

# CA-IF1169 集成 LDO 和 Watchdog 的高速 CAN 系统基础芯片

## 1. 产品特性

- 符合 ISO 11898-2:2016 和 SAE J2284-1 到 SAE J2284-5 标准
- 产品设计遵循功能安全完整的开发流程，符合 ASIL-B 标准、支持客户产品获得 ASIL-B 认证
- 支持 5Mbit/s 的 CAN FD 数据传输
- 支持选择性唤醒 CAN 局域网络中的部分节点
- 支持±42V 的总线短路保护，适用于 12V 电池供电系统
- 具有自主的总线偏置
- 内置两路 LDO，分别是：
  - 3.3V 或 5V 输出电压，250mA 电流的 LDO (V1)，该电源可以通过外部 PNP 晶体管进行电流扩展，提高输出电流能力，给系统的微控制器或其他负载供电
  - 5V 输出电压，100mA 电流的 LDO (V2)，给 CAN 收发器和其他在板负载供电。
- 高级 ECU 电源管理系统
  - 休眠模式下超低功耗，典型值为 12.8uA
  - 通过 ISO 11898-2:2016 定义的 CAN 唤醒序列进行远程唤醒 (WUP) 或者选择性唤醒帧 (WUF) 进行远程唤醒
  - 选择性唤醒支持 50 kbit/s, 100 kbit/s, 125 kbit/s, 250 kbit/s, 500 kbit/s 和 1 Mbit/s 速率
  - 通过 WAKE 管脚进行本地唤醒
  - 本地唤醒可以被关闭以降低功耗
  - 支持唤醒源识别
- 保护和诊断特性
  - 16-,24-或者 32-bit SPI 用于配置，控制和诊断
  - 驱动器显性超时保护及诊断
  - 可配的看门狗定时器
  - 在看门狗定时器超时模式下，循环唤醒
  - 过温报警和关断
  - BAT 管脚欠压保护和恢复
  - 冷启动诊断(通过 PO 和 NMS 位)
  - V1 和 V2 过压/欠压检测和保护
  - 供电管脚、WAKE 管脚和 CAN 总线管脚可以承受 ISO 7637-3 中定义的脉冲 1,2a,3a 和 3b

- 先进的系统和收发器中断处理
- 集成模拟电路 ABIST、关键接口电平的 stuck 监测功能
- 专用 LIMP 输出管脚指示系统故障，可引导系统进入跛行模式
- 具有多次在线调试的配置能力；两次烧写能力的非易失性存储器。针对不同应用，可以配置不同的上电和复位行为，以及系统基础芯片工作模式的配置。
- 结温范围：-40°C 至 150°C
- 符合面向汽车应用的 AEC-Q100 Grade 1 标准
- 可提供 DFN20 封装 (wetable flank)

## 2. 应用

- 车身电子
- 车载照明系统
- 智能辅助驾驶系统
- 新能源汽车热管理系统
- 车载传感器
- 车载娱乐系统
- 汽车动力系统

## 3. 概述

CA-IF1169 为集成高速 CAN 收发器和两路 LDO 的系统基础芯片。CAN 收发器符合 ISO 11898-2:2016 和 SAE J2284-1 到 SAE J2284-5 规定的高速 CAN (控制器局域网络) 物理层标准，可支持 5Mbit/s 的 CAN FD 通信。内置两路 LDO，一路具有 3.3V 或 5V 输出电压，250mA 电流的 LDO (V1)，该电源可以通过外部 PNP 晶体管进行电流扩展，提高输出电流能力，给系统的微控制器或其他负载供电；另一路具有 5V 输出电压，100mA 电流的 LDO (V2)，给 CAN 收发器和其他在板负载供电。

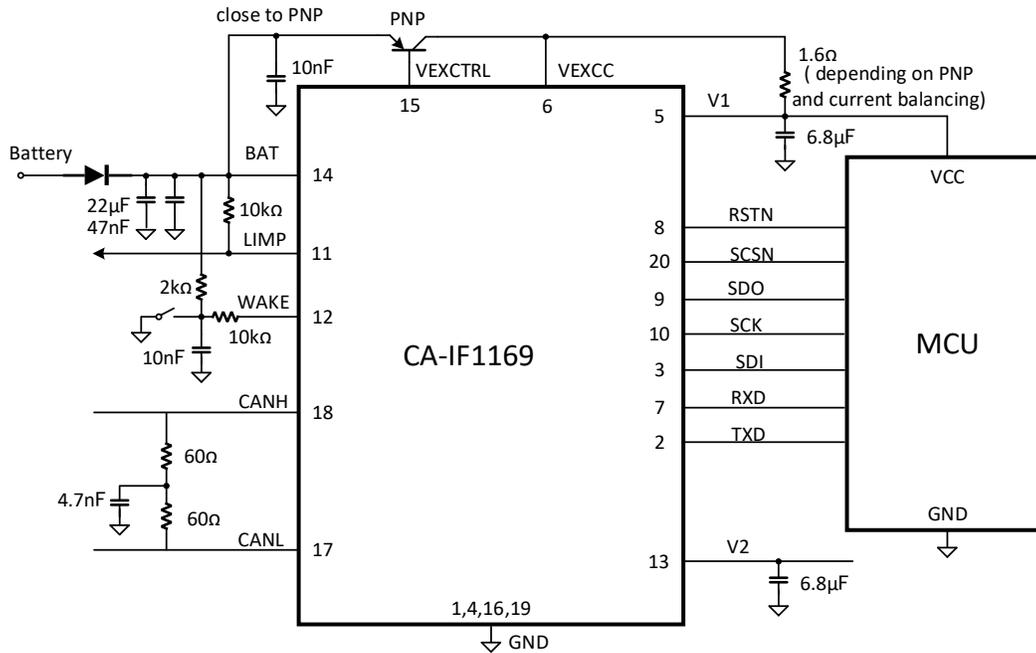
CA-IF1169 产品具有低功耗的待机和休眠模式，通过 ISO 11898-2:2016 定义的 CAN 唤醒序列进行远程唤醒 (WUP) 或者选择性唤醒帧 (WUF) 进行远程唤醒；通过 WAKE 管脚进行本地唤醒。产品家族支持同 3.3V 到 5V 的微控制器直接通信，SPI 接口用于收发器控制和读取状态信息。

CA-IF1169 产品设计遵循功能安全完整的开发流程，集成模拟电路 ABIST、关键接口电平的监测功能，以及专用 LIMP 输出管脚指示系统故障，可引导系统进入跛行模式等功能安全相关功能。符合 ISO26262 规定的 ASIL-B 标准、支持客户产品获得 ASIL-B 认证。

器件信息

零件号	V1 输出电压	看门狗	封装	封装尺寸(标称值)
CA-IF1169WDT-Q1	5V	自主/超时/窗口	DFN20	3.5mm x 5.5mm
CA-IF1169VWDT-Q1	3.3V	自主/超时/窗口		
CA-IF1169FDT-Q1	5V	自主/超时		
CA-IF1169VFDT-Q1	3.3V	自主/超时		

4. 典型应用框图



典型应用框图

5. 订购指南

表 4-1 有效订购零件编号

型号	特性描述		封装尺寸
	推荐供电方式	局部唤醒	DFN20
CA-IF1169FDT-Q1	5V V1 to MCU & 5V V2 to CAN	YES	3.5mm x 5.5mm
CA-IF1169VFDT-Q1	3.3V V1 to MCU & 5V V2 to CAN	YES	3.5mm x 5.5mm
CA-IF1169WDT-Q1	5V V1 to MCU & 5V V2 to CAN	YES	3.5mm x 5.5mm
CA-IF1169VWDT-Q1	3.3V V1 to MCU & 5V V2 to CAN	YES	3.5mm x 5.5mm

## 6. 目录

1. 产品特性.....	1	11.7. 全局温度保护.....	26
2. 应用.....	1	11.8. 电源.....	26
3. 概述.....	1	11.8.1. 电池供电电源.....	26
4. 典型应用框图.....	2	11.8.2. 稳压器 V1.....	27
5. 订购指南.....	2	11.8.3. 稳压器 V2.....	27
6. 目录.....	3	11.9. LIMP 输出.....	29
7. 修订历史.....	4	11.9.1. 复位计数器.....	29
8. 引脚功能描述.....	5	11.9.2. 故障安全控制寄存器.....	29
9. 产品规格.....	6	11.10. 高速 CAN 收发器.....	30
9.1. 绝对最大额定值 <sup>1</sup> .....	6	11.10.1. CAN 主动模式.....	30
9.2. ESD 额定值.....	6	11.10.2. CAN 静默模式.....	30
9.3. 推荐工作条件.....	6	11.10.3. CAN 离线和离线偏置模式.....	31
9.4. 热量信息.....	7	11.10.4. CAN 关闭模式.....	31
9.5. 电气特性.....	7	11.10.5. CAN 标准唤醒（局域唤醒关闭）.....	32
9.6. 动态特性.....	10	11.10.6. CAN 控制和收发器状态寄存器.....	33
9.7. 典型特性.....	13	11.11. CAN 局域网络.....	34
10. 参数测量信息.....	15	11.11.1. 唤醒帧(WUF).....	35
11. 详细说明.....	18	11.11.2. CAN FD 帧.....	36
11.1. 概述.....	18	11.11.3. 局域网络配置寄存器.....	37
11.2. 功能框图.....	18	11.12. 故障安全模式.....	39
11.3. 系统控制.....	18	11.12.1. TXD 显性超时.....	39
11.3.1. 常规模式.....	19	11.12.2. TXD 管脚的上拉.....	39
11.3.2. 待机模式.....	19	11.12.3. V <sub>CAN</sub> 欠压行为.....	39
11.3.3. 休眠模式.....	20	11.12.4. BAT 掉电行为.....	39
11.3.4. 关闭模式.....	20	11.13. 通过 WAKE 管脚的本地唤醒.....	39
11.3.5. 复位模式.....	20	11.14. 通过 RXD 管脚进行唤醒和中断事件诊断..	40
11.3.6. 过温模式.....	20	11.14.1. 中断/唤醒延迟.....	41
11.3.7. 强制常规模式.....	20	11.14.2. 休眠模式保护.....	41
11.3.8. 不同工作模式下的模块特性.....	21	11.14.3. 事件状态和事件捕获寄存器.....	41
11.4. 系统控制寄存器.....	21	11.15. 功能安全设计.....	44
11.5. 看门狗.....	22	11.16. 非易失 SBC 配置.....	47
11.5.1. 看门狗控制寄存器.....	23	11.16.1. 非易失性存储器单元编程.....	47
11.5.2. SBC 配置控制寄存器.....	23	11.16.2. 非易失性存储器状态寄存器.....	47
11.5.3. 看门狗状态寄存器.....	24	11.16.3. 非易失性存储器 CRC 控制寄存器..	48
11.5.4. 软件开发模式.....	24	11.17. 在线仿真配置.....	48
11.5.5. 窗口模式下的看门狗行为.....	24	11.18. 设备识别.....	49
11.5.6. 超时模式的看门狗行为.....	24	11.18.1. 设备识别寄存器.....	49
11.5.7. 自主模式的看门狗行为.....	25	11.19. 锁存控制寄存器.....	49
11.6. 系统复位.....	25	11.20. 通用存储器.....	50
11.6.1. RSTN 的特性.....	25	11.21. SPI 接口.....	50
11.6.2. 选择复位脉冲宽度.....	25	11.21.1. 介绍.....	50
11.6.3. 启动控制寄存器.....	26	11.21.2. 寄存器表.....	51
11.6.4. 复位源.....	26	11.21.3. 工作模式下的寄存器配置.....	54
		12. 典型应用.....	55

12.1. 典型应用 .....	55	14. 焊接信息.....	58
<b>13. 封装信息.....</b>	<b>57</b>	15. 编带信息.....	59
13.1. DFN20 的外形尺寸.....	57	16. 重要声明.....	60

## 7. 修订历史

修订版本号	修订内容	日期
V1.0	NA	2025.7.2

## 8. 引脚功能描述

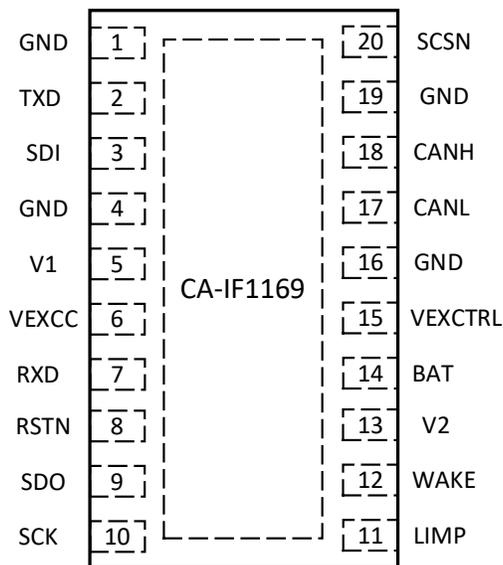


图 8-1 CA-IF1169 引脚图

表格 8-1 CA-IF1169 引脚功能描述

引脚名称	引脚编号	类型	描述
GND	1	地	参考地
TXD	2	输入	传输数据输入。TXD 为高 CAN 总线输出为隐性态，TXD 为低 CAN 总线输出为显性态。内部具有上拉电阻。
SDI	3	数字输入	SPI 数据输入
GND	4	地	参考地
V1	5	电源输出	5V/3.3V 电源输出
VEXCC	6	模拟输入	测量外接 PNP 的电流，连接到 PNP 的集电极
RXD	7	数字输出	接收器数据输出。当 CAN 总线处于隐性态时，RXD 为高电平。当 CAN 总线处于显性态时，RXD 为低电平。RXD 的参考电源为 VIO。
RSTN	8	数字输入/输出	复位信号的输入和输出，低有效
SDO	9	数字输出	SPI 数据输出
SCK	10	数字输入	SPI 时钟输入
LIMP	11	模拟输出	跛行模式输出，低有效
WAKE	12	高压输入	唤醒输入端口
V2	13	电源输出	5V 电源输出
BAT	14	电源	电池电源输入
VEXCTRL	15	模拟输出	控制外接 PNP，连接到 PNP 的基极
GND	16	地	参考地。
CANL	17	总线	低电平 CAN 总线
CANH	18	总线	高电平 CAN 总线
GND	19	地	参考地
SCSN	20	数字输入	SPI 芯片选择输入

## 9. 产品规格

### 9.1. 绝对最大额定值<sup>1</sup>

参数	最小值	最大值	单位
V <sub>BAT</sub>	-0.3	42	V
V <sub>(V1, V2)</sub>	-0.3	6	V
V <sub>(VEXCC)</sub>	-0.3	6	V
V <sub>(LIMP, VEXCTRL)</sub>	-0.3	42	V
V <sub>BUS</sub>	-42	42	V
V <sub>(DIFF)</sub>	-42	42	V
V <sub>(Logic_Input)</sub>	-0.3	V <sub>V1</sub> +0.3	V
V <sub>(Logic_Output)</sub>	-0.3	V <sub>V1</sub> +0.3	V
V <sub>(wake)</sub>	-0.3	42	V
I <sub>O (LOGIC)</sub>		4	mA
I <sub>O (WAKE)</sub>		3	mA
I <sub>I (LIMP)</sub>		20	mA
T <sub>J</sub>	-40	150	°C

备注:

1. 等于或超出上述绝对最大额定值可能会导致产品永久性损坏。这只是额定最值，并不能以这些条件或者在任何其它超出本技术规范操作章节中所示规格的条件下，推断产品能否正常工作。长期在超出最大额定值条件下工作会影响产品的可靠性。

### 9.2. ESD 额定值

测试项目	测试条件	数值	单位	
<b>CA-IF1169-Q1</b>				
HBM ESD	所有管脚	±2000	V	
	CAN 总线端口 (CANH, CANL) 到 GND	±8000		
CDM ESD	所有管脚	±1500	V	
System Level ESD	CAN 总线端口 (CANH, CANL) 到 GND,	IEC 61000-4-2 : 不上电接触放电	±6000	V
	BAT (带 100nF 电容), WAKE (带 10nF 电容和 10k 电阻) 到 GND	IEC 61000-4-2 : 不上电接触放电	±8000	V
ISO7637 transient according to GIFT-ICT CAN EMC test	CAN 总线端口 (CANH, CANL) 到 GND, BAT, WAKE	脉冲 1	-100	V
		脉冲 2	+75	V
		脉冲 3a	-150	V
		脉冲 3b	+100	V
ISO7637-3 transient	CAN 总线端口 (CANH, CANL) 到 GND, BAT, WAKE	带 100nF 直接耦合电容“慢瞬态脉冲”—电源有电	±85	V

备注:

JEDEC 文件 JEP155 规定 500V HBM 可通过标准 ESD 控制过程实现安全制造

### 9.3. 推荐工作条件

参数	最小值	最大值	单位
V <sub>BAT</sub>	4.5	28	V
I <sub>OH(RXD)</sub>	-2		mA
I <sub>OL(RXD)</sub>		2	mA

T <sub>A</sub>	工作温度范围	-40	125	°C
----------------	--------	-----	-----	----

#### 9.4. 热量信息

热量表		CA-IF1169 DFN20	单位
R <sub>θJA</sub>	IC 结至环境的热阻	33.5	°C/W

#### 9.5. 电气特性

除非有额外说明，本表格数据均为建议工作条件下的测试结果。

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
<b>电源特性</b>						
I <sub>BAT</sub>	电池电源电流	常规模式; MC=111, V <sub>TXD</sub> =V <sub>V1</sub> , CAN 隐性		4	7.5	mA
		常规模式; MC=111, V <sub>TXD</sub> =0V, CAN 显性		46	67	mA
		休眠模式; MC=001; CWE=1; CAN 离线模式;		12.8	28	uA
		待机模式; MC=100; CWE=1; CAN 离线模式;		56	91	uA
		V2 打开下的电流		8	32	uA
		CAN 离线偏置模式下的电流		460		uA
		CAN 离线偏置模式下局域网络解码时的电流		0.9		mA
		WAKE 输入的电流, WPRE=WPF=1		1.4	2.5	uA
V <sub>th(det)pon</sub>	BAT 上电检测电压	上升	4		4.9	V
V <sub>th(det)poff</sub>	BAT 掉电检测电压	下降	2.8		3	V
V <sub>BAT(OVR)</sub>	BAT 过压检测阈值	上升	31	33	35	V
V <sub>BAT(OVF)</sub>	BAT 过压恢复阈值	下降	29	31	33	V
<b>电源输出(V1 输出端口)</b>						
V <sub>O</sub>	输出电压	V <sub>O(V1)nom</sub> =5V, V <sub>BAT</sub> =5.5V 到 28V, I <sub>V1</sub> =-200mA 到 0mA	4.9	5	5.1	V
		V <sub>O(V1)nom</sub> =5V, V <sub>BAT</sub> =5.65V 到 28V, I <sub>V1</sub> =-250mA 到 0mA	4.9	5	5.1	V
		V <sub>O(V1)nom</sub> =5V, V <sub>BAT</sub> 小于 V <sub>th(det)poff</sub> 并上升, t ≤ t <sub>startup</sub> , T <sub>vj</sub> ≤ 125°C			5.5	V
		V <sub>O(V1)nom</sub> =3.3V, V <sub>BAT</sub> =3.834V 到 28V, I <sub>V1</sub> =-200mA 到 0mA	3.234	3.3	3.366	V
		V <sub>O(V1)nom</sub> =3.3V, V <sub>BAT</sub> =3.984V 到 28V, I <sub>V1</sub> =-250mA 到 0mA	3.234	3.3	3.366	V
ΔV <sub>ret(RAM)</sub>	RAM 保持电压差	V <sub>BAT</sub> = 2 V ~3 V; I <sub>V1</sub> = -2 mA			100	mV
		V <sub>BAT</sub> = 2 V ~3 V; I <sub>V1</sub> = -200 μA			10	mV
R <sub>ON(BAT-V1)</sub>	BAT 引脚与 V1 引脚之间导通电阻	5V 输出版本, V <sub>BAT</sub> = 2.8 V ~ 5.65 V; I <sub>V1</sub> = -250 mA			3.2	Ω
		3.3V 输出版本, V <sub>BAT</sub> = 2.8 V ~ 3.90 V; I <sub>V1</sub> = -250 mA			3.2	Ω
V <sub>Uvd</sub>	欠压检测电压	5V 输出版本, V <sub>Uvd(nom)</sub> = 90 %	4.5		4.75	V
		5V 输出版本, V <sub>Uvd(nom)</sub> = 80 %	4		4.25	V
		5V 输出版本, V <sub>Uvd(nom)</sub> = 70 %	3.5		3.75	V
		5V 输出版本, V <sub>Uvd(nom)</sub> = 60 %	3		3.25	V

		3.3V 输出版本, $V_{uvd(nom)} = 90\%$	2.97	3.135	V	
$V_{uvr}$	欠压恢复电压	5V 输出版本	4.5	4.75	V	
		3.3V 输出版本	2.97	3.135	V	
$V_{th(OVP)}$	过压检测和恢复阈值	5V 输出版本	5.4	5.8		
		3.3V 输出版本	3.45	3.7	V	
$I_{sink}$	吸收电流	$V_{BAT} = 5.65V \sim 18V$	214		mA	
$I_{O(sc)}$	短路输出电流		-500	-250	mA	
$I_{DD(CAN)intV1}$	V1 支持 CAN 供电电流 <sup>[1]</sup>	常规模式; MC=111, CAN 主动模式, 显性, $V_{TXD}=0V$ , 总线短路, $-3V < (V_{CANH} = V_{CANL}) < +18V$		95	mA	
[1]: CA-IF1169VFD/WD/VWDF-Q1 均不支持通过 V1 给 CAN 模块供电, 此参数仅作为后续增加 V1 支持 CAN 供电版本料号预留;						
<b>PNP 基极, VEXCTRL 引脚</b>						
$I_{O(sc)}$	短路输出电流	$V_{VEXCTRL} \geq 4.5V$ ; $V_{BAT} = 6V$ to 28V	4.2	6.2	7.5	mA
$I_{th(act)PNP}$	PNP 开启阈值电流	PDC=0			130	mA
		PDC=0; $T_{vj} = 150^\circ C$	60	83	100	mA
		PDC = 1			80	mA
		PDC = 1; $T_{vj} = 150^\circ C$	36	50	59	mA
$I_{th(deact)PNP}$	PNP 关闭阈值电流	PDC = 0			70	mA
		PDC = 0; $T_{vj} = 150^\circ C$	26	44	59	mA
		PDC = 1			18	mA
		PDC = 1; $T_{vj} = 150^\circ C$	6	11	17	mA
$V_{th(ictrl)PNP}$	PNP 电流控制阈值电压	BAT 引脚上上升沿	5.9	7.5	V	
<b>PNP 集电极:</b>						
$V_{th(act)lim}$	电流限制开启阈值电压	在引脚 VEXCC 和 V1 之间连接的电阻器上测量; $2V \leq V_{V1} \leq 5.5V$ ; $6V < V_{BAT} < 28V$	300	450	mV	
<b>V2</b>						
$V_o$	输出电压	$V_{BAT} = 5.8V \sim 28V$ ; $I_{V2} = -100mA \sim 0mA$	4.9	5	5.1	V
$V_{th(ulp)}$	欠压保护阈值电压	检测和恢复电压阈值	4.5		4.75	V
$V_{th(ovp)}$	过压保护阈值电压	检测和恢复电压阈值	5.2		5.5	V
$R_{ON(BAT-V2)}$	BAT 与 V2 之间导通阻抗	$V_{BAT} = 4.5V \sim 5.8V$ ; $I_{V2} = -100mA \sim -5mA$			8.7	$\Omega$
$I_{O(sc)}$	短路输出电流		-250	-100	mA	
$I_{DD(CAN)intV2}$	V2 支持 CAN 供电电流	常规模式; MC=111, CAN 主动模式, 显性, $V_{TXD}=0V$ , 总线短路, $-3V < (V_{CANH} = V_{CANL}) < +18V$		95	mA	
<b>跛行输出: LIMP</b>						
$V_o$	输出电压	$I_{LIMP} = 0.8mA$ ; $LHC = 1$ ; $T_{vj} = -40^\circ C \sim T_{th(act)otp(max)}$		0.4	V	
$I_{LO}$	输出漏电流	$V_{LIMP} = 0V \sim 28V$ ; $LHC = 0$	-5	5	$\mu A$	
<b>逻辑接口(SDI, SCK, SCSN 输入端口)</b>						
$V_{th(sw)}$	转换阈值电压		$0.25 * V_{V1}$	$0.75 * V_{V1}$	V	
$V_{th(sw)hys}$	转换阈值电压迟滞		$0.05 * V_{V1}$		V	
$R_{pd(SCK)}$	SCK 管脚下拉电阻		40	60	80	k $\Omega$
$R_{pd(SCSN)}$	SCSN 管脚上拉电阻		40	60	80	k $\Omega$
$R_{pd(SDI)}$	SDI 管脚下拉电阻	$V_{SDI} < V_{th(sw)}$	40	60	80	k $\Omega$

$R_{pu(SDI)}$	SDI 管脚上拉电阻	$V_{SDI} > V_{th(sw)}$	40	60	80	k $\Omega$
$C_i$	输入电容 <sup>(1)</sup>	$V_i = V_{V1}$		3	6	pF
<b>逻辑接口(SDO 输出端口)</b>						
$V_{OH}$	输出高电平	$I_{OH} = -4mA$ ,	$V_{V1} - 0.4$			V
$V_{OL}$	输出低电平	$I_{OL} = +4mA$ ,				0.4
$I_{LO(off)}$	关闭模式输出漏电流	$V_{SCSN} = V_{V1}, V_o = 0V \text{ to } V_{V1}$	-5	5		$\mu A$
$C_o$	输出电容 <sup>(1)</sup>	$SCSN = V_{V1}$		3	6	pF
<b>逻辑接口(TXD 输入端口)</b>						
$V_{th(sw)}$	转换阈值电压		$0.25 * V_{V1}$		$0.75 * V_{V1}$	V
$V_{th(sw)hys}$	转换阈值电压迟滞		$0.05 * V_{V1}$			V
$R_{pu(TXD)}$	TXD 管脚上拉电阻		40	60	80	k $\Omega$
<b>逻辑接口(RXD 输出端口)</b>						
$V_{OH}$	输出高电平	$I_o = -4mA$ ,	$V_{V1} - 0.4$			V
$V_{OL}$	输出低电平	$I_o = +4mA$ ,				0.4
$R_{pu(RXD)}$	RXD 管脚上拉电阻	CAN 离线模式	40	60	80	k $\Omega$
<b>WAKE 接口(WAKE 输入端口)</b>						
$V_{th(sw)r}$	输入高电平		2.8	3.5	4.1	V
$V_{th(sw)f}$	输入低电平		2.4	3.1	3.75	V
$V_{hys(i)}$	输入滞回电压		250	400	800	mV
$I_i$	输入低电平漏电流	$T_{vj} = -40^\circ C \text{ to } +85^\circ C$			1.5	$\mu A$
<b>CAN 总线驱动</b>						
$V_{O(DOM)}$	单端输出电压 (显性)	TXD=低, $R_L = 50 - 65 \Omega$ , CANH 端口, 如图 10-1	2.75	3.5	4.5	V
		TXD=低, $R_L = 50 - 65 \Omega$ , CANL 端口, 如图 10-1	0.5	1.5	2.25	V
$V_{O(DOM)}$	差分输出电压 (显性)	TXD=低, $R_L = 45 - 70 \Omega$ , R <sub>CM</sub> open, 如图 10-1	1.5		3	V
		TXD=低, $R_L = 2240 \Omega$ , R <sub>CM</sub> open, 如图 10-1	1.5		5	V
$V_{O(REC)}$	单端输出电压 (隐性)	CAN 主动模式, TXD=高, 无负载, CAN 端口, 如图 10-1	2	$0.5 * V_{CAN}$	3	V
		CAN 离线偏置模式/静默模式, TXD=高, 无负载, CAN 端口, 如图 10-1	2	2.5	3	V
		CAN 离线模式, TXD=高, 无负载, CAN 端口, 如图 10-1	-0.1		0.1	V
$V_{OD(REC)}$	差分输出电压 (隐性)	CAN 主动模式/离线偏置模式/静默模式, TXD=高, 无负载, 如图 10-1	-50		50	mV
		CAN 离线模式, TXD=高, 无负载, 如图 10-1	-200		200	mV
$I_{OS(SS\_DOM)}$	短路电流(显性)	TXD=低, CANL 开路, CANH 从-15V 到 27V	-90		6	mA
		TXD=低, CANH 开路, CANL 从-15V 到 27V	-6		90	
$I_{OS(SS\_REC)}$	短路电流(隐性)	TXD=高, VBUS 从-27V 到 32V	-3		3	mA
$V_{sym}$	瞬态对称性(显性和隐性)	$R_L = 60 \Omega, C_{split} = 4.7nF, R_{CM} \text{ open}, TXD \text{ 频率 } 250kHz, 1MHz, 2.5MHz, V_{sym} = V_{CANH} + V_{CANL}$	$0.9 * V_{CAN}$		$1.1 * V_{CAN}$	V
$V_{sym\_dc}$	DC 对称性(显性和隐性)	$R_L = 60 \Omega, R_{CM} \text{ open}, V_{sym\_dc} = V_{CAN} - V_{CANH} - V_{CANL}$	-0.4		0.4	V
$T_{th(act)otp}$	过温保护		190			$^\circ C$
$T_{th(rel)otp}$	过温保护释放		155			$^\circ C$
$T_{th(warn)otp}$	过温保护警报		140			$^\circ C$
<b>CAN 接收器(TXD=High, CANH/CANL 由外部驱动)</b>						
$V_{CM}$	共模输入范围	常规模式和待机模式, RXD 输出有效, 如图 10-2	-12		+12	V
$V_{IT}$	主动和静默模式输入阈值电压	$V_{cm}$ 从 -12V 到 12V, 如图 10-2	500		900	mV
$V_{IT(STB)}$	离线模式输入阈值电压	$V_{cm}$ 从 -12V 到 12V, 如图 10-2	400		1150	mV

V <sub>DIFF_D</sub>	主动和静默模式差分输入阈值 (显性)	V <sub>cm</sub> 从 -12V 到 12V, 如图 10-2	0.9	9	V	
V <sub>DIFF_R</sub>	主动和静默模式差分输入阈值 (隐性)	V <sub>cm</sub> 从 -12V 到 12V, 如图 10-2	-4	0.5	V	
V <sub>DIFF_D(STB)</sub>	离线模式差分输入阈值 (显性)	V <sub>cm</sub> 从 -12V 到 12V, 如图 10-2	1.15	9	V	
V <sub>DIFF_R(STB)</sub>	离线模式差分输入阈值 (隐性)	V <sub>cm</sub> 从 -12V 到 12V, 如图 10-2	-4	0.4	V	
V <sub>DIFF_HYST</sub>	差分输入滞回	常规模式/静默模式	100		mV	
R <sub>IN</sub>	CANH/CANL 输入电阻	TXD=高, STB=0V, V <sub>cm</sub> 从 -30V 到 30V	10	15	26	kΩ
R <sub>DIFF</sub>	差分输入电阻	TXD=高, STB=0V, V <sub>cm</sub> 从 -30V 到 30V	20	30	52	kΩ
R <sub>DIFF(M)</sub>	输入电阻匹配	CANH=CANL=5V	-1	1	%	
I <sub>LKG</sub>	输入端漏电流	V <sub>BAT</sub> = 0V, V <sub>CAN</sub> =5V	-5	5	uA	
C <sub>IN</sub>	输入端电容	CANH 或者 CANL 到地, TXD=高	30		pF	
C <sub>IN_DIFF</sub>	输入差分电容	CANH 到 CANL, TXD=高	18		pF	
I <sub>L</sub>	漏电流	V <sub>BAT</sub> = V <sub>CAN</sub> = 0 V 或 V <sub>BAT</sub> = V <sub>CAN</sub> 连接 47 kΩ 电阻短路到 GND; V <sub>CANH</sub> = V <sub>CANL</sub> = 5 V	-5	5	uA	
V <sub>Uvd(CAN)</sub>	CAN 欠压检测电压	BAT 引脚, V <sub>BAT</sub> 电压下降	4.2	4.55	V	
		V <sub>CAN</sub>	4.5	4.75	V	
V <sub>Uvr(CAN)</sub>	CAN 欠压恢复电压	V <sub>BAT</sub> 电压上升	4.5	5	V	
		V <sub>CAN</sub>	4.5	4.75	V	
I <sub>DD(CAN)</sub>	CAN 供电电流	CAN 主动模式; 隐性; V <sub>TXD</sub> = V <sub>V1</sub>	1	3.7	6	mA
		CAN 主动模式; CAN 显性; V <sub>TXD</sub> = 0 V; R <sub>L</sub> 无负载	3	6	15	mA
<b>温度保护</b>						
T <sub>th(act)otp</sub>	过温保护		160	170	185	°C
T <sub>th(rel)otp</sub>	过温保护释放		125	135	145	°C
T <sub>th(warn)otp</sub>	过温保护警报		125	135	145	°C
<b>复位输出; RSTN 引脚</b>						
V <sub>OL</sub>	低电平输出电压	V <sub>V1</sub> = 1.0 V ~ 5.5 V; 上拉电阻 V <sub>V1</sub> ≥ 900 Ω	0	0.2*V <sub>V1</sub>	V	
R <sub>pu</sub>	上拉电阻		40	60	80	kΩ
V <sub>th(sw)</sub>	开关阈值电压		0.25*V <sub>V1</sub>	0.75*V <sub>V1</sub>	V	
V <sub>th(sw)hys</sub>	开关阈值电压迟滞		0.05*V <sub>V1</sub>		V	
<b>非易失性存储器</b>						
N <sub>cyc(W)</sub>	烧写次数	V <sub>BAT</sub> = 6 V ~ 28 V; T <sub>vj</sub> = 0 °C ~ +125 °C	2			

## 9.6. 动态特性

除非有额外说明, 本表格数据均为建议工作条件下的测试结果。

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
<b>CAN 收发器时序; CANH,CANL, TXD 和 RXD 引脚</b>					
t <sub>d(TXD-busdom)</sub>	TXD 到总线显性的延迟时间	RL=60 Ω, CL=100pF, 如图 10-1	35		ns
t <sub>d(TXD-busrec)</sub>	TXD 到总线隐性的延迟时间	RL=60 Ω, CL=100pF, 如图 10-1	35		ns
t <sub>d(busdom-RXD)</sub>	总线显性到 RXD 的延迟时间	CL=15pF, 如图 10-2	65		ns
t <sub>d(busrec-RXD)</sub>	总线隐性到 RXD 的延迟时间	CL=15pF, 如图 10-2	55		ns

$t_d(\text{TXDL-RXDL})$	TXD 低电平到 RXD 低电平的延迟时间	$T_{\text{bit}}(\text{TXD}) = 200 \text{ ns}$	255	ns		
$t_d(\text{TXDH-RXDH})$	TXD 高电平到 RXD 高电平的延迟时间	$T_{\text{bit}}(\text{TXD}) = 200 \text{ ns}$	255	ns		
$t_{\text{bit}}(\text{bus})$	传输隐性位宽	$t_{\text{bit}}(\text{TXD}) = 500 \text{ ns}$	435	530	ns	
		$t_{\text{bit}}(\text{TXD}) = 500 \text{ ns}$	155	210	ns	
$t_{\text{bit}}(\text{RXD})$	RXD 引脚上的位时间	$t_{\text{bit}}(\text{TXD}) = 500 \text{ ns}$	400	550	ns	
		$t_{\text{bit}}(\text{TXD}) = 500 \text{ ns}$	120	220	ns	
$\Delta t_{\text{rec}}$	接收器定时对称性	$t_{\text{bit}}(\text{TXD}) = 500 \text{ ns}$	-65	40	ns	
		$t_{\text{bit}}(\text{TXD}) = 500 \text{ ns}$	-45	15	ns	
$t_{\text{wake}}(\text{busdom})$	总线显性唤醒时间	用于唤醒引脚 CANH 和 CANL 的第一个脉冲（在第一个隐性之后）；CAN 离线模式	0.5	1.8	us	
		用于唤醒引脚 CANH 和 CANL 的第二个脉冲	0.5	1.8	us	
$t_{\text{wake}}(\text{busrec})$	总线隐性唤醒时间	CANH 和 CANL 引脚上的第一个唤醒脉冲；CAN 离线模式	0.5	1.8	us	
		用于唤醒引脚 CANH 和 CANL 的第二个脉冲（在第一个显性之后）	0.5	1.8	us	
$t_{\text{to}}(\text{wake})_{\text{bus}}$	总线唤醒超时时间	第一和第二主脉冲之间；CAN 离线模式	0.8	10	us	
$t_{\text{to}}(\text{dom})_{\text{TXD}}$	TXD 显性超时时间	CAN 主动模式； $V_{\text{TXD}} = 0\text{V}$	2	8	ms	
$t_{\text{to}}(\text{silence})$	总线静默超时时间	所有 CAN 模式下启动隐性时间测量	0.95	1.17	s	
$t_d(\text{busact-bias})$	总线激活到偏置的延迟时间			200	us	
$t_{\text{startup}}(\text{CAN})$	CAN 启动时间	CTS = 1；当切换到主动模式时		220	us	
<b>CAN 局部网络</b>						
$N_{\text{bit}}(\text{idle})$	空闲位数	在接受新的 SOF 之前，CFDC=1	6	10		
$t_{\text{ftr}}(\text{bit})_{\text{dom}}$	显性位过滤时间	仲裁数据速率 $\leq 500 \text{ kbit/s}$ ，数据速率 $\leq 2\text{Mbit/s}$ ，CFDC=1，FD_FL=0	5	17.5	%	
		仲裁数据速率 $\leq 500 \text{ kbit/s}$ ，数据速率 $\leq 5\text{Mbit/s}$ ，CFDC=1，FD_FL=1	2.5	8.75	%	
<b>引脚 RXD：事件捕获时序（仅在 CAN 离线模式下有效）</b>						
$t_d(\text{event})$	事件捕获延迟时间	CAN 离线模式	0.9	1.1	ms	
$t_{\text{rx}}(\text{stuck})$	Stuck 检测滤波时间		20		us	
$t_{\text{blank}}$	消隐时间	从离线模式切换到主动/仅侦听模式时		25	us	
<b>V<sub>BAT</sub> 电压源</b>						
$t_{\text{BAT}}(\text{OV})$	BAT 过压检测滤波时间		10	20	30	us
<b>电压源：V1 引脚</b>						
$t_{\text{startup}}$	启动时间	从 V <sub>BAT</sub> 超过上电检测阈值直至 V <sub>V1</sub> 超过 90% 欠压阈值； $C_{V1} = 4.7 \text{ uF}$	1	4.7	ms	
$t_d(\text{uvd})$	欠压检测延迟时间	5V 版本，V <sub>V1</sub> 欠压检测延迟时间	6	54	us	
		3.3V 版本，V <sub>V1</sub> 欠压检测延迟时间	100	300	us	
		V1 欠压屏蔽时间		1200		us
$t_d(\text{uvd-RSTNL})$	从欠压到 RSTN 为低电平的延迟时间	V1 欠压		63	us	
<b>电压源：V2 引脚</b>						
$t_d(\text{uvd})$	欠压检测延迟时间	V <sub>V2</sub> 欠压检测延迟时间	6	32	us	
		V <sub>V2</sub> 欠压检测屏蔽时间	1.5	2	2.5	ms

t <sub>d(ovd)</sub>	过电压检测延迟时间	V <sub>v2</sub> 过压检测延迟时间	100	300	us
<b>看门狗</b>					
t <sub>trig(wd)1</sub>	看门狗触发时间 1	常规模式;仅看门狗窗口模式	0.45*NWP	0.55*NWP	ms
t <sub>trig(wd)2</sub>	看门狗触发时间 2	常规/待机模式	0.9*NWP	1.1*NWP	ms
t <sub>d(SCSNH-RSTNL)</sub>	从 SCSN 高电平到 RSTN 低电平的延迟时间	窗口模式下, 在看门狗周期的前半部分触发 (在 t <sub>trig(wd)1</sub> 之前)		0.2	ms
<b>RSTN 引脚: 复位脉冲宽度</b>					
t <sub>w(rst)</sub>	复位脉冲宽度	输出脉冲宽度: RLC = 00	20	25	ms
		输出脉冲宽度: RLC = 01	10	12.5	ms
		输出脉冲宽度: RLC = 10	3.6	5	ms
		输出脉冲宽度: RLC = 11	1	1.5	ms
		输入脉冲宽度	18		us
t <sub>stuck(rst)</sub>	RSTN 管脚 stuck 滤波时间		100		us
<b>WAKE 引脚</b>					
t <sub>wake</sub>	唤醒时间	从 WAKE 跳变到唤醒时间	50		us
<b>LIMP 引脚</b>					
t <sub>d(limp)</sub>	跛行延迟时间		117	145	ms
t <sub>stuck(limp)</sub>	LIMP 管脚 stuck 滤波时间		21		us
<b>模式切换时间</b>					
t <sub>d(act)norm</sub>	进入 normal mode 的延迟时间	MC=111, 在 SBC 切换到 normal 到 CAN 激活时间		320	us
<b>非易失存储器编程</b>					
t <sub>d(MTPNV)</sub>	编程条件持续时间		0.9	1.1	s
<b>串行外设接口时序, SPI 端口</b>					
t <sub>cy(clk)</sub>	时钟周期	常规/待机模式	250		ns
t <sub>SPILEAD</sub>	SPI 使能超前时间	常规/待机模式	50		ns
t <sub>SPILAG</sub>	SPI 使能滞后时间	常规/待机模式	50		ns
t <sub>clk(H)</sub>	时钟高电平时间	常规/待机模式	100		ns
t <sub>clk(L)</sub>	时钟低电平时间	常规/待机模式	100		ns
T <sub>su(D)</sub>	数据输入建立时间	常规/待机模式	50		ns
T <sub>h(D)</sub>	数据输入保持时间	常规/待机模式	50		ns
t <sub>v(Q)</sub>	数据输出有效时间	SDO 管脚, Cl=20pF, 常规/待机模式		50	ns
		SDO 管脚, Cl=20pF, 休眠模式		200	ns
t <sub>d(SDI-SDO)</sub>	SDI 到 SDO 延迟时间	SPI 地址和只读位, Cl=20pF		50	ns
t <sub>WH(S)</sub>	芯片选择脉冲高电平宽度	SCSN 管脚, 常规和待机模式	250		ns
		SCSN 管脚, 休眠模式	1		us
t <sub>d(SCKL-SCSNL)</sub>	从 SCK 低电平到 SCSN 低电平延迟时间		50		ns

9.7. 典型特性

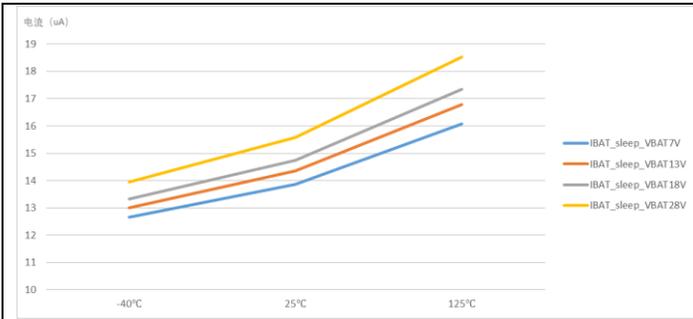


图 9-1 静默态电流

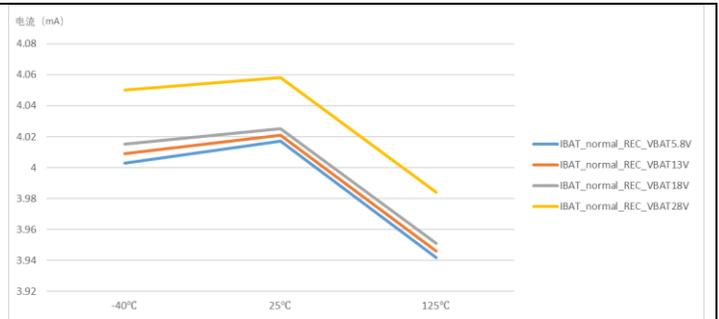


图 9-2 隐性状态电流

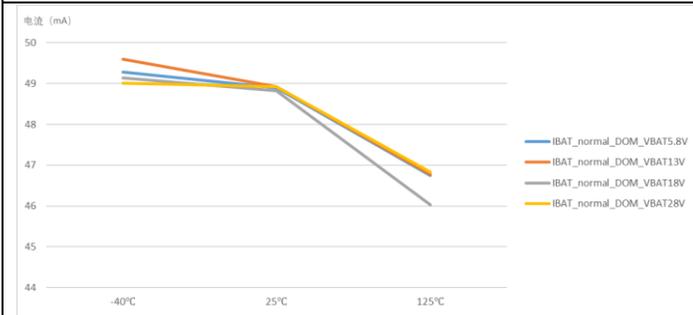


图 9-3 60Ω 负载下显性状态电流

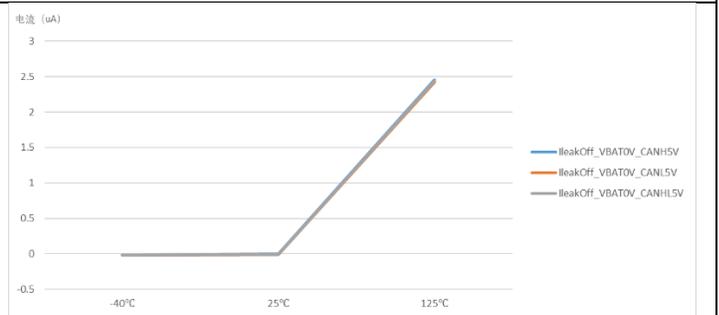


图 9-4 BusFault 电流

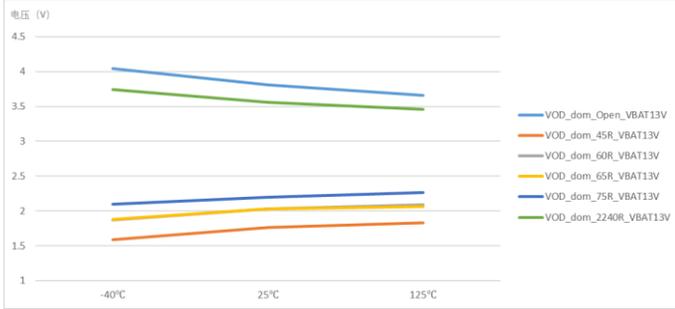


图 9-5 不同负载下差分输出电压

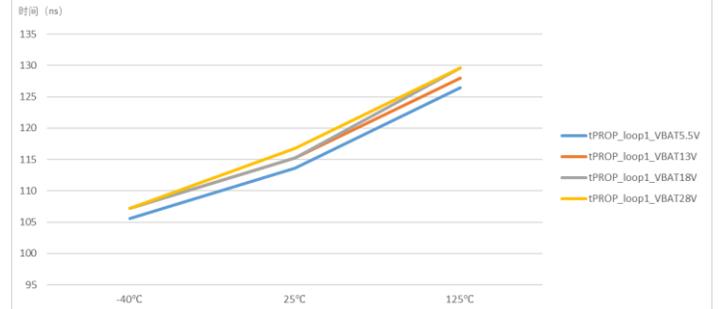


图 9-6 隐性状态到显性状态环路延时

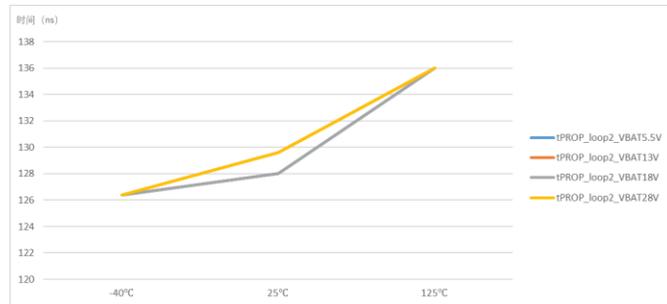


图 9-7 显性状态到隐性状态环路延时

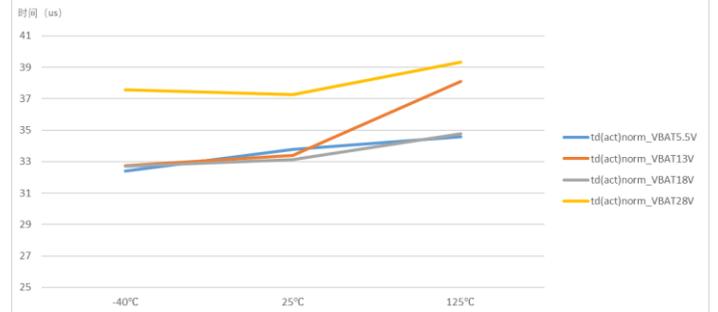


图 9-8 模式转换时间

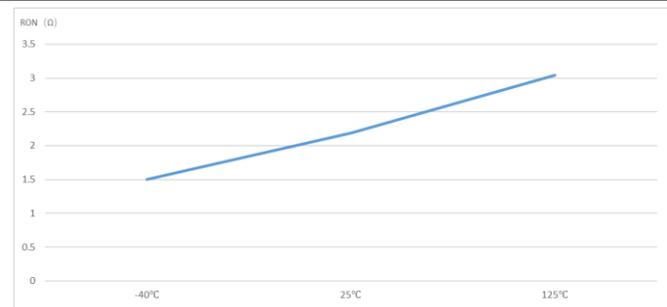


图 9-9 V1 Ron 温度变化曲线

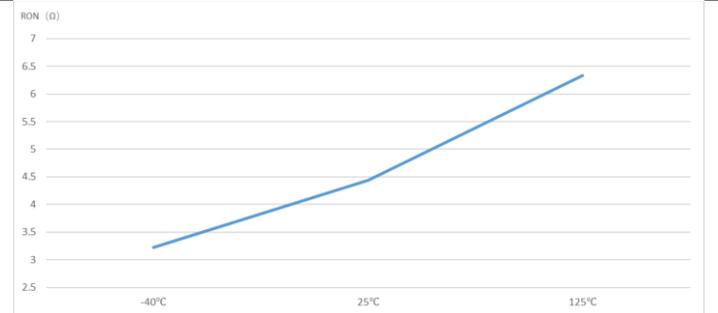


图 9-10 V2 Ron 温度变化曲线

10. 参数测量信息

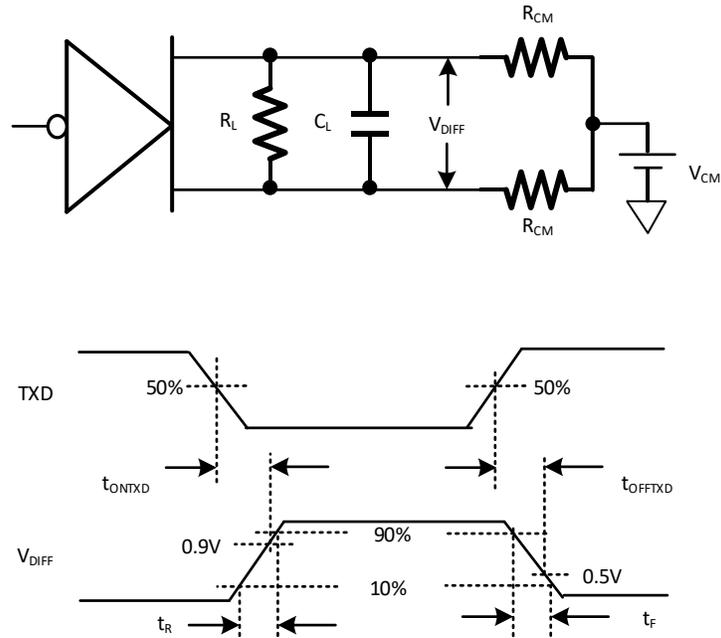


图 10-1 发射通道时序示意图

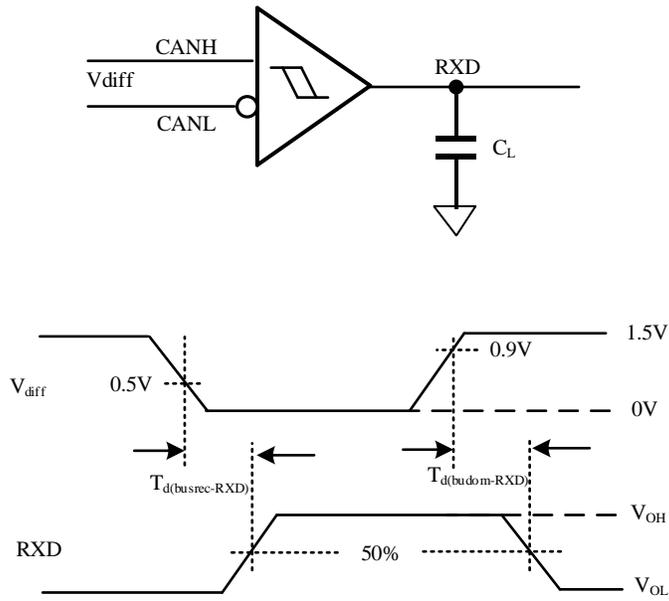


图 10-2 RXD 延迟示意图

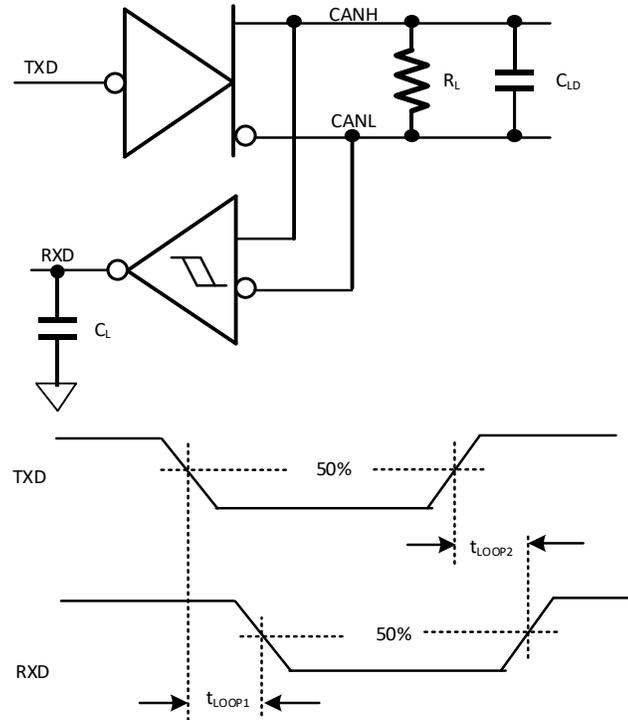


图 10-3 TXD 到 RXD 的环路延迟示意图

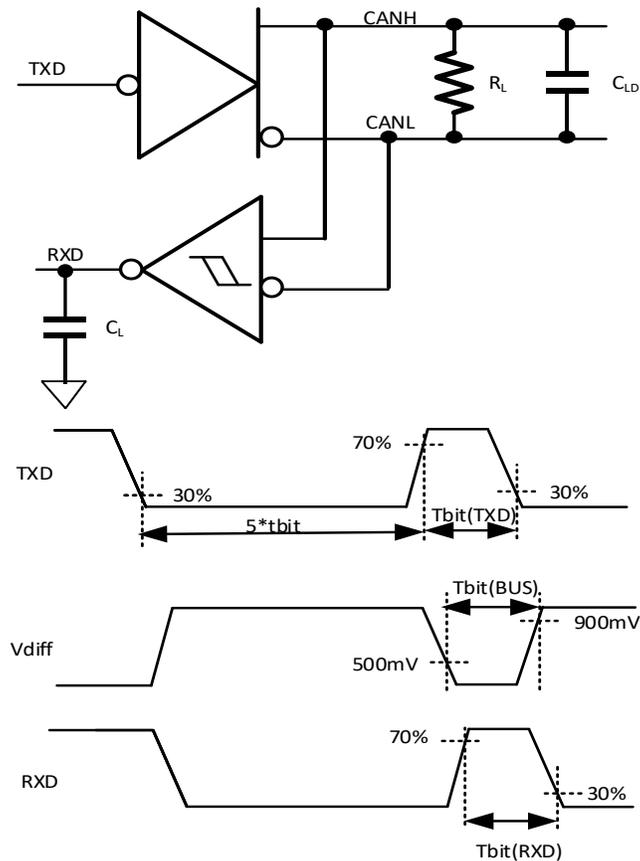


图 10-4 CAN FD 时序示意图



## 11. 详细说明

### 11.1. 概述

CA-IF1169 为集成高速 CAN 收发器和两路 LDO 的系统基础芯片。CAN 收发器符合 ISO 11898-2:2016 和 SAE J2284-1 到 SAE J2284-5 规定的高速 CAN（控制器局域网）物理层标准，可支持 5Mbit/s 的 CAN FD 通信。内置两路 LDO，一路具有 3.3V 或 5V 输出电压，250mA 电流的 LDO（V1），该电源可以通过外部 PNP 晶体管进行电流扩展，提高输出电流能力，给系统的微控制器或其他负载供电；另一路具有 5V 输出电压，100mA 电流的 LDO（V2），给 CAN 收发器和其他在板负载供电。

CA-IF1169 产品具有低功耗的待机和休眠模式，通过选择性唤醒功能支持 ISO 11898-2:2016 中定义的 CAN 局部网络。产品家族支持同 3.3V 到 5V 的微控制器直接通信，SPI 接口用于收发器控制和读取状态信息。

CA-IF1169 产品设计遵循功能安全完整的开发流程，符合 ISO26262 规定的 ASIL-B 标准、支持客户产品获得 ASIL-B 认证。

### 11.2. 功能框图

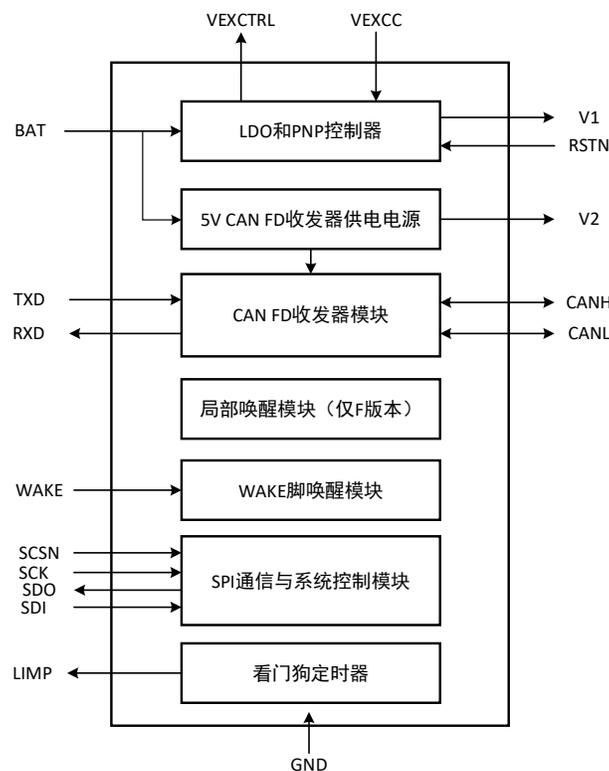
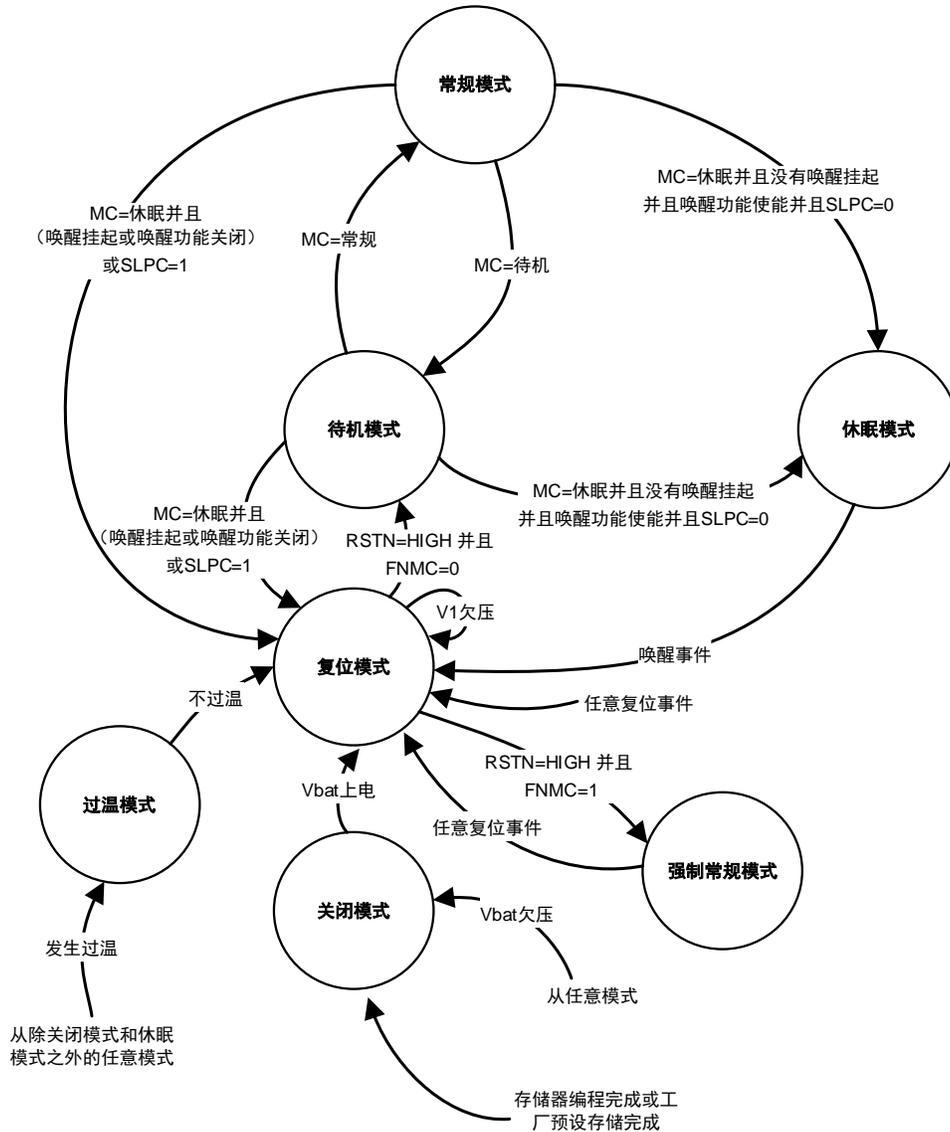


图 11-1 产品功能框图

### 11.3. 系统控制

系统控制管理寄存器配置和控制内部功能，器件的状态信息可以被微控制器收集和控制在。系统控制器包含一个状态机以支持五种工作模式：常规，待机，休眠，过温，关闭，复位和强制常规模式。详细说明参考图 9-1。



注释：图中 MC 代表模式控制位

图 11-1 系统状态机示例图

### 11.3.1. 常规模式

常规模式是主动工作模式，在此模式下，所有的硬件被使能和工作，V1 给外部的微控制器供电；可以通过 SPI 指令，让看门狗工作在窗口模式或超时模式，让 V2 工作或关闭。在待机模式下，通过 SPI 指令(MC=111)可以进入常规模式。

### 11.3.2. 待机模式

待机模式是 CA-IF1169 的第一级低功耗模式，在此模式下，收发器不能收发数据，但是 SPI 和 V1 仍正常工作，可以通过 SPI 指令改变看门狗和 V2/VEXT 的工作模式。

如果远程唤醒功能使能(CWE=1，表格 11-31)，接收器监控总线的活动等待唤醒请求。当总线没有活动时，总线管脚被偏置到 GND；当总线有活动时，总线管脚被偏置到 2.5V。CAN 总线唤醒可以通过标准的唤醒序列或者通过选择性唤醒帧(当 CPNC=PNCOK=1，选择唤醒使能；其他状态下标准唤醒使能)。当任何唤醒发生或者中断行为出现，管脚 RXD 被置低。

CA-IF1169 切换到待机模式：

- 从关闭模式如果电池电压上升超过上电检测电压  $V_{th(det)pon}$ ：

- 从过温模式如果芯片温度降低至过温释放点  $T_{th(rel)otp}$  以下；
- 从休眠模式如果发生唤醒或者中断事件；
- 从常规模式或休眠模式通过 SPI 命令(MC=100)；

### 11.3.3. 休眠模式

休眠模式是 CA-IF1169 的第二级低功耗模式，在此模式下，除了 V1 和过温保护关闭外，收发器的其他状态同待机状态下保持一致。任何唤醒或者中断事件(除了 SPIF)可以将 SBC 从休眠模式下唤醒。V2/VEXT 的工作状态可以由 SPI 指令预先设置好，进入休眠模式后 SPI 关闭。自动总线偏置被激活，看门狗的工作状态见表。

如果没有唤醒请求存在或至少一个唤醒源处于使能态，通过 SPI 命令(MC=001)可以从常规或者待机模式进入休眠模式。若唤醒请求依然存在或者所有唤醒源处于关闭状态，CA-IF1169 将会进入复位模式，并让 RSS=10100。

因为休眠模式下 V1 关闭，所以只能通过唤醒事件让 SBC 退出休眠模式。出于安全考虑，可以预先通过 SPI 指令，禁用休眠模式(SLPC=1)，此时通过 SPI 指令写 MC=001，不会使 SBC 进入休眠模式，而会产生 SPI 故障事件。

### 11.3.4. 关闭模式

当电池电压过低时候，CA-IF1169 将进入关闭模式，这是初始连接电池的默认态。当电池电压低于电池掉电阈值  $V_{th(det)poff}$ ，不管当前状态如何，CA-IF1169 都将进入关闭模式，在此模式下，CAN 管脚处于高阻状态，除了电池阈值检测功能使能外，其他模块都被关闭。当电池电压上升到上电阈值( $V_{th(det)pon}$ )以上，CA-IF1169 将会启动，触发初始流程，在  $t_{startup}$  时间之后会进入复位模式。

### 11.3.5. 复位模式

复位模式是 SBC 的复位执行状态，RSTN 会被下拉一段固定的时间，保证微控制器在受控的状态下启动。

在复位模式下，收发器无法传输信号，V2 的工作状态由 V2C 和 V2SUC 决定，SPI 和看门狗关闭，V1 和过温保护开启。

CA-IF1169 触发复位事件（见表）后，可以从任何模式切换到复位模式，退出复位模式后：

如果 RSTN 为高，切换到待机模式；

如果 FNMC=1，切换到强制常规模式；

满足过温或关断的条件后，进入过温模式或关闭模式。

### 11.3.6. 过温模式

过温模式用来防止 CA-IF1169 被过高温度的损伤，在常规模式下，当芯片温度超过过温保护阈值  $T_{th(act)otp}$  之后，CA-IF1169 会立即进入过温模式。为防止过温下数据丢失，CA-IF1169 在温度超过警报阈值  $T_{th(warn)otp}$  之后发出警报，状态位 OTWS 被置位，若过温中断使能(OTWE=1)，则产生过温中断(OTW=1)。在过温模式下，收发器被禁用，CAN 总线处于高阻态，不能检测唤醒事件，但是有唤醒仍然会将 RXD 管脚拉低，并在过温状态解除后依然保持为低。

CA-IF1169 退出过温模式：

- 若温度降到过温释放点  $T_{th(rel)otp}$  之后进入复位模式；
- 当  $V_{BAT}$  电压过低( $V_{BAT} < V_{th(det)poff}$ )，进入关闭模式；

### 11.3.7. 强制常规模式

强制常规模式简化了 SBC 的测试，可以用于原型机的设计和故障检测，也可用于微控制器的首次 flash。在该模式下，看门狗被禁用，V1、V2/VEXT 和 CAN 收发器被激活。

出厂时，FNMC 被预设为 1，所以 CA-IF1169 最初以强制常规模式启动，等效于无看门狗下的常规模式。

在该模式下，复位事件会使 SBC 进入复位模式（如果未发生  $V_{CAN}$  的欠压，CAN 发射机仍保持正常工作）。当 CA-IF1169 退出复位模式，会回到强制常规模式。

在强制常规模式下，只有主状态机寄存器、看门狗状态寄存器、认证寄存器、MTPNV 状态寄存器和存储在非易失存储器中的寄存器可以被读。只要处于强制常规模式，非易失存储器中的寄存器可以完全访问并写入。

### 11.3.8. 不同工作模式下的模块特性

表格 11-1 功能模块在不同工作模式下的特性

模块	工作模式						
	关闭	强制常规	待机	常规	休眠	复位	过温
V1	关闭	开启	开启	开启	关闭	开启	关闭
V2	关闭	开启	由 V2C 位决定	由 V2C 位决定	由 V2C 位决定	由 V2C 位决定	V2 关闭
RSTN	低电平	高电平	高电平	高电平	低电平	低电平	低电平
SPI	禁用	有限的寄存器访问	使能	使能	禁用	禁用	禁用
看门狗	关闭	关闭	由 WMC 位决定	由 WMC 位决定	由 WMC 位决定	关闭	关闭
CAN	关闭	主动	离线	主动/离线/侦听(根据 CMC 位)	离线	离线	禁用
RXD	V1 电平	CAN 比特流	V1 电平/若唤醒为低	若 CMC=01/10/11, 则根据 CAN 总线; 其他与待机/休眠模式相同	V1 电平/若唤醒为低	V1 电平/若唤醒为低	V1 电平/若唤醒为低

### 11.4. 系统控制寄存器

通过选择模式控制寄存器下的 MC 位可以进入不同的模式，模式控制寄存器可通过 SPI 访问地址 0x01。

表格 11-2 模式控制寄存器(地址 01h)

位	符号	访问	值	描述
7:3	保留	读	-	
2:0	MC	读/写		模式控制
			001	休眠模式
			100	待机模式
			111	常规模式

主要状态寄存器可以用来监控过温警报标识符的状态，并且可以判断是否在初始上电后进入常规模式。RSS 显示了复位事件的来源。

表格 11-3 主要状态寄存器(地址 03h)

位	符号	访问	值	描述
7	保留	读	-	
6	OTWS	读		过温警报状态
			0	芯片温度低于过温警报阈值
			1	芯片温度高于过温警报阈值
5	NMS	读		常规模式状态
			0	在上电后进入过常规模式
			1	在上电后未切入常规模式
4:0	RSS	读	-	重置源状态
			00000	离开关闭模式（开机）

			00001	休眠模式下 CAN 唤醒
			00100	在休眠模式下通过 WAKE 引脚唤醒
			01100	休眠模式（超时模式）下的看门狗溢出
			01101	休眠模式下的诊断唤醒
			01110	看门狗触发过早（窗口模式）
			01111	看门狗溢出（窗口模式或超时模式，WDF = 1）
			10000	非法看门狗模式控制访问
			10001	RSTN 外部拉低
			10010	左侧过温模式
			10011	V1 欠压
			10100	收到非法休眠模式命令
			10110	由于帧检测错误而从睡眠模式唤醒

### 11.5. 看门狗

CA-IF1169 包含了支持三种模式的看门狗：窗口模式、超时模式和自主模式。在窗口模式（只在 SBC 的常规模式下），看门狗触发事件会触发、重置窗口计数器。在超时模式，看门狗持续运行，在看门狗周期内随时被看门狗触发器触发和重置。看门狗的超时模式可以用于微控制器的循环唤醒。在自主模式下，根据 SBC 的模式，看门狗可以被关闭或者处于超时模式下。

看门狗的模式可以通过看门狗控制寄存器的 WMC 位进行设置，当看门狗的模式和周期发生改变时，SBC 必须处于待机模式。当选择了窗口模式（WMC=100），看门狗会切换到超时模式直到 SBC 进入常规模式。在常规模式下，改变看门狗的模式或者周期将会导致 SBC 进入复位模式，并使复位源状态位（RSS）置为 10000（见表格 11-3），还可能会触发 SPI 故障事件。

看门狗的默认周期为 128ms，可以通过 NWP 位进行设置，支持 8ms 到 4096ms 的八种周期，设置的周期对窗口模式和超时模式都有效。

看门狗触发事件会重置看门狗计时器，看门狗触发事件对看门狗控制寄存器有写入权限，当看门狗的模式或周期由于写入发生改变时，新的值会立即生效。

表格 11-4 看门狗配置

操作/看门狗模式						
FNMC（强制常规模式控制）		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）	NA
SBC 工作模式	常规模式	窗口	超时	超时	关闭	关闭
	待机模式（RXD 高电平）	超时	超时	关闭	关闭	关闭
	待机模式（RXD 低电平）	超时	超时	超时	关闭	关闭
	休眠模式	超时	超时	关闭	关闭	关闭
	其他模式	关闭	关闭	关闭	关闭	关闭

## 11.5.1. 看门狗控制寄存器

表格 11-5 看门狗控制寄存器(地址 00h)

位	符号	访问	值	描述
7:5	WMC	读/写	-	看门狗模式控制:
			001	自主模式
			010	超时模式
			100	窗口模式
4	保留	读	-	
3:0	NWP	读/写		看门狗周期:
			1000	8ms
			0001	16 ms
			0010	32 ms
			1011	64 ms
			0100	128 ms
			1101	256 ms
			1110	1024 ms
0111	4096 ms			

看门狗是一种有价值的机制，因此正确配置它至关重要，SBC 提供两个功能以防止错误更改看门狗参数：

- 配置位 WMC 和 NWP 的冗余编码
- 常规模式下的重新配置保护

与控制位 WMC 和 NWP 关联的冗余代码可确保单个比特错误不会导致看门狗配置不正确（必须至少更改 2 位才能重新配置 WMC 或 NWP）。如果尝试将无效代码写入 WMC 或 NWP（例如分别为 011 或 1001），SPI 操作将被放弃并捕获 SPI 故障事件（如果已启用）

## 11.5.2. SBC 配置控制寄存器

两种操作模式对看门狗的操作有重大影响：强制常规模式和软件开发模式（软件开发模式仅用于测试和开发目的，不是专用的 SBC 操作模式；当软件开发模式启动时，CA-IF1169 可以处于任何功能操作模式）。这些模式分别通过 SBC 配置控制寄存器中的 FNMC 和 SDMC 位进行启用和禁用（见表 11-6），这些寄存器位于非易失性存储器区域。看门狗在强制常规模式下禁用，而在软件开发模式中，可以使能或禁用看门狗以进行测试和软件调试。

表格 11-6 SBC 控制寄存器(地址 74h)

位	符号	访问	值	描述
7:6	保留	读	-	
5:4	V1RTSUC	读/写		启动时的 V1 复位阈值（由 V1RTC 位定义）:
			00	启动时 V1 欠压检测为标称值的 90% (V1RTC = 00)
			01	启动时 V1 欠压检测为标称值的 80% (V1RTC = 01)
			10	启动时 V1 欠压检测为标称值的 70% (V1RTC = 10)
3	FNMC	读/写	-	强制常规模式控制:
			0	强制常规模式已禁用
2	SDMC	读/写	1	强制常规模式已启用
				软件开发模式控制:
1	保留	读	0	软件开发模式已禁用
			1	启用软件开发模式
1	保留	读	-	

0	SLPC	读/写		休眠控制:
			0	接受休眠模式命令
			1	休眠模式命令被忽略

### 11.5.3. 看门狗状态寄存器

从看门狗状态寄存器可以获取看门狗状态的信息和强制常规模式、软件开发模式是否使能的信息。

表格 11-7 看门狗状态寄存器(地址 05h)

位	符号	访问	值	描述
7:4	保留	读	-	
3	FNMS	读		强制常规模式状态:
			0	SBC 未处于强制常规模式
			1	SBC 处于强制常规模式
2	SDMS	读	-	软件开发模式现状:
			0	SBC 不处于软件开发模式
			1	SBC 处于软件开发模式
1:0	WDS	读		看门狗状态:
			00	看门狗关闭
			01	看门狗处于标称周期的前半部分
			10	看门狗处于名义周期的后半段
			11	保留

### 11.5.4. 软件开发模式

软件开发模式用于提供简化的软件设计过程，当该模式使能后，看门狗以自主模式（WMC = 001）启动，并在系统重置后处于非活动状态，覆盖默认值。如果启用了软件开发模式，则看门狗在自主模式下始终处于关闭状态（SDMC=1，见表格 11-6）

在软件开发模式下，软件可以在没有看门狗的情况下运行。但是，当 SBC 处于待机模式时，可以通过 WMC 位选择窗口模式或超时模式来激活或停用看门狗以进行测试（窗口模式仅在 SBC 切换到常规模式时激活）。软件开发模式通过非易失性存储器中的 SDMC 位激活（见表格 11-6）。

### 11.5.5. 窗口模式下的看门狗行为

如果 WMC=100，且 SBC 处于常规模式，看门狗将处于窗口模式，在该模式下看门狗将持续运行。

在窗口模式下，只能在看门狗周期的后半段触发看门狗。如果看门狗溢出，或在看门狗周期的前半段（ $t_{trig(wd)1}$  前）触发，则执行系统复位。系统复位后，复位源（“看门狗过早触发”或“看门狗溢出”）可以通过主状态寄存器中的复位源 RSS 位读取（见表格 11-3）。如果看门狗在看门狗周期的后半段（ $t_{trig(wd)1}$  后， $t_{trig(wd)2}$  前）触发，则看门狗定时器将重启。

### 11.5.6. 超时模式的看门狗行为

如果 WMC=010，且 SBC 处于常规、待机或休眠模式，看门狗将处于超时模式，在该模式下看门狗将持续运行。如果 WMC = 100，并且 SBC 处于待机或休眠模式，则看门狗也将处于超时模式。如果选择了自主模式（WMC=001），且满足表格 11-8 中列出的超时模式条件之一时，看门狗也将处于超时模式。

在超时模式下，看门狗触发器可以随时重置看门狗定时器。如果看门狗溢出，则会捕获看门狗故障事件（WDF）。如果在看门狗溢出时 WDF 已挂起，则执行系统复位。在超时模式下，当 SBC 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，设置 WDF 后，看门狗溢出将会生成唤醒事件。

当 SBC 处于睡眠模式并选择了看门狗超时模式时，设置 WDF，将会在看门狗周期（NWP）之后生成唤醒事件。此时 RXD 强制为低电平，V1 处于打开状态。然后，应用软件可以清除 WDF 位，并将在看门狗再次溢出之前触发看门狗。

对于 CA-IF1169VFDT 和 CA-IF1169FDT 的版本，SBC 的 CAN 收发器可拆分成驱动器（TXD-CAN）和接收器（CAN-RXD）两部分；当 SBC 的看门狗配置成超时模式下，需要先正常配置看门狗周期（NWP）进行周期性喂狗操作，再启动 CAN 驱动器，接收器部分正常工作；当不进行喂狗操作时，看门狗溢出形成的故障事件需要先将 CAN 收发器的驱动器部分关闭，接收器部分则不受影响。

### 11.5.7. 自主模式的看门狗行为

当 WMC = 001 时选择自主模式。在自主模式下，根据表格 11-8 中详述的条件，看门狗处于关闭或超时模式。

表格 11-8 自主模式下的看门狗状态

CA-IF1169 工作模式	看门狗状态	
	SDMC = 0	SDMC = 1
常规的	超时模式	关闭
待机；RXD 高电平	关闭	关闭
休眠	关闭	关闭
任何其他模式	关闭	关闭
待机；RXD 低电平	超时模式	关闭

选择自主模式时，如果 SBC 处于常规模式或 RXD 为低的待机模式，则看门狗将处于超时模式，前提是已禁用软件开发模式（SDMC = 0），否则看门狗将关闭

在自主模式下，当 SBC 处于待机（RXD 高电平）或休眠模式时，看门狗将不会运行。如果捕获了唤醒事件，则引脚 RXD 被强制为低电平以发出事件信号，并且看门狗在超时模式下自动重新启动。如果捕获唤醒事件时 SBC 处于休眠模式，它将切换到待机模式。

## 11.6. 系统复位

当系统复位发生时，SBC 切换到复位模式并在引脚 RSTN 上产生低电平脉冲。CA-IF1169 可以区分多达 13 个不同的复位源。

### 11.6.1. RSTN 的特性

引脚 RSTN 是一款双向开漏低边驱动器，集成了上拉电阻，如图 11-2 所示。通过这种配置，SBC 可以检测到外部（例如微控制器）引脚下拉。输入复位脉冲宽度必须至少为  $t_{w(rst)}$ ，以确保正确检测外部复位事件

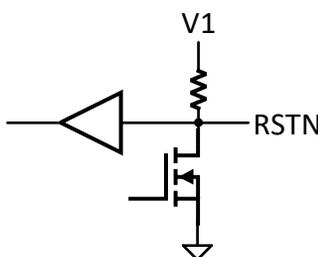


图 11-2 RSTN 管脚电路

### 11.6.2. 选择复位脉冲宽度

输出复位脉冲的持续时间通过启动控制寄存器中的 RLC 位进行选择（见表格 11-9）。SBC 区分冷启动和热启动。如果复位事件与 V1 欠压事件（上电复位、休眠模式复位、过温复位、进入前或复位模式期间 V1 欠压）相结合，则执行冷启动。RLC 位的设置决定了冷启动的输出复位脉冲宽度

如果在没有 V1 欠压的情况下发生任何其他复位事件（外部复位、看门狗故障、常规模式下的看门狗更改尝试、非法休眠模式命令），则执行热启动。SBC 使用最短复位长度（当 RLC=11 时定义的  $t_{w(rst)}$ ）。

### 11.6.3. 启动控制寄存器

表格 11-9 启动控制寄存器(地址 73h)

位	符号	访问	值	描述
7:6	保留	读	-	
5:4	RLC	读/写		RSTN 输出复位脉冲宽度:
			00	tw(rst) = 20 ms ~ 25 ms
			01	tw(rst) = 10 ms ~ 12.5 ms
			10	tw(rst) = 3.6 ms ~ 5 ms
	11	tw(rst) = 1 ms ~ 1.5 ms		
3	V2SUC	读/写	-	V2 启动控制:
			0	上电时 V2C 事件位设置为 00
			1	上电时 V2C 事件位设置为 01
2:0	保留	读	-	

### 11.6.4. 复位源

以下事件将导致 CA-IF1169 切换到复位模式:

- $V_{V1}$  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)
- MTPNV 编程周期完成后的关闭模式
- 引脚 RSTN 在外部下拉
- 看门狗在窗口模式下溢出
- 看门狗在窗口模式下过早触发 (在  $t_{trig(wd)1}$  前)
- 看门狗在超时模式下溢出, WDF=1 (监视程序故障挂起)
- 在常规模式下, 尝试改变看门狗控制寄存器
- SBC 离开关闭模式
- 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 离开过温模式
- 收到非法休眠模式命令
- 由于帧检测错误而从休眠模式唤醒

### 11.7. 全局温度保护

休眠模式和关闭模式外, CA-IF1169 的温度受到持续监控。如果温度超过过温保护阈值  $T_{th(act)otp}$ , SBC 将切换到过温模式。此时, RSTN 被拉低, V1、V2/VEXT 和 CAN 收发器被关闭 (如果连接了外部 PNP 晶体管, 它也将被关闭, 见第 7.6.2 节)。当温度低于过温保护释放阈值  $T_{th(rel)otp}$  时, SBC 通过复位模式切换到待机模式。

此外, CA-IF1169 还提供过温警告。当 IC 温度升至过温警告阈值  $T_{th(warn)otp}$  以上时, 状态位 OTWS 被置位, 并捕获过温警告事件 (OTW=1)。

### 11.8. 电源

#### 11.8.1. 电池供电电源

内部电路由电池通过引脚 BAT 供电。IC 必须避免受到负压影响, 可以通过使用外部串联二极管。如果  $V_{BAT}$  低于断电检测阈值  $V_{th(det)poff}$ , SBC 将切换到关闭模式。然而在 5V 版本中, 微控制器电源电压 (V1) 保持活动状态, 直到  $V_{BAT}$  降至 2 V 以下, 确保连接的微控制器中的内存尽可能长时间保持活动状态 (RAM 保留功能, 在 3.3V 版本中不可用)。电池电压升至高于上电检测阈值  $V_{th(det)pon}$  后, 经过  $t_{startup}$ , SBC 从关闭模式切换至复位模式。上电事件状态位 PO 置 1, 表示 CA-IF1169 已上电并离开关闭模式。

### 11.8.2. 稳压器 V1

CA-IF1169 提供 5V 或 3.3V 电源 (V1)。V1 可提供高达 250mA 的负载电流。

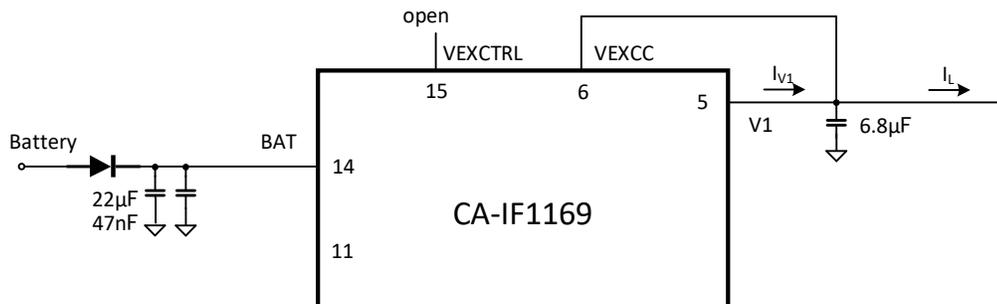


图 11-3 V1 在内部供电

为了防止器件在高环境温度或高平均电流下过热，SBC 可以连接外部 PNP 晶体管，如图 11-4 所示。在此配置中，功耗分布在 SBC ( $I_{V1}$ ) 和 PNP 晶体管 ( $I_{PNP}$ )。当负载电流达到 PNP 激活阈值  $I_{th(Act)PNP}$  时，PNP 晶体管被激活。根据调节器控制寄存器中的 PDC 位用，调节功耗的分配方式。

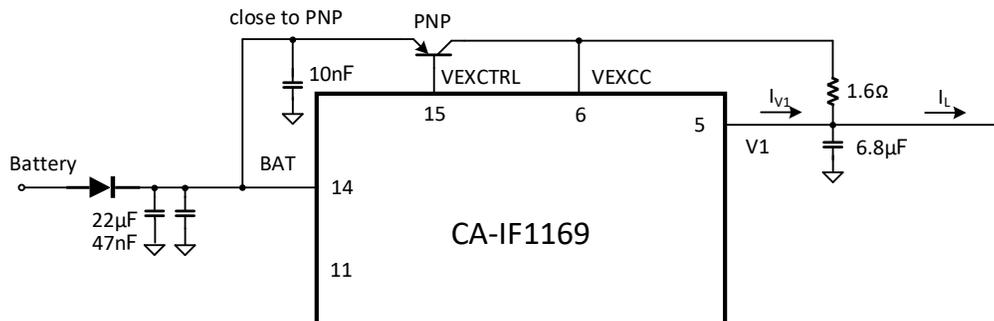


图 11-4 V1 在内部与外部 PNP 共同供电

为了实现短路保护，必须在引脚 V1 和 VEXCC 之间串联一个电阻，以监控电流。该电阻限制外部晶体管提供的电流。如果引脚 VEXCC 和 V1 之间的电压差达到  $V_{th(Act)lim}$  (PNP 限流激活阈值电压)，晶体管电流将不会进一步增加。一般来说，电流放大系数 ( $\beta$ ) 在 50 到 500 之间的任何 PNP 晶体管都可以使用。

V1 上的输出电压受到监控，如果 V1 上的电压降至所选欠压阈值以下 (5V 版本的标称 V1 输出电压的 60%、70%、80% 或 90%，通过稳压器控制寄存器中的 V1RTC 选择；3.3V 版本，固定为 V1 的 90%，见表格 11-6)，则会生成系统复位。

上电欠压阈值的默认值由 SBC 配置控制寄存器中 V1RTSUC 位确定 (表格 11-6)。SBC 配置控制寄存器位于非易失性存储器中，允许用户在任何电池启动时定义默认欠压阈值 (V1RTC)。

此外，如果 V1 上的电压低于标称值的 90% (并且启用了 V1U 事件检测，V1UE=1，见表格 11-30)，则会生成欠压警告 (V1U 事件)。此信息可用作警告，在 5V 版本中选择 60%、70% 或 80% 阈值，以指示 V1 上的电平超出标称电源范围。V1 的状态，无论是高于还是低于 90% 欠压阈值，都可以通过电源电压状态寄存器中的位 V1S 进行轮询 (表格 11-11)。

### 11.8.3. 稳压器 V2

引脚 13 是稳压器输出 (V2)，可提供高达 100mA 的电流。CAN 收发器由 V2 内部供电，消耗一部分可用电流。V2 没有对电池短路或负压的保护，并且不应用于为板外供电。

V2 由软件控制，必须打开 (通过稳压器控制寄存器中的位 V2C，见表格 11-10) 以激活内部 CAN 收发器的电源电压。通过 CAN 接口进行唤醒检测不需要 V2。

上电时 V2C 的默认值由非易失性存储器中的 V2SUC 位定义（见表格 11-9）。V2 的状态可以从电源电压状态寄存器进行轮询。

表格 11-10 调节控制寄存器(地址 10h)

位	符号	访问	值	描述
7	保留	读	-	
6	PDC	读/写		配电控制:
			0	V1 阈值电流用于激活外部 PNP 晶体管, 负载电流不断上升; Ith(act)PNP V1 关闭外部 PNP 晶体管的阈值电流, 负载电流下降; Ith(deact)PNP
			1	V1 激活外部 PNP 晶体管的阈值电流; 负载电流上升; Ith(act)PNP V1 关闭外部 PNP 晶体管的阈值电流; 负载电流下降; Ith(deact)PNP
5:4	保留	读	-	
3:2	V2C	读/写	-	V2 配置:
			00	V2 在所有模式下均关闭
			01	常规模式下 V2 打开
			10	V2 在常规、待机和重置模式下打开
			11	V2 在常规、待机、睡眠和复位模式下开启
1:0	V1RTC <sup>[1]</sup>	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] 仅 5V 版本; 默认值由启动阶段 V1RTSUC 的值决定。3.3V 版本固定为 00, 回读也固定为 00

表格 11-11 电源电压状态寄存器(地址 1Bh)

位	符号	访问	值	描述
7	保留	读	-	
2:1	V2S	读	-	V2 状态:
			00	V2 电压正常
			01	V2 输出电压低于欠压阈值
			10	V2 输出电压高于过压阈值
			11	V2 禁用
1:0	V1S	读		V1 状态:
			0	V1 输出电压高于 90% 欠压阈值
			1	V1 输出电压低于 90% 欠压阈值



表格 11-12 故障安全寄存器(地址 02h)

位	符号	访问	值	描述
7: 3	保留		-	
2	LHC	读/写	-	LIMP 控制:
			0	LIMP 引脚浮空
			1	LIMP 引脚被驱动为低电平
1:0	RCC	读/写		复位计数器控制:
			0	当 FNMC = 0 时, 每次 SBC 进入复位模式时都会递增; RCC 从 11 溢出到 00; 上电默认为 00

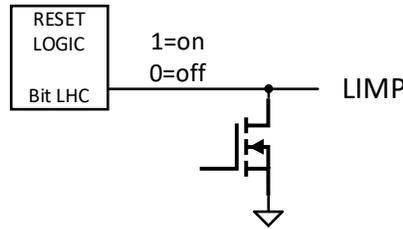


图 11-6 LIMP 管脚电路图

### 11.10. 高速 CAN 收发器

集成的高速 CAN 收发器支持 1M bit/s 的数据传输, 兼容 ISO 11898-2:2016 中的定义 (自主偏置以及选择唤醒功能)。根据衍生铲平, CAN 发送器由 V2 内部供电, 可以支持 5M bit/s 的 CAN FD 网络。

CAN 收发器支持自主偏置, 以帮助减少射频辐射, 当收发器处于主动或静默态(CMC=01/10/11)时, CANH 和 CANL 一直偏置在 2.5V。当总线长期没有活动( $t > t_{to(silence)}$ )时, 总线偏置到 GND (离线模式), 当检测到总线有活动时则自主偏置到 2.5V (离线偏置模式)。自主偏置确保了总线处于正确偏置状态, 避免干扰其他正在通信的节点, 自主偏置电压来自于  $V_{BAT}$ 。

CAN 收发器支持四种工作模式:主动, 静默, 离线和离线偏置 (如图 11-7)。收发器的工作模式取决于芯片的工作状态以及 CAN 控制寄存器中 CMC 位的设置, 当 CA-IF1169 处于待机或休眠模式下, 收发器被置于离线模式或离线偏置模式(取决于总线的活动状态)。

#### 11.10.1. CAN 主动模式

在主动模式下, 收发器可以通过 CANH 和 CANL 正常的传输数据, 接收器将总线的模拟信号转化为数字信号输出到 RXD 管脚。当 CMC=01 或 10 时进入主动模式, CMC=01 时, 欠压检测使能, 若 V1 电压降低至阈值  $V_{uvd(CAN)}$  以下, 收发器进入离线或离线偏置模式; 当 CMC=10, 欠压检测功能关闭, 当因 V1 低于 V1 复位阈值 (通过 V1RTC 设置) 进入复位模式下, 收发器才进入离线或离线偏置模式。

CAN 收发器处于主动模式当:

- CA-IF1169 处于常规模式 (MC=111) 并且 CMC 为 01 或 10
- 如果 CMC=01, V2 引脚上的电压大于  $V_{uvd(CAN)}$
- 如果 CMC=10, V2 引脚上的电压大于 V2 复位阈值

当 CAN 收发器通过 CMC 位选择进入主动模式但 TXD 一直为低电平, 则 CAN 收发器不会进入主动模式, 将会保持或切换到静默模式中, 直到 TXD 管脚跳高才会离开静默模式。这样可以避免由于硬件或软件失效而将总线驱动到未知的显性态。在 CAN 主动模式下, CAN 总线偏置电压来自 V2。可以通过读取收发器状态寄存器中的 CTS 位 (表格 11-14) 来判断总线是否准备好接受数据或处于关闭状态。

#### 11.10.2. CAN 静默模式

在静默模式下接收器正常工作而发送器关闭, 总线偏置依然存在。

CAN 收发器处于静默态当:

- CA-IF1169 处于常规模式并且 CMC 为 11

当 TXD 为低电平时，收发器不会离开静默模式。当 CMC=01 或 10 但 V2 低于 90%欠压阈值，收发器也不会离开静默模式。

### 11.10.3. CAN 离线和离线偏置模式

在离线模式下，CANH 和 CANL 被偏置到 GND，若 CAN 唤醒功能使能(CWE=1)，收发器会监控总线的状态等待唤醒。

除了 CAN 总线被偏置到 2.5V，离线偏置模式同离线模式相同。在离线模式下，当检测到 CAN 总线有活动则会主动进入离线偏置模式。若总线没有活动时间超过  $t_{to(silence)}$ ，收发器会返回到 CAN 离线模式。

CAN 收发器从 CAN 主动模式或 CAN 静默模式切换到 CAN 离线模式当：

- CA-IF1169 切换到复位或待机或休眠模式或
- CA-IF1169 处于常规模式并且 CMC 为 00

上述条件还需假定总线在  $t_{to(silence)}$ 时间内没有活动，若有活动，收发器会先进入离线偏置模式然后等待总线静默时间超过  $t_{to(silence)}$ 之后进入离线模式。

如果 CMC=01 并且  $V_{CAN}$  电压降低至 90%以下或 V2 引脚的电压降低至 V2 复位阈值以下 (CMC=01 或 10)，CAN 收发器将切换到 CAN 离线/离线偏置模式。

CAN 收发器切换到 CAN 离线模式当：

- 在离线偏置模式下总线静默时间超过  $t_{to(silence)}$ 或
- CA-IF1169 从关闭模式或过温模式切换到复位模式

CAN 收发器从离线模式切换到离线偏置模式当：

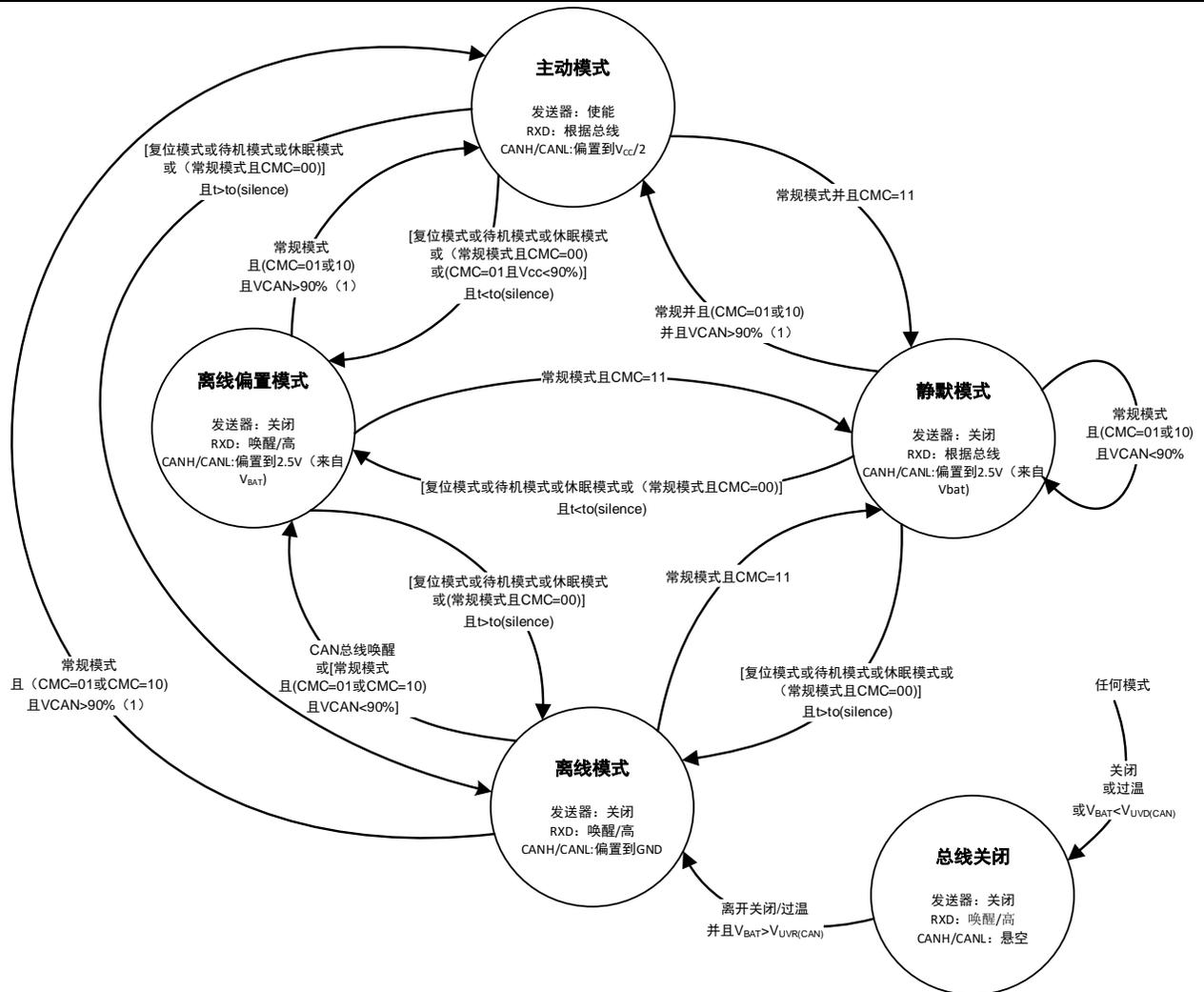
- 总线检测到标准的唤醒序列或；
- 收发器处于常规模式，CMC=01 或 10 并且  $V_{CAN}<90\%$

### 11.10.4. CAN 关闭模式

CAN 收发器将会完全关闭使总线悬空当：

- CA-IF1169 切换到关闭模式或过温模式或
- $V_{BAT}$  电压降低至接收器的欠压检测电压阈值  $V_{uvd(can)}$

当  $V_{BAT}$  电压上升至欠压恢复阈值点( $V_{uvr(can)}$ )以上并且不在关闭/过温模式，总线将会再次切换到 CAN 离线模式。当连接到收发器的电池电压丢失，CAN 关闭模式可以防止总线电流倒灌。



注释（1）：当TXD被强拉到地时，收发器不允许进入主动模式

图 11-7 CAN 收发器状态机示例图

### 11.10.5. CAN 标准唤醒（局域唤醒关闭）

当CAN收发器在离线模式并且CAN唤醒功能使能( $CWE=1$ )，但是选择性唤醒关闭( $CPNC=0$ 或 $PNCOK=0$ )，CA-IF1169将会监控总线等待标准唤醒序列。

唤醒时，接受器会有一个滤波来过滤掉EMI产生的毛刺（图11-8），标准的唤醒序列(ISO 118898-2:2016)包含：

- 显性位至少持续  $twake$ ，然后紧跟
- 隐性位至少持续  $twake$ ，然后紧跟
- 显性位至少持续  $twake$

若上述中的显性或隐性位宽比  $twake$  短将会被忽略。一个完整的显性-隐性-显性位序列必须在  $tto(wake)_{bus}$  内被识别才被认为是有效的唤醒，否则，内部唤醒逻辑被复位，需再次发送完整的唤醒序列。当识别到完整的唤醒序列后，RXD管脚从高跳低，收发器状态寄存器中的唤醒位CW(表格11-27)被置位。当在休眠模式下检测到唤醒序列，V1使能给微控制器供电，SBC经过复位模式切换到待机模式。

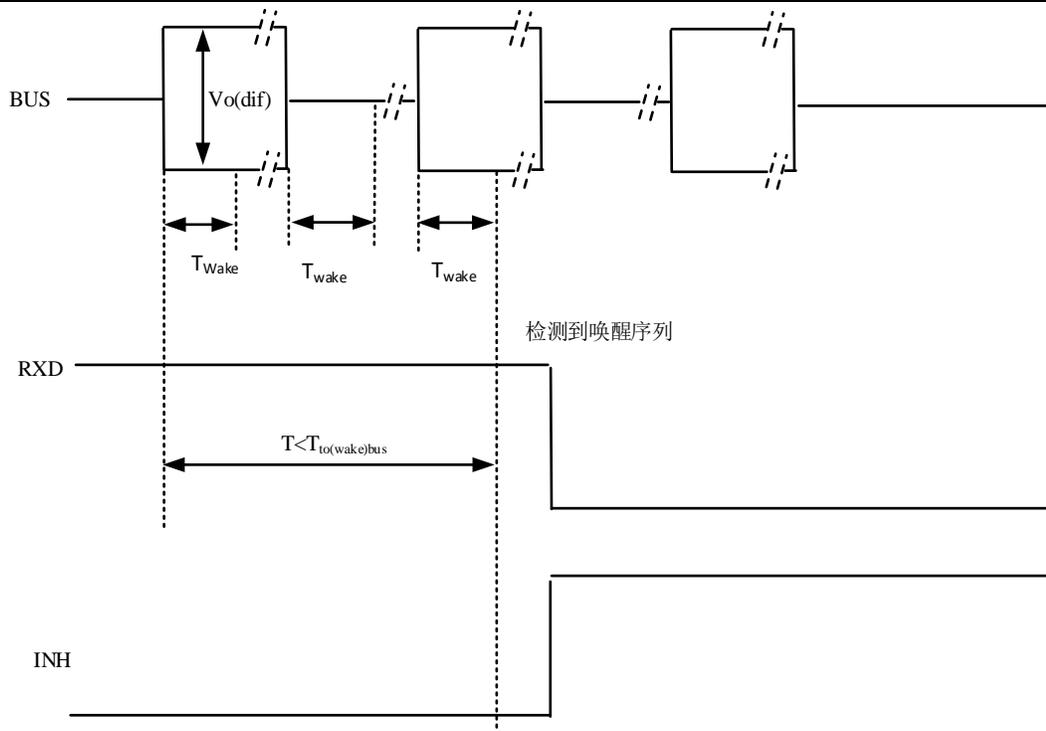


图 11-8 总线唤醒序列示例图

### 11.10.6. CAN 控制和收发器状态寄存器

表格 11-13 CAN 控制寄存器(地址 20h)

位	符号	访问	值	描述
7	保留	读	-	
6	CFDC	读/写		CAN DF 容忍
			0	CAN DF 容忍关闭
			1	CAN DF 容忍使能
5	PNCOK	读/写		CAN 局域网络配置
			0	局域网络寄存器无效(仅能通过标准唤醒序列)
			1	局域网络寄存器被成功配置
4	CPNC	读/写		CAN 局域网络唤醒, 使能后, 节点是局域网络的一部分
			0	关闭 CAN 选择唤醒
			1	使能 CAN 选择唤醒
3: 2	保留	读	-	
1:0	CMC	读/写		CAN 收发器工作模式选择
			00	离线模式
			01	主动模式(常规状态下);V <sub>CAN</sub> 欠压检测使能, 保持或切换到主动模式需要 V <sub>CAN</sub> 电压在欠压阈值以上

			10	主动模式(常规状态下);V <sub>CAN</sub> 欠压检测关闭, 切换到主动模式需要 V <sub>CAN</sub> 电压在欠压阈值以上
			11	静默模式

表格 11-14 收发器状态寄存器(地址 22h)

位	符号	访问	值	描述
7	CTS	读		CAN 收发器状态
			0	CAN 收发器不在主动态
			1	CAN 收发器在主动态
6	CPNERR	读		CAN 局域网络错误状态
			0	没有发现 CAN 局域网络错误 (PNFDE=0 并且 PNCOK=1)
			1	发现局域网络错误(PNFDE=1 或 PNCOK=0); 仅通过标准模式唤醒
5	CPNS	读		CAN 局域网络状态
			0	CAN 局域网络配置错误(PNCOK=0)
			1	CAN 局域网络配置成功(PNCOK=1)
4	COSCS	读		CAN 振荡器状态
			0	CAN 局域网络振荡器不符合目标频率
			1	CAN 局域网络振荡器符合目标频率
3	CBSS	读		CAN 总线静默状态
			0	CAN 总线主动(检测到总线上有通信)
			1	CAN 总线不活动(超过时间 tto(silence))
2	保留	读		
1	VCS <sup>[1]</sup>	读		V <sub>CAN</sub> 电源电压状态
			0	V <sub>CAN</sub> 大于欠压检测阈值(V <sub>uvd</sub> (V <sub>CAN</sub> ))
			1	V <sub>CAN</sub> 小于欠压检测阈值(V <sub>uvd</sub> (V <sub>CAN</sub> ))
0	CFS	读		CAN 故障状态
			0	没有发现 TXD 超时保护
			1	发现 TXD 超时保护, CAN 发送器被关闭

注释[1] 仅当常规模式并且 CMC=01 时有效

### 11.11. CAN 局域网络

局域网络允许 CAN 网络中的节点在识别唤醒帧(WUF)后能够选择性的响应, 只有部分需要功能的节点在总线上活动而其他节点仍然保持低功耗模式。当 CAN 唤醒(CWE=1)和 CAN 选择性唤醒(CPNC=1)都使能, 并且局域网络寄存器被成功配置(PNCOK=1), 收发器监控总线的状态等待特定的唤醒帧。

11.11.1. 唤醒帧(WUF)

唤醒帧是跟据 ISO 11898-1:2015 中定义的帧, 包含标识符域(ID), 数据长度代码(DLC), 数据域和循环冗余校验(CRC)代码及 CRC 分隔符。通过帧控制寄存器中的标识符拓展位 IDE 可以选择唤醒帧的格式: 标准(11 位)或拓展(29 位)。

有效的唤醒帧标识符定义和储存在 ID 寄存器中(表格 11-17), ID 屏蔽允许一组标识符都被一个节点所识别。在屏蔽寄存器(表格 11-18)中定义了标识符屏蔽位, 其中 1 代表“不管”。

图 9-4 给出了一个例子, 一个标准的 11 位标识符 0x1A0, 该标识符被存储在 ID 寄存器 2(0x29)和 3(0x2A)中, ID 屏蔽的最低三位被置于 1, 意味着其相应的标识位为“不管”, 这样, 接受唤醒帧(WUF)中的八位(从 0x1A0 到 0x1A7)都可以被识别为有效唤醒。

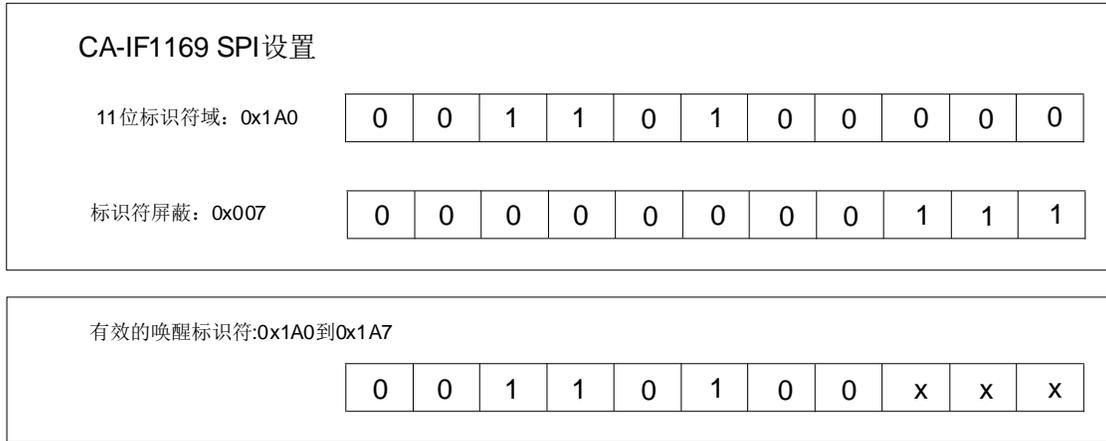


图 11-9 选择唤醒帧中的标识符域评估示例图

数据域显示哪些节点要被唤醒, 在数据域中, 几组节点可以被预先定义并且同数据屏蔽位组合起来。通过对比到来的数据和数据屏蔽位, 多组节点可以由一个唤醒信息同时唤醒。

数据长度代码(帧控制寄存器中的 DLC 位)决定了唤醒帧中的数据字节数(从 0 到 8), 如果有一个或更多的数据字节(DLC≠0000), 接受到的唤醒帧中的至少有一位要置 1, 数据屏蔽寄存器的相应位也必须至少一位为 1 才能成功唤醒。每一对匹配的 1 意味着一组节点可以被唤醒(因为数据域共 8 个字节长, 共 64 个节点可以被定义)。

如果 DLC=0000, 当 WUF 包含一个有效的标识符并且接受的数据长度代码为 0000, 该节点就可以被唤醒, 不管数据屏蔽中存储的数值。如果 DLC≠0000 并且所有的数据屏蔽为被置 0, 那么器件不会被 CAN 总线唤醒(注:所有数据屏蔽的默认值为 1)。如果一个 WUF 包含一个有效的 ID 但是 DLC 不匹配, 不管数据域如何, 所有节点都不会被唤醒。

图 9-5 给出了一个例子, 数据域仅包含一个字节(DLC=1), 这意味着唤醒帧将要来的数据要同数据屏蔽 7(存储在地址 6Fh)进行对比。假若数据屏蔽 7 定义为 10101000, 而相应的数据帧也被置 1, 那么三组节点可以被唤醒(组 1, 3, 5)。

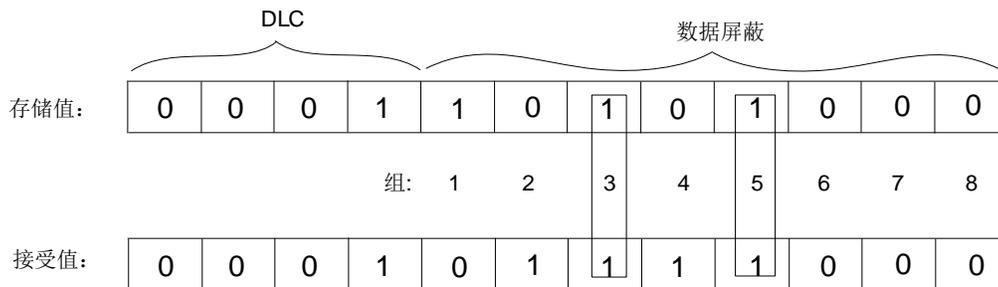


图 11-10 选择唤醒帧中的数据域评估示例图

如果 PNDM=0, 只需评估标识符域是否包含有效的唤醒信息, 如果 PNDM=1 (默认值), 则还需评估数据域。

当 PNDM=0, 有效的唤醒信息被检测以及唤醒事件被识别(CW 被置 1) 当:

- 接受的唤醒帧的标识符域同 ID 寄存器中序列相匹配, 并且

- 接受的唤醒帧的 CRC 域(包含隐性的 CRC 分隔符)没有错误
- 当 PNDM=1，有效的唤醒信息被检测以及唤醒事件被识别(CW 被置 1) 当：
- 接受的唤醒帧的标识符域同 ID 寄存器中序列相匹配，并且
  - 该帧不是远程帧，并且
  - 接受的数据长度代码同配置的数据长度代码(DLC)相匹配，并且
  - 如果数据长度代码大于 0，接受到的唤醒帧中的至少有一位要置 1，数据屏蔽寄存器的相应位也必须至少一位为 1，并且
  - 接受的 CRC 域（包含隐性的 CRC 分隔符）没有错误

如果 CA-IF1169 接受的 CAN 信息在 ACK 域之前包含错误(比如填充位错误或 CRC 错误，CRC 分隔符错误)，内部的错误计数器加 1。如果接受的 CAN 信息在 ACK 域之前不包含错误，计数器减 1。在 CRC 分隔符之后和下一次 SOF 之前接受的数据被认为是无效数据，不会引起计数器增加。如果计数器过载(计数器大于 31)，PNFDE 被置 1，器件被唤醒。当进入总线离线模式或局域网络被重新使能后计数器被清零。当应用软件将 PNCOK 位设置为 1，局域网络被假定成功配置。向 CAN 局域网络配置寄存器进行任何写操作，CA-IF1169 将 PNCOK 寄存器清零。如果选择性唤醒被关闭(CPNC=0)或者局域网络没有被成功配置(PNCOK=0),在 CAN 收发器处于唤醒使能的离线模式下，任何唤醒序列(根据 ISO 11898-2:2016)都将触发唤醒事件。如果 CAN 收发器不在离线模式(CMC≠00)或者 CAN 唤醒被关闭(CWE=0)，所有的唤醒序列都将被忽略。

选择唤醒支持 50 kbit/s, 100 kbit/s, 125 kbit/s, 250 kbit/s, 500 kbit/s, 1M kbit/s 的 CAN 比特率，比特率通过 CDR 位（表格 11-16）来选择。

每次错误计数器的增加或减少，解码器都需要等待 nBit\_idle 个隐性位在检测 SOF，如图 11-11 所示。

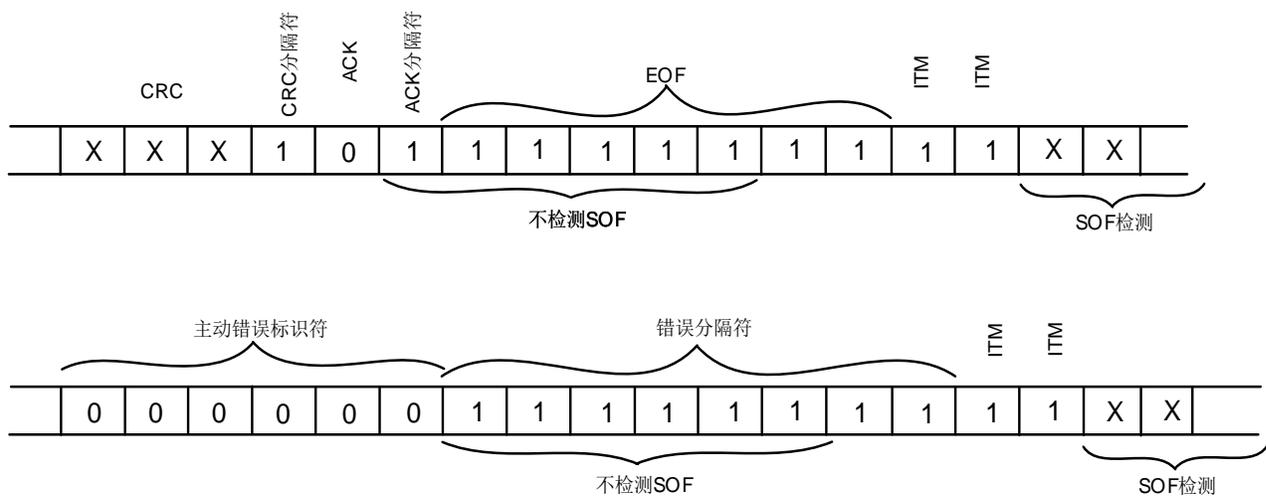


图 11-11 在经典 CAN 帧和错误情景下的 SOF 检测示例图

### 11.11.2. CAN FD 帧

CAN FD 标准基于 ISO 11898-1: 2015 中定义的 CAN 协议。CAN FD 被逐步的引入汽车市场，相应的，要求所有的 CAN 控制器兼容新的标准(使能“FD-主动”节点)或至少容忍 CAN FD 通信(使能“FD-被动”节点)。CA-IF1169 通过一些特定局域网络协议的实现支持 FD-被动模式。

一些变量可以被配置成识别 CAN FD 帧作为有效帧。当 CFDC=1（表格 11-13），每次接受到 CAN FD 的控制域，错误计数器减 1。CA-IF1169 在使能局域网络后依然保持低功耗，CAN FD 不会被识别为有效的唤醒帧，即使 PNDM=0（表格 11-19），FD 帧包含一个有效的 ID。在识别出 FD 帧之后，CA-IF1169 忽略后面的总线信号直到总线空闲(等待 nBit\_idle 个隐性位)。

显性位过滤时间 1  $T_{filtr(bit)dom1}$ : 应支持数据比特率 小于等于 4 倍仲裁速率或 2 Mbit/s（以较低者为准）。

显性位过滤时间 2  $T_{filtr(bit)dom2}$ : 应支持数据比特率 小于等于 10 倍仲裁速率或 5 Mbit/s（以较低者为准）。

显性位过滤器可通过 CAN 收发器数据速率寄存器 (25h) 中的 FD\_FL 位进行配置。当 CFDC=0, CAN FD 帧被理解为错误, 因此在接受到 CAN FD 后错误计数器增加。当 CAN FD 帧和有效的 CAN 帧的比例超过一定阈值以至错误计数器过载, PNFDE 为被置 1, 器件被唤醒。

### 11.11.3. 局域网络配置寄存器

一些特定的寄存器提供了 CAN 局域网络的配置。

表格 11-15 数据速率寄存器(地址 25h)

位	符号	访问	值	描述
7	FD_FL	读/写	0	‘0’ 表示 CAN FD 数据速率 $\leq$ 4 倍仲裁数据速率; ‘1’ 表 CAN FD 数据速率 $\geq$ 5 倍仲裁数据速率且 $\leq$ 10 倍仲裁数据速率
6: 0	保留	读		

表格 11-16 数据速率寄存器(地址 26h)

位	符号	访问	值	描述
7: 3	保留	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(当前选择 500 kbit/s)
			101	500 kbit/s
			110	保留(当前选择 500 kbit/s)
			111	1000 kbit/s

表格 11-17 ID 寄存器 0 到 3(地址 27h 到 2Ah)

地址	位	符号	访问	值	描述
27h	7: 0	ID7:ID0	读/写		ID7 到 ID0 用于拓展格式
28h	7: 0	ID15: ID08	读/写		ID15 到 ID8 用于拓展格式
29h	7: 2	ID23:ID18	读/写		ID23 到 ID18 用于拓展格式
					ID5 到 ID0 用于标准格式
2Ah	1: 0	ID17:ID16	读/写		ID17 到 ID16 用于拓展格式
	7: 5	保留	读	-	
	4: 0	ID28:ID24	读/写		ID28 到 ID24 用于拓展格式 ID10 到 ID6 用于标准格式

表格 11-18 ID 屏蔽寄存器 0 到 3(地址 2Bh 到 2Eh)

地址	位	符号	访问	值	描述
2Bh	7: 0	M7:M0	读/写		ID 屏蔽位 7 到 0 用于拓展格式
2Ch	7: 0	M15: M8	读/写		ID 屏蔽位 15 到 8 用于拓展格式
2Dh	7: 2	M23:M18	读/写		ID 屏蔽位 23 到 18 用于拓展格式

					ID 屏蔽位 5 到 0 用于标准格式
	1: 0	M17:M16	读/写		ID 屏蔽位 17 到 16 用于拓展格式
2Eh	7: 5	保留	读	-	
	4: 0	M28:M24	读/写		ID 屏蔽位 28 到 24 用于拓展格式 ID 屏蔽位 10 到 6 用于标准格式

表格 11-19 帧控制寄存器(地址 2Fh)

位	符号	访问	值	描述
7	IDE	读/写		标识符格式
			0	标准帧格式(11 位)
			1	拓展帧格式(29 位)
6	PNDM	读/写		局域网络数据屏蔽
			0	数据长度代码和数据域在唤醒时不评估
			1	数据长度代码和数据域在唤醒时评估
5:4	保留	读	-	
3: 0	DLC	读/写		CAN 帧中的数据字节数
			0000	0
			0001	1
			0010	2
			0011	3
			0100	4
			0101	5
			0110	6
			0111	7
			1000	8
			1001 到 1111	8 个字节

表格 11-20 数据屏蔽寄存器(地址 68h 到 6Fh)

地址	位	符号	访问	值	描述
68h	7: 0	DM0	读/写		数据屏蔽 0 配置
69h	7: 0	DM1	读/写		数据屏蔽 1 配置
6Ah	7: 0	DM2	读/写		数据屏蔽 2 配置
6Bh	7: 0	DM3	读/写		数据屏蔽 3 配置
6Ch	7: 0	DM4	读/写		数据屏蔽 4 配置
6Dh	7: 0	DM5	读/写		数据屏蔽 5 配置
6Eh	7: 0	DM6	读/写		数据屏蔽 6 配置
6Fh	7: 0	DM7	读/写		数据屏蔽 7 配置

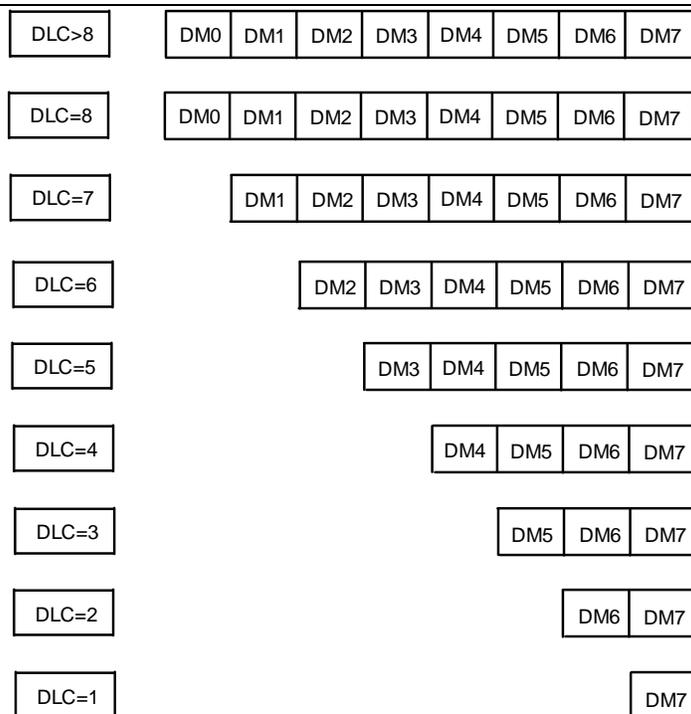


图 11-12 不同 DLC 值的数据屏蔽寄存器示例图

## 11.12. 故障安全模式

### 11.12.1. TXD 显性超时

当收发器在主动模式，TXD 管脚的低电平持续时间超过显性超时时间( $t_{to(dom)TXD}$ )之后，发送器被关闭。当 TXD 跳高后，TXD 显性超时计时器复位，超时保护时间定义了最小的传输速率为 4.4kbit/s。

当发生 TXD 显性超时后，如果 CFE=1，产生一个 CAN 故障中断(CF=1)。同时，TXD 显性超时可以通过收发器状态寄存器中的 CFS 位读取，CTS 被置 0。

### 11.12.2. TXD 管脚的上拉

TXD 通过一个内部上拉电阻连接到 V1，如果该管脚悬空，发送器处在隐性位。

### 11.12.3. V<sub>CAN</sub> 欠压行为

当 CMC=01 并且 CAN 收发器的供电电源降低至  $V_{uvd(CAN)}$  以下，在 CAN 故障检测使能的情况下(CFE=1)，CAN 故障位 (CF)被置 1，状态位 VCS 被置 1。

### 11.12.4. BAT 掉电行为

当 BAT 管脚掉电，对总线和微控制器不会造成影响，不会有总线电流倒灌到 BAT 上。

## 11.13. 通过 WAKE 管脚的本地唤醒

通过 WAKE 管脚事件使能寄存器（

表格 11-32）中的 WPRE 和 WPFE 位来使能本地唤醒，在常规，待机，休眠模式均可发生本地唤醒。唤醒是通过 WAKE 管脚的低到高的上升沿(WPRE=1)或高到低的下降沿(WPFE=1)来触发。当不需要本地唤醒功能时，将 WAKE 连接到 GND 以得到更好的 EMI 性能。当 CA-IF1169 在常规模式，WAKE 管脚的状态可以一直通过读取 WPVS 位得到，在其他模式下，只有当本地唤醒使能(WPRE=1 和/或 WPFE=1)读取 WPVS 位才有效。

表格 11-21 WAKE 状态寄存器(地址 4Bh)

位	符号	访问	值	描述
7: 2	保留	读	-	

1	WPVS	读		WAKE 管脚状态
			0	WAKE 管脚电压低于切换阈值 (Vth(sw))
			1	WAKE 管脚电压高于切换阈值 (Vth(sw))
0	保留	读	-	

**11.14. 通过 RXD 管脚进行唤醒和中断事件诊断**

通过唤醒和中断事件诊断，可以向微控制器提供很多功能和性能的状态信息。这些信息存储在事件状态寄存器中并且在使能状态下，可以通过 RXD 管脚显示出来。常规的唤醒事件和中断事件之间会做以区分。

PO 和 PNFDE 中断一直使能，其余事件的唤醒和中断检测可以分别通过事件捕获使能寄存器来使能或关闭。若相关的事件捕获功能使能，事件发生后，相关状态位被置 1，在 CAN 离线模式下，RXD 管脚被拉低以显示检测到了唤醒或中断事件。当在休眠模式下某个唤醒事件发生，V1 激活，CA-IF1169 将经过复位模式进入待机模式。当在待机模式下某个事件发生，RXD 被拉低以显示唤醒或中断。待机模式下检测到任何使能的唤醒事件将会触发唤醒，休眠模式下检测到任何使能的唤醒事件将会触发唤醒。

微控制器可以通过事件状态寄存器监测事件的发生。一个额外的寄存器，全局事件状态寄存器可以加速软件的处理。通过监测全局事件状态寄存器，微处理器可以快速的识别捕获事件的类型(系统，收发器或唤醒)，然后分别访问相关的寄存器。

在识别到唤醒源之后，向该状态位写入 1(写 0 没有效果)将该位清零，推荐只将刚读到的为 1 的状态寄存器清零，这样，可以确保在写操作过程中的触发事件不会丢失。

初始上电后 PO 值为 1，RXD 端口为低电平，将 PO 清零后，RXD 端口释放。将 PO 清零后才能进入休眠模式，否则 SPI 写入进入休眠模式命令只会进入待机模式。CAN 总线静默中断 CBS 在 CBSE=1 并且常规模式时候检测，若发生静默超时，CBS=1，将其写 1 清零后需要总线有活动后再重新计数  $t_{to(silence)}$ ，将其清零后才能进入休眠模式。CBS 在总线初始静默状态时候不产生中断，总线活动后再发生静默超时才会产生中断。CAN 故障标识符 CF 在常规模式下检测 TXD 显性超时或 V1 欠压(CMC=01)，若发生超时或 V1 欠压事件，CF=1，将其清零后才能进入休眠模式。在休眠模式下可以检测到 SPIF，但不会发生唤醒。若 OTWE 使能，发生过温事件，OTW 置 1，将其写 1 清零后过温条件存在，OTW 会继续被置 1。

在 CAN 主动模式和静默模式下，标准唤醒和唤醒帧均不会产生 CW 中断，Wake 管脚唤醒可以产生 CW 中断。

**表格 11-22 常规唤醒事件**

符号	事件	上电	描述
CW	CAN 唤醒	关闭	在 CAN 离线模式下检测到唤醒事件
WPR	WAKE 管脚的上升沿	关闭	检测到 WAKE 管脚的上升沿唤醒
WPF	WAKE 管脚的下降沿	关闭	检测到 WAKE 管脚的下降沿唤醒

**表格 11-23 中断事件**

符号	事件	上电	描述
PO	上电	一直使能	离开关闭模式（在电池连接或充电后）
OTW	过温警报	关闭	芯片温度超过过温警报阈值(只在常规模式下检测)
SPIF	SPI 故障	关闭	SPI 时钟计数错误，不合规的 MC 编码或企图向锁定的寄存器写入
PNFDE	PN 帧检测错误	一直使能	局域网络帧检测错误

CBS	CAN 总线静默	关闭	CAN 总线不活动时间超过 $t_{to(silence)}$ (只在 CBSE=1 并且常规模式)下检测)
CF	CAN 故障	关闭	检测到其中的一个故障 (不在休眠模式下): --TXD 显性超时导致 CAN 收发器不工作; --V <sub>CAN</sub> 欠压导致 CAN 收发器不工作(CMC=01);

### 11.14.1. 中断/唤醒延迟

离线模式下, 如果中断或唤醒事件频繁的发生, 会造成软件处理时间过长 (因为 RXD 管脚被重复的拉低, 每次唤醒/中断都需要微控制器响应)。CA-IF1169 设置了一个中断/唤醒延迟计数来限制对软件的干扰。当任何一个事件捕获状态位被清零, RXD 管脚被拉高, 计数器开始计数。在计数过程中若有事件发生, 相应的状态位被置 1。当计数结束后  $td(event)$ , 若计数期间有事件发生, RXD 管脚被再次拉低。这样, 微控制器处理一组事件只需中断一次, 而不是每个事件都要中断很多次。如果计数时间结束后, 事件捕获位都被清零(被微控制器), RXD 管脚仍然为高。事件捕获寄存器可以在任何时间读取。

### 11.14.2. 休眠模式保护

当 CA-IF1169 处于休眠模式时, 唤醒事件捕获功能至关重要, 因为 SBC 仅在响应捕获的唤醒事件时才离开休眠模式。为了避免潜在的系统死锁, SBC 区分常规事件和诊断事件。唤醒事件 (通过 CAN 总线或 WAKE 引脚) 被归类为常规事件; 诊断事件表示故障/错误条件或状态变化。在 SBC 切换到休眠模式之前, 必须至少启用一个常规唤醒事件。在禁用所有常规唤醒事件的情况下, 任何进入休眠模式的尝试都会触发系统复位。

SBC 切换到休眠模式之前必须满足的另一个条件是必须清除所有事件状态位。如果当 SBC 接收到休眠模式命令 (MC = 001) 时有一个事件处于待处理状态, 它会立即切换到复位模式。此条件适用于常规事件和诊断事件。

在出于安全原因, 不得切断主机控制器的电源电压的应用中, 可以永久禁用休眠模式。通过将 SBC 配置寄存器中的休眠控制位 (SLPC, 见表格 11-6) 设置为 1, 可以永久禁用休眠模式。该寄存器位于器件的非易失性存储区域中。当 SLPC=1 时, 休眠模式命令 (MC=001) 会触发 SPI 故障事件, 而不是切换到休眠模式。

### 11.14.3. 事件状态和事件捕获寄存器

在识别到唤醒源之后, 向该位写入 1(写 0 没有效果)将该位清零。

表格 11-24 全局事件状态寄存器(地址 60h)

位	符号	访问	值	描述
7: 5	保留	读	-	
4	FSE	读/写		功能安全事件
			0	没有挂起的功能安全事件
			1	寄存器 0x65h 中有挂起的功能安全事件
3	WPE	读/写		WAKE 管脚事件
			0	没有等待的 WAKE 管脚事件
			1	WAKE 管脚有事件等待在地址 0x64
2	TRXE	读/写	-	收发器状态
			0	没有等待的收发器事件
			1	收发器有事件等待在地址 0x63
1	SUPE	读/写	-	V1 和 V2 电源状态
			0	没有等待的电源事件
			1	电源有事件等待在地址 0x62
0	SYSE	读/写		系统事件
			0	没有等待的系统事件
			1	系统有事件等待在地址 0x61

表格 11-25 系统事件状态寄存器(地址 61h)

位	符号	访问	值	描述
7: 5	保留	读	-	
4	PO <sup>[1]</sup>	读/写		上电
			0	电池没有上电
			1	电池上电后离开关闭模式
3	保留	读	-	
2	OTW	读/写		
			0	没有检测到过温
			1	芯片温度超过过温警报阈值 (Tth(warn)otp)
1	SPIF	读/写		SPI 故障
			0	没有检测到 SPI 故障
			1	检测到 SPI 故障 SPI 时钟计数错误 (只有 16 位, 24 位和 32 位命令有效), 非法 WMC, NWP 或 MC 代码或试图写访问锁定寄存器 (除休眠模式外)
0	WDF	读/写	-	看门狗故障
			0	没有检测到看门狗故障
			1	窗口模式下看门狗溢出或超时模式下看门狗过早触发; 在窗口模式下, 响应看门狗故障而立即触发系统复位; 当看门狗在超时模式下溢出时, 只有当 WDF 已经挂起 (WDF = 1) 时才执行系统复位。

[1] 当由于欠压事件而进入休眠模式, PO 位被清零。PO 位的信息可能由于欠压而丢失, NMS 位, 在重新上电切换到常规模式后被置 0, 可以补偿这个信息。

表格 11-26 电源事件状态寄存器(地址 62h)

位	符号	访问	值	描述
7: 3	保留	读	-	
2	V2O	读/写	-	V2 过压
			0	没有检测到 V2 过压
			1	检测到 V2 过压
1	V2U	读/写	-	V2 欠压
			0	没有检测到 V2 欠压
			1	检测到 V2 欠压
0	V1U <sup>[2]</sup>	读/写	-	V1 欠压
			0	没有检测到 V1 欠压
			1	检测到 V1 欠压 <sup>[1]</sup>

[1] 仅在 V1 有效的情况下检测 (如休眠模式下, V1 处于 off 状态, 则不会检测)

[2] 该事件检测与 V1RTC 设置的值无关

表格 11-27 收发器事件状态寄存器(地址 63h)

位	符号	访问	值	描述
7: 6	保留	读	-	
5	PNFDE	读/写	-	局域网络帧检测错误
			0	局域网络帧没有检测到错误
			1	局域网络帧检测到错误
4	CBS	读/写	-	CAN-总线状态
			0	CAN 总线活动
			1	CAN 总线不活动时间超过 tto(silence)
3: 2	保留	读	-	
1	CF <sup>[1]</sup>	读/写	-	总线故障
			0	没有检测到总线故障
			1	检测到总线故障
0	CW	读/写	-	CAN 唤醒
			0	没有检测到 CAN 唤醒
			1	检测到 CAN 唤醒

[1] CF 只在常规模式下,收发器在 CAN 常规模式下被使能,当检测到 TXD 有超时保护或者有 V<sub>CAN</sub> 欠压发生(当 CMC=01)

表格 11-28 WAKE 管脚事件状态寄存器(地址 64h)

位	符号	访问	值	描述
7: 2	保留	读	-	
1	WPR	读/写	-	WAKE 管脚上升沿
			0	没有检测到 WAKE 管脚上升沿
			1	检测到 WAKE 管脚上升沿
0	WPF	读/写	-	WAKE 管脚下降沿
			0	没有检测到 WAKE 管脚下降沿
			1	检测到 WAKE 管脚下降沿

表格 11-29 系统事件状态使能寄存器(地址 04h)

位	符号	访问	值	描述
7: 3	保留	读	-	
2	OTWE	读/写	-	过温警报使能
			0	过温警报不使能
			1	过温警报使能
1	SPIFE	读/写	-	SPI 故障使能
			0	SPI 故障检测不使能
			1	SPI 故障检测使能
0	保留	读	-	

表格 11-30 供电事件捕获使能寄存器(地址 1Ch)

位	符号	访问	值	描述
7: 3	保留	读	-	

2	V2OE	读/写		V2 过压使能控制位
			0	V2 过压检测不使能
			1	V2 过压检测使能
1	V2UE	读/写	-	V2 欠压使能控制位
			0	V2 欠压检测不使能
			1	V2 欠压检测使能
0	V1UE	读/写	-	V1 欠压使能控制位
			0	V1 欠压检测不使能
			1	V1 欠压检测使能

表格 11-31 收发器事件捕获使能寄存器(地址 23h)

位	符号	访问	值	描述
7: 5	保留	读	-	
4	CBSE	读/写		CAN 总线静默使能
			0	CAN 总线静默检测关闭
			1	CAN 总线静默检测使能
3: 2	保留	读	-	
1	CFE	读/写		CAN 总线故障使能
			0	CAN 总线故障检测关闭
			1	CAN 总线故障检测使能
0	CWE	读/写		CAN 唤醒使能
			0	CAN 总线唤醒检测关闭
			1	CAN 总线唤醒检测使能

表格 11-32 WAKE 管脚事件使能寄存器(地址 4Ch)

位	符号	访问	值	描述
7: 2	保留	读	-	
1	WPRE	读/写		WAKE 管脚上升沿使能
			0	WAKE 管脚上升沿检测关闭
			1	WAKE 管脚上升沿检测使能
0	WPFE	读/写		WAKE 管脚下降沿使能
			0	WAKE 管脚下降沿检测关闭
			1	WAKE 管脚下降沿检测使能

### 11.15. 功能安全设计

CA-IF1169 具有功能安全相关的设计，主要体现在供电电源的监控，关键接口 stuck 监测，以及主要电路的上电自检（ABIST）功能。

表格 11-33 供电状态监控寄存器(地址 1Dh)

位	符号	访问	值	描述
7	保留	读	-	
6	VBAT_OVS	读		BAT 输出过压

			0	低于过压阈值
			1	高于过压阈值
5	V2OCS	读		V2 输出过流
			0	低于过流阈值
			1	高于过流阈值
4	V1OCS	读		V1 输出过流
			0	低于过流阈值
			1	高于过流阈值
3	V1OVS	读		V1 输出过压
			0	低于过压阈值
			1	高于过压阈值
2	RSTN_STUCK1_S	读		RSTN stuck 状态
			0	无 stuck
			1	有 stuck
1	LIMP_STUCK_S	读		LIMP stuck 状态
			0	无 stuck
			1	有 stuck
0	RXD_STUCK_S	读		RXD stuck 状态
			0	无 stuck
			1	有 stuck

表格 11-34 供电状态监控使能寄存器(地址 4Dh)

位	符号	访问	值	描述
7	保留	读/写	-	
6	VBAT_OVE	读/写		BAT 输出过压检测使能开关
			0	不使能
			1	使能
5	V2OCE	读/写		V2 输出过流检测使能开关
			0	不使能
			1	使能
4	V1OCE	读/写		V1 输出过流检测使能开关
			0	不使能
			1	使能
3	V1OVE	读/写		V1 输出过压检测使能开关
			0	不使能
			1	使能
2	RSTN_STUCK1_EN	读/写		RSTN stuck 检测使能开关
			0	不使能
			1	使能
1	LIMP_STUCK_EN	读/写		LIMP stuck 检测使能开关
			0	不使能
			1	使能
0	RXD_STUCK_EN	读/写		RXD stuck 检测使能开关

			0	不使能
			1	使能

表格 11-35 供电状态监控事件寄存器(地址 65h)

位	符号	访问	值	描述
7	保留	读	-	
6	VBAT_OV	读		BAT 输出过压检测
			0	低于过压阈值
			1	高于过压阈值, 状态挂起
5	V2OC	读		V2 输出过流检测
			0	低于过流阈值
			1	高于过流阈值, 状态挂起
4	V1OC	读		V1 输出过流检测
			0	低于过流阈值
			1	高于过流阈值, 状态挂起
3	V1OV	读		V1 输出过压检测
			0	低于过压阈值
			1	高于过压阈值, 状态挂起
2	RSTN_STUCK1	读		RSTN stuck 检测
			0	无 stuck
			1	有 stuck 挂起
1	LIMP_STUCK	读		LIMP stuck 检测
			0	无 stuck
			1	有 stuck 挂起
0	RXD_STUCK	读		RXD stuck 检测
			0	无 stuck
			1	有 stuck 挂起

表格 11-36 上电自检功能(地址 66h)

位	符号	访问	值	描述
7: 4	保留	读	-	
3	V1_UVRST_ABIST	读		V1 欠压复位电路
			0	自检通过
			1	自检不通过
2	V1_UV_ABIST	读		V1 欠压检测电路
			0	自检通过
			1	自检不通过
1	V2_UV_ABIST	读		V2 欠压检测电路
			0	自检通过
			1	自检不通过
0	V2_OV_ABIST	读		V2 过压检测电路
			0	自检通过
			1	自检不通过

## 11.16. 非易失 SBC 配置

CA-IF1169 具有多次在线调试的配置能力；同时包含至少两次烧写能力的非易失性存储器，允许重新配置某些默认器件设置。针对不同应用，可以配置不同的上电和复位行为，以及系统基础芯片工作模式的配置。非易失性存储器地址范围为 73h 至 74h。详细信息请参见表格 11-9 和表格 11-6。

### 11.16.1. 非易失性存储器单元编程

出厂默认设置下，器件处于强制常规模式（FNMC=1 且 NVMP5=1）。在强制常规模式下，看门狗被禁用，所有稳压器均开启且 CAN 收发器处于活动模式。

如果要正常使用该器件，必须更改出厂默认设置，就需要对非易失性存储器进行编程。非易失性存储器寄存器的编程分两步执行。首先，将所需的值写入地址 73h 和 74h。在第二步中，通过将正确的 CRC 值写入非易失性存储器 CRCC 控制寄存器（见表格 11-38）来确认重新编程。CRC 值一经验证，SBC 就开始对非易失性存储器单元重新编程。如果 CRC 值不正确，则重新编程将中止。完成后，会生成系统复位，表明非易失性存储器单元已成功重新编程。（请注意，非易失性存储器单元在重新编程时无法读取。）当 BAT 重新上电后，芯片将按照新的编程设置进行工作。

非易失性存储器编程周期完成后，NVM 会受到保护，不会被覆盖。非易失性存储器单元可重编程 2 次（ $N_{CVQ(W)}$ ）。非易失性存储器状态寄存器（表格 11-37）中的 NVMP5 位指示非易失性单元是否可以重新编程。该寄存器还包含一个写计数器，WRCNTS，每次非易失性存储器单元重新编程时都会递增（最高可达最大值 2；没有溢出；执行出厂重置也会递增计数器）。该计数器仅供参考，当达到最大值时，重新编程不会被拒绝。

纠错码状态位 ECCS 设置为指示 SBC 中的 CRC 校验机制已检测到并纠正了非易失性存储器中的单个位故障。如果检测到多于一位故障，SBC 在非易失性存储器重新编程后将不会重新启动。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。当该标志被设置时，表明设备或 ECU 出现故障。

如果器件已完成编程，但需要更改默认配置，就需要重新编程，需要执行以下步骤来完成：

- a) VBAT 掉电
- b) 引脚 RSTN 保持低电平
- c) CANH 上拉至  $V_{BAT}$
- d) CANL 下拉至低电平（可至负压）
- e) VBAT 上电（7.5V 以上），并保持 b)、c)、d) 步骤持续时间不小于  $t_{d(MTPNV)}$
- f) 先释放 RSTN 低电平，再释放 CANH, CANL 上电平，VBAT 电平保持

经过以上之后，恢复出厂预设值，SBC 执行系统重置并进入强制常规模式，用户根据需求，可选择进行重新编程或者进行多次在线调试配置。

由于 CAN 总线处于显性钳位状态，因此在工厂预设恢复过程中，引脚 RXD 被强制为低电平。引脚 RXD 的上升沿表示工厂预设恢复过程的结束（即在  $t_{d(MTPNV)}$  之后）。由于上电后 PO 位被置位，系统复位期间 RXD 引脚再次变为低电平。请注意，每次恢复出厂预设时，MTPNV 状态寄存器中的写入计数器 WRCNTS 都会递增。

### 11.16.2. 非易失性存储器状态寄存器

表格 11-37 非易失性存储器状态寄存器(地址 70h)

位	符号	访问	值	描述
7: 6	保留	读	-	-
5: 2	WRCNTS	读	-	写计数器状态：
			XXXX	包含 非易失性存储器单元被重新编程的次数
1	ECCS	读		纠错码状态：
			0	在非易失性存储器中未检测到位故障
			1	在非易失性存储器中检测并纠正位故障
0	NVMP5	读		非易失性存储器编程状态：

			0	非易失性存储器内存不能被覆盖
			1	非易失性存储器已准备好重新编程

### 11.16.3. 非易失性存储器 CRC 控制寄存器

非易失性存储器 CRC 控制寄存器中存储在 CRCC 位中的循环冗余校验值是使用写入寄存器 73h 和 74h 的数据计算的。

表格 11-38 非易失性存储器 CRC 控制寄存器(地址 75h)

位	符号	访问	值	描述
7: 0	CRCC	读/写	-	循环冗余校验控制:
			-	CRC 控制数据

使用图 11-13 CRC 计算的数据表示中所示的数据表示形式以及使用生成多项式进行模 2 除法来计算 CRC 值： $X^8 + X^5 + X^3 + X^2 + X + 1$ 。结果该操作必须按位反转。

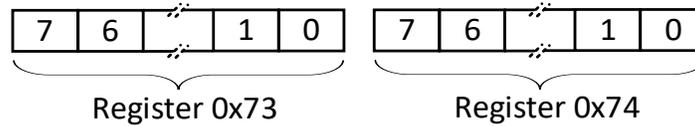


图 11-13 CRC 计算的数据表示

以下参数可用于计算 CRC 值（例如通过 AUTOSAR 方法）：

表格 11-39 CRC 编码参数

参数	值
CRC 结果宽度	8 位
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
    
```

### 11.17. 在线仿真配置

CA-IF1169 初次出厂默认设置下，器件处于强制常规模式（FNMC=1 且 NVMP5=1）。在强制常规模式下，看门狗被禁用，所有稳压器均开启且 CAN 收发器处于活动模式。无法修改芯片状态。

CA-IF1169 具有多次在线仿真配置能力，按照以下步骤配置：

- a) VBAT 上电至典型供电（7.5V 以上）

- b) 地址 59h 寄存器依次按顺序配置写入值 0x20, 0x23, 0x29, 0xD6, 0x01
- c) 读取地址 59h 寄存器值, 如果读出值为 0x01, 表示进入在线仿真配置模式成功, 方可进行下一步步骤; 若读取值非 0x01, 表示进入在线仿真配置模式失败, 需检查配置寄存器是否写错或者芯片是否仍处于出厂默认状态下(强制常规模式)
- d) 地址 73h, 74h 寄存器, 用户可根据调试需要, 查表格 11-9, 表格 11-6 自行配置写入值
- e) 地址 5Ah 寄存器写入值 0x40 表示配置在线仿真烧写最终确认;

用户根据以上配置成功后, 即可进行在线调试, 可通过 VBAT 掉电自动复位到初次出厂默认设置, 在完成所有调试后可选择按照 11.16 进行最终非易失性存储器烧写。

## 11.18. 设备识别

### 11.18.1. 设备识别寄存器

地址 7Eh 处保留一个字节作为产品识别码, 用于区分不同的 CA-IF1169 的衍生产品。

表格 11-40 识别寄存器(地址 7Eh)

位	符号	访问	值	描述
7: 0	IDS[7:0]	读		身份识别状态:
			CFh	CA-IF1169WDT-Q1
			C9h	CA-IF1169VWDT-Q1
			E9h	CA-IF1169VFDT-Q1
			EFh	CA-IF1169FDT-Q1

### 11.19. 锁存控制寄存器

CA-IF1169 支持 CAN FD 检测, 在寄存器 7Eh 中的默认值 ID 为 74h。

一些寄存器地址可以进行写保护操作, 以防止无意的修改。这个功能只保护锁存的位不被 SPI 修改而不会阻止芯片更新状态寄存器。

表格 11-41 锁存控制寄存器(地址 0Ah)

位	符号	访问	值	描述
7	保留	读	-	
6	LK6C	读/写		锁存控制 6:地址 0x68 到 0x6F-局域网数据字节寄存器
			0	SPI 写保护访问使能
			1	SPI 写保护访问禁用
5	LK5C	读/写		锁存控制 5:地址 0x50 到 0x5F
			0	SPI 写保护访问使能
			1	SPI 写保护访问禁用
4	LK4C	读/写		锁存控制 4:地址 0x40 到 0x4F - WAKE 管脚配置
			0	SPI 写保护访问使能
			1	SPI 写保护访问禁用
3	LK3C	读/写		锁存控制 3:地址 0x30 到 0x3F
			0	SPI 写保护访问使能
			1	SPI 写保护访问禁用
2	LK2C	读/写		锁存控制 2:地址 0x20 到 0x2F -收发器控制和局域网
			0	SPI 写保护访问使能

			1	SPI 写保护访问禁用
1	LK1C	读/写		锁存控制 1:地址 0x10 到 0x1F
			0	SPI 写保护访问使能
			1	SPI 写保护访问禁用
0	LK0C	读/写		锁存控制 0:地址 0x06 到 0x09-常规寄存器
			0	SPI 写保护访问使能
			1	SPI 写保护访问禁用

### 11.20. 通用存储器

CA-IF1169 提供了 4 个字节的寄存器用于存储用户的信息。这些寄存器可以通过 SPI 访问地址 0x06 到 0x09，没有读或者写的周期限制。

### 11.21. SPI 接口

#### 11.21.1. 介绍

串行外设接口(SPI)提供了同微控制器进行主从通信的通路。SPI 配置成全双工数据传输，当新控制数据导入，状态信息就会返回。该接口同时提供了只读的选项，允许读取寄存器而不改变其中的内容。SPI 采用 4 个信号进行同步和数据传输：

- SCSN: SPI 芯片选择；低电平有效；默认态被拉高；
- SCK: SPI 时钟，默认态被内部下拉电阻拉低；
- SDI: SPI 数据输入；
- SDO: SPI 数据输出；当 SCSN 为高时悬空。

位采样是通过时钟的下降沿而数据导入/导出是通过时钟的上升沿。在 CA-IF1169 中 SPI 的数据存储在特定的八位寄存器中，每个寄存器被分配了独特的七位地址。两个字节必须传递给芯片进行一个寄存器的读写操作。第一个字节包含七位的地址以及一个只读位(LSB)，若该只读位为 0，则进行写操作，第二个字节中的数据被写入到该寄存器中。若该只读位为 1，则进行读操作，SDI 上的数据被忽略。

同时支持 24 位和 32 位的读写操作，寄存器的地址会自动增加，对 24 位的运算增加一次，对 32 位的运算增加两次。在对 SPI 读写时，相关地址寄存器中的内容通过 SDO 管脚返回。CA-IF1169 允许向不存在的寄存器进行写操作，在写操作时候，如果超出可用的地址空间，超出有效地址的数据将被忽略(不产生 SPI 故障事件)。在进行写操作时候，CA-IF1169 监测写入的 SPI 位数，如果记录的位数不是 16，24 或 32，写操作终止并且 SPI 故障事件被捕获(SPIF=1)。如果在读操作时候，SDI 上有超过 32 位的数据，从第 33 位起，SDI 上的数据将会传递到 SDO 上。

写操作时候，SDO 输出同一个地址，同时也将同一个地址的寄存器中的上一个数据输出到 SDO 上。读操作时候，SDO 同样输出该寄存器的地址。

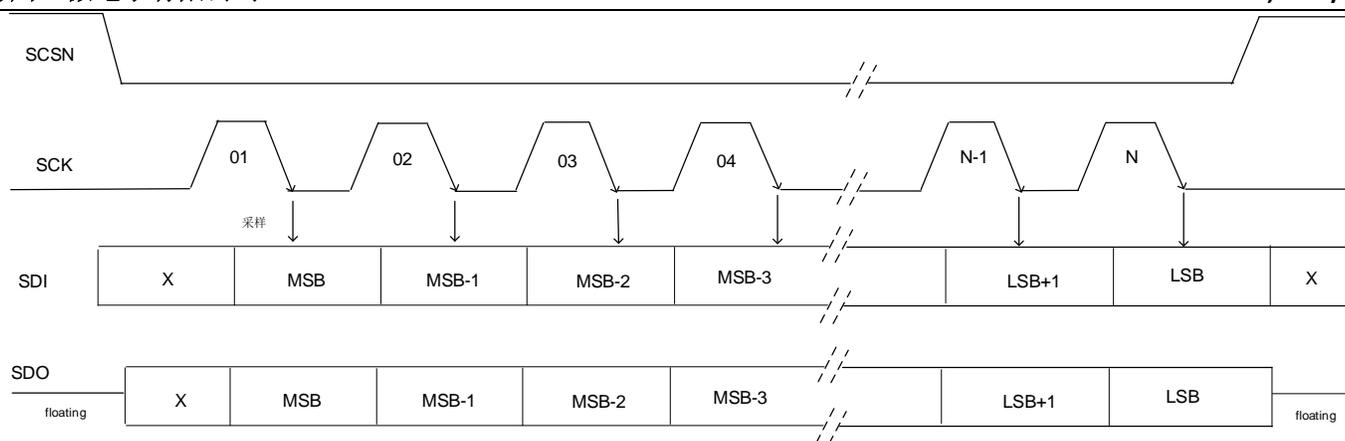


图 11-14 SPI 时序示例图

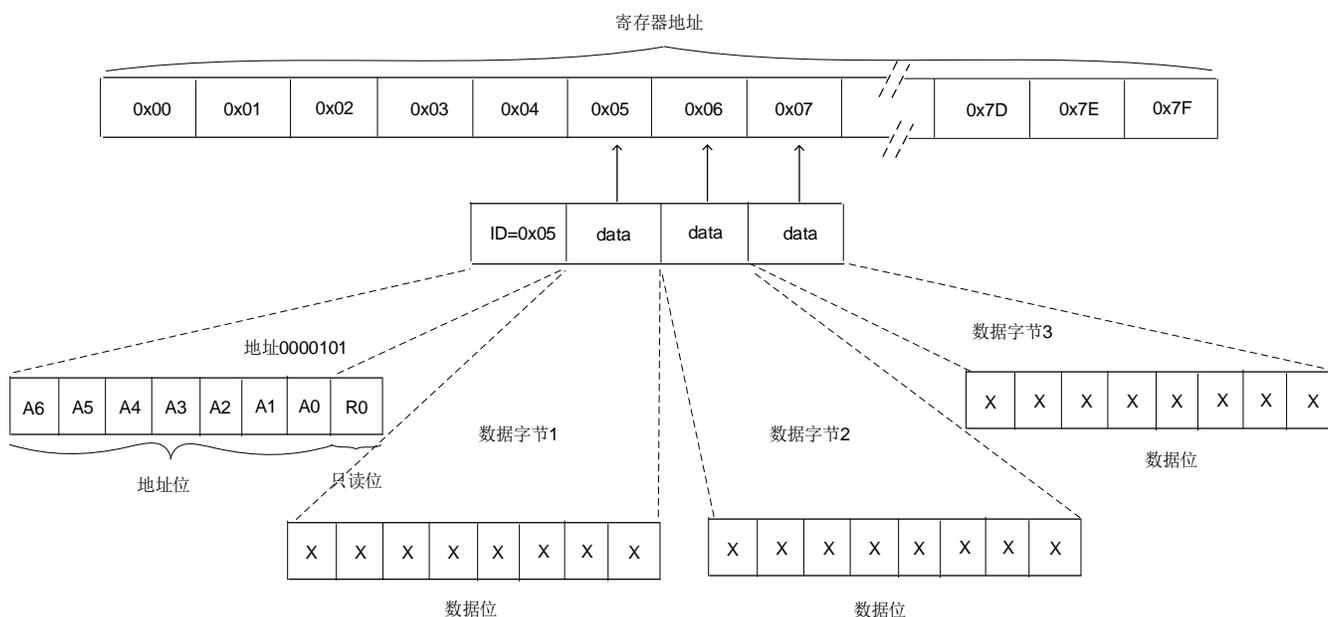


图 11-15 写操作时的 SPI 数据结构示例图

11.21.2. 寄存器表

一共有 128 个可访问的寄存器，地址从 0x00 到 0x7F。总览如表 9-22 到图 9-26，细节的相关描述在相应的章节中。

表格 11-42 主控制寄存器总览

地址	名称	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		OTWS	NMS	保留						
0x04	系统时间使能	保留					OTWE	SPIFE	保留		

0x06	寄存器 0	GPM[7:0]							
0x07	寄存器 1	GPM[15:8]							
0x08	寄存器 2	GPM[23:16]							
0x09	寄存器 3	GPM[31:24]							
0x0A	锁存控制	保留	LK6C	LK5C	LK4C	LK3C	LK2C	LK1C	LK0C

表格 11-43 供电相关寄存器总览

地址	名称	位							
		7	6	5	4	3	2	1	0
0x10	供电控制	保留	PDC	保留		V2C		V1RTC	
0x1B	供电状态	保留				V2S			V1S
0x1C	供电事件使能	保留				V2OE		V2UE	V1UE
0x1D	功能安全状态	保留	VBAT_OVS	V2OCS	V1OCS	V1OVS	RSTN_STUCK1_S	LIMP_STUCK_S	RXD_STUCK_S
0x4D	功能安全事件使能	保留	VBAT_OVE	V2OCE	V1OCE	V1OE	RSTN_STUCK1_EN	LIMP_STUCK_EN	RXD_STUCK_EN

表格 11-44 收发器控制和局域网络寄存器总览

地址	名称	位								
		7	6	5	4	3	2	1	0	
0x20	CAN 控制	保留	CFDC	PNCOK	CPNC	保留		CMC		
0x22	收发器状态	CTS	CPNERR	CPNS	COSCS	CBSS	保留	VCS	CFS	
0x23	收发器事件使能	保留			CBSE	保留		CFE	CWE	
0x25	FD 滤波速率选择	FD_FL	保留							
0x26	数据速率	保留					CDR			
0x27	标识符 0	ID[7:0]								
0x28	标识符 1	ID[15:8]								
0x29	标识符 2	ID[23:16]								
0x2A	标识符 3	保留				ID[28:24]				
0x2B	屏蔽 0	M[7:0]								
0x2C	屏蔽 1	M[15:8]								
0x2D	屏蔽 2	M[23:16]								
0x2E	屏蔽 3	保留				M[28:24]				
0x2F	帧控制	IDE	PNDM	保留			DLC			
0x68	数据屏蔽 0	DM0[7:0]								
0x69	数据屏蔽 1	DM1[7:0]								
0x6A	数据屏蔽 2	DM2[7:0]								

0x6B	数据屏蔽 3	DM3[7:0]
0x6C	数据屏蔽 4	DM4[7:0]
0x6D	数据屏蔽 5	DM5[7:0]
0x6E	数据屏蔽 6	DM6[7:0]
0x6F	数据屏蔽 7	DM7[7:0]

表格 11-45 WAKE 管脚控制和状态寄存器总览

地址	名称	位							
		7	6	5	4	3	2	1	0
0x4B	WAKE 管脚状态	保留						WPVS	保留
0x4C	WAKE 管脚使能	保留						WPRE	WPFE

表格 11-46 事件捕获寄存器总览

地址	名称	位							
		7	6	5	4	3	2	1	0
0x60	事件捕获状态	保留			FSE	WPE	TRXE	SUPE	SYSE
0x61	系统事件状态				PO	保留	OTW	SPIF	WDF
0x62	供电事件状态						V2O	V2U	V1U
0x63	收发器事件状态	保留		PNFDE	CBS	保留		CF	CW
0x64	WAKE 管脚事件状态	保留						WPR	WPF
0x65	功能安全事件状态	保留	VBAT_OV	V2C	V1C	V1O	RSTN_STUCK1	LIMP_STUCK	RXD_STUCK
0x66	ABIST 状态	保留				V1_UVRST_ABIST	V1_UV_ABIST	V2_UV_ABIST	V2_OV_ABIST

表格 11-47 初始烧写及其状态寄存器表

地址	名称	位								
		7	6	5	4	3	2	1	0	
0x70	非易失寄存器状态	保留			WRCNTS[3]	WRCNTS[2]	WRCNTS[1]	WRCNTS[0]	ECCS	NVMPS
0x73	启动控制	保留			RLC		V2SUC	保留		
0x74	SBC 配置控制	保留			V1RTSUC[1]	V1RTSUC[0]	FNMC	SDMC	保留	SLPC
0x75	CRC 校验字	CRCC[7]	CRCC[6]	CRCC[5]	CRCC[4]	CRCC[3]	CRCC[2]	CRCC[1]	CRCC[0]	

表格 11-48 标识符寄存器总览

地址	名称	位							
		7	6	5	4	3	2	1	0
0x7E	标识符	IDS[7:0]							

### 11.21.3. 工作模式下的寄存器配置

当 CA-IF1169 进行状态切换时候，一些寄存器可以自动的改变状态，当进入闭合模式或因欠压而进入休眠模式时候，可以通过寄存器状态显示出来，表 9-27 总结了这些变化。当 CA-IF1169 状态改变而 SPI 正在读写，状态改变具有更高的优先级，SPI 给出的命令被忽略。

表格 11-49 不同工作模式下的寄存器位设置

符号	关闭模式（复位值）	待机模式	常规模式	休眠模式	过温模式	欠压进入休眠模式
CBS	0	不变	不变	不变	不变	0
CBSE	0	不变	不变	不变	不变	不变
CBSS	1	实际状态	实际状态	实际状态	实际状态	实际状态
CDR	101	不变	不变	不变	不变	不变
CF	0	不变	不变	不变	不变	0
CFDC	0	不变	不变	不变	不变	不变
CFE	0	不变	不变	不变	不变	不变
CFS	0	实际状态	实际状态	实际状态	实际状态	实际状态
CMC	01	不变	不变	不变	不变	不变
COSCS	0	实际状态	实际状态	实际状态	实际状态	实际状态
CPNC	0	不变	不变	不变	不变	0
CPNERR	1	实际状态	实际状态	实际状态	实际状态	实际状态
CPNS	0	实际状态	实际状态	实际状态	实际状态	实际状态
CTS	0	0	实际状态	0	0	0
CW	0	不变	不变	不变	不变	0
CWE	0	不变	不变	不变	不变	1
DMn	11111111	不变	不变	不变	不变	不变
DLC	0000	不变	不变	不变	不变	不变
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
FD_FL	0	不变	不变	不变	不变	不变
FNMC	0	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	00000000	不变	不变	不变	不变	不变
IDn	00000000	不变	不变	不变	不变	不变
IDE	0	不变	不变	不变	不变	不变
IDS	01110100	不变	不变	不变	不变	不变
LHC	0	不变	不变	不变	若 $t > t_d(\text{limp})$ ，否则不变	若 $RCC=3$ 或者 $t > t_d(\text{limp})$ ，否则不变
LKnC	0	不变	不变	不变	不变	不变
MC	100	100	111	001	不管	001
NMS	1	不变	0	不变	不变	不变
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	不变	不变	不变	0100	0100
OTW	0	不变	不变	不变	不变	0

OTWE	0	不变	不变	不变	不变	不变
OTWS	0	实际状态	实际状态	实际状态	实际状态	实际状态
PDC	0	不变	不变	不变	不变	不变
PNCOK	0	不变	不变	不变	不变	0
PNDM	1	不变	不变	不变	不变	不变
PNFDE	0	不变	不变	不变	不变	0
PO	1	不变	不变	不变	不变	0
RCC	00	不变	不变	不变	不变	RCC++
RLC	MTPNV	MTPNV	MTPNV	MTPNV	MTPNV	MTPNV
RSS	00000	不变	不变	不变	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	不变	不变	不变	不变	不变
SPIFE	0	不变	不变	不变	不变	不变
SUPE	0	不变	不变	不变	不变	不变
SYSE	1	不变	不变	不变	不变	不变
TRXE	0	不变	不变	不变	不变	不变
V1RTC	V1RTSUC	不变	不变	不变	不变	不变
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	不变	不变	不变	不变	不变
V1U	0	不变	不变	不变	不变	不变
VCS	0	实际状态	实际状态	实际状态	实际状态	实际状态
V2C	V2SUC	不变	不变	不变	不变	不变
V2O	0	不变	不变	不变	不变	不变
V2OE	0	不变	不变	不变	不变	不变
V2S	00	实际状态	实际状态	实际状态	实际状态	实际状态
V2SUC	MTPNV	MTPNV	MTPNV	MTPNV	MTPNV	MTPNV
V2U	0	不变	不变	不变	不变	不变
V2UE	0	不变	不变	不变	不变	不变
WDF	0	不变	不变	不变	不变	不变
WDS	0	实际状态	实际状态	实际状态	实际状态	实际状态
WMC	若 SDMC = 1, 则为 001; 否则为 010	不变	不变	不变	不变	若 SDMC = 1, 则为 001; 否则为 010
WPE	0	不变	不变	不变	不变	不变
WPF	0	不变	不变	不变	不变	不变
WPR	0	不变	不变	不变	不变	不变
WPFE	0	不变	不变	不变	不变	不变
WPRE	0	不变	不变	不变	不变	不变
WPVS	0	不变	不变	不变	不变	不变
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

## 12. 典型应用

### 12.1. 典型应用

下图为 CA-IF1169 典型应用电路。

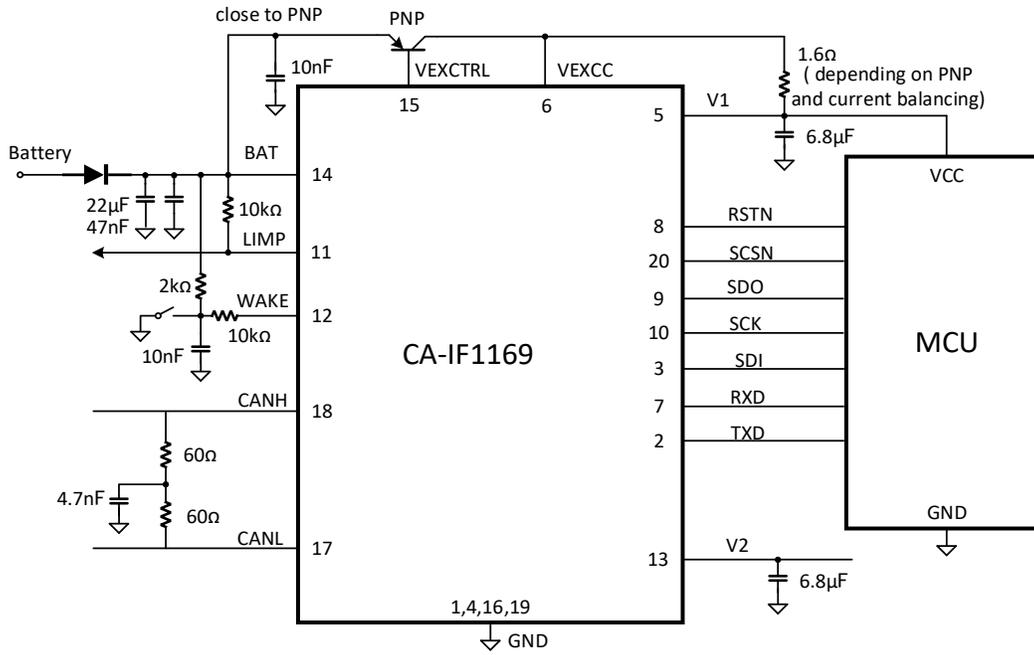


图 12-1 CA-IF1169 的典型应用图

13. 封装信息

13.1. DFN20 的外形尺寸

DFN20 封装尺寸图和建议焊盘尺寸图。尺寸以毫米为单位

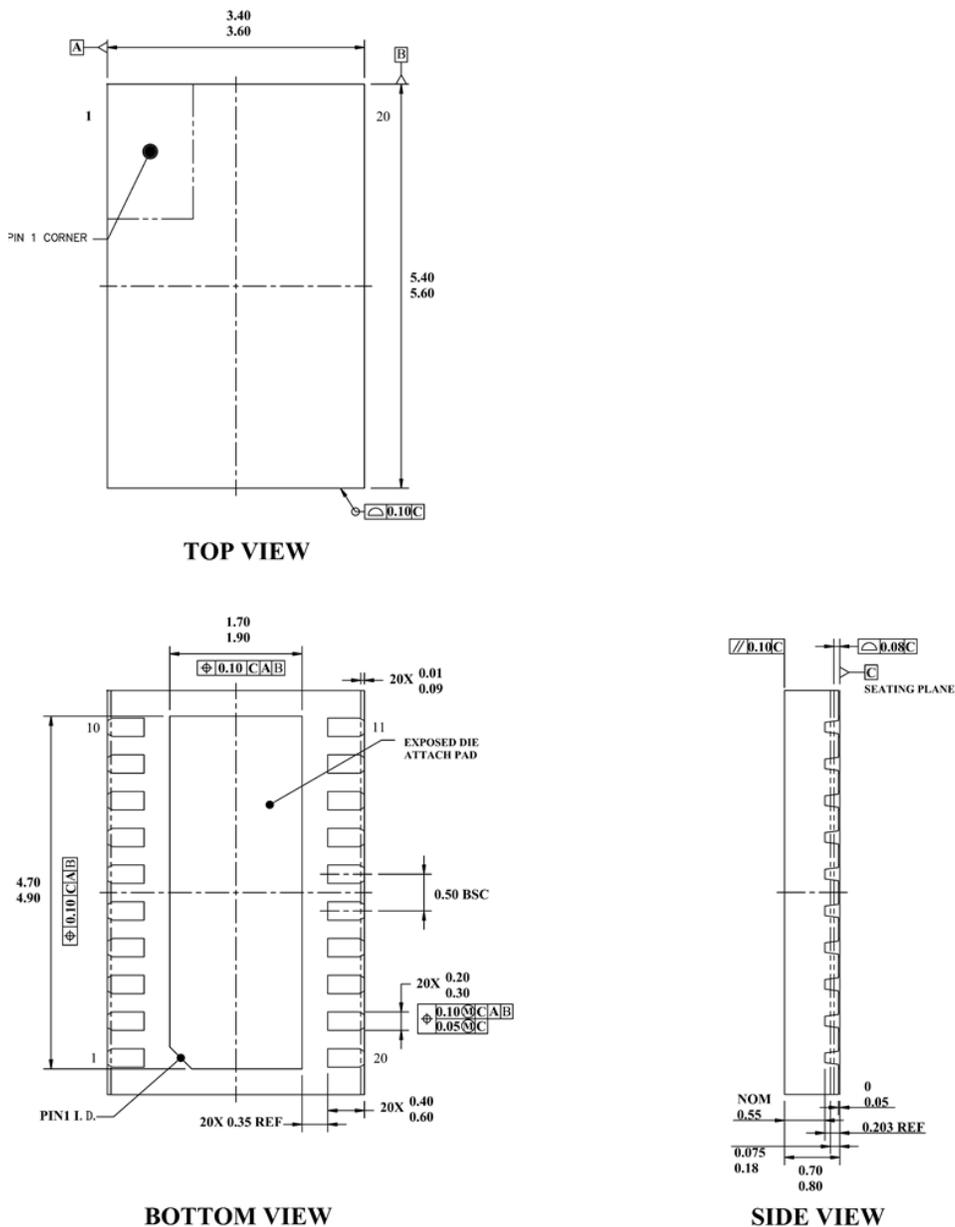


图 13-1 DFN20 封装尺寸图

14. 焊接信息

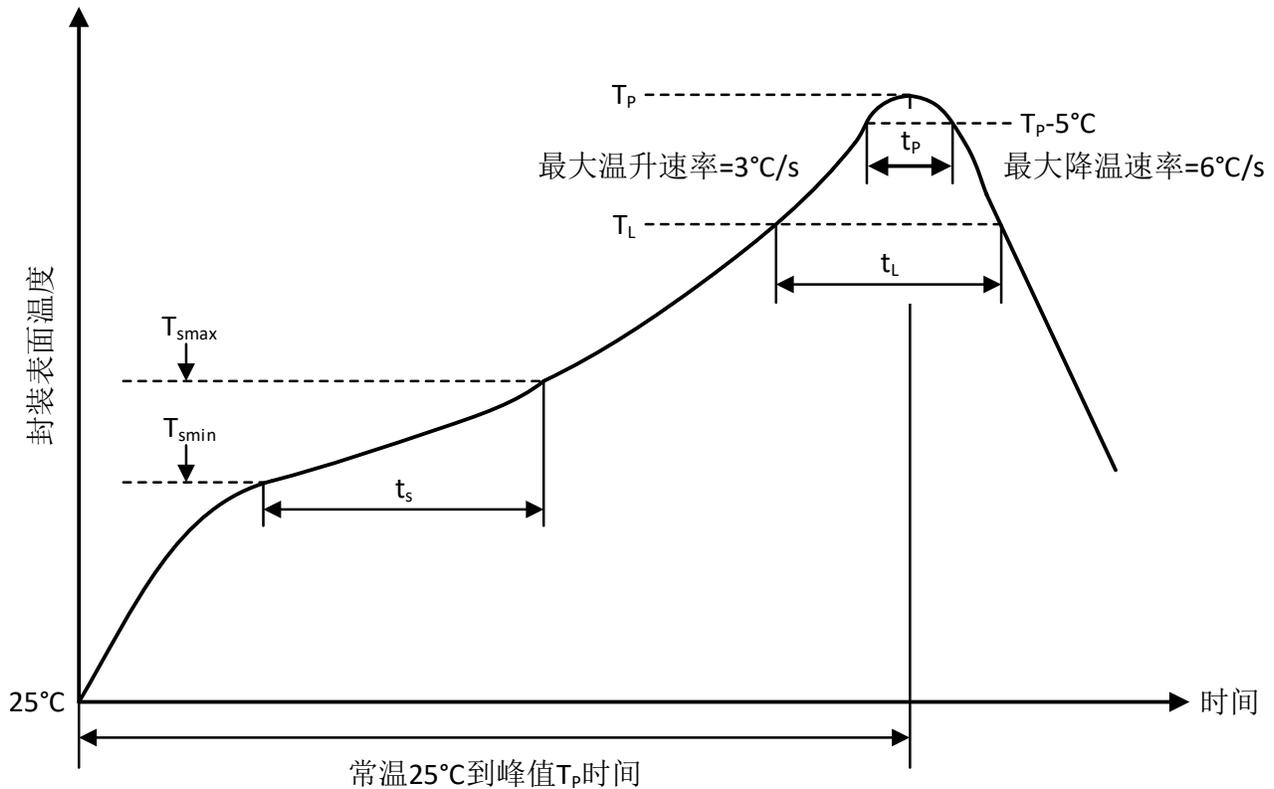


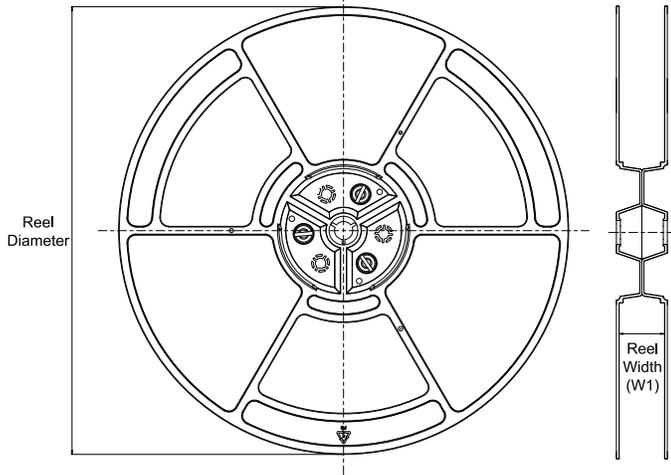
图 12- 1 焊接温度曲线

表 12- 1 焊接温度参数

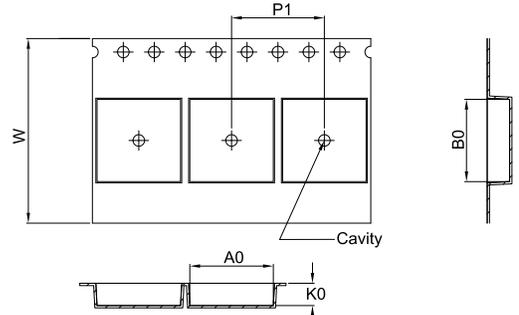
简要说明	无铅焊接
温升速率 (T <sub>L</sub> =217°C 至峰值 T <sub>p</sub> )	最大 3°C/s
T <sub>smin</sub> =150°C 到 T <sub>smax</sub> =200°C 预热时间 t <sub>s</sub>	60~120 秒
温度保持 217°C 以上时间 t <sub>L</sub>	60~150 秒
峰值温度 T <sub>p</sub>	260°C
小于峰值温度 5°C 以内时间 t <sub>p</sub>	最长 30 秒
降温速率 (峰值 T <sub>p</sub> 至 T <sub>L</sub> =217°C)	最大 6°C/s
常温 25°C 到峰值温度 T <sub>p</sub> 时间	最长 8 分钟

15. 编带信息

REEL DIMENSIONS

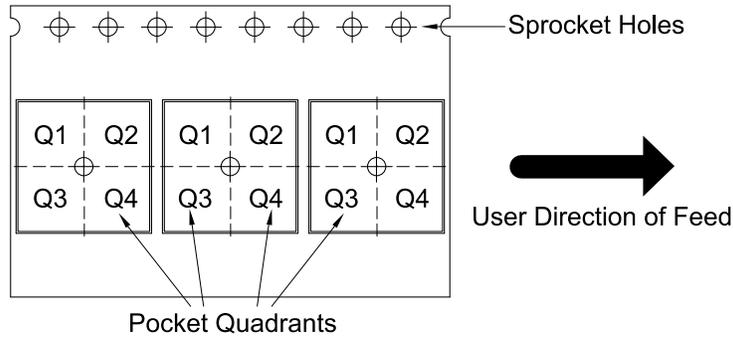


TAPE DIMENSIONS



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

QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE



Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Reel Diameter (mm)	Reel Width W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pin1 Quadrant
CA-IF1169DT-Q1	DFN	DT	20	3000	330	12.4	3.30	4.80	1.10	8.00	12.00	Q1
CA-IF1169FDT-Q1	DFN	DT	20	3000	330	12.4	3.30	4.80	1.10	8.00	12.00	Q1
CA-IF1169VDT-Q1	DFN	DT	20	3000	330	12.4	3.30	4.80	1.10	8.00	12.00	Q1
CA-IF1169VFDQ1	DFN	DT	20	3000	330	12.4	3.30	4.80	1.10	8.00	12.00	Q1

## 16. 重要声明

上述资料仅供参考使用，用于协助 Chipanalog 客户进行设计与研发。Chipanalog 有权在不事先通知的情况下，保留因技术革新而改变上述资料的权利。

Chipanalog 产品全部经过出厂测试。针对具体的实际应用，客户需负责自行评估，并确定是否适用。Chipanalog 对客户使用所述资源的授权仅限于开发所涉及 Chipanalog 产品的相关应用。除此之外不得复制或展示所述资源，如因使用所述资源而产生任何索赔、赔偿、成本、损失及债务等，Chipanalog 对此概不负责。

### 商标信息

Chipanalog Inc.®、Chipanalog®为 Chipanalog 的注册商标。



<http://www.chipanalog.com>