

TCAN943-Q1 具有睡眠模式的汽车类 CAN FD 收发器

1 特性

- 符合面向汽车应用的 AEC Q100 标准
- 功能安全型
 - 可提供用于功能安全系统设计的文档
- 符合 ISO 11898-2:2024 的要求
- 宽工作输入电压范围
- 支持传统 CAN 和 CAN FD (高达 5Mbps)
- V_{IO} 电平转换支持: 3.3V 至 5.5V
- 工作模式:
 - 正常模式
 - 静音模式
 - 待机模式
 - 低功耗睡眠模式
- 高压 INH 输出, 用于系统电源控制
- 支持使用 WAKE 引脚实现本地唤醒
- 定义了未上电时的行为
 - 总线和 IO 终端为高阻抗 (运行总线或应用上无负载)
- 保护特性:
 - $\pm 40V$ CAN 总线容错
 - V_{SUP} 上支持负载突降
 - IEC ESD 保护
 - 欠压保护
 - 热关断保护
 - TXD 显性状态超时 (TXD DTO)
- 采用具有可湿性侧面的 14 引脚引线式 (SOT 和 SOIC) 封装以及无引线 (VSON) 封装, 提高了自动光学检测 (AOI) 能力

2 应用

- 车身电子装置和照明
- 汽车网关
- 高级驾驶辅助系统 (ADAS)
- 信息娱乐系统与仪表组
- 混合动力、电动和动力总成系统
- 个人交通工具 - 电动自行车
- 工业运输

3 说明

TCAN943-Q1 是一款高速控制器局域网 (CAN) 收发器, 符合 ISO 11898-2:2024 高速 CAN 规范对物理层的要求。该器件支持传统 CAN 和 CAN FD 数据速率, 最高可达 5 兆位/秒 (Mbps)。

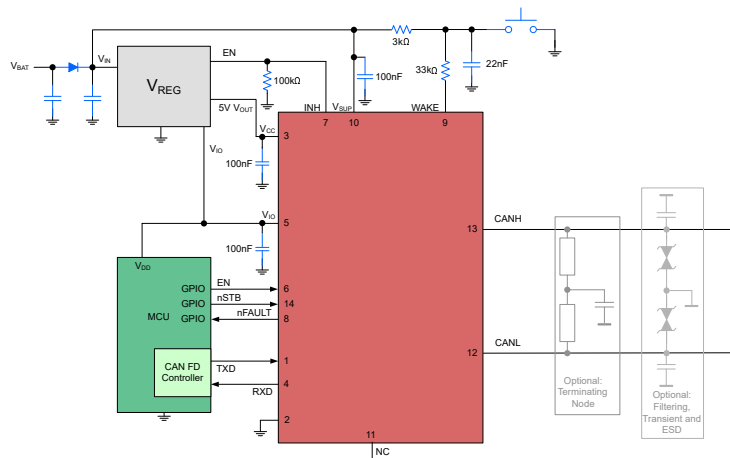
TCAN943-Q1 可通过 INH 输出引脚选择性地启用系统上可能存在的各种电源, 从而减少整个系统级别的电池电流消耗。这使得在低电流睡眠模式中, 功率传送到除 TCAN943-Q1 以外的所有系统元件, 同时对 CAN 总线进行监控。检测到唤醒事件时, TCAN943-Q1 通过将 INH 驱动至高电平来启动系统。

封装信息

器件型号	封装 ⁽¹⁾	封装尺寸 ⁽²⁾
TCAN943-Q1	DYY (SOT, 14)	4.2mm × 2mm
	D (SOIC, 14)	8.65mm × 6mm
	DMT (VSON, 14)	4.5mm × 3mm

(1) 有关更多信息, 请参阅节 11。

(2) 封装尺寸 (长 × 宽) 为标称值, 并包括引脚 (如适用)。



简化版原理图



内容

1 特性	1	7.1 概述.....	15
2 应用	1	7.2 功能方框图.....	16
3 说明	1	7.3 特性说明.....	17
4 引脚配置和功能	3	7.4 器件功能模式.....	23
5 规格	4	8 应用信息免责声明	32
5.1 绝对最大额定值.....	4	8.1 应用信息.....	32
5.2 ESD 等级.....	4	8.2 电源相关建议.....	35
5.3 ESD 等级 - IEC 规范.....	4	8.3 布局.....	35
5.4 建议运行条件.....	5	9 器件和文档支持	36
5.5 热性能信息.....	5	9.1 文档支持.....	36
5.6 功耗额定值.....	5	9.2 接收文档更新通知.....	36
5.7 电源特性.....	6	9.3 支持资源.....	36
5.8 电气特性.....	7	9.4 商标.....	36
5.9 时序要求.....	9	9.5 静电放电警告.....	36
5.10 开关特性.....	10	9.6 术语表.....	36
5.11 典型特性.....	11	10 修订历史记录	36
6 参数测量信息	12	11 机械、封装和可订购信息	36
7 详细说明	15		

4 引脚配置和功能

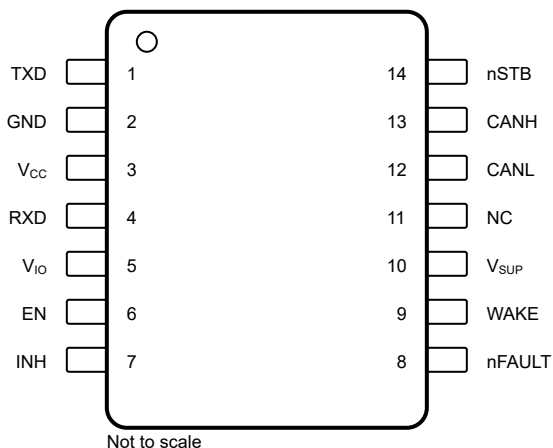


图 4-1. D 和 DYY 封装，14 引脚 (SOIC) 和 (SOT) (顶视图)

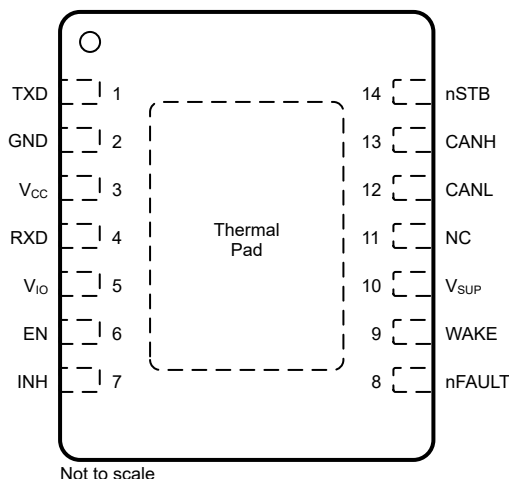


图 4-2. DMT 封装，14 引脚 (VSON) (顶视图)

引脚		类型 ⁽¹⁾	说明
名称	编号		
TXD	1	I	CAN 发送数据输入，集成上拉电阻
GND	2	GND	接地连接
V _{CC}	3	P	5V 收发器电源
RXD	4	O	CAN 接收数据输出，当 V _{IO} < UV _{IO} 时为三态
V _{IO}	5	P	I/O 电源电压
EN	6	I	用于模式控制的使能输入，集成下拉电阻
INH	7	O	抑制引脚，用于控制系统稳压器和电源，高压
nFAULT	8	O	故障输出，反相逻辑
WAKE	9	I	本地 WAKE 输入终端，高压
V _{SUP}	10	P	来自电池的高压电源
NC	11	NC	无连接，内部未连接
CANL	12	I/O	低电平 CAN 总线输入/输出线路
CANH	13	I/O	高电平 CAN 总线输入/输出线路
nSTB	14	I	待机模式控制输入，集成下拉电阻
散热焊盘	—		将散热焊盘连接至印刷电路板 (PCB) 接地平面以实现散热

(1) I = 输入，O = 输出，P = 电源，GND = 接地，NC = 无连接

5 规格

5.1 绝对最大额定值

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）⁽¹⁾

		最小值	最大值	单位
V _{SUP}	电源电压	-0.3	40	V
V _{CC}	电源电压	-0.3	6	V
V _{IO}	电源电压 I/O 电平转换器	-0.3	6	V
V _{BUS}	CAN 总线 I/O 电压 (CANH、CANL)	-40	40	V
V _{DIFF}	CAN 总线差分电压 (V _{DIFF} = V _{CANH} - V _{CANL})	-40	40	V
V _{WAKE}	WAKE 输入电压	-40	40 且 V _I ≤ V _{SUP} +0.3	V
V _{INH}	INH 引脚电压	-0.3	40 且 V _O ≤ V _{SUP} +0.3	V
V _{LOGIC}	逻辑引脚电压	-0.3	6	V
I _{O(Logic)}	逻辑引脚输出电流		8	mA
I _{O(INH)}	抑制引脚输出电流		6	mA
I _{O(WAKE)}	WAKE 引脚输出电流		3	mA
T _J	结温	-40	165	°C
T _{STG}	贮存温度	-65	150	°C

(1) 超出“绝对最大额定值”运行可能会对器件造成永久损坏。绝对最大额定值并不表示器件在这些条件下或在建议运行条件以外的任何其他条件下能够正常运行。如果在建议运行条件之外但在绝对最大额定值范围内短暂运行，器件可能不会受到损坏，但可能无法完全正常工作。以这种方式运行器件可能会影响器件的可靠性、功能和性能，并缩短器件寿命。

5.2 ESD 等级

				值	单位
V _{ESD}	静电放电	人体放电模型 (HBM)，符合 AEC Q100-002 标准 ⁽¹⁾	CANH 和 CANL，以 GND 为基准	±8000	V
			除 CANH 和 CANL 外，所有引脚均以 GND 为基准	±2000	V
		充电器件模型 (CDM)，符合 AEC Q100-011 标准	所有引脚	±500	V

(1) AEC Q100-002 指示应当按照 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 规范执行 HBM 应力测试。

5.3 ESD 等级 - IEC 规范

				值	单位
V _{ESD}	系统级静电放电 (ESD)	CANH、CANL 和 V _{SUP} 至 GND	符合 IEC 62228-3：未供电时的接触放电 (1)	±8000	V
		WAKE 引脚至 GND		±6000	V
V _{ESD}	静电放电	CANH 和 CANL 端子至 GND	SAE J2962-2 (根据 ISO 10605) 供电接触放电(2)	±8000	V
			SAE J2962-2 (根据 ISO 10605) 供电空气放电(2)	±15000	V
V _{TRAN}	瞬态电压符合 ISO-7637-2 标准(1)	CAN、V _{SUP} 、 WAKE 端子至 GND	脉冲 1	-100	V
			脉冲 2	+75	V
			脉冲 3a	-150	V
			Pulse 3b	+100	V
	瞬态电压符合 ISO-7637-3 标准(2)	CAN 端子至 GND	直接耦合电容器，通过 100nF 耦合电容器的“慢速瞬态脉冲”- 供电	±30	V

(1) 根据 IEC 62228-3 集成电路 - 收发器的 EMC 评估 - 第 3 部分：CAN 收发器。

(2) 根据 SAE J2962-2 通信收发器认证要求 - CAN。

5.4 建议运行条件

在自然通风条件下的工作温度范围内测得 (除非另有说明)

		最小值	标称值	最大值	单位
V_{SUP}	电源电压	4.5		28	V
V_{IO}	I/O 电源电压	2.9		5.5	V
V_{CC}	CAN 收发器电源电压	4.5		5.5	V
$I_{OH}(DO)$	数字输出高电平电流	-2			mA
$I_{OL}(DO)$	数字输出低电平电流			2	mA
$I_{O}(INH)$	抑制输出电流			2	mA
T_J	工作结温	-40		150	°C
T_{SDR}	热关断	165			°C
T_{SDF}	热关断释放	155			°C
$T_{SD}(HYS)$	热关断迟滞		10		°C

5.5 热性能信息

热指标 ⁽¹⁾		TCAN943-Q1			单位
		D (SOIC)	DMT (VSON)	DYY (SOT)	
		14 引脚	14 引脚	14 引脚	
$R_{\theta JA}$	结至环境热阻	87.1	39.7	91.0	°C/W
$R_{\theta JC(top)}$	结至外壳 (顶部) 热阻	41.8	41.1	41.7	°C/W
$R_{\theta JB}$	结至电路板热阻	43.7	15.9	25.6	°C/W
Ψ_{JT}	结至顶部特征参数	8.5	0.9	25.4	°C/W
Ψ_{JB}	结至电路板特征参数	43.3	15.9	1.1	°C/W
$R_{\theta JC(bot)}$	结至外壳 (底部) 热阻	不适用	6.6	不适用	°C/W

(1) 有关新旧热指标的更多信息，请参阅[半导体和 IC 封装热指标](#)应用手册。

5.6 功耗额定值

参数	测试条件	功率耗散	单位
P_D	$V_{SUP} = 14V$, $V_{CC} = 5V$, $V_{IO} = 5V$, $T_J = 27^{\circ}C$, $R_L = 60\Omega$, $nSTB = 5V$, $EN = 5V$, $C_{L_RXD} = 15pF$ 。典型 CAN 工作条件 (500kbps, 25% 传输 (显性) 速率)。	57	mW
	$V_{SUP} = 14V$, $V_{CC} = 5.5V$, $V_{IO} = 5.5V$, $T_J = 150^{\circ}C$, $R_L = 50\Omega$, $nSTB = 5.5V$, $EN = 5.5V$, $C_{L_RXD} = 15pF$ 。典型高负载 CAN 工作条件 (1Mbps, 50% 传输 (显性) 速率, 负载网络)。	151	mW

5.7 电源特性

在建议工作条件下, $T_J = -40^{\circ}\text{C}$ 至 150°C (除非另外说明)。所有典型值均在 25°C 、 $V_{\text{SUP}} = 12\text{V}$ 、 $V_{\text{IO}} = 3.3\text{V}$ 、 $V_{\text{CC}} = 5\text{V}$ 且 $R_L = 60\ \Omega$ 条件下获得

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
电源电压和电流特性						
$I_{\text{SUP_NORMAL}}$	电源电流 CAN 活动	正常模式、静音模式和进入睡眠模式 ⁽¹⁾			140	μA
$I_{\text{SUP_STBY}}$	电源电流	待机模式, $T_J = -40^{\circ}\text{C}$ 至 85°C			60	μA
$I_{\text{SUP_SLEEP}}$	电源电流	睡眠模式, $T_J = -40^{\circ}\text{C}$ 至 85°C		18	30	μA
$UV_{\text{SUP(R)}}$	欠压 V_{SUP} 阈值上升		3.9		4.3	V
$UV_{\text{SUP(F)}}$	欠压 V_{SUP} 阈值下降		3.6		4.1	V
$I_{\text{CC_NORMAL}}$	电源电流 CAN 活动: 显性	正常模式 $\text{TXD} = 0\text{V}$, $R_L = 60\ \Omega$, $C_L = \text{开路}$			70	mA
	V_{CC} 电源电流, 正常模式 显性, 存在总线故障	正常模式 $\text{TXD} = 0\text{V}$, $R_L = \text{开路}$, $C_L = \text{开路}$, $\text{CANH} = \text{CANL} = \pm 25\text{V}$			130	mA
	电源电流 CAN 活动: 隐性	正常模式 $\text{TXD} = V_{\text{IO}}$, $R_L = 60\ \Omega$, $C_L = \text{开路}$			7.5	mA
$I_{\text{CC_STBY}}$	电源电流, 待机模式	待机模式, $T_J = -40^{\circ}\text{C}$ 至 85°C $\text{EN} = \text{nSTB} = 0\text{V}$			3.5	μA
$I_{\text{CC_SILENT}}$	电源电流, 静音模式	静音模式和进入睡眠模式 ⁽¹⁾ $\text{TXD} = \text{nSTB} = V_{\text{IO}}$, $R_L = 60\ \Omega$, $C_L = \text{开路}$			4	mA
$I_{\text{CC_SLEEP}}$	电源电流, 睡眠静音模式	睡眠模式 $T_J = -40^{\circ}\text{C}$ 至 85°C $\text{EN} = 0\text{V}$ 或 V_{IO} , $\text{nSTB} = 0\text{V}$			3.2	μA
$UV_{\text{CC(R)}}$	欠压 V_{CC} 阈值上升		3.9	4	4.3	V
$UV_{\text{CC(F)}}$	欠压 V_{CC} 阈值下降		3.7	3.9	4.2	V
$V_{\text{HYS(UVCC)}}$	UV_{CC} 上的迟滞电压		50		300	mV
$I_{\text{IO_NORMAL}}$	I/O 电源电流	正常模式 RXD 悬空, $\text{TXD} = 0\text{V}$			200	μA
$I_{\text{IO_NORMAL}}$	I/O 电源电流	正常模式、静音模式或进入睡眠模式 ⁽¹⁾ RXD 悬空, $\text{TXD} = V_{\text{IO}}$			3	μA
$I_{\text{IO_STBY}}$	I/O 电源电流	待机模式 $T_J = -40^{\circ}\text{C}$ 至 85°C RXD 悬空, $\text{TXD} = V_{\text{IO}}$			3	μA
$I_{\text{IO_SLEEP}}$	I/O 电源电流	睡眠模式, $T_J = -40^{\circ}\text{C}$ 至 85°C $\text{nSTB} = 0\text{V}$			2.5	μA
$UV_{\text{IO(R)}}$	欠压 V_{IO} 阈值上升	斜升	2.2	2.5	2.8	V
$UV_{\text{IO(F)}}$	欠压 V_{IO} 阈值下降	斜降	2.1	2.4	2.7	V
$V_{\text{HYS(UVIO)}}$	UV_{IO} 上的迟滞电压		40	100	160	mV

(1) 根据设计指定进入睡眠模式下的电流消耗

5.8 电气特性

在建议工作条件下, $T_J = -40^{\circ}\text{C}$ 至 150°C (除非另外说明)。所有典型值均在 25°C 、 $V_{\text{SUP}} = 12\text{V}$ 、 $V_{\text{IO}} = 3.3\text{V}$ 、 $V_{\text{CC}} = 5\text{V}$ 且 $R_L = 60\Omega$ 条件下获得

参数			测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
CAN 驱动器特性							
$V_{\text{CANH(D)}}$	显性输出电压	CANH	TXD = 0V, $50\Omega \leq R_L \leq 65\Omega$, $C_L =$ 开路, $R_{\text{CM}} =$ 开路	2.75		4.5	V
$V_{\text{CANL(D)}}$	正常模式	CANL		0.5		2.25	V
$V_{\text{CANH(R)}}$ $V_{\text{CANL(R)}}$	隐性输出电压 正常模式、静音模式		TXD = V_{IO} , $R_L =$ 开路 (无负载), $R_{\text{CM}} =$ 开路	2	2.5	3	V
V_{SYM}	驱动器对称性 正常模式 ($V_{\text{O(CANH)}} + V_{\text{O(CANL)}})/V_{\text{CC}}$ ⁽¹⁾		EN = nSTB = V_{IO} , $4.75\text{V} \leq V_{\text{CC}} \leq 5.25\text{V}$, $R_L = 60\Omega$, $C_{\text{SPLIT}} = 4.7\text{nF}$, $C_L =$ 开路, $R_{\text{CM}} =$ 开路, TXD = 250kHz、1MHz、2.5MHz	0.9		1.1	V/V
$V_{\text{SYM_DC}}$	直流驱动器对称性 正常模式 $V_{\text{CC}} - V_{\text{O(CANH)}} - V_{\text{O(CANL)}}$		EN = nSTB = V_{IO} , $R_L = 60\Omega$, $C_L =$ 开路	-300		300	mV
$V_{\text{DIFF(D)}}$	差分输出电压 正常模式 显性	CANH - CANL	EN = nSTB = V_{IO} , $4.75\text{V} \leq V_{\text{CC}} \leq 5.25\text{V}$, TXD = 0V, $50\Omega \leq R_L \leq 65\Omega$, $C_L =$ 开路	1.5		3	V
		CANH - CANL	EN = nSTB = V_{IO} , $4.75\text{V} \leq V_{\text{CC}} \leq 5.25\text{V}$, TXD = 0V, $45\Omega \leq R_L \leq 70\Omega$, $C_L =$ 开路	1.4		3.3	V
		CANH - CANL	EN = nSTB = V_{IO} , $4.75\text{V} \leq V_{\text{CC}} \leq 5.25\text{V}$, TXD = 0V, $R_L = 2240\Omega$, $C_L =$ 开路	1.5		5	V
$V_{\text{DIFF(R)}}$	差分输出电压 正常模式、静音模式 隐性	CANH - CANL	EN = nSTB = V_{IO} , $4.75\text{V} \leq V_{\text{CC}} \leq 5.25\text{V}$, TXD = V_{IO} , $R_L =$ 开路, $C_L =$ 开路	-50		50	mV
$V_{\text{CAN(INACT)}}$	总线输出电压 睡眠模式、待机模式	CANH	nSTB = 0V, $4.75\text{V} \leq V_{\text{CC}} \leq 5.25\text{V}$, TXD = V_{IO} , $R_L =$ 开路 (无负载), $C_L =$ 开路	-0.1		0.1	V
		CANL	nSTB = 0V, $4.75\text{V} \leq V_{\text{CC}} \leq 5.25\text{V}$, TXD = V_{IO} , $R_L =$ 开路 (无负载), $C_L =$ 开路	-0.1		0.1	V
		CANH - CANL	nSTB = 0V, $4.75\text{V} \leq V_{\text{CC}} \leq 5.25\text{V}$, TXD = V_{IO} , $R_L =$ 开路 (无负载), $C_L =$ 开路	-0.2		0.2	V
$I_{\text{OS(DOM)}}$	短路稳态输出电流 正常模式 显性		nSTB = V_{IO} , TXD = 0V - $3\text{V} \leq V_{\text{(CANH)}} \leq 18\text{V}$	-100			mA
			nSTB = V_{IO} , TXD = 0V - $3\text{V} \leq V_{\text{(CANL)}} \leq 18\text{V}$			100	mA
$I_{\text{OS_REC}}$	短路稳态输出电流 正常模式、静音模式 隐性		nSTB = V_{IO} , $V_{\text{BUS}} = \text{CANH} = \text{CANL}$ - $27\text{V} \leq V_{\text{BUS}} \leq 40\text{V}$	-3		3	mA
CAN 接收器特性							
$V_{\text{DIFF_RX(D)}}$	接收器显性状态输入电压范围 正常模式、静音模式	nSTB = V_{IO} , $-12\text{V} \leq V_{\text{CM}} \leq 12\text{V}$		0.9		8	V
$V_{\text{DIFF_RX(R)}}$	接收器隐性状态输入电压范围 正常模式、静音模式			-3		0.5	V
V_{HYS}	输入阈值磁滞电压 正常模式、静音模式	nSTB = V_{IO}			80		mV
$V_{\text{DIFF_RX(D_INACT)}}$	接收器显性状态输入电压范围 睡眠模式、待机模式	nSTB = 0V, $-12\text{V} \leq V_{\text{CM}} \leq 12\text{V}$		1.1		9	V
$V_{\text{DIFF_RX(R_INACT)}}$	接收器隐性状态输入电压范围 睡眠模式、待机模式			-4		0.4	V
V_{CM}	共模范围	nSTB = V_{IO}		-12		12	V
$I_{\text{LKG(IOFF)}}$	断电 (未上电) 输入漏电流 CANH、CANL 引脚	$V_{\text{SUP}} = 0\text{V}$, CANH = CANL = 5V				5	μA
C_1	对地输入电容 (CANH 或 CANL) ⁽¹⁾					20	pF
C_{ID}	差分输入电容 ⁽¹⁾					10	pF
R_{DIFF}	差分输入电阻	TXD = $V_{\text{CC}} = V_{\text{IO}} = 5\text{V}$, nSTB = 5V - $2\text{V} \leq V_{\text{CM}} \leq 7\text{V}$		50		100	k Ω
$R_{\text{SE_CANH}}$ $R_{\text{SE_CANL}}$	输入电阻 (CANH 或 CANL)			25		50	k Ω

5.8 电气特性 (续)

在建议工作条件下, $T_J = -40^{\circ}\text{C}$ 至 150°C (除非另外说明)。所有典型值均在 25°C 、 $V_{\text{SUP}} = 12\text{V}$ 、 $V_{\text{IO}} = 3.3\text{V}$ 、 $V_{\text{CC}} = 5\text{V}$ 且 $R_L = 60\ \Omega$ 条件下获得

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
m_R	输入电阻匹配： $[1 - R_{\text{IN(CANH)}} / R_{\text{IN(CANL)}}] \times 100\%$	$V_{\text{(CANH)}} = V_{\text{(CANL)}} = 5\text{V}$	-2		2	%
TXD 特性						
V_{IH}	高电平输入电压		0.7			V_{IO}
V_{IL}	低电平输入电压				0.3	V_{IO}
I_{IH}	高电平输入漏电流	$\text{TXD} = V_{\text{IO}} = 5.5\text{V}$	-1	0	1	μA
I_{IL}	低电平输入漏电流	$\text{TXD} = 0\text{V}$, $V_{\text{IO}} = 5.5\text{V}$	-115		-2.5	μA
$I_{\text{LKG(OFF)}}$	未供电时的漏电流	$\text{TXD} = 5.5\text{V}$, $V_{\text{SUP}} = V_{\text{IO}} = 0\text{V}$	-1	0	1	μA
C_{I}	输入电容	$V_{\text{IN}} = 0.4 \times \sin(2 \times \pi \times 2 \times 10^6 \times t) + 2.5\text{V}$		5	10	pF
RXD 特性						
V_{OH}	高电平输出电压	$I_{\text{O}} = -2\text{mA}$	0.8			V_{IO}
V_{OL}	低电平输出电压	$I_{\text{O}} = 2\text{mA}$			0.2	V_{IO}
$I_{\text{LKG(OFF)}}$	未供电时的漏电流	$\text{RXD} = 5.5\text{V}$, $V_{\text{SUP}} = V_{\text{IO}} = 0\text{V}$	-1		1	μA
nSTB 特性						
V_{IH}	高电平输入电压		0.7			V_{IO}
V_{IL}	低电平输入电压				0.3	V_{IO}
I_{IH}	高电平输入漏电流	$\text{nSTB} = V_{\text{IO}} = 5.5\text{V}$	0.5		115	μA
I_{IL}	低电平输入漏电流	$\text{nSTB} = 0\text{V}$, $V_{\text{IO}} = 5.5\text{V}$	-1		1	μA
$I_{\text{LKG(OFF)}}$	未供电时的漏电流	$\text{nSTB} = 5.5\text{V}$, $V_{\text{IO}} = 0\text{V}$	-1	0	1	μA
nFAULT 特性						
V_{OH}	高电平输出电压	$I_{\text{O}} = -2\text{mA}$	0.8			V_{IO}
V_{OL}	低电平输出电压	$I_{\text{O}} = 2\text{mA}$			0.2	V_{IO}
$I_{\text{LKG(OFF)}}$	未供电时的漏电流	$\text{nFAULT} = 5.5\text{V}$, $V_{\text{IO}} = 0\text{V}$	-1	0	1	μA
EN 特性						
V_{IH}	高电平输入电压		0.7			V_{IO}
V_{IL}	低电平输入电压				0.3	V_{IO}
I_{IH}	高电平输入漏电流	$\text{EN} = V_{\text{CC}} = V_{\text{IO}} = 5.5\text{V}$	0.5		115	μA
I_{IL}	低电平输入漏电流	$\text{EN} = 0\text{V}$, $V_{\text{CC}} = V_{\text{IO}} = 5.5\text{V}$	-1		1	μA
$I_{\text{LKG(OFF)}}$	未供电时的漏电流	$\text{EN} = 5.5\text{V}$, $V_{\text{CC}} = V_{\text{IO}} = 0\text{V}$	-1		1	μA
R_{PD}	下拉电阻		50		2000	k Ω
WAKE 特性						
V_{IH}	高电平输入电压	睡眠模式	2.6			V
V_{IL}	低电平输入电压				1.8	V
I_{IH}	高电平输入漏电流 ⁽²⁾	$\text{WAKE} = V_{\text{SUP}}$			2	μA
		$\text{WAKE} = 4\text{V}$	-3			μA
I_{IL}	低电平输入漏电流 ⁽²⁾	$\text{WAKE} = 1\text{V}$			3	μA
R_{WAKE}	上拉/下拉电阻 ⁽²⁾			600		k Ω
INH 特性						
ΔV_{H}	从 V_{SUP} 至 INH 的高电平压降 ($V_{\text{SUP}} - V_{\text{INH}}$)	$I_{\text{INH}} = -2\text{mA}$		1	2	V
$I_{\text{LKG(INH)}}$	睡眠模式漏电流	$\text{INH} = 0\text{V}$	-0.5		0.5	μA

(1) 根据设计指定并通过工作台表征来验证

(2) WAKE 引脚会根据施加的电压自动配置为内部上拉至 5V 或内部下拉至 GND。高电平输入会使内部上拉至 5V，低电平输入会使内部下拉至 GND。当 WAKE 连接到 V_{CC} 或 GND 时，总电流消耗会降低至最低。

5.9 时序要求

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
电源特性						
t_{PWRUP}	在 $V_{SUP} \geq UV_{SUP(R)}$ 之后 INH 活动所需的时间		310	1000		μs
t_{UV}	V_{CC} 和 V_{IO} 欠压滤波时间 ⁽¹⁾	$V_{CC} \leq UV_{CC}$ 或 $V_{IO} \leq UV_{IO}$	100		350	ms
t_{UV_det}	V_{CC} 和 V_{IO} 欠压检测时间	$V_{CC} \leq UV_{CC}$ 或 $V_{IO} \leq UV_{IO}$			30	μs
$t_{UV(RE-ENABLE)}$	发生欠压事件后重新使能所需的时间 ⁽¹⁾	发生 UV_{CC} 或 UV_{IO} 欠压事件后器件恢复正常运行所需的时间			50	μs
器件特性						
$t_{PROP(LOOP1)}$	总循环延迟，驱动器输入 (TXD) 至接收器输出 (RXD)，隐性状态至显性状态	$R_L = 60 \Omega$, $C_L = 100pF$, $C_{L_RXD} = 15pF$ $V_{IO}=3V - 5.5V$			250	ns
$t_{PROP(LOOP2)}$	总环路延迟，驱动器输入 (TXD) 到接收器输出 (RXD)，显性状态至隐性状态	$R_L = 60 \Omega$, $C_L = 100pF$, $C_{L_RXD} = 15pF$ $V_{IO}=3V - 5.5V$			250	ns
$t_{WK(TIMEOUT)}$	总线唤醒超时值 ⁽¹⁾		0.8		2	ms
$t_{WK(FILTER)}$	满足唤醒请求滤波总线要求的总线时间 ⁽¹⁾		0.5		1.8	μs
t_{FILTER_IO}	EN/nSTB 的滤波时间 ⁽¹⁾		1		5	μs
t_{WAKE_HT}	在 WAKE 引脚的上升沿或下降沿之后 WAKE 引脚电压必须保持稳定来识别 LWU 的保持时间		5		50	μs
模式更改特性						
$t_{INH_SLP_STB}$	从发生 WUP 或 LWU 事件到 INH 有效所需的时间 ⁽¹⁾				50	μs
t_{MODE1}	模式更改时间，从离开睡眠模式到进入正常模式或静音模式的时间 ⁽¹⁾	从 V_{CC} 和 V_{IO} 超过 UV 阈值到进入正常模式或静音模式所测得的时间。			50	μs
t_{MODE2}	正常模式、静音模式和待机模式之间以及从睡眠模式到待机模式的模式更改时间 ⁽¹⁾	正常模式、静音模式和待机模式之间以及从睡眠模式到待机模式的模式更改时间			50	μs
$t_{nFAULT_MODE_CHANGE}$	模式更改后的 nFAULT 稳定时间				20	μs
$t_{GOTOSLEEP}$	转换到睡眠模式所需的最小保持时间 ⁽¹⁾	EN = H 且 nSTB = L	20		50	μs

(1) 根据设计指定并使用工作台表征来验证

5.10 开关特性

在建议工作条件下, $T_J = -40^{\circ}\text{C}$ 至 150°C (除非另外说明)。所有典型值均在 25°C 、 $V_{\text{SUP}} = 12\text{V}$ 、 $V_{\text{IO}} = 3.3\text{V}$ 、 $V_{\text{CC}} = 5\text{V}$ 且 $R_L = 60\ \Omega$ 条件下获得

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
驱动器特性						
t_{pHR}	传播延迟时间, TXD 高电平到驱动器隐性	$R_L = 60\ \Omega$, $C_L = 100\text{pF}$, $R_{\text{CM}} = \text{开路}$	90			ns
t_{pLD}	传播延迟时间, TXD 低电平到驱动器显性		75			ns
$t_{\text{sk(p)}}$	脉冲偏斜 ($ t_{\text{pHR}} - t_{\text{pLD}} $)		25			ns
t_{R}	差分输出信号上升时间		45			ns
t_{F}	差分输出信号下降时间		45			ns
t_{TXDDTO}	显性超时	$\text{TXD} = 0\text{V}$, $R_L = 60\ \Omega$, $C_L = \text{开路}$	1.2		3.8	ms
接收器特性						
t_{pRH}	传播延迟时间, 总线隐性输入到 RXD 高电平	$C_{\text{L(RXD)}} = 15\text{pF}$	65			ns
t_{pDL}	传播延迟时间, 总线显性输入到 RXD 低电平输出		60			ns
t_{R}	输出信号上升时间 (RXD)		10			ns
t_{F}	输出信号下降时间 (RXD)		10			ns
t_{BUSDOM}	显性超时	$R_L = 60\ \Omega$, $C_L = \text{开路}$	1.2		3.8	ms
CAN FD 特性						
$t_{\Delta \text{BIT(BUS)}}^{(1)}$	$t_{\text{BIT(TXD)}} = 500\text{ns}$ 时 CAN 总线输出引脚上的发送隐性位宽时间差	$R_L = 60\ \Omega$, $C_L = 100\text{pF}$, $C_{\text{L_RXD}} = 15\text{pF}$ $t_{\Delta \text{BIT(BUS)}} = t_{\text{BIT(BUS)}} - t_{\text{BIT(TXD)}}$	-65		30	ns
$t_{\Delta \text{BIT(BUS)}}^{(1)}$	$t_{\text{BIT(TXD)}} = 200\text{ns}$ 时 CAN 总线输出引脚上的发送隐性位宽时间差	$R_L = 60\ \Omega$, $C_L = 100\text{pF}$, $C_{\text{L_RXD}} = 15\text{pF}$ $t_{\Delta \text{BIT(BUS)}} = t_{\text{BIT(BUS)}} - t_{\text{BIT(TXD)}}$	-45		10	ns
$t_{\Delta \text{BIT(RXD)}}^{(1)}$	$t_{\text{BIT(TXD)}} = 500\text{ns}$ 时 RXD 输出引脚上的接收隐性位宽时间差	$R_L = 60\ \Omega$, $C_2 = 100\text{pF}$, $C_{\text{L_RXD}} = 15\text{pF}$ $t_{\Delta \text{BIT(RXD)}} = t_{\text{BIT(RXD)}} - t_{\text{BIT(TXD)}}$	-100		50	ns
$t_{\Delta \text{BIT(RXD)}}^{(1)}$	$t_{\text{BIT(TXD)}} = 200\text{ns}$ 时 RXD 输出引脚上的接收隐性位宽时间差	$R_L = 60\ \Omega$, $C_2 = 100\text{pF}$, $C_{\text{L_RXD}} = 15\text{pF}$ $t_{\Delta \text{BIT(RXD)}} = t_{\text{BIT(RXD)}} - t_{\text{BIT(TXD)}}$	-80		20	ns
$t_{\Delta \text{REC}}^{(1)}$	$t_{\text{BIT(TXD)}} = 500\text{ns}$ 时的接收器时序对称性	$R_L = 60\ \Omega$, $C_2 = 100\text{pF}$, $C_{\text{L_RXD}} = 15\text{pF}$ $\Delta t_{\text{REC}} = t_{\text{BIT(RXD)}} - t_{\text{BIT(BUS)}}$	-65		40	ns
	$t_{\text{BIT(TXD)}} = 200\text{ns}$ 时的接收器时序对称性	$R_L = 60\ \Omega$, $C_2 = 100\text{pF}$, $C_{\text{L_RXD}} = 15\text{pF}$ $\Delta t_{\text{REC}} = t_{\text{BIT(RXD)}} - t_{\text{BIT(BUS)}}$	-45		15	ns

(1) TXD 上的输入信号的上升时间和下降时间 (10% 至 90%) 应小于 10ns

5.11 典型特性

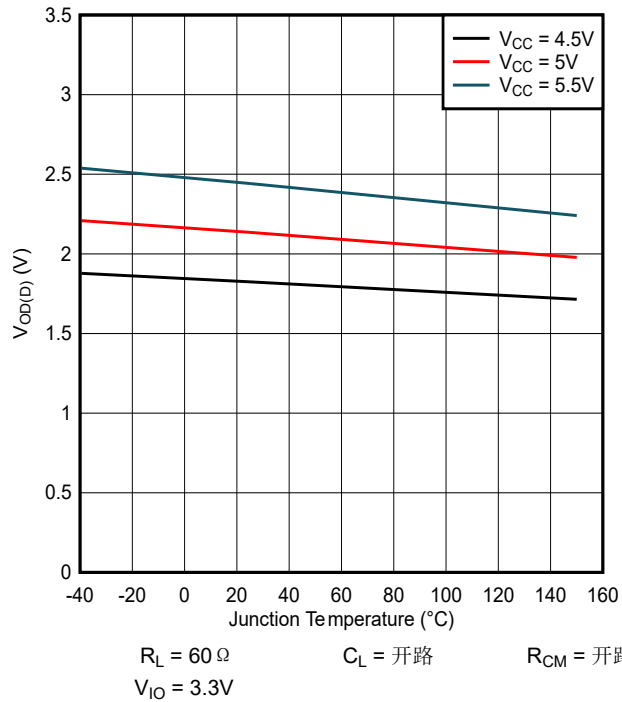


图 5-1. $V_{OD(DOM)}$ 与温度和 V_{CC} 间的关系

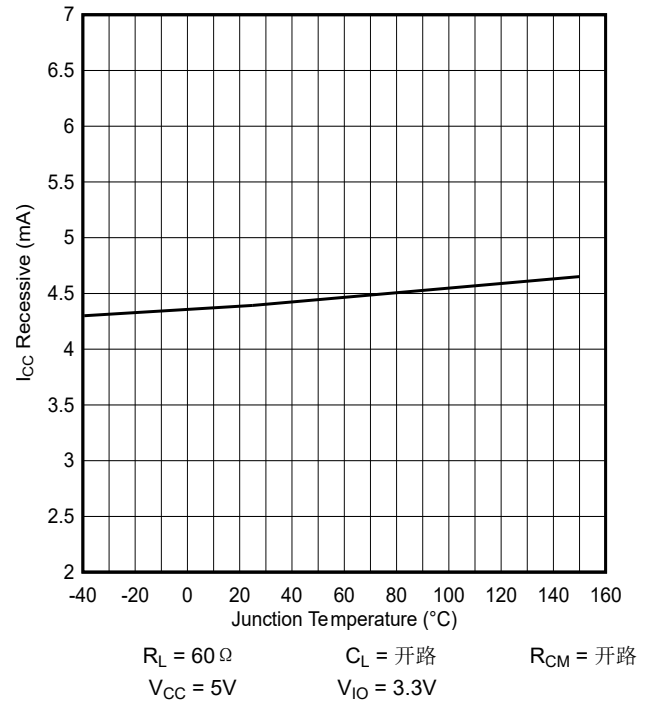


图 5-2. I_{CC} 隐性状态与温度间的关系

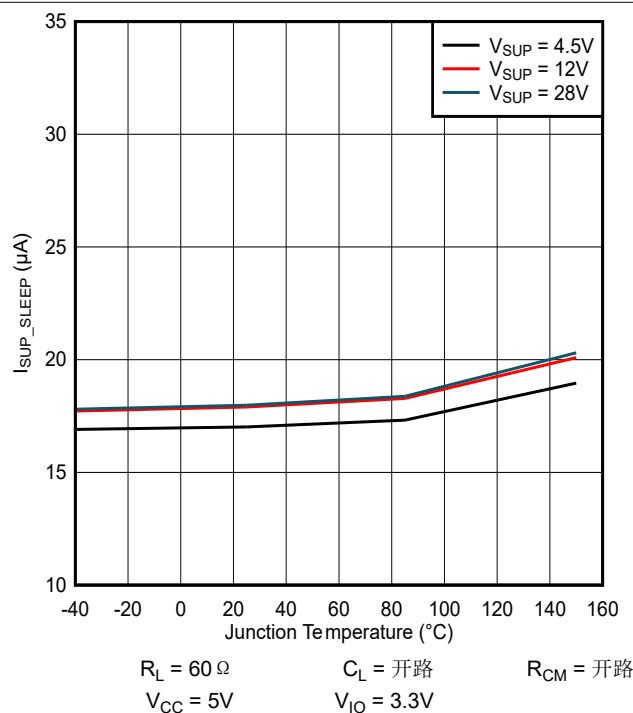


图 5-3. 睡眠模式下的 I_{SUP} 与 V_{SUP} 和温度间的关系

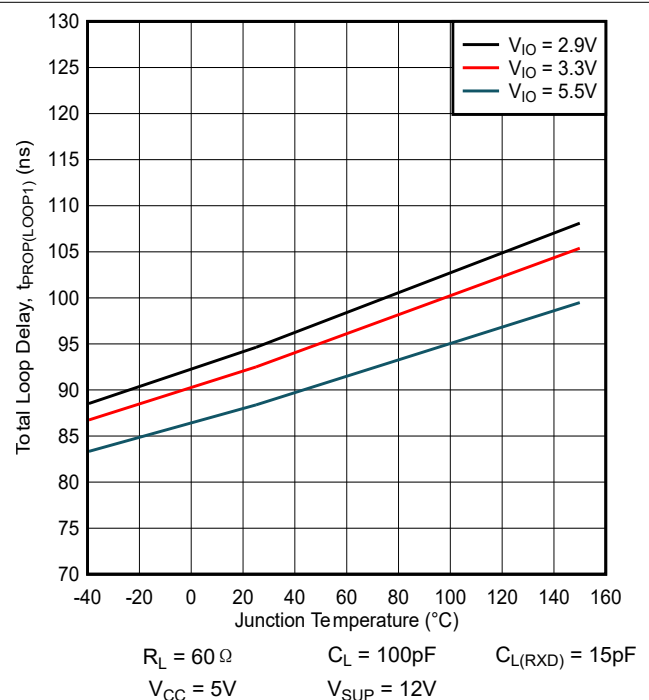


图 5-4. 环路传播延迟与 V_{IO} 和温度间的关系

6 参数测量信息

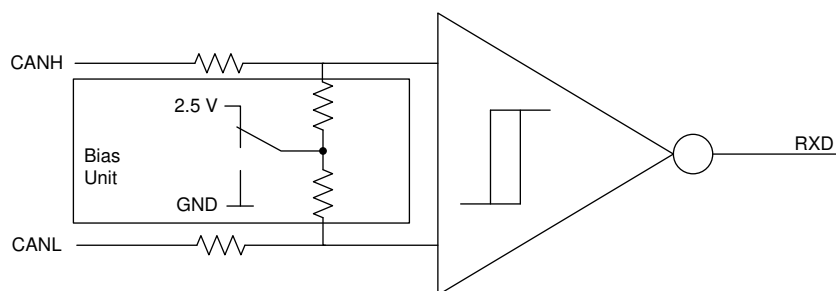


图 6-1. 共模偏置单元和接收器

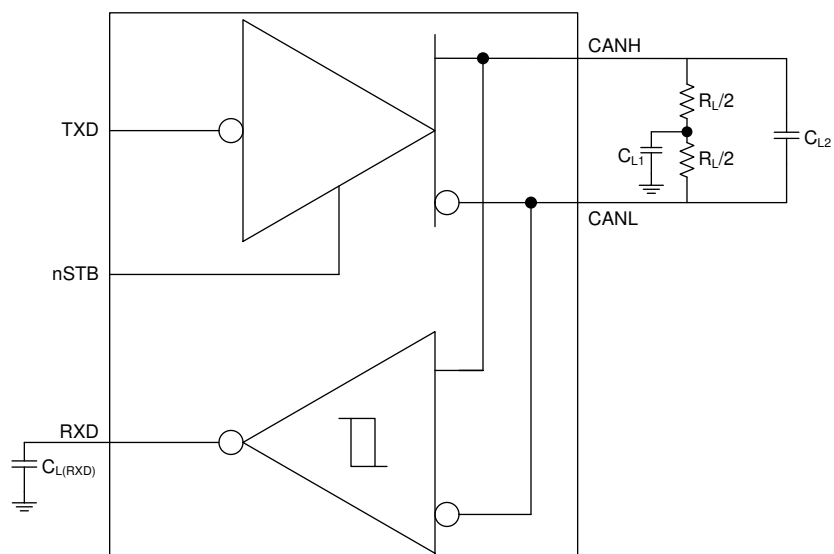


图 6-2. 测试电路

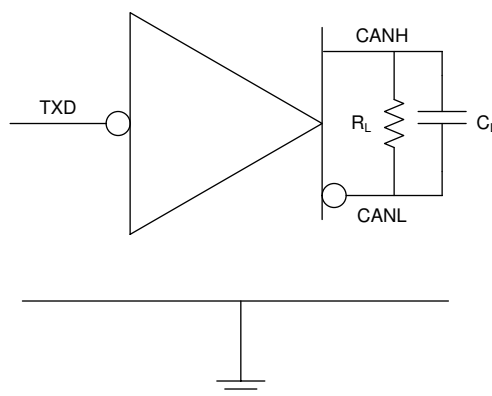


图 6-3. 电源测试电路

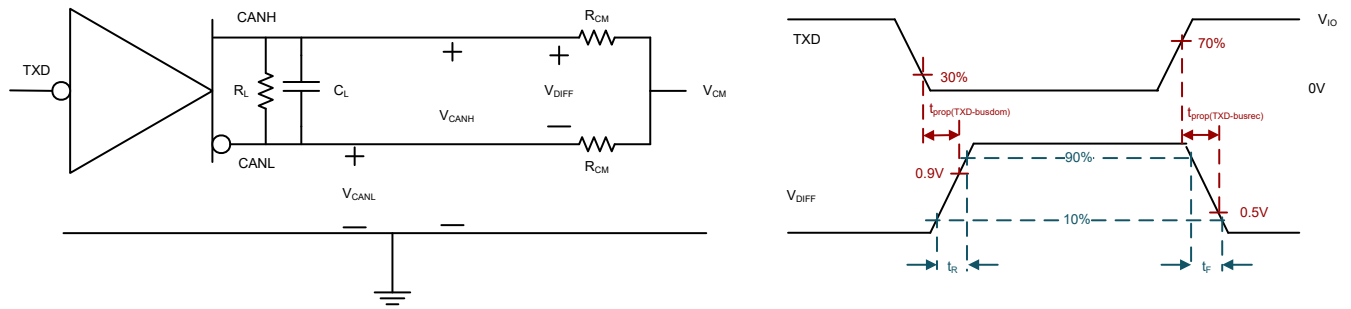


图 6-4. 驱动器测试电路与测量

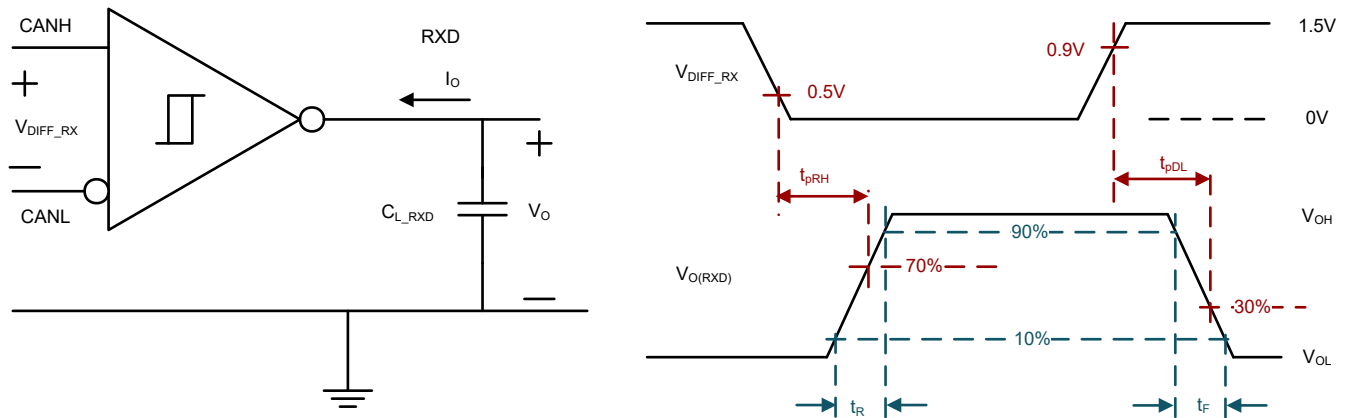


图 6-5. 接收器测试电路与测量

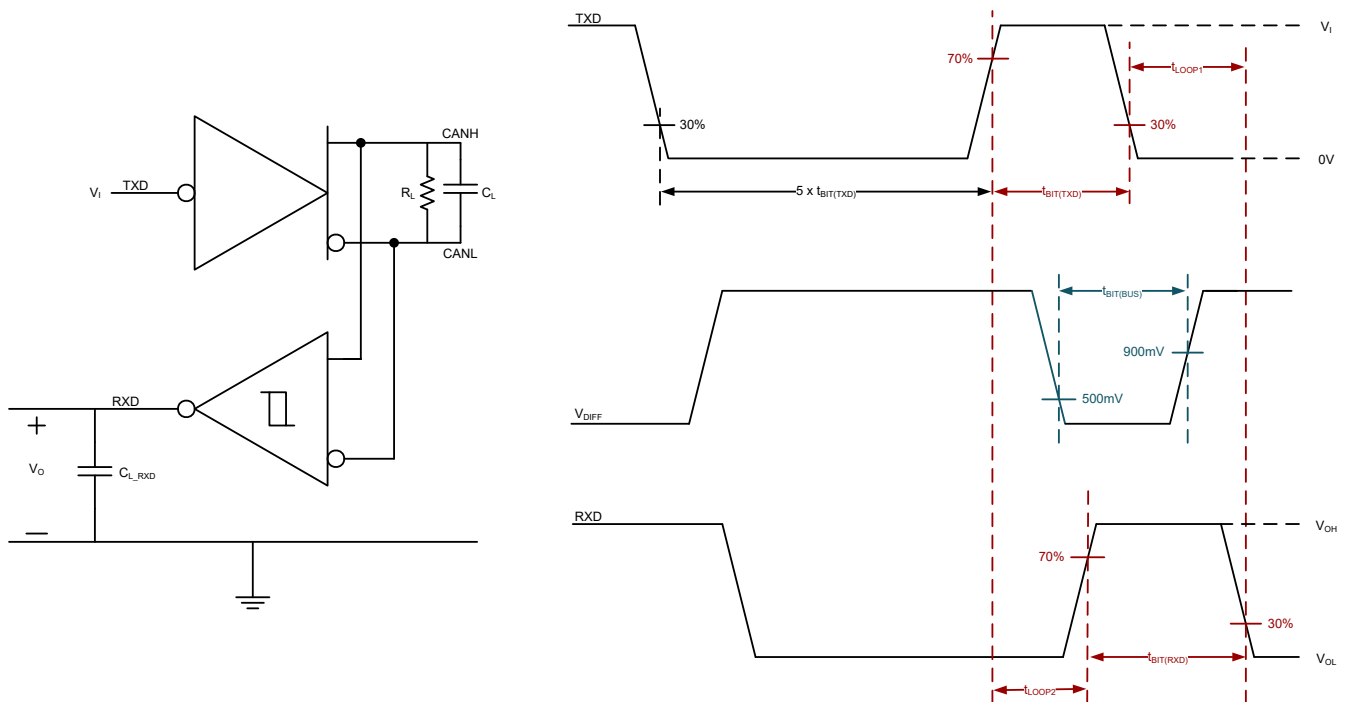


图 6-6. 发送器和接收器时序行为测试电路和测量

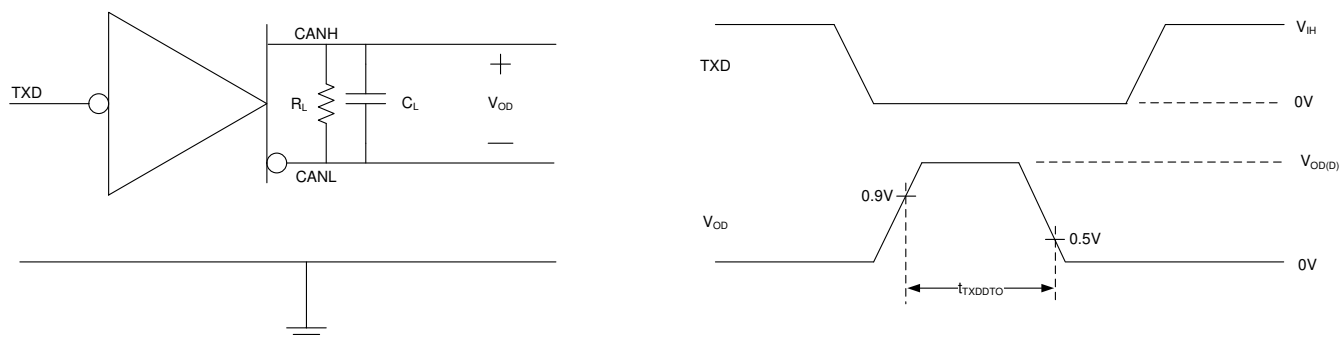


图 6-7. TXD 显性超时测试电路与测量

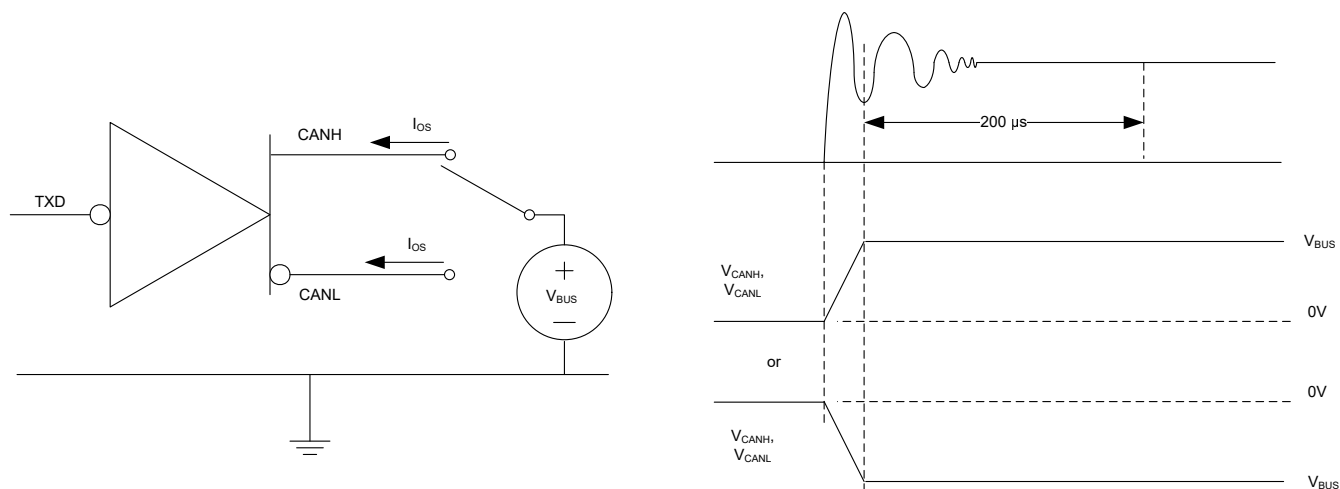


图 6-8. 驱动器短路电流测试与测量

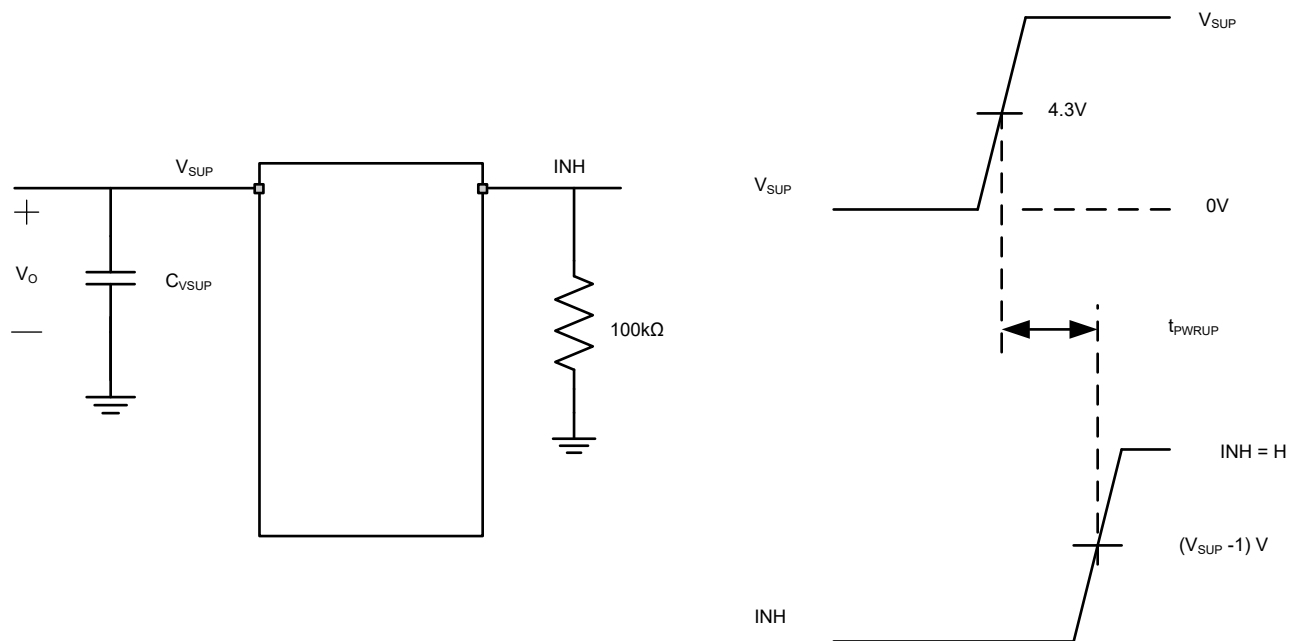


图 6-9. 上电时序

7 详细说明

7.1 概述

TCAN943-Q1 是一款高速控制器局域网 (CAN) 收发器，符合 ISO 11898-2:2024 高速 CAN 规范对物理层的要求。TCAN943-Q1 支持传统 CAN 和 CAN FD 网络，数据速率高达 5 兆位/秒 (Mbps)。

TCAN943-Q1 至少支持以下 CAN 和 CAN FD 标准：

- 物理层：
 - ISO 11898-2:2024 - 高速物理介质连接 (PMA) 子层
 - SAE J2284-1 - 适用于 125kbps 汽车应用的高速 CAN (HSC)
 - SAE J2284-2 - 适用于 250kbps 汽车应用的高速 CAN (HSC)
 - SAE J2284-3 - 适用于 500kbps 汽车应用的高速 CAN (HSC)
 - SAE J2284-4 - 适用于 500kbps 汽车应用的高速 CAN (HSC)，CAN FD 数据速率为 2Mbps
 - SAE J2284-5 - 适用于 500kbps 汽车应用的高速 CAN (HSC)，CAN FD 数据速率为 5Mbps
- 符合性测试要求
 - ISO 16845-2:2018 - 高速媒介访问单元 - 符合性测试计划
 - IOPT.CAN - 高速 CAN 收发器或等效设备的互操作性测试规范

该收发器有三个独立的电源输入， V_{SUP} 、 V_{CC} 和 V_{IO} 。通过使用 V_{IO} ，TCAN943-Q1 可以直接连接至 3.3V 或 5V 控制器，而无需电平转换器。TCAN943-Q1 可通过 INH 输出引脚选择性地启用系统中可能存在的各种电源，从而减少整个系统级别的电池电流消耗。这使得在低电流睡眠状态中，功率传送到除 TCAN943-Q1 以外的所有系统元件，而该器件则仍然处于低功耗状态，并对 CAN 总线进行监控。在总线上检测到唤醒模式或通过 WAKE 输入请求本地唤醒时，通过将 INH 输出驱动至高电平来启动节点。

TCAN943-Q1 包括许多保护和诊断功能，包括欠压检测、CAN 总线故障检测、电池连接检测、热关断 (TSD)、驱动器显性超时 (TXD DTO) 和高达 $\pm 40V$ 的总线故障保护。

7.2 功能方框图

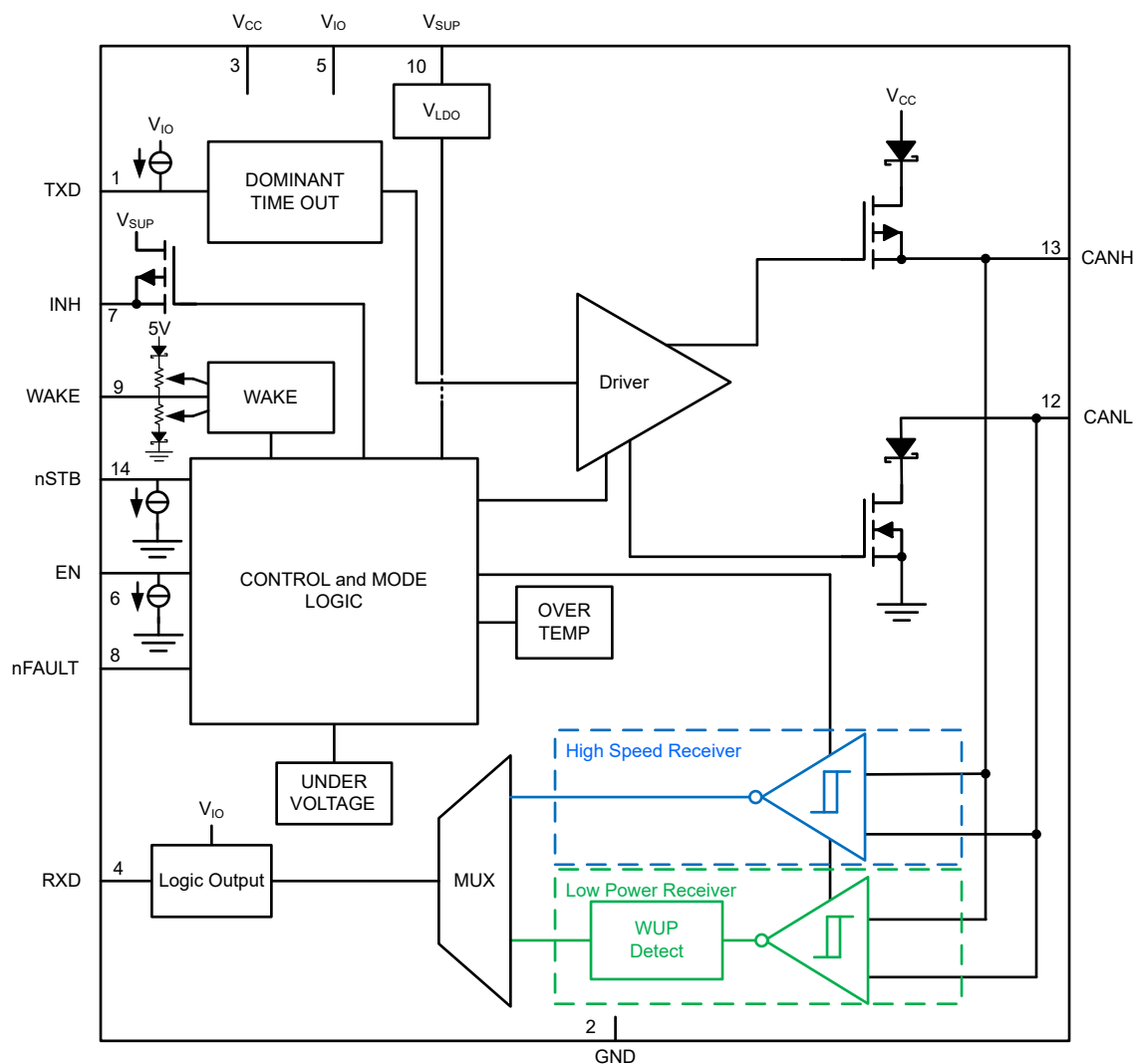


图 7-1. TCAN943-Q1 功能方框图

7.3 特性说明

7.3.1 电源引脚

TCAN943-Q1 使用三个独立电源输入来调节器件的不同部分。

7.3.1.1 V_{SUP} 引脚

此引脚连接到电池电源。该引脚为支持数字内核和低功耗 CAN 接收器的内部稳压器提供电源。

7.3.1.2 V_{CC} 引脚

此引脚为 CAN 收发器提供 5V 电源电压。

7.3.1.3 V_{IO} 引脚

此引脚提供数字 I/O 电压以匹配 CAN FD 控制器 I/O 电压。该引脚支持 2.9V 至 5.5V 的 I/O 电压，可以适配多种控制器的需求。

7.3.2 数字输入与输出

7.3.2.1 TXD 引脚

TXD 是从 CAN FD 控制器到 TCAN943-Q1 的逻辑电平输入信号，以 V_{IO} 为基准。TXD 偏置到 V_{IO} 电平，以便在引脚悬空时强制采用隐性输入。

7.3.2.2 RXD 引脚

RXD 是从 TCAN943-Q1 到 CAN FD 控制器的逻辑电平信号输出，以 V_{IO} 为基准。一旦存在有效的 V_{IO} ，RXD 引脚便会驱动为 V_{IO} 电平来作为逻辑高电平输出。

发生上电或唤醒事件时，RXD 引脚会拉至低电平。

7.3.2.3 nFAULT 引脚

nFAULT 是从 TCAN943-Q1 到 CAN FD 控制器的逻辑电平输出信号，以 V_{IO} 为基准。nFAULT 输出驱动为 V_{IO} 电平，作为逻辑高电平输出。

nFAULT 输出用于将 TCAN943-Q1 状态指示标志传输到 CAN FD 控制器。有关通过 nFAULT 引脚在外部指示的特定故障场景，请参阅表 7-1。当存在 V_{IO} 且处于睡眠模式下时，TCAN943-Q1 将 nFAULT 引脚驱动为高电平以节省电力，因为在睡眠模式下没有在外指示的故障情况。

7.3.2.4 EN 引脚

EN 是从 CAN FD 控制器到 TCAN943-Q1 的逻辑电平输入信号，以 V_{IO} 为基准。EN 输入引脚与 nSTB 引脚共同用于模式选择。EN 在内部拉至低电平，防止系统功耗过大和出现错误的唤醒事件。

7.3.2.5 nSTB 引脚

nSTB 是从 CAN FD 控制器到 TCAN943-Q1 的逻辑电平输入信号，以 V_{IO} 为基准。nSTB 输入引脚与 EN 引脚共同用于模式选择。nSTB 在内部拉至低电平，防止系统功耗过大和出现错误的唤醒事件。

7.3.2.6 NC 引脚

NC 引脚未在内部连接，将这个引脚保持悬空或将其连接到 GND

7.3.3 GND

GND 是收发器的接地引脚，该引脚必须连接到 PCB 接地端。

7.3.4 INH 引脚

INH 引脚是高电压输出。该引脚可用于控制外部稳压器。这些稳压器通常用于支持微处理器和 V_{IO} 引脚。除了睡眠模式外，INH 功能在所有其他模式下均打开。在睡眠模式下，INH 引脚会关闭，并进入高阻抗状态。这允许在

睡眠模式下将该节点置于最低功耗状态。可以向 INH 输出添加一个 100k Ω 负载，以便可以快速从驱动的高电平状态转换到低电平状态，并在引脚悬空时强制该引脚保持低电平。

该端子必须视为高电压逻辑端子，而不是电源输出。必须将 INH 引脚用于驱动系统电源管理器件的 EN 端子，而不得用作电源管理的开关。该端子不受电池反向保护，因此不得连接到系统模块外部。

7.3.5 WAKE 引脚

WAKE 引脚是一个高电压反向阻断输入，用于本地唤醒 (LWU) 功能。WAKE 引脚为双向边沿触发，并可在 WAKE 引脚转换的上升沿或下降沿识别本地唤醒 (LWU)。通过 [WAKE 输入端子实现本地唤醒 \(LWU\)](#) 部分进一步说明了 LWU 功能。

7.3.6 CAN 总线引脚

这些是 CAN 高电平和 CAN 低电平 (CANH 和 CANL) 差分总线引脚。这些引脚在内部连接到 CAN 收发器和低电压唤醒接收器。

7.3.7 故障

7.3.7.1 内部和外部故障指示灯

实施以下器件状态指示标志，以便使 MCU 可以确定器件和系统的状态。除了故障外，nFAULT 端子还用于指示 V_{SUP} 电池端子上的唤醒请求和“冷”上电序列，以便系统可以执行任何必要的诊断或冷启动序列。RXD 端子指示唤醒请求，故障会多路复用 (进行“或”运算) 到 nFAULT 输出。

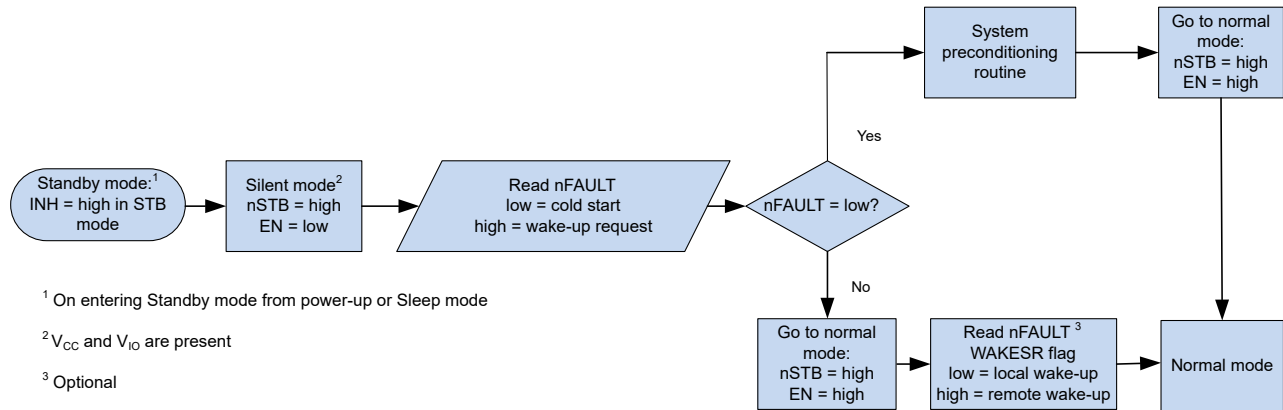
表 7-1. TCAN943-Q1 收发器状态指示器

事件	标志名称	原因	指示 ⁽¹⁾	清除标志	注释
上电	<i>PWRON</i>	为 V_{SUP} 加电并在电池电源低于 UV_{SUP} 后为 V_{SUP} 的任何恢复加电	从待机模式或睡眠模式进入静音模式时, $nFAULT$ = 低电平	转换到正常模式后	冷启动条件会生成本地唤醒 <i>WAKERQ</i> 、 <i>WAKESR</i> 和 <i>PWRON</i> 标志。
唤醒请求	<i>WAKERQ</i> ⁽²⁾	CAN 总线上的唤醒事件、 <i>WAKE</i> 引脚上的状态转换或初始上电	进入待机模式时唤醒之后, $nFAULT$ = RXD = 低电平	在转换到正常模式之后或 $V_{CC} < UV_{CC(F)}$ 或 $V_{IO} < UV_{IO(F)}$ 的时间 $t \geq t_{UV}$	唤醒请求只能设置为从待机、进入睡眠或睡眠模式唤醒。在睡眠模式下, 复位已过期的 UV_{CC} 或 UV_{VIO} 计时器。
唤醒源识别 ⁽³⁾	<i>WAKESR</i>		进入正常模式时可用 ⁽⁴⁾ $nFAULT$ = 低电平表示 <i>WAKE</i> 引脚的本地唤醒事件 $nFAULT$ = 高电平表示 CAN 总线的远程唤醒事件	在正常模式下 <i>TXD</i> 上的四个隐性到显性边沿后, 离开正常模式, 或 $V_{CC} < UV_{CC(F)}$ 或 $V_{IO} < UV_{IO(F)}$ 的时间 $t \geq t_{UV}$	冷启动条件会生成本地唤醒 <i>WAKERQ</i> 、 <i>WAKESR</i> 和 <i>PWRON</i> 标志。
欠压	UV_{CC}	$V_{CC} < UV_{CC(F)}$	未在外部注明	$V_{CC} > UV_{CC(R)}$, 或发生唤醒请求	
	UV_{IO}	$V_{IO} < UV_{IO(F)}$	未在外部注明	$V_{IO} > UV_{IO(R)}$, 或发生唤醒请求	
	UV_{SUP}	$V_{SUP} < UV_{SUP(F)}$	未在外部注明	$V_{SUP} > UV_{SUP(R)}$	在 $V_{SUP} > UV_{SUP(R)}$ 之后, V_{SUP} 欠压事件会生成冷启动条件。
局部故障	<i>TXDDTO</i>	<i>TXD</i> 显性超时, $t \geq t_{TXDDTO}$ 时的显性 (低电平) 信号	从正常模式进入静音模式时, $nFAULT$ = 低电平	RXD = 低电平且 TXD = 高电平持续 $4\mu s$, 或模式转换为正常、待机、进入睡眠或睡眠模式	<i>CAN</i> 驱动器保持禁用状态, 直到 <i>TXDDTO</i> 清除为止。在 <i>TXDDTO</i> 故障期间, <i>CAN</i> 接收器会保持有效状态。
	<i>TXDRXD</i>	在 $t \geq t_{TXDDTO}$ 时, <i>TXD</i> 和 <i>RXD</i> 引脚短接在一起			<i>CAN</i> 驱动器保持禁用状态, 直到 <i>TXDRXD</i> 清除为止。在 <i>TXDRXD</i> 故障期间, <i>CAN</i> 接收器会保持有效状态。当 $TXD = RXD$ = 低电平时, 会检测到 <i>TXDRXD</i> 。
	<i>CANDOM</i>	当收到显性总线信号且 $t \geq t_{BUSDOM}$ 时, <i>CAN</i> 总线显性故障		RXD = 高电平, 或者转换到正常、待机、进入睡眠或睡眠模式	在 <i>CANDOM</i> 故障期间, <i>CAN</i> 驱动器会保持启用。
	<i>TSD</i>	热关断, $T_J \geq T_{SDR}$		$T_J < T_{SDF}$ 且 RXD = 低电平和 TXD = 高电平持续 $4\mu s$, 或者转换到正常、待机、进入睡眠或睡眠模式	<i>CAN</i> 驱动器保持禁用状态, 直到 <i>TSD</i> 事件清除为止。在 <i>TSD</i> 故障期间, <i>CAN</i> 接收器会保持有效状态。

- (1) 存在 V_{IO} 和 V_{SUP}
- (2) 在清除 *WAKERQ* 标志之前, 系统会阻止转换到进入睡眠模式
- (3) 唤醒源识别反映第一个唤醒源。如果发生额外的唤醒事件, 源仍指示原始唤醒源
- (4) 指示仅在正常模式下可用, 直至清除标志
- (5) 要清除 *WAKESR* 标志, 需要隐性到显性边沿之间至少间隔 $4\mu s$

7.3.7.1.1 上电 (*PWRON* 标志)

这是一个内部和外部标志, 可用于控制系统的上电序列。当有新的电池连接到收发器时, 设置 *PWRON* 标志, 表示冷启动条件。TCAN943-Q1 将 V_{SUP} 上的任何欠压条件 ($V_{SUP} < UV_{SUP(F)}$) 视为冷启动。因此, 当满足 $V_{SUP} > UV_{SUP(R)}$ 条件时, TCAN943-Q1 会设置 *PWRON* 标志, 系统可以使用该标志进入仅在冷启动状况下调用的例程。从待机模式或睡眠模式进入静音模式后, $nFAULT$ 驱动为低电平来指示 *PWRON* 标志。在转换到正常模式后清除此标志。

图 7-2. 通过进入静音模式来区分 **PWRON** 和唤醒请求

7.3.7.1.2 唤醒请求 (WAKERQ 标志)

这是一个内部和外部标志，可在待机模式、进入睡眠模式或睡眠模式下设置。当发生有效的本地唤醒 (LWU) 请求或发生有效的远程唤醒请求时，或者在 V_{SUP} 上电时，会设置此标志。设置此标志会清除用于 UV_{CC} 或 UV_{IO} 故障检测的 t_{UV} 计时器。在进入正常模式或在 V_{CC} 或 V_{IO} 上发生欠压事件期间，清除此标志。

7.3.7.1.3 欠压故障

TCAN943-Q1 器件在所有电源端子上实现欠压检测电路： V_{SUP} 、 V_{CC} 和 V_{IO} 。欠压标志是内部指示标志，不会在 $nFAULT$ 输出引脚上进行指示。

7.3.7.1.3.1 V_{SUP} 欠压

当 V_{SUP} 上的电压降至欠压检测电压阈值 UV_{SUP} 以下时， UV_{SUP} 被置位。一旦 $V_{SUP} > UV_{SUP(R)}$ ，则设置 **PWRON**、**WAKERQ** 和 **WAKESR** 标志。

7.3.7.1.3.2 V_{CC} 欠压

当 V_{CC} 上的电压降至欠压检测电压阈值 UV_{CC} 以下且持续时间超过欠压滤波时间 t_{UV} 时， UV_{CC} 被置位。

7.3.7.1.3.3 V_{IO} 欠压

当 V_{IO} 上的电压降至欠压检测电压阈值 UV_{IO} 以下且持续时间超过欠压滤波时间 t_{UV} 时， UV_{IO} 被置位。

7.3.7.1.4 TXD 显性状态超时 (TXDDTO 标志)

TXDDTO 是在 **TXD** 引脚保持显性状态的时间 $t > t_{TXDDTO}$ 时设置的外部标志。如果存在 **TXD DTO** 条件，则在从正常模式进入静音模式时， $nFAULT$ 引脚驱动为低电平。在正常模式下 **TXD** = H 且 **RXD** = L，或转换到正常、待机、进入睡眠或睡眠模式时，**TXDDTO** 标志会被清除。

7.3.7.1.5 TXD 短接到RXD 故障 (TXDRXD 标志)

TXDRXD 是在收发器检测到 **TXD** 和 **RXD** 线路短接在一起的时间时设置的外部标志。该器件需要一个持续时间 $t \geq t_{TXDDTO}$ 的显性信号，才能检测到此故障。如果存在 **TXDRXD** 条件，则从正常模式进入静音模式时， $nFAULT$ 引脚会驱动为低电平，并且禁用 **CAN** 总线驱动器，直至清除 **TXDRXD** 故障。在 **TXD** 为高电平且 **RXD** 为低电平的下一次显性到隐性转换时，或者在转换到正常模式、待机模式、进入睡眠模式或睡眠模式时，清除 **TXDRXD** 标志。

7.3.7.1.6 CAN 总线显性故障 (CANDOM 标志)

CANDOM 是在 **CAN** 总线卡滞在显性状态的时间 $t > t_{BUSDOM}$ 时设置的外部标志。如果存在 **CANDOM** 条件，则在从正常模式进入静音模式时， $nFAULT$ 引脚驱动为低电平。在 **RXD** 上的下一次显性至隐性转换时，或转换到正常、待机、进入睡眠或睡眠模式时，清除 **CANDOM** 标志。

7.3.8 局部故障

在正常模式和静音模式下都会检测到本地故障，但仅在 TCAN943-Q1 从正常模式转换到静音模式时通过 nFAULT 引脚来指示故障。所有其他模式转换都会清除本地故障标志指示。

7.3.8.1 TXD 显性超时 (TXD DTO)

当 CAN 驱动器处于活动模式时，TXD 显性状态超时电路可防止本地节点在发生硬件或软件故障（TXD 保持显性状态的时间超过超时周期，即 $t > t_{TXDDTO}$ ）时阻塞网络通信。TXD 显性状态超时电路由 TXD 引脚上的下降沿触发。如果在 $t > t_{TXDDTO}$ 之前 TXD 上未出现上升沿，则禁用 CAN 驱动器，从而将总线释放为隐性电平。这样可释放总线，供网络上的其他节点进行通信。

当存在模式切换，或者 RXD 为低电平且 TXD 为高电平时，会重新激活 CAN 驱动器。在 TXDDTO 故障期间，高速接收器保持活动状态，RXD 输出引脚会反映 CAN 总线的的数据。

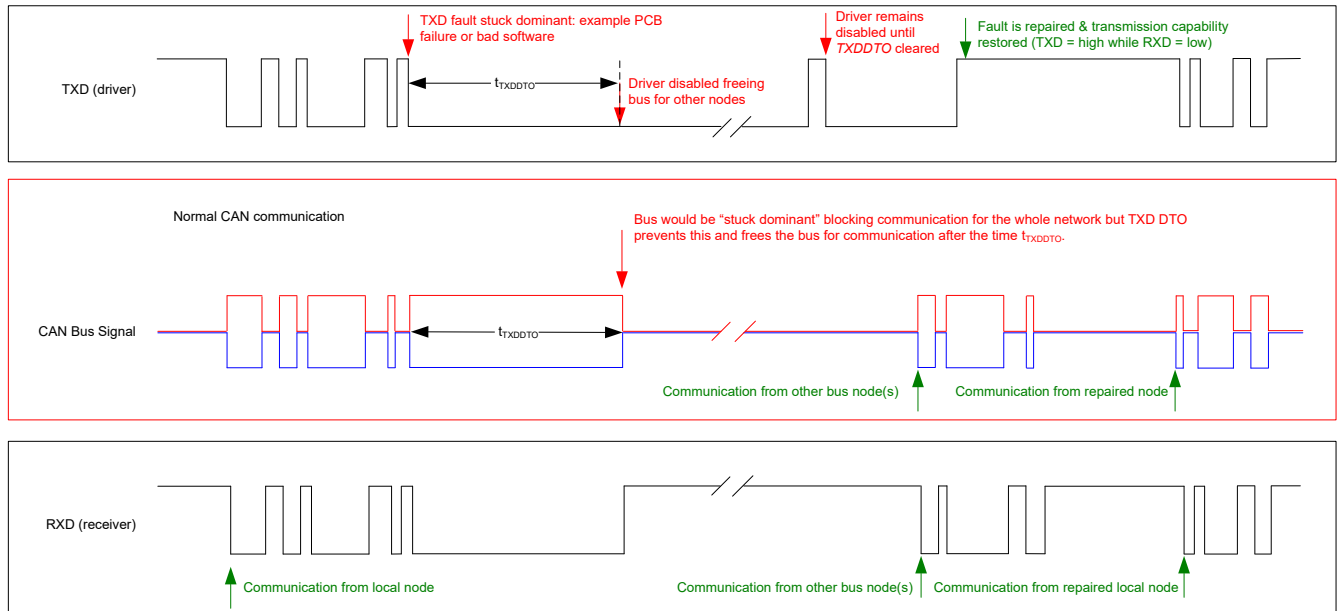


图 7-3. TXD DTO 的时序图

显性状态超时电路所允许的最短显性 TXD 时间限制了收发器的最低数据发送速率。CAN 协议允许在最差情况下发送最多十一个连续显性位，其中五个连续显性位后面紧接一个错误帧。使用 方程式 1 中的最小 t_{TXDDTO} 时间来计算最低数据发送速率。

$$\text{Minimum Data Rate} = 11 \text{ bits} / t_{TXDDTO} = 11 \text{ bits} / 1.2\text{ms} = 9.2\text{kbps} \quad (1)$$

7.3.8.2 热关断 (TSD)

如果 TCAN943-Q1 的结温超出热关断阈值，器件将关断 CAN 驱动器电路，从而阻断 TXD 到总线的传输路径。CAN 总线端子在 TSD 故障期间偏置为隐性电平，接收器与 RXD 之间的路径保持畅通。当器件的结温 T_J 降至热关断释放温度 T_{SDF} 以下，且满足以下任一条件时，TSD 故障状态会被清除：执行模式切换（切换至正常、待机或睡眠模式），或接收到 TXD = H 且 RXD = L 的信号。如果仍存在导致 TSD 故障的故障条件，则温度可能会再次上升，器件将再次进入热关断。在 TSD 故障条件下长时间运行可能会影响器件可靠性。TSD 电路包括迟滞功能，可避免驱动器输出发生任何振荡。故障发生期间，在静音模式下 TSD 故障条件通过 nFAULT 端子向 CAN FD 控制器发出指示。

7.3.8.3 欠压锁定 (UVLO)

监控电源端子 V_{SUP} 、 V_{IO} 和 V_{CC} 是否发生欠压事件。如果发生欠压事件，TCAN943-Q1 将进入受保护状态，在该状态下，总线引脚不会对 CAN 总线产生任何负载。这样可以保护 CAN 总线和系统免受不必要的抗尖峰脉冲和过大电流消耗的影响，从而影响 CAN 总线上其他 CAN 节点之间的通信。

如果在任何模式下 V_{SUP} 上发生欠压事件，TCAN943-Q1CAN 收发器将进入 CAN 关闭状态。

如果 V_{CC} 上发生欠压事件，则 TCAN943-Q1 会保持正常模式或静音模式，但 CAN 收发器更改为 CAN 无源状态。在 UV_{CC} 事件期间，只要 V_{IO} 存在且 RXD 上未传递唤醒事件信号，RXD 就会保持高电平。CAN 总线弱偏置到 GND。如果欠压事件持续时间超过 t_{UV} ，则 TCAN943-Q1 会转换到睡眠模式。

如果 V_{IO} 上发生欠压事件，则 TCAN943-Q1 会转换至待机模式。如果欠压事件持续时间超过 t_{UV} ，则 TCAN943-Q1 会转换到睡眠模式。

当欠压条件消失且电源恢复到有效电平后，器件通常需要 t_{MODE1} 时间来转换到正常运行。

7.3.8.4 未供电器件

根据设计，器件在未供电情况下对于 CAN 总线呈现高阻抗状态。在器件未供电时 CANH 和 CANL 引脚具有较低的漏电流，因此不会对总线产生任何负载。如果网络的某些节点未供电，而网络的其余部分仍正常工作，这一点至关重要。

逻辑端子在器件未供电时的漏电流也很低，因此不会对其他保持供电的电路造成负载。

7.3.8.5 悬空端子

TCAN943-Q1 在关键引脚上有内部上拉电阻和下拉电阻，确保在引脚悬空时出现已知的工作行为。有关引脚失效防护偏置保护的说明、请参阅表 7-2。

表 7-2. 引脚失效防护偏置

引脚	失效防护保护	值	注释
TXD	隐性电平	60k Ω	弱上拉至 V_{IO}
EN	低功耗模式		弱下拉至 GND
nSTB	低功耗模式		弱下拉至 GND

设计不得依赖这种内部偏置，而应采用失效防护选项。当收发器与带有开漏输出的 CAN FD 控制器搭配使用时，需特别小心。TCAN943-Q1 在 TXD 引脚上实施弱内部上拉电阻。需要特别考虑 CAN FD 数据速率的位时序要求，并且在使用开漏输出时必须仔细考虑上拉强度。必须使用足够大的外部上拉电阻，以确保 CAN FD 控制器的 TXD 输出为 CAN 器件维持适当的位时序输入。

7.3.8.6 CAN 总线短路电流限制

TCAN943-Q1 有多种保护特性可以在 CAN 总线短路时限制短路电流，其中包括显性和隐性状态下的 CAN 驱动器电流限制以及 TXD 显性状态超时（可防止在系统故障时永久具有显性状态的较高短路电流）。

在 CAN 通信期间，总线会在显性与隐性状态之间切换，因此，可将短路电流视为这两种总线状态期间的电流或者视为平均电流。在考虑终端电阻和共模扼流圈的系统功耗时，必须使用平均短路电流。驱动器可以处于显性状态的时间百分比受限于以下因素：TXD 显性状态超时以及具有强制状态切换功能和隐性位（位填充、控制字段和帧间间隔）的 CAN 协议。这些限制确保了总线上具有最短的隐性状态时间，即使数据字段包含很高的显性位百分比也是如此。

总线的短路电流取决于隐性位与显性位的比率以及相应的短路电流。平均短路电流可以使用方程式 2 来计算。

$$I_{OS(AVG)} = \%Transmit \times [(\%REC_Bits \times I_{OS(SS)_REC}) + (\%DOM_Bits \times I_{OS(SS)_DOM})] + [\%Receive \times I_{OS(SS)_REC}] \quad (2)$$

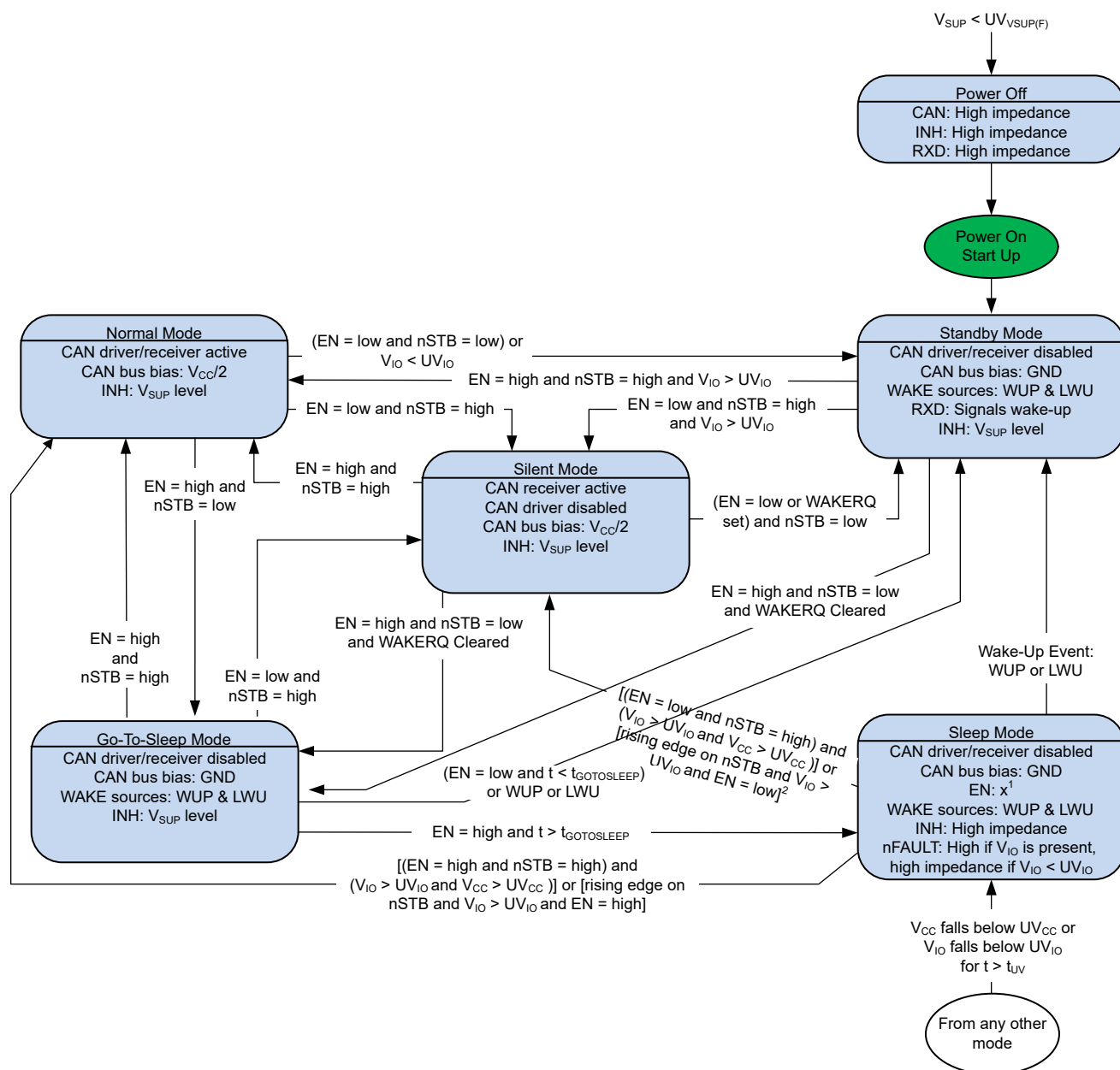
其中：

- $I_{OS(AVG)}$ 为平均短路电流
- %Transmit 为发送 CAN 报文的节点的百分比
- %Receive 为接收 CAN 报文的节点的百分比
- %REC_Bits 为发送的 CAN 报文中的隐性位百分比
- %DOM_Bits 为发送的 CAN 报文中的显性位百分比
- $I_{OS(SS)_REC}$ 为隐性稳态短路电流
- $I_{OS(SS)_DOM}$ 为显性稳态短路电流

规划端接电阻和其他网络组件功耗额定值时，必须考虑短路电流以及可能的网络故障。

7.4 器件功能模式

TCAN943-Q1 有六种工作模式：正常模式、待机模式、静音模式、进入睡眠模式、睡眠模式和关闭模式。可以使用 nSTB 引脚和 EN 引脚结合电源条件、温度条件和唤醒事件来控制工作模式选择。



- 在睡眠模式下，使能引脚可以处于逻辑高电平或低电平状态，但由于该引脚具有内部下拉电阻，因此当该引脚保持悬空或在外部拉至低电平时，可以实现尽可能低的功耗。
- 首先，在将 nSTB 设置为高电平之前，需将 EN 设置为低电平并保持至少 $0.5\ \mu\text{s}$ ，以便直接从睡眠模式转换到静音模式，且无需先经过正常模式，从而避免意外清除故障标志。

图 7-4. TCAN943-Q1 状态机

表 7-3. TCAN943-Q1 模式概述

模式	V_{CC} 和 V_{IO}	V_{SUP}	EN	nSTB	WAKERQ 标志	驱动器	接收器	RXD	INH
正常	$> UV_{CC}$ 且 $> UV_{IO}$	$> UV_{SUP}$	高	高	X	启用	启用	镜像总线状态	开启
静音	$> UV_{CC}$ 且 $> UV_{IO}$	$> UV_{SUP}$	低	高	X	禁用	启用	镜像总线状态	开启
待机	$> UV_{CC}$ 且 $> UV_{IO}$	$> UV_{SUP}$	高	低	设置	禁用	启用低功耗总线监控	低电平信号唤醒	开启
	$> UV_{CC}$ 且 $> UV_{IO}$	$> UV_{SUP}$	低	低	X	禁用	启用低功耗总线监控	低电平信号唤醒	开启
	$> UV_{CC}$ 且 $< UV_{IO}$	$> UV_{SUP}$	低	低	X	禁用	启用低功耗总线监控	高阻抗	开启

表 7-3. TCAN943-Q1 模式概述 (续)

模式	V _{CC} 和 V _{IO}	V _{SUP}	EN	nSTB	WAKERQ 标志	驱动器	接收器	RXD	INH
进入睡眠模式 ⁽¹⁾	> UV _{CC} 且 > UV _{IO}	> UV _{SUP}	高	低	被清零	禁用	启用低功耗总线监控	高电平或高阻抗 (无 V _{IO})	开启 ⁽²⁾
睡眠 ⁽³⁾	> UV _{CC} 且 > UV _{IO}	> UV _{SUP}	高	低	被清零	禁用	启用低功耗总线监控	高电平或高阻抗 (无 V _{IO})	高阻抗
	< UV _{CC} 或 < UV _{IO}	> UV _{SUP}	X	X	X	禁用	启用低功耗总线监控	高电平或高阻抗 (无 V _{IO})	高阻抗
无源 ⁽⁴⁾	< UV _{CC} 且 > UV _{IO}	> UV _{SUP}	X	高	X	禁用	禁用	高	开启
受保护	X	< UV _{SUP}	X	X	X	禁用	禁用	高阻抗	高阻抗

- (1) 进入睡眠模式：在 EN = H、nSTB = L 时进入过渡模式，直到 t_{GOTOSLEEP} 计时器到期。在此状态下，低功耗总线监控器变为/保持启用状态。
- (2) 一旦 t_{GOTOSLEEP} 定时器超时且器件切换至睡眠模式，INH 引脚会切换为高阻抗状态。
- (3) t_{GOTOSLEEP} 计时器到期后，模式就会从进入睡眠模式更改为睡眠模式。
- (4) 当 UV_{CC} 事件持续时间超过 t_{UV_det} 时，器件会从正常模式或静音模式进入无源模式。一旦 t_{UV} 定时器超时，器件会从无源模式切换至睡眠模式。

7.4.1 工作模式说明

7.4.1.1 正常模式

此模式是器件的正常运行模式。CAN 驱动器和接收器均能完全正常运行且 CAN 通信双向进行。驱动器将 TXD 上的数字输入转换为 CANH 和 CANL 上的差分输出。接收器将 CANH 和 CANL 上的差分信号转换为 RXD 上的数字输出。

进入正常模式会清除 WAKERQ 和 PWRON 标志。如果在 TXD 为低电平时进入正常模式，则在 TXD 变为高电平之前不会启用驱动器，从而防止状态转换期间出现毛刺脉冲或由于 TXD 故障而导致总线中断。

7.4.1.2 静音模式

静音模式通常称为仅监听模式和仅接收模式。在此模式下，禁用 CAN 驱动器，但接收器完全正常运行，CAN 通信单向进入器件。接收器将来自 CANH 和 CANL 的差分信号转换为 RXD 端子的数字输出。

在静音模式下，通过 nFAULT 引脚上的信号来指示 PWRON 和本地故障标志。

7.4.1.3 待机模式

待机模式是一种低功耗模式，在该模式下，禁用驱动器和接收器，从而可减少电流消耗。但这不是器件的最低功耗模式，因为 INH 端子处于开启状态，允许系统的其余部分恢复正常运行。

在待机模式下，RXD 端子变为低电平来指示唤醒请求 (WAKERQ)。在器件恢复正常模式后，通过 nFAULT 引脚识别唤醒源。

7.4.1.4 进入睡眠模式

进入睡眠模式是器件从任何状态到睡眠状态的过渡模式。在此状态下，禁用驱动器和接收器，降低电流消耗。INH 引脚处于活动状态，以便为 VIO 控制器提供一个使能信号。这个使能信号的作用是让系统的其余部分可以正常运行。在此模式下，低功耗总线监控器会激活或保持活动状态，以监控总线唤醒事件。如果器件保持此状态的时间达到 $t \geq t_{GOTOSLEEP}$ ，则器件会转换到睡眠模式，而 INH 会关闭，转换到高阻抗状态。

如果任何唤醒事件持续存在，则 TCAN943-Q1 会保持待机模式，直至器件切换到正常模式，以便清除待处理的唤醒事件。

7.4.1.5 睡眠模式

睡眠模式是 TCAN943-Q1 的最低功耗模式。在睡眠模式下，关闭 CAN 发送器和主接收器，收发器无法发送或接收数据。低功耗接收器能够监控总线是否存在验证唤醒模式 (WUP) 要求的任何活动，而 WAKE 监控电路监控 WAKE 端子上针对本地唤醒 (LWU) 事件的状态变化。在睡眠模式下关闭 INH 引脚，从而导致由 INH 控制的任何系统电源都关闭，因而可降低系统功耗。

在以下情况下，器件退出睡眠模式：

- 通过 CAN 总线引脚接收到有效的唤醒模式 (WUP)
- 发生本地 WAKE (LWU) 事件
- $V_{IO} > UV_{IO}$ 时 nSTB 变为高电平 (器件会进入正常模式或静音模式, 具体取决于 EN 引脚上的逻辑电平)

7.4.1.5.1 通过唤醒模式 (WUP) 发出远程唤醒请求

TCAN943-Q1 在待机和睡眠模式下实现低功耗唤醒接收器, 该接收器使用 ISO11898-2:2016 标准中定义的多重滤波显性唤醒模式 (WUP)。

唤醒模式 (WUP) 由一段滤波显性总线时间, 一段滤波隐性总线时间和第二段滤波显性总线时间组成。第一个经过滤波的显性信号会发起 WUP, 之后总线监视器会等待经过滤波的隐性信号。其他总线通信不会使总线监视器复位。接收到滤波隐性信号后, 总线监视器会等待滤波显性信号。其他总线通信不会使总线监视器复位。在接收到第二个滤波显性信号后, 如果存在有效的 V_{IO} 向控制器发送唤醒请求, 则总线监视器会立即识别 WUP 并将 RXD 端子驱动为低电平。如果在接收到唤醒模式时不存在有效 V_{IO} , 则在经过 $t_{UV(RE-ENABLE)}$ 且 $V_{IO} > UV_{IO(R)}$ 后, 收发器会将 RXD 输出引脚驱动为低电平。

WUP 包括:

- 至少为 $t_{WK(FILTER)}$ 的滤波显性总线时间, 后跟
- 至少为 $t_{WK(FILTER)}$ 的滤波隐性总线时间, 后跟
- 至少为 $t_{WK(FILTER)}$ 的第二个滤波显性总线时间

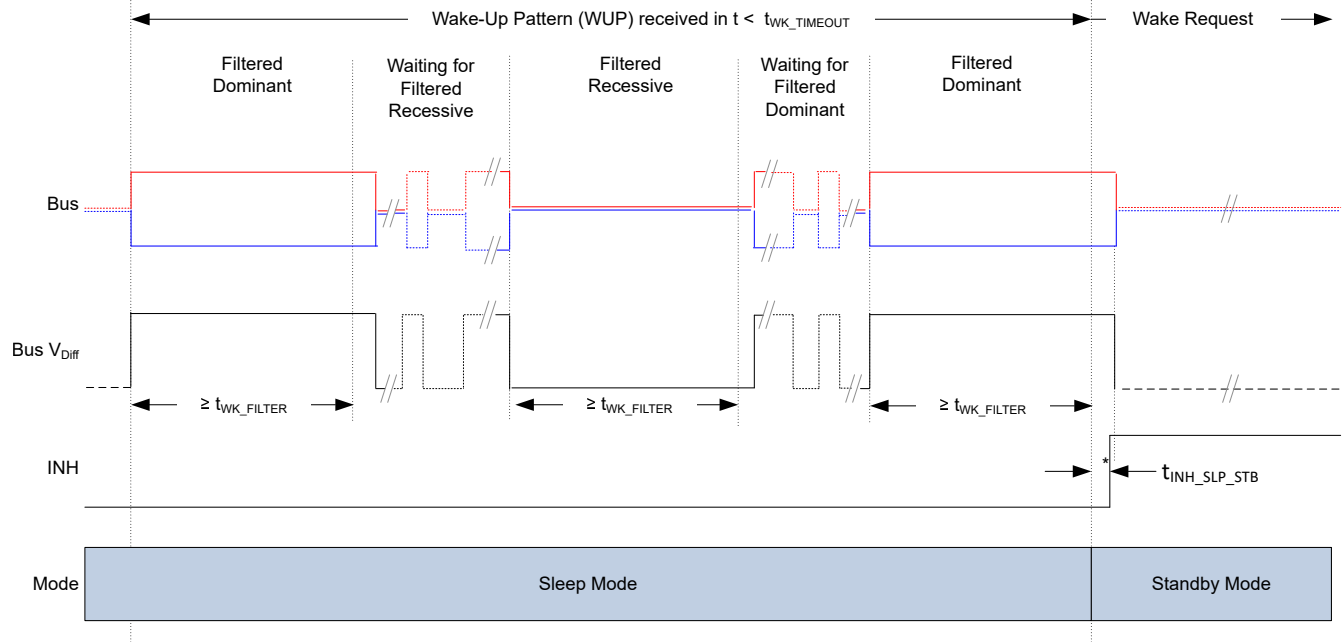
对于被视为“已滤波”的显性或隐性信号, 总线必须保持该状态超过 $t_{WK(FILTER)}$ 时间。由于 $t_{WK(FILTER)}$ 存在变化性, 可以分为以下几种情况来判定。短于 $t_{WK(FILTER)}$ 最小值的总线状态时间始终不会作为 WUP 的一部分来检测, 因此不会生成唤醒请求。 $t_{WK(FILTER)}$ 最小值和 $t_{WK(FILTER)}$ 最大值之间的总线状态时间可作为 WUP 的一部分来检测, 并且可以生成唤醒请求。超过 $t_{WK(FILTER)}$ 最大值的总线状态时间始终会作为 WUP 的一部分来检测, 因此始终会生成唤醒请求。请参阅图 7-5 以了解 WUP 的时序图。

用于 WUP 和唤醒请求的模式和 $t_{WK(FILTER)}$ 时间可防止噪声和总线卡在显性状态故障, 从而导致错误的唤醒请求, 同时允许任何 CAN 或 CAN FD 消息发起唤醒请求。

ISO11898-2:2024 有两组时间, 分别用于短唤醒滤波时间和长唤醒滤波时间。TCAN943-Q1 的 $t_{WK(FILTER)}$ 时序选在这两个滤波范围的最小值和最大值之间。选择此时序是为了使 500kbps 下的单个位时间或 1Mbps 下的两个背对背位时间触发处于任一总线状态的滤波器。

为了实现额外的稳健性并防止误唤醒, 该收发器实施了 $t_{WK(TIMEOUT)}$ 计时器。要成功发生远程唤醒事件, 必须在超时值内收到完整唤醒模式。如果在 $t_{WK(TIMEOUT)}$ 到期之前未收到完整唤醒模式, 则内部逻辑复位, 收发器保持睡眠模式, 不唤醒。然后必须在 $t_{WK(TIMEOUT)}$ 时段内再次发送完整模式。请参阅图 7-5。

如果当 $t_{WK(TIMEOUT)}$ 到期时 CAN 总线为显性状态, 则必须在至少为 $t_{WK(FILTER)}$ 的隐性总线时间内分隔下一个 WUP 模式。



*如果存在 V_{IO} ，则仅驱动一次 RXD 引脚。

图 7-5. 唤醒模式 (WUP)

7.4.1.5.2 通过 WAKE 输入端子实现本地唤醒 (LWU)

WAKE 端子是一个双向高压反向电池保护输入，可用于通过电压转换发出本地唤醒 (LWU) 请求。由于该端子具有双向输入阈值，因此可以在低电平到高电平或高电平到低电平转换时触发 LWU 事件。WAKE 引脚可与 V_{SUP} 、 V_{CC} 、 V_{IO} 或接地开关配合使用。如果未使用该端子，则必须将该端子拉至电源或接地，以避免不必要的寄生唤醒事件。当 WAKE 连接到 5V 或接地时，电流消耗可降至最低。

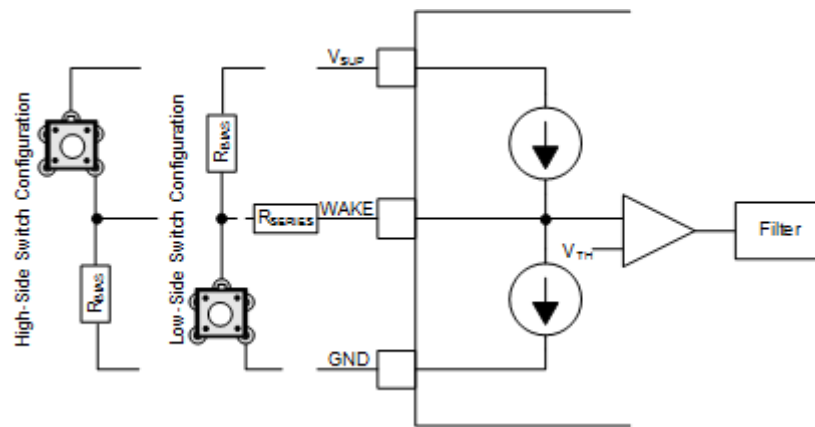


图 7-6. WAKE 电路示例

图 7-6 显示了 WAKE 引脚的两种可能配置：低侧和高侧开关配置。串联电阻器 R_{SERIES} 的目的是保护器件的 WAKE 输入免受接地漂移或接地损耗时会发生的过流情况的影响。可以使用最大电源电压 V_{SUPMAX} 和 WAKE 引脚的最大允许电流 $I_{IO(WAKE)}$ 来计算 R_{SERIES} 的最小值。使用以下公式计算 R_{SERIES} ：

$$R_{SERIES} = V_{SUPMAX} / I_{IO(WAKE)} \quad (3)$$

绝对最大电压 V_{SUPMAX} 为 40V 和最大允许电流 $I_{IO(WAKE)}$ 为 3mA 时，所需的最小 R_{SERIES} 值为 13.3k Ω 。

LWU 电路在睡眠模式和待机模式下保持活动。

WAKE 电路在正常模式和静音模式下会关闭。

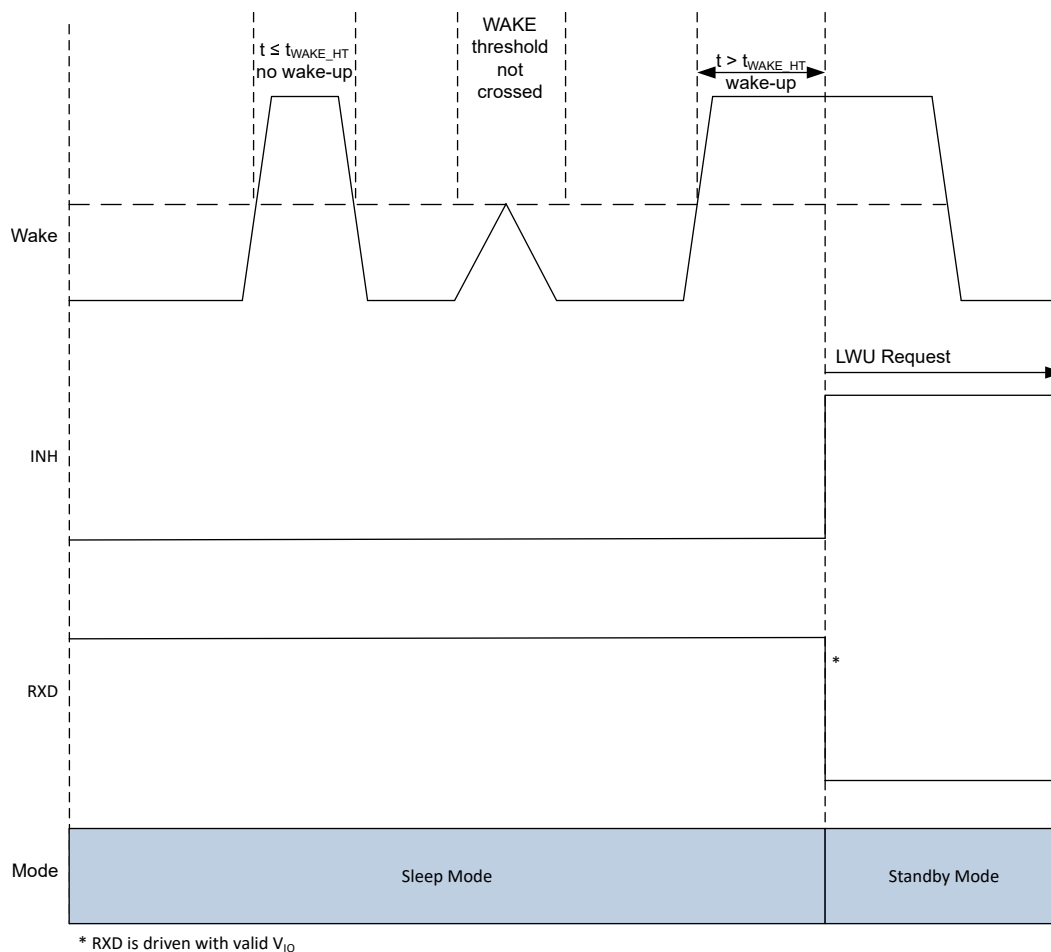


图 7-7. LWU 请求上升沿

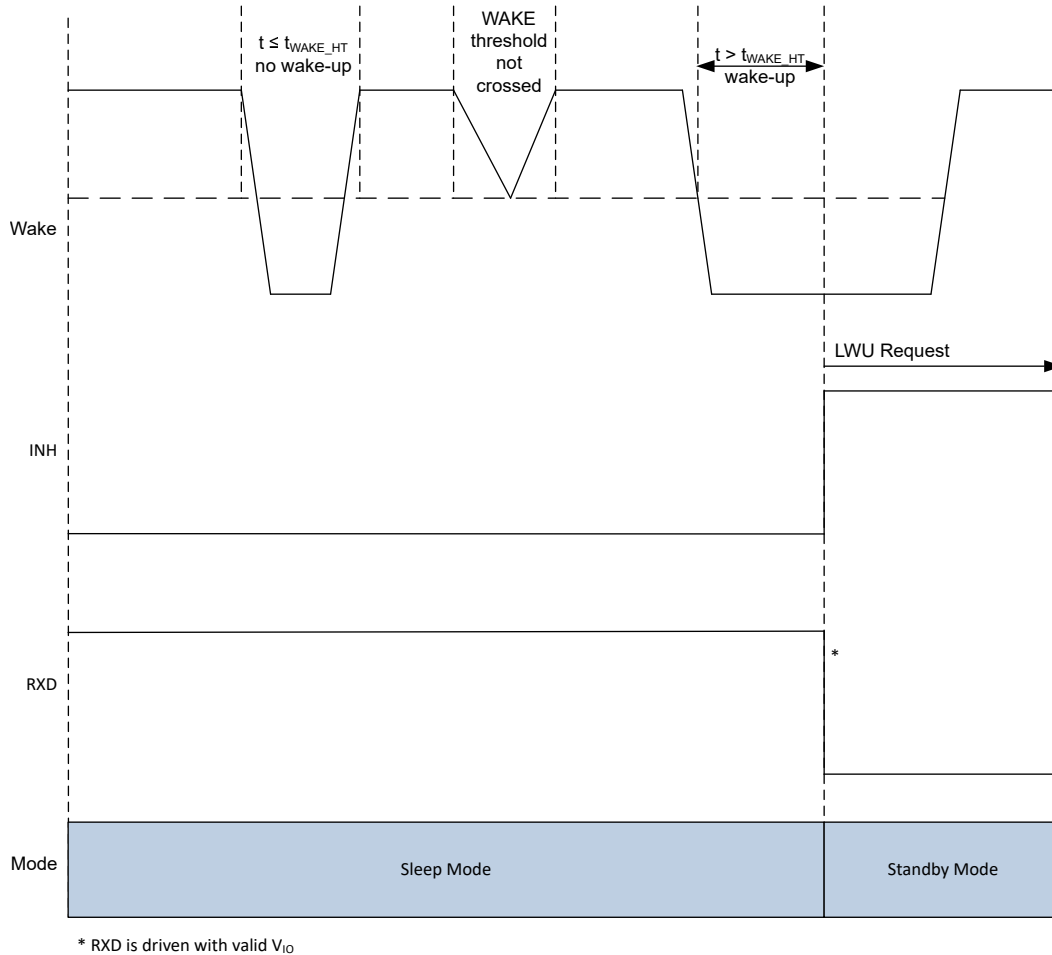


图 7-8. LWU 请求下降沿

7.4.2 CAN 收发器

7.4.2.1 CAN 收发器运行

TCAN943-Q1 支持 ISO 11898-2:2024 CAN 物理层标准常规自主总线偏置方案。正常总线偏置意味着当收发器处于正常模式或静音模式时，CAN 总线被偏置。在其他模式下，CAN 引脚呈高阻抗状态或弱偏置至 GND。

7.4.2.1.1 驱动器和接收器功能表

表 7-4. 驱动器功能表

器件模式	TXD 输入 ⁽¹⁾	总线输出		驱动总线状态 ⁽²⁾
		CANH	CANL	
正常	低	高	低	显性
	高电平或开路	高阻抗	高阻抗	$V_{CC}/2$
静音	x	高阻抗	高阻抗	$V_{CC}/2$
待机	x	高阻抗	高阻抗	弱偏置到 GND
睡眠	x	高阻抗	高阻抗	弱偏置到 GND

(1) X = 不相关

(2) 有关总线状态和典型总线电压，请参阅图 7-9

表 7-5. 接收器功能表

器件模式	CAN 差分输入 $V_{ID} = V_{CANH} - V_{CANL}$	总线状态	RXD 端子
正常/静音	$V_{ID} \geq 0.9V$	显性	低
	$0.5V < V_{ID} < 0.9V$	不确定	不确定
	$V_{ID} \leq 0.5V$	隐性	高
	开路 ($V_{ID} \approx 0V$)	开路	高
待机	$V_{ID} \geq 1.15V$	显性	高电平 如果唤醒事件持续存在，则为低电平
	$0.4V < V_{ID} < 1.15V$	不确定	
	$V_{ID} \leq 0.4V$	隐性	
	开路 ($V_{ID} \approx 0V$)	开路	
睡眠/进入睡眠 ⁽¹⁾	$V_{ID} \geq 1.15V$	显性	高电平 如果不存在 V_{IO} 或 V_{SUP} ，则为三态
	$0.4V < V_{ID} < 1.15V$	不确定	
	$V_{ID} \leq 0.4V$	隐性	
	开路 ($V_{ID} \approx 0V$)	开路	

(1) 低功耗唤醒接收器处于活动状态

7.4.2.1.2 CAN 总线状态

CAN 总线在运行期间有两种逻辑状态：隐性和显性。请参阅 图 7-9。

以差分方式驱动总线时，总线为显性状态，对应于 TXD 和 RXD 引脚上的逻辑低电平。当总线通过接收器内部的高阻值输入电阻器 (R_{IN}) 偏置到 CAN 收发器电源电压的一半时，总线为隐性状态，对应于 TXD 和 RXD 引脚上的逻辑高电平。

在仲裁期间，显性状态会覆盖隐性状态。在仲裁期间，多个 CAN 节点同时发送一个显性位，这种情况下，CAN 总线的差分电压大于单个 CAN 驱动器的差分电压。TCAN943-Q1 CAN 收发器采用低功耗待机模式和睡眠模式；这些模式支持第三种总线状态，在这种状态下，总线引脚通过接收器内部的高阻值电阻器偏置到地。

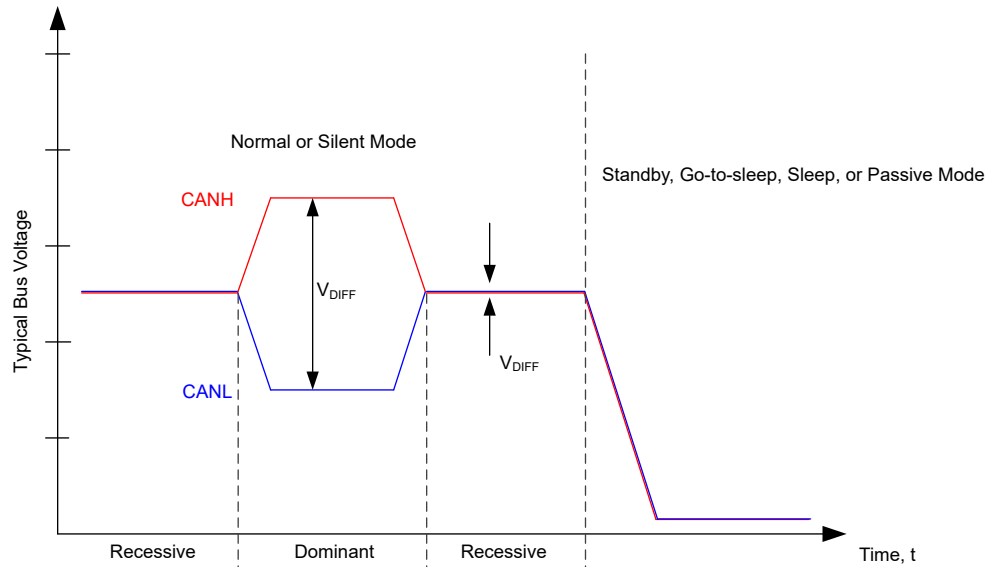


图 7-9. 总线状态

8 应用信息免责声明

备注

以下应用部分中的信息不属于 TI 元件规格，TI 不担保其准确性和完整性。TI 的客户负责确定元件是否适合其用途，以及验证和测试其设计实现以确认系统功能。

8.1 应用信息

TCAN943-Q1 收发器通常用于具有主机微处理器或 FPGA (包括 CAN 协议的数据链路层部分) 的应用。这些类型的应用通常还包括电源管理技术，使用使能 (EN) 或抑制 (INH) 引脚来控制应用的电源供应。可以使用单个 5V 稳压器同时驱动 V_{CC} 和 V_{IO} ，也可以使用单独的 5V 和 3.3V 稳压器分别驱动 V_{CC} 和 V_{IO} ，如图 8-1 所示。图中显示了总线终端以方便说明。

8.1.1 典型应用

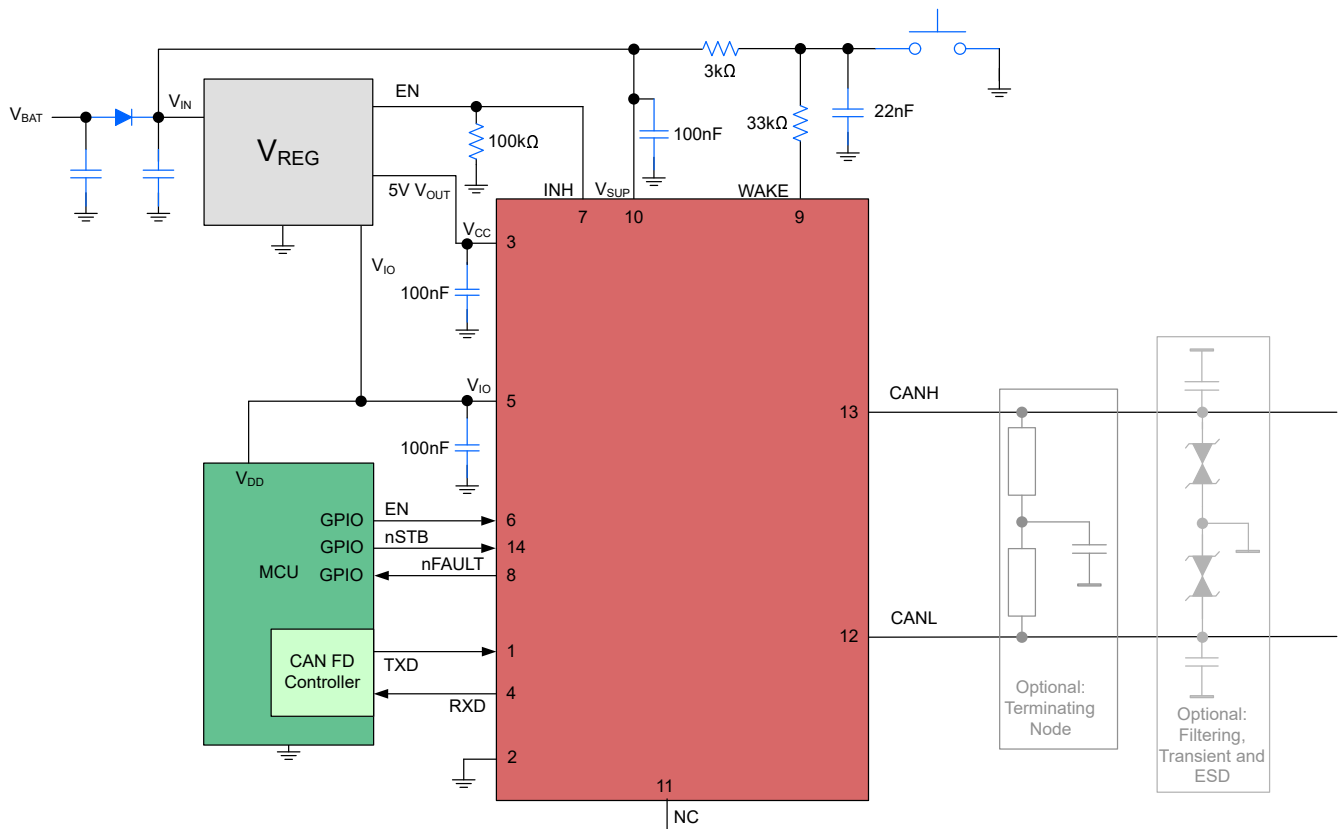


图 8-1. 典型应用

8.1.2 设计要求

8.1.2.1 总线负载能力、长度和节点数

典型 CAN 应用的最大总线长度可为 40 米，最大桩线长度可为 0.3 米。但是，如果设计得当，用户可以获得更长的总线电缆长度、桩线长度和更多的节点。如果节点数量较多，则需要具有高输入阻抗的收发器，例如 TCAN943-Q1。

许多 CAN 组织和标准已将 CAN 的使用范围扩展至原始 ISO11898-2:2024 标准之外的应用。这些组织和标准在总线的数据速率、电缆长度和寄生负载方面做出了系统层面的权衡决策。例如，这些 CAN 系统级规范包括 ARINC825、CANopen、DeviceNet、SAEJ2284、SAEJ1939 和 NMEA200。

CAN 网络系统设计就是做出一系列的权衡。在 ISO 11898-2:2024 规范中规定了总线负载范围为 $50\ \Omega$ 至 $65\ \Omega$ 时的差分输出驱动器，其中该差分输出必须大于 1.5V 。TCAN943-Q1 可在总线负载低至 $50\ \Omega$ 时满足 1.5V 要求，在 $45\ \Omega$ 总线负载时满足 1.4V 差分输出要求。TCAN943-Q1 的差分输入电阻 R_{ID} 至少为 $50\text{k}\Omega$ 。如果总线上有 100 个并联的 TCAN943-Q1 收发器，这就相当于 $500\ \Omega$ 差分负载与标称 $60\ \Omega$ 总线终端并联，因此总线负载总共约为 $54\ \Omega$ 。因此，TCAN943-Q1 理论上在单个总线段上支持超过 100 个收发器。但在 CAN 网络设计中，考虑到系统和电缆中的信号损失、寄生负载、时序、网络失衡、接地偏移和信号完整性等问题，必须留有一定的裕度，因此实际的最大节点数通常更少。此外，通过对系统设计和数据速率加以谨慎权衡，可以使总线长度超过 40 米。例如，CANopen 网络设计指南允许通过更改终端电阻和布线、减少节点数（少于 64 个）并显著降低数据速率，将网络扩展至 1km。

这种 CAN 网络设计灵活性是其主要优势之一，允许以原始 ISO11898-2 CAN 标准为基础建立这些系统级网络扩展和附加标准。不过，在利用这种灵活性时，CAN 网络系统设计人员必须保证良好的网络设计，以确保网络稳定运行。

8.1.3 详细设计过程

8.1.3.1 CAN 端接

总线末端可以采用单个 $120\ \Omega$ 电阻器进行端接，放在电缆上或端接节点中。如果总线的共模电压需要进行滤波和稳压，则可以采用“分裂端接”，请参阅图 8-2。分裂端接通过滤除差分信号线路上可能存在的高频共模噪声，来改善网络的电磁发射行为。

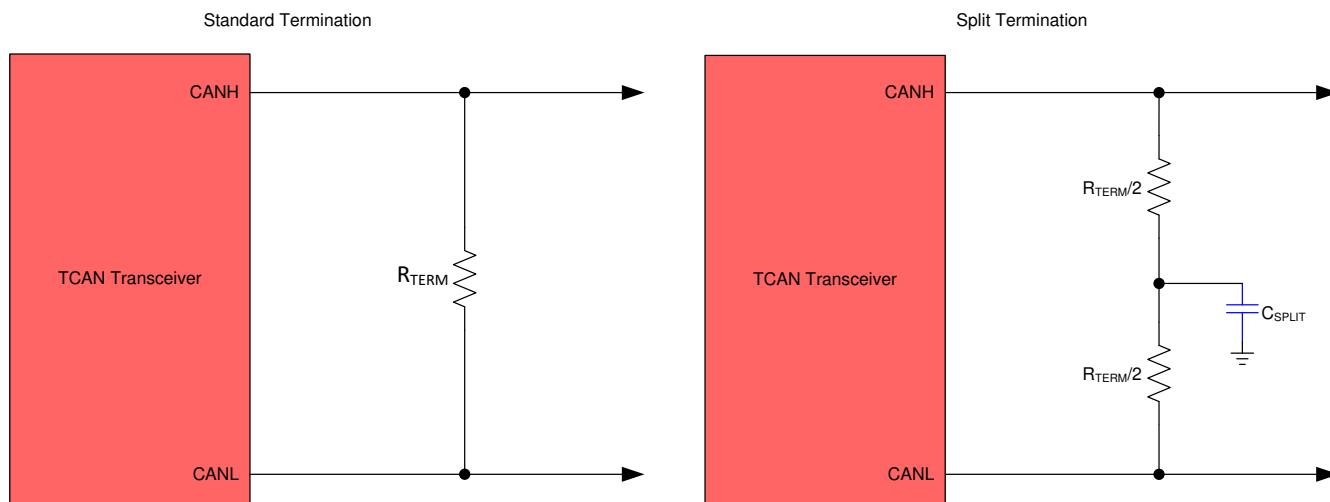
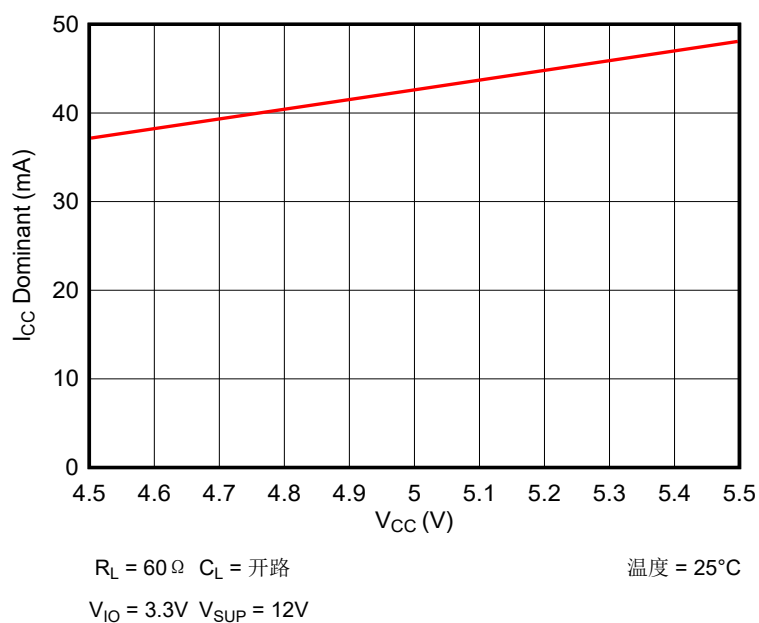


图 8-2. CAN 总线端接概念

8.1.4 应用曲线

图 8-3. I_{CC} 显性电流与 I_{CC} 电源电压间的关系

8.2 电源相关建议

TCAN943-Q1 设计为由三个电源轨供电： V_{SUP} 、 V_{CC} 和 V_{IO} 。 V_{SUP} 是一个高压电源引脚，旨在连接到 V_{BAT} 电源轨； V_{CC} 是输入电压范围为 4.5V 至 5.5V 的低压电源引脚，可支持 CAN 收发器； V_{IO} 是输入电压范围为 2.95V 至 5.5V 的低压电源引脚，可提供与系统控制器匹配的 I/O 电压。为了实现可靠运行，必须在尽可能靠近电源引脚的位置放置 100nF 去耦电容器。这样有助于减少开关模式电源输出中出现的电源电压波纹，并且有助于补偿 PCB 电源平面的电阻和电感。

8.3 布局

稳健可靠的 CAN 节点设计可能需要特殊的布局技术，具体取决于应用和汽车设计要求。由于瞬态干扰具有较高的频率内容和较宽的带宽，因此在 PCB 设计过程中必须应用高频布局技术。

8.3.1 布局指南

布局布线示例提供了有关器件周围元件的信息。将保护和滤波电路放置于尽可能靠近总线连接器 J1 的位置，以防瞬变脉冲群、ESD 和噪声传送到电路板。如需额外保护，可添加瞬态电压抑制 (TVS) 器件，如 D1 所示。双向 TVS 二极管或额定值符合应用需求的压敏电阻可用作生产解决方案。此示例还显示了可选的总线滤波电容 C6 和 C7。串联共模扼流圈 (CMC) 放置在器件与连接器 J1 之间的 CANH 和 CANL 线路上。

朝信号路径的方向设计总线保护元件。不得将瞬态电流从信号路径强行转移至保护器件。使用电源和接地层来提供低电感。请注意，高频电流会选择阻抗最小的路径，而非电阻最小的路径。当旁路电容和保护器件连接电源和地时，应至少使用两个过孔以更大限度减少布线电感和过孔电感。

- 旁路电容和大容量电容必须尽可能靠近收发器的电源端子放置，例如 V_{CC} 引脚上的 C1， V_{IO} 引脚上的 C2，以及 V_{SUP} 电源上的 C3 和 C4。
- 收发器的 V_{IO} 引脚连接到微控制器 IO 电源电压 ($\mu C V$)。
- 总线端接：本布局布线示例显示的是分裂端接。其中，端接分为 R3 和 R4 两个电阻，端接的中心或分接抽头通过电容 C5 接地。分裂端接为总线提供共模滤波。当在电路板上而非直接在总线上进行总线端接时，务必谨慎操作以确保端接节点不会从总线上移除，否则也会导致没有端接。
- INH (引脚 7) 可以将一个 100k Ω 电阻器 (R1) 接地。
- WAKE (引脚 9) 可以识别 WAKE 信号的上升沿或下降沿，通常连接到外部开关。该引脚必须按照图中所示进行配置，其中 C8 是一个连接到 GND 的 22nF 电容器，而 R5 为 33k Ω ，R6 为 3k Ω 。

8.3.2 布局示例

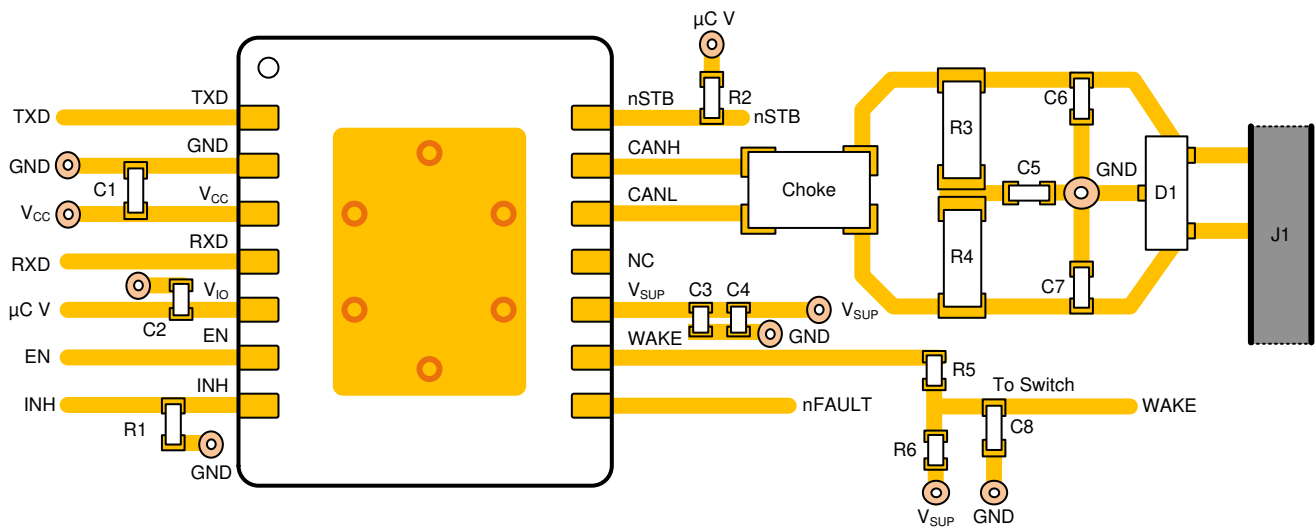


图 8-4. 示例布局

9 器件和文档支持

9.1 文档支持

9.1.1 CAN 收发器物理层标准：

- ISO 11898-2:2024：控制器局域网 (CAN) - 高速物理介质连接子层
- SAE J2284-1：适用于 125kbps 汽车应用的高速 CAN
- SAE J2284-2：适用于 250kbps 汽车应用的高速 CAN
- SAE J2284-3：适用于 500kbps 汽车应用的高速 CAN
- SAE J2284-4：适用于 500kbps 汽车应用的高速 CAN，CAN FD 数据速率为 2Mbps
- SAE J2284-5：适用于 500kbps 汽车应用的高速 CAN，CAN FD 数据速率为 5Mbps

9.2 接收文档更新通知

要接收文档更新通知，请导航至 ti.com 上的器件产品文件夹。点击 [通知](#) 进行注册，即可每周接收产品信息更改摘要。有关更改的详细信息，请查看任何已修订文档中包含的修订历史记录。

9.3 支持资源

[TI E2E™ 中文支持论坛](#) 是工程师的重要参考资料，可直接从专家处获得快速、经过验证的解答和设计帮助。搜索现有解答或提出自己的问题，获得所需的快速设计帮助。

链接的内容由各个贡献者“按原样”提供。这些内容并不构成 TI 技术规范，并且不一定反映 TI 的观点；请参阅 TI 的 [使用条款](#)。

9.4 商标

TI E2E™ is a trademark of Texas Instruments.

所有商标均为其各自所有者的财产。

9.5 静电放电警告



静电放电 (ESD) 会损坏这个集成电路。德州仪器 (TI) 建议通过适当的预防措施处理所有集成电路。如果不遵守正确的处理和安装程序，可能会损坏集成电路。

ESD 的损坏小至导致微小的性能降级，大至整个器件故障。精密的集成电路可能更容易受到损坏，这是因为非常细微的参数更改都可能会导致器件与其发布的规格不相符。

9.6 术语表

[TI 术语表](#) 本术语表列出并解释了术语、首字母缩略词和定义。

10 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

日期	修订版本	注释
July 2026	*	初始发行版

11 机械、封装和可订购信息

以下页面包含机械、封装和可订购信息。这些信息是指定器件可用的最新数据。数据如有变更，恕不另行通知，且不会对此文档进行修订。有关此数据表的浏览器版本，请查阅左侧的导航栏。

PACKAGING INFORMATION

Orderable part number	Status (1)	Material type (2)	Package Pins	Package qty Carrier	RoHS (3)	Lead finish/ Ball material (4)	MSL rating/ Peak reflow (5)	Op temp (°C)	Part marking (6)
PTCAN943DMTRQ1	Active	Preproduction	VSON (DMT) 14	3000 LARGE T&R	-	Call TI	Call TI	-40 to 150	
PTCAN943DRQ1	Active	Preproduction	SOIC (D) 14	3000 LARGE T&R	-	Call TI	Call TI	-40 to 150	
PTCAN943DYRQ1	Active	Preproduction	SOT-23-THIN (DYY) 14	3000 LARGE T&R	-	Call TI	Call TI	-40 to 150	

⁽¹⁾ **Status:** For more details on status, see our [product life cycle](#).

⁽²⁾ **Material type:** When designated, preproduction parts are prototypes/experimental devices, and are not yet approved or released for full production. Testing and final process, including without limitation quality assurance, reliability performance testing, and/or process qualification, may not yet be complete, and this item is subject to further changes or possible discontinuation. If available for ordering, purchases will be subject to an additional waiver at checkout, and are intended for early internal evaluation purposes only. These items are sold without warranties of any kind.

⁽³⁾ **RoHS values:** Yes, No, RoHS Exempt. See the [TI RoHS Statement](#) for additional information and value definition.

⁽⁴⁾ **Lead finish/Ball material:** Parts may have multiple material finish options. Finish options are separated by a vertical ruled line. Lead finish/Ball material values may wrap to two lines if the finish value exceeds the maximum column width.

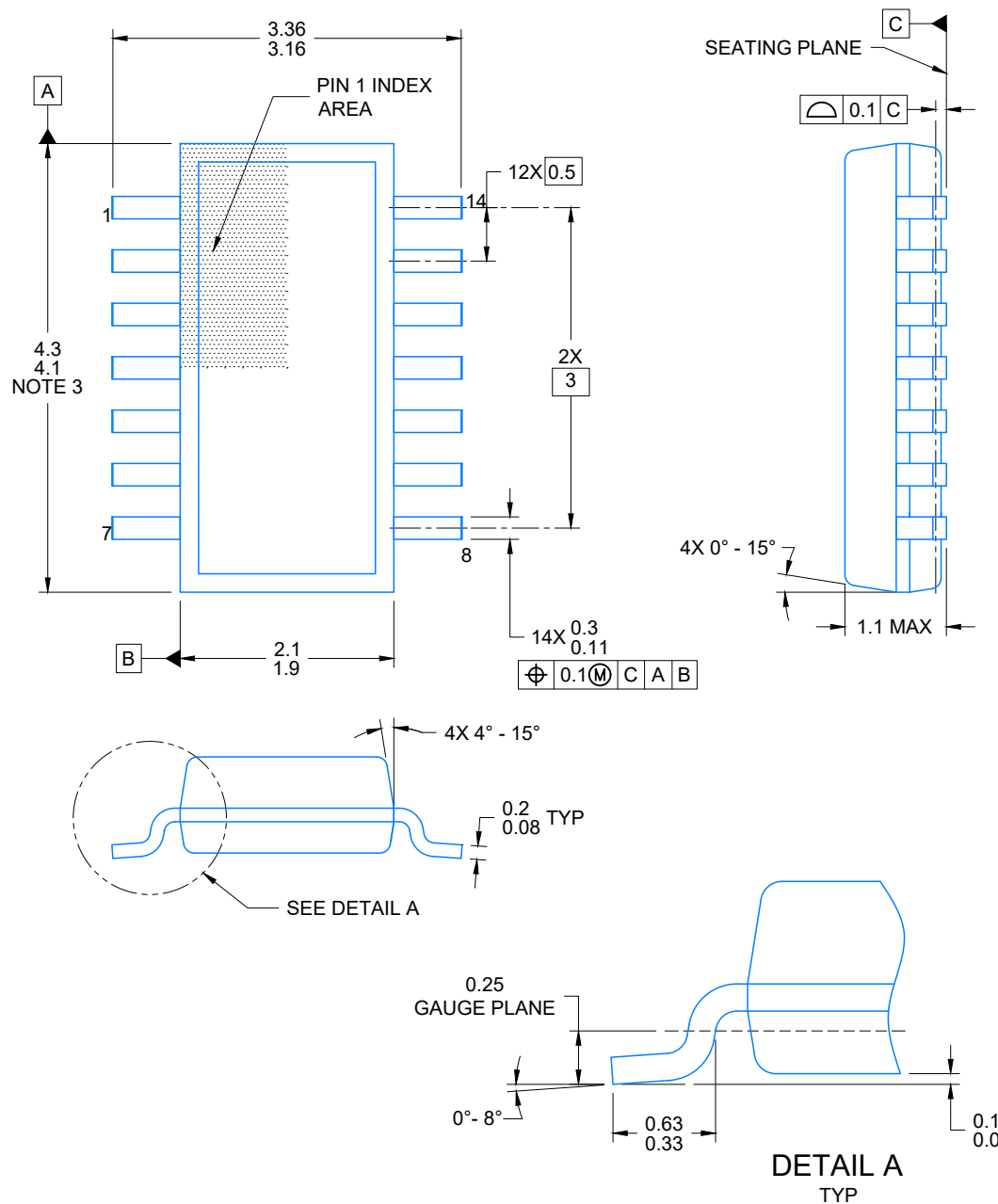
⁽⁵⁾ **MSL rating/Peak reflow:** The moisture sensitivity level ratings and peak solder (reflow) temperatures. In the event that a part has multiple moisture sensitivity ratings, only the lowest level per JEDEC standards is shown. Refer to the shipping label for the actual reflow temperature that will be used to mount the part to the printed circuit board.

⁽⁶⁾ **Part marking:** There may be an additional marking, which relates to the logo, the lot trace code information, or the environmental category of the part.

Multiple part markings will be inside parentheses. Only one part marking contained in parentheses and separated by a "~" will appear on a part. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire part marking for that device.

Important Information and Disclaimer: The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TI has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TI and TI suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

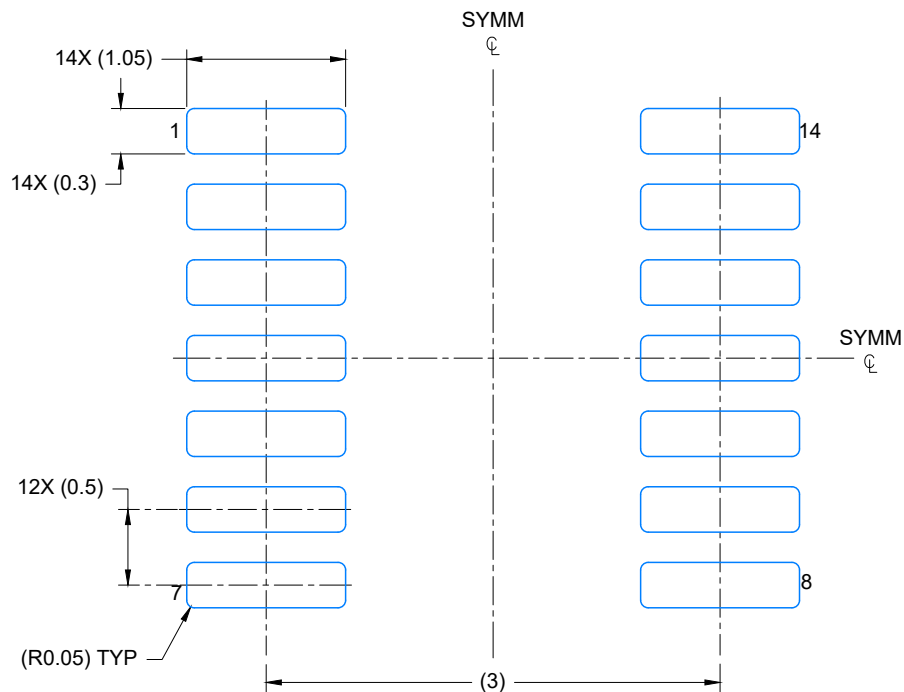
In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.



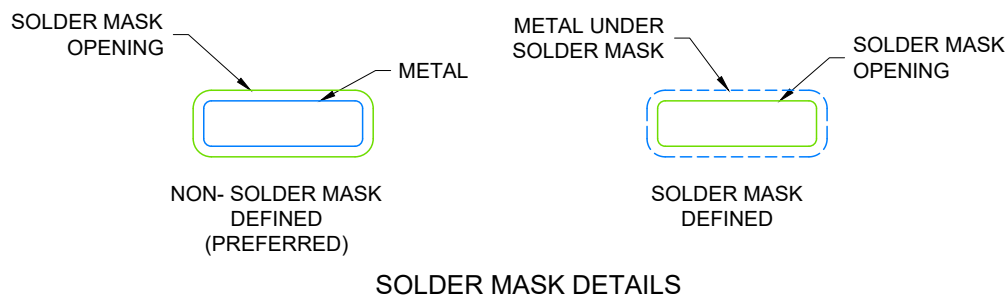
4224643/D 07/2024

NOTES:

1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. This dimension does not include mold flash, protrusions, or gate burrs. Mold flash, protrusions, or gate burrs shall not exceed 0.15 per side.
4. This dimension does not include interlead flash. Interlead flash shall not exceed 0.50 per side.
5. Reference JEDEC Registration MO-345, Variation AB



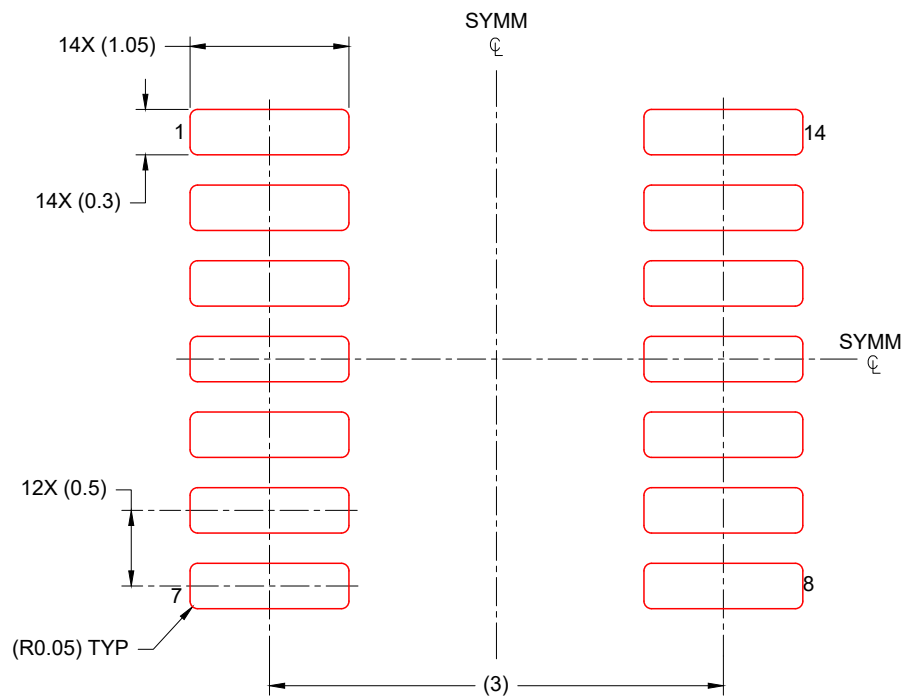
LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE: 20X



4224643/D 07/2024

NOTES: (continued)

6. Publication IPC-7351 may have alternate designs.
7. Solder mask tolerances between and around signal pads can vary based on board fabrication site.



SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON 0.125 mm THICK STENCIL
SCALE: 20X

4224643/D 07/2024

NOTES: (continued)

8. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.
9. Board assembly site may have different recommendations for stencil design.

D0014A**PACKAGE OUTLINE****SOIC - 1.75 mm max height**

SMALL OUTLINE INTEGRATED CIRCUIT



4220718/A 09/2016

NOTES:

1. All linear dimensions are in millimeters. Dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. This dimension does not include mold flash, protrusions, or gate burrs. Mold flash, protrusions, or gate burrs shall not exceed 0.15 mm, per side.
4. This dimension does not include interlead flash. Interlead flash shall not exceed 0.43 mm, per side.
5. Reference JEDEC registration MS-012, variation AB.

EXAMPLE BOARD LAYOUT

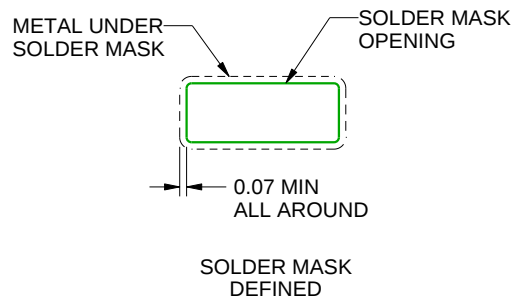
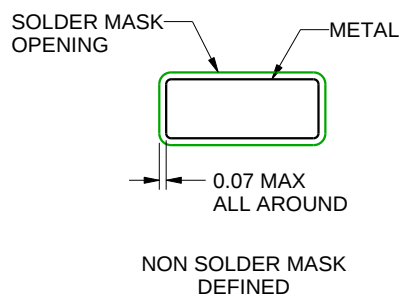
D0014A

SOIC - 1.75 mm max height

SMALL OUTLINE INTEGRATED CIRCUIT



LAND PATTERN EXAMPLE
SCALE:8X



SOLDER MASK DETAILS

4220718/A 09/2016

NOTES: (continued)

6. Publication IPC-7351 may have alternate designs.

7. Solder mask tolerances between and around signal pads can vary based on board fabrication site.

EXAMPLE STENCIL DESIGN

D0014A

SOIC - 1.75 mm max height

SMALL OUTLINE INTEGRATED CIRCUIT



SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON 0.125 mm THICK STENCIL
SCALE:8X

4220718/A 09/2016

NOTES: (continued)

8. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.
9. Board assembly site may have different recommendations for stencil design.

GENERIC PACKAGE VIEW

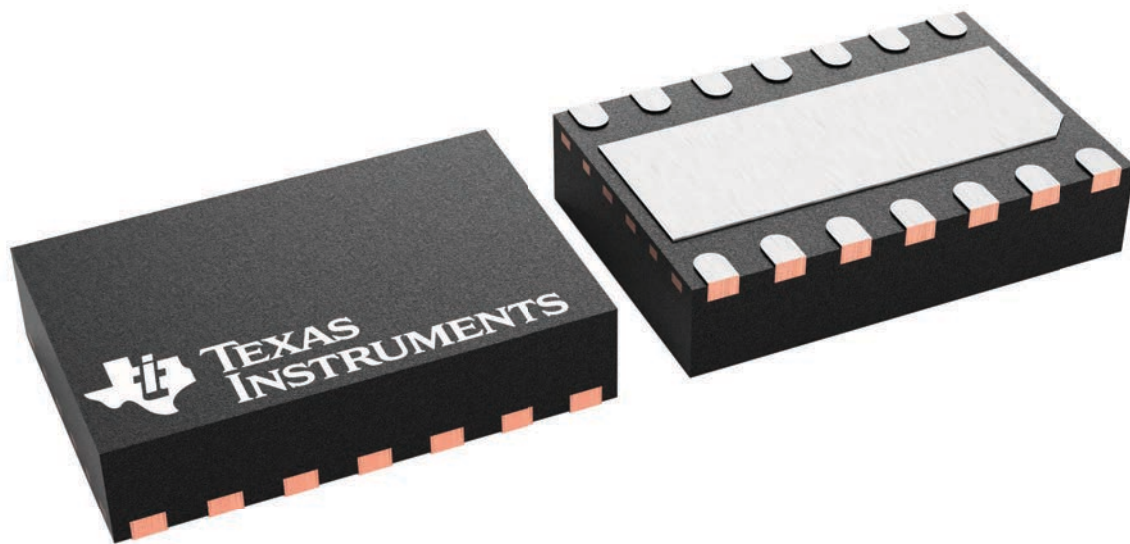
DMT 14

VSON - 0.9 mm max height

3 x 4.5, 0.65 mm pitch

PLASTIC SMALL OUTLINE - NO LEAD

This image is a representation of the package family, actual package may vary.
Refer to the product data sheet for package details.



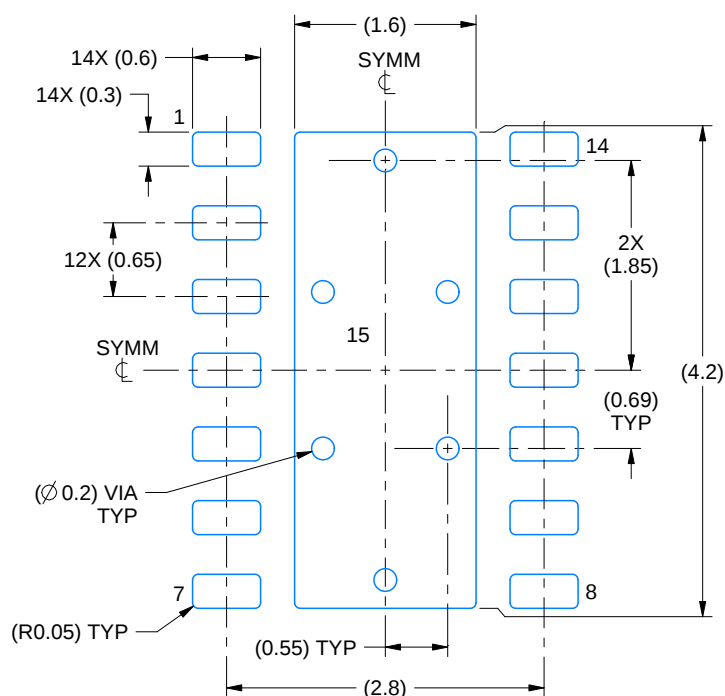
4225088/A

EXAMPLE BOARD LAYOUT

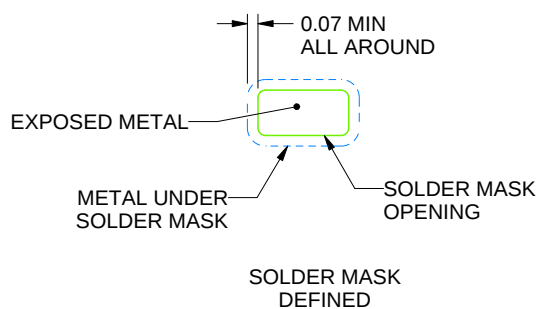
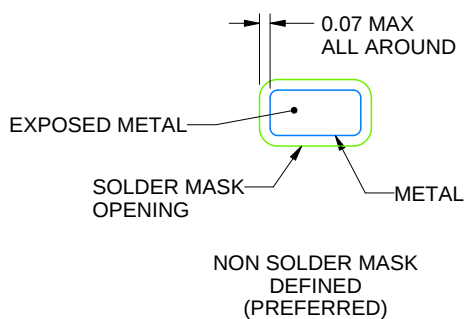
DMT0014B

VSON - 1 mm max height

PLASTIC SMALL OUTLINE - NO LEAD



LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE:15X



SOLDER MASK DETAILS

4225087/C 06/2026

NOTES: (continued)

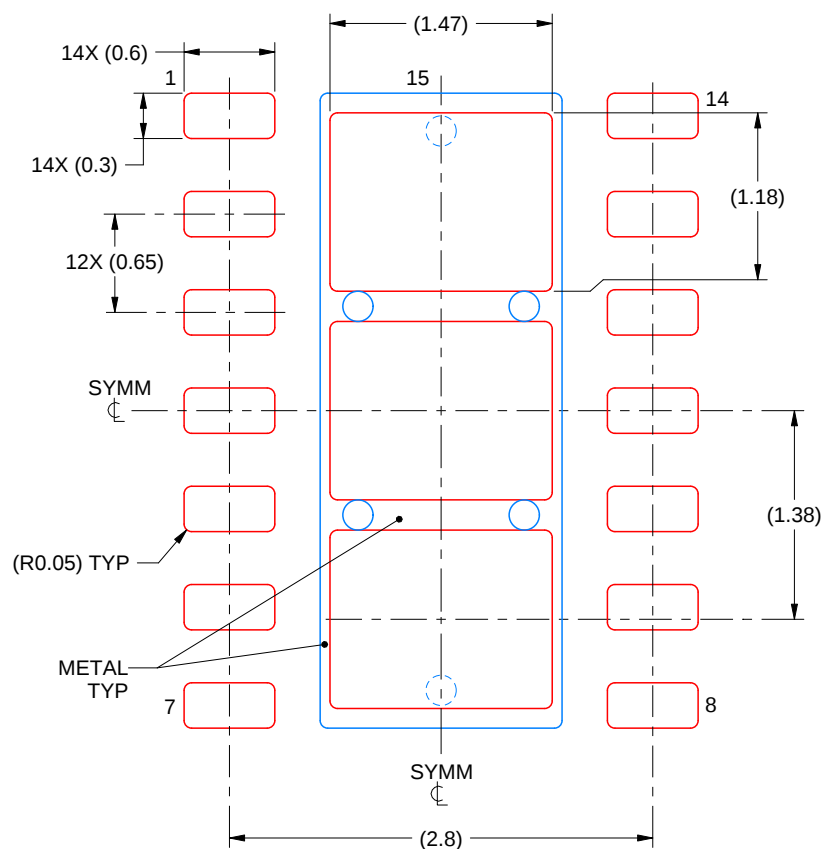
5. This package is designed to be soldered to a thermal pad on the board. For more information, see Texas Instruments literature number SLUA271 (www.ti.com/lit/sluea271).
6. Vias are optional depending on application, refer to device data sheet. If any vias are implemented, refer to their locations shown on this view. It is recommended that vias under paste be filled, plugged or tented.

EXAMPLE STENCIL DESIGN

DMT0014B

VSON - 1 mm max height

PLASTIC SMALL OUTLINE - NO LEAD



SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON 0.125 mm THICK STENCIL

EXPOSED PAD 15
77.4% PRINTED SOLDER COVERAGE BY AREA
SCALE:20X

4225087/C 06/2026

NOTES: (continued)

7. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.

重要通知和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、与某特定用途的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保法规或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#)、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月