

Application Note

CAN SBC 的唤醒方法



Parker Dodson

摘要

系统基础芯片 (SBC) 让设计人员有机会将电源管理、保护功能和 CAN/LIN 通信集成到通过单个控制系统实现统一的单个封装中。这些器件还具有低功耗优势，其中的许多器件能够在睡眠模式下实现低于 100uA 的电流，这对于电池应用至关重要。但是，SBC 不能始终处于睡眠模式中，必须在模式之间切换才能完成设计的任务。默认情况下，大多数 SBC 在睡眠模式期间无法通过 SPI 总线进行通信，因此提出了一个问题：SBC 在睡眠后如何唤醒？在这种情况下应使用 SBC 的唤醒功能，本文档概述了各种 SBC 的常用唤醒方法。

内容

1 简介.....	2
2 收发器的睡眠模式与 SBC 的睡眠模式.....	2
在 SPI 通信激活的情况下唤醒.....	2
3 本地唤醒 (LWU).....	3
4 数字唤醒.....	6
5 循环唤醒.....	7
6 通过外部组件扩展用于循环唤醒的计时器.....	8
7 循环检测唤醒.....	11
8 CAN BWRR.....	12
9 局部联网.....	13
10 总结.....	15
11 参考资料.....	15

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 简介

系统基础芯片 (SBC) 可供设计人员在设计中使用，因为它们将大量功能集成到单一封装中，并且能够进入低功耗睡眠模式。SBC 在睡眠模式期间通常关闭总线通信以节省功耗。这就引出了一个关键问题：**SBC 如何“知道”应在何时唤醒？**这个问题的答案很简单，就是通过器件唤醒例程来实现。本文档讨论了以下内容：**SBC** 和集成收发器之间的睡眠模式差异、如何在睡眠期间通信总线导通的情况下唤醒器件，以及通过 **WAKE** 引脚实现的本地唤醒。讨论的其他主题包括从 **MCU** 进行的数字唤醒、循环唤醒、循环检测唤醒和 **CAN BWRR**，并附有局部联网和选择性唤醒的注释。

2 收发器的睡眠模式与 SBC 的睡眠模式

在讨论各种唤醒方法之前，必须先讨论一些概念。集成到 **SBC** 中的收发器与 **SBC** 的其余部分在一定程度上独立，这意味着收发器的模式不会反映整个 **SBC** 的模式。但是，请注意 **SBC** 当前状态决定了可用的模式。这意味着唤醒可以有两种不同的含义：唤醒 **SBC** 或唤醒收发器。通常，为了使收发器完全正常工作和通信，**SBC** 必须处于**正常模式**；但是，处于正常模式的 **SBC** 不会验证收发器是否处于活动状态。收发器可以处于支持唤醒状态。主要结果是，当 **SBC** 处于唤醒状态时，唤醒信号可以到达 **SBC**，但该信号专门用于收发器。有关收发器和 **SBC** 模式的更多信息，请参阅器件特定的数据表。

在 SPI 通信激活的情况下唤醒

最简单的唤醒方法是在应用需要唤醒器件时使用 **SPI** 命令切换收发器模式和 **SBC** 模式。通常，**SPI** 总线由 **SBC** 内部的稳压器供电，默认情况下该稳压器在睡眠模式下将关闭，以降低电流消耗。但是，许多中端 **SBC** (如 **TCAN24xx-Q1** 和 **TCAN28xx-Q1**) 都可以选择在 **SBC** 处于睡眠模式时打开 **SPI** 稳压器 (两种器件均为 **VCC1**)。这意味着 **SBC** 可以处于睡眠状态。如果 **VCC1** 处于运行状态，这意味着 **SPI** 总线也处于运行状态，最终用户可以发送 **SPI** 命令将 **SBC** 切换到不同的模式，例如待机或正常模式。这样可使主机控制器能够通过一条简单的 **SPI** 命令来唤醒 **SBC**。但这会导致睡眠期间电流消耗增加，因为内部稳压器处于开启和活动状态。

前面介绍了内部稳压器开启时 **SBC** 的简单唤醒方法，但收发器的情况如何？由于收发器状态可以通过 **SPI** 命令更改，因此也可以使用一条简单的 **SPI** 命令来唤醒收发器。查看器件数据表，以验证特定 **SBC** 模式也允许最终用户更改收发器模式。如果允许这样做并且 **SPI** 总线处于活动状态，则只能使用一条简单 **SPI** 命令 (例如 **SBC** 模式开关) 来更改寄存器地址和写入的数据。

这主要涵盖平常的唤醒形式，但在许多应用中，**SBC** 没有主稳压器处于活动状态，因此必须考虑其他唤醒方法。

3 本地唤醒 (LWU)

对基本唤醒方法有了初步了解后,就需要了解 SBC 主稳压器 (通常表示为 VCC1) 关闭时的唤醒方法。许多 SBC 设计人员在系统中有这种要求,为此许多 SBC 包含分立式 WAKE 引脚,该引脚的主要功能是用作本地唤醒输入,在 SBC 的睡眠模式期间可以激活该输入,而与主电源是否处于活动状态无关。许多 SBC 包含多个 WAKE 引脚;TCAN28XX-Q1 系列器件包括三个分立式 WAKE 输入,而 TCAN24xx-Q1 系列包括四个分立式 WAKE 输入。这意味着,在通过这些 WAKE 引脚强制 SBC 退出睡眠模式并进入运行状态的设计中,可以存在多个唤醒源。

WAKE 引脚上的唤醒信号输入称为本地唤醒 (LWU),因为唤醒源是 SBC 本地的信号 (在同一子系统中)。虽然可以有各种类型的唤醒信号,但 TI SBC 包含以下唤醒方案:双向边沿检测、上升沿检测、下降沿检测和脉冲检测。所有边沿检测的工作原理相对接近。如果唤醒引脚超过相应阈值,并且信号保持了最短时间 (t_{wake}),则会向 SBC 控制块发送唤醒条件。对于上升沿,这意味着 WAKE 引脚电压从低电平状态变为高电平状态,并且在唤醒信号从内部生成到 SBC 之前已保持至少 t_{wake} 。下降沿刚好与上升沿相反,例如,如果 WAKE 引脚电压从高电平状态变为低电平状态,并且在唤醒信号从内部生成到 SBC 之前已保持至少 t_{wake} 。双向边沿检测可在 WAKE 引脚上检测到任何满足最小时序要求的高电平到低电平或低电平到高电平的电平转换时,生成唤醒信号。我们以 TI SBC TCAN2847-Q1 的上升沿和下降沿本地唤醒信号为例进行展示 - 但这适用于 TI 的多个 SBC 器件。

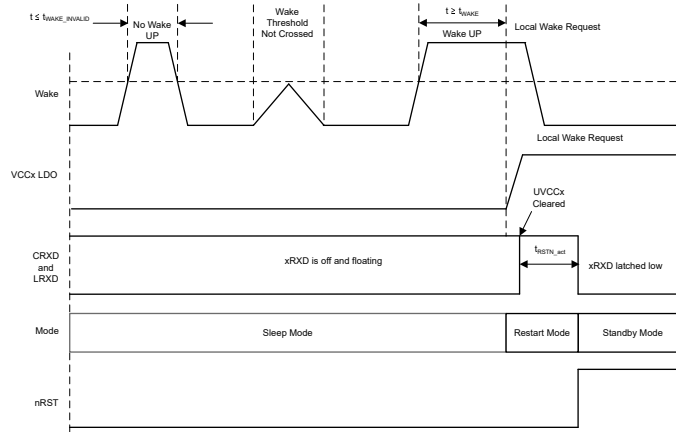


图 3-1. 本地唤醒: 所示为上升沿 (TCAN2847-Q1)

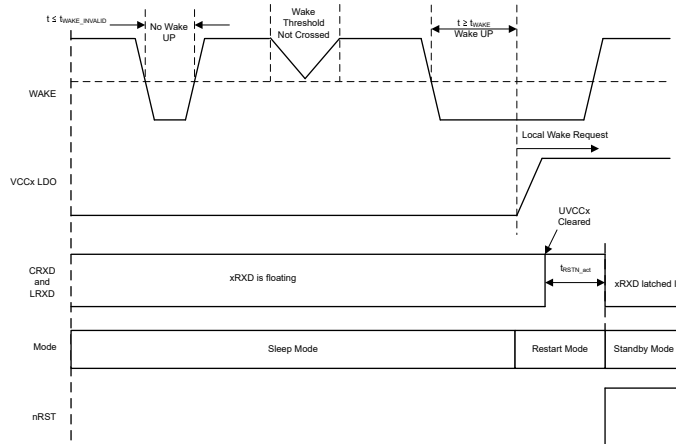


图 3-2. 本地唤醒: 所示为下降沿 (TCAN2847-Q1)

除了边沿检测之外，还有一种脉冲检测比标准边沿检测更复杂，因为现在需要考虑更多的规格。边沿检测和脉冲检测的标准阈值电平相同；它们通常可以在 **SBC** 内进行配置。有关特定 **SBC** 器件阈值的更多信息，请参阅特定 **SBC** 数据表。但是，脉冲方向也必须指定为低电平到高电平脉冲或高电平到高电平脉冲，因此如果使用脉冲检测唤醒，脉冲的极性非常重要。此外，还有关于脉冲检测的时序注意事项。脉冲检测中主要使用三种时序规格，这些规格从最短至最长分别为 $t_{wk_width_invalid}$ 、 $t_{wk_width_min}$ 和 $t_{wk_width_max}$ 。这些时间范围通常可在 **SBC** 内配置。为了检测到有效脉冲，脉冲必须 $\geq t_{wk_width_min}$ 且 $\leq t_{wk_width_max}$ ；如果脉冲 $< t_{wk_width_min}$ 且 $> t_{wk_width_invalid}$ ，则可以检测到唤醒条件。当查看 **TCAN2847-Q1** 和类似器件的行为（允许在 **WAKE** 引脚上进行基于脉冲的唤醒）时，可以观察到这种情况。

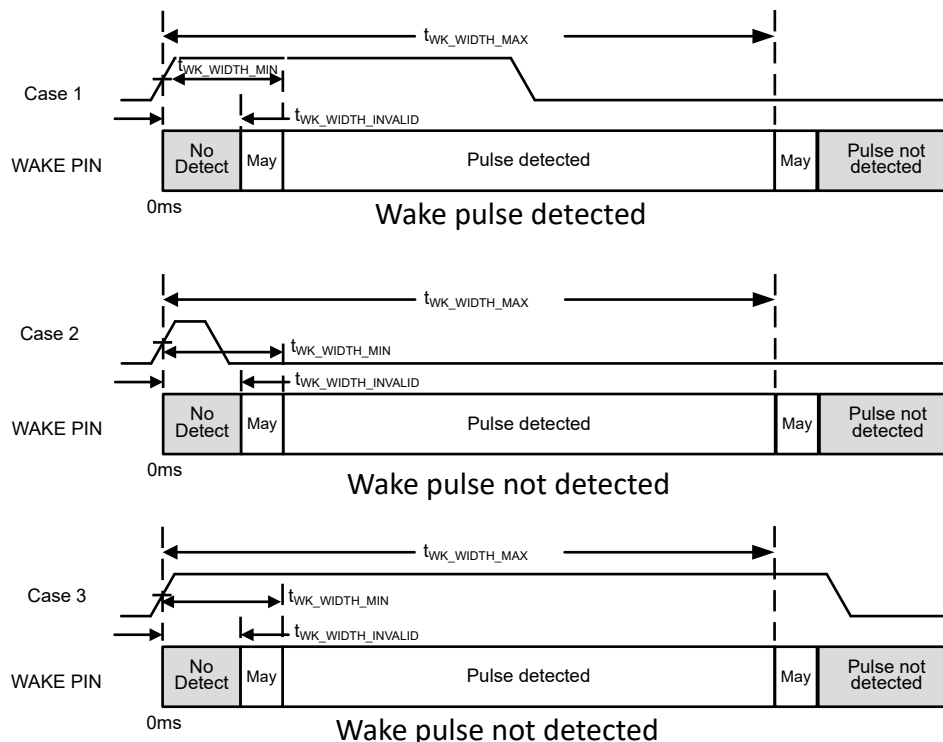


图 3-3. 本地唤醒：脉冲检测 (TCAN2847-Q1)

请注意，这些 **WAKE** 引脚可耐受高电压，通常可以承受比 **SBC** 电源引脚更高的电压。请务必查看具体器件数据表。上述定义给出了使用 **WAKE** 引脚的最常见用例。本应用手册中稍后会进一步说明一些使用情况。

WAKE 引脚通常易于使用。设计人员如何在生产系统中使用它们？请看这个位于车门上的 **SBC** 真实示例，每次车门打开或关闭时都必须唤醒该 **SBC**。假定使用霍尔效应传感器来确定车门是否已关闭。例如，当车门关闭时，传感器会检测到车门何时关闭且电流不会流过传感器，显示表明车门状况的二进制信号。为简单起见，假定霍尔效应传感器只有三个引脚（**VCC**、**GND** 和 **OUT**），其中 **OUT** 指示车门关闭还是打开。这是 **TMAG5131-Q1** 之类器件的常见配置，可用作 **SBC** 唤醒源。

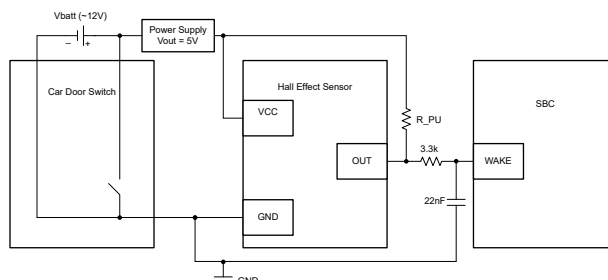


图 3-4. 霍尔效应传感器作为 **SBC** 的本地唤醒源的图示

在此简化示例中，车门具有一个开关，它在车门关闭时传导电流，而当车门打开时该电路为开路，不传导电流。这种电流状态和无电流状态可通过霍尔效应传感器检测。图中的传感器输出为开漏输出，但并非必须如此。这取决于所选的霍尔效应传感器。如果假定无电流意味着 **OUT** 引脚上为低电平输出，而检测到的电流是 **OUT** 引脚上的高电平输出，则可以确定必须使用的唤醒状态。由于此示例是每次车门状态变化时将 **SBC** 唤醒，并且每种车门状态由高逻辑电平或低逻辑电平表示，因此 **WAKE** 引脚必须配置为双向边沿检测。另一个重要的概念是唤醒电平配置。在这个具体示例中使用 **5V** 霍尔效应传感器，这意味着最大输出也将限制在 **5V** 左右。因此上升阈值必须低于传感器的最大输出电压。如果实现了正确的唤醒配置，这对于 **SBC** 来说不是问题。前面的示例不是使用 **SBC WAKE** 引脚的唯一方法，只是举例说明设计人员如何将唤醒功能实现到系统中的一个常见用例。

4 数字唤醒

有些 SBC (包括 TCAN28xx-Q1 和 TCAN24xx-Q1 系列中端 SBC 器件) 中提供的另一种唤醒类型是通过软件调试 (SW) 引脚实现数字唤醒。这些器件上的 SW 引脚主要是作为输入，可用于防止 SBC 由于看门狗缺失而执行操作。但是，该引脚还有备选功能，在睡眠或失效防护模式下用作数字唤醒输入。

该数字唤醒功能因 SBC 模式而异。在这两种情况下，MCU 或支持唤醒的 CAN/LIN 收发器都会更改 SW 引脚上的状态 (从高电平转换为低电平或从低电平转换为高电平)，从而触发 SBC 的唤醒条件。对于睡眠模式，如果启用了数字唤醒功能，SW 引脚上的状态变化足以在 SBC 上触发唤醒

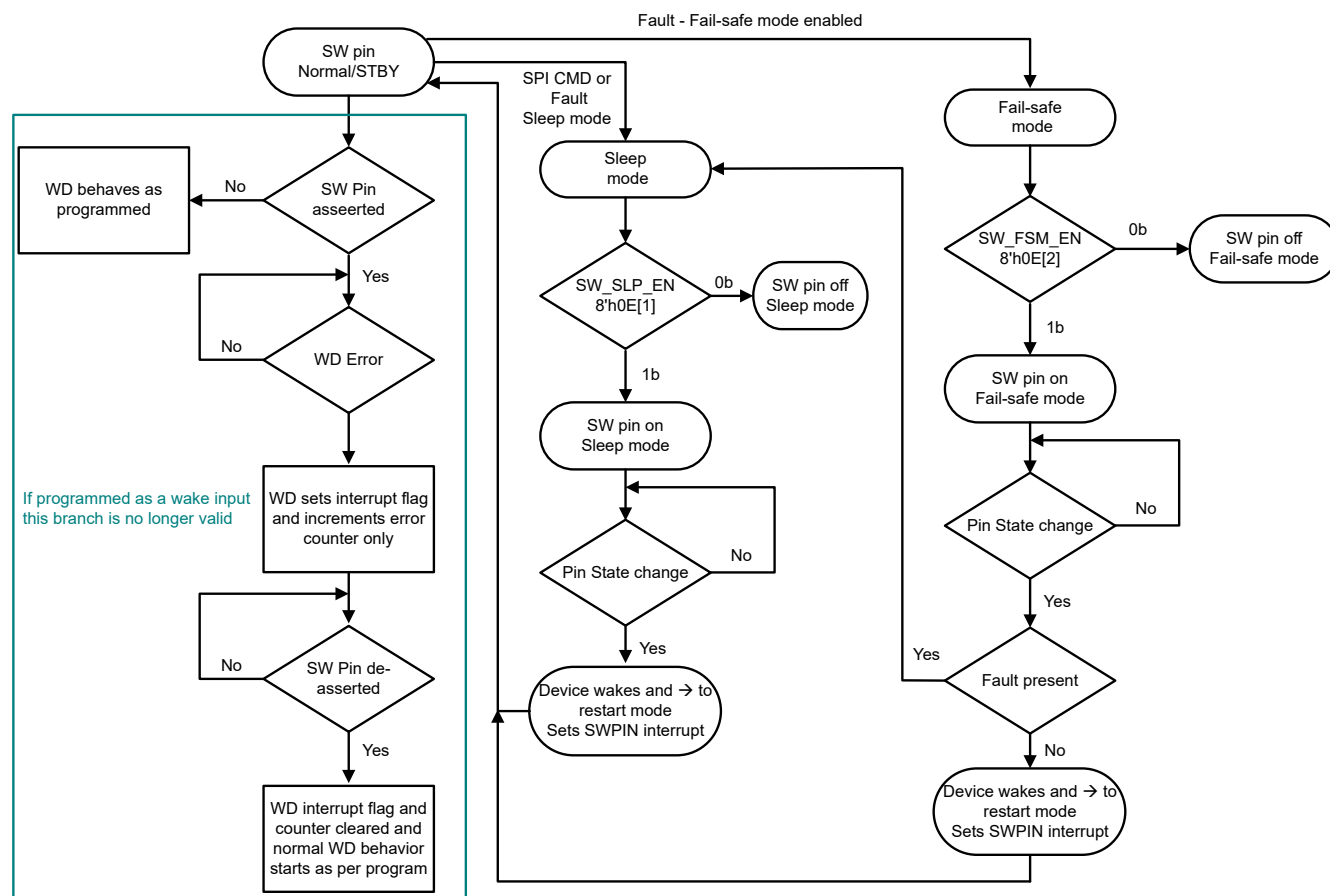


图 4-1. SW 引脚状态图 — 包括数字唤醒

5 循环唤醒

并非所有唤醒方法都需要外部激励。一些 SBC 器件集成了内部计时器，可用于定期唤醒 SBC。这种方法称为循环唤醒：配置集成计时器以定期重复地唤醒 SBC。虽然 SBC 器件的计时器细节可能会有所不同，但 TCAN28xx-Q1 或 TCAN24xx-Q1 中端 SBC 系列中的器件使用 10 位计时器。要理解如何在系统中利用循环唤醒，需要掌握以下要点：不同 SBC 模式之间的运行变化；唤醒方法如何根据器件模式做出响应；可能的配置选项；以及简要说明为何可在系统中采用循环唤醒方案。

通常，大多数 TI SBC 都有一些不同的模式。这些模式可以组合为处于无法直接切换的中间状态的过渡模式；其中包括器件上电时的初始化状态和器件必须转换才能进入待机状态的重启状态。除了瞬时状态外，通常还有 3 种工作模式，分别通常为待机、正常和睡眠模式。在待机模式下，器件导通并正常工作，但通信未发生。器件在上电后进入等待/空闲模式。当 SBC 进入待机模式时，长窗口看门狗计时器将启动，必须正确触发该计时器才能保持在待机模式。否则，器件会重新启动并可能进入失效防护模式或睡眠模式。正常模式下，器件可完全正常工作，包括总线通信。睡眠模式是一种低功耗模式，在该模式下大部分 SBC 都会关断，但如果存在总线通信或器件必须完成的系统功能，则可以将其唤醒。最后，一些 SBC 还包括与睡眠模式类似的失效防护模式，不同之处在于失效防护模式对于器件如何返回待机模式有更多限制，包括消除导致器件进入失效防护模式的任何故障。了解这些模式很重要，因为循环唤醒功能会因 SBC 模式而异。为了更好地说明这一点，本文使用 TCAN2847-Q1 中端 SBC 器件，重点展示循环计时器根据 SBC 工作模式运行的常见方法。

循环唤醒可用于 SBC 器件的正常、待机、睡眠和失效防护模式，但功能会因 SBC 模式而略有不同。在正常模式和待机模式下，循环唤醒功能相同。选择集成的 timer1 或 timer2 并且设置了计时器导通时间后，计时器会在通过中断引脚（TCAN2847-Q1 上的 nINT 引脚）编程的导通 timer1/2 开始时启动，并在编程的导通时间内拉至低电平。SBC 会忽略第一个导通时间周期，但每个后续周期都使用中断引脚来提醒主机处理器已生成了中断标志。通常，以这种方式使用循环唤醒不如在睡眠中使用循环唤醒那么常见，但这种方式仍然可行。在睡眠模式下，一般设置和配置与待机模式和正常模式相同——但主要区别在于器件对导通时间周期的反应方式。当计时器进入导通时间时，SBC 唤醒，转换为重启模式；当 VCC1 可用时，该器件会生成中断标志以确认唤醒，然后转换至待机模式。进入待机模式后，长窗口看门狗计时器启动，并且主机处理器必须正确触发看门狗计时器，否则器件会返回到睡眠模式并等待 timer1/2 的下一个导通时间周期。

循环唤醒还可用于将器件从失效防护模式中唤醒；但是，配置选项通常更为有限。失效防护模式与睡眠模式类似，不同之处在于，除非清除了导致失效防护模式的故障或系统进行上电循环，否则器件无法退出该模式。在查看 TCAN28xx-Q1 中端系列 SBC 器件时，循环唤醒在失效防护模式下可用，但导通时间周期选项限制为 500ms、1s 或 2s。当处于失效防护模式且循环唤醒计时器进入导通周期时，器件会检查故障是否已清除；否则，该过程将会重复，直到睡眠唤醒错误 (SWE) 计时器到期且器件转换至睡眠模式。

那么，为什么在有多种其他唤醒方法的系统中使用循环唤醒？答案因用例而异，但最常见的实现方式之一是在睡眠模式下使用循环唤醒。这为设计人员提供了一种在低功耗或睡眠模式下定期检查系统状态的方法，无需在本地 WAKE 引脚上发生事件。它还可通过受控的方式退出失效防护模式：本质上是通过轮询检查故障是否存在，但仍无来自主机 MCU 或控制器的直接干预来进行轮询。在待机和正常模式下，循环唤醒可用于向主机 MCU 或处理器提醒所经过的时间，主机 MCU 或处理器可使用该提醒在待机和正常模式下修改 SBC 器件的配置——修改可以只是开启 CAN 收发器以启用总线通信。

6 通过外部组件扩展用于循环唤醒的计时器

在系统中使用循环唤醒有许多优势，而用户希望使用循环唤醒的原因很明确。目前，在 TI SBC 上实现的循环计时器的最大计时器周期为 2s。在许多用例中，最长 2s 就足够了。但是，假设一个系统处于低功耗睡眠模式，此时主电源由电池提供。电流消耗在这些类型的应用中至关重要，每次器件被循环计时器唤醒时，由于模式转换到更高功耗的工作模式，电源电流都会增加。考虑到电流消耗，假定系统每次处于低功耗模式数小时。如果电源使用尖峰每 2 秒出现一次，用户发现随着时间的推移会对电池电源产生负面影响。通常，这些设计中的替代选择是将唤醒计时器周期增加到 2 秒以上。较长的计时器周期可减少器件在睡眠模式下的轮询，从而降低总体电流消耗。为了增大 TCAN24xx-Q1 或 TCAN28xx-Q1 或者计时器周期配置选项受限、但仍有本地唤醒引脚的任何 TI SBC 器件的唤醒计时器周期，可采用外部设计。

乍一看，针对这种系统要求的设计似乎很简单：内部 SBC 计时器周期不够长，因此必须使用外部计时器。外部计时器可以将输出连接到本地 SBC WAKE 引脚，以实现增大唤醒计时器周期的目标。在这种类型的应用中，SBC 处于睡眠模式，SBC 的所有集成稳压器都关闭，因此在此期间外部计时器不能由 SBC 供电。这意味着计时器必须由电池供电（在汽车系统中通常为 12V），而 SBC 可以承受高达 28V 的电压。按照类似的注意事项选择外部计时器。根据输入电压要求，TLC3555-Q1 等 555 计时器器件可能适合使用。

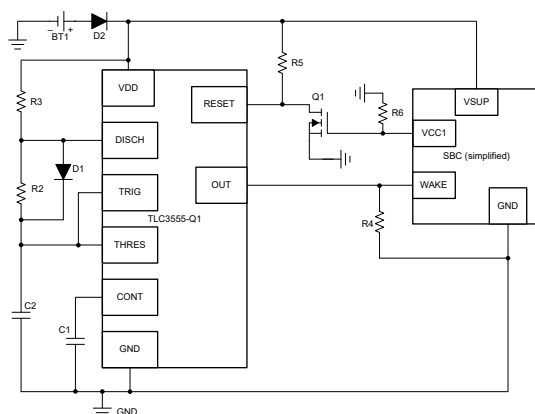


图 6-1. 使用 555 计时器的扩展循环唤醒计时器

此设计基于稳定配置中的经典 555 计时器，可使用简单的 RC 元件进行调优。当 SBC 唤醒时，VCC1 输出将打开 NMOS 并将计时器复位（强制输出低电平）；因此在正常运行期间，555 计时器将复位。当 SBC 进入睡眠状态时，VCC1 关断，555 计时器开始根据电路的 RC 配置在 OUT 引脚上发送脉冲。555 计时器的此输出脉冲可能会超过内部 SBC 计时器上的 2s 最大值。将唤醒引脚切换为仅查找低电平-高电平-低电平脉冲，或低电平到高电平转换。默认情况下，许多 SBC 是边沿检测。

采用这种方法时，有两个设计注意事项。第一个是 TLC3555-Q1 在电源输入只能端承受不超过 20V 的电压，否则器件可能损坏。在 12V 汽车系统中，该值通常不足以应对常见瞬态，这也是 TI SBC 的额定电压为 28V 的原因。第二个原因与低功耗设计有关。许多汽车应用中的一个常见要求是休眠电流小于 100uA。12V 输入时的 TLC3555-Q1 休眠电流在最坏情况下将介于 240uA 至 310uA 之间。如果系统要求使用 100uA 的限值，则使得 100uA 限值完全没有适用空间。如果需要 100uA 休眠电流，有办法可以解决这个问题。

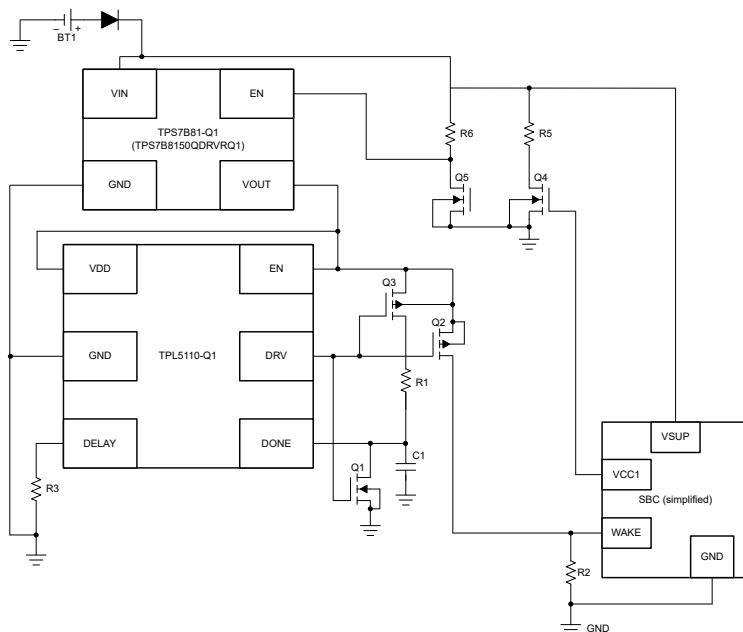


图 6-2. TI SBC 上的低功耗扩展循环唤醒计时器实现

调整后的设计更复杂，但基本理念与之前的理念类似。当 SBC 进入睡眠模式时，计时器开始根据计时器 RC 配置向 WAKE 引脚发送脉冲。为了实现更低的功耗，必须使用更低输入电压的计时器，例如 TPL5110-Q1。由于这是一款 5V 计时器，12V 标称系统输入需要调节至 5V — 为了生成 5V 电源轨，可以在系统其余部分处于睡眠模式时使用 LDO (TPS7B81-Q1)。但是，根据电路图，还需要考虑一些设计注意事项。R3 用于设置间隔周期，它可以介于 100ms 至 7200s (2 小时) 之间。在计时器导通期间，DRV 引脚变为低电平，并打开将 5V 信号连接到 WAKE 引脚的 PMOS，从而启动唤醒信号。但是，脉冲宽度如何？答案在于 DONE 引脚的运行 — 当 DONE 引脚获得高电平有效脉冲时，DRV 引脚会返回高电平。如果未使用 DONE 引脚，则脉冲宽度 (通常) 等于 50ms 的间隔周期。为了能够控制该值，增加了两个 MOSFET：一个 PMOS (Q3) 和一个 NMOS (Q1)。在驱动周期开始时，Q3 开始将信号传导至由 R1 和 C1 构成的 RC 时序电路。当 C1 上的电压达到适当电平时，DRV 引脚返回高电平，关断 Q3 但导通 Q1 以使 DONE 引脚电压恢复到接地电平，从而使 Q1 可以再次重新启动脉冲。脉冲宽度是 RC 时间常数的某个标量倍数。但 LDO 的情况如何？为什么电路中有两个 MOSFET 并不直接与计时器一起使用？答案很简单：只能在睡眠模式下启用睡眠模式 LDO。为此，两个 NMOS 器件 (Q4 和 Q5) 形成一个逆变器，允许 VCC1 (3.3V 或 5V) 在 VCC1 激活 (例如，未处于睡眠或失效防护模式) 时关断 LDO，而当 VCC1 关闭时，LDO 将导通并为计时器供电。这种设计可通过 VCC1 的导通和关断来完全控制间隔周期、脉冲宽度和 LDO 控制。与基于 555 计时器的设计不同，此设计还有功耗节省的优势。

7 循环检测唤醒

循环检测唤醒是许多中端 SBC 集成的另一种潜在唤醒功能。循环检测唤醒使用高侧开关 (HSS) 输出 (通常为 HSS4)、内部计时器、WAKE 引脚之一以及一个唤醒激励源, 该唤醒激励源输出低电平信号来指示唤醒状态。循环检测唤醒可简化为六个引脚或组件。

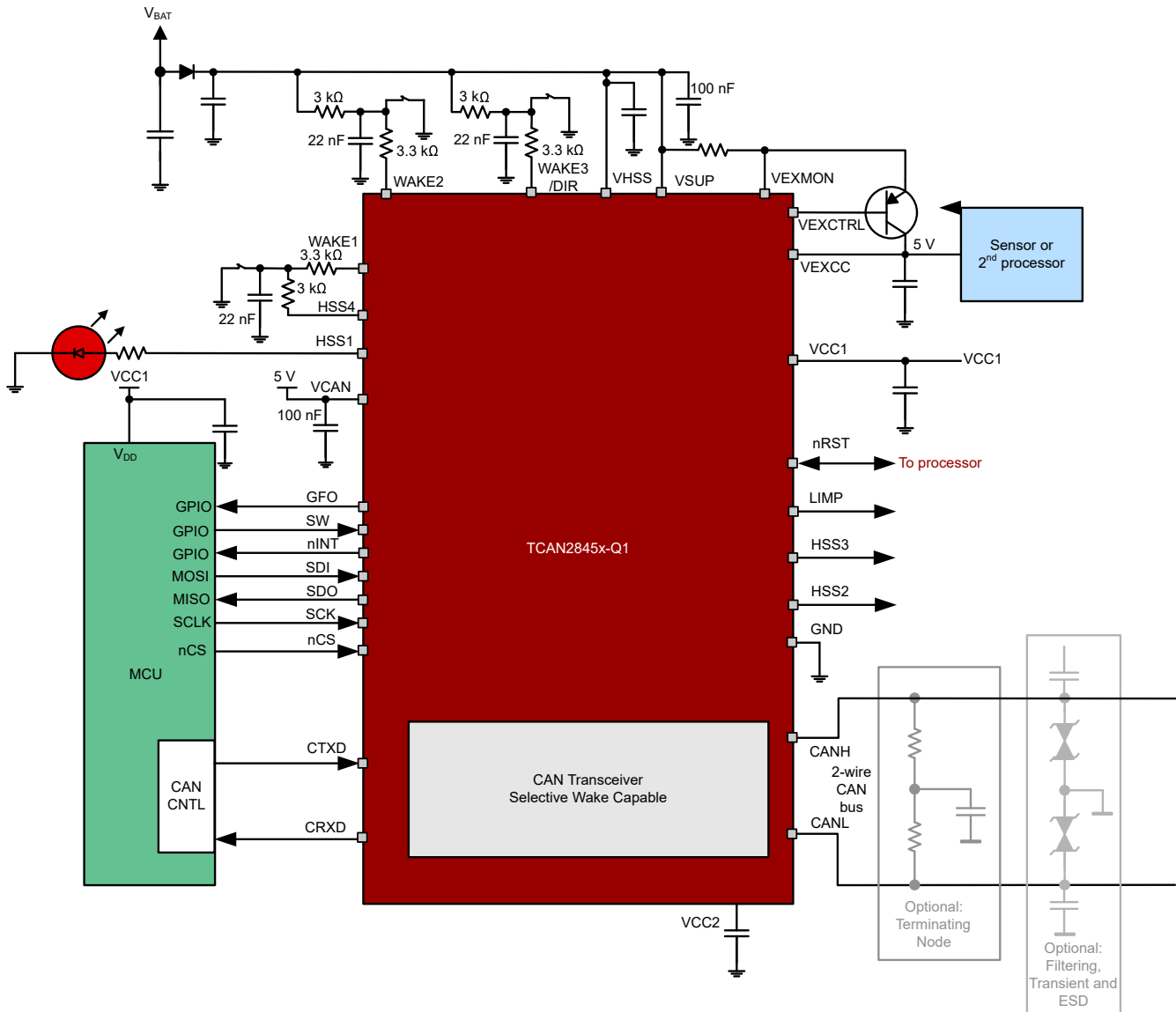


图 7-1. 显示 WAKE1 和 HSS4 上的循环检测唤醒连接的应用图

循环检测模式用于限制睡眠模式下的功耗, 而 WAKE 电路仅在 HSS 模块的导通时间内处于活动状态。通常, HSS 模块的占空比非常小, 仅允许使用来自 VSUP 的少量电流运行。循环检测唤醒的功耗通常由四个主要部分组成: VSUP 和 VHSS 上的 HSS 模块引起的漏电流 (假定 VHSS 和 VSUP 短路)、计时器设置所需的电流、唤醒电路的漏电流, 最后是从相关 HSS 输出引脚拉出的任何电流。这可以通过以下公式进行简化, 但并不包括所有潜在的电流消耗。

$$I_{cyclicsensewake} = \alpha + DC \times (I_{SUP\ HSS} + I_{HSS\ NOLOAD} + I_{SUP - WAKE}) + I_{LOAD - HSS} \quad (1)$$

这些术语可以直接在数据表中找到，只有两个除外。但是，用户仍然可以推导出数据表中未包含的值。ISUP_HSS、IHSS_NOLOAD 和 ISUP_WAKE 都在数据表中指出——例如，在 TCAN2847-Q1 器件上，ISUP_HSS 设置为 35μA (典型值) 和 60μA (T_J ≤ 85°C 时的最大值)，IHSS_NOLOAD 设置为 100μA (典型值) 和 140μA (T_J ≤ 85°C 时的最大值)，ISUP_WAKE 设置为 1μA (典型值) 和 2μA (T_J ≤ 85°C 时的最大值)。其他规格必须进行推导——α 是计时器设置电流的通用替代符号，它并非直接指定的，但包含在另一个规格 I_SUPCSWAKE 中，后者是为循环检测唤醒增加的额外电流，对于 TCAN2847-Q1，它设置为 5μA (典型值) 和 8μA (T_J ≤ 85°C 时的最大值)，占空比为 1%。此规格实际上只是以下公式的计算结果。

$$I_{SUPCS-WAKE} = \alpha + DC \times I_{SUPHSS} \quad \alpha = I_{SUPCS-WAKE} - DC \times I_{SUPHSS} \quad \alpha = 5\mu A (typ) - 0.01 \times (35\mu A (typ)) \quad (2)$$

$$= 4.65\mu A \quad \alpha = 8\mu A (MAX) - 0.01 \times (60\mu A (MAX)) = 7.4\mu A$$

对于其他类似 SBC，用户可以应用相同的分析来按器件查找特定的 α。另一个规格是 HSS 引脚上的负载。回顾此示例，当没有外部激励将引脚强制为低电平时，电流将极低。但是，如果有外部激励将引脚拉至低电平，则 VHSS 电压电平可以除以 3k，因此如果 VHSS 等于 12V，那么当 WAKE 引脚节点变为 0V 时，可能会有从 HSS 汲取 4mA 的电流。本质上，在唤醒激励应用期间可以实现大电流，但一般来说，上拉节点时，来自 HSS 引脚的负载可以忽略不计，介于 1μA 和 3μA 之间。

占空比越小总功耗就越小，但代价是唤醒引脚监控窗口越小，可能会升高错过唤醒条件的几率。

8 CAN BWRR

下一种唤醒方法是 CAN 总线唤醒接收请求 (BWRR)，该方法存在于大多数符合 CAN 标准的收发器和 SBC 中。这种方法可用于唤醒 SBC 和集成 CAN 收发器。如果您尝试激活 SBC，则 SBC 必须处于睡眠模式，并且 CAN 收发器必须支持唤醒功能。如果 SBC 未处于睡眠模式，而是处于待机或正常模式，则只要收发器支持唤醒功能，就可以通过 BWRR 唤醒 CAN 收发器。BWRR 由唤醒模式 (WUP) 启动，该模式包含一个滤波显性位，后跟一个滤波隐性位，再以一个滤波显性位结束。WUP 中的滤波器位长度将大于 CAN 网络中的标准位长度，因此通信可能发生在 WUP 脉冲之间，并且 WUP 仍可被视为有效。

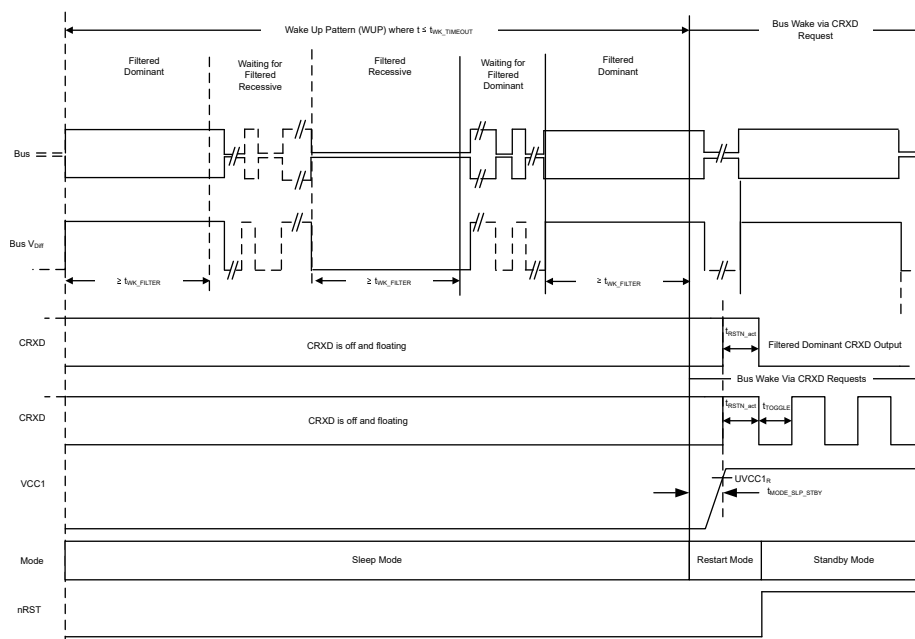


图 8-1. CAN BWRR 图 (TCAN28xx 和 TCAN24xx 系列)

9 局部联网

局部联网是一种中等节能模式，适用于一组基于 CAN 的 SBC 以及一组选定的基于 CAN 的收发器。局部联网允许打开特定收发器或节点，同时 CAN 总线上的其余节点保持关闭状态。仅打开部分收发器/节点可以节省系统中的总功耗。最多可实现三种不同的局部联网工况，让最终用户精确控制在选择性唤醒/局部联网应用中唤醒哪些器件 — 这三种工况分别是 ID 验证、DLC 验证和数据验证。但是，大多数用例仅使用 ID 验证，因为这通常足以满足大多数系统的控制需求。

在将器件配置为局部联网后（请检查特定器件以获得有关如何配置的说明），可以在启用局部联网的情况下将器件置于睡眠状态。在接收 WUP 之前，局部联网不会开始验证过程 — WUP 的属性与 CAN BWRR 部分所述的相同。接收到最后一个滤波显性位后，器件将开始验证过程，这会显著增加检测阶段的电源电流（例如，为什么它只是中等节能模式）。第一个检查是 ID 验证。传统上，这是一个 11 位二进制字符串，用于指示器件优先级。在配置阶段，每个 CAN 收发器器件都分配有 ID 以及添加 ID 掩码的选项。通过器件自身 ID 和 ID 掩码的组合进行 ID 验证。ID 掩码指示特定 ID 位是否相关，或者是否为无关位。例如，假定器件 ID 为 0b00011000101，ID 掩码值为 0b1111111100 — 1 表示 ID 掩码中的无关值，0 表示必须匹配的位。这会将最终 ID 检查保留为 0bxxxxxxx01 — 因此，要实现正确的 ID 匹配，请求唤醒的器件的 ID 最后 2 位必须为 0b01。正确的匹配可能如 0b11100011101 或 0b10101010101，而 ID 值 0b00011000110 不匹配。如果 ID 匹配且未启用 DLC/数据验证，则会唤醒器件。该 ID 也可以使用 29 位地址进行扩展；大多数支持局部联网的现代器件都支持传统 11 位 ID 和扩展 29 位 ID。

Configured ID	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0
Mask Register	c	c	c	c	c	c	c	c	c	d	d
d = don't care c = care											
Valid WUF IDs	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0
	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1
Non - valid WUF IDs	1	0	0	0	1	0	1	0	1	x	x
	1	0	0	0	1	0	1	1	0	x	x
	1	0	0	0	1	0	1	1	1	x	x
	1	0	0	0	1	0	0	0	0	x	x

图 9-1. 唤醒帧 (WUF) 的 ID 和 ID 掩码示例

验证是否启用了数据长度代码 (DLC) 和数据验证的下一步是检查和验证这些值。DLC 是在唤醒消息中发送的字节数。DLC 代码指示唤醒消息中有多少字节。这可以是 0 到 8 个字节的任何值。它与数据验证一起进行检查。数据验证首先是将器件上的数据寄存器配置为具有用于进行匹配的模板。要实现匹配，需要在相同字节中和该字节内的相同位置至少有一个匹配的逻辑 1。



图 9-2. DLC 至数据字节

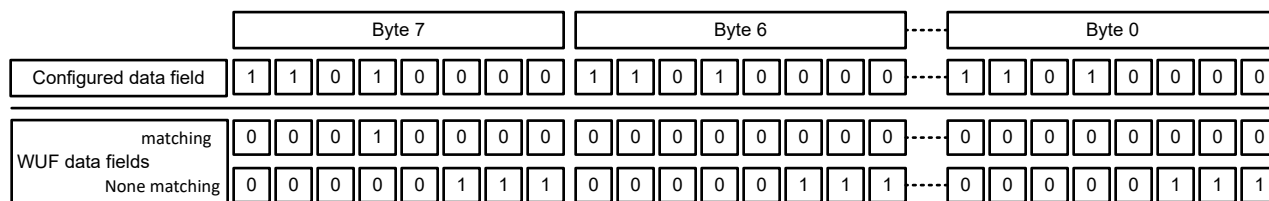


图 9-3. 数据验证示例

10 总结

请注意，SBC 可通过多种方式唤醒器件。其中一些方法适用于分立式收发器和集成 SBC。多样化的方法让设计人员能够极其灵活地将器件从低功耗睡眠模式切换至执行应用所需的工作。本地高电压容限唤醒引脚、数字唤醒、用于唤醒的集成计时器以及能够通过简单 BWRR 或更复杂的局部联网方案从 CAN 总线唤醒的功能相结合，为设计人员提供了使用 TI SBC 创建稳健控制系统的工具。了解唤醒方法后，设计人员可以在汽车甚至工业环境中实现不同的用例。

11 参考资料

- Hubbard, Richard, 德州仪器 (TI), “[选择性唤醒如何实现局部联网](#)” 应用手册。
- 德州仪器 (TI), [TCAN241x-Q1 具有集成式稳压降压器和看门狗的汽车类 CAN FD 系统基础芯片 \(SBC\)](#), 数据表。
- 德州仪器 (TI), [TCAN245x-Q1 具有集成式稳压降压器和看门狗以及信号改善功能的汽车类 CAN FD 系统基础芯片 \(SBC\)](#), 数据表。
- 德州仪器 (TI), [TCAN284x-Q1 具有唤醒输入和高侧开关的汽车类 CAN FD 和 LIN 系统基础芯片 \(SBC\)](#), 数据表。
- 德州仪器 (TI), [TCAN285x-Q1 具有唤醒输入和高侧开关的汽车类 CAN FD SIC 和 LIN 系统基础芯片 \(SBC\)](#), 数据表。
- 德州仪器 (TI), [TLC3555-Q1 汽车类高速 CMOS 计时器](#), 数据表。
- 德州仪器, [TMAG5131-Q1 汽车类低功耗、高精度霍尔效应开关](#), 数据表。
- 德州仪器 (TI), [AEC-Q100 用于电源门控的纳米级功耗系统计时器](#), 数据表。
- 德州仪器 (TI), [TPS7B81-Q1 汽车类 150mA, 非电池, 超低 IQ \(3μA\), 低压降稳压器](#), 数据表。

重要通知和免责声明

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、与某特定用途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、安保法规或其他要求。

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 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#)、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 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。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月