

XN297

2.4GHz 单片高速无线收发芯片

功能描述：

- ◆ 频率范围2400~2483MHz
- ◆ 无线速率：1或2Mbps
- ◆ SPI 接口速率：0~8Mbps
- ◆ 通用型通信及增强型通信方式
- ◆ GFSK 单片收发芯片
- ◆ 超低功耗
- ◆ 内置硬件链路层
- ◆ 自动应答及自动重传
- ◆ 快速频道切换，可应用于跳频算法
- ◆ 20引脚QFN 4mm×4mm 封装
- ◆ 低成本晶振±60ppm
- ◆ 使用简单低成本外围元器件
- ◆ 低工作电压：2.0~3.6V
- ◆ 可支持双面PCB板方案

应用领域：

- ◆ 无线鼠标及无线键盘
- ◆ 无线游戏设备
- ◆ 无线数据通讯
- ◆ 智能电视遥控器
- ◆ 无线标签
- ◆ 无线门禁
- ◆ 安防系统
- ◆ 遥控装置
- ◆ 遥感勘测
- ◆ 智能运动设备
- ◆ 工业传感器及无线工控设备
- ◆ 无线玩具



目录

1. 概述	2
2. 主要电特性	3
3. 系统结构方框图	3
4. 引脚定义	4
5. 绝对最大额定值	6
6. 芯片控制描述	7
6.1 工作模式	7
6.1.1 状态图	7
6.1.2 休眠模式	8
6.1.3 待机模式-I	8
6.1.4 待机模式-II	8
6.1.5 接收模式	9
6.1.6 发射模式	9
6.2 不同模式引脚状态	9
6.3 数据包处理方式	10
6.3.1 通用型通信模式	10
6.3.2 增强型通信模式	10
6.3.3 增强型通信发送模式	12
6.3.4 增强型通信接收模式	13
6.3.5 双向数据通信方式	14
6.3.6 增强型通信模式下的数据包识别	14
6.4 数据通道	15



7. 数据和控制接口	17
7.1 SPI 接口	17
7.2 SPI 指令设置.....	17
7.3 SPI 指令格式.....	17
7.4 中断	19
7.5 SPI 时序	19
7.6 控制寄存器	21
7.7 数据包格式描述	29
7.7.1 增强型通信模式的数据包形式	29
7.7.2 通用型通信模式的数据包形式	30
8. 典型应用电路	31
9. PCB 布线示例	32
10. 联系方式	34

1. 概述

XN297是一款工作在2.4~2.483GHz世界通用ISM频段的单片无线收发芯片。该芯片集成了射频收发器、频率发生器、多通信模式控制器、晶体振荡器、调制器、解调器等功能模块。通过SPI接口可以对输出功率、频道选择以及协议的设置等用途进行灵活配置。

XN297芯片的优点:

低功耗

- ◆ 当工作在发射模式下发射功率为0dBm时电流消耗为15mA；
- ◆ 当工作在接收模式时电流消耗为14mA；
- ◆ 当工作在休眠模式时电流消耗2uA。

低成本

- ◆ 低成本系统解决方案；
- ◆ 外围元器件低于15个；
- ◆ 采用双层PCB，可以采用印制板天线方式；
- ◆ 可为客户提供完整的MCU解决方案。

高性能

- ◆ 工作频率 2400MHz~2483MHz；
- ◆ 最高数据码率2Mbps；
- ◆ 最大输出功率11dBm；
- ◆ 灵敏度可达到-88dBm。

2.主要电特性

表1 XN297主要电特性

特 性	条件(除另有规定外, VCC = 3V±5%, TA=25°C)	参数值			单位
		最小	典型	最大	
ICC	休眠模式		2		uA
	待机模式 I		50		uA
	待机模式 II		750		uA
	发射模式 (0dBm)		15	16	mA
	发射模式 (8dBm)		23	25	mA
	接收模式 (2Mbps)		15	16	mA
	接收模式 (1Mbps)		14	15	mA
系统指标					
f_{OP}	工作频率	2400		2483	MHz
PLL_{res}	锁相环跳频间隔	1		80	MHz
f_{XTAL}	晶振频率		16		MHz
Δf_{1M}	频率间隔@1Mbps		±0.16	±0.25	MHz
Δf_{2M}	频率间隔@2Mbps		±0.32	±0.50	MHz
	码率	1		2	Mbps
FCH_{1M}	频道间隔@1Mbps		1		MHz
FCH_{2M}	频道间隔@2Mbps		2		MHz
发射模式指标					
PRF	典型输出功率 1		8		dBm
PRF	典型输出功率 2		0		dBm
PRFC	输出功率范围	-11		11	dBm
PBW2	载波调制的 20dB 带宽(2Mbps)		2	2.1	MHz
PBW1	载波调制的 20dB 带宽(1Mbps)		1	1.1	MHz
接收模式指标					
RX_{max}	误码率<0.1%时的最大接收幅度		0		dBm
RXSENS2	接收灵敏度 (0.1%BER) @2Mbps		-85		dBm
RXSENS1	接收灵敏度 (0.1%BER) @1Mbps		-88		dBm



C/I_{CO}	通道选择性@2Mbps		13		dBc
C/I_{1ST}	第 1 相邻道选择性@2Mbps		-8		dBc
C/I_{2ND}	第 2 相邻道选择性@2Mbps		-12		dBc
C/I_{3RD}	第 3 相邻道选择性@2Mbps		-20		dBc
C/I_{4TH}	第 4 相邻道选择性@2Mbps		-28		dBc
C/I_{CO}	通道选择性@1Mbps		13		dBc
C/I_{1ST}	第 1 相邻道选择性@1Mbps		5		dBc
C/I_{2ND}	第 2 相邻道选择性@1Mbps		-10		dBc
C/I_{3RD}	第 3 相邻道选择性@1Mbps		-16		dBc
C/I_{4TH}	第 4 相邻道选择性@1Mbps		-24		dBc
操作条件					
V_{DD}	供电电压	2.0	3	3.6	V
V_{SS}	芯片地		0		V
V_{OH}	高电平输出电压	$V_{DD}-0.3$		V_{DD}	V
V_{OL}	低电平输出电压	V_{SS}		$V_{SS}+0.3$	V
V_{IH}	高电平输入电压	2.0	3	3.6	V
V_{IL}	低电平输入电压	V_{SS}		$V_{SS}+0.3$	V
	工作温度	-40	27	+85	°C
	储存温度	-40	27	+125	°C

3. 系统结构方框图

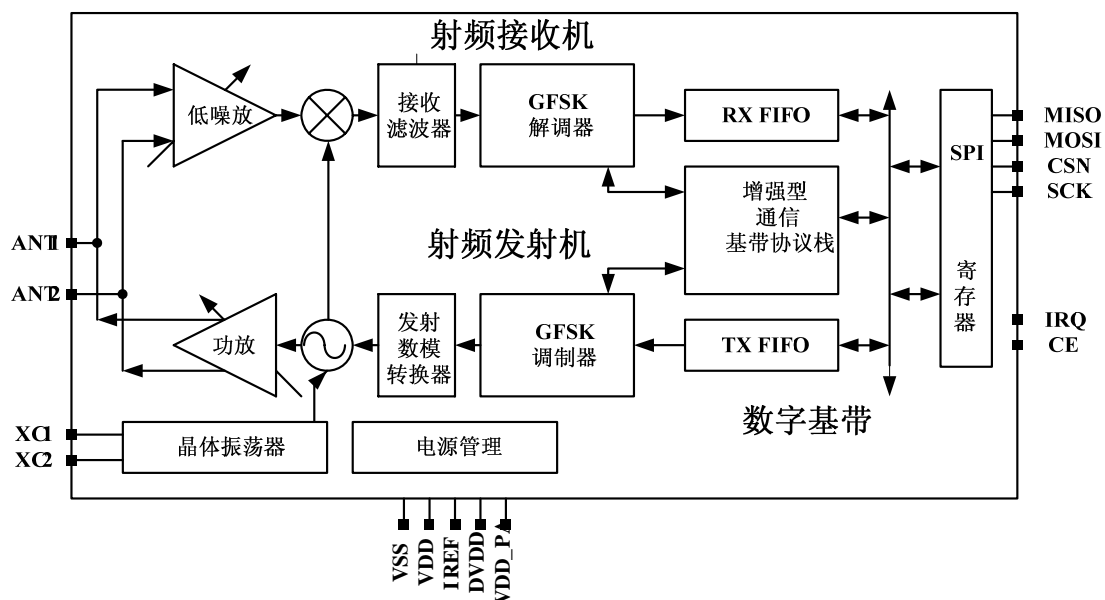


图1 XN297系统结构方框图

4. 引脚定义

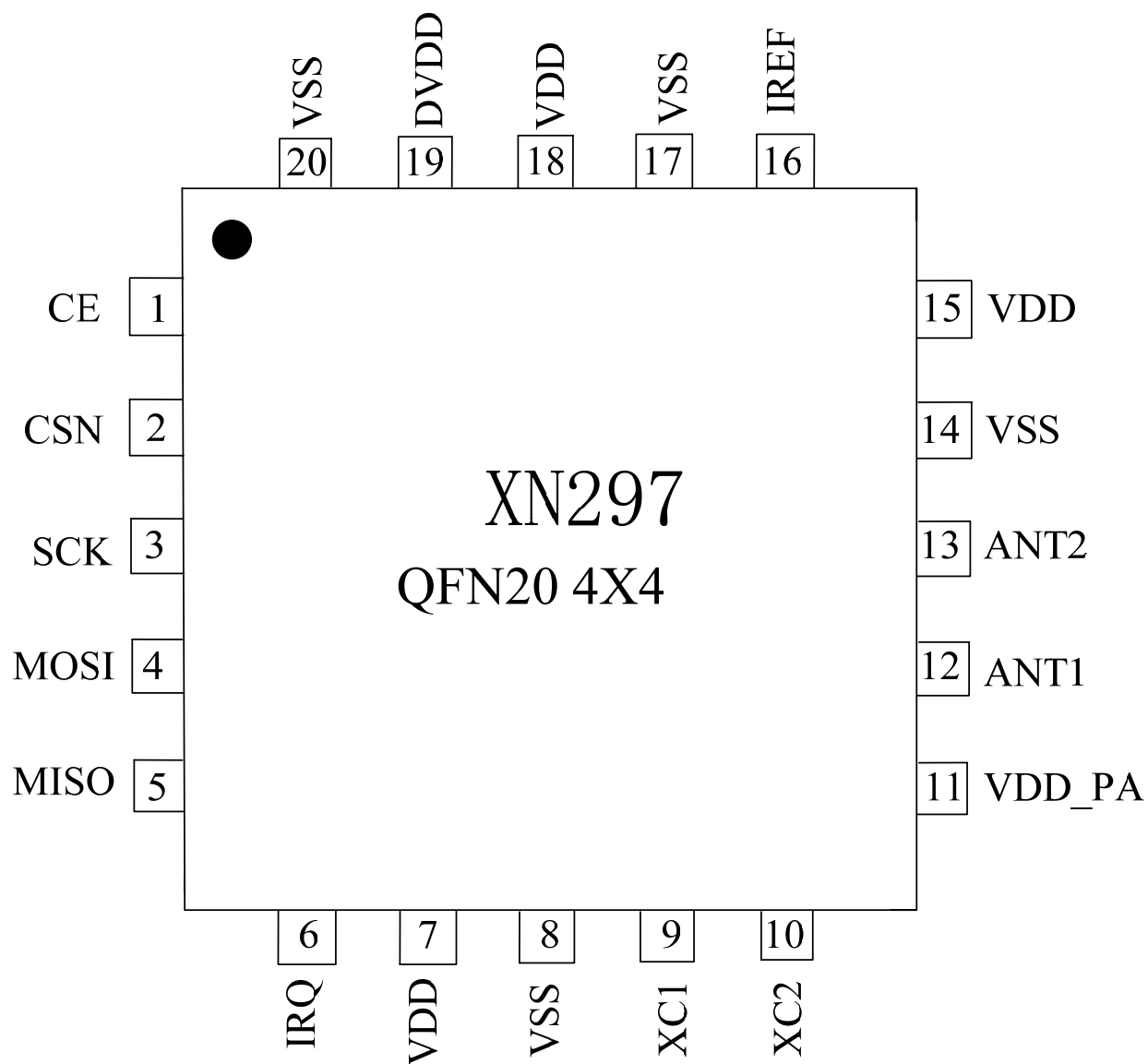


图2 XN2401引脚功能图



表2 引脚功能说明

引出端 序号	符号	功能	引出端 序号	符号	功能
1	CE	模式片选信号	11	VDD_PA	电源输出
2	CSN	SPI 片选信号	12	ANT1	天线端口 1
3	SCK	SPI 时钟信号	13	ANT2	天线端口 2
4	MOSI	SPI 数据输入信号	14	VSS	地 (GND)
5	MISO	SPI 数据输出信号	15	VDD	电源输入
6	IRQ	中断信号	16	IREF	参考电流
7	VDD	电源输入	17	VSS	地 (GND)
8	VSS	地 (GND)	18	VDD	电源输入
9	XC1	晶振输入	19	DVDD	电源输出
10	XC2	晶振输出	20	VSS	地 (GND)



5. 绝对最大额定值

◆ 供电电压：

VDD-0.3V~+3.6V

VSS0V

◆ 输入电压

VI.....-0.3V~+3.6V

◆ 输出电压

VO.....VSS~VDD

◆ 总功耗

PD (TA=85°C) 50mW

◆ 温度

工作温度..... -40°C~+85°C

存储温度..... -40°C~+125°C

* 注意：强行超过一项或多项极限值使用会导致器件永久性损坏。

* 小心：静电敏感器件，操作时遵守防护规则。

6. 芯片控制描述

本章描述 XN297 各种工作模式,以及用于控制 XN297 工作模式的参数使用定义。XN297 内部自带状态机用于控制芯片工作模式, 状态机受控于寄存器配置的值和内部信号。

6.1 工作模式

XN297 有 5 种工作模式, 本节会对这些状态进行描述。

6.1.1 状态图

图 3 是 XN297 工作状态图, 表示 5 种工作模式, 以及 5 种工作模式之间的跳变。XN297 在 VDD 大于 2.0V 才开始正常工作。即使进入休眠模式, MCU 还是可以通过 SPI 和 CE 管脚控制芯片进入其它 4 种状态。

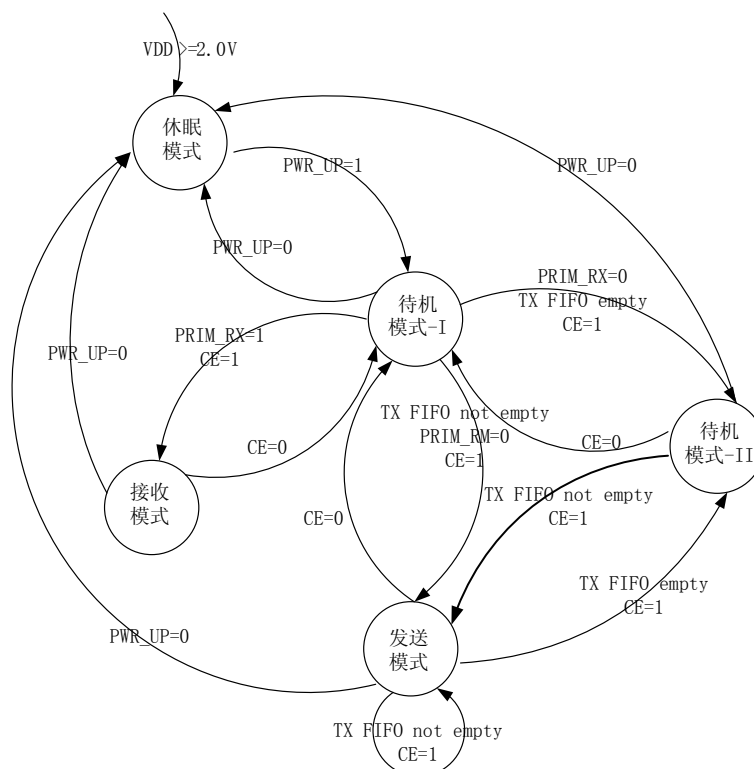


图 3 工作状态图

表3给出了XN297 5种主要的模式对应的控制寄存器参数电平和FIFO寄存器状态。

表3 XN297 5种工作模式对应的控制参数配置和FIFO寄存器状态

模式	PWR_UP	PRIM_RX	CE	FIFO寄存器状态
接收模式	1	1	1	-
发送模式	1	0	1	数据在TX FIFO寄存器中
待机模式I	1	-	0	无数据传输
待机模式II	1	0	1	TX FIFO为空
休眠模式	0	-	-	-

6.1.2 休眠模式

在休眠模式下，XN297所有功能关闭，保持电流消耗最小。进入休眠模式后，XN297停止工作，但寄存器内容保持不变。休眠模式由寄存器中PWR_UP位控制。

6.1.3 待机模式-I

在待机模式-I下，芯片维持晶振工作而其余功能模块均关闭，并且能够在较短时间内重新启动。待机模式-I下消耗的平均电流较小。在休眠模式下，通过配置寄存器的PWR_UP值为高，芯片即可进入待机模式-I。而处于发射或接收模式时，只要CE设为低芯片就会重新返回到待机模式-I。

6.1.4 待机模式-II

当发送端TX FIFO寄存器为空并且CE为高电平时进入待机模式II（待机模式-II通常可以理解为预备发射模式）。此时，晶振的缓存器和电源管理模块已开启。在待机模式-II期间，寄存器配置内容保持不变。如果有数据包送入TX FIFO，此时PLL立刻启动工作并且待其频率锁定后,发射机将数据包发射出去。

6.1.5 接收模式

接收模式是XN297通信时接收部分处于工作状态，当PWR_UP、PRIM-RX、CE设为高时进入接收模式。

在RX模式下，射频部分接收来自天线的信号，并且将其放大和下变频，解调器将模拟调制信号转变为数字信息，根据协议判断是否报文有效（通过匹配地址），完整有效报文才会进行上传。该包所携带的有效信息会被放在RX FIFO的空位置上。如果RX FIFO是满的，接收的数据包就会被丢失。

6.1.6 发射模式

发送模式是XN297发送数据包时发射部分处于工作状态，当PWR_UP和CE为高、PRIM-RX为低、在发射FIFO中存在有效数据。

XN297在数据包发送完之前都会保持在发送模式，如果CE=0，XN297返回到待机模式-I。如果CE=1，发射FIFO会决定下一个工作状态。如果XN297在发送模式下的TX FIFO不是空的，这时它会发送下一个数据包。如果TX FIFO是空的XN297会进入待机模式-II。当工作在发送数据模式下，XN297发射部分的PLL工作在开环状态。

6.2 不同模式引脚状态

关于XN297不同工作模式I/O管脚状态详见表4。

表4 XN297 在不同模式下的引脚状态

引脚名称	方向	发送模式	接收模式	待机模式	休眠模式
CE	输入	高电平	高电平	低电平	-
CSN	输入	SPI片选使能，低电平使能			
SCK	输入	SPI时钟			
MOSI	输入	SPI串行输入			
MISO	三态输出	SPI串行输出			
IRQ	输出	中断，低电平使能			

6.3 数据包处理方式

XN297有如下几种数据包处理方式：

- ◆ 通用型通信方式；
- ◆ 增强型通信方式；

6.3.1 通用型通信模式

通用型通信模式下，XN297可以与普通低速MCU相连来完成通信。高速信号处理是由芯片内部的协议完成的。XN297提供SPI接口，数据率取决于MCU本身接口速度。XN297与MCU低速通信，而将高速信号处理部分放在芯片内，减少了整体方案的电流消耗。因此，通用型通信模式下的平均电流消耗被降低。

在通用型通信接收模式下，当接收到有效的地址和数据时IRQ通知MCU，随后MCU可将接收到的数据从RX FIFO寄存器中读出。

在通用型通信发送模式下，XN297自动生成前导码。数据发送完毕后IRQ通知MCU，减少了MCU的部分协调工作，缩减了软件开发周期。XN297内部有二个不同的RX FIFO寄存器（6个通道共享此寄存器）和二个不同的TX FIFO寄存器。在休眠模式下、待机模式下和数据传输的过程中MCU可以随时访问FIFO寄存器。允许SPI接口以低速进行数据传送，并且可以将MCU的通用I/O口用作SPI接口。

6.3.2 增强型通信模式

增强型通信模式可以使得双向链接协议执行起来更为容易、有效。典型的双向链接为：发送方要求终端设备在接收到数据后有应答信号，以便于发送方检测有无数据丢失。一旦数据丢失，则通过重传功能将丢失的数据恢复。增强型通信模式可以同时控制应答及重发功能而无需增加MCU工作量。

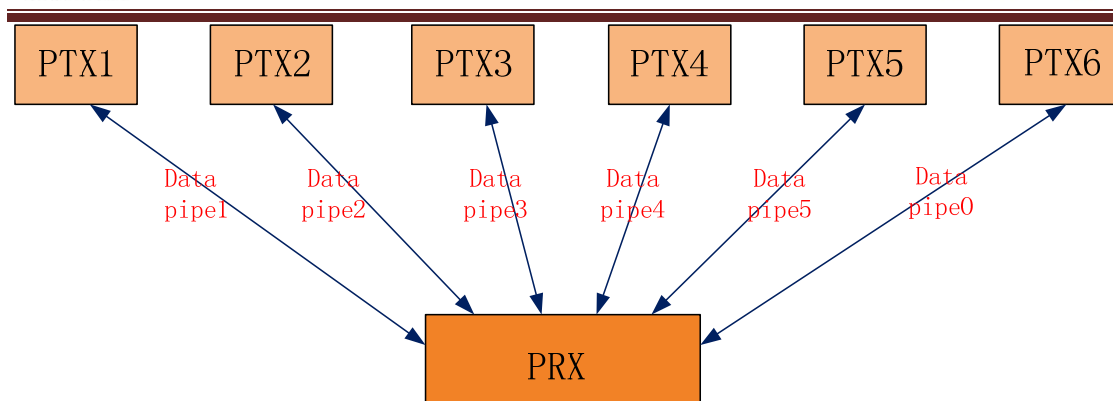


图4 多通道数据传输网

XN297在接收模式下可以接收6路不同通道的数据，如图4所示。每一个数据通道使用不同的地址，但是共用相同的频道。也就是说6个不同的XN297设置为发送模式后可以与同一个设置为接收模式的XN297进行通信，而设置为接收模式的XN297可以对这6个发送端进行识别。数据通道0是唯一的一个可以配置为40位自身地址的数据通道。1~5 数据通道都为8位自身地址和32位公用地址。所有的数据通道都可以设置为增强型通信模式。

XN297在确认接收到数据后记录发送端地址，并以此地址为目标地址发送应答信号。在发送端，数据通道0被用做接收应答信号，因此，数据通道0的接收地址要与发送端地址相等以确保接收到正确的应答信号。图5给出了PTX和PRX地址如何配置例子。

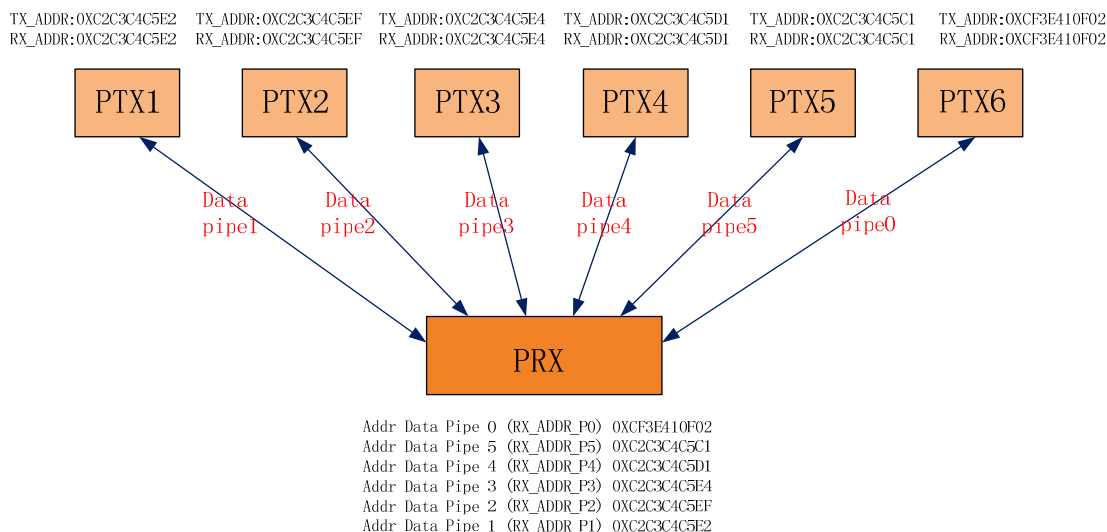


图5 应答地址确定示例

XN297配置为增强型通信发送模式下时，只要MCU有数据要发送，XN297就会启动增强型模式来发送数据，在发送完数据后XN297转到接收模式并等待终端的应答信号。如果

没有在规定时间内收到正确的应答信号，XN297 将重发相同的数据包，直到收到应答信号或传输次数超过SETUP_RETR_ARC寄存器中设置的值为止，如果传输次数超过了设定值，会产生MAX_RT中断。

只要收到确认信号，XN297就认为最后一包数据已经发送成功(接收方已经收到数据)，把TX FIFO中的数据清除并产生TX_DS中断(IRQ 引脚置高)。

在增强型通信模式下，XN297有如下的特征：

- ◆ 低功耗，快速启动即自动空中传输，极大的降低了电流消耗。
- ◆ 少量外部控制，XN297集成了所有高速链路层操作，比如：重传丢失的数据包和产生自动应答信号。SPI接口可以利用单片机通用I/O口进行通信。
- ◆ 快速传输，空中传输时间较短，极大地降低了无线传输中的信号碰撞现象。
- ◆ 开发周期短，芯片链路层完全内部集成，非常便于软硬件的开发。

6.3.3 增强型通信发送模式

1、配置寄存器位PRIM_RX 为低；

2、当MCU有数据要发送时，接收节点地址(TX_ADDR)和有效数据(TX_PLD)通过SPI接口写入XN297。发送数据的长度以字节计数从MCU写入TX FIFO。当CSN为低时，数据被不断的写入。发送端发送完数据后，将通道0设置为接收模式来接收应答信号，其接收地址(RX_ADDR_P0)与接收端地址(TX_ADDR)相同。例：在图5中数据通道5的发送端(PTX5)及接收端(RX)地址设置如下：

TX5 : TX_ADDR=0XC2C3C4C5C1

TX5 : RX_ADDR_P0=0XC2C3C4C5C1

RX : RX_ADDR_P5=0XC2C3C4C5C1

3、设置CE为高，启动发射。

4、增强型通信模式特点：

自动切换工作模式；

启动内部16MHz时钟；

自动数据打包并发送；

高传输数据率(由MCU设定为1Mbps或2Mbps)。

5、如果启动了自动应答模式(自动传输计数器不等于0，ENAA_P0 = 1)，XN297立

即进入接收模式。如果在有效应答时间范围内收到应答信号，则认为数据成功发送到了接收端，此时状态寄存器的TX_DS位置高并把数据从TX FIFO中清除掉。如果在设定时间范围内没有接收到应答信号，则重新发送数据。如果自动传输计数器（ARC_CNT）溢出（超过了编程设定的值），则状态寄存器的MAX_RT 位置高，不清除TX FIFO中的数据。当MAX_RT或TX_DS为高电平时IRQ 引脚产生中断。IRQ中断通过写状态寄存器来复位。如果传输次数在达到设定的最大传输次数时还没有收到应答信号的话，在MAX_RX中断清除之前不会重发数据包。数据包丢失计数器(PLOS_CNT)在每次产生MAX_RT中断后加一。也就是说：重发计数器ARC_CNT计算重发数据包次数，PLOS_CNT计算在达到最大允许传输次数时仍没有发送成功的数据包个数。

6、如果CE置低，则系统进入待机模式-I。如果不设置CE为低，则系统会发送TX FIFO 寄存器中下一包数据。如果TX FIFO寄存器为空并且CE为高则系统进入待机模式II。

7、如果系统在待机模式II，当CE置低后系统立即进入待机模式-I。

6.3.4 增强型通信接收模式

1、增强型通信接收模式是通过设置寄存器中PRIM_RX位为高来选择的。准备接收数据的通道必须被使能（EN_RXADDR 寄存器），所有工作在增强型通信模式下的数据通道的自动应答功能是由(EN_AA寄存器)来使能的，有效数据宽度是由RX_PW_PX寄存器来设置的。

2、接收模式由设置CE为高启动。

3、预设的等待时间后，XN297开始检测无线信号。

4、接收到有效的数据包后（地址匹配），数据存储在RX_FIFO中，同时RX_DR位置高，并产生中断。状态寄存器中RX_P_NO位显示数据是由哪个通道接收到的。

5、如果使能自动确认信号，则发送确认信号。

6、MCU设置CE脚为低，进入待机模式-I。

7、MCU将数据以合适的速率通过SPI口将数据读出。

8、芯片准备好进入发送模式、接收模式或休眠模式。

6.3.5 双向数据通信方式

如果需要数据能双向通信，PRIM_RX寄存器必须紧随芯片工作模式的变化而变化。处理器必须保证PTX和PRX端的同步性。在RX_FIFO和TX_FIFO寄存器中可能同时存有数据。

1、自动应答（RX）：

自动应答功能可以通过SPI口对不同的数据通道分别进行配置。

收到有效的数据包后，系统将进入发送模式并发送确认信号。发送完确认信号后，系统进入正常工作模式（工作模式由PRIM_RX位和CE引脚决定）。

2、自动传输功能（ART）、（TX）：

自动传输功能是针对自动应答系统的发送方。SETUP_RETR 寄存器设置：启动重发数据的时间长度。在每次发送结束后系统都会进入接收模式并在设定的时间范围内等待应答信号。接收到应答信号后，系统转入正常发送模式。如果TX_FIFO中没有待发送的数据且CE脚电平为低，则系统将进入待机模式-I。如果没有收到确认信号，则系统返回到发送模式并重发数据直到收到确认信号或重发次数超过设定值（达到最大的重发次数）有新的数据发送或PRIM_RX寄存器配置改变时丢包计数器复位。

6.3.6 增强型通信模式下的数据包识别

每一包数据都包括两位的PID（数据包识别）来识别接收的数据是新数据包还是重发的数据包。PID识别可以防止接收端同一数据包多次送入MCU。在发送方每从MCU取得一包新数据后PID值加一。PID应用在接收方识别接收的数据是重发的数据包还是新数据包。如果在链接中有一些数据丢失了，则PID值与上一包数据的PID值相同。

1、接收方：

接收方对新接收数据包的PID值与上一包进行比较。如果PID值不同，则认为接收的数据包是新数据包。如果PID值与上一包相同，则新接收的数据包有可能与前一包相同。

2、发送方：

每发送一包新的数据则发送方的PID值加一。

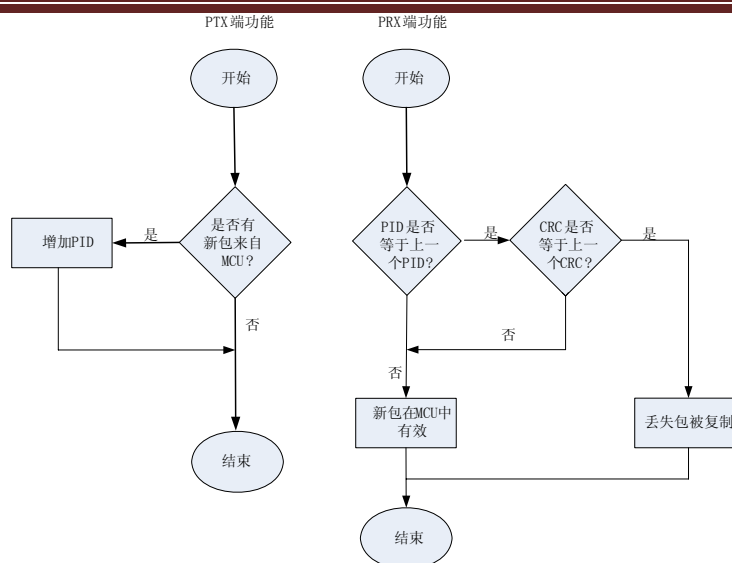


图6 PID生成和检测

6.4 数据通道

XN297配置为接收模式时可以接收6路不同地址相同频率的数据。每个数据通道拥有自己的地址并且可以通过寄存器来进行分别配置。

数据通道是通过寄存器EN_RXADDR来设置的，默认状态下只有数据通道0和数据通道1是开启状态的。

每一个数据通道的地址是通过寄存器RX_ADDR_PX来配置的。通常情况下不允许不同的数据通道设置完全相同的地址。表5给出了各通道地址配置示例。

表5 多通道地址设置

	BYTE 4	BYTE 3	BYTE 2	BYTE 1	BYTE 0
Data pipe 0 (RX_ADDR_P0)	0xF1	0xD2	0xE6	0xA2	0x33
Data pipe 1 (RX_ADDR_P1)	0xD3	0xD3	0xD3	0xD3	0xD3
	↓	↓	↓	↓	
Data pipe 2 (RX_ADDR_P2)	0xD3	0xD3	0xD3	0xD3	0xD4
	↓	↓	↓	↓	
Data pipe 3 (RX_ADDR_P3)	0xD3	0xD3	0xD3	0xD3	0xD5
	↓	↓	↓	↓	
Data pipe 4 (RX_ADDR_P4)	0xD3	0xD3	0xD3	0xD3	0xD6
	↓	↓	↓	↓	
Data pipe 5 (RX_ADDR_P5)	0xD3	0xD3	0xD3	0xD3	0xD7



从表5可以看出数据通道0 5byte 总共40位的地址都是可配的；数据通道1~5的地址配置为32位共用地址+各自的地址（最低字节）。

上表通道0~5的地址设置当从一个数据通道中接收到数据，并且此数据通道设置为应答方式的话，则XN297在收到数据后产生应答信号，此应答信号的目标地址为接收通道地址。

7. 数据和控制接口

XN297所有配置都在配置寄存器中，所有寄存器都是通过SPI口读写进行操作。

7.1 SPI 接口

SPI接口是标准的SPI接口，其最大的数据传输率为8Mbps。大多数寄存器具有读写功能。

7.2 SPI 指令设置

SPI接口用到的指令在7.3节有所说明。CSN为低后SPI接口等待执行指令。每一条指令的执行都必须通过一次CSN由高到低的变化。

7.3 SPI 指令格式

表 6 SPI 指令格式

<命令字：由高位到低位（每字节）>

<数据字节：低字节到高字节，每一字节高位在前>

命令名称	命令字 (二进制)	数据字节	操作
R_REGISTER	000A AAAA	1 to 5 低字节在前	读命令寄存器和状态寄存器 AAAAA=5bit 寄存器地址
W_REGISTER	001A AAAA	1 to 5 低字节在前	写命令寄存器和状态寄存器 AAAAA=5bit 寄存器地址 仅在 power_down 和 standby 模式写可执行
R_RX_PAYLOAD	0110 0001	1 to 64 低字节在前	读接收数据,读操作通常由第 0 字节开始。读完过后数据将被从 FIFO 中删除。接收模式可用
W_TX_PAYLOAD	1010 0000	1 to 64 低字节	写发射数据,写操作通常由 0 字节



		节在前	开始。 发射模式中可用
FLUSH_TX	1110 0001	0	清 Tx_FIFO, Tx 模式中可用
FLUSH_RX	1110 0010	0	清 Rx_FIFO, Rx 模式中可用。在回传应答时不可执行, 否则会使应答数据不完整
REUSE_TX_PL	1110 0011	0	用在 PTX 模式芯片 重用最后传送的数据。当 CE 为高时数据将被一直重复使用。重用 Tx 数据在 W_REGISTER, FLUSH_TX 命令执行后可用。 数据传输时该命令不能被执行
ACTIVATE	0101 0000	1	用命令后跟数据 0x73, 将激活以下功能 • R_RX_PL_WID • W_ACK_PAYLOAD • W_TX_PAYLOAD_NOACK 再次使用该命令后跟同样数据, 将关闭上述功能。该命令仅在 power_down 和 standby 模式写可执行。
R_RX_PL_WID	0110 0000		读 Rx_FIFO 最顶部 RX-payload 数据宽度
W_ACK_PAYLOAD	1010 1PPP	1 to 64 低字节在前	Rx 模式可用 写 PIPE PPP (PPP 的值从 000 到 101) 响应 ACK 时同时回传的数据。最多可设置 3 个 ACK 数据包。同 PIPE 的数据将以先进先出的原则发送。 写操作通常从 0 字节开始。
W_TX_PAYLOAD_NOACK	1011 0000	1 to 64 低字节在前	Tx 模式中可用 使用该命令发送数据将使 AUTOACK 不可用
NOP	1111 1111	0	无操作。可用于读状态寄存器

R_REGISTER 和 W_REGISTER 寄存器可能操作单字节或多字节寄存器。当访问多字节寄

寄存器时首先要读/写的是最低字节的高位。在所有多字节寄存器被写完之前可以结束写 SPI 操作，在这种情况下没有写完的高字节保持原有内容不变。例如：RX_ADDR_P0 寄存器的最低字节可以通过写一个字节给寄存器 RX_ADDR_P0 来改变。在 CSN 状态由高变低后可以通过 MISO 来读取状态寄存器的内容。

7.4 中断

XN297的中断引脚 (IRQ) 为低电平触发，当状态寄存器中TX_DS、RX_DR或MAX_RT 为高时触发中断。当MCU给中断源写 ‘1’ 时，中断引脚被禁止。可屏蔽中断可以被IRQ中断屏蔽。通过设置可屏蔽中断位为高，则中断响应被禁止。默认状态下所有的中断源是被禁止的。

7.5 SPI 时序

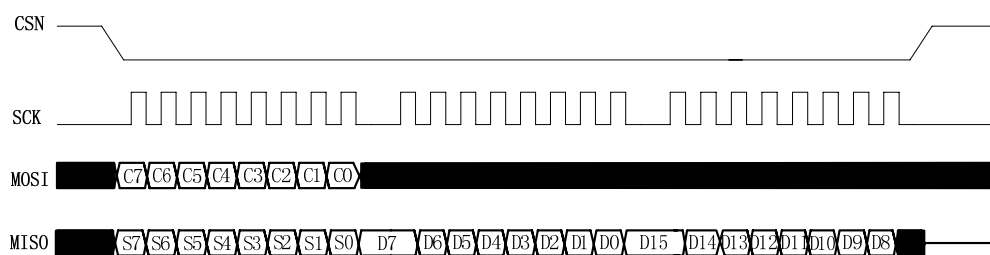


图7 SPI读操作

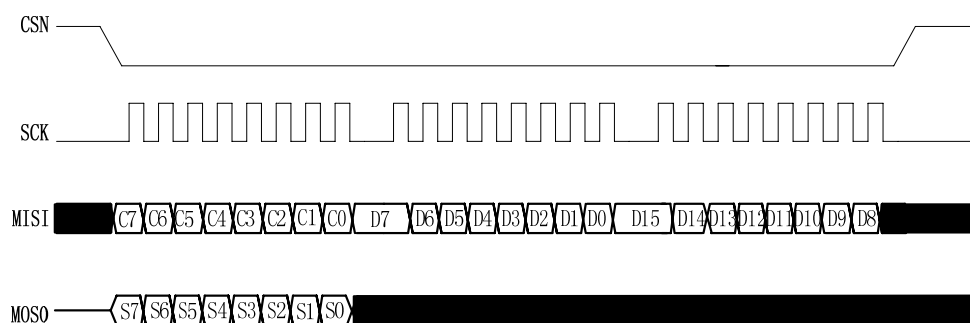


图8 SPI写操作

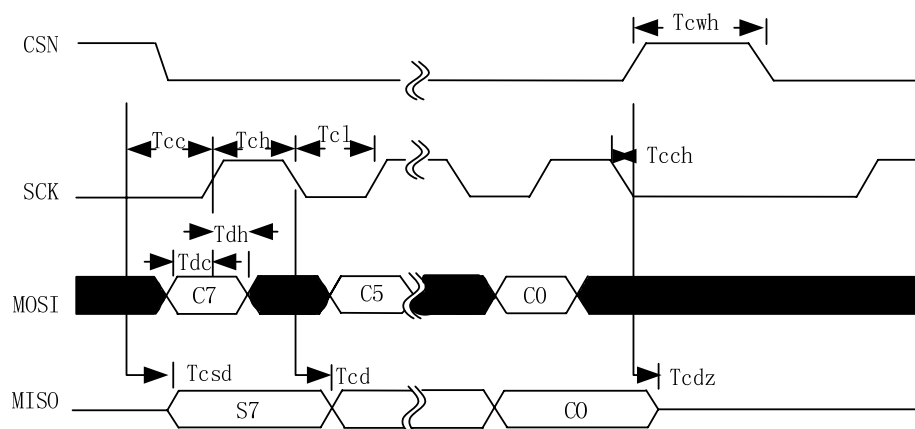


图9 SPI , NOP操作时序图

表7 SPI参考时间

SYMBOL	PARAMETERS	MIN	MAX	UNITS
Tdc	数据建立时间	15		ns
Tdh	数据保持时间	2		ns
Tcsd	CSN信号有效时间		40	ns
Tcd	SCK信号有效时间		51	ns
Tcl	SCK信号低电平时间	38		ns
Tch	SCK信号高电平时间	38		ns
Fsck	SCK信号频率	0	8	MHz
Tr,Tf	SCK信号上升下降时间		110	ns
Tcc	CSN信号建立时间	2		ns
Tcch	CSN信号保持时间	2		ns
Tcwh	CSN无效时间	49		ns
Tcdz	CSN信号高阻抗		40	ns

注：表7的参数可根据选择的MCU调整

图7~9和表7给出了SPI操作及时序。在写寄存器之前一定要进入待机模式或休眠模式。
在图中用到了下面的符号：

C_i -SPI指令位

S_i -状态寄存器位

D_i -数据位（备注：由低字节到高字节，每个字节中高位在前）

注： $i = 1, 2, 3, \dots, n$ 。

7.6 控制寄存器

可以通过 SPI 读写操作表 8 中的寄存器来配置和控制 XN297。表 8 中未定义的为无用寄存器，读出来的结果为“0”。

表 8 控制寄存器

地址 (HEX)	存储器	BIT	默认值 (19/1E/1F 寄存器为推 荐值)	读写	说明
00	CONFIG				工作寄存器
	DATAOUT_S EL	7	0	R/W	数据读取选择位 1: 使得地址 0X09 的 bit7:1 的输出为 Analog_data 的 bit6:0 0: 使得地址 0X09 的 bit7:0 的输出为接收机实时给出的 4 位 RSSI 数据+数据包同步时的接收机 4 位 RSSI 数据
	MASK_RX_D R	6	0	R/W	接收数据成功的中断上报使能位 1: 中断不反映到 IRQ pin 0: RX_DR 中断反映到 IRQ pin
	MASK_TX_D S	5	0	R/W	发送数据成功的中断上报使能位 1: 中断不反映到 IRQ pin 0: TX_DS 中断反映到 IRQ pin
	MASK_MAX_ RT	4	0	R/W	达到最大传输次数的中断上报使能位 1: 中断不反映到 IRQ pin 0: MAX_RT 中断反映到 IRQ pin
	EN_CRC	3	1	R/W	CRC 使能位 1: CRC 使能, 2byte 0: CRC 不使能, 并且不判 CRC 校验
	N/A	2	0	R/W	保留
	PWR_UP	1	0	R/W	芯片使能位 1: POWER_UP



					0: POWER_DOWN
	PRIM_RX	0	0	R/W	RX/TX 控制 1: PRX 0: PTX
01	EN_AA Enhanced Burst				自动应答使能
	Reserved	7:6	00	R/W	Only 00 allowed
	ENAA_P5	5	0	R/W	使能 pipe5 自动应答
	ENAA_P4	4	0	R/W	使能 pipe4 自动应答
	ENAA_P3	3	0	R/W	使能 pipe3 自动应答
	ENAA_P2	2	0	R/W	使能 pipe2 自动应答
	ENAA_P1	1	0	R/W	使能 pipe1 自动应答
	ENAA_P0	0	0	R/W	使能 pipe0 自动应答
02	EN_RXADDR				RX 地址使能
	Reserved	7:6	00	R/W	Only 00 allowed
	ERX_P5	5	0	R/W	使能 data pipe 5
	ERX_P4	4	0	R/W	使能 data pipe 4
	ERX_P3	3	0	R/W	使能 data pipe 3
	ERX_P2	2	0	R/W	使能 data pipe 2
	ERX_P1	1	1	R/W	使能 data pipe 1
	ERX_P0	0	1	R/W	使能 data pipe 0
03	SETUP_AW				地址宽度设置
	Reserved	7:2	00	R/W	Only 000000 allowed
	AW	1:0	11	R/W	RX/TX 地址宽度 00:无效 01: 3 字节 10: 4 字节 11: 5 字节 如果地址宽度设置低于 5 字节 , 接收地址将使用低字节
04	SETUP_RETR				自动重传设置
	ARD	7:4	0000	R/W	自动重传延时 0000 :250μs 0001 :500μs



					0010 :750μs 1111: 4000μs
	ARC	3:0	0011	R/W	自动重传的传输次数设置 0000: 普通通信模式 0001: 增强型模式 1 次传输 1111: 增强型模式 15 次传输
05	RF_CH				通信频道设置
	Reserved	7	0	R/W	Only 0 allowed
	RF_CH	6:0	0000010	R/W	设置使用频道为 Channel=RF_CH + 2400
06	RF_SETUP				通信通道配置
	RSSI_EN	7	0	R/W	RSSI 使能位 1: RSSI 使能 0: RSSI 不使能
	Reserved	6	0	R/W	Only 0 allowed
	RSSI_SEL	5	0	R/W	RSSI 数据选择方式 1: 采样信号数据经过滤波器 0: 采样信号数据不经过滤波器
	Reserved	4	0	R/W	Only 0 allowed
	RF_DR	3	1	R/W	数据速率 0: 1Mbps 1: 2Mbps
	RF_PWR	2:1	11 (推荐值 10)	R/W	设置 RF 输出功率 00: -10dBm 01: 0dBm 10: 8dBm 11: 最大输出功率 10dBm
	LNA_HCURRE	0	1	R/W	设置 LNA 高电流使能 1: 高电流 0: 低电流
07	STATUS				状态寄存器
	Reserved	7	0	R/W	Only 0 allowed
	RX_DR	6	0	R/W	RX FIFO 接收数据中断 ,



					在新数据被接收到达 RX FIFO 时产生中断。 写 1 清中断
	TX_DS	5	0	R/W	TX FIFO 发送数据中断， 在数据发送完成后产生中断。 当使能 AUTO_ACK 时，仅在收到 ACK 信号后才会将该位置高。 写 1 清中断
	MAX_RT	4	0	R/W	达到最大传输次数产生中断。 写 1 清中断 如果产生该中断，必须清该中断后可继续进行通信
	RX_P_NO	3:1	111	R	可从 RX_FIFO 读取的 pipe 号 000-101: pipe 号 110: Not Used 111: RX_FIFO 空
	TX_FULL	0	0	R	TX FIFO 满标志 1: TX FIFO 满 0: TX FIFO 未滿可用
08	OBSERVE_TX				传输状态寄存器
	PLOS_CNT	7:4	0	R	丢包计数器 该计数器达到最大值 15 时将停止计数，直到复位，未复位该值时可继续进行通信。 该计数器在写 RF_CH 时被复位
	ARC_CNT	3:0	0	R	增强型通信的重传次数计数器。 与 ARC 寄存器配合使用。每次达到重传次数限制值时，会视为丢包，并将 PLOS_CNT 加 1。 当新数据写入 TX FIFO 时该计数器复位。 重传次数=传输次数 - 1
09	DATAOUT	7:0	00000000	R	数据读取寄存器 当 DATAOUT_SEL 为 1 时， bit7:1 的输出为 Analog_data 寄



					寄存器的 bit6:0 当 DATAOUT_SEL 为 0 时， bit7:0 的输出为接收机实时给出的 4 位 RSSI 数据+数据包同步时的接收机 4 位 RSSI 数据 与 DATAOUT_SEL 位配合使用
0A	RX_ADDR_P0	39:0	0xE7E7E7E7E7	R/W	data pipe 0 的接收地址，最长 5 字节。（由低字开始写。地址长度由 SETUP_AW 定义）
0B	RX_ADDR_P1	39:0	0xC2C2C2C2C2	R/W	data pipe 1 的接收地址，最长 5 字节。（由低字开始写。地址长度由 SETUP_AW 定义）
0C	RX_ADDR_P2	7:0	0xC3	R/W	data pipe 2 的接收地址，仅最低位， 高位等于 RX_ADDR_P1[39:8]
0D	RX_ADDR_P3	7:0	0xC4	R/W	data pipe 3 的接收地址，仅最低位， 高位等于 RX_ADDR_P1[39:8]
0E	RX_ADDR_P4	7:0	0xC5	R/W	data pipe 4 的接收地址，仅最低位， 高位等于 RX_ADDR_P1[39:8]
0F	RX_ADDR_P5	7:0	0xC6	R/W	data pipe 5 的接收地址，仅最低位， 高位等于 RX_ADDR_P1[39:8]
10	TX_ADDR	39:0	0xE7E7E7E7E7	R/W	发送端地址。（由低字开始写） 只能在配置为 PTX 模式的芯片中使用，需要设置 RX_ADDR_P0 等于该地址以便在增强型通信模式下的接收自动应答。
11	RX_PW_P0				data pipe 0 中的 RX payload 的数据长度
	Reserved	7	0	R/W	Only 0 allowed
	RX_PW_P0	6:0	0000000	R/W	data pipe 0 中的 RX payload 的数据长度（1 到 64 字节） 0: 该 Pipe 未用

					1 = 1 byte ... 64 = 64bytes
12	RX_PW_P1				data pipe 1 中的 RX payload 的数据长度
	Reserved	7	0	R/W	Only 0 allowed
	RX_PW_P1	6:0	0000000	R/W	data pipe 1 中的 RX payload 的数据长度 (1 到 64 字节) 0: 该 Pipe 未用 1 = 1 byte ... 64 = 64 bytes
13	RX_PW_P2				data pipe 2 中的 RX payload 的数据长度
	Reserved	7	0	R/W	Only 0 allowed
	RX_PW_P2	6:0	0000000	R/W	data pipe 2 中的 RX payload 的数据长度 (1 到 64 字节) 0: 该 Pipe 未用 1 = 1 byte ... 64 = 64 bytes
14	RX_PW_P3				data pipe 3 中的 RX payload 的数据长度
	Reserved	7	0	R/W	Only 0 allowed
	RX_PW_P3	6:0	0000000	R/W	data pipe 3 中的 RX payload 的数据长度 (1 到 64 字节) 0: 该 Pipe 未用 1 = 1 byte ... 64 = 64 bytes
15	RX_PW_P4				data pipe 4 中的 RX payload 的数据长度
	Reserved	7	0	R/W	Only 0 allowed
	RX_PW_P4	6:0	0000000	R/W	data pipe 4 中的 RX payload 的数据长度 (1 到 64 字节)

					0: 该 Pipe 未用 1 = 1 byte ... 64 = 64 bytes
16	RX_PW_P5				data pipe 5 中的 RX payload 的数据长度
	Reserved	7	0	R/W	Only 0 allowed
	RX_PW_P5	6:0	0000000	R/W	data pipe 5 中的 RX payload 的数据长度 (1 到 64 字节) 0: 该 Pipe 未用 1 = 1 byte ... 64 = 64 bytes
17	FIFO_STATU S				FIFO 状态寄存器
	Analog_data	7	0	R/W	Bit9
	TX_REUSE	6	0	R	当为高时重传上一次发送中最后一帧传送的数据, 当CE引脚为高时进行重传。TX_REUSE是由SPI命令REUSE_TX_PL配置的, 并且由SPI命令W_TX_PAYLOAD或FLUSH TX进行复位操作。 在增强型模式MAX_RT时, 该位为1, 且REUSE_TX_PL失效。
	TX_FULL	5	0	R	TX FIFO 满标志位 1: TX FIFO 满 0: TX FIFO 可用
	TX_EMPTY	4	1	R	TX FIFO 空标志位 1: TX FIFO 空 0: TX FIFO 有数据
	Analog_data	3:2	00	R/W	Bit8:7
	RX_FULL	1	0	R	RX FIFO 满标志位 1: RX FIFO 满 0: RX FIFO 可用
	RX_EMPTY	0	1	R	RX FIFO 空标志位 1: RX FIFO 空.



					0: RX FIFO 有数据
N/A	ACK_PLD	255:0	X	W	通过 SPI 写入, ACK 相应数据的 pipe 号由 SPI 命令写入。只在 RX 模式下有效
N/A	TX_PLD	255:0	X	W	通过 SPI 写入 TX 数据, 数据被存放在 2 级 32 字节或 1 级 64 字节 FIFO 中 只在 TX 模式使用
N/A	RX_PLD	255:0	X	R	通过 SPI 命令读出 RX 数据, 数据被存放在 2 级 32 字节或 1 级 64 字节 FIFO 中, 所有 RX PIPE 共享同一个 FIFO
19	DEMOCAL	39:0	03 A7 00 DF 0B	R/W	解调器参数 (调试用寄存器)
1C	DYNPD				动态 PAYLOAD 长度使能
	Reserved	7:6	0	R/W	Only 00 allowed
	DPL_P5	5	0	R/W	使能 PIPE 5 动态 PAYLOAD 长度 (需要 EN_DPL 和 ENAA_P5)
	DPL_P4	4	0	R/W	使能 PIPE 4 动态 PAYLOAD 长度 (需要 EN_DPL 和 ENAA_P4)
	DPL_P3	3	0	R/W	使能 PIPE 3 动态 PAYLOAD 长度 (需要 EN_DPL 和 ENAA_P3)
	DPL_P2	2	0	R/W	使能 PIPE 2 动态 PAYLOAD 长度 (需要 EN_DPL 和 ENAA_P2)
	DPL_P1	1	0	R/W	使能 PIPE 1 动态 PAYLOAD 长度 (需要 EN_DPL 和 ENAA_P1)
	DPL_P0	0	0	R/W	使能 PIPE 0 动态 PAYLOAD 长度 (需要 EN_DPL 和 ENAA_P0)
1D	FEATURE				特征寄存器



	Reserved	7:5	0	R/W	Only 000 allowed
	DATA_LEN_SEL	4:3	00		数据长度选择 11: 64byte (512bit) 模式 00: 32byte (256bit) 模式
	EN_DPL	2	0	R/W	使能动态 PAYLOAD 长度
	EN_ACK_PAY	1	0	R/W	使能带 payload 的 ACK
	EN_DYN_ACK	0	0	R/W	使能 W_TX_PAYLOAD_NOACK 命令
1E	RF_CAL	55:0	0x95 0x2B 0x83 0x61 0xB0 0x9A 0xCA	R/W	射频参数 (调试用寄存器)
1F	BB_CAL	39:0	0x20 0x9C 0x67 0x84 0x7F	R/W	基带参数 (调试用寄存器)

7.7 数据包格式描述

7.7.1 增强型通信模式的数据包形式

增强型通信模式的数据包格式如表 9 所示。

表 9 增强型通信模式下的数据包形式

前导码 (3字节)	地址 (3~5字节)	标识 (10比特)	数据 (0~64字节)	CRC校验 (0/2字节)
----------------	-----------------	----------------	------------------	--------------------

表 9 中地址位、标识位、和数据位可以选择扰码方式，或者不加扰码方式。标识位包括 10 比特，组成格式如表 10 所示。

表 10 增强型通信模式的标识位格式

数据长度标识 (7比特)	PID标识 (2比特)	NO_ACK标识 (1比特)
-------------------	------------------	---------------------

7.7.2 通用型通信模式的数据包形式

通用型通信模式的数据包格式如表11所示。

表11 通用型通信模式数据包形式

前导码 (3字节)	地址 (3~5字节)	数据 (1~64字节)	CRC校验 (0/2字节)
----------------	-----------------	------------------	--------------------

8. 典型应用电路

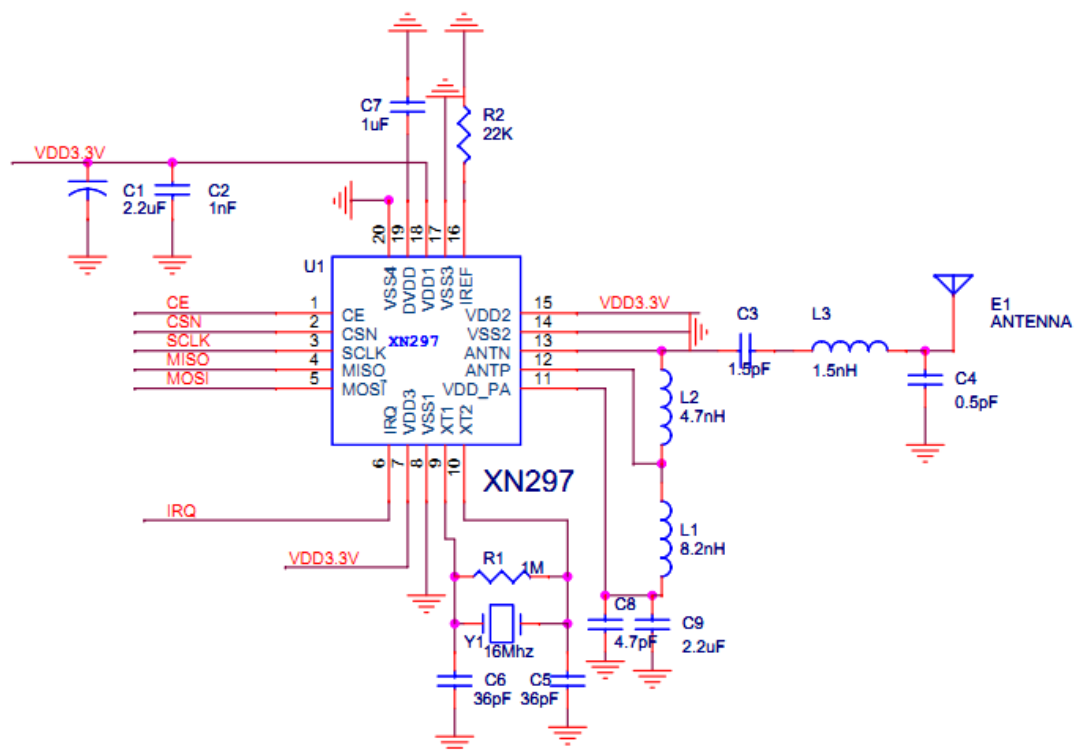


图10 XN297应用电路

9. PCB 布线示例

图 10 是 XN297 应用原理图 图 11、图 12 和图 13 是 PCB 布线示意图。使用了 1.6mm 厚度的 FR-4 双面板，并且在 PCB 板的顶层和底层各有一个铺铜面。顶层和底层的铺铜面通过大量的过孔连接。PCB 板自带天线。

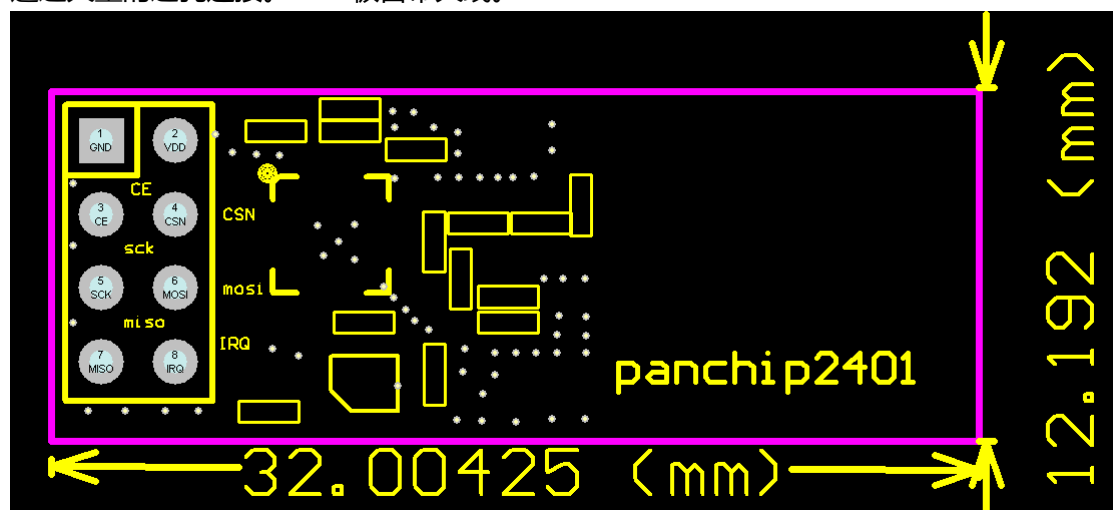


图11 顶层丝印

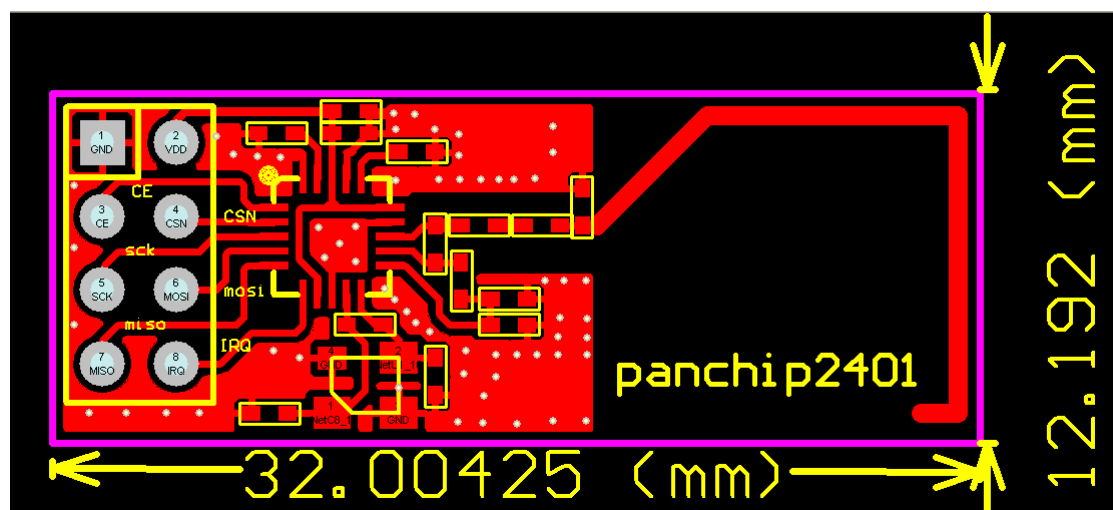


图12 顶层布线

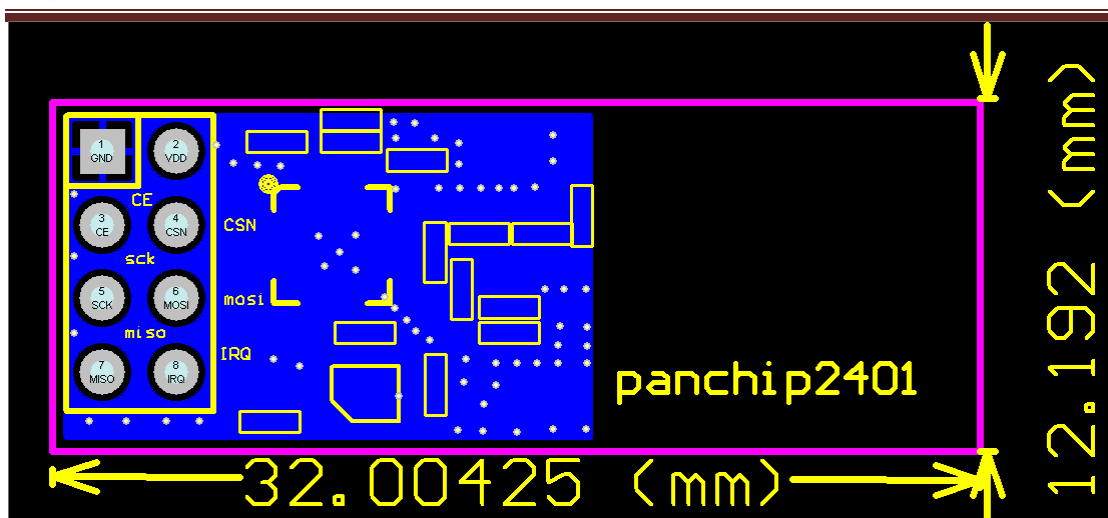


图13 底层布线



10. 联系方式

苏州磐启微电子有限公司

地址：苏州工业园区星湖街 328 号创意产业园 2-B401 室

电话：+86-0512-86669996

传真：+86-0512-86669997

网址：<http://www.panchip.com>

上海研发中心

地址：上海市张江高科技园区盛夏路 560 号 904 室

电话：+86-021-61639330

传真：+86-021-61639331