
R8C/LA5A グループ

A/D コンバータ (内蔵温度センサの使い方)

R01AN1155JJ0100

Rev.1.00

2012.06.25

要旨

本アプリケーションノートでは、R8C/LA5A グループの A/D コンバータ内蔵温度センサを使用して温度を算出するプログラムについて説明します。

対象デバイス

R8C/LA5A グループ

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	5
3.	ハードウェア説明	6
3.1	参考回路	6
3.2	使用端子一覧	7
4.	ソフトウェア説明	8
4.1	動作概要	8
4.1.1	モードの説明	9
4.1.2	A/Dコンバータの設定(内蔵温度センサ出力電圧A/D変換時)	10
4.1.3	A/Dコンバータの設定(外部温度センサ出力電圧A/D変換時)	10
4.1.4	内蔵温度センサによる温度算出方法	12
4.2	必要メモリサイズ	12
4.3	定数一覧	13
4.4	構造体/共用体一覧	14
4.5	変数一覧	15
4.6	関数一覧	16
4.7	関数仕様	17
4.8	フローチャート	24
4.8.1	メイン処理	24
4.8.2	システムクロック設定処理	25
4.8.3	A/Dコンバータ初期設定処理	26
4.8.4	A/D変換結果取得処理	28
4.8.5	A/D平均値取得処理	30
4.8.6	内蔵温度センサ温度算出処理	31
4.8.7	外部温度センサ温度算出処理	32
4.8.8	A/D割り込み処理	33
5.	サンプルコード	34
6.	参考ドキュメント	34

1. 仕様

外部接続の温度センサ(以下、外部温度センサ)、及びマイコン内蔵の温度センサ(以下、内蔵温度センサ)を使用して温度を算出します。

外部温度センサによる温度は、外部温度センサ出力電圧のA/D変換結果と、表 4.1 外部温度センサ出力電圧の温度特性を使用し算出します。

内蔵温度センサによる温度は、内蔵温度センサ出力電圧のA/D変換結果と、予め測定しておいたA/D変換結果基準値と基準温度を使用し算出します。

表 1.1 に使用する周辺機能と用途、図 1.1 に機能ブロック図、図 1.2 にモードブロック図を示します。

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	外部温度センサ出力電圧、または内蔵温度センサ出力電圧のA/D変換
タイマRJ0	10ms周期割り込み
INT2割り込み	キャリブレーションモード切り替え
INT7割り込み	温度センサ切り替え
LCD駆動制御回路	モード、温度、A/D変換結果表示

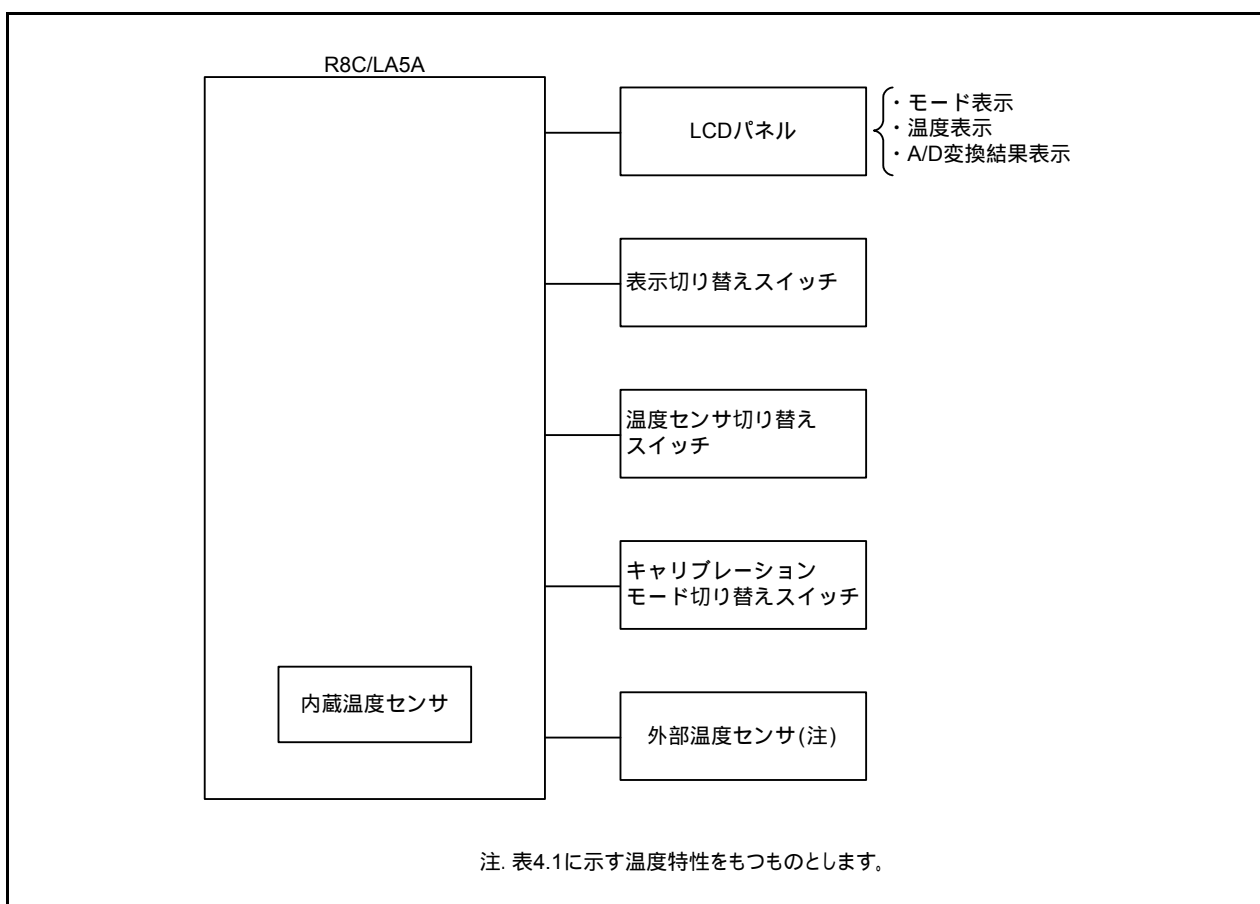


図 1.1 機能ブロック図

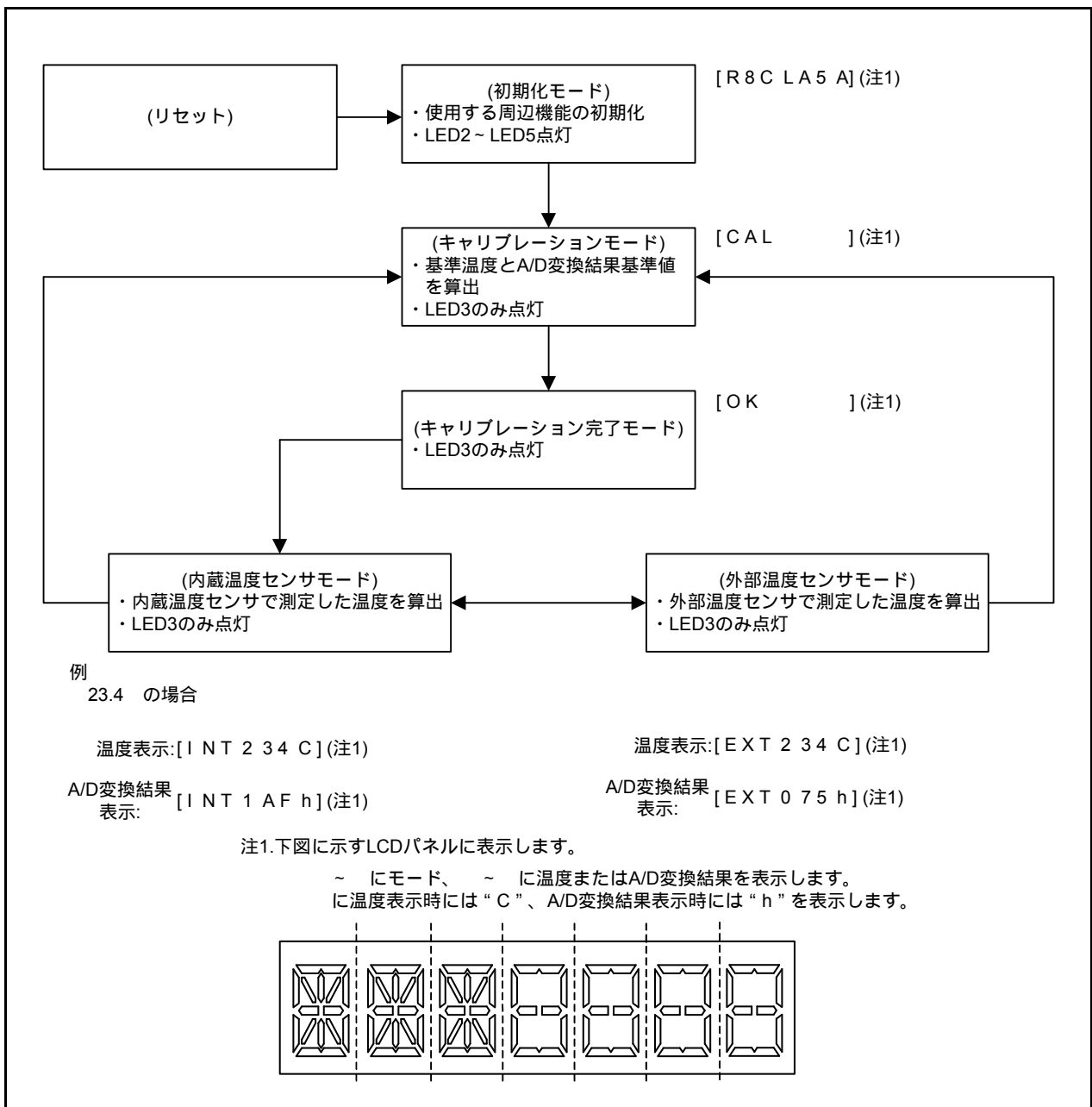


図 1.2 モードブロック図

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	R8C/LA5Aグループ
動作周波数	•XINクロック：8MHz •システムクロック：8MHz •CPUクロック：8MHz
動作電圧	5.0V(1.8V～5.5Vで動作可能です。)
統合開発環境	ルネサスエレクトロニクス製 High-performance Embedded Workshop Version 4.09
Cコンパイラ	ルネサスエレクトロニクス製 M16C Series, R8C Family C Compiler V.5.45 Release 01 コンパイルオプション -D__UART0__ -c -finfo -dir "\$(CONFIGDIR)" -R8C (総合開発環境のデフォルト設定を使用しています。)

3. ハードウェア説明

3.1 参考回路

図 3.1 に接続例を示します。

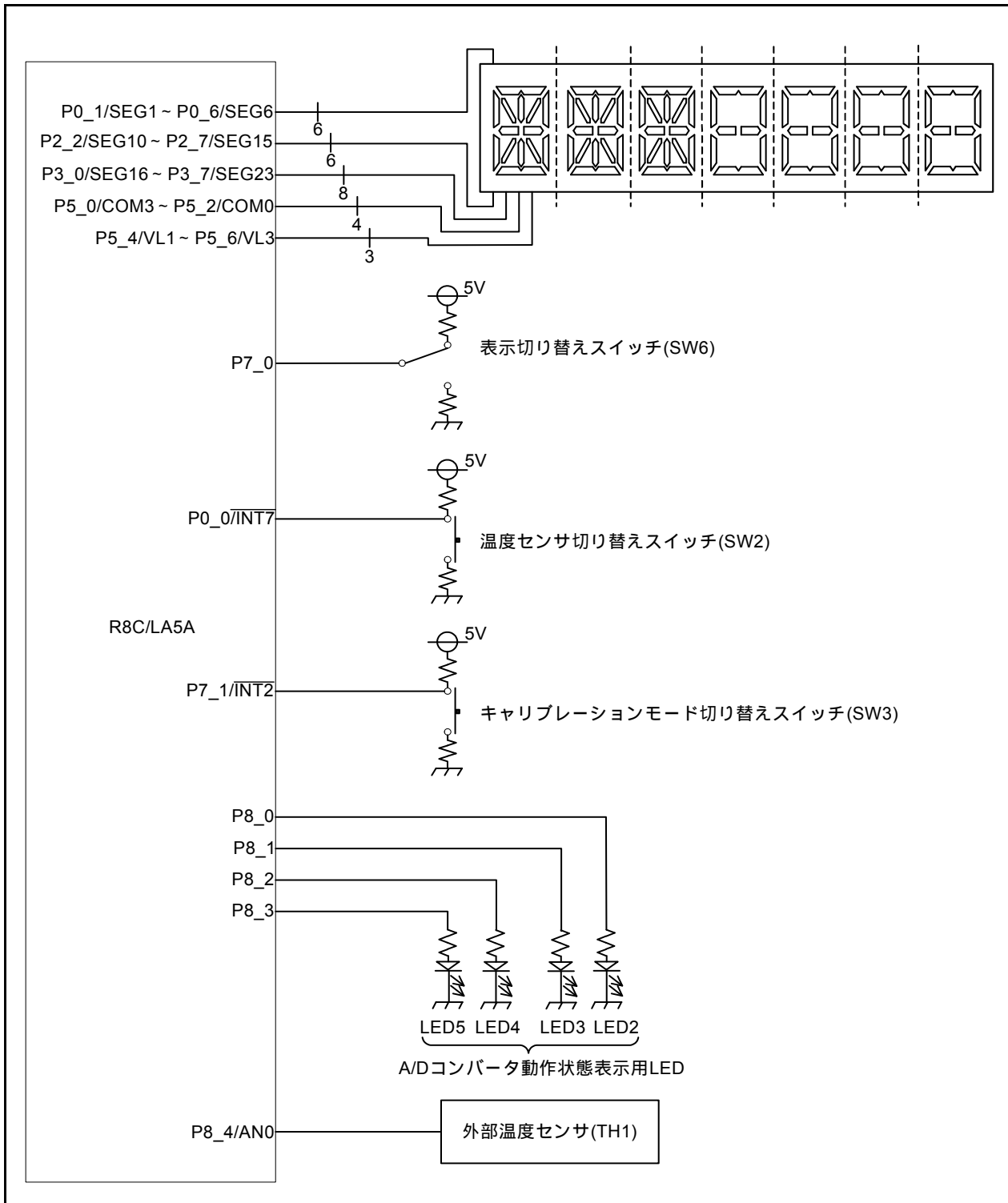


図 3.1 接続例

3.2 使用端子一覧

表 3.1 に使用端子と機能を示します。

表 3.1 使用端子と機能

端子名	入出力	内容
P0_1/SEG1 ~ P0_6/SEG6	出力	SEG出力(LCD表示)
P2_2/SEG10 ~ P2_7/SEG15	出力	SEG出力(LCD表示)
P3_0/SEG16 ~ P3_7/SEG23	出力	SEG出力(LCD表示)
P5_0/COM3 ~ P5_3/COM0	出力	COM出力(LCD表示)
P5_4/VL1 ~ P5_6/VL3	入力	VL入力(LCD表示)
P7_0	入力	表示切り替えスイッチ入力(SW6)
P0_0/ $\overline{\text{INT7}}$	入力	温度センサ切り替えスイッチ入力(SW2)
P7_1/ $\overline{\text{INT2}}$	入力	キャリブレーションモード切り替えスイッチ入力(SW3)
P8_0	出力	LED2出力
P8_1	出力	LED3出力
P8_2	出力	LED4出力
P8_3	出力	LED5出力
P8_4/AN0	入力	外部温度センサからのアナログ電圧入力(TH1)

4. ソフトウェア説明

4.1 動作概要

本ソフトウェアは図 4.1 のモード遷移図に示す様に「初期化モード」、「キャリブレーションモード」、「キャリブレーション完了モード」、「内蔵温度センサモード」、「外部温度センサモード」の5つのモードで構成されています。

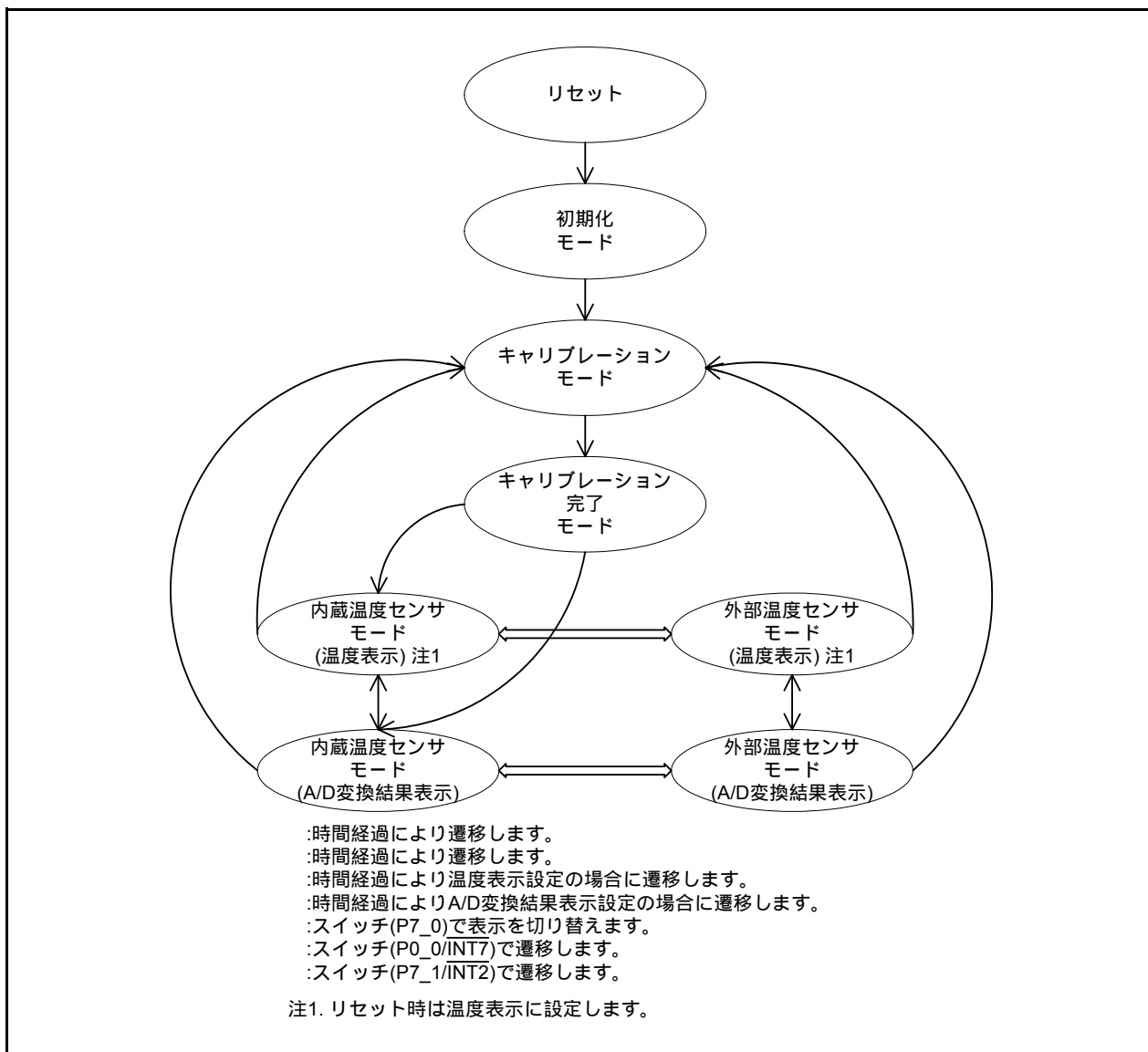


図 4.1 モード遷移図

4.1.1 モードの説明

<初期化モード>

- リセットスタート後、周辺機能の初期設定を行い、本アプリケーションノートの対象デバイス名“R8CLA5A”をLCDに2秒間表示します。
- LED2～LED5が点灯します。

<キャリブレーションモード>

- LED3のみ点灯します。
- 外部温度センサの出力電圧のA/D変換と内蔵温度センサの出力電圧のA/D変換をそれぞれ1回行います。
- 外部温度センサの出力電圧のA/D変換結果と、表 4.1 外部温度センサ出力電圧の温度特性より温度を算出し、基準温度として保持します。
- 内蔵温度センサ出力電圧のA/D変換結果をA/D変換結果基準値として保持します。

<キャリブレーション完了モード>

- LED3のみ点灯します。
- LCDに2秒間“OK”を表示します。

<内蔵温度センサモード>

- 内蔵温度センサ出力電圧のA/D変換を1秒周期で行います。
- 内蔵温度センサ出力電圧のA/D変換結果とA/D変換結果基準値、基準温度から、温度を算出します。
(8回分のA/D変換結果から最大値・最小値を差し引いた6回分の平均値を算出し、内蔵温度センサ出力電圧のA/D変換結果として使用します。)
- LCDに“INT”と、温度またはA/D変換結果を表示をします。(スイッチで温度表示とA/D変換結果表示を切り替えます。)
- LED3を点灯します。また、マイナス温度を表示する場合はLED5も点灯します。

<外部温度センサモード>

- 外部温度センサの出力電圧のA/D変換を1秒周期で行います。
- 外部温度センサ出力電圧のA/D変換結果と、表 4.1 外部温度センサ出力電圧の温度特性より温度を算出します。
(8回分のA/D変換結果から最大値・最小値を差し引いた6回分の平均値を算出し、外部温度センサ出力電圧のA/D変換結果として使用します。)
- LCDに“EXT”と、温度またはA/D変換結果を表示をします。(スイッチで温度表示とA/D変換結果表示を切り替えます。)
- LED3を点灯します。また、マイナス温度を表示する場合はLED5も点灯します。

4.1.2 A/Dコンバータの設定(内蔵温度センサ出力電圧A/D変換時)

内蔵温度センサ出力電圧をA/D変換する時のA/Dコンバータの設定を以下に示します。

<設定>

- A/Dコンバータを繰り返しモード1で使用します。
- 分解能は10ビットを使用します。
- fADのクロック源はf1を使用します。
- 動作クロック ϕ_{AD} はfADの8分周を使用します。
- A/D変換開始条件はソフトウェアトリガを使用します。
- ゲインアンプはゲイン4を使用します。
- A/D断線検出アシスト機能は禁止にします。

4.1.3 A/Dコンバータの設定(外部温度センサ出力電圧A/D変換時)

外部温度センサ出力電圧をA/D変換する時のA/Dコンバータの設定を以下に示します。

<設定>

- 外部温度センサ出力電圧のアナログ入力はP8_4/AN0端子を使用します。
- A/Dコンバータを繰り返しモード1で使用します。
- 分解能は10ビットを使用します。
- fADのクロック源はf1を使用します。
- 動作クロック ϕ_{AD} はfADの8分周を使用します。
- A/D変換開始条件はソフトウェアトリガを使用します。
- ゲインアンプはゲイン1を使用します。
- A/D断線検出アシスト機能は禁止にします。

表 4.1に本アプリケーションノートで使用した外部温度センサ出力電圧の温度特性を示します。

表 4.1 外部温度センサ出力電圧の温度特性

温度()	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11
A/D値(HEX)	1A	1B	1D	1E	20	22	23	25	27	29
温度()	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1
A/D値(HEX)	2B	2D	2F	31	34	36	38	3B	3E	40
温度()	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A/D値(HEX)	43	46	49	4C	4F	53	56	5A	5D	61
温度()	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
A/D値(HEX)	65	69	6D	71	75	79	7E	82	87	8B
温度()	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
A/D値(HEX)	90	95	9A	9F	A5	AA	AF	B5	BB	C0
温度()	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
A/D値(HEX)	C6	CC	D2	D8	DF	E5	EB	F2	F8	FF
温度()	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
A/D値(HEX)	105	10C	113	11A	121	128	12F	136	13D	144
温度()	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
A/D値(HEX)	14C	153	15A	162	169	170	178	17F	187	18E
温度()	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69
A/D値(HEX)	196	19D	1A4	1AC	1B3	1BB	1C2	1CA	1D1	1D8
温度()	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79
A/D値(HEX)	1E0	1E7	1EE	1F5	1FD	204	20B	212	219	220
温度()	80	81	82	83	84	85				
A/D値(HEX)	227	22E	235	23B	242	249				

4.1.4 内蔵温度センサによる温度算出方法

内蔵温度センサ出力電圧のA/D変換結果より、温度を算出する方法を以下に記載します。

<キャリブレーションモード>

- (1) 外部温度センサ出力電圧をA/D変換し、その結果と表 4.1 外部温度センサ出力電圧の温度特性を使用して温度を算出し、基準温度(EXT_TEMP_BASE)として保持します。
- (2) 内蔵温度センサ出力電圧をA/D変換し、A/D変換結果をA/D変換結果基準値(INT_AD_BASE)として保持します。

<内蔵温度センサモード>

- (3) 内蔵温度センサ出力電圧をA/D変換し、A/D変換結果(INT_AD_VALUE)を取得します。
- (4) A/D変換結果基準値(INT_AD_BASE)とA/D変換結果(INT_AD_VALUE)を使用し、出力電圧の差(INT_VOL_DIF)を算出します。

$$V_{ref} / 1023 = 4.88\text{mV/ビット}$$

(Vref: A/Dコンバータ基準電圧(5000mV)、A/D分解能: 10ビット)

$$\begin{aligned} \text{INT_VOL_DIF} &= (\text{INT_AD_BASE} - \text{INT_AD_VALUE}) \times (V_{ref} / 1023) \\ &= (\text{INT_AD_BASE} - \text{INT_AD_VALUE}) \times (4.88\text{mV/ビット}) \end{aligned}$$

- (5) 出力電圧の差(INT_VOL_DIF)と内蔵温度センサ出力電圧温度係数(TEMP_C = -2.1mV/)より、基準温度との温度差(TEMP_DIF)を求めます。基準温度(EXT_TEMP_BASE)と、基準温度との温度差(TEMP_DIF)を使用し温度(INT_TEMP_VALUE)を算出します。

$$\text{ゲイン4選択時の内蔵温度センサ出力電圧温度係数} = -2.1\text{mV/} \times 4(\text{ゲイン4}) = -8.4\text{mV/}$$

$$\begin{aligned} \text{TEMP_DIF} &= (\text{INT_VOL_DIF} / -8.4\text{mV/}) \\ \text{INT_TEMP_VALUE} &= \text{EXT_TEMP_BASE} - \text{TEMP_DIF} \end{aligned}$$

(* 内蔵温度センサ出力電圧温度係数はマニュアル記載)

4.2 必要メモリサイズ

表 4.2に必要メモリサイズを示します。

表 4.2 必要メモリサイズ

使用メモリ	サイズ	備考
ROM	3685バイト	r01an1155_src.cモジュール内
RAM	38バイト	r01an1155_src.cモジュール内
最大使用ユーザスタック	38バイト	
最大使用割り込みスタック	20バイト	

必要メモリサイズはCコンパイラのバージョンやコンパイルオプションにより異なります。

4.3 定数一覧

表 4.3 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
TEMP_minus20	-200	-20
TEMP_85	850	85
EXT_TBL_SIZE	106	外部温度センサ温度特性データテーブルのサイズ
TEMP_2_1mv	-84	内蔵温度センサ出力電圧温度係数(ゲイン4)
VOLT_VAL_AD1bit	488	A/D値1ビット単位の電圧値
CALIB	0	キャリブレーションモード
CALIB_COMP	1	キャリブレーション完了モード
INT_TEMP_SENRSR	2	内蔵温度センサモード
EXT_TEMP_SENRSR	3	外部温度センサモード
INITIAL	255	初期化モード
AD_INT_TEMP_SENRSR	0	A/Dコンバータ内蔵温度センサモード
AD_EXT_TEMP_SENRSR	1	A/Dコンバータ外部温度センサモード
TEMP_DSP	0	LCD温度表示モード
OK_CHNG	1	LCD表示モード切り替え可能
NO_CHNG	0	LCD表示モード切り替え不可
SLIDE_SW1	P7_0	スライドスイッチ入力(表示切り替えスイッチ)
SLIDE_SW1_D	PD7_0	スライドスイッチ入出力ビット
LED2	P8_0	LED2出力
LED2_D	PD8_0	LED2入出力ビット
LED3	P8_1	LED3出力
LED3_D	PD8_1	LED3入出力ビット
LED4	P8_2	LED4出力
LED4_D	PD8_2	LED4入出力ビット
LED5	P8_3	LED5出力
LED5_D	PD8_3	LED5入出力ビット
SW_ON	1	スイッチ入力ON
SW_OFF	0	スイッチ入力OFF
TM_1sec	100	1秒カウンタ値
TM_2sec	200	2秒カウンタ値
NUM0_ADDRESS	LRA20L	LCDフルセグメント部3桁目表示レジスタアドレス
NUM1_ADDRESS	LRA16L	LCDフルセグメント部2桁目表示レジスタアドレス
NUM2_ADDRESS	LRA12L	LCDフルセグメント部1桁目表示レジスタアドレス
NUM3_ADDRESS	LRA10L	LCD7セグメント部4桁目表示レジスタアドレス
NUM4_ADDRESS	LRA5L	LCD7セグメント部3桁目表示レジスタアドレス
NUM5_ADDRESS	LRA3L	LCD7セグメント部2桁目表示レジスタアドレス
NUM6_ADDRESS	LRA1L	LCD7セグメント部1桁目表示レジスタアドレス

4.4 構造体/共用体一覧

図 4.2 にサンプルコードで使用する構造体/共用体を示します。

```
typedef union
struct{
    unsigned char First :8;
    unsigned char Second :8;
    unsigned char Third :8;
    unsigned char Fourth :8;
}data;
long int All;
}LONG_INT;

typedef union{
    struct{
        unsigned char First :4;
        unsigned char Second :4;
        unsigned char Third :4;
        unsigned char Fourth :4;
    }data;
    unsigned short All;
}DATA;

typedef union{
    struct{
        unsigned char Low :8;
        unsigned char High :8;
    }data;
    unsigned short All;
}DATA16;

typedef struct{
    signed long temp;
    unsigned short ad_val;
}EXT_TMP;

typedef union{
    struct{
        unsigned char b0 :1;
        unsigned char b1 :1;
        unsigned char b2 :1;
        unsigned char b3 :1;
        unsigned char b4 :1;
        unsigned char b5 :1;
        unsigned char b6 :1;
        unsigned char b7 :1;
    }bit;
    unsigned char All;
}FLAG;
```

図 4.2 サンプルコードで使用する構造体/共用体

4.5 変数一覧

表 4.4にグローバル変数を、表 4.5にstatic型変数を示します。

表 4.4 グローバル変数

型	変数名	内容	使用関数
unsigned char	proc_mode	処理モード	ad_init、mode_proc、 ad_value_get、 delay_proc、lcd_dsp、 lcd_dsp_chg_sw、 int7_interrupt、 trj0_interrupt
unsigned char	req_mode	要求処理モード	mode_proc、 delay_proc、 int2_interrupt、 int7_interrupt、 trj0_interrupt
unsigned char	int_temp_dsp_mode	内蔵温度センサ表示モード	lcd_dsp、int7_interrupt
unsigned char	ext_temp_dsp_mode	外部温度センサ表示モード	lcd_dsp、int7_interrupt
unsigned char	ad_conv_mode	A/D変換モード	ad_init、mode_proc、 ad_value_get
unsigned char	counter_1sec	1秒カウンタ	mode_proc、 trj0_interrupt
FLAG	flags	flg_adc : A/D変換終了フラグ minus_temp : マイナス温度状態	mode_proc、 ad_value_get、 ad_interrupt
DATA16	int_AD_val	内蔵温度センサ出力電圧のA/D変換結果	ad_value_get、 calib_correct、 calib_int_temp
DATA16	ext_AD_val	外部温度センサ出力電圧のA/D変換結果	ad_value_get、 calib_ext_temp
DATA16	int_AD_base_val	A/D変換結果基準値	ad_value_get、 calib_int_temp
unsigned short	wait_counter	待機カウンタ	mode_proc、 ad_value_get、 delay_proc
int	int_temp_value	内蔵温度センサ温度値	ad_value_get、 calib_int_temp
int	ext_temp_value	外部温度センサ温度値	ad_value_get、 calib_correct、 calib_ext_temp
int	ext_temp_base	外部温度センサ基準温度	ad_value_get、 calib_int_temp
unsigned short	ad_buf[8]	A/D変換結果取得用バッファ	ad_average_get、 ad_interrupt

表 4.5 static型変数

型	変数名	内容	使用関数
static unsigned char	last_sw	前回のスイッチ入力	lcd_dsp_chg_sw

4.6 関数一覧

表 4.6に関数を示します。

表 4.6 関数

関数名	概要
mcu_init	システムクロック設定処理
port_init	ポート設定処理(注1)
int2_init	INT2割り込み初期設定処理(注1)
int7_init	INT7割り込み初期設定処理(注1)
lcd_init	LCD駆動制御設定処理(注1)
timer_rj0_init	タイマRJ0初期設定処理(注1)
ad_init	A/Dコンバータ初期設定処理
initial_wait	初期化待機処理(注1)
mode_proc	モード処理(注1)
ad_value_get	A/D変換結果取得処理
ad_average_get	A/D平均値取得処理
calib_int_temp	内蔵温度センサ温度算出処理
calib_ext_temp	外部温度センサ温度算出処理
lcd_conv_temp	LCD表示用温度データ変換処理(注1)
Bin2Bcd	バイナリ BCD変換処理(注1)
lcd_dsp	LCD表示処理(注1)
lcd_dsp_chg_sw	表示切り替えスイッチ処理(注1)
lcd_full_seg	LCDフルセグメント部表示処理(注1)
lcd_7seg	LCD7セグメント部表示処理(注1)
delay_proc	モード遷移遅延処理(注1)
int2_interrupt	INT2割り込み処理(注1)
int7_interrupt	INT7割り込み処理(注1)
ad_interrupt	A/D割り込み処理
trj0_interrupt	タイマRJ0割り込み処理(注1)

注1. フローチャートは省略します。

4.7 関数仕様

サンプルコードの関数仕様を示します。

 mcu_init

概要	システムクロック設定処理
ヘッダ	なし
宣言	void mcu_init(void)
説明	CPUクロック、システムクロックで使用するXINクロック(分周なしモード)の設定を行います。
引数	なし
リターン値	なし
備考	—

 port_init

概要	ポート設定処理
ヘッダ	なし
宣言	void port_init(void)
説明	アナログ入力電圧用端子、A/Dコンバータ動作状態表示用LED端子の設定を行います。
引数	なし
リターン値	なし
備考	フローチャートは省略します。

 int2_init

概要	INT2割り込み初期設定処理
ヘッダ	なし
宣言	void int2_init(void)
説明	キャリブレーションモード切り替えスイッチの入力検出用に、INT2割り込みの初期設定を行います。 < INT2端子設定 > 割り当て端子：P7_1 有効エッジ：立ち下がりエッジ INT入力フィルタ：フィルタあり、f8でサンプリング
引数	なし
リターン値	なし
備考	フローチャートは省略します。

int7_init

概要	INT7割り込み初期設定処理
ヘッダ	なし
宣言	void int7_init(void)
説明	温度センサ切り替えスイッチの入力検出用に、INT7割り込みの初期設定を行います。 < INT7端子設定 > 割り当て端子：P0_0 有効エッジ：立ち下がりエッジ INT入力フィルタ：フィルタあり、f8でサンプリング
引数	なし
リターン値	なし
備考	フローチャートは省略します。

lcd_init

概要	LCD駆動制御設定処理
ヘッダ	なし
宣言	void lcd_init(void)
説明	LCD表示用にLCD駆動制御回路の設定を行います。また、初期化モードとして"R8CLA5A"をLCDに表示します。 < LCD駆動制御回路設定 > LCDクロックソース分周比：16分周 LCDクロックソース：f32 デューティ：1/4 バイアス：1/3
引数	なし
リターン値	なし
備考	フローチャートは省略します。

timer_rj0_init

概要	タイマRJ0初期設定処理
ヘッダ	なし
宣言	void timer_rj0_init(void)
説明	初期化モードの、LCD表示時間カウント用にタイマRJ0をタイマモードに設定します。 < タイマRJ0設定 > カウントソース：f8 アンダフロー周期：10ms = {1 / (8MHz / 8)} × 10000
引数	なし
リターン値	なし
備考	フローチャートは省略します。

ad_init

概要	A/Dコンバータ初期設定処理
ヘッダ	なし
宣言	void ad_init(void)
説明	繰り返しモード1を使用して、アナログ入力電圧または内蔵温度センサ出力電圧をA/D変換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	—

initial_wait

概要	初期化待機処理
ヘッダ	なし
宣言	void initial_wait(void)
説明	LCDへの初期化モード表示用に、タイマRJ0を使用して2秒間待機します。
引数	なし
リターン値	なし
備考	フローチャートは省略します。

mode_proc

概要	モード処理
ヘッダ	なし
宣言	void mode_proc(void)
説明	モード切り替わり時の処理を行います。
引数	なし
リターン値	なし
備考	フローチャートは省略します。

ad_value_get

概要	A/D変換結果取得処理
ヘッダ	なし
宣言	void ad_value_get(void)
説明	キャリブレーションモードでは、基準温度とA/D変換結果基準値を取得し保持します。 内蔵温度センサモードでは、内蔵温度センサ出力電圧のA/D変換結果と、温度を取得します。 外部温度センサモードでは、外部温度センサ出力電圧のA/D変換結果と、温度を取得します。
引数	なし
リターン値	なし
備考	—

ad_average_get

概要	A/D 平均値取得処理
ヘッダ	なし
宣言	unsigned int ad_average_get(void)
説明	8回分のA/D変換結果から最大値・最小値を差し引いた6回分の平均値を求めます。
引数	なし
リターン値	ret_val
備考	—

calib_int_temp

概要	内蔵温度センサ温度算出処理
ヘッダ	なし
宣言	void calib_int_temp(void)
説明	内蔵温度センサ出力電圧のA/D変換結果とA/D変換基準値、基準温度を使用して温度を算出します。
引数	なし
リターン値	ret_temp
備考	—

calib_ext_temp

概要	外部温度センサ温度算出処理
ヘッダ	なし
宣言	void calib_ext_temp(void)
説明	外部温度センサ出力電圧のA/D変換結果と、外部温度センサ温度特性データテーブルを使用して温度を算出します。
引数	なし
リターン値	ret_temp
備考	—

lcd_conv_temp

概要	LCD表示用温度データ変換処理
ヘッダ	なし
宣言	void lcd_conv_temp(int lcd_temp_data,unsigned char *temp_T, unsigned char *temp_F,unsigned char *temp_D)
説明	温度データをLCD表示用に10位桁部、1位桁部、小数第一位に分けてBCD変換します。
引数	第一引数:lcd_temp_data : 温度データ 第二引数:temp_T : 変換後の10位桁部表示データ格納用領域のアドレス 第三引数:temp_F : 変換後の1位桁部表示データ格納用領域のアドレス 第四引数:temp_D : 変換後の小数点部表示データ格納用領域のアドレス
リターン値	なし
備考	フローチャートは省略します。

Bin2Bcd

概要	バイナリ BCD変換処理
ヘッダ	なし
宣言	void Bin2Bcd(unsigned short data , DATA* buf)
説明	バイナリデータをBCDコードに変換します。
引数	data : バイナリデータ(0000 ~ 9999) buf : BCD変換データ格納用領域のアドレス
リターン値	なし
備考	フローチャートは省略します。

lcd_dsp

概要	LCD表示処理
ヘッダ	なし
宣言	void lcd_dsp(void)
説明	モード別にLCD表示します。
引数	なし
リターン値	なし
備考	フローチャートは省略します。

lcd_dsp_chg_sw

概要	表示切り替えスイッチ処理
ヘッダ	なし
宣言	unsigned char lcd_dsp_chg_sw(void)
説明	表示切り替えスイッチ入力を判定し、結果を返します。
引数	なし
リターン値	表示切り替え可能:OK_CHNG(1) 表示切り替え不可:NO_CHNG(0)
備考	フローチャートは省略します。

lcd_full_seg

概要	LCDフルセグメント部表示処理
ヘッダ	なし
宣言	void lcd_full_seg(unsigned int address, unsigned char data)
説明	フルセグメント部に表示データを設定します。
引数	第一引数 : point : LCD表示RAM開始アドレス 第二引数 : display_data : 表示データ
リターン値	なし
備考	フローチャートは省略します。

lcd_7seg

概要	LCD7セグメント部表示処理
ヘッダ	なし
宣言	void lcd_7seg(unsigned int address, unsigned char data)
説明	7セグメント部に表示データを設定します。
引数	第一引数：point：LCD表示RAM開始アドレス 第二引数：display_data：表示データ
リターン値	なし
備考	フローチャートは省略します。

delay_proc

概要	モード遷移遅延処理
ヘッダ	なし
宣言	void delay_proc(void)
説明	処理モードの遷移を一定時間遅延させます。
引数	なし
リターン値	なし
備考	フローチャートは省略します。

int2_interrupt

概要	INT2割り込み処理
ヘッダ	なし
宣言	void int2_interrupt(void)
説明	キャリブレーションモードに切り替えて $\overline{\text{INT2}}$ 、 $\overline{\text{INT7}}$ 、タイマRJ0割り込みを禁止にします。
引数	なし
リターン値	なし
備考	フローチャートは省略します。

int7_interrupt

概要	INT7割り込み処理
ヘッダ	なし
宣言	void int7_interrupt(void)
説明	内蔵温度センサモード時では外部温度センサモードに切り替えて $\overline{\text{INT7}}$ とタイマRJ0割り込みを禁止にします。 外部温度センサモード時では内蔵温度センサモードに切り替えて $\overline{\text{INT7}}$ とタイマRJ0割り込みを禁止にします。
引数	なし
リターン値	なし
備考	フローチャートは省略します。

ad_interrupt

概要	A/D割り込み処理
ヘッダ	なし
宣言	void ad_interrupt(void)
説明	A/D変換終了フラグを設定します。 A/D変換結果の総和を算出します。 A/D変換を停止にします。 A/D割り込みを禁止にします。
引数	なし
リターン値	なし
備考	—

trj0_interrupt

概要	タイマRJ0割り込み処理
ヘッダ	なし
宣言	void trj0_interrupt(void)
説明	内蔵温度センサモードまたは外部温度センサモード時に1秒周期でA/D変換を開始します。 A/D割り込みを許可にします。
引数	なし
リターン値	なし
備考	フローチャートは省略します。

4.8 フローチャート

4.8.1 メイン処理

図 4.3 にメイン処理のフローチャートを示します。

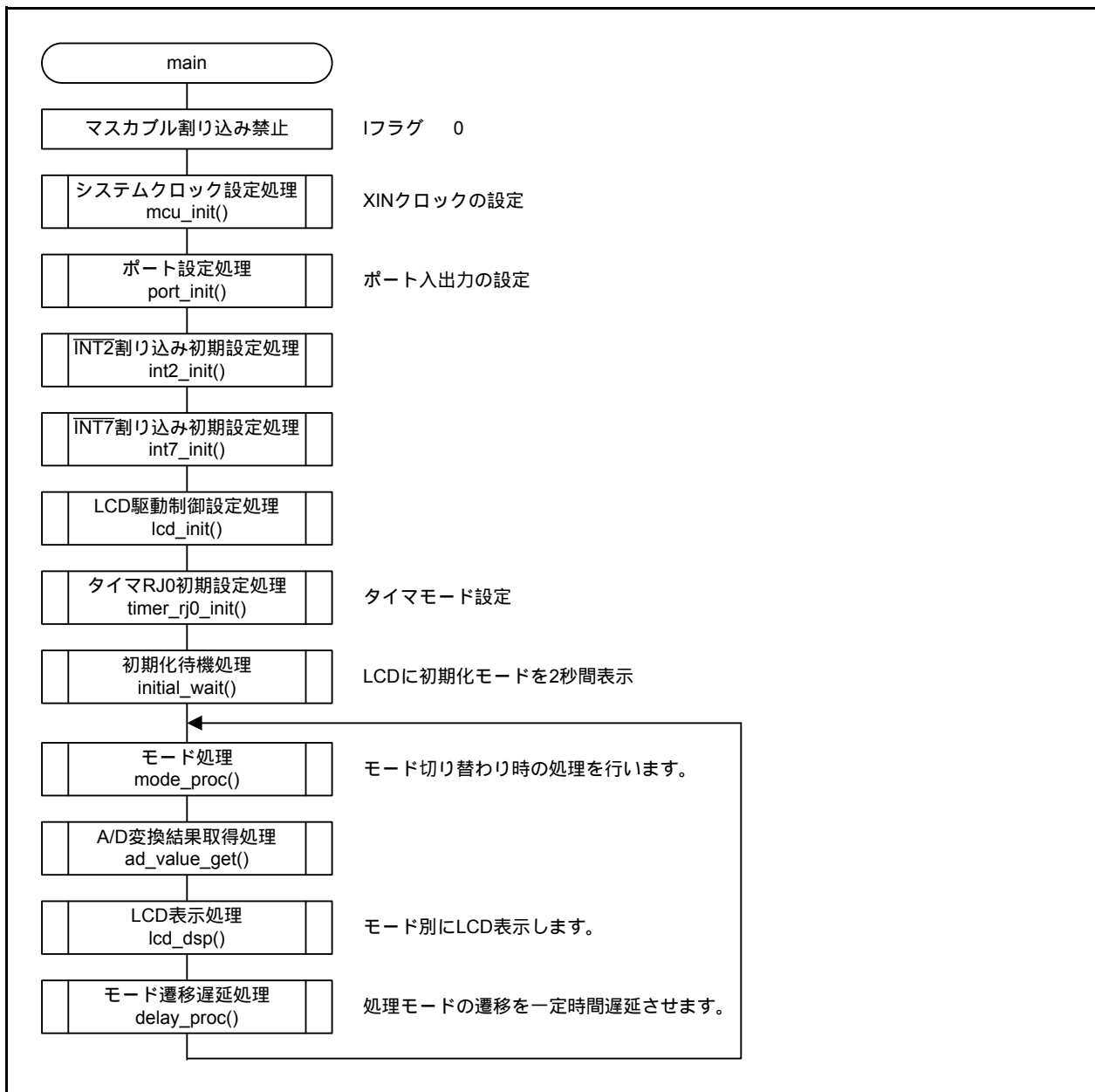


図 4.3 メイン処理

4.8.2 システムクロック設定処理

図 4.4にシステムクロック設定処理のフローチャートを示します。

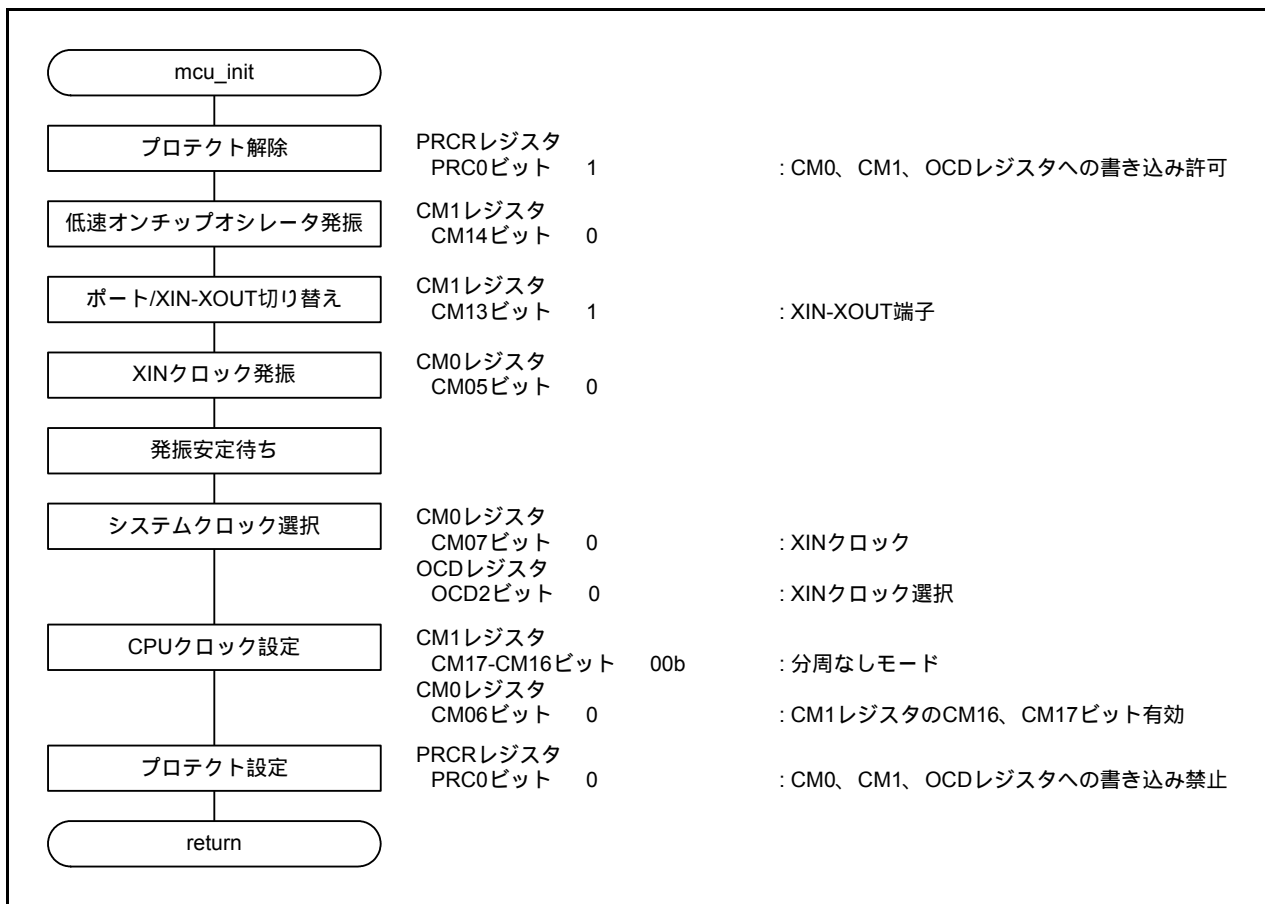


図 4.4 システムクロック設定処理

4.8.3 A/Dコンバータ初期設定処理

図 4.5、図 4.6にA/Dコンバータ初期設定処理のフローチャートを示します。

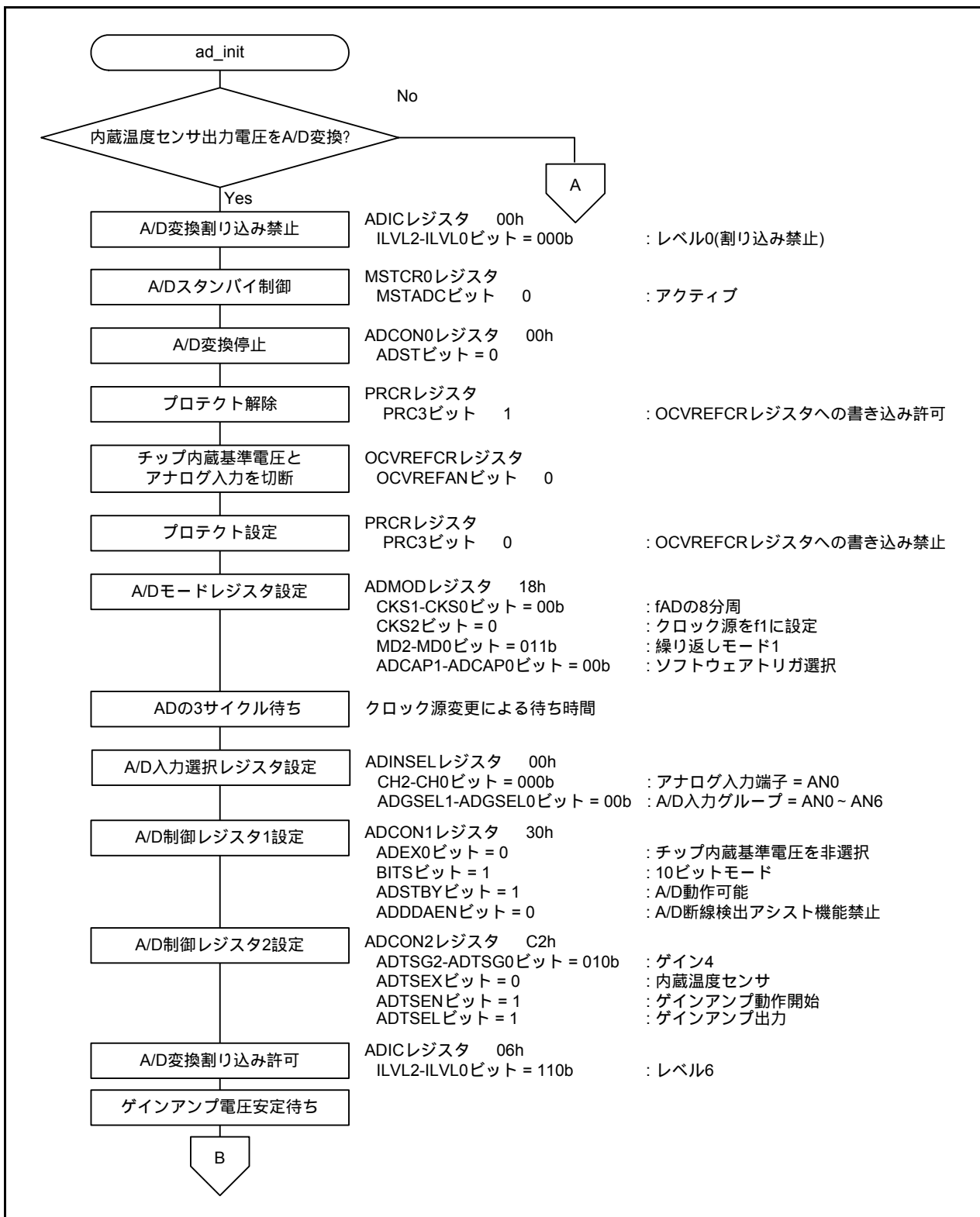


図 4.5 A/Dコンバータ初期設定処理(1/2)

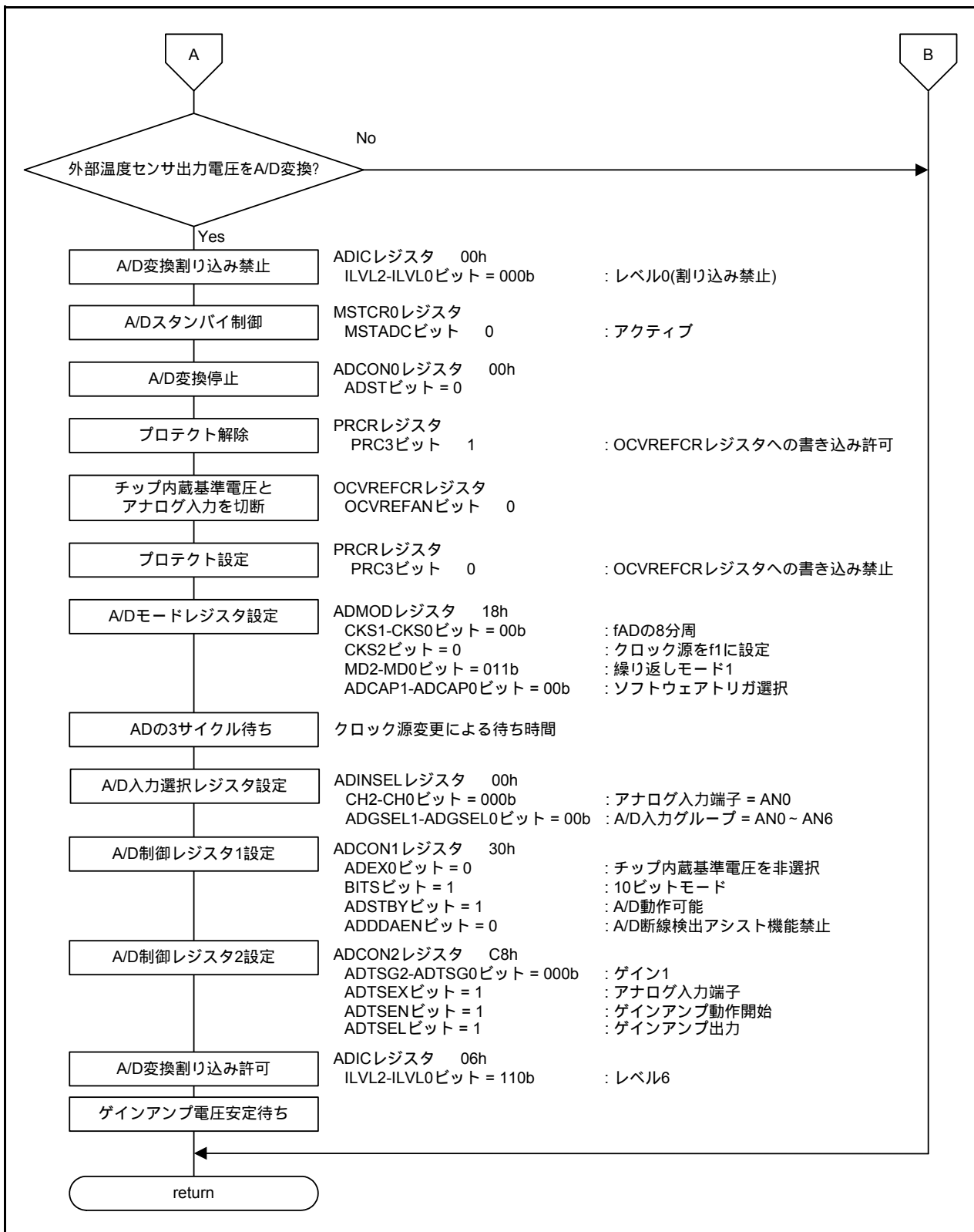


図 4.6 A/Dコンバータ初期設定処理(2/2)

4.8.4 A/D変換結果取得処理

図 4.7、図 4.8にA/D変換結果取得処理のフローチャートを示します。

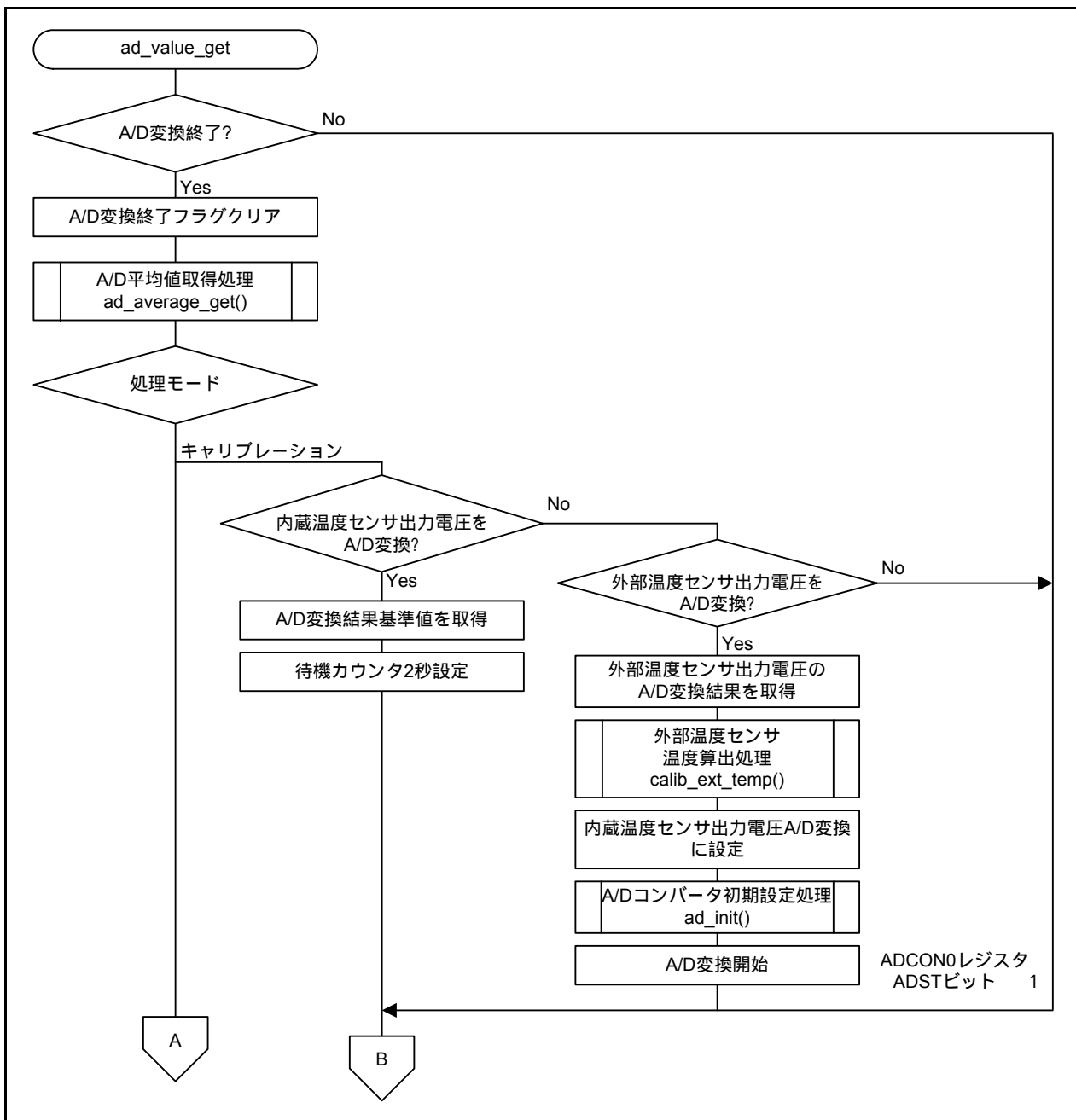


図 4.7 A/D変換結果取得処理(1/2)

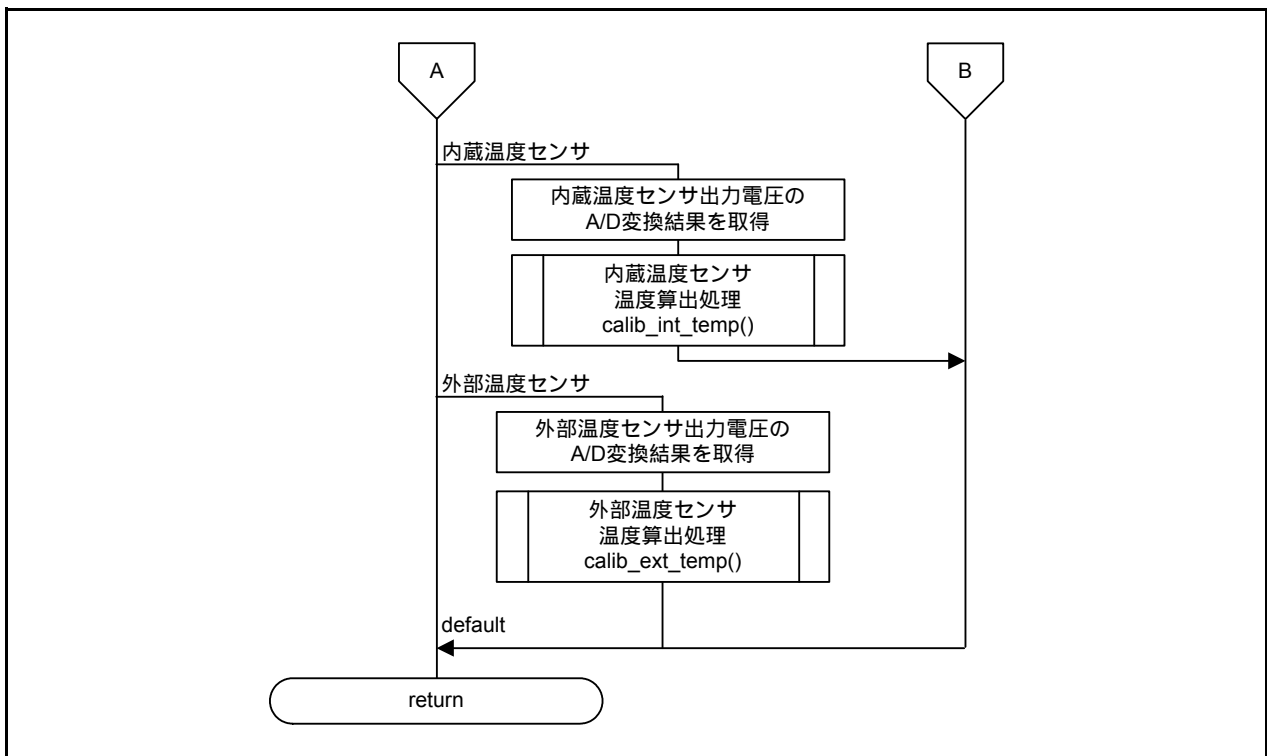


図 4.8 A/D変換結果取得処理(2/2)

4.8.5 A/D 平均値取得処理

図 4.9に A/D平均値取得処理を示します。

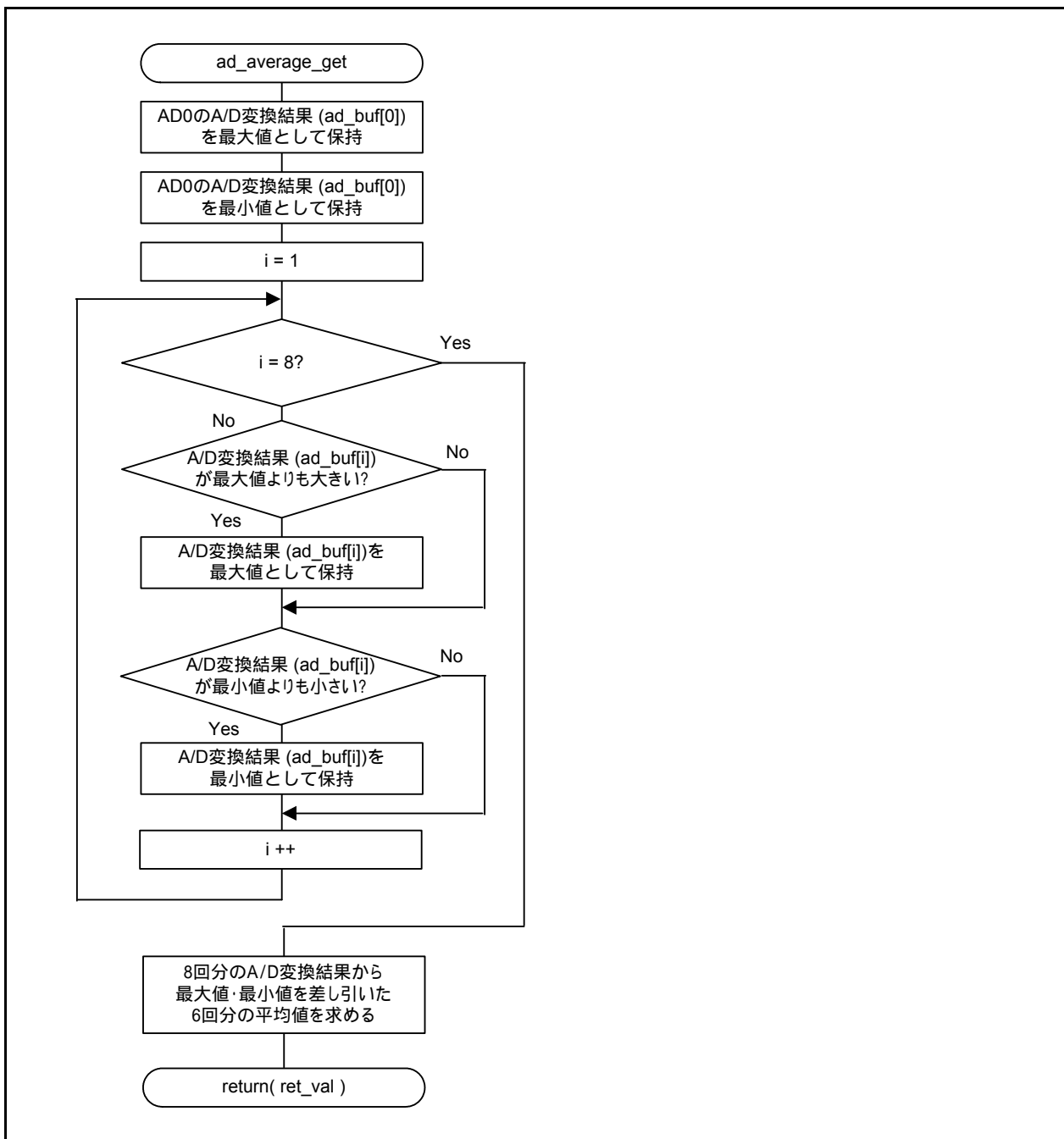


図 4.9 A/D平均値取得処理

4.8.6 内蔵温度センサ温度算出処理

図 4.10 に内蔵温度センサ温度算出処理のフローチャートを示します。

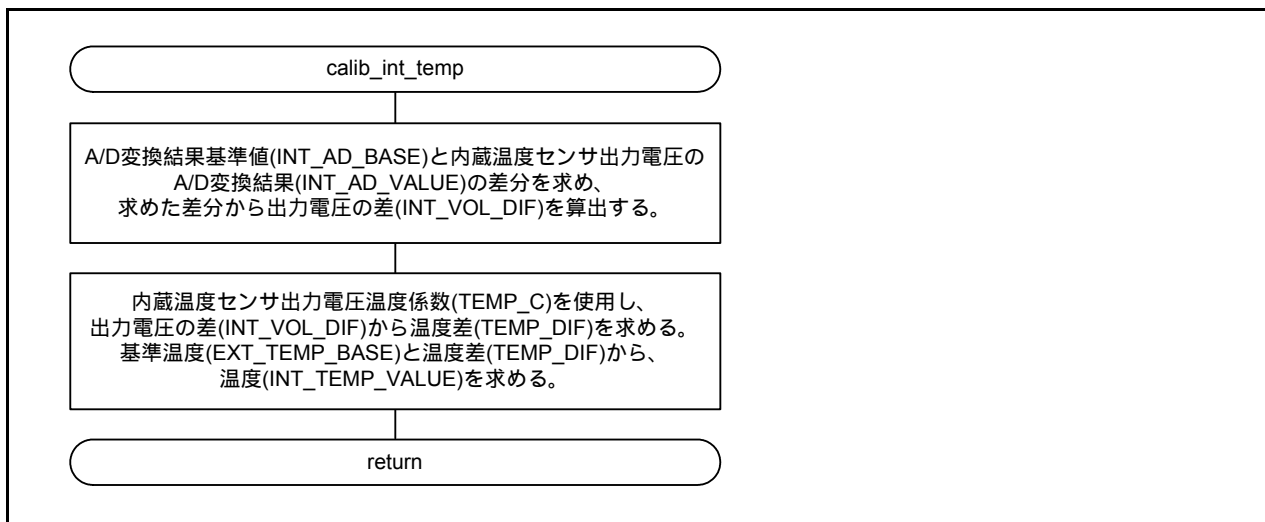


図 4.10 内蔵温度センサ温度算出処理

4.8.7 外部温度センサ温度算出処理

図 4.11 に外部温度センサ温度算出処理のフローチャートを示します。

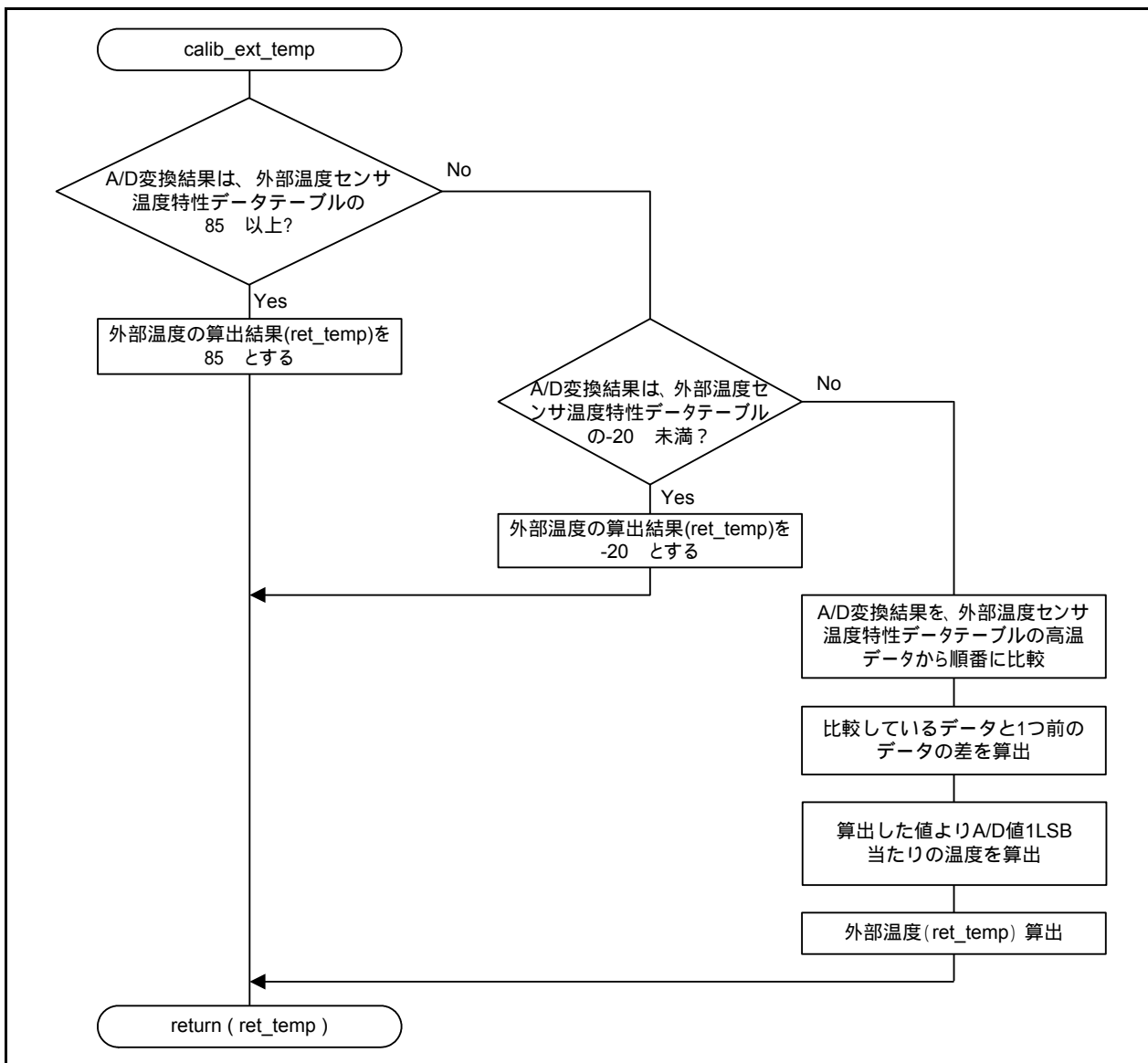


図 4.11 外部温度センサ温度算出処理

4.8.8 A/D 割り込み処理

図 4.12 に A/D 割り込み処理のフローチャートを示します。

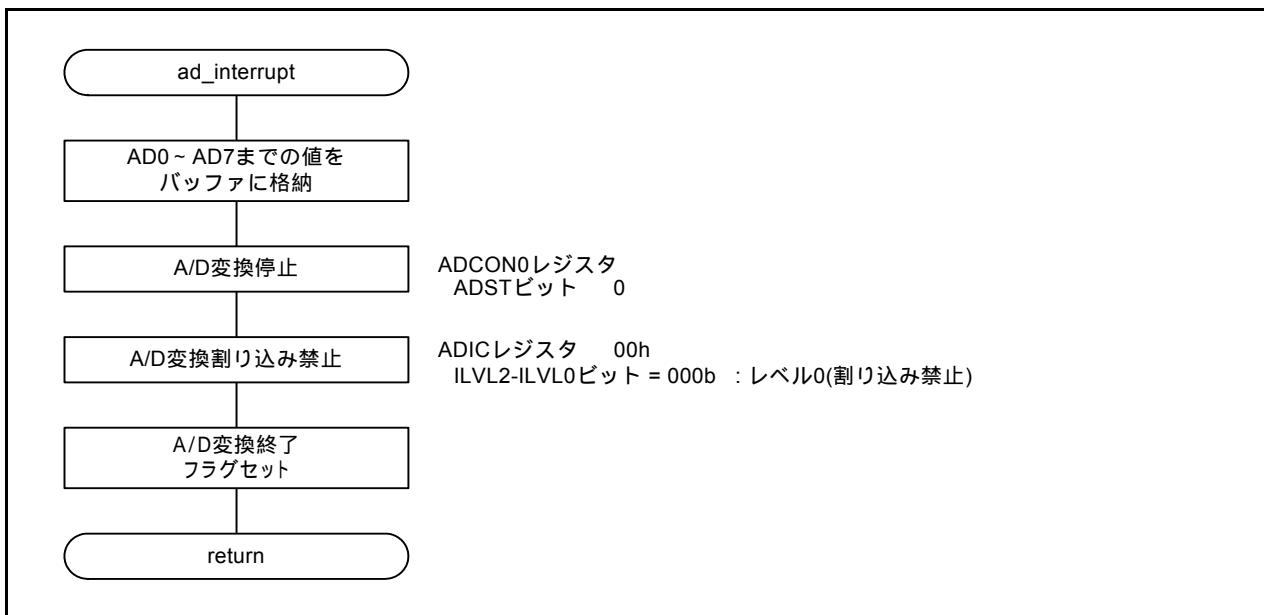


図 4.12 A/D 割り込み処理

5. 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。

6. 参考ドキュメント

R8C/LA3Aグループ、R8C/LA5Aグループ ユーザーズマニュアル ハードウェア編 Rev.1.00
(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	R8C/LA5Aグループ A/Dコンバータ(内蔵温度センサの使い方)
------	---------------------------------------

Rev.	発行日	改訂内容	
		ページ	ポイント
1.00	2012.06.25	-	初版発行

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（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うと、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。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い合わせください。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、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情報に使用しないで行ってください。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・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/>