

## 英飞凌采用 DSO-12 封装的第5代准谐振放大器CoolSET™

### 特性

- 集成 800 V CoolMOS™，雪崩能力强
- 新颖的准谐振运行和专有实施，实现低 EMI
- 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
- 借助共源共栅配置实现快速启动
- 数字降频，提高系统效率
- 高线与低线之间的开关频率差最小，可提高系统效率 & 低电磁干扰
- 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
- 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
- 提高引脚额定电压，方便系统设计
- 无铅电镀、无卤塑封材料，符合 RoHS 标准



### 潜在应用

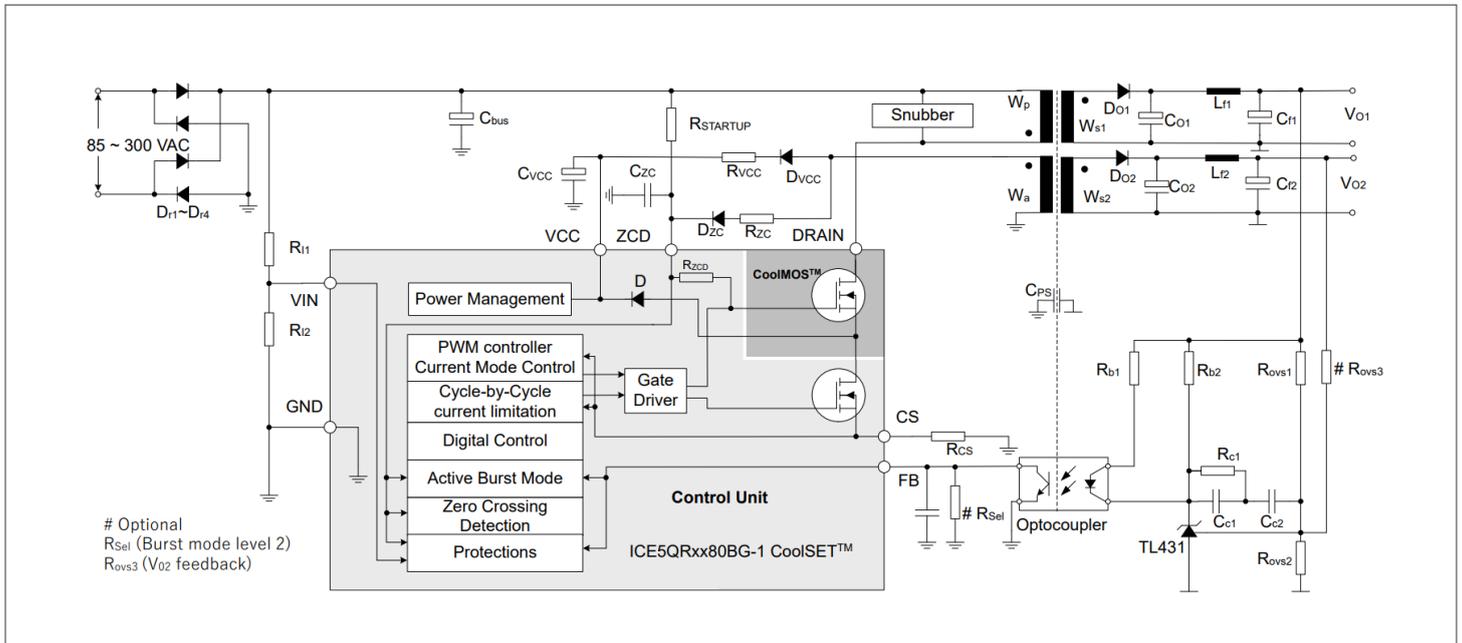
- 适用于家用电器、白色家电、电视、电脑和服务器的辅助电源
- 蓝光播放器、机顶盒和 LCD/LED 显示器

### 产品验证

根据JEDEC标准进行产品验证。

### 描述

ICE5QRxx80BG-1 是 CoolSET™ 第 5 代准谐振 Plus 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。该集成电路通过专有的新颖准谐振工作方式，实现了更低的电磁干扰和更高的效率，并改进了数字频率的降低。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 ~ 32V），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™ 第 5 代准谐振 Plus 系列是市场上准谐振反激式转换器中出色的集成功率器件。



### 在采用 TL431 及光耦合器的隔离反激式结构中的典型应用

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

表 1 CoolSET™ 第 5 代定频增强型反激式设计的输出功率

Type	Package	Marking	VDS	$R_{DS(on)}$ <sup>1</sup>	220 V AC ±20% <sup>2</sup>	85-300 V AC <sup>2</sup>
ICE5QR4780BG-1	PG-DSO-12	5QR4780BG-1	800 V	4.13 Ω	28 W	15 W
ICE5QR2280BG-1	PG-DSO-12	5QR2280BG-1	800 V	2.13 Ω	42 W	23 W
ICE5QR1680BG-1	PG-DSO-12	5QR1680BG-1	800 V	1.53 Ω	50 W	27 W
ICE5QR0680BG-1	PG-DSO-12	5QR0680BG-1	800 V	0.71 Ω	77 W	42 W

1. 在  $T_j = 25^\circ\text{C}$  时的典型值（包括低边 MOSFET）。

2. 在  $T_a = 50^\circ\text{C}$ 、 $T_j = 125^\circ\text{C}$ （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.....	3
<b>1</b>	<b>引脚配置和功能</b> .....	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>代表性框图</b> .....	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>功能说明</b> .....	<b>7</b>
3.1	启动期间的 VCC 预充电和典型 VCC 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
3.3.2.2	关断判断.....	10
3.3.3	调制栅极驱动.....	11
3.3.4	限流.....	11
3.4	具有可选功率级别的主动突发模式 (ABM).....	12
3.4.1	进入突发模式操作.....	13
3.4.2	主动突发模式工作期间.....	13
3.4.3	退出主动突发模式工作.....	13
3.5	保护功能.....	14
3.5.1	线路过压.....	15
3.5.2	掉电.....	15
3.5.3	VCC 过压或 VCC 欠压.....	15
3.5.4	过载.....	15
3.5.5	输出过压.....	15
3.5.6	过温.....	15
3.5.7	VCC 短路.....	15
3.5.8	不同保护模式下的信号.....	16
<b>4</b>	<b>电气特性</b> .....	<b>18</b>
4.1	绝对最大额定值.....	18
4.2	工作范围.....	19
4.3	工作条件.....	19
4.4	内部电压参考.....	20
4.5	PWM 部分.....	20
4.6	电流检测.....	21
4.7	软启动.....	21
4.8	数字零交叉.....	22

目录

4.9	主动突发模式.....	22
4.10	线性过压保护.....	23
4.11	欠压保护.....	23
4.12	VCC 过压保护.....	23
4.13	过载保护.....	24
4.14	输出过压保护.....	24
4.15	过温保护.....	24
4.16	CoolMOS™ 部分.....	24
5	<b>CoolMOS™性能特性</b> .....	26
6	<b>最大输出功率曲线与温度的关系</b> .....	33
7	<b>封装信息</b> .....	37
7.1	标记.....	38
8	<b>修订记录</b> .....	39
	<b>免责声明</b> .....	40

## 1 引脚配置和功能

引脚配置如下所示，功能见表 2。

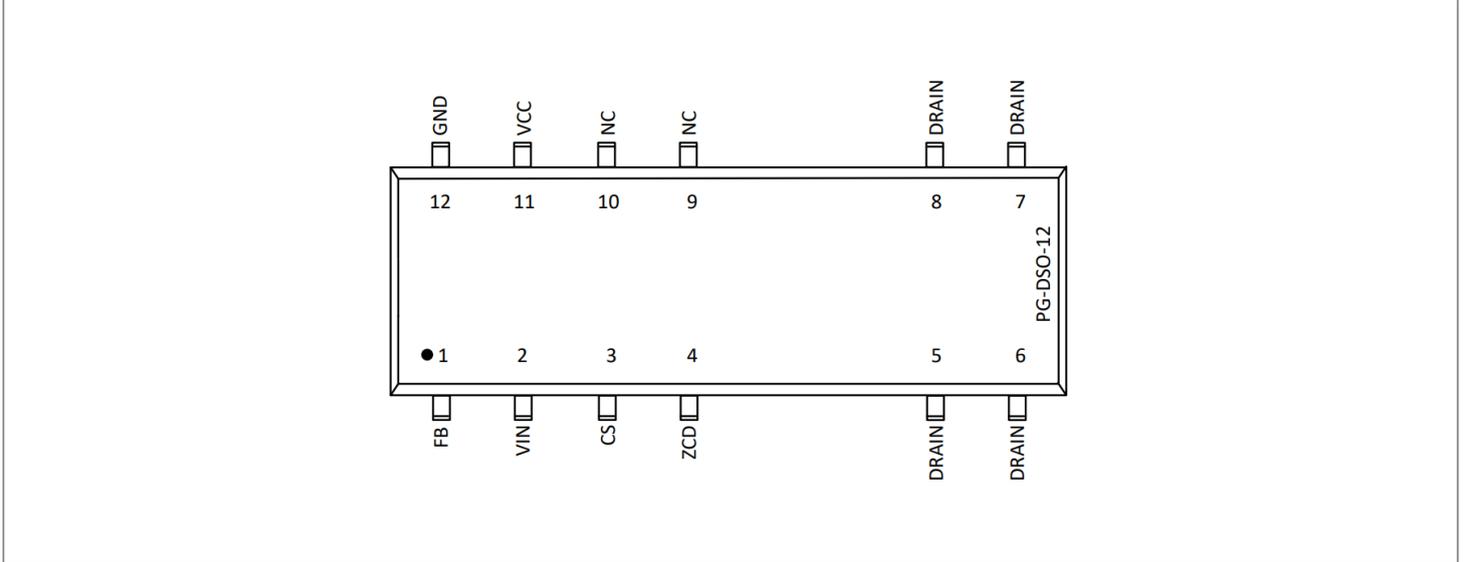


图1 引脚配置

表 2 引脚定义及功能

Pin	Symbol	Function
1	FB	Feedback & Burst entry/exit control FB pin combines the functions of feedback control, selectable burst entry/exit control and overload/open loop protection.
2	VIN	Input Line OVP & BrownIn/Out VIN pin is connected to the bus via resistor divider (see <a href="#">typical application circuit</a> ) to sense the line voltage. This pin combines the functions of input Line OVP, Brown in/out and minimum and maximum ZC count setting for low and high line.
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	ZCD	Zero Crossing Detection 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 VCC capacitor.
5,6,7,8	DRAIN	Drain The DRAIN pin is connected to the drain of the integrated CoolMOS™.
9,10	NC	Not Connected
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 代表性框图

2 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。

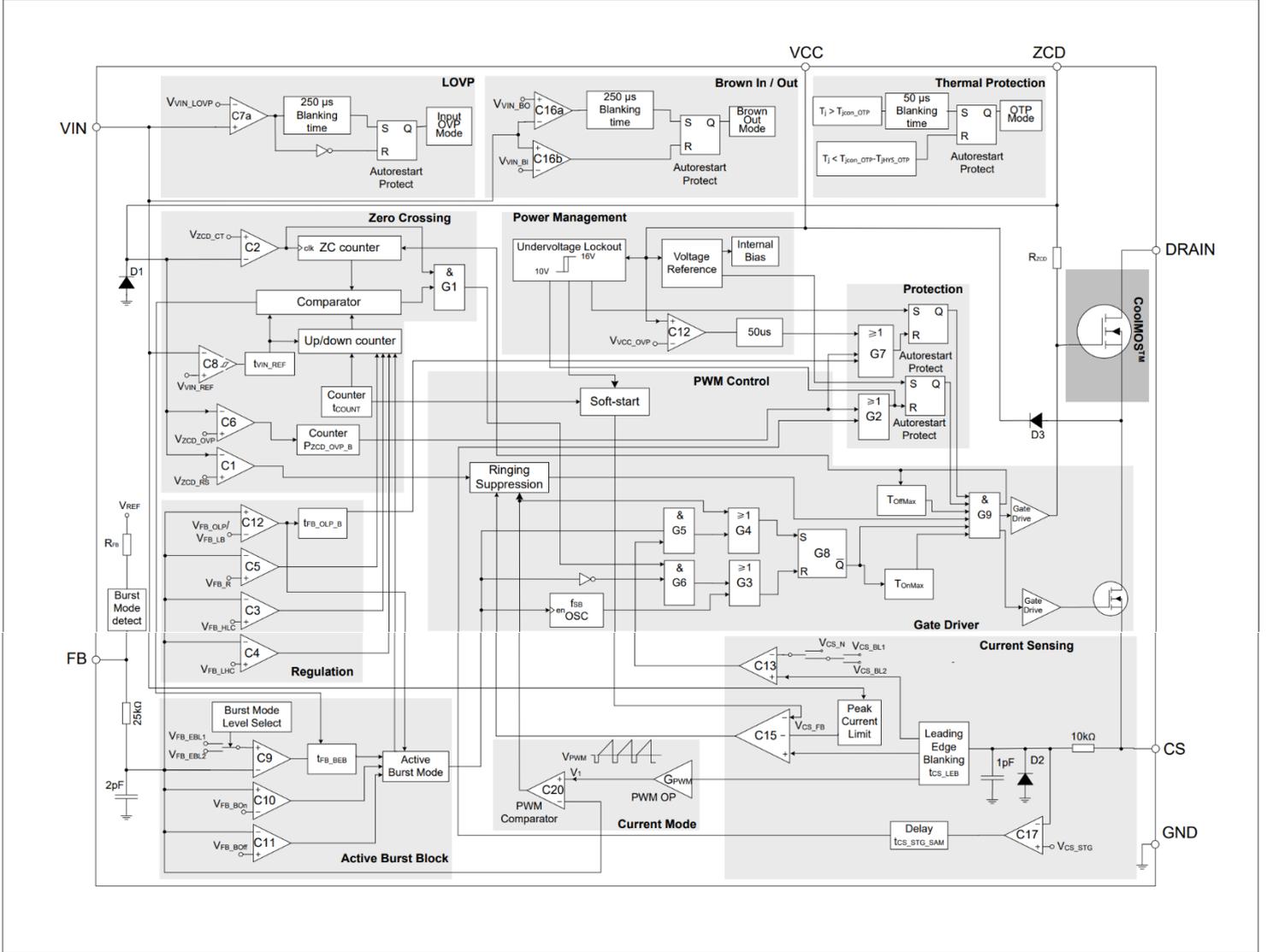


图2 典型框图

### 3 功能描述

#### 3.1 启动期间的 VCC 预充电和典型 VCC 电压

如第 1 页中的典型应用电路所示，一旦输入线路电压，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> 足上的电压够高，CoolMOS™ 和

VCC 电容器通过变压器 L<sub>P</sub> 的初级电感充电，CoolMOS™ 和内部二极管

D3 采用两级恒流源 I<sub>VCC\_Charge1</sub><sup>1)</sup> 和 I<sub>VCC\_Charge3</sub><sup>1)</sup>。很小的恒流源 (I<sub>VCC\_Charge1</sub>) 为 V<sub>CC</sub> 电容充电，直到 V<sub>CC</sub> 达到 V<sub>VCC\_SCP</sub>，以保护控制器在启动过程中免受 V<sub>CC</sub> 引脚短路接地的影响。此后，第二级恒流源 (I<sub>VCC\_Charge3</sub>) 继续为 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 3 中时间阶段 I 所示。V<sub>CC</sub> 电压几乎以两步线性增加。

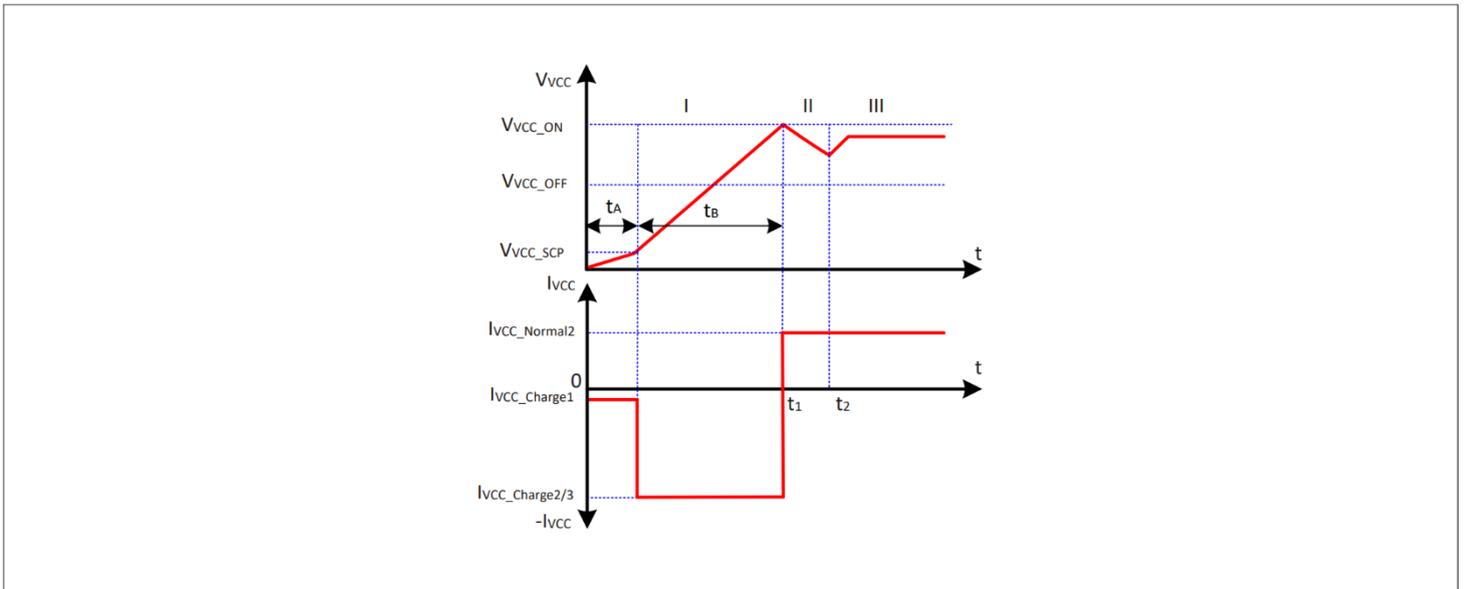


图 3 启动时的 vcc 电压和电流

V<sub>CC</sub> 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<sub>CC</sub> 电压在时间 t<sub>1</sub> 超过 V<sub>CC</sub> 开启阈值 V<sub>VCC\_ON</sub> 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<sub>CC</sub> 电容充电，V<sub>CC</sub> 电压下降（阶段 II）。一旦输出电压升至接近稳定电压，辅助绕组将从 t<sub>2</sub> 开始为 V<sub>CC</sub> 电容充电，并将 I<sub>VCC\_Normal2</sub><sup>2</sup> 至 CoolSET™ 然后，V 达到取决于输出负载的恒定值。

1) I<sub>VCC\_Charge1/2/3</sub> 是启动期间从控制器到 VCC 电容器的充电电流。

2) I<sub>VCC\_Normal2</sub> 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 4 所示，集成电路在 t<sub>on</sub> 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。ICE5QRXX80BG-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<sub>SS(12ms)</sub>，共 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 逐步上升至 V<sub>CS\_N</sub>。正常反馈回路将接管

当输出电压达到其调节值时，控制器开始工作。在软启动的前3毫秒，振铃抑制时间设置为 $t_{ZCD\_RS2}$ ，以避免开关断开振荡噪声造成不规则开关。

软启动期间，过零计数器（ZC计数器）置1。

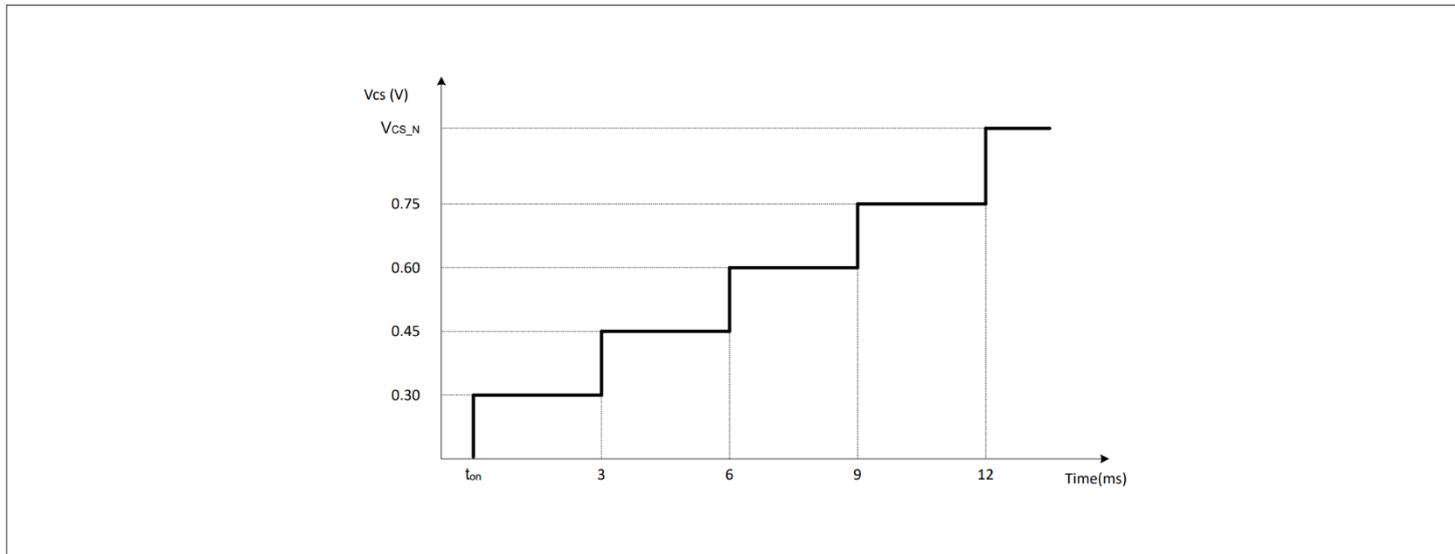


图4 软启动时的电流检测电压

### 3.3 正常工作

正常工作时，ICE5QRxx80BG-1 与一个数字信号处理电路（包括一个上/下计数器、一个过零计数器（ZC计数器）和一个零计数比较器）以及一个模拟电路（包括一个电流测量单元和一个电流限制比较器）一起工作。接通和断开时间点分别由数字电路和模拟电路确定。在确定接通时，需要过零信号的输入信息和上/下计数器的值，而在确定关断时，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，详见下文。正常运行时的全部操作细节将在以下段落中说明。

#### 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。这三个部分是实现数字频率随负载减小而降低的关键。此外，还实施了振铃抑制时间控制器，以避免在软启动或输出短路等条件下输出电压很低时因高频振荡而误触发。这些部件的功能将在以下分节中介绍。

##### 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。 $V_{VIN\_REF}$  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/下计数器存储过零次数，用于确定变压器消磁后开启 CoolMOS™ 的谷值。该值由包含输出功率信息的反馈电压  $V_{FB}$  决定。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，反之亦然。 $V_{FB}$  决定了上/下计数器的值。因此，CoolMOS™ 的关断时间随输出功率而变化。

3 功能说明

反馈电压 $V_{FB}$ 每 48ms 检测一次，并与三个阈值电压 $V_{FB\_LHC}$ 、 $V_{FB\_HLC}$  和 $V_{FB\_R}$ 进行比较。如表3 所示，根据  $V_{FB}$  的值，上/下计数器可以增加、减少或保持不变。

表 3 上/下计数器的运行

$V_{FB}$	Counter Action
Always lower than $V_{FB\_LHC}$	Count upwards till $n=8/10^1$
Once higher than $V_{FB\_LHC}$ , 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 $n=1/3^2$

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

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

过零次数是有限制的，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。在软启动过程中，上/下计数器的值重置为 1，以确保高效启动。在空白时间 $t_{VIN\_REF}$ 之后，上/下计数器的初始值为 1（低线）和 3（高线）。如果由于负载突然增加导致  $V_{FB}$  超过  $V_{FB\_R}$  电压，集成电路会将上/下计数器重置为 1（低线）和 3（高线），而无需等待下一个时钟脉冲，以便系统做出快速反应。图 5 举例说明上/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。

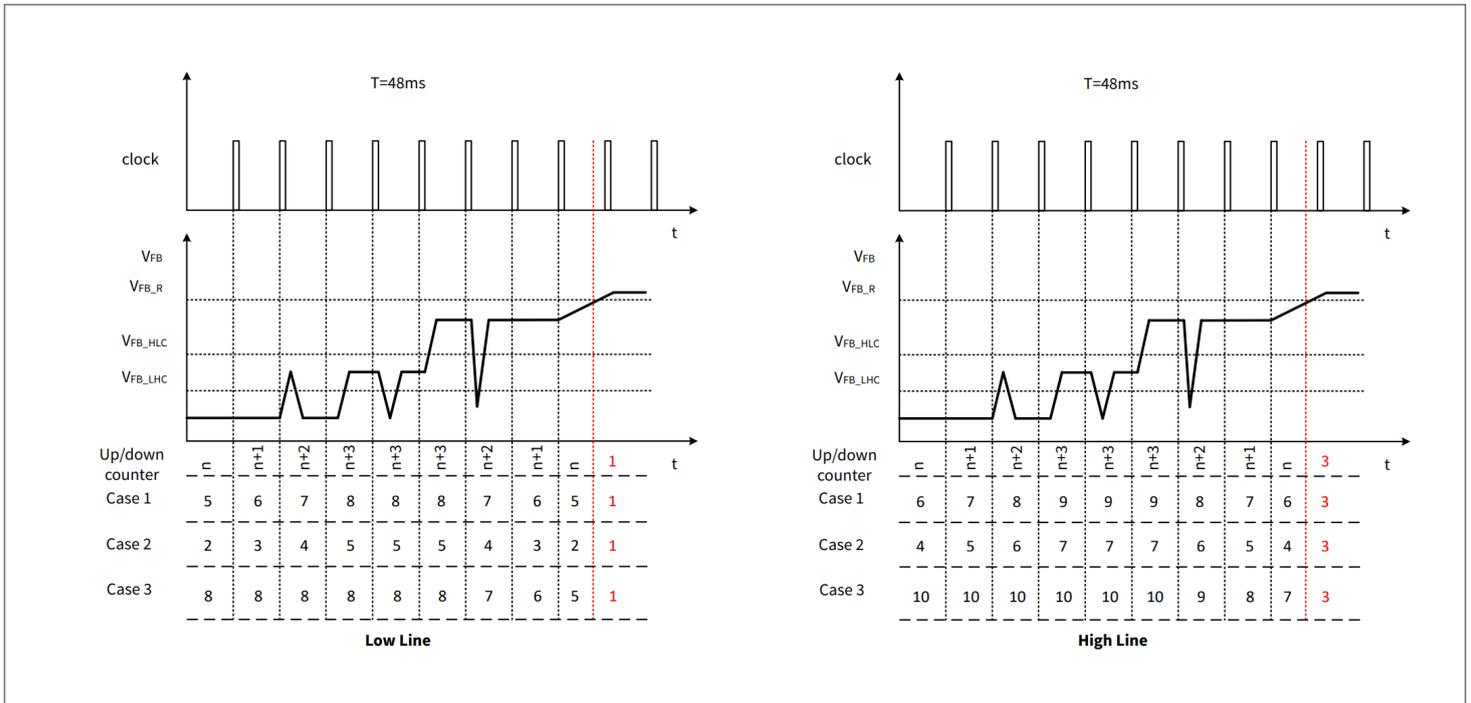


图 5 上/下计数器操作

### 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，该引脚与负箝位网络、过零检测器、输出过压检测器和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 $D_{ZC}$ （见典型应用电路）来阻断来自辅助绕组的负电压。ZC 计数器的最小值为 1（低线）或 3（高线），最大值为 8（低线）或 10（高线）。之后

3 功能说明

当内部高压 CoolMOS™ 关闭后每次 DRIVER 输出变为高电平后，ZC 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，先馈送到一个延时网络（如典型应用电路所示，RC 网络由  $R_{ZC}$  和  $C_{ZC}$  组成）。从理论上讲，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

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

### 3.3.2 铃声抑制时间

当 CoolMOS™ 关断时，漏极上会因漏感和 MOSFET 寄生电容而产生电压振荡，这将反映在 ZCD 电压  $V_{ZCD}$  上。为了避免由于这种振荡导致 CoolMOS™ 的误触发，采用了振铃抑制计时器。该抑制时间取决于  $V_{ZCD}$ 。如果  $V_{ZCD}$  低于阈值  $V_{ZCD\_RS}$ ，则应用较长的  $t_{ZCD\_RS2}$  时间。但是，如果  $V_{ZCD}$  高于阈值，则会设置较短的  $t_{ZCD\_RS1}$  时间。

#### 3.3.2.1 导通判断

栅极驱动器变为低电平后，在振铃抑制时间内不能变为高电平。振铃抑制时间结束后，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 MOSFET 寄生电容之间的振荡阻尼非常快，IC 无法检测到过零事件。在这种情况下，需要执行最长关断时间。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。

#### 3.3.2.2 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压侧 MOSFET 和公共地之间。分流电阻上的感应电压  $V_{CS}$  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 2 所示：

$$V_{CS} = I_D \times R_{CS} \quad (4)$$

$$V_1 = V_{CS} \times G_{PWM} + V_{PWM} \quad (5)$$

此公式中

$I_D$ ：功率 MOSFET 漏极电流

$V_{CS}$ ：CS 引脚电压

$R_{CS}$ ：电流感应电阻

$V_1$ ：与  $V_{FB}$  相比的电压

3 功能说明

$G_{PWM}$  : PWM-OP增益

$V_{PWM}$  : 电压斜坡偏移

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  $t_{CS\_LEB}$ 。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，集成电路中还有一个最大导通时间  $t_{OnMaxO}$ 。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。此外，如果在电源开关的导通时间内，电流检测引脚上的电压在  $t_{CS\_STG\_SAM}$  之后连续三个脉冲低于预设阈值  $V_{CS\_STG}$ ，这种异常  $V_{CS}$  将触发 IC 进入自动重启模式。

### 3.3.3 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 6)，从而最大限度地减小导通期间的前沿开关尖峰。

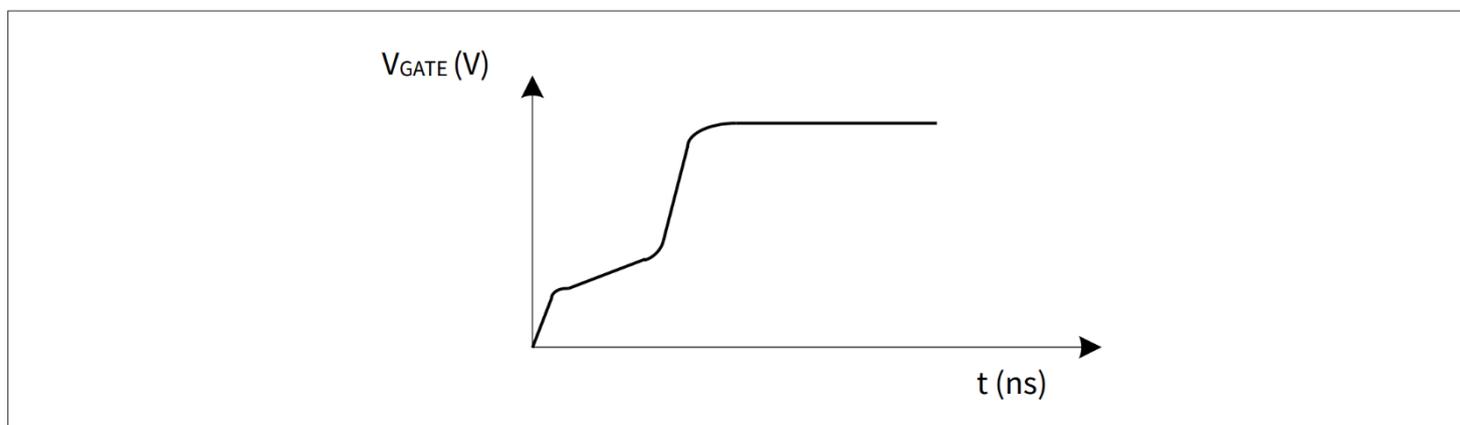


图6 调制栅极驱动

### 3.3.4 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  $R_{CS}$  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  $V_{CS}$  超过根据线路电压调整的内部电压限制，比较器会立即关闭栅极驱动。当主母线电压升高时，开关接通时间会缩短，因此工作频率也会提高。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。为了弥补这种影响，内部峰值限流电路 ( $V_{CS}$ ) 和 ZC 计数都会随总线电压的变化而变化，如图 7 所示。

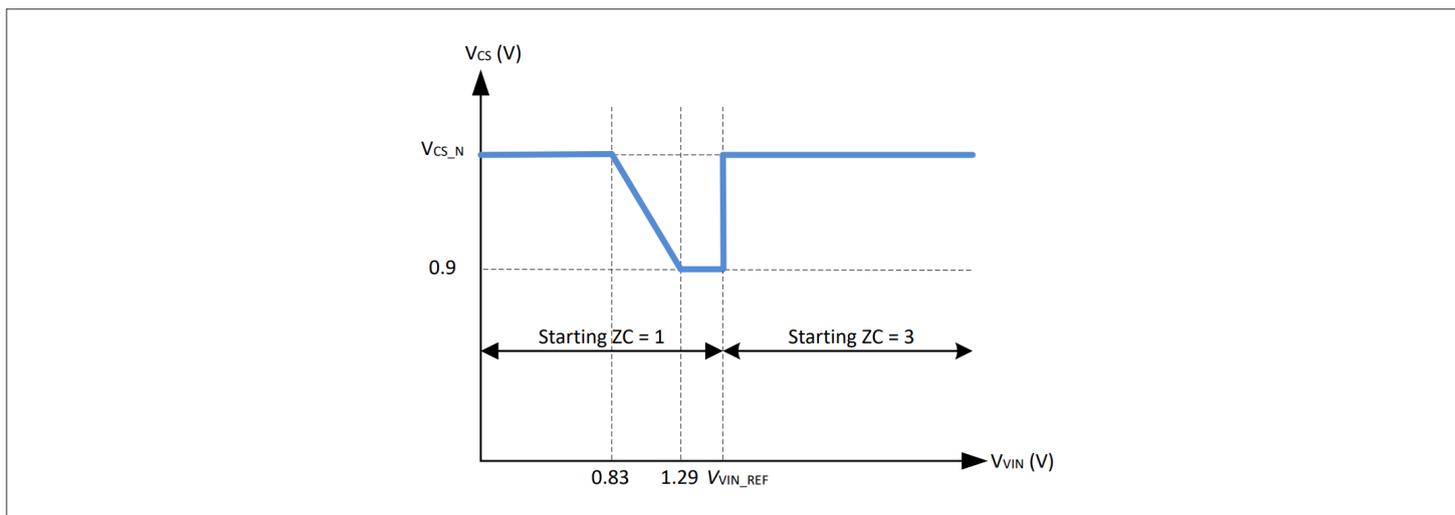


图 7  $V_{CS}$  极限电压随  $V_{IN}$  电压的变化情况

### 3.4 具有可选功率级别的主动突发模式 (ABM)

在轻负载条件下，集成电路进入主动突发模式运行，以最大限度地降低功耗。下文将详细介绍主动突发模式的工作原理。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。可通过不同的电阻器选择两个级别，分别针对低范围的主动突发模式功率（级别1）和高范围的主动突发模式功率（级别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 进入和退出主动突发模式的两个级别

Level	$V_{FB}$	$V_{CS}$	Entry Level ( $V_{FB\_EBLX}$ )	Exit Level ( $V_{FB\_LB}$ )
1	$V_{FB} > V_{REF\_B}$	$V_{CS\_BL1} = 0.31\text{ V}$	0.9	2.75
2	$V_{FB} < V_{REF\_B}$	$V_{CS\_BL2} = 0.35\text{ V}$	1.05	2.75

在IC首次启动期间，当 $V_{CC} < 4\text{ V}$ 时，内部 $R_{efGOOD}$ 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，电流源 $I_{sel}$ 将被接通。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 $I_{sel}$ 。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 $V_{CC}$ 导通阈值后，电流源 $I_{sel}$ 在 $2\text{ }\mu\text{s}$ 内关闭， $R_{FB}$ 电阻重新连接到FB引脚（见图8）。

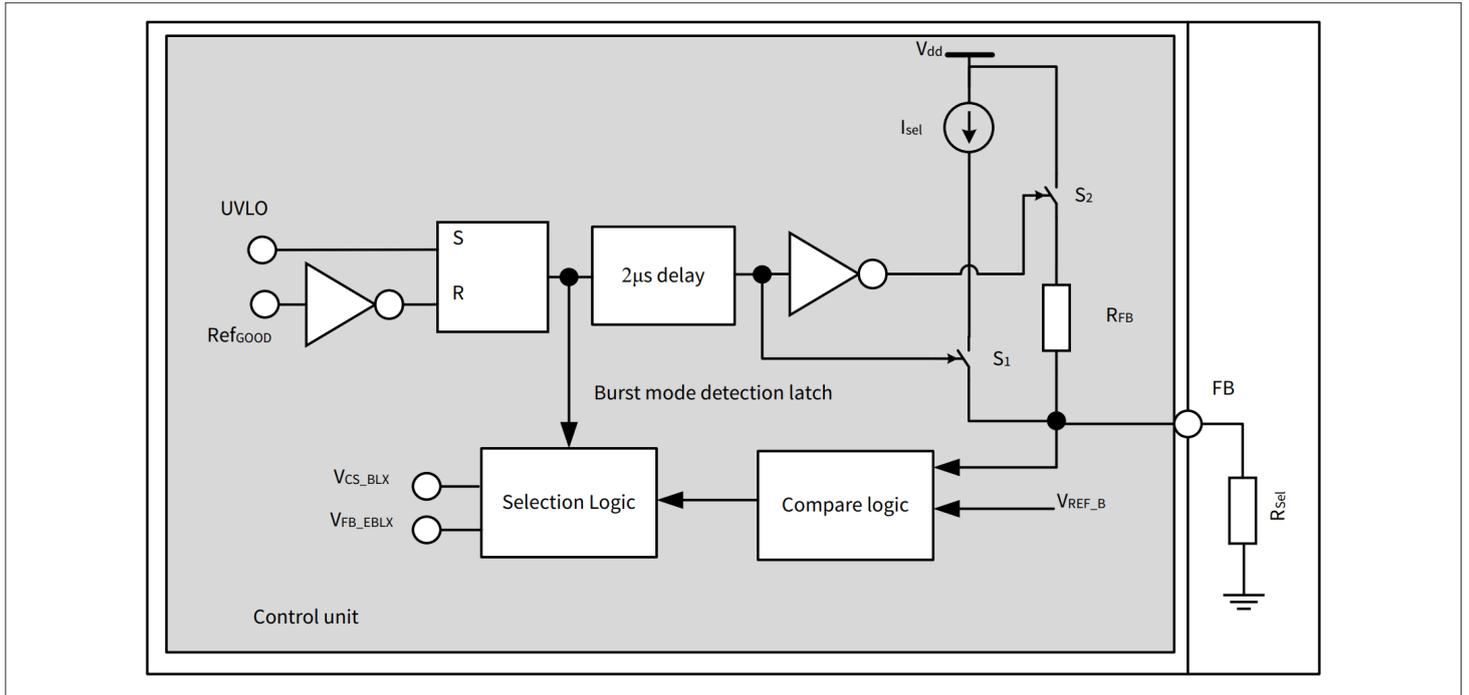


图 8 检测突发模式电平

### 3.4.1 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
- 根据线路电压的不同，升/降计数器已达到最大值（线路电压低时为 8，线路电压高时为 10）。
- 经过一定的消隐时间 $t_{FB\_BEB}$ （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。

### 3.4.2 主动突发模式工作期间

进入“主动突发”模式后，由于PWM部分处于非活动状态，VO（输出电压）开始下降，反馈电压 $V_{FB}$ 也随之上升。当 $V_{FB}$ 达到 $V_{FB\_BOn}$ 时，开关恢复。开启时间仅受CS引脚电压的限制。当 $V_{CS}$ 达到 $V_{CS\_BLX}$ 时，CoolMOST™关闭。在CoolMOST™接通之前，ZC计数器的值为最大值（低线为 8，高线为 10）。如果输出负载仍然很低，则 $V_{FB}$ 会随着PWM部分的工作而下降。当 $V_{FB}$ 达到阈值 $V_{FB\_BOff}$ 时，内部电路再次复位，PWM部分被禁用，直到 $V_{FB}$ 上升到 $V_{FB\_BOn}$ 。在主动突发模式下， $V_{FB}$ 在 $V_{FB\_BOff}$ 和 $V_{FB\_BOn}$ 之间像锯齿一样变化（见图 9）。

### 3.4.3 退出主动突发模式工作

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，栅极只有在检测到过零点（ $V_{ZCD} < V_{ZCD\_LB}$ ）时才会开启，以确保变压器完全消磁。这样就能在退出突发模式时确保DCM运行，从而简化同步整流的实施。然后，通过 $V_{FB}$ 重新激活正常的峰值电流控制。此外，在退出主动突发模式后，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下冲。

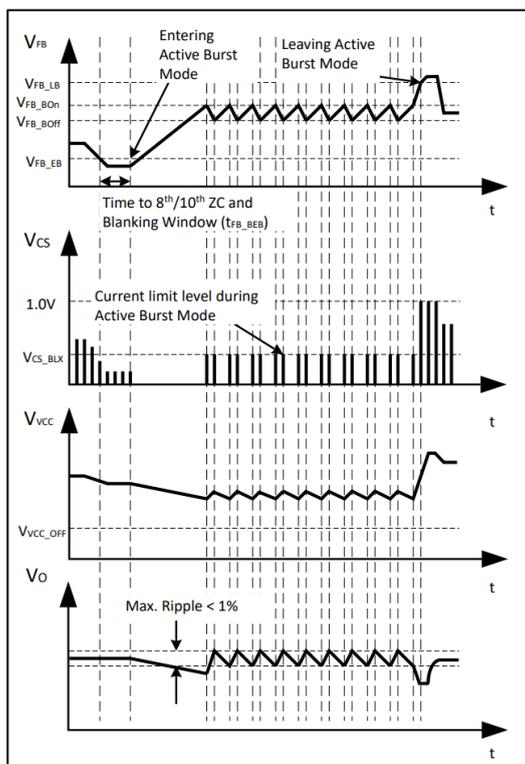


图 9 激活突发模式下的信号

### 3.5 保护功能

ICE5QRxx80BG-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。有 3 种不同的保护模式：无开关自动重启、自动重启和奇数周期跳过自动重启。详见图10、图 11 和 图12。

表5 保护功能

Fault Type	Normal Mode	Burst Mode		Protection Mode
		Burst On	Burst Off	
Line Over Voltage	✓	✓	✓	Non-Switch Auto Restart
Brownout	✓	✓	✓	Non-Switch Auto Restart
VCC over voltage	✓	✓	Not Applicable	Odd Cycle Skip Auto Restart
VCC under voltage	✓	✓	Not Applicable	Auto Restart
Over Load	✓	Not Applicable	Not Applicable	Odd Cycle Skip Auto Restart
Output Over Voltage	✓	✓	Not Applicable	Odd Cycle Skip Auto Restart
Over Temperature	✓	✓	✓	Non-Switch Auto Restart

### 3.5.1 线路过压

交流线路过压保护是通过两个电位分压器电阻器  $R_{I1}$  和  $R_{I2}$ （见 [典型应用电路](#)），通过 VIN 引脚检测总线电容器电压。一旦  $V_{VIN}$  电压高于线路过压阈值  $V_{VIN\_LOVP}$ ，集成电路就会进入线路过压保护模式，当  $V_{VIN}$  电压低于  $V_{VIN\_LOVP}$  时，集成电路才会解除保护模式。

### 3.5.2 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  $V_{VIN}$  电压低于掉电阈值 ( $V_{VIN\_BO}$ ) 时，控制器进入掉电保护模式，当  $V_{VIN}$  高电压于掉电阈值 ( $V_{VIN\_BI}$ ) 时，控制器解除保护模式。

### 3.5.3 VCC 过压或 VCC 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。

### 3.5.4 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  $V_{FB\_OLP}$ 。经过  $t_{FB\_OLP\_B}$  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。

### 3.5.5 输出过压

CoolMOSTM 关闭后，在  $t_{ZCD\_RS1}$  时对 ZCD 引脚的电压进行采样，以检测输出过压。如果电压连续 10 个脉冲高于预设阈值  $V_{ZCD\_OVP}$ ，集成电路将进入输出过压保护。

### 3.5.6 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。

### 3.5.7 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  $I_{VCC\_Charge1o}$ 。这一低电流足以限制 IC 功率损耗，以防过热。

### 3.5.8 不同保护模式下的信号

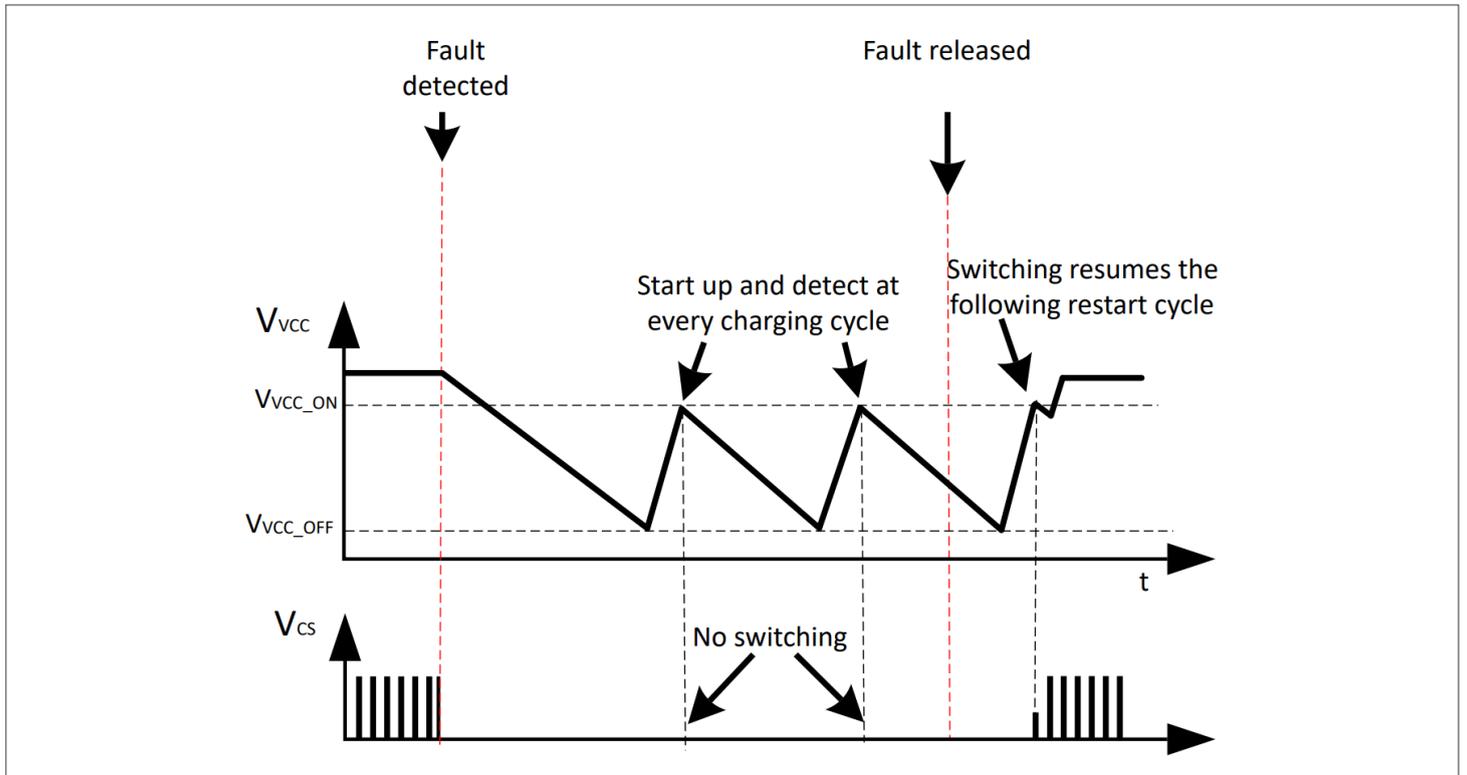


图 10 非开关自动重启

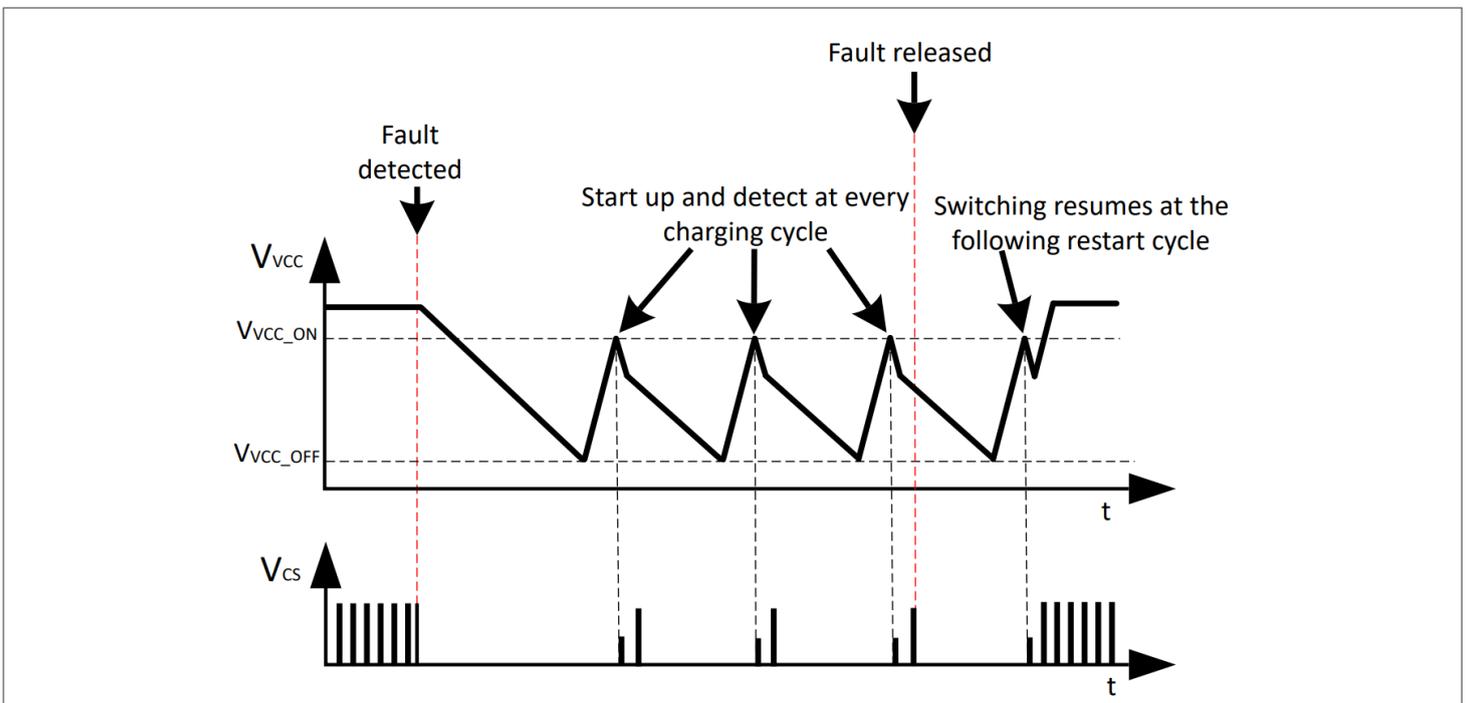


图 11 自动重启

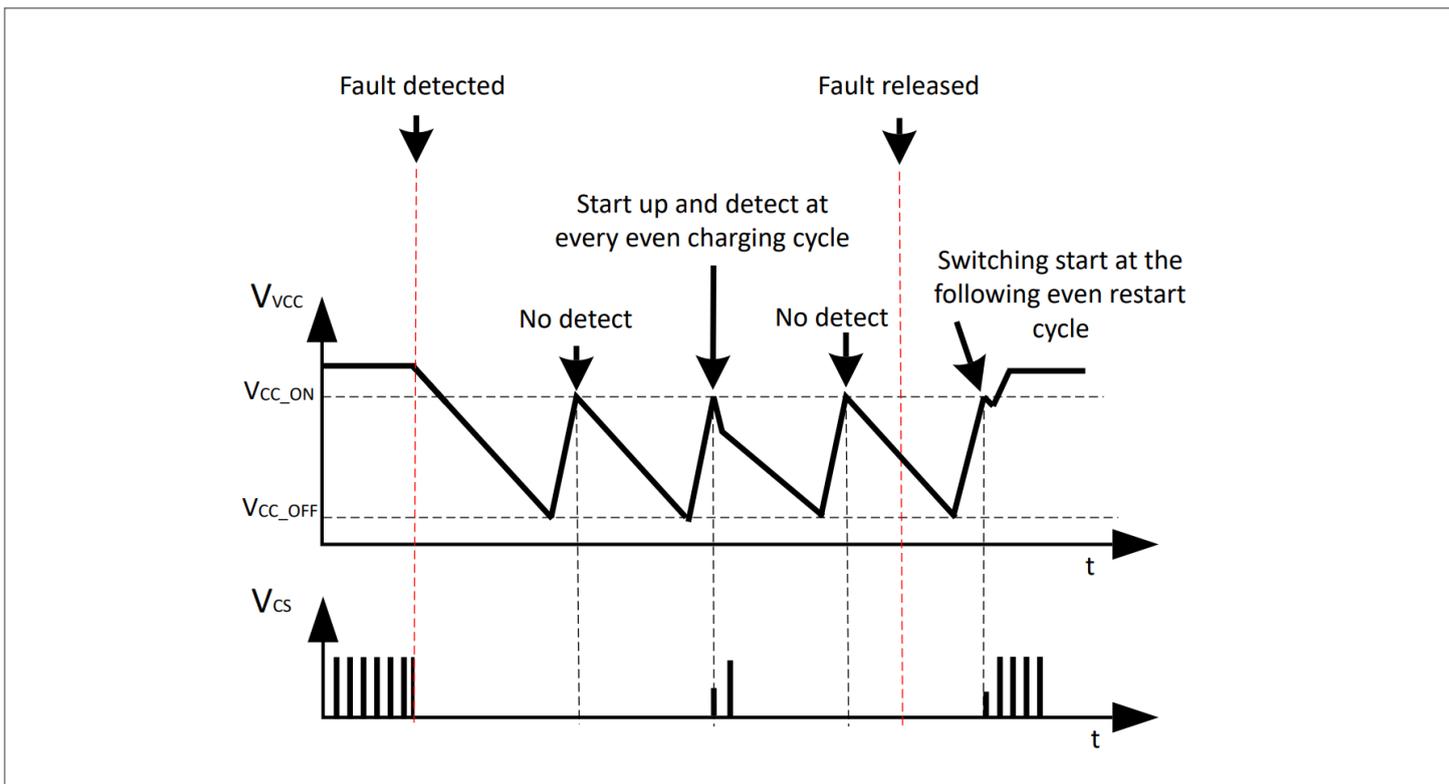


图 12 奇数周期跳过自动重启模式

## 4 电气特性

注意：所有电压都是相对于地（引脚12）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11 (VCC) 的所有电容都已放电。除非另有说明，否则  $T_a = 25\text{ °C}$ 。

表 6 绝对最大额定值

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
<b>漏极电压</b>						
ICE5QRXX80BG-1	$V_{DRAIN}$	-	-	800	V	$T_j = 25\text{ °C}$

### 脉冲漏极电流

ICE5QR4780BG-1	$I_{D\_PULSE}$	-	-	2.6	A	Pulse width $t_p$ limited by $T_{j\_max}$
ICE5QR2280BG-1	$I_{D\_PULSE}$	-	-	5.8	A	Pulse width $t_p = 20\text{ }\mu\text{s}$ and limited by $T_{j\_max}$
ICE5QR1680BG-1	$I_{D\_PULSE}$	-	-	5.8	A	Pulse width $t_p = 20\text{ }\mu\text{s}$ and limited by $T_{j\_max}$
ICE5QR0680BG-1	$I_{D\_PULSE}$	-	-	5.8	A	Pulse width $t_p = 20\text{ }\mu\text{s}$ and limited by $T_{j\_max}$

### 引脚额定值

VCC Supply Voltage	$V_{VCC}$	-0.3	-	35	V	
FB Voltage	$V_{FB}$	-0.3	-	5.5	V	
ZCD Voltage	$V_{ZCD}$	-0.3	-	27	V	
CS Voltage	$V_{CS}$	-0.3	-	3.6	V	
VIN Voltage	$V_{VIN}$	-0.3	-	5.5	V	
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	

(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.		

热阻 (结至环境)

ICE5QR4780BG-1	$R_{thJA}$	-	-	105	K/W	1)
ICE5QR2280BG-1	$R_{thJA}$	-	-	98	K/W	1)
ICE5QR1680BG-1	$R_{thJA}$	-	-	95	K/W	1)
ICE5QR0680BG-1	$R_{thJA}$	-	-	94	K/W	1)

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

ICE5QR4780BG-1	$I_{AR}$	-	-	0.2	A	
ICE5QR2280BG-1	$I_{AR}$	-	-	0.4	A	
ICE5QR1680BG-1	$I_{AR}$	-	-	0.6	A	
ICE5QR0680BG-1	$I_{AR}$	-	-	1.8	A	

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

ICE5QR4780BG-1	$E_{AR}$	-	-	0.02	mJ	$I_D=0.2\text{A}, V_{DD}=50\text{V}$
ICE5QR2280BG-1	$E_{AR}$	-	-	0.05	mJ	$I_D=0.4\text{A}, V_{DD}=50\text{V}$
ICE5QR1680BG-1	$E_{AR}$	-	-	0.07	mJ	$I_D=0.6\text{A}, V_{DD}=50\text{V}$
ICE5QR0680BG-1	$E_{AR}$	-	-	0.22	mJ	$I_D=1.8\text{A}, V_{DD}=50\text{V}$

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	$V_{VCC}$	$V_{VCC\_OFF}$	-	$V_{VCC\_OVP}$	V	
Junction Temperature of controller	$T_{jCon\_op}$	-40	-	$T_{jCon\_OTP}$	$^\circ\text{C}$	Max value limited due to OTP of controller chip.
Junction Temperature of CoolMOS	$T_{jCoolMOS\_op}$	-40	-	150	$^\circ\text{C}$	

## 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 $^\circ\text{C}$  至 125 $^\circ\text{C}$ ) 内的数值范围。典型值代表 25 $^\circ\text{C}$  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	$I_{VCC\_Charge1}$	-0.35	-0.20	-0.09	mA	$V_{VCC}=0V, R_{StartUp}=50M\Omega$ and $V_{DRAIN}=90V$
VCC Charge Current	$I_{VCC\_Charge2}$	-	-3.2	-	mA	$V_{VCC}=3V, R_{StartUp}=50M\Omega$ and $V_{DRAIN}=90V$
VCC Charge Current	$I_{VCC\_Charge3}$	-5	-3	-1	mA	$V_{VCC}=15V, R_{StartUp}=50M\Omega$ and $V_{DRAIN}=90V$
Current Consumption, Startup Current	$I_{VCC\_Startup}$	-	0.22	-	mA	$V_{VCC}=15V$
Current Consumption, Normal	$I_{VCC\_Normal}$	-	0.9	-	mA	$I_{FB}=0A$ (No Gate Switching)
Current Consumption, Auto Restart	$I_{VCC\_AR}$	-	380	-	$\mu A$	
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	16.0	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	-	$\mu s$	

#### 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	$V_{REF}$	3.20	3.30	3.39	V	Measured at FB pin $I_{FB}=0A$

#### 4.5 PWM部分

表10 PWM部分

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or 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	-	

(表格续下页.....)

表 10 (续) PWM 部分

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Offset for voltage ramp	$V_{PWM}$	0.42	0.5	0.58	V	
Maximum on time in normal operation	$t_{OnMax}$	28	35	42	$\mu s$	
Maximum off time in normal operation	$t_{OffMax}$	34	42.5	51	$\mu s$	

## 4.6 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	$V_{CS\_N}$	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	-	$\mu s$	

## 4.7 软启动

表 12 软启动

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Soft start time	$t_{SS}$	8.5	12.0	-	ms	
Soft start time step	$t_{SS\_S}^{1)}$	-	3	-	ms	
Internal regulation voltage at first step	$V_{S1}^{1)}$	-	0.30	-	V	CS peak voltage
Internal regulation voltage step at soft start	$V_{SS\_S}^{1)}$	-	0.15	-	V	

1) 参数无需经过生产测试 - 通过设计/特性验证

## 4.8 数字零交叉

表 13 数字零交叉

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or 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	$t_{ZCD\_RS1}$	2	2.5	3	$\mu$ s	$V_{ZCD} > V_{ZCD\_RS}$
Maximum ringing suppression time	$t_{ZCD\_RS2}$	-	25	-	$\mu$ s	$V_{ZCD} < V_{ZCD\_RS}$
Threshold to reset Up/Down Counter	$V_{FB\_R}$	-	2.75	-	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	-	ms	

## 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	$V_{REF\_B}$	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	

(表格续下页.....)

表 14 (续) 主动突发模式

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Feedback voltage for leaving Active Burst Mode	$V_{FB\_LB}$	2.65	2.75	2.85	V	
ZCD voltage threshold for first pulse after leaving Active Burst Mode	$V_{ZCD\_LB}$	60	100	150	mV	
Feedback voltage for burst-on	$V_{FB\_BOon}$	2.30	2.40	2.50	V	
Feedback voltage for burst-off	$V_{FB\_BOff}$	1.90	2.0	2.10	V	

#### 4.10 线性过压保护

表 15 线路过压保护

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Line overvoltage threshold	$V_{VIN\_LOVP}$	2.80	2.90	3.00	V	
Line overvoltage blanking	$t_{VIN\_LOVP\_B}$	-	250	-	$\mu$ s	

#### 4.11 欠压保护

表 16 过压和欠压保护

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

#### 4.12 VCC过压保护

表 17 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	-	$\mu$ s	

### 4.13 过载保护

表 18 过载保护

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Overload detection threshold for OLP protection at FB pin	$V_{FB\_OLP}$	2.65	2.75	2.85	V	
Overload protection blanking time	$t_{FB\_OLP\_B}$	-	30	-	ms	

### 4.14 输出过压保护

表 19 输出 OVP

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Output Over Voltage threshold	$V_{ZCD\_OVP}$	1.90	2.00	2.10	V	
Output Over Voltage Blanking Pulse	$P_{ZCD\_OVP\_B}$	-	10	-	Pulse	Consecutive pulses

### 4.15 过温保护

表 20 过温保护

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Over temperature protection	$T_{jCon\_O}^{1)}$ $T_{TP}$	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	-	μs	

1) 参数无需经过生产测试 - 通过设计/特性验证

### 4.16 CoolMOS™部分

表21 CoolMOS™部分

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

漏源击穿电压 (表格继续...)

ICE5QRXX80BG-1	$V_{(BR)DSS}$	800	-	-	V	$T_j = 25^\circ\text{C}$
----------------	---------------	-----	---	---	---	--------------------------

表 21 (续) CoolMOS™部分

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

漏源导通电阻 (包括低压侧 MOSFET)

ICE5QR4780BG-1	$R_{DSon}$	-	4.13	4.85	$\Omega$	$T_j=25^\circ\text{C}$ at $I_D=0.4\text{A}$
ICE5QR4780BG-1	$R_{DSon}$	-	8.69 <sup>1)</sup>	-	$\Omega$	$T_j=125^\circ\text{C}$ at $I_D=0.4\text{A}$
ICE5QR2280BG-1	$R_{DSon}$	-	2.13	2.35	$\Omega$	$T_j=25^\circ\text{C}$ at $I_D=1\text{A}$
ICE5QR2280BG-1	$R_{DSon}$	-	4.31 <sup>1)</sup>	-		$T_j=125^\circ\text{C}$ at $I_D=1\text{A}$
ICE5QR1680BG-1	$R_{DSon}$	-	1.53	1.75	$\Omega$	$T_j=25^\circ\text{C}$ at $I_D=1.4\text{A}$
ICE5QR1680BG-1	$R_{DSon}$	-	3.01 <sup>1)</sup>	-	$\Omega$	$T_j=125^\circ\text{C}$ at $I_D=1.4\text{A}$
ICE5QR0680BG-1	$R_{DSon}$	-	0.71	0.80	$\Omega$	$T_j=25^\circ\text{C}$ at $I_D=2\text{A}$
ICE5QR0680BG-1	$R_{DSon}$	-	1.27 <sup>1)</sup>	-	$\Omega$	$T_j=125^\circ\text{C}$ at $I_D=2\text{A}$

动态特性

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

有效输出电容, 能量相关

ICE5QR4780BG-1	$C_{O(er)}$	-	3 <sup>1)</sup>	-	pF	$V_{GS}=0\text{V}, V_{DS}=0\sim 500\text{V}$
ICE5QR2280BG-1	$C_{O(er)}$	-	7 <sup>1)</sup>	-	pF	$V_{GS}=0\text{V}, V_{DS}=0\sim 500\text{V}$
ICE5QR1680BG-1	$C_{O(er)}$	-	8 <sup>1)</sup>	-	pF	$V_{GS}=0\text{V}, V_{DS}=0\sim 500\text{V}$
ICE5QR0680BG-1	$C_{O(er)}$	-	24 <sup>1)</sup>	-	pF	$V_{GS}=0\text{V}, V_{DS}=0\sim 500\text{V}$

1) 未经过生产测试, 由设计指定。

2) 在典型反激式应用中测量。

## 5 CoolMOS™性能特性

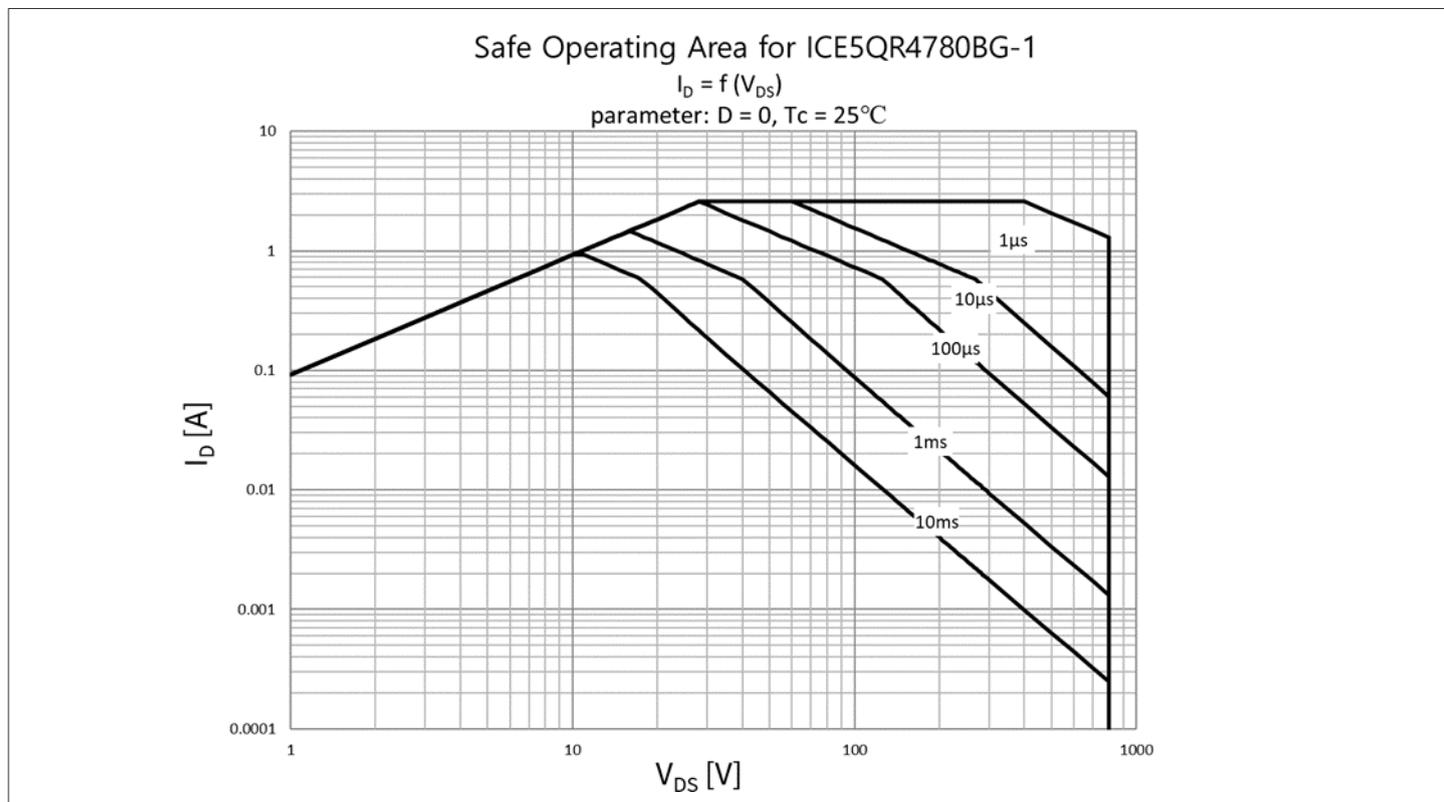


图 13 ICE5QR4780BG-1 的 SOA

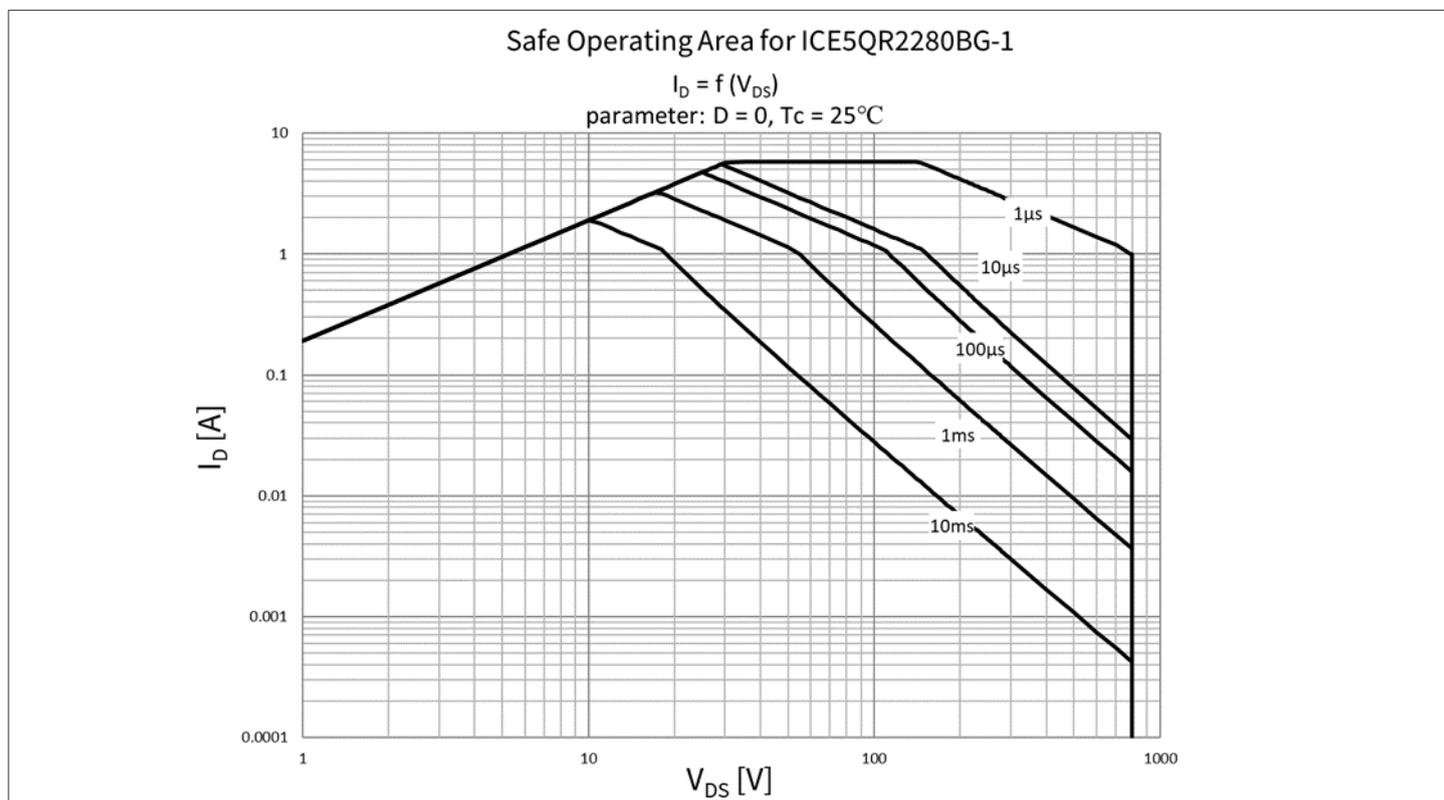


图 14 ICE5QR2280BG-1 的 SOA

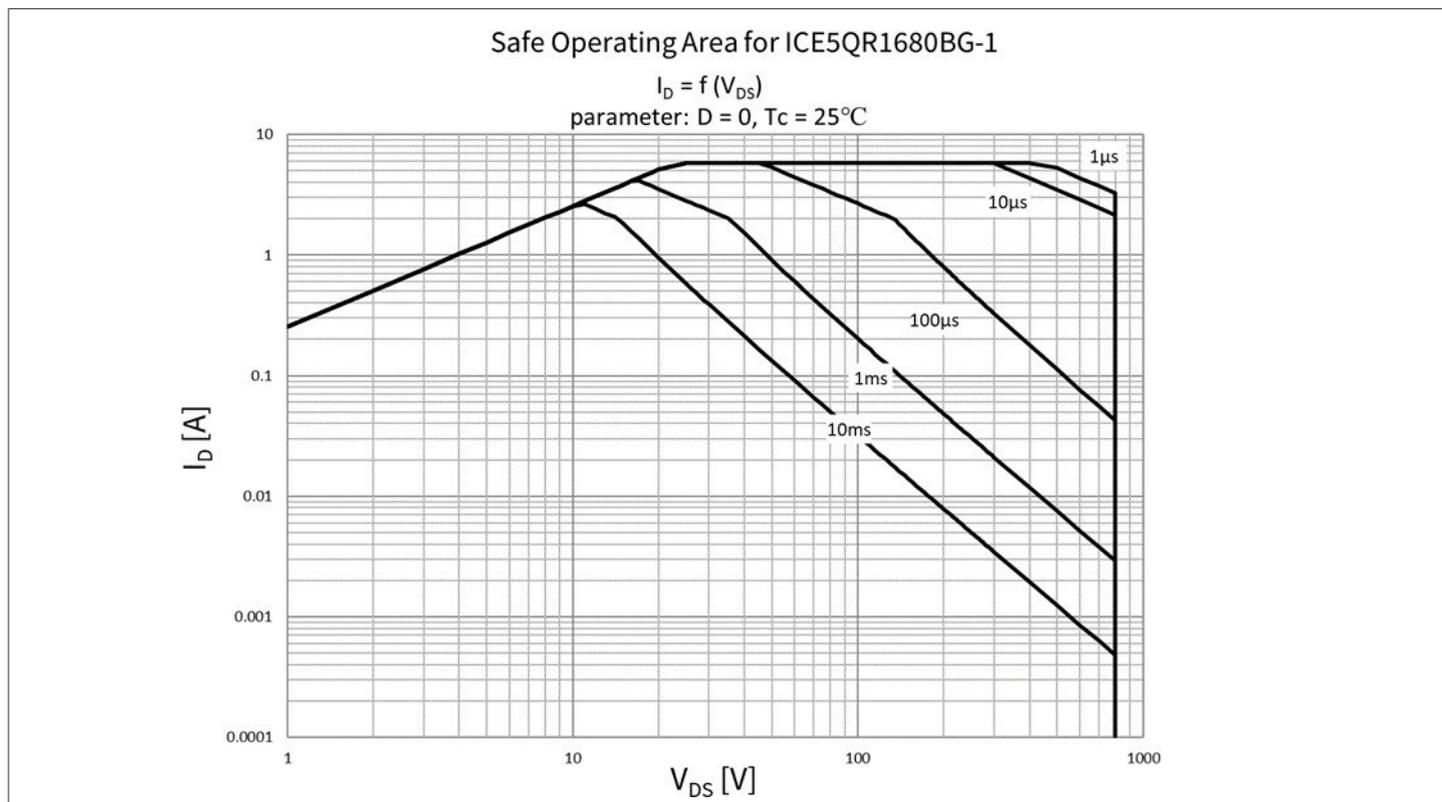


图 15 ICE5QR1680BG-1 的 SOA

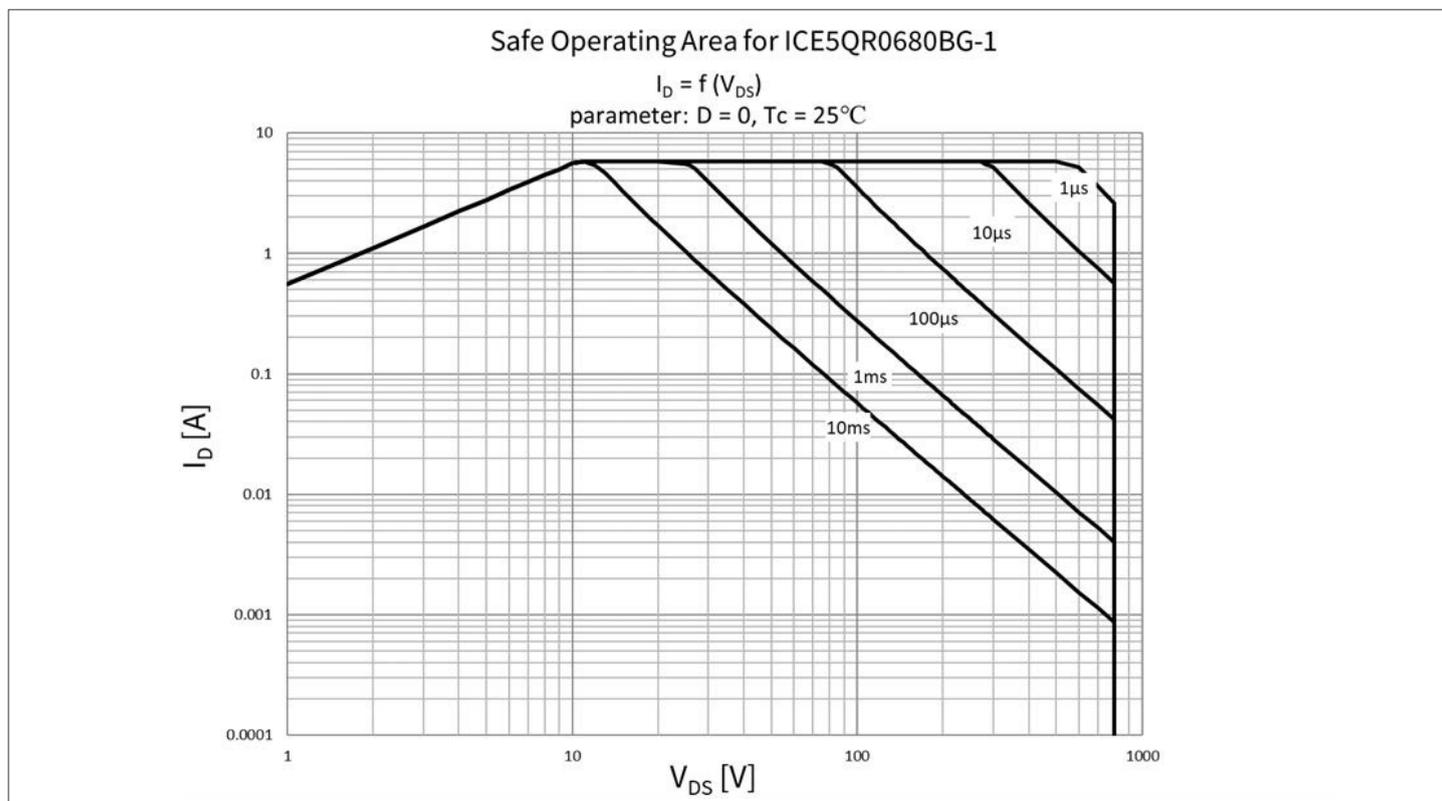


图 16 ICE5QR0680BG-1 的 SOA

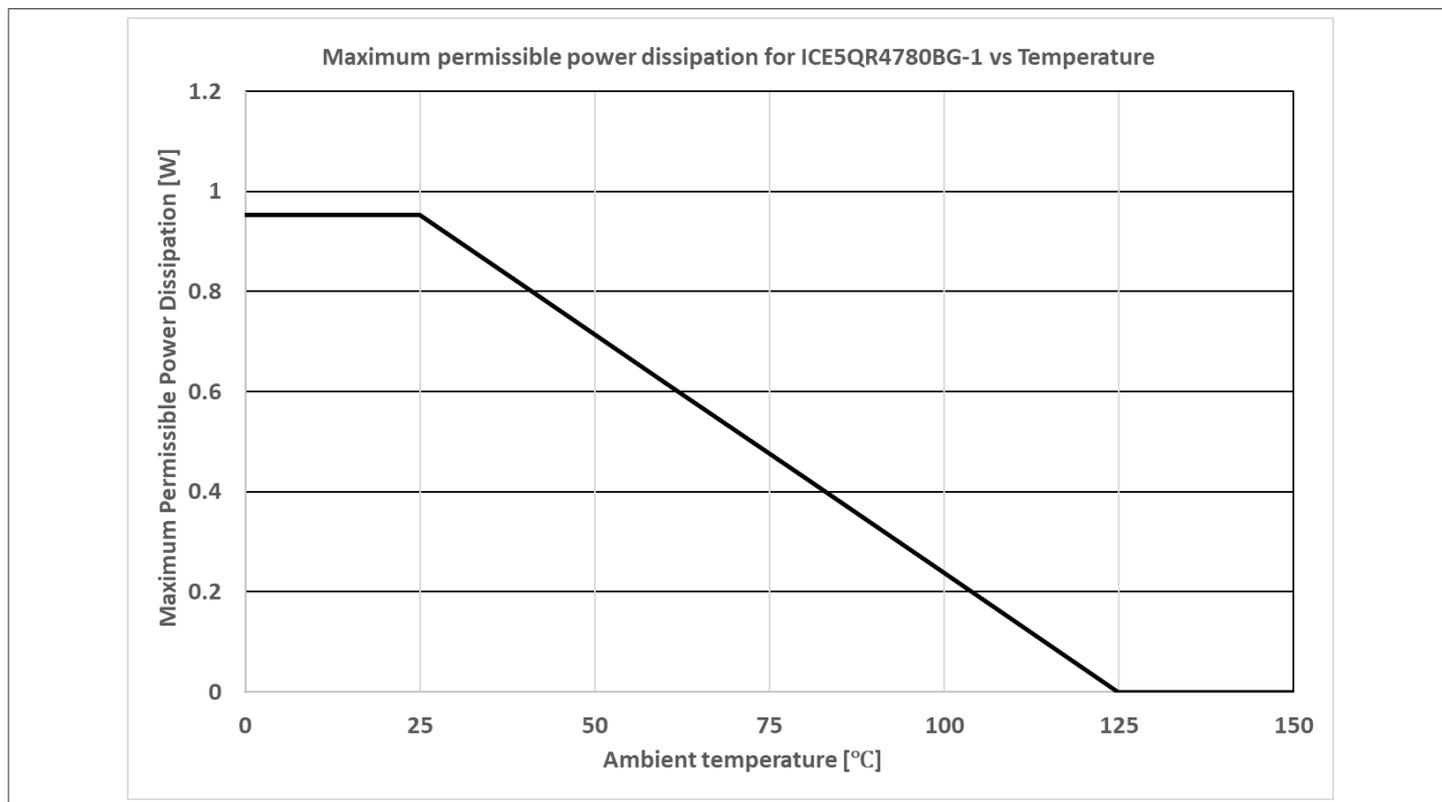


图 17 ICE5QR4780BG-1 的功率耗散； $P_{tot}=f(T_a)$ ，（不得超过第 6 节给出的最大额定值）

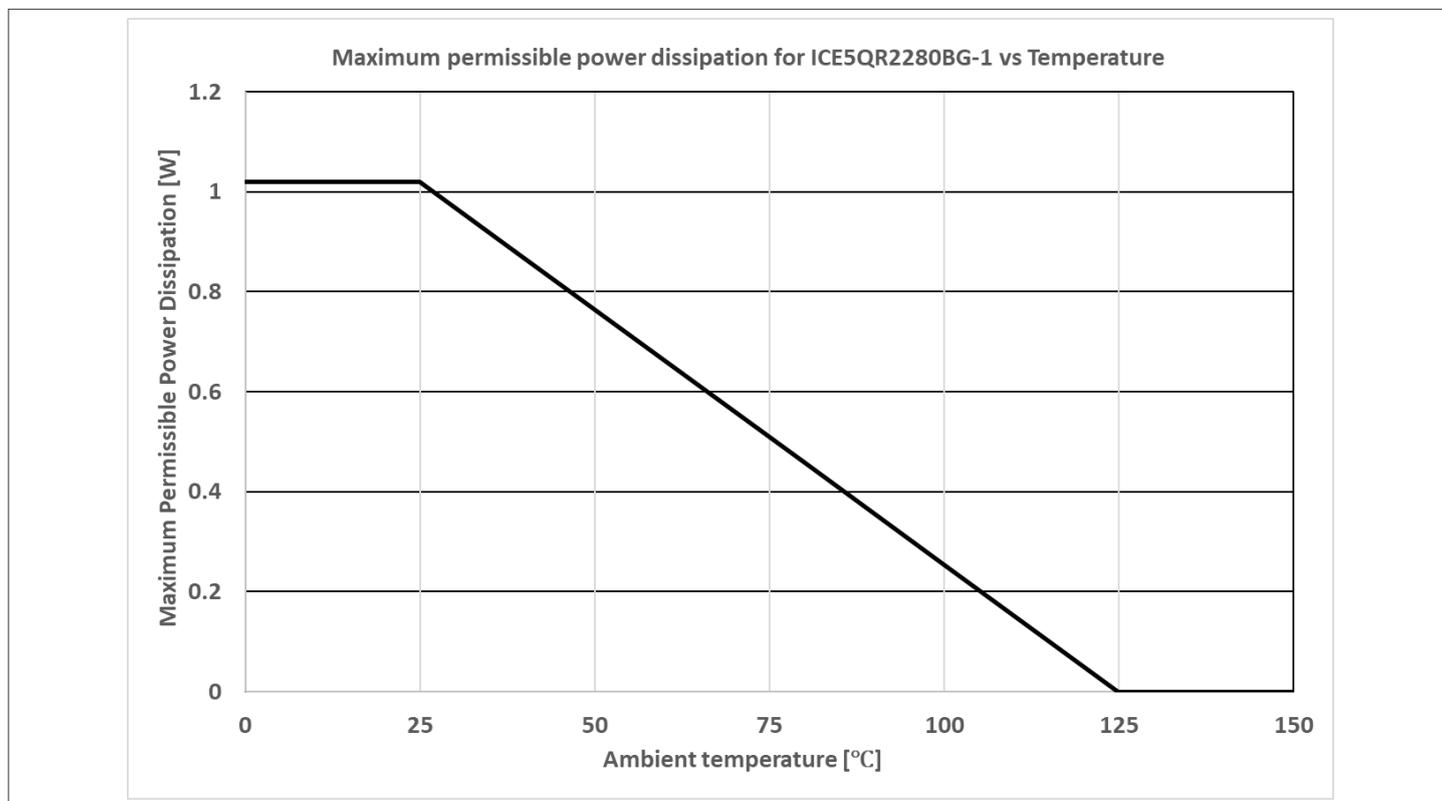


图 18 ICE5QR2280BG-1 的功率耗散； $P_{tot}=f(T_a)$ ，（不得超过第 6 节给出的最大额定值）

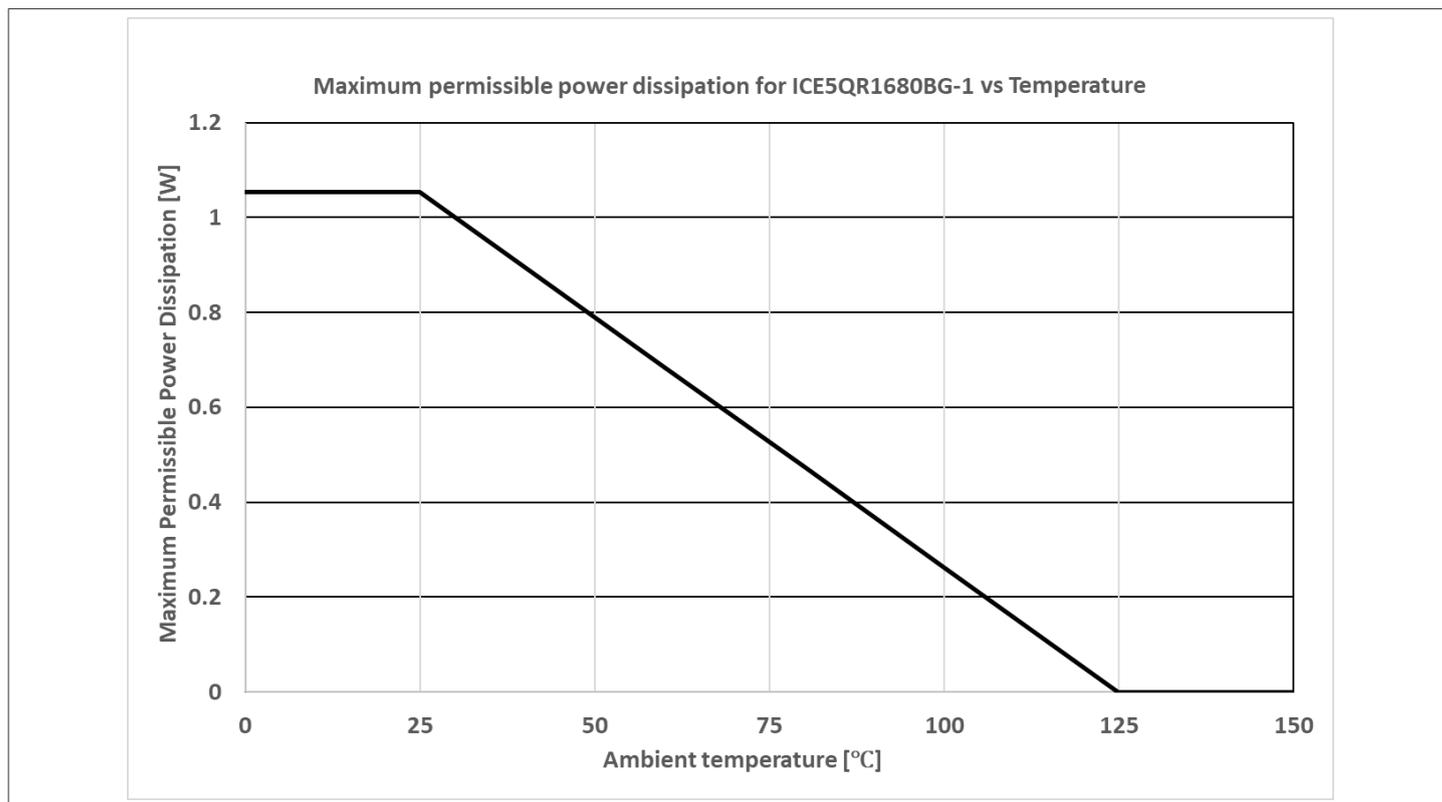


图 19 ICE5QR1680BG-1的功率耗散； $P_{tot}=f(T_a)$ ，（不得超过第 6 节给出的最大额定值）

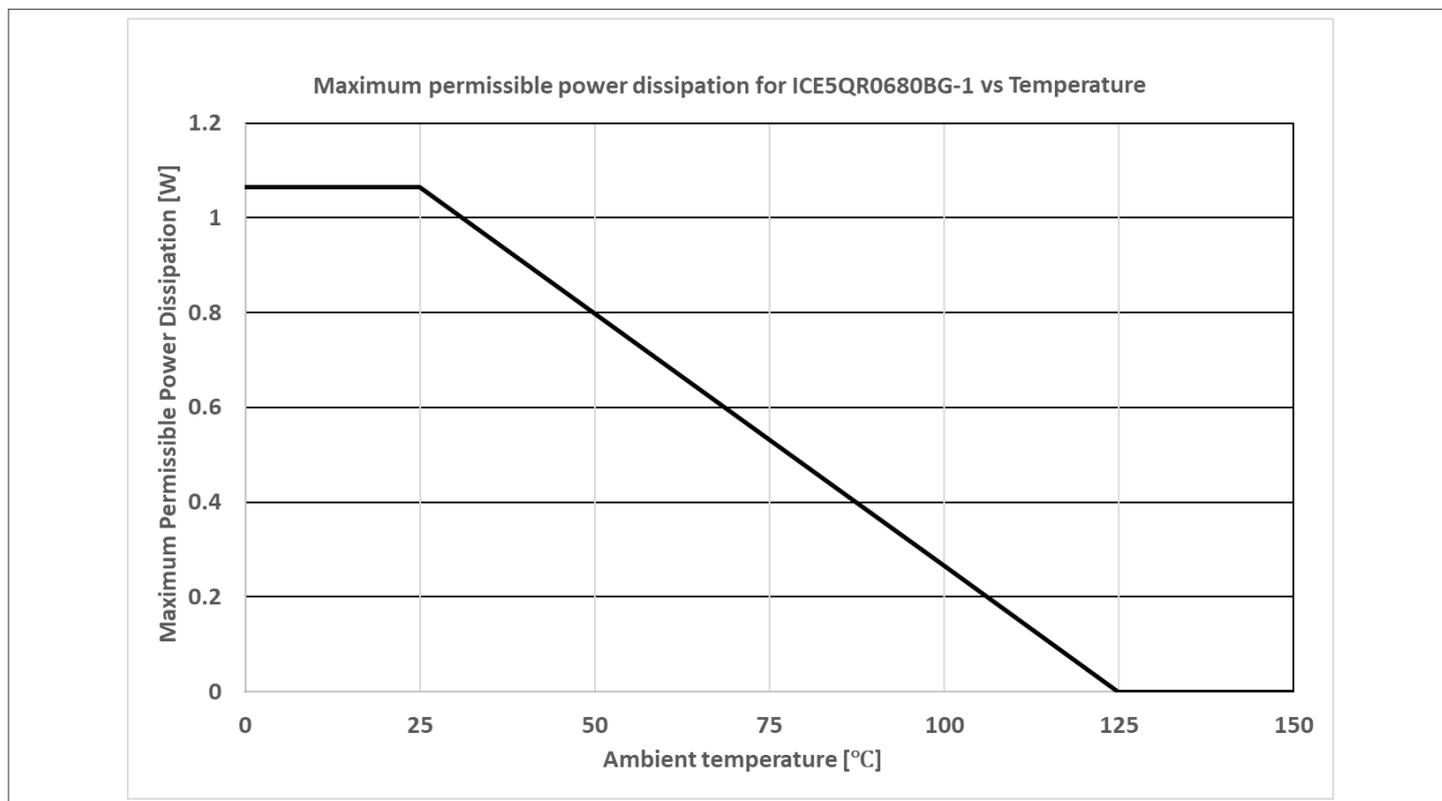


图 20 ICE5QR0680BG-1 的功率耗散； $P_{tot}=f(T_a)$ ，（不得超过第 6 节给出的最大额定值）

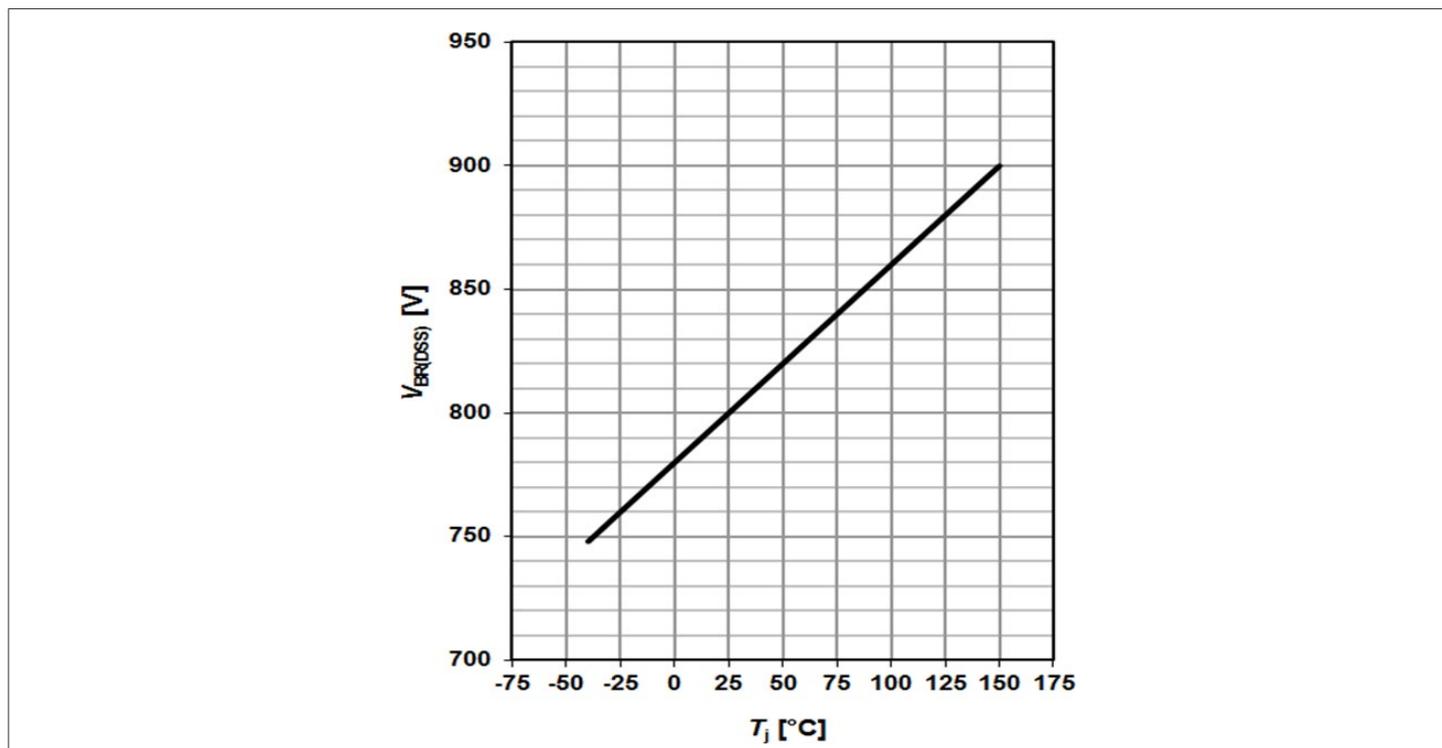


图 21 漏源击穿电压 ICE5QRxx80BG-1;  $V_{BR(DSS)}=f(T_j)$ ,  $I_D=1\text{ mA}$

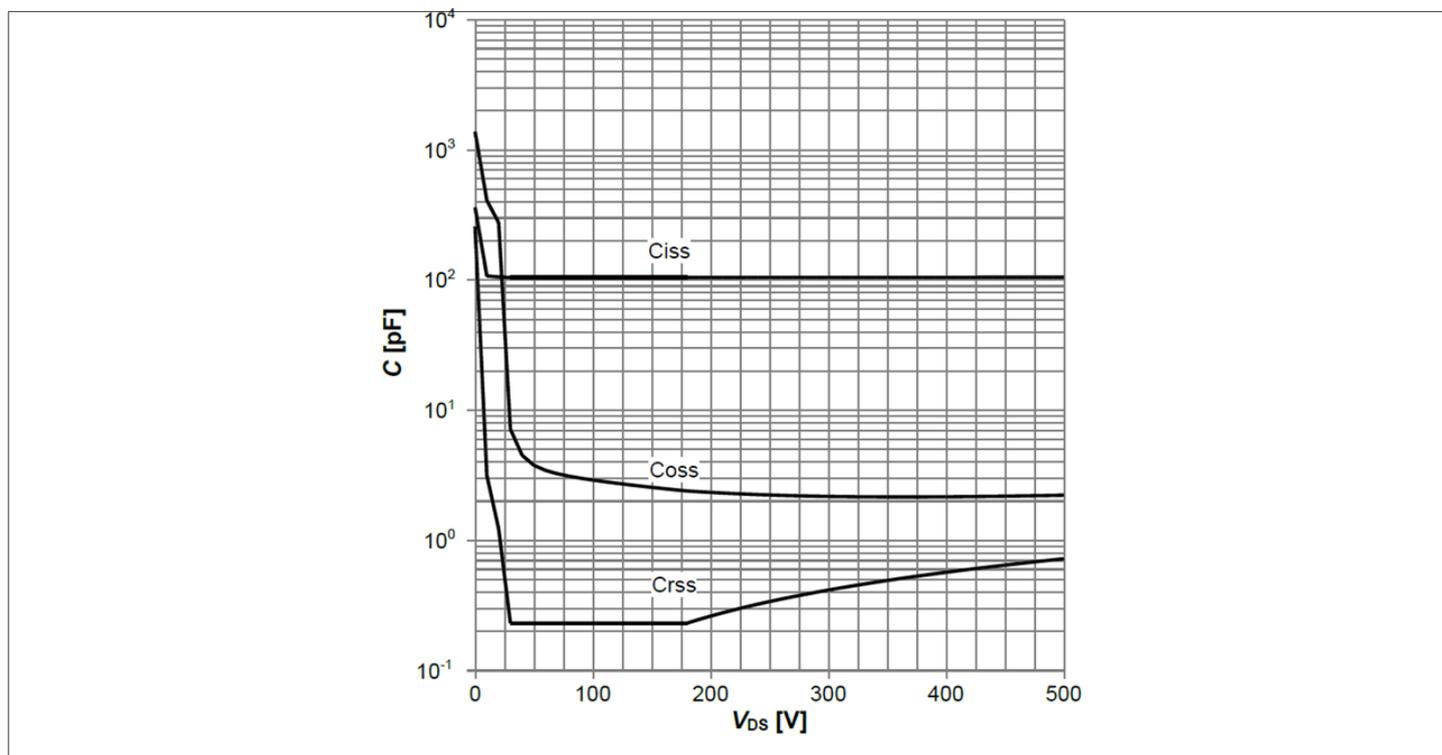


图 22 ICE5QR4780BG-1的典型 CoolMOS™ 电容;  $C=f(V_{DS})$ , ( $V_{GS}=0V$ ;  $f=250\text{ kHz}$ )

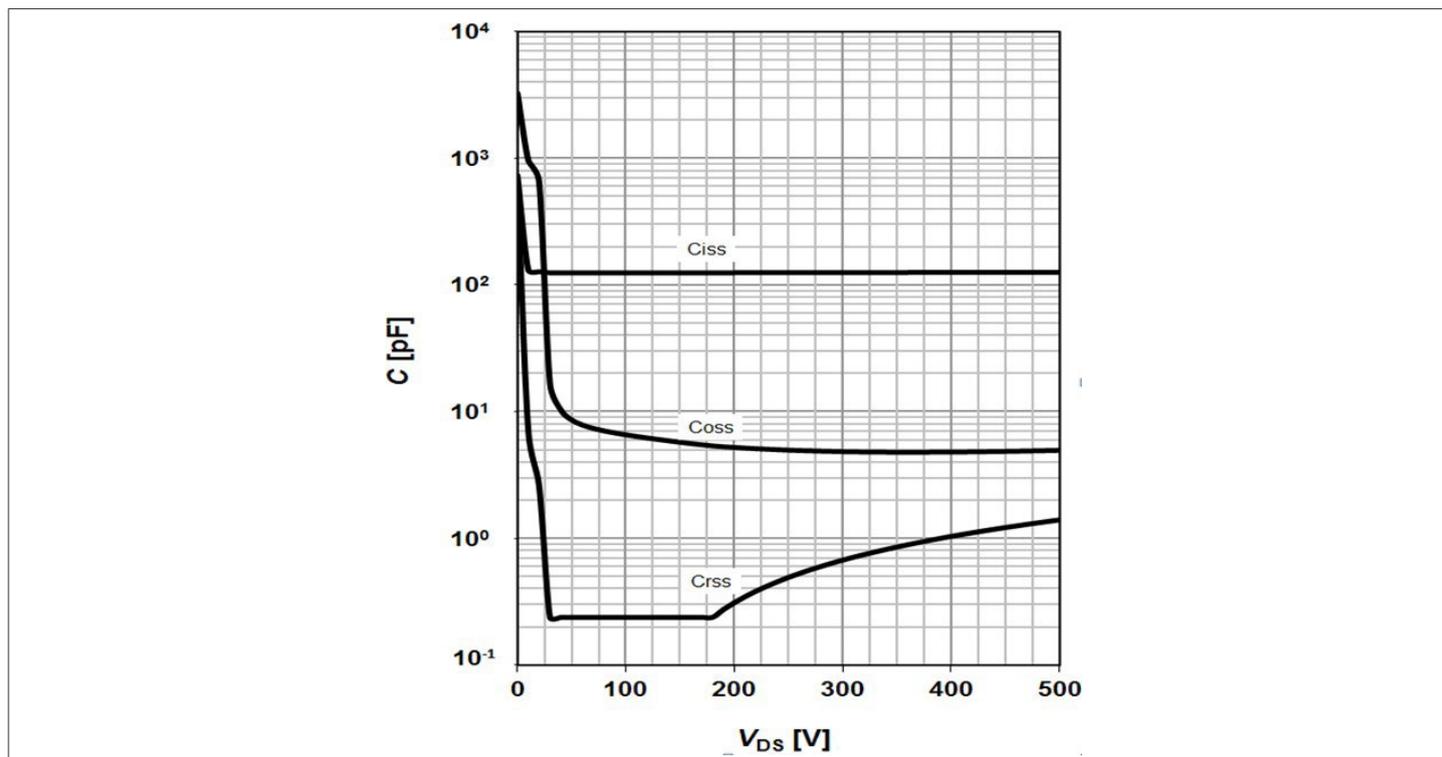


图 23 ICE5QR2280BG-1 的典型 CoolMOS™ 电容;  $C=f(V_{DS})$ , ( $V_{GS}=0V$ ;  $f=250\text{ kHz}$ )

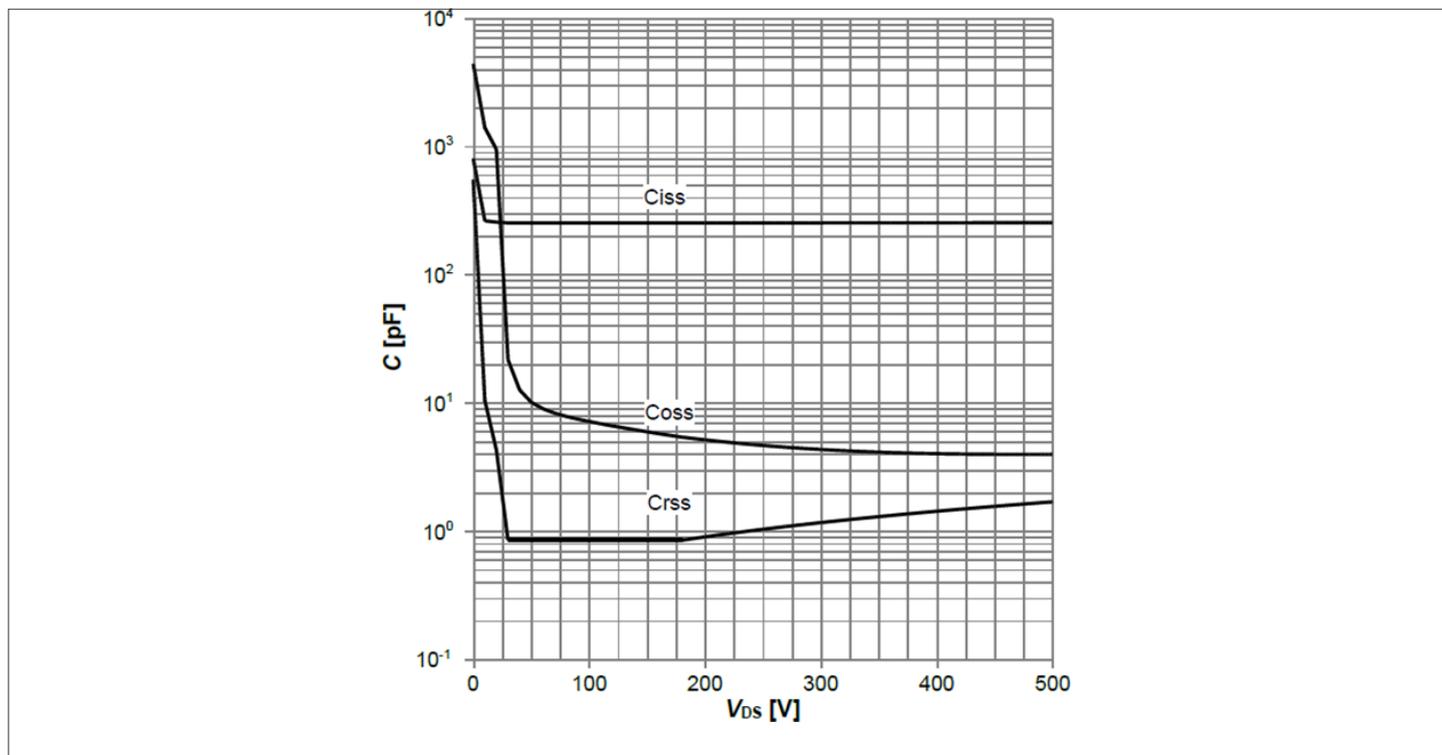


图 24 ICE5QR1680BG-1 的典型 CoolMOS™ 电容;  $C=f(V_{DS})$ , ( $V_{GS}=0V$ ;  $f=250\text{ kHz}$ )

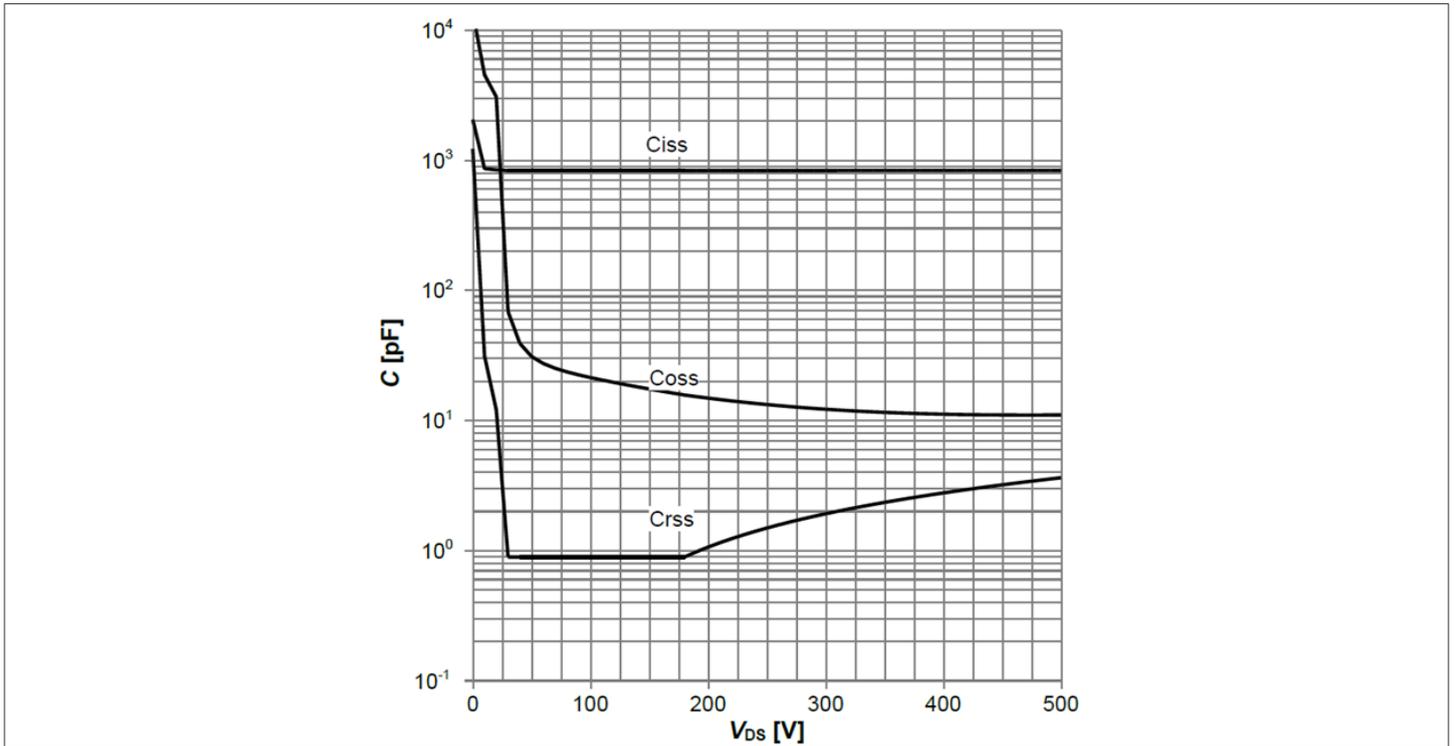


图 25 ICE5QR0680BG-1的典型 CoolMOS™ 电容;  $C=f(V_{DS})$ , ( $V_{GS}=0V$ ;  $f=250\text{ kHz}$ )

## 6 最大输出功率曲线与温度的关系

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。

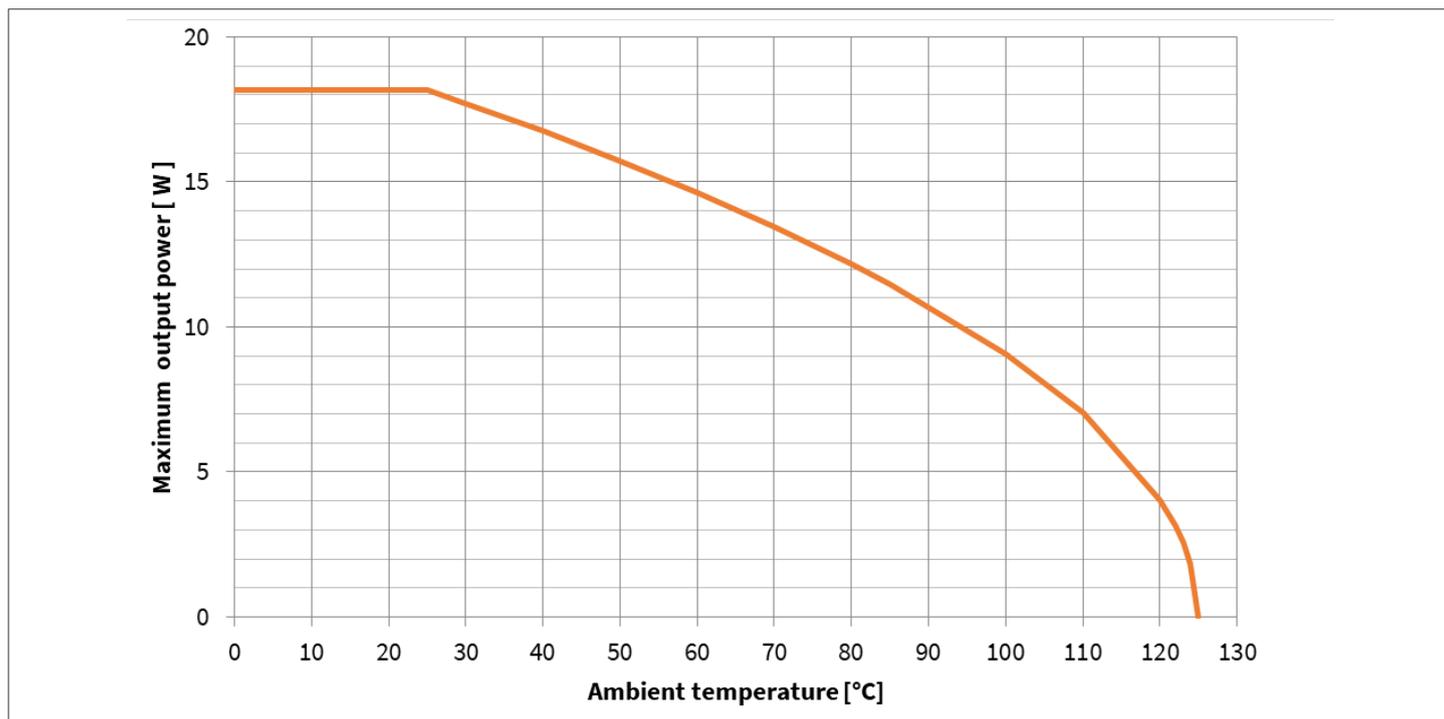


图 26 ICE5QR4780BG-1 的最大输出功率与温度的关系（交流电源电压：85~300 VAC）

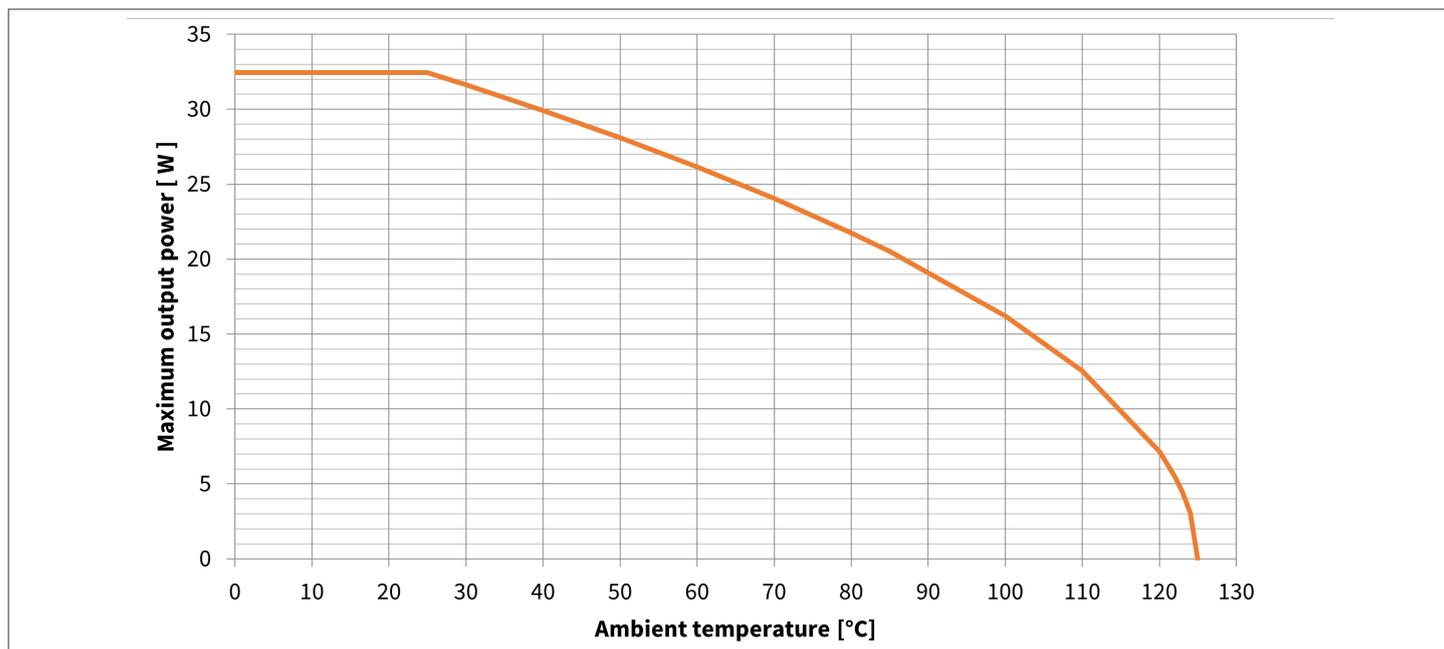


图 27 ICE5QR4780BG-1 的最大输出功率与温度的关系（交流电源电压：220 VAC）

6 最大输出功率与温度关系曲线

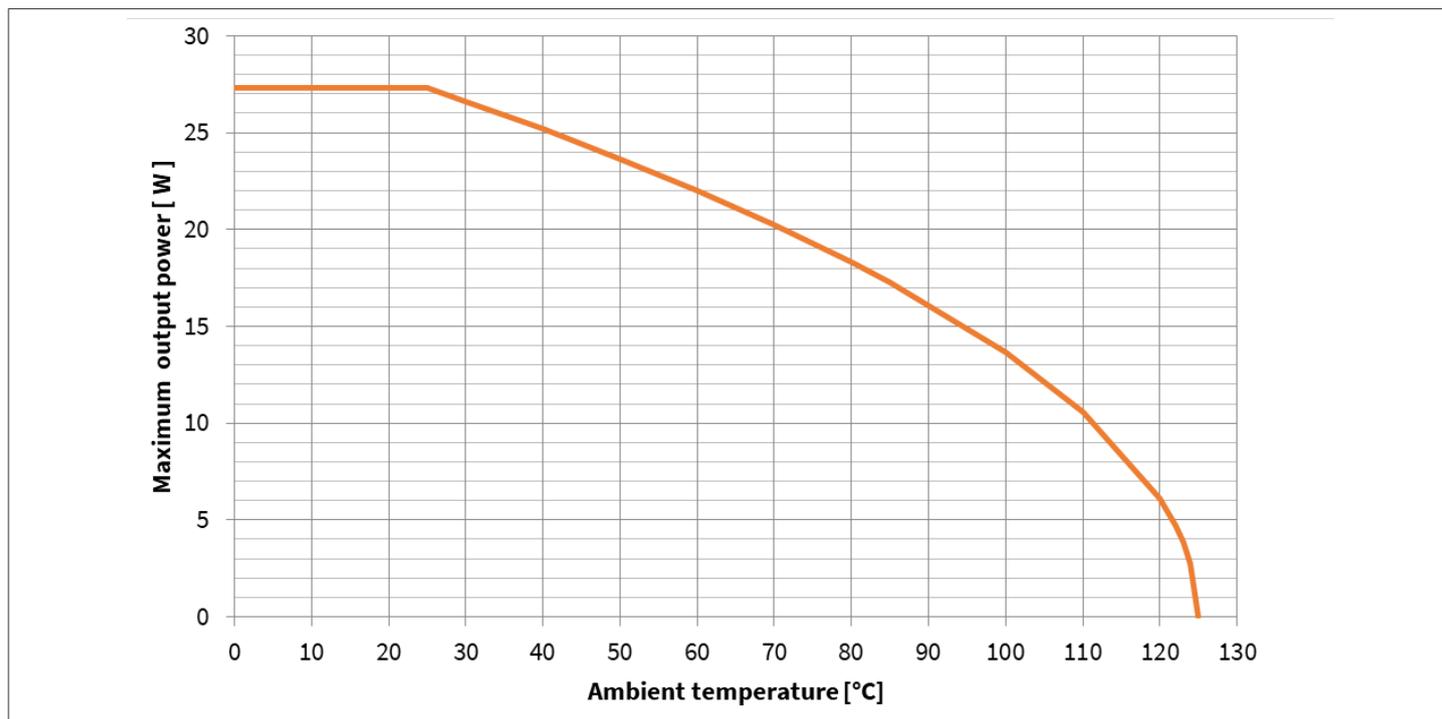


图 28 ICE5QR2280BG-1 的最大输出功率与温度的关系（交流电源电压：85~300 VAC）

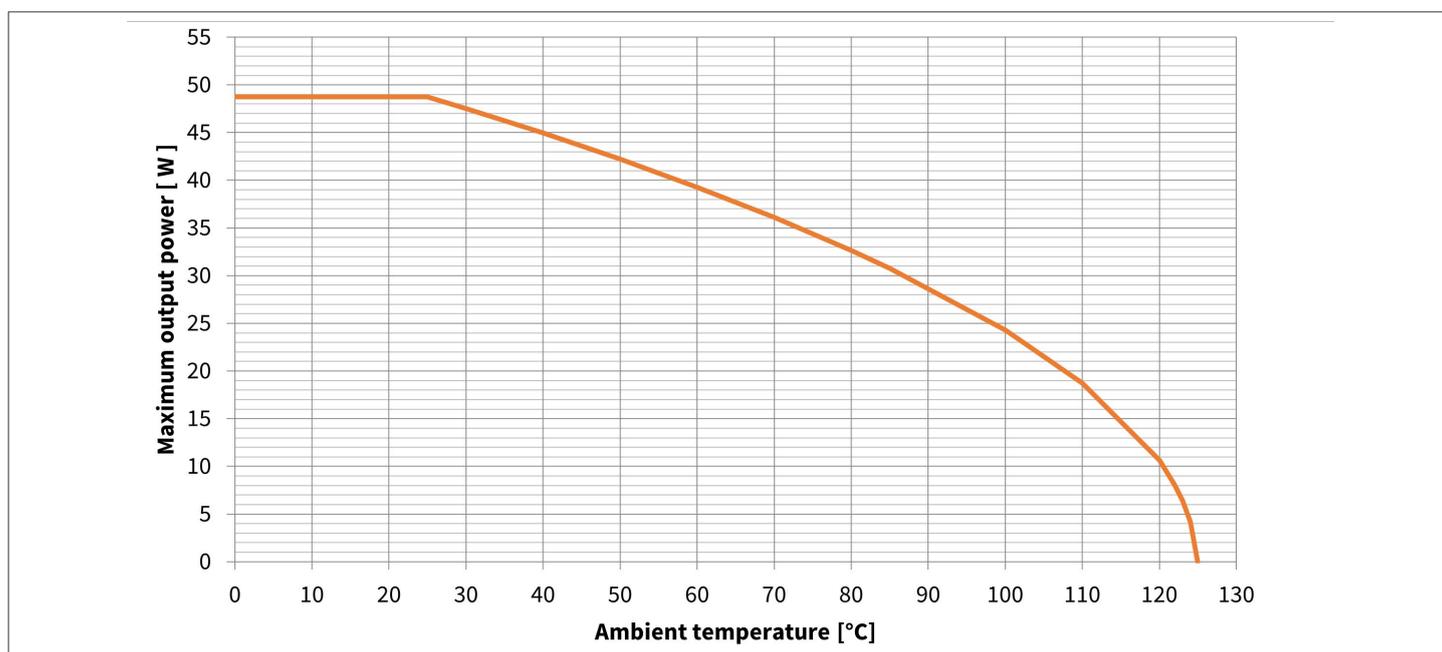


图 29 ICE5QR2280BG-1 的最大输出功率与温度的关系（交流电源电压：220 VAC）

6 最大输出功率与温度关系曲线

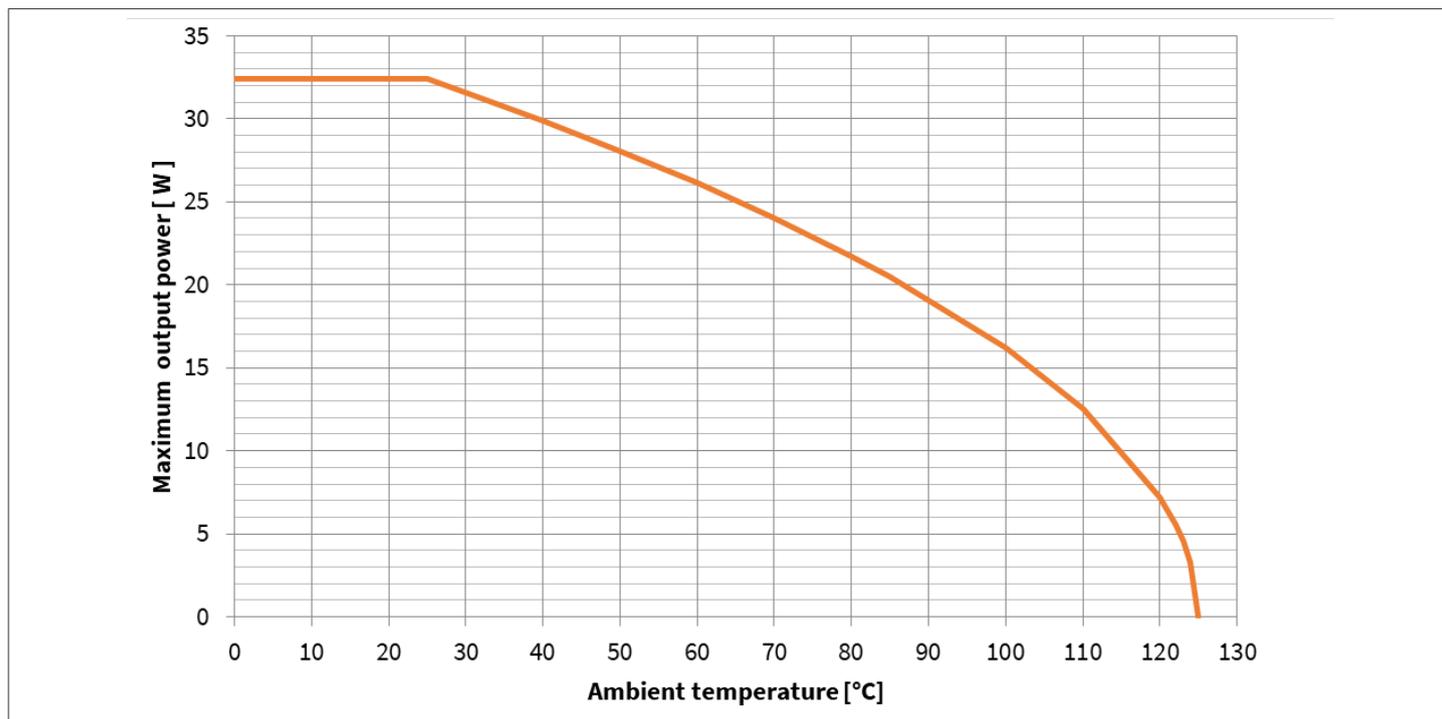


图 30 ICE5QR1680BG-1 的最大输出功率与温度的关系（交流电源电压：85~300 VAC）

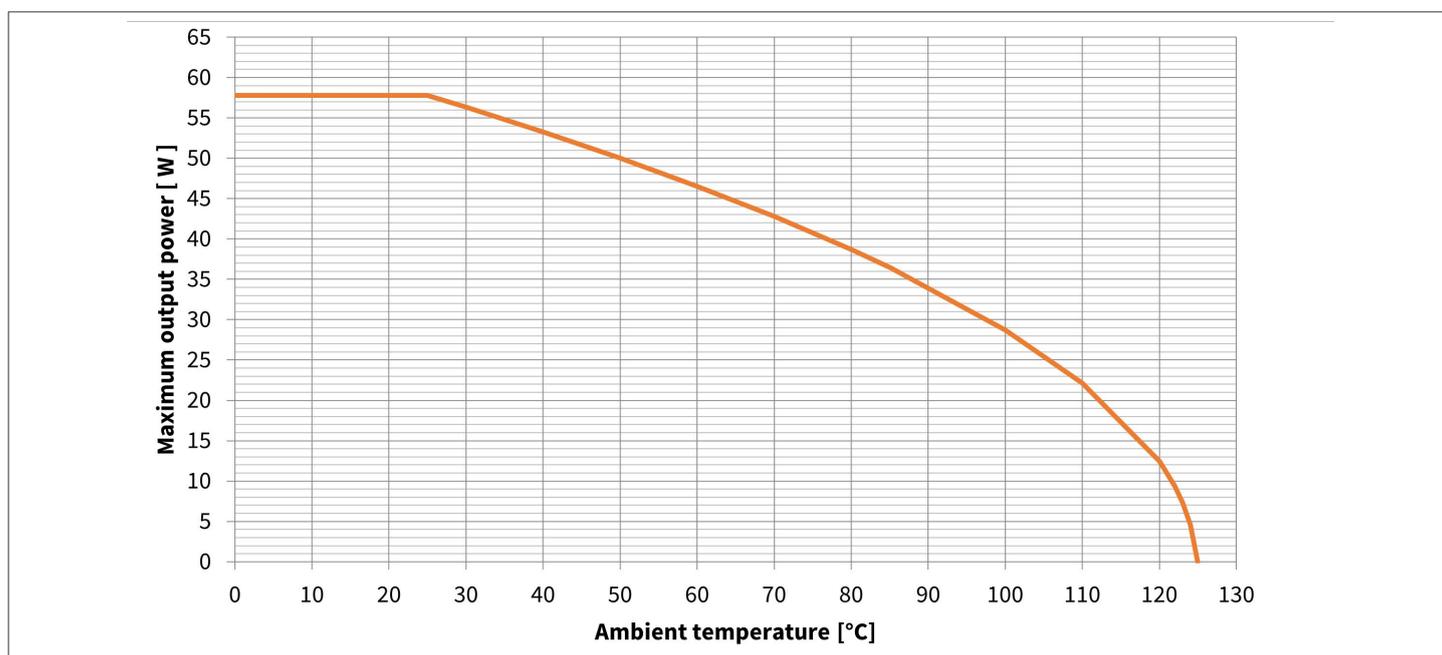


图 31 ICE5QR1680BG-1 的最大输出功率与温度的关系（交流电源电压：220 VAC）

6 最大输出功率与温度关系曲线

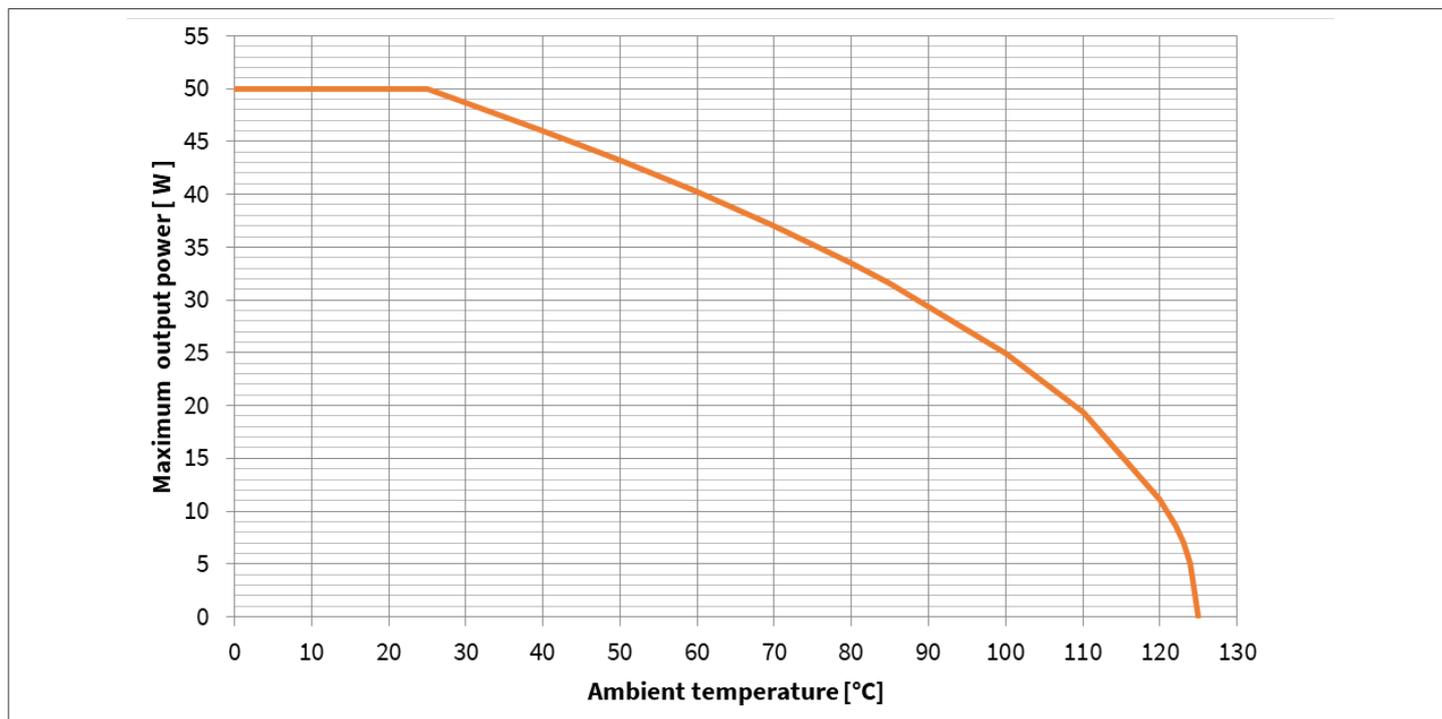


图 32 ICE5QR0680BG-1 的最大输出功率与温度的关系（交流电源电压：85~300 VAC）

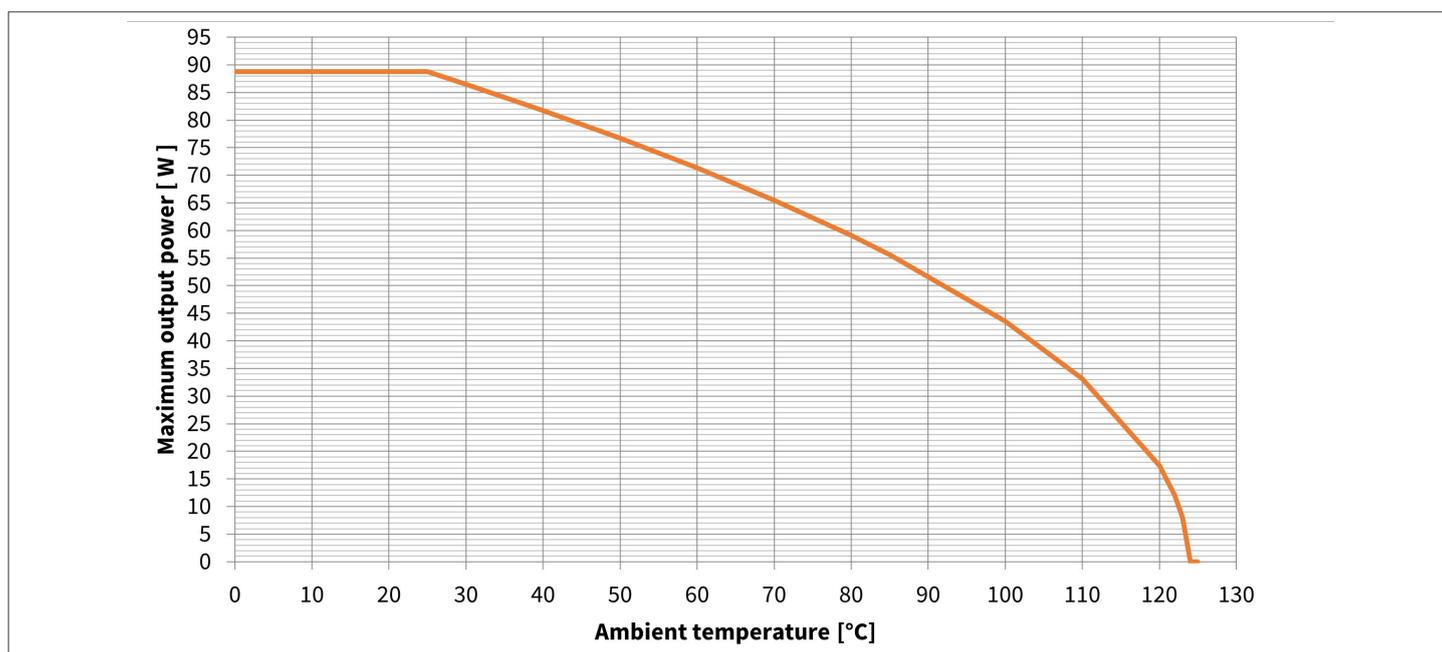


图 33 ICE5QR0680BG-1 的最大输出功率与温度的关系（交流电源电压：220 VAC）

7 封装信息

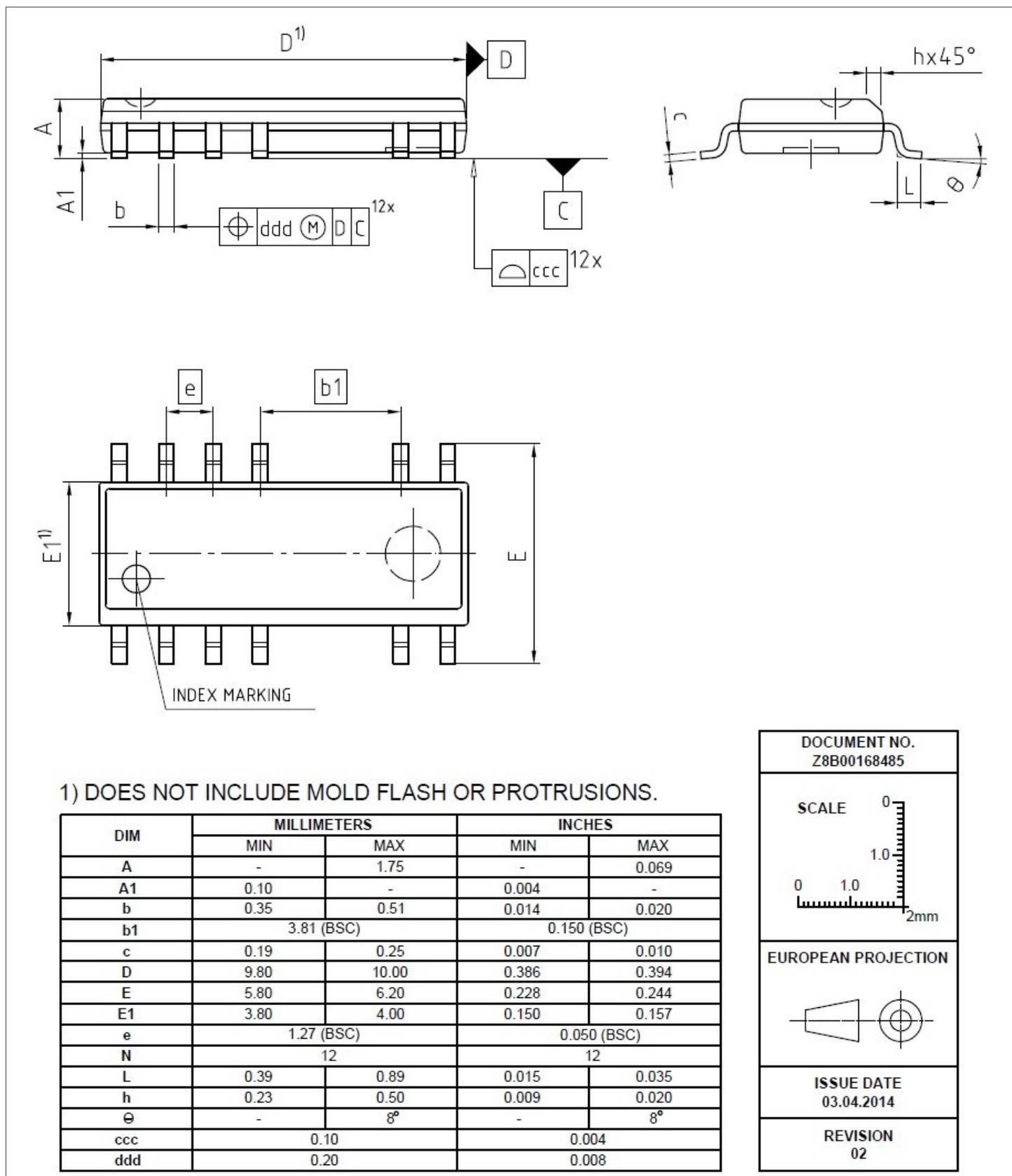


图34 封装信息

**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**

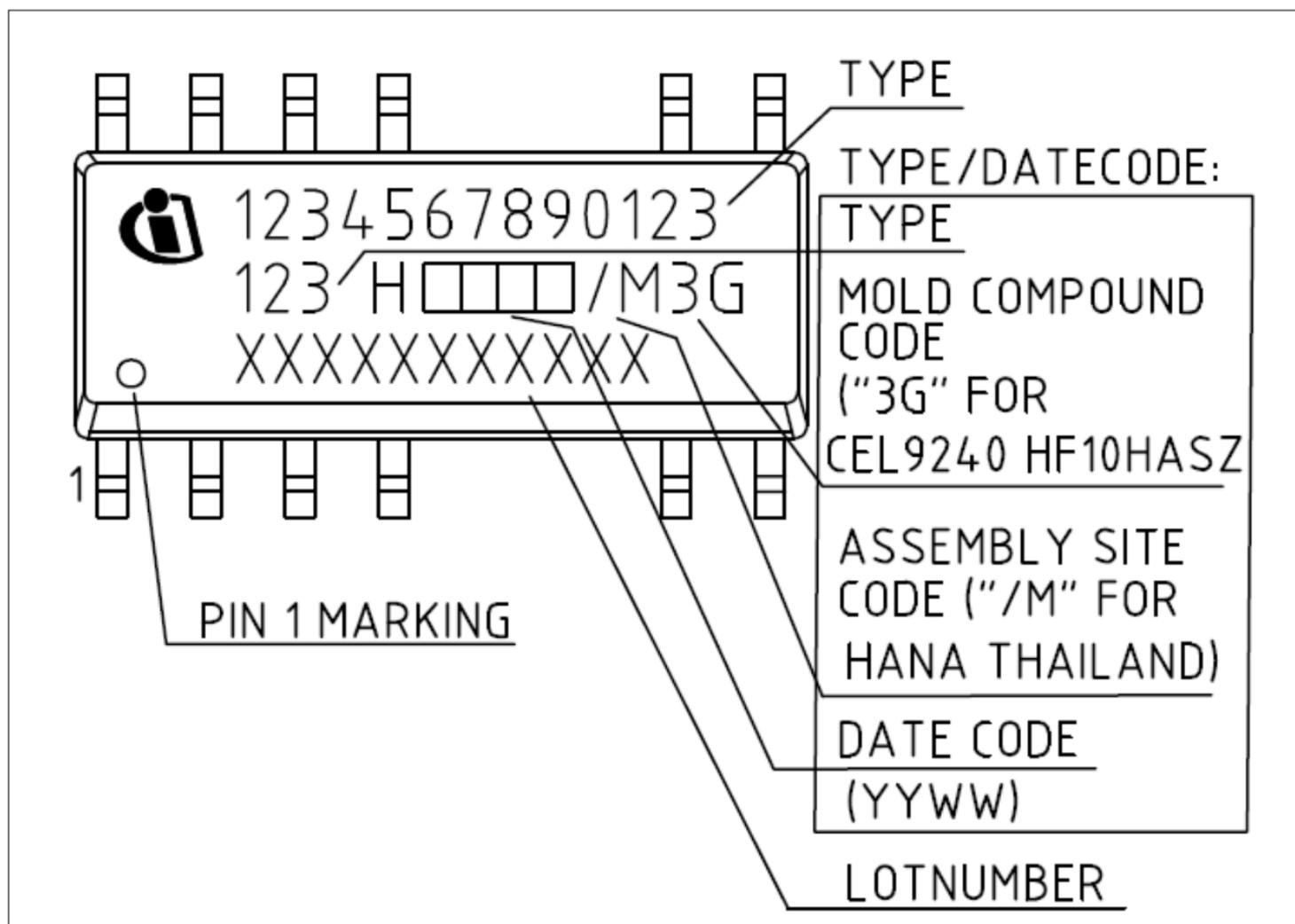


图 35 PG-DSO-12-24 封装上的标记

## 8 修订记录

Revision	Date	Changes
Rev 1.0	2024-09-02	Initial 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.

## 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>。