
RL78/I1B

R01AN1797JJ0100

Rev.1.00

高精度リアルタイム・クロック 時計補正方法

2013.08.23

要旨

本アプリケーションノートでは、RL78/I1B に内蔵された温度センサと A/D コンバータを用いて、定期的に高精度リアルタイム・クロック (RTC) の時計誤差補正を行う方法について説明します。

動作確認デバイス

RL78/I1B

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
2. 動作確認条件	4
3. ハードウェア説明	5
4. ソフトウェア説明	6
5. 参考データ	50
6. サンプルコード	50
7. 参考ドキュメント	50

1. 仕様

本例では、1秒ごとに内蔵温度センサの出力電圧を A/D コンバータで測定し、水晶振動子（32.768kHz）の温度特性より作成した温度毎の RTC の時計補正テーブルを用いて RTC の時計誤差補正を行います。

表 1.1 使用機能一覧

機能名	用途
クロック発生回路	サブシステム・クロックの設定 RTC 関連レジスタへの書き込み制御
温度センサ	温度を測定する
A/D コンバータ	温度センサの出力電圧を A/D 変換する
高精度リアルタイム・クロック (RTC)	補正タイミング信号割り込み (INTRTIT) RTC1HZ 端子より 1Hz 又は高精度 1Hz を出力

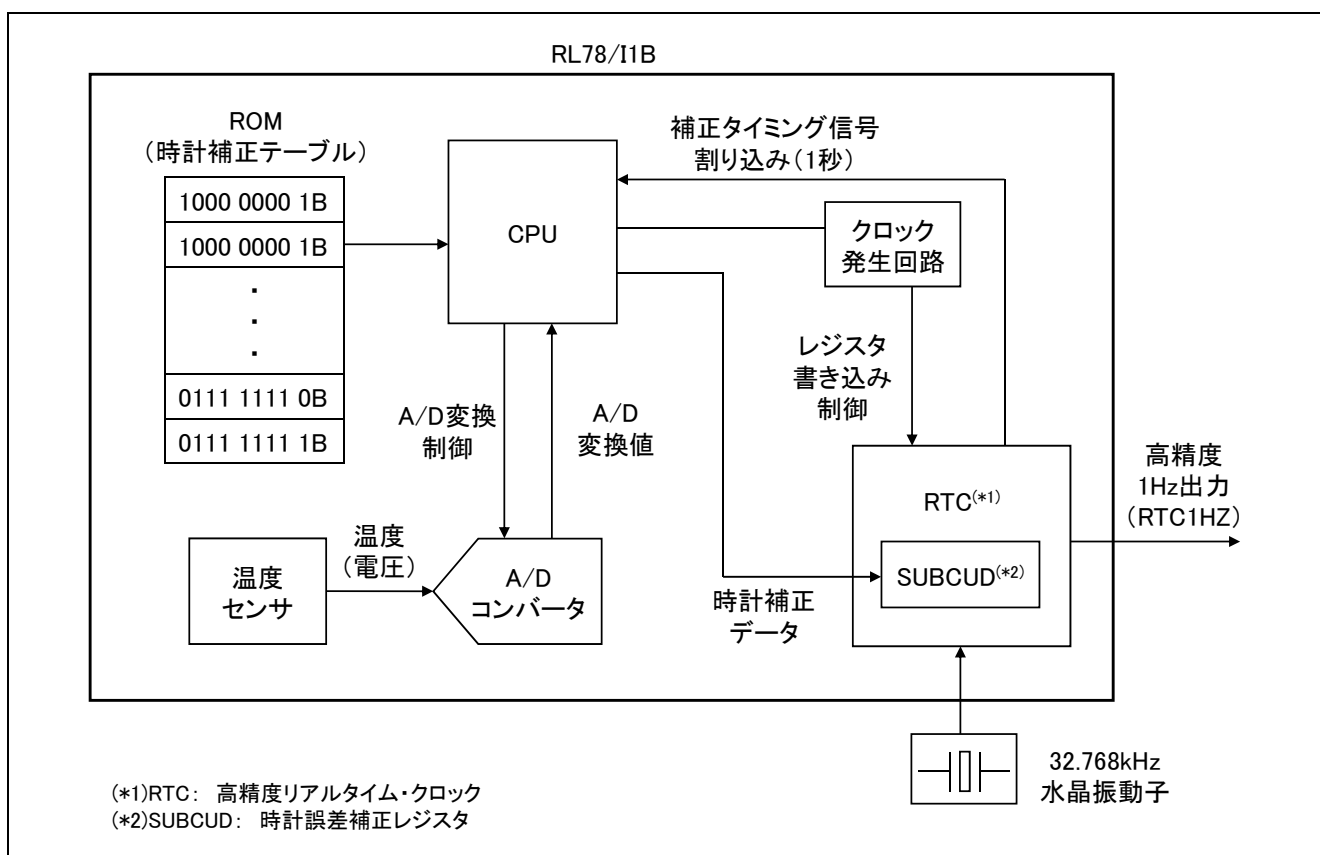


図 1.1 データフロー

2. 動作確認条件

表 2.1に動作確認条件を示します。

表 2.1 動作確認条件

項目	内容
使用マイコン	RL78/I1B (R5F10MPGDFB)
動作周波数	<ul style="list-style-type: none">• 高速オンチップオシレータ (HOCO) クロック : 24MHz• CPU/周辺ハードウェア・クロック : 24MHz• サブシステム・クロック : 32.768kHz
動作電圧	5.0V
環境温度	-40°C~+85°C
統合開発環境	ルネサスエレクトロニクス製 CubeSuite+ V2.00.00
C コンパイラ	ルネサスエレクトロニクス製 CA78K0R V1.60
評価ボード	RL78/I1B TB ボード (QB-R5F10MPG-TB)

3. ハードウェア説明

3.1 ハードウェア構成例

図 3.1にハードウェア構成例を示します。

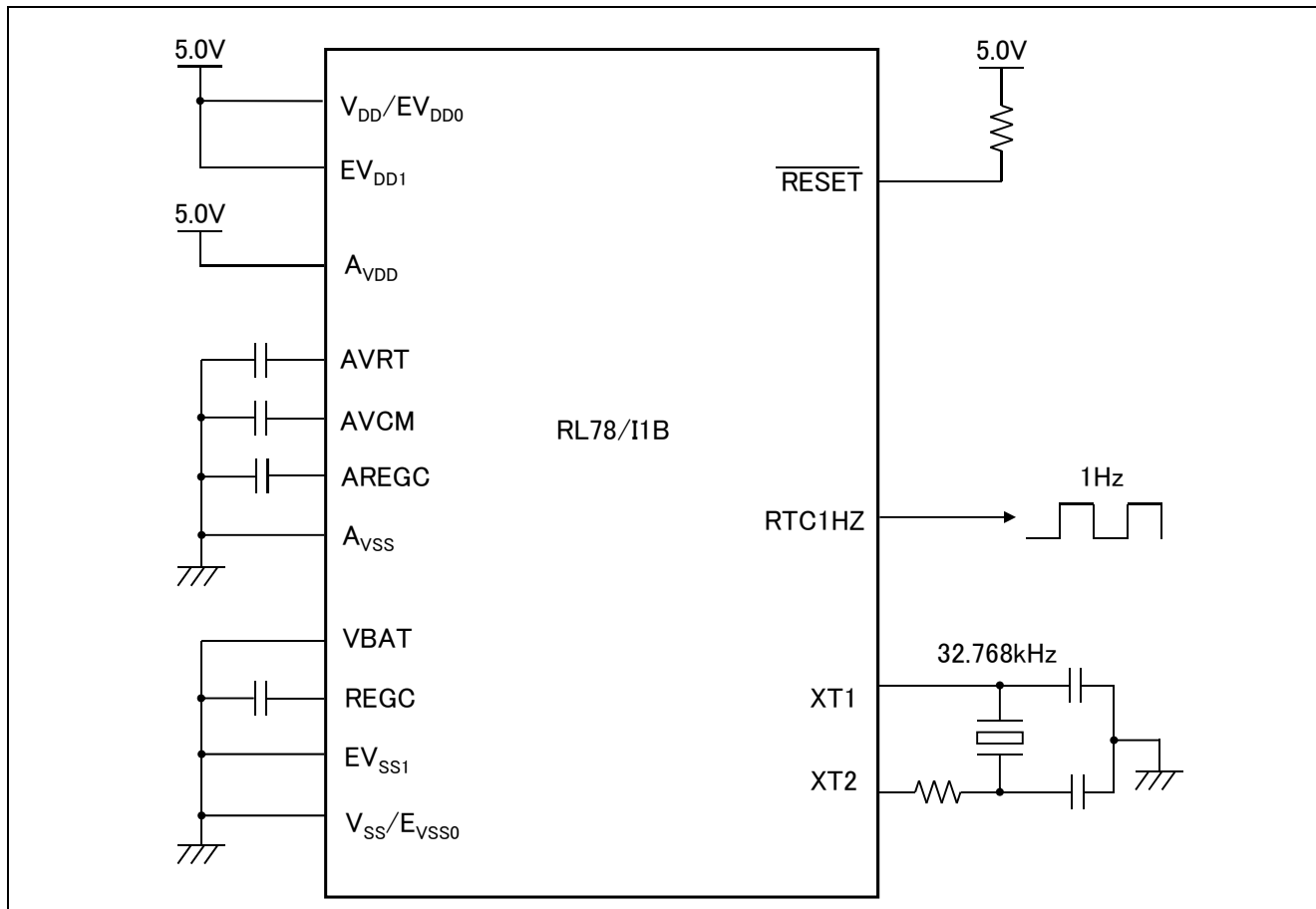


図 3.1 ハードウェア構成例

3.2 使用端子一覧

表 3.1に使用端子と機能を示します。

表 3.1 使用端子と機能

端子名	入出力	内容
RTC1HZ	出力	通常 1Hz 又は高精度 1Hz を出力

4. ソフトウェア説明

4.1 動作概要

RTC の補正タイミング信号割り込み (INTRTIT) により 1 秒に 1 度、内蔵温度センサの出力電圧を A/D 変換し温度に変換します。測定した温度を基に温度毎の RTC の時計補正テーブルを参照し、時計誤差補正レジスタ (SUBCUD) に補正値を設定します。

温度毎の時計補正テーブルは、RTC の通常 1Hz 出力を使用してあらかじめ求めておき、ROM テーブルに格納します。

4.2 RTC の時計補正機能使用方法

4.2.1 時計誤差補正レジスタ (SUBCUD)

時計誤差補正レジスタ (SUBCUD) は、カウンタの値を毎秒ごとに補正することにより、時計の進みや遅れを最小分解能 0.96 ppm 精度で補正することができるレジスタです。

表 4.1 に SUBCUD のフォーマットを示します。SUBCUD の F15 ビットにより時計誤差補正を許可します。F8-F0 ビットは水晶振動子の発振周波数偏差の補正値を設定します。

表 4.1 時計誤差補正レジスタ (SUBCUD) のフォーマット

略号	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
SUBCUD	F15	—	—	—	—	—	—	F8	F7	F6	F5	F4	F3	F2	F1	F0

— : 予約ビット

図 4.1 に SUBCUD の F8-F0 ビットの構成を示します。SUBCUD の F8-F0 は 9bit の固定小数点 (2 の補数形式) レジスタです。F8 ビットは符号を表し、F7-F5 ビットは整数部、F4-F0 ビットは小数部として扱います。

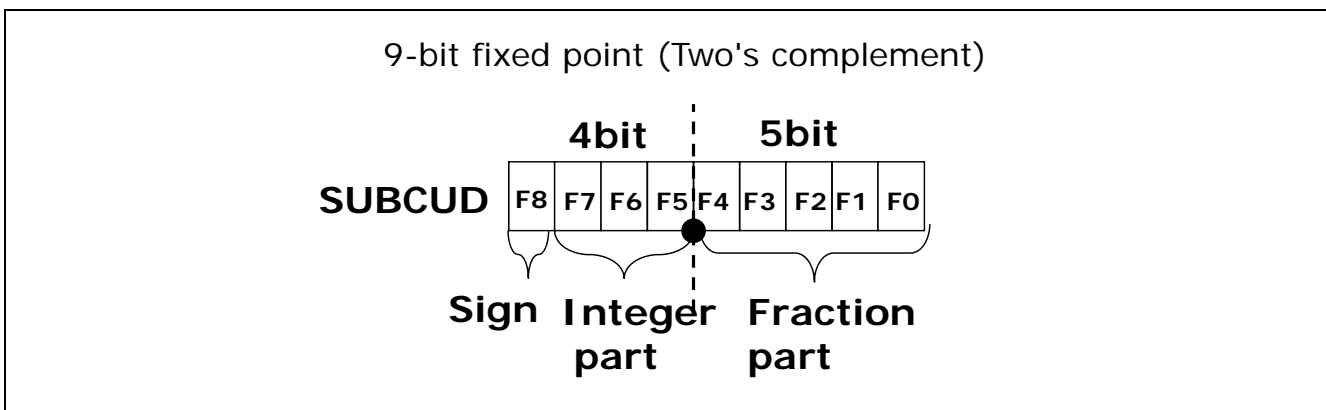


図 4.1 時計誤差補正レジスタ (SUBCUD) の構成

4.2.2 RTC の時計補正值算出手順

- (1) RTC の SUBCUD レジスタの F15 ビットを '0' (時計誤差補正停止) にして、RTC1HZ 端子から通常 1Hz を出力します。
- (2) 誤差補正值を求めたい温度まで環境温度を変化させます。
- (3) 所望の環境温度に到達後、RTC1HZ 端子の出力周波数を測定します。
- (4) (3) で測定した周波数からターゲット補正值を算出します。

ターゲット補正值の算出

(RTC1HZ からの出力周波数が 0.9999817 Hz の場合)

$$\text{発振周波数} = 32768 \times 0.9999817 = 32767.4 \text{ Hz}$$

ターゲット周波数を 32768Hz とすると、ターゲット補正值は、

$$\begin{aligned} \text{ターゲット補正值} &= (\text{発振周波数} - \text{ターゲット周波数}) \div \text{ターゲット周波数} \\ &= (32767.4 - 32768) \div 32768 \\ &= -18.3 \text{ ppm} \end{aligned}$$

- 備考 1. 発振周波数とは、高精度 RTC への入力クロック (f_{RTC}) の値です。時計誤差補正停止時の RTC1HZ 出力周波数 $\times 32768$ で求めることができます。
2. ターゲット補正值とは、水晶振動子の発振周波数偏差 (単位は [ppm]) です。
3. ターゲット周波数とは、時計誤差補正を行った後の周波数です。

- (5) 式 4.1 とターゲット補正值から SUBCUD レジスタの F8-F0 ビットの値を算出します。

$$\text{SUBCUD}[8:0] = \left(\frac{\text{ターゲット補正值}[\text{ppm}] \times 2^{15}}{10^6} \right)_{2\text{の補数}(9\text{ビット固定小数点})} + 0001.00000\text{B} \quad \cdots \text{式 4.1}$$

例 1. ターゲット補正值 = -18.3 [ppm] の場合

$$\begin{aligned} \text{SUBCUD}[8:0] &= (-18.3 \times 2^{15} / 10^6)_{2\text{の補数}(9\text{ビット固定小数点})} + 0001.00000\text{B} \\ &= (-0.59965)_{2\text{の補数}(9\text{ビット固定小数点})} + 0001.00000\text{B} \\ &= 1111.01101\text{B} + 0001.00000\text{B} \\ &= 0000.01101\text{B} \end{aligned}$$

例 2. ターゲット補正值 = 94.0 [ppm] の場合

$$\begin{aligned} \text{SUBCUD}[8:0] &= (94.0 \times 2^{15} / 10^6)_{2\text{の補数}(9\text{ビット固定小数点})} + 0001.00000\text{B} \\ &= (+3.08019)_{2\text{の補数}(9\text{ビット固定小数点})} + 0001.00000\text{B} \\ &= 0011.00011\text{B} + 0001.00000\text{B} \\ &= 0100.00011\text{B} \end{aligned}$$

- (6) (3) で得たターゲット補正值をその環境温度での時計補正值として保存します。
- (7) 環境温度を変化させて(2)から(6)を繰り返します。

4.2.3 時計補正テーブル作成例

表 4.2に温度範囲-40℃から+85℃における1℃ごとの時計補正テーブル例を示します。本例は参考値であり、すべてのハードウェア条件に適合するものではありません。

表 4.2 補正テーブル例

温度 (°C)	SUBCUD[8:0] 設定値	温度 (°C)	SUBCUD[8:0] 設定値	温度 (°C)	SUBCUD[8:0] 設定値
-40	1110 0101 1B	2	0001 0111 1B	44	0010 0001 1B
-39	1110 0111 0B	3	0001 1000 0B	45	0010 0001 0B
-38	1110 1001 0B	4	0001 1000 1B	46	0010 0000 1B
-37	1110 1010 1B	5	0001 1001 1B	47	0010 0000 0B
-36	1110 1100 0B	6	0001 1010 1B	48	0010 0000 0B
-35	1110 1101 1B	7	0001 1011 1B	49	0001 1111 1B
-34	1110 1111 0B	8	0001 1100 0B	50	0001 1110 1B
-33	1111 0000 1B	9	0001 1100 1B	51	0001 1110 0B
-32	1111 0010 0B	10	0001 1101 0B	52	0001 1101 1B
-31	1111 0011 1B	11	0001 1101 1B	53	0001 1101 0B
-30	1111 0101 0B	12	0001 1110 0B	54	0001 1100 0B
-29	1111 0110 1B	13	0001 1110 1B	55	0001 1011 1B
-28	1111 1000 0B	14	0001 1111 0B	56	0001 1010 1B
-27	1111 1001 0B	15	0001 1111 1B	57	0001 1001 1B
-26	1111 1010 1B	16	0010 0000 0B	58	0001 1000 1B
-25	1111 1100 0B	17	0010 0000 1B	59	0001 1000 0B
-24	1111 1101 1B	18	0010 0001 0B	60	0001 0111 0B
-23	1111 1110 1B	19	0010 0001 1B	61	0001 0110 0B
-22	0000 0000 0B	20	0010 0001 1B	62	0001 0101 0B
-21	0000 0001 1B	21	0010 0010 0B	63	0001 0100 0B
-20	0000 0010 1B	22	0010 0010 1B	64	0001 0011 0B
-19	0000 0011 1B	23	0010 0010 1B	65	0001 0010 0B
-18	0000 0101 0B	24	0010 0011 0B	66	0001 0001 0B
-17	0000 0110 0B	25	0010 0011 0B	67	0001 0000 0B
-16	0000 0111 1B	26	0010 0011 1B	68	0000 1111 0B
-15	0000 1000 1B	27	0010 0011 1B	69	0000 1110 0B
-14	0000 1001 1B	28	0010 0011 1B	70	0000 1100 1B
-13	0000 1010 1B	29	0010 0011 1B	71	0000 1011 1B
-12	0000 1011 1B	30	0010 0011 1B	72	0000 1010 0B
-11	0000 1100 1B	31	0010 0011 1B	73	0000 1000 1B
-10	0000 1110 0B	32	0010 0100 0B	74	0000 0111 0B
-9	0000 1110 1B	33	0010 0100 0B	75	0000 0101 1B
-8	0000 1111 1B	34	0010 0100 0B	76	0000 0100 0B
-7	0001 0000 0B	35	0010 0011 1B	77	0000 0010 1B
-6	0001 0001 0B	36	0010 0011 1B	78	0000 0001 0B
-5	0001 0010 0B	37	0010 0011 1B	79	1111 1111 1B
-4	0001 0011 0B	38	0010 0011 0B	80	1111 1101 1B
-3	0001 0011 1B	39	0010 0011 0B	81	1111 1100 0B
-2	0001 0100 1B	40	0010 0011 0B	82	1111 1010 0B
-1	0001 0101 1B	41	0010 0010 1B	83	1111 1000 1B
0	0001 0110 0B	42	0010 0010 0B	84	1111 0110 1B
1	0001 0111 0B	43	0010 0010 0B	85	1111 0100 1B

4.2.4 水晶振動子の温度特性参考データ

図 4.2に水晶振動子の温度特性例を示します。

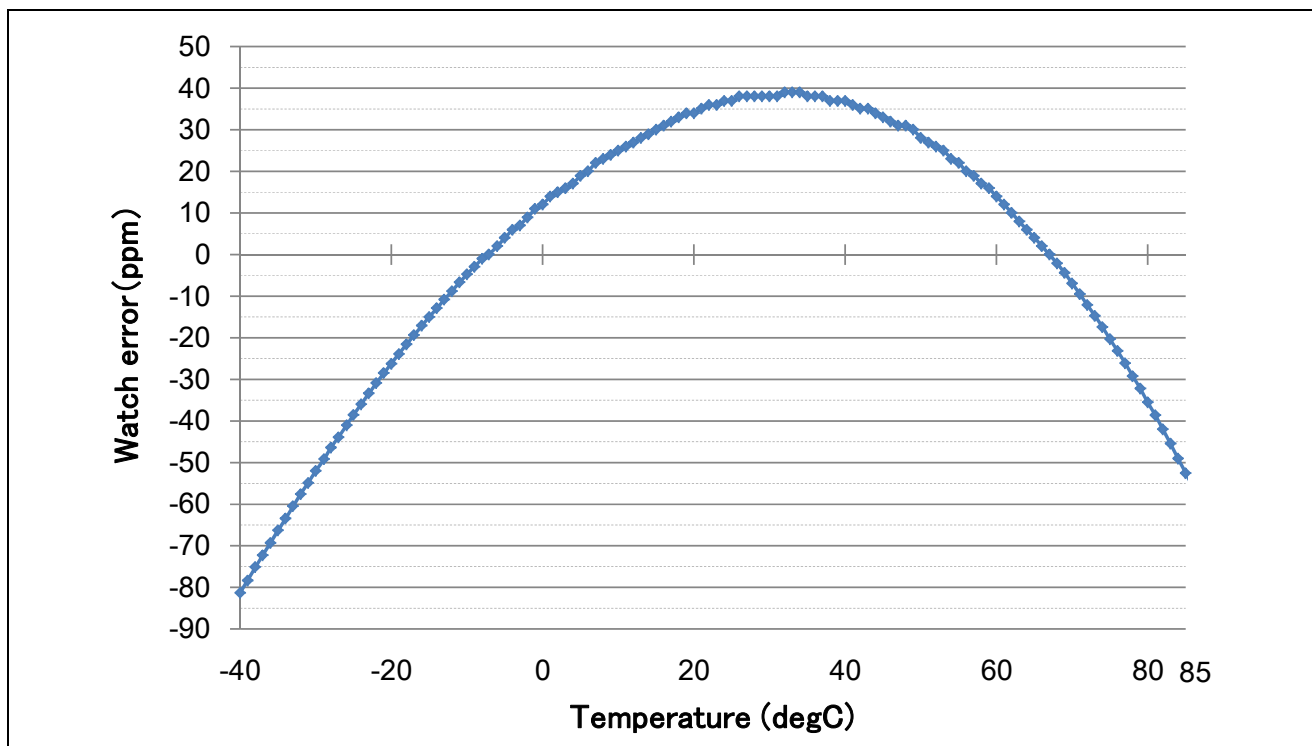


図 4.2 水晶振動子の温度特性例

4.3 温度センサの使用方法

4.3.1 温度の算出例

式 4.2 に温度変換式を示します。温度センサの出力電圧を A/D 変換した結果は温度変換式を用いて温度 T に変換することが出来ます。

【温度変換式】

$$T = (V_s - V_c) / F_v + T_c \quad \dots \text{式 4.2}$$

V_s : 温度センサの出力電圧 (mV)

V_c : キャリブレーション温度での温度センサ出力電圧 (mV)

F_v : 温度センサの温度係数 (mV/°C)

T_c : キャリブレーション温度 (°C)

温度変換式の各項の値は温度センサの電気的特性の仕様値を用いるか、キャリブレーションにより取得してください。温度センサのキャリブレーションについては「4.3.2 温度センサのキャリブレーション」を参照してください。

4.3.2 温度センサのキャリブレーションと特性

内蔵温度センサの出力電圧には個体差があり、測定温度に誤差が発生します。測定精度を向上するには温度センサのキャリブレーションを実施することを推奨します。

(1) 温度センサのキャリブレーションを行わない場合

温度センサのキャリブレーションを実施しない場合は、温度センサの電気的特性に記載された条件および仕様値を用いて温度を算出します。この場合、デバイスの個体差により測定値にばらつきが生じますので注意してください。温度センサの電気的特性は「RL78/I1B 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。また、この時の温度変換式は下記の通りです。

【キャリブレーションを行わない場合の温度変換式】

$$T = (V_S - V_{OUT}) / F_{VTMP2} + 25$$

(2) 温度センサの1点キャリブレーション

温度センサの1点キャリブレーションでは温度測定範囲における一定の温度測定誤差（オフセット）を除去出来るため、温度測定精度が向上します。ただし温度センサの温度係数は補正しないため、環境温度とキャリブレーション温度の差に比例して測定誤差が増加することがあります。

図 4.3に温度センサの1点キャリブレーション例を示します。1点キャリブレーションでは、任意温度 T_C における温度センサの出力電圧 V_C を求めます。測定誤差を最小にするには、 T_C を測定温度範囲の中間温度に設定してください。またこの時の温度変換式は下記の通りです。

【1点キャリブレーションを行う場合の温度変換式】

$$T = (V_S - V_C) / F_{VTMP2} + T_C$$

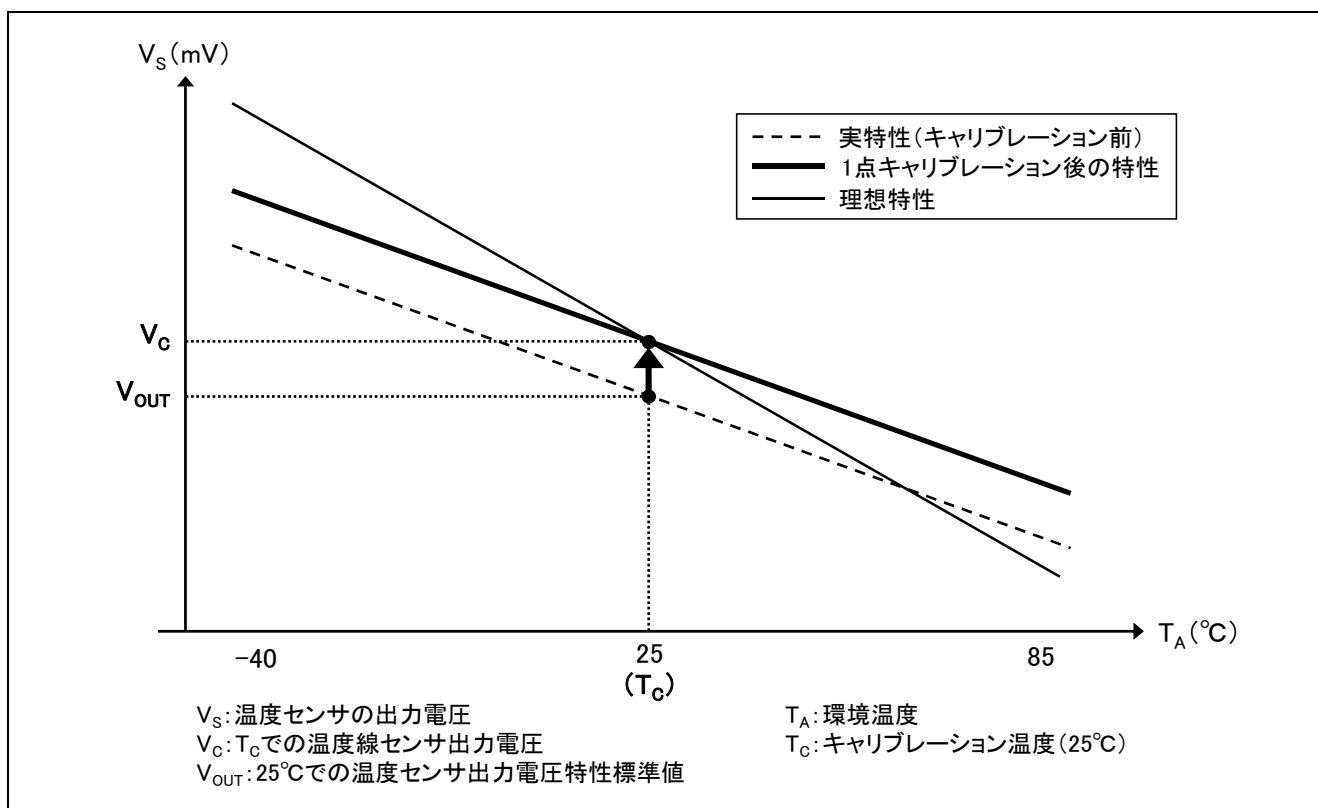


図 4.3 温度センサの1点キャリブレーション例

(3)温度センサの2点キャリブレーション

温度センサの2点キャリブレーションでは温度のオフセットと温度係数を補正出来るため、温度測定範囲全域において測定精度が向上します。高精度に温度を測定する必要がある場合は2点キャリブレーションを行ってください。

図 4.4に温度センサの2点キャリブレーション例を示します。2点キャリブレーションでは、任意温度 T_C においての温度センサの出力電圧 V_C 、および T_C とは異なる任意温度 T_{C2} において温度センサの出力電圧 V_{C2} を測定します。この2点の温度および温度センサの出力電圧を用いて温度センサの温度係数 F_V を求めます。この時の温度変換式は下記のとおりです。

【2点キャリブレーションを行う場合の温度変換式】

$$T = (V_S - V_C) / F_V + T_C$$

$$F_V = (V_{C2} - V_C) / (T_{C2} - T_C)$$

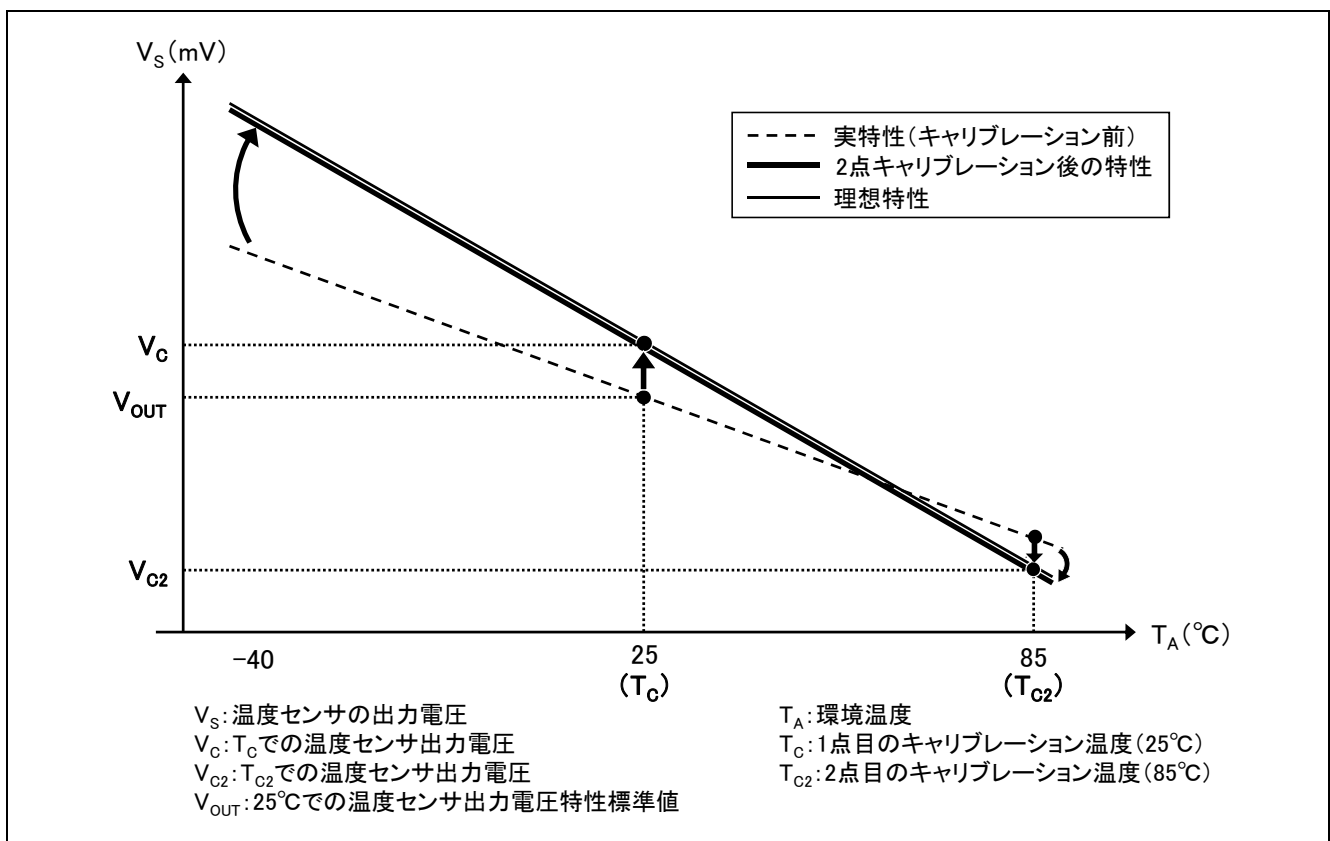


図 4.4 温度センサの2点キャリブレーション例

4.3.3 温度センサの分解能

RL78/I1B の A/D コンバータの基準電圧源に内部基準電圧 (1.45V) を使用した場合、高精度温度センサの最小分解能は、およそ 0.132°C です。

【温度センサの分解能算出方法】

温度係数と A/D コンバータの 1 ビット分 (1LSB) の電圧から算出します。

$$\text{A/D コンバータの 1LSB の電圧} : 1.45\text{V}^{(*1)} \div 10 \text{ ビット} = 1.416 \text{ (mV/LSB)}$$

$$\text{温度係数} : -10.7^{(*2)} \text{ (mV/}^\circ\text{C)}$$

$$\text{温度分解能} = | \text{A/D コンバータの 1LSB の電圧} \div \text{温度係数} |$$

$$= | 1.416 \text{ mV/LSB} \div (-10.7 \text{ mV/}^\circ\text{C}) |$$

$$= 0.132 \text{ (}^\circ\text{C/LSB)}$$

(*1) 内部基準電圧源の特性標準値

(*2) 温度センサの特性標準値

4.4 A/D コンバータ使用上の注意事項

4.4.1 内部基準電圧源使用時の A/D 変換分解能

RL78/I1B 内蔵の A/D コンバータは A/D 変換分解能を 10 ビットに設定 (*1) かつ基準電圧源に内部基準電圧 (1.45V) を設定 (*2) した場合、A/D 変換結果の有効分解能は 8 ビットとなります。より高分解能の A/D 変換結果を得るには、ソフトウェアにて平均化処理を行ってください。A/D コンバータの内部基準電圧使用時の電気的特性は「RL78/I1B 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。

(*1) ADM2 レジスタの ADTYP ビット=0

(*2) ADM2 レジスタの ADREFP1 ビット=1 かつ ADREFP0 ビット=0

4.5 高精度リアルタイム・クロック使用上の注意事項

4.5.1 SUBCUD レジスタ書き換えタイミングの制限事項

- (1) 時計誤差補正レジスタ (SUBCUD) の書き換えと補正タイミングとが競合した場合、RTC の補正が正常に行われず場合があります。補正タイミングと SUBCUD レジスタの書き換えの競合を避ける為に、SUBCUD レジスタの書き換えは、必ず補正タイミングに同期して発生する補正タイミング信号割り込み (INTRTIT) 又は定周期割り込み (INTRTC) の発生を起点にし、次の補正タイミングが発生する前 (約 0.5 秒以内) に完了させてください。
- (2) 本アプリケーション例のように毎秒補正する場合は、補正タイミング割り込み (INTRTIT) を使用し、補正タイミング信号割り込み (INTRTIT) の発生から次の補正タイミングが発生する前 (約 0.5 秒以内) に SUBCUD レジスタの書き換えを完了させてください。
- (3) 1 分に 1 度、1 時間に 1 度補正する場合は、RTC の定周期割り込み (INTRTC) を使用し、定周期割り込み (INTRTC) の発生から次の補正タイミングが発生する前 (約 0.5 秒以内) に SUBCUD レジスタの書き換えを完了させてください。
- (4) タイマやイベント等により任意のタイミングで補正する場合は、任意のタイミングでの補正時に補正タイミング信号割り込みを許可し、補正タイミング割り込み (INTRTIT) の発生から次の補正タイミングが発生する前 (約 0.5 秒以内) に SUBCUD レジスタの書き換えを完了させてください。

4.6 オプション・バイト設定一覧

表 4.3にオプション・バイト設定一覧を示します。

表 4.3 オプション・バイト設定一覧

アドレス	設定値	内容
000C0H/010C0H	0110 1110B (0x6E)	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/010C1H	1001 0001B (0x91)	LVD オフ
000C2H/010C2H	1110 0000B (0xE0)	HS モード、HOCO : 24MHz
000C3H/010C3H	1000 0100B (0x84)	オンチップ・デバッグ許可

4.7 定数一覧

表 4.4に定数一覧を示します。

表 4.4 定数一覧

定数名	設定値	内容
WAIT_fRTC_2CLK	170	実測で f_{RTC} (32.768kHz)の2クロック相当のソフトウェアウエイトカウンタ値 ($f_{CLK}=24MHz$ 時)
TBL_SIZE	126	時計補正テーブル数
TBL_OFFSET	40	時計補正テーブル位置のオフセット
TEMP_MAX	85	測定温度上限値
TEMP_MIN	-40	測定温度下限値

4.8 変数一覧

表 4.5に const 変数一覧を示します。

表 4.5 const 変数一覧

型	変数名	内容	使用関数
const uint16_t	g_tbl_clock_correction[TBL_SIZE]	時計補正テーブル	R_RTC_ClockErrorCorrection

4.9 関数一覧

表 4.6に関数一覧を示します。

表 4.6 関数一覧

関数名	概要
main	メイン処理
R_CGC_Init	クロック発生回路の初期設定
R_RTC_Init	RTC の初期設定
R_RTC_Set_RTC1HZMode	RTC1HZ 端子出力モード設定
R_RTC_Set_RTC1HZOn	RTC1HZ 端子の 1Hz 出力有効
R_RTC_Set_RTC1HZOff	RTC1HZ 端子の 1Hz 出力無効
R_RTC_Set_CorrectionTimingInterruptOn	補正タイミング信号割り込み有効
R_RTC_Set_CorrectionTimingInterruptOff	補正タイミング信号割り込み無効
r_rtc_INTRTIT_interrupt	RTC 補正タイミング信号割り込み (INTRTIT) 処理
R_RTC_ClockErrorCorrection	RTC 時計補正処理
R_TAU_Channel0_Init	タイマ・アレイ・ユニット チャンネル 0 の初期設定
R_TAU_Channel0_Wait50us	50 μ s ウェイト処理
R_ADC_Init	A/D コンバータの初期設定
R_ADC_Set_OperationOn	A/D 電圧コンパレータ動作許可
R_ADC_Set_OperationOff	A/D 電圧コンパレータ動作停止
R_ADC_Start	A/D 変換開始処理
R_ADC_Stop	A/D 変換停止処理
R_ADC_WaitConversion	A/D 変換ウェイト処理
R_ADC_Get_Result	A/D 変換値取得処理
R_TEMPS_Init	温度センサの初期設定
R_TEMPS_Set_OperationOn	温度センサの動作許可
R_TEMPS_Set_OperationOff	温度センサの動作停止
R_TEMPS_Get_Temperature	温度データ取得処理
convert_ad2temp	A/D 変換値の温度変換処理

4.10 関数仕様

以下に関数仕様を示します。

[関数名] r_main

概要	メイン処理
ヘッダ	なし
宣言	void main(void)
説明	本例のメイン処理を行います。
引数	なし
リターン値	なし

[関数名] R_CGC_Init

概要	クロック発生回路の初期設定
ヘッダ	r_cgc.h
宣言	void R_CGC_Init(void)
説明	システムクロックの初期設定を行います。
引数	なし
リターン値	なし

[関数名] R_RTC_Init

概要	RTC の初期設定
ヘッダ	r_rtc.h
宣言	void R_RTC_Init(void)
説明	RTC の初期設定を行います。
引数	なし
リターン値	なし
備考	実行前に f_{IH} に 24MHz を設定してください。

[関数名] R_RTC_Set_RTC1HZMode

概要	RTC1HZ 端子出力モード設定
ヘッダ	r_rtc.h
宣言	void R_RTC_Set_RTC1HZMode (void)
説明	RTC1HZ 端子の 1Hz 出力モードを設定します。
引数	出力モード設定値
リターン値	なし

[関数名] R_RTC_Set_RTC1HZOn

概要	RTC1HZ 端子の 1Hz 出力有効
ヘッダ	r_rtc.h
宣言	void R_RTC_Set_RTC1HZOn(void)
説明	RTC1HZ 端子の 1Hz 出力を有効にします。
引数	なし
リターン値	なし

[関数名] R_RTC_Set_RTC1HZOff

概要	RTC1HZ 端子の 1Hz 出力無効
ヘッダ	r_rtc.h
宣言	void R_RTC_Set_RTC1HZOff(void)
説明	RTC1HZ 端子の 1Hz 出力を無効にします。
引数	なし
リターン値	なし

[関数名] R_RTC_Set_CorrectionTimingInterruptOn

概要	補正タイミング信号割り込み有効
ヘッダ	r_rtc.h
宣言	void R_RTC_Set_CorrectionTimingInterruptOn(void)
説明	補正タイミング信号割り込みを有効にします。
引数	なし
リターン値	なし

[関数名] R_RTC_Set_CorrectionTimingInterruptOff

概要	補正タイミング信号割り込み無効
ヘッダ	r_rtc.h
宣言	void R_RTC_Set_CorrectionTimingInterruptOff(void)
説明	補正タイミング信号割り込みを無効にします
引数	なし
リターン値	なし

[関数名] r_rtc_INTRTIT_interrupt

概要	RTC 補正タイミング信号割り込み (INTRTIT) 処理
ヘッダ	なし
宣言	static void r_rtc_INTRTIT_interrupt(void)
説明	<ul style="list-style-type: none"> ・ A/D コンバータで温度データを取得します。 ・ RTC の時計補正処理を実行します。
引数	なし
リターン値	なし

[関数名] R_RTC_ClockErrorCorrection

概要	RTC の時計補正処理
ヘッダ	r_rtc.h
宣言	void R_RTC_ClockErrorCorrection(int8_t temp)
説明	温度に応じた時計補正值を時計補正レジスタに設定します。
引数	温度データ
リターン値	なし

[関数名] R_TAU_Channel0_Init

概要	タイマ・アレイ・ユニット チャンネル 0 の初期設定
ヘッダ	r_tau.h
宣言	void R_TAU_Channel0_Init(void)
説明	タイマ・アレイ・ユニット チャンネル 0 をインターバルタイマに設定します。
引数	なし
リターン値	なし

[関数名] R_TAU_Channel0_Wait50us

概要	50 μ s のウエイト処理
ヘッダ	r_tau.h
宣言	void R_TAU_Channel0_Wait50us(void)
説明	50 μ s の間、HALT モードで待機します。
引数	なし
リターン値	なし

[関数名] R_ADC_Init

概要	A/D コンバータの初期設定
ヘッダ	r_adc.h
宣言	void R_ADC_Init(void)
説明	A/D コンバータの初期設定を行います。
引数	なし
リターン値	なし

[関数名] R_ADC_Set_OperationOn

概要	A/D 電圧コンパレータ動作許可
ヘッダ	r_adc.h
宣言	void R_ADC_Set_OperationOn(void)
説明	A/D 電圧コンパレータの動作を許可します。
引数	なし
リターン値	なし
備考	A/D 電圧コンパレータの動作許可後、1 μ s 以上の動作安定待ち時間を設定してください。

[関数名] R_ADC_Set_OperationOff

概要	A/D 電圧コンパレータ動作停止
ヘッダ	r_adc.h
宣言	void R_ADC_Set_OperationOff(void)
説明	A/D 電圧コンパレータの動作を停止します。
引数	なし
リターン値	なし

[関数名] R_ADC_Start

概要	A/D 変換開始処理
ヘッダ	r_adc.h
宣言	void R_ADC_Start(void)
説明	A/D 変換動作を許可し、A/D 変換を開始します。
引数	なし
リターン値	なし

[関数名] R_ADC_Stop

概要	A/D 変換停止処理
ヘッダ	r_adc.h
宣言	void R_ADC_Stop(void)
説明	A/D 変換動作を停止します。
引数	なし
リターン値	なし

[関数名] R_ADC_WaitConversion

概要	A/D 変換ウエイト処理
ヘッダ	r_adc.h
宣言	void R_ADC_WaitConversion (void)
説明	A/D 変換終了まで HALT 状態で待機します。
引数	なし
リターン値	なし
備考	A/D 変換開始直後に実行してください。

[関数名] R_ADC_Get_Result

概要	A/D 変換結果取得
ヘッダ	r_adc.h
宣言	void R_ADC_Get_Result(uint16_t * const buffer)
説明	10 ビット A/D 変換結果レジスタ (ADCR) から A/D 変換結果を読み出します。
引数	データバッファのポインタ
リターン値	なし

[関数名] R_TEMPS_Init

概要	温度センサの初期設定
ヘッダ	r_temps.h
宣言	void R_TEMPS_Init(void)
説明	温度センサの初期設定を行います。
引数	なし
リターン値	なし

[関数名] R_TEMPS_Set_OperationOn

概要	温度センサ動作許可
ヘッダ	r_temps.h
宣言	void R_TEMPS_Set_OperationOn (void)
説明	温度センサの動作を許可します。
引数	なし
リターン値	なし
備考	温度センサの動作許可後、50 μ s 以上の動作安定待ち時間を設定してください。

[関数名] R_TEMPS_Set_OperationOff

概要	温度センサ動作停止
ヘッダ	r_temps.h
宣言	void R_TEMPS_Set_OperationOff(void)
説明	温度センサの動作を停止します。
引数	なし
リターン値	なし

[関数名] R_TEMPS_Get_Temperature

概要	温度データ取得処理
ヘッダ	r_temps.h
宣言	int16_t R_TEMPS_Get_Temperature(void)
説明	温度データを取得します。
引数	なし
リターン値	温度データ

[関数名] convert_ad2temp

概要	A/D 変換値の温度変換処理
ヘッダ	なし
宣言	int16_t convert_ad2temp (uint16_t ad_data)
説明	A/D 変換値を温度データに変換します。
引数	温度センサ出力の A/D 変換値
リターン値	温度データ

4.11 フローチャート

4.11.1 メイン処理

図 4.5にメイン処理のフローチャートを示します。

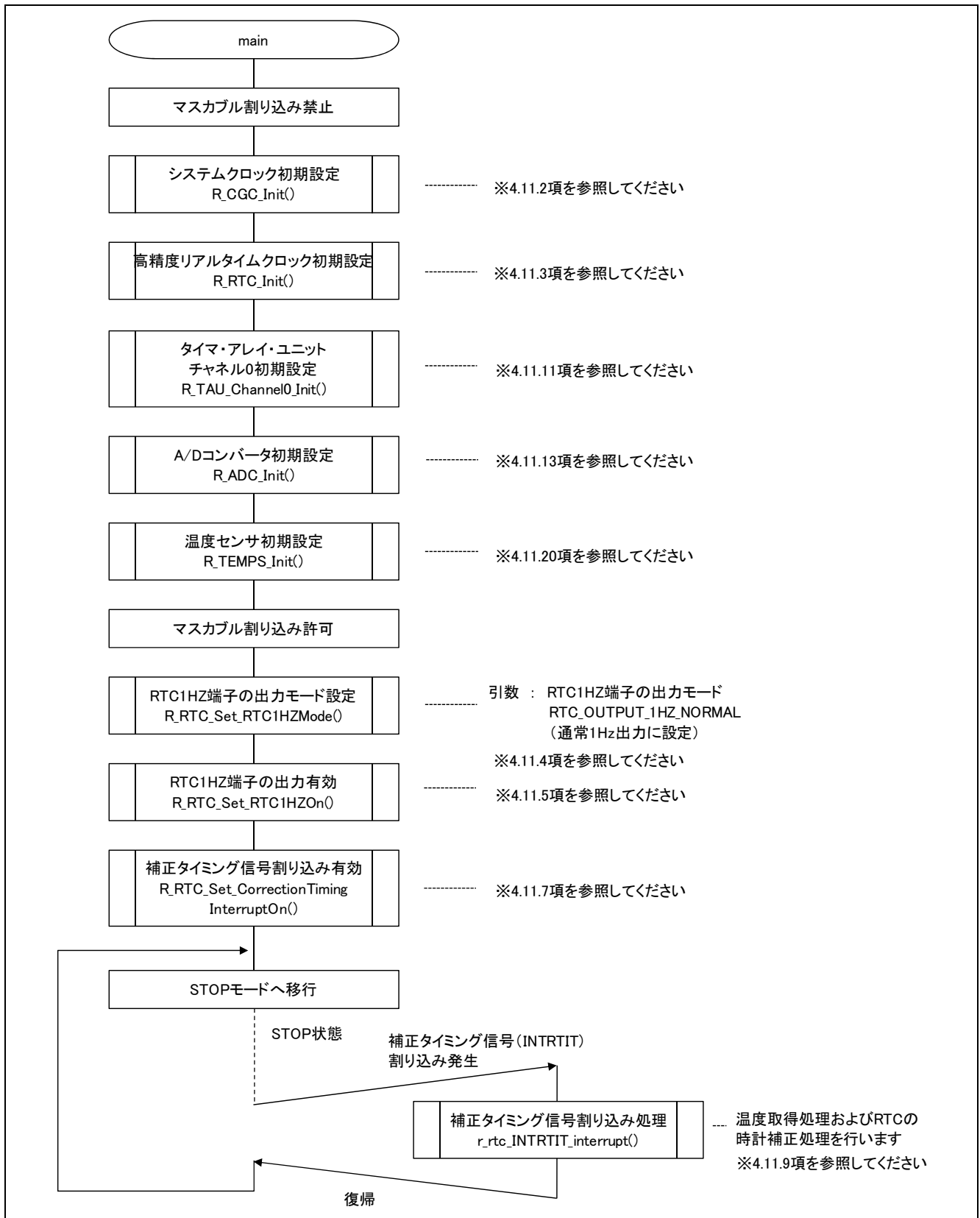


図 4.5 メイン処理フローチャート

4.11.2 クロック発生回路初期設定

図 4.6にクロック発生回路初期設定のフローチャートを示します。

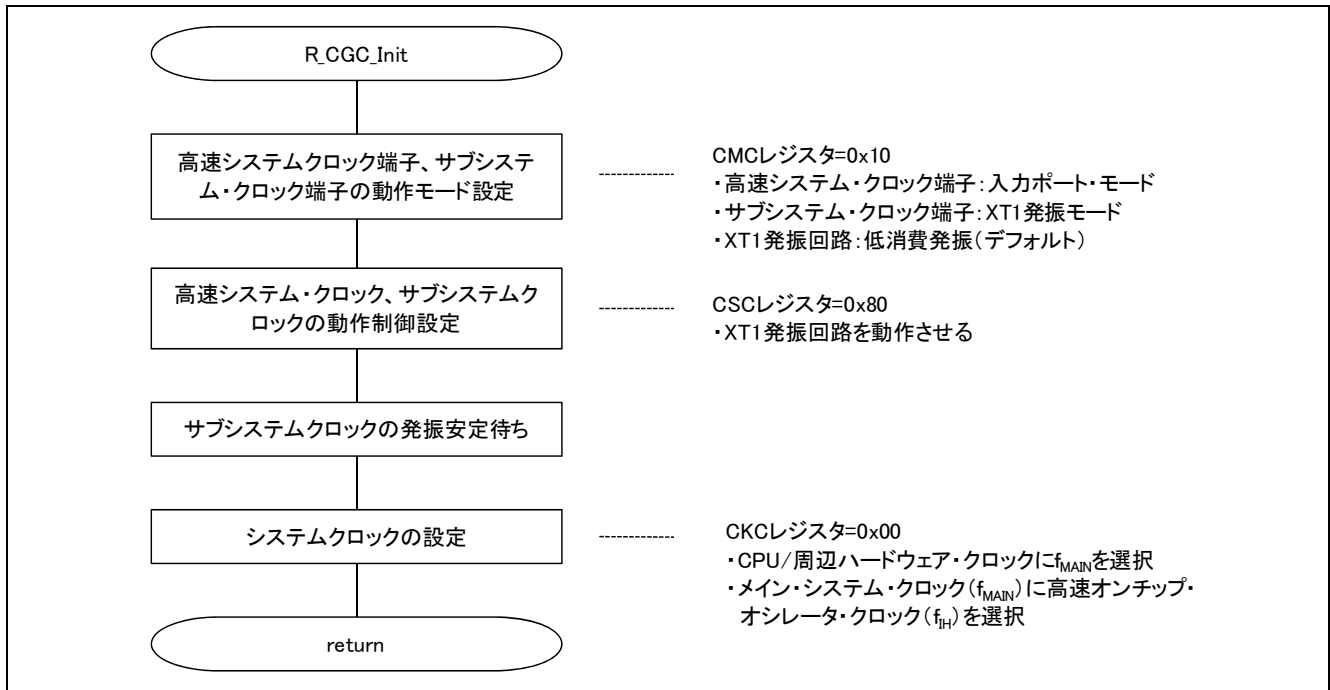


図 4.6 クロック発生回路初期設定フローチャート

システムクロックの設定

クロック動作モード制御レジスタ (CMC)

- 高速システム・クロック端子、サブシステム・クロック端子の設定
- 発振回路のゲイン設定

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
CMC	EXCLK	OSCSEL	EXCLKS	OSCSELS	0	AMPHS1	AMPHS0	AMPH
設定値	0	0	0	1	0	0	0	0

ビット7-6

EXCLK	OSCSEL	高速システム・クロック端子の動作モード	X1/P121 端子	X2/EXCLK/P122 端子
0	0	入力ポート・モード	入力ポート	

ビット5-4

EXCLKS	OSCSELS	サブシステム・クロック端子の動作モード	XT1/P123 端子	XT2/EXCLKS/P124 端子
0	1	XT1 発振モード	水晶振動子接続	

ビット2-1

AMPHS1	AMPHS0	XT1 発振回路の発振モード選択
0	0	低消費発振 (デフォルト)

ビット0

AMPH	X1 クロック発振周波数の制御
0	$1 \text{ MHz} \leq f_x \leq 10 \text{ MHz}$

注意 各レジスタ設定の詳細については、RL78/I1B 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。

クロック動作ステータス制御レジスタ (CSC)

- 高速システム・クロックの動作制御

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
CSC	MSTOP	XTSTOP	0	0	0	0	0	HIOSTOP
設定値	1	0	0	0	0	0	0	0

ビット 7

MSTOP	高速システム・クロックの動作制御		
	X1 発振モード時	外部クロック入力モード時	入力ポート・モード時
1	X1 発振回路停止	EXCLK 端子からの外部クロック無効	入力ポート

ビット 6

XTSTOP	サブシステム・クロックの動作制御		
	XT1 発振モード時	外部クロック入力モード時	入力ポート・モード時
0	XT1 発振回路動作	EXCLKS 端子からの外部クロック有効	入力ポート

ビット 0

HIOSTOP	高速オンチップ・オシレータ・クロックの動作制御
0	高速オンチップ・オシレータ動作

システム・クロック制御レジスタ (CKC)

- CPU/周辺ハードウェア・クロック (f_{CLK}) やメインシステム・クロックの選択

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
CKC	CLS	CSS	MCS	MCM0	0	0	0	0
設定値	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット 6

CSS	CPU/周辺ハードウェア・クロック (f_{CLK}) の選択
0	メイン・システム・クロック (f_{MAIN})

ビット 4

MCM0	メイン・システム・クロック (f_{MAIN}) の動作制御
0	メイン・システム・クロック (f_{MAIN}) に高速オンチップ・オシレータ・クロック (f_{IH}) を選択

注意 各レジスタ設定の詳細については、RL78/I1B 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。

4.11.3 RTC 初期設定

図 4.7、および図 4.8に RTC 初期設定のフローチャートを示します。

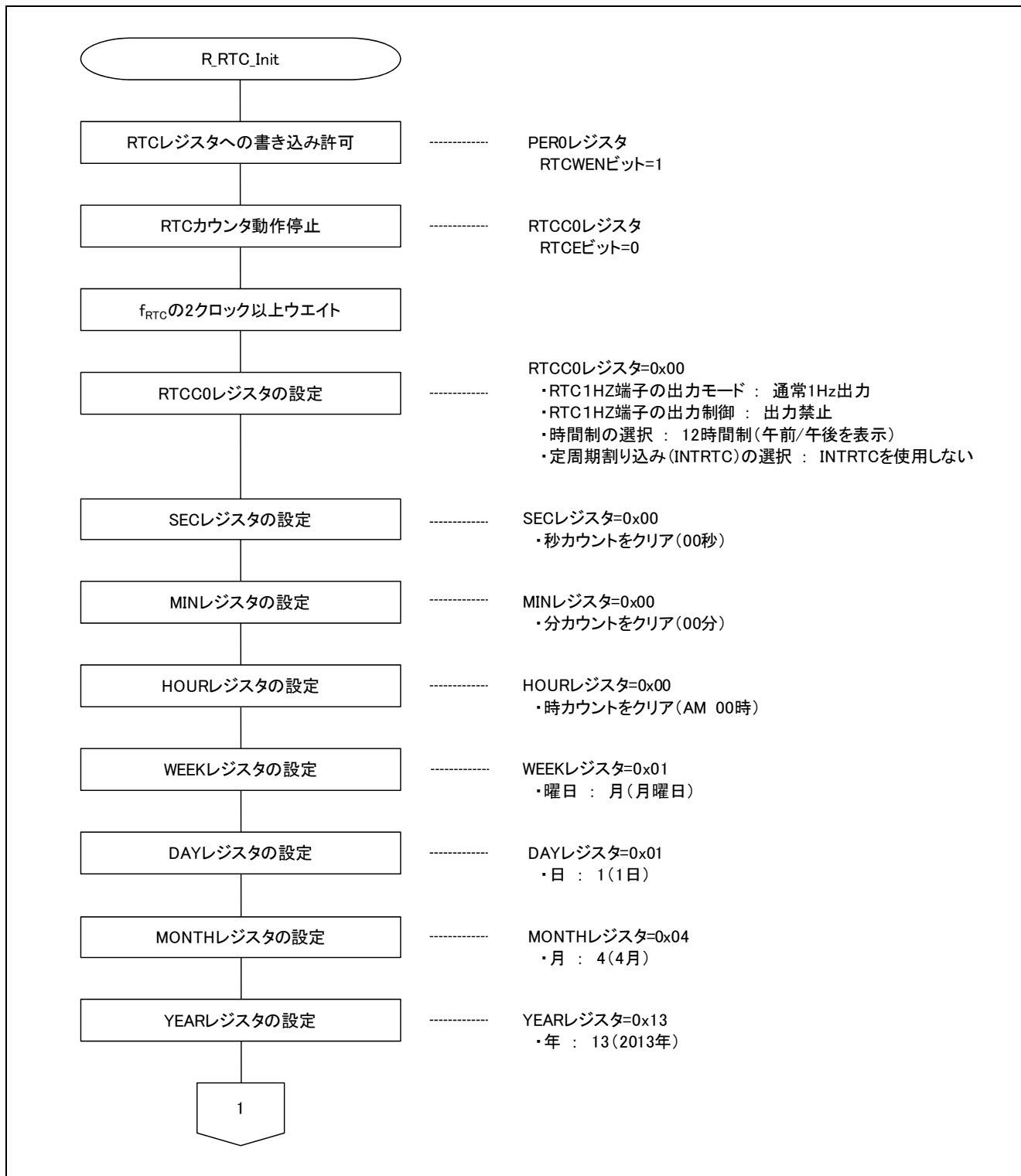


図 4.7 RTC 初期設定フローチャート (1/2)

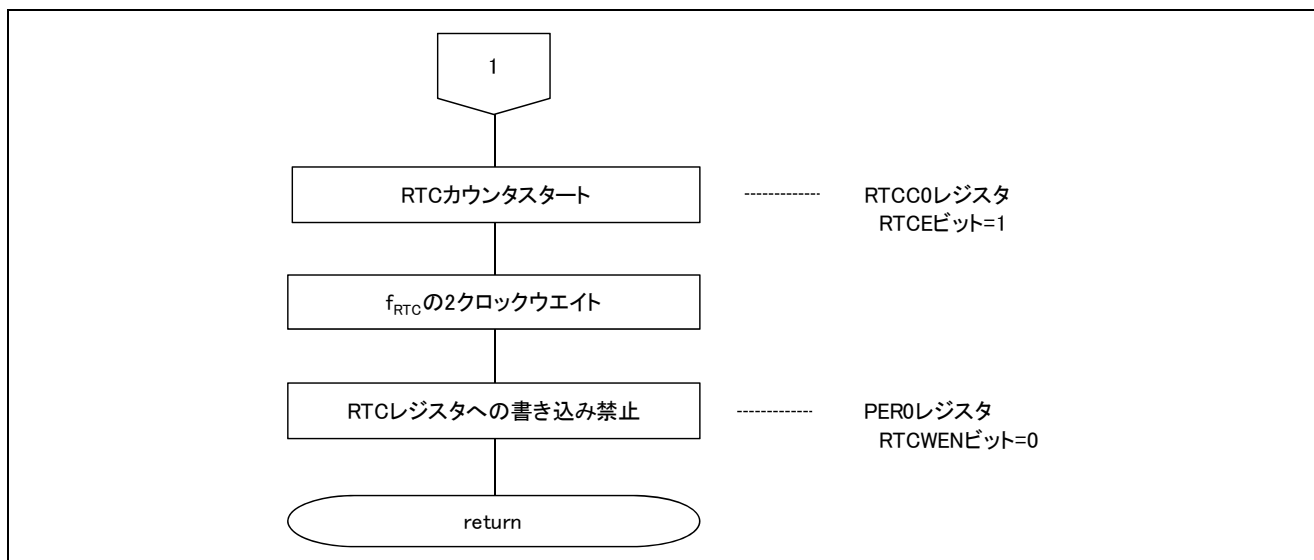


図 4.8 RTC 初期設定フローチャート (2/2)

高精度 RTC のレジスタへの書き込み許可/禁止

周辺イネーブル・レジスタ 0 (PER0)

- 高精度リアルタイム・クロックで使用されるレジスタへの書き込み許可/禁止

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
PER0	RTCWEN	IRDAEN	ADCEN	ICA0EN	SAU1EN	SAU0EN	0	TAU0EN
設定値	0/1	x	x	x	x	x	x	x

x: 本例で設定しないビット

周辺イネーブル・レジスタ 1 (PER1)

- 高精度リアルタイム・クロックの時計補正レジスタ (SUBCUD) への書き込み許可/禁止

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
PER1	TMKAEN	FMCEN	CMPEN	OSDCEN	DTCEN	0	0	DSADCEN
設定値	x	0/1	x	x	x	x	x	x

x: 本例で設定しないビット

- 高精度 RTC のレジスタ書き込み制御対応表

RTCWEN	FMCEN	高精度リアルタイム・クロックの入カクック供給の制御
0	0	入カクック供給停止 ・高精度リアルタイム・クロックで使用する SFR へのライト不可 ・高精度リアルタイム・クロックは動作可能
0	1	入カクック供給 ・高精度リアルタイム・クロックで使用する SFR (SUBCUD を除く) へのライト不可 ・高精度リアルタイム・クロックで使用する SUBCUD レジスタへのリード/ライト可 ・高精度リアルタイム・クロックは動作可能
1	0	入カクック供給 ・高精度リアルタイム・クロックで使用する SFR レジスタへのリード/ライト可
1	1	入カクック供給 ・高精度リアルタイム・クロックは動作可能

注. 時計誤差補正レジスタ (SUBCUD) は、周辺イネーブル・レジスタ 0 (PER0) の RTCWEN=1 または、周辺イネーブル・レジスタ 1 (PER1) の FMCEN=1 のどちらかを設定することでリード/ライトが可能となります。

注意 各レジスタ設定の詳細については、RL78/I1B 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。

RTC の動作制御

リアルタイム・クロック・コントロール・レジスタ 0 (RTCC0)

- 高精度リアルタイム・クロックの動作制御
- RTC1HZ 端子の出力モードを設定
- RTC1HZ 端子の出力許可／禁止
- 時計の時間制（12 時間制／24 時間制）の選択
- 定周期割り込み (INTRTC) の設定

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
RTCC0	RTCE	CLOSEL	CLOE1	0	AMPM	CT2	CT1	CT0
設定値	0/1	0/1	0/1	0	0	0	0	0

×：本例で設定しないビット

ビット 7

RTCE	高精度リアルタイム・クロックの動作制御
0	カウンタ動作停止
1	カウンタ動作開始

ビット 6

CLOSEL	RTC1HZ 端子の出力モード制御
0	通常 1Hz 出力
1	高精度 1Hz 出力

ビット 5

CLOE1	RTC1HZ 端子の出力制御
0	RTC1HZ 端子の出力（1Hz）禁止
1	RTC1HZ 端子の出力（1Hz）許可

ビット 3

AMPM	12 時間制／24 時間制の選択
0	12 時間制（午前／午後を表示）

ビット 2-0

CT2	CT1	CT0	定周期割り込み (INTRTC) の選択
0	0	0	定周期割り込み機能を使用しない

注意 各レジスタ設定の詳細については、RL78/I1B 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。

時計カウント値の設定

秒カウント・レジスタ (SEC)

- 00-59 (10進) までの秒のカウント値をBCDコードで設定します。

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
SEC	0	SEC40	SEC20	SEC10	SEC8	SEC4	SEC2	SEC1
設定値	0	0	0	0	0	0	0	0

分カウント・レジスタ (MIN)

- 00-59 (10進) までの分のカウント値をBCDコードで設定します。

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
MIN	0	MIN40	MIN20	MIN10	MIN8	MIN4	MIN2	MIN1
設定値	0	0	0	0	0	0	0	0

時カウント・レジスタ (HOUR)

- 0-12, 21-32 (10進) までの時のカウント値をBCDコードで設定します (RTCC0レジスタのAMPMビット=0の場合)。

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
HOUR	0	0	HOUR20	HOUR10	HOUR8	HOUR4	HOUR2	HOUR1
設定値	0	0	0	0	0	0	0	0

日カウント・レジスタ (DAY)

- 1-31 (10進) までの日のカウント値をBCDコードで設定します。

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
DAY	0	0	DAY20	DAY10	DAY8	DAY4	DAY2	DAY1
設定値	0	0	0	0	0	0	0	1

曜日カウント・レジスタ (WEEK)

- 0-6 (10進) までの曜日のカウント値をBCDコードで設定します。

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
WEEK	0	0	0	0	0	WEEK4	WEEK2	WEEK1
設定値	0	0	0	0	0	0	0	1

月カウント・レジスタ (MONTH)

- 1-12 (10進) までの月のカウント値をBCDコードで設定します。

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
MONTH	0	0	0	MONTH10	MONTH8	MONTH4	MONTH2	MONTH1
設定値	0	0	0	0	0	1	0	0

年カウント・レジスタ (YEAR)

- 0-99 (10進) までの年のカウント値をBCDコードで設定します。

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
YEAR	YEAR80	YEAR40	YEAR20	YEAR10	YEAR8	YEAR4	YEAR2	YEAR1
設定値	0	0	0	1	0	0	1	1

注意 各レジスタ設定の詳細については、RL78/I1B 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。

4.11.4 RTC1HZ 端子の 1Hz 出力モード選択処理

図 4.9に RTC1HZ 端子の 1Hz 出力モード選択処理のフローチャートを示します。

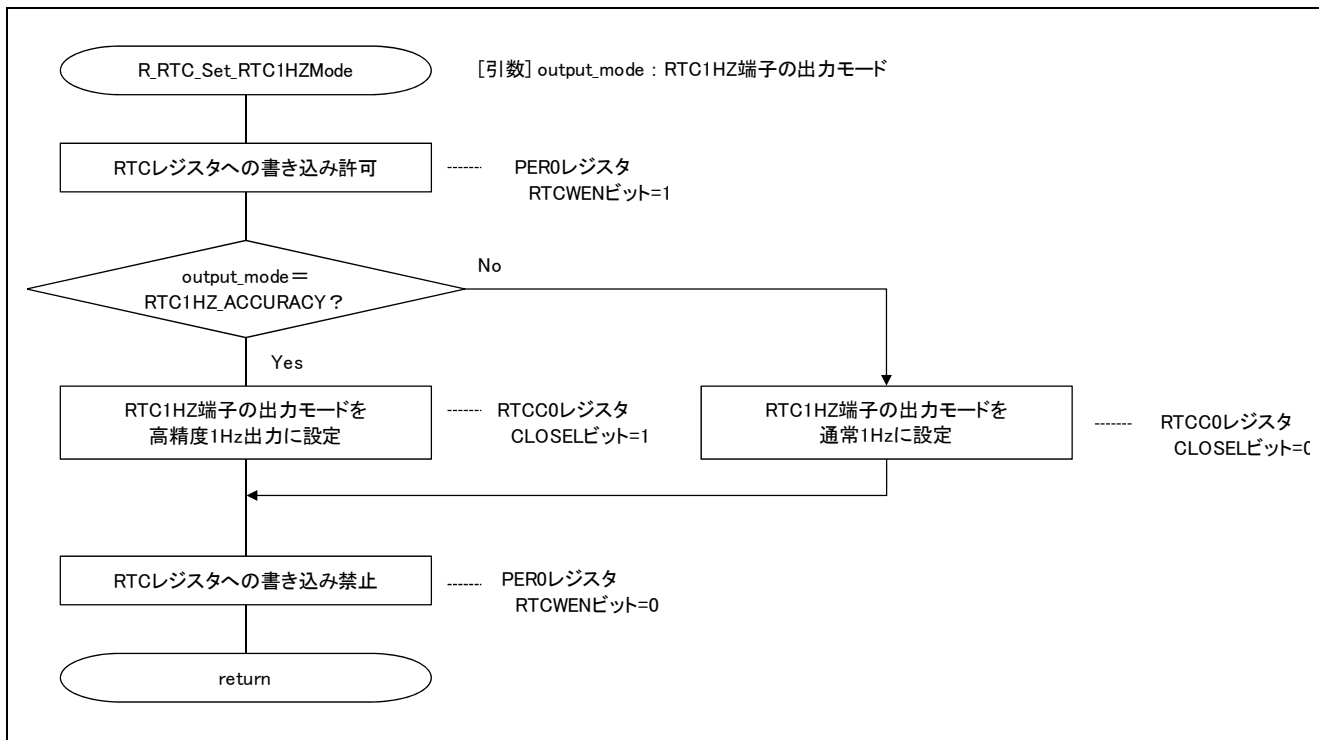


図 4.9 RTC1HZ 端子の 1Hz 出力モード選択処理フローチャート

4.11.5 RTC1HZ 端子の 1Hz 出力有効処理

図 4.10に RTC1HZ 端子の 1Hz 出力有効処理のフローチャートを示します。

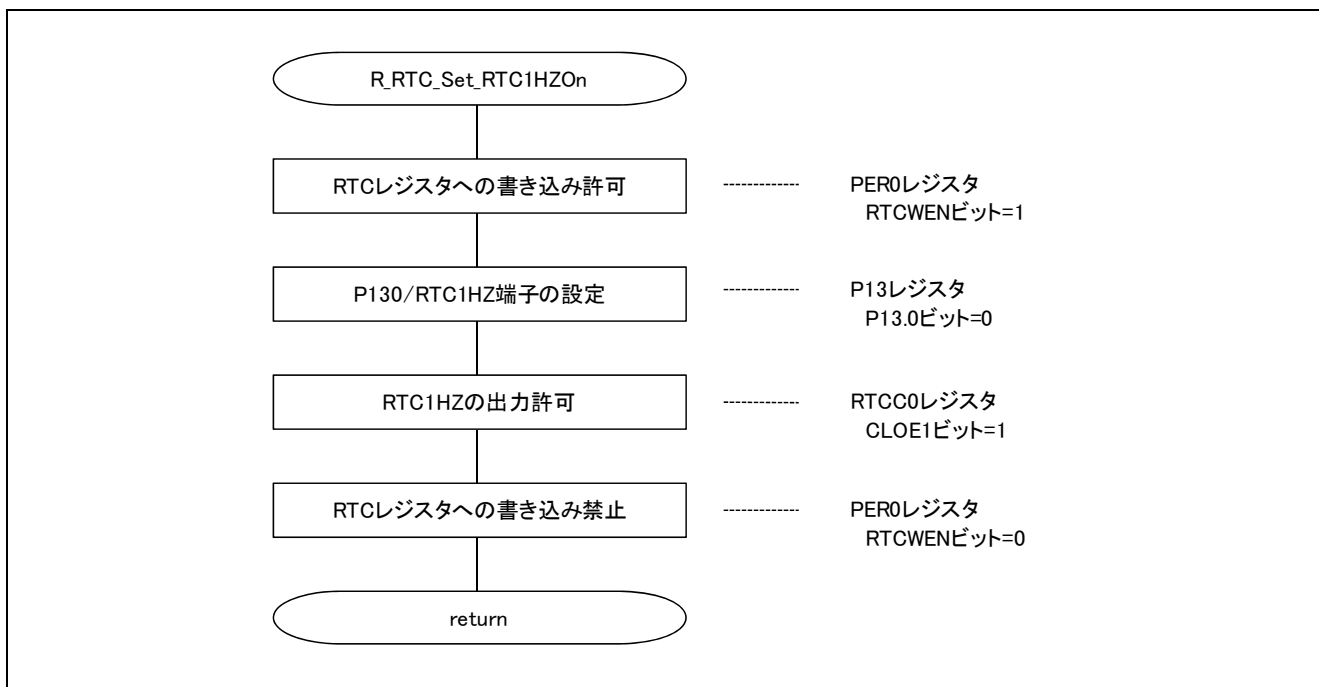


図 4.10 RTC1HZ 端子の 1Hz 出力有効処理フローチャート

RTC1HZ 端子の設定

ポート・レジスタ (P13)

- P130 (RTC1HZ) 端子出力を'0'に設定。P130 の兼用機能である RTC1HZ を使用時はポート・レジスタ(P13) のビット 0 を'0'に設定してください。

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
P13	P137	0	0	0	0	0	0	P130
設定値	×	×	×	×	×	×	×	0

×：本例で設定しないビット

ビット 0

P130	出力データの制御
0	0 を出力

注意 各レジスタ設定の詳細については、RL78/I1B 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。

4.11.6 RTC1HZ 端子の 1Hz 出力無効処理

図 4.11に RTC1HZ 端子の 1Hz 出力無効処理のフローチャートを示します。

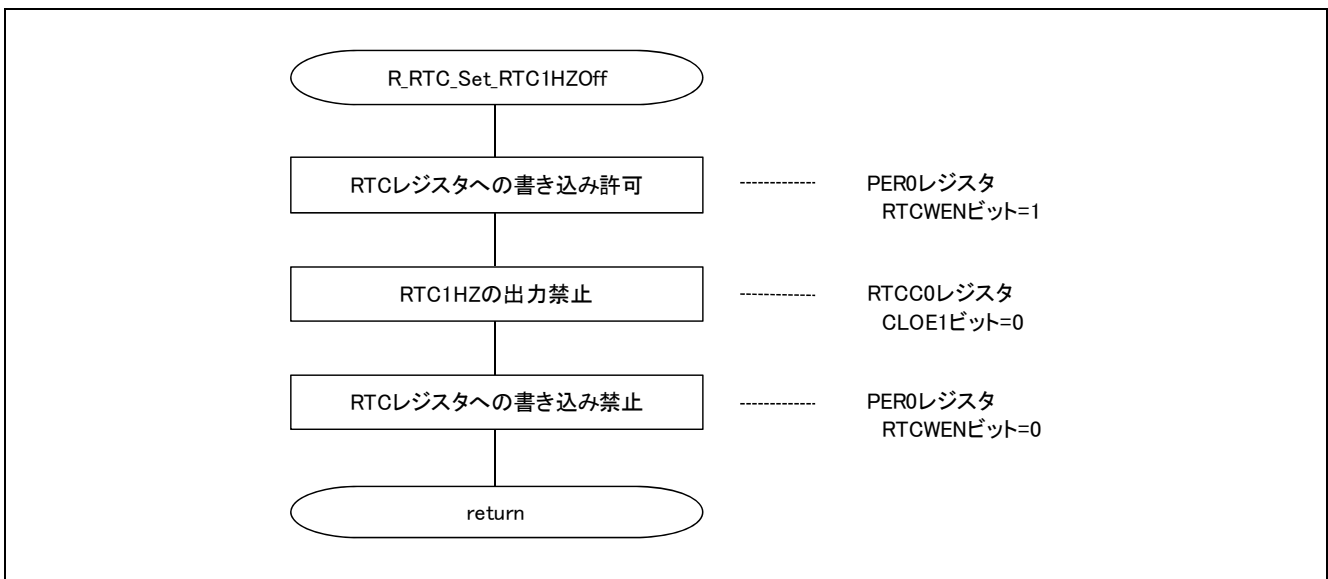


図 4.11 RTC1HZ 端子の 1Hz 出力無効処理フローチャート

4.11.7 補正信号タイミング割り込み有効処理

図 4.12に補正信号タイミング割り込み処理のフローチャートを示します。

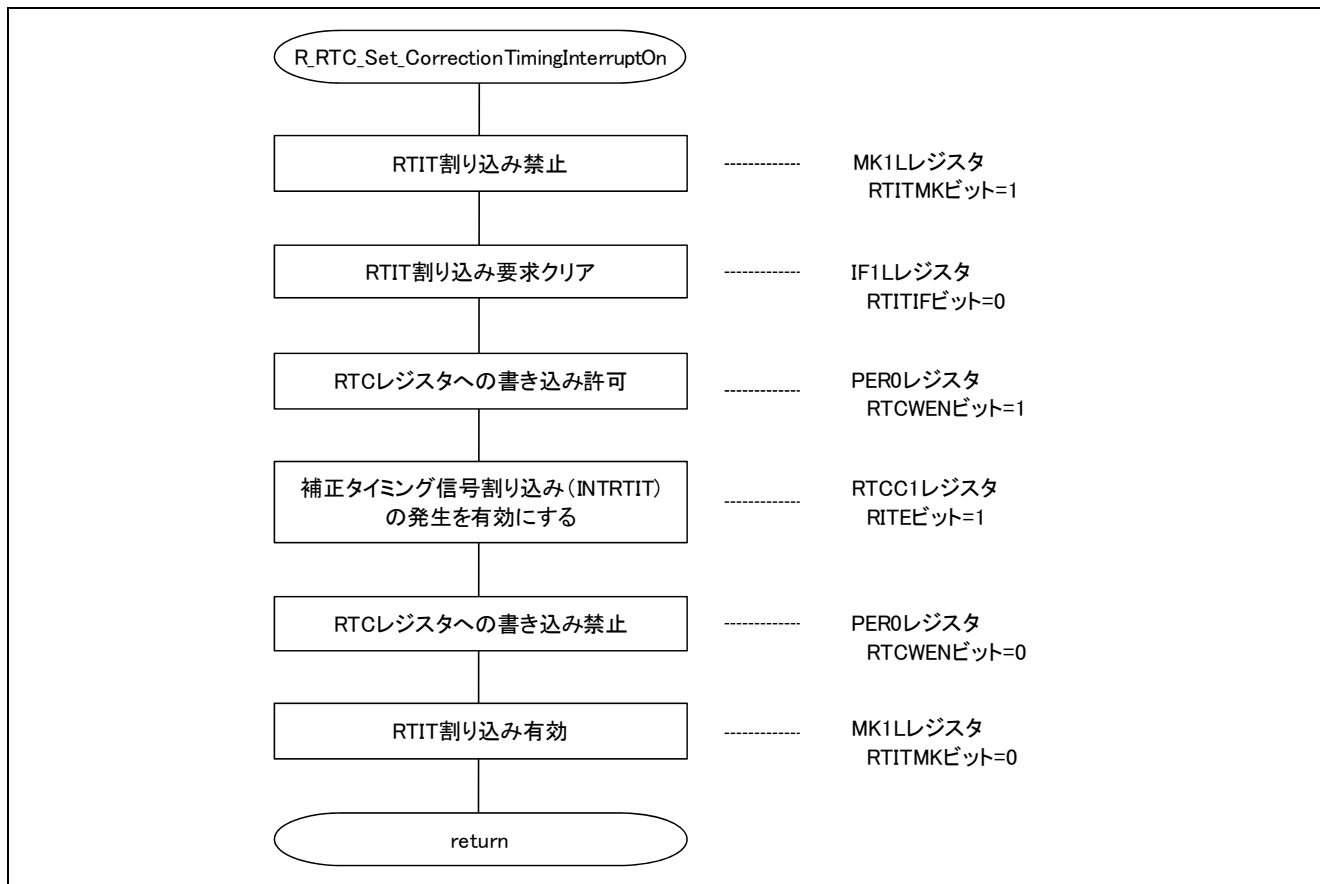


図 4.12 補正信号タイミング割り込み有効処理フローチャート

時計誤差補正割り込み (INTRTIT) の設定

割り込み要求フラグ・レジスタ (IF1L)

- 補正タイミング信号割り込み要求フラグのクリア

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
IF1L	TMIF01	FMIF	RTITIF	IICAIF0	SREIF1 TMIF03H	SRIF1	STIF1 IICIF10	SREIF0 TMIF01H
設定値	×	×	0	×	×	×	×	×

×：本例で設定しないビット

ビット5

RTITIF	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

注意 各レジスタ設定の詳細については、RL78/I1B 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。

割り込みマスク・フラグ・レジスタ (MK1L)

- 補正タイミング信号割り込み処理の許可/禁止

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
MK1L	TMMK01	FMMK	RTITMK	ICAMK0	SREMK1 TMMK03H	SRMK1	STMK1 IICMK10	SREMK0 TMMK01H
設定値	x	x	0/1	x	x	x	x	x

×：本例で設定しないビット

ビット5

RTITMK	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

リアルタイム・クロック・コントロール・レジスタ 1 (RTCC1)

- 補正タイミング信号割り込み (INTRTIT) 機能を有効にする

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
RTCC1	WALE	WALIE	RITE	WAFG	RIFG	0	RWST	RWAIT
設定値	x	x	0/1	x	x	x	x	x

×：本例で設定しないビット

ビット5

RITE	補正タイミング信号割り込み (INTRTIT) 機能の動作制御
0	補正タイミング信号割り込みを発生しない
1	補正タイミング信号割り込みを発生する

注意 各レジスタ設定の詳細については、RL78/I1B 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。

4.11.8 補正信号タイミング割り込み無効処理

図 4.15に補正信号タイミング割り込み無効処理のフローチャートを示します。

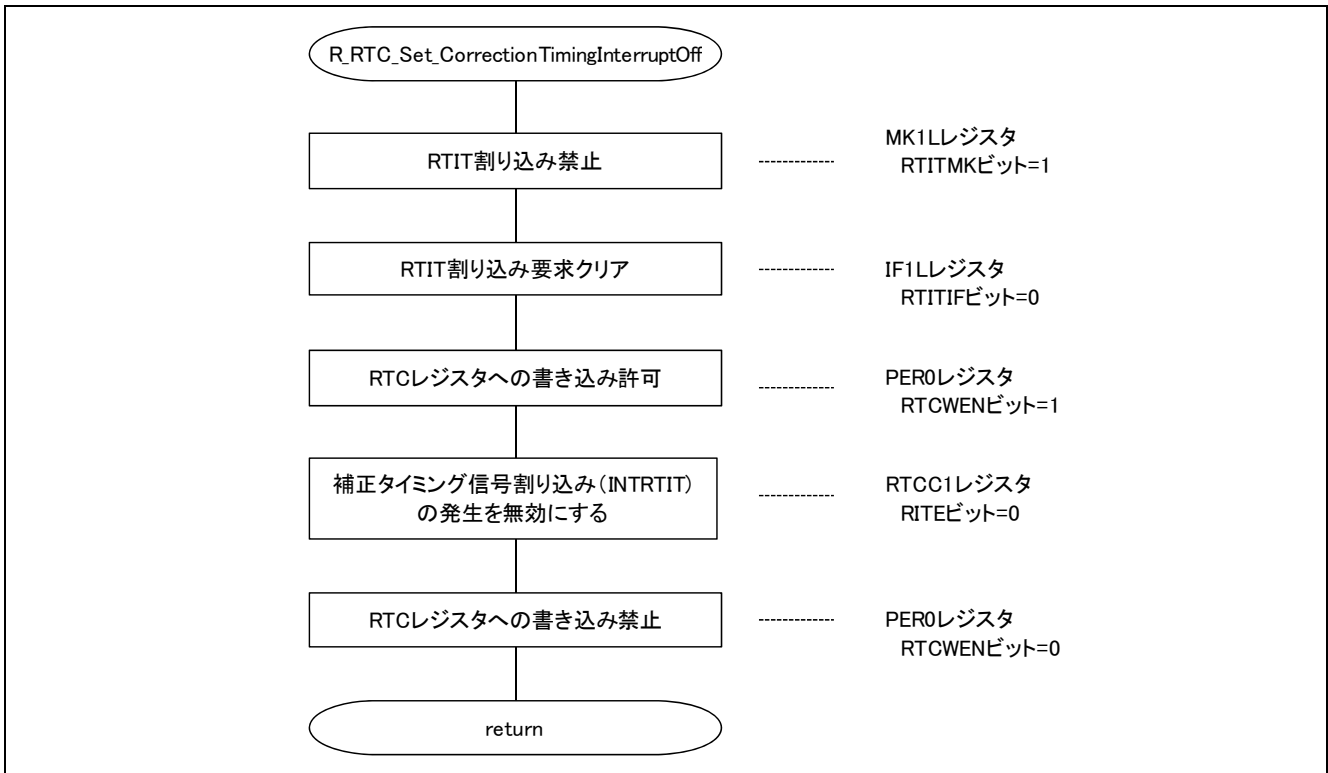


図 4.13 補正信号タイミング割り込み無効処理フローチャート

4.11.9 RTC 補正タイミング信号割り込み (INTRTIT) 処理

図 4.14に RTC 補正タイミング信号割り込み処理のフローチャートを示します。

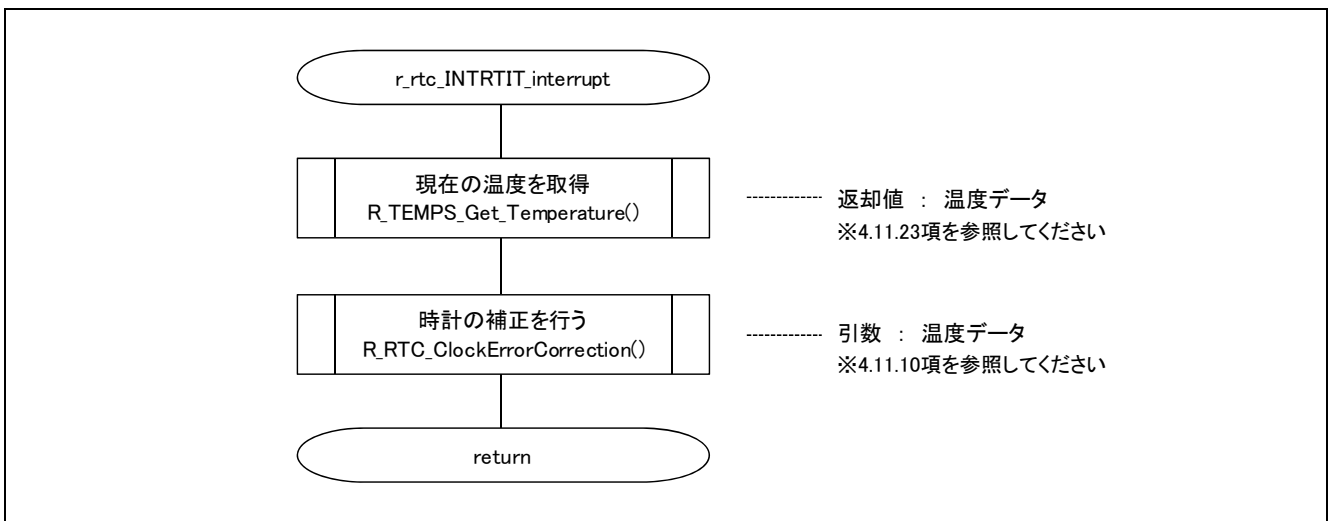


図 4.14 RTC 補正タイミング信号割り込み (INTRTIT) 処理フローチャート

4.11.10 RTC 時計補正処理

図 4.15に RTC 時計補正処理のフローチャートを示します。

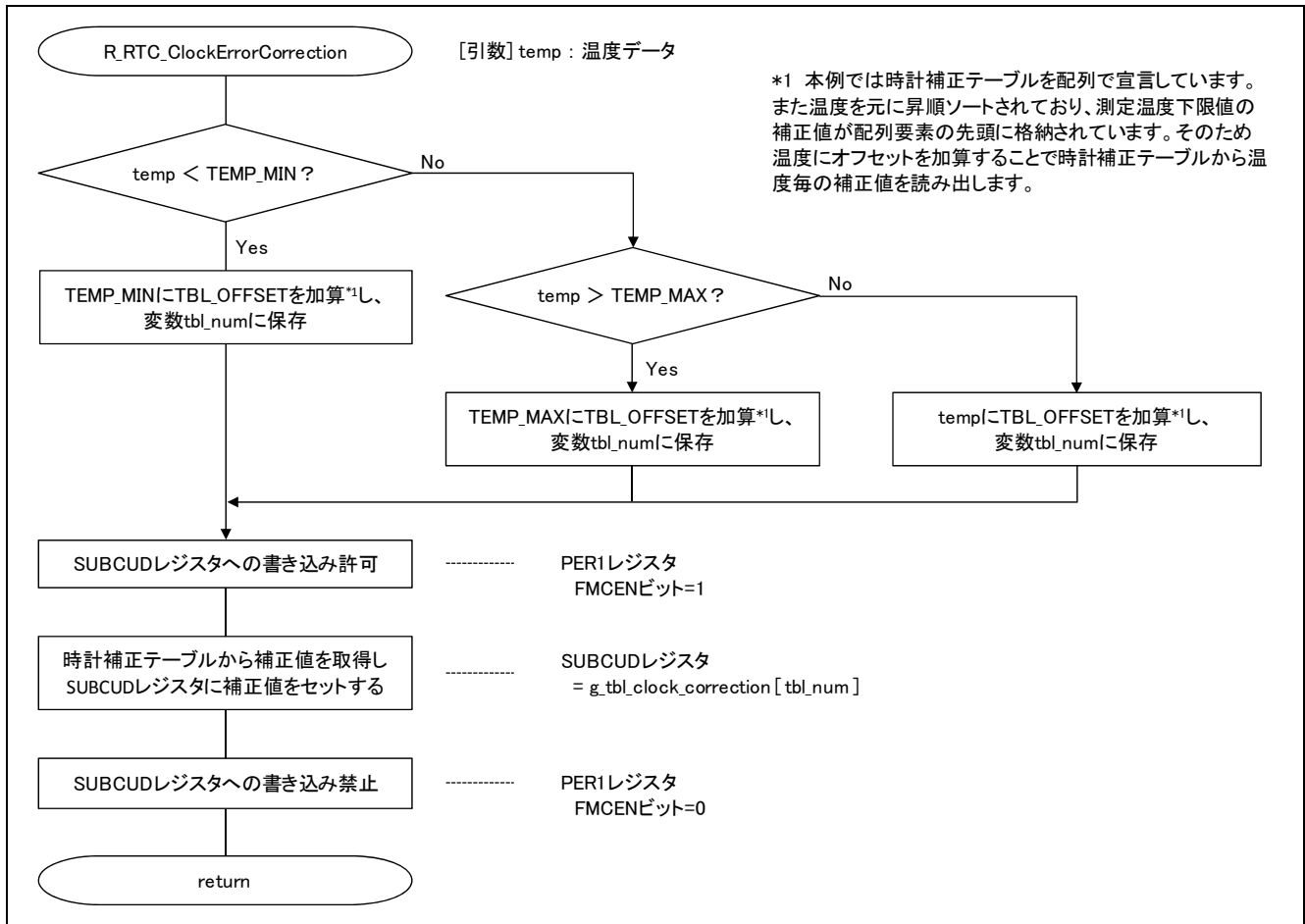


図 4.15 RTC 時計補正処理フローチャート

時計補正機能の設定

時計誤差補正レジスタ (SUBCUD)

- 時計補正機能を有効にする。
- ターゲット補正値を設定する。

略号	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
SUBCUD	F15	0	0	0	0	0	0	F8	F7	F6	F5	F4	F3	F2	F1	F0

注 時計誤差補正レジスタ (SUBCUD) は、周辺イネーブル・レジスタ 0 (PER0) の RTCWEN=1 または、周辺イネーブル・レジスタ 1 (PER1) の FMCEN=1 のどちらかを設定することでリード/ライトが可能となります。

ビット 15

F15	時計誤差補正許可
0	時計誤差補正停止
1	時計誤差補正許可

ビット 8-0

F8	F7	F6	F5	F4	F3	F2	F1	F0	ターゲット補正値
1	0	0	0	0	0	0	0	0	-274.6 ppm
1	0	0	0	0	0	0	0	1	-273.7 ppm
1	0	0	0	0	0	0	1	0	-272.7 ppm
.
.
.
1	1	1	1	1	1	1	0	1	-33.3 ppm
1	1	1	1	1	1	1	1	0	-32.4 ppm
1	1	1	1	1	1	1	1	1	-31.4 ppm
0	0	0	0	0	0	0	0	0	-30.5 ppm
0	0	0	0	0	0	0	0	1	-29.6 ppm
0	0	0	0	0	0	0	1	0	-28.6 ppm
.
.
.
0	0	0	0	1	1	1	1	1	-0.95 ppm
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0ppm (初期値)
0	0	0	1	0	0	0	0	1	0.95 ppm
.
.
.
0	1	1	1	1	1	1	0	1	210.7 ppm
0	1	1	1	1	1	1	1	0	211.7 ppm
0	1	1	1	1	1	1	1	1	212.6 ppm

注 SUBCUD レジスタの F15 ビット=0 のとき、F8-F0 ビットへの書き込みは可能ですが時計誤差補正は行われません。

注意 各レジスタ設定の詳細については、RL78/I1B 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。

4.11.11 タイマ・アレイ・ユニット チャンネル0 初期設定

図 4.16にタイマ・アレイ・ユニット チャンネル0 初期設定のフローチャートを示します。

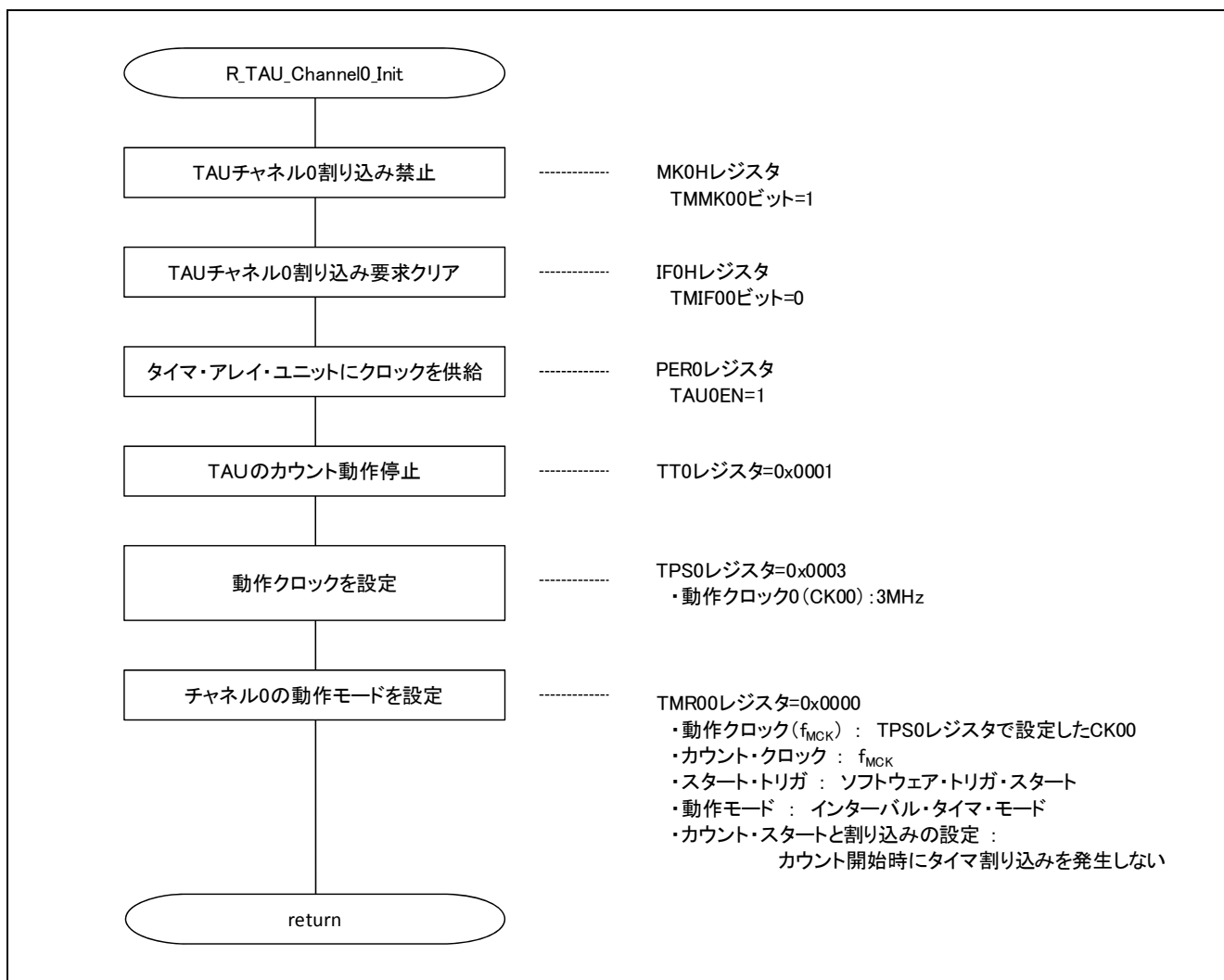


図 4.16 タイマ・アレイ・ユニット チャンネル0 初期設定フローチャート

タイマ割り込み (TMMK00) の設定

割り込みマスク・フラグ・レジスタ (MK0H)

- タイマ・ユニット・アレイ チャンネル0 割り込みの許可/禁止

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
MK0H	SRMK0	TMMK0	STMK0 CSIMK00 IICMK00	1	1	SREMK2	SRMK2	STMK2
設定値	×	0/1	×	×	×	×	×	×

×: 本例で設定しないビット

ビット6

TMMK0	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 各レジスタ設定の詳細については、RL78/I1B 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。

割り込み要求フラグ・レジスタ (IF0H)

- タイマ・ユニット・アレイ チャンネル0 割り込み要求フラグのクリア

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
MK0H	SRIF0	TMIF0	STIF0 CSIF00 IICIF00	0	0	SREIF2	SRIF2	STIF2
設定値	×	0/1	×	×	×	×	×	×

×：本例で設定しないビット

ビット6

TMMK0	割り込み処理の制御
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

タイマ・アレイ・ユニットへのクロック供給

周辺イネーブル・レジスタ (PER0)

- タイマ・アレイ・ユニットへのクロック供給設定

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
PER0	RTCWEN	IRDAEN	ADCEN	ICA0EN	SAU1EN	SAU0EN	0	TAU0EN
設定値	×	×	×	×	×	×	×	0/1

×：本例で設定しないビット

ビット0

TAU0EN	タイマ・アレイ・ユニットの入カクロック供給の制御
0	入カクロック供給停止 ・タイマ・アレイ・ユニットで使用する SFR へのライト不可 ・タイマ・アレイ・ユニットはリセット状態
1	入カクロック供給 ・タイマ・アレイ・ユニットで使用する SFR へのリード/ライト可

タイマ・アレイ・ユニットの動作制御設定

タイマ・チャンネル停止レジスタ 0 (TT0)

- チャンネル0のカウント動作の停止

略号	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
TT0	0	0	0	0	TTH 03	0	TTH 01	0	TT0 7	TT0 6	TT0 5	TT0 4	TT0 3	TT0 2	TT0 1	TT0 0
設定値	0	0	0	0	×	0	×	0	×	×	×	×	×	×	×	1

×：本例で設定しないビット

ビット0

TT00	チャンネル0の動作許可（スタート）トリガ
1	TE0n ビットを0にクリアし、カウント動作停止状態になる。

注意 各レジスタ設定の詳細については、RL78/I1B 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。

タイマ・クロック選択レジスタ 0 (TPS0)

- タイマ・アレイ・ユニット 0 の動作クロックを選択

略号	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
TPS0	0	0	PRS 031	PRS 030	0	0	PRS 021	PRS 020	PRS 013	PRS 012	PRS 011	PRS 010	PRS 003	PRS 002	PRS 001	PRS 000
設定値	0	0	×	×	0	0	×	×	×	×	×	×	0	0	1	1

×：本例で設定しないビット

ビット 3-0

PRS 003	PRS 002	PRS 001	PRS 000	$f_{CLK}/2^3$	動作クロック (CK00 の選択)				
					$f_{CLK}=$ 2MHz	$f_{CLK}=$ 5MHz	$f_{CLK}=$ 10MHz	$f_{CLK}=$ 20MHz	$f_{CLK}=$ 24MHz
0	0	1	1	$f_{CLK}/2^3$	250kHz	625kHz	1.25MHz	2.5MHz	3MHz

注意 各レジスタ設定の詳細については、RL78/I1B 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。

タイマ・モード・レジスタ 00 (TMR00)

- 動作クロック (f_{MCK}) の選択
- カウント・クロックの選択
- スタート・トリガとキャプチャ・トリガの設定
- タイマ入力の有効エッジ選択
- 動作モード設定

略号	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
TMR00	CKS 001	CKS 000	0	CCS 00	0	STS 002	STS 001	STS 000	CIS 001	CIS 000	0	0	MD 003	MD 002	MD 001	MD 000
設定値	0	0	0	0	0	0	0	0	×	×	0	0	0	0	0	0

×：本例で設定しないビット

ビット 15-14

CKS 001	CKS 000	チャンネル 0 の動作クロック (f_{MCK}) の選択
0	0	タイマ・クロック選択レジスタ 0 (TPS0) で設定した動作クロック CK00

ビット 12

CCS 00	チャンネル 0 のカウント・クロック (f_{TCLK}) の選択
0	CKS000, CKS001 ビットで指定した動作クロック (f_{MCK})

ビット 10-8

STS 002	STS 001	STS 000	チャンネル 0 のスタート・トリガ, キャプチャ・トリガの設定
0	0	0	ソフトウェア・トリガ・スタートのみ有効 (他のトリガ要因を非選択にする)

ビット 3-1

MD 003	MD 002	MD 001	チャンネル 0 の動作モードの設定	対応する機能	TCR のカウント 動作
0	0	0	インターバル・タイマ・モード	インターバル・タイマ/ 方形波出力/PWM 出力 (マスタ)	ダウン・カウント

ビット 0

動作モード (MD002-MD001 で設定)	MD 000	カウントスタートと割り込みの設定
・インターバル・タイマ・モード (0, 0, 0)	0	カウント開始時にタイマ割り込みを発生しない (タイマ出力も変化しない)。

注意 各レジスタ設定の詳細については、RL78/I1B 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。

4.11.12 50 μs ウェイト処理

図 4.17に 50 μs ウェイト処理のフローチャートを示します。

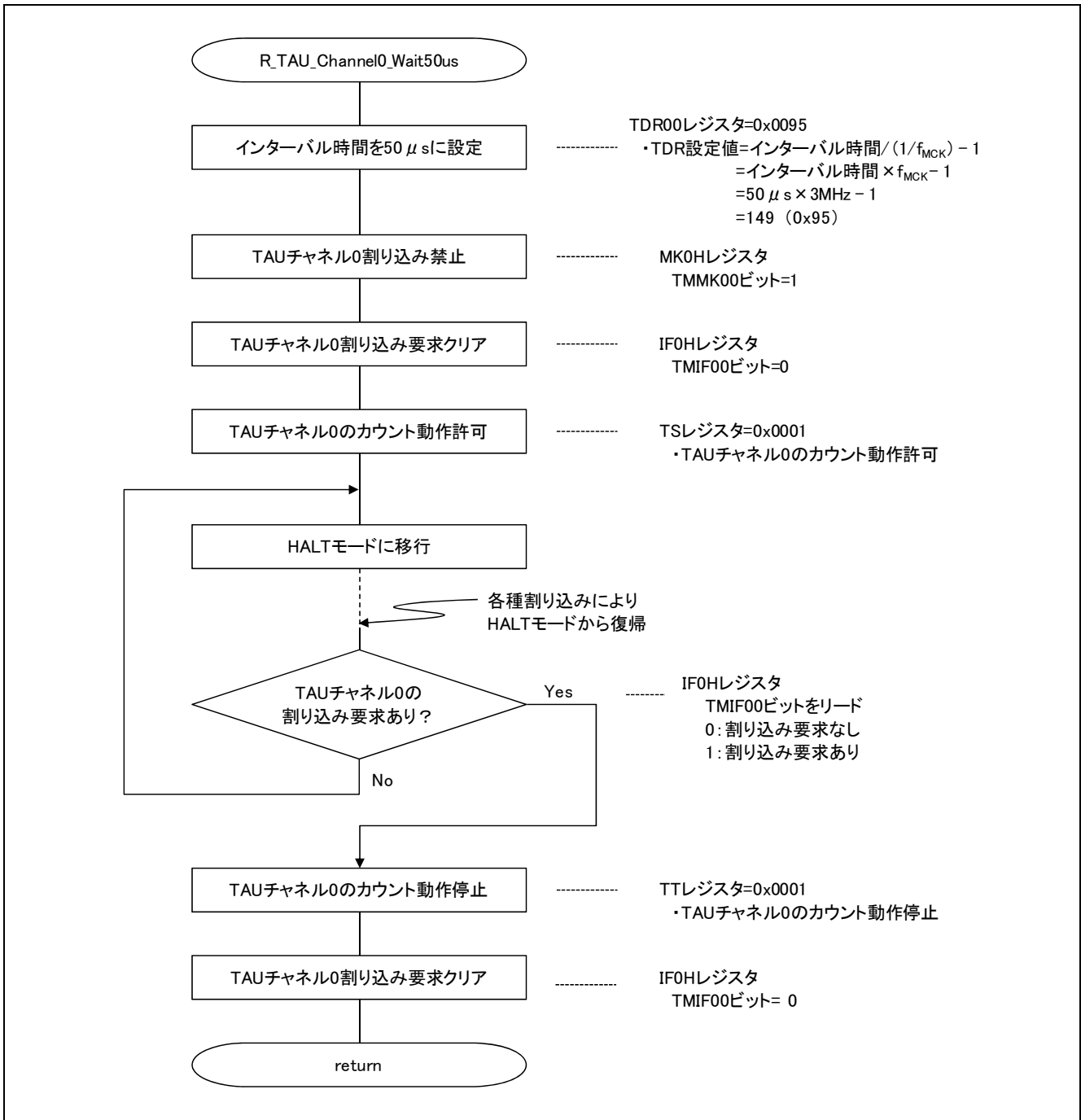


図 4.17 50 μs ウェイト処理フローチャート

インターバル時間の設定

タイマデータレジスタ 00 (TDR00)

- インターバル時間 (INTTM00 (タイマ割り込み) の発生周期) を $50\mu\text{s}$ に設定

$$\text{インターバル時間} = \text{カウント} \cdot \text{クロック (} f_{\text{TCLK}} \text{) 周期} \times (\text{TDR00 の設定値} + 1)$$

$$50\mu\text{s} = (1/3\text{MHz}) \times (\text{TDR00 の設定値} + 1)$$

$$\Rightarrow \text{TDR00 の設定値} = 149$$

略号	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
TDR00																

タイマ・アレイ・ユニットの動作制御設定

タイマ・チャンネル開始レジスタ 0 (TS0)

- チャンネル 0 のカウント動作の開始

略号	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
TS0	0	0	0	0	TSH 03	0	TSH 01	0	TS0 7	TS0 6	TS0 5	TS0 4	TS0 3	TS0 2	TS0 1	TS0 0
設定値	0	0	0	0	×	0	×	0	×	×	×	×	×	×	×	1

×: 本例で設定しないビット

ビット 0

TS00	チャンネル 0 の動作許可 (スタート) トリガ
1	TE00 ビットを 1 にセットし、カウント動作許可状態になる。 カウント動作許可状態における TCR00 レジスタのカウント動作開始は、各動作モードにより異なります

注意 各レジスタ設定の詳細については、RL78/I1B 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。

4.11.13 A/D コンバータ初期設定

図 4.18に A/D コンバータ初期設定のフローチャートを示します。

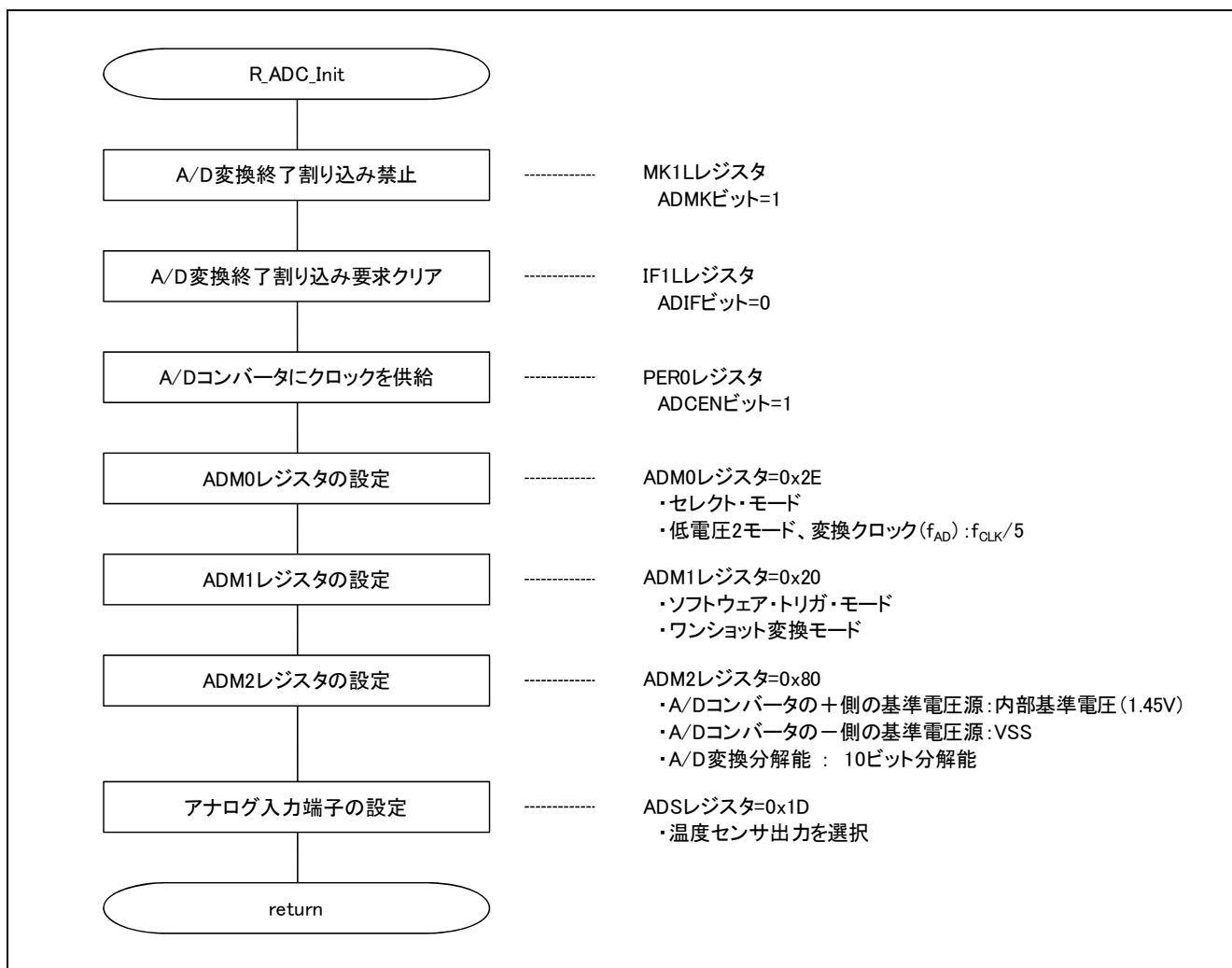


図 4.18 A/D コンバータ初期設定フローチャート

A/D 変換終了割り込み (INTAD) の設定

割り込みマスク・フラグ・レジスタ (MK1L)

- A/D 変換終了割り込み処理の許可/禁止

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
MK1L	0	0	0	TMKAMK	RTCMK	ADMK	TMMK03	TMMK02
設定値	×	×	×	×	×	0/1	×	×

×：本例で設定しないビット

ビット 5

ADMK	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 各レジスタ設定の詳細については、RL78/I1B 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。

割り込み要求フラグ・レジスタ (IF1L)

- A/D 変換終了割り込み要求フラグのクリア

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
IF1H	0	0	0	TMKAIF	RTCIF	ADIF	TMIF03	TMIF02
設定値	×	×	×	×	×	0/1	×	×

×：本例で設定しないビット

ビット 2

ADIF	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

A/D コンバータへのクロック供給

周辺イネーブル・レジスタ (PER0)

- A/D コンバータへのクロック供給設定

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
PER0	RTCWEN	IRDAEN	ADCEN	ICA0EN	SAU1EN	SAU0EN	0	TAU0EN
設定値	×	×	0/1	×	×	×	×	×

×：本例で設定しないビット

ビット 5

ADCEN	A/D コンバータの入カクロック供給の制御
0	入カクロック供給停止 ・ A/D コンバータで使用する SFR へのライト不可 ・ A/D コンバータはリセット状態
1	入カクロック供給 ・ A/D コンバータで使用する SFR へのリード/ライト可

注意 各レジスタ設定の詳細については、RL78/I1B 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。

A/D コンバータの設定

A/D コンバータ・モード・レジスタ 0 (ADM0)

- A/D 変換動作の許可/停止
- A/D 変換チャンネル選択モードの設定
- A/D 変換するアナログ入力の変換時間設定
- A/D 電圧コンパレータの動作制御

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
ADM0	ADCS	ADMD	FR2	FR1	FR0	LV1	LV0	ADCE
設定値	0/1	0	1	0	1	1	1	0/1

ビット 7

ADCS	A/D 変換動作の制御
0	変換動作停止 [リード時] 変換動作停止/待機状態
1	変換動作許可 [リード時] ソフトウェア・トリガ・モード時: 変換動作状態 ハードウェア・トリガ・ウェイト・モード時: 安定待ち状態+変換動作状態

ビット 6

ADMD	A/D 変換チャンネル選択モードを設定
0	セレクトモード

ビット 51

FR2	FR1	FR0	LV1	LV0	モード	変換 クロック (f_{AD})	10 ビット分解能時の変換時間の選択				
							$f_{CLK}=$ 1MHz	$f_{CLK}=$ 4MHz	$f_{CLK}=$ 8MHz	$f_{CLK}=$ 16MHz	$f_{CLK}=$ 24MHz
1	0	1	1	1	低電圧 2	$f_{CLK}/5$	設定禁止	23.75 μ s	11.875 μ s	5.938 μ s	3.9583 μ s

ビット 0

ADCE	A/D 電圧コンパレータの動作制御
0	A/D 電圧コンパレータの動作停止
1	A/D 電圧コンパレータの動作許可

注意 各レジスタ設定の詳細については、RL78/I1B 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。

A/D コンバータ・モード・レジスタ 1 (ADM1)

- A/D 変換トリガ・モードの選択
- A/D 変換動作モードの選択

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
ADM1	ADTMD1	ADTMD0	ADSCM	0	0	0	ADTRS1	ADTRS0
設定値	0	0	1	0	0	0	0	0

ビット 7-6

ADTMD1	ADTMD0	A/D 変換トリガ・モードの選択
0	×	ソフトウェア・トリガ・モード

× : Don't care

ビット 5

ADSCM	A/D 変換動作の制御
1	ワンショット変換モード

ビット 1-0

ADTRS1	ADTRS0	ハードウェア・トリガ信号の選択
0	0	タイマ・チャンネル 01 のカウント完了またはキャプチャ完了割り込み信号 (INTTM01)

注 本例において ADTRS1、ADTRS0 の設定は動作に影響しません。

ただし ADTRS1=0 かつ ADTRS0=1 は設定禁止です。

アナログ入力チャンネル指定レジスタ (ADS)

- A/D 変換対象を温度センサに設定。

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
ADS	ADISS	0	0	ADS4	ADS3	ADS2	ADS1	ADS0
設定値	0	0	0	1	1	1	0	1

〇セレクト・モード (ADMD = 0)

ADISS	ADS4	ADS3	ADS2	ADS1	ADS0	アナログ入力 チャンネル	入力ソース
0	1	1	1	0	1	—	温度センサ出力

— : 外部端子への割り当て無し

注意 各レジスタ設定の詳細については、RL78/I1B 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。

4.11.14 A/D コンパレータ動作許可処理

図 4.19に A/D コンパレータ動作許可処理のフローチャートを示します。

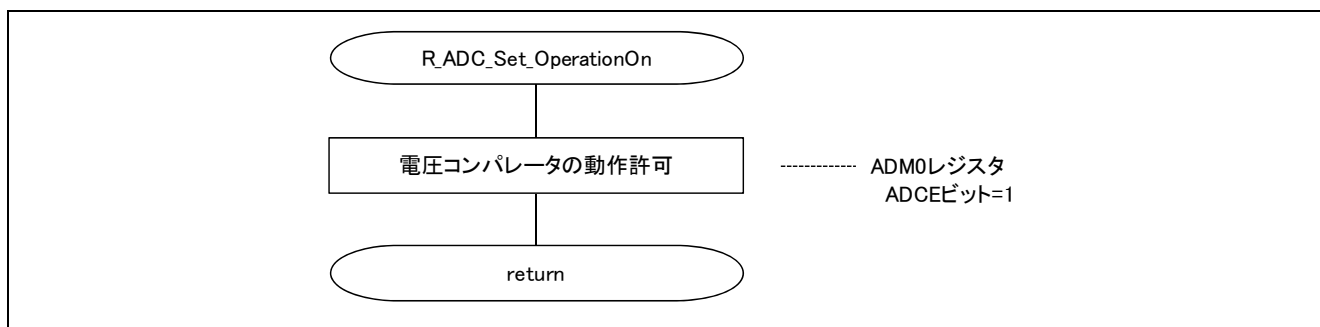


図 4.19 A/D コンパレータ動作許可処理フローチャート

4.11.15 A/D コンパレータ動作停止処理

図 4.20に A/D コンパレータ動作停止処理のフローチャートを示します。

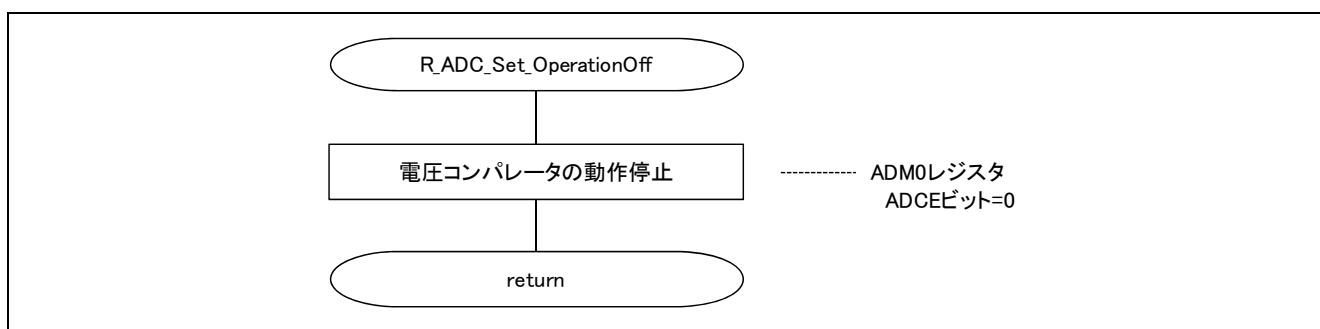


図 4.20 A/D コンパレータ動作停止処理フローチャート

4.11.16 A/D 変換開始処理

図 4.21に A/D 変換開始処理のフローチャートを示します。

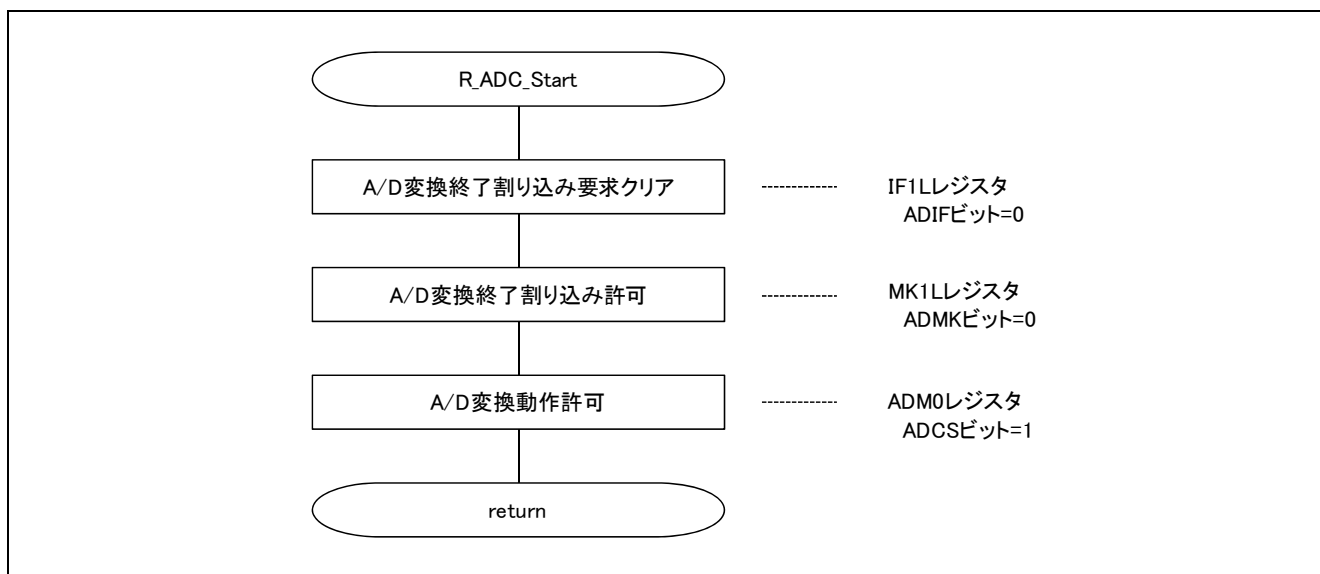


図 4.21 A/D 変換開始処理フローチャート

4.11.17 A/D 変換停止処理

図 4.22に A/D 変換停止処理のフローチャートを示します。

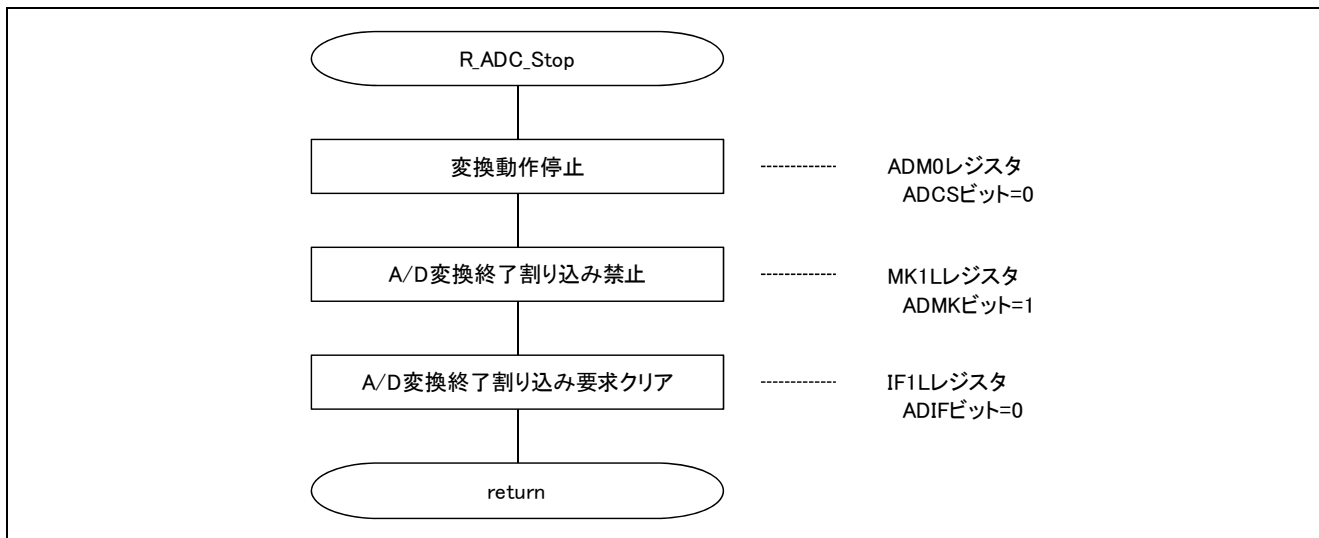


図 4.22 A/D 変換停止処理フローチャート

4.11.18 A/D 変換ウエイト処理

図 4.23に A/D 変換ウエイト処理のフローチャートを示します。

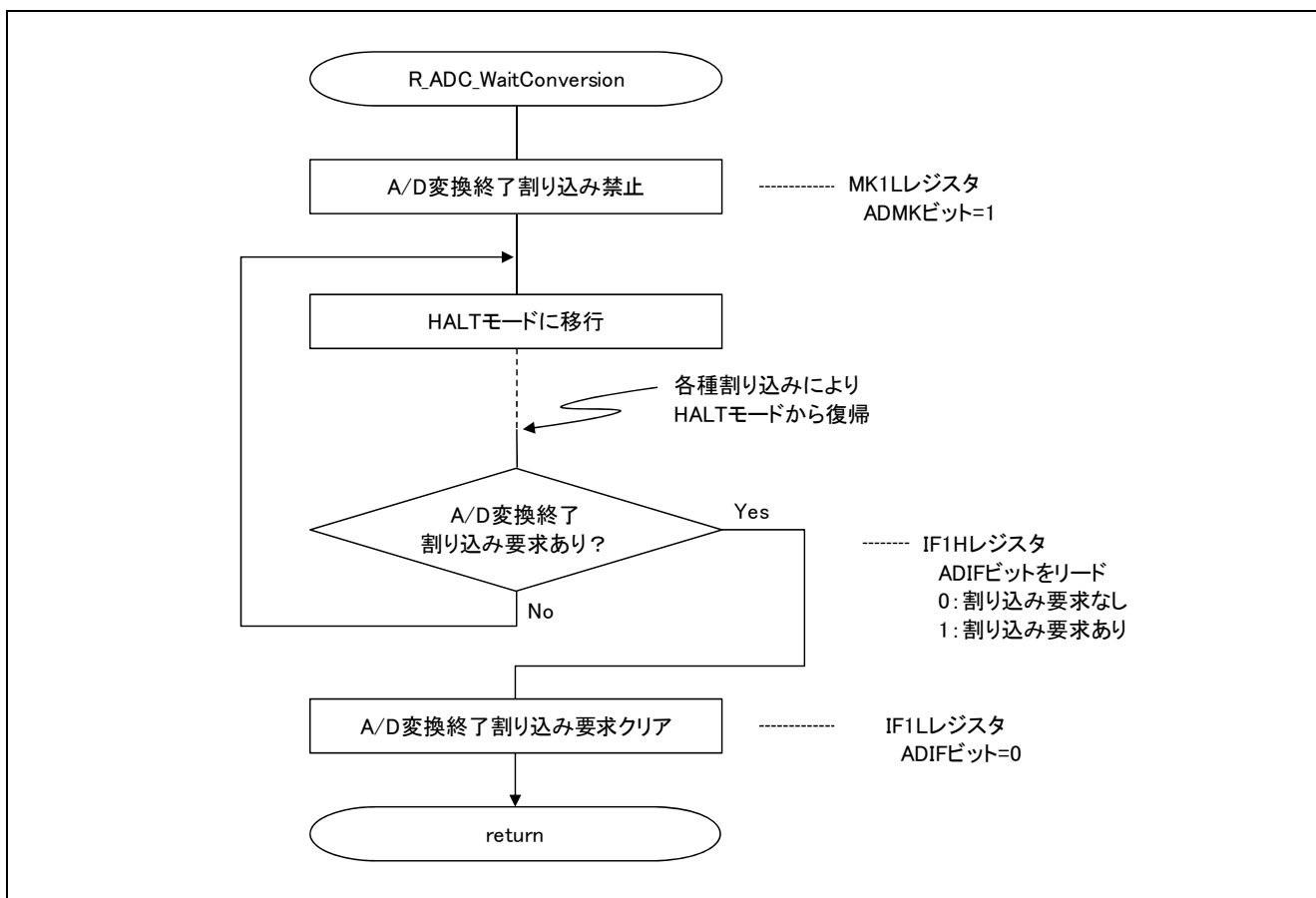


図 4.23 A/D 変換ウエイト処理のフローチャート

4.11.19 A/D 変換結果取得処理

図 4.24に A/D 変換結果取得処理のフローチャートを示します。

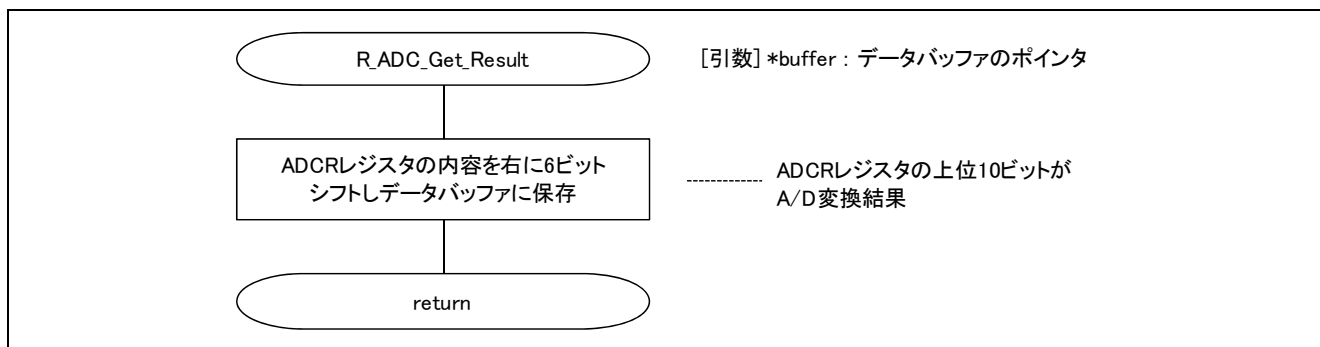


図 4.24 A/D 変換結果取得処理フローチャート

A/D 変換結果の取得

10 ビット A/D 変換結果レジスタ (ADCR)

- A/D 変換結果を保持します。変換結果は 16 ビットレジスタに左詰めフォーマットで格納されます。

略号	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
ADCR											0	0	0	0	0	0

注意 各レジスタ設定の詳細については、RL78/I1B 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。

4.11.20 温度センサ初期設定

図 4.25に温度センサ初期設定のフローチャートを示します。

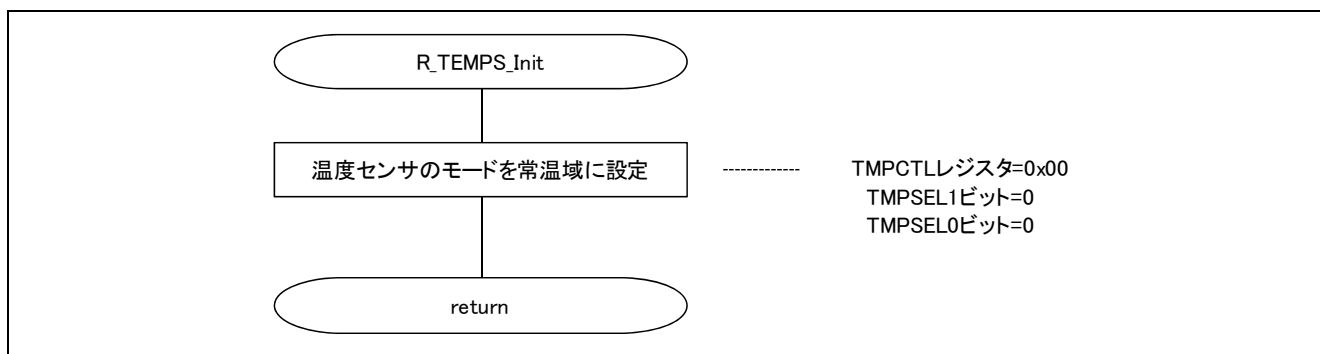


図 4.25 温度センサの初期設定フローチャート

温度センサの動作制御

温度センサ・コントロール・テスト・レジスタ (TMPCTL)

- 温度センサのモードを選択します
- 温度センサの動作を開始します

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
TMPCTL	TMPEN	0	0	0	0	0	TMPSEL1	TMPSEL0
設定値	0/1	0	0	0	0	0	0	0

ビット7

TMPEN	温度センサの動作制御
0	温度センサ動作停止
1	温度センサ動作開始

ビット1-0

TMPSEL1	TMPSEL0	温度センサのモード選択
0	0	常温域 (Mode2)

注意 各レジスタ設定の詳細については、RL78/I1B 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。

4.11.21 温度センサ動作許可処理

図 4.26に温度センサ動作許可のフローチャートを示します。

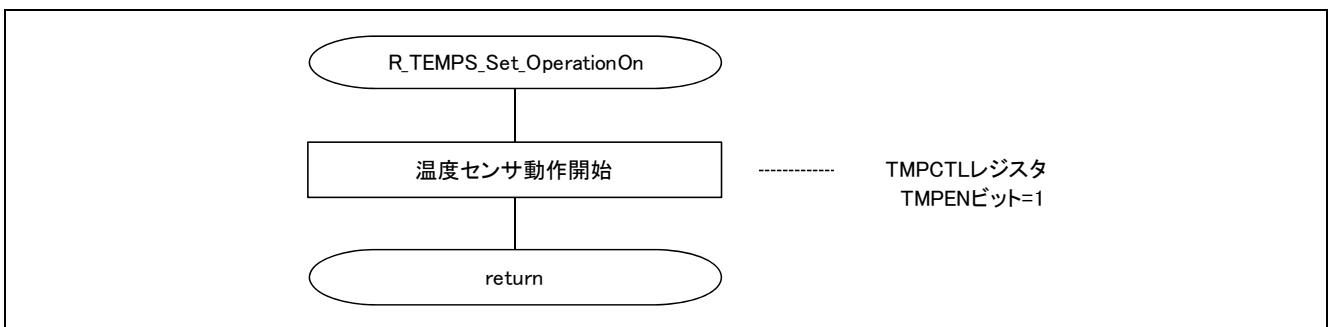


図 4.26 温度センサ動作許可処理のフローチャート

4.11.22 温度センサ動作停止処理

図 4.27に温度センサ動作停止処理のフローチャートを示します。

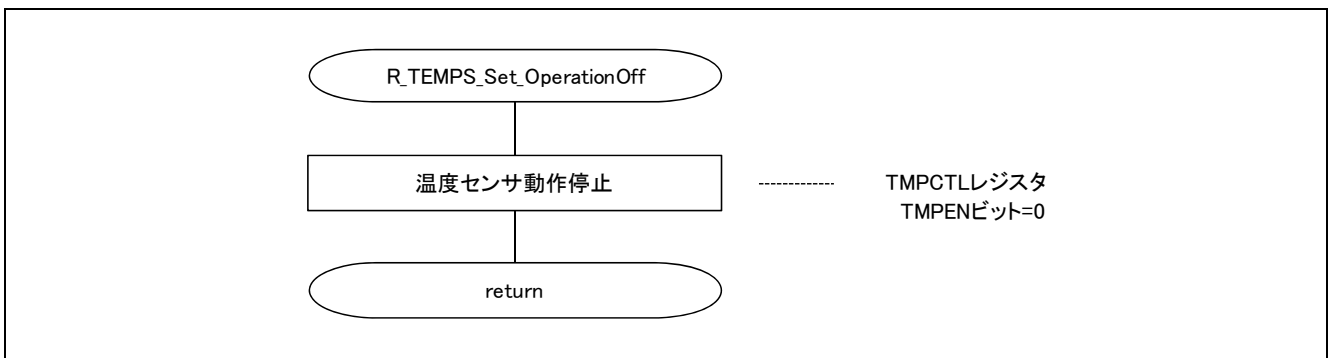


図 4.27 温度センサ動作停止処理のフローチャート

4.11.23 温度データ取得処理

図 4.28に温度データ取得処理のフローチャートを示します。

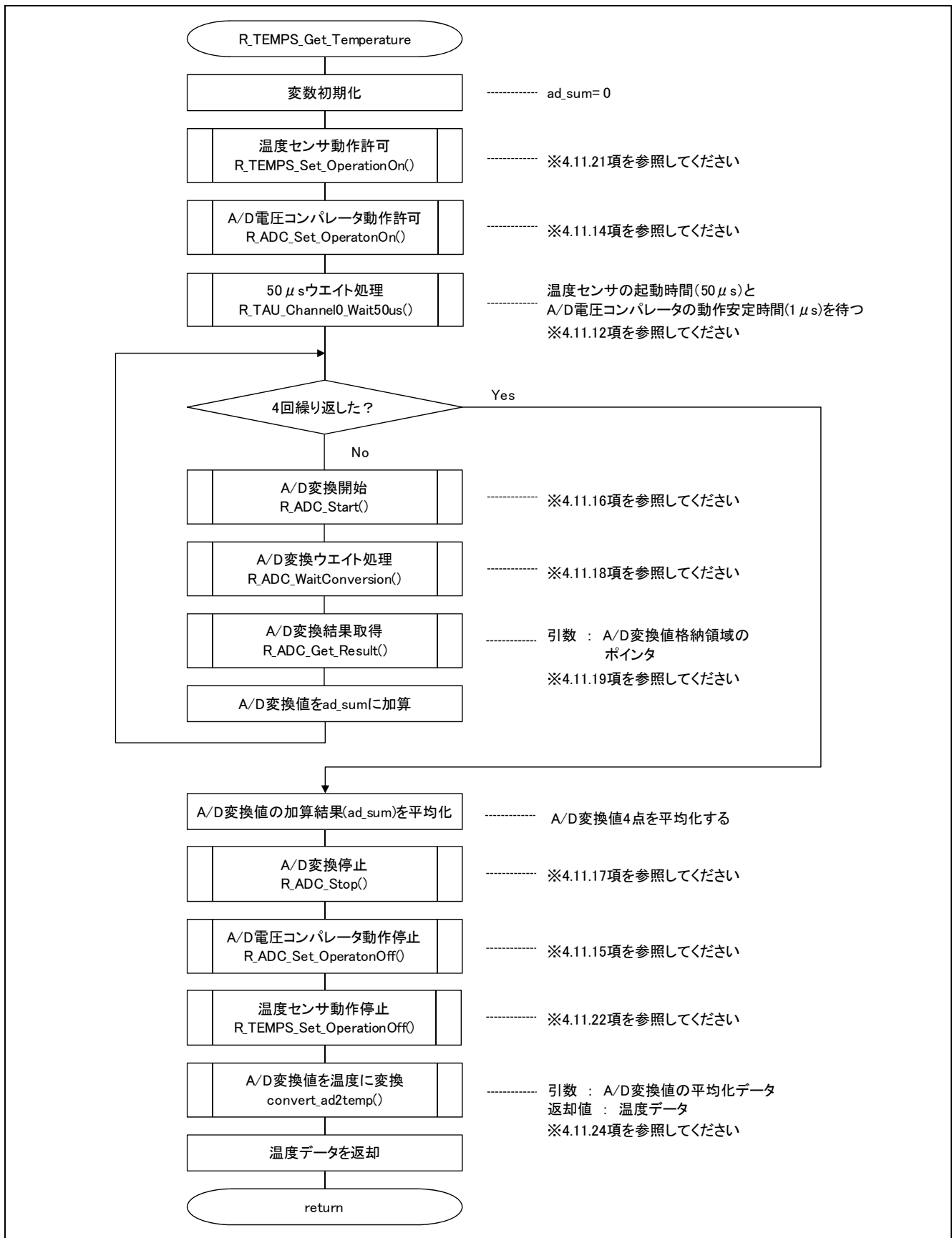


図 4.28 温度データ取得処理フローチャート

4.11.24 A/D 変換値の温度変換処理

図 4.29に A/D 変換値を温度変換する処理のフローチャートを示します。

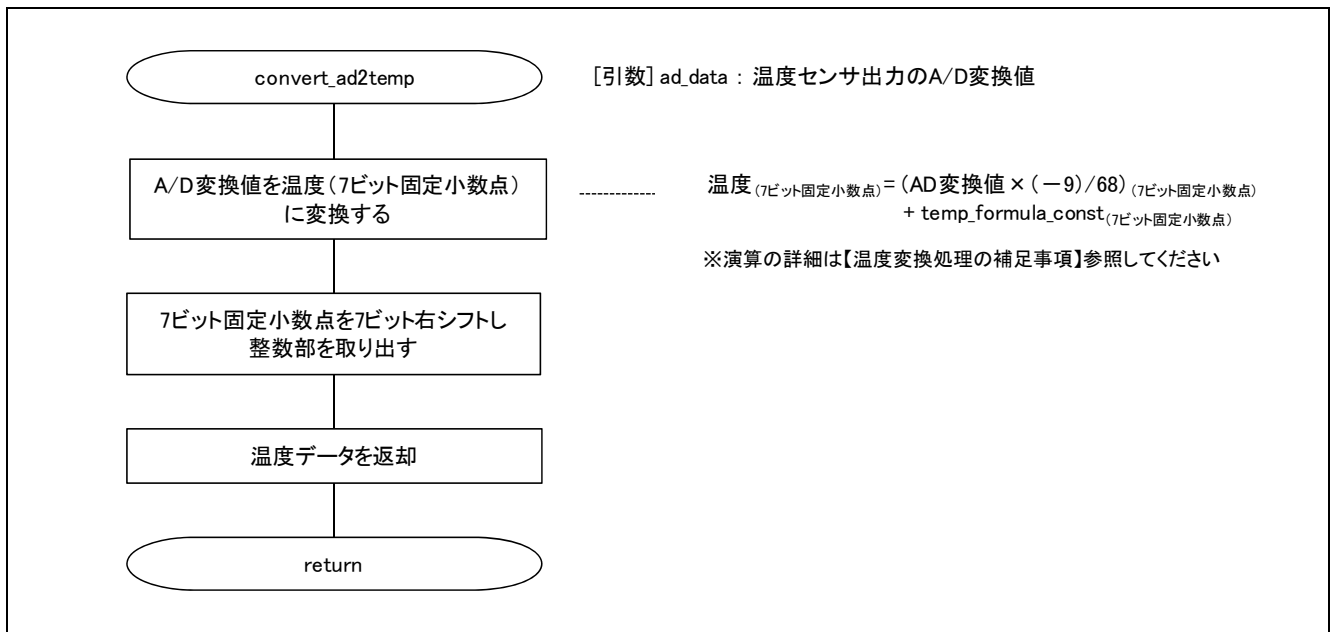


図 4.29 A/D 変換値の温度変換処理

【温度変換処理の補足事項】

本例では 1 点キャリブレーションを実施した場合の演算方法を示します。

「4.3.2 温度センサのキャリブレーションと特性」の(2)で示した、1 点キャリブレーション実施時の温度変換式は次のように展開出来ます。

$$\begin{aligned}
 T &= (V_S - V_C) / F_{VTMPS2} + T_C \\
 &= (V_S / F_{VTMPS2}) - (V_C / F_{VTMPS2}) + T_C \\
 &= (V_{ad} \times 1LSB \text{ あたりの電圧} / F_{VTMPS2}) - (V_C / F_{VTMPS2}) + T_C \\
 &= V_{ad} \times \alpha + \beta \quad \dots \text{式 4.3}
 \end{aligned}$$

ここで

$$\alpha = 1LSB \text{ あたりの電圧} / F_{VTMPS2}$$

$$\beta = - (V_C / F_{VTMPS2}) + T_C$$

備考 V_S : 温度センサの出力

V_{ad} : A/D 変換値

1LSB あたりの電圧 : 1.416(mV)

α 、 β の値は固定値の為、演算時間を短縮する為に事前に計算結果を求めておきます。

$$\begin{aligned}
 \alpha &= 1LSB \text{ あたりの電圧} / F_{VTMPS2} \\
 &= 1.416(\text{mV}) / -10.7(\text{mV}/^\circ\text{C}) \\
 &\approx -0.1323
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\beta &= - (V_C / F_{VTMPS2}) + T_C \\ &= - (670\text{mV} / -10.7\text{mV}/^\circ\text{C}) + 25^\circ\text{C} \\ &\approx 87.617\end{aligned}$$

本関数では演算精度を保つ為に、上記演算を7ビット固定小数点演算により温度を算出します。その為、7ビット左シフト相当である128を乗じ、固定小数点に変換します。7ビット固定小数点形式で求めた温度を7ビット右シフトする事で温度を整数値で取り出します。

5. 参考データ

図 5.1に RTC の時計誤差補正前後の水晶振動子の温度特性を示します。

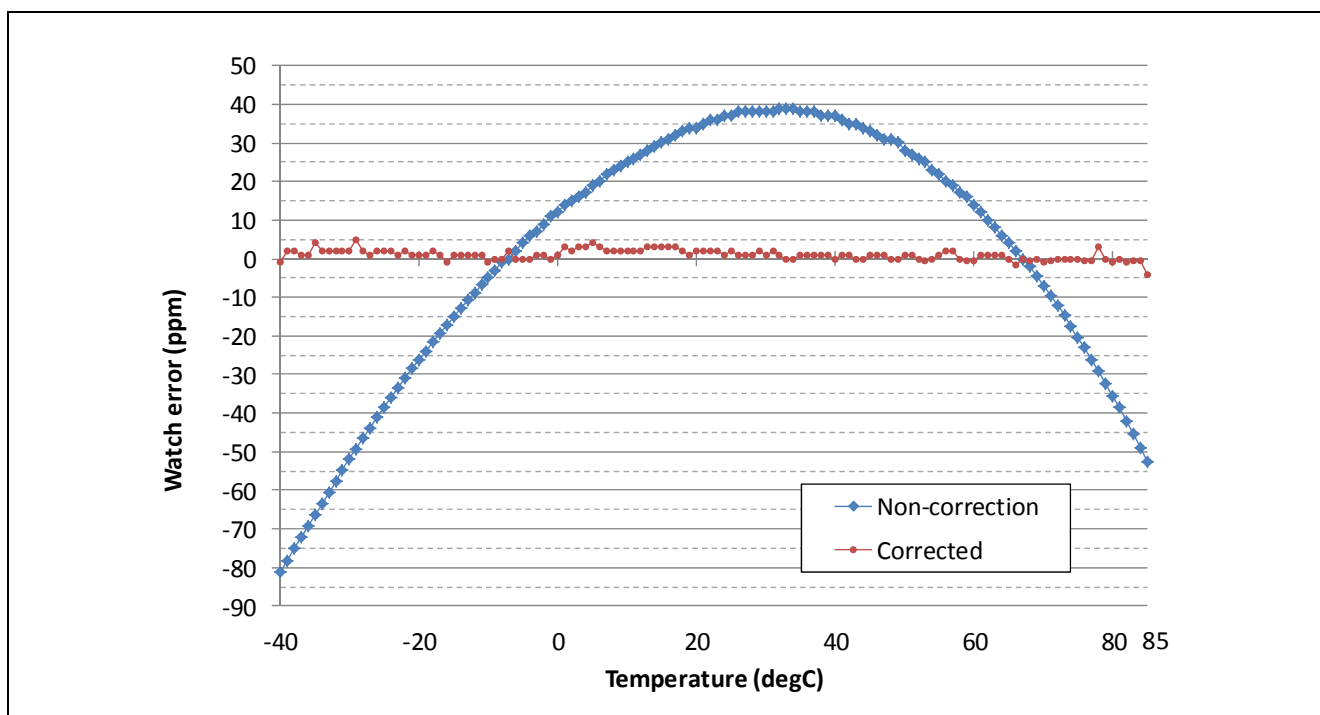


図 5.1 RTC の時計誤差補正前後の晶振動子の温度特性

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

- 製品ドキュメント

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。

- ・ RL78/I1B ユーザーズマニュアル ハードウェア編
- ・ RL78 ファミリユーザーズマニュアルソフトウェア編

- 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/>
- お問い合わせ先
<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	2013.08.23	—	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、本文を参照してください。なお、本マニュアルの本文と異なる記載がある場合は、本文の記載が優先するものとします。

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. リザーブアドレスのアクセス禁止

【注意】リザーブアドレス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、事前に問題ないことをご確認下さい。

同じグループのマイコンでも型名が違っていると、内部メモリ、レイアウトパターンの相違などにより、特性が異なる場合があります。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。

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、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て、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事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と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。



■営業お問合せ窓口

<http://www.renesas.com>

※営業お問合せ窓口の住所・電話番号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 エレクトロニクス販売株式会社 〒100-0004 千代田区大手町 2-6-2 (日本ビル)

(03)5201-5307

■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/>