

# NRF24L01

## 高速嵌入式无线数传模块

说  
明  
书

2008 年 12 月 20 日

## 一、产品特性

**2.4GHz** 全球开放ISM 频段，最大0dBm 发射功率，免许可证使用

支持六路通道的数据接收

低工作电压：**1.9~3.6V**低电压工作

高速率：**2Mbps**，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（软件设置1Mbps或者2Mbps的空中传输速率）

多频点：**125** 频点，满足多点通信和跳频通信需要

超小型：内置**2.4GHz**天线，体积小巧，15x29mm（包括天线）

低功耗：当工作在应答模式通信时，快速的空中传输及启动时间，极大的降低了电流消耗。

低应用成本：**NRF24L01** 集成了所有与RF协议相关的高速信号处理部分，比如：自动重发丢失数据包和自动产生应答信号等，**NRF24L01**的SPI接口可以利用单片机的硬件SPI口连接或用单片机I/O口进行模拟，内部有FIFO可以与各种高低速微处理器接口，便于使用低成本单片机。

便于开发：由于链路层完全集成在模块上，非常便于开发。

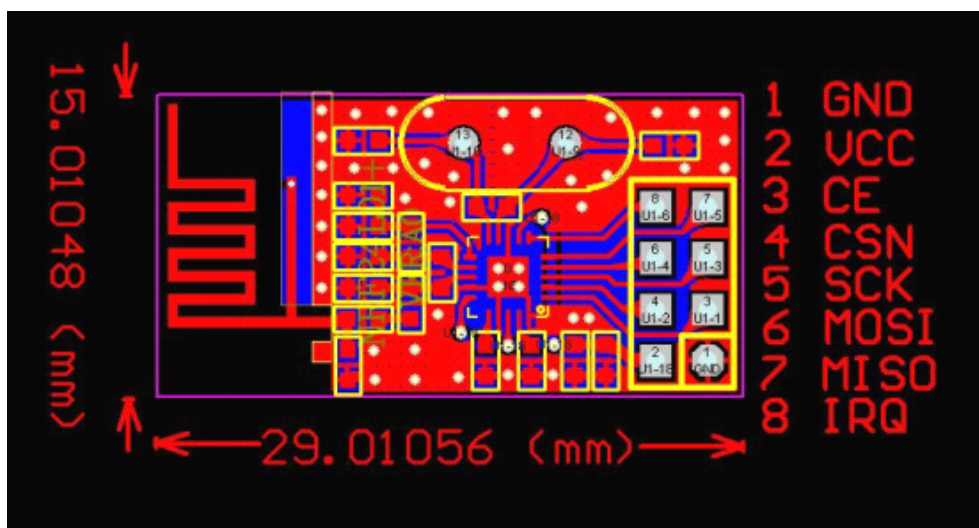
自动重发功能，自动检测和重发丢失的数据包，重发时间及重发次数可软件控制

- 自动存储未收到应答信号的数据包
- 自动应答功能，在收到有效数据后，模块自动发送应答信号，无须另行编程
- 载波检测—固定频率检测
- 内置硬件 CRC 检错和点对多点通信地址控制
- 数据包传输错误计数器及载波检测功能可用于跳频设置
- 可同时设置六路接收通道地址，可有选择性的打开接收通道
- 标准插针 Dip2. 54MM 间距接口，便于嵌入式应用

## 二、基本电气特性

参数	数值	单位
供电电压	1.9~3.6V	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 2-1 基本电气特性		

## 三、引脚说明



说明:

- 1) VCC脚接电压范围为1.9V~3.6V之间，不能在这个区间之外，超过3.6V将会烧毁模块。推荐电压3.3V左右。
- (2) 除电源VCC和接地端，其余脚都可以直接和普通的5V单片机IO口直接相连，无需电平转换。当然对3V左右的单片机更加适用了。
- (3) 硬件上面没有SPI的单片机也可以控制本模块，用普通单片机IO口模拟SPI不需要单片机真正的串口介入，只需要普通的单片机IO口就可以了，当然用串口也可以了（**a: 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。**
- b: 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RF24IO1模块的IO口线连接。比如AVR系列单片机**

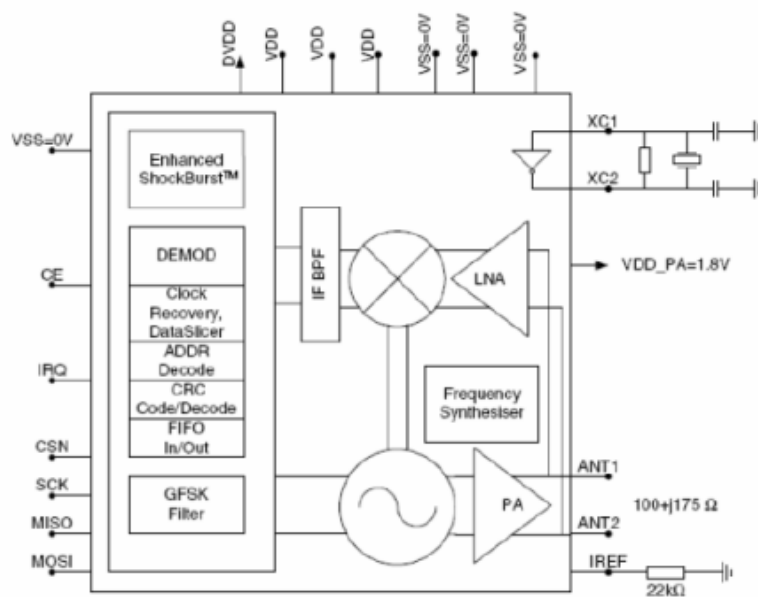
如果是 **5V** 的，一般串接 **2K** 的电阻

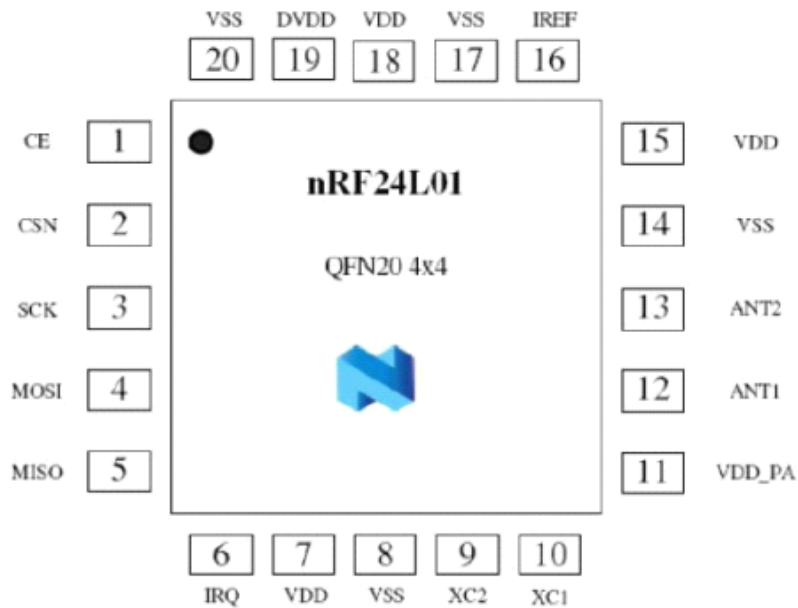
)

(4) 如果需要其他封装接口，比如密脚插针，或者其他形式的接口，可以  
联系我们定做。

## 四、模块结构和引脚说明

NRF24L01 模块使用 Nordic 公司的 nRF24L01 芯片开发而成。





Pin	Name	Pin function	Description
1	CE	Digital Input	Chip Enable Activates RX or TX mode
2	CSN	Digital Input	SPI Chip Select
3	SCK	Digital Input	SPI Clock
4	MOSI	Digital Input	SPI Slave Data Input
5	MISO	Digital Output	SPI Slave Data Output, with tri-state option
6	IRQ	Digital Output	Maskable interrupt pin
7	VDD	Power	Power Supply (+3V DC)
8	VSS	Power	Ground (0V)
9	XC2	Analog Output	Crystal Pin 2
10	XC1	Analog Input	Crystal Pin 1
11	VDD_PA	Power Output	Power Supply (+1.8V) to Power Amplifier
12	ANT1	RF	Antenna interface 1
13	ANT2	RF	Antenna interface 2
14	VSS	Power	Ground (0V)
15	VDD	Power	Power Supply (+3V DC)
16	IREF	Analog Input	Reference current
17	VSS	Power	Ground (0V)
18	VDD	Power	Power Supply (+3V DC)
19	DVDD	Power Output	Positive Digital Supply output for de-coupling purposes
20	VSS	Power	Ground (0V)

## 五、工作方式

NRF2401有工作模式有四种：

收发模式

## 配置模式

## 空闲模式

## 关机模式

工作模式由 CE 和寄存器内部 PWR\_UP、PRIM\_RX 共同控制，见下表：

模式	PWR_UP	PRIM_RX	CE	FIFO 寄存器状态
接收模式	1	1	1	-
发射模式	1	0	1	数据在 TX FIFO 寄存器中
发射模式	1	0	1→0	停留在发射模式，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	无正在传输的数据
掉电模式	0	-	-	-

### 5.1 收发模式

收发模式有 Enhanced ShockBurst™收发模式、ShockBurst™收发模式和直接收发模式三种，收发模式由器件配置字决定，具体配置将在器件配置部分详细介绍。

#### 5.1.1 Enhanced ShockBurst™收发模式

Enhanced ShockBurst™收发模式下，使用片内的先入先出堆栈区，数据低速从微控制器送入，但高速(1Mbps)发射，这样可以尽量节能，因此，使用低速的微控制器也能得到很高的射频数据发射速率。与射频协议相关的所有高速信号处理都在片内进行，这种做法有三大好处：尽量节能；低的系统费用(低速微处理器也能进行高速射频发射)；数据在空中停留时间短，抗干扰性高。Enhanced ShockBurst™技术同时也减小了整个系统的平均工作电流。

在Enhanced ShockBurst™收发模式下，NRF24L01自动处理字头和CRC校验码。在接收数据时，自动把字头和CRC校验码移去。在发送

数据时，自动加上字头和CRC校验码，在发送模式下，置CE为高，至少10us，将发送过程完成后。

#### 5.1.1.1 Enhanced ShockBurstTM发射流程

A. 把接收机的地址和要发送的数据按时序送入NRF24L01；  
B. 配置CONFIG寄存器，使之进入发送模式。C. 微控制器把CE置高（至少10us），激发NRF24L01进行Enhanced ShockBurstTM发射； D. N24L01的Enhanced ShockBurstTM发射(1) 给射频前端供电； (2) 射频数据打包(加字头、CRC校验码)； (3) 高速发射数据包； (4) 发射完成，NRF24L01进入空闲状态。

#### 4.1.1.2 Enhanced ShockBurstTM

接收流程 A. 配置本机地址和要接收的数据包大小； B. 配置CONFIG寄存器，使之进入接收模式，把CE置高。

C. 130us后，NRF24L01进入监视状态，等待数据包的到来； D.当接收到正确的数据包(正确的地址和CRC校验码)，NRF2401自动把字头、地址和CRC校验位移去；

E. NRF24L01通过把STATUS寄存器的RX\_DR置位(STATUS一般引起微控

制器中断)通知微控制器； F. 微控制器把数据从 NewMsg\_RF2401 读出；  
G. 所有数据读取完毕后，可以清除STATUS寄存器。NRF2401可以进入四种主要的模式之一。

#### 5.1.2 ShockBurstTM收发模式

ShockBurstTM收发模式可以与Nrf2401a,02,E1及E2兼容，具体表述前



看本公司的N-RF2401文档。

## 5.2 空闲模式

NRF24L01的空闲模式是为了减小平均工作电流而设计，其最大的优点是，实现节能的同时，缩短芯片的起动时间。在空闲模式下，部分片内晶振仍在工作，此时的工作电流跟外部晶振的频率有关。

## 5.4 关机模式

在关机模式下，为了得到最小的工作电流，一般此时的工作电流为900nA左右。关机模式下，配置字的内容也会被保持在NRF2401片内，这是该模式与断电状态最大的区别。

# 六、NRF24L01 的SPI 配置

## SPI 指令设置

用于 SPI 接口的常用命令见下表。当CSN 为低时，SPI 接口开始等待一条指令，任何一条新指令均由CSN 的由高到低的转换开始

SPI 接口指令		
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 只能在掉电模式或待机模式下操作。
R_RX_PAYLOAD	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_PAYLOAD	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_PL	1110 0011	应用于发射端 重新使用上一包发射的有效数据。当 CE=1 时，数据被不断重新发射。 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。可用来读状态寄存器。

表6-1串行接口指令设置

寄存器内容及说明

地址	参数	位	复位值	类型	描述
00	CONFIG				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 引脚不产生 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 引脚不产生 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 引脚不产生 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 <sup>™</sup>				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
	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

					<p>.....</p> <p>'1111'-等待 4000+86us</p> <p>(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)</p>
	ARC	3:0	0011	R/W	<p>自动重发计数</p> <p>'0000'-禁止自动重发</p> <p>'0000'-自动重发一次</p> <p>.....</p> <p>'0000'-自动重发 15 次</p>
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	锁相环允许, 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, 默认是'1'
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。当收到有效数据包后置 1。写'1'清除中断。
	TX_DS	5	0	R/W	数据发送完成中断。 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 1。写'1'清除中断。
	MAX_RT	4	0	R/W	重发次数溢出中断。 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 寄存器未满载,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 寄存器时此寄存器复位。当丢失15个数据包后此寄存器重启。
	ARC_CNT	3:0	0	R	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	0xE7E7E7E7E7	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	0xC2C2C2C2C2	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	0xE7E7E7E7E7	R/W	发送地址 (先写低字节) 在增强型 ShockBurst™ 模式下, 设置 RX_ADDR_P0 与此地址相等来接收应答信号。
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	<i>RX_PW_P3</i>				
	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 1: 1 字节有效数据宽度 ..... 32: 32 字节有效数据宽度
15	<i>RX_PW_P4</i>				
	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	<i>RX_PW_P5</i>				
	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	<i>FIFO_STATUS</i>				<i>FIFO 状态寄存器</i>
	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6-2寄存器内容及说明

**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）

**SPI时序：**

图6-1, 6-2和表6-3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6-1 6-2中用到了如下符号：Cn-SPI指令位 Sn-状态寄存器位 Dn-数据位（注：由低字节到高字节，每字节高位在前）

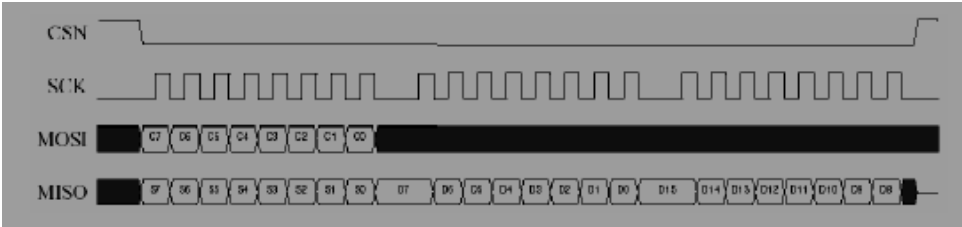


图6-1 SPI读操作

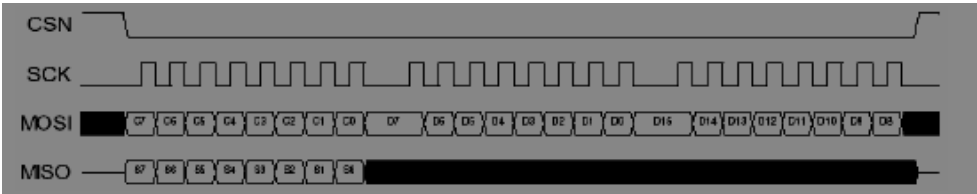


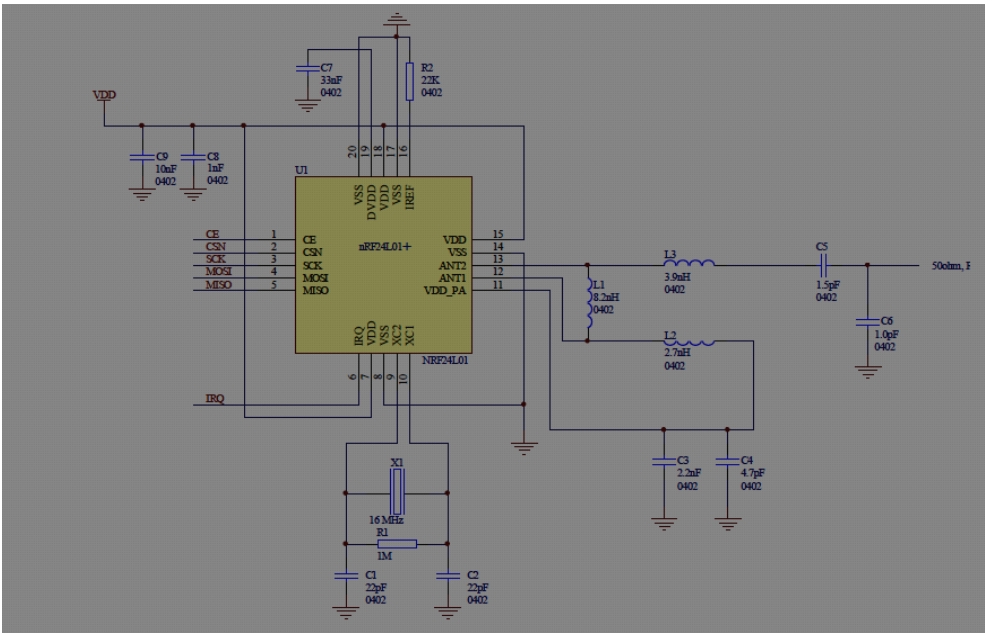
图6-2 SPI写操作



PARAMETER	SYMBOL	MIN	MAX	UNITS
Data to SCK Setup	T <sub>dc</sub>	2		ns
SCK to Data Hold	T <sub>dh</sub>	2		ns
CSN to Data Valid	T <sub>csd</sub>		42	ns
SCK to Data Valid	T <sub>cd</sub>		58	ns
SCK Low Time	T <sub>el</sub>	40		ns
SCK High Time	T <sub>eh</sub>	40		ns
SCK Frequency	F <sub>sck</sub>	0	8	MHz
SCK Rise and Fall	T <sub>r</sub> ,T <sub>f</sub>		100	ns
CSN to SCK Setup	T <sub>cc</sub>	2		ns
SCK to CSN Hold	T <sub>ech</sub>	2		ns
CSN Inactive time	T <sub>cwh</sub>	50		ns
CSN to Output High Z	T <sub>cdz</sub>		42	ns

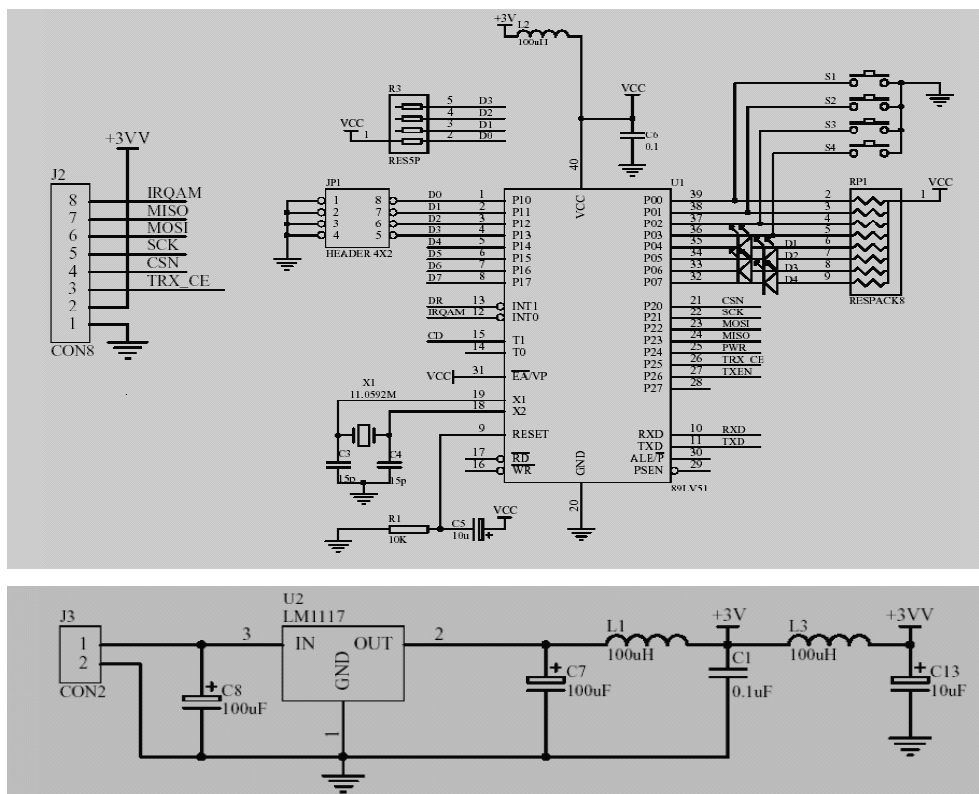
图6-3 SPI参考时序

七、NRF24L01模块电路



八、NRF24L01与单片机接口电路示例





## 绝对极限参数

### 工作电压

VDD..... -0.3V<sub>to</sub>+3.6V

VSS..... 0V

### 输入电压

V<sub>i</sub>..... -0.3V<sub>to</sub>+5.25V

### 输出电压

V<sub>o</sub>..... VSS<sub>to</sub>VDD

### 总功耗

P<sub>D</sub>(T<sub>A</sub>=+85℃) .....60mW

### 温度

工作温度.....-40℃<sub>to</sub>+85℃

存储温度.....-40℃<sub>to</sub>+125℃

