

AN14388

TJA1445、TJA1465应用说明

修订版1.0 — 2024年11月18日

应用说明

文档信息

信息	内容
关键字	TJA1445、TJA1465、CAN收发器、CAN FD、GPIO、TXEN、CAN XL、CAN SIC、部分网络、选择性唤醒
摘要	本应用说明介绍了用于汽车应用的 TJA1445 和 TJA1465 CAN 收发器在硬件和软件方面的应用要点。它假定读者熟悉TJA1445和TJA1465数据表，这些数据表描述了这些设备的功能。



1 介绍

TJA1445 [1]和TJA1465 [2]，是高速CAN收发器集成电路，在控制器局域网(CAN)或CAN FD（灵活数据速率）协议控制器和物理两线CAN总线之间提供接口。这些产品实现了ISO 11898-2:2024和SAE J2284-1到SAE J2284-5中定义的CAN物理层，使它们能够与高速经典CAN和CAN FD收发器完全互操作。

这两种设备都通过选择性唤醒功能支持CAN部分网络(PN)，使得它们成为CAN系统实现的理想选择，在任何时刻，仅激活当前所需的节点。

即使在CAN总线通信正在运行时，也可以关闭正在执行的功能不需要的节点以最小化系统功耗。

表1概述了本应用说明支持的设备变型。所有变型都包含用于配置、模式控制和诊断的SPI。“B”变体（TJA1445B和TJA1465B）具有三个通用I/O引脚(GPIO)和一个CAN发射器启用/禁用输入TXEN_N。

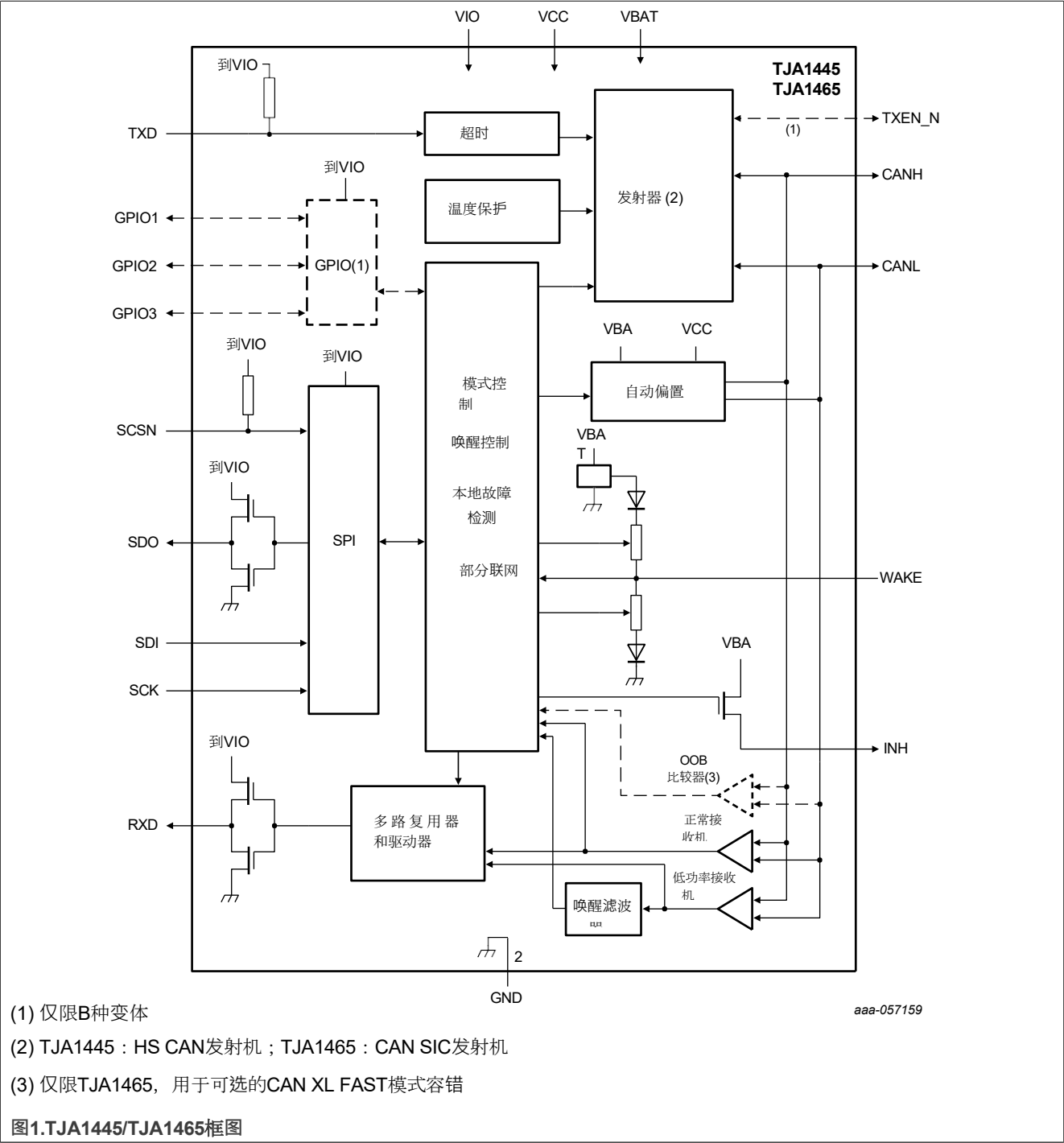
表1.收发器变体

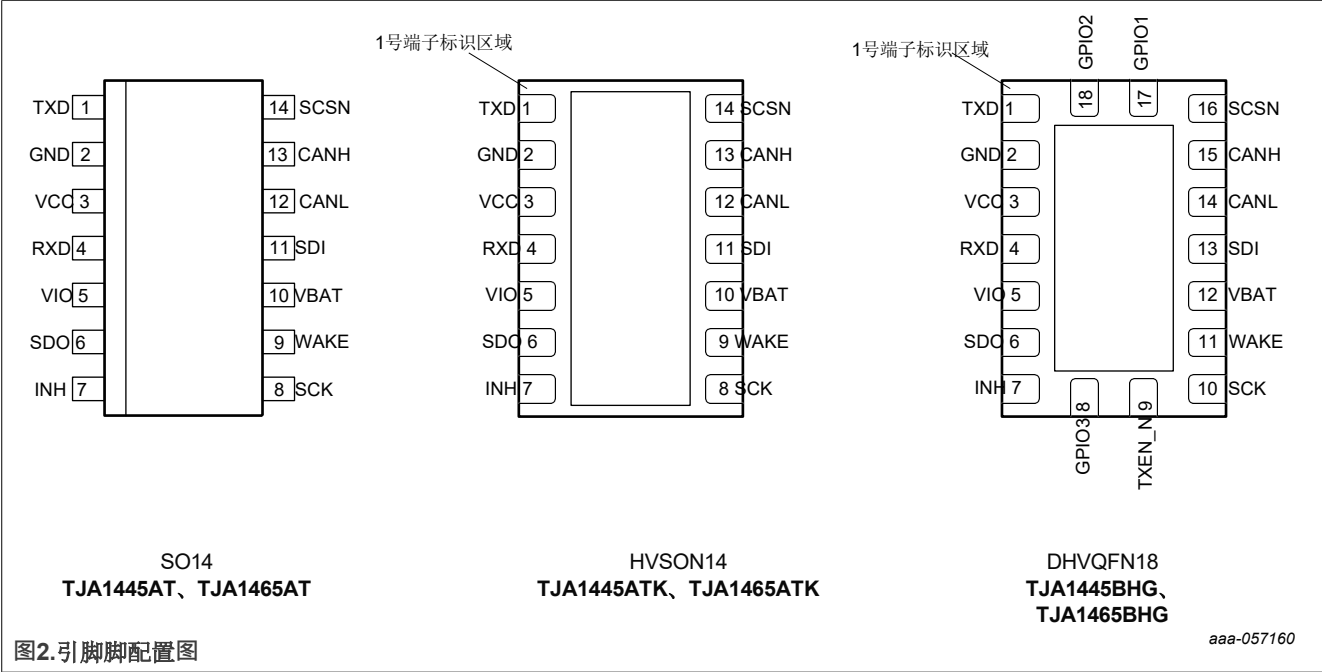
特性	TJA1445A	TJA1445B	TJA1465A	TJA1465B
CAN收发器类别	HS-CAN	HS-CAN	CAN SIC	CAN SIC
用于部分网络的选择性唤醒	✓	✓	✓	✓
选项“CAN FD passive”	✓	✓	✓	✓
选项“CAN XL passive”			✓	✓
与 TJA1145A 兼容的 PCB 封装焊盘和引脚排列	✓		✓	
发射器使能输入引脚		✓		✓
3个GPIO		✓		✓

TJA1445/65可以配置为在等待有效的唤醒帧时忽略CAN FD帧。这种部分网络的附加特性（称为CAN FD被动）非常适合支持经典CAN和CAN FD通信混合的网络。TJA1465有一个附加选项，允许CAN XL帧被忽略，即使它们以FAST模式传输。这种“CAN XL被动”特性支持将经典CAN、CAN FD和CAN XL通信这三者混合使用。

TJA1465具有ISO 11898-2:2024中定义的CAN信号改善能力(SIC)。CAN信号改善显著降低了网络上的信号振铃，从而允许可靠的2 Mbit/s和5 Mbit/s CAN FD通信在更大、更复杂的拓扑结构中。紧密的位时序对称性使CAN FD通信最高可达到8 Mbit/s。

TJA1445 和 TJA1465 采用相同的内部框图（图1）和引脚排列（图2）。





aaa-057160

2 硬件设计

在本节中，将讨论使用收发器的典型硬件应用。有关功能安全方面的信息，请参阅相关的功能安全手册[4]。

2.1 电源

2.1.1 电源配置

2.1.1.1 电源引脚VBAT、VCC和VIO

TJA1445/65设备需要在三个引脚上连接电源：

- 引脚VCC必须连接到稳压 5 V 电源(VCC)。或者，VCC可以在设备处于低功耗模式（待机、睡眠或低功耗ListenOnly模式）时关闭。
- 引脚VBAT可以连接到经过整流和滤波的 12 V 汽车蓄电池电源(VBAT)或VCC (5V)。它是设备的主要电源引脚，必须在所有工作模式下供电。当VCC预期在低功率模式下关闭时，VBAT必须高于5.5 V才能正确产生CAN偏置。
- 引脚VIO应连接到同一稳压的1.8 V、3.3 V或5 V VIO电源轨，为连接的微控制器(MCU)的端口引脚提供电源。
(可选) 当设备处于睡眠模式时，可以关闭VIO。

各路电源轨可按任意顺序上电或下电。然而，为了确保设备在不自动过渡到睡眠模式的情况下通电，在 VBAT 超过其欠压检测阈值 $V_{uvd}(VBAT)$ 后，VIO 必须在 $t_{det}(uv)long2$ 规定的时间内完成上电。。

2.1.1.2 INH输出引脚

TJA1445、TJA1465应用说明

INH输出可用于自动VCC和/或VIO电压调节器控制：

- 通过相应的输入管脚直接开/关控制调节器（另见2.1.4节）或
- 作为系统基础芯片或电源管理IC的唤醒信号（另见2.4.1节）。

但是，当引脚VBAT和VCC都由VCC提供时，设备处于睡眠模式时，VCC必须可用。否则，设备的唤醒功能将丢失。

INH控制微控制器电源时，微控制器应以与TJA1445/65设备相同或更低的VBAT级别启动。否则，当VBAT缓慢上升时，单片机在 MCU 超时时间 $t_{to}(MCU)$ 到期之前，可能无法启动SPI与设备的通信，设备将自动进入睡眠模式。

当VBAT电源电平处于或接近缺压检测阈值Vuvd(VBAT)一段时间时，INH 信号可能会在高、低电平之间频繁切换。。应用程序必须容忍此行为。

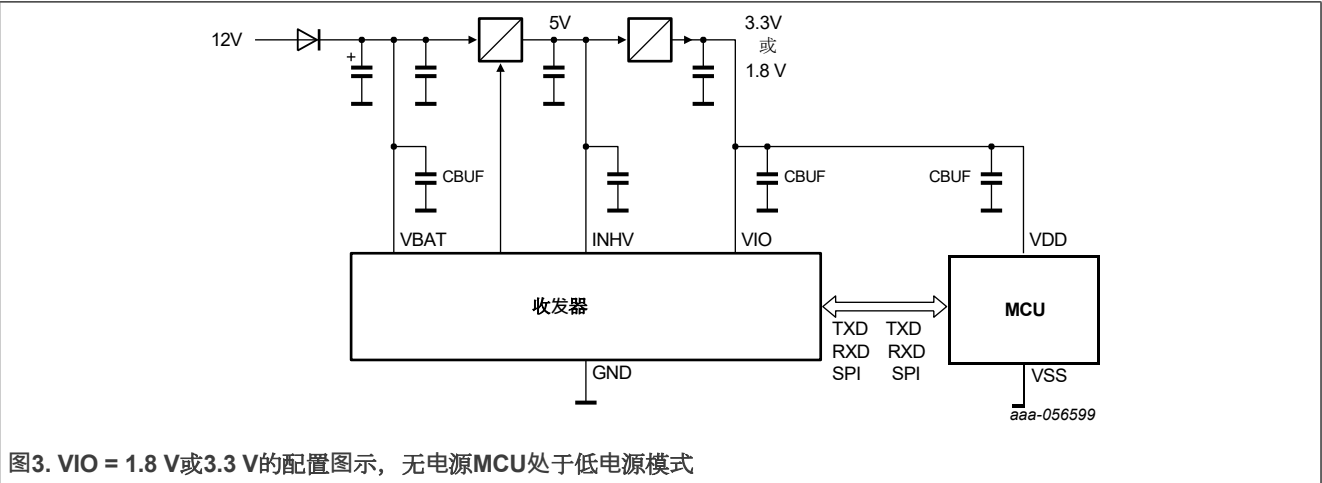
不使用INH时，可以将其保持未连接状态或连接到引脚VBAT。

2.1.1.3 电源配置示例

图3至图6说明了表2中列出的四种使用情形的电源配置示例。另请参见3.6.1节，关于初始化位VBATVCC以进行所选配置。

表2.电源配置示例

MCU电源	VBAT = 12伏	VBAT = VCC (5V)
3.3伏或1.8伏	图3	图5
5V	图4	图6



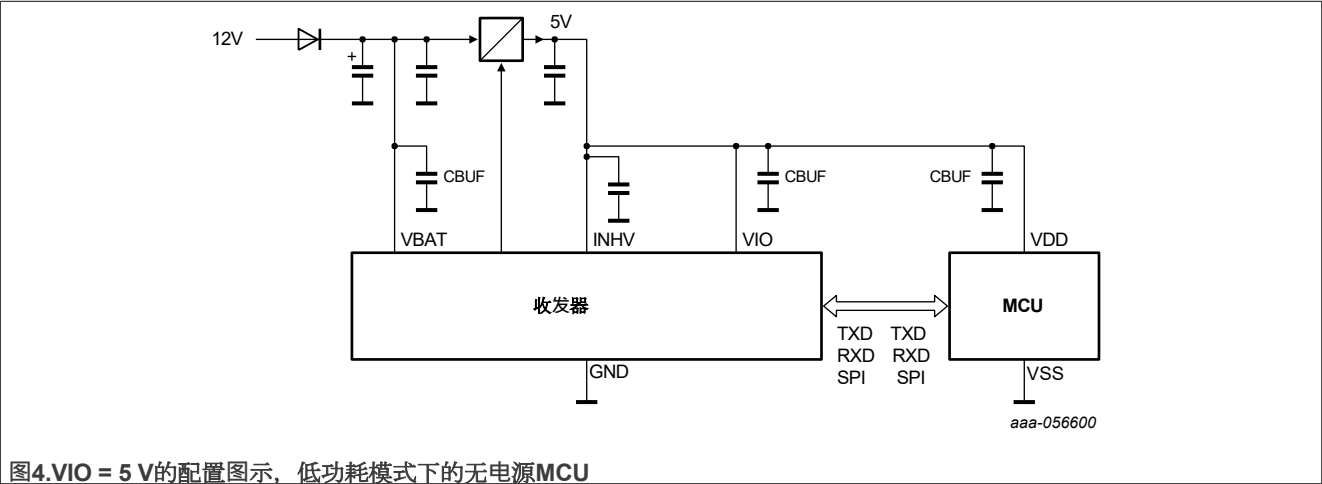


图4.VIO = 5 V的配置图示，低功耗模式下的无电源MCU

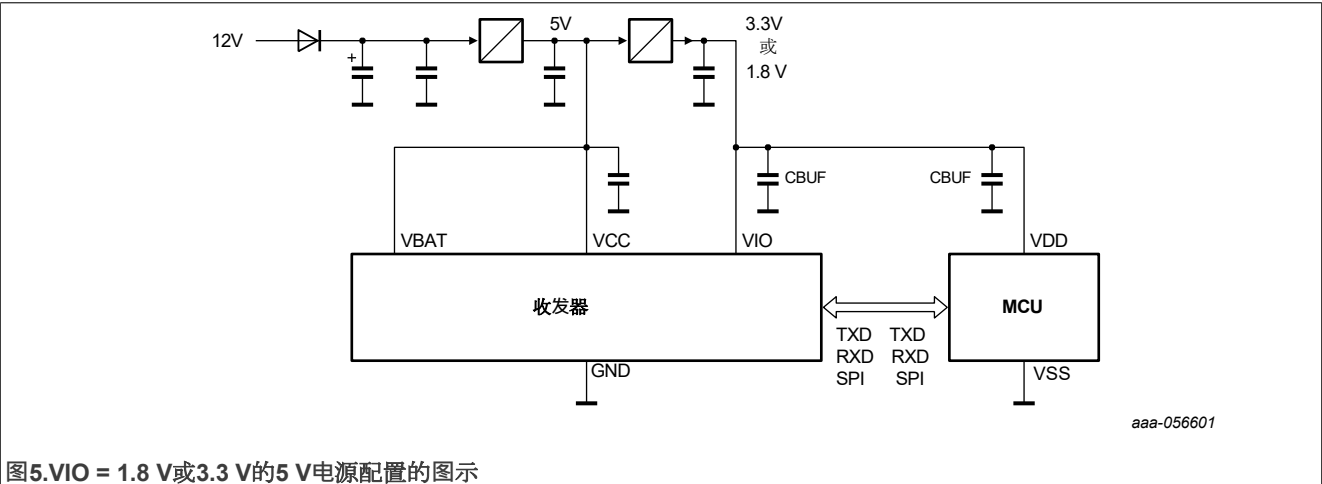


图5.VIO = 1.8 V或3.3 V的5 V电源配置的图示

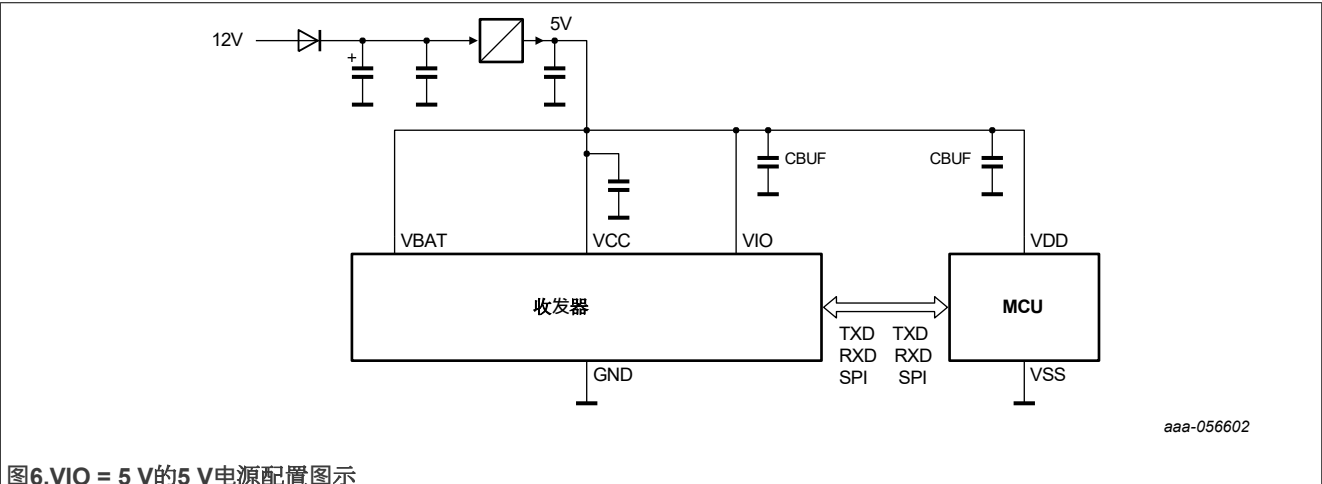


图6.VIO = 5 V的5 V电源配置图示

2.1.2 电池反极性保护、滤波器和钳位电路

整流和过滤汽车电池电源的电路必须确保VBAT保持在数据表限制值部分指定的边界内。任何可能在电池电源上产生瞬变的应用电路，例如电动机，必须通过单独的路径来提供，而不共享连接到收发器的极性保护二极管。根据经验法则，引脚VBAT上电源电压的转换率应限制在上升沿小于10 V/μs，下降沿小于1 V/μs。

当VBAT在28V和40V之间时，可以关闭引脚VBAT上的内部软钳位以最小化静态电流。可能需要添加外部电路以确保VBAT不超过40V。

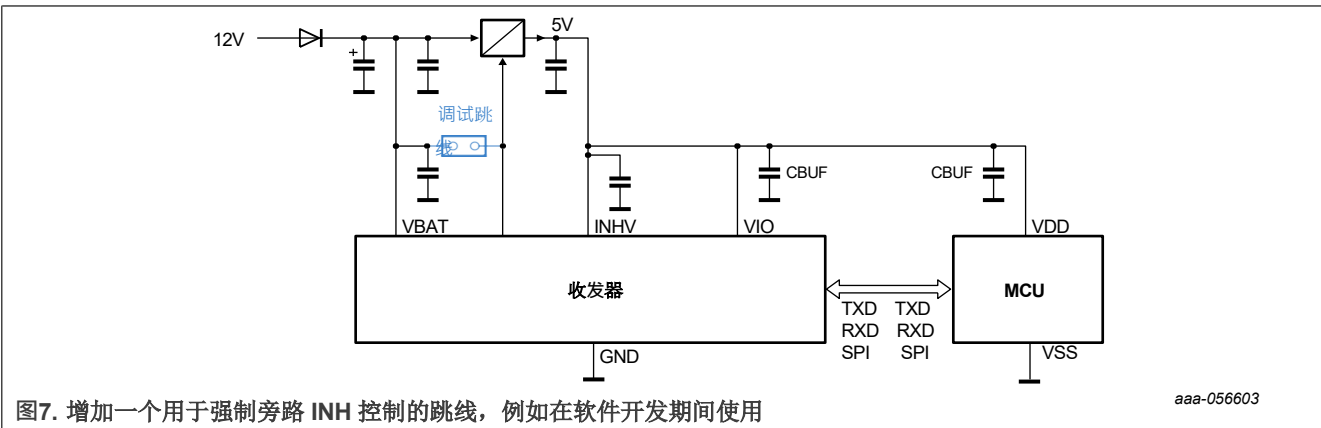
2.1.3 电容

外部陶瓷（即低ESR）电容（CBUF）应靠近每个电源引脚以补偿电源线电感。当多个电源引脚连接到同一电源线时，它们可以共用一个电容器。VCC引脚上的标称电容应至少为1 μF。

在无电流限制电路的情况下直接连接至汽车蓄电池的陶瓷电容应该具有故障保护特性（例如，所谓的“开路失效型（Open-mode）”或“柔性端接型（Soft-termination）”电容）。另一种方案是将两颗普通陶瓷电容串联使用，并在PCB上将两颗电容相互旋转90°布置。上述两种方案均可降低由于PCB弯曲导致电容损坏并产生较大直流电流的风险。有关详细信息，请咨询电容供应商。

2.1.4 用于调试的辅助电路

当使用INH对提供MCU的电压调节器的直接开/关控制时，考虑添加可选电路以允许调节器连续地被启用，而不考虑INH的状态。图7举例说明。当调试器或闪存工具连接到MCU时，设置调试跳线可能很有用。



2.2 MCU/主机控制器接口

需要六个微控制器端口引脚来与收发器（4个SPI信号和CAN TXD/RXD信号）互连，其中三个（SCK、SDI和SDO）可以与其他设备共享。

连接到收发器的MCU端口引脚的VDD电源必须与收发器VIO电源相同。

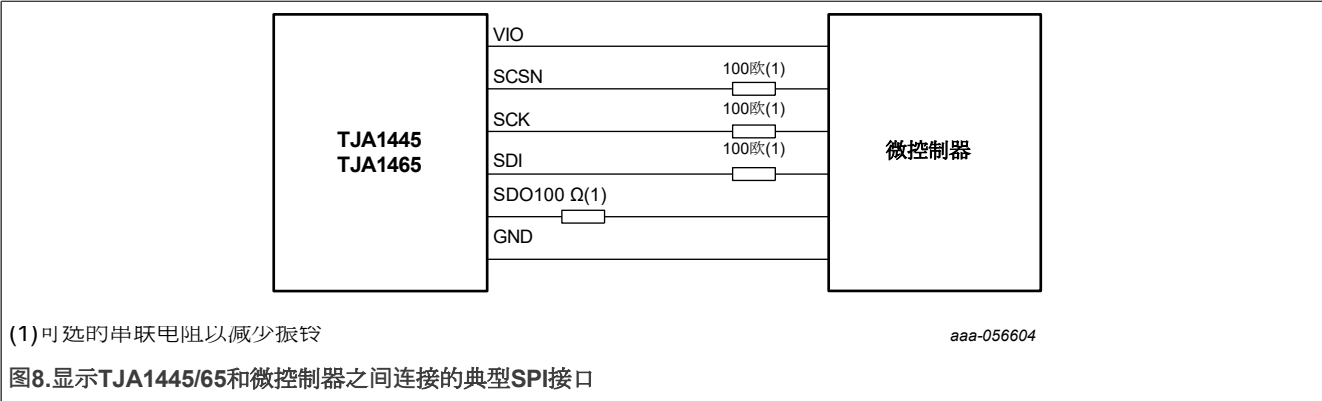
2.2.1 SPI引脚SCSN、SCK、SDI、SDO

SPI接口是收发器与单片机之间的主要通信通道。微控制器使用SPI接口来配置收发器并读取回状态信息。SPI时钟速度高达4 Mbit/s。

收发器通过4线SPI接口进行控制，如图8所示。它由四个用于同步和数据传输的数字管脚组成：

- SCSN：SPI芯片选择输入（使能-低）
- SCK：SPI时钟输入
- SDI：SPI数据输入
- SDO：SPI数据输出

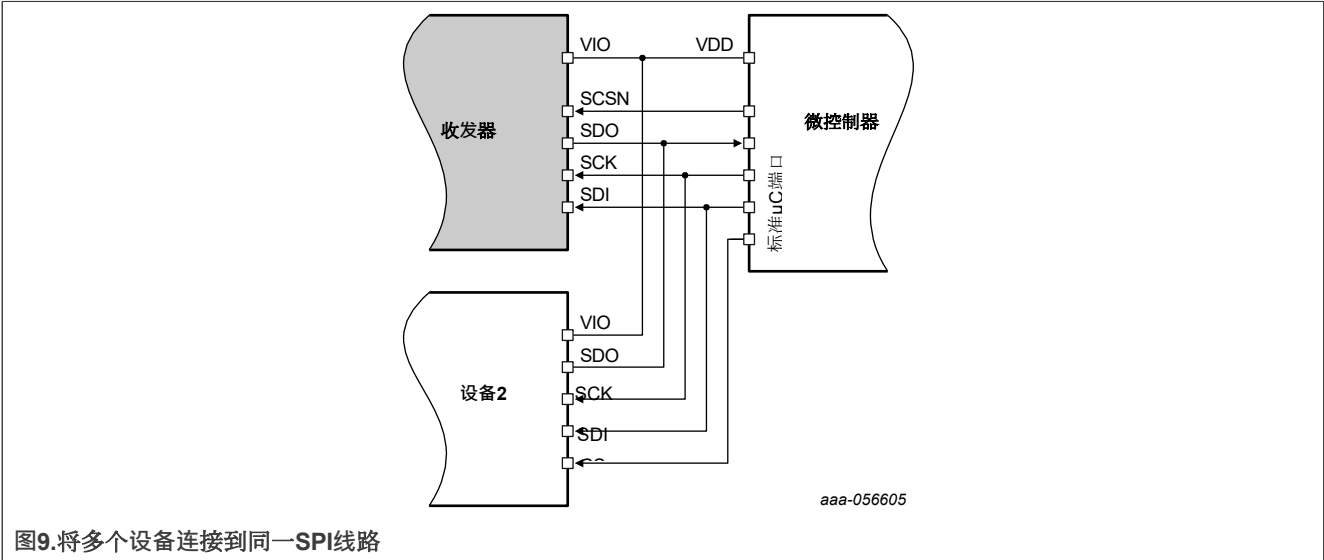
应特别注意时钟信号的布线及其地回流路径，因为强烈振铃或其他信号串扰引起的毛刺可能导致通信异常。两者之间的距离越大，主控制器和收发器的SPI信号越有可能在每个跳变沿期间或之后出现振铃。应避免这种情况，尤其是对于SCK信号。通过将串联电阻靠近输出端子（参见图8）可以减少振铃。电阻值和源阻抗之和应与PCB上的信号阻抗匹配。100Ω的电阻通常是合适的。虽然较高的值会通过减缓边缘来进一步减少振铃，但信号速度可能会受到影响。请注意，SCK的上升时间和下降时间 $t_r(\text{clk})/t_f(\text{clk})$ 规定了最大值，而从SCK变为低电平到SCSN变为低电平的延迟时间 $t_d(\text{SCKL-SCSNL})$ 规定了最小值。



当连接到SDO的微控制器端口引脚的输入功能在低功率模式下保持活动状态时，必须使用外部电阻或通过激活MCU内部上拉或下拉电阻来将SDO信号拉高或拉低。

当从外部施加高电平时，引脚SDI和SCK上的内部上拉电阻自动导通；当施加低电平时，内部下拉电阻导通。当没有被外部信号驱动时，管脚保持最近选择的状态（HIGH或LOW）。为避免损害此功能，不应添加外部上拉或下拉电阻。在低功率模式下，相关的MCU端口引脚应保持打开或关闭，而没有上拉或下拉电流。

MCU可以与其他外围设备共享连接到SCK、SDI和SDO的信号，但收发器需要自己的芯片选择信号SCSN（见图9）。SDI和SDO与其他设备的菊花链连接不支持。



2.2.2 CAN TXD/RXD

CAN数据输入(TXD)和输出(RXD)管脚必须连接到相应的MCU端口管脚。TXD通过CAN协议控制器位流输出函数“TXD”（或类似名称）连接到MCU端口引脚。RXD通过CAN协议控制器位流输入函数“RXD”（或类似名称）连接到MCU端口引脚。

虽然可以添加串联电阻来降低这些信号的振铃和电磁发射，但是它们可能会对环路延迟产生负面影响。有关添加此类元件的建议，请参阅OEM硬件规格。

2.2.2.1 可选的第二对TXD/RXD引脚（仅限TJA1445B/TJA1465B）

当MCU具有多个CAN协议控制器，但单个控制器的消息缓冲区不够大时，可以将两个CAN协议控制器连接到单个收发器，如图10所示。

- 其中一个CAN控制器被映射到与收发器上的TXD/RXD相连的MCU TXD/RXD端口引脚
- 另一个CAN控制器被映射到与GPIO2（选择TXD2功能）和GPIO1（选择RXD2功能）相连的MCU TXD/RXD引脚

相应的GPIO1/2管脚配置在第3.6.4节中解释。

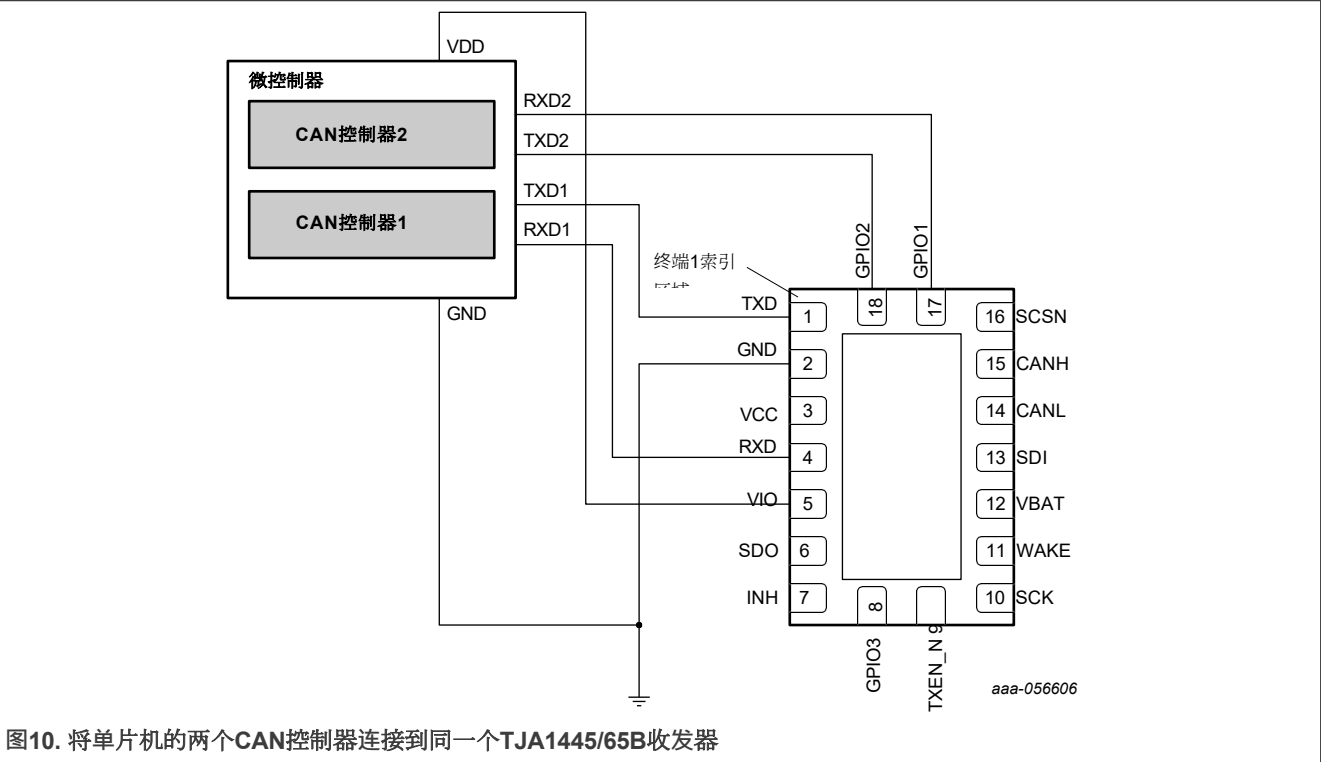


图10. 将单片机的两个CAN控制器连接到同一个TJA1445/65B收发器

2.2.3 TXEN_N（仅限TJA1445B/TJA1465B）

当引脚TXEN_N为HIGH时，CAN发射器被禁用。在“正常”、“备用”、“睡眠”和“仅侦听”模式下，TXEN_N通过软上拉在内部拉出“高”。在所有其它模式中，它可以在内部被驱动LOW（需要引脚VBAT和/或VIO上的充足供应条件）。必须从外部驱动LOW以启用CAN发射器。连接到此引脚的外部电路的输出驱动器特性应为“低侧开漏输出”，无论是否为软上拉。

当收发器处于待机或休眠模式时，无论在TXEN_N上的电平如何，发射器都会关闭。但是，如果VIO在收发器处于低功率模式时保持通电，TXEN_N不应被外部驱动为低，因为引脚上的内部上拉电阻会导致静态电流的增加。

当不需要TXEN_N功能时，引脚TXEN_N引脚上的电平仍必须通过外部硬件来确定，这取决于睡眠和待机模式下的VIO供应条件：

- 如果VIO在收发器处于低功率模式时关闭，则TXEN_N引脚可能会硬接地。
- 如果VIO在收发器处于低功率模式时保持活动状态，则只有在收发器处于Normal或ListenOnly模式时，TXEN_N才应被驱动为LOW。另外，由于TXEN_N内部上拉电阻的存在，使静态电流增大。例如，当MCU没有可用引脚来控制TXEN_N时，可将TXEN_N连接到相邻的GPIO3引脚，并通过GPIO3对TXEN_N进行控制。（另见2.2.4节、3.7.3节和3.8.2节）。

2.2.4 GPIO 引脚（仅限TJA1445B/TJA1465B）

TJA1445、TJA1465应用说明

TJA1445/65B变体包含三个GPIO引脚，可由微控制器用作额外的SPI控制的远程数字I/O端口引脚。

它们有助于减少收发器实际占用的 MCU I/O 引脚数量。当需要时，可使用连接到GPIO引脚的信号将MCU从低功耗状态唤醒(请参见第3.6.4节)。但是，GPIO引脚功能仅在收发器处于“正常”、“待机”、“睡眠”或“仅侦听”模式且VIO存在时才可用。

当没有使用GPIO引脚时，由于其内部保持器功能（自动上拉/下拉电阻），可以保持不连接。

另见2.2.2.1节关于将GPIO引脚用作第二个TXD/RXD信号对。

2.3 CAN总线连接到CANH、CANL

2.3.1 CAN总线终端

一般来说，CAN总线的终端电路应该按照汽车厂商的规范来设计。如果不适用，请参阅NXP应用程序提示文档“车载CAN网络的规则和建议”[3]。

2.3.2 CAN ESD保护

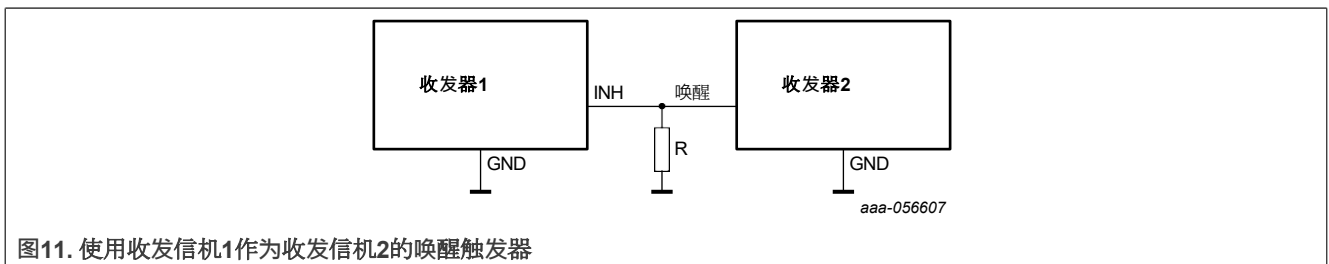
虽然CANH/CANL总线引脚配备了内部ESD保护，但可以考虑增加外部钳位保护器件，例如PESD2CANFD24V-T或PESD2CANFD24L-T。

2.4 WAKE管脚接口

通常，板载电路必须确保WAKE管脚在数据表的限值内操作。本节中的示例电路可能需要与应用的特定条件相适应。

2.4.1 连接到另一收发器上的INH引脚的WAKE引脚

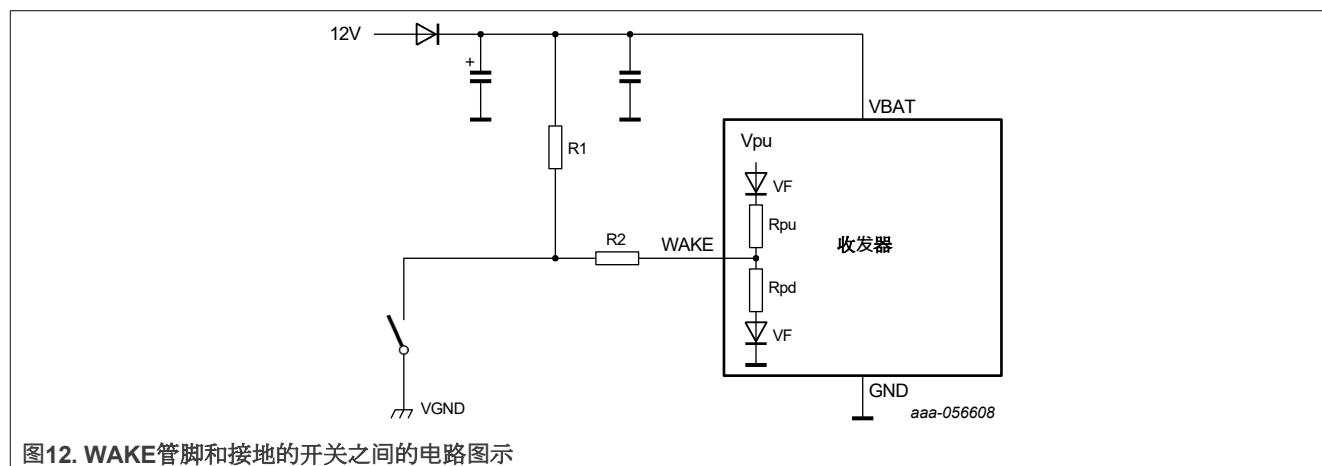
图11展示一个收发器上的INH引脚用作另一个收发器的唤醒源的示例电路。当收发器1上的INH引脚在休眠模式下关闭时，电阻R拉动收发器2上的WAKE引脚LOW。当收发器1从休眠模式中唤醒时，INH 输出会自动变为有效状态，在收发器2的WAKE输入上创建上升沿。电阻R的值必须足够高，以确保INH输出不会过载，并且足够低以在WAKE管脚的内部上拉活动时达到LOW电平。



2.4.2 WAKE 引脚连接至外部接地开关

TJA1445、TJA1465应用说明

在图12中的示例电路中，具有接地连接的开关或按钮用作唤醒源。电阻R1确定触点打开时的WAKE信号电平。需要R2来保护WAKE引脚免受应用于交换机电缆的ESD事件的影响。R2的最小值 3 k Ω 可根据数据手册‘极限值’章节中规定的 ESD 测试条件推导得出。请注意，R2 必须采用足够大的封装，以防止发生 ESD 事件时其两个端电极之间产生电弧。



R1的通过开关的闭合触点的电流来确定。

R1和R2的总和必须足够低，以在WAKE引脚通过Rpd在内部拉下时保持高电平：

$$V_{th(wake)} < V_F + (V_{BAT} - V_F) \times R_{pd} / (R_{pd} + R_2 + R_1)$$

$$V_{th}(wake) \times (R_{pd} + R_2 + R_1) < V_F \times (R_{pd} + R_2 + R_1) + (V_{BAT} - V_F) \times R_{pd}$$

$$(V_{th(wake)} - V_F) \times (R_{pd} + R_2 + R_1) < (V_{BAT} - V_F) \times R_{pd}$$

$$R_{pd} + R_2 + R_1 < ((V_{BAT} - V_F) / (V_{th(wake)} - V_F)) \times R_{pd}$$

$$R1 + R2 < R_{pd} \times ((VBAT - VF) / (V_{th(wake)} - VF) - 1)$$

显然，对R1和R2之和的要求取决于R1（此处为VBAT）连接的电源电压，并且该电压必须高于WAKE管脚处的阈值电压Vth(wake)。例如，当VBAT = 4.25 V或更高且Vth(wake)max = 2.6 V、VF = 0.3 V且Rpd(min) = 100 kΩ时，要使电路正常工作，要求是：

$$R1 + R2 < 100 \text{ k}\Omega \times ((4.25 - 0.3) / (2.6 - 0.3) - 1) = 100 \text{ k}\Omega \times (3.95/2.3 - 1) = 71 \text{ k}\Omega$$

R2必须足够低，以保证WAKE引脚在通过Rpu内部拉起时保持低电平，因为开关地与模块地之间可能存在偏移VGND。

$$V_{th}(wake) > V_{GND} + R_2 / (R_2 + R_{pu}) \times (V_{pu} - V_F - V_{GND}) \quad R_2 / (R_2 + R_{pu}) <$$

$$(V_{th(wake)} - V_{GND}) / (V_{pu} - V_F - V_{GND})$$

使用 $VR = (V_{th}(wake) - V_{GND}) / (V_{pu} - V_F - V_{GND})$:

$$R2 / (R2 + R_{pu}) < V_R$$

$$R2 < R2 \times VR + Rpu \times VR \quad R2 \times (1 - VR)$$

$$R_{pu} \times VR \times R_2 < R_{pu} \times VR / (1 - VR)$$

当 $V_{th}(wake) = 1.8\text{ V}$, $V_{GND} = 1\text{ V}$, $V_{pu} = 5.5\text{ V}$, $V_F = 0.3\text{ V}$, $R_{pu} = 100\text{ k}\Omega$ 时, R_2 的计算公式

为： $R_2 < 23.5 \text{ k}\Omega$

例如，在12 V的10 mA接触电流下，ESD保护的 $R2 = 10\text{ k}\Omega$ 和 $R1 = 1.2\text{ k}\Omega$ 可以满足上述要求。

2.4.3 与点火连接的WAKE脚

图13说明了WAKE和汽车的点火线（也称为“端子15”）之间的互连。R2确保在当开关断开时检测到低电平。R2的计算方法如2.4.2节所述， $V_{GND} = 0\text{ V}$ 。当 $V_{th}(\text{wake}) = 1.8\text{ V}$ ， $V_{GND} = 0\text{ V}$ ， $V_{pu} = 5.2\text{ V}$ ， $V_F = 0.3\text{ V}$ ， $R_{pu} = 100\text{ k}\Omega$ 时：

$R_2 < 58\text{ k}\Omega \rightarrow$ 选择 $51\text{ k}\Omega$ 。

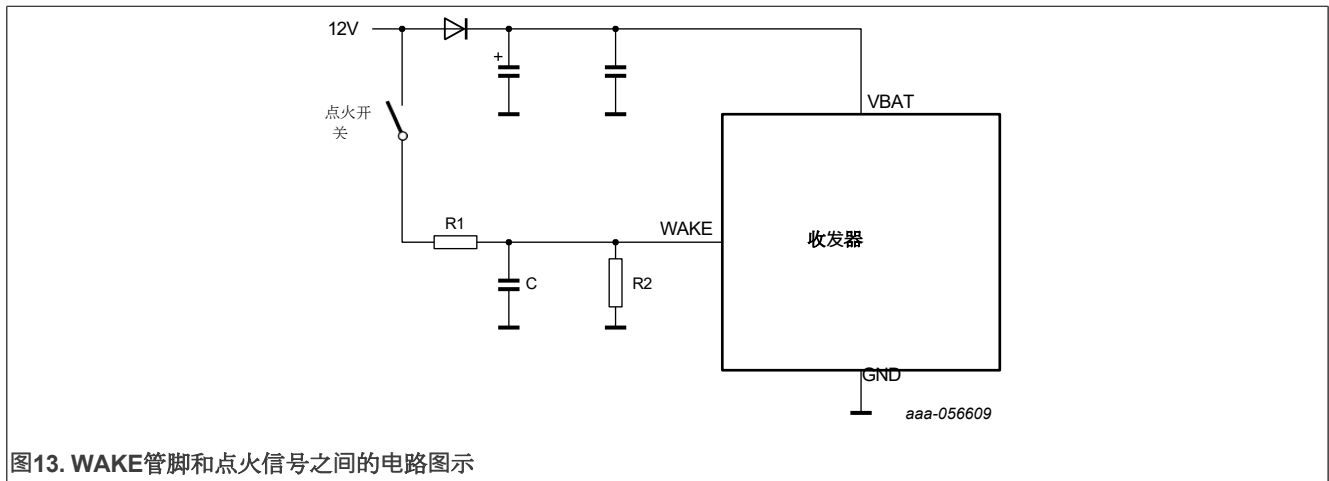


图13. WAKE管脚和点火信号之间的电路图示

R1和C的组合用作低通滤波器以抑制电池线上的瞬变。在存储ESD事件的电荷时，选择的电容应足够大，以将WAKE管脚电压保持在指定限度内。例如，当一个充电至 8 kV 的 150 pF 电容向一个初始未充电的 47 nF 电容放电时，两个电容上的电压将为 39.4 V 。对于附加的安全裕度并补偿公差，在本示例中可为C选择标称 100 nF 电容。

当开关关闭时，应计算R1的值，以确保WAKE管脚在通过 R_{pd} 从内部拉下和通过R2从外部拉下时处于HIGH电平。

2.4.2节中计算 $R_1 + R_2$ 的公式可以重新用于计算R1。对于VBAT和 $V_{th}(\text{WAKE})$ ($V_{BAT} = 4\text{ V}$ 或更高， $V_{th}(\text{WAKE}) = 2.6\text{ V}$)，使用相同的参数时，但 $R_{pd} = 34\text{ k}\Omega$ （内部 $100\text{ k}\Omega$ 电阻 R_{pd} 与外部 $51\text{ k}\Omega$ 电阻R2并行）， $V_F = 0\text{ V}$ （这简化了计算并创造了额外的安全裕度），要求是：

$R_1 < 34\text{ k}\Omega \times (4 / 2.6 - 1) = 18.3\text{ k}\Omega \rightarrow$ 选择 $18\text{ k}\Omega$ 。

由此得到的RC滤波器的时间常数为 $18\text{ k}\Omega \times 100\text{ nF} = 1.8\text{ ms}$ 。当需要较长的滤波时间时，增大电容，因为电阻不应超过计算值。

3 应用软件

本节介绍 MCU 通过 SPI 接口、利用应用软件控制收发器的方法。它假定收发器和MCU之间的互连是可用的，如所讨论的

在2.2节中。有关功能安全的方面，请参阅相关的功能安全手册[4]。

3.1 SPI状态检查

只有在设备通电后，才能与收发器进行SPI通信。根据模块的电源结构，可能存在电池电量不足的情况，在这种情况下当收发器处于未通电状态时，MCU可能正在运行。通过比较SPI传输的前两个返回字节与发送到收发器的相应字节，可以检测该状况。不匹配表示收发器未准备好进行SPI通信。当尝试从设备寄存器读取数据以确认接收的数据有效时，应始终执行此检查。

3.2 通过SPI同时寻址多个寄存器

收发器接受具有多达四个字节数据的SPI消息用于读和/或写访问。这样，最多可以使用单个SPI消息访问四个具有增量地址的寄存器。SPI帧所承载的地址指向具有第一个（最低）地址的寄存器（参见3.6.4节中的示例，表4描述了对地址0x042和0x043的写入）。对寄存器映射进行优化以有效地使用这个特征，并相应地对PN配置、状态信息或配置位等功能进行分组。有关SPI协议和寄存器映射的更多详细信息，请参阅数据表。

3.3 奇偶校验位

在用户应用中计算奇偶校验位PAR。前16个SPI位必须包含偶数“1”位-因此，如果前15个位包含奇数1位，则奇偶校验位（位16）必须设置为1（否则设置为0）。

3.4 回读写入的数据

该设备不会检测在SPI帧的一个或多个数据字节的传输期间发生的SDI信号上的比特故障。为了安全起见，寄存器写入操作应包含以下步骤：

- 写入寄存器的初始SPI帧
- 读取寄存器内容的第二SPI帧（相同的地址但只读位设置）
- 发送数据（第1帧）与读取数据（第2帧）的比较

当确认匹配并且SPI状态检查（请参见第3.1节）正常时，写入尝试可以被视为成功。否则，应重复写入和检查。应实现适当的退出或重试次数限制机制，以避免程序陷入死循环。

检查读和写数据之间的匹配不适用于中断状态寄存器、系统重置寄存器或寄存器中的只读位。当尝试在监视程序配置寄存器中将WDD和/或WDOFF位设置为“1”失败时，这并不一定意味着SPI传输失败。只有当设备处于数据表中所描述的适当状态时，这些位才能设置为“1”。

请注意，SPI支持全双工通信，但是，将新数据写入寄存器的SPI帧返回寄存器在新数据到达之前拥有的数据。

3.5 通电或从睡眠中唤醒后的第一次SPI交互

上电或从睡眠模式唤醒后，应在 MCU 响应超时时间 $t_{to}(MCU)$ 内至少完成一次寄存器读写形式的 SPI 交互。如果SPI交互未及时发生，设备将在启用远程（CAN总线）和本地(WAKE pin)唤醒源的情况下进入睡眠模式。此行为有助于通过以下方式处理MCU故障：

- 最大程度地减少停放汽车时的电池消耗（即没有CAN总线或WAKE信号活动时）
- 当CAN总线或WAKE引脚上有活动时，重试MCU恢复

在通电时，MCU的反应超时时间是固定的，但在睡眠模式下，通过设置LUVIOSEL = 0来缩短(注意，较长的缺压检测时间 $t_{det(uv)long}$ 也将缩短)。

3.6 设备初始化

3.6.1 电源配置

当引脚VBAT提供与引脚VCC相同的5 V电压时（参见图5、图6），或者当任何其他稳压电压 < 5.5 V时，系统配置寄存器中的位VBATVCC必须设置为1，VCC必须在低电源模式中保持通电。

当VCC在睡眠模式下关闭时，VBATVCC必须清除到0，并且VBAT必须以12 V的电压（参见图3和图4）或调节电压 > 5.5 V供电。请参见表3了解可用选项的概述。

表3. 睡眠模式下的VBATVCC设置

睡眠模式下的VCC	VBAT =VCC[1]	VBAT = 12 V（或调节电压> 5.5 V） [1]
VCC打开	VBATVCC = 1	VBATVCC = 0
VCC关闭	不允许	VBATVCC = 0

[1]VBAT必须在睡眠模式下通电。

当外部钳位电路用于VBAT时（见2.1.2节），系统配置寄存器中的位BCCTRL可以设置为1（内部钳位关闭），以在VBAT高于28V时减小内部静态电流。否则，BCCTRL必须清除为0（启用内部夹持）。

系统配置寄存器中的其他位RXDINTC（参见3.6.5节）和LUVIOSEL（参见3.5节）应根据应用程序的要求进行配置。

3.6.2 CAN收发器配置

CAN配置寄存器的默认值0x00应足以发送和接收CAN总线消息。Bit CWC可能需要根据OEM要求进行唤醒模式优化调整。

当TXEN_N（仅限TJA1445B/65B）由MCU控制时，必须将其设置为LOW以启用发射器。在3.6.4节中讨论了可选的TXD2/RXD2的GPIO配置。

3.6.3 唤醒源配置

TJA1445、TJA1465应用说明

本地(pin WAKE)和远程(CAN)唤醒可以通过系统中断启用寄存器中的中断启用位WPRE/WPFE和CWE来启用/禁用。这可以在初始化期间完成，或者最迟在ECU进入低功率模式之前完成。请注意，这些位可能已在早期故障处理（VIO缺压或MCU反应超时）期间由设备自动设置。

当收发器通过INH引脚在睡眠模式下关闭MCU的电源时（参见图3和图4），请考虑在发出Sleep命令之前一直禁用“常规”唤醒源（CAN和WAKE引脚）。这可确保任何意外的“睡眠”命令（例如，由于SPI有噪音）只会触发SPI失败中断（如果已启用），而不会意外转换到“睡眠”模式。

当采用部分网络(PN)唤醒时，必须通过PN ID、PN ID掩码、PN帧控制和PN数据速率以及滤波器配置寄存器来配置。当数据长度码(DLC)和数据字段包括在唤醒帧(PNDM=1)中时，也需要对所述DLC和PN数据掩码寄存器进行初始化。PN配置通过将CPNC = 1和PNCOK = 1写入PN CAN配置寄存器来完成。使用相同的SPI命令，CAN FD帧或CAN XL帧所需的行为应该通过位PNECC和CXLDE来选择（如果适用于设备变体）。附录第4.1节详细解释了PN设置。附录第4.2节中描述了转换到休眠模式的PN配置示例SPI命令。

唤醒脉冲配置寄存器中的位WFC可用于为WAKE管脚选择两个滤波时间（短或长）之一。

3.6.4 GPIO引脚配置（仅限TJA1445B / TJA1465B）

当使用GPIO管脚时，其功能需要通过GPIOx配置寄存器(x = 1, 2, 3)中的比特GPIOxC和GPIOxFS来初始化。数字输入功能始终可用，与通过GPIOxFS选择的功能无关。例如，选择GPIOxFS = 0x02，将引脚用作通用的双向远程I/O端口（另请参见2.2.4节）。

对于具有非RXD2输出函数的引脚，需要通过GPIO极性配置寄存器中的比特GPPx来定义极性。这些位还可用于初始化用作数字输出的GPIO管脚上的默认电平（另见3.7.3节）。

当将GPIOx管脚用作唤醒中断源时，它必须配置为GPIOxFS = 0x13、0x14或0x15（具有上升、下降或双边缘灵敏度的唤醒检测输入）和GPIOxE = 1（启用中断）。GPIOxFS = 0x01（“仅限数字输入”）与GPIOxE = 1的配置组合不会配置用于唤醒检测的PIN。

在第2.2.2.1节中，讨论了使用GPIO1/2作为第二对TXD/RXD管脚来连接第二个CAN控制器。表4说明了单个SPI帧的结构以为此目的配置GPIO管脚。

表4. 使用单个SPI帧将GPIO1/2初始化为RXD2/TXD2

SPI标头				GPIO1配置寄存器（地址 0x042）			GPIO2配置寄存器（地址 0x043）		
地址		RO	PLS	PAR	数据0		数据1		
GPIO1 config reg 的地址		非只读	2个数据字节	奇偶性	GPIO1C	GPIO1FS	GPIO2C	GPIO2FS	
					输出：推拉	RXD2（和RXD）	输入上拉	TXD2（和TXD）	
0x42		0	01	1	000	0x06	001	0x05	
0x04	0x02	0	01	1	000	0 0110	001	0	0101
字节1		字节2			字节3		字节4		
0x04	0x23				0x06		0x25		

3.6.5 配置中断

当相关中断被启用时，内部或外部信号上的瞬态事件可被解释为中断。其中一些中断可以用作唤醒源（见3.6.3节）。

当收发器在待机或休眠模式下产生中断时，在VIO可用时，通过引脚RXD上的低电平向MCU发出信号。可以选择哪些中断通过系统配置寄存器中的RXDINTC位在RXD上发信号。当RXDINTC = 0（默认值）时，只在RXD上发出唤醒和加电中断信号。当RXDINTC = 1时，任何启用的中断都会在RXD上发出信号，并将MCU从其低功耗模式唤醒（当MCU保持通电时适用，请参见3.8.2节）。

在MCU重置之后，收发器中断可能已挂起，甚至在初始化过程中已启用这些中断之前。例如，不可屏蔽的PO中断始终在通电期间生成。

由于从休眠模式唤醒而进行的MCU复位将伴随收发器的等待唤醒中断。另见3.7.2节。

请注意，如果设备使用稳定占主导地位的CAN总线通电，则可能已处于正常模式。另见4.3.2节。

3.6.6 过渡到正常模式

CAN收发器仅在设备进入正常模式后才启用完全操作。如果存在VCC，则在发出正常模式命令（将0x0F写入模式控制寄存器）后将发生tt(moch)。

3.7 正常操作

3.7.1 确认收发器状态

初始化后（3.6节），收发器应已准备好进行CAN通信。但是，每当CAN通信出现故障时，软件应定期重新确认此消息，且检查周期应短于MCU响应超时时间t_{to}(MCU)。这是必要的，因为某些VBAT缺压条件可能会重置收发器而不会重置MCU。CAN状态寄存器中的CTS位指示收发器是启动并正在运行(CTS = 1)还是非活动(CTS = 0)。当读取CTS返回0时，可能需要重新初始化设备。但是，如果这是由持续性缺电压引起的，则可能需要重复多次，直到电池电压充分恢复。另见3.1节和3.5节。

3.7.2 中断处理

当设备处于正常模式时，仍会生成启用的中断，但它们不会在pin RXD上发出信号。MCU可以通过读取中断状态寄存器来定期检查挂起的中断。最有效的方法是从地址0x060，即系统中断状态寄存器开始，执行一次6字节SPI读取。对于TJA1445A/TJA1465A，5字节访问同一地址就足够了。如果返回的任何数据字节不是0x00，则存在挂起的中断。

一旦处理完毕，通过向中断状态寄存器中的相关位写入1，可以一次或一次单独地清除单个或多个中断。

3.7.3 将GPIO引脚用作远程数字I/O端口引脚（仅限TJA1445B/TJA1465B）

配置为“数字输出”(GPIOxFS = 0x02)的GPIO管脚上的输出电平通过GPIO极性配置寄存器中的GPPx位来控制。由于此寄存器是所有三个GPIO管脚所共有的，因此改变一个管脚的输出电平意味着需要重复其它管脚的现有极性配置。

通过读取GPIO/TXEN_N状态寄存器，可以采样GPIO输出或输入信号的HIGH/LOW状态。将GPIO管脚配置为启用中断的唤醒输入时（请参见3.6.4节），

在GPIO中断状态寄存器中，可以看到已通过具有选定极性的输入滤波器的边出现。

3.8 过渡到低功率模式

如果尚未完成，必须在ECU进入低功耗模式之前启用所需的唤醒源（参见3.6.3节），并应处理和清除所有挂起的中断（参见3.7.2节）。请注意，除非启用了至少一个主唤醒源（CAN总线、WAKE引脚）并且清除所有唤醒中断，否则收发器将不会进入睡眠模式。即使未启用任何唤醒源，也始终可以进入待机模式。

在离开收发器正常模式之前，请考虑等待正在进行的CAN总线消息发送或接收完成。

3.8.1 睡眠模式（MCU未在低功耗模式下通电）

在休眠模式下通过INH信号关闭MCU电源时（图3、图4、图7），请考虑电容放电时间。发送SPI睡眠模式命令（将0x01写入模式控制寄存器）后，等待足够长的时间以使MCU断电。在此期间，可以通过模式状态寄存器来确认设备睡眠状态，即，可以检查设备是否意外唤醒。如果收发器已进入睡眠模式而MCU仍在运行，则说明存在硬件故障，导致INH信号无法关闭稳压器。在发出SPI休眠命令和通过模式状态寄存器进行确认之间允许tt(moch)。请参见附录第4.2节，以获取转换到休眠模式的PN配置SPI命令序列示例。

请参见附录第4.2节，以获取转换到休眠模式的PN配置SPI命令序列示例。

3.8.2 待机模式（MCU在低功耗模式下保持通电）

当MCU保持低功耗模式供电时，RXD信号用于将MCU从其低功耗模式（“MCU停止”）唤醒。在收发器待机模式下（向模式控制寄存器写入0x06），RXD持续处于低位而中断处于待定状态（通过位RXDINTC选择，另见3.6.5节）。

当相关的MCU引脚中断是边缘敏感时，在停止MCU之前，必须确认收发器是否准备在RXD上生成唤醒边缘：RXD信号必须为HIGH。如果为LOW，则在停止MCU之前需要清除挂起的中断（请参见3.7.2节）。

对于TJA1445B或TJA1465B，在低功耗模式下，不应将TXEN_N驱动为低电平。否则，引脚的内部上拉电阻会增加静态电流（另见2.2.3节）。

3.9 唤醒

在MCU从低功率模式（3.8.2节）唤醒之后，或者在MCU从休眠模式唤醒所引起的MCU复位之后（3.8.1节），收发器的完全重新初始化（3.6节）可能没有必要，但建议在安全侧。在任何情况下，转换到正常模式（3.6.6节）需要

在恢复正常操作之前执行。请记住，与设备的第一次SPI交互应该发生在 $T_o(MCU)$ (MCU)的反应超时时间内，在从睡眠模式唤醒之后。

4 附录

4.1 部分网络配置

由于部分网络寄存器的正确配置对于从低功率模式成功唤醒至关重要，因此应按照第3.1节和第3.4节的说明检查对这些寄存器的任何写访问的完整性。

4.1.1 选择性唤醒的概念

部分网络是指将网络分割成可以通过专用的唤醒帧(WUF)分别唤醒的子网的概念。此类子网可以包含任意数量的节点，甚至单个节点或网络上的所有节点。一个节点可能属于多个子网。网络所有者需要定义如何处理WUF对子网的这种选择性唤醒。

WUF是符合ISO11898-1标准的标准CAN帧，因此由CAN标识符（ID、标准或扩展帧格式）、数据长度代码(DLC)和CAN帧的数据字段组成。有三个选项可用于定义这些元素中的哪一个将用于控制子网的唤醒：

- 只有ID
- ID和DLC, $DLC = 0$
- ID、DLC ($DLC > 0$) 以及数据字段

请注意，不支持具有CAN FD或CAN XL帧格式的WUF帧，即使在 $PNDM = 0$ 时也是如此。

4.1.2 ID和ID掩码

将在部分网络ID寄存器中定义将被接受为有效WUF ID的CAN帧标识符(ID)。

如图14所示，在将ID左移两个位位置后，11位ID可以加载到ID寄存器3和2中，这相当于将其乘以4。29位标识符可以直接加载到ID寄存器3到0中（见图15）。

对于11位ID，不使用ID寄存器1和0中存储的值，这些值“无关”。

如果只有一个CAN ID用于唤醒，则所有部分网络ID掩码寄存器都应设置为0x00（默认值）。如ISO11898-2所指定，可以通过将单个ID位定义为“don't-care bit（无关位）”来配置多个WUF ID，在图14和图15中的WUF ID示例中使用“x”来表示。需要在ID掩码中的相应位位置处设置“1”。ID掩码也可以按如下方式计算：

1. 通过将所有“无关”位设置为“1”来确定最高ID
2. 通过将所有“无关”位设置为“0”来确定最低ID

3. 最高ID减去最低ID的差值表示ID掩码值

TJA1445、TJA1465应用说明

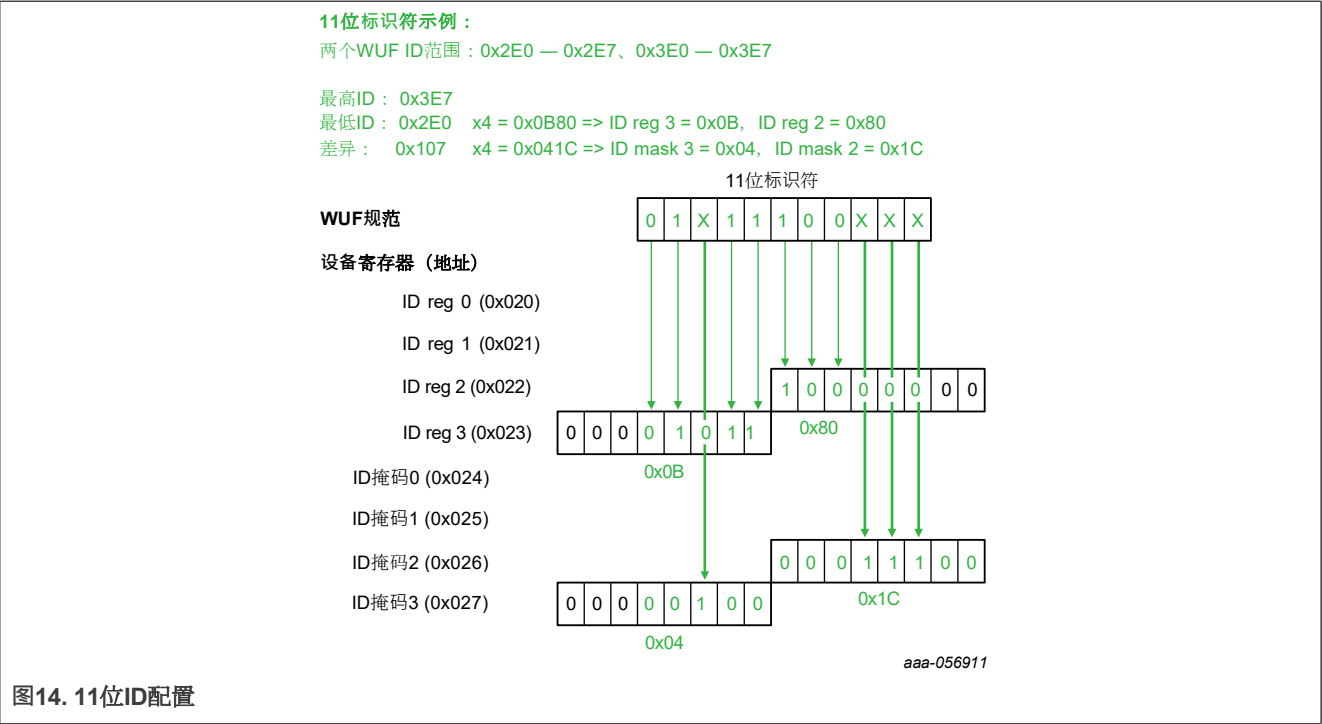


图14. 11位ID配置

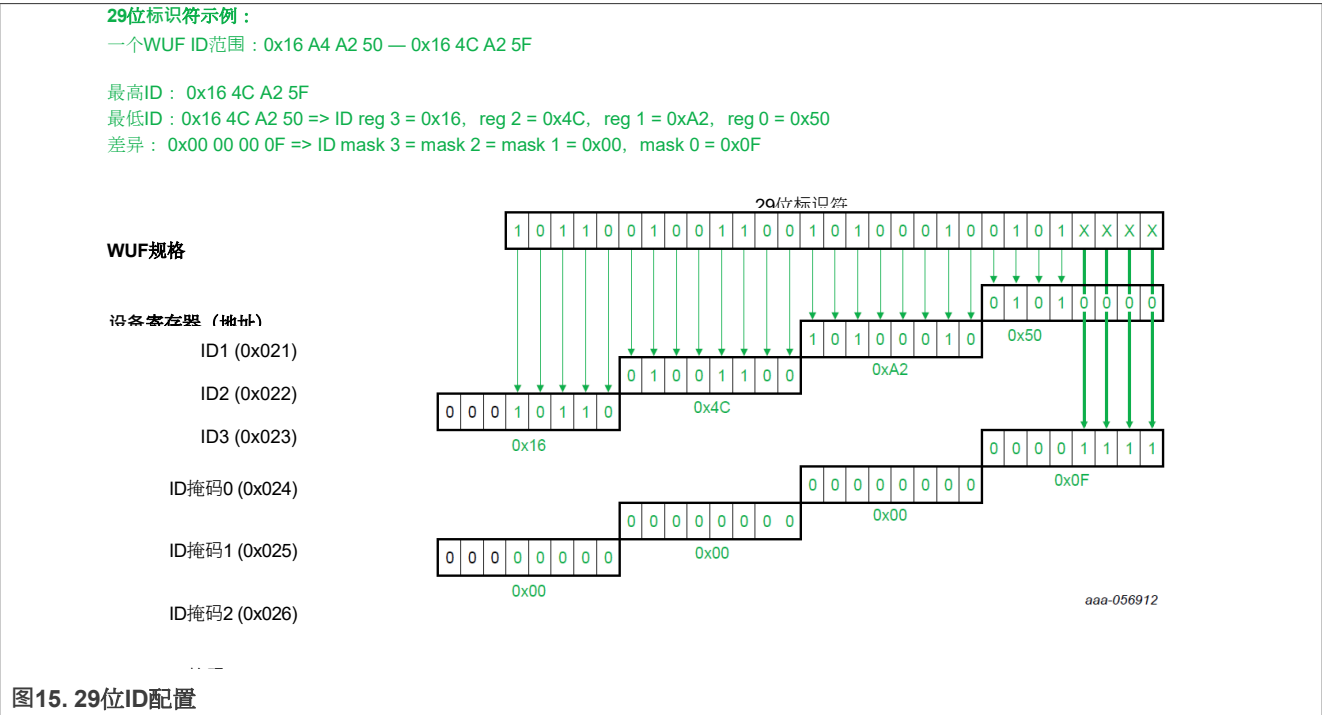


图15. 29位ID配置

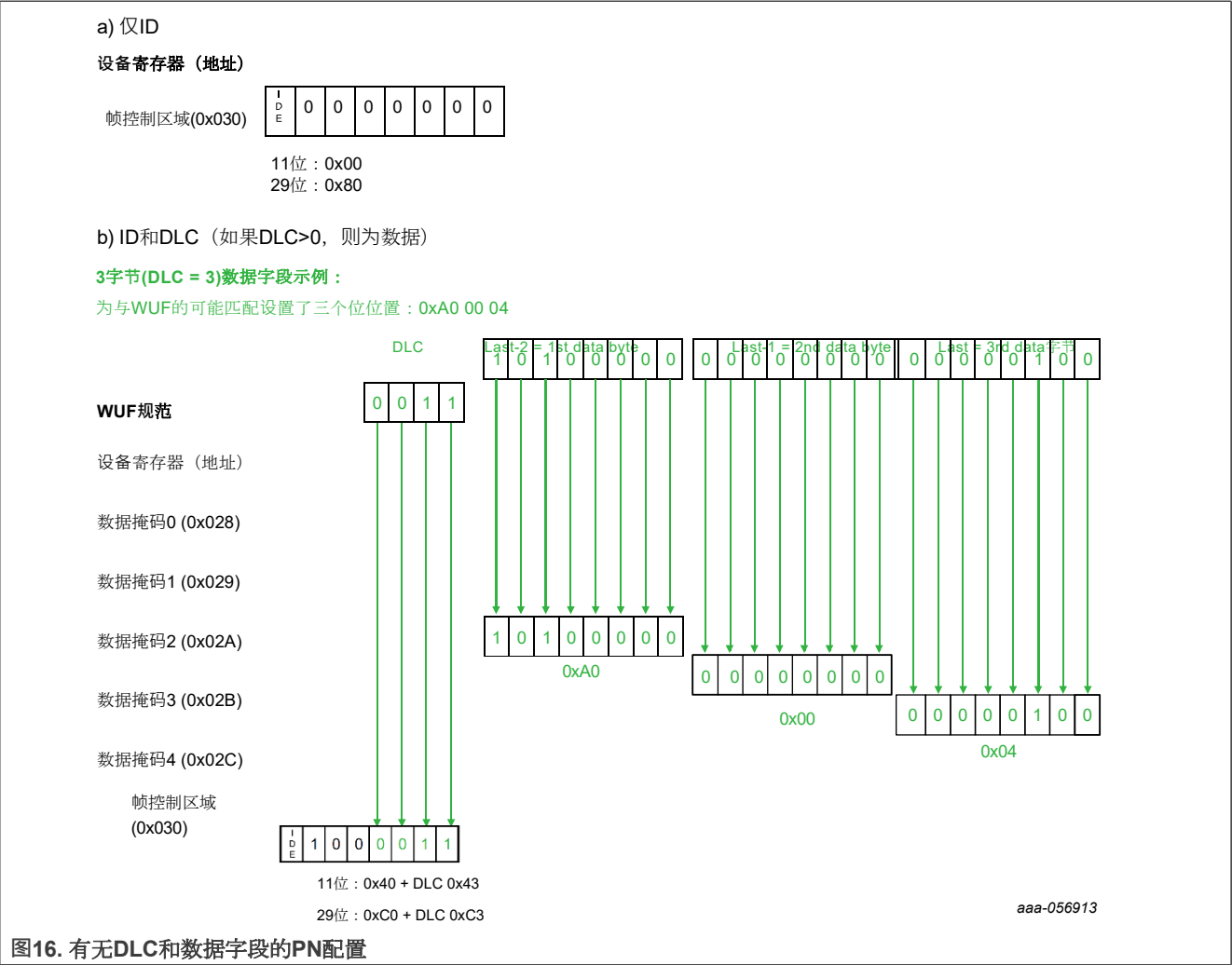
4.1.3 DLC 和数据掩码

如果在发现接收的标识符与配置匹配时已经触发了唤醒，则无论 DLC 和数据字段内容如何（图16），帧控制寄存器的适当内容对于11位WUF是0x00，对于29位WUF是0x80。在这种情况下，不需要进一步配置数据长度代码 (DLC) 或数据掩码。

当WUF的数据字段要包含用于唤醒选择时，数据字段中的每个“1”位被假定用于寻址一组网络节点。WUF可以通过将数据字段中的多个位设置为“1”来寻址多个组。反过来，PN收发器可以通过将数据掩码寄存器中的相应位设置为“1”而被分配给多个组。然后，PN收发器只有在以下情况才会唤醒：

- WUF的ID与4.1.2节中说明的配置相匹配
- 并且WUF DLC与帧控制寄存器中的DLC匹配
- 并且WUF在一个或多个数据字段位位置上具有“1”，收发器已经将数据掩码寄存器中的相应位设置为“1”。

图16示出了对于WUF DLC = 3的示例的帧控制和数据掩码寄存器的适当配置。



4.1.4 数据速率

要正确解码传入的经典CAN帧，必须通过部分网络数据速率和过滤器配置寄存器（地址0x031）中的CDR位来定义其比特率。在图17所示的示例中，选定的数据速率为500 kbit/s。

4.1.5 可选CAN FD/CAN XL和FAST模式容错

当其它CAN帧格式之一CAN FD或CAN XL预期出现在总线上时，必须通过设置PNECC = 1（在部分网络和CAN配置寄存器中）来启用“CAN FD被动”功能。请注意，TJA1465是引脚对CAN XL容错的推荐产品。

PN解码器不能读取CAN FD或CAN XL帧的数据相位。当PN无源函数已识别CAN帧的FD或XL格式时，它通过等待总线变为空闲（总线连续隐性状态为持续 6 至 10 个仲裁速率位时间）跳过该帧的其余部分。

FD无源功能的特点是许多数字滤波器特性支持空闲检测机制，包括ISO11898-2中规定的两个位滤波器选项。这种滤波器应该拒绝“噪声”，噪声定义为比CAN消息（包括CAN FD或CAN XL，如果适用）中预期的短的显性脉冲。例如，2 Mbit/s的标称最小脉冲长度为500 ns，5 Mbit/s为200 ns，8 Mbit/s为125 ns。所选筛选器时间tfiltr(bit)dom的最大值必须小于

考虑到设备容限和总线物理的影响，这些脉冲长度是合适的。理想情况下，位过滤器的要求应由系统所有者定义。

ISO11898滤波器选项定义为仲裁比特时间的百分比，该百分比是通过CDR定义的所选仲裁比特率的倒数。对于CAN FD速度高达5 Mbit/s，这些滤波器应是首选。例如：当CDR = 100b（仲裁比特率= 500 kbit/s）时，ISO比特过滤器2会忽略最高175 ns的脉冲，使其适用于最高5 Mbit/s的数据相位比特率。

过滤器选项通过空闲检测过滤器选择比特（部分网络数据速率中的IDFS和地址为0x031的过滤器配置寄存器）来设置。除了ISO过滤器选项外，TJA1445/65还提供了许多过滤器选项，这些选项的设置被指定为独立于CDR设置的绝对值（例如，位过滤器3忽略了高达93 ns的脉冲，这使它适合高达8 Mbit/s的通信）。

表5总结了两个ISO过滤器选项（以500 kbit/s的仲裁数据速率计算绝对过滤器时间）以及比特过滤器3的属性。超过最大位筛选器时间值的脉冲永远不会被拒绝。始终拒绝小于最小位筛选器时间值的脉冲。长度介于这些值之间的脉冲可能会被拒绝，也可能不会被拒绝。

表5. IDFS示例

	ISO位筛选器1 (IDFS = 0x1)	ISO位筛选器2 (IDFS = 0x2)	位筛选器3 (IDFS = 0x3)
最小位筛选时间	5% (100ns[1])	2.5% (50ns[1])	18ns
最大位筛选器时间	17.5% (350ns[1])	8.75% (175ns[1])	93ns
最大合适的数据相位比特率	2 Mbit/s[1]	5 Mbit/s[1]	8 Mbit/s[2]

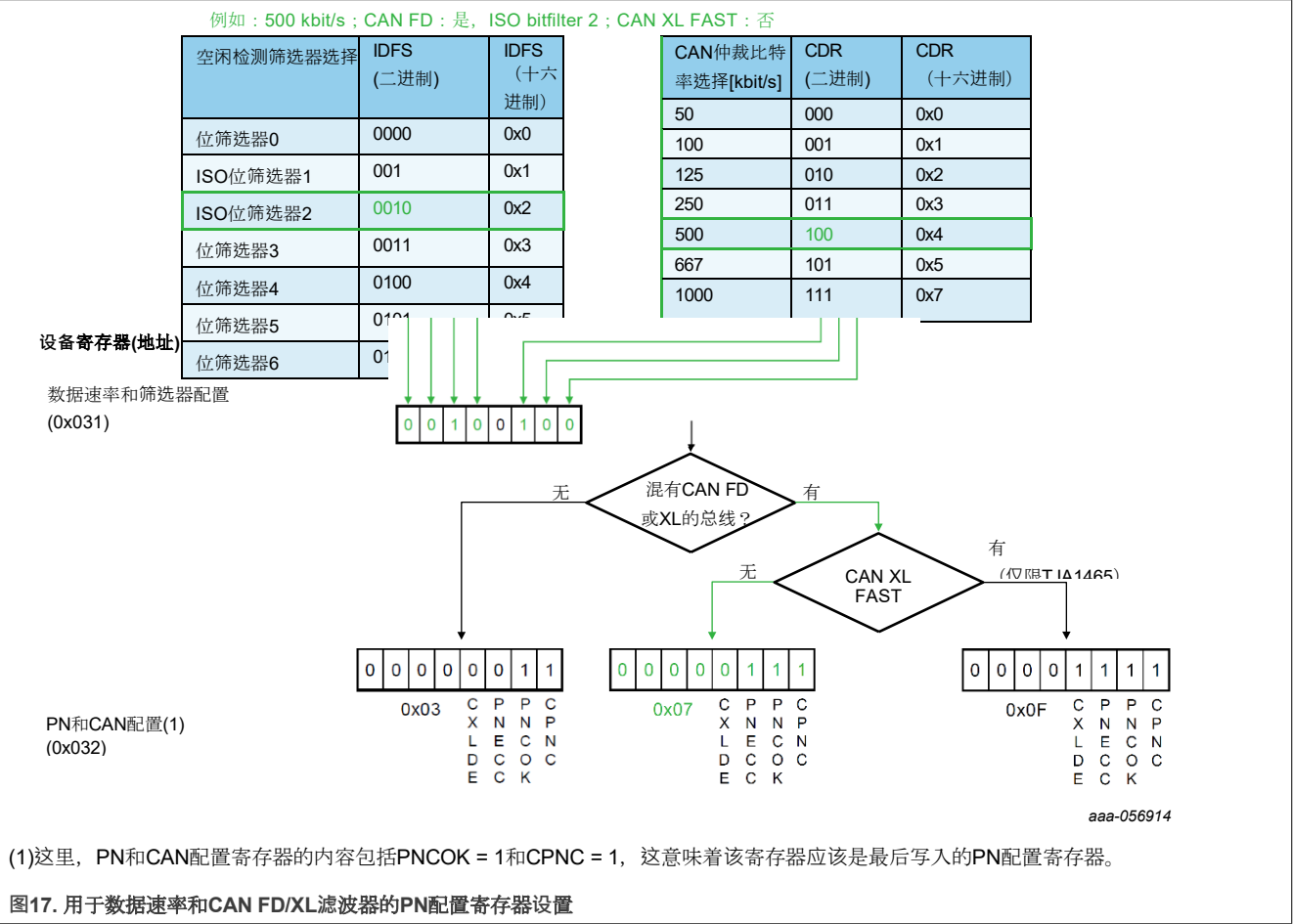
[1] 此数字仅对500 kbit/s的仲裁数据速率有效(CDR = 100b)。

[2] 仅适用于CAN SIC设备。

当PNECC设置为1时，TJA1465设备不仅可以容忍CAN FD帧，还可以容忍CAN XL帧以SIC模式发送。仅当使用FAST模式级别方案发送CAN XL帧时，必须将bit CXLDE也设置为1. 由于此功能消耗额外的电流，建议在不需要时禁用它(CXLDE = 0)。

图17中说明了对于给定数据速率，具有或不具有CAN FD/CAN XL FAST模式容限的适当寄存器设置。部分联网和CAN配置寄存器包括PNCOK位。

将此位设置为1之前，所有其他PN寄存器都应该已经初始化。在将PNCOK=1和CPNC=1（在同一寄存器中）设置后，设备被初始化，以使用PN寄存器的当前内容进行WUF唤醒。但是，系统中断使能寄存器中的CWE位也必须设置为1，才能实现一般的CAN总线唤醒功能。



4.2 PN配置和转换到休眠模式的SPI序列示例

表6. PN配置和转换到休眠模式的SPI序列示例

在启动SPI序列时，假定设备为Normal、Standby或ListenOnly模式。

操作	寄存器名称	地址	内容	单寄存器SPI代码	多寄存器SPI码
启用CAN作为唤醒源(CWE = 1)	系统中断启用寄存器	0x010	0x40	0x01 01 40	0x01 01 40
选择11位格式加DLC = 3	部分网络帧控制寄存器	0x030	0x43	0x03 00 43	0x03 03 43 24
设置数据速率= 500 kbit/s和ISO筛选器2	部分网络数据速率和过滤器配置寄存器	0x031	0x24	0x03 11 24	
设置WUF ID	部分网络ID寄存器0	0x020	0x00	0x02 01 00	0x02 07 00 00 80 0B
	部分网络ID寄存器1	0x021	0x00	0x02 10 00	
	部分网络ID寄存器2	0x022	0x80	0x02 20 80	

表6. PN配置和转换为休眠模式的SPI序列示例...续
在启动SPI序列时，假定设备为Normal、Standby或ListenOnly模式。

操作	寄存器名称	地址	内容	单寄存器SPI代码	多寄存器SPI码
	部分网络ID寄存器3	0x023	0x0B	0x02 31 0B	
设置WUF ID掩码	部分网络ID掩码寄存器0	0x024	0x00	0x02 40 00	0x02 46 00 00 1C 04
	部分网络标识掩码寄存器1	0x025	0x00	0x02 51 00	
	部分网络标识掩码寄存器2	0x026	0x1C	0x02 61 1C	
	部分网络ID掩码寄存器3	0x027	0x04	0x02 70 04	
设置数据掩码0-3	部分网络数据掩码寄存器0	0x028	0x00	0x02 80 00	0x02 86 00 00 00 00
	部分网络数据掩码寄存器1	0x029	0x00	0x02 91 00	
	部分网络数据掩码寄存器2	0x02A	0x00	0x02 A1 00	
	部分网络数据掩码寄存器3	0x02B	0x00	0x02 B0 00	
设置数据掩码4-7	部分网络数据掩码寄存器4	0x02C	0x00	0x02 C1 00	0x02 C7 00 A0 00 04
	部分网络数据掩码寄存器5	0x02D	0xA0	0x02 D0 A0	
	部分网络数据掩码寄存器6	0x02E	0x00	0x02 E0 00	
	部分网络数据掩码寄存器7	0x02F	0x04	0x02 F1 04	
完成具有CAN FD被动的PN配置，不具有CAN XL FAST	部分联网和CAN配置寄存器	0x032	0x07	0x03 21 07	0x03 21 07
清除所有中断	系统中断状态寄存器	0x060	0xFF	0x06 00 FF	0x06 06 FF FF FF FF FF FF
	CAN中断状态寄存器	0x061	0xFF	0x06 11 FF	
	部分网络中断状态寄存器	0x062	0xFF	0x06 21 FF	
	GPIO中断状态寄存器[1]	0x063	0xFF	0x06 30 FF	
选择睡眠模式	模式控制寄存器	0x000	0x01	0x00 00 01	0x00 00 01
确认睡眠模式（参见3.8.1节）	模式状态寄存器	0x070	0x00	0x07 08 00	0x07 08 00

[1]此寄存器在TJA1445A或TJA1465A中不可用。可以跳过对此寄存器的写入。允许写入，但将被忽略。

4.3 软件开发与 MCU Flash 存储器编程

4.3.1 INH信号的处理

在INH管脚直接控制电压调节器的应用中（即INH关闭意味着调节器关闭），可能需要设置“调试跳线”（2.1.4节）。这确保了电压调节器即使在收发器由于自通电以来或自上次从睡眠模式唤醒以来缺少及时SPI交互而进入睡眠模式时仍保持活动（第3.5节）。

4.3.2 使用通用Boot Loader

通用MCU启动加载器将无法通过SPI正确控制收发器。但是，收发器包括启动到正常模式(SNM)功能，该功能允许设备启动而无需SPI交互。当CAN总线稳定占主导地位时，收发器通电，在正常模式(SNM)下自动启动。然后，可以使用通用启动加载器来通过CAN收发器加载数据。不需要SPI交互。反过来，当Flash编程完成并且应用软件开始运行时，设备模式可以按正常方式进行控制。

如果CAN总线在主状态机FSM_MAIN进入Check_SNM模式之前切换到占优状态($V_{CANH} - V_{CANL} > 1.1\text{ V}$)，则SNM模式被自动激活，占优状态至少保持为 $t_t(snm)$ 。这可以通过例如在VBAT上电之前将CANL连接到模块GND和CANH到VBAT或连接到大于1.5V的辅助电源来实现。器件使INH输出有效后，即可释放对CANH和CANL的外部强制电平。请注意，这会导致设备启动时间（从VBAT加速到INH上升沿）延长 $t_t(snm)$ 。

可施加到CANH的最大电压由引脚的最大电压额定值和总线端接电阻的最大电流或功率额定值确定。

4.4 TJA1445x/TJA1446x/TJA1465x/TJA1466x系列引脚失效模式及影响分析 (FMEA)

表7. 在pin FMEA表中使用的故障分类

A	对设备的损害；总线可能会受到影响		
B	没有对设备造成损害；无法进行总线通信		
C	没有对设备造成损害；可能发生总线通信；已损坏的节点被排除在通信之外		
D	不损害设备；总线通信可能；设备或系统功能降低		

表8. Pin FMEA of TJA1445A and TJA1465A, 第一部分

		与 VBAT 短路 (12 V到40 V)		与 VCC 短路 (5 V)		与 VIO 短路 (1.8 V/3.3 V/5.0 V)	
引脚		故障等级	模式	故障等级	模式	故障等级	模式
1	TXD	A	超出限制值	C	TXD钳位隐性；在VIO = 1.8 V-3.3 V时对μC I/O或完整μC的潜在损伤	C	TXD钳位隐性

2	GND	C	节点未供电，并对总线呈无源状态（偏置关闭）	C	检测到VCC缺压；器件TJA1445、TJA1450和TJA1451的I/O引脚说明设备进入睡眠模式		
3	VCC	A	超出限制值	-	N/A	D	1.8 V-3.3 V对μC I/O引脚的潜在损坏 VIO或VCC缺压 检测到设备对总线是被动的（偏置）

表8.Pin FMEA of TJA1445A and TJA1465A, 第1部分...续

		与 VBAT 短路 (12 V到40 V)		与 VCC 短路 (5 V)		与 VIO 短路 (1.8 V/3.3 V/5.0 V)	
引脚		故障等级	模式	故障等级	模式	故障等级	模式
4	RXD	A	超出限制值	C	RXD钳位隐性；总线通信可能受到干扰；对μC I/O或VIO处的完整μC的潜在损害=1.8 V-3.3 V	C	RXD钳位隐性；总线通信可能受到干扰
5	VIO	A	超出限制值	D	主机接口电压被拉到较高的VCC电源(5 V)；VIO时对μC I/O或整个μC的潜在损坏=1.8伏-3.3伏	-	N/A
6	SDO	A	超出限制值	C	无法从设备读取SPI；行为取决于软件；对μC I/O或VIO处的完整μC的潜在损坏=1.8伏-3.3伏	C	无法从设备读取SPI；行为取决于软件
7	INH	D	由 INH 控制的稳压器将持续保持开启状态	D	由 INH 控制的稳压器可能持续保持开启状态	C	由 INH 控制的稳压器可能持续保持开启或关闭状态
8	SCK	A	超出限制值	C	无法与设备通信；对μC I/O或VIO上的完整μC的潜在损坏=1.8伏-3.3伏	C	无法与器件进行通信
9	WAKE	D	本地唤醒不可能	D	本地唤醒不可能	D	本地唤醒不可能
10	VBAT	-	N/A	A	超出限制值	A	超出限制值
11	SDI	A	超出限制值	C	无法与设备通信；对μC I/O或VIO上的完整μC的潜在损坏=1.8伏-3.3伏	C	无法与器件进行通信
12	CANL	B	总线钳位隐性；总线通信不可能	B	总线钳位隐性；总线通信不可能	B	CANL钳位隐性；在低VIO下可能实现总线通信，但原则上没有总线通信是可能的
13	CANH	D	电磁兼容降级；可能发生比特定时违规	D	电磁兼容降级；可能发生比特定时违规	D	电磁兼容降级；可能发生比特定时违规
14	SCSN	A	超出限制值	C	无法与设备通信；对μC I/O或VIO上的完整μC的潜在损坏=1.8伏-3.3伏	C	无法与器件进行通信

表9. Pin FMEA of TJA1445A and TJA1465A, 第2部分

		与 GND 短路		引脚开路		与相邻引脚短路	
引脚		故障等级	模式	故障等级	模式	故障等级	模式
1	TXD	C	发射器被禁用（可能是因为它无法进入CAN运行模式，或由于TXD显性超时）	C	TXD钳位隐性	C	TXD-GND：发射器被禁用（要么是因为发射器无法进入CAN运行模式，要么是因为TXD显性超时）
2	GND	-	N/A	C	电源管脚上的浮空电压可导致缺压；设备然后进入“关闭”模式，对总线采取被动行为	C	GND-VCC：VCC检测到缺压；器件对总线呈无源状态（偏置开启）
3	VCC	C	检测到VCC缺压；器件对总线呈无源状态（偏置开启）	C	检测到VCC缺压；器件对总线呈无源状态（偏置开启）	C	VCC-RXD：RXD钳位隐性；总线通信可以受到干扰；对μC I/O或VIO处的完整μC的潜在损坏=1.8伏-3.3伏
4	RXD	C	RXD钳位显性	C	当MCU信号浮空时，节点可以继续生成错误帧，直到它进入总线关闭状态	C	RXD-VIO：RXD钳位隐性；总线通信可能受到干扰
5	VIO	C	检测到VIO缺压；设备进入睡眠模式	C	检测到VIO缺压；设备进入睡眠模式	C	VIO-SDO：无法从设备读取SPI；行为取决于软件
6	SDO	C	无法从设备读取SPI；行为取决于软件	C	无法从设备读取SPI；行为取决于软件	A	SDO-INH：无法从设备读取SPI；可能损坏μC I/O或由于INH输出电压而使整个μC；SDO管脚也可能损坏
7	INH	C ^[1]	由 INH 控制的稳压器将持续保持关闭状态	C	由 INH 控制的稳压器将持续保持关闭状态	-	N/A
8	SCK	C	无法与器件进行通信	C	无法与器件进行通信	A	SCK-WAKE：如果WAKE管脚电压与VBAT电源相关，则可能损坏SCK管脚；μC I/O可能损坏或完整的μC；没有与设备的通信
9	WAKE	D	本地唤醒不可能	D	本地唤醒不可能	D	WAKE-VBAT：本地唤醒不可能

10	VBAT	C	节点对总线呈无源状态，总线偏置关闭	C	节点未供电，并对总线呈无源状态（偏置关闭）	TJA1445、TJA1461应用说明5.1.4.4.5	VBATESD应防止ESDI极限值；对 μC I/O或完整 μC 的潜在损坏
----	------	---	-------------------	---	-----------------------	------------------------------	--

表9.Pin FMEA of TJA1445A and TJA1465A, part 2..续

		与 GND 短路		引脚打开		与相邻引脚短路	
引脚		故障等级	模式	故障等级	模式	故障等级	模式
11	SDI	C	无法与器件进行通信	C	无法与器件进行通信	A	SDI-CANL : 否 与设备通信 ; SDI引脚损坏 以及μC I/O或完整μC的潜在 损坏
12	CANL	D	电磁兼容降级 ; 可能发生比 特定时违规	C	无法进行总线通信	B	CANL-CANH : 总线 钳位隐式, 无法进行总 线通信
13	CANH	B	总线钳位隐性 ; 总线通 信不可能	C	无法进行总线通信	A	CANH-SCSN : 否 与设备通信 ; SCSN引脚的 潜在损坏以及μC I/O或整个 μC的潜在损坏
14	SCSN	C	无法与器件进行通信	C	无法与器件进行通信	-	N/A

[1]超过额定电流可能会降低设备寿命。 请参阅数据表中的“限值”部分。

表10 Pin FMEA of TJA1445B and TJA1465B, 第一部分

		与 VBAT 短路 (12 V到40 V)		与 VCC 短路 (5 V)		与 VIO 短路 (1.8 V/3.3 V/5.0 V)	
引脚		故障等级	模式	故障等级	模式	故障等级	模式
1	TXD	A	超出限制值	C	TXD钳位隐性 ; 在VIO = 1.8 V-3.3 V时对μC I/O或 完整μC的潜在损伤	C	TXD钳位隐性
2	GND	C	节点未供电, 并对总线呈 无源状态 (偏置关闭)	C	检测到VCC缺压 ; 器件对 总线呈无源状态 (偏置开 启)	C	检测到VIO缺压 ; 设备进 入睡眠模式
3	VCC	A	超出限制值	-	N/A	D	在1.8 V-3.3 V VIO或VCC缺压下检测 到μC I/O引脚的潜在损坏, 设备对总线 是被动的 (偏置)
4	RXD	A	超出限制值	C	RXD钳位隐性 ; 总线通信 可能受到干扰 ; 对μC I/O 或VIO处的完整μC的潜在 损害= 1.8伏-3.3伏	C	RXD钳位隐性 ; 总线通信 可能受到干扰

5	VIO	A	超出限制值	D	主机接口电压被拉到软片的VCC电源(5 V)；对μC I/O或VIO上的完整μC = 1.8伏-3.3伏	软片1445、TJA1465应用说明
---	-----	---	-------	---	--	--------------------

表10 Pin FMEA of TJA1445B and TJA1465B，第一部分...续

		与 VBAT 短路 (12 V到40 V)		与 VCC 短路 (5 V)		与 VIO 短路 (1.8 V/3.3 V/5.0 V)	
引脚		故障等级	模式	故障等级	模式	故障等级	模式
6	SDO	A	超出限制值	C	无法从设备读取SPI；行为取决于软件；对μC I/O或VIO处的完整μC的潜在损坏=1.8伏-3.3伏	C	无法从设备读取SPI；行为取决于软件
7	INH	D	由 INH 控制的稳压器将持续保持开启状态。	D	由 INH 控制的稳压器可能持续保持开启状态	C	由 INH 控制的稳压器可能会永久保持开启或关闭状态。
8	GPIO3	A	超出限制值	C	没有对设备造成损害；GPIO3功能不可用；对μC I/O或VIO处的完整μC造成潜在损害=1.8伏-3.3伏	D	未损坏设备；GPIO3功能不可用
9	TXEN_N	A	超出限制值	C[1]	设备没有损坏；发射器不能已启用；对μC I/O或VIO上的完整μC的潜在损坏=1.8伏-3.3伏	C[1]	无法启用发射器
10	SCK	A	超出限制值	C	无法与设备通信；对μC I/O或VIO上的完整μC的潜在损坏=1.8伏-3.3伏	C	无法与器件进行通信
11	WAKE	D	本地唤醒不可能	D	本地唤醒不可能	D	本地唤醒不可能
12	VBAT	-	N/A	A	超出限制值	A	超出限制值
13	SDI	A	超出限制值	C	无法与设备通信；对μC I/O或VIO上的完整μC的潜在损坏=1.8伏-3.3伏	C	无法与器件进行通信
14	CANL	B	总线钳位隐性；总线通信不可能	B	总线钳位隐性；总线通信不可能	B	CANL钳位隐式；总线通信在低VIO时可能可以，但原则上不可能进行总线通信
15	CANH	D	电磁兼容降级；可能发生比特定时违规	D	电磁兼容降级；可能发生比特定时违规	D	电磁兼容降级；可能发生比特定时违规
16	SCSN	A	超出限制值	C	无法与设备通信；对μC I/O或VIO上的完整μC的潜在损坏=1.8伏-3.3伏	C	无法与器件进行通信

表10 Pin FMEA of TJA1445B and TJA1465B, 第一部分...续

		与 VBAT 短路 (12 V到40 V)		与 VCC 短路 (5 V)		与 VIO 短路 (1.8 V/3.3 V/5.0 V)	
引脚		故障等级	模式	故障等级	模式	故障等级	模式
17	GPIO1	A	超出限制值	C	没有对设备造成损害；GPIO1功能不可用；对μC I/O或整个μC的潜在损害 VIO = 1.8 V-3.3 V	D	未对设备造成损害；GPIO2功能无法使用
18	GPIO2	A	超出限制值	C	没有对设备造成损害；GPIO2功能不可用；对μC I/O或整个μC的潜在损害 VIO = 1.8 V-3.3 V	D	未对设备造成损害；GPIO2功能无法使用

[1]超过额定电流可能会降低设备寿命。 请参阅数据表中的“限值”部分。

表11 Pin FMEA of TJA1445B and TJA1465B, Part 2

		与 GND 短路		引脚打开		与相邻引脚短路	
引脚		故障等级	模式	故障等级	模式	故障等级	模式
1	TXD	C	发射器被禁用（可能是因为它无法进入CAN运行模式，也可能是因为TXD显性超时）	C	TXD钳位隐性	C	TXD-GND：发射器被禁用（要么是因为发射器无法进入CAN运行模式，要么是因为TXD显性超时）
2	GND	-	N/A	C	电源管脚上的浮空电压可导致缺压；设备然后进入“关闭”模式，对总线采取被动行为	C	GND-VCC：VCC检测到缺压；器件对总线呈无源状态（偏置开启）
3	VCC	C	检测到VCC缺压；器件对总线呈无源状态（偏置开启）	C	检测到VCC缺压；器件对总线呈无源状态（偏置开启）	C	VCC-RXD：RXD钳位隐性；总线通信可以受到干扰；对μC I/O或VIO处的完整μC的潜在损坏= 1.8伏-3.3伏
4	RXD	C	RXD钳位显性	C	当MCU信号浮空时，节点可以继续生成错误帧，直到它进入总线关闭状态	C	RXD-VIO：RXD钳位隐性；总线通信可能受到干扰
5	VIO	C	检测到VIO缺压；设备进入睡眠模式	C	检测到VIO缺压；设备进入睡眠模式	C	VIO-SDO：无法从设备读取SPI；行为取决于软件
6	SDO	C	无法从设备读取SPI；行为取决于软件	C	无法从设备读取SPI；行为取决于软件	A	SDO-INH：无法从设备读取SPI；可能损坏μC I/O

AN14388 ZH

本文档提供的所有信息受法律免责声明的约束。

© 2024年NXP B.V. 保留所有权利。

						TJA1445、TJA1465应用说明
						或整个µC应于 至INH输出电压； SDO引脚也可能 损坏

表11 Pin FMEA of TJA1445B and TJA1465B, part 2..续

		与 GND 短路		引脚打开		与相邻引脚短路	
引脚		故障等级	模式	故障等级	模式	故障等级	模式
7	INH	C[1]	由 INH 控制的稳压器将持续保持关闭状态	C	由 INH 控制的稳压器将持续保持关闭状态	A	INH-GPIO3 : GPIO3 信号可能通过 INH 引脚使 ECU 稳压器关闭 ; INH输出电压对GPIO3管脚或μC I/O或完整μC造成潜在损伤
8	GPIO3	D	未损坏设备 ; GPIO3功能不可用	D	未损坏设备 ; GPIO3功能不可用	C	GPIO3-TXEN_N : 否 设备损坏 ; 发射器可能被禁用, GPIO3功能不可用
9	TXEN_N	D	无法从外部禁用发射器	C	无法从外部禁用发射器	C	TXEN_N-SCK : SCK 信号会使发射器在使能和禁用状态之间持续切换, 同时无法与器件进行 SPI 通信。
10	SCK	C	无法与器件进行通信	C	无法与器件进行通信	A	SCK-WAKE : 如果WAKE管脚电压与VBAT电源相关, 则可能损坏SCK管脚 ; μC I/O可能损坏或完整的μC ; 没有与设备的通信
11	WAKE	D	本地唤醒不可能	D	本地唤醒不可能	D	WAKE-VBAT : 本地唤醒不可能
12	VBAT	C	节点未供电, 并对总线呈无源状态 (偏置关闭)	C	节点未供电, 并对总线呈无源状态 (偏置关闭)	A	VBAT-SDI : 超过SDI极限值 ; 对μC I/O或完整μC的潜在损坏
13	SDI	C	无法与器件进行通信	C	无法与器件进行通信	A	SDI-CANL : 否 与设备通信 ; SDI引脚损坏以及μC I/O或完整μC的潜在损坏
14	CANL	D	电磁兼容降级 ; 可能发生比特定时违规	C	无法进行总线通信	B	CANL-CANH : 总线钳位隐式, 无法进行总线通信
15	CANH	B	总线钳位隐性 ; 总线通信不可能	C	无法进行总线通信	A	CANH-SCSN : 否 与设备通信 ; 对SCSN引脚的潜在损坏和潜在损坏

表11 Pin FMEA of TJA1445B and TJA1465B, part 2..续

		与 GND 短路		引脚打开		与相邻引脚短路	
引脚		故障等级	模式	故障等级	模式	故障等级	模式
							µC I/O损坏或完整的µC
16	SCSN	C	无法与器件进行通信	C	无法与器件进行通信	C	SCSN-GPIO1：无SPI通信可能；GPIO1函数不可用
17	GPIO1	D	未对设备造成损害；GPIO1功能无法使用	D	未对设备造成损害；GPIO1功能无法使用	D	GPIO1 - GPIO2：否设备损坏；GPIO1和GPIO2功能不可用。
18	GPIO2	D	未对设备造成损害；GPIO2功能无法使用	D	未对设备造成损害；GPIO2功能无法使用	C	GPIO2-TXD：没有对设备的损害；可能无法与TXD通信。

[1]超过额定电流可能会降低设备寿命。 请参阅数据表中的“限值”部分。

表12 Pin FMEA of TJA1446x and TJA1466x, Part 1

		与 VBAT 短路 (12 V到40 V)		与 VCC 短路 (5 V)		与 VIO 短路 (1.8 V/3.3 V/5.0 V)	
引脚		故障等级	模式	故障等级	模式	故障等级	模式
1	TXD	A	超出限制值	C	TXD钳位隐性；在VIO = 1.8 V-3.3 V时对µC I/O或完整µC的潜在损伤	C	TXD钳位隐性
2	GND	C	节点未供电，并对总线呈无源状态（偏置关闭）	C	检测到VCC缺压；器件对总线呈无源状态（偏置开启）	C	检测到VIO缺压；设备进入睡眠模式并拉动RST_N LOW（安全状态）
3	VCC	A	超出限制值	-	N/A	D	在1.8 V-3.3 V VIO或VCC缺压下检测到µC I/O引脚的潜在损坏，设备对总线是被动的（偏置）
4	RXD	A	超出限制值	C	RXD钳位隐性；总线通信可能受到干扰；VIO = 1.8 V-3.3 V时µC I/O引脚或整个µC可能受到损坏	C	RXD钳位隐性；总线通信可能受到干扰
5	VIO	A	超出限制值	C	主机接口电压被拉到较高的VCC电源(5 V)；VIO = 1.8 V-3.3 V时µC I/O引脚或整个µC可能受到损坏	-	N/A

表12 Pin FMEA of TJA1446x and TJA1466x, Part 1..续

		与 VBAT 短路 (12 V到40 V)		与 VCC 短路 (5 V)		与 VIO 短路 (1.8 V/3.3 V/5.0 V)	
引脚		故障等级	模式	故障等级	模式	故障等级	模式
6	SDO	A	超出限制值	C	无法从设备读取SPI；行为取决于软件；对μC I/O引脚或VIO处的完整μC的潜在损坏= 1.8伏-3.3伏	C	无法从设备读取SPI；行为取决于软件
7	INH	D	由 INH 控制的稳压器将持续保持开启状态	D	由 INH 控制的稳压器可能持续保持开启状态	C	由 INH 控制的稳压器可能持续保持开启或关闭状态
8	LIMPSO_N	D[1]	对设备无损害；LIMPSO_N功能在应用程序中不可用	D[1]	对设备无损害；LIMPSO_N功能在应用程序中不可用	D[1]	对设备无损害；LIMPSO_N功能在应用程序中不可用
9	RST_N	A	超出限制值	C[1]	未损坏设备；系统无法重置；ECU可能无法正确启动；WD故障无法重置控制器因此，软件问题不会被检测到；潜在的在VIO = 1.8 V-3.3 V时，对μC I/O引脚或整个μC的损坏	D[1]	系统无法重置；ECU可能无法正确启动；WD故障无法重置控制器，因此无法检测软件问题
10	SCK	A	超出限制值	C	无法与设备通信；VIO = 1.8 V-3.3 V时μC I/O引脚或整个μC可能受到损坏	C	无法与器件进行通信
11	WAKE	D	本地唤醒不可能	D	本地唤醒不可能	D	本地唤醒不可能
12	VBAT	-	N/A	A	超出限制值	A	超出限制值
13	SDI	A	超出限制值	C	无法与设备通信；VIO = 1.8 V-3.3 V时μC I/O引脚或整个μC可能受到损坏	C	无法与器件进行通信
14	CANL	B	总线钳位隐性；总线通信不可能	B	总线钳位隐性；总线通信不可能	B	CANL钳位隐性；总线通信在低VIO下可能是可能的，但原则上不可能进行总线通信
15	CANH	D	电磁兼容降级；可能发生比特定时违规	D	电磁兼容降级；可能发生比特定时违规	D	电磁兼容降级；可能发生比特定时违规

表12 Pin FMEA of TJA1446x and TJA1466x, Part 1..续

		与 VBAT 短路 (12 V到40 V)		与 VCC 短路 (5 V)		与 VIO 短路 (1.8 V/3.3 V/5.0 V)	
引脚		故障等级	模式	故障等级	模式	故障等级	模式
16	SCSN	A	超出限制值	C	无法与设备通信；对μC I/O或VIO上的完整μC的潜在损坏= 1.8伏-3.3伏	C	无法与器件进行通信
17	GPIO1	A	超出限制值	C	没有对设备造成损害；GPIO1功能不可用；对μC I/O引脚或整个μC在VIO = 1.8 V-3.3 V时的潜在损害	D	未对设备造成损害；GPIO2功能无法使用
18	GPIO2	A	超出限制值	C	未对设备造成损害；GPIO2功能不可用；对μC I/O或整个μC的潜在损害VIO = 1.8伏-3.3伏	D	未对设备造成损害；GPIO2功能无法使用
					未对设备造成损害；GPIO2功能不可用；对μC I/O或整个μC的潜在损害VIO = 1.8伏-3.3伏		

[1]超过额定电流可能会降低设备寿命。 请参阅数据表中的“限值”部分。

表13 Pin FMEA of TJA1446x and TJA1466x, Part 2

		与 GND 短路		引脚打开		与相邻引脚短路	
引脚		故障等级	模式	故障等级	模式	故障等级	模式
1	TXD	C	发射器被禁用（可能是因为它无法进入CAN运行模式，也可能是因为TXD显性超时）	C	TXD钳位隐性	C	TXD-GND：发射器被禁用（要么是因为发射器无法进入CAN运行模式，要么是因为TXD显性超时）
2	GND	-	N/A	C	电源管脚上的浮空电压会导致缺压；然后设备进入Off模式，对总线产生被动行为	C	GND-VCC：VCC检测到缺压；器件对总线呈无源状态（偏置开启）

3	VCC	C	检测到VCC缺压；器件对总线呈无源状态（偏置开启）	C	检测到VCC缺压；器件对总线呈无源状态（偏置开启）	检测到VCC缺压；器件对总线呈无源状态（偏置开启）	检测到VCC缺压；器件对总线呈无源状态（偏置开启）
---	-----	---	---------------------------	---	---------------------------	---------------------------	---------------------------

表13 Pin FMEA of TJA1446x and TJA1466x, part 2...续

		与 GND 短路		引脚打开		与相邻引脚短路	
引脚		故障等级	模式	故障等级	模式	故障等级	模式
4	RXD	C	RXD钳位显性	C	当MCU信号浮空时，节点可以继续生成错误帧，直到它进入总线关闭状态	C	RXD-VIO：RXD钳位隐性；总线通信可能受到干扰
5	VIO	C	检测到VIO缺压；设备进入睡眠模式并拉动RST_N LOW（安全状态）	C	检测到VIO缺压；设备进入睡眠模式并拉动RST_N LOW（安全状态）	C	VIO-SDO：无法从设备读取SPI；行为取决于软件
6	SDO	C	无法从设备读取SPI；行为取决于软件	C	无法从设备读取SPI；行为取决于软件	A	SDO-INH：无法从设备读取SPI；INH输出电压可能导致μC I/O或整个μC损坏；SDO引脚也可能损坏
7	INH	C[1]	由 INH 控制的稳压器将持续保持关闭状态	C	由 INH 控制的稳压器将持续保持关闭状态	C	INH-LIMPFSO_N：INH引脚上的LIMPFSO_N信号对ECU调节器的潜在失活；INH输出电压导致LIMPFSO_N引脚、μC I/O或完整μC损坏
8	LIMPFSO_N	D	对设备无损害；LIMPFSO_N功能在应用程序中不可用	D	对设备没有损害；LIMPFSO_N功能在应用程序中不可用	A	LIMPFSO_N-RST_N：[1] LIMP应用：根据负载条件，可能损坏RST_N引脚和μC I/O或整个μC
						D	[2] FSO应用程序：无法正确重置系统。
9	RST_N	C	永久系统重置	D	系统无法重置；ECU可能无法正确启动；WD故障无法重置控制器，因此无法检测软件问题	C	RST_N-SCK：连续系统重置

10	SCK	C	无法与器件进行通信	C	无法与器件进行通信	TJA1445、TJA1446应用说明	4. SCK引脚的潜在损坏 如果WAKE管脚电压与VBAT电源相关；μC I/O或整个μC可能受损；没有与设备通信
----	-----	---	-----------	---	-----------	---------------------	--

表13 Pin FMEA of TJA1446x and TJA1466x, part 2...续

		与 GND 短路		引脚打开		与相邻引脚短路	
引脚		故障等级	模式	故障等级	模式	故障等级	模式
11	WAKE	D	本地唤醒不可能	D	本地唤醒不可能	D	WAKE-VBAT：本地唤醒不可能
12	VBAT	C	节点未供电，并对总线呈无源状态（偏置关闭）	C	节点未供电，并对总线呈无源状态（偏置关闭）	A	VBAT-SDI：超过SDI极限值；对μC I/O或完整μC的潜在损坏
13	SDI	C	无法与器件进行通信	C	无法与器件进行通信	A	SDI-CANL：否与设备通信；SDI引脚损坏以及μC I/O或完整μC的潜在损坏
14	CANL	D	电磁兼容降级；可能发生比特定时间违规	C	无法进行总线通信	B	CANL-CANH：总线钳位隐性，无法进行总线通信
15	CANH	B	总线钳位隐性；总线通信不可能	C	无法进行总线通信	A	CANH-SCSN：否与设备通信；SCSN引脚的潜在损坏以及μC I/O或整个μC的潜在损坏
16	SCSN	C	无法与器件进行通信	C	无法与器件进行通信	C	SCSN-GPIO1：无SPI通信可能；GPIO1函数不可用
17	GPIO1	D	未对设备造成损害；GPIO1功能无法使用	D	未对设备造成损害；GPIO1功能无法使用	D	GPIO1 - GPIO2：否设备损害；GPIO1和GPIO2函数不可用。
18	GPIO2	D	未对设备造成损害；GPIO2功能无法使用	D	未对设备造成损害；GPIO2功能无法使用	C	GPIO2-TXD：否对设备的损害；可能无法与TXD通信。

[1]超过额定电流可能会降低设备寿命。 请参阅数据表中的“限值”部分。

5 参考资料

[1] TJA1445数据表—带部分网络的高速CAN收发器

[2] TJA1465数据表—带部分网络的CAN SIC收发器

[3] TR1135应用提示—车载CAN网络的规则和建议

[4] UM12166— TJA14x5功能安全手册

6 修订历史记录

表14 修订历史记录

文档ID	发布日期	说明
AN14338 v.1.0	2024年11月18日	初始版本

法律信息

定义

草稿-文档的草稿状态表示内容仍在内部审阅中，并需要正式批准，这可能会导致修改或添加。恩智浦半导体公司对文件草稿版本所含信息的准确性或完整性不作任何表示或保证，对使用此类信息的后果不负任何责任。

免责声明

有限保修和责任—我们确信本文档中的信息准确可靠。然而，恩智浦半导体公司对此类信息的准确性或完整性不作任何明示或暗示的表示或保证，并且对使用此类信息的后果不承担任何责任。如果NXP半导体之外的信息源提供本文档中的内容，则NXP半导体不承担任何责任。

在任何情况下，恩智浦半导体公司均不承担任何间接、偶然、惩罚性、特殊或后果性损害（包括但不限于利润损失、储蓄损失、业务中断、与任何产品的移除或更换相关的成本或返工费用），无论此类损害是否基于侵权（包括过失）、担保、违约或任何其他法律理论。

无论客户因任何原因可能遭受任何损害，恩智浦半导体对客户就本文所述产品所承担的总和累积责任应根据NXP半导体商业销售条款和条件进行限制。

更改权— NXP半导体保留在任何时间更改本文档中发布的信息（包括不限规格和产品说明）的权利
通知。本文档取代并取代在本文出版之前提供的所有信息。

应用——本文所述用于任何这些产品的应用仅用于说明目的。NXP半导体公司不表示或保证此类应用适用于特定用途，无需进一步测试或修改。

客户有责任使用NXP半导体产品设计和运行其应用程序和产品，NXP半导体对应用程序或客户产品设计的任何帮助不承担任何责任。NXP半导体产品是否适合和适合计划的客户的应用和产品以及计划的客户自行负责客户的第三方客户的应用和使用。客户应提供适当的设计和操作保护措施，以尽量减少与其应用程序和产品相关的风险。

恩智浦半导体不承担任何与客户的应用或产品或客户第三方客户的应用或使用中的任何弱点或违约有关的任何违约、损坏、成本或问题有关的任何责任。客户负责执行所有操作

使用NXP客户的应用产品对半导体和产品进行必要的测试，以避免应用程序和产品或应用程序的默认值或客户的第三方客户使用的默认值。恩智浦不承担这方面的任何责任。

商业销售条款与条件—除非在有效的书面个人协议中另有约定，否则恩智浦半导体产品的销售须遵守在<https://www.nxp.com/profile/terms>上发布的商业销售一般条款与条件。订立个人协议的，只适用协议的条款。恩智浦半导体特此明确反对就客户购买恩智浦半导体产品应用客户的一般条款及条件。

出口管制——本文档以及本文档中所述的物品可能受出口管制条例制约。出口可能需要主管当局的事先批准。

翻译——文档的非英文(已翻译)版本，包括该文档中的法律信息，仅用于参考，引用。已翻译文本与英文文本不一致的，以英文文本为准。

网络安全—客户了解所有NXP产品都可能存在无法识别的漏洞，或可能支持具有已知限制的既定安全标准或规范。客户负责在其应用程序和产品的整个生命周期中进行设计和操作。

以降低这些漏洞对客户的应用和产品的影响。客户的责任还延伸到NXP产品支持的其他开放和/或专有技术，以用于客户的应用程序。NXP对任何漏洞不承担任何责任。客户应定期检查NXP的安全更新，并适当跟进。

客户应选择具有最符合预期应用程序的规则、法规和标准的安全功能的产品，并对其产品做出最终设计决定，并全权负责遵守所有法律、法规和安全相关要求而不管NXP可能提供的任何信息或支持。

NXP有一个产品网络安全事件响应小组(PSIRT)（可在PSIRT@nxp.com上访问），负责管理NXP产品安全漏洞的调查、报告和解决方案版本。

适用于汽车应用（功能安全）—该NXP产品已通过汽车应用认证。它是根据ISO 26262开发的，并相应地被ASIL分类。如果客户在开发或将产品或服务用于整合时使用此产品(a)

功能安全关键应用程序，或(b)如果故障可能导致死亡、人身伤害或严重物理或环境损害（此类产品和服务，以下统称“关键应用程序”），则客户对其产品做出最终设计决定，并完全负责遵守其产品的所有法律、法规、功能安全和安全相关要求，无论NXP可能提供的任何信息或支持如何。因此，客户假定所有

有关在关键应用和NXP及其供应商中使用任何产品的风险，概不就客户的任何此类使用承担责任。因此，

客户将赔偿NXP并使其免受与客户在关键应用程序中合并任何产品相关的任何索赔、责任、损害以及相关成本和费用（包括律师费）的损害。

NXP B.V.— NXP B.V.不是一家运营公司，也不分销或销售产品。

商标

注意：所有引用的品牌、产品名称、服务名称和商标均属于其各自所有者的财产。

NXP —文字标记和徽标是NXP B.V.的商标。

目录

1	导言2.....	3.7.2	中断处理17
2	硬件设计4	3.7.3	将GPIO引脚用作远程数字I/O端 口
2.1	电源4		引脚（仅限TJA1445B/TJA1465B）17.....
2.1.1	电源配置4	3.8	过渡到低功率模式17.....
2.1.1.1	电源引脚VBAT、VCC和VIO4	3.8.1	休眠模式(MCU未通电- 电源模式)18
2.1.1.2	INH输出引脚4	3.8.2	待机模式(MCU保持通电 低功耗模式)18
2.1.1.3	电源配置示例5	3.9	唤醒18
2.1.2	电池反极性保护、滤波器和钳位电路7		
2.1.3	电容7		
2.1.4	用于调试7的辅助电路		
2.2	MCU/主机控制器接口7		
2.2.1	SPI引脚SCSN、SCK、SDI、SDO8.....		
2.2.2	CAN TXD/RXD9		
2.2.2.1	可选的第二对TXD/RXD引脚（仅限 TJA1445B/TJA1465B）9		
2.2.3	TXEN_N（仅限TJA1445B/TJA1465B）10		
2.2.4	GPIO引脚（仅限TJA1445B/TJA1465B）10		
2.3	CAN总线连接到CANH、CANL11		
2.3.1	CAN总线终端11.....		
2.3.2	CAN ESD保护11		
2.4	WAKE管脚接口11		
2.4.1	连接到INH引脚的WAKE引脚 另一个收发器11		
2.4.2	连接到外部开关到地11的WAKE管脚 ..		
2.4.3	WAKE 引脚连接至点火信号13.....		
3	应用软件13.....		
3.1	SPI状态检查13.....		
3.2	同时寻址多个寄存器，通过 SPI	14	
3.3	奇偶校验位14		
3.4	回读写入的数据14		
3.5	通电后第一次SPI交互或 从睡眠中醒来14		
3.6	设备初始化15		
3.6.1	电源配置15		
3.6.2	CAN收发器配置15.....		
3.6.3	唤醒源配置15		
3.6.4	GPIO引脚配置(TJA1445B / 仅限TJA1465B)16		
3.6.5	配置中断16		
3.6.6	过渡到正常模式17		
3.7	正常操作17		
3.7.1	确认收发器状态17.....		

			TJA1445、TJA1465应用说明
4	附录18	4.3	软件开发，MCU闪存编程25
4.1	部分网络配置18	4.3.1	INH信号的处理25
4.1.1	选择性唤醒的概念18	4.3.2	使用通用启动加载器25
4.1.2	ID和ID掩码19	4.4	TJA1445x/TJA1446x/销钉失效模式及影响分析(FMEA)
4.1.3	DLC和数据掩码20		TJA1465x/TJA1466x家族25
4.1.4	数据速率21	5	参考,引用36
4.1.5	可选的CAN FD/CAN XL和FAST模式容错21	6	修订历史记录37
4.2	PN的SPI序列示例		法律信息38
	配置并转换为休眠模式23		

