
RL78/G10

R01AN3107JJ0100

Rev.1.00

UART ソフトウェア・ハンドシェイク通信 CC-RL

2016.10.05

要旨

本アプリケーションノートでは、シリアル・アレイ・ユニット (SAU) による UART 通信でソフトウェア・ハンドシェイク通信を実装する方法を説明します。

対象デバイス

RL78/G10 マイコン

10 ピン ROM=2KB, 4KB (R5F10Y16, R5F10Y17)

16 ピン ROM=2KB, 4KB (R5F10Y46, R5F10Y47)

本アプリケーションノートを他のマイコンへ適用する場合、そのマイコンの仕様にあわせて変更し、十分評価してください。

目次

1. 仕様	4
1.1 ハンドシェイク通信とは	7
1.2 リング・バッファの構造	9
1.3 ボー・レート補正	10
2. 動作確認条件	12
3. 関連アプリケーションノート	12
4. ハードウェア説明	13
4.1 ハードウェア構成例	13
4.2 使用端子一覧	14
5. ソフトウェア説明	15
5.1 動作概要	15
5.2 オプション・バイトの設定一覧	16
5.3 定数一覧	17
5.4 変数一覧	18
5.5 関数（サブルーチン）一覧	19
5.6 関数（サブルーチン）仕様	19
5.7 フローチャート	23
5.7.1 全体フロー	23
5.7.2 入出力ポート設定	24
5.7.3 クロック発生回路の設定	25
5.7.4 SAU の設定	26
5.7.5 TAU の設定	28
5.7.6 メイン処理	29
5.7.7 メイン初期化処理	32
5.7.8 ウェイト処理（ミリ秒単位）	33
5.7.9 UART0 送信動作許可処理	34
5.7.10 UART0 受信動作開始処理	35
5.7.11 UART0 動作停止処理	36
5.7.12 UART0 データ送信処理	37
5.7.13 リング・バッファ格納処理	39
5.7.14 リング・バッファ格納と XOFF 送信処理	40
5.7.15 リング・バッファ読み出し処理	41
5.7.16 リング・バッファ読み出しと XON 送信処理	42
5.7.17 UART0 受信完了割り込み処理	43
5.7.18 UART0 受信エラー割り込み処理	45
5.7.19 UART0 送信完了割り込み処理	46
5.7.20 INTTM01 割り込み処理	47
5.7.21 INTP0 割り込み処理	49
5.7.22 INTP1 割り込み	50
6. 動作確認	51
6.1 送信波形の確認	51

6.2	ボー・レート補正の動作確認	52
6.3	ボー・レート補正失敗例.....	54
6.4	動作モードの切り替わり.....	55
6.5	ソフトウェア・ハンドシェイク通信	56
7.	サンプル・プログラム	57
8.	参考ドキュメント	57

1. 仕様

本アプリケーションノートでは、シリアル・アレイ・ユニット (SAU) による UART 通信でソフトウェア・ハンドシェイク通信を行う方法を説明します。XON (11H) を送信許可コード、XOFF (13H) を送信禁止コードとして使用し、受信したデータは 16 バイトのリング・バッファに格納します。空きバッファが 3 バイト以下になると XOFF (13H) を発行して送信を禁止します。受信済みバッファが 3 バイト以下になるまでバッファが読み込まれると XON (11H) を発行して送信を再開します。

本サンプル・プログラムでは、2 つの評価ボード間で UART 通信を行います。各評価ボードには、ハンドシェイク通信の状態を示す LED1、LED2 があります。片方がデータ送信側、片方がデータ受信側として動作するため、データが流れる方向は、データ送信側からデータ受信側への片方向のみとなります。但し、データ受信側は「XON (送信許可) / XOFF (送信禁止)」をデータ送信側へ伝える必要があるため、制御コードに関してはデータ受信側からデータ送信側へ送信されます。なお、2 つの評価ボードの仕様およびプログラムは共通で、データ送信側とデータ受信側の区別は LED1 で行います。(データ送信側 : LED1 が点灯、データ受信側 : LED1 が消灯)

ソフトウェアの動作としては、内部状態として 4 つの動作モードを定義し、それぞれの動作モードに応じた処理を行います。

表 1.1 に動作モード一覧を示します。動作モードの区別は LED1 で行います。リセット解除後は、2 台とも初期化モードで動作します。初期化モードでは LED1 は点滅状態であり、この状態でスイッチを押下された方がデータ送信側となり、もう一方はデータ受信側となります。

表 1.1 動作モード一覧

動作モード	概要
初期化モード	リセット解除後に、このモードで動作します。割り込みの発生を待ち、発生した割り込み要因に応じて、動作モードを変化させます。初期化モード時は、LED1 は約 500ms 間隔で点滅します。 <ul style="list-style-type: none"> ・ボー・レート補正ありの場合 スイッチ押下、または UART 通信開始の検出で、補正モードになります。 ・ボー・レート補正なしの場合 スイッチ押下で、送信モードになります。 UART でデータを受信すると、受信モードになります。
補正モード	スイッチ押下、または UART 通信開始の検出で、このモードで動作します。ボー・レート補正処理を行い、ボー・レート補正処理が完了すると、初期化モードで発生した割り込み要因に応じて、送信モードか受信モードのどちらかで動作します。補正モードは SETTING.inc から有効/無効を設定可能です。詳細は「1.3 ボー・レート補正」を参照してください。
送信モード	データ送信側の動作モードです。初期化モードでスイッチ押下された場合に、このモードで動作します。送信許可状態の場合には LED2 が消灯、送信禁止状態の場合には、LED2 が点灯します。スイッチが押下されると、送信許可状態であれば UART でデータの送信を行います。送信禁止状態であればデータの送信は行いません。データ送信側は、初期化、ボー・レート補正が完了した後は、このモードで動作します。
受信モード	データ受信側の動作モードです。初期化モードで UART 通信の開始を検出した場合、または UART でデータを受信した場合に、このモードで動作します。送信許可状態の場合には LED2 が消灯、送信禁止状態の場合には、LED2 が点灯します。データ送信側から送信されるデータを受信バッファに格納し、空きバッファが 3 バイト以下になると、データ送信側へ XOFF (送信禁止) を送信します。スイッチが押下されると、受信バッファから受信データを 1 バイトずつ読み出し、受信済みバッファが 3 バイト以下になると、データ送信側へ XON (送信許可) を送信します。なお、データ受信でエラーが発生した場合は、エラー・ステータス (SSR01 レジスタの下位 3 ビット) をリング・バッファに格納します。データ受信側は、初期化、ボー・レート補正が完了した後は、このモードで動作します。

表 1.2 に使用するマイコン内蔵機能と用途を示します。

表 1.2 使用するマイコン内蔵機能と用途

マイコン内蔵機能	用途
シリアル・アレイ・ユニット 0	TXD0 端子 (送信) と RXD0 端子 (受信) を利用して UART 通信を行います。
タイマ・アレイ・ユニット チャネル 1	入力パルス間隔測定機能を利用して UART 通信のボー・レートを算出します。
外部割り込み	INTP0 を UART 通信開始の検出に使用します。 INTP1 をスイッチ入力で使用します。
ポート機能	P02 端子を LED1 の制御で使用します。 P04 端子を LED2 の制御で使用します。

図 1.1 に状態遷移図（ポー・レート補正あり）を示します。

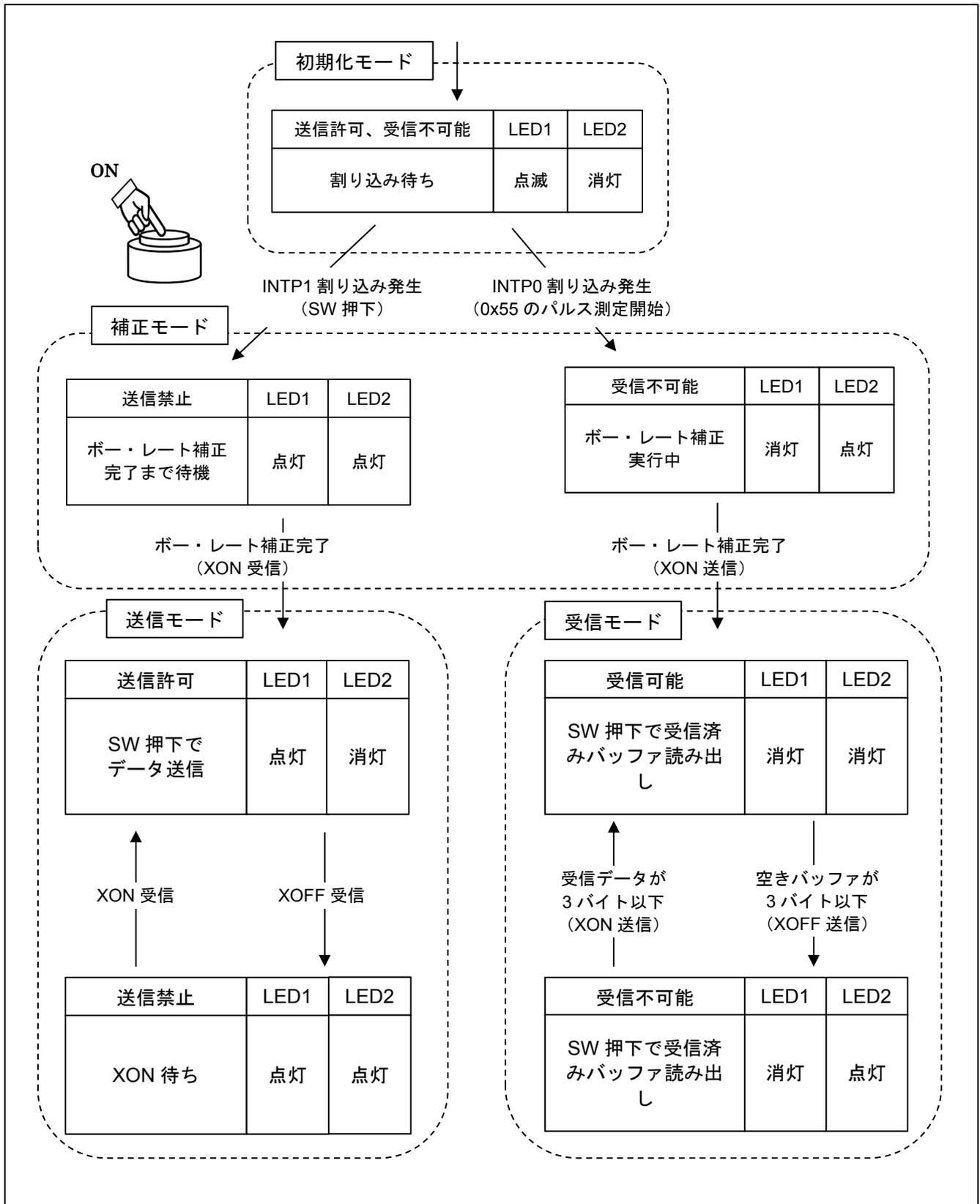


図 1.1 状態遷移図（ポー・レート補正あり）

1.1 ハンドシェイク通信とは

通信速度が速くなると、受信側の処理が間に合わずデータが欠落する恐れがあります。ハンドシェイク通信では受信側の処理が間に合いそうにない場合、処理が完了するまで送信を禁止することでデータの欠落を防ぎます。ハンドシェイク通信はハードウェアで実装する方法とソフトウェアで実装する方法があり、下記にそれぞれの概要を説明します。

(1) ハードウェアによるハンドシェイク通信

マイコンで比較的良好に使用されるハンドシェイク通信の例を図 1.2 に示します。RTS 信号と CTS 信号はペアになっており、RTS は送信要求信号（出力）、CTS は送信許可信号（入力）として使用されます。ソフトウェアで実装する方法に比べ高速で通信可能ですが、信号線を 2 本追加する必要があります。

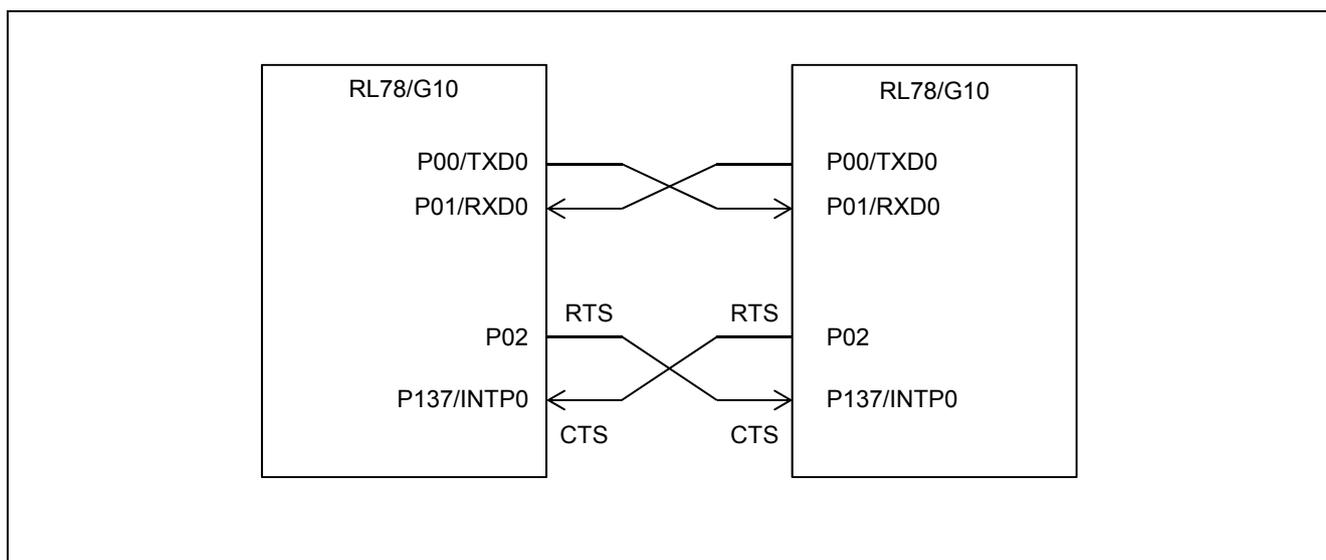


図 1.2 ハードウェアによるハンドシェイク通信の動作

(2) ソフトウェアによるハンドシェイク通信

送信許可と送信禁止の制御コードを定義し、それを図 1.3 で示すように送信することでハンドシェイク通信を行います。（本サンプル・プログラムでは、ASCII コードに制御信号として定義されている XON/XOFF を使用します）信号線の追加は不要ですが、制御コードを処理する時間が掛かるため、ハードウェアで実装する方法に比べ通信速度が低下します。また、バイナリデータを送信する場合は制御コードとデータを区別するための処理を実装する必要があります。

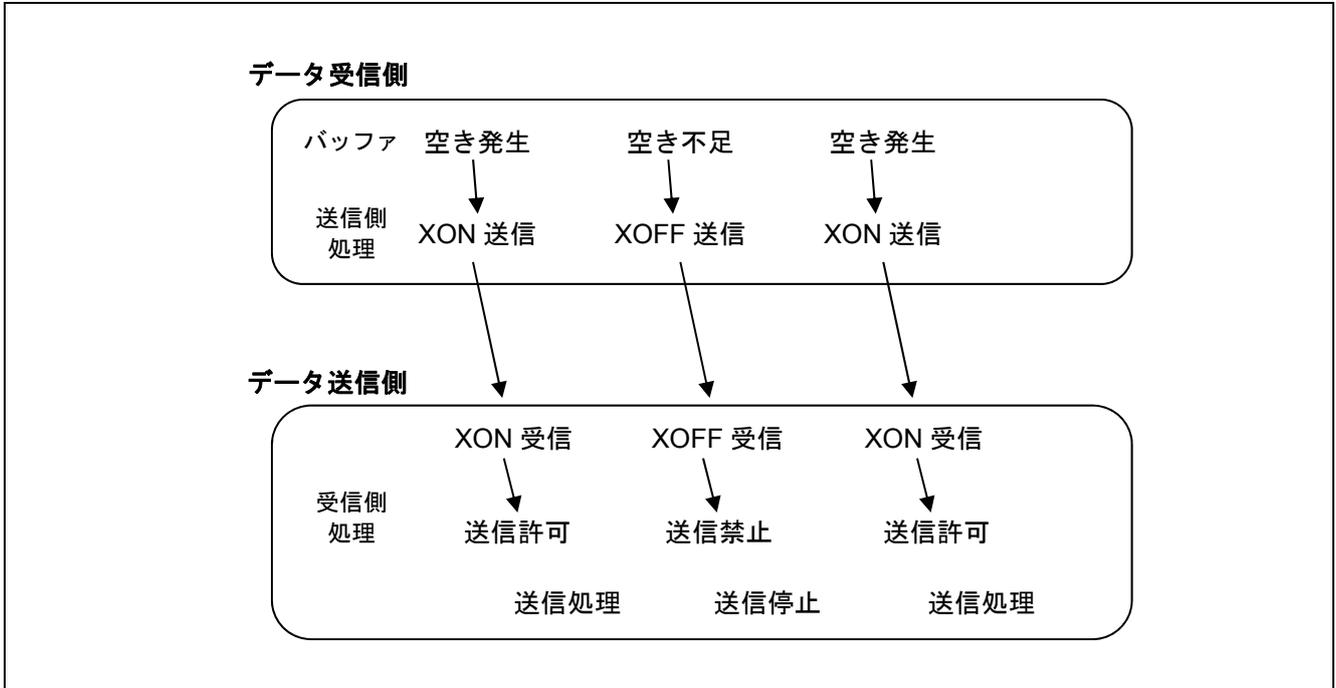


図 1.3 ソフトウェアによるハンドシェイク通信の動作

1.2 リング・バッファの構造

図 1.4 にリング・バッファの構造を示します。本サンプル・プログラムでは 16 バイトのリング・バッファを用意しており、空きバッファが 3 バイト以下になると、データ受信側からデータ送信側へ XOFF（送信禁止）を送信して、受信データの欠落を防止します。データ受信側で受信バッファを読み出し、受信済みバッファが 3 バイト以下になると、データ受信側からデータ送信側へ XON（送信許可）を送信して通信を再開します。ソフトウェアで安定したハンドシェイク通信を行うため、制御コードの送信に掛かる時間を考慮し、空きバッファが 3 バイトの時点でデータ受信側からデータ送信側へ、XOFF（送信禁止）を送信しています。

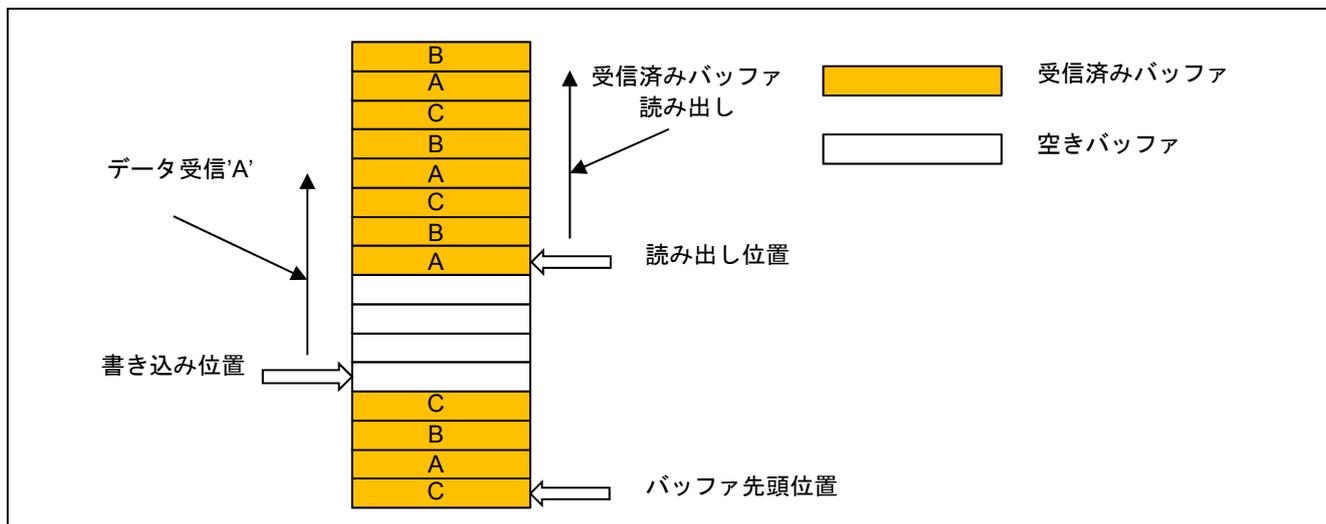


図 1.4 リング・バッファの構造

1.3 ボー・レート補正

本アプリケーションノートに付属のサンプル・プログラムでは、定数定義によりボー・レート補正機能の有効/無効の変更が可能です。データ送信側から 55H を送信し、データ受信側がパルス幅測定を行います。測定した値からボー・レートを算出して設定します。補正動作が有効なボー・レート値は 1200bps から 312500bps となります。(312500ps を超えると INTTM01 割り込みの処理が完了しないまま、次の INTTM01 割り込みが発生してしまい、ボー・レート値が測定できなくなります。) ボー・レート補正の詳細については関連アプリケーションノート (シリアル・アレイ・ユニット(ボー・レート補正) CC-RL(R01AN3083JJ)) を参照してください。なお、ボー・レート補正の有効/無効の切り替えや、ボー・レートの初期値はインクルードファイル内で設定します。

(1) ボー・レート補正の有効/無効の切り替え

図 1.5 に示すように、SETTING.inc の定数 CFLAGBRC を CBRCENABLE に設定するとボー・レート補正が有効となり、CBRCDISABLE に設定するとボー・レート補正が無効となります。デフォルトではボー・レート補正は有効になっています。

(2) ボー・レートの初期値設定

図 1.5 に示すように、ボー・レートに対応する SET 制御命令の値を 1 にすることで設定します。デフォルトのボー・レートは 9600bps となります。

図 1.5 にボー・レート初期値と補正動作の設定例を示します。

この例では、ボー・レート補正は有効、ボー・レート初期値は 9600bps となります。

```

CBRCENABLE      .EQU    0x01
CBRCDISABLE     .EQU    0x00

;*****
;      baud rate correction
;*****
CFLAGBRC        .EQU    CBRCENABLE
:CFLAGBRC       .EQU    CBRCDISABLE

;*****
;      baud rate select
;*****
BAUDRATE1200    .SET 0   : 1200bps
BAUDRATE9600    .SET 1   : 9600bps
BAUDRATE38400   .SET 0   : 38400bps
BAUDRATE115200 .SET 0   : 115200bps
BAUDRATE312500 .SET 0   : 312500bps

```

図 1.5 ボー・レート初期値と補正動作の設定例

図 1.6 に ボー・レート補正なしの状態遷移図を示します。

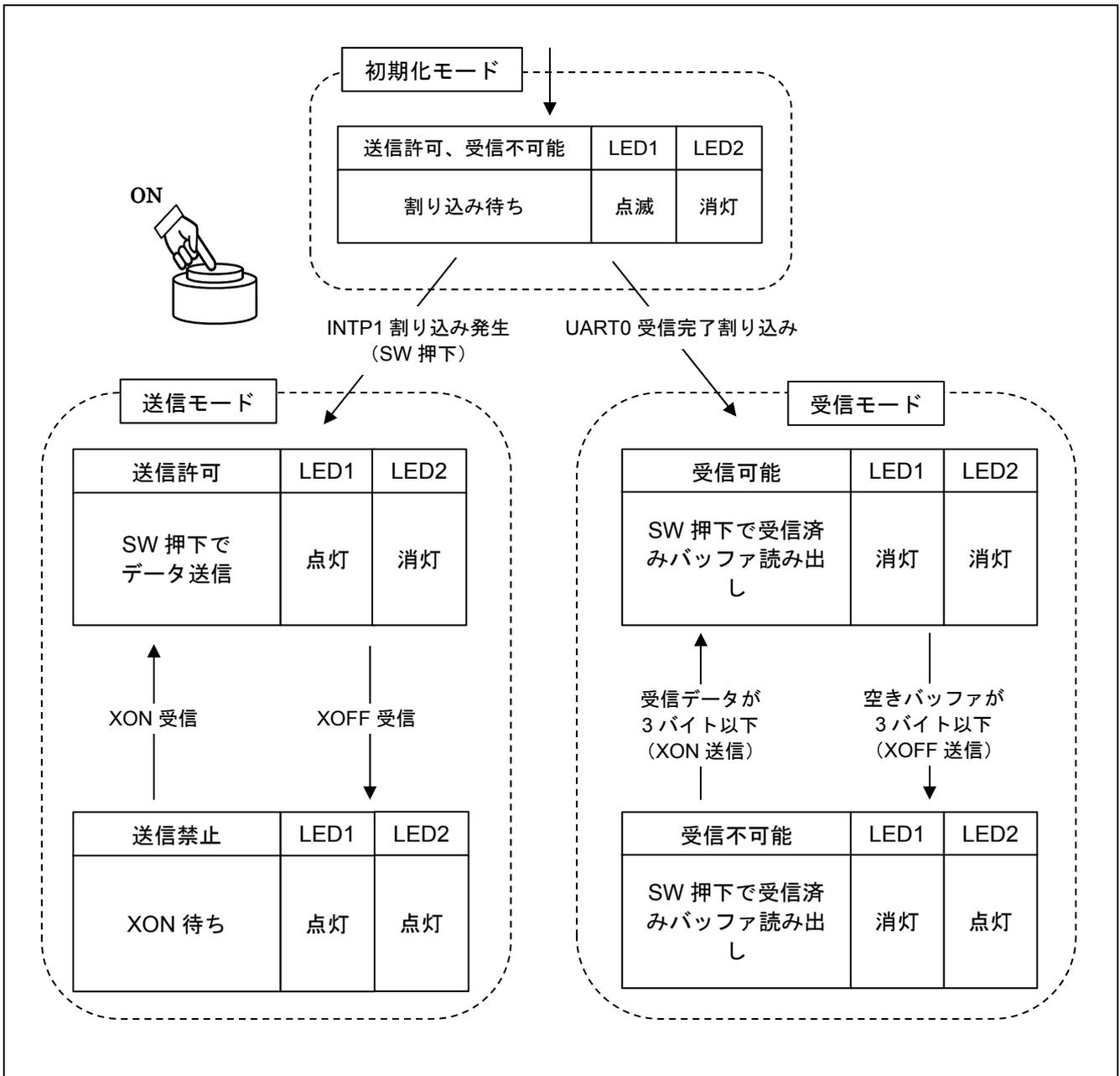


図 1.6 状態遷移図 (ボー・レート補正なし)

2. 動作確認条件

本アプリケーションノートのサンプル・プログラムは、下記の条件で動作を確認しています。

表 2.1 動作確認条件

項目	内容
使用マイコン	RL78/G10 (R5F10Y47)
動作周波数	高速オンチップ・オシレータ (HOCO) クロック : 10MHz
動作電圧	5.0V (2.9V~5.5V で動作可能) SPOR 設定 : 立ち上がり 2.90V 立ち下がり 2.84V
統合開発環境	ルネサス エレクトロニクス製 CS+ for CC V3.02.00
アセンブラ	ルネサス エレクトロニクス製 CC-RL V1.02.00
使用ボード	RL78/G10 ターゲット・ボード (RTE510Y470TGB00000R)
回路拡張部品	ブレッドボード、LED、抵抗、タクトスイッチ

3. 関連アプリケーションノート

本アプリケーションノートに関連するアプリケーションノートを以下に示します。併せて参照してください。

RL78/G10 初期設定 CC-RL (R01AN2668JJ)アプリケーションノート

RL78/G10 シリアル・アレイ・ユニット(UART 通信) CC-RL(R01AN2918JJ)アプリケーションノート

RL78/G10 シリアル・アレイ・ユニット(ポー・レート補正) CC-RL(R01AN3083JJ)アプリケーションノート

4. ハードウェア説明

4.1 ハードウェア構成例

図 4.1 に本アプリケーションノートで使用するハードウェア構成例を示します。

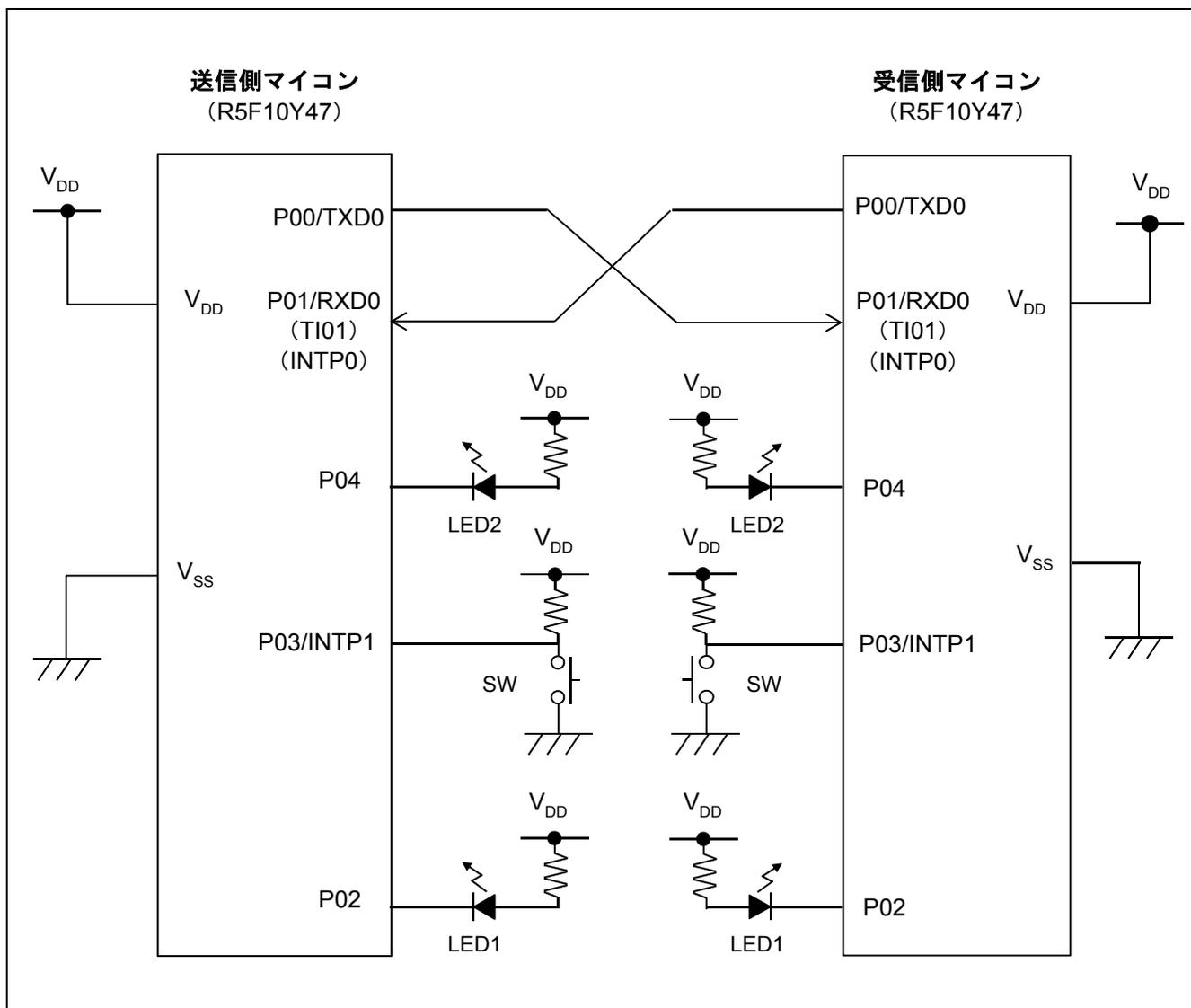


図 4.1 ハードウェア構成例

注意 1 この回路イメージは接続の概要を示す為に簡略化しています。実際に回路を作成される場合は、端子処理などを適切に行い、電気的特性を満たすように設計してください（入力専用ポートは個別に抵抗を介して VDD 又は VSS に接続して下さい）。

2 電源電圧 (VDD) は SPOR にて設定したリセット解除電圧 (VSPOR) 以上にしてください。

4.2 使用端子一覧

表 4.1 に使用端子と機能を示します。

表 4.1 使用端子と機能

端子名	入出力	機能
P00 /TXD0	出力	UART 送信
P01/RXD0	入力	ISC レジスタにより以下の機能を兼用します。 <ul style="list-style-type: none">・ UART 受信・ TI01 入力・ INTP0 入力
P04	出力	LED 制御
P03/(INTP1)	入力	スイッチ入力
P02	出力	LED 制御

5. ソフトウェア説明

5.1 動作概要

本アプリケーションに付属のサンプル・プログラムでは、表 5.1 に示す制御信号を用いて、ハンドシェイク通信を行います。

表 5.1 ハンドシェイク通信で使用する制御信号

送信データ	制御内容
XON (11H)	送信を許可する
XOFF (13H)	送信を禁止する

本アプリケーションに付属のサンプル・プログラムでは、2つの評価ボード間で UART 通信を行います。片方がデータ送信側、片方がデータ受信側として動作するため、データが流れる方向は、データ送信側からデータ受信側への片方向のみとなります。但し、データ受信側は「XON (送信許可) / XOFF (送信禁止)」をデータ送信側へ伝える必要があるため、制御コードに関してはデータ受信側からデータ送信側へ送信されます。

ソフトウェアの動作としては、内部状態として 4 つの動作モードを定義し、それぞれの動作モードに応じた処理を行います。

表 1.1 に動作モード一覧を示します。リセット解除後は、2台ともに初期化モードで動作します。初期化モードでは LED1 は点滅状態であり、この状態でスイッチを押下された方がデータ送信側となり、片方はデータ受信側となります。

具体的な処理の流れを、以下に記載します。

(1) 使用する機能の初期設定を行います。

<設定条件>

- SAU の初期設定 (UART0 の設定)
- TAU の初期設定 (TAU01 をパルス間隔測定モードに設定)
- INTP0 / INTP1 を立ち下がりエッジ検出に設定

(2) LED1 を約 500ms 間隔で点滅させながら、INTP0 (UART 通信開始)、INTP1 (スイッチ押下) のいずれかの割り込みの発生を待ちます。

(3) INTP0 の割り込みが発生した場合は、データ受信側となるので、ボー・レートの測定のために TAU01 の動作を開始します。

INTP1 の割り込みが発生した場合は、データ送信側となるので、補正用コードの 55H を UART で送信します。

(4) データ受信側は補正用コード 55H のパルス間隔を測定し、ボー・レートを算出します。算出したボー・レートに変更した後、XON を送信して送信許可状態であることをデータ送信側に伝えます。データ送信側はデータ受信側から XON が送信されるのを待ちます。

(5) データ受信側は受信したデータをリング・バッファに格納、スイッチ押下で受信済みバッファを 1 バイト読み出します。空きバッファが 3 バイト以下になった場合は XOFF を送信して送信禁止状態に、受信済みバッファが 3 バイト以下になった場合は XON を送信して送信許可状態にします。

送信許可状態のとき、データ送信側はスイッチ押下でデータを送信します。送信禁止状態ではスイッチが押下されても送信動作を開始しないようになっています。送信動作中に XOFF を受信した場合は、送信完了割り込みを禁止して次の送信データをセットしないようにします。

5.2 オプション・バイトの設定一覧

表 5.2 にオプション・バイト設定を示します。

表 5.2 オプション・バイト設定

アドレス	設定値	内容
000C0H	11101110B	ウォッチドッグ・タイマ 動作停止 (リセット解除後、カウント停止)
000C1H	11110111B	SPOR 検出電圧 立ち上がり 2.90V 立ち下がり 2.84V
000C2H	11111010B	HOCO : 10MHz
000C3H	1000101B	オンチップ・デバッグ許可

5.3 定数一覧

表 5.3 にサンプル・プログラムで使用する定数を示します。

表 5.3 サンプル・プログラムで使用する定数

定数名	設定値	内容
CCODEXON	11H ^{注1}	送信許可コード"XON"
CCODEXOFF	13H ^{注1}	送信禁止コード"XOFF"
CCODEBRC	55H	ポー・レート補正で送信する値"55H"
CMODETX	'T'	動作モード：送信モード
CMODERX	'R'	動作モード：受信モード
CMODEBRC	'B'	動作モード：補正モード
CMODEINI	'I'	動作モード：初期化モード
CSTATEXON	01H	通信状態：送信許可状態 (XON)
CSTATEXOFF	00H	通信状態：送信禁止状態 (XOFF)
CFLAGBRC	CBRCEENABLE ^{注2}	ポー・レート補正の有効/無効を示します。
CBRCENABLE	01H	ポー・レート補正有効
CBRCDISABLE	00H	ポー・レート補正無効
CSENDDATASIZE	03H	送信データのバイト数
CSENDDATA	"ABC" ^{注3}	送信データ
SW	P0.3	スイッチ
LED1	P0.2	LED1
LED2	P0.4	LED2

- 注 1. 設定値は任意に変更可能ですが、CCODEXON と CCODEXOFF を同じ値にすることはできません。
2. インクルードファイルで CBRCEENABLE か CBRCDISABLE を設定して、ポー・レート補正の有効/無効を切り替えます。既定値は CBRCEENABLE (01H) で補正は有効になっています。
3. 関数 SUART0SENDDATA で送信するデータです。任意の値に変更可能ですが、必ず定数 CDATASIZE で設定した値と同じバイト数にしてください。

5.4 変数一覧

表 5.4 にグローバル変数を示します。

表 5.4 グローバル変数

Type	Variable Name	Contents	Function Used
8 ビット	COUNT	500ms のウェイト処理に使用	main
8 ビット	UASTT	送信ステータス・フラグ (カウンタ)	SUART0SENDDATA, IINTST0
16 ビット	SENDPNT	UART 送信データへのポインタ	SUART0SENDDATA
8 ビット×16 配列	DATABUF	UART 受信データ格納用リング・バッファ	SPUTDATA, SGETDATA
8 ビット	SETPNT	リング・バッファへのデータ格納ポインタ	SINIMAIN, SPUTDATA
8 ビット	GETPNT	リング・バッファ・データ読み出しポインタ	SINIMAIN, SGETDATA
8 ビット	DATAcnt	リング・バッファ内データ数	SINIMAIN, SPUTDATA, SPUTDATASENDXOFF, SGETDATA, SGETDATASENDXON, IINTSR0, IINTSRE0
8 ビット	MODE	動作モード (初期化、補正、送信、受信) を示します。	main, SINIMAIN, IINTSR0, IINTTM01, IINTP0, IINTP1
8 ビット	CMCSTATE	通信状態 (XON、OFF) を示します。	main, SINIMAIN, SUART0SENDDATA, SPUTDATASENDXOFF, SGETDATASENDXON, IINTP0, IINTP1
8 ビット	FLAGSWON	スイッチ ON を示します。	main, SINIMAIN, IINTP1
8 ビット	FLAGSENDING	送信中であることを示します。	SUART0SENDDATA, IINTST0
8 ビット	SPSDATA	SPS0 レジスタへの設定値を格納	main, IINTTM01
8 ビット	DIVDATA	SDR0nH レジスタへの設定値を格納	main, IINTTM01
16 ビット	CAPTUREL	キャプチャ値の累積用変数 (下位 16 ビット)	IINTTM01, IINTP0
8 ビット	CAPTUREH	キャプチャ値の累積用変数 (上位 8 ビット)	IINTTM01, IINTP0
8 ビット	LPCOUNT	キャプチャ回数カウント用	main, SINIMAIN, IINTTM01

5.5 関数（サブルーチン）一覧

表 5.5 に関数（サブルーチン）の一覧を示します。

表 5.5 関数（サブルーチン）一覧

関数名	概要
SINIMAIN	メイン関数で行う初期化処理
SWAITMS	ウェイト処理（ミリ秒単位）
SSTARTUART0TX	UART0 送信動作許可処理
SSTARTUART0RX	UART0 受信動作許可処理
SSTOPUART0	UART0 動作停止処理
SUART0SENDDATA	UART0 データ送信処理
SUART0SENDCODE	UART0 制御コード送信処理
SPUTDATA	リング・バッファ格納処理
SPUTDATASENDXOFF	リング・バッファ格納と XOFF 送信処理
SGETDATA	リング・バッファ読み出し処理
SGETDATASENDXON	リング・バッファ読み出しと XON 送信処理
IINTSR0	UART0 受信完了割り込み処理
IINTSRE0	UART0 受信エラー割り込み処理
IINTST0	UART0 送信完了割り込み処理
IINTTM01	INTTM01 割り込み処理
IINTP0	INTP0 割り込み処理
IINTP1	INTP1 割り込み処理

5.6 関数（サブルーチン）仕様

サンプル・プログラムの関数（サブルーチン）仕様を示します。

[関数名] SINIMAIN

概要	メイン関数で行う初期化処理
説明	変数の初期化やペリフェラルの初期化を行います。
引数	なし
リターン値	なし
備考	なし

[関数名] SWAITMS

概要	ウェイト処理（ミリ秒単位）
説明	AX レジスタで指定した時間（ミリ秒単位）、ウェイト処理を行います。
引数	AX :[ウェイトしたい時間（ミリ秒）]
リターン値	なし
備考	ループ処理でウェイトを行っているため、正確ではありません。

[関数名] SSTARTUART0TX

概要	UART0 送信動作許可処理
説明	シリアル・アレイ・ユニット 0 のチャンネル 0 を動作開始させ、送信待機状態にします。送信完了割り込みは許可しません。
引数	なし
リターン値	なし
備考	なし

[関数名] SSTARTUART0RX

概要	UART0 受信動作許可処理
説明	シリアル・アレイ・ユニット 0 のチャンネル 1 を動作開始させ、受信待機状態にします。受信完了割り込み、受信エラー割り込みを許可します。
引数	なし
リターン値	なし
備考	なし

[関数名] SSTOPUART0

概要	UART0 動作停止処理
説明	UART0 の動作を停止します。
引数	なし
リターン値	なし
備考	ポー・レートの再設定を行う際に使用します。

[関数名] SUART0SENDDATA

概要	UART0 データ送信処理
説明	UART0 からデータを送信します。送信処理は割り込みベースで動作します。
引数	HL :[送信データの格納アドレス]
リターン値	なし
備考	なし

[関数名] SUART0SENDCODE

概要	UART0 制御コード送信処理
説明	UART0 から制御コードを送信します。
引数	A :[送信データ (制御コード)]
リターン値	なし
備考	なし

[関数名] SPUTDATA

概要	リング・バッファ格納処理
説明	リング・バッファに空きがあれば、データを格納します。
引数	A :[格納したいデータ]
リターン値	CY :[1: バッファ・フル, 0: 格納完了]
備考	なし

[関数名] SPUTDATASENDXOFF

概要	リング・バッファ格納と XOFF 送信処理	
説明	リング・バッファに空きがあれば、データを格納します。格納したことで、空きバッファの数が3以下になると XOFF を送信します。	
引数	A	: [格納したいデータ]
リターン値	CY	: [1: バッファ・フル, 0: 格納完了]
備考	なし	

[関数名] SGETDATA

概要	リング・バッファ読み出し処理	
説明	リング・バッファにデータがあれば、最も古いデータを読み出します。	
引数	なし	
リターン値	CY	: [1: データなし, 0: 読み出し完了]
	A	: [読み出したデータ]
備考	なし	

[関数名] SGETDATASENDXON

概要	リング・バッファ読み出しと XON 送信処理	
説明	リング・バッファにデータがあれば、最も古いデータを読み出します。読み出したことで残りデータ数が3以下になると XON を送信します。	
引数	なし	
リターン値	CY	: [1: データなし, 0: 読み出し完了]
	A	: [読み出したデータ]
備考	なし	

[関数名] IINTSR0

概要	UART0 受信完了割り込み処理	
説明	動作モードに応じた処理を行います。 初期化モード: 受信モードに設定して受信モードと同じ処理を行います。 受信モード: 受信データをリング・バッファに格納します。 その他モード: 受信データを制御コードとして処理します。	
引数	なし	
リターン値	なし	
備考	なし	

[関数名] IINTSRE0

概要	UART0 受信エラー割り込み処理	
説明	受信完了割り込み要求をクリアします。動作モードが受信モードの場合、リング・バッファに空きがあれば、UART0 受信エラー・ステータス (SSR01 レジスタの下位3ビット) をリング・バッファに格納します。リング・バッファに空きがなければ、何も処理しません。	
引数	なし	
リターン値	なし	
備考	SSR01 レジスタのビット0はオーバーラン・エラー検出フラグ、ビット1はパリティ・エラー検出フラグ、ビット2はフレーミング・エラー検出フラグとなっています。(本サンプル・プログラムではUARTの動作を「パリティなし」に設定しているため、パリティ・エラーは発生しません)	

[関数名] IINTST0

概要	UART0 送信完了割り込み処理
説明	送信データ数 (UASTT) を -1 し、残りがあれば、次のデータを送信し、なければ、送信完了割り込みを禁止します。
引数	なし
リターン値	なし (UASTT に残りデータ数。0 で送信処理完了)
備考	なし

[関数名] IINTTM01

概要	INTTM01 割り込み処理
説明	割り込み回数に応じた処理を行います。 1 回目：キャプチャ回数 (LPCOUNT) をカウントダウンします。 2~4 回目：キャプチャ値を累積用変数に加算します。 5 回目：キャプチャ値を累積用変数に加算して、TM01 を停止します。 累積値から SPS0 レジスタへの設定値と SDR0nH レジスタへの設定値を算出して、変数に格納します。
引数	なし
リターン値	なし
備考	変数 SPSDATA に SPS0 レジスタへの設定値、DIVDATA に SDR0nH レジスタへの設定値を格納します。

[関数名] IINTP0

概要	INTP0 割り込み処理 (UART スタートビット検出で割り込み)
説明	ポー・レート測定準備を行い、TM01 の動作を許可します。INTP0 割り込みは禁止します。
引数	なし
リターン値	なし
備考	なし

[関数名] IINTP1

概要	INTP1 割り込み処理 (スイッチ押下で割り込み)
説明	チャタリング対策で 10ms 待機した後、もう一度スイッチが押下されているか確認し、スイッチフラグを立てます。初期化モードで起動した場合のみ、動作モードを補正モードや送信モードに変更します。
引数	なし
リターン値	なし
備考	なし

5.7 フローチャート

関数の終端記号は”RET”、割り込み処理の終端記号は”RETI”として記述します。

5.7.1 全体フロー

図 5.1 に本アプリケーションノートの全体フローを示します。

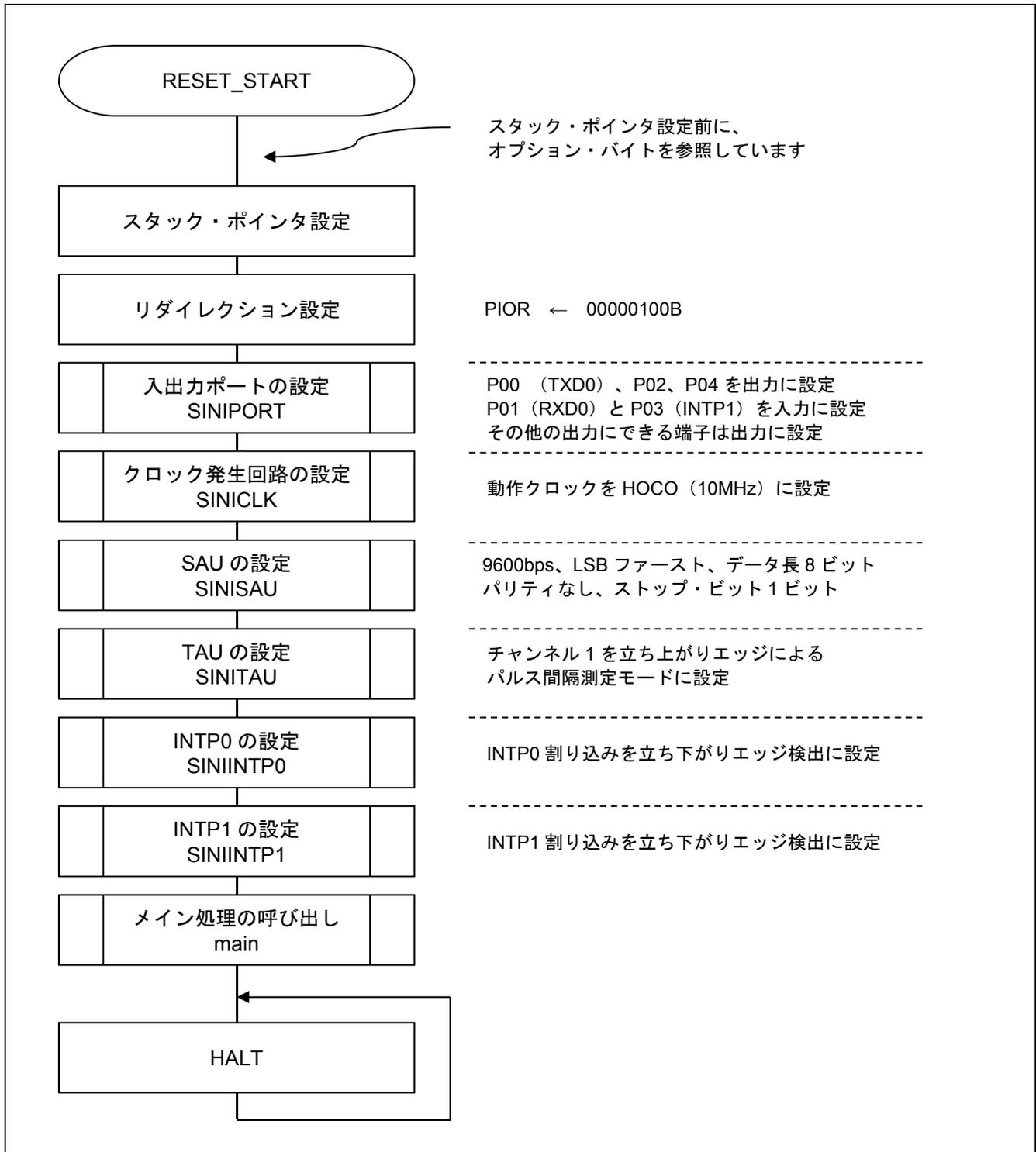


図 5.1 全体フロー

5.7.2 入出力ポート設定

図 5.2 に入出力ポート設定のフローチャートを示します。

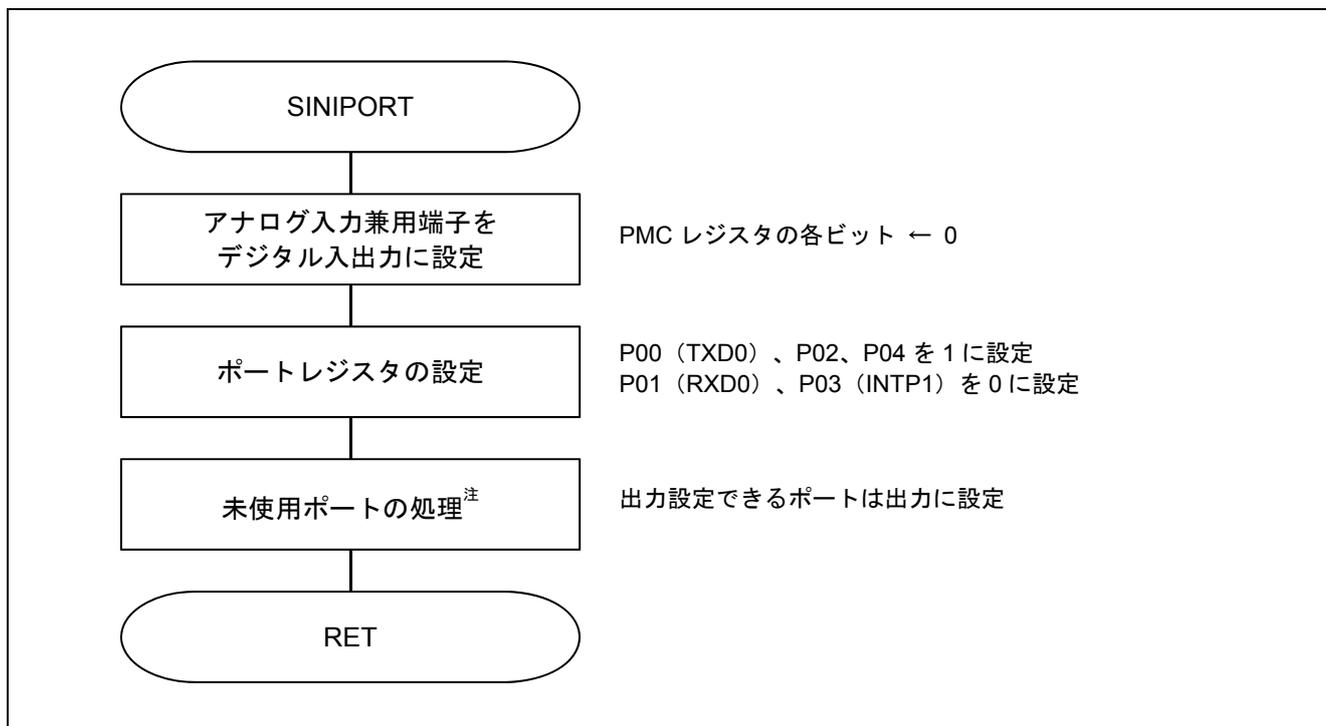


図 5.2 入出力ポート設定

注 未使用ポートの設定については、**RL78/G10** ユーザーズマニュアル ハードウェア編 (R01UH0384JJ) の「2.3 未使用端子の処理」を参照して下さい。

注意 端子処理などを適切に行い、電気的特性を満たすように設計してください。
未使用の入力専用ポートは個別に抵抗を介して **VDD** 又は **VSS** に接続して下さい。

5.7.3 クロック発生回路の設定

図 5.3 にクロック発生回路のフローチャートを示します。

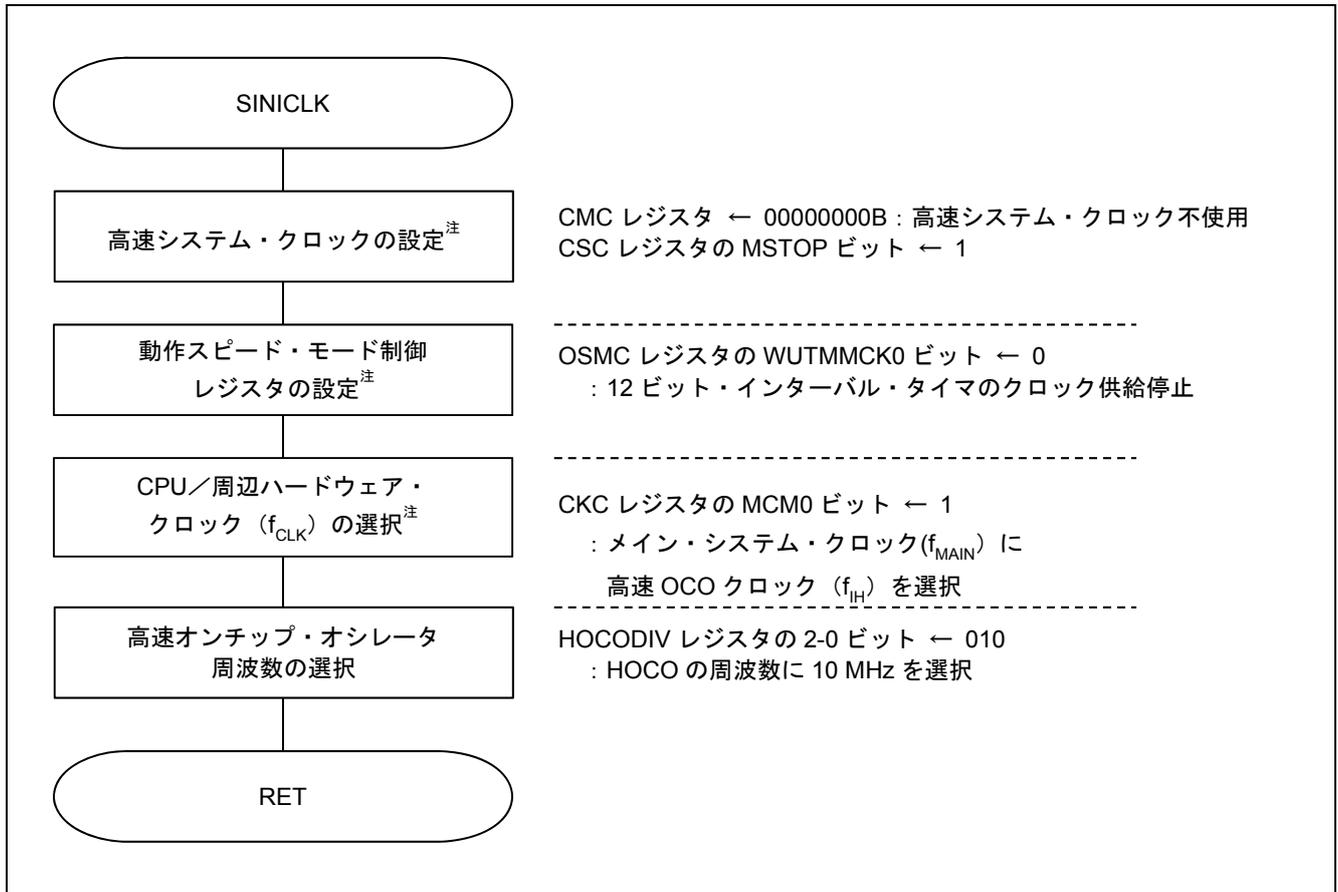


図 5.3 クロック発生回路の設定

注 **CMC、CKC、CSC、OSMC** レジスタは、16 ピン製品のみ設定してください。(10 ピン製品では、設定不要です。)

注意 **CPU** クロックの設定 (**SINICK**) については、**RL78/G10** 初期設定 **CC-RL (R01AN2668JJ)** アプリケーションノート「4.5.3 クロック発生回路の設定」を参照して下さい。

5.7.4 SAU の設定

図 5.4 に SAU の設定(1/2)、図 5.5 に SAU の設定(2/2)のフローチャートを示します。

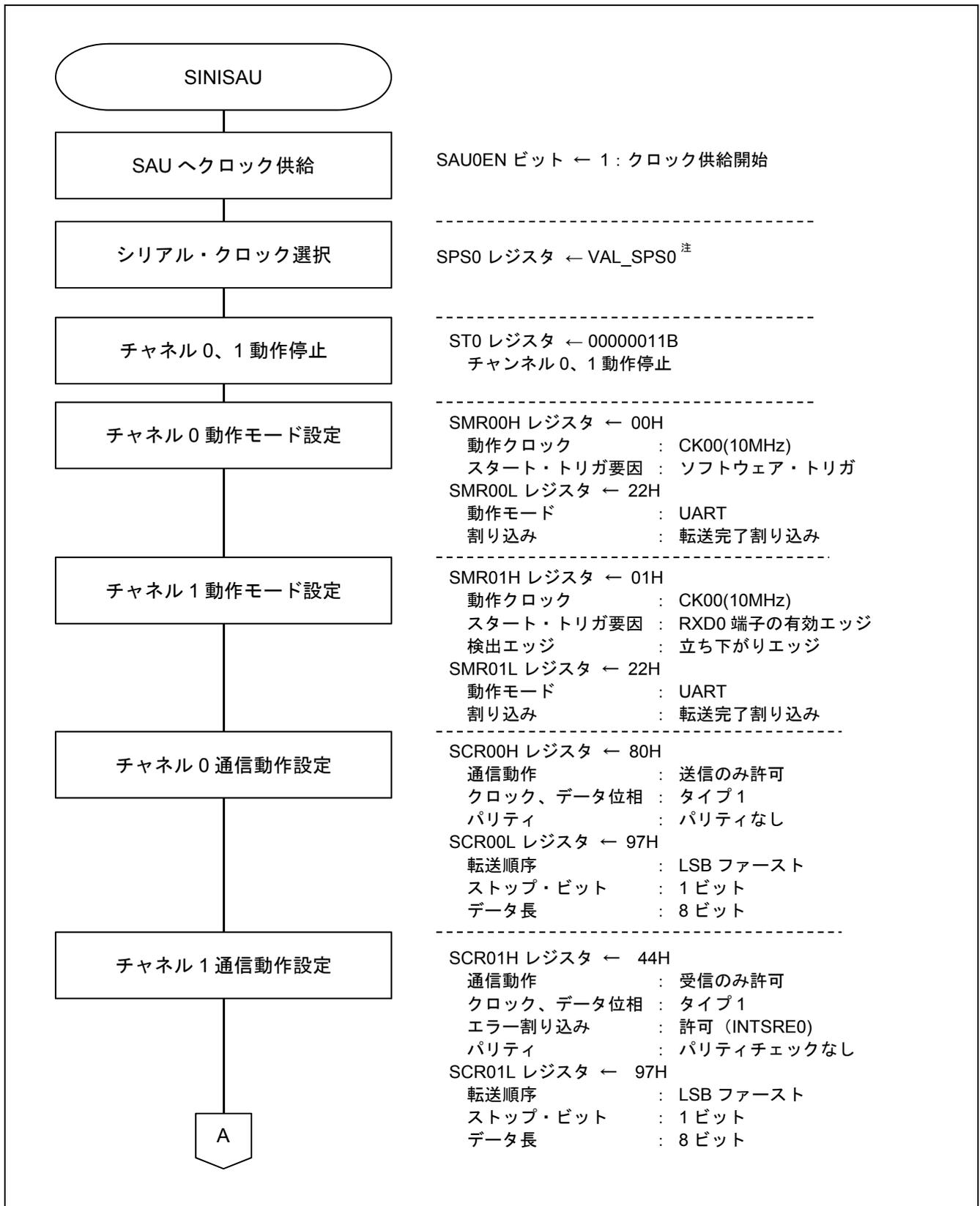


図 5.4 SAU の設定(1/2)

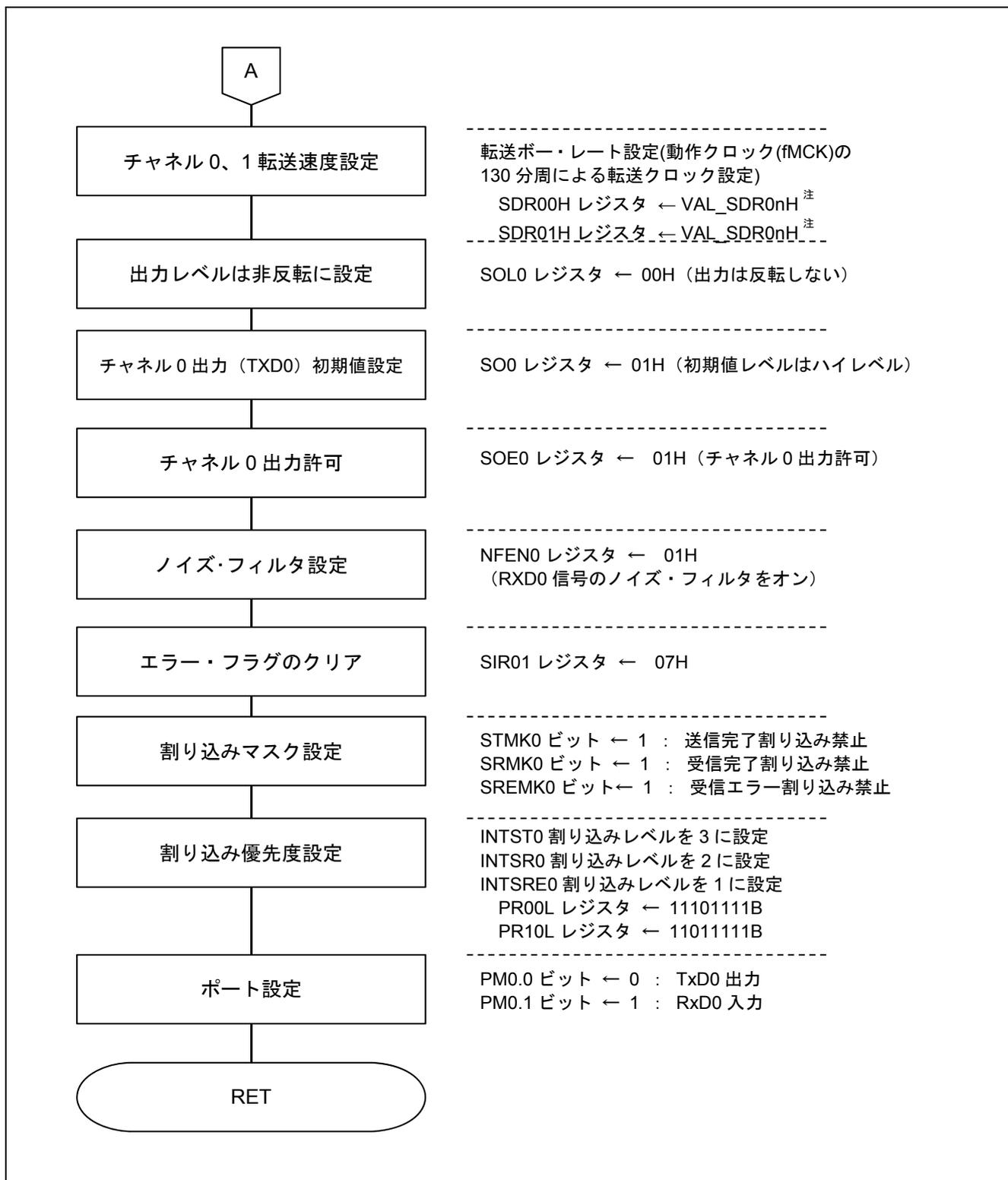


図 5.5 SAU の設定(2/2)

注 図 5.4 の「VAL_SPS0」と図 5.5 の「VAL_SDR0nH」の値は、SETTING.inc でボー・レートの初期値を設定することで変化します。詳細は 1.3 ボー・レート補正を参照してください。

5.7.5 TAU の設定

図 5.6 に TAU の設定のフローチャートを示します。

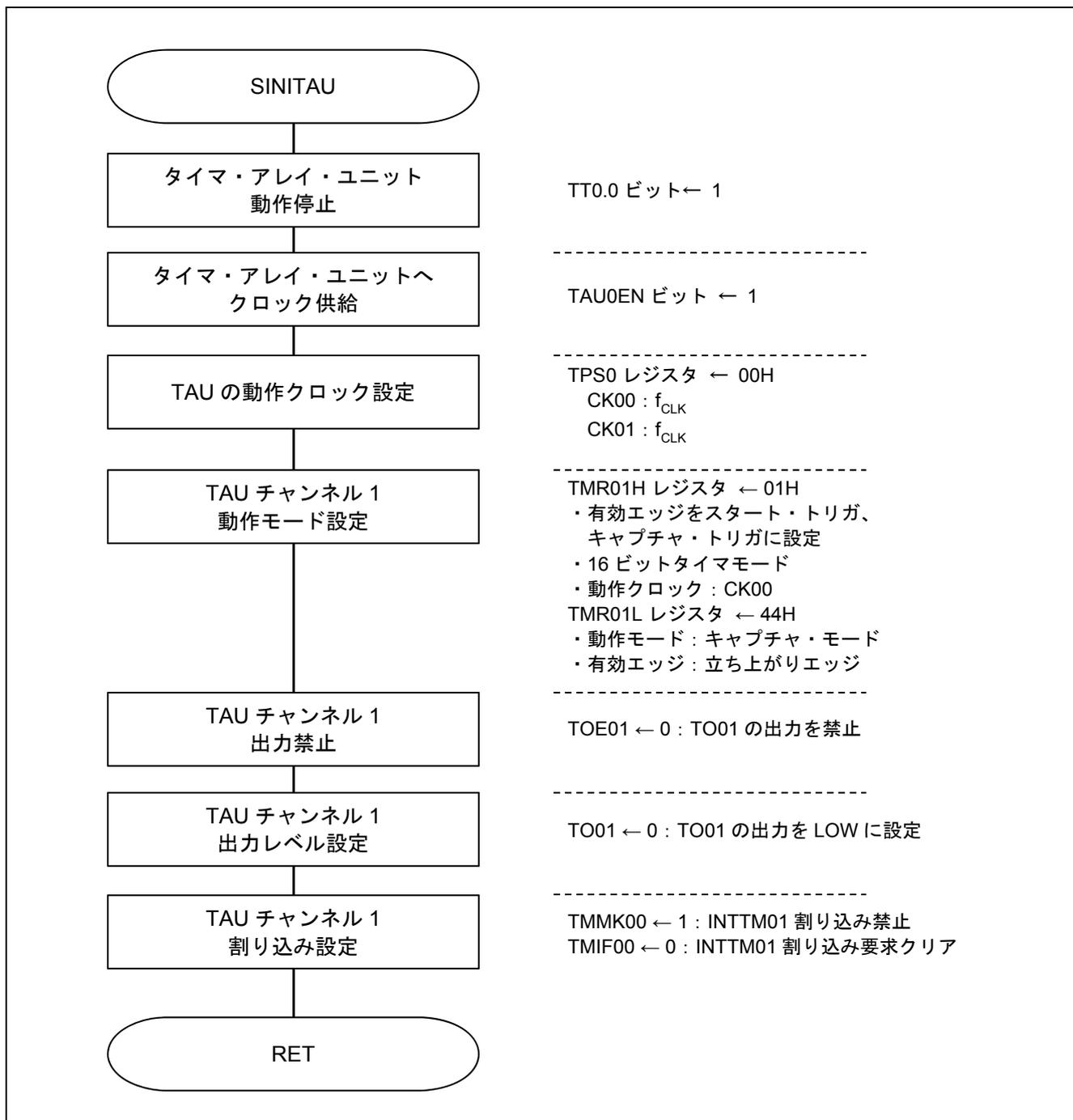


図 5.6 TAU の設定

5.7.6 メイン処理

図 5.7 にメイン処理 (1/3)、図 5.8 にメイン処理 (2/3)、図 5.9 にメイン処理 (3/3) のフローチャートを示します。

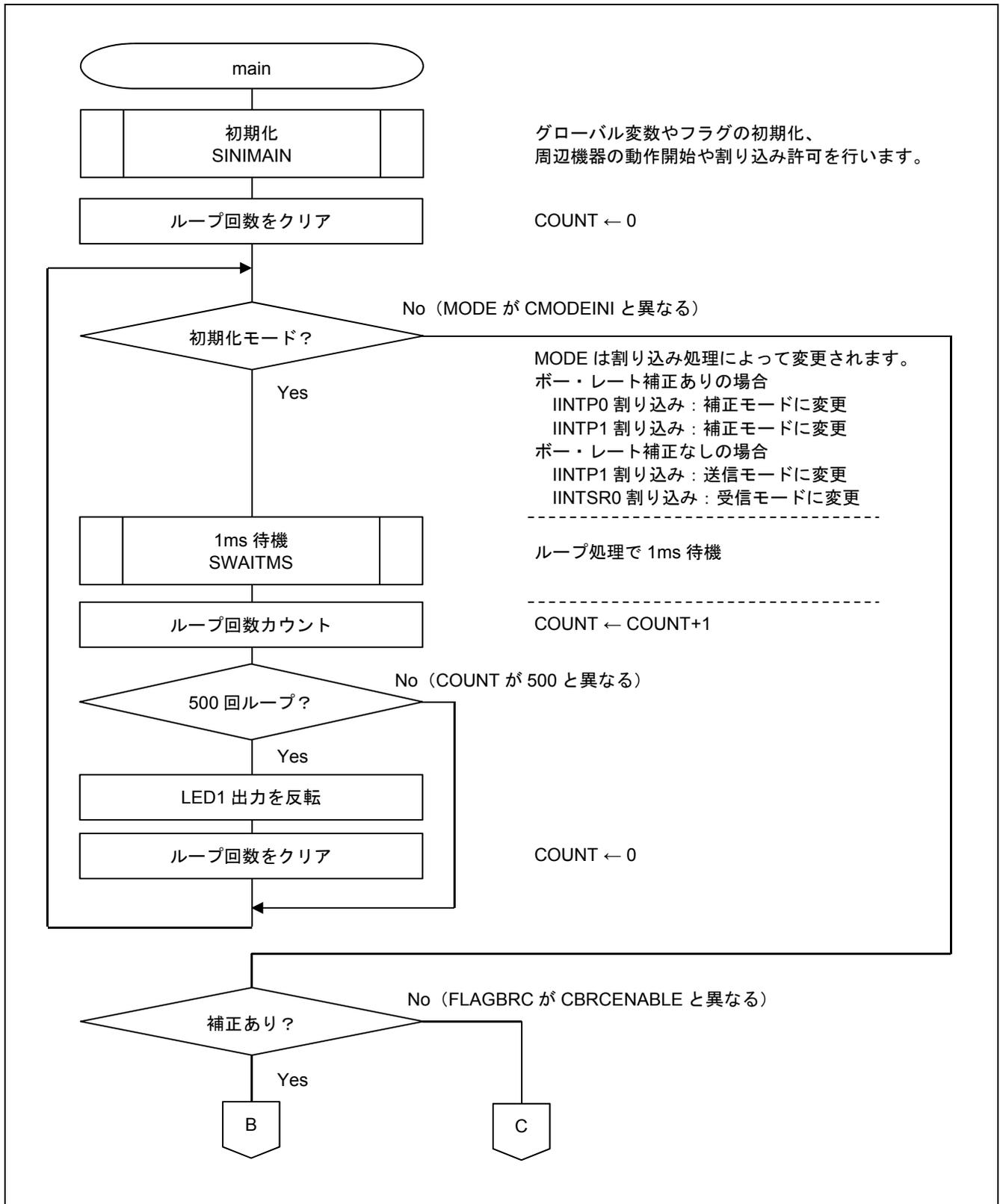


図 5.7 メイン処理 (1/3)

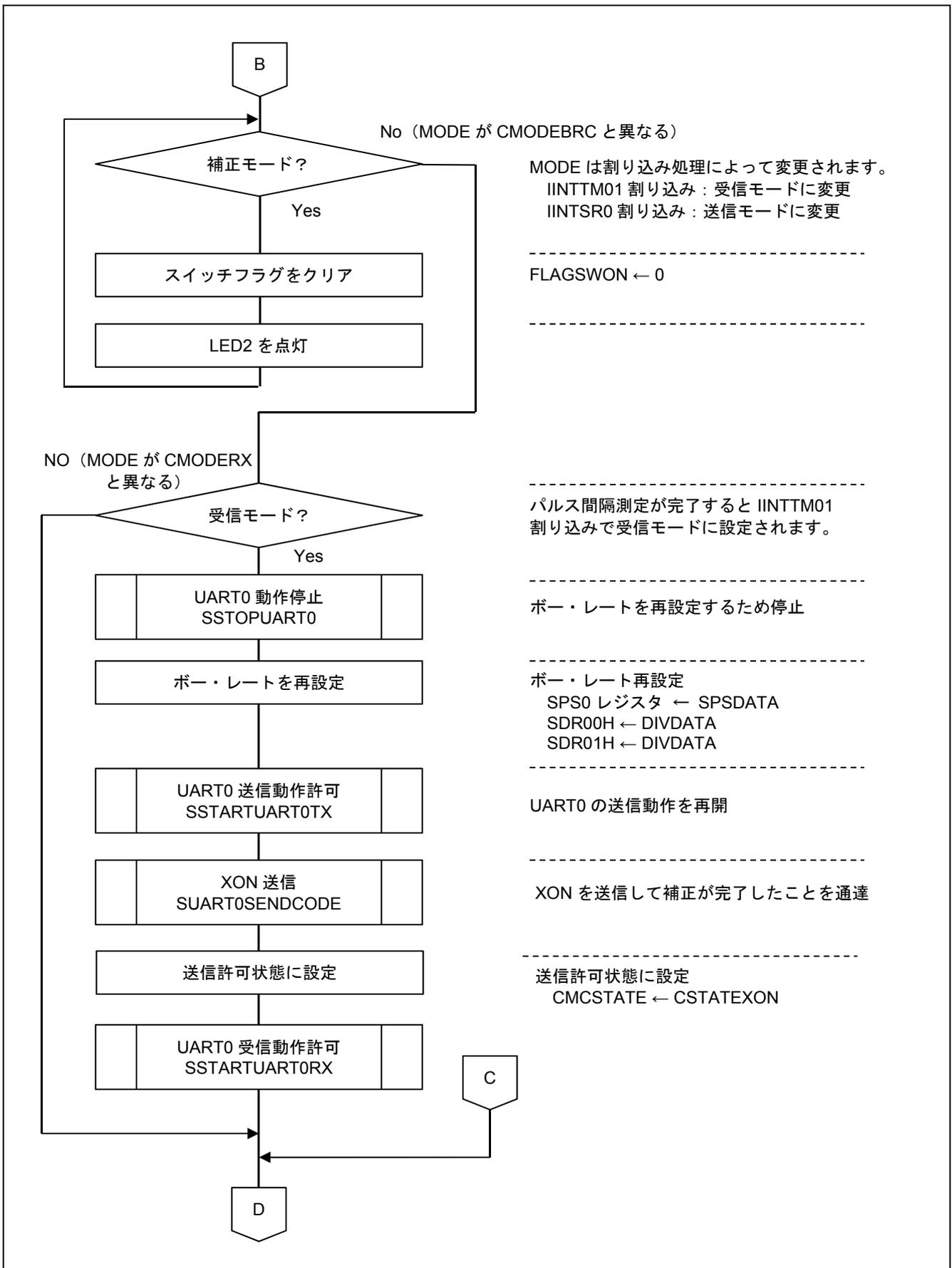


図 5.8 メイン処理 (2/3)

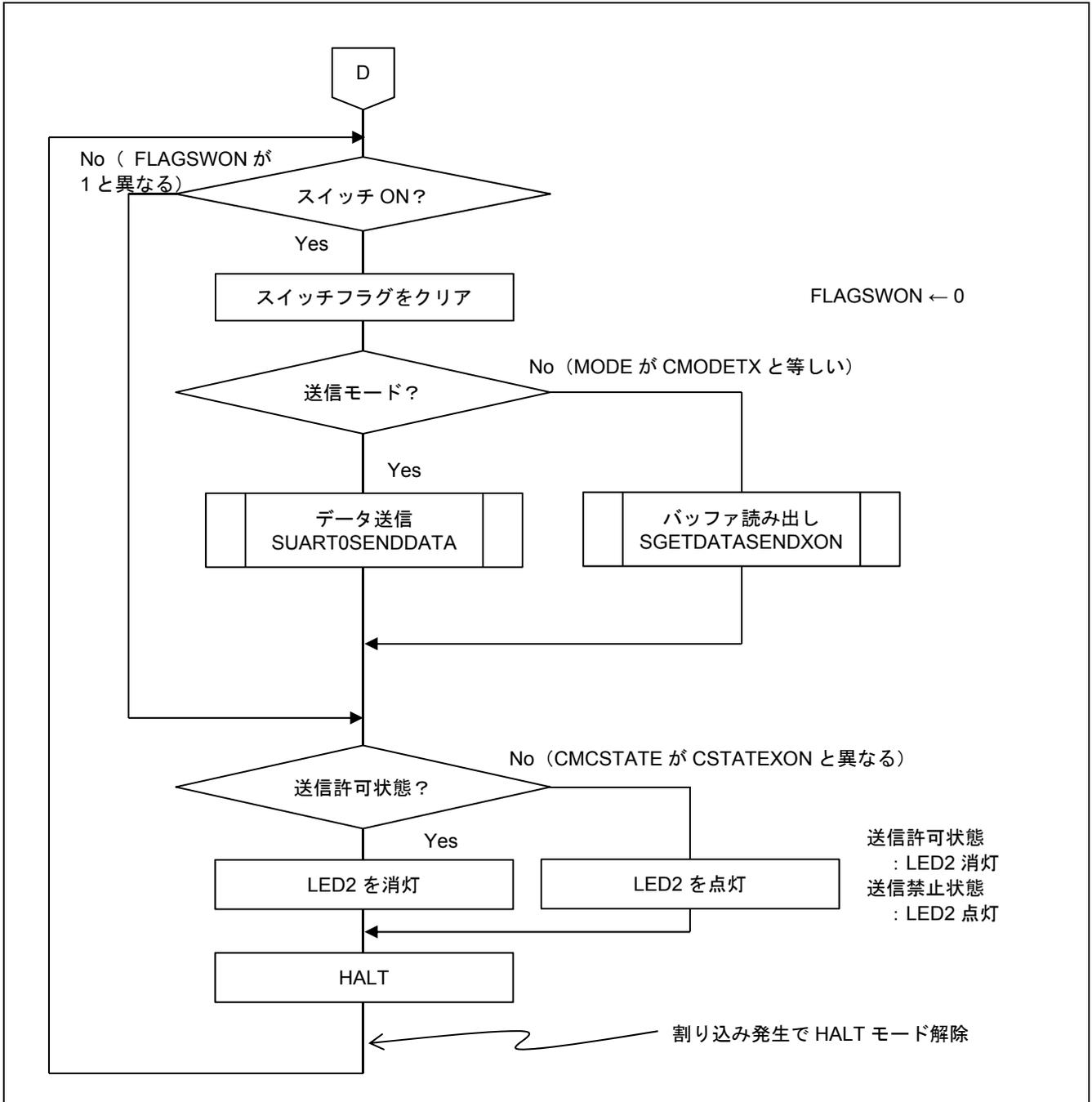


図 5.9 メイン処理 (3/3)

5.7.7 メイン初期化処理

図 5.10 にメイン初期化処理のフローチャートを示します。

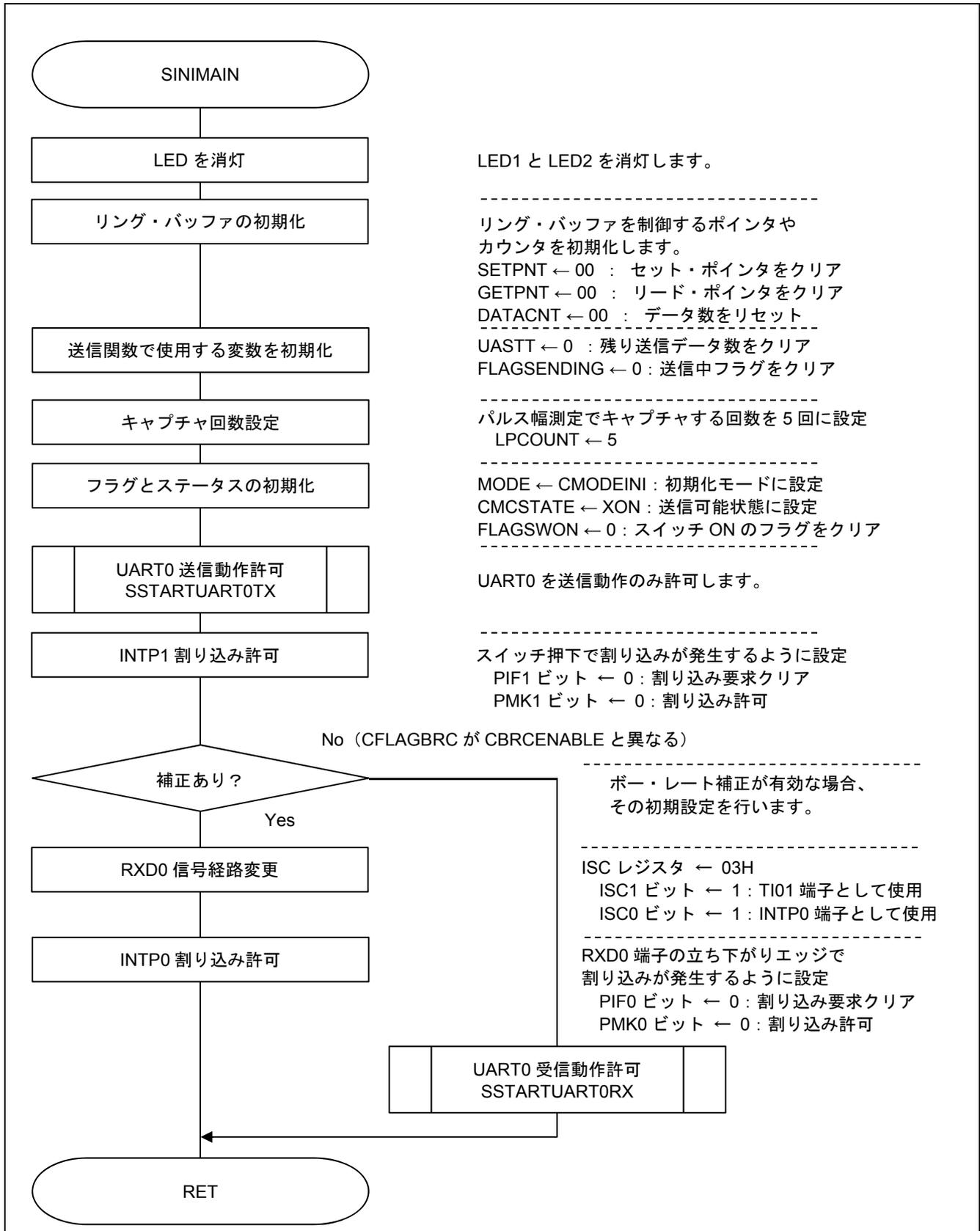


図 5.10 メイン初期化処理

5.7.8 ウェイト処理（ミリ秒単位）

図 5.11 にウェイト処理（ミリ秒単位）のフローチャートを示します。

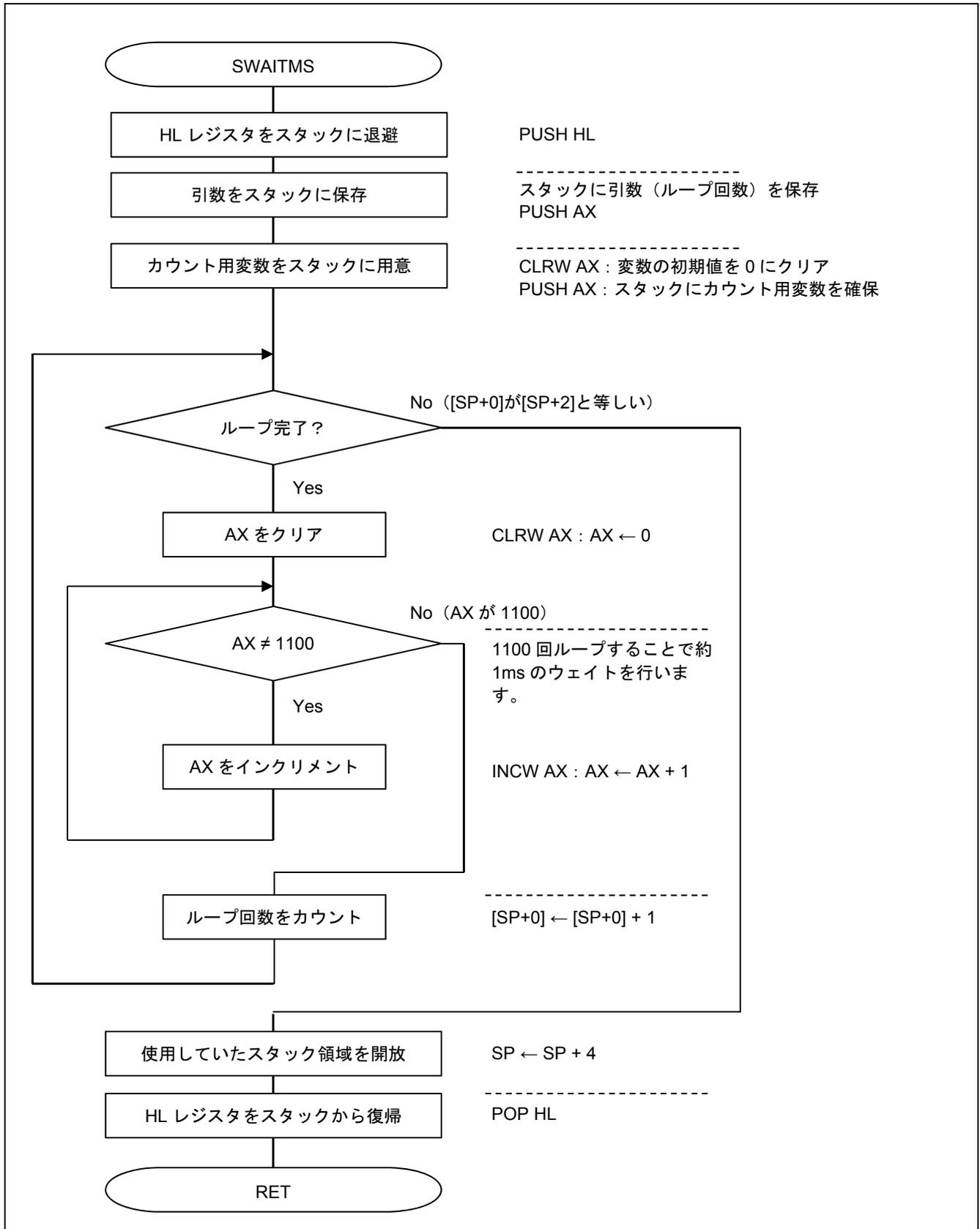


図 5.11 ウェイト処理（ミリ秒単位）

5.7.9 UART0 送信動作許可処理

図 5.12 に UART0 送信動作許可処理のフローチャートを示します。

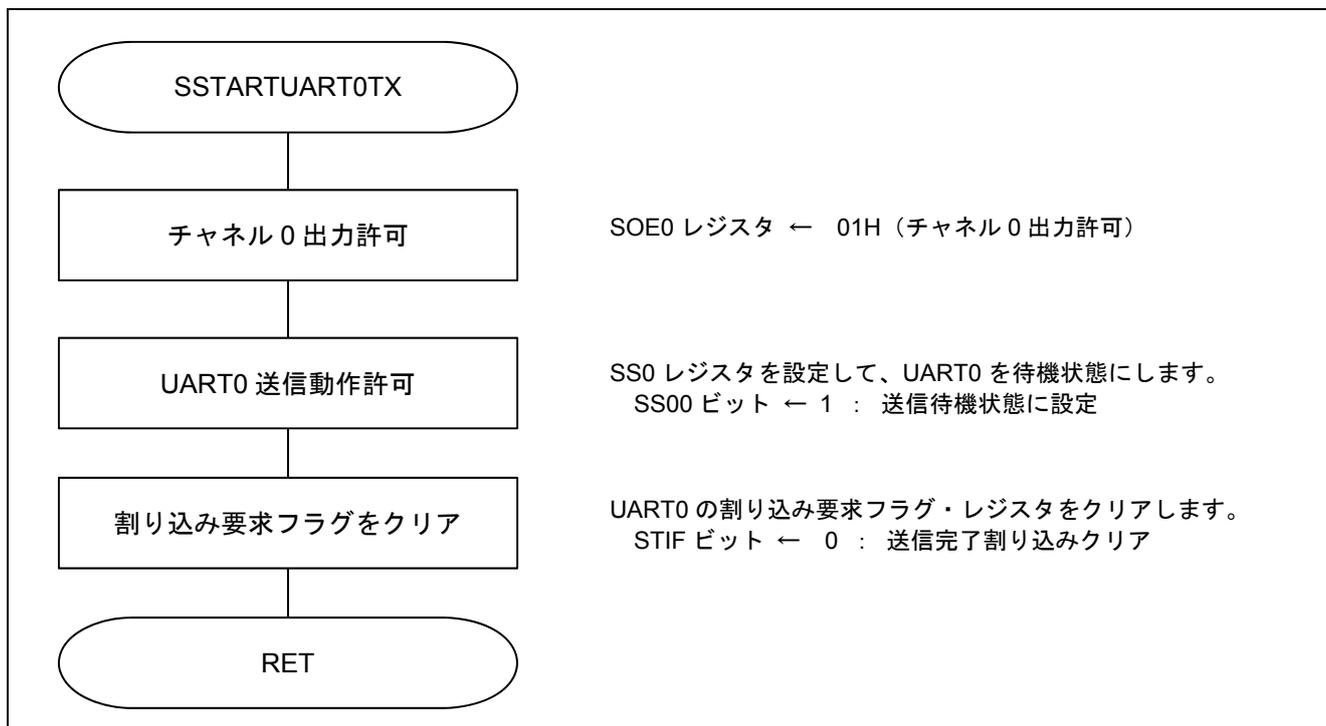


図 5.12 UART0 送信動作許可処理

5.7.10 UART0 受信動作開始処理

図 5.13 に UART0 受信動作許可処理のフローチャートを示します。

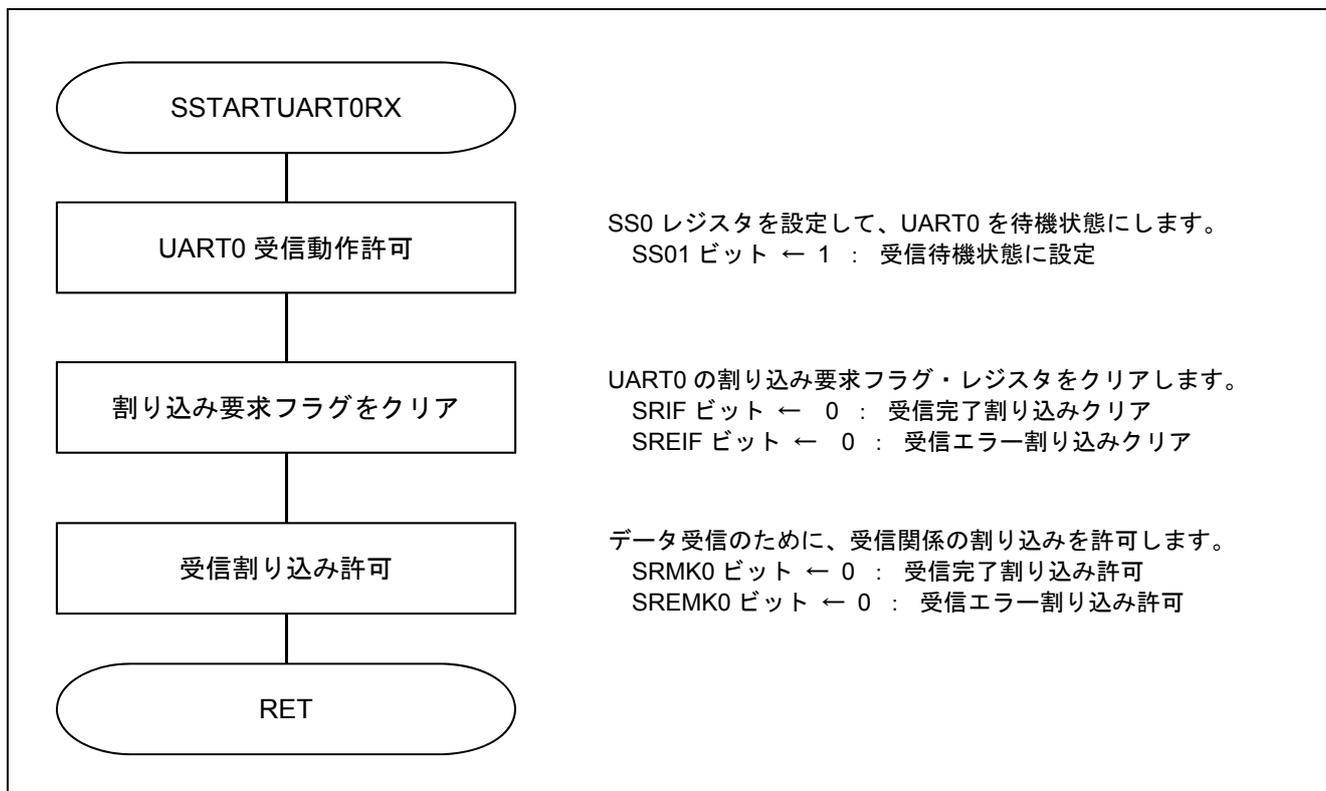


図 5.13 UART0 受信動作許可処理

5.7.11 UART0 動作停止処理

図 5.14 に UART0 動作停止処理のフローチャートを示します。

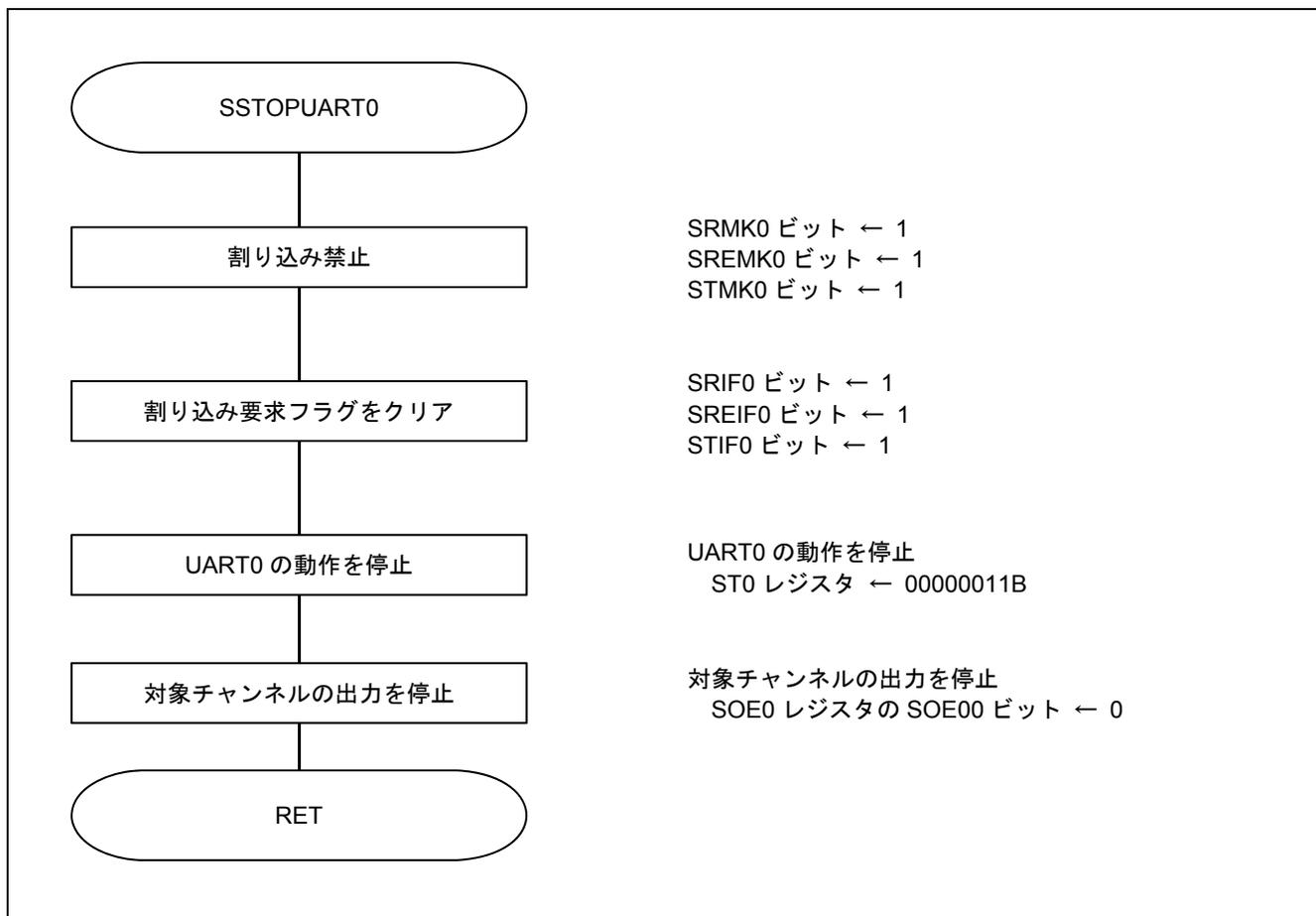


図 5.14 UART0 動作停止処理

5.7.12 UART0 データ送信処理

図 5.15 に UART0 データ送信処理のフローチャートを示します。

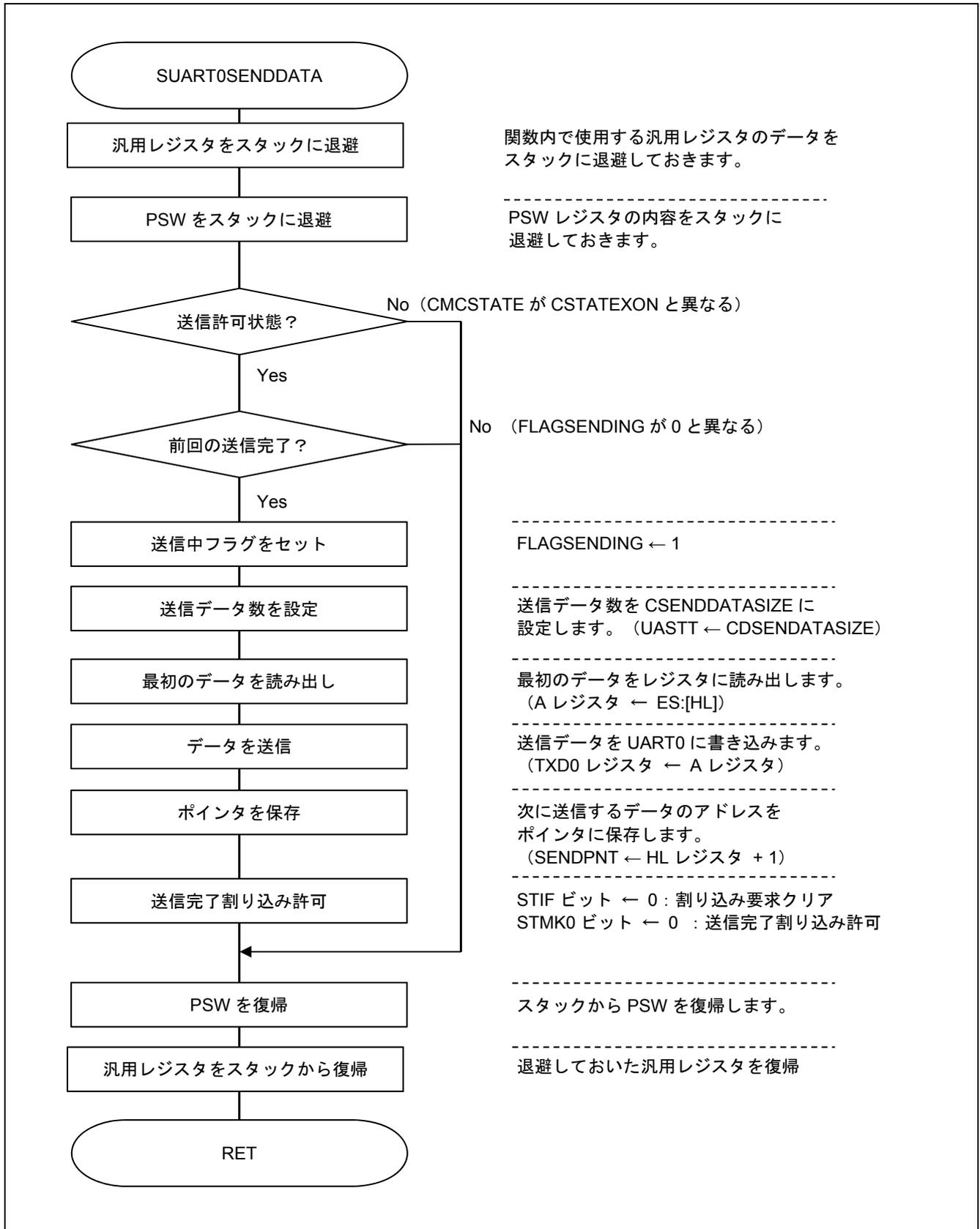


図 5.15 UART0 データ送信処理

UART0 制御コード送信処理

図 5.16 に UART0 制御コード送信処理のフローチャートを示します。

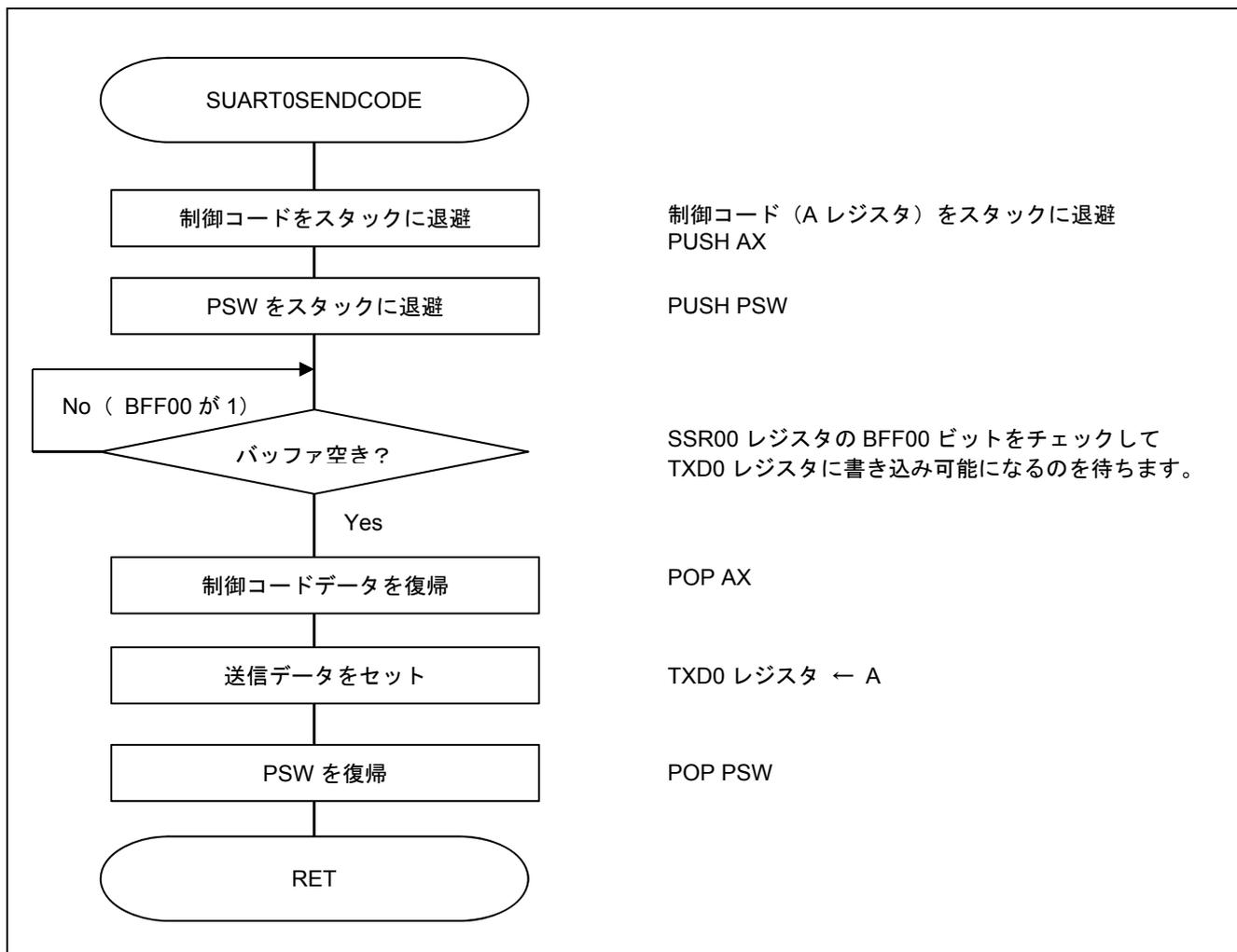


図 5.16 UART0 制御コード送信処理

5.7.13 リング・バッファ格納処理

図 5.17 にリング・バッファ格納処理のフローチャートを示します。

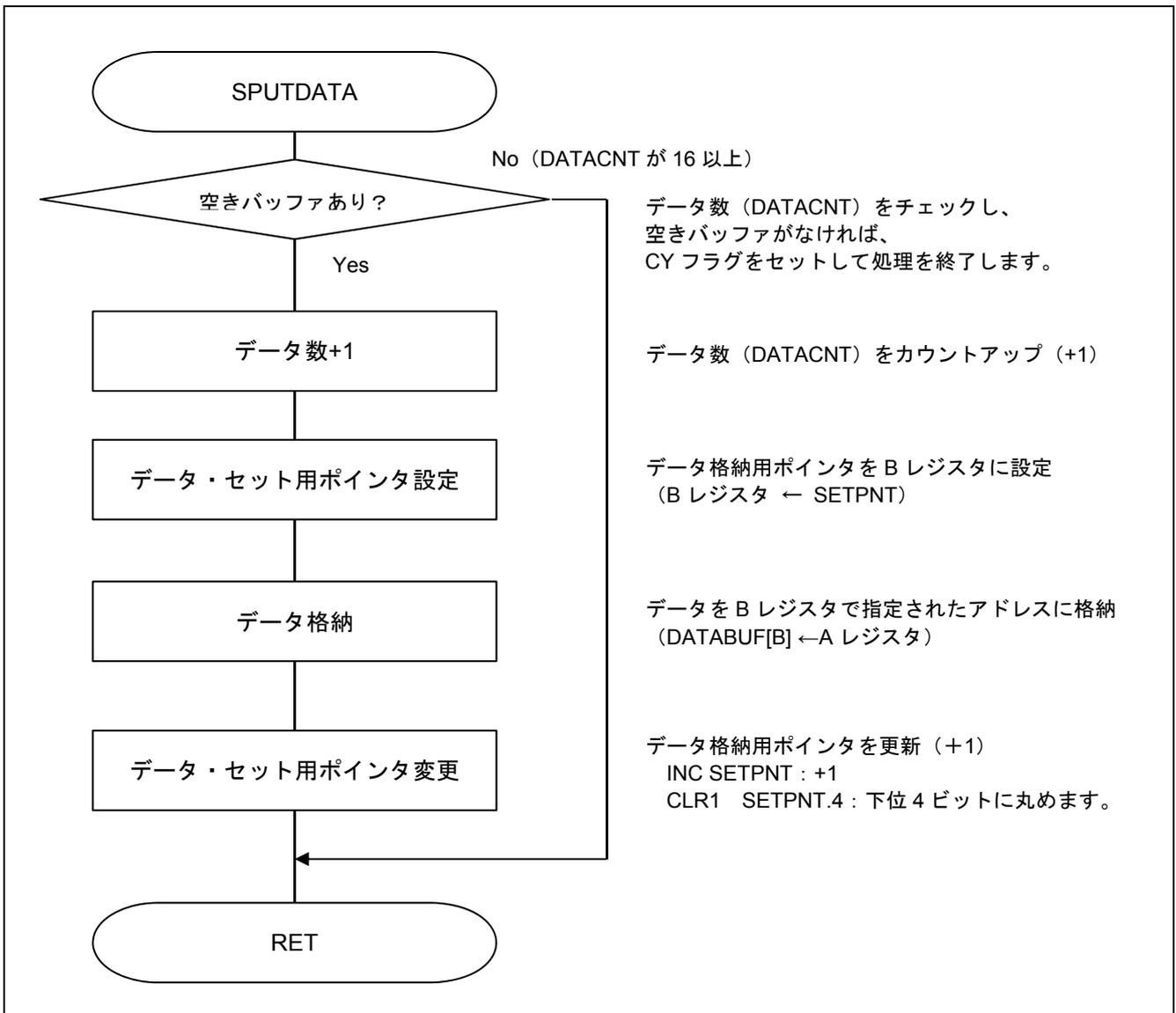


図 5.17 リング・バッファ格納処理

5.7.14 リング・バッファ格納と XOFF 送信処理

図 5.18 にリング・バッファ格納と XOFF 送信処理のフローチャートを示します。

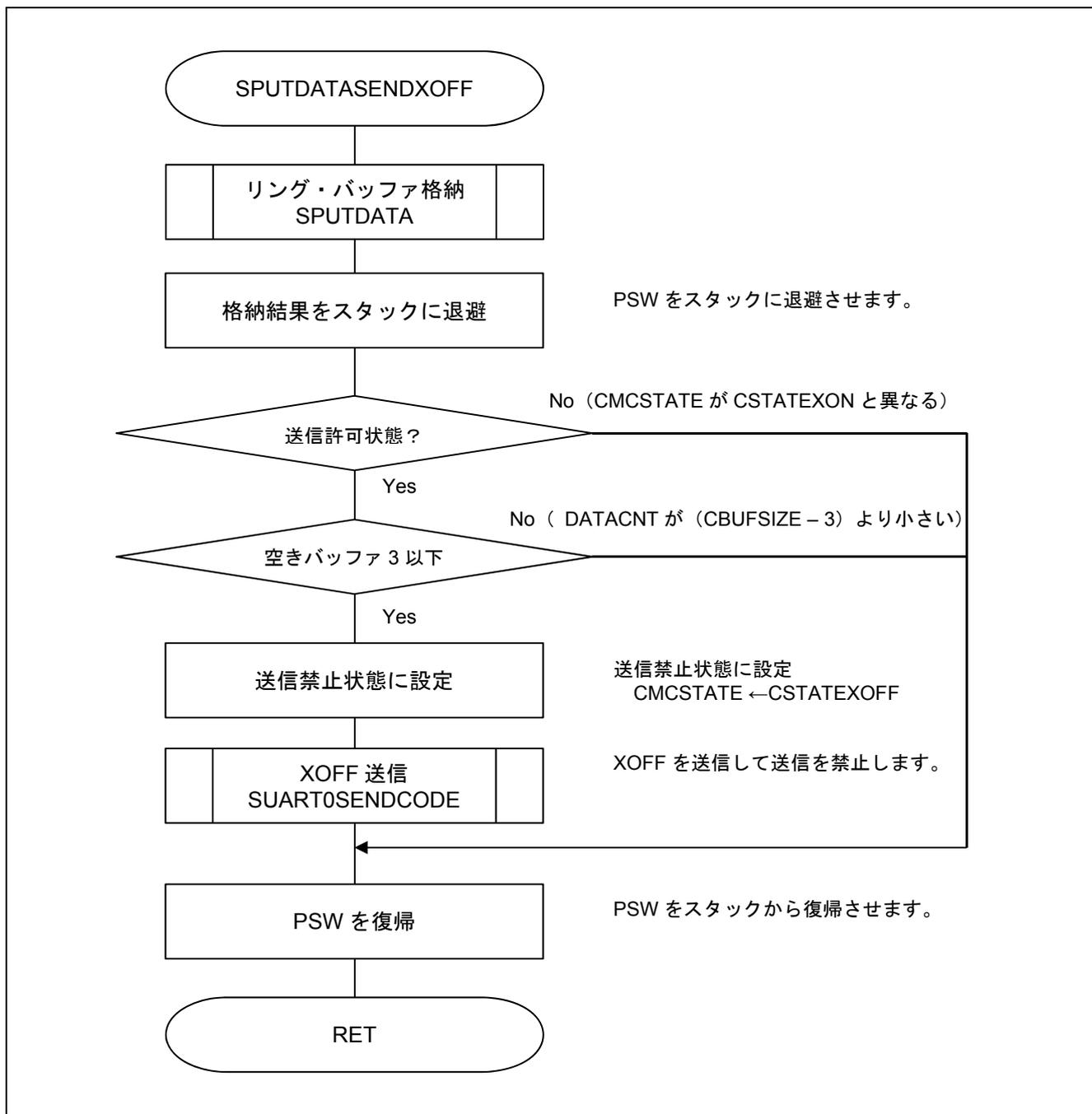


図 5.18 リング・バッファ格納と XOFF 送信処理

5.7.15 リング・バッファ読み出し処理

図 5.19 にリング・バッファ読み出し処理のフローチャートを示します。

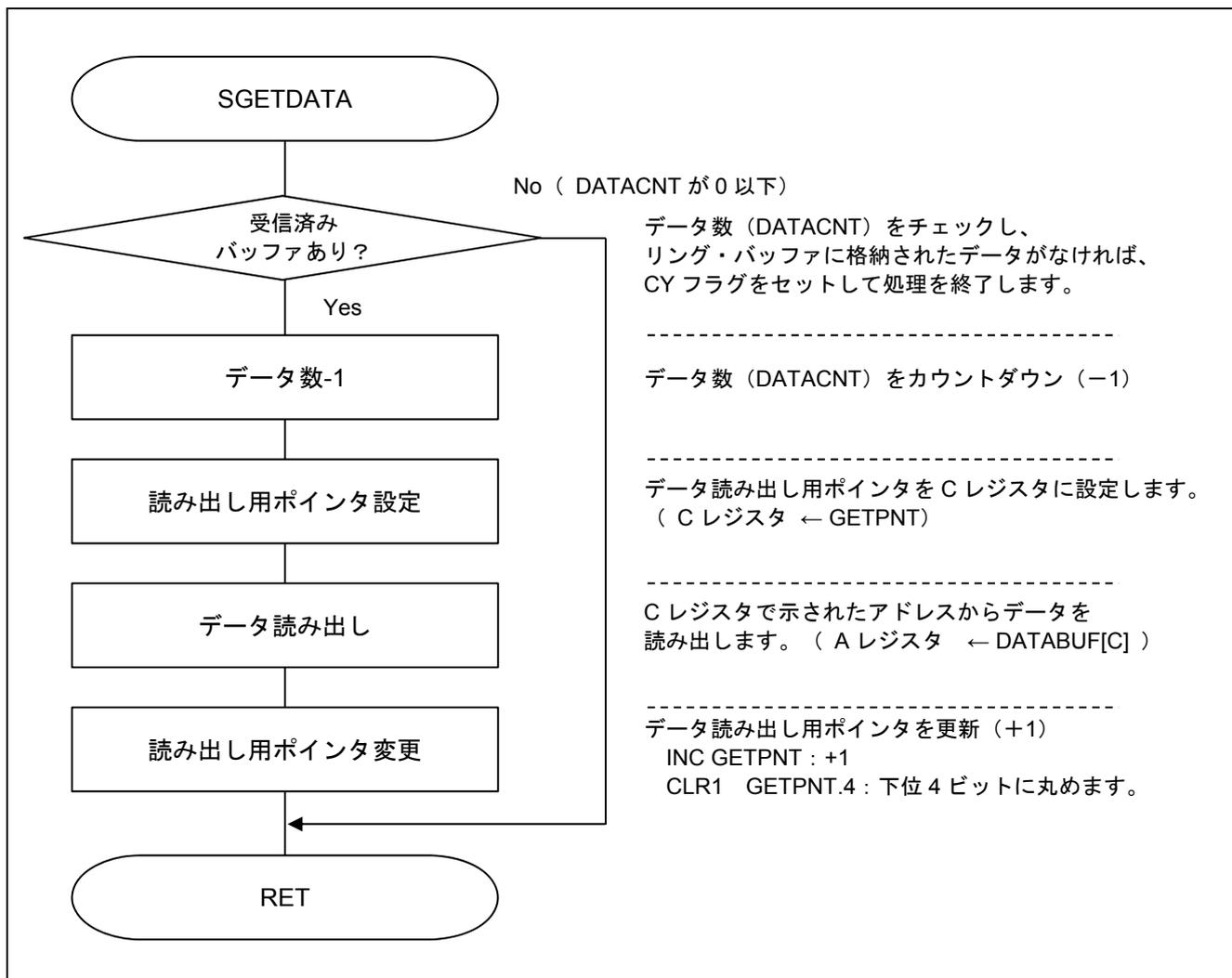
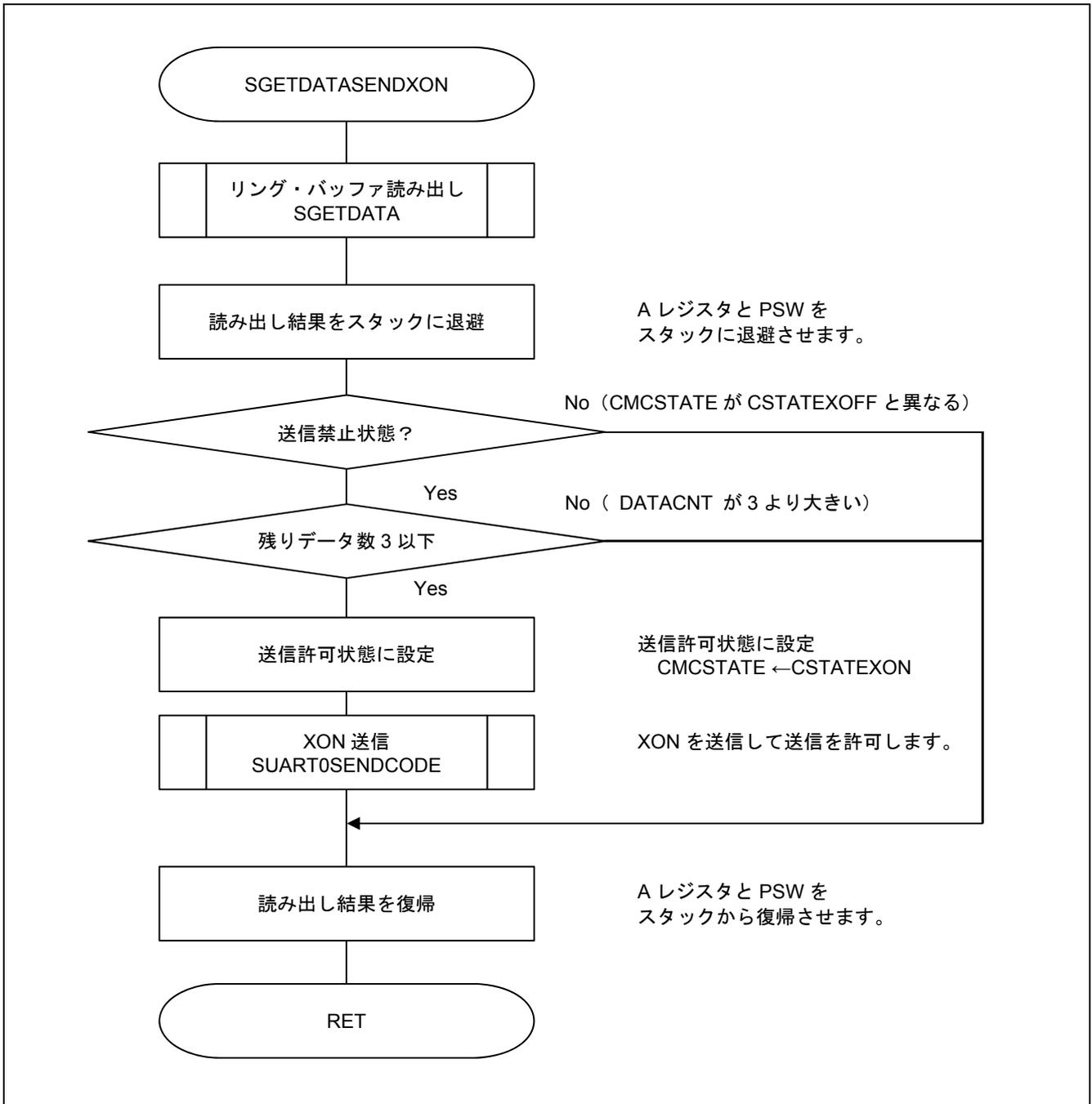


図 5.19 リング・バッファ読み出し処理

5.7.16 リング・バッファ読み出しと XON 送信処理

図 5.20 にリング・バッファ読み出しと XON 送信処理のフローチャートを示します。



5.7.17 UART0 受信完了割り込み処理

図 5.21 に UART0 受信完了割り込み処理 (1/2) のフローチャート、図 5.22 に UART0 受信完了割り込み処理 (2/2) のフローチャートを示します。

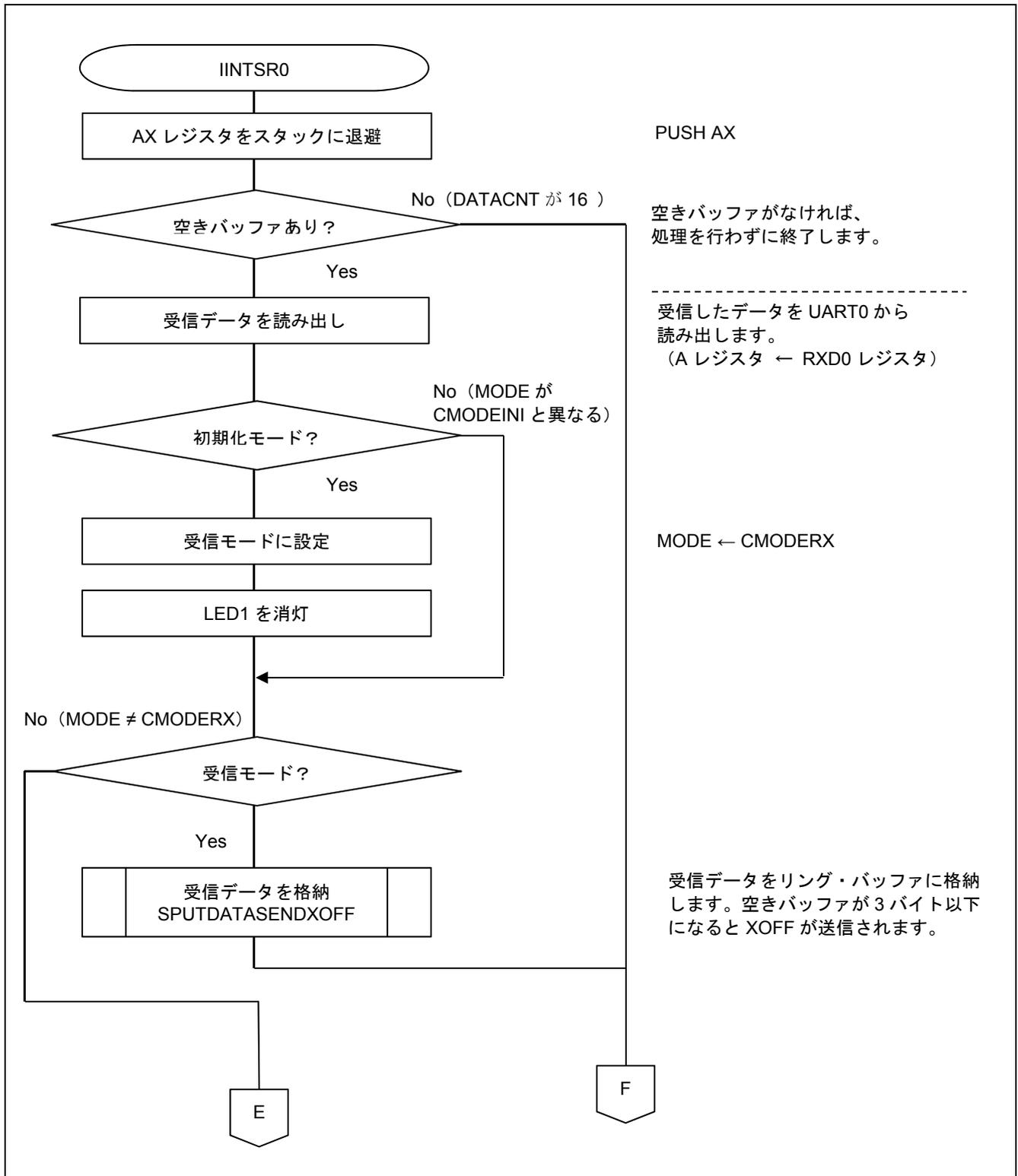


図 5.21 UART0 受信完了割り込み処理 (1/2)

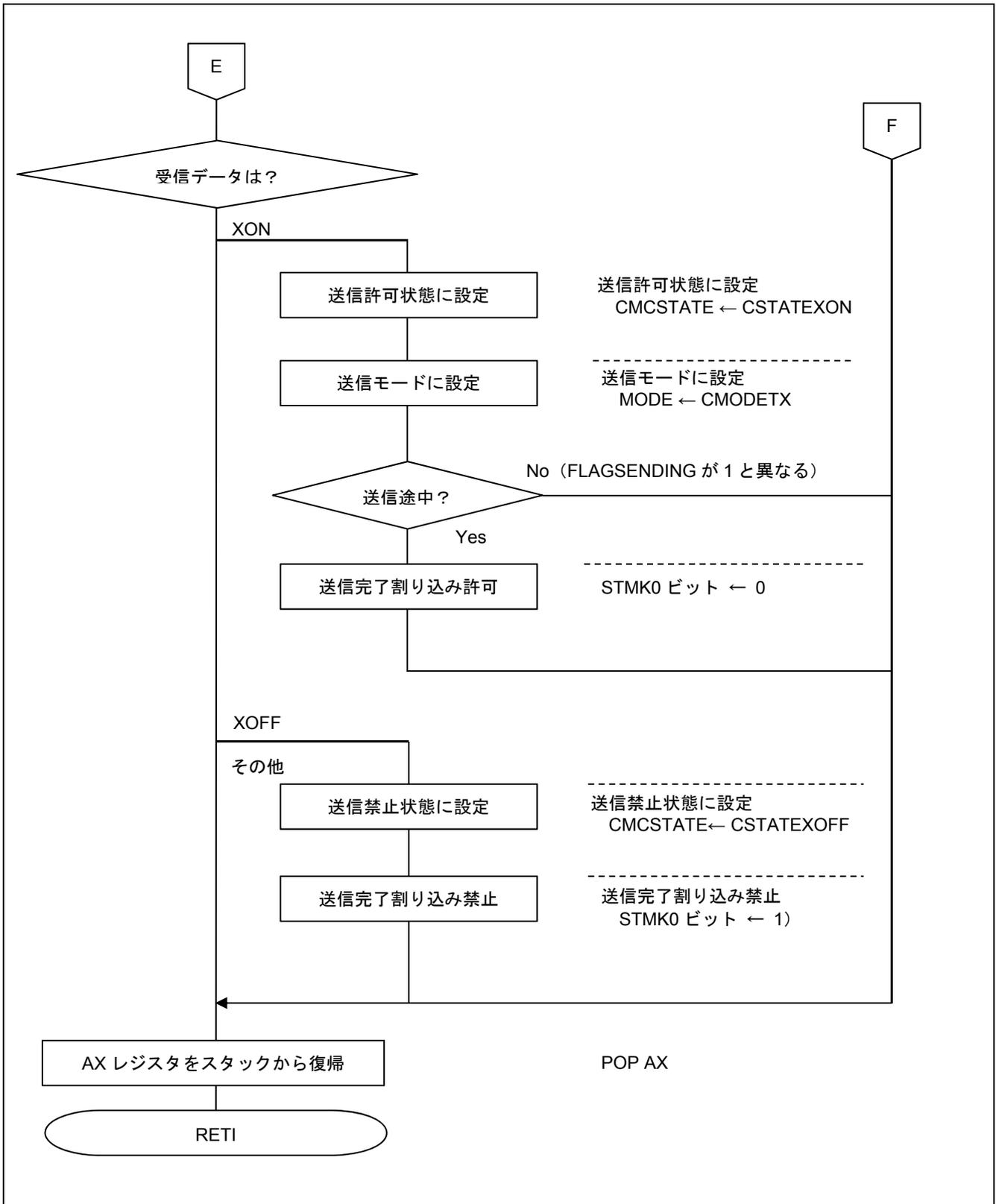


図 5.22 UART0 受信完了割り込み処理 (2/2)

5.7.18 UART0 受信エラー割り込み処理

図 5.23 に UART0 受信エラー割り込み処理のフローチャートを示します。

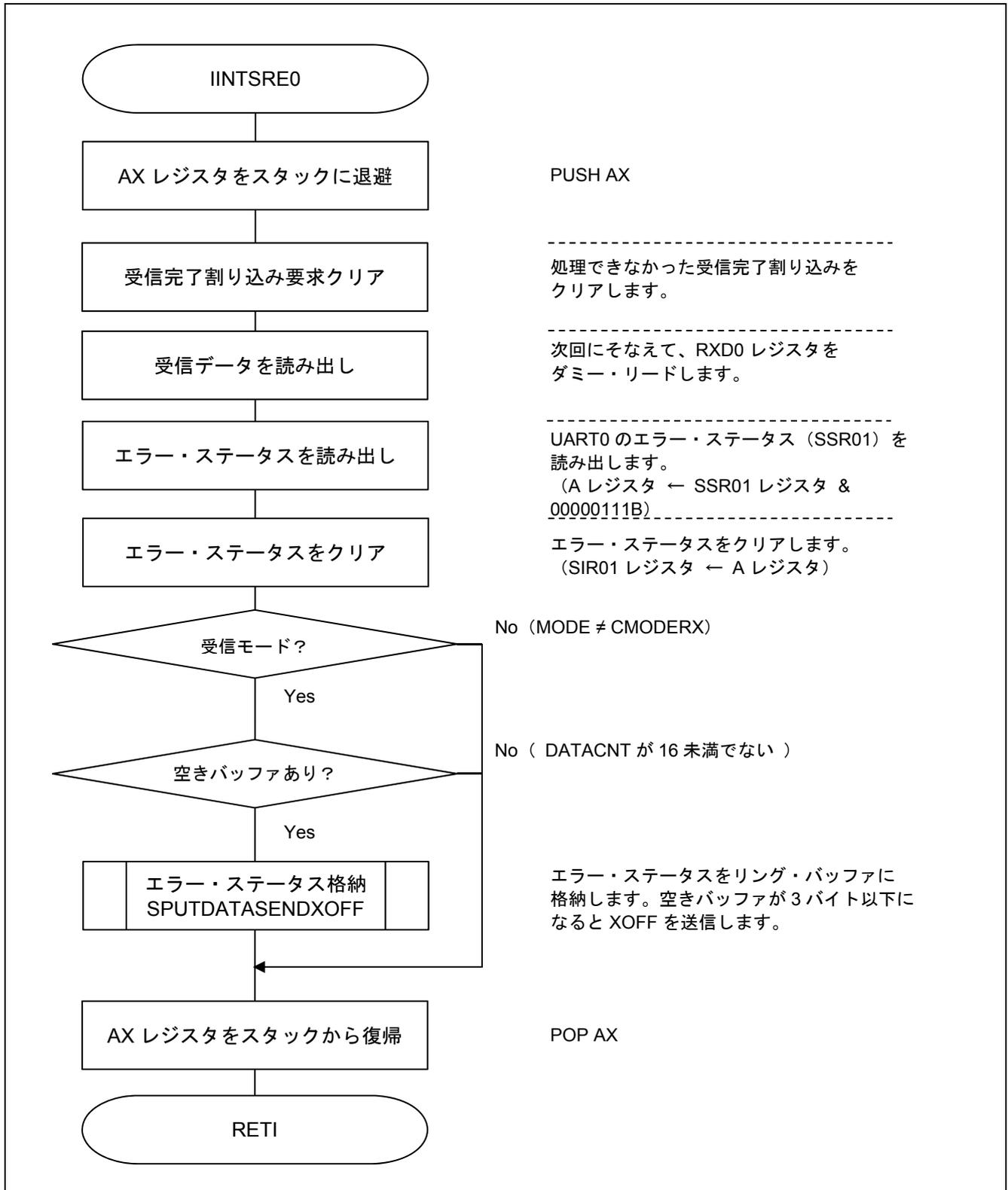


図 5.23 UART0 受信エラー割り込み処理

5.7.19 UART0 送信完了割り込み処理

図 5.24 に UART0 送信完了割り込み処理のフローチャートを示します。

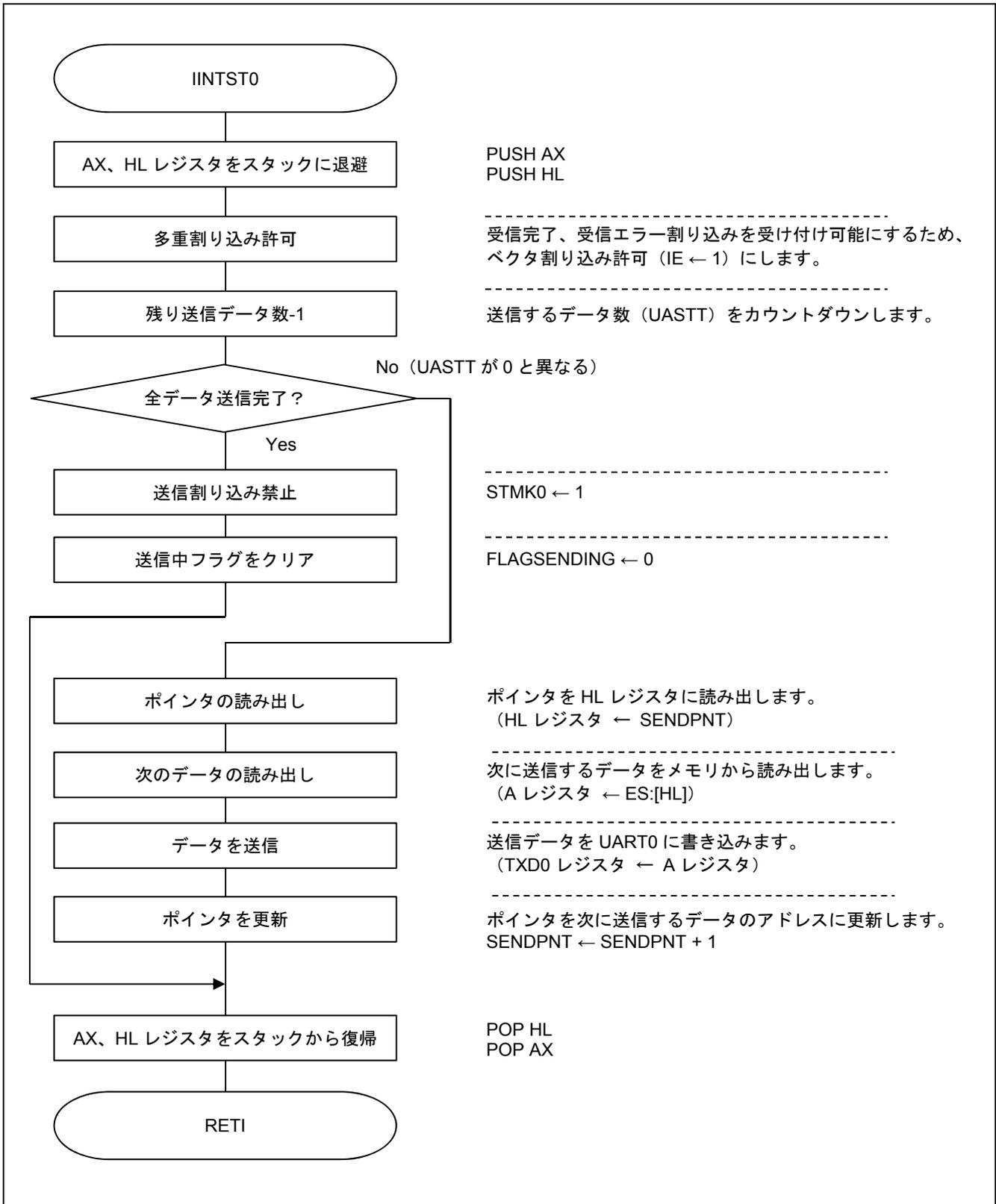


図 5.24 UART0 送信完了割り込み処理

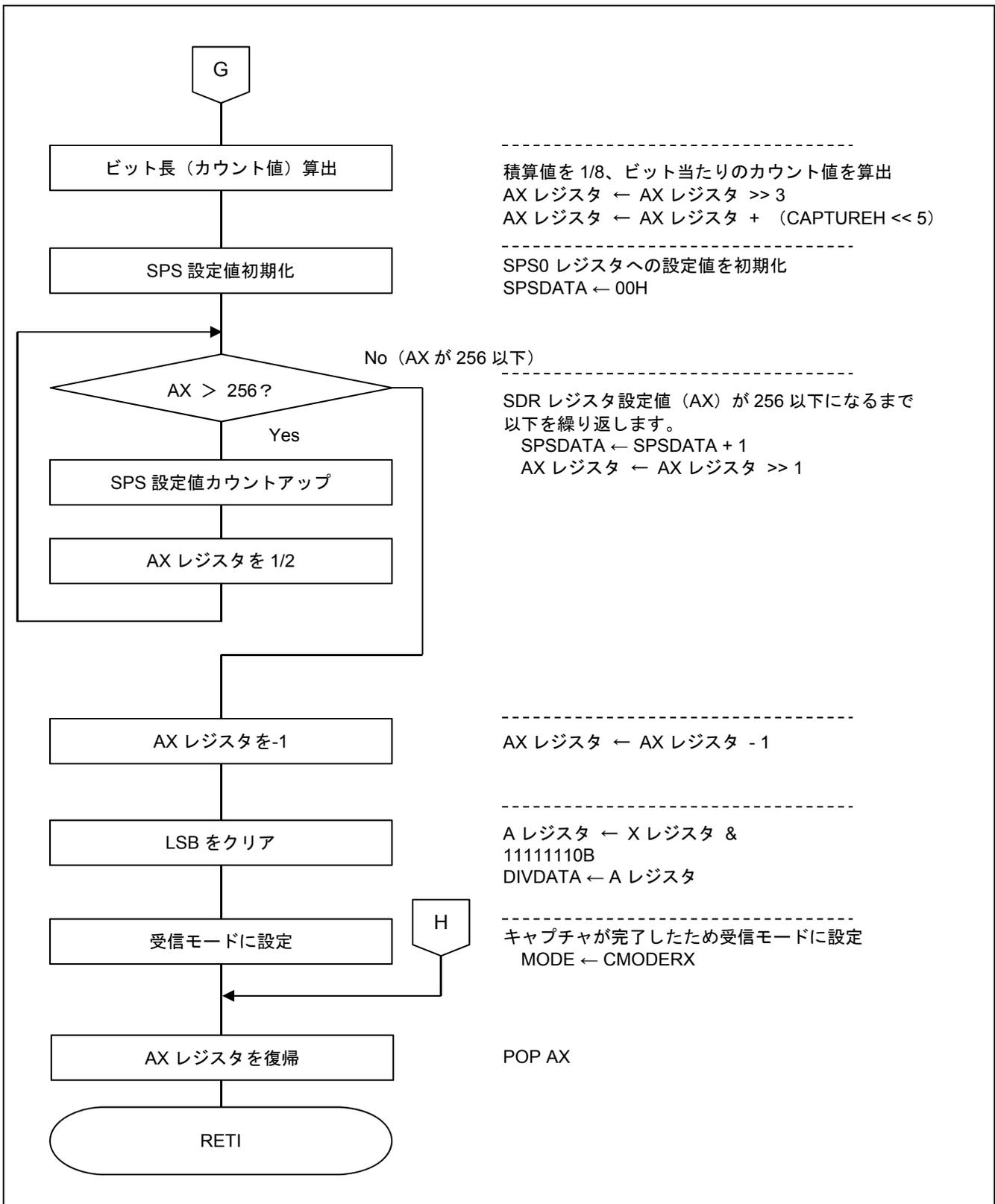


図 5.26 INTTM01 割り込み処理 (2/2)

5.7.21 INTP0 割り込み処理

図 5.27 に INTP0 割り込み処理のフローチャートを示します。

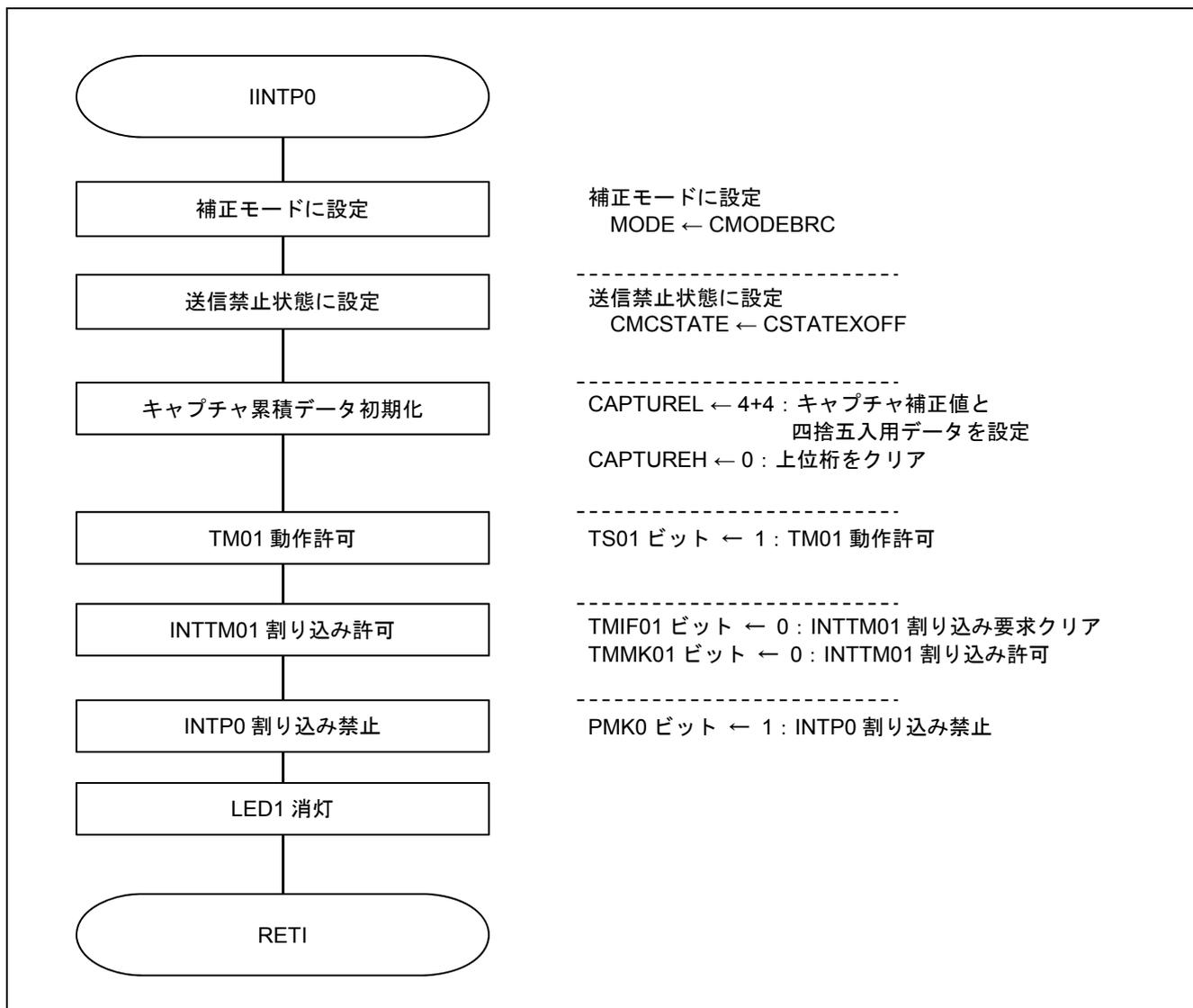


図 5.27 INTP0 割り込み処理

5.7.22 INTP1 割り込み

図 5.28 に INTP1 割り込み処理のフローチャートを示します。

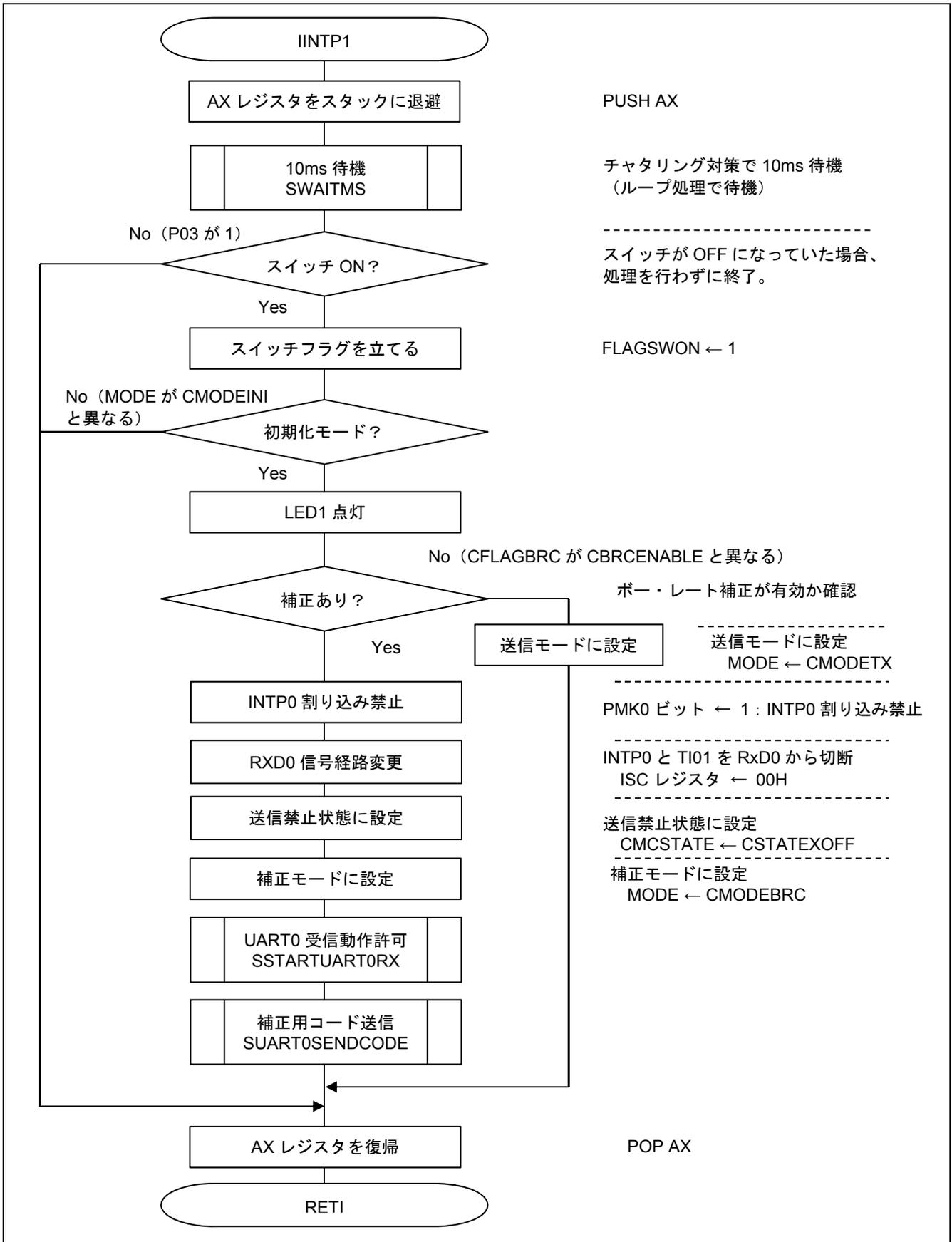


図 5.28 INTP1 割り込み処理

6. 動作確認

6.1 送信波形の確認

図 6.1 に"ABC"を送信した時の波形、図 6.2 に XON と XOFF を送信した時の波形を示します。

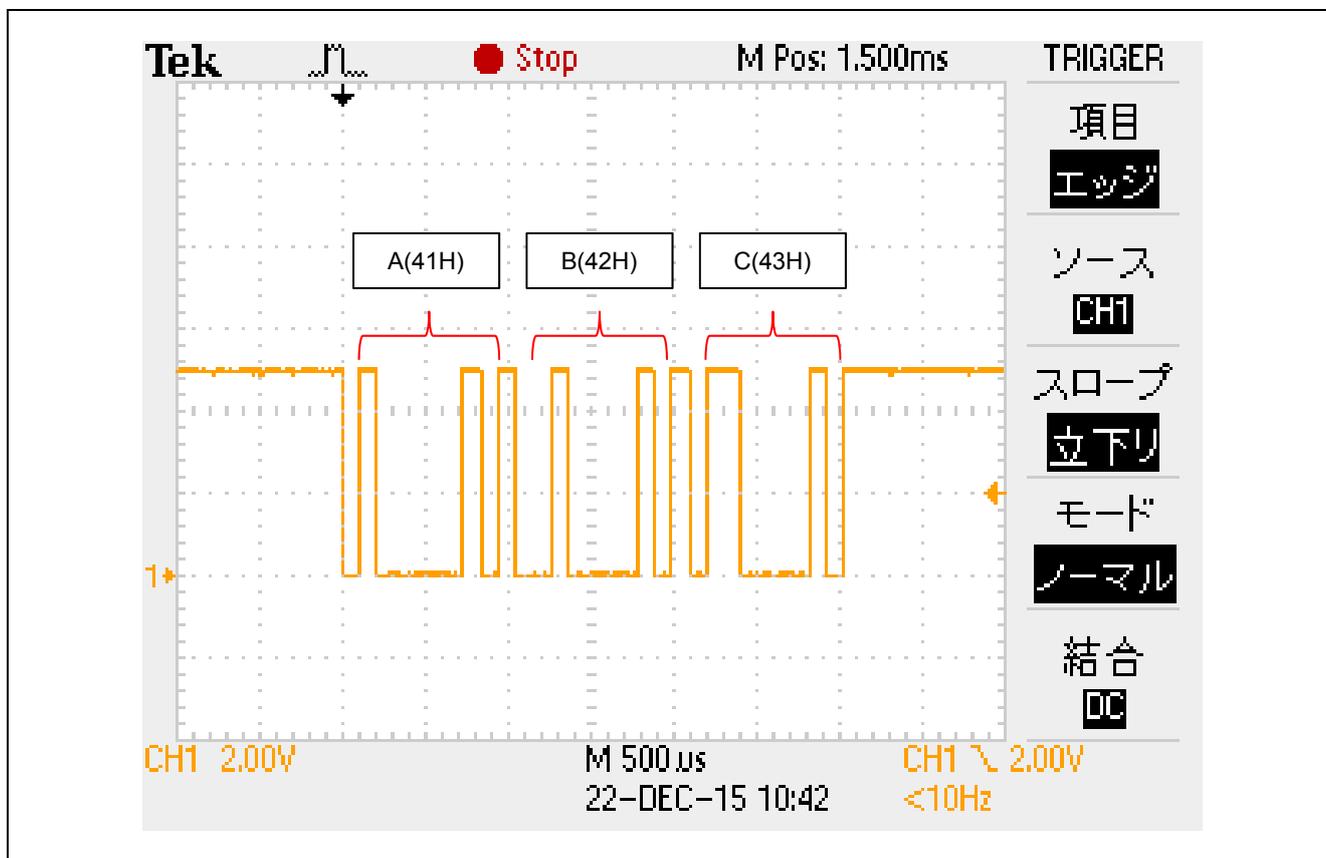


図 6.1 “ABC”を送信した時の波形

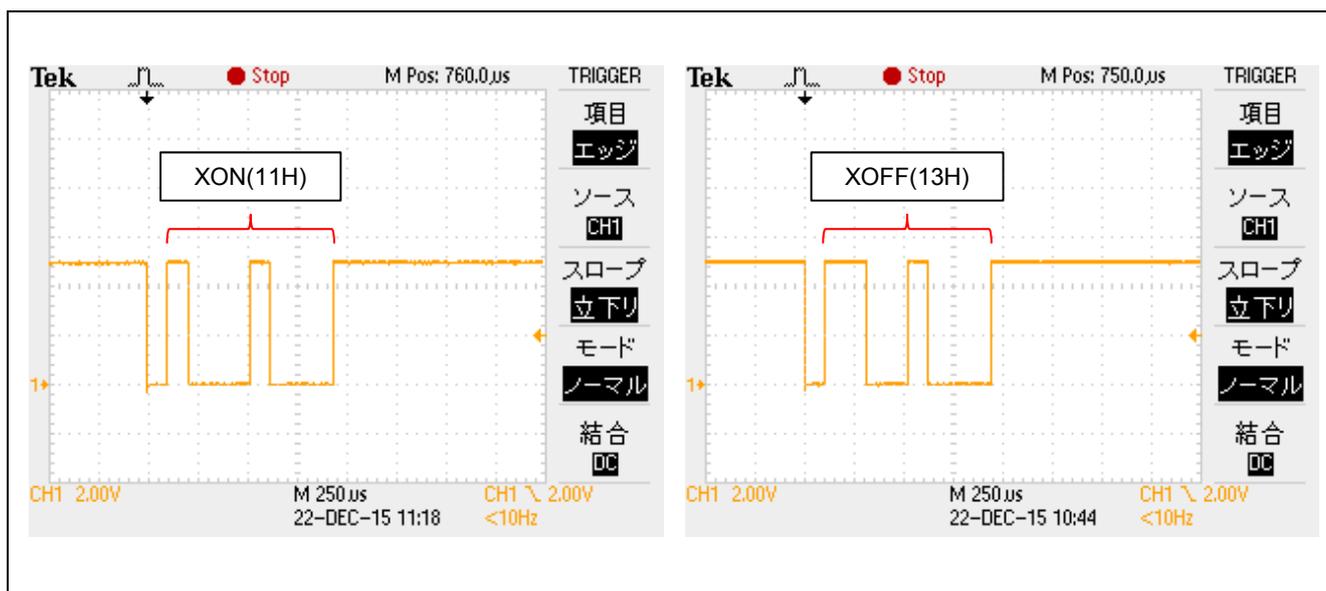


図 6.2 XON (左) と XOFF (右) を送信した時の波形

6.2 ボー・レート補正の動作確認

データ送信側から送信される「55H」とデータ受信側から送信される「11H (XON)」をボー・レートの設定値ごとにオシロスコープで測定しました。そのときの波形を図 6.3 から図 6.12 に示します。また、波形から算出した実際のボー・レートと誤差を表 6.1 に示します。

表 6.1 ボー・レートの実測値と誤差

設定値 [bps]	データ送信側 実測値[bps]	設定値との誤差 [%]	データ受信側 実測値[bps]	データ送信側との誤差[%]
1200	1200	0	1200	0
9600	9574	-0.27	9574	0
38400	38460	0.16	38460	0
115200	116900	1.5	115400	-1.3
312500	312500	0	312500	0

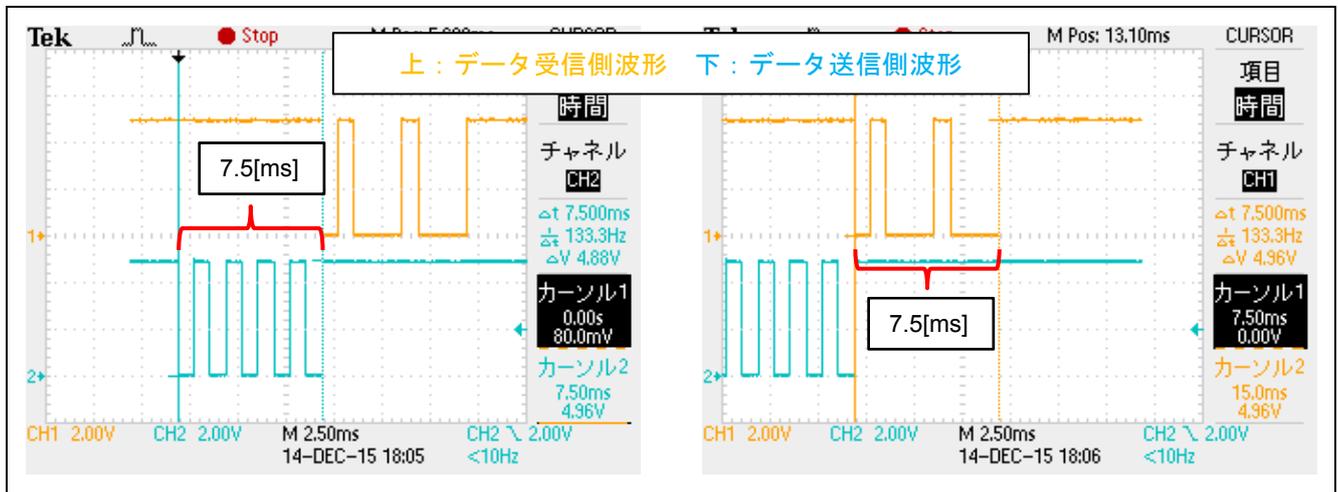


図 6.3 データ送信側(左)とデータ受信側 (右) の波形 (1200bps)

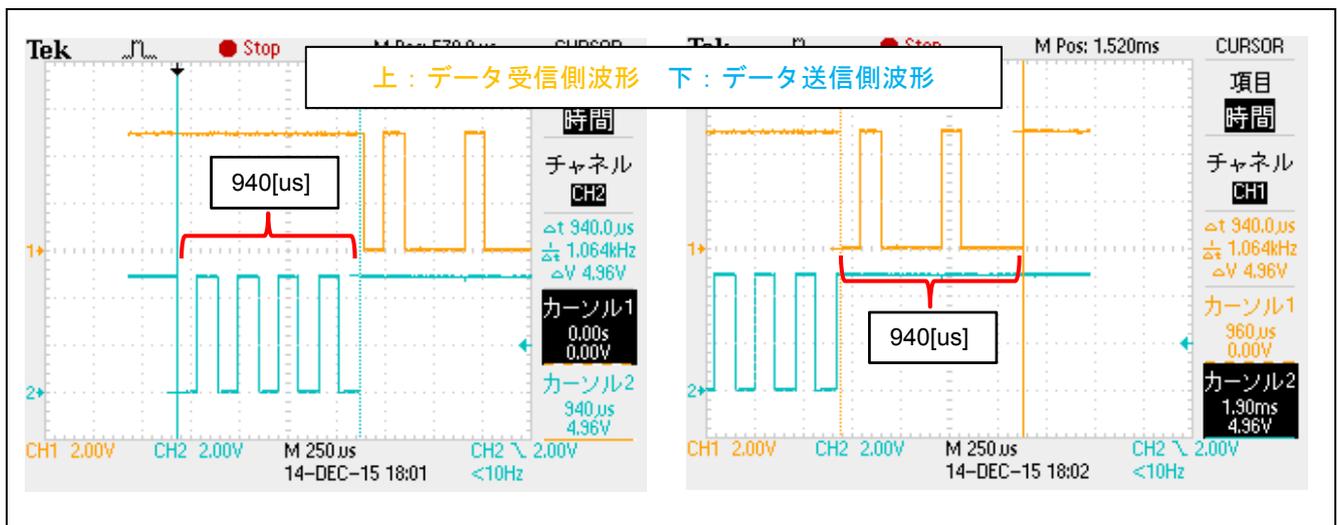


図 6.4 データ送信側(左)とデータ受信側 (右) の波形 (9600bps)

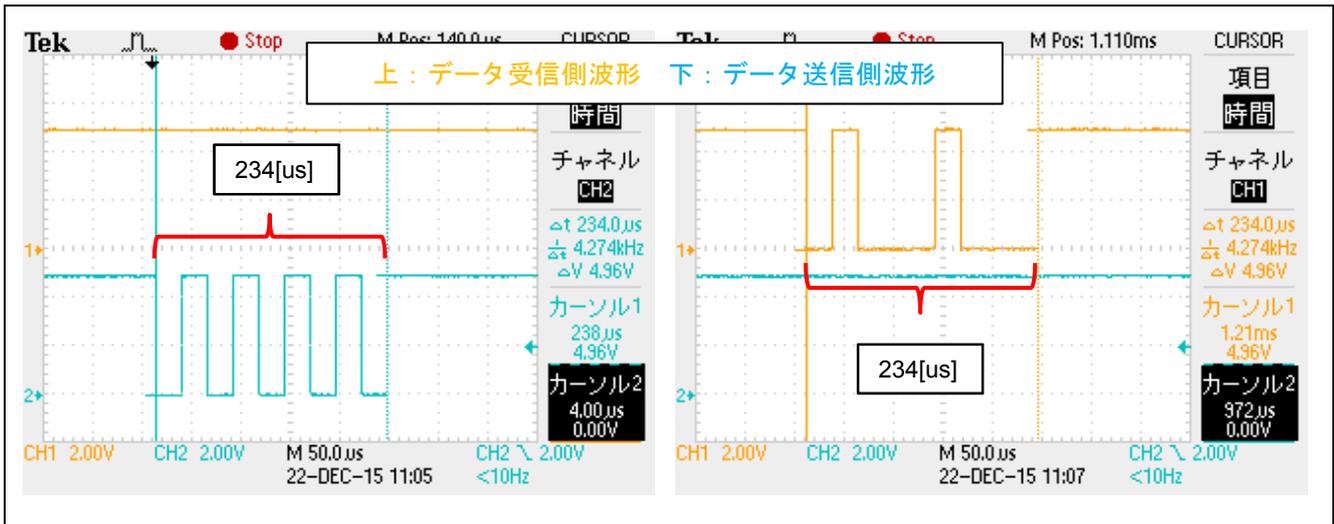


図 6.5 データ送信側(左)とデータ受信側 (右) の波形 (38400bps)

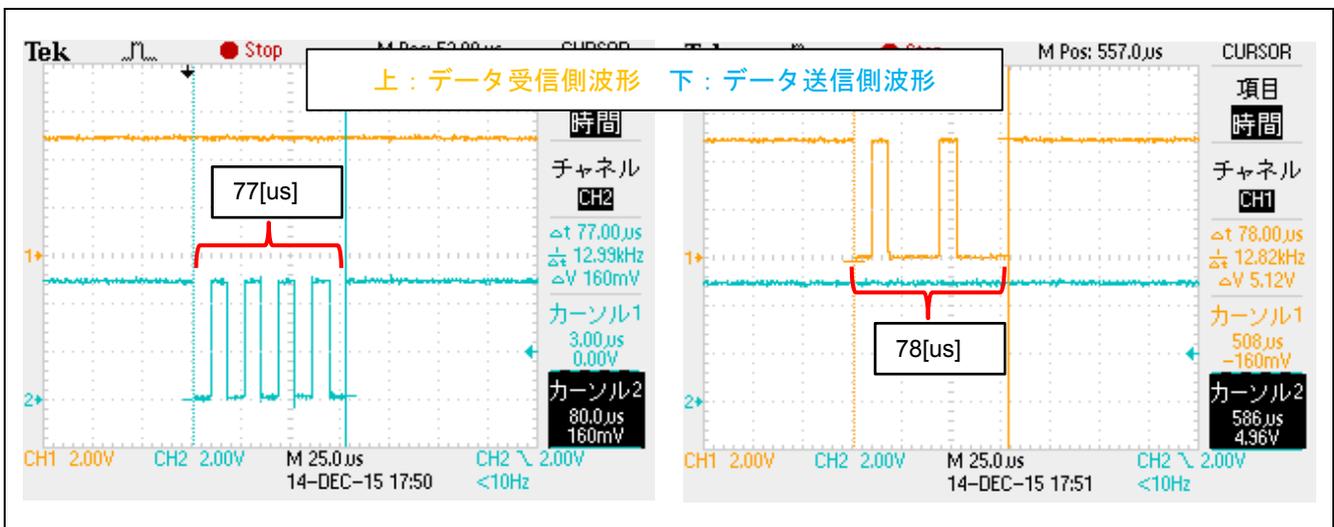


図 6.6 データ送信側(左)とデータ受信側 (右) の波形 (115200bps)

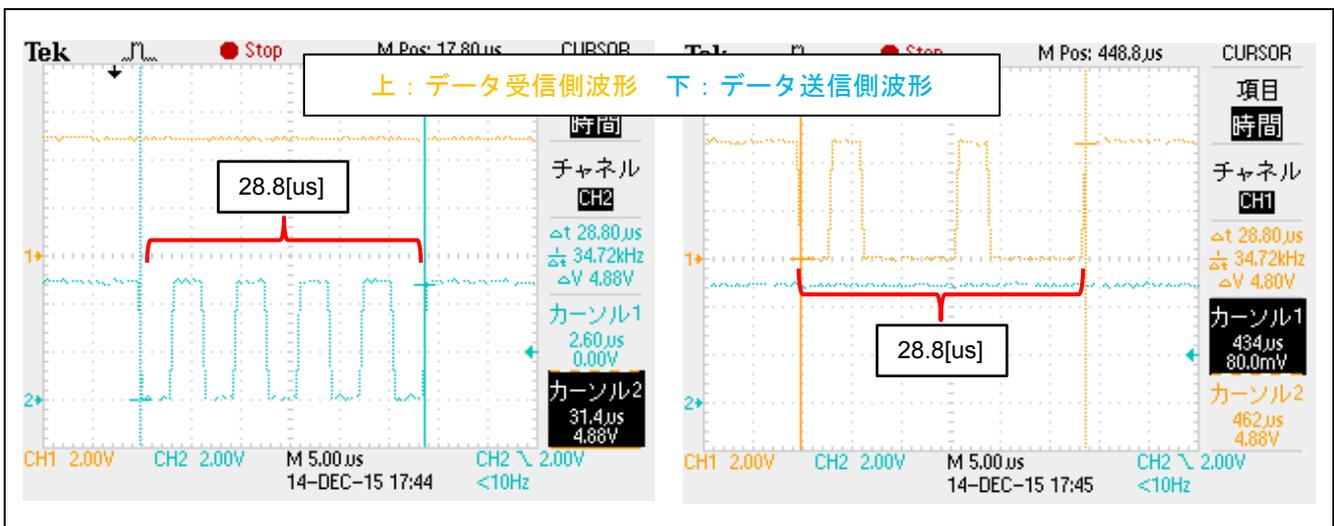


図 6.7 データ送信側(左)とデータ受信側 (右) の波形 (312500bps)

6.3 ボー・レート補正失敗例

データ送信側のボー・レートが速すぎると、ボー・レート補正が正常に行われなくなります。例として、本サンプル・プログラムの動作範囲外である 921600bps で 55H を送信した時の波形を図 6.8、そのときの変数の内容を図 6.9 に示します。補正完了を示す 11H (XON) が送信されていないことや、MODE の値が'B'であることから、ボー・レート補正の動作が完了していないことがわかります。

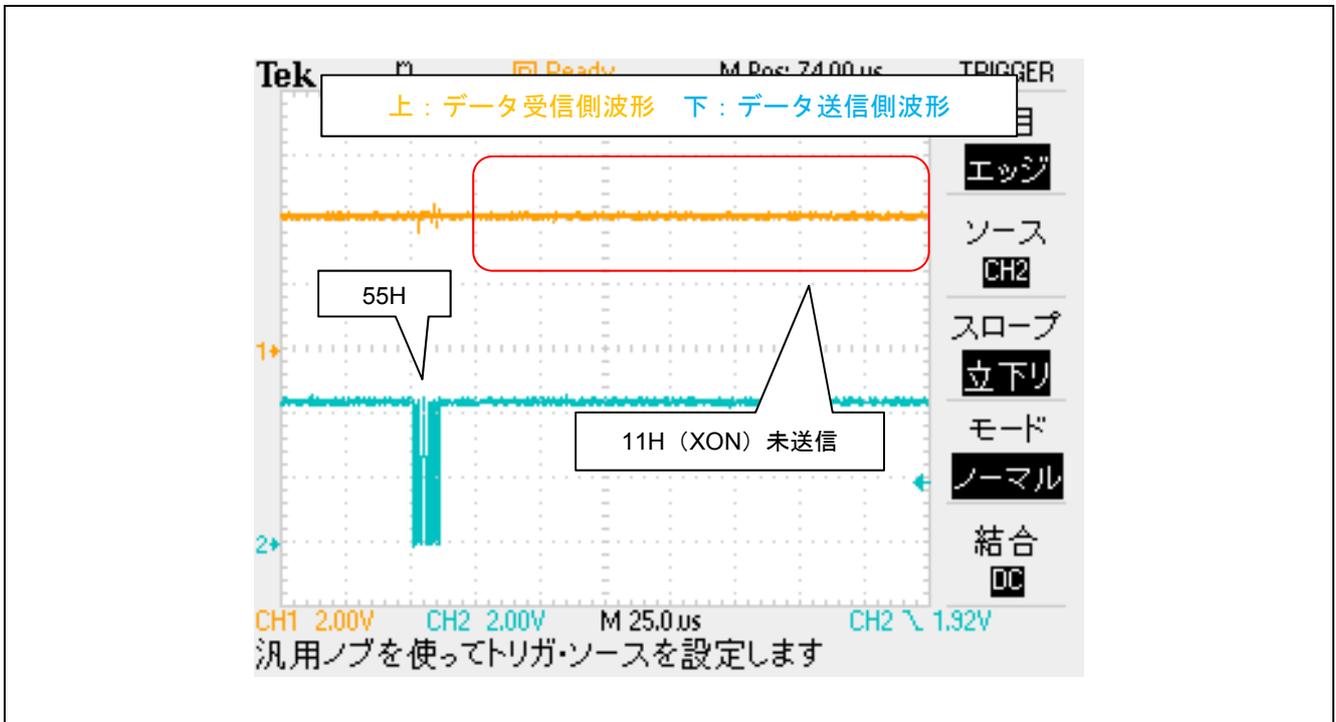


図 6.8 ボー・レート補正の失敗時の波形

HL	0x0000	汎用レジスタ(2)	-
A	0x00	汎用レジスタ(1)	-
[MODE]	'B' (0x42)	? (1)	0xffe3a
[LPCOUNT]	2 (0x02)	? (1)	0xffe41
[UASTT]	0 (0x00)	? (1)	0xffe36
[SENDPNT]	0x0000	? (2)	0xffe32
[DATA CNT]	0 (0x00)	? (1)	0xffe30

図 6.9 ボー・レート補正の失敗時の変数の内容

6.4 動作モードの切り替わり

図 6.10 にボー・レート補正完了後の変数の内容（送信側）を示します。「MODE」が'T'になっていることから送信動作になっていることがわかります。

図 6.11 にボー・レート補正完了後の変数の内容（受信側）を示します。「MODE」が'R'になっていることから受信動作になっていることがわかります。

Register Name	Value	Comment	Address
HL	0x0000	汎用レジスタ(2)	-
A	0x01	汎用レジスタ(1)	-
[MODE]	'T' (0x54)	?(1)	0xffe3a
[UASTT]	0 (0x00)	?(1)	0xffe36
[SENDPNT]	0x0000	?(2)	0xffe32
[LPCOUNT]	5 (0x05)	?(1)	0xffe41
[DATACNT]	0 (0x00)	?(1)	0xffe39
[CMCSTATE]	1 (0x01)	?(1)	0xffe3b

図 6.10 ボー・レート補正完了後の変数の内容（送信側）

Register Name	Value	Comment	Address
HL	0x0000	汎用レジスタ(2)	-
A	0x11	汎用レジスタ(1)	-
[MODE]	'R' (0x52)	?(1)	0xffe3a
[UASTT]	0 (0x00)	?(1)	0xffe36
[SENDPNT]	0x0000	?(2)	0xffe32
[LPCOUNT]	0 (0x00)	?(1)	0xffe41
[DATACNT]	0 (0x00)	?(1)	0xffe39

図 6.11 ボー・レート補正完了後の変数の内容（受信側）

6.5 ソフトウェア・ハンドシェイク通信

データ送信側から 3 バイトのデータ ("ABC") を 5 回送信した時のデータ受信側の変数の内容を図 6.12 に示します。CMCSTATE (送信許可状態/送信禁止状態を示す) の値が 0、DATACNT (受信済みバッファの数を示す) の値が 14 になっていることから、途中で送信禁止状態に移り、15 バイト目のデータが送信されていないことがわかります。

この状態から、データ受信側のスイッチを 11 回押下した時のデータ受信側の変数の内容を図 6.13 に示します。CMCSTATE の値が 1 になっていることから、一度 DATACNT の値が 3 になり、送信許可状態に移ったことがわかります。その後、中断されていた 15 バイト目のデータの送信が再開されたため、DATACNT の値は 4 となります。

[UASTT]	0 (0x00) ?(1)	0xffe36
[SENDPNT]	0x0000 ?(2)	0xffe32
[LPCOUNT]	0 (0x00) ?(1)	0xffe41
[DATACNT]	14 (0x0e) ?(1)	0xffe39
[CMCSTATE]	0 (0x00) ?(1)	0xffe3b
[DIVDATA]	-128 (0x80) ?(1)	0xffe3f
[DATABUF]	65 (0x41) ?(1)	0xffe20
[CAPTUREH]	4 (0x04) ?(1)	0xffe40
[DATABUF]	'A' (0x41) ?(1)	0xffe20
[DATABUF+1]	'B' (0x42) ?(1)	0xffe21

図 6.12 送信禁止状態に移ったデータ受信側の変数の内容

0x42 汎用レジスタ(1)	-	
[UASTT]	0 (0x00) ?(1)	0xffe36
[SENDPNT]	0x0000 ?(2)	0xffe32
[LPCOUNT]	0 (0x00) ?(1)	0xffe41
[DATACNT]	4 (0x04) ?(1)	0xffe39
[CMCSTATE]	1 (0x01) ?(1)	0xffe3b
[DIVDATA]	-128 (0x80) ?(1)	0xffe3f
[DATABUF]	65 (0x41) ?(1)	0xffe20
[CAPTUREH]	4 (0x04) ?(1)	0xffe40
[DATABUF]	'A' (0x41) ?(1)	0xffe20

図 6.13 送信許可状態に移ったデータ受信側の変数の内容

7. サンプル・プログラム

ルネサス エレクトロニクスのウェブサイトでサンプル・プログラムを入手してください。

8. 参考ドキュメント

ルネサス エレクトロニクスのウェブサイトで最新版のドキュメントを入手してください。

RL78/G10 ユーザーズマニュアル ハードウェア編 (R01UH0384JJ)

RL78 ファミリ ユーザーズマニュアル ソフトウェア編 (R01US0015JJ)

(最新版をルネサス エレクトロニクスホームページから入手してください。)

テクニカルアップデート/テクニカルニュース

(最新の情報をルネサス エレクトロニクスホームページから入手してください。)

ホームページとサポート窓口

ルネサス エレクトロニクスホームページ

<http://japan.renesas.com/>

お問合せ先

<http://japan.renesas.com/contact/>

すべての商標および登録商標は、それぞれの所有者に帰属します。

改訂記録

Rev.	発行日	改訂内容	
		ページ	ポイント
1.00	2016/10/05	—	初版発行

製品ご使用上の注意事項

ここでは、マイコン製品全体に適用する「使用上の注意事項」について説明します。個別の使用上の注意事項については、本ドキュメントおよびテクニカルアップデートを参照してください。

1. 未使用端子の処理

【注意】未使用端子は、本文の「未使用端子の処理」に従って処理してください。

CMOS製品の入力端子のインピーダンスは、一般に、ハイインピーダンスとなっています。未使用端子を開放状態で動作させると、誘導現象により、LSI周辺のノイズが印加され、LSI内部で貫通電流が流れたり、入力信号と認識されて誤動作を起こす恐れがあります。未使用端子は、本文「未使用端子の処理」で説明する指示に従い処理してください。

2. 電源投入時の処置

【注意】電源投入時は、製品の状態は不定です。

電源投入時には、LSIの内部回路の状態は不確定であり、レジスタの設定や各端子の状態は不定です。

外部リセット端子でリセットする製品の場合、電源投入からリセットが有効になるまでの期間、端子の状態は保証できません。

同様に、内蔵パワーオンリセット機能を使用してリセットする製品の場合、電源投入からリセットのかかる一定電圧に達するまでの期間、端子の状態は保証できません。

3. リザーブアドレス（予約領域）のアクセス禁止

【注意】リザーブアドレス（予約領域）のアクセスを禁止します。

アドレス領域には、将来の機能拡張用に割り付けられているリザーブアドレス（予約領域）があります。これらのアドレスをアクセスしたときの動作については、保証できませんので、アクセスしないようにしてください。

4. クロックについて

【注意】リセット時は、クロックが安定した後、リセットを解除してください。

プログラム実行中のクロック切り替え時は、切り替え先クロックが安定した後に切り替えてください。

リセット時、外部発振子（または外部発振回路）を用いたクロックで動作を開始するシステムでは、クロックが十分安定した後、リセットを解除してください。また、プログラムの途中で外部発振子

（または外部発振回路）を用いたクロックに切り替える場合は、切り替え先のクロックが十分安定してから切り替えてください。

5. 製品間の相違について

【注意】型名の異なる製品に変更する場合は、製品型名ごとにシステム評価試験を実施してください。

同じグループのマイコンでも型名が違うと、内部ROM、レイアウトパターンの相違などにより、電気的特性の範囲で、特性値、動作マージン、ノイズ耐量、ノイズ輻射量などが異なる場合があります。型名が違う製品に変更する場合は、個々の製品ごとにシステム評価試験を実施してください。

ご注意書き

1. 本資料に記載された回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報は、半導体製品の動作例、応用例を説明するものです。お客様の機器・システムの設計において、回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報を使用する場合には、お客様の責任において行ってください。これらの使用に起因して、お客様または第三者に生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
2. 本資料に記載されている情報は、正確を期すため慎重に作成したのですが、誤りがないことを保証するものではありません。万一、本資料に記載されている情報の誤りに起因する損害がお客様に生じた場合においても、当社は、一切その責任を負いません。
3. 本資料に記載された製品データ、図、表、プログラム、アルゴリズム、応用回路例等の情報の使用に起因して発生した第三者の特許権、著作権その他の知的財産権に対する侵害に関し、当社は、何らの責任を負うものではありません。当社は、本資料に基づき当社または第三者の特許権、著作権その他の知的財産権を何ら許諾するものではありません。
4. 当社製品を改造、改変、複製等しないでください。かかる改造、改変、複製等により生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
5. 当社は、当社製品の品質水準を「標準水準」および「高品質水準」に分類しており、各品質水準は、以下に示す用途に製品が使用されることを意図しております。
標準水準： コンピュータ、OA機器、通信機器、計測機器、AV機器、
家電、工作機械、パーソナル機器、産業用ロボット等
高品質水準： 輸送機器（自動車、電車、船舶等）、交通用信号機器、
防災・防犯装置、各種安全装置等
当社製品は、直接生命・身体に危害を及ぼす可能性のある機器・システム（生命維持装置、人体に埋め込み使用するもの等）、もしくは多大な物的損害を発生させるおそれのある機器・システム（原子力制御システム、軍事機器等）に使用されることを意図しておらず、使用することはできません。たとえ、意図しない用途に当社製品を使用したことによりお客様または第三者に損害が生じても、当社は一切その責任を負いません。なお、ご不明点がある場合は、当社営業にお問い合わせください。
6. 当社製品をご使用の際は、当社が指定する最大定格、動作電源電圧範囲、放熱特性、実装条件その他の保証範囲内でご使用ください。当社保証範囲を超えて当社製品をご使用された場合の故障および事故につきましては、当社は、一切その責任を負いません。
7. 当社は、当社製品の品質および信頼性の向上に努めていますが、半導体製品はある確率で故障が発生したり、使用条件によっては誤動作したりする場合があります。また、当社製品は耐放射線設計については行っておりません。当社製品の故障または誤動作が生じた場合も、人身事故、火災事故、社会的損害等を生じさせないよう、お客様の責任において、冗長設計、延焼対策設計、誤動作防止設計等の安全設計およびエージング処理等、お客様の機器・システムとしての出荷保証を行ってください。特に、マイコンソフトウェアは、単独での検証は困難なため、お客様の機器・システムとしての安全検証をお客様の責任で行ってください。
8. 当社製品の環境適合性等の詳細につきましては、製品個別に必ず当社営業窓口までお問合せください。ご使用に際しては、特定の物質の含有・使用を規制するRoHS指令等、適用される環境関連法令を十分調査のうえ、かかる法令に適合するようご使用ください。お客様がかかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
9. 本資料に記載されている当社製品および技術を国内外の法令および規則により製造・使用・販売を禁止されている機器・システムに使用することはできません。また、当社製品および技術を大量破壊兵器の開発等の目的、軍事利用の目的その他軍用用途に使用しないでください。当社製品または技術を輸出する場合は、「外国為替及び外国貿易法」その他輸出関連法令を遵守し、かかる法令の定めるところにより必要な手続を行ってください。
10. お客様の転売等により、本ご注意書き記載の諸条件に抵触して当社製品が使用され、その使用から損害が生じた場合、当社は何らの責任も負わず、お客様にご負担して頂きますのでご了承ください。
11. 本資料の全部または一部を当社の文書による事前の承諾を得ることなく転載または複製することを禁じます。

注1. 本資料において使用されている「当社」とは、ルネサス エレクトロニクス株式会社およびルネサス エレクトロニクス株式会社がその総株主の議決権の過半数を直接または間接に保有する会社をいいます。

注2. 本資料において使用されている「当社製品」とは、注1において定義された当社の開発、製造製品をいいます。



ルネサスエレクトロニクス株式会社

■営業お問合せ窓口

<http://www.renesas.com>

※営業お問合せ窓口の住所は変更になることがあります。最新情報につきましては、弊社ホームページをご覧ください。

ルネサス エレクトロニクス株式会社 〒135-0061 東京都江東区豊洲3-2-24 (豊洲フォレシア)

■技術的なお問合せおよび資料のご請求は下記へどうぞ。
総合お問合せ窓口：<http://japan.renesas.com/contact/>