

## RL78/I1D

R01AN2187JJ0200

Rev.2.00

2017.01.31

## オペレーション・ステートの切り替え

### 要旨

本アプリケーションノートでは、RL78/I1Dのオペレーション・ステート・コントローラによってオペレーション・ステートを切り替える際のレジスタ設定手順を示します。リセット解除後はLVモードで動作し、ボタン押下によってフラッシュ動作モードを順次切り換えます（LVモード → LSモード → HSモード → LSモード → LPモード → LSモード → LVモード。以降、繰り返し）。なお、HSモードに遷移する場合は、A/Dコンバータで電源電圧  $V_{DD}$  の電圧値を確認し、規定電圧が供給されていない場合はHSモードへの遷移を回避します。

### 対象デバイス

RL78/I1D

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
3.1 ハードウェア構成例.....	5
3.2 使用端子一覧.....	5
4. ソフトウェア説明.....	6
4.1 動作概要.....	6
4.2 オプション・バイトの設定.....	7
4.3 定数一覧.....	7
4.4 変数一覧.....	8
4.5 関数一覧.....	9
4.6 関数仕様.....	10
4.7 フローチャート.....	14
4.7.1 初期設定.....	14
4.7.2 周辺機能初期設定.....	15
4.7.3 入出力ポートの設定.....	16
4.7.4 CPUクロック初期設定.....	18
4.7.5 12ビット・インターバル・タイマ初期設定.....	23
4.7.6 クロック出力初期設定.....	24
4.7.7 INTP0の初期設定.....	24
4.7.8 メイン処理.....	25
4.7.9 メイン・ユーザー初期設定.....	26
4.7.10 INTP0 割り込み許可処理.....	26
4.7.11 12ビット・インターバル・タイマ開始処理.....	27
4.7.12 クロック出力開始処理.....	27
4.7.13 フラッシュ動作モード切り替え (LV) 処理.....	28
4.7.14 フラッシュ動作モード切り替え (LS通常) 処理.....	30
4.7.15 フラッシュ動作モード切り替え (LS低消費) 処理.....	32
4.7.16 フラッシュ動作モード切り替え (HS) 処理.....	33
4.7.17 A/Dコンバータ初期設定.....	35
4.7.18 A/D変換動作開始処理.....	36
4.7.19 A/Dコンバータ停止処理.....	36
4.7.20 フラッシュ動作モード切り替え (LP) 処理.....	37
4.7.21 外部割り込み (INTP0) 処理.....	38
4.7.22 12ビット・インターバル・タイマ割り込み処理.....	40
4.7.23 A/D変換終了割り込み処理.....	41
4.7.24 A/D変換結果取得処理.....	41
5. フラッシュの動作モードの電源電流測定.....	42
6. サンプルコード.....	43
7. 参考ドキュメント.....	43

1. 仕様

ボタンが押される（INTP0 割り込みが発生する）と、フラッシュ動作モードが変更されます。RL78/I1D がサポートしているすべてのオペレーション・ステート遷移を実行すると、リセット直後と同じ状態に戻ります。

表 1.1 に使用する周辺機能と用途を、図 1.1 に各フラッシュ動作モードの遷移順序を示します。

表 1.1 使用する周辺機能と用途

周辺機能	用途
A/D コンバータ	VDD 電圧の測定
12 ビット・インターバル・タイマ	LED 点灯制御

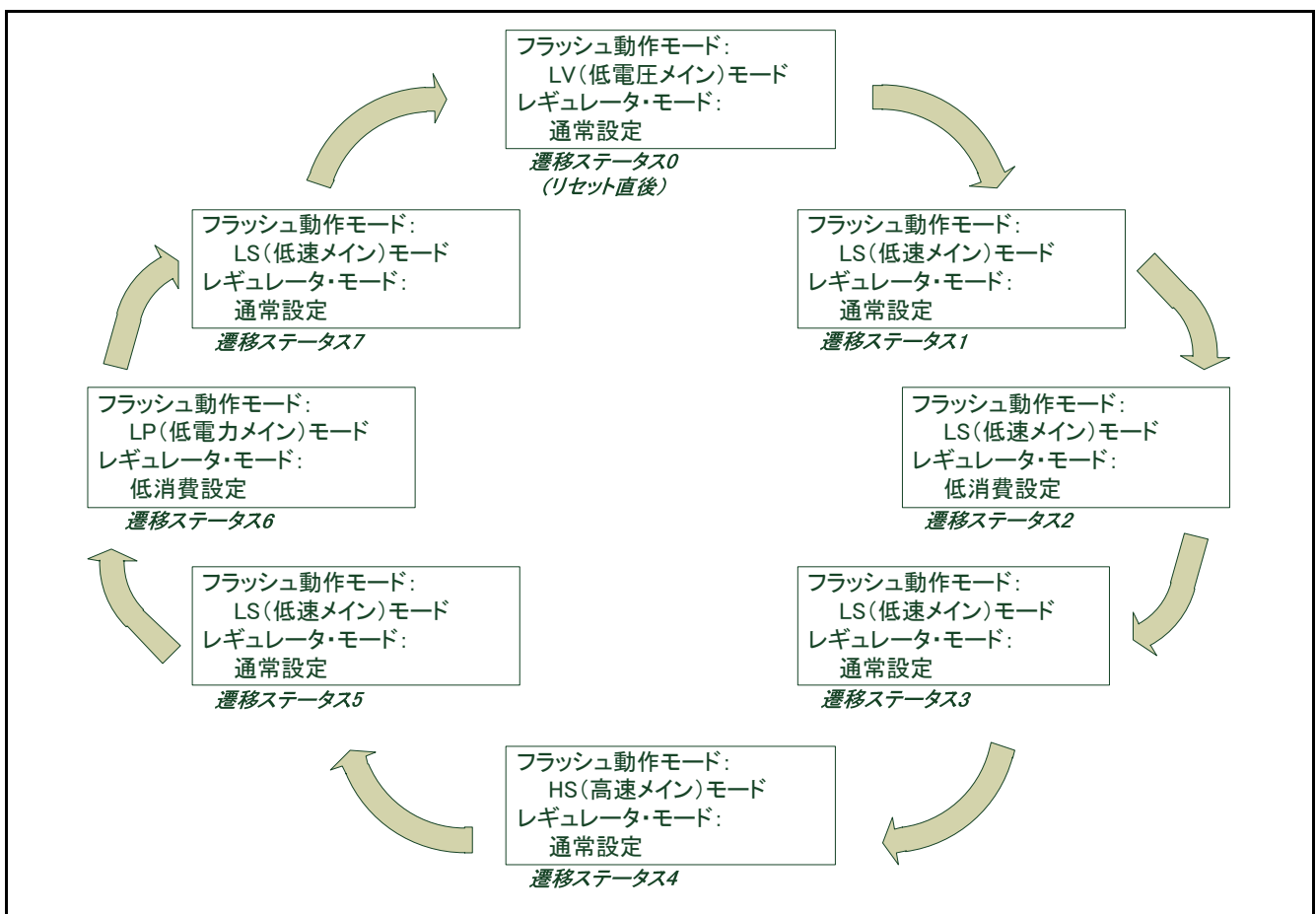


図 1.1 各フラッシュ動作モードの遷移順序

## 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/I1D (R5F117GC)
動作周波数	・高速オンチップ・オシレータ (HOCO) クロック : 16MHz, 8MHz, 4MHz ・中速オンチップ・オシレータ (MOCO) クロック : 4MHz, 1MHz ・低速オンチップ・オシレータ・クロック : 15KHz ・CPU/周辺ハードウェア・クロック : 16MHz, 8MHz, 4MHz, 1MHz
動作電圧	3.3V (1.6V~3.6V で動作可能) LVD 動作( $V_{LVD}$ ) : LVD オフ
統合開発環境	ルネサス エレクトロニクス製 CS+ V3.03.00
C コンパイラ	ルネサス エレクトロニクス製 CA78K0R V1.72

### 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。

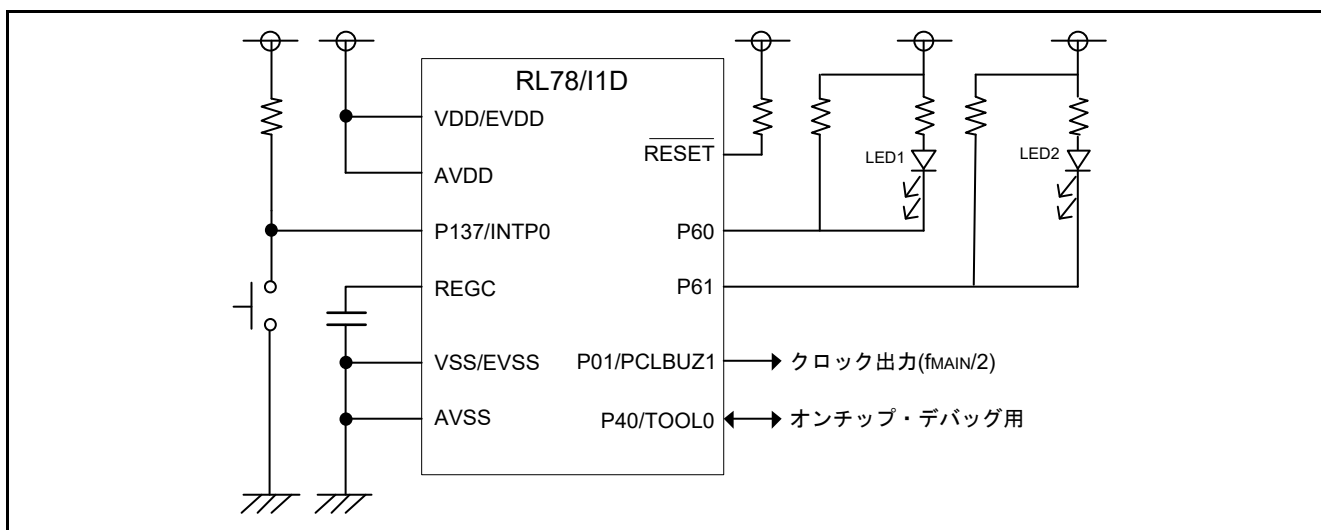


図3.1 ハードウェア構成

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

#### 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
P60	出力	LED1 の点灯制御
P61	出力	LED2 の点灯制御
P137/INTP0	入力	オペレーション・ステートの切り替え

## 4. ソフトウェア説明

### 4.1 動作概要

本サンプルコードでは、ボタン押下 (INTP0 割り込み発生) によって、RL78/I1D のオペレーション・ステートを切り替えます。フラッシュ動作モードとレギュレータ・モードの組み合わせで 8 種類のオペレーション・ステートがあり、外部割り込み INTP0 が 8 回発生すると、リセット直後と同じ状態に戻ります。LED の点灯・消灯・点滅の組み合わせによって、どのオペレーション・ステートに入っているかを表示します。12 ビット・インターバル・タイマの定周期割り込みによる割り込処理で LED 表示を更新します。なお、HS (高速メイン) モードへの遷移は、VDD 電圧が 2.4V 以上のみ実施します。VDD 電圧が 2.4V を下回っている場合は、HS モードへの遷移を実施せず、LED を点滅させてエラーを知らせます。

表 4.1 に、オペレーション・ステートの詳細と遷移を記載します。

表 4.1 オペレーション・ステートの詳細と遷移

遷移ステータス	モード	LED1	LED2	動作クロック	動作電圧範囲	次の遷移先ステータス
0 (リセット直後)	LV モード	消灯	点灯	HOCO: 4MHz	1.6V – 3.6V	1
1	LS モード (通常設定)	点灯	消灯	HOCO: 8MHz	1.8V – 3.6V	2
2	LS モード (低消費設定)	高速点滅	消灯	MOCO: 4MHz	1.8V – 3.6V	3
3	LS モード (通常設定)	点灯	消灯	HOCO: 8MHz	1.8V – 3.6V	4, または 4-Error
4	HS モード	点灯	点灯	HOCO: 16MHz	2.4V – 3.6V	5
4-Error	LS モード (通常設定)	超高速点滅	超高速点滅	HOCO: 8MHz	1.8V – 3.6V	5
5	LS モード (通常設定)	点灯	消灯	HOCO: 8MHz	1.8V – 3.6V	6
6	LP モード	低速点滅	消灯	MOCO: 1MHz	1.8V – 3.6V	7
7	LS モード (通常設定)	点灯	消灯	HOCO: 8MHz	1.8V – 3.6V	0

## 4.2 オプション・バイトの設定

表 4.2にオプション・バイト設定を示します。必要に応じて、お客様のシステムに最適な値を設定してください。

表4.2 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	11111111B	LVD オフ
000C2H/010C2H	00101011B	LV モード、 高速オンチップ・オシレータ : 4MHz
000C3H/010C3H	10000100B	オンチップ・デバッグ許可

## 4.3 定数一覧

表 4.4にサンプルコードで使用する定数を示します。

表4.3 サンプルコードで使用する定数

定数名	設定値	内容
_00_TRANSITION_STATUS_0	00H	遷移ステータス 0
_01_TRANSITION_STATUS_1	01H	遷移ステータス 1
_02_TRANSITION_STATUS_2	02H	遷移ステータス 2
_03_TRANSITION_STATUS_3	03H	遷移ステータス 3
_04_TRANSITION_STATUS_4	04H	遷移ステータス 4
_05_TRANSITION_STATUS_5	05H	遷移ステータス 5
_06_TRANSITION_STATUS_6	06H	遷移ステータス 6
_07_TRANSITION_STATUS_7	07H	遷移ステータス 7
_00_FLASHMODE_LV	00H	LED 制御ステータス(LV モード)
_01_FLASHMODE_LS_0	01H	LED 制御ステータス(LS 通常モード)
_02_FLASHMODE_LS_1	02H	LED 制御ステータス(LS 低消費モード)
_04_FLASHMODE_HS	04H	LED 制御ステータス(HS モード)
_08_FLASHMODE_LP	08H	LED 制御ステータス(LP モード)
_10_FLASHMODE_HS_ERROR	10H	LED 制御ステータス(HS エラーモード)

#### 4.4 変数一覧

表 4.4にグローバル変数を示します。

表4.4 グローバル変数

型	変数名	内容	使用関数
uint16_t	g_flash_mode	フラッシュ動作モード	r_it_interrupt, switch_flashmode_to_LV, switch_flashmode_to_LS_0, switch_flashmode_to_LS_1, switch_flashmode_to_HS, switch_flashmode_to_LP,
uint16_t	g_transition_status	ステータスの遷移状態変数	r_intc0_interrupt
uint16_t	g_ad_result	A/D 変換結果の値	switch_flashmode_to_HS, r_adc_interrupt
uint16_t	g_ad_busy	A/D 変換完了待ちフラグ	r_adc_interrupt, switch_flashmode_to_HS



## 4.5 関数一覧

表 4.5に関数を示します。

表4.5 関数

関数名	概要
R_MAIN_UserInit	メイン・ユーザー初期設定
R_INTC0_Start	INTP0 割り込み許可処理
R_IT_Start	12ビット・インターバル・タイマ開始処理
R_PCLBUZ1_Start	クロック出力開始処理
R_ADC_Start	A/D 変換動作開始処理
R_ADC_Stop	A/D コンバータ停止処理
switch_flashmode_to_LV	フラッシュ動作モードをLVモードに切り替え
switch_flashmode_to_LS_0	フラッシュ動作モードをLS（通常）モードに切り替え
switch_flashmode_to_LS_1	フラッシュ動作モードをLS（低消費）モードに切り替え
switch_flashmode_to_HS	フラッシュ動作モードをHSモードに切り替え
switch_flashmode_to_LP	フラッシュ動作モードをLPモードに切り替え
switch_flashmode_to_LV_M	フラッシュ動作モードをLVモードに切り替え(MOCO)
r_adc_interrupt	A/D 変換完了割り込み処理
R_ADC_Result	A/D 変換結果取得処理
r_intc0_interrupt	外部割り込み処理
r_it_interrupt	12ビット・インターバル・タイマ割り込み処理

## 4.6 関数仕様

サンプルコードの関数仕様を示します。

R_MAIN_UserInit	
概要	メイン・ユーザー初期設定
ヘッダ	r_cg_macrodriver.h、r_cg_userdefine.h、r_cg_intc.h、r_cg_it.h、r_cg_pclbuz.h
宣言	void R_MAIN_UserInit(void)
説明	アプリケーションの動作に必要な初期化処理を行います。
引数	なし
リターン値	なし
R_INTC0_Start	
概要	INTP0 割り込み許可処理
ヘッダ	r_cg_macrodriver.h、r_cg_userdefine.h、r_cg_intc.h
宣言	void R_INTC0_Start(void)
説明	INTP0 の割り込み要求フラグをクリア後、割り込みを許可します。
引数	なし
リターン値	なし
R_IT_Start	
概要	12ビット・インターバル・タイマ開始処理
ヘッダ	r_cg_macrodriver.h、r_cg_userdefine.h、r_cg_it.h
宣言	void R_IT_Start(void)
説明	12ビット・インターバル・タイマのカウンタ動作を開始します。
引数	なし
リターン値	なし
R_PCLBUZ1_Start	
概要	クロック出力開始処理
ヘッダ	r_cg_macrodriver.h、r_cg_userdefine.h、r_cg_pclbuz.h
宣言	void R_PCLBUZ1_Start(void)
説明	クロック出力動作を開始します。
引数	なし
リターン値	なし
R_ADC_Start	
概要	A/D 変換動作開始処理
ヘッダ	r_cg_macrodriver.h、r_cg_userdefine.h、r_cg_adc.h
宣言	void R_ADC_Start(void)
説明	A/D 変換動作を開始します。
引数	なし
リターン値	なし

---

<b>R_ADC_Stop</b>	
概要	A/D コンバータ停止処理
ヘッダ	r_cg_macrodriver.h、r_cg_userdefine.h、r_cg_adc.h
宣言	void R_ADC_Stop(void)
説明	A/D コンバータの動作を停止します。
引数	なし
リターン値	なし

---

<b>switch_flashmode_to_LV</b>	
概要	フラッシュ動作モードを LV モードに切り替え
ヘッダ	r_cg_intc.h
宣言	void switch_flashmode_to_LV(void)
説明	フラッシュ動作モードを LV モードへ切り替えます。
引数	なし
リターン値	なし

---

<b>switch_flashmode_to_LS_0</b>	
概要	フラッシュ動作モードを LS（通常）モードに切り替え
ヘッダ	r_cg_intc.h
宣言	void switch_flashmode_to_LS_0(void)
説明	フラッシュ動作モードを LS（通常）モードに切り替えます。
引数	なし
リターン値	なし

---

<b>switch_flashmode_to_LS_1</b>	
概要	フラッシュ動作モードを LS（低消費）モードに切り替え
ヘッダ	r_cg_intc.h
宣言	void switch_flashmode_to_LS_1(void)
説明	フラッシュ動作モードを LS（低消費）モードに切り替えます。
引数	なし
リターン値	なし

---

<b>switch_flashmode_to_HS</b>	
概要	フラッシュ動作モードを HS モードに切り替え
ヘッダ	r_cg_intc.h
宣言	void switch_flashmode_to_HS(void)
説明	フラッシュ動作モードを HS モードに切り替えます。
引数	なし
リターン値	なし

---

---

**switch\_flashmode\_to\_LP**

---

概要	フラッシュ動作モードを LP モードに切り替え
ヘッダ	r_cg_intc.h
宣言	void switch_flashmode_to_LP(void)
説明	フラッシュ動作モードを LP モードに切り替えます。
引数	なし
リターン値	なし

---

**switch\_flashmode\_to\_LV\_M**

---

概要	フラッシュ動作モードを LV モードに切り替え(MOCO)
ヘッダ	r_cg_macrodriver.h、r_cg_userdefine.h、r_cg_intc.h
宣言	void switch_flashmode_to_LV_M(void)
説明	フラッシュ動作モードを LV モードに切り替え、CPU クロックを中速オンチップ・オシレータに設定します。
引数	なし
リターン値	なし

---

**r\_adc\_interrupt**

---

概要	A/D 変換終了割り込み処理
ヘッダ	r_cg_macrodriver.h、r_cg_userdefine.h、r_cg_adc.h
宣言	__interrupt static void r_adc_interrupt(void)
説明	A/D 変換機能を停止し、A/D 変換結果を RAM に格納します。
引数	なし
リターン値	なし

---

**R\_ADC\_Result**

---

概要	A/D 変換動作開始処理
ヘッダ	r_cg_macrodriver.h、r_cg_userdefine.h、r_cg_adc.h
宣言	なし
説明	A/D 変換結果を RAM に格納します。
引数	なし
リターン値	なし

---

**r\_intc0\_interrupt**

---

概要	外部割り込み処理
ヘッダ	r_cg_macrodriver.h、r_cg_userdefine.h、r_cg_intc.h
宣言	__interrupt static void r_intc0_interrupt(void)
説明	ボタン押下によって、オペレーション・ステートの切り替え処理を行います。
引数	なし
リターン値	なし

---

**r\_it\_interrupt**

---

概要	12ビット・インターバル・タイマ割り込み処理
ヘッダ	r_cg_macrodriver.h、r_cg_userdefine.h、r_cg_intc.h、r_cg_intp.h
宣言	__interrupt static void r_it_interrupt(void)
説明	そのときのオペレーション・ステートにあわせてLEDの点灯状態を更新します。
引数	なし
リターン値	なし

### 4.7 フローチャート

図 4.1 に全体フローチャートを示します。

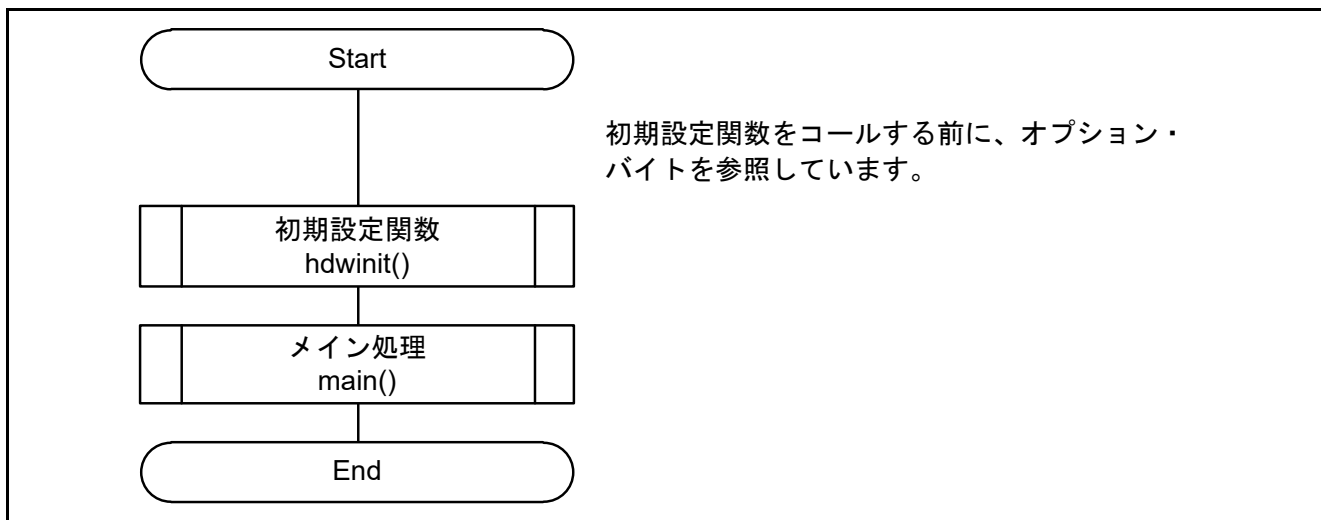


図 4.1 全体フローチャート

#### 4.7.1 初期設定

図 4.2 に初期設定のフローチャートを示します。

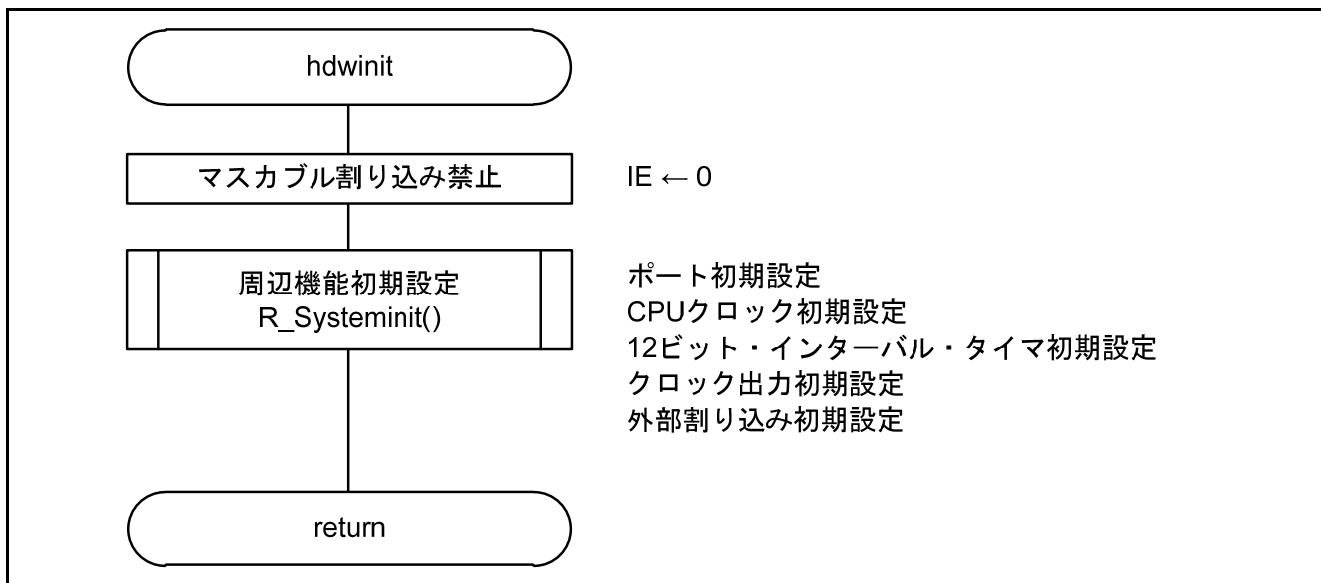


図 4.2 初期設定

## 4.7.2 周辺機能初期設定

図 4.3 に周辺機能初期のフローチャートを示します。

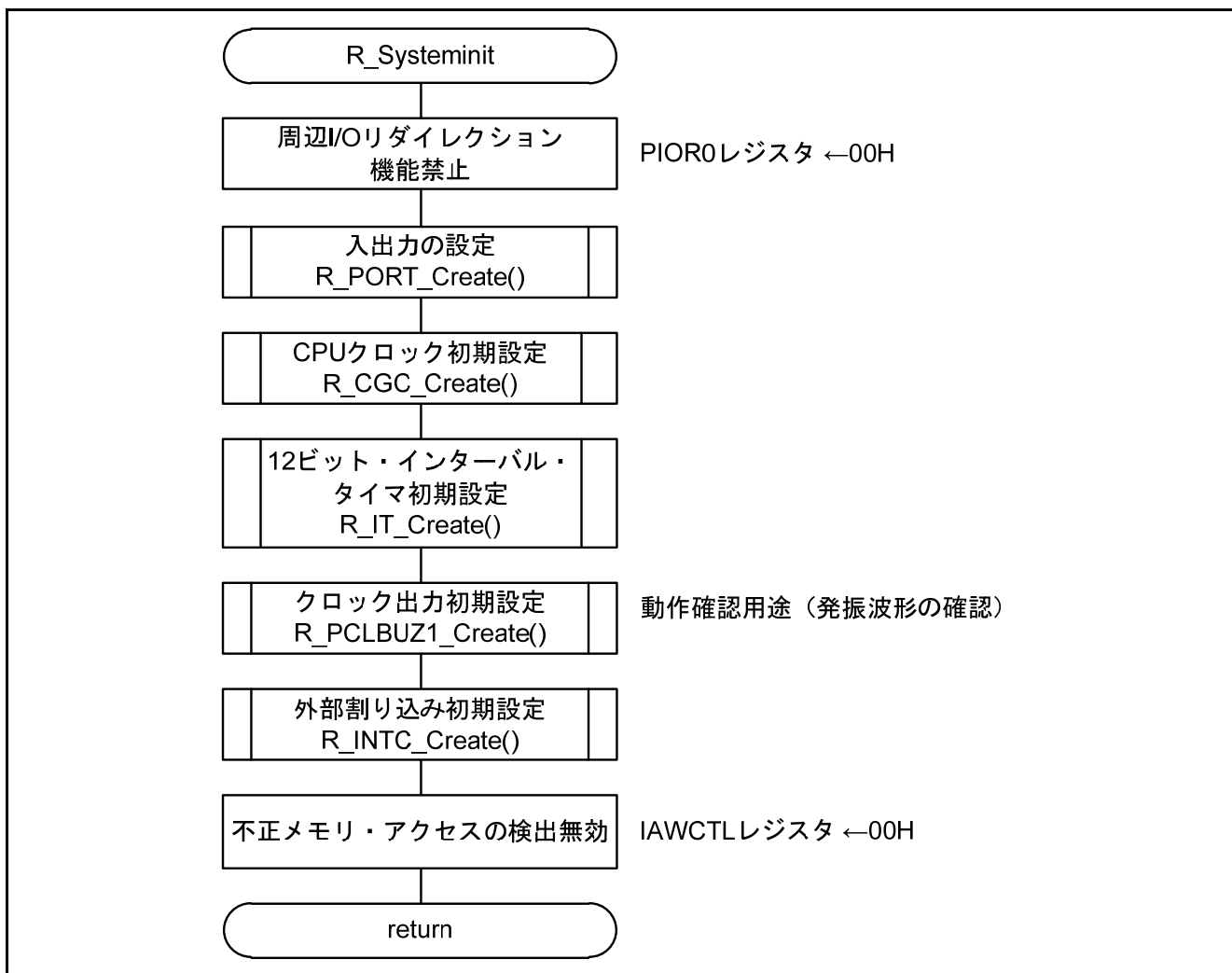


図 4.3 周辺機能初期設定

## 4.7.3 入出力ポートの設定

図 4.4 に入出力ポートの設定のフローチャートを示します。

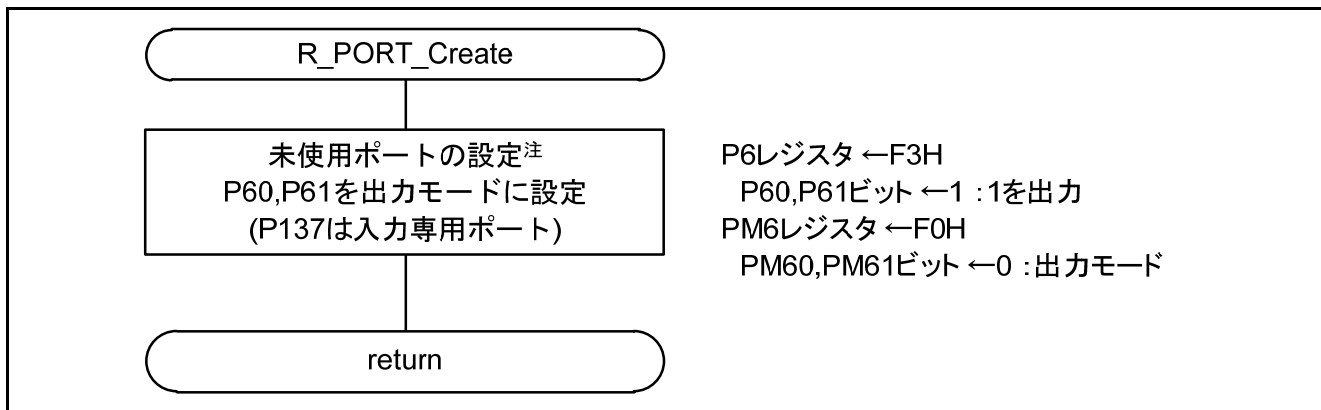


図 4.4 入出力ポートの設定

注意 未使用のポートは、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。また、未使用の入力専用ポートは個別に抵抗を介して VDD 又は VSS に接続してください。



## LED1-LED2 の端子設定

- ・ポート・レジスタ 6 (P6)
- ・ポート・モード・レジスタ 6 (PM6)

略号 : P6

7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	P63	P62	P61	P60
<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

ビット 1

P61	P61 端子の出力データの制御 (出力モード時)
0	0 を出力
<b>1</b>	<b>1 を出力</b>

ビット 0

P60	P60 端子の出力データの制御 (出力モード時)
0	0 を出力
<b>1</b>	<b>1 を出力</b>

略号 : PM6

7	6	5	4	3	2	1	0
1	1	1	1	PM63	PM62	PM61	PM60
<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

ビット 1

PM61	P61 の入出力モードの選択
<b>0</b>	<b>出力モード (出力バッファ・オン)</b>
1	入力モード (出力バッファ・オフ)

ビット 0

PM60	P60 の入出力モードの選択
<b>0</b>	<b>出力モード (出力バッファ・オン)</b>
1	入力モード (出力バッファ・オフ)

注意 レジスタ設定方法の詳細については、RL78/I1D 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。

## 4.7.4 CPU クロック初期設定

図 4.5 に CPU クロック初期設定のフローチャートを示します。

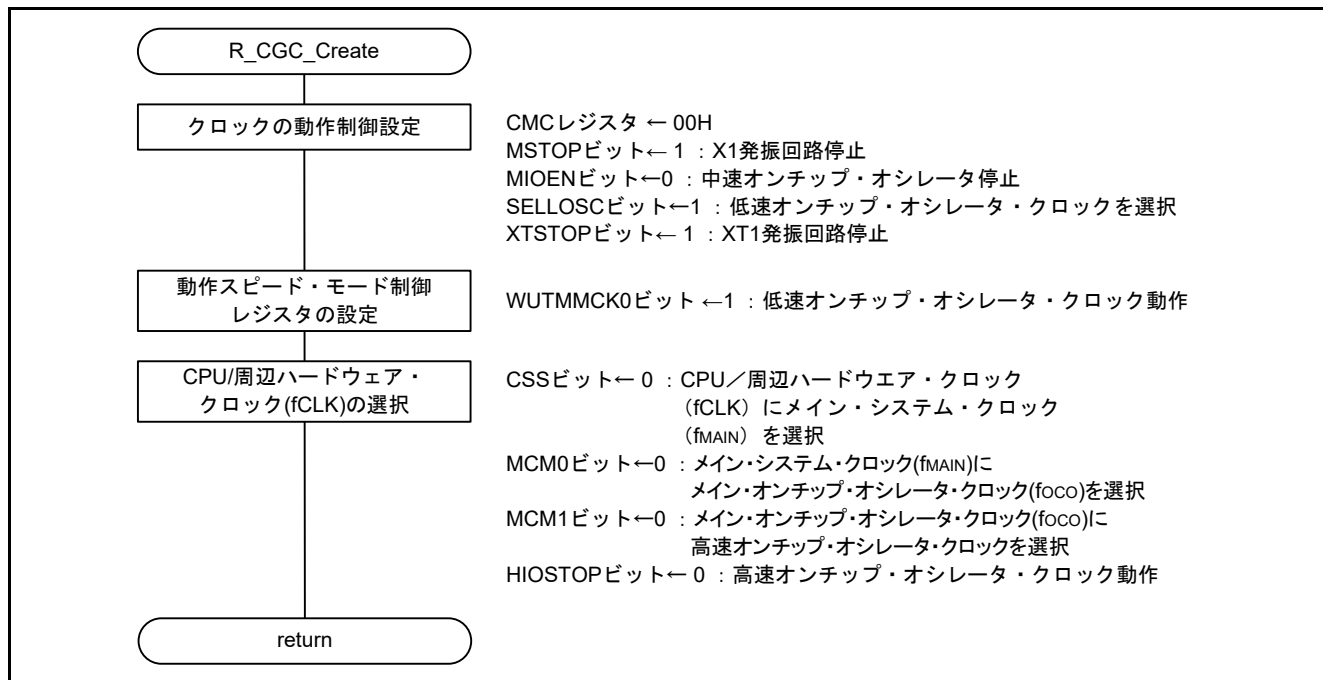


図 4.5 CPU クロック初期設定

注意 CPU クロックの設定 (R\_CGC\_Create()) については、RL78/G13 初期設定 (R01AN2575J) アプリケーションノート “フローチャート” を参照して下さい。

## クロック動作モードの設定

- ・クロック動作モード制御レジスタ (CMC)

高速システム・クロック端子の動作モード : 入力ポート・モード

略号 : CMC

7	6	5	4	3	2	1	0
EXCLK	OSCSEL	EXCLKS	OSCSELS	0	AMPHS1	AMPHS0	AMPH
0	0	0	0	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	
0	1	X1 発振モード	水晶/セラミック発振子接続	
1	0	入力ポート・モード	入力ポート	
1	1	外部クロック入力モード	入力ポート	外部クロック入力

## 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	0	入力ポート・モード	入力ポート	
0	1	XT1 発振モード	水晶発振子接続	
1	0	入力ポート・モード	入力ポート	
1	1	外部クロック入力モード	入力ポート	外部クロック入力

注意 レジスタ設定の詳細については、RL78/I1D 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。

## 各クロックの動作制御

・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 : 停止

サブシステム・クロックの動作制御 : 停止

中速オンチップ・オシレータ・クロックの動作制御 : 停止

高速オンチップ・オシレータ・クロックの動作制御 : 動作

略号 : CSC

7	6	5	4	3	2	1	0
MSTOP	XTSTOP	0	0	0	0	MIOEN	HIOSTOP
<b>1</b>	<b>1</b>	0	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>

## 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
0	X1 発振回路動作	EXCLK 端子からの外部 クロック有効	入力ポート
<b>1</b>	X1 発振回路停止	EXCLK 端子からの外部 クロック無効	

## 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
<b>1</b>	XT1 発振回路停止	EXCLKS 端子からの外部 クロック無効	

## ビット1

MIOEN	中速オンチップ・オシレータ・クロックの動作制御
<b>0</b>	中速オンチップ・オシレータ停止
1	中速オンチップ・オシレータ動作

## 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
<b>0</b>	高速オンチップ・オシレータ動作
1	高速オンチップ・オシレータ停止

注意 レジスタ設定の詳細については、RL78/I1D 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。

## サブシステム・クロックの選択

## ・サブシステム・クロック選択レジスタ (CKSEL)

サブ・クロック/低速オンチップ・オシレータ・クロックの選択

: 低速オンチップ・オシレータ・クロック

略号: CKSEL

7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	0	0	0	SELLOSC
<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>1</b>

ビット0

SELLOSC	サブ・クロック/低速オンチップ・オシレータ・クロックの選択
0	サブ・クロック
<b>1</b>	低速オンチップ・オシレータ・クロック

## 動作スピード・モードの制御

## ・動作スピード・モード制御レジスタ (OSMC)

STOP モード時およびサブシステム・クロックで CPU 動作中の HALT モード時の設定

: 周辺機能へのサブシステム・クロック供給許可

リアルタイム・クロック、12 ビット・インターバル・タイマの動作クロックの選択

: 低速オンチップ・オシレータ・クロック

略号: OSMC

7	6	5	4	3	2	1	0
RTCLPC	0	0	WUTMMCK0	0	0	0	0
<b>0</b>	0	0	<b>1</b>	0	0	0	0

ビット7

RTCLPC	STOP モード時およびサブシステム・クロックで CPU 動作中の HALT モード時の設定
<b>0</b>	周辺機能へのサブシステム・クロックの供給許可
1	リアルタイム・クロック、12 ビット・インターバル・タイマ以外の周辺機能へのサブシステム・クロック供給停止

ビット4

WUTMMCK0	リアルタイム・クロック、12 ビット・インターバル・タイマの動作クロックの選択
0	サブシステム・クロック
<b>1</b>	低速オンチップ・オシレータ・クロック

注意 OSMC レジスタは、STOP モード時およびサブシステム・クロックで CPU 動作中の HALT モード時の動作電流を低減し、低消費電力化することを目的としたレジスタです。レジスタ設定方法の詳細については、RL78/I1D 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。

CPU/周辺ハードウェア・クロック (f<sub>CLK</sub>) の設定

## ・システム・クロック制御レジスタ (CKC)

f<sub>CLK</sub>の初期設定 : 高速オンチップ・オシレータ・クロック

略号 : CKC

7	6	5	4	3	2	1	0
CLS	CSS	MCS	MCM0	0	0	MCS1	MCM1
0	<b>0</b>	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>

## ビット 6

CSS	CPU/周辺ハードウェア・クロック (f <sub>CLK</sub> ) の選択
<b>0</b>	メイン・システム・クロック (f <sub>MAIN</sub> )
1	サブシステム・クロック (f <sub>SUB</sub> )

## ビット 4

MCM0	メイン・システム・クロック (f <sub>MAIN</sub> ) の動作制御
<b>0</b>	メイン・システム・クロック (f <sub>MAIN</sub> ) にメイン・オンチップ・オシレータ・クロック (f <sub>OCO</sub> ) を選択
1	メイン・システム・クロック (f <sub>MAIN</sub> ) に高速システム・クロック (f <sub>MX</sub> ) を選択

## ビット 0

MCM1	メイン・オンチップ・オシレータ・クロック (f <sub>OCO</sub> ) の動作制御
<b>0</b>	高速オンチップ・オシレータ・クロック
1	中速オンチップ・オシレータ・クロック

注意 レジスタ設定方法の詳細については、RL78/I1D 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。

## 4.7.5 12ビット・インターバル・タイマ初期設定

図 4.6 に 12 ビット・インターバル・タイマ初期設定のフローチャートを示します。

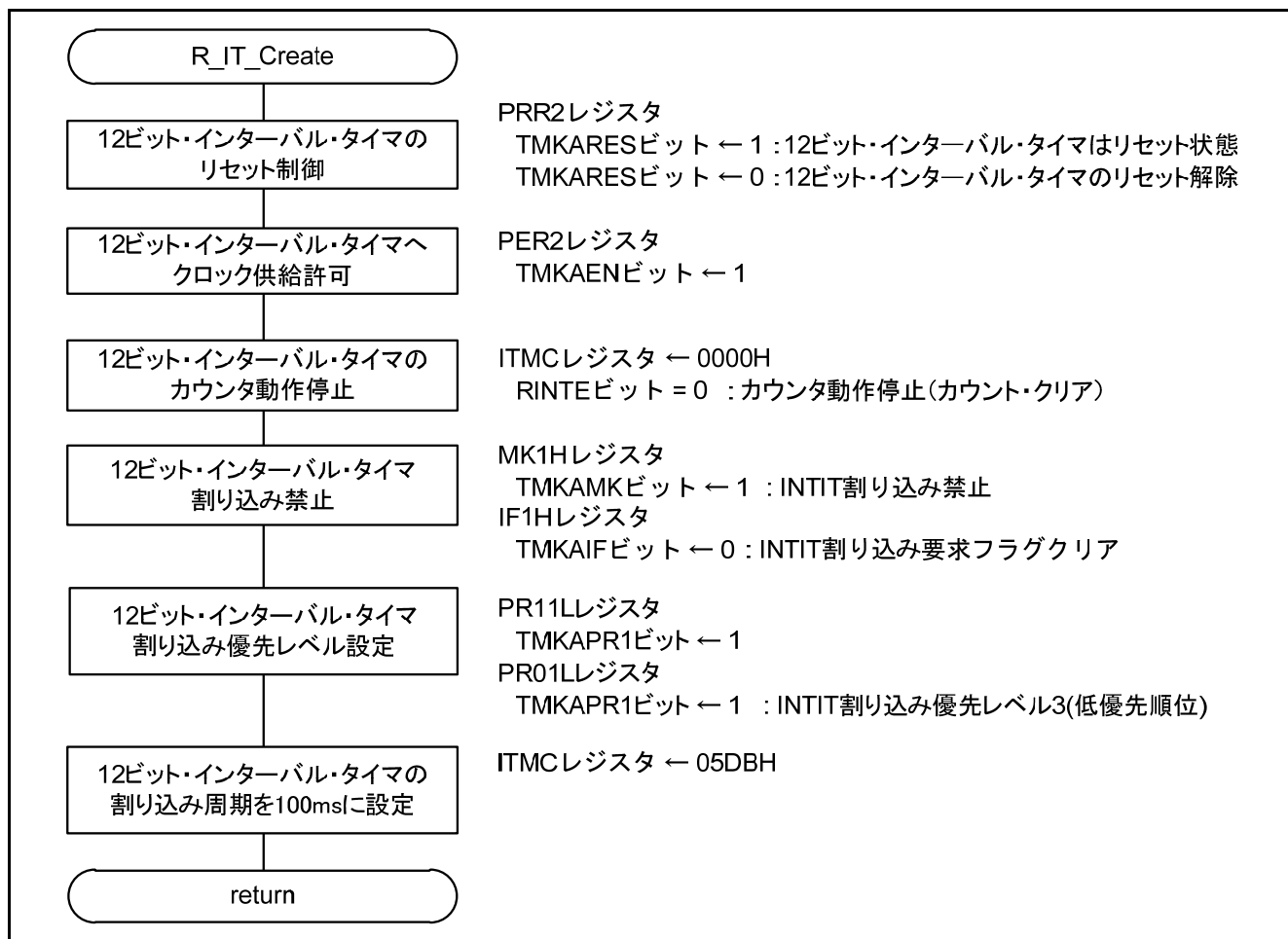


図 4.6 12 ビット・インターバル・タイマ初期設定

## 4.7.6 クロック出力初期設定

図 4.7 にクロック出力初期設定のフローチャートを示します。

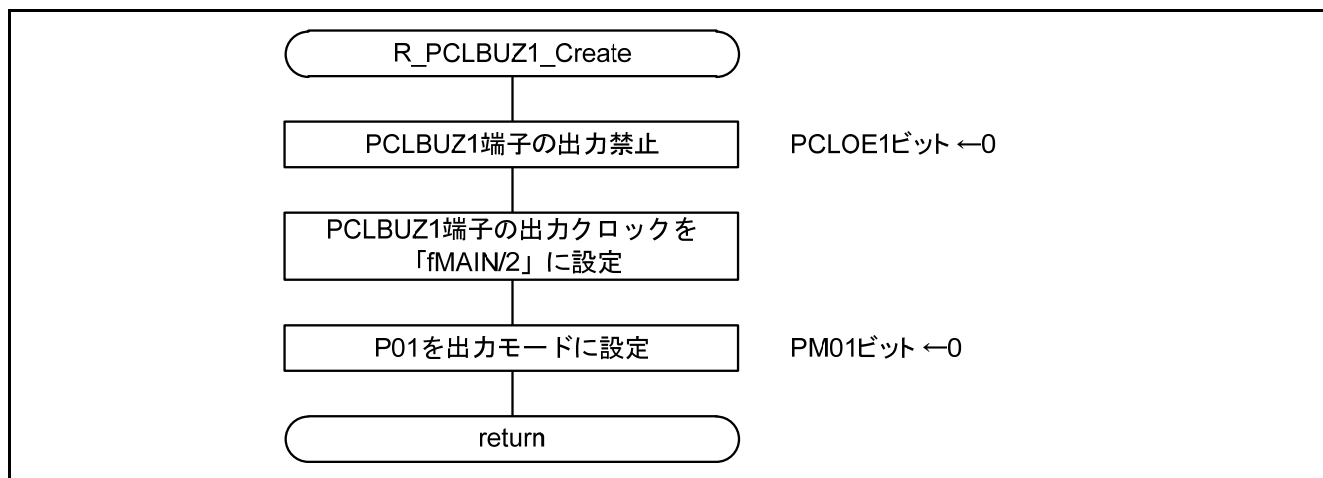


図 4.7 クロック出力初期設定

## 4.7.7 INTP0 の初期設定

図 4.8 に INTP0 の初期設定のフローチャートを示します。

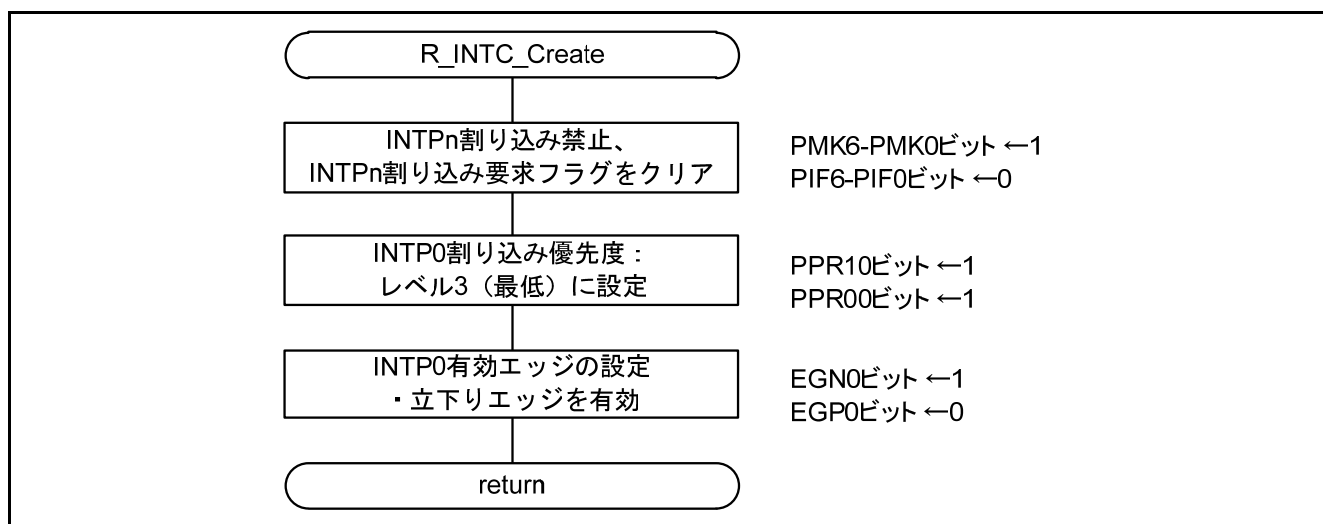


図 4.8 外部割り込み初期設定



## 4.7.8 メイン処理

図 4.9 にメイン処理のフローチャートを示します。

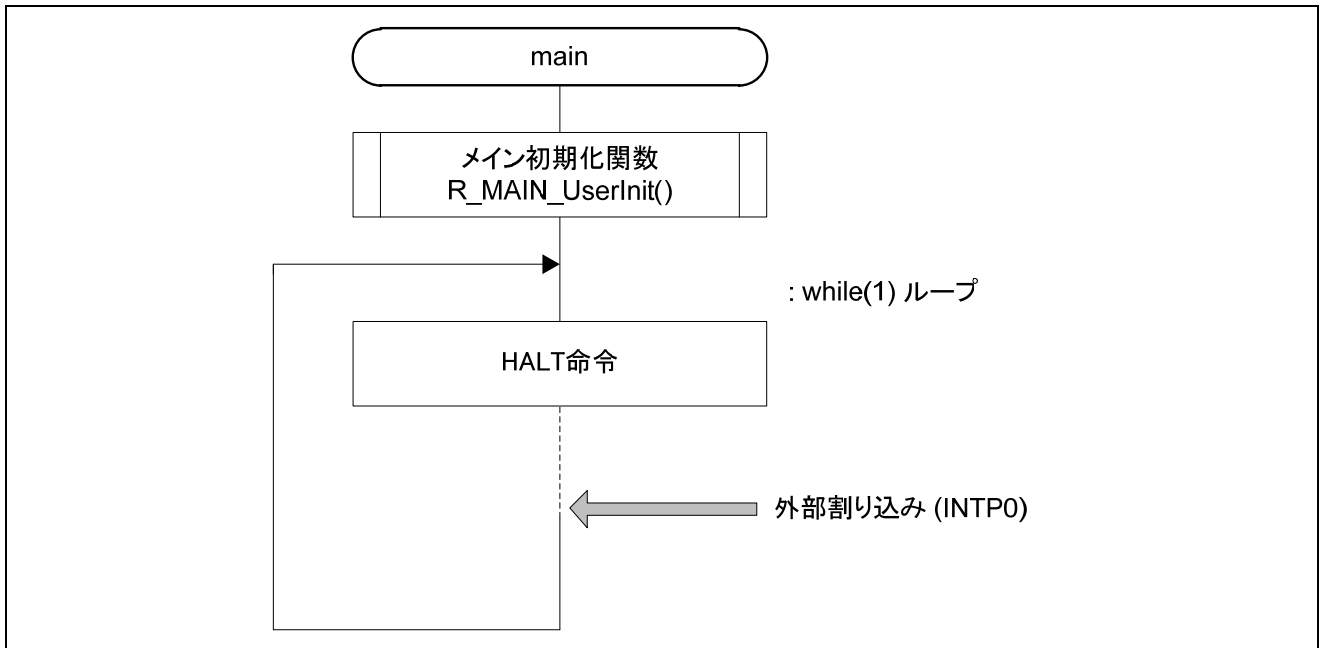


図 4.9 メイン処理

## 4.7.9 メイン・ユーザー初期設定

図 4.10 にメイン・ユーザー初期設定のフローチャートを示します。

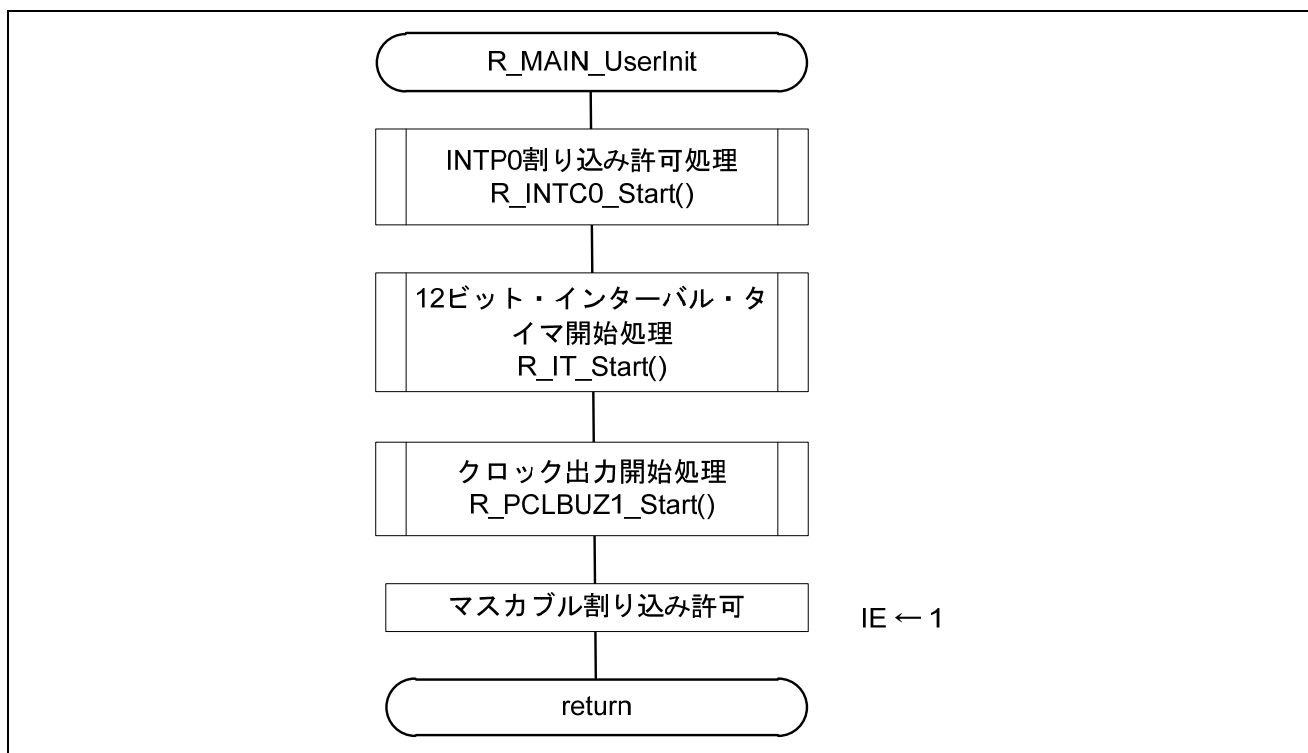


図 4.10 メイン・ユーザー初期設定

## 4.7.10 INTP0 割り込み許可処理

図 4.11 に INTP0 割り込み許可処理のフローチャートを示します。

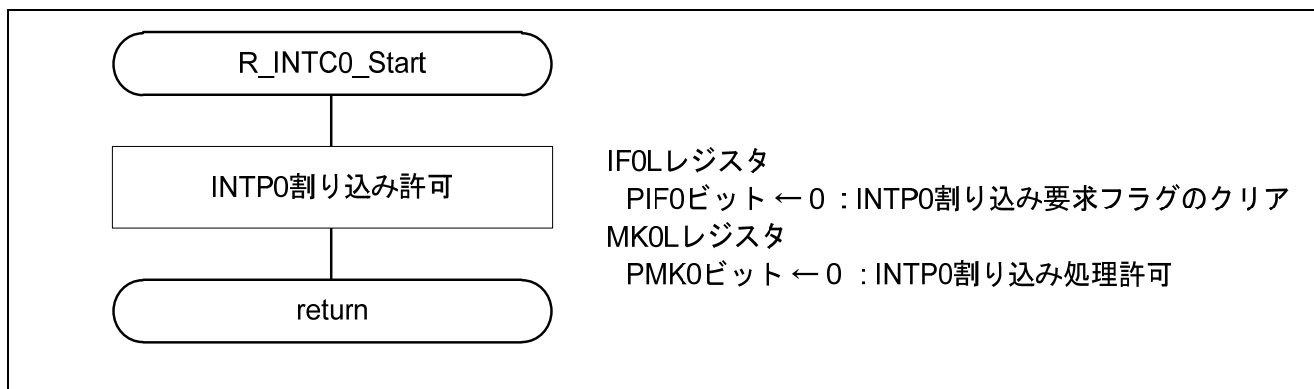


図 4.11 INTP0 割り込み許可処理

## 4.7.11 12ビット・インターバル・タイマ開始処理

図 4.12 に 12 ビット・インターバル・タイマ開始処理のフローチャートを示します。

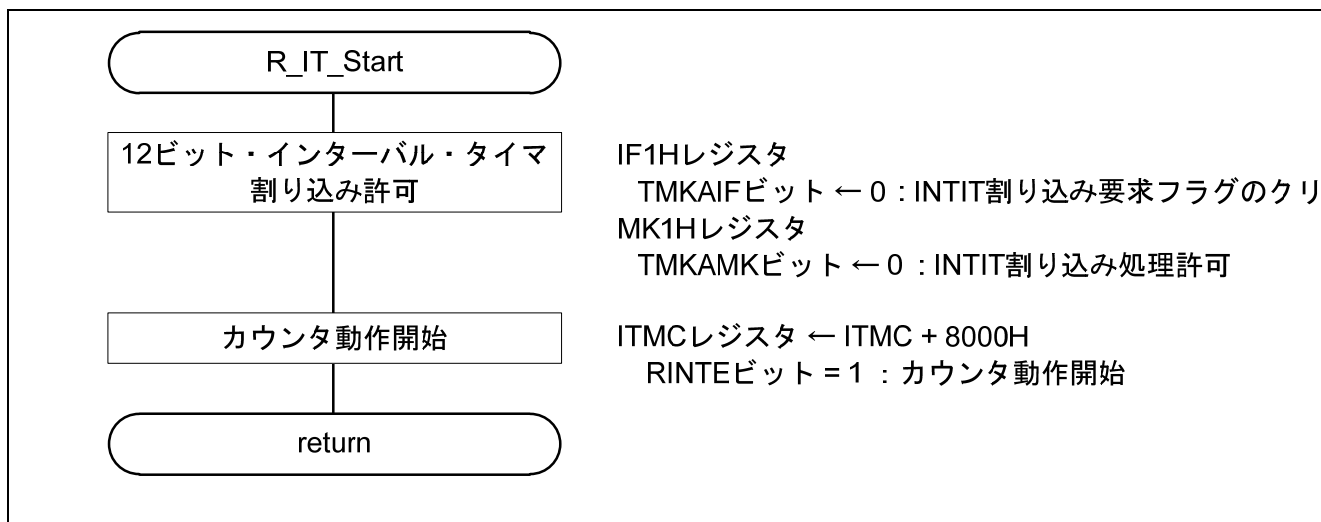


図 4.12 12 ビット・インターバル・タイマ開始処理

## 4.7.12 クロック出力開始処理

図 4.13 にクロック出力開始処理のフローチャートを示します。

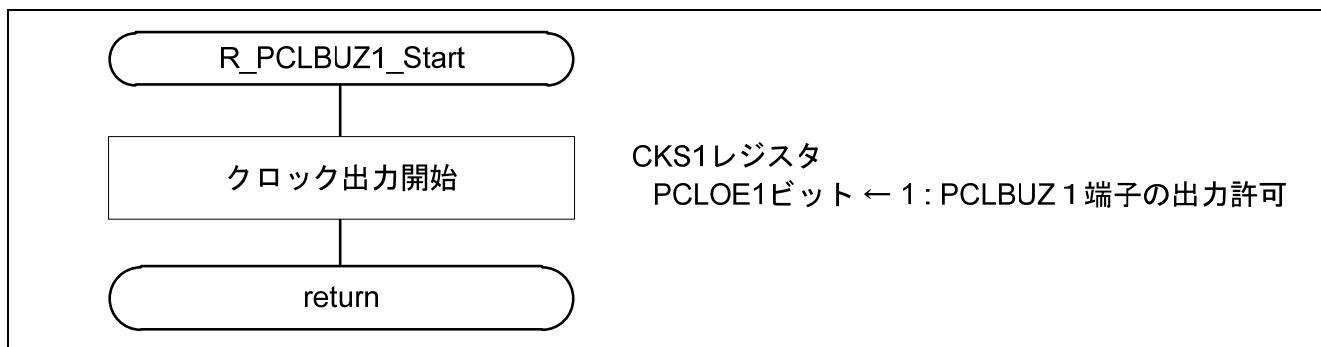


図 4.13 クロック出力開始処理

4.7.13 フラッシュ動作モード切り替え (LV) 処理

図 4.14 にフラッシュ動作モード切り替え (LV) 処理のフローチャートを示します。

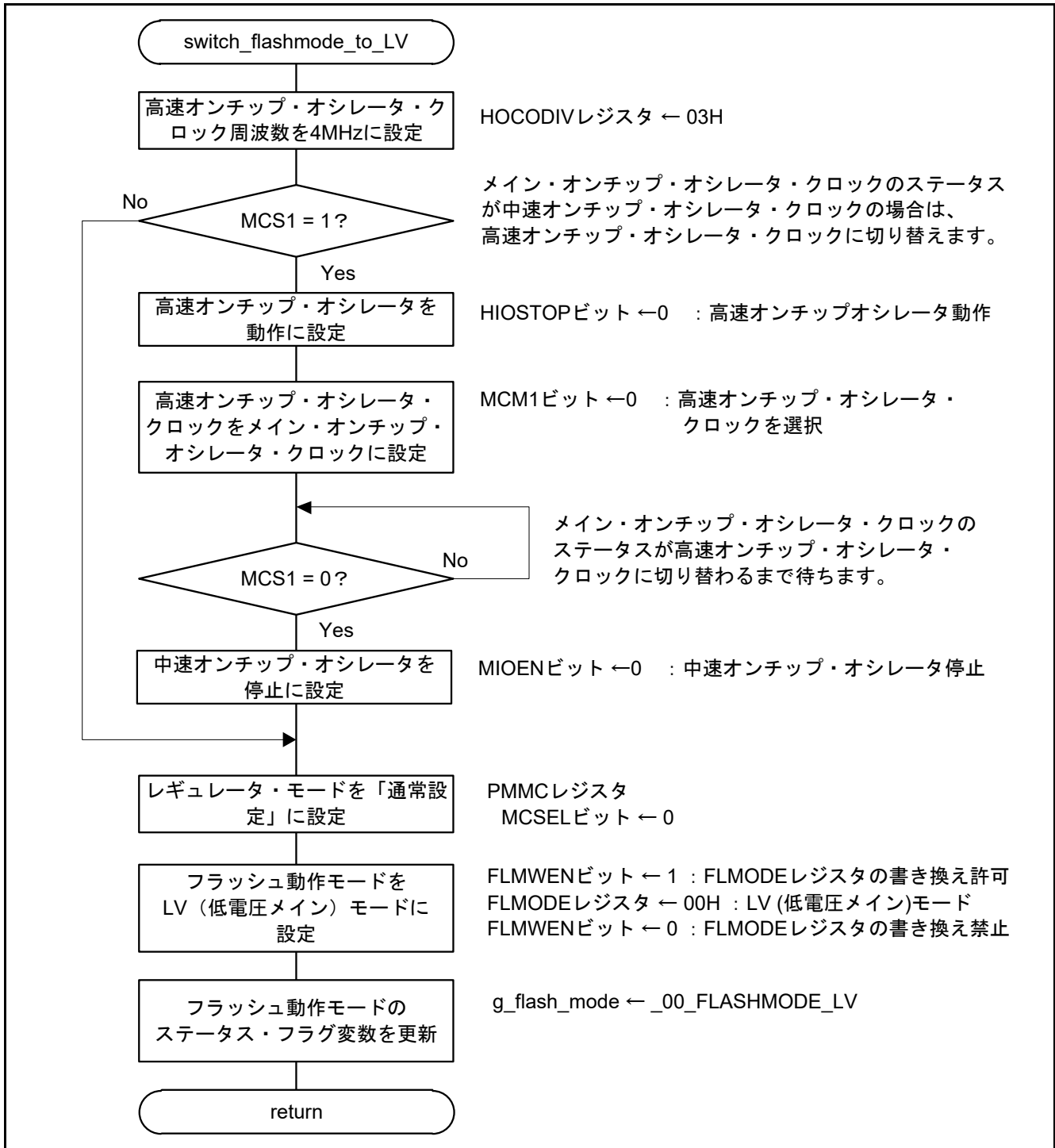


図 4.14 フラッシュ動作切り替え (LV) 処理

## レギュレータ・モード制御

## ・レギュレータ・モード制御レジスタ (PMMC)

レギュレータ・モードの制御

: 通常設定

略号: PMMC

7	6	5	4	3	2	1	0
0	MCSEL	0	0	0	0	0	0
<b>0</b>	<b>0</b>	0	<b>0</b>	0	0	0	0

ビット6

MCSEL	レギュレータ・モードの制御
<b>0</b>	通常設定
1	低消費設定

## フラッシュ動作モード選択レジスタへのアクセス制御

## ・フラッシュ動作モード・プロテクト・レジスタ (FLMWRP)

フラッシュ動作モード選択レジスタ (FLMODE) の制御

: FLMODE レジスタの書き換え許可

略号: FLMWRP

7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	0	0	0	FLMWEN
<b>0</b>	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>1</b>

ビット6

MCSEL	フラッシュ動作モード選択レジスタ (FLMODE) の制御
0	FLMODE レジスタの書き換え禁止
<b>1</b>	FLMODE レジスタの書き換え許可

注意 レジスタ設定方法の詳細については、RL78/I1D 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。

## 4.7.14 フラッシュ動作モード切り替え（LS通常）処理

図 4.15、図 4.16 にフラッシュ動作モード切り替え（LS通常）処理のフローチャートを示します。

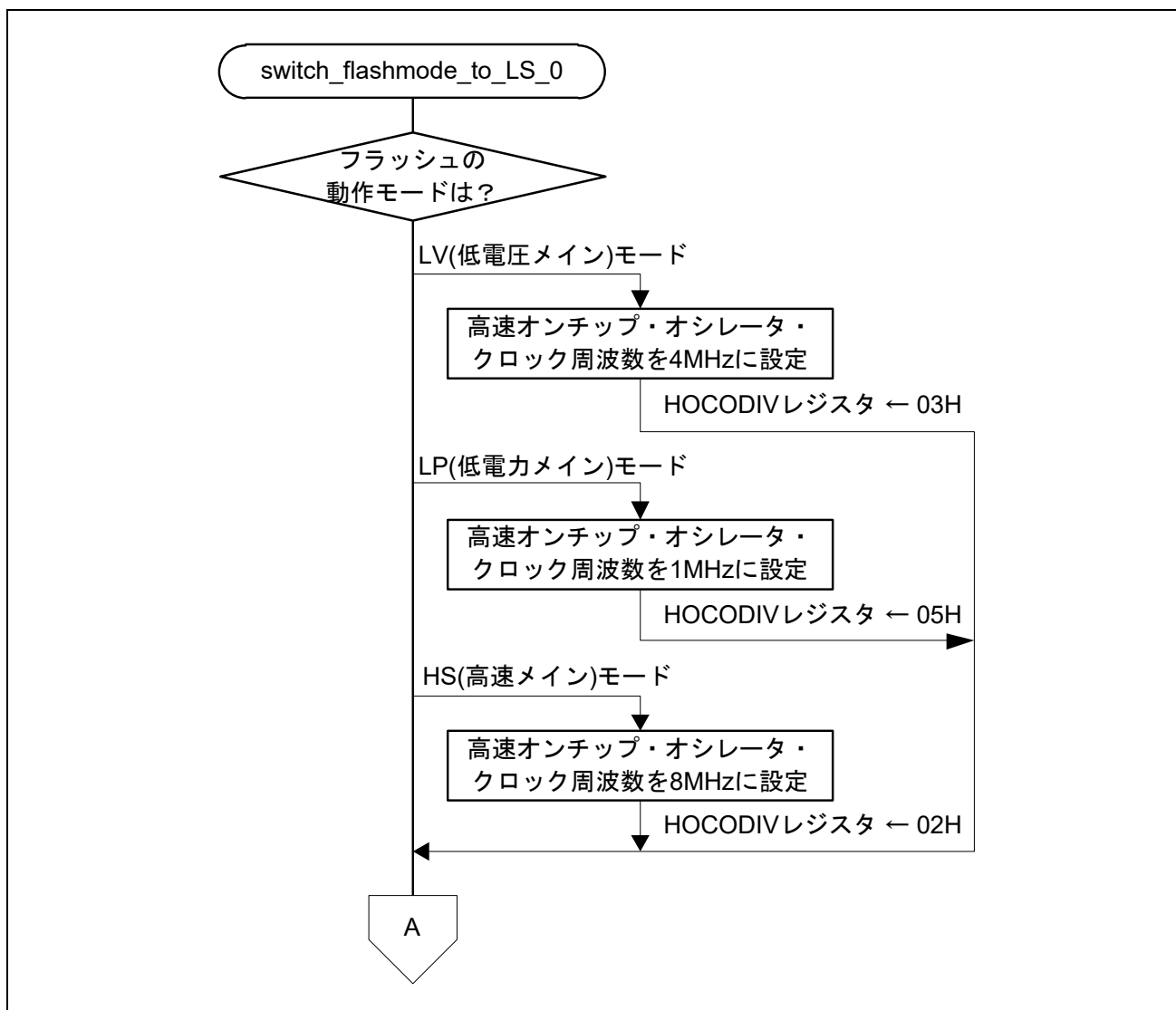


図 4.15 フラッシュ動作モード切り替え（LS通常）処理（1/2）

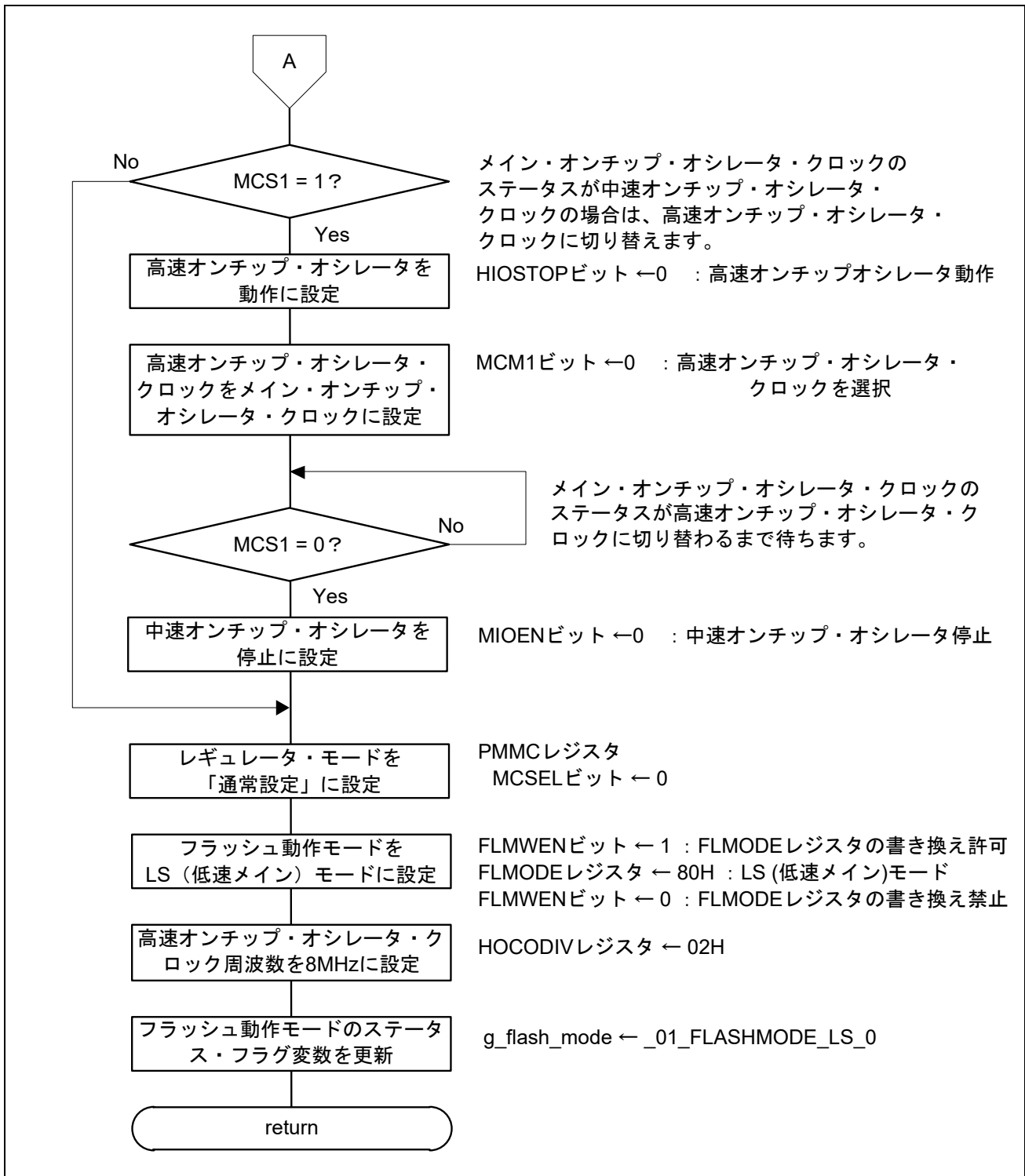


図 4.16 フラッシュ動作モード切り替え（LS 通常）処理（2/2）

4.7.15 フラッシュ動作モード切り替え (LS低消費) 処理

図 4.17 にフラッシュ動作モード切り替え (LS低消費) 処理のフローチャートを示します。

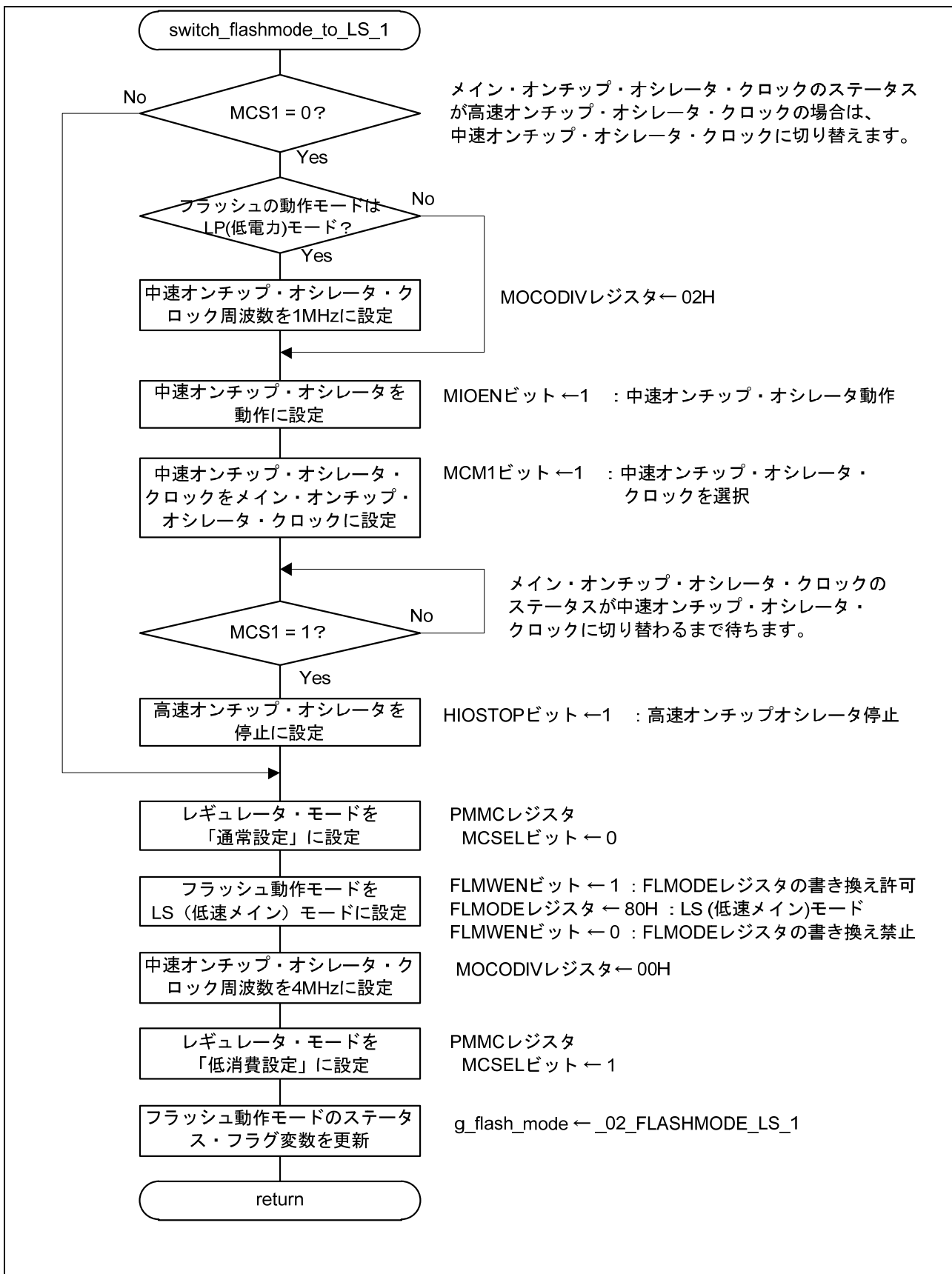


図 4.17 フラッシュ動作モード切り替え (LS低消費) 処理



4.7.16 フラッシュ動作モード切り替え (HS) 処理

図 4.18、図 4.19 にフラッシュ動作モード切り替え (HS) 処理のフローチャートを示します。

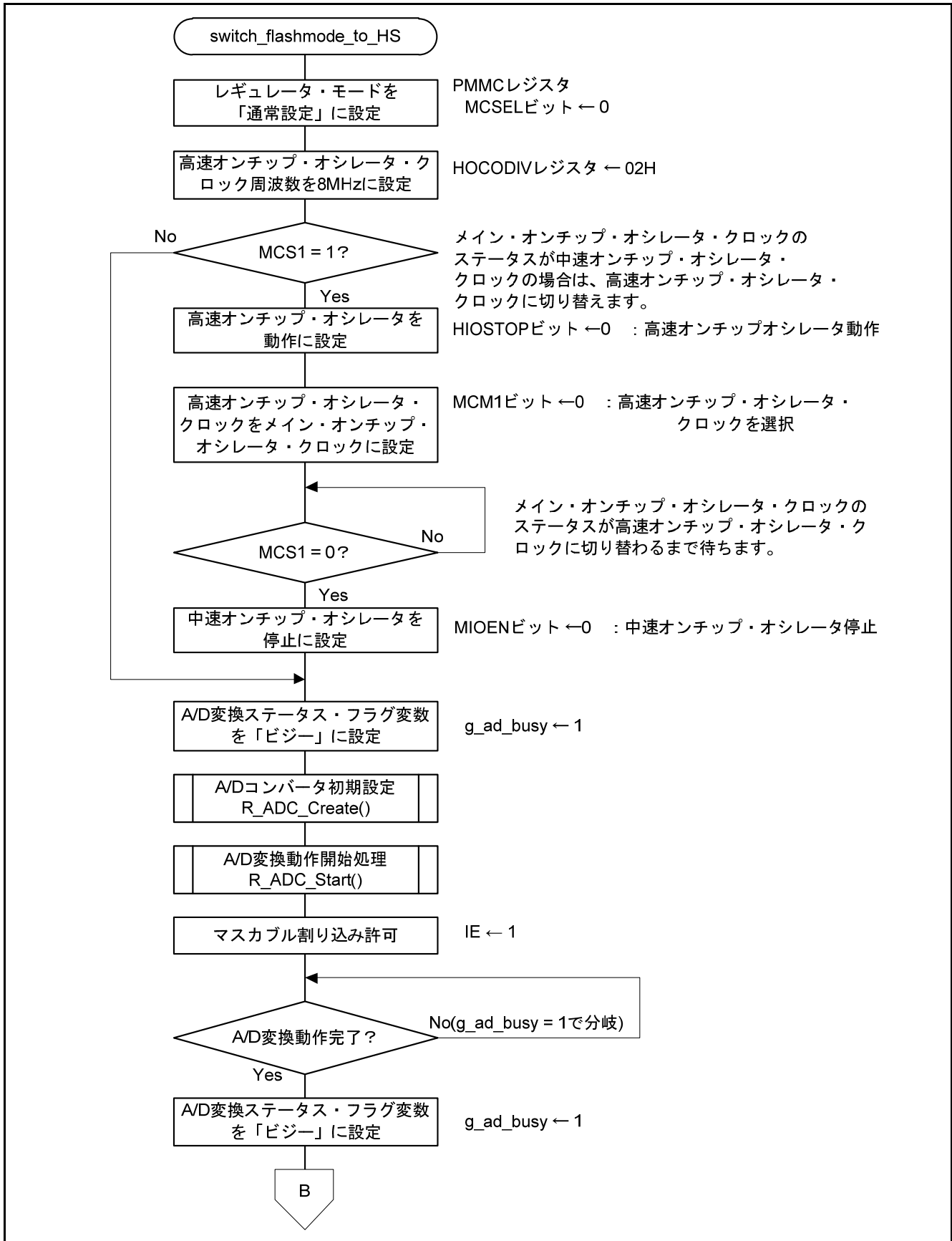


図 4.18 フラッシュ動作モード切り替え (HS) 処理 (1/2)

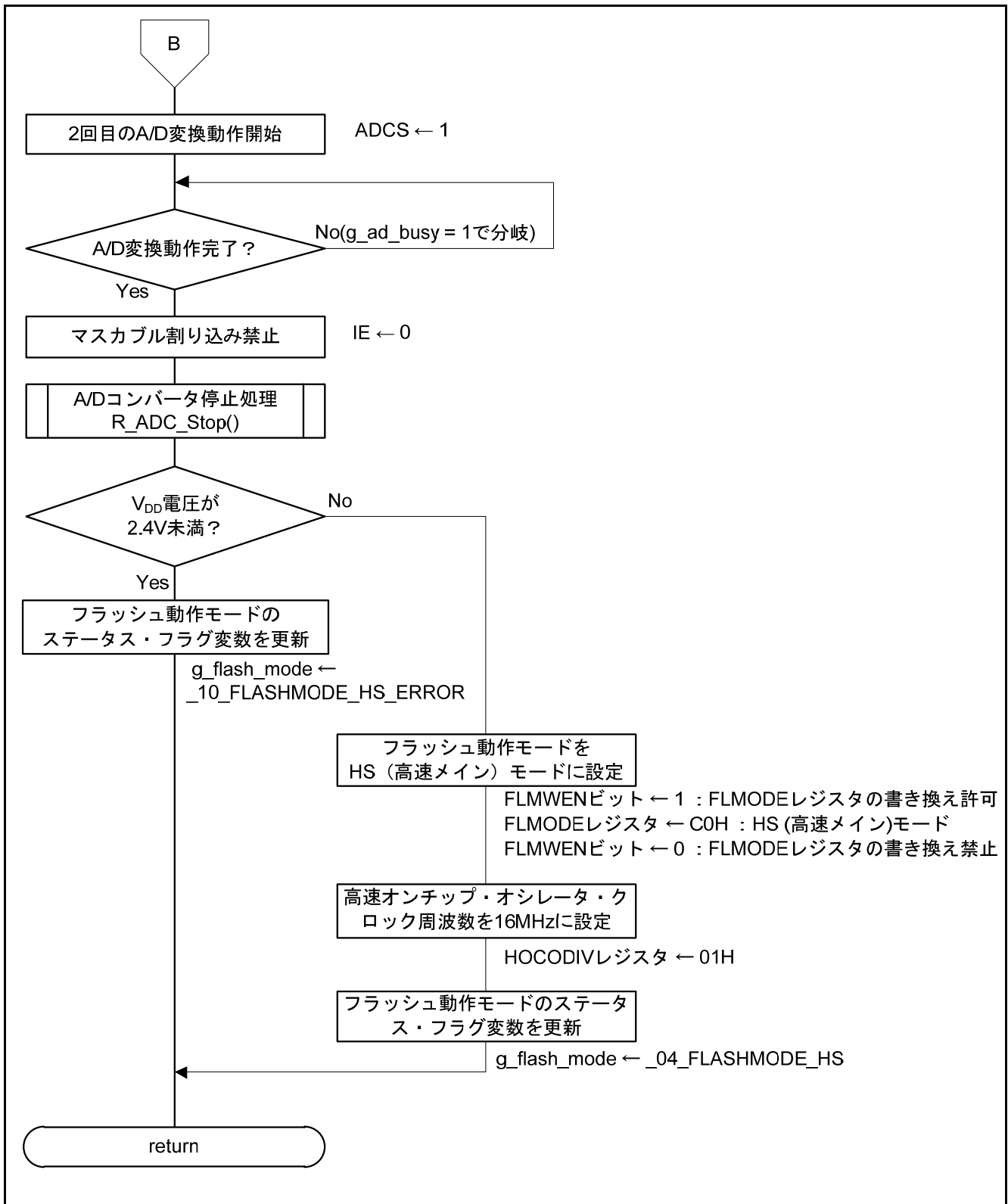


図 4.19 フラッシュ動作モード切り替え (HS) 処理 (2/2)

## 4.7.17 A/D コンバータ初期設定

図 4.20 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。

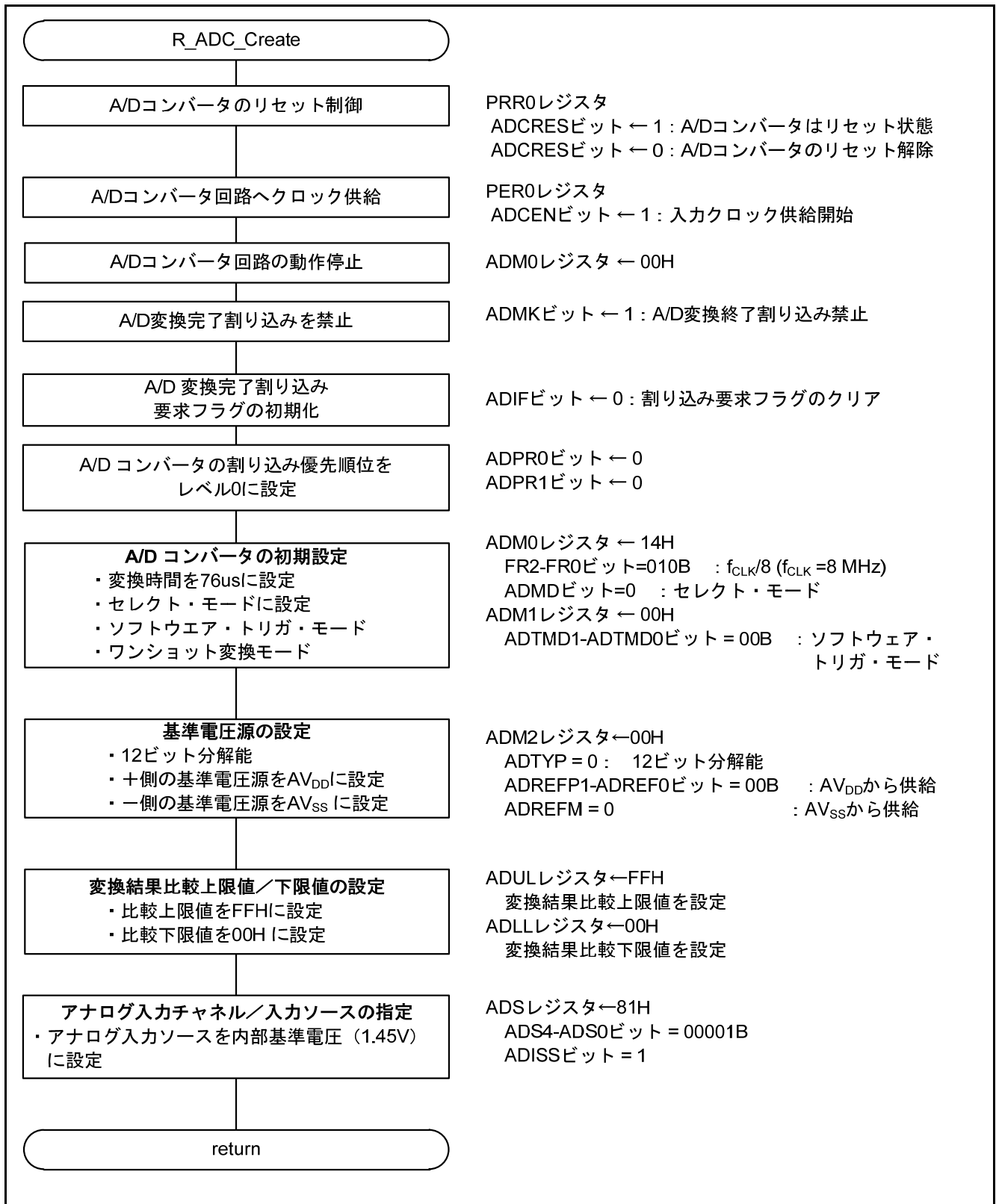


図 4.20 A/D コンバータ初期設定

## 4.7.18 A/D 変換動作開始処理

図 4.21 に A/D 変換動作開始処理のフローチャートを示します。

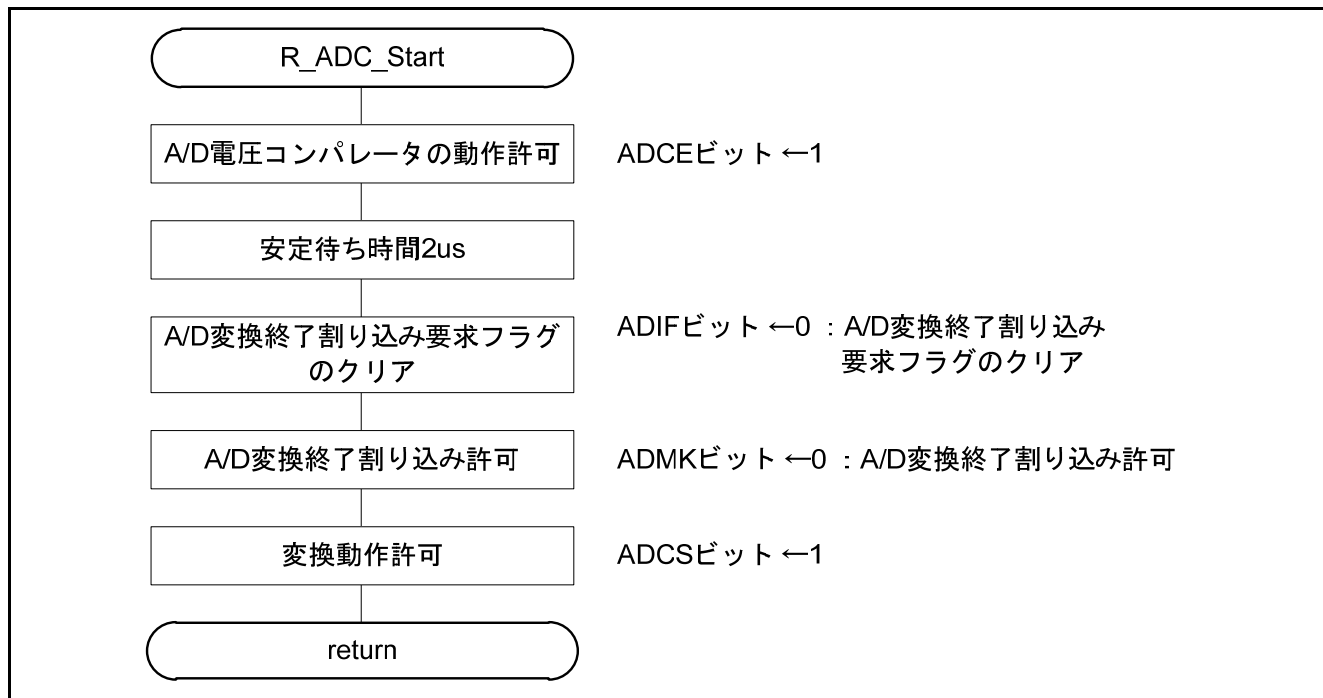


図 4.21 A/D 変換動作開始処理

## 4.7.19 A/D コンバータ停止処理

図 4.22 に A/D コンバータ停止処理のフローチャートを示します。

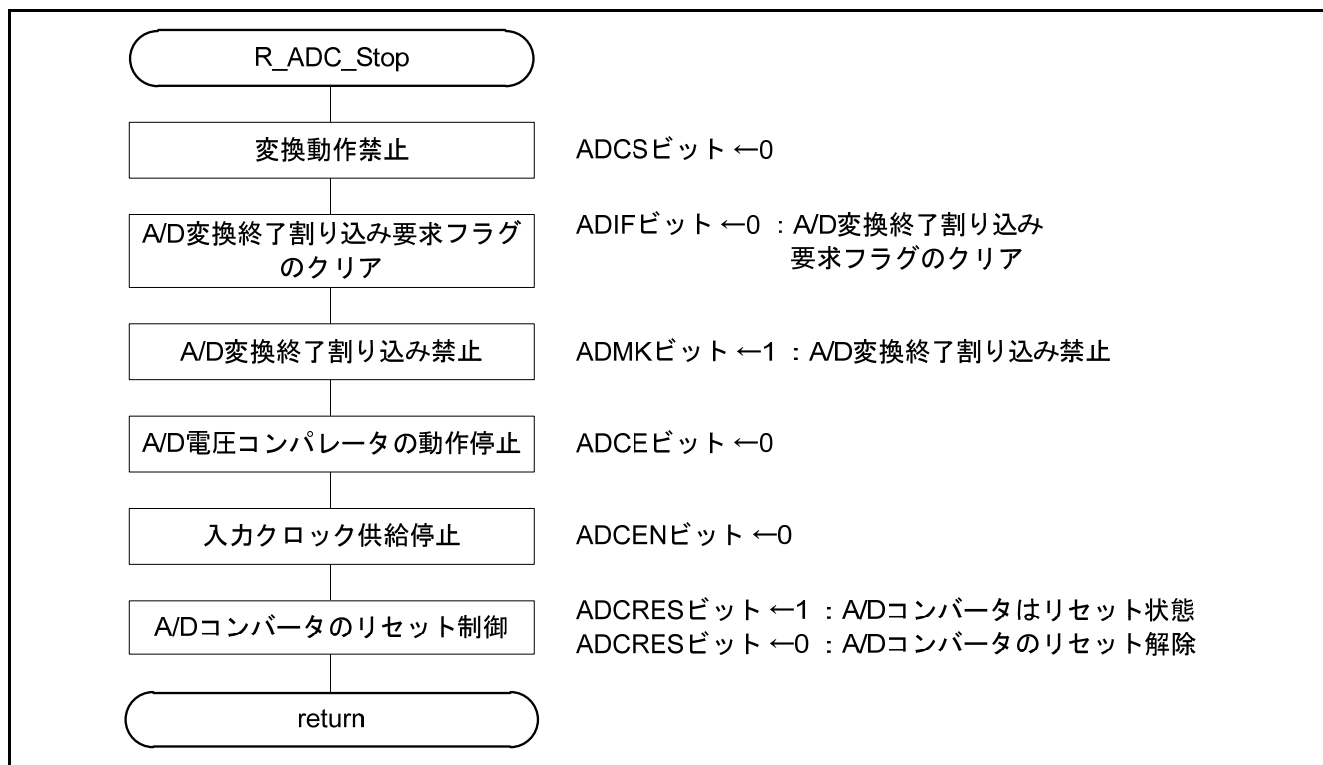


図 4.22 A/D コンバータ停止処理

4.7.20 フラッシュ動作モード切り替え (LP) 処理

図 4.23 にフラッシュ動作モード切り替え (LP) 処理のフローチャートを示します。

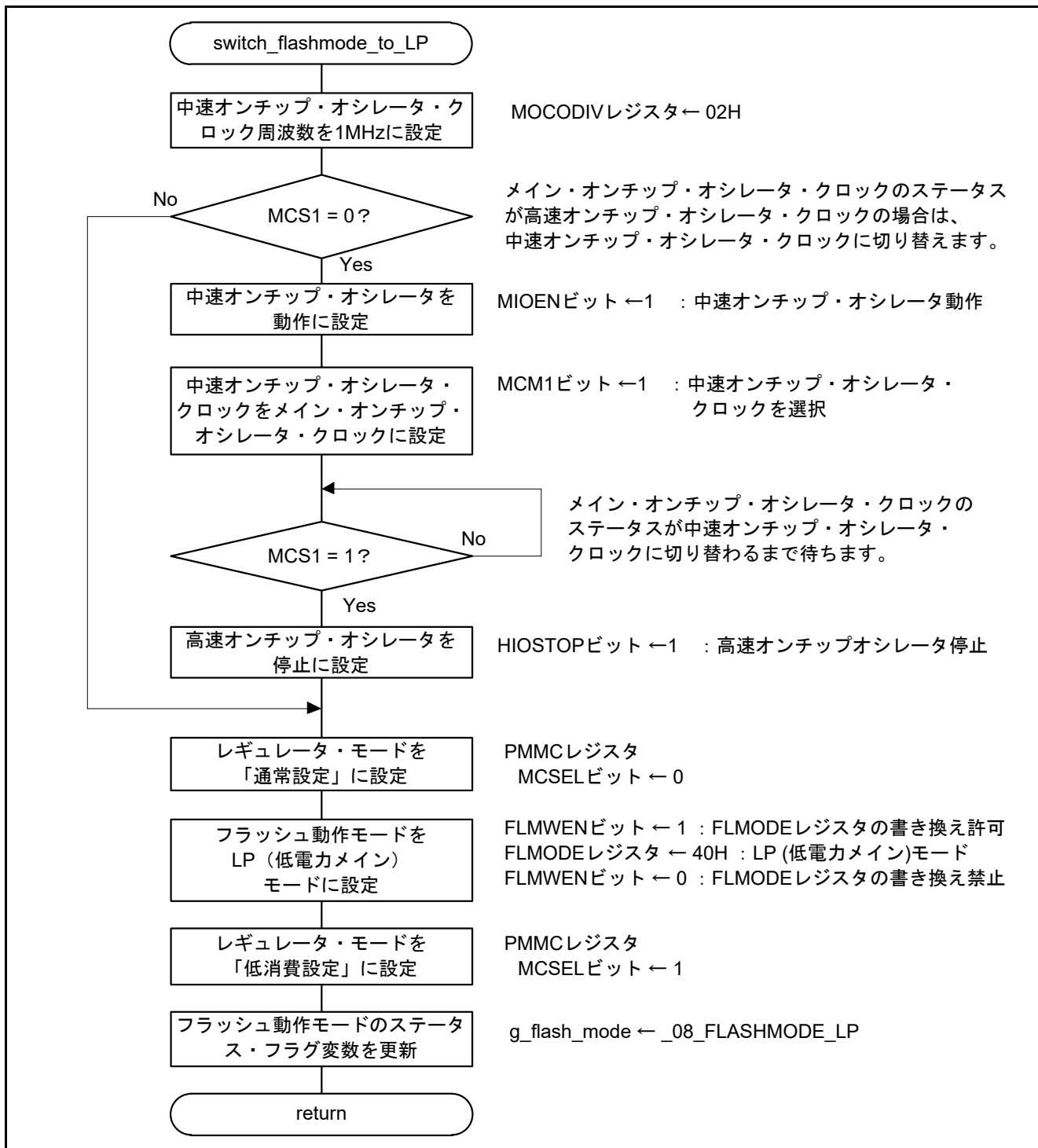


図 4.23 フラッシュ動作モード切り替え (LP) 処理

4.7.21 外部割込み (INTP0) 処理

図 4.24、図 4.25 に外部割込み (INTP0) 処理のフローチャートを示します。

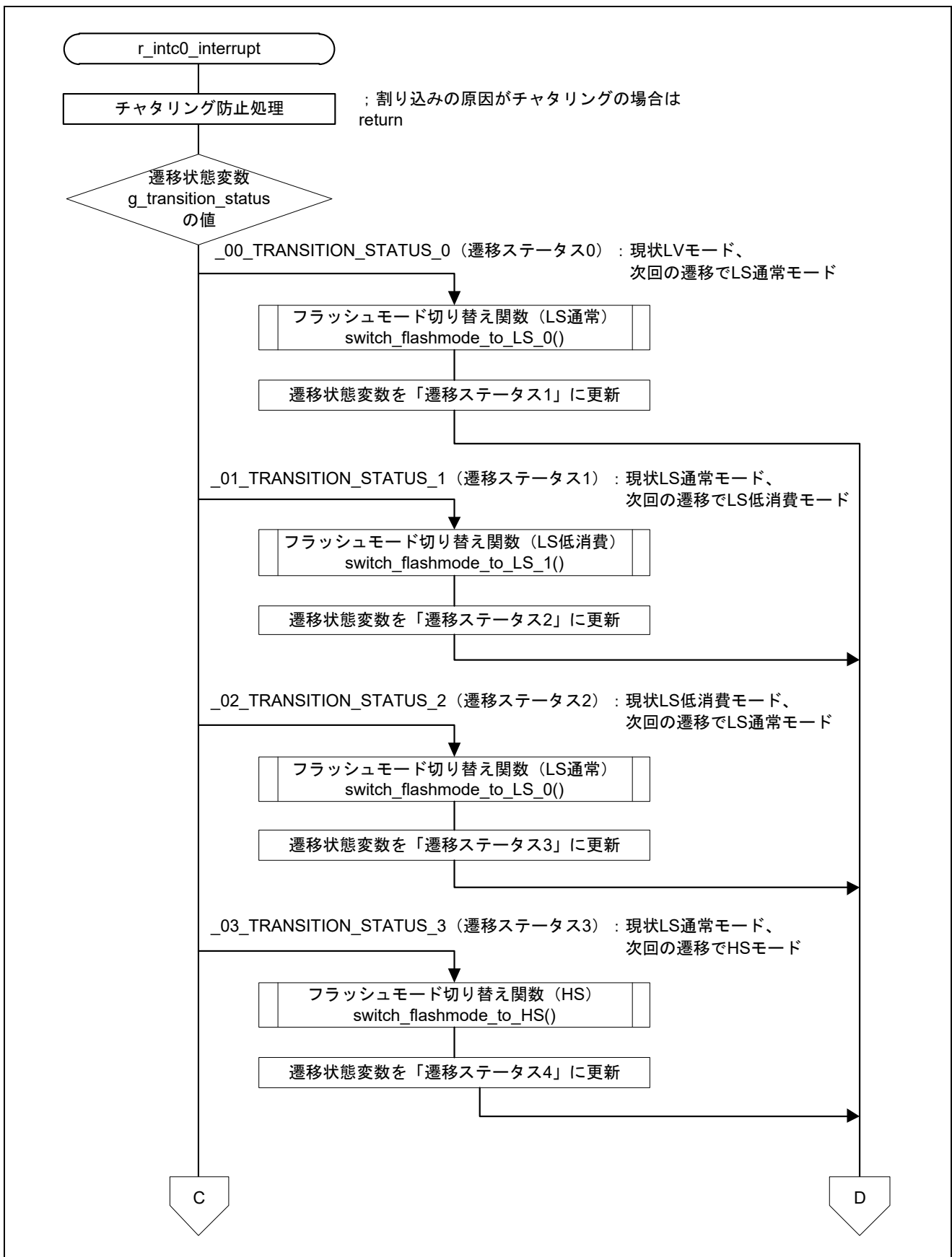


図 4.24 外部割込み (INTP0) 処理 (1/2)

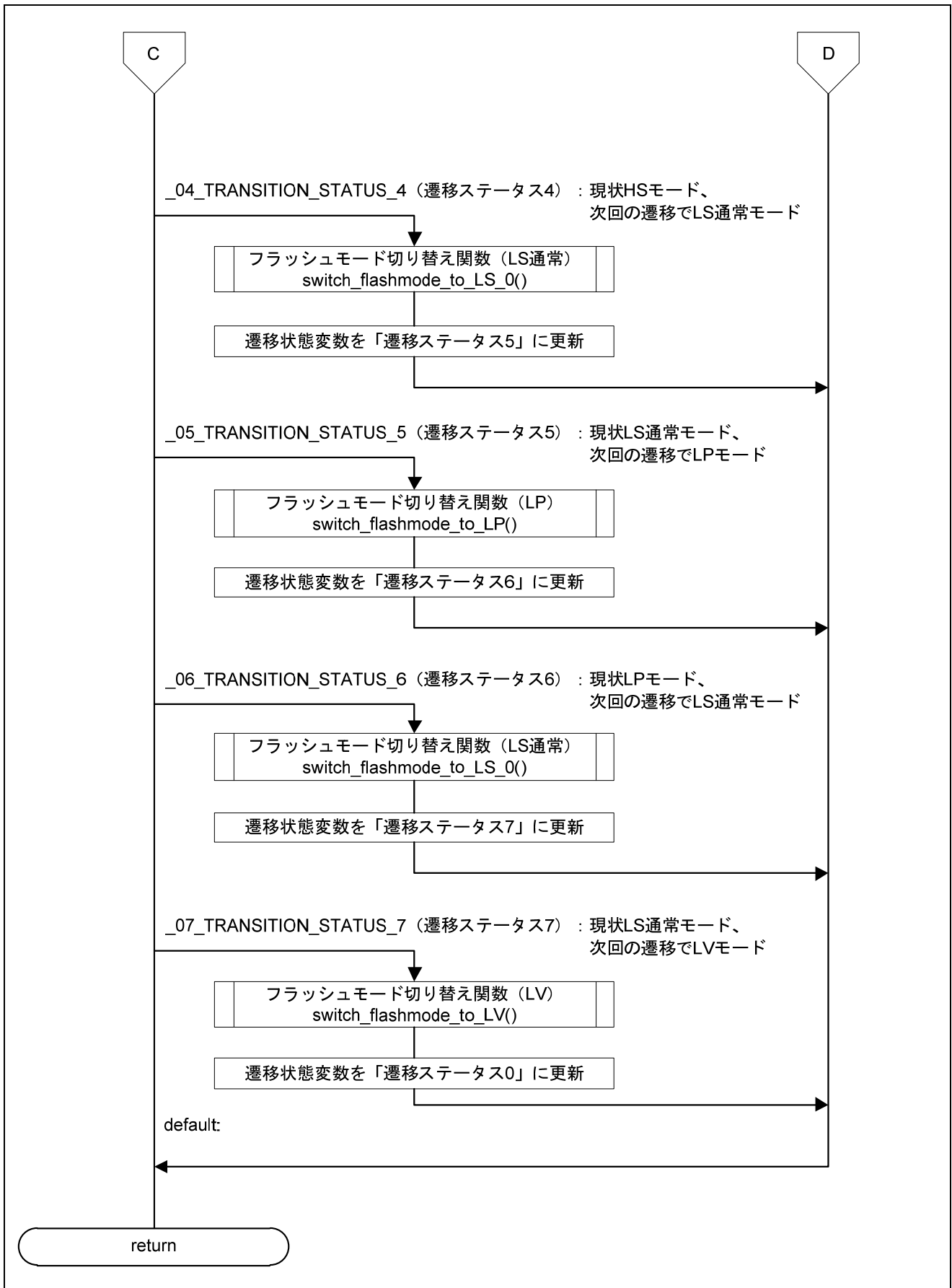


図 4.25 外部割込み (INTP0) 処理 (2/2)

4.7.22 12ビット・インターバル・タイマ割り込み処理

図 4.26 に 12 ビット・インターバル・タイマ割り込み処理のフローチャートを示します。

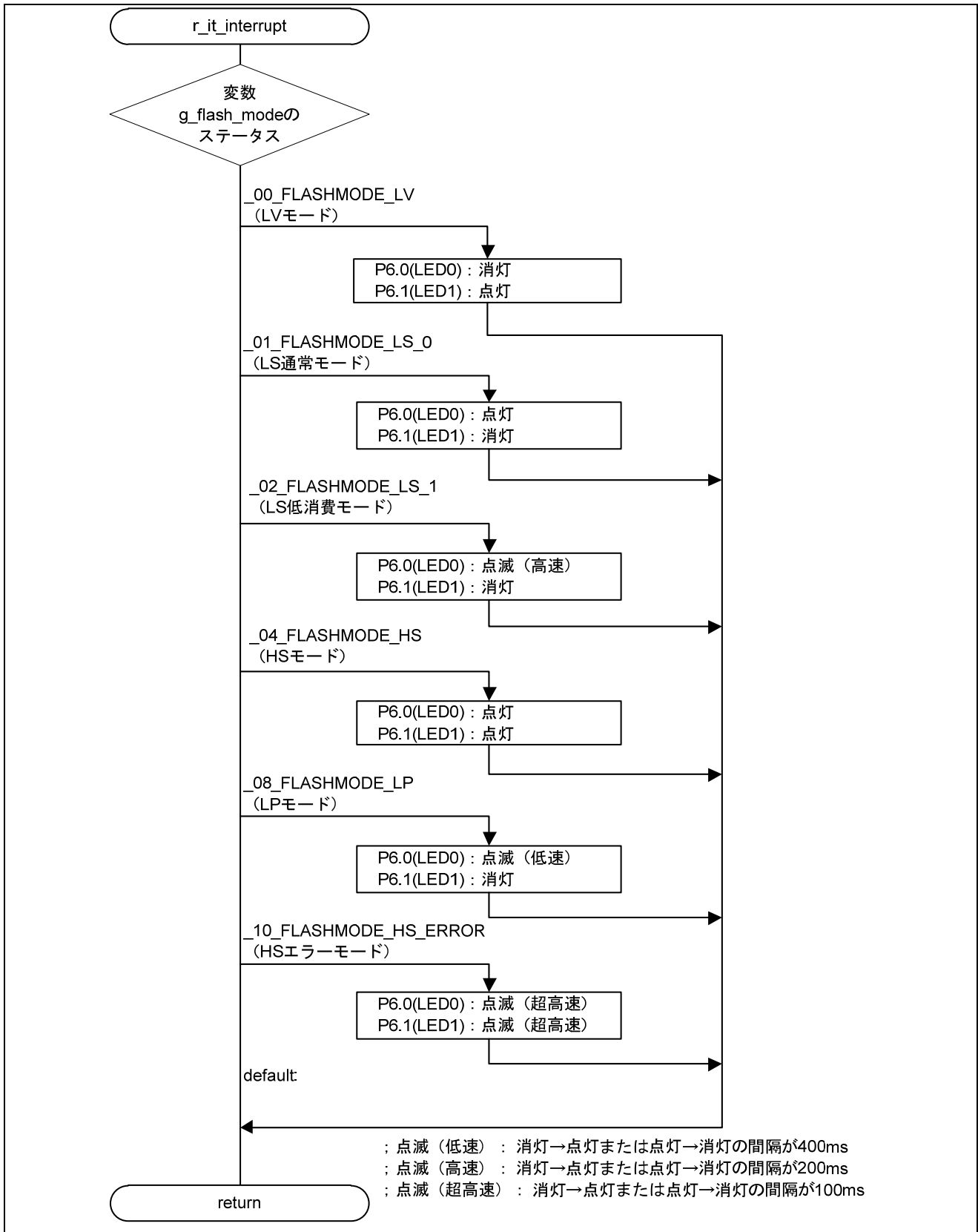


図 4.26 12 ビット・インターバル・タイマ割り込み処理



## 4.7.23 A/D 変換終了割り込み処理

図 4.27 に A/D 変換終了割り込み処理のフローチャートを示します。

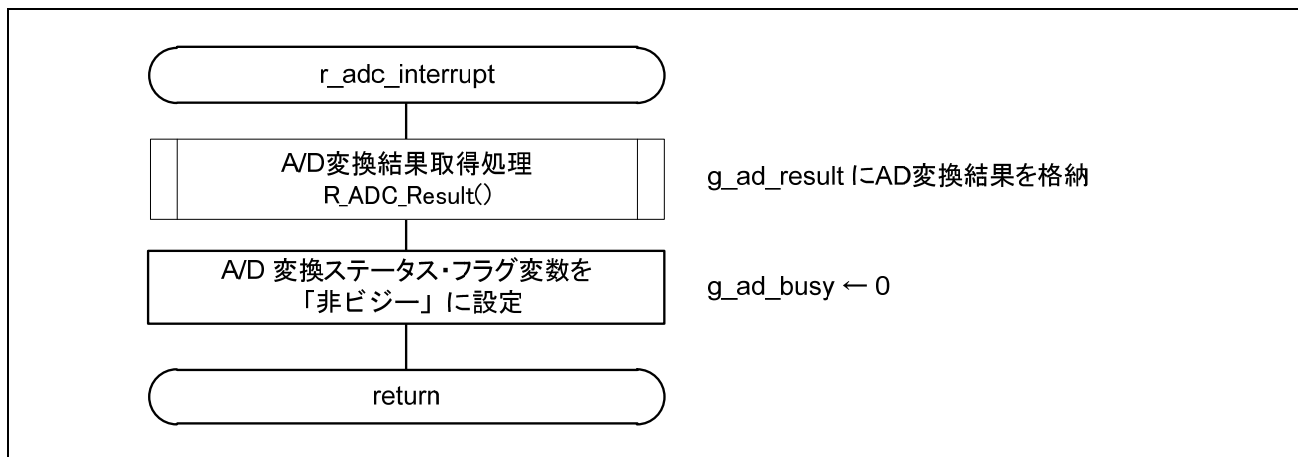


図 4.27 A/D 変換終了割り込み処理

## 4.7.24 A/D 変換結果取得処理

図 4.28 に A/D 変換結果取得処理のフローチャートを示します。

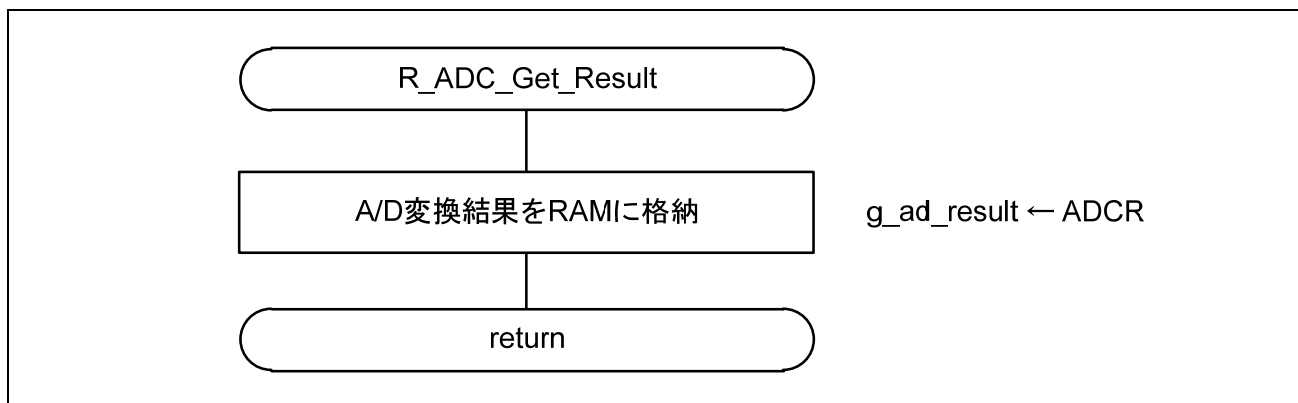


図 4.28 A/D 変換結果取得処理

## 5. フラッシュの動作モードの電源電流測定

本アプリケーションノートでは、`r_cg_userdefine.h` ファイルでコメントアウトされている「`#define _CURRENT_EVALUATION_MODE_`」を有効にすることで、電源電流測定モードとなります。

電源電流測定モードでは、メイン・システム・クロックのみが動作し、周辺機能が全て停止した状態の HALT モードの電源電流を測定することができます。

### (1) 電源電流測定モードの動作

ボタン押下(INTP0 割り込み発生)によって、RL78/I1D のオペレーション・ステートを切替えます。

ボタン押下(INTP0 割り込み発生)待ちでは HALT モードとなります。

メイン・システム・クロック以外の周辺機能は全て停止させます。

表 5.1 に、電源電流測定モードの詳細と遷移を記載します。

表 5.1 電源電流測定モードの詳細と遷移

遷移ステータス	モード	動作クロック	動作電圧範囲	次の遷移先ステータス
0 (リセット直後)	LV モード	HOCO: 4MHz	1.6V – 3.6V	1
1	LV モード	MOCO: 4MHz	1.8V – 3.6V	2
2	LS モード (低消費設定)	MOCO: 4MHz	1.8V – 3.6V	3
3	LS モード (通常設定)	HOCO: 8MHz	1.8V – 3.6V	4, または 4-Error
4	HS モード	HOCO: 16MHz	2.4V – 3.6V	5
4-Error	LS モード (通常設定)	HOCO: 8MHz	1.8V – 3.6V	5
5	LS モード (通常設定)	HOCO: 8MHz	1.8V – 3.6V	6
6	LP モード	MOCO: 1MHz	1.8V – 3.6V	7
7	LS モード (通常設定)	HOCO: 8MHz	1.8V – 3.6V	0

### (2) 電源電流測定モードのハードウェア構成

電源電流測定モードでは、ポート端子の未使用端子処理として、デジタル入出力端子をロウ・レベル出力に設定しています(P40/TOOL0 端子は入力設定)。

このため、デジタル・入出力端子はオープンにしてください。

LED1,LED2 が接続されている場合は、P60 端子と P61 端子に電流が流れますので、その分の電流を差し引いて電源電流をご確認ください。

## 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/I1D ユーザーズマニュアル ハードウェア編 (R01UH0474J)

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

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

## ホームページとサポート窓口

ルネサス エレクトロニクスホームページ

<http://japan.renesas.com>

お問合せ先

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

すべての商標および登録商標は、それぞれの所有者に帰属します。

改訂記録	RL78/I1D オペレーション・ステートの切り替え
------	----------------------------

Rev.	発行日	改訂内容	
		ページ	ポイント
1.00	2015.01.22	—	初版発行
2.00	2017.01.31	—	サンプルコードの仕様変更

## 製品ご使用上の注意事項

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

### 1. 未使用端子の処理

【注意】未使用端子は、本文の「未使用端子の処理」に従って処理してください。

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

### 2. 電源投入時の処置

【注意】電源投入時は、製品の状態は不定です。

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

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

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

### 3. リザーブアドレス（予約領域）のアクセス禁止

【注意】リザーブアドレス（予約領域）のアクセスを禁止します。

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

### 4. クロックについて

【注意】リセット時は、クロックが安定した後、リセットを解除してください。

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

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

### 5. 製品間の相違について

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

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

## ご注意書き

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



ルネサスエレクトロニクス株式会社

営業お問合せ窓口

<http://www.renesas.com>

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

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

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