

# 英飞凌准谐振 700 V/800 V CoolSET™ - 采用 DIP-7 和 DSO-12 封装

## 产品亮点

- 集成 700 V/800V CoolMOS™，雪崩能力强
- 新颖的准谐振运行和专有实施，实现低 EMI
- 增强型主动突发模式，具有可选的进入和退出待机功率
- 主动突发模式可达到最低待机功耗<100 mW
- 借助共源共栅配置实现快速启动
- 数字降频，提高整体系统效率
- 具有输入 OVP 和断电保护功能的强大线路保护功能
- 全面保护
- 无铅电镀、无卤塑封材料，符合 RoHS 标准



## 特性

- 集成 700 V/800V CoolMOS™，雪崩能力强
- 高线与低线之间的开关频率差最小，效率更高以及 EMI 更好
- 增强型主动突发模式，具有可选的进入和退出待机功率
- 主动突发模式可达到最低待机功耗<100 mW
- 借助共源共栅配置实现快速启动
- 数字降频，最多 10 次零交叉
- 内置数字软启动
- 逐周期峰值电流限制
- 最大开/关机时间限制，以避免在启动和关机时产生噪音
- 具有输入 OVP 和断电保护功能的强大线路保护功能
- 自动重启模式保护：VCC 过压、VCC 欠压、过载/开环、线路/输出过压、欠压、过热
- VCC 短路至 GND 时充电电流有限
- 无铅电镀、无卤塑封材料，符合 RoHS 标准

## 应用

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

## 描述

准谐振 CoolSET™-(ICE5QRxxxxAx)是第五代准谐振集成电源 IC，专为级联配置的离线开关电源而优化。它采用单封装，内含 2 个独立芯片，一个是控制器芯片，另一个是 HV MOSFET 芯片。通过专有的新颖准谐振工作方式，该集成电路可实现更低的电磁干扰和更高的效率，并能改善数字频率的降低。增强型主动突发模式可灵活选择待机功率范围。该产品的集成电路电源工作范围宽（10 ~ 25.5 V），功耗更低。众多保护功能，包括强大的线路保护（输入 OVP 和断电），可在故障情况下支持电源系统的保护。所有这些使 CoolSET™ (ICE5QRxxxxAx) 系列成为市场上准谐振反激式转换器中出色的集成功率器件。

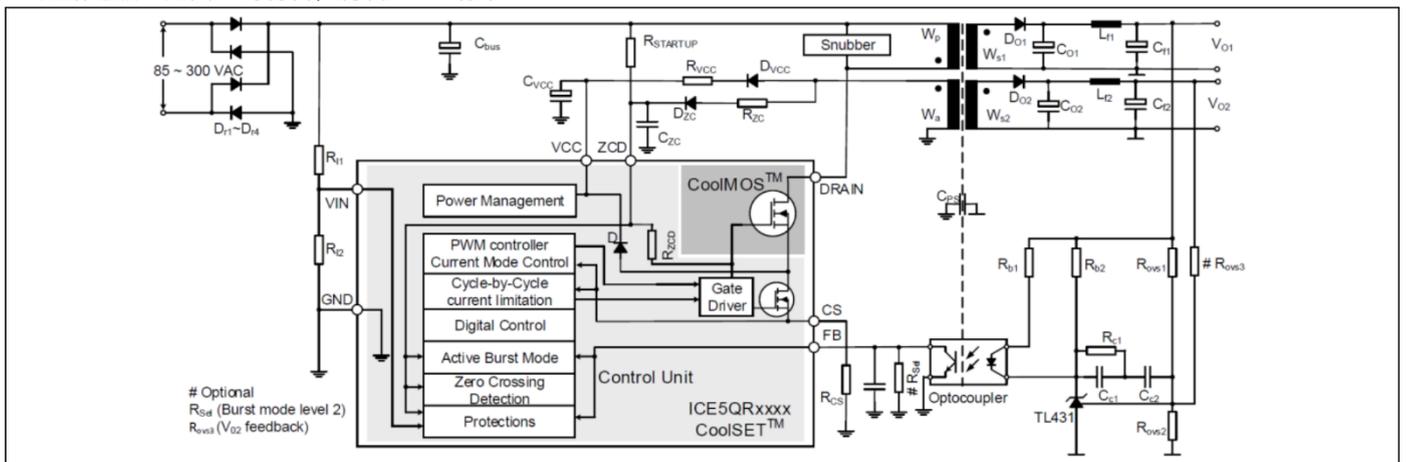


图1 典型应用

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）。

## 第五代准谐振 CoolSET™ 的输出功率

## 第五代准谐振 CoolSET™ 的输出功率

表 1 第五代准谐振 CoolSET™ 的输出功率

Type	Package	Marking	V <sub>DS</sub>	R <sub>DS(on)1</sub>	220V <sub>AC</sub> ±20% <sup>2</sup>	85-300 V <sub>AC2</sub>
ICE5QR4770AZ	PG-DIP-7	5QR4770AZ	700 V	4.73 Ω	27 W	15 W
ICE5QR4780AZ	PG-DIP-7	5QR4780AZ	800 V	4.13 Ω	28 W	15 W
ICE5QR2270AZ	PG-DIP-7	5QR2270AZ	700 V	2.13 Ω	41 W	22 W
ICE5QR2280AZ	PG-DIP-7	5QR2280AZ	800 V	2.13 Ω	41 W	22 W
ICE5QR1070AZ	PG-DIP-7	5QR1070AZ	700 V	1.15 Ω	58 W	32 W
ICE5QR0680AZ	PG-DIP-7	5QR0680AZ	800 V	0.71 Ω	74 W	41 W
ICE5QR4770AG	PG-DSO-12	5QR4770AG	700 V	4.73 Ω	27 W	15 W
ICE5QR1680AG	PG-DSO-12	5QR1680AG	800 V	1.53 Ω	50 W	27 W
ICE5QR0680AG	PG-DSO-12	5QR0680AG	800 V	0.71 Ω	77 W	42 W

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

<sup>2</sup> 在 T<sub>a</sub> = 50°C、T<sub>J</sub> = 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。

## 目录

## 目录

产品亮点.....	1
特性 .....	1
应用 .....	1
描述 .....	1
第五代准谐振CoolSET™的输出功率 .....	2
目录 .....	3
<b>1 引脚配置和功能.....</b>	<b>5</b>
<b>2 代表性框图.....</b>	<b>6</b>
<b>3 功能说明 .....</b>	<b>7</b>
3.1 启动期间的V <sub>CC</sub> 预充电和典型V <sub>CC</sub> 电压 .....	7
3.2 软启动 .....	7
3.3 正常工作.....	8
3.3.1 数字降频.....	8
3.3.1.1 最小ZC 计数的确定 .....	8
3.3.1.2 上/下计数器.....	8
3.3.1.3 零交叉 (ZC 计数器) .....	9
3.3.2 铃声抑制时间.....	10
3.3.2.1 导通判断 .....	10
3.3.3 关断判断 .....	10
3.3.4 调制栅极驱动 .....	11
3.4 限流.....	11
3.5 具有可选功率级别的主动突发模式.....	12
3.5.1 进入主动突发模式操作.....	13
3.5.2 主动突发模式运行期间.....	13
3.5.3 离开主动突发模式运行.....	13
3.6 保护功能.....	14
3.6.1 线路过压 .....	15
3.6.2 掉电 .....	15
3.6.3 V <sub>CC</sub> 过压或欠压 .....	15
3.6.4 过载 .....	15
3.6.5 输出过压.....	15
3.6.6 过温 .....	15
<b>4 电气特性 .....</b>	<b>18</b>
4.1 绝对最大额定值.....	18
4.2 工作范围.....	20
4.3 工作条件.....	20
4.4 内部电压参考 .....	21
4.5 PWM 部分 .....	21
4.6 电流检测.....	21
4.7 软启动.....	22
4.8 数字零交叉.....	22
4.9 主动突发模式.....	23
4.10 线路过压保护.....	23
4.11 断电保护.....	23
4.12 V <sub>CC</sub> 过压保护 .....	24
4.13 过载保护.....	24

目录

4.14	输出过压保护 .....	24
4.15	热保护 .....	24
4.16	CoolMOS™ 部分 .....	25
<b>5</b>	<b>CoolMOS™ 性能特性 .....</b>	<b>27</b>
<b>6</b>	<b>输出功率曲线 .....</b>	<b>41</b>
<b>7</b>	<b>外形尺寸 .....</b>	<b>50</b>
<b>8</b>	<b>标记 .....</b>	<b>52</b>
	<b>修订记录 .....</b>	<b>53</b>

引脚配置和功能

# 1 引脚配置和功能

引脚配置如图2所示，功能说明如表2所示。

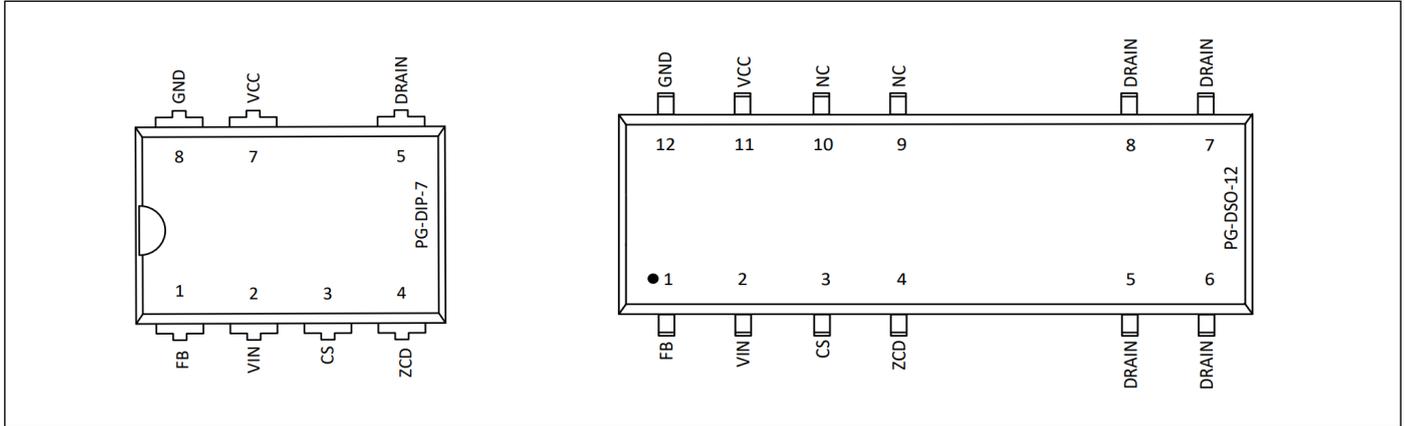


图2 引脚配置

表2 引脚定义及功能

Pin		Symbol	Function
DIP-7	DSO-12		
1	1	FB	<b>Feedback &amp; Burst entry/exit control</b> FB pin combines the functions of feedback control, selectable burst entry/exit control and overload/open loop protection.
2	2	VIN	<b>Input Line OVP &amp; Brownout</b> VIN pin is connected to the bus via resistor divider (see Figure 1) to sense the line voltage. This pin combines the functions of input Line OVP, Brownout and minimum ZC count setting for low and high line.
3	3	CS	<b>Current Sense</b> 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	4	ZCD	<b>Zero Crossing Detection</b> ZCD pin combines the functions of start up, zero crossing detection and output over voltage protection. During the start up, it is used to provide a voltage level to the gate of power switch CoolMOS™ to charge V <sub>CC</sub> capacitor.
5	5, 6, 7, 8	DRAIN	<b>Drain</b> The DRAIN pin is connected to the drain of the integrated CoolMOS™.
7	11	VCC	<b>VCC(Positive Voltage Supply)</b> The VCC pin is the positive voltage supply to the IC. The operating range is between V <sub>VCC_OFF</sub> and V <sub>VCC_OVP</sub> .
8	12	GND	<b>Ground</b> The GND pin is the common ground of the CoolSET™.
-	9, 10	NC	Not connected.

代表性框图

2 代表性框图

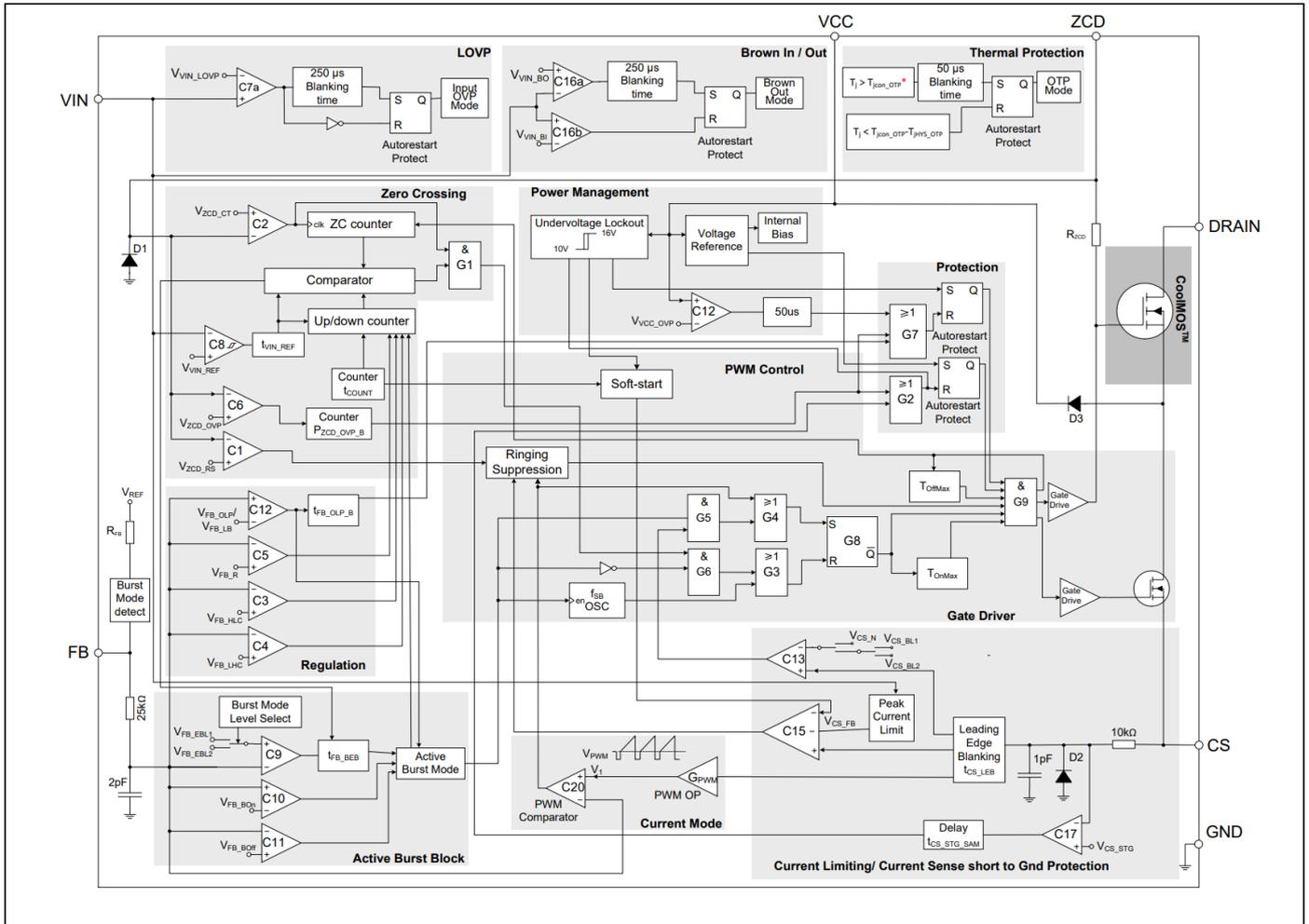


图 3 代表性框图

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。

功能说明

### 3 功能说明

#### 3.1 启动期间的 V<sub>CC</sub>预充电和典型 V<sub>CC</sub>电压

如图1所示，一旦施加线路输入电压，电容器C<sub>BUS</sub>上就会出现整流电压。上拉电阻R<sub>STARTUP</sub>提供电流，对CoolMOS™的C<sub>iss</sub>（输入电容）充电，并逐渐产生一个电压电平。如果C<sub>iss</sub>上的电压足够高，CoolMOS™将接通，V<sub>CC</sub>电容将通过变压器L<sub>p</sub>的初级电感、CoolMOS™和内部二极管D<sub>3</sub>以及两级恒流源I<sub>VCC\_Charge11</sub>和I<sub>VCC\_Charge31</sub>充电。

一个非常小的恒流源（I<sub>VCC\_Charge1</sub>）为V<sub>CC</sub>电容充电，直到V<sub>CC</sub>达到V<sub>CC\_SCP</sub>，以保护控制器在启动过程中避免V<sub>CC</sub>引脚对地短路。之后，第二步恒流源（I<sub>VCC\_Charge3</sub>）将进一步为V<sub>CC</sub>电容充电，直到V<sub>CC</sub>电压超过开启阈值V<sub>VCC\_ON</sub>。如图4中的时间阶段I所示，V<sub>CC</sub>电压几乎以线性方式分两步上升。

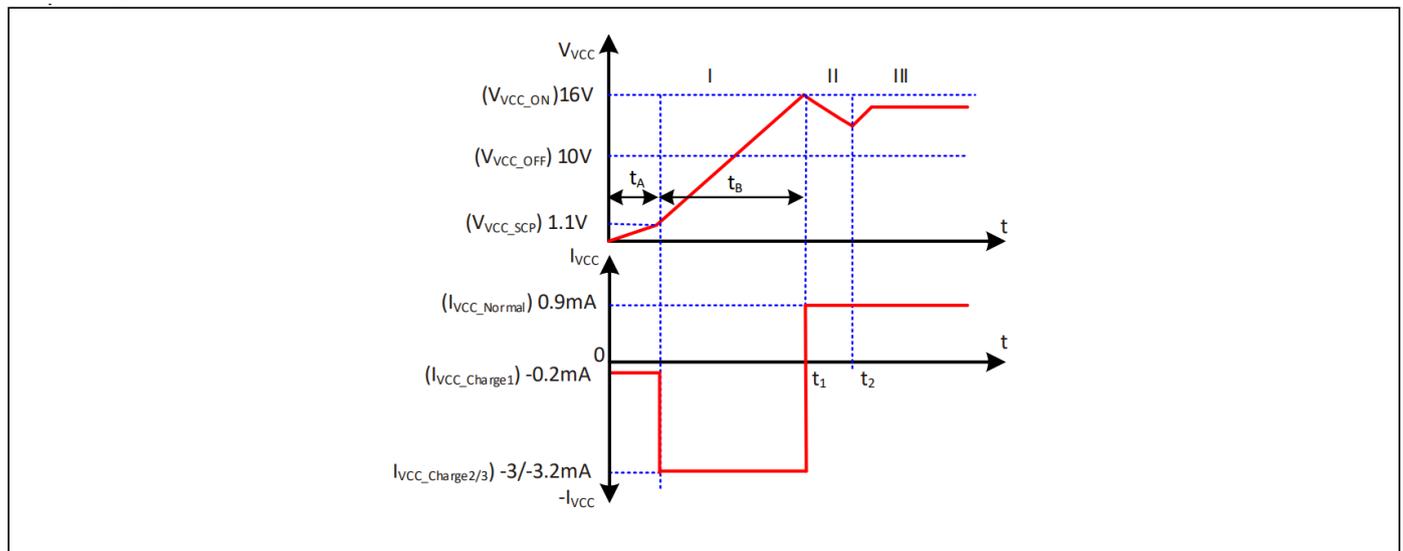


图 4 启动时的 VCC 电压和电流

因此，V<sub>CC</sub> 预充电所需的时间可近似计算为

$$t_1 = t_A + t_B = \frac{V_{VCC\_SCP} \cdot C_{VCC}}{I_{VCC\_Charge1}} + \frac{(V_{VCC\_ON} - V_{VCC\_SCP}) \cdot C_{VCC}}{I_{VCC\_Charge3}} \tag{1}$$

当V<sub>CC</sub>电压在t<sub>1</sub>时刻超过V<sub>CC</sub> 接通阈值V<sub>VCC\_ON</sub>时，集成电路开始软启动运行。由于集成电路的功耗，以及在输出电压升高之前辅助绕组还没有能量为V<sub>CC</sub> 电容充电，V<sub>CC</sub> 电压下降（第二阶段）。一旦输出电压足够高，V<sub>CC</sub> 电容就会从t<sub>2</sub>开始接收来自辅助绕组的能量，并将I<sub>VCC\_Normal2</sub> 输送到CoolSET™。然后，V<sub>CC</sub> 将根据输出负载达到一个恒定值。

#### 3.2 软启动

如图5所示，在t<sub>on</sub>，集成电路开始软启动运行。通过这种软启动，MOSFET、二极管和变压器的开关应力降到了最低。ICE5QRxxxxAx 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<sub>ss</sub>（12 毫秒），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0.3V逐步增至1V。在前3毫秒的

<sup>1</sup>I<sub>VCC\_Charge1/2/3</sub> 启动过程中从控制器到 VCC 电容器的充电电流

<sup>2</sup>I<sub>VCC\_Normal</sub> 是正常运行期间从 VCC 电容器或辅助绕组到 CoolSET™ 供电电流。

## 功能说明

软启动时，振铃抑制时间设定为  $25\ \mu\text{s}$ ，以避免开关断开振荡噪声造成不规则开关。

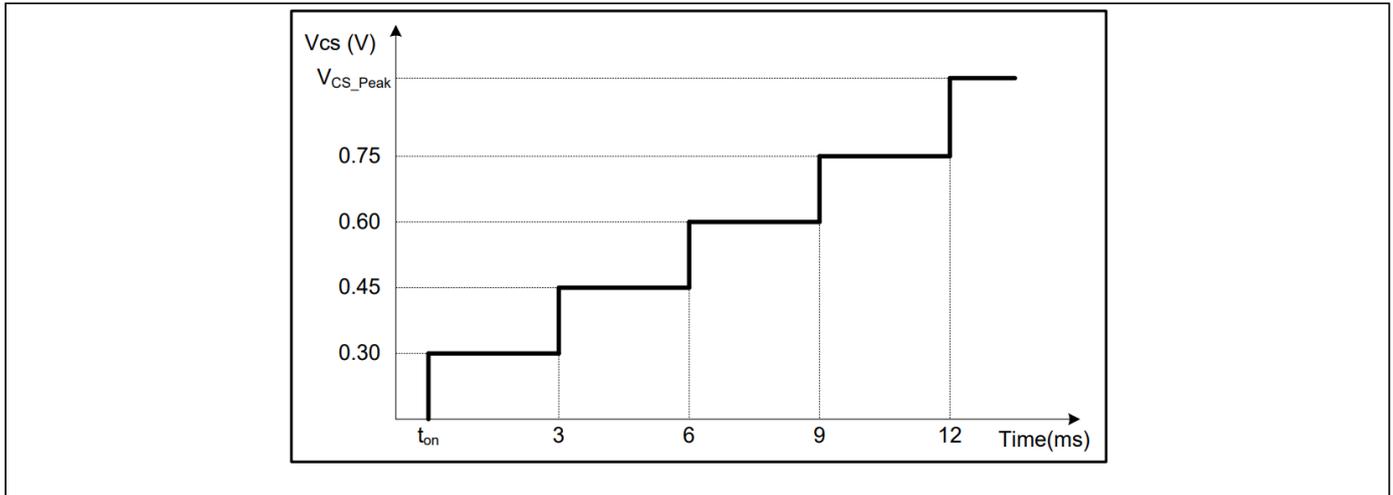


图 5 软启动时的最大电流感应电压

## 3.3 正常工作

在正常工作时，ICE5QRxxxxAx 采用由一个上/下计数器、一个过零计数器（ZC 计数器）和一个比较器组成的数字信号处理电路，以及由一个电流测量单元和一个比较器组成的模拟电路。开关时间点分别由数字电路和模拟电路确定。在确定接通时，需要零交叉信号的输入信息和上/下计数器的值，而在确定断开时，则需要反馈信号  $V_{FB}$  和电流感应信号  $V_{CS}$ 。有关 CoolSET™ 正常运行时的全部操作细节，请参阅以下段落。

### 3.3.1 数字降频

如上所述，数字信号处理电路由一个上/下计数器、一个 ZC 计数器和一个比较器组成。这三个部分是在负载不断减少的情况下实现数字频率降低的关键。此外，还实施了振铃抑制时间控制器，以避免在软启动期或输出短路等条件下输出电压很低时因高频振荡而误触。这些部件的功能说明如下。

#### 3.3.1.1 最小 ZC 计数的确定

为了减少低线和高线之间的开关频率差，需要确定最小 ZC 计数。如果  $V_{IN}$  小于  $V_{VIN\_REF}$ ，则最小 ZC 计数设为 1，代表低线路。对于高线，当  $V_{IN}$  高于  $V_{VIN\_REF}$  时，最小 ZC 计数设为 3。还有一个滞后  $V_{VIN\_REF}$ ，具有一定的消隐时间  $t_{VIN\_REF}$ ，用于在低线和高线之间进行稳定的交流线路选择。

#### 3.3.1.2 上/下计数器

上/下计数器存储过零点的数字，该数字决定变压器消磁后开启主 MOSFET 的谷值。该值根据包含输出功率信息的反馈电压  $V_{FB}$  固定。事实上，在典型的峰值电流模式控制中，高输出功率会导致高反馈电压，而低输出功率则会导致低反馈电压。因此，根据  $V_{FB}$ ，改变上/下计数器中的值可改变功率

功能说明

根据输出功率确定 MOSFET 关断时间。下面将解释上/下计数器值随反馈电压的变化。

在每个 48 毫秒的时钟周期内，反馈电压  $V_{FB}$  与三个阈值电压  $V_{FB,LHC}$ 、 $V_{FB,HLC}$  和  $V_{FB,R}$  进行内部比较。然后，上/下计数器向上计数、保持不变或向下计数，如表 3 所示。

表 3 上/下计数器的运行

$V_{FB}$	up/down counter action
Always lower than $V_{FB,LHC}$	Count upwards till $n=8/10^1$
Once higher than $V_{F,LHC}$ , but always lower than $V_{FB,HLC}$	Stop counting, no value changing
Once higher than $V_{FB,HLC}$ , but always lower than $V_{FB,R}$	Count downwards till $n=1/3^2$
Once higher than $V_{FB,R}$	Set up/down counter to $n=1/3^2$

过零次数有限，因此计数器在 1 至 8（低线）或 3 至 10（高线）之间变化，超出此范围的任何尝试都将被忽略。当  $V_{FB}$  超过  $V_{FB,R}$  电压时，上/下计数器会重置为 1（低线）和 3（高线），以便系统对突然增加的负载做出快速反应。在启动时，上/下计数器的值也会重置为 1（低线）和 3（高线），以确保最大负载启动的效率。图 6 举例说明了上/下计数器如何随反馈电压的变化而变化。

使用两个不同的阈值  $V_{FB,LHC}$  和  $V_{FB,HLC}$  进行向上或向下计数，是为了防止反馈电压接近阈值点时出现频率抖动。

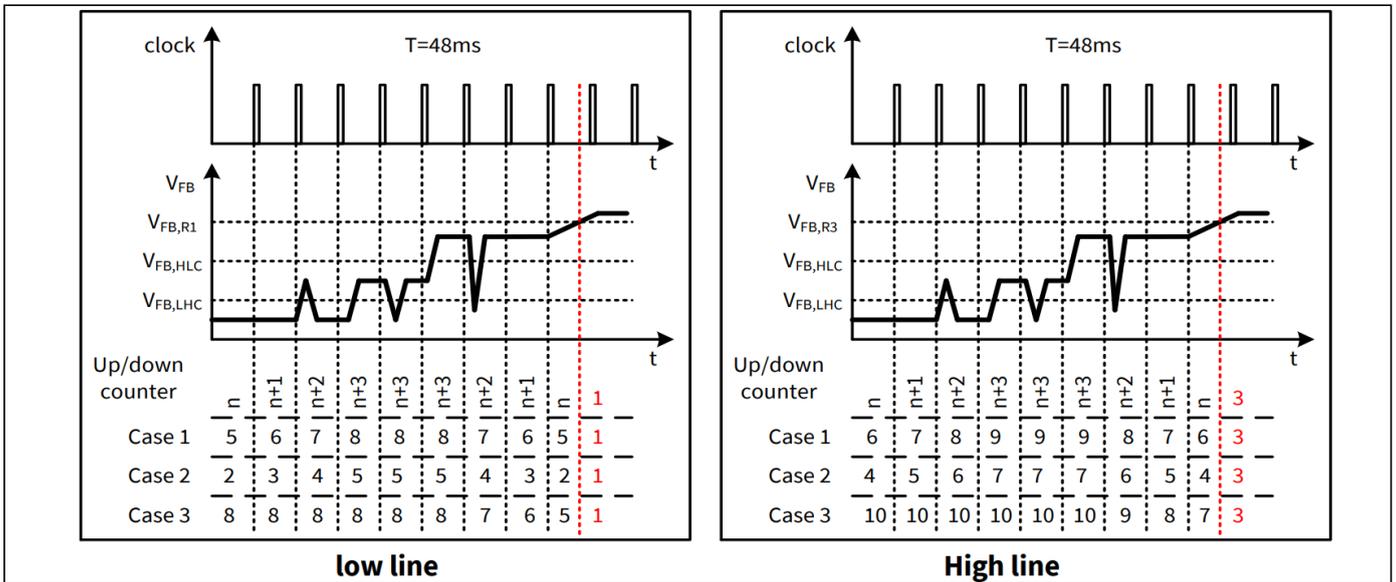


图 6 上/下计数器操作

### 3.3.1.3 零交叉 (ZC 计数器)

在系统中，辅助绕组的电压通过一个 RC 网络加到 ZCD 引脚上，该网络为辅助绕组的电压提供时间延迟。在内部，该引脚与一个负箝位网络、一个过零检测器、一个输出过压检测器和一个振铃抑制时间控制器相连。在电源开关导通期间，由于  $R_{ZCD}$  电阻的作用，ZCD 引脚上会有一个正的栅极驱动电压，因此需要外接二极管  $D_{ZC}$ （见图 1）来阻断来自辅助绕组的负电压。ZC 计数器的最小值为 1（用于低电平线路）或 3（用于高电平线路），最大值为 8（用于高电平线路）。

<sup>1</sup>  $n=8$  (低线) 和  $n=10$  (高线)

<sup>2</sup>  $n=1$  (低线) 和  $n=3$  (高线)

## 功能说明

低线) 或 10 (高线)。内部高压 CoolMOS™ 关闭后, 当 ZCD 引脚上的下降电压斜坡每次越过  $V_{ZCD\_CT}$  门限时, 就会检测到一次过零, ZC 计数器将增加 1。每次 DRIVER 输出变为高电平后, 计数器都会复位。为了实现在电压谷值时接通, 辅助绕组的电压在通过 ZCD 引脚加到过零检测器之前, 先馈入一个延时网络 (如图 1 所示, RC 网络由 R<sub>ZC</sub> 和 C<sub>ZC</sub> 组成)。理论上, 主振荡信号  $\Delta t$  所需的时间延迟应约为振荡周期  $T_{OSC}$  的四分之一 (通过变压器初级电感和漏源电容) 减去从检测到的过零点到主开关接通的传播延迟  $T_{delay}$ :

$$\Delta t = \frac{T_{OSC}}{4} - t_{delay} \quad (2)$$

这一时间延迟应通过调整 RC 网络的时间常数来匹配, 其计算公式为

$$\tau_{td} = C_{ZC} \cdot \frac{R_{ZC} \cdot R_{ZCD}}{R_{ZC} + R_{ZCD}} \quad (3)$$

### 3.3.2 铃声抑制时间

CoolMOS™ 关闭后,  $V_{DS}$  上会出现一些振荡, 这些振荡也会出现在  $V_{ZCD}$  上。为了避免这种振荡误触发 CoolMOS™, 我们采用了振铃抑制定时器。该抑制时间取决于电压  $V_{ZCD}$ 。如果电压  $V_{ZCD}$  低于阈值  $V_{ZCD\_RS}$ , 则采用较长的预设时间  $t_{ZCD\_RS2}$ 。但是, 如果电压  $V_{ZCD}$  高于阈值, 则会设置较短的时间  $t_{ZCD\_RS1}$ 。

#### 3.3.2.1 导通判断

栅极驱动变为低电平后, 在振铃抑制时间内不能变为高电平。

环形抑制时间结束后, 当 ZC 计数器值等于上/下计数器值时, 栅极驱动可以开启。

不过, 也有可能初级电感和漏源电容之间的振荡阻尼非常快, 集成电路无法检测到过零事件。在这种情况下, 需要执行最大关断时间。栅极驱动在  $T_{OffMax}$  时间内保持关闭后, 无论 ZC 计数器值和  $V_{ZCD}$  如何变化, 栅极驱动都将再次开启。该功能可有效防止开关频率低于 20 kHz。否则会产生噪音。

### 3.3.3 关断判断

在转换器系统中, 初级电流由外部分流电阻感测, 该电阻连接在内部低端 MOSFET 和公共地之间。分流电阻  $V_{CS}$  上的感应电压被施加到内部电流测量单元, 其输出电压  $V_1$  与反馈电压  $V_{FB}$  进行比较。一旦电压  $V_1$  超过电压  $V_{FB}$ , 输出触发器就会复位。因此, 主电源开关被关闭。  $V_1$  和  $V_{CS}$  之间的关系如图 3 所示:

$$\begin{aligned} V_{CS} &= I_D \times R_{CS} \\ V_1 &= G_{PWM} \cdot V_{CS} + V_{PWM} \end{aligned} \quad (4)$$

其中,  $V_{CS}$ : CS 引脚电压

$I_D$  : 功率 MOSFET 电流

$R_{CS}$  : 电流检测电阻器的电阻值

$V_1$  : 与  $V_{FB}$  相比的电压水平

$G_{PWM}$  : PWM-OP 增益

## 功能说明

为避免主电源开关接通时分流电阻上的电压尖峰造成误触发，比较器输出端采用了前沿消隐时间 $t_{LEB0}$ 。换句话说，一旦栅极驱动开启，栅极驱动的最短接通时间就是前沿消隐时间。

此外，集成电路还具有最大导通时间 $t_{OnMax}$  限制。一旦栅极驱动处于高电平状态的时间超过最大导通时间，它就会被关闭，以防止开关频率因导通时间过长而过低。

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。

### 3.3.4 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。

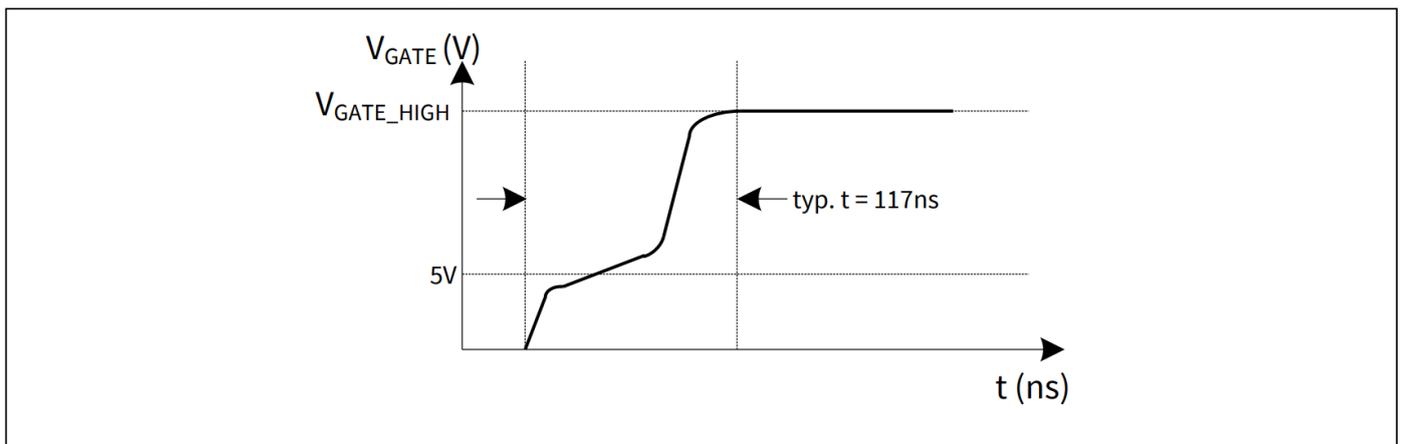


图 7 栅极上升波形

## 3.4 限流

电流限制比较器实现了逐周期电流限制，以提供过流检测。CoolMOS™ 的源电流通过感应电阻器 $R_{CS}$  进行感应。通过 $R_{CS}$ ，源电流被转换为感应电压 $V_{CS}$ ，并输入引脚 CS。如果电压 $V_{CS}$  超过根据线路电压调整的内部电压限制，比较器将立即关闭栅极驱动。

当主母线电压升高时，开关接通时间变短，因此工作频率也随之升高。因此，在初级电流限制不变的情况下，最大输出功率可能会增加，这超出了转换器的设计限制。

为了补偿这种影响，内部峰值电流限制电路 ( $V_{CS}$ ) 和 ZC 计数都会随总线电压的变化而变化，如图所示。

功能说明

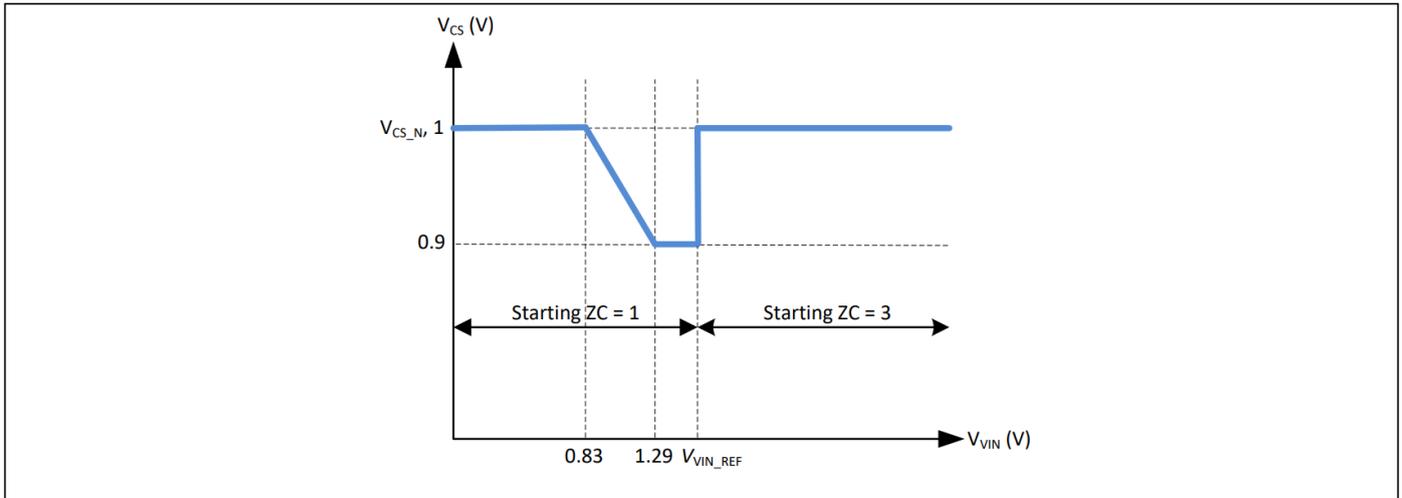


图 8  $V_{CS}$  极限电压随  $V_{IN}$  电压的变化情况

### 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。

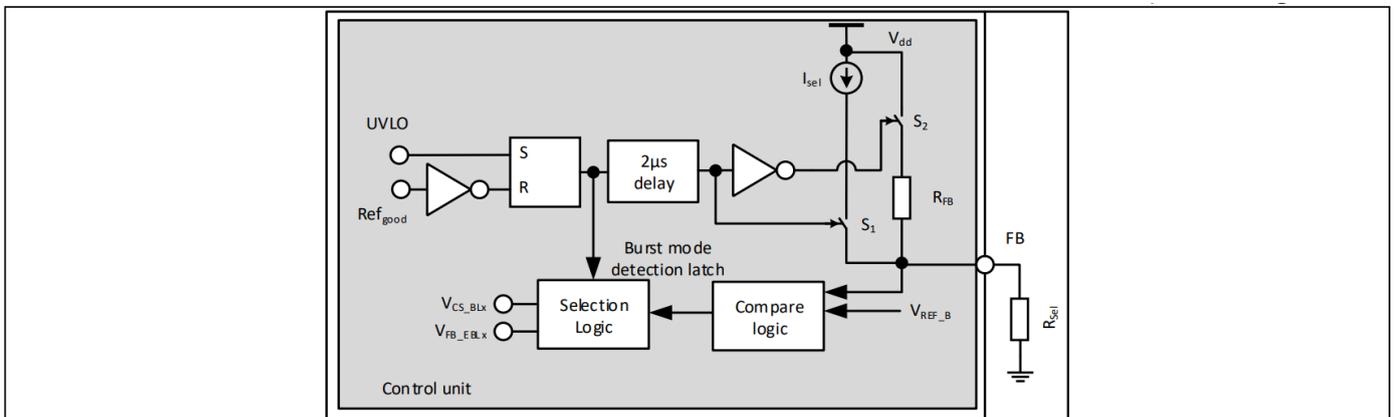
可以通过改变 FB 引脚上不同的电阻  $R_{sel}$  来选择突发模式的进入级别。可通过不同的电阻选择 2 个电平，分别针对低范围的主动突发模式功率（电平 1）和高范围的主动突发模式功率（电平 2）。下表显示了通过 FB 电压进入和退出电平的控制逻辑。

表 4 两级进入和退出主动突发模式功率

Level	$V_{FB}$	$V_{CS}$	Entry level	Exit level
			$V_{FB\_EBLX}$	$V_{FB\_LB}$
1	$V_{FB} > V_{REF\_B}$	$V_{CS\_BL1} = 0.31\text{ V}$	0.90 V	2.75 V
2	$V_{FB} < V_{REF\_B}$	$V_{CS\_BL2} = 0.35\text{ V}$	1.05 V	2.75 V

在 IC 首次启动期间，当  $V_{CC} < 4\text{ V}$  时，内部  $Ref_{GOOD}$  信号为逻辑低电平。它将重置突发模式电平检测锁存器。当突发模式电平检测锁存器为低电平且集成电路处于关断状态时，集成电路内部的  $R_{FB}$  电阻将从 FB 引脚断开，取而代之的是一个电流源  $I_{sel}$ 。

从  $V_{CC}=4\text{ V}$  到阈值  $V_{CC}$ ，FB 引脚将开始充电至与  $R_{sel}$  电阻相关的电压水平。当  $V_{CC}$  达到  $V_{CC}$  导通阈值时，FB 电压被感应到。然后根据 FB 电压电平选择突发模式阈值。然后将突发模式电平检测锁存器设置为高电平。一旦检测锁存器设置为高电平，FB 电平的任何变化都不会改变阈值选择。 $V_{CC}$  达到  $V_{CC}$  开启阈值后，电流源  $I_{sel}$  会在  $2\text{ }\mu\text{s}$  内关闭， $R_{RFB}$  电阻器重新连接到 FB 引脚（见图 9）。



## 功能说明

图 9 脉冲串模式检测和调整

### 3.5.1 进入突发模式操作

要确定是否进入主动突发模式运行，需要满足三个条件：

- 反馈电压低于 $V_{FB\_EBLX}$ 的阈值
- 向上/向下计数器为 8（低线）或 10（高线），并且
- 在一定的消隐时间 $t_{FB\_BEB}$ （20 毫秒）后，上述两个条件依然存在。

一旦上述条件全部满足，主动突发模式触发器就会被置位，集成电路进入主动突发模式运行。这种多条件确定进入主动突发模式操作的方法可防止误触发进入主动突发模式操作，从而使控制器仅在预设的消隐时间内输出功率确实很低时才进入主动突发模式操作。

### 3.5.2 主动突发模式运行期间

进入主动突发模式后，由于 PWM 部分处于非活动状态， $V_o$  开始下降，反馈电压随之上升。如果超过 $V_{FB\_BOn}$  电压电平，一个比较器会观察反馈信号。在这种情况下，内部电路上电，重新启动开关。

功率 MOSFET 的导通由 ZC 计数器触发，低电平线路的 ZC 固定值为 8，高电平线路的 ZC 固定值为 10。

如果 CS 引脚分流电阻上的电压达到阈值 $V_{CS\_BLX}$ ，就会导致关断。

如果输出负载仍然很低，反馈信号会随着 PWM 部分的运行而减小。当反馈信号达到低阈值 $V_{FB\_Boff}$  时，内部电路再次复位，PWM 部分被禁用，直到下一次 $V_{FB}$  信号上升超过 $V_{FB\_BOn}$  阈值。在主动突发模式下，反馈信号在 $V_{FB\_Boff}$  和 $V_{FB\_BOn}$  之间像锯齿一样变化（见图 10）。

### 3.5.3 离开主动突发模式运行

如果负载跳变较大，反馈电压会立即升高。这可以通过一个阈值为 $V_{FB\_LB}$  的比较器观察到。在主动突发模式期间，由于电流限制为 $V_{CS\_BLX}$ （31% 或 35%），因此需要一定的负载才能使反馈电压超过 $V_{FB\_LB}$ 。离开主动突发模式后，通过 $V_{FB}$  的正常峰值电流控制将重新激活。此外，在离开主动突发模式后，上/下计数器将立即设置为 1（低线）或 3（高线）。这有助于最大限度地减少输出电压欠调。

功能说明

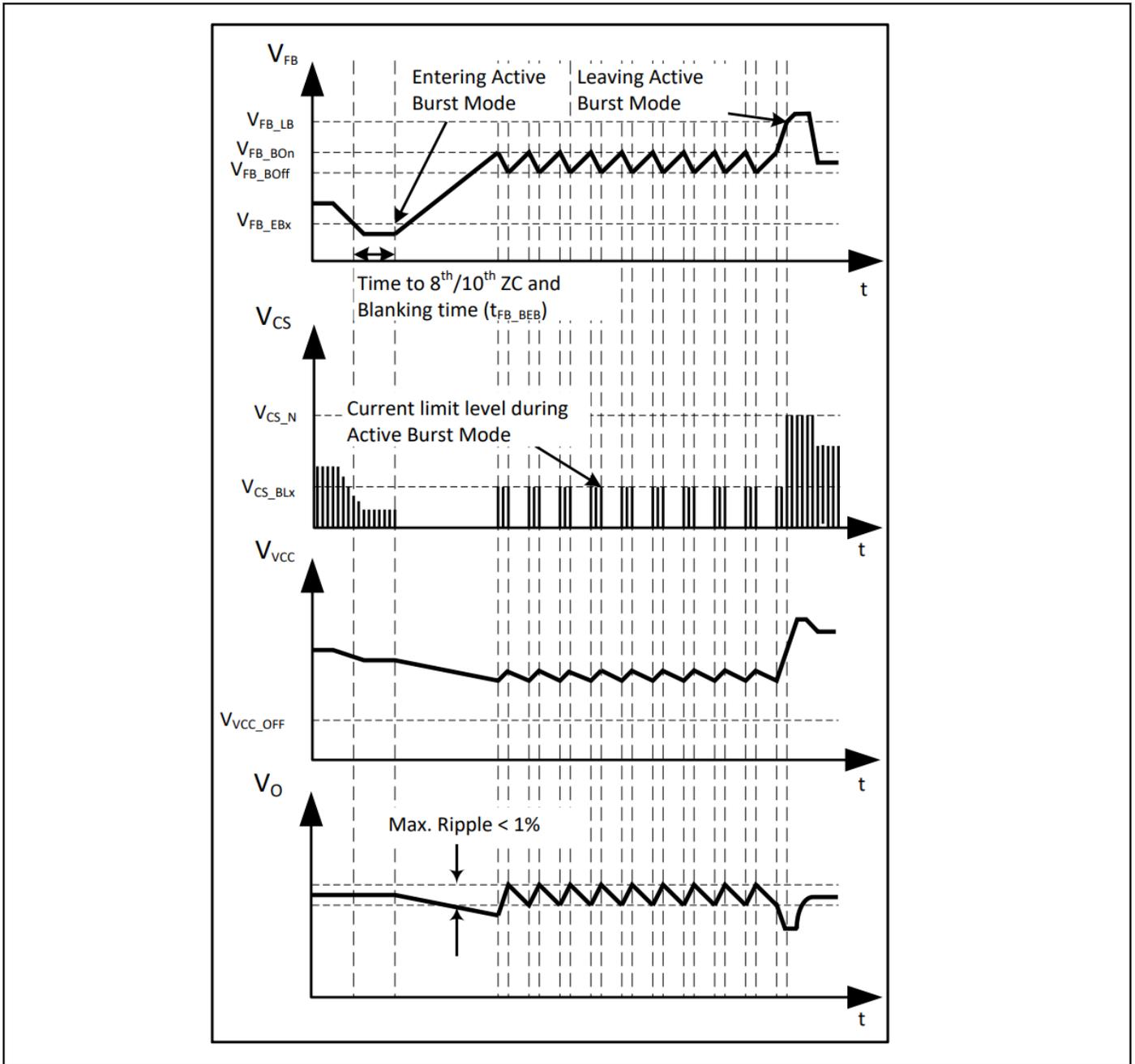


图 10 激活突发模式下的信号

### 3.6 保护功能

ICE5QRxxxxAx 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。下表概述了这些保护功能。有 3 种不同的保护模式：无开关自动重启、自动重启和奇数跳过自动重启。详见图 11、图 12 和图 13。

表 5 保护功能

Protection Functions	Normal Mode	Burst Mode		Protection Mode
		Burst ON	Burst OFF	
Line Over Voltage	√	√	√	Non switch Auto Restart
Brownout	√	√	√	Non switch Auto Restart

## 功能说明

Protection Functions	Normal Mode	Burst Mode		Protection Mode
		Burst ON	Burst OFF	
V <sub>CC</sub> Over Voltage	√	√	NA <sup>1</sup>	Odd skip Auto Restart
V <sub>CC</sub> Under Voltage	√	√	√	Auto Restart
Over Load	√	NA <sup>1</sup>	NA <sup>1</sup>	Odd skip Auto Restart
Output Over Voltage	√	√	NA <sup>1</sup>	Odd skip Auto Restart
Over Temperature	√	√	√	Non switch Auto Restart

### 3.6.1 线路过压

交流 线路过压 保护是通过两个电位分配电阻器R<sub>11</sub>和R<sub>12</sub>（见图1），通过VIN引脚检测总线电容器电压。一旦V<sub>VIN</sub>电压高于线路过压阈值V<sub>VIN\_LOVP</sub>，控制器就会进入线路过压保护模式，并在V<sub>VIN</sub>低于V<sub>VIN\_LOVP</sub>后解除保护模式。

### 3.6.2 掉电

断电 保护通过VIN引脚进行观察，类似于线路过压保护方法，但电压阈值不同。当V<sub>VIN</sub>电压低于掉电阈值（V<sub>VIN\_BO</sub>）时，控制器进入掉电保护模式，当V<sub>VIN</sub>电压高于掉电阈值（V<sub>VIN\_BI</sub>）时，控制器解除保护模式。

### 3.6.3 V<sub>CC</sub> 过压或欠压

在运行过程中，会持续监控V<sub>CC</sub>电压。如果出现V<sub>CC</sub>过压或欠压，集成电路将被重置，然后主电源开关将保持关闭。当V<sub>CC</sub>电压降至阈值V<sub>VCC\_OFF</sub>以下时，新的启动程序将被激活。然后对V<sub>CC</sub>电容充电。一旦电压超过阈值V<sub>VCC\_ON</sub>，集成电路便开始以新的软启动方式运行。

### 3.6.4 过载

在控制环路开路或输出过载的情况下，反馈电压将被拉高并超过V<sub>FB\_OLP</sub>。经过t<sub>FB\_OLP\_B</sub>的消隐时间后，集成电路进入自动重启模式。此处的消隐时间可使转换器在负载突然跳变时工作一段时间。

### 3.6.5 输出过压

在功率 MOSFET 关断期间，会对 ZCD 引脚的电压进行监控，以检测 输出过压。如果电压连续 10 个脉冲高于预设阈值V<sub>ZCD\_OVP</sub>，集成电路将进入输出过压保护。

### 3.6.6 过温

如果控制器芯片的结温超过T<sub>jcon\_OTP</sub>，集成电路就会进入 过温保护（OTP）自动重启模式。控制器的滞后温度为40°C。换句话说，只有当其结温从OTP触发点下降40°C，控制器/集成电路才能从OTP恢复。请注意，分离的CoolMOS™芯片可能与控制器芯片的温度不同（大多更高）。

<sup>1</sup>不适用。

功能说明

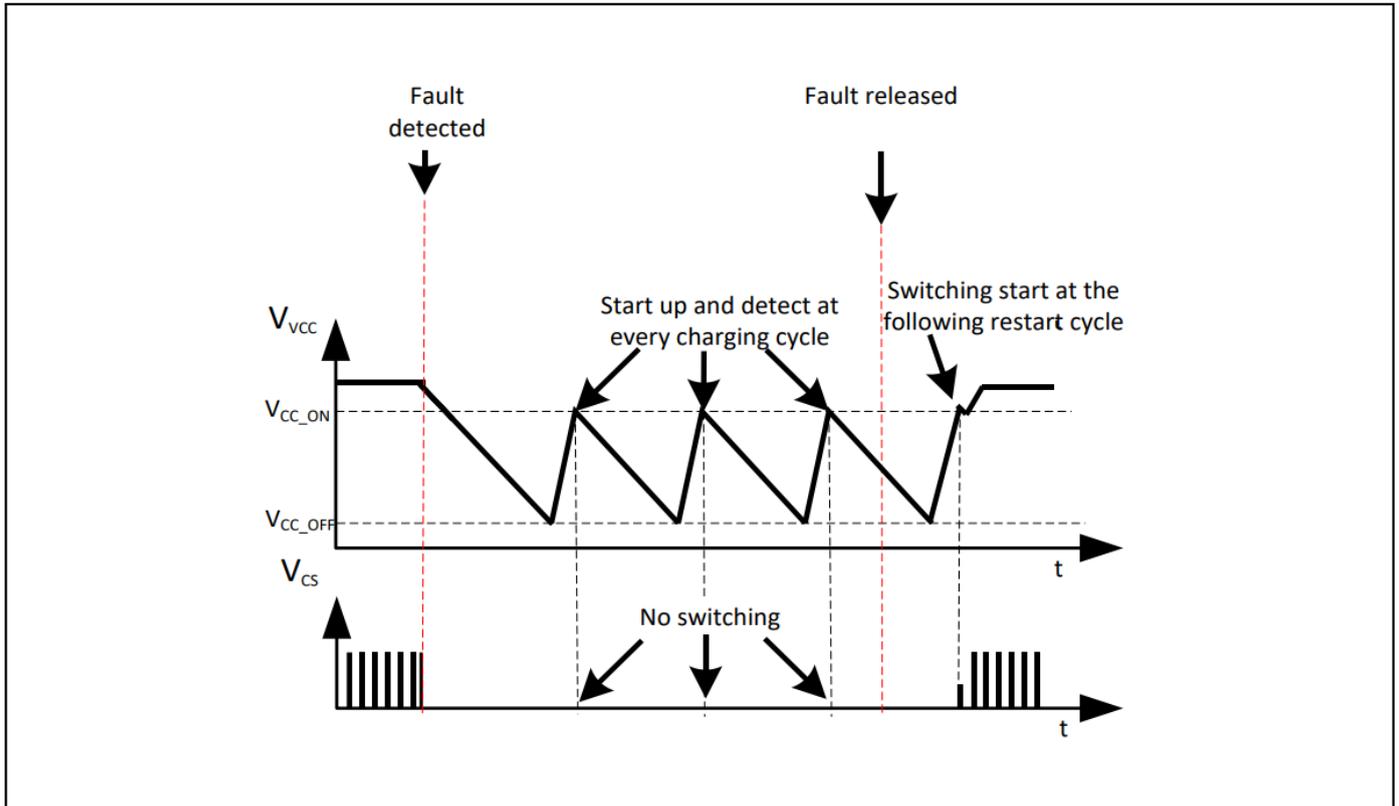


图 11 无开关自动重启模式

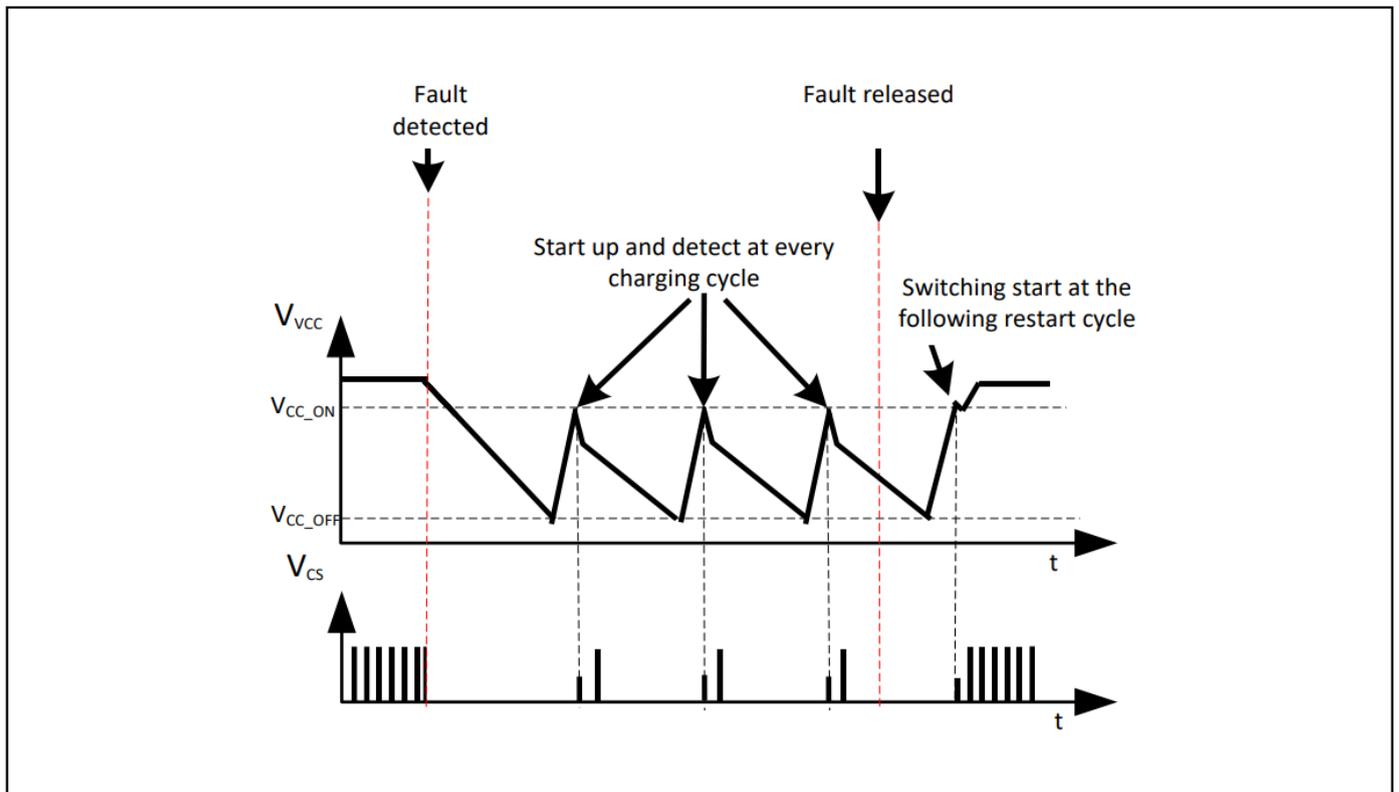


图12 自动重启模式

功能说明

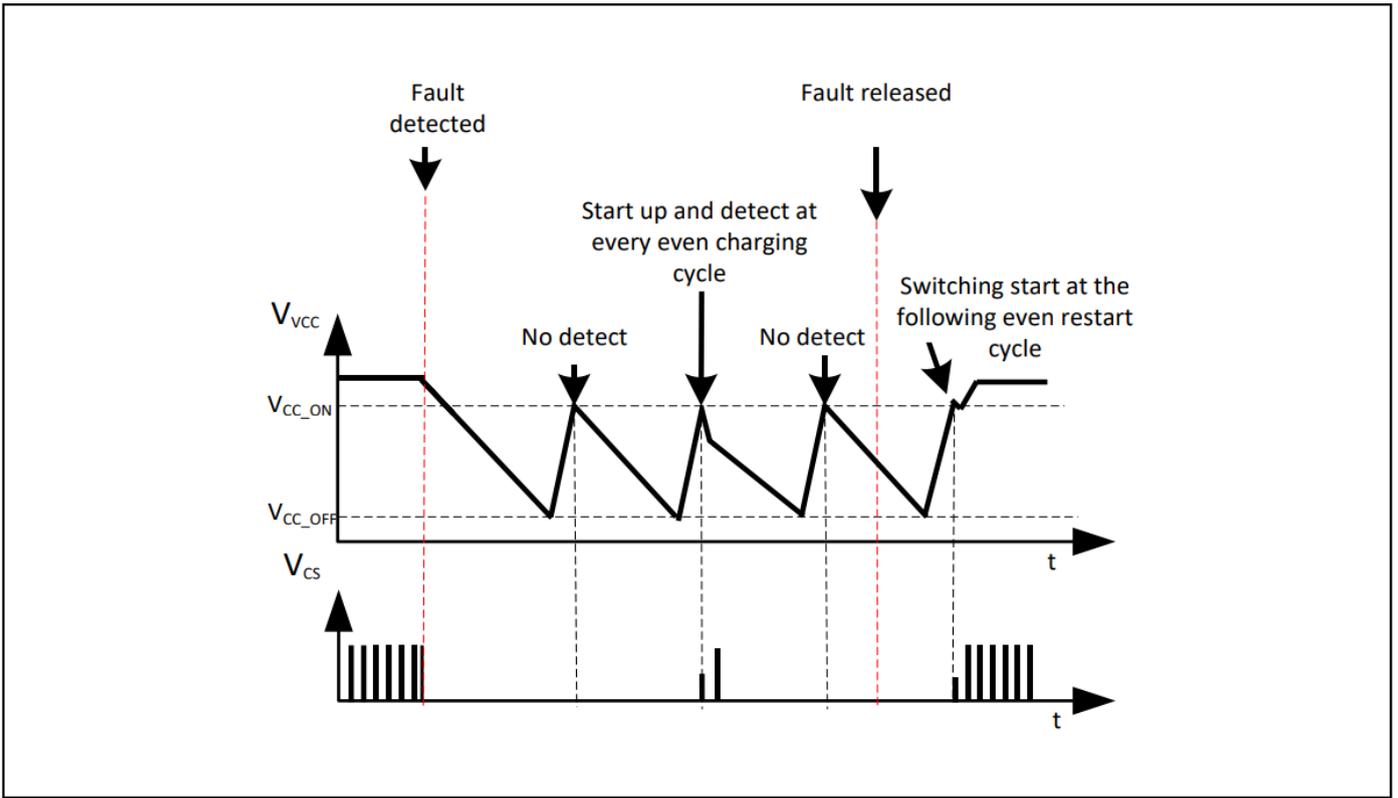


图 13 跳过奇数自动重启模式

电气特性

## 4 电气特性

**注意：**所有电压均以接地（DIP-7 的引脚8 和DSO-12 的引脚12）为基准进行测量。如果不违反其他额定值，则电压水平有效。

### 4.1 绝对最大额定值

**注意：**超过此处所列最大值的应力可能会对设备造成永久性损坏。长期暴露在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；仅超过其中一个值就可能对集成电路造成不可逆转的损坏。系统设计需要确保不超过最大限制。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	Limit Values		Unit	Note / Test Condition
		Min.	Max.		
Drain Source Voltage (CoolMOS™) ICE5QRxx70Ax	$V_{DS}$	-	700	V	$T_j = 25^{\circ}\text{C}$
Drain Source Voltage (CoolMOS™) ICE5QRxx80Ax	$V_{DS}$	-	800	V	$T_j = 25^{\circ}\text{C}$
Pulse drain current ICE5QR4770AZ <sup>1</sup> ICE5QR4780AZ <sup>1</sup> ICE5QR2270AZ <sup>2</sup> ICE5QR2280AZ <sup>2</sup> ICE5QR1070AZ <sup>2</sup> ICE5QR0680AZ <sup>2</sup> ICE5QR4770AG <sup>1</sup> ICE5QR1680AG <sup>2</sup> ICE5QR0680AG <sup>2</sup>	$I_{D\_Pulse}$	-	2.2 2.6 5.8 5.8 5.8 5.8 2.2 5.8 5.8	A	
Avalanche energy, repetitive, $t_{AR}$ limited by max. $T_j=150^{\circ}\text{C}$ with $T_{j,Start}=25^{\circ}\text{C}$ ICE5QR4770AZ ICE5QR4780AZ ICE5QR2270AZ ICE5QR2280AZ ICE5QR1070AZ ICE5QR0680AZ ICE5QR4770AG ICE5QR1680AG	$E_{AR}$	-	0.02 0.02 0.07 0.05 0.06 0.22 0.02 0.07	mJ	$I_D=0.14\text{ A}, V_{DD}=50\text{ V}$ $I_D=0.2\text{ A}, V_{DD}=50\text{ V}$ $I_D=0.4\text{ A}, V_{DD}=50\text{ V}$ $I_D=0.4\text{ A}, V_{DD}=50\text{ V}$ $I_D=0.38\text{ A}, V_{DD}=50\text{ V}$ $I_D=1.8\text{ A}, V_{DD}=50\text{ V}$ $I_D=0.14\text{ A}, V_{DD}=50\text{ V}$ $I_D=0.6\text{ A}, V_{DD}=50\text{ V}$

<sup>1</sup> 脉冲宽度  $t_p$  受  $T_j$  最大值限制

<sup>2</sup> 脉冲宽度  $t_p=20\ \mu\text{s}$  并受  $T_{j,Max}$  限制

电气特性

ICE5QR0680AG		-	0.22		$I_D=1.8\text{ A}, V_{DD}=50\text{ V}$
Avalanche current, repetitive, $t_{AR}$ limited by max. $T_J=150^\circ\text{C}$ with $T_{J,start}=25^\circ\text{C}$	$I_{AR}$			A	
ICE5QR4770AZ		-	0.14		
ICE5QR4780AZ		-	0.2		
ICE5QR2270AZ		-	0.4		
ICE5QR2280AZ		-	0.4		
ICE5QR1070AZ		-	0.82		
ICE5QR0680AZ		-	1.8		
ICE5QR4770AG		-	0.14		
ICE5QR1680AG		-	0.6		
ICE5QR0680AG		-	1.8		
VCC Supply Voltage	$V_{CC}$	-0.3	27.0	V	
FB Voltage	$V_{FB}$	-0.3	3.6	V	
ZCD Voltage	$V_{ZCD}$	-0.3	27	V	
CS Voltage	$V_{CS}$	-0.3	3.6	V	
VIN Voltage	$V_{IN}$	-0.3	3.6	V	
Maximum DC current on any pin except DRAIN & CS pins		-10.0	10.0	mA	
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	$^\circ\text{C}$	Controller & CoolMOS
Storage Temperature	$T_{STORE}$	-55	150	$^\circ\text{C}$	
Thermal Resistance (Junction- Ambient)	$R_{thJA}$			K/W	Setup according to the JESD51 standard and using minimum drain pin copper area in a 2 oz copper single sided PCB
ICE5QR4770AZ		-	106		
ICE5QR4780AZ		-	107		
ICE5QR2270AZ		-	103		
ICE5QR2280AZ		-	104		
ICE5QR1070AZ		-	100		
ICE5QR0680AZ		-	100		
ICE5QR4770AG		-	104		
ICE5QR1680AG		-	95		
ICE5QR0680AG		-	94		

## 电气特性

## 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

Parameter	Symbol	Limit Values		Unit	Remark
		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	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  $V^{CC} = 18 V$ 。

表 8 工作条件

Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
VCC Charge Current	$I_{VCC\_Charge1}$	-0.35	-0.2	-0.09	mA	$V_{VCC}=0V$ , $R_{StartUp}=50M\Omega$ and $V_{DRAIN}=90V$
	$I_{VCC\_Charge2}$	-	-3.2	-	mA	$V_{VCC}=3V$ , $R_{StartUp}=50M\Omega$ and $V_{DRAIN}=90V$
	$I_{VCC\_Charge3}$	-5	-3	-1	mA	$V_{VCC}=15V$ , $R_{StartUp}=50M\Omega$ and $V_{DRAIN}=90V$
Current Consumption, Startup Current	$I_{VCC\_Startup}$	-	0.19	-	mA	$V_{VCC}=15V$
Current Consumption, Normal	$I_{VCC\_Normal}$	-	0.9	-	mA	$I_{FB}=0A$ (No gate switching)
Current Consumption, Auto Restart	$I_{VCC\_AR}$	-	320	-	μA	
Current Consumption, Burst Mode	$I_{VCC\_Burst Mode}$	-	0.5	-	mA	$V_{FB}=1.8V$
VCC Turn-on Threshold Voltage	$V_{VCC\_ON}$	15.3	16	16.5	V	
VCC Turn-off Threshold Voltage	$V_{VCC\_OFF}$	9.5	10	10.5	V	
VCC Short Circuit Protection	$V_{VCC\_SCP}$	-	1.1	1.9	V	
VCC Turn-off blanking	$t_{VCC\_OFF\_B}$	-	50	-	μs	

## 电气特性

## 4.4 内部电压参考

表 9 内部电压参考

Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Internal Reference Voltage	$V_{REF}$	3.2	3.3	3.39	V	Measured at pin FB $I_{FB}=0$

## 4.5 PWM部分

表 10 PWM部分

Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Feedback Pull-Up Resistor	$R_{FB}$	11	15	20	k $\Omega$	
PWM-OP Gain	$G_{PWM}$	1.95	2.05	2.15	-	
Offset for Voltage Ramp	$V_{PWM}$	0.42	0.5	0.58	V	
Maximum on time in normal operation	$t_{OnMax}$	20	35	60	$\mu$ s	
Maximum off time in normal operation	$t_{OffMax}$	24	42.5	71	$\mu$ s	

## 4.6 电流检测

表 11 电流检测

Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Peak current limitation in normal operation	$V_{CS\_N}$	0.94	1.00	1.06	V	
Leading Edge Blanking time	$t_{CS\_LEB}$	118	220	462	ns	
Peak Current Limitation in Active Burst Mode – Level 1	$V_{CS\_BL1}$	0.26	0.31	0.36	V	
Peak Current Limitation in Active Burst Mode – Level 2	$V_{CS\_BL2}$	0.3	0.35	0.4	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	$t_{CS\_STG\_SAM}$	2.3	5	-	$\mu$ s	

## 电气特性

## 4.7 软启动

表 12 软启动

Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Soft-Start time	$t_{SS}$	8.5	12	-	ms	
Soft-start time step	$t_{SS\_S1}$	-	3	-	ms	
Internal regulation voltage at first step	$V_{SS1\_1}$	-	0.30	-	V	CS peak voltage
Internal regulation voltage step at soft start	$V_{SS\_S}$	-	0.15	-	V	CS peak voltage

## 4.8 数字零交叉

表 13 数字零交叉

Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Zero crossing threshold voltage	$V_{ZCD\_CT}$	60	100	150	mV	
Zero crossing Ringing suppression threshold	$V_{ZCD\_RS}$	-	0.45	-	V	
Minimum ringing suppression time	$t_{ZCD\_RS1}$	1.5	2.5	4.1	$\mu$ s	$V_{ZCD} > V_{ZCD,RS}$
Maximum ringing suppression time	$t_{ZCD\_RS2}$	-	25.00	-	$\mu$ s	$V_{ZCD} < V_{ZCD,RS}$
Threshold to reset Up/Down Counter	$V_{FB\_R}$	-	2.80	-	V	
Threshold for downward counting	$V_{FB\_HLC}$	-	2.05	-	V	
Threshold for upward counting	$V_{FB\_LHC}$	-	1.55	-	V	
Counter Time	$t_{COUNT}$	-	48	-	ms	
ZCD resistance	$R_{ZCD}$	2.5	3.0	3.5	k $\Omega$	Internal resistor at ZCD pin
VIN voltage threshold for line selection	$V_{VIN\_REF}$	1.48	1.52	1.58	V	
Blanking time for VIN voltage threshold for line selection	$t_{VIN\_REF}$	-	16.00	-	ms	

<sup>1</sup>这些参数不适用于生产测试 - 由设计/特性验证。

## 电气特性

## 4.9 主动突发模式

表 14 主动突发模式

Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Charging current to select burst mode	$I_{sel}$	2.1	3	3.9	$\mu\text{A}$	
Burst mode selection reference voltage	$V_{REF\_B}$	2.65	2.75	2.85	V	
Feedback voltage for entering Active Burst Mode for level 1	$V_{FB\_EBL1}$	0.86	0.90	0.94	V	
Feedback voltage for entering Active Burst Mode for level 2	$V_{FB\_EBL2}$	1.0	1.05	1.1	V	
Blanking time for entering Active Burst Mode	$t_{FB\_BEB}$	-	20	-	ms	
Feedback voltage for leaving Active Burst Mode	$V_{FB\_LB}$	2.65	2.75	2.85	V	
Feedback voltage for burst-on	$V_{FB\_BOon}$	2.3	2.40	2.5	V	
Feedback voltage for burst-off	$V_{FB\_Boff}$	1.9	2.00	2.1	V	

## 4.10 线性过压保护

表 15 线电压过压保护

Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Line Over Voltage threshold	$V_{VIN\_LOVP}$	2.8	2.9	3.0	V	
Line Over Voltage Blanking	$t_{VIN\_LOVP\_B}$	-	250	-	$\mu\text{s}$	

## 4.11 断电保护

表 16 过压和欠压保护

Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
BrownIn threshold	$V_{VIN\_BI}$	0.63	0.66	0.69	V	
BrownIn Blanking	$t_{VIN\_BI\_B}$	-	250	-	$\mu\text{s}$	
BrownOut threshold	$V_{VIN\_BO}$	0.37	0.40	0.43	V	
BrownOut Blanking	$t_{VIN\_BO\_B}$	-	250	-	$\mu\text{s}$	

## 电气特性

4.12  $V_{CC}$  过压保护表 17  $V_{CC}$  过压保护

Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
VCC Over Voltage threshold	$V_{VCC\_OVP}$	24	25.50	27	V	
VCC Over Voltage blanking	$t_{VCC\_OVP\_B}$	-	50.00	-	$\mu$ S	

## 4.13 过载保护

表 18 过载保护

Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Over Load Detection threshold for OLP protection at FB pin	$V_{FB\_OLP}$	2.65	2.75	2.85	V	
Over Load Protection Blanking Time	$t_{FB\_OLP\_B}$	-	30	-	ms	

## 4.14 输出过压保护

表 19 输出OVP

Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Output Over Voltage threshold	$V_{ZCD\_OVP}$	1.9	2.0	2.1	V	
Output Over Voltage Blanking Pulse	$P_{ZCD\_OVP\_B}$	-	10	-	pulse	Consecutive Pulse

## 4.15 热保护

表 20 过温保护

Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Over temperature protection <sup>1</sup>	$T_{jcon\_OTP}$	129	140	150	°C	Junction temperature of the controller chip (not the CoolMOS™ chip)
Over temperature Hysteresis	$T_{jHYS\_OTP}$	-	40	-	°C	
Over temperature Blanking Time	$t_{jcon\_OTP\_B}$	-	50	-	$\mu$ S	

<sup>1</sup>这些参数不适用于生产测试 - 由设计/特性验证。

电气特性

4.16 CoolMOS™部分

表 21 ICE5QRxxxxAx

Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Note / Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Drain Source Breakdown Voltage ICE5QRxx70Ax ICE5QRxx80Ax	$V_{(BR)DSS}$	700 800	- -	- -	V	$T_j = 25^\circ\text{C}$
Drain to CS On-Resistance (inclusive of low side MOSFET)	$R_{DSon}$				$\Omega$	
ICE5QR4770AZ		- -	4.73 8.73	5.18 -		$T_j = 25^\circ\text{C}$ $T_j = 125^\circ\text{C}^1, I_D = 0.4\text{A}$
ICE5QR4780AZ		- -	4.13 8.69	4.85 -		$T_j = 25^\circ\text{C}$ $T_j = 125^\circ\text{C}^1, I_D = 0.4\text{A}$
ICE5QR2270AZ		- -	2.13 4.31	2.33 -		$T_j = 25^\circ\text{C}$ $T_j = 125^\circ\text{C}^1, I_D = 1\text{A}$
ICE5QR2280AZ		- -	2.13 4.31	2.35 -		$T_j = 25^\circ\text{C}$ $T_j = 125^\circ\text{C}^1, I_D = 1\text{A}$
ICE5QR1070AZ		- -	1.15 1.85	1.25 -		$T_j = 25^\circ\text{C}$ $T_j = 125^\circ\text{C}^1, I_D = 1.1\text{A}$
ICE5QR0680AZ		- -	0.71 1.27	0.80 -		$T_j = 25^\circ\text{C}$ $T_j = 125^\circ\text{C}^1, I_D = 2\text{A}$
ICE5QR4770AG		- -	4.73 8.73	5.18 -		$T_j = 25^\circ\text{C}$ $T_j = 125^\circ\text{C}^1, I_D = 0.4\text{A}$
ICE5QR1680AG		- -	1.53 3.01	1.75 -		$T_j = 25^\circ\text{C}$ $T_j = 125^\circ\text{C}^1, I_D = 1.4\text{A}$
ICE5QR0680AG		- -	0.71 1.27	0.80 -		$T_j = 25^\circ\text{C}$ $T_j = 125^\circ\text{C}^1, I_D = 2\text{A}$
Effective output capacitance, energy related <sup>1</sup>	$C_{o(er)}$				pF	
ICE5QR4770AZ		-	3.4	-		$V_{GS} = 0\text{V}, V_{DS} = 0 \sim 480\text{V}$
ICE5QR4780AZ		-	3	-		$V_{GS} = 0\text{V}, V_{DS} = 0 \sim 500\text{V}$
ICE5QR2270AZ		-	10	-		$V_{GS} = 0\text{V}, V_{DS} = 0 \sim 480\text{V}$
ICE5QR2280AZ		-	7	-		$V_{GS} = 0\text{V}, V_{DS} = 0 \sim 500\text{V}$
ICE5QR1070AZ		-	13	-		$V_{GS} = 0\text{V}, V_{DS} = 0 \sim 400\text{V}$
ICE5QR0680AZ		-	24	-		$V_{GS} = 0\text{V}, V_{DS} = 0 \sim 500\text{V}$
ICE5QR4770AG		-	3.4	-		$V_{GS} = 0\text{V}, V_{DS} = 0 \sim 480\text{V}$
ICE5QR1680AG		-	8	-		$V_{GS} = 0\text{V}, V_{DS} = 0 \sim 500\text{V}$
ICE5QR0680AG		-	24	-		$V_{GS} = 0\text{V}, V_{DS} = 0 \sim 500\text{V}$

<sup>1</sup>该参数无需经过生产测试 - 通过设计/特性验证

## 电气特性

Rise Time <sup>1</sup>	$t_{rise}$	-	30	-	ns	
Fall Time <sup>2</sup>	$t_{fall}$	-	30	-	ns	

<sup>1</sup>在典型反激式转换器应用中进行的测量

CoolMOS™ 性能特性

5 CoolMOS™性能特性

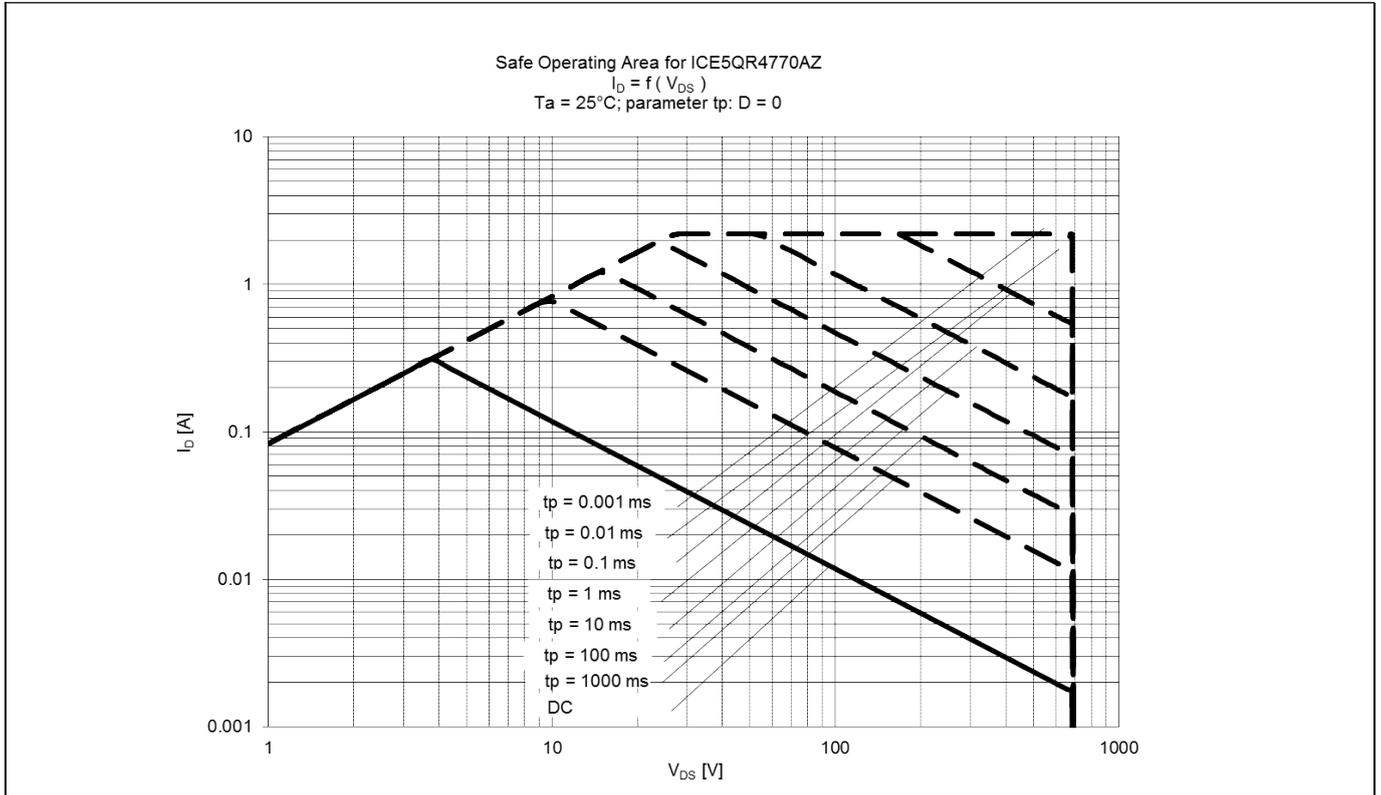


图14 ICE5QR4770AZ的安全工作区 (SOA) 曲线

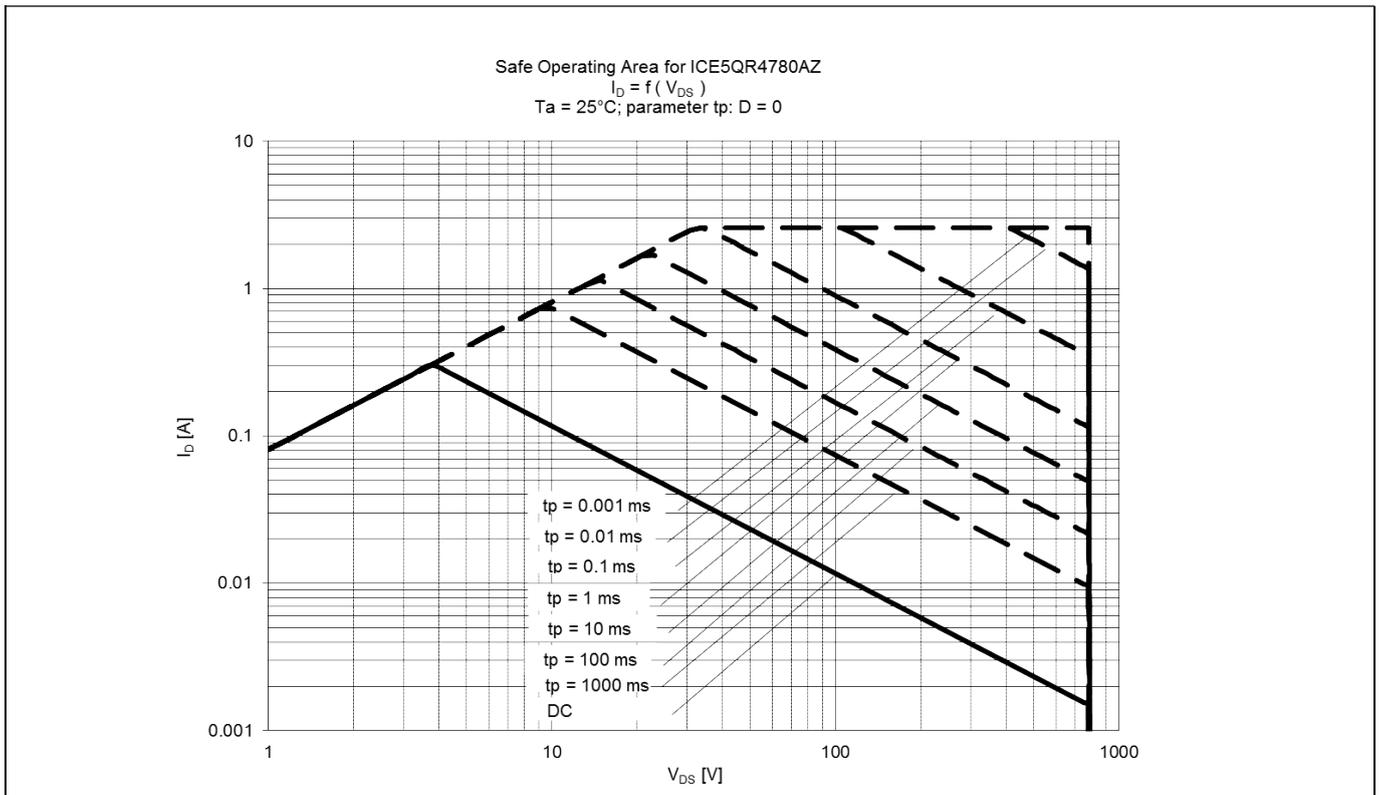


图 15 ICE5QR4780AZ的安全工作区 (SOA) 曲线

CoolMOS™ 性能特性

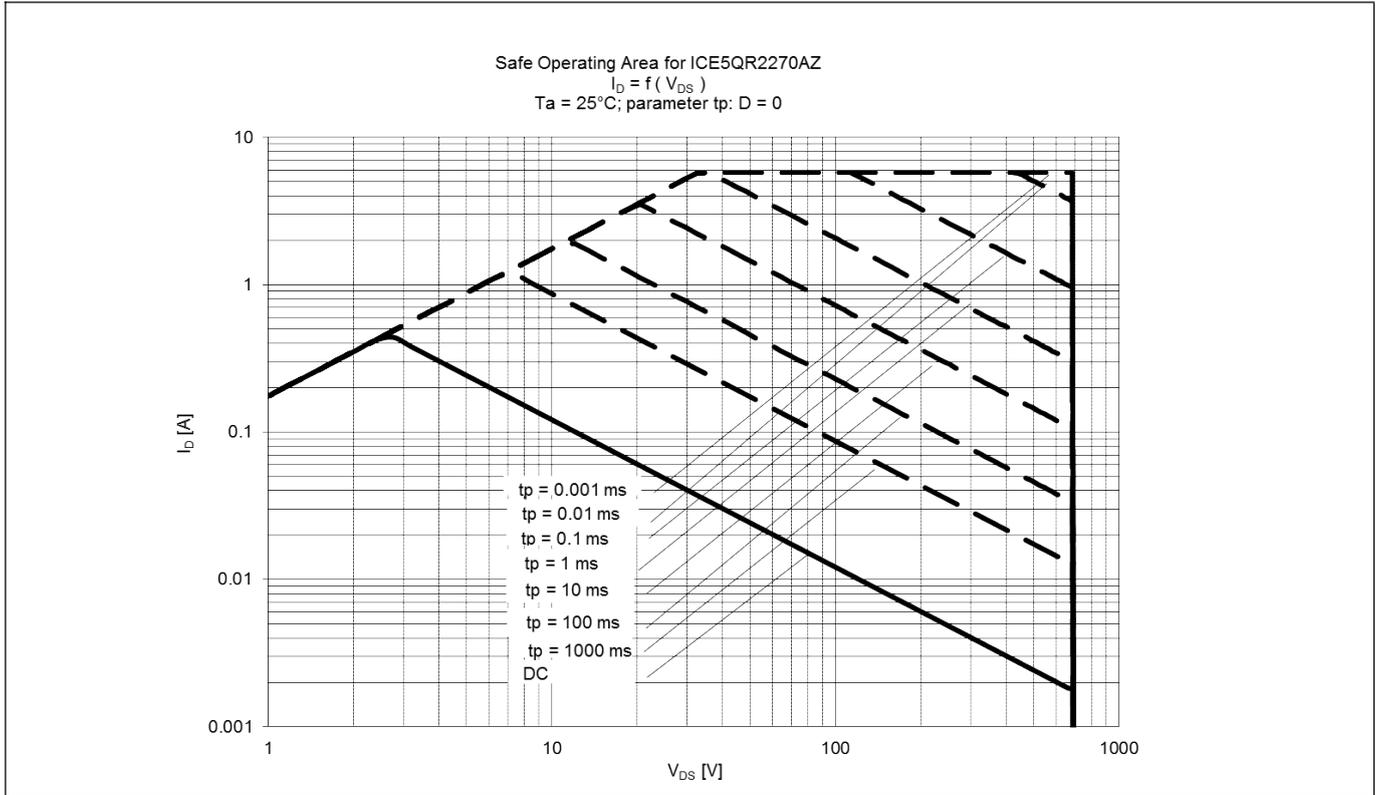


图 16 ICE5QR2270AZ 的安全工作区 (SOA) 曲线

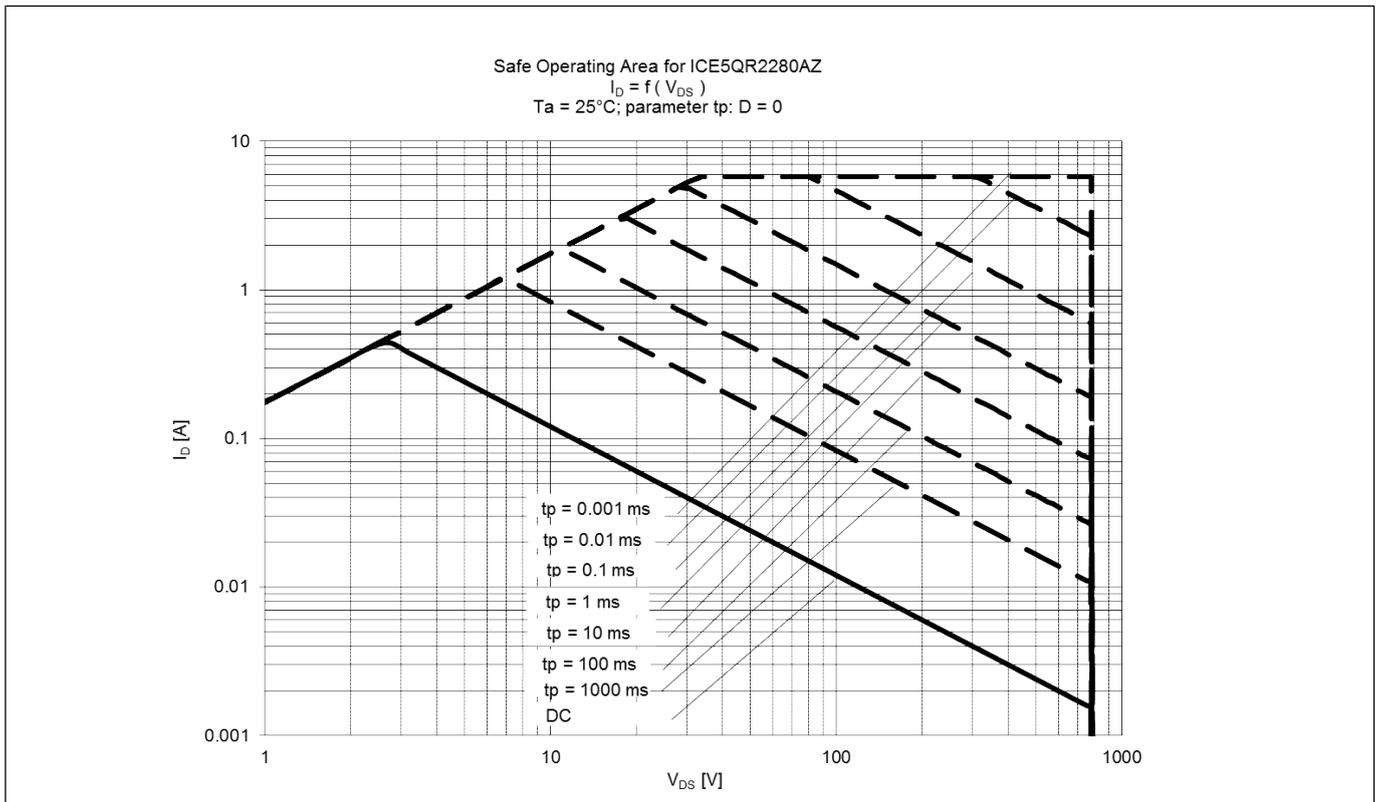


图 17 ICE5QR2280AZ 的安全工作区 (SOA) 曲线

CoolMOS™ 性能特性

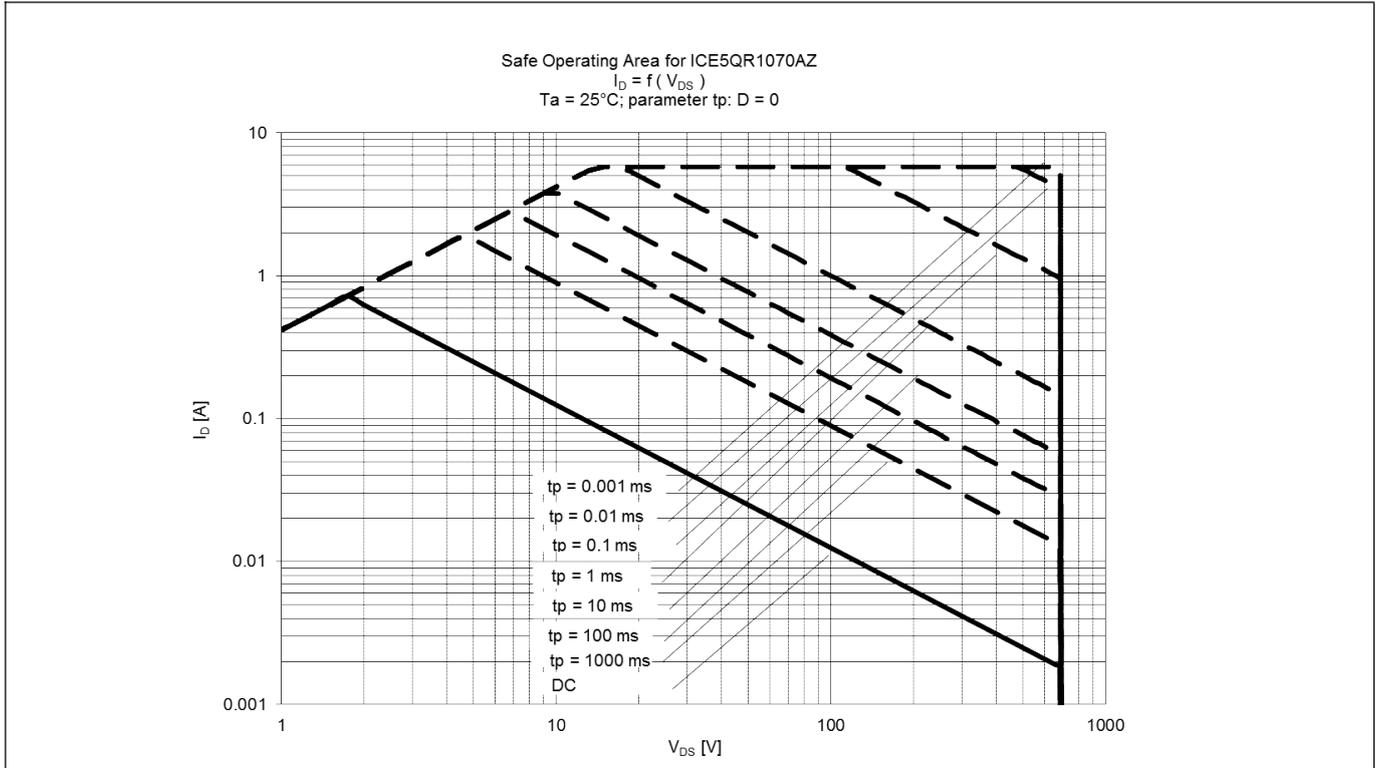


图 18 ICE5QR1070AZ的安全工作区 (SOA) 曲线

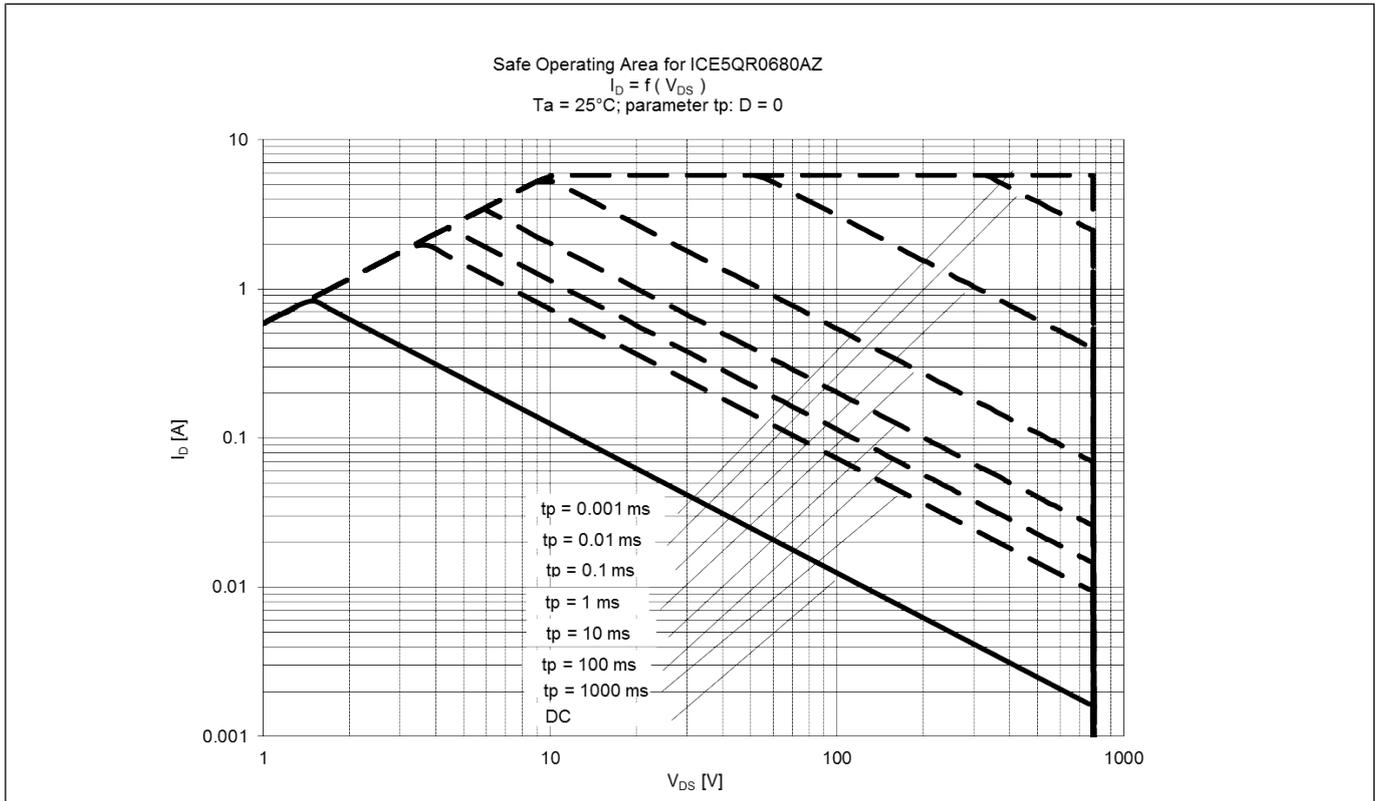


图 19 ICE5QR0680AZ的安全工作区 (SOA) 曲线

CoolMOS™ 性能特性

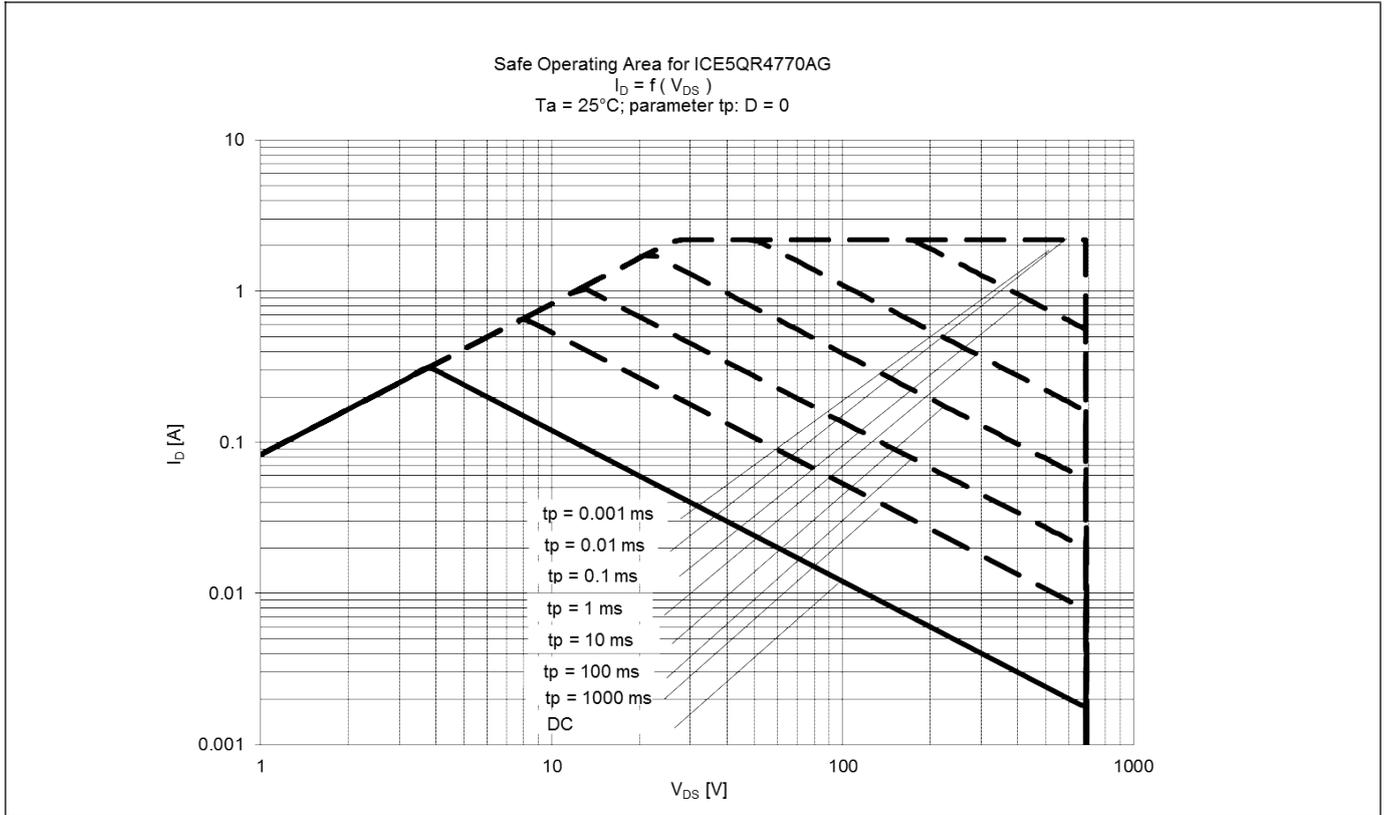


图 20 ICE5QR4770AG的安全工作区 (SOA) 曲线

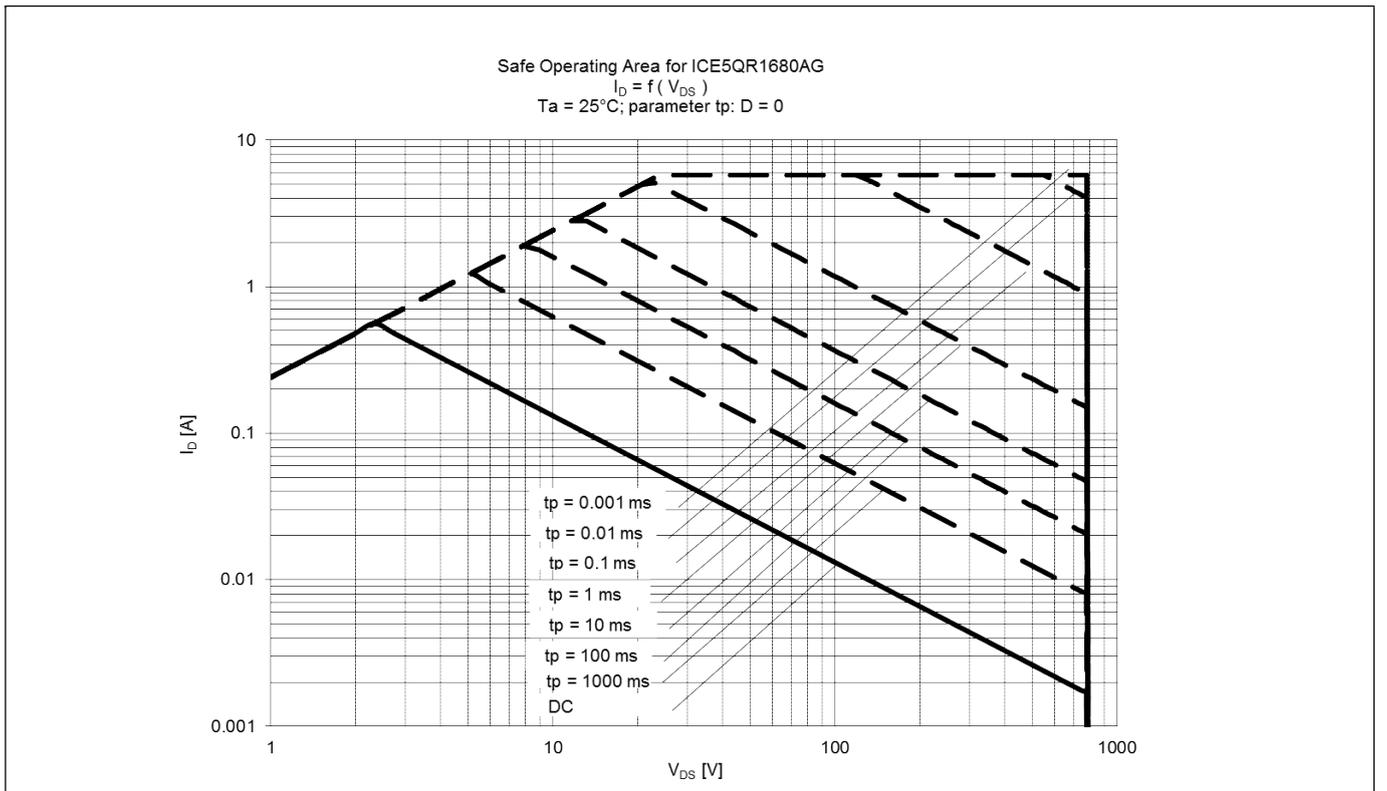


图 21 ICE5QR1680AG的安全工作区 (SOA) 曲线

CoolMOS™ 性能特性

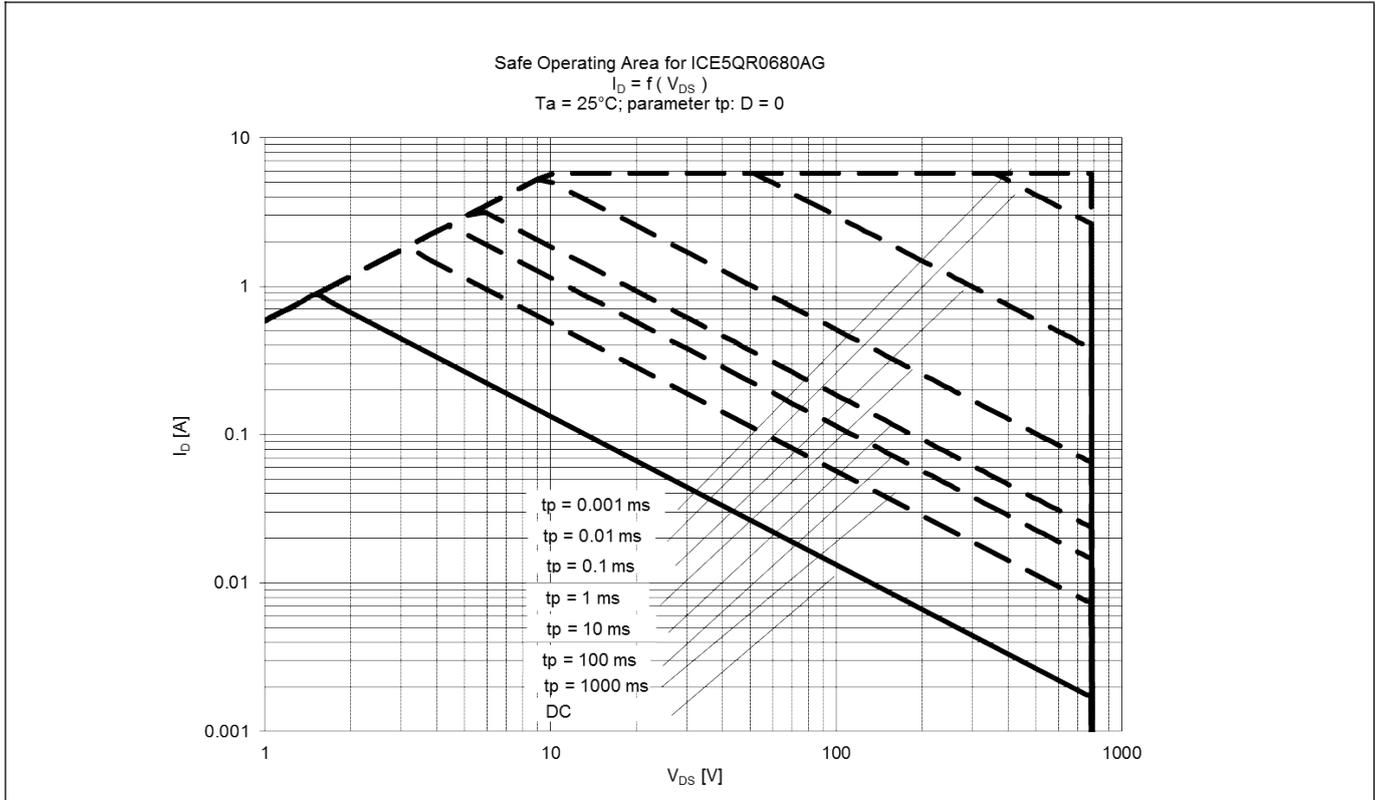


图 22 ICE5QR0680AG的安全工作区 (SOA) 曲线

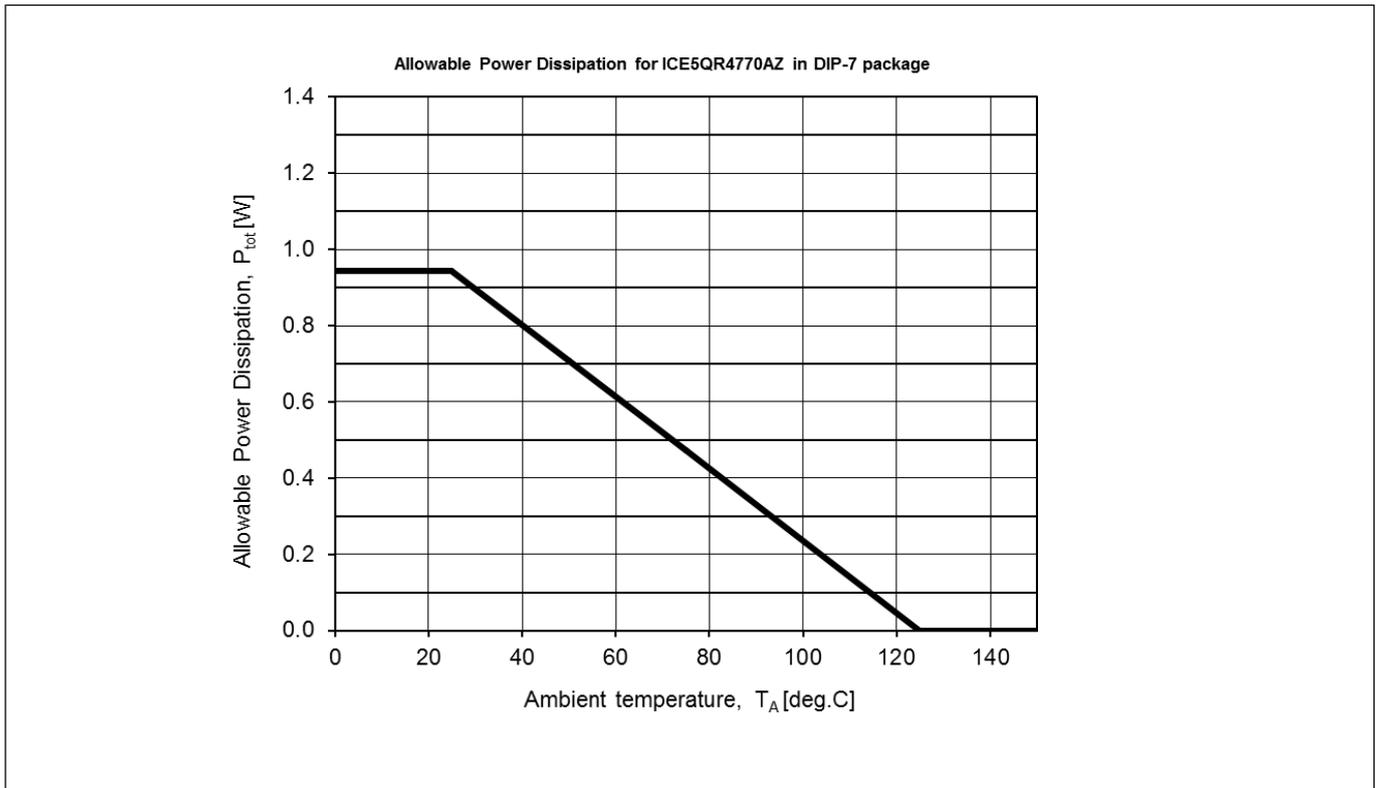


图 23 ICE5QR4770AZ 的功率耗散, DIP-7 封装;  $P_{tot} = f(T_a)$ , (不得超过 第 4.1 节中给出的最大额定值)

CoolMOS™ 性能特性

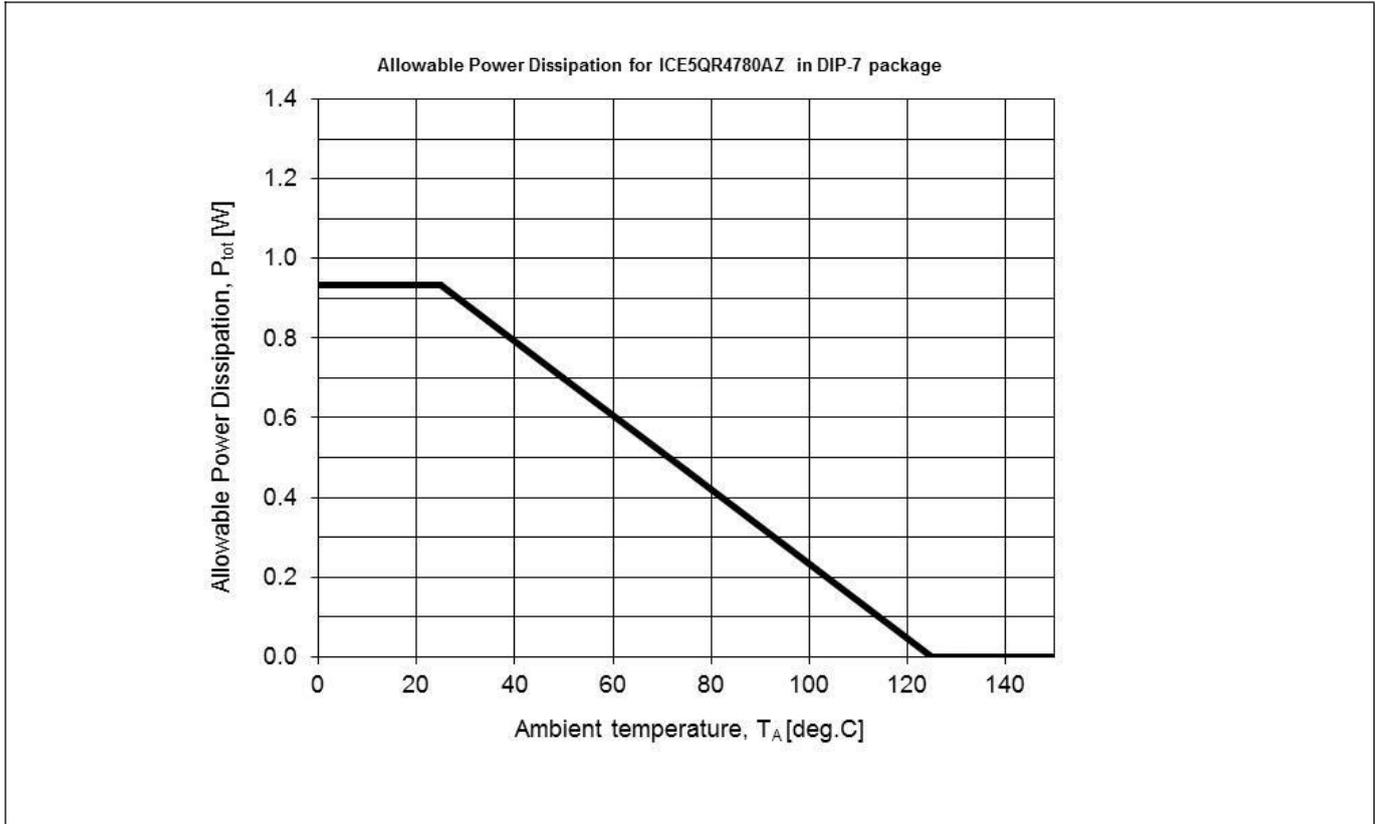


图 24 ICE5QR4780AZ 的功率耗散，DIP-7 封装； $P_{tot}=f(T_A)$ ，（不得超过第 4.1 节中给出的最大额定值）

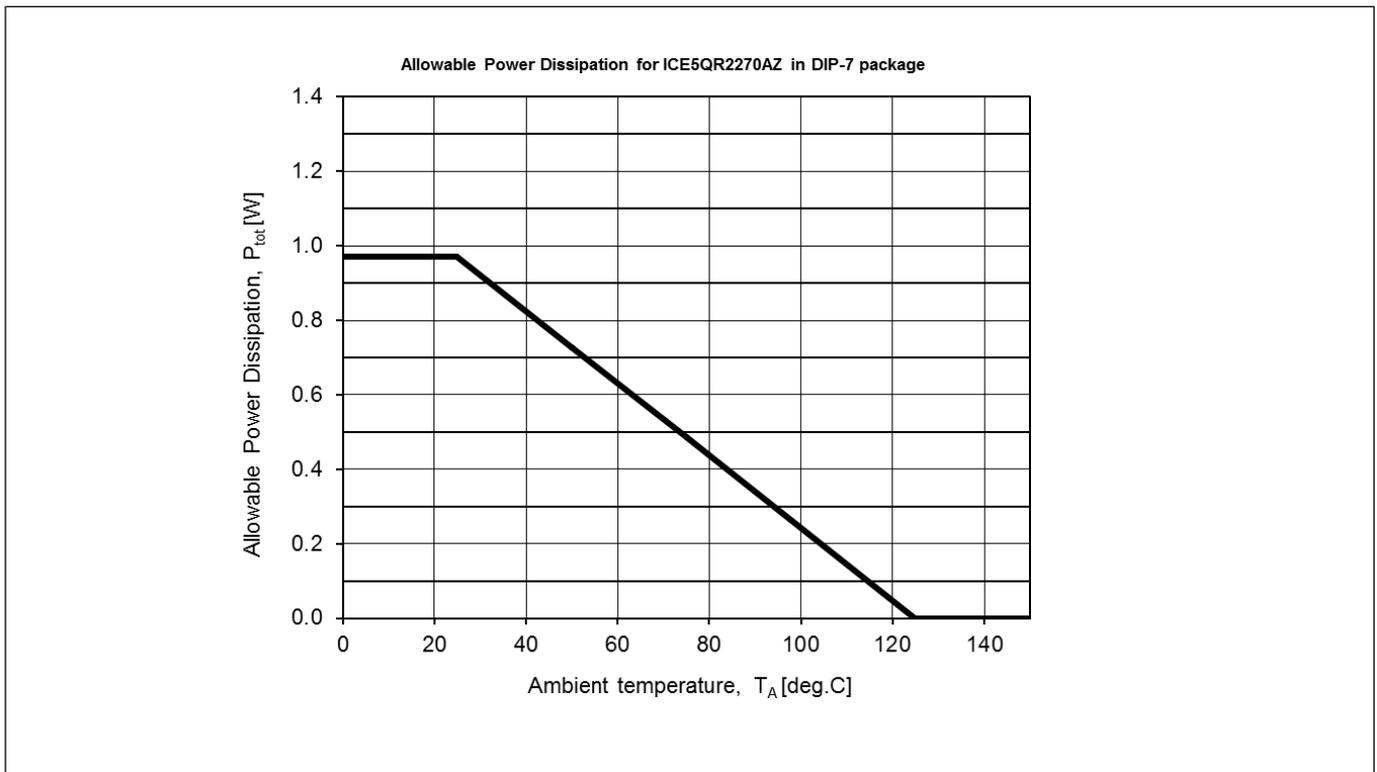


图 25 ICE5QR2270AZ 的功率耗散，DIP-7 封装； $P_{tot}=f(T_A)$ ，（不得超过第 4.1 节中给出的最大额定值）

CoolMOS™ 性能特性

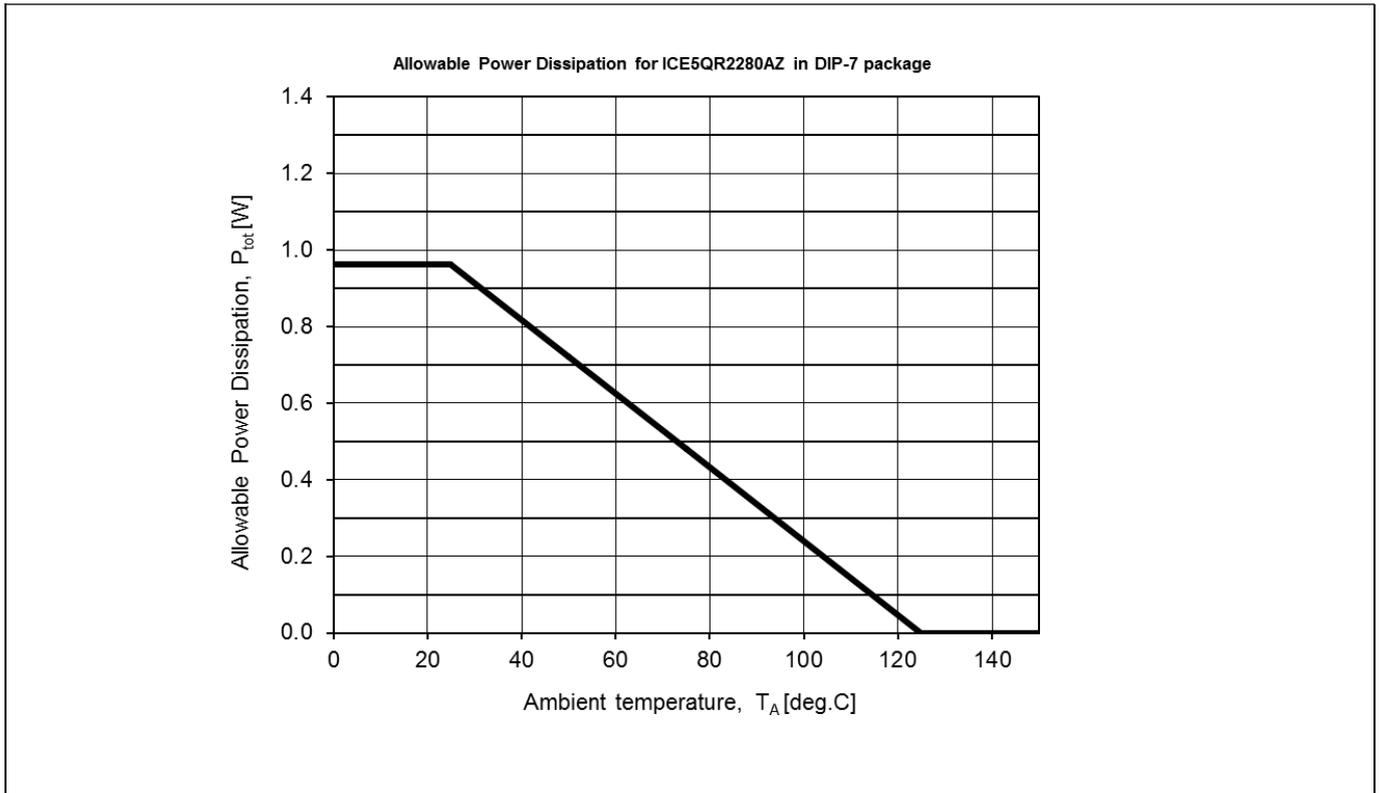


图 26 ICE5QR2280AZ 的功率耗散，DIP-7 封装； $P_{tot} = f(T_a)$ ，（不得超过第 4.1 节中给出的最大额定值）

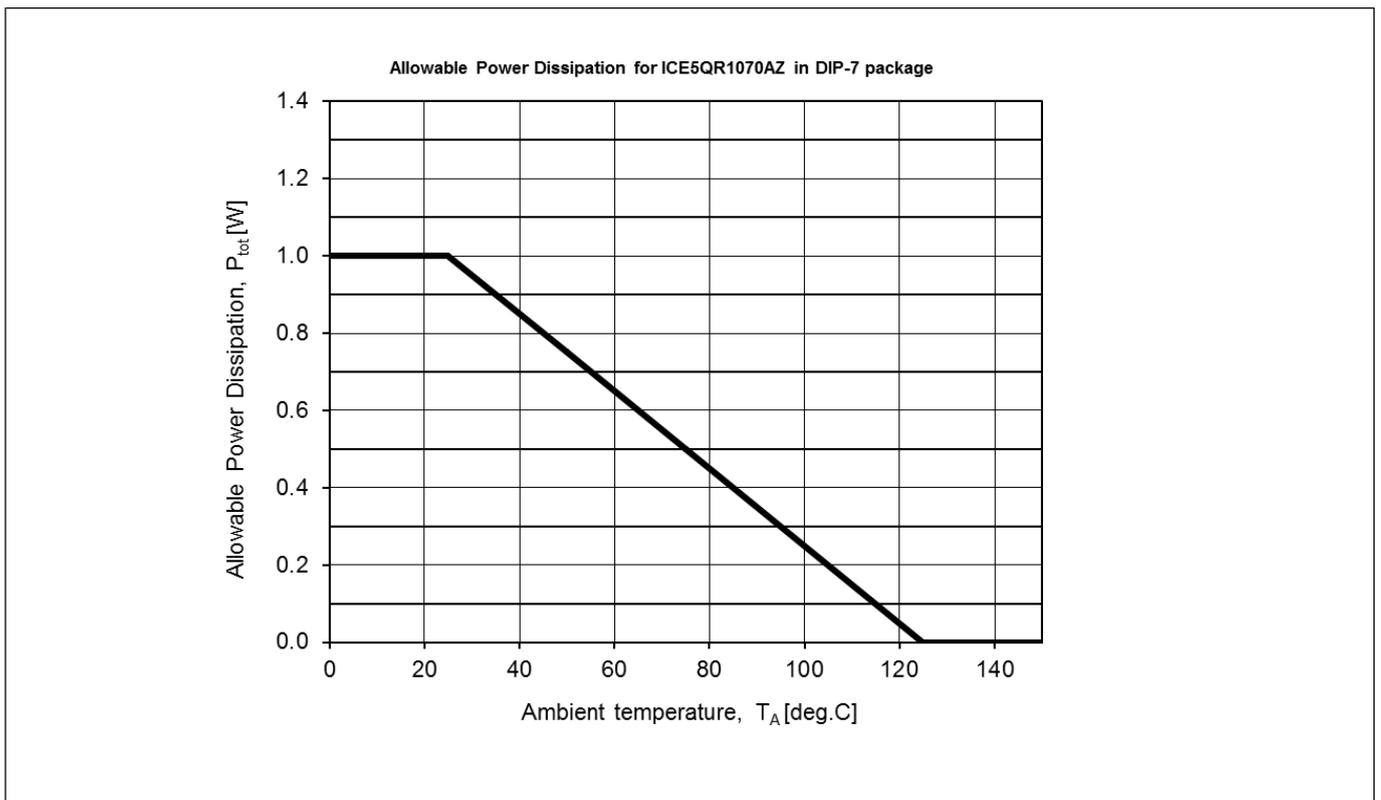


图 27 ICE5QR1070AZ 的功率耗散，DIP-7 封装； $P_{tot} = f(T_a)$ ，（不得超过第 4.1 节中给出的最大额定值）

CoolMOS™ 性能特性

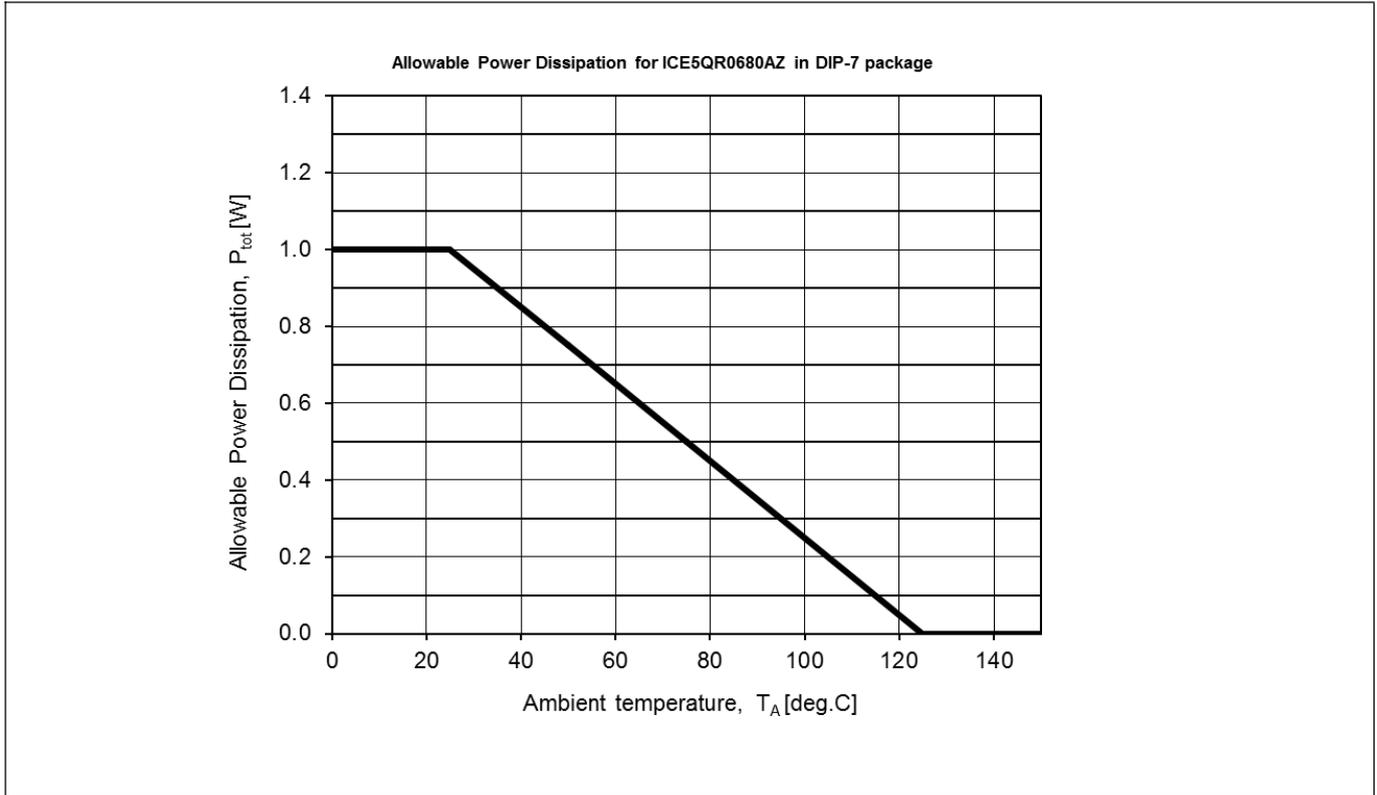


图 28 ICE5QR0680AZ 的功率耗散，DIP-7 封装； $P_{tot}=f(T_a)$ ，（不得超过第 4.1 节中给出的最大额定值）

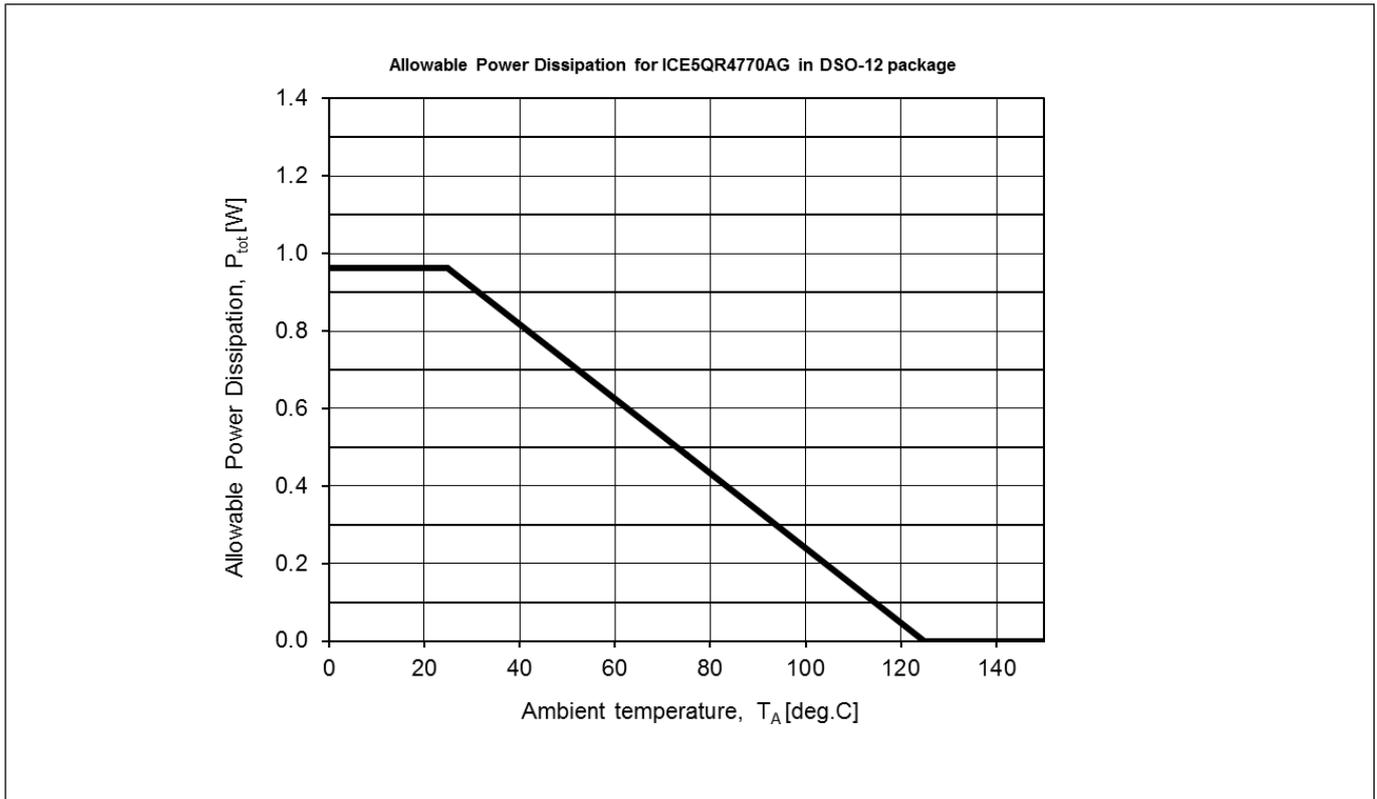


图 29 ICE5QR4770AG 的功率耗散，DSO-12 封装； $P_{tot}=f(T_a)$ ，（不得超过第 4.1 节中给出的最大额定值）。

CoolMOS™ 性能特性

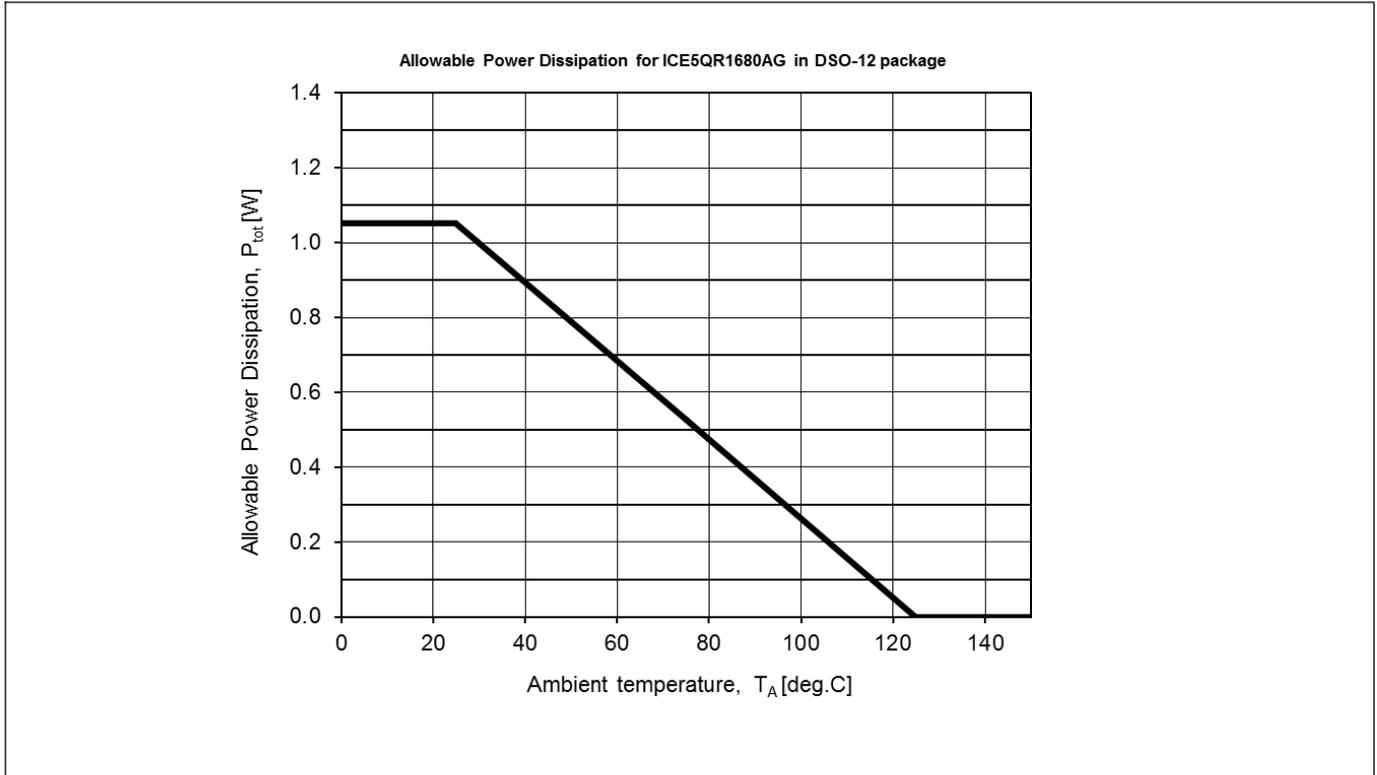


图 30 ICE5QR1680AG 的功率耗散，DSO-12 封装； $P_{tot}=f(T_a)$ ，（不得超过第 4.1 节中给出的最大额定值）

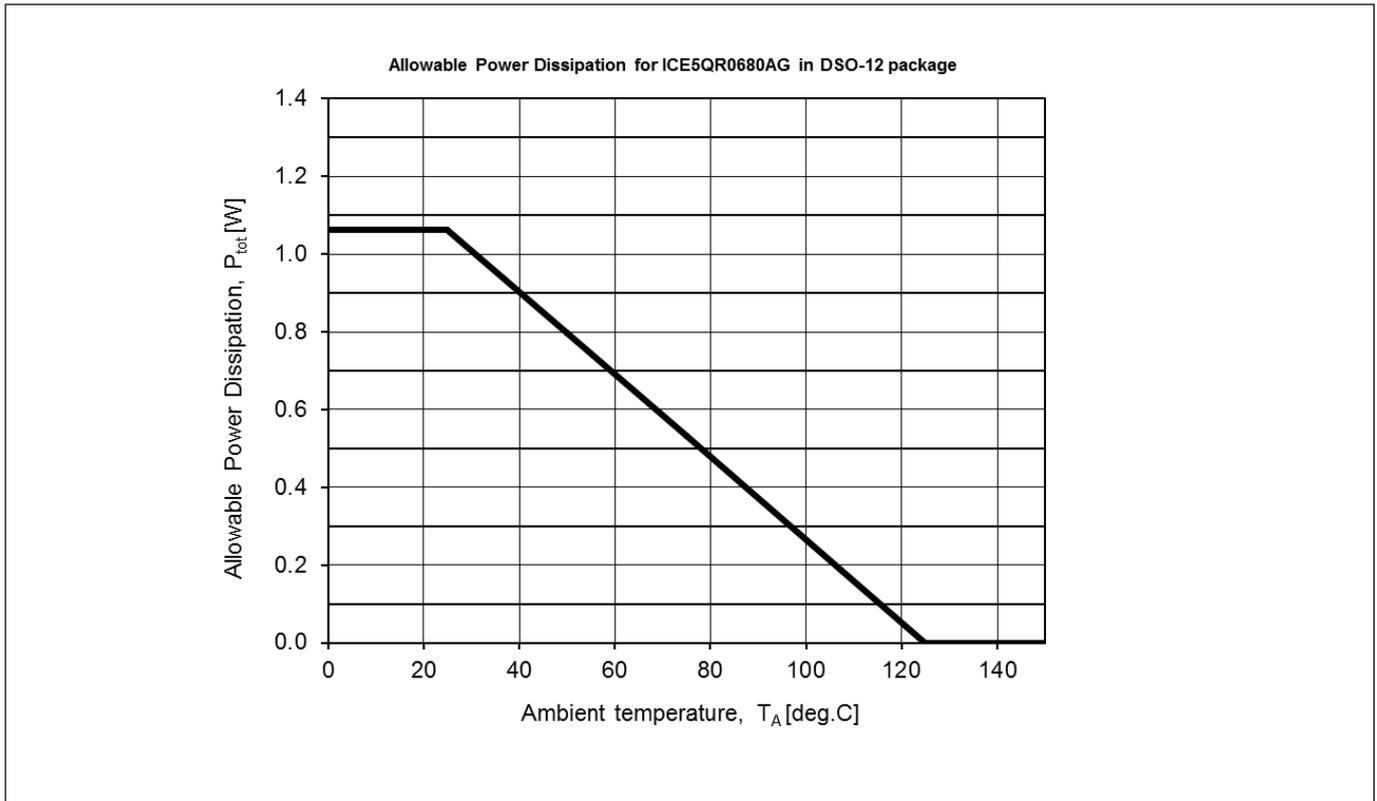


图 31 ICE5QR0680AG 的功率耗散，DSO-12 封装； $P_{tot}=f(T_a)$ ，（不得超过第 4.1 节中给出的最大额定值）

CoolMOS™ 性能特性

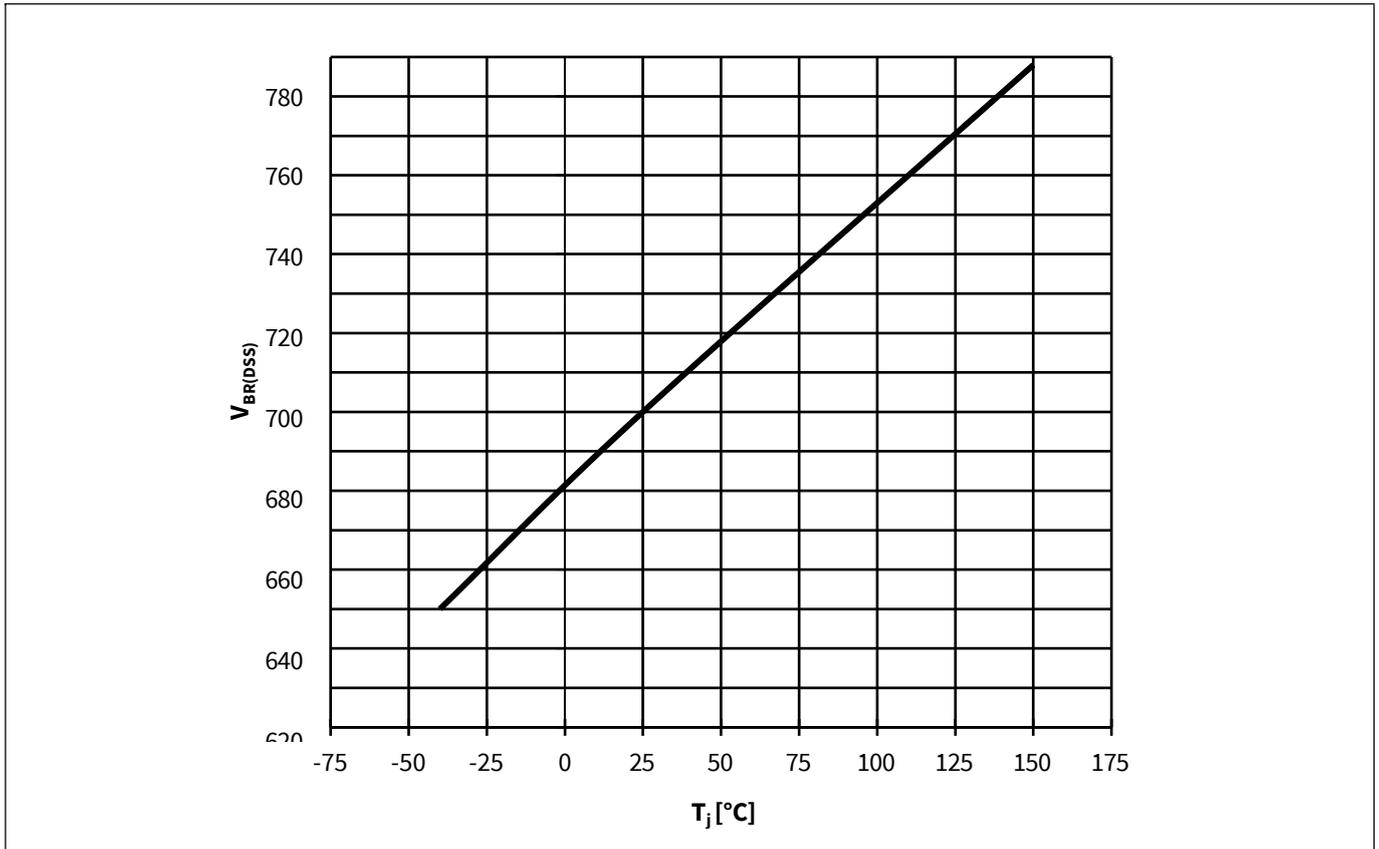


图 32 漏极-源极击穿电压 ICE5QRxx70Ax;  $V_{BR(DSS)}=f(T_j)$ ,  $I_D=1mA$

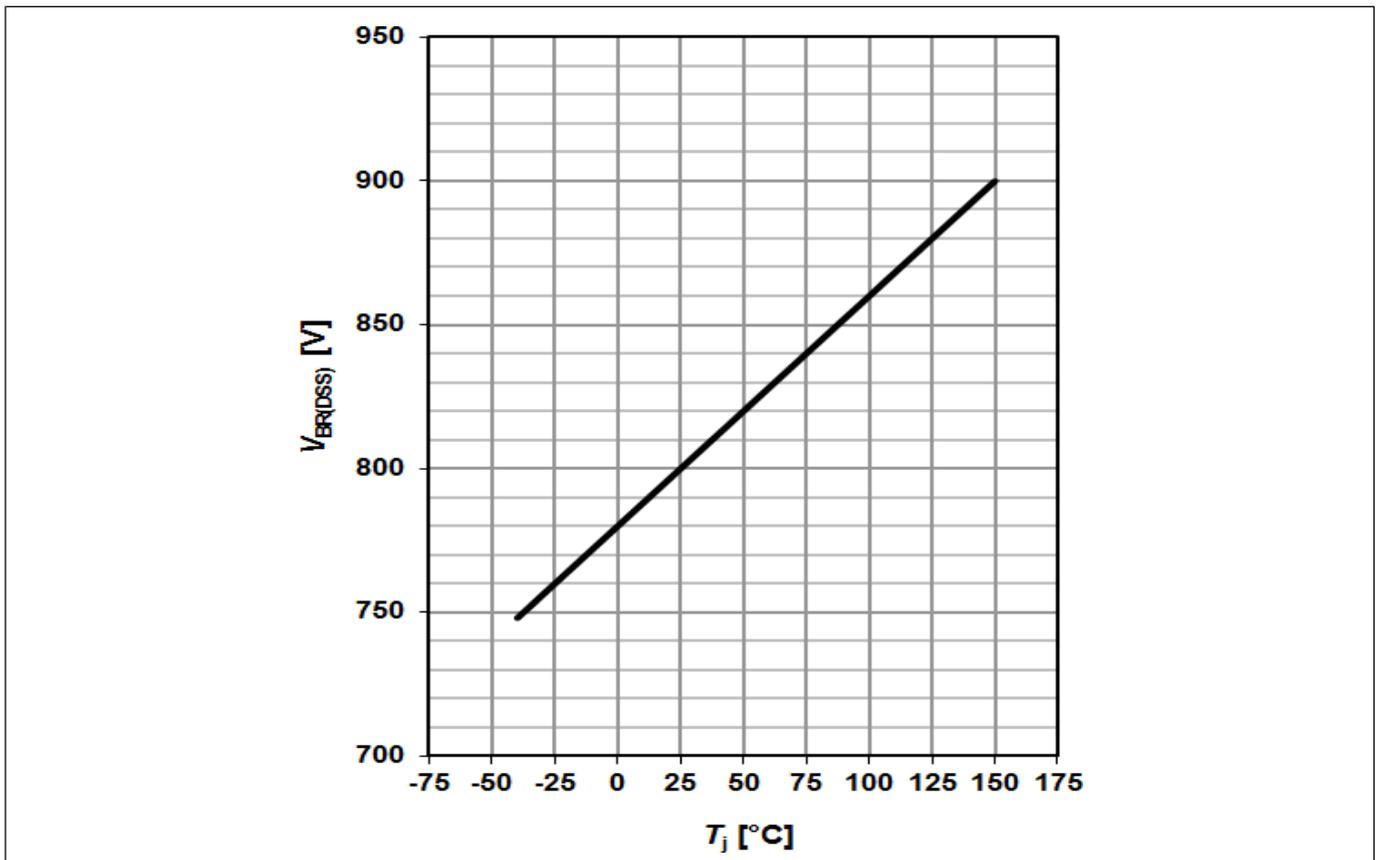


图 33 漏源击穿电压 ICE5QRxx80Ax;  $V_{BR(DSS)}=f(T_j)$ ,  $I_D=1mA$

CoolMOS™ 性能特性

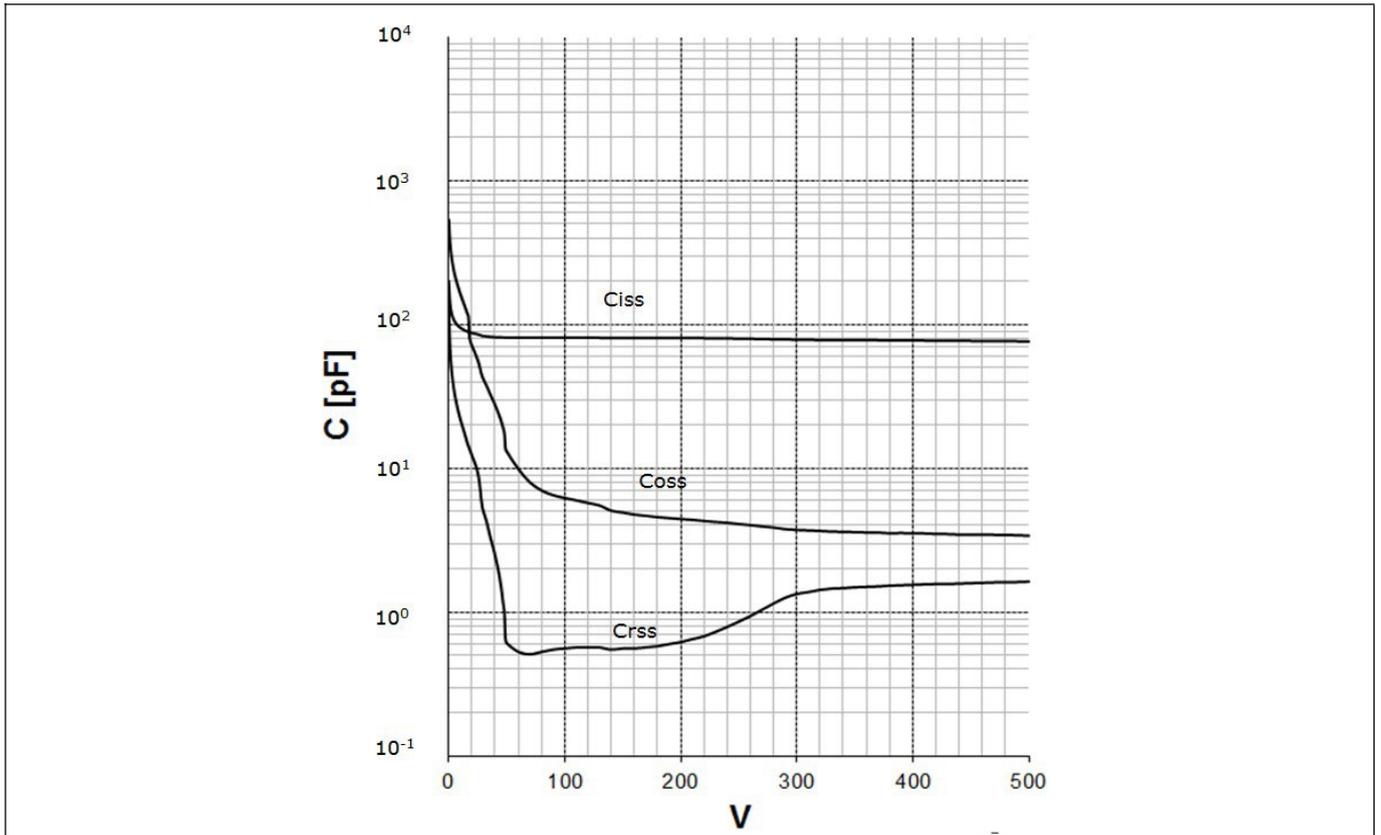


图 34 ICE5QR4770Ax 的典型 CoolMOS™ 电容 ( $C=f(V_{DS}); V_{GS}=0\text{ V}; f=1\text{ MHz}$ )

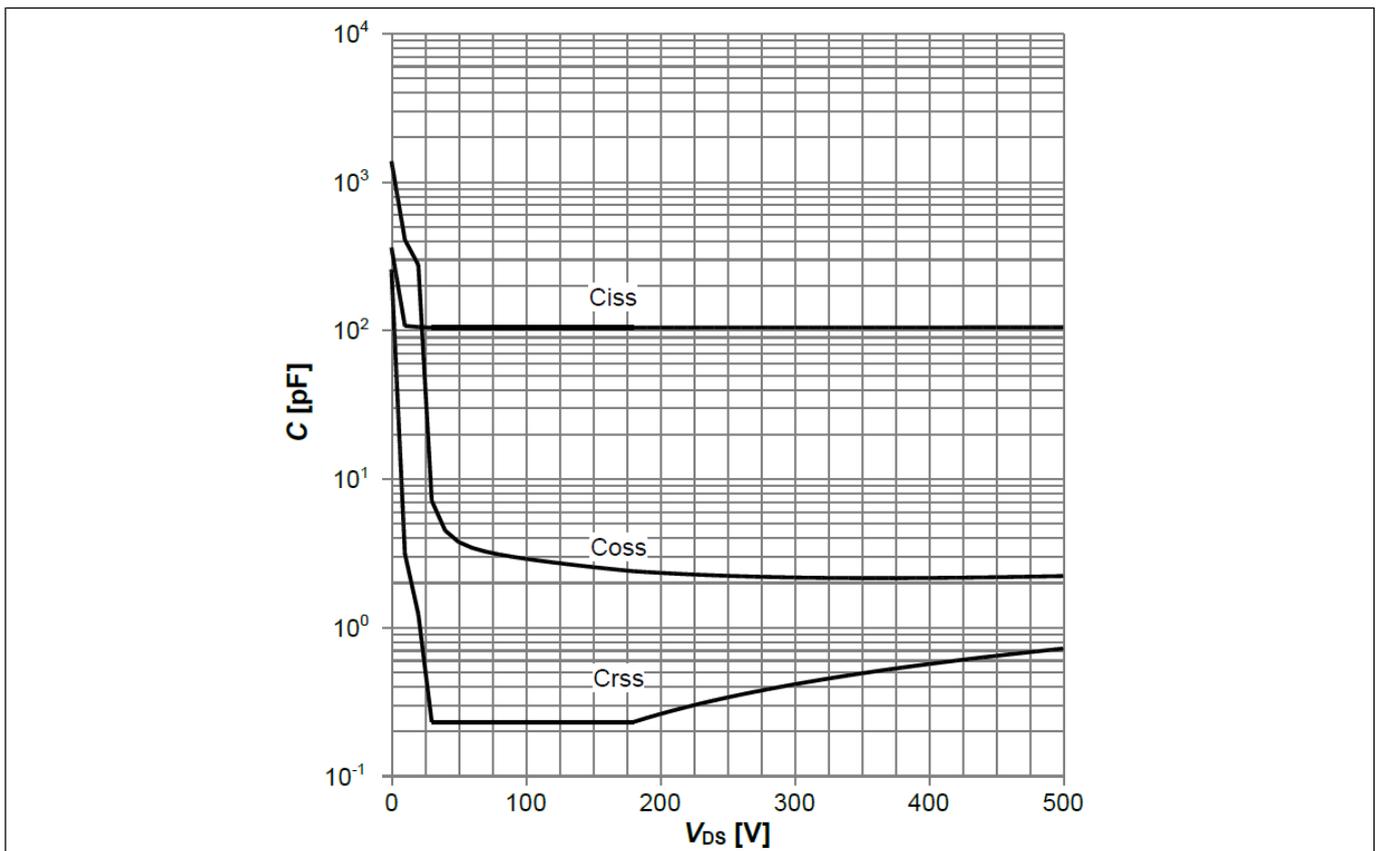


图 35 ICE5QR4780AZ 的典型 CoolMOS™ 电容 ( $C=f(V_{DS}); V_{GS}=0\text{ V}; f=250\text{ kHz}$ )

CoolMOS™ 性能特性

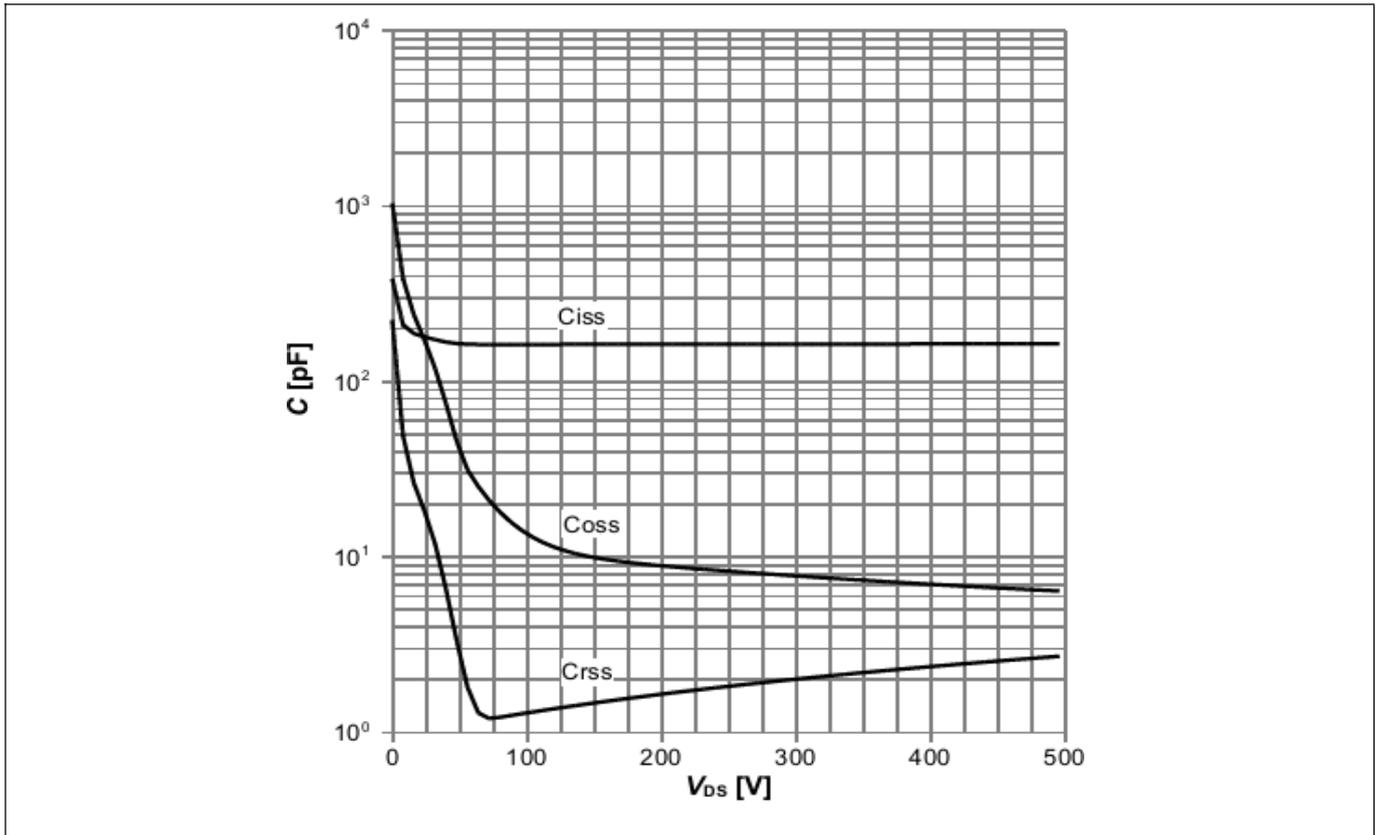


图 36 ICE5QR2270AZ 的典型 CoolMOS™ 电容 ( $C=f(V_{DS}); V_{GS}=0V; f=1\text{ MHz}$ )。

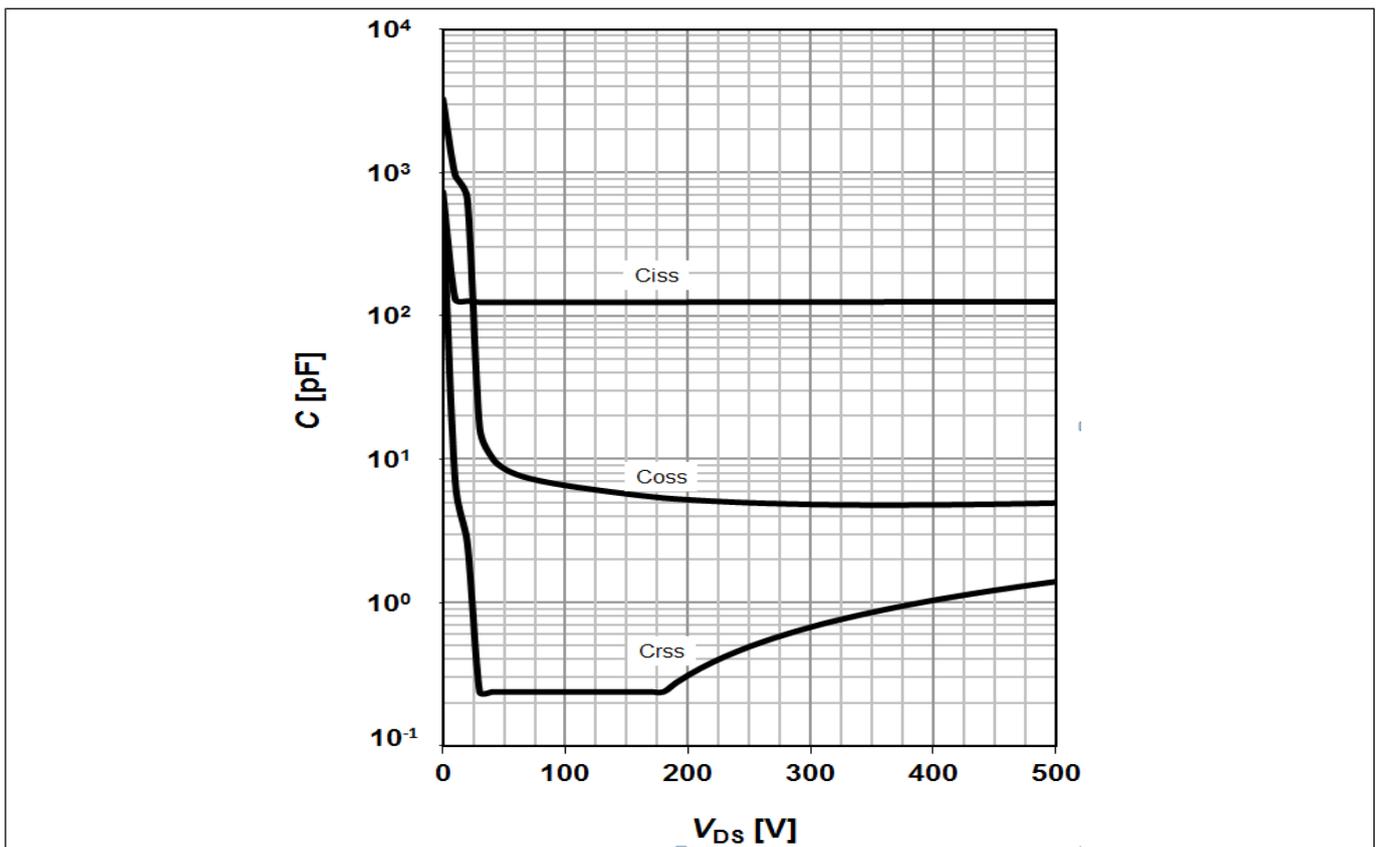


图 37 ICE5QR2280AZ 的典型 CoolMOS™ 电容 ( $C=f(V_{DS}); V_{GS}=0\text{ V}; f=250\text{ kHz}$ )

CoolMOS™ 性能特性

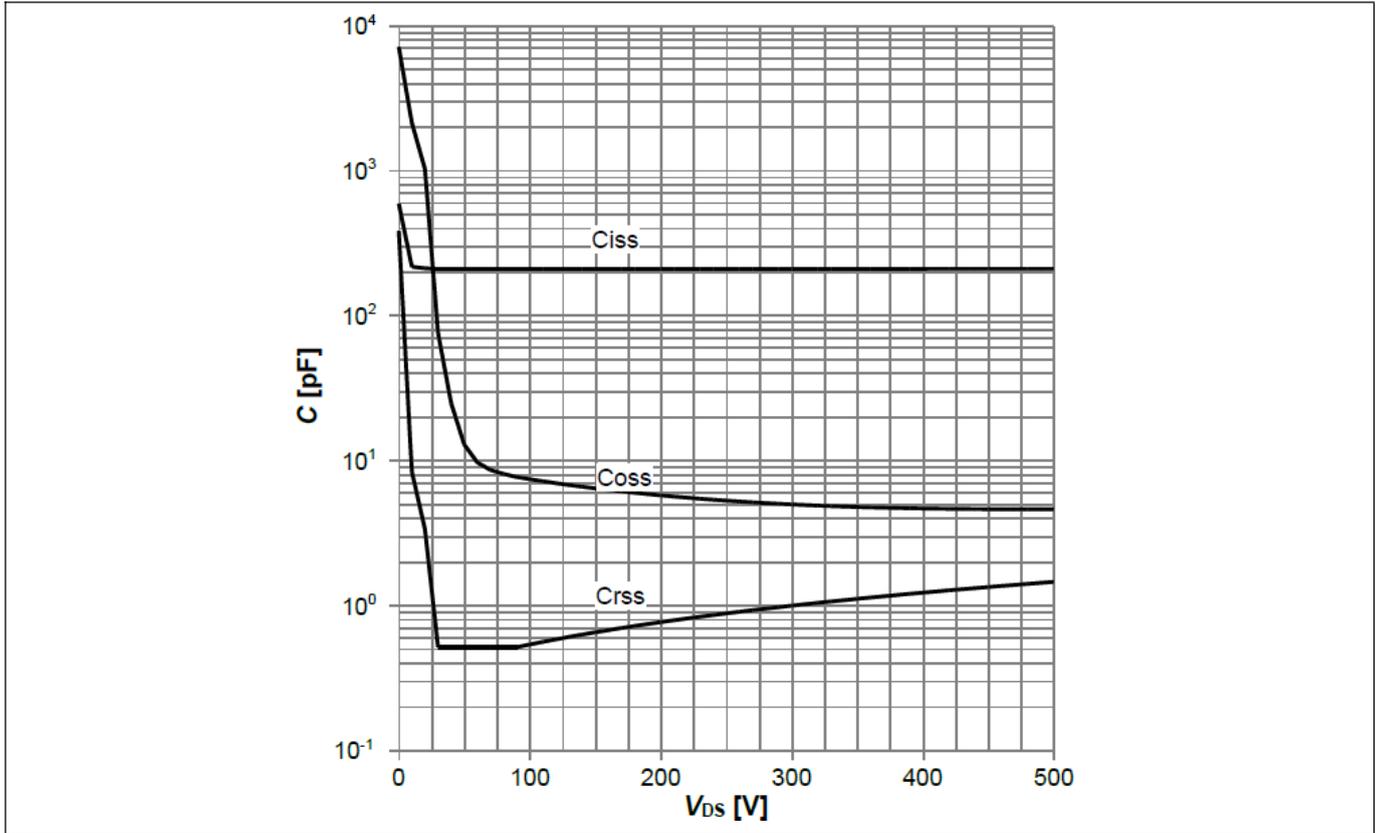


图 38 ICE5QR1070AZ 的典型 CoolMOS™ 电容 ( $C=f(V_{DS}); V_{GS}=0V; f=250\text{ kHz}$ )

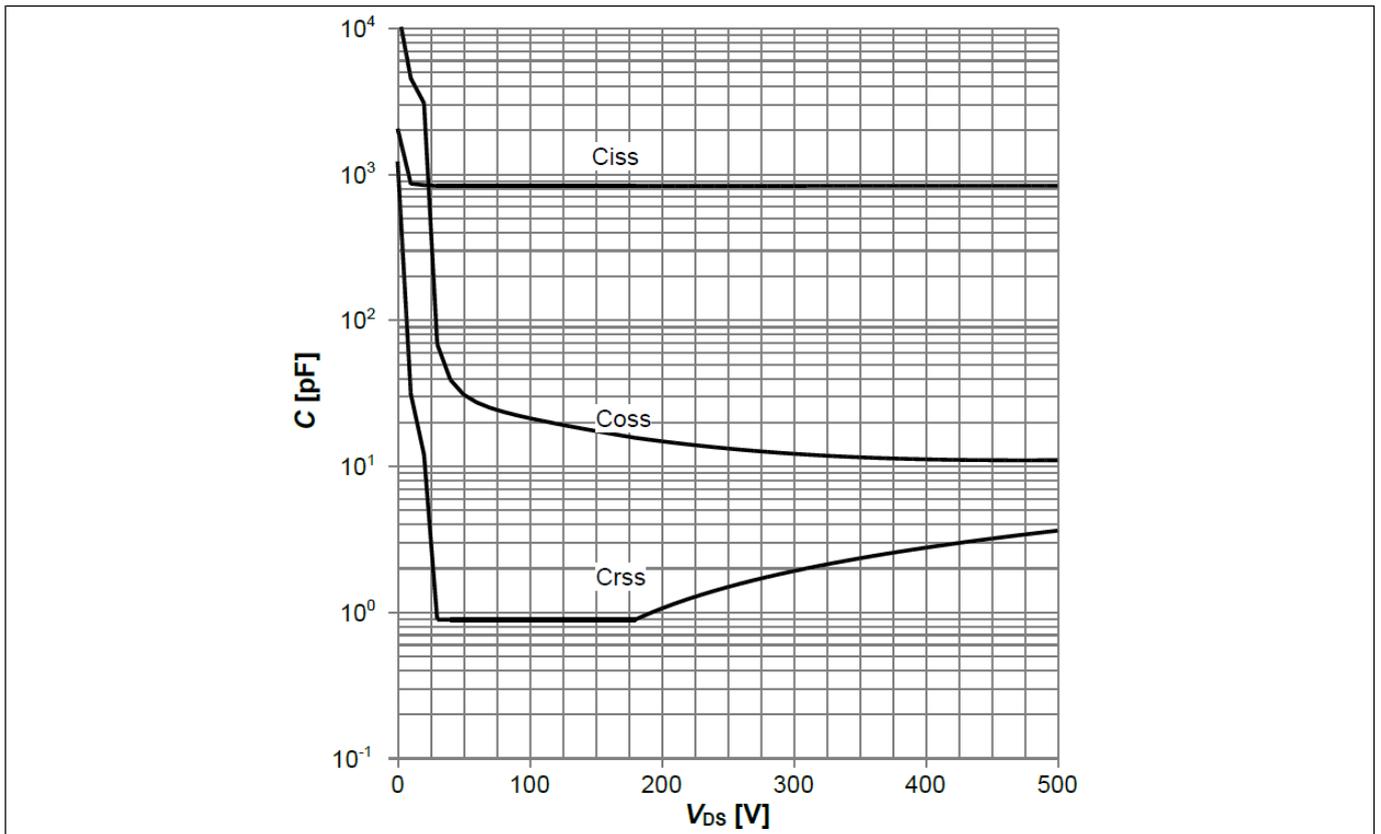


图 39 ICE5QR0680Ax 的典型 CoolMOS™ 电容 ( $C=f(V_{DS}); V_{GS}=0\text{ V}; f=250\text{ kHz}$ )

CoolMOS™ 性能特性

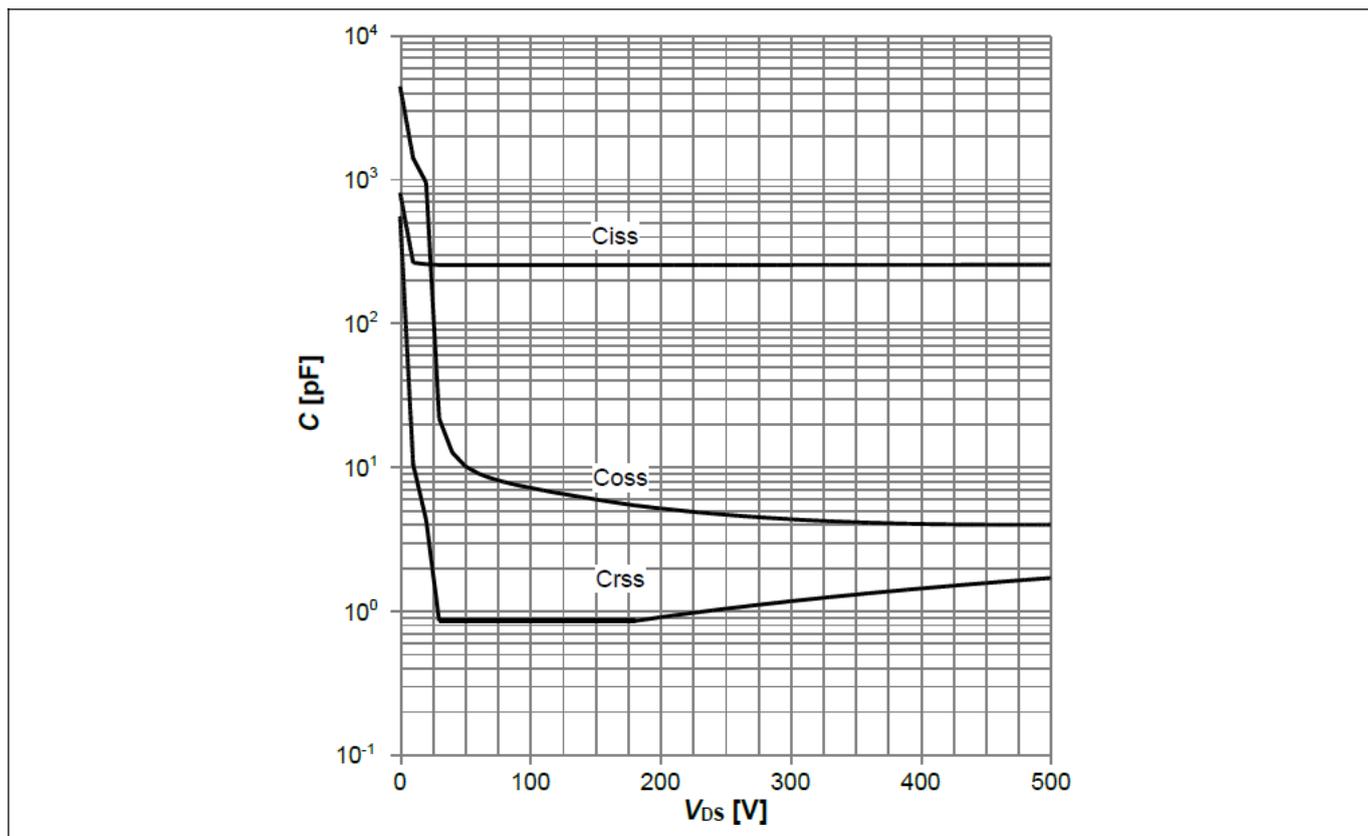


图 40 ICE5QR1680AG 的典型 CoolMOS™ 电容 ( $C=f(V_{DS})$ ;  $V_{GS}=0V$ ;  $f=250\text{ kHz}$ )

输出功率曲线

## 6 输出功率曲线

下面是计算得出的输出功率曲线，显示了典型输出功率与环境温度的关系。这些曲线是在 $T_a=50^\circ\text{C}$ 、 $T_j=125^\circ\text{C}$ （集成高压 MOSFET）条件下，在 2 盎司铜单面印刷电路板中使用最小漏极引脚铜面积，并仅在稳态下工作（不包括异常工作模式的设计余量），根据开放式框架设计中典型的非连续模式反激式得出的。输出功率数据仅供参考。实际功率可能因具体设计而异。在电源系统中，必须应用适当的热设计余量，以确保始终遵守第 4.1 节中给出的最大额定值。

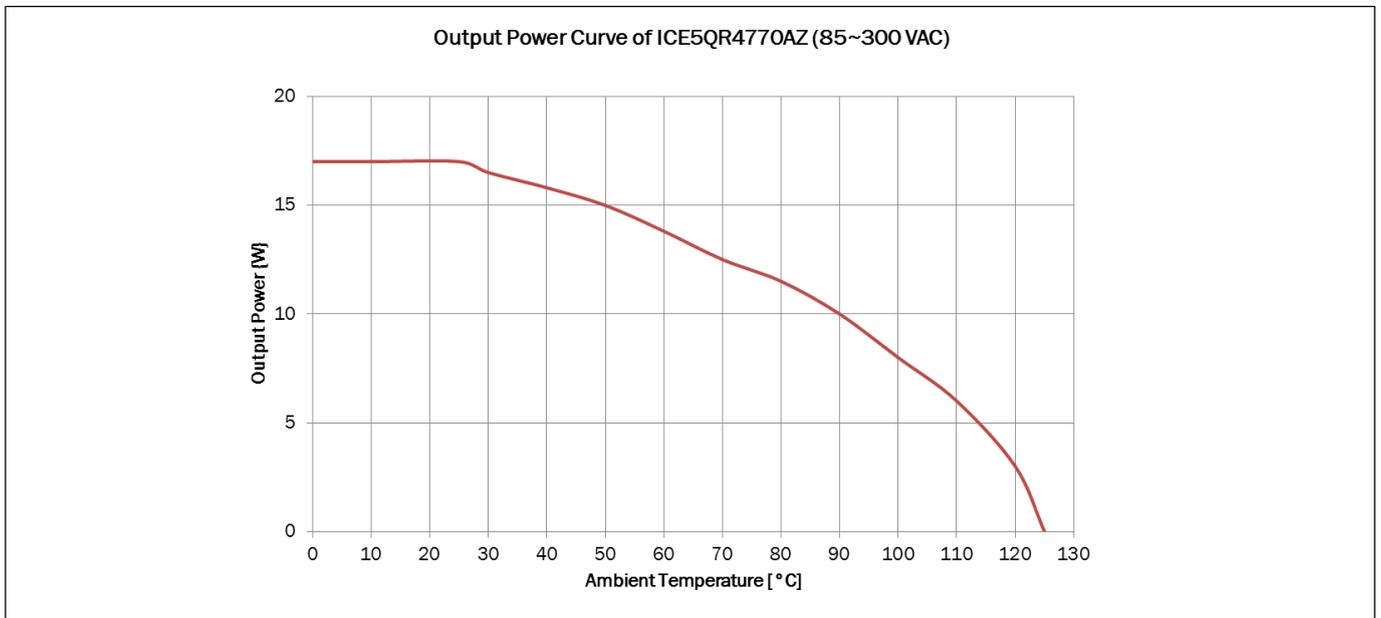


图 41 ICE5QR4770AZ的输出功率曲线， $V_{IN}=85\sim 300V_{AC}$ ； $P_{Out}=f(T_a)$

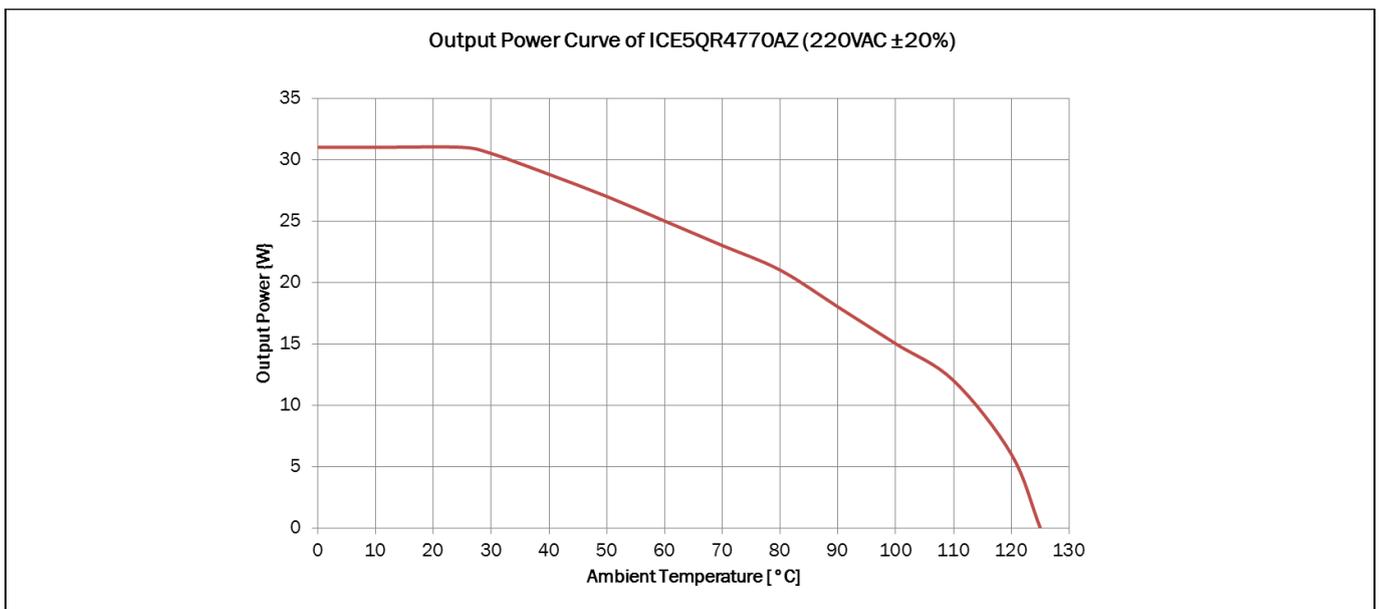


图 42 ICE5QR4770AZ输出功率曲线， $V_{IN}$ 的=  $220V_{AC}$ ； $P_{Out}=f(T_a)$

输出功率曲线

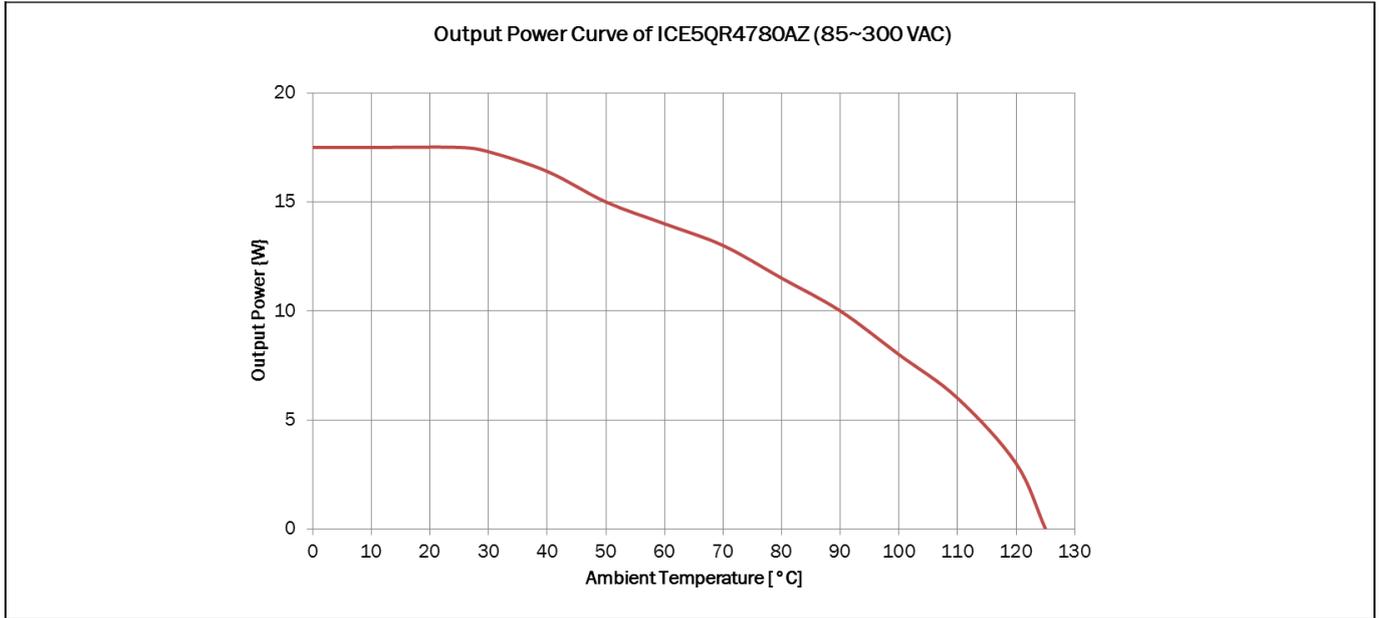


图 43 ICE5QR4780AZ的输出功率曲线,  $V_{IN}=85\sim 300 V_{AC}$  ;  $P_{Out}=f(T_a)$

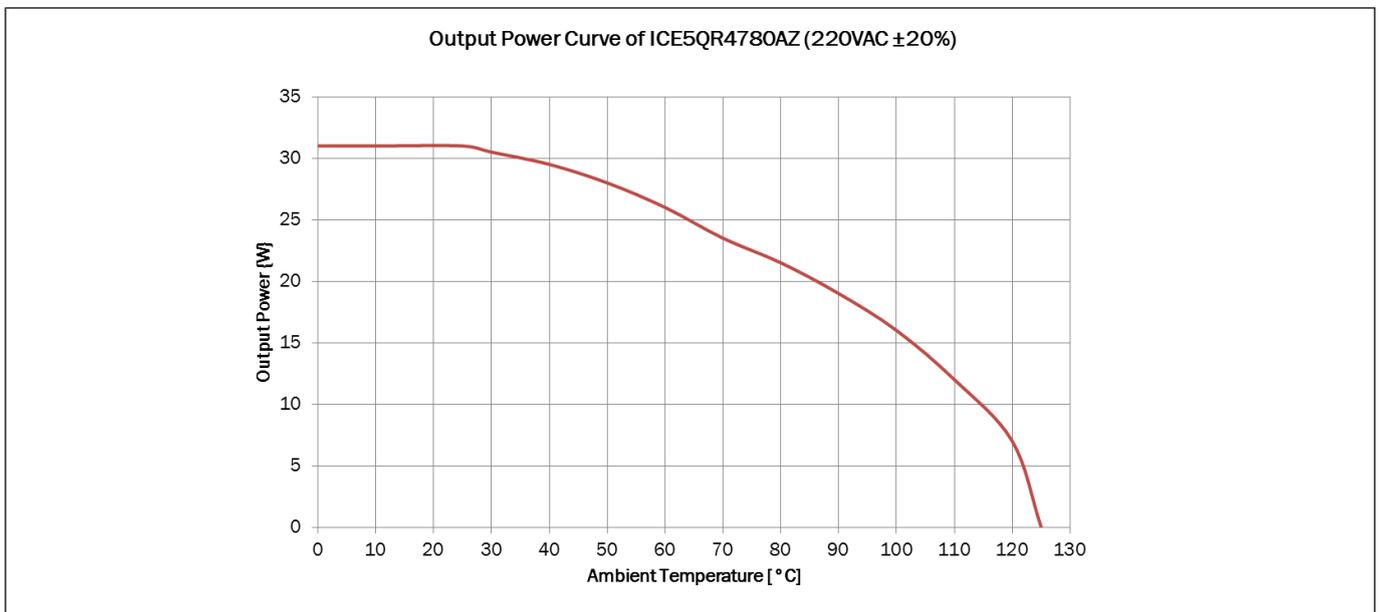


图 44 ICE5QR4780AZ的输出功率曲线,  $V_{IN}=220V_{AC}$  ;  $P_{Out}=f(T_a)$

输出功率曲线

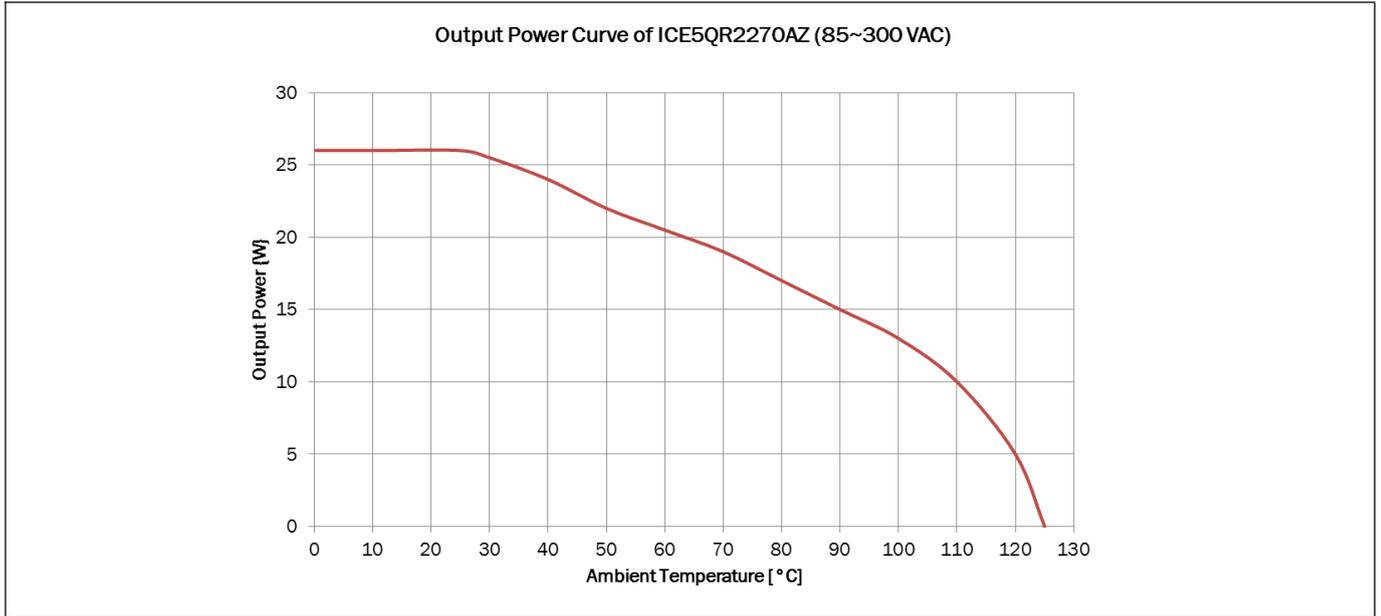


图 45 ICE5QR2270AZ的输出功率曲线,  $V_{IN}=85\sim 300V_{AC}$  ;  $P_{out}=f(T_a)$

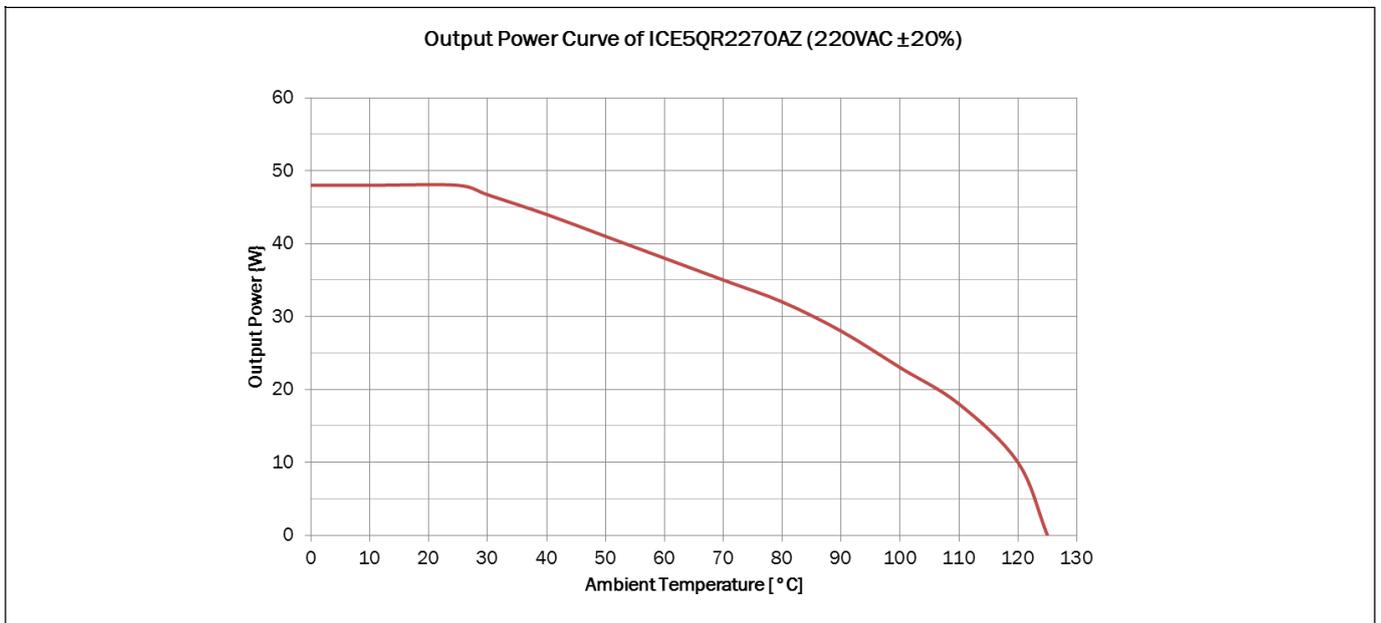


图 46 ICE5QR2270AZ的输出功率曲线,  $V_{IN}= 220V_{AC}$  ;  $P_{out}=f(T_a)$

输出功率曲线

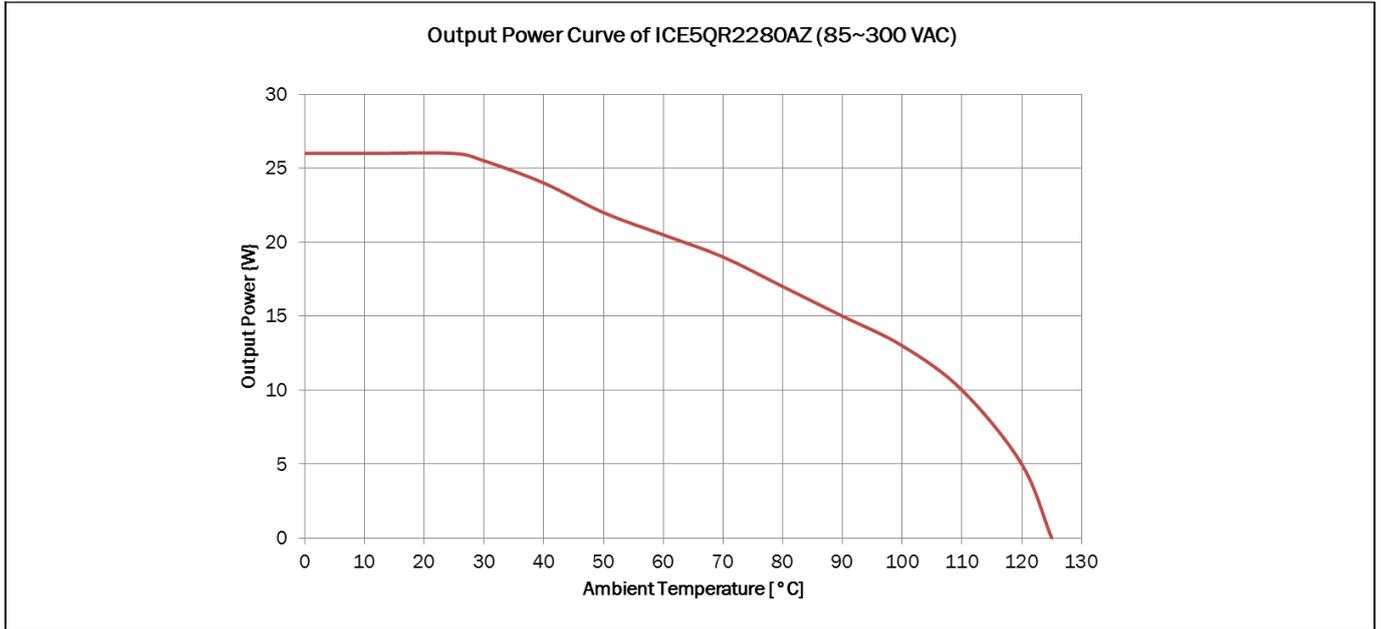


图 47 ICE5QR2280AZ的输出功率曲线,  $V_{IN}=85\sim 300V_{AC}$  ;  $P_{Out}=f(T_a)$

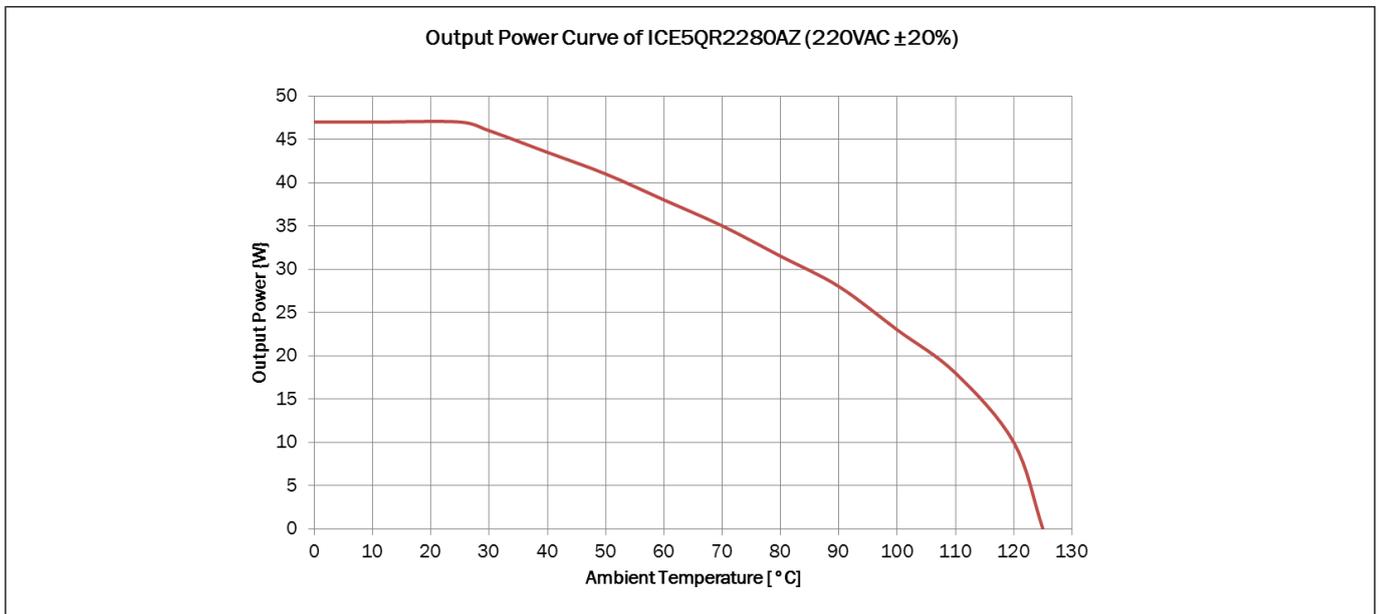


图 48 ICE5QR2280AZ的输出功率曲线,  $V_{IN}= 220V_{AC}$  ;  $P_{Out}=f(T_a)$

输出功率曲线

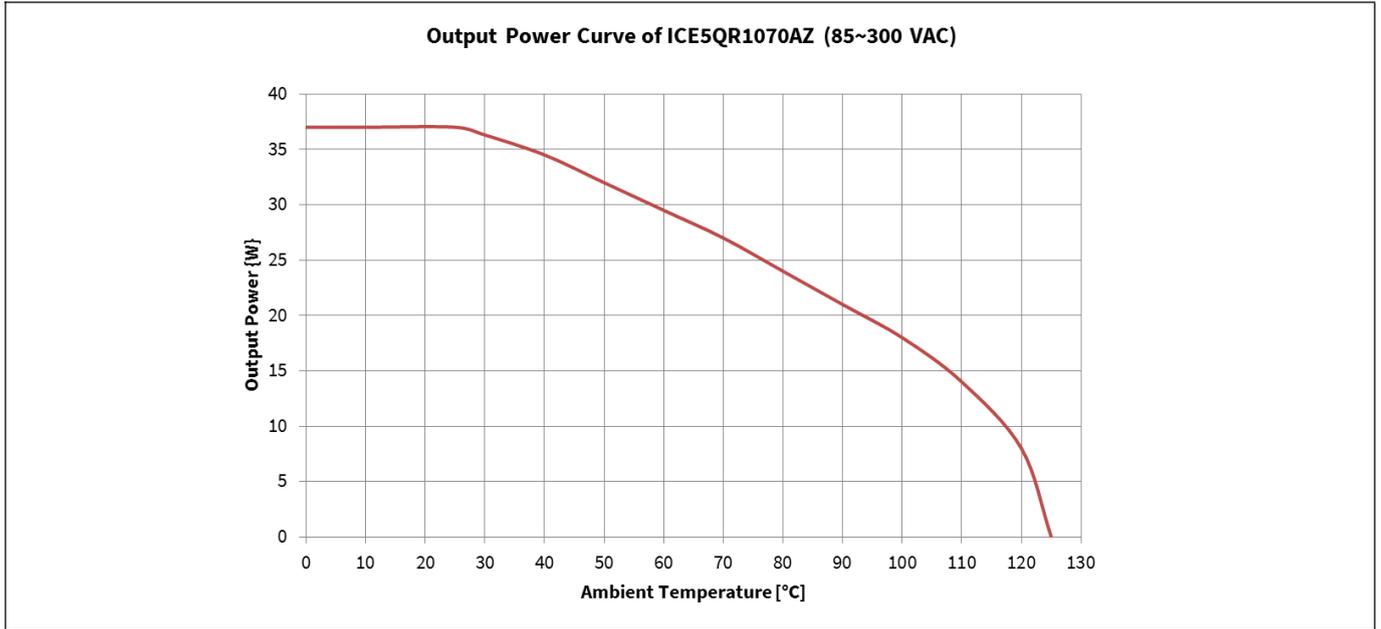


图 49 ICE5QR1070AZ的输出功率曲线,  $V_{IN}=85\sim 300V_{AC}$  ;  $P_{Out}=f(T_a)$

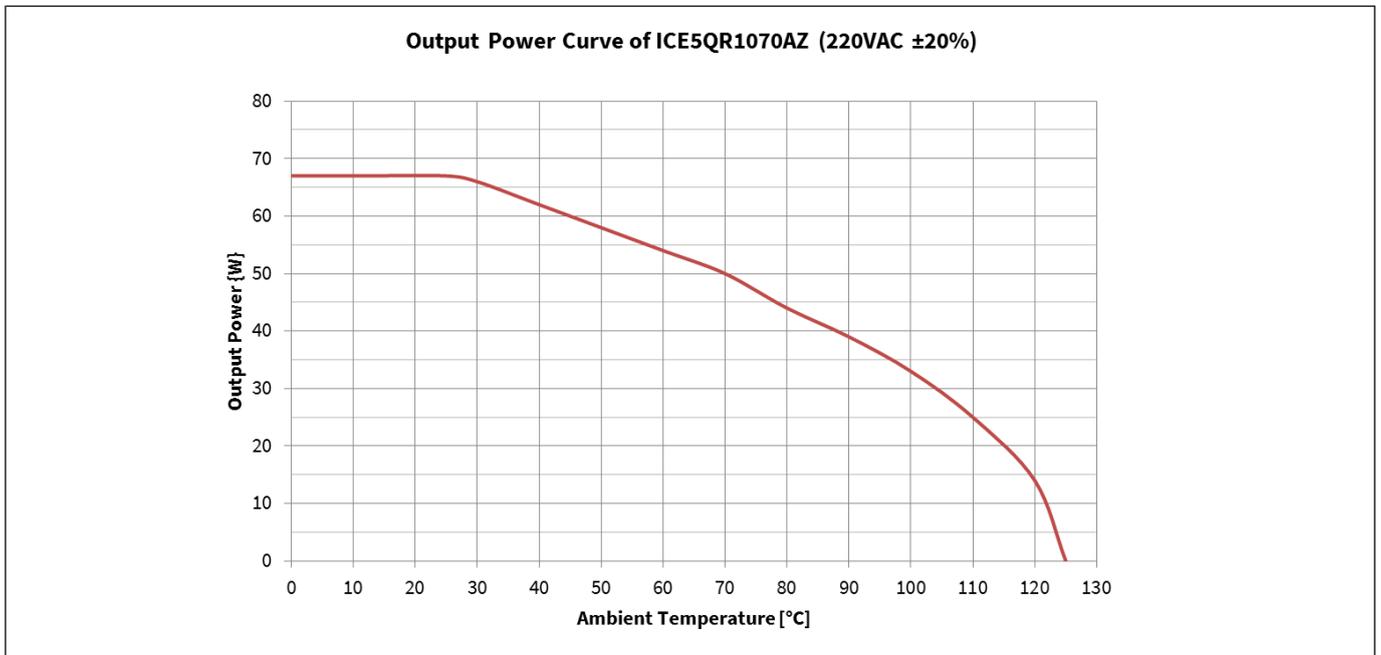


图 50 ICE5QR1070AZ的输出功率曲线,  $V_{IN}=220V_{AC}$  ;  $P_{Out}=f(T_a)$

输出功率曲线

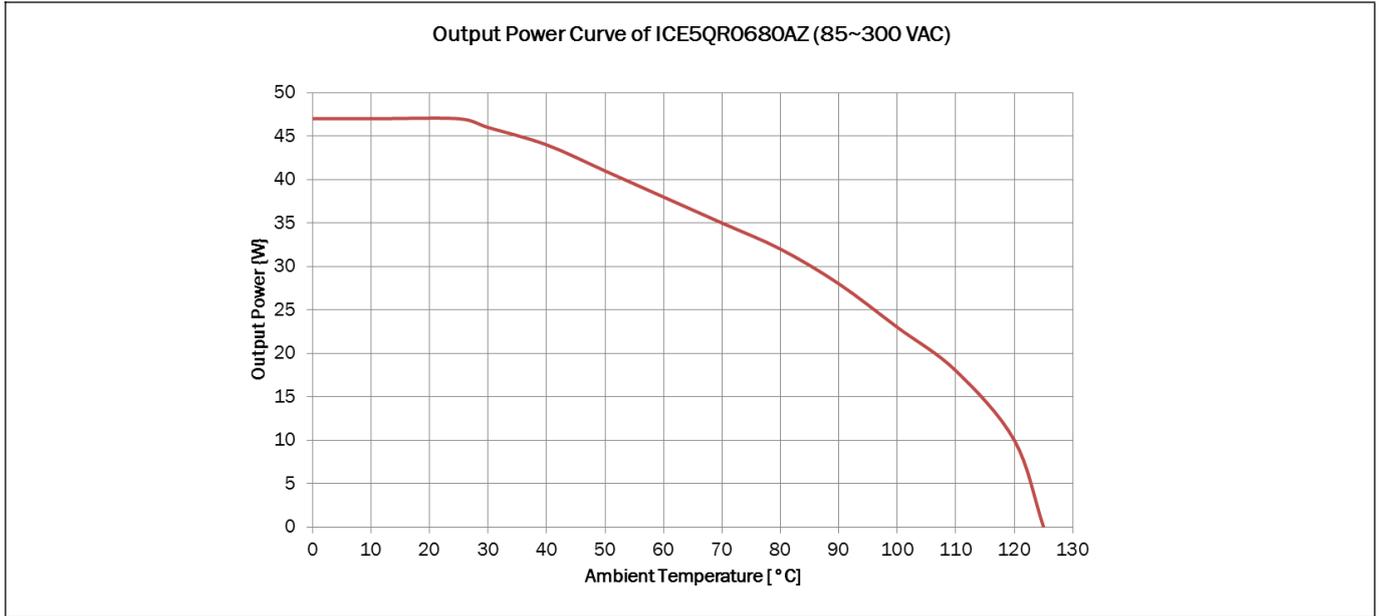


图 51 ICE5QR0680AZ的输出功率曲线,  $V_{IN}=85\sim 300V_{AC}$  ;  $P_{Out}=f(T_a)$

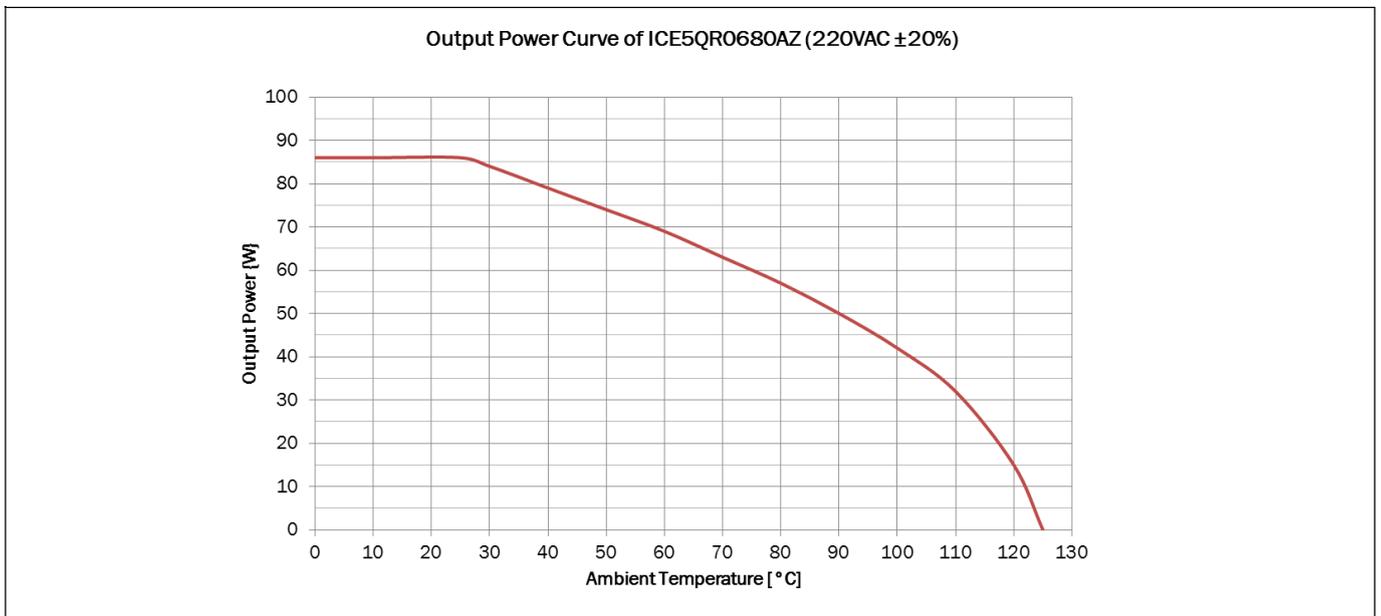


图 52 ICE5QR0680AZ的输出功率曲线,  $V_{IN}=220V_{AC}$  ;  $P_{Out}=f(T_a)$

输出功率曲线

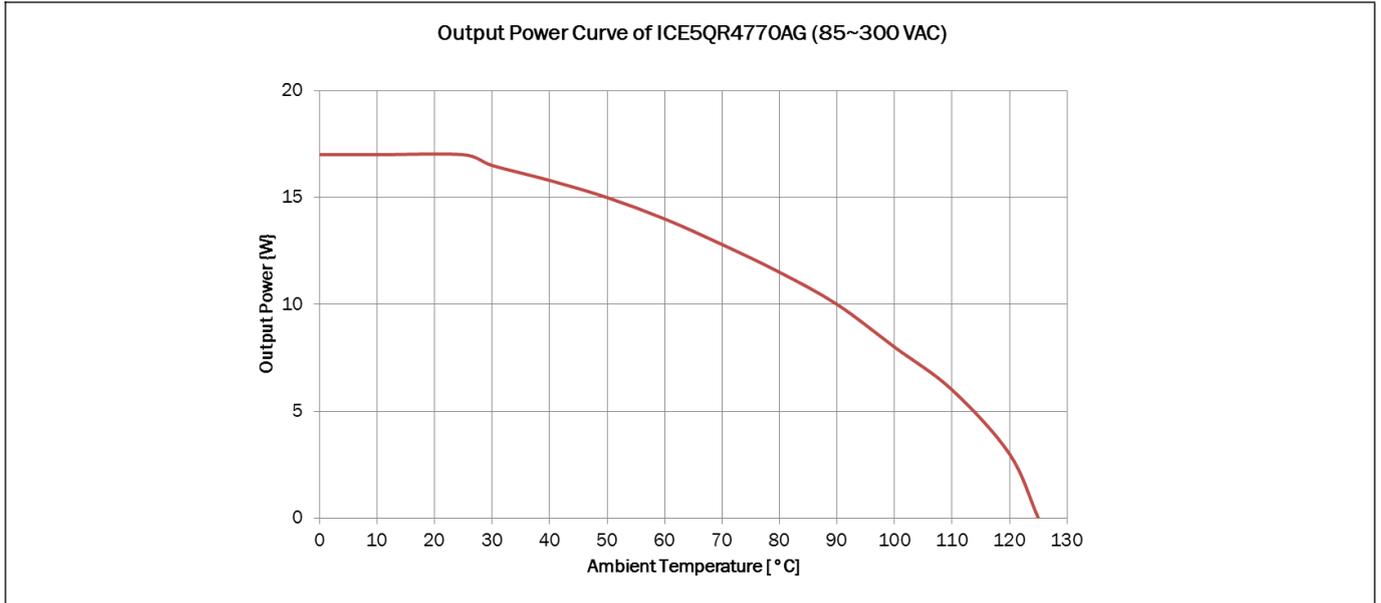


图 53 ICE5QR4770AG 的输出功率曲线,  $V_{IN}=85\sim 300 V_{AC}$  ;  $P_{Out}=f(T_a)$

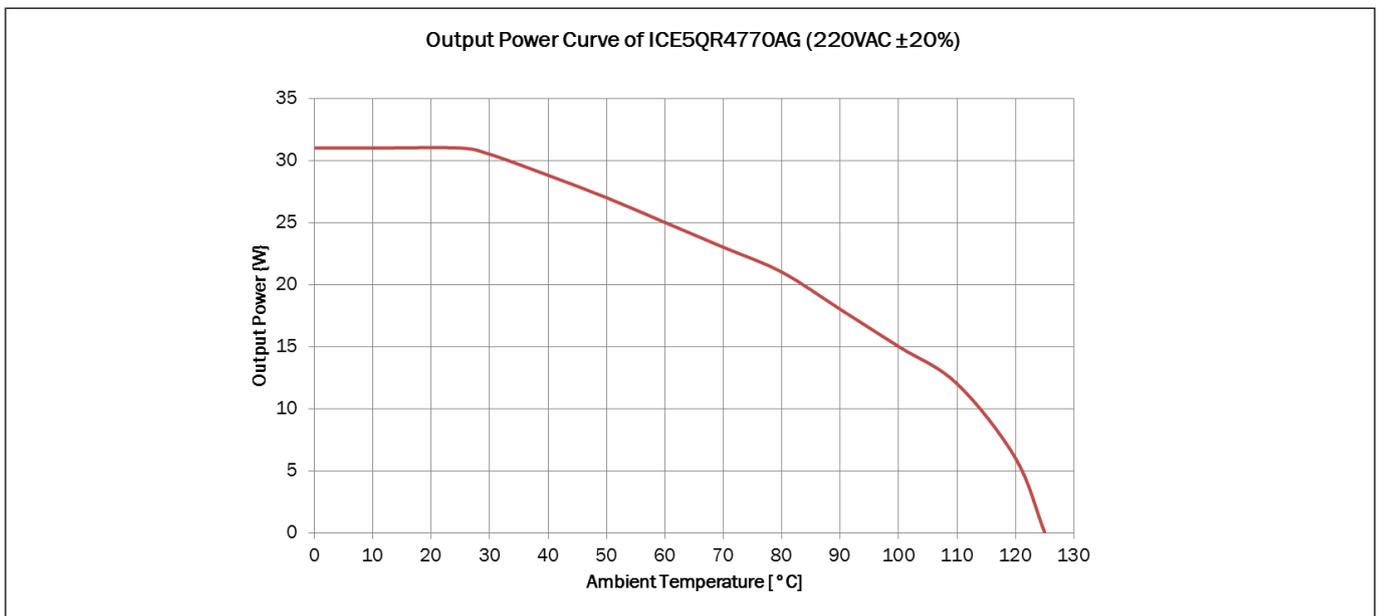


图 54 ICE5QR4770AG 的输出曲线,  $V_{IN}=220 V_{AC}$ ;  $P_{Out}=f(T_a)$

输出功率曲线

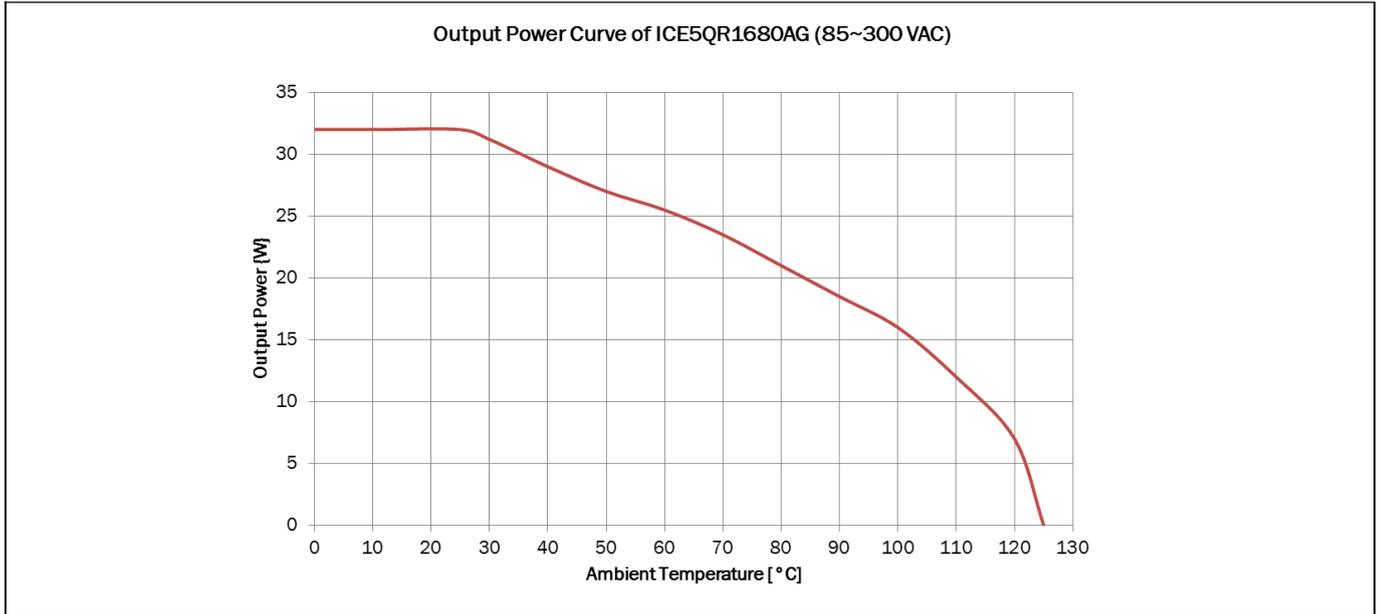


图55 ICE5QR1680AG的输出曲线,  $V_{IN}=85\sim 300 V_{AC}$ ;  $P_{Out}=f(T_a)$

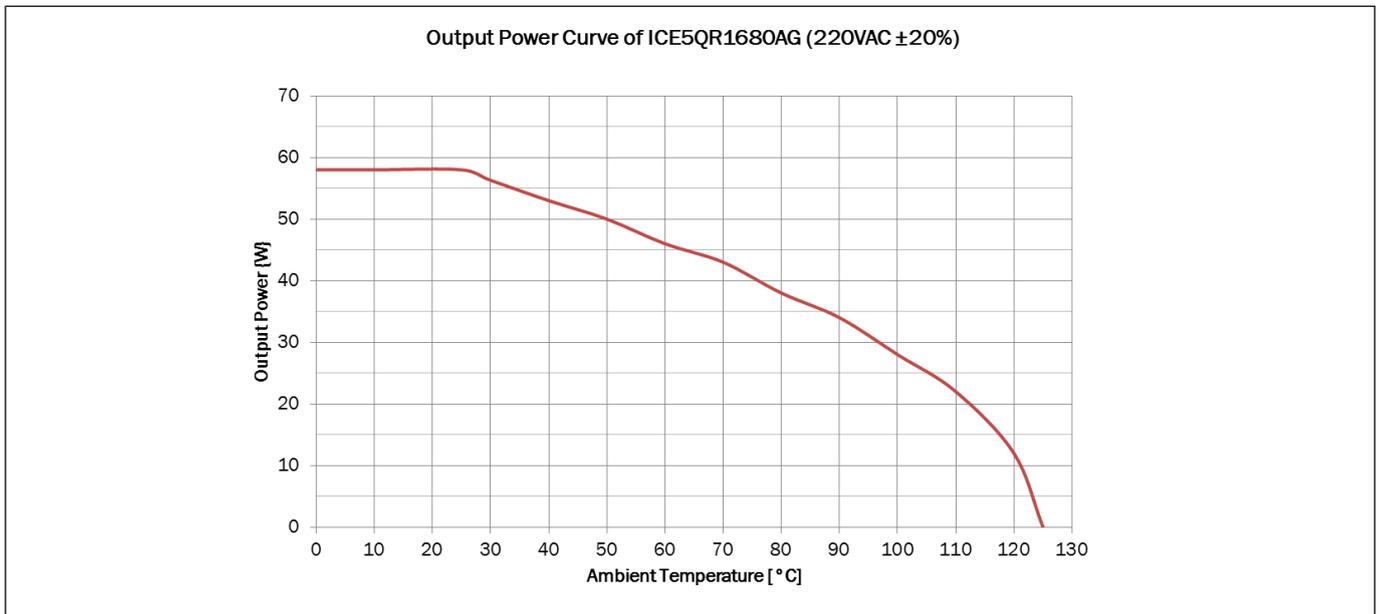


图56 ICE5QR1680AG 的输出功率曲线,  $V_{IN}=220 V_{AC}$ ;  $P_{Out}=f(T_a)$

输出功率曲线

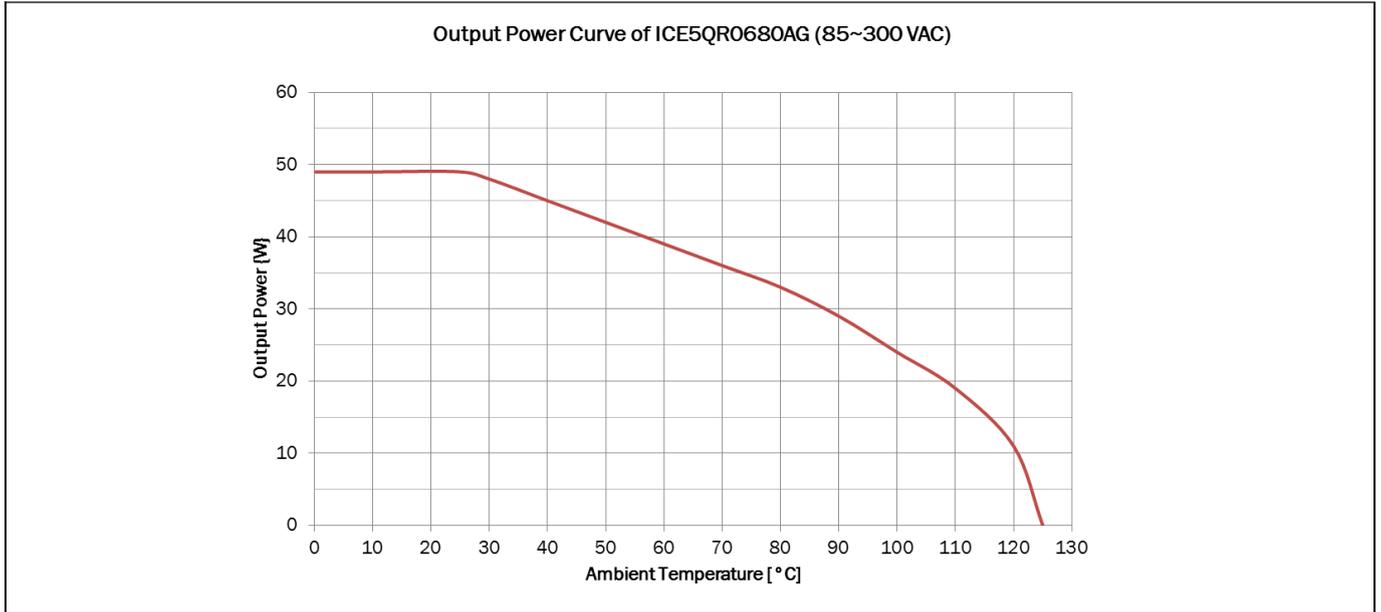


图 57 ICE5QR0680AG 的输出功率曲线,  $V_{IN}=85\sim 300\text{ V}_{AC}$ ;  $P_{Out}=f(T_a)$

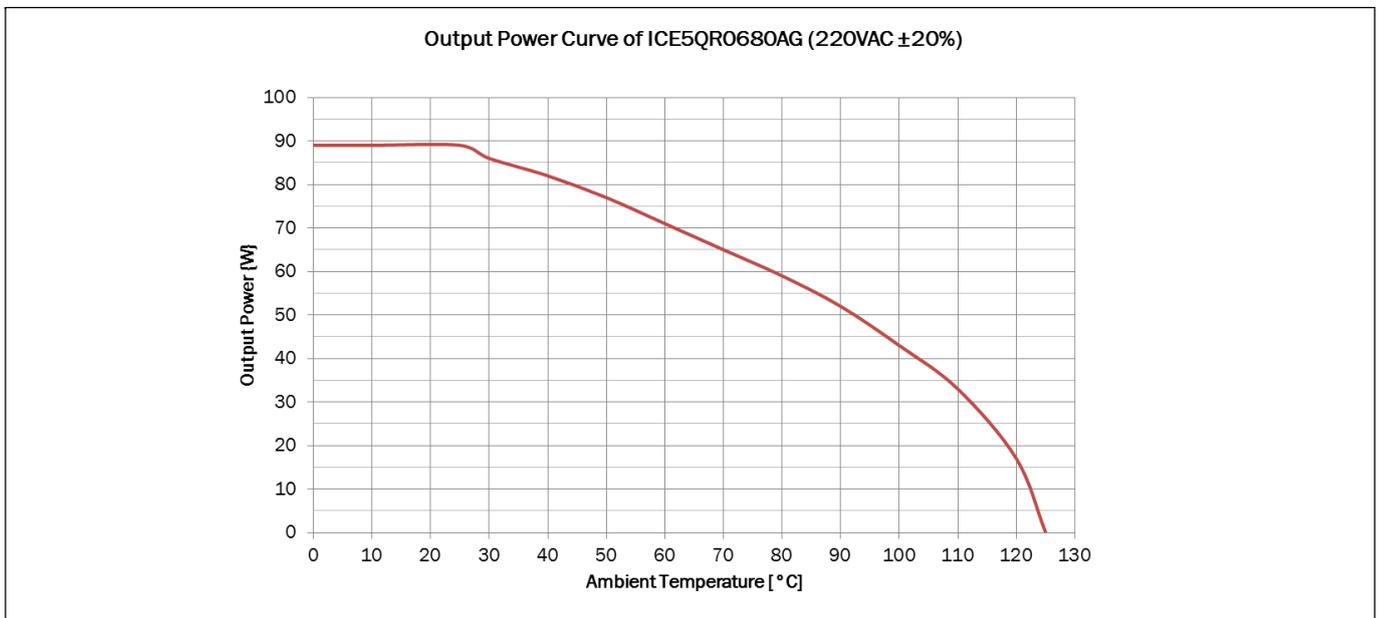


图 58 ICE5QR0680AG 的输出功率曲线,  $V_{IN}=220\text{ V}_{AC}$ ;  $P_{Out}=f(T_a)$

外形尺寸

7 外形尺寸

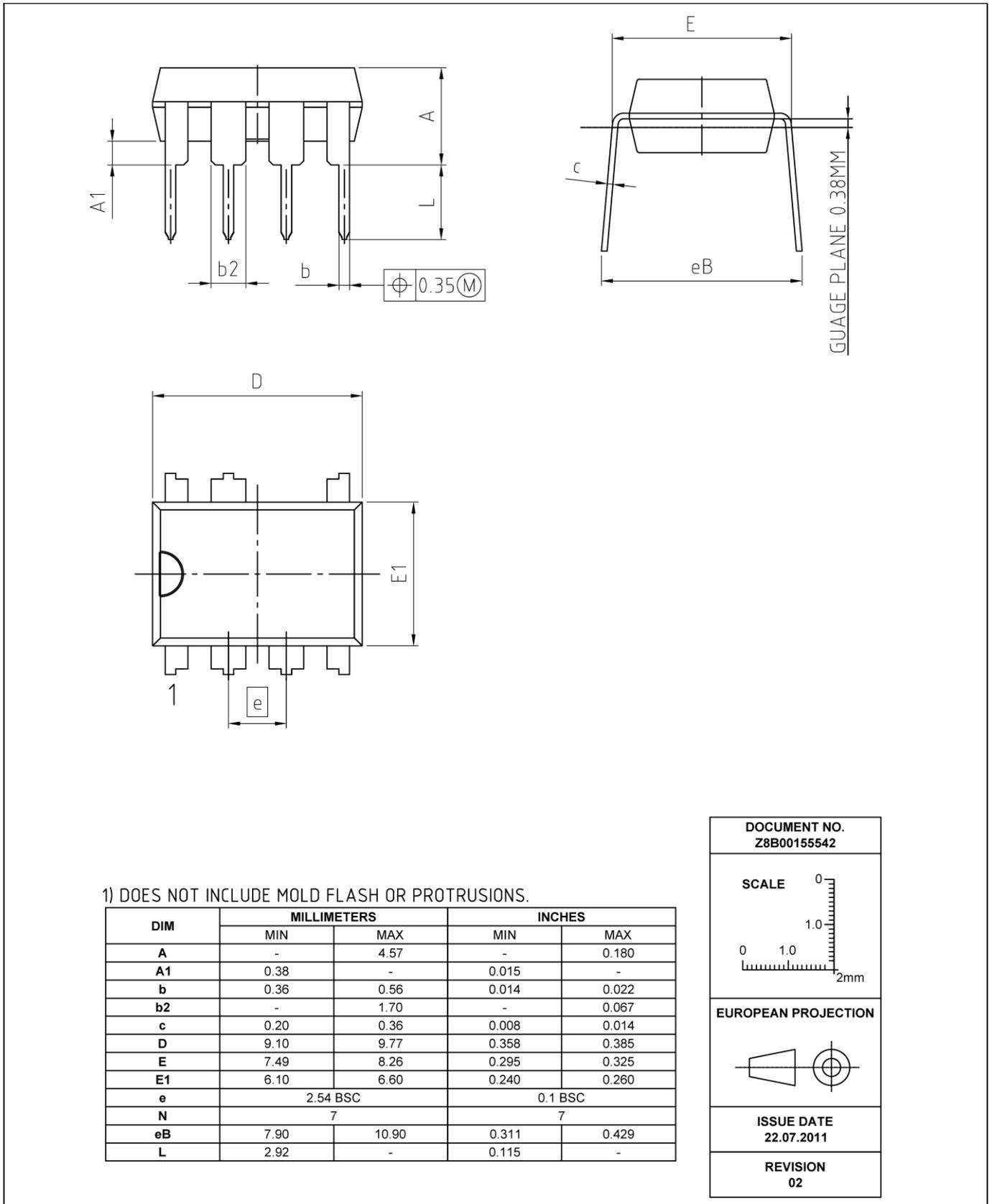
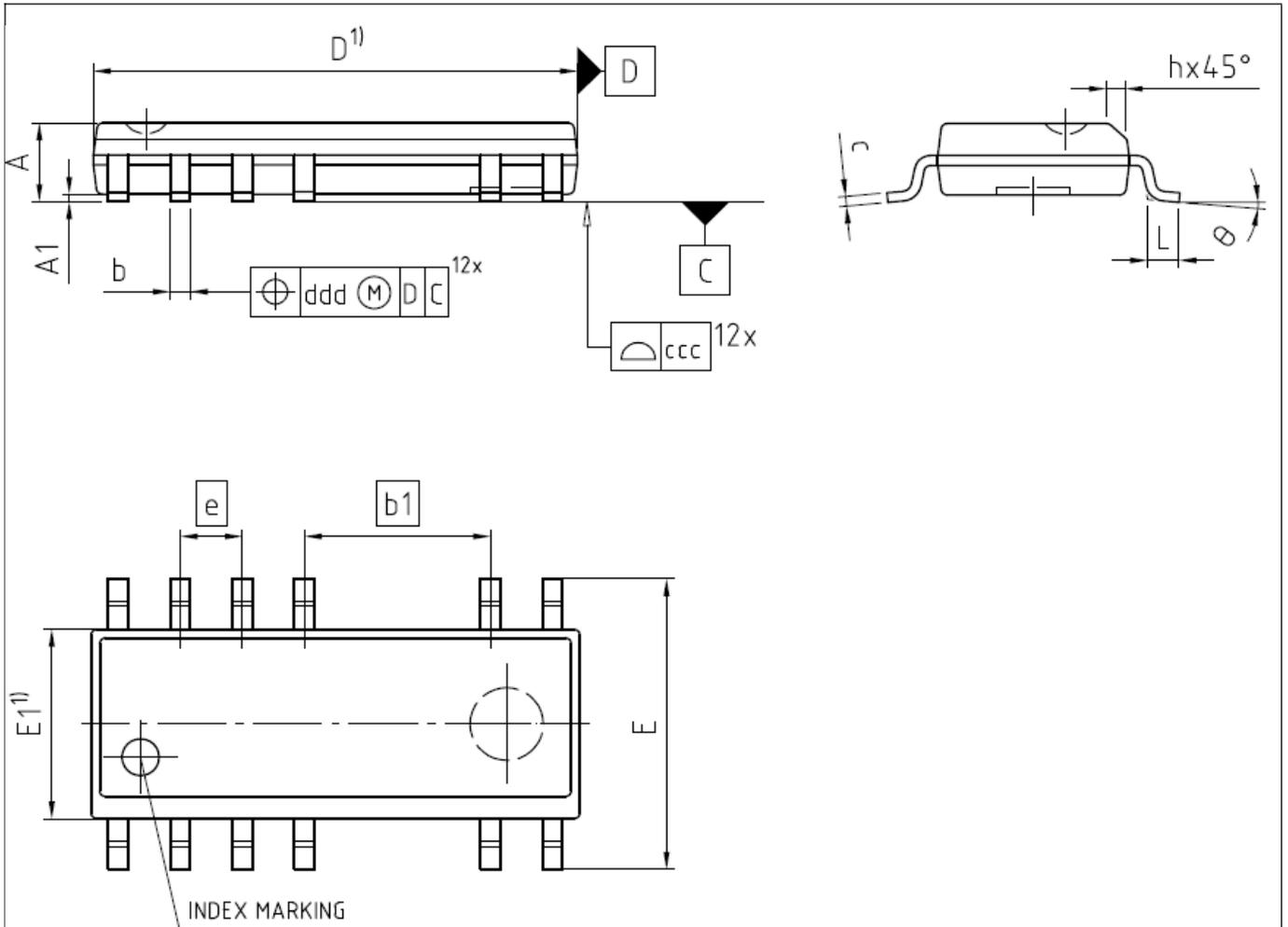


图 59 PG-DIP-7

外形尺寸



1) DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH OR PROTRUSIONS.

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	-	1.75	-	0.069
A1	0.10	-	0.004	-
b	0.35	0.51	0.014	0.020
b1	3.81 (BSC)		0.150 (BSC)	
c	0.19	0.25	0.007	0.010
D	9.80	10.00	0.386	0.394
E	5.80	6.20	0.228	0.244
E1	3.80	4.00	0.150	0.157
e	1.27 (BSC)		0.050 (BSC)	
N	12		12	
L	0.39	0.89	0.015	0.035
h	0.23	0.50	0.009	0.020
θ	-	8°	-	8°
ccc	0.10		0.004	
ddd	0.20		0.008	

DOCUMENT NO.  
Z8B00168485

SCALE

EUROPEAN PROJECTION

ISSUE DATE  
03.04.2014

REVISION  
02

图 60 PG-DSO-12

标记

## 8 标记

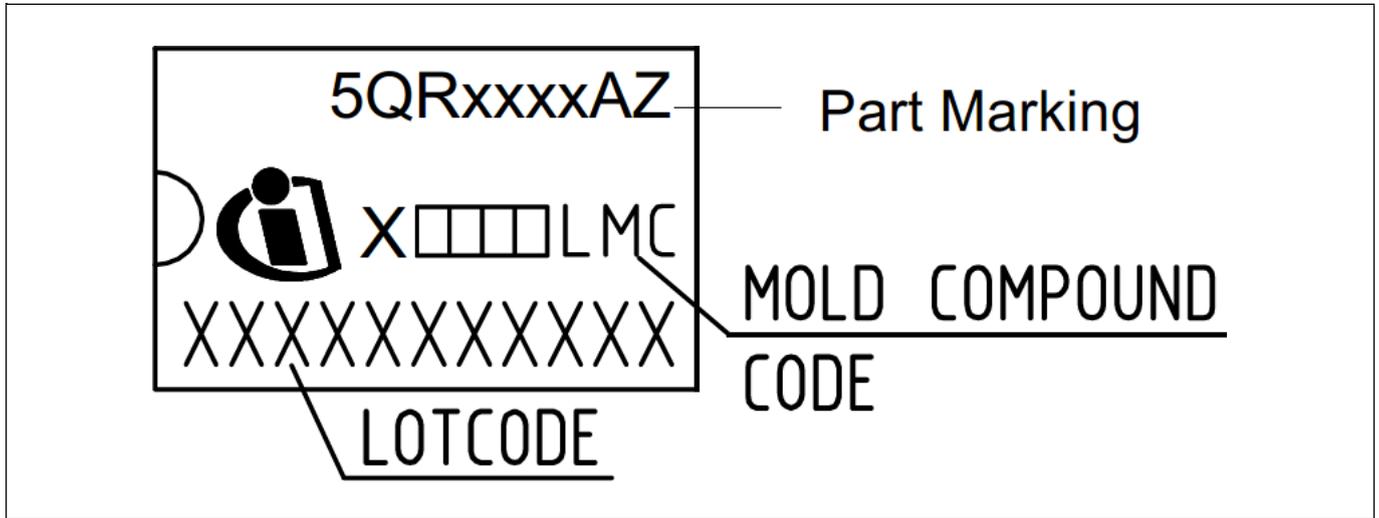


图 61 PG-DIP-7的标记

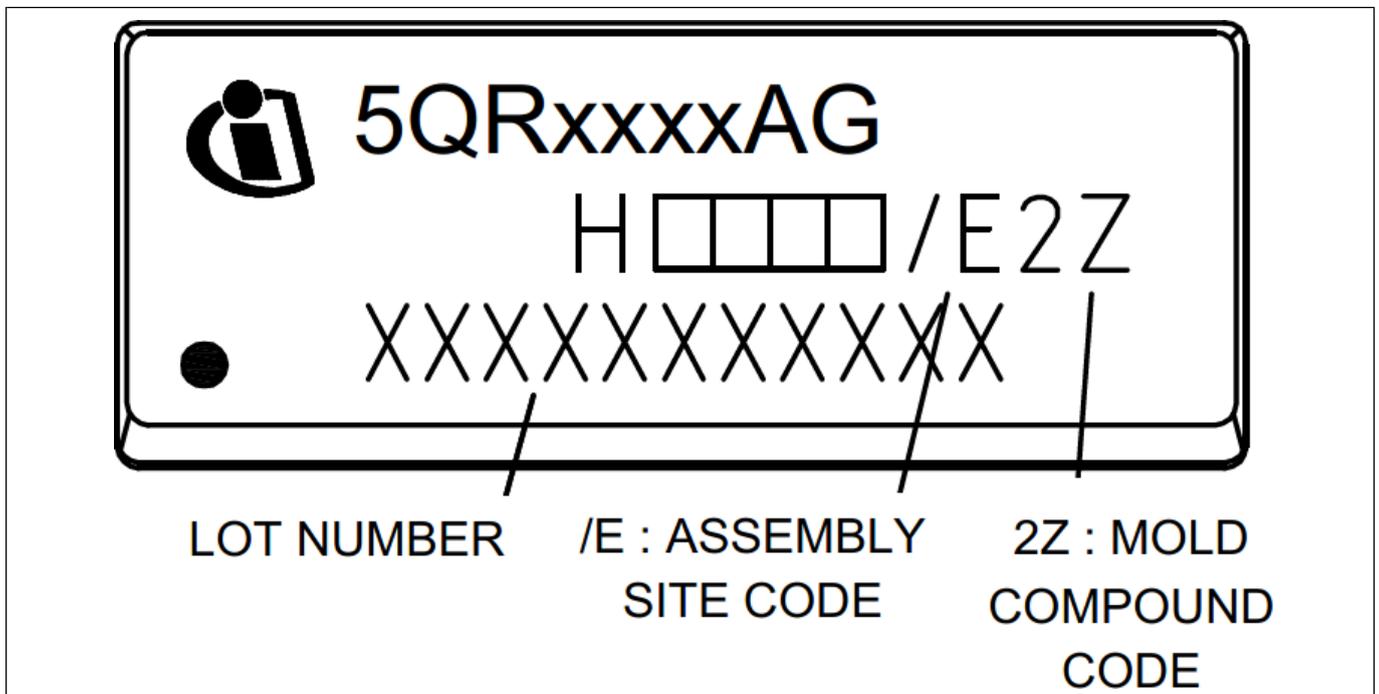


图 62 DSO-12 的标记

## 修订记录

## 修订记录

Document version	Date of release	Description of changes
V2.0	4 Jul 2017	Page 2, 17, 18, 24~44 Addition of ICE5QR1070AZ Page 35 Update of 700V CoolSET™ Drain-source breakdown voltage as shown in Figure 32 reference to errata sheet #10157AERRA
V2.1	11 Aug 2017	Page 8 ~14 Text content revised Page 17, 18 and 19 (reference to errata sheet 10160AERRA) Table 6, the limit values for $V_{DS}$ shall be at the maximum column Table 8, the polarity for maximum limit on $I_{VCC\_Charge1}$ shall be negative Additional text content revised
V2.2	3 Feb 2020	Update of CS pin function and description (refer to errata sheet ES_2001_PL83_2002_024629)



## 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](mailto:erratum@infineon.com)

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

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

英飞凌对与样品、应用或客户对任何产品的具体使用有关的任何信息或本文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>。