

## 摘要

本用户指南以 TCAN1146-Q1 作为示例器件，介绍了 Q&A 看门狗的功能和使用方法。此外，还介绍了看门狗的基础知识及其三种常见实现方式。本文以 TCAN1146-Q1 的看门狗功能为例进行配置，并进一步介绍其使用方法。

## 内容

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| 1 看门狗一般说明.....                  | 1 |
| 2 超时看门狗.....                    | 1 |
| 3 窗口看门狗.....                    | 2 |
| 4 Q&A 看门狗.....                  | 2 |
| 5 在 TCAN1146 中使用 Q&A 看门狗示例..... | 2 |
| 6 看门狗配置.....                    | 2 |
| 7 看门狗服务.....                    | 3 |
| 8 总结.....                       | 5 |

## 插图清单

|                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| 图 7-1. 看门狗 Q&A 多答案模式的计时和时序.....       | 3 |
| 图 7-2. 看门狗维护时序成功示例.....               | 4 |
| 图 7-3. 错误响应导致出现故障周期的示例.....           | 4 |
| 图 7-4. 错过响应窗口导致故障周期出现的示例.....         | 5 |
| 图 7-5. 控制器未在计时窗口结束前响应导致故障周期出现的示例..... | 5 |

## 表格清单

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
| 表 6-1. 与 TCAN1146 看门狗相关的寄存器列表..... | 2 |
|------------------------------------|---|

## 商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

## 1 看门狗一般说明

在电子行业，看门狗功能用于提升系统可靠性的常见功能。看门狗是用于验证器件控制器是否正常运行的计时器。这可以通过定期更新器件控制器，或根据特定的时序来复位受控器件中的计时器来实现。若该操作未正确执行，将生成中断或超时信号，并且会执行某种纠正措施（具体因系统设计而异）。对于人工干预难度大、不可行或无法及时干预的系统，系统强制将主控制器复位，使其自行修复出现的任何问题。本文将进一步介绍 Q&A 看门狗的定义、工作原理和配置该功能时的注意事项。本文以德州仪器 (TI) TCAN1146-Q1 为例，介绍这种看门狗的功能、时序和寄存器。

## 2 超时看门狗

超时看门狗是看门狗功能最简单的一种实现方式。其一般原理为：首个看门狗触发信号一经发送，计时器立即启动，并且此触发信号必须在配置的时限内发送，否则会出现错误。在大多数情况下，如果计时器在触发信号发送前结束，则错误计数器计数会递增。在此计数器达到一定数值后，将向控制器发送故障（中断）信息，控制器将启动诊断功能或复位机制。

### 3 窗口看门狗

窗口看门狗计时器分为开放窗口和闭合窗口，除此之外，窗口看门狗与超时看门狗功能相似。顾名思义，开放窗口是指发送和接受看门狗触发信号的时段，闭合窗口是指无法发送看门狗触发信号的时段。如果在闭合窗口期内发送触发信号，或者开放窗口期在发送触发信号前超时，则错误计数器计数递增。这款看门狗计时器采用以下设计理念：微控制器必须具有高精度，以避免出现环路锁定的情况，而在微控制器处于永无休止的环路中时，仍可对超时看门狗进行维护。

### 4 Q&A 看门狗

问答 (Q&A) 看门狗同时具备超时看门狗和窗口看门狗的功能，并且可向控制器提出疑问，因此更为复杂。采用此方法时，控制器应对具体问题进行答复，以定期对看门狗进行维护。这些问题可能由看门狗器件报告、基于上一次的答复或属于预定时序的一部分。每个问题的答案均需按正确的时序、在一定的时间窗口内提供。这些问题可能是简单的数学函数，也可能是位移运算，后者需要控制器对动态状况作出积极响应，而不仅是满足计时需求。如果控制器未在时间窗口内答复问题，未按时序对消息进行答复或者给出错误答复，则说明控制器出现错误。

### 5 在 TCAN1146 中使用 Q&A 看门狗示例

为了解 Q&A 看门狗如何运行以及 Q&A 看门狗计时器的功能，我们将使用 TCAN1146 对其实现方式进行展示。TCAN1146 是一款带有串行外设接口 (SPI) 和看门狗功能的 CAN 收发器。看门狗计时器在该器件中启用后，可配置为三种模式：超时、窗口和 Q&A。本文重点介绍 Q&A 看门狗。

#### NOTE

Q&A 看门狗具有超时看门狗和窗口看门狗的功能，因此采用 Q&A 看门狗的器件通常可以简化看门狗计时器配置。

### 6 看门狗配置

在初始化 TCAN1146 时，必须选择并启用看门狗的各种可配置特性。这些特性包括：看门狗类型（在本例中为 Q&A）、窗口计时（定义每个响应窗口的时长和看门狗周期的最终时长）、错误计数器阈值（定义触发看门狗事件所需的累计错误数）、触发操作（一旦错误计数超过定义的阈值将采取何种操作）以及问题生成类型、多项式和种子（用于表征如何根据问题数值计算答案）。下表列出了 TCAN1146 中用于配置各个特性的寄存器。该器件数据表包含针对每个寄存器的说明，以及位与不同功能的映射关系。

表 6-1. 与 TCAN1146 看门狗相关的寄存器列表

| 寄存器地址 | 寄存器名称          | 说明                  |
|-------|----------------|---------------------|
| 0x13  | WD_CONFIG_1    | 看门狗配置以及出现故障时的操作     |
| 0x14  | WD_CONFIG_2    | 设定窗口时间，显示错误计数器的当前数值 |
| 0x15  | WD_INPUT_TRIG  | 用于重置或启动看门狗的寄存器      |
| 0x16  | WD_RST_PULSE   | 在看门狗出现故障时重置脉冲宽度     |
| 0x2D  | WD_QA_CONFIG   | 与 Q&A 看门狗配置相关的配置    |
| 0x2E  | WD_QA_ANSWER   | 用于写入计算所得答案的寄存器      |
| 0x2F  | WD_AQ_QUESTION | 读取当前 Q&A 看门狗问题      |

## 7 看门狗服务

Q&A 看门狗需每个看门狗周期进行一次维护。该维护频率取决于 WD\_TIMER 和 WD\_PRE 寄存器位配置的窗口时间。看门狗周期分为两个响应窗口，各占看门狗周期时长的一半：WD 响应窗口 #1 和 WD 响应窗口 #2。在第一个窗口内，控制器读取问题<sup>1</sup>并返回前三个答案。然后控制器会等待在第二个窗口内发送第四个和最后一个答案。在第二个窗口结束时，会开始新的看门狗周期，并重复以上流程。

### NOTE

在使用 Q&A 看门狗时，由于每个看门狗 Q&A 事件需要使用数个 SPI 字节，建议窗口时长大于 64ms。

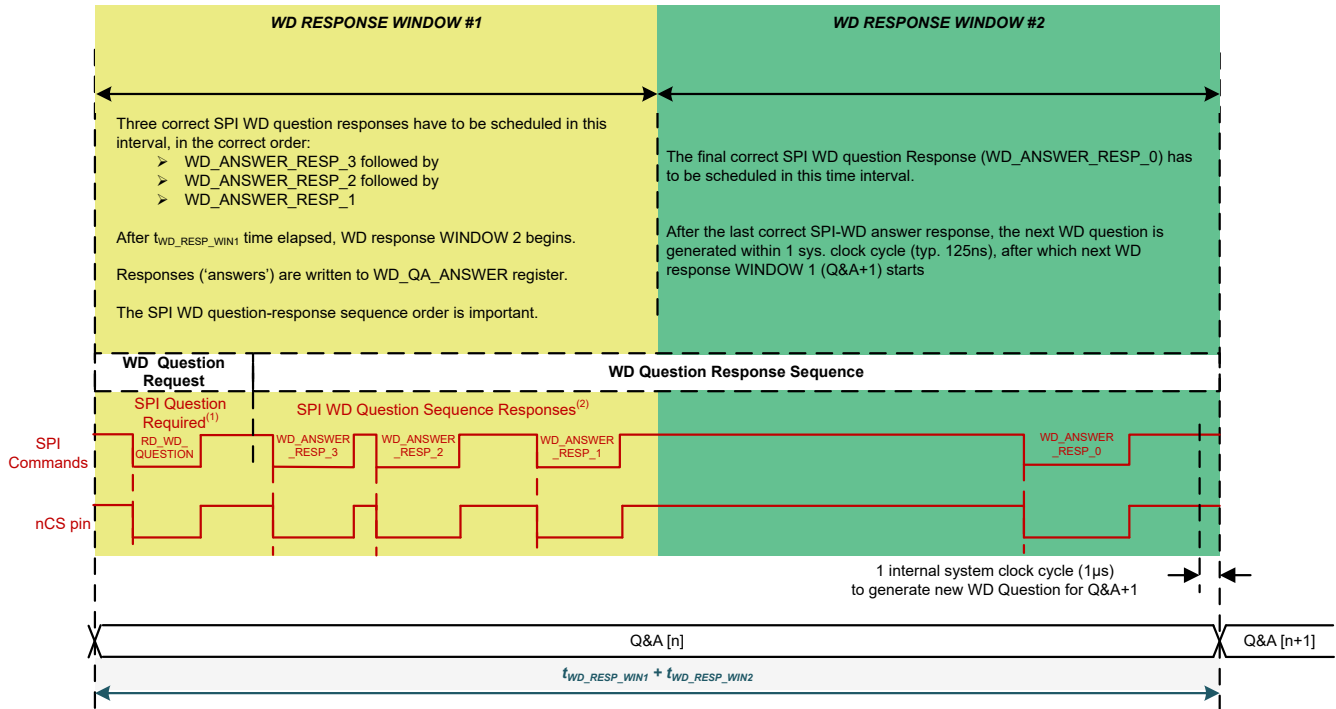


图 7-1. 看门狗 Q&A 多答案模式的计时和时序

<sup>1</sup> 若问题的答案已知，则无需读取看门狗所提的问题。该窗口内的第一个事务可以是响应时序。

## 7.1 看门狗良好事件

每成功完成一个看门狗周期，错误计数器计数递减一。这意味着一些故障周期（具体取决于配置的错误计数器阈值）出现时不会触发看门狗。如果在控制器恢复之前发生故障但故障周期计数未超出阈值，则后续的成功周期可将计数器归零，而无需发送触发或复位信号。

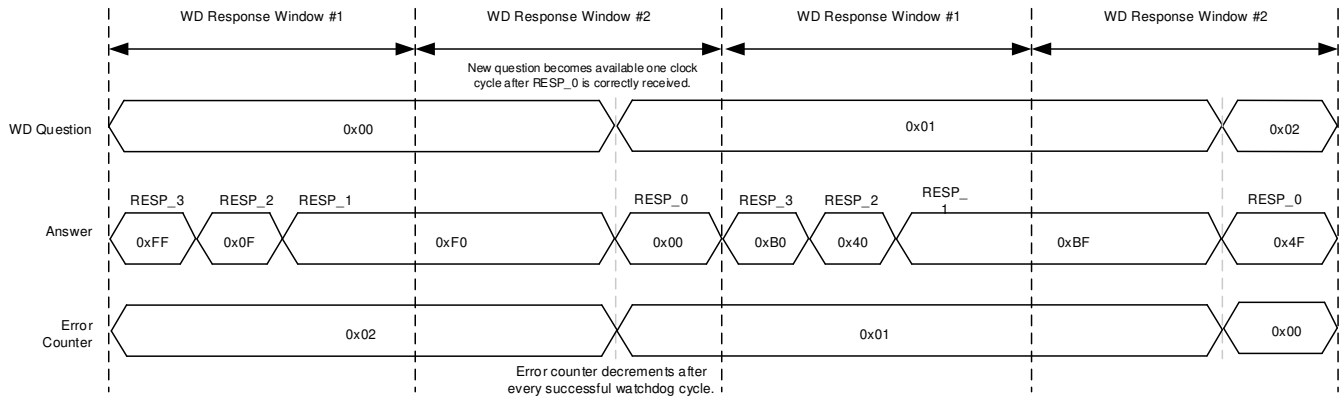


图 7-2. 看门狗维护时序成功示例

## 7.2 看门狗应答错误

如果控制器出现以下任一情况，则会导致看门狗故障周期的出现：未在超时前答复问题，未按时序或未在特定窗口内答复消息，或者给出错误答案。出现故障周期时，错误计数器计数递增。一旦错误计数器超出配置阈值，器件将触发看门狗事件。TCAN1046 可配置为提供用于电源使能线 (INH) 的脉冲，以复位本地节点和控制器并设置看门狗中断，或者配置为仅设置看门狗中断，并允许通过其他方式恢复系统。控制器任何响应中的错误答案都会导致周期故障，并且错误计数器计数递增。出现此类事件，可能意味着控制器无法对外部信号做出正确响应，因此必须对其进行复位。

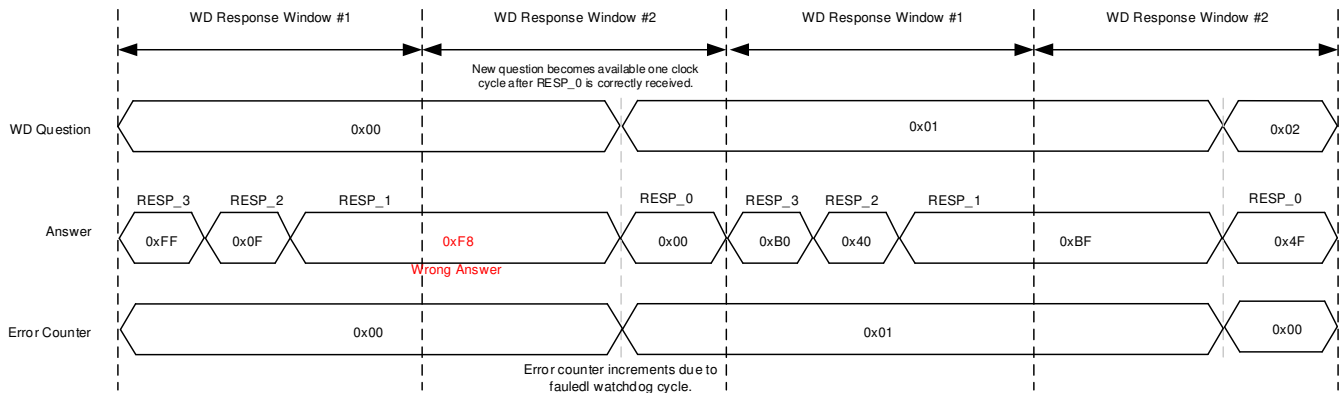


图 7-3. 错误响应导致出现故障周期的示例

### 7.3 看门狗超时

如果控制器在错误的响应窗口写入答案，则会导致故障周期出现，并且看门狗错误计数器计数递增。窗口看门狗也会进行此类检查，以防止系统出现严重的计时错误。如果错误严重且出现频率高，可进行复位。

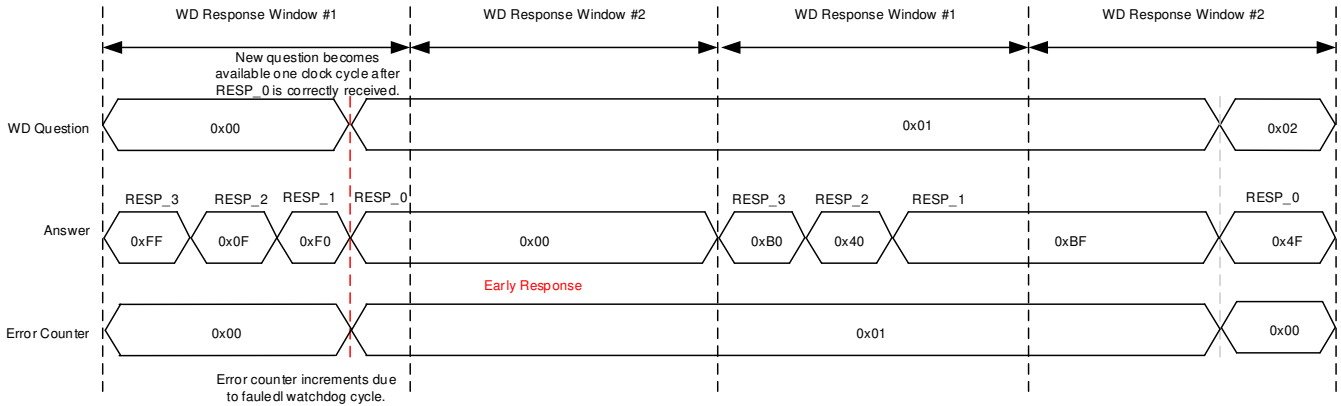


图 7-4. 错过响应窗口导致故障周期出现的示例

### 7.4 看门狗无响应

在计时窗口结束前，若控制器未对看门狗做出正确数量的答复，则故障周期出现且错误计数器计数递增。这种情况运用了超时看门狗的功能，表明控制器可能由于内部环路挂起。

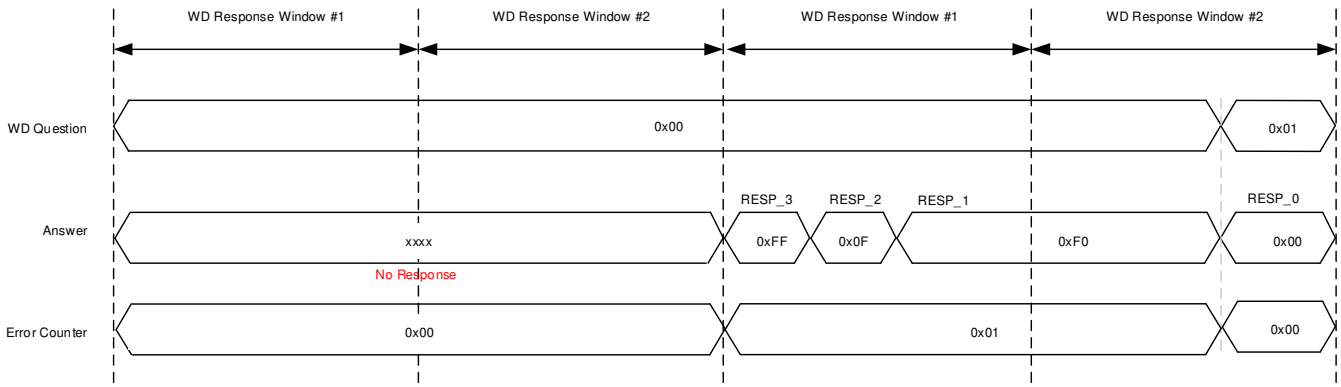


图 7-5. 控制器未在计时窗口结束前响应导致故障周期出现的示例

## 8 总结

Q&A 看门狗既具备超时和窗口看门狗的功能，又能够满足对基于状态的响应的额外需求。实现这类失效防护设计的系统具有更高的可靠性，可确保控制器能够持续进行中等复杂度的外部连接，并保证内部运行的一致性。

## 重要声明和免责声明

TI 提供技术和可靠性数据 (包括数据表)、设计资源 (包括参考设计)、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源, 不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保, 包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任: (1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品, (2) 设计、验证并测试您的应用, (3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保或其他要求。这些资源如有变更, 恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务, TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 TI 的销售条款 (<https://www.ti.com/legal/termsofsale.html>) 或 [ti.com](https://www.ti.com) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

邮寄地址: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2021, 德州仪器 (TI) 公司

## 重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2022，德州仪器 (TI) 公司