



广州润芯信息技术有限公司

RX3603C
北斗一代 RDSS 收发射频芯片



广州润芯信息技术有限公司
Guangzhou Runxin Information Technology CO. LTD

RX3603C

北斗一代 RDSS 收发射频芯片

产品规格书

2016 年 7 月

V2.0



目录

目录	2
概述	3
应用领域	3
特性	3
结构框图	3
直流特性	4
交流特性	4
极限值	6
热阻	6
ESD 警告	6
参数实测图	7
管脚定义	10
参考应用原理图	13
功能模块描述	16
低噪声放大器	16
具有镜像抑制功能的下变频器	16
带通滤波器	16
自动增益控制放大器	16
模数转换器	16
频率综合器	16
前置功率放大器(PPA)	16
发射 RC 滤波器	16
串行通讯接口	16
硬线控制端口使用说明	17
PWR_RX 端口使用说明	17
PWR_TX 端口使用说明	17
PWR_ADC 端口使用说明	18
GAIN_TX 端口使用说明	18
数模转换器说明	19
封装详细信息	20



概述

RX3603C 是一款针对北斗一代(RDSS)频点导航系统应用的射频芯片，包含 RDSS 接收通道和发射通道，支持接收发射通道同时独立工作。片上集成了具有镜频抑制功能的混频器 (Mixer)、中频带通滤波器 (BPF)、自动增益控制器 (AGC)、模数变换器 (ADC)、小数分频锁相环、PPA、Balun 和低压差线性稳压器 (LDO) 等电路，仅需很少的外围元器件即可工作。

在接收通道中，导航信号经过天线及射频带通滤波器 (SAW)，进入射频前端跨导放大器，经过放大、混频、滤波处理后通过模拟输出端口输出，供给数字基带进行处理。在发射通道中，发射基带信号经过发射机的低通滤波器后，经过上变频器和PPA，驱动外接PA，经天线发射出信号。

应用领域

- 车载导航终端
- Pad、手机等手持设备
- 船舶导航定位
- 个人定位终端

特性

结构框图

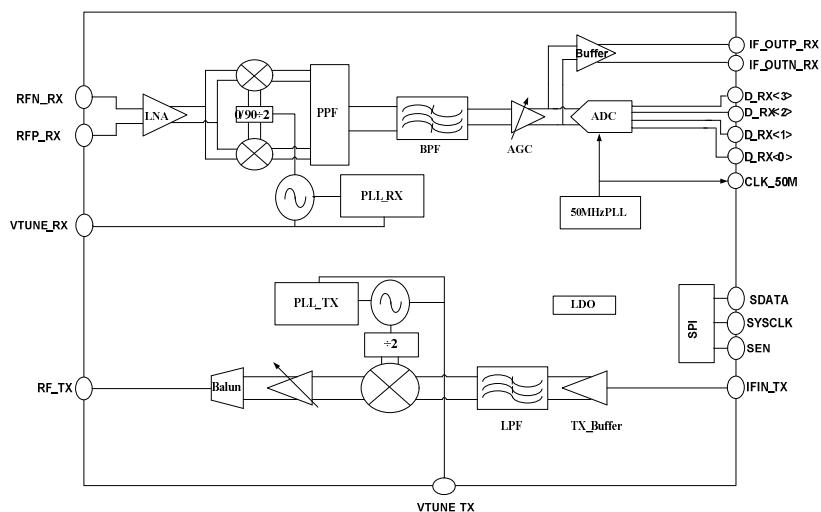


图 1 芯片系统框图



直流特性

环境温度 $T=25^{\circ}\text{C}$ ，IO 接口电压 VBAT_TX 与 VBAT_DIG 为 3.3V， VBAT 、 VBAT_RF 电压支持 1.8~3.3V。

表 1 直流特性

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
电流	RX 和 TX 通道同时工作		100		mA
	仅 RX 通道工作		52		mA
	仅 TX 通道工作		45		mA
	待机模式		10		uA
数字输入端口参数					
输入高电平 (V_{IH})		0.7VBAT_DIG			V
输入低电平 (V_{IL})				0.3VBAT_DIG	V
输入低电流 (I_{IH})		-10			uA
输入高电流 (I_{IL})				10	uA
数字输出端口参数					
输出高电平 (V_{OH})		VBAT_DIG-0.4			V
输出低电平 (V_{OL})				0.4	V

交流特性

测试环境：参考时钟频率 $f_{\text{REF}} = 10\text{MHz}$ ；环境温度 $T=25^{\circ}\text{C}$ ；

IO 接口电压 $\text{VBAT_TX}=\text{VBAT_DIG}=3.3\text{V}$ ， $\text{VBAT}=\text{VBAT_RF}=1.8\text{V}$ 。

表 2 交流特性

项目	最小	典型	最大	单位	备注
接收机交流特性					
中心频率		2491.75		MHz	
模拟中频输出信号峰峰值		1 ^①		V	
噪声系数		5	7	dB	
接收机输入 $\text{P}_{-1\text{dB}}$ 压缩点		-40		dBm	50dB 通道增益
S11		-12	-10	dB	差分匹配到 100 欧
通道增益	固定增益模式	35		dB	
	AGC 模式	40		dB	
中频		12.24		MHz	低本振
中频-3dB 带宽		8.16		MHz	
带外抑制（ ± 1.5 倍带宽）		20		dB	



发射通道交流特性					
中心频率		1615.68		MHz	
输出匹配		50		ohm	单端匹配到 50 欧
S22		-12	-10	dB	
输出功率	-0.5		2.5	dBm	
Gain Step		1		dB	范围-0.5~2.5 dBm
相位误差		1.5	3	degree	Pout<5dBm
本振泄露			-30	dBc	Pout<5dBm
Output power variety	-1		1	dB	
发射通道锁相环特性 (PLL1)					
频率		1615.68		MHz	
相位噪声		-76		dBc/Hz	0.1K
		-87		dBc/Hz	1K
		-86		dBc/Hz	10K
		-95		dBc/Hz	100K
		-117		dBc/Hz	1M
接收通道锁相环特性 (PLL2)					
频率		2479.51		MHz	
相位噪声		-73		dBc/Hz	0.1K
		-85		dBc/Hz	1K
		-87		dBc/Hz	10K
		-94		dBc/Hz	100K
ADC 采样时钟特性					
频率		50		MHz	
输出幅度			3.3 ^②	V	
时钟抖动		25		ps	
参考时钟特性					
输入参考时钟幅度	0.6		1.2	Vpp	峰峰值
参考时钟频率		10		MHz	
参考时钟输入阻抗		5		kΩ	

备注①：接收通道中频输出驱动高阻（ $\geq 5K$ ）时，输出信号功率约 4dBm,输出信号幅度 Vpp 约为 1V（差分输出时其正负端 Vpp 均为 500mV 左右）；驱动 50Ω 时，输出信号功率约 2.5dBm,输出信号幅度 Vpp 约 840mV（差分输出时其正负端 Vpp 均为 400mV 左右）。

②：时钟输出幅度受负载影响，建议负载电容 $\leq 10pF$ 。



极限值

在任何情况下都不能超出表 3 所列的最大额定值的范围，超过额定值会永久性地损坏芯片。

表 3 极限值

参数	符号	取值	单位
直流电源电压	VBAT_DIG	3.6	V
数字端口电压		-0.3~VBAT_DIG+0.3	V
工作温度	TOP	-40~85	°C
贮藏温度	TSTG	-55~150	°C
射频输入功率		0	dBm

注：数字端口引脚：SEN、SYSCLK、SDATA

热阻

热阻 θ_{JA} 仅针对最坏情况。

表 4 热阻

封装类型	θ_{JA}	单位
QFN40	40	°C /W

ESD 警告

	ESD（静电泄放）敏感器件。带电荷的器件或电路板会自动泄放。尽管该器件已带有保护电路，高能量的静电泄放仍会导致器件损坏。因此，正确地预防静电泄放可避免性能恶化或功能损坏。
--	---

参数实测图

以下图表均基于 RX3603C 参考电路（见图 9）进行测试。

(a) 接收通道噪声系数测试。

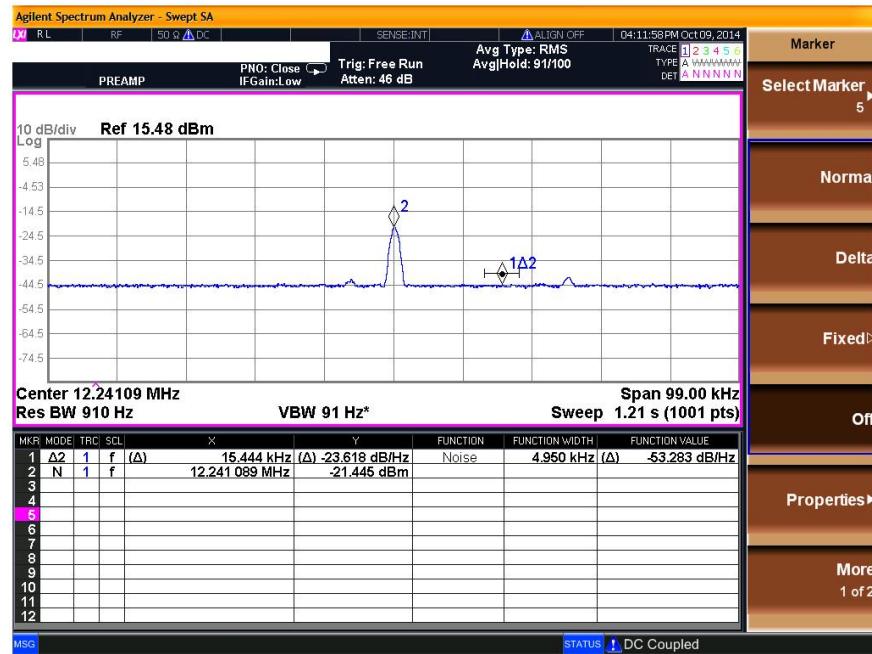


图 2 RX 通道噪声系数，输入-114dBm, NF 为 5.8dB (线损 1dB)

(b) 接收通道滤波特性



图 3 接收中频滤波器

(c) 相位噪声

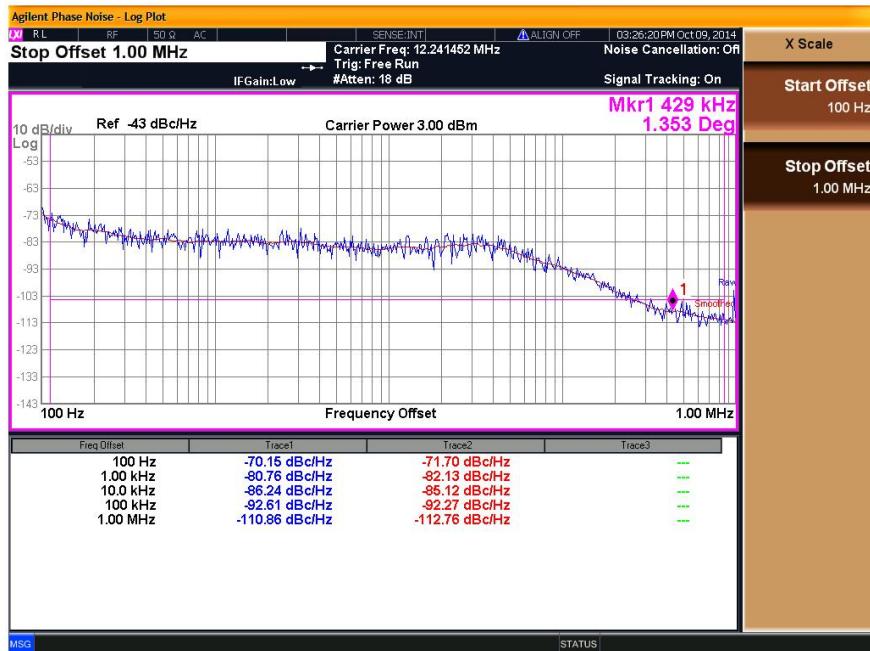


图 4 接收中频相位噪声

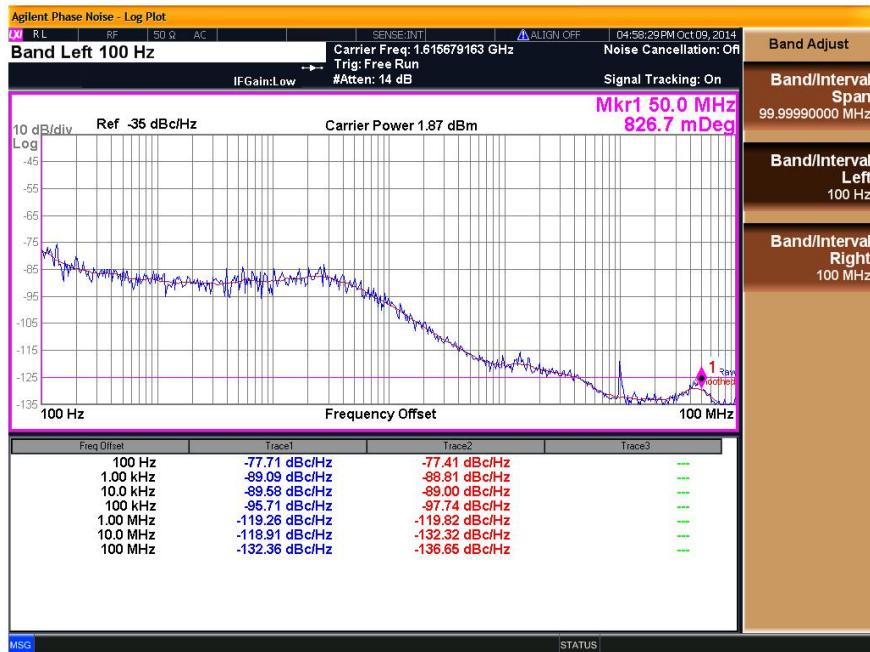


图 5 TX 发射相位噪声

(d) 本振泄漏。

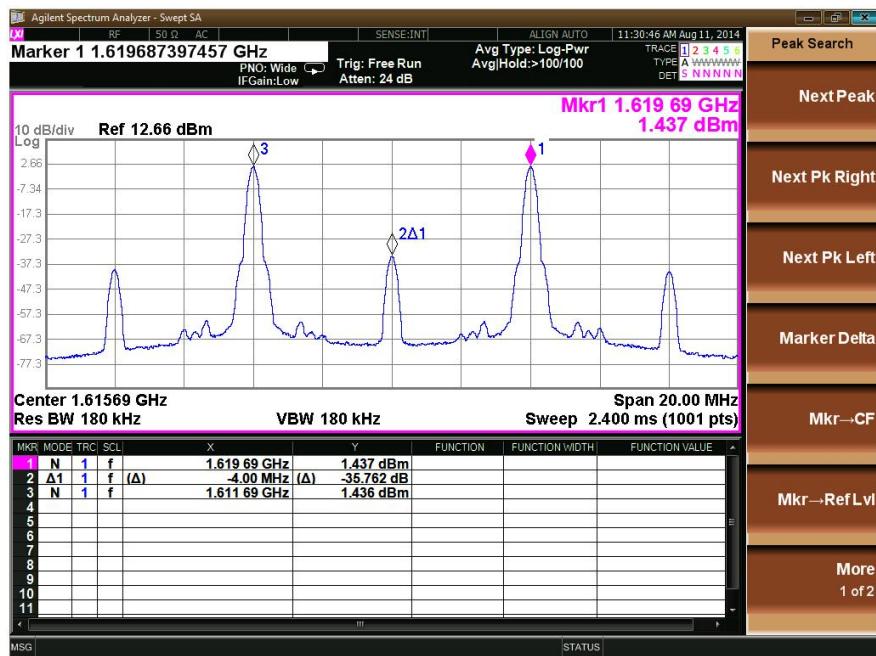


图 6 输出功率为 4.4dBm 时的本振抑制为 35dB

(e) 相位误差差

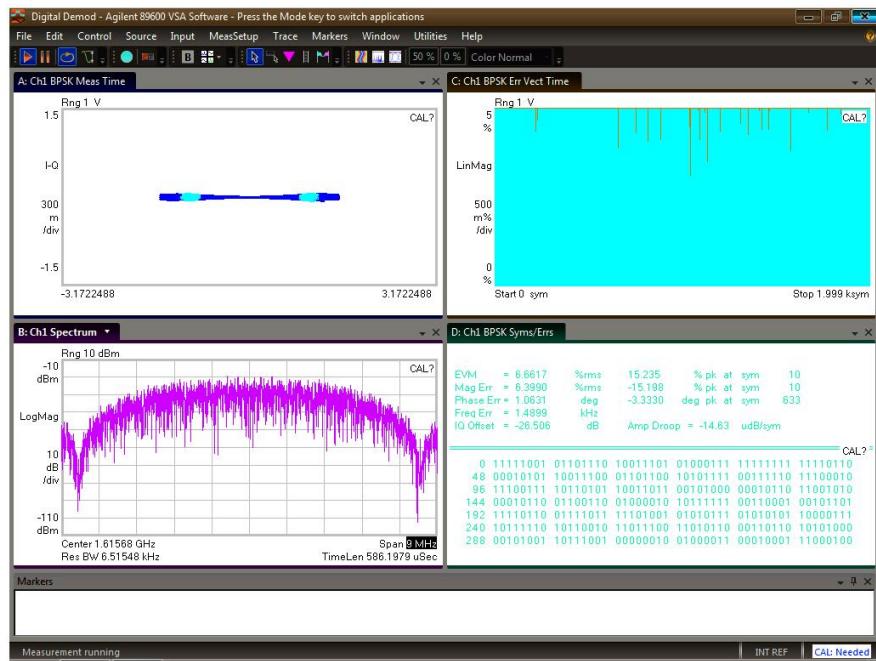


图 7 发射 EVM 测试, 相位误差为 1.06 度



管脚定义

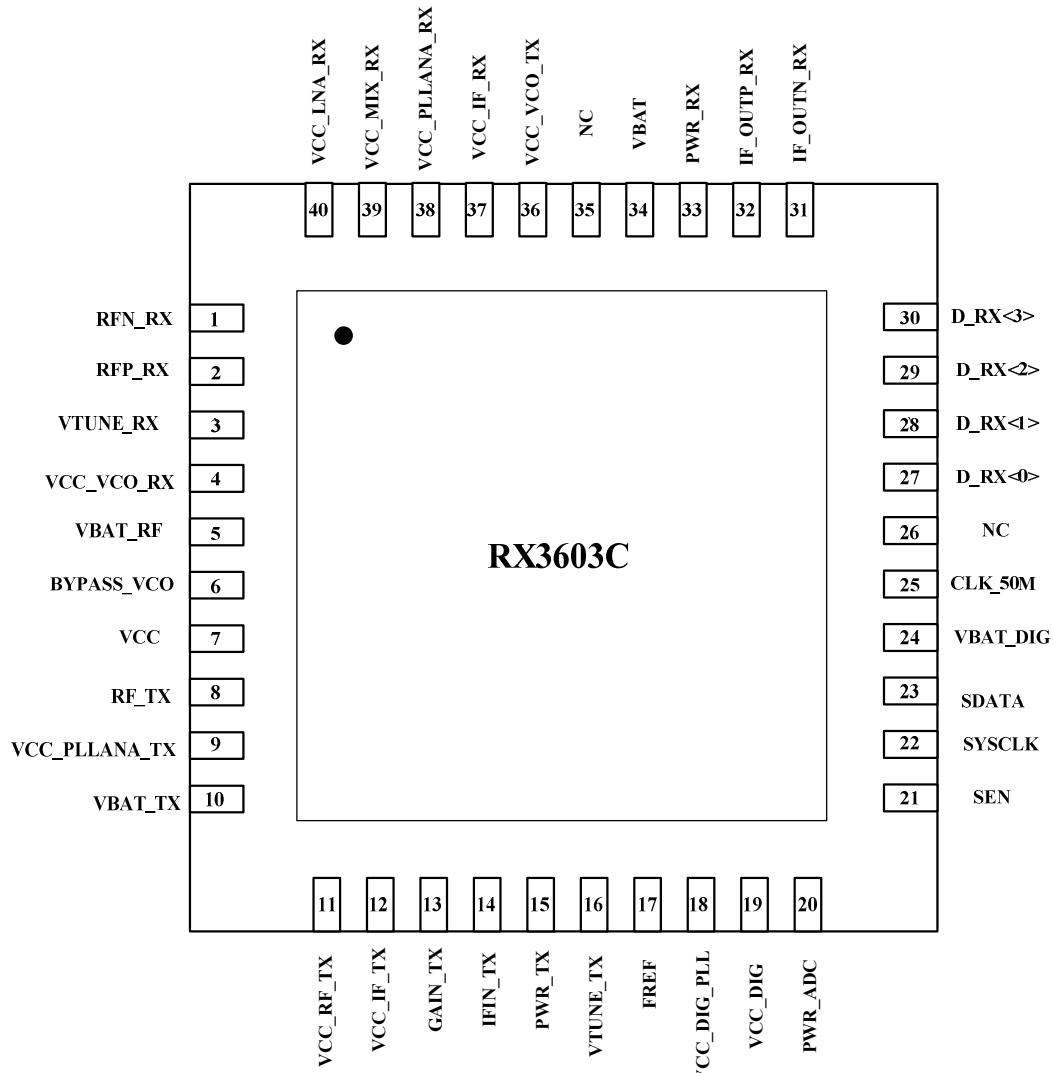


图 8 芯片管脚顶视图

表 5 管脚定义

序号	引脚名称	I/O	描述	备注
1	RFN_RX	I	Negative input of RX LNA	AC, 信号强度-110~-40dBm
2	RFP_RX	I	Positive input of RX LNA	AC, 信号强度-110~-40dBm
3	VTUNE_RX	I/O	RX PLL vtune control	DC, 接环路滤波器
4	VCC_VCO_RX	I/O	VCO LDO output	DC, 1.15~1.25V, 需接 2.2uF 滤波电容
5	VBAT_RF	I	power supply of RF&VCO&IF	DC, 1.8~3.3V
6	BYPASS_VCO	I/O	the band-gap filter pin for VCO LDO	接 10nF 滤波电容

7	VCC	I/O	LDO output	DC, 1.15~1.25V, 需接 2.2uF 滤波电容
8	RF_TX	O	Transmitter output	AC, 发射机输出
9	VCC_PLLANA_TX	I/O	PLL and B3 LDO output	DC, 1.15~1.25V, 需接 2.2uF 滤波电容
10	VBAT_TX	I	power supply of transmitter	DC, 3.3V
11	VCC_RF_TX	I/O	transmitter RF LDO output	DC, 1.15~1.25V, 需接 2.2uF 滤波电容
12	VCC_IF_TX	I/O	transmitter IF LDO output	DC, 1.15~1.25V, 需接 2.2uF 滤波电容
13	GAIN_TX	I	Transmitter channel gain control pin	DC, 0~1.2V
14	IFIN_TX	I	Transmitter input	DC, 0~3.3V 逻辑电平输入
15	PWR_TX	I	Transmitter channel enable	DC, 悬空或接高电平为发射机开启, 拉低为发射机关闭
16	VTUNE_TX	I/O	TX PLL vtune control	DC, 接环路滤波器
17	FREF	I	10MHz reference input	AC, 10MHz, 需隔直, 输入幅度 0.8~2V
18	VCC_DIG_PLL	I/O	PLL Digital LDO output	DC 输入/输出, 1.15~1.25V, 需接 2.2uF 滤波电容
19	VCC_DIG	I/O	Digital LDO output	DC 输入/输出, 1.15~1.25V, 需接两个 4.7uF 滤波电容
20	PWR_ADC	I	ADC enable	DC, 悬空或高电平打开ADC, 关闭模拟中频通道; 接地, 打开模拟中频; 也可通过SPI 控制, 使模拟和数字中频同时打开
21	SEN	I	SPI	SPI 使能, 数字逻辑电路, 与 IO 电压匹配即可
22	SYSCLK	I		不高于参考时钟频率
23	SDATA	I/O		SPI 数据输入输出端口
24	VBAT_DIG	I	power supply of DIG and DIG IO	DC 输入, 在单端模拟中频输出时, 与单端输出 buffer 共用, 电压范围为 2.7~3.6V; 若数字中频输出, 则逻辑摆幅由该电压决定, 不低于 LVTTL 电平要求即可
25	CLK_50M	O	50MHz Clock output	AC, 50MHz。
26	NC		Not connect	No connection
27	D_RX<0>	O	RX Data output from ADC	默认补码输出, 逻辑摆幅在 1.5~3.3V 之间, 由 pin27 决定
28	D_RX<1>	O		
29	D_RX<2>	O		
30	D_RX<3>	O		
31	IF_OUTN_RX	O	RX analog IF output (negative)	AC, 12.24 MHz。默认模式下, 模拟中频单端输出, 负端口无信号
32	IF_OUTP_RX	O	RX analog IF output (positive)	AC, 12.24 MHz。默认模式下单端输出, 1Vpp
33	PWR_RX	I	power up/down RX channel	DC, 通过接不同的电阻, 可实现RX通道D2S切换以及通道的打开和关闭, 详见使

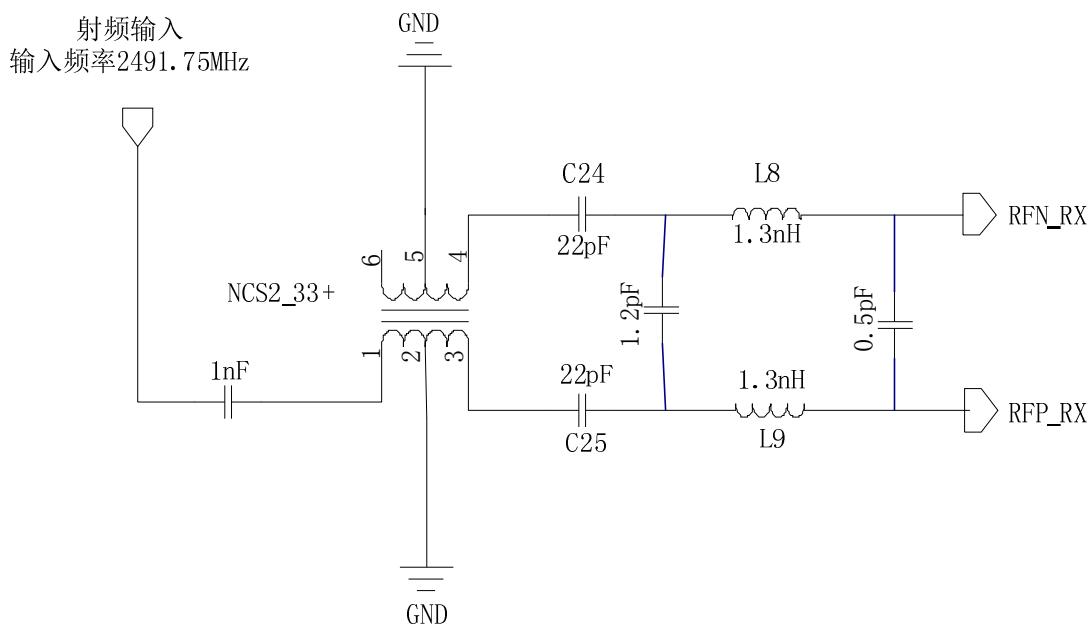
				用说明
34	VBAT	I	power supply of IF	DC,1.8~3.3V
35	NC		Not connect	No connection
36	VCC_VCO_TX	I/O	TX PLL VCO LDO output	DC 输入/输出, 1.15~1.25V, 需接 2.2uF 滤波电容
37	VCC_IF_RX	I/O	RX IF LDO output	DC 输入/输出, 1.15~1.25V, 需接 2.2uF 滤波电容
38	VCC_PLLANA_RX	I/O	RX IF LDO output	DC 输入/输出, 1.15~1.25V, 需接 2.2uF 滤波电容
39	VCC_MIX_RX	I/O	RX MIXER LDO output	DC 输入/输出, 1.15~1.25V, 需接 2.2uF 滤波电容
40	VCC_LNA_RX	I/O	RX MIXER LDO output	DC 输入/输出, 1.15~1.25V, 需接 2.2uF 滤波电容

应用注意事项:

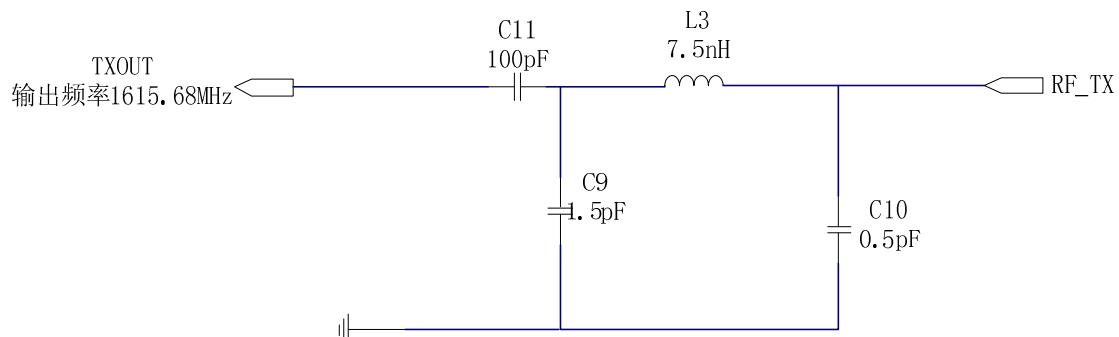
- 1、输入 10M 参考走线尽量短
- 2、VCC_DIG 需外接两个 4.7uF 电容
- 3、RX 通道射频输入端和中频输出端应尽量远离
- 4、建议 50M 时钟输出端串联 82nH 的电感, 且尽量靠近芯片, 降低时钟的高次谐波干扰。
- 5、接收通道的输入走线应保证差分性



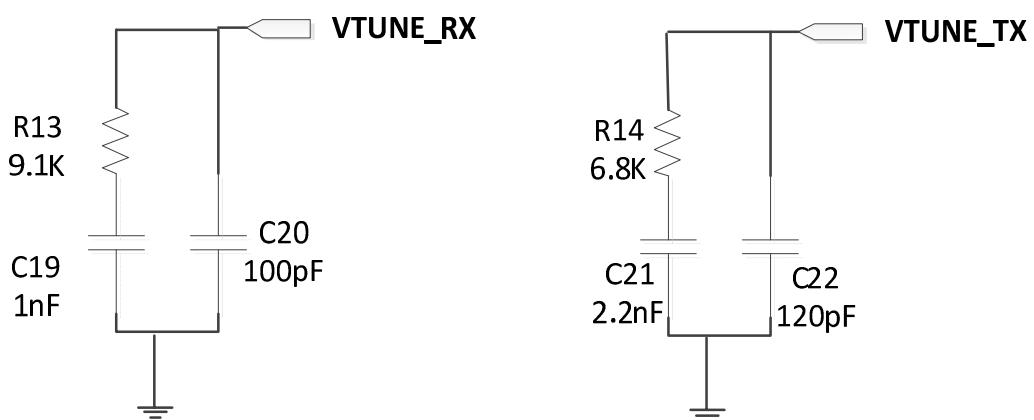
参考应用原理图



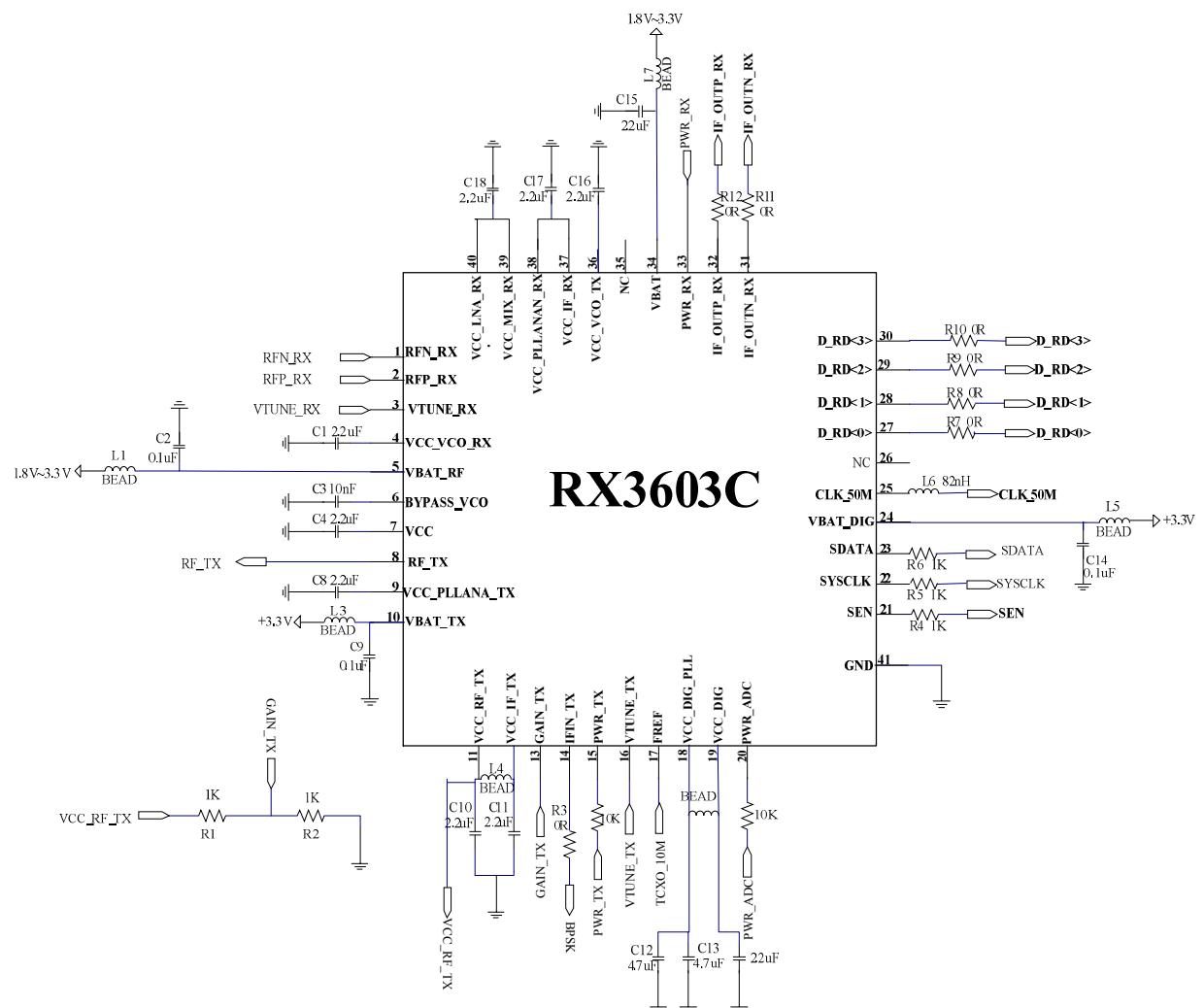
(a) RX 通道匹配网络



(b) TX 通道匹配网络



(b) 环路滤波



(d) 参考应用电路

图9 参考应用电路原理图

备注：RX 射频单端输入使用说明

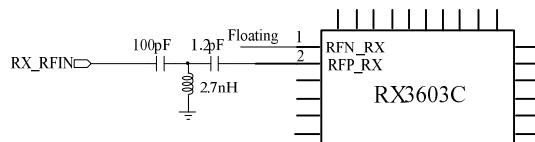


图 10 RX 通道单端匹配网络

RX 通道射频单端输入使用时，参照图 10 的接法，1 脚 RFN_RX 悬空，2 脚 RFP_RX 接单端匹配网络。

(备注：射频使用单端匹配网络时，相比差分匹配网络噪声系数恶化约 3dB)

应用原理图中涉及到的元器件的型号及性能参数见下表 6

表 6 参考元器件型号及其部分性能参数

器件名称	器件型号	部分性能参数
巴伦	NCS2-33+	RD 通道中使用，频率范围：1500~3100MHz，差损：1dB
晶振	TXEBALSANF	频率 10M，幅度 0.8~2V，工作电压 3V

注：图 9~10 中的匹配网络并不是唯一值，仅为开发板上匹配原件最优值，但射频 PCB 板间存在差异，如需得到更优匹配，需再次调试使其达到最优值。

功能模块描述

低噪声放大器

接收通道分使用了差分输入的低噪放，片内直接接混频器电路。低噪放是整个接收通道的关键模块，整个接收机通道的噪声系数在 7dB 以下。

具有镜像抑制功能的下变频器

低噪放输出接混频器，经下变频后得到相应的中频信号。同时，其内部集成多相滤波器(PPF)，可实现大于 30dB 以上的镜像抑制。

带通滤波器

中频带通滤波器采用切比雪夫带通滤波器，具有自校准功能。中频信号经过带通滤波器后，能有效滤除带外的干扰和杂散，避免 ADC 采样形成频谱混迭。

自动增益控制放大器

片上集成的自动增益控制放大器，能有效补偿实际应用中信号强弱的变化，使 ADC 的采样电路能够正常工作。AGC 电路提供大于 50dB 的动态范围。

模数转换器

芯片集成了 4 Bit Flash ADC，对 AGC 输出模拟信号进行采样，采样时钟频率为 50MHz。ADC 输出默认为 2bit, sign.mag 码输出。可通过 SPI 选择为偏移码，也可通过 SPI 配置为 4Bit。

频率综合器

片上集成了高性能的 Σ Δ 小数分频锁相环，全集成了鉴频鉴相器，电荷泵，环路滤波器，分频器，压控振荡器等模块电路。

前置功率放大器(PPA)

前置功率放大器(PPA)提供合适的功率以驱动后续外接功率放大器(PA)，同时完成匹配。在 RX3603C 的 PPA 设计中，还加入了功率控制功能，节省了射频 PGA 的使用。

发射 RC 滤波器

发射集成了低通滤波器，滤除了数字信号通过 DAC 转为模拟信号后的谐波等干扰信号。

串行通讯接口

用户可通过串行通讯接口对 RX3603C 内部的 PLL，ADC 等模块进行配置。串行接口由时钟 (SCLK)、数据输入输出 (SDATA) 和使能 (SEN) 等信号线组成。**SCLK 时钟频率推荐为 50KHz~100KHz**。

通讯时序如图 11。建立通讯前，SCLK、SDATA、SEN 保持低电平，当开始通讯时 SCLK 需先发一个周期 CLK 以通知芯片做好通讯准备。在该 CLK 的下降沿，使 SEN 信号由低电平跳变为高电平，SDATA 上的数据开始被写入芯片内的缓存器，直到 SEN 信号由高电平跳回到低电平时结束。在 SCLK 的下降沿时 SDATA 信号可改变，SDATA 上的数据在 SCLK 上升沿时会被采样。

串行接口通讯时采用高位在前的方式，依次发送 1bit 读写标志位 (R/W)，**5bit 地址位 (ADDRESS)** 和 20bit 数据位 (DATA)。但在读操作时，发送完 **5bit 地址位** 后需要等待 2 个 CLK 才能收到 20bit 的数据。

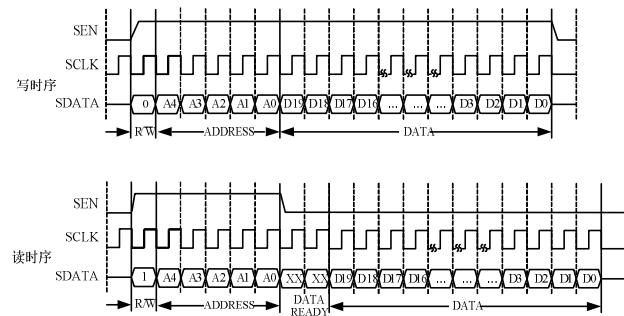


图 11 SPI 时序图

硬线控制端口使用说明

PWR_RX端口使用说明

为节约芯片 pin 脚, 设计中对引脚PWR_RX(pin33)进行了复用。如果此控制引脚悬空, 默认开启RX通道。而通过外接不同电阻, 可实现ON/OFF(通道开关)及D2S(模拟输出接口单端/差分切换)的功能。下面为管脚PWR_RX 不同接法所实现的功能。(备注: 以下表格中所描述的高电平与VBAT_DIG一致)

接法 1: 外接两个电阻同时控制

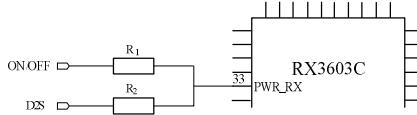


图 12 硬线 PWR_RX 端口说明 1

表 7 硬线 PWR_RX 端口外接两个电阻使用状态描述

ON/OFF	D2S	说明	R1、R2 电阻选择
低电平	X	通道关闭	
高电平	低电平	通道工作, 差分输出	$R_2=2R_1$, $30K\Omega \leq R_1 \leq 60K\Omega$, 推荐 $R_1=47 K\Omega$
高电平	高电平	通道工作, 单端输出	

接法2: 只接一个电阻控制通道打开(默认单端输出)或关闭:

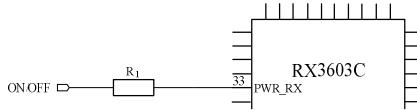


图 13 硬线 PWR_RX 端口说明 2

表 8 硬线 PWR_RX 端口外接单个电阻使用状态描述

ON/OFF	说明	R1 电阻选择
低电平	通道关闭	
高电平/悬空	通道工作, 单端输出	$R_1 \leq 100 K\Omega$, 推荐 $R_1=47 K\Omega$

接法3: 只接一个电阻切换D2S :

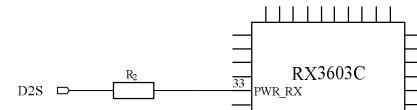


图 14 硬线 PWR_RX 端口说明 3

表 9 硬线 PWR_RX 端口外接单个电阻且切换 D2S 使用状态描述

D2S	说明	R1 电阻选择
低电平	差分输出	
高电平/悬空	单端输出	$700 K\Omega \leq R_2 \leq 900 K\Omega$, 推荐 $R_2=800 K\Omega$

PWR_TX端口使用说明

硬线控制 PWR_TX(pin15)引脚有两种用法: (1) 悬空或接高电平状态时, 默认发射机开启 (2) 直接接地, 发射机关闭。(备注: 以下表格中所描述的高电平与 VBAT_DIG 一致)

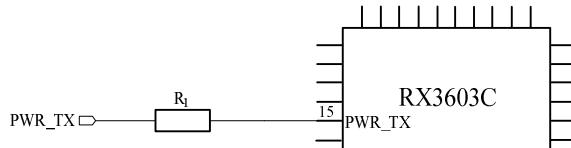


图 15 硬线 PWR_TX 端口外接一个电阻使用连接示意图

表 10 硬线 PWR_TX 端口外接使用状态描述

PWR_TX	说明	R1 电阻选择
低电平	发射机关闭	推荐 R1=10 KΩ
高电平/悬空	发射机开启	

PWR_ADC 端口使用说明

硬线控制 PWR_ADC(pin20)引脚有两种用法：(1) 悬空或接高电平状态时，打开 ADC，关闭模拟中频通道 (2) 直接接地，打开模拟中频输出方式。（备注：以下表格中所描述的高电平与 VBAT_DIG 一致）

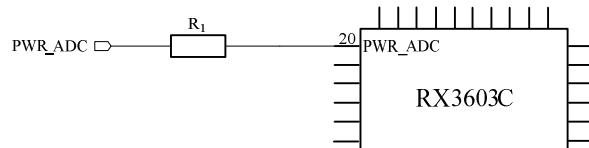


图 16 硬线 PWR_ADC 端口外接一个电阻使用连接示意图

表 11 硬线 PWR_ADC 端口外接使用状态描述

PWR_ADC	说明	R1 电阻选择
低电平	模拟中频输出方 式,ADC 关闭	推荐 R1=10 KΩ
高电平/悬空	数字中频输出方 式,ADC 开启	

GAIN_TX 端口使用说明

GAIN_TX 可以控制发射机的发射功率输出，控制范围为-1.5dBm~5.5dBm。此 pin 端可以外接一个可调电位器，电位器的电源接 pin12 (VCC_IF_TX)，另外一端接地，其电路见图 17。输入电压与输出功率的对应关系如表 12。

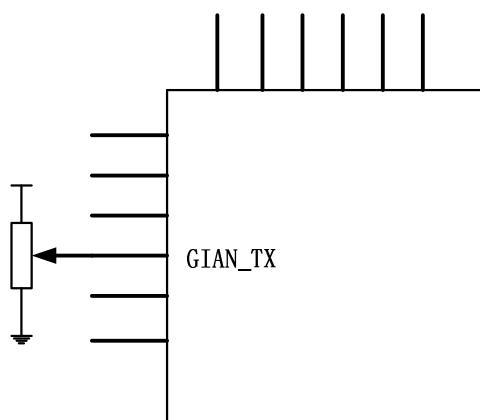


图 17 GAIN_TX 端口说明



表 12 输入控制电压与发射功率对应关系

输入电压 V	0~0.24	0.24~0.36	0.36~0.48	0.48~0.6
发射功率 dBm	-0.5	0.5	1.5	2.5

注: GAIN_TX 的输入电压超过 0.6V 时, 发射功率会压缩, 较难保证 1dB 步进, 且此时发射相位误差较大, 建议使用 GAIN_TX 的输入电压 ≤ 3 dBm。

数模转换器说明

RX3603C 系列芯片内部集成了四位数模转换器 (ADC), 采用 FLASH 结构, ADC 采样时钟可由内部时钟频率合成器提供, 时钟频率各款芯片略有差异, 具体见附表。RD 通道默认上电 ADC 使用 2bit 输出, 2bitADC 的输出有两种编码方式, 具体见下表 13。

表 13 2bit 模式下的编码方式

整数值	原码/偏移码	sign mag 码
-3	00	11
-1	01	10
1	10	00
3	11	01

备注: 该芯片中, 原码与偏移码概念相同。

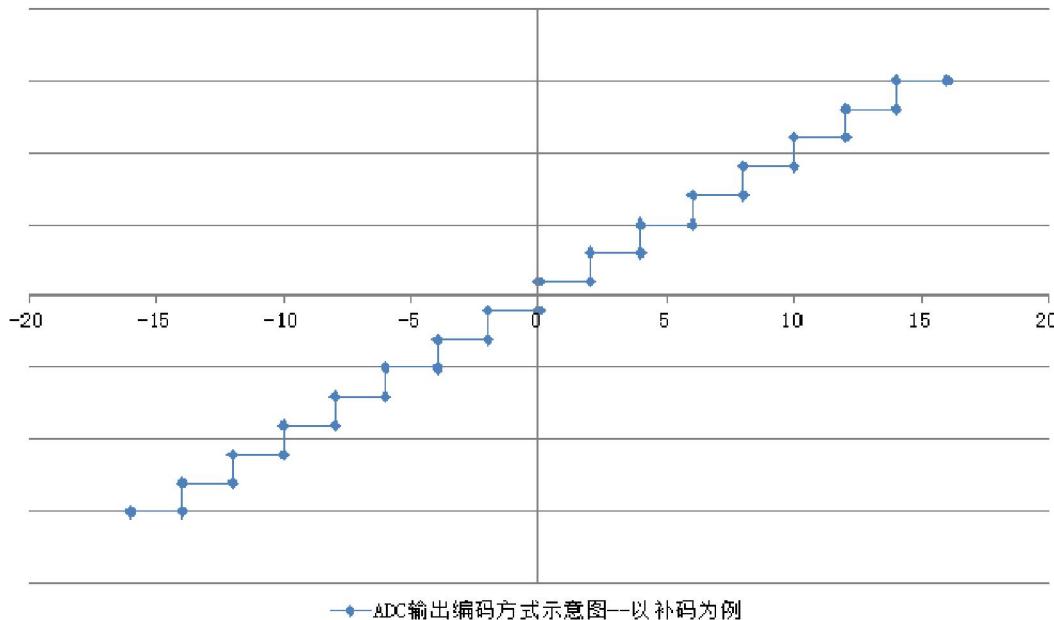


图 18 ADC 输出编码方式示意图

封装详细信息

40 引脚 QFN 塑封—— $5 \times 5 \times 0.8 \text{ mm}$

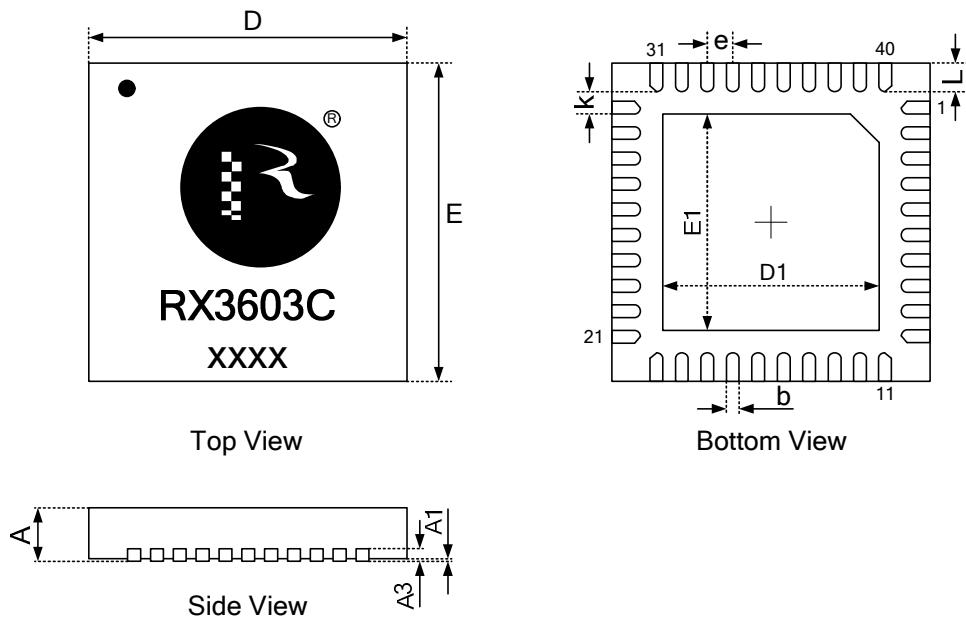


图 19 封装尺寸图

表 14 封装尺寸表

Symbol	尺寸(毫米)		尺寸(英寸)	
	Min.	Max.	Min.	Max.
A	0.700/0.800	0.800/0.900	0.028/0.031	0.031/0.035
A1	0.000	0.050	0.000	0.002
A3	0.203REF		0.008REF	
D	4.924	5.076	0.194	0.200
E	4.924	5.076	0.194	0.200
D1	3.300	3.500	0.130	0.138
E1	3.300	3.500	0.130	0.138
k	0.200MIN		0.008MIN	
b	0.150	0.250	0.006	0.010
e	0.400TYP		0.016TYP	
L	0.324	0.476	0.013	0.019