

成都昂特科技

Chengdu angtech Science & Technology Co., Ltd.

ANT-NRF24L01

特性

- 真正的GFSK 单收发芯片
- 内置链路层
- 增强型ShockBurst™
- 自动应答及自动重发功能
- 地址及CRC 检验功能
- 数据传输率1 或2Mbps
- SPI 接口数据速率0~8Mbps
- 125 个可选工作频道
- 很短的频道切换时间可用于跳频
- 与nRF 24XX 系列完全兼容
- 可接受5V 电平的输入
- 20 脚QFN 4 4mm 封装
- 极低的晶振要求60ppm
- 低成本电感和双面PCB 板
- 工作电压1.9~3.6V

应用

- 无线鼠标键盘游戏机操纵杆
- 无线门禁
- 无线数据通讯
- 安防系统

成都昂特科技

Chengdu angtech Science & Technology Co., Ltd.

- 遥控装置
- 遥感勘测
- 智能运动设备
- 工业传感器
- 玩具

概述:

ANT-NRF24L01 是一款工作在2.4~2.5GHz 世界通用ISM 频段的单片无线收发器芯片无线收发器

包括:频

率发生器增强型SchockBurst™ 模式控制器功率放大器晶体振荡器调制器解调器输出功率

频道选择和协议的设置可以通过SPI 接口进行设置

极低的电流消耗当工作在发射模式下发射功率为-6dBm 时电流消耗为9.0mA 接收模式时为

12.3mA

掉电模式和待机模式下电流消耗更低

快速参考数据

参数	数值	单位
最低供电电压	1.9	V
最大发射功率	0	dBm
最大数据传输率	2000	kbps
发射模式下, 电流消耗 (0dBm)	11.3	mA
接收模式下电流消耗 (2000kbps)	12.3	mA
温度范围	-40~ +85	℃
数据传输率为 1000kbps 下的灵敏度	-85	dBm
掉电模式下电流消耗	900	nA

表 1 ANT-NRF24L01 快速参考数据

成都昂特科技

Chengdu angtech Science & Technology Co., Ltd.

结构方框图:

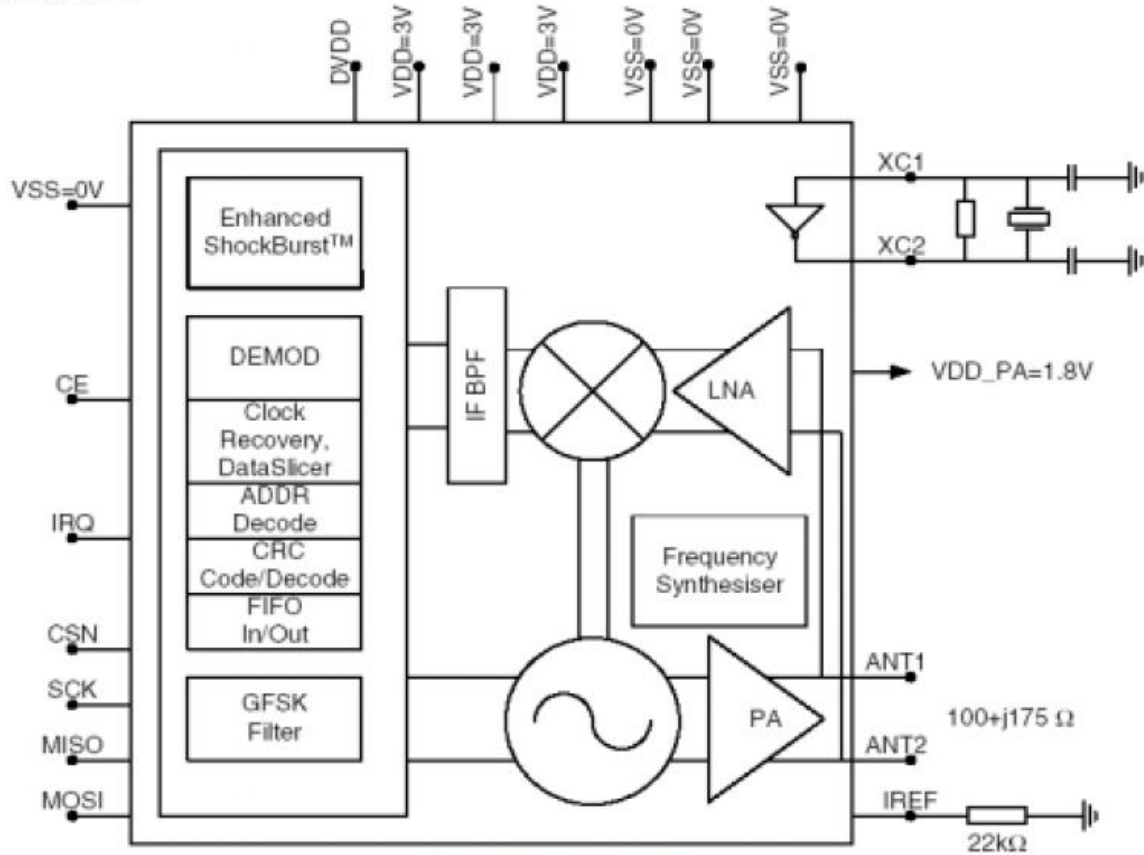


图 1 nRF24L01 及外部接口

成都昂特科技

Chengdu angtech Science & Technology Co., Ltd.

引脚及其功能:

引脚	名称	引脚功能	描述
1	CE	数字输入	RX 或 TX 模式选择
2	CSN	数字输入	SPI 片选信号
3	SCK	数字输入	SPI 时钟
4	MOSI	数字输入	从 SPI 数据输入脚
5	MISO	数字输出	从 SPI 数据输出脚
6	IRQ	数字输出	可屏蔽中断脚
7	VDD	电源	电源 (+3V)
8	VSS	电源	接地 (0V)
9	XC2	模拟输出	晶体振荡器 2 脚
10	XC1	模拟输入	晶体振荡器 1 脚/外部时钟输入脚
11	VDD_PA	电源输出	给 RF 的功率放大器提供的+1.8V 电源
12	ANT1	天线	天线接口 1
13	ANT2	天线	天线接口 2
14	VSS	电源	接地 (0V)
15	VDD	电源	电源 (+3V)
16	IREF	模拟输入	参考电流
17	VSS	电源	接地 (0V)
18	VDD	电源	电源 (+3V)
19	DVDD	电源输出	去耦电路电源正极端
20	VSS	电源	接地 (0V)

表 3、nRF24L01 引脚功能

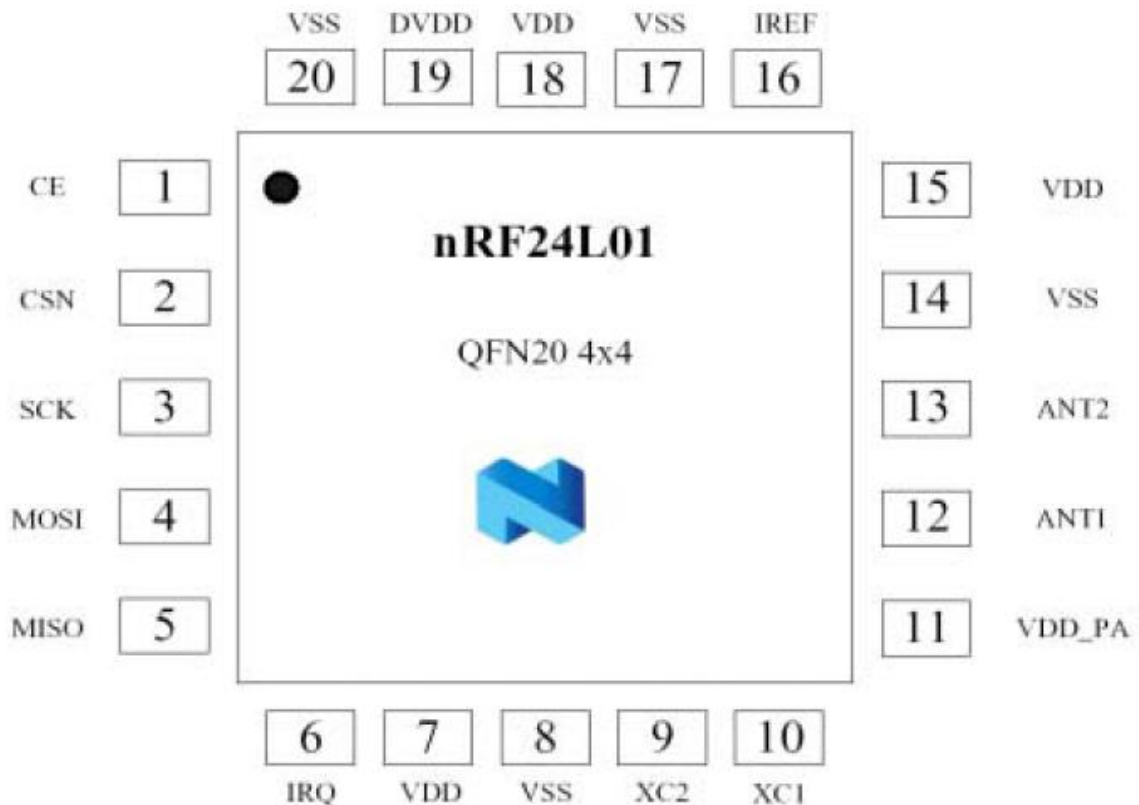


图 2、引脚封装

成都昂特科技

Chengdu angtech Science & Technology Co., Ltd.

电气特性:

条件: VDD=+3V, VSS=0V, T_A=-40℃到+85℃

符号	参数 (条件)	最小值	典型值	最大值	单位
操作条件					
VDD	电源	1.9	3.0	3.6	V
温度	工作温度	-40	+27	+85	℃
数字输入脚					
V _{OH}	高电平输出电压 (I _{OH} =-0.5mA)	VDD-0.3		VDD	V
V _{OL}	高电平输出电压 (I _{OL} =0.5mA)	VSS		0.3	V
常用射频条件					
f _{OP}	工作频率	2400		2525	MHz
f _{XTAL}	晶振频率		16		MHz
△f _{1M}	频移@1000kbps		±160		kHz
△f _{2M}	频移@2000kbps		±320		kHz
R _{GFSK}	ShockBrust 模式下数据传输率	>0		2000	Kbps
F _{CHANNEL}	频道间距@1000kbps		1		MHz
F _{CHANNEL}	频道间距@2000kbps		2		MHz
发射操作					
P _{RF}	最大输出功率		0	+4	dBm
P _{RFC}	射频功率控制范围	16	18	20	dB
P _{RFRCR}	射频电源			±4	dB
P _{BW}	载波调制的 20dB 带宽		1800	2000	kHz
P _{RF1}	第一邻近通道发射功率 2MHz			-20	dBm
P _{RF2}	第二邻近通道发射功率 4MHz			-50	dBm
I _{VDD}	输出功率-18dBm 下电流		11.3		mA
I _{VDD}	输出功率-18dBm 下电流		7.0		mA
I _{VDD}	-6dBm 输出功率 ShockBrust 模式下电流		0.05		mA
I _{VDD}	待机状态下电流		32		uA
I _{VDD}	掉电状态下电流		900		nA
接收操作					
I _{VDD}	2000kbps 数据传输率下, 单通道工作电流		12.3		mA
I _{VDD}	1000kbps 数据传输率下, 单通道工作电流		11.8		mA
RX _{SENS}	在 0.1%BRE(@2000kbps)下的灵敏度		-82		dBm
RX _{SENS}	在 0.1%BRE(@1000kbps)下的灵敏度		-85		dBm

表 4、nRF24L01 电气特性

成都昂特科技

Chengdu angtech Science & Technology Co., Ltd.

术语表

术语	描述
ACK	确认信号（应答信号）
ART	自动重发
CE	芯片使能
CLK	时钟信号
CRC	循环冗余校验
CSN	片选非
ESB	增强型 ShockBrust™
GFSK	高斯键控频移
IRQ	中断请求
ISM	工业—科学—医学
LNA	低噪声放大
LSB	最低有效位
LSByte	最低有效字节
Mbps	兆位/秒
MCU	微控制器
MISO	主机输入从机输出
MOSI	主机输出从机输入
MSB	最高有效位
MSByte	最高有效字节
PCB	印刷电路板
PER	数据包误码率
PID	数据包识别位
PLD	载波
PRX	接收源
PTX	发射源
PWR_DWN	掉电
PWR_UP	上电
RX	接收
RX_DR	接收数据准备就绪
SPI	串行可编程接口
TX	发送
TX_DS	已发送数据

表 5、术语表

功能描述：

工作模式：

nRF24L01 可以设置为以下几种主要的模式，

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
发送模式	1	0	1→0	停留在发送模式，直至数据发送完
待机模式 II	1	0	1	TX FIFO 为空
待机模式 I	1	-	0	无数据传输
掉电模式	0	-	-	-

表 6、nRF24L01 主要工作模式

ANT-NRF24L01 在不同模式下的引脚功能

成都昂特科技

Chengdu angtech Science & Technology Co., Ltd.

引脚名称	方向	发送模式	接收模式	待机模式	掉电模式
CE	输入	高电平>10us	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			

待机模式

待机模式 I 在保证快速启动的同时减少系统平均消耗电流在待机模式I 下晶振正常工作在待机

模式II 下部分时钟缓冲器处在工作模式当发送端TX FIFO 寄存器为空并且CE 为高电平时进入待机模式

II 在待机模式期间寄存器配置字内容保持不变

掉电模式

在掉电模式下,ANT-NRF24L01 各功能关闭保持电流消耗最小进入掉电模式后ANT-NRF24L01 停止工作

但寄存器内容保持不变启动时间见表格13 掉电模式由寄存器中PWR_UP 位来控制

数据包处理方式

ANT-NRF24L01 有如下几种数据包处理方式

□ ShockBurst™ 与nRF2401 nRF24E1 nRF2402 nRF24E2 数据传输率为1Mbps 时相同

□ 增强型ShockBurst™ 模式

ShockBurst™ 模式

ShockBurst 模式下ANT-NRF24L01 可以与成本较低的低速MCU 相连高速信号处理是由芯片内部的射频

协议处理的ANT-NRF24L01 提供SPI 接口数据率取决于单片机本身接口速度ShockBurst 模式通过允许与

单片机低速通信而无线部分高速通信减小了通信的平均消耗电流

在ShockBurst™ 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ShockBurst™ 发送模式下ANT-NRF24L01 自动生成前导码及CRC 校验参见表格12 数据发送完毕

成都昂特科技

Chengdu angtech Science & Technology Co., Ltd.

后IRQ 通知MCU 减少了MCU 的查询时间也就意味着减少了MCU 的工作量同时减少了软件的开发

时间ANT-NRF24L01 内部有三个不同的RX FIFO 寄存器6 个通道共享此寄存器和三个不同的TX FIFO 寄

存器在掉电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 寄存器这就允许SPI

接口可以以低速进行数据传送并且可以应用于MCU 硬件上没有SPI 接口的情况下

增强型的ShockBurst™ 模式

增强型 ShockBurst™ 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

新发送功能将丢失的数据恢复增强型的ShockBurst™ 模式可以同时控制应答及重发功能而无需增

加MCU

工作量

在增强型ShockBurst™ 模式下nRF24L01 有如下的特征

- 当工作在应答模式时快速的空中传输及启动时间极大的降低了电流消耗
- 低成本nRF24L01 集成了所有高速链路层操作比如重发丢失数据包和产生应答信号无需单

片机硬件上一定有SPI 口与其相连SPI 接口可以利用单片机通用I/O 口进行模拟

- 由于空中传输时间很短极大的降低了无线传输中的碰撞现象
- 由于链路层完全集成在芯片上非常便于软硬件的开发

增强型ShockBurst™ 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

nRF24L01 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(TX5)及接收端(RX)地址设置如下

TX5 TX_ADDR=0xB3B4B5B605

成都昂特科技

Chengdu angtech Science & Technology Co., Ltd.

TX5 RX_ADDR_P0=0xB3B4B5B605

RX RX_ADDR_P5=0xB3B4B5B605

3 设置CE 为高启动发射CE 高电平持续时间最小为10 us

4 nRF24L01 ShockBurst™ 模式

- ☐ 无线系统上电
- ☐ 启动内部16MHz 时钟
- ☐ 无线发送数据打包见数据包描述
- ☐ 高速发送数据由MCU 设定为1Mbps 或2Mbps

5 如果启动了自动应答模式自动重发计数器不等于0 ENAA_P0=1 无线芯片立即进入接收模式

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重发计数器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见中断章节如果重发次数在达到设定的最大重发次数

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重发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.

增强型ShockBurst™ 接收模式

1 ShockBurst™ 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ShockBurst™ 模式下的数据通道的自动应答功

成都昂特科技

Chengdu angtech Science & Technology Co., Ltd.

能是由(EN_AA 寄存器)来使能的有效数据宽度是由RX_PW_Px 寄存器来设置的地址的建立过

程见增强型ShockBurst™ 发送章节

2 接收模式由设置CE 为高来启动

3 130us 后nRF24L01 开始检测空中信息

4 接收到有效的数据包后地址匹配CRC 检验正确数据存储在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 低功耗模式

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掉电模式

两种数据双方向的通讯方式

如果想要数据在双方向上通讯,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__

自动应答RX

自动应答功能减少了外部 MCU 的工作量并且在鼠标/键盘等应用中也可以不要求硬件一定有SPI 接

口因此降低成本减少电流消耗自动重应答功能可以通过SPI 口对不同的数据通道分别进行配置在自动应答模式使能的情况下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

自动重发功能ART (TX)

自动重发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

成都昂特科技

Chengdu angtech Science & Technology Co., Ltd.

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

数据包识别和CRC 校验应用于增强型ShockBurst™ 模式下

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

和CRC 校验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 值相同如果一包数据拥有与上一包数据相同的PID 值nRF24L01将

对两包数据的CRC 值进行比较如果CRC 值也相同的话就认为后面一包是前一包的重发数据包而被舍弃

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

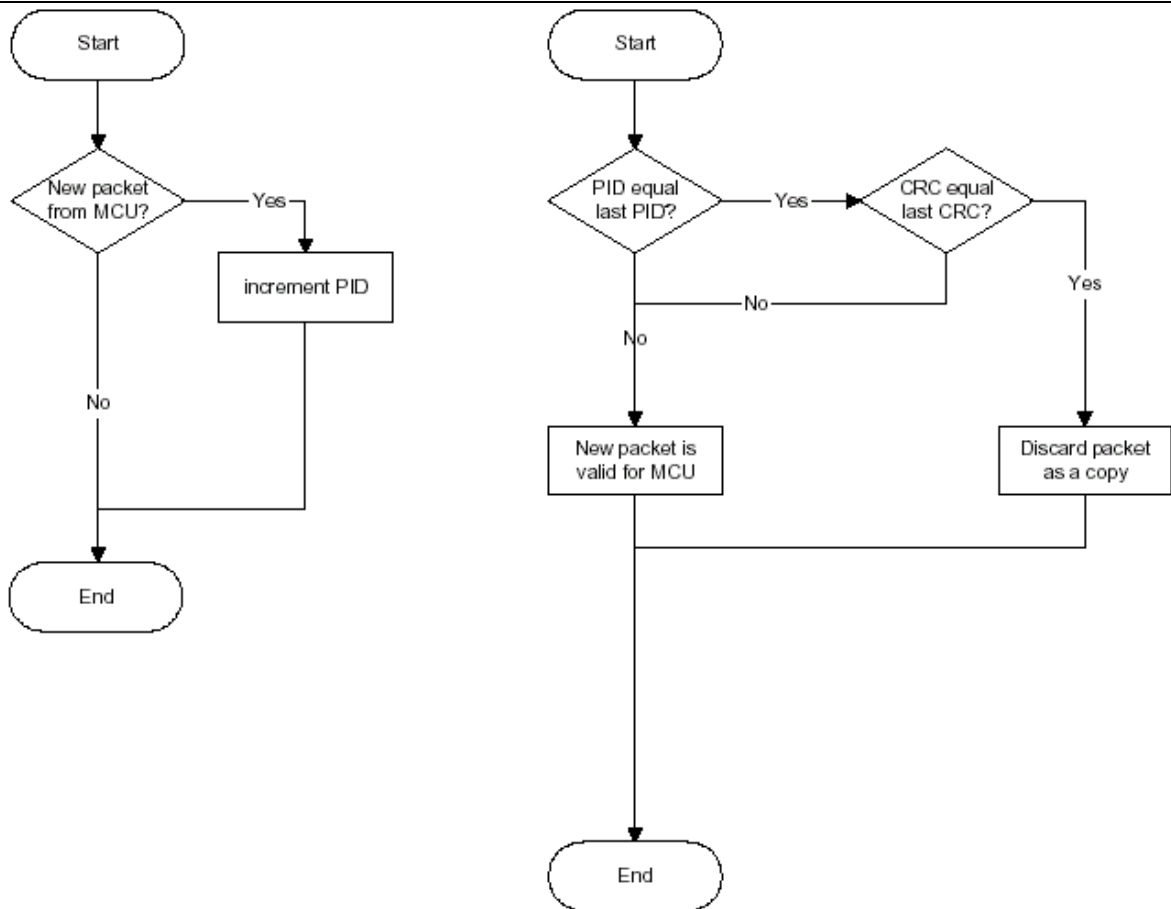
数据包如果PID 值与上一包相同则新接收的数据包有可能与前一包相同接收方必须确认CRC

值是否相等如果CRC 值与前一包数据的CRC 值相等则认为是同一包数据并将其舍弃

2 发送方

每发送一包新的数据则发送方的 PID 值加一

图



CRC 校验的长度是通过SPI 接口进行配置的一定要注意CRC 计算范围包括整个数据包地址PID

和有效数据等若CRC 校验错误则不会接收数据包这一点是接收数据包的附加要求在上图没有说明
载波检测CD

当接收端检测到射频范围内的信号时将 CD 置高否则CD 为低内部的CD 信号在写入寄存器之前
是经过滤波的内部CD 高电平状态至少保持128us 以上

在增强型ShockBurst™模式中只有当发送模块没有成功发送数据时推荐使用CD检测功能如果发送
端PLOS_CNT显示数据包丢失率太高时可将其设置位接收模式检测CD值如果CD为高说明通道出
现

了拥挤现象需要更改通信频道如果CD为低电平状态距离超出通信范围可保持原有通信频道但
需作其它调整
数据通道

nRF24L01 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

成都昂特科技

Chengdu angtech Science & Technology Co., Ltd.

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

数据通道0 有40 位可配置地址数据通道1~5 的地址为32 位共用地址+各自的地址最低字节

图7 所示的是数据通道1~5 的地址设置方法举例所有数据通道可以设置为多达40 位但是1~5 数据通道的最低位必须不同

	Byte 4	Byte 3	Byte 2	Byte 1	Byte 0
Data pipe 0 (RX_ADDR_P0)	0xE7	0xD3	0xF0	0x35	0x77
Data pipe 1 (RX_ADDR_P1)	0xC2	0xC2	0xC2	0xC2	0xC2
	↓	↓	↓	↓	
Data pipe 2 (RX_ADDR_P2)	0xC2	0xC2	0xC2	0xC2	0xC3
	↓	↓	↓	↓	
Data pipe 3 (RX_ADDR_P3)	0xC2	0xC2	0xC2	0xC2	0xC4
	↓	↓	↓	↓	
Data pipe 4 (RX_ADDR_P4)	0xC2	0xC2	0xC2	0xC2	0xC5
	↓	↓	↓	↓	
Data pipe 5 (RX_ADDR_P5)	0xC2	0xC2	0xC2	0xC2	0xC6

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nRF24L01 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

寄存器配置有些是针对所有数据通道的有些则是针对个别的如下设置举例是针对所有数据通道的

CRC 使能/禁止

CRC 计算

接收地址宽度

频道设置

无线数据通信速率

成都昂特科技

Chengdu angtech Science & Technology Co., Ltd.

LNA 增益

射频输出功率

寄存器配置nRF24L01 所有配置都在配置寄存器中所有寄存器都是通过SPI 口进行配置的

SPI 接口

SPI 接口是标准的SPI 接口其最大的数据传输率为10Mbps 大多数寄存器是可读的

SPI 指令设置

SPI 接口可能用到的指令在下面有所说明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

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>参看图 8 及图 9

指令名称	指令格式	操作
R_REGISTER	000A AAAA	读配置寄存器。AAAAA 指出读操作的寄存器地址
W_REGISTER	001A AAAA	写配置寄存器。AAAAA 指出写操作的寄存器地址 只有在掉电模式和待机模式下可操作。
R_RX_PAYLO AD	0110 0001	读 RX 有效数据：1-32 字节。读操作全部从字节 0 开始。当读 RX 有效数据完成后，FIFO 寄存器中有效数据被清除。 应用于接收模式下。
W_RX_PAYL OAD	1010 0000	写 TX 有效数据：1-32 字节。写操作从字节 0 开始。 应用于发射模式下
FLUSH_TX	1110 0001	清除 TX FIFO 寄存器，应用于发射模式下。
FLUSH_RX	1110 0010	清除 RX FIFO 寄存器，应用于接收模式下。 在传输应答信号过程中不应执行此指令。也就是说，若传输应答信号过程中执行此指令的话将使得应答信号不能被完整的传输。
REUSE_TX_P L	1110 0011	重新使用上一包有效数据。当 CE 为高过程中，数据包被不断的重新发射。 在发射数据包过程中必须禁止数据包重利用功能。
NOP	1111 1111	空操作。可以用来读状态寄存器。

图8 nRF24L01 SPI 串行口指令设置

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

成都昂特科技

Chengdu angtech Science & Technology Co., Ltd.

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

中断

nRF24L01 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

SPI 时序

图 8 9 10 和表9 10 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掉电模式在

图8 至图10 中用到了下面的符号

Cn-SPI 指令位

Sn-状态寄存器位

Dn-数据位备注由低字节到高字节每个字节中高位在前

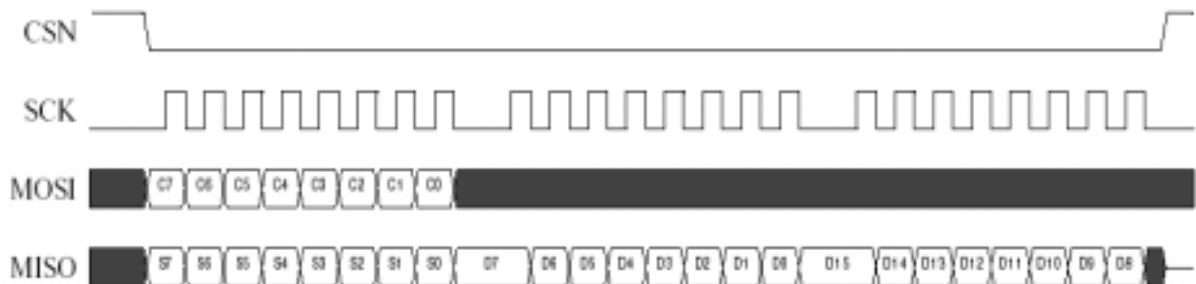


图 8 SPI 读操作

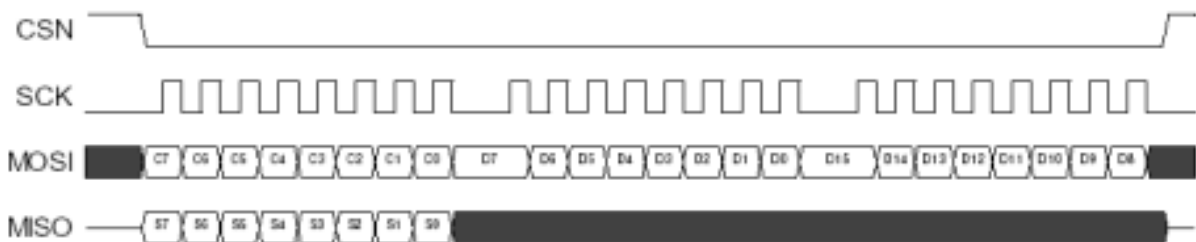


图 9 SPI 写操作

成都昂特科技

Chengdu angtech Science & Technology Co., Ltd.

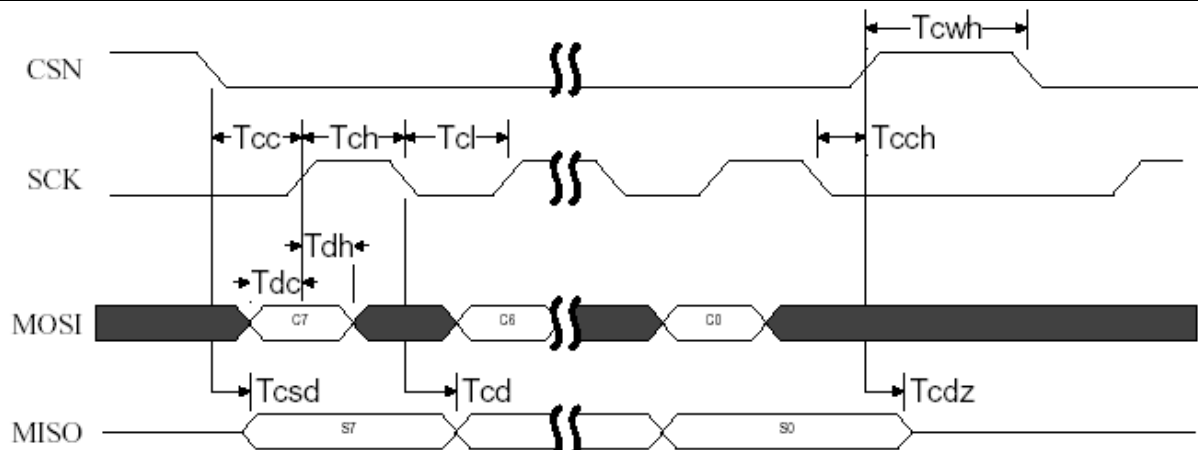


图 10 SPI NOP 操作时序图

PARAMETER	SYMBOL	MIN	MAX	UNITS
Data to SCK Setup	Tdc	2		ns
SCK to Data Hold	Tdh	2		ns
CSN to Data Valid	Tesd		38	ns
SCK to Data Valid	Tcd		55	ns
SCK Low Time	Tcl	40		ns
SCK High Time	Tch	40		ns
SCK Frequency	Fsck	0	8	MHz
SCK Rise and Fall	Tr,Tf		100	ns
CSN to SCK Setup	Tcc	2		ns
SCK to CSN Hold	Tech	2		ns
CSN Inactive time	Tewh	50		ns
CSN to Output High Z	Tedz		38	ns

表 9 SPI 参考时间 $C_{load}=5Pf$

PARAMETER	SYMBOL	MIN	MAX	UNITS
Data to SCK Setup	Tdc	2		ns
SCK to Data Hold	Tdh	2		ns
CSN to Data Valid	Tesd		42	ns
SCK to Data Valid	Tcd		58	ns
SCK Low Time	Tcl	40		ns
SCK High Time	Tch	40		ns
SCK Frequency	Fsck	0	8	MHz
SCK Rise and Fall	Tr,Tf		100	ns
CSN to SCK Setup	Tcc	2		ns
SCK to CSN Hold	Tech	2		ns
CSN Inactive time	Tewh	50		ns
CSN to Output High Z	Tedz		42	ns

表 10 SPI 参考时间 $C_{load}=10pF$

成都昂特科技

Chengdu angtech Science & Technology Co., Ltd.

寄存器地址

所有未定义位可以被读出，其值为‘0’。

地址	参数	位	复位值	类型	描述
00	寄存器				配置寄存器
	reserved	7	0	R/W	默认为“0”
	MASK_RX_DR	6	0	R/W	可屏蔽中断 RX_RD 1: IRQ 引脚不显示 RX_RD 中断 0: RX_RD 中断产生时 IRQ 引脚电平为低
	MASK_TX_DS	5	0	R/W	可屏蔽中断 TX_DS 1: IRQ 引脚不显示 TX_DS 中断 0: TX_DS 中断产生时 IRQ 引脚电平为低
	MASK_MAX_RT	4	0	R/W	可屏蔽中断 MAX_RT 1: IRQ 引脚不显示 TX_DS 中断 0: MAX_RT 中断产生时 IRQ 引脚电平为低
	EN_CRC	3	1	R/W	CRC 使能。如果 EN_AA 中任意一位为高则 EN_CRC 强迫为高。
	CRCO	2	0	R/W	CRC 模式 ‘0’-8 位 CRC 校验 ‘1’-16 位 CRC 校验
	PWR_UP	1	0	R/W	1:上电 0:掉电
	PRIM_RX	0	0	R/W	1:接收模式 0:发射模式
01	EN_AA Enhanced ShockBurst™				使能“自动应答”功能 此功能禁止后可与 nRF2401 通讯
	Reserved	7:6	00	R/W	默认为 0
	ENAA_P5	5	1	R/W	数据通道 5 自动应答允许
	ENAA_P4	4	1	R/W	数据通道 4 自动应答允许
	ENAA_P3	3	1	R/W	数据通道 3 自动应答允许
	ENAA_P2	2	1	R/W	数据通道 2 自动应答允许
	ENAA_P1	1	1	R/W	数据通道 1 自动应答允许
	ENAA_P0	0	1	R/W	数据通道 0 自动应答允许
02	EN_RXADDR				接收地址允许
	Reserved	7:6	00	R/W	默认为 00
	ERX_P5	5	0	R/W	接收数据通道 5 允许
	ERX_P4	4	0	R/W	接收数据通道 4 允许
	ERX_P3	3	0	R/W	接收数据通道 3 允许
	ERX_P2	2	0	R/W	接收数据通道 2 允许
	ERX_P1	1	1	R/W	接收数据通道 1 允许
	ERX_P0	0	1	R/W	接收数据通道 0 允许
03	SETUP_AW				设置地址宽度（所有数据通道）
	Reserved	7:2	00000	R/W	默认为 00000
	AW	1:0	11	R/W	接收/发射地址宽度 ‘00’-无效 ‘01’-3 字节宽度 ‘10’-4 字节宽度 ‘11’-5 字节宽度
04	SETUP_RETR				建立自动重发

成都昂特科技

Chengdu angtech Science & Technology Co., Ltd.

	ARD	7:4	0000	R/W	自动重发延时 '0000'-等待 250+86us '0001'-等待 500+86us '0010'-等待 750+86us '1111'-等待 4000+86us (延时时间是指一包数据发送完成到下一包数据开始发射之间的时间间隔)
	ARC	3:0	0011	R/W	自动重发计数 '0000'-禁止自动重发 '0000'-自动重发一次 '0000'-自动重发 15 次
05	RF_CH				射频通道
	Reserved	7	0	R/W	默认为 0
	RF_CH	6:0	0000010	R/W	设置 nRF24L01 工作通道频率
06	RF_SETUP			R/W	射频寄存器
	Reserved	7:5	000	R/W	默认为 000
	PLL_LOCK	4	0	R/W	PLL_LOCK 允许, 仅应用于测试模式
	RF_DR	3	1	R/W	数据传输率: '0'—1Mbps '1'—2 Mbps
	RF_PWR	2:1	11	R/W	发射功率: '00'—-18dBm '01'—-12dBm '10'—-6dBm '11'—0dBm
	LNA_HCURR	0	1	R/W	低噪声放大器增益
07	STATUS				状态寄存器
	Reserved	7	0	R/W	默认为 0
	RX_DR	6	0	R/W	接收数据中断。当接收到有效数据后置一。 写'1'清除中断。
	TX_DS	5	0	R/W	数据发送完成中断。当数据发送完成后产生中断。 如果工作在自动应答模式下, 只有当接收到应答信号后此位置一。 写'1'清除中断。
	MAX_RT	4	0	R/W	达到最多次重发中断。 写'1'清除中断。 如果 MAX_RT 中断产生则必须清除后系统才能进行通讯。
	RX_P_NO	3:1	111	R	接收数据通道号: 000-101:数据通道号 110:未使用 111:RX FIFO 寄存器为空
	TX_FULL	0	0	R	TX FIFO 寄存器满标志。 1:TX FIFO 寄存器满 0: TX FIFO 寄存器未满,有可用空间。
08	OBSERVE_TX				发送检测寄存器
	PLOS_CNT	7:4	0	R	数据包丢失计数器。当写 RF_CH 寄存器时此寄

成都昂特科技

Chengdu angtech Science & Technology Co., Ltd.

	ARC_CNT	3:0	0	R	寄存器复位。当丢失15个数据包后此寄存器重启。重发计数器。发送新数据包时此寄存器复位
09	CD				
	Reserved	7:1	000000	R	
	CD	0	0	R	载波检测
0A	RX_ADDR_P0	39:0	0xE7E7E7E7	R/W	数据通道 0 接收地址。最大长度:5 个字节 (先写低字节, 所写字节数量由 SETUP_AW 设定)
0B	RX_ADDR_P1	39:0	0xC2C2C2C2	R/W	数据通道 1 接收地址。最大长度:5 个字节 (先写低字节, 所写字节数量由 SETUP_AW 设定)
0C	RX_ADDR_P2	7:0	0xC3	R/W	数据通道 2 接收地址。最低字节可设置。高字节部分必须与 RX_ADDR_P1[39:8]相等。
0D	RX_ADDR_P3	7:0	0xC4	R/W	数据通道 3 接收地址。最低字节可设置。高字节部分必须与 RX_ADDR_P1[39:8]相等。
0E	RX_ADDR_P4	7:0	0xC5	R/W	数据通道 4 接收地址。最低字节可设置。高字节部分必须与 RX_ADDR_P1[39:8]相等。
0F	RX_ADDR_P5	7:0	0xC6	R/W	数据通道 5 接收地址。最低字节可设置。高字节部分必须与 RX_ADDR_P1[39:8]相等。
10	TX_ADDR	39:0	0xE7E7E7E7	R/W	发送地址。(先写低字节) 在增强型 ShockBurst™ 模式下 RX_ADDR_P0 与此地址相等。
11	RX_PW_P0				
	Reserved	7:6	00	R/W	默认为 00
	RX_PW_P0	5:0	0	R/W	接收数据通道 0 有效数据宽度(1 到 32 字节) 0: 设置不合法 1: 1 字节有效数据宽度 32: 32 字节有效数据宽度
12	RX_PW_P1				
	Reserved	7:6	00	R/W	默认为 00
	RX_PW_P1	5:0	0	R/W	接收数据通道 1 有效数据宽度(1 到 32 字节) 0: 设置不合法 1: 1 字节有效数据宽度 32: 32 字节有效数据宽度
13	RX_PW_P2				
	Reserved	7:6	00	R/W	默认为 00
	RX_PW_P2	5:0	0	R/W	接收数据通道 2 有效数据宽度(1 到 32 字节) 0: 设置不合法 1: 1 字节有效数据宽度 32: 32 字节有效数据宽度
14	RX_PW_P3				
	Reserved	7:6	00	R/W	默认为 00
	RX_PW_P3	5:0	0	R/W	接收数据通道 3 有效数据宽度(1 到 32 字节) 0 设置不合法

成都昂特科技

Chengdu angtech Science & Technology Co., Ltd.

					1: 1 字节有效数据宽度 32: 32 字节有效数据宽度
15	RX_PW_P4				
	Reserved	7:6	00	R/W	默认为 00
	RX_PW_P4	5:0	0	R/W	接收数据通道 4 有效数据宽度(1 到 32 字节) 0: 设置不合法 1: 1 字节有效数据宽度 32: 32 字节有效数据宽度
16	RX_PW_P5				
	Reserved	7:6	00	R/W	默认为 00
	RX_PW_P5	5:0	0	R/W	接收数据通道 5 有效数据宽度(1 到 32 字节) 0: 设置不合法 1: 1 字节有效数据宽度 32: 32 字节有效数据宽度
17	FIFO_STATUS				FIFO 状态寄存器
	Reserved	7	0	R/W	默认为 0
	TX_REUSE	6	0	R	若 TX_REUSE=1 则当 CE 位高电平状态时不断发送上一数据包。TX_REUSE 通过 SPI 指令 REUSE_TX_PL 设置, 通过 W_TX_PALOAD 或 FLUSH_TX 复位。
	TX_FULL	5	0	R	TX FIFO 寄存器满标志。 1:TX FIFO 寄存器满 0: TX FIFO 寄存器未满, 有可用空间。
	TX_EMPTY	4	1	R	TX FIFO 寄存器空标志。 1:TX FIFO 寄存器空 0: TX FIFO 寄存器非空
	Reserved	3:2	00	R/W	默认为 00
	RX_FULL	1	0	R	RX FIFO 寄存器满标志。 1:RX FIFO 寄存器满 0: RX FIFO 寄存器未满, 有可用空间。
	RX_EMPTY	0	1	R	RX FIFO 寄存器空标志。 1:RX FIFO 寄存器空 0: RX FIFO 寄存器非空
N/A	TX_PLD	255:0		W	
N/A	RX_PLD	255:0		R	

表11 nRF24L01 寄存器地址

与nRF24XX 兼容的寄存器配置

如何建立 nRF24L01 从nRF2401/ nRF2402/ nRF24E1/ nRF24E2 接收数据

☐ 使用与nRF2401/ nRF2402/ nRF24E1/ nRF24E2 相同的CRC 配置

☐ 设置PRIM_RX 位为1

☐ 相应通道禁止自动应答功能

☐ 与发射模块使用相同的地址宽度

成都昂特科技

Chengdu angtech Science & Technology Co., Ltd.

☐ 与发射模块使用相同的频道

☐ 在nRF24L01 和nRF2401/ nRF2402/ nRF24E1/ nRF24E2 两端都选择1Mbit/s 的数据传输率

☐ 设置正确的数据宽度

☐ 设置PWR_UP 和CE 为高

如何建立nRF24L01 发射nRF2401/ nRF2402/ nRF24E1/ nRF24E2 接收数据

☐ 使用与nRF2401/ nRF2402/ nRF24E1/ nRF24E2 相同的CRC 配置

☐ 设置PRIM_RX 位为0

☐ 设置自动重发计数器为0 禁止自动重发功能

☐ 与nRF2401/ nRF2402/ nRF24E1/ nRF24E2 使用相同的地址宽度

☐ 与nRF2401/ nRF2402/ nRF24E1/ nRF24E2 使用相同的频道

☐ 在nRF24L01 和nRF2401/ nRF2402/ nRF24E1/ nRF24E2 两端都选择1Mbit/s 的数据传输率

☐ 设置PWR_UP 为高

☐ 发送与nRF2401/ nRF2402/ nRF24E1/ nRF24E2 寄存器配置数据宽度相同的数据长度

☐ 设置CE 为高启动发射

打包描述

增强型 **ShockBurst™** 模式下的数据包形式

成都昂特科技

Chengdu angtech Science & Technology Co., Ltd.

前导码	地址（3—5 字节）	9 位（标志位）	数据（1—32 字节）	CRC 校验（0/1/2 字节）
-----	------------	----------	-------------	------------------

ShockBurst™ 模式下与 nRF2401/ nRF2402/ nRF24E1/ nRF24E2 相兼容的数据包形式

前导码	地址（3—5 字节）	数据（1—32 字节）	CRC 校验（0/1/2 字节）
-----	------------	-------------	------------------

前导码	● 前导码用来检测 0 和 1。芯片在接收模式下去除前导码，在发送模式下加入前导码。
地址	● 地址内容为接收机地址 ● 地址宽度可以是 3、4 或 5 字节宽度 ● 地址可以对接收通道及发送通道分别进行配置 ● 从接收的数据包中自动去除地址。
标志位	● PID: 数据包识别。其中两位：是用来每当接收到新的数据包后加一 ● 七位保留，用作将来与其它产品相兼容 ● 当 nRF24L01 与 nRF2401/ nRF24E1 通讯时不起作用。
数据	● 1—32 字节宽度
CRC	● CRC 校验是可选的 ● 0—2 字节宽度的 CRC 校验 ● 8 位 CRC 校验的多项式是： X^8+X^2+X+1 ● 16 位 CRC 校验的多项式是： $X^{16}+X^{12}+X^5+1$

表 12、数据包描述

重要的时序数据

下面是 nRF24L01 部分工作时序数据。

nRF24L01 时序信息

nRF24L01 时序	最大值	最小值	参数名
掉电模式→待机模式	1.5ms		$T_{pd2stby}$
待机模式→发送/接收模式	130us		T_{stby2a}
CE 高电平保持时间		10us	T_{hce}
CSN 为低电平，CE 上升沿的延迟时间		4us	$T_{peca2csn}$

表 13、nRF24L01 工作时序

nRF24L01 在掉电模式下转入发射模式或接收模式前必须经过 1.5ms 的待机模式。注意：当关掉电源 VDD 后寄存器配置内容丢失，模块上电后需重新进行配置。

增强型 ShockBurst™ 模式时序:

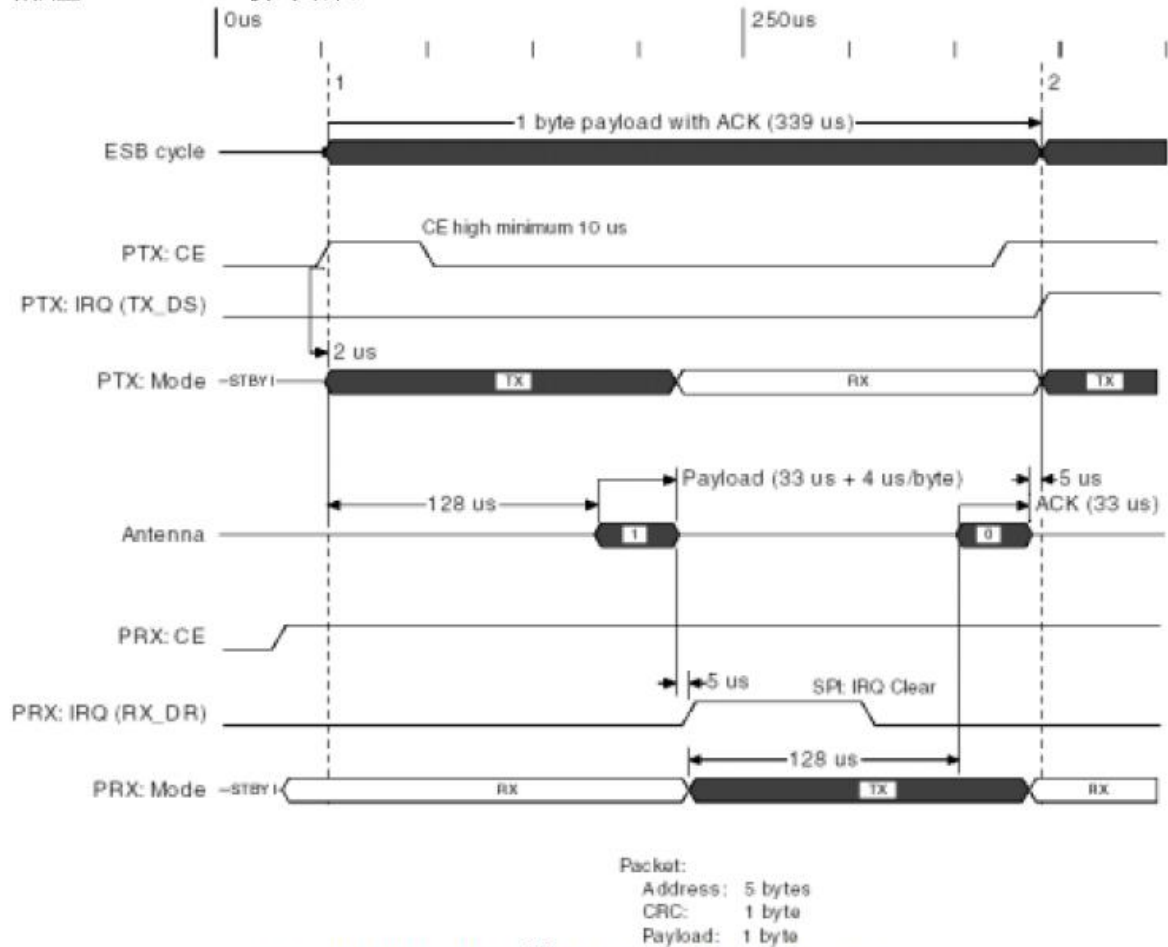


图 11、增强型 ShockBurst™ 模式发送一包数据时序 (2Mbps)

图11 所示是发送一包数据并收到应答信号的示意图数据送入发送模块部分没有在图中显示接收模块转入接收模式CE=1 发射模块配置为发射模式CE=1 持续至少10us 130us 后启动发射再过37us 后发送一字节数据发送结束后发送模块自动转入接收模式等待应答信号发送模块在收到应答信号后产生中断通知MCU IRQ (TX_DS)=>TX-data sent(数据发送完) 接收模块接收到数据包后产生中

断通知MCU IRQ (RX_DR)=>RX-data ready(数据接收完毕)

外围RF 信息

天线输出

ANT1 和ANT2 输出脚给天线提供稳定的RF 输出这两个脚必须连接到VDD 的直流通路或者通过

RF 扼流圈或者通过天线双极的中心点在输出功率最大时0dBm 推荐使用负载阻抗为15 +j88 通

成都昂特科技

Chengdu angtech Science & Technology Co., Ltd.

过简单的网络匹配可以获得较低的阻抗例如 50Ω

输出功率调节

RF_PWR	输出功率	电流消耗
11	0 dBm	11.3mA
10	-6 dBm	9.0 mA
01	-12 dBm	7.5 mA
00	-18 dBm	7.0 mA
工作条件: VDD=3.0V,VSS=0V,T _A =27°C,负载=15Ω+j88Ω		

表 14、nRF24L01 输出功率设置

晶振规格

晶振频率的精确度取决于出厂时精度的设置和在温度变化及老化过程中的稳定性

频率	C _L	ESR	C _{0max}	精度
16MHz	8-16pF	100Ω	7.0 pF	±60ppm

表 15、nRF24L01 的晶振规格

为了实现晶体振荡器低功耗和快速启动的目的建议使用表中容值较小的电容最好晶振的并联等效电容Co=1.5pF 但考虑成本因素通常以Co_max=7.0pF 代替Co=1.5pF

负载电容C_L 由以下公式给出

$$C_L = C_1' * C_2' / (C_1' + C_2'), \text{ 这里 } C_1' = C_1 + C_{PCB1} + C_{i1}, C_2' = C_2 + C_{PCB2} + C_{i2}$$

C₁ 和C₂ 为贴片电容, C_{PCB1} 和C_{PCB2} 为PCB 布线的寄生电容C_{i1} 和C_{i2} 是XC₁ 和XC₂ 引脚看进去的电容

典型值为1 pF

nRF24L01 与控制器共用晶振

当控制器驱动晶振给 nRF24L01 提供晶振输入XC₁ 时nRF24L01 必须遵循以下规则

晶振参数

当控制器提供给 nRF24L01 时钟输入则负载电容C_L 只能通过控制器设置晶振精度为60ppm

晶振振幅及消耗电流

所有输入信号的幅值都不能超过规定电压 但任何内部的直流电压都可以超过如果超过规定电压将

激发 ESD 结构影响无线收发效果

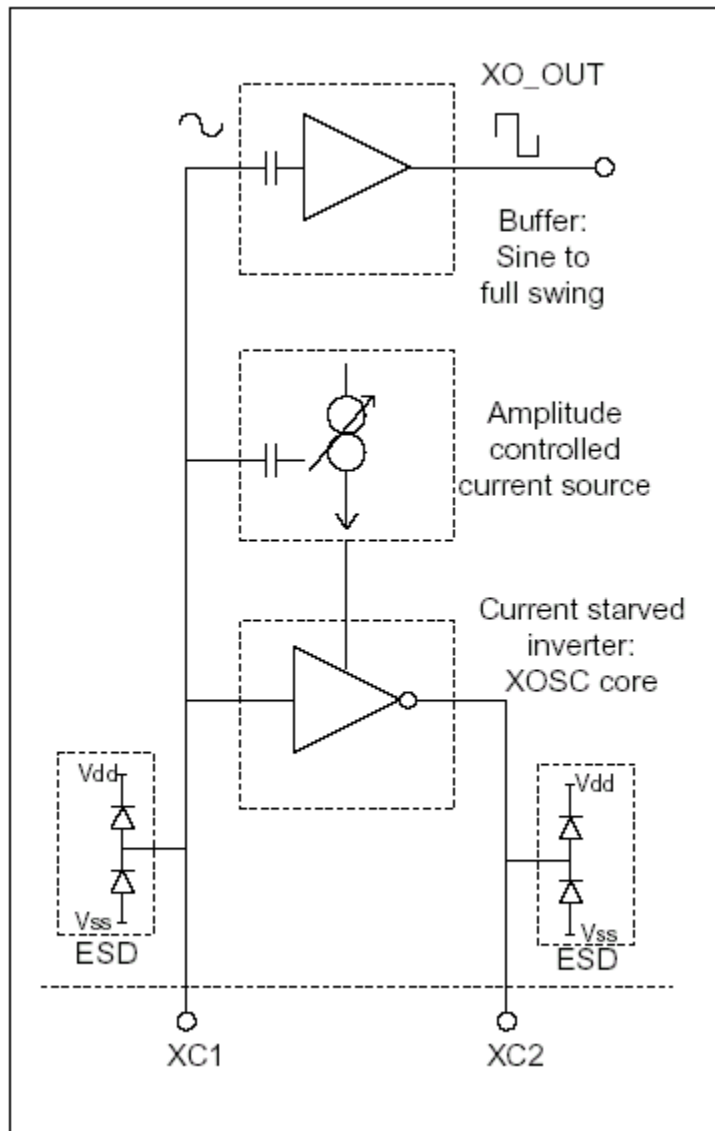


图12 晶体振荡器原理

nRF24L01 晶振用来调节振幅达到低电流消耗和较好的无线信噪比当使用外部时钟时当使用外

部时钟时 XC2 引脚可以悬空

PCB 板面设计及去藕指南

一个好的 PCB 布线对射频性能有很大影响一个差的PCB 板设计可能导致丢包甚至可能导致不能

实现其应有的功能nRF24L01 的射频PCB 板设计及其周边元件包括匹配网络等可以从

www.nvlsi.no 下载

推荐使用至少两层板包括一个地层nRF24L01 的直流供电电源应尽可能靠近芯片的VDD 引脚

成都昂特科技

Chengdu angtech Science & Technology Co., Ltd.

并且经高质量的RF 电容去耦见表16 最好用一个大电容比如:4.7uF 钽电容并联一个小电容

nRF24L01

的供电电源必须经过很好的滤波并且与数字供电电源分离开来

PCB 板避免使用长的电源走线所有元器件的地VDD 及VDD 与去耦电容应尽可能的靠近

nRF24L01

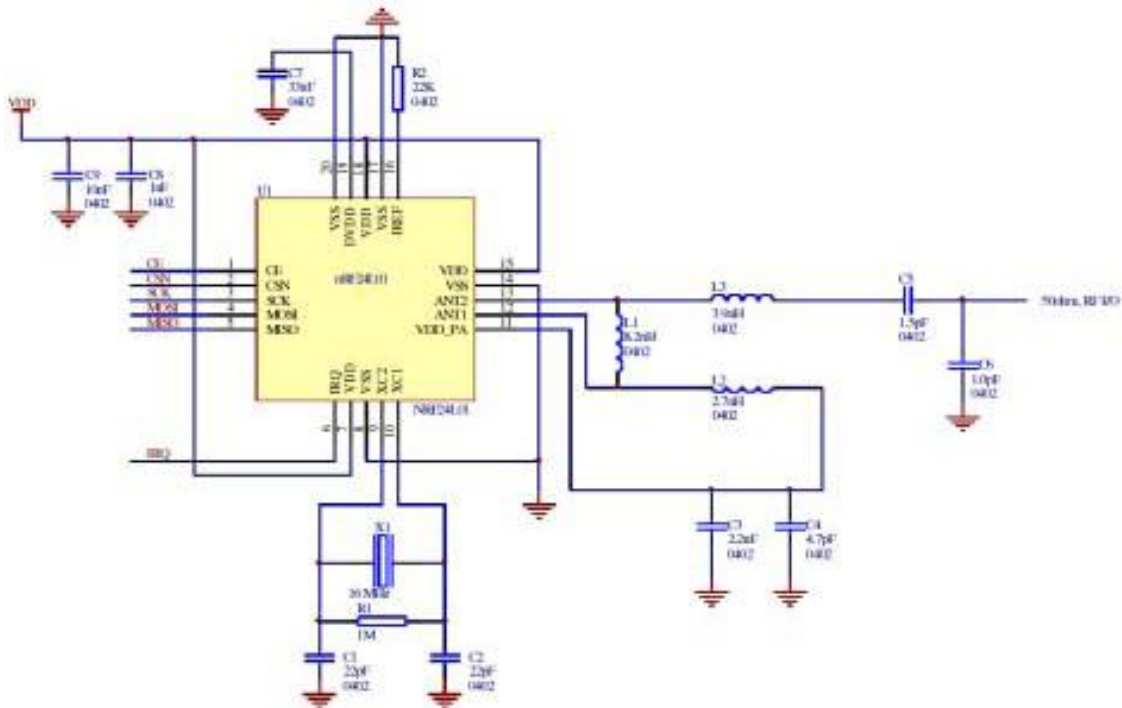
芯片如果在PCB 板的顶层有铺铜地网VSS 应直接与铺铜面连接如果在PCB 板的底层有铺铜地

网则应该在离VSS 脚尽可能近的地方放置过孔连接每个VSS 最少应有一个过孔

所有数字信号线和控制信号线都不能离晶振和电源线太近

应用举例

nRF24L01 单端匹配网络晶振偏置电阻去藕电容



成都昂特科技

Chengdu angtech Science & Technology Co., Ltd.

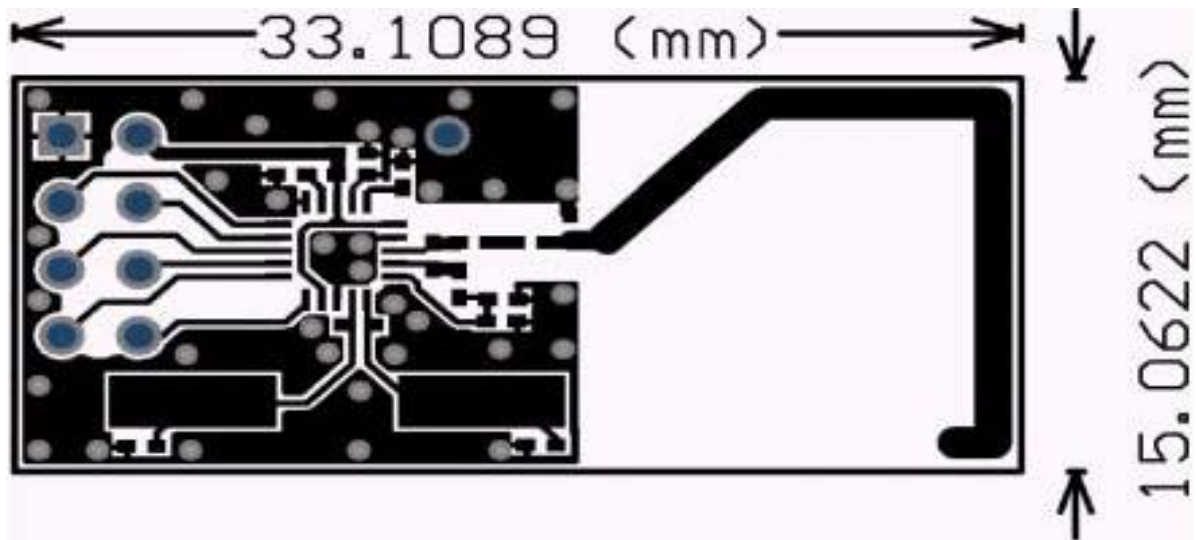
Part	Designator	Footprint	Description
22pF ¹⁷	C1	0402	NPO, +/- 2%, 50V
22pF ¹⁷	C2	0402	NPO, +/- 2%, 50V
2.2nF	C3	0402	X7R, +/- 10%, 50V
4.7pF	C4	0402	NPO, +/- 0.25 pF, 50V
1.5pF	C5	0402	NPO, +/- 0.1 pF, 50V
1.0pF	C6	0402	NPO, +/- 0.1 pF, 50V
33nF	C7	0402	X7R, +/- 10%, 50V
1nF	C8	0402	X7R, +/- 10%, 50V
10nF	C9	0402	X7R, +/- 10%, 50V
8.2nH	L1	0402	chip inductor +/- 5%
2.7nH	L2	0402	chip inductor +/- 5%
3.9nH	L3	0402	chip inductor +/- 5%
1M	R1	0402	+/- 10%
22K	R2	0402	+/- 1 %
nRF24L01	U1	QFN20 4x4	
16MHz	X1		+/-60ppm, C _L =12pF ¹⁷

PCB 布线示例

图14 所示PCB 布线是图13 电路原理图的PCB 布线举例使用了1.6mm 厚度的FR-4 双面板在

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在天线的下面没有铺铜



一、模块介绍

- (1) 2.4Ghz 全球开放ISM 频段免许可证使用
- (2) 最高工作速率2Mbps, 高效GFSK调制, 抗干扰能力强, 特别适合工业控制场合
- (3) 126 频道, 满足多点通信和跳频通信需要
- (4) 内置硬件CRC 检错和点对多点通信地址控制
- (5) 低功耗1.9 - 3.6V 工作, 待机模式下状态为22uA; 掉电模式下为900nA
- (6) 内置2.4Ghz 天线, 体积小巧15mm X29mm
- (7) 模块可软件设地址, 只有收到本机地址时才会输出数据 (提供中断指示), 可直接接各种单片机使用, 软件编程非常方便
- (8) 内置专门稳压电路, 使用各种电源包括DC/DC 开关电源均有很好的通信效果

成都昂特科技

Chengdu angtech Science & Technology Co., Ltd.

(9) 2.54MM间距接口, DIP封装

(10)工作于Enhanced ShockBurst 具有Automatic packethandling, Auto packet transaction handling,具有可选的内置包应答机制, 极大的降低丢包率。

(11)与51系列单片机P0口连接时候, 需要加10K的上拉电阻,与其余口连接不需要。

(12)其他系列的单片机, 如果是5V的, 请参考该系列单片机IO口输出电流大小, 如果超过10mA, 需要串联电阻分压, 否则容易烧毁模块! 如果是3.3V的, 可以直接和RF24L01模块的IO口线连接。比如AVR系列单片机如果是5V 的, 一般串接2K 的电阻。

接口电路

1 GND	2 VCC	3 CE	4 CSN	5 SCK	6 MOSI	7 MISO	8 IRQ
-------	-------	------	-------	-------	--------	--------	-------

参考源代码

```
#include <reg51.h>
//<nRF2401_Pins 对应引脚>
sbit MISO =P1^3;
sbit MOSI =P1^4;
sbit SCK =P1^5;
sbit CE =P1^6;
sbit CSN =P3^7;
sbit IRQ =P1^2;
sbit LED2 =P3^5;
sbit LED1 =P3^4;
sbit KEY1 =P3^0;
sbit KEY2 =P3^1;
// SPI(nRF24L01) commands
#define READ_REG 0x00 // Define read command to register
#define WRITE_REG 0x20 // Define write command to register
#define RD_RX_PLOAD 0x61 // Define RX payload register address
#define WR_TX_PLOAD 0xA0 // Define TX payload register address
#define FLUSH_TX 0xE1 // Define flush TX register command
#define FLUSH_RX 0xE2 // Define flush RX register command
#define REUSE_TX_PL 0xE3 // Define reuse TX payload register command
#define NOP 0xFF // Define No Operation, might be used to read status register
//*****//
// SPI(nRF24L01) registers(addresses)
#define CONFIG 0x00 // 'Config' register address
#define EN_AA 0x01 // 'Enable Auto Acknowledgment' register address
#define EN_RXADDR 0x02 // 'Enabled RX addresses' register address
#define SETUP_AW 0x03 // 'Setup address width' register address
#define SETUP_RETR 0x04 // 'Setup Auto. Retrans' register address
#define RF_CH 0x05 // 'RF channel' register address
#define RF_SETUP 0x06 // 'RF setup' register address
```

成都昂特科技

Chengdu angtech Science & Technology Co., Ltd.

```
#define STATUS 0x07 // 'Status' register address
#define OBSERVE_TX 0x08 // 'Observe TX' register address
#define CD 0x09 // 'Carrier Detect' register address
#define RX_ADDR_P0 0x0A // 'RX address pipe0' register address
#define RX_ADDR_P1 0x0B // 'RX address pipe1' register address
#define RX_ADDR_P2 0x0C // 'RX address pipe2' register address
#define RX_ADDR_P3 0x0D // 'RX address pipe3' register address
#define RX_ADDR_P4 0x0E // 'RX address pipe4' register address
#define RX_ADDR_P5 0x0F // 'RX address pipe5' register address
#define TX_ADDR 0x10 // 'TX address' register address
#define RX_PW_P0 0x11 // 'RX payload width, pipe0' register address
#define RX_PW_P1 0x12 // 'RX payload width, pipe1' register address
#define RX_PW_P2 0x13 // 'RX payload width, pipe2' register address
#define RX_PW_P3 0x14 // 'RX payload width, pipe3' register address
#define RX_PW_P4 0x15 // 'RX payload width, pipe4' register address
#define RX_PW_P5 0x16 // 'RX payload width, pipe5' register address
#define FIFO_STATUS 0x17 // 'FIFO Status Register' register address
//-----
// 写一个字节到24L01, 同时读出一个字节
uchar SPI_RW(uchar byte)
{
    uchar bit_ctr;
    for(bit_ctr=0;bit_ctr<8;bit_ctr++) // output 8-bit
    {
        MOSI = (byte & 0x80); // output 'byte', MSB to MOSI
        byte = (byte << 1); // shift next bit into MSB..
        SCK = 1; // Set SCK high..
        byte |= MISO; // capture current MISO bit
        SCK = 0; // ..then set SCK low again
    }
    return(byte); // return read byte
}
// 向寄存器reg写一个字节, 同时返回状态字节
uchar SPI_RW_Reg(BYTE reg, BYTE value)
{
    uchar status;
    CSN = 0; // CSN low, init SPI transaction
    status = SPI_RW(reg); // select register
    SPI_RW(value); // ..and write value to it..
    CSN = 1; // CSN high again
    return(status); // return nRF24L01 status byte
}
// 读出bytes字节的数据
```

成都昂特科技

Chengdu angtech Science & Technology Co., Ltd.

```
uchar SPI_Read_Buf(BYTE reg, BYTE *pBuf, BYTE bytes)
{
    uchar status,byte_ctr;
    CSN = 0; // Set CSN low, init SPI transaction
    status = SPI_RW(reg); // Select register to write to and read status byte
    for(byte_ctr=0;byte_ctr<bytes;byte_ctr++)
        pBuf[byte_ctr] = SPI_RW(0); //
    CSN = 1;
    return(status); // return nRF24L01 status byte
}
// 写入bytes字节的数据
uchar SPI_Write_Buf(BYTE reg, BYTE *pBuf, BYTE bytes)
{
    uchar status,byte_ctr;
    CSN = 0;
    status = SPI_RW(reg);
    for(byte_ctr=0; byte_ctr<bytes; byte_ctr++) //
        SPI_RW(*pBuf++);
    CSN = 1; // Set CSN high again
    return(status); //
}
// 接收函数, 返回1表示有数据收到, 否则没有数据接受到
unsigned char nRF24L01_RxPacket(unsigned char* rx_buf)
{
    unsigned char revale=0;
    // set in RX mode
    SPI_RW_Reg(WRITE_REG + CONFIG, 0x0f); // Set PWR_UP bit, enable CRC(2 bytes) &
    Prim:RX. RX_DR enabled..
    CE = 1; // Set CE pin high to enable RX device
    delay130us();
    sta=SPI_Read(STATUS); // read register STATUS's value
    if(RX_DR) // if receive data ready (RX_DR) interrupt
    {
        CE = 0; // stand by mode
        SPI_Read_Buf(RD_RX_PLOAD,rx_buf,TX_PLOAD_WIDTH);// read receive payload from
        RX_FIFO buffer
        revale =1;
    }
    SPI_RW_Reg(WRITE_REG+STATUS,sta);// clear RX_DR or TX_DS or MAX_RT interrupt
    flag
    return revale;
}
// 发送函数
```

成都昂特科技

Chengdu angtech Science & Technology Co., Ltd.

```
void nRF24L01_TxPacket(unsigned char * tx_buf)
{
    CE=0;
    //SPI_Write_Buf(WRITE_REG + TX_ADDR, TX_ADDRESS, TX_ADR_WIDTH); // Writes
    TX_Address to nRF24L01
    //SPI_Write_Buf(WRITE_REG + RX_ADDR_P0, TX_ADDRESS, TX_ADR_WIDTH); //
    RX_Addr0 same as TX_Adr for Auto.Ack
    SPI_Write_Buf(WR_TX_PLOAD, tx_buf, TX_PLOAD_WIDTH); // Writes data to TX payload
    SPI_RW_Reg(WRITE_REG + CONFIG, 0x0e); // Set PWR_UP bit, enable CRC(2 bytes) &
    Prim:TX. MAX_RT & TX_DS enabled..
    CE=1;
    dalay10us();
    CE=0;
}
// 配置函数
void nRF24L01_Config(void)
{
    //initial io
    CE=0; // chip enable
    CSN=1; // Spi disable
    SCK=0; // Spi clock line init high
    CE=0;
    SPI_RW_Reg(WRITE_REG + CONFIG, 0x0f); // Set PWR_UP bit, enable CRC(2 bytes) &
    Prim:RX. RX_DR enabled..
    SPI_RW_Reg(WRITE_REG + EN_AA, 0x01);
    SPI_RW_Reg(WRITE_REG + EN_RXADDR, 0x01); // Enable Pipe0
    SPI_RW_Reg(WRITE_REG + SETUP_AW, 0x02); // Setup address width=5 bytes
    SPI_RW_Reg(WRITE_REG + SETUP_RETR, 0x1a); // 500us + 86us, 10 retrans...
    SPI_RW_Reg(WRITE_REG + RF_CH, 0);
    SPI_RW_Reg(WRITE_REG + RF_SETUP, 0x07); // TX_PWR:0dBm, Datarate:1Mbps,
    LNA:HCURR
    SPI_RW_Reg(WRITE_REG + RX_PW_P0, RX_PLOAD_WIDTH);
    SPI_Write_Buf(WRITE_REG + TX_ADDR, TX_ADDRESS, TX_ADR_WIDTH);
    SPI_Write_Buf(WRITE_REG + RX_ADDR_P0, TX_ADDRESS, TX_ADR_WIDTH); CE=1; //
}
```