

RL78/G10

ウォッチドッグ・タイマの割り込み機能を使用した インターバル・タイマ（クロック補正あり） CC-RL

要旨

本アプリケーションノートでは、タイマ・アレイ・ユニット（TAU）を使用せずに、ウォッチドッグ・タイマ（WDT）のインターバル割り込みを使用したインターバル・タイマの実現方法を説明します。本アプリケーションノートではソフトウェアでインターバル・タイマの周期補正処理を行い、インターバル・タイマ精度を $\pm 3\%$ 以内に高めます（精度 $\pm 3\%$ 以内は、周囲温度 25℃での実測値です）。

対象デバイス

RL78/G10

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	3
1.1	インターバル時間の精度補正方法	6
1.2	動作中のインターバル時間の精度補正	7
1.3	インターバル・タイマの実測値（参考）	8
2.	動作確認条件	9
3.	関連アプリケーションノート	9
4.	ハードウェア説明	10
4.1	ハードウェア構成例	10
4.2	使用端子一覧	10
5.	ソフトウェア説明	11
5.1	動作概要	11
5.2	オプション・バイトの設定一覧	14
5.3	定数一覧	14
5.4	変数一覧	15
5.5	関数（サブルーチン）一覧	16
5.6	関数（サブルーチン）仕様	17
5.7	フローチャート	19
5.7.1	CPU 初期化関数	20
5.7.2	入出力ポート設定	21
5.7.3	クロック発生回路の設定	23
5.7.4	INTP0 初期設定	24
5.7.5	INTWDTI 初期設定	27
5.7.6	メイン処理	30
5.7.7	インターバルの設定	31
5.7.8	INTWDTI の発生周期測定（BC レジスタ、WDT のカウンタクリア）	32
5.7.9	INTWDTI の発生周期測定	33
5.7.10	INTP0 割り込み処理	34
5.7.11	INTWDTI 割り込み処理	35
6.	サンプルコード	38
7.	参考ドキュメント	38

1. 仕様

本アプリケーションノートでは、WDT を使用して 100ms から 500ms まで（100ms 単位）設定可能なインターバル・タイマを実現しています。インターバル・タイマは、100ms のインターバル時間をカウントし、インターバル割り込みを生成します。

メイン・プログラムは、インターバル・タイマの初期設定後、STOP モードにてウォッチドッグ・タイマの割り込み（INTWDTI）を待機します。100ms のインターバル時間は、INTWDTI の発生回数をソフトウェアでカウントすることで計測します。このカウント回数を調整することで、100ms のインターバル時間を補正します。

設定されたインターバル時間（100ms～500ms）が経過したら LED のドライブを反転します。インターバル時間は、SW1（INTP0）の押下回数によって設定されます。SW1 が押された場合には INTP0 が発生し、押された回数のカウントアップを行います。

インターバル時間はリセット後 100ms に設定されており、SW1 を押下する毎に 100ms プラスされます。インターバル時間が 500ms の状態で SW1 を押下した場合には、インターバルは 100ms に戻ります。

表 1.1 使用する周辺機能と用途に使用する周辺機能と用途を示します。

図 1.1 に動作概要を示します。

図 1.2 に WDT を使用したインターバル・タイマの動作を示します。

具体的なインターバル時間の補正方法について、「1.1 インターバル時間の精度補正方法」と「1.2 動作中のインターバル時間の精度補正」に示します。

表 1.1 使用する周辺機能と用途

周辺機能	用途
ウォッチドッグ・タイマ	WDT のインターバル割り込みでインターバル・タイマの基準時間を作ります。
INTP0（外部割り込み）	インターバル・タイマのインターバル時間を変更します。

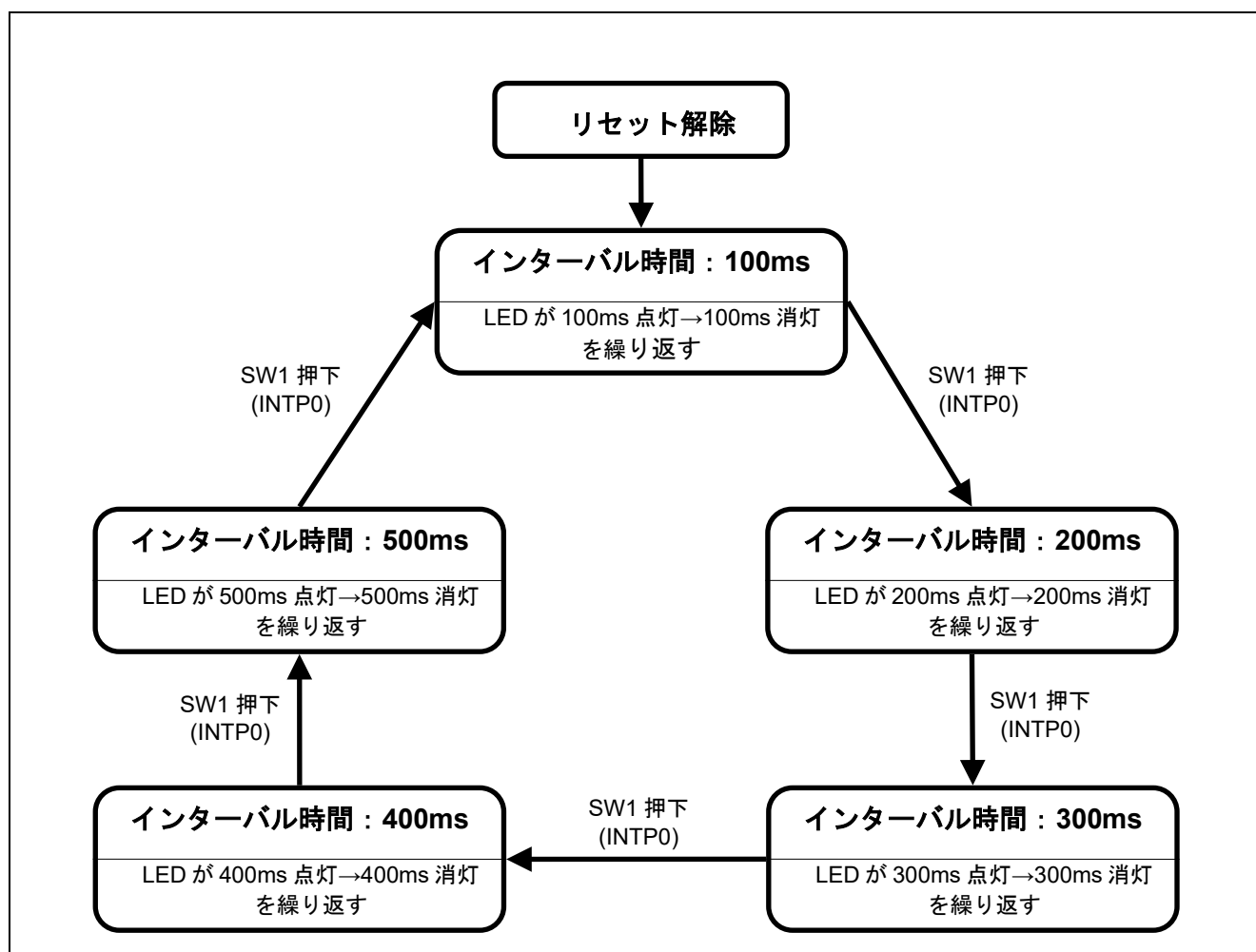


図 1.1 動作概要

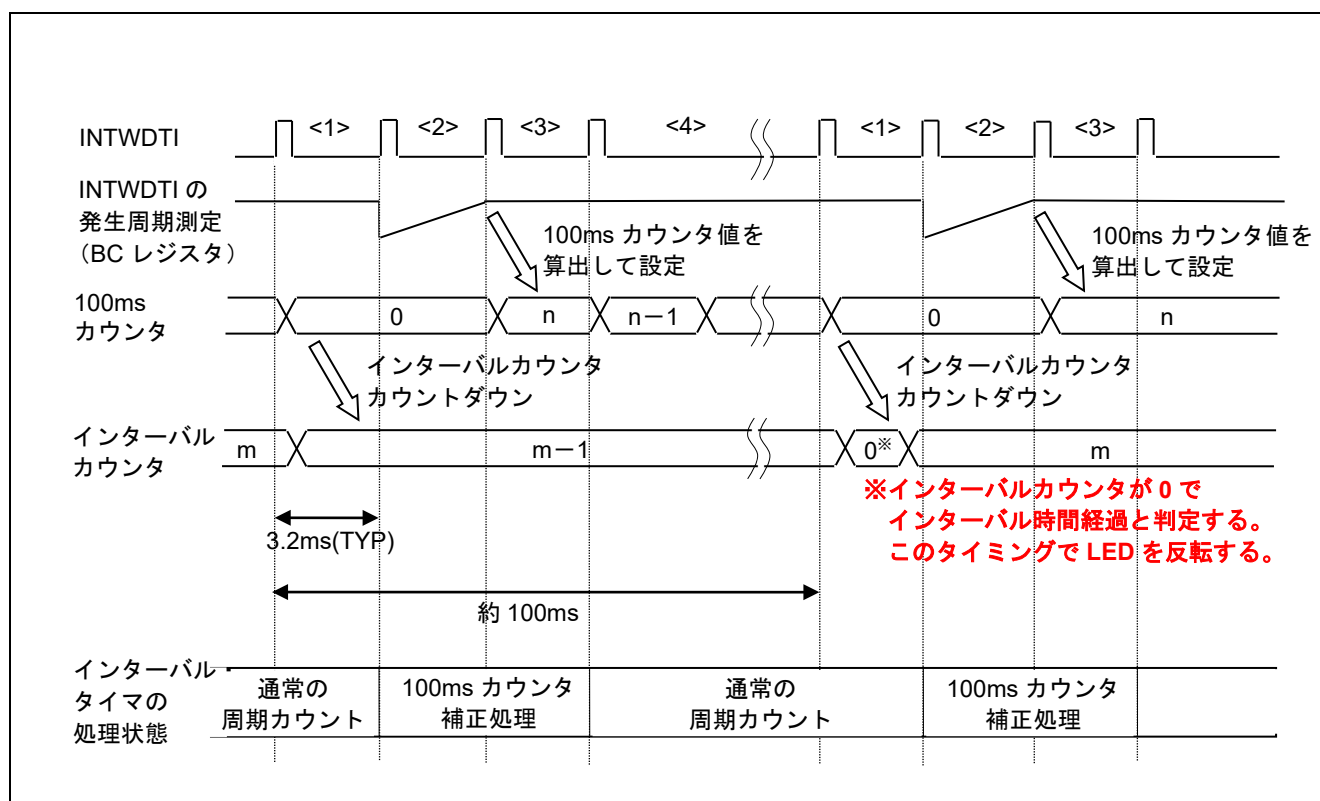


図 1.2 WDT を使用したインターバル・タイマの動作

- <1>. 通常の周期カウントを行い、100ms カウンタが 0 になったら、インターバルカウンタをカウントダウンします。
- <2>. 100ms カウンタが 0 の状態で INTWDTI が発生した場合は、100ms カウンタの補正処理を行います。INTWDTI の発生周期をソフトウェアで測定します。INTWDTI の発生周期測定に使用する BC レジスタをカウントアップしながら、INTWDTI の発生を待ちます。
- <3>. 手順<2>で計測した INTWDTI の発生周期 (BC レジスタ値) を利用して、約 100ms となる INTWDTI の発生回数を算出します。算出された値を 100ms カウンタに設定します。
- <4>. 通常の周期カウントを行います。INTWDTI が発生する度に 100ms カウンタをカウントダウンします。

1.1 インターバル時間の精度補正方法

(1) INTWDTI の周期測定

INTWDTI の発生周期をソフトウェアで測定します。図 1.3 に周期測定プログラムを示します。このプログラムは、WDT をクリアしてから INTWDTI 発生まで BC レジスタをカウントアップします。このプログラムのループ部分の実行クロック数は 7 クロックなので、10MHz で動作する場合はループ部分の実行時間は 0.7us となります。また、INTWDTI の最長周期時 ($3.765\text{ms} (=2^6 / (15\text{kHz}-15\%) \times 0.75)$) の BC レジスタのカウント値は 5378 なので、16 ビットの BC レジスタで十分に実現できます。

	MOV	WDTE,	#0xAC	; clear watch dog timer
CLLOOP:				
	INCW	BC		; count up (2 clocks)
	BF	WDTIIF,	\$CLLOOP	; wait for WDTI interrupt (5 clocks)

図 1.3 ソフトウェアでの INTWDTI 周期測定処理

(2) 100ms カウンタの算出方法

INTWDTI の周期測定で得た結果から、100ms に最も近い INTWDTI の発生回数を求めます。

INTWDTI の発生周期は、以下の式で求めます。

$$\text{INTWDTI の発生周期} = 2^6 / f_{\text{IL}} \times 0.75$$

f_{IL} : 低速オンチップ・オシレータ・クロック (LOCO) 周波数

f_{IL} の精度が $15\text{kHz} \pm 15\%$ であるため、INTWDTI の発生周期は $2.783\text{ms} \sim 3.765\text{ms}$ となります。よって、100ms に最も近い INTWDTI の発生回数は、27～36 回となります。

つぎに、BC レジスタのカウント値から 100ms となる INTWDTI 発生回数を算出するために、判定条件を計算します。INTWDTI 発生回数が 27 と 28 のどちらになるのかを判定するために、中間値である INTWDTI 発生回数が 27.5 であった場合の BC カウント値を求めます。同様に、INTWDTI 発生回数が $28.5 \sim 35.5$ (1 刻み) の場合の BC カウント値 (C) を求めます (表 1.2 参照)。

表 1.2 100ms に最も近い INTWDTI 発生回数の区切り

カウント 回数(A)	周期(ms) (B) [※] = 100ms / (A)	BCカウント値(C) = (B) / 0.7us	(D) = (C) / 128	(E) = 66 - (D)	100msに最も近い INTWDTI発生回数
27.5	3.64	5194	40	26 [※]	27
28.5	3.51	5012	39	27 [※]	28
29.5	3.39	4842	37	29	29
30.5	3.28	4683	36	30	30
31.5	3.17	4535	35	31	31
32.5	3.08	4395	34	32	32
33.5	2.99	4264	33	33	33
34.5	2.90	4140	32	34	34
35.5	2.82	4024	31	35	35
-	-	-	-	-	36

注. 表中には、小数第三位で四捨五入した値を記載しています。

※ 補正対象

※ また、100ms となる INTWDTI 発生回数を簡単に算出するために、BC レジスタのカウント値 (C) を利用した近似式を求めます。BC レジスタのカウント値 (C) を 128 で割る（実際には 1 ビット左シフトして B レジスタの値を取る）と、ほぼ 1 刻みの結果 (D) が得られます。この (D) の値を INTWDTI の発生回数である 27～36 回に合わせるため、66 から (D) の値を引きます (E)。(E) の不連続となっている補正対象 (※) に 1 を加えると、27～36 の連続した整数値が得られます。この処理を実際にプログラムにすると図 1.4 の様になり、7 クロックのプログラムで実現できます。

SHLW	BC,	1	; 1bit shift left
MOV	A,	#66	
SUB	A,	B	; get loop count data
CMP	A,	#28	; check less than 28
SKNC			
INC	A		; adjust +1 if 27 or 26

図 1.4 100ms となる INTWDTI 発生回数演算プログラム

上記処理により、100ms カウンタが実現できます。

1.2 動作中のインターバル時間の精度補正

ウォッチドッグ・タイマの割り込み機能を使用したインターバル・タイマのインターバル時間の精度を保つためには、定期的にインターバル時間の測定とその補正を行う必要があります。

本アプリケーションノートでは、100ms のカウントを開始するときに INTWDTI の発生周期の測定と補正を行います。

1.3 インターバル・タイマの実測値（参考）

本アプリケーションノートで実現したインターバル・タイマの実測値（参考）を表 1.3 に示します。表 1.3 の実測値は、周囲温度(T_A) = 25°Cでの測定結果です。

各インターバル時間の基準となる 100ms の誤差率が 2.3%であるため、200ms から 500ms においても同様に 2.3%の誤差率となります。

表 1.3 インターバル・タイマの実測値 (T_A = 25°C)

目標値(ms)	実測値(ms)	誤差率(%)
100	97.7	2.3
200	195.4	2.3
300	293.1	2.3
400	390.7	2.3
500	488.4	2.3

2. 動作確認条件

本アプリケーションノートのサンプルコードは、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 (R5F10Y16)
動作周波数	● 高速オンチップ・オシレータ (HOCO) クロック : 10MHz ● CPU/周辺ハードウェア・クロック : 10MHz
動作電圧	5.0V (2.9V~5.5V で動作可能) SPOR 検出電圧 : 立ち上がり電圧 : 2.90V 立ち下がり電圧 : 2.84V
統合開発環境 (CS+)	ルネサス エレクトロニクス製 CS+ for CC V3.01.00
アセンブラ (CS+)	ルネサス エレクトロニクス製 CC-RL V1.01.00
統合開発環境 (e ² studio)	ルネサス エレクトロニクス製 e ² studio V4.0.2.008
アセンブラ (e ² studio)	ルネサス エレクトロニクス製 CC-RL V1.01.00
統合開発環境 (IAR)	IAR Systems 製 IAR Embedded Workbench for Renesas RL78 V4.21.3
アセンブラ (IAR)	IAR Systems 製 IAR Assembler for Renesas RL78 V4.21.2.2420
使用ボード	RL78/G10 ターゲット・ボード (QB-R5F10Y16-TB)

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 (R01AN2668J) 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

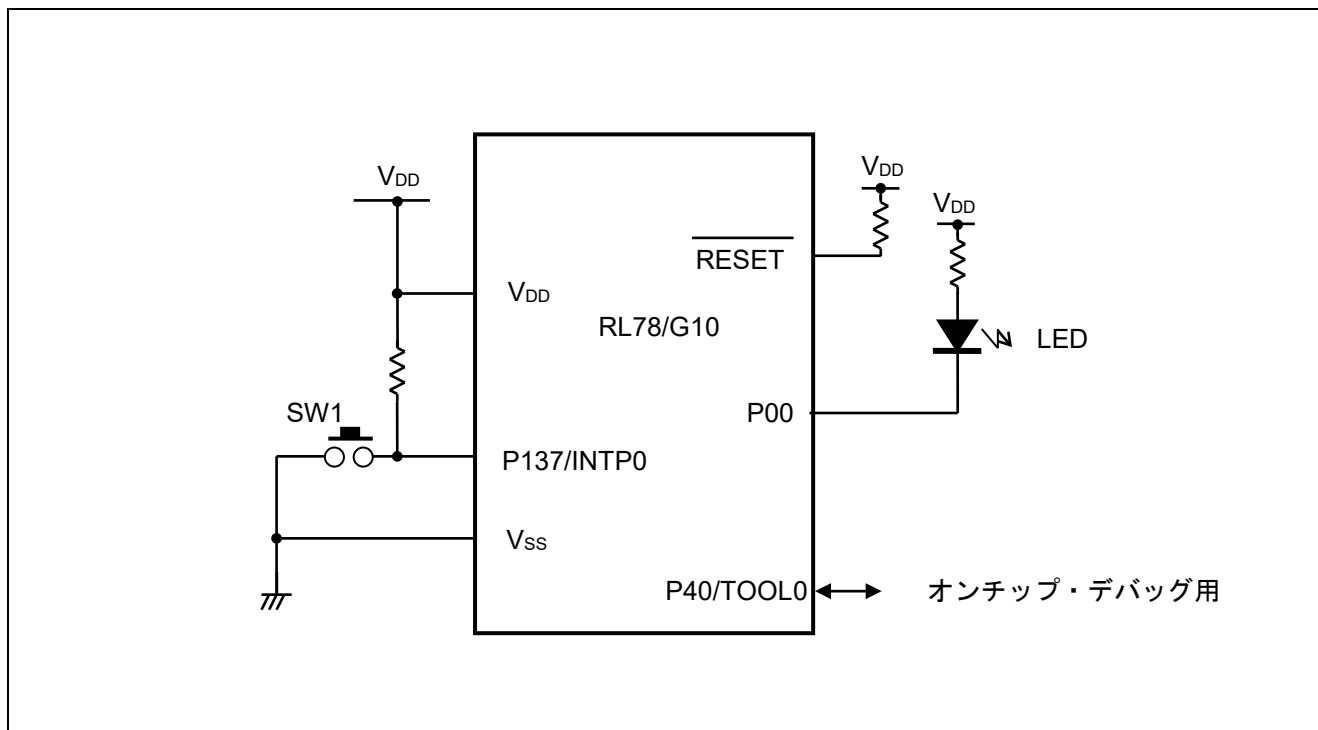


図 4.1 ハードウェア構成例

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 V_{DD} 又は V_{SS} に接続して下さい）。

2 V_{DD} は SPOR にて設定したリセット解除電圧 (V_{SPOR}) 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	内容
P00	出力	LED ドライブ用ポート
P137/INTP0	入力	インターバル時間設定用スイッチ入力 (SW1)

5. ソフトウェア説明

5.1 動作概要

本アプリケーションノートでは、メイン・プログラムでインターバル・タイマの初期設定後 STOP モードにて INTWDTI 発生を待機します。

100ms のカウント開始時に、インターバル時間の精度補正を行います。INTWDTI の発生周期をソフトウェアでカウントし、その結果から 100ms カウンタ (変数 TIMEBASE) を設定します。以降、INTWDTI 発生の度に 100ms カウンタ (変数 TIMEBASE) をカウントダウンします。

インターバル時間設定用スイッチ (SW1) 入力は常時受け付けます。SW1 が押されるとチャタリング対策処理を行います。SW1 の押下により INTP0 割り込みが発生すると、INTP0 割り込みを禁止してチャタリング対策用カウンタ (変数 CHATCOUNT) を設定し、INTP0 割り込みを禁止します。INTWDTI が発生する度にチャタリング対策用カウンタ (変数 CHATCOUNT) をカウントダウンし、チャタリング除去時間が経過 (変数 CHATCOUNT = 0) したら P137/INTP0 端子の入力レベルを確認します。P137/INTP0 端子がロウレベルであれば SW1 が押されたと判定し、INTP0 割り込みを再び許可して SW1 押下回数カウンタ (変数 KEYCOUNT) をカウントアップします。SW1 押下回数カウンタ (変数 KEYCOUNT) に対応したデータを次のインターバル時間としてインターバルカウンタ (変数 PERIOD) に設定します。

100ms のカウント動作は、INTWDTI が発生する度に 100ms カウンタ (変数 TIMEBASE) をカウントダウンし、100ms のタイミング (変数 TIMEBASE = 0) になったら、インターバルカウンタ (変数 PERIOD) をカウントダウンします。設定されたインターバル時間が経過 (変数 PERIOD = 0) したら、LED のドライブを反転し、SW1 押下回数カウンタ (変数 KEYCOUNT) に対応したデータを次のインターバル時間としてインターバルカウンタ (変数 PERIOD) に設定します。

(1) 使用する周辺機能の初期設定を行います。

＜設定条件＞

- ① INTWDTI の割り込みをマスクし、割り込み優先順位レベルを高優先順位に設定します。
- ② INTP0 の有効エッジを立ち下がりがエッジ検出に設定し、INTP0 の割り込みマスクを解除します。

(2) 使用する変数の初期化を行います。

- ① INTWDTI 割り込みハンドラ内分岐先アドレス (変数 PROCEDURE) にチャタリング対策処理 (ラベル: IINTWDTISUB) のアドレスを設定します。
- ② SW1 押下回数カウンタ (変数 KEYCOUNT) をクリアします。
- ③ チャタリング対策用カウンタ (変数 CHATCOUNT) をクリアします。

(3) 100ms カウンタのカウントを開始し、INTWDTI 発生までの時間を計測します。

- ① INTWDTI の発生周期測定に使用する BC レジスタをクリアします。
- ② WDT のカウンタをクリアします。
- ③ BC レジスタをカウントアップしながら、INTWDTI の発生を待ちます。
- ④ INTWDTI が発生したら、INTWDTI の発生周期 (BC レジスタ値) を元に、100ms に最も近い INTWDTI 発生回数を算出して 100ms カウンタ (変数 TIMEBASE) に設定します。

(4) インターバル時間を設定します。

インターバル格納テーブル TINTVL[KEYCOUNT] の値をインターバル設定変数 PERIOD に設定します。リセット後は、この処理の前に KEYCOUNT はクリアされ、TINTVL[KEYCOUNT] は 1 になります。そのため、リセット後のインターバル時間は 100ms (PERIOD=1) に設定されます。

(5) LED を消灯し、INTWDTI の割り込みマスクを解除してベクタ割り込みを許可します。

(6) STOP モードに移行し、割り込みを待機します。メイン・プログラムは無限ループで STOP 命令を実行します。以降のプログラム処理は全て INTP0 の割り込みハンドラ、または INTWDTI の割り込みハンドラで行います。

(7) INTP0 割り込みが発生すると、チャタリング対策用カウンタ (変数 CHATCOUNT) に 9 を設定し、INTP0 割り込みを禁止して処理を抜けます。

(8) INTWDTI が発生すると、チャタリング対策処理と 100ms カウント処理を行います。

INTWDTI が発生すると、STOP モードが解除され受け付けた割り込みハンドラ内のプログラムを実行します (STOP モード解除から割り込み処理が起動するまでに数十 us の STOP 解除時間が掛かります。これは INTWDTI の発生周期 3.2ms に対して 1~2%程度です。100ms カウンタの精度補正時は、この STOP 解除時間分を BC レジスタの初期値で補正します)。具体的な処理の流れを次に示します。

① WDT のカウンタをクリアします。

② 100ms のカウント動作中は、チャタリング対策処理と 100ms カウント処理を行います。

チャタリング対策処理の流れを次に示します。

- チャタリング対策用カウンタ (変数 CHATCOUNT) が 0 の場合は、100ms カウント処理に移ります。チャタリング対策用カウンタ (変数 CHATCOUNT) が 0 以外の場合は、変数 CHATCOUNT をカウントダウンします。

- 変数 CHATCOUNT が 0 になり、チャタリング判定ウェイト時間が経過した場合は INTP0 割り込みを許可して P137/INTP0 端子の入力レベルを確認します。

変数 CHATCOUNT が 0 以外の場合は、100ms カウント処理に移ります。

- P137/INTP0 端子の入力論理がロウレベルの場合は、SW1 が押下されたと判定して SW1 押下回数カウンタ (変数 KEYCOUNT) をカウントアップします。

P137/INTP0 端子の入力論理がハイレベルの場合は、SW1 が押下されていないと判定して、100ms カウント処理に移ります。

- SW1 押下回数 (変数 KEYCOUNT) が、インターバルテーブル TINTVL の範囲を超えた場合は、SW1 押下回数をクリアして 100ms カウント処理に移ります。

100ms カウント処理の流れを次に示します。

- 100ms カウンタ（変数 TIMEBASE）をカウントダウンします。
- 100ms カウンタ（変数 TIMEBASE）が 0 の場合（100ms 経過）は、インターバルカウンタ（変数 PERIOD）をカウントダウンします。
100ms カウンタ（変数 TIMEBASE）が 0 以外の場合は、次の処理を実行します。
- インターバルカウンタ（変数 PERIOD）が 0 の場合（指定されたインターバル経過）は、インターバルカウンタ（変数 PERIOD）にインターバルテーブルの値（変数 TINTVL[KEYCOUNT]）を設定し、LED のドライブを反転します。次に INTWDTI 割り込みハンドラ内分岐先アドレス（変数 PROCEDURE）に INTWDTI 発生までの時間の計測処理（ラベル：MEASURESUB）のアドレスを設定します。
インターバルカウンタ（変数 PERIOD）が 0 以外の場合は、次の処理を実行します。

100ms のカウント開始時は、INTWDTI の発生周期測定後にチャタリング対策処理と 100ms カウント処理を行います。

INTWDTI の発生周期測定の流れを以下に記載します。

- BC レジスタに初期値として定数 TMOFFSET + 1 を設定します。

本アプリケーションノートでは、定数 TMOFFSET は 40 に設定しています。STOP モード解除時間は 27us(TYP) + 11 クロック（ベクタ割り込み処理を行う場合）であり、本アプリケーションノートでは RL78/G10 を 10MHz で動作しているため、28.1us となります。BC レジスタのカウントアップには 7 クロック（0.7us）を要するため、以下のようにオフセット値を求めています。

$$TMOFFSET = (27us + 11 \times 0.1us) \div 0.7us = 40$$

また、BC レジスタのカウントアップ処理を行う前に BC レジスタの内容をスタックへ退避（2 クロック）、BC レジスタに初期値を設定（1 クロック）、BC レジスタカウントアップ処理へ分岐（3 クロック）を行っているため、この 6 クロック分を反映するために TMOFFSET に 1 をプラスしています。

STOP モード解除時間の詳細については、RL78/G10 ユーザーズマニュアル ハードウェア編を参照してください。

- BC レジスタをカウントアップしながら INTWDTI の発生を待ちます。
- INTWDTI が発生したら、BC レジスタ値を元に約 100ms となる INTWDTI 発生回数を算出して 100ms カウンタ（変数 TIMEBASE）に設定します。
- 100ms カウンタ（変数 TIMEBASE）をカウントダウンします。
- INTWDTI 割り込みハンドラ内分岐先アドレス（変数 PROCEDURE）にチャタリング対策処理（ラベル：IINTWDTISUB）のアドレスを設定して、チャタリング対策処理と 100ms カウント処理を行います。

5.2 オプション・バイトの設定一覧

表 5.1 にオプション・バイト設定を示します。

表 5.1 オプション・バイト設定

アドレス	設定値	内容
000C0H/010C0H	11110001B	ウォッチドッグ・タイマ 動作許可 (リセット解除後、カウント開始 インターバル割り込み時間： $2^6 / f_{IL} \times 0.75$ HALT/STOP モード時、カウンタ動作許可)
000C1H/010C1H	11110111B	P125/RESET 端子：RESET 入力 (内蔵プルアップ抵抗が常時有効) SPOR 検出電圧 立ち上がり電圧：2.90V 立ち下がり電圧：2.84V
000C2H/010C2H	11111010B	HOCO：10MHz
000C3H/010C3H	10000101B	オンチップ・デバッグ許可

5.3 定数一覧

表 5.2 にサンプルコードで使用する変数を示します。

表 5.2 サンプルコードで使用する定数

定数名	設定値	内容
TMOFFSET	40	BC レジスタのオフセット値 (STOP モード解除時間分の BC レジスタ カウント値)
CHATNo	9	チャタリング対策用の INTWDTI カウント値 チャタリング除去の為、INTP0 発生後に INTWDTI が 9 回発生するのを待ってから P137/INTP0 端子の入力論理を確認します。

5.4 変数一覧

表 5.3 にサンプルコードで使用する変数を示します。

表 5.3 サンプルコードで使用する変数

型	変数名	内容	使用関数
8 ビット配列	TINTVL	インターバルテーブル	IINTWDTI、 SETINTERVAL
16 ビット変数	PROCEDURE	INTWDTI 割り込みハンドラ内分岐先アドレス 100ms のカウント開始時はラベル : MEASURESUB へ分岐し、100ms のカウント中はラベル : IINTWDTISUB へ分岐するよう設定される。	main、IINTWDTI、 SETINTERVAL
8 ビット変数	KEYCOUNT	SW1 押下回数カウンタ	main、IINTWDTI、 SETINTERVAL
8 ビット変数	CHATCOUNT	チャタリング対策用カウンタ	main、IINTWDTI
8 ビット変数	TIMEBASE	100ms カウンタ	main、IINTWDTI
8 ビット変数	PERIOD	インターバルカウンタ	IINTWDTI、SETINTERVAL

5.5 関数（サブルーチン）一覧

表 5.4 に関数（サブルーチン）を示します。

表 5.4 関数（サブルーチン）

関数名	概要
RESET_START	CPU の初期化
SINIPOINT	入出力ポートの設定
SINICKL	クロック発生回路の設定
SINIINTP0	INTP0 初期設定
SINIWDT	INTWDTI 初期設定
SETINTERVAL	インターバル設定
GETINTERVAL	INTWDTI の発生周期測定（測定前に BC レジスタと WDT のカウンタをクリアする）
CLOOP	INTWDTI の発生周期測定（測定前に BC レジスタと WDT のカウンタをクリアしない）
IINTP0	INTP0 割り込み処理
IINTWDTI	INTWDTI 割り込み処理

5.6 関数（サブルーチン）仕様

サンプルコードの関数（サブルーチン）仕様を示します。

[関数名] RESET_START

概要	リセット スタートでの CPU 初期化
説明	スタック・ポインタの設定、ハードウェアの初期設定後に main 処理を呼び出します。
引数	なし
リターン値	なし
備考	なし

[関数名] SINIPORT

概要	P0 の初期設定
説明	P01/AN10～P04/ANI3 端子をデジタル出力に設定します。
引数	なし
リターン値	なし
備考	なし

[関数名] SINICLK

概要	HOCODIV の初期設定
説明	高速オンチップ・オシレータ・クロック周波数を 10MHz に設定します。
引数	なし
リターン値	なし
備考	なし

[関数名] SINIINTP0

概要	INTP0 の初期設定
説明	INTP0 を立ち下がリエッジ検出に設定します。
引数	なし
リターン値	なし
備考	なし

[関数名] SINIWDT

概要	INTWDTI の初期設定
説明	WDT の 75%インターバル割り込み優先順位をレベル 0（最優先）に設定します。
引数	なし
リターン値	なし
備考	なし

[関数名] SETINTERVAL

概要	インターバルの設定
説明	SW1 押下回数に応じたインターバルをテーブルから読み出して、カウント用の変数 (PERIOD) に設定します。
引数	なし
リターン値	なし
備考	変数 KEYCOUNT を参照します。

[関数名] GETINTERVAL

概要	INTWDTI の発生周期測定 (BC レジスタ、WDT のカウンタクリア)
説明	BC レジスタをクリアし、WDT のカウンタをクリアしてから INTWDTI 発生周期を測定して、100ms に最も近い INTWDTI 発生回数を算出し 100ms カウンタ (変数 TIMEBASE) に算出結果を設定します。
引数	なし
リターン値	なし
備考	なし

[関数名] CLOOP

概要	INTWDTI の発生周期測定
説明	INTWDTI 発生周期を測定して、100ms に最も近い INTWDTI 発生回数を算出し 100ms カウンタ (変数 TIMEBASE) に算出結果を設定します。
引数	なし
リターン値	なし
備考	なし

[関数名] IINTP0

概要	INTP0 割り込み処理
説明	INTP0 の割り込みを受け付け、チャタリング防止カウンタを設定します。 INTP0 の割り込みを禁止 (マスク) します。
引数	なし
リターン値	なし
備考	なし

[関数名] IINTWDTI

概要	WDT75%インターバル割り込み処理
説明	INTWDTI の割り込みを受け付け、SW1 押下時はチャタリング対策処理を行います。 また、100ms カウンタ処理を行い、設定されたインターバル時間が経過したら LED を反転します。
引数	なし
リターン値	なし
備考	なし

5.7 フローチャート

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。

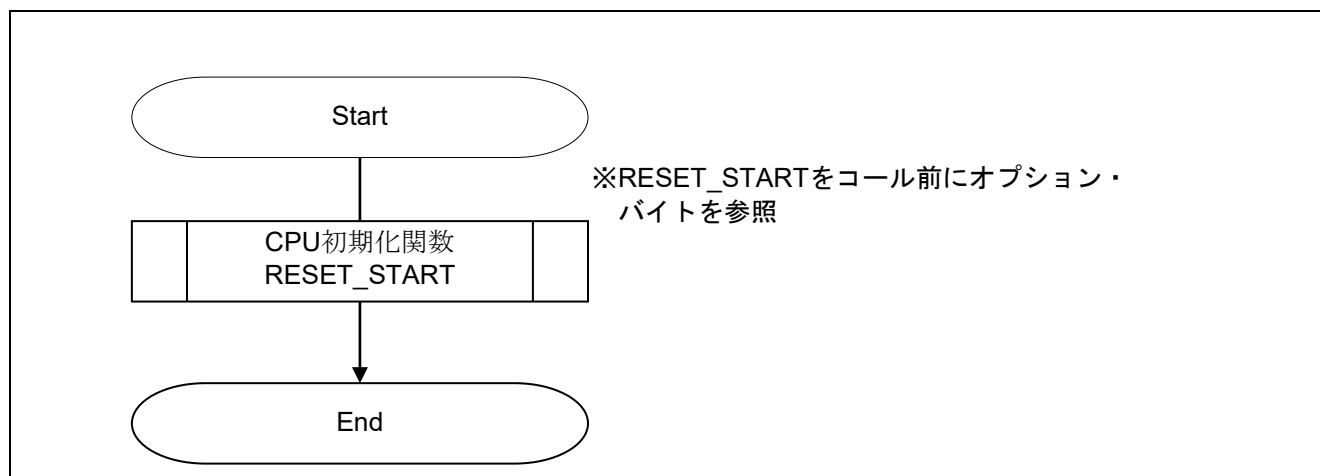


図 5.1 全体フロー

5.7.1 CPU 初期化関数

図 5.2 に CPU 初期化関数のフローチャートを示します。

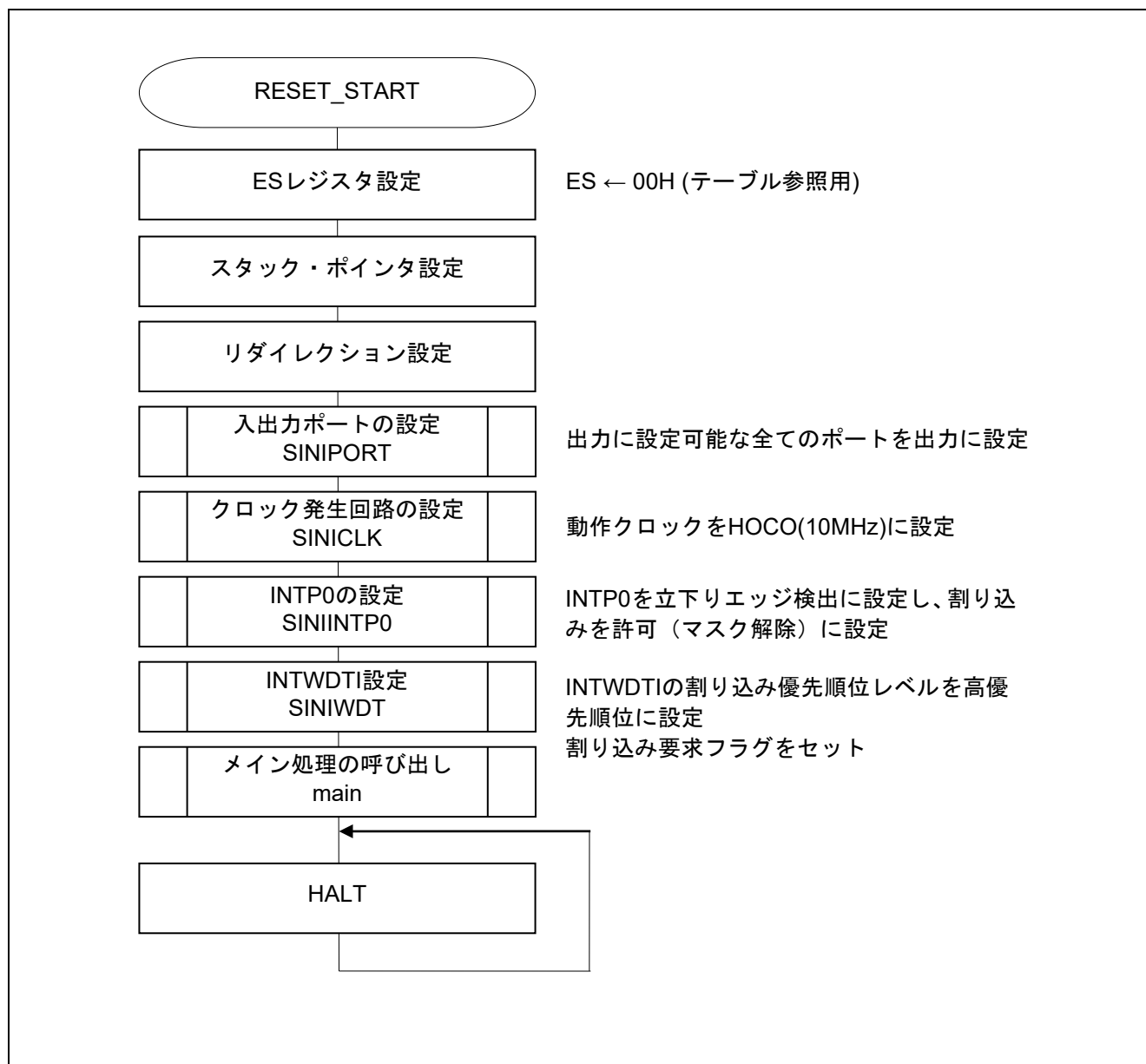


図 5.2 CPU 初期化関数

5.7.2 入出力ポート設定

図 5.3 に入出力ポート設定のフローチャートを示します。

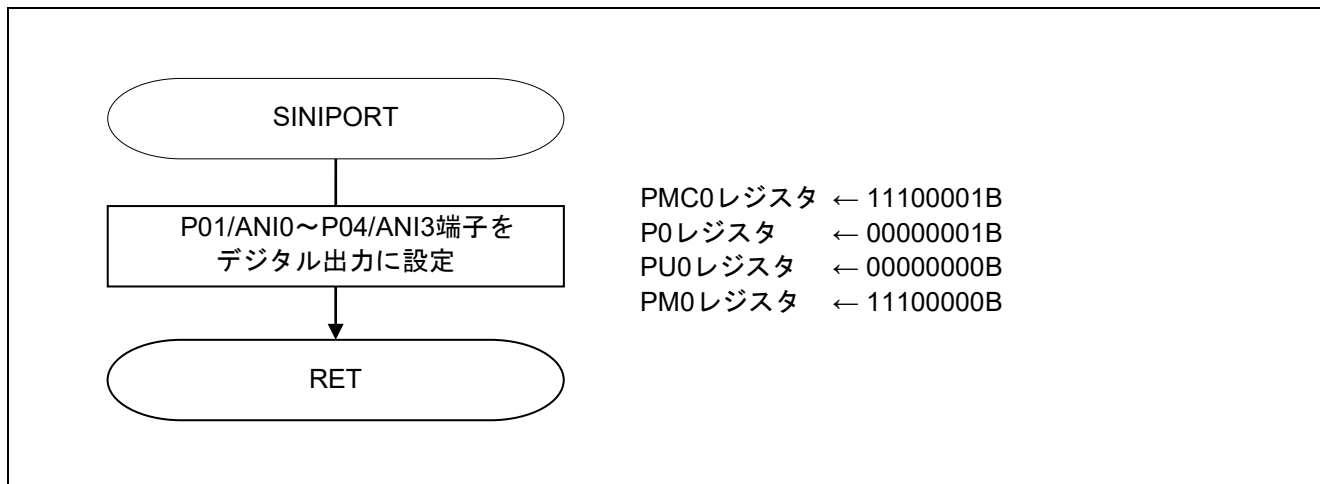


図 5.3 入出力ポート設定

ポート・モードの設定

- ・ポート・モード・コントロール・レジスタ 0(PMC0)
アナログ入力／デジタル入出力の切り替え
- ・ポート・レジスタ 0(P0)
各ポートの出力ラッチの設定
- ・プルアップ抵抗オプション・レジスタ 0(PU0)
内蔵プルアップ抵抗の選択
- ・ポート・モード・レジスタ 0(PM0)
各ポートの入出力モードの選択

略号 : PMC0

7	6	5	4	3	2	1	0
1	1	1	PMC04	PMC03	PMC02	PMC01	1
1	1	1	0	0	0	0	1

ビット4－1

PMC0n	P0n 端子のデジタル入出力／アナログ入力の選択
0	デジタル入出力（アナログ入力以外の兼用機能）
1	アナログ入力

注意 レジスタ設定方法の詳細については、RL78/G10 ユーザーズマニュアル ハードウェア編を参照してください。

略号 : P0

7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	P04	P03	P02	P01	P00
0	0	0	x	x	x	x	1

ビット 0

P00	P00 端子の出力データ制御
0	0 を出力
1	1 を出力

略号 : PM0

7	6	5	4	3	2	1	0
1	1	1	PM04	PM03	PM02	PM01	PM00
1	1	1	0	0	0	0	0

ビット 4－0

PM0n	P0n 端子の入出力モードの選択
0	出力モード（出力バッファ・オン）
1	入力モード（出力バッファ・オフ）

略号 : PU0

7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	PU04	PU03	PU02	PU01	PU00
0	0	0	0	0	0	0	0

ビット 4－0

PU0n	P0n 端子の内蔵プルアップ抵抗の選択
0	内蔵プルアップ抵抗を接続しない
1	内蔵プルアップ抵抗を接続する

注意 レジスタ設定方法の詳細については、**RL78/G10 ユーザーズマニュアル ハードウェア編**を参照してください。

5.7.3 クロック発生回路の設定

図 5.4 にクロック発生回路の設定のフローチャートを示します。

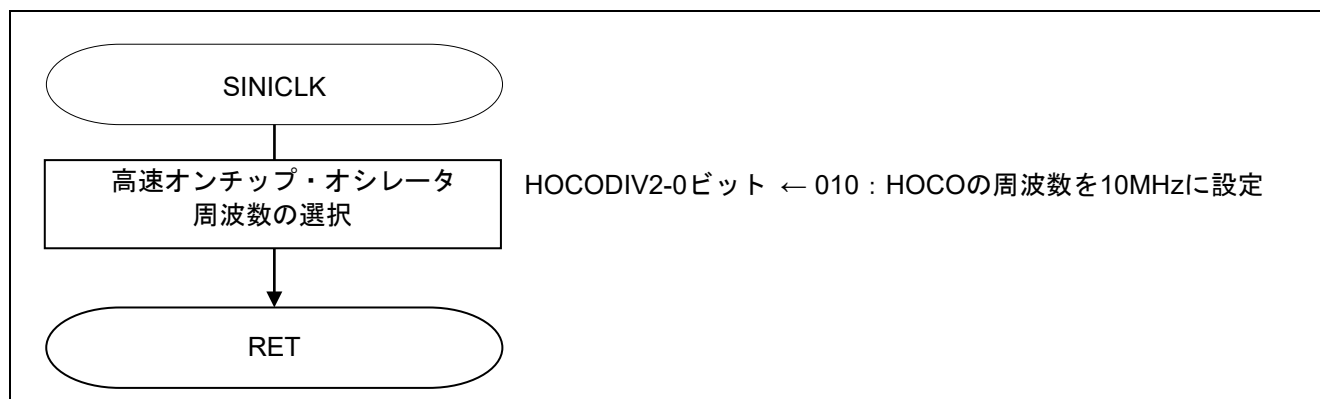


図 5.4 クロック発生回路の設定

高速オンチップ・オシレータ周波数の選択

- ・高速オンチップ・オシレータ周波数選択レジスタ(HOCODIV)

高速オンチップ・オシレータの周波数を選択します

略号 : HOCODIV

7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	0	HOCODIV2	HOCODIV1	HOCODIV0
0	0	0	0	0	0	1	0

ビット2-0

HOCODIV			高速オンチップ・オシレータ・クロック周波数
2	1	0	
0	0	1	20MHz
0	1	0	10MHz
0	1	1	5MHz
1	0	0	2.5MHz
1	0	1	1.25MHz
上記以外			設定禁止

注意 レジスタ設定方法の詳細については、RL78/G10 ユーザーズマニュアル ハードウェア編を参照してください。

5.7.4 INTP0 初期設定

図 5.5 に INTP0 初期設定のフローチャートを示します。

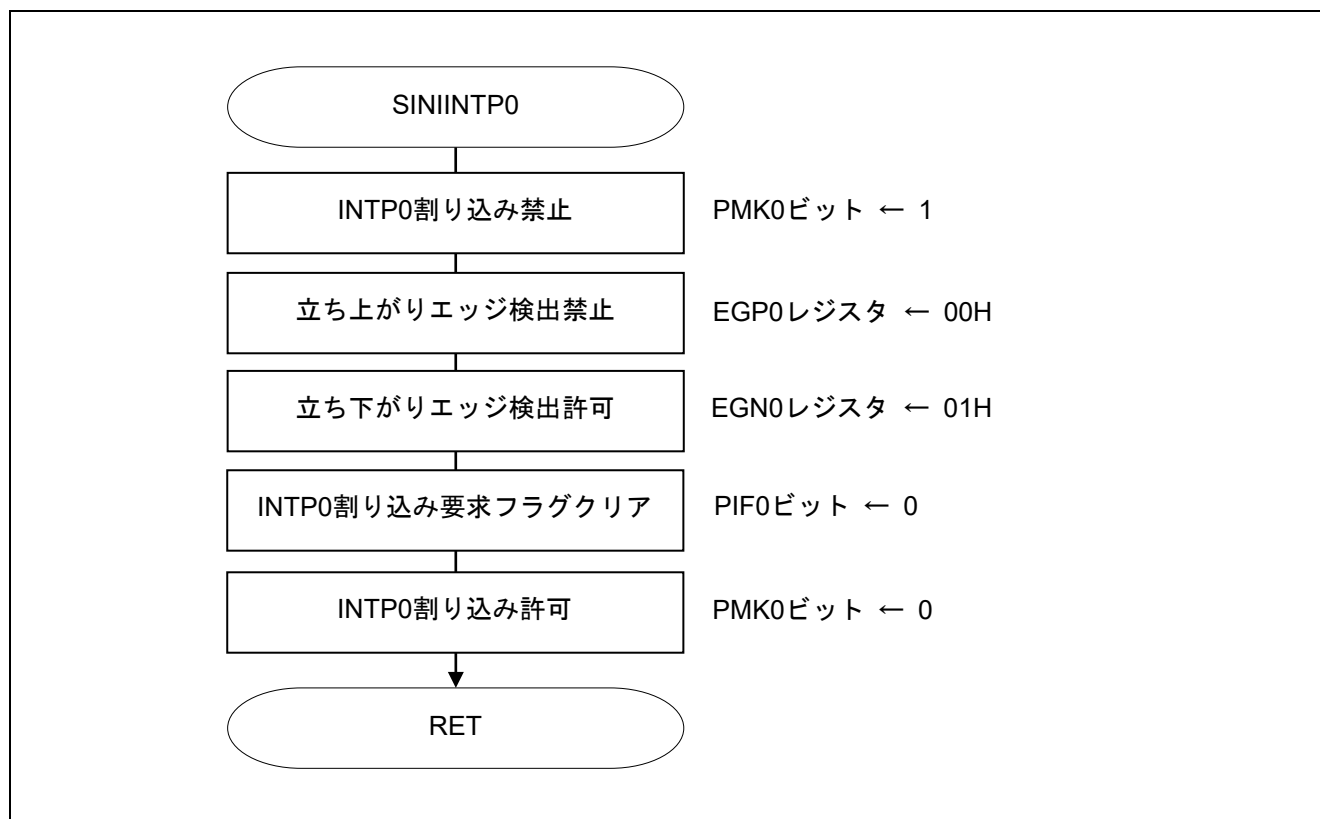


図 5.5 INTP0 初期設定

(1) INTP0 端子のエッジ検出を設定

- ・外部割り込み立ち上がり、立下りエッジ許可レジスタ(EGP0、EGN0)

INTP0 の有効エッジを設定するレジスタです。

略号： EGP0

7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	EGP3 注	EGP2 注	EGP1	EGP0
0	0	0	0	x	x	x	0

注 16 ピン製品のみ

略号： EGN0

7	6	5	4	3	2	1	0
EGN7	EGN6	EGN5	EGN4	EGN3	EGN2	EGN1	EGN0
0	0	0	0	x	x	x	1

EGP0	EGN0	INTP0 端子の有効エッジの選択
0	0	エッジ検出禁止
0	1	立ち下がリエッジ検出
1	0	立ち上がりエッジ検出
1	1	両エッジ検出

(2) INTP0 エッジ検出割り込みの設定

- ・割り込み要求フラグ・レジスタ(IF0L)

割り込み要求フラグのクリア

- ・割り込みマスクフラグ・レジスタ(MK0L)

割り込みマスクの設定

略号 : IF0L

7	6	5	4	3	2	1	0
TMIF00	TMIF01H	SREIF0	SRIF0	STIF0 CSIF00 IICIF00	PIF1	PIF0	WDTIIF
x	x	X	x	x	x	0	x

ビット 1

PIF0	割り込み要求フラグ
0	割り込み要求信号が発生していない
1	割り込み要求信号が発生し、割り込み要求状態

略号 : MK0L

7	6	5	4	3	2	1	0
TMMK00	TMMK01H	SREMK0	SRMK0	STMK0 CSIMK00 IICMK00	PMK1	PMK0	WDTIMK
x	x	x	x	x	x	0	x

ビット 1

PMK0	割り込み処理の制御
0	割り込み処理許可
1	割り込み処理禁止

注意 レジスタ設定方法の詳細については、RL78/G10 ユーザーズマニュアル ハードウェア編を参照してください。

5.7.5 INTWDTI 初期設定

図 5.6 に INTWDTI 初期設定のフローチャートを示します。

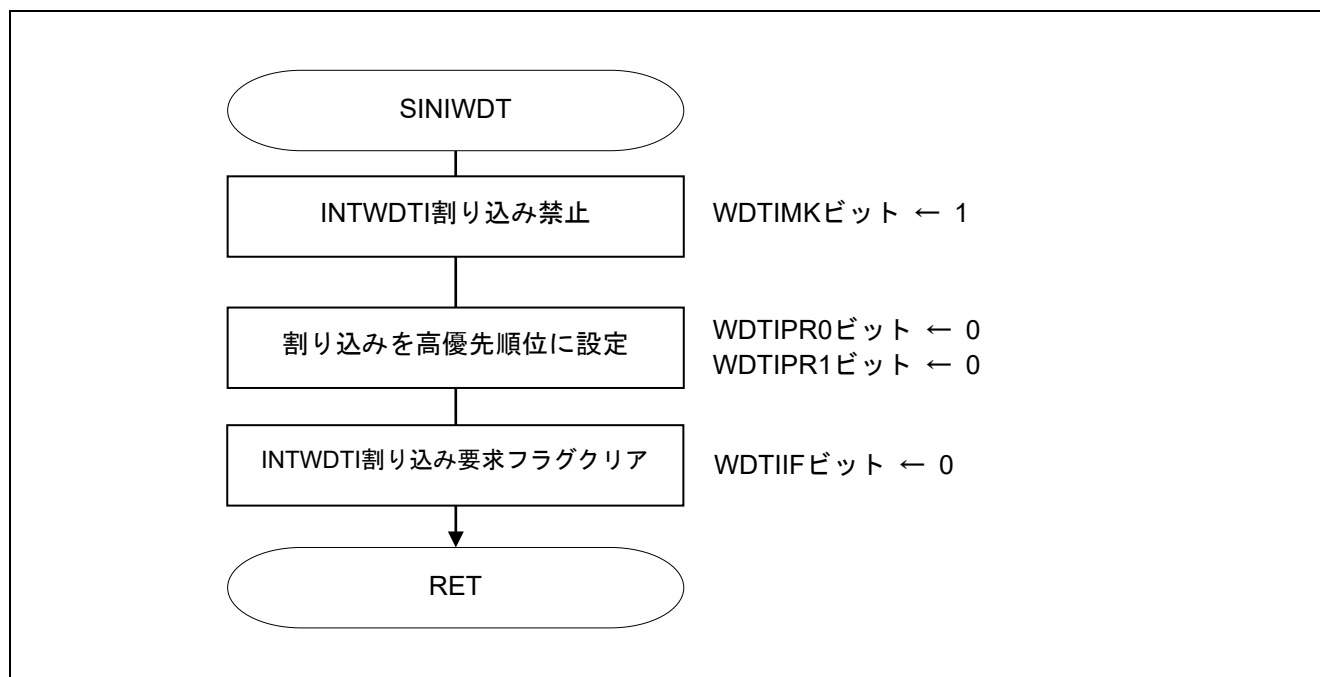


図 5.6 INTWDTI 初期設定

(1) INTWDTI 割り込みの設定

- ・割り込み要求フラグ・レジスタ(IF0L)

割り込み要求フラグのクリア

- ・割り込みマスクフラグ・レジスタ(MK0L)

割り込みマスクの設定

略号：IF0L

7	6	5	4	3	2	1	0
TMIF00	TMIF01H	SREIF0	SRIF0	STIF0 CSIF00 IICIF00	PIF1	PIF0	WDTIIF
x	x	x	x	x	x	x	1

ビット0

WDTIIF	割り込み要求フラグ
0	割り込み要求信号が発生していない
1	割り込み要求信号が発生し、割り込み要求状態

略号：MK0L

7	6	5	4	3	2	1	0
TMMK00	TMMK01H	SREMK0	SRMK0	STMK0 CSIMK00 IICMK00	PMK1	PMK0	WDTIMK
x	x	x	x	x	x	x	0

ビット0

WDTIMK	割り込み処理の制御
0	割り込み処理許可
1	割り込み処理禁止

(2) 割り込み優先度の設定

- ・優先順位指定フラグ・レジスタ(PR00L、PR10L)

割り込み要求フラグのクリア

略号： PR00L

7	6	5	4	3	2	1	0
TMPR000	TMPR001H	SREPR00	SRPR00	STPR00 CSIPR000 IICPR000	PPR01	PPR00	WDTIPR0
x	x	x	x	x	x	x	0

略号： PR10L

7	6	5	4	3	2	1	0
TMPR100	TMPR101H	SREPR10	SRPR10	STPR10 CSIPR100 IICPR100	PPR11	PPR10	WDTIPR1
x	x	x	x	x	x	x	0

xxPR1x	xxPR0x	優先順位レベルの選択
0	0	レベル 0 を指定（高優先順位）
0	1	レベル 1 を指定
1	0	レベル 2 を指定
1	1	レベル 3 を指定（低優先順位）

注意 レジスタ設定方法の詳細については、RL78/G10 ユーザーズマニュアル ハードウェア編を参照してください。

5.7.6 メイン処理

図 5.7 にメイン処理のフローチャートを示します。

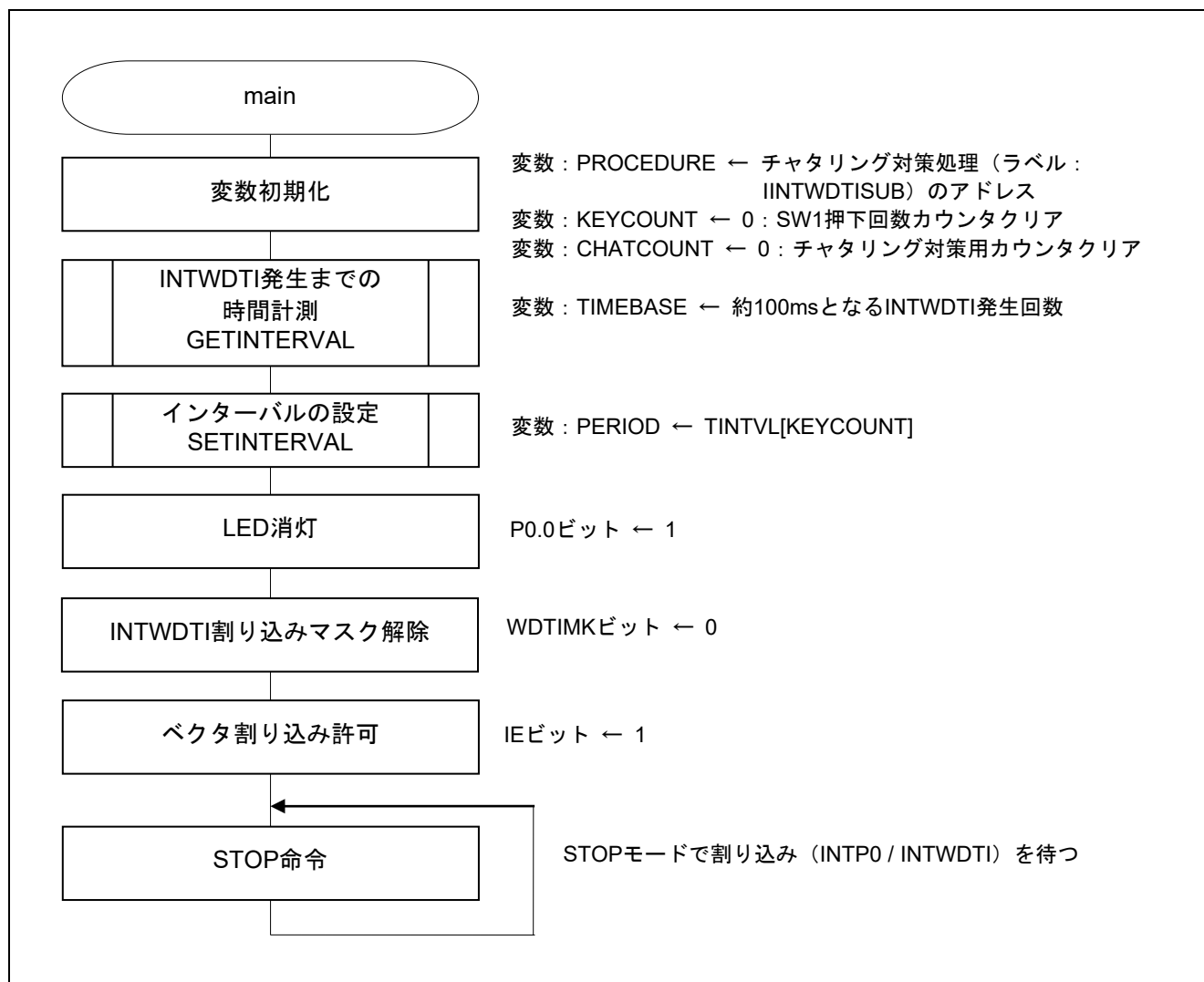


図 5.7 メイン処理

5.7.7 インターバルの設定

図 5.8 にインターバルの設定のフローチャートを示します。

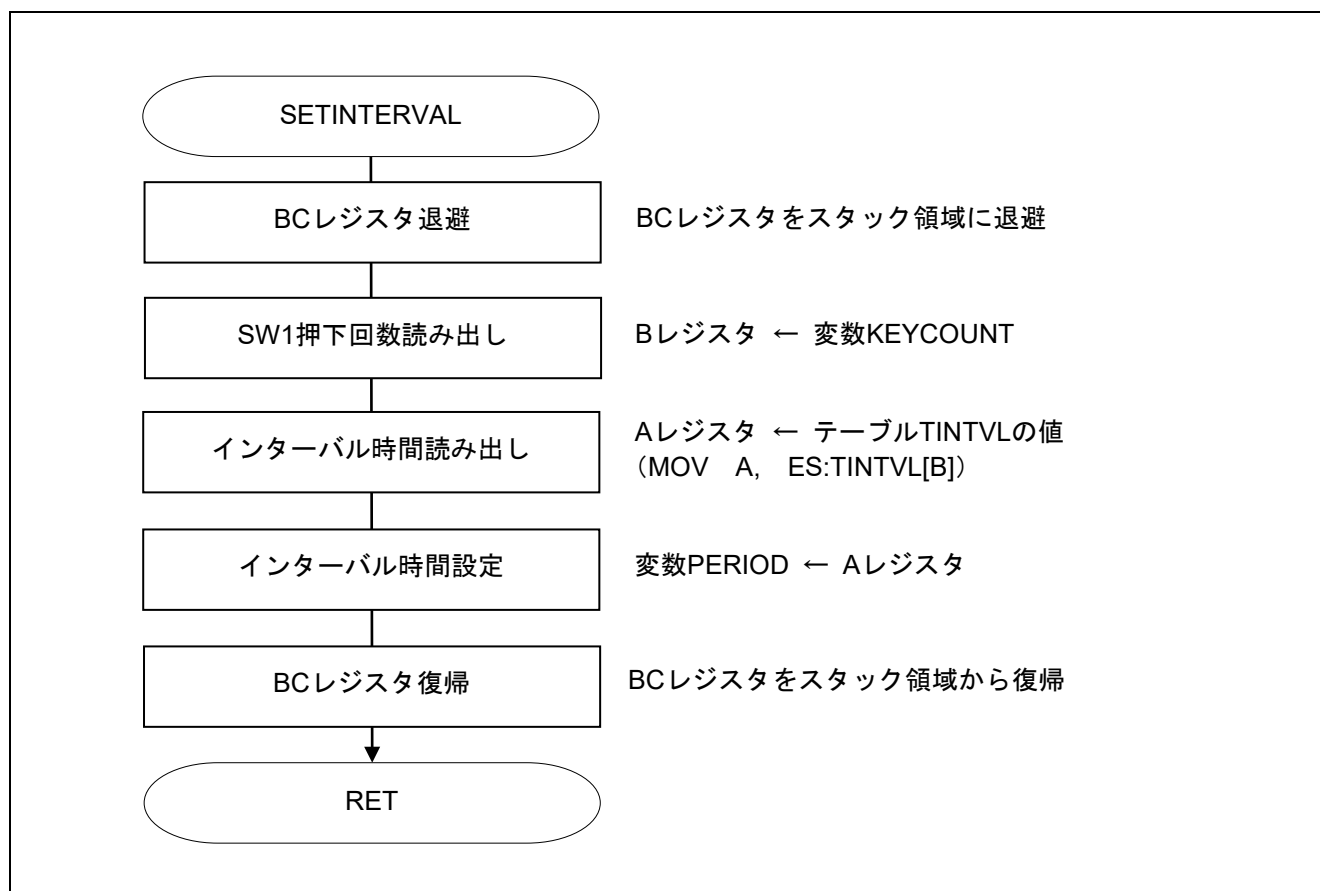


図 5.8 インターバルの設定

5.7.8 INTWDTI の発生周期測定 (BC レジスタ、WDT のカウンタクリア)

図 5.9 に INTWDTI 発生までの時間計測 (BC レジスタ、WDT クリア) のフローチャートを示します。

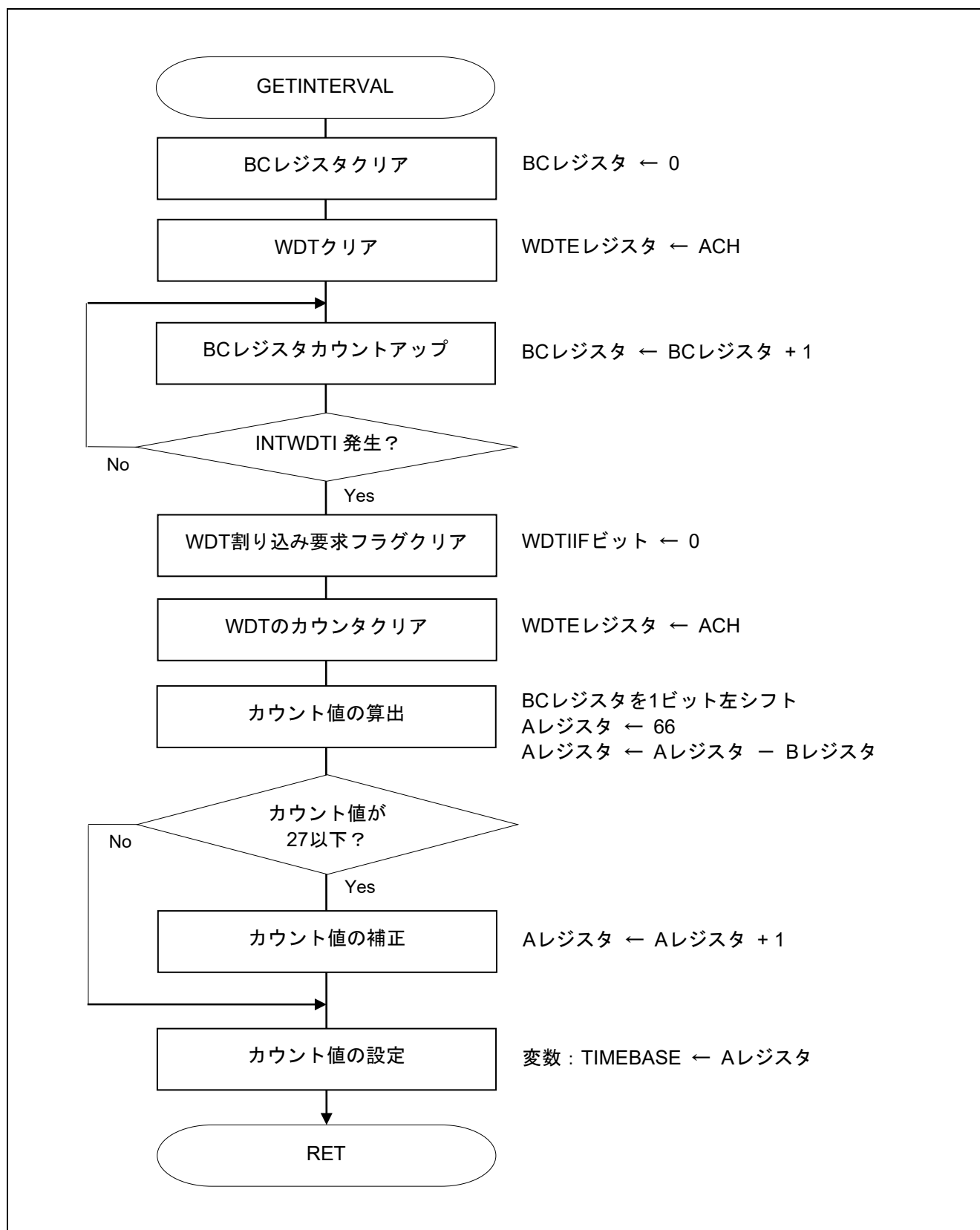


図 5.9 INTWDTI 発生までの時間計測 (BC レジスタ、WDT クリア)

5.7.9 INTWDTI の発生周期測定

図 5.10 に INTWDTI 発生までの時間計測のフローチャートを示します。

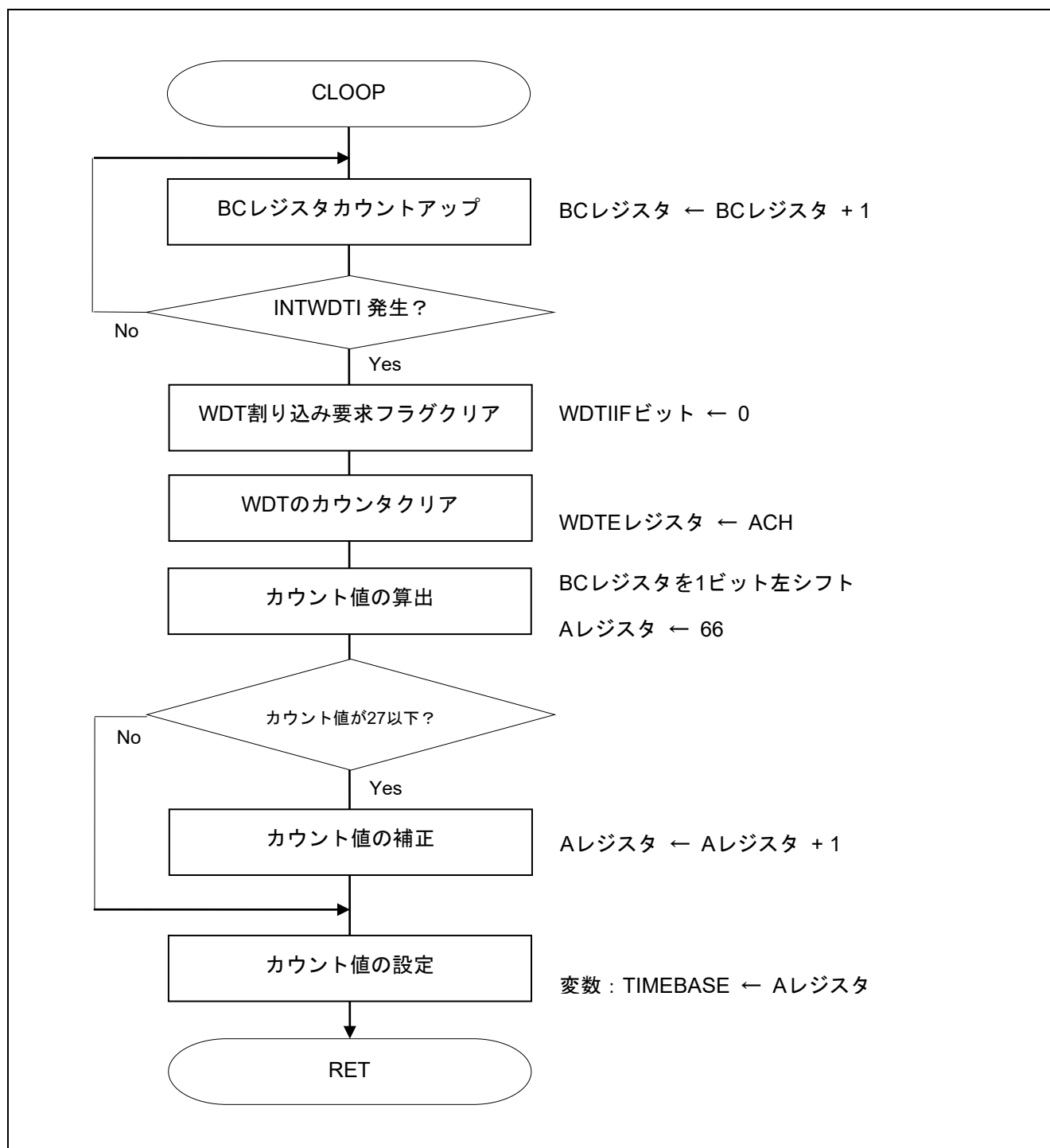


図 5.10 INTWDTI 発生までの時間計測

5.7.10 INTP0 割り込み処理

図 5.11 に INTP0 割り込み処理のフローチャートを示します。

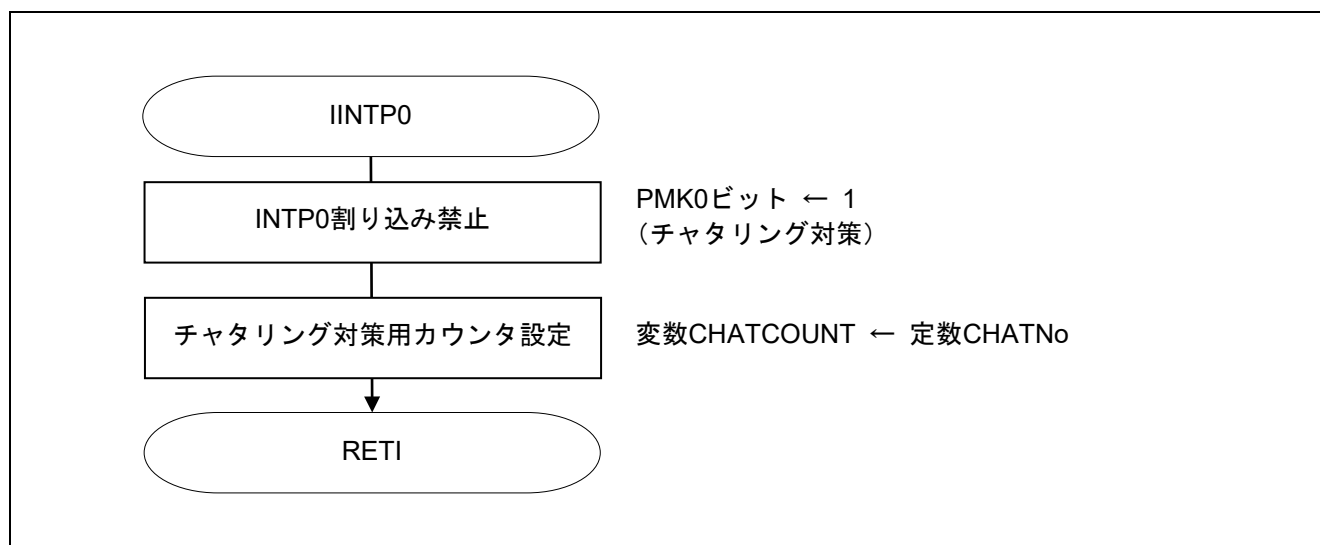


図 5.11 INTP0 割り込み処理

5.7.11 INTWDTI 割り込み処理

図 5.12 に INTWDTI 割り込み処理 (1/3)、図 5.13 に INTWDTI 割り込み処理 (2/3)、図 5.14 に INTWDTI 割り込み処理 (3/3) のフローチャートを示します。

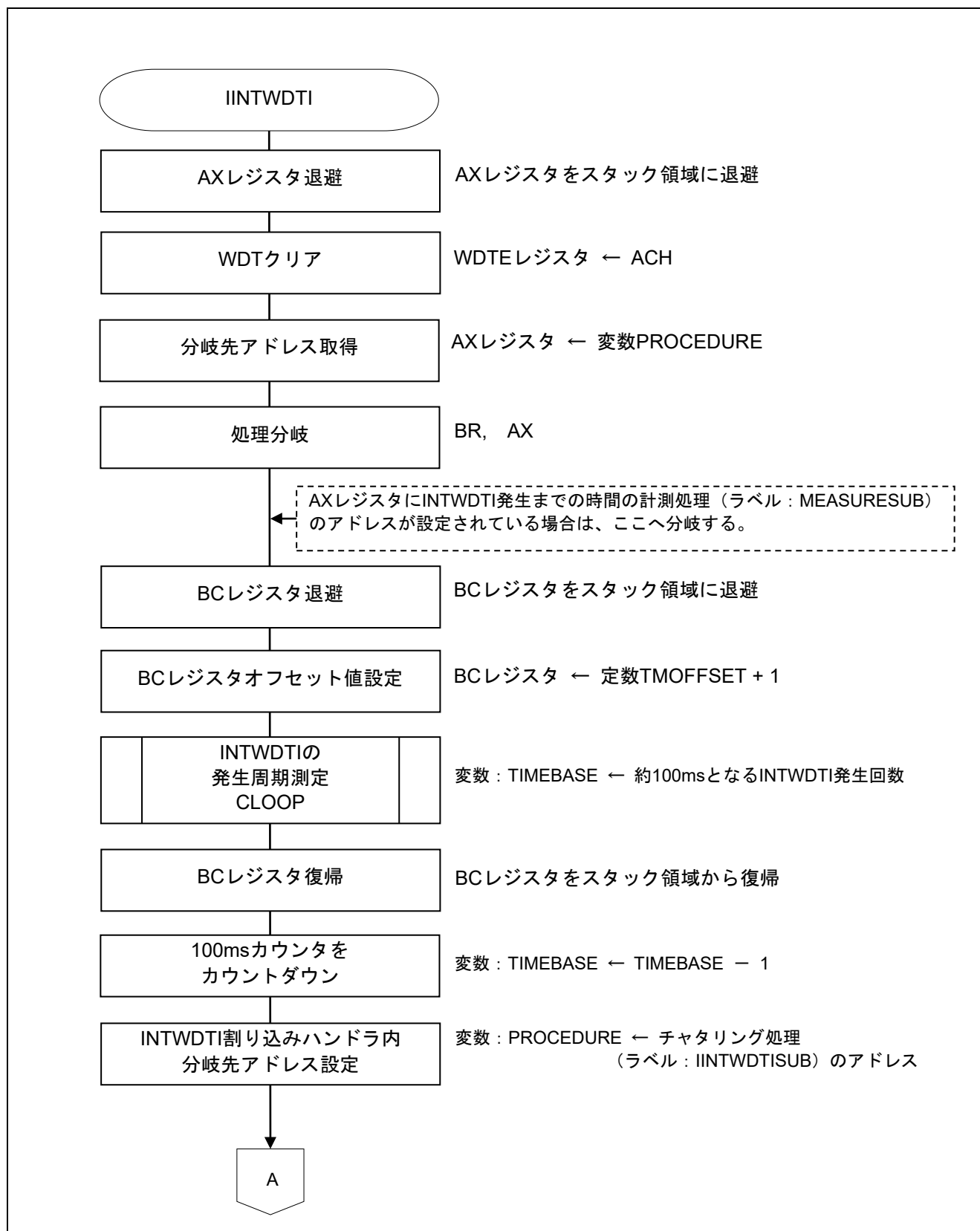


図 5.12 INTWDTI 割り込み処理 (1/3)

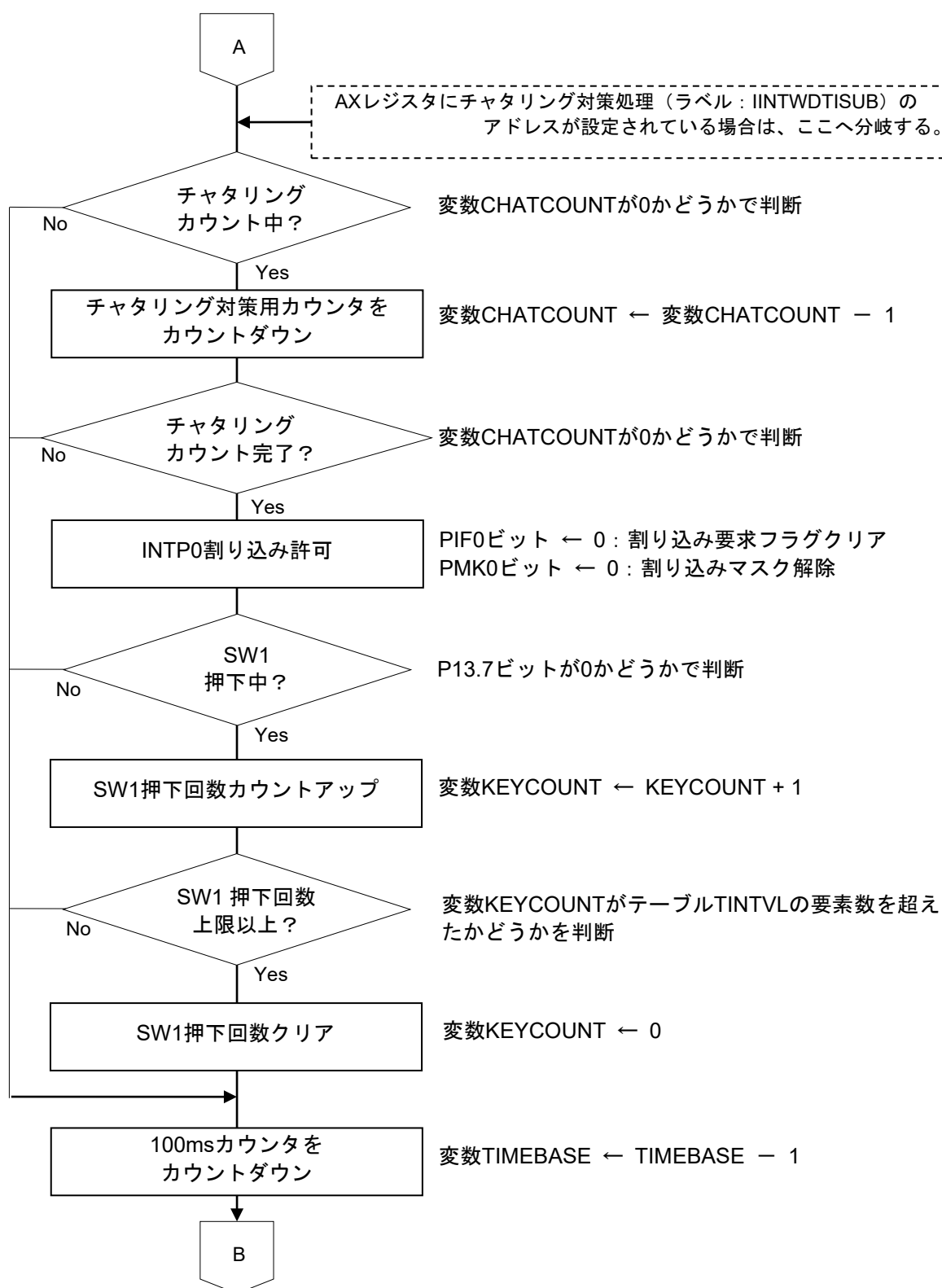


図 5.13 INTWDTI 割り込み処理 (2/3)

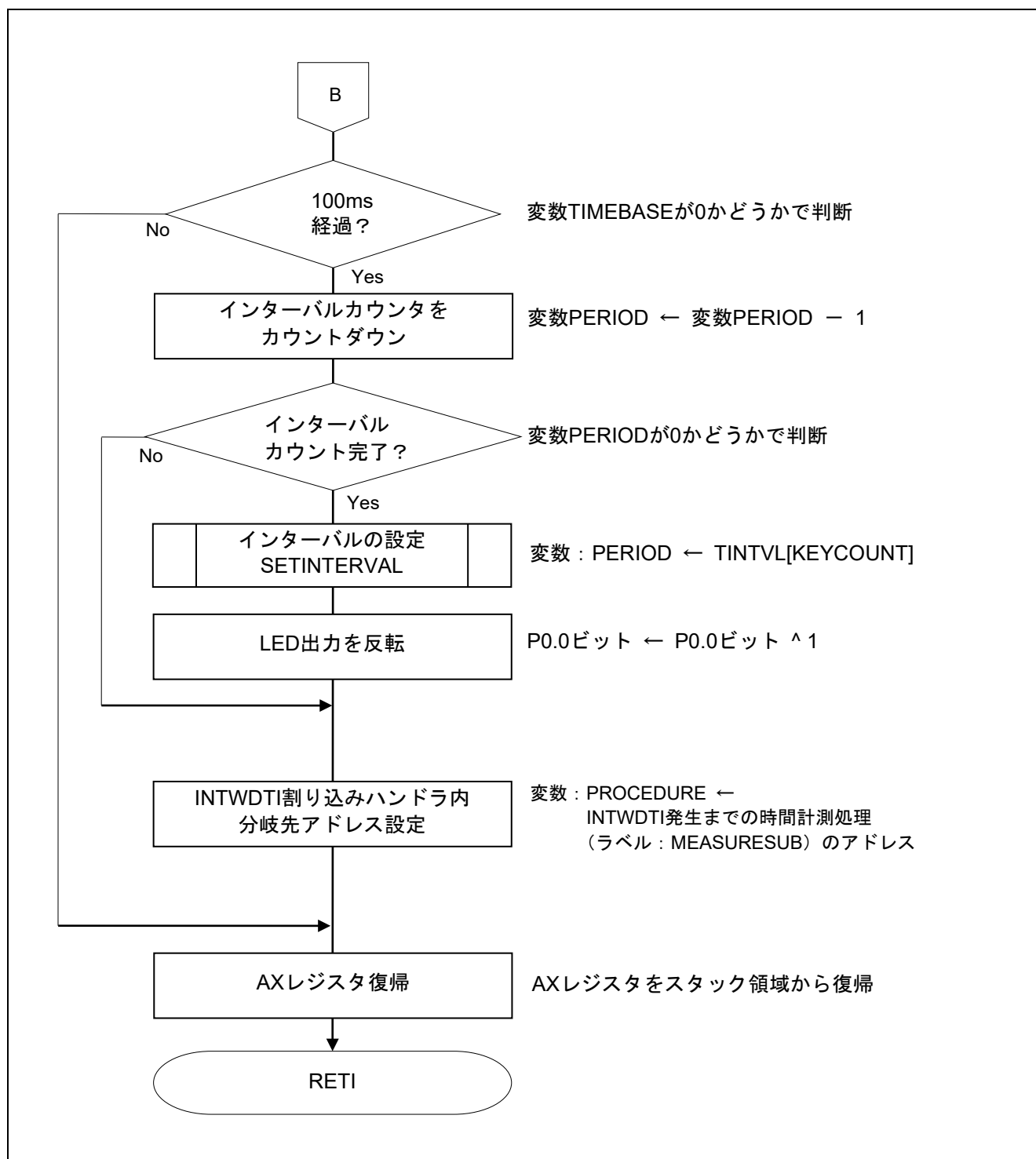


図 5.14 INTWDTI 割り込み処理 (3/3)

6. サンプルコード

サンプルコードは、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。

7. 参考ドキュメント

RL78/G10 ユーザーズマニュアル ハードウェア編 (R01UH0384J)

RL78 ファミリ ユーザーズマニュアル ソフトウェア編 (R01US0015J)

(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。)

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	2015.11.27	—	初版発行
1.01	2016.10.05	-	誤記改訂
1.10	2022.06.24	9	動作確認条件を更新

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. 静電気対策

CMOS 製品の取り扱いの際は静電気防止を心がけてください。CMOS 製品は強い静電気によってゲート絶縁破壊を生じることがあります。運搬や保存の際には、当社が出荷梱包に使用している導電性のトレイやマガジンケース、導電性の緩衝材、金属ケースなどを利用し、組み立て工程にはアースを施してください。プラスチック板上に放置したり、端子を触ったりしないでください。また、CMOS 製品を実装したボードについても同様の扱いをしてください。

2. 電源投入時の処置

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. 電源オフ時における入力信号

当該製品の電源がオフ状態のときに、入力信号や入出力ブルアップ電源を入れないでください。入力信号や入出力ブルアップ電源からの電流注入により、誤動作を引き起こしたり、異常電流が流れ内部素子を劣化させたりする場合があります。資料中に「電源オフ時における入力信号」についての記載のある製品は、その内容を守ってください。

4. 未使用端子の処理

未使用端子は、「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。

5. クロックについて

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。

6. 入力端子の印加波形

入力ノイズや反射波による波形歪みは誤動作の原因になりますので注意してください。CMOS 製品の入力ノイズなどに起因して、 V_{IL} (Max.) から V_{IH} (Min.) までの領域にとどまるような場合は、誤動作を引き起こす恐れがあります。入力レベルが固定の場合はもちろん、 V_{IL} (Max.) から V_{IH} (Min.) までの領域を通過する遷移期間中にチャタリングノイズなどが入らないように使用してください。

7. リザーブアドレス（予約領域）のアクセス禁止

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、将来の拡張機能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。

8. 製品間の相違について

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っていると、フラッシュメモリ、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、ノイズ幅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。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、お客様の責任において、お客様の機器・システムを設計ください。これらの使用に起因して生じた損害（お客様または第三者いずれに生じた損害も含みます。以下同じです。）に関し、当社は、一切その責任を負いません。
2. 当社製品または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またはこれらに関する紛争について、当社は、何らの保証を行うものではなく、また責任を負うものではありません。
3. 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. 当社製品を組み込んだ製品の輸出入、製造、販売、利用、配布その他の行為を行うにあたり、第三者保有の技術の利用に関するライセンスが必要となる場合、当該ライセンス取得の判断および取得はお客様の責任において行ってください。
5. 当社製品を、全部または一部を問わず、改造、改変、複製、リバースエンジニアリング、その他、不適切に使用しないでください。かかる改造、改変、複製、リバースエンジニアリング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。
6. 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）、交通制御（信号）、大規模通信機器、金融端末基幹システム、各種安全制御装置等

当社製品は、データシート等により高信頼性、Harsh environment 向け製品と定義しているものを除き、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（宇宙機器と、海底中継器、原子力制御システム、航空機制御システム、プラント基幹システム、軍事機器等）に使用されることを意図しておらず、これらの用途に使用することは想定していません。たとえ、当社が想定していない用途に当社製品を使用したことにより損害が生じて、当社は一切その責任を負いません。

7. あらゆる半導体製品は、外部攻撃からの安全性を 100%保証されているわけではありません。当社ハードウェア／ソフトウェア製品にはセキュリティ対策が組み込まれているものもありますが、これによって、当社は、セキュリティ脆弱性または侵害（当社製品または当社製品が使用されているシステムに対する不正アクセス・不正使用を含みますが、これに限りません。）から生じる責任を負うものではありません。当社は、当社製品または当社製品が使用されたあらゆるシステムが、不正な改変、攻撃、ウイルス、干渉、ハッキング、データの破壊または窃盗その他の不正な侵入行為（「脆弱性問題」といいます。）によって影響を受けないことを保証しません。当社は、脆弱性問題に起因またはこれに関連して生じた損害について、一切責任を負いません。また、法令において認められる限りにおいて、本資料および当社ハードウェア／ソフトウェア製品について、商品性および特定目的との合致に関する保証ならびに第三者の権利を侵害しないことの保証を含め、明示または黙示のいかなる保証も行いません。
 8. 当社製品をご使用の際は、最新の製品情報（データシート、ユーザーズマニュアル、アプリケーションノート、信頼性ハンドブックに記載の「半導体デバイスの使用上の一般的な注意事項」等）をご確認の上、当社が指定する最大定格、動作電源電圧範囲、放熱特性、実装条件その他指定条件の範囲内でご使用ください。指定条件の範囲を超えて当社製品をご使用された場合の故障、誤動作の不具合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。
 9. 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、データシート等において高信頼性、Harsh environment 向け製品と定義しているものを除き、耐放射線設計を行っておりません。仮に当社製品の故障または誤動作が生じた場合であっても、人身事故、火災事故その他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。
 10. 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。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。
 11. 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。当社製品および技術を輸出、販売または移転等する場合は、「外国為替及び外国貿易法」その他日本国および適用される外国の輸出管理関連法規を遵守し、それらの定めるところに従い必要な手続きを行ってください。
 12. お客様が当社製品を第三者に転売等される場合には、事前に当該第三者に対して、本ご注意書き記載の諸条件を通知する責任を負うものといたします。
 13. 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。
 14. 本資料に記載されている内容または当社製品についてご不明な点がございましたら、当社の営業担当者までお問合せください。
- 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直接的、間接的に支配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。

(Rev.5.0-1 2020.10)

本社所在地

〒135-0061 東京都江東区豊洲 3-2-24（豊洲フォレシア）

www.renesas.com

商標について

ルネサスおよびルネサスロゴはルネサス エレクトロニクス株式会社の商標です。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。

お問合せ窓口

弊社の製品や技術、ドキュメントの最新情報、最寄の営業お問合せ窓口に関する情報などは、弊社ウェブサイトをご覧ください。

www.renesas.com/contact/