
RL78/G10

R01AN1456JJ0200

Rev. 2.00

2013.12.31

A/D 変換

要旨

本アプリケーションノートでは、RL78/G10 の A/D コンバータを使用してアナログ電圧を A/D 変換するための方法について説明します。

本アプリケーションノートでは、A/D 変換結果をデータ変換（データを 6 ビット右にシフト）し、変換値を内蔵 RAM に格納していきます。

対象デバイス

RL78/G10

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

目次

1. 仕様	2
2. 動作確認条件	4
3. 関連アプリケーションノート	4
4. ハードウェア説明	5
4.1 ハードウェア構成例	5
4.2 使用端子一覧	5
5. ソフトウェア説明	6
5.1 動作概要	6
5.2 オプション・バイトの設定一覧	7
5.3 変数一覧	7
5.4 関数（サブルーチン）一覧	8
5.5 関数（サブルーチン）仕様	8
5.6 フローチャート	9
5.6.1 CPU初期化関数	10
5.6.2 入出力ポート設定関数	11
5.6.3 クロック発生回路の設定	12
5.6.4 A/Dコンバータの設定	13
5.6.5 A/D変換開始処理	20
6. サンプルコード	22
7. 参考ドキュメント	22

1. 仕様

本アプリケーションノートでは、A/D コンバータのソフトウェア・トリガ、連続変換モードの使用例を示しています。P01/ANI0 端子のアナログ信号入力レベルをデジタル値に変換します。その後、変換結果をデータ変換（データを 6 ビット右シフト）し、変換値を内蔵 RAM に格納します。

表 1.1 に使用する周辺機能と用途を、図 1.1 に A/D コンバータの変換動作を示します。

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	P01/ANI0 端子のアナログ信号入力レベルを変換する

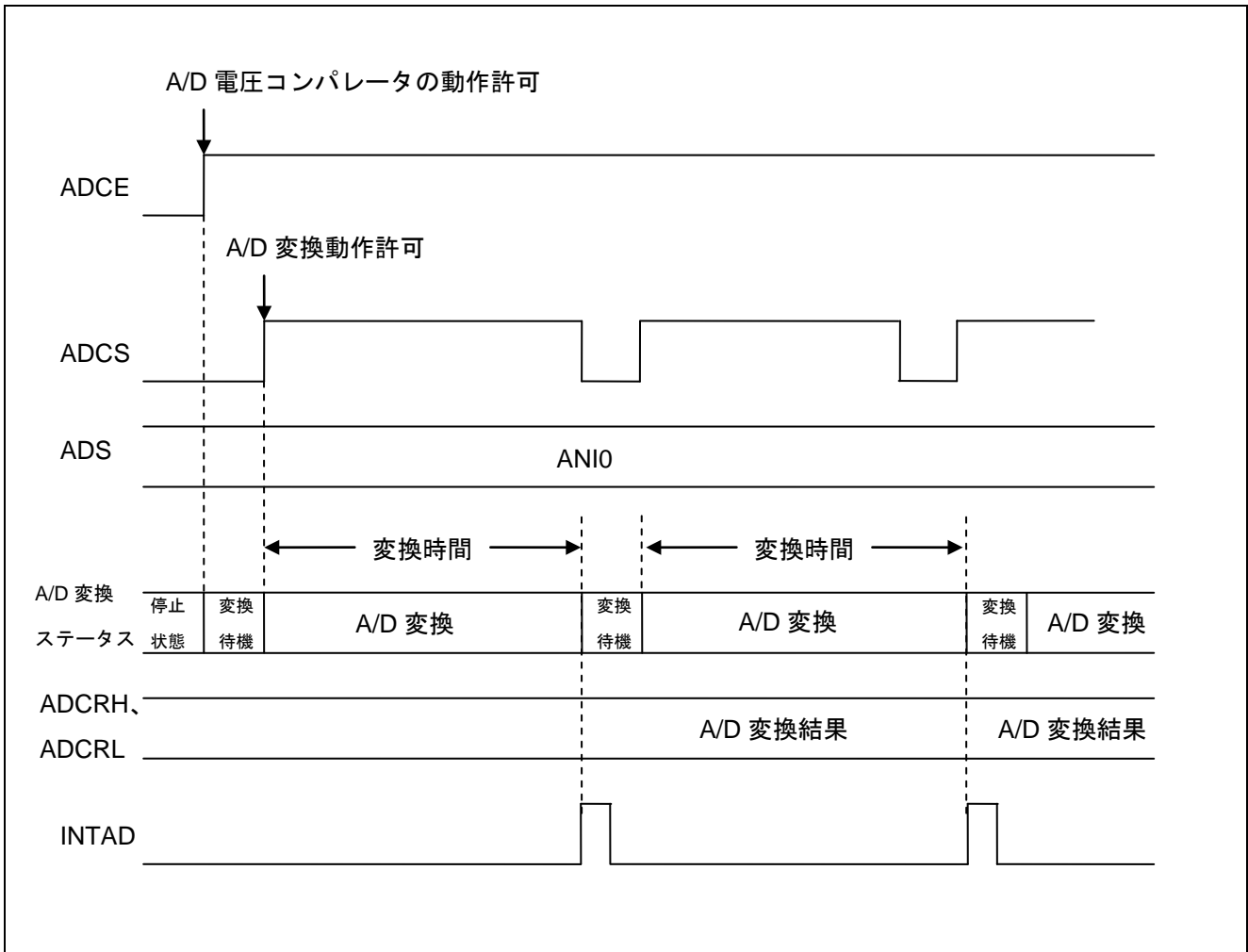


図 1.1 A/D コンバータの変換概要

2. 動作確認条件

本アプリケーションノートのサンプルコードは、下記の条件で動作を確認しています。

表 2.1 動作確認条件

項目	内容
使用マイコン	RL78/G10 (R5F10Y16ASP)
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 : 20MHz ● CPU/周辺ハードウェア・クロック : 20MHz
動作電圧	5.0V (2.9V~5.5V で動作可能) SPOR 検出電圧 : リセット発生 VDD < 2.82V リセット解除 VDD ≥ 2.88V
統合開発環境(CubeSuite+)	ルネサス エレクトロニクス製 CubeSuite+ E1.03.00k01_RL78_G10
アセンブラ(CubeSuite+)	ルネサス エレクトロニクス製 RA78K0R V1.70
統合開発環境(e2studio)	ルネサス エレクトロニクス製 e2studio V2.0.0.16
アセンブラ(e2studio)	ルネサス エレクトロニクス製 KPIT GNURL78-ELF Toolchain V13.02
統合開発環境(IAR)	IAR システムズ株式会社製 IAR Embedded Workbench for Renesas RL78 V1.30.2
アセンブラ	ルネサス エレクトロニクス製 RA78K0R V1.70
使用ボード	RL78/G10 ターゲット・ボード (QB-R5F10Y16-TB)

3. 関連アプリケーションノート

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

RL78/G10 初期設定 (R01AN1454J) アプリケーションノート

4. ハードウェア説明

4.1 ハードウェア構成例

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

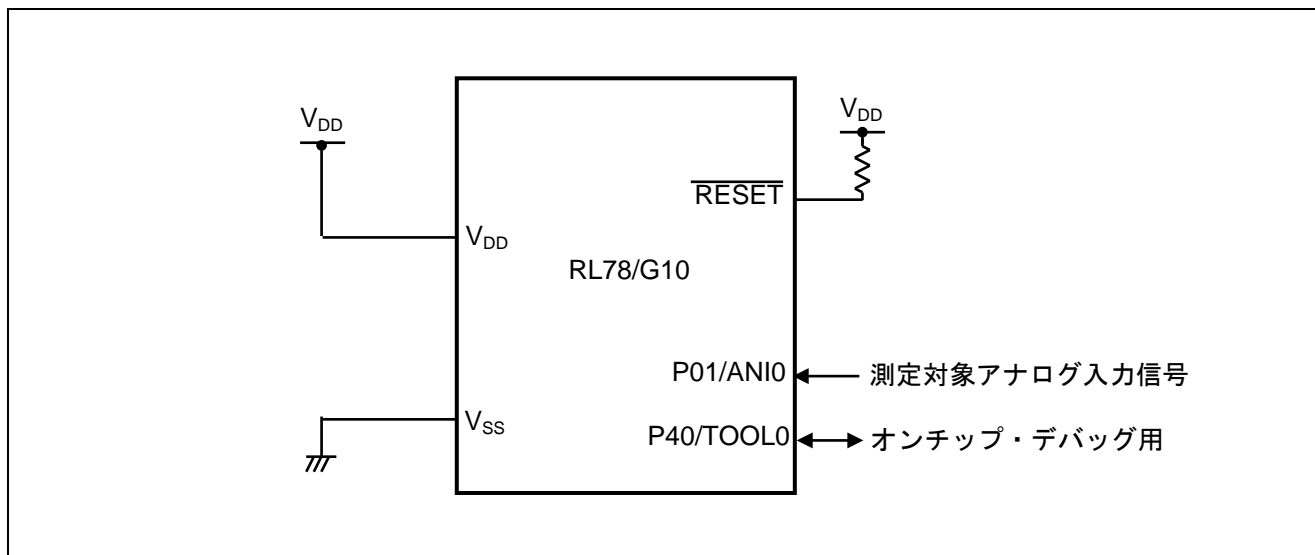


図 4.1 ハードウェア構成

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

2 V_{DD}はSPORにて設定したリセット解除電圧（V_{SPOR}）以上にしてください。

4.2 使用端子一覧

表 4.1に使用端子と機能を示します。

表 4.1 使用端子と機能

端子名	入出力	内容
P01/ANI0	入力	A/D コンバータ アナログ入力ポート

5. ソフトウェア説明

5.1 動作概要

本サンプルコードでは、A/D コンバータを使用し、AN10 に入力されたアナログ電圧を A/D 変換します。A/D 変換終了を HALT モードで待ち、A/D 変換終了後、A/D 変換結果を 6 ビット右シフトして内蔵 RAM に格納していきます。

- (1) A/D コンバータの初期設定を行います。

<設定条件>

- アナログ入力には P01/AN10 端子を使用します。
- A/D 変換分解能は 10 ビット分解能を使用します。

- (2) ADM0 レジスタの ADCS ビットに“1” (A/D 変換開始) を設定して A/D 変換を開始し、HALT 命令を実行して HALT モードに入り、A/D 変換完了割り込みを待ちます。
- (3) A/D コンバータは AN10 から入力された電圧の A/D 変換が終了すると、A/D 変換結果を ADCRH レジスタと ADCRL レジスタに転送し、A/D 変換完了割り込みが発生します。
- (4) A/D 変換完了割り込みで HALT モードが解除されると、A/D 変換結果を ADCRH レジスタと ADCRL レジスタから読み出し、6 ビット右シフトして内蔵 RAM に格納します。
- (5) ADM0 レジスタの ADCS ビットに“1” (A/D 変換開始) を設定して A/D 変換を開始し、再度 HALT モードに入って、A/D 変換完了割り込みを待ちます。

5.2 オプション・バイトの設定一覧

表 5.1 にオプション・バイトの設定を示します。

表 5.1 オプション・バイト設定

アドレス	設定値	内容
000C0H	11101110B	ウォッチドッグ・タイマ 動作停止 (リセット解除後、カウント停止)
000C1H	11110111B	SPOR 検出電圧 : リセット発生 VDD < 2.82V リセット解除 VDD ≥ 2.88V
000C2H	11111001B	HOCO : 20MHz
000C3H	10000101B	オンチップ・デバッグ許可

5.3 変数一覧

表 5.2 に変数を示します。

表 5.2 変数

Type	Variable Name	Contents	Function Used
16 ビット変数	RADCBUF	A/D 変換結果格納用エリア	main

5.4 関数（サブルーチン）一覧

表 5.3 に関数（サブルーチン）一覧を示します。

表 5.3 関数（サブルーチン）一覧

関数（サブルーチン）名	概要
SINIADC	A/D コンバータの初期設定
SSTARTAD	A/D 変換開始

5.5 関数（サブルーチン）仕様

サンプルコードの関数仕様を示します。

[関数名] RESET_START

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

[関数名] SINIADC

概要	A/D コンバータの初期設定
説明	A/D コンバータの変換時間、分解能（10 ビット変換）、アナログ入力チャネルを設定します。
引数	なし
リターン値	なし
備考	なし

[関数名] SSTARTAD

概要	A/D 変換開始
説明	A/D 変換完了割り込みを許可し、A/D 変換動作を開始します。
引数	なし
リターン値	なし
備考	なし

5.6 フローチャート

図 5.1 に本アプリケーションノートの全体フローを示します。

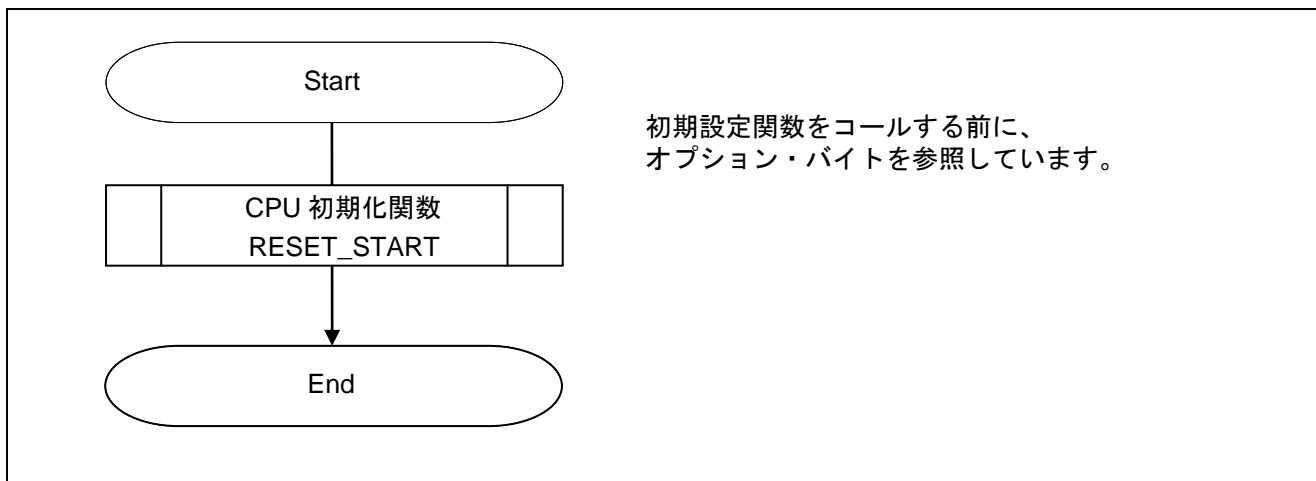


図 5.1 全体フロー

5.6.1 CPU 初期化関数

図 5.2 に CPU 初期化関数のフローチャートを示します。

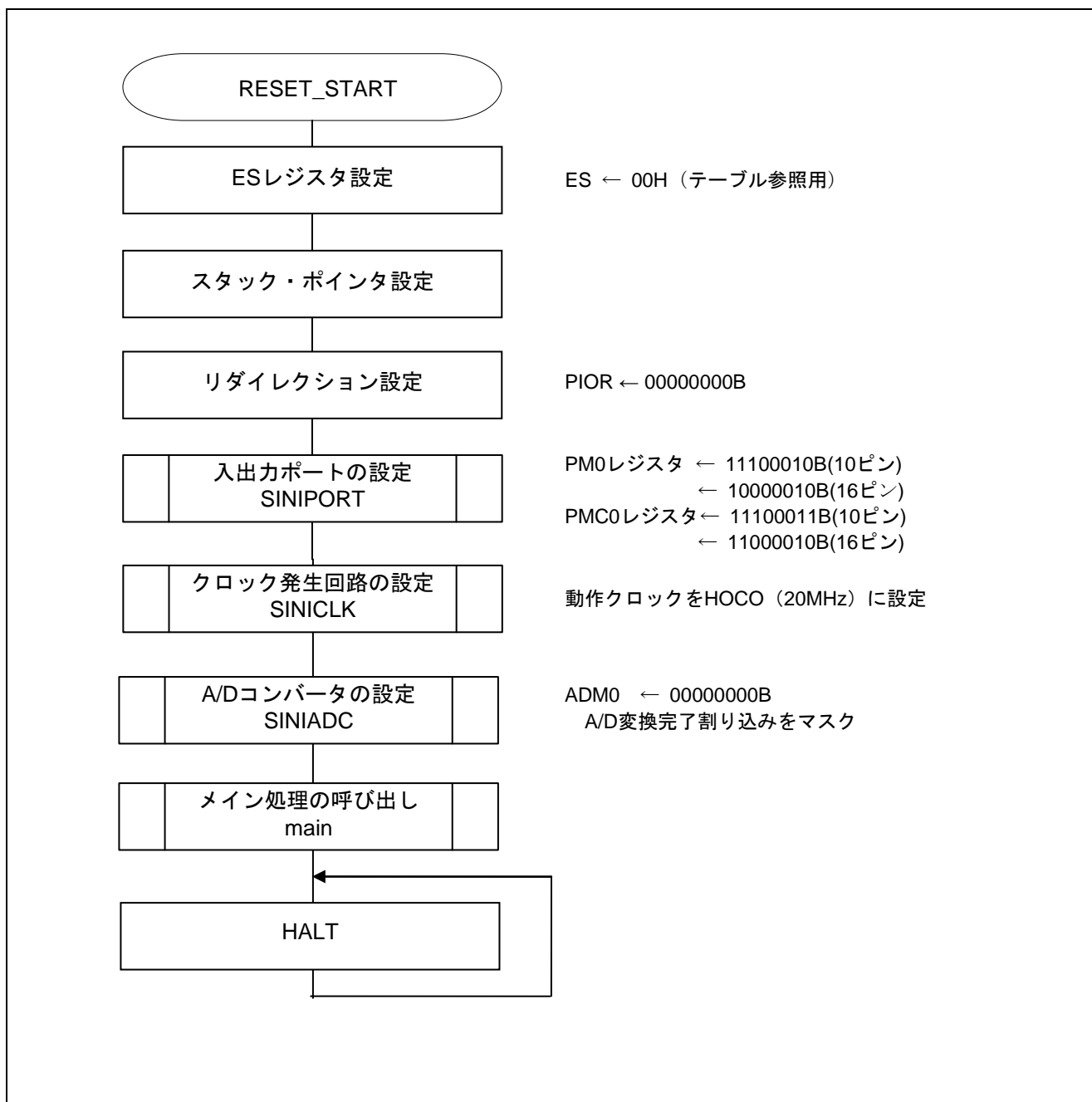


図 5.2 CPU 初期化関数

5.6.2 入出力ポート設定関数

図 5.3 に入出力ポート設定関数のフローチャートを示します。

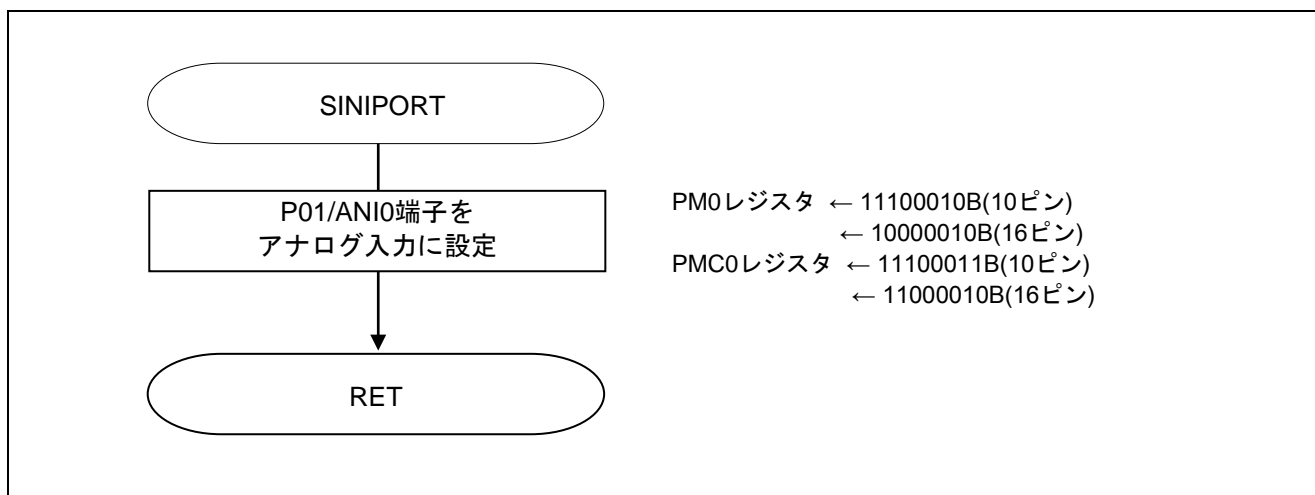


図 5.3 入出力ポート設定関数

注 未使用ポートの設定については、RL78/G10 初期設定 (R01AN1454J) アプリケーションノート“フローチャート”を参照してください。

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。

5.6.3 クロック発生回路の設定

図 5.4 にクロック発生回路の設定のフローチャートを示します。10 ピン製品ではメイン・システム・クロック用発振子接続端子(X1、X2)、及び外部クロック入力端子(EXCLK)が存在しないため、10 ピン製品では、高速オンチップ・オシレータ周波数の選択のみ行ってください。

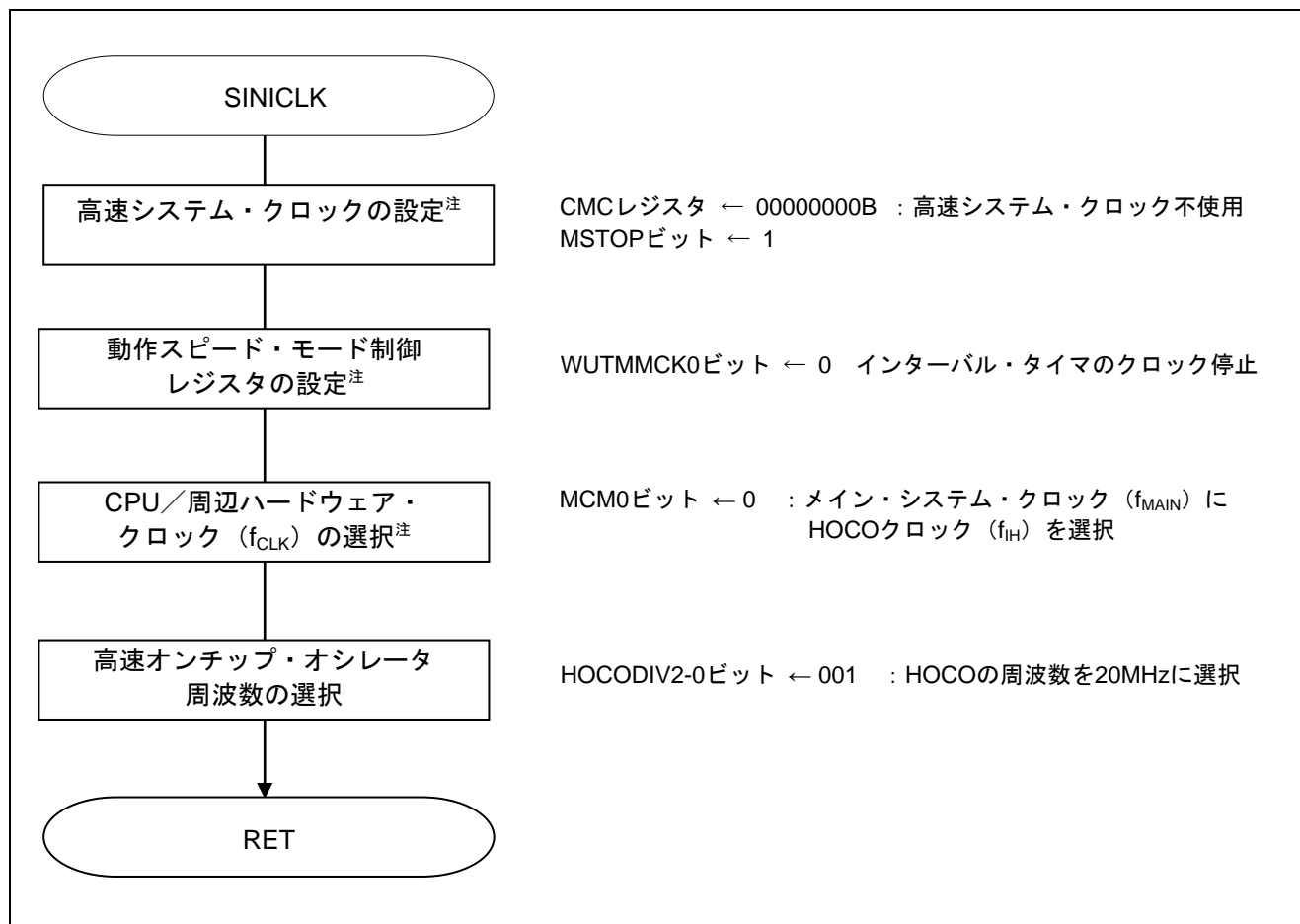


図 5.4 クロック発生回路の設定

注 16 ピン製品のみ

注意 クロック発生回路の設定 (SINICKL) については、RL78/G10 初期設定 (R01AN1454J) アプリケーションノート“フローチャート”を参照してください。

5.6.4 A/D コンバータの設定

図 5.5 に A/D コンバータの設定のフローチャートを示します。

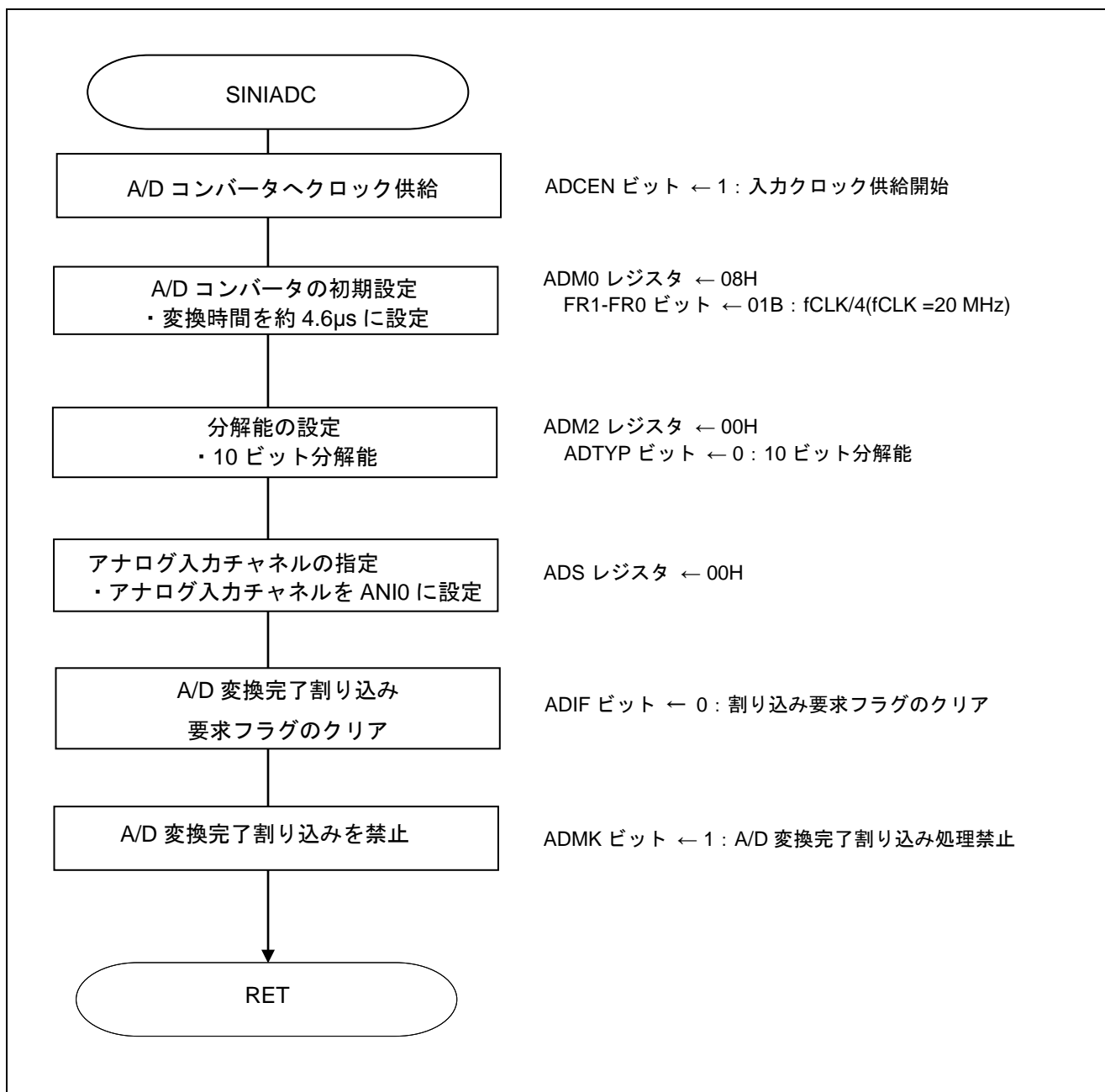


図 5.5 A/D コンバータの設定

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 0 (PER0)
A/D コンバータへのクロック供給開始

略号 : PER0

	7	6	5	4	3	2	1	0
TMKAEN 注		0	ADCEN	IICA0EN 注	0	SAU0EN	0	TAU0EN
	x	0	1	x	x	x	0	x

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
1	入カクロック供給

注 16 ピン製品のみ

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

A/D 変換時間と動作モードの設定

- ・ A/D コンバータ・モード・レジスタ 0 (ADM0)
- A/D 変換動作の制御
- A/D 変換チャンネル選択モードの指定

略号 : ADM0

	7	6	5	4	3	2	1	0
ADCS		0	0	FR1	FR0	0	LV0 注1	ADCE
	x	0	0	0	1	0	0	x

ビット 4 - 3、1

(1) $2.4V \leq V_{DD} \leq 5.5V$

ADM0			変換 クロック	変換 クロック 数	変換時間	変換時間の選択[us]				
FR1	FR0	LV0				f _{CLK} = 1.25MHz	f _{CLK} = 5MHz	f _{CLK} = 5MHz	f _{CLK} = 10MHz	f _{CLK} = 20MHz
0	0	0	f _{CLK} /8	19f _{AD} (サン プリ ング・クロッ ク数 : 7f _{AD})	184/f _{CLK}	設定禁止	設定禁止	設定禁止	18.4	設定禁止
0	1		f _{CLK} /4		92/f _{CLK}			18.4	9.2	
1	0		f _{CLK} /2		46/f _{CLK}		18.4	9.2	4.6	
1	1		f _{CLK}		23/f _{CLK}	18.4	9.2	4.6	設定禁止	

(2) $2.7V \leq V_{DD} \leq 5.5V$

ADM0			変換 クロック	変換 クロック 数	変換時間	変換時間の選択[us]				
FR1	FR0	LV0				f _{CLK} = 1.25MHz	f _{CLK} = 5MHz	f _{CLK} = 5MHz	f _{CLK} = 10MHz	f _{CLK} = 20MHz
0	0	0	f _{CLK} /8	19f _{AD} (サン プリ ング・クロッ ク数 : 7f _{AD})	184/f _{CLK}	設定禁止	設定禁止	設定禁止	18.4	9.2
0	1		f _{CLK} /4		92/f_{CLK}			18.4	9.2	4.6
1	0		f _{CLK} /2		46/f _{CLK}		18.4	9.2	4.6	設定禁止
1	1		f _{CLK}		23/f _{CLK}	18.4	9.2	4.6	設定禁止	
0	0	1	f _{CLK} /8	17f _{AD} (サン プリ ング・クロッ ク数 : 5f _{AD})	136/f _{CLK}	設定禁止	設定禁止	設定禁止	18.4	6.8
0	1		f _{CLK} /4		68/f _{CLK}			18.4	9.2	3.4
1	0		f _{CLK} /2		34/f _{CLK}		13.6	9.2	4.6	設定禁止
1	1		f _{CLK}		17/f _{CLK}	13.6	6.8	4.6	設定禁止	

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

分解能の設定

- ・ A/D コンバータ・モード・レジスタ 2 (ADM2)
分解能の設定

略号 : ADM2

7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	0	0	0	ADTYP
0	0	0	0	0	0	0	0

ビット 0

ADTYP	A/D 変換分解能の設定
0	10 ビット分解能
1	8 ビット分解能

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

入力チャンネルの指定

- ・アナログ入力チャンネル指定レジスタ (ADS)
A/D 変換するアナログ電圧の入力チャンネルを指定

略号 : ADS

7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	0	ADS2 ^注	ADS1	ADS0
0	0	0	0	0	0	0	0

10 ピン製品の場合

ADS1	ADS0	アナログ入力 チャンネル	入力ソース
0	0	ANI0	P01/ANI0 端子
0	1	ANI1	P02/ANI1 端子
1	0	ANI2	P03/ANI2 端子
1	1	ANI3	P04/ANI3 端子

16 ピン製品の場合

ADS2	ADS1	ADS0	アナログ入力 チャンネル	入力ソース
0	0	0	ANI0	P01/ANI0 端子
0	0	1	ANI1	P02/ANI1 端子
0	1	0	ANI2	P03/ANI2 端子
0	1	1	ANI3	P04/ANI3 端子
1	0	0	ANI4	P05/ANI4 端子
1	0	1	ANI5	P10/ANI5 端子
1	1	0	ANI6	P11/ANI6 端子
1	1	1	ANI7	P00/ANI7 端子

注 16 ピン製品のみ

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

A/D 変換完了割り込みの設定

- ・割り込み要求フラグ・レジスタ (IF0H)
割り込み要求フラグのクリア
- ・割り込みマスク・フラグ・レジスタ (MK0H)
割り込み処理禁止

略号 : IF0H

7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	0	KRIF	ADIF	TMIF01
0	0	0	0	0	x	0	x

ビット 1

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

略号 : MK0H

7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	0	KRMK	ADMK	TMMK01
x	x	x	x	x	x	1	x

ビット 1

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

メイン処理

図 5.6 にメイン処理のフローチャートを示します。

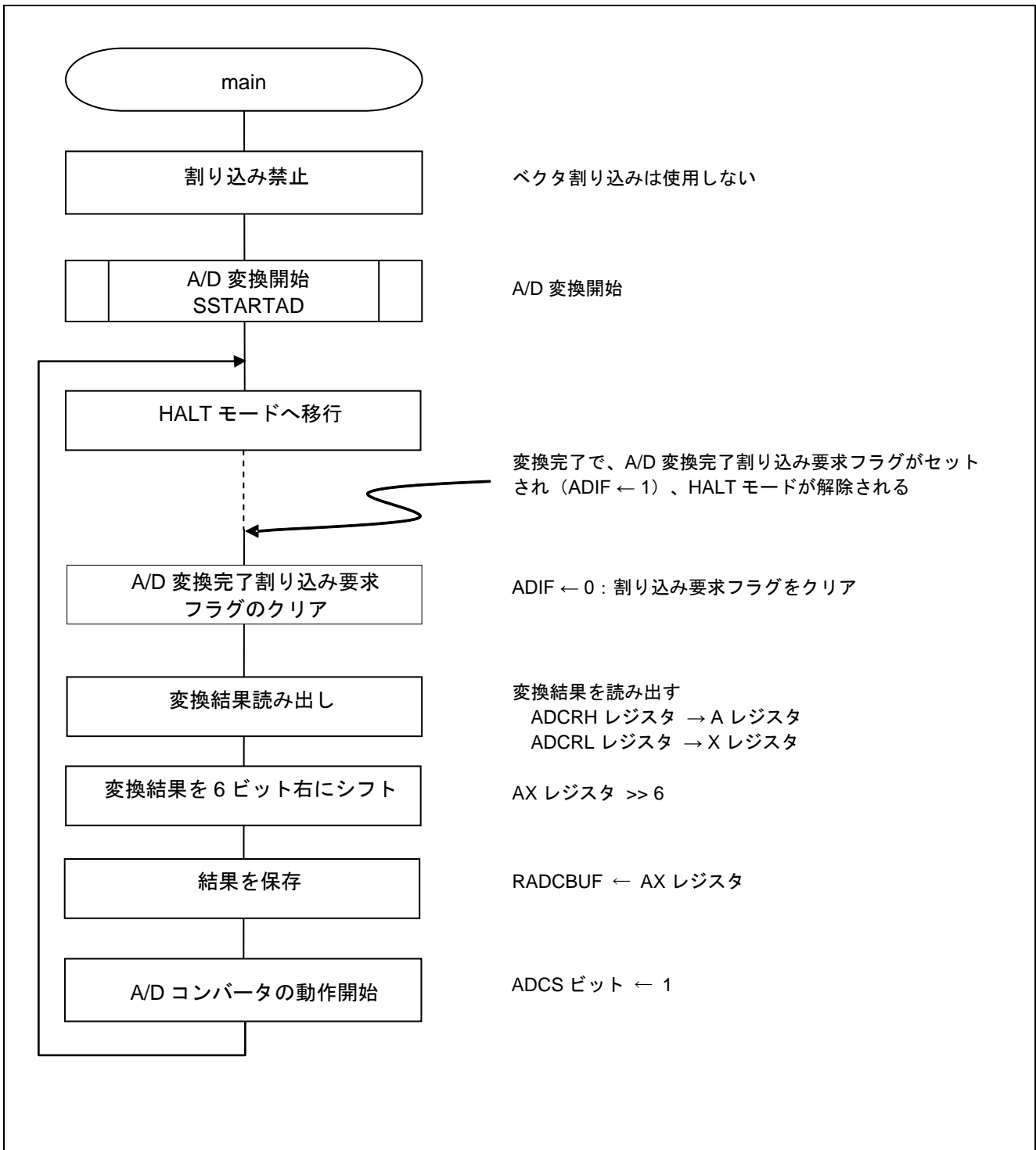


図 5.6 メイン処理

5.6.5 A/D 変換開始処理

図 5.7 に A/D 変換開始処理のフローチャートを示します。

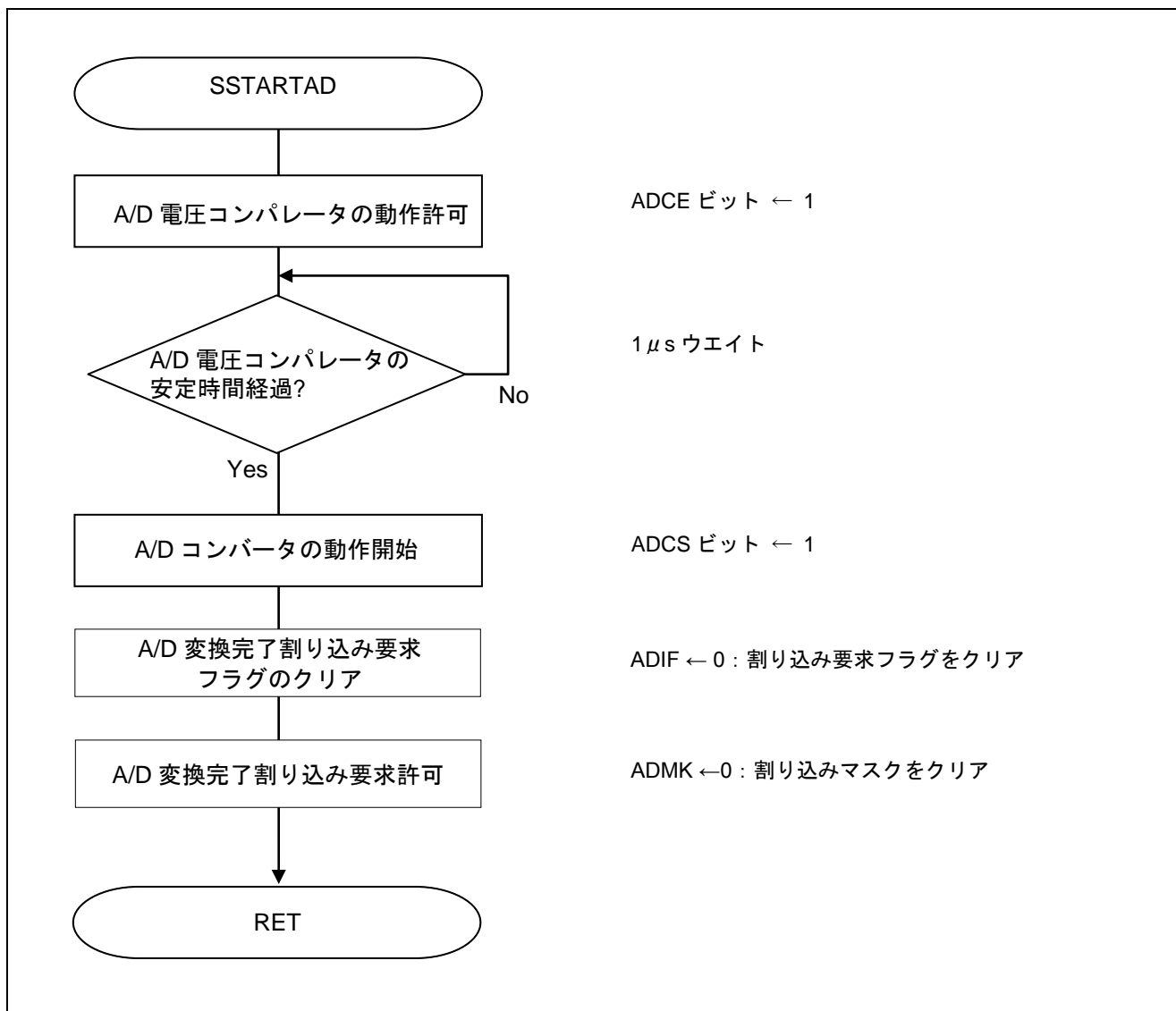


図 5.7 A/D 変換開始処理

変換動作開始

- ・ A/D コンバータ・モード・レジスタ 0 (ADM0)
A/D 変換動作の制御

略号 : ADM0

	7	6	5	4	3	2	1	0
ADCS	0	0	FR1	FR0	0	LV0	ADCE	
	1	0	0	0	1	x	x	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

ビット 0

ADCE	A/D 電圧コンパレータの制御
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/G10 ユーザーズマニュアル ハードウェア編を参照してください。

6. サンプルコード

サンプルコードは、ルネサス エレクトロニクスホームページから入手してください。

7. 参考ドキュメント

RL78/G10 ユーザーズマニュアル ハードウェア編 Rev.0.01 (R01UH0384J)

RL78 ファミリ ユーザーズマニュアル ソフトウェア編 Rev.1.00 (R01US0015J)

(最新版をルネサス エレクトロニクスホームページから入手してください。)

テクニカルアップデート/テクニカルニュース

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

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/inquiry>

改訂記録	RL78/G10 A/D 変換
------	--------------------

Rev.	発行日	改訂内容	
		ページ	ポイント
1.00	2013.1.28	—	初版発行
2.00	2013.12.31	4	表 2.1 に IAR および e2studio のバージョン情報を追加

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。

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うと、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ものです。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/>