

**单片集成低功耗 Sub-1GHz 射频收发器****产品特性****● 功能特点**

- 频率范围: 200MHz~960MHz
- 调制方式: (G)FSK, OOK
- 数据率: 0.1kbps ~ 300kbps
- 支持 NRZ、曼彻斯特、数据白化
- 自动应答/自动重传
- 支持 RSSI, 0.5dB 检测精度
- 可配置包处理机及 128-byte TX/RX FIFO
- AGC / AFC
- 支持 FEC

**● 发射功率**

- -20dBm ~ +18dBm

**● 发射电流 ( $F_{RF}=433MHz$ )**

- 14mA @ +0dBm
- 22mA @ +10dBm
- 28mA @ +13dBm
- 58mA @ +18dBm

**● 接收灵敏度 ( $F_{RF}=433MHz$ )**

- -130dBm @ 0.1kbps
- -122dBm @ 1.2kbps
- -112dBm @ 10kbps
- -102dBm @ 100kbps
- -97dBm @ 300kbps

**● 接收电流 ( $F_{RF}=433MHz$ )**

- 12mA

**● 关断电流**

- 10nA

**● 接口**

- 标准四线 SPI 或三线 SPI, 速率最高 16Mbps
- 支持外部复位
- 支持数据直通

**● 电气参数**

- 工作电压: 1.8V~3.6V
- 工作温度: -40°C ~85°C
- ESD 保护: ±2kV (HBM)

**● 开发支持**

- SDK: 软件、文档、工具、参考设计
- EVB 硬件开发板

**● 选型**

型号	封装
UM2010-NCQE	QFN20

# 1 产品概述

UM2010 是一款工作于 200MHz~960MHz 范围内的低功耗、高性能、单片集成的(G)FSK/OOK 无线收发机芯片。内部集成完整的射频接收机、射频发射机、频率综合器、调制解调器，只需配备简单、低成本的外围器件就可以获得良好的收发性能。

芯片支持灵活可设的数据包格式，支持自动应答和自动重发功能，支持跳频操作，同时集成了 FEC 功能。外部 MCU 可通过 SPI 对芯片进行控制，并访问内部收发各 128 bytes 的 TX/RX FIFO。

## 应用场景：

- 工业传感及工业控制
- 安防系统
- 自动抄表
- 无线标签，无线门禁
- 遥控装置，无线玩具
- 智能交通，智慧城市，智能家居
- 智能门锁，资产追踪、无线监控等智能传感器终端应用

## 2 功能框图

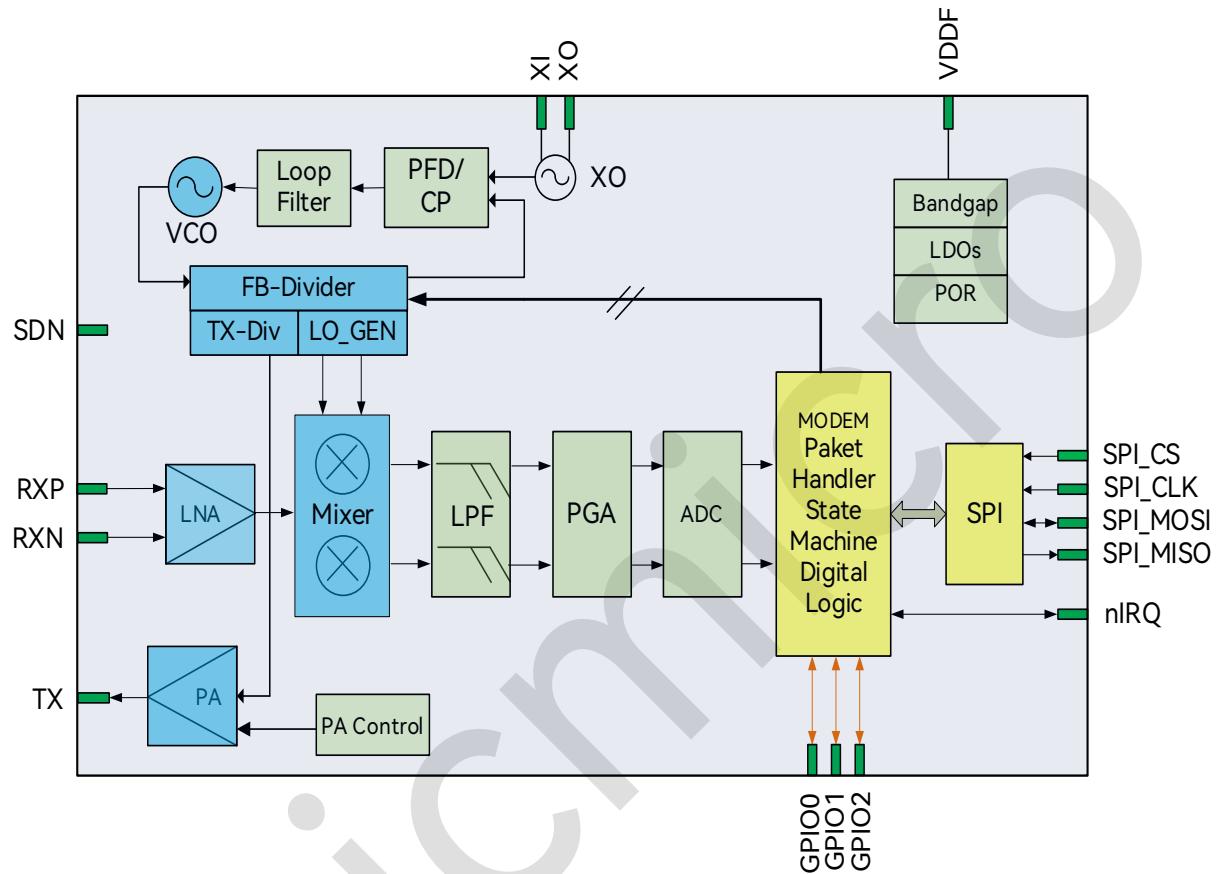


图 2-1: 功能框图

# 3 封装及管脚描述

## 3.1 封装管脚分布

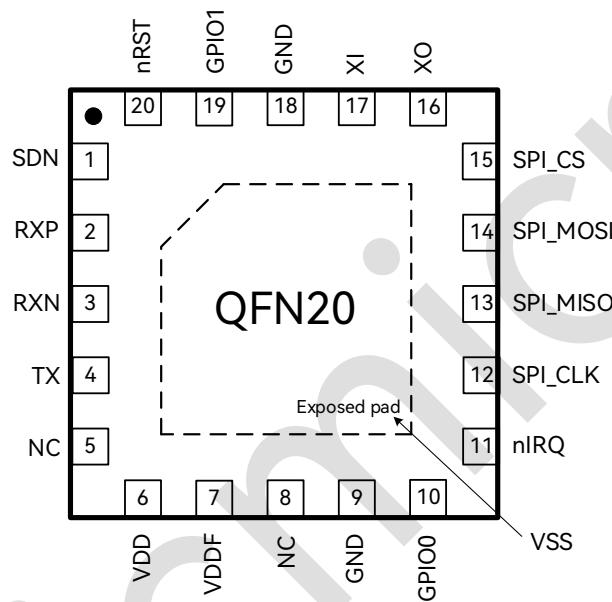


图 3-1: QFN20 封装管脚分布图

## 3.2 引脚功能描述

表 3-1: 引脚功能说明

引脚编号	管脚名称	IO 类型	关断状态	功能描述
0	VSS	G	-	芯片地 (LF PAD) 公共地
1	SDN	DI	HZ	芯片关断使能, SDN 高电平时芯片处于关断模式
2	RXP	RFI	-	射频正端输入
3	RXN	RFI	-	射频负端输入
4	TX	RFO	-	射频 PA 输出
5	NC	NC	-	空脚, 未连接任何内部电路
6	VDD	P	-	1.8V~3.6V 电源输入
7	VDDF	P	-	RF LDO 供电电源

引脚编号	管脚名称	IO 类型	关断状态	功能描述
8	NC	NC	-	空脚, 未连接任何内部电路
9	GND	G	-	芯片地
10	GPIO0	DIO	HZ	可配置 GPIO0
11	nIRQ	DIO	HZ	可配置 GPIO, 默认为中断输出
12	SPI_CLK	DI	HZ	SPI 时钟
13	SPI_MISO	DO	HZ	SPI 数据输出
14	SPI_MOSI	DIO	HZ	SPI 数据输入 (或三线制输入输出)
15	SPI_CS	DI	HZ	片选信号
16	XO	AO	-	晶振输出
17	XI	AI	-	晶振输入
18	GND	G	-	芯片地
19	GPIO1	DIO	HZ	可配置 GPIO1
20	nRST	DIO	HZ	可配置 GPIO2, 默认为外部复位引脚

说明: RF——射频信号; A——模拟信号; D——数字信号; I——Input; O——Output; G——Ground;

P——Power; PU——pull up 上拉; PD——pull down 下拉; HZ——高阻状态。

# 4 电气参数

除非另行声明，否则测试条件为： $V_{DD}=3.3V$ ,  $T_c=25^\circ C$ ,  $F_{RF}=433MHz$ , GFSK, DR=10kbps。所有结果均在评估板 EVB 上测试得到。

## 4.1 通用工作条件

表 4-1: 主要电气特性参数

符号	描述	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位	
$V_{DD}$	电源电压	-	1.8	3.3	3.6	V	
$T_A$	工作温度	-	-40	-	85	°C	
-	电源电压斜率	-	-	1	-	mV/μ s	
$F_{RF}$	工作频率范围	-	200	-	960	MHz	
DR		(G)FSK	0.1	-	300	kbps	
		OOK	0.5	-	40	kbps	

## 4.2 绝对最大额定值

外部条件如果超过“绝对最大额定值”列表中给出的值，可能会导致器件永久性地损坏。这里只是给出能承受永久性损坏的最大载荷，并不意味着在此条件下器件的功能性操作无误。器件长期工作在最大值条件下会影响器件的可靠性。

表 4-2: 芯片绝对最大额定值

符号	描述	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$V_{DD}$	电源电压	-	-0.3	-	+3.6	V
$V_{IN}$	接口电压	-	-0.3	-	+3.6	V
$T_{OP}$	运行温度	-	-40	-	85	°C
$T_{stg}$	存储温度	-	-50	-	+150	°C
$T_L$	焊接温度	-	-	-	+255	°C
ESD	静电放电	HBM	-2	-	+2	kV
$I_{LATH}$	Latch up 电流	Norm: Jedec78	-100	-	+100	mA

## 4.3 功耗

表 4-3: 功耗参数

符号	描述	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$I_{STANDBY}$	休眠模式电流	-	-	40	-	$\mu A$
$I_{shutdown}$	关断电流	-	-	10	-	nA
$I_{IDLE}$	IDLE 电流	-	-	1.2	-	mA
$I_{RX}$	接收状态工作电流	$F_{RF}=315MHz$	-	11.5	-	mA
		$F_{RF}=433MHz$	-	12	-	mA
		$F_{RF}=868MHz$	-	12.5	-	mA
		$F_{RF}=915MHz$	-	12.5	-	mA
$I_{TX}$	发射电流@315MHz	+18dBm	-	60	-	mA
		+13dBm	-	28	-	mA
		+10dBm	-	20	-	mA
		+0dBm	-	13	-	mA
	发射电流@433MHz	+18dBm	-	58	-	mA
		+13dBm	-	29	-	mA
		+10dBm	-	20	-	mA
		+0dBm	-	13	-	mA
	发射电流@868MHz	+18dBm	-	56	-	mA
		+13dBm	-	30	-	mA
		+10dBm	-	24	-	mA
		+0dBm	-	12	-	mA
	发射电流@915MHz	+18dBm	-	56	-	mA
		+13dBm	-	30	-	mA
		+10dBm	-	24	-	mA
		+0dBm	-	12	-	mA
$I_{FS}$	PLL tune 状态电流	$F_{RF}=315MHz$	-	7.5	-	mA
		$F_{RF}=433MHz$	-	7.5	-	mA
		$F_{RF}=868MHz$	-	9.0	-	mA
		$F_{RF}=915MHz$	-	9.0	-	mA

## 4.4 接收特性

表 4-4: 接收特性

符号	描述	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
SEN	接收灵敏度@315MHz (BER<0.1%)	DR=0.1kbps $F_{DEV}=0.3\text{kHz}$	-	-131	-	dBm
		DR=1.2kbps $F_{DEV}=2.5\text{kHz}$	-	-122	-	dBm
		DR=10kbps $F_{DEV}=22\text{kHz}$	-	-113	-	dBm
		DR=100kbps $F_{DEV}=50\text{kHz}$	-	-102	-	dBm
		DR=300kbps $F_{DEV}=300\text{kHz}$	-	-96	-	dBm
	接收灵敏度@433MHz (BER<0.1%)	DR=0.1kbps $F_{DEV}=0.3\text{kHz}$	-	-130	-	dBm
		DR=1.2kbps $F_{DEV}=2.5\text{kHz}$	-	-122	-	dBm
		DR=10kbps $F_{DEV}=22\text{kHz}$	-	-112	-	dBm
		DR=100kbps $F_{DEV}=50\text{kHz}$	-	-102	-	dBm
		DR=300kbps $F_{DEV}=300\text{kHz}$	-	-96	-	dBm
	接收灵敏度@868MHz (BER<0.1%)	DR=1.2kbps $F_{DEV}=2.5\text{kHz}$	-	-119	-	dBm
		DR=10kbps $F_{DEV}=22\text{kHz}$	-	-109	-	dBm
		DR=100kbps $F_{DEV}=50\text{kHz}$	-	-99	-	dBm
		DR=300kbps $F_{DEV}=300\text{kHz}$	-	-96	-	dBm
	接收灵敏度@915MHz (BER<0.1%)	DR=1.2kbps $F_{DEV}=2.5\text{kHz}$	-	-119	-	dBm
		DR=10kbps $F_{DEV}=22\text{kHz}$	-	-109	-	dBm

符号	描述	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
		DR=100kbps $F_{DEV}=50\text{kHz}$	-	-99	-	dBm
		DR=300kbps $F_{DEV}=300\text{kHz}$	-	-96	-	dBm
Pin_max	最大输入信号功率	-	-	+10	-	dBm
Co_REJ	同频干扰	-	-	9	-	dB
Im_REJ	镜像抑制	-	-	-35	-	dB
1CH_REJ	第一邻道抑制	200KHz 信道间隔, 带相同调制的干扰	-	-42	-	dB
2CH_REJ	第二邻道抑制	400KHz 信道间隔, 带相同调制的干扰	-	-46	-	dB
3CH_REJ	第三邻道抑制	600KHz 信道间隔, 带相同调制的干扰	-	-48	-	dB
Block	阻塞	10MHz 偏移, 连续波干扰	-	-72	-	dB

## 4.5 发射特性

表 4-5: 发射特性

符号	描述	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
P <sub>out</sub>	输出功率	-	-20	-	+18	dBm
P <sub>step</sub>	输出功率调节	-	-	1	-	dB

## 4.6 频率综合器特性

表 4-6: 频率综合器特性

符号	描述	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
F <sub>XTAL</sub>	晶振参考频率	-	-	26	-	MHz
F	输出频率范围	-	200	-	960	MHz
F <sub>RES</sub>	输出频率精度	$F_{RF}=433\text{MHz}$	-	12	-	Hz
t <sub>stable</sub>	频率稳定时间	-	-	150*	-	$\mu\text{s}$
PN	相位噪声	100kHz 频率偏移	-	-97	-	dBc/Hz
		500kHz 频率偏移	-	-115	-	dBc/Hz
		1MHz 频率偏移	-	-120	-	dBc/Hz

注\*: 频率稳定时间包含了 VCO 校准时间, 校准之后工作环境温度变化过大, 需要重新校准。

## 4.7 晶体振荡器

表 4-7: 晶体振荡器特性

符号	描述	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$F_{XTAL}$	晶体振荡频率	-	-	26	-	MHz
$R_{m\_xtal}$	晶体等效电阻	-	-	-	60	$\Omega$
$C_{LOAD}$	晶体负载电容	-	-	15	-	pF
$t_{XTAL}$	晶体起振稳定时间 <sup>[1]</sup>	-	-	1.5	-	ms
$ppm_{XTAL}$	晶体频率容差 <sup>[2]</sup>	-	-	20	-	ppm

备注:

[1] 晶体起振稳定时间和晶体的特性以及工作温度有很大关系。

[2] 晶体频率容差值包括晶体初始误差以及由负载、老化、温度等因素引起的频率误差。总的频率误差需要满足接收滤波器带宽设置的要求。

## 4.8 状态稳定时间

表 4-8: 状态稳定时间

符号	参数描述	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$t_{SDN-IDLE}$	Shutdown 到 IDLE	-	-	5	-	ms
$t_{STY-IDLE}$	StandBy 到 IDLE	-	-	1.5	-	ms
$t_{IDLE-RX}$	IDLE 到 RX	With VCO Cal	-	200	-	$\mu s$
$t_{IDLE-TX}$	IDLE 到 TX	With VCO Cal	-	200	-	$\mu s$
$t_{FS-RX}$	FS 到 RX	-	-	40	-	$\mu s$
$t_{FS-TX}$	FS 到 TX	-	-	40	-	$\mu s$
$t_{RX-TX}$	RX 到 TX	With VCO Cal	-	200	-	$\mu s$
$t_{TX-RX}$	TX 到 RX	With VCO Cal	-	$t_{RAMP}+200$	-	$\mu s$

注:  $t_{SDN-IDLE}$ ,  $t_{STY-IDLE}$  时间和晶体本身的特性以及工作温度有很大关系, 应用中需要根据实际工作条件留够充足的余量。

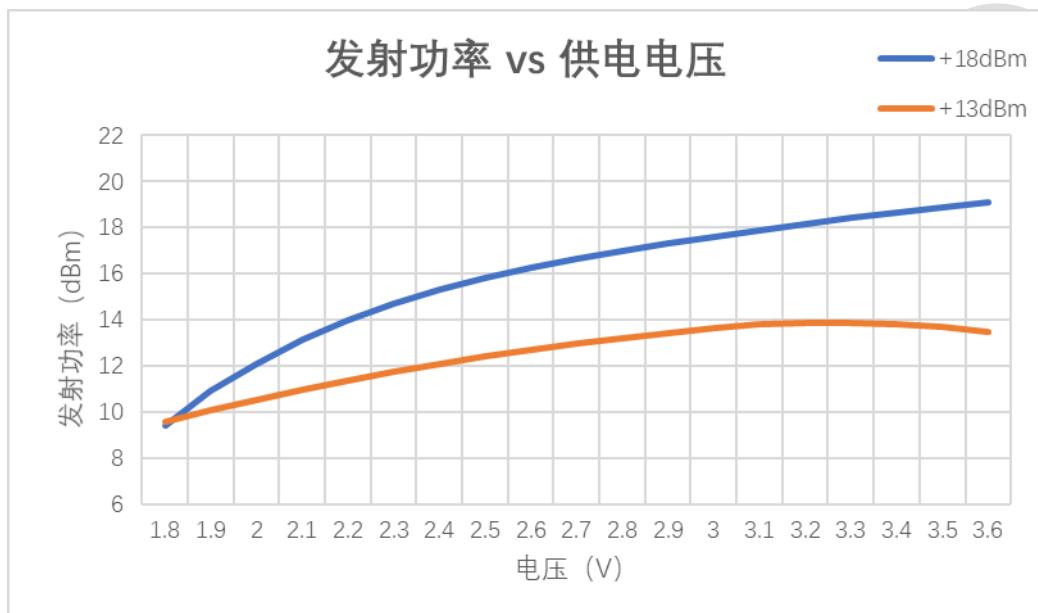
## 4.9 数字 IO 输入输出特性

表 4-9: 数字 IO 输入输出特性

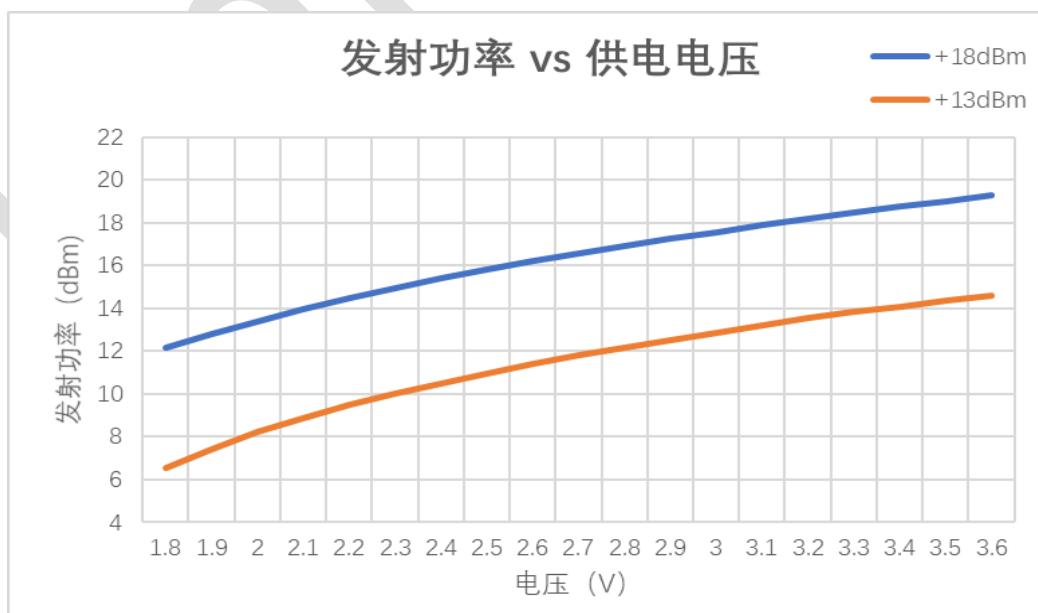
符号	描述	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$V_{IH}$	高电平输入	-	$0.8*V_{DD}$	-	$V_{DD}$	V
$V_{IL}$	低电平输入	-	0	-	$0.2*V_{DD}$	V
$I_{LEAK}$	输入漏电流	-	-	-	100	nA
$V_{OH}$	高电平输出	1mA 负载电流	$V_{DD}-0.4$	-	-	V
$V_{OL}$	低电平输出	1mA 负载电流	-	-	$V_{SS}+0.4$	V
$F_{SCL}$	CLK 频率	-	-	-	16	MHz
$t_{CH}$	CLK 为高时间	-	32	-	-	ns
$t_{CL}$	CLK 为低时间	-	32	-	-	ns
$t_{CR}$	CLK 上升沿时间	-	-	-	64	ns
$t_{CF}$	CLK 下降沿时间	-	-	-	64	ns

# 5 典型参数图表

## 5.1 发射功率与供电电压曲线图

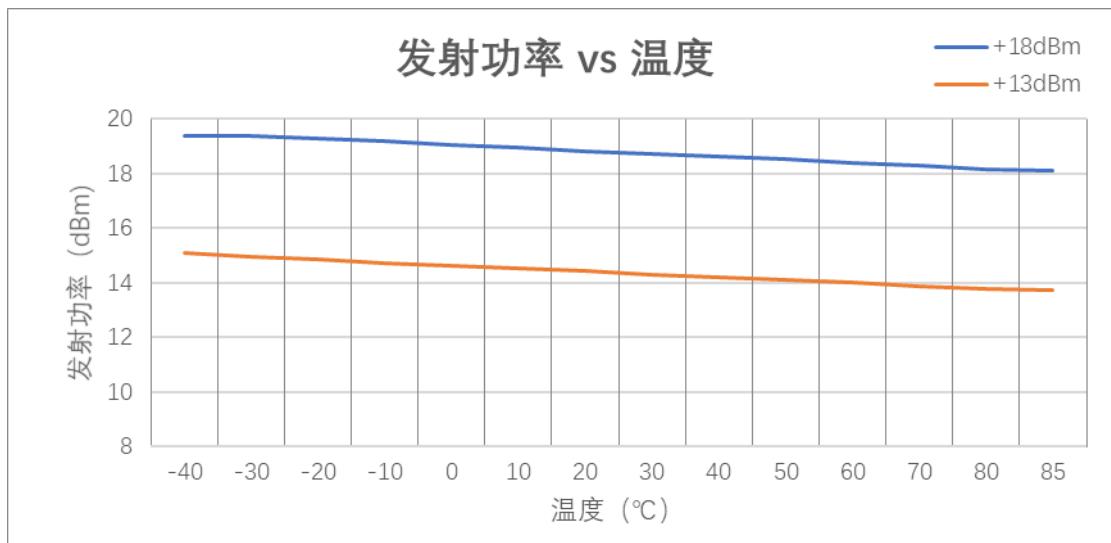


测试条件:  $F_{RF} = 433\text{MHz}$ , GFSK,  $P_{out} = +13\text{dBm}/+18\text{dBm}$

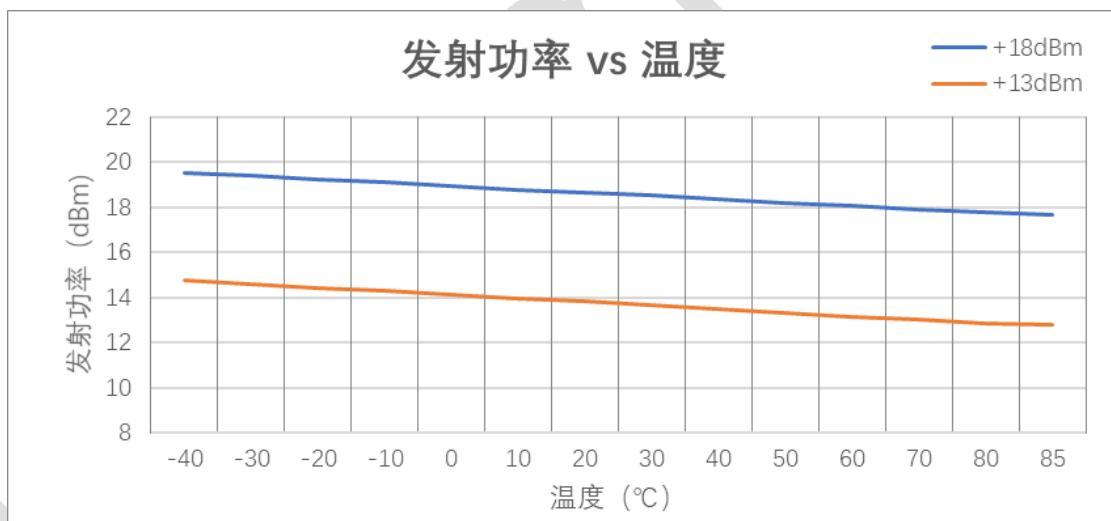


测试条件:  $F_{RF} = 868\text{MHz}$ , GFSK,  $P_{out} = +13\text{dBm}/+18\text{dBm}$

## 5.2 发射功率与温度曲线图

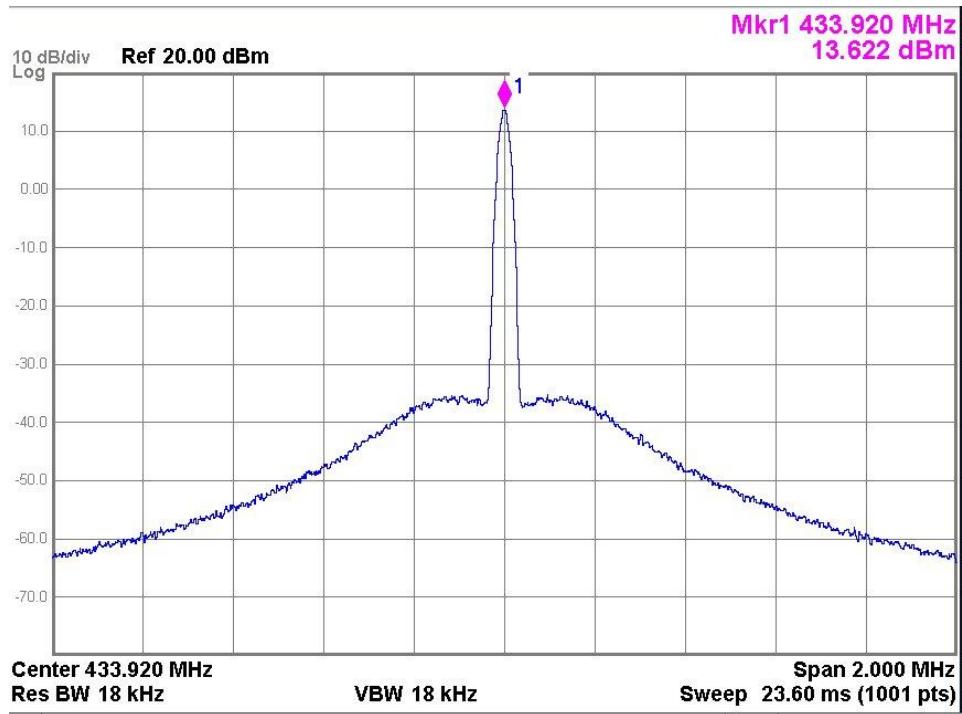


测试条件:  $VDD=3.3V$ ,  $F_{RF}=433MHz$ , GFSK,  $P_{out} = +13dBm/+18dBm$

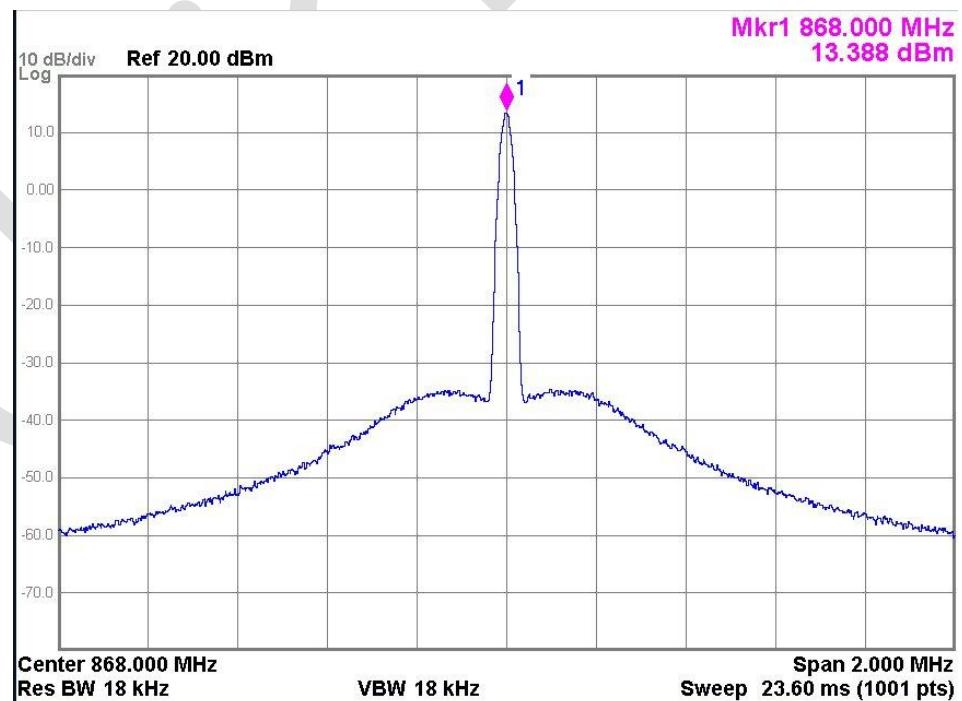


测试条件:  $VDD=3.3V$ ,  $F_{RF}=868MHz$ , GFSK,  $P_{out} = +13dBm/+18dBm$

## 5.3 发射相位噪声

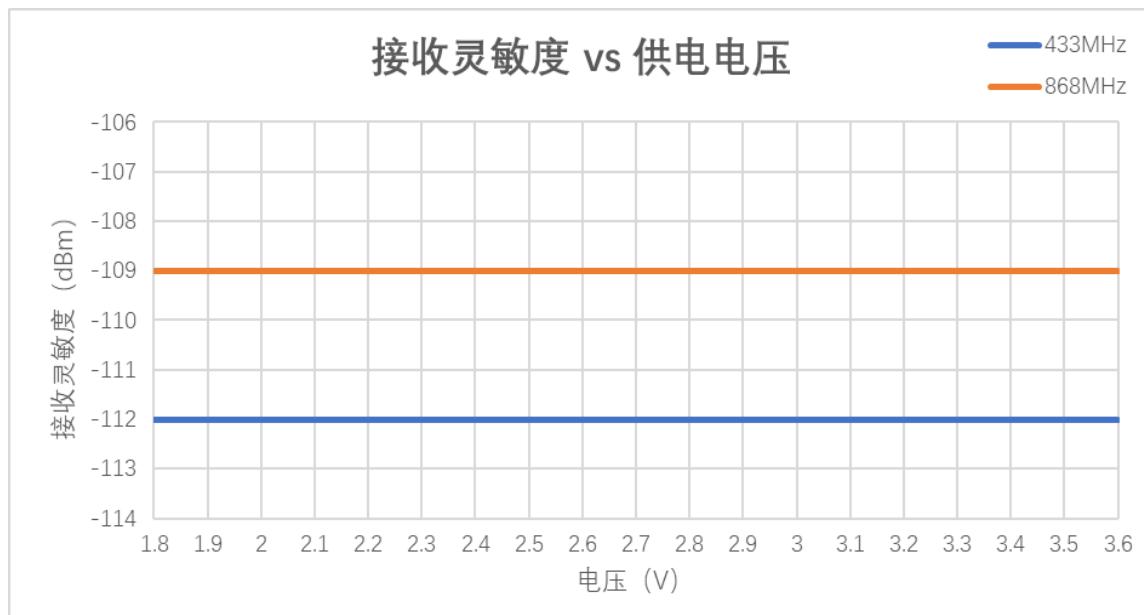


测试条件:  $F_{RF} = 433\text{MHz}$ , GFSK,  $P_{out} = +13\text{dBm}$



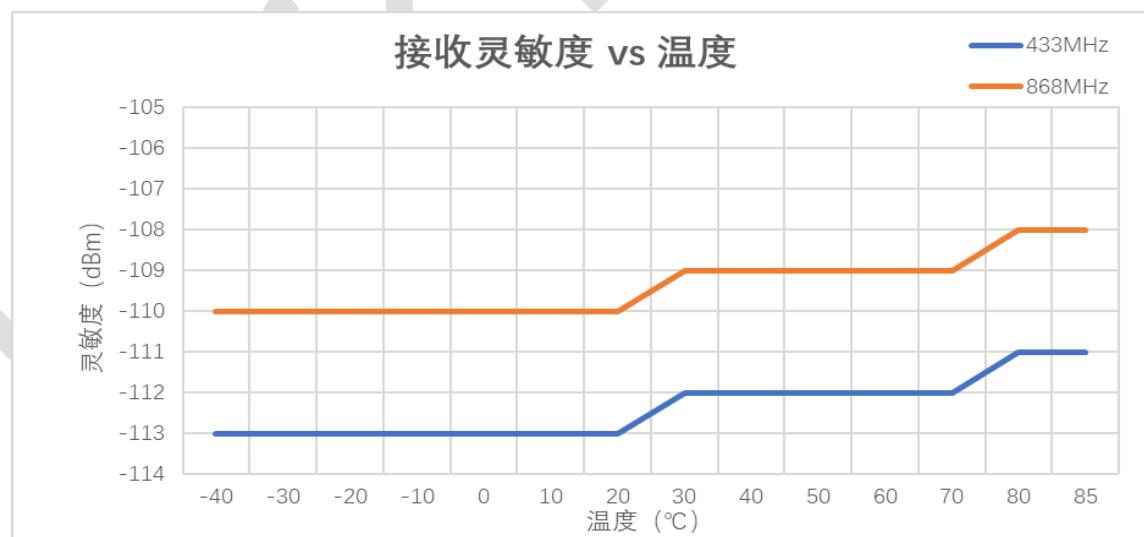
测试条件:  $F_{RF} = 868\text{MHz}$ , GFSK,  $P_{out} = +13\text{dBm}$

## 5.4 接收灵敏度与供电电压曲线图



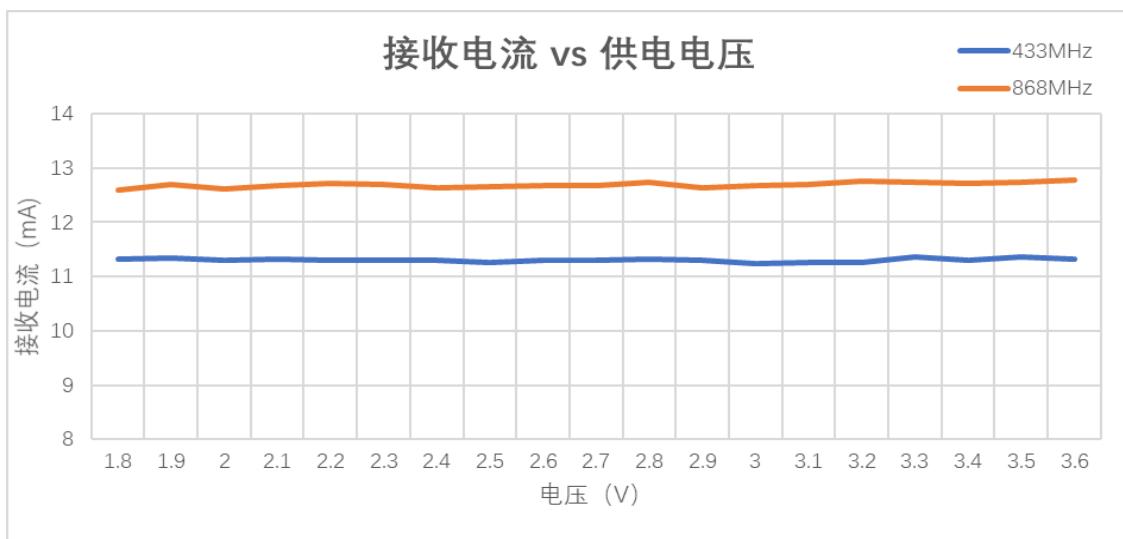
测试条件: GFSK, DR = 10kbps,  $F_{dev}$  = 10kHz,  $F_{RF}$  = 433MHz/868MHz

## 5.5 接收灵敏度与温度曲线图



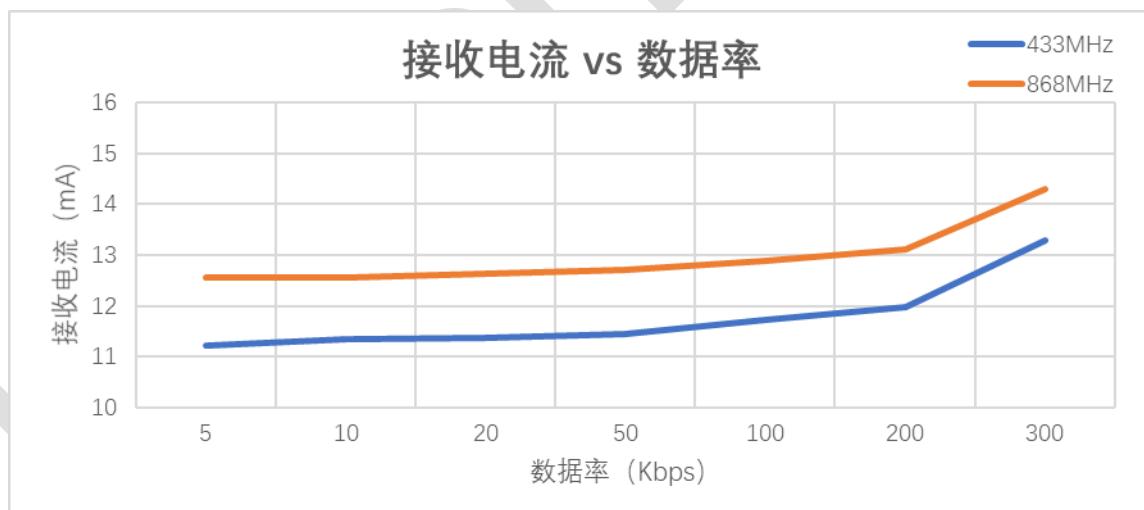
测试条件: VDD = 3.3V, GFSK, DR = 10kbps,  $F_{dev}$  = 10kHz,  $F_{RF}$  = 433MHz/868MHz

## 5.6 接收电流与供电电压曲线图



测试条件: GFSK, DR = 10kbps,  $F_{dev}$  = 10kHz,  $F_{RF}$  = 433MHz/868MHz

## 5.7 接收电流与数据率曲线图



测试条件: VDD = 3.3V, GFSK,  $F_{RF}$  = 433MHz/868MHz

# 6 功能描述

UM2010 芯片是一款高集成度的 sub-GHz 无线收发机。支持 OOK, 2-(G)FSK 调制解调方式, 支持 Direct 和 Packet 数据处理模式, 支持标准四线 SPI 和三线 SPI 接口。

## 6.1 接收机

芯片内部集成了低功耗、高性能的低中频架构接收机。天线接收到的射频信号经过低噪声放大器放大之后, 由正交混频器下变频至中频。I/Q 两路中频信号进一步通过低通滤波器 (LPF)、可编程放大器 (PGA) 放大到合适的幅度, 然后由 ADC 转换到数字域。

接收到的信号在数字域完成镜像抑制、中频滤波、基带滤波和 OOK/(G)FSK 解调。解调后的数据在直通模式下可以通过 GPIO 管脚直接输出, 也可以在包模式下通过 SPI 从内部 FIFO 中读取。

## 6.2 发射机

芯片发射机采用基于频率综合器的单点调制结构。内部的高效率功率放大器可以输出最大 +18dBm 的功率, 输出功率可以在-20dBm 至+18dBm 范围内调节, 调节精度为 1dB。在(G)FSK 模式下, 发射数据经过高斯滤波之后再送入频率综合器进行调制, 使得发射频谱更为集中。为了降低 PA 开关过程中引起的频谱杂散和毛刺, 并削弱对 VCO 的牵引, PA 的输出功率引入了缓慢升降机制 (PA Ramp)。

## 6.3 系统复位

芯片内部集成了上电复位 (POR)、外部复位和软件复位。上电默认状态下, GPIO2 可作为外部复位信号 (nRST) 输入, 只要 nRST 拉低就可以完成对芯片的复位。此外, 还可以通过 SPI 写命令

的方式对芯片进行复位操作。芯片一旦复位，内部所有配置都恢复到上电默认状态，MCU 需要对芯片重新进行初始化操作。

## 6.4 频率综合器

芯片内部集成了高精度的 Sigma Delta 小数分频频率综合器，在 200MHz~960MHz 范围内产生精准的载波频率。载波频率可以通过寄存器直接设置和查表的方式设置。

## 6.5 RSSI

芯片内部集成的输入信号强度指示 (RSSI) 功能可以对天线端接收到的信号强度进行评估。RSSI 检测必须在 RX 状态下进行，检测到的是信道内的信号强度。RSSI 值可以通过寄存器 Reg64 直接读取，计算公式：RSSI = -(Reg64/2)。

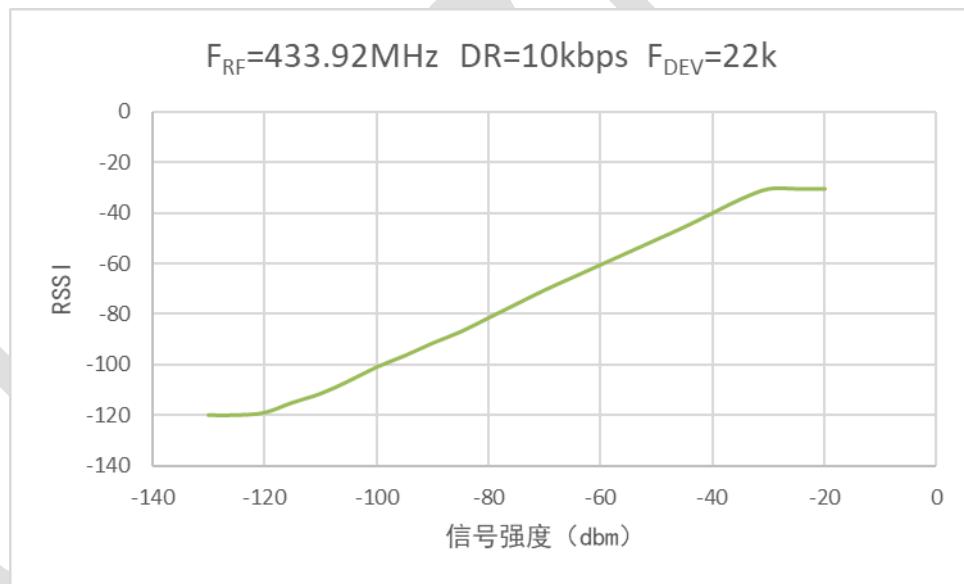


图 6-1: RSSI 线性图

# 7 芯片运行

## 7.1 SPI 接口

芯片内置 SPI 从机模块，通过标准 4 线 SPI 接口与主机 MCU 进行通讯，SPI\_CS、SPI\_CLK、SPI\_MOSI 和 SPI\_MISO。SPI 接口可在最大 16MHz 下工作运行。SPI 接口模式的时钟极性为正，在时钟下降沿采样数据（CPOL=0，CPHA=1），在时钟上升沿输出数据，地址和数据部分都是从 MSB 开始传送。芯片内部访问都是以 SPI 读写寄存器的方式，第一个字节为地址，后面跟一个字节的数据。如果在访问 FIFO 对应的地址时，可以在一个 SPI\_CS 为低的周期内按字节方式连续的访问，SPI 接口控制器会自动增加访问地址，在访问 FIFO 数据时，地址和数据之间至少要等 3 个芯片的系统时钟，以便芯片确定 FIFO 指针地址。

在没有晶振时钟时，SPI 接口不能写数据，但仍然可以读寄存器数据。当访问寄存器的时候，SPI\_CS 要拉低。然后首先发送一个 R/W 位，之后是 7 位的寄存器地址。RW=0 表示写，RW=1 表示读。

SPI 默认是 4 线的，在上电后可配置成 3 线。在 SPI3 线模式下，SPI\_MOSI 同时用于数据输入和输出，在读寄存器数据时，接口会在地址和数据之间对 SPI\_MOSI 的方向进行切换。

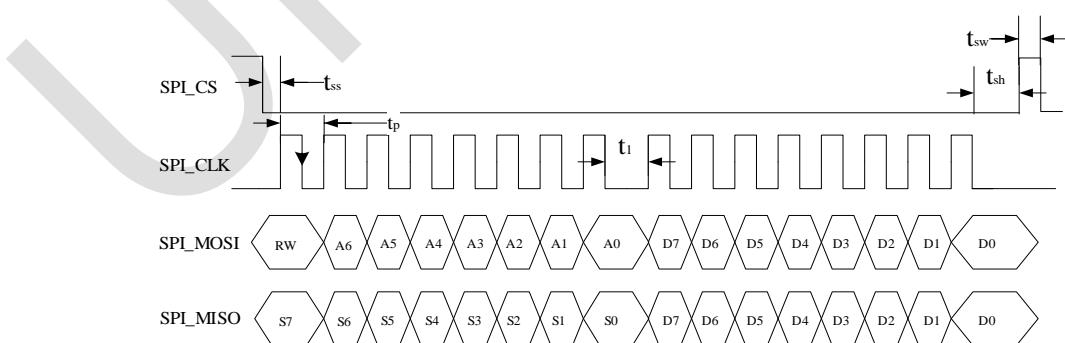


图 7-1: SPI 读写寄存器时序图

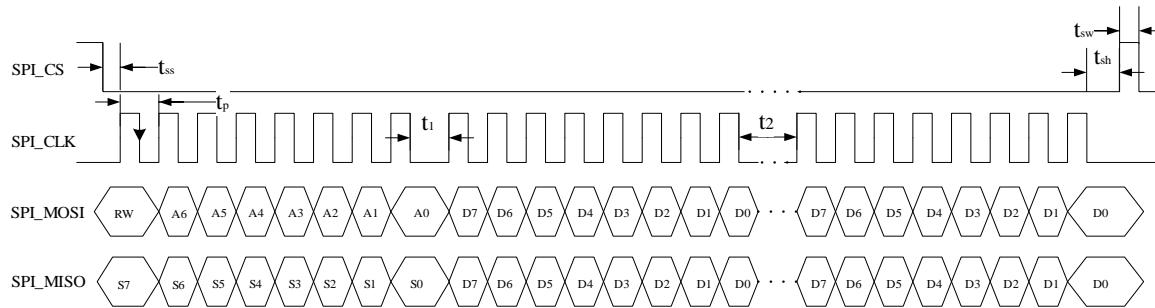


图 7-2: SPI 读写 FIFO 时序图

表 7-1: SPI 时序参数

符号	最小值	描述
$t_{sw}$	100ns	两次 SPI 访问的间隔时间
$t_{ss}, t_{sh}$	32ns	SPI_CS 和 SPI_CLK 的间隔时间
$t_1$	32ns	地址和数据间隔时间
$t_2$	32ns	两个寄存器数据的时间间隔
$t_p$	64ns	SPI_CLK 时钟周期

## 7.2 FIFO

芯片内置 256 字节 FIFO，分为两组 128 字节的 FIFO 作为发射和接收独立使用。当 FIFO 独立使用时，发射 FIFO 的数据不会被更新掉，下次如要发同样的数据就不需要再重新写入数据到 FIFO 了。当通过寄存器 Reg0E[3]设置成 256 字节共用模式时，发射和接收都有 256 字节的 FIFO 可用。

在重新写一帧数据到发射 FIFO 时，应对发射 FIFO 写指针进行清零。在重新读一帧接收 FIFO 数据时，应对接收 FIFO 读指针进行清零。接收写指针和发射读指针芯片内部会自动清零。

## 7.3 GPIO 和中断

芯片有 4 个 GPIO，GPIO 都可以配置成不同的输入输出。芯片能产生两种类型的中断信号，分别为 pkt\_flag 和 fifo\_flag。该中断信号标志位都从相应的 GPIO 读取也可以从寄存器读取。其中 pkt\_flag 又可配置为 4 种不同功能的中断：前导匹配、同步字匹配、接收或发送包完成。fifo\_flag 表示 FIFO full 或 empty，在发送模块时表示 FIFO empty，在接收模块时表示 FIFO full。

## 7.4 启动时序与状态机

芯片上电稳定或退出关断模式 (SDN 拉低) 后, 至少需要 0.5ms 的时间, POR 才会释放。POR 释放后, 芯片默认进入 IDLE 状态, 并启动相关电源和晶体, 启动稳定时间大约为 4ms (和晶体的特性相关), 需等待晶振稳定后才可以响应 SPI 指令。芯片一共有 6 种工作状态: Shutdown、Standby、IDLE、FSon、TX、RX。

### 7.4.1 状态机控制图

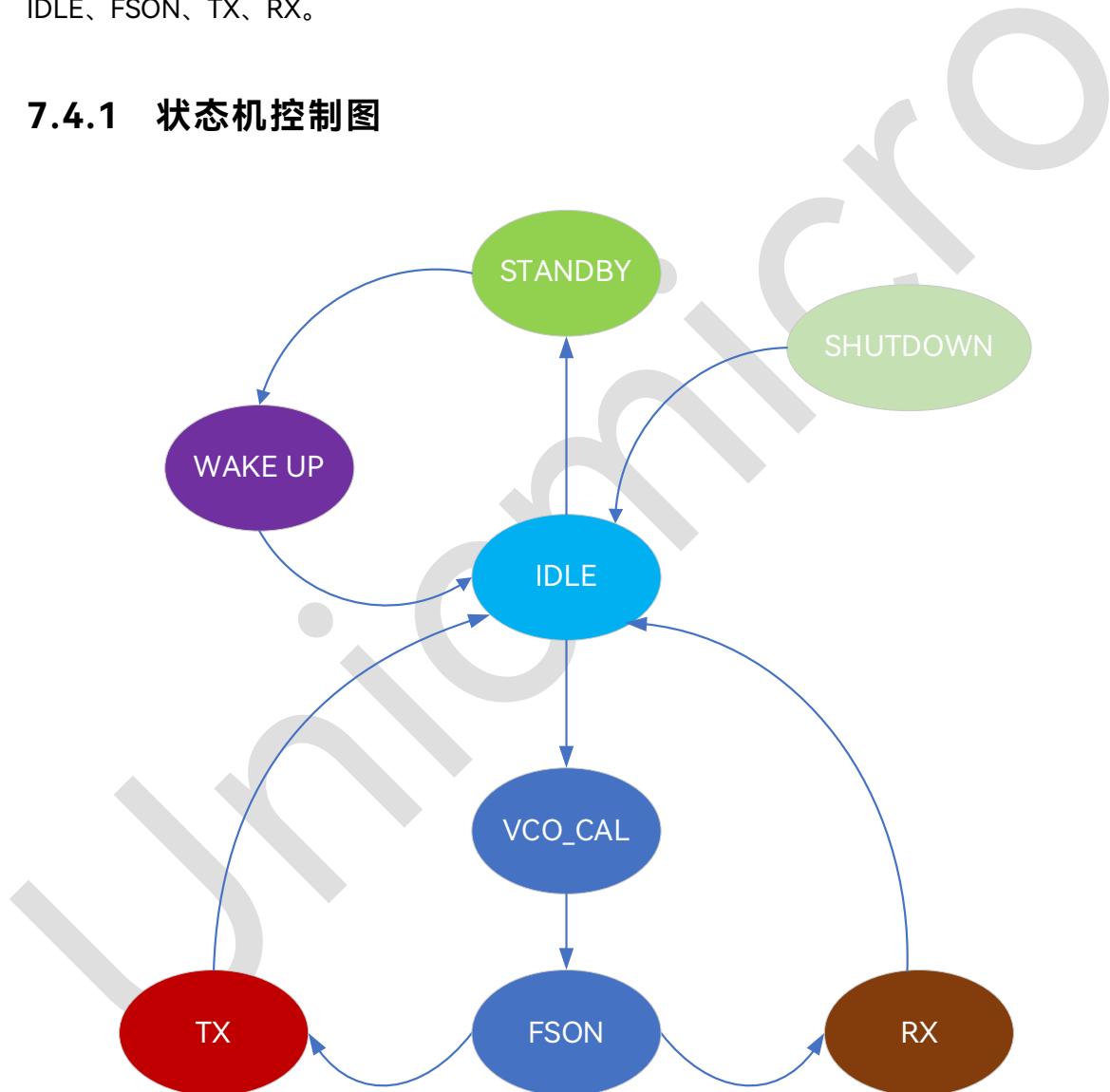


图 7-3: 状态机控制图

## 7.4.2 工作模式

表 7-2: 工作模式

状态/模式	描述	命令
SHUTDOWN	芯片处于关断状态	SDN 拉高
IDLE	空闲状态, 复位后进入此状态	上电复位或发送 IDLE 命令
STANDBY	数字模块工作, 其他模块关闭, 寄存器保持	SPI 写 STANDBY 命令
FSON	频综打开状态, 可快速进入接收或发送状态	SPI 写 FSON 命令
RX	接收数据状态	SPI 写 RX 命令
TX	发送数据状态	SPI 写 TX 命令

## 7.4.3 状态机说明

### 1. 关断状态 (SHUTDOWN)

当 SDN 管脚拉高之后, 芯片进入关闭状态, 芯片内部所有的电路模块都关闭, 消耗电流接近 10nA。

### 2. IDLE 状态

上电复位或发送 IDLE 命令后, 芯片进入 IDLE 状态。在此状态下, 晶体振荡器开启, 等待 SPI 接口命令再执行其它的动作。

### 3. STANDBY 状态

SPI 写命令进入 STANDBY 状态后, 芯片的数字供电开启, 所有的数字电路正常供电, 其它模块都关闭, 寄存器值可以保持。将 SPI\_CS 拉低 (2ms) 后, 芯片从 STANDBY 状态退出, 进入 IDLE 状态。

### 4. 频综打开状态 (FSON)

频综打开并保持在这个状态, 在此状态下, 芯片收到 TX/RX 命令后会直接进入 TX/RX 状态。

### 5. 发送状态 (TX)

收到发射数据包命令后, 芯片先打开 PLL 及 VCO, 进行校准, 等待至 PLL 达到要求的发射频段, 如果自动信道检测功能打开, 则在进入发射数据前先进行信道检测, 如果空闲则进行发送数据包, 如果信道忙, 则下个动作可通过寄存器设置, 是直接退出发送, 还是继续检测 RSSI,

直到把数据包发出。当数据包发出后，如果自动应答功能开启则切换到 RX\_ACK 状态，以确定包有没有被接收方正确的接收，如果超出寄存器设定的时间没有收到应答包，则进行重发，重发最大次数可寄存器设置。

## 6. 接收状态 (RX)

收到 RX 命令后，芯片先打开 PLL，然后进行 VCO 校准并依次启动接收电路 (LNA、Mixer、PGA 和 ADC) 和数字解调器。当芯片收到数据包后，会给出 nIRQ 中断指示信号然后退回到 IDLE 状态或者 STANDBY 状态 (定时唤醒模式下)。当 AUTO\_ACK 功能开启时，芯片收到数据包后会自动发射 ACK 信号然后再退回到 IDLE 状态。

# 8 数据处理机制

芯片提供灵活可配置的数据控制模式，主要分为如下两大类。

- Direct 直通模式，在 TX 模式下，发射的串行数据直接从 GPIO 输入到发射模块将数据发出，在 RX 模式下，接收的串行数据可直接从 GPIO 口输出。
- Packet 数据包模式，在数据包模式下所有数据都要经过 FIFO，且支持各种数据包模式的控制，数据包模式又可以分成四种控制方式。

## 8.1 直通模式 (Direct)

数据直通 (direct) 指的外部 MCU 通过 GPIO 输入发射数据或获取接收数据，在 TX 或 RX 启动前使能 Direct Mode，且将包模式配置为 Mode0，让芯片工作在循环状态，此时 TX/RX 的启动或停止完全由 MCU 的命令控制。

## 8.2 数据包 (Packet)

数据包 (Packet) 中的 Payload 数据都是从 FIFO 读写，芯片内部实现了两个 128 字节的 FIFO，可分别作为发射和接收单独使用，也可连接成为 256 字节的的 FIFO 作为发射和接收共用。在数据包模式下有四种控制方式可选。在四种模式下，Preamble 和 Syncword 的配置都起作用，Preamble 最大可配置 256 个字节的长度，Syncword 可配置 0~8 个字节的长度。

数据包模式还可以对数据进行 Manchester、FEC、Whiten 编解码以及 CRC 校验。CRC 可配置 8、16、24、32 位四种长度校验，且 CRC 多项式任意可配置。Syncword 和 Payload 可配置高位优先或低位优先。CRC 和 Syncword 数据的 Manchester 编码可单独开关。

### 8.2.1 MODE 0

MODE 0 为 FIFO 循环模式。在此模式下启动 TX/RX，如果没有收到 MCU 的停止命令，TX 端会一直发射 TX FIFO 中的数据，RX 端会将接收到的数据不停地写入到 RX FIFO 中，并且 RX 端会检测 Preamble 和 Syncword。帧格式有 Preamble、Syncword 和 Data 三个数据域，Data 数据来自 TX FIFO，且长度不受芯片本身控制。



图 8-1: Mode 0 帧格式

### 8.2.2 MODE 1

MODE 1 帧格式包含 Preamble、Syncword、Data 和 CRC 域。发射 Data 数据来自 TX FIFO，数据长度由 Payload\_len[15:0]寄存器控制。RX 端接收 Data 的长度同样由 Payload\_len[15:0]寄存器控制。

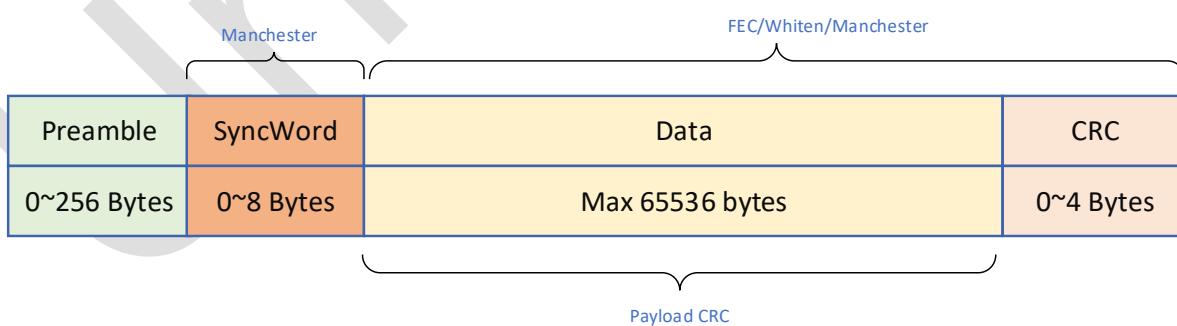


图 8-2: Mode 1 帧格式

### 8.2.3 MODE 2

MODE 2 帧格式包含 Preamble、Syncword、Length、Data 和 CRC 域。TX 时, Length 和 Data 都来自于 TX FIFO, Length 为 TX FIFO 的前 1 个字或前 2 个字节, Length 为两个字节时高低字节发射顺序可互换。在 RX 端根据接收到的 Length 域数据去控制 Data 域的长度。

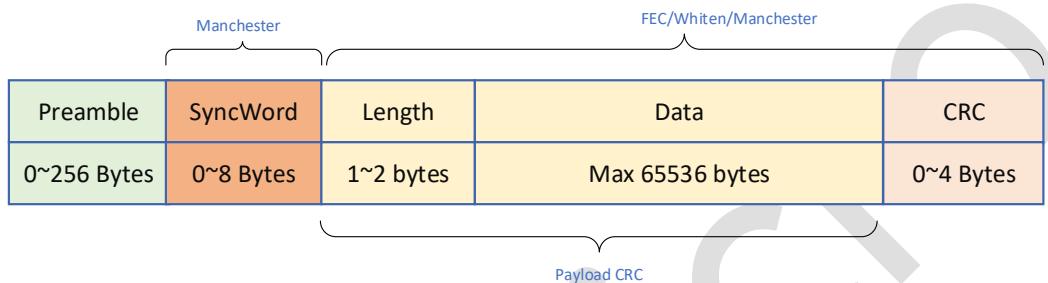


图 8-3: Mode 2 帧格式

### 8.2.4 MODE 3

MODE 3 帧格式包含 Preamble、Syncword、Length、Address、SeqNum、FCS2、Data 和 CRC 域。Length、Address、SeqNum、FCS2 作为 payload 域并且可以单独使能。Address 域可选择放置在 Length 之前。Length 数据来自 Payload\_len[15:0]寄存器, 且 Payload 长度范围包括 Length 到 CRC 之前的所有数据域。SeqNum 为数据包计数器, 可由寄存器设置也可设置为自动增加。如果 FCS2[7]位使能 ACK 请求响应, 当接收端接收到 ACK 请求时, 会自动发出 ACK 数据包响应发射端。如果 Length 域没有使能, 则接收端根据寄存器 Payload\_len 来接收 Payload 数据。

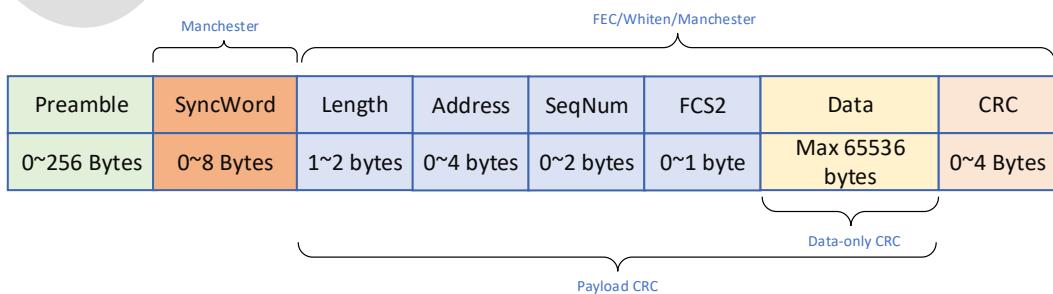


图 8-4: Mode 3 帧格式

# 9 典型应用

## 9.1 参考原理图

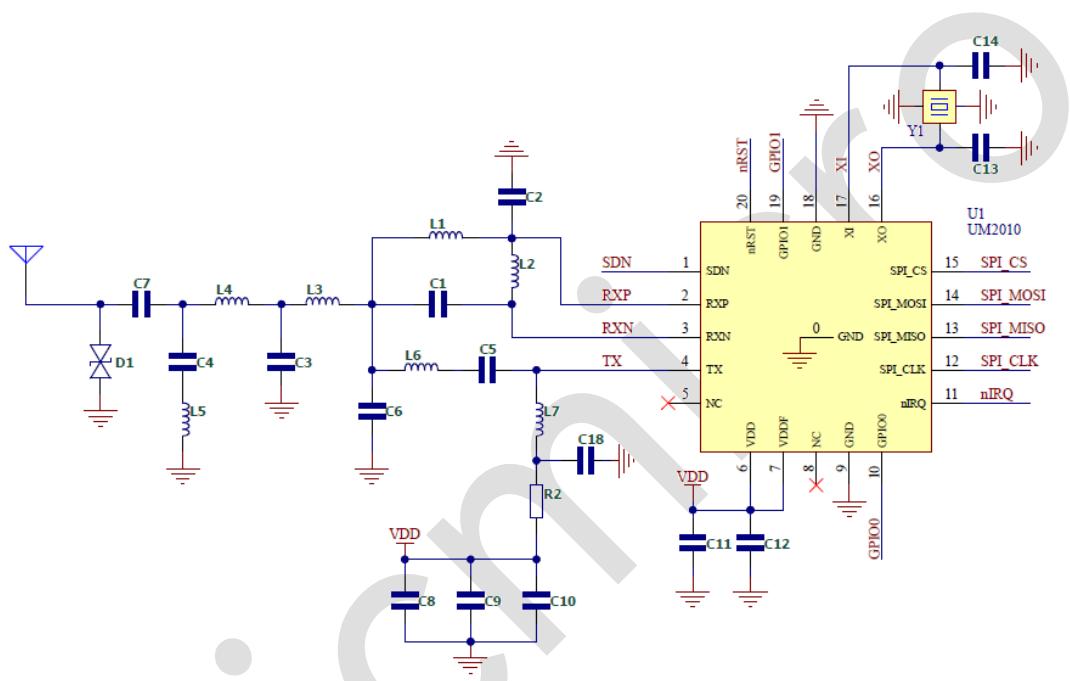


图 9-1: 应用参考原理图

### 应用说明:

1. SDN 为芯片关断引脚, 高电平为关断。如果该引脚受 MCU 控制, 必须给固定电平。如果应用中不需要关断功能, 可以将 SDN 引脚接地。
2. nRST 为芯片的 GPIO2 引脚, 默认配置为复位功能, 使能上拉功能, 高电平时芯片正常工作。如果应用不需要复位功能, 可悬空。
3. 芯片关断时, SDN、GPIO0、GPIO1、nRST(GPIO2)、SPI\_CS、SPI\_CLK、SPI\_MISO、SPI\_MOSI 处于高阻状态。
4. 芯片睡眠时, SDN、SPI\_CS、SPI\_CLK、SPI\_MOSI 为输入。SPI\_MISO 为输出, 输出低电平。GPIO0、GPIO1、GPIO2 方向保持, 如果为输出, 则输出低电平。
5. D1 为 ESD 保护管, 可根据应用要求来定是否需要

## 9.2 +13dBm 匹配参数

表 9-1: +13dBm 天线匹配参考参数表

位号	描述	元件值				单位
		315	433	868	915	
C1	$\pm 5\%$ , 0402, NPO, 50V, YAGEO	5.6	3	2	2	pF
C2	$\pm 5\%$ , 0402, NPO, 50V, YAGEO	4.7	8.2	2	2	pF
C3	$\pm 10\%$ , 0402, NPO, 50V, YAGEO	8.2	8.2	5	5	pF
C4	$\pm 5\%$ , 0402, NPO, 50V, YAGEO	5	2.7	2.7	2.7	pF
C5	$\pm 10\%$ , 0402, NPO, 50V, YAGEO	8.2	5.6	4.7	4.7	pF
C6	$\pm 5\%$ , 0402, NPO, 50V, YAGEO	3.3	3	3	3	pF
C7	$\pm 5\%$ , 0402, NPO, 50V, YAGEO	0R	20	5.6nH	5.6nH	pF
C8	$\pm 10\%$ , 0402, X7R, 50V, YAGEO	470	470	470	470	pF
C9	$\pm 10\%$ , 0402, X7R, 50V, YAGEO	100	100	100	100	nF
C10	$\pm 10\%$ , 0402, X5R, 10V, muRata	2.2	2.2	2.2	2.2	$\mu$ F
C11	$\pm 10\%$ , 0402, X7R, 50V, YAGEO	100	100	100	100	nF
C12	$\pm 20\%$ , 0603, X5R, 10V, SUMSUNG	10	10	10	10	$\mu$ F
C13	$\pm 1\%$ , 0402, NPO, 50 V, YAGEO	27	20	27	27	pF
C14	$\pm 1\%$ , 0402, NPO, 50 V, YAGEO	27	20	27	27	pF
C18	$\pm 10\%$ , 0402, X7R, 50V, YAGEO	100	100	100	100	nF
L1	$\pm 5\%$ , 0402, 贴片高频电感, Sunlord	68	33	12	12	nH
L2	$\pm 5\%$ , 0402, 贴片高频电感, Sunlord	82	33	12	12	nH
L3	$\pm 5\%$ , 0603, 贴片高频电感, Sunlord	68	39	8.2	8.2	nH
L4	$\pm 5\%$ , 0603, 贴片高频电感, Sunlord	47	33	10	10	nH
L5	$\pm 5\%$ , 0402, 贴片高频电感, Sunlord	12	10	2.7	2.7	nH
L6	$\pm 5\%$ , 0603, 贴片高频电感, Sunlord	56	33	12	12	nH
L7	$\pm 5\%$ , 0402, 贴片高频电感, Sunlord	220	180	100	100	nH
Y1	3225 无源晶振, $\pm 10\text{ppm}$ , 20pF 负载	26	26	26	26	MHz

## 9.3 +18dBm 匹配参数

表 9-2: +18dBm 天线匹配参考参数表

位号	描述	元件值				单位
		315	433	868	915	
C1	$\pm 5\%$ , 0402, NPO, 50V, YAGEO	5.6	3	2	2	pF
C2	$\pm 5\%$ , 0402, NPO, 50V, YAGEO	4.7	8.2	2	2	pF
C3	$\pm 10\%$ , 0402, NPO, 50V, YAGEO	8.2	8.2	5	5	pF
C4	$\pm 5\%$ , 0402, NPO, 50V, YAGEO	5	2.7	2.7	2.7	pF
C5	$\pm 10\%$ , 0402, NPO, 50V, YAGEO	8.2	5.6	3.9	3.9	pF
C6	$\pm 5\%$ , 0402, NPO, 50V, YAGEO	3.3	3	5	5	pF
C7	$\pm 5\%$ , 0402, NPO, 50V, YAGEO	27nH	20	5.6nH	5.6nH	pF
C8	$\pm 10\%$ , 0402, X7R, 50V, YAGEO	470	470	470	470	pF
C9	$\pm 10\%$ , 0402, X7R, 50V, YAGEO	100	100	100	100	nF
C10	$\pm 10\%$ , 0402, X5R, 10V, muRata	2.2	2.2	2.2	2.2	$\mu F$
C11	$\pm 10\%$ , 0402, X7R, 50V, YAGEO	100	100	100	100	nF
C12	$\pm 20\%$ , 0603, X5R, 10V, SUMSUNG	10	10	10	10	$\mu F$
C13	$\pm 1\%$ , 0402, NPO, 50 V, YAGEO	27	20	27	27	pF
C14	$\pm 1\%$ , 0402, NPO, 50 V, YAGEO	27	20	27	27	pF
C18	$\pm 10\%$ , 0402, X7R, 50V, YAGEO	100	100	100	100	nF
L1	$\pm 5\%$ , 0402, 贴片高频电感, Sunlord	68	33	12	12	nH
L2	$\pm 5\%$ , 0402, 贴片高频电感, Sunlord	82	33	12	12	nH
L3	$\pm 5\%$ , 0603, 贴片高频电感, Sunlord	22	22	8.2	8.2	nH
L4	$\pm 5\%$ , 0603, 贴片高频电感, Sunlord	47	33	10	10	nH
L5	$\pm 5\%$ , 0402, 贴片高频电感, Sunlord	12	10	2.7	2.7	nH
L6	$\pm 5\%$ , 0603, 贴片高频电感, Sunlord	33	22	8.2	8.2	nH
L7	$\pm 5\%$ , 0402, 贴片高频电感, Sunlord	220	180	100	100	nH
Y1	3225 无源晶振, $\pm 10\text{ppm}$ , 20pF 负载	26	30	26	26	MHz

# 10 封装尺寸

## 10.1 QFN20 (4\*4mm)

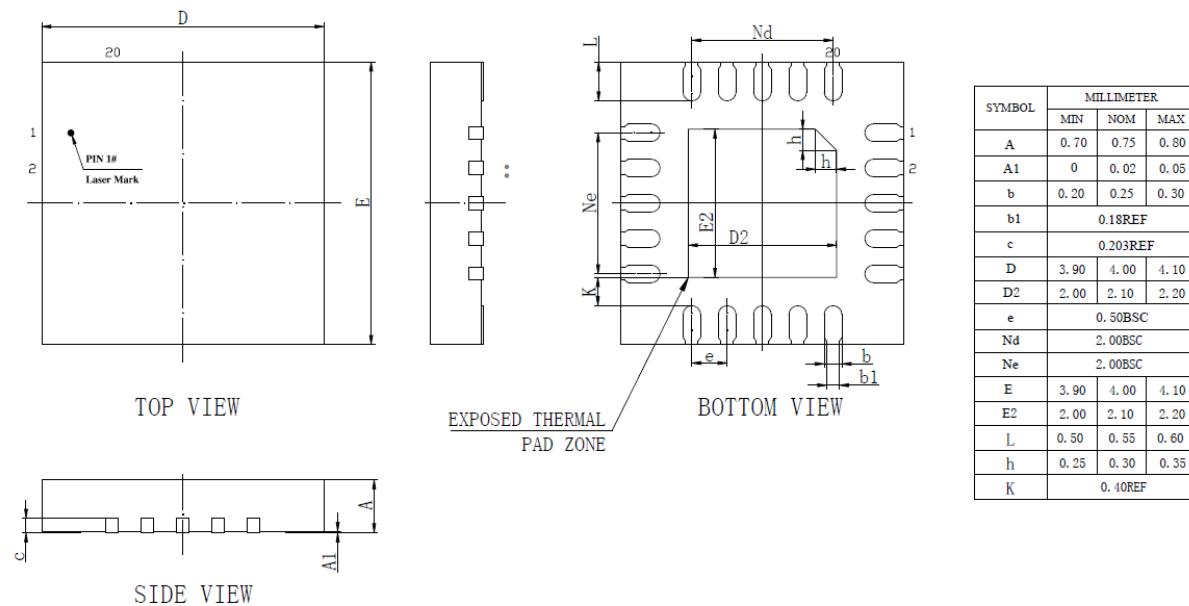


图 10-1: QFN20 封装图

## 11 采购信息

芯片型号	封装	包装	数量
UM2010	QFN16	卷带	3000

unicmicro

## 12 版本维护

版本	日期	描述
V1.0	2021.9.28	初始版
V1.1	2022.01.11	更新管脚分布及引脚描述。
V1.2	2022.04.08	<ol style="list-style-type: none"><li>更新电气参数。</li><li>更新 QFN20 封装尺寸图。</li><li>新增 SPI 接口, FIFO 缓冲区、包模式及应用参考等章节。</li></ol>
V1.3	2022.05.16	<ol style="list-style-type: none"><li>首页新增BUCK DCDC发射电流参数。</li><li>更新电气参数章节。</li></ol>
V1.4	2023.06.20	<ol style="list-style-type: none"><li>更新电气参数值, 且表格重新排版;</li><li>BUCK模式应用电路中, 电感2.2<math>\mu</math> H值改为4.7<math>\mu</math> H;</li><li>文档名称“Datasheet”改为“数据手册”。</li></ol>
V1.5	2025.12.24	<ol style="list-style-type: none"><li>新增典型曲线图。</li><li>删除BUCK DCDC模式。</li><li>优化功能描述、芯片运行描述和匹配参数。</li></ol>

## 13 联系我们



公司：广芯微电子（广州）股份有限公司

地址：广州市黄埔区科学大道 18 号芯大厦 B2 栋 12 楼

邮编：510700

电话：+86-020-31600229

地址：上海市浦东新区祖冲之路 1077 号 2 幢 5 楼 1509 室

邮编：201210

电话：+86-021-50307225

Email: [sales@unicmicro.com](mailto:sales@unicmicro.com)

Website: [www.unicmicro.com](http://www.unicmicro.com)

本文档的所有部分，其著作产权归广芯微电子（广州）股份有限公司（以下简称广芯微电子）所有，未经广芯微电子授权许可，任何个人及组织不得复制、转载、仿制本文档的全部或部分组件。本文档没有任何形式的担保、立场表达或其他暗示，若有任何因本文档或其中提及的产品所有资讯所引起的直接或间接损失，广芯微电子及所属员工恕不为其担保任何责任。除此以外，本文档所提到的产品规格及资讯仅供参考，内容亦会随时更新，恕不另行通知。