

USRATで接続できるとパソコンと会話ができる

シリアル通信を行うPICの USARTの使い方

PICの機能には、アドレス指定可能なユニバーサル同期非同期レシーバ/トランスミッタ(USART)が用意されています。現在はUSBに置き換わりつつありますが、最近までパソコンのデータの交換はこのUSARTを用いたシリアル通信が最も普通でした。本章ではPICのUSARTの機能を説明し、具体的な例としてパソコンのハイパーターミナルとテスト・ボードとの間で非同期の通信処理を行います。

10-1 USARTとは

USART(Universal Synchronous and Asynchronous Receiver Transmitter)は、PICがパソコンやほかの機器との間でシリアル通信を行うためのものです。次の三つのモードを構成することができます。

▶ 非同期通信(全二重) このアイコンは、章末に用語解説があります

非同期通信は、モデムとの通信や、パソコンのシリアル・ポート(COM1, COM2)と接続しパソコンとデータの交換を行う場合などに最も一般的に利用されていたインターフェースです。最近ではUSBに置き換わって、ノート・パソコンではCOMポートがないモデルもありますが、基本となるシリアル通信技術です。インターネット以前のパソコン通信では1200bpsの非同期通信モデムが主役でした。仕事の場でも生産設備、実験装置、分析機器などとの通信も非同期通信を利用していました。

非同期通信は調歩同期通信とも呼ばれて、**図10-1**に示すように送受信データは、データの始めを示す

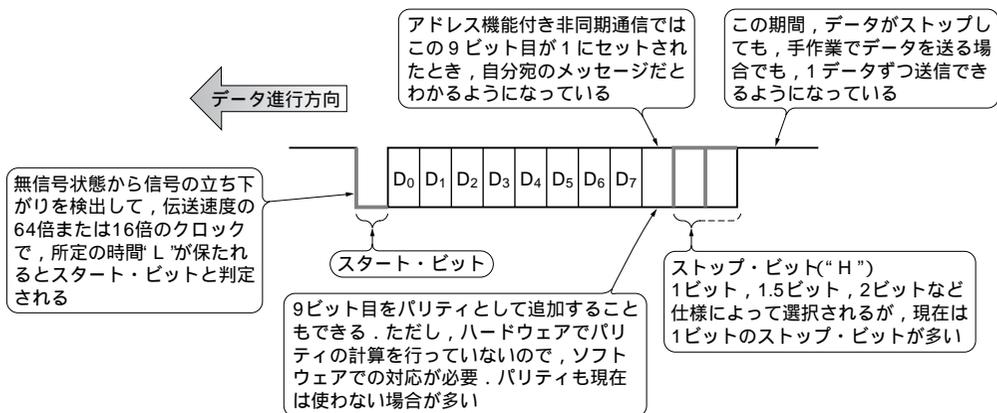


図10-1 非同期のデータ・フォーマット

1本の信号線で、1ビットずつタイミングを取って7～9ビットのデータを送受信する。

スタート・ビットとデータの終わりを示すストップ・ビットに囲まれています。ストップの後は次のスタート・ビットまでの間は無信号であっても、受信側では次のスタート・ビットまで待ちます。そして、各ビットの“H”、“L”はスタート・ビットで同期を取るのに、データは連続して送られなくても対応できるようになっています。

本章では、PICを利用した例を具体的に説明します。

▶ 同期マスタ(半二重)

同期通信の場合は、RC₆/TX/CKをクロック、RC₇/RX/DTをデータとして2本の信号線で通信を行います。クロックは、マスタと決められたほうが**ボーレート・ジェネレータ**で作成されたものを送ります。データは送受信ともRC₇/RX/DTの端子で、送受信で入出力が切り替わります。

▶ 同期スレーブ(半二重)

マスタのクロックを受けて送受信するデバイスのモードで、同期スレーブ受信、同期スレーブ送信があります。データは送受信交互の通信となります。この送受信が交互になるのを半二重通信、同時に送受信

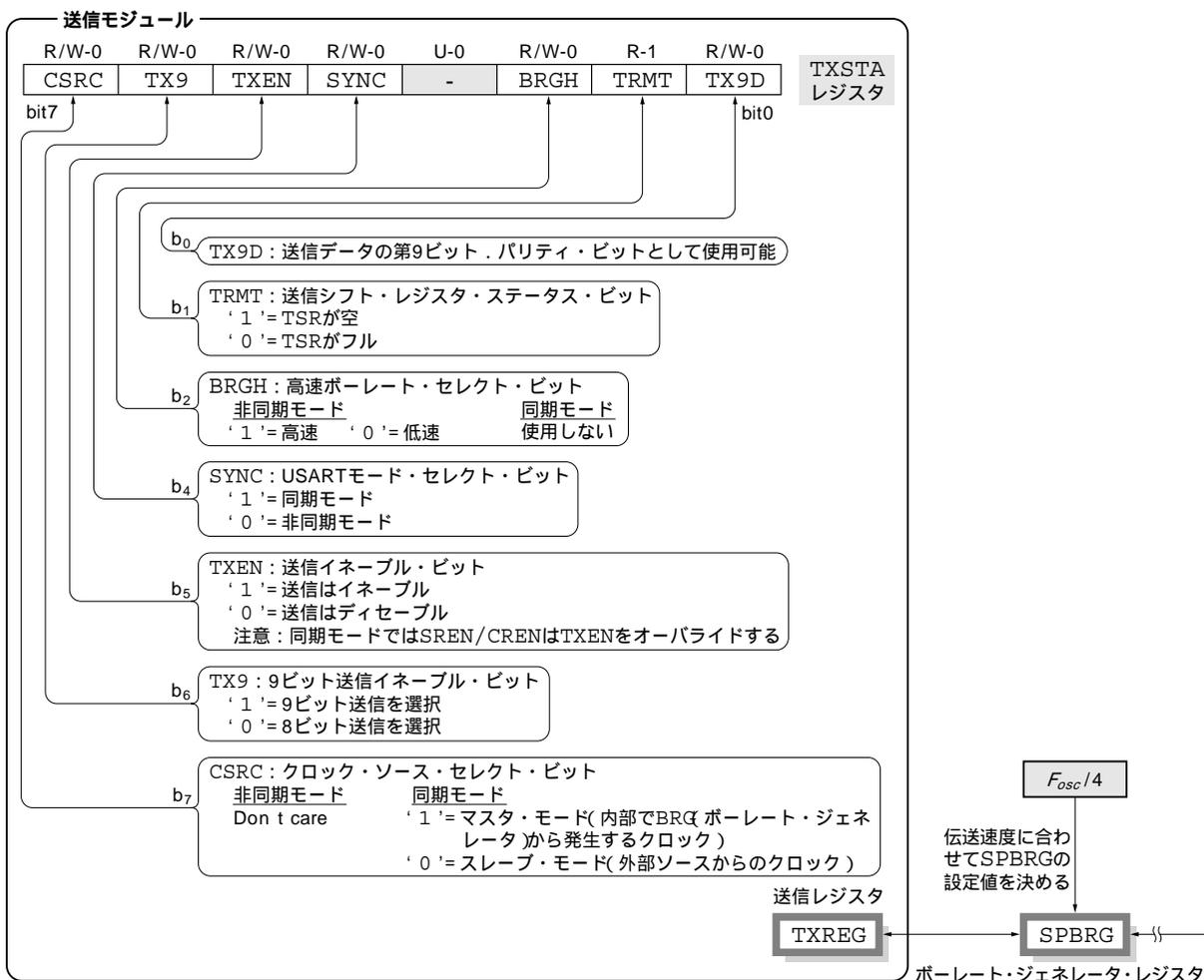


図10-2⁽¹⁾ USARTに関連するレジスタ類

割り込み処理を使用する場合、INTCON、PIR1、PIE1も使用する。

10-2 USART の送信

図10-3にUSARTの送信モジュールのブロック図を示します。送信データはRC₆/TX/CKピンから送られます。この出力端子をシリアル・ポートとして設定する制御をRCSTAレジスタのSPENビットをONにすることで行います。ポートCの端子は、周辺機能の出力も共用しています。そのために、出力バッファのイネーブルを、TRISCレジスタで制御すると同時に周辺機能からも制御します。したがって、周辺機能が入出力端子を使用しているときは、その端子に対するbcf, bsf, xorwf命令の使用を避けるようにしてください。

送信データにはパリティ・ビットを9ビット目に追加することができます。しかし、パリティ・ビットを付加しても効果はなく、相手側と仕様を合わせるためにやむを得ず使用する場合以外は用いる場面はないと思います。その場合もパリティ(偶・奇)の計算はソフトウェアで行うことになります。

TSR レジスタからシリアル・データとして出力

送信データは、ユーザのプログラムによってTXREGにセットします。TSRが空のときまたはTSRレジスタにあったデータが送出され最後のストップ・ビットが送られると、TXREGレジスタに入っている送出データをTSR①レジスタにロードします。TSRレジスタにセットされたデータは、ボーレート・クロックによって、1ビットずつ出力ポートに送られ、シリアルの送信データとして出力されます。この際、前後にスタート・ビットとストップ・ビットがPICによって付加されます。

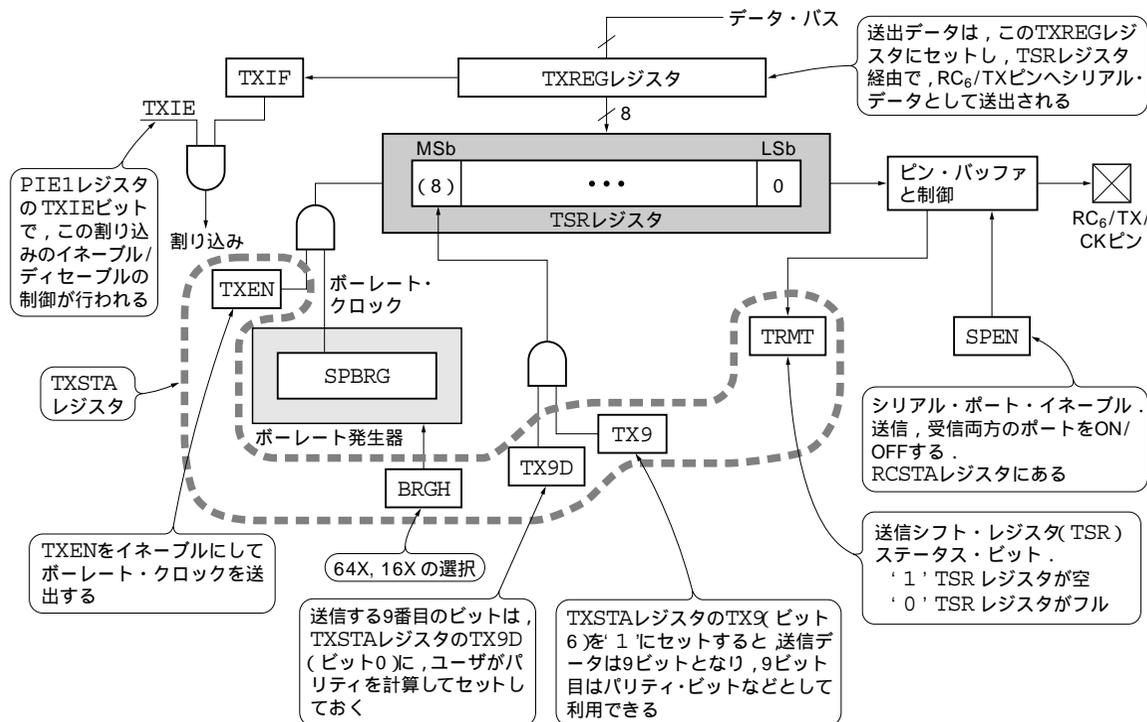


図10-3 USARTの送信ブロック

この印は頁右上に略語の語源の説明があります

送信に関するフラグはTXIF, TRMT

送信に関するフラグは、送信バッファ(TXREG)の送信データをTSRにロードしてTXREGが空になり次の送信データをTXREGにセットできるようになったことを示すTXIFフラグ(PIR1レジスタ内)と、TSRレジスタから送信データが送出されTSRが空になったことを示すTRMTフラグ(TXSTAレジスタ内)があります。共に、ソフトウェアでのクリアはできません。

送信データのセットは、TXIFフラグでTXREGが空になったことを確認した後にセットします。PIE1レジスタのTXIEをONにしておけば、TXIFがONになったとき割り込み要求を出すので、送信データをセットするのも割り込み処理の中で行うことができます。

この送信部分は、ほかに処理がなくプログラムを簡単に済ますために、割り込みを使わずフラグをチェックするポーリングでも対応できます。19.2 kbpsの伝送速度で送信した場合、1データの送信に約0.5 msかかります。この期間に1000命令以上実行する時間があります。しかし、実際のプログラムでは、ほかの処理も行う時間が必要な場合が多いので、そのときは割り込み処理を利用します。

ボーレート・クロック

シリアル通信の場合は、図10-1で示したようにデータ・ビットあたりのデータ伝送速度(ボーレート・クロック)の16倍または64倍のサンプリング・クロックで、受信データの“H”、“L”を検出しています。ボーレート・クロックは F_{Osc} からボーレート・ジェネレータで分周して、伝送速度の16倍または64倍のクロックを作っています。SPBRG(ボーレート発生レジスタ)に設定する値(分周値)は次のようになります。

$$\text{設定値} = F_{Osc} / (16 \times \text{伝送速度}) - 1 \quad \text{または} \quad F_{Osc} / (64 \times \text{伝送速度}) - 1$$

16か64かはTXSTAレジスタのBRGHの値で選択します。BRGH = '1'で16、BRGH = '0'で64となります。

F_{Osc} が10 MHz、5 MHzなどのときはこの値が整数値にならず、実際の伝送速度との間で多くて1~2%のエラーが生じます。しかし、この誤差も最大でもスタート、ストップ・ビットも含めて11バイトでそれ以上累積されず、次のスタート・ビットで誤差もリセットされてしまうので、誤差が数%以内なら実用上問題はありませぬ。

具体的なボーレートの設定

前項の計算式に従い適用するボーレートに合わせて、SPBRGレジスタに適切な値を設定します。パソコン側は、Windowsに付属しているハイパーターミナルを使用することとします。キーボードからの入出力に対応すればよいので、伝送速度は19.2 kbpsとします。システムの発振周波数 F_{Osc} は10 MHzです。

$$\begin{aligned} \text{設定値} &= 10000 \text{ kHz} / (16 \times 19.2 \text{ kHz}) - 1 \\ &= 32.552 - 1 \quad 32 \end{aligned}$$

設定値に32を設定したときの伝送速度は、

$$\text{伝送速度} = 10000 \text{ kHz} / (16 \times (\text{設定値} + 1)) = 18.94 \text{ kbps}$$

となり、若干の誤差がありますが、前述のように問題ありません。BRGH = '1'、SPBRG = '32'を設定します。

ボーレート・ジェネレータは送受信共通ですから、一度設定すれば指定されたクロックが送信モジュール、受信モジュールの両方に供給されます。

非同期送信を行う手順

適切な伝送速度に対応した分周値 (SPBRG レジスタ), BRGH (TXSTA レジスタ) を設定する
TXSTA レジスタの SYNC ビットを OFF にして非同期送信を選択する

RCSTA レジスタの SPEN (シリアル・ポート・イネーブル) ビットを ON にして送受信モジュールを利用できるようにする

割り込み処理を利用する場合は, TXIE および関連する GIE, PEIE ビットもイネーブルにして割り込み処理を利用できるようにする

TXEN を ON にして送信モジュールをイネーブルにする. これにより TXIF ビットがセットされる
TXIF フラグをチェックし, TXREG が空になっていることを確認し, 送信データを TXREG にセットする.

9 ビット・データの送信を行う場合は, の前に 9 ビット送信データあることを示す TX9 をセットします. また, の前に第 9 ビットのデータを TXSTA レジスタの TX9D ビットにセットする必要があります.

10-3 USART の受信

図 10-4 に, 非同期受信モジュールのブロック図を示します. 受信データは, RC7/RX/DT ピンで受信された後, スタート・ビットを検出するとボーレート・クロックにより各ビットの ON/OFF が判定され, RSR レジスタに格納されます. 受信が終わると RCIF フラグが ON になり, 受信データは RCREG レジスタに移され, エラーなどの状況が RCSTA レジスタにセットされます.

具体的な非同期通信の手順は, 次のようになります.

SPBRG レジスタに分周値, 高速か低速を決める TXSTA レジスタの BRGH は, ' 1 (高速) または ' 0 (低速) を設定する

非同期通信を設定するために TXSTA レジスタの SYNC ビットを ' 0 ' と設定する

RCSTA レジスタの SPEN (シリアル・ポート・イネーブル) ビットを ON にして送受信モジュールを利用できるようにする

以上の処理は, 送信モジュールの初期化で設定した場合は必要ありません. ボーレートは送受信共通です.

割り込み処理を利用する場合は, RCIE および関連する GIE, PEIE ビットもイネーブルにして割り込みを許可する

RCSTA レジスタの CREN ビットを ' 1 ' にすることで連続受信イネーブルになる

データの受信が完了すると, RCIF がセットされ割り込み処理を利用しているときは同時に割り込みも発生する

RCSTA レジスタの FERR (フレーミング・エラー), OERR (オーバラン・エラー) のエラーの有無を確認する. エラーがあった場合 CREN とエラー・フラグをクリアしてエラー処理を行う

受信データを読み取り, 受信データの処理を行う

アドレス機能付き非同期受信モード

この受信モジュールはアドレス機能を備えています.

図 10-5 に示すようにホストからアドレス付の複数の端末に対して, アドレスを指定した送受信を行うことができます. ホストは b_8 を ' 1 ' にセットし, $b_7 \sim b_0$ にアドレス設定したアドレス・データを送信し