

4-5 USART

RS-232Cなどで有名な、

U：ユニバーサル

S：シンクロナス(同期)..搭載していない場合がある

A：アシンクロナス(非同期)

R：レシーバ

T：トランスミッタ

インターフェースです。パソコンのCOMポートやCRTターミナル、MODEMボックス、計測機器などと通信するときに使用されます。最近ではUSBが主流になってきてはいますが、あいかわらず根強い人気があります。

ほとんどのAVRにUARTの機能が搭載されています。また、一部のAVRには、クロック同期が取れるシンクロナス動作がサポートされています。なお、タイマ/カウンタとは別に独立したボーレート・ジェネレータ(クロック発生器)が搭載されているので、細かいボーレート設定が可能となっています。

データ・ビットも5ビットから9ビットがサポートされ、マルチ・プロセッサ通信モードも用意されています。そのほかにも、パリティの生成/チェック、フレーミング・エラー、データ・オーバラン・エラーの検出機能など、豊富な機能が搭載されています。

ここではUSARTの一般的な話はほかに譲ることとして、AVRのUSARTを実際に使う際に注意すべき事項を中心に説明していきます。

USARTの構成

図4-5-1にUSARTのブロック図を示します。大きく分けて、クロック・ジェネレータ部、トランスミッタ部、レシーバ部の三つのブロックがあります。

クロック・ジェネレータ部ではボーレートを生成します。また、シンクロナス・モードでは、スレーブ動作時に外部クロックとの同期を取るための回路を内蔵しています。

トランスミッタ部では、シングル・ライト・バッファ、シリアル・シフト・レジスタ、パリティ・ジェネレータ、そして、異なるシリアル・フレームを取り扱うためのコントロール回路で構成されています。ライト・バッファはフレーム間の遅れなく、連続的にデータ送出することを可能にしています。

レシーバ部はクロックとデータの復元ユニットをもつ、もっとも複雑な部分です。復元ユニットは、非同期のデータの受け取りに使われます。そのほかにも、パリティ・チェック、コントロール・ロジック、シフト・レジスタ、2段の受信バッファなどで構成されています。

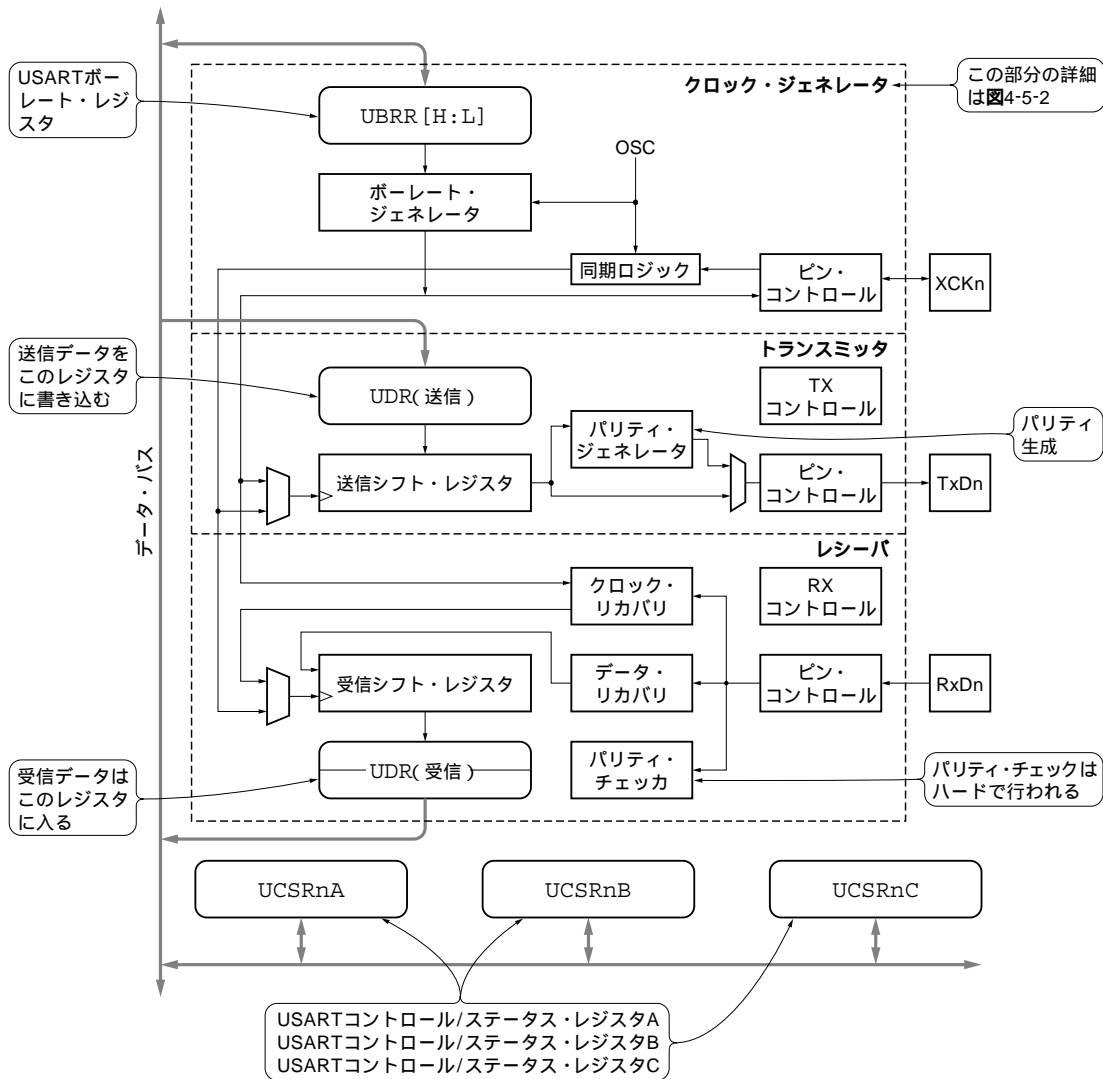


図4-5-1 USARTのブロック図

クロック・ジェネレータ

クロック・ジェネレータでは、非同期モードや同期のマスタ・モードで使用される内部クロックを生成します。システム・クロックは、プログラマブルなプリスケールリング・ダウン・カウンタに接続され、非同期モードでは、この出力をさらに1/2, 1/4, 1/2のディバイダでトータル1/16に分周されます。

途中、送信速度2倍(UCSRAレジスタのU2Xビットが1)がプログラムされていると最後の1/2ディバイダがバイパスされ、通常より2倍の速度のボーレートで通信ができます。

同期モードでは、最初の1/2ディバイダだけを通った信号がクロックのボーレートとなります(図

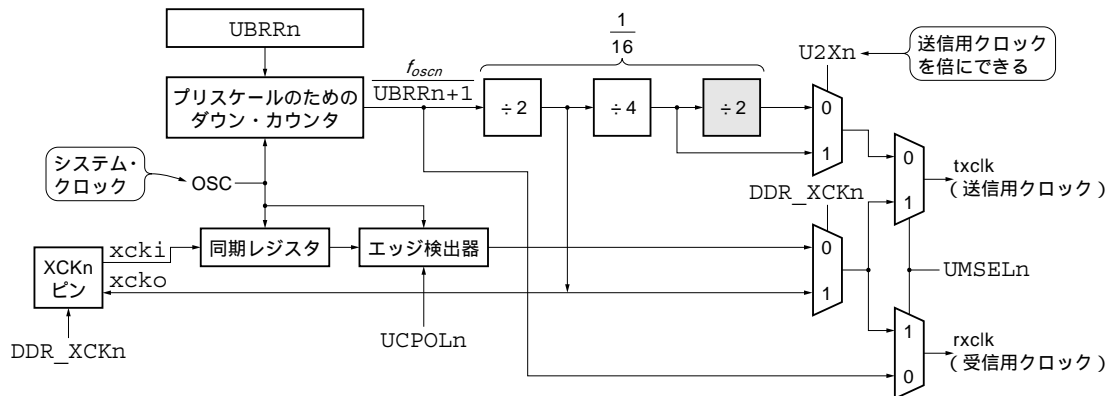


図4-5-2 クロック・ジェネレータ部

表4-5-1 ポーレートの算出式

動作モード	ポーレート算出式	UBRRn 値算出式
非同期モード (U2Xn = 0)	$BAUD = \frac{f_{osc}}{16(UBRRn + 1)}$	$UBRRn = \frac{f_{osc}}{16 BAUD} - 1$
非同期2倍速モード (U2Xn = 1)	$BAUD = \frac{f_{osc}}{8(UBRRn + 1)}$	$UBRRn = \frac{f_{osc}}{8 BAUD} - 1$
同期マスタ・モード	$BAUD = \frac{f_{osc}}{2(UBRRn + 1)}$	$UBRRn = \frac{f_{osc}}{2 BAUD} - 1$

4-5-2 参照)。

U2Xをセットして、ポーレートを2倍にすると通信速度が向上します。なぜ、通常モードが存在するのでしょうか。2倍速にすることでデータなどのサンプリング回数が半分になり、より精度の高いシステム・クロックが要求されるなど不利な面が出てきます。このため、通信する相手側の精度、通信品質など、総合的に考えて、どちらを利用するかを決めるようにします。

ポーレートは、USART ポーレート・レジスタ(UBRR)に値がセットされ、ダウン・カウンタが0' になったときか、UBRRに値がセットされたときにカウンタにロードされ、カウント値が0' になったときにクロックが生成されます。この値がディバイダを通され、ポーレート・クロックとなります。したがって、

$$\text{ポーレート} = f_{osc} / 16(UBRR + 1)$$

となりますが、U2Xがセットされている場合は、

$$\text{ポーレート} = f_{osc} / 8(UBRR + 1)$$

同期モード時は、

$$\text{ポーレート} = f_{osc} / 2(UBRR + 1)$$

となります。

算出式をまとめたものを、表4-5-1に示します。AVRの各データ・シートには市販されているオシレータ・クロックとポーレートとUBRR値を計算した表を詳しく載せていますが、ここではよく使うと思われる例を抜粋しました(表4-5-2)。

表4-5-2 よく使われるボーレートと分周比

ボーレート [bps]	$f_{osc} = 1.0000\text{MHz}$				$f_{osc} = 4.0000\text{MHz}$				$f_{osc} = 8.0000\text{MHz}$				$f_{osc} = 16.0000\text{MHz}$			
	U2Xn=0		U2Xn=1		U2Xn=0		U2Xn=1		U2Xn=0		U2Xn=1		U2Xn=0		U2Xn=1	
	UBRRn	誤差 [%]	UBRRn	誤差 [%]	UBRRn	誤差 [%]	UBRRn	誤差 [%]	UBRRn	誤差 [%]	UBRRn	誤差 [%]	UBRRn	誤差 [%]	UBRRn	誤差 [%]
2400	25	0.2	51	0.2	103	0.2	207	0.2	207	0.2	416	-0.1	416	-0.1	832	0.0
4800	12	0.2	25	0.2	51	0.2	103	0.2	103	0.2	207	0.2	207	0.2	416	-0.1
9600	6	-7.0	12	0.2	25	0.2	51	0.2	51	0.2	103	0.2	103	0.2	207	0.2
14.4k	3	8.5	6	-3.5	16	2.1	34	-0.8	34	-0.8	68	0.6	68	0.6	138	-0.1
19.2k	2	8.5	3	-7.0	12	0.2	25	0.2	25	0.2	51	0.2	51	0.2	103	0.2
28.8k	1	8.5	2	8.5	8	-3.5	16	2.1	16	2.1	34	-0.8	34	-0.8	68	0.6
38.4k	1	-18.6	1	8.5	6	-7.0	12	0.2	12	0.2	25	0.2	25	0.2	51	0.2
57.6k	0	8.5	1	8.5	3	8.5	8	-3.5	8	-3.5	16	2.1	16	2.1	34	-0.8
76.8k	-	-	1	-18.6	2	8.5	6	-7.0	6	-7.0	12	0.2	12	0.2	25	0.2
115.2k	-	-	0	8.5	1	8.5	3	8.5	3	8.5	8	-3.5	8	-3.5	16	2.1
230.4k	-	-	-	-	0	8.5	1	8.5	1	8.5	3	8.5	3	8.5	8	-3.5
250k	-	-	-	-	0	0.0	1	0.0	1	0.0	3	0.0	3	0.0	7	0.0
0.5M	-	-	-	-	-	-	0	0.0	0	0.0	1	0.0	1	0.0	3	0.0
1M	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0.0	0	0.0	1	0.0
Max.	62.5kbps		125kbps		250kbps		0.5Mbps		0.5Mbps		1Mbps		1Mbps		2Mbps	

同期クロック・モード

一般にシンクロナス・モードというとき、データ8ビットに対し、クロック信号線に乗せられた8クロックでデータが転送され、8ビット・データと8ビット・データの間にデータの始まりであるスタート・ビットや終わりであるストップ・ビットを設けずに転送するモードを示すことが多いようですが、アトメルのシンクロナス・モードは、クロック信号線のクロックに同期していることだけを指してシンクロナスと呼んでいるようです(図4-5-3)。したがって、フレーム・フォーマット(2項目先で説明)は非同期(正式には調歩同期)モードと同じく、スタート・ビット、ストップ・ビットが付加されて通信を行います。

同期クロック・モードのメリットは、マスタから送出されるデータが、自身の出すクロックに同期していますから、データをサンプリングするためのクロックを生成する回路が必要ありません。送信側と受信側で異なるクロックを使用することがなく、データを取り込むタイミングのずれが起きないために、通信速度を著しく向上することができます。

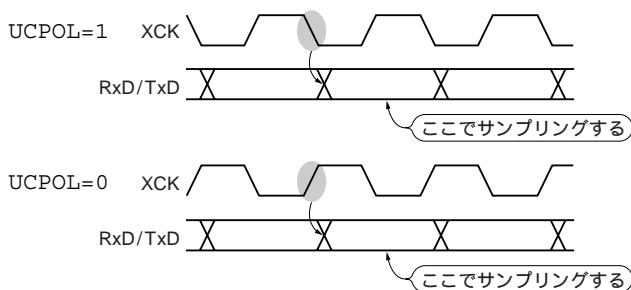


図4-5-3 同期クロック・モード、クロックの極性