

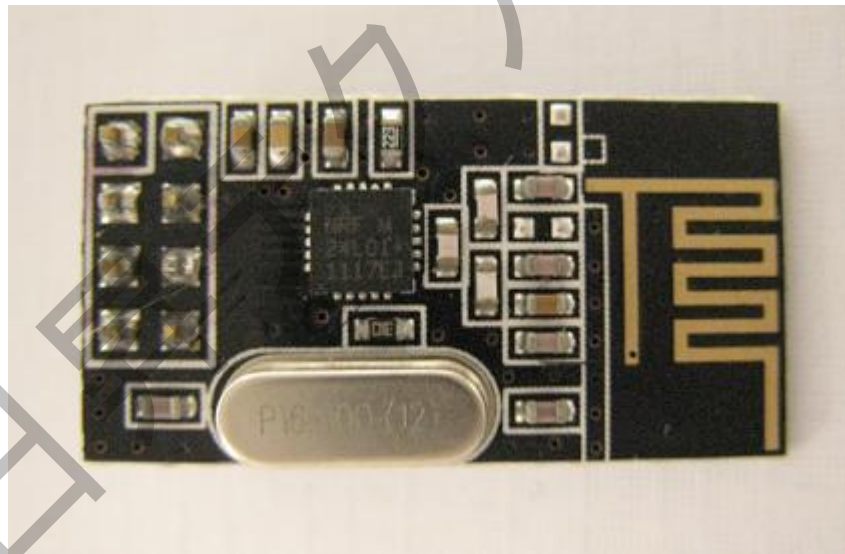
# 高速組み込み式ワイヤレス 伝送モジュール NRF24L01 (DIP) マニュアル

株式会社日昇テクノロジー

<http://www.csun.co.jp>

[info@csun.co.jp](mailto:info@csun.co.jp)

更新日：2013/09/06



copyright@2013

## ・ 修正履歴

NO	バージョン	修正内容	修正日
1	Ver1.0	新規作成	2013/09/06

※ この文書の情報は、文書を改善するため、事前の通知なく変更されることがあります。  
最新版は弊社ホームページからご参照ください。「<http://www.csun.co.jp>」

※ (株)日昇テクノロジーの書面による許可のない複製は、いかなる形態においても厳重に禁じられています。

## 目次

一、製品特性 .....	4
二、基本電気特性 .....	4
三、ピン配置説明 .....	5
四、モジュール構造とピン説明 .....	5
五、動作モード .....	7
5.1 送受信モード .....	7
5.2 アイドルモード .....	8
5.3 パワーダウン .....	9
六、NRF24L01 SPI 設定 .....	9
七、NRF24L01 モジュール回路 .....	15
八、NRF24L01 と SCM インタフェース回路例 .....	16

日昇テクノロジー株式会社

## 一、製品特性

- ◇ 2.4GHz グローバル開放 ISM バンド、最大送信パワー0dBm、ライセンスフリー
- ◇ 6 データ受信チャンネルをサポート
- ◇ 低電圧動作：1.9～3.6V
- ◇ ハイレート：2Mbps、伝送時間が短いため、無線通信中の衝突は大幅に減少させる。(ソフトウェアで1Mbpsまたは2Mbpsの伝送ハイレートを設定できる)
- ◇ マルチ周波数：125 周波数、マルチポイント通信と周波数ホッピング通信を満足できる。
- ◇ 超小型：2.4GHz アンテナ内蔵、サイズはコンパクトで、15x29mm (アンテナ含み)
- ◇ 低消費電力：応答モード通信で、高速の伝送レートと短い起動時間で、消費電力を大幅削減する。
- ◇ 低コスト：NRF24L01 は RF プロトコルに関連するすべての高速信号処理部を統合した。例えば：自動損失パケット再送と自動的に応答信号を生成、NRF24L01 の SPI インタフェースは SCM のハードウェア SPI インタフェースを使用または I/O インタフェースでアナログ、FIFO が内蔵し、各種の高いスペック、低いスペックのプロセッサと接続可能で、低コスト SCM を使用し、全体コスト削減は可能となる。
- ◇ 開発便利：リンク層は完全にモジュール内に一体化されている、開発が非常に簡単となる。

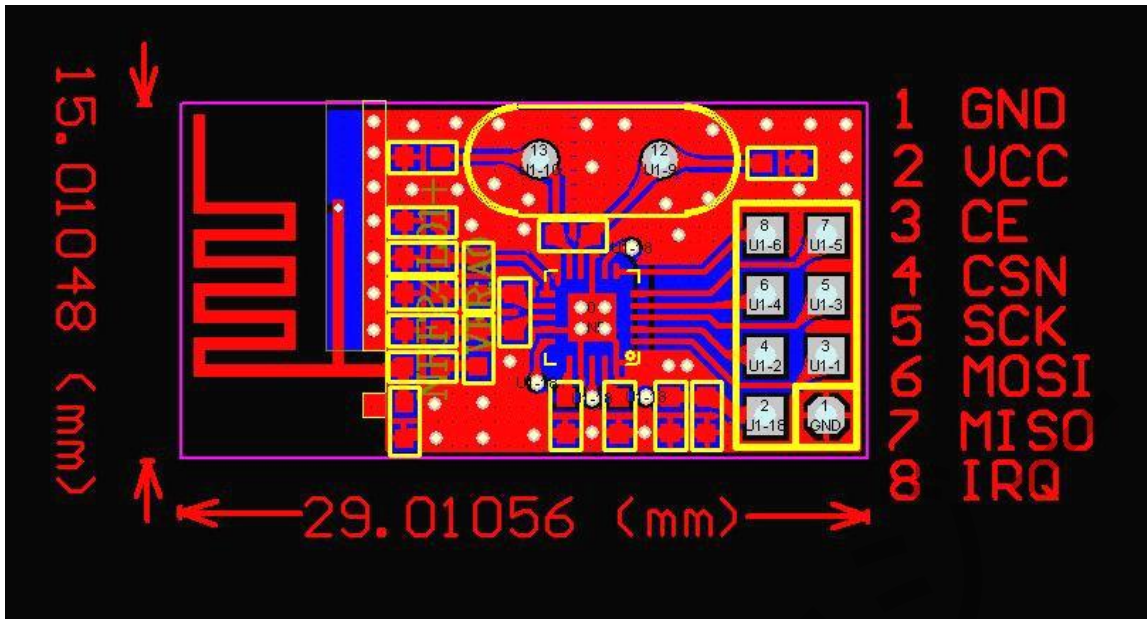
他の特徴：

- 自動再送信機能：失われたパケットの自動検出と再送、再送時間と再送回数はソフトウェアで制御可能
- 受信できない応答信号パケットを自動ストレージ
- 自動応答機能：有効データが受信される時、モジュールが自動的に応答信号を送信する、追加プログラミングは必要ない
- キャリア・ディテクト - 固定周波数検出
- CRC エラー検出ハードウェア内蔵とポイントツーマルチポイント通信アドレス制御
- パケット送信エラーカウンタとキャリア検出機能、周波数ホッピングの設定に使用できる。
- 6 路チャンネル・受信アドレスを同時に設定でき、ニーズによりオープンチャンネルを選択できる
- 標準ピン Dip2.54MM ピッチの接続インタフェース、便利に取り組む

## 二、基本電気特性

パラメータ	数値	単位
給電電圧	1.9-3.6V	V
最大送信パワー	0	dBm
最大データ送信スピード	2000	kbps
送信モード、消費電流 (0dBm)	11.3	mA
受信モード、消費電流 (2000 kbps)	12.3	mA
動作温度範囲	-40+85	℃
データ送信レートが 1000 kbps の感度	-85	dBm
パワーダウン・モード、電流消費	900	nA

### 三、ピン配置説明



#### 説明：

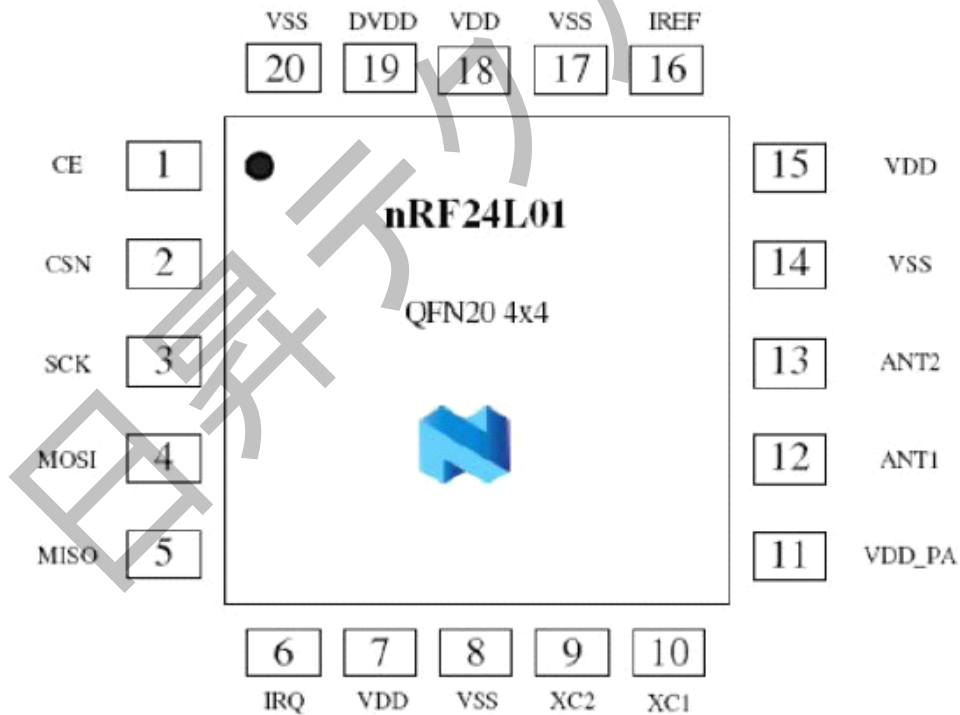
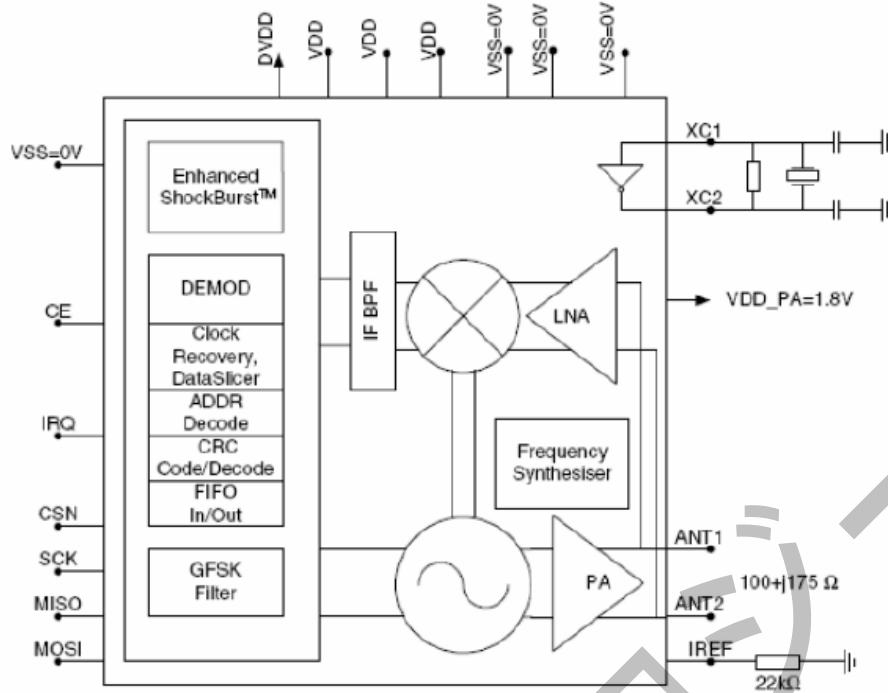
- 1). VCC ピンの接続電圧範囲は 1.9V~3.6V である。3.6V を超えると、故障の原因となる恐れがある。適切な動作電圧は 3.3V。
- 2). 電源 VCC 及びグラウンド端子を除き、他のピンは通常 5V の SCM の I/O インタフェースと直接接続でき、レベル変換は必要なし。3V の SCM にはより適合する。
- 3). ハードウェア上 SPI のない SCM も本モジュールを制御できる。通常の SCM の I/O から SPI を模擬し SCM がなくても制御できる、勿論、普通 SCM の I/O またはシリアルポートでもよい。

a: 51 シリーズの SCM の P0 インタフェースと接続する時、10K のプルアップ抵抗を加える必要がある、他のインタフェースは接続必要なし。

b: 他シリーズの SCM では、5V の場合、I/O インタフェースの出力電流をチェックし、10mA 以上では、モジュールが故障にならないように、直列抵抗を接続し分圧する必要がある。3.3V の場合、RF241101 モジュールの I/O 口と接続できる。AVR シリーズの SCM は通常 5V で、一般に 2K の直列抵抗を接続する。

### 四、モジュール構造とピン説明

NRF24L01 モジュールは Nordic 社の nRF24L01 チップに基づき開発する。



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、動作モード

NRF2401 には 4 つのモードがある：

送受信モード、設定モード、待機モード、パワーダウン・モード。

動作モードは CE とレジスタ内蔵の PWR\_UP、PRIM\_RX で共同制御する：

モード	PWR_UP	PRIM_RX	CE	FIFO レジスタステータス
受信モード	1	1	1	-
送信モード	1	0	1	データは TX_FIFO レジスタに保存
送信モード	1	0	1→0	送信完了まで、送信モードに止まる。
待機モード II	1	0	1	TX FIFO 空き
待機モード I	1	-	0	送信データなし
パワーダウンモード	0	-	-	-

### 5.1 送受信モード

送受信モードは下記の 3 つモードがある：`Enhanced ShockBurst™モード`、`ShockBurst™モード`、`直接送受信モード`。送受信モードはデバイス・コンフィギュレーション・ワードによって決定される。具体的な構成は、デバイスコンフィギュレーションのセクションで詳しく説明する。

#### 5.1.1 Enhanced ShockBurst™モード

Enhanced ShockBurst™送受信モード下、チップの先入先出スタック領域を使用し、データは低速にマイコンコントローラに送信し、そして高速(1Mbps)発射する。この動作により、消費電力を大幅に削減でき、低速マイコンで高速 RF データ伝送速度を得られる。

RF プロトコルに関連するすべての高速信号処理はチップ内で行い、利点は3つある：

省エネルギー：低システムコスト（低速マイクロプロセッサで高速レート伝送）：データは空気中止め時間は短い、アンチジャミングが高い。Enhanced ShockBurst™ 技術もシステム全体の平均動作電流を低減する。

Enhanced ShockBurst™ 送受信モードで、NRF24L01はプレフィックスとCRCチェックサムを自動処理する。データ受信時、プレフィックスとCRCチェックサムを取り除く。データ送信時、プレフィックスとCRCチェックサムを加える。送信モードで、CEは高レベルにし、送信完了まで少なくとも10usを設定する

#### 5.1.1.1 Enhanced ShockBurst™ 送信プロセス

- A. 受信機のアドレスと送信待ちのデータをタイミング順番でNRF24L01へ送信；
- B. CONFIGレジスタ設定、送信モードに入る。
- C. マイクロコントローラはCEを高レベル(少なくとも10us)と設定、NRF24L01はEnhanced ShockBurst™ 発射待ち
- D. NRF24L01はEnhanced ShockBurst™ 発射を行う
  - a) RFフロントエンド給電；
  - b) RFデータパッケージ（プレフィックスとCRCチェックサム加え）；
  - c) データパケット高速伝送；
  - d) 発射完了、RF24L01が待機モード（アイドル状態）に入る。

#### 5.1.1.2 Enhanced ShockBurst™ 受信プロセス：

- A. マシンのアドレスと受信パケットサイズを設定する
- B. CONFIGレジスタ設定、受信モードに入る（CEが高レベルを設定）
- C. 130us後、NRF24L01監視モードに入り、パケット受信待ち；
- D. 正しいデータパケット（アドレスとCRCチェックサム）を受信するとNRF2401は自動的にプレフィックスとCRCチェックサムを取り除く；
- E. NRF24L01はSTATUSレジスタのRX\_DRをセット（SET）（STATUSはマイクロコントローラ割り込みを引き起こす）、マイクロコントローラへ通知する；
- F. マイクロコントローラはNewMsg\_RF2401からデータを読み出す；
- G. 全てのデータを読み取り完了後、STATUSレジスタをクリアできる。NRF2401は4つのモードに入る。

### 5.1.2 ShockBurst™ 送受信モード

ShockBurst™ 送受信モードはNrf2401a、02、E1とE2をサポート、N-RF24101データシートを参照。

## 5.2 アイドルモード

NRF24L01のアイドルモードは平均動作電流を低減するため設計する。最大の利点は、エネルギー節約の一方、同時に、チップの起動時間を短縮すること。アイドルモードで、オンチップ水晶発振器の一部はまた動作している、動作電流は外部水晶発振器の周波数と関連する。



## 5.3 パワーダウン

パワーダウンモードで、一般動作電流は 900nA ぐらいで、コンフィギュレーションの内容は、NRF2401 チップに維持される。これはパワーオフ状態との最大の違いである。

## 六、NRF24L01 SPI 設定

### SPI 指令設定

SPI インタフェースコマンドは下図の通り。CSN が低レベルの場合、SPI インタフェースはコマンド入力状態で、コマンド実行は CSN が高レベルから低レベル変わる。

SPI インタフェースコマンド		
コマンド	フォーマット	説明
R_REGISTER	000AAAAA	設定レジスタ読み取り。AAAAA は読み取りレジスタアドレス。
W_REGISTER	001AAAAA	設定レジスタ書き込み。AAAAA は書き込みレジスタアドレス。(電源オフ/待機モード)
R_RX_PAYLOAD	01100001	RX 有効データ読み取り：1-32 バイト。読み取り動作はバイト 0 から。 RX 有効データ読み取り完了後、FIFO レジスタクリア。(受信モード)
W_RX_PAYLOAD	10100000	RX 有効データ書き込み：1-32 バイト。書き込み動作はバイト 0 から。(送信モード)
FLUSH_TX	11100001	TX_FIFO レジスタクリア。(送信モード)
FLUSH_RX	11100010	RX_FIFO レジスタクリア。(受信モード) 応答信号を送信する処理でこのコマンドを実行しない(実行すると、応答信号は完全送信できない)
REUSE_TX_PL	11100011	(送信ノード) 前の送信パケットの有効データを再利用。CE = 1 の場合、データは常に再送信される。データパケットを送信する時、パケット再利用機能を禁止する必要がある。
NOP	11111111	動作なし。ステータスレジスタを読み取るために使用する。

図 6-1 シリアルポートインタフェース指令設定

レジスタ内容と説明：

アドレス	パラメータ	ビット	リセット値	タイプ	説明
00	CONFIG				レジスタ設定
	reserved	7	0	R/W	デフォルト 0
	MASK_RX_DR	6	0	R/W	割り込み RX_DS マスク可能 1: IRQ ピン RX_RD 割り込みマスク 0: RX_RD 割り込み生成、IRQ ピンが低レベル
	MASK_TX_DR	5	0	R/W	割り込み TX_DS マスク可能 1: IRQ ピン TX_DS 割り込みマスク 0: TX_DS 割り込み生成、IRQ ピンが低レベル
	MASK_MAX_RT	4	0	R/W	割り込み MAX_RT マスク可能 1: IRQ ピン TX_DS 割り込みマスク

					0:MAX_RT 割り込み生成、IRQ ピンが低レベル
	EN_CRC	3		R/W	CRC 有効する。EN_AA のいずれビットが高レベルであれば、EN_CRC が強制高レベルに変更される。
	CRC0	2		R/W	CRC モード ‘0’ - 8 ビット CRC チェックサム ‘1’ -16 ビット CRC チェックサム
	PWR_UP	1		R/W	1:パワーアップ 0:パワーダウン
	PRIM_RX	0		R/W	1:受信モード 0:送信モード
	EN_AA Enhanced ShockBurst <sup>nt</sup>				‘自動応答’ 機能有効する 禁止後、nRF2401 と通信可能
01	Reserved	7:6	00	R/W	デフォルト‘0’
	ENAA_P5	5	1	R/W	データチャンネル 5‘自動応答’ オン
	ENAA_P4	4	1	R/W	データチャンネル 4‘自動応答’ オン
	ENAA_P3	3	1	R/W	データチャンネル 3‘自動応答’ オン
	ENAA_P2	2	1	R/W	データチャンネル 2‘自動応答’ オン
	ENAA_P1	1	1	R/W	データチャンネル 1‘自動応答’ オン
	ENAA_P0	0	1	R/W	データチャンネル 0‘自動応答’ オン

02	EN_RXADDR				アドレス受信オン
	Reserved	7:6	00	R/W	デフォルト‘00’
	ENAA_P5	5	0	R/W	受信データチャンネル 5 オン
	ENAA_P4	4	0	R/W	受信データチャンネル 4 オン
	ENAA_P3	3	0	R/W	受信データチャンネル 3 オン
	ENAA_P2	2	0	R/W	受信データチャンネル 2 オン
	ENAA_P1	1	1	R/W	受信データチャンネル 1 オン
	ENAA_P0	0	1	R/W	受信データチャンネル 0 オン
03	SETUP_AW				アドレス幅設定 (全データチャンネル)
	Reserved	7:2	00000	R/W	デフォルト‘00000’
	AW	1:0	11	R/W	受送信アドレス幅： ‘00’ 無効 ‘01’ -3 バイト幅 ‘10’ -4 バイト幅 ‘11’ -5 バイト幅
04	SETUP_RETR				自動再送設定
	ARD	7:4	0000	R/W	自動再送ディレイ ‘0000’ -待ち 250+86us ‘0001’ -待ち 500+86us ‘0010’ -待ち 750+86us

					..... ` 1111` -待ち 4000+86us (ディレイ時間は1パケットデータ送信完了、次のパケット送信開始の間の時間間隔)
	ARC	3:0	0011	R/W	自動再送カウント ` 0000` -自動再送オフ ` 0000` -自動再送1回 ..... ` 0000` -自動再送15回
05	RF_CH				RF チャンネル
	Reserved	7	0	R/W	デフォルト` 0`
	RF_CH	6:0	000010	R/W	動作チャンネル周波数設定
06	RF_SETUP				
	Reserved	7:5	000	R/W	デフォルト` 000`
	PLL_LOCK	4	0	R/W	フェーズロック・ループオン (テストモード)
	RF_DR	3	1	R/W	データ送信率 ` 0` -1Mbps ; ` 1` -2Mbps
	RF_PWR	2:1	11	R/W	送信パワー ` 00` - -18dBm ` 01` - -12dBm ` 10` - -6dBm ` 11` - -0dBm
	LNA_HCURR	0	1	R/W	低ノイズの増幅、デフォルト” 1”

07	STATUS				ステータスレジスタ
	Reserved	7	0	R/W	デフォルト` 0`
	RX_DR	6	0	R/W	データ受信割り込み。 有効データパケット受信時、1と1と書き込み、割り込みをクリア。
	TX_DS	5	0	R/W	データ送信完了割り込み。 データ送信完了、割り込み生成し、自動応答モードな場合、応答信号を受信後、1と書き込み、割り込みをクリア。
	MAX_RT	4	0	R/W	再送信回数オーバーフロー割り込み。 ` 1` を書き込み、割り込みをクリア。 MAX_RT 割り込み生成した場合、クリアしないと、システムは通信できない。
	RX_P_NO	3:1	111	R	データチャンネル番号受信： 000-101：データチャンネル番号 110：未使用

					111 : RXFIFO レジスタ空き
	TX_FULL	0	0	R	TXFIFO レジスタ FULL フラグ 1 : TXFIFO レジスタ FULL 0 : TXFIFO レジスタ 利用可能スペースあり
08	OBSERVE_TX				送信検測レジスタ
	PLOS_CNT	7:4	0	R	パケットロストカウンター。RF_CH レジスタ書き込み時、レジスタリセット、パケットロスト数=15、レジスタリポート。
	ARC_CNT	3:0	0	R	再送信カウンター。新しいパケット送信時、レジスタリセット。
09	CD				
	Reserved	7:1	000000	R	
	CD	0	0	R	キャリア検出
0A	RX_ADDR_P0	39:0	0xE7E7E7E7E7	R/W	データチャンネル0受信アドレス。最大の長さ：5バイト（ローバイトを先に設定し、バイト数はSETUP_AWで設定する）。
0B	RX_ADDR_P1	39:0	0xC2C2C2C2C2	R/W	データチャンネル1受信アドレス。最大の長さ：5バイト（ローバイトを先に設定し、バイト数はSETUP_AWで設定する）。
0C	RX_ADDR_P2	7:0	0xC3	R/W	データチャンネル2受信アドレス。最低バイト設定可能。高バイトはRX_ADDR_P1「39:8」と同じ。
0D	RX_ADDR_P3	7:0	0xC4	R/W	データチャンネル3受信アドレス。最低バイト設定可能。高バイトはRX_ADDR_P1「39:8」と同じ。
0E	RX_ADDR_P4	7:0	0xC5	R/W	データチャンネル4受信アドレス。最低バイト設定可能。高バイトはRX_ADDR_P1「39:8」と同じ。
0F	RX_ADDR_P5	7:0	0xC6	R/W	データチャンネル5受信アドレス。最低バイト設定可能。高バイトはRX_ADDR_P1「39:8」と同じ。

--

10	TX_ADDR	39:0	0xE7E7E7E7E7	R/W	送信アドレス（低バイトから）ShockBurst™モードで、RX_ADDR_P0をこのアドレスに設定、応答信号を受信する。
11	RX_PW_P0				
	Reserved	7:6	00	R/W	デフォルト° 0°
	RX_PW_P0	5:0	0	R/W	受信データチャンネル0有効データ幅

					(1-32 バイト) 0 : 設定不正 1:1 バイト有効データ幅 ..... 32:32 バイト有効データ幅
12	RX_PW_P1				
	Reserved	7:6	00	R/W	デフォルト <sup>o</sup> 00 <sup>o</sup>
	RX_PW_P1	5:0	0	R/W	受信データチャンネル 1 有効データ幅 (1-32 バイト) 0 : 設定不正 1:1 バイト有効データ幅 ..... 32:32 バイト有効データ幅
13	RX_PW_P2				
	Reserved	7:6	00	R/W	デフォルト <sup>o</sup> 00 <sup>o</sup>
	RX_PW_P2	5:0	0	R/W	受信データチャンネル 2 有効データ幅 (1-32 バイト) 0 : 設定不正 1:1 バイト有効データ幅 ..... 32:32 バイト有効データ幅

--

14	RX_PW_P3				
	Reserved	7:6	00	R/W	デフォルト <sup>o</sup> 00 <sup>o</sup>
	RX_PW_P3	5:0	0	R/W	受信データチャンネル 3 有効データ幅 (1-32 バイト) 0 : 設定不正 1:1 バイト有効データ幅 ..... 32:32 バイト有効データ幅
15	RX_PW_P4				
	Reserved	7:6	00	R/W	デフォルト <sup>o</sup> 00 <sup>o</sup>
	RX_PW_P4	5:0	0	R/W	受信データチャンネル 4 有効データ幅 (1-32 バイト) 0 : 設定不正 1:1 バイト有効データ幅 ..... 32:32 バイト有効データ幅
16	RX_PW_P5				
	Reserved	7:6	00	R/W	デフォルト <sup>o</sup> 00 <sup>o</sup>

	RX_PW_P5	5:0	0	R/W	受信データチャンネル5有効データ幅 (1-32 バイト) 0: 設定不正 1:1 バイト有効データ幅 …… 32:32 バイト有効データ幅
17	FIFO_STATUS				FIFO ステータスレジスタ
	Reserved	7	0	R/W	デフォルト` 0`
	TX_REUSE	6	0	R	TX_REUSE=1、CE はハイレベル、前のパケットを再送し続く。TX_REUSE は SPI の REUSE_TX_PL で設定、W_TX_PALOAD または FLUSH_TX でリセット。
	TX_FULL	5	0	R	TXFIFO レジスタ FULL フラグ 1: TXFIFO レジスタ FULL 0: TXFIFO レジスタ 利用可能スペースあり
	TX_EMPTY	4	1	R	TXFIFO レジスタ EMPTY フラグ 1: TXFIFO レジスタ EMPTY 0: TXFIFO レジスタ データあり
	Reserved	3:2	00	R/W	デフォルト` 00`
	RX_FULL	1	0	R	RXFIFO レジスタ FULL フラグ 1: RXFIFO レジスタ FULL 0: RXFIFO レジスタ 利用可能スペースあり
	RX_EMPTY	0	1	R	RXFIFO レジスタ EMPTY フラグ 1: RXFIFO レジスタ EMPTY 0: RXFIFO レジスタ データあり
N/A	TX_PLD	255:0		W	
N/A	RX_PLD	255:0		R	

図 6-2 レジスタ内容と説明

**SPI コマンドフォーマット:** (コマンドバイト: 高位から低位まで (バイト毎))  
(データバイト: 低位から高位まで、バイト毎の高位が前にある)

**SPI タイミング:**

図 6-1、6-2 と 6-3 は SPI の動作とタイミングを表示した。レジスタ書き込み前に、待機モードまたはパワーダウンモードに入る必要がある。図 6-1、6-2 で下記の指定は使用する: Cn-SPI コマンドビットと Sn-ステータスレジスタビット。

Dn-データビット (注: 低バイトから高バイト、バイト毎の高位が前にある)

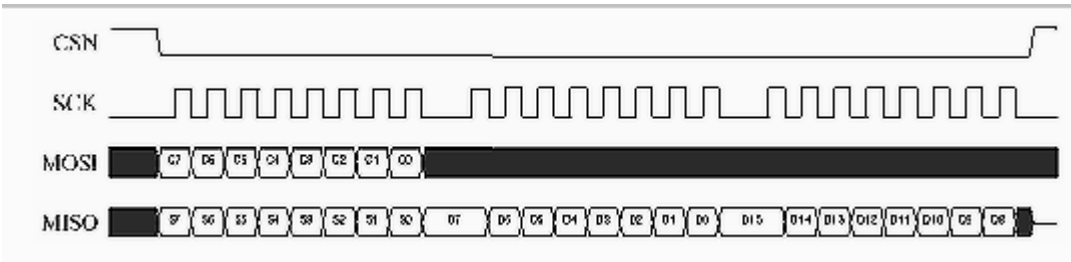


図 6-1 SPI 読み出し動作

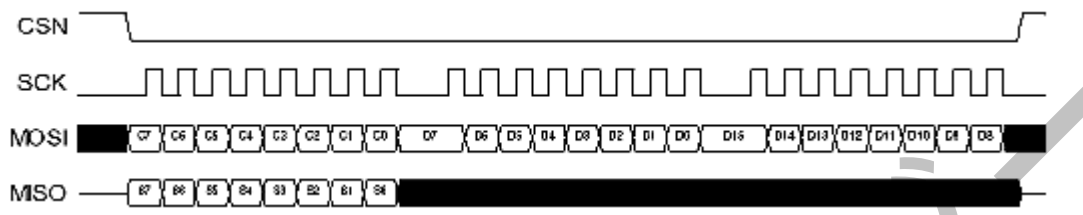
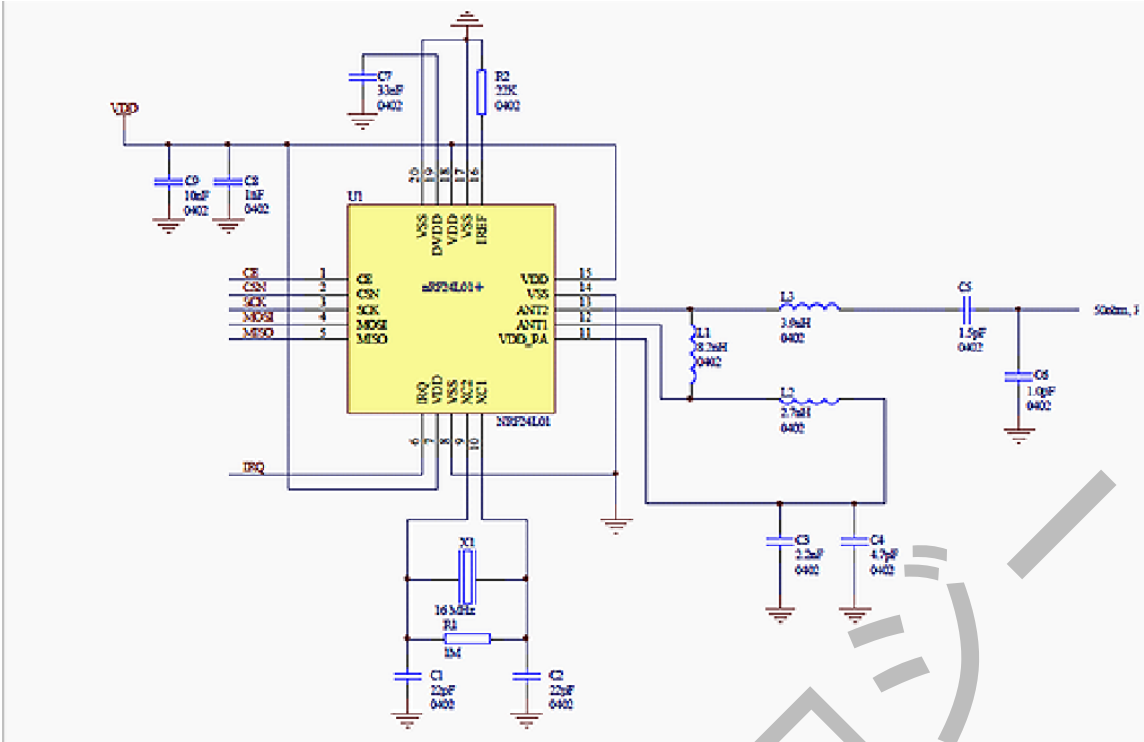


図 6-2 SPI 書き込み操作

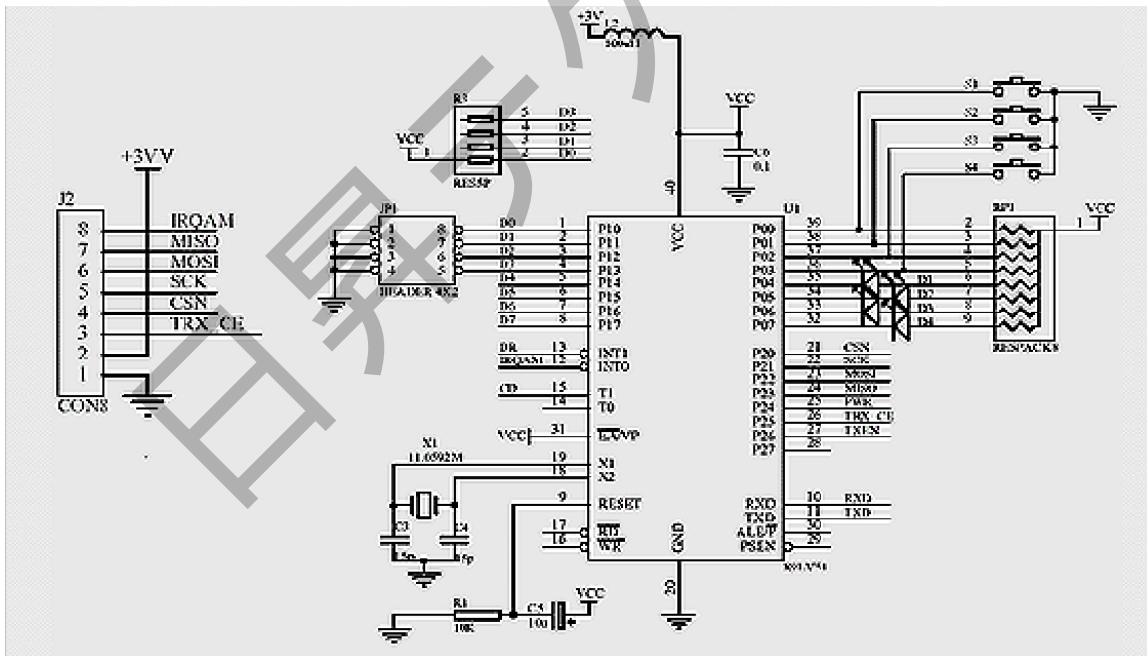
PARAMETER	SYMBOL	MIN	MAX	UNITS
Data to SCK Setup	Tdc	2		ns
SCK to Data Hold	Tdh	2		ns
CSN to Data Valid	Tcsd		42	ns
SCK to Data Valid	Tcd		58	ns
SCK Low Time	Tcl	40		ns
SCK High Time	Tch	40		ns
SCK Frequency	Fsck	0	8	MHz
SCK Rise and Fall	Tr,Tf		100	ns
CSN to SCK Setup	Tcc	2		ns
SCK to CSN Hold	Tcch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

図 6-3 SPI 参照タイミング

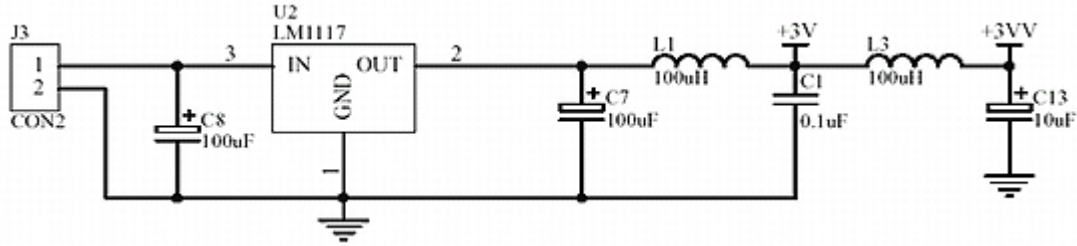
## 七、NRF24L01 モジュール回路



### 八、NRF24L01 と SCM インタフェース回路例







絶対限界パラメータ:

動作電圧:

VDD.....-0.3Vto+3.6V

VSS.....0V

入力電圧:

Vi.....-0.3Vto+5.25V

出力電圧:

Vo.....VSStoVDD

総消費電力:

PD(TA=+85°C).....60Mw

温度:

動作温度:.....-40°Cto+85°C

保存温度:.....-40°Cto+125°C

