RL78/G13

安全機能（A/D テスト）CC-RL

要旨

本アプリケーションノートでは、RL78/G13 の安全機能のひとつである A/D テスト機能のサンプルコードについて説明します。

A/D テスト機能では、基準となる 3 点の A/D 変換を実施することで、A/D コンバータの正常動作を確認します。基準の 3 点は、内部の 0V、VDD、内部基準電圧（1.45V）です。

対象デバイス

RL78/G13

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. 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 ファイル構成 8
5.3 オプション・バイトの設定一覧 8
5.4 定数一覧 9
5.5 関数一覧 10
5.6 関数仕様 11
5.7 フローチャート 15
5.7.1 初期設定関数 16
5.7.2 システム関数 17
5.7.3 入出力ポートの設定 18
5.7.4 CPUクロックの設定 20
5.7.5 A/Dコンバータの設定 21
5.7.6 メイン処理 29
5.7.7 テスト電圧設定 31
5.7.8 テスト電圧を内部の0Vに設定 32
5.7.9 テスト電圧をVDDに設定 33
5.7.10 テスト電圧を内部基準電圧に設定 34
5.7.11 A/D電圧コンパレータ動作許可 35
5.7.12 A/D電圧コンパレータ動作禁止 36
5.7.13 A/D変換開始 37
5.7.14 A/D変換停止 38
5.7.15 A/D変換結果確認 39
5.7.16 A/D変換結果取得 40
5.7.17 LED点滅 41

6. サンプルコード 42

7. 参考ドキュメント 42

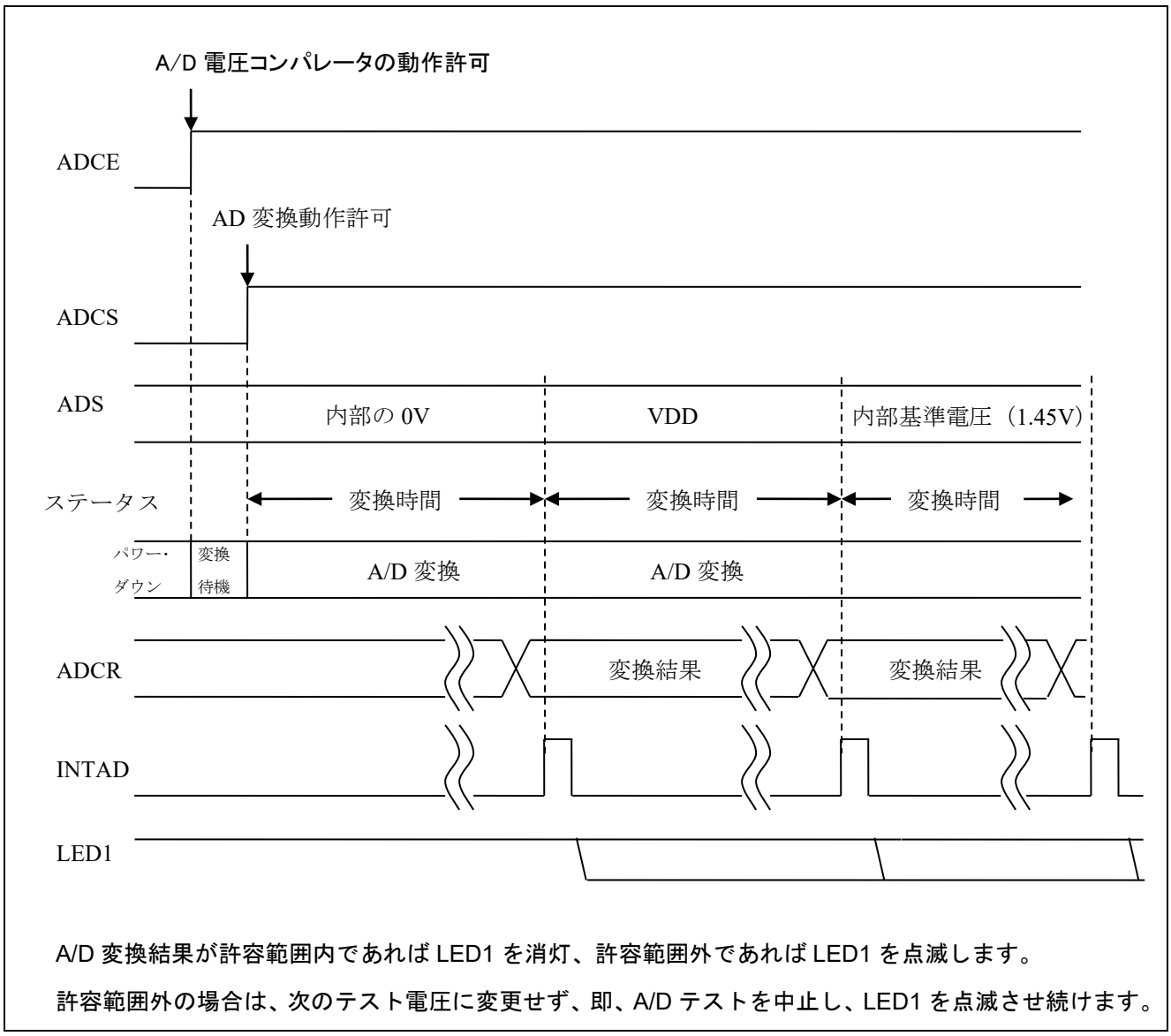
1. 仕様

本アプリケーションノートでは、安全機能の A/D テストの使用例を示しています。内部の 0V、VDD、内部基準電圧（1.45V）をデジタル値に変換します。その後、変換結果が許容範囲内であれば LED1 を点灯、許容範囲外であれば LED1 を点滅します。

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	内部の 0V、VDD、内部基準電圧（1.45V）の アナログ信号入力レベルをデジタル値に変換する
ポート 6 ビット 2	A/D 変換結果の判定結果を LED1 に出力



A/D 変換結果が許容範囲内であれば LED1 を消灯、許容範囲外であれば LED1 を点滅します。

許容範囲外の場合は、次のテスト電圧に変更せず、即、A/D テストを中止し、LED1 を点滅させ続けます。

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/G13（R5F100LEA）
動作周波数	● 高速オンチップオシレータ（HOCO）クロック：32MHz ● CPU／周辺ハードウエア・クロック： 32MHz
動作電圧	5.0V LVD 動作（V_{LVD}）：リセット・モード 4.06V+/- 0.08V
統合開発環境 (CS+)	ルネサス エレクトロニクス製 CS+ for CC V8.05.00
C コンパイラ (CS+)	ルネサス エレクトロニクス製 CC-RL V1.10.00
統合開発環境 (e^2 studio)	ルネサス エレクトロニクス製 e^2 studio V2021-04 (21.4.0)
C コンパイラ (e^2 studio)	ルネサス エレクトロニクス製 CC-RL V1.10.00

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/G13 初期設定（R01AN2575J）アプリケーションノート
RL78/G13 A/D コンバータ（R01AN2581J）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。

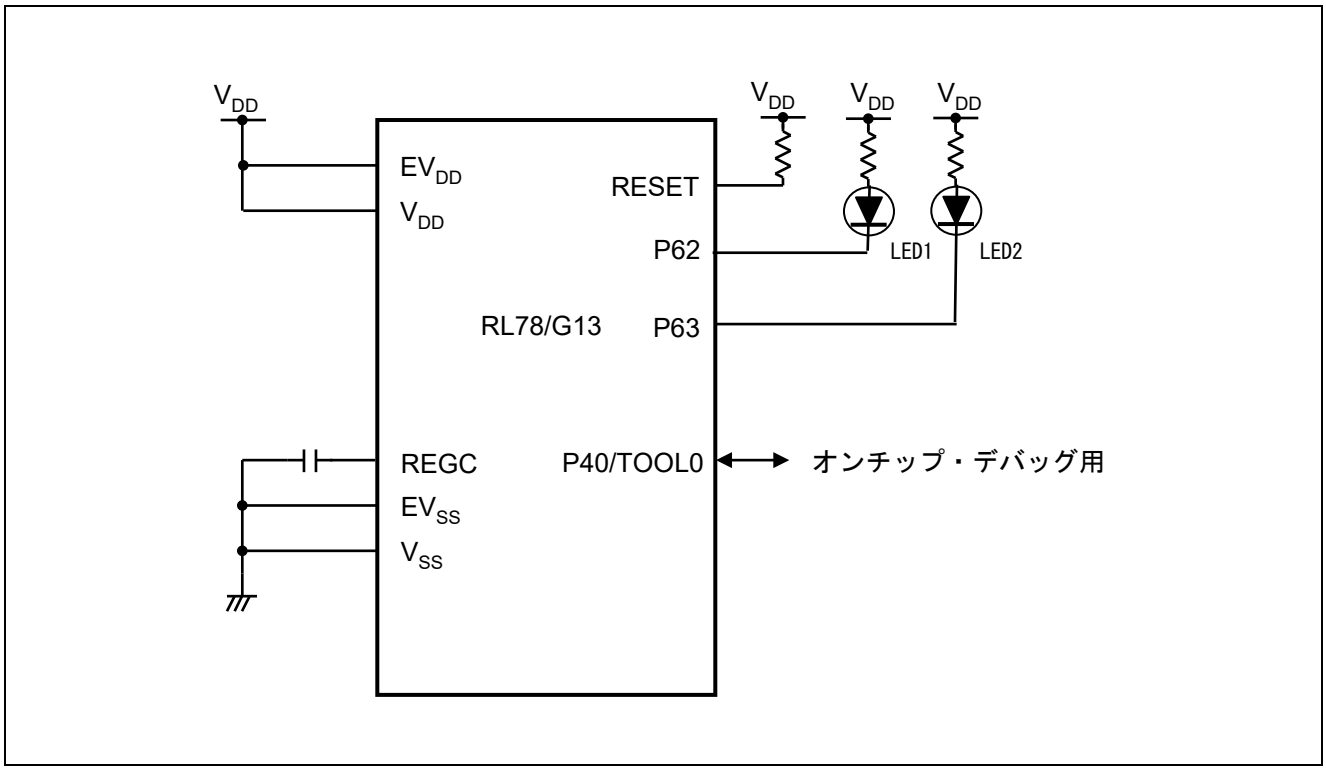


図 4.1 ハードウェア構成

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 VDD 又は VSS に接続して下さい）。

2 EVSS で始まる名前の端子がある場合には VSS に、EVDD で始まる名前の端子がある場合には VDD にそれぞれ接続してください。

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

4 P63 に接続している LED2 は常時消灯します。

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
P62	出力	A/D 変換結果の判定結果を LED1 に出力

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 コンバータのソフトウエア・トリガ、連続変換モードを使用し、内部の 0V、VDD、内部基準電圧（1.45V）の順番に各アナログ電圧を A/D 変換します。A/D 変換終了を HALT モードで待ちます。A/D 変換終了後、A/D 変換結果が許容値範囲内であるか確認します。変換結果が許容範囲内であれば LED1 を点灯、許容範囲外であれば LED1 を点滅します。

(1) A/D コンバータの初期設定を行います。

＜設定条件＞

- A/D コンバータへ入力クロックを供給します。
- A/D 変換チャネル選択はセレクト・モードを使用します。
- A/D 変換動作モードは連続変換モードを使用します。
- A/D 変換開始条件はソフトウエア・トリガを使用します。
- A/D 変換終了割り込み（INTAD）を使用します。

(2) テスト電圧の切り替えを行います。

AD 変換を行うテスト電圧により、レジスタ設定を切り替えます。

具体的には以下の処理を行います。

- A/D 電圧コンパレータの動作を禁止にします。

＜テスト電圧が内部の 0V の場合＞

- A/D テスト対象を内部の 0V に設定します。

＜テスト電圧が VDD の場合＞

- A/D テスト対象を VDD に設定します。

＜テスト電圧が内部基準電圧の場合＞

- A/D テスト対象を内部基準電圧に設定します。

- A/D 電圧コンパレータの動作を許可し、安定時間（1us）を待ちます。

(3) AD 変換を開始します。

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 変換を開始します。

(4) HALT 命令を実行して HALT モードに入り、A/D 変換終了割り込みを待ちます。

A/D コンバータは入力された電圧の A/D 変換が終了すると、A/D 変換結果を ADCR レジスタに転送し、A/D 変換終了割り込みを発生します。

(5) AD 変換結果を確認します。

A/D 変換終了割り込みで HALT モードが解除されると、A/D 変換結果を ADCR レジスタから読み出します。

(6) AD 変換結果が許容範囲内かチェックします。

＜AD 変換結果が許容範囲内の場合＞

- 3 種類の入力電圧をテスト完了している場合は、LED1 を点灯させ、無限ループとなります。
- 3 種類の入力電圧をテスト完了していない場合は、(2)～(6)を繰り返します。

＜AD 変換結果が許容範囲外の場合＞

- LED1 を点滅させる無限ループとなります。

5.2 ファイル構成

表 5.1にサンプルコードで使用するファイルを示します。なお、統合開発環境で自動生成されるファイルは除きます。

表 5.1 ファイル構成

ファイル名	概要	備考
r_main.c	メイン処理部	追加関数： R_Main_Check_AD_Data、 R_Main_Blink_Led
r_adc_user.c	A/D コンバータ モジュール	追加関数： R_ADC_Set_TestVoltage、 R_ADC_Set_Vss、 R_ADC_Set_Vdd、 R_ADC_Set_Vbgr、

5.3 オプション・バイトの設定一覧

表 5.2にオプション・バイトの設定を示します。

表 5.2 オプション・バイト設定

アドレス	設定値	内容
000C0H/010C0H	01101110B	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	01110011B	LVD リセット・モード 4.06V +/- 0.08V
000C2H/010C2H	11101000B	HS モード、HOCO : 32MHz
000C3H/010C3H	10000100B	オンチップ・デバッグ許可

注意 アドレス C2H のオプション・バイト設定は HS モード以外に設定しないで下さい。HS モード以外に設定した場合の動作は保証されません。

5.4 定数一覧

表 5.3にサンプルコードで使用する定数を示します。

初期値は表 5.3となっています。

表 5.3 サンプルコードで使用する定数

定数名	設定値	内容
OVERALL_ERROR_LSB_UNIT	7	AD コンバータ総合誤差 ±7 LSB 本定数で各テスト電圧の許容誤差が決まります。
VSS_RANGE_MAX	7	内部の 0V 許容範囲の上限値 VSS_RANGE_MAX = 0 + OVERALL_ERROR_LSB_UNIT で決定します。
AD_RESOLUTION_HEX	0x03FF	AD 変換の分解能 10bit
VDD_RANGE_MIN	0x03F8	VDD 許容範囲の下限値 VDD_RANGE_MIN = AD_RESOLUTION_HEX - OVERALL_ERROR_LSB_UNIT で決定します。
VDD	5.0	VDD (電圧：V)
VBGR_MIN	1.38	内部基準電圧（1.45V）の MIN 値 (電圧：V)
VBGR_MAX	1.5	内部基準電圧（1.45V）の MAX 値 (電圧：V)
VBGR_RANGE_MIN	0x0113	内部基準電圧（1.45V） 許容範囲の下限値 VBGR_RANGE_MIN = (VBGR_MIN / (VDD / 0x03FF)) - OVERALL_ERROR_LSB_UNIT で決定します。
VBGR_RANGE_MAX	0x013A	内部基準電圧（1.45V） 許容範囲の上限値 VBGR_RANGE_MAX = (VBGR_MAX / (VDD / 0x03FF)) + OVERALL_ERROR_LSB_UNIT で決定します。

注意 1 表 5.3の定数は 5.0V を供給した場合です。VDD の値はシステムに応じて適宜、変更してください。

2 サンプルコードの実行結果が、5.0V を供給し、且つ表 5.3の定数でも許容値範囲外になる場合があります（E1 エミュレータから電源供給した場合は、内部基準電圧の A/D テストで許容値から外れてしまいます）。このような場合は、安定した電圧の電源に交換する、または電源の誤差を考慮した許容値設定（具体的には OVERALL_ERROR_LSB_UNIT の値を調整）にする、などの対策を行ってください。

表 5.4に A/D テスト電圧と許容範囲の下限、上限値の範囲を示します。

表記内容は、表 5.3の定数を使用した場合です。

表 5.4 A/D テスト電圧と許容範囲について

A/D テスト電圧	許容範囲の下限値	許容範囲の上限値
内部の 0V	-	7 (VSS_RANGE_MAX)
VDD	0x03F8 (VDD_RANGE_MIN)	-
内部基準電圧（1.45V）	0x0113 (VBGR_RANGE_MIN)	0x013A (VBGR_RANGE_MAX)

5.5 関数一覧

表 5.5に関数を示します。

表 5.5 関数

関数名	概要
R_ADC_Set_TestVoltage	テスト電圧設定
R_ADC_Set_Vss	テスト電圧を内部の 0V に設定
R_ADC_Set_Vdd	テスト電圧を VDD に設定
R_ADC_Set_Vbgr	テスト電圧を内部基準電圧に設定
R_ADC_Set_OperationOn	A/D 電圧コンパレータの動作許可
R_ADC_Set_OperationOff	A/D 電圧コンパレータの動作禁止
R_ADC_Start	A/D 変換開始
R_ADC_Stop	A/D 変換停止
R_Main_Check_AD_Data	A/D 変換結果確認
R_ADC_Get_Result	A/D 変換結果取得
R_Main_Blink_Led	LED 点滅

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] R_ADC_Set_TestVoltage

概要	テスト電圧設定
ヘッダ	r_cg_macrodriver.h r_cg_adc.h r_cg_userdefine.h
宣言	void R_ADC_Set_TestVoltage(uint8_t testVoltageIndex)
説明	A/D テストを行う電圧を切り替えます。
引数	• testVoltageIndex ：A/D テストを行う電圧（0-2） 0：内部の 0V 1：VDD 2：内部基準電圧（1.45V）
リターン値	なし
備考	voltage が 2 より大きい場合は 2 として扱います。

[関数名] R_ADC_Set_Vss

概要	テスト電圧を内部の 0V に設定
ヘッダ	r_cg_macrodriver.h r_cg_adc.h r_cg_userdefine.h
宣言	void R_ADC_Set_Vss(void)
説明	A/D テストを行う電圧を内部の 0V に設定します。
引数	なし
リターン値	なし
備考	なし

[関数名] R_ADC_Set_Vdd

概要	テスト電圧を VDD に設定
ヘッダ	r_cg_macrodriver.h r_cg_adc.h r_cg_userdefine.h
宣言	void R_ADC_Set_Vdd(void)
説明	A/D テストを行う電圧を VDD に設定します。
引数	なし
リターン値	なし
備考	なし

[関数名] R_ADC_Set_Vbgr

概要	テスト電圧を内部基準電圧に設定
ヘッダ	r_cg_macrodriver.h r_cg_adc.h r_cg_userdefine.h
宣言	void R_ADC_Set_Vbgr(void)
説明	A/D テストを行う電圧を内部基準電圧（1.45V）に設定します。
引数	なし
リターン値	なし
備考	なし

[関数名] R_ADC_Set_OperationOn

概要	A/D 電圧コンパレータの動作許可
ヘッダ	r_cg_macrodriver.h r_cg_adc.h r_cg_userdefine.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	なし

[関数名] R_ADC_Set_OperationOff

概要	A/D 電圧コンパレータの動作禁止
ヘッダ	r_cg_macrodriver.h r_cg_adc.h r_cg_userdefine.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禁止します。
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_macrodriver.h r_cg_adc.h r_cg_userdefine.h
宣言	void R_ADC_Start(void)
説明	A/D 変換終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

[関数名] R_ADC_Stop

概要	A/D 変換停止
ヘッダ	r_cg_macrodriver.h r_cg_adc.h r_cg_userdefine.h
宣言	void R_ADC_Stop(void)
説明	A/D 変換終了割り込みを禁止し、A/D 変換動作を停止します。
引数	なし
リターン値	なし
備考	なし

[関数名] R_Main_Check_AD_Data

概要	AD 変換結果確認
ヘッダ	r_cg_macrodriver.h r_cg_adc.h r_cg_userdefine.h
宣言	uint8_t R_ADC_Check_AD_Data(uint8_t testVoltageIndex)
説明	A/D 変換結果を返します。
引数	• testVoltageIndex ：A/D テストを行った電圧（0-2） 0：内部の 0V 1：VDD 2：内部基準電圧（1.45V）
リターン値	• AD 変換結果が許容範囲内の場合：0x00 • AD 変換結果が許容範囲外の場合：0x01
備考	voltage が 2 より大きい場合は 2 として扱います。

[関数名] R_ADC_Get_Result

概要	A/D 変換結果取得
ヘッダ	r_cg_macrodriver.h r_cg_adc.h r_cg_userdefine.h
宣言	void R_ADC_Get_Result(uint16_t * const buffer)
説明	A/D 変換結果を、6 ビット右シフトして引数で与えられるエリアに格納します。
引数	• buffer ：A/D 変換結果を格納するエリアのアドレス
リターン値	なし
備考	なし

[関数名] R_Main_Blink_Led

概要	LED 点滅
ヘッダ	r_cg_macrodriver.h r_cg_cgc.h r_cg_port.h r_cg_adc.h
宣言	void R_Main_Blink_Led(void)
説明	LED を 1 秒間隔で点滅します。 本関数は無限ループとなっているので、呼び出し元に制御が戻りません。
引数	なし
リターン値	なし
備考	なし

5.7 フローチャート

図 5.1 に本アプリケーションノートの全体フローを示します。

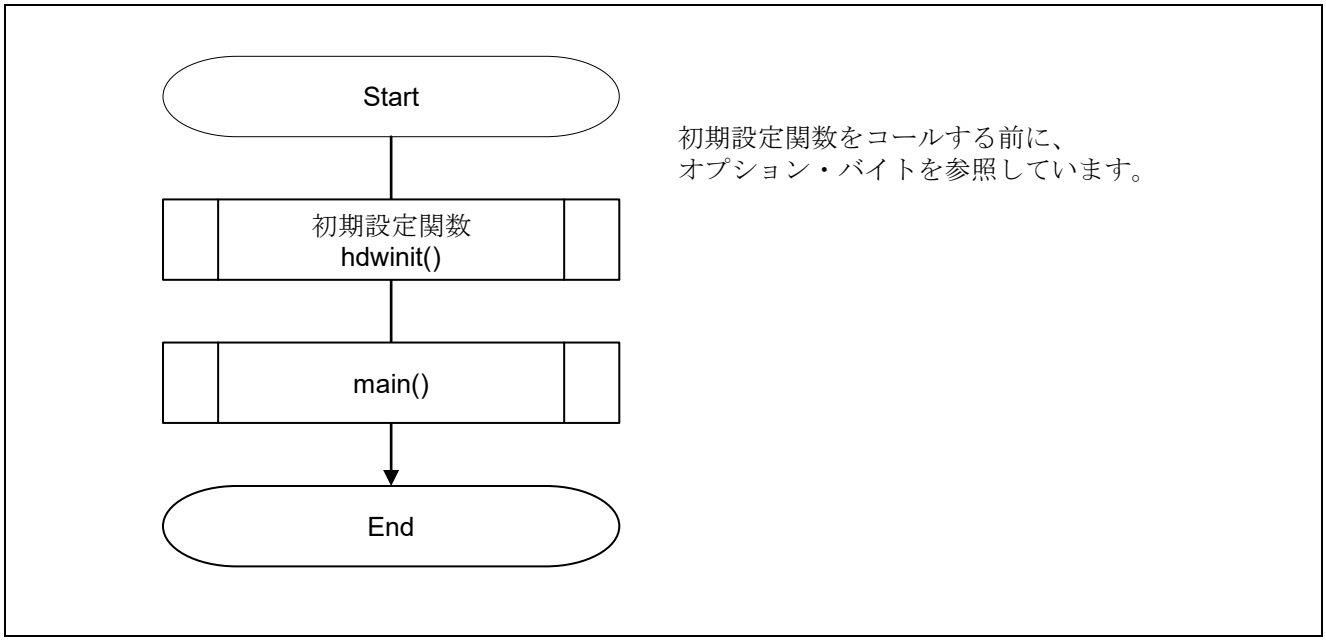


図 5.1 全体フロー

5.7.1 初期設定関数

図 5.2 に初期設定関数のフローチャートを示します。

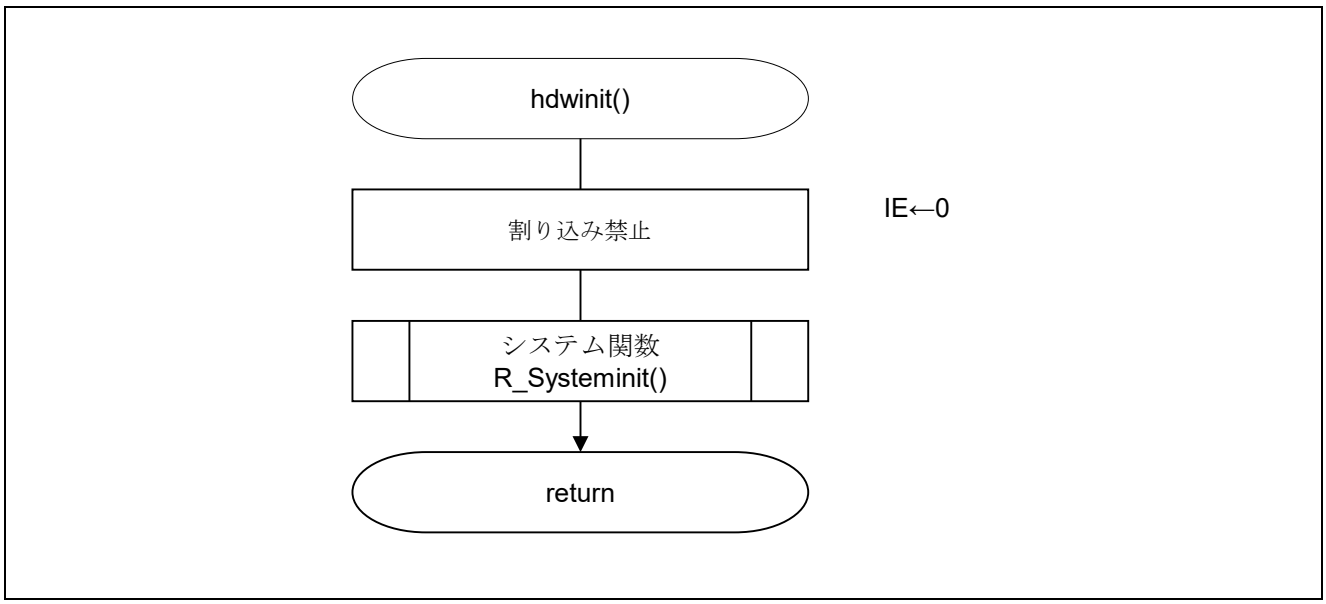


図 5.2 初期設定関数

5.7.2 システム関数

図 5.3 にシステム関数のフローチャートを示します。

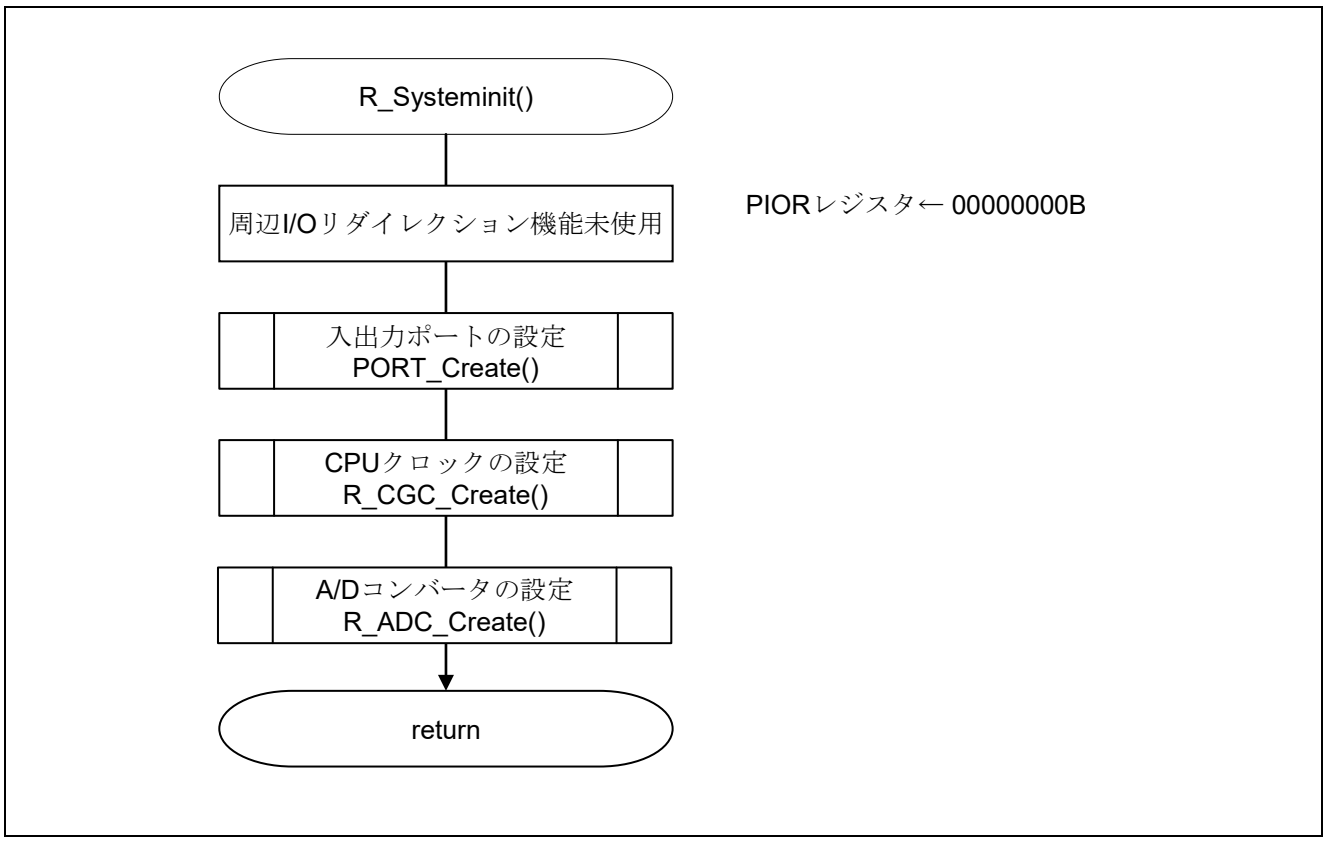


図 5.3 システム関数

5.7.3 入出力ポートの設定

図 5.4 に入出力ポートの設定のフローチャートを示します。

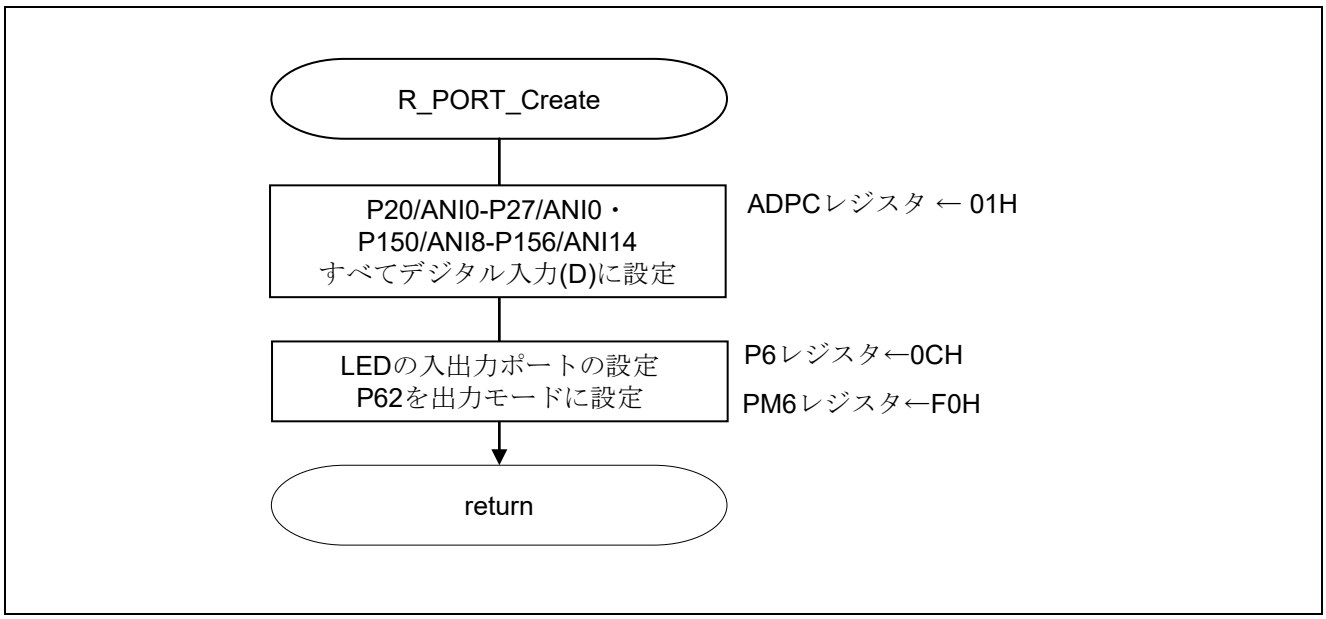


図 5.4 入出力ポートの設定

注 未使用ポートの設定については、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。

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 に接続して下さい。

A/D 変換するチャネルの設定

・A/D ポート・コンフィギュレーション・レジスタ（ADPC）
A/D コンバータのアナログ入力／ポートのデジタル入出力の切り替え

略号：ADPC

7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	ADPC3	ADPC2	ADPC1	ADPC0
0	0	0	0	**0**	**0**	**0**	**1**

ビット３－０

ADPC3	ADPC2	ADPC1	ADPC0	使用できるアナログ入力
0	0	0	0	ANI0～ANI14
0	**0**	**0**	**1**	**なし**
0	0	1	0	ANI0
0	0	1	1	ANI0～ANI1
0	0	0	0	ANI0～ANI2
0	0	0	1	ANI0～ANI3
0	0	1	0	ANI0～ANI4
0	0	1	1	ANI0～ANI5
0	1	0	0	ANI0～ANI6
0	1	0	1	ANI0～ANI7
上記以外				設定禁止

注意　レジスタ設定方法の詳細については、RL78/G13 ユーザーズマニュアル ハードウェア編を参照してください。

5.7.4 CPU クロックの設定

図 5.5 に CPU クロックの設定のフローチャートを示します。

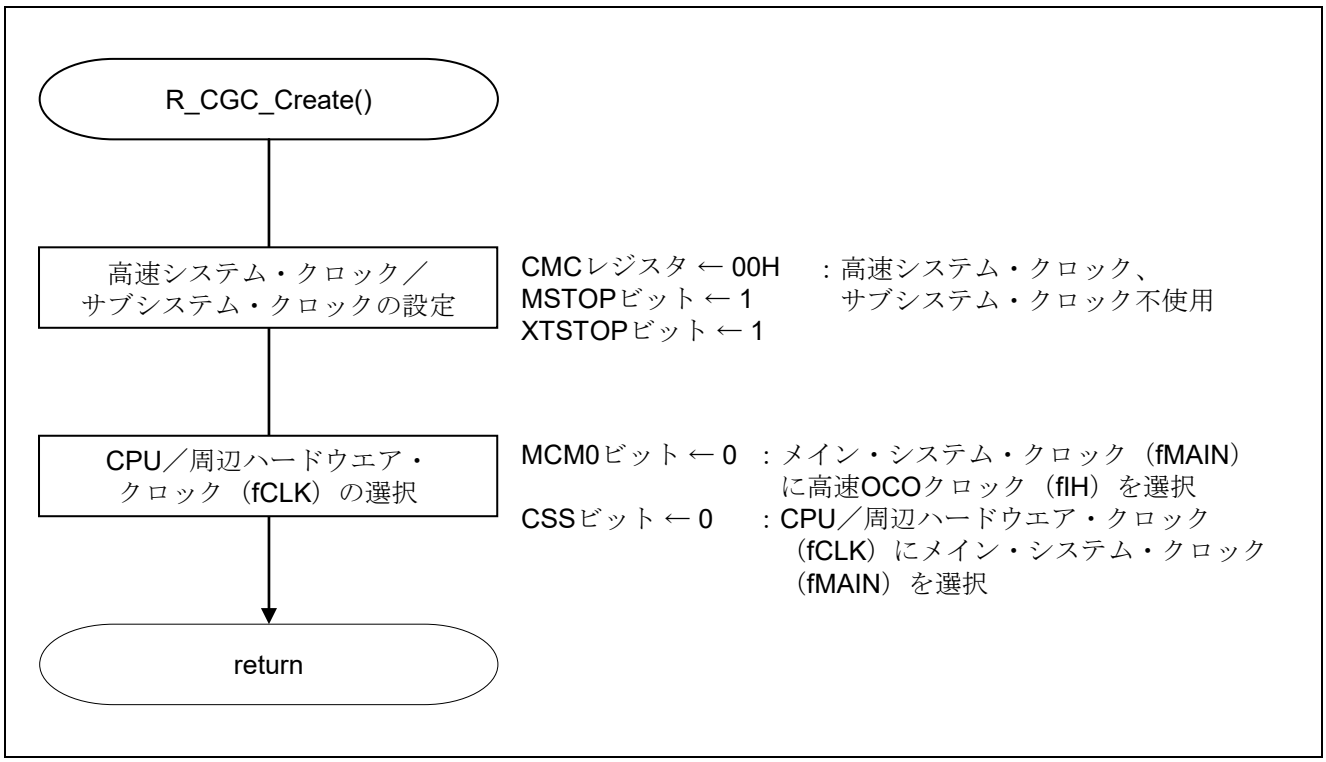


図 5.5 入出力ポートの設定

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。

5.7.5 A/D コンバータの設定

図 5.6 に A/D コンバータの設定のフローチャートを示します。

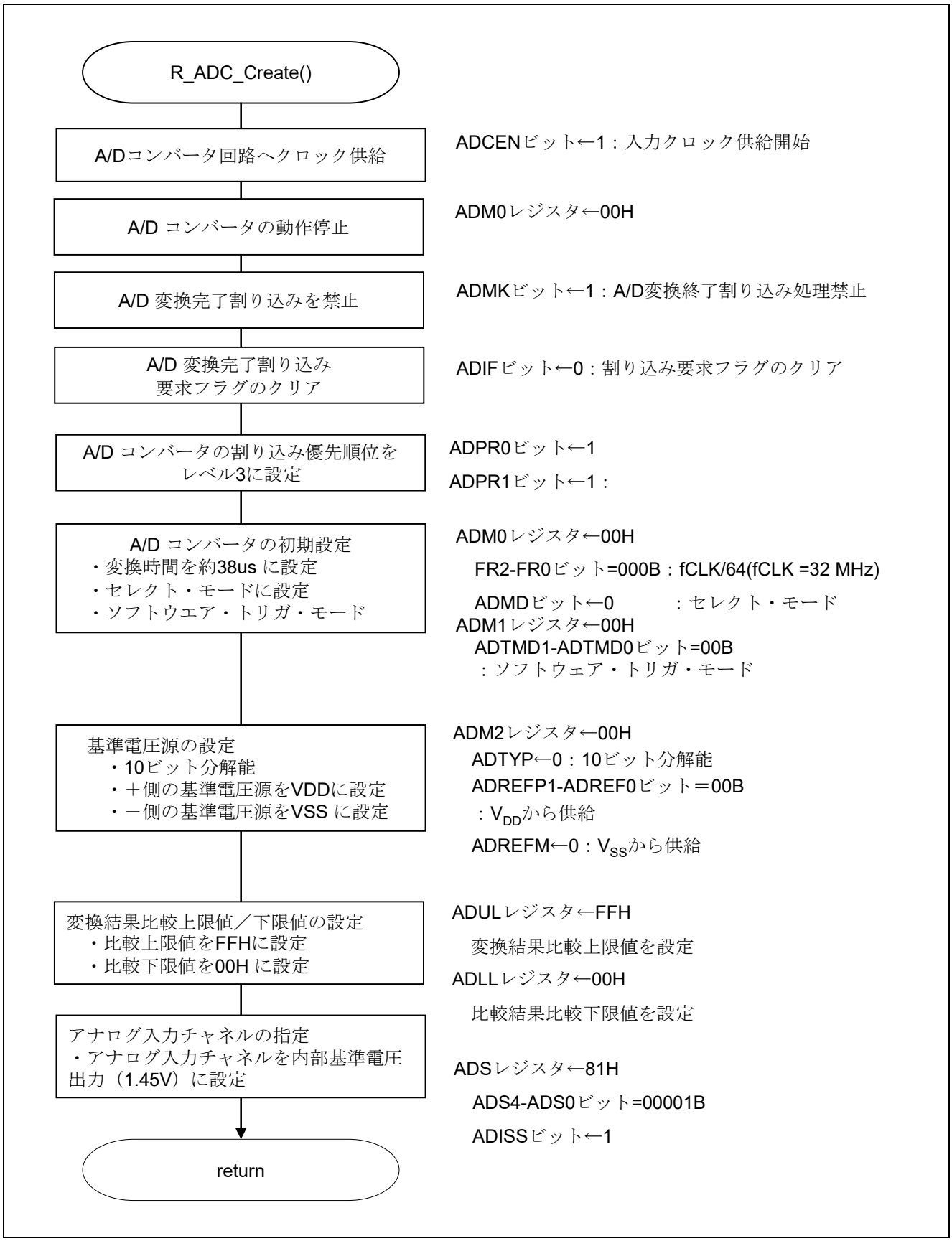


図 5.6 A/D コンバータの設定

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を開始します

略号：PER0

7	6	5	4	3	2	1	0
RTCEN	IICA1EN	ADCEN	IICA0EN	SAU1EN	SAU0EN	TAU1EN	TAU0EN
x	0	**1**	x	x	x	0	x

ビット 5

ADCEN	A/D コンバータの入力クロックの制御
0	入力クロック供給停止
1	**入力クロック供給**

注意　レジスタ設定の詳細については、RL78/G13 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 変換チャネル選択モードの指定

略号：ADM0

7	6	5	4	3	2	1	0
ADCS	ADMD	FR2	FR1	FR0	LV1	LV0	ADCE
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**
1	変換動作許可

ビット 6

ADMD	A/D チャネル選択モードを指定
0	**セレクト・モード**
1	スキャン・モード

ビット 5 － 1

ADM0					モード	変換時間の選択					変換クロック（f_{AD}）
FR2	FR1	FR0	LV1	LV0		f_{CLK}= 1MHz	f_{CLK}= 4MHz	f_{CLK}= 8MHz	f_{CLK}= 16MHz	**f_{CLK}= 32MHz**	
0	**0**	**0**	**0**	**0**	**標準1**	設定禁止	設定禁止	設定禁止	設定禁止	**38 μs**	**f_{CLK}/64**
0	0	1							38 μs	19 μs	f_{CLK}/32
0	1	0						38 μs	19 μs	9.5 μs	f_{CLK}/16
0	1	1					38 μs	19 μs	9.5 μs	4.75 μs	f_{CLK}/8
1	0	0					28.5 μs	14.25 μs	7.125 μs	3.5625 μs	f_{CLK}/6
1	0	1					23.75 μs	11.875 μs	5.938 μs	2.9688 μs	f_{CLK}/5
1	1	0					19 μs	9.5 μs	4.75 μs	2.375 μs	f_{CLK}/4
1	1	1				38 μs	9.5 μs	4.75 μs	2.375 μs	設定禁止	f_{CLK}/2
0	0	0	0	1	標準2	設定禁止	設定禁止	設定禁止	設定禁止	34 μs	f_{CLK}/64
0	0	1							34 μs	17 μs	f_{CLK}/32
0	1	0						34 μs	17 μs	8.5 μs	f_{CLK}/16
0	1	1					34 μs	17 μs	8.5 μs	4.25 μs	f_{CLK}/8
1	0	0					25.5 μs	12.75 μs	6.375 μs	3.1875 μs	f_{CLK}/6
1	0	1					21.25 μs	10.625 μs	5.3125 μs	2.6536 μs	f_{CLK}/5
1	1	0					17 μs	8.5 μs	4.25 μs	2.125 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
x	x	x	1	0	低電圧1	設定禁止					—
x	x	x	1	1	低電圧2	設定禁止					—

略号：ADM0

7	6	5	4	3	2	1	0
ADCS	ADMD	FR2	FR1	FR0	LV1	LV0	ADCE
0	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**

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/G13 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 変換トリガ・モードの設定

・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 変換動作モードの設定

略号：ADM1

7	6	5	4	3	2	1	0
ADTMD1	ADTMD0	ADSCM	0	0	0	ADTRS1	ADTRS0
0	**0**	**0**	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	**－**	**ソフトウエア・トリガ・モード**
1	0	ハードウエア・トリガ・ノーウエイト・モード
1	1	ハードウエア・トリガ・ウエイト・モード

ビット５

ADSCM	A/D 変換動作モードの設定
0	**連続変換モード**
1	ワンショット変換モード

ビット１－０

ADTRS1	ADTRS0	ハードウエア・トリガ信号の選択
0	**0**	**ハードウエア・トリガを使用しない**
0	1	タイマ・チャネル 1 のカウント完了 またはキャプチャ完了割り込み信号（INTTM01）
1	0	リアルタイム・クロック割り込み信号（INTRTC）
1	1	インターバル・タイマ割り込み信号（INTIT）

注意　レジスタ設定方法の詳細については、RL78/G13 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。

基準電圧源の設定

・A/D コンバータ・モード・レジスタ 2（ADM2）
基準電圧源の設定

略号：ADM2

7	6	5	4	3	2	1	0
ADREFP1	ADREFP0	ADREFM	0	ADCRK	AWC	0	ADTYP
0	**0**	**0**	0	**0**	**0**	0	**0**

ビット７－６

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（1.44 V）から供給
1	1	設定禁止

ビット５

ADREFM	A/D コンバータの－側の基準電圧源の設定
0	**VSS から供給**
1	P21/AVREFM/ANI1 から供給

ビット３

ADCRK	変換結果上限／下限値チェック
0	**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。**
1	ADCR レジスタ＜ADLL レジスタ、ADUL レジスタ＜ADCR レジスタのとき割り込み信号（INTAD）が発生。

ビット２

AWC	ウエイクアップ機能（SNOOZE モード）の設定
0	**SNOOZE モード機能を使用しない**
1	SNOOZE モード機能を使用する

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/G13 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。

変換結果比較上限値／下限値の設定

・変換結果比較上限値設定レジスタ（ADUL）
・変換結果比較下限値設定レジスタ（ADLL）
変換結果比較上限値／下限値の設定

略号：ADUL

7	6	5	4	3	2	1	0
ADUL7	ADUL6	ADUL5	ADUL4	ADUL3	ADUL2	ADUL1	ADUL0
1	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**

略号：ADLL

7	6	5	4	3	2	1	0
ADLL7	ADLL6	ADLL5	ADLL4	ADLL3	ADLL2	ADLL1	ADLL0
0	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**

入力チャネルの指定

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

略号：ADS

7	6	5	4	3	2	1	0
ADISS	0	0	ADS4	ADS3	ADS2	ADS1	ADS0
1	0	0	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**

ビット７、４－０

ADISS	ADS4	ADS3	ADS2	ADS1	ADS0	アナログ入力チャネル	入力ソース
0	0	0	0	0	0	ANI0	P20/ANI0 端子/AV_{REFP} 端子
0	0	0	0	0	1	ANI1	P21/ANI1 端子/AV_{REFM} 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	0	0	1	0	0	ANI4	P24/ANI4 端子
0	0	0	1	0	1	ANI5	P25/ANI5 端子
0	0	0	1	1	0	ANI6	P26/ANI6 端子
0	0	0	1	1	1	ANI7	P27/ANI7 端子
0	1	0	0	0	0	ANI16	P03/ANI16 端子
0	1	0	0	0	1	ANI17	P02/ANI17 端子
0	1	0	0	1	0	ANI18	P147/ANI18 端子
0	1	0	0	1	1	ANI19	P120/ANI19 端子
1	0	0	0	0	0	－	温度センサ 0 出力
1	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	**－**	**内部基準電圧出力（1.44V）**
上記以外						設定禁止	

注意　レジスタ設定方法の詳細については、RL78/G13 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 変換終了割り込みの設定

・割り込み要求フラグ・レジスタ（IF1H）
　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（MK1H）
　割り込み処理禁止

略号：IF1H

7	6	5	4	3	2	1	0
TMIF04	TMIF13	SRIF3 CSIIF31 IICIF31	STIF3 CSIIF30 IICIF30	KRIF	ITIIF	RTCIF	ADIF
x	x	x	x	x	x	x	**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

略号：MK1H

7	6	5	4	3	2	1	0
TMMK04	TMMK13	SRMK3 CSIMK31 IICMK31	STMK3 CSIMK30 IICMK30	KRMK	ITIMK	RTCMK	ADMK
x	x	x	x	x	x	x	**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**

注意　レジスタ設定方法の詳細については、RL78/G13 ユーザーズマニュアル ハードウェア編を参照してください。

5.7.6 メイン処理

図5.7 メイン処理 (1/2)および図5.8にメイン処理のフローチャートを示します。

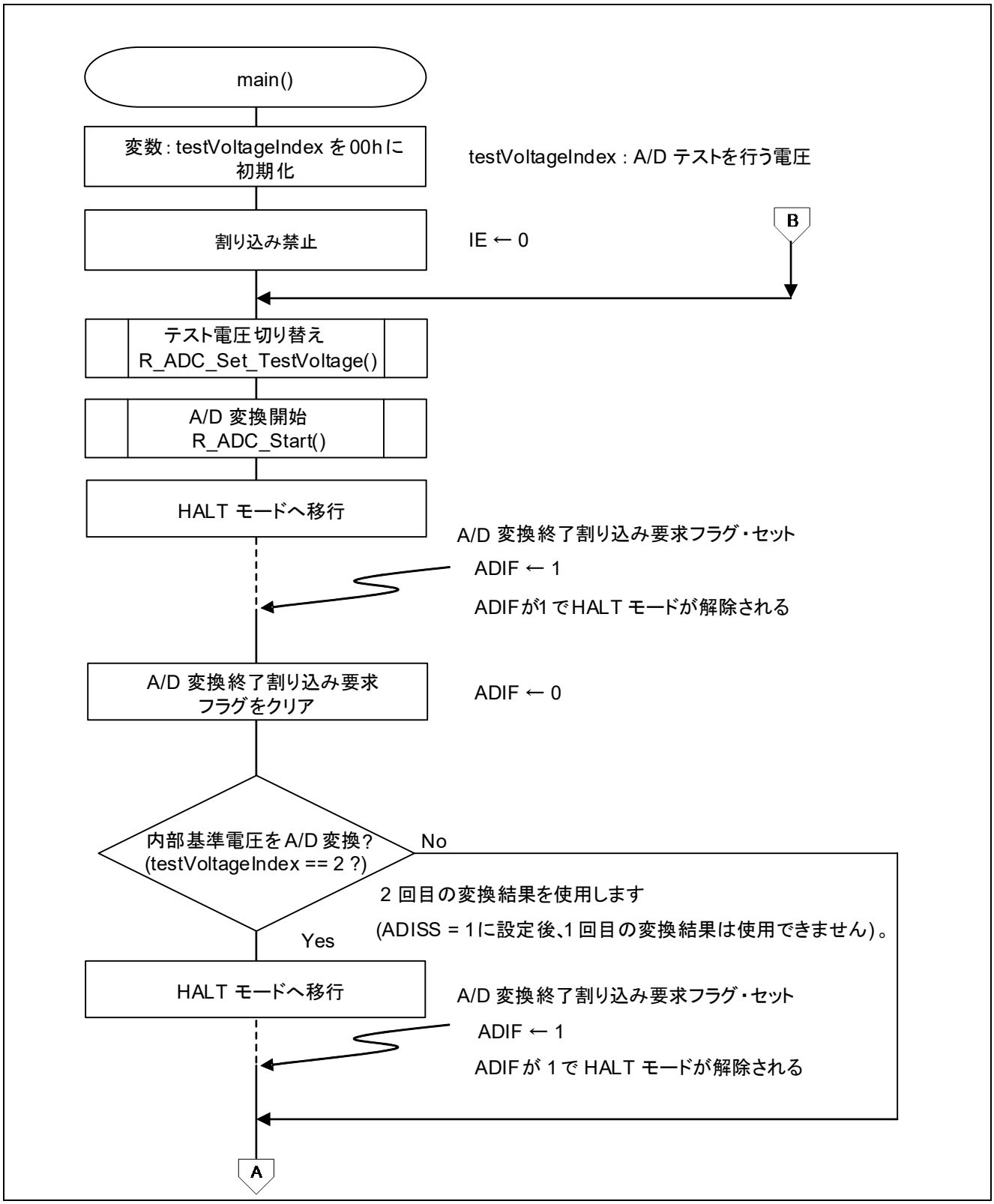


図 5.7 メイン処理 (1/2)

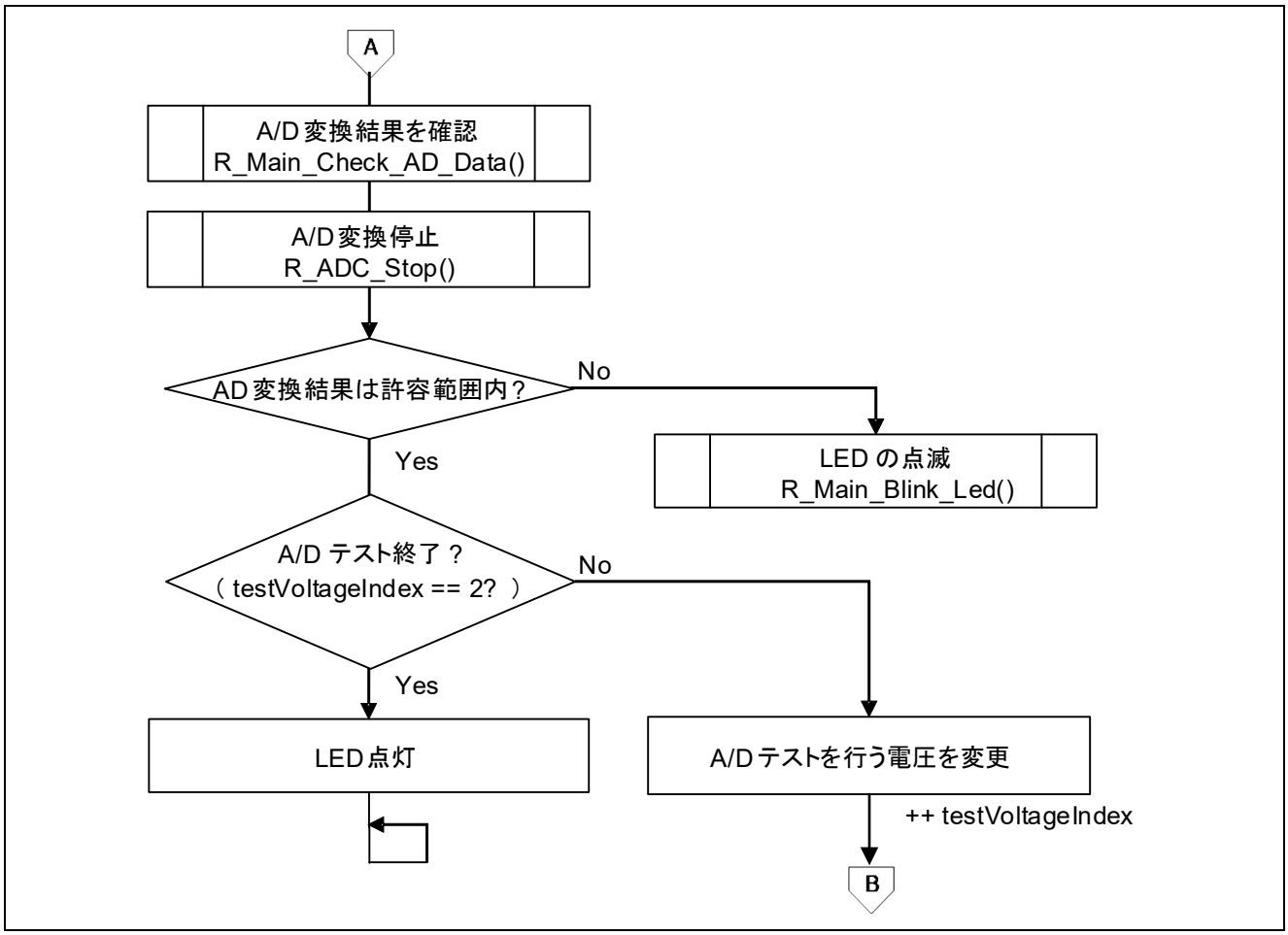

A
A/D変換結果を確認
R_Main_Check_AD_Data()
A/D変換停止
R_ADC_Stop()
AD変換結果は許容範囲内？
No
Yes
LEDの点滅
R_Main_Blink_Led()
A/D テスト終了？
（ testVoltageIndex == 2? ）
No
Yes
LED点灯
A/Dテストを行う電圧を変更
++ testVoltageIndex
B

図 5.8　メイン処理 (2/2)

5.7.7 テスト電圧設定

図5.9にテスト電圧設定のフローチャートを示します。

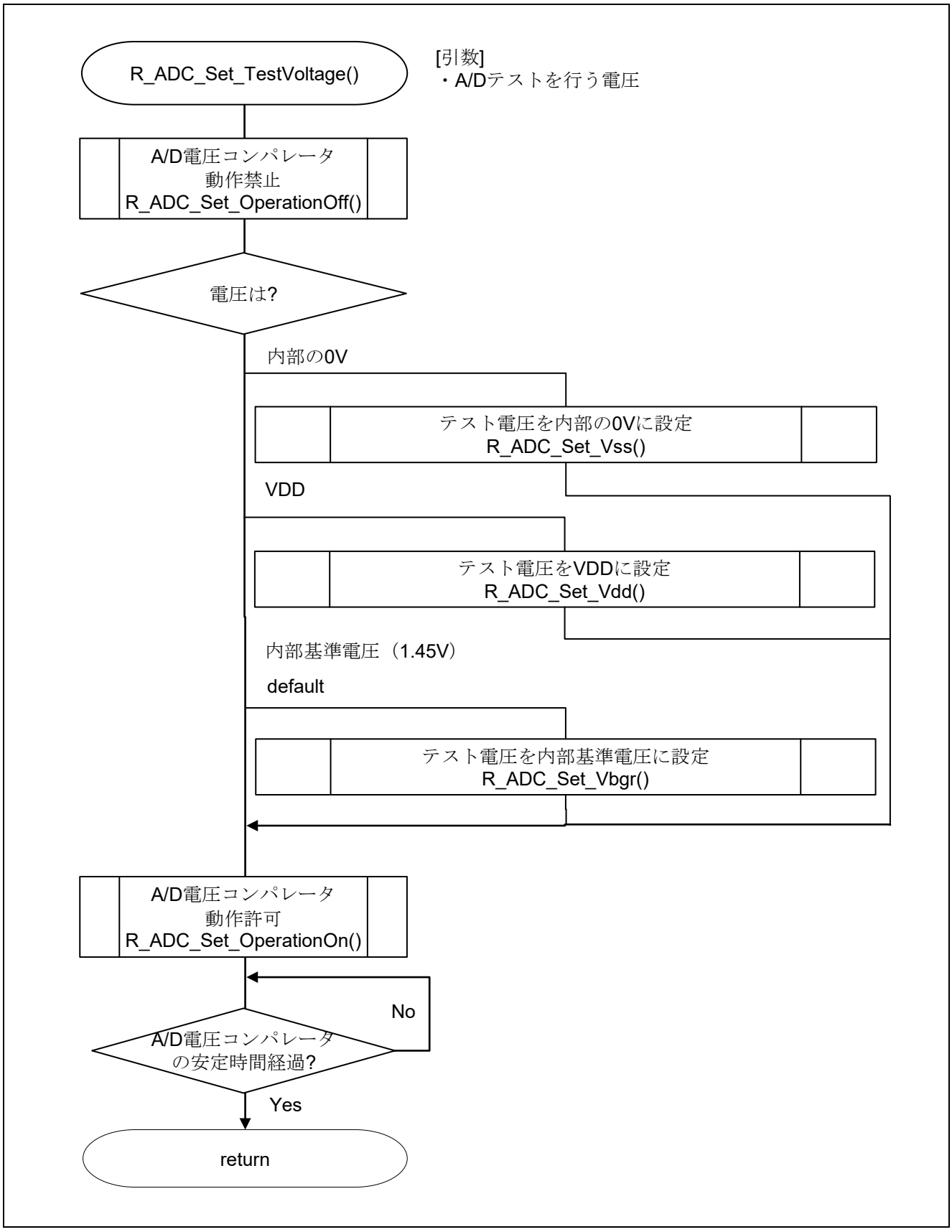


図 5.9 テスト電圧設定

5.7.8 テスト電圧を内部の 0V に設定

図5.10にテスト電圧を内部の0Vに設定のフローチャートを示します。

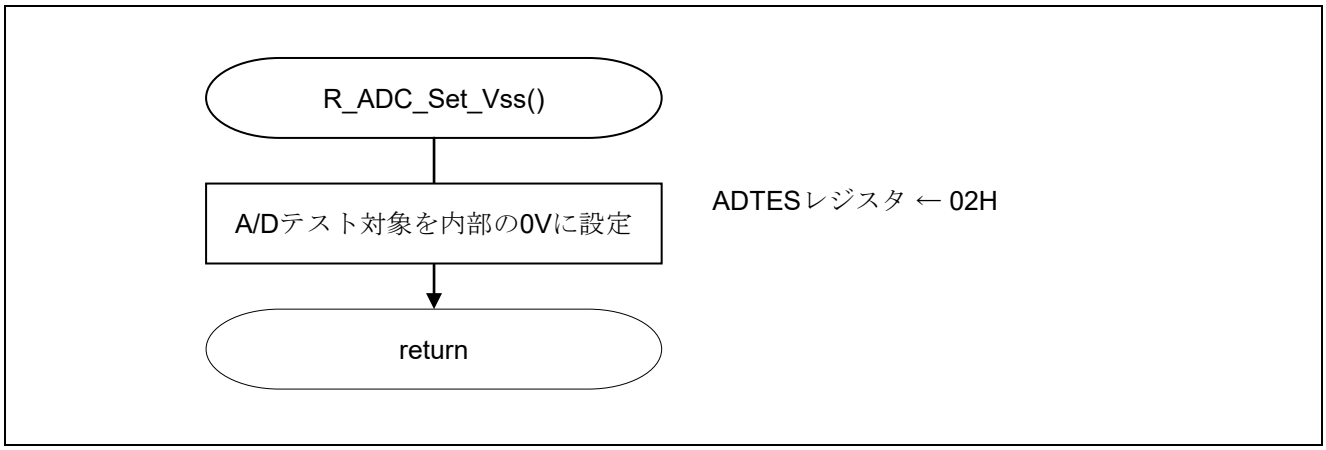


図 5.10 テスト電圧を内部の 0V に設定

AD 変換対象の設定

・A/D 変換対象を設定する。

略号：ADTES

7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	0	0	ADTES1	ADTES0
0	0	0	0	0	0	**1**	**0**

ビット１－０

ADTES1	ADTES0	A/D 変換対象
0	0	ANIxx （アナログ入力チャンネル指定レジスタ （ADS）で設定）
1	**0**	**AV_{RFFM}**
1	1	AV_{RFFP}

注意 レジスタ設定方法の詳細については、RL78/G13 ユーザーズマニュアル ハードウェア編を参照してください。

5.7.9 テスト電圧を VDD に設定

図5.11にテスト電圧をVDDに設定のフローチャートを示します。

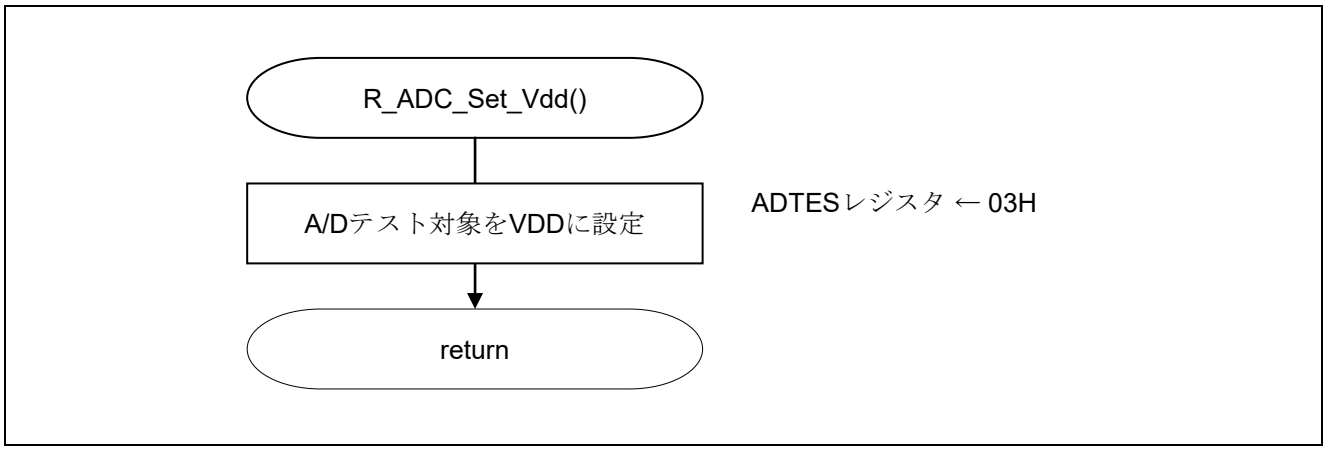


図 5.11 テスト電圧を VDD に設定

AD 変換対象の設定

・A/D 変換対象を設定する。

略号：ADTES

7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	0	0	ADTES1	ADTES0
0	0	0	0	0	0	**1**	**1**

ビット１－０

ADTES1	ADTES0	A/D 変換対象
0	0	ANIxx （アナログ入力チャンネル指定レジスタ （ADS）で設定）
1	0	AV_{RFFM}
1	**1**	**AV_{RFFP}**

注意 レジスタ設定方法の詳細については、RL78/G13 ユーザーズマニュアル ハードウェア編を参照してください。

5.7.10 テスト電圧を内部基準電圧に設定

図5.12にテスト電圧を内部基準電圧に設定のフローチャートを示します。

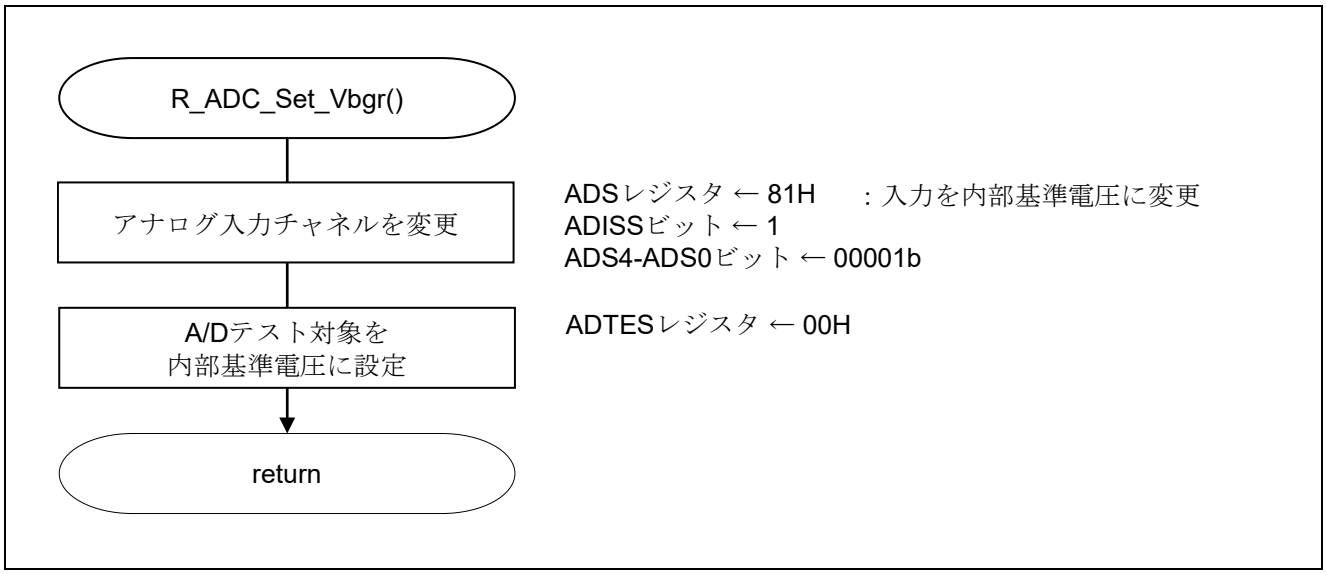


図 5.12 テスト電圧を内部基準電圧に設定

AD 変換対象の設定

・A/D 変換対象を設定する。

略号：ADTES

7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	0	0	ADTES1	ADTES0
0	0	0	0	0	0	**0**	**0**

ビット１－０

ADTES1	ADTES0	A/D 変換対象
0	**0**	**ANIxx （アナログ入力チャンネル指定レジスタ （ADS）で設定）**
1	0	AV_{RFFM}
1	1	AV_{RFFP}

注意 レジスタ設定方法の詳細については、RL78/G13 ユーザーズマニュアル ハードウェア編を参照してください。

5.7.11 A/D 電圧コンパレータ動作許可

図5.13にA/D電圧コンパレータ動作許可のフローチャートを示します。

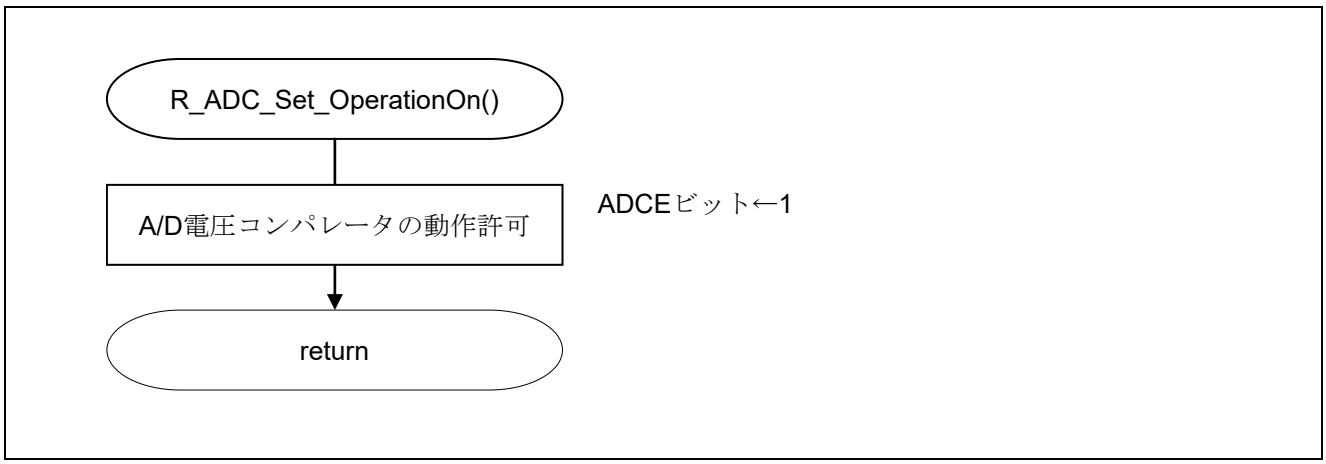


図 5.13 A/D 電圧コンパレータ動作許可

A/D 電圧コンパレータの動作開始

・A/D コンバータ・モード・レジスタ 0（ADM0）
A/D 電圧コンパレータの動作制御

略号：ADM0

7	6	5	4	3	2	1	0
ADCS	ADMD	FR2	FR1	FR0	LV1	LV0	ADCE
x	x	x	x	x	x	x	**1**

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/G13 ユーザーズマニュアル ハードウェア編を参照してください。

5.7.12 A/D 電圧コンパレータ動作禁止

図5.14にA/D電圧コンパレータ動作禁止のフローチャートを示します。

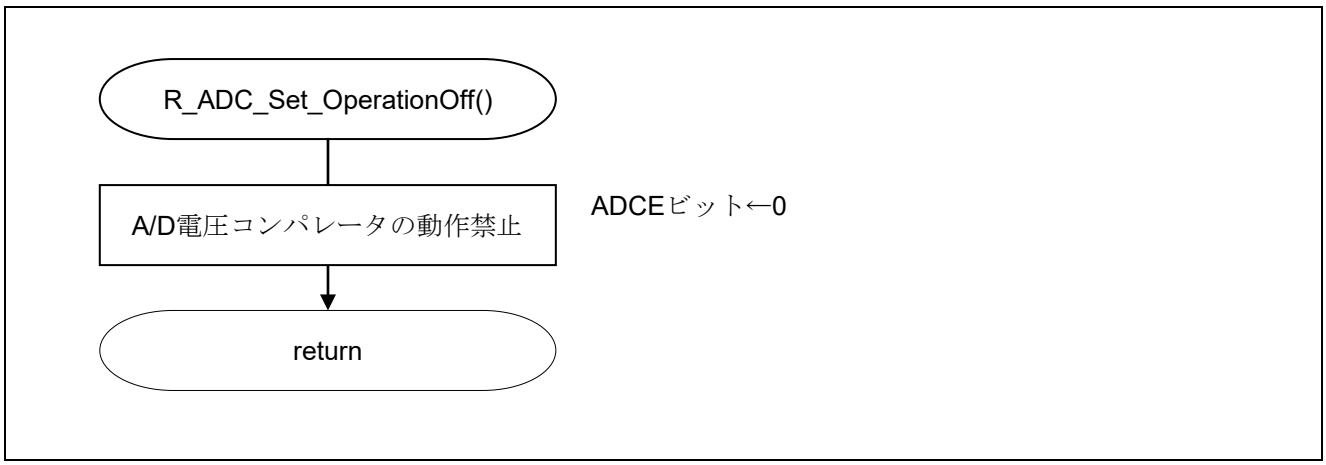


図 5.14 A/D 電圧コンパレータ動作禁止

5.7.13 A/D 変換開始

図5.15にA/D変換開始のフローチャートを示します。

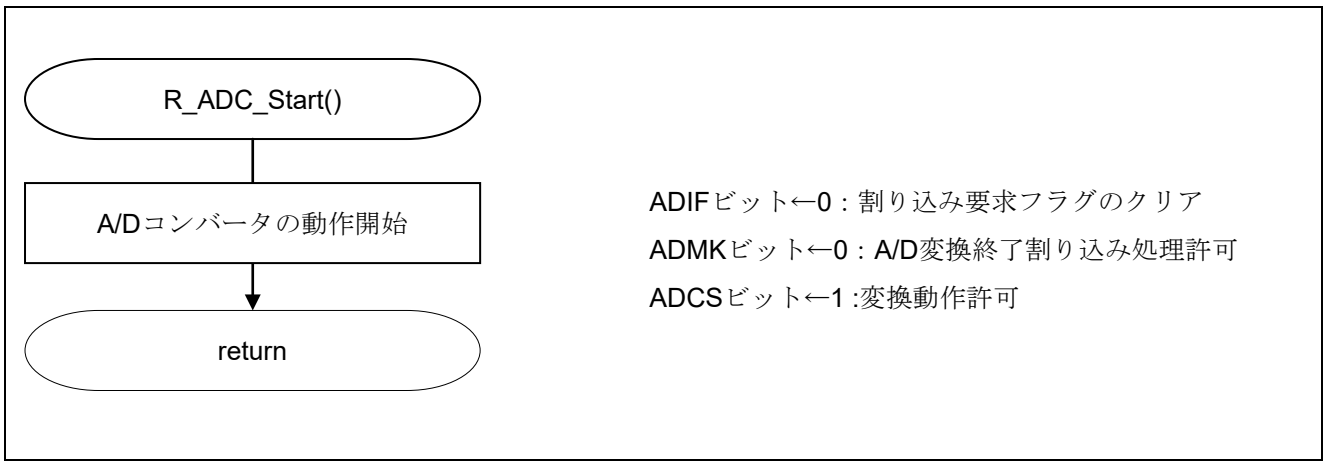


図 5.15 A/D 変換開始

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	ADMD	FR2	FR1	FR0	LV1	LV2	ADCE
1	x	x	x	x	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**

注意 レジスタ設定方法の詳細については、RL78/G13 ユーザーズマニュアル ハードウェア編を参照してください。

5.7.14 A/D 変換停止

図5.16にA/D変換停止のフローチャートを示します。

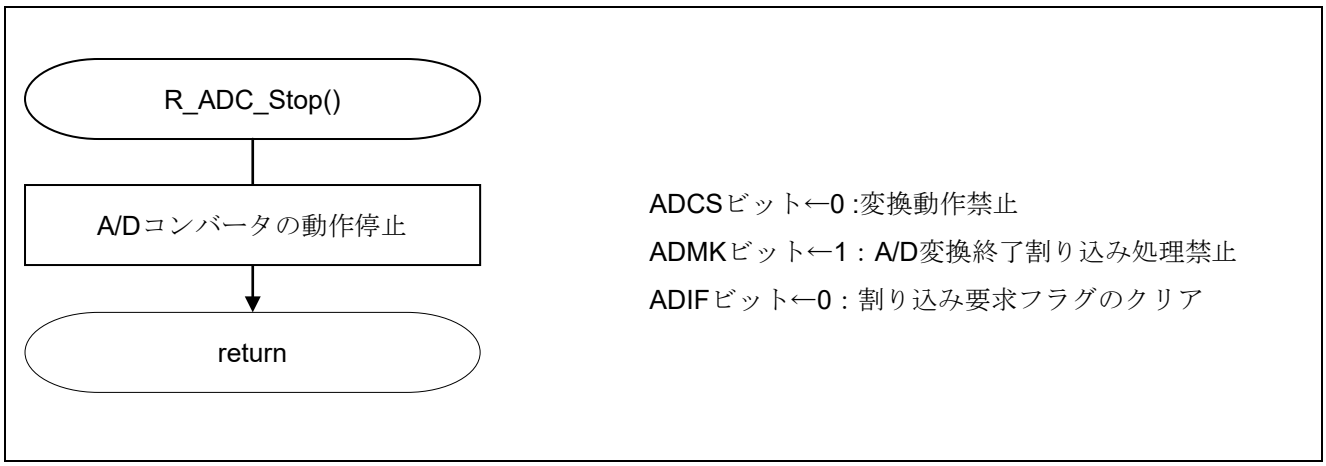


図 5.16 A/D 変換停止

5.7.15 A/D 変換結果確認

図5.17にA/D変換結果確認のフローチャートを示します。

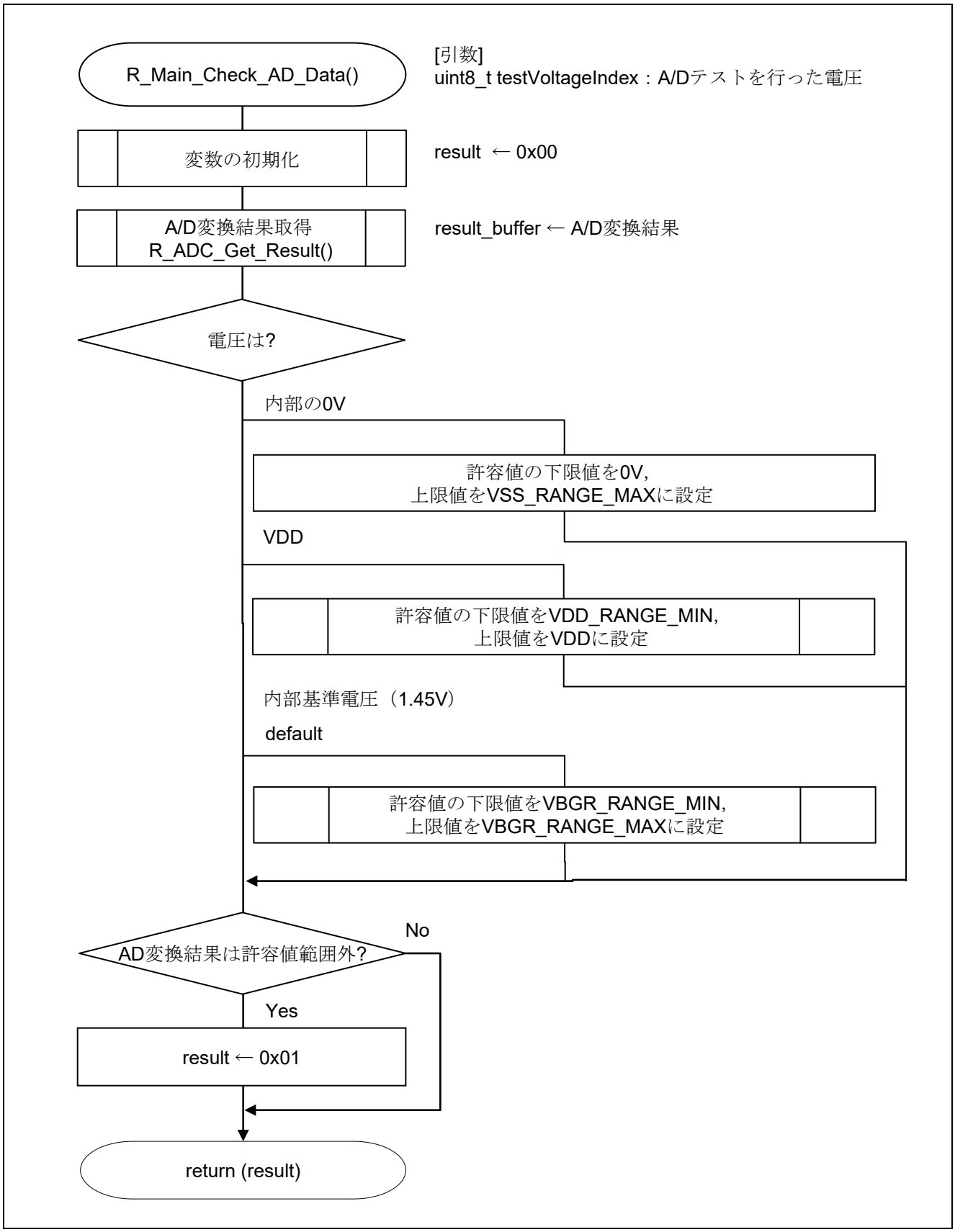


図 5.17 A/D 変換結果確認

5.7.16 A/D 変換結果取得

図5.18にA/D変換結果取得のフローチャートを示します。

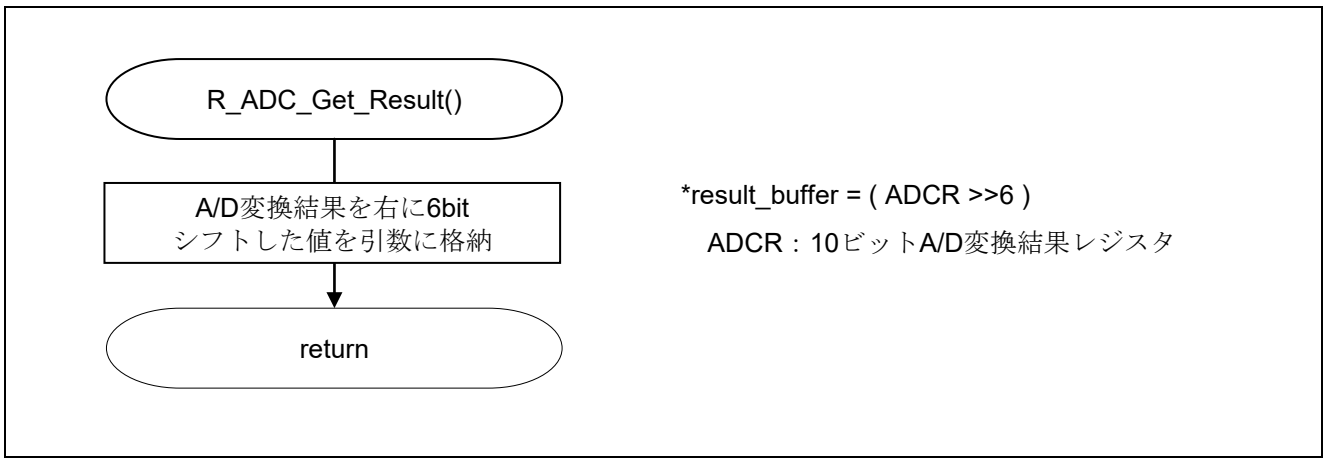


図 5.18 A/D 変換結果取得

5.7.17 LED 点滅

図5.19にLED点滅のフローチャートを示します。

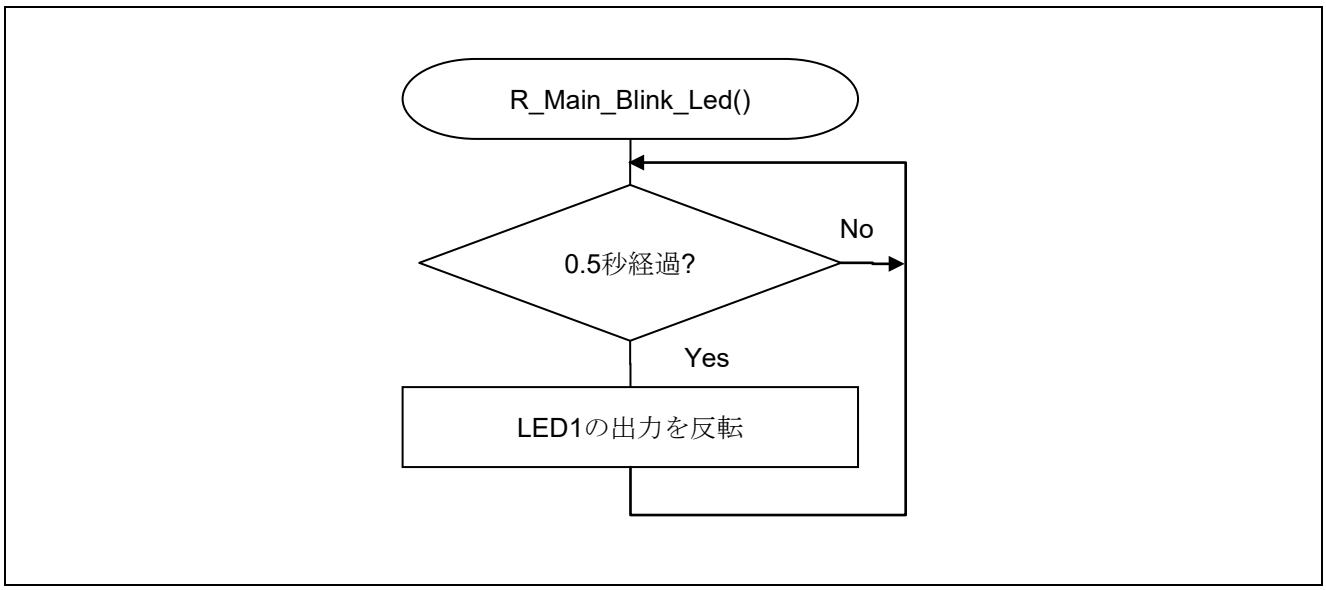


図 5.19 LED 点滅

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/G13 ユーザーズマニュアル ハードウェア編 Rev.1.00（R01UH0146J）

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/G13 安全機能（A/D テスト）

Rev.	発行日	改訂内容	
		ページ	ポイント
1.00	2021.06.02	—	初版発行
1.01	2021.06.02	4 29～30	動作確認条件を更新しました。 サンプルコードを更新しました。

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、本ドキュメントおよびテクニカルアップデートを参照してください。

1. 静電気対策
   CMOS 製品の取り扱いの際は静電気防止を心がけてください。CMOS 製品は強い静電気によってゲート絶縁破壊を生じることがあります。運搬や保存の際には、当社が出荷梱包に使用している導電性のトレーやマガジンケース、導電性の緩衝材、金属ケースなどを利用し、組み立て工程にはアースを施してください。プラスチック板上に放置したり、端子を触ったりしないでください。また、CMOS 製品を実装したボードについても同様の扱いをしてください。
2. 電源投入時の処置
   電源投入時は、製品の状態は不定です。電源投入時には、LSI の内部回路の状態は不確定であり、レジスタの設定や各端子の状態は不定です。外部リセット端子でリセットする製品の場合、電源投入からリセットが有効になるまでの期間、端子の状態は保証できません。同様に、内蔵パワーオンリセット機能を使用してリセットする製品の場合、電源投入からリセットのかかる一定電圧に達するまでの期間、端子の状態は保証できません。
3. 電源オフ時における入力信号
   当該製品の電源がオフ状態のときに、入力信号や入出力プルアップ電源を入れないでください。入力信号や入出力プルアップ電源からの電流注入により、誤動作を引き起こしたり、異常電流が流れ内部素子を劣化させたりする場合があります。資料中に「電源オフ時における入力信号」についての記載のある製品は、その内容を守ってください。
4. 未使用端子の処理
   未使用端子は、「未使用端子の処理」に従って処理してください。CMOS 製品の入力端子のインピーダンスは、一般に、ハイインピーダンスとなっています。未使用端子を開放状態で動作させると、誘導現象により、LSI 周辺のノイズが印加され、LSI 内部で貫通電流が流れたり、入力信号と認識されて誤動作を起こす恐れがあります。
5. クロックについて
   リセット時は、クロックが安定した後、リセットを解除してください。プログラム実行中のクロック切り替え時は、切り替え先クロックが安定した後に切り替えてください。リセット時、外部発振子（または外部発振回路）を用いたクロックで動作を開始するシステムでは、クロックが十分安定した後、リセットを解除してください。また、プログラムの途中で外部発振子（または外部発振回路）を用いたクロックに切り替える場合は、切り替え先のクロックが十分安定してから切り替えてください。
6. 入力端子の印加波形
   入力ノイズや反射波による波形歪みは誤動作の原因になりますので注意してください。CMOS 製品の入力がノイズなどに起因して、V_{IL}（Max.）から V_{IH}（Min.）までの領域にとどまるような場合は、誤動作を引き起こす恐れがあります。入力レベルが固定の場合はもちろん、V_{IL}（Max.）から V_{IH}（Min.）までの領域を通過する遷移期間中にチャタリングノイズなどが入らないように使用してください。
7. リザーブアドレス（予約領域）のアクセス禁止
   リザーブアドレス（予約領域）のアクセスを禁止します。アドレス領域には、将来の拡張機能用に割り付けられている リザーブアドレス（予約領域）があります。これらのアドレスをアクセスしたときの動作については、保証できませんので、アクセスしないようにしてください。
8. 製品間の相違について
   型名の異なる製品に変更する場合は、製品型名ごとにシステム評価試験を実施してください。同じグループのマイコンでも型名が違うと、フラッシュメモリ、レイアウトパターンの相違などにより、電気的特性の範囲で、特性値、動作マージン、ノイズ耐量、ノイズ幅射量などが異なる場合があります。型名が違う製品に変更する場合は、個々の製品ごとにシステム評価試験を実施してください。

ご注意書き

1. 本資料に記載された回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報は、半導体製品の動作例、応用例を説明するものです。回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報を使用する場合、お客様の責任において、お客様の機器・システムを設計ください。これらの使用に起因して生じた損害（お客様または第三者いずれに生じた損害も含みます。以下同じです。）に関し、当社は、一切その責任を負いません。
2. 当社製品または本資料に記載された製品データ、図、表、プログラム、アルゴリズム、応用回路例等の情報の使用に起因して発生した第三者の特許権、著作権その他の知的財産権に対する侵害またはこれらに関する紛争について、当社は、何らの保証を行うものではなく、また責任を負うものではありません。
3. 当社は、本資料に基づき当社または第三者の特許権、著作権その他の知的財産権を何ら許諾するものではありません。
4. 当社製品を組み込んだ製品の輸出入、製造、販売、利用、配布その他の行為を行うにあたり、第三者保有の技術の利用に関するライセンスが必要となる場合、当該ライセンス取得の判断および取得はお客様の責任において行ってください。
5. 当社製品を、全部または一部を問わず、改造、改変、複製、リバースエンジニアリング、その他、不適切に使用しないでください。かかる改造、改変、複製、リバースエンジニアリング等により生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
6. 当社は、当社製品の品質水準を「標準水準」および「高品質水準」に分類しており、各品質水準は、以下に示す用途に製品が使用されることを意図しております。

   標準水準：　コンピュータ、OA 機器、通信機器、計測機器、AV 機器、家電、工作機械、パーソナル機器、産業用ロボット等

   高品質水準：輸送機器（自動車、電車、船舶等）、交通制御（信号）、大規模通信機器、金融端末基幹システム、各種安全制御装置等

   当社製品は、データシート等により高信頼性、Harsh environment 向け製品と定義しているものを除き、直接生命・身体に危害を及ぼす可能性のある機器・システム（生命維持装置、人体に埋め込み使用するもの等）、もしくは多大な物的損害を発生させるおそれのある機器・システム（宇宙機器と、海底中継器、原子力制御システム、航空機制御システム、プラント基幹システム、軍事機器等）に使用されることを意図しておらず、これらの用途に使用することは想定していません。たとえ、当社が想定していない用途に当社製品を使用したことにより損害が生じても、当社は一切その責任を負いません。
7. あらゆる半導体製品は、外部攻撃からの安全性を 100%保証されているわけではありません。当社ハードウェア／ソフトウェア製品にはセキュリティ対策が組み込まれているものもありますが、これによって、当社は、セキュリティ脆弱性または侵害（当社製品または当社製品が使用されているシステムに対する不正アクセス・不正使用を含みますが、これに限りません。）から生じる責任を負うものではありません。当社は、当社製品または当社製品が使用されたあらゆるシステムが、不正な改変、攻撃、ウイルス、干渉、ハッキング、データの破壊または窃盗その他の不正な侵入行為（「脆弱性問題」といいます。）によって影響を受けないことを保証しません。当社は、脆弱性問題に起因しまたはこれに関連して生じた損害について、一切責任を負いません。また、法令において認められる限りにおいて、本資料および当社ハードウェア／ソフトウェア製品について、商品性および特定目的との合致に関する保証ならびに第三者の権利を侵害しないことの保証を含め、明示または黙示のいかなる保証も行いません。
8. 当社製品をご使用の際は、最新の製品情報（データシート、ユーザーズマニュアル、アプリケーションノート、信頼性ハンドブックに記載の「半導体デバイスの使用上の一般的な注意事項」等）をご確認の上、当社が指定する最大定格、動作電源電圧範囲、放熱特性、実装条件その他指定条件の範囲内でご使用ください。指定条件の範囲を超えて当社製品をご使用された場合の故障、誤動作の不具合および事故につきましては、当社は、一切その責任を負いません。
9. 当社は、当社製品の品質および信頼性の向上に努めていますが、半導体製品はある確率で故障が発生したり、使用条件によっては誤動作したりする場合があります。また、当社製品は、データシート等において高信頼性、Harsh environment 向け製品と定義しているものを除き、耐放射線設計を行っておりません。仮に当社製品の故障または誤動作が生じた場合であっても、人身事故、火災事故その他社会的損害等を生じさせないよう、お客様の責任において、冗長設計、延焼対策設計、誤動作防止設計等の安全設計およびエージング処理等、お客様の機器・システムとしての出荷保証を行ってください。特に、マイコンソフトウェアは、単独での検証は困難なため、お客様の機器・システムとしての安全検証をお客様の責任で行ってください。
10. 当社製品の環境適合性等の詳細につきましては、製品個別に必ず当社営業窓口までお問合せください。ご使用に際しては、特定の物質の含有・使用を規制する RoHS 指令等、適用される環境関連法令を十分調査のうえ、かかる法令に適合するようご使用ください。かかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関して、当社は、一切その責任を負いません。
11. 当社製品および技術を国内外の法令および規則により製造・使用・販売を禁止されている機器・システムに使用することはできません。当社製品および技術を輸出、販売または移転等する場合は、「外国為替及び外国貿易法」その他日本国および適用される外国の輸出管理関連法規を遵守し、それらの定めるところに従い必要な手続きを行ってください。
12. お客様が当社製品を第三者に転売等される場合には、事前に当該第三者に対して、本ご注意書き記載の諸条件を通知する責任を負うものといたします。
13. 本資料の全部または一部を当社の文書による事前の承諾を得ることなく転載または複製することを禁じます。
14. 本資料に記載されている内容または当社製品についてご不明な点がございましたら、当社の営業担当者までお問合せください。

注 1. 本資料において使用されている「当社」とは、ルネサス エレクトロニクス株式会社およびルネサス エレクトロニクス株式会社が直接的、間接的に支配する会社をいいます。

注 2. 本資料において使用されている「当社製品」とは、注 1 において定義された当社の開発、製造製品をいいます。

(Rev.5.0-1　2020.10)

本社所在地

〒135-0061 東京都江東区豊洲 3-2-24（豊洲フォレシア）

www.renesas.com

お問合せ窓口

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

www.renesas.com/contact/

商標について

ルネサスおよびルネサスロゴはルネサス エレクトロニクス株式会社の商標です。すべての商標および登録商標は、それぞれの所有者に帰属します。

© 2021 Renesas Electronics Corporation. All rights reserved.