

Si24R2H 芯片手册

超低功耗高性能 125KHz 接收与 2.4GHz GFSK 无线发射单芯片

主要特性

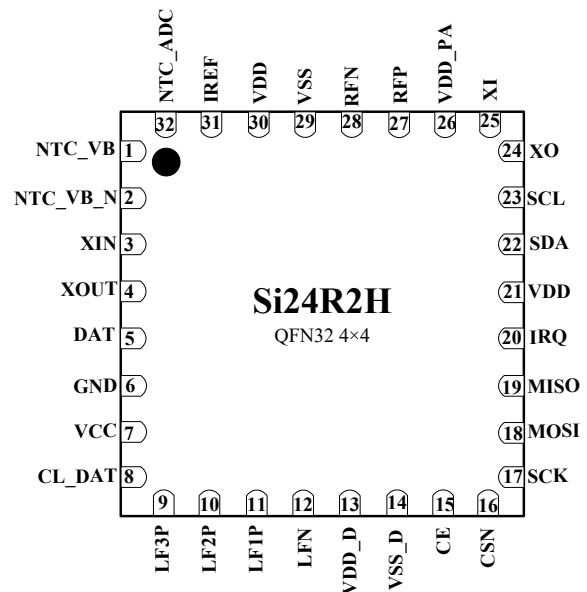
- 发射工作在 2.4GHz ISM 频段
- 发射兼容 BLE 4.2
- 接收工作在 15KHz-150KHz
- 内置 32 次可编程 NVM 存储器
- 3.3V 编程电压
- 集成低电压自动报警功能
- 集成温度报警与防拆卸报警功能
- 集成防冲突通信机制
- 具有超低功耗自动发射/125KHz 触发发射功能
- 内置三通道低功耗 ASK 接收机
- 可编程 16bit/32bit 曼彻斯特编码唤醒
- 125KHz 接收灵敏度 60uVRMS
- 集成 125KHz 触发进出门自动检测功能与位置定位功能
- 集成 125KHz 无线编程功能
- 外接 NTC/SHT21/MLX90615 温度传感器
- 内置 10bit 数字温度传感器
- 内置 3KHz RCOSC 和硬件 Watchdog
- 发射调制方式：GFSK/FSK
- 接收调制方式：ASK
- 发射数据速率：2Mbps/1Mbps/250Kbps
- 最低待机电流 1uA
- 宽电源电压范围：2.1-3.6V（发射）
- 宽数字 IO 电压范围：1.9V-3.6V
- 可编程发射功率：14dBm~-3dBm
- 发射电流：18mA（0dBm）

- 125KHz 最低监听电流 3.3uA
- 最高 10MHz 四线 SPI 接口
- 发射数据硬件中断输出
- QFN32 4x4 封装
- 32.768KHz 晶振可选
- 低成本 16M 晶振：16MHz±20ppm
- 兼容 Si24R1 和 Si24R2X 发射功能

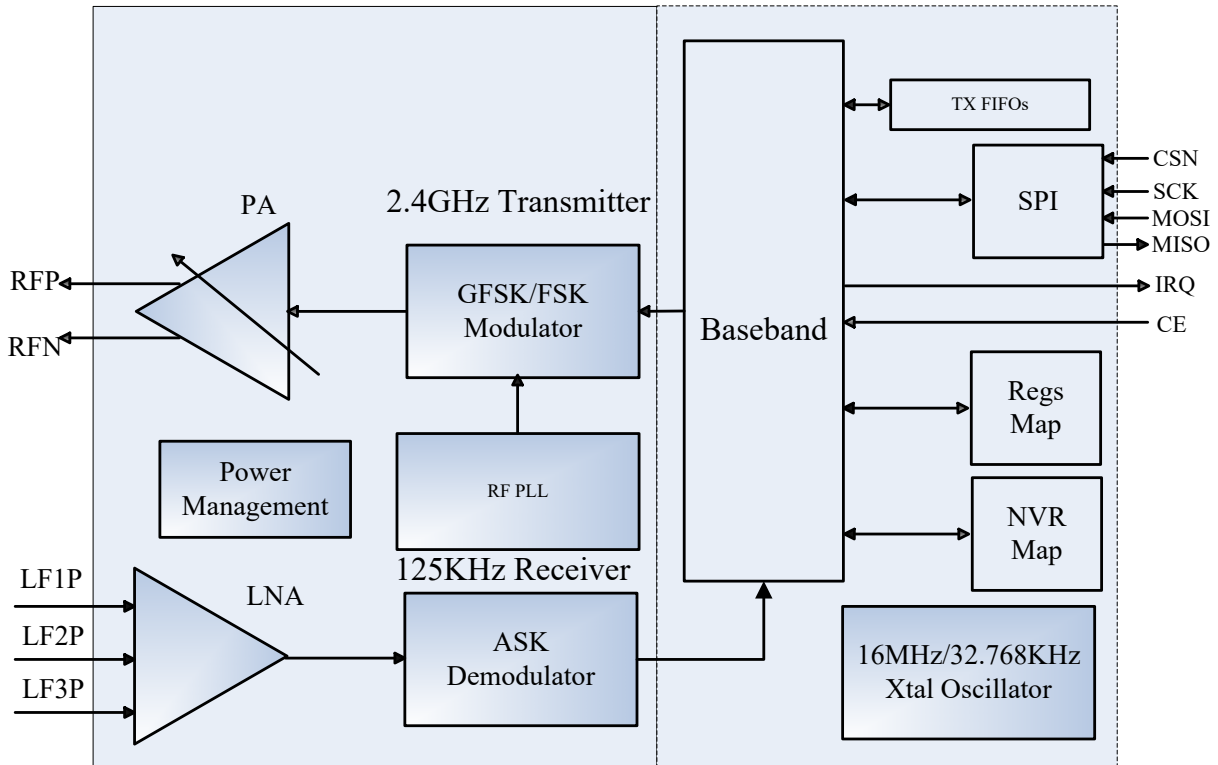
应用范围

- ◆ 超低功耗有源 RFID 系统
- ◆ 智慧校园卡管理系统
- ◆ 电动自行车行驶监管系统
- ◆ 智慧冷链温度运输管理系统
- ◆ 畜牧业动物管理系统
- ◆ 其他物联网系统
- ◆ 汽车 PKE 无钥匙进入

封装图



结构框图



术语缩写

术语	描述	中文描述
ARQ	Auto Repeat-reQuest	自动重传请求
ART	Auto ReTransmission	自动重发
ARD	Auto Retransmission Delay	自动重传延迟
ATR	Auto Transmission	自动发送
BER	Bit Error Rate	误码率
CE	Chip Enable	发射使能信号，复用为防拆解控制信号
CRC	Cyclic Redundancy Check	循环冗余校验
CSN	Chip Select	片选
DPL	Dynamic Payload Length	动态负载长度
GFSK	Gaussian Frequency Shift Keying	高斯频移键控
IRQ	Interrupt Request	中断请求

ISM	Industrial-Scientific-Medical	工业-科学-医学
LSB	Least Significant Bit	最低有效位
Mbps	Megabit per second	兆位每秒
MCU	Micro Controller Unit	微控制器
MHz	Mega Hertz	兆赫兹
MISO	Master In Slave Out	主机输入从机输出
MOSI	Master Out Slave In	主机输出从机输入
MSB	Most Significant Bit	最高有效位
NVM	Non-volatile Memory	非易失性存储器
PA	Power Amplifier	功率放大器
PID	Packet Identity	数据包识别位
PLD	Payload	负载数据
RX	RX	接收端
TX	TX	发射端
PWR_DWN	Power Down	掉电
PWR_UP	Power UP	上电
RF_CH	Radio Frequency Channel	射频通道
RSSI	Received Signal Strength Indicator	信号强度指示器
RX	Receiver	接收机
RX_DR	Receive Data Ready	接收数据准备就绪
SCK	SPI Clock	SPI 时钟
SPI	Serial Peripheral Interface	串行外设接口
TX	Transmitter	发射机
TX_DS	Transmit Data Sent	已发数据
XTAL	Crystal	晶体振荡器
Watchdog	Hardware Watchdog	硬件看门狗

目录

目录.....	4
1 简介.....	5
2 引脚信息.....	7
3 主要参数指标.....	9
3.1 发射部分.....	9
3.1.1 极限参数.....	9
3.1.2 电气指标.....	9
3.2 接收部分.....	11
3.2.1 极限参数.....	11
3.2.2 工作条件.....	11
3.2.3 DC/AC 参数.....	12
3.2.4 电气参数.....	13
4 封装.....	17
5 原理图.....	19
5.1 应用原理图.....	19
5.2 PCB 布线.....	22
6 版本信息.....	23
7 订单信息.....	24
8 技术支持与联系方式.....	25

1 简介

Si24R2H 是一颗工作在 2.4GHz ISM 频段发射和 125KHz 接收，专为超低功耗无线应用场景设计，集成嵌入式基带的无线收发单芯片。发射工作频率范围为 2400MHz-2525MHz，共有 125 个 1MHz 带宽的信道，接收工作频率范围为 15KHz-150KHz。

Si24R2H 采用 GFSK/FSK 数字调制与解调技术。数据传输速率与 PA 输出功率都可以调节，支持 2Mbps,1Mbps,250Kbps 三种发射数据速率。高的数据速率可以在更短的时间完成同样的数据收发，因此可以具有更低的功耗。

Si24R2H 内置三通道 ASK 接收机，可检测 15KHz-150KHz 之间的 LF 载波频率的数据信号，并触发 2.4GHz 发射，发射内容可配置。支持 16 位或 32 位曼彻斯特唤醒模式以及自动进出门方向判断，支持通过 125KHz 接收机实现内部 NVM 无线编程，非常方便批量生产。

Si24R2H 内置多种温度传感器及接口，内部集成 10bit 数字温度传感器，可外接 NTC 电阻或者 SHT21 温湿度传感器及 MLX90615 红外温度传感器，实现人体体温测量。

Si24R2H 支持发射 BLE4.2 标准的数据包，可以方便的向手机传输数据。

Si24R2H 针对低功耗应用场合进行了特别优化，Si24R2H 开启自动发射功能，内部 Watchdog 与内部 RCOSC 时钟工作，内部 Timer 计时器开始计时，芯片工作在睡眠状态下，所有寄存器值与 FIFO 值保持不变，RTC 与看门狗工作，此时待机电流仅为 1uA。当内部 Timer 计时器或 125KHz 触发唤醒，自动发射控制器自动完成数据从 NVM 存储器的装载与发射，数据发射完成后，芯片立即进入睡眠状态。Si24R2H 的平均功耗非常低，特别适合纽扣电池供电的应用系统。

Si24R2H 操作方便，不需要外部 MCU，即可以自动完成数据的装载与发射。NVM 存储器可以存储寄存器配置与发射的数据内容，掉电后不会丢失，数据可保持 10 年以上。在 3.3V 供电电压下，无需外部高压，外部 MCU 可以通过芯片的四线 SPI 接口或者 125KHz 无线完成 NVM 的配置编程，芯片最大可编程次数为 32 次，芯片支持 NVM 加锁，防止 NVM 配置数据回读，保证用户数据安全。

Si24R2H 不需要 32.768KHz 晶振，通过 125KHz 接收机同样可以实现高精度的位置定位，适用于各种物联网应用以及 PKE 无钥匙系统，Si24R2H 具有非常低的系统应用成本，不需要外部 MCU，仅少量外围无源器件即可以组成一个有源 RFID 无线数据收发系统。

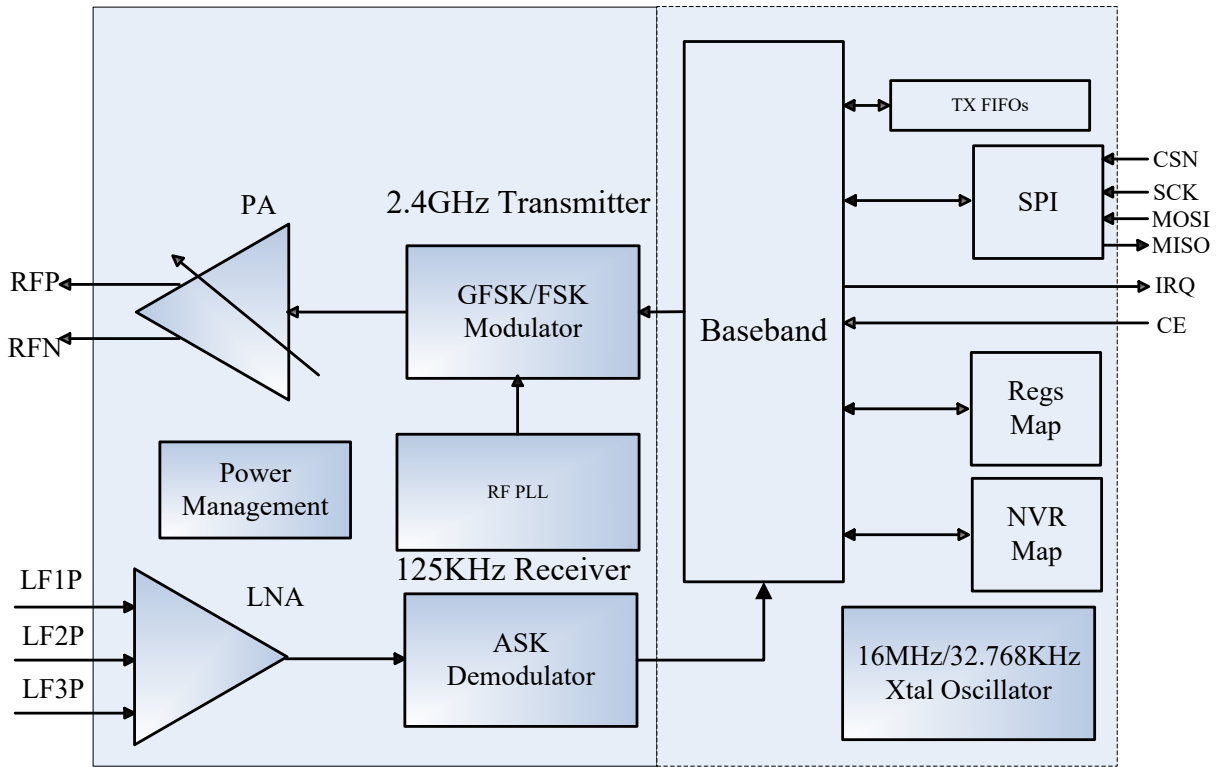


图 1-1 芯片结构框图

2 引脚信息

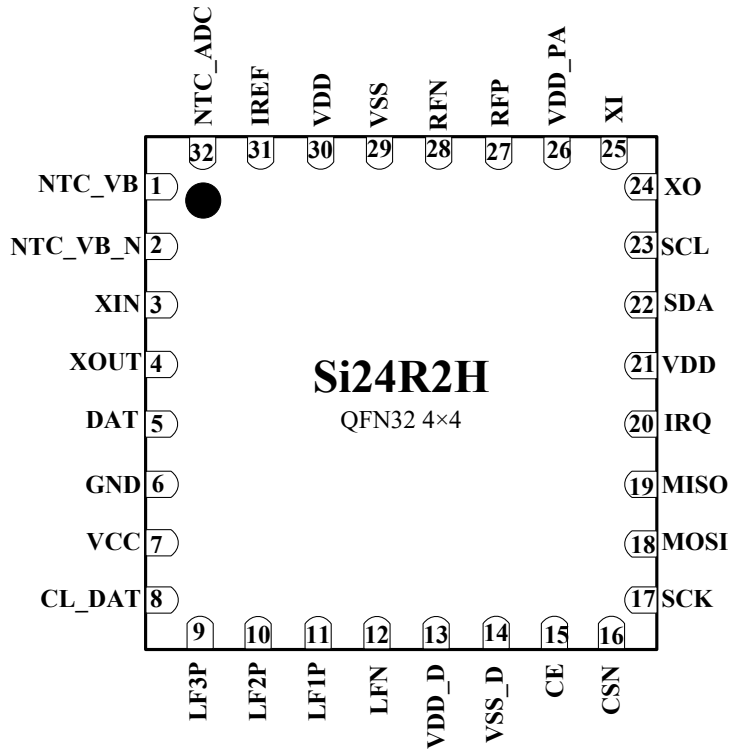


图 2-1 Si24R2H 引脚信息图（QFN32 4×4 封装）

表 2-1 引脚功能描述

端口	端口名称	端口类型	功能描述
1	NTC_VB	AO	NTC 偏置电压
2	NTC_VB_N	A	NTC 偏置电压
3	XIN	AI	32.768KHz 晶体振荡器输入引脚（可选）
4	XOUT	AO	32.768KHz 晶体振荡器输出引脚（可选）
5	DAT	DO	数据输出
6	GND	Power	地（0V）
7	VCC	Power	电源
8	CL_DAT	DO	曼彻斯特恢复时钟
9	LF3P	AI	125KHz 通道 3 输入

10	LF2P	AI	125KHz 通道 2 输入
11	LF1P	AI	125KHz 通道 1 输入
12	LFN	AI	125KHz 通道共用地
13	VDD_D	Power	内部电源
14	VSS_D	Power	地
15	CE	DI	发射使能信号，复用为防拆解控制信号
16	CSN	DI	SPI 片选信号
17	SCK	DI	SPI 时钟信号，按键发射，替换发射控制信号
18	MOSI	DI	SPI 输入信号，按键发射，替换发射控制信号
19	MISO	DO	SPI 输出信号
20	IRQ	DO	可屏蔽中断信号，低电平有效
21	VDD	Power	电源
22	SDA	DIO	I2C 数据，外接温度传感器
23	SCL	DO	I2C 时钟，外接温度传感器
24	XO	AO	16MHz 晶体振荡器输出引脚
25	XI	AI	16MHz 晶体振荡器输入引脚
26	VDD_PA	Power	给内置 PA 供电的电源输出引脚 (+1.8V)
27	RFP	RF	天线接口 1
28	RFN	RF	天线接口 2
29	VSS	Power	地 (0V)
30	VDD	Power	电源
31	IREF	AI	基准电流
32	NTC_ADC	AI	NTC 采集

3 主要参数指标

3.1 发射部分

3.1.1 极限参数

工作条件	最小值	最大值	单位
电源电压			
VDD	-0.3	3.6	V
VSS		0	V
输入电压			
VI	-0.3	5.25	V
输出电压			
VO	VSS to VDD	VSS to VDD	V
总功耗			
		100	mW
温度			
工作温度范围	-40	+85	°C
存储温度	-40	+125	°C
ESD 性能	HBM(Human Body Model): Class 1C		

3.1.2 电气指标

条件: VDD=3V,VSS=0V TA=27°C,晶振 CL=12pF

符号	参数	最小值	典型值	最大值	单位	备注
OP 参数						
VDD	电源电压范围	2.1		3.6	V	ADC工作时,电压要求大于 2.4V

I _{SHD}	Shutdown 电流		1		μA	
I _{sleep}	睡眠状态电流		1		μA	RCOSC, Watchdog ATR Timer 工作
I _{STB}	Standby 模式电流		19		μA	
I _{IDLE}	Idle-TX 模式电流		350		μA	
I _{TX@14dBm}	TX 模式电@14dBm		48		mA	
I _{TX@10dBm}	TX 模式电流@10dBm		31		mA	
I _{TX@4dBm}	TX 模式电流@4dBm		20		mA	
I _{TX@0dBm}	TX 模式电流@0dBm		18		mA	
I _{TX@-3dBm}	TX 模式电流@-3dBm		14		mA	
RF 参数						
F _{OP}	RF 频率范围	2400		2525	MHz	
F _{CH}	RF 信道间隔	1			MHz	2Mbps 时至少为 2MHz
ΔF _{MOD(2Mbps)}	调制频率偏移		±330		KHz	
ΔF _{MOD(1M/250Kbps)}	调制频率偏移		±175		KHz	
R _{GFSK}	数据速率	250		2000	Kbps	
TX 参数						
P _{RF}	RF 输出功率	-3		14	dBm	
P _{BW@2Mbps}	调制带宽		2.1		MHz	
P _{BW@1Mbps}	调制带宽		1.1		MHz	
P _{BW@250Kbps}	调制带宽		0.9		MHz	
P _{RF1}	1 st 邻道功率 2MHz			-20	dBm	
P _{RF2}	2 nd 邻道功率 4MHz			-46	dBm	
晶振参数						
F _{XO}	晶振频率		16		MHz	
ΔF	频偏		±20		ppm	
ESR	等效损耗电阻		100		Ω	

3.2 接收部分

3.2.1 极限参数

超过表 10.2-1 中列出的一项或多项极限参数，可能造成器件的永久损伤。

表 3.2-1 125K 极限参数

符号	描述	最小	最大	单位	附注
VCC	直流供电电压	-0.5	3.6	V	
V _{IN}	输入引脚电压	-0.5	3.6	V	
I _{SOURCE}	输入电流（门锁免疫）	-100	100	mA	
ESD	静电放电	±2		kV	HBM
P _t	总功耗（所有输入和输出）		0.07	mW	
T _{strg}	存储温度	-65	150	°C	
T _{body}	封装体温度		260	°C	
RH _{NC}	相对湿度（非冷凝）	5	85	%	
MSL	湿气敏感等级	3			

3.2.2 工作条件

表 3.2-2 125K 工作条件

符号	描述	最小	典型	最大	单位
VCC	供电电压正极	2.4	3	3.6	V
VSS	供电电压负极	0		0	V
T _{AMB}	环境温度	-40		85	°C

3.2.3 DC/AC 参数

表 3.2-3 125K DC/AC 参数

符号	描述	条件	最小	典型	最大	单位
CMOS 输入						
V _{IH}	高电平输入电压		0.6V _{CC}	0.7V _{CC}	0.8V _{CC}	V
V _{IL}	低电平输入电压		0.12V _{CC}	0.2V _{CC}	0.3V _{CC}	V
I _{LAE} K	输入泄漏电流				100	nA
CMOS 输出						
V _{OH}	高电平输出电压	1mA 负载	V _{CC} -0.4			V
V _{OL}	低电平输出电压	1mA 负载			V _{SS} +0.4	V
C _L	电容负载	1MHz 时钟			400	pF
三态 CMOS 输出						
V _{OH}	高电平输出电压	1mA 负载	V _{CC} -0.4			V
V _{OL}	低电平输出电压	1mA 负载			V _{SS} +0.4	V
I _{OZ}	三态泄漏电流	到 V _{CC} 和 V _{SS}			100	nA

3.2.4 电气参数

表 3.2-4 125K 电气参数

符号	描述	条件	最小	典型	最大	单位
输入特性						
R _{IN}	125kHz 时交流输入阻抗	天线阻尼器不工作 (R1<4>=0)		2		MΩ
F1MAX	频段 1 最大输入频率			150		kHz
F1MIN	频段 1 最小输入频率			95		kHz
F2MAX	频段 2 最大输入频率			95		kHz
F2MIN	频段 2 最小输入频率			65		kHz
F3MAX	频段 3 最大输入频率			65		kHz
F3MIN	频段 3 最小输入频率			40		kHz
F4MAX	频段 4 最大输入频率			40		kHz
F4MIN	频段 4 最小输入频率			23		kHz
F5MAX	频段 5 最大输入频率			23		kHz
F5MIN	频段 5 最小输入频率			15		kHz
电流消耗						
I1CHRC	仅一个通道工作和 RC 振荡器作为时钟在标准监听模式下的电流消耗			4.6		uA
I2CHRC	两个通道工作和 RC 振荡器作为时钟在标准监听模式下的电流消耗			6.6		uA
I3CHRC	三个通道工作和 RC 振荡器作为时钟在标准监听模式下的电流消耗			8.3		uA
I3CHSCRC	三个通道工作和 RC 振荡器作为时钟在扫描模式下的电流消耗			4.5		uA
I3CHOORC	三个通道工作和 RC 振荡	11%占空比		3.3		uA

	器作为时钟在开/关模式下的电流消耗	50%占空比		5.7		
I3CHXT	三个通道工作和晶振作为时钟在标准监听模式下的电流消耗			7.9		uA
IDATA	前导码检测/匹配校验/数据接收模式下的电流消耗 (RC 振荡器)	125kHz 载波频率和 1kbps 数据速率, 输出引脚无负载		9.2		uA
IBOOST	增益提高使能后每个通道增加的电流消耗			150		nA
输入灵敏度						
SENS1	频段 1 下所有通道的灵敏度	125kHz 载波频率, 默认模式, 4 个半位的触发+4 个符号的前导码和单匹配值检测		80		uVrms
SENS1B	增益提高时频段 1 下所有通道的灵敏度	125kHz 载波频率, 默认模式, 4 个半位的触发+4 个符号的前导码和单匹配值检测		60		uVrms
SENS2	频段 2 下所有通道的灵敏度	90kHz 载波频率, 默认模式, 4 个半位的触发+4 个符号的前导码和单匹配值检测		80		uVrms
SENS2B	增益提高时频段 2 下所有通道的灵敏度	90kHz 载波频率, 默认模式, 4 个半位的触发+4 个符号的前导码和单匹配值检测		60		uVrms
SENS3	频段 3 下所有通道的灵敏度	60kHz 载波频率, 默认模式, 4 个半位的触发+4 个符号的前导码和单匹配值检测		80		uVrms
SENS3B	增益提高时频段 3 下所有	60kHz 载波频率, 默		60		uVrms

	通道的灵敏度	认模式, 4 个半位的触发+4 个符号的前导码和单匹配值检测				
SENS4B	增益提高时频段 4 下所有通道的灵敏度	30kHz 载波频率, 默认模式, 4 个半位的触发+4 个符号的前导码和单匹配值检测		60		uVrms
SENS5B	增益提高时频段 5 下所有通道的灵敏度	18kHz 载波频率, 默认模式, 4 个半位的触发+4 个符号的前导码和单匹配值检测		60		uVrms
通道建立时间						
TSAMP	放大器建立时间			250		us
晶振						
FXTAL	频率	与石英有关	25	32.768	45	kHz
TXTAL	启动时间				1	s
IXTAL	电流消耗			300		nA
外部时钟源						
IEXTCL	电流消耗			0.8		uA
FEXTCL	频率		25		45	kHz
RC 振荡器						
FRCNCAL	频率	未校准	25	32.768	45	kHz
FRCCAL32		使用 32.768kHz 参考时钟进行校准	31	32.768	34.5	
FRCCALMAX		校准后最大能达到的频率		45		
FRCCALMIN		校准后最小能达到的频率		23.75		
TRC	启动时间	RC 使能后 (R1<0>=0)			1	s
TCALRC	校准时间		65			参考时钟周期

						的个数
IRC	电流消耗			650		nA
LC 振荡器						
FLCO _{MIN}	最小频率	L=47mH, C=2.3nF		15		kHz
FLCO _{MAX}	最大频率	L=7.2mH, C=150pF		150		kHz
RPAR _{MIN}	最小等效电阻			10		kΩ
调谐电容						
LF1Ptuning	电容	LF1P 的最大内部电容 (步长 1 pF)		31		pF
LF2Ptuning		LF2P 的最大内部电容 (步长 1 pF)		31		pF
LF3Ptuning		LF3P 的最大内部电容 (步长 1 pF)		31		pF

4 封装

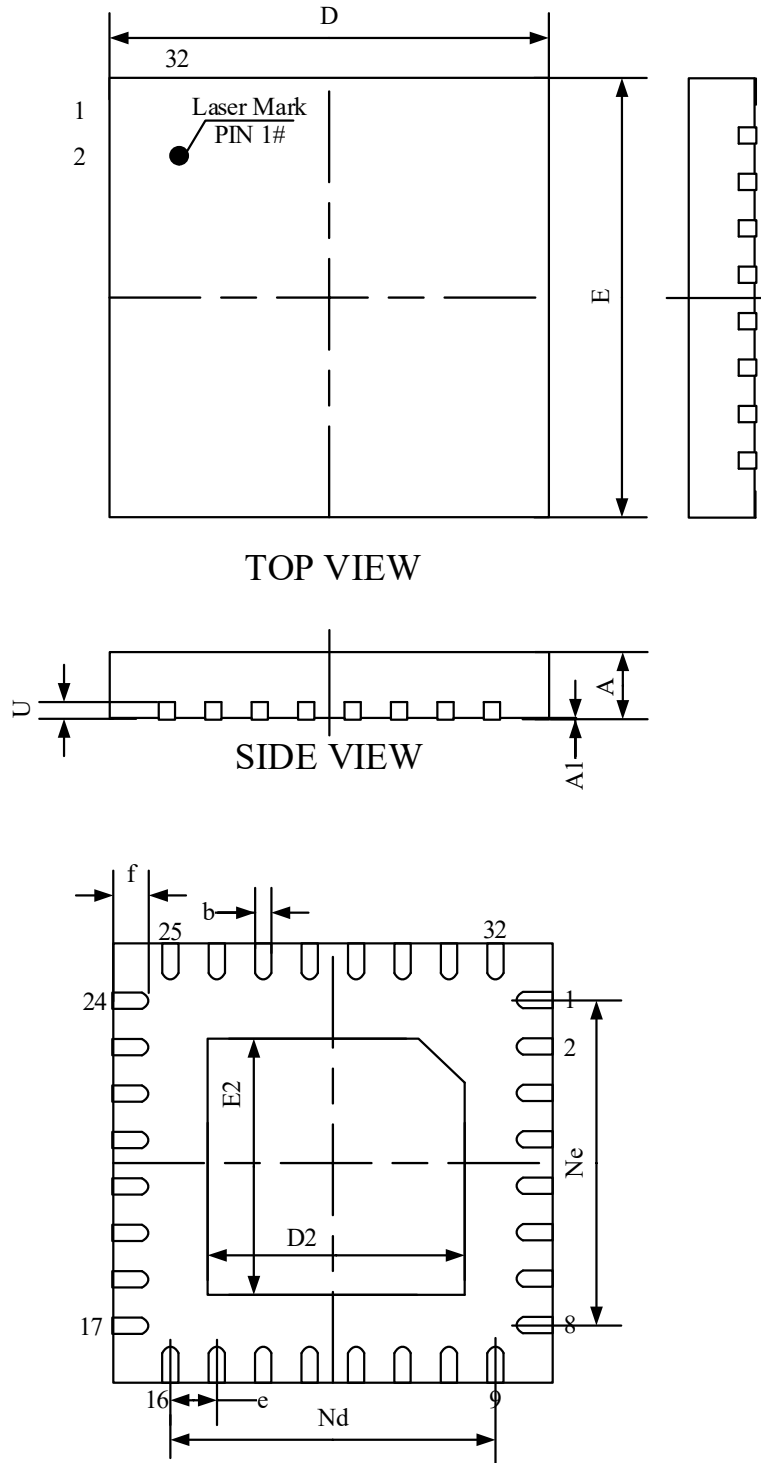


图 4-1 芯片封装(QFN32L)

表 4-1 封装尺寸

SYMBOL	MILLIMETER(mm)		
	MIN	NOM	MAX
A	0.70	0.75	0.80
A1	0	0.2	0.05
b	0.155	0.18	0.205
D	3.9	4	4.1
D2	2.55	2.65	2.75
f	0.375	0.4	0.425
e	0.4BSC		
Nd	2.8BSC		
Ne	2.8BSC		
E	3.9	4	4.1
E2	2.55	2.65	2.75

5 原理图

5.1 应用原理图

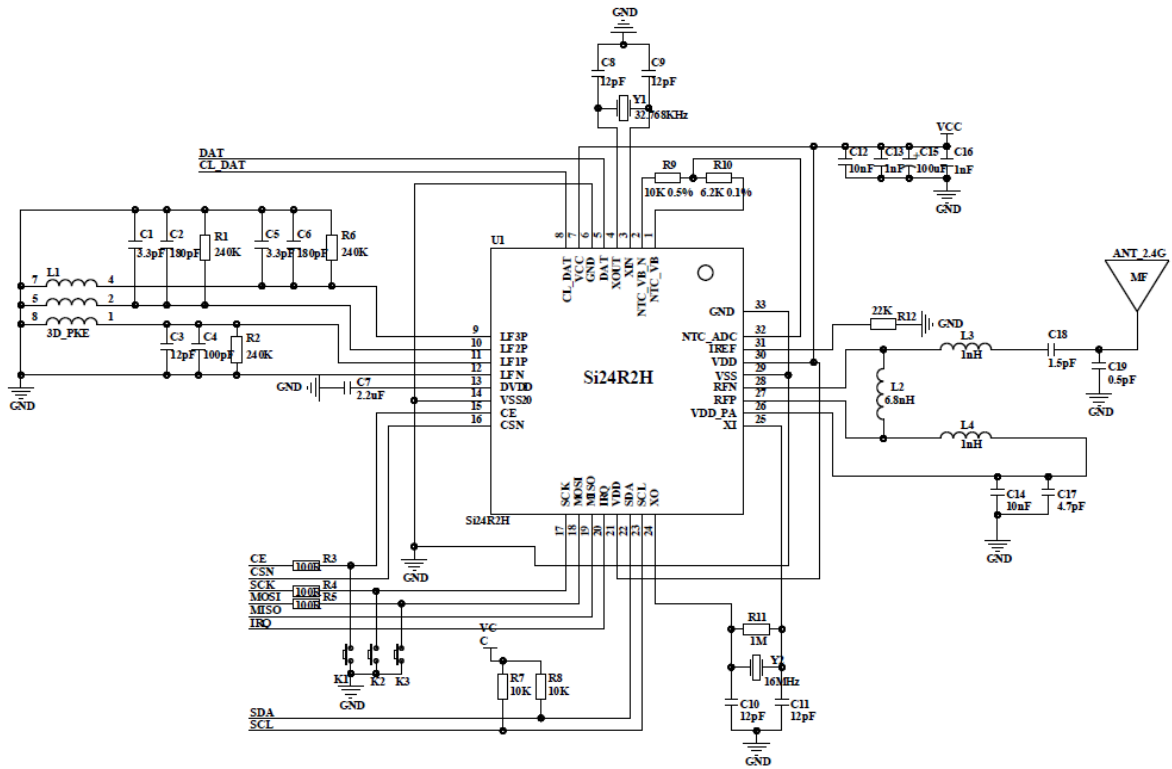


图 5.1-1 多功能应用原理图

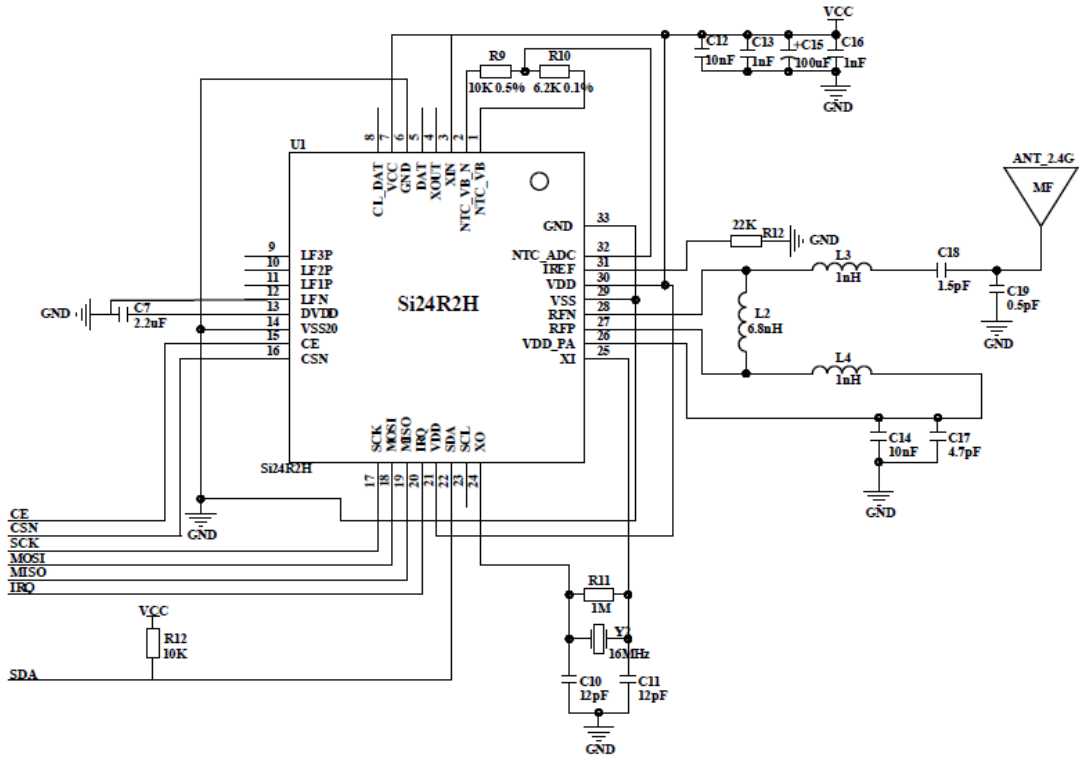


图 5.1-2 NTC 测温 2.4G(BLE)发射应用原理图

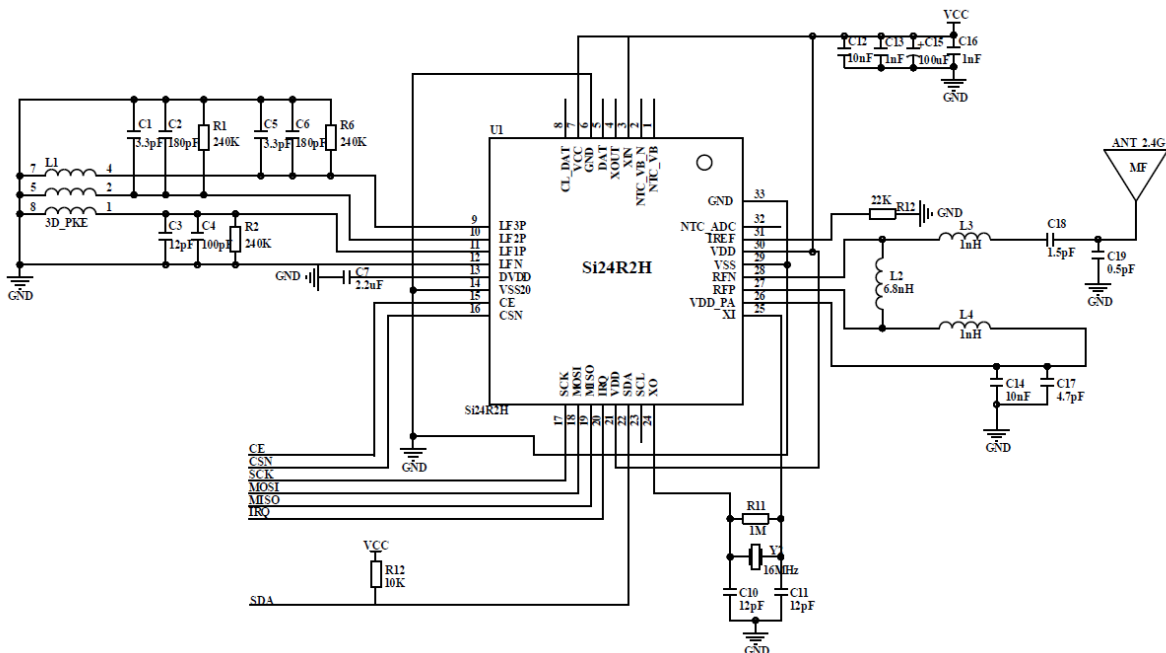


图 5.1-3 2.4G+125K 应用原理图

注：①芯片底部需接地。

②SDA 引脚在不使用外部温度传感器时，也需接上拉电阻至电源。

表 5-1 元器件 BOM 表

器件名称	数值	封装	描述
C8, C9 (可选)	12pF	0402	NPO, $\pm 2\%$
C10, C11	12pF	0402	NPO, $\pm 2\%$
C12	10nF	0402	X7R, $\pm 10\%$
C13, C16	1nF	0402	X7R, $\pm 10\%$
C15 ^a	100uF	1210	$\pm 20\%$
C2, C4 (可选)	150pF	0603	NPO, $\pm 5\%$
C1, C3 (可选)	18pF	0603	NPO, $\pm 5\%$
C5 (可选)	3pF	0603	C0G, $\pm 0.25\text{pF}$
C6 (可选)	180pF	0603	NPO, $\pm 5\%$
C18	1.5pF	0402	NPO, $\pm 0.1\text{pF}$
C19	0.5pF	0402	NPO, $\pm 0.1\text{pF}$
C7	2.2uF	0402	X7R, $\pm 10\%$
C14	10nF	0402	X7R, $\pm 10\%$
C17	4.7pF	0402	C0G, $\pm 0.25\text{pF}$
L1 (可选)	L(3D)	3D_PKE	125KHz 天线
L2	6.8nH	0402	Chip inductor, $\pm 5\%$
L3, L4	1nH	0402	Chip inductor, $\pm 5\%$
R1, R2, R6 (可选)	240K	0603	$\pm 5\%$
R10 (可选)	6.2K	0603	$\pm 0.1\%$
R9-NTC ^b (可选)	10K	0603	$\pm 1\%(\pm 0.5\%)$
R12	22K	0402	$\pm 1\%$
R11 (可选)	1M	0402	$\pm 10\%$
U1	Si24R2H	QFN32 4x4	
Y1 ^c (可选)	32.768KHz	3215	$\pm 20\text{ppm}, \text{CL}=12\text{pF}$
Y2	16MHz	3225	$\pm 20\text{ppm}, \text{CL}=9\text{Pf}\sim 15\text{pF}$

a. 低功耗应用电容漏电必须尽可能小。

b. 普通温度测量 NTC 精度 $\pm 0.5\%$ 或者 $\pm 1\%$ ，体温测量 NTC 精度要求 $\pm 0.1\%$ 。

c. Y1 32.768KHZ 晶振可选，无该晶振不影响接收性能。

5.2 PCB 布线

PCB 布线是上述电路原理图的 PCB 布线注意事项，PCB 板均为 FR-4 双面板，在顶层和底层各有一个敷铜面，顶层和底层的敷铜面通过大量过孔连接，而在天线的下面则没有铜面。芯片底部为地，要求芯片底部 Die Exposed 与 PCB 大面积地相连。射频匹配元件焊盘离周围地的距离至少 0.5mm。

6 版本信息

版本	修改日期	修改内容
V1.0	2022/11/01	增加版本信息

7 订单信息

封装标志

Si24R2H ABBCDEE

Si24R2H:芯片代码

A: 封装日期年代码，5 代表 2020 年

BB:加工发出周记，例如 42 代表是 A 年的第 42 周发出加工

C:封装工厂代码，为 A、HT、NJ 或 WA，也简写为 A、H、N 或 W

D:测试工厂代码，为 A、Z、或 H

EE:生产批次代码

表 6-1 订单信息表

订单代码	封装	包装	最小单位
Si24R2H-Sample	4×4mm 32-pin QFN	Box/Tube	5
Si24R2H	4×4mm 32-pin QFN	Tape and reel	4K

8 技术支持与联系方式

南京中科微电子有限公司 技术支持中心

电话: 025-68517780

地址: 南京市玄武区徐庄软件园研发三区 B 栋 201 室

网址: <http://www.csm-ic.com>

市场销售

手机: 13645157034, 13645157035

邮箱: sales@csmic.ac.cn

技术支持

手机: 13645157034

邮箱: supports@csmic.ac.cn