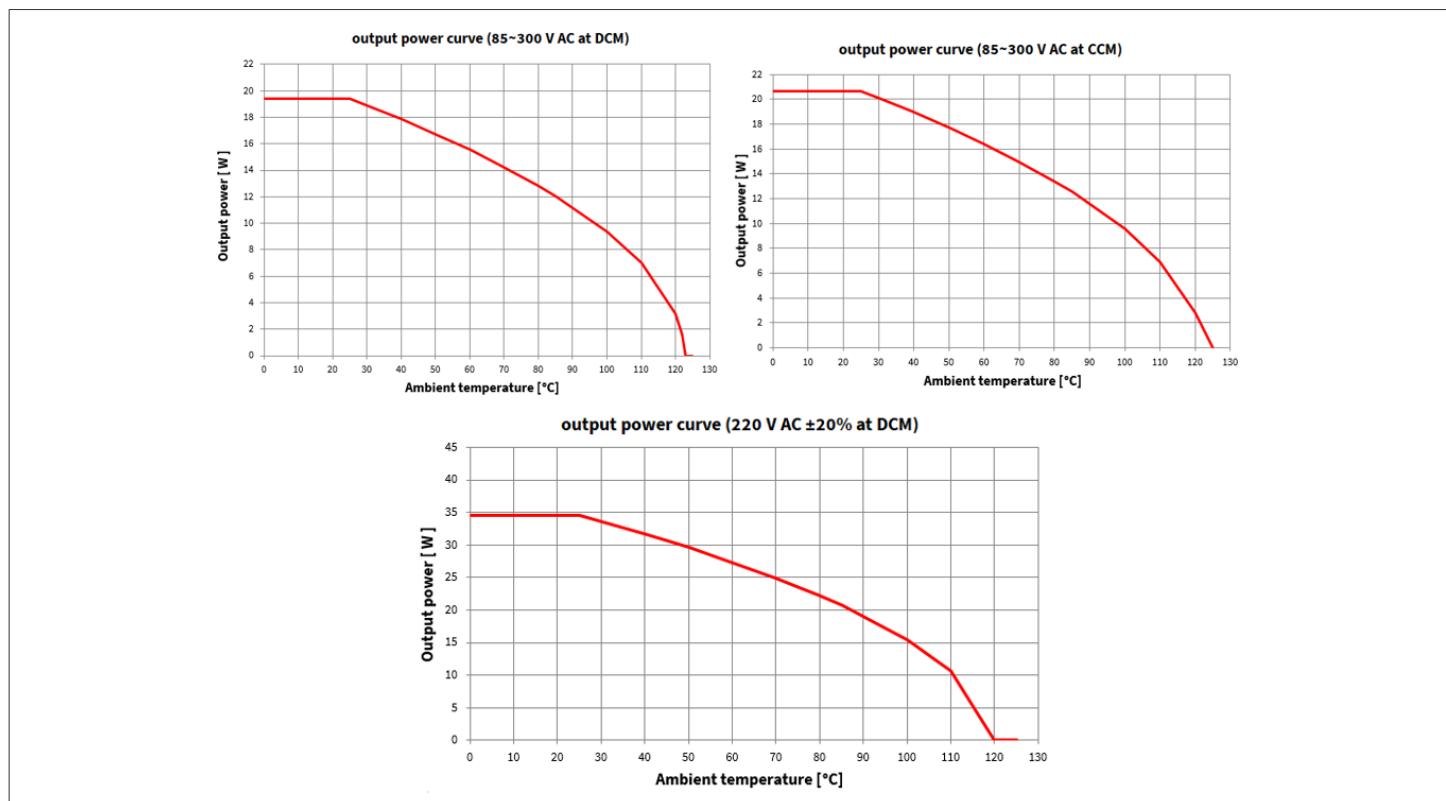


图35 ICE5xR3995BZ-1输出功率曲线

## 6 输出功率曲线

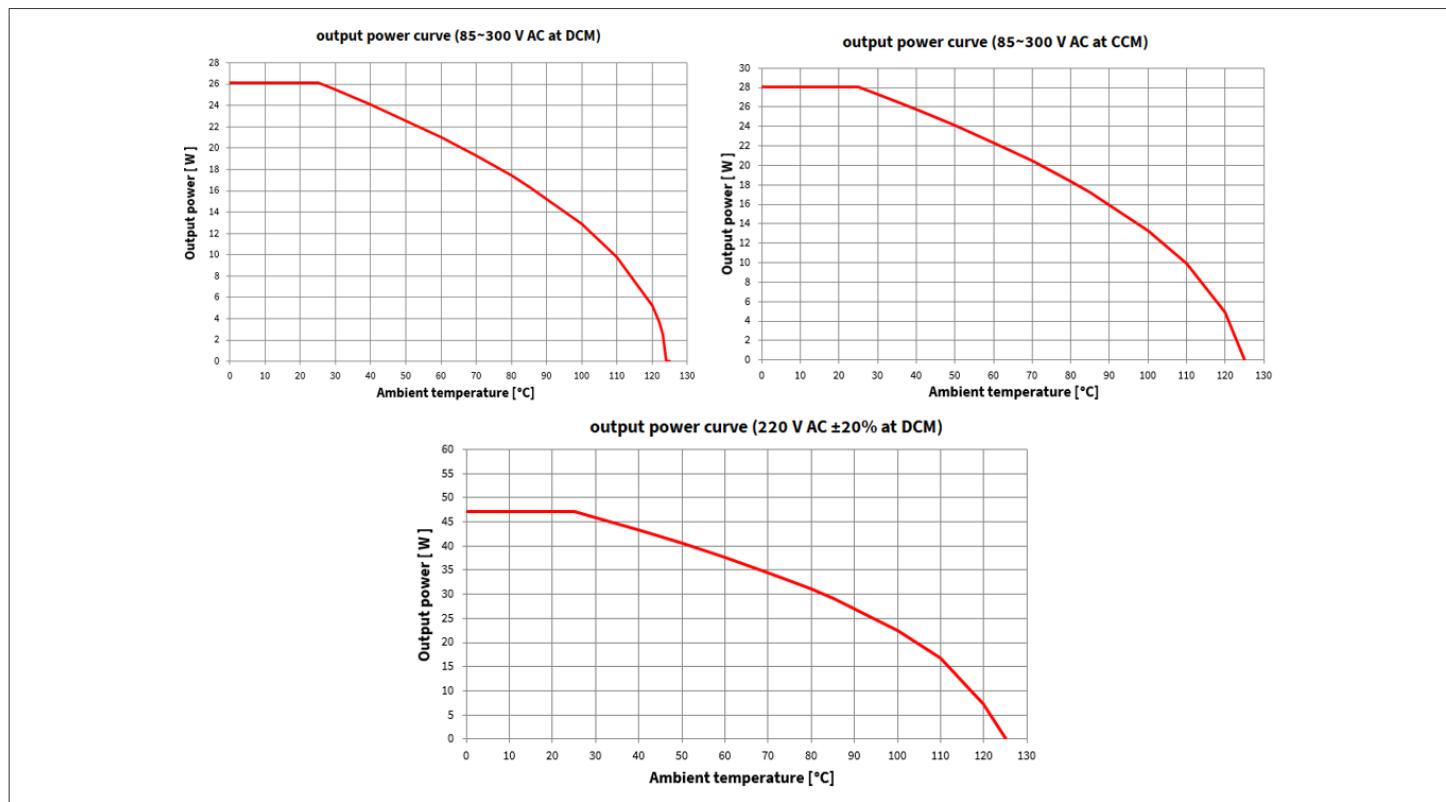


图36 ICE5BR2280BZ-1的输出功率曲线

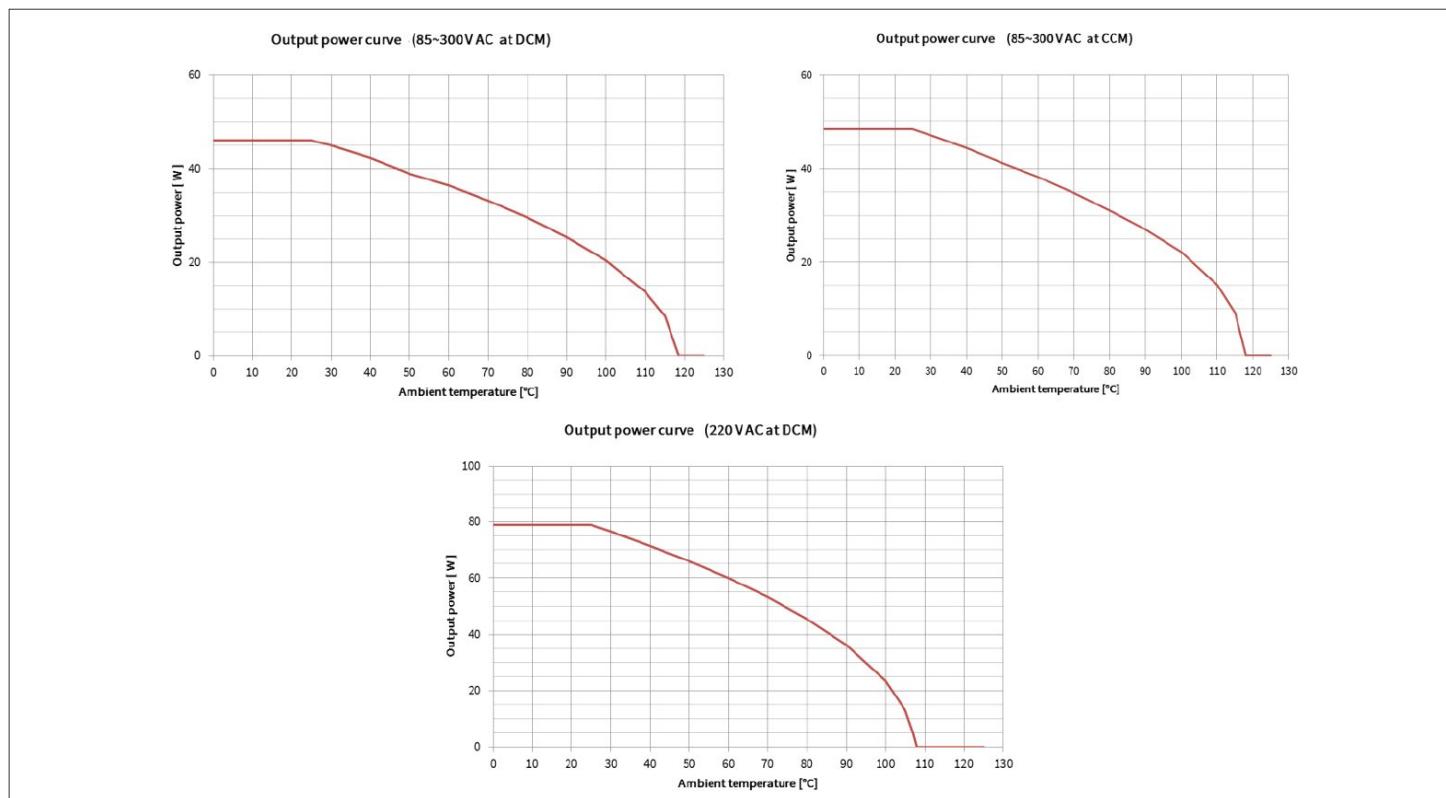


图37 ICE5AR0680BZS-1输出功率曲线

## 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  $100\text{mm}^2$  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）。输出电流数值仅供选型之用。实际电流因具体设计而异。

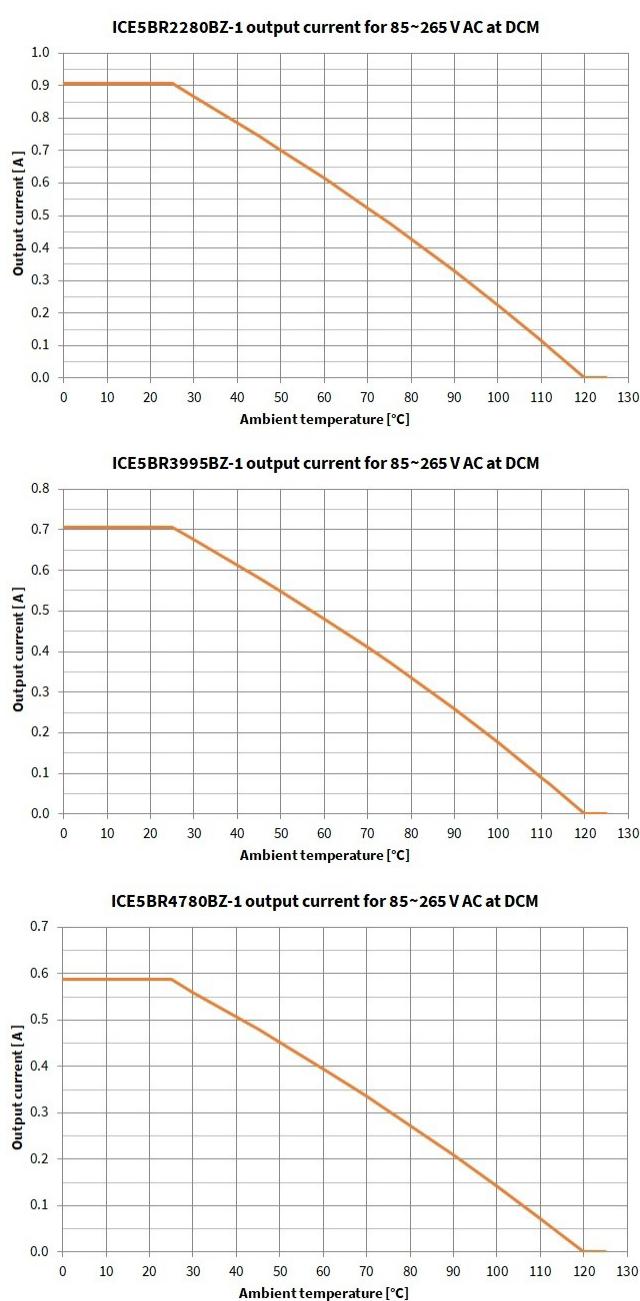


图38

输出电流曲线

8 封装信息

8 封装信息

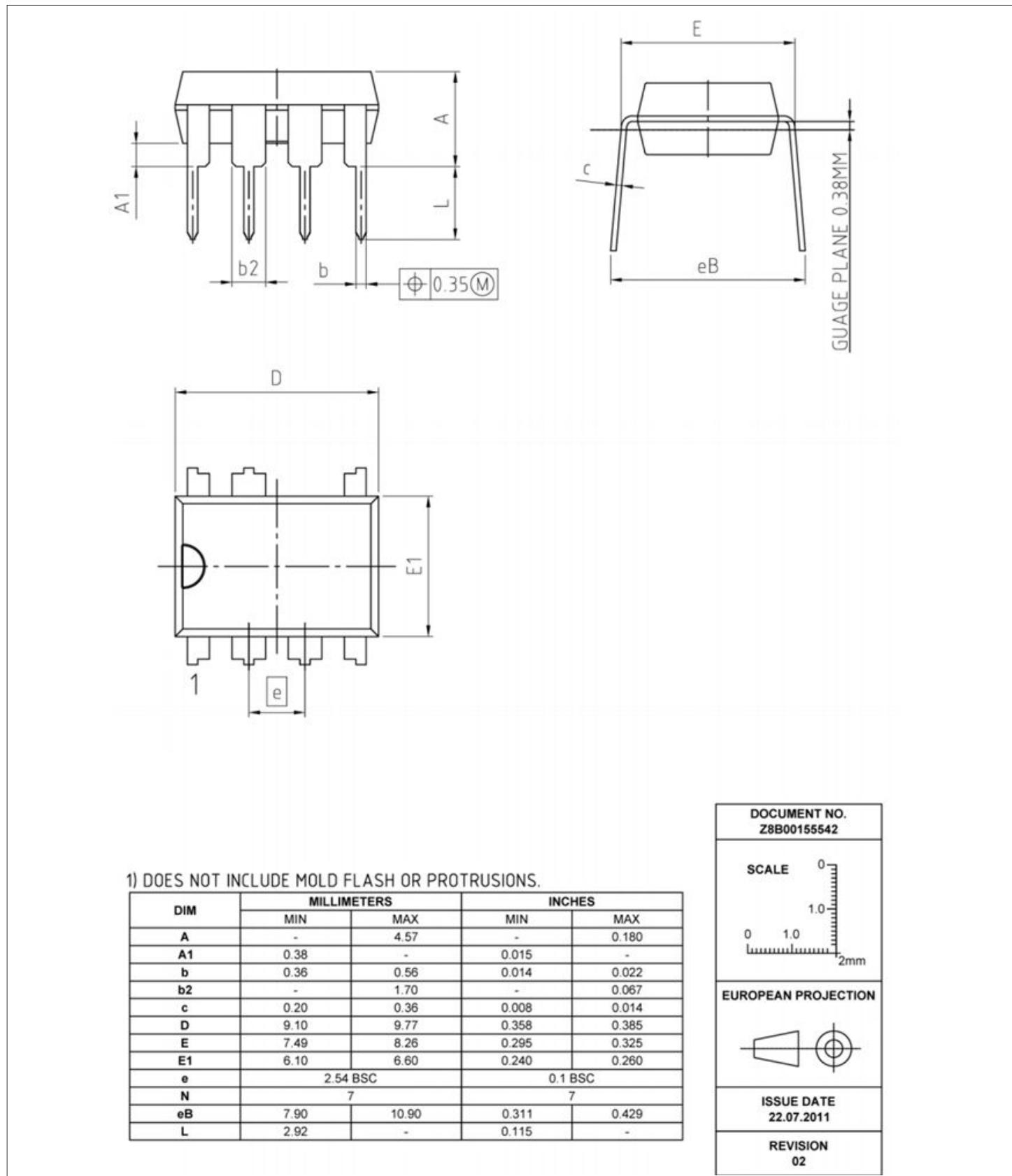


图39

封装信息

## 8 封装信息

## 绿色产品（符合 RoHS 标准）

为了满足全球客户对环保产品的要求，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

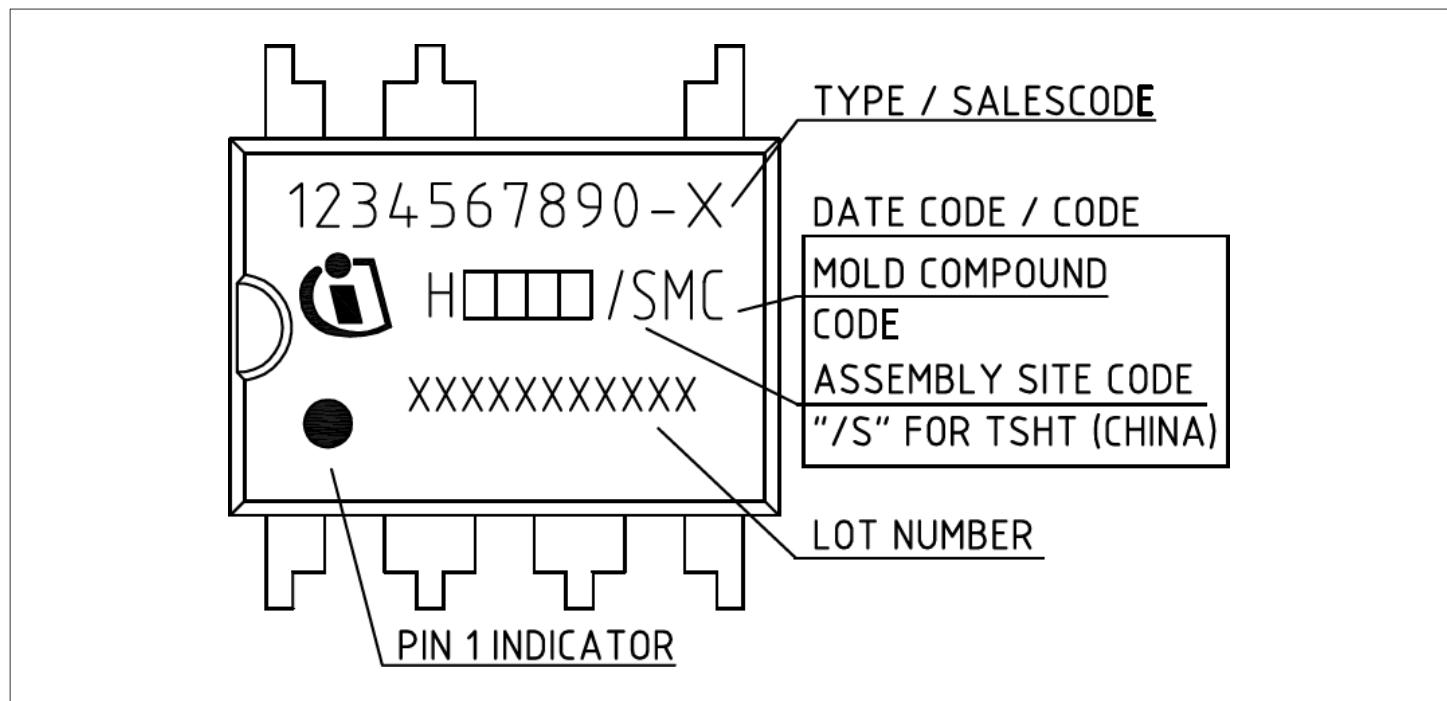


图40

封装上的标记PG-DIP-7-10

## 9 修订记录

Revision	Date	Changes
Rev 1.0	12 Aug 2024	First release



## 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 2025-09-16

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](mailto: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](http://www.infineon.com)。