

Scarlett Cao

摘要：TCAN114X 系列为 TI 支持特定帧唤醒功能的 CAN FD 收发器产品。CAN 收发器芯片在不同工作模式下功耗及功能可用性存在差异，合适的模式切换设计能够优化系统性能并降低功耗，但是不合理的模式切换和状态监控也可能引发通信故障。本文具体介绍了通过 SPI 指令配置 TCAN114X 芯片从睡眠模式 (sleep mode) 切换到正常模式 (normal mode) 过程中的 RXD 引脚波形解读及应用注意事项建议，可以帮助工程师合理配置芯片的模式切换，更好地与系统软件融合。

CAN 节点和 CAN 收发器介绍

CAN 控制器与 CAN 收发器共同实现 CAN 总线的数据通信功能。如下图 1 所示，CAN 控制器负责对数据进行全面管理。在发送数据时，CAN 控制器将来自 MCU 等数据源的数据按照 CAN 协议规范封装成标准的 CAN 报文格式。需要发送数据时，CAN 控制器将封装好的 CAN 报文通过 TXD 引脚传递给 CAN 收发器，CAN 收发器则将其转换为适合在 CAN 总线上传输的差分信号，经 CANH 和 CANL 引脚发送至总线。反之，当 CAN 收发器从 CAN 总线接收到差分信号后，将其转换为数字信号，并通过 RXD 引脚传输给 CAN 控制器，CAN 控制器提取数据并传递给上层 MCU 应用程序进行后续处理。

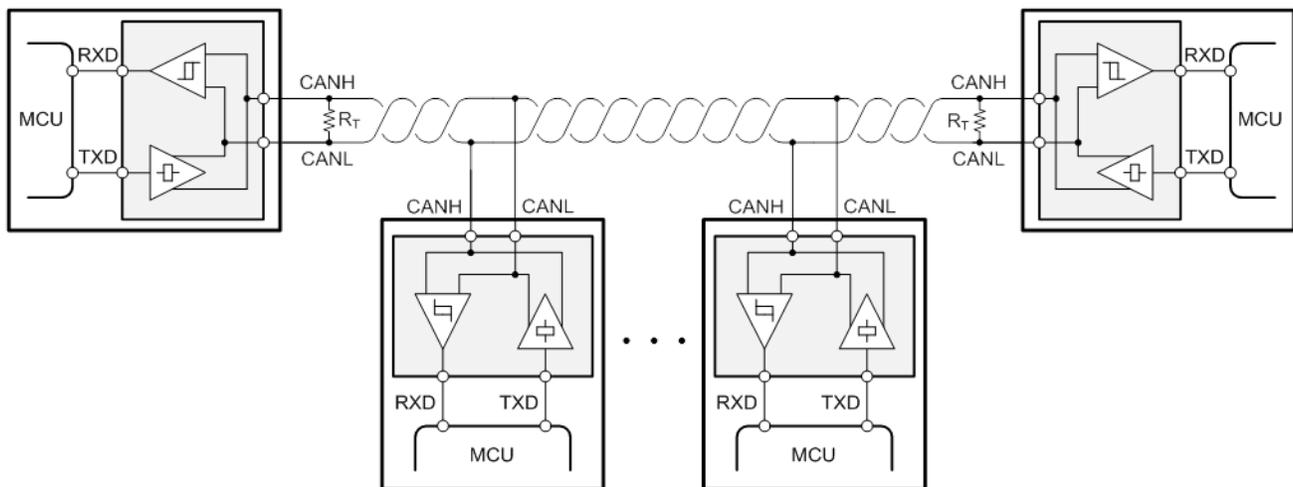


图 1. CAN 节点 (CAN 收发器+ CAN 控制器) 示意图

TCAN114X 芯片具有多种工作模式，如下图 2 所示，不同工作模式下收发器内部的低功耗接收模块、接收模块和发送模块的状态各不相同。

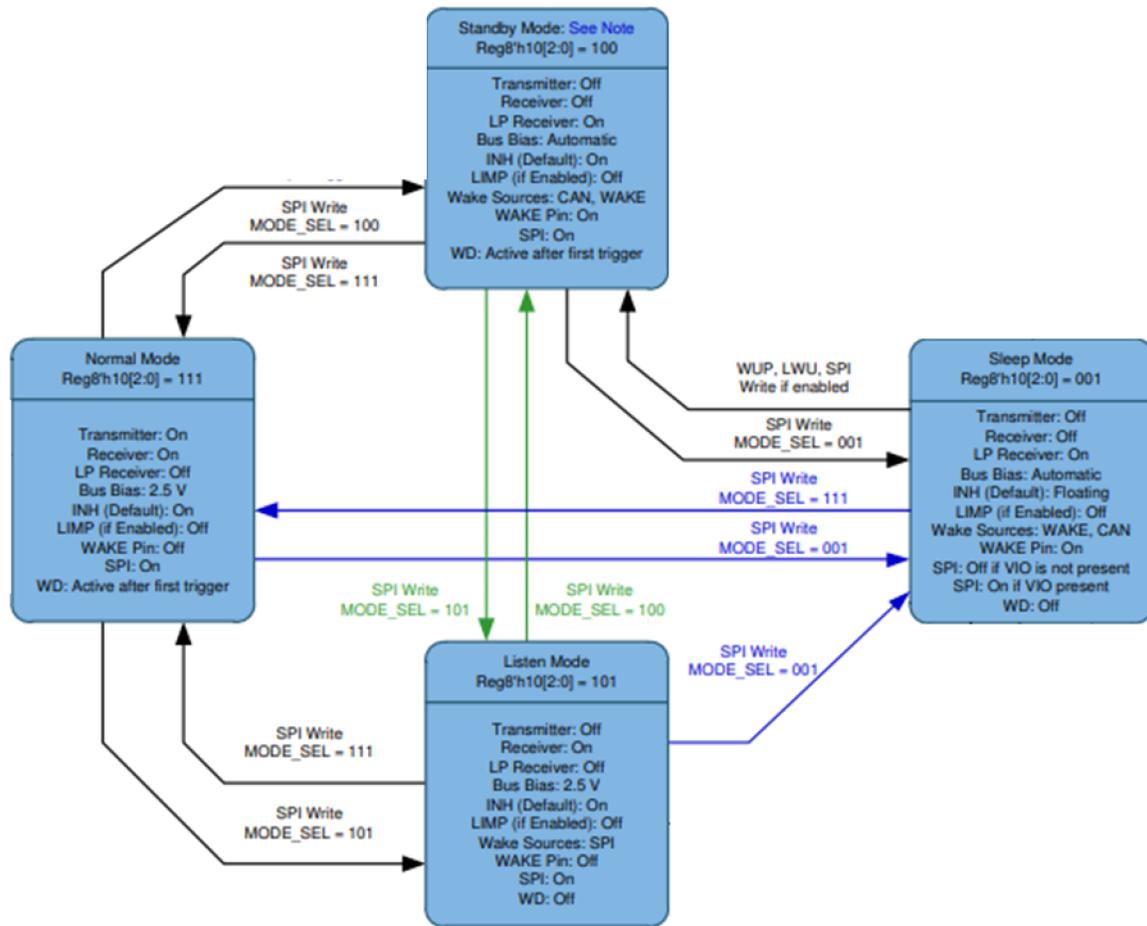


图 2. TCAN114X 状态机

在睡眠模式 (Sleep mode) 下，收发器内部低压模块被禁用。

在正常模式 (Normal mode) 下，高速 CAN 接收模块接收 CAN 总线上的 CANH/CANL 差分信号，转换为数字信号后经 RXD 引脚传输给与之相连的 CAN 控制器。

在待机模式 (Standby mode) 下，高速 CAN 接收模块同样处于禁用状态，而低功耗接收器 (LP receiver) 使能，监控 CAN 总线上的 WUP 和 WAKE 引脚上的唤醒中断信号。此时 RXD 引脚反馈的是唤醒信号。当总线空闲且无中断时，RXD 常高；只有在出现中断 (PWRON, LWU, CANINT, FRAME_OVF) 时，RXD 才会依据中断信号拉低。

TCAN114X SPI 控制模式跳转分析

TCAN114X 的 SPI 模块供电来自于 VIO。当 VIO 在正常供电范围时，芯片能够响应 SPI 指令进行模式跳转。下面以从睡眠模式进入正常模式为例，分析模式跳转过程中 MCU 端 CAN 控制器接收到的 RXD 信号的变化。

1. SPI 指令从睡眠模式跳转到正常模式

当 CAN 节点处于睡眠模式时，芯片的高速 CAN 接收模块被禁用，以最大限度降低功耗。此时，若通过 SPI 发送指令使其直接进入正常模式，高速 CAN 接收模块虽会立即响应指令开始使能 (可以反映在 INH 由高阻切换到拉高状态)，但其供电建立过程需要一定时间，大约为 10us。从下图中也可以看出，在 SPI 发送 sleep to normal 指令约 10us 后，CAN 总线偏置电压才开始建立。

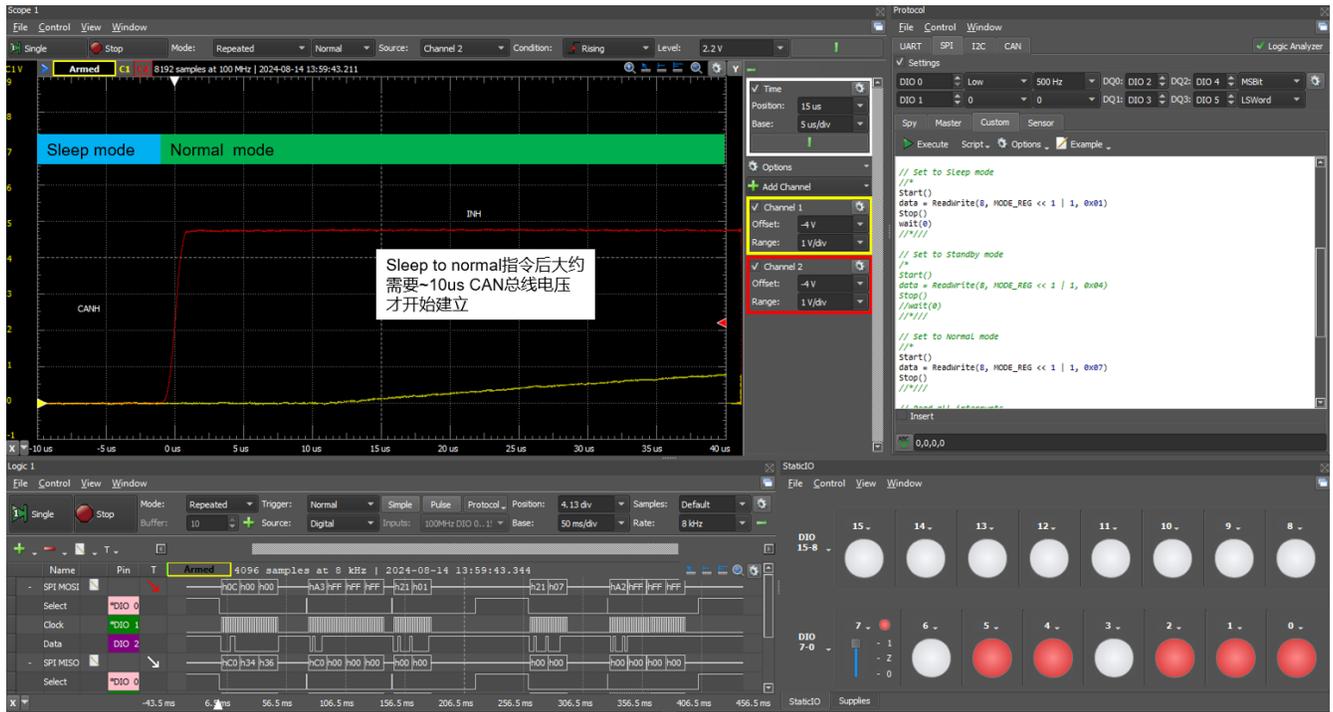


图 3. SPI 发送 Sleep to Normal 指令后 CANH 建立时间

在这 10us 内，CAN 收发器尚未稳定达到正常工作所需的水平，导致高速 CAN 接收模块内部的部分电路无法正常工作，进而使得其输入信号处于不确定状态，无法准确判断 CAN 总线电平，最终造成其输出的数字信号状态无法确认。反映在 RXD 引脚上，便表现为输出可能是高电平，也可能是低电平，无法准确反映 CAN 总线的实时状态，如下图所示。若系统在此时依赖 RXD 信号进行数据处理或状态判断，极易引发错误的操作或决策。如下图所示，实验中可以发现会有一小部分芯片在模式切换过程中 RXD 信号拉低。

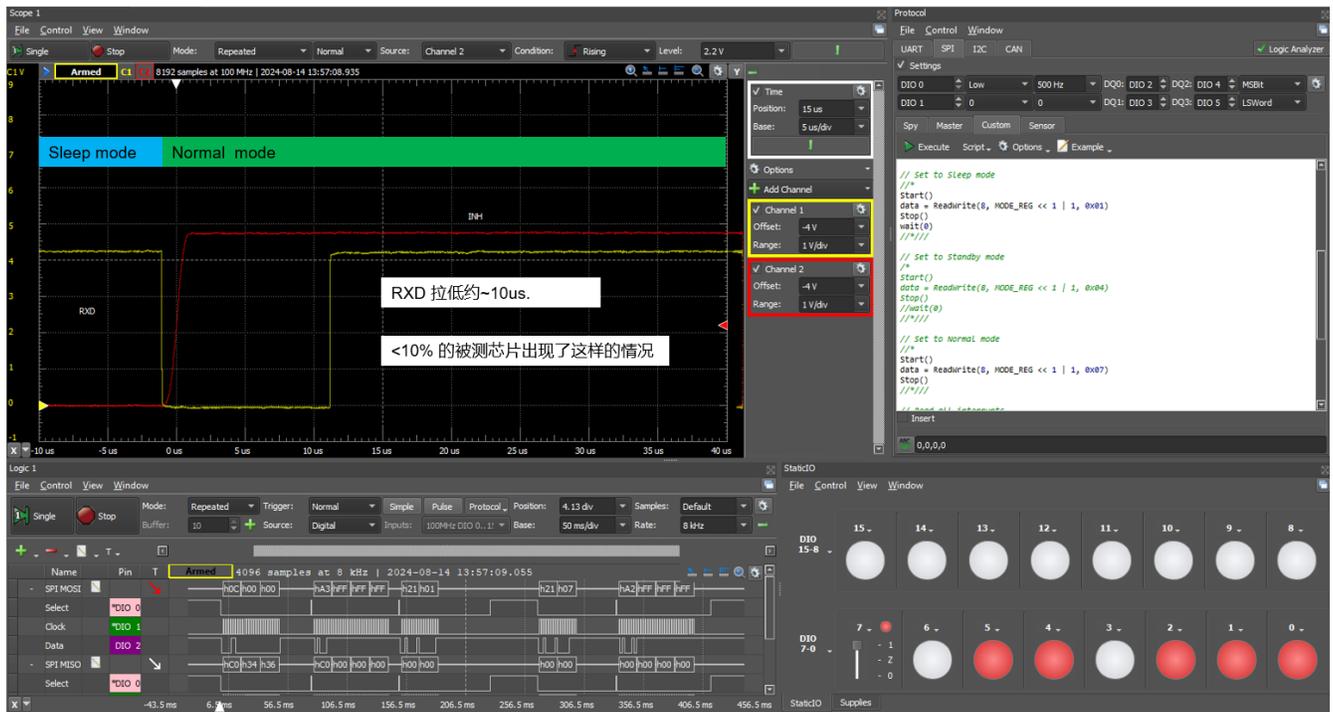


图 4. SPI 发送 Sleep to Normal 指令，部分芯片 RXD 误拉低 10us

2. SPI 指令从睡眠模式先进入待机模式再转正常模式

为优化上述切换过程，一种更为可靠的方式是先将芯片从睡眠模式切换至待机模式。在待机模式下，高速 CAN 接收模块同样处于禁用状态，而低功耗接收器 (LP receiver) 使能，专注于监控 CAN 总线上的 WUP 和 WAKE 引脚等输入的唤醒中断信号。此时，RXD 引脚反馈的是唤醒信号，当总线空闲且无中断时，RXD 常高；只有在出现中断时，RXD 才会依据中断信号拉低。

当需要进入正常模式时，先通过 SPI 指令进入待机模式，完成电路的供电建立，此时再切换模式到正常模式，能够确保高速 CAN 接收模块供电稳定，对应 RXD 波形如图 5 所示。

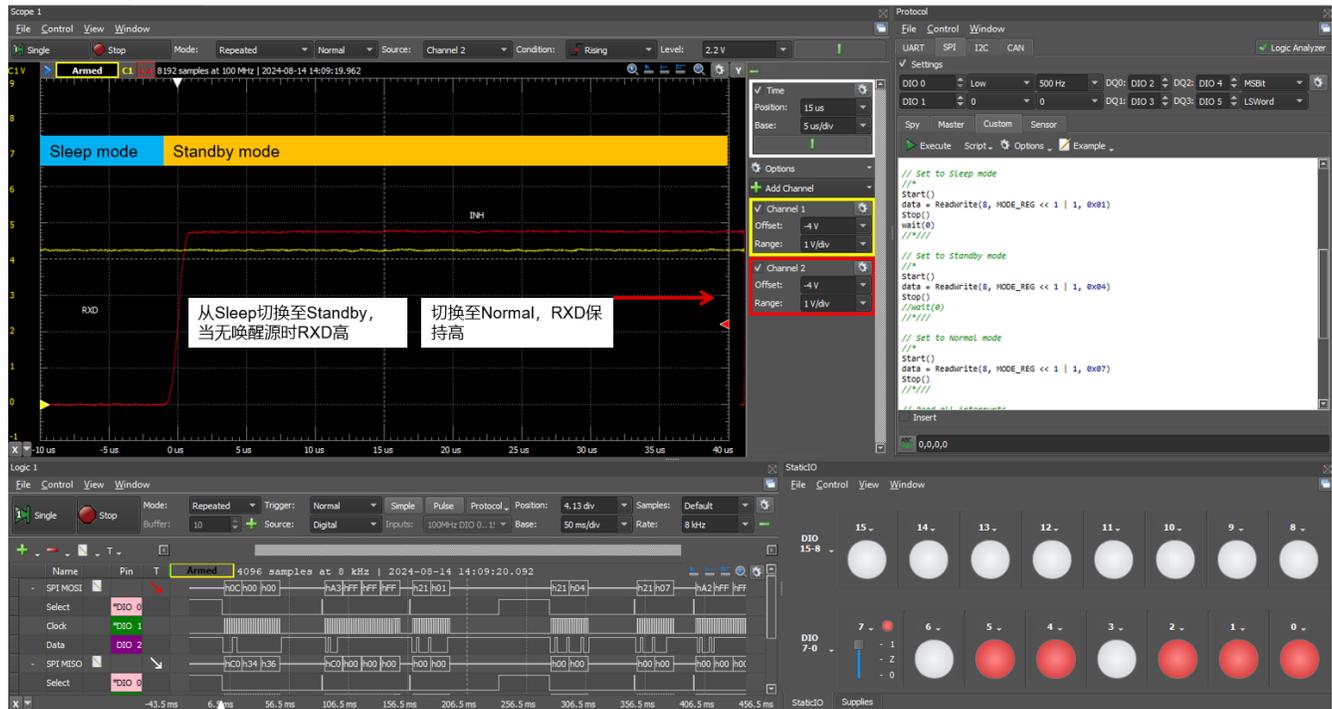


图 5. SPI 指令先 Sleep to Standby，再 Standby to Normal

TCAN114X SPI 模式切换建议

根据第 2 小节分析，当需要 SPI 控制 TCAN114X 从睡眠模式进入正常模式时，通过两步 SPI 指令先进入待机模式再切换正常模式，可以提升系统稳定性，减少因模式切换引发的通信故障和不符合预期的 RXD 状态。如果单步 SPI 指令，建议 CAN 控制器延时 10us，等 TCAN114X-Q1 收发器高速 CAN 接收模块电源建立后再监听 RXD 信号。

另外，模式切换过程中不建议 CAN 控制器持续监听 RXD 引脚状态并解读为 CAN 报文。这是因为 RXD 在不同模式下所反映的信息具有多样性，并非始终代表 CAN 总线的实时数据信息。如前所述在待机模式下，RXD 反馈的是唤醒中断状态。在唤醒中断触发后，MCU 需及时处理，否则芯片将退回睡眠模式。正常模式下，RXD 反应的是总线数据状态。如果将 CAN 收发器模式和 RXD 所代表的信息混淆，容易因错误监听影响正常通信流程。

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、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。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
版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司