特点

- 符合 ISO 11898-2:2016 标准；
- AEC-Q100 认证
- 支持 5Mbps CAN FD 通讯；
- 总线自动偏置功能；
- 支持远程唤醒的超低功耗休眠和待机模式；
- 内部集成 BAT 输入稳压器 V1，可为 5V/3.3V 微控制器供电，输出电压精度±2%，限流>250mA，可编程欠压复位阈值（60%/70%/80%/90%，仅 5V 版本）。
- 内部集成车载 5V 稳压器，可给 CAN 收发器和其他在板负载供电（V2；仅 SIT1169QTK、SIT1169QTK/F、SIT1169QTK/3 和 SIT1169QTK/F/3 型号适用），输出电压精度±2%，限流>100mA；
- 集成 5V 电源，用于板外组件供电（VEXT；仅 SIT1169QTK/X 和 SIT1169QTK/X/F 型号适用），±2%输出电压精度，限流>100mA，具备对 BAT、GND 及负电压（低至-18V）的短路保护功能；
- 集成过温警告和过温关断功能；
- BAT 引脚支持上电和掉电检测；
- 驱动器（TXD）显性超时功能；
- 可通过 SPI 接口进行模式控制；
- 集成多种故障安全和复位功能（状态寄存器可通过 SPI 访问）；
- 具有支持用户自定义初始化的非易失性存储器（NVM）；
- 带窗口、超时和自动模式的看门狗定时器；
- 具有 WAKE 引脚本地唤醒功能；
- 支持 50 kbps、100 kbps、125 kbps、250 kbps、500 kbps 和 1 Mbps 速率的选择性唤醒功能；
- 具有可配置激活阈值的 LIMP 输出引脚；
- 总线端口±58V 耐压；
- 高 EMI 性能；
- 提供 DFN20 封装，具有增强的自动光学检测（AOI）能力。

描述

SIT1169Q 是一款将高速 CAN FD 收发器与电源管理功能高度集成的系统基础芯片（SBC）。该器件完全兼容 ISO 11898-2:2016 和 SAE J2284-1 到 SAE J2284-5 标准，内置稳压源 V1，输出电流 250mA，可为 5V/3.3V 微控制器供电。

主要特性包括：

- 七种可配置的工作模式（正常、待机、休眠、复位、强制正常、过温、关闭）
- 超低功耗的休眠和待机模式
- 双唤醒功能（CAN 总线和本地唤醒）
- 集成看门狗定时器和 SPI 接口
- 自动 CAN 总线偏置

SIT1169Q 专为汽车和工业应用的可靠运行而设计，在优化电源效率的同时提供稳健性能。其全面的功能集为需要集成电源管理和网络连接的 CAN 系统提供了完整的解决方案。

引脚分布图

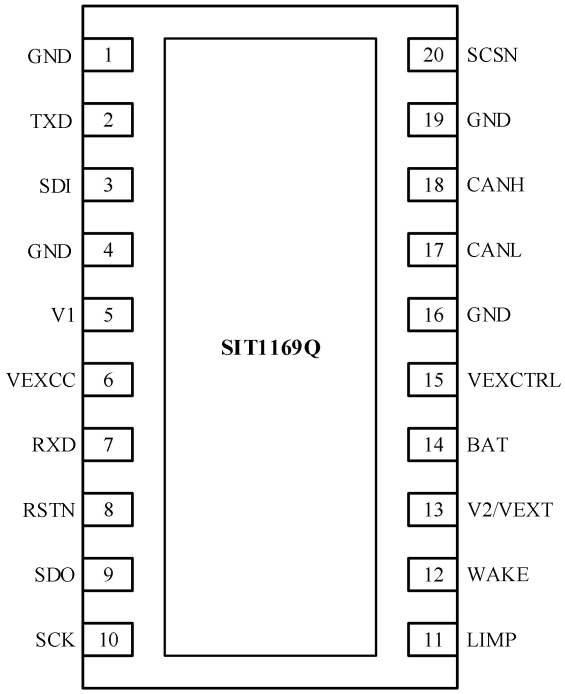


图 1 引脚分布图

引脚定义

引脚序号	引脚名称	引脚功能
1	GND	地。
2	TXD	发送器数据输入端。
3	SDI	SPI 数据输入端。
4	GND	地。
5	V1	5V/3.3V MCU 供电电源输出端。
6	VEXCC	外部 PNP 晶体管电流检测端口，连接至外部 PNP 晶体管的集电极。
7	RXD	接收数据输出端，反映总线上的数据，唤醒标志输出引脚。
8	RSTN	复位输入/输出引脚；低电平有效。
9	SDO	SPI 数据输出端。
10	SCK	SPI 时钟输入端。
11	LIMP	跛行信号输出端，开漏下拉；低电平有效。
12	WAKE	本地唤醒输入端。
13	V2	5V CAN 供电电源输出端（仅 SIT1169QTK、SIT1169QTK/3、SIT1169QTK/F 和 SIT1169QTK/F/3）。
13	VEXT	5V 传感器供电电源输出端（仅 SIT1169QTK/X 和 SIT1169QTK/X/F）。
14	BAT	电池电源输入端。
15	VEXCTRL	外部 PNP 晶体管控制端，连接至外部 PNP 晶体管的基极。
16	GND	地。
17	CANL	低电平 CAN 总线输入/输出端。
18	CANH	高电平 CAN 总线输入/输出端。
19	GND	地。
20	SCSN	SPI 片选输入端；低电平有效。

注：DFN20 封装背面的金属焊盘建议接地。

极限参数

符号	参数	测试条件	大小	单位
V_X	引脚耐压	V1 、 V2 （ 仅 SIT1169QTK 、 SIT1169QTK/3 、 SIT1169QTK/F 和 SIT1169QTK/F/3）	-0.3 ~ +6	V
		TXD、RXD、SDI、SDO、SCK、SCSN、RSTN	-0.3 ~ V_{V1}+0.3	V
		VEXT（仅 SIT1169QTK/X、SIT1169QTK/X/F）	-18~40	V
		VEXCC	-0.3~6	V
		WAKE	-18 ~ +40	V
		LIMP、BAT、VEXCTRL	-0.3 ~ +40	V
		CANH 和 CANL 引脚相对于其他任何引脚	-58 ~ +58	V
$I_{I(LIMP)}$	LIMP 引脚输入电流	LHC=1	0 ~ +20	mA
$V_{(CANH-CANL)}$	CANH 至 CANL 电压		-40 ~ +40	V
T_j	结温		-40 ~ 150	℃
		在对 MTPNV 单元进行编程时	0 ~ +125	℃
T_{stg}	储存温度		-55 ~ +150	℃

最大极限参数值是指超过这些值可能会使器件发生不可恢复的损坏。在这些条件之下是不利于器件正常运作的，器件连续工作在最大允许额定值下可能影响器件可靠性。所有电压的参考点为地。

热阻信息

符号	参数	测试条件	值	单位
$R_{\theta JA}$	结至环境热阻	DFN20	35	℃/W
$R_{\theta JC}$	结至外壳热阻	DFN20	29	℃/W

内部框图

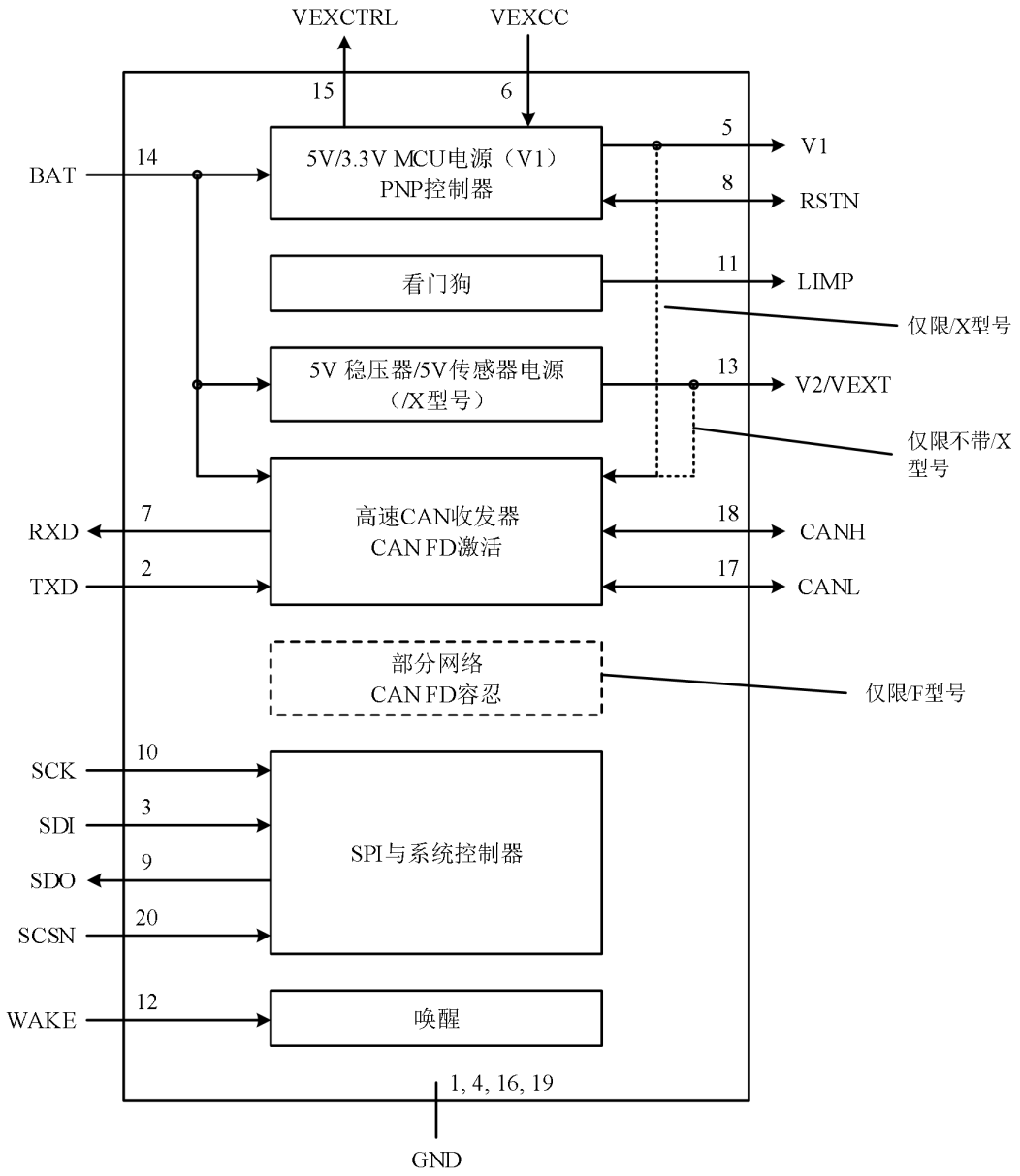


图 2 SIT1169Q 内部框图

1 系统模式

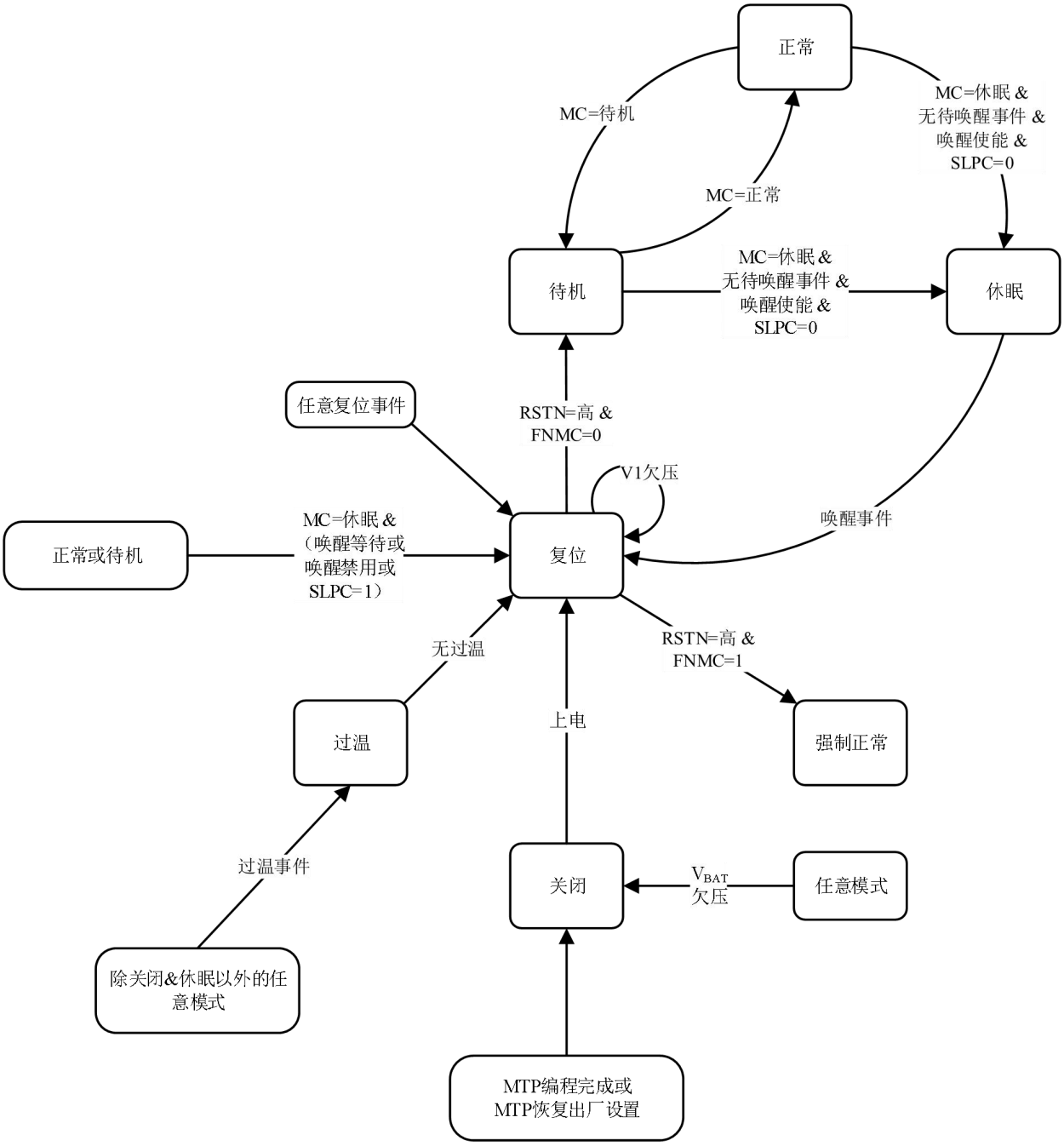


图 3 SIT1169Q 系统控制状态图

1.1 关闭模式

当电池首次连接时，SIT1169Q 会切换到关闭模式；在任何模式下，当 $V_{BAT} < V_{th(det)poff}$、MTP 编程完成或 MTP 恢复出厂预设时，也会切换到关闭模式。此时仅启用上电检测，所有其他模块均处于

非活动状态。当电池电压超过上电检测阈值 $V_{th(det)pon}$ 时，SIT1169Q 开始启动，并在 $t_{startup}$ 后切换到复位模式。在关闭模式下，CAN 引脚不干扰总线（零负载；高阻态）。

1.2 复位模式

复位模式是 SBC 的复位状态。在此模式下，RSTN 会被拉低一段预设时间，以确保微控制器能够以受控方式启动。

SPI 处于非活动状态；看门狗功能禁用；V1 和过温检测功能处于激活状态。在复位模式下，收发器无法发送或接收数据。V2/VEXT 的行为由 V2C/VEXTC 和 V2SUC/VEXTSUC 位的设置决定。

SIT1169Q 在复位事件触发时，可从以下任意模式切换至复位模式（见**表 3**）：

- 上电（离开关闭模式）；
- 休眠模式下 CAN 唤醒；
- 休眠模式下通过 WAKE 引脚唤醒；
- 休眠模式下看门狗溢出（超时模式）；
- 休眠模式下诊断唤醒；
- 看门狗触发过早（窗口模式）；
- 看门狗溢出（窗口模式或 WDF=1 的超时模式）；
- 非法看门狗模式控制访问；
- RSTN 引脚被外部拉低；
- 退出过温模式；
- V1 欠压；
- 收到非法休眠模式命令；
- 因帧检测错误从休眠模式唤醒。

如果因 V1 欠压事件导致切换到复位模式，SIT1169Q 将保持在复位模式，直到 V1 引脚上的电压恢复。

SIT1169Q 退出复位模式：

- 若引脚 RSTN 被释放为高电平，则切换至待机模式；
- 若位 FNMC=1，则切换至强制正常模式；
- 若 SBC 强制进入关闭或过温模式。

1.3 过温模式

过温模式旨在防止 SIT1169Q 因温度过高而损坏。当芯片整体温度超过过温保护激活阈值 $T_{th(act)otp}$ 时，SIT1169Q 会从除了关闭或休眠模式以外的任何模式切换至过温模式。

为了防止因为过温导致数据丢失，SIT1169Q 会在芯片温度超过过温警告阈值 $T_{th(warn)otp}$ 时发出警告。此时，若使能位 OTWE=1，状态位 OTWS 会被置位，并捕获过温警告事件（OTW=1）。

在过温模式下，CAN 收发器被禁用，CAN 引脚处于高阻态。不会检测到唤醒事件，但是待处理的唤醒事件仍会通过 RXD 的低电平信号指示，该信号在过温事件清除后仍会持续。当 SBC 进入过温模式时，V1 关闭，RSTN 引脚被拉低，V2/VEXT 关闭。

SIT1169Q 退出过温模式：

- 当芯片温度低于过温保护释放阈值 $T_{th(rel)otp}$ 时，切换至复位模式；
- 若设备强制切换至关闭模式（$V_{BAT} < V_{th(det)poff}$）。

1.4 强制正常模式

强制正常模式是 SBC 的测试模式，适用于初始原型开发、故障检测以及微控制器的首次烧录。在此模式下，看门狗被禁用，低压差稳压器 V1、V2/VEXT 和 CAN 收发器也处于激活状态。

FNMC 位的出厂预设值为 1，SIT1169Q 初始启动时进入强制正常模式。该特性可使新安装的器件在无看门狗的情况下工作在正常模式。因此微控制器能通过 CAN 总线进行烧录，而无需担心看门狗溢出触发系统复位。包含 FNMC 位的寄存器（地址 74h）存储在非易失性存储器中。因此一旦位 FNMC 被编程为 0，SBC 将不会再以强制正常模式启动，从而允许启用看门狗，见**表 8**。

即使在强制正常模式，复位事件也会使 SBC 切换至复位模式，但如果 V_{CAN} 没有欠压，发送器将保持激活状态。然而，当 SIT1169Q 退出复位模式时，会返回到强制正常模式而不是切换到待机模式。

SIT1169Q 退出强制正常模式：

- 当芯片温度超过过温保护激活阈值 $T_{th(act)otp}$ 时，切换至过温模式；
- RSTN 引脚被外部拉低、从过温模式退出或 V1 欠压，则切换至复位模式；
- 器件因 $V_{BAT} < V_{th(det)poff}$ 而强制切换至关闭模式。

在强制正常模式，仅主状态寄存器、看门狗状态寄存器，识别寄存器以及存储在非易失性存储中的寄存器可以被读取。只要 SIT1169Q 处于出厂预设状态，非易失性存储区域就完全可写。

1.5 待机模式

待机模式是 SIT1169Q 的一级节能模式，可降低电流消耗。在此模式下，收发器无法发送或接收数据，V1 保持激活状态，SPI 保持使能；若看门狗被使能，则工作在超时模式。V2/VEXT 的行为由寄存器配置决定。

若远程 CAN 唤醒功能被使能（CWE = 1），接收器将持续监测总线活动以检测唤醒请求。当检测到任何唤醒事件时，引脚 RXD 会被强制拉低。这可能是常规唤醒（通过 CAN 总线或 WAKE 引脚）或诊断唤醒（如过温警告事件）。当总线静默时间大于 $t_{to(silence)}$时，总线引脚将通过 $R_{i(cm)}$偏置到地；当总线有活动时，总线引脚电压约为 2.5 V（自动偏置）。CAN 唤醒可通过标准唤醒模式或选择性唤醒帧触发（当 CPNC = PNCOK = 1 时选择性唤醒使能，否则标准唤醒使能；见**表 4**）。

SIT1169Q 通过复位模式切换至待机模式：

- 从关闭模式切换：当电池电压高于电源检测阈值 $V_{th(det)pon}$ 时；
- 从过温模式切换：当芯片温度低于过温保护释放阈值（$T_{th(rel)otp}$）时；
- 从休眠模式切换：当发生常规或诊断唤醒事件时；此外，通过 SPI 命令（MC = 100）也可从正常模式切换至待机模式。

1.6 正常模式

正常模式是活跃的工作模式。在此模式下，器件上的所有硬件均可用且可被激活（见**表 1**）。V1 保持开启，以便向微控制器供电。

根据 SPI 寄存器的设置，看门狗允许运行在窗口模式或超时模式，V2/VEXT 输出处于开启或关闭状态。CAN 总线可配置为活跃状态，从而支持正常的 CAN 通信。

通过 SPI 命令（MC=111）可从待机模式切换至正常模式。

1.7 休眠模式

休眠模式是 SIT1169Q 的二级节能模式。休眠模式与待机模式的区别在于：休眠模式下 V1 关闭且温度保护功能未启用。任何通过 CAN 或 WAKE 引脚启用的常规唤醒或任何诊断唤醒事件，都将导致 SIT1169Q 从休眠模式唤醒。

V2/VEXT 的行为由寄存器配置决定。SPI 被禁用，总线自动偏置功能激活。休眠模式下，看门狗行为由 WMC 设置（地址 00h）和 SDMC（见**表 6**）决定。通过 SPI 命令（MC=001）从正常模式或待机模式选择休眠模式时，若满足以下条件，SIT1169Q 将切换至休眠模式：无待处理的唤醒事件，且至少使能一个常规唤醒源。若未满足上述条件，尝试进入休眠模式将导致 SIT1169Q 切换至复位模式，并设置复位源状态位（RSS=10100，“接收到非法休眠模式命令”；见**表 3**）。

由于休眠模式下 V1 关闭，SBC 仅能通过唤醒事件退出休眠模式。在安全要求极高的应用中（如主机控制器供电电压绝不能切断），休眠模式可永久禁用。通过将 SBC 配置寄存器中的休眠控制位 SLPC 设置为 1（见**表 8**），可永久禁用休眠模式。该寄存器位于器件的非易失性存储区。当 SLPC 被设置时，休眠模式 SPI 命令（MC=001）将触发 SPI 故障事件，而非切换至休眠模式。

表 1 功能模块的硬件特性

功能模块	工作模式						
	关闭	强制正常	待机	正常	休眠	复位	过温
V1	关闭 (1)	开启	开启	开启	关闭	开启	关闭
VEXT/V2	关闭	开启	由V2C/VEXTC和V2SUC/VEXTSUC位决定	由V2C/VEXTC和V2SUC/VEXTSUC位决定	由V2C/VEXTC和V2SUC/VEXTSUC位决定	由V2C/VEXTC和V2SUC/VEXTSUC位决定	VEXT/V2关闭
RSTN	低	高	高	高	低	低	低
SPI	禁用	激活 (2)	激活	激活	禁用	禁用	禁用

功能模块	工作模式						
	关闭	强制正常	待机	正常	休眠	复位	过温
Watchdog	关闭	关闭	由WMC位决定 (3)	由WMC位决定	由WMC位决定 (3)	关闭	关闭
CAN	关闭	激活	离线	激活/离线/只听（由CMC位决定）	离线	离线	关闭
RXD	V1电平	CAN比特流	V1电平/如果检测到唤醒，则为低电平	若CMC=01/10/11，则为CAN比特流；否则，与待机/休眠状态相同。	V1电平/如果检测到唤醒，则为低电平	V1电平/如果检测到唤醒，则为低电平	V1电平/如果检测到唤醒，则为低电平

(1) 当 SBC 从复位、待机或正常模式切换至关闭模式时（5V 版本），在 V_{BAT} 电压从掉电电压阈值 $V_{th(det)poff}$ 下降至 2V 的过程中，V1 会作为电流源工作（RAM 保持功能；参见第 10.1 节）。

(2) 仅允许访问主状态寄存器、看门狗状态寄存器、标识寄存器和非易失性存储器。

(3) 窗口模式仅在正常模式下激活。

2 系统模式控制

操作模式通过模式控制寄存器中的 MC 位选择。模式控制寄存器通过 SPI 地址 0x01 访问。

表 2 模式控制寄存器（地址：01h）

位	标识	访问权限	值	描述
7:3	保留	只读	-	
2:0	MC	读/写		模式控制：
			001	休眠模式
			100	待机模式
			111	正常模式

3 系统模式状态

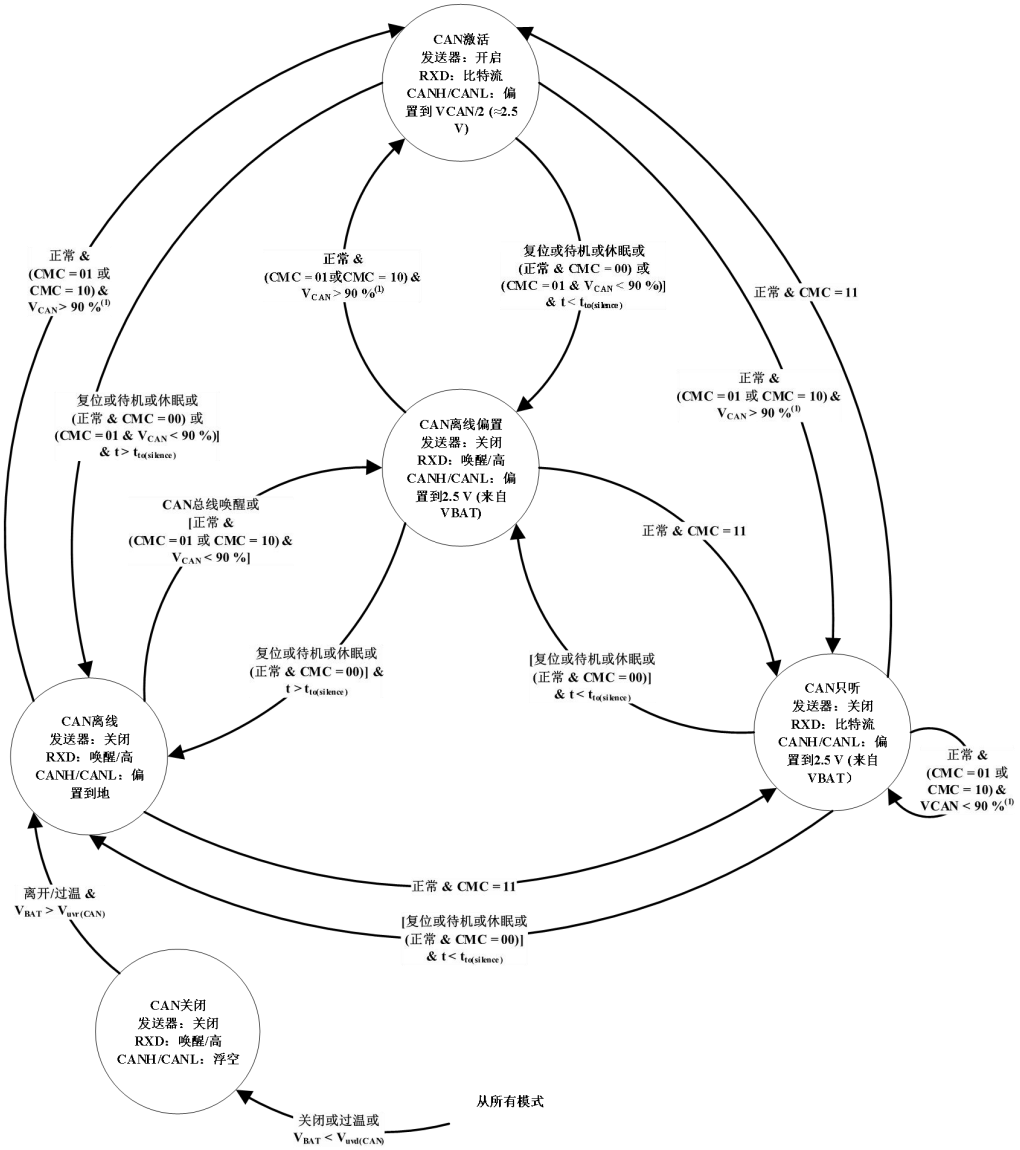
在主状态寄存器中，OTWS（过温警告状态位）可用于监控过温警告标志的状态。NMS（正常模式状态位）用于确定 SIT1169Q 在初始上电后是否已进入正常模式。RSS（复位源状态位）指示最近一次复位事件的来源。

表 3 主状态寄存器（地址：03h）

位	标识	访问权限	值	描述
7	保留	只读		
6	OTWS	只读		过温警告状态：
			0	IC温度低于过温警告阈值
			1	IC温度高于过温警告阈值
5	NMS	只读		正常模式状态：
			0	SIT1169Q已进入正常模式（上电后）
			1	SIT1169Q已上电，但尚未切换至正常模式

位	标识	访问权限	值	描述
4:0	RSS	只读		复位源状态：
			00000	断电保持模式（上电）
			00001	在休眠模式下CAN唤醒
			00100	在休眠模式下通过WAKE引脚唤醒
			01100	在休眠模式下看门狗溢出（超时模式）
			01101	在休眠模式下诊断唤醒
			01110	看门狗过早触发（窗口模式）
			01111	看门狗溢出（窗口模式或WDF=1的超时模式）
			10000	非法看门狗模式控制访问
			10001	RSTN外部下拉
			10010	离开过温模式
			10011	V1欠压
			10100	接收到非法休眠模式命令
			10110	由于检测到错误帧，从休眠模式中唤醒

4 CAN 工作模式



（1）为防止总线进入永久显性状态，当引脚TXD被拉低（例如对地短路）时，收发器不会切换到CAN激活模式或CAN只听模式。

图 4 CAN 收发器状态机（FNMC = 0）

集成的 CAN 收发器支持 5 种工作模式：关闭模式、离线模式、离线偏置模式、只听模式、激活模式（见**图 4**）。CAN 收发器的工作模式取决于 SIT1169Q 的工作模式以及 CAN 控制寄存器中 CMC 位的设置（见**表 4**）。

4.1 CAN 关闭模式

如果满足以下任一条件，CAN 收发器将切换至 CAN 关闭模式：

- V_{BAT} 低于欠压检测阈值 $V_{uvd(CAN)}$ 或
- 系统处于关闭或过温模式

如果 V_{BAT} 超过欠压恢复阈值 $V_{uvr(CAN)}$，CAN 收发器将切换至 CAN 离线模式。CAN 关闭模式可以防止 SBC 电池供电丢失时，阻止总线电流倒灌。

4.2 CAN 离线或离线偏置模式

在 CAN 离线模式，CANH 和 CANL 偏置到地，当 CAN 唤醒检测使能（CWE = 1），收发器会监测总线上的唤醒事件。

CAN 离线偏置模式和 CAN 离线模式相同，区别在于 CAN 总线偏置电压为 2.5V。

当收发器处于 CAN 离线模式且检测到 CAN 总线活动时，会自动切换至 CAN 离线偏置模式。若总线静默（无 CAN 总线边沿）时间超过 $t_{to(silence)}$，收发器将返回 CAN 离线模式。

进入 CAN 离线模式或 CAN 离线偏置模式的四种方式：

若遇到以下任一条件，CAN 收发器将从 CAN 激活模式切换至 CAN 离线/离线偏置模式：

CMC=01 且 V_{CAN} 低于 90%欠压阈值，或 V1 低于 V1 复位阈值。

若遇到以下任一条件，CAN 收发器将从 CAN 离线模式切换到离线偏置模式：

CAN 总线上检测到标准唤醒帧，或系统模式为正常模式、CMC = 01 或 10 且 V_{CAN} < 90 %。

若遇到以下任一条件，CAN 收发器将切换至 CAN 离线模式：

系统模式从关闭或过温模式切换至复位模式，或从 CAN 离线偏置模式切换，且总线无活动（无 CAN 边沿）的时间超过 $t_{to(silence)}$。

若遇到以下任一条件，CAN 收发器将从 CAN 激活模式或只听模式切换至 CAN 离线模式：

收发器处于正常模式且 CMC=00 或系统模式为复位、待机或休眠模式

前提是 CAN 总线处于不活动状态的时间至少为 $t_{to(silence)}$。若总线静默时间不足 $t_{to(silence)}$，收发器会先切换至 CAN 离线偏置模式，再切换至 CAN 离线模式。

4.3 CAN 只听模式

CAN 只听模式允许 SIT1169Q 在收发器不活动时监测总线活动，且不影响总线电平。此功能可用于需监听总线但无需收发数据的开发工具，或用于软件驱动的选择性唤醒。专用微控制器可用于选择性唤醒，提供嵌入式低功耗 CAN 引擎，用于监测总线潜在唤醒事件。

在只听模式下，CAN 发送器被禁用，降低功耗。CAN 接收器和 CAN 总线偏置保持活跃。这使主微控制器能切换至低功耗模式，其中片内的 CAN 协议控制器保持活跃，等待信号唤醒微控制器。

CAN 收发器处于只听模式当：

• 系统模式为正常模式且 CMC=11；

• 当 TXD 为低电平或 V_{CAN} 电压低于 90%欠压阈值时，即使 CMC=01 选择 CAN 激活模式，CAN 收发器也不会离开只听模式。

4.4 CAN 激活模式

在 CAN 激活模式下，收发器可通过 CANH 和 CANL 引脚收发数据。差分接收器将总线上的模拟数据转换为数字数据，并通过 RXD 引脚输出。发送器将 CAN 控制器生成的数字数据（输入于 TXD 引脚）转换为适合在 CANH 和 CANL 总线上传输的模拟信号。当 MC=111 且 CMC=01 或 10 时，选择 CAN 激活模式。若 CMC=01，则 V_{CAN} 欠压检测使能，当 VCAN 电压低于 90%阈值时，收发器将切换至 CAN 离线或离线偏置模式；若 CMC=10，则 V_{CAN} 欠压检测禁用，发送器将保持活动状态，直至 V1 电压低于 V1 复位阈值（通过 V1RTC 位选择），此时 SBC 将切换至复位模式，收发器将切换至 CAN 离线或离线偏置模式。

CAN 收发器处于激活模式当：

• 系统模式为正常模式（MC=111），且通过设置 CAN 控制寄存器中的 CMC 位为 01 或 10；

若 CMC=01，V_{CAN} 引脚电压高于 90%欠压阈值；

若 CMC=10，V1 引脚电压高于 V1 复位阈值。

若在通过 CMC 位选择 CAN 激活模式时，TXD 引脚保持低电平，收发器将不进入 CAN 激活模式，而是切换至或保持在只听模式，直至 TXD 引脚变为高电平，以防止硬件或软件应用故障导致总线进入非预期的显性状态。

在 CAN 激活模式下，CAN 偏置电压为 CAN 供电电压的一半（具体取决于器件型号，偏置电压为 V1 或 V2 的一半）。

应用可通过读取收发器状态寄存器中的 CAN 收发器状态（CTS）位（见**表 5**）来确定收发器是否准备好收发数据或处于禁用状态。

5 CAN 模式控制

当 SIT1169Q 处于正常模式时，可通过 CAN 控制寄存器中的 CMC 位选择 CAN 收发器的工作模式（激活模式、只听模式或离线模式）。当 SIT1169Q 处于待机或休眠模式时，收发器将强制进入离线或离线偏置模式（具体取决于总线活动情况）。

表 4 CAN 控制寄存器（地址：20h）

位	标识	访问权限	值	描述
7	保留	只读	-	
6	CFDC (1)	读/写		CAN FD控制：
			0	CAN FD容忍功能禁用

位	标识	访问权限	值	描述
			1	CAN FD容忍功能使能
5	PNCOK (1)	读/写		CAN部分网络配置成功：
			0	部分网络寄存器配置无效（仅可通过标准唤醒帧唤醒）
			1	部分网络寄存器配置成功
4	CPNC (1)	读/写		CAN部分网络控制
			0	禁用CAN选择性唤醒功能
			1	使能CAN选择性唤醒功能
3:2	保留	只读	-	
1:0	CMC	读/写		CAN收发器工作模式选择（仅在SIT1169Q处于正常模式（MC=111）时可用）
			00	离线模式
			01	激活模式；见4.4节 （V_{CAN}欠压检测功能使能）
			10	激活模式；见4.4节 （V_{CAN}欠压检测功能使能禁用）
			11	只听模式

(1) 仅适用于 SIT1169QTK/F 和 SIT1169QTK/X/F。

6 收发器状态

表 5 收发器状态寄存器（地址：22h）

位	标识	访问权限	值	描述
7	CTS	只读		CAN收发器状态：
			0	CAN收发器未处于激活模式
			1	CAN收发器处于激活模式
6	CPNERR (1)	只读		CAN部分网络错误：
			0	未检测到CAN部分网络错误（PNFDE=0和PNCOK=1）
			1	检测到CAN部分网络错误（PNFDE=1或PNCOK=0；仅通过标准唤醒帧唤醒）
5	CPNS (1)	只读		CAN部分网络状态：
			0	检测到CAN部分网络配置错误（PNCOK=0）
			1	CAN部分网络配置正常（PNCOK=1）
4	COSCS (1)	只读		CAN振荡器状态：
			0	CAN部分网络振荡器未运行在目标频率
			1	CAN部分网络振荡器运行在目标频率
3	CBSS	只读		CAN总线静默状态：

			0	CAN总线活动（检测到总线通信）
			1	CAN总线静默（持续时间超过$t_{to(silence)}$）
2	保留	只读	-	
1	VCS (2)	只读		V_{CAN} 状态：
			0	CAN供电电压高于欠压阈值$V_{uvd(CAN)}$
			1	CAN供电电压低于欠压阈值 $V_{uvd(CAN)}$
0	CFS	只读		CAN故障状态：
			0	未检测到TXD显性超时事件
			1	由于TXD显性超时事件，CAN发送器禁用

(1) 仅适用于 SIT1169QTK/F 和 SIT1169QTK/X/F。

(2) 仅在 CMC = 01 时活跃。

7 看门狗

SIT1169Q 内置看门狗，支持三种工作模式：窗口模式（Window）、超时模式（Timeout）和自动模式（Autonomous）。支持 8 个看门狗周期，范围从 8ms 到 4096ms。看门狗周期通过 NWP 位编程设置，选定的周期对窗口模式和超时模式均有效。默认看门狗周期为 128ms。看门狗触发事件会重置看门狗定时器，触发事件包括对看门狗控制寄存器的任何有效写访问。如果写访问导致看门狗模式或周期改变，新值立即生效。

看门狗模式通过看门狗控制寄存器中的 WMC 位选择（见**表 7**）。

更改看门狗模式或周期时，SBC 必须处于待机模式。如果选择窗口模式（WMC=100），看门狗将保持或切换至超时模式，直到 SBC 进入正常模式。

当 SBC 处于正常模式时，任何尝试通过 WMC 或 NWP 位更改看门狗工作模式或周期的行为，都会导致 SIT1169Q 切换至复位模式。如果 SPI 故障检测使能（SPIFE），复位源状态位（RSS = 10000，“非法看门狗模式控制访问”，见**表 3**）和 SPI 故障事件（SPIF）将被触发。

在窗口模式下（仅在 SBC 正常模式可用），看门狗仅在看门狗周期的后半段可被触发。

在超时模式下，看门狗持续运行，可在超时时间内随时通过看门狗触发事件重置。看门狗超时模式也可用于微控制器的循环唤醒。

在自动模式下，看门狗可关闭或处于超时模式。

表 6 看门狗配置

工作/看门狗模式						
FNMC（强制正常模式控制）		0	0	0	0	1
SDMC（软件开发模式控制）		x	x	0	1	x
WMC（看门狗模式控制）		100 （窗口）	010 （超时）	001 （自动）	001 （自动）	n.a.
SBC工作	正常模式	窗口	超时	超时	关闭	关闭

工作/看门狗模式						
模式	待机模式（RXD 高）(1)	超时	超时	关闭	关闭	关闭
	待机模式（RXD 低）(1)	超时	超时	超时	关闭	关闭
	休眠模式	超时	超时	关闭	关闭	关闭
	其它模式	关闭	关闭	关闭	关闭	关闭

(1) RXD 低信号表示待唤醒状态。

表 7 看门狗控制寄存器（地址：00h）

位	标识	访问权限	值	描述
7:5	WMC	读/写		看门狗模式控制：
			001 (1)	自动模式
			010 (2)	超时模式
			100 (3)	窗口模式
4	保留	只读	-	
3:0	NWP	读/写		看门狗周期：
			1000	8ms
			0001	16ms
			0010	32ms
			1011	64ms
			0100 (2)	128ms
			1101	256ms
			1110	1024ms
			0111	4096ms

(1) 如果 SDMC = 1，则为默认值。

(2) 默认值。

(3) 在待机模式下被选中，但仅在 SBC 切换至正常模式时才激活。

有两种操作模式对看门狗的运行具有重大影响：强制正常模式（Forced Normal mode）和软件开发模式（Software Development mode）。软件开发模式仅用于测试与开发目的，并非 SBC 的专用工作模式；在软件开发模式使能时，SIT1169Q 仍可处于任一功能操作模式（参见第 7.2.2 节）。这两种模式分别通过非易失性存储区中的 FNMC 位和 SDMC 位进行使能与禁用。在强制正常模式（FNM）下，看门狗被禁用；在软件开发模式（SDM）下，看门狗可被禁用或激活，以支持测试与软件调试。

表 8 SBC 配置控制寄存器（地址：74h）

位	标识	访问权限	值	描述
7:6	保留	只读	-	
5:4	V1RTSUC (1)	读/写		启动时的V1复位阈值（由V1RTC位定义）：
			00 (2)	启动时V1欠压检测阈值为标称值的90%（V1RTC=00）

位	标识	访问权限	值	描述
			01	启动时V1欠压检测阈值为标称值的80%（V1RTC=01）
			10	启动时V1欠压检测阈值为标称值的70%（V1RTC=10）
			11	启动时V1欠压检测阈值为标称值的60%（V1RTC=11）
3	FNMC (3)	读/写	-	强制正常模式控制：
			0	强制正常模式禁用
			1 (2)	强制正常模式使能
2	SDMC	读/写		软件开发模式控制：
			0 (2)	软件开发模式禁用
			1	软件开发模式使能
1	保留	只读	-	
0	SLPC	读/写		休眠模式控制：
			0 (2)	休眠模式指令接收
			1	休眠模式指令忽略

(1) 在 SIT1169QTK/3 和 SIT1169QTK/F/3 中，V1 欠压阈值固定为 90%，不受 V1RTSUC 位设置的影响。

(2) 出厂预设值。

(3) FNMC 设置优先于 SDMC。

看门狗状态信息可从看门狗状态寄存器（**表 9**）获取，该寄存器还指示强制正常模式和软件开发模式是否处于激活状态。

表 9 看门狗状态寄存器（地址：05h）

位	标识	访问权限	值	描述
7:4	保留	只读	-	
3	FNMS	只读		强制正常模式状态：
			0	SBC不处于强制正常模式
			1	SBC处于强制正常模式
2	SDMS	只读		软件开发模式状态：
			0	SBC不处于软件开发模式
			1	SBC处于软件开发模式
1:0	WDS	只读		看门狗状态：
			00	看门狗关闭
			01	看门狗处于标准周期的前半段
			10	看门狗处于标准周期的后半段
			11	保留

7.1 软件开发模式

软件开发模式旨在简化软件设计流程。该模式使能后，看门狗将以自动模式（WMC=001）启动，并在系统复位后保持非活动状态，覆盖默认值（见**表 7**）。若软件开发模式使能（SDMC=1；见**表 6**），看门狗在自动模式下始终处于关闭状态。

在软件开发模式下，软件可无需看门狗运行。但可通过在 SBC 处于待机模式时选择窗口模式或超时模式（通过 WMC 位设置）来激活或禁用看门狗以供测试（注意：窗口模式仅在 SBC 切换至正常模式时激活）。软件开发模式通过非易失性存储器中的 SDMC 位启用（见**表 8**）。

7.2 窗口模式

看门狗可持续运行在窗口模式下。当 WMC=100 且 SIT1169Q 处于正常模式时，看门狗将进入窗口模式。在窗口模式下，看门狗仅在看门狗周期的后半段可被触发。

若看门狗溢出，或在看门狗周期的前半段（$t_{trig(wd)1}$ 之前）被触发，系统将执行复位。系统复位后，可通过主状态寄存器中的复位源状态位（RSS）读取复位源（“看门狗触发过早”或“看门狗溢出”）。

若看门狗在看门狗周期的后半段（$t_{trig(wd)1}$ 之后，$t_{trig(wd)2}$ 之前）被触发，看门狗定时器将被重启。

7.3 超时模式

在超时模式下，看门狗会持续运行。当 WMC=010 且 SIT1169Q 处于正常、待机或休眠模式时，看门狗将处于超时模式。如果 WMC=100 且 SIT1169Q 处于待机或休眠模式，看门狗也会处于超时模式。如果选择了自动模式（WMC=001），当满足超时模式的任一条件时，看门狗将进入超时模式（见**表 10**）。

在超时模式下，看门狗定时器可通过看门狗触发随时复位。如果看门狗溢出，将捕获看门狗故障事件（WDF）。如果看门狗溢出时 WDF 已挂起，将执行系统复位。在超时模式下，当 SIT1169Q 处于待机或休眠模式时，看门狗可用作微控制器的循环唤醒源。在休眠模式下，看门狗溢出将生成唤醒事件。

当 SBC 处于休眠模式且选择看门狗超时模式时，将在看门狗周期（NWP）后生成唤醒事件。如果 WDF 位被设置，RXD 将被强制拉低，V1 将被开启。应用软件随后可清除 WDF 位，并在看门狗溢出前触发看门狗。

7.4 自动模式

当 WMC=001 时，看门狗工作模式处于自动模式。在自动模式下，若 SBC 处于正常模式或 RXD 为低电平的待机模式，且软件开发模式已禁用（SDMC=0），则看门狗将进入超时模式；否则，看门狗将关闭。

在自动模式下，当 SBC 处于待机（RXD 为高电平）或休眠模式时，看门狗不会运行。若捕获到唤醒事件，引脚 RXD 将被强制拉低以指示事件，看门狗将自动重启并进入超时模式。若 SBC 在捕获唤醒事件时处于休眠模式，将切换到待机模式。

表 10 自动模式看门狗状态

SIT1169Q 工作模式	看门狗状态

	SDMC=0	SDMC=1
正常模式	超时模式	关闭
待机模式：RXD高	关闭	关闭
休眠模式	关闭	关闭
任意其他模式	关闭	关闭
待机模式：RXD低	超时模式	关闭

8 系统复位

当系统复位发生时，SBC 会切换到复位模式，并在 RSTN 引脚上生成低电平脉冲。SIT1169Q 能够区分多达 13 种不同的复位源，详见**表 3**。

8.1 RSTN 引脚特性

RSTN 引脚是一个双向开漏低边驱动器，集成了上拉电阻，如**图 5** 所示。输入复位脉冲宽度必须至少为 $t_{w(rst)}$，以确保外部复位事件被正确检测。通过这种配置，SBC 可以检测到引脚被外部（例如微控制器）拉低的情况。

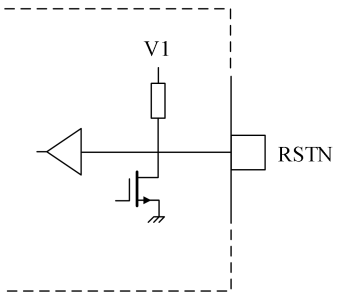


图 5 RSTN 内部引脚配置

8.2 选择输出复位脉冲宽度

输出复位脉冲的持续时间通过启动控制寄存器中的 RLC 位选择（见**表 11**）。SBC 可区分冷启动和热启动。如果复位事件与 V1 欠压事件同时发生（如上电复位、休眠模式复位、过温复位、进入或处于复位模式前 V1 欠压），则执行冷启动。冷启动的输出复位脉冲宽度由 RLC 位设置决定。

若发生其他无 V1 欠压的复位事件（如外部复位、看门狗故障、正常模式下的看门狗更改尝试、非法休眠模式命令），SBC 使用最短复位长度（$t_{w(rst)}$ = 1 ms 至 1.5 ms），这称为微控制器的热启动。

表 11 启动控制寄存器（地址：73h）

位	标识	访问权限	值	描述
7:6	保留	只读	-	
5:4	RLC	读/写		RSTN输出复位脉冲宽度：
			00 (1)	$t_{w(rst)}$=20ms ~ 25ms
			01	$t_{w(rst)}$=10ms ~ 12.5ms
			10	$t_{w(rst)}$=3.6ms ~ 5ms
			11	$t_{w(rst)}$=1ms ~ 1.5ms
3	V2SUC (2)/	读/写		V2/VEXT 启动控制：

位	标识	访问权限	值	描述
	VEXTSUC (3)		0 (1)	上电时，V2C/VEXTC位设置为00
			1	上电时，V2C/VEXTC位设置为11
2:0	保留	只读	-	

(1) 出厂预设值。

(2) 仅适用于 SIT1169QTK、SIT1169QTK/3、SIT1169QTK/F 和 SIT1169QTK/F/3。

(3) 仅适用于 SIT1169QTK/X 和 SIT1169QTK/X/F。

8.3 复位源

以下事件将导致 SIT1169Q 切换至复位模式：

- V_{V1} 降至由 V1RTC 位定义的 V1 欠压阈值以下（休眠模式或过温模式除外）；
- 完成 MTPNV 编程周期后进入关闭模式；
- RSTN 引脚被外部拉低；
- 看门狗在窗口模式下溢出；
- 看门狗在窗口模式下过早触发（早于 $t_{trig(wd)1}$）；
- 看门狗在超时模式下溢出且 WDF=1；
- 在 SBC 处于正常模式时，重新配置看门狗控制寄存器；
- SBC 退出关闭模式；
- 休眠模式下的本地或 CAN 总线唤醒；
- 休眠模式下的诊断唤醒；
- SBC 退出过温模式；
- 收到非法休眠模式命令；
- 因检测到错误帧从休眠模式唤醒。

9 全局温度保护

SIT1169Q 的温度会被持续监控（休眠和关闭模式除外）。当温度超过过温保护激活阈值 $T_{th(act)otp}$ 时，SBC 会切换到过温模式，同时 RSTN 引脚被拉低，V1、V2/VEXT 和 CAN 收发器关闭。温度降至过温保护释放阈值 $T_{th(rel)otp}$ 以下时，SBC 会通过复位模式切换到待机模式。

此外，SIT1169Q 支持过温警告功能。当芯片温度超过过温警告阈值($T_{th(warn)otp}$)时，若过温警告使能位 OTWE=1，状态位 OTWS 会被置位，并捕获过温警告事件（OTW=1）。

10 电源

10.1 电池供电 VBAT

内部电路通过 BAT 引脚从电池供电。器件需通过外部串联二极管等措施防止负电压输入。当 V_{BAT} 低于电源掉电检测阈值 $V_{th(det)poff}$ 时，SBC 切换至关闭模式。但微控制器供电电压（V1）保持活跃，直至 V_{BAT} 降至 2V 以下。当电池电压回升至电源开启检测阈值 $V_{th(det)pon}$ 以上时，SBC 将在 $t_{startup}$ 时间后从关闭模式切换至复位模式。电源开启事件状态位 PO 被置为 1，以指示 SIT1169Q 已上电并退出关闭模式（见**表 24**）。

10.2 稳压源 V1

SIT1169Q 提供 5V 或 3.3V 电源（V1），具体取决于型号。V1 可提供高达 250mA 的负载电流。在 SIT1169QTK/X 和 SIT1169QTK/X/F 型号中，CAN 收发器通过 V1 内部供电，这可降低供外部组件使用的输出电流。当 V1 关闭时，V1（CAN 收发器供电）的电压会通过内部下拉电路迅速降至 GND。

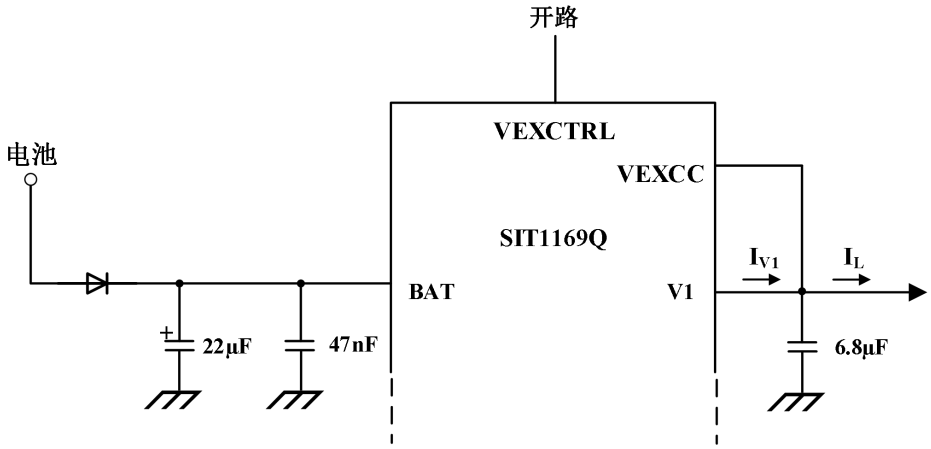


图 6 典型应用电路（无外部 PNP 晶体管）

为防止器件在高温或高平均电流下过温，可连接外部 PNP 晶体管（如**图 7** 所示）。在此配置中，功耗由 SBC（I_{V1}）和 PNP 晶体管（I_{PNP}）共同分担。

当负载电流达到 PNP 激活阈值 $I_{th(act)PNP}$ 时，PNP 晶体管被激活。寄存器控制位 PDC（**表 12**）用于调节功耗分配。

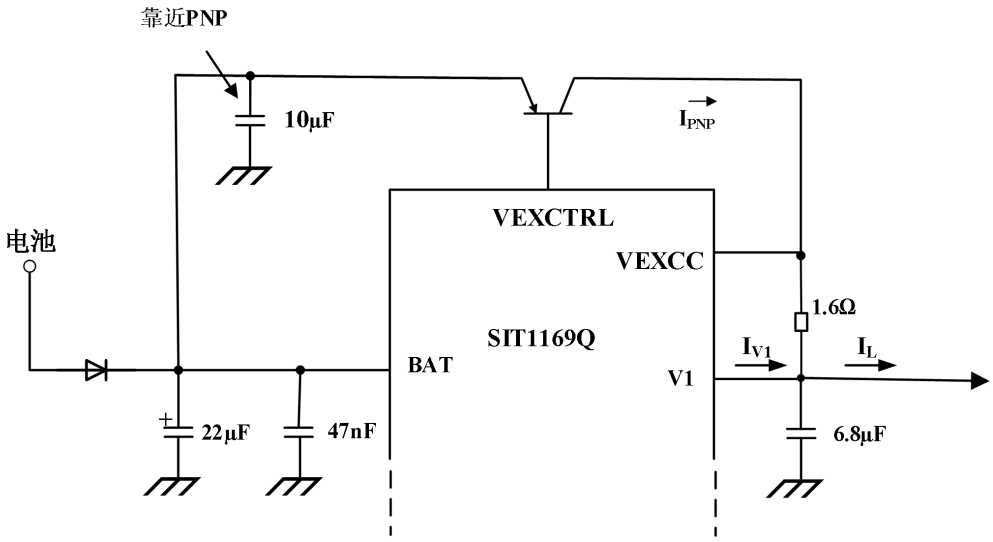


图 7 典型应用电路（有外部 PNP 晶体管）

为实现短路保护，需在 V1 与 VEXCC 引脚间连接电阻以监测电流。此电阻限制外部晶体管的输出电流。当 VEXCC 与 V1 引脚间的电压差达到 $V_{th(act)Ilim}$（PNP 电流限制激活阈值电压）时，晶体管电流将不再增加。通常，可选用电流放大系数（β）在 50 至 500 之间的任意 PNP 晶体管。V1 输出电压被持续监测。若 V1 电压降至选定的欠压阈值以下（5V 型号通过调节控制寄存器中的 V1RTC 位选择阈值，可选 60%、70%、80%或 90%的标称 V1 输出电压；3.3V 型号固定为 90%；见**表 12**），则触发系统复位。

上电时，欠压阈值的默认值由 SBC 配置控制寄存器（见**表 8**）中的 V1RTSUC 位决定。该寄存器位于非易失性存储器中，允许用户在启动时定义欠压阈值（V1RTC）。

此外，若 V1 电压低于标称值的 90%（且 V1U 事件检测使能，V1UE=1；见**表 29**），则生成欠压警告（V1U 事件）。当选择 60%、70%或 80%阈值时，此信息可作为警告信号，指示 V1 电压超出标称供电范围。V1 的状态（高于或低于 90%欠压阈值）可通过电源电压状态寄存器中的 V1S 位读取（见**表 13**）。

10.3 稳压源 V2

在 SIT1169QTK、SIT1169QTK/3、SIT1169QTK/F 和 SIT1169QTK/F/3 型号中，引脚 13 是稳压源输出（V2），可提供高达 100mA 的电流。

CAN 收发器由 V2 从内部供电，消耗部分可用电流。V2 未针对电池短路或负电压短路进行保护，不应使用 V2 为板外组件供电。V2 受软件控制，必须通过调节稳压源控制寄存器中的 V2C 位（见**表 12**）开启，以激活内部 CAN 收发器的供电电压。V2 不是通过 CAN 接口唤醒检测所必需的。当 V2 关闭时，V2（CAN 收发器供电）的电压会通过内部下拉电路迅速降至 GND。

V2C 的默认值在上电时由非易失性存储器中的 V2SUC 位定义。V2 的状态可从电源电压状态寄存器（**表 13**）中轮询获取。

10.4 稳压源 VEXT

在 SIT1169QTK/X 和 SIT1169QTK/X/F 型号中，引脚 13 是稳压源输出（VEXT），可用于为板外组件供电，提供高达 100mA 的电流。VEXT 具备针对电池短路和负电压短路的保护功能。由于 CAN 控制器通过 V1 内部供电，因此 VEXT 可为板外负载提供全部 100mA 的供电电流（前提是未超过 PCB 的热限制）。

VEXT 受软件控制，必须通过调节稳压源控制寄存器中的 VEXTC 位（见**表 12**）开启，以激活板外组件的供电电压。VEXTC 的默认值在上电时由非易失性存储器中的 VEXTSUC 位定义。VEXT 的状态可从电源电压状态寄存器（**表 13**）中读取。

表 12 稳压源控制寄存器（地址：10h）

位	标识	访问权限	值	描述
7	保留	只读	-	
6	PDC	读/写		电源分配控制：
			0	V1阈值电流（激活外部PNP晶体管，负载电流上升时）：$I_{th(act)PNP}$（较高值） V1阈值电流（关闭外部PNP晶体管，负载电流下降时）：$I_{th(act)PNP}$（较高值）
			1	V1阈值电流（激活外部PNP晶体管，负载电流上升时）：$I_{th(act)PNP}$（较低值） V1阈值电流（关闭外部PNP晶体管，负载电流下降时）：$I_{th(act)PNP}$（较低值）
5:4	保留	只读	-	
3:2	V2C (1)/ VEXTC (2)	读/写		V2C/VEXTC配置：
			00	V2/VEXT在所有模式下关闭
			01	V2/VEXT在正常模式下开启
			10	V2/VEXT在正常、待机和复位模式下开启
			11	V2/VEXT 在正常、待机、休眠和复位模式下开启
1:0	V1RTC (3)	读/写		设置V1复位阈值：
			00	复位阈值设置为V1标称输出电压的90%
			01	复位阈值设置为V1标称输出电压的80%
			10	复位阈值设置为V1标称输出电压的70%
			11	复位阈值设置为V1标称输出电压的60%

(1) SIT1169QTK、SIT1169QTK/3、SIT1169QTK/F 和 SIT1169QTK/F/3：上电时的默认值由 V2SUC 位设置决定（见**表 11**）。

(2) SIT1169QTK/X 和 SIT1169QTK/X/F：上电时的默认值由 VEXTSUC 位设置决定（见**表 11**）。

(3) 仅适用于 5V 型号；上电时的默认值由 V1RTSUC 位设置决定（见**表 8**）。3.3V 型号的阈值固定为 90%，且 V1RTC 无论写入 V1RTC 的值或 V1RTSUC 定义的启动阈值如何，始终读取 00。

表 13 电源电压状态寄存器（地址：1Bh）

位	标识	访问权限	值	描述

位	标识	访问权限	值	描述
7:3	保留	只读	-	
2:1	V2S (1)/ VEXTS (2)	只读		V2/VEXT状态：
			00 (3)	V2/VEXT电压状态
			01	V2/VEXT输出电压低于欠压阈值
			10	V2/VEXT输出电压高于过压阈值
			11	V2/VEXT禁用
0	V1S	只读		V1状态：
			0 (3)	V1输出电压高于欠压阈值的90%
			1	V1输出电压低于欠压阈值的90%

(1) 仅适用于 SIT1169QTK、SIT1169QTK/3、SIT1169QTK/F 和 SIT1169QTK/F/3。

(2) 仅适用于 SIT1169QTK/X 和 SIT1169QTK/X/F。

(3) 上电时为默认值。

10.5 LIMP 输出

专用的 LIMP 引脚可在 ECU 发生严重故障时启用所谓的“跛行回家”硬件功能。可检测的故障包括 SBC 过温事件、看门狗服务丢失、RSTN 引脚或 V1 引脚短路，以及用户触发或外部复位事件（见**图 8**）。LIMP 引脚为抗电源干扰、低电平有效、开漏输出。通过设置故障安全控制寄存器中的 LHC 位（**表 14**），也可强制将 LIMP 引脚拉低。

10.5.1 复位计数器

SIT1169Q 使用复位计数器检测严重故障。每次 SBC 进入复位模式时，复位计数器递增（RCC=RCC+1；见**表 14**）。系统正常运行时，系统软件应定期重置此计数器（RCC=00），以确保常规预期的复位事件不会导致其溢出。

若 SBC 进入复位模式时 RCC 等于 3，SBC 将假定发生严重故障，并设置跛行回家控制位（LHC）。此操作会强制外部 LIMP 引脚为低电平，同时 RCC 溢出至 RCC=0。LHC 位也可通过 SPI 接口设置。若通过软件控制或 SBC 退出关闭模式时上电，LHC 被重置为 0，则 LIMP 引脚再次设置为浮空状态。应用软件可预设计数器值，以定义在激活跛行回家功能前允许的复位事件数量。例如，若 RCC 初始化为 3，则下一个复位事件将立即触发跛行回家功能。上电时的默认计数器设置为 RCC=00。

除复位计数器（RCC）溢出外，以下事件也会导致 LHC 位被设置并立即触发跛行回家功能：

- 过温持续时间超过 $t_{d(limp)}$
- SBC 在复位模式下停留时间超过 $t_{d(limp)}$（例如，由于 RSTN 引脚被钳位或 V1 永久欠压）。

10.5.2 LIMP 状态图

注意，SBC 在离开休眠模式后都会切换到复位模式，因为 SBC 会响应唤醒事件而启动 V1。因此，每次休眠模式周期后，RCC 都会递增。应用软件需要监控 RCC，并在必要时更新其值，以确保多个休眠模式周期不会导致复位计数器溢出。

在强制正常模式下，跛行回家功能和复位计数器被禁用。LIMP 引脚处于浮空状态，RCC 保持不变，且 LHC 位=0。

SBC 模式源自 SBC 状态图（见**图 3**）。RCC 计数器从 3 溢出到 0；t 是 SBC 持续处于复位或过温模式的时间；时间 t 在进入对应模式时重置；在复位和过温模式之间转换时，t 不重置。

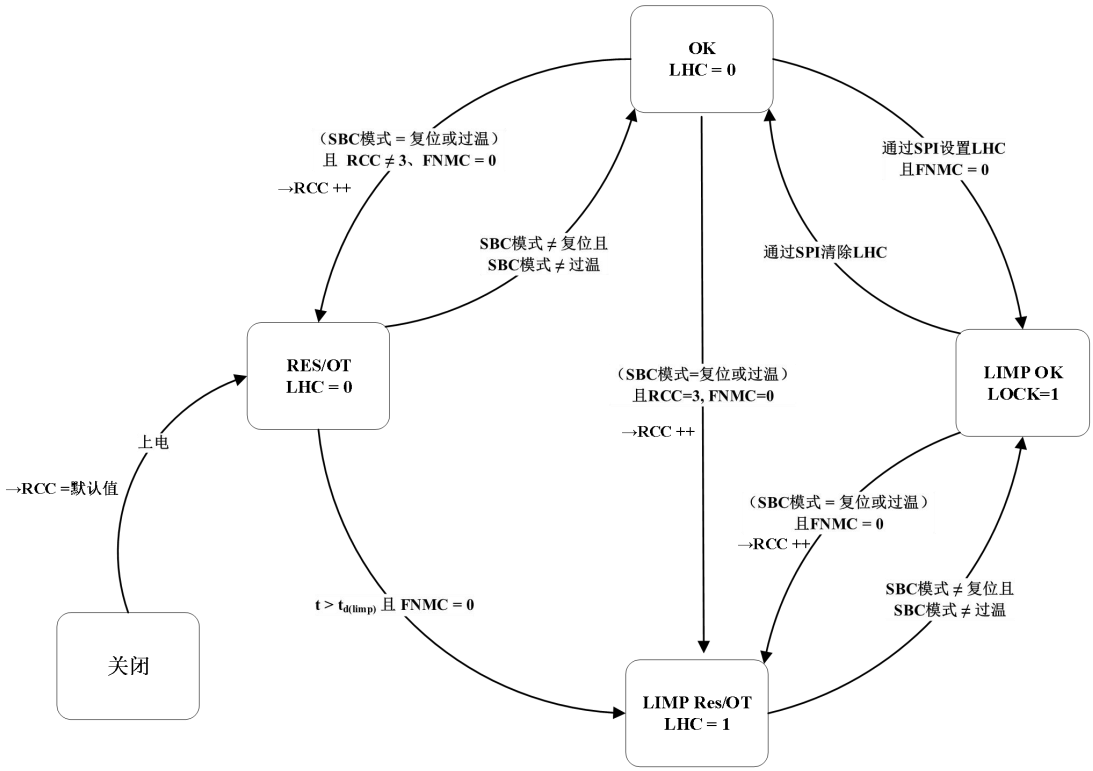


图 8 跛行功能状态图

10.5.2.1 故障安全控制寄存器

故障安全控制寄存器包含复位计数器和跛行回家控制设置。

表 14 故障安全控制寄存器（地址：02h）

位	标识	访问权限	值	描述
7:3	保留	只读	-	
2	LHC	读/写		跛行回家控制：
			0	LIMP引脚处于悬空状态
			1	LIMP引脚被驱动为低电平
1:0	RCC	读/写		复位计数器控制：
			xx	每次SBC进入复位模式且FNMC=0时递增；RCC从11溢出至00；上电默认值为00

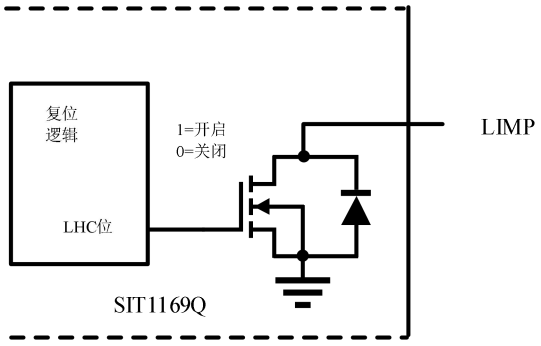


图 9 LIMP 引脚功能示意图

11 CAN 标准唤醒

如果 CAN 收发器处于离线模式且 CAN 唤醒功能使能（CWE=1），且 CAN 选择性唤醒功能被禁用（CPNC=0 或 PNCOK=0），SIT1169Q 将监控总线以检测唤醒时序。接收器输入端的滤波器可防止因汽车瞬态或电磁干扰（EMI）引起的非预期唤醒事件。必须在唤醒超时时间（$t_{to(wake)bus}$）内，在 CAN 总线上发送一个显-隐-显的唤醒时序，才能通过唤醒滤波器并触发唤醒事件（见**图 10**；注意隐/显段之间可能有额外脉冲）。隐性和显性段的持续时间必须至少为 $t_{wake(busrec)}$和 $t_{wake(busdom)}$。

当在总线上检测到有效的 CAN 唤醒时序时，收发器事件状态寄存器中的唤醒位 CW 将被置位（见**表 26**），且 RXD 引脚被拉低。如果 SBC 在检测到唤醒模式时处于休眠模式，V1 将被启用以向微控制器供电，SBC 将通过复位模式切换到待机模式。

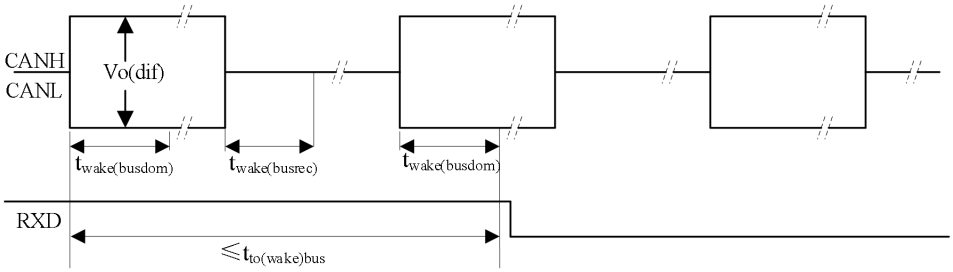


图 10 CAN 唤醒时序

12 CAN 部分网络（仅 SIT1169Q /F）

部分网络功能允许 CAN 网络中的节点根据专用唤醒帧（WUF）被选择性激活。只有功能上必需的节点会处于总线活动状态，而其他节点则保持低功耗模式，直到被需要为止。

如果同时使能 CAN 唤醒（CWE = 1）和 CAN 选择性唤醒（CPNC = 1），并且部分网络寄存器配置正确（PNCOK = 1），收发器才能监控总线上的专用 CAN 唤醒帧。

12.1 唤醒帧 (WUF)

唤醒帧（WUF）是符合 ISO11898-1:2015 标准的 CAN 帧，由标识符字段（ID）、数据长度码（DLC）、数据字段和循环冗余校验（CRC）码（含 CRC 分隔符）组成。

唤醒帧格式（标准 11 位或扩展 29 位标识符）通过帧控制寄存器中的 IDE 位选择（见**表 18**）。

有效 WUF 标识符由 ID 寄存器定义并存储（见**表 16**）。可定义 ID 掩码从而允许单个节点识别一组标识符为有效。ID 掩码在 ID 掩码寄存器中定义（**表 17**），其中 1 表示“不关心”。

在**图 11** 中，基于标准帧格式，11 位标识符定义为 1A0h。标识符存储在 ID 寄存器 2（29h）和 3（2Ah）中。ID 掩码的三个最低有效位（掩码寄存器 2 的 2Dh 中的第 2 至 4 位）为“不关心”。这意味着接收到的 WUF 中，任何八个不同标识符（从 1A0h 到 1A7h）均被视为有效。

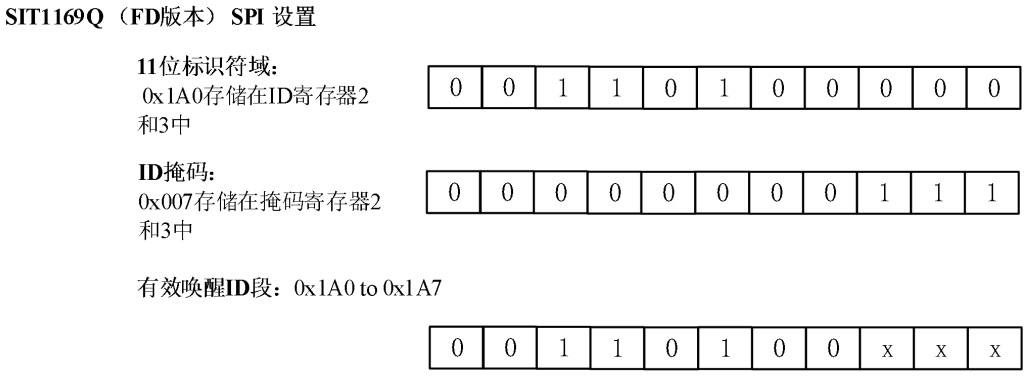


图 11 在选择性唤醒帧中评估 ID 字段

数据字段指示要唤醒的节点。在数据字段中，可以预定义节点组并将其与数据掩码中的位关联。通过将接收到的数据字段与数据掩码进行比较，单个唤醒消息可以同时唤醒多个节点组。

数据长度码（帧控制寄存器中的 DLC 位；**表 18**）决定 CAN 唤醒帧数据字段中预期的数据字节数（0 到 8 个）。如果预期一个或多个数据字节（DLC ≠ 0000），则接收到的唤醒帧数据字段中至少一个位必须设置为 1，并且收发器中关联的数据掩码寄存器（见**表 19**）中至少一个等效位也必须设置为 1，才能成功唤醒。每对匹配的 1 对表示一个要激活的节点组（由于数据字段最长为 8 字节，最多可定义 64 个节点组）。如果 DLC=0，则无预期数据字段。

在**图 12** 中，数据字段由单个字节组成（DLC=1）。这意味着接收到的唤醒帧数据字段将与数据掩码 7（存储在地址 6Fh；见**表 19** 和**图 13**）进行比较。数据掩码 7 在示例中定义为 10101000，表示节点被分配到三个组（组 1、组 3 和组 5）。

图 12 中显示的接收消息可能唤醒四组节点：第 2、3、4 和 5 组。当消息数据位与配置的数据掩码（DM7）进行比较时，发现两处匹配（第 3 组和第 5 组）。

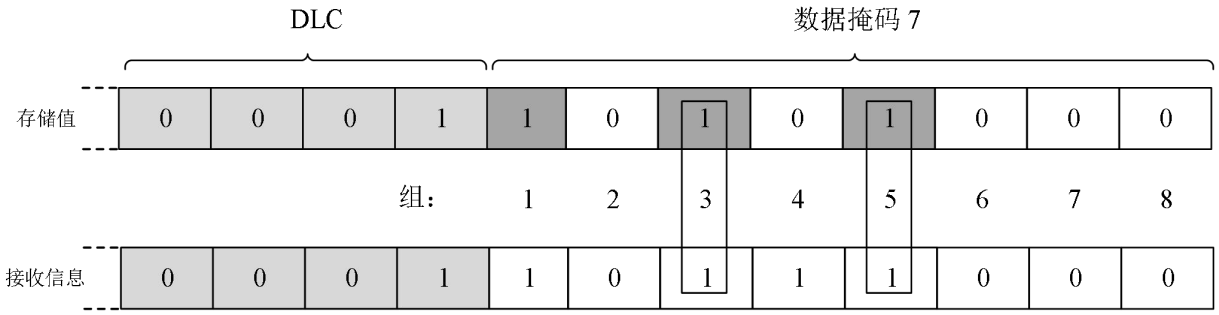


图 12 在选择性唤醒帧中评估数据字段

可选地，数据长度码（DLC）和数据字段可从唤醒帧的评估中排除。若位 PNDM=0，仅评估标识符字段以确定帧是否包含有效的唤醒消息。若 PNDM=1（默认值），则将数据字段纳入唤醒过滤。

当 PNDM=0 时，检测到有效唤醒消息并捕获唤醒事件（且 CW 置 1）的条件为：

接收到的唤醒帧标识符字段在过滤后与 ID 寄存器中的帧匹配，且接收到的帧 CRC 字段（含隐性 CRC 分隔符）无错误。

当 PNDM=1 时，检测到有效唤醒消息的条件为：

接收到的唤醒帧标识符字段在过滤后与 ID 寄存器中的帧匹配，且帧非远程帧，且接收到的消息数据长度码与配置的数据长度码（DLC 位）匹配，且

若数据长度码大于 0，接收到的帧数据字段中至少一位为 1，且关联的数据掩码寄存器中的对应位也为 1，且接收到的帧 CRC 字段（含隐性 CRC 分隔符）无错误。

若 SIT1169Q 接收的 CAN 消息包含错误（如“填充”错误），且错误出现在 ACK 字段之前，内部错误计数器递增。若接收的 CAN 消息在 ACK 字段前无错误，计数器递减。CRC 分隔符后、下一帧起始（SOF）前接收的数据被部分网络模块忽略。若计数器溢出（计数器>31），捕获帧检测错误（PNFDE=1）且器件被唤醒；偏置关闭且部分网络重新使能时，计数器重置为零。

当应用软件将 PNCOK 置 1 时，假设部分网络配置正确。SIT1169Q 在对任何 CAN 部分网络配置寄存器进行写访问后清除 PNCOK。

若选择性唤醒被禁用（CPNC=0）或部分网络未正确配置（PNCOK=0），且 CAN 收发器处于离线模式且唤醒使能（CWE=1），则任何符合 ISO 11898-2:2016 的唤醒模式将触发唤醒事件。

若 CAN 收发器不在离线模式（CMC≠00）或 CAN 唤醒被禁用（CWE=0），则忽略总线上的所有唤醒模式。

在选择性唤醒期间，支持 50 kbit/s、100 kbit/s、125 kbit/s、250 kbit/s、500 kbit/s 和 1Mbit/s 的 CAN 比特率。比特率通过 CDR 位选择（见**表 15**）。

12.2 CAN FD 帧

CAN FD 代表“具有灵活数据速率的 CAN”，基于 ISO 11898-1:2015 定义的 CAN 协议。SIT1169QTK/F、SIT1169QTK/F/3 和 SIT1169QTK/X/F 通过专用部分网络协议实现 FD 被动功能。/F 型号可配置为将 CAN FD 帧识别为有效 CAN 帧。当 CFDC=1 时，每次接收 CAN FD 帧的控制字段，错误计数器递减。SIT1169Qxx/F 在部分网络使能时保持低功耗模式（CAN FD 被动）。即使 PNDM=0 且帧包含有效 ID，CAN FD 帧也不会被识别为有效唤醒帧。接收 CAN FD 帧的控制字段后，SIT1169Qxx/F 会忽略后续总线信号，直到再次检测到空闲帧。

FD 被动模式支持仲裁位速率与数据位速率 1:8 的比率，避免非预期唤醒。ISO 11898-2:2016 和 SAE J2284 定义的 CAN FD 过滤参数支持 1:4 的比率，最大数据位速率 2 Mbit/s，最大仲裁速度 500 kbit/s。

当 CFDC=0 时，部分网络模块将 CAN FD 帧解释为错误帧。接收 CAN FD 帧时，错误计数器递增。若 CAN FD 帧与有效 CAN 帧的比例超过触发错误计数器溢出的阈值，PNFDE 位被置 1，器件唤醒。

12.3 CAN 部分网络配置寄存器

配置 CAN 部分网络的专用寄存器。

12.3.1 数据速率寄存器

表 15 数据速率寄存器 （地址：26h）

位	标识	访问权限	值	描述
7:3	保留	只读	-	
2:0	CDR	读/写		CAN数据速率选择：
			000	50 kbit/s
			001	100 kbit/s
			010	125 kbit/s
			011	250 kbit/s
			100	保留（预留；当前选择500 kbit/s）
			101	500 kbit/s
			110	保留（预留；当前选择500 kbit/s）
			111	1000 kbit/s

12.3.2 ID 寄存器

表 16 ID 寄存器 0~3（地址：27h~2Ah）

地址	位	标识	访问权限	值	描述
27h	7:0	ID07:ID00	读/写	-	扩展帧格式中的ID07至ID00位
28h	7:0	ID15:ID08	读/写	-	扩展帧格式中的ID15至ID08位
29h	7:2	ID23:ID18	读/写	-	扩展帧格式中的ID23至ID18位 标准帧格式中的ID05至ID00位
	1:0	ID17:ID16	读/写	-	扩展帧格式中的ID17至ID16位
2Ah	7:5	保留	只读	-	
	4:0	ID28:ID24	读/写	-	扩展帧格式中的ID28至ID24位 标准帧格式中的ID10至ID06位

12.3.3 ID 掩码寄存器

表 17 ID 掩码寄存器 0~3（地址：2Bh~2Eh）

地址	位	标识	访问权限	值	描述
2Bh	7:0	M07:M00	读/写	-	扩展帧格式中的ID07至ID00屏蔽位
2Ch	7:0	M15:M08	读/写	-	扩展帧格式中的ID15至ID08屏蔽位
2Dh	7:2	M23:M18	读/写	-	扩展帧格式中的ID23至ID18屏蔽位 标准帧格式中的ID05至ID00屏蔽位
	1:0	M17:M16	读/写	-	扩展帧格式中的ID17至ID16屏蔽位
2Eh	7:5	保留	只读	-	
	4:0	M28:M24	读/写	-	扩展帧格式中的ID28至ID24屏蔽位 标准帧格式中的ID10至ID06屏蔽位

12.3.4 帧控制寄存器

表 18 帧控制寄存器（地址：2Fh）

位	标识	访问权限	值	描述
7	IDE	读/写	-	标识符格式：
			0	标准帧格式 (11-bit)
			1	扩展帧格式 (29-bit)
6	PNDM	读/写	-	部分网络数据屏蔽：
			0	数据长度码和数据字段在唤醒时被忽略
			1	数据长度码和数据字段在唤醒时被评估
5:4	保留	只读	-	
3:0	DLC	读/写		CAN帧中的数据字节数量：
			0000	0
			0001	1

位	标识	访问权限	值	描述
			0010	2
			0011	3
			0100	4
			0101	5
			0110	6
			0111	7
			1000	8
			1001 to 1111	8字节

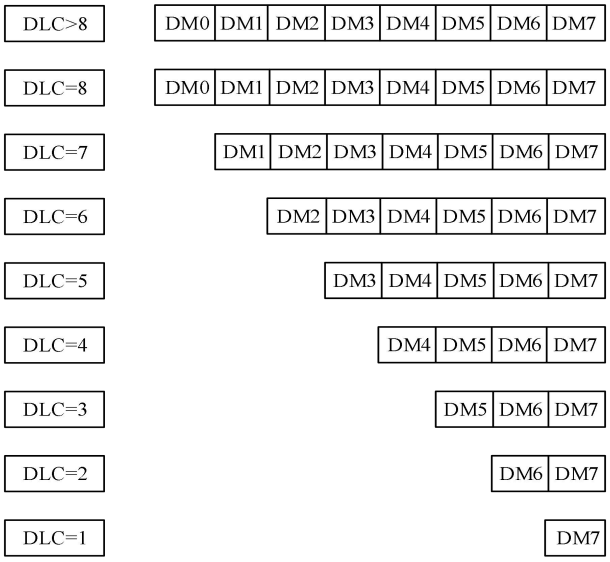


图 13 数据掩码寄存器在不同数据长度代码（DLC）值下的使用方法

12.3.5 数据掩码寄存器

表 19 数据掩码寄存器（地址：68h~6Fh）

地址	位	标识	访问权限	值	描述
68h	7:0	DM0	读/写	-	数据掩码0配置
69h	7:0	DM1	读/写	-	数据掩码1配置
6Ah	7:0	DM2	读/写	-	数据掩码2配置
6Bh	7:0	DM3	读/写	-	数据掩码3配置
6Ch	7:0	DM4	读/写	-	数据掩码4配置
6Dh	7:0	DM5	读/写	-	数据掩码5配置
6Eh	7:0	DM6	读/写	-	数据掩码6配置

地址	位	标识	访问权限	值	描述
6Fh	7:0	DM7	读/写	-	数据掩码7配置

13 通过 WAKE 引脚本地唤醒

本地唤醒通过 WAKE 引脚事件捕获使能寄存器中的 WPRE 和 WPFE 位使能（见**表 31**）。当 WAKE 引脚发生低电平到高电平（WPRE=1 时）和/或高电平到低电平（WPFE=1 时）的跳变时，会触发唤醒事件。这种设计为本地唤醒电路提供了最大的灵活性。在不使用本地唤醒功能的应用中，应禁用本地唤醒并将 WAKE 引脚连接到地，以确保最佳的 EMI 性能。当 SBC 处于正常模式时，可通过 WPVS 位随时读取 WAKE 引脚的电压状态。否则，仅当本地唤醒使能（WPRE=1 和/或 WPFE=1）时，WPVS 才有效。

表 20 WAKE 引脚状态寄存器（地址：4Bh）

位	标识	访问权限	值	描述
7:2	保留	只读	-	
1	WPVS	只读		WAKE 引脚状态：
			0	WAKE 引脚电压低于切换阈值 $V_{th(sw)}$
			1	WAKE 引脚电压高于切换阈值 $V_{th(sw)}$
0	保留	只读	-	

14 CAN 失效安全功能

14.1 TXD 显性超时

当收发器处于 CAN 激活模式时，若 TXD 引脚被强制拉低，将启动 TXD 显性时间超时计时器。若 TXD 引脚的低电平状态持续时间超过 TXD 显性时间超时时间（$t_{to(dom)TXD}$），则发送器将被禁用，总线被释放至隐性状态。此功能可防止硬件或软件应用故障导致总线永久处于显性状态（阻塞所有网络通信）。当 TXD 引脚变为高电平时，TXD 显性时间超时计时器将被重置。TXD 显性超时时间还定义了最低可能的比特率为 4.4 kbit/s。

当发生 TXD 显性超时后，若使能（CFE=1；见**表 30**），则会捕获 CAN 故障事件（CF=1；见**表 26**）。此外，TXD 显性超时状态可通过收发器状态寄存器中的 CFS 位读取，且 CTS 位被清除。

14.2 TXD 引脚上拉

TXD 引脚通过内部上拉至 V1，确保引脚浮空时处于安全的隐性驱动状态。

14.3 V_{CAN} 欠压事件

当 CMC=01 时，若使能（CFE=1），当 CAN 收发器供电电压低于欠压检测阈值 $V_{uvd(CAN)}$时，会捕获 CAN 故障事件（CF=1）。此外，VCS 状态位被置为 1。

14.4 BAT 引脚断电

BAT 引脚的掉电不会影响总线或微控制器。总线上不会产生倒灌电流。这确保了 BAT 掉电不会影响网络节点间的持续通信。

15 通过 RXD 引脚诊断唤醒与中断事件

SIT1169Q 的唤醒与中断事件诊断功能旨在为微控制器提供一系列功能和特性状态的信息。这些信息存储在事件状态寄存器中（参见**表 24** 至**表 26**），并在使能后通过 RXD 引脚进行标识。区分常规唤醒事件和中断事件（至少需启用一个常规唤醒源，SIT1169Q 才能切换至休眠模式）。

表 21 常规事件

标识	事件	上电	描述
CW	CAN唤醒	禁用	见收发器事件状态寄存器 (**表 26**)
WPR	WAKE引脚上升沿	禁用	见WAKE引脚事件捕获状态寄存器 (**表 27**)
WPF	WAKE引脚下降沿	禁用	

表 22 诊断事件

标识	事件	上电	描述
PO	上电	始终使能	见系统事件状态寄存器（**表 24**）
OTW	过温警告	禁用	
SPIF	SPI故障	禁用	
WDF	看门狗故障	始终使能	
V2O (1)	V2过压	禁用	见供电事件状态寄存器 (**表 25**)
VEXTO (2)	VEXT过压	禁用	
V2U (1)	V2欠压	禁用	
VEXTU (2)	VEXT欠压	禁用	
V1U	V1欠压	禁用	
PNFDE (3)	PN帧检测错误	始终使能	见发送器事件状态寄存器 (**表 26**)
CBS	CAN总线静默	禁用	
CF	CAN故障	禁用	

(1) SIT1169QTK、SIT1169QTK/3、SIT1169QTK/F 和 SIT1169QTK/F/3。

(2) SIT1169QTK/X 和 SIT1169QTK/X/F。

(3) 仅 SIT1169QTK/F、SIT1169QTK/F/3 和 SIT1169QTK/X/F，其它保留。

PO、WDF 和 PNFDE 中断始终处于使能状态，因此会被捕获。其余事件的唤醒与中断检测功能可通过事件捕获使能寄存器（**表 28** 至**表 30**）单独启用或禁用。

若事件发生时关联的事件捕获功能处于使能状态，则相关事件状态位将被置位。若收发器处于 CAN 离线模式且 V1 有效（SBC 正常或待机模式），则 RXD 引脚会被强制拉低，以指示已检测到唤醒或中断事件。若事件发生时 SIT1169Q 处于休眠模式，则微控制器电源 V1 将被激活，SBC 将通过复位模式切换至待机模式。

微控制器可通过事件状态寄存器监控事件。为加速软件轮询例程，还提供了一个额外的状态寄存器——全局事件状态寄存器（**表 23**）。通过轮询全局事件状态寄存器，微控制器可快速确定捕获的事件类型（系统、电源、收发器或 WAKE 引脚），然后查询相应的事件状态寄存器（**表 24**、**表 25**、**表 26** 或**表 27**）。

在识别事件源后，应通过向相关位写入 1 来清除状态标志（写入 0 将无效）。可通过单次写操作清除多个状态位，只需向所有相关位写入 1 即可。

强烈建议仅清除上次读取状态寄存器时被置为 1 的状态位。此预防措施可确保在写访问前触发的事件不会丢失。

15.1 中断/唤醒延迟

当收发器处于 CAN 离线模式时，若中断或唤醒事件发生频率过高，可能显著影响软件处理时间（因为 RXD 引脚会反复被拉低，每次中断/唤醒产生时都需要微控制器响应）。SIT1169Q 内置事件延迟定时器限制对软件的干扰。

当某个事件捕获状态位被清除时，RXD 引脚被释放（置高），定时器启动。若定时器运行期间发生更多事件，相关状态位将被置位。若定时器超时（$t_{d(event)}$）后仍有事件待处理，RXD 引脚再次拉低以通知微控制器。这样，微控制器只需中断一次即可处理多个事件，而非多次响应单个事件。

若定时器运行期间所有事件均被清除，定时器超时后 RXD 保持高电平（无待处理事件）。事件捕获寄存器可随时读取。

当 RSTN 引脚变低（被一个高电平到低电平的跳变触发）时，事件捕获延迟定时器立即停止。RSTN 在 SBC 进入复位、休眠、过温或关闭模式时被拉低。SBC 进入休眠模式时，待处理事件会通过 RXD 引脚进行标识。

15.2 休眠模式保护

当 SIT1169Q 处于休眠模式时，唤醒事件捕获功能至关重要，因为 SBC 仅在捕获到唤醒事件时才会退出休眠模式。为避免潜在的系统死锁，SBC 区分常规事件和诊断事件。通过 CAN 总线或 WAKE 引脚触发的唤醒事件归类为常规事件；诊断事件则指示故障/错误条件或状态变化。在 SIT1169Q 切换至休眠模式前，至少需使能一个常规唤醒事件。若尝试在所有常规唤醒事件均被禁用时进入休眠模式，将触发系统复位。

SIT1169Q 切换至休眠模式前还需满足另一条件：所有事件状态位必须被清除。若 SBC 接收休眠模式命令（MC=001）时存在待处理事件，将立即切换至复位模式。此条件适用于常规事件和诊断事件。

在某些应用中，出于安全原因，主控制器的供电电压绝不能被切断，此时可永久禁用休眠模式。通过将 SBC 配置寄存器中的休眠模式控制位（SLPC）设置为 1（见**表 8**），可永久禁用休眠模式。该寄存器位于器件的非易失性存储区域。当 SLPC=1 时，休眠模式 SPI 命令（MC=001）将触发 SPI 故障事件，而非切换至休眠模式。

15.3 事件状态寄存器和事件捕获寄存器

在识别事件源后，应通过向相关状态位写入 1 来清除状态标志（写入 0 将无效）。

表 23 全局事件状态寄存器（地址：60h）

位	标识	访问权限	值	描述
7:4	保留	只读	-	
3	WPE	只读		WAKE引脚事件：
			0	WAKE引脚无待处理事件
			1	WAKE引脚事件待处理（地址64h）
2	TRXE	只读		收发器事件：
			0	收发器无待处理事件
			1	收发器事件待处理（地址：63h）
1	SUPE	只读		电源事件：
			0	电源无待处理事件
			1	电源事件待处理（地址：62h）
0	SYSE	只读		系统事件：
			0	系统无待处理事件
			1	系统事件待处理（地址：61h）

表 24 系统事件状态寄存器（地址：61h）

位	标识	访问权限	值	描述
7:5	保留	只读	-	
4	PO	读/写		上电：
			0	未检测到电池供电
			1	SIT1169Q在电池供电后已退出关闭模式
3	保留	只读	-	
2	OTW	读/写		过温警告：
			0	未检测到过温
			1	芯片整体温度已超过过温警告阈值$T_{th(warn)otp}$（未处于休眠状态）
1	SPIF	读/写		SPI故障：
			0	未检测到SPI故障
			1	SPI时钟计数错误（仅16位、24位和32位命令有效），非法的WMC/NWP/MC编码或尝试写入锁存寄存器（未处于休眠模式）

位	标识	访问权限	值	描述
0	WDF	读/写		看门狗故障：
			0	未捕获到看门狗故障事件
			1	看门狗在超时模式下溢出；当看门狗在超时模式下溢出且WDF挂起（WDF=1）时，执行系统复位

表 25 电源事件状态寄存器（地址：62h）

位	标识	访问权限	值	描述
7:3	保留	只读	-	
2	V2O (1)/ VEXTO (2)	读/写		V2/VEXT过压：
			0	未捕获到V2/VEXT过压事件
			1	捕获到V2/VEXT过压事件
1	V2U (1)/ VEXTU (2)	读/写		V2/VEXT欠压：
			0	未捕获到V2/VEXT欠压事件
			1	捕获到V2/VEXT欠压事件
0	V1U	读/写		V1欠压：
			0	未捕获到V1欠压事件
			1	V1电压已降至低于90%欠压阈值，且V1处于激活状态（事件不是在休眠模式下捕获，因为V1已关闭）；V1U事件捕获独立于V1RTC位的设置

(1) 仅适用于 SIT1169QTK、SIT1169QTK/3、SIT1169QTK/F 和 SIT1169QTK/F/3。

(2) 仅适用于 SIT1169QTK/X 和 SIT1169QTK/X/F。

表 26 收发器事件状态寄存器（地址：63h）

位	标识	访问权限	值	描述
7:6	保留	只读	-	
5	PNFDE	读/写		部分网络帧检测错误：
			0	未检测到部分网络帧检测错误
			1	检测到部分网络帧检测错误
4	CBS	读/写		CAN总线状态：
			0	CAN总线激活
			1	CAN总线在$t_{to(silence)}$的时间内无活动（仅在总线处于激活状态且CBSE=1时检测到）
3:2	保留	只读	-	
1	CF	读/写		CAN故障：
			0	未检测到CAN总线故障
			1	（CMC = 01 且 CAN收发器因V_{CAN}欠压而停用）或TXD被显性钳位（未进入休眠模式）
0	CW	读/写		CAN唤醒：

位	标识	访问权限	值	描述
			0	未检测到CAN唤醒事件
			1	当收发器处于CAN离线模式时，检测到CAN唤醒事件

表 27 WAKE 引脚事件状态寄存器（地址：64h）

位	标识	访问权限	值	描述
7:2	保留	只读	-	
1	WPR	读/写		WAKE引脚上升沿：
			0	未在WAKE引脚上检测到上升沿信号
			1	在WAKE引脚上检测到上升沿信号
0	WPF	读/写		WAKE引脚下降沿：
			0	未在WAKE引脚上检测到下降沿信号
			1	在WAKE引脚上检测到下降沿信号

表 28 系统事件捕获使能寄存器（地址：04h）

位	标识	访问权限	值	描述
7:3	保留	只读	-	
2	OTWE	读/写		过温警告使能：
			0	过温警告禁用
			1	过温警告使能
1	SPIFE	读/写		SPI故障使能
			0	SPI故障检测禁用
			1	SPI故障检测使能
0	保留	只读	-	

表 29 电源事件捕获使能寄存器（地址：1Ch）

位	标识	访问权限	值	描述
7:3	保留	只读	-	
2	V2OE (1)/ VEXTOE (2)	读/写		V2/VEXT过压使能：
			0	V2/VEXT过压检测禁用
			1	V2/VEXT过压检测使能
1	V2UE (1)/ VEXTUE (2)	读/写		V2/VEXT欠压使能：
			0	V2/VEXT欠压检测禁用
			1	V2/VEXT欠压检测使能
0	V1UE	读/写		V1 欠压使能：
			0	V1欠压检测禁用
			1	V1欠压检测使能

(1) 仅适用于 SIT1169QTK、SIT1169QTK/3、SIT1169QTK/F 和 SIT1169QTK/F/3。

(2) 仅适用于 SIT1169QTK/X、SIT1169QTK/X/F。

表 30 收发器事件捕获使能寄存器（地址：23h）

位	标识	访问权限	值	描述
7:5	保留	只读	-	
4	CBSE	读/写		CAN总线静默使能：
			0	CAN总线静默检测禁用
			1	CAN总线静默检测使能
3:2	保留	只读	-	
1	CFE	读/写		CAN故障使能：
			0	CAN故障检测禁用
			1	CAN故障检测使能
0	CWE	读/写		CAN唤醒使能：
			0	CAN唤醒检测禁用
			1	CAN唤醒检测使能

表 31 WAKE 引脚事件捕获使能寄存器（地址：4Ch）

位	标识	访问权限	值	描述
7:2	保留	只读	-	
1	WPRE	读/写		WAKE引脚上升沿使能：
			0	WAKE引脚上升沿检测禁用
			1	WAKE引脚上升沿检测使能
0	WPFE	读/写		WAKE引脚下降沿使能：
			0	WAKE引脚下降沿检测禁用
			1	WAKE引脚下降沿检测使能

16 非易失性 SBC 配置

SIT1169Q 芯片包含多个可多次编程的非易失性（MTPNV）存储单元，允许重新配置部分默认器件设置。MTPNV 存储地址范围为 0x73 至 0x74。MTPNV 寄存器的概述见**表 8** 和**表 11**。

16.1 可编程 MTPNV 单元

在对非易失性存储器进行重新编程之前，SIT1169Q 必须处于强制正常模式，且 MTPNV 单元必须包含出厂预设值（FNMC = 1 且 NVMPS = 1）。在强制正常模式下，看门狗功能被禁用，所有稳压器均开启，CAN 收发器处于激活模式。若器件此前已被编程，则在重新编程前需要恢复出厂预设值。当出厂预设值被恢复后，系统会自动生成复位信号，SIT1169Q 切换到强制正常模式。

非易失性存储器寄存器的编程分为两个步骤。首先，将所需值写入地址 0x73 和 0x74。在第二步中，通过向 MTPNV CRC 控制寄存器写入正确的 CRC 值来确认重新编程。SBC 在 CRC 值验证通过后立即开始重新编程 MTPNV 单元。如果 CRC 值不正确，重新编程将被中止。完成后，系统会生成复位信号，以指示 MTPNV 单元已成功重新编程。请注意，在重新编程期间，MTPNV 单元无法读取。

完成 MTPNV 编程周期后，非易失性存储器将通过标准 SPI 写操作受到保护，防止被覆盖。

MTPNV 单元最多可重新编程 200 次（$N_{cy(W)MTP}$）。MTPNV 状态寄存器（**表 32**）中的位 NVMPS 指示非易失性单元是否可重新编程。写入计数器 WRCNTS 在每次重新编程 MTPNV 单元时都会递增（最大值为 111111，存在溢出。执行恢复出厂预设值也会递增计数器）。此计数器仅用于存储编程次数；当达到最大值时，重新编程不会被拒绝。

错误校正码状态位 ECCS 被设置为指示 SBC 中的 CRC 检查机制检测到非易失性存储器中的单比特位故障。如果检测到多个比特位故障，SBC 在 MTPNV 重新编程后将不会重启。在生产周期结束时检查 ECCS 标志，以验证非易失性存储器的内容。当此标志被设置时，表示器件或 ECU 故障。

表 32 MTPNV 状态寄存器（地址：70h）

位	标识	访问权限	值	描述
7:2	WRCNTS	只读	-	写入计数器状态：
			xxxxxx	包含MTPNV单元被重新编程的次数
1	ECCS	只读		错误校正码状态：
			0	未检测到非易失性存储器中的位故障
			1	检测到非易失性存储器中的位故障并已纠正
0	NVMPS	只读		非易失性存储器编程状态：
			0	MTPNV存储器无法被覆盖
			1(1)	MTPNV存储器已准备好重新编程

(1) 出厂预设值。

MTP 编程 CRC 值计算

MTPNV CRC 控制寄存器中 CRCC 位存储的循环冗余校验值，是通过写入寄存器 0x73 和 0x74 的数据计算得出的。

表 33 MTPNV CRC 控制寄存器（地址：75h）

位	标识	访问权限	值	描述
7:0	CRCC	只写		循环冗余校验控制：
			-	CRC控制数据

CRC 值是使用**图 14** 中显示的数据表示和模 2 除法（生成多项式为：$x^8+x^5+x^3+x^2+x+1$）计算的。此操作的结果必须按位取反。

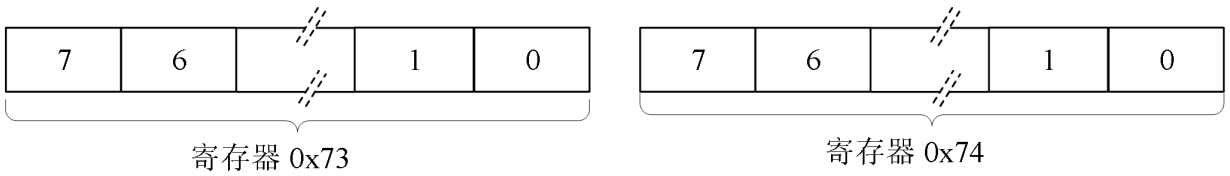


图 14 CRC 计算的数据

以下参数可用于计算 CRC 值（例如通过 AUTOSAR 方法）：

表 34 CRC 编码参数

参数	值

参数	值
CRC校验结果长度	8 bits
多项式	2Fh
初始值	FFh
输入数据反映	无
结果数据反映	无
异或值	FFh

或者可以使用以下算法：

```
data = 0 // unsigned byte
crc = FFh
for i = 0 to 1
    data = content_of_address (73h+i) EXOR crc
    for j = 0 to 7
        if data ≥ 128
            data = data * 2 // shift left by 1
            data = data EXOR 2Fh
        else
            data = data * 2 // shift left by 1
    next j
    crc = data
next i
crc = crc EXOR FFh
```

16.2 恢复出厂预设值

若在上电期间，以下条件持续满足至少 $t_{d(MTPNV)}$时间，则恢复出厂预设值：

- RSTN 引脚保持低电平（LOW）
- CANH 引脚被拉高至 VBAT
- CANL 引脚被拉低至 GND

恢复出厂预设值后，SBC 执行系统复位并进入强制正常模式。由于 CAN 总线被钳位为显性电平，在恢复出厂预设过程中，RXD 引脚被强制拉低。当 RXD 引脚出现上升沿时表示恢复出厂预设值过程结束；上电后，由于 PO 位被置位，在系统复位期间，RXD 引脚会再次被拉低。

注意：每次恢复出厂预设值时，MTPNV 状态寄存器中的写计数器（WRCNTS）都会递增。

17 器件 ID

在地址 0x7E 处保留了一个字节，用于存储 SIT1169Q 的识别码。

表 35 身份识别寄存器（地址：7Eh）

位	标识	访问权限	值	描述
7:0	IDS [7:0]	R		识别状态：
			CFh	SIT1169QTK
			C9h	SIT1169QTK/3
			EFh	SIT1169QTK/F
			E9h	SIT1169QTK/F/3
			CEh	SIT1169QTK/X
			EEh	SIT1169QTK/X/F

18 锁定控制寄存器

寄存器地址区域的某些部分可以设置为写保护，以防止意外修改。请注意，此功能仅能保护被锁定的位免受 SPI 接口的修改，但无法阻止 SIT1169Q 更新状态寄存器等操作。

表 36 锁定控制寄存器（地址：0Ah）

位	标识	访问权限	值	描述
7	保留	只读	-	
6	LK6C	读/写		锁定控制寄存器6：地址范围68h至6Fh - 数据屏蔽（仅/F版本）
			0	SPI写入访问使能
			1	SPI写入访问禁用
5	LK5C	读/写		锁定控制寄存器5：地址范围50h至5Fh - 未使用的寄存器范围
			0	SPI写入访问使能
			1	SPI写入访问禁用
4	LK4C	读/写		锁定控制寄存器4：地址范围40h至4Fh - WAKE引脚控制
			0	SPI写入访问使能
			1	SPI写入访问禁用
3	LK3C	读/写		锁定控制寄存器3：地址范围30h至3Fh - 未使用寄存器范围
			0	SPI写入访问使能
			1	SPI写入访问禁用
2	LK2C	读/写		锁定控制寄存器2：地址范围20h至2Fh - 收发器控制
			0	SPI写入访问使能
			1	SPI写入访问禁用
1	LK1C	读/写		锁定控制寄存器1：地址范围10h至1Fh - 稳压源控制
			0	SPI写入访问使能
			1	SPI写入访问禁用

位	标识	访问权限	值	描述
0	LK0C	读/写		锁定控制寄存器0：地址范围06h至09h - 通用存储器
			0	SPI写入访问使能
			1	SPI写入访问禁用

19 SPI

串行外设接口（SPI）为微控制器提供通信链路，支持多从机操作。SPI 配置为全双工数据传输模式，因此当新的控制数据移入时，会返回状态信息。该接口还提供只读访问选项，允许应用程序读取寄存器内容而不改变其值。

SPI 使用四个接口信号进行同步和数据传输：

SCSN：SPI 片选信号；低电平有效

SCK：SPI 时钟信号；默认电平为低电平（低功耗设计，下拉）

SDI：SPI 数据输入

SDO：SPI 数据输出；当 SCSN 为高电平时，输出引脚处于浮空状态

位采样在时钟下降沿进行，数据在时钟上升沿移入/移出，如**图 15** 所示。

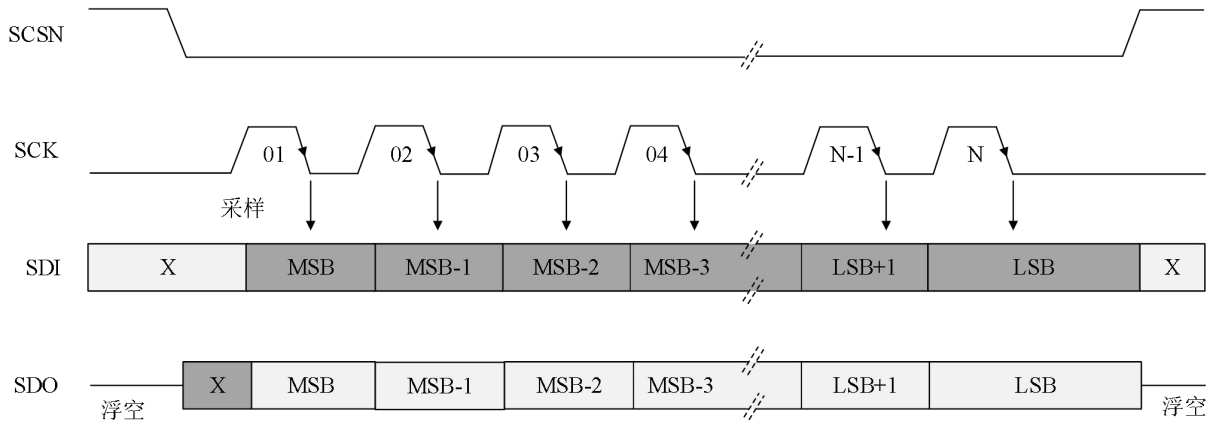


图 15 SPI 时序概述

SIT1169Q 的 SPI 数据存储在多个专用的 8 位寄存器中。每个寄存器被分配一个唯一的 7 位地址。单次寄存器写操作需向 SBC 传输两个字节。第一个字节包含 7 位地址和一个“只读”位（最低有效位 LSB）。该只读位必须为 0 以指示写操作（若该位为 1，则默认为读操作，SDI 引脚上的任何数据将被忽略）。第二个字节包含要写入寄存器的数据。

还支持 24 位和 32 位的读写操作。寄存器地址会自动递增，24 位操作递增一次，32 位操作递增两次，如**图 16** 所示。

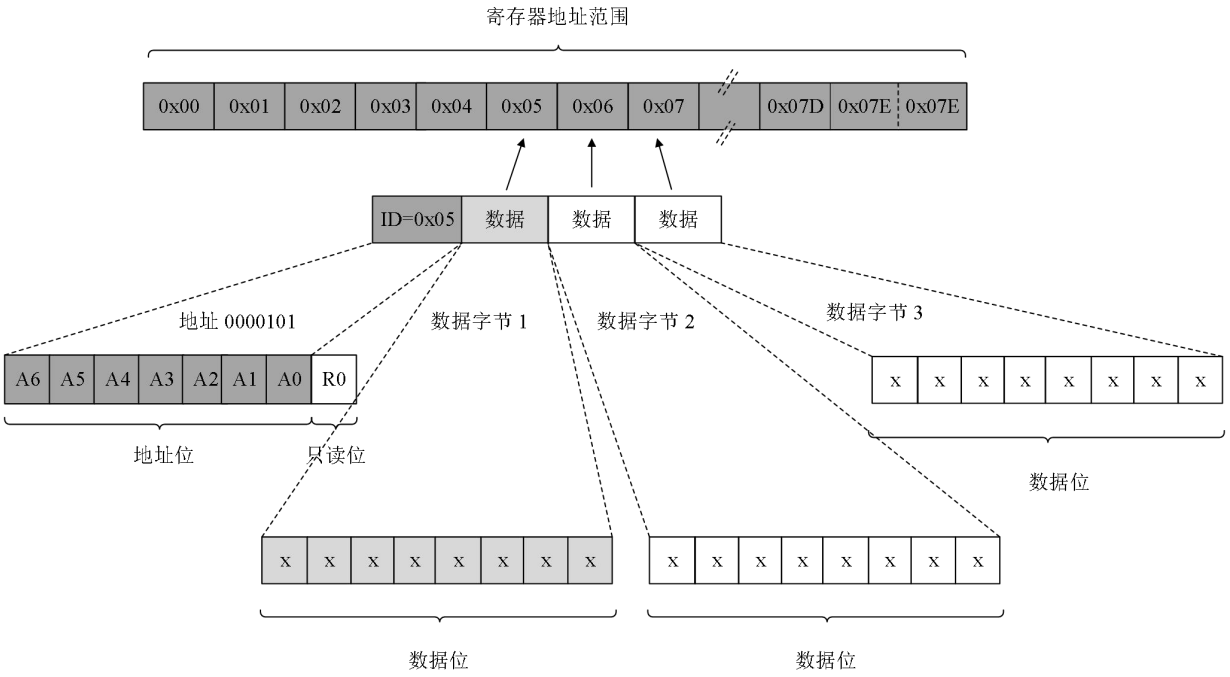


图 16 写操作的 SPI 数据结构（16-, 24- or 32-bit）

在 SPI 数据读写操作期间，通过 SDO 引脚返回所寻址寄存器的内容。

SIT1169Q 允许尝试写入不存在的寄存器。如果在写操作期间超出可用地址空间，超出有效地址范围的数据将被忽略（不会触发 SPI 故障事件）。

在写操作期间，SIT1169Q 会监控传输的 SPI 位数。如果记录的位数不是 16、24 或 32 位，则写操作将被中止，并捕获 SPI 故障事件（SPIF=1）。

如果在读操作期间 SDI 引脚上时钟输入超过 32 位，从第 33 位开始，SDI 上的数据流将反映在 SDO 引脚上。

20 寄存器映射表

表 37 主要控制寄存器概览

地址	寄存器名	位：							
		7	6	5	4	3	2	1	0
0x00	看门狗控制	WMC			保留	NWP			
0x01	模式控制	保留					MC		
0x02	故障安全控制	保留					LHC	RCC	
0x03	主状态	保留	OTWS	NMS	RSS				
0x04	系统事件使能	保留					OTWE	SPIFE	保留
0x05	看门狗状态	保留				FNMS	SDMS	WDS	
0x06	内存 0	GPM [7:0]							
0x07	内存 1	GPM [15:8]							

地址	寄存器名	位：							
		7	6	5	4	3	2	1	0
0x08	内存 2	GPM [23:16]							
0x09	内存 3	GPM [31:24]							
0x0A	锁定控制	保留	LK6C	LK5C	LK4C	LK3C	LK2C	LK1C	LK0C

表 38 稳压源控制寄存器概览

地址	寄存器名	位：							
		7	6	5	4	3	2	1	0
0x10	稳压源控制	保留 (1)	PDC	保留		V2C (2)/VEXTC (3)		V1RTC (4)	
0x1B	电源状态	保留					V2S (2)/VEXTS (3)		V1S
0x1C	电源事件使能	保留					V2OE (2)/ VEXTOE (3)	V2UE (2)/ VEXTUE (3)	V1UE

(1) 保留位可以读取和覆盖，且不影响器件功能；上电时的默认值为 00（其他保留位始终返回 0）。

(2) 仅适用于 SIT1169QTK、SIT1169QTK/3、SITQTK/F 和 SIT1169QTK/F/3。

(3) 仅适用于 SIT1169QTK/X 和 SIT1169QTK/X/F。

(4) 在 SIT1169QTK/3 和 SIT1169QTK/F/3 中固定为 00。

表 39 收发器控制与部分网络寄存器概览

地址	寄存器名	位：							
		7	6	5	4	3	2	1	0
0x20	CAN控制	保留	CFDC (1)	PNCOK (1)	CPNC (1)	保留		CMC	
0x22	收发器状态	CTS	CPNERR (1)	CPNS (1)	COSCS (1)	CBSS	保留	VCS	CFS
0x23	收发器事件使能	保留			CBSE	保留		CFE	CWE
0x26	数据速率	保留					CDR (1)		
0x27	标识符 0	ID [7:0] (1)							
0x28	标识符 1	ID [15:8] (1)							
0x29	标识符 2	ID [23:16] (1)							
0x2A	标识符 3	保留			ID [28:24] (1)				
0x2B	掩码 0	M [7:0] (1)							
0x2C	掩码 1	M [15:8] (1)							
0x2D	掩码 2	M [23:16] (1)							
0x2E	掩码 3	保留			M [28:24] (1)				
0x2F	帧控制	IDE (1)	PNDM (1)	保留		DLC (1)			
0x68	数据掩码 0	DM0[7:0] (1)							
0x69	数据掩码 1	DM1[7:0] (1)							
0x6A	数据掩码 2	DM2[7:0] (1)							

地址	寄存器名	位：							
		7	6	5	4	3	2	1	0
0x6B	数据掩码 3	DM3[7:0] (1)							
0x6C	数据掩码 4	DM4[7:0] (1)							
0x6D	数据掩码 5	DM5[7:0] (1)							
0x6E	数据掩码 6	DM6[7:0] (1)							
0x6F	数据掩码 7	DM7[7:0] (1)							

(1) 仅适用于 SIT1169QTK/F、SIT1169QTK/F/3 和 SIT1169QTK/X/F。

表 40 WAKE 引脚控制和状态寄存器概览

地址	寄存器名	位：							
		7	6	5	4	3	2	1	0
0x4B	WAKE引脚状态	保留						WPVS	保留
0x4C	WAKE引脚使能	保留						WPRE	WPFE

表 41 事件捕获寄存器概览

地址	寄存器名	位：							
		7	6	5	4	3	2	1	0
0x60	全局事件状态	保留				WPE	TRXE	SUPE	SYSE
0x61	系统事件状态	保留			PO	保留	OTW	SPIF	WDF
0x62	电源事件状态	保留					V2O (1)/ VEXTO (2)	V2U (1)/ VEXTU (2)	V1U
0x63	收发器事件状态	保留		PNFDE (3)	CBS	保留		CF	CW
0x64	WAKE引脚事件状态	保留						WPR	WPF

(1) 仅适用于 SIT1169QTK、SIT1169QTK/3、SIT1169QTK/F 和 SIT1169QTK/F/3。

(2) 仅适用于 SIT1169QTK/X 和 SIT1169QTK/X/F。

(3) 仅适用于 SIT1169QTK/F、 SIT1169QTK/F/3 和 SIT1169QTK/X/F。

表 42 状态寄存器概览

地址	寄存器名	位：							
		7	6	5	4	3	2	1	0
0x70	MTPNV状态	WRCNTS						ECCS	NVMPS

表 43 启动控制寄存器概览

地址	寄存器名	位：							
		7	6	5	4	3	2	1	0
0x73	启动控制	保留		RLC		V2SUC (1)/ VEXTSUC (2)	保留		

(1) 仅适用于 SIT1169QTK、SIT1169QTK/3、SIT1169QTK/F 和 SIT1169QTK/F/3。

(2) 仅适用于 SIT1169QTK/X 和 SIT1169QTK/X/F。

表 44 配置控制寄存器概览

地址	寄存器名	位：							
		7	6	5	4	3	2	1	0
0x74	SBC配置控制	保留		V1RTSUC		FNMC	SDMC	保留	SLPC

表 45 CRC 控制寄存器概览

地址	寄存器名	位：							
		7	6	5	4	3	2	1	0
0x75	MTPNV CRC控制	CRCC [7:0]							

表 46 识别寄存器概览

地址	寄存器名	位：							
		7	6	5	4	3	2	1	0
0x7E	识别	IDS [7:0]							

20.1 SIT1169Q 工作模式下的寄存器配置

当 SIT1169Q 从一种工作模式切换到另一种时，多个寄存器位可能会自动改变状态。这在 SIT1169Q 切换到关闭模式时尤为明显。这些变化总结在**表 47** 中。如果 SIT1169Q 改变状态时正在进行 SPI 传输，该传输将被忽略（自动状态变化具有优先级）。

表 47 SIT1169Q 工作模式下的寄存器位设置

标识	关闭 （上电默认值）	待机	正常 (1)	休眠	过温	复位
CBS	0	无变化	无变化	无变化	无变化	无变化
CBSE	0	无变化	无变化	无变化	无变化	无变化
CBSS	1	实际状态	实际状态	无变化	实际状态	实际状态
CDR (2)	101	无变化	无变化	无变化	实际状态	实际状态
CF	0	无变化	无变化	无变化	无变化	无变化
CFDC (2)	0	无变化	无变化	无变化	无变化	无变化
CFE	0	无变化	无变化	无变化	无变化	无变化
CFS	0	实际状态	实际状态	实际状态	实际状态	实际状态
CMC	01	无变化	无变化	无变化	无变化	无变化
COSCS (2)	0	实际状态	实际状态	实际状态	实际状态	实际状态
CPNC (2)	0	无变化	无变化	无变化	无变化	无变化
CPNERR (2)	1	实际状态	实际状态	实际状态	实际状态	实际状态
CPNS (2)	0	实际状态	实际状态	实际状态	实际状态	实际状态
CRCC	00000000	无变化	无变化	无变化	无变化	无变化
CTS	0	0	实际状态	0	0	0
CW	0	无变化	无变化	无变化	无变化	无变化
CWE	0	无变化	无变化	无变化	无变化	无变化

标识	关闭 （上电默认值）	待机	正常 (1)	休眠	过温	复位
DMn (2)	11111111	无变化	无变化	无变化	无变化	无变化
DLC (2)	0000	无变化	无变化	无变化	无变化	无变化
ECCS	实际状态	实际状态	实际状态	实际状态	实际状态	实际状态
FNMC	MTPNV	MTPNV	MTPNV	MTPNV	MTPNV	MTPNV
FNMS	0	实际状态	实际状态	实际状态	实际状态	实际状态
GPMn	0	无变化	无变化	无变化	无变化	无变化
IDn	0	无变化	无变化	无变化	无变化	无变化
IDE	0	无变化	无变化	无变化	无变化	无变化
IDS	见 **表 35**	无变化	无变化	无变化	无变化	无变化
LHC	0	无变化	无变化	无变化	如果 t>$t_{d(limp)}$则为 1，否则无变化	如果 RCC=3 或 t>$t_{d(limp)}$则为 1；否则无变化
LKnC	0	无变化	无变化	无变化	无变化	无变化
MC	100	100	111	001	不关心	100
NMS	1	无变化	0	无变化	无变化	无变化
NVMPS	实际状态	实际状态	实际状态	实际状态	实际状态	实际状态
NWP	0100	无变化	无变化	无变化	0100	0100
OTW	0	无变化	无变化	无变化	无变化	无变化
OTWE	0	无变化	无变化	无变化	无变化	无变化
OTWS	0	实际状态	实际状态	实际状态	实际状态	实际状态
PDC	0	无变化	无变化	无变化	无变化	无变化
PNCOK (2)	0	无变化	无变化	无变化	无变化	无变化
PNDM (2)	1	无变化	无变化	无变化	无变化	无变化
PNFDE (2)	0	无变化	无变化	无变化	无变化	无变化
PO	1	无变化	无变化	无变化	无变化	无变化
RCC	00	无变化	无变化	无变化	无变化	RCC++
RLC	MTPNV	MTPNV	MTPNV	MTPNV	MTPNV	MTPNV
RSS	00000	无变化	无变化	无变化	10010	复位源
SDMC	MTPNV	MTPNV	MTPNV	MTPNV	MTPNV	MTPNV
SDMS	0	实际状态	实际状态	实际状态	实际状态	实际状态
SLPC	MTPNV	MTPNV	MTPNV	MTPNV	MTPNV	MTPNV
SPIF	0	无变化	无变化	无变化	无变化	无变化
SPIFE	0	无变化	无变化	无变化	无变化	无变化
SUPE	0	无变化	无变化	无变化	无变化	无变化

标识	关闭 （上电默认值）	待机	正常 (1)	休眠	过温	复位
SYSE	1	无变化	无变化	无变化	无变化	无变化
TRXE	0	无变化	无变化	无变化	无变化	无变化
V1RTC	由在 5V 版本中的 V1RTSUC(3)确定	无变化	无变化	无变化	无变化	无变化
V1RTSUC	MTPNV	MTPNV	MTPNV	MTPNV	MTPNV	MTPNV
V1S	0	实际状态	实际状态	实际状态	实际状态	实际状态
V1UE	0	无变化	无变化	无变化	无变化	无变化
V1U	0	无变化	无变化	无变化	无变化	无变化
VCS	0	实际状态	实际状态	实际状态	实际状态	实际状态
V2C (4) /VEXTC (5)	由 V2SUC (4)/VEXTSUC (5)决定	无变化	无变化	无变化	无变化	无变化
V2O (4) /VEXTO (5)	0	无变化	无变化	无变化	无变化	无变化
V2OE (4) /VEXTOE (5)	0	无变化	无变化	无变化	无变化	无变化
V2S (4) /VEXTS (5)	00	实际状态	实际状态	实际状态	实际状态	实际状态
V2SUC (4) /VEXTSUC (5)	MTPNV	MTPNV	MTPNV	MTPNV	MTPNV	MTPNV
V2U (4)/ VEXTU (5)	0	无变化	无变化	无变化	无变化	无变化
V2UE (4)/ VEXTUE (5)	0	无变化	无变化	无变化	无变化	无变化
WDF	0	无变化	无变化	无变化	无变化	无变化
WDS	0	实际状态	实际状态	实际状态	实际状态	实际状态
WMC	(6)	无变化	无变化	无变化	无变化	(6)
WPE	0	无变化	无变化	无变化	无变化	无变化
WPF	0	无变化	无变化	无变化	无变化	无变化
WPR	0	无变化	无变化	无变化	无变化	无变化
WPFE	0	无变化	无变化	无变化	无变化	无变化
WPRE	0	无变化	无变化	无变化	无变化	无变化
WPVS	0	无变化	无变化	无变化	无变化	无变化
WRCNTS	实际状态	实际状态	实际状态	实际状态	实际状态	实际状态

(1) 强制正常模式（FNMC = 1）适用例外。

(2) 仅适用于 SIT1169QTK/F、SIT1169QTK/F/3 和 SIT1169QTK/X/F。

(3) 在 SIT1169QTK/3 和 SIT1169QTK/F/3 中固定为 00。

(4) 仅适用于 SIT1169QTK、SIT1169QTK/3、SIT1169QTK/F 和 SIT1169QTK/F/3。

(5) 仅适用于 SIT1169QTK/X 和 SIT1169QTK/X/F。

(6) 若 SDMC = 1 则为 001；否则为 010。

直流参数

若无另外说明 (1)，T_j = -40℃~+150℃；V_{BAT} = 2.8 V~28 V；V_{CAN} = V_{V1}（SIT1169QTK/X、SIT1169QTK/X/F）；V_{CAN} = V_{V2}（SIT1169QTK、SIT1169QTK/3、SIT1169QTK/F、SIT1169QTK/F/3）；R_L = $R_{(CANH-CANL)}$ = 60Ω；所有电压均以地为参考；正向电流流入 IC；典型值在 V_{BAT} = 13 V 时给出。

BAT 引脚特性

符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
I_{BAT}	电池供电电流	正常模式；MC = 111；CAN 激活模式				
		CAN 隐性；V_{TXD} = V_{V1}		4.3	7.5	mA
		CAN 显性；V_{TXD} = 0 V		43	60	mA
		休眠模式；MC = 001； CAN 离线模式；V2/VEXT 关闭； V_{BAT} = 7V~18 V；-40ºC < T_j < 85ºC		32	65	µA
		待机模式；MC = 100； CAN 离线模式；V2/VEXT 关闭； I_{V1} = 0µA；V_{BAT} = 7 V~18 V； -40ºC < T_j < 85ºC		105	180	µA
		V2 开启时的附加电流（V2C=01/10/11）； I_{VEXT}=0µA；V_{BAT}=7V~18V； -40ºC < T_j < 85ºC		8	32	µA
		VEXT 开启时的附加电流 （VEXTC=01/10/11）； I_{VEXT}=0µA；V_{BAT}=7V~18V； -40ºC < T_j < 85ºC		40	70	µA
		CAN 离线偏置模式下的附加电流； -40ºC < T_j < 85ºC		25	50	µA
		CAN 离线偏置模式下部分网络激活时的附加电流；待机或休眠模式； -40ºC < T_j < 85ºC (2)		0.4	0.7	mA
		来自 WAKE 引脚输入的附加电流 WPRE = WPFE = 1；-40ºC < T_j < 85ºC		3	6	µA
$V_{th(det)pon}$	上电检测阈值电压	V_{BAT} 上升	4.1		4.6	V
$V_{th(det)poff}$	掉电检测阈值电压	V_{BAT} 下降	2.8		3.3	V

V1 引脚特性

符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_O	输出电压	$V_{O(V1)nom}$ = 5 V； (2) V_{BAT} = 5.85 V~28V；I_{V1} = -200 mA ~0 mA	4.9	5	5.1	V
		$V_{O(V1)nom}$ = 5 V；V_{BAT} = 6 V~28 V； I_{V1} = -250 mA~0 mA	4.9	5	5.1	V

符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
		$V_{O(V1)nom}$ = 5 V； V_{BAT} 低于 $V_{th(det)poff}$ 且正在上升； t < $t_{startup}$； T_j < 125 ºC			5.5	V
		$V_{O(V1)nom}$ = 3.3 V； V_{BAT}=4.15V~ 28V； I_{V1} = -200 mA~0 mA	3.234	3.3	3.366	V
		$V_{O(V1)nom}$ = 3.3 V； V_{BAT}=4.3V~28V； I_{V1} = -250 mA~0 mA	3.234	3.3	3.366	V
$V_{ret(RAM)}$	RAM 保持电压差	在 V_{BAT} 和 V_{V1} 之间，仅 5V 版本				
		V_{BAT} = 2 V~3 V； I_{V1} = -2 mA			100	mV
		V_{BAT} = 2 V~3 V； I_{V1} = -200 µA (2)			10	mV
V_{drop}	V_{BAT} 和 V_{V1} 之间的压差	I_{V1}=-250mA			1000	mV
V_{uvd}	欠压检测电压	5V 版本				
		$V_{uvd(nom)}$ = 90%	4.5		4.75	V
		$V_{uvd(nom)}$ = 80%	4		4.25	V
		$V_{uvd(nom)}$ = 70%	3.5		3.75	V
		$V_{uvd(nom)}$ = 60%	3		3.25	V
		3.3V 版本				
		$V_{uvd(nom)}$ = 90%	2.97		3.315	V
V_{uvr}	欠压恢复电压	5V 版本 (90%)	4.5		4.75	V
		3.3V 版本 (90%)	2.97		3.135	V
$I_{O(sc)}$	短路输出电流		-600		-250	mA
$I_{DD(CAN)intV1}$	V1 引脚提供的内部 CAN 供电电流	正常模式； MC = 111； CAN 激活模式；CAN 显性；TXD=0V； 总线短路； -3V < (V_{CANH} = V_{CANL}) < +18V			95	mA

VEXCTRL 引脚特性

符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
PNP base						
$I_{O(SC)}$	短路输出电流	$V_{VEXCTRL}$≥ -4.5V； V_{BAT}=7V~28V	1.5	2.5	4	mA
$I_{th(act)PNP}$	PNP 启动阈值电流	负载电流上升，外部 PNP 晶体管连接				
		PDC 0			160	mA
		PDC 0； T_j=150°C (2)	50	80	140	mA
		PDC 1			120	mA

符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
PNP base						
		PDC 1；T_j=150℃ (2)	30	50	90	mA
$I_{th(deact)PNP}$	PNP 截止电流阈值	负载电流下降；外部 PNP 晶体管连接				
		PDC 0			120	mA
		PDC 0；T_j=150℃ (2)	30	45	90	mA
		PDC 1			80	mA
		PDC 1；T_j=150℃ (2)	10	20	40	mA
$V_{th(Ictrl)PNP}$	PNP 电流控制阈值电压	在 BAT 引脚上的上升沿	5.9		7.5	V
PNP 集电极						
$V_{th(act)Ilim}$	限流启动阈值电压	在 VEXCC 和 V1 之间连接一个电阻测得；2V≤V_{V1}≤5.5V；7V<V_{BAT}<28V	240		550	mV

V2 引脚特性

符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_O	输出电压	V_{BAT}=6V~28V；I_{V2}=-100mA~0mA	4.9	5	5.1	V
$V_{th(uvp)}$	欠压保护阈值电压	欠压检测和恢复阈值	4.5		4.75	V
$V_{th(ovp)}$	过压保护阈值电压	过压检测和恢复阈值	5.2		5.5	V
V_{drop}	V_{BAT} 和 V_{V2} 之间的压差	I_{V2}=-100mA			1000	mV
$I_{O(sc)}$	短路输出电流		-350		-100	mA
$I_{DD(CAN)intV2}$	V2 引脚提供的内部 CAN 供电电流	正常模式；MC=111； CAN 激活模式；CAN 显性； V_{TXD}=0V；总线短路； -3V<(V_{CANH}=V_{CANL})<18V			95	mA

VEXT 引脚特性

符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_O	输出电压	V_{BAT} = 7V~28V； I_{VEXT}=-100mA~0mA	4.9	5	5.1	V
$V_{th(uvp)}$	欠压保护阈值电压	欠压检测和恢复阈值	4.5		4.75	V
$V_{th(ovp)}$	过压保护阈值电压	过压检测和恢复阈值	5.2		5.5	V
V_{drop}	V_{BAT} 和 V_{VEXT} 之间的压差	I_{VEXT}=-100mA			2000	mV
$I_{O(sc)}$	短路输出电流		-350		-100	mA

LIMP 引脚特性

符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_O	输出电压	I_{LIMP}=0.8mA；LHC=1； T_j=-40°C~$T_{th(act)otp(max)}$			0.4	V
I_{LO}	输出漏电流	VLIMP = 0 V~28 V；LHC = 0	-5		5	μA

SDI/SCK/SCSN 引脚特性

符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$V_{th(sw)}$	开关阈值电压		0.25V_{V1}		0.75 V_{V1}	V
$V_{th(sw)hys}$	开关阈值电压迟滞		0.05 V_{V1}			V
$R_{pd(SCK)}$	SCK 引脚上的下拉电阻		40	60	80	kΩ
$R_{pu(SCSN)}$	SCSN 引脚上的上拉电阻		40	60	80	kΩ
$R_{pd(SDI)}$	SDI 引脚上的下拉电阻	SDI < $V_{th(sw)}$	40	60	80	kΩ
$R_{pu(SDI)}$	SDI 引脚上的上拉电阻	SDI > $V_{th(sw)}$	40	60	80	kΩ
C_i	输入电容	V_i=V_{V1} (2)		3	6	pF

SDO 引脚特性

符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{OH}	高电平输出电压	I_{OH} = -4 mA	V_{V1}-0.4			V
V_{OL}	低电平输出电压	I_{OL} = 4 mA			0.4	V
$I_{LO(off)}$	关闭状态输出漏电流	SCSN = V_{V1}；SDO = 0 V 或 V_{V1}	-5		5	μA
C_O	输出电容	SCSN=V_{V1} (2)		3	6	pF

TXD 引脚特性

符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$V_{th(sw)}$	开关阈值电压		0.25 V_{V1}		0.75 V_{V1}	V
$V_{th(sw)hys}$	开关阈值电压迟滞		0.05 V_{V1}			V
R_{pu}	上拉电阻		40	60	80	kΩ

RXD 引脚特性

符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{OH}	高电平输出电压	I_{OH} = -4 mA	V_{V1}-0.4			V
V_{OL}	低电平输出电压	I_{OL} = 4 mA			0.4	V
R_{pu}	上拉电阻	CAN 离线模式	40	60	80	kΩ

WAKE 引脚特性

符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$V_{th(sw)r}$	上升沿开关阈值电压		2.8		4.1	V
$V_{th(sw)f}$	下降沿开关阈值电压		2.4		3.75	V
$V_{hys(i)}$	输入迟滞电压		250		800	mV
I_i	输入电流	T_j = -40 ºC~+85 ºC			1.5	µA

CANH/CANL 引脚特性

符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$V_{O(dom)}$	显性输出电压	CAN 激活模式；TXD = 0 V				
		CANH 引脚；R_L=50Ω~65Ω	2.75	3.5	4.5	V
		CANL 引脚；R_L=50Ω~65Ω	0.5	1.5	2.25	V
$V_{dom(TX)sym}$	发送器显性电压对称性	$V_{dom(TX)sym}$ = V_{CAN} - V_{CANH} -V_{CANL}； V_{CAN} = 5 V	-400		400	mV
V_{TXsym}	发送器电压对称性	V_{TXsym} = V_{CANH} + V_{CANL}； (2) f_{TXD} = 250 kHz、1MHz 或 2.5MHz (3) C_{SPLIT} = 4.7nF；V_{CAN} = 4.75 V~5.25 V	0.9V_{CAN}		1.1V_{CAN}	V
$V_{O(dif)}$	差分输出电压	CAN 激活模式（显性）； TXD = 0 V；V_{CAN} = 4.75 V~5.5 V				
		R_L = 50 Ω~65Ω	1.5		3	V
		R_L = 45 Ω~70Ω	1.4		3.3	V
		R_L = 2240Ω	1.5		5	V
		隐性；R_L = 无负载				
		CAN 激活/只听/离线偏置模式； TXD = V1	-50		50	mV
		CAN 离线模式	-0.2		0.2	V
$V_{O(rec)}$	隐性输出电压	CAN 激活模式； TXD = V1；R_L= 无负载	2	0.5V_{CAN}	3	V
		CAN 离线模式；R_L= 无负载	-0.1	0	0.1	V
		CAN 只听/离线偏置模式； R_L= 无负载	2	2.5	3	V
$I_{O(sc)dom}$	显性短路输出电流	CAN 激活模式； TXD = 0 V；V_{CAN} = 5 V				
		CANH 引脚； -3 V < V_{CANH} < +27 V	-115			mA
		CANL 引脚； -15 V < V_{CANL} < +18 V			115	mA
$I_{O(sc)rec}$	隐性短路输出电流	V_{CANL} = V_{CANH} = -27 V to +32 V； TXD = V1	-3		3	mA

符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$V_{th(RX)dif}$	接收器差分阈值电压	-12 V < V_{CANL} < +12 V； -12 V < V_{CANH} < +12 V				
		CAN 激活/只听模式	0.5	0.7	0.9	V
		CAN 离线模式	0.4	0.7	1.15	V
$V_{rec(RX)}$	接收器隐性电压	-12 V < V_{CANL} < +12 V； -12 V < V_{CANH} < +12 V				
		CAN 激活/只听模式	-4(2)		0.5	V
		CAN 离线/ 离线偏置模式	-4(2)		0.4	V
$V_{dom(RX)}$	接收器显性电压	-12 V < V_{CANL} < +12 V； -12 V < V_{CANH} < +12 V				
		CAN 激活/只听模式	0.9		9.0(2)	V
		CAN 离线/ 离线偏置模式	1.15		9.0(2)	V
$V_{th(RX)dif(hys)}$	接收器差分阈值电压迟滞	CAN 激活/只听模式； -12 V < V_{CANL} < +12 V； -12 V < V_{CANH} < +12 V	70	130	200	mV
R_i	输入电阻	-2 V < V_{CANL} < +7 V； -2 V < V_{CANH} < +7 V	25	40	55	kΩ
ΔR_i	输入电阻偏差	0 V < V_{CANL} < +5 V； 0 V < V_{CANH} < +5 V	-2		2	%
$R_{i(dif)}$	差分输入电阻	-2 V < V_{CANL} < +7 V； -2 V < V_{CANH} < +7 V	60	80	100	kΩ
$C_{i(cm)}$	共模输入电容	(2)			40	pF
$C_{i(dif)}$	差分输入电容	(2)			20	pF
I_L	漏电流	V_{BAT}=V_{CAN}=0V 或 V_{BAT}=V_{CAN}= 通过 47kΩ电阻接地短路 V_{CANH} = V_{CANL} = 5 V	-5		5	μA
$V_{uvd(CAN)}$	CAN 欠压检测电压	BAT 引脚；V_{BAT} 下降	4.2		4.55	V
		V_{CAN}	4.5		4.75	V
$V_{uvr(CAN)}$	CAN 欠压恢复电压	V_{BAT} 上升	4.5		5	V
		V_{CAN}	4.5		4.75	V
$I_{DD(CAN)}$	CAN 供电电流	CAN 激活模式；(4) CAN 隐性；TXD = V_I	2.5	4.3	6	mA
		CAN 激活模式；(4) CAN 显性；TXD = 0 V；R_L= 无负载	2.5	4.5	6	mA

RSTN 引脚特性

符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{OL}	低电平输出电压	V_{V1} = 1.0 V to 5.5 V； 上拉电阻连接至 V1，>900Ω	0		$0.2V_{V1}$	V
R_{pu}	上拉电阻		40	60	80	kΩ
$V_{th(sw)}$	开关阈值电压		$0.25V_{V1}$		$0.75V_{V1}$	V
$V_{th(sw)hys}$	开关阈值电压迟滞		$0.05V_{V1}$			V

过温保护

符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$T_{th(act)otp}$	过温保护阈值温度	(2)	160	177	195	ºC
$T_{th(rel)otp}$	过温恢复阈值温度	(2)	120	137	155	ºC
$T_{th(warn)otp}$	过温警告阈值温度	(2)	120	137	155	ºC

MTP 特性

符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$N_{cy(W)MTP}$	MTP 擦写次数	V_{BAT} = 6 V~28 V； T_j = 0 ºC~+125 ºC			200	-

(1) 所有参数均通过设计保证在 T_j 范围内有效。出厂测试采用相关测试条件，覆盖指定的温度和电源电压范围。

(2) 设计保证，非生产测试数据。

(3) 用于测量总线输出电压对称性（包括 CSPLIT）的测试电路。

(4) SIT1169QTK/X 和 SIT1169QTK/X/F 从 V1 引出，其它型号从 V2 引出。

动态参数

若无另外说明 (1)，T_j = -40℃~+150℃；V_{BAT} = 2.8 V~28 V；V_{CAN} = V_{V1}（SIT1169QTK/X、SIT1169QTK/X/F）；V_{CAN} = V_{V2}（SIT1169QTK、SIT1169QTK/3、SIT1169QTK/F、SIT1169QTK/F/3）；R_L = $R_{(CANH-CANL)}$ = 60Ω；所有电压均以地为参考；正向电流流入 IC；典型值在 V_{BAT} = 13 V 时给出。

V1 引脚时序特性

符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$t_{startup}$	启动时间	从 V_{BAT} 超过上电检测阈值到 V1 超过 90%欠压阈值； C_{V1} = 4.7μF		2.8	4.7	ms
$t_{d(uvd)}$	欠压检测延迟时间	V1 下降		1		ms
$t_{d(uvd-RSTNL)}$	欠压检测到 RSTN 低的延迟时间	V1 欠压			63	μs

V2/VEXT 引脚时序特性

符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$t_{d(uvd)}$	欠压检测延迟时间	V_{V2}/V_{VEXT} 下降	6		32	μs
		V_{V2}/V_{VEXT} 启动时	2.2	2.5	2.8	ms
$t_{d(ovd)}$	过压检测延迟时间	V_{V2}/V_{VEXT} 下降	6		32	μs

SCSN/SCK/SDI/SDO 引脚时序特性

符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$t_{cy(clk)}$	时钟周期时间		250			ns
$t_{SPILEAD}$	SPI 使能提前时间		50			ns
t_{SPILAG}	SPI 使能延迟时间		50			ns
$t_{clk(H)}$	时钟高电平时间		100			ns
$t_{clk(L)}$	时钟低电平时间		100			ns
$t_{su(D)}$	数据输入设置时间		50			ns
$t_{h(D)}$	数据输入保持时间		50			ns
$t_{v(Q)}$	数据输出有效时间	SDO 引脚；C_L = 20 pF			50	ns
$t_{d(SDI-SDO)}$	SDI 到 SDO 延迟时间	SPI 地址位和只读位； C_L = 20 pF			50	ns
$t_{WH(S)}$	片选脉冲宽度（高电平）	SCSN 引脚	2			μs
$t_{d(SCKL-SCSNL)}$	从 SCK 低电平到 SCSN 低电平的延迟时间		50			ns

CANH/CANL/TXD/RXD 引脚时序特性

符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$t_{d(TXD-busdom)}$	TXD 至总线显性延迟时间			45		ns
$t_{d(TXD-busrec)}$	TXD 至总线隐性延迟时间			45		ns
$t_{d(busdom-RXD)}$	总线显性至 RXD 延迟时间			60		ns
$t_{d(busrec-RXD)}$	总线隐性至 RXD 延迟时间			60		ns
$t_{d(TXDL-RXDL)}$	TXD 低至 RXD 低延迟时间	$t_{bit(TXD)}$=200ns			255	ns
$t_{d(TXDH-RXDH)}$	TXD 高至 RXD 高延迟时间	$t_{bit(TXD)}$=200ns			255	ns
$t_{bit(bus)}$	传输隐性位宽	$t_{bit(TXD)}$=500ns	435		530	ns
		$t_{bit(TXD)}$=200 ns	155		210	ns
$t_{bit(RXD)}$	RXD 引脚位时间	$t_{bit(TXD)}$=500 ns	400		550	ns
		$t_{bit(TXD)}$=200 ns	120		220	ns
Δt_{rec}	接收器时序对称性	$t_{bit(TXD)}$=500 ns	-65		40	ns
		$t_{bit(TXD)}$=200 ns	-45		15	ns
$t_{wake(busdom)}$	总线显性唤醒时间	用于 CANH 和 CANL 引脚唤醒的第二个脉冲（在第一个隐性之后）；CAN 离线模式	0.5		1.8	µs
		用于 CANH 和 CANL 引脚唤醒的第二个脉冲	0.5		1.8	µs
$t_{wake(busrec)}$	总线隐性唤醒时间	用于 CANH 和 CANL 引脚唤醒的第一个脉冲；CAN 离线模式	0.5		1.8	µs
		用于 CANH 和 CANL 引脚唤醒的第二个脉冲（第一个显性之后）	0.5		1.8	µs
$t_{to(wake)bus}$	总线唤醒超时时间	在第一个和第二个显性脉冲之间；CAN 离线模式	0.8		10	ms
$t_{to(dom)TXD}$	TXD 显性超时时间	CAN 激活模式；TXD=0V	2.7		3.3	ms
$t_{to(silence)}$	总线静默超时时间	在所有 CAN 模式下均启动隐性时间检测	0.95		1.17	s
$t_{d(busact-bias)}$	总线激活到偏置的延迟时间				200	µs
$t_{startup(CAN)}$	CAN 启动时间	CTS=1；切换至激活模式时			220	µs

CAN 部分网络

符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$N_{bit(idle)}$	空闲位的数量	在新的 SOF 被接收之前；CFDC=1 (2)	6		10	

符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$t_{fltr(bit)dom}$	显性位滤波时间	仲裁数据速率 ≤ 500kbit/s; CFDC=1 (2)	5		17.5	%

RXD 引脚时序特性

符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$t_{d(event)}$	事件捕获延迟时间	CAN 离线模式	0.9		1.1	ms
t_{blank}	空闲时间	从离线模式切换到激活/只听模式时			25	μs

看门狗时序特性

符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$t_{trig(wd)1}$	看门狗触发时间 1	正常模式，仅看门狗窗口模式	0.45*NWP		0.55*NWP	ms
$t_{trig(wd)2}$	看门狗触发时间 2	正常/待机模式	0.9*NWP		1.11*NWP	ms
$t_{d(SCSNH-RSTNL)}$	SCSN 高到 RSTN 低延迟时间	从上升沿到下降沿；看门狗窗口模式，在看门狗周期的前半段（在 $t_{trig(wd)1}$ 之前）触发 (2)			0.2	ms

RSTN 引脚时序特性

符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$t_{w(rst)}$	复位脉冲宽度	输出脉冲宽度				
		RLC=00	20		25	ms
		RLC=01	10		12.5	ms
		RLC=10	3.6		5	ms
		RLC=11	1		1.5	ms
		输入脉冲宽度	18			μs

LIMP 引脚时序特性

符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$t_{d(limp)}$	Limp 延迟时间		117		145	ms

WAKE 引脚时序特性

符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
t_{wake}	唤醒时间		50			μs

MTP 时序特性

符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$t_{d(MTPNV)}$	MTPNV 延迟时间	恢复出厂设置前；V_{BAT} = 6 V~28 V	0.9		1.1	s

符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$t_{ret(data)}$	数据保留时间	T_j=150ºC	10			year
$t_{prog(MTPNV)}$	MTPNV 编程时间	在地址 075h 处接收到正确的 CRC 校验码； V_{BAT} = 6V~28V	10	12	50	ms

模式转换时序特性

符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$t_{d(act)norm}$	正常模式激活延迟时间	MC=111； SBC 切换至正常模式后，CAN 激活前的延迟时间			320	μs

(1) 所有参数均通过设计保证在结温范围内有效。出厂测试采用相关测试条件，覆盖规定的温度和电源电压范围。

(2) 设计保证，非生产测试数据。

波形时序图

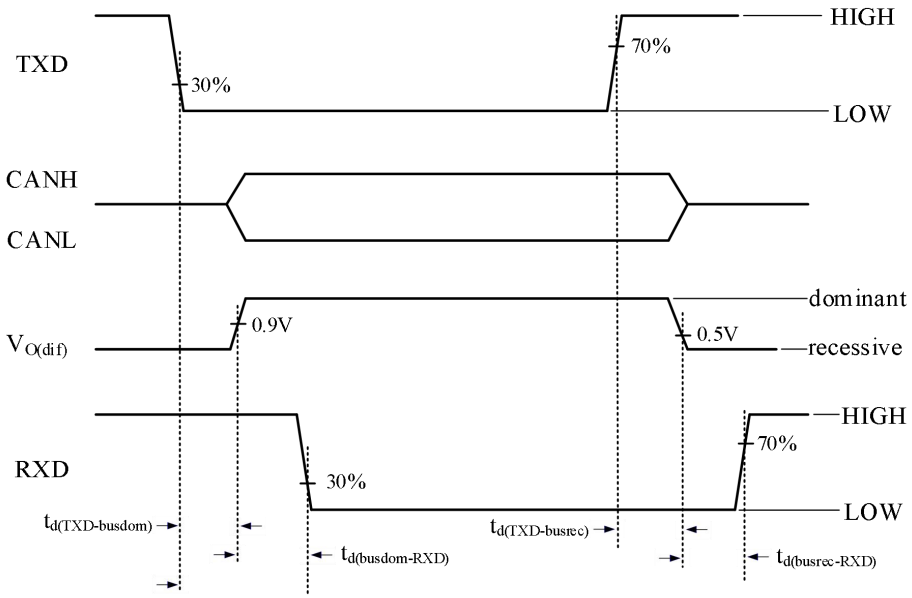


图 17 CAN 收发器时序图

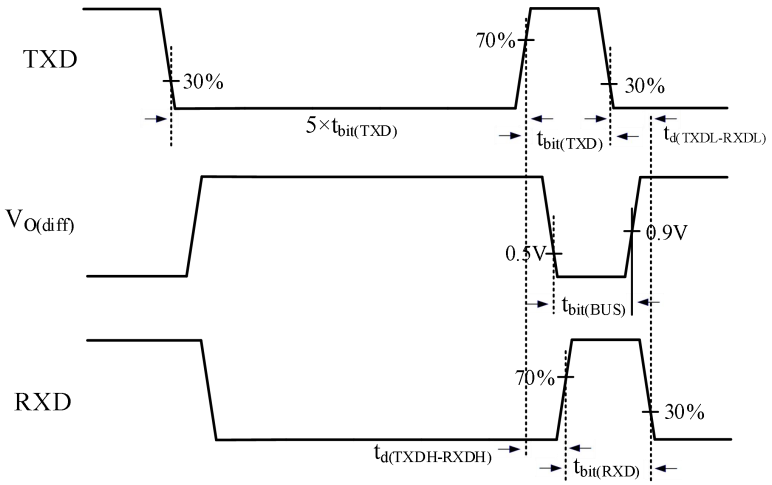
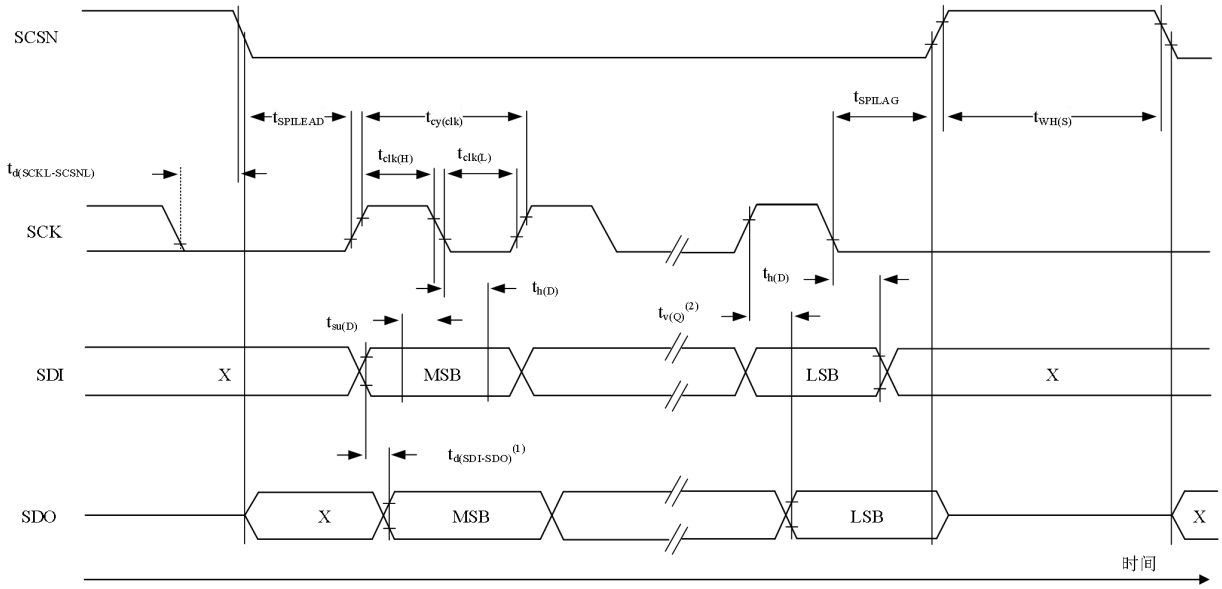


图 18 CAN FD 时序图（ISO 11898-2:2016）



（1）SDI 到 SDO 的延迟时间适用于 SPI 地址位和只读位。
（2）数据输出有效时间适用于 SPI 数据位。

图 19 SPI 时序图

典型应用

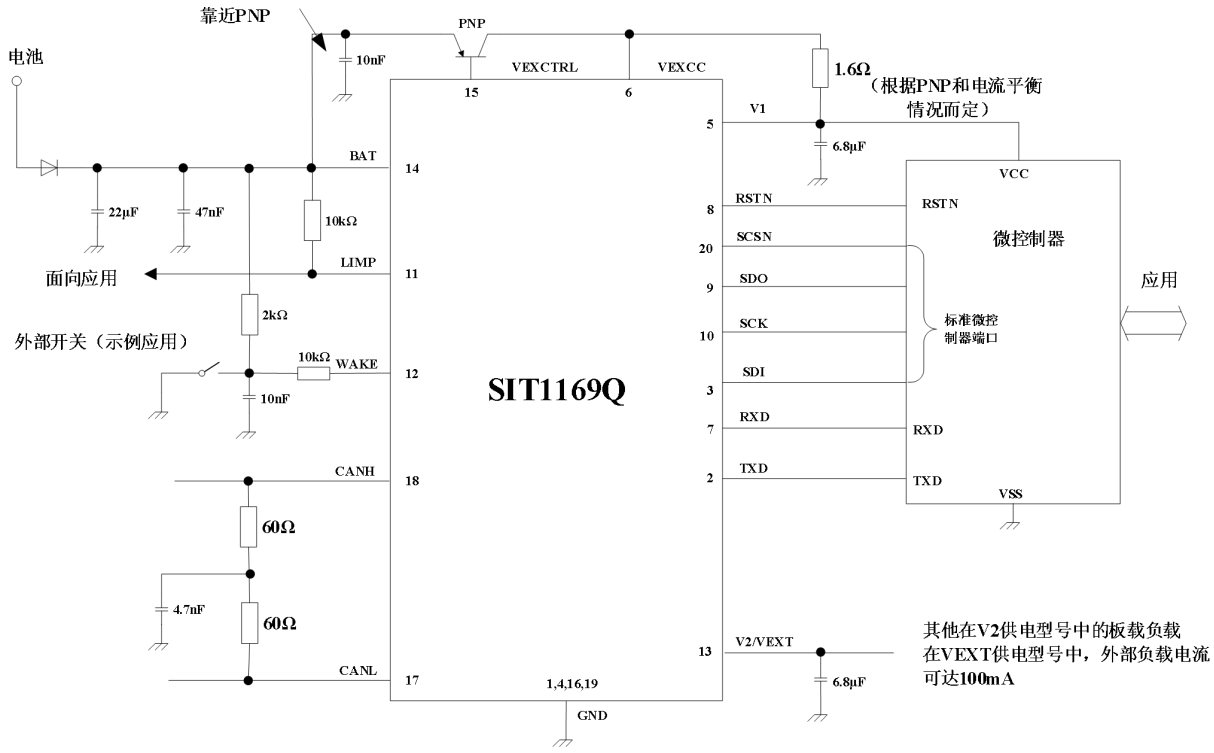


图 20 SIT1169Q 典型应用图

关于 SIT1169Q 的应用信息，可以参考 SIT 应用笔记获取更多详情。

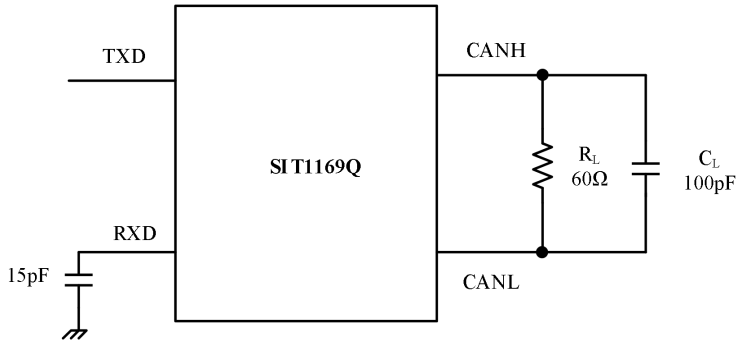


图 21 CAN 收发器时序测试电路

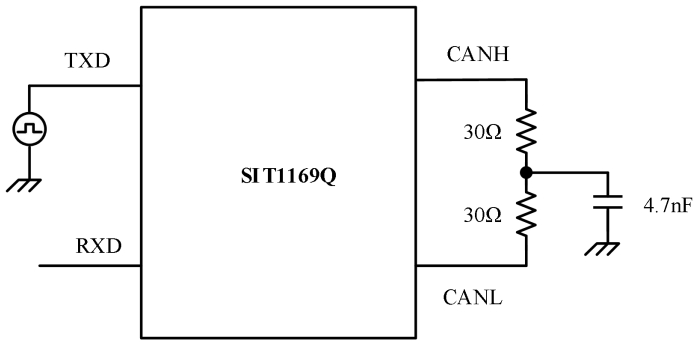
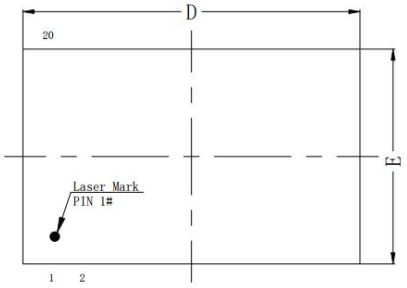


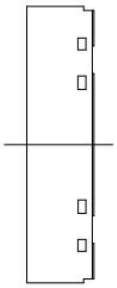
图 22 收发器驱动对称性测试电路

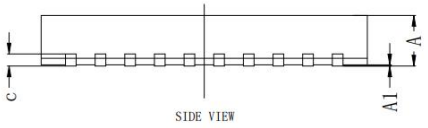
DFN20 封装外形

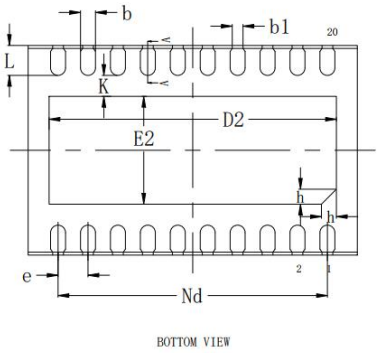
封装尺寸

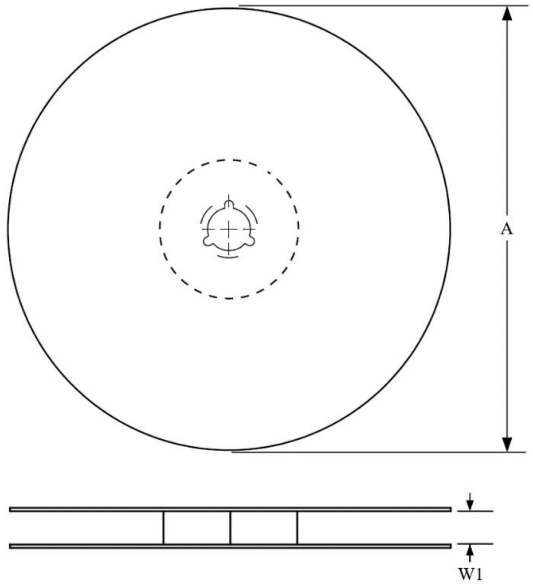
SYMBOL	MILLIMETER		
	MIN	NOM	MAX
A	0.80	0.85	0.90
A1	0.00	0.02	0.05
b	0.20	0.25	0.30
b1		0.18REF	
c		0.203REF	
D	5.40	5.50	5.60
D2	4.70	4.80	4.90
e		0.50BSC	
Nd		4.50BSC	
E	3.40	3.50	3.60
E2	1.70	1.80	1.90
L	0.45	0.50	0.55
h	0.20	0.25	0.30
K		0.35REF	



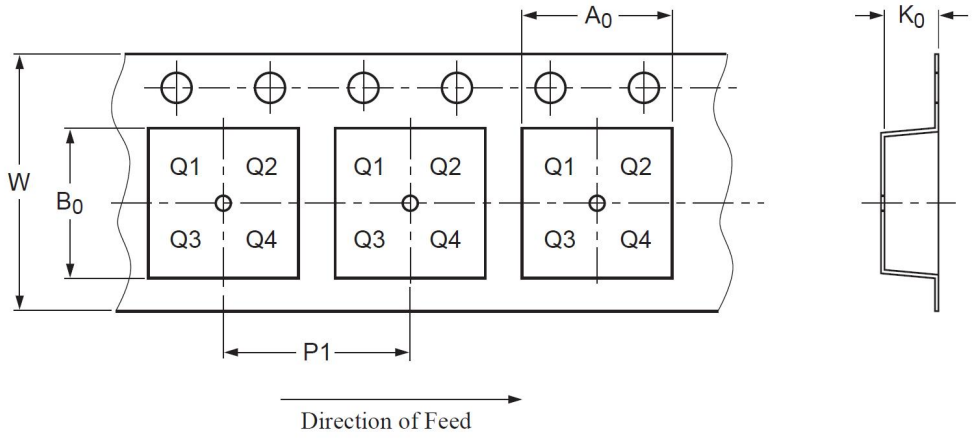








A0	Dimension designed to accommodate the component width
B0	Dimension designed to accommodate the component length
K0	Dimension designed to accommodate the component thickness
W	Overall width of the carrier tape
P1	Pitch between successive cavity centers



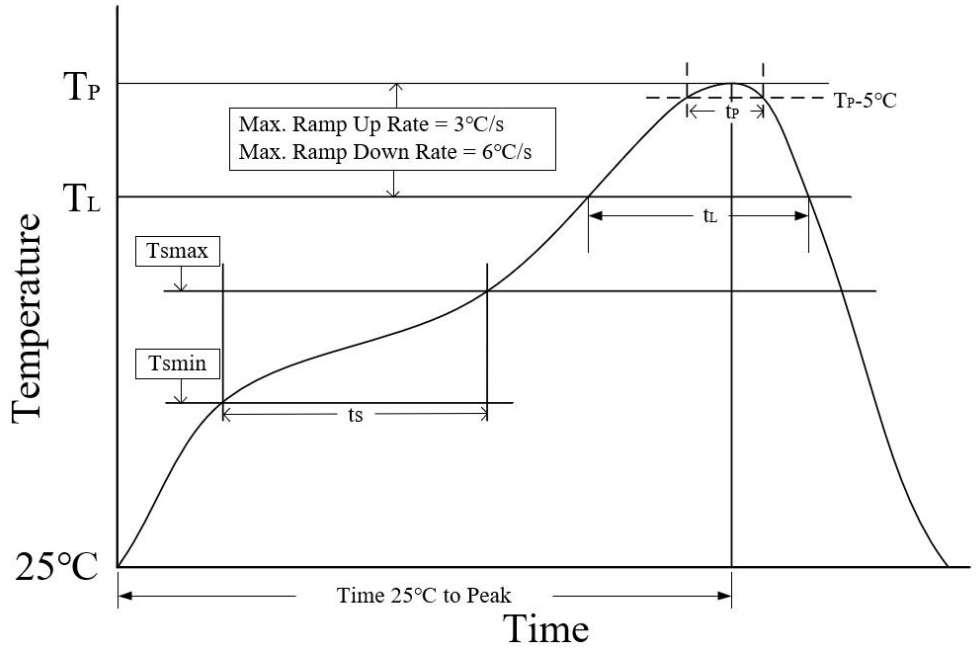
PIN1 is in quadrant 1

封装类型	卷盘直径 A (mm)	编带宽度 W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)
DFN20	329±1	12.8±1	3.80±0.1	5.80±0.10	1.05±0.1	8.00±0.1	12.00±0.30

定购信息

定购代码	模式			供电					主接口		附加特性						封装	MSL	包装方式
	正常和待机模式	休眠模式	复位模式	V1:5V, 仅μC	V1:5V, μC 和 CAN	V1:3.3V, 仅μC	V2:5V, CAN +板内负载	VEXT: 5V，外部负载	SPI：控制和诊断	RSTN：复位引脚	看门狗	本地 WAKE 引脚	LIMP 引脚	非易失性存储	CAN 部分网络	CAN FD 容忍			
SIT1169QTK	●	●	●	●			●		●	●	●	●	●	●			DFN20	MSL 1	盘装编带
SIT1169QTK/X	●	●	●		●			●	●	●	●	●	●	●			DFN20	MSL 1	盘装编带
SIT1169QTK/F	●	●	●	●			●		●	●	●	●	●	●	●	●	DFN20	MSL 1	盘装编带
SIT1169QTK/X/F	●	●	●		●			●	●	●	●	●	●	●	●	●	DFN20	MSL 1	盘装编带
SIT1169QTK/3	●	●	●			●	●		●	●	●	●	●	●			DFN20	MSL 1	盘装编带
SIT1169QTK/F/3	●	●	●			●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	DFN20	MSL 1	盘装编带

DFN20 编带式包装为 5000 颗/盘



参数	无铅焊接条件
平均温升速率（T_L to T_P）	3 °C/second max
预热时间 ts（T_{smin}=150 °C to T_{smax}=200 °C）	60-120 seconds
融锡时间 t_L（T_L=217 °C）	60-150 seconds
峰值温度 T_P	260-265 °C
小于峰值温度 5 °C以内时间 t_P	30 seconds
平均降温速度（T_P to T_L）	6 °C/second max
常温 25°C到峰值温度 T_P时间	8 minutes max

重要声明

芯力特有权在不事先通知的情况下，保留更改上述资料的权利。

修订历史

版本号	修订内容	修订时间
V1.0	初始版本	2025.08
V1.1	1、修改 CANH/CANL 输入电阻偏差ΔR_i范围为-2%~2%； 2、修改 MTP 编程时间 $t_{prog(MTPNV)}$ 上限为 50ms； 3、新增“AEC-Q100 认证”。	2026.09