

RL78/G11 グループ

RL78/G11 省電力な環境センサ・システム

要旨

本資料では、RL78/G11 の内蔵機能を活用した、省電力なセンサ応用システム（環境センサ）の動作について説明します。

システムの省電力化のために、スタンバイ機能とインターバル・タイマを活用した間欠動作と、フラッシュ動作モード遷移による CPU 動作の最適化（省電力化）を行います。また、内蔵アナログ機能を活用し、内部基準電圧と A/D 変換器を用いたバッテリー電圧のモニタや、アナログ・センサ（温度、照度、土壌湿度）からの信号を A/D 変換器でデジタルデータに変換し、マイコン内蔵のデータ・フラッシュ・メモリに保存します。

動作確認デバイス

RL78/G11（24 ピン：R5F1057A、25 ピン：R5F1058A）

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。特に、インターバル・タイマの仕様が異なるマイコンがあります。

目次

1. 仕様	4
2. 動作確認条件	6
3. ハードウェア説明	8
3.1 ハードウェア構成例	8
3.2 使用端子一覧	8
4. 機能説明	9
4.1 間欠動作	9
4.2 内部基準電圧を利用したバッテリー電圧監視	9
4.3 アナログ機能によるセンサ状態取得	9
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	13
5.3 定数一覧	13
5.4 変数一覧	14
5.5 関数一覧	15
5.6 関数仕様	16
5.7 フローチャート	20
5.7.1 全体フローチャート	20
5.7.2 初期設定	20
5.7.3 周辺機能初期設定	21
5.7.4 CPU 初期設定	22
5.7.5 ポート初期設定	23
5.7.6 タイマ・アレイ・ユニット初期設定	エラー! ブックマークが定義されていません。
5.7.7 8-bit IT 初期設定	26
5.7.8 A/D コンバータ 初期設定	29
5.7.9 DTC 初期設定	36
5.7.10 メイン処理	42
5.7.11 メイン初期設定	43
5.7.12 8-bit IT カウント開始	44
5.7.13 8-bit IT 割り込み	44
5.7.14 DTC 起動	エラー! ブックマークが定義されていません。
5.7.15 コンパレータ動作許可	エラー! ブックマークが定義されていません。
5.7.16 コンパレータ動作禁止	49
5.7.17 A/D 変換開始	50
5.7.18 A/D 変換チャンネル設定	50
5.7.19 A/D 変換終了割り込み	51
5.7.20 タイマチャンネル 0 開始	エラー! ブックマークが定義されていません。
5.7.21 タイマチャンネル 0 停止	51
5.7.22 タイマチャンネル 0 割り込み	エラー! ブックマークが定義されていません。
5.7.23 センサ処理初期化	エラー! ブックマークが定義されていません。
5.7.24 センサ計測	エラー! ブックマークが定義されていません。
5.7.25 温度センサ A/D 変換値取得	エラー! ブックマークが定義されていません。
5.7.26 照度センサ A/D 変換値取得	エラー! ブックマークが定義されていません。
5.7.27 土壌湿度センサ A/D 変換値取得	エラー! ブックマークが定義されていません。
5.7.28 センサ計測(A/D 変換)終了	エラー! ブックマークが定義されていません。

5.7.29	タイマ処理初期化	エラー! ブックマークが定義されていません。
5.7.30	8-bit IT 割り込み発生状態取得	52
5.7.31	8-bit IT 割り込み発生設定	52
5.7.32	1 マイクロ秒待ち	エラー! ブックマークが定義されていません。
5.7.33	タイマチャンネル 0 終了設定	エラー! ブックマークが定義されていません。
6.	サンプルコード	エラー! ブックマークが定義されていません。
7.	参考ドキュメント	エラー! ブックマークが定義されていません。

1. 仕様

本資料では、間欠動作、アナログ機能、内部基準電圧を利用したバッテリー電圧監視について説明します。

- バッテリでの 1.8V までの動作
中速オンチップ・オシレータ (MOCO) による 4MHz での動作で、幅広い電源電圧での動作に対応します。
- 省電力な間欠動作
消費電力を低減するため、バッテリー電圧の計測、センサ出力の計測時以外はスタンバイ状態(STOP モード)に遷移します。
2 つの 8 ビット・インターバル・タイマ(以降、8-bit IT と記載)を組み合わせた 16 ビット・タイマで、低速オンチップ・オシレータ (LOCO) のクロックをカウントして、5 分周期で割り込みを発生させます。
この 5 分周期の割り込みにより、スタンバイ状態(STOP モード)から通常状態に遷移し、各種センサ値取得後に、再度スタンバイ状態(STOP モード)へ遷移します。(ソフトウェアの制御スイッチにより 30 分に設定可能。)
- 内部基準電圧を利用したバッテリー電圧の計測
内部基準電圧 (1.45V) を A/D コンバータで変換することで、得られた変換結果から電源電圧を知ることができます。
A/D 変換値と設定した閾値の比較を行い、205 以上かどうかを判定することで、バッテリー電圧 (= 電源電圧) が充分か判定を行います。
- アナログ機能によるセンサ状態取得
バッテリー電圧値が一定値以上の場合に、A/D コンバータをスキャン・モードで使用して各センサの値を取得し、DTC で RAM に転送することで、CPU を使用しないでセンサの状態を読み込みます。(測定中は、CPU は HALT 状態にしておきます。)
センサは 3 種類あり、温度センサは P20/ANI0 端子に、照度センサは P21/ANI1 端子、土壌湿度センサは P22/ANI2 端子に接続されています。

表 1.1 に使用する周辺機能と用途、

--

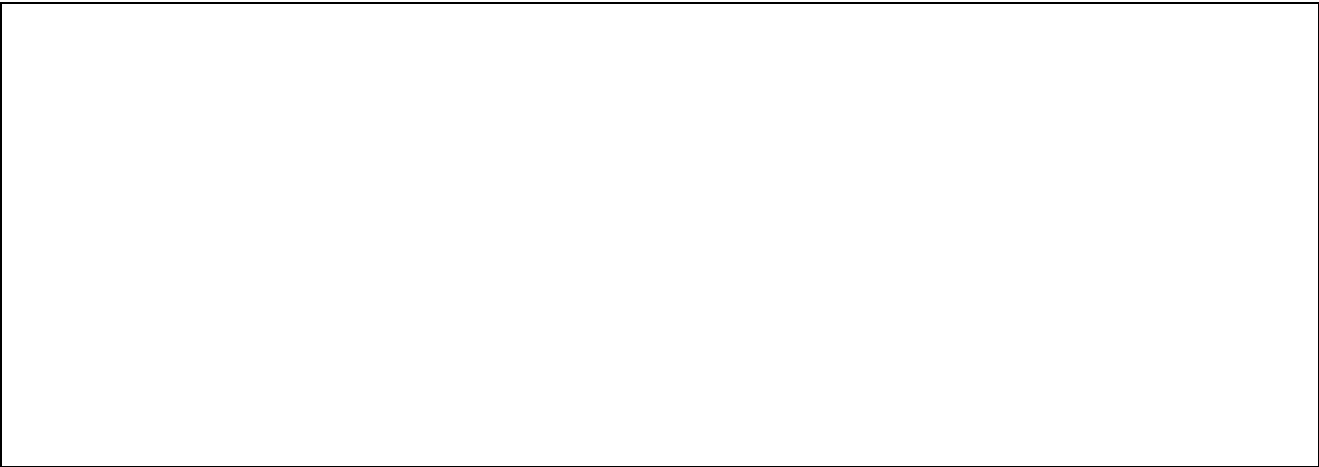


図 1.1 プログラム実行時の状態遷移図

にエラー! 参照元が見つかりません。、図 1.2 にタイミングチャートを示します。

表 1.1 使用する周辺機能と用途

周辺機能	用途
8-bit IT	A/D 変換の周期生成 (2 つ使用した 16 ビット・タイマとして使用)
A/D コンバータ	アナログ入力電圧を A/D 変換
DTC	A/D 変換完了割り込み起因で、A/D 変換結果を RAM へ転送
ポート機能	各センサの ON/OFF 切り替えを行う
タイマ・アレイ・ユニット	1 マイクロ秒の時間待ちを行う (削除予定)

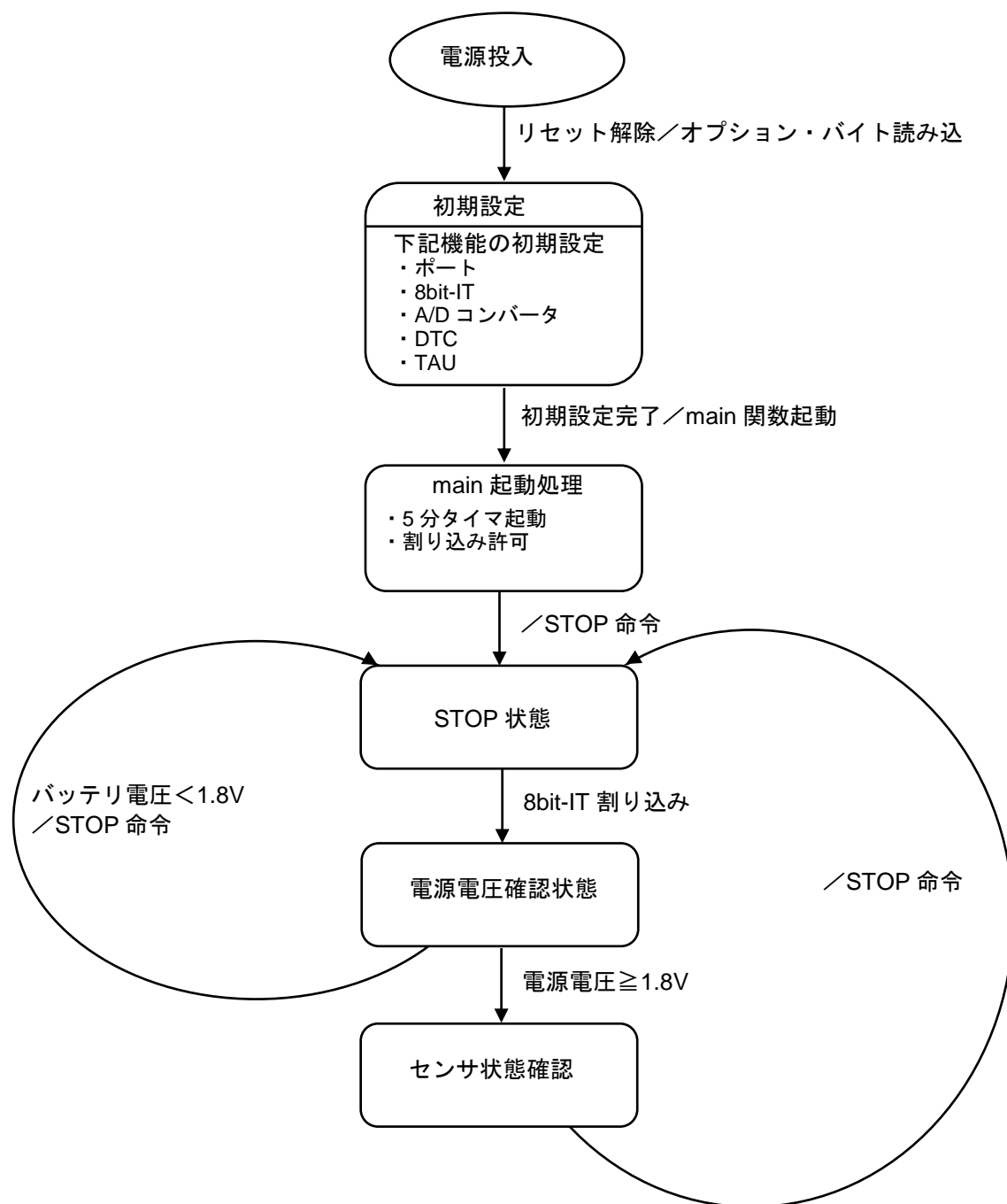


図 1.1 プログラム実行時の状態遷移図

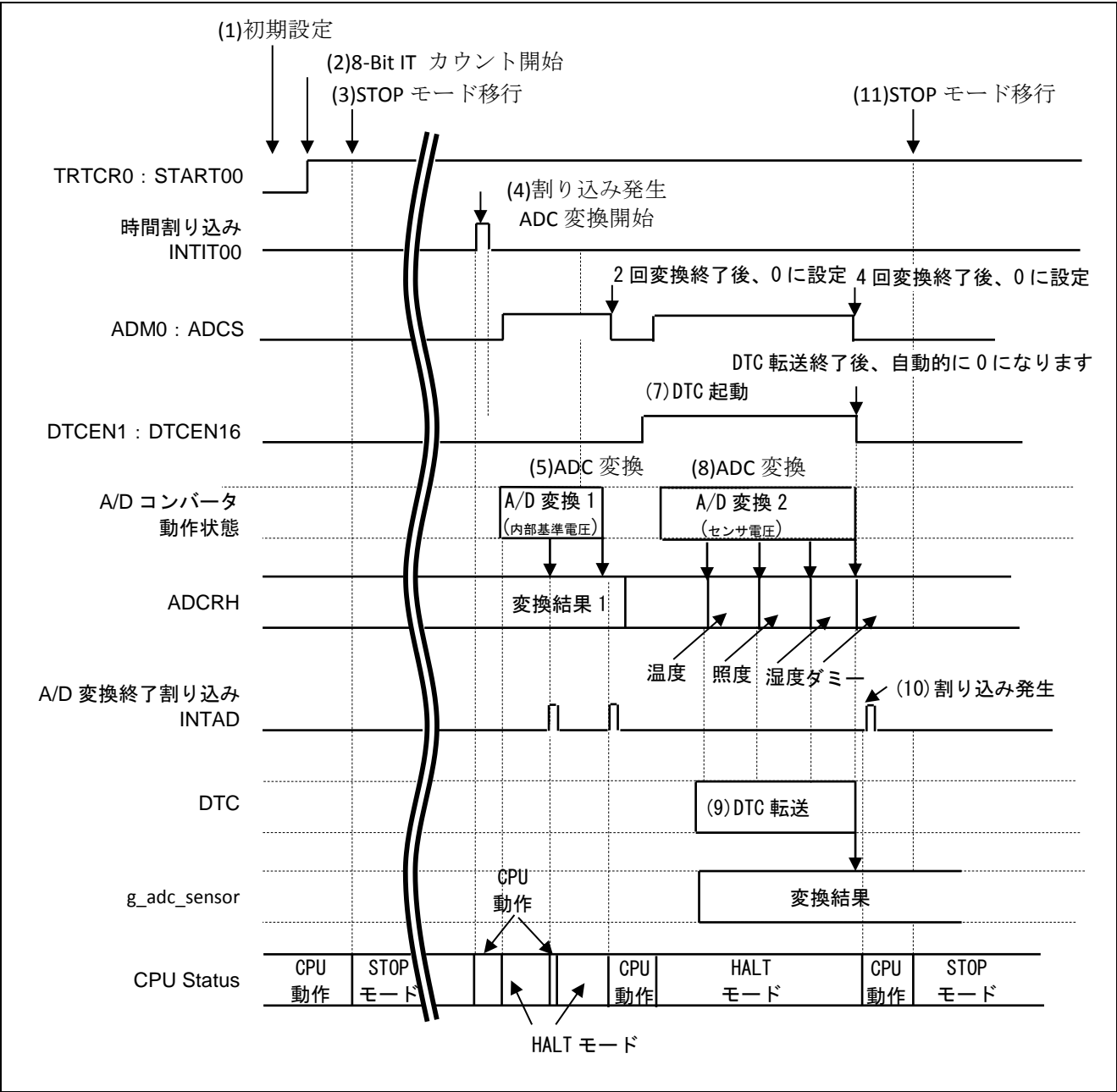


図 1.2 タイミングチャート

- (1) A/D コンバータ、DTC、8-bit IT の初期設定を行います。
- (2) TSTCR0 レジスタの START00 ビットに"1"を設定し、8-bit IT のカウントを開始します。
- (3) バッテリ電圧の監視準備が整ったため、STOP モードへ移行します。
- (4) 8-bit IT による割り込み発生後、CPU 動作へ移行し、内部基準電圧の A/D 変換を開始します。
- (5) A/D 変換完了を HALT モードで待ち、1 回目の変換結果は無視し、2 回目の変換結果を採用します。
- (6) 変換結果から電源電圧の判定を行います。電源電圧が基準値未満なら(11)に移行します。
- (7) 基準値以上なら、A/D コンバータをスキャン・モードに変更して DTC を動作許可し、A/D 変換を開始します。
- (8) A/D コンバータはチャンネル 0 からチャンネル 3 を順番に変換します。
- (9) 各チャンネルの A/D 変換が完了するごとに、DTC で変換結果を格納領域 (g_adc_sensor) に転送し、センサの制御ポートに制御データを転送します。
- (10) DTC に設定した回数 (4 回) の転送が完了すると、A/D 変換完了割り込みを発生します。
- (11) 変換結果の処理が完了したら、STOP モードへ移行します。
- (12) 以降、(4)~(11)を繰り返します。

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
マイコン	RL78/G11 (R5F1057A、R5F1058A)

動作周波数	<ul style="list-style-type: none"> ● 中速オンチップ・オシレータ（MOCO）クロック：4MHz ● CPU／周辺ハードウェア・クロック：4MHz
動作電圧	3.0V（1.8V～5.5V で動作可能） LVD 動作：リセット・モード立ち上がり 1.77V/立下り 1.73V
統合開発環境(CS+)	ルネサス エレクトロニクス製 CS+ for CC V7.00.00a
C コンパイラ(CS+)	ルネサス エレクトロニクス製 CC-RL V1.05.00

3. ハードウェア説明

3.1 ハードウェア構成例

図 3.1 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。

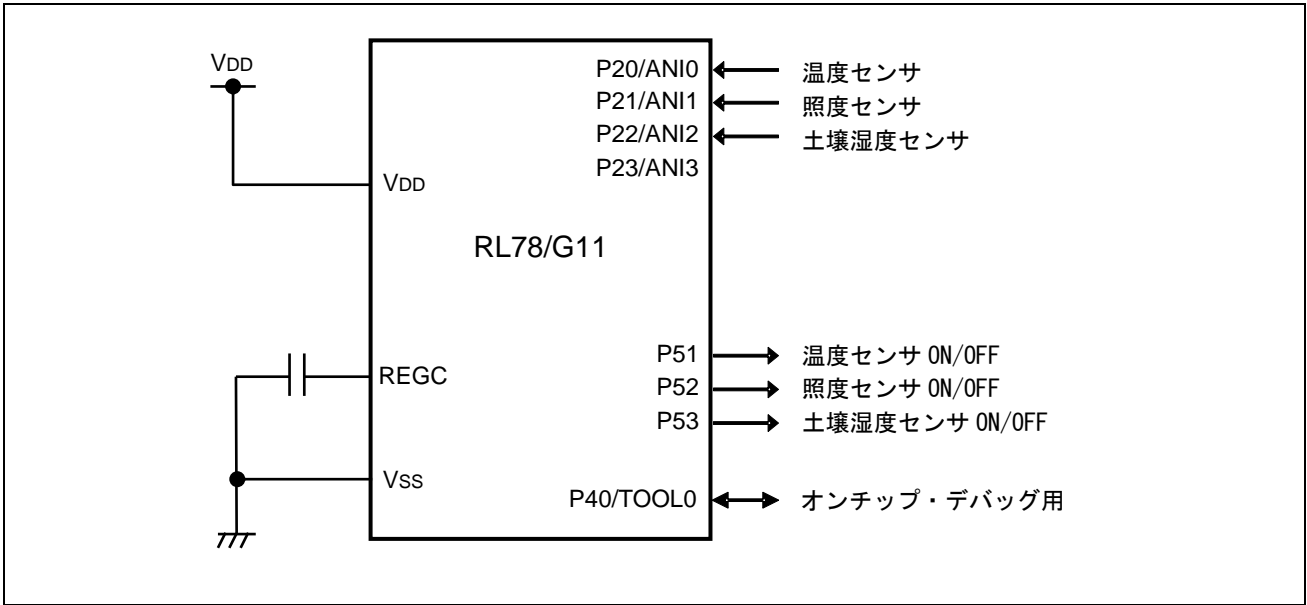


図 3.1 ハードウェア構成

- 【注】 1. この回路イメージは、接続の概要を示すため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. VDD は LVD にて設定したリセット解除電圧 (VLVD) 以上にしてください。

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	機能
P20/ANI0	入力	A/D コンバータ入力(ANI0)
P21/ANI1	入力	A/D コンバータ入力(ANI1)
P22/ANI2	入力	A/D コンバータ入力(ANI2)
P23/ANI3	入力	未使用
P51	出力	温度センサ ON/OFF 制御
P52	出力	照度センサ ON/OFF 制御
P53	出力	土壌湿度センサ ON/OFF 制御

4. 機能説明

本アプリケーションノートでは、スタンバイ機能による間欠動作、アナログ機能、内部基準電圧を利用した、省電力な環境センサ・システムについて説明します。

4.1 間欠動作

8-bit IT を 2 つ繋げた 16 ビット・タイマとし、計測周期となる 5 分毎の割り込みを発生させます。

A/D コンバータ、DTC を停止してレギュレータ・モード制御(PMMC)を通常設定(MCSEL=0)とした後に、スタンバイ状態(STOP モード)に遷移します。

8-bit IT のコンペアマッチによる割り込み発生により、スタンバイ状態(STOP モード)より復帰します。

通常動作に遷移したとき、レギュレータ・モード制御(PMMC)を低消費設定(MCSEL=1)とします。

その後、バッテリー電圧の計測や、センサ出力の計測を行います。

※計測周期は 5 分毎となりますが、計測周期の発生回数をカウントして、6 回毎にセンサ出力を計測することで、周期を 30 分に変更できます。

4.2 内部基準電圧を利用したバッテリー電圧監視

A/D コンバータの変換対象を内部基準電圧 1.45V (TYP.) とします。

A/D 変換はベクタ割り込みを使用しないで、変換を開始したら変換完了まで HALT モードで待ちます。1 回目の変換完了割り込みは無視して、2 回目の変換結果を使用します。2 回目の変換結果と閾値（判定の基準値）との比較を行います。

A/D 変換値が閾値（205）未満の時は、センサ出力の計測を行います。

A/D 変換値は閾値以上の時は、センサ出力の計測は行いません。

4.3 アナログ機能によるセンサ状態取得

P20/ANI0～P22/ANI2 端子に入力された各センサに対して、スキャン・モードでの A/D 変換を実行します。RL78 には A/D 変換結果を保持するレジスタは 1 個しかないので、DTC と組み合わせることで、CPU の介在なしで 4 チャンネル分の連続変換が可能です。

チャンネル 0～3 に対して、A/D 変換終了時に転送元アドレス(ADCRH レジスタ(FFF1FH))から、転送先アドレス(g_adc_sensor(FFE00H～))へ DTC 転送が行われます。その後、センサの電源を制御する P5 に新しい制御データが転送されます。

4 チャンネルの A/D 変換終了割り込みが発生（DTC が有効になっているので、CPU への割り込み要求はハードウェアでマスク）し、A/D 変換された値を内部の変数に格納します。

なお、消費力のため、各センサ出力の計測前に対応するセンサを ON、計測後は対応するセンサを OFF にします。

各センサは、以下の端子と繋がります。

P20/ANI0：温度センサ P21/ANI1：照度センサ

P22/ANI2：土壌湿度センサ

表 4.1 に A/D コンバータ設定内容、表 4.2 に DTC 設定内容を示します。

表 4.1 A/D コンバータ設定内容

設定項目	設定値
変換クロック (fAD)	f _{CLK} /8
A/D 変換モード	A/D 変換チャンネル選択モード：セレクト／スキャン・モード A/D 変換トリガ・モード：ソフトウェア・トリガ・モード A/D 変換動作モード設定：連続変換モード
分解能	8 ビット
アナログ入力チャンネル	内部基準電圧／ANI0～ANI3 をスキャン
A/D コンバータの+側の基準電圧	V _{DD} から供給
A/D コンバータの-側の基準電圧	V _{SS} から供給
変換結果比較上限値	FFH
変換結果比較下限値	00H
変換結果上限/下限チェック	ADLL レジスタ ≤ ADCR レジスタ ≤ ADUL レジスタのとき割り込み信号 (INTAD) が発生

表 4.2 DTC 設定内容

設定項目	設定値
転送モード	ノーマル・モード
チェーン転送	許可 (DTCD0 と DTCD1 の 2 つを使用)
転送データ・サイズ	8 ビット
転送ブロック・サイズ	1 バイト
転送回数	4 回
転送元アドレス (DTCD0)	ADCRH レジスタ (FFF1FH)
転送元アドレス (DTCD1)	g_sensor_port (FFE10H)
転送先アドレス (DTCD0)	P5 出力ラッチ (FFF05H)
転送先アドレス (DTCD1)	g_adc_adinput (FFE00H)

5. ソフトウェア説明

5.1 動作概要

本プログラムでは、A/D コンバータと DTC を使用し、STOP モードを中心とした低消費電力動作で A/D 変換を行い、A/D 変換結果からバッテリー電圧の監視を行います。

初期化処理実施後に、A/D コンバータと DTC を動作禁止後スタンバイ状態(STOP モード)に遷移します。8-bit IT のコンペアマッチによる割り込み発生により、スタンバイ状態(STOP モード)より復帰し、内部基準電圧の A/D 変換し、電源電圧を確認します。

バッテリー電圧が判定値未満の時は、センサ状態は取得せずに、スタンバイ状態(STOP モード)へ遷移します。

バッテリー電圧が判定値以上の時は、3 種類のセンサ状態を取得します。

(取得には A/D 変換と DTC を使用します。)

詳細は下記(1)～(12)に記載します。

(1) CPU の初期設定を行います。

＜設定条件＞

- メイン・システム・クロックは中速オンチップ・オシレータ (4MHz) を設定

(2) 8-bit IT の初期設定を行います。

＜設定条件＞

- 8-bit IT の動作モードは、16 ビット・カウンタ・モードを設定
- タイマ値設定は 5 分を設定

(3) A/D コンバータの初期設定を行います。

＜設定条件＞

- A/D 変換チャンネル選択はセレクト・モードを設定
- A/D 変換動作モードは連続変換モードを設定
- A/D 変換開始条件はソフトウェア・トリガ・モードを設定
- アナログ入力 は内部基準電圧を設定

(4) DTC の初期設定を行います。

＜設定条件＞

- DTCT0 の設定(0xFFE00 番地へ ADCR レジスタのデータ転送)
 - 転送元アドレス: 0xFF1F(ADCRH)を設定
 - 転送先アドレス: 0xFE00 を設定
 - 転送データ・サイズを 8 ビットに設定
 - チェーン転送許可に設定
 - 起動要因は、A/D 変換終了を設定
 - 転送回数は、4 回を設定
 - 転送モードは、ノーマル・モードを設定
- DTCT1 の設定(0xFFE10 番地から P5 レジスタのデータ転送)
 - 転送元アドレス: 0xFE10 設定
 - 転送先アドレス: 0xFF05 (P5 出力ラッチ) を設定
 - 転送データ・サイズを 8 ビットに設定
 - チェーン転送禁止に設定
 - 転送モードは、ノーマル・モードを設定

(5) main 処理の初期設定を行います (8-bit IT のカウンタを開始します)。

※A/D 監視周期を 30 分周期とした時に追加してください。

- 変数(g_adc_cycle_cnt)に “0” を設定

(6) 各初期設定後、A/D コンバータと DTC を動作停止して、STOP モードへ移行します。

(7) 8-bit IT の割り込み発生時に、以下の処理((8)以降)を実施します。

※A/D 監視周期を 30 分周期とした場合は、以下の処理となります。

8-bit IT の割り込み発生時に割り込み発生回数をカウントし、カウントが 6 となった時に、以下の処理((8)以降)を実施します。

また、変数(g_adc_cycle_cnt)に “0” を設定します。

(8) A/D コンバータを内部基準電圧測定に初期設定します。

＜設定条件＞

- セレクト・モード、ソフトウェア・トリガ、連続変換モード、内部基準電圧

(9) A/D コンバータを起動します。

＜設定条件＞

- ベクタ割り込みを禁止
- ADM0 レジスタの ADCS ビットに、“1”（変換動作許可）を設定
- 温度センサのドライブ回路をオン

(10) A/D 変換終了を HALT モードで待ちます。

- 変換完了割り込み（INTAD）で HALT モードを解除します。

(11) 割り込み要求フラグをクリアして、照度センサのドライブ回路をオンし、HALT モードで次の INTAD を待ちます。

- 変換完了割り込み（INTAD）で HALT モードを解除します。

(12) A/D 変換した値を（変数：adinput）に読み込み、A/D コンバータを停止し、ベクタ割り込みを許可します。

閾値の判定を行い、A/D 変換した値が閾値以上の時は、温度／照度／土壌湿度センサの測定用に A/D コンバータの変換モードを設定し、DTC の動作モードを設定します。

- A/D コンバータはスキャン・モード、ソフトウェア・トリガ、連続変換モードに設定
- DTC は、「(4)DTC の初期設定を行います。」の内容に示した設定

(13) DTC と A/D コンバータを起動します。

- DTCEN1 レジスタの DTCEN16 ビットに、“1”（起動許可）を設定
- ADM0 レジスタの ADCS ビットに、“1”を設定

(14) HALT モードに入って変換完了を持ちます。

(15) A/D 変換が完了したら、A/D コンバータを停止します。

(16) 変換結果をワーク領域（g_sensor_dt）に格納します。

(17) (6)に戻り、STOP モードに入ります。

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	11101111B	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	00011011B	LVD リセット・モード 検出電圧：立ち上がり 1.77V、立ち下り 1.73V
000C2H/010C2H	10101011B	LS モード、HOCO クロック：4MHz
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定数を示します。

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
BATTERY_THRESHOLD	205	バッテリー電圧の閾値（1.8V 相当） ※1
STS_AD_CONVERT	1	A/D 変換中
STS_AD_END	0	A/D 変換終了

A/D 計測周期を 30 分周期とする場合にのみ追加して下さい。		
CYCLE_30MINUTE	—	30 分周期切り替え用の条件コンパイル定義
CYCLE_CNT_MAX	6	30 分周期判定値

※1 バッテリ電圧の閾値について
A/D の基準電圧は VDD で内部基準電圧(1.45V)を変換する。
内部基準電圧 ÷ 判定電圧 × 8bit 分解能
(1.45V ÷ 1.8V × 255 = 205.416 端数切り捨てとし、1.8V 相当は 205)

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
uint8_t	g_adc_sensor[4]	DTC による A/D 変換結果転送先	rl_SENSOR_measurement()
uint8_t	g_sensor_dt[100][4]	温度、照度、土壌湿度センサの A/D 変換値格納	rl_SENSOR_measurement()
uint8_t	g_sensor_pt	センサのデータを格納するポインタ	rl_SENSOR_measurement()

A/D 計測周期を 30 分周期とする場合にのみ追加して下さい。			
uint8_t	g_adc_cycle_cnt	8-bit IT の割り込み発生回数のカウント	rl_SENSOR_init() rl_SENSOR_measurement()

5.5 関数一覧

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
hdwinit	初期設定
R_Systeminit	周辺機能初期設定
R_CGC_Create	CPU 初期設定
R_PORT_Create	ポート初期設定
R_IT8Bit0_Channel0_Create	8-bit IT 初期設定
R_ADC_Create	A/D コンバータ初期設定
R_DTC_Create	DTC 初期設定
main	メイン処理
R_MAIN_UserInit	メイン初期設定
R_IT8Bit0_Channel0_Start	8-bit IT カウント開始
r_it8bit0_channel0_interrupt	8-bit IT 割り込み
R_DTCD0_Start	DTC 起動
R_ADC_Start	A/D 変換開始
R_ADC_Set_ch	A/D 変換チャンネル設定
r_adc_interrupt	A/D 変換終了割り込み
rl_TIMER_sts_chk	8-bit IT チェック
rl_SENSOR_measurement	センサ計測
R_ADC_for_sensor	センサ測定用 A/D 設定

5.6 関数仕様

サンプルコードの関数仕様を示します。

[関数名] hdwinit

概要	初期設定
ヘッダ	なし
宣言	void hdwint(void)
説明	周辺機能の初期設定を行います。
引数	なし
リターン値	なし
備考	なし

[関数名] R_Systeminit

概要	周辺機能初期設定
ヘッダ	なし
宣言	void R_Systeminit(void)
説明	本アプリケーションノートで使用する周辺機能の初期設定を行います。
引数	なし
リターン値	なし
備考	なし

[関数名] R_CGC_Create

概要	CPU 初期設定
ヘッダ	r_cg_cgc.h
宣言	void R_CGC_Create(void)
説明	CPU 初期設定を行います。
引数	なし
リターン値	なし
備考	なし

[関数名] R_PORT_Create

概要	ポート初期設定
ヘッダ	r_cg_port.h
宣言	void R_PORT_Create(void)
説明	各センサ ON/OFF 制御の端子の設定を行います。
引数	なし
リターン値	なし
備考	なし

[関数名] R_IT8Bit0_Channel0_Create

概要	8-bit IT 初期設定
ヘッダ	r_cg_it8bit.h
宣言	void R_IT8Bit0_Channel0_Create(void)
説明	8-bit IT で 5 分周期を生成するための初期設定を行います。
引数	なし
リターン値	なし
備考	なし

[関数名] R_ADC_Create

概要	A/D コンバータ初期設定
ヘッダ	r_cg_adc.h
宣言	void R_ADC_Create(void)
説明	A/D コンバータをソフトウェア・トリガ・モード、セレクト・モード、ワンショット変換モードで使用するための初期設定を行います。
引数	なし
リターン値	なし
備考	なし

[関数名] R_DTC_Create

概要	DTC 初期設定
ヘッダ	r_cg_dtc.h
宣言	void R_DTC_Create(void)
説明	DTC の初期設定を行います。
引数	なし
リターン値	なし
備考	なし

[関数名] main

概要	メイン処理
ヘッダ	なし
宣言	void main(void)
説明	メイン処理を行います。 8-bit IT による割り込み発生後は、センサ計測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] R_MAIN_UserInit

概要	メイン初期設定
ヘッダ	なし
宣言	void R_MAIN_UserInit(void)
説明	メイン初期設定を行います。
引数	なし
リターン値	なし
備考	なし

[関数名] R_IT8Bit0_Channel0_Start

概要	8-bit IT カウント開始
ヘッダ	r_cg_it8bit.h
宣言	void R_IT8Bit0_Channel0_Start(void)
説明	8-bit IT の起動許可設定を行います。
引数	なし
リターン値	なし
備考	なし

[関数名] r_it8bit0_channel0_interrupt

概要	8-bit IT 割り込み
ヘッダ	なし
宣言	void r_it8bit0_channel0_interrupt(void)
説明	8-bit IT 割り込み発生時の処理を行います。
引数	なし
リターン値	なし
備考	なし

[関数名] R_DTCD0_Start

概要	DTC 起動
ヘッダ	r_cg_dtc.h
宣言	void R_DTCD0_Start(void)
説明	DTC 起動許可設定を行います。
引数	なし
リターン値	なし
備考	なし

[関数名] R_ADC_Start

概要	A/D 変換開始
ヘッダ	r_cg_adc.h
宣言	void R_ADC_Start(void)
説明	A/D 変換を行います。
引数	なし
リターン値	なし
備考	なし

[関数名] r_adc_interrupt

概要	A/D 変換終了割り込み
ヘッダ	なし
宣言	void r_adc_interrupt(void)
説明	A/D 変換終了割り込み時に呼び出されます。 何も処理しません。
引数	なし
リターン値	なし
備考	なし

[関数名] rl_TIMER_sts_chk

概要	8-bit IT チェック
ヘッダ	r_cg_it8bit.h
宣言	uint8_t rl_TIMER_sts_chk (void)
説明	8-bit IT 割り込みの有無をチェックします。
引数	なし
リターン値	8-bit IT 割り込みの有無
備考	なし

[関数名] rl_SENSOR_measurement

概要	センサ計測
ヘッダ	rl_sensor.h
宣言	void rl_SENSOR_measurement(void)
説明	バッテリー電圧の計測を行います。 バッテリー電圧値に応じて3種類（温度、照度、土壌湿度）の計測を行います。
引数	なし
リターン値	なし
備考	なし

[関数名] R_ADC_for_sensor

概要	センサ値計測用 A/D 変換モード設定
ヘッダ	r_cg_adc.h
宣言	void R_ADC_for_sensor (void)
説明	センサの計測用 A/D 変換モード設定を行います。
引数	なし
リターン値	なし
備考	なし

5.7 フローチャート

5.7.1 全体フローチャート

図 5.1 に全体フローを示します。

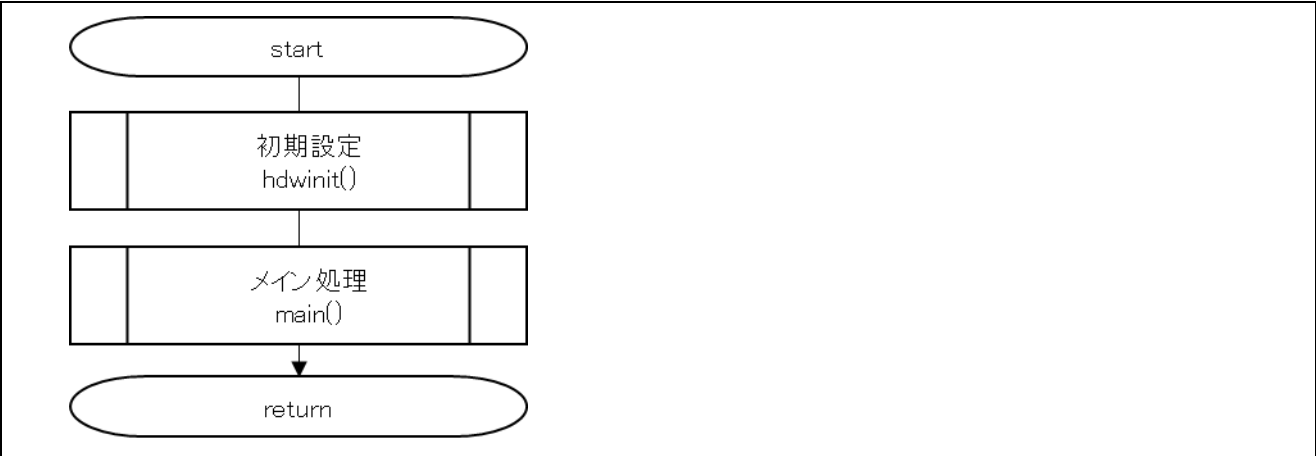


図 5.1 全体フロー

5.7.2 内蔵周辺機能初期設定

図 5.2 に内蔵周辺機能初期設定のフローチャートを示します。

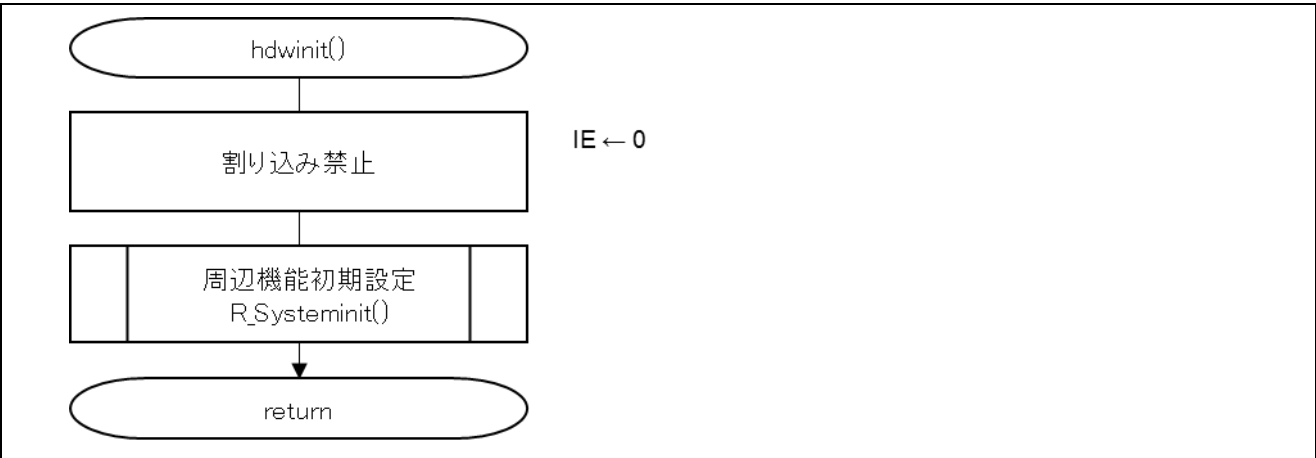


図 5.2 内蔵周辺機能初期設定

5.7.3 周辺機能初期設定

図 5.3 に周辺機能初期設定のフローチャートを示します。

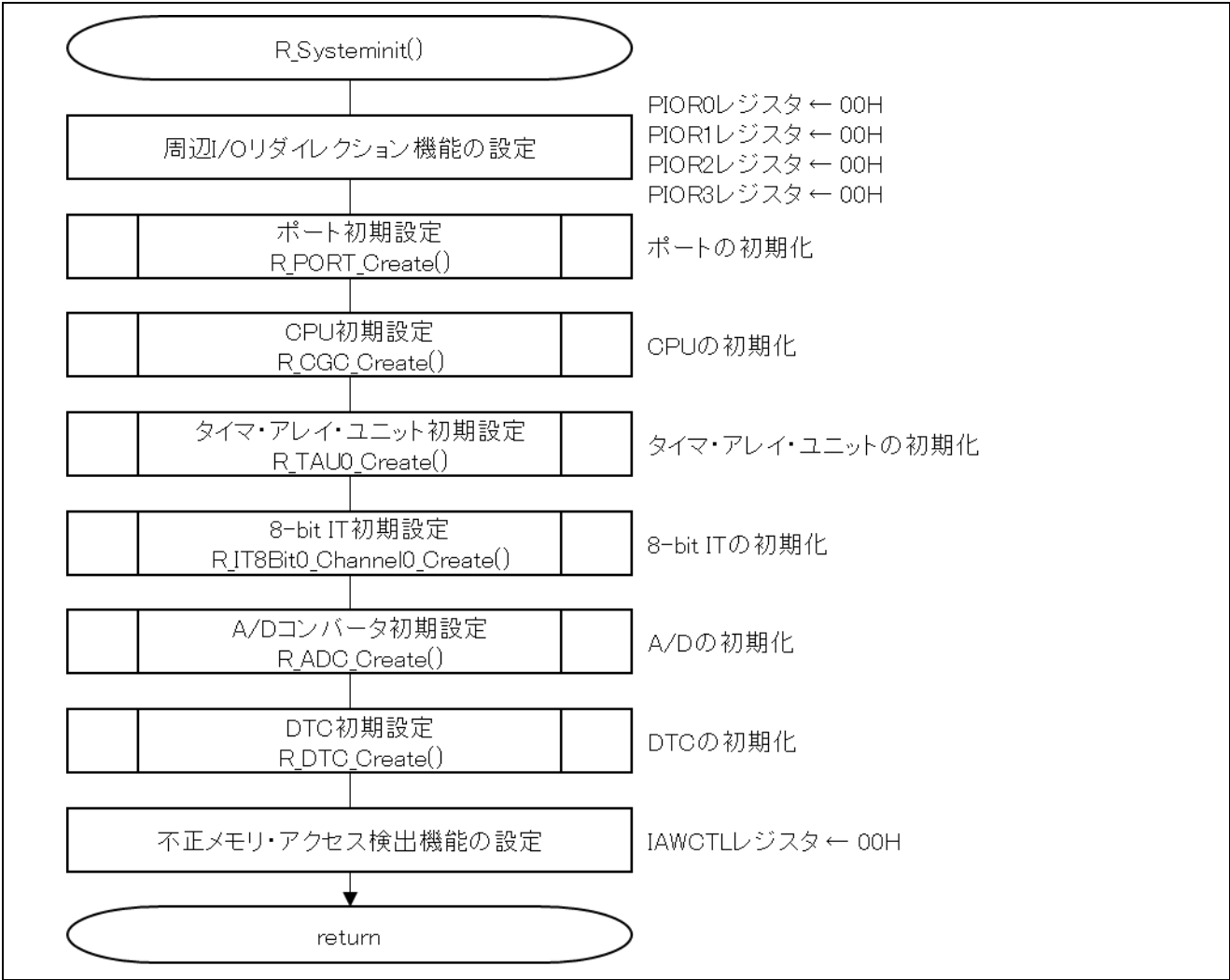


図 5.3 周辺機能初期設定

5.7.4 動作クロック初期設定

図 5.4 に動作クロック初期設定のフローチャートを示します。

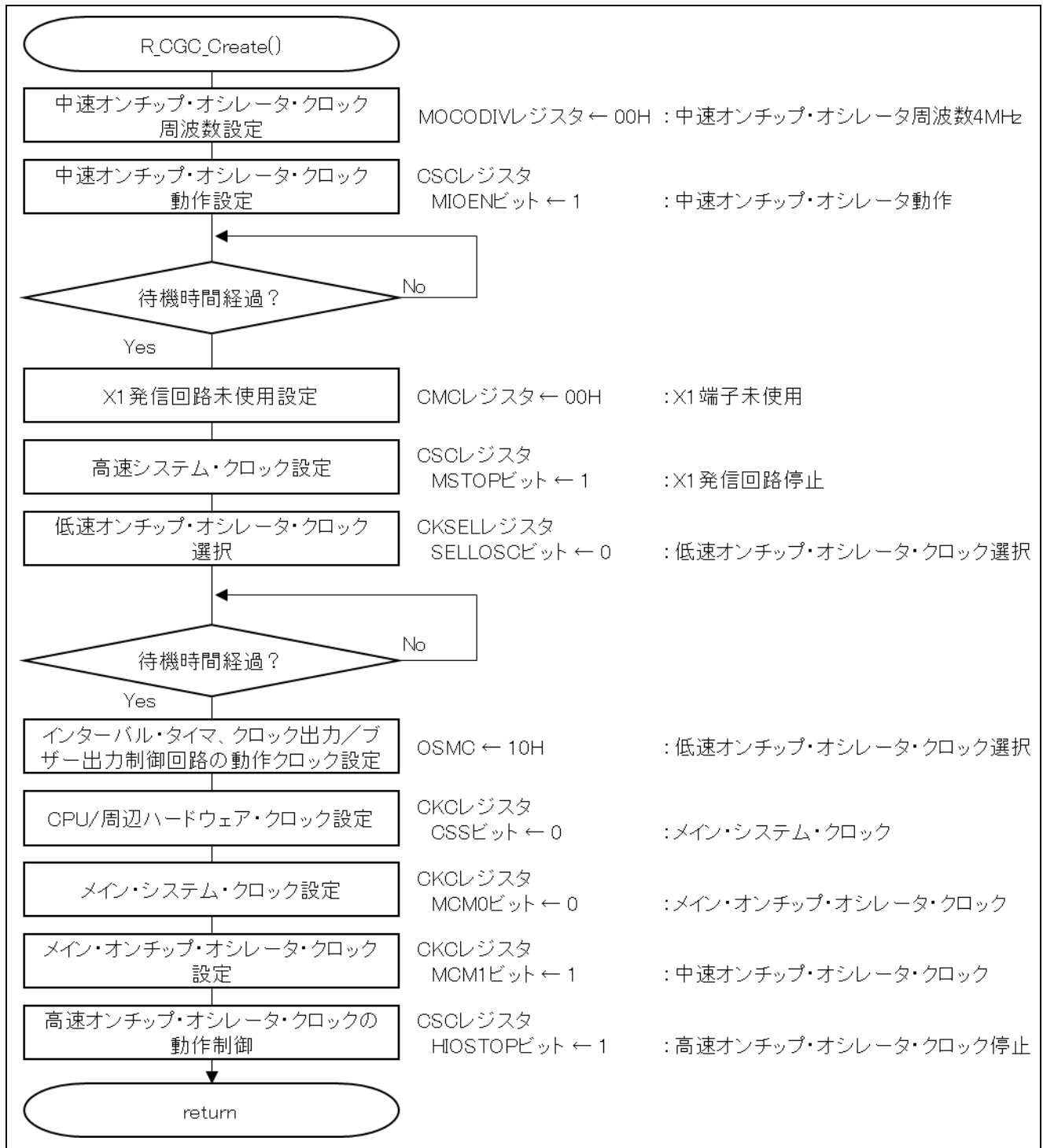


図 5.4 動作クロック初期設定

5.7.5 ポート初期設定

図 5.5 にポート初期設定のフローチャートを示します。

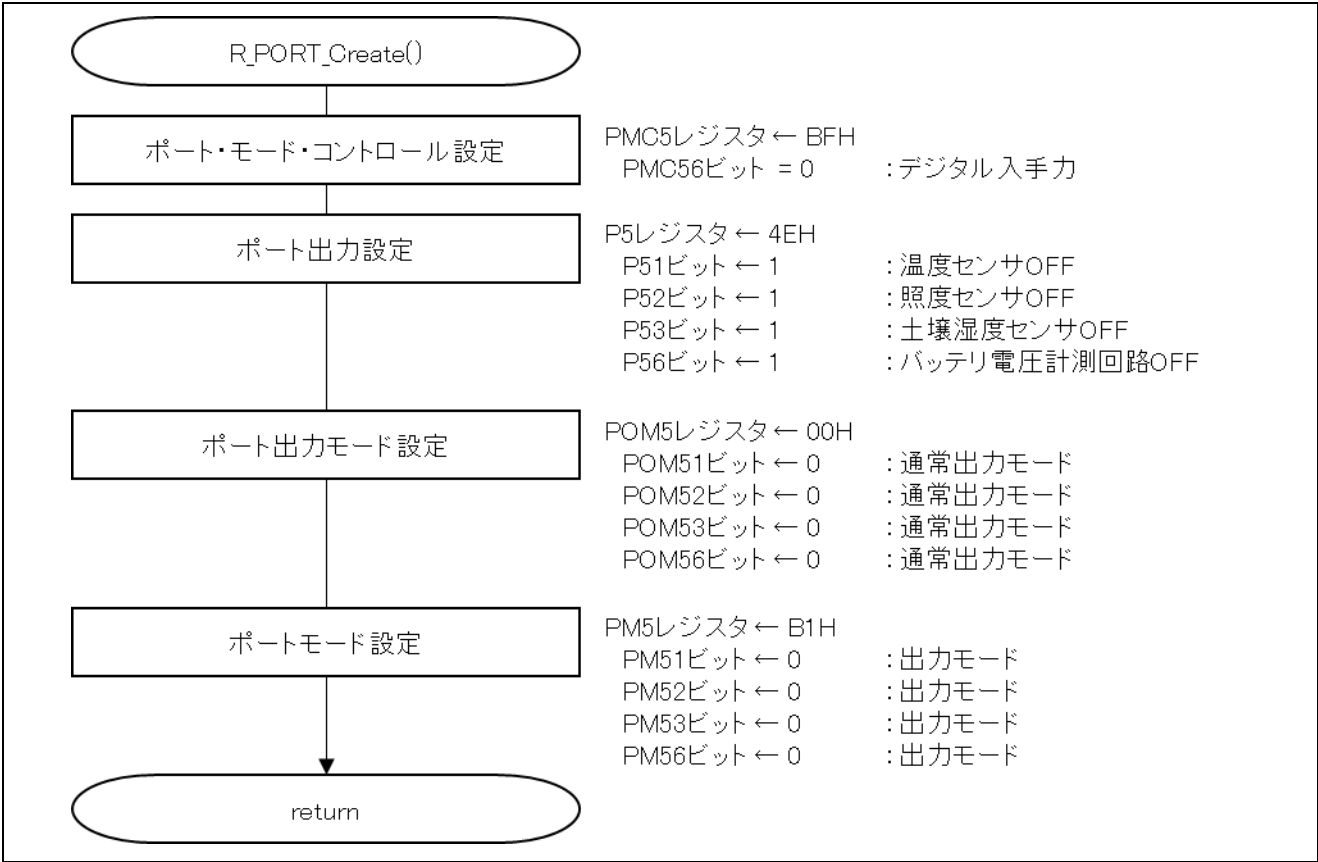


図 5.5 ポート初期設定

ポート・モード・コントロール・レジスタ 5 設定

・ポート・モード・コントロール・レジスタ 5 (PMC5)

ポート・モード・コントロール・レジスタ 5 の PMC56 をデジタル入出力に設定します。

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
PMC5	1	PMC56	1	1	1	1	1	1
設定値	—	0	—	—	—	—	—	—

ビット 6

PMC56	PMC56 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

ポート・レジスタ 5 設定

・ポート・レジスタ 5 (P5)

ポート・レジスタ 5 の P51～P53、P56 を接続先センサが OFF となる設定をします。

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
P5	0	P56	P55	P54	P53	P52	P51	0
設定値	—	1	1	1	1	1	1	—

ビット 1～3

P5n	出力データの制御
0	0 を出力
1	1 を出力

ポート出力モード・レジスタ 5 設定

・ポート出力モード・レジスタ 5 (POM5)

ポート出力モード・レジスタ 5 の POM51～POM53、POM56 を通常出力モードに設定します。

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
POM5	0	POM56	POM55	POM54	POM53	POM52	POM51	0
設定値	—	0	×	×	0	0	0	—

ビット 1～3

POM5n	POM5n 端子の出力モードの選択
0	通常出力モード
1	N-ch オープン・ドレイン出力(V_{DD} 耐圧)モード

注意 レジスタ設定方法の詳細については、RL78/G11 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。

レジスタ図の設定

×：使用しないビット、空白：変更しないビット、—：予約ビットまたは何も配置されていないビット

ポート・モード・レジスタ 5 設定

・ポート・モード・レジスタ 5 (PM5)

ポート・モード・レジスタ 5 の PM51～PM53、PM56 を出力モードに設定します。

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
PM5	1	PM56	PM55	PM54	PM53	PM52	PM51	1
設定値	－	0	×	×	0	0	0	－

ビット 1～3、6

PM5n	P2n 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（入力バッファ・オン）

注意 レジスタ設定方法の詳細については、**RL78/G11 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。
レジスタ図の設定

×：使用しないビット、空白：変更しないビット、－：予約ビットまたは何も配置されていないビット

5.7.6 8-bit IT 初期設定

図 5.6 に 8-bit IT 初期設定のフローチャートを示します。

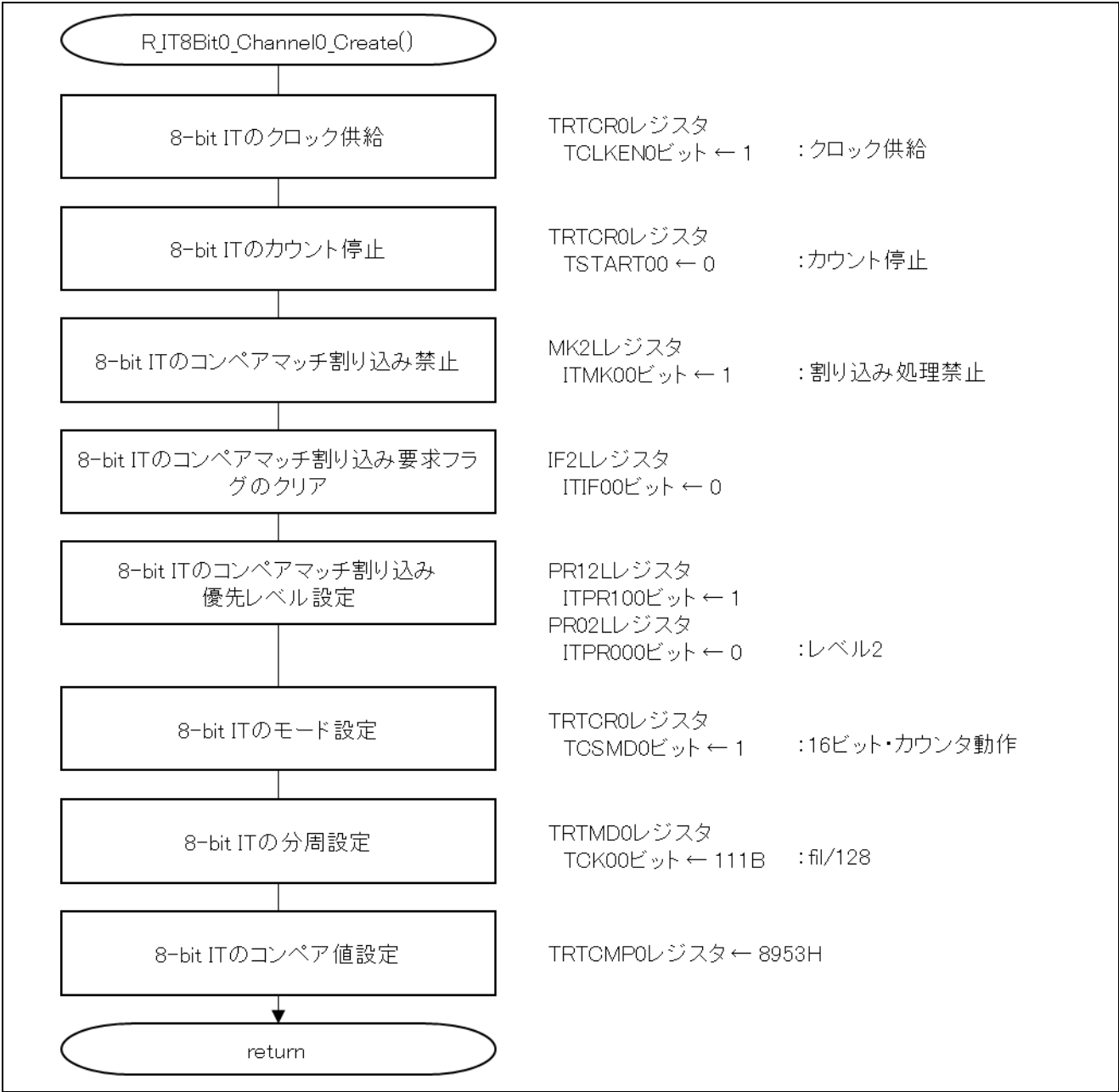


図 5.6 8-bit IT 初期設定

8-bit IT の制御設定

・ 8 ビット・インターバル・タイマ制御レジスタ 0 (TRTCR0)

8 ビット・インターバル・タイマへモード選択、クロック供給、カウンタ停止を設定します。

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
TRTCR0	TCSMD0	0	0	TCLKEN0	0	TSTART01	0	TSTART00
設定値	1	—	—	1	—		—	

ビット 7

TCSMD0	モード選択
0	8 ビット・カウンタとして動作
1	16 ビット・カウンタとして動作(チャネル 0, チャネル 1 を連結)

ビット 4

TCLKEN0	8 ビット・インターバル・タイマ・クロック許可
0	クロック停止
1	クロック供給

ビット 0

TSTART00	8 ビット・インターバル・タイマ 0 カウント開始
0	カウント停止
1	カウント開始

8-bit IT 割り込み禁止設定

・ 割り込みマスク・フラグ・レジスタ (MK2L)

8-bit IT 変換割り込みを禁止に設定します。

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
MK2L	FLMK	IICAMK1	TMKBMK0	ITMK01	ITMK00	DOCMK	CMPMK1	CMPMK0
設定値	×	×	×	×	1	×	×	×

ビット 3

ITMK00	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

8-bit IT 割り込み要求フラグ設定

・ 割り込み要求フラグ・レジスタ (IF2L)

8-bit IT 割り込み要求フラグをクリアします。

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
IF2L	FLIF	IICAIF1	TMKBIF0	ITIF01	ITIF00	DOCIF	CMPIF1	CMPIF0
設定値	×	×	×	×	0	×	×	×

ビット 3

ITIF00	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

8-bit IT 割り込み優先レベル設定

・ 優先順位指定フラグ・レジスタ (PR12L、PR02L)

レベル 2 に設定します。

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
PR12L	FLPR1	IICAPR11	TMKBPR10	ITPR101	ITPR100	DOCPR1	CMPPR11	CMPPR10
設定値	×	×	×	×	1	×	×	×

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
PR02L	FLPR0	IICAPR01	TMKBPR00	ITPR001	ITPR000	DOCPR0	CMPPR01	CMPPR00
設定値	×	×	×	×	0	×	×	×

ビット 3

ビット 3

ITPR100	ITPR000	割り込み処理の制御
0	0	レベル 0 を指定 (高優先順位)
0	1	レベル 1 を指定

8-bit IT 分周レジスタ設定

・ 8 ビット・インターバル・タイマ分周レジスタ 0 (TRTMD0)

8 ビット・インターバル・タイマの分周を設定します。

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
TRTMD0	—	TCK01			—	TCK00		
設定値	—				—	1	1	1

TCK00			8 ビット・インターバル・タイマ 0 分周選択
ビット 2	ビット 1	ビット 0	
0	0	0	f_{IL}
0	0	1	$f_{IL}/2$
0	1	0	$f_{IL}/4$
0	1	1	$f_{IL}/8$
1	0	0	$f_{IL}/16$
1	0	1	$f_{IL}/23$
1	1	0	$f_{IL}/64$
1	1	1	$f_{IL}/128$

8-bit IT のカウンタ設定

・ 8 ビット・インターバル・タイマ・コンペア・レジスタ 0 (TRTCMP0)

16 ビット・インターバル・タイマ・モードで使用するカウンタ値 (8953H) を設定します。

略号	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
TRTCMP0																
設定値	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1

5.7.7 A/D コンバータ初期設定

図 5.7 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。

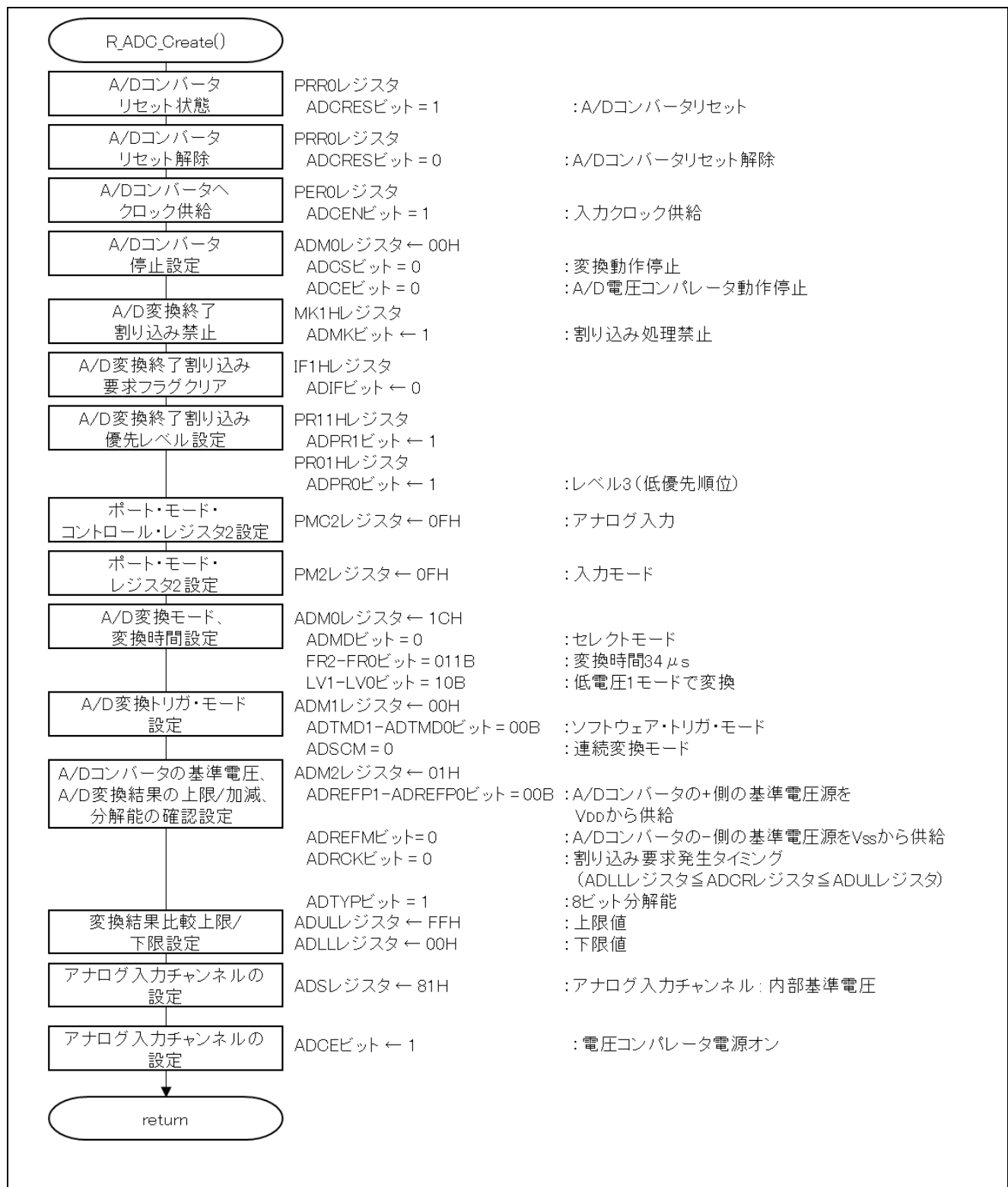


図 5.7 A/D コンバータ初期設定

A/D コンバータのリセット

- ・周辺リセット制御レジスタ 0 (PRR0)
- A/D コンバータのリセットを行います。

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
PRR0	0	IICA1RES	ADCRES	IICA0RES	0	SAU0RES	0	TAU0RES
設定値	—		1		—		—	

ビット 5

ADCRES	A/D コンバータのリセット制御
0	A/D コンバータのリセット解除
1	A/D コンバータのリセット状態

A/D コンバータへのクロック供給開始

- ・周辺イネーブル・レジスタ (PER0)
- A/D コンバータへクロック供給をします。

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
PER0	0	IICA1EN	ADCEN	IICA0EN	0	SAU0EN	0	TAU0EN
設定値	—		1		—		—	

ビット 5

ADCEN	A/D コンバータの入カクロックの制御
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
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

A/D コンバータへ動作停止

- ・A/D コンバータ・モード・レジスタ 0 (ADM0)
- A/D コンバータを停止します。

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

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：A/D 電源安定待ち状態 + 変換動作状態

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 レジスタ設定方法の詳細については、RL78/G11 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。
レジスタ図の設定

×：使用しないビット、空白：変更しないビット、—：予約ビットまたは何も配置されていないビット

A/D 変換割り込み禁止設定

- ・割り込みマスク・フラグ・レジスタ (MK1H)
- A/D 変換割り込みを禁止に設定します。

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
MK1H	PMK11	PMK10	PMK9	PMK8	PMK7	KRMK	TMKAMK	ADMK
設定値								1

ビット 0

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

A/D 変換割り込み要求フラグ設定

- ・割り込み要求フラグ・レジスタ (IF1H)

A/D 変換割り込み要求フラグをクリアします。

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
IF1H	PIF11	PIF10	PIF9	PIF8	PIF7	KRIF	ITIF	ADIF
設定値								0

ビット 0

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 変換割り込み優先レベル設定

- ・優先順位指定フラグ・レジスタ (PR11H、PR01H)

レベル 3 (低優先順位) に設定します。

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
PR11H	PPR111	PPR110	PPR19	PPR18	PPR17	KRPR1	TMKAPR1	ADPR1
設定値								1

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
PR01H	PPR011	PPR010	PPR09	PPR08	PPR07	KRPR0	TMKAPR0	ADPR0
設定値								1

ビット 0 ビット 0

ADPR1	ADPR0	割り込み処理の制御
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)

ポート・モード・コントロール・レジスタ 2 設定

- ・ポート・モード・コントロール・レジスタ 2 (PMC2)

ポート・モード・コントロール・レジスタ 2 の PMC20~PMC23 をアナログ入力に設定します。

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
PMC2	1	1	1	1	PMC23	PMC22	PMC21	PMC20
設定値	—	—	—	—	1	1	1	1

ビット 0~3

PMCmn	PMCmn 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/G11 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。

ポート・モード・レジスタ 2 設定

- ※本使用しないビットは空白で PM2 がないビット、—：予約ビットまたは何も配置されていないビット

ポート・モード・レジスタ 2 の PM20~PM23 を入力モードに設定します。

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
PM2	1	1	1	1	PM23	PM22	PM21	PM20
設定値	—	—	—	—	1	1	1	1

ビット 0~3

A/D 変換モード、変換時間設定

・A/D コンバータ・モード・レジスタ 0 (ADM0)

A/D 変換モードと変換時間を設定します。

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

ビット 6

ADMD	A/D 変換チャンネル選択モードを設定
1	セレクト・モード
0	スキャン・モード

ADM0					モード	8ビット分解能時の変換時間					変換クロック (f _{AD})		
FR2	FR1	FR0	LV1	LV0		1.6V≦V _{DD} ≦5.5V		注 1	注 2	注 3			
						fCLK = 1 MHz	fCLK = 4 MHz	fCLK = 8 MHz	fCLK = 16 MHz	fCLK = 32 MHz			
0	0	0	1	0	低電圧 1	設定禁止	設定禁止	設定禁止	68 μs	45.333 μs	f _{clk} /64		
0	0	1						68 μs	34 μs	22.667 μs	f _{clk} /32		
0	1	0						68 μs	34 μs	17 μs	11.333 μs	f _{clk} /16	
0	1	1						34 μs	17 μs	8.5 μs	5.667 μs	f _{clk} /8	
1	0	0						25.5 μs	12.75 μs	6.375 μs	4.25 μs	f _{clk} /6	
1	0	1						85 μs	21.25 μs	10.625 μs	5.3125 μs	3.542 μs	f _{clk} /5
1	1	0						68 μs	17 μs	8.5 μs	4.25 μs	2.833 μs	f _{clk} /4
1	1	1						34 μs	8.5 μs	4.25 μs	2.125 μs	設定禁止	f _{clk} /2

注 1. 1.8 V \leq V_{DD} \leq 5.5 V

注 2. 2.4 V \leq V_{DD} \leq 5.5 V

注 3. 2.7 V \leq V_{DD} \leq 5.5 V

A/D 変換トリガ・モード設定

・A/D コンバータ・モード・レジスタ 1 (ADM1)

注意 A/D 変換トリガを選択詳細については、RL78/G11 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	7	6	5	4	3	2	1	0
ADM1	ADTMD1	ADTMD0	ADSCM	0 : 予約ビットまたは何も配置しない	0	ADTRS1	ADTRS2	
設定値	0	0	1	—	—	—	×	×

ビット 7

ビット 6

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

注意 レジスタ設定方法の詳細については、RL78/G11 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。

レジスタ図の設定

×：使用しないビット、空白：変更しないビット、－：予約ビットまたは何も配置されていないビット

基準電圧源の設定

・A/D コンバータ・モード・レジスタ 2 (ADM2)

A/D コンバータの基準電圧、変換結果条件上限／下限、分解能をを選択します。

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
ADM2	ADREFP1	ADREFP0	ADREFM	0	ADRCK	AWC	0	ADTYP
設定値	0	0	0	－	0	×	－	1

ビット 7	ビット 6	
ADREFP1	ADREFP0	A/D コンバータの + 側の基準電圧源の選択
0	0	VDD から供給
0	1	P20/AVREFP/ANI0 から供給
1	0	内部基準電圧(1.45 V)から供給

変換結果比較上限設定

- ・変換結果比較上限設定レジスタ (ADUL)
- 変換結果比較上限に FFH を設定します。

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
ADUL	ADUL7	ADUL6	ADUL5	ADUL4	ADUL3	ADUL2	ADUL1	ADUL0
設定値	1	1	1	1	1	1	1	1

変換結果比較加限設定

- ・変換結果比較下限設定レジスタ (ADLL)
- 変換結果比較下限に 00H を設定します。

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
ADLL	ADLL7	ADLL6	ADLL5	ADLL4	ADLL3	ADLL2	ADLL1	ADLL0
設定値	0	0	0	0	0	0	0	0

アナログ入力チャンネル設定

- ・アナログ入力チャンネル指定レジスタ (ADS)
- アナログ入力チャンネルを ANI0 に設定します。

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	0	0	0

ADISS	ADS4	ADS3	ADS2	ADS1	ADS0	アナログ入力チャンネル	入力ソース
0	0	0	0	0	0	ANI0	P20/ANI0/AVREFP 端子
0	0	0	0	0	1	ANI1	P21/ANI1/AVREFM 端子
0	0	0	0	1	0	ANI2	P22/ANI2 端子
0	0	0	0	1	1	ANI3	P23/ANI3 端子
0	1	0	0	0	0	ANI16	P01/ANI16 端子
0	1	0	0	0	1	ANI17	P00/ANI17 端子
0	1	0	0	1	0	ANI18	P33/ANI18 端子

注意 レジスタ設定方法の詳細については、**RL78/G11 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。

レジスタ図の設定

×：使用しないビット、空白：変更しないビット、－：予約ビットまたは何も配置されていないビット

5.7.8 DTC 初期設定

図 5.8 に DTC 初期設定のフローチャートを示します。

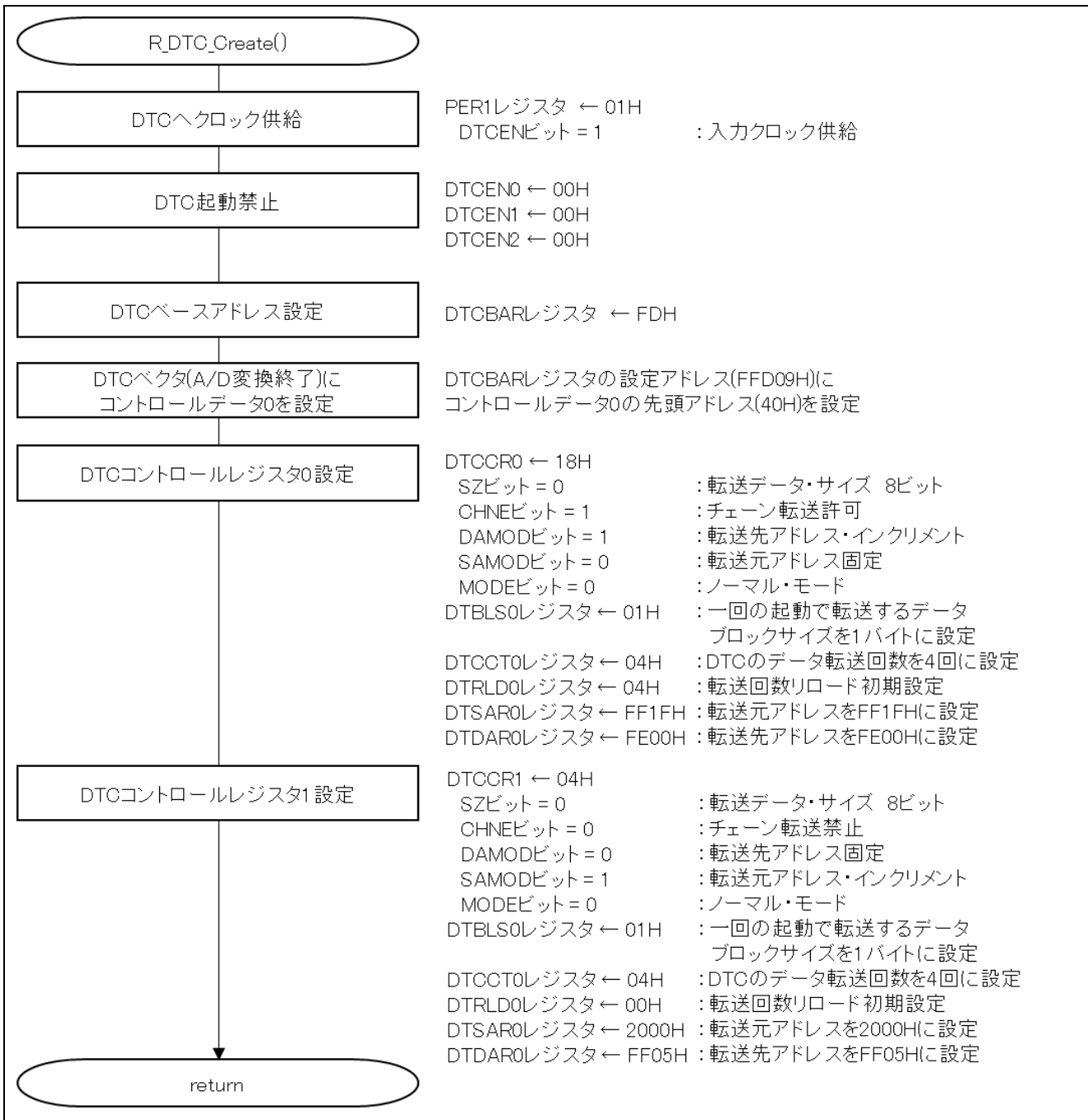


図 5.8 DTC 初期設定

DTC へのクロック供給開始

- ・周辺イネーブル・レジスタ (PER1)
DTC へクロック供給をします。

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
PER1	DACEN	0	CMPEN	0	DTCEN	PGA0EN	0	0
設定値		—		—	1		—	—

ビット 3

DTCEN	DTC の入力クロックの制御
0	入力クロック供給停止 ・ DTC は動作不可
1	入力クロック供給 ・ DTC は動作可

- ・ DTC 起動許可レジスタ i(DTCENi)(i=0~2)
DTC 起動を禁止します。

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
DTCENi	DTCENi7	DTCENi6	DTCENi5	DTCENi4	DTCENi3	DTCENi2	DTCENi1	DTCENi0
設定値	0	0	0	0	0	0	0	0

ビット 7

DTCENi7	DTC 起動許可 i7
0	起動禁止
1	起動許可
転送完了割り込みが発生する条件で DTCENi7 ビットは 0(起動禁止)になります	

ビット 6

DTCENi6	DTC 起動許可 i6
0	起動禁止
1	起動許可
転送完了割り込みが発生する条件で DTCENi6 ビットは 0(起動禁止)になります	

ビット 5

DTCENi5	DTC 起動許可 i5
0	起動禁止
1	起動許可
転送完了割り込みが発生する条件で DTCENi5 ビットは 0(起動禁止)になります	

ビット 4

DTCENi4	DTC 起動許可 i4
0	起動禁止
1	起動許可
転送完了割り込みが発生する条件で DTCENi4 ビットは 0(起動禁止)になります	

ビット 3

DTCENi3	DTC 起動許可 i3
0	起動禁止
1	起動許可
転送完了割り込みが発生する条件で DTCENi3 ビットは 0(起動禁止)になります	

ビット 2

DTCENi2	DTC 起動許可 i2
0	起動禁止
1	起動許可
転送完了割り込みが発生する条件で DTCENi2 ビットは 0(起動禁止)になります	

ビット 1

DTCENi1	DTC 起動許可 i1
0	起動禁止
1	起動許可
転送完了割り込みが発生する条件で DTCENi1 ビットは 0(起動禁止)になります	

ビット 0

DTCENi0	DTC 起動許可 i0
0	起動禁止
1	起動許可
転送完了割り込みが発生する条件で DTCENi0 ビットは 0(起動禁止)になります	

DTC ベースアドレス設定

- ・ DTC ベースアドレスレジスタ (DTCBAR)
- DTC ベースアドレスに “FDH” を設定します

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
DTCBAR	DTCBAR7	DTCBAR6	DTCBAR5	DTCBAR4	DTCBAR3	DTCBAR2	DTCBAR1	DTCBAR0
設定値	1	1	1	1	1	1	0	1

DTC 制御レジスタ設定

- ・ DTC 制御レジスタ 0 (DTCCR0)
- DTC 制御レジスタ 0 を設定します。

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
DTCCR0	0	SZ	RPTINT	CHNE	DAMOD	SAMOD	RPTSEL	MODE
設定値	—	0	0	1	1	0	0	0

ビット 6

SZ	転送データ・サイズを選択
0	8 ビット
1	16 ビット

ビット 4

CHNE	チェーン転送の許可・禁止
0	チェーン転送禁止
1	チェーン転送許可
DTCCR23 レジスタの CHNE ビットは 0 (チェーン転送禁止)にしてください。	

ビット 3

DAMOD	転送先アドレスの制御
0	固定
1	加算
MODE ビットが 1 (リピート・モード)で RPTSEL ビットが 0 (転送先がリピート・エリア)のとき DAMOD ビットの設定は無効です。	

ビット 2

SAMOD	転送元アドレスの制御
0	固定
1	加算
MODE ビットが 1 (リピート・モード)で RPTSEL ビットが 1 (転送元がリピート・エリア)のとき SAMOD ビットの設定は無効です	

ビット 0

MODE	転送モードの選択
0	ノーマル・モード
1	リピート・モード

注意 レジスタ設定方法の詳細については、RL78/G11 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。
レジスタ図の設定

×：使用しないビット、空白：変更しないビット、—：予約ビットまたは何も配置されていないビット

DTC ブロック・サイズ・レジスタ 0 設定

・DTC ブロック・サイズ・レジスタ 0 (DTBLS0)

DTC ブロック・サイズ・レジスタ 0 に “01H” (1 バイト)を設定します。

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
DTBLS0	DTBLS07	DTBLS06	DTBLS05	DTBLS04	DTBLS03	DTBLS02	DTBLS01	DTBLS00
設定値	0	0	0	0	0	0	0	1

DTBLS0	転送ブロック・サイズ	
	8 ビット転送	16 ビット転送
00H	256 バイト	512 バイト
01H	1 バイト	2 バイト
02H	2 バイト	4 バイト
03H	3 バイト	6 バイト
.	.	.
.	.	.
.	.	.
FDH	253 バイト	506 バイト
FEH	254 バイト	508 バイト
FFH	255 バイト	512 バイト

DTC 転送回数レジスタ 0 設定

・DTC 転送回数レジスタ (DTCCT0)

DTC 転送回数レジスタ 0 に “04H” (4 回)を設定します。

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
DTCCT0	DTCCT07	DTCCT06	DTCCT05	DTCCT04	DTCCT03	DTCCT02	DTCCT01	DTCCT00
設定値	0	0	0	0	0	1	0	0

DTCCT0	転送回数
00H	256 回
01H	1 回
02H	2 回
03H	3 回
04H	4 回
.	.
.	.
FDH	253 回
FEH	254 回
FFH	255 回

DTC 転送回数リロード・レジスタ 0 設定

・DTC 転送回数リロード・レジスタ 0 (DTRL0)

DTC 転送回数リロード・レジスタ 0 に “04H” (4 回)を設定します。

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
DTRL0	DTRL07	DTRL06	DTRL05	DTRL04	DTRL03	DTRL02	DTRL01	DTRL00
設定値	0	0	0	0	0	1	0	0

注意 レジスタ設定方法の詳細については、RL78/G11 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。

レジスタ図の設定

×：使用しないビット、空白：変更しないビット、－：予約ビットまたは何も配置されていないビット

- ・ DTC ソース・アドレス・レジスタ 0 (DTSAR0)
- DTC ソース・アドレス・レジスタ 0 に“FF1FH”を設定します。

略号	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
DTS	DTS	DTS	DTS	DTS	DTS	DTS	DTS	DTS	DTS	DTS	DTS	DTS	DTS	DTS	DTS	DTS
AR0	AR015	AR014	AR013	AR012	AR011	AR010	AR09	AR08	AR07	AR06	AR05	AR04	AR03	AR02	AR01	AR00
設定値	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1

DTC デスティネーション・アドレス・レジスタ 0 設定

- ・ DTC デスティネーション・アドレス・レジスタ 0 (DTDAR0)
- DTC デスティネーション・アドレス・レジスタ 0 に“FE00H”を設定します。

略号	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
DTD	DTD	DTD	DTD	DTD	DTD	DTD	DTD	DTD	DTD	DTD	DTD	DTD	DTD	DTD	DTD	DTD
AR0	AR015	AR014	AR013	AR012	AR011	AR010	AR09	AR08	AR07	AR06	AR05	AR04	AR03	AR02	AR01	AR00
設定値	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

DTC 制御レジスタ設定

- ・ DTC 制御レジスタ 1 (DTCCR1)
- DTC 制御レジスタ 1 を設定します。

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
DTCCR1	0	SZ	RPTINT	CHNE	DAMOD	SAMOD	RPTSEL	MODE
設定値	—	0	0	0	0	1	0	0

ビット 6

SZ	転送データ・サイズを選択
0	8 ビット
1	16 ビット

ビット 4

CHNE	チェーン転送の許可・禁止
0	チェーン転送禁止
1	チェーン転送許可
DTCCR23 レジスタの CHNE ビットは 0 (チェーン転送禁止)にしてください。	

ビット 3

DAMOD	転送先アドレスの制御
0	固定
1	加算
MODE ビットが 1 (リピート・モード)で RPTSEL ビットが 0 (転送先がリピート・エリア)のとき DAMOD ビットの設定は無効です。	

ビット 2

SAMOD	転送元アドレスの制御
0	固定
1	加算
MODE ビットが 1 (リピート・モード)で RPTSEL ビットが 1 (転送元がリピート・エリア)のとき SAMOD ビットの設定は無効です	

ビット 0

MODE	転送モードの選択
0	ノーマル・モード
1	リピート・モード

DTC ブロック・サイズ・レジスタ 1 設定

- ・ 設定内容は DTC ブロック・サイズ・レジスタ 0 (DTBLS0) と同じです。

DTC 転送回数レジスタ 1 設定

- ・ 設定内容は DTC 転送回数レジスタ (DTCCT1) と同じです。

DTC 転送回数リロード・レジスタ 1 設定

- ・DTC 転送回数リロード・レジスタ 1 (DTRLDO)

DTC 転送回数リロード・レジスタ 1 に “00H” (256 回)を設定します。

DTC ソース・アドレス・レジスタ 1 設定

- ・DTC ソース・アドレス・レジスタ 1 (DTSAR1)

DTC ソース・アドレス・レジスタ 1 に “2000H” を設定します。

略号	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
DTS	DTS	DTS	DTS	DTS	DTS	DTS	DTS	DTS	DTS	DTS	DTS	DTS	DTS	DTS	DTS	DTS
AR1	AR115	AR114	AR113	AR112	AR111	AR110	AR19	AR18	AR17	AR16	AR15	AR14	AR13	AR12	AR11	AR10
設定値	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

DTC デスティネーション・アドレス・レジスタ 1 設定

- ・DTC デスティネーション・アドレス・レジスタ 1 (DTDAR1)

DTC デスティネーション・アドレス・レジスタ 1 に “FF05H” を設定します。

略号	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
DTD	DTD	DTD	DTD	DTD	DTD	DTD	DTD	DTD	DTD	DTD	DTD	DTD	DTD	DTD	DTD	DTD
AR1	AR115	AR114	AR113	AR112	AR111	AR110	AR19	AR18	AR17	AR16	AR15	AR14	AR13	AR12	AR11	AR10
設定値	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1

5.7.9 メイン処理

図 5.9 にメイン処理のフローチャートを示します。

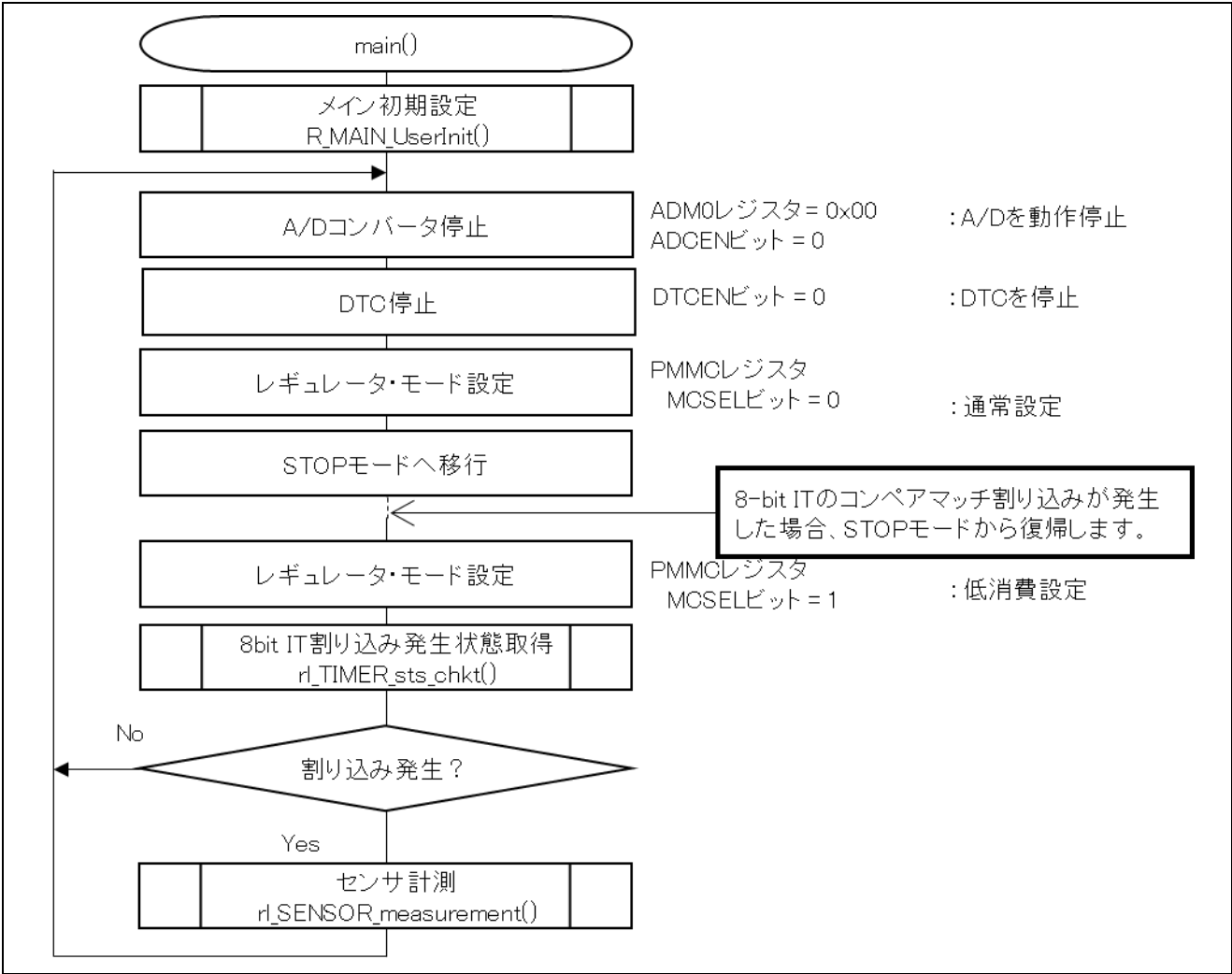


図 5.9 メイン処理

5.7.10 メイン初期設定

図 5.10 にメイン初期設定のフローチャートを示します。

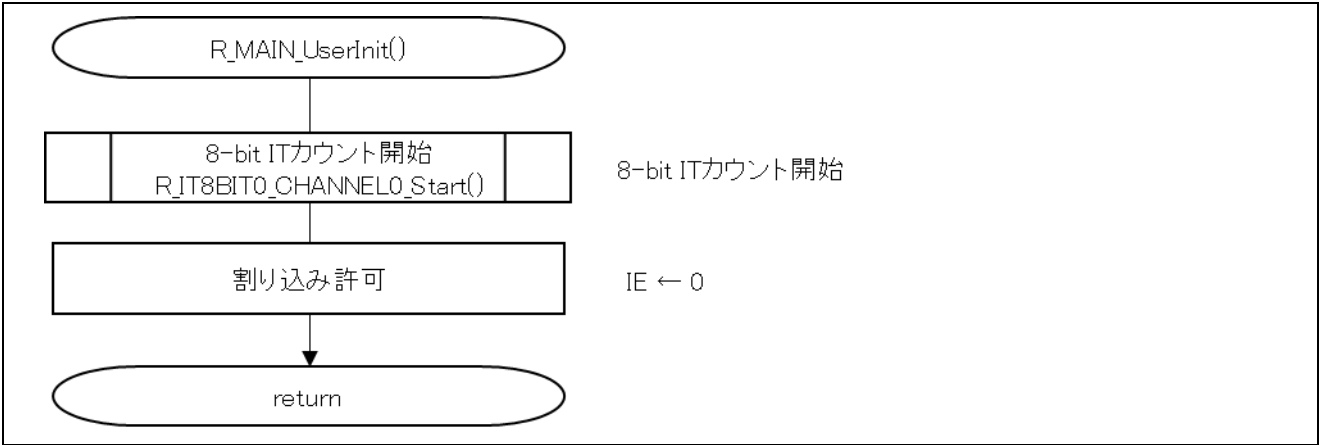


図 5.10 メイン初期設定

5.7.11 8-bit IT カウント開始

図 5.11 に 8-bit IT カウント開始のフローチャートを示します。



図 5.11 8-bit IT カウント開始

8-bit IT 割り込み要求フラグ設定

・割り込み要求フラグ・レジスタ (IF2L)

8-bit IT 割り込み要求フラグをクリアします。

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
IF2L	FLIF	IICAIF1	TMKBIF0	ITIF01	ITIF00	DOCIF	CMPIF1	CMPIF0
設定値	×	×	×	×	0	×	×	×

ビット 3

ITIF00	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

8-bit IT 割り込み許可設定

・割り込みマスク・フラグ・レジスタ (MK2L)

8-bit IT 変換割り込みを許可に設定します。

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
MK2L	FLMK	IICAMK1	TMKBMK0	ITMK01	ITMK00	DOCMK	CMPMK1	CMPMK0
設定値	×	×	×	×	0	×	×	×

ビット 3

ITMK00	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

8-bit IT のカウント開始

・8ビット・インターバル・タイマ制御レジスタ 0 (TRTCR0)

8ビット・インターバル・タイマのカウントを開始します。

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
TRTCR0	TCSMD0	0	0	TCLKEN0	0	TSTART01	0	TSTART00
設定値		—	—		—	×	—	1

ビット 0

TSTART00	8ビット・インターバル・タイマ 0 カウント開始
0	カウント停止
1	カウント開始

5.7.12 8-bit IT 割り込み

図 5.12 に 8-bit IT 割り込みのフローチャートを示します。

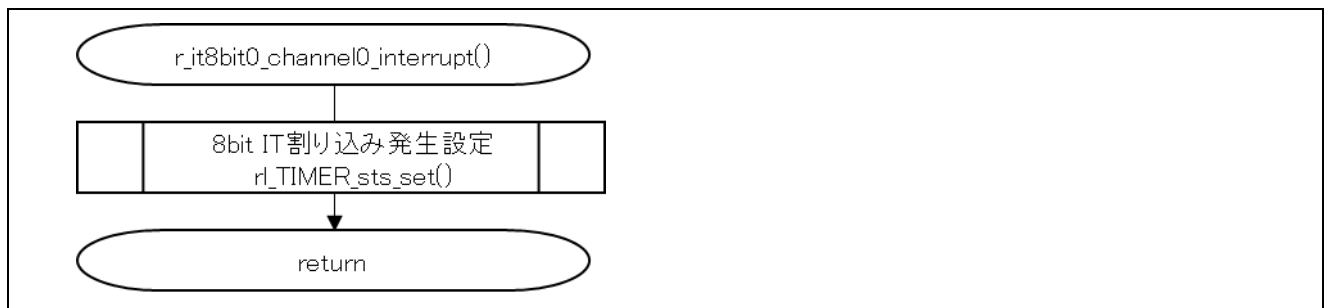


図 5.12 8-bit IT 割り込み

5.7.13 8-bit IT チェック

エラー! 参照元が見つかりません。に 8-bit IT チェックのフローチャートを示します。

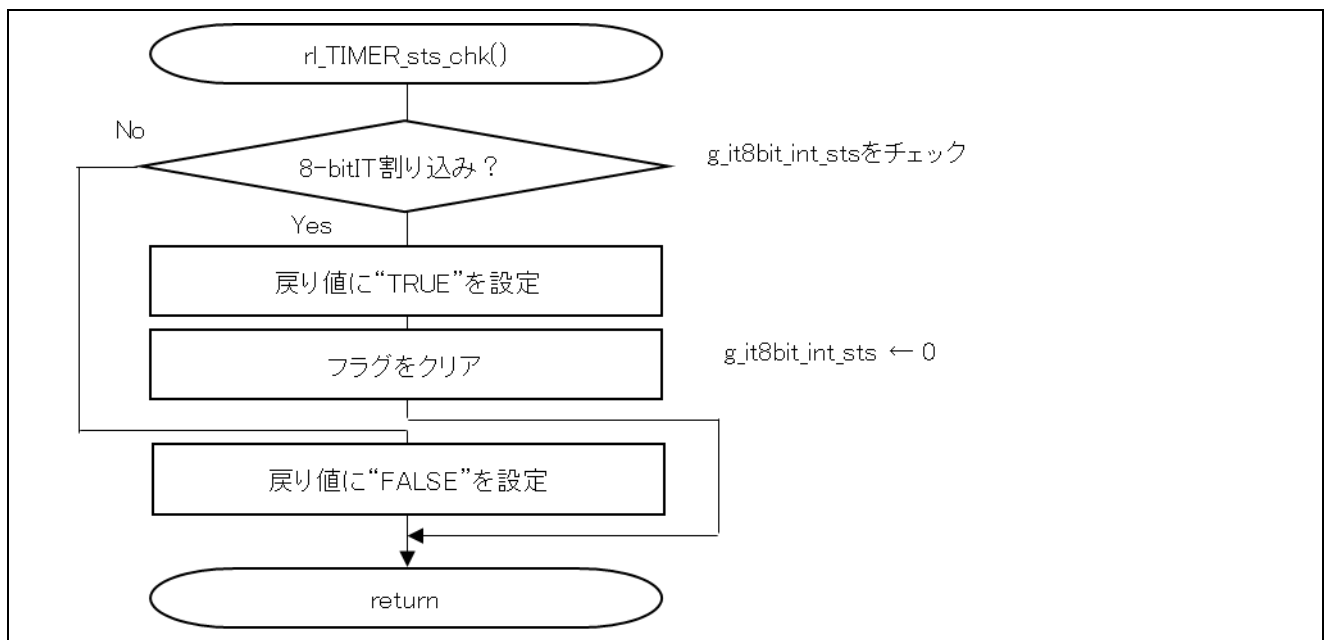


図 5.13 8-bit IT チェック

5.7.14 センサ計測

図 5.14 にセンサ計測のフローチャートを示します。

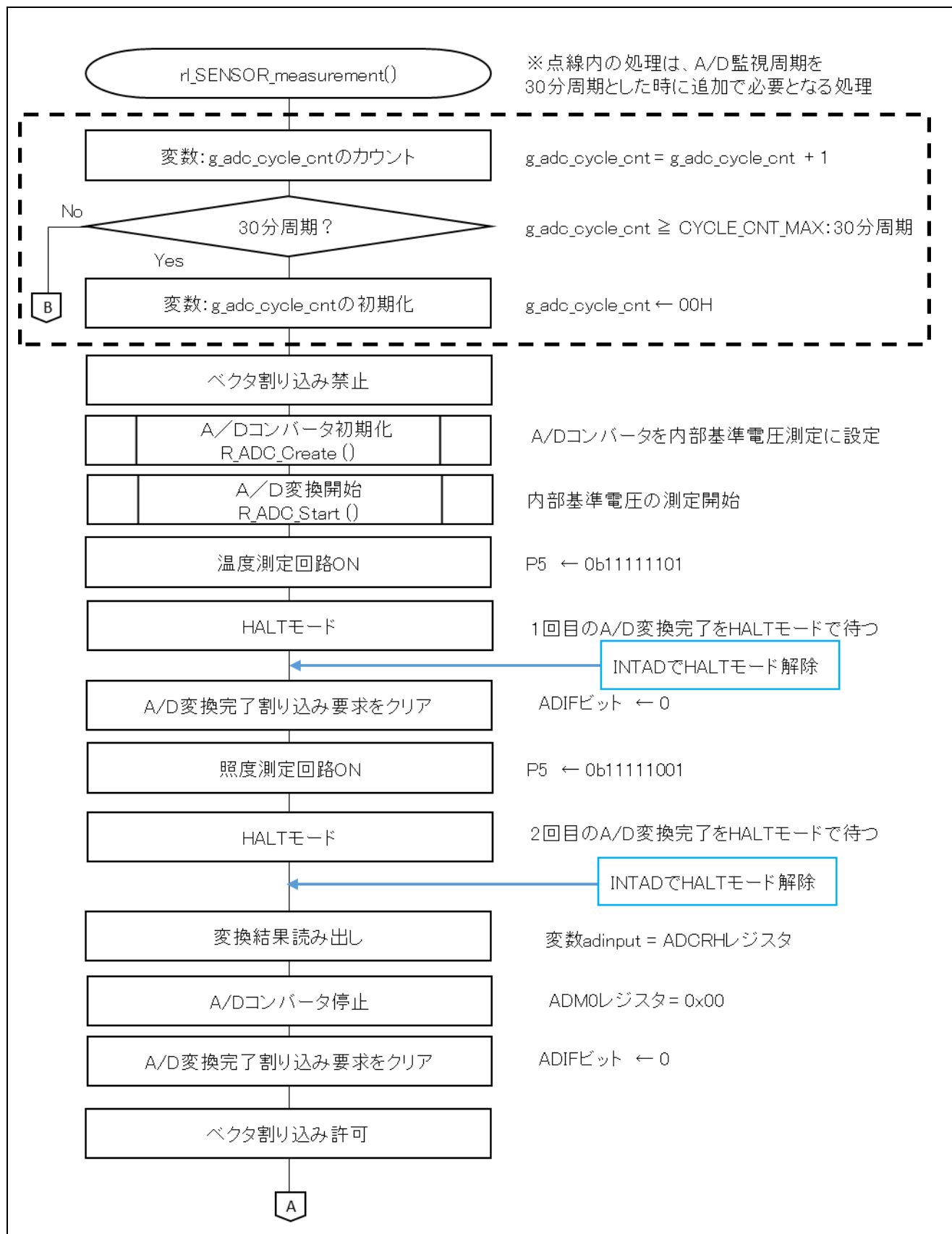


図 5.14 センサ計測 (1/2)

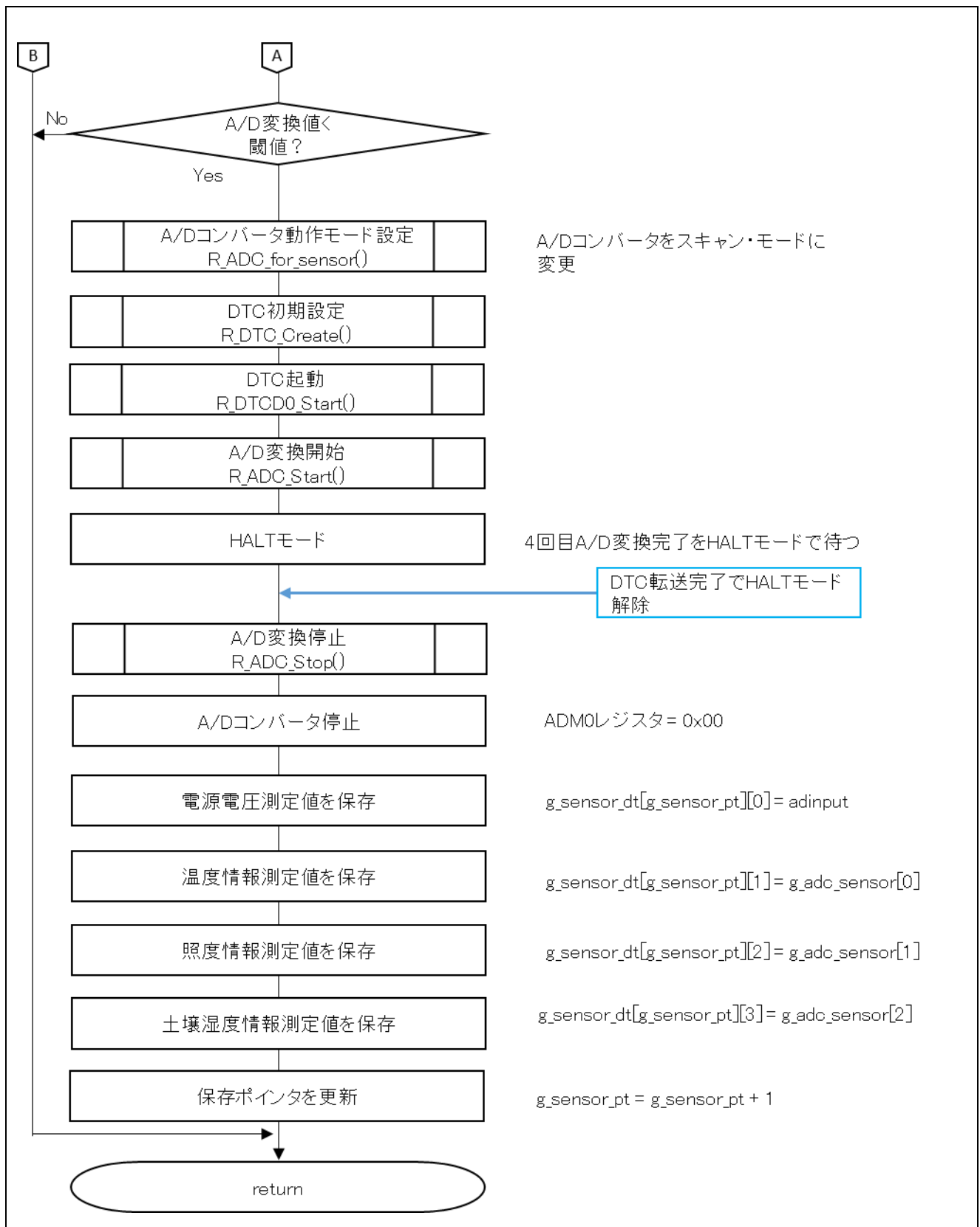


図 5.15 センサ計測 (2/2)

A/D コンバータの動作停止

・ A/D コンバータ・モード・レジスタ 0 (ADM0)

A/D コンバータを停止します。

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

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：A/D 電源安定待ち状態 + 変換動作状態

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

A/D 変換割り込み要求フラグクリア

・ 割り込み要求フラグ・レジスタ (IF1H)

A/D 変換割り込み要求フラグをクリアします。

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
IF1H	PIF11	PIF10	PIF9	PIF8	PIF7	KRIF	ITIF	ADIF
設定値								0

ビット 0

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

5.7.15 A/D コンバータ動作モード設定

図 5.16 に A/D コンバータ動作モード設定のフローチャートを示します。

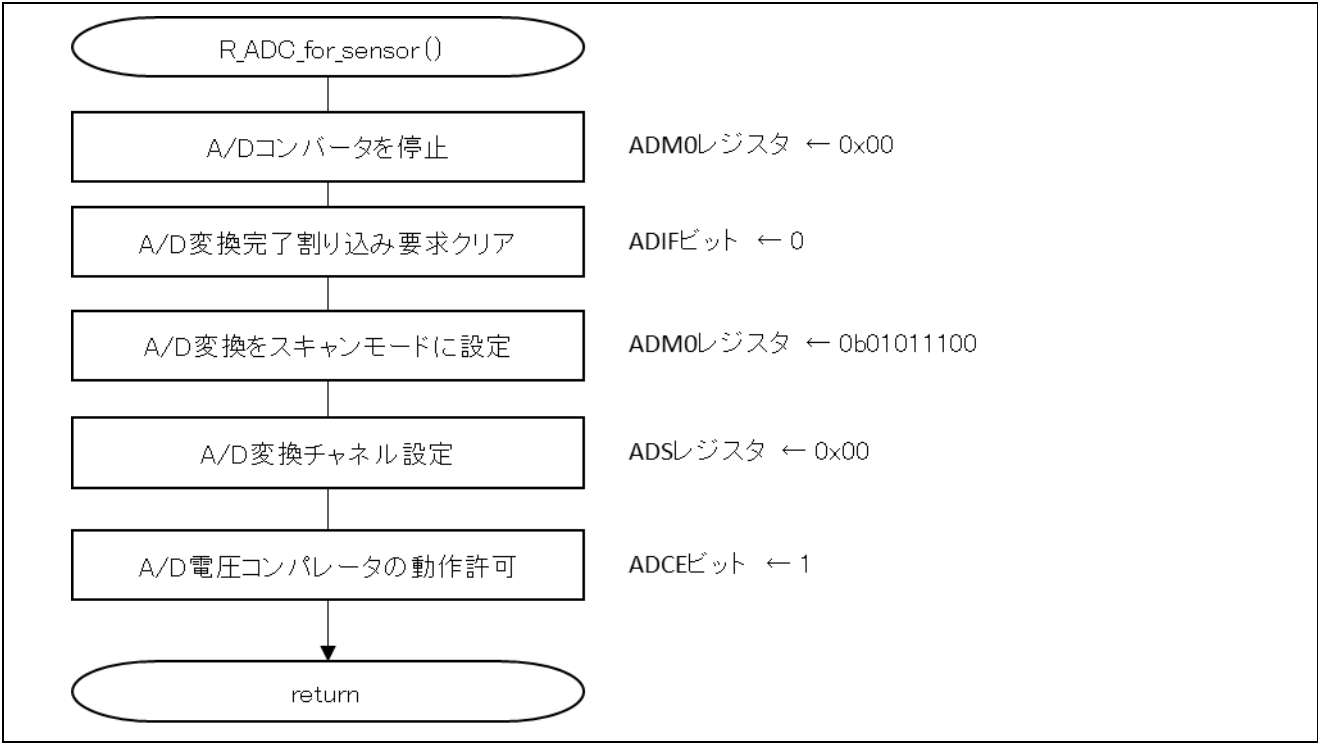


図 5.16 A/D コンバータ動作モード設定

A/D コンバータの動作モード設定

- ・ A/D コンバータ ・ モード ・ レジスタ 0 (ADM0)
- A/D コンバータをスキャン ・ モードに設定します。

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	1	1	0	0→1

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
1	スキャン ・ モード

5.7.16 A/D 変換開始

図 5.17 に A/D 変換開始のフローチャートを示します。

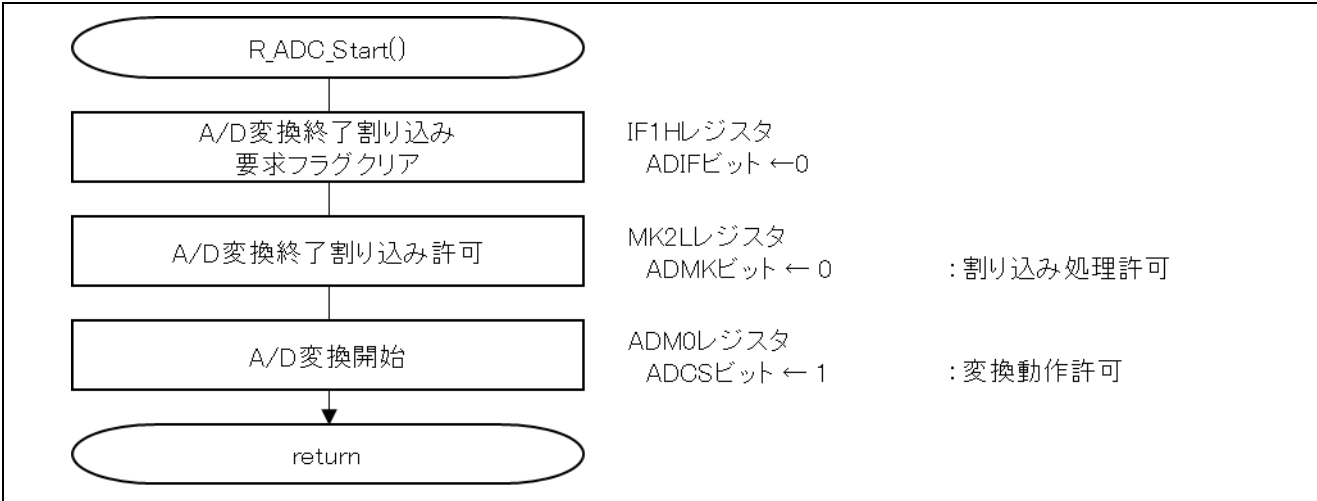


図 5.17 A/D 変換開始

A/D 変換割り込み要求フラグ設定

・割り込み要求フラグ・レジスタ (IF1H)

A/D 変換割り込み要求フラグをクリアします。

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
IF1H	PIF11	PIF10	PIF9	PIF8	PIF7	KRIF	ITIF	ADIF
設定値								0

ビット 0

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 変換割り込み許可設定

・割り込みマスク・フラグ・レジスタ (MK1H)

A/D 変換割り込みを許可に設定します。

略号	7	6	5	4	3	2	1	0
MK1H	PMK11	PMK10	PMK9	PMK8	PMK7	KRMK	TMKAMK	ADMK
設定値								0

ビット 0

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

A/D コンバータの変換動作許可

・A/D コンバータ・モード・レジスタ 0 (ADM0)

A/D コンバータに変換動作許可を設定します。

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

ビット 7

ADCS	A/D 変換動作の制御
0	変換動作停止
1	変換動作許可

5.7.17 DTC 起動

図 5.18 に DTC 起動のフローチャートを示します。

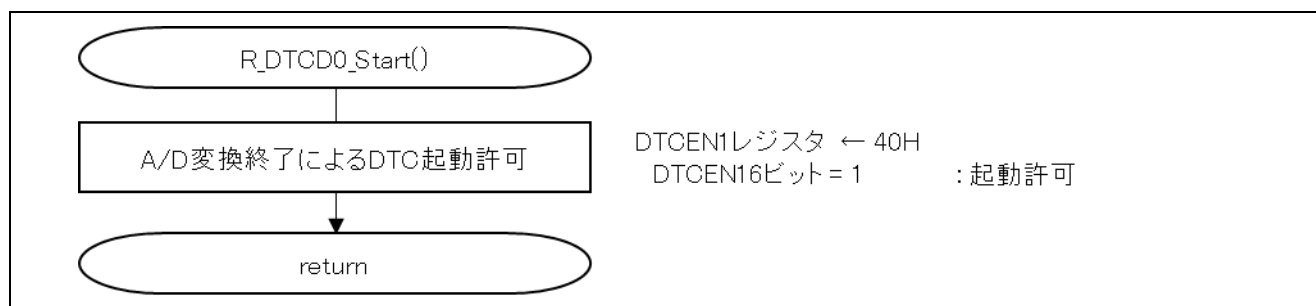


図 5.18 DTC 起動

5.7.18 A/D 変換終了割り込み

図 5.19 に A/D 変換終了割り込みのフローチャートを示します。スタンバイの解除だけで、何も処理は行いません。

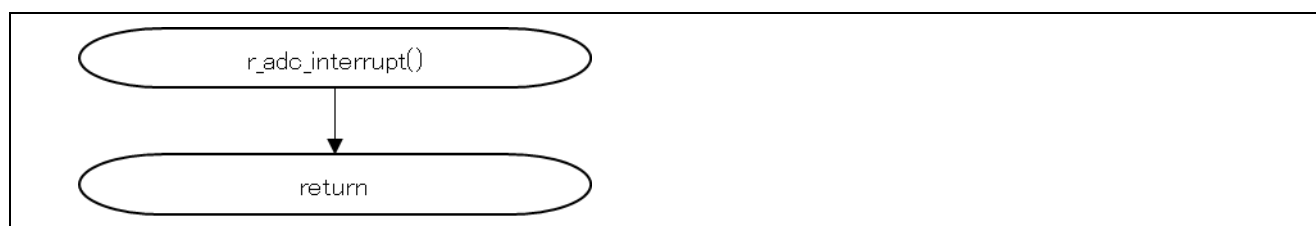


図 5.19 A/D 変換終了割り込み

5.7.19 A/D 変換停止

図 5.20 に A/D 変換停止のフローチャートを示します。

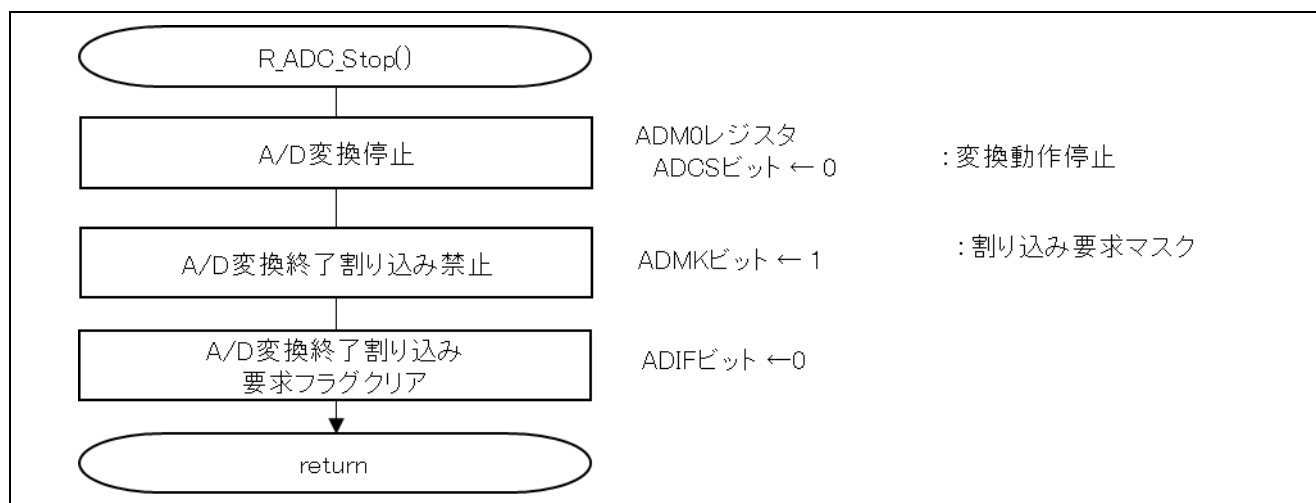


図 5.20 A/D 変換停止

5.7.20 8-bit IT 割り込み発生状態取得

図 5.21 に 8-bit IT 割り込み発生状態取得のフローチャートを示します。

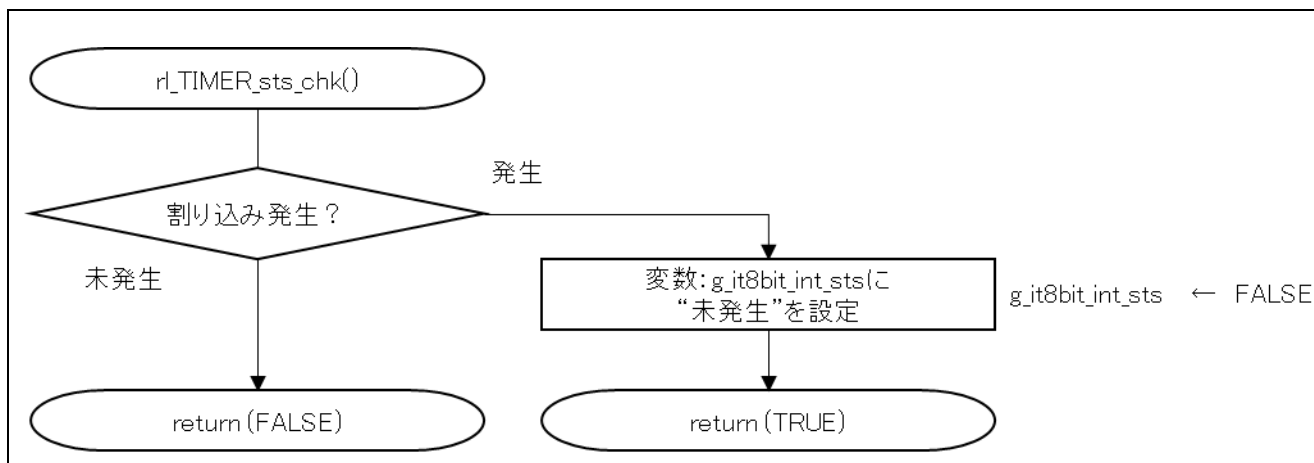


図 5.21 8-bit IT 割り込み発生状態取得

5.7.21 8-bit IT 割り込み発生設定

図 5.22 に 8-bit IT 割り込み発生設定のフローチャートを示します。

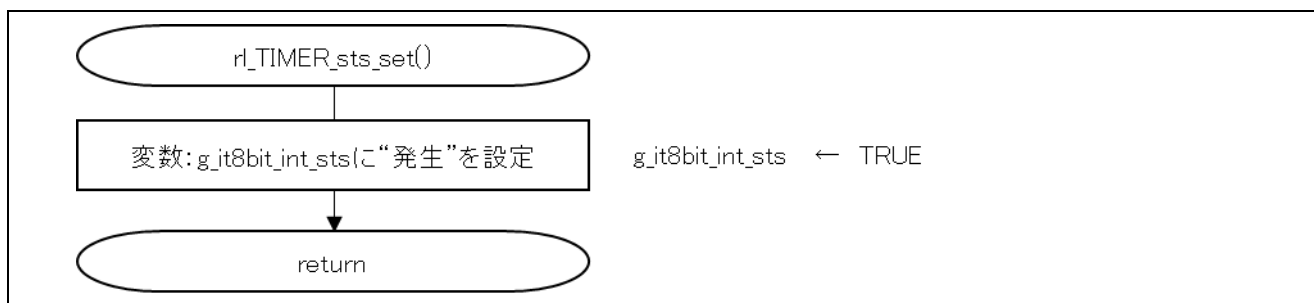


図 5.22 8-bit IT 割り込み発生設定

改訂記録

Rev.	発行日	改訂内容	
		ページ	ポイント
1.00	2016.09.16	－	初版作成
2.00	2018.10.03		全面改訂