

英飞凌采用 DSO-12 封装的 G5 Plus 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，支持非隔离反激式转换器直接反馈 (FB)
- 提高引脚额定电压，方便系统设计
- 全面保护，所有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

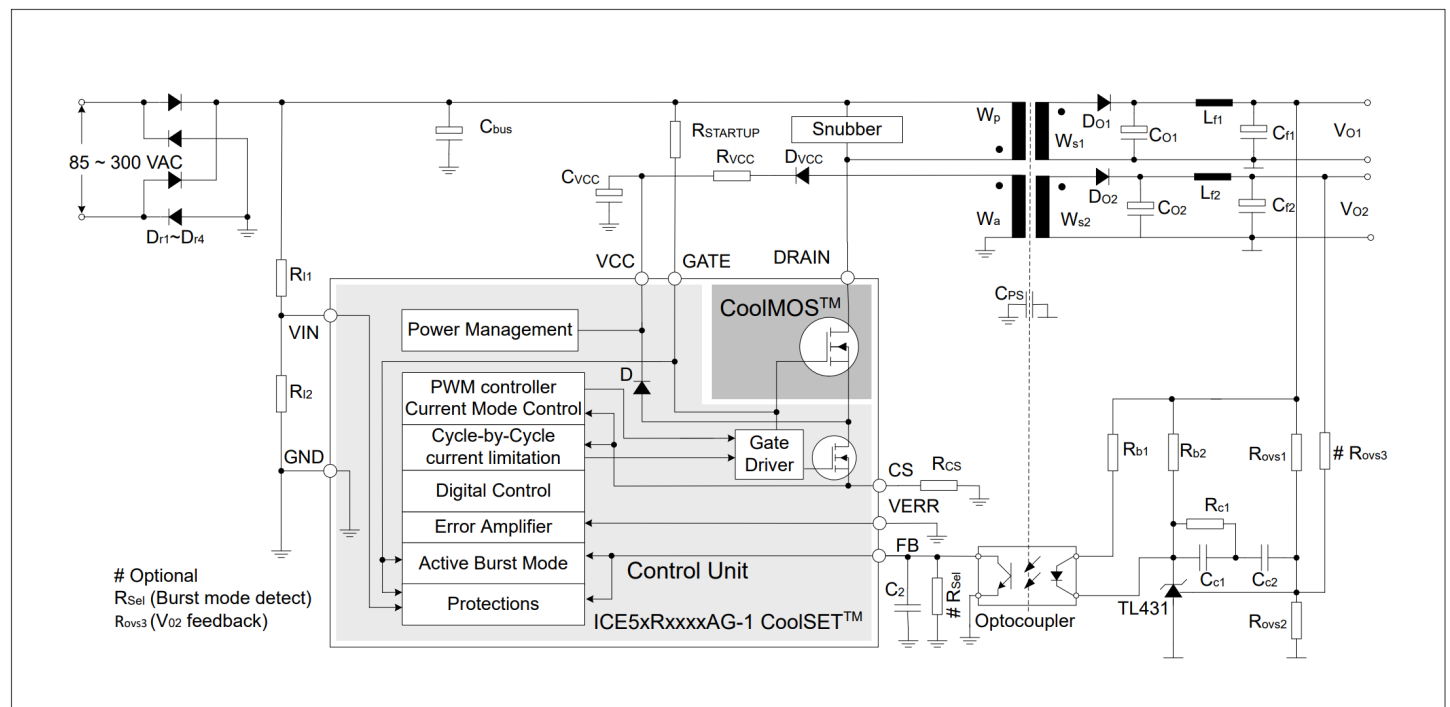
- 适用于家用电器、白色家电、电视、电脑和服务器、智能计量的辅助电源
- LCD/LED 显示器

产品验证

完全符合 JEDEC 工业应用标准

描述

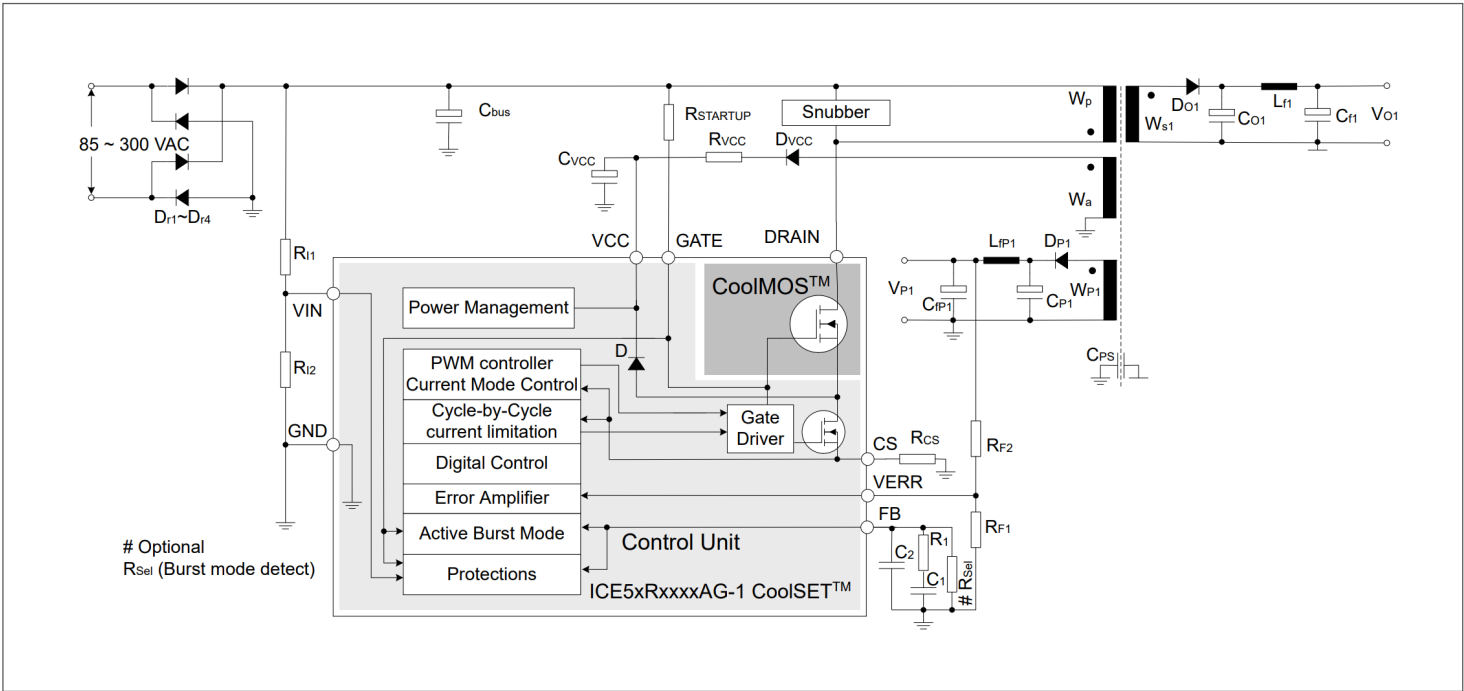
英飞凌 ICE5xRxxxxAG-1 是 CoolSET™ 第 5 代 Plus 固定频率集成电源 IC，支持共源共栅配置，并针对离线开关模式电源进行了优化。CoolSET™ 封装内有 2 个独立的芯片：一个是控制器芯片，另一个是 700 V / 800 V / 950 V CoolMOS™ 芯片。共源共栅配置有助于实现快速启动。通过软栅极驱动和频率抖动及降频操作，降低了电磁干扰，提高了效率。可选择进入和退出主动突发模式 (ABM)，实现了待机模式下的灵活性和超低功耗，输出电压纹波小且可控。该产品的 IC 电源工作范围宽 (10.0 ~ 32.0 V)，功耗更低。众多保护功能可在各种故障情况下为电源系统提供支持。所有这些使 CoolSET™ 第 5 代 Plus 系列是市场上用于固定频率反激式转换器的出色集成功率器件。



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 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

CoolSET™ G5 Plus 定频反激式设计的输出功率

Type	Package	Marking	VDS	Fsw	RDSon ¹⁾	220 V AC ±20% ²⁾	85-300 V AC ²⁾ at DCM	85-300 V AC ²⁾ AT ccm
ICE5AR4770AG-1	PG-DSO-12	5AR4770AG-1	700 V	100 kHz	4.73 Ω	27 W	15 W	16 W
ICE5GR4780AG-1	PG-DSO-12	5GR4780AG-1	800 V	125 kHz	4.13 Ω	27.5 W	15 W	16 W
ICE5GR2280AG-1	PG-DSO-12	5GR2280AG-1	800 V	125 kHz	2.13 Ω	41 W	23 W	24 W
ICE5GR1680AG-1	PG-DSO-12	5GR1680AG-1	800 V	125 kHz	1.53 Ω	48 W	27 W	28 W
ICE5AR0680AG-1	PG-DSO-12	5AR0680AG-1	800 V	100 kHz	0.71 Ω	68 W	40 W	42 W
ICE5BR4780AG-1	PG-DSO-12	5BR4780AG-1	800 V	65 kHz	4.13 Ω	27.5 W	15 W	16 W
ICE5BR3995AG-1	PG-DSO-12	5BR3995AG-1	950 V	65 kHz	3.46 Ω	30 W	16.5 W	18 W

1) 通常在 T_J = 25°C 时（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_a = 50°C, T_J = 125°C (集成高压 MOSFET) 条件下计算得出，并在 2 oz 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

目录

	产品验证	1
	目录	3
1	引脚配置和功能	5
2	示例框图	7
3	功能描述	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 运行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	斜率补偿	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 ABM 工作	14
3.5.2	ABM 工作期间	14
3.5.3	退出 ABM 工作	15
3.5.4	ABM 配置	15
3.6	非隔离/隔离配置	16
3.7	保护功能	16
3.7.1	线路过压	17
3.7.2	VCC 过压和欠压	17
3.7.3	过载或开环	17
3.7.4	过温	17
3.7.5	VCC 对 GND 短路	17
3.7.6	不同保护模式下的信号	17
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	22
4.4	内部电压参考	23
4.5	PWM 部分	23
4.6	误差放大器	24



目录

4.7 电流检测..... 25

4.8 软启动..... 26

4.9 主动突发模式..... 26

4.10 VCC 过压保护 27

4.11 过载保护..... 27

4.12 线路过压保护..... 27

4.13 过温保护..... 27

4.14 CoolMOS™ 部分 28

5 CoolMOS™ 性能特性..... 29

6 输出功率曲线..... 40

7 封装信息 46

7.1 标记..... 47

8 修订记录 48

免责声明 49

1 引脚配置及功能

引脚配置如下所示，功能见表 2。

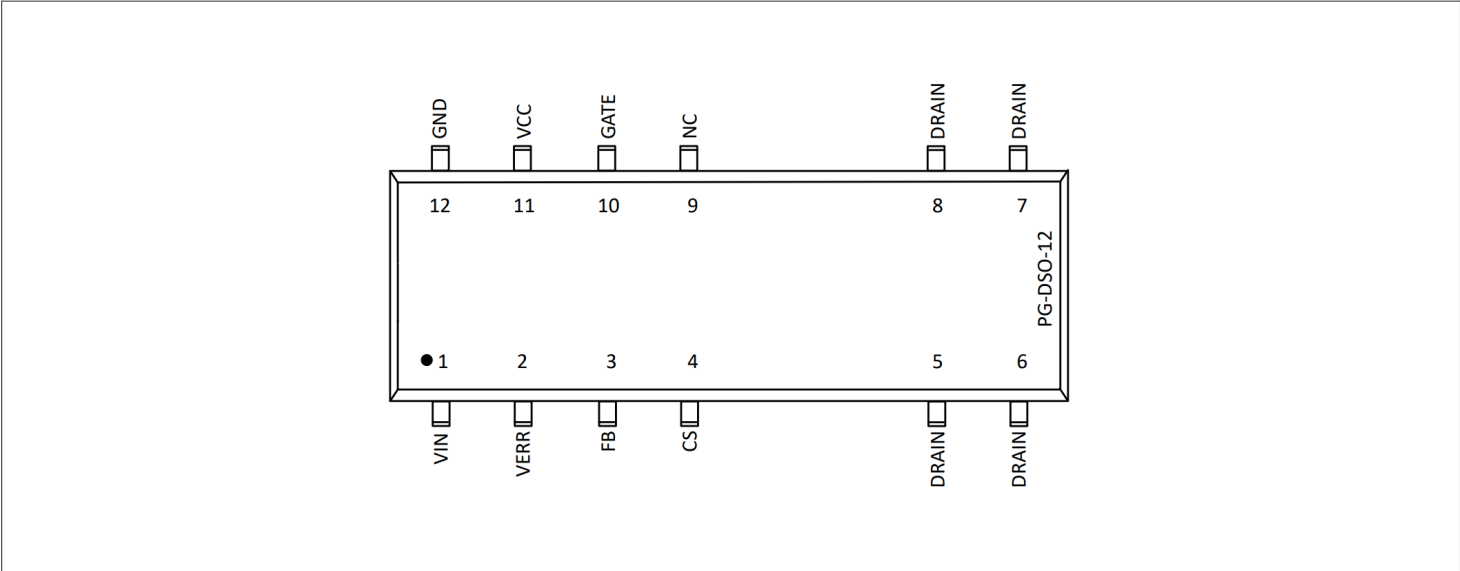


图 3 引脚配置

表 2 引脚定义及功能

Pin	Symbol	Function
1	VIN	Input Line Over Voltage Protection (LOVP) VIN pin is connected to the bus via resistor divider (see figure typical application circuits) to sense the line voltage. Internally, it is connected to the line over voltage comparator which will stop the switching when Line OVP (LOVP) condition occurs.
2	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.
3	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.
4	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.
5,6,7,8	DRAIN	DRAIN(Drain of integrated CoolMOS™) The DRAIN pin is connected to the drain of the integrated CoolMOS™.
9	NC	No connection
10	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.

(表格续下页.....)



表 2 (续) 引脚定义及功能

Pin	Symbol	Function
11	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} .
12	GND	Ground The GND pin is the common ground of the controller.

2 示例框图

2 示例框图

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。

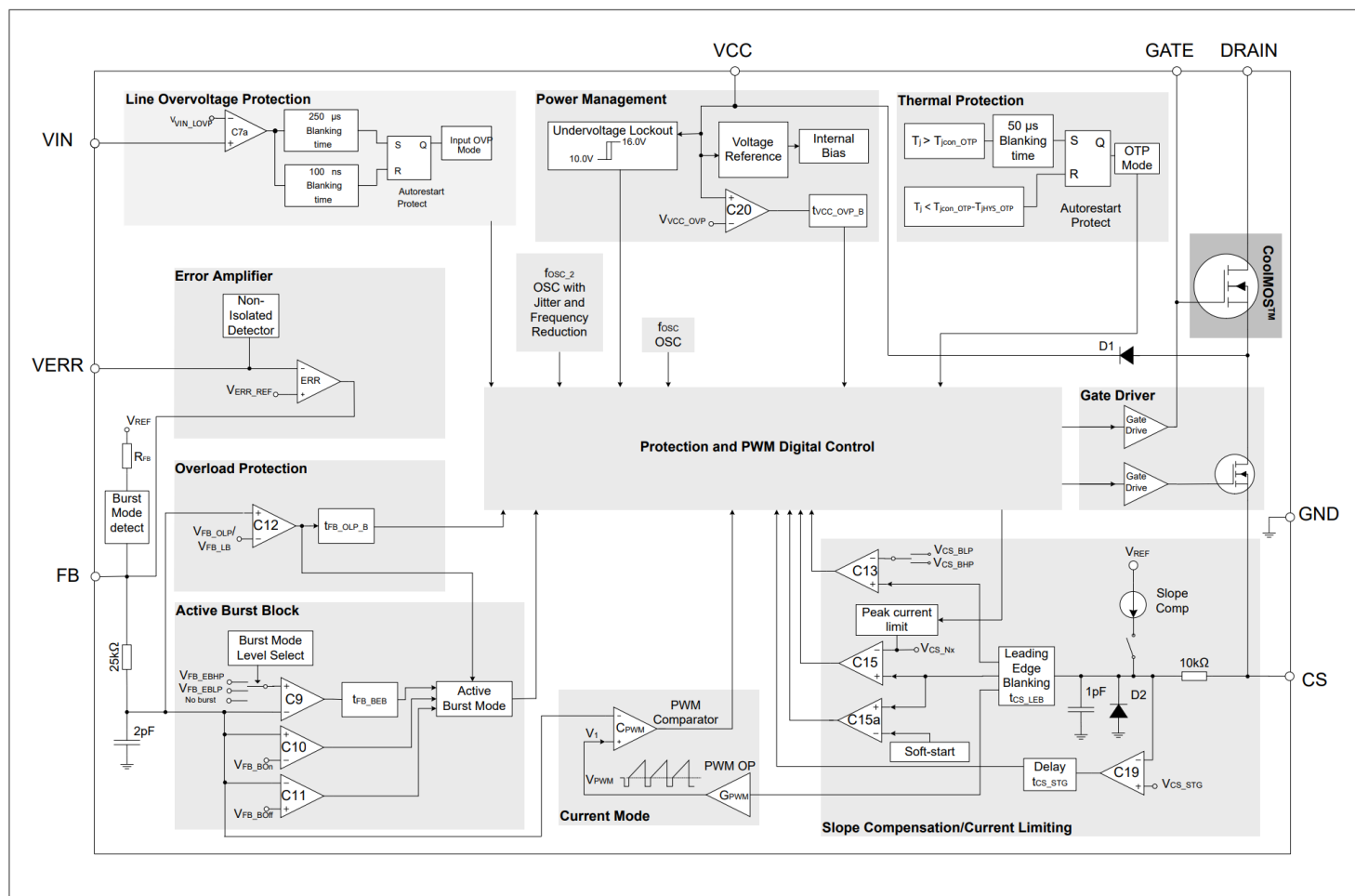


图 4 示例框图

3 功能描述

3.1 启动期间的 VCC 预充电和典型 VCC 电压

如图典型应用电路所示，施加线路输入电压后，电容器 C_{BUS} 上就会出现整流电压。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} 上的电压足够高则 CoolMOS™ 导通，随后通过变压器 L_P 的初级电感、CoolMOS™ 和具备两级恒流源 $I_{VCC_Charge1}$ ¹ 及 $I_{VCC_Charge3}$ ¹ 的内部二极管 D1 对 V_{CC} 电容器进行充电。

一个非常小的恒流源（ $I_{VCC_Charge1}$ ）对 V_{CC} 电容充电，直到 V_{CC} 达到 V_{VCC_SCP} ，以保护控制器不受在启动过程中 V_{CC} 引脚短路的影响。之后，第二个阶跃恒流源（ $I_{VCC_Charge3}$ ）将进一步为 V_{CC} 电容充电，直到 V_{CC} 电压超过开启阈值 V_{VCC_ON} 。如图 5 中的时间阶段 I 所示， V_{CC} 电压几乎以线性方式分两步上升。

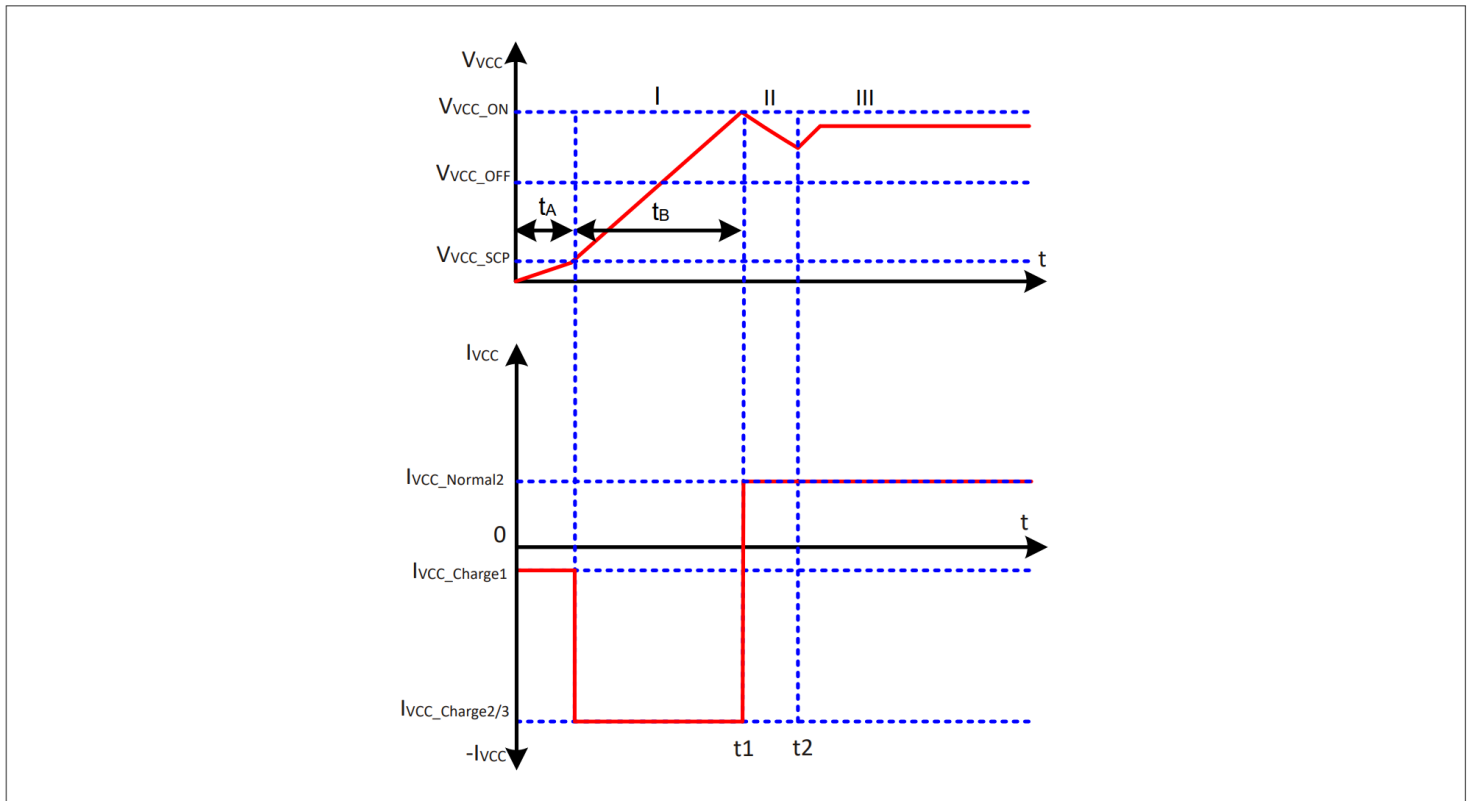


图 5 启动时的 V_{CC} 电压和电流

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，并向 CoolSET™ 提供 $I_{VCC_Normal2}$ ²， V_{CC} 将会达到一个恒定值，具体数值取决于输出负载。

1) $I_{VCC_Charge1/2/3}$ 是启动期间从控制器到 VCC 电容器的充电电流。

2) $I_{VCC_Normal2}$ 是正常运行期间从 VCC 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 t_{on} 时开始软启动运行。在软启动期间，功率 MOSFET、二极管和变压器的开关应力最小。ICE5xRxxxxAG-1 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 4 级。如果不受其他功能的限制，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)。当输出电压达到调节值时，正常反馈回路将接管控制。

前 3 ms 的频率为 $f_{OSC2_MIN}/f_{OSC4_MIN}/f_{OSC6_MIN}$ ，以最大限度地减少启动过程中因 CCM 而产生的电流尖峰。前 3 ms 之后，在软启动的剩余时间内，开关频率将变为 $f_{OSC2}/f_{OSC4}/f_{OSC6}$ 。

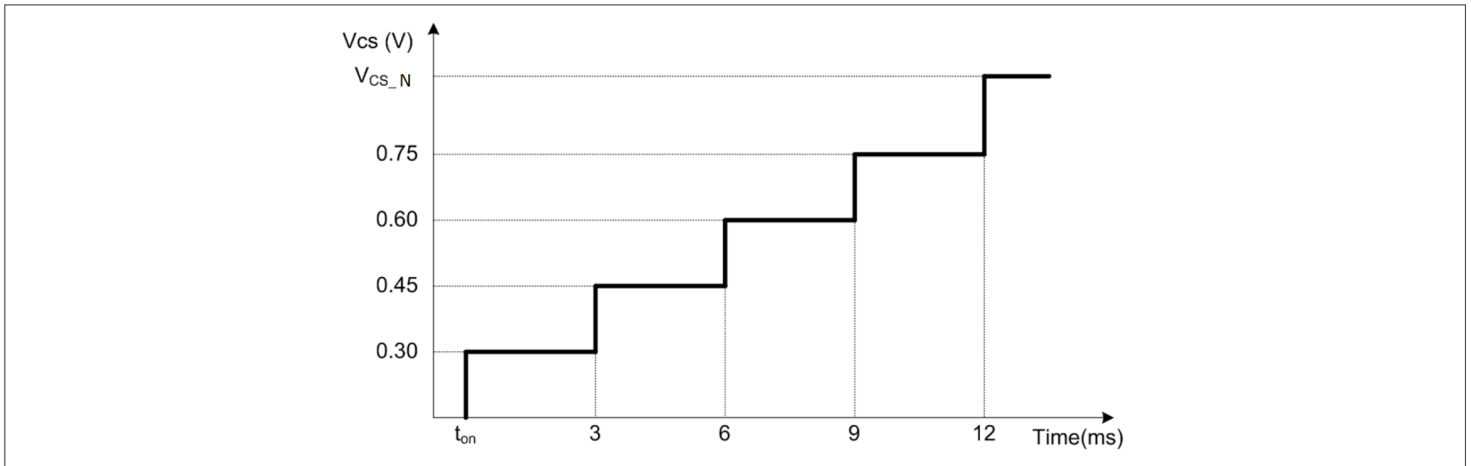


图 6 软启动时的最大电流检测电压

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 8)。

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)，它代表功率 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 7)。

在功率 MOSFET 的接通瞬间， R_{CS} 两端的电压尖峰将会导致 V_1 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。

如果由于某些因素， V_1 处的电压水平需要很长时间才能超过 V_{FB} ，IC 将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。

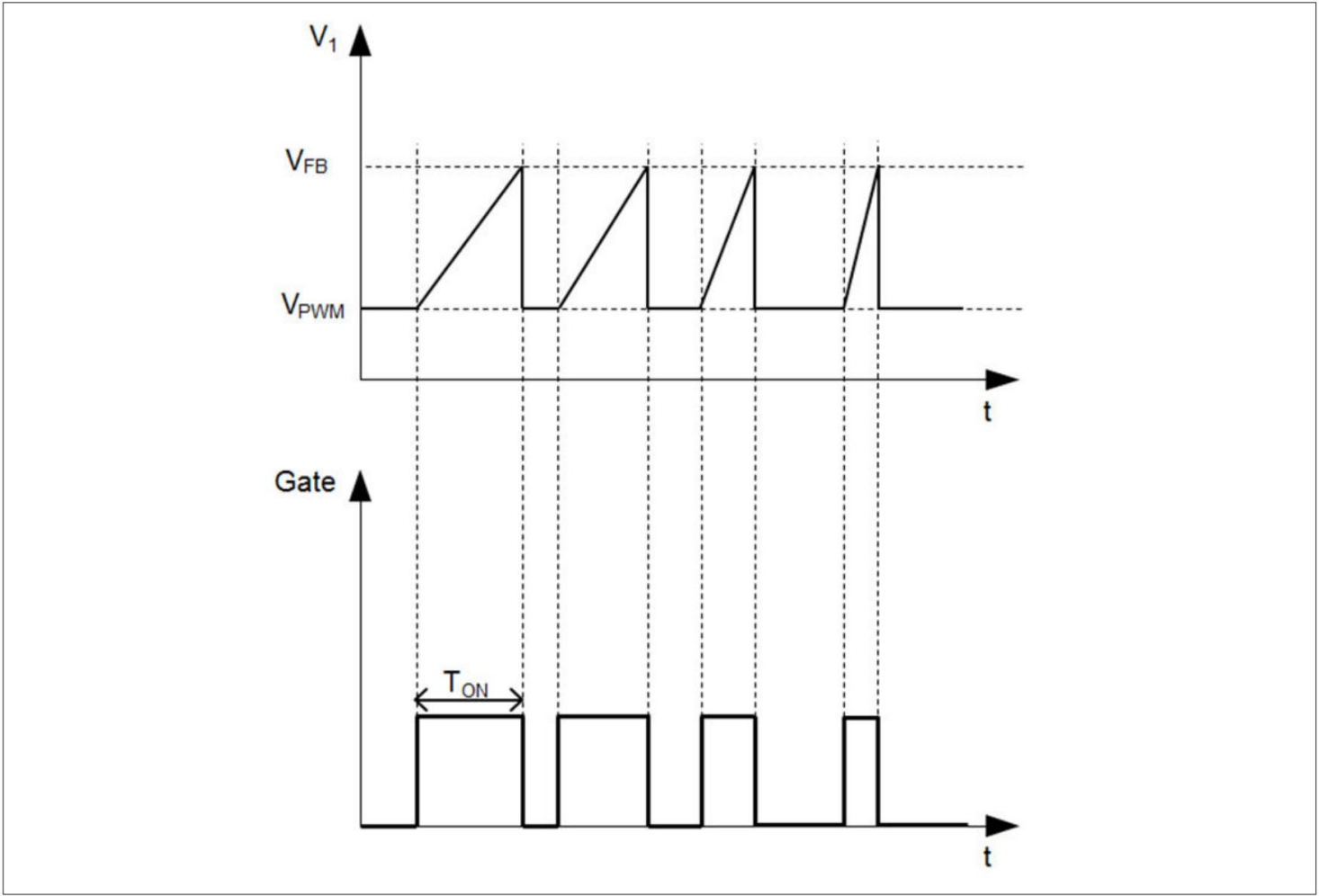


图 7 脉冲宽度调制

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。

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

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

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} 相比的电压电平
- G_{PWM} : PWM-OP 增益
- V_{PWM} : 电压斜坡偏移

3 功能描述

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

ICE5xRxxxxAG-1 实施了降频操作，从而在轻负载时获得更高的效率。在轻负载时，降低开关频率 F_{SW} 可通过减少开关损耗来提高效率。当负载降低时， V_{FB} 也会降低。如图 8 所示， F_{SW} 取决于 V_{FB} 。因此， F_{SW} 会随着负载的减小而减小。

通常情况下，高负载时的 F_{SW} 为 65 kHz，在 $V_{FB} = 1.7\text{ V}$ 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。

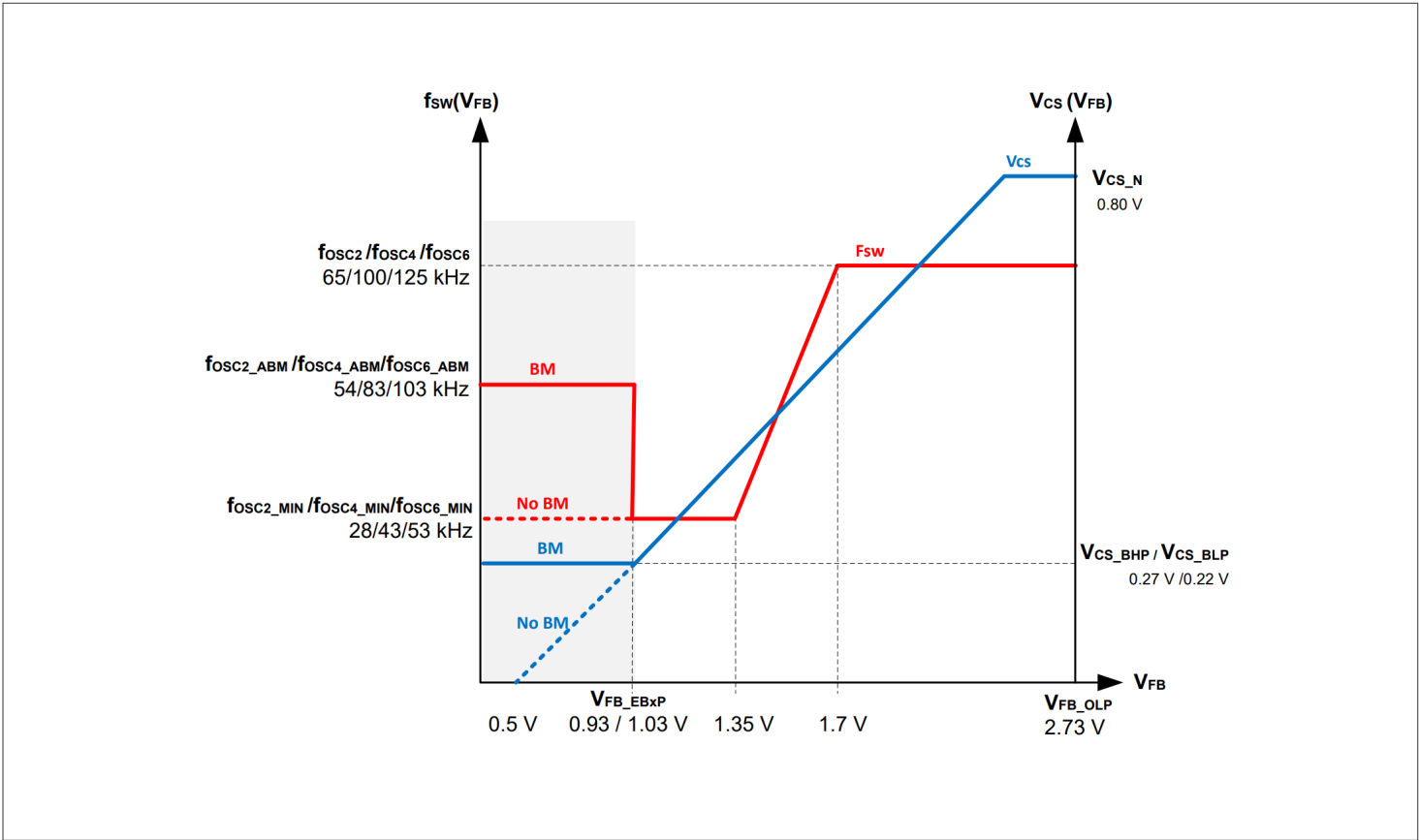


图 8 降频曲线

3.3.4 斜率补偿

ICE5xRxxxxAG-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} 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：

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

此公式中

- M_{COMP} : 斜率补偿率
- 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 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 9），从而最大限度地减小导通期间的前沿开关尖峰。

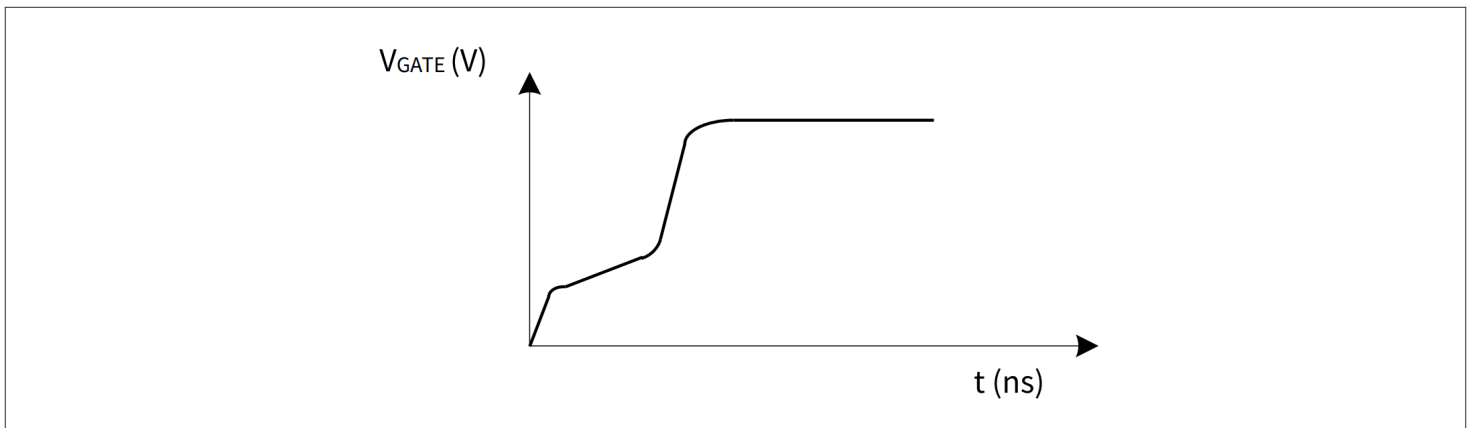


图 9 调制栅极驱动

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

$$I_{PEAK_PRI} = V_{CS_N} / R_{CS} \quad (5)$$

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，从感应 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。

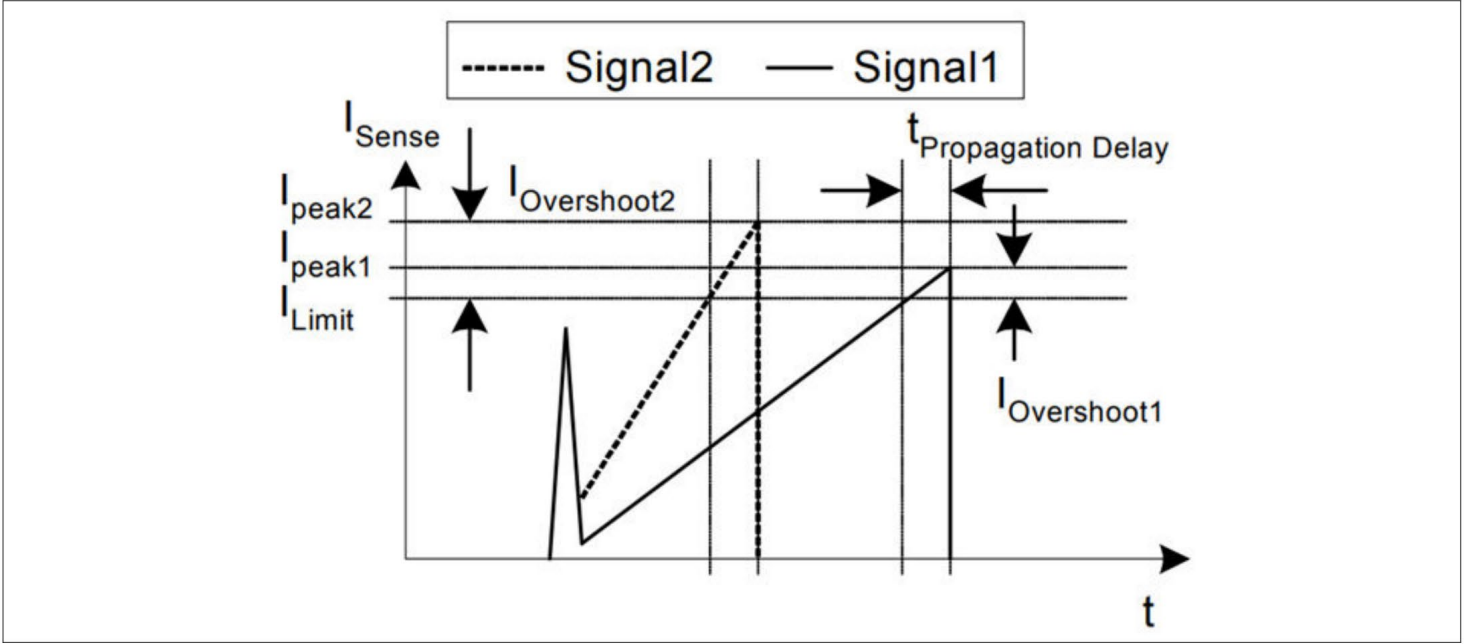


图 10 电流限制

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，ICE5xRxxxxAG-1 采用 2 条补偿曲线，如图 11 所示。其中一条曲线用于 T_{ON} 大于 0.40 占空比的情况，另一条则用于低于 0.40 占空比的情况。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。

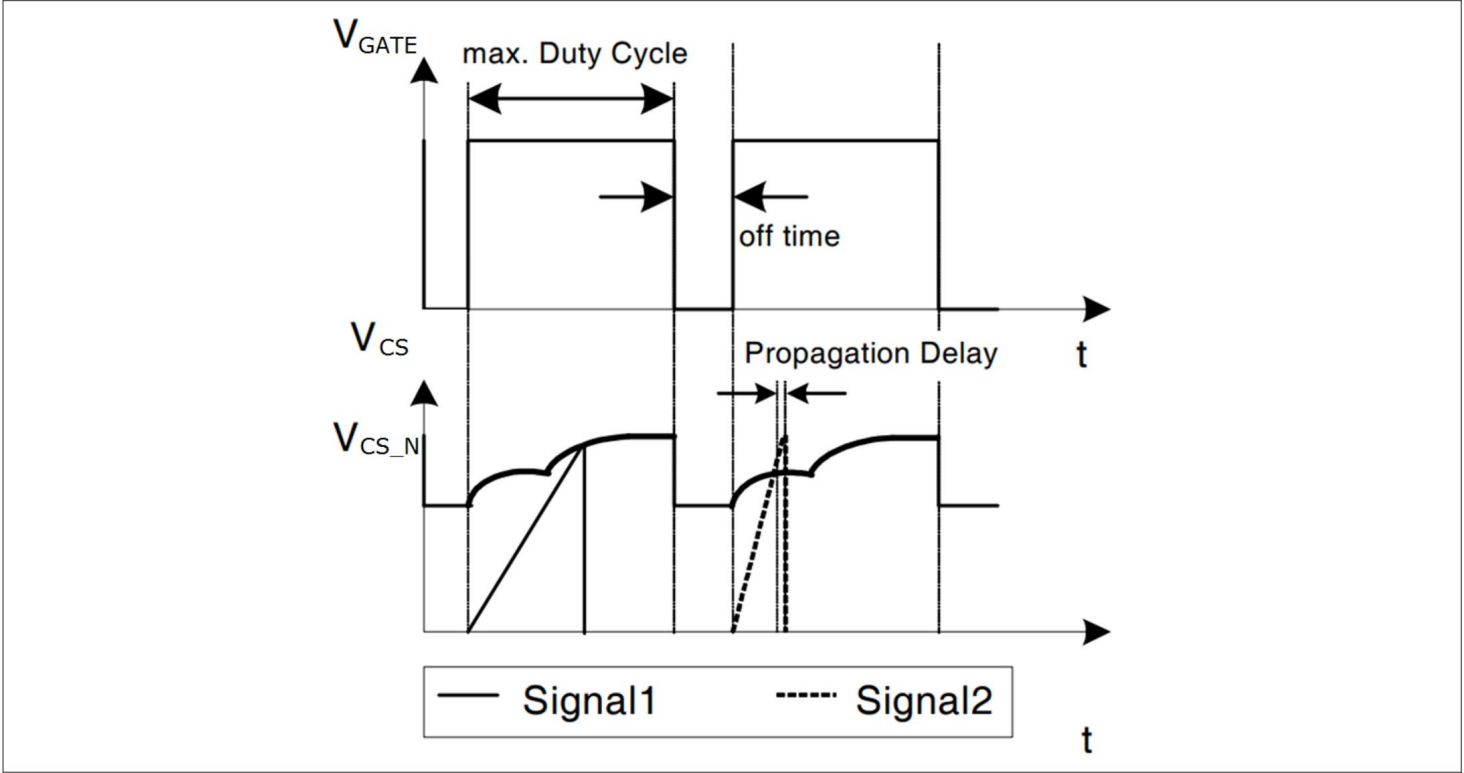


图 11 动态电压阈值 V_{CS_N}

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 ABM 运行以最大限度地降低功耗。以下段落将解释有关 ABM 工作的详细信息。

3.5.1 进入 ABM 工作

系统进入 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 工作。这种进入 ABM 工作的多条件判断可以防止误触发进入 ABM 工作，使得控制器仅在输出功率确实很低时才进入 ABM 工作。

3.5.2 ABM 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, 随着 V_{OUT} 下降, 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 12 所示。

在主动突发模式期间, 开关频率为 $f_{OSC2_ABM}/f_{OSC4_ABM}/f_{OSC6_ABM}$ 。功率 MOSFET 的峰值电流 I_{PEAK_ABM} 定义为：

$$I_{PEAK_ABM} = \frac{V_{CS_BxP}}{R_{CS}}$$

(6)

3 功能描述

其中 V_{CS_BxP} 是 ABM 中的峰值电流限制。

3.5.3 退出 ABM 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 ABM，同时峰值电流限制阈值电压将立即恢复至 V_{CS_No}

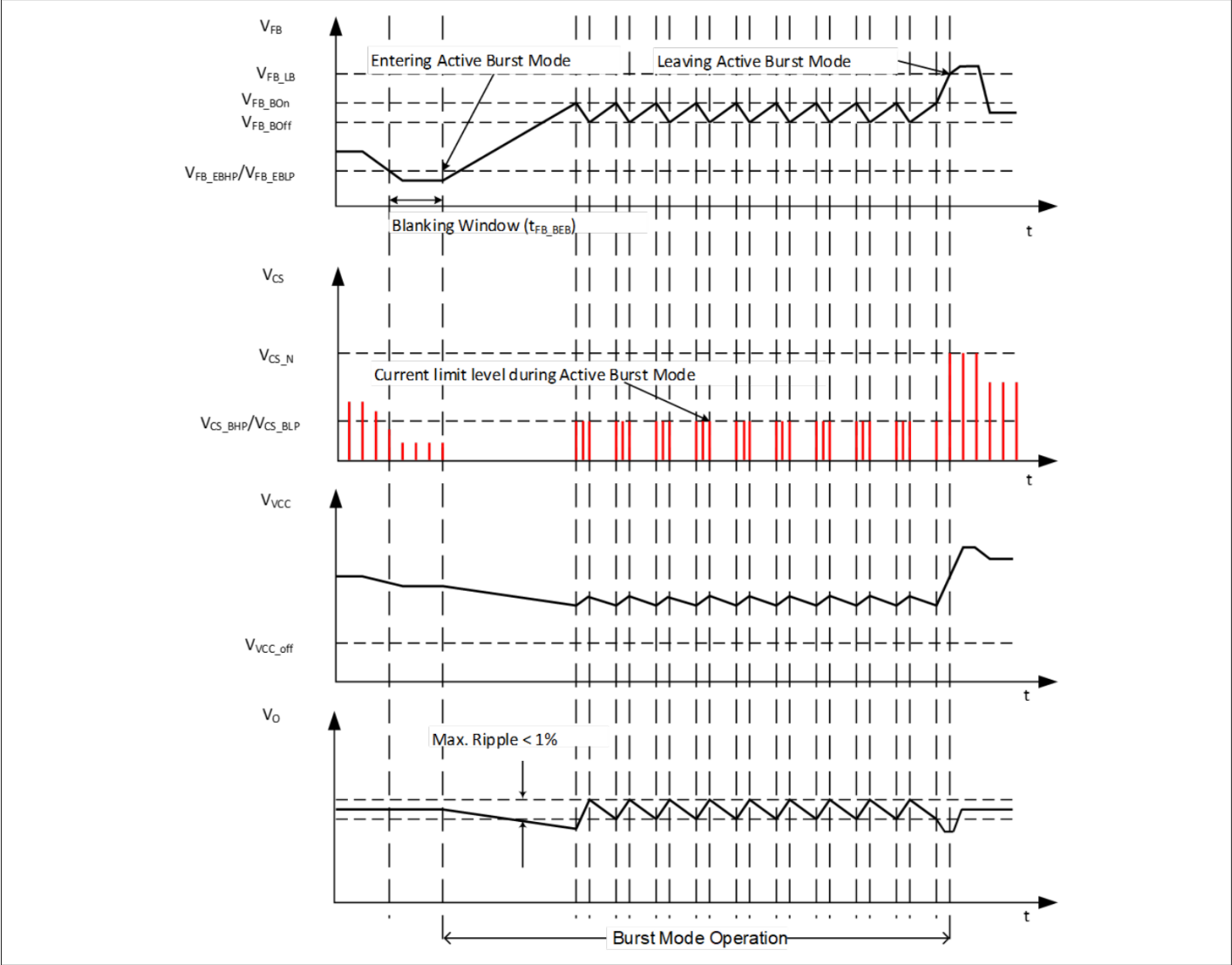


图 12 ABM 中的信号

3.5.4 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。

表 3 ABM 配置选项设置

Option	VFB	VCS_BxP	Entry level	Exit level
			VFB_EBxP	VFB_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}) 通过内部开关 S_2 关闭（见图 13），电
流源 I_{sel} 被打开。从 $V_{CC} = 4.44\text{ V}$ 到 V_{CC} 开启阈值，FB 引脚将通过 R_{Sel} 和外部 FB 网络提供电流源 I_{Selo} 。当 V_{CC} 达到
 V_{CC} 导通阈值时，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}) 将被关闭，同时 FB 电阻器 (R_{FB}) 将连接回电路。

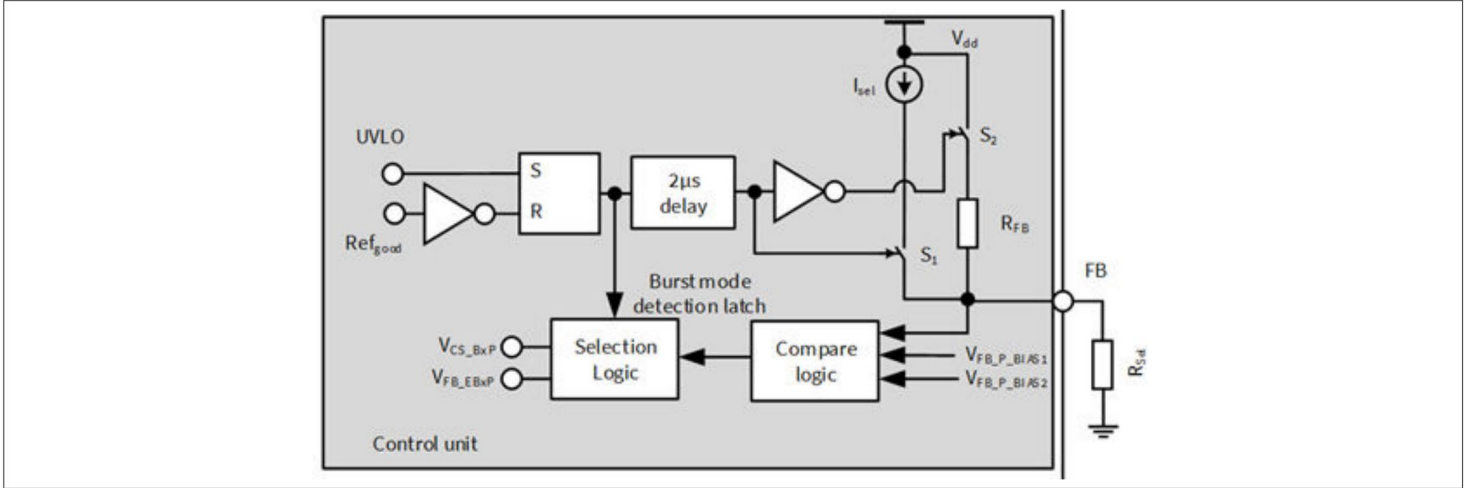


图 13 ABM 检测与调整

3.6 非隔离/隔离配置

ICE5xRxxxxAG-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} 导通阈值之前，来自 VERR 引脚的电流源 $I_{ERR_P_BIAS}$ 连同 R_{F1} 和 R_{F2} 将在其两端产生
一个电压。如果 VERR 电压大于 $V_{ERR_P_BIAS}$ (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。

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

ICE5xRxxxxAG-1 提供多种保护功能，大大提高了电源系统的稳健性、安全性和可靠性。下表总结了这些保护功
能以及相应的保护模式，无论是无开关自动重启、自动重启还是跳过奇数周期自动重启模式。参考有关保护模
式的波形说明，可参阅图 14、图 15 和图 16。

表 4 保护功能

Protections functions	Normal mode	Burst mode		Protection mode
		Burst ON	Burst OFF	
Line Over Voltage	✓	✓	✓	Non-Switch Auto Restart
VCC overvoltage	✓	✓	Not applicable	Odd cycle skip auto restart
VCC undervoltage	✓	✓	✓	Auto restart
Overload or open loop	✓	Not applicable	Not applicable	Odd cycle skip auto restart
Overtemperature	✓	✓	✓	Non-switch auto restart
VCC short to GND	✓	✓	✓	No start-up

3.7.1 线路过压

AC 线路过压保护是通过 VIN 引脚经由两个分压器电阻 RI1 和 RI2 感应母线电容电压来实现的（见图典型应用电路）。一旦 VIN 电压高于线路过压阈值 VIN_LOVP，IC 就会进入线路过压保护模式，当 VIN 低于 VIN_LOVP 时，IC 才会解除保护模式。将 VIN 引脚连接至 GND 可禁用该保护功能。

3.7.2 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，并启动跳过奇数周期自动重启。

3.7.3 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 进入跳过奇数周期自动重启模式。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 将进入过温保护（OTP）自动重启模式。该 IC 还具备 40°C 的迟滞设置。这意味着只有当控制器结温降至过温触发点以下 40°C 时，IC 方可从 OTP 中恢复。

3.7.5 VCC对 GND 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_Charge1o} 这一低电流足以限制 IC 功率损耗，以防过热。

3.7.6 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。

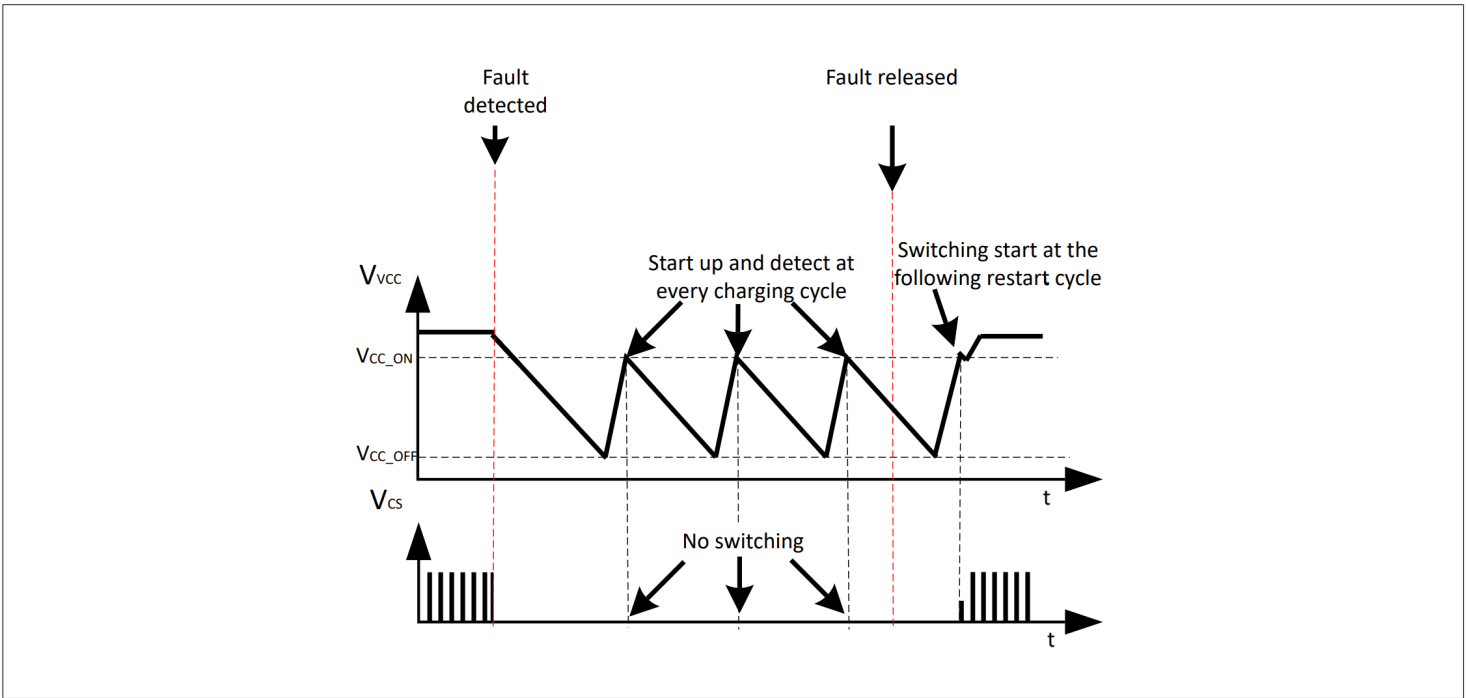


图 14 无开关自动重启模式

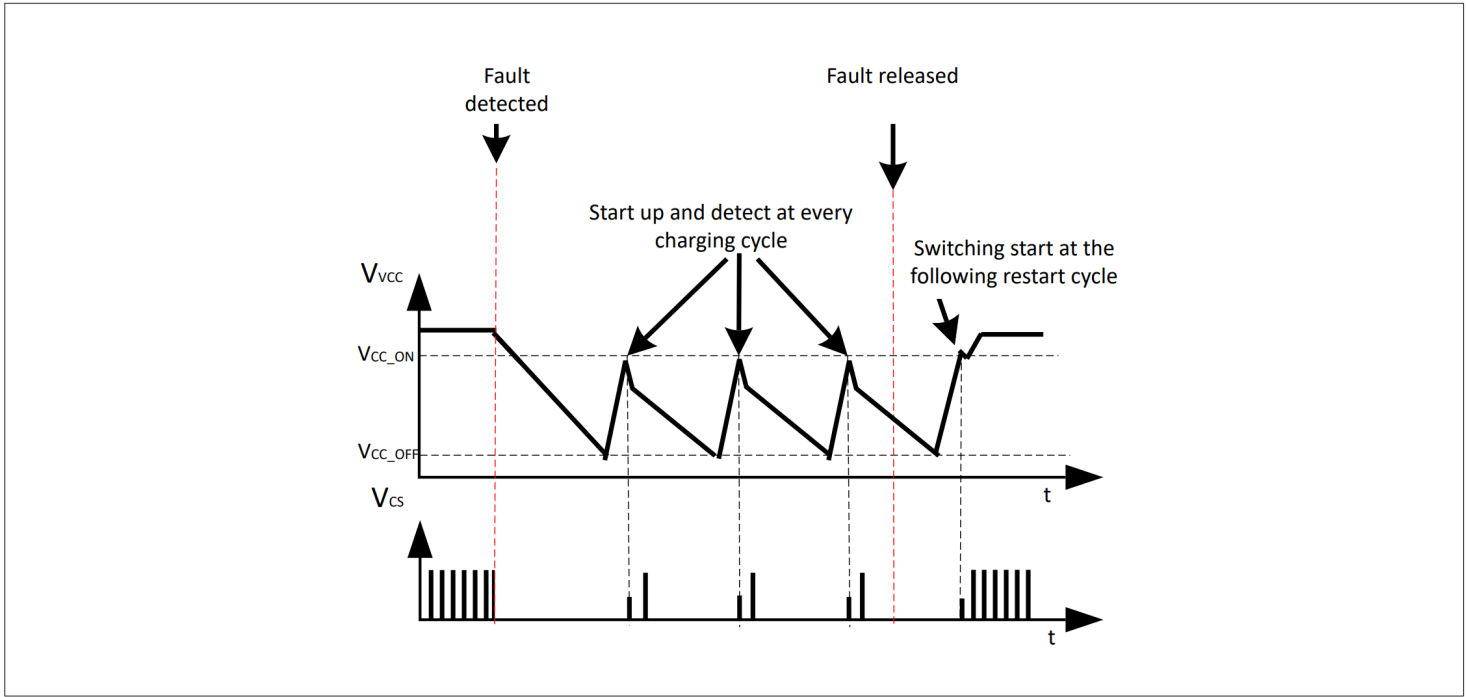


图 15 自动重启模式

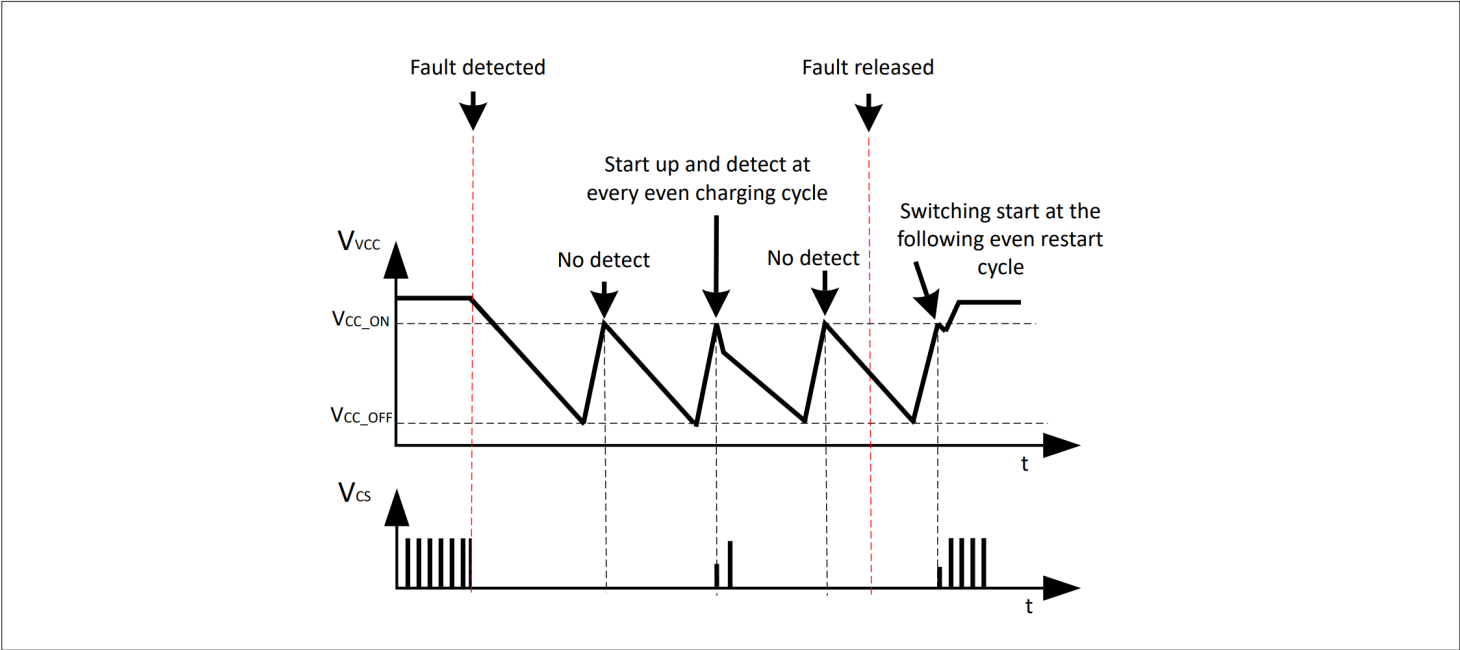


图 16 跳过奇数周期自动重启模式

4 电气特性

4 电气特性

注意： 所有电压都是相对于GND引脚测量的。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VCC引脚的所有电容都已放电。除非另有说明，否则 $T_a = 25^\circ\text{C}$ 。

表 5 绝对最大额定值

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Drain voltage						
ICE5AR4770AG-1	V _{DRAIN}	–	–	700	V	T _j = 25 °C
ICE5xRxx80AG-1	V _{DRAIN}	–	–	800	V	T _j = 25 °C
ICE5BR3995AG-1	V _{DRAIN}	–	–	950	V	T _j = 25°C
Pulse drain current						
ICE5AR4770AG-1	I _{D_Pulse}	–	–	2.2	A	Pulse width t _p limited by T _{j_max}
ICE5xR4780AG-1	I _{D_Pulse}	–	–	2.6	A	Pulse width t _p limited by T _{j_max}
ICE5GR2280AG-1	I _{D_Pulse}	–	–	5.8	A	Pulse width t _p = 20 μs and limited by T _{j_max}
ICE5GR1680AG-1	I _{D_Pulse}	–	–	5.8	A	Pulse width t _p = 20 μs and limited by T _{j_max}
ICE5AR0680AG-1	I _{D_Pulse}	–	–	5.8	A	Pulse width t _p = 20 μs and limited by T _{j_max}
ICE5BR3995AG-1	I _{D_Pulse}	–	–	5.0	A	Pulse width t _p limited by T _{j_max}
Pin rating						
VCC Supply Voltage	V _{CC}	-0.3	–	35	V	
GATE Voltage	V _{GATE}	-0.3	–	27	V	
FB Voltage	V _{FB}	-0.3	–	5.5	V	
VERR Voltage	V _{ERR}	-0.3	–	5.5	V	
CS Voltage	V _{CS}	-0.3	–	3.6	V	
VIN Voltage	V _{VIN}	-0.3	-	5.5	V	

(表格续下页.....)

4 电气特性

表 5 (续) 绝对最大额定值

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Maximum DC current on any pin	–	-10	–	10	mA	Except DRAIN and CS pin
ESD robustness HBM	V_{ESD_HBM}	–	–	2000	V	According to EIA/JESD22
ESD robustness CDM	V_{ESD_CDM}	–	–	500	V	According to EIA/JESD22
Junction temperature range	T_j	-40	–	150	°C	Controller & CoolMOS
Storage Temperature	T_{STORE}	-55	–	150	°C	–

Thermal resistance (junction-ambient)

ICE5AR4770AG-1	R_{thJA}	–	–	104	K/W	1)
ICE5xR4780AG-1	R_{thJA}	–	–	105	K/W	1)
ICE5GR2280AG-1	R_{thJA}	–	–	98	K/W	1)
ICE5GR1680AG-1	R_{thJA}	–	–	95	K/W	1)
ICE5AR0680AG-1	R_{thJA}	–	–	94	K/W	1)
ICE5BR3995AG-1	R_{thJA}	–	–	100	K/W	1)

Avalanche energy, repetitive, t_{AR} limited by maximal $T_j = 150^\circ\text{C}$ and $T_{j_Start} = 25^\circ\text{C}$

ICE5AR4770AG-1	E_{AR}	–	–	0.02	mJ	$I_D = 0.14\text{ A}, V_{DD} = 50\text{ V}$
ICE5xR4780AG-1	E_{AR}	–	–	0.02	mJ	$I_D = 0.20\text{ A}, V_{DD} = 50\text{ V}$
ICE5GR2280AG-1	E_{AR}	–	–	0.05	mJ	$I_D = 0.40\text{ A}, V_{DD} = 50\text{ V}$
ICE5GR1680AG-1	E_{AR}	–	–	0.07	mJ	$I_D = 0.60\text{ A}, V_{DD} = 50\text{ V}$
ICE5AR0680AG-1	E_{AR}	–	–	0.22	mJ	$I_D = 1.80\text{ A}, V_{DD} = 50\text{ V}$
ICE5BR3995AG-1	E_{AR}	–	–	0.04	mJ	$I_D = 0.20\text{ A}, V_{DD} = 50\text{ V}$

Avalanche current, repetitive, t_{AR} limited by maximal $T_j = 150^\circ\text{C}$ and $T_{j_Start} = 25^\circ\text{C}$

ICE5AR4770AG-1	I_{AR}	–	–	0.14	A	–
ICE5xR4780AG-1	I_{AR}	–	–	0.20	A	–
ICE5GR2280AG-1	I_{AR}	–	–	0.40	A	–
ICE5GR1680AG-1	I_{AR}	–	–	0.60	A	–
ICE5AR0680AG-1	I_{AR}	–	–	1.80	A	–
ICE5BR3995AG-1	I_{AR}	–	–	0.20	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 按照功能描述中所述运行。

4 电气特性

表 6 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
Junction Temperature of CoolMOS	T _{JCoolMOS_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VCC = 18 V。

表 7 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_Charge1}	-0.35	-0.20	-0.09	mA	V _{VCC} =0 V, R _{StartUp} =50 MΩ and V _{DRAIN} =90 V
VCC Charge Current	I _{VCC_Charge2}	–	-3.2	–	mA	V _{VCC} =3 V, R _{StartUp} =50 MΩ and V _{DRAIN} =90 V
VCC Charge Current	I _{VCC_Charge3}	-5	-3	-1	mA	V _{VCC} =15 V, R _{StartUp} =50 MΩ and V _{DRAIN} =90 V
VCC Turn-on Threshold Voltage	V _{VCC_ON}	15.3	16	16.5	V	–
VCC Turn-off Threshold Voltage	V _{VCC_OFF}	9.4	10	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	–
Current Consumption, Startup Current	I _{VCC_Startup}	–	0.25	–	mA	V _{VCC} =15 V
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	–

(表格续下页.....)

4 电气特性

表 7 (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.		
Current Consumption, Normal with Inactive Gate	I _{VCC_Normal}	–	1.1	–	mA	I _{FB} =0 A (No gate switching)

Current consumption, normal with Active Gate

ICE5AR4770AG-1	I _{VCC_Normal2}	–	–	2.20	mA	–
ICE5GR4780AG-1	I _{VCC_Normal2}	–	–	2.60	mA	–
ICE5GR2280AG-1	I _{VCC_Normal2}	–	–	2.80	mA	–
ICE5GR1680AG-1	I _{VCC_Normal2}	–	–	3.10	mA	–
ICE5AR0680AG-1	I _{VCC_Normal2}	–	–	4.18	mA	–
ICE5BR4780AG-1	I _{VCC_Normal2}	–	–	1.84	mA	–
ICE5BR3995AG-1	I _{VCC_Normal2}	–	–	1.97	mA	–

4.4 内部电压参考

表 8 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 A

4.5 PWM部分

表 9 PWM 部分

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
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°C
Fixed Oscillator Frequency – 65 kHz (ABM)	f _{OSC2_ABM}	46.2	54	61.1	kHz	T _j = 25°C
Fixed Oscillator Frequency – 65kHz (minimum Fsw)	f _{OSC2_MIN}	23.4	28	33.2	kHz	T _j = 25°C
Fixed Oscillator Frequency – 100 kHz	f _{OSC3}	92	100	108	kHz	Operating temperature range
Fixed Oscillator Frequency – 100 kHz	f _{OSC4}	94	100	106	kHz	T _j = 25 °C

(表格续下页.....)

4 电气特性

表 9 (续) PWM 部分

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Fixed Oscillator Frequency – 100 kHz (ABM)	fOSC4_ABM	71	83	94	kHz	T _j = 25 °C
Fixed Oscillator Frequency – 100 kHz (minimum Fsw)	fOSC4_MIN	36	43	51	kHz	T _j = 25 °C
Fixed Oscillator Frequency – 125 kHz	fOSC5	117	125	133	kHz	Operating temperature range
Fixed Oscillator Frequency – 125 kHz	fOSC6	119	125	131	kHz	T _j = 25 °C
Fixed Oscillator Frequency – 125 kHz (ABM)	fOSC6_ABM	91	103	114	kHz	T _j = 25 °C
Fixed Oscillator Frequency – 125 kHz (minimum Fsw)	fOSC6_MIN	46	53	61	kHz	T _j = 25 °C
Frequency jittering range	fJITTER	–	± 4	–	%	T _j = 25 °C
Frequency jittering period	TJITTER	–	4	–	ms	T _j = 25 °C
Maximum duty cycle	D _{MAX}	70	75	80	%	–
Feedback pull-up resistor	R _{FB}	11	15	20	kΩ	–
PWM-OP gain	G _{PWM}	1.91	2.03	2.16		–
Offset for voltage ramp	V _{PWM}	0.42	0.5	0.58	V	–
Slope compensation rate - 65 kHz	M _{COMP}	26.5	32.5	38	mV/μs	V _{CS} = 0 V
Slope compensation rate - 100 kHz	M _{COMP}	41	50	58	mV/μs	V _{CS} = 0 V
Slope compensation rate - 125 kHz	M _{COMP}	52.5	61.0	68.0	mV/μs	V _{CS} = 0 V
Feedback Cutoff Voltage	V _{FB,Cutoff}	–	0.41	–	V	When V _{FB} < V _{FB,Cutoff} , no PWM switching.

4.6 误差放大器

表 10 误差放大器

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or 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	–

(表格续下页.....)

4 电气特性

表 10 (续) 误差放大器

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Error amplifier sink current	IERR_SINK	85	150	223	μA	–
Error amplifier reference voltage	VERR_REF	1.76	1.80	1.84	V	–
Error amplifier output dynamic range of transconductance	VERR_DYN	0.05	–	3.15	V	–
Error amplifier mode bias current	IERR_P_BIAS	9.5	14.0	18.5	μA	–
Error amplifier mode threshold	VERR_P_BIAS	0.16	0.20	0.24	V	–

4.7 电流检测

表 11 电流检测

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Peak current limitation in normal operation	VCS_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	VCS_N15	0.74	0.79	0.84	V	–
Leading edge-blanking time	tCS_LEB	70	220	365	ns	–
Peak current limitation in ABM - high power	VCS_BHP	0.23	0.27	0.31	V	
Peak current limitation in ABM - low power	VCS_BLP	0.18	0.22	0.26	V	
Abnormal CS voltage threshold	VCS_STG	0.06	0.10	0.15	V	–
Abnormal CS voltage consecutive trigger	PCS_STG	–	3	–	cycle	–
Abnormal CS voltage sample period	tCS_STG_SAM	tPERIOD × 0.36	tPERIOD × 0.4	tPERIOD × 0.44	μs	–

4 电气特性

4.8 软启动

表 12 软启动

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Soft start time	tss	7.3	12.0	–	ms	–
Soft start time step	tss_s	–	3	–	ms	1)
CS peak voltage at first step of soft start	Vss1	–	0.30	–	V	1)
Step increment of CS peak voltage in soft start	Vss_s	–	0.15	–	V	1)

1) 未经过生产测试，由设计指定。

4.9 主动突发模式

表 13 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	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	–
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 电气特性

4.10 VCC 过压保护

表 14 VCC 过压保护

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
VCC overvoltage threshold	V _{VCC_OVP}	29.0	30.5	32.0	V	–
VCC overvoltage blanking	t _{VCC_OVP_B}	–	55	–	μs	–

4.11 过载保护

表 15 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 线性过压保护

表 16 线路过压保护

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or 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	–

4.13 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}	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 电气特性

4.14 CoolMOS™ 部分

表18 CoolMOS™ 部分

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Drain Source Breakdown Voltage						
ICE5AR4770AG-1	V _{(BR)DSS}	700	–	–	V	T _j = 25°C
ICE5xRxx80AG-1	V _{(BR)DSS}	800	–	–	V	T _j = 25°C
ICE5BR3995AG-1	V _{(BR)DSS}	950	–	–	V	T _j = 25°C
Drain Source On-Resistance (inclusive of low side MOSFET)						
ICE5AR4770AG-1	R _{DSon}	–	4.73	5.18	Ω	T _j =25°C at I _b =0.4A
ICE5AR4770AG-1	R _{DSon}	–	8.73 ¹⁾	–	Ω	T _j =125°C at I _b =0.4A
ICE5xR4780AG-1	R _{DSon}	–	4.13	4.85	Ω	T _j =25°C at I _b =0.4A
ICE5xR4780AG-1	R _{DSon}	–	8.69 ¹⁾	–	Ω	T _j =125°C at I _b =0.4A
ICE5GR2280AG-1	R _{DSon}	–	2.13	2.35	Ω	T _j =25°C at I _b =1A
ICE5GR2280AG-1	R _{DSon}	–	4.31 ¹⁾	–		T _j =125°C at I _b =1 A
ICE5GR1680AG-1	R _{DSon}	–	1.53	1.75	Ω	T _j =25°C at I _b =1.4A
ICE5GR1680AG-1	R _{DSon}	–	3.01 ¹⁾	–		T _j =125°C at I _b =1.4 A
ICE5AR0680AG-1	R _{DSon}	–	0.71	0.80	Ω	T _j =25°C at I _b =2A
ICE5AR0680AG-1	R _{DSon}	–	1.27 ¹⁾	–	Ω	T _j =125°C at I _b =2A
ICE5BR3995AG-1	R _{DSon}	–	3.46	4.05	Ω	T _j =25° at I _b =0.8A
ICE5BR3995AG-1	R _{DSon}	–	7.69 ¹⁾	–	Ω	T _j =125°C at I _b =0.8 A
Dynamic characteristics						
Rise time	t _{rise} ²⁾	–	30	–	ns	–
Fall time	t _{fall} ²⁾	–	30	–	ns	–
Effective output capacitance, energy related						
ICE5AR4770AG-1	C _{o(er)}	–	3.4 ¹⁾	–	pF	V _{GS} =0V, V _{DS} =0~480V
ICE5xR4780AG-1	C _{o(er)}	–	3 ¹⁾	–	pF	V _{GS} =0V, V _{DS} =0~500V
ICE5GR2280AG-1	C _{o(er)}	–	7 ¹⁾	–	pF	V _{GS} = 0 V, V _{DS} = 0 ~ 500 V
ICE5GR1680AG-1	C _{o(er)}	–	8 ¹⁾	–	pF	V _{GS} = 0 V, V _{DS} = 0 ~ 500 V
ICE5AR0680AG-1	C _{o(er)}	–	24 ¹⁾	–	pF	V _{GS} =0V, V _{DS} =0~500V
ICE5BR3995AG-1	C _{o(er)}	–	5 ¹⁾	–	pF	V _{GS} = 0 V, V _{DS} = 0 ~ 400 V

1) 未经过生产测试，由设计指定。

2) 在典型反激式转换器应用中测量。

5 CoolMOS™ 性能特性

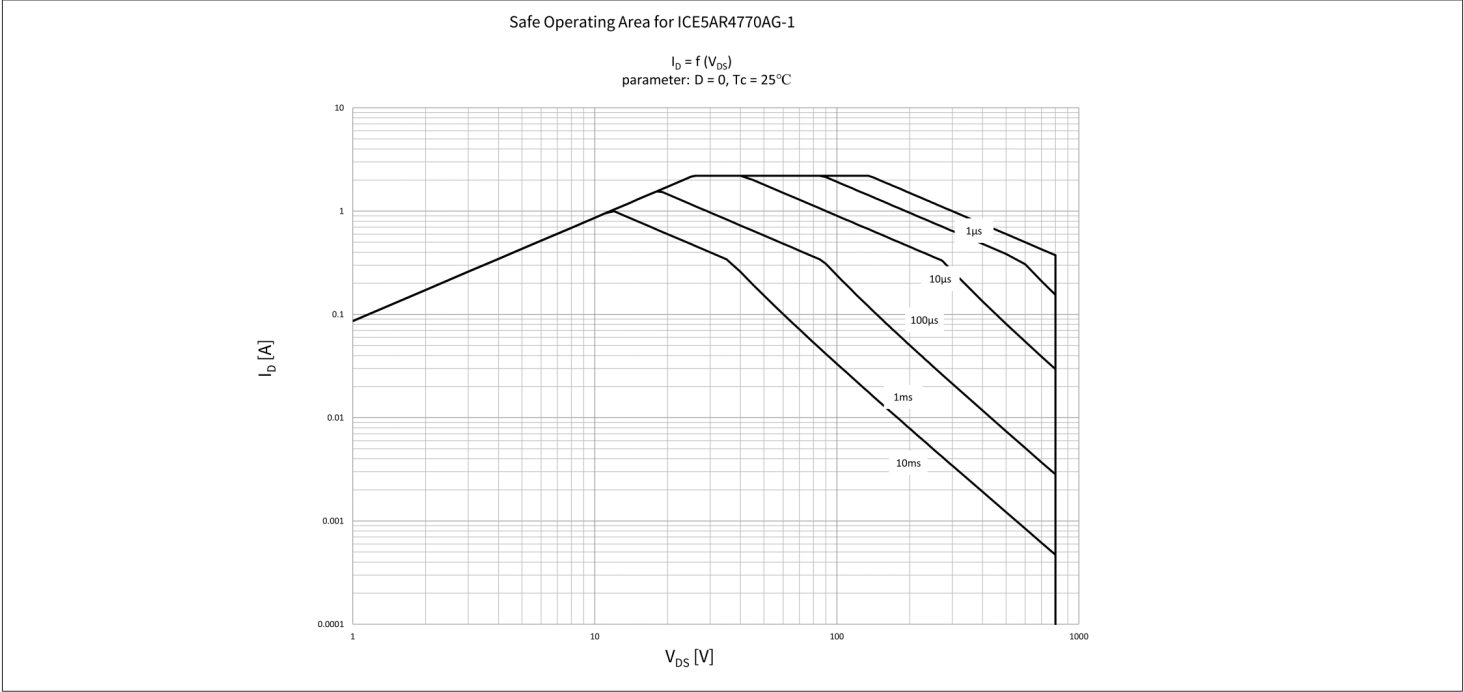


图 17 ICE5AR4770AG-1 的安全工作区 (SOA) 曲线

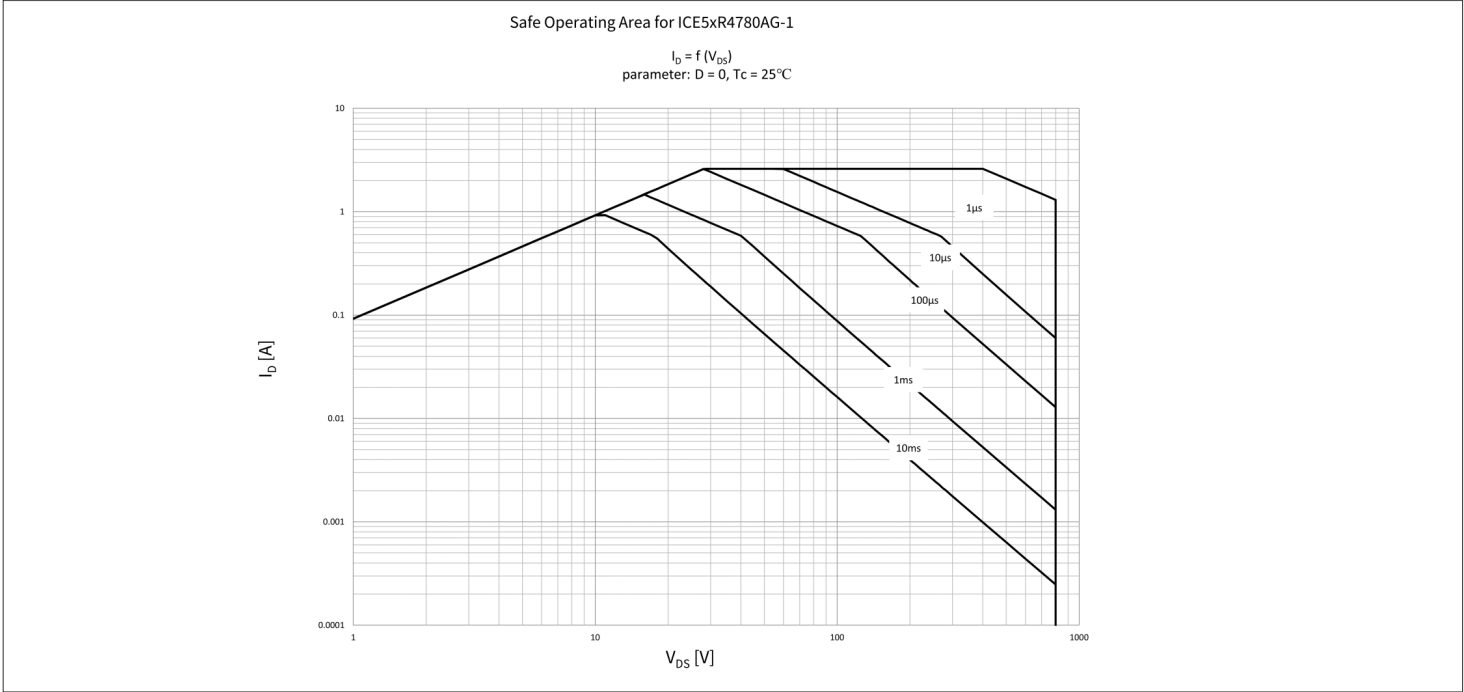


图 18 ICE5xR4780AG-1 的安全工作区 (SOA) 曲线

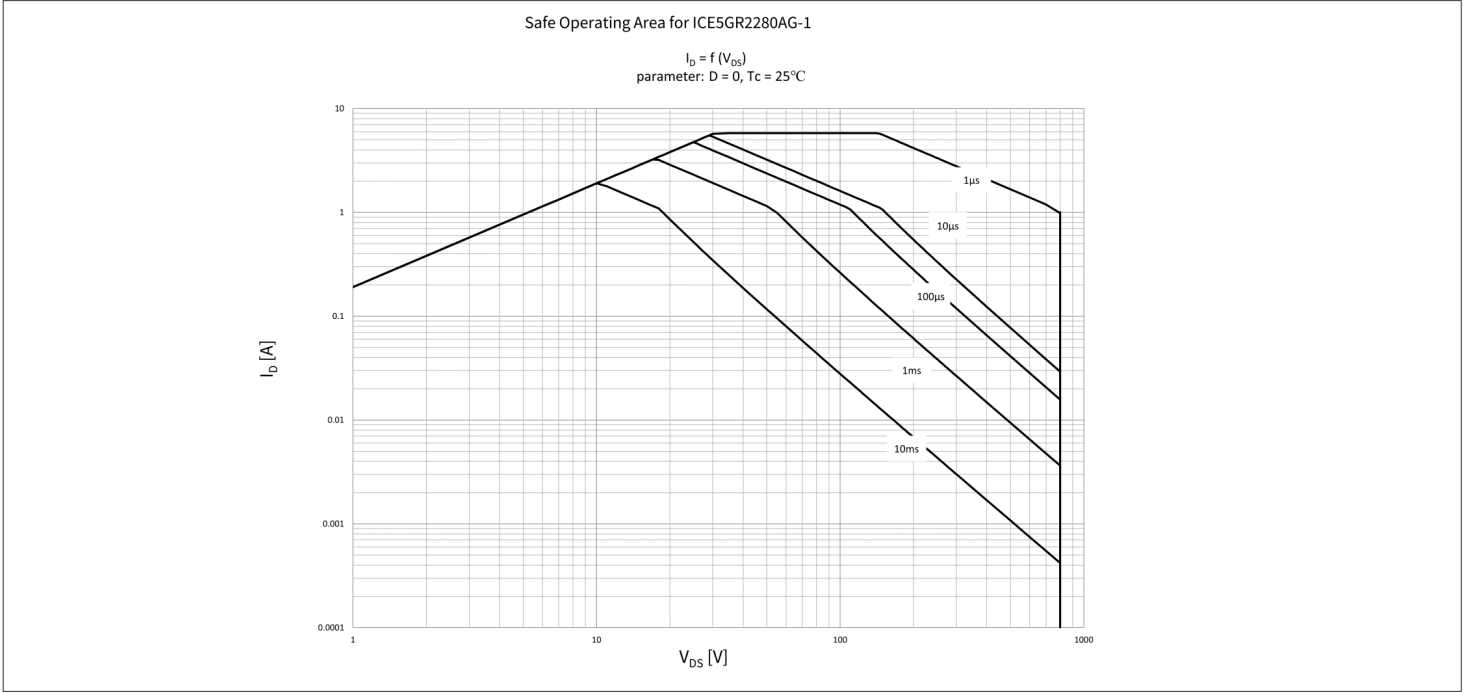


图 19 ICE5GR2280AG-1 的安全工作区 (SOA) 曲线

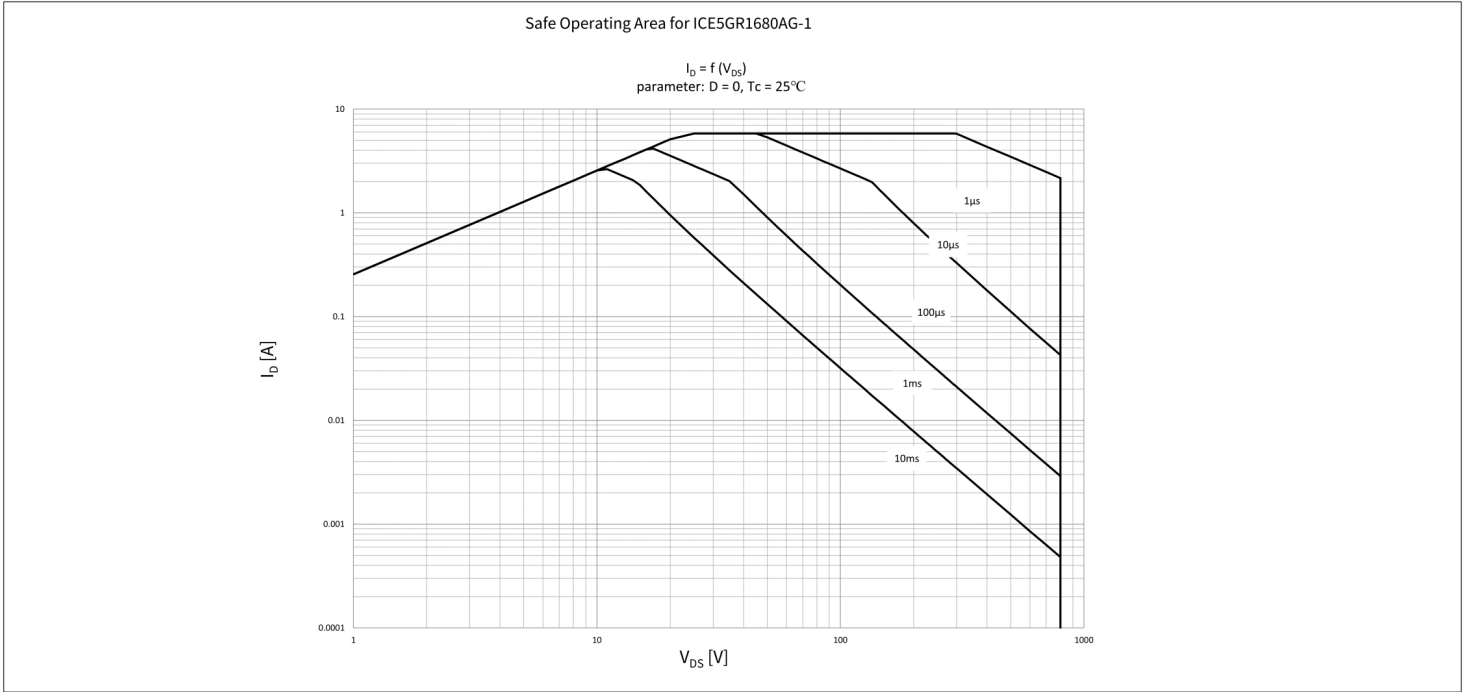


图 20 ICE5GR1680AG-1 的安全工作区 (SOA) 曲线

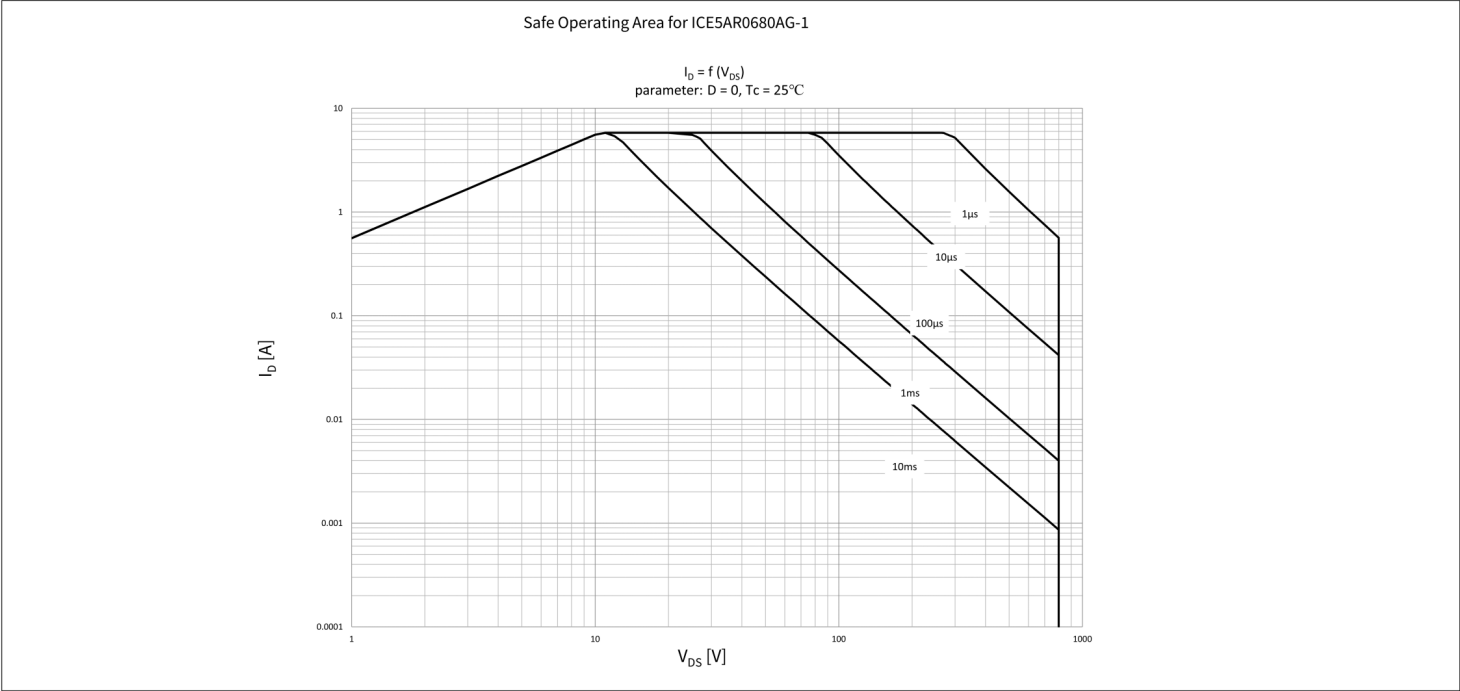


图 21 ICE5AR0680AG-1 的安全工作区 (SOA) 曲线

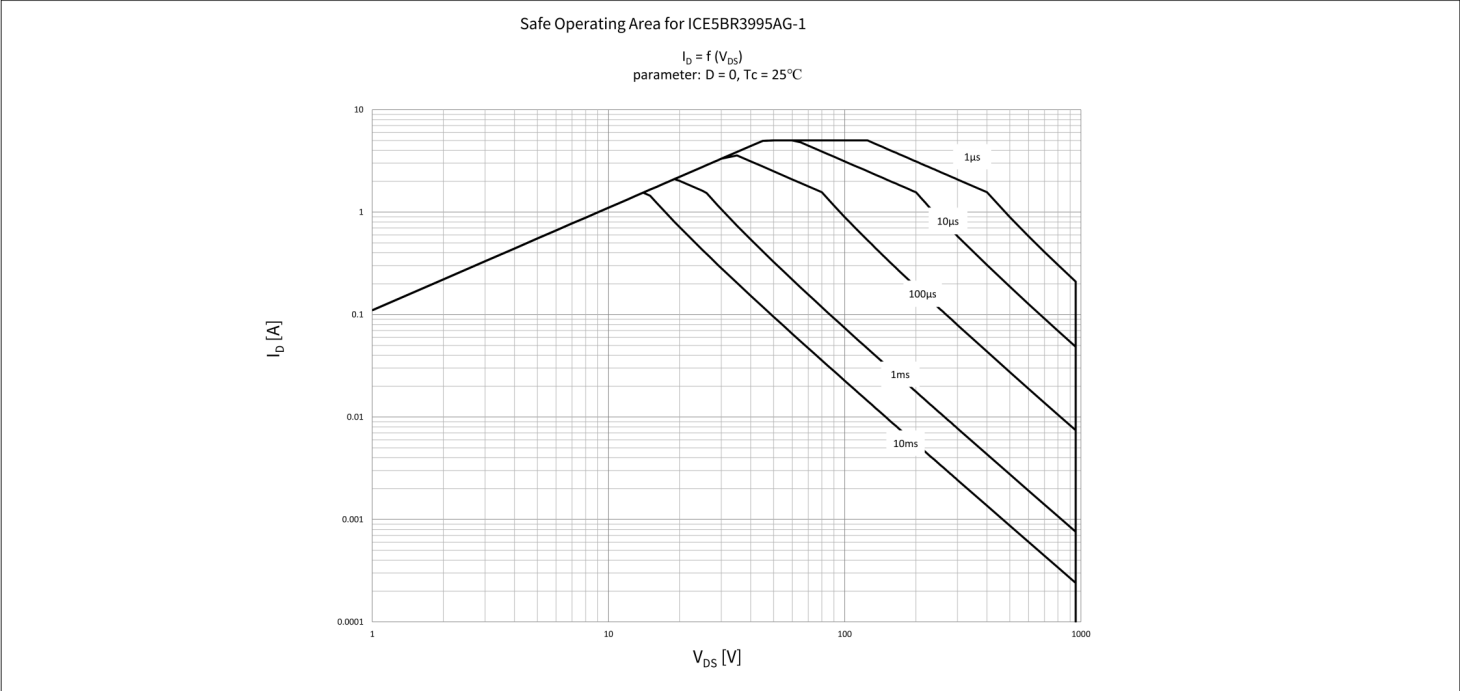


图 22 ICE5BR3995AG-1 的安全工作区 (SOA) 曲线

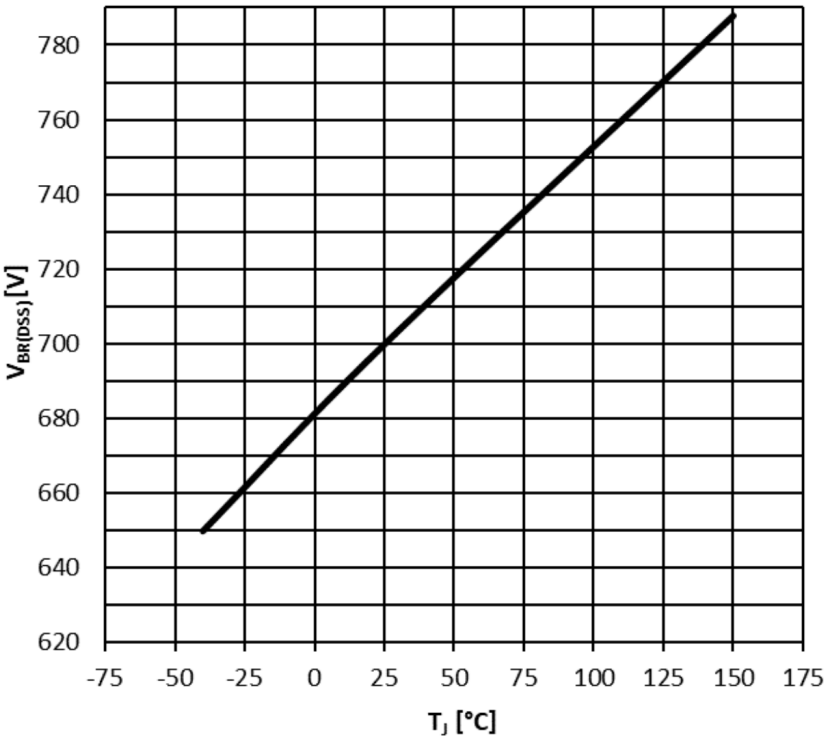


图 23 漏源击穿电压 ICE5AR4770AG-1; $V_{BR(DSS)} = f(T_j)$, $I_D = 1\text{ mA}$

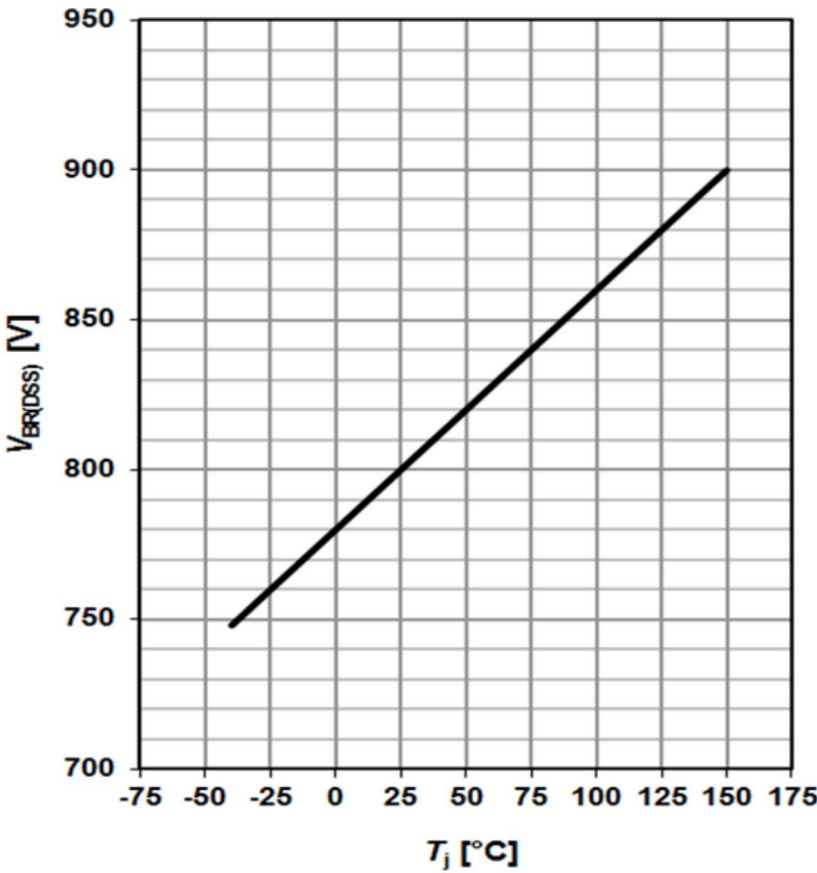


图 24 漏源击穿电压 ICE5xRxx80AG-1; $V_{BR(DSS)} = f(T_j)$, $I_D = 1\text{ mA}$

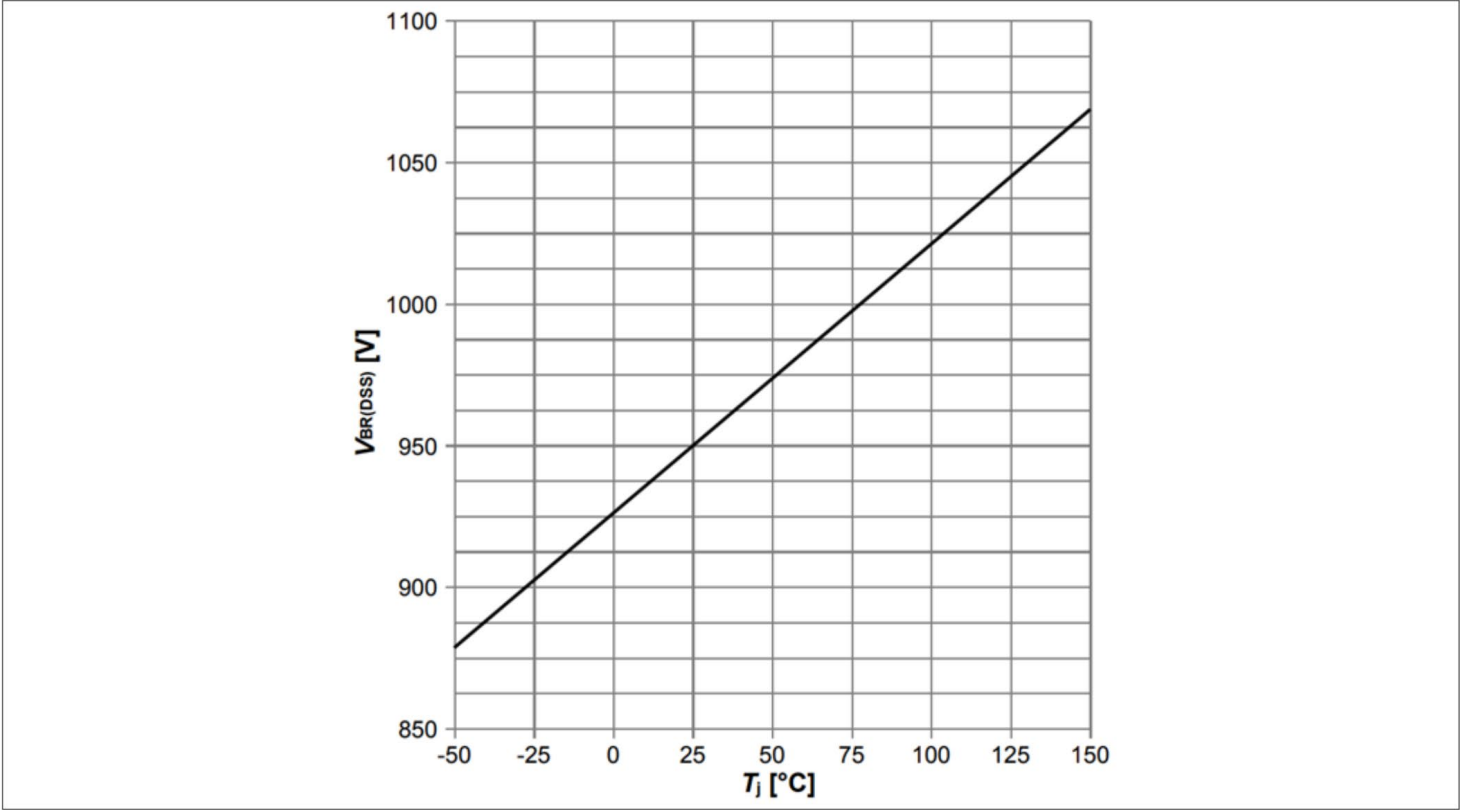


图 25 漏源击穿电压 ICE5BR3995AG-1； $V_{BR(DSS)} = f(T_j)$ ， $I_D = 1\text{ mA}$

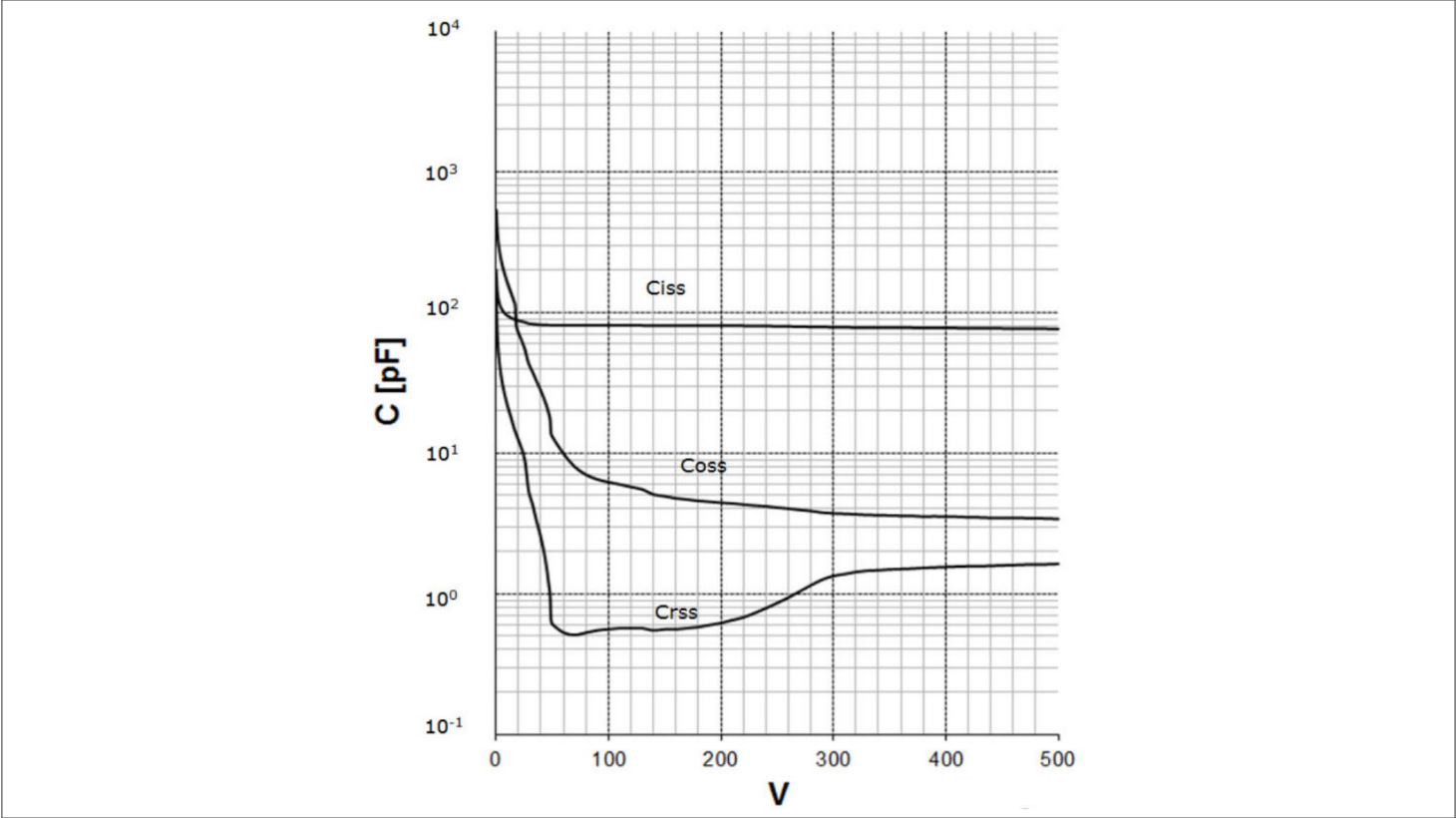


图 26 ICE5AR4770AG-1 的典型 CoolMOS™ 电容； $C = f(V_{DS})$ ， $(V_{GS} = 0\text{ V}；f = 1\text{ MHz})$

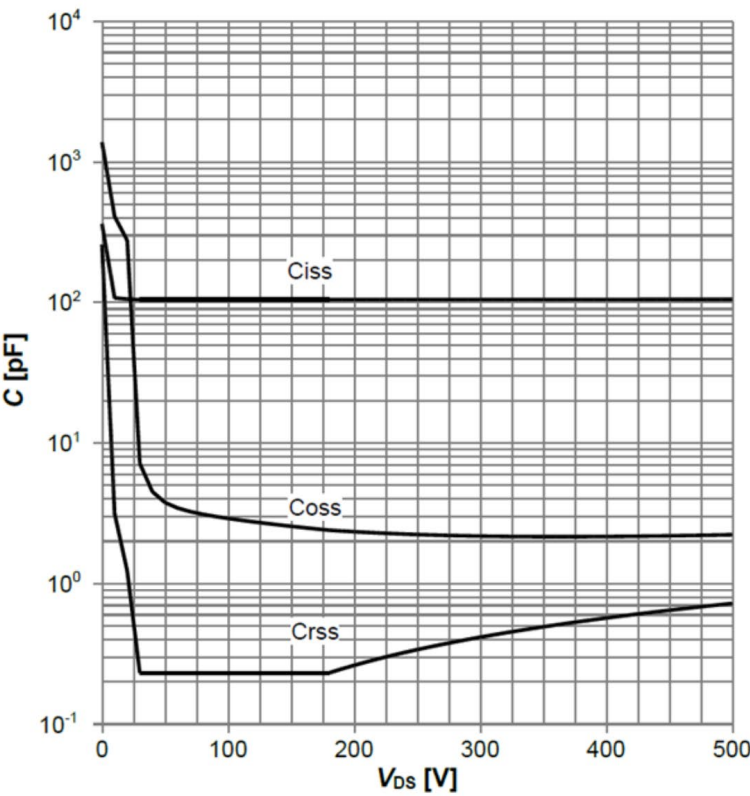


图 27 ICE5xR4780AG-1 的典型 CoolMOS™ 电容； $C = f(V_{DS})$ ， ($V_{GS} = 0$ V； $f = 250$ kHz)

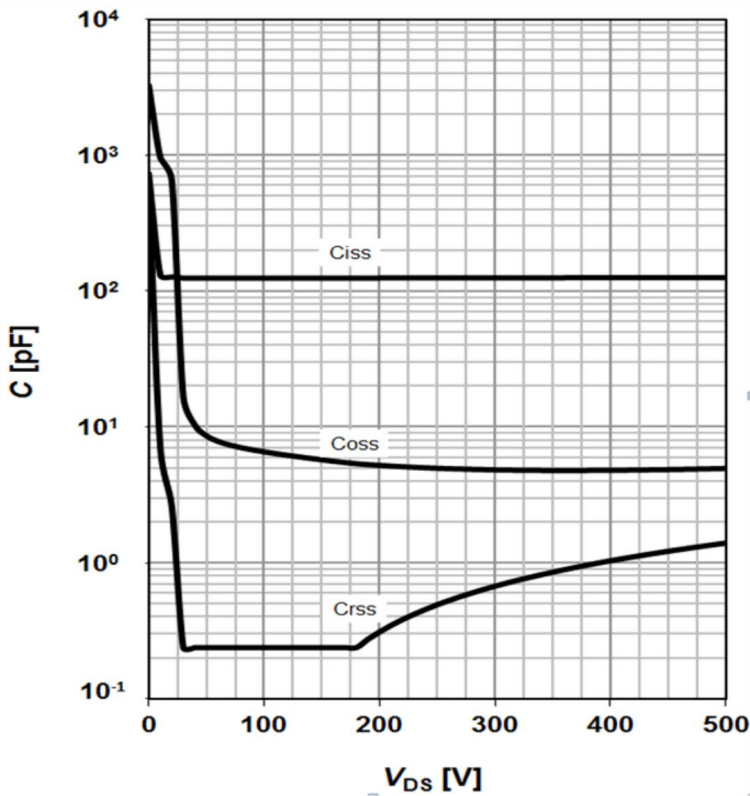


图 28 ICE5GR2280AG-1 的典型 CoolMOS™ 电容； $C = f(V_{DS})$ ， ($V_{GS} = 0$ V； $f = 250$ kHz)

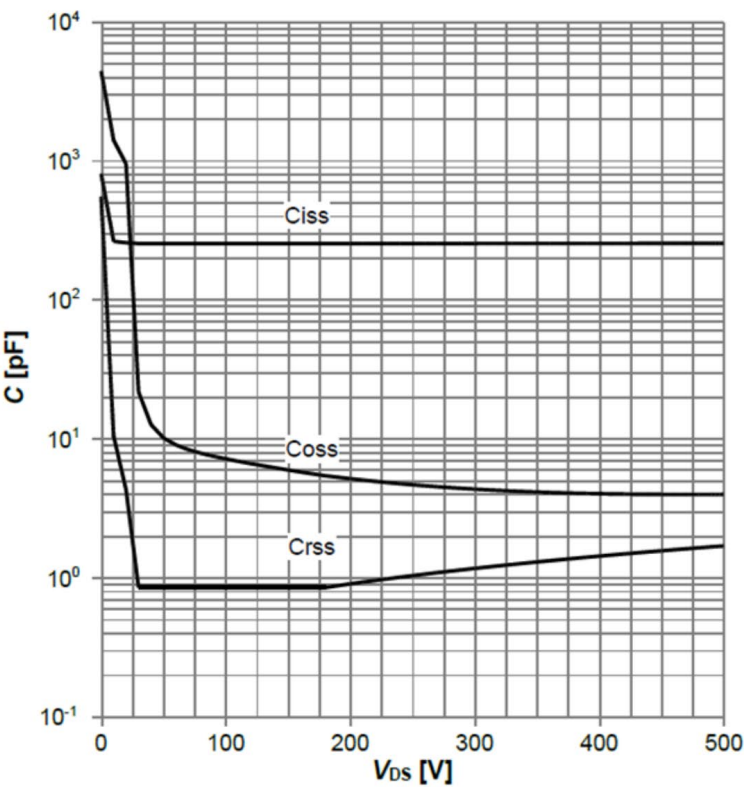


图 29 ICE5GR1680AG-1 的典型 CoolMOS™ 电容； $C = f(V_{DS})$ ， $(V_{GS} = 0\text{ V}; f = 250\text{ kHz})$

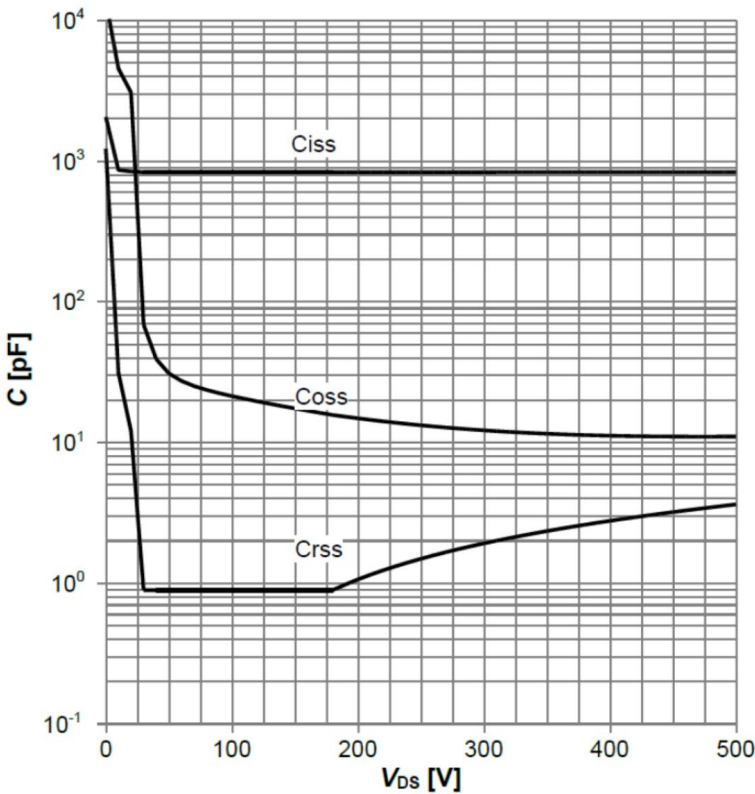


图 30 ICE5AR0680AG-1 的典型 CoolMOS™ 电容； $C = f(V_{DS})$ ， $(V_{GS} = 0\text{ V}; f = 250\text{ kHz})$

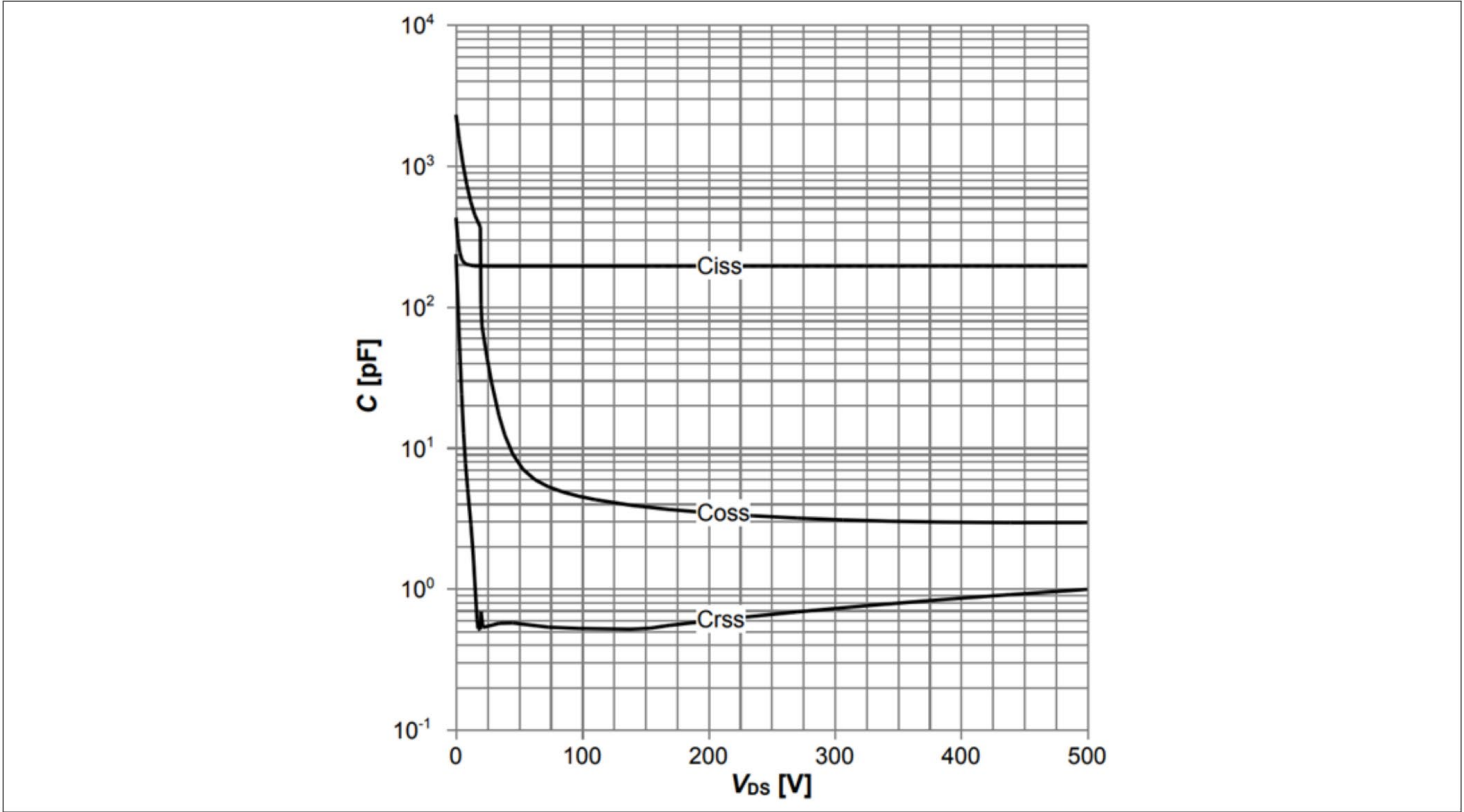


图 31 ICE5BR3995AG-1 的典型 CoolMOS™ 电容； $C = f(V_{DS})$ ， ($V_{GS} = 0\text{ V}$ ； $f = 250\text{ kHz}$)

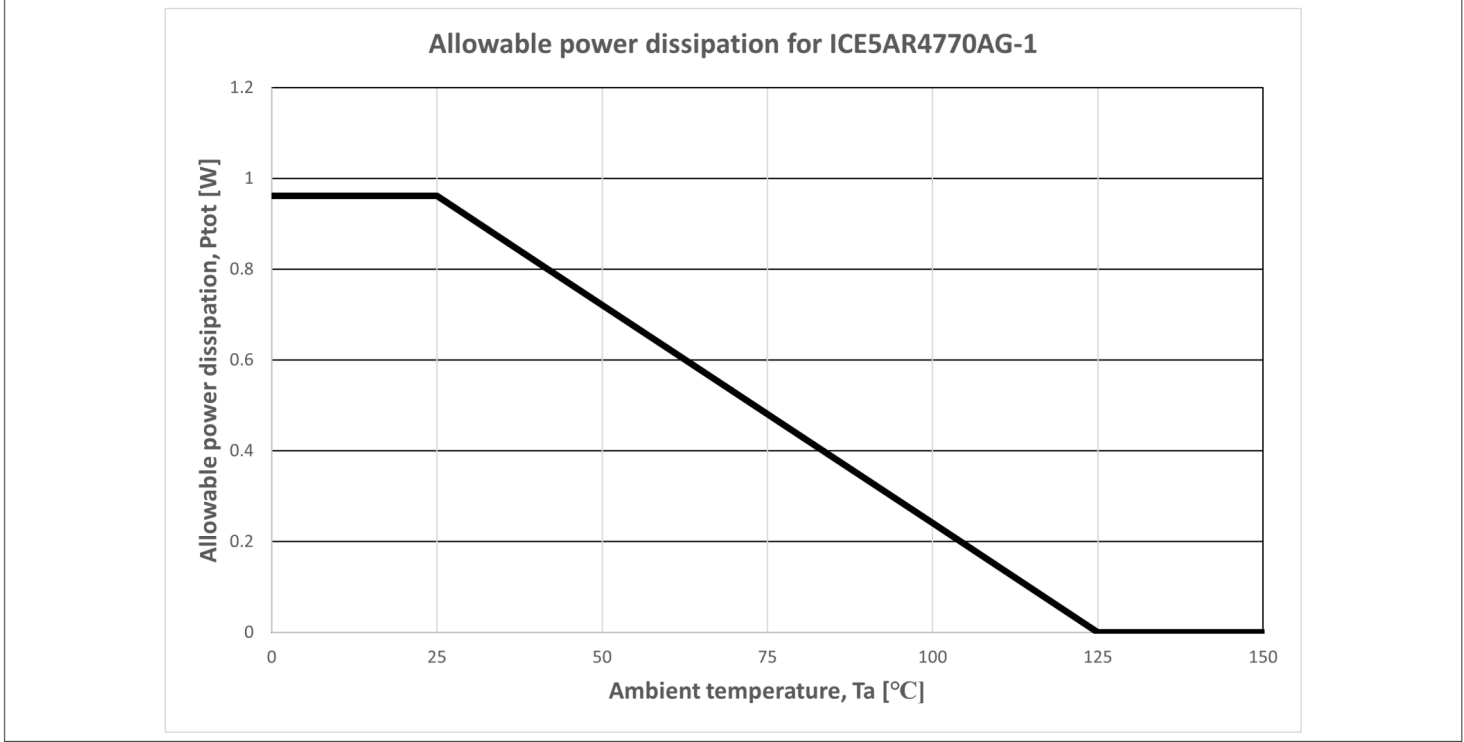


图 32 ICE5AR4770AG-1 的功率耗散； $P_{tot} = f(T_a)$ （不得超过第 6 章中给出的最大额定值）

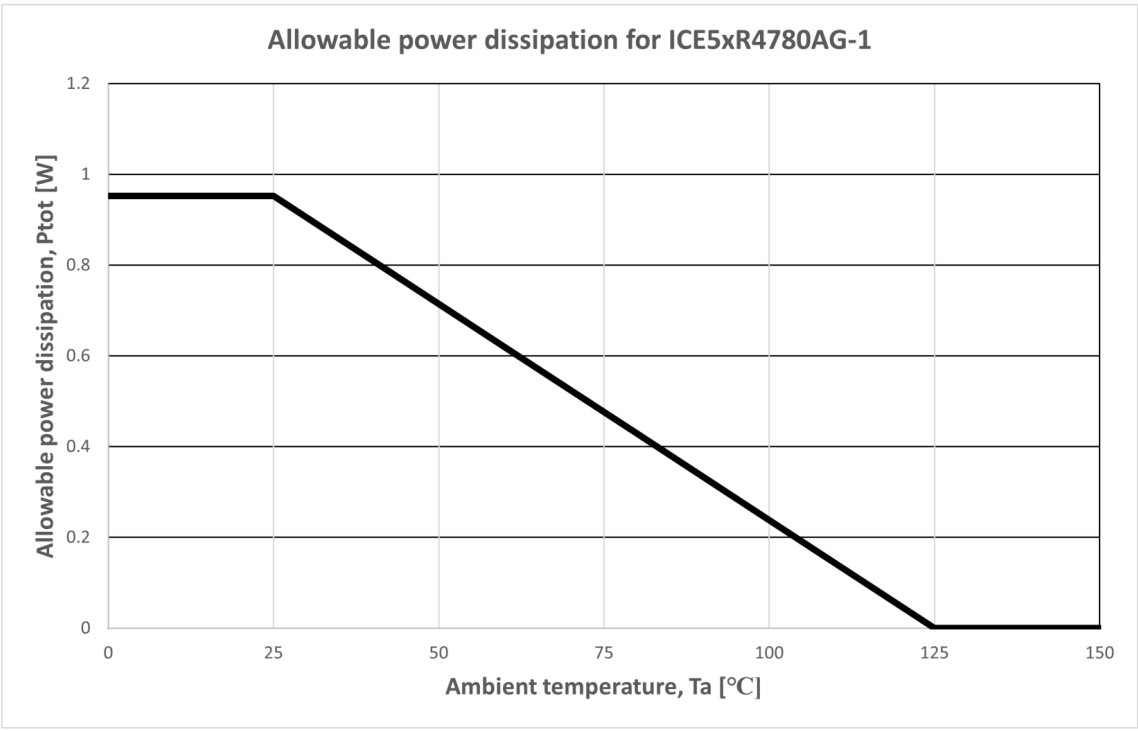


图 33 ICE5xR4780AG-1 的功率耗散； $P_{tot} = f(T_a)$ （不得超过第 6 章中给出的最大额定值）

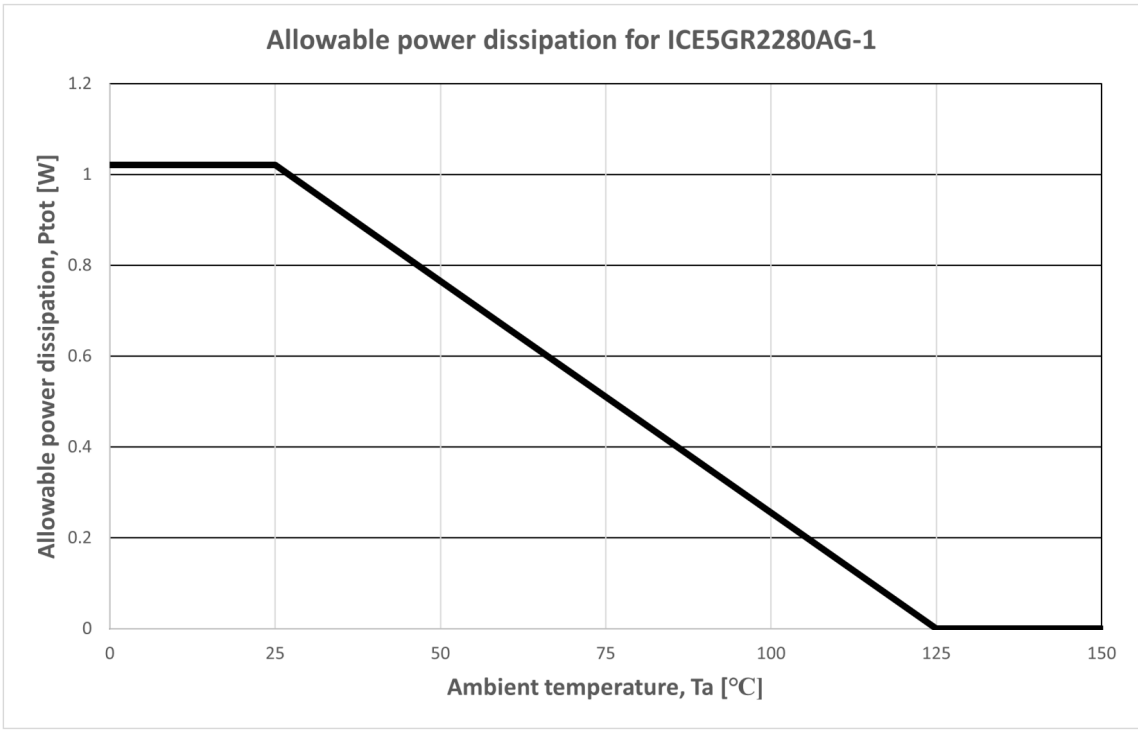


图 34 ICE5GR2280AG-1 的功率耗散； $P_{tot} = f(T_a)$ （不得超过第 6 章给出的最大额定值）

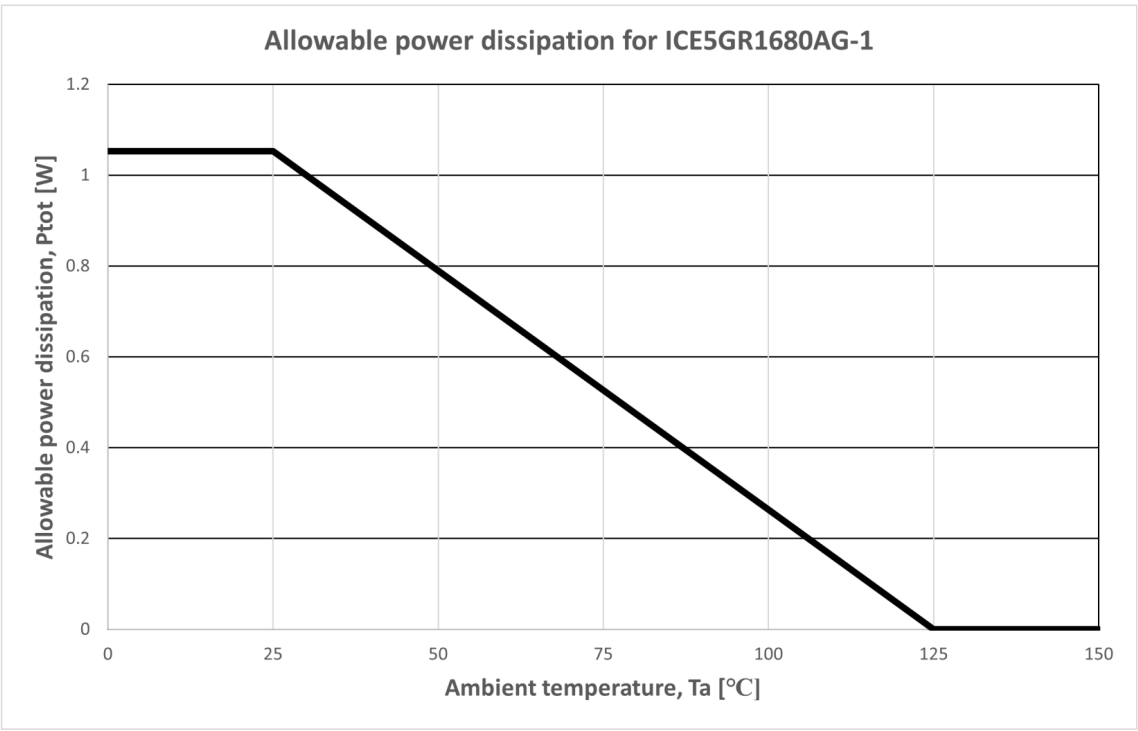


图 35 ICE5GR1680AG-1 的功率耗散； $P_{tot} = f(T_a)$ （不得超过第 6 章给出的最大额定值）

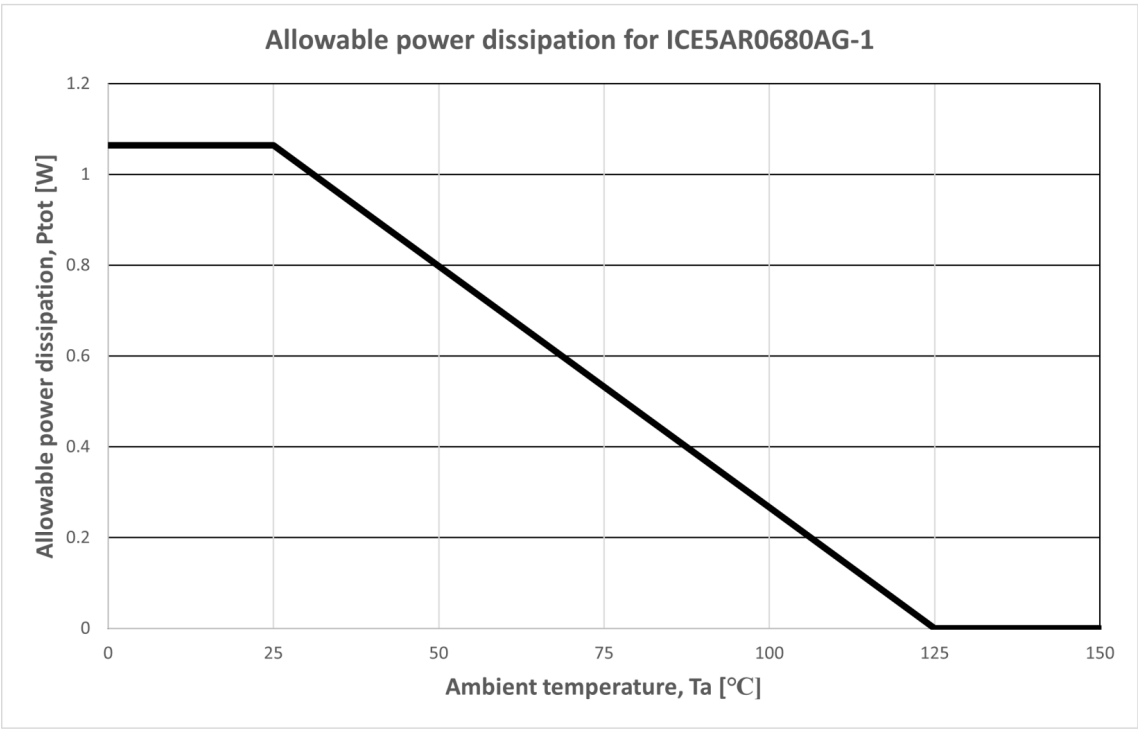


图 36 ICE5AR0680AG-1 的功率耗散； $P_{tot} = f(T_a)$ （不得超过第 6 章给出的最大额定值）

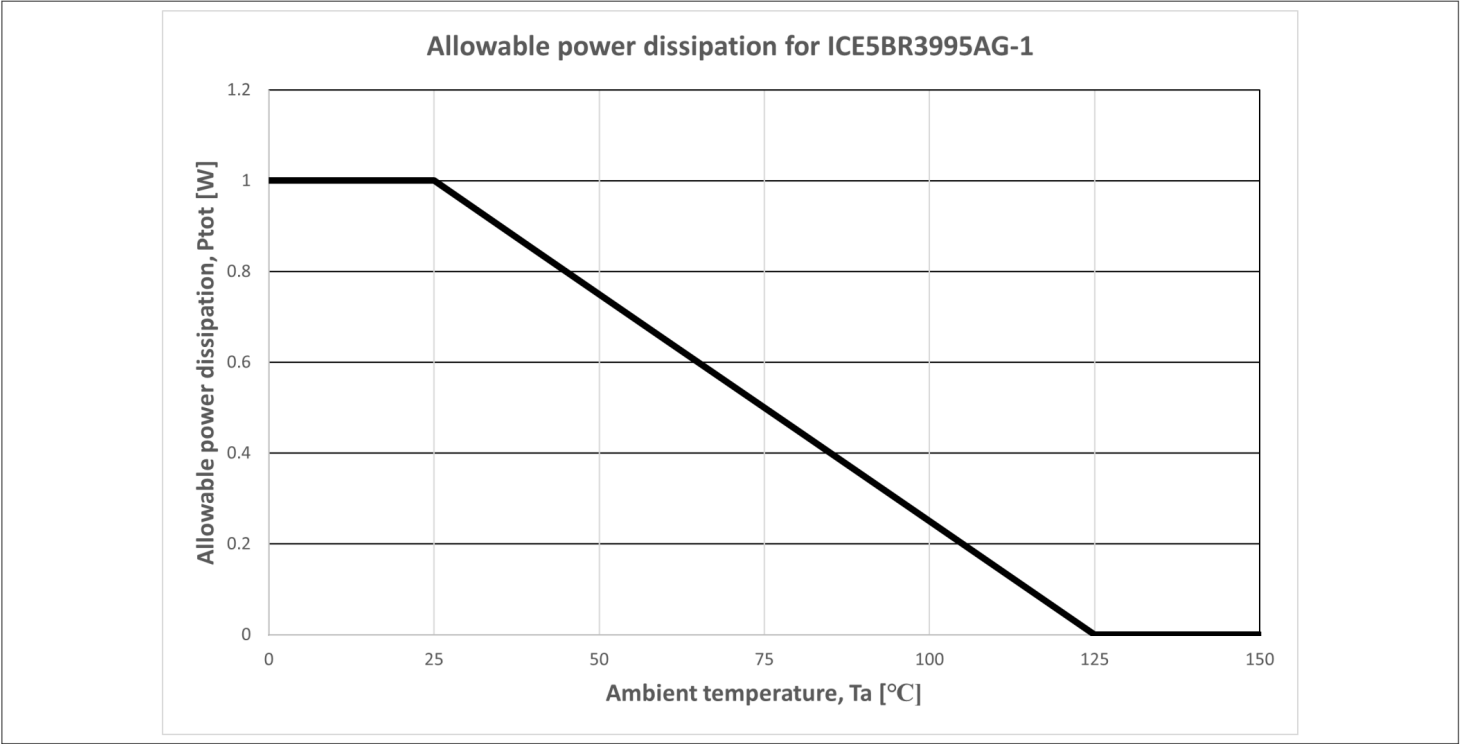


图 37 ICE5BR3995AG-1 的功率耗散； $P_{tot} = f(T_a)$ （不得超过第 6 章中给出的最大额定值）

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 oz 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。

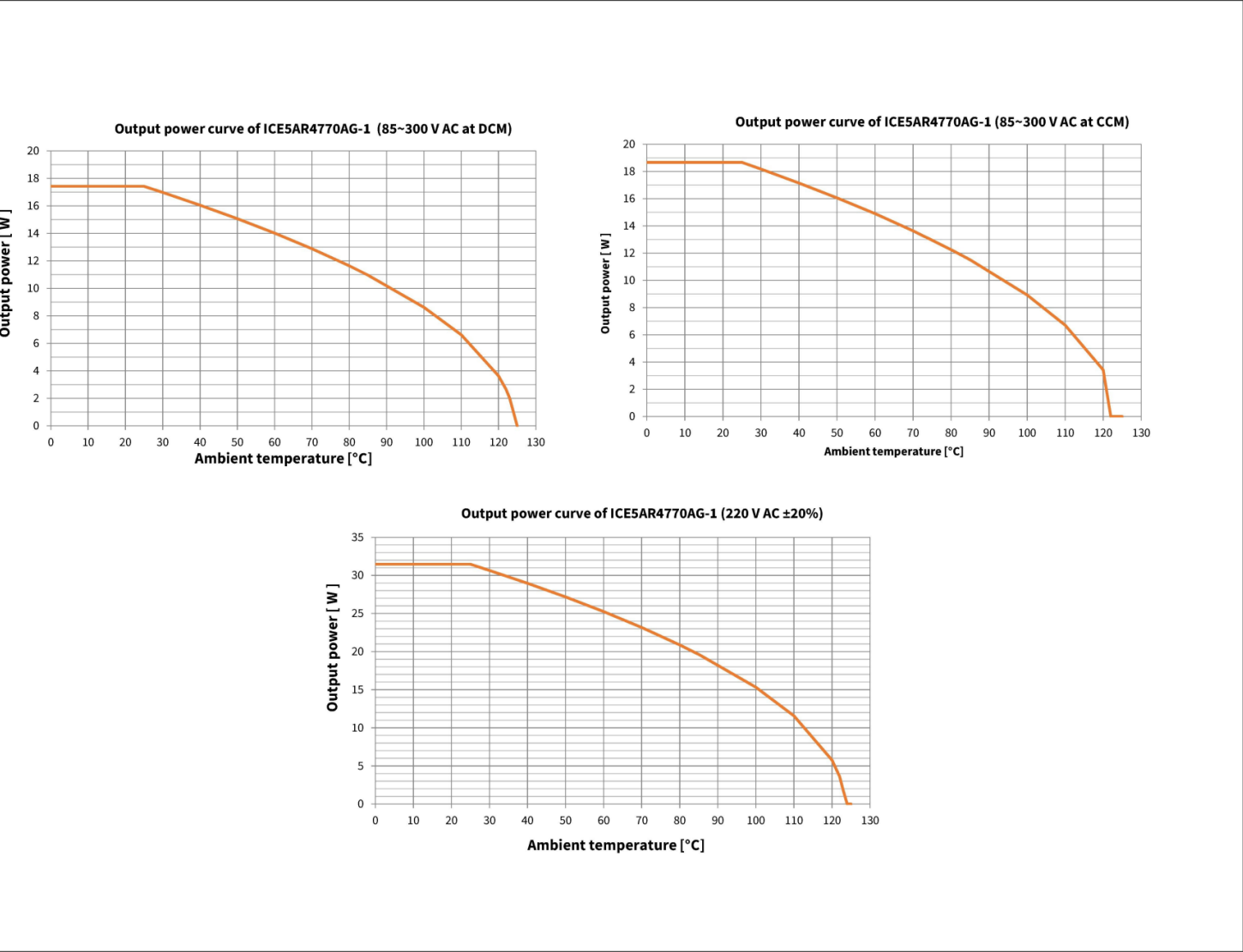


图 38 ICE5AR4770AG-1 的输出功率曲线

6 输出功率曲线

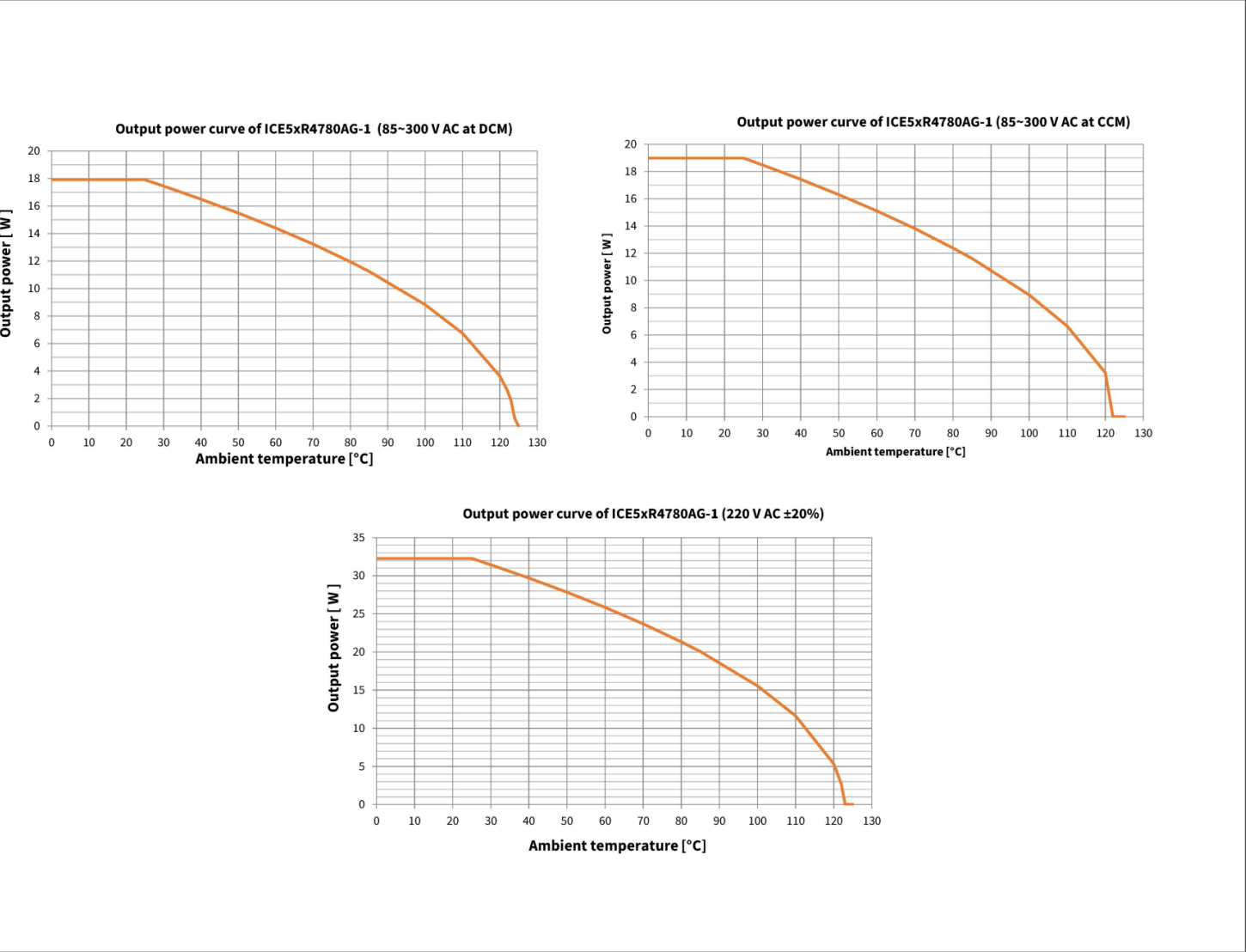


图 39 ICE5xR4780AG-1 的输出功率曲线

6 输出功率曲线

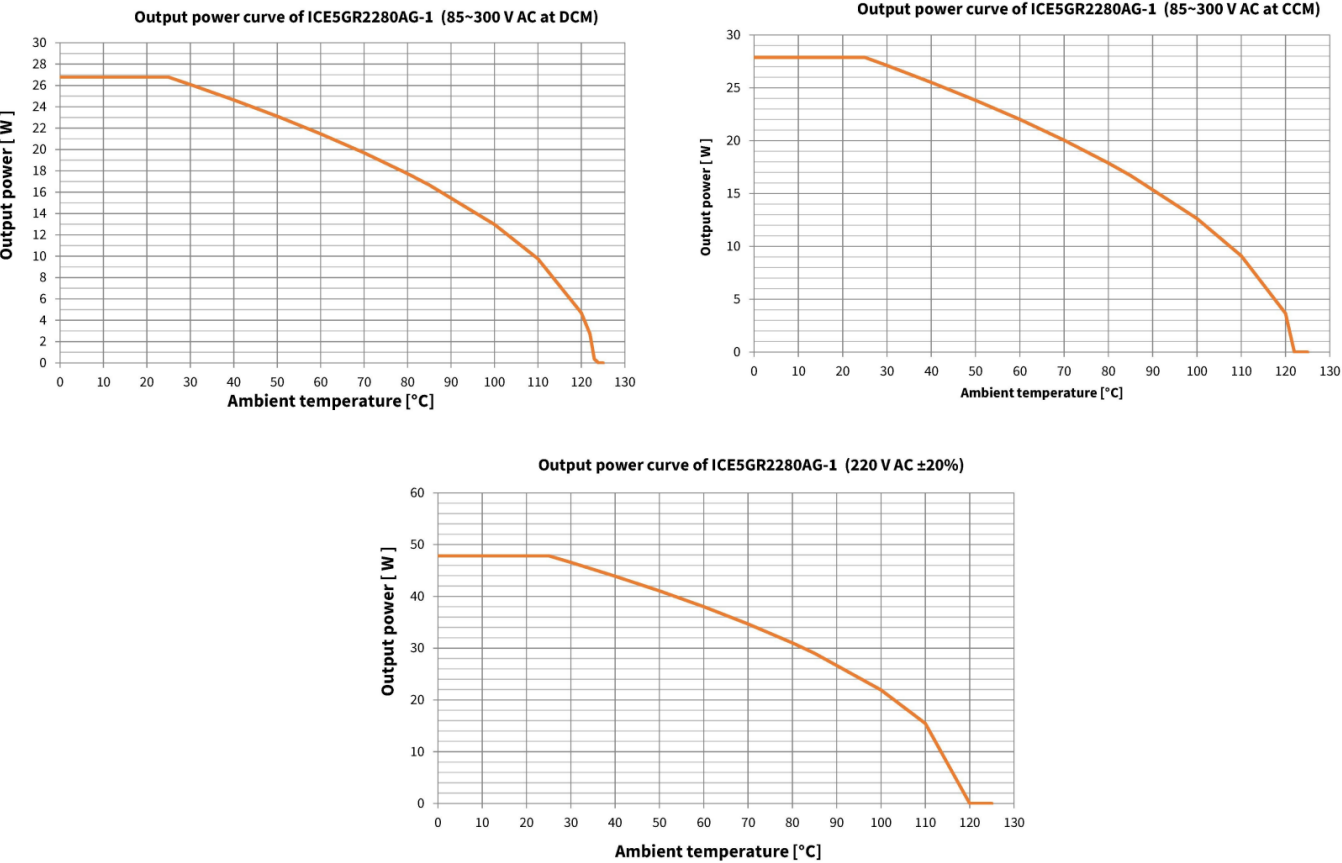


图 40 ICE5GR2280AG-1 的输出功率曲线

6 输出功率曲线

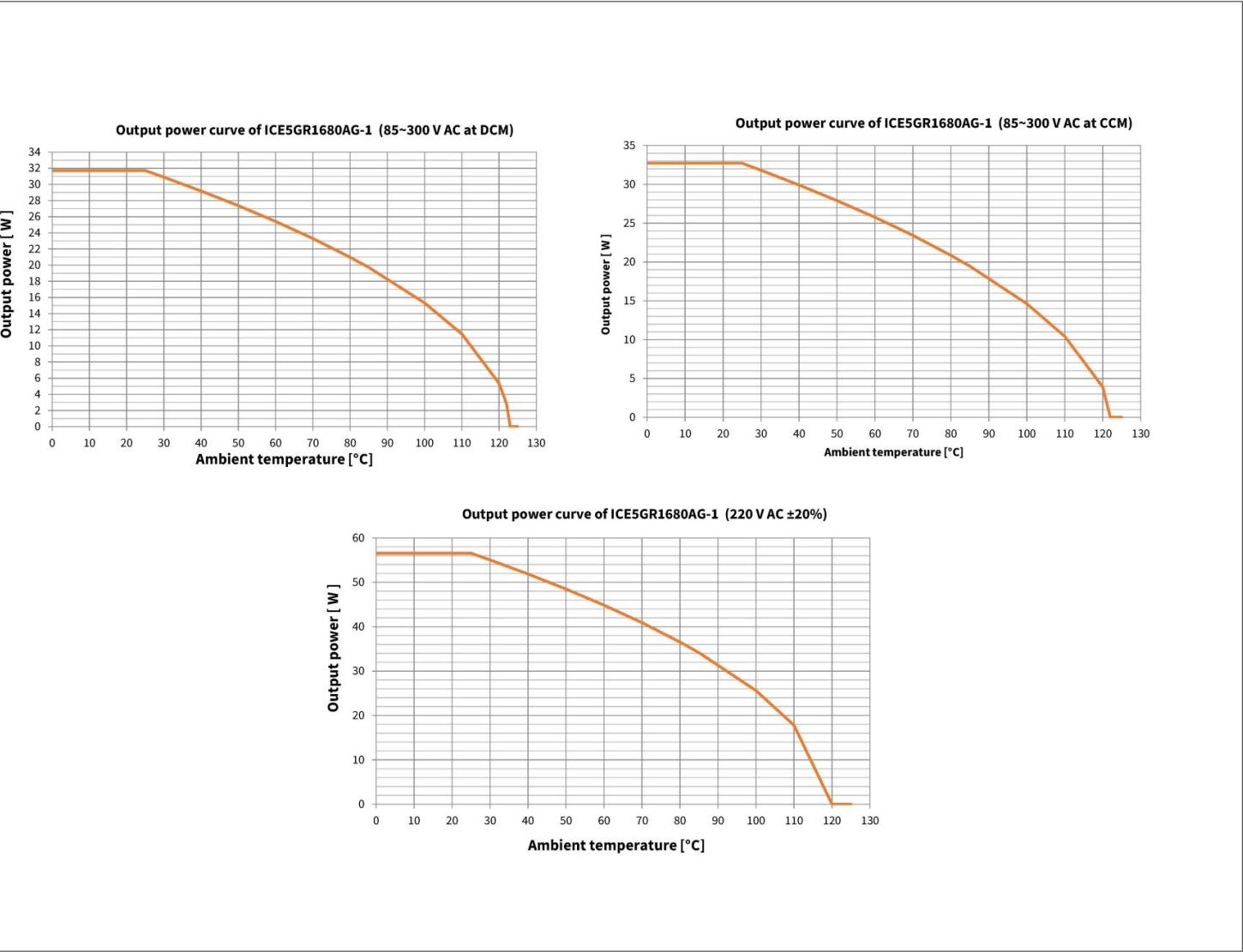


图 41 ICE5GR1680AG-1 的输出功率曲线

6 输出功率曲线

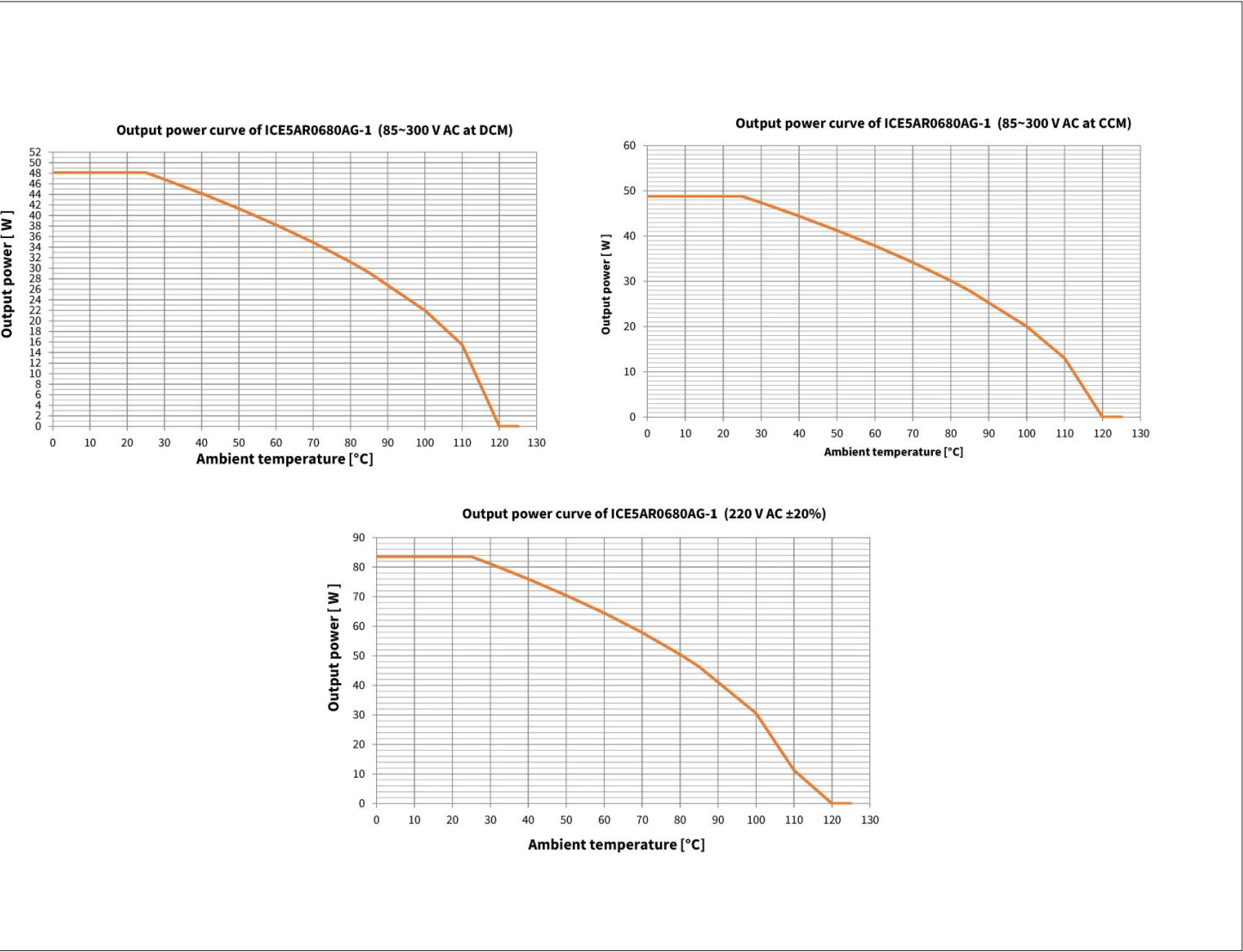


图 42 ICE5AR0680AG-1 的输出功率曲线

6 输出功率曲线

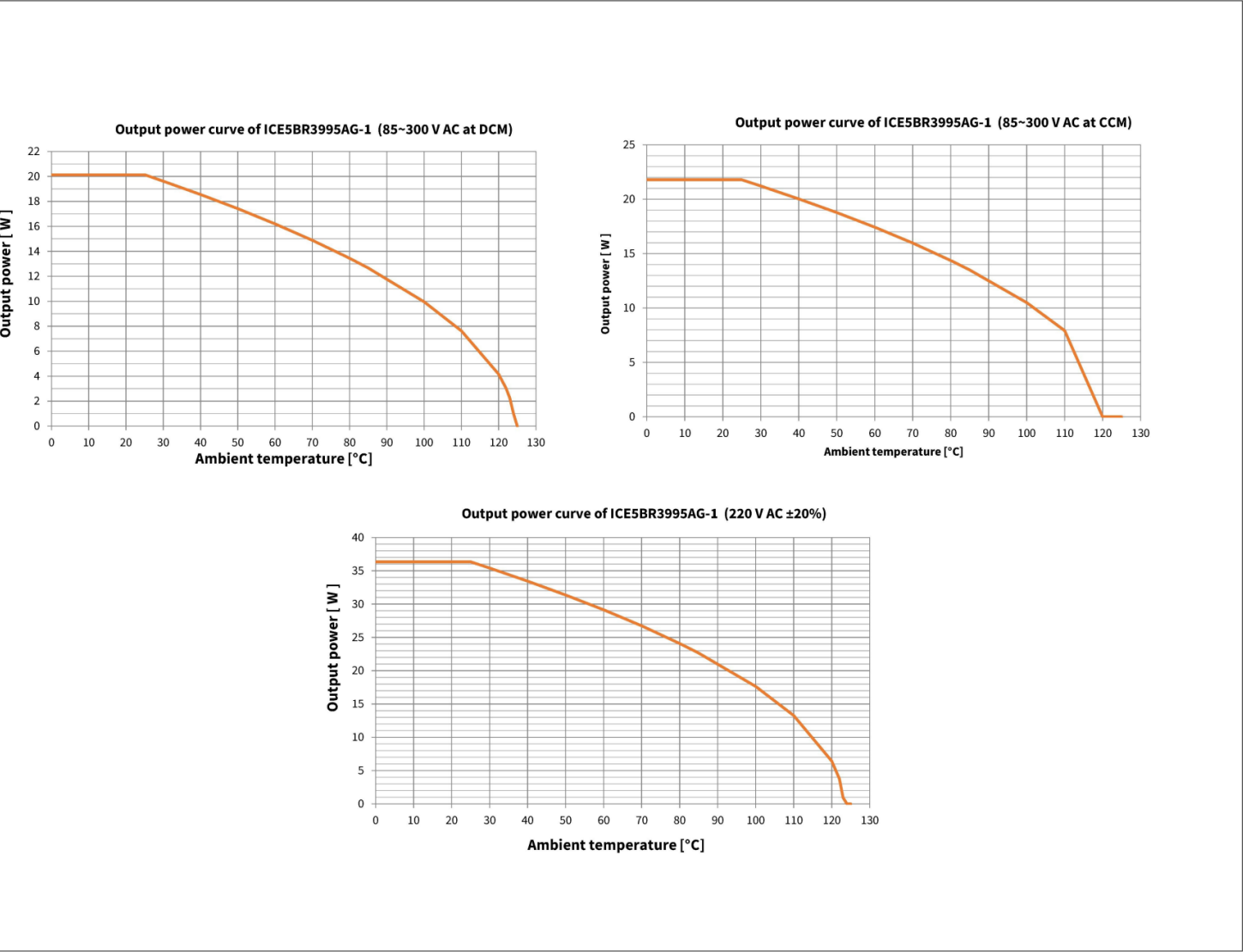


图 43 ICE5BR3995AG-1 的输出功率曲线

7 封装信息

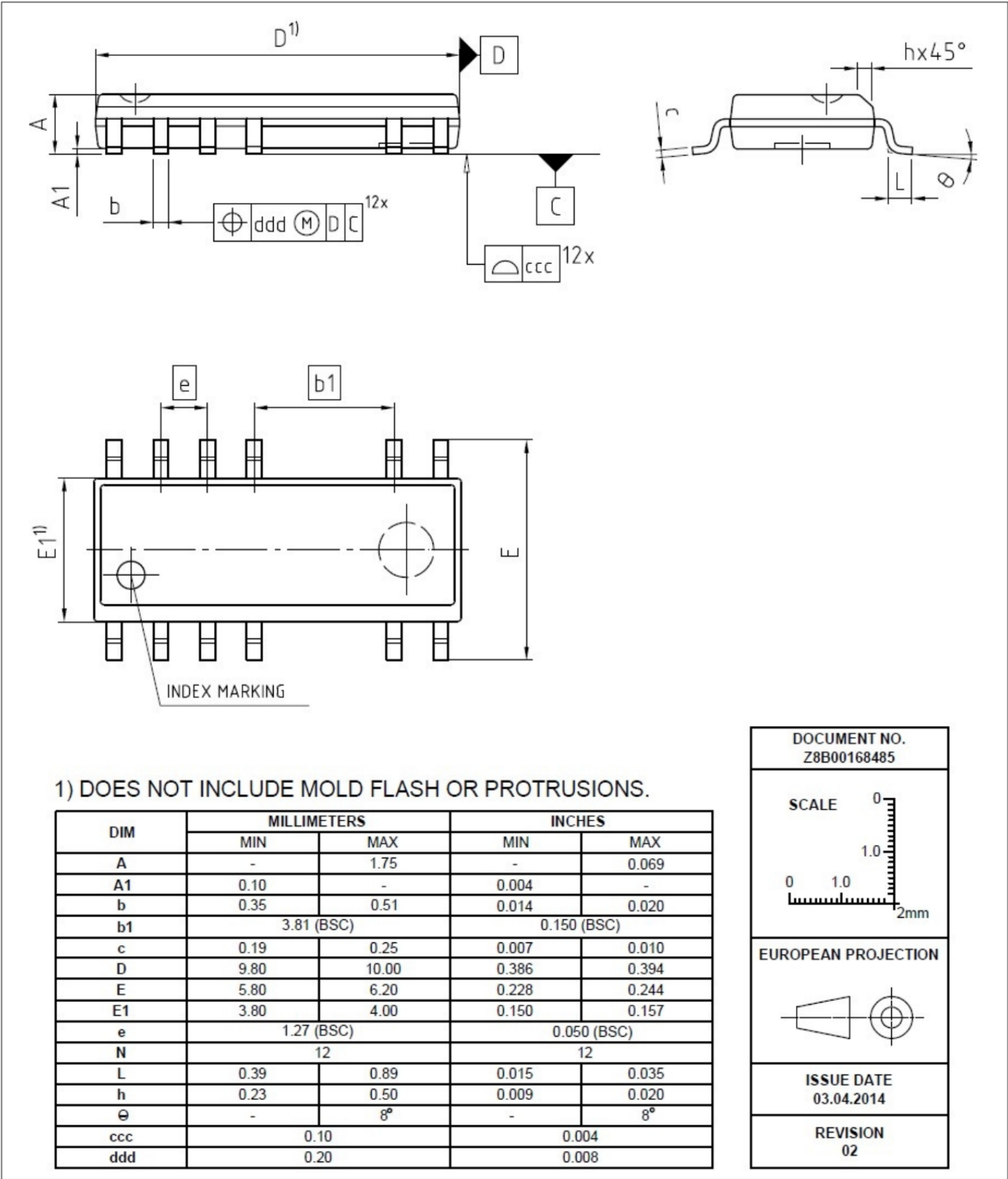


图 44 封装信息

7 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>

7.1 标记

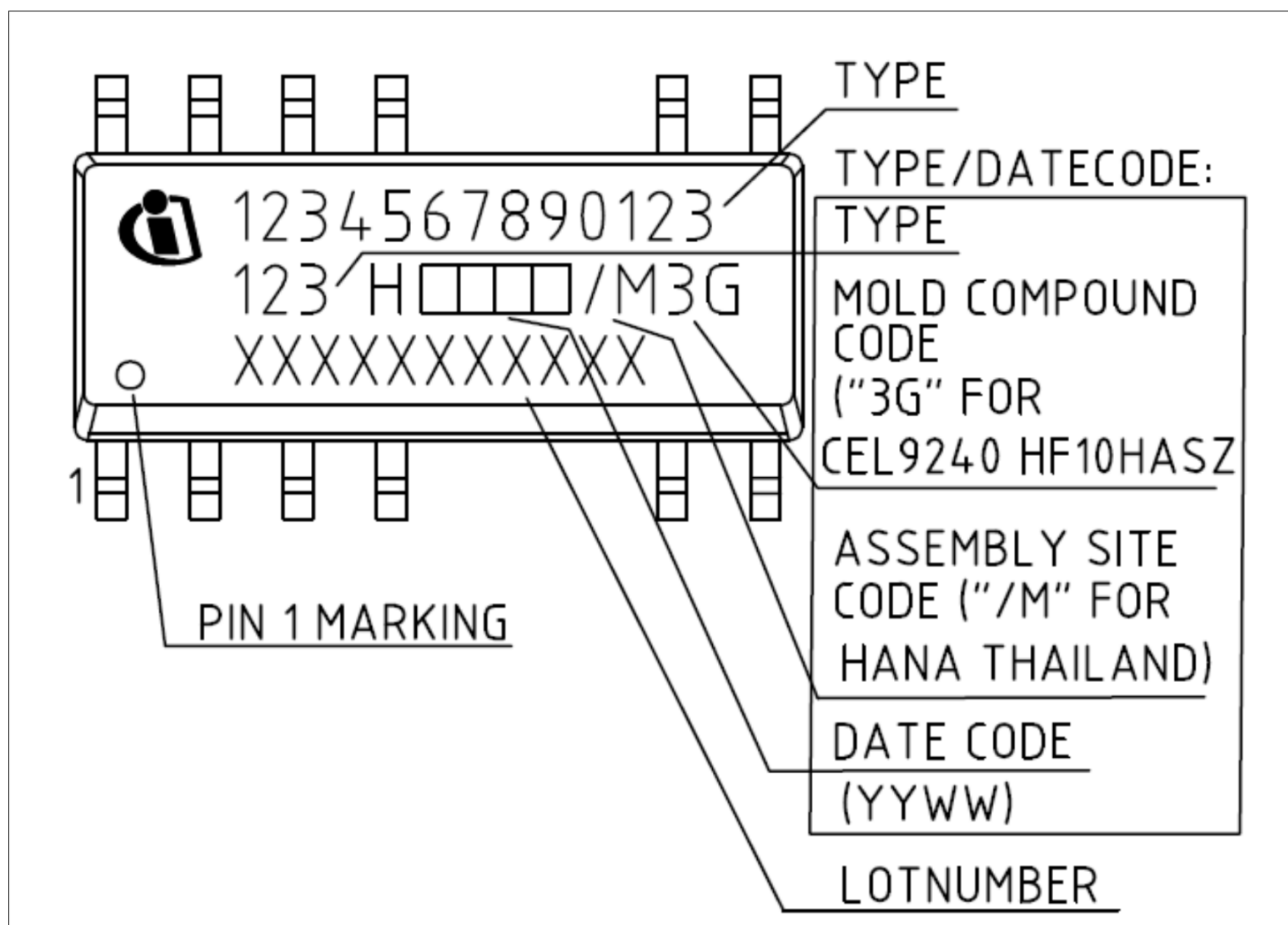


图 45 PG-DSO-12-24 封装上的标记



8 修订记录

Revision	Date	Changes
Rev 1.0	14 Jan 2025	First release

Trademarks

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

Edition 2025-01-14

Published by

Infineon Technologies AG
81726 Munich, Germany

© 2025 Infineon Technologies AG
All Rights Reserved.

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

Email: erratum@infineon.com

Document reference
IFX-zdy1729779703182

Important notice

The information given in this document shall in no event be regarded as a guarantee of conditions or characteristics ("Beschaffenhheitsgarantie").

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.

In addition, any information given in this document is subject to customer's compliance with its obligations stated in this document and any applicable legal requirements, norms and standards concerning customer's products and any use of the product of Infineon Technologies in customer's applications.

The data contained in this document is exclusively intended for technically trained staff. It is the responsibility of customer's technical departments to evaluate the suitability of the product for the intended application and the completeness of the product information given in this document with respect to such application.

Warnings

Due to technical requirements products may contain dangerous substances. For information on the types in question please contact your nearest Infineon Technologies office.

Except as otherwise explicitly approved by Infineon Technologies in a written document signed by authorized representatives of Infineon Technologies, Infineon Technologies' products may not be used in any applications where a failure of the product or any consequences of the use thereof can reasonably be expected to result in personal injury.



免责声明

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

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

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

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

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

Trademarks

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

版本 2026-09-18

Infineon Technologies AG 出版，
德国 Neubiberg 85579

版权 © 2026 Infineon Technologies AG
及其关联公司。
保留所有权利。

**Do you have a question about this
document?**

Email:

erratum@infineon.com

重要通知

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

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

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

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

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

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

如果产品包含安全功能：

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

如果本文件包含或引用软件：

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

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