



SENASIC  
臻捷

版权所有 © 2023 南京英锐创电子科技有限公司

**SNP739**

高集成度胎压监测传感器

# SNP739 Datasheet

Release version: Version 1.6

Release date: 2023-06-02

版权所有 © 2023 南京英锐创电子科技有限公司，保留一切权利。

非经本公司书面许可，任何单位和个人不得擅自摘抄、复制本文档内容的部分或全部，并不得以任何形式传播。

#### 咨询信息

有关技术、交货条件和价格的进一步信息，请拨打全国咨询热线：[021-5061-0206](tel:021-5061-0206)，或邮件获取相关支持，技术支持邮箱：[info@senasic.com](mailto:info@senasic.com)。

#### 相关申明

◆  及英锐创的其他商标均为南京英锐创电子科技有限公司（原名宁波臻捷电子科技有限公司，简称 SENASIC）所有。

您购买的产品、服务或特性等应受 SENASIC 商业合同和条款的约束，本文档中描述的全部或部分产品、服务或特性可能不在您的购买或使用范围之内。除非合同另有约定，SENASIC 对本文档内容不做任何明示或默示的声明或保证。

由于产品版本升级或其他原因，本文档内容会不定期进行更新。除非另有约定，本文档仅作为使用指导，本文档中的所有陈述、信息和建议不构成任何明示或暗示的担保。

## 产品特性

- 经过校准的绝对压力测量传感器
  - 量程可选：900kPa/1900kPa
- 内置温度传感器和电源电压检测
- 内置校准的 X/Z 轴加速度计
- 12 位模数转换器 (ADC12)
- **RF 发射机**
  - 片上 PA
  - 支持 315/433MHz
  - 支持 ASK/FSK 调制
  - 支持曼彻斯特 /PWM/Bi-Phase/Markspace 编码
- **LF 接收器**
  - 支持 Flash 无线编程
  - 支持 3.9kbps/6.5kbps
  - 曼彻斯特编码
- 支持车轮自动定位 (WAM)
- 支持载波或报文唤醒
- 片上 RC 振荡器
  - 4kHz/39kHz/2MHz
- **MCU**
  - 基于 8051 内核
  - Flash 存储器：16KB
  - RAM: 256 字节 + 128 字节 (AON)
  - 6 个 GPIO 口，所有 IO 口支持低功耗唤醒
  - 支持通讯接口：SPI/UART/I2C
- 待机电流：0.25 $\mu$ A
- 封装：LGA 24pins. 6.0mm x 5.0mm x 1.9mm

## 应用范围

- 胎压监测传感器
- MEMS 传感器



## 目录

<b>1</b>	<b>产品介绍</b> .....	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>管脚描述</b> .....	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>电气特性</b> .....	<b>10</b>
3.1	绝对最大额定值.....	10
3.2	工作条件.....	10
3.3	电学参数.....	11
<b>4</b>	<b>工作模式和状态</b> .....	<b>16</b>
4.1	工作模式.....	16
4.2	设备状态.....	16
4.3	状态转换.....	17
<b>5</b>	<b>功能描述</b> .....	<b>18</b>
5.1	系统框图.....	18
5.2	唤醒控制.....	18
5.3	系统控制.....	22
5.4	时钟发生器.....	23
5.5	内核 Core.....	24
5.6	存储器.....	29
5.7	电源和复位.....	33
5.8	测量接口.....	33
5.9	WAM 接口.....	34
5.10	RF 发射机.....	34
5.11	RF 传输控制器.....	37
5.12	LF 接收器.....	37
5.13	I/O 口.....	40
<b>6</b>	<b>应用电路</b> .....	<b>41</b>
<b>7</b>	<b>封装信息</b> .....	<b>42</b>
7.1	封装尺寸.....	42
7.2	封装参考.....	43
7.3	Marking 信息.....	43
7.4	加速度传感器.....	43
<b>8</b>	<b>修订记录</b> .....	<b>44</b>

## 表格清单

表 1	订购信息.....	8
表 2	管脚定义.....	9
表 3	绝对最大额定值参数.....	10
表 4	工作条件.....	10
表 5	压力传感器(量程 900kPa).....	11
表 6	压力传感器(量程 1900kPa).....	11
表 7	x 轴加速度传感器.....	11
表 8	z 轴加速度传感器.....	12
表 9	温度传感器.....	12
表 10	电池压力测量.....	12
表 11	Thermal Shutdown.....	12
表 12	数字 I/O 管脚 – 工作条件.....	13
表 13	数字 I/O 管脚 – 电学特性.....	13
表 14	上电复位和电池监控.....	13
表 15	Flash 存储器.....	13
表 16	工作电流.....	13
表 17	LF 接收器特征.....	14
表 18	RF 发射机特性.....	15
表 19	RF 晶体振荡器.....	15
表 20	唤醒和上电时间.....	15
表 21	工作模式概述.....	16
表 22	Normal 模式下的工作状态.....	16
表 23	电源管理.....	16
表 24	唤醒 I/O 选择真值表.....	20
表 25	UART 模式选择.....	28
表 26	Lockbyte2 锁定范围.....	31
表 27	Lockbyte4 锁定范围.....	31
表 28	FLASH 操作权限.....	32
表 29	编码格式配置表.....	34
表 30	锁相环频率输出 FSK 调制 24MHz.....	35
表 31	RF TX 波特率配置.....	37
表 32	GPIO 功能定义.....	40
表 33	修订记录.....	44

## 插图清单

图 1	管脚配置 (Top View)	9
图 2	状态转换	17
图 3	系统框图	18
图 4	上电和欠压复位	21
图 5	时钟分配图	24
图 6	Memory map	30
图 7	RAM/SFR 映射	33
图 8	RF 发射机框图	34
图 9	RF 编码器	35
图 10	ASK 调制	36
图 11	FSK 调制	37
图 12	AFE	38
图 13	LF 数字基带框图	39
图 14	LF 报文	39
图 15	应用电路图	41
图 16	封装尺寸	42
图 17	封装参考	43
图 18	Marking 信息	43
图 19	加速度传感器方向	43

**缩略词清单(关键词: TPMS )**

Abbreviations	Full spelling	Chinese explanation
PA	Power Amplifier	功率放大器
AON	Always Online	始终在线
LGA	Land Grid Array	栅格阵列封装
WAM	Wheel Auto Mapping	车轮自动定位
MCU	Microcontroller Unit	微控制单元
FLASH	Flash Memory	闪存
ADC	Analog to Digital Converter	模数转换器
RAM	Random Access Memory	随机存取存储器
RF	Radio Frequency	射频
LF	Low Frequency	低频
UART	Universal Asynchronous Receiver/Transmitter	通用异步收发传输器
SPI	Serial Peripheral Interface	串行外围设备接口
I2C	Inter Integrated Circuit	两线式串行总线
TPMS	Tire Pressure Monitoring System	胎压监测系统
MEMS	Micro Electromechanical System	微机电系统
ASK	Amplitude Shift Keying	幅移键控
FSK	Frequency Shift Keying	频移键控
CRC	Cyclic Redundancy Check	循环冗余校验
POR	Power On Reset	上电复位
BOR	Brown Out Reset	欠电复位
XTAL	External Crystal Oscillator	外部晶振
SFR	Special Function Register	特殊功能寄存器
IRAM	Internal RAM	内部RAM
XRAM	External RAM	外部RAM
PWM	Pulse Width Modulation	脉冲宽度调制
PLL	Phase Locked Loop	锁相环
CPU	Central Processing Unit	中央处理单元

## 1 产品介绍

SNP739 是一个高精度高集成度的胎压监测传感器，内置 8 位 MCU、16K Flash 存储器、多个传感器（压力、温度、加速度）、12 位 ADC、RF(315/433MHz) 发射机、LF 接收器、SPI/UART/I2C 等外设，可应用在 TPMS 系统、高精度气压测量系统、MEMS 传感系统。

SNP739 在软件控制下进行压力、加速度、温度和电池电压的测量，数据通过应用软件编码，然后通过 RF 传输。支持周期唤醒，通过间隔定时器控制测量和传输数据。

SNP739 内置加速度传感器完成运动检测，同时支持 WAM（车轮自动定位）。内置 RF 发射模块，支持 315 和 434MHz 频段，包含一个完全集成的锁相环合成器，支持 ASK/FSK 调制，内置一个高效功率放大器。

LF 接收模块支持中断唤醒 MCU，用户可配置工作时间，不需要 MCU 的介入，自行完成对低频信号的检测，从而大大节省功耗。LF 接收器可用于客户诊断，支持程序升级。

MCU 的指令集兼容标准的 8051 处理器，它配备了硬件曼彻斯特/双相编码解码器/CRC 生成检查器，使客户的具体应用易于实现 MCU。

MCU 的指令集兼容标准的 8051 处理器，它配备了硬件曼彻斯特/双相编码解码器/CRC 生成检查器，使客户的具体应用易于实现 MCU。

Table 1-1 订购信息

型号名称	压力范围 (kPa)	封装	包装
SNP73901CLE	100 ~ 900	LGA24	3000ea/Reel
SNP73902CLE	100 ~ 1900		3000ea/Reel

## 2 管脚描述

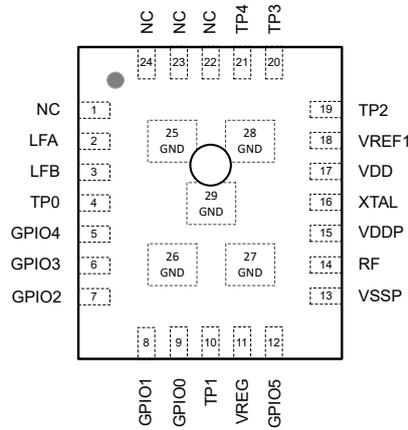


Figure 2-1 管脚配置 (Top View)

Table 2-1 管脚定义

管脚编号	管脚名称	管脚类型	功能说明
1	NC		推荐接地
2	LFA	模拟 IO	LF 通道, 外接电路
3	LFB	模拟 IO	LF通道, 外接电路
4	TP0		推荐接地
5	GPIO4	数字 IO	GPIO/SPI MISO/UART RXD
6	GPIO3	数字 IO	GPIO/SPI MOSI/UART TXD
7	GPIO2	数字 IO	GPIO/SPI CSN
8	GPIO1	数字 IO	GPIO/I2C SDA
9	GPIO0	数字 IO	GPIO/I2C SCL
10	TP1		推荐接地
11	VREG	电源	内部稳压器,不能用作外部电流源
12	GPIO5	数字 IO	GPIO/SPI CLK
13	VSSP	地	接地
14	RF	模拟IO	RF输出
15	VDDP	电源	电池供电 3V
16	XTAL	模拟IO	外部晶体
17	VDD	电源	电池供电 3V
18	VREF1	模拟IO	外接 100nF 电容接地
19	TP2		悬空, 测试脚
20	TP3		悬空, 测试脚
21	TP4		悬空, 测试脚
22	NC		悬空
23	NC		悬空
24	NC		悬空
25~29	GND	地	接地

### 3 电气特性

#### 3.1 绝对最大额定值

Table 3-1 绝对最大额定值参数

参数	符号	值			单位	备注/测试条件
		最小	典型	最大		
最大电源电压	$V_{DDmax}$	-0.3		+3.8	V	
ESD HBM	$V_{ESD\_HBM}$	-2000		+2000	V	所有管脚符合 JS-001-2014
		-4000		+4000	V	RF 管脚符合 JS-001-2014
ESD CDM	$V_{ESD\_CDM}$	-500		+500	V	所有管脚符合 JS-002-2014
Latch up	$I_{LU}$	-100		+100	mA	所有管脚符合 JEDEC 78D
输入电压	$V_{in}$	-0.3		$V_{DD}+0.3$	V	GPIO0~ GPIO5
		-0.3		$V_{DD}+0.3$	V	XTAL
		-0.3		$V_{DD}+0.3$	V	LFA, LFB
动态电压(RF 管脚)	$V_{dyn\_PAOUT}$			$V_{DD} +0.3$	V	
直流电流	$I_{DC}$	-10		+10	mA	Pins GPIO0~ GPIO5
		-10		+10	mA	XTAL
		-10		+10	mA	LFA, LFB
输入压力	$P_{in}$	0		2000	kPa	
		2000		2500	kPa	最大 2s ,整个生命周期内只能承受五次, 否则影响芯片质量。
恒加速度	$a_{CA}$			3500	g	测试方向: $\pm X, \pm Y, \pm Z$ 轴 (设备不上电)
机械冲击	$a_{MS}$			6000	g	脉宽时间: 0.2ms; 测试方向: $\pm X, \pm Y, \pm Z$ 轴; 测试次数: 5 次; (设备不上电)
变频震动	$f_{FV}$	20		2000	Hz	测试方向: $\pm X, \pm Y, \pm Z$ 轴; 加速度: 50g
跌落	$h_{Drop}$			1.2	m	测试方向: $\pm X, \pm Y, \pm Z$ 轴; 跌落面材质: 混凝土

#### 3.2 工作条件

Table 3-2 工作条件

参数	符号	值			单位	备注/测试条件
		最小	典型	最大		
电源电压	$V_{DD}$	2.1	3.0	3.6	V	
环境温度	$T_{operating}$	-40		125	°C	正常工作
	$T_{Flash}$	-40		125	°C	FLASH 写/擦除
	$T_{Flash}$	-50		150	°C	不上电

### 3.3 电学参数

#### 3.3.1 压力传感器

Table 3-3 压力传感器(量程 900kPa)

参数	符号	值			单位	备注/测试条件
		最小	典型	最大		
输入压力范围	$P_{in,H}$	100		900	kPa	
ADC 的分辨率	$P_{ADC\_res,H}$			1.1	kPa/LSB	
随机误差	$P_{random,H}$	-2.3		2.3	kPa	95% 的测量值
测量误差	$P_{Error\ 100-500,H}$	-5		5	kPa	0°C to +70°C
		-10		10	kPa	-40°C to 0°C, +70°C to +125°C
	$P_{Error\ 500-900,H}$	-7		7	kPa	0°C to +70°C
		-15		15	kPa	-40°C to 0°C, +70°C to +125°C

Table 3-4 压力传感器(量程 1900kPa)

参数	符号	值			单位	备注/测试条件
		最小	典型	最大		
输入压力范围	$P_{in,N}$	100		1900	kPa	
ADC 的分辨率	$P_{ADC\_res,N}$			1.6	kPa/LSB	
随机误差	$P_{random,N}$	-3.3		3.3	kPa	95% 的测量值
测量误差	$P_{Error\ 100-500,N}$	-7		7	kPa	0°C to +70°C
		-15		15	kPa	-40°C to 0°C, +70°C to +125°C
	$P_{Error\ 500-900,N}$	-12		12	kPa	0°C to +70°C
		-25		25	kPa	-40°C to 0°C, +70°C to +125°C
	$P_{Error\ 900-1500,N}$	-20		20	kPa	0°C to +70°C
		-40		40	kPa	-40°C to 0°C, +70°C to +125°C

#### 3.3.2 x/z 轴加速度传感器

Table 3-5 x 轴加速度传感器

参数	符号	值			单位	备注/测试条件
		最小	典型	最大		
输入加速度范围	$a_{in,x}$	-120		120	g	
加速度误差	$a_{err\_tot,x}$	-3		+3	g	$ a_{in}  < 20g, -40^\circ C \leq T < 90^\circ C$
		-5		+5	g	$ a_{in}  < 20g, 90^\circ C \leq T < 125^\circ C$
		-7		+7	g	$20g \leq  a_{in}  < 100g, -40^\circ C \leq T < 90^\circ C$
		-9		+9	g	$20g \leq  a_{in}  < 100g, 90^\circ C \leq T < 125^\circ C$
		-11		+11	g	$100g \leq  a_{in}  < 120g, -40^\circ C \leq T < 90^\circ C$
		-13		+13	g	$100g \leq  a_{in}  < 120g, 90^\circ C \leq T < 125^\circ C$
随机误差	$a_{random,x}$	-0.2		+0.2	g	99.8% of all measurements, $ a_{in} =0$
ADC 的分辨率	$a_{ADC\_res,x}$			0.07	g/LSB	LSB corresponds to 0.07 g or less

Table 3-6 z 轴加速度传感器

参数	符号	值			单位	备注/测试条件
		最小	典型	最大		
输入加速度范围	$a_{in,z}$	-250		250	g	
加速度误差	$a_{err,tot,z}$	-3		+3	g	$ a_{in}  < 20g, -40^{\circ}C \leq T < 90^{\circ}C$
		-5		+5	g	$ a_{in}  < 20g, 90^{\circ}C \leq T < 125^{\circ}C$
		-7		+7	g	$20g \leq  a_{in}  < 100g, -40^{\circ}C \leq T < 90^{\circ}C$
		-9		+9	g	$20g \leq  a_{in}  < 100g, 90^{\circ}C \leq T < 125^{\circ}C$
		-11		+11	g	$100g \leq  a_{in}  < 120g, -40^{\circ}C \leq T < 90^{\circ}C$
		-13		+13	g	$100g \leq  a_{in}  < 120g, 90^{\circ}C \leq T < 125^{\circ}C$
		-20		+20	g	$200g \leq  a_{in}  < 250g, -40^{\circ}C \leq T < 90^{\circ}C$
		-22		+20	g	$200g \leq  a_{in}  < 250g, 90^{\circ}C \leq T < 125^{\circ}C$
随机误差	$a_{random,z}$	-0.3		+0.3	g	99.8% 的测量值, $ a_{in}  = 0$
ADC 的分辨率	$a_{ADC,res,z}$			0.125	g/LSB	1LSB 相当于 0.125g 或更少

### 3.3.3 温度传感器

Table 3-7 温度传感器

参数	符号	值			单位	备注/测试条件
		最小	典型	最大		
测量范围	$T_{range}$	-40		+125	$^{\circ}C$	
测量误差	$T_{Error}$	-5		+5	$^{\circ}C$	$-40 \dots -20^{\circ}C, V_{DD} = 2.1 \dots 3.6V$
		-3		+3	$^{\circ}C$	$-20 \dots 90^{\circ}C, V_{DD} = 2.1 \dots 3.6V$
		-5		+5	$^{\circ}C$	$90 \dots +125^{\circ}C, V_{DD} = 2.1 \dots 3.6V$
随机误差	$T_{random}$	-1		+1	$^{\circ}C$	

### 3.3.4 电池压力测量

Table 3-8 电池压力测量

参数	符号	值			单位	备注/测试条件
		最小	典型	最大		
测量范围	$V_{range}$	2.1		3.6	V	
测量误差	$V_{Error}$	-3		+3	%	测量值百分比

### 3.3.5 过热保护

Table 3-9 Thermal Shutdown

参数	符号	值			单位	备注/测试条件
		最小	典型	最大		
过热保护阈值	$T_{HOT,TH}$			125	$^{\circ}C$	
过热保护恢复阈值	$T_{HOT,RE}$	95			$^{\circ}C$	
迟滞	$T_{HYST}$		10		$^{\circ}C$	

### 3.3.6 通用数字 I/O 管脚

Table 3-10 数字 I/O 管脚 – 工作条件

参数	符号	值			单位	备注/测试条件
		最小	典型	最大		
数字管脚输出电流	$I_{in DIG}$	-4		4	mA	管脚 GPIO0~ GPIO5
数字管脚输入高电压	$V_{IH}$	$0.8V_{DD}$			V	functional
数字管脚输入低电压	$V_{IL}$			$0.2V_{DD}$	V	functional

Table 3-11 数字 I/O 管脚 – 电学特性

参数	符号	值			单位	备注/测试条件
		最小	典型	最大		
数字管脚输出高电压	$V_{OH}$	$0.8V_{DD}$			V	负载电流 4mA
数字管脚输出低电压	$V_{OL}$			$0.2V_{DD}$	V	
数字管脚输入电容	$C_{in}$			10	pF	

### 3.3.7 上电复位和电池监控

Table 3-12 上电复位和电池监控

参数	符号	值			单位	备注/测试条件
		最小	典型	最大		
上电复位阈值电压	$V_{POR}$	1.0		1.65	V	
上电复位释放阈值电压	$V_{THR}$	1.1		1.7	V	
电池电量低报警阈值电压	$V_{LBAT}$	2.2	2.3	2.4	V	

### 3.3.8 Flash 存储器

Table 3-13 Flash 存储器

参数	符号	值			单位	备注/测试条件
		最小	典型	最大		
Flash 数据保持时间	$t_{Ret Flash}$	10			年	整个寿命期内的缺陷率 <1ppm
Flash 擦写次数	$N_{write}$	1000			次	
Flash 页写时间	$t_{write\_line}$			7.6	ms	包括校验时间,I2C 波特率 =400kbit/s

### 3.3.9 工作电流

Table 3-14 工作电流

参数	符号	值			单位	备注/测试条件
		最小	典型	最大		
POWERDOWN 状态下的工作电流	$I_{PVD\_3V}$		0.2	0.3	$\mu A$	+25°C
			2.6	4.5	$\mu A$	+125°C
				0.5	$\mu A$	-40°C
IDLE 状态下工作电流	$I_{IDLE\_3V}$			20	$\mu A$	+25°C
			88	152	$\mu A$	+125°C
				64	$\mu A$	-40°C
RUN 状态下工作电流	$I_{RUN\_3V}$			0.618	mA	+25°C
				0.576	mA	+125°C
				0.695	mA	-40°C

参数	符号	值			单位	备注/测试条件
		最小	典型	最大		
过热保护下工作电流	$I_{TSHD\_3V}$		2.8	4.6	$\mu A$	+125°C
LF 载波检测模式下的工作电流	$I_{LFCD\_3V}$			9	$\mu A$	+25°C
				12	$\mu A$	+125°C
LF 载波检测模式下的工作电流 (开启数字滤波器)	$I_{LFCDFilter\_3V}$			8	$\mu A$	-40°C
				9	$\mu A$	+25°C
LF 数据接收模式下工作电流	$I_{LF\_3V}$			12	$\mu A$	+125°C
				8	$\mu A$	-40°C
433MHz RF 发送电流 (载波或 FSK;CPU 休眠)	$I_{RFTX\_3V}$		5.5		mA	+25°C @5dBm
			8.0		mA	+25°C @8dBm
			11.0		mA	+25°C @10dBm
			5.2		mA	+125°C@5dBm
			7.6		mA	+125°C@8dBm
			10.5		mA	+125°C@10dBm
			5.8		$\mu A$	-40°C@5dBm
			8.4		mA	-40°C@8dBm
		11.7		mA	-40°C@10dBm	

### 3.3.10 LF 接收器

Table 3-15 LF 接收器特征

参数	符号	值			单位	备注/测试条件
		最小	典型	最大		
LF 载波频率 <sup>[1]</sup>	$f_{LF}$	118	125	131	kHz	
LF 数据速率	$DR_{LF}$	3.8	3.9	4.1	kbit/s	
		6.2	6.5	6.8	kbit/s	
输入差分电容	$C_{LF\ diff}$	2.6	4	9	pF	$f_{LF} = 125kHz$
输入差分电阻	$R_{LF\ diff}$	1			MOhm	
上电后 LF 接收器建立时间	$t_{ON\_Set.}$			5	ms	接收器上电后
LF 检测灵敏度	$S_{nodet.}$	0.1			mVpp	
	$S_{det.}$			2	mVpp	

注： [1] LF 灵敏度仅适用于指定的载频范围。

### 3.3.11 RF 发射机

Table 3-16 RF 发射机特性

参数	符号	值			单位	备注/测试条件
		最小	典型	最大		
传输频率	$f_{TX,433M,XTAL24M}$	432		444	MHz	XTAL 24MHz
	$f_{TX,433M,XTAL26M}$	433.3		442	MHz	XTAL 26MHz
	$f_{TX,433M,XTAL16M}$	432		448	MHz	XTAL 16MHz
	$f_{TX,315M,XTAL24M}$	312		324	MHz	XTAL 24MHz
	$f_{TX,315M,XTAL26M}$	312		325	MHz	XTAL 26MHz
	$f_{TX,315M,XTAL16M}$	312		320	MHz	XTAL 16MHz
输出功率	$P_{O,L1,433.92MHz}$		5.6		dBm	$V_{bat}=3.0V, T=25^{\circ}C,$ $Z_{load}=50\ ohm$ RF 匹配功率 Level=1
	$P_{O,L2,433.92MHz}$		7.7		dBm	$V_{bat}=3.0V, T=25^{\circ}C,$ $Z_{load}=50\ ohm$ RF 匹配功率 Level=2
	$P_{O,L3,433.92MHz}$		9.8		dBm	$V_{bat}=3.0V, T=25^{\circ}C,$ $Z_{load}=50\ ohm$ RF 匹配功率 Level=3
输出功率随温度变化	$dP_{-40^{\circ}C}$		0.6		dB	$V_{bat}=3.0V, T=-40^{\circ}C$
	$dP_{125^{\circ}C}$		-1.1		dB	$V_{bat}=3.0V, T=125^{\circ}C$
输出功率随电压变化	$dP_{1.9V}$	-10.1	-7.1		dB	$V_{bat}=1.9V, T=25^{\circ}C$
	$dP_{2.1V}$	-5.5	-4.8		dB	$V_{bat}=2.1V, T=25^{\circ}C$
	$dP_{3.6V}$	1.6	1.9		dB	$V_{bat}=3.6V, T=25^{\circ}C$
RF 数据速率	$DR_{RF}$			19.6	Kbit/s	曼彻斯特编码
RF 数据速率误差	$dDR_{RF}$	-1		+1	%	
FSK 频移			+/-45	$\pm 70$	KHz	可编程的
RF 数据占空比	$DC_{RF,ASK}$	45	50	55	%	适用于 ASK 或 FSK
ASK 调制深度	$MD_{RF,ASK}$	90			%	

Table 3-17 RF 晶体振荡器

参数	符号	值			单位	备注/测试条件
		最小	典型	最大		
晶体频率	$f_{XTAL}$		16/24/26		MHz	
晶体振荡器启动峰值电流	$I_{Xtal\_start\_peak}$	0.5			mA	
晶体振荡器启动时间	$t_{Xtal\_start}$			2	ms	

### 3.3.12 唤醒和上电时间

Table 3-18 唤醒和上电时间

参数	符号	值			单位	备注/测试条件
		最小	典型	最大		
上电时间	$t_{ini}$			15	ms	从上电到用户程序开始运行。
从系统空闲恢复时间	$t_{resume}$			100	$\mu s$	从系统空闲状态下恢复到应用程序代码开始执行的时间。
LF 唤醒时间	$t_{LF\ wake-up}$			5	ms	休眠状态下, 从 LF 唤醒事件到应用程序代码开始执行的时间。
定时唤醒时间	$t_{wd\ wake-up}$			5	ms	休眠状态下, 从定时器超时到应用程序代码开始执行的时间。

## 4 工作模式和状态

### 4.1 工作模式

SNP739 有三种工作模式：Normal 模式、Debug 模式、Programming/Download 模式。

工作模式由 GPIO0、GPIO1 上电复位时的电平决定，在 POR 上升沿即被锁定，管脚 GPIO0、GPIO1 应保持稳定至少 10ms。

**Table 4-1 工作模式概述**

GPIO1	GPIO0	简述
0	1	Debug 模式 <sup>[1]</sup>
1	0	Programming/Download 模式 <sup>[2]</sup>
1	1	Normal 模式 <sup>[3]</sup>
0	0	保留

**注：**

[1] Debug 模式：用于芯片调试。

[2] Programming /Download 模式：用于固件下载。

[3] 芯片工作在 Normal 模式时，具有以下几种工作状态：1. INIT 状态； 2. RUN 状态； 3. CPU IDLE 状态； 4. Power Down 状态； 5. THERMAL SHUTDOWN 状态。

### 4.2 设备状态

Normal 工作模式下，SNP739 可以被切换到几种不同的设备状态，不同的状态启用的电路模块的数量不同。在 POWERDOWN /SHUTDOWN 模式下，部分模块不供电，因此功耗最小。

**Table 4-2 Normal 模式下的工作状态**

设备状态	简述	重要的工作模块
Init 状态	当系统复位时进入 INIT 状态。	详见 <a href="#">Table 4-3</a> 电源管理
Run 状态	执行应用程序代码。	详见 <a href="#">Table 4-3</a> 电源管理
CPU idle	为减少电流消耗，CPU 时钟停止，任何外设中断，如 Timer1/Timer2/Timer3/SPI/I2C/UART, ADC, RF 发射机或 LF 接收器可以唤醒 CPU 到 RUN 状态。	详见 <a href="#">Table 4-3</a> 电源管理
Power down	没有代码执行。设备正在等待唤醒事件。电流消耗最低。	详见 <a href="#">Table 4-3</a> 电源管理
Temperature SHUTDOWN	系统一旦过热进入 SHUTDOWN 状态，只有当 TMAX 电路温度低于 TMAX 阈值时才会恢复运行，然后唤醒定时器复位。	详见 <a href="#">Table 4-3</a> 电源管理

**Table 4-3 电源管理**

模块名称	设备状态		
	RUN 状态	CPU Idle	Power Down/SHUTDOWN
上电复位 POR	工作	工作	工作
低电量监测	工作	工作	不工作
TMAX 检测	不工作/工作（可选）	不工作/工作（可选）	不工作

模块名称	设备状态		
	RUN 状态	CPU Idle	Power Down/SHUTDOWN
稳压器	工作	工作	不供电
电源管理/唤醒定时器	工作	工作	工作
CPU	工作	不工作	不供电
外设 CRC, I2C, SPI, UART, LF 解码器, RF 解码器	工作	工作	不供电
Timer 1,2,3	工作	工作	不供电
256 bytes IRAM	工作	工作	不供电
128 bytes XRAM	工作	工作	不工作
FLASH 存储器	工作	工作	不供电
晶体振荡器 (24Mhz/16Mhz/26Mhz)	工作	工作	不供电
4k/39kHz RC 振荡器	工作	工作	工作
2Mhz RC 振荡器	工作	工作	不供电
LF 间隔定时器	工作	工作	工作/不工作 (可选)
LF 接收器	工作	工作	工作/不工作 (可选)
RF 发射机	工作	工作	不供电

**注：** 工作：模块供电，工作，寄存器值保持。不工作：模块供电，没有使用，寄存器值保持；不供电：模块不供电，没有使用，寄存器值丢失。

### 4.3 状态转换

下图显示 Normal 模式下状态转换。

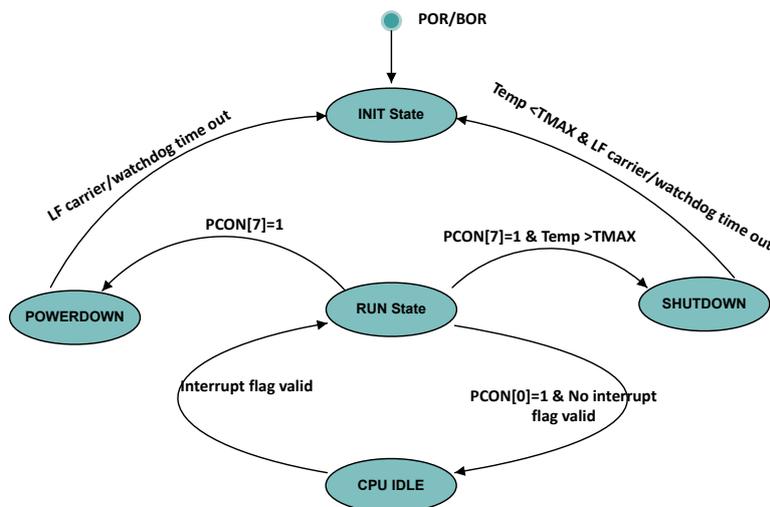


Figure 4-1 状态转换

**注：**  
 [1] 系统可以通过任何中断从 CPU IDLE 状态唤醒到 RUN 状态。  
 [2] 图的中心是 RUN 状态，因为只有 RUN 状态下才能配置状态转换。通过调用固件函数或设置控制位，应用程序代码控制 RUN 状态进入其他状态。其他状态的状态转换由硬件事件控制，例如定时器事件或 LF 接收器事件。

## 5 功能描述

### 5.1 系统框图

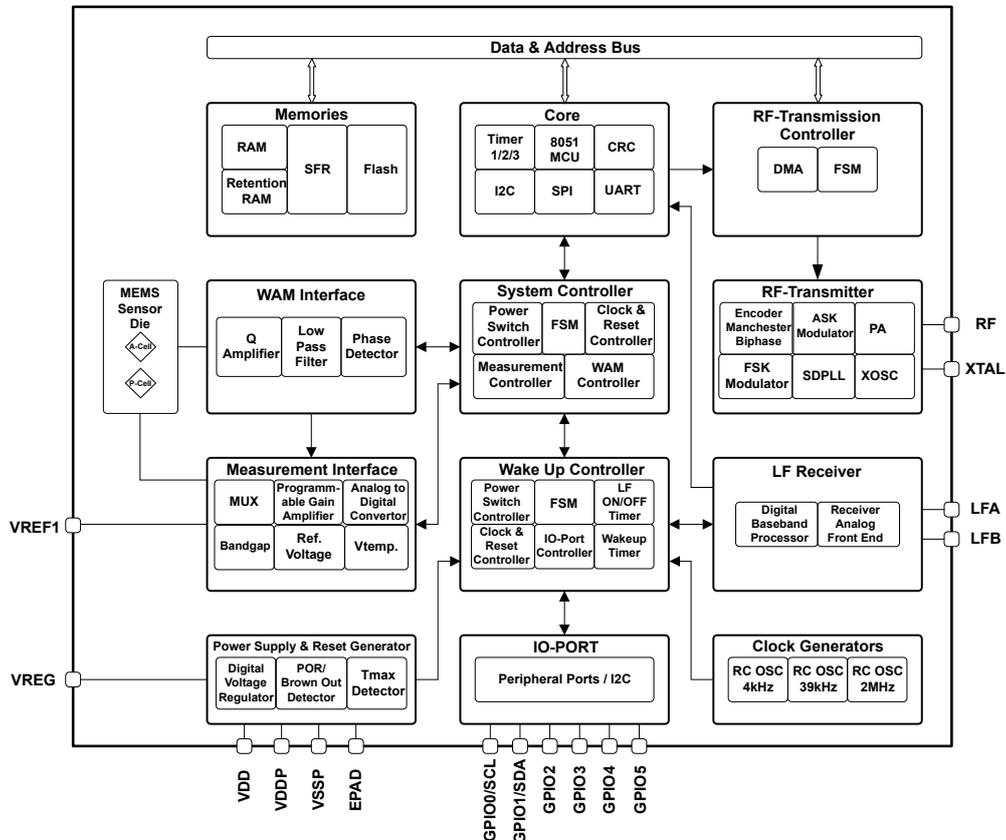


Figure 5-1 系统框图

### 5.2 唤醒控制

在典型的 TPMS 应用中，SNP739 在其生命周期的大部分时间都处于 POWERDOWN 状态。通过调用固件函数 SysPowerDown() 或 SysPowerDownWithCarrier() 进入 POWERDOWN 状态，此状态下设备仅由唤醒控制器控制。

唤醒控制器在电源管理模块中具有最高优先级。它一直处于供电状态，等待不同来源的各种唤醒事件。为了达到最低功耗，唤醒控制器使用 4kHz 时钟。如果一个唤醒事件发生，并且该事件没有被屏蔽，那么唤醒控制器将给系统控制器（负责设备控制）上电。

在应用程序开始执行之前，CPU 运行一个固件引导程序，利用唤醒值初始化所有寄存器。在 Normal 模式下，从唤醒事件发生到开始执行应用程序的时间为几毫秒。唤醒源有：

- 唤醒定时器

- LF 接收器：载波检测
- LF 接收器：唤醒 ID 匹配电路
- 通用 I/O(GPIO0~ GPIO5 可配置)

唤醒控制器的第二个主要功能是复位处理。复位信号在“电源和复位发生器”模块中产生。系统复位可由以下几种触发：

- 掉电 (内部稳压器电压低于一定阈值)
- 上电
- 软件
- 唤醒定时器下溢

当上电复位或掉电复位发生时，所有逻辑将被复位。复位释放后，芯片的工作模式将由 GPIO0 和 GPIO1 的值决定 (见 [Chapter 4.1](#))。唤醒定时器复位和软件复位不会改变芯片工作模式选择。

此外，该唤醒控制器包括 LF ON-OFF 定时器，该定时器可配置 LF 接收器的占空比，以节省耗电。

### 5.2.1 唤醒定时器

唤醒定时器是一个 16 位定时器 (SFR WDOG<sub>H</sub>和 WDOG<sub>L</sub>)。它的第一个主要功能是定期从 POWERDOWN 状态唤醒设备。定时器在任何低功率状态下都是工作的，由 4kHz 振荡器的 8/512 分频 (SFR 位 PMU\_WDT\_SEL) 计时。唤醒计时器向下计数，在计时器下溢时触发唤醒事件。应适当配置唤醒定时器，以避免中断报文传输或数据采集。

唤醒定时器的第二个主要功能是用作看门狗定时器。在这种情况下，唤醒定时器由 39kHz 振荡器 64/4096 分频 (SFR 位 PMU\_WDT\_SEL) 计时。它在 RUN 状态、IDLE 状态下是工作的，不能被禁用。为了避免唤醒定时器复位，必须在应用程序代码中通过定期写 SFR WDOG<sub>H</sub> 和 WDOG<sub>L</sub>，将唤醒计时器配置为一个安全值 (例如 0xFFFF)。用户不需要直接访问唤醒定时器寄存器，调用 FEEDWDG() 函数即可。

 注： 向下溢出后，唤醒定时器被设置成 0xFFFF。

相关寄存器有：

- WDOG<sub>H</sub>, WDOG<sub>L</sub>:唤醒定时器的计数器
- TCONL.PMU\_WDT\_SEL:选择唤醒定时器的时钟分频值

### 5.2.2 LF ON-OFF 定时器

ON-OFF 定时器用作 LF 接收器打开/关闭时间的设置，以节省功耗。ON 定时器是 8 位定时器，OFF 定时器是 12 位定时器。它们的时钟都是 4kHz 振荡器 4 分频，因此，定时器支持最长 4 秒的 OFF 定时和最长 0.256 秒的 ON 定时。

用户不需要直接访问 ON-OFF 定时器寄存器，可使用函数 SysPowerDown()或 SysPowerDownWithCarrier() 进行配置。置位 LF\_LP\_MODE 和 LF\_WAKE\_EN 激活 ON-OFF 定时器。软件无法读取 ON-OFF 定时器的当前计数值。

相关寄存器：

- PCON, bits LF\_WAKE\_EN
- LF\_LP\_CFG0, bits LF\_LP\_MODE

### 5.2.3 LF 接收器唤醒/恢复时间

LF 接收器唤醒事件有：

- 载波检测
- 唤醒模式匹配

### 5.2.4 通用 I/O 唤醒/恢复事件

所有 I/O 端口 (GPIO0~GPIO5) 都可配置为外部唤醒源。

为使用这个唤醒源，需将相应的 GPIO 配置为输入 (SFR 位 GPIO0DIR~GPIO5DIR=1)，相应上/下拉电阻必须被启用 (SFR 位 GPIO0\_PUPD~GPIO5\_PUPD=0)。

相应的唤醒也必须被启用 (SFR 位 IO0\_WAKE\_FLAG\_EN=1 和 IO1\_WAKE\_FLAG\_EN=1)，并且相应的唤醒 I/O 必须被选择 (WAKE\_IO\_SEL[1:0])。

 注：通用 I/O 唤醒只支持低电平触发。以下是唤醒 I/O 选择的真值表：

Table 5-1 唤醒 I/O 选择真值表

GPIO <sub>n</sub> DIR	GPIO <sub>n</sub> PUPD	GPIO <sub>n</sub> OUT	IO0_WAKE_FLAG_EN (GPIO <sub>n</sub> DIR[7])	IO1_WAKE_FLAG_EN (GPIO <sub>n</sub> DIR[6])	WAKE_IO_SEL[1:0] RFCNT1H[3:2]	选择唤醒 I/O
1	0	1	0	0	Ignore	Disable
1	0	1	0	1	00	GPIO2
1	0	1	0	1	01	GPIO3
1	0	1	0	1	10	GPIO5

GPIOnDIR	GPIOn_PUPD	GPIOnOUT	IO0_WAKE_FLAG_EN (GPIODIR[7])	IO1_WAKE_FLAG_EN (GPIODIR[6])	WAKE_IO_SEL[1:0] RFCNT1H[3:2]	选择唤醒 I/O
1	0	1	0	1	11	GPIO2 GPIO3 GPIO5
1	0	1	1	0	00	GPIO0
1	0	1	1	0	01	GPIO1
1	0	1	1	0	10	GPIO4
1	0	1	1	0	11	GPIO0 GPIO1 GPIO5
1	0	1	1	1	00	GPIO0 GPIO2
1	0	1	1	1	01	GPIO1 GPIO3
1	0	1	1	1	10	GPIO4 GPIO5
1	0	1	1	1	11	GPIO0~ GPIO5

相关寄存器:

- GPIODIR,GPIO 输入或输出选择
- GPIOPUPD,GPIO 唤醒使能或上拉/下拉选择
- RFCNT1H,位 WAKE\_IO\_SEL[1:0], 唤醒 I/O 选择

### 5.2.5 上电/欠压复位

Figure 5-2 显示了 VDD 引脚电压对器件的影响。如果电压低于某个阈值  $V_{POR}$ ，则触发系统复位。设备处于复位状态，直到 VDD 引脚的电压超过复位释放阈值  $V_{THR}$ 。复位后释放设备初始化启动，需要一定的时间， $t_{ini}$ 。初始化结束后，通过 GPIO0 和 GPIO1 的电平状态来选择设备的工作模式。

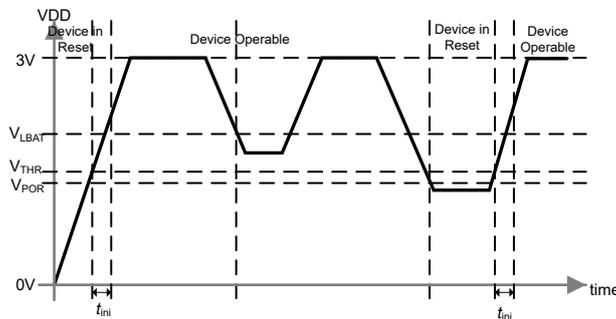


Figure 5-2 上电和欠压复位

### 5.2.6 软件复位

软件触发复位后，设备运行复位引导序列。软件复位可以通过在应用程序代码中置位 RESET (位于寄存器 EPCON 中)来触发。软件复位主要用于在 Normal 模式或 Debug 模式下复位，对 MCU 复位，不影响芯片模式的选择。

相关寄存器：

- EPCON(RESET 位触发软件复位)

### 5.2.7 过热保护

通过在应用程序中置位 TSHDWN\_EN (位于寄存器 PCON) 来开启热保护功能，当 TSHDWN\_EN=1 时，TMAX 检测器处于工作状态。如果温度低于过热温度阈值  $Thot\_th$ ，则标志 TGOOD (寄存器 EPCON 中的位) 将为 1。如果温度高于过热温度阈值  $Thot\_th$ ，则 TGOOD 标志被 TMAX 检测器清 0，因此应用程序可以轮询 TGOOD 标志，然后通过置位 PDWN (位于寄存器 PCON 中)进入过热保护。一旦过热保护，只有当片上 TMAX 探测器检测到温度低于热释放温度  $Thot\_re$  时，设备才会释放，从过热保护释放后唤醒被执行。

相关寄存器：

- EPCON(TGOOD 标志位用于指示 TMAX 检测器)
- PCON (位 TSHDWN\_EN 用于使能 TMAX 检测器，位 PDWN 用于进入过热保护)

## 5.3 系统控制

系统控制器的主要功能是设备从 POWERDOWN 唤醒或设备从 CPU IDLE 状态恢复后的电源管理。与唤醒控制器不同的是，大多数其他电路可以单独断开电源。根据设备状态，系统控制器将所需的模块连接到电源域。这里列出了设备的状态，按电流消耗排序，从电流消耗最大的状态开始：

- RUN 状态
- CPU IDLE 状态 (CPU 从系统时钟断开)
- POWERDOWN 状态 (可选的 LF 接收器使能)

### 5.3.1 测量控制器

相关固件函数：

- MeasTemperature()
- MeasPressure()

- MeasVoltage()
- MeasGravity()

### 5.3.2 WAM 控制器

相关固件函数:

- WamB\_Init()
- WamB\_On()
- WamB\_Off()
- WamB\_GetFiltCycle()

## 5.4 时钟发生器

SNP73X 有三个片上 RC 振荡器, 以满足不同工作状态在功耗和周期方面的不同要求。4kHz 振荡器工作在 POWERDOWN 状态, 以实现最低功耗。39kHz 振荡器用于驱动系统控制器和 LF 接收器的数字部分。2MHz 的振荡器主要用于 ADC 和系统时钟。2MHz 时钟可以被分频(由位 SYSCLKDIV 控制)。39kHz 振荡器在生产中被校准。如果需要, 用户可以使用相关的固件函数来校准所有三个片上 RC 振荡器。

三个片上 RC 振荡器都可以配置为 CPU 的系统时钟(由位 SYSCLKSEL 控制)。

**!** 注意: 4kHz 和 39kHz 振荡器不能同时启用。

为了 RF 传输和校准, 还有一个晶体振荡器 (XTAL)。XTAL 也可以用作系统时钟, 通过配置 SFR 位 SYSCLKSEL, 也可以通过配置 SFR 位 SYSCLKDIV 来分频。

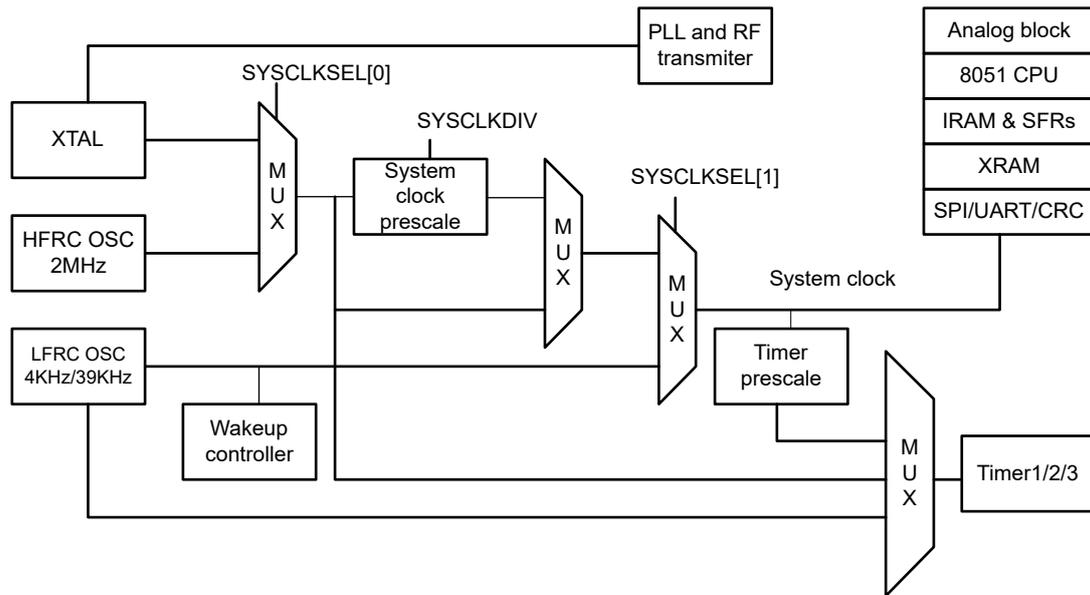


Figure 5-3 时钟分配图

相关寄存器:

- SYSCLKSEL (系统时钟选择)
- SYSCLKDIV (XTAL 或 RC OSC 2MHz 时钟分频)

相关固件函数:

- ClkCal39K ()
- ClkCal2M ()
- ClkCal4K ()
- SYSCLK\_SET\_2MHZ ()
- SYSCLK\_SET\_39KHZ ()
- SYSCLK\_SET\_39KHZ\_OFF\_XTAL ()
- SYSCLK\_SET\_XTAL\_2MHZ ()

## 5.5 内核 Core

内核由 8051 MCU 和以下外设组成:

- Timer Module
- Hardware CRC
- I2C Controller

- UART interface
- SPI interface

### 5.5.1 定时器模块

有 3 个 16 位的通用定时器/计数器 Timer1/Timer2/Timer3。

- **Timer1**

这是一个 16 位计数器，它向下计数，达到零时停止。用户通过给 T1L 和 T1H 赋值，启动一个新的计数周期，这些值在 timer1 使能时加载。

- **Timer2**

这是一个 16 位计数器，可以向上或向下计数。其工作模式如下：

1. **模式 00:**16 位向下计数器。在这种模式下，时钟源由 SFR TCONL 配置决定(系统时钟 16 或 128 分频)。如果计数器达到零，全零检测将在时钟的下一个下降沿上触发(关闭时钟)。
2. **模式 01:**用作 ADC 数据累加器。在 ADC 工作期间，请不要将 timer2 用于其它用途。
3. **模式 10:**预留用于芯片内部调试。
4. **模式 11:**16 位向上计数器。在这种模式下，时钟源由 SFR TCONL 配置决定。如果设置了向上计数位，那么时钟源将是系统时钟的 16 或 128 分频，这由 SFR FAST\_T3 位决定。

- **Timer3**

这是一个 16 位计数器，可以用作向下计数。

当使用 Timer3 作为 16 位向下计数器时，时钟源由 SFR 位 FAST\_T3 决定，如果计数器达到零，则由硬件设置 SFR 位 T3\_FULL。为了清除这个中断，T3\_ON 应该关闭。

相关寄存器：

- TCONH, TCONL
- TH1, TL1
- TH2, TL2
- TH3, TL3
- INTL (timer1/2/3 中断标志)

### 5.5.2 硬件 CRC

这个模块是一个通用的可重新配置的 CRC 计算器，用于计算可变长度数据序列的 CRC。CRC 阶数(最多 16)、多项式和初始值可以由应用程序配置。

CRC 按照 8 位或者 16 位进行计算，因此应用程序必须将数据按顺序输入给 CRC 计算器。在每次数据输入完成后，可以从 SFR CRCH/CRCL 中读取中间 CRC 值。

CRC 函数：

- **STEP1:**初始化 CRC 设置。

写入 0x0000 到 CRC 多项式生成器寄存器 (CRCPOLYH, CRCPOLYL)

将 0x000F 写入 CRC 配置寄存器 (CRCCON)

将初始 CRC 值写入 CRC 寄存器 (CRCH, CRCL)

将多项式写入 SFR CRCPOLYH, CRCPOLYL 。

- **STEP2:**配置模块

写入 CRC 阶数 (例如: CRC16) 和 CRC 配置寄存器 (CRCCON) 的消息剩余字段。

- **STEP3:**

将消息按顺序写入 SFR CRCH/CRCL(先写入 MSB)。

必须先写 CRCH，然后 CRCL。

- **STEP4:**

更新 SFR CRCCON 的 CRC 消息剩余字段，将剩余的比特数进行处理。将最后一个消息字写入 CRC 寄存器。

- **STEP5:**

从 CRC 寄存器 (CRCH, CRCL) 中读取最终计算的 CRC 值。

与硬件CRC相关的寄存器：

- CRCPOLYL
- CRCPOLYH
- CRCCON
- CRCL
- CRCH

### 5.5.3 I2C 控制器

SNP73X 提供从设备硬件 I2C 接口，设备地址固定为 0x6C。当 I2C 被激活时，引脚 GPIO0 被配置为输入并作为时钟线 (SCL)。引脚 GPIO1 也被初始化为输入，并作为数据线 (SDA)。两条线都需要一个上拉电阻，要么外接上拉电阻，要么激活内部上拉电阻。主设备通过拉低数据线来传输数据。

在编程模式和调试模式下，I2C 接口由 I2C 固件管理。在这些模式中只有某些 I2C 命令可用，不能执行应用程序代码。内部的上拉电阻由 I2C 处理程序使能。

在正常模式下，I2C (如果需要) 必须由应用程序代码管理。激活 I2C 接口必须设置 I2CEN 位。GPIO0 和 GPIO1 自动设置为内部上拉。端口方向寄存器由 I2C 接口自动管理。

#### 正常模式下，从主设备接收数据

一旦激活，I2C 寄存器将等待一个启动条件。接下来的 8 位数据被解析为设备地址，并与 0x6C 进行比较。如果接收到的地址匹配，就会产生确认 (ACK)，即在第 9 个时钟脉冲上拉低数据线。接下来的 8 位被解析为数据位，并通过拉低数据线来确认。一个数据字节的完整接收由标志 RXRDY 表示。应用程序代码需要轮询该标志并从寄存器 I2CD 中获取数据。RXRDY 必须通过固件写入 0 来清除。对于传入的数据字节重复此过程，直到接收到停止条件。如果 I2C 中断使能，接收器从 I2C 总线上每收到一个字节都将产生中断。

#### 正常模式下，向主设备传输数据

设备地址的最低位作为读写指示符。为使 SNP73X 进入数据传输模式，主机必须发送设备地址 0x6D。

数据传输缓冲区用于 I2C 传输数据，只支持来自芯片的两个字节的消息传输。通过 TXRESET 状态位清除数据传输缓冲区，组成消息的两个字节数据应该被固件写入缓冲区。当两字节的数据已经传输，TXDONE 位被置位。如果 I2C 中断使能，读取两个(或更多)字节时触发 TXDONE 中断，并且在状态位 TXRESET 被固件清除之前不会再次触发。

 注：系统时钟应该至少比 I2C 主设备时钟快 2 倍。

相关寄存器：

- I2CS
- I2CD
- I2CEN

### 5.5.4 UART 接口

SNP73X 有一个硬件 UART 接口。如果使能，引脚 GPIO3 作为 UART-TX，GPIO4 作为 UART-RX。该设备嵌入了两个通用同步/异步接收器/发射器，其通信速度最高可达 2Mbit/s。

Table 5-2 UART 模式选择

MSEL0	MSEL1	模式	描述	波特率
0	0	模式 0	移位寄存器	系统时钟 12 分频
0	1	模式 1	8 位 UART	可编程
1	0	模式 2	9 位 UART	同模式 3
1	1	模式 3	9 位 UART	可编程

$$BaudRate = \frac{f_{SYS\_clk}}{T3L+1}$$

在模式 0 中，串口作为同步发送/接收。8 位数据传输，最低位 (LSB) 在前。波特率固定为系统时钟 1/12。通过将数据写入 UARTBUF 寄存器来启动传输。

在模式 1 中，UART 作为异步发送/接收，8 位数据位，可编程波特率。

定时器 3 T3L 用于产生波特率。通过写入 UARTBUF 寄存器来启动传输。传输的第一个位是起始位(总是 0)，然后是 8 位数据位，之后是一位停止位(总是 1)。

在模式 2 或模式 3 中，串口作为异步发送/接收，9 数据位，可编程波特率。此外，波特率可以通过使用 SMOD 位 (SYSCON3[3] 寄存器)提高一倍。通过写入 UARTBUF 寄存器来启动传输。

在串行接口的模式 2 和模式 3 中接收 9 位的特性可以用于多处理器通信。

相关寄存器：

- UARTCON0
- UARTCON1
- UARTBUF
- SYSCON0(UART\_EN 位)

### 5.5.5 SPI 接口

SPI 可以通过编程作为主设备或从设备。

- 全双工模式
- 主从模式
- 支持 4 种工作模式
- 主模式时钟速率高达外设时钟的 1/2
- 从模式时钟速率高达外设时钟的 1/4
- 串行时钟具有可编程的极性和相位
- 具有中断能力的主模式故障错误标志

- 写冲突的标志保护
- 可编程 8 位数据传输，最高位 (MSB) 在前或最低位 (LSB) 在前
- DMA 模式高达 64 字节的数据传输
- 双向模式

在主模式下，通过写“SPIDAT”寄存器启动传输，发送的数据在串行时钟“scko”跳变沿 (“send\_edge”) 移出引脚“mosio”。同时，接收的数据从引脚“miso”移入 (“capture\_edge”)。

在从模式下，SPI 等待“ssn”引脚变为低电平，“ssn”输入必须保持低，直到传输完成。传输的开始取决于“SPI\_CPHA”位 (寄存器 SPCON1) 的状态。如果“SPI\_CPHA”状态为 0, 从设备必须在第一个“scki”边沿之前准备好数据，并且在“ssn”下降沿启动传输。如果“SPI\_CPHA”的状态为 1, 从设备在“scki”的第一个边沿启动传输。

SPI 中断请求可以由“spif”标志和“modf”标志产生。当传输结束时，“spif”标志由硬件自动置位。当“ssn”输入电平与选择的操作模式不一致 (SPI 配置在主模式，检测到“ssn”低电平) 并且“ssdis”标志被清除时，“modf”标志由硬件自动置位。当“spif”和“modf”标志均被清除时，中断请求被禁用。

当“SPI\_DMA\_EN= 1”时启用 DMA 模式，SPI 使用从 0x80 到 0xBF 的 RAM 地址作为发送缓冲区，并使用从 0xC0 到 0xFF 的 RAM 地址作为接收缓冲区。传输数据的数量可以通过设置 SPIDAT[7:2] 来配置，相邻两字节数据的传输间隔可以通过设置 SPIDAT[1:0] 来配置。当传输结束时，“spif”由硬件置位。在主模式下，当“ssndis = 1”，在 DMA 模式下传输时，“ssn”输出到从设备。

当“BIDIR\_MODE=1”时启用双向模式。在这种模式下，SPI 只使用一个串行数据引脚作为与外部设备的接口。在主模式下，GPIO3 作为串行数据 I/O, GPIO3DIR (GPIODIR[3]) 控制 GPIO3 的方向；在从模式下，GPIO4 作为串行数据 I/O, GPIO4 的方向由 GPIO4DIR (GPIODIR[4]) 控制。在双向模式下，主模式的 GPIO4 和从模式的 GPIO3 不被 SPI 占用，在这种情况下可以用于其他用途。

相关寄存器：

- SPICON0
- SPICON1
- SPIDAT

## 5.6 存储器

基于 8051 的微控制器内核能够处理 64kB 范围的代码存储器。在 SNP73X 中，该地址范围用于以下类型的存储：

- 256 字节 Flash, 用于出厂配置数据
- 6KB 的 Flash 用于应用程序代码(用户代码区)

- 2KB 的 Flash 用于引导加载程序 Bootloader 代码
- 8KB 的 Flash 用于 RomLibrary 代码
- 128 字节的 Flash 用于用户配置数据(用户配置区)
- 128 字节的 Retention RAM (XRAM)
- 256 字节数据 RAM (IRAM)

内存映射如 [Figure 5-4](#) 所示。工厂配置区的内容不能更改，受到锁定字节 lockbyte1 的保护，lockbyte1 是工厂设置的。

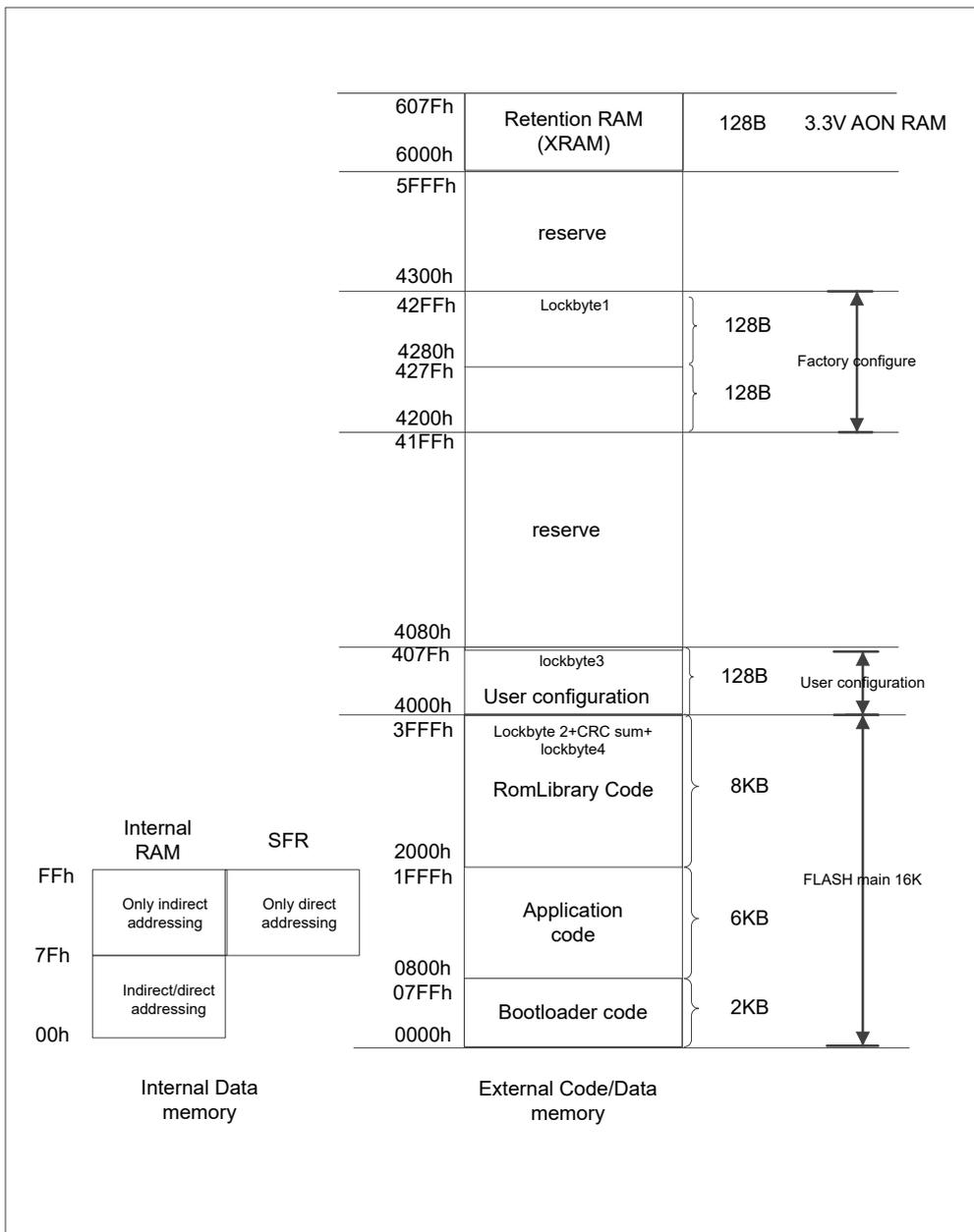


Figure 5-4 Memory map

### 5.6.1 锁定字节 Lockbyte

在每个 FLASH 扇区的末尾都有一个锁定字节，用户可以使能它来保护该扇区不被重写和读取。

将锁定字节设置为 0xFF 将导致一个未锁定的 FLASH 区域，不需要锁定 FLASH 的情况下，禁止写入其它值。编程一个有效的锁定字节值之后，新的锁定字节在下次系统重启后生效。

#### Lockbyte1(LB1):

该锁定字节保护 FLASH 的工厂配置区不被覆盖和擦除。

#### Lockbyte2(LB2) and lockbyte4(LB4):

这两个锁定字节保护 FLASH 主代码区不被覆盖、擦除(除了有限的内部生产测试模式)和读出，以防止应用程序代码的反向读写。

这两个锁定字节必须通过 I2C 接口设置在代码扇区编程序列的末尾。一旦设定，可用的操作模式是有限的。

FLASH 主区域有 128 个页 (page0~page127)，每个页 128 字节。Lockbyte2 保护 FLASH 主范围从低页到高页，但是 Lockbyte4 保护 FLASH 主范围从高页到低页。一旦 Lockbyte2 或 Lockbyte4 不是 0xFF，最后一个页面 (page127)总是被锁定。

Table 5-3 Lockbyte2 锁定范围

Lockbyte2 value	Locked range of FLASH main	Locked address of FLASH main
0xFF	unlocked	none
0xFE	Page0 and page127	0x0000~0x007F and 0x3F80~0x3FFF
0xFD	Page0~page1 and page127	0x0000~0x00FF and 0x3F80~0x3FFF
0xFC	Page0~page2 and page127	0x0000~0x017F and 0x3F80~0x3FFF
...	Page0~pageN and page127	0x0000~[0x0080 * hex(N)+0x007F ] and 0x3F80~0x3FFF
0x00~0x80	Page0~page127	0x0000~0x3FFF

Table 5-4 Lockbyte4 锁定范围

Lockbyte4 value	Locked range of FLASH main	Locked address of FLASH main
0xFF	unlocked	none
0xFE	Page127	0x3F80~0x3FFF
0xFD	Page126~page127	0x3F00~0x3FFF
0xFC	Page125~page127	0x3E80~0x3FFF
...	PageN~page127	[ 0x0080 * hex(N) ] ~0x3FFF
0x00~0x7F	Page0~page127	0x0000~0x3FFF

注： N 取值 从 0 到 127，十六进制 (N) 表示 N 的十六进制值。

#### Lockbyte3(LB3):

这个锁定字节保护 FLASH 扇区(用户配置区)不被覆盖和擦除(除了有限的内部生产测试模式)。这个锁定字节可以通过编程模式下的 I2C 以与设置 Lockbyte2 相同的编程顺序设置，也可以通过软件在 Normal 模式下使用专用库函数来设置。

Table 5-5 显示了 Programming 模式和 Normal 模式下可能的锁定字节设置及其对 FLASH 扇区的影响。

Table 5-5 FLASH 操作权限

Protected Flash sectors	lockbyte2 and lockbyte4	lockbyte3	Values		Unit	
			user code	user config	user code	user config
none	0xFF	0xFF	R <sup>[1]</sup> : yes W <sup>[2]</sup> : yes SE <sup>[3]</sup> : yes CE <sup>[4]</sup> : no	R: yes W: yes SE: yes	R: yes W: yes SE: yes CE: yes	R: yes W: yes SE: yes
user code	not 0xFF	0xFF	R: yes W: no SE: no CE: no	R: yes W: yes SE: yes	R: no W: no SE: no CE: yes	R: yes W: yes SE: yes
user config	0xFF	0x00	R: yes W: yes SE: yes CE: no	R: yes W: no SE: no	R: yes W: yes SE: yes CE: yes	R: yes W: no SE: no
user code/user config	not 0xFF	0x00	R: yes W: no SE: no CE: no	R: yes W: no SE: no	R: no W: no SE: no CE: yes	R: yes W: no SE: no

注： [1] R:读; [2] W:写; [3] SE: 单个扇区擦除; [4] CE:片擦除。

### 5.6.2 Flash 编程

对于在程序模式下编程用户代码区或用户配置区，有两个 I2C 命令可用。使用 Erase-Sectors 命令擦除整个扇区，使用 flash - write - line 命令编写 64 字节长的 flash 行。为了使能锁定字节 LB3，在用 Flash-Write-Line 命令写入对应的行时，锁定字节位置的值必须定义为 0x00。锁定字节 LB2 和 LB4 必须正确定义，这取决于需要锁定的扇区。如果一个锁定字节保持禁用，它的值必须定义为 0xFF。

在正常模式下编程用户配置区，即在运行时，固件函数 FlashWrite() 可用。

注意： 在调用这个固件函数之前，系统时钟必须切换到 2MHz。

### 5.6.3 Retention RAM(XRAM)

为了在设备处于低功耗状态或热保护时保存信息，有 128 字节的 Retention RAM 可用。Retention RAM 映射到 8051 CPU 的外部 RAM 地址空间。因此，在 C 环境中，必须使用 XDATA 指令来定义位于 Retention RAM 区域的变量。

上电后，Retention RAM 的值是随机的，即只要设备连接到电池，在所有状态下，已启用的 Retention RAM 将保持其值。

#### 5.6.4 数据 RAM(IRAM)和特殊功能寄存器 SFR

SNP73X 微控制器内核有一个 256 字节的地址空间用于数据 RAM，可以用于应用程序代码。数据 RAM 的上 128 字节的地址空间 0x80 到 0xFF 与 SFR (特殊功能寄存器) 区共享。通过寻址方法选择两个存储区。如果使用直接寻址，则选择 SFR，如果使用间接寻址，则选择数据 RAM。在低地址寻址范围内的 RAM 可以通过直接或间接寻址来访问。如 [Figure 5-5](#)。

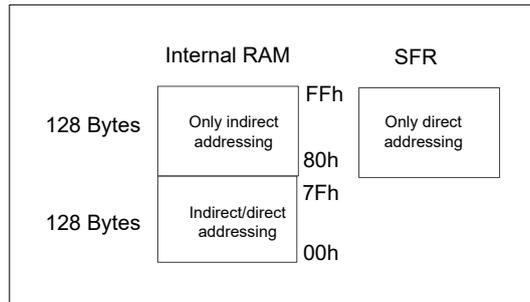


Figure 5-5 RAM/SFR 映射

## 5.7 电源和复位

电源和复位发生器为不同的模块提供电源：

- 模拟模块
- 数字模块
- Retention 内存

此外，该功能块为唤醒控制器提供上电和欠压复位信号(详见 [Chapter 5.2.5](#))。

 注：AVREG 引脚必须连接一个外部电容，以稳定内部电压。此引脚不能用作外部设备的电压电源。

## 5.8 测量接口

测量接口模块是模拟传感器信号和 SNP73X 的数字信号调理域之间的接口。多路复用器为 12 位模数转换器选择下列输入信号之一：

- 压力传感器(位于单独的 MEMS 芯片上)
- 加速度计(位于单独的 MEMS 芯片上)
- 温度传感器

- 电池电压

## 5.9 WAM 接口

SNP73X 有一个用于车轮定位的智能 WAM 接口。如果使能，将检测到固定的相位。在这个固定的相位会产生一个中断。对每个中断对应的 ABS 信息进行统计分析，并用于车轮自动匹配。

## 5.10 RF 发射机

RF 发射机由两部分组成：RF 编码发生器和 PLL/PA(PLL 和 RF 输出功率放大器)。RF 编码发生器从 CPU 接收数据，使用选定的编码格式对其进行编码，将数据传送到 PLL/PA。PLL/PA 根据 RF 编码发生器接收到的串行数据，在指定的时间打开/关闭 PLL/PA 控制信号。

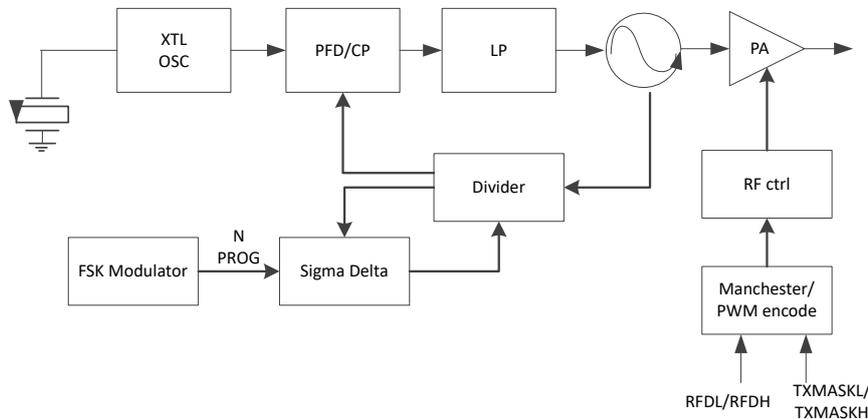


Figure 5-6 RF 发射机框图

### 5.10.1 曼彻斯特 Manchester/PWM 编码器/Mark Space

为了更好地接收数据，比特流通常采用适当的编码方案(如曼彻斯特 Manchester、PWM 等)进行编码。该芯片支持 Mark Space、Manchester 和 PWM 编码格式。

编码格式由以下寄存器位决定：

Table 5-6 编码格式配置表

SYSCON3[0]	SYSCON3 [4]	SYSCON3 [5]	Encode format
1	0	x	Mark Space
0	0	0	Manchester
0	0	1	PWM
0	1	0	Bi-Phase0
0	1	1	Bi-Phase1
1	1	0	DBi-Phase0
1	1	1	DBi-Phase1

以下是不同格式的 RF 编码器输出：

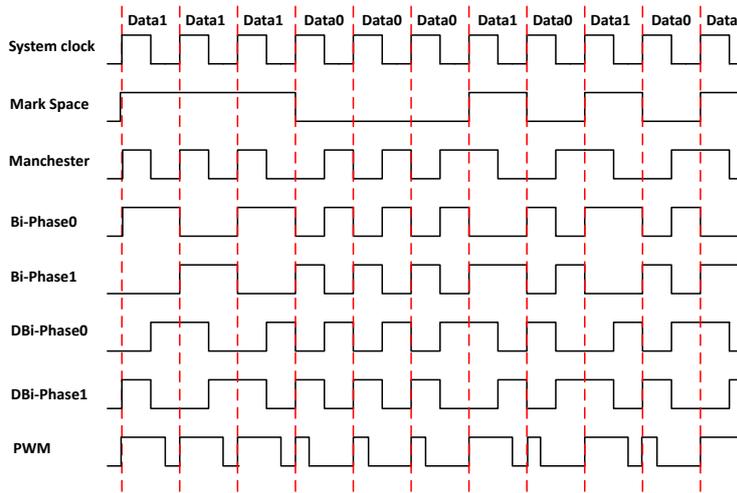


Figure 5-7 RF 编码器

### 5.10.2 SD-PLL

有一个小数 N 分频锁相环 PLL，可以提供 315MHz 和 433.92MHz 输出，时钟源为 24/26/16MHz 晶振。锁相环的输出信号经过内部 PA，通过匹配电路连接到外部天线。

在 ASK 模式下， PLLFREQ0L/ PLLFREQ0H 决定载波频率。在 FSK 模式下，位数据 0 频率由 PLLFREQ0H/PLLFREQ0L 中的 13 位值决定，位数据 1 频率由 PLLFREQ1H/ PLLFREQ1L 中的 13 位值决定。

这些寄存器必须在数据传输之前设置，理想情况下应该在 PLL 调频之前设置。

$$f_{PLL} = f_{PLL\_REF} \times \left( N + \frac{PROG}{2^{13}} \right)$$

其中  $f_{PLL\_REF}$  是 PLL 参考时钟 (12MHz)， PROG 是 PLLFREQ0H/PLLFREQ0L 或 PLLFREQ1H/ PLLFREQ1L 的值， N 是固定的， 它取决于 PLL\_F433\_EN (RFCON1H[4]) 的值。

锁相环的频率限制如下：

Table 5-7 锁相环频率输出 FSK 调制 24MHz

PLL_F433_EN(RFCON1H [4])	N	PROG1(小数)	PROG1(十六进制数)	Frequency of PLL (MHz)
0	26	0	0	312
0	26	2048	0x800	315
0	26	8192	0x2000	323.9985
1	36	0	0	432
1	36	1310	0x51E	433.92
1	36	8192	0x2000	443.9985

### 5.10.3 FSK 调制器

FSK 调制器是 SD-PLL 的一部分。如果 FSK 数据线是低电平，则 SD 调制器生成对应于 FSK 低频的数据流；如果数据线是高电平，则生成对应于 FSK 高频的数据流。FSK 高频和 FSK 低频值由 13 位 PROG 值决定。

$$f_{FSK\_HIGH} = f_{PLL\_REF} \times \left( N + \frac{PLLREQ1}{2^{13}} \right)$$

$$f_{FSK\_LOW} = f_{PLL\_REF} \times \left( N + \frac{PLLREQ0}{2^{13}} \right)$$

### 5.10.4 ASK 调制器

ASK 中心频率是根据 PROG 的 13 位值来决定。

$$f_{ASK\_CENRER} = f_{PLL\_REF} \times \left( N + \frac{PLLREQ0}{2^{13}} \right)$$

### 5.10.5 RF 功率放大器

在 ASK 模式下，PA 与串行传输数据同步切换。在 FSK 模式下，PA 在 PLL 使能和稳定后工作，并且在整个传输期间保持工作。

如果 PLL 在传输期间丢失锁定，PA 将自动停止。在这种情况下，产生 PLL\_LOCK\_ALARM 中断，以提示这一故障。

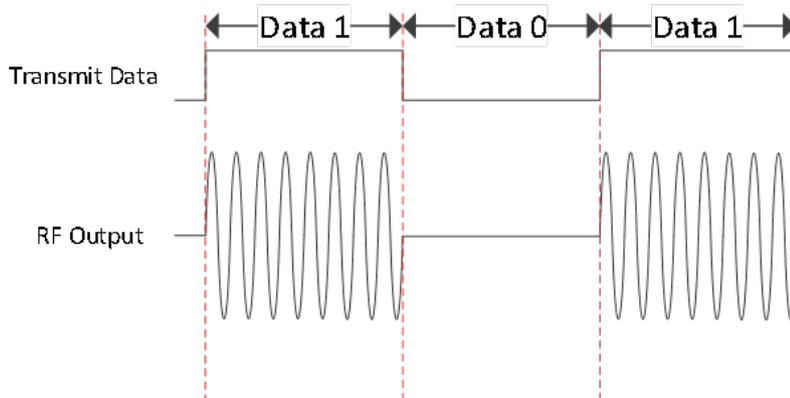


Figure 5-8 ASK 调制

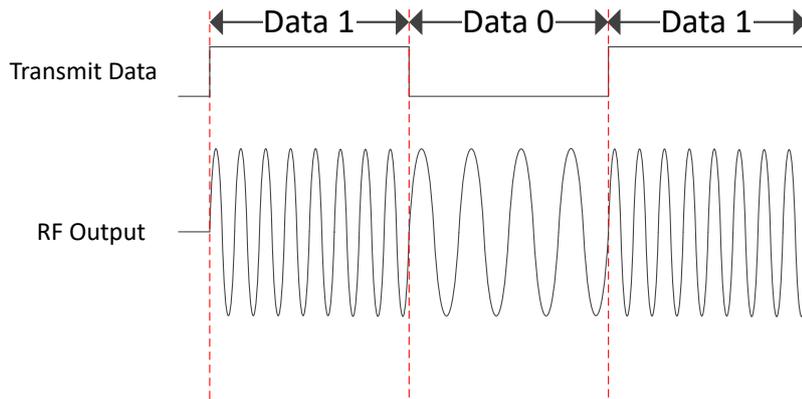


Figure 5-9 FSK 调制

### 5.10.6 晶体振荡器

SNP73X 由一个皮尔斯振荡器产生 RF 传输的参考频率。可选 26MHz/16MHz/24MHz 晶体振荡器。

### 5.10.7 RF 波特率发生器

波特率的设置由以下寄存器位决定：

Table 5-8 RF TX 波特率配置

SYSCON3 [4]	SYSCON3[6]	Mark Space 和 Manchester 波特率计时速率	PWM 波特率计时速率
0	0	1/4	1/6
0	1	1/16	1/24
1	0	1/8	1/12
1	1	1/2	1/3

$$BaudRate = TimingRate \times f_{SYS\_CLK}$$

### 5.11 RF 传输控制器

RF 传输控制器是处理 RF 传输的状态机 (FSM)，不支持 CPU。RF 报文的有效负载需要在应用程序代码中生成，并存储在 RAM 区高 128 字节，从地址 0x80 开始。然后开启 RF 传输控制器，将设备切换到系统空闲状态，以减少耗电。CPU 被暂停，RF 状态机直接访问 RAM，并自动将有效负载的数据字节转移到曼彻斯特/PWM 编码器。RF 传输控制器还通过控制锁相环电路、晶体振荡器和编码器来实现 RF 传输的电源管理。

用户可以使用固件函数 SendRfFrameXtal() 配置 RF 传输。

### 5.12 LF 接收器

LF 载波频率为 125 kHz，用于接收曼彻斯特编码的数据报文，波特率为 3900bit/s。通过载波检测(载波检测模式)或报文模式匹配(报文接收模式)从 POWERDOWN 状态唤醒 SNP73X，有以下几种情况可能使用：

- 读取压力和温度测量

- 读取传感器的 UID
- 切换工作模式
- 更新用户配置数据或用户应用程序

### 5.12.1 LF 模拟前端 (AFE)

通过一个 AGC、两个级联放大器和比较器放大信号。数据被解码、捕获。该模式支持曼彻斯特格式帧。

LF 系统通过灵活配置低频开/关时间 (LF\_LP\_OFFCNT, LF\_LP\_OFFCNTL, LF\_LP\_ONCNT), 并在信号接收时关闭不必要的外围电路, 从而最小化功耗。此外, LF 系统可以自主侦测有效的 LF 信号, 匹配 WAKEID (LFWAKEH LFWAKEL)。打开 LF 唤醒 POWERDOWN 标志使能位 PCON [4] (LF\_WAKE\_EN), 硬件将检查自动模式匹配, 然后决定是否唤醒 MCU 电源。因此, 系统可以保持在一个非常低的功率模式, 直到有效消息被检测到。

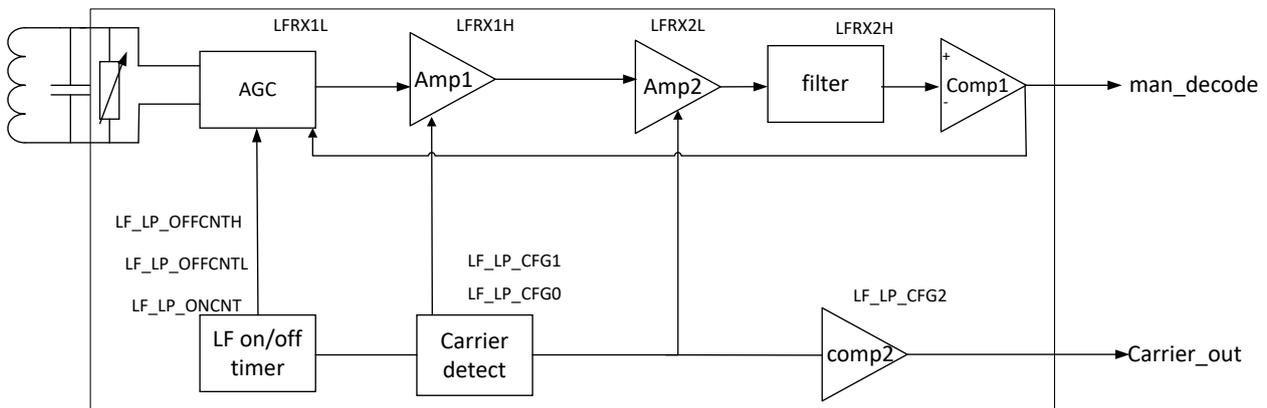


Figure 5-10 AFE

### 5.12.2 LF 数字基带 (DBB)

LF 可以对各种消息协议和报文进行配置, 使其能够在广泛的应用中使用。Block FSM 和计数器将使用模拟部分信号 “man\_decode” 来参考和判断是否收到有效的 LF 消息。SFR LFWORDCNT 可以配置最大的接收数据长度 (单位 16bit)。

报文的前导必须是一系列曼彻斯特编码的比特, 数据速率为 3.906kbps。同步码 (SYNC) 位于前导和数据之间。

同步码是非曼彻斯特编码格式。只有当接收到有效的同步码时, LF 才会接收数据消息, 数据消息可以包含一个 16 位的 WAKEID 值和其他数据字节。报文可以包含任意长度的数据字节, 当 SFR INTL[5] (LFINT\_ON) 被硬件自动置 1 时, 用户可以从 LFRXDH和LFRXDL 中读取, 由 SFR LFWORDCNT 定义最大数据长度 (包括 WAKEID)。通过在数据字节边界检测到非法的曼彻斯特位来指示报文的结束。

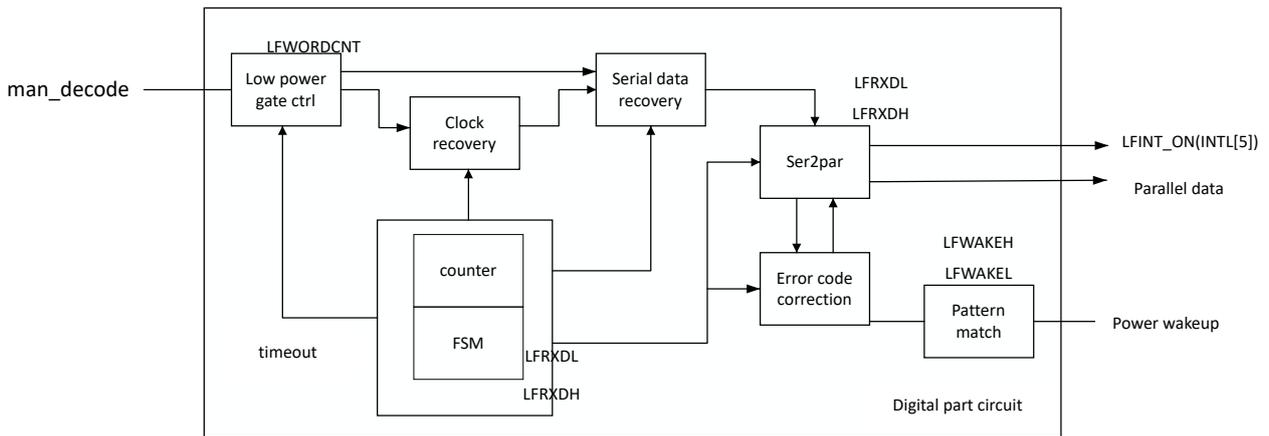


Figure 5-11 LF 数字基带框图

### 5.12.3 LF 报文

LF 报文必须以前导开始，以便让接收器为数据解调建立一个适当的阈值。前导长度必须匹配 LF 数据阈值设置时间。其后是定义同步码。同步码之后是一个 16 位长的唤醒 ID 和任意数量的数据字节。唤醒 ID 和数据字节是曼彻斯特编码的。

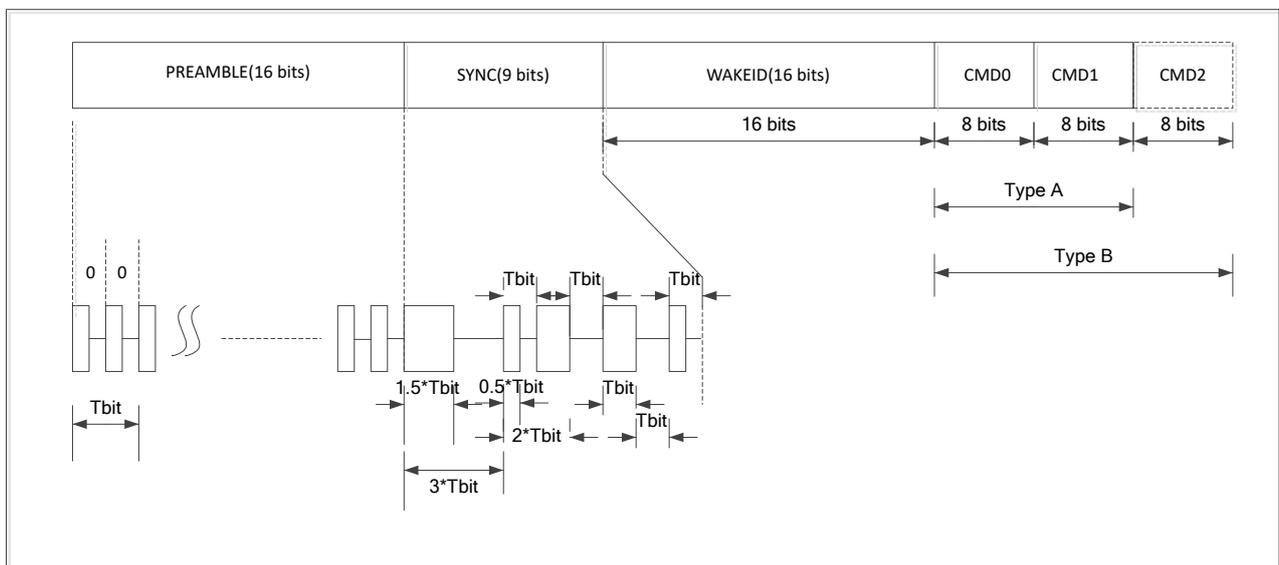


Figure 5-12 LF 报文

### 5.12.4 LF 状态机

相关固件函数：

- LF\_MSG\_RX()
- CD\_MSG\_RX()

### 5.13 I/O 口

SNP739 有 6 个通用 I/O 端口，可以通过 SFR 在应用程序代码中访问。设备上电时，读取 GPIO1~0 输入电平状态。如果状态为 '01'，则进入调试模式；如果状态为 '10'，则进入编程模式，否则进入正常模式。所有的 GPIO 都可以配置为设备从 POWERDOWN 状态唤醒或通过外部数字信号从 IDLE 状态恢复。

如硬件 IIC 被启用，则 GPIO0 用作 SCL 信号，GPIO1 用作 SDA 信号；如启用了硬件 UART，则 GPIO3 用作 TX 信号，GPIO4 用作 RX 信号；如启用了硬件 SPI，则 GPIO2 用作 SSN 信号，GPIO3 用作 MOSI 信号，GPIO4 用作 MISO 信号，GPIO5 用作 SCLK 信号。

每个 GPIO 都有上拉和下拉电阻。在 POWERDOWN 状态和热保护 THERMAL SHUTDOWN 状态下，GPIO 保持其配置。

Table 5-9 GPIO 功能定义

引脚	功能	I/O	描述
GPIO0	I2C SCL	I	I2C 串行时钟线。如 I2CEN 被置位，则设置为 I2C 时钟引脚。弱上拉必须由内部上拉电阻或外部的 I2C 主控提供。
	Port pin I/O	I/O	通用 IO
GPIO1	I2C SDA	I/O	I2C 串行数据。如果 I2CEN 被置位，则设置为 I2C 时钟引脚。弱上拉必须由内部上拉电阻或外部的 I2C 主控提供。
	Port pin I/O	I/O	通用 IO
GPIO2	RF TX data	I	RF 编码器数据输出。 如果 RFTXEN 被置位，则 Manchester/Bi-phase 编码将串行传递给 GPIO2。
	Port pin I/O	I/O	通用 IO
	SPI SSN	I/O	SPI 非 DMA 模式下的从选择输入，主 DMA 模式下的从选择输出。
GPIO3	SPI MOSI	I/O	SPI 的主数据输出或从数据输入。
	UART TXD	O	UART 传输数据输出。
	Port pin I/O	I/O	通用 IO
	TEST signal output	O	Test0 信号输出。
GPIO4	SPI MISO	I/O	SPI 的主数据输入或从数据输出。
	UART RXD	I/O	UART 接收数据输入或 UART 模式 0 接收时钟输出。
	Port pin I/O	I/O	通用 IO
	TEST signal output	O	Test1 信号输出。
GPIO5	SPI SCLK	I/O	SPI 主时钟输出或从时钟输入。
	Port pin I/O	I/O	通用 IO
	EXCLK	I	外部时钟输入作为系统时钟。

相关寄存器：

- GPIODAT
- GPIODATN
- GPIODIR
- GPIOUPD

## 6 应用电路

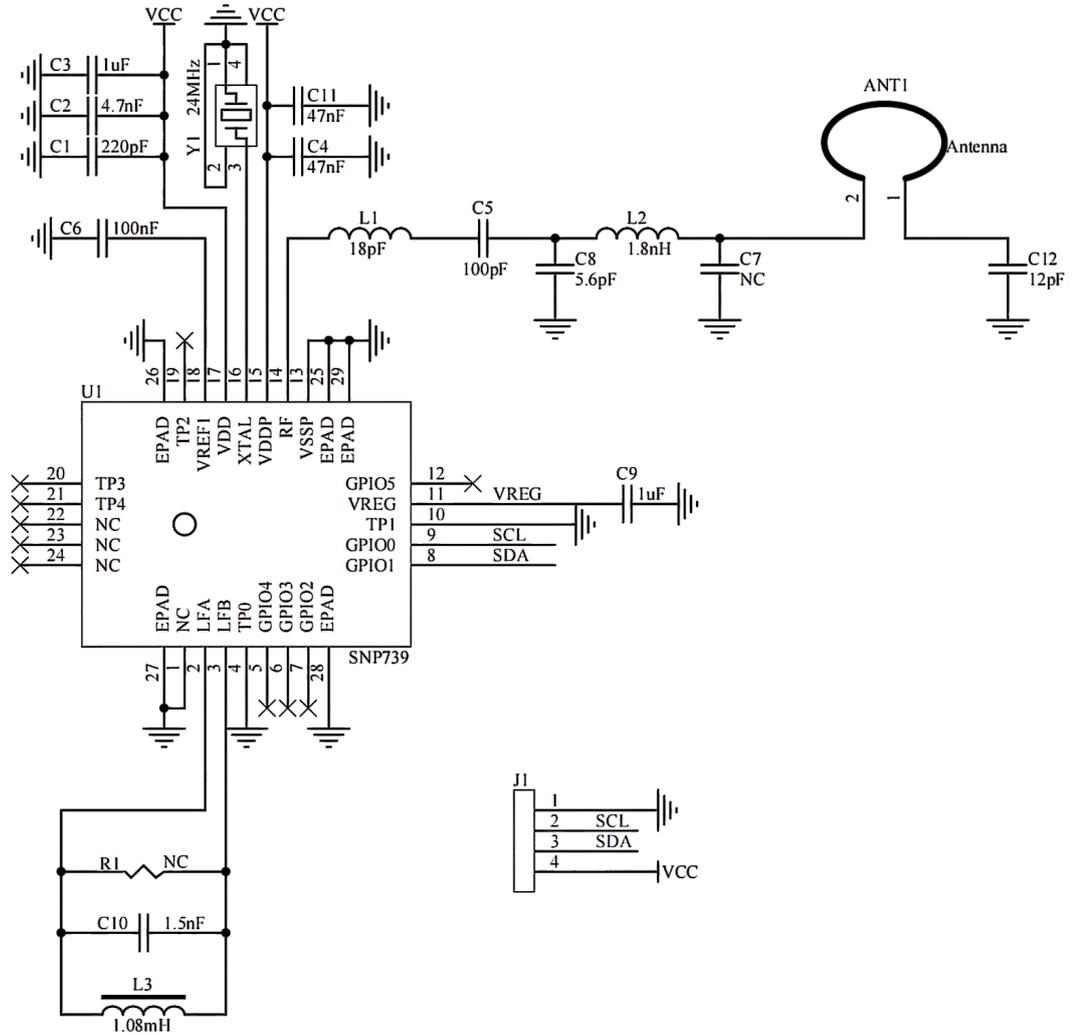


Figure 6-1 应用电路图

注： L1/C5/C8/L2/C7/C12 数值可能会根据不同的天线而改变。

## 7 封装信息

### 7.1 封装尺寸

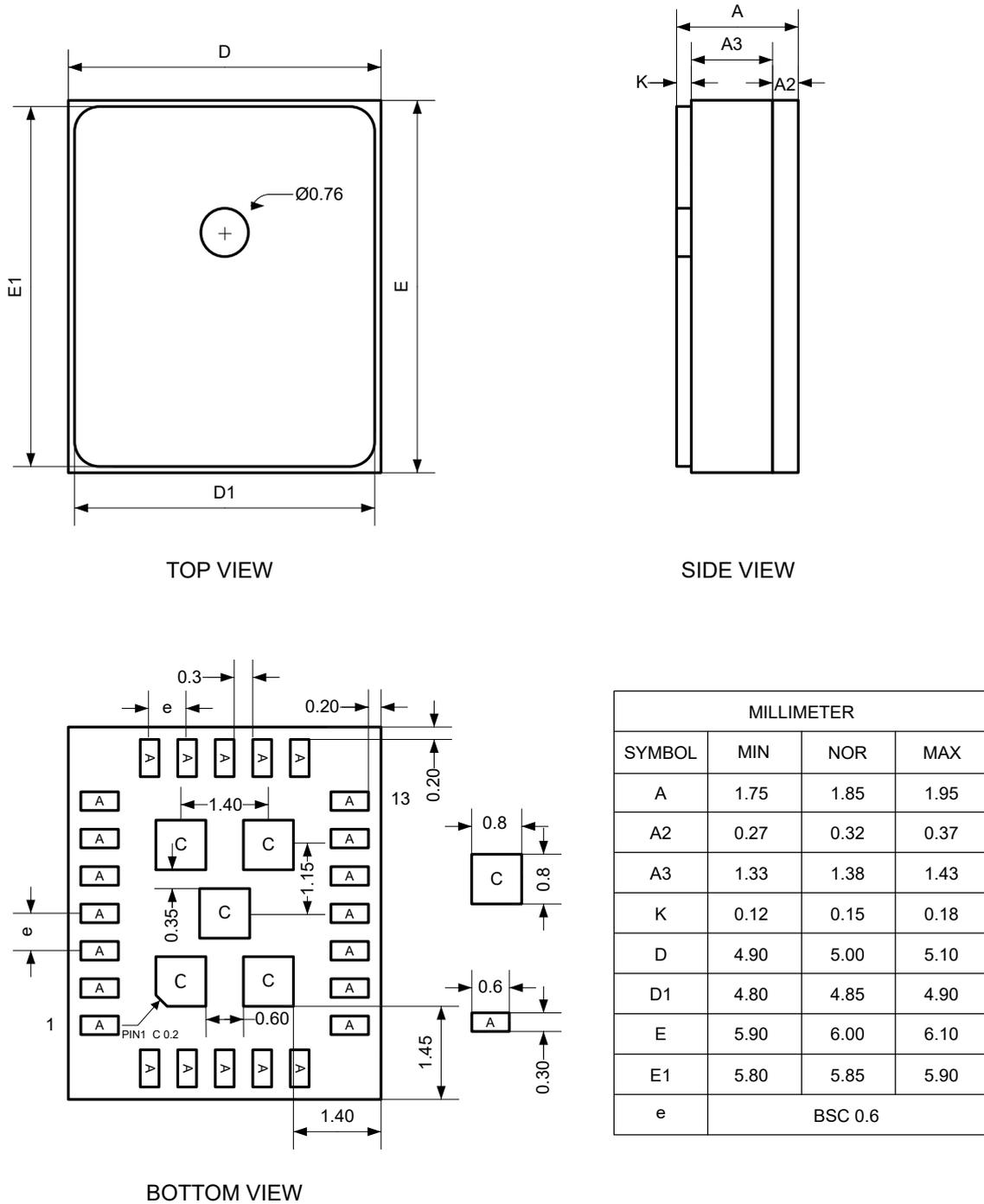


Figure 7-1 封装尺寸

### 7.2 封装参考

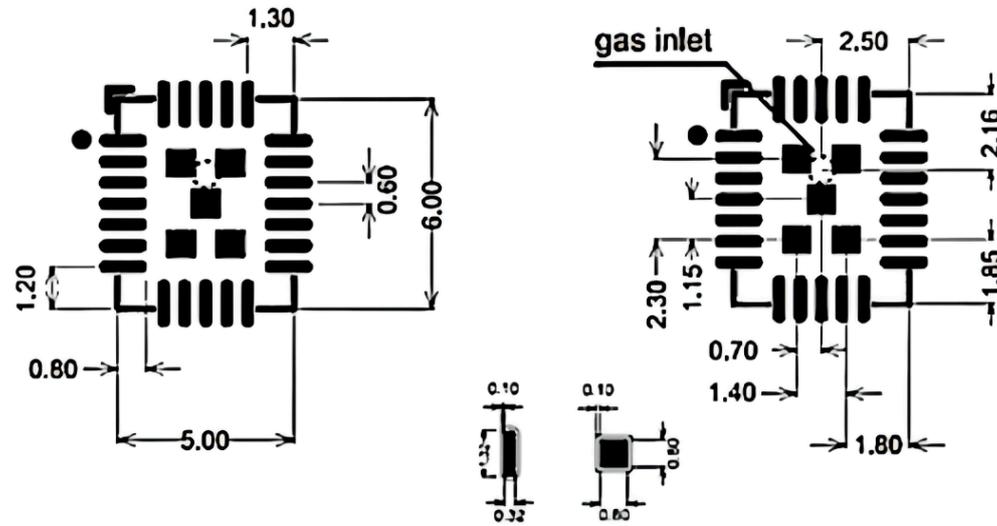


Figure 7-2 封装参考

### 7.3 Marking 信息

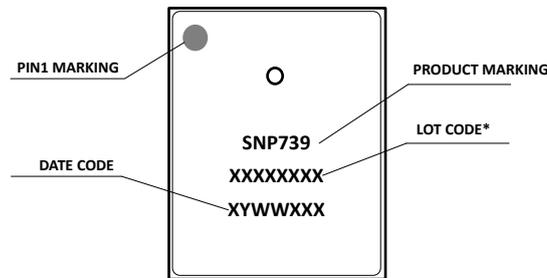


Figure 7-3 Marking 信息

**注:**

1. LOT CODE\*: 前 7 位为批号, 最后 1 位为 3 或 5,3 表示 900kPa, 5 表示 1900kPa。
2. DATE CODE: Y 表示年(当 Y 为“L”时, 表示 2021 年; “M”代表 2022; “N”代表 2023, 以此类推), WW 表示周(当 WW 为“09”时, 表示当年第九周)。

### 7.4 加速度传感器

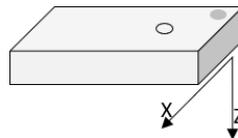


Figure 7-4 加速度传感器方向

## 8 修订记录

Table 8-1 修订记录

版本	日期	说明
1.0	2021/12/10	根据英文版翻译。
1.1	2022/1/21	格式风格统一优化; 新增版权信息及相关申明; Table 3-1 绝对最大额定值表中增加及变更了可靠性测试相关参数; Table 3-2 工作条件表中修改了环境温度范围; 修改系统框图和应用电路图。
1.2	2022/4/11	修改订购信息。
1.3	2022/5/5	修改 Table 3-16 RF 发射机特性; 修改 Figure 7-1 封装尺寸图。
1.4	2022/6/16	删除 Normal 模式下的 SYSTEM IDLE 状态。 修改 Figure 5-2 上电和欠压复位。
1.5	2022/9/26	5.12.3 LF 报文章节: 删除可选的 8 位 唤醒 ID。 Pin 1, Pin 4, Pin 10: 推荐接地。 修改 Table 6-1 应用电路图。
1.6	2023/6/2	修改产品订购信息。