

LT8901

2.4G 射频芯片

芯片特点

- 包括射频前端和数字基带的单芯片解决方案。
- 支持跳频
- 支持 SPI 和 I2C 接口
- 内置 auto_ack 功能
- 数据率 1Mbps
- 极低功耗
- 支持信号能量检测
- 支持 SOP16 的封装



芯片简介

LT8901 是一款低成本，高集成度的 2.4GHZ 的无线收发芯片，片上集成发射机，接收机，频率综合器，GFSK 调制解调器。发射机支持功率可调，接收机采用数字扩展通信机制，在复杂环境和强干扰条件下，可以达到优良的收发性能。外围电路简单，只需搭配 MCU 以及少数外围被动器件。LT8901 传输 GFSK 信号，发射功率最大可以到 6dBm。接收机采用低中频结构，接收灵敏度可以达到-87dBm。数字信道能量检测可以随时监控信道质量。

片上的发射接收 FIFO 寄存器可以和 MCU 进行通信，存储数据，然后以 1Mbps 数据率在空中传输。它内置了 CRC，FEC，auto-ack 和重传机制，可以大大简化系统设计并优化性能。

数字基带支持 4 线 SPI 和 2 线 I2C 接口，此外还有 Reset，Pkt_flag, Fifo_flag 三个数字接口。

为了提高电池使用寿命，芯片在各个环节都降低功耗，芯片最低工作电压可以到 1.9V，在保持寄存器值条件下，最低电流为 1uA。

芯片采用 SOP16 封装，符合 RoHS 标准。

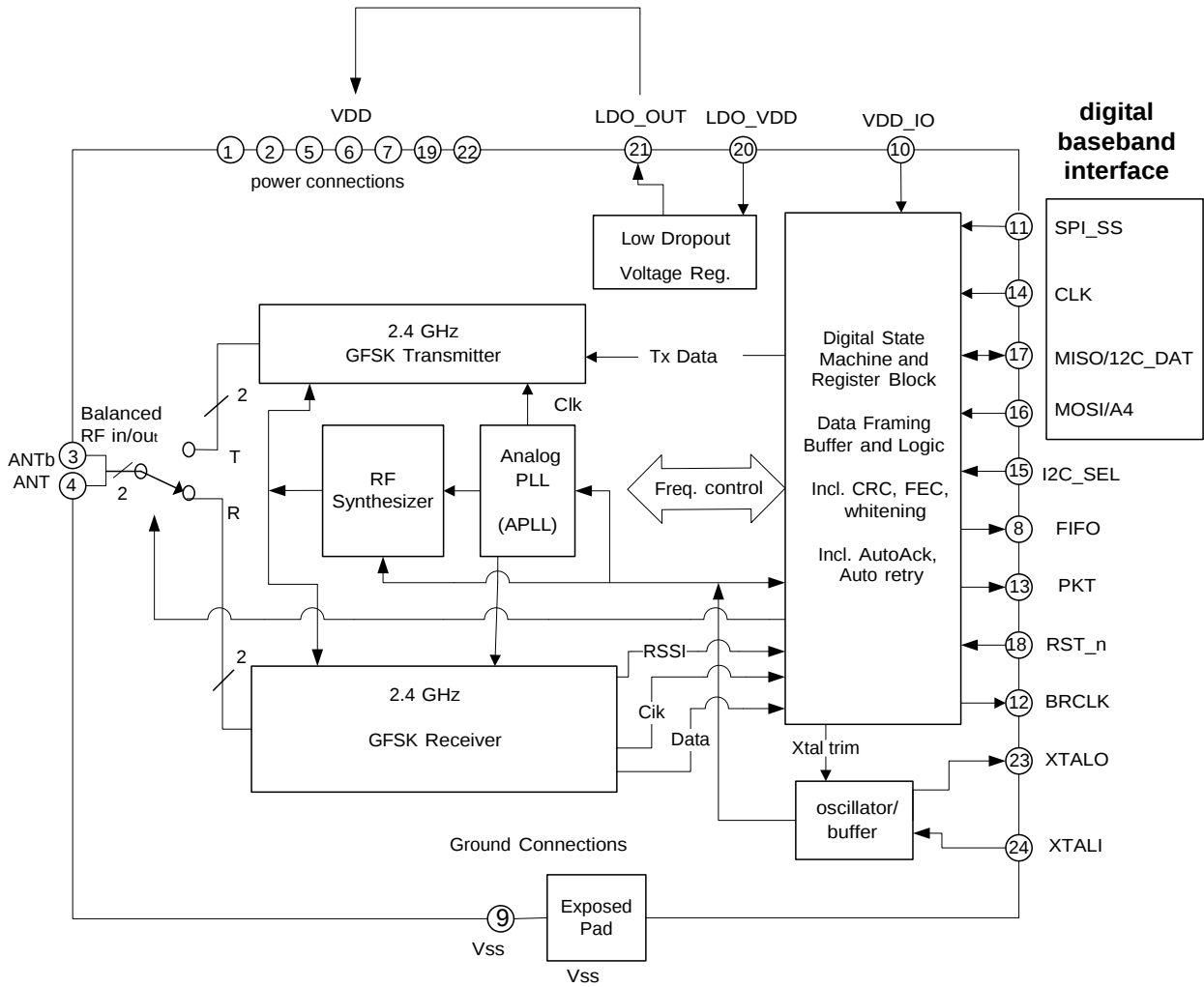
典型应用

- 遥控
- 无线键盘鼠标
- 无线组网
- 智能家居
- 工业和商用近距离通信
- IP 电话，无绳电话
- 机器间相互通信

1.	模块方框图.....	4
2.	极限值	5
3.	电气特性.....	6
4.	典型应用.....	9
5.	管脚描述.....	10
6.	SPI 接口.....	11
6.1.	SPI 默认格式.....	11
6.2.	SPI Optional Format.....	11
6.3.	SPI 时序要求.....	12
7.	IIC 接口.....	13
7.1.	I2C 命令格式.....	13
7.2.	I2C 特性.....	13
7.3.	I2C 器件地址.....	14
8.	状态机框图.....	15
9.	寄存器信息.....	16
9.1.	Register 3 - Read only.....	16
9.2.	Register 6 - Read only.....	16
9.3.	Register 7.....	16
9.4.	Register 9.....	17
9.5.	Register 10.....	17
9.6.	Register 11.....	17
9.7.	Register 23.....	17
9.8.	Register 27.....	18
9.9.	Register 29 - Read only.....	18
9.10.	Register 30 - Read only.....	18
9.11.	Register 31 - Read only.....	18
9.12.	Register 32.....	19
9.13.	Register 33.....	21
9.14.	Register 34.....	21
9.15.	Register 35.....	21
9.16.	Register 36.....	22
9.17.	Register 37.....	22
9.18.	Register 38.....	23
9.19.	Register 39.....	23
9.20.	Register 40.....	23

9.21.	Register 41.....	23
9.22.	Register 42.....	24
9.23.	Register 43.....	24
9.24.	Register 48 - Read only.....	25
9.25.	Register 50.....	25
9.26.	Register 52.....	25
10.	寄存器推荐值.....	27
11.	注意事项.....	28
11.1.	上电和寄存器初始化数据.....	28
11.2.	进入 sleep mode 和唤醒.....	29
11.3.	数据包格式.....	29
11.4.	清空 FIFO 指针.....	29
11.5.	Packet Payload Length.....	29
11.6.	状态机决定包长度.....	31
11.6.1.	发射时序.....	31
11.7.	接收时序.....	33
11.8.	MCU/应用决定包长度.....	35
11.8.1.	FW_TERM_TX= 1.....	35
11.8.2.	FW_TERM_TX= 0 (发射状态).....	37
11.8.3.	FW_TERM_TX= 0 (RX).....	39
11.9.	晶体振荡器.....	41
11.9.1.	Quartz crystal application.....	41
11.9.2.	外部时钟输入.....	41
11.9.3.	减小管脚数.....	42
11.9.4.	CKPHA.....	42
12.	封装形式.....	43
	 错误! 未定义书签。	
13.	IR Reflow Standard.....	44
14.	文档更新历史.....	错误! 未定义书签。

1. 模块方框图



2. 极限值

Table 1. 极限值

Parameter	Symbol	MIN	TYP	MAX	Unit
工作温度.	T _{OP}	-5		+80	°C
存储温度.	T _{STORAGE}	-55		+125	°C
工作电压	V _{IN_MAX}			+3.7	VDC
1.8V 电压	VDD_MAX			+2.5	
I/O 电压	V _{OTHER}	-0.3		+3.7	VDC
输入射频信号强度	P _{IN}			+10	dBm

Notes:

1. 极限值表示芯片在超出此条件工作时，可能会损坏。芯片在建议工作值范围内功能正常。
2. 芯片对静电比较敏感，在运输和存储时，最好使用防静电设备，用机器或手工焊接时要有良好的接地。

3. 电气特性

Table 2. 电气特性

下面的电气特性都是在 $T_A = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, $LDO_VDD = VDD_IO = 3.3\text{ VDC}$ 条件下得到的。

Parameter	Symbol	MIN	TYP	MAX	Units	Test Condition and Notes
工作电压						
直流工作电压		1.9		3.6	VDC`	Input to VDD_IO and LDO_VDD pins.
工作电流						
TX 工作电流	IDD_TXH		18		mA	POUT =2dBm
	IDD_TXL		12		mA	POUT = low power setting
RX 工作电流	IDD_RX		17		mA	
Idle mode 工作电流	IDD_IDLE1		1.4		mA	Configured for BRCLK output running.
	IDD_IDLE2		1.1		mA	Configured for BRCLK output OFF.
Sleep mode 工作电流	IDD_SLP		1		uA	
数字输入						
高电平电压	VIH	0.8 VDD_IN		1.2 VDD_IN	V	
低电平电压	VIL	0		0.8	V	
输入电容	C_IN			10	pF	
输入漏电	I_LEAK_IN			10	uA	
数字输出						
高电平电压	VOH	0.8 VDD_IN		VDD_IN	V	
低电平电压	VOL			0.4	V	
输出电容	C_OUT			10	pF	
输出漏电	I_LEAK_OUT			10	uA	
SPI 电平边沿时间	T_RISE_OUT			5	nS	
时钟信号						
SPI 时钟沿上升下降时间	Tr_spi			25	nS	Requirement for error-free register reading, writing.
SPI 时钟速度	FSPI	0	12		MHz	
收发器特性						
工作频率	F_OP	2400		2482	MHz	
天线端口差异 (Z0=50Ω)	VSWR_I		<2:1		VSWR	Receive mode.
	VSWR_O		<2:1		VSWR	Transmit mode.

Parameter			Symbol	MIN	TYP	MAX	Unis	Test Condition and Notes	
Receive Section								Measured using 50 Ohm balun. For BER ≤ 0.1%:	
接收灵敏度					-87		dBm	FEC off.	
最大输入功率				-20	1		dBm		
数据率			Ts		1		us		
抗干扰特性								For BER ≤ 0.1%	
	同频干扰		CI_cochannel		+9		dB	-60 dBm desired signal.	
	1MHz 相邻信号干扰		CI_1		+6		dB	-60 dBm desired signal.	
	2MHz 相邻信号干扰		CI_2		-12		dB	-60 dBm desired signal.	
	3MHz 相邻信号干扰		CI_3		-24		dB	-67 dBm desired signal.	
带外干扰			OBB_1	-10			dBm	30 MHz to 2000 MHz	Meas. with ACX BF2520 ceramic filter 2 on ant. pin . Desired sig. -67 dBm, BER ≤ 0.1%.
			OBB_2	-27			dBm	2000 MHz to 2400 MHz	
			OBB_3	-27			dBm	2500 MHz to 3000 MHz	
			OBB_4	-10			dBm	3000 MHz to 12.75 GHz	
Transmit Section								Measured using 50 Ohm balun3:	
发射功率			PAV			6	dBm	POUT= maximum output power Reg09=0x4800	
					2			POUT = nominal output power, Reg09=0x1840	
				-17				POUT=minimum output power,Reg09=1FC0	
二次谐波					-50		dBm	Conducted to ANT pin.	
三次谐波					-50		dBm	Conducted to ANT pin.	
调制特性									
	最大频偏	00001111 pattern	Δf1avg		280		kHz		
		01010101 pattern	Δf2max		225		kHz		
带内辐射									
	2MHz 频偏		IBS_2			-40	dBm		
	>3MHz 频偏		IBS_3			-60	dBm		
带外辐射			OBS_O_1		< -60	-36	dBm	30 MHz ~ 1 GHz	
			OBS_O_2		-45	-30	dBm	1 GHz ~ 12.75 GHz, excludes desired signal and harmonics.	
			OBS_O_3		< -60	-47	dBm	1.8 GHz ~ 1.9 GHz	
			OBS_O_4		< -65	-47	dBm	5.15 GHz ~ 5.3 GHz	

Note:

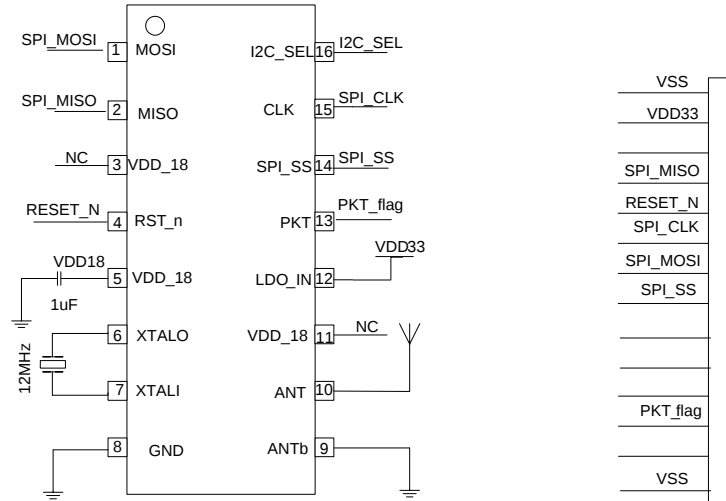
- 测试是在 2460MHz 频率下进行, 干扰信号以 1MHz 间隔测试。同时因为干扰信号的谐波会影响性能, 所以要对其进行良好的滤波。
- 在一些应用中, 天线前端会加上滤波器, 或者受到天线有效带宽的限制。

Parameter	Symbol	MIN	TYP	MAX	Unit	Test Condition and Notes	
射频VCO 和PLL							
PLL 锁定范围	FLOCK	2366		2516	MHz		
发射接收机频偏			--		ppm	Same as XTAL pins frequency tolerance	
信道宽度			1		MHz		
单边带相位噪声			≤ -95		dBc/H z	550kHz offset	
			≤ -115		dBc/H z	2MHz offset	
晶体频率			12.00 0		MHz	Designed for 12 MHz crystal reference freq.	
芯片内部晶体调节范围			±20		ppm	See Register 27 description.	
						Amount of pull depends on crystal spec. and operating point.	
PLL 稳定时间	THOP		75	150	uS	Settle to within 30 kHz of final value.	
辐射	OBS_1		< -75	-57	dBm	30 MHz ~ 1 GHz	IDLE state, Synthesizer and VCO ON.
	OBS_2		-68	-47	dBm	1 GHz ~ 12.75 GHz	
LDO 电压							
压降范围	Vdo		0.17	0.5	V	Measured during Receive state	

4. 典型应用

使用 SPI 接口的无线收发器

Figure 1. LT8901 典型应用电路



注: PIN3 和 PIN11 内部和 PIN5 相连不需要连其他外围

5. 管脚描述

Table 3. 管脚描述

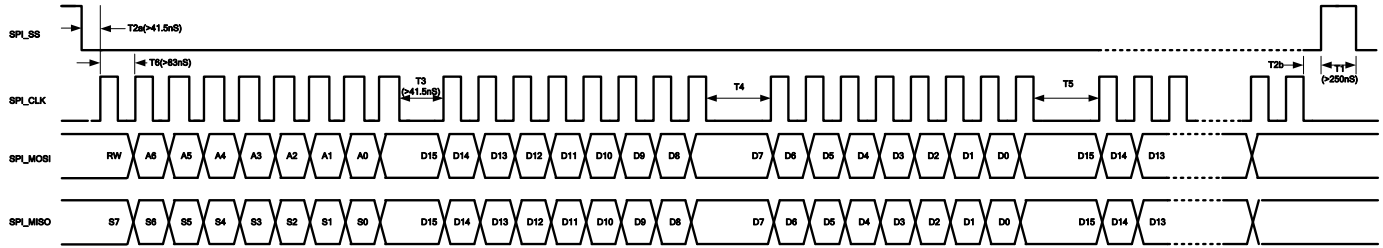
Pin No.	Pin Name	Type	Description
1	MOSI	Input	SPI:SPI data 输入脚
2	MISO	output	SPI: SPI data 输出脚
3	VDD_18	Power	1.8V 电源
4	RST_n	Input	当 RESET_N 为低时, 将关闭芯片, 电流<1uA, 数字部分的值也会失去。如果想保留数字寄存器的值, 可以进入 sleep 模式。 当 RST_n 为高时, 将开启芯片, 寄存器将回复复位值
5	VDD_18	Power	1.8V 电源
6	XTALO	A O	晶体振荡器输出脚
7	XTALI	A I	晶体振荡器输入脚
8	GND	Power	地
9	ANT_b	射频输出	Balanced RF
10	ANT	射频输入	Balanced RF
11	VDD_18	Power	1.8V 电源
12	LDO_IN	Power	片上 LDO 输入电压
13	PKT	output	发射/接收状态标志位 可通过设置为高或低有效
14	SPI_SS	input	SPI_SS 为 0, 使能 SPI 信号, 低电平有效, 也可以使芯片进入 sleep mode
15	CLK	Input	SPI/I2C 时钟输入脚
16	I2C_SEL	Input	SPI/I2C 模式选择脚(拉高为 I2C 模式, 拉低为 SPI 模式)

6. SPI 接口

6.1. SPI 默认格式

Figure 2. 当 CKPHA=1 时, SPI 为下降沿采样

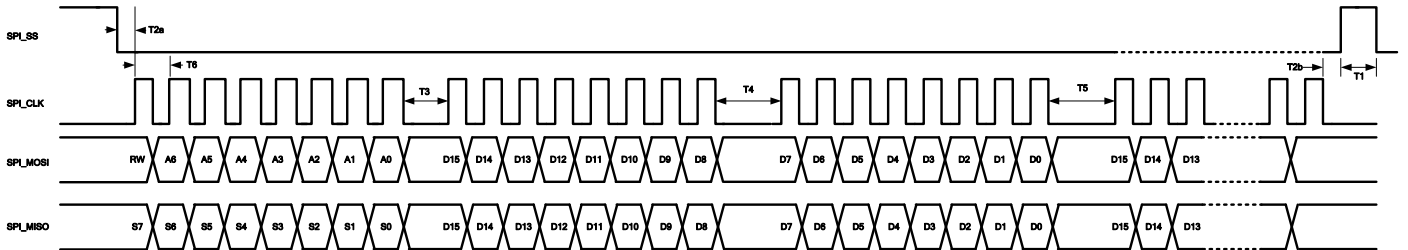
(为封装片的标准格式)



6.2. SPI Optional Format

Figure 3. 当 CKPHA=0 时, SPI 为上升沿采样

(在 COB 时可以选择)



Notes:

1. SPI 读写位: 写= 0, 读= 1.
2. 访问 FIFO 寄存器 50 时, 可以一字节一字节读 (8-bits 的整数倍)。访问多个 FIFO 数据时可以用一个 SPI_SS 周期。
3. 访问除 FIFO 外的其他寄存器时, 一次要读 16-bits。
4. 访问除 FIFO 外的其他多个寄存器时, 可以用一个 SPI_SS 周期。此时, 地址只要写一次, 然后是 16-bits。当写完一个寄存器值后, LT8901 会自动增加寄存器地址。
5. MISO 输出的 S7: S0 和寄存器 48 是一样的 (包括 CRC 结果, FEC 错误标志和状态机指针)。

6.3. SPI 时序要求

Table 4. SPI 时序要求

Name	Min	Typ.	Max	Description
T1	250ns			两次 SPI 访问的间隔时间
T2a, T2b	41.5ns			SPI_SS 和 SPI_CLK 的间隔
T3	Note 1			地址和数据间隔时间
T4	Note 1			高位字节和低位字节的时间间隔
T5	Note 2			两个寄存器数据的时间间隔
T6	83ns			SPI_CLK 时钟周期

Notes:

1. 在访问寄存器 50 中的 FIFO 数据时，芯片需要 450nS 去找到正确的读 FIFO 读取的指针地址。
2. 当读寄存器 50 中的 FIFO 数据时，至少需要等 450nS
读其他寄存器时， $T5_{min} = 41.5ns$.

7. IIC 接口

7.1. I2C 命令格式

Figure 4. I2C 数据传输

Example I2C Data Transfers:

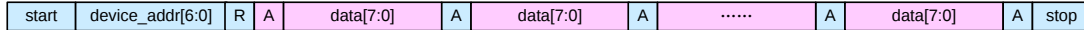
Master write 1 or more data bytes to LT8900 FIFO register:



Master writes 1 byte to LT8900 to specify FIFO register, then reads one or more bytes from LT8900 FIFO:



Master may continue reading LT8900 FIFO:



Sr: Repeated Start
A: Acknowledge

Master to Slave

Slave to Master

7.2. I2C 特性

Table 3. I2C 特性列表

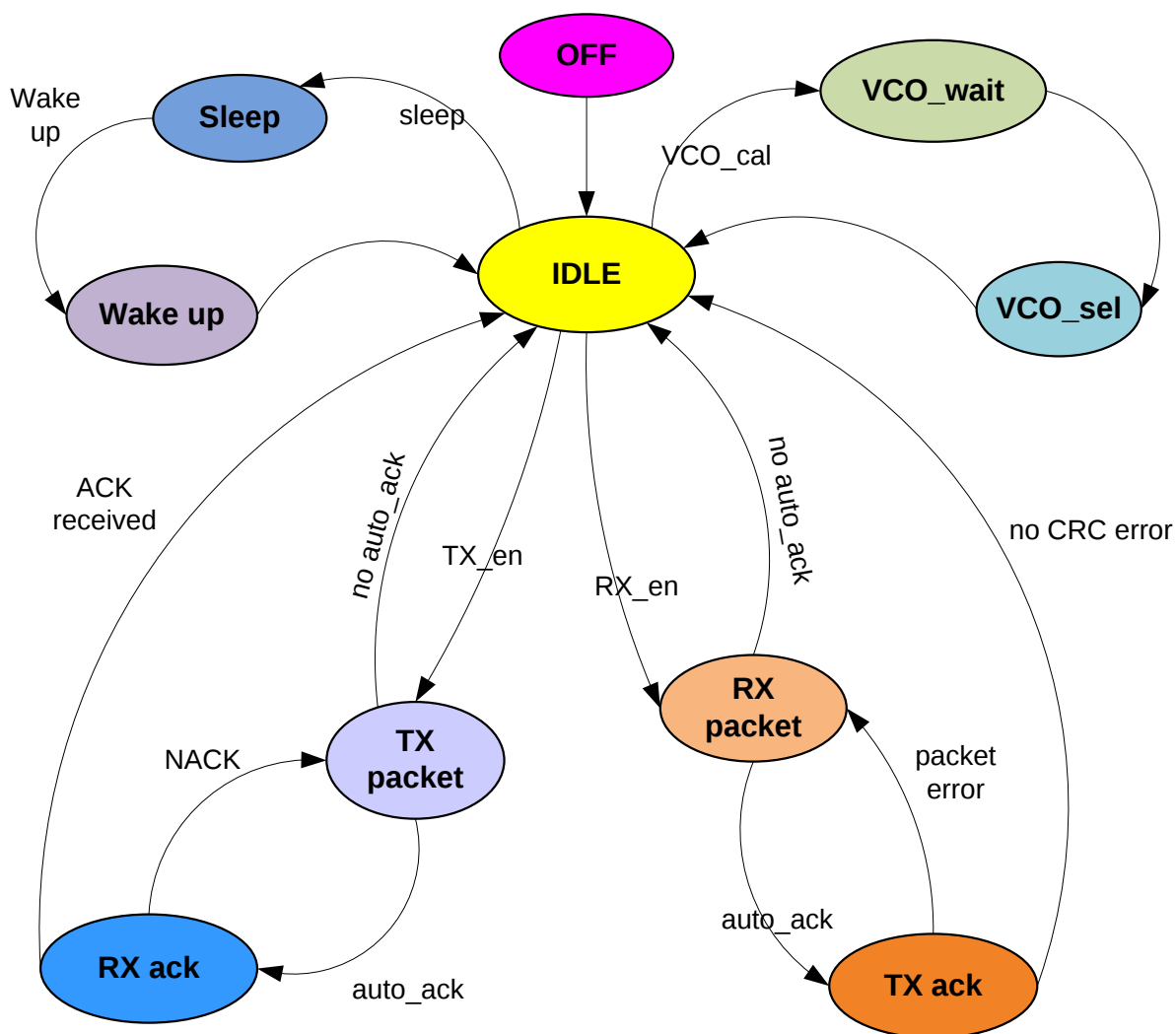
I2C device Slave Mode Optional Feature List	LT8901 Support?
Standard-mode – 100 kbps	Yes
Fast-mode – 400 kbps	Yes
Fast-mode Plus – 1000 kbps	Yes
High-speed mode – 3200 kbps	No
Clock Stretching	No
10-bit slave address	No
general call address	No
software reset	No
device ID	No

7.3. I2C 器件地址

在 I2C 条件下，芯片器件地址如下：

A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	R/W
0	1	由 PIN15 MOSI/A4 决定	1	0	0	0	Read=1 Write=0

8. 状态机框图



9. 寄存器信息

下面的寄存器可以通过 SPI 或者 I2C 访问。

有些寄存器是内部调试使用，所以这里没有公开，应保持初始化值。

9.1. Register 3 – Read only

Table 4. Register 3 information

Bit No.	Bit Name	Description
15:13	(Reserved)	(Reserved)
12	RF_SYNTH_LOCK	RF 频率综合器锁定标志位 1: 锁定 0: 没锁定
11:0	(Reserved)	(Reserved)

9.2. Register 6 – Read only

Table 5. Register 6 information

Bit No.	Bit Name	Description
15:10	RAW_RSSI[5:0]	RSSI 原始数据
9:0	(Reserved)	(Reserved)

9.3. Register 7

Table 6. Register 7 information

Bit No.	Bit Name	Description
15:9	(Reserved)	(Reserved)
8	TX_EN	使芯片进入 TX 状态，1 有效 注意：不能使 TX_EN 和 RX_EN 同时为 1，同时为 0 时，芯片为 idle 状态
7	RX_EN	使芯片进入 RX 状态，1 有效 注意：不能使 TX_EN 和 RX_EN 同时为 1，同时为 0 时，芯片为 idle 状态
6:0	RF_PLL_CH_NO [6:0]	设定 RF 频道，空中频率为：f=2402+ RF_PLL_CH_NO

9.4. Register 9

Table 7. Register 9 information

Bit No.	Bit Name	Description
15:12	PA_PWCTR[3:0]	PA 电流控制
11	(Reserved)	(Reserved)
10:7	PA_GN[3:0]	PA 增益控制
6:0	(Reserved)	(Reserved)

9.5. Register 10

Table 8. Register 10 information

Bit No.	Bit Name	Description
15:1	(Reserved)	(Reserved)
0	XTAL_OSC_EN	1: 开启晶体振荡器. 0: 关闭晶体振荡器

9.6. Register 11

Table 9. Register 11 information

Bit No.	Bit Name	Description
15:9	(Reserved)	(Reserved)
8	RSSI_PDN	1: 关闭 RSSI 0: 开启 RSSI
7:0	(Reserved)	(Reserved)

9.7. Register 23

Table 10. Register 23 information

Bit No.	Bit Name	Description
15:3	(Reserved)	(Reserved)
2	TxRx_VCO_CAL_EN	1:在 TX/RX 开启前重新校准 VCO 0:在 TX/RX 开启前不校准 VCO
1:0	(Reserved)	(Reserved)

9.8. Register 27

Table 11. Register 27 information

Bit No.	Bit Name	Description
15:0	(Reserved)	(Reserved)

9.9. Register 29 – Read only

Table 12. Register 29 information

Bit No.	Bit Name	Description
15:8	(Reserved)	(Reserved)
7:4	RF_VER_ID [3:0]	RF 版本号
3	(Reserved)	(Reserved)
2:0	Digital version	数字版本号

9.10. Register 30 – Read only

Table 13. Register 30 information

Bit No.	Bit Name	Description
15:0	(Reserved)	(Reserved)

9.11. Register 31 – Read only

Table 14. Register 31 information

Bit No.	Bit Name	Description
15:12	(Reserved)	(Reserved)
11:0	(Reserved)	(Reserved)

9.12. Register 32

Table 15. Register 32 information

Bit	Name	R/W	Description	default
15:13	PREAMBLE_LEN	R/W	000: 1byte, 001: 2bytes, 010: 3 bytes, ... 111: 8 bytes	010B
12:11	SYNCWORD_LEN	R/W	11: 64 bits {Reg39[15:0],Reg38[15:0],Reg37[15:0],Reg36[15:0]} 10: 48bits, {Reg39[15:0],Reg38[15:0],Reg36[15:0]} 01: 32bits, {Reg39[15:0],Reg36[15:0]} 00: 16 bits,{Reg36[15:0]}	11B
10:8	TRAILER_LEN	R/W	000: 4 bits, 001: 6bits, 010: 8 bits, 011: 10 bits 111: 18 bits	000B
7:6	DATA_PACKET_TYPE	R/W	00: NRZ law data 01: Manchester data type 10: 8bit/10bit line code 11: Interleave data type	00B
5:4	(Reserved)	R/W	(Reserved)	00B

Bit	Name	R/W	Description	default
			选择时钟输出频率	
			3'b000: 置低	
			3'b001: 晶体频率输出	
3:1	BRCLK_SEL	R/W	3'b010: 晶体频率除 2	011B
			3'b011: 晶体频率除 4	
			3'b100: 晶体频率除 8	
			3'b101: 1MHz	
			3'b110: APLL_CLK (12MHz)	
			3'b111: 置低	
0	(Reserved)	W/R	(Reserved)	0B

9.13. Register 33

Table 16. Register 33 information

Bit	Name	R/W	Description	Default
15-8	VCO_ON_DELAY_CNT[7:0]	R/W	在每次进入 RX 或者 TX 后，等待内部 VCO 稳定的时间，单位为 1uS。	63H
7-6	TX_PA_OFF_DELAY[1:0]	R/W	PA 关闭的等待时间，单位是 1uS，基数是 4uS。 00 表示 4uS。	00B
5:0	TX_PA_ON_DELAY[5:0]	R/W	在 VCO_ON 以后，等待内部 PA 开启的时间，单位为 1uS。	07H

9.14. Register 34

Table 17. Register 34 information

Bit	Name	R/W	Description	Default
15	Bpktctl_direct	R/W	在 direct mode 中，它控制 TX 的 PA 和 RX 的宽带/窄带模式	0B
14-8	TX_CW_DLY[6:0]	R/W	在发射数据前，传输 CW 调制信号的时间	03H
7-6	Reserved	R/W		0B
5:0	TX_SW_ON_DELAY[5:0]	R/W	VCO_ON 后，等待 RF switch 开启的时间，单位 1uS	0BH

9.15. Register 35

Table 20. Register 35 information

Bit	Name	R/W	Description	default
15	POWER_DOWN	W	1: 先关闭晶体振荡器, 再关闭 LDO。 (寄存器值将丢失) 0: Leave power on.	0B
14	SLEEP_MODE	W	1: 进入 sleep mode, 晶体关闭, 保持 LDO 工作 (寄存器值将保留) 当 SPI_SS 为低时, 芯片将重新工作 0: idle mode	0B
13	(Reserved)		(Reserved)	
12	BRCLK_ON_SLEEP	R/W	1: 在 sleep mode 开启晶体振荡器 耗电但能快速启动 0: 在 sleep mode 关闭晶体振荡器 省电但启动速度慢	1B
11:8	RE-TRANSMIT_TIMES	R/W	在 auto-ack 功能开启是, 最多的重发次数。设为 3 时, 为重发 2 次	3H
7	MISO_TRI_OPT	R/W	1: 当 SPI_SS=1 时, MISO 保持低阻。 0: 当 SPI_SS=1 时, MISO 保持三态。	0B
6:0	SCRAMBLE_DATA	R/W	Scramble data 的种子, 收发两边必须一致。	00H

9.16. Register 36

Table 21. Register 36 information

Bit	Name	R/W	Description	default
15:0	SYNC_WORD[15:0]	R/W	LSB bits of sync word is sent first.	0000H

9.17. Register 37

Table 18. Register 37 information

Bit	Name	R/W	Description	default
15:0	SYNC_WORD[31:16]	R/W	LSB bits of sync word is sent first.	0000H

9.18. Register 38

Table 19. Register 38 information

Bit	Name	R/W	Description	default
15:0	SYNC_WORD[47:32]	R/W	LSB bits of sync word is sent first.	0000H

9.19. Register 39

Table 20. Register 39 information

Bit	Name	R/W	Description	default
15:0	SYNC_WORD[63:48]	R/W	LSB bits of sync word is sent first.	0000H

9.20. Register 40

Table 25. Register 40 information

Bit	Name	R/W	Description	default
14:1	FIFO_EMPTY_THRESHOLD	R/W	认为 FIFO 为空的阈值	0100B
9:6	FIFO_FULL_THRESHOLD	R/W	认为 FIFO 为满的阈值	0100B
5:0	SYNCWORD_THRESHOLD	R/W	认为 SYNCWORD 为正确的阈值 07 表示可以错 6bits, 01 表示 0bit 可以错 0bits	07H

9.21. Register 41

Table 26. Register 41 information

Bit	Name	R/W	Description	default
15	CRC_ON	R/W	1: 开启 CRC 0: 关闭 CRC	1B
14	(Reserved)	R/W	(Reserved)	0B
13	PACK_LENGTH_EN	R/W	1: 第一字节表示 payload 的长度 如要写 8 个 byte 有效字节, 那第一个字节应写 8, 总长 9	1B

Bit	Name	R/W	Description	default
12	FW_TERM_TX	R/W	1: 当 FIFO 的读指针和写指针相等时, LT8901 将关闭发射。 0: 由 MCU 确定长度并关闭发射。	1B
11	AUTO_ACK	R/W	1: 当接收到数据, 自动回 ACK 或者 NACK 0: 接收数据后, 不回 ACK, 直接进 IDLE	1B
10	PKT_FIFO_POLARITY	R/W	1: PKT flag, FIFO flag 低有效. 0: 高有效	0B
9:8	(Reserved)	R/W	(Reserved)	00B
7:0	CRC_INITIAL_DATA	R/W	CRC 计算初始值。	00H

9.22. Register 42

Table 27. Register 42 information

Bit	Name	R/W	Description	default
15:1 0	SCAN_RSSI_CH_NO	R/W	RSSI 扫描的信道数量, RSSI 值将保留到 FIFO 中	00H
9:8	(Reserved)	R/W	(Reserved)	01B
7:0	Rx_ACK_TIME[7:0]	R/W	等待 RX_ACK 的时间, 1 表示 1uS	6BH

9.23. Register 43

Table 28. Register 43 information

Bit	Name	R/W	Description	default
15	SCAN_RSSI_EN	R/W	1: 开始扫描 RSSI	0B
14:8	SCAN_STRT_CH_OFFST[6:0]	R/W	通常 RSSI 从 2402MHz 开始扫描 (0 信道)。 这里可以开始的信道数 如设为 10, 将从 2412MHz 开始扫描	01B
7:0	WAIT_RSSI_SCAN_TIM[7:0]	R/W	设置在扫描不同信道 RSSI 时, VCO&SYN 稳定时间	6BH

9.24. Register 48 – Read only

Table 219. Register 48 information

Bit	Name	R/W	Description	default
15	CRC_ERROR	R	CRC 错误标志位，1 表示错误，0 表示正确	
14	FEC23_ERROR	R	FEC23 错误标志位，1 表示错误，0 表示正确	
13:8	FRAMER_ST	R	Framer 状态	
7	SYNCWORD_RECV	R	1: 表示收到 syncword，只在接收时有效。 跳出接收状态时，为 0	
6	PKT_FLAG	R	PKT flag 标志	
5	FIFO_FLAG	R	FIFO flag 标志	
4:0	(Reserved)	R	(Reserved)	

9.25. Register 50

Table 30. Register 50 information

Bit	Name	R/W	Description	default
15:0	TXRX_FIFO_REG	R/W	MCU 读取 FIFO 数据的接口。	00H

9.26. Register 52

Table 31. Register 51 information

Bit	Name	R/W	Description	default
15	CLR_W_PTR	W	1: 清空 TX FIFO 指针为 0，但不清空 TX FIFO 中的数据	0B
14	(Reserved)	W		
13:8	FIFO_WR_PTR	R	FIFO 写指针	
7	CLR_R_PTR	W	1: 清空 RX FIFO 指针为 0..但不清空 RX FIFO 中的数据	0B
6	(Reserved)			

Bit	Name	R/W	Description	default
5:0	FIFO_RD_PTR	R	FIFO 读指针 当使用 auto-ack 功能时，此位可以做为标志位。 当 PKT 拉高后，读此寄存器，如果为 0，即收到 ack。 如果不为 0，而是发射总 byte 数+1，即没收到 ack。	

10. 寄存器推荐值

下面的寄存器值是推荐值

Table 32. 寄存器推荐值

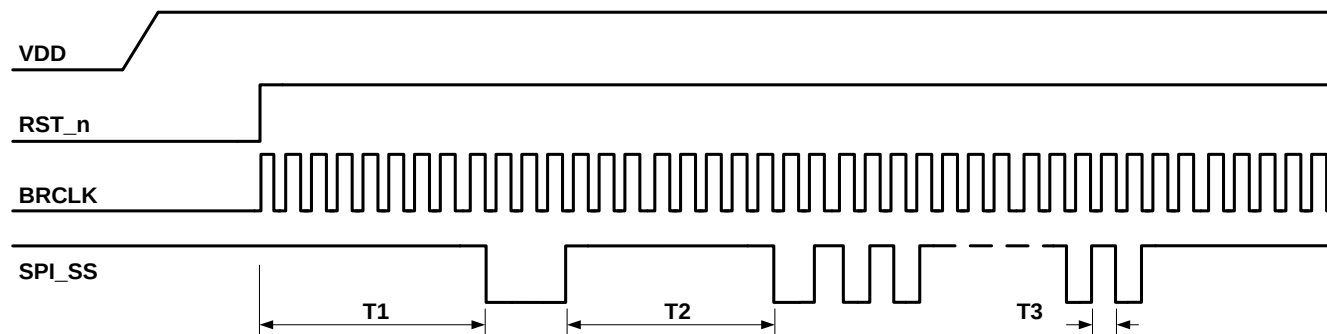
Register number	Power-up reset value (hex)	Recommended value for many applications (hex)	Notes
0	6fef	6fe0	
1	5681	5681	
2	6619	6617	
4	5447	9cc9	
5	f000	6637	
7	0030	0030	Use for setting RF frequency, and to start/stop Tx/Rx packets.
8	71af	6c90	
9	3000	1840	Sets Tx power level
10	7ffd	7ffd	Crystal osc. enabled.
11	4008	0008	RSSI enabled.
12	0000	0000	
13	4855	48bd	
22	c0ff	00ff	
23	8005	8005	Calibrate VCO before each and every Tx/Rx.
24	307b	0067	
25	1659	1659	
26	1833	19e0	
27	9100	1300	No crystal trim.
28	1800	1800	
29	00x0	read-only	Stores p/n, version information.
30	f413	read-only	Stores p/n, version information.
31	1002	read-only	Stores p/n, version information.
32	1806	4800	Packet data type: NRZ, no FEC, BRCLK=12 div. by 4= 3MHz
33	6307	3fc7	Configures packet sequencing.
34	030b	2000	Configures packet sequencing.
35	1300	0300	AutoAck max Tx retries = 3
36	0000	Choose unique sync words for each over-the-air network.	Similar to a MAC address.
37	0000		
38	0000		
39	0000		
40	2107	2102	Configure FIFO flag, sync threshold.
41	b800	b000	CRC on. SCRAMBLE off. 1st byte is packet length.
42	fd6b	fdb0	
43	000f	000f	Configure scan_rssi.

11. 注意事项

LT8901 可以给很多现有的应用添加无线功能.下面主要回答了在使用过程中遇到的问题。

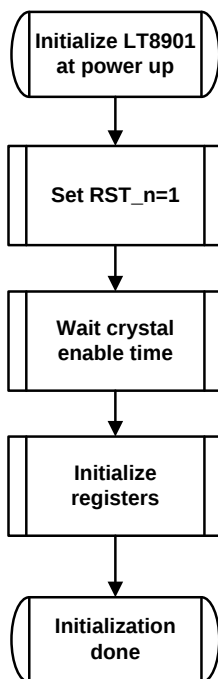
11.1. 上电和寄存器初始化数据

Figure 5. 上电和寄存器初始化顺序



1. 当 VDD 稳定后，确保在 RST_n 脚上有 reset 信号。
2. 当 RST_n =1, BRCLK 输出 12MHz 时钟
3. 等待 T1（1 到 5ms），使晶体稳定，然后由 MCU 初始化寄存器。
4. 寄存器初始化完成后，LT8901 可以开始发射或者接收。

Figure 6.初始化流程图

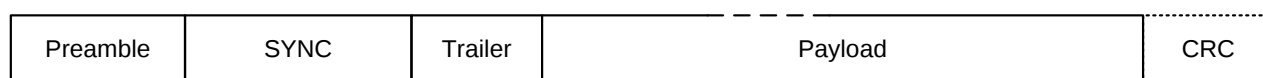


11.2. 进入 sleep mode 和唤醒

当 MCU 写寄存器并且拉高 SPI_SS 后，LT8901 进入 sleep mode，此时功耗很低，电流为 1uA。当 SPI_SS 拉低后，LT8901 自动唤醒。MCU 要拉低 SPI_SS 一段时间（等待晶体稳定）1~2mS，再写 SPI 数据。

11.3. 数据包格式

空中数据包格式



- Preamble: 1~8 bytes, programmable.
- SYNC: 16/32/48/64 bits, programmable as device syncword.
- Trailer: 4~18 bits, programmable.
- Payload: TX/RX data. There are 4 data types:
 - Raw data
 - 8 bit / 10 bit line code
 - Manchester
 - Interleave with FEC option
- CRC: 16-bit CRC is optional.

11.4. 清空 FIFO 指针

在发射前，要将 FIFO 写指针清空。这可以通过在寄存器 52<15>写入 0 来实现。

当接收到数据包，读指针将指示 FIFO 中有多少 bytes 数据。

当接收器收到 SYNC 时，FIFO 写指针会自动清 0。

当接收器收到 SYNC 或发射器发送完 SYNC 后，FIFO 读指针会自动清 0。

11.5. 。 Packet Payload Length

LT8901 提供两种方式去确定 TX/RX 包长度。当寄存器 41[13]=1 时，内部状态机会根据 payload 第一个 byte 数据来检测包长度。如要发 8 个 byte，第一个 byte 应写 8，总字长为 9 个 byte。当寄存器 41[13]=0，第一个

byte 数据没什么特殊意义。数据包长度将由 TX FIFO 何时为空或者何时清空 TX_EN 来决定，见下表。

Table 33. 数据包长度

Register 41[13] PACK_LENGTH_EN	Register 41[12] FW_TERM_TX	
0 (MCU/application handles packet length)	0	当 TX_EN=0 时，终止发射。 当 RX_EN=0 时，终止接收。
	1	当 FIFO 为空时，自动终止发射。 当 RX_EN=0 时，终止接收。
1 (LT8901 framer handles packet length)	X (don't care)	Payload 第一个字节表示包长度，0 到 255bytes。 当发完 0 到 255bytes 后，发射自动终止。

下面显示具体时序图。

11.6. 状态机决定包长度

当寄存器 41[13]=1 时, payload 的第一个 byte 表示包长度, 最大长度是 255 bytes。

11.6.1. 发射时序

下面显示 TX 时序. 当 MCU 将寄存器 7[8]写为 1 后, 同时设定好发射信道, 芯片将自动根据 payload 来产生包。MCU 需要在发射 trailer 前写入发射数据。

如果包长度超过 FIFO 长度, MCU 需要多次写 FIFO 数据。FIFO flag 表示 FIFO 是不是为空。

Figure 7. TX 时序图

PKT 和 FIFO flags 高有效

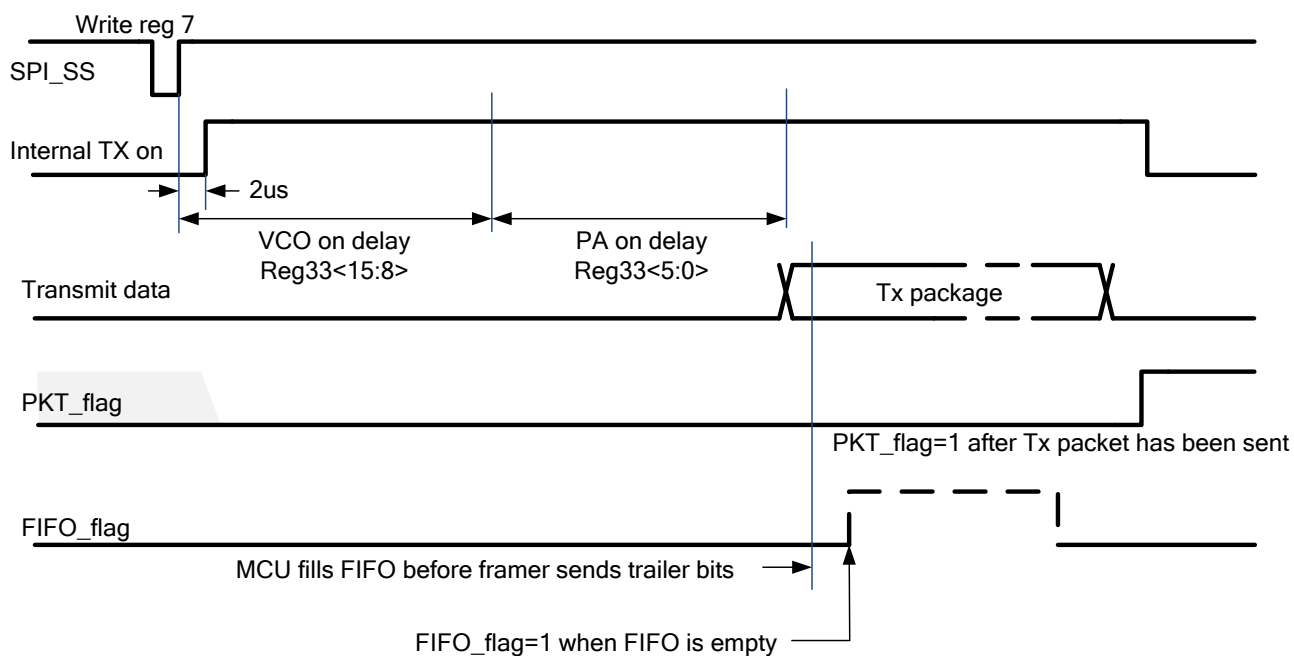
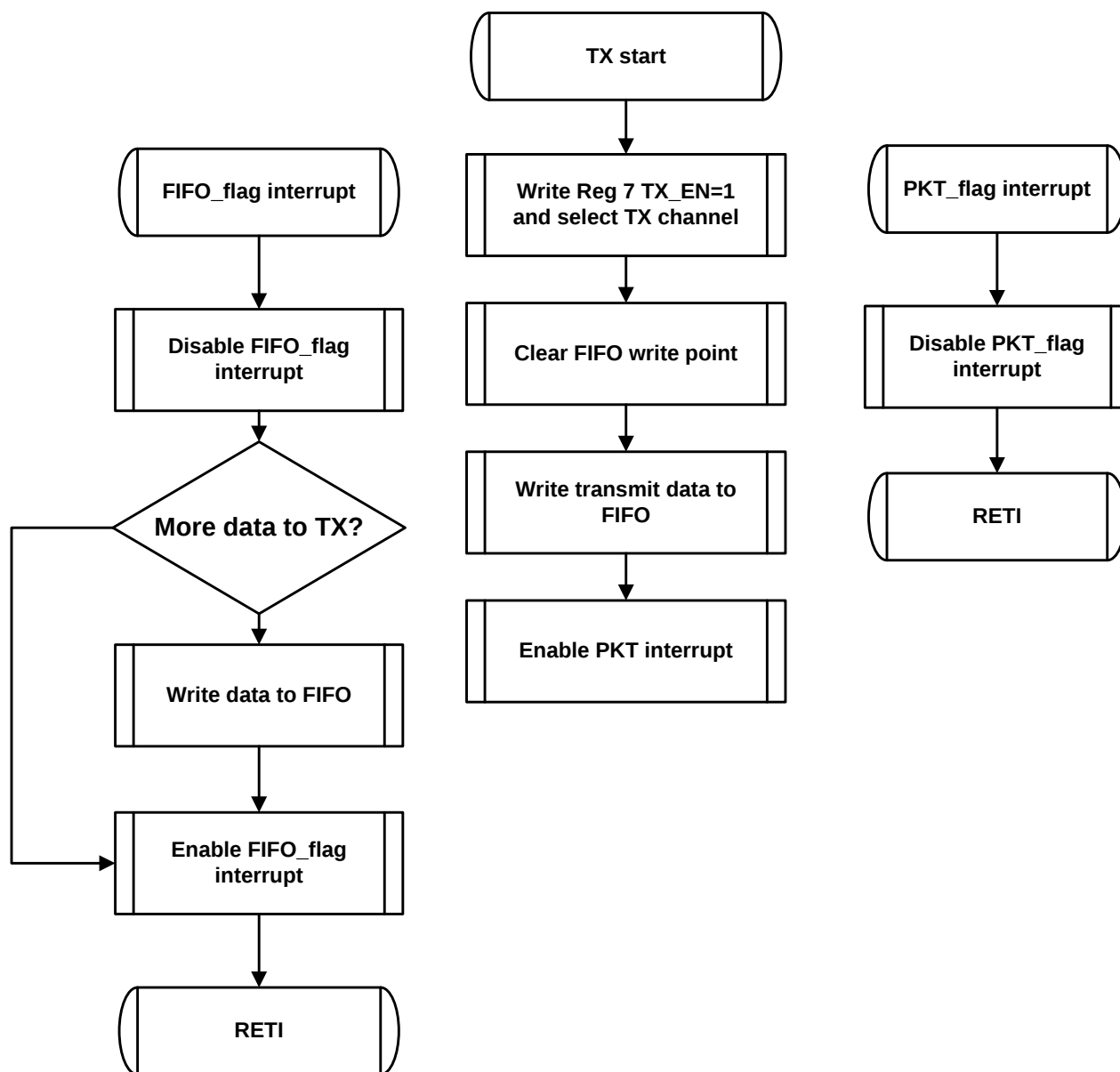


Figure 8. TX 发包流程图

where FIFO and PKT flags are interrupt signals to MCU.



11.7. 接收时序

下面显示 RX 接收时序。当 MCU 将寄存器 7[7] 写为 1 并且选择好接收器信道，LT8901 将打开 RX 并等待正确的 syncword。

当收到正确的 syncword，LT8901 将自动开始处理数据包。当数据包处理完毕，LT8901 状态机将进入 IDLE。

当接收到的数据包长度长于 63 bytes，FIFO flag 将起作用，意味着 MCU 必须从 FIFO 中读取数据。

在弱信号，多径和远距离时，不一定能收到正确的 syncword。为了避免出现死机情况，MCU 需要做一个定时器。在大多数应用中，数据包是在一定时间窗口内可以收到的，如果没收到，系统要有定时器恢复到正常模式。

Figure 9. RX 时序图

PKT and FIFO flags 高有效

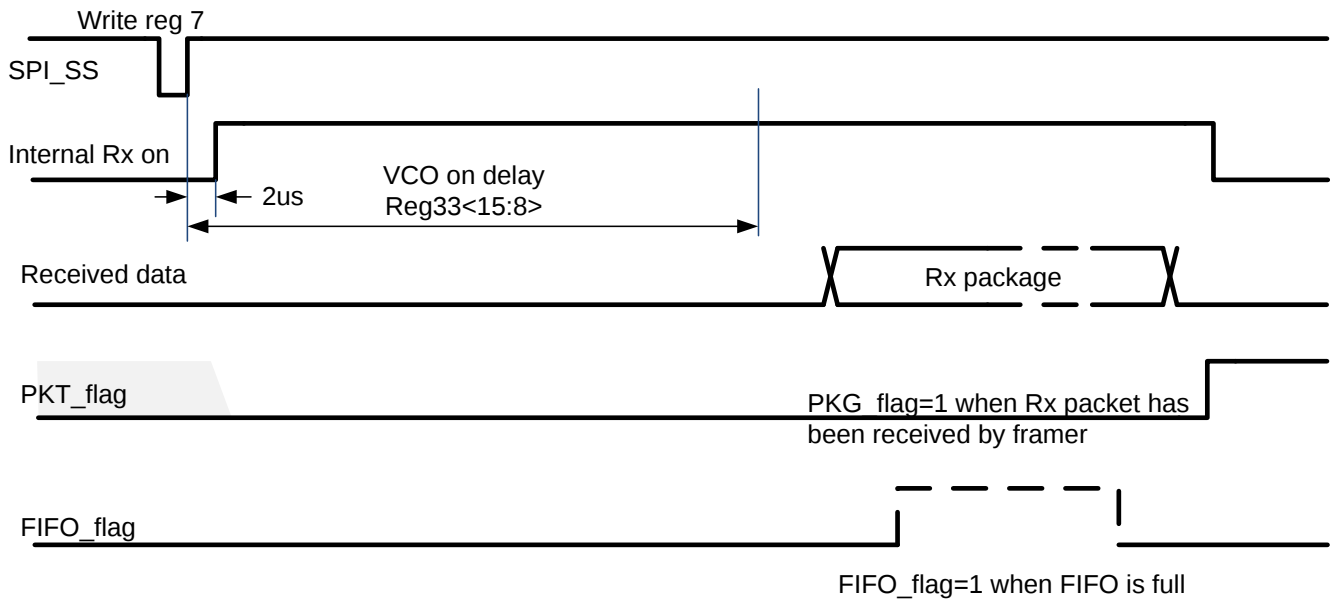
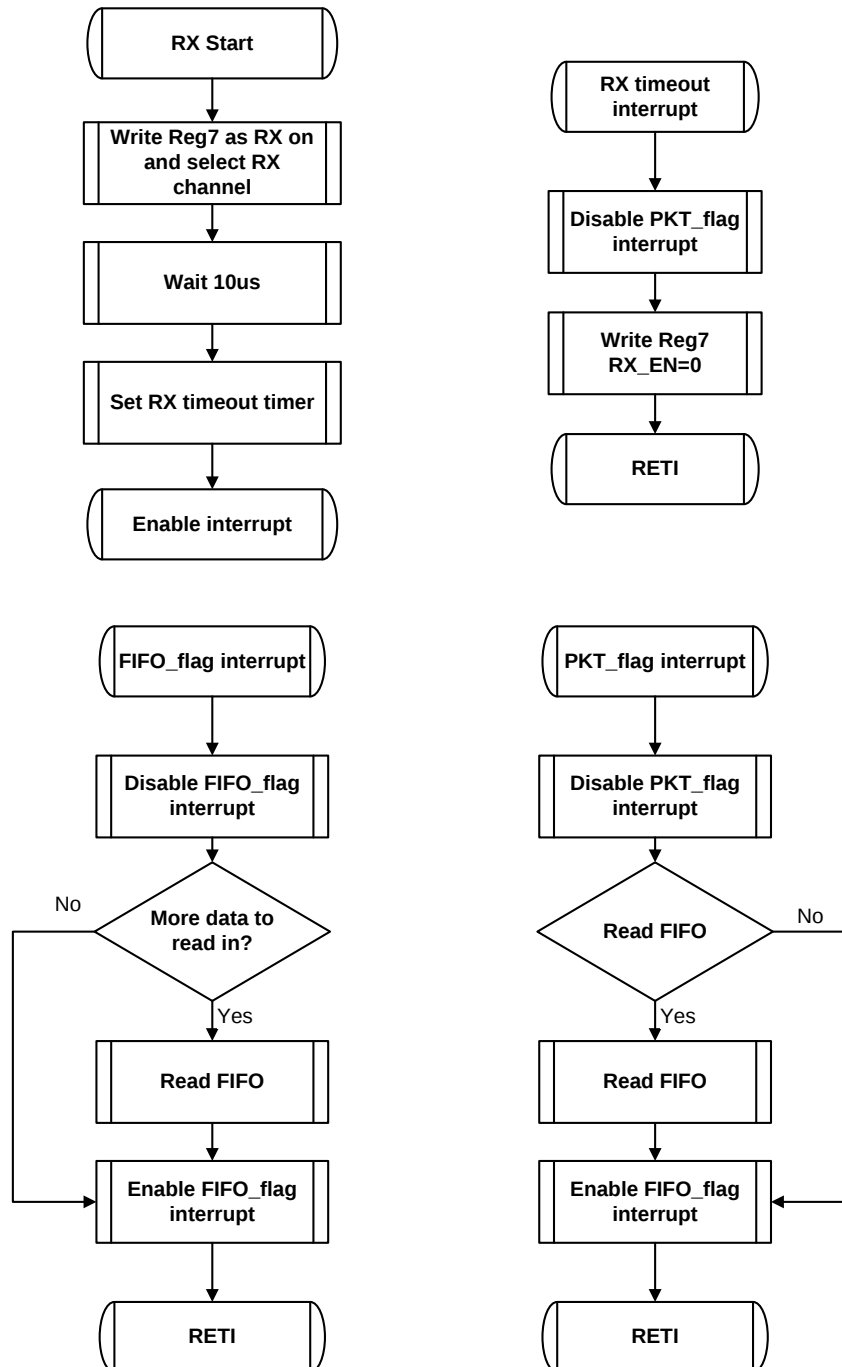


Figure 10. RX 流程图

where FIFO and PKT flag signals interrupt MCU.



11.8. MCU/应用决定包长度

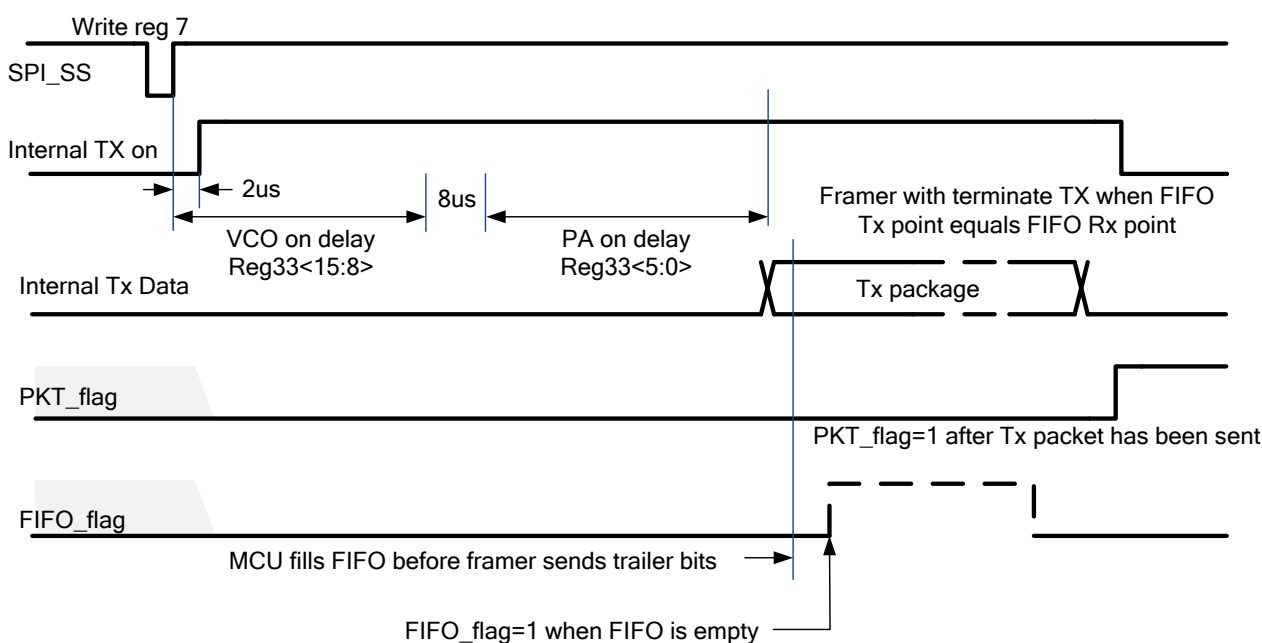
当寄存器 41[13]=0 时，payload 第一个 byte 没有特殊意义。此时，包长度由寄存器 41[12]决定。

11.8.1. FW_TERM_TX= 1

当寄存器 41[12]=1，在发射数据时，LT8901 将比较 FIFO 的写指针和读指针，如果 MCU 停止朝 FIFO 写数据，芯片将会最终探测到 FIFO 何时为空，LT8901 将会自动退出发射状态。时序图如下。

Figure 11. TX 时序图 (Register 41[13:12]= 'b01') .

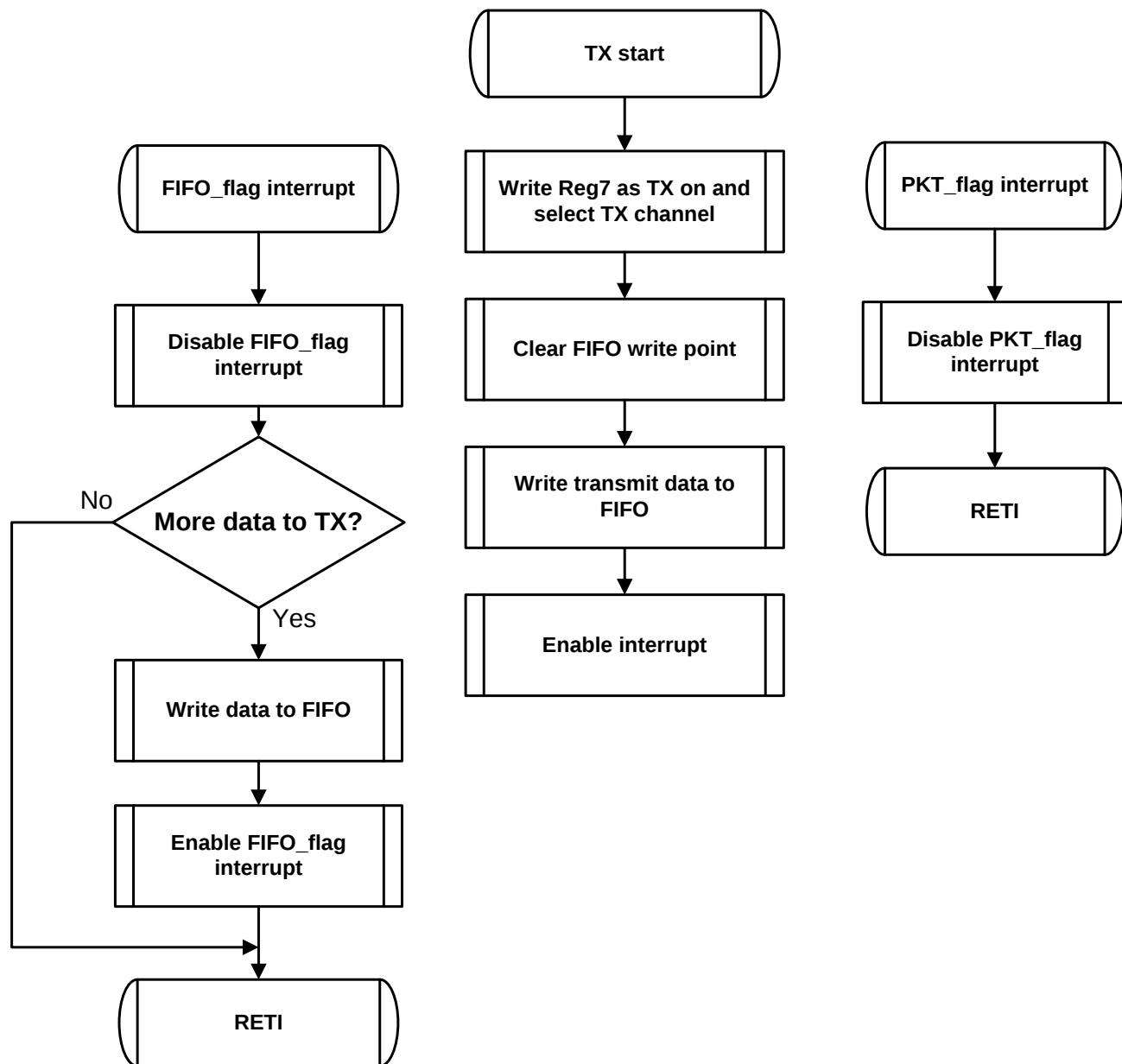
PKT 和 FIFO flags 高有效.



Note: 当寄存器 41[13]=0，不要让 FIFO 过空或过满。FIFO full/empty 阈值可以通过寄存器 40 FIFO full/empty threshold 来设置。最优值是由 SPI 速度和 MCU 读写 FIFO 速度决定。。

Figure 12. 寄存器 41[13:12]=`b01 时发射的流程图

using interrupts for PKT and FIFO flags.



11.8.2. FW_TERM_TX= 0 (发射状态)

当 Reg41[13:12] = 'b00, LT8901 只会在 Reg7[8] TX_EN=0 时停止发射。

Figure 13. 当 Reg41[13:12]= 'b00 时, TX 时序图

PKT and FIFO flags are shown high active.

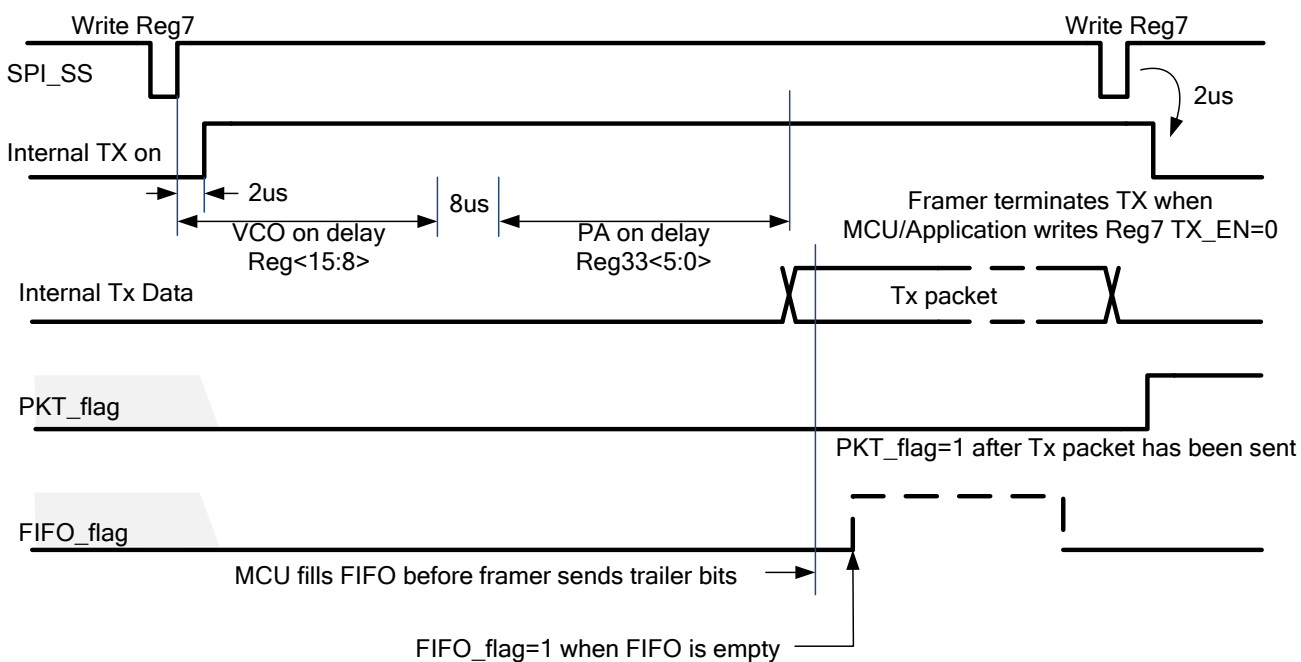
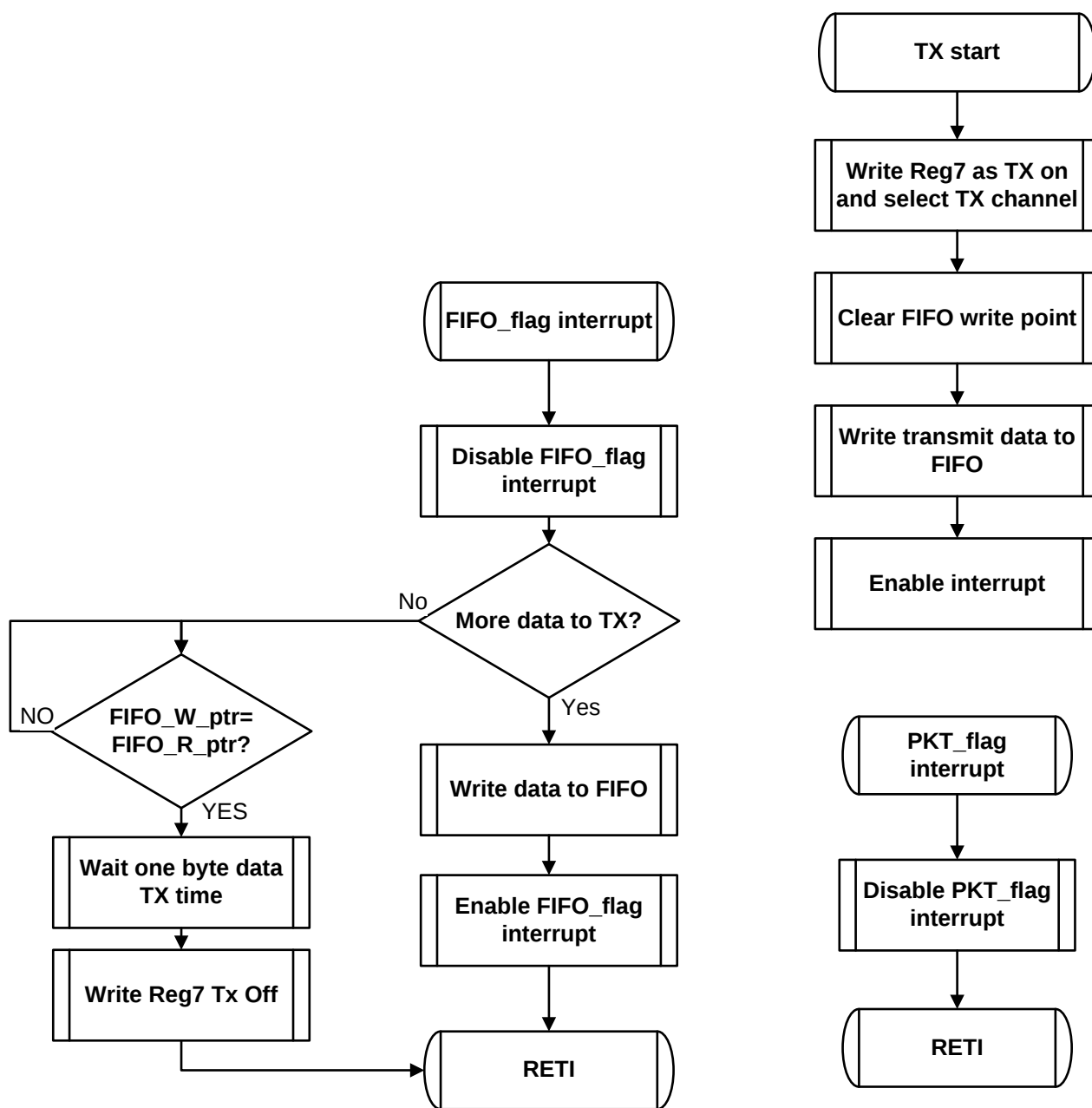


Figure 14. 当 Reg41[13:12]='b00 是 TX 流程图
using interrupts for PKT and FIFO flags.



11.8.3. FW_TERM_TX= 0 (RX)

当 Reg41[13]=0 时，芯片将会在 Reg7[7] RX_EN=1 时开始接收包，此时，芯片将会自动将 RX 设定到固定的频道接收。在等待一定时间使内部时钟和 RX 电路稳定后，LT8901 开始在收到的信号中寻找 syncword。一旦找到，它将拉高 PKT flag，并向 FIFO 里写收到的数据。PKT flag 将一直为高，直到 MCU 将 FIFO 中的数据读完。当 MCU 把数据读完后，PKT flag 将拉低直到下个 TX/RX 周期。

当 Reg41[13:12]= 'b00 or 'b01 时，必须由 MCU 将 Reg7[7] 写为 0 才能退出 RX 状态。

Figure 15. 当 Reg41[13:12] = 'b00 or 'b01 时，RX 时序图。

PKT_flag 和 FIFO_flag 高有效。

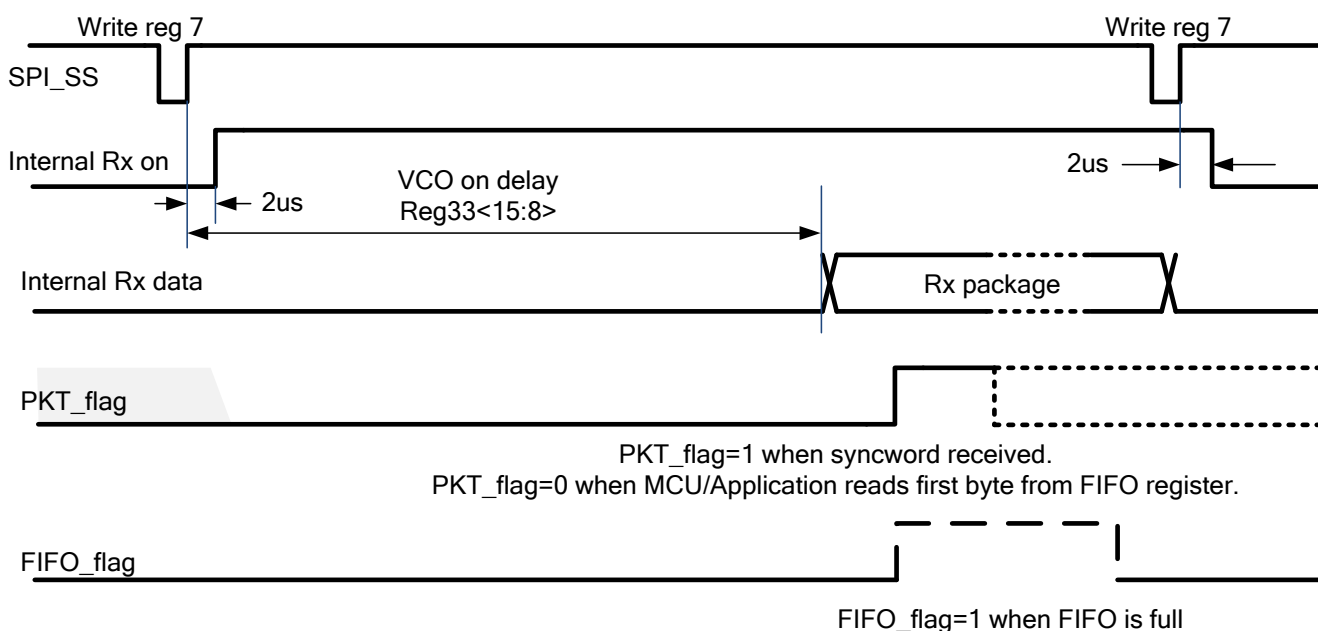
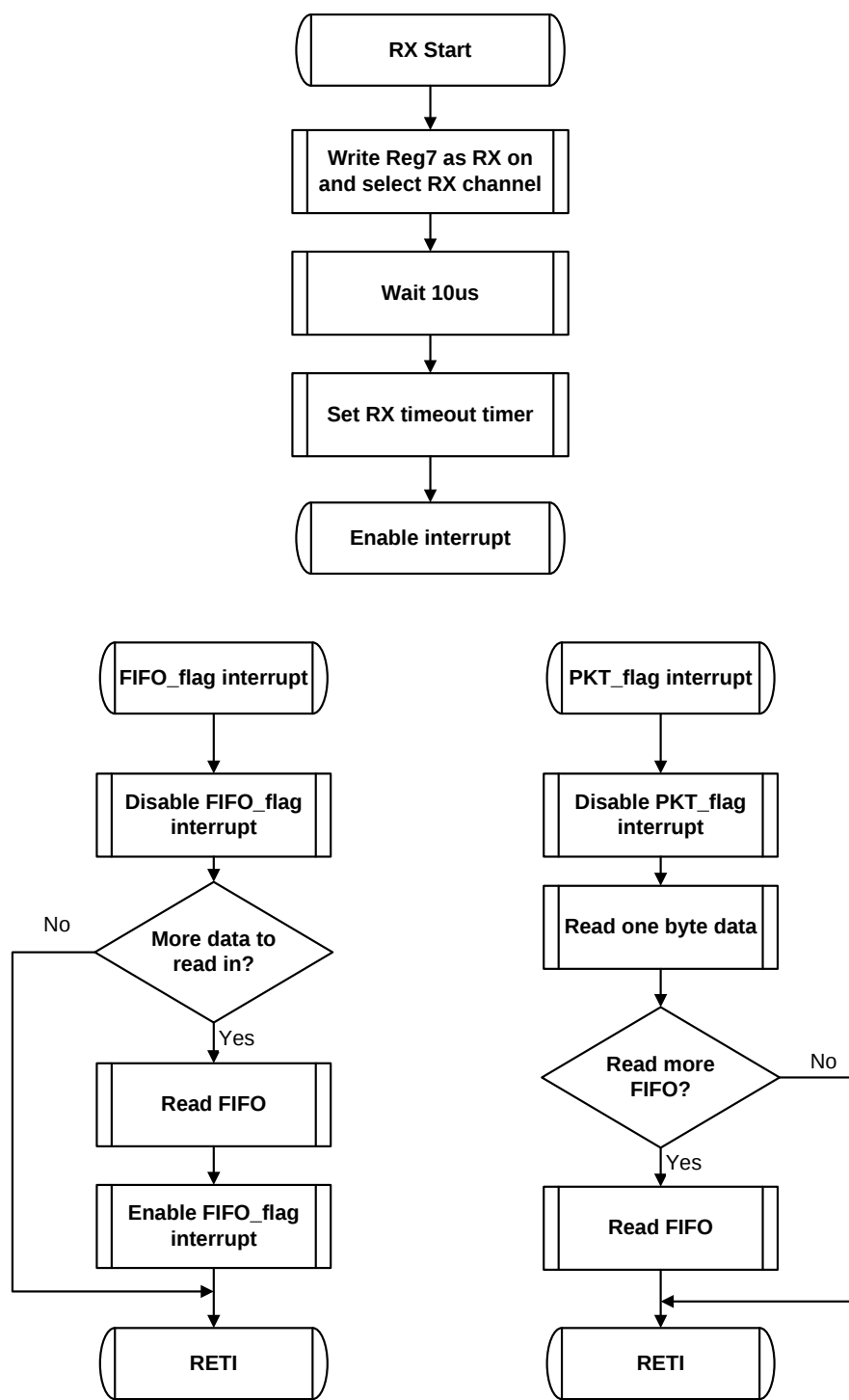


Figure 16. 当 Reg41[13:12]= 'b00 or 'b01 时, RX 流程图
using interrupts for PKT and FIFO flags.



11.9. 晶体振荡器

LT8901 支持外接晶体或者外部时钟输入。

11.9.1. Quartz crystal application

串联电阻 R_2 限制了晶体振荡的能量，并且为起振提供了相位余度。晶体的负载电容 C_1 和 C_2 应与晶体的定义相符。这些电容值可以微调，从而保证振荡频率的准确性。自偏置电阻 R_1 ，为片上的增益级提供偏置，从而达到最大增益。

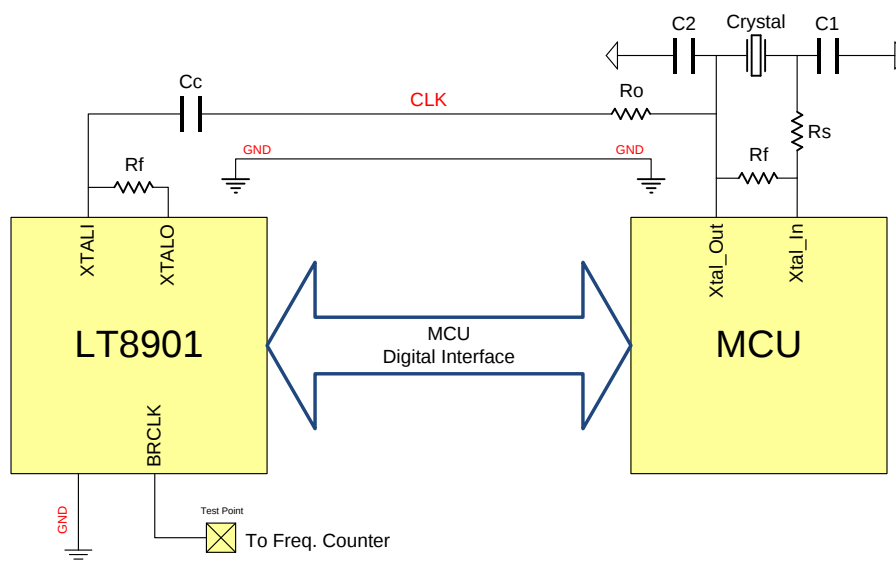
11.9.2. 外部时钟输入

自偏置电阻 R_1 还是需要的，但外部时钟需要通过一个隔直电容从 XTALI 来输入。如下图所示。

输出电阻 R_0 用来对现有振荡器进行采样。 R_0 的具体值需要根据实验来决定， $3K$ 是个合适的参考值。

在 PCB layout 时，CLK 线需要尽量短和直，并且远离干扰。LT8901 接收的时钟信号是以地为参考的，所以也要保持有一个干净的地。

Figure 17.外部时钟输入应用图



注意事项:

1. 时钟占空比最好是 50%。
2. 如果 BER 过高，可能是时钟驱动不够造成的。
3. 当参考时钟相位噪声很高的时候，也会造成 BER 变高。

11.9.3. 减小管脚数

当用低成本的 MCU 来驱动 LT8901 时，MCU 的管脚有限。可以通过以下的办法来节省管脚数：

- FIFO: 只有当包长度超过 63bytes 时，才需要。
- PKT: 当收发包时，给 MCU 一个硬件中断。这个数据也可以通过 Reg48 来读取，这样 PKT_flag 就不需要了。
- SPI lines: 这 4 个接口是需要的。
- RST_n: 这个接口可以用 RC 来做上电复位电路，从而省掉一个 MCU 管脚。
- I2C lines: 相比 SPI，可减少管脚数。

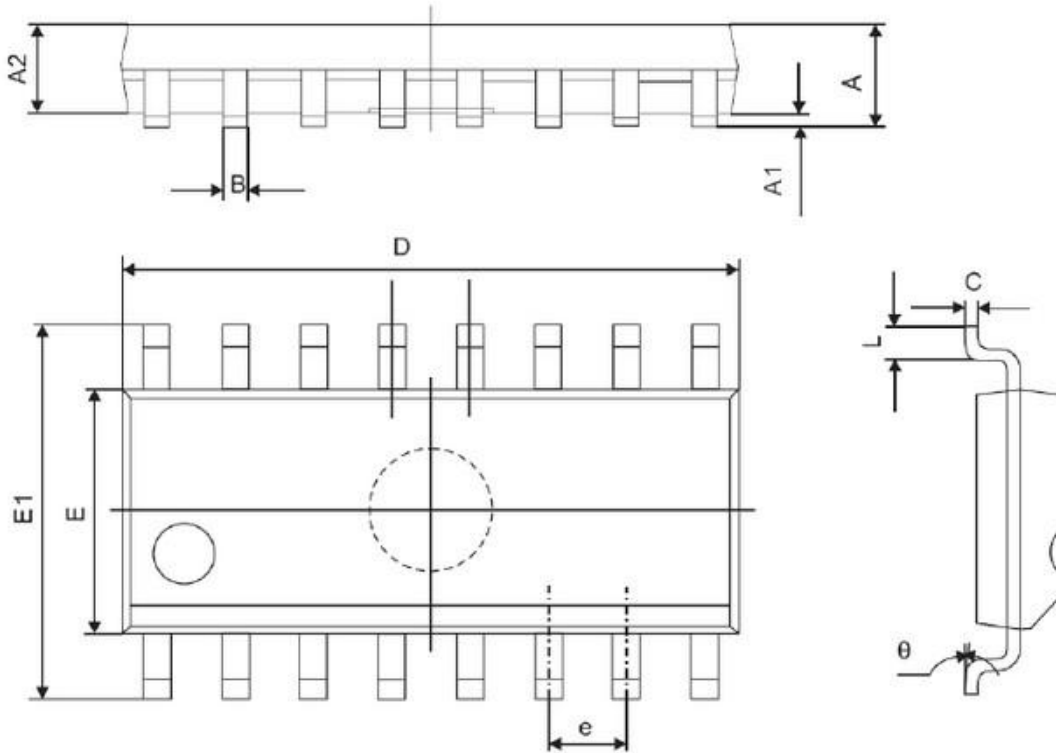
11.9.4. CKPHA

在 LT8901 中，有个 CKPHA 管脚，在 SOP 的封装中，这个管脚通常是拉高的，SPI 为下降沿采样。

在 SOP 封装中，支持 I2C。

12. 封装形式

SOP-16



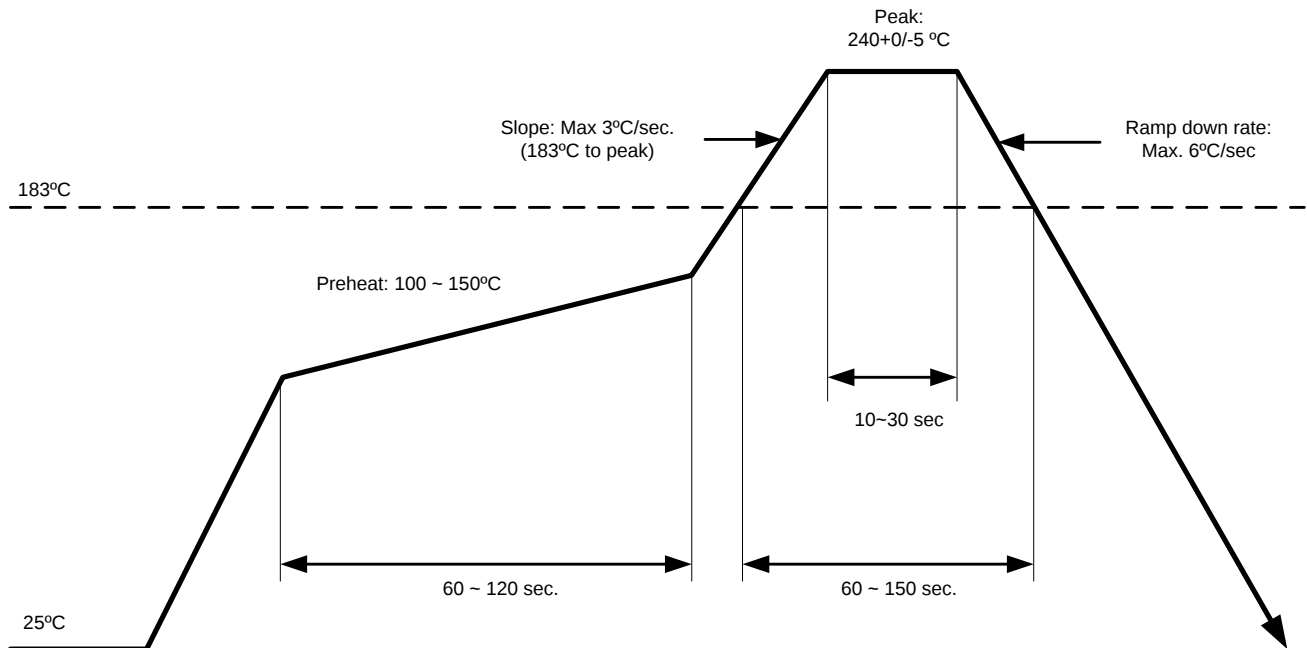
Symbol	Dimensions Millimeters	
	Min	Max
A	1.350	1.750
A1	0.100	0.250
A2	1.350	1.550
B	0.330	0.510
C	0.190	0.250
D	9.800	10.000
E	3.800	4.000
E1	5.800	6.300
e	1.270(TYP)	
L	0.400	1.270
θ	0°	8°

13. IR Reflow Standard

Follow : IPC/JEDEC J-STD-020 B

Condition : Average ramp-up rate (183°C to peak): 3 °C/sec. max.
 Preheat: 100~150°C 60~120sec
 Temperature maintained above 183°C: 60~150 seconds
 Time within 5°C of actual peak temperature: 10 ~ 30 sec.
 Peak temperature: 240+0/-5 °C
 Ramp-down rate: 6 °C/sec. max.
 Time 25°C to peak temperature: 6 minutes max.
 Cycle interval: 5 minutes

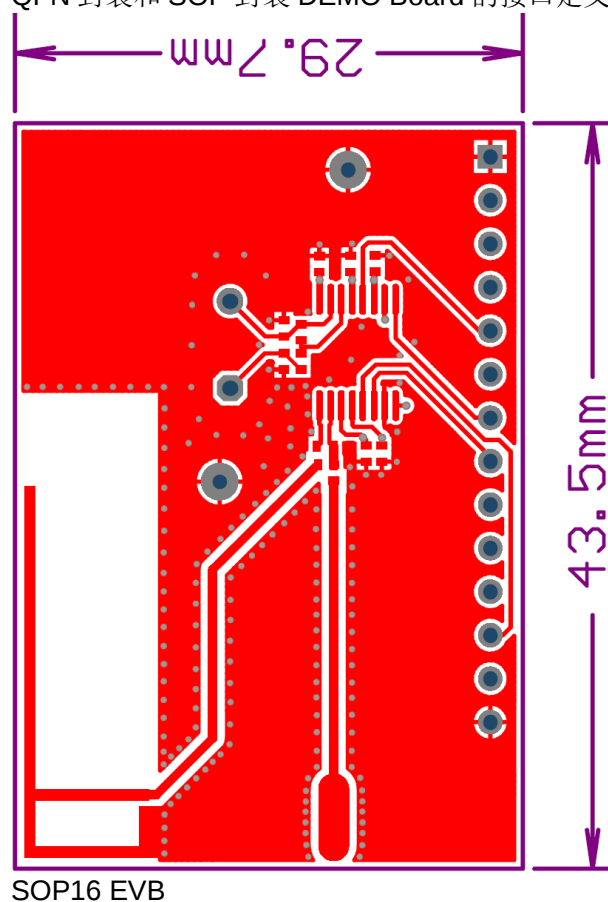
Figure 18. IR Reflow Diagram

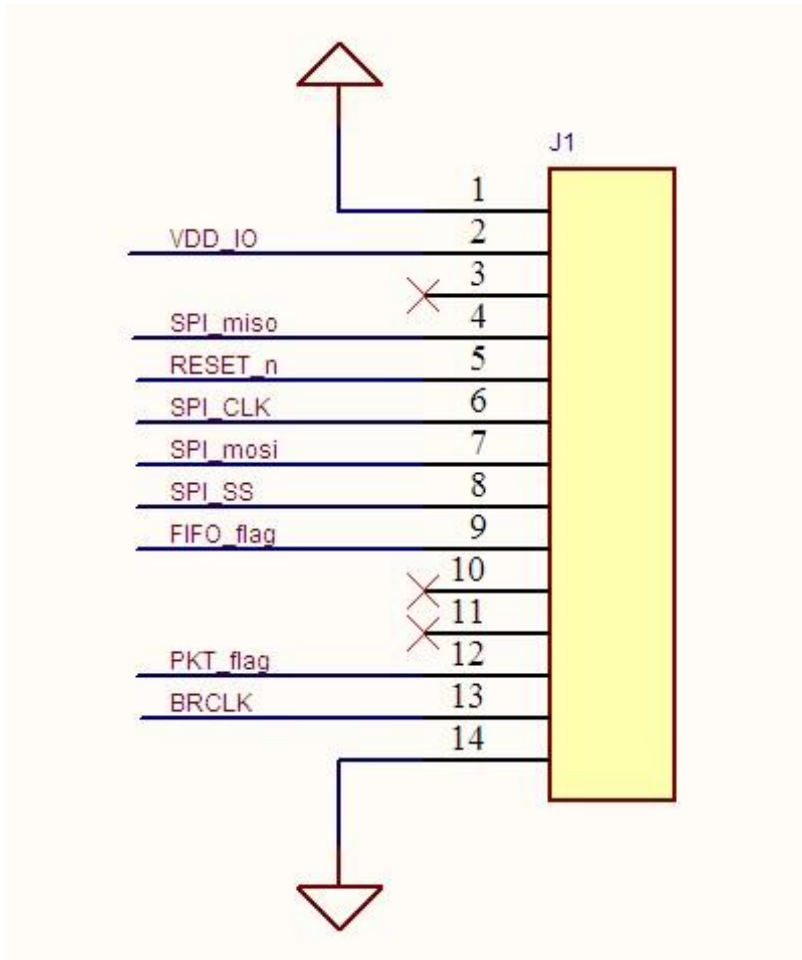


LT8901 应用指南 1.5

1. EVB 和模组应用说明

QFN 封装和 SOP 封装 DEMO Board 的接口定义 (14Pin)

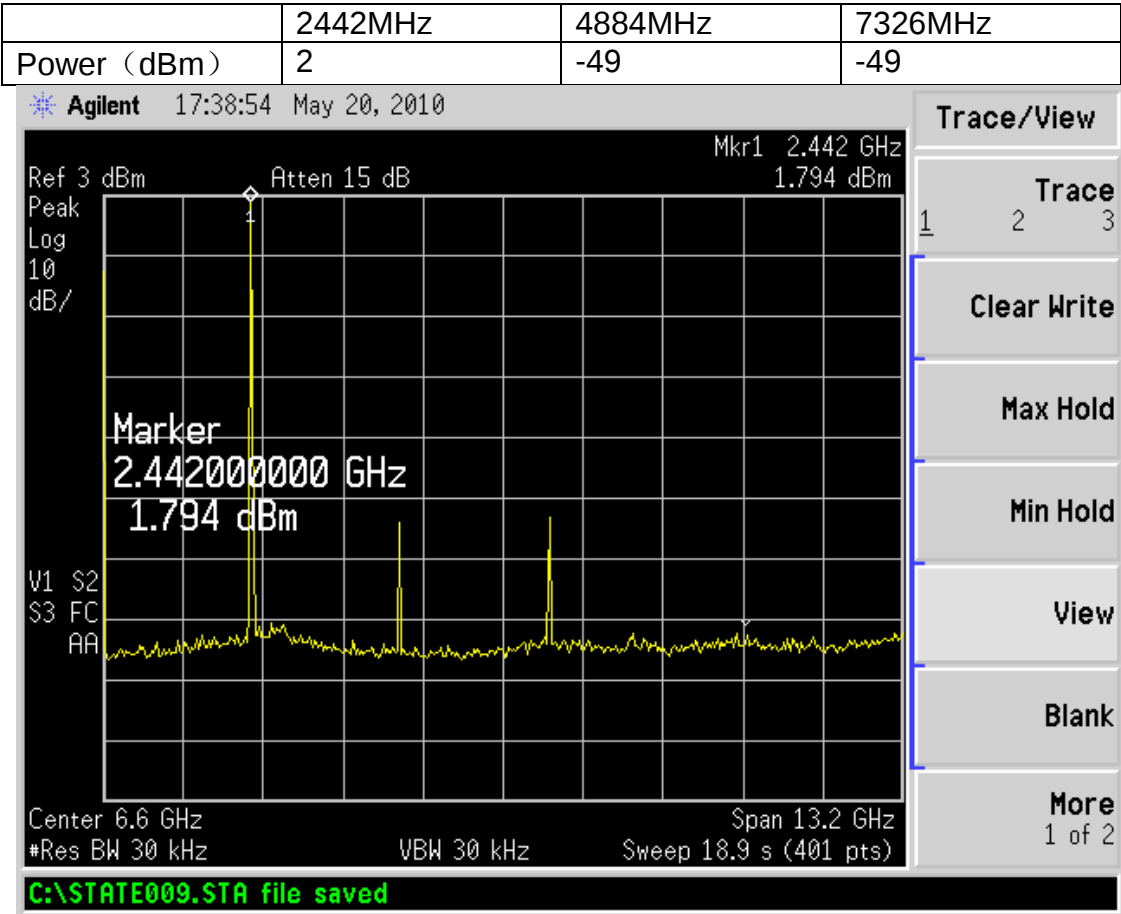




EVB PIN 定义

2. PA 功率测试

- 1. 上电，初始化 LT8901 所有寄存器。（参考 LT8901datasheet）
- 2. Reg32 改为 1807, Reg34 改为 830b, Reg11 改为 8008, Reg07 改为 0130
- 3. 此时可以从频谱分析仪上测试 PA 的输出频谱，只有载波，无调制。



PA 功率控制位

LT8901 可以用寄存器控制 PA 功率，分别为 09[15:12] PA_PWCTR[3:0] 为 PA 电流控制，09[10:7] PA_GN[3:0]为 PA 增益控制。

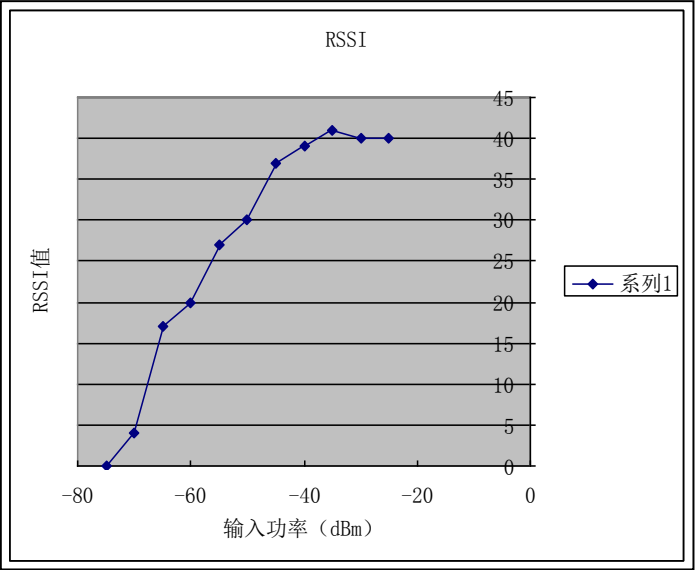
09[15:0]	Power@2442MHz (dBm)	Power@4884MHz (dBm)	Power@7326MHz (dBm)
4800	5.5	-37	-45
1840	2	-56	-48
18c0	1.7	-47	-52
1940	1	-44	-55
19c0	-0.3	-44	-55
1a40	-1.4	-44	-57
1ac0	-2.2	-46	-58
1b40	-3	-46	-59
1bc0	-4	-47	-59
1c40	-6.5	-49	-67
1cc0	-7.3	-50	-70
1d40	-8.2	-51	-70
1dc0	-9.5	-52	-70

1e40	-10.7	-54	-70
1ec0	-12.2	-56	-70

3. RSSI 测试:

- 1. 上电，初始化 LT8901 所有寄存器。(参考 LT8901 datasheet)
- 2. 将芯片置于 RX 状态，07 改为 00b0
- 3. 读取 06<15:10>，为 RSSI 能量大小

input power(dBm)	03<15:10>
-75	0
-70	4
-65	17
-60	20
-55	27
-50	30
-45	37
-40	39
-35	41
-30	40
-25	40



4. LT8901 和其他芯片比较

	LT8901	BK2411 (beken)	A7105 (AMIC)	ARF2496 (applus)	nRF24L01 (nordic)
RX current (mA)	17	21	16	18	11.8
TX current (mA) @0dBm	16	14	19	13	11.3
Idle current (mA)	1.4	1.4	1.5	None	Don't know
Sleep current (uA)	1	3	1	1	1
TX power (dBm)	-6~ 6	-5~5	0	-20~0	0~5
RX sensitivity (dBm)	-87@1Mbps	-90@1Mbps	-96@500Kbps	-85@1Mbps	-85@1Mbps
Data rate (bps)	1M	1M, 2M	500K, 250K	250K, 500K	1M, 2M
Auto ACK	Yes	Yes	Don't know	Don't know	Yes
Auto retransmit	Yes	Yes	Don't know	Don't know	Yes
Off chip components	No inductor 7 RC 1 crystal	3 inductors 9 RC 1 crystal	3 inductors 18 RC 1 crystal	4 inductors 9 RC 1 crystal	3 inductors 11 RC 1 crystal
SOP16	Yes	No	No	No	No

相比其他 2.4G 芯片，LT8901 的 RF 性能非常健壮，几乎不用做任何调整就可实用多种 PCB，无需外围匹配，节省了 BOM 成本。同时，因为强大的 RF 性能，LT8901 提供 SOP16 的封装形式，大大方便客户焊接，生产。

5. 收发流程

初始化寄存器：

按照我们提供的 datasheet 表中推荐值设置。

发送过程：

设置 reg 52 --→0x8000，先将发送的 fifo 清空，

对 reg 50 fifo 寄存器操作，填入需要的数据，按 byte 操作

设置 reg 7---→二进制 0x10xxxxxxx，其中 xxxxxxx 为低 7 位选择通道号

等待 pkt 标志位拉高

接收过程：

设置 reg 52 --→0x0080，先将发送的 fifo 清空，

对 reg 50 fifo 寄存器操作，填入需要的数据，按 byte 操作

设置 reg 7---→二进制 0x1xxxxxxx，其中 xxxxxxx 为低 7 位选择通道号

等待 pkt 标志位拉高

若是拉高，则对 reg 50 寄存器操作，读出相应数据，按 byte 操作

6. auto-ack 使用方法

LT8901 有 auto-ack 功能，工作流程如下。

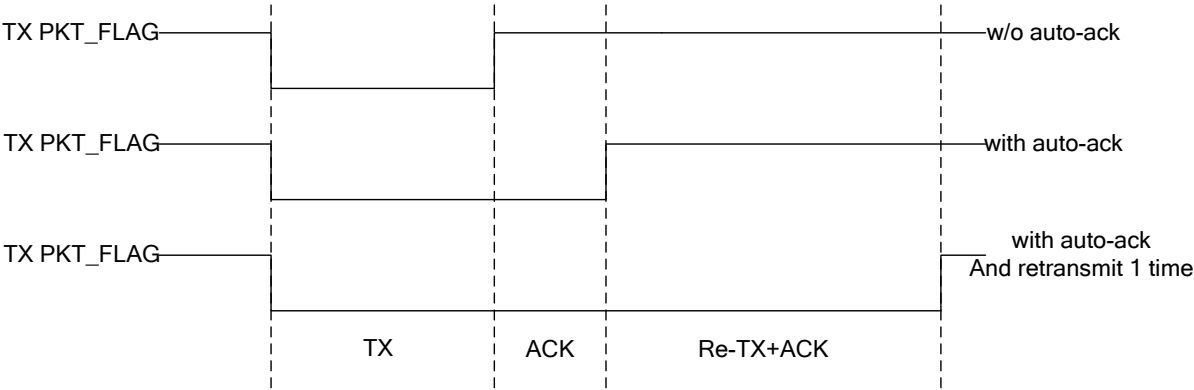
将 reg41<11> 设为 1，使能 auto-ack 功能。

将 reg35<11:8> 设为 3，表示在没有收到 RX ack 条件下，TX 最多会发 3 次。

将 reg42<7:0> 设为 B0，表示 TX 发射完成会用 176uS 的时间等待 RX 发出的 ack 信号，如果没有等到，会重发。

对于使能和不使能 auto-ack 功能，主要区别在于 PKT_FLAG 拉起的时间。

如下图所示



A

CK 时间约为 150uS，和具体 syncword，preamp 等长度设置有关

在 PKT_FLAG 拉高之后，去读 Reg52<5:0>，如果为 0，即收到 ack 信号。如果不为 0，为发送总字长+1，即没收到 ack 信号，是重发次数完毕后拉高。如要发射 8 个 byte 有效数据，那么第一个字节应写 8，总字长为 9，此时如果收到 ack，应读到 0，如果没收到 ack，应读到 10。

以上工作全部由 LT8901 内部电路完成，对 MCU 无影响。

7. 如何排查 SPI 不工作的问题。

如果 SPI 不工作，请按下面步骤来排查问题。

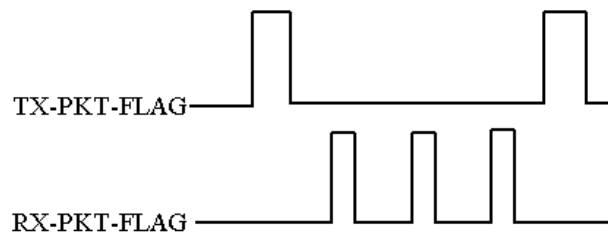
1. 测试 VDD33 有没有 3.3V 电压。(SOP16: pin12)
2. 测试 VDD18 上有没有 1.8V 电压。(SOP16: pin3,5,11)
3. 测试晶体有没有振荡。因为示波器表笔有电容，可能出现搭上之后就不振荡的情况，此时有两个办法来做：一。将表笔达到 1×。二。将测试晶体两端电压，应为 0.9V 左右。
4. 在上电后，默认是在 IDLE 状态，此时电流应为 1mA 左右。
5. 让程序开始运行，看数字接口是不是有信号。
6. reset 后先读取寄存器，此时寄存器里有 reset 值，比如 Reg[9]在 reset 后为 3000，修改为 1840，再读取，看是否为 1840。

8. 如何使用硬件重发功能。

为提高抗干扰性能，可以启用自动重发功能，主要步骤如下：

1. 将发射方 reg41<11> 设为 1, 使能 auto-ack 功能, 接收方 reg41<11> 设为 0, 禁用 auto-ack 功能。如发射方 reg41 寄存器设置为 0XE800, 接收方寄存器设置为 0XE000。
2. 通过设置 reg42<7:0> 参数值, 将 TX 发射完成后等待 RX 发出的 ack 信号时间设为 150us-256us 之间,
3. 设置自动重发次数, 改变 reg35<11:8> 中的参数即可设置重发次数。最大可设置 16 次。如 reg35 寄存器设置为 0X0320, 可重发 2 次, 一共发三次。
4. 因为 RX 禁用 auto ack 功能, TX 必然会重发。重发的数据一样, 所以收到一次正确的数据就可以。

假定 TX 发三次, RX 都可以收到, 那么波形应图如下所示:



以鼠标工作为例, 通常鼠标每 8ms 发射一个包, 其中 4ms 睡眠, 2ms 处于 Idle 状态, 2ms 处于发射状态。一般情况下, 发射端每成功发射一个包大约需要 350uS, 设置等待接收方 ACK 时间为 150uS, 那么第二次包重发时间间隔为 500uS, 这样发射方 2ms 将有足够的时间发三次包, 当接收方收到第一个包后 (PKT 拉高, 假定高电平有效), 同时进行 CRC 检验位读取, 如果正常, 则判定成功正确接收到一个数据包, 之后的第二个, 第三个重发包, 将不再处理。如果第一个包收到, 但 CRC 错误, 此时应先将 RXEN 设为 0, 进入 Idle 状态, 再清 FIFO, 之后将 RX EN 设为 1, 接收方可通过软件设定在 2 mS 以内, 接收三个包, 一旦有一个包接收正常, 之后的相同重发包将不再处理, 此时只有在三个包都丢失的情况下, 鼠标才会丢失一个包, 大大提高了包数率的稳定性。

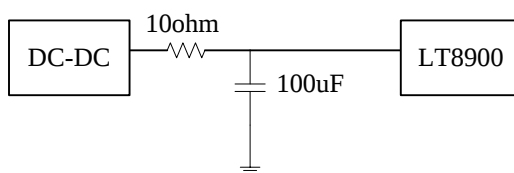
9. 如何抗电源干扰

VCC 电源为电路电源，VDD 为芯片正常工作芯片输出 LDO 的电压，约为 1.8V。

在电路设计中应确保 RF 供电电源很好的滤波，在电路设计时采用 DC-DC 转换电路时，因为其开关频率的原因导致其电源噪声很大,远比 LDO 大的多,应考虑对 RF 电源产生影响，要增加 RC 滤波电路来消除对直流线路的影响。也可以使用针对 RF 线路的专用 LDO。建议尽可能采用对 RF 电源单独供电。

采用 DC-DC 电路时使用 RC 滤波电路

电解电容推荐值为 100uF,精度为 10%，电阻推荐阻值为 10R，精度为 5%。



RC 滤波电路

10. PCB 布线注意事项

电源线

由于电源、地线的考虑不周到而引起的干扰，会使产品的性能下降，有时甚至影响到产品的成功率，对电、地线的布线要认真对待，把电源、地线所产生的噪音干扰降到最低限度，以保证产品的质量。

尽量加宽电源、地线宽度，最好是地线比电源线宽，它们的关系是：地线>电源线>信号线，通常信号线宽为：0.2~0.3mm,细线宽度可达 0.05~0.07mm,电源线为 1.2~2.5 mm。对数字电路的 PCB 可用宽的地导线组成一个回路，即构成一个地网来使用。

用大面积铜层作地线用,在印制板上把没被用上的地方都与地相连接作为地线用。或是做成多层板，电源，地线各占用一层。

晶振电路布线

晶振电路尽量靠近 XTALO, XTALI, 连接晶振的印制线尽量短，以减少噪声干扰及分布电容对晶振的影响，

晶振电容地线应使用尽量宽而短，印制线连接至器件上离晶振最近的数字地引脚，应尽量减少过孔，实际设计中由于空间受限，晶振放在顶层走线下面，如果空间允许，应尽量避免。

为固定晶振，减少对外幅射，提高抗干扰能力，晶振外壳应良好接地。

天线

天线 Layout 时需要注意：

天线 top 部分及对应 bottom 层都需要净空，不能铺铜；

天线短路臂连到地以后，至少有两个对地过孔直接到 bottom 层；

天线与 PCB 铺铜地之间的距离应大于 0.5mm，靠近天线沿着地平面应该打一排对地过孔；

天线周围最好不要有金属结构或元器件、铺地平面等，最多在其中一面距离一定间隔（至少 5mm）可以放一些元器件。

2013 年 9 月



FAQ:

1. 为什么出现收错数据，掉包等奇怪错误？

答：遇到这种情况，优先检查是否将寄存器全部初始化，一定要上电后将寄存器全部写一遍。

2. 为什么修改 syncword 后，还能收到数据？

答：在 Reg40<5:0>有个寄存器 syncword_threshold, 这个寄存器可以设置容许 syncword 的错误 bit 数，默认值是 7，即 syncword 错 6 个 bits 也会收到数据。

3. 从 sleep 模式醒来要花多少时间？

答：当在 sleep 模式中关闭 crystal 时，启动到稳定的时间为 2mS。当未关闭 crystal 时，启动到稳定的时间为 200uS。

4. syncword 设为多少合适？

答：syncword 可以作为产品的标识来用，如果对不可重复性要求不高，syncword 可以设置短些，16bit 或者 32bit，配上 syncword threshold 设为 1，即不允许都错误，此时通信效果较好。

5. 为什么要 10K 电阻接地

答：10K 电阻是为了让 RF 输入输出端 DC 电压为 0，所以在使用蛇形天线时需要加 10K 电阻，在使用倒 F 天线时，因为天线本身已经接地，就不用加 10K 电阻了。

6. 发射状态时 PKT 是怎么样电平变化？

答：TX 初始状态时 PKT 为低电平，发射成功 PKT 高电平，当只有再次发射时才会拉低，因为拉高时间不定，与用户发包间隔有关，然而拉低时间相对稳定，IDLE 时，PKT 保持之前状态。

8. LT8901 的灵敏度如何测试的，有没有参考程序？

答：假定一个发射，一个接收，首先测量发射功率，假设是 0dBm，然后加衰减器连接到接收板上。用 MCU 编程，发射 100 个包，看 RX 能接收到多少，同时分析接收到包里的数据，看 BER，以 0.1%为标准，测试灵敏度。

10. 若调制频偏幅度调整为 160KHz，是否会对 LT8901 的接收灵敏度产生影响？

答：不会产生影响。Reg1<8>=0 时，160K 调制带宽，Reg1<8>=1 时，320K 调制带宽。

11. LT8901 是否能够直接输出解调的 bit 位数据？

答：可以，将 Reg20<0>=1, Reg20<3:1>=101,此时即可 bypass digital baseband，对 modem 进行操作。

SPI 接口及 BnPWR(Reset_n)与 FIFO Mode 操作相同, TXRXDATA 即数据收发接口, BRCLK 可用于发射的 1M clock, RXCLK 可用于接收时的 1M clock。

12. LT8901 启动发射到发出前导的间隔时间为多长？

答：从启动发射到真正发射 Payload 的时间大约 250us. 这个时间跟 Reg33[15:8][5:0], Reg34[14:8][6:0] 以及 Peamable, SYNC_word 等的长度有关。

13. LT8901 0dbm 通信距离大体是多少？

答：0dBm 时约为 10m，3dbm 时约为 20m，6dBm 时约为 40m，但实际使用中与天线和周围环境有关系。

14. 如何快速进入睡眠与唤醒？

答：当单片机通过 SPI_MISO 给 LT8901 的寄存器 Reg35 BIT14 位写 1 同时 SPI_SS 拉高，LT8901 将进入睡眠状态，此时电流消耗约 1uA。当 SPI_SS 被拉低时，LT8901 会从睡眠状态自动唤醒。

15. 当发生 CRC 错误时，是否有相应的指示？

答：一旦发生错误，寄存器 Reg48 bit15 位 CRC_ERROR 将被自动置 1，在下次开始 RX 或 TX 时它将被清除。

12. 如何避免 FIFO 溢出导致收发异常？

答：当单片机处理收发数据或接收数据包长度时，绝不能让 FIFO 产生上溢或下溢。可通过 Reg40 寄存器 FIFO_EMPTY_THRESHOLD 与 FIFO_FULL_THRESHOLD 来设置。

13. LT8901 工作模式有哪些？

答：主要有三种工作模式。

Idle 模式：当 LT8901 的 RESET_n 口被单片机设置为 1 时，LT8901 内部寄存器处于空闲状态。空闲状态模式下芯片部分电路断电，晶振仍在工作以缩短芯片启动时间从而快速进入收发模式，空闲状态只是一种睡眠与收发模式的指令转换，不可以接收数据。

Sleep 模式：在收发模式下，单片机给 LT8901 的寄存器 Reg35 BIT14 位写 1 同时 SPI_SS 电平拉高，LT8901 芯片内部寄存器从空闲模式进入睡眠模式，晶振停止工作，此时电流消耗约为 1uA。

收发模式：

发射流程

在睡眠模式下单片机对芯片 SPI_SS 口设置为 0，对 SPI_mosi 口写指令，芯片从睡眠状态转为发送模式，数据进入寄存器自动加字头，CRC 检验码（开启 CRC 检验功能时）等信息打包发射。发射完毕后 LT8901 芯片自动进入 idle 模式。

接收流程

在睡眠状态下单片机对芯片 SPI_SS 口设置为 0 时，启动接收模式，接收前导码和同步信号，当接收到正解的同步码后开始接收数据包，然后判断 CRC 正确后将数据送到单片机。

14 在设计 RF 的 PCB 时的基本原则是什么？

答：使 EMC 最小化，EMI 改善的常见方法接地、屏蔽和滤波。

15 .如何解决 RF 的电源干扰？

答：必须确保 RF 电源已经很好地滤波。最好对不同的 RF 线路使用单独的电源。

16. 从 sleep 到 RX 或者 TX 要多少时间？

答：这里主要时间是晶体的稳定时间，约 1mS~2mS。

17. RTX 切换时间有多少？

答：这个时间主要是 PLL 的锁定时间，约为 100uS。

18. 射频开发有哪些常见工具？

答：射频开发常用的工具有：直流电源，万用表，硬件仿真器，示波器，逻辑分析仪，频谱仪，网络分析仪等。

19. 当我使用第一个字节表示字长时应写多少？

答：假设要发射 8 个字节，那么第一个字节应写 8，总字节数是 9。

20. LT8901 的传输距离有多少？

在最大功率 6dBm 条件下，空旷地带可到 50 米。

LT8901+PA 对 LT8901，可到 200 米

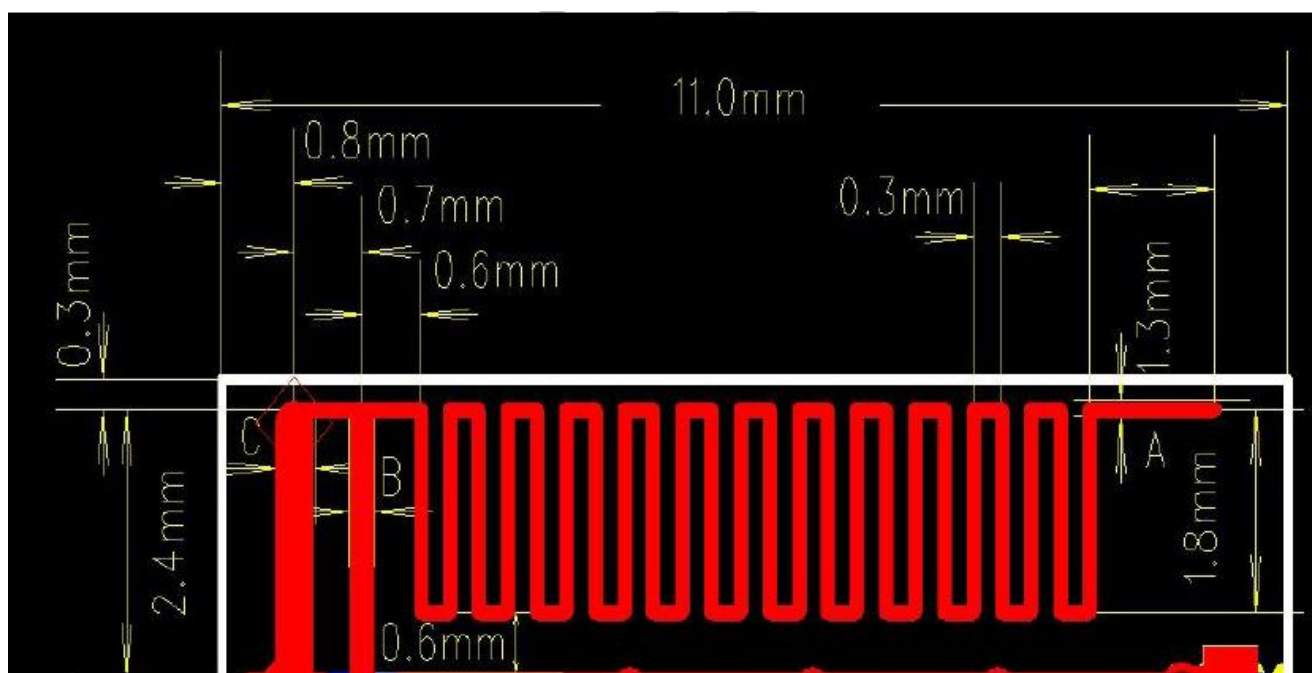
LT8901+LNA 对 LT8901，可到 100 米

LT8901+PA 对 LT8901+LNA，可到 500 米

使用 LT8901 做无线鼠标注意事项

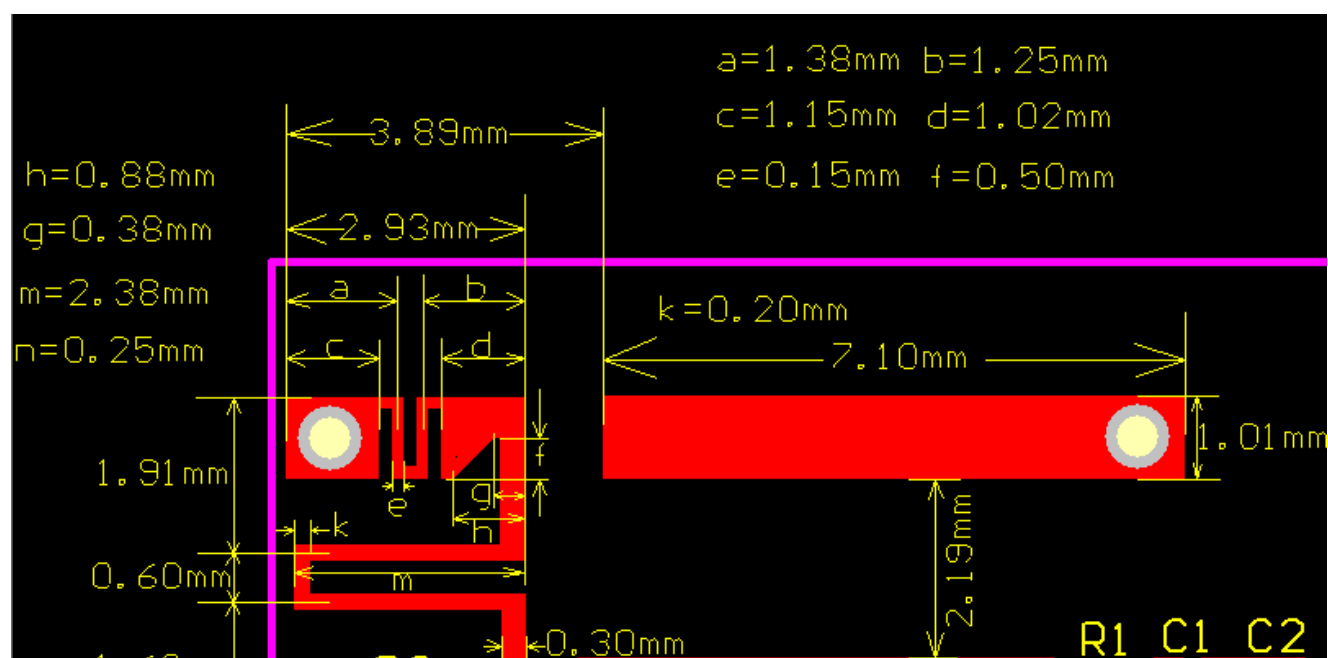
1. 天线。

Nano dongle 端普遍 PCB 较小，所以天线使用极为重要。推荐下面两款天线。



其中 A: 0.15mm, B: 0.25mm, C: 0.4mm

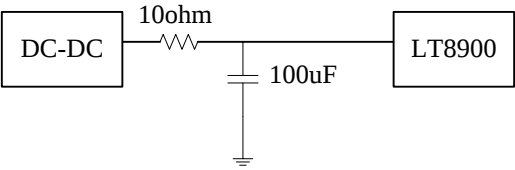
或者



正面

板才为两层 FR4，板厚为 0.6mm

在 mouse 端，普遍使用升压芯片，升压芯片自身有几十 KHz 到几百 kHz 的干扰，最好在进入 8900 的 3.3V 电源前加个 RC 滤波电路，如图



如果条件允许，滤波电容尽量用 100uF 的电解电容，如果是做成 module，由于封装的限制，请尽量用 0603 封装的 10uF 电容。

3. 寄存器设置

寄存器设置对距离影响很大，请严格按照推荐值初始化寄存器

寄存器推荐值

Register number	Power-up reset value (hex)	Recommended value for many applications (hex)	Notes
0	6fef	6fe0	
1	5681	5681	
2	6619	6617	
4	5447	9cc9	
5	f000	6637	
7	0030	0030	Use for setting RF frequency, and to start/stop Tx/Rx packets.
8	71af	6c90	
9	3000	1840	Sets Tx power level
10	7ffd	7ffd	Crystal osc. enabled.
11	4008	0008	RSSI enabled.
12	0000	0000	
13	4855	48bd	
22	c0ff	00ff	
23	8005	8005	Calibrate VCO before each and every Tx/Rx.
24	307b	0067	
25	1659	1659	
26	1833	19e0	
27	9100	1300	No crystal trim.
28	1800	1800	
29	00x0	read-only	Stores p/n, version information.

Register number	Power-up reset value (hex)	Recommended value for many applications (hex)	Notes
30	f413	read-only	Stores p/n, version information.
31	1002	read-only	Stores p/n, version information.
32	1806	4800	Packet data type: NRZ, no FEC, BRCLK=12 div. by 4= 3MHz
33	6307	3fc7	Configures packet sequencing.
34	030b	2000	Configures packet sequencing.
35	1300	0300	AutoAck max Tx retries = 3
36	0000	Choose unique sync words for each over-the-air network.	Similar to a MAC address.
37	0000		
38	0000		
39	0000		
40	2107	4402	Configure FIFO flag, sync threshold. CRC on. SCRAMBLE off.
41	b800	B000	1st byte is packet length.
42	fd6b	fdb0	Configure scan_rssi.
43	000f	000f	

其中需要注意的是

Syncword 的长度问题，它和 syncword 容错相关，推荐设置是

64 个 bit 允许错 3 个，reg32: 5800，reg40:4404

48 个 bit 允许错 2 个，reg32: 5000，reg40:4403

32 个 bit 允许错 1 个，reg32: 4800，reg40: 4402

16 个 bit 不允许错。 reg32: 4000，reg40: 4401

如果希望鼠标不串码，又要求 syncword 够长，请用 32bit 不允许错。 Reg32:4800， reg40:4401

和之前寄存器推荐值不一样的地方还有 Reg27 从 1200 改为 1300，这个是增大 48uA 的 LDO 电流，但 sleep 状态还是 1uA

reg41 从 E000 改为 B000，关掉 scramble。

5. 10K 下拉电阻的取舍

天线端 10K 下拉电阻主要是为了使 ANT 的 DC 电位为 0V，保证 RF switch 能正常开关，当使用倒 F 型天线时，因为天线本身电位已经为 0，所以可以去掉这颗电阻。

6. 芯片周边的切割槽有地，打线的时候需要注意，最好能将打线点内移，防止出现打线与地短路的情况。