译文

eFuse IC TCKE1401NM
应用笔记

本资料是为了参考的目的由原始文档翻译而来。使用本资料时，请务必以原始文档及其关联的最新东芝信息为准，并遵守该等原始文档和东芝信息。

原本: “eFuse IC TCKE1401NM Application Note”
2026-10-30

翻译日: 2026-10-30

© 2026
Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation

eFuse IC TCKE1401NM
应用笔记

概述

TCKE1401NM 是最大可输入 75 V 的 1 输入 1 输出 eFuse IC。它可作为可重复使用的保险丝使用，并搭载了众多动作功能和保护功能。此外，它具有 44.5 mΩ （典型值） 的低导通电阻以及最大 6.0 A 的输出电流能力，适用于风扇、电池组等工业设备的电源电路保护用途。封装为小型 VQFN24D (4.0 mm（典型值） × 4.0 mm（典型值）)，有助于电路板的小型化

这是参考资料。请勿依据本资料进行最终设备设计。

© 2026
Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation

目录

概述 2
目录 3
1. 前言 8
2. 什么是 eFuse IC 9
2.1. eFuse IC 的使用方法 9
2.2. 使用 eFuse IC 带来的优点 9
3. TCKE1401NM 的引脚构成及内部框图 10
3.1. TCKE1401NM 引脚配置图 10
3.2. TCKE1401NM 引脚构成 11
3.3. TCKE1401NM 框图 12
4. TCKE1401NM 的内置功能 13
5. TCKE1401NM 各类电路的说明 14
5.1. 浪涌电流抑制功能的动作 14
5.2. 电源正常功能 (PGOOD) 和 VOUT 检测 (PGTH) 的动作 15
5.3. 欠压锁定功能 (UVLO) 的动作 18
5.4. 过电压保护功能 (OVP) 的动作 21
5.5. 输入反接保护功能及反流防止功能 24
5.5.1. 输入反接保护功能 25
5.5.2. 防反流功能 25
5.6. 过电流保护功能 (OCP) 的动作 26
5.6.1. 自动重试模式的过电流保护动作 27
5.6.2. 锁存关断模式的过电流保护动作 28
5.6.3. 过电流保护电路的设定 29
5.7. 短路保护功能的动作 30
5.7.1. 自动重试模式的 VOUT 短路保护动作 30
5.7.2. 锁存关断模式的 VOUT 短路保护动作 31
5.8. 输出电流监测 (IMON) 32
5.9. 异常检测功能 (FLAG) 32
5.10. VSYS、VIN 及 GND 端子 34
5.11. 过热保护功能 (TSD) 34
5.11.1. 自动重试模式的过热保护 34
5.11.2. 锁存关断模式的过热保护 34
5.11.3. 过热保护电路的工作原理 35
5.12. EN 引脚 36
5.13. MODE 端子设置 37
6. TCKE1401NM 的应用示例 38

© 2026
Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation

6.1. TCKE1401NM 的应用示例.....38
6.2. TCKE1401NM 的外围电路示例.....39
6.3. TCKE1401NM 的应用电路示例.....41
7. 使用注意事项.....43
8. 结语.....44
产品使用注意事项.....45

图目录

图 1.1 传统保险丝与 eFuse IC 的区别 8
图 2.1 eFuse IC 的使用示例及主要功能示例 9
图 3.1 引脚配置图 10
图 3.2 TCKE1401NM 的框图 12
图 5.1 EN 上升波形 14
图 5.2 VIN 上升波形 14
图 5.3 tdV/dT - CdV/dT 15
图 5.4 PGTH 外围电路图 15
图 5.5 TCKE1401NM PGOOD 功能和 PGTH 输入动作示例 17
图 5.6 UVLO 外围电路图 18
图 5.7 UVLO 检测示例 18
图 5.8 内部 UVLO 模式检测示例 18
图 5.9 UVLO 动作示例 20
图 5.10 OVP 外围电路图 21
图 5.11 OVP 检测示例 21
图 5.12 内部 OVP 模式检测示例 21
图 5.13 OVP 动作示例 23
图 5.14 使用输入反接保护及反流防止功能时的 24
图 5.15 输入反接保护及反流防止功能 24
图 5.16 TCKE1401NM 输入反接波形 25
图 5.17 输出电压-电流特性 26
图 5.18 tLIM 波形 26
图 5.19 tCL_PLIM 波形 26
图 5.20 TCKE1401NM 过电流保护 动作示例 (自动重试模式) 27
图 5.21 TCKE1401NM 过电流保护 动作示例 (锁存关断模式) 28
图 5.22 ILIM 端子周边外接电路 29
图 5.23 ILIM - RILIM 特性示例 29
图 5.24 短路保护动作示例 (自动重试模式) 30
图 5.25 短路保护动作示例 (锁存关断模式) 31
图 5.26 FLAG 端子等效电路 32
图 5.27 过热保护动作时序图 34
图 5.28 过热保护电路与工作原理 35
图 5.29 EN 端子的连接示例 (外部控制) 36
图 5.30 EN 端子等效电路 36
图 5.31 普通比较器与窗口比较器的动作 36

© 2026
Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation

图 6.1 在服务器电源中的应用..... 38
图 6.2 在电动工具中的应用..... 38
图 6.3 在商用打印机中的应用..... 38
图 6.4 TCKE1401NM 外围电路示例..... 39
图 6.5 面向 24 V 线路的输入反接保护・防反流功能使用参考电路..... 41
图 6.6 面向 48 V 线路的输入反接保护・防逆流功能未使用 参考电路..... 42

© 2026
Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation

表目录

表 3.1 TCKE1401NM 的引脚说明 11
表 4.1 TCKE1401NM 的内置功能列表 13
表 5.1 PGOOD 输出状态与各保护功能的动作 16
表 5.2 UVLO DC 特性（数据手册记载） 19
表 5.3 UVLO AC 特性（数据表记载） 19
表 5.4 OVP DC 特性（数据表记载） 22
表 5.5 OVP AC 特性（数据表记载） 22
表 5.6 TPN1200APL、T2N7002AK 的主要特性 24
表 5.7 数据手册记载的过电流保护（OCP）特性 29
表 5.8 FLAG 输出的对象功能与动作 33
表 5.9 数据手册中记载的过热保护 TSD 特性 35
表 5.10 恢复模式设置 37
表 6.1 外围电路元件的作用 39
表 6.2 图 6.5 参考电路中的各种计算值 41
表 6.3 图 6.6 参考电路中的各种计算值 42

© 2026
Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation

1. 前言

目前，在各种电子设备中，作为防止过热和起火等的安全部件，保险丝和 PolySwitch（自恢复保险丝、聚合物保险丝）等元器件被大量使用。它们都是利用超过额定值的电流流过时产生的焦耳热的保护器件，本资料中将其称为传统保险丝。

玻璃管保险丝和贴片保险丝通过内置金属部件的熔断，PolySwitch 通过导电聚合物热膨胀引起的电阻值急剧增大，切断或限制通电，从而保护电路并防止设备损坏。

然而，传统保险丝存在以下缺点：动作电流的精度低、切断电流的偏差大；由于利用焦耳热，因此到实现保护为止需要花费时间。

此外，熔断金属部件的保险丝一旦动作便会发生不可逆的损坏，因此还存在必须更换保险丝本身的缺点。

如图 1.1 所示，eFuse IC（电子保险丝）通过 MOSFET 来切断通电，是解决上述传统保险丝各种缺点的产品。除了可以像传统保险丝一样使用之外，还可以利用其作为 IC 的优势，具备过电流以外的各种保护功能。

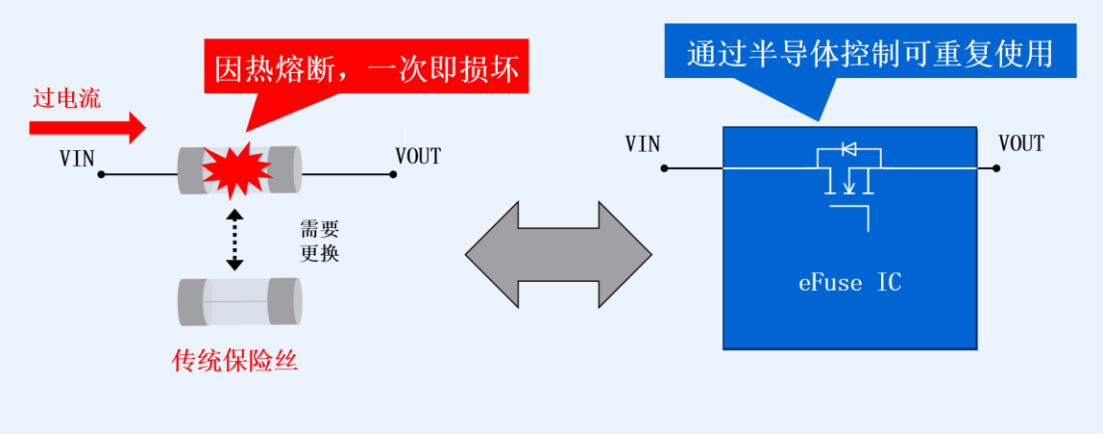


图 1.1 传统保险丝与 eFuse IC 的区别

本资料将针对除搭载过电流保护功能（OCP）、短路保护功能（SCP）、过电压保护功能（OVP）、欠压锁定功能（UVLO）、过热保护功能（TSD）等各种保护功能外，还搭载了浪涌电流抑制功能、FLAG 功能（注 1）、电源正常功能（PGOOD）（注 2）、输出电流监测功能（注 3）的 TCKE1401NM，解说其主要特性、动作、使用方法及用途。此外，还将解说使用外置 MOSFET 实现的输入反接保护功能和常时监视反流防止功能，以及部分保护功能的阈值设定方法。

（注 1） FLAG 功能：在检测到异常状态时输出信号，向外部电路通知异常的功能
（注 2） 电源正常功能：在输出电压达到规定值时输出信号，向外部电路通知的功能
（注 3） 输出电流监测功能：输出与输出电流成比例的微小电流，并通过外置电阻以电压形式进行监测的功能

© 2026
Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation

2. 什么是 eFuse IC

2.1. eFuse IC 的使用方法

eFuse IC 通过半导体开关来实现传统保险丝中依靠金属部件熔断来完成的电流切断。当检测到超过设定值的过电流时，将控制内置的 MOSFET，限制或切断电流。图 2.1 所示为在 PMIC (Power Management IC) 的电源供给中使用 eFuse IC 时的框图。

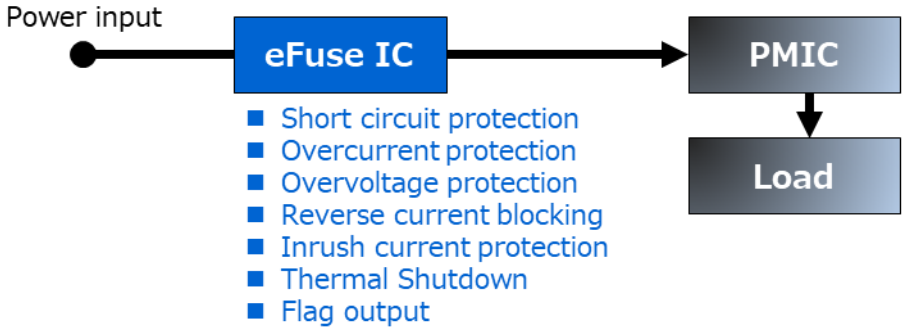


图 2.1 eFuse IC 的使用示例及主要功能示例

在该示例中，在 PMIC 的电源线上以 eFuse IC 代替传统保险丝进行插入。当 PMIC 自身或其后级电路发生异常而流过过电流时，通过限制或切断电流来保护电路，有助于防止设备冒烟、起火等。

2.2. 使用 eFuse IC 带来的优点

- **无需更换，削减维护费用和时间**

eFuse IC 通过关断内置的 MOSFET 来切断电流，因此不会因一次过电流而损坏，只要再次开通 MOSFET，即可像原来一样流过电流，恢复到正常动作。与不可逆熔断的传统保险丝不同，它可以重复使用，无需更换元器件，可削减维修等保养维护所需的费用和时间。

- **通过高精度过电流检测实现坚固的保护性能**

传统保险丝由于利用熔断和热膨胀，因此无法严格确定切断通电的电流。因此，必须针对负载上预期的电流，选定具有一定余量的额定电流的保险丝，视情况有时无法实现充分的保护。与此相对，eFuse IC 在监视电流的同时进行动作，因此可实现高精度的过电流保护。此外，TCKE1401NM 具备可设定的过电流保护功能，通过设定符合系统要求的保护等级，可实现对电路和设备的坚固保护性能。

- **通过高速保护动作提高可靠性**

传统保险丝由于焦耳热的温升达到保险丝材料熔点需要时间，因此从过电流发生到切断之间存在时间延迟。在此期间过电流会持续流过，而 eFuse IC 可在检测到过电流的几乎同时关断开关以切断电流。因此，可以大幅缩短过电流流过的时间。由此可以减少对设备的损害，提高长期可靠性。

- **各种保护功能单封装化实现低成本化、小型化**

eFuse IC 正如其名是 IC，因此除过电流保护功能和短路保护功能外，还可将传统保险丝无法实现的过电压保护功能、浪涌电流抑制功能 (压摆率控制)、过热保护功能等各种功能集成于单一封装中。与通过分立无源元件或多个 IC 组合来实现功能相比，可大幅削减元器件数量和工时并缩小安装面积，有助于系统的低成本化和小型化。

© 2026
Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation

3. TCKE1401NM 的引脚构成及内部框图

3.1. TCKE1401NM 引脚配置图

图 3.1 所示为 TCKE1401NM 的引脚配置图。各引脚承担电源输入输出、保护功能设定、动作控制以及状态通知等作用。

关于各引脚的详细功能，请参照后述的引脚说明（表 3.1）。

*中心的电极焊盘请安装在 GND 或开路的焊盘图形上。

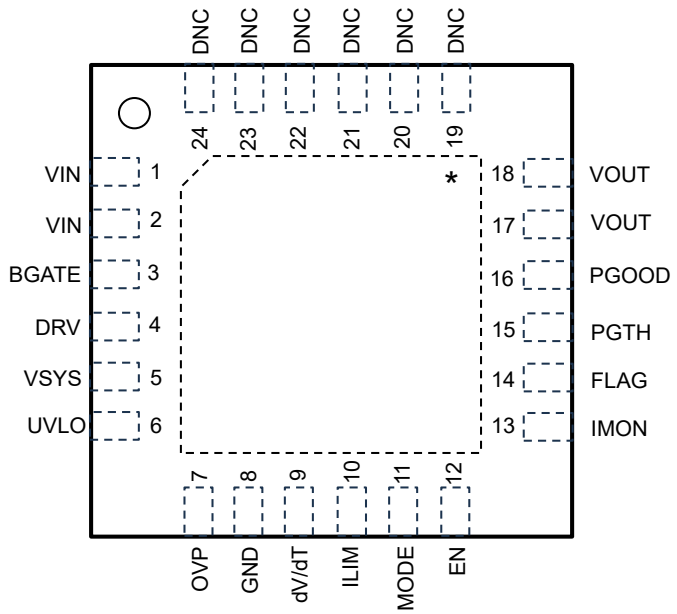


图 3.1 引脚配置图

3.2. TCKE1401NM 引脚构成

表 3.1 所示为 TCKE1401NM 各引脚的功能。

表 3.1 TCKE1401NM 的引脚说明

引脚名称	类型 (注 4)	说明
VIN	P	电源输入引脚。
VSYS	P	向 eFuse IC 内部电路供电的引脚。使用外置 MOSFET 时，请参照图 5.14，将 VSYS 引脚连接到 MOSFET 的源极。不使用外置 MOSFET 时，请将 VSYS 引脚连接到 VIN 引脚。
BGATE	O	外置 Blocking Nch MOSFET (Q1) 用栅极驱动引脚。使用该 MOSFET 时，请参照图 5.14，将 BGATE 引脚连接到栅极。不使用该 MOSFET 时，请将 BGATE 引脚置于开路状态。
DRV	O	外置 Fast pull-down Nch MOSFET (Q2) 用栅极驱动引脚。使用该 MOSFET 时，请参照图 5.14，将 DRV 引脚连接到栅极。不使用该 MOSFET 时，请将 DRV 引脚置于开路状态。
UVLO	I	欠压锁定功能 (UVLO) 的输入引脚。UVLO 引脚的阈值可通过外置电阻进行调整。当 UVLO 引脚电压不高于阈值时，VOUT 输出关断，FLAG 引脚输出 Low。请勿将 UVLO 引脚置于开路状态。使用内部 UVLO 阈值时，请将 UVLO 引脚与 GND 连接。
OVP	I	过电压保护功能 (OVP) 的输入引脚。OVP 引脚的阈值可通过外置电阻进行调整。当 OVP 引脚电压超过阈值时，VOUT 输出关断，FLAG 引脚输出 Low。请勿将 OVP 引脚置于开路状态。使用内部 OVP 阈值时，请将 OVP 引脚与 GND 连接。
dV/dT	I/O	输出上升时间的设定引脚。通过在 dV/dT 引脚与 GND 之间连接电容，可调整输出压摆率。
ILIM	I/O	过电流保护功能的输出限制电流 ILIM 设定引脚。通过在 ILIM 引脚与 GND 之间连接电阻，可调整 ILIM。
MODE	I	自动重试或锁存关断的恢复模式选择引脚。请参照表 5.10。
EN	I	输入使能引脚。不从外部控制 eFuse IC 时，请将 EN 引脚置于开路状态。此时，EN 引脚在内部被上拉。要重新启动处于锁存关断状态的 eFuse IC，请向 EN 引脚重新施加电压。
IMON	O	输出电流监测引脚。使用输出电流监测时，请在 IMON 引脚与 GND 之间连接电阻。当 VSYS 高于 9 V 且不使用输出电流监测时，可将 IMON 引脚置于开路状态。
FLAG	O	FLAG 输出引脚。检测到异常后，FLAG 引脚输出变为 Low。不使用 FLAG 引脚时，请将其连接到 GND 或置于开路状态。
PGTH	I	电源正常功能 (PGOOD) 的阈值输入引脚。请勿将 PGTH 引脚置于开路状态。
PGOOD	O	PGOOD 输出引脚。当 VPGTH 超过阈值 (VPGTHR) 时，PGOOD 引脚输出 High，表示输出电压处于有效电平。当 VPGTH 低于阈值 (VPGTHF) 时，PGOOD 引脚输出 Low，表示输出电压未达到有效电平。不使用 PGOOD 引脚时，请将其连接至 GND 或保持开路。
VOUT	P	输出引脚。
DNC	-	本引脚请连接至 GND 或保持开路。

（注 4） I = Input, O = Output, I/O = Input and Output, P = Power

3.3. TCKE1401NM 框图

图 3.2 所示为 TCKE1401NM 的框图。

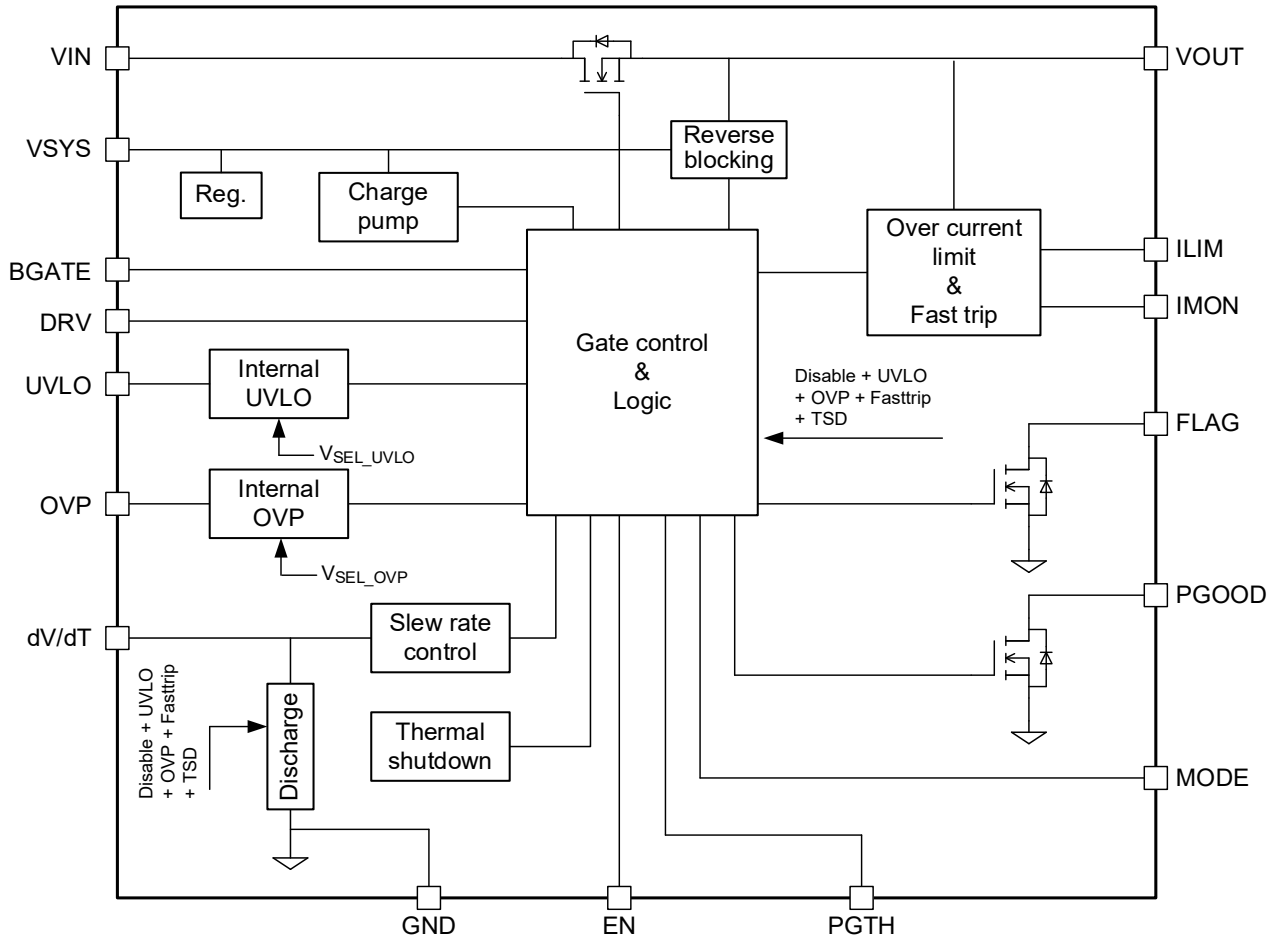


图 3.2 TCKE1401NM 的框图

4. TCKE1401NM 的内置功能

TCKE1401NM 内置了表 4.1 所示的多种功能。

表 4.1 TCKE1401NM 的内置功能列表

功能	具备 / 不具备	设定值可否调整
过电流保护	支持	可以
短路保护	支持	可以 (注 5)
过电压保护	支持	可以
欠压锁定功能	支持	可以
过热保护	支持	—
压摆率调整	支持	可以
输入反接保护/反流防止	支持 (注 6)	—
FLAG 输出	支持	—
电源正常 (Power Good) 功能	支持	可以 (注 7)
输出电流监测功能	支持	—
放电功能	不支持	—

(注 5) 由过电流保护的设定值决定。短路保护功能具有两个阈值：可按输出限制电流 ILIM×2.0 (标准) 设定的 IFASTTRIP，以及内部规定的 ISCP (45 A (标准))。
(注 6) 使用输入反接保护功能和反流防止功能时，请外加 MOSFET。
(注 7) PGOOD 阈值可通过连接在 VOUT 引脚、PGTH 引脚与 GND 之间的分压电阻进行设定。

© 2026
Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation

5. TCKE1401NM 各类电路的说明

5.1. 浪涌电流抑制功能的动作

输出导通时，会流过对负载侧电容充电的浪涌电流。若该浪涌电流过大，可能会因过电流保护电路动作而导致无法启动，或发生输出电压过冲。本功能通过控制输出电压上升时的压摆率来抑制该浪涌电流，实现稳定启动。

图 5.1 所示为 EN 上升时、图 5.2 所示为 VIN 上升时的输出电压（VOUT）上升情况及浪涌电流情况。

VIN = 48 V, RILIM = 3 kΩ, RLOAD = 48 Ω,
CdV/dT = 0.01 μF, Ta = 25° C

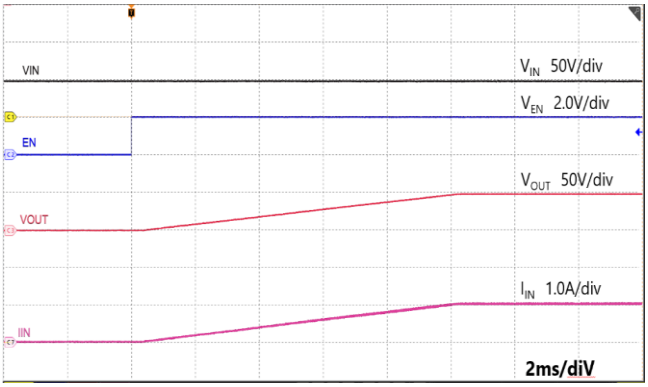


图 5.1 EN 上升波形

VIN = 48 V, RILIM = 3 kΩ, RLOAD = 48 Ω,
CdV/dT = 0.01 μF, Ta = 25° C

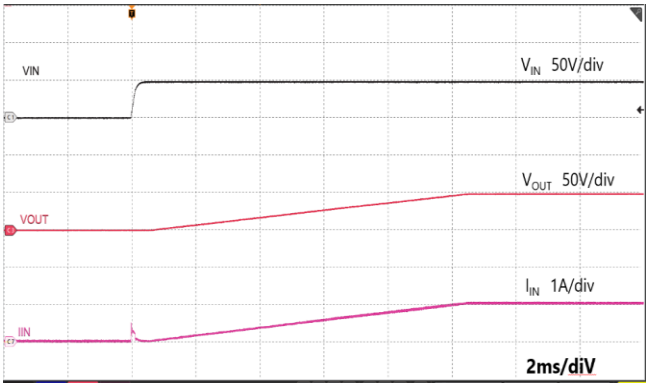


图 5.2 VIN 上升波形

压摆率通过连接在 dV/dT 引脚与 GND 之间的外接电容进行设定，可根据用途调整上升时间。公式 1 公式 2 计算浪涌电流。

$$\text{公式 1：} \quad I\ (A) = C\frac{dV}{dT} \geqslant I_{INRUSH} = C_{OUT}\frac{V_{IN}}{t_{dV/dT}}$$

$$\text{公式 2：} \quad t_{dV/dT}\ (s) = 20.8 \times 10^{3} \times V_{IN} \times C_{dV/dT}$$

IINRUSH ： 浪涌电流值（A）
COUT ： 输出电容（F）
VIN ： 输入电压（V）
tdV/dT ： VOUT 上升时间（0% to 100%）（s）
CdV/dT ： dV/dT 引脚外接电容（F）

图 5.3 所示为 tdV/dT 相对于 CdV/dT 的变化。

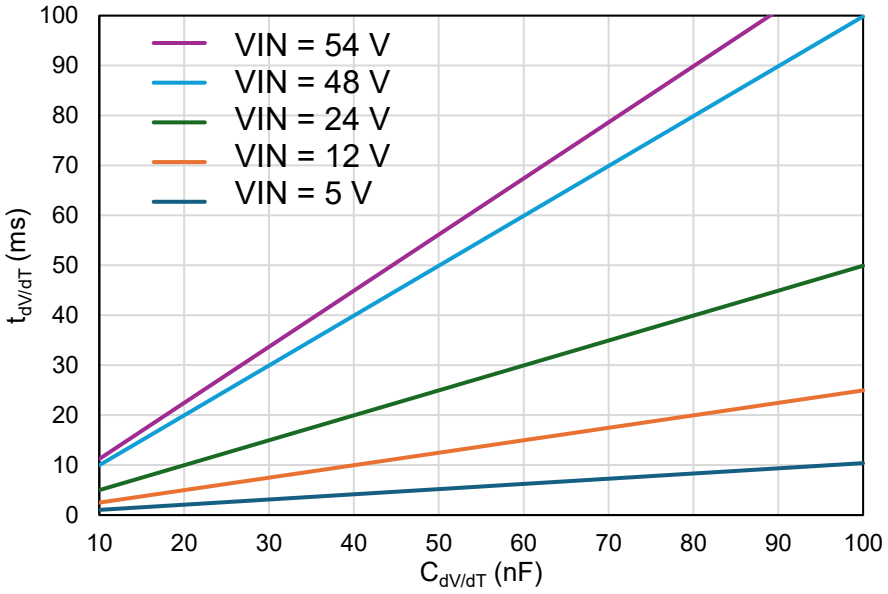


图 5.3 tdV/dT – CdV/dT

5.2. 电源正常功能（PGOOD）和 VOUT 检测（PGTH）的动作

电源正常功能（PGOOD）是向外部电路通知输出电压已达到规定电平的功能。PGOOD 阈值可通过连接在 VOUT 引脚、PGTH 引脚与 GND 之间的分压电阻进行设定。

TCKE1401NM 的 PGTH 外围电路图如图 5.4 所示。

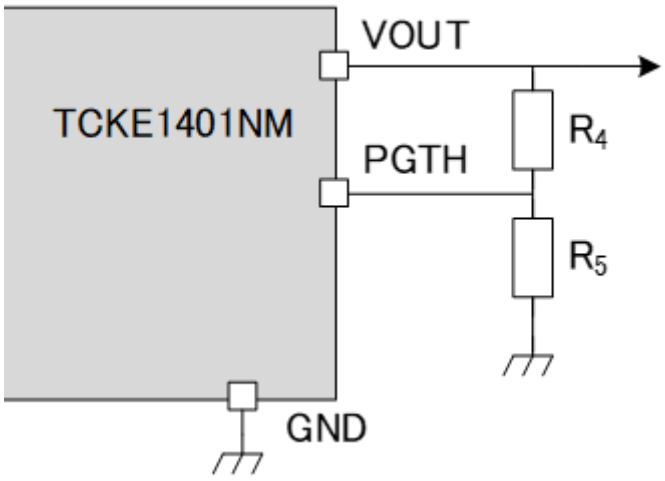


图 5.4 PGTH 外围电路图

PGTH 引脚是用于 PGOOD 判定的输入引脚，当 PGTH 引脚电压超过输入阈值电压时，PGOOD 信号输出 High。当因保护功能等导致 VOUT 下降、PGTH 引脚电压低于输入阈值电压时，PGOOD 引脚输出 Low（表 5.1）。基于图 5.4 的 PGTH 引脚电压公式 3 表示。

公式 3：
$$V_{PGTH}\ (V) = V_{OUT} \times \frac{R5}{R4+R5}$$

表 5.1 PGOOD 输出状态与各保护功能的动作

IC 状态 (注 8)		IC 动作	PGOOD 输出
正常状态		正常动作	High
过热	Tj > TSD	关断	Low
低电压	VUVLO < VUVLOF VSYS < VSYS_UVLO (注 9)	关断	Low
过电压	VOVP > VOVPR VSYS > VSYS_OVP (注 10)	关断	Low
过电流 (tCL_PLIM 期间)	ILIM < IOUT < IFASTTRIP	IOUT 电流限制	High / Low (注 11)
过电流 (tCL_PLIM 之后)	ILIM < IOUT < IFASTTRIP	关断	Low
反向电流 (注 12)	VOUT - VSYS ≥ 10 mV	外置 MOSFET (Q1) OFF	High
反接 (注 12)	VSYS > -80V, VOUT > -0.3 V, VSYS - VOUT ≥ -85 V (注 13)	保持 OFF 状态	Low

(注 8) 无特别指定时，条件为 4.7 V ≤ VSYS = VIN ≤ 75 V。
(注 9) 为将 UVLO 引脚短接至 GND、设为内部 UVLO 模式时的条件。
(注 10) 为将 OVP 引脚短接至 GND、设为内部 OVP 模式时的条件。
(注 11) PGTH 引脚电压在 VPGTHF 以上时输出 High，低于 VPGTHF 时输出 Low。
(注 12) 关于反流防止功能・输入反接防止功能的详情，请参阅第 5.5 章。
(注 13) 施加电压的条件为 10ms 脉冲。

另外，FLAG 功能与 PGOOD 功能同样会将 IC 的状态通知给外部电路，但其具有与 PGOOD 功能不同的判定电路。因此，PGOOD 输出不会影响 FLAG 输出。关于 FLAG 功能的详情，请参阅第 5.9 章。

© 2026
Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation

图 5.5 是 PGOOD 功能和 PGTH 输入动作示例的时序图。输出导通后，当 PGTH 引脚电压 VPGTH 超过 PGOOD 上升阈值 VPGTHR 时，PGOOD 引脚输出 High。另一方面，当 VPGTH 低于 PGOOD 下降阈值 VPGTHF 时，PGOOD 引脚输出 Low。此外，PGOOD 输出设有消抖（deglitch）时间（VPGTH 上升时：tPGOODR，下降时：tPGOODF）。

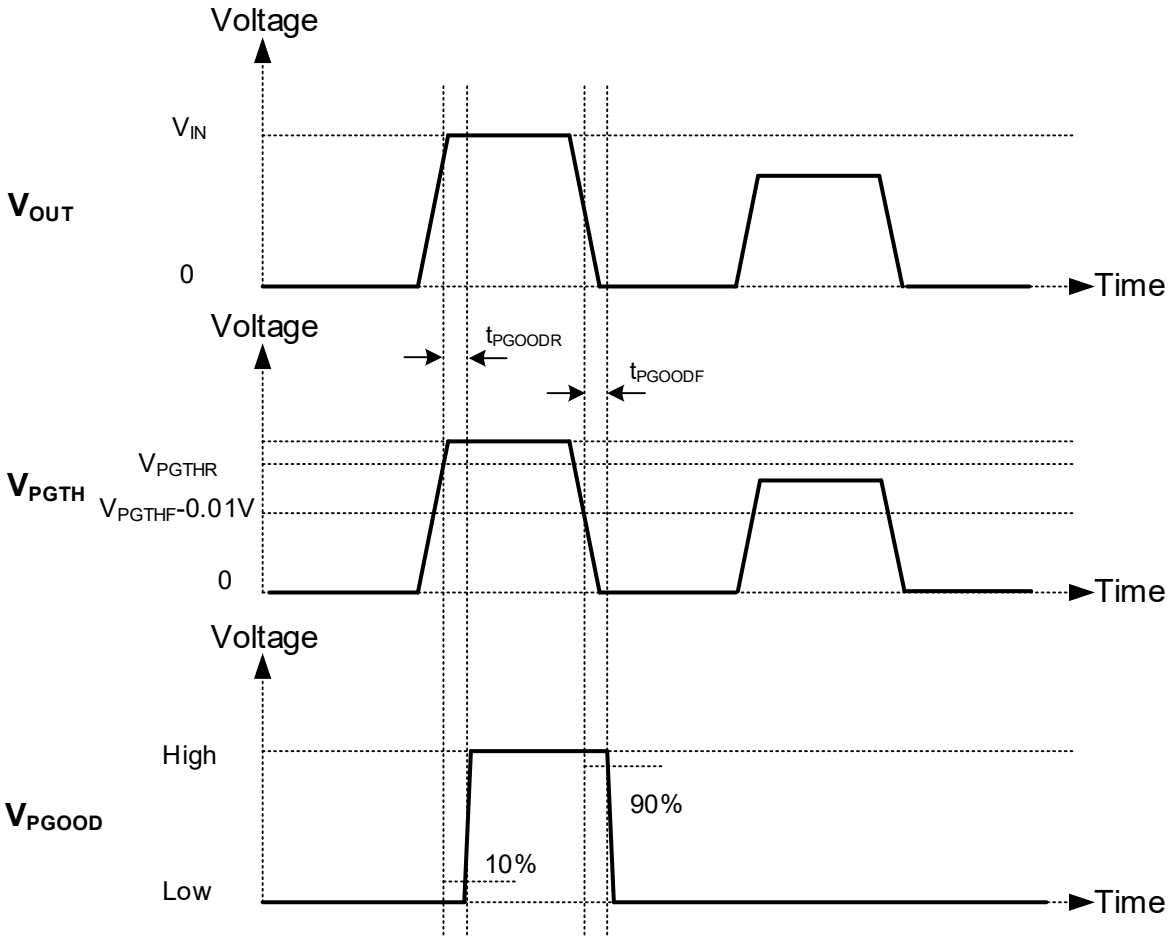


图 5.5 TCKE1401NM PGOOD 功能和 PGTH 输入动作示例

PGOOD 引脚为漏极开路输出，因此需要外接上拉电阻。此外，PGTH 可用于后级电路的 UVLO 阈值设定，PGOOD 也可用于后级电路的使能/禁用控制。

从 OVP、UVLO 等异常状态恢复时，将根据 VPGTH 的状态以高速恢复模式或压摆率控制模式（dV/dT 模式）启动。详情请参阅第 5.3 章和第 5.4 章。

从异常状态恢复时，若 VPGTH 低于 VPGTHF，则以 dV/dT 模式启动。此时的压摆率由连接在 dV/dT 引脚上的外接电容决定。此外，通过将 PGTH 引脚连接至 GND，也可以禁用高速恢复模式。此时，PGOOD 输出 Low。

© 2026
Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation

5.3. 欠压锁定功能（UVLO）的动作

欠压锁定功能（UVLO）是在输入电压 VIN 下降时，防止后级电路在低于最低工作电压的状态下工作，从而防止系统误动作的功能。当 UVLO 引脚电压低于 VUVLOF 时，输出关断，FLAG 引脚在 0.33 μs（标准）后输出 Low。UVLO 的迟滞为 70 mV（标准）。要设定 UVLO 的阈值，请如外围电路图所示，在 VIN 引脚、UVLO 引脚和 GND 上连接分压电阻。

TCKE1401NM 的 UVLO 外围电路图如图 5.6 所示，UVLO 检测示例如图 5.7 所示。

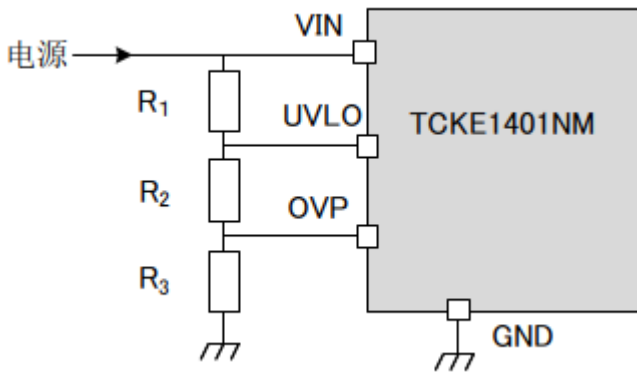


图 5.6 UVLO 外围电路图

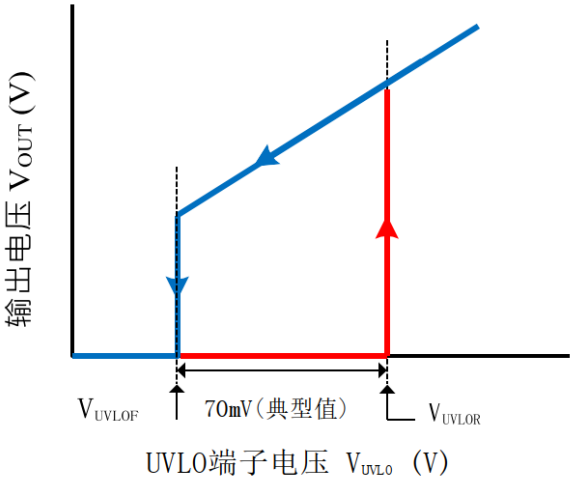


图 5.7 UVLO 检测示例

此外，还具备由 14.84 V（标准）的固定阈值（VSYS_UVLO（falling））和 980 mV（标准）的迟滞构成的内部 UVLO 模式。内部 UVLO 模式检测示例如图 5.8 所示。

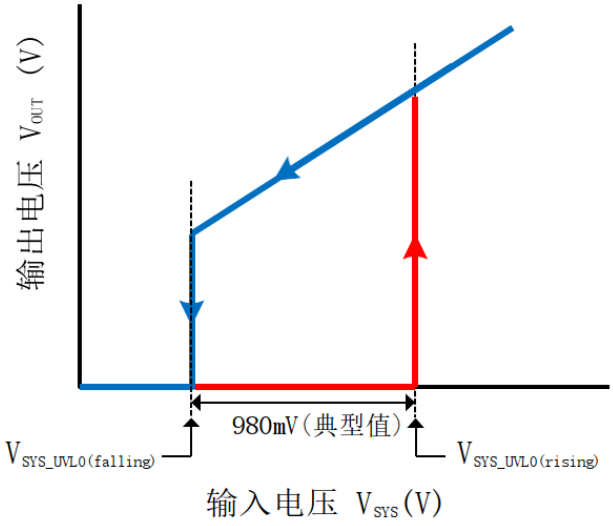


图 5.8 内部 UVLO 模式检测示例

要使用该模式，请将 UVLO 引脚短接至 GND。不使用 UVLO 时，可将 UVLO 引脚连接至 VSYS 引脚。此时，请充分注意 UVLO 引脚的额定值（-0.3 V（最小））来设计电路。另外，请勿在 UVLO 引脚开路的状态下使用。使用输入反接保护时，请在 UVLO 引脚与 VSYS 引脚之间连接 300 kΩ 以上的电阻。

© 2026
Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation

基于图 5.6 的 UVLO 阈值，使用以下公式 4 和公式 5 进行设定。

公式 4：
$$V_{IN_UVLOF} = \frac{R_1 + R_2 + R_3}{R_2 + R_3} \times V_{UVLOF}$$

公式 5：
$$V_{IN_UVLOR} = \frac{R_1 + R_2 + R_3}{R_2 + R_3} \times V_{UVLOR}$$

VIN_UVLOF ： UVLO 下降时的输入电压
VUVLOF ： 1.12 V（标准）
VIN_UVLOR ： UVLO 上升时的输入电压
VUVLOR ： 1.19 V（标准）
R1, R2, R3 ： 分压电阻

表 5.2 UVLO DC 特性（数据手册记载）

项目	符号	测定条件	Ta = 25° C			Ta = -40 to 125° C		单位
			最小值	典型值	最大值	最小值	最大值	
内部 UVLO 阈值电压	VSYS_UVLO	VSYS rising, VUVLO = 0 V	—	15.82	—	14.61	23.62	V
		VSYS falling, VUVLO = 0 V	—	14.84	—	13.45	22.23	V
UVLO 阈值电压	VUVLOR	上升时	—	1.19	—	1.142	1.224	V
	VUVLOF	下降时	—	1.12	—	1.039	1.15	V
内部 UVLO 模式切换电压	VSEL_UVLO		—	213	—	153.2	272.8	mV

表 5.3 UVLO AC 特性（数据表记载）

项目	符号	测定条件	Ta = -40 to 125° C			单位
			最小值	典型值	最大值	
UVLO 恢复时间	UVLO_ton	UVLO = H (100 mV above VUVLOR) to VOUT = 100 mV with VPGTH < VPGTHF, CdV/dT ≥ 10 nF, [CdV/dT in nF]	—	220 + 14.5 × CdV/dT	—	μs
UVLO 恢复时间（高速）	UVLO_ton_fast	UVLO = H (100 mV above VUVLOR) to MOSFET ON with VPGTH > VPGTHF	—	195	410	μs
UVLO 动作时 FLAG 响应时间	UVLO_toff	UVLO = L (20 mV below VUVLOF) to FLAG = L	—	0.33	3	μs
UVLO 解除时 FLAG 响应时间	UVLO_tFLAG	UVLO = H to FLAG = H delay	382	580	772	μs

© 2026
Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation

图 5.9 是表示 UVLO 动作示例的时序图。从 UVLO 恢复时，将根据 VPGTH 的状态以高速恢复模式或 dV/dT 模式启动。由此可以区分异常状态与瞬态现象，并适当控制启动时序。

从异常状态恢复时，若 VPGTH 电平超过 VPGTHF，则与 CdV/dT 的值无关，在经过 UVLO_tON_fast 后以高速恢复模式启动。高速恢复模式在输出压摆率控制后约经过 500 μs（典型值）后生效。VPGTH 电平低于 VPGTHF 时，则以 dV/dT 模式启动。此时的压摆率由连接到 dV/dT 引脚的外接电容设定。另外，通过将 PGTH 引脚连接到 GND，也可以禁用高速恢复模式。

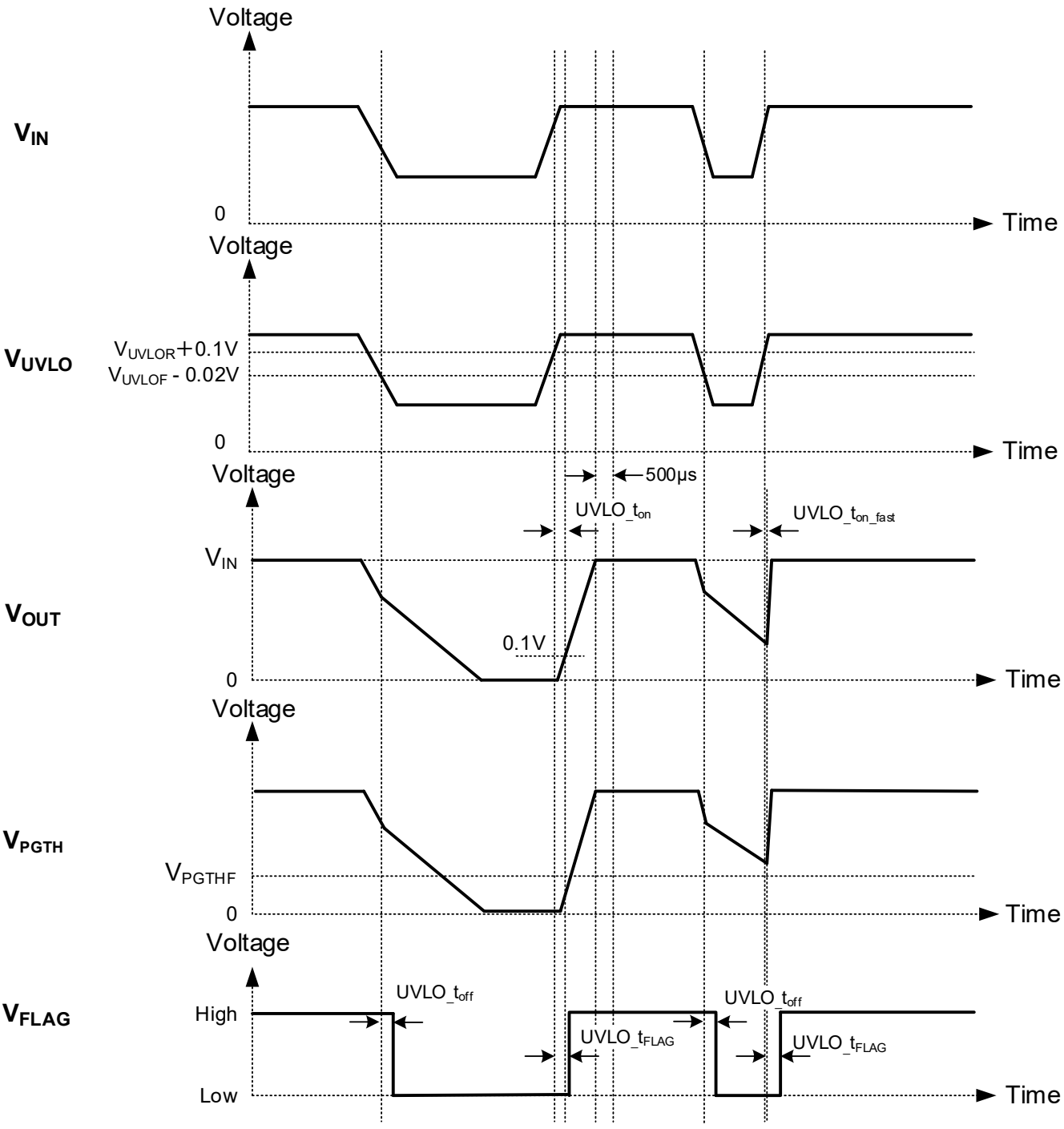


图 5.9 UVLO 动作示例

关于与 5.4 章的 OVP 功能并用时的电阻值设定示例，请参照 6.3 章的应用电路示例。

5.4. 过电压保护功能（OVP）的动作

过电压保护功能（OVP）是在输入电压 VIN 超过所设定的阈值时停止输出，防止对负载施加过电压的功能。当 OVP 引脚被施加超过 VOVPR 的电压时，输出将关断，从而保护负载。要设定 OVP 的阈值，请如外围电路图所示，在 VIN 引脚、OVP 引脚和 GND 上连接分压电阻。

TCKE1401NM 的 OVP 外围电路图如图 5.10 所示，OVP 检测示例如图 5.11 所示。

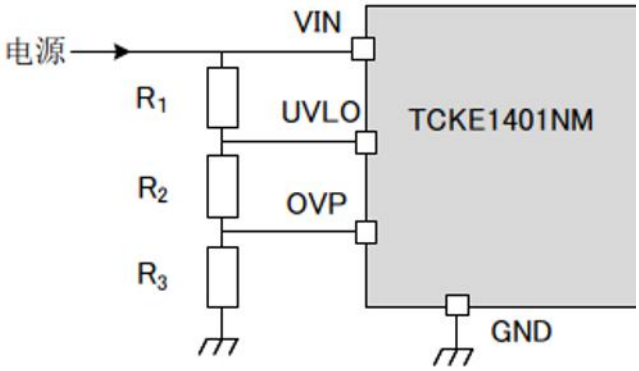


图 5.10 OVP 外围电路图

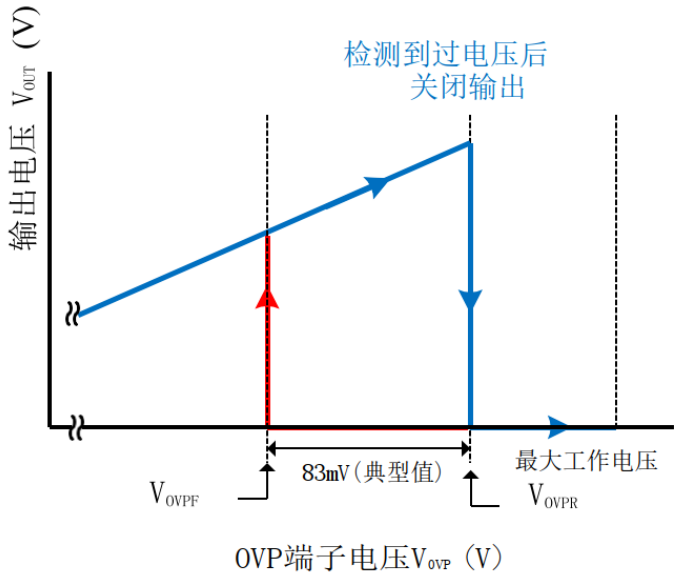


图 5.11 OVP 检测示例

此外，还具备由 35.72 V（典型值）的固定阈值（VSYS_OVP（Rising））和 380 mV（典型值）的迟滞构成的内部 OVP 模式。内部 OVP 模式的检测示例如图 5.12 所示。

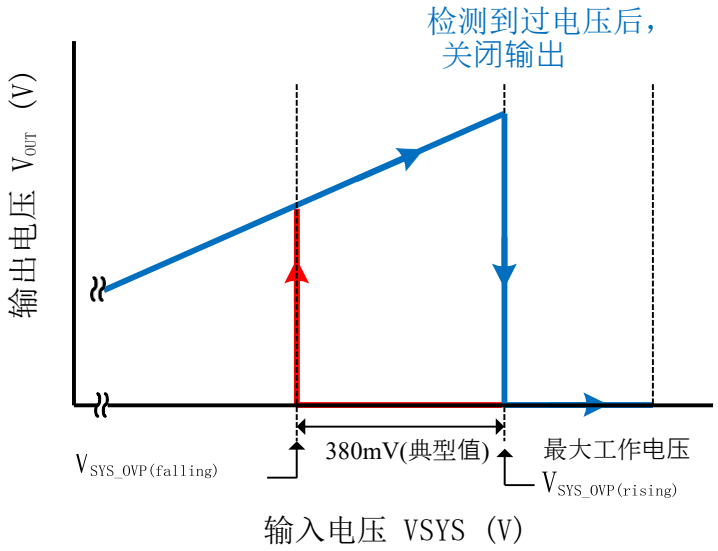


图 5.12 内部 OVP 模式检测示例

要使用该模式，请将 OVP 引脚短接至 GND。另外，请勿将 OVP 引脚置于开路状态。

基于图 5.10 的 OVP 阈值，使用以下公式 6 和公式 7 进行设定。

$$\text{公式 6：} \quad V_{IN_OVPF} = \frac{R_1 + R_2 + R_3}{R_3} \times V_{OVPF}$$

$$\text{公式 7：} \quad V_{IN_OVPR} = \frac{R_1 + R_2 + R_3}{R_3} \times V_{OVPR}$$

VIN_OVPF ： OVP 下降时输入电压
VOVPF ： 1.15 V（标准）
VIN_OVPR ： OVP 上升时输入电压
VOVPR ： 1.233 V（标准）
R1, R2, R3 ： 分压电阻

表 5.4 OVP DC 特性（数据表记载）

项目	符号	测定条件	Ta = 25° C			Ta = -40to125° C		单位
			最小值	典型值	最大值	最小值	最大值	
内部 OVP 阈值电压	VSYS_OVP	VSYS rising, VOVP = 0 V	—	35.72	—	33.11	45.93	V
		VSYS falling, VOVP = 0 V	—	35.34	—	32.74	45.46	V
OVP 阈值电压	VOVPR	上升时	—	1.233	—	1.18	1.298	V
	VOVPF	下降时	—	1.15	—	1.09	1.187	V
内部 OVP 模式切换电压	VSEL_OVP		—	216	—	167	265	mV

表 5.5 OVP AC 特性（数据表记载）

项目	符号	测定条件	Ta = -40 to 125° C			单位
			最小值	典型值	最大值	
OVP 动作时 FLAG 响应时间	OVP_toff	OVP = H (20 mV above VOVPR) to FLAG = L	—	0.74	3	μs
OVP 恢复时间（高速）	OVP_ton_fast	OVP = L (100 mV below VOVPF) to MOSFET ON with VPGTH > VPGTHF	—	165	374	μs
OVP 恢复时间	OVP_ton	OVP = L (100 mV below VOVPF) to MOSFET ON with VPGTH < VPGTHF, CdV/dT ≥ 10 nF, [CdV/dT in nF]	—	190 + 14.5 × CdV/dT	—	μs

© 2026
Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation

图 5.13 是表示过电压保护功能动作示例的时序图。从 OVP 恢复时，将根据 VPGTH 的状态以高速恢复模式或 dV/dT 模式启动。由此可以区分异常状态与瞬态现象，并适当控制启动时序。另外，进入过电压保护动作后，FLAG 引脚在 OVP_toff（0.74 μs（典型值））后输出 Low，并保持 Low 输出直至过电压保护解除。

从异常状态恢复时，若 VPGTH 电平超过 VPGTHF，则与 CdV/dT 的值无关，在经过 OVP_tON_fast 后以高速恢复模式启动。高速恢复模式在输出压摆率控制后约经过 500 μs（典型值）后生效。VPGTH 电平低于 VPGTHF 时，则以 dV/dT 模式启动。此时的压摆率由连接在 dV/dT 引脚上的外接电容决定。另外，通过将 PGTH 引脚连接到 GND，也可以禁用高速恢复模式。

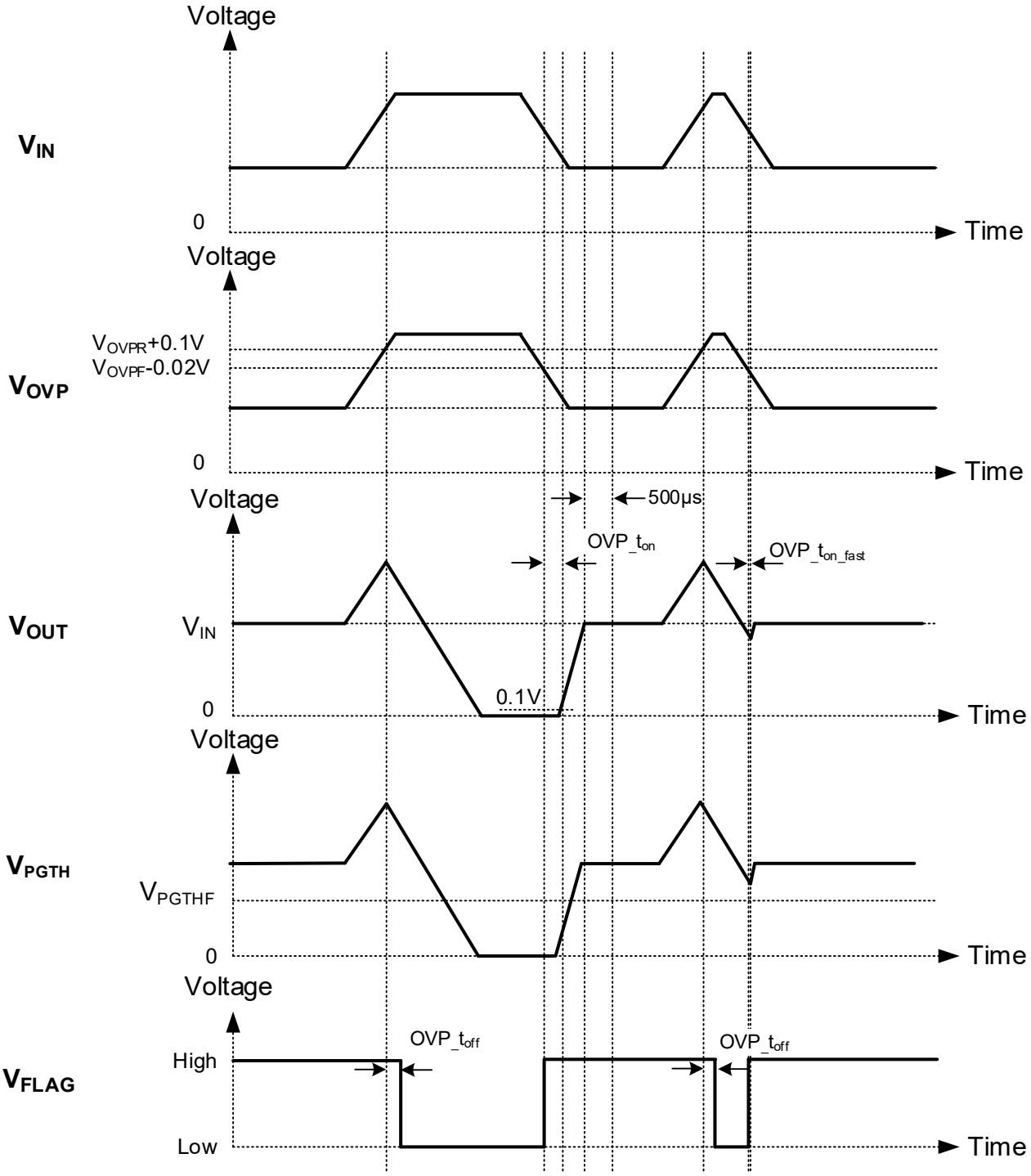


图 5.13 OVP 动作示例

关于与 5.3 章的 UVLO 功能并用时的电阻值设定示例，请参照 6.3 章的应用电路示例。

5.5. 输入反接保护功能及反流防止功能

输入反接保护功能是在输入电源以反极性连接时保护 eFuse IC 和负载电路的功能。

反流防止功能是保护 eFuse IC 和输入电源免受输出侧电压高于输入侧电压时所产生的反向电流影响的功能。

本产品通过使用外接 Blocking Nch MOSFET (Q1) 和 Fast pull-down Nch MOSFET (Q2) 来实现这些功能(图 5.14)。

另外，BGATE 引脚输出内部升压后的电压 VIN + 10 V (典型值)，因此在不使用输入反接保护和反流防止功能时，请将 VSYS 引脚与 VIN 引脚短接，并将 BGATE 引脚和 DRV 引脚置于开路状态 (图 5.15)。

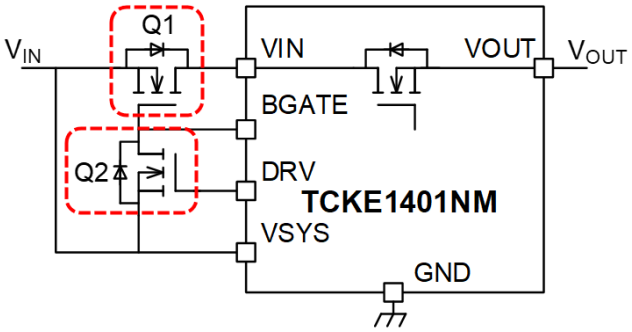


图 5.14 使用输入反接保护及反流防止功能时的使用时的电路连接图

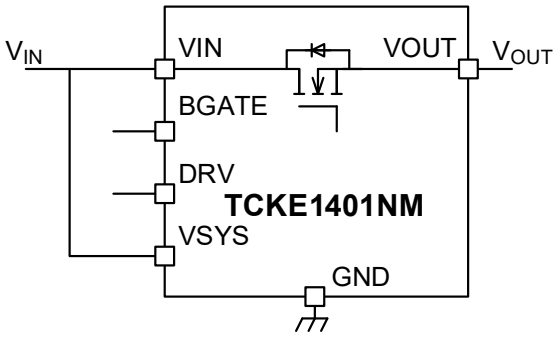


图 5.15 输入反接保护及反流防止功能不使用时的电路连接图

Q1 与 eFuse IC 以背靠背 (back-to-back) 结构连接，作为输入反接保护和反流防止用的开关发挥作用。Q2 作为快速释放 Q1 栅极电荷的下拉开关发挥作用，在保护动作时使 Q1 快速关断。

正常动作时，Q1 通过由 BGATE 引脚提供的栅极驱动电压导通。

Q2 请使用 VDSS ≥ 15 V、VGSS = ±20 V 额定、Ciss < 50 pF、Vth ≤ 3 V 的 Nch MOSFET。另外，Q1 和 Q2 请参照 BGATE 引脚和 DRV 引脚的电气特性进行选型。

本应用笔记中，作为外接 MOSFET 的推荐产品示例，Q1 使用本公司的 TPN1200APL，Q2 使用本公司的 T2N7002AK。TPN1200APL、T2N7002AK 的主要特性如表 5.6 所示。详情请参照各产品的数据表。

表 5.6 TPN1200APL、T2N7002AK 的主要特性

项目	符号	TPN1200APL	T2N7002AK
漏源极间电压	VDSS	100 V	60 V
栅源极间电压	VGSS	±20 V	±20 V
漏极电流	ID	40 A	200 mA
漏源极间导通电阻	RDS(ON)	13.3 mΩ (典型值) @VGS= 4.5 V	3.2 Ω (典型值) @VGS= 4.5 V
输入电容	Ciss	1425 pF	11 pF

使用其他 MOSFET 时，请针对所使用的电源电压和负载电流确保足够的 VDSS 和 ID 额定裕量，并尽可能选择导通电阻低的产品。

- Blocking Nch MOSFET (Q1) 的参数搜索请点击此处→ 点击此处
- Fast pull-down Nch MOSFET (Q2) 的参数搜索请点击此处→ 点击此处

© 2026
Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation

5.5.1. 输入反接保护功能

当输入引脚被施加反极性电压时，通过 Q1 切断通往负载侧的电流路径。由此保护 eFuse IC 和负载电路。

图 5.16 示出了输入反接保护动作的波形。

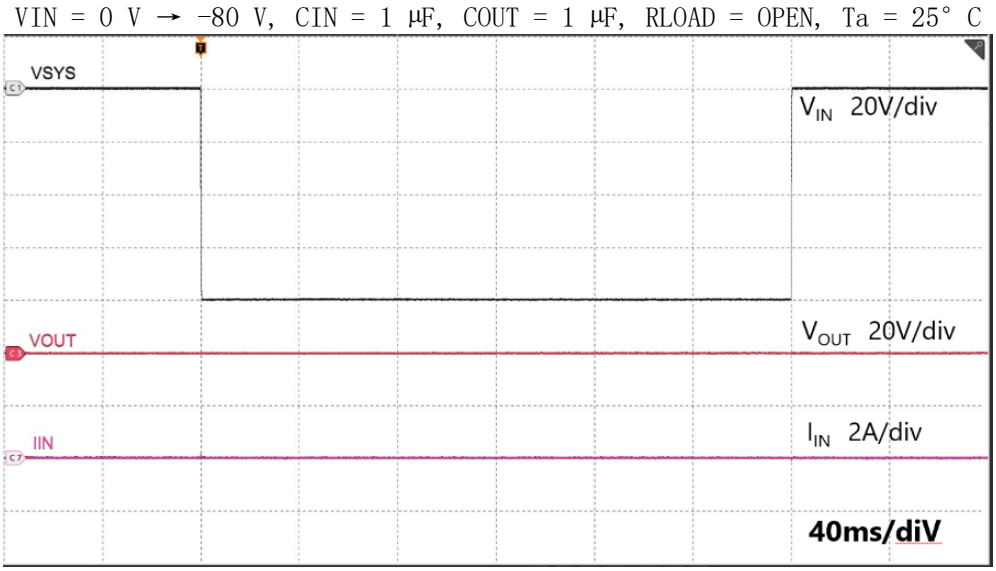


图 5.16 TCKE1401NM 输入反接波形

5.5.2. 防反流功能

当 VSYS − VOUT 低于防反流电压阈值 (VRB) 时，判定为反流状态，将 DRV 端子置为 High 以关断 Q1，从而切断流向输入侧的反向电流。此时，直到 Q1 关断为止的总时间可表示为防反流功能响应时间 (tRCB_fast) + tDriver。tDriver 可通过以下公式 8 算出。

$$\text{公式 8：} \quad t_{Driver} = -R_{DS(ON)(Q2)} \times C_{iss(Q1)} \times \ln \frac{V_{GTH(Q1)}}{V_{BGATE}}$$

RDS(ON)(Q2) : Fast pull-down Nch MOSFET (Q2) 的导通电阻
Ciss(Q1) : Q1 的输入电容
VGTH(Q1) : Q1 的栅极阈值电压
VBGATE : 10 V (标准)

当 VSYS − VOUT 超过 VRBR 时，Q1 导通，输出开启。VSYS − VOUT 的差值越大，防反流功能响应时间 tRCB 越快。

© 2026
Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation

5.6. 过电流保护功能（OCP）的动作

过电流保护功能（OCP）是在流过过电流时抑制功耗，防止 IC 和负载劣化或损坏的电路。当检测到输出电流超过设定值即输出限制电流 ILIM 的过电流时，输出电流将被限制为 ILIM。将检测到过电流后直至输出电流被限制为 ILIM 的响应时间称为 tLIM。此外，输出电压会随负载状态而下降。

并且，通过与后述的短路保护功能相结合，可提高过电流及短路时的保护性能，有助于提升系统的安全性。图 5.17 所示为 TCKE1401NM 在限流动作时输出电压与输出电流的关系。

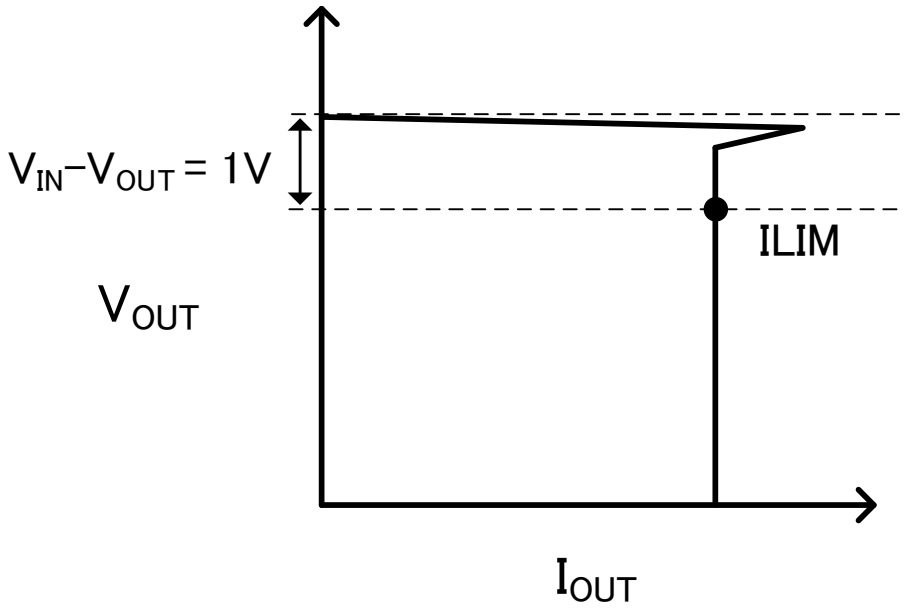


图 5.17 输出电压-电流特性

该动作期间的功耗为（VIN − VOUT）× ILIM，因此 eFuse IC 的温度会上升。若过电流状态持续，IC 温度达到过热保护阈值时，过热保护功能（TSD）将动作并停止输出。

此外，可维持由 ILIM 实现的限流状态的时间 tCL_PLIM 为 160 ms（典型值）。若在 tCL_PLIM 经过之前 TSD 动作，则停止输出并转入关断状态。图 5.18 所示为 tLIM 的波形，图 5.19 所示为 tCL_PLIM 的波形。

VIN = 48 V, RILIM = 30 kΩ, RLOAD = 48 Ω, Ta = 25° C

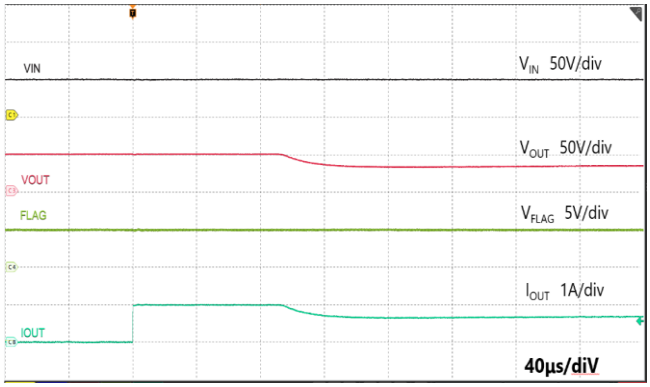


图 5.18 tLIM 波形

VIN = 48 V, RILIM = 30 kΩ, RLOAD = 48 Ω, Ta = 25° C

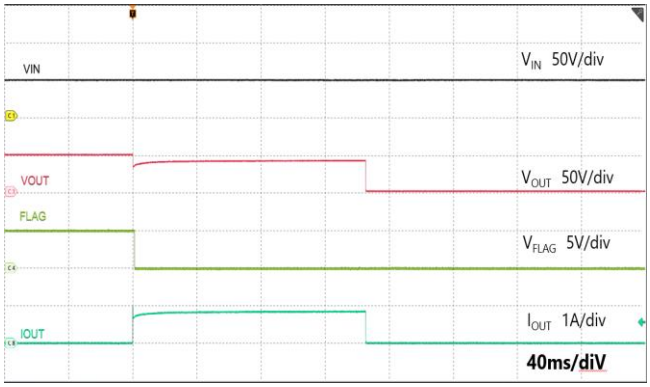


图 5.19 tCL_PLIM 波形

5.6.1. 自动重试模式的过电流保护动作

图 5.20 是表示自动重试模式下过电流保护动作示例的时序图。在 tCL_PLIM 之后，或因前述 TSD 导致输出停止时，将以 tTSD_retry = 330 ms（典型值）的周期开始自动重试。若在 tTSD_retry 之后过电流状态仍未解除，则再次执行限流动作。

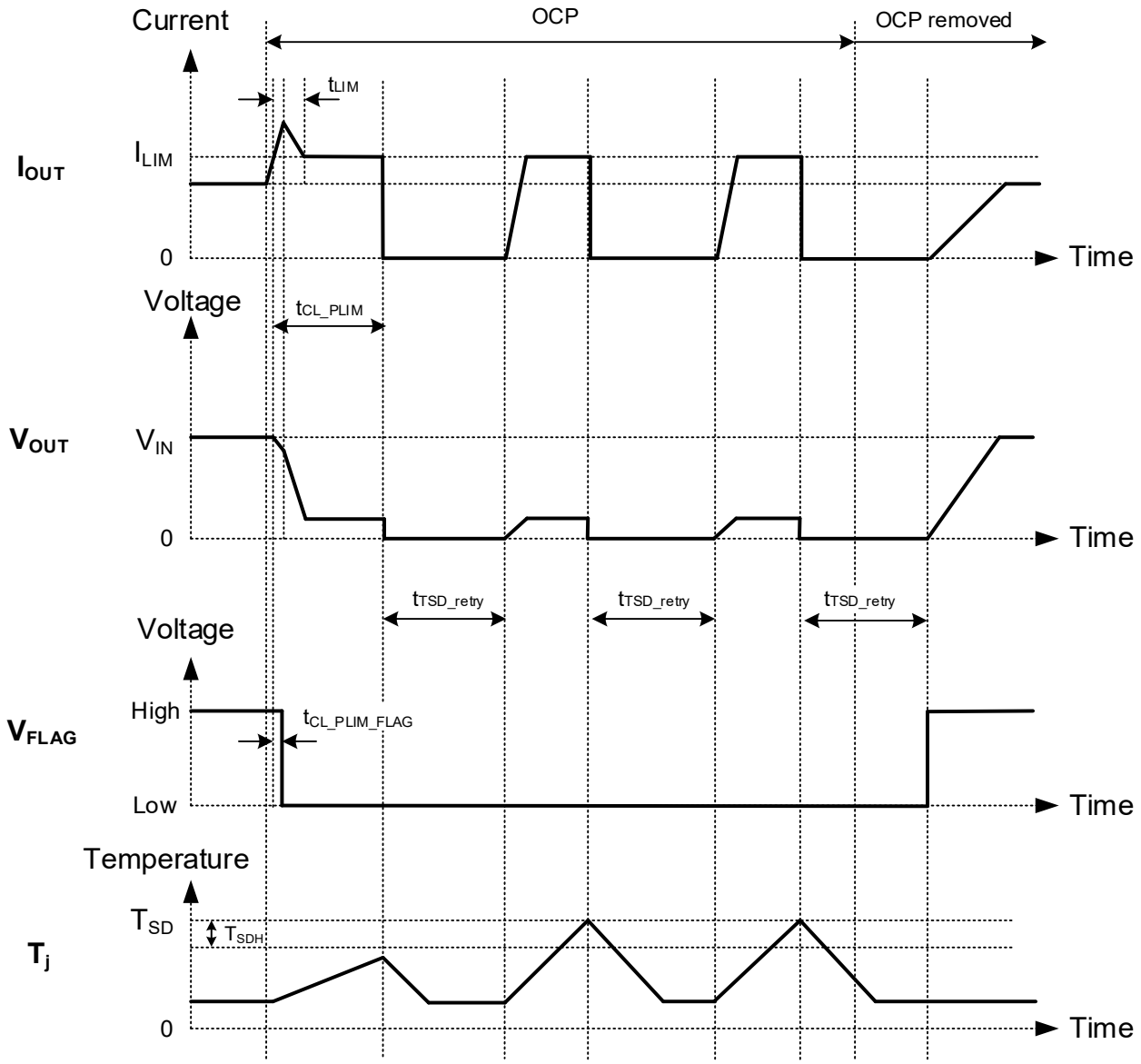


图 5.20 TCKE1401NM 过电流保护 动作示例（自动重试模式）

5.6.2. 锁存关断模式的过电流保护动作

图 5.21 是表示锁存关断模式下过电流保护动作示例的时序图。因过电流状态导致输出停止时，保护动作时会进行锁存，因此不会自动恢复。需要通过 EN 端子的控制信号或重新施加 VIN 来重新启动。在重新启动之前，保护动作将持续。

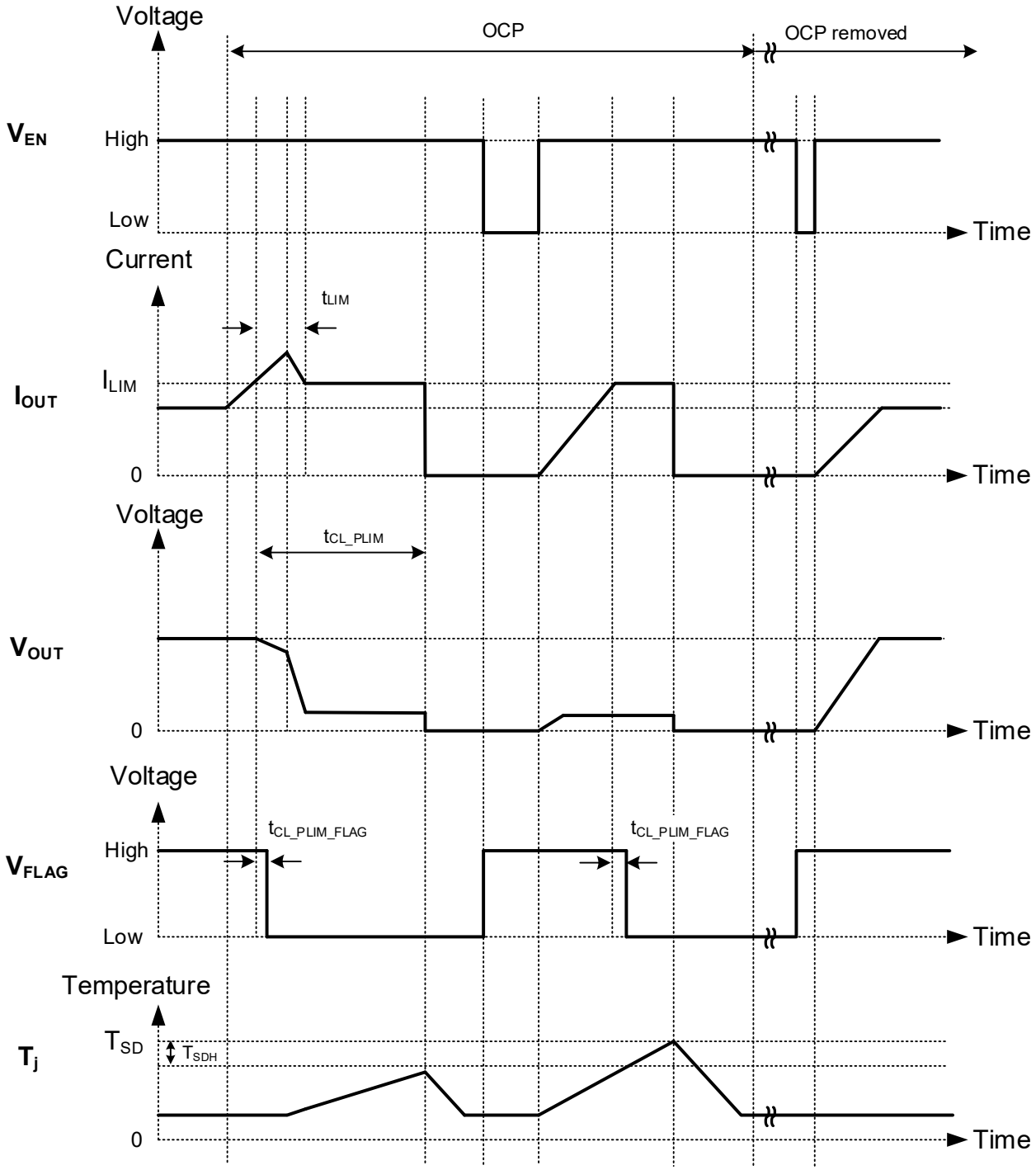


图 5.21 TCKE1401NM 过电流保护 动作示例（锁存关断模式）

5.6.3. 过电流保护电路的设定

TCKE1401NM 的输出限制电流 ILIM 可调，通过适当选择 ILIM 端子的外接电阻（输出限制电流调整用电阻 RILIM），可根据用途设定为最佳的 ILIM。ILIM 可由公式 9 求得，但在选定电阻值时请务必在实机上进行确认。另外，请注意不要使 RILIM 等于或低于 3 kΩ。

$$\text{公式 9：} \quad I_{LIM} = \frac{18.9}{R_{ILIM}} + 0.13$$

ILIM ： 输出限制电流（A）
RILIM ： 输出限制电流调整用电阻（kΩ）

ILIM 端子的周边电路图如图 5.22 所示。另外，RILIM 的设定值与输出限制电流 ILIM 的关系如图 5.23 所示。

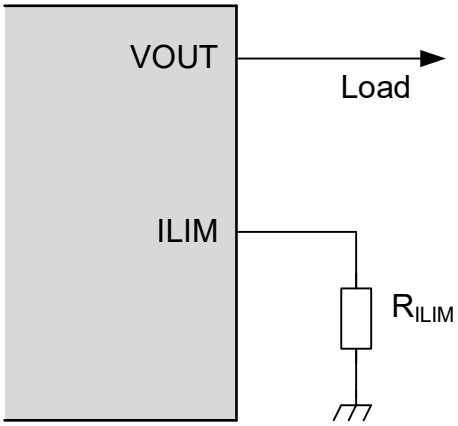


图 5.22 ILIM 端子周边外接电路

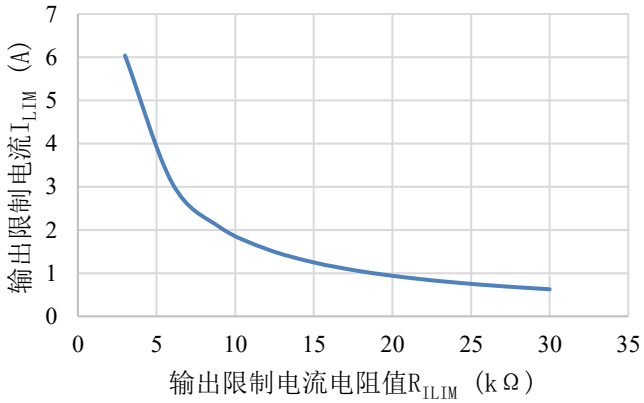


图 5.23 ILIM - RILIM 特性示例

表 5.7 数据手册记载的过电流保护（OCP）特性

项目	符号	测定条件		Ta = 25° C			Ta = -40to125° C		单位
				最小值	典型值	最大值	最小值	最大值	
输出限制电流（注 14）	ILIM	VIN - VOUT = 1 V	RILIM = 30 kΩ	-	0.82	-	0.54	1.10	A
			RILIM = 9 kΩ	-	2.21	-	1.84	2.59	A
			RILIM = 4.02 kΩ	-	4.83	-	4.18	5.47	A
			RILIM = 3 kΩ	-	6.43	-	5.58	7.28	A

（注 14） 当 VSYS 低于 9 V 时，请在 IMON 端子上连接 RIMON 后使用（1 kΩ ≤ RIMON ≤ 10 kΩ）。

© 2026
Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation

5.7. 短路保护功能的动作

短路保护功能是在电源线路或负载因某种异常而短路时停止输出，防止流过过大电流的电路。TCKE1401NM 内置短路保护电路 (Fast-trip 电路)，当输出电流超过短路保护阈值电流 IFASTTRIP (ILIM×2.0 (典型值)) 时，判定为短路状态。短路保护功能在 IFASTTRIP < IOUT < ISCP (45 A (典型值)) 的范围内动作，以 tFASTTRIP = 3 μs (典型值) 关断输出。另外，当输出电流超过 ISCP 时，将以 tSCP = 1 μs (典型值) 高速检测并立即关断输出 (SCP 电路)。通过该功能，可抑制短路发生时的大电流以及 IC 的功耗。

5.7.1. 自动重试模式的 VOUT 短路保护动作

图 5.24 是表示自动重试模式下短路保护动作示例的时序图。VOUT 端子短路、短路保护功能动作后，本产品将以软启动动作重新启动。但是，若短路状态持续，则由过电流保护功能 (OCP) 实现的限流动作将持续，因此 IC 的温度会上升。此后，因温度上升导致过热保护电路动作时，将转入关断动作。

经过一定时间后将再次开始动作，但若 VOUT 端子短路未解除，则会再次对电流进行控制。因此，将反复进行限流→温度上升→过热保护→关断→温度下降→重新启动→限流的循环。

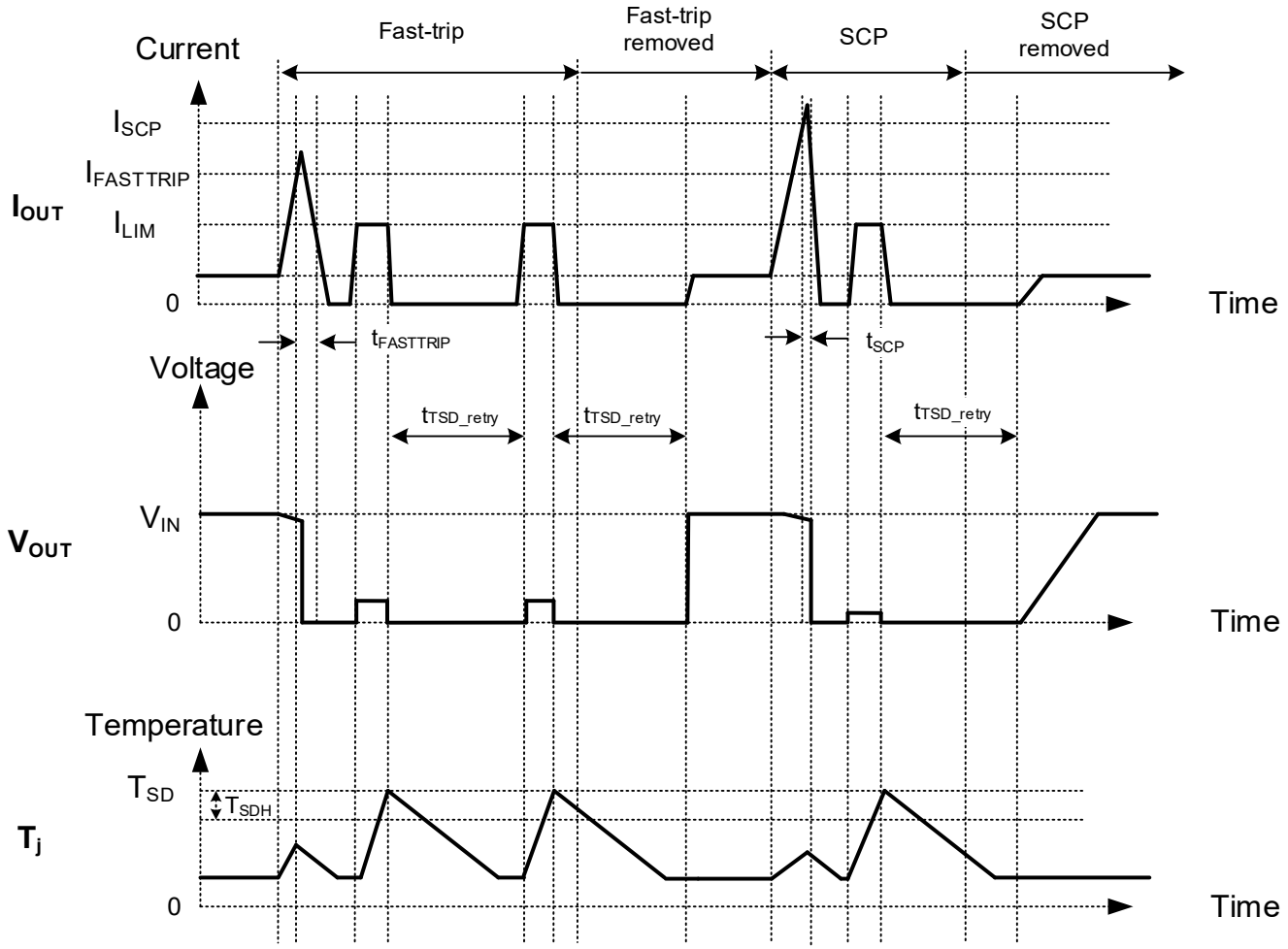


图 5.24 短路保护动作示例 (自动重试模式)

5.7.2. 锁存关断模式的 VOUT 短路保护动作

图 5.25 是表示锁存关断模式下短路保护动作示例的时序图。当 VOUT 端子短路、输出电流达到短路保护阈值电流 IFASTTRIP 时，本产品判定为短路状态并关断输出。此后将以软启动动作重新启动，但若短路持续，则由过电流保护功能（OCP）实现的限流动作将持续，因此 IC 的温度会上升。此后，过热保护功能动作时，将转入关断状态。

与自动重试模式不同，要恢复时需要通过 EN 端子的控制信号或重新施加 VIN 来重新启动。在重新启动之前，保护动作将持续。

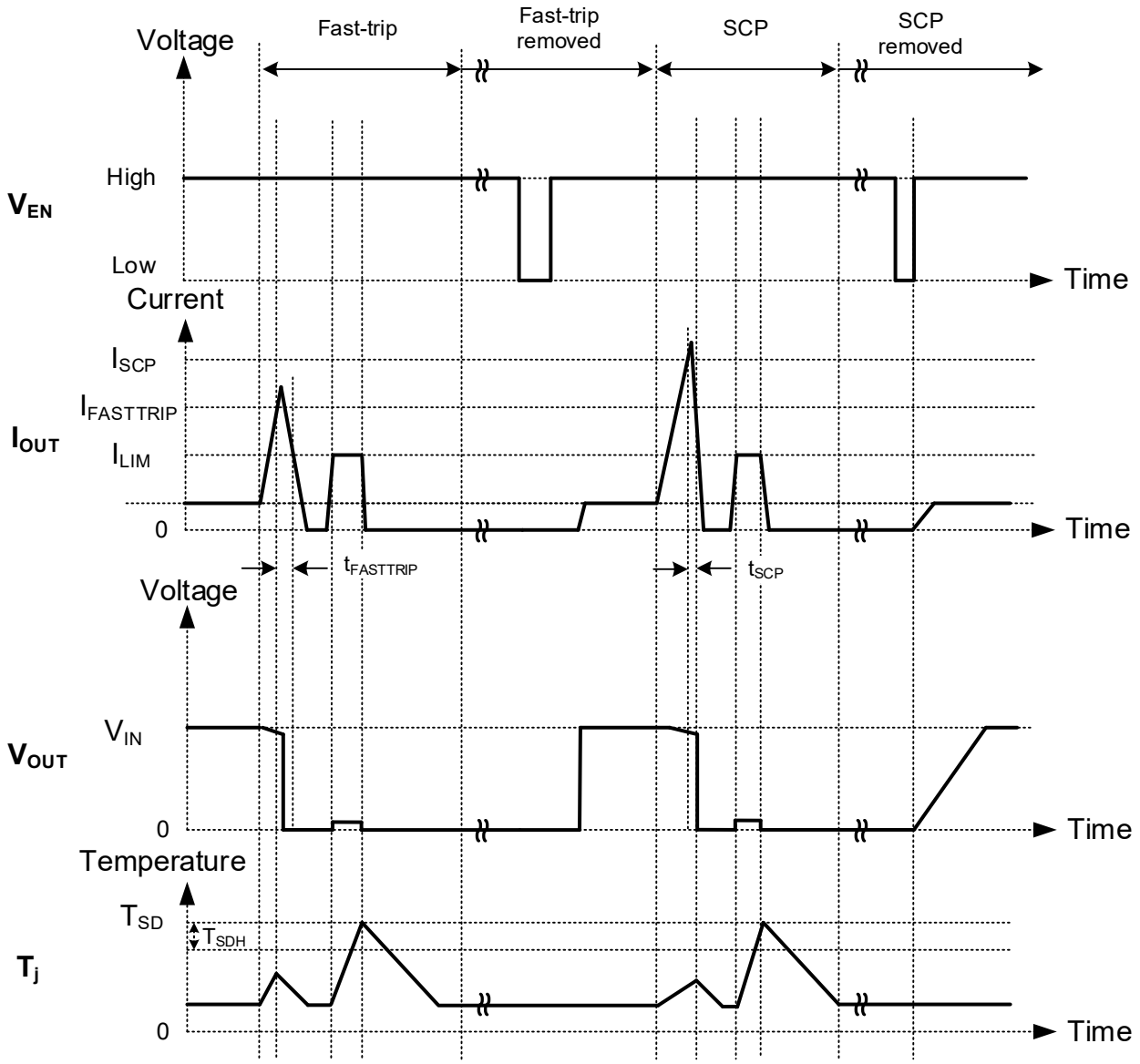


图 5.25 短路保护动作示例（锁存关断模式）

5.8. 输出电流监测 (IMON)

IMON 端子是输出与输出电流成比例的微小电流，并可通过外接电阻以电压形式进行监测的端子。IMON 端子的输出电流与 VOUT 端子的输出电流成比例。IMON 端子的输出电流通过连接在 IMON 端子与 GND 之间的外接电阻 RIMON 转换为电压。电流监测的最大电压 (VIMON max) 被限制为 4 V (9 V ≤ VSYS = VIN 时) 或 2 V (VSYS = VIN < 9 V 时)。为避免超过 VIMON max，请使用以下公式 10 设定 RIMON。由于会导致电流监测的跟随性变差，请勿在 IMON 端子上连接电容。当 VSYS 在 9 V 以上且不使用输出电流监测时，IMON 端子可以开路。

公式 10 ： $V_{IMON} = [I_{OUT} \times G_{IMON}] \times R_{IMON}$

GIMON ： IMON/IOUT 增益 (27.9 μA/A (典型值))
IOUT ： VOUT 端子输出电流 (A)

5.9. 异常检测功能 (FLAG)

FLAG 功能是一种诊断电路，当检测到过热、欠压、过压、过电流、反流以及 ILIM 端子短路等异常状态时，将 FLAG 端子输出由 High 切换为 Low，向 IC 外部发出系统异常信号。为防止异常的误检测，内部电路设置了消抖 (deglitch) 功能。FLAG 端子为开漏结构，请使用外接电阻上拉后使用 (图 5.26)。

不使用 FLAG 端子时，可将其开路或连接至 GND。

上拉电阻请在充分考虑 FLAG 端子的灌电流 (最大额定值) 的基础上进行选定。另外，请在实机上充分评估后再确定合适的电阻值。

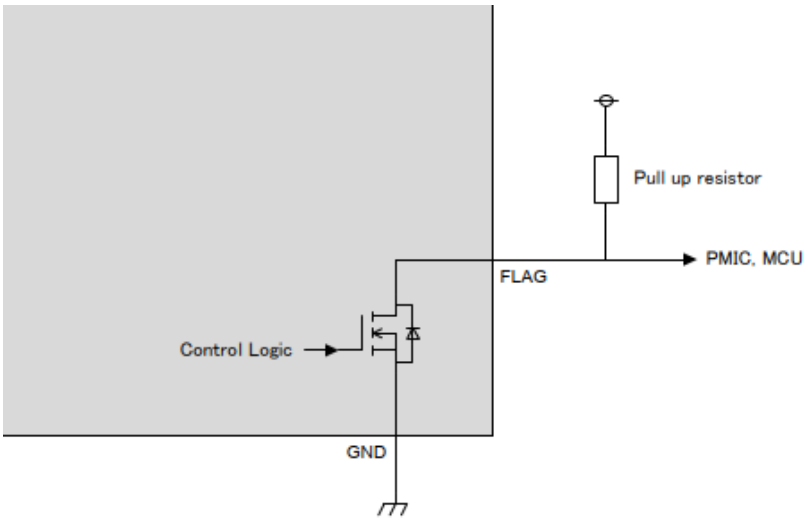


图 5.26 FLAG 端子等效电路

表 5.8 FLAG 输出的对象功能与动作

IC 状态 (注 8)		IC 动作	FLAG 输出
正常状态		正常动作	High
过热	Tj > TSD	关断	Low
低电压	VUVLO < VUVLOF VSYS < VSYS_UVLO (注 9)	关断	Low
过电压	VOVP > VOVPR VSYS > VSYS_OVP(注 10)	关断	Low
过电流	ILIM < IOUT < IFASTTRIP, tCL_PLIM_FLAG < tCL_PLIM	IOUT 电流限制	Low
反向电流 (注 12)	VOUT - VSYS ≥ 10 mV	外接 MOSFET (Q1) OFF	Low
反接 (注 12)	VSYS > -80V, VOUT > -0.3 V, VSYS - VOUT ≥ -85 V (注 13)	保持 OFF 状态	不定

(注 8) 无特别指定时，条件为 4.7 V ≤ VSYS = VIN ≤ 75 V。
(注 9) 为将 UVLO 引脚短接至 GND、设为内部 UVLO 模式时的条件。
(注 10) 为将 OVP 引脚短接至 GND、设为内部 OVP 模式时的条件。
(注 12) 关于反流防止功能・输入反接防止功能的详情，请参阅第 5.5 章。
(注 13) 施加电压的条件为 10ms 脉冲。

© 2026
Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation

5.10. VSYS、VIN 及 GND 端子

VSYS 端子是向内部控制电路供电的电源端子。请在 VSYS 端子与 GND 之间连接电容，以提供稳定的电源。使用输入反接保护和防反流功能时，请连接外接 MOSFET Q1 和 Q2。

5.11. 过热保护功能 (TSD)

过热保护功能 (TSD) 是指在持续大电流导致 eFuse IC 的结温 (Tj) 超过设定值时，使 IC 停止工作的功能。TSD 后，根据表 5.10 所示的恢复模式，执行锁存关断，或在 Tj<165° C (典型值) 后以 tTSD_retry = 330 ms (典型值) 的周期开始自动重试。

5.11.1. 自动重试模式的过热保护

因过热保护转入关断状态后，经过一定时间 (330 ms (典型值)) 后重新启动。

过热保护功能 (TSD) 是指：当输出持续流过大电流或输出发生短路时，IC 的功耗使结温上升，一旦达到过热保护阈值温度 TSD (165° C (典型值)) 以上，即关断输出以保护 IC 的电路。在 TCKE1401NM 中，过热保护动作时，在关断输出的同时，FLAG 端子的输出也会从 High 电平变为 Low 电平。过热保护的动作温度与恢复温度之间设有迟滞 (TSDH)。

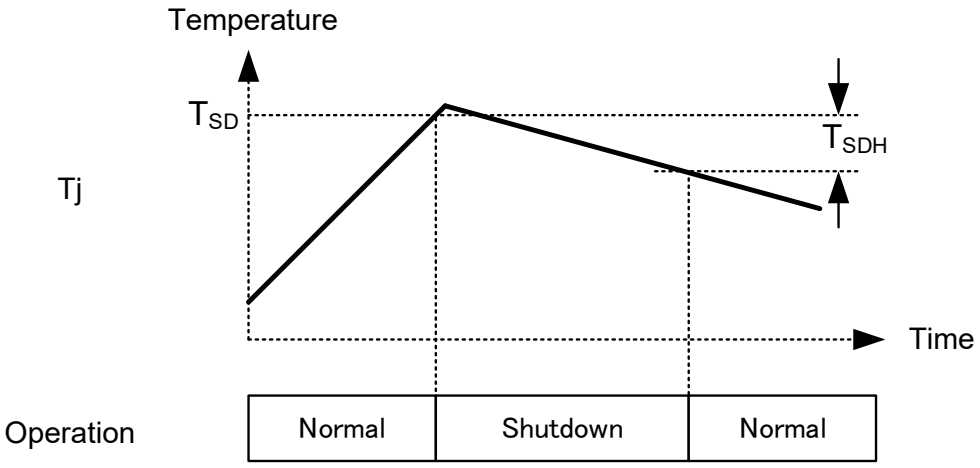


图 5.27 过热保护动作时序图

5.11.2. 锁存关断模式的过热保护

过热保护功能动作并转入关断状态后，若要恢复，需要通过 EN 端子的控制信号或重新施加输入电压 VIN 来重新启动。在重新启动之前，保护动作将持续。

5.11.3. 过热保护电路的工作原理

如图 5.28 所示，结温的检测是通过将随温度变化电压变动较小的基准电压 VREF 由 RA 和 RB 分压所得的 VTSD 与二极管的正向电压进行比较来实现的。TCKE1401NM 正常工作时，二极管的正向电压高于 VTSD。由于二极管的正向电压具有约－2 mV/° C 的温度系数，当结温上升、正向电压低于 VTSD 时，比较器翻转，使 TCKE1401NM 的输出变为关断状态。同时，FLAG 端子的输出由 High 电平翻转为 Low 电平。

表 5.9 数据手册中记载的过热保护 TSD 特性

项目	符号	测定条件	Ta = 25° C	Ta = -40 to 125 ° C			单位
			典型值	最小值	典型值	最大值	
过热保护阈值温度	TSD	Tj	165	-	-	-	° C
过热保护迟滞温度	TSDH	Tj	20	-	-	-	° C
过热保护自动重试周期	tTSD_retry	MODE = GND	-	230	330	430	ms

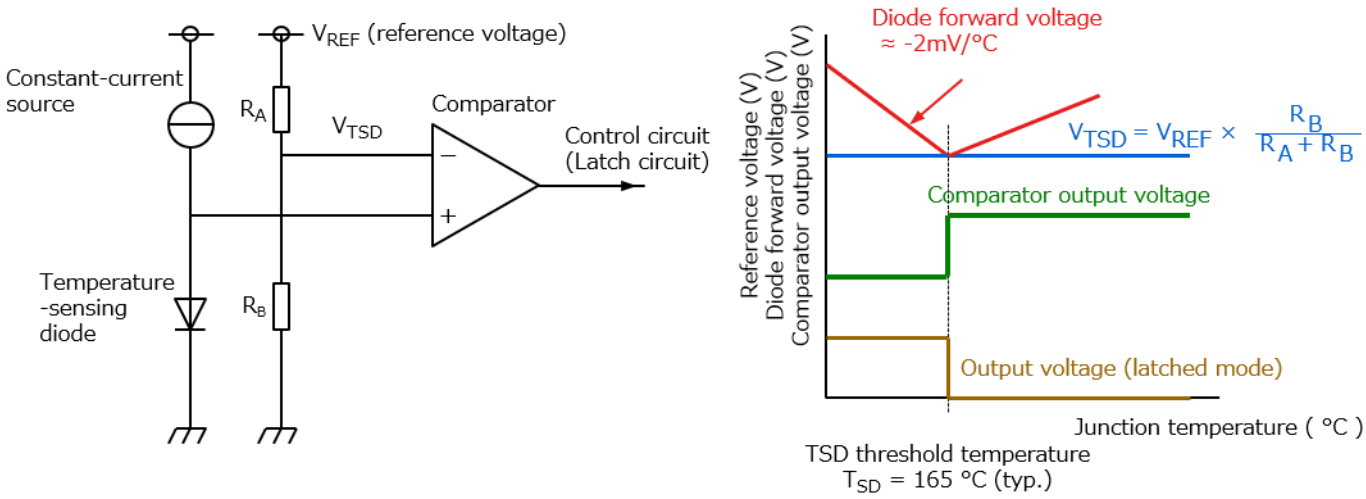


图 5.28 过热保护电路与工作原理

5.12. EN 引脚

通过使用本端子，可以控制 TCKE1401NM 的动作。EN 端子支持由外部输入控制信号使用的方式 （图 5.29）以及开路使用的方式。开路使用时，将通过内部上拉电路而变为 High 状态。

由外部输入控制信号时，由于 EN 端子的开/关阈值电压设有迟滞，请将控制信号的 High 电平设定为 2.0 V 以上、Low 电平设定为 0.8 V 以下。

此外，如图 5.30 所示，TCKE1401NM 的 EN 端子内置有窗口比较器。窗口比较器具有 VREF_P 和 VREF_N 两个阈值，因此即使输入叠加了抖动或振铃的不稳定控制信号，也能如图 5.31 (b) 所示获得稳定的输出。对于输入仅具有一个阈值的普通反相器，则有可能如图 5.31 (a) 所示发生输出误动作。

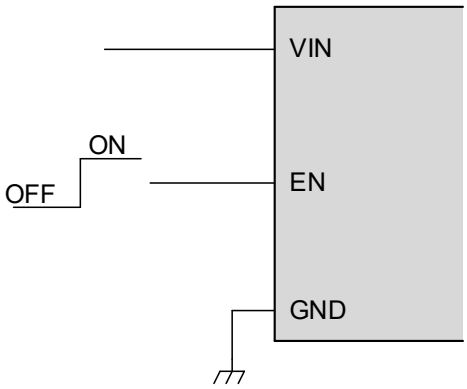


图 5.29 EN 端子的连接示例（外部控制）

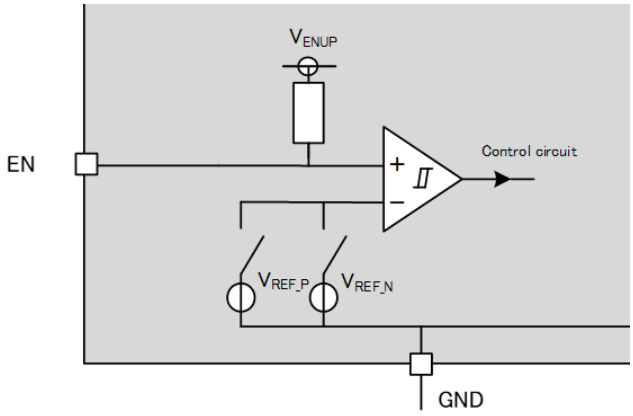


图 5.30 EN 端子等效电路

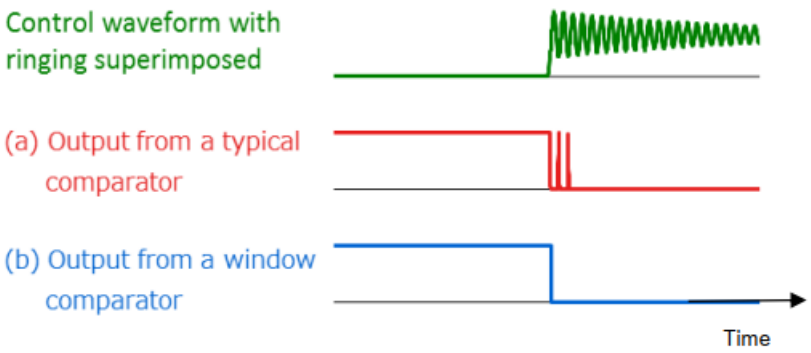


图 5.31 普通比较器与窗口比较器的动作

5.13. MODE 端子设置

本产品可根据 MODE 端子的状态改变恢复模式。有关 MODE 端子的状态，请参阅表 5.10。

表 5.10 恢复模式设置

MODE 端子状态	恢复模式
OPEN	发生异常状态后，eFuse IC 将锁存关断。若要重新启动 eFuse IC，请重新对 EN 端子施加电压，或将 VSYS 端子的输入电压暂时降至 0 V 后再重新施加，或将 UVLO 端子电压降至 VUVLOF 以下后再次解除 UVLO。
短路至 GND	以 tTSD_retry 的周期进行自动重试。

© 2026
Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation

6. TCKE1401NM 的应用示例

6.1. TCKE1401NM 的应用示例

以下介绍 TCKE1401NM 在各应用领域中的应用示例。

- 服务器电源

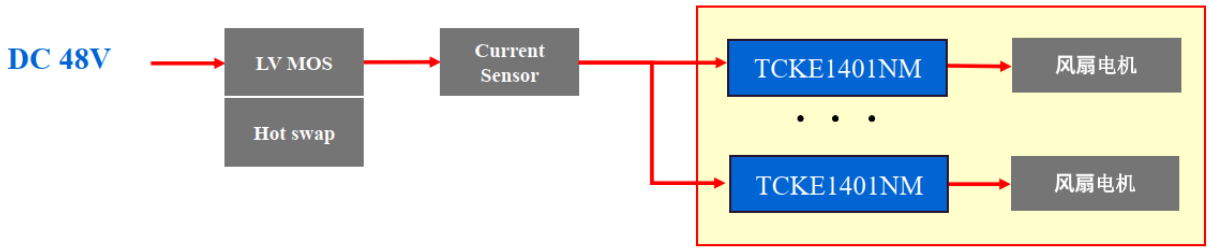


图 6.1 在服务器电源中的应用

- 电动工具



图 6.2 在电动工具中的应用

- 商用打印机



图 6.3 在商用打印机中的应用

6.2. TCKE1401NM 的外围电路示例

图 6.4 为 TCKE1401NM 的外围电路示例。将电源连接至 VIN 端子和 VSYS 端子。正常工作时，通过 MOSFET 由 VOUT 端子输出与 VIN 端子电压几乎相同的电压。

当因短路保护或过电流保护动作等导致电流骤减时，连接至 eFuse IC 输入输出端子的布线等电感成分产生的反电动势会产生较高的尖峰电压，可能导致 eFuse IC 损伤或损坏。此时，输入侧会产生正的尖峰电压，输出侧会产生负的尖峰电压。在基板设计中，请尽可能缩短 eFuse IC 输入侧和输出侧的布线长度。此外，请尽可能扩大 GND 布线面积以降低阻抗。

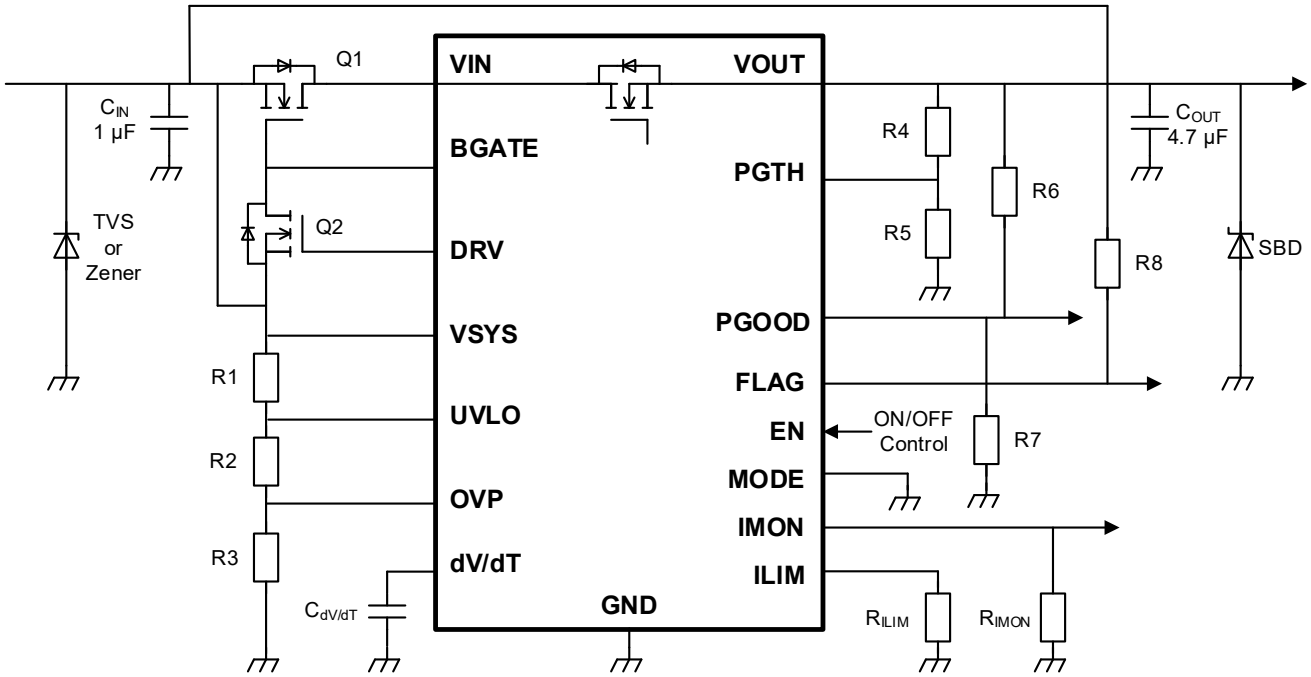


图 6.4 TCKE1401NM 外围电路示例

表 6.1 外围电路元件的作用

符号	说明
CIN	输入电容
COUT	输出电容
CdV/dT	压摆率调整用电容
Q1，Q2	常时监视防反流功能、输入反接保护功能用 MOSFET
R1，R2，R3	过电压保护、欠压闭锁的阈值设定用电阻
R4，R5	电源良好功能的阈值设定用电阻
R6，R7	电源良好功能的上拉/分压电阻
R8	FLAG 端子上拉电阻
RILIM	输出限制电流调整用电阻
RIMON	电流监测用电阻

© 2026
Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation

CIN 具有抑制输入端产生的正尖峰电压峰值的作用。推荐 CIN 为 0.1 μF 以上，但适当的容量值请根据实际 PCB 基板上的动作情况进行设计。尖峰电压峰值 VSPIKE 与 CIN 容量值的关系可用下式 11 表示。

公式 11 ： $$V_{SPIKE} = V_{IN} + I_{OUT} \times \sqrt{\frac{L_{IN}}{C_{IN}}}$$

VSPIKE	:	产生的尖峰电压的峰值 (V)
VIN	:	正常工作时的输入电压(V)
IOUT	:	输出电流 (A)
LIN	:	输入端子的有效电感 (H)
CIN	:	输入电容器的容量 (F)

VIN 较高时 VOUT 也会升高，短路保护或过电流保护时的电流变化变大，因此可能因 VIN 和 VOUT 的不稳定动作而导致 IC 损坏。当 VIN 端子被施加超过绝对最大额定值的瞬态电压时，请在输入端子与 GND 之间连接 TVS 二极管 (ESD 保护二极管) 或齐纳二极管。即使瞬态电压的最大幅值在 eFuse IC 的绝对最大额定值以下，输入端子上产生的高速瞬态电压也可能影响内部电路，引起意外动作。TVS 或齐纳二极管具有抑制此类高速瞬态电压的作用。

针对短路保护动作时等在输出侧产生的负尖峰电压，请在输出端子与 GND 之间连接 SBD (肖特基势垒二极管)。由此可防止输出电位大幅低于 GND。

© 2026
Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation

6.3. TCKE1401NM 的应用电路示例

本章将基于前述的外围电路构成，以 24 V 线路和 48 V 线路的电源系统用途为例，介绍包含各设定端子的电阻值和保护动作阈值在内的应用电路设计示例。

图 6.5 所示为设想在 24 V 线路中使用输入反接保护和防反流功能的参考电路。

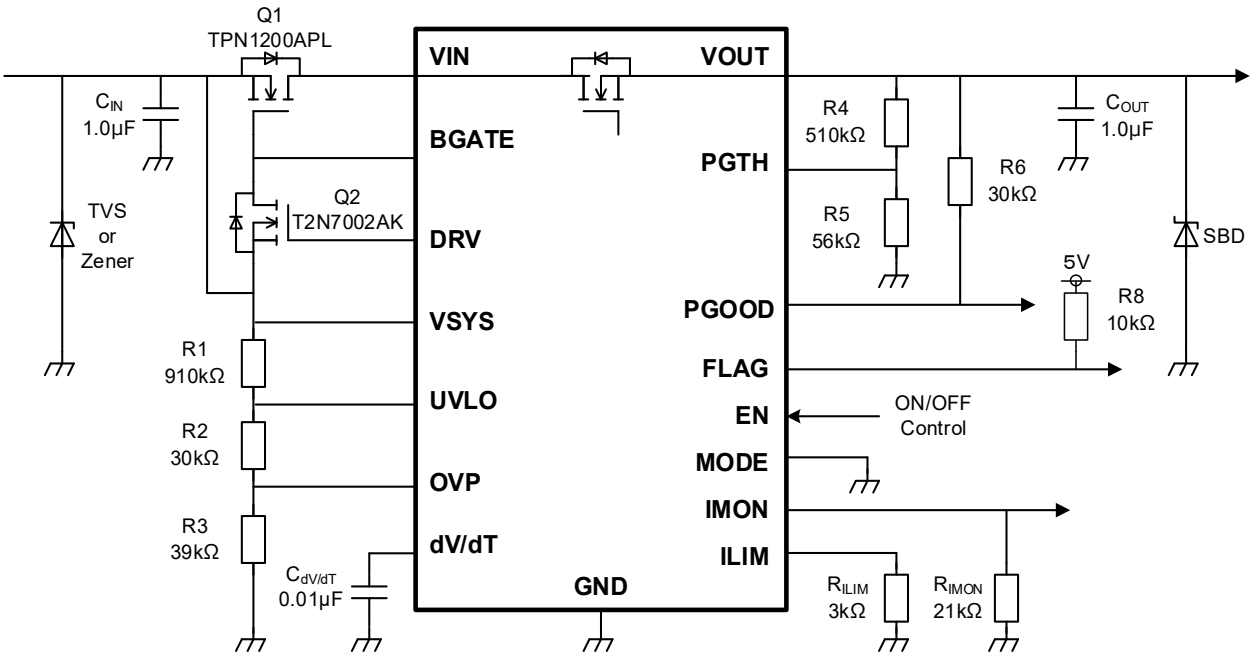


图 6.5 面向 24 V 线路的输入反接保护・防反流功能使用参考电路

表 6.2 所示为根据图 6.5 中外接电阻和电容的设定值计算得出的阈值和动作时间的计算结果。计算结果是根据各电气特性的典型值求得的参考值。

表 6.2 图 6.5 参考电路中的各种计算值

设定项目	计算结果（典型值）（注 15）
UVLO 检测电压	15.9 V
UVLO 解除电压	16.9 V
OVP 检测电压	31.0 V
OVP 解除电压	28.9 V
PGOOD 检测电压	11.8 V
PGOOD 解除电压	11.2 V
输出限制电流（ILIM）	6.43 A
VOUT 上升时间（10% to 90%）（tr）	3.99 ms

（注 15）本表中的计算值采用了数据手册的典型值。实际的阈值及动作时间会因 IC 的电气特性偏差以及外置元器件的公差而发生变动。

© 2026
Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation

图 6.6 示出了假设在 48 V 线路中不使用输入反接保护・防逆流功能时的参考电路。

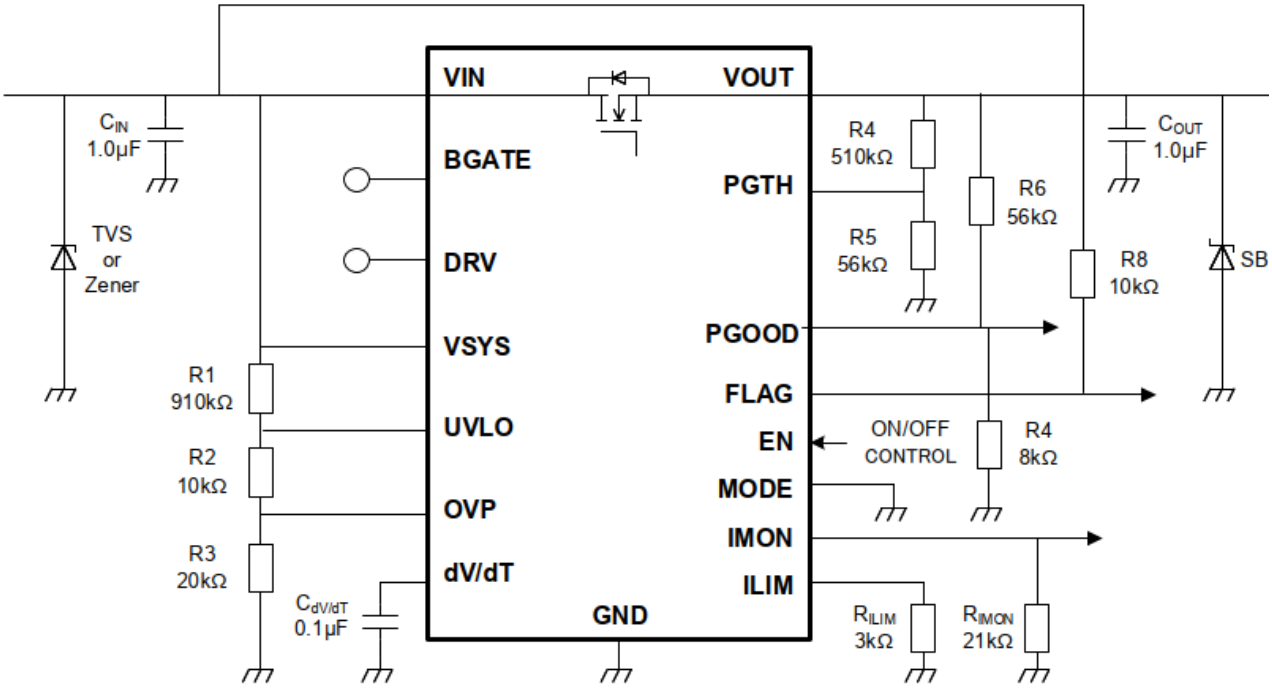


图 6.6 面向 48 V 线路的输入反接保护・防逆流功能未使用 参考电路

表 6.3 所示为根据图 6.6 中外接电阻和电容的设定值计算得出的阈值和动作时间的计算结果。计算结果是根据各电气特性的典型值求得的参考值。

表 6.3 图 6.6 参考电路中的各种计算值

设定项目	计算结果 (标准值) (注 15)
UVLO 检测电压	35.1 V
UVLO 解除电压	37.3 V
OVP 检测电压	58.0 V
OVP 解除电压	54.0 V
PGOOD 检测电压	11.8 V
PGOOD 解除电压	11.2 V
输出限制电流 (ILIM)	6.43 A
VOUT 上升时间 (10% to 90%) (tr)	39.9 ms

(注 15) 本表中的计算值采用了数据手册的典型值。实际的阈值及动作时间会因 IC 的电气特性偏差以及外置元器件的公差而发生变动。

© 2026
Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation

7. 使用注意事项

关于绝对最大额定值

本产品的绝对最大额定值是即使瞬间也绝不可超过的额定值。

关于输入输出电容器

本产品可以使用陶瓷电容器，但根据种类的不同，有时会具有非常大的温度特性。在选定电容器时，请充分考虑使用环境后再进行选定。

关于安装

如果 IC 与 COUT 之间的距离过长，则有可能因布线和电感的阻抗而影响相位裕度。为了实现稳定的电源供给，请将 COUT 尽可能安装在靠近 IC 的位置。此外，请尽量加大输入及 GND 布线图形，以减小布线阻抗。

关于 VSYS 端子

VSYS 端子是向 IC 内部电路供电的电源供给端子。为防止意外动作，请在考虑 CIN、COUT 及阻抗的基础上进行设计，以确保向该端子供给稳定的电源。

关于最大允许损耗及输出电流

请针对预计的最大允许损耗和输出电流确保足够的设计裕量。建议考虑环境温度、输入电压等因素，对最大允许损耗和输出电流进行适当的降额（一般为最大额定值的 70 to 80%）。

关于保护电路

本产品内置了过电流保护电路、过电压保护电路和过热保护电路，但并不保证产品的动作始终被抑制在绝对最大额定值以内。根据使用条件的不同，有可能对产品规格及可靠性保证产生影响。

使用本产品时，请在考虑上述内容以及本公司《半导体可靠性手册》等所记载的针对绝对最大额定值的降额的基础上，注意在任何情况下都不要超过绝对最大额定值。另外，建议在整机中采取故障安全（fail-safe）等充分的安全措施。

© 2026
Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation

8. 结语

以上对 TCKE1401NM 的使用方法及保护功能进行了说明。TCKE1401NM 不仅能提供过电流保护，还能够保护 IC 和设备免受过电压、过热、逆流等各种可能出现的异常状态的影响。此外，还搭载了抑制浪涌电流、防止低电压时误动作等有用的功能。这些功能有助于大幅提升电子设备的可靠性。希望您能参考本资料灵活运用 TCKE1401NM，实现设备的高性能化、小型化以及总成本的降低。

- TCKE1401NM 的产品页面请点击此处→ 点击此处
- eFuse IC 的产品页面请点击此处→ 点击此处
- eFuse IC 的参数检索请点击此处→ 点击此处
- eFuse IC 的 FAQ 请点击此处→ 点击此处
- eFuse IC 的 e-learning 请点击此处→ 点击此处
- eFuse IC 的购买请点击此处→ 点击此处
- Blocking Nch MOSFET (Q1) 的参数搜索请点击此处→ 点击此处
- Fast pull-down Nch MOSFET (Q2) 的参数搜索请点击此处→ 点击此处

有关半导体的其他信息，请参阅半导体主页。

- 东芝电子元件及存储装置株式会社 半导体主页请点击此处→ 点击此处

(注)公司名称、商品名称、服务名称等可能是各公司作为商标使用的名称。

© 2026
Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation

产品使用注意事项

以下将株式会社东芝及其子公司和关联公司统称为“本公司”。
以下将本资料中刊载的硬件、软件及系统统称为“本产品”。

- 本资料的刊载内容，包括本产品的相关信息等，可能因技术进步等原因而不经预告予以变更。
- 未经本公司事先书面同意，禁止转载、复制本资料。此外，即使获得本公司事先书面同意转载、复制本资料，也请勿对记载内容进行任何变更或删除。
- 本公司致力于提高质量和可靠性，但半导体及存储产品一般仍存在误动作或故障的可能性。使用本产品时，为避免因本产品的误动作或故障而危及生命、身体、财产，请贵司自行负责对贵司的硬件、软件、系统进行必要的安全设计。另外，在设计和使用时，请确认有关本产品的最新信息(本资料、规格书、数据手册、应用笔记、半导体可靠性手册等)以及使用本产品的设备的使用说明书、操作说明书等，并遵照执行。此外，在使用上述资料等所记载的产品数据、图、表等所示的技术内容、程序、算法及其他应用电路示例等信息时，请对贵司的产品单体及系统整体进行充分评估，并由贵司自行负责判断是否适用。
- 本产品并非意图用于、也不保证可用于要求特别高的质量和可靠性，或其故障、误动作可能危及生命和身体、可能造成巨大财产损失、或可能对社会产生严重影响的设备(以下称为“特定用途”)。特定用途包括核能相关设备、航空航天设备、医疗设备(与生命直接相关的设备)、车载及运输设备、防卫相关设备等，但本资料中单独记载的用途除外。若用于特定用途，本公司概不承担任何责任。另外，详情请咨询本公司营业窗口，或通过本公司网站的咨询表单进行咨询。
- 请勿对本产品进行拆解、解析、逆向工程、改造、变更、改编、复制等。
- 本产品不得用于依据国内外法律法规、规则及命令被禁止制造、使用、销售的产品。
- 本资料中刊载的技术信息旨在说明产品的典型工作及应用，在使用该信息时，并不构成对本公司及第三方的知识产权及其他权利的保证或实施权的许可。
- 除非另有书面合同或贵司与本公司达成一致的规格书，否则本公司对本产品及技术信息不作任何明示或默示的保证(包括但不限于功能动作的保证、适销性的保证、符合特定目的的保证、信息准确性的保证、不侵犯第三方权利的保证)。
- 请勿将本产品或本资料中刊载的技术信息用于大规模杀伤性武器的开发等目的、军事利用目的或其他军事用途目的。此外，出口时请遵守《外汇及外国贸易法》、《美国出口管理条例》等适用的出口相关法律法规，并按照其规定办理必要的手续。

- 有关本产品的 RoHS 符合性等详细信息，请务必就每个产品向本公司营业窗口进行咨询。使用本产品时，请充分调查限制特定物质含有及使用的 RoHS 指令等适用的环境相关法律法规，并在符合这些法规的前提下使用。对于因贵司未遵守上述法律法规而产生的损害，本公司概不承担任何责任。

Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation

https://toshiba.semicon-storage.com/cn/

© 2026
Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation

RESTRICTIONS ON PRODUCT USE

Toshiba Corporation and its subsidiaries and affiliates are collectively referred to as “TOSHIBA”.
Hardware, software and systems described in this document are collectively referred to as “Product”.

- TOSHIBA reserves the right to make changes to the information in this document and related Product without notice.
- This document and any information herein may not be reproduced without prior written permission from TOSHIBA. Even with TOSHIBA's written permission, reproduction is permissible only if reproduction is without alteration/omission.
- Though TOSHIBA works continually to improve Product's quality and reliability, Product can malfunction or fail. Customers are responsible for complying with safety standards and for providing adequate designs and safeguards for their hardware, software and systems which minimize risk and avoid situations in which a malfunction or failure of Product could cause loss of human life, bodily injury or damage to property, including data loss or corruption. Before customers use the Product, create designs including the Product, or incorporate the Product into their own applications, customers must also refer to and comply with (a) the latest versions of all relevant TOSHIBA information, including without limitation, this document, the specifications, the data sheets and application notes for Product and the precautions and conditions set forth in the "TOSHIBA Semiconductor Reliability Handbook" and (b) the instructions for the application with which the Product will be used with or for. Customers are solely responsible for all aspects of their own product design or applications, including but not limited to (a) determining the appropriateness of the use of this Product in such design or applications; (b) evaluating and determining the applicability of any information contained in this document, or in charts, diagrams, programs, algorithms, sample application circuits, or any other referenced documents; and (c) validating all operating parameters for such designs and applications. **TOSHIBA ASSUMES NO LIABILITY FOR CUSTOMERS' PRODUCT DESIGN OR APPLICATIONS.**
- **PRODUCT IS NEITHER INTENDED NOR WARRANTED FOR USE IN EQUIPMENTS OR SYSTEMS THAT REQUIRE EXTRAORDINARILY HIGH LEVELS OF QUALITY AND/OR RELIABILITY, AND/OR A MALFUNCTION OR FAILURE OF WHICH MAY CAUSE LOSS OF HUMAN LIFE, BODILY INJURY, SERIOUS PROPERTY DAMAGE AND/OR SERIOUS PUBLIC IMPACT ("UNINTENDED USE").** Except for specific applications as expressly stated in this document, Unintended Use includes, without limitation, equipment used in nuclear facilities, equipment used in the aerospace industry, Class 3 medical devices, equipment used for automobiles, and military vehicles and munitions. **IF YOU USE PRODUCT FOR UNINTENDED USE, TOSHIBA ASSUMES NO LIABILITY FOR PRODUCT. For details, please contact your TOSHIBA sales representative or contact us via our website.**
- Do not disassemble, analyze, reverse-engineer, alter, modify, translate or copy Product, whether in whole or in part.
- Product shall not be used for or incorporated into any products or systems whose manufacture, use, or sale is prohibited under any applicable laws or regulations.
- The information contained herein is presented only as guidance for Product use. No responsibility is assumed by TOSHIBA for any infringement of patents or any other intellectual property rights of third parties that may result from the use of Product. No license to any intellectual property right is granted by this document, whether express or implied, by estoppel or otherwise.
- **ABSENT A WRITTEN SIGNED AGREEMENT, EXCEPT AS PROVIDED IN THE RELEVANT TERMS AND CONDITIONS OF SALE FOR PRODUCT, AND TO THE MAXIMUM EXTENT ALLOWABLE BY LAW, TOSHIBA (1) ASSUMES NO LIABILITY WHATSOEVER, INCLUDING WITHOUT LIMITATION, INDIRECT, CONSEQUENTIAL, SPECIAL, OR INCIDENTAL DAMAGES OR LOSS, INCLUDING WITHOUT LIMITATION, LOSS OF PROFITS, LOSS OF OPPORTUNITIES, BUSINESS INTERRUPTION AND LOSS OF DATA, AND (2) DISCLAIMS ANY AND ALL EXPRESS OR IMPLIED WARRANTIES AND CONDITIONS RELATED TO SALE, USE OF PRODUCT, OR INFORMATION, INCLUDING WARRANTIES OR CONDITIONS OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, ACCURACY OF INFORMATION, OR NONINFRINGEMENT.**
- Do not use or otherwise make available Product or related software or technology for any military purposes, including without limitation, for the design, development, use, stockpiling or manufacturing of nuclear, chemical, or biological weapons or missile technology products (mass destruction weapons). Product and related software and technology may be controlled under the applicable export laws and regulations including, without limitation, the Japanese Foreign Exchange and Foreign Trade Law and the U.S. Export Administration Regulations. Export and re-export of Product or related software or technology are strictly prohibited except in compliance with all applicable export laws and regulations.
- Please contact your TOSHIBA sales representative for details as to environmental matters such as the RoHS compatibility of Product. Please use Product in compliance with all applicable laws and regulations that regulate the inclusion or use of controlled substances, including without limitation, the EU RoHS Directive. **TOSHIBA ASSUMES NO LIABILITY FOR DAMAGES OR LOSSES OCCURRING AS A RESULT OF NONCOMPLIANCE WITH APPLICABLE LAWS AND REGULATIONS.**

Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation

https://toshiba.semicon-storage.com/

© 2026
Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation