

英飞凌 BGT 24ATR22 24 GHz 雷达传感器

特性

- 24 GHz 雷达收发器 MMIC
- 2 个 TX 通道
- 2 个 RX 通道
- 完全集成的低相噪 VCO
- 低噪声系数 NF_{SSB} : 13 dB @1 kHz
- 自动频率控制
- 集成模拟基带放大器
- 自动直流偏移补偿
- 具有超低功耗模式的集成状态机
- 12 位 ADC, 提供动态范围和检测性能
- 集成 FFT 的数字雷达数据处理 (DRDP) 单元
- 单端 RF 终端
- 宽环境温度范围: -40°C 至 $+105^{\circ}\text{C}$
- VQFN-32 符合 RoHS 规范, 无引脚封装
- AEC-Q100 产品验证

潜在应用

- 汽车短程雷达
- 智能后备箱开启装置
- 免提后备箱开启装置
- 移动侦测
- 踢脚感应

产品验证

适用于有延长使用寿命要求的汽车应用。

产品依据 AEC-Q100 进行验证。

描述

BGT24ATR22 是用于 24 GHz 雷达应用的硅锗单片微波集成电路。它为模拟信号生成和接收提供构件, 工作频率范围为 24.0 GHz 至 24.25 GHz, 具有 2 个发射通道和 2 个接收通道。模拟基带和 ADC 均已集成。整个雷达传感器由一个有限状态机控制, 该有限状态机经过优化, 可在超低功耗的情况下独立运行。

Product Name	Package	Marking
BGT 24ATR22	VQFN-32-9	BGT24 ATR22 Lot Code



本数据手册的原文使用英文撰写。为方便起见, 英飞凌提供了译文; 由于翻译过程中可能使用了自动化工具, 英飞凌不保证译文的准确性。为确认准确性, 请务必访问 infineon.com 参考最新的英文版本 (控制文档)。

目录

	特性	1
	潜在应用	1
	产品验证	1
	描述	1
	目录	2
1	框图	3
1.1	基本信息	3
1.2	RF 部分	3
1.3	模拟部分	4
1.4	数字部分	4
2	引脚说明	5
3	产品一般特性	7
3.1	绝对最大额定值	7
3.2	工作范围	8
3.3	ESD完整性	9
4	电气特性	10
4.1	VCO 电气特性	10
4.2	TX 部分	11
4.3	分频器和计数器部分	12
4.4	RX 部分	12
4.5	模数转换器	14
4.6	石英晶体振荡器特性	14
4.7	RC 振荡器特性	15
4.8	数字 IO 引脚和 I2C 接口	15
4.9	温度传感器	15
5	封装外形	17
	词汇表	18
	修订记录	21
	免责声明	22

1 框图

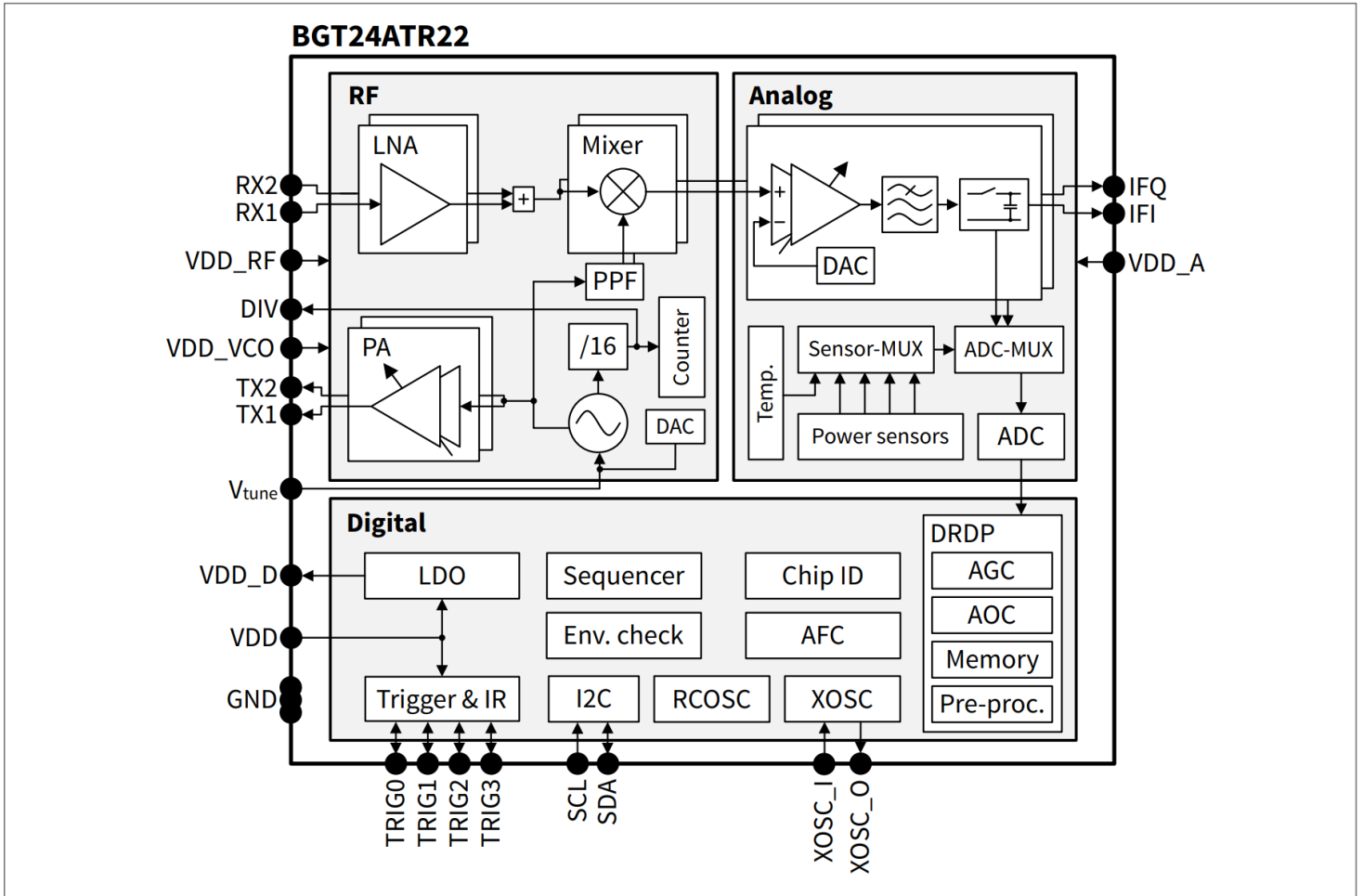


图 1 BGT24ATR22 框图

1.1 基本信息

BGT24ATR22 是一款全集成雷达收发器，工作频率为 24.0 GHz 至 24.25 GHz。它专为超低功耗多普勒雷达应用而设计，具有 2 个发射通道、2 个接收通道、一个基波 [电压控制振荡器\(VCO\)](#)、一个集成 [模拟基带\(ABB\)](#)，并具备用于 [中频\(IF\)](#) 信号调节的偏移补偿功能，[模数转换器\(ADC\)](#)，以及一个数字 [有限状态机\(FSM\)](#)，可对各个子模块进行高效控制。此外，雷达收发器还集成了雷达数据预处理功能。

BGT24ATR22 采用英飞凌汽车级 130 纳米 SiGe-BiCMOS [射频\(RF\)](#) 技术设计，采用紧凑型无引脚 VQFN32 封装，可在标准 [表面贴装技术\(SMT\)](#) 流程中进行加工。

图 1 显示了 BGT24ATR22 的框图。详细的功能说明可参阅《用户指南》。下面将概述子模块及其相互作用。

1.2 RF 部分

BGT24ATR22 集成了 VCO 和 [数模转换器\(DAC\)](#)，用于控制 VCO 的调谐电压。必须通过外部引脚添加一个电容器，以改善 VCO 的噪声性能。出于监控目的，[单片微波集成电路\(MMIC\)](#) 包含一个分频器输出。数字 [硬件\(HW\)](#) 利用该内部分频器实现 [自动频率控制\(AFC\)](#) 循环，将调谐电压调整到所需的工作频率。

1 框图

BGT24ATR22 包含 2 个发射通道，其输出功率可通过一个 6 位调谐字在 20 dB 以上的范围内独立调节。2 个发射通道的操作可以交错进行，这样在任何时候都只有一个发射通道处于工作状态。

MMIC 具有 2 个接收通道。每个通道都有自己的 **低噪声放大器 (LNA)**。它们的输出是组合在一起的，因此，接收器的预期工作原理是交错接收通道，与发射通道类似。**多相滤波器 (PPF)** 生成内部 VCO 信号的正交信号，该信号用于正交混频器，对合并接收信号进行下变频。

1.3 模拟部分

BGT24ATR22 有两个完全集成的 ABB 通道：一个是 I 通道（同相通道），另一个是 Q 通道（正交通道）。每个 ABB 通道包括：

- 补偿 DAC，用于消除混频器输出的 **直流 (DC)** 偏移电压
- **增益可变的放大器 (VGA)**，增益在 3 至 384 之间可调
- 具有 4 种不同截止频率的 **抗混叠滤波器 (AAF)**，以及
- 采样和保持电路

通过模拟多路复用器，用户可以选择将 I 通道、Q 通道或传感器通道连接到单个内部 ADC。传感器通道有第二个多路复用器，用户可以选择转换哪些传感器数据，如温度或 RF 功率。

ADC 是一款 12 位 **逐次逼近寄存器 (SAR)** ADC，在系统时钟为 40 MHz 的情况下，最大转换速率为 2 MS/s。ADC 具有跟踪功能和过采样功能，可提高转换的 **信噪比 (SNR)**。

1.4 数字部分

BGT24ATR22 包含一个 **低压差稳压器 (LDO)**，可为数字部分产生 1.5 V 的内部数字电源电压。为了正确操作，必须在封装的 VDD_D 引脚附近放置一个至少 10 μ F 的缓冲电容器。数字引脚的外部数字接口电压等于 LDO 的电源输入电压。

数字域的时钟可以有以下来源：

- 石英晶体振荡器，外部石英连接到 XOSC_I 和 XOSC_O，或外部时钟连接到 XOSC_I
- 外部引脚 TRIG0，以及
- 可调内部 RC 振荡器

由于石英晶体振荡器功耗较高，建议使用 RC 振荡器作为系统时钟，仅在需要稳定时钟时在 AFC 中使用石英晶体振荡器。XOSC_I (1.5 V 电平) 或 TRIG0 (1.8–3.3V 电平) 可加以使用，前提是有稳定的外部时钟源，并且可以保存石英晶体振荡器。X 振荡器的频率范围为 20 至 40 MHz。RC 振荡器的频率范围为 10 至 20 MHz。

BGT24ATR22 的数字接口是一个 **I2C 接口**，最大数据传输速率为 400 kbit/s。数字 HW 包含以下构件：

- 定序器，可完全独立地控制雷达帧的数据采集
- AFC，可将 RF 频率稳定在设定频率附近
- 环境检查，核查自上次频率校准以来，电源电压或温度是否在规定范围内，以避免带外发射，以及
- 数字雷达数据处理，用于存储和预处理雷达数据和传感器数据

2 引脚说明

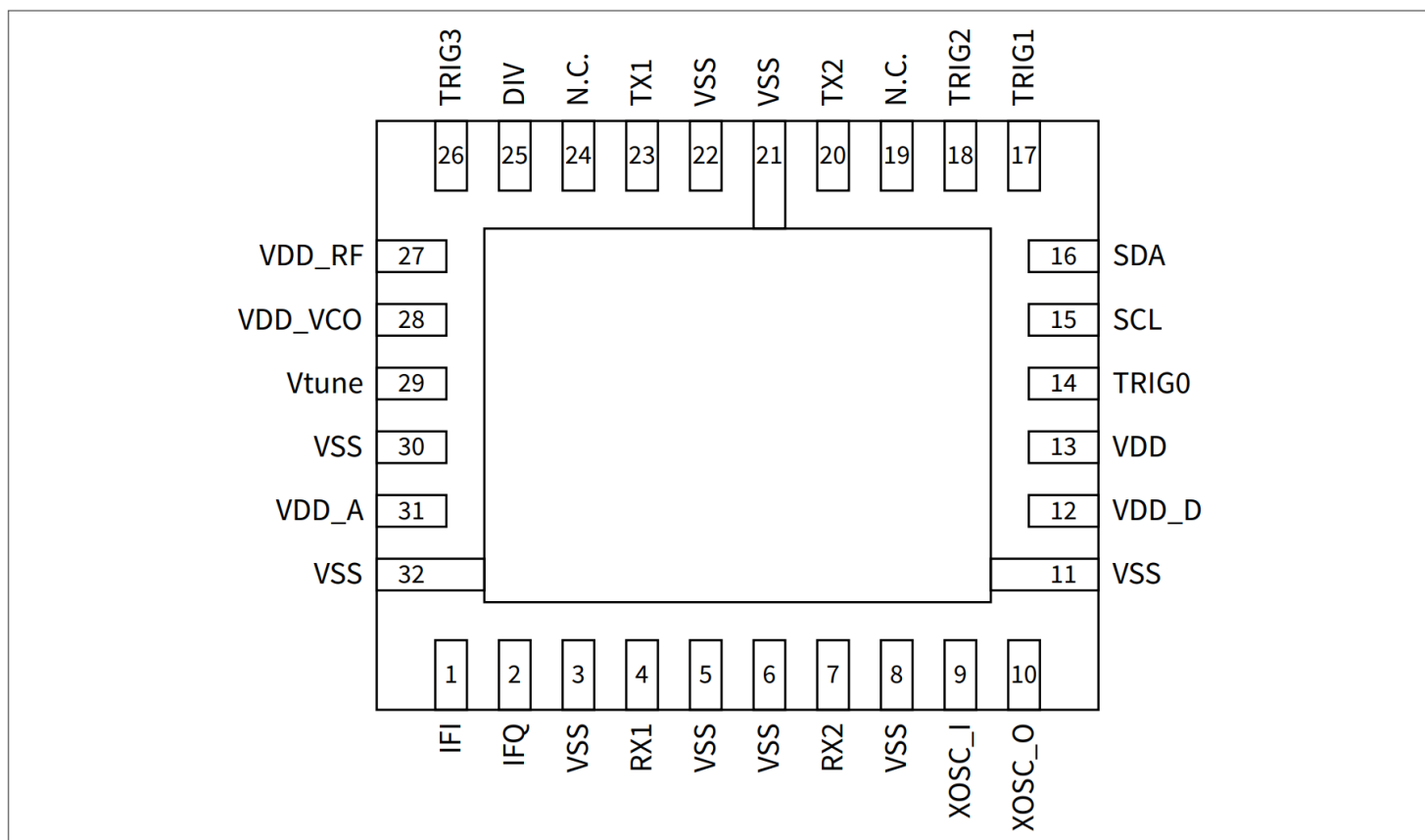


图 2 BGT24ATR22 的引脚图（俯视图）

缩略语

- AI: 模拟输入
- AIO: 模拟输入输出
- AO: 模拟输出
- DI: 数字输入
- DIO: 数字输入输出
- DO: 数字输出
- GND: 接地
- PWR: 电源
- N.C.: 未连接

表 1 引脚定义和功能

Pin nr.	Name	Pin type	Function
1	IFI	AO	DFT not recommend to be used by customers
2	IFQ	AO	DFT not recommend to be used by customers
3	VSS	GND	Ground
4	RX1	AI	RX1 RF input signal
5	VSS	N.C.	not connected, to be grounded in application

(表格续下页.....)

表 1 (续) 引脚定义和功能

Pin nr.	Name	Pin type	Function
6	VSS	N.C.	not connected, to be grounded in application
7	RX2	AI	RX2 RF input signal
8	VSS	GND	Ground
9	XOSC_I	DI	External reference clock input - quartz
10	XOSC_O	DO	External reference clock output
11	VSS	GND	Ground
12	VDD_D	AO	Pin for filtering the internally generated 1.5 V
13	VDD	PWR	Supply voltage for LDO and trigger pins
14	TRIG0	DIO	External trigger pin 0
15	SCL	DI	Serial clock (I2C clock) pin
16	SDA	DIO	Serial data (I2C data) pin
17	TRIG1	DIO	External trigger pin 1
18	TRIG2	DIO	External trigger pin 2
19	N.C.	N.C.	not connected, to be left open in application
20	TX2	AO	TX2 RF output signal
21	VSS	GND	Ground
22	VSS	N.C.	not connected, to be grounded in application
23	TX1	AO	TX1 RF output signal
24	N.C.	N.C.	not connected, to be left open in application
25	DIV	AO	Frequency divider output
26	TRIG3	DIO	External trigger pin 3
27	VDD_RF	PWR	Supply voltage for the RF domain
28	VDD_VCO	PWR	Supply voltage for the VCO domain
29	Vtune	PWR	VCO tuning voltage
30	VSS	N.C.	not connected, to be grounded in application
31	VDD_A	PWR	Supply voltage for the analog domain
32	VSS	GND	Ground
33	Exposed pad	GND	Ground

3 产品一般特性

注意： 此处列出的最大值以上的应力可能会对器件造成永久性损坏。长时间在绝对最大额定值条件下工作可能会影响器件的可靠性。最大额定值是绝对额定值；超过其中一个值可能会对集成电路造成不可逆转的损坏。

3.1 绝对最大额定值

表 2 绝对最大额定值

$T_c = -40^\circ\text{C}$ 至 $+105^\circ\text{C}$ ，所有电压相对于地，正向电流流入引脚（除非另有规定）。

Parameter	Symbol	Value			Unit	Condition	Number
		Min.	Typ.	Max.			
Maximum supply voltage digital	$V_{DD,MR}$	-0.3	-	+3.6	V		3.1.1
Maximum supply voltage analog	$V_{DD,A,MR}$ $V_{DD,RF,MR}$ $V_{DD,VCO,MR}$	-0.3	-	+2.1	V		3.1.2
Digital input voltage	$V_{IN,D}$	-0.3	-	$V_{DD} + 0.3$	V		3.1.3
Analog input voltages	$V_{IN,A}$	-0.3	-	$V_{DD,A} + 0.3$	V		3.1.4
	$V_{IN,RF}$			$V_{DD,RF} + 0.3$			3.1.5
	$V_{IN,VCO}$			$V_{DD,VCO} + 0.3$			3.1.6
DC voltage at RX RF pins	$V_{DC,RX}$	-0.3	-	+0.3	V		3.1.7
DC voltage at TX RF pins	$V_{DC,TX}$	-0.3	-	$V_{DD,RF} + 0.3$	V		3.1.8
Tune voltage	V_{TUNE}	-0.3	-	$V_{DD,VCO} + 0.3$	V		3.1.9
RF input power	$P_{RF,MR}$	-	-	0	dBm		3.1.10
Maximum silicon bulk temperature	$T_{Si,MR}$	-40	-	+125	$^\circ\text{C}$		3.1.11
Storage temperature	T_{stg}	-40	-	+150	$^\circ\text{C}$		3.1.12

3.2 工作范围

表 3 工作范围

Parameter	Symbol	Value			Unit	Condition	Number
		Min.	Typ.	Max.			
Supply voltage LDO and digital interface	VDD	1.71	3.3	3.465	V	Supply condition, relevant tests performed within this range	3.2.1
Supply voltage digital	VDD_D	1.41	1.5	1.59	V	Chip internally generated	3.2.2
Supply voltages analog	VDD_A	1.71	1.8	1.89	V		3.2.3
	VDD_RF	1.71	1.8	1.89	V		3.2.4
	VDD_VCO	1.71	1.8	1.89	V		3.2.5
Supply current analog in continuous wave mode	I _{A,CW}	-	105	140	mA	typical RX1/TX1- or RX2/TX2-pair in continuous wave (CW) radar mode	3.2.6
Averaged supply current total in pulsed mode	I _{T,P}		150	1850	μA	PRT=160μs, t_frame=100ms, SYSCLK=RC_OSC@15MHz, CLK_DIV=16, P _{out,max} , RF on time 10us; AFC in tracking mode, 2x heating pulse, 1x sampling pulse (for PC0/PC1)	3.2.7
			1.5	10	mA	PRT=160us, t_frame=1ms, SYSCLK=RC_OSC@15MHz, P _{out,max} , RF on time 10us; AFC off, 2x heating pulse, 1x sampling pulse (for PC0/PC1)	3.2.8
Supply noise analog	V _{N,EFF}	-	-	25	μVrms	BW = 10 Hz to 100 kHz	3.2.9
Operational temperature range	T _B	-40	-	105	°C	At package exposed pad. Ambient temperature not below -40°C	3.2.10

(表格续下页.....)

表 3 (续) 工作范围

Parameter	Symbol	Value			Unit	Condition	Number
		Min.	Typ.	Max.			
Operating frequency range	f_{RF}	24.0	-	24.25	GHz		3.2.11
Thermal resistance of package	$R_{th,P}$	-	2.6	-	K/W		3.2.12

3.3 ESD完整性

表 4 ESD完整性

Parameter	Symbol	Value			Unit	Condition	Number
		Min.	Typ.	Max.			
ESD according to <i>human body model (HBM)</i> Q100-002	$V_{ESD,HBM}$	-2000	-	+2000	V	All pins	3.3.1
ESD according to <i>charged device model (CDM)</i> Q100-011	$V_{ESD,CDM}$	-500	-	+500	V	All pins	3.3.2
ESD according to CDM Q100-011- corner pins	$V_{ESC,CDMCP}$	-750	-	+750	V	Corner pins	3.3.3

4 电气特性

4.1 VCO电气特性

表5 VCO电气特性

$T_c = -40^\circ\text{C}$ 至 105°C ，电源电压 LDO 为 1.71 V 至 3.465 V，所有模拟电源电压为 1.71 V 至 1.89 V，所有电压均相对于地，正向电流流入引脚（除非另有说明），频率范围为 24.0 GHz 至 24.25 GHz。

Parameter	Symbol	Value			Unit	Condition	Number
		Min.	Typ.	Max.			
Operating frequency range	Refer to 3.2.11						
Tuning voltage range	V_{tune}	0	-	1.89	V	External tune voltage	4.1.1
		0.35	-	1.45	V	Internal tuning voltage; guaranteed range	4.1.2
Tuning sensitivity	S_{VCO}	950	-	2100	MHz/V	within 24.0 GHz to 24.25 GHz	4.1.3
Temperature drift	$\Delta f/\Delta T$	-12	-5	-	MHz/K	$0.3\text{V} < V_{\text{tune}} < 1.5\text{V}$	4.1.4
VCO tuning DAC resolution	$R_{\text{VCO,DAC}}$	-	10	-	bits		4.1.5
<i>single-sideband (SSB)</i> phase noise	PN	-	-88	-80	dBc/Hz	At 100 kHz offset	4.1.6
Harmonic signals	P_{harm}	-	-	-30	dBm	For second harmonic	4.1.7
Nonharmonic signals	P_{spur}	-	-	-45	dBm	carrier offset > ± 1 MHz, in CW mode (sequencer off)	4.1.8
VCO pushing	$\Delta f/\Delta V_{\text{DD_VCO}}$	-	180	350	MHz/V	Static abs. integral value measured with internal V_{tune} and interpolated between $V_{\text{DD_VCO}}$, min and -max	4.1.9
VCO pulling by TX channel selection	$\Delta f_{\text{p,TX}}$	-5	-	5	MHz	Static measurement	4.1.10

4.2 TX 部分

表 6 发射器特性

$T_c = -40^\circ\text{C}$ 至 105°C ，电源电压 LDO 为 1.71 V 至 3.465 V，所有模拟电源电压为 1.71 V 至 1.89 V，所有电压均相对于地，正向电流流入引脚（除非另有说明），频率范围为 24.0 GHz 至 24.25 GHz。

Parameter	Symbol	Value			Unit	Condition	Number
		Min.	Typ.	Max.			
RF output power	P_{OUT}	-5	0	3	dBm	Max. output power setting of a single TX channel	4.2.1
Output power leakage	$P_{\text{TX,leak}}$	-	-	-33	dBm	For TX off	4.2.2
Output power adjustable range	G_{adj}	30	-	-	dB	6-bit control, 45 μ A TX bias offset current	4.2.3
Output power adjustable step size	$L_{\text{st,out}}$	-	-	1.5	dB	For highest 20 dB of RF output power, 45 μ A TX bias offset current	4.2.4
Channel to channel TX output power variation	ΔP_{TX}	-1.5	-	1.5	dB	At maximum output power	4.2.5
Output power variation over temperature	$P_{\text{T,flat}}$	-2.5	-	2.5	dB	At maximum output power	4.2.6
TX channel isolation	$ISO_{\text{TX,TX}}$	23	30	-	dB	S-parameter measurement	4.2.7
TX load impedance	Z_{TX}	-	50	-	Ω	Single ended, chip impedance changes with output power; at outer edge of compensation structure	4.2.8
TX to IF isolation	$X_{\text{TX,RX,max}}$	30	35	-	dB	TX at full output power, resultant vector of quadrature I & Q DC vectors is calculated and mapped to an RX RF-input power value caused by TX leakage	4.2.9
TX VGA DAC resolution	$R_{\text{TX,DAC}}$	-	6	-	bits		4.2.10

4 电气特性

4.3 分频器和计数器部分

表 7 分频器特性

$T_c = -40^\circ\text{C}$ 至 105°C ，电源电压 LDO 为 1.71 V 至 3.465 V，所有模拟电源电压为 1.71 V 至 1.89 V，所有电压均相对于地，正向电流流入引脚（除非另有说明），频率范围为 24.0 GHz 至 24.25 GHz。

Parameter	Symbol	Value			Unit	Condition	Number
		Min.	Typ.	Max.			
VCO dividing factor	D_{DIV}	-	16	-			4.3.1
Divider analog output power level	P_{DIV}	-10	-	-	dBm		4.3.2
Divider analog output load impedance	Z_{DIV}	-	50	-	Ω		4.3.3

4.4 RX 部分

表 8 接收器特性

$T_c = -40^\circ\text{C}$ 至 105°C ，电源电压 LDO 为 1.71 V 至 3.465 V，所有模拟电源电压为 1.71 V 至 1.89 V，所有电压均相对于地，正向电流流入引脚（除非另有说明），频率范围为 24.0 GHz 至 24.25 GHz。

Parameter	Symbol	Value			Unit	Condition	Number
		Min.	Typ.	Max.			
Operating frequency range	Refer to 3.2.11						
Voltage conversion gain	G_v	8	14	19	dB	Only for the downconverter	4.4.1
SSB noise figure	$NF_{\text{SSB}100}$	-	20	-	dB	SSB at 100 Hz of the downconverter	4.4.2
SSB noise figure	$NF_{\text{SSB}1k}$	-	14	-	dB	SSB at 1 kHz of the downconverter	4.4.3
SSB noise figure	$NF_{\text{SSB}100k}$	-	13	-	dB	SSB at 100 kHz of the downconverter	4.4.4
Input 1 dB compression point	$IP_{1\text{dB}}$	-16	-11.5	-	dBm	Only for the downconverter	4.4.5
RF isolation between RX channels	$IF_{\text{RF,RX}}$	23	30	-	dB	S-parameter measurement	4.4.6
Leakage of local oscillator to RF input ports	$L_{\text{LO,RFin}}$	-	-	-30	dBm	TX in off mode	4.4.7
Input impedance	Z_{RX}	-	50	-	Ω	Single ended; at outer edge of compensation structure	4.4.8

(表格续下页.....)

4 电气特性

表 8 (续) 接收器特性

$T_c = -40^\circ\text{C}$ 至 105°C ，电源电压 LDO 为 1.71 V 至 3.465 V，所有模拟电源电压为 1.71 V 至 1.89 V，所有电压均相对于地，正向电流流入引脚（除非另有说明），频率范围为 24.0 GHz 至 24.25 GHz。

Parameter	Symbol	Value			Unit	Condition	Number
		Min.	Typ.	Max.			
Input return loss RF	RL_{RF}	10	15	-	dB	For active and inactive LNA; measured on Infineon GSG reference board	4.4.9
Voltage conversion gain variation	ΔG_{RX}	-2.5	-	2.5	dB	Channel to channel	4.4.10
RX channel phase variation	$\Delta\theta_{SSB100k}$	-5	-	5	deg	Channel to channel and over temperature as well as supply voltage	4.4.11
Quadrature amplitude imbalance	ϵ_A	-1.5	-	1.5	dB		4.4.12
Quadrature phase imbalance	ϵ_P	-15	-	15	deg		4.4.13
ABB nominal gain	$G_{V,ABB}$	3	-	384	-	The ABB is DC-coupled to the mixer output. 8 gain configurations	4.4.14
ABB gain step	$\Delta G_{V,ABB}$	1.8	2	2.2	-	Factor between successive settings	4.4.15
RMS noise	$N_{RMS,ABB}$	-	3	-	LSB	$P_{out,max}$, ABB gain=48, ABB BW 100 kHz; PRT=500us, t_{frame} =64ms, nr of samples=64, f_{VCO} =24.2GHz, ADC_CONF 0x5C49, measured at Infineon reference board - all RF ports are terminated;	4.4.16
Mixer offset compensation DAC voltage range	$V_{Off,DAC}$	± 180	± 200	-	mV		4.4.17
AAF cut-off frequency	f_{AAF}	60	100	140	kHz	RXABB_CONF = 3	4.4.18
		120	200	280	kHz	RXABB_CONF = 2	4.4.19
		600	1000	1400	kHz	RXABB_CONF = 1	4.4.20
		1560	2600	3640	kHz	RXABB_CONF = 0	4.4.21
Mixer offset compensation DAC resolution	$R_{AOC,DAC}$	-	9	-	bits		4.4.22

4 电气特性

4.5 模数转换器

集成的 ADC 是差分 SAR ADC。它包含一个跟踪功能和一个超采样功能，以提高其性能。详细功能说明请参见《MMIC 用户指南》。

表 9 ADC 特性

$T_c = -40^\circ\text{C}$ 至 105°C ，电源电压 LDO 为 1.71 V 至 3.465 V，所有模拟电源电压为 1.71 V 至 1.89 V，所有电压均相对于地，正向电流流入引脚（除非另有说明）。

Parameter	Symbol	Value			Unit	Condition	Number
		Min.	Typ.	Max.			
Resolution	R_{ADC}	-	12	-	bits	With tracking conversion or oversampling (11 bit physical implementation)	4.5.1
ADC clock frequency	$f_{\text{ADC,CLK}}$	10	40	80	MHz	$f_{\text{ADC,CLK}} = f_{\text{SYS,CLK}}$	4.5.2
Sampling time	T_s	4	8	32	clock cycle s		4.5.3
Start-up calibration time	T_{SUCAL}	3361	6049	16801	clock cycle s		4.5.4
Wake-up time	T_{WUADC}	-	662	-	clock cycle s	Without start-up calibration. If start-up calibration is activated, overall wake-up time is $T_{\text{SUCAL}} + T_{\text{WUADC}}$	4.5.5

4.6 石英晶体振荡器特性

表 10 石英晶体振荡器特性

$T_c = -40^\circ\text{C}$ 至 105°C ，电源电压 LDO 为 1.71 V 至 3.465 V，所有模拟电源电压为 1.71 V 至 1.89 V，所有电压均相对于地，正向电流流入引脚（除非另有说明）。

Parameter	Symbol	Value			Unit	Condition	Number
		Min.	Typ.	Max.			
Quartz oscillator operating frequency	f_{XTAL}	20	-	40	MHz		4.6.1
Quartz oscillator external load capacitance	$C_{\text{XTAL,load}}$	-	12	-	pF	according to the requirements of the selected crystal, refer to the MMIC User Guide	4.6.2
Quartz oscillator settling time	$t_{\text{XTAL,settle}}$	-	185	-	μs	typ. value with a 38.4MHz crystal (ESR typical 20 Ω)	4.6.3

4 电气特性

4.7 RC 振荡器特性

表 11 RC 振荡器特性

$T_c = -40^\circ\text{C}$ 至 105°C ，电源电压 LDO 为 1.71 V 至 3.465 V，所有模拟电源电压为 1.71 V 至 1.89 V，所有电压均相对于地，正向电流流入引脚（除非另有说明）。

Parameter	Symbol	Value			Unit	Condition	Number
		Min.	Typ.	Max.			
RC oscillator operating frequency	f_{RCOSC}	10	-	20	MHz		4.7.1
RC oscillator settling time	$t_{\text{RCOSC, settle}}$	-	5	-	μs		4.7.2

4.8 数字 IO 引脚和 I2C 接口

表 12 数字 IO 和 I2C 特性

$T_c = -40^\circ\text{C}$ 至 105°C ，电源电压 LDO 为 1.71 V 至 3.465 V，所有电压均相对于地，正向电流为流入引脚（除非另有说明）。

Parameter	Symbol	Value			Unit	Condition	Number
		Min.	Typ.	Max.			
LOW level input voltage	$V_{\text{IN(L)}}$	0	-	0.25 * VDD	V		4.8.1
HIGH level input voltage	$V_{\text{IN(H)}}$	0.7 * VDD	-	VDD + 0.3	V	Not exceeding 3.465 V	4.8.2
I2C standard speed data rate	$f_{\text{I2C, std}}$	-	100	-	kbit/s	I2C clock derived from system clock between 8 MHz and 20 MHz	4.8.3
I2C fast speed data rate	$f_{\text{I2C, fast}}$	-	400	-	kbit/s	I2C clock derived from system clock between 12.5 MHz and 20 MHz	4.8.4

集成的 I2C 从接口支持慢速和快速，具有 7 位 I2C 地址。它不支持 I2C 协议的可选功能，如时钟拉伸、10 位从属地址、通用广播或软件复位。

关于访问寄存器所用协议的详细说明，请参阅 MMIC BGT24ATR22 用户指南。

4.9 温度传感器

表 13 温度传感器

Parameter	Symbol	Value			Unit	Condition	Number
		Min.	Typ.	Max.			
Temperature range	T	-40	-	+105	$^\circ\text{C}$		4.9.1
ADC readout code	$V_{\text{TEMP, OUT}}$	-	2040	-	LSB	At 105 $^\circ\text{C}$	4.9.2

(表格续下页.....)

表 13 (续) 温度传感器

Parameter	Symbol	Value			Unit	Condition	Number
		Min.	Typ.	Max.			
Sensitivity	$S_{TEMP,SENSE}$	-	8.8	-	LSB/K		4.9.3
Accuracy	$T_{SENS,ACC}$	-5	-	+5	K	At 105°C by considering temperature calibration value via calculation formula	4.9.4

5 封装外形

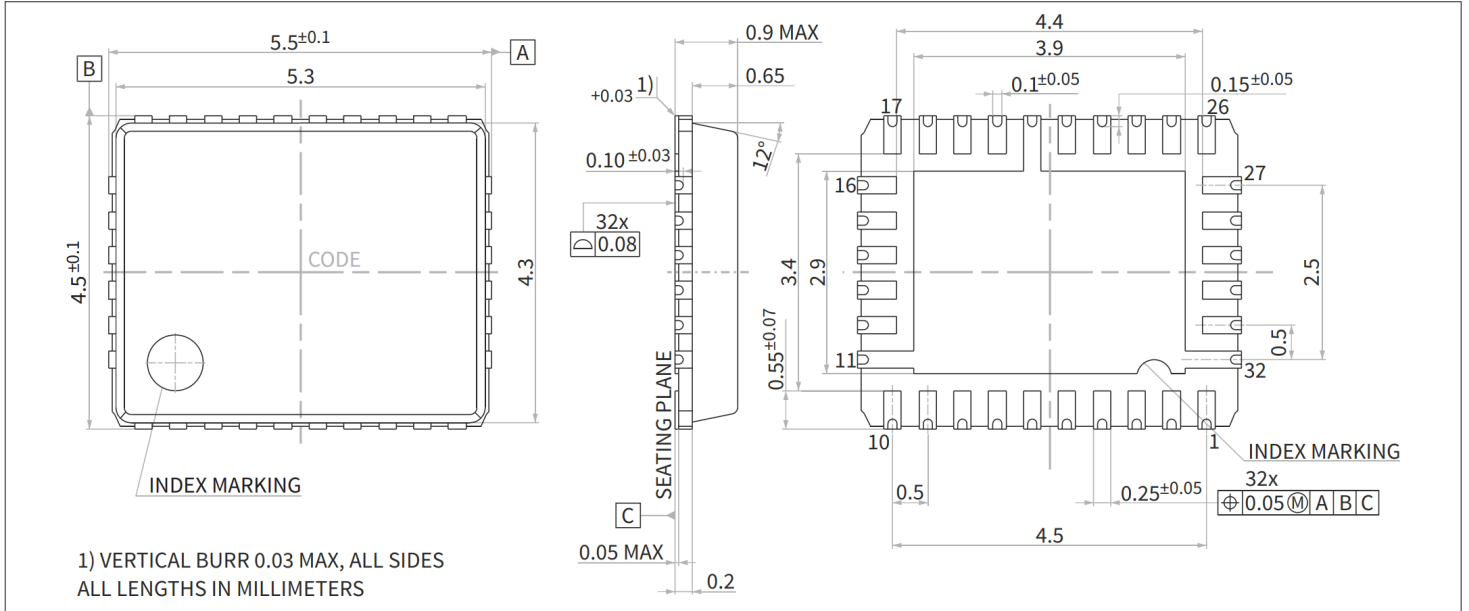


图 3 VQFN-32-9 封装外形及顶视图、侧视图和底视图

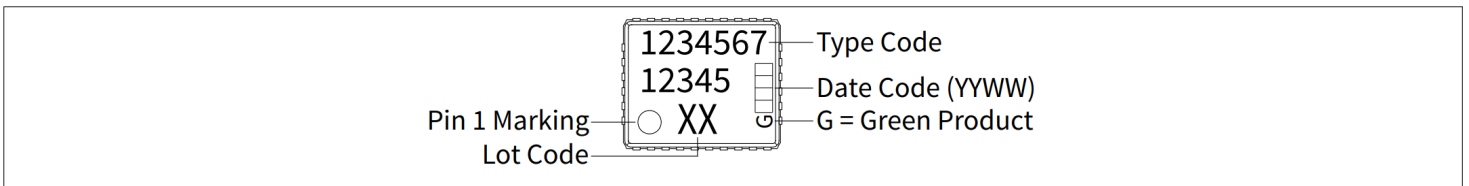


图 4 VQFN-32-9 的标记布局

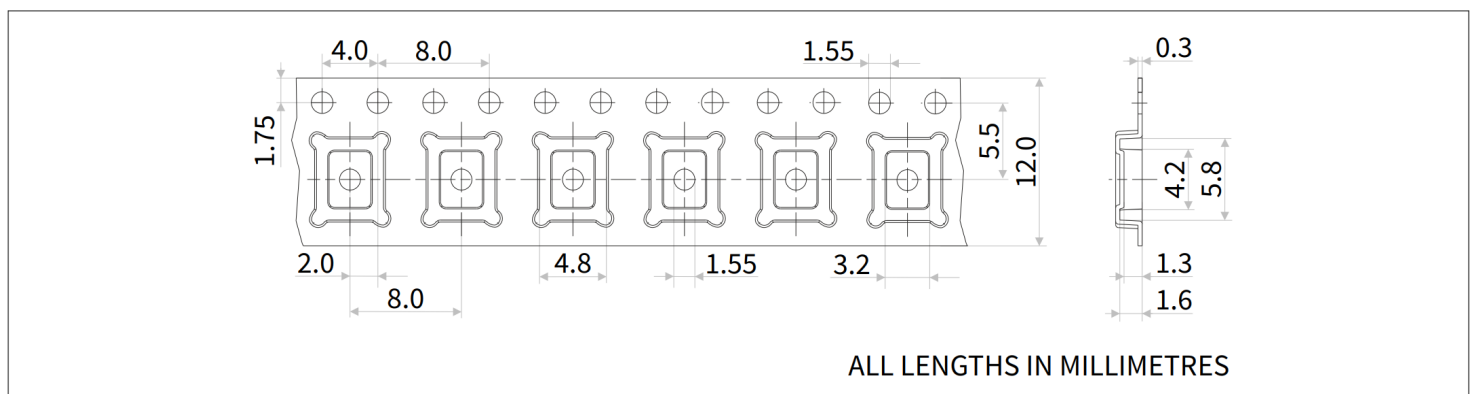


图 5 VQFN-32-9 的卷带

词汇表

AAF

抗混叠滤波器 (AAF)

信号采样器前使用的滤波器，用于限制信号带宽，以满足奈奎斯特-香农 (Nyquist-Shannon) 采样定理对相关频带的要求。

ABB

模拟基带 (ABB)

频率范围接近于零的信号，即只有在靠近原点的频率范围内，频谱幅度才不为零，而在其他频率范围内，频谱幅度可以忽略不计。

ADC

模数转换器(ADC)

将连续的物理量（通常是电压）转换为代表该物理量振幅的数字的器件。

AFC

自动频率控制 (AFC)

自动将谐振电路调谐到设定频率的方法或电路。

CDM

带电器件模型(CDM)

表征电子器件易受静电放电 (ESD) 损坏程度的模型。

DAC

数模转换器(DAC)

将数字数据转换为模拟信号（通常为电压）的器件。

DC

直流电(DC)

电荷只向一个方向流动的一种供电形式。

DRDP

数字雷达数据处理 (DRDP)

处理数据存储和雷达数据预处理的雷达子模块。

FSM

有限状态机(FSM)

一种抽象机器，在任何给定时间都能处于有限状态中的一种。

HBM

人体模型(HBM)

表征电子器件易受基于人体的静电放电 (ESD) 损坏程度的模型。

HW

硬件 (HW)

计算机或任何其他电子系统的物理组件集合。

词汇表

I2C

内部集成电路(I2C)

同步串行通信总线，广泛用于将低速外围集成电路连接到处理器和微控制器。

IF

中频 (IF)

每个频率转换产生的信号中，与输入射频信号的载波频率或其他特征频率相对应的频率。

LDO

低压差稳压器(LDO)

直流线性电压调节器，即使电源电压非常接近输出电压，也能调节输出电压。

LNA

低噪声放大器 (LNA)

一种专门设计的放大器，其目的是在给定增益下引入尽可能小的内部噪声，并在输出端获得尽可能大的信噪比。

MMIC

单片微波集成电路 (MMIC)

一种工作在微波频率（300 MHz 至 300 GHz）的集成电路器件。

PPF

多相滤波器 (PPF)

将输入信号分割成一定数量等距子带的滤波器。

RF

射频(RF)

周期性无线电波或相应电振荡的频率。

SAR

逐次逼近寄存器(SAR)

一种模数转换器，通过对所有可能的量化级别进行二进制搜索，将连续的模拟波形转换为离散的数字表示。

SMT

表面贴装技术(SMT)

一种将电气元器件直接安装到印刷电路板表面的方法。

SNR

信噪比 (SNR)

将所需信号电平与背景噪声电平进行比较的一种测量方法。

SSB

单边带 (SSB)

载波信号的一边。

VCO

电压控制振荡器 (VCO)

频率是输入信号电压函数的振荡器。

VGA

可变增益放大器(VGA)

根据控制电压改变增益的电子放大器。

VSWR

电压驻波比 (VSWR)

负载与传输线特性阻抗的阻抗匹配度量。

修订记录

修订记录

Document revision	Date	Description of changes
1.0	2024-03-13	Initial release
1.1	2024-08-21	Updated the cover page Updated template Fixed typos



免责声明

请注意，本文件的原文使用英文撰写，为方便客户浏览英飞凌提供了中文译文。该中文译文仅供参考，并不可作为任何论点之依据。

由于翻译过程中可能使用了自动化程序，以及语言翻译和转换过程中的差异，最后的中文译文与最新的英文版本原文含义可能存在不尽相同之处。

因此，我们同时提供该中文译文版本的最新英文原文供您阅读，请参见 <http://www.infineon.com>

英文原文和中文译文版本之间若存有任何歧异，以最新的英文版本为准，并且仅认可英文版本为正式文件。

您如果使用本文件，即表示您同意并理解上述说明。英飞凌不对因翻译过程中可能存在的任何不完整或不准确信息而产生的任何直接或间接损失或损害负责。英飞凌不承担中文译文版本的完整性和准确性责任。如果您不同意上述说明，请不要使用本文件。

Trademarks

All referenced product or service names and trademarks are the property of their respective owners.

重要通知

版本 2026-03-03

Infineon Technologies AG 出版，
德国 Neubiberg 85579

版权 © 2026 Infineon Technologies AG
及其关联公司。
保留所有权利。

Do you have a question about this
document?

Email:

erratum@infineon.com

Infineon Technologies AG 及其关联公司（以下简称“英飞凌”）销售或提供和交付的产品（可能也包括样品，且可能由硬件或软件或两者组成）（以下简称“产品”），应遵守客户与英飞凌签订的框架供应合同或其他书面协议的条款和条件，如无上合同或其他书面协议，则应遵守适用的英飞凌销售条件。只有在英飞凌明确书面同意的情况下，客户的一般条款和条件或对适用的英飞凌销售条件的偏离才对英飞凌具有约束力。

为避免疑义，英飞凌不承担不侵犯第三方权利的所有保证和默示保证，例如对特定用途/目的的适用性或适销性的保证。

英飞凌对与样品、应用或客户对任何产品的具体使用有关的任何信息或本文件中给出的任何示例或典型值概不负责。

本文件中包含的数据仅供具有技术资格和技能的客户代表使用。客户有责任评估产品对预期应用和客户特定用途的适用性，并在预期应用和客户特定用途中验证本文件中包含的所有相关技术数据。客户有责任正确设计、编程和测试预期应用的功能性和安全性，并遵守与其使用相关的法律要求。

除非英飞凌另行明确批准，否则产品不得用于任何因产品故障或使用产品的任何后果可合理预期会导致人身伤害的应用。但是，上述规定并不妨碍客户在英飞凌明确设计和销售的使用领域中使用任何产品，但是客户对应用负有全部责任。

英飞凌明确保留根据适用法律，如《德国版权法》（UrhG）第 44b 条，将其内容用于商业资料和数据探勘（TDM）的权利。

如果产品包含安全功能：

由于任何计算设备都不可能绝对安全，尽管产品采取了安全措施，但英飞凌不保证产品不会被入侵、数据不会被盗或遗失，或不会发生其他漏洞（以下简称“安全漏洞”），英飞凌对任何安全漏洞不承担任何责任。

如果本文档包含或引用软件：

根据美国、德国和世界其他国家的知识产权法律和条约，该软件归英飞凌所有。英飞凌保留所有权利。因此，您只能按照软件附带的软件授权协议的规定使用本软件。

如果没有适用的软件授权协议，英飞凌特此授予您个人的、非排他性的、不可转让的软件知识产权授权（无权转授权）：(a) 对于以源代码形式提供的软件，仅在贵组织内部修改和复制该软件用于英飞凌硬件产品；及 (b) 对于以二进制代码 (binary code) 形式对外向终端用户分发该软件，仅得用于英飞凌硬件产品。禁止对本软件进行任何其他使用、复制、修改、翻译或编译。有关产品、技术、交货条款和条件以及价格的详细信息，请联系离您最近的英飞凌办公室或访问 <https://www.infineon.com>。