

R8C/33T グループ

R01AN0345JJ0100

Rev.1.00

2010.11.02

タッチ検出の間欠動作による低消費電力化

要旨

タッチパネルマイコン R8C/33T グループは、タッチ電極と人体の間に発生する浮遊容量を測定することで人体の接触を検知するハードウェア（センサーコントロールユニット、以下 SCU）を内蔵しています。

本アプリケーションノートでは、タッチセンサの計測、タッチキーの ON/OFF 判定を間欠動作させ消費電力を低減する方法を説明します。

対象デバイス

R8C/33T グループ

目次

- | | |
|---------------------------------------|----|
| 1. 概要 | 2 |
| 2. タイマ RB を使用した間欠動作による低消費電力化..... | 2 |
| 3. ウォッチドックタイマを使用した間欠動作による低消費電力化 | 11 |

1. 概要

機械接点スイッチを使用した製品では、待機状態にてマイコンの消費電力を低減するための方法が確立されているが、タッチキーの場合は、キー検出方式が異なるため同様の処理をおこなうことが出来ない。

本アプリケーションノートでは、タッチ検出回路内蔵マイコンR8C/33Tグループの特徴を生かし、マイコン動作時間を極力少なくし間欠動作する事で消費電力を低減する方法を紹介する。なお、マイコンに間欠動作させる方法は幾つかあるが、今回は通常のタイマによる方法と異なる消費電力低減を狙ったウォッチドッグタイマによる方法を説明する。

2. タイマ RB を使用した間欠動作による低消費電力化

2.1 動作条件

本アプリケーションノートにて紹介するファームウェアの動作条件を以下に記す。

- ・ 高速、低速のオンチップオシレータを、CPUクロックとして組み合わせて使用することで処理を実現。
- ・ タイマRBを利用して一定間隔毎にウエイトモード、タッチ入力を実行。
→ SCUの計測開始要因としてタイマRCがあるが、低速OCO動作から高速OCO動作へ切替が必要なため、今回は消費電流が小さいタイマRBを使用。
- ・ CPUクロックは高速オンチップオシレータ・20MHz（40MHzの2分周）を使用。
- ・ SCU計測は5MHz（CPUクロックの4分周）、S/W処理も同様に5MHz。
- ・ タッチ検出の非動作時は低速オンチップオシレータ・125KHzでウエイト状態。
- ・ タッチ検出は100ms周期。
- ・ タッチ検出は15ch。（スキャンモード22chで、7chは計測禁止状態に設定。）
- ・ H/Wによるタッチ計測動作以外は、SCU禁止状態に切り替えて、全chを出力Lowに設定。

2.2 消費電流 測定結果

表 2-1 消費電流測定結果

動作モード	動作クロック	動作時間	消費電流
タイマ B1 割り込み(高速 OCO 切替、SCU スタート)	125KHz	1.5ms	250uA
SCU 動作 (ウエイトモード中)	5MHz	5ms	450uA
CPU 動作 (ON/OFF 判定、ドリフト処理、SCU 禁止)	5MHz	6ms	1.3mA
ウエイトモード (SCU 禁止)	125KHz	87.5ms	20uA 以下 ※1

※1 : 測定器の性能で、その値以下は測定不可能。

平均消費電流

124uA (15ch)

2.3 処理内容

2.3.1 処理フロー

図 2-1に処理フローを示す。

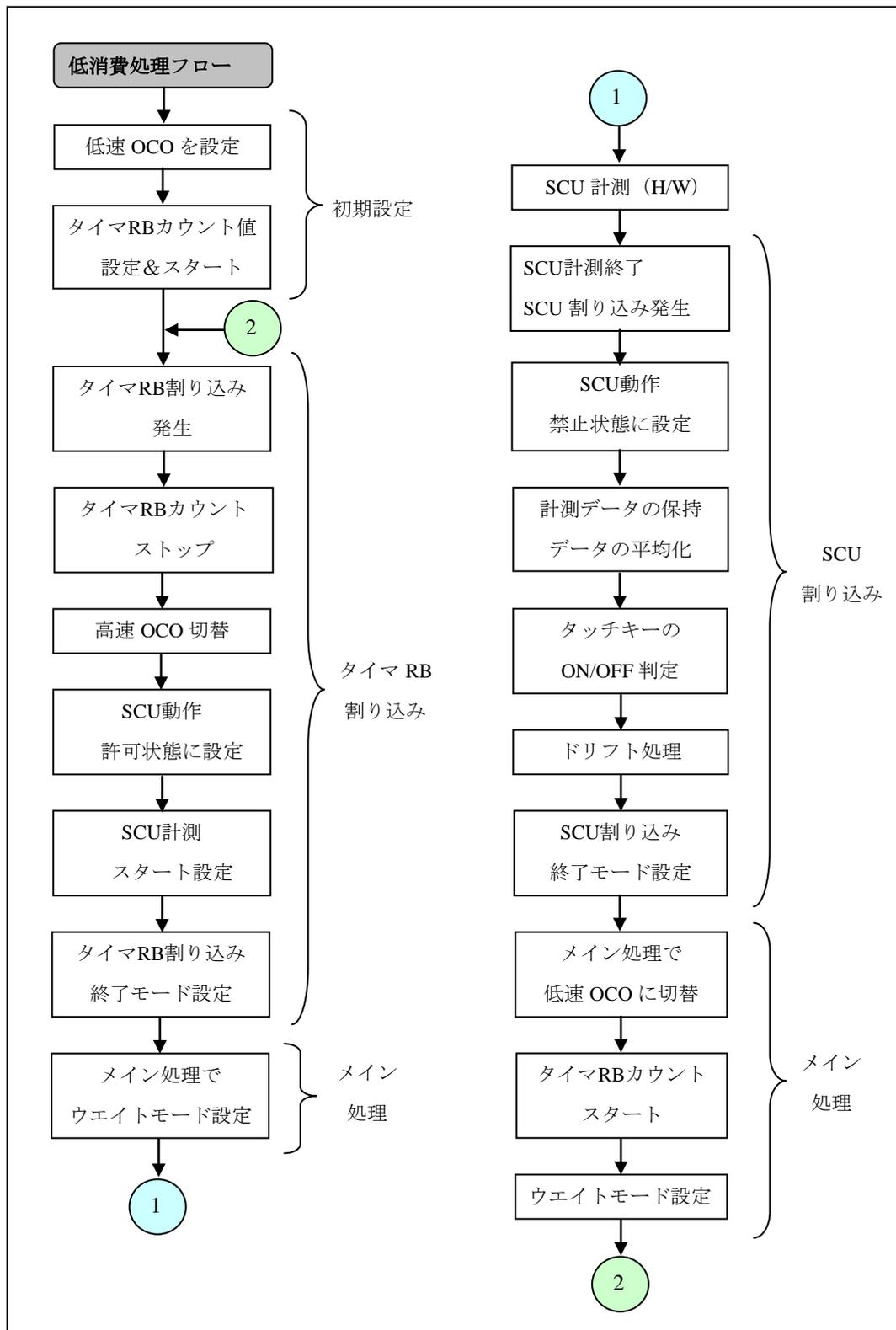


図 2-1 低消費電力向け処理フロー

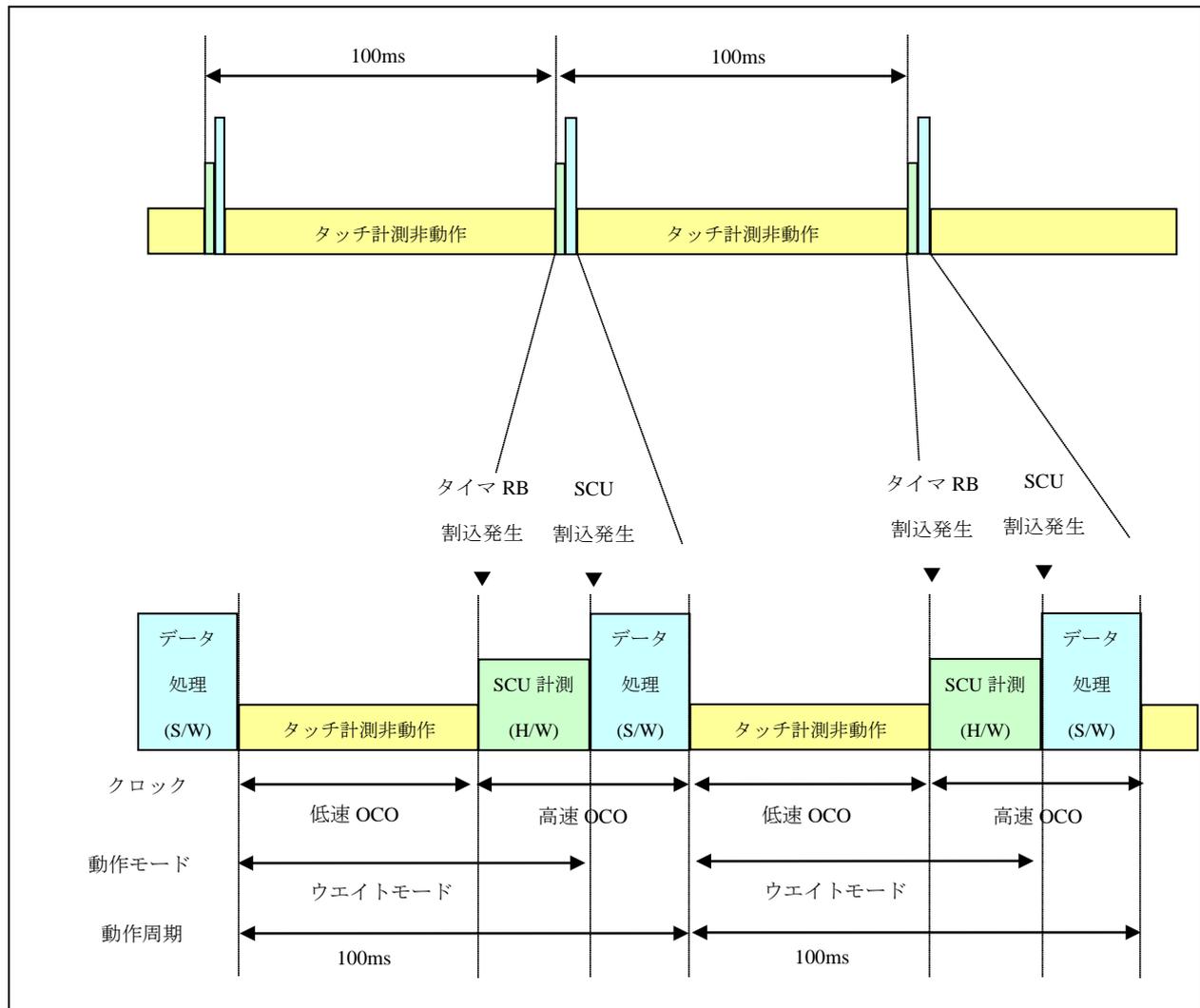


図 2-2 低消費電力化向け処理・タイムチャート

図 2-2に低消費電力化向け処理のタイムチャートを示す。

- ・ タイマ RB 割り込み発生時はウェイトモードが解除されるため、SCU 計測をウェイトモードで行うためには再設定が必要。
- ・ SCU 計測は 5MHz か 4MHz で動作する必要があるため、タイマ RB 割り込み内で低速オンチップオシレータから高速オンチップオシレータに切り替えが必要。
- ・ データ処理には「計測データの移動平均」、「タッチ ON/OFF 判定」、「ドリフト処理」等が入っているが、「タッチ ON/OFF 判定」だけにするなど仕様を限定することで、更なる低消費電力動作が見込める。

2.3.2 概略フローチャート

(1) メイン処理

図 2-3にメイン処理の概略フローを示す。詳細は「2.4.1メイン処理」参照の事。

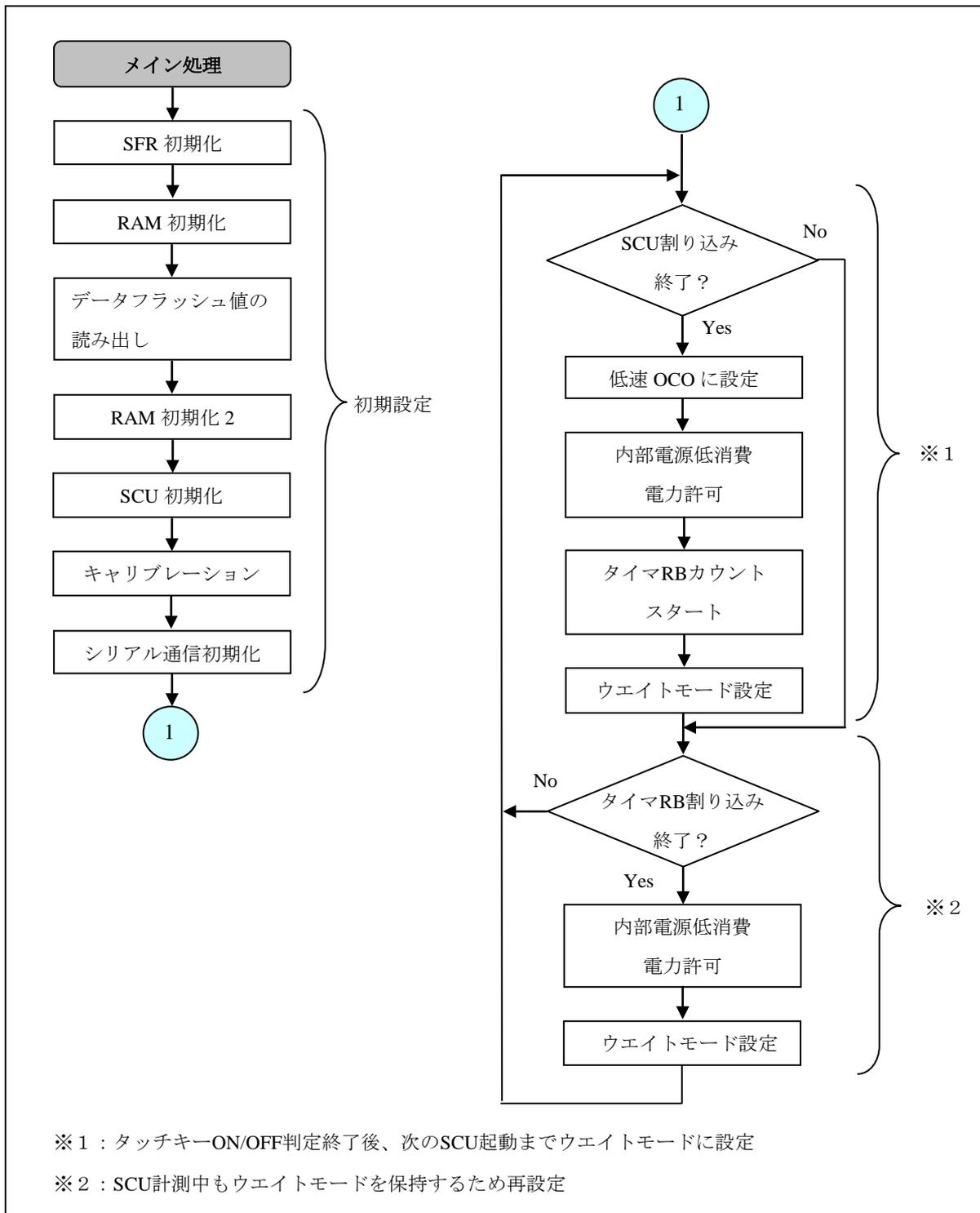


図 2-3 メイン処理の概略フロー

(2) SCU割り込み処理

図 2-4に SCU 割り込みの概略フローを示す。詳細は「2.4.2SCU 割り込み」参照の事。

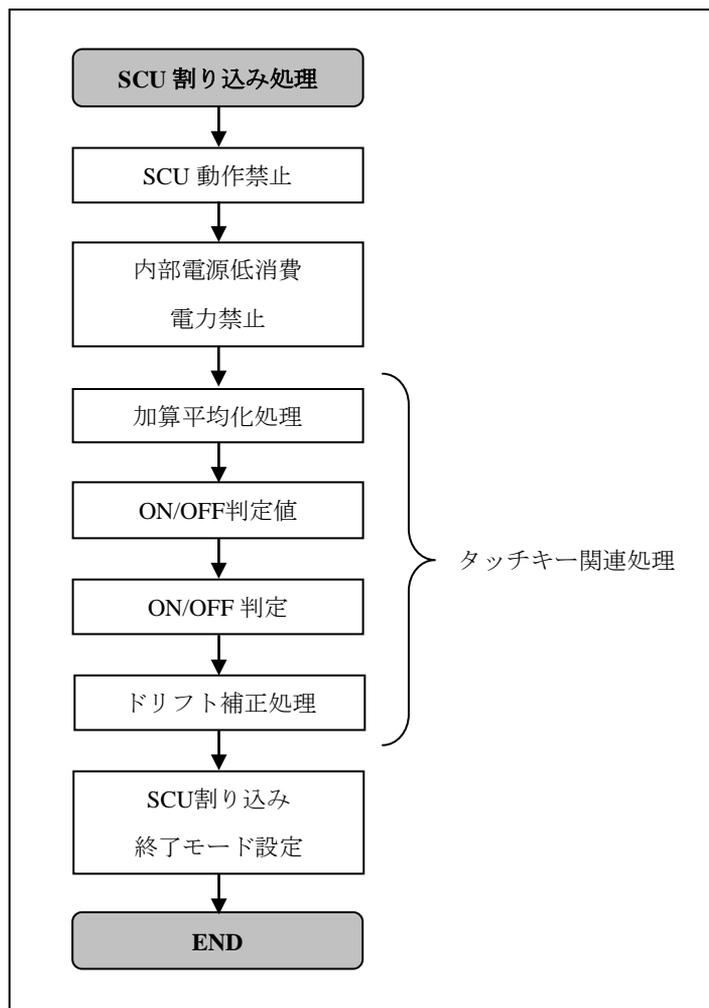


図 2-4 SCU 割り込みの概略フロー

(3) タイマRB割り込み

図 2-5にタイマ RB 割り込み概略フローを示す。詳細は「2.4.3タイマ RB 割り込み」参照の事。

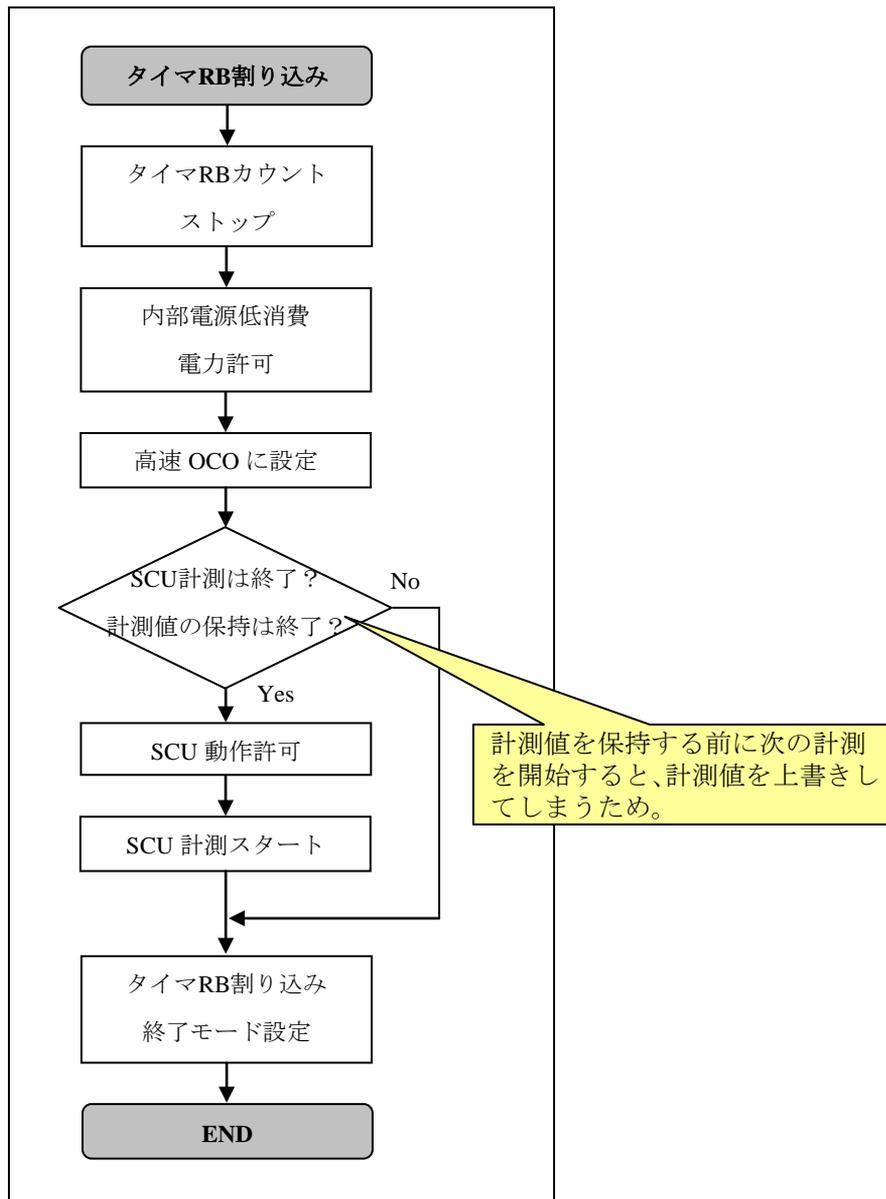


図 2-5 タイマ RB 割り込み概略フロー

2.4 ソースコード (抜粋)

低消費電力に関連するメイン動作、SCU動作、タイマRB動作の箇所を抜粋して紹介する。

2.4.1 メイン処理

図 2-8に低消費電力モード関連の処理内容を抜粋で示す。

<処理内容>

- ・ メイン処理内でウェイトモードへ移行させる処理であり、「SCU計測の動作中」と処理周期の「アイドルリング時間」をウェイトモードに設定する。
- ・ H/W制御によるSCU計測をスタートさせる時には、計測は5MHz（または4MHz）で動作させるのが基本であり、低速0COから高速0COへ切り替える必要がある。

```

if( scu_int_end == on ){           // check SCU int end
    scu_int_end = off;           // mode clear
    prcr = 0x09;                // CM0、CM1、OCD、FRA0、FRA1、FRA2、
                                // VCA2、VWOC、VW1C、VW2C write enable

    fra01 = 0;                  // Low-speed oco select
    fra00 = 0;                  // High-speed oco disenable
    vca20 = 1;                  // Internal power supply low power consumption
                                // enable bit

    prcr = 0;                   // CM0、CM1、OCD、FRA0、FRA1、FRA2、VCA2、
                                // VWOC、VW1C、VW2C write desable

    tstart_trbcr = 1;          // Timer RB count start
    fmr01 = 0;                  // CPU rewriting mode is invalidity
    asm( "FSET I" );           // Interrupt enable
    asm( "WAIT" );             // wait mode
    asm( "nop" );               // 1 cycle wait
    asm( "nop" );               // 1 cycle wait
    asm( "nop" );               // 1 cycle wait
    asm( "nop" );               // 1 cycle wait
}

if( trb_int_end == on ){        // check timer RB int end
    trb_int_end = off;         // mode clear
    prcr = 0x09;                // CM0、CM1、OCD、FRA0、FRA1、FRA2、
                                // VCA2、VWOC、VW1C、VW2C write enable

    vca20 = 1;                  // Internal power supply low power consumption
                                // enable bit

    prcr = 0;                   // CM0、CM1、OCD、FRA0、FRA1、FRA2、
                                // VCA2、VWOC、VW1C、VW2C write desable

    fmr01 = 0;                  // CPU rewriting mode is invalidity
    asm( "FSET I" );           // Interrupt enable
    asm( "WAIT" );             // wait mode
    asm( "nop" );               // 1 cycle wait
    asm( "nop" );               // 1 cycle wait
    asm( "nop" );               // 1 cycle wait
    asm( "nop" );               // 1 cycle wait
}

```

図 2-6 メイン処理のソースコード (抜粋)

2.4.2 SCU 割り込み

図 2-8にSCU割り込み処理の内容を示す。

<処理内容>

- H/W制御のSCU計測終了時に発生。
- タッチセンサの電極は、低消費電力向けとしてSCU非動作時は汎用端子、出力Lowを設定する。
→ SCU禁止状態に設定。(出力Lowは初期値で設定済み)
- 本サンプルコードは、SCU割り込みを多重割り込み許可で作成。
- SCU計測値の保持、ON/OFF判定、Drift処理のタッチ一連の処理は高速OC0の5MHzで動作するため、内部電源低消費電力モードを禁止する。
- タッチ一連の処理が終了後、メイン処理にてウェイトモードに設定するため、割り込み終了時にモードを設定する。

```
#pragma INTERRUPT      Int_Measure
void Int_Measure( void )
{
    scue = 0;           // SCU enable bit -> disable
    prcr = 0x09;       // CM0、CM1、OCD、FRA0、FRA1、FRA2、VCA2、
                        // VWOC、VW1C、VW2C write enable
    vca20 = 0;         // Internal power supply low power consumption
                        // enable bit
    prcr = 0;          // CM0、CM1、OCD、FRA0、FRA1、FRA2、VCA2、
                        // VWOC、VW1C、VW2C write disable

    asm( "FSET I" );  // interrupt enable
    FT_Add_M_Ave();   // Make Ncount-value
    Make_Cthr();      // Make ON/OFFdecision-value
    on_off_judgement(); // ON/OFFjudgement
    correct_sub( cCh, sDci); // Drift correction
    if (sif == ON) {
        sif = OFF;    // SCU interrupt factor clear
    }
    scu_int_end = on; // set SCU int end mode
}
```

図 2-7 SCU 割り込み処理ソースコード (抜粋)

2.4.3 タイマ RB 割り込み

図 2-8にタイマRB割り込み処理内容を示す。

<処理内容>

- SCU計測は5MHz（または4MHz）で動作させるため、CPUクロックを高速OCOに設定。
- 通常のS/W動作は20MHz、5MHzで選択可能（オプション）。
- 「SCU計測終了」、「S/W処理終了」の条件が揃ってSCU計測を許可して、再スタートさせる。
- タイマRB割り込み処理が終了後、メイン処理にてウエイトモードに設定するため、割り込み終了時にモードを設定する。

```
#pragma INTERRUPT      Int_Trb
void Int_Trb(void) {

    tstart_trbcr = 0;           // Timer RB count stop
    prcr = 0x09;               // CM0、CM1、OCD、FRA0、FRA1、FRA2、
                                // VCA2、VWOC、VW1C、VW2C write enable
    vca20 = 0;                 // Internal power supply low power consumption
                                // enable bit
    fra00 = 1;                 // High-speed oco enable
    for(wait=0; wait<0x02; wait++) //500us// Waiting for stable of oscillation
    {
        _asm("nop");
    }
    fra01 = 1;                 // High-speed oco select
    #if USE_CPU_20MHz == 1
        fra2 = 0x00;           // Divide-by-2 mode (20MHz)
    #else
        fra2 = 0x06;           // Divide-by-8 mode (5MHz)
    #endif
    prcr = 0;                  // CM0、CM1、OCD、FRA0、FRA1、FRA2、VCA2、
                                // VWOC、VW1C、VW2C write disable

    if( scstrt == OFF
        && sif == OFF
    ){
        scue = 1;              // SCU enable bit -> enable
        scstrt = ON;           // SCU Measurement starting
    }
    trb_int_end = on;         // set timer RB int end mode
}
```

図 2-8 タイマ RB 割り込み処理ソースコード

3. ウォッチドッグタイマを使用した間欠動作による低消費電力化

本マイコンにはウォッチドッグタイマが内蔵されており、アンダーフロー時の動作を「リセット」とした場合はCPUの状態（ストップ/ウェイト）に関わらず動作する。カウンタソースとして専用の低速オンチップオシレータクロックを装備しており、CPU用のオシレータに比較し消費電力が少ないため、低消費電力動作を実現させるためには優位性があると考えられる。

以下にウォッチドッグタイマを利用した間欠動作による低消費電力化したタッチ検出の動作例を紹介する。

3.1 動作条件

本アプリケーションノートにて紹介するウォッチドッグタイマを使用したファームウェアの動作条件を以下に記す。

- ・ ウォッチドッグタイマを利用して一定間隔毎にタッチ検出、ON/OFF判断を実行。
- ・ ウォッチドッグタイマの動作条件は下記の通り。
 - ① カウントソース保護モード有効
 - カウントソースはウォッチドッグタイマ用の低速オンチップオシレータクロック（125KHz）
 - ② アンダーフロー時の動作は「ウォッチドッグタイマリセット」
 - ③ ウォッチドッグタイマアンダーフロー周期は【3FFFh】設定。
- ・ リセット動作を行うため、レジスタは再設定が必要。RAMクリアの処理をパスすることでデータ保持が可能。（但し、RAMのデータが保持されているかどうかチェックする処理は要検討。）
- ・ S/W処理は高速オンチップオシレータの5MHz。
- ・ タッチ検出の非動作時はストップモードで停止。ウォッチドッグタイマのリセット待ち。
 - ウォッチドッグタイマ用の低速オンチップオシレータ・125KHzでダウンカウント。
- ・ タッチ検出は147ms周期。
- ・ タッチ検出は15ch。（スキャンモード22chで、7chは計測禁止状態に設定。）
- ・ H/Wによるタッチ計測動作以外は、SCU禁止状態に切り替えて、全chを出力Lowに設定。

3.2 消費電流 測定結果

表 3-1 消費電流測定結果

動作モード	動作クロック	動作時間	消費電流
リセット&初期設定	125KHz	9.0ms	220uA
SCU 計測（ウェイトモード中）	5MHz	4.1ms	450uA
CPU 動作（ON/OFF 判定）	5MHz	1.0ms	1.3mA
タッチ計測非動作（ストップモード）	125KHz	132.9ms	4uA ※1

※1 : ストップモードだが、WDTの低速OC0は動作しているためハードウェアマニュアルより。

平均消費電流

38.5uA (15ch)

3.3 処理フロー

3.3.1 処理の流れ

図 3-1に低消費電力向け処理フロー（ウォッチドッグタイマ使用）を示す。

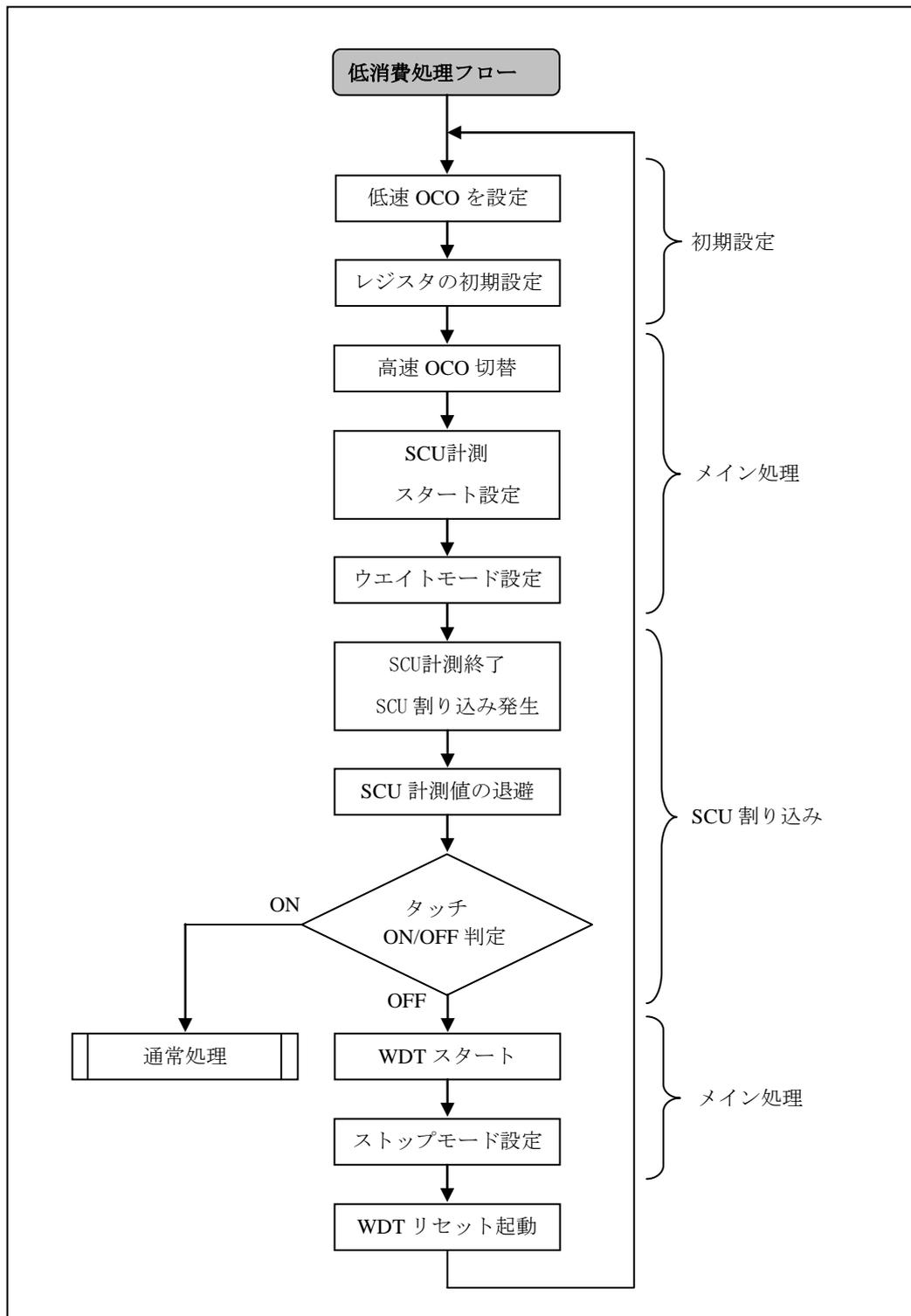


図 3-1 低消費電力向け処理フロー（ウォッチドッグタイマ使用）

注) WDT・・・ウォッチドッグタイマの略

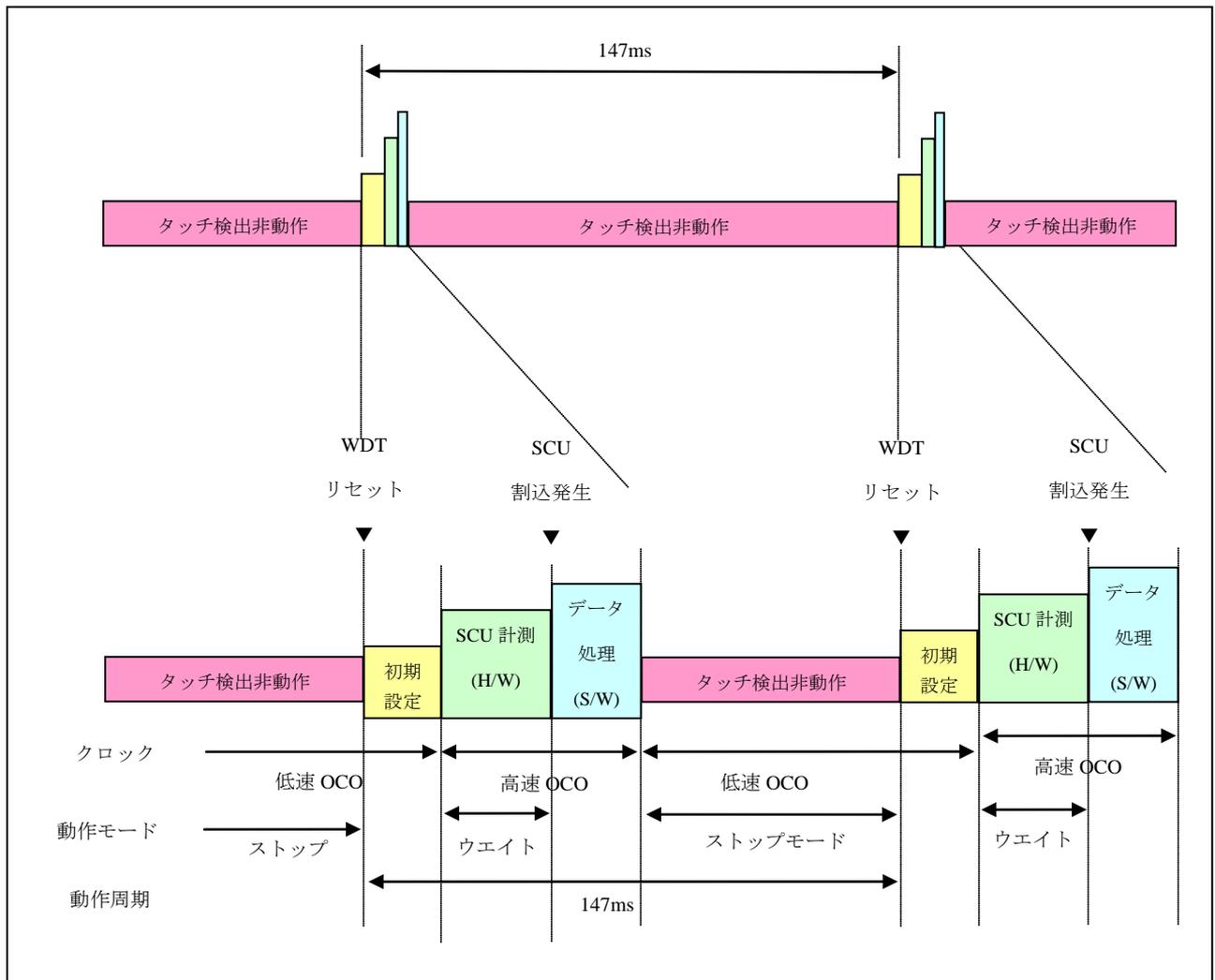


図 3-2 低消費電力向け処理・タイムチャート

図 3-2に低消費電力向け処理タイムチャートを示す。

- 初期設定は「マイコンのリセット安定待ち」、「S/W スタートアップ」、「レジスタの初期設定」、「高速オンチップオシレータの安定待ち」を含むため9ms 必要。
- SCU 計測動作、タッチ ON/OFF 判定は高速オンチップオシレータで処理を行う。
- タッチ検出非動作時はストップ状態だが、ウォッチドッグタイマの低速オンチップオシレータでカウントダウンは行っている。

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

Rev.	発行日	改訂内容	
		ページ	ポイント
1.00	2010.11.02	—	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くと、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. 本資料に記載されている内容は本資料発行時点のものであり、予告なく変更することがあります。当社製品のご購入およびご使用にあたりましては、事前に当社営業窓口で最新の情報をご確認いただきますとともに、当社ホームページなどを通じて公開される情報に常にご注意ください。
2. 本資料に記載された当社製品および技術情報の使用に関連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の侵害等に関し、当社は、一切その責任を負いません。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。
3. 当社製品を改造、改変、複製等しないでください。
4. 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。
5. 輸出に際しては、「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。本資料に記載されている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の目的で使用しないでください。また、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に使用することができません。
6. 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。
7. 当社は、当社製品の品質水準を「標準水準」、「高品質水準」および「特定水準」に分類しております。また、各品質水準は、以下に示す用途に製品が使われることを意図しておりますので、当社製品の品質水準をご確認ください。お客様は、当社の文書による事前の承諾を得ることなく、「特定水準」に分類された用途に当社製品を使用することができません。また、お客様は、当社の文書による事前の承諾を得ることなく、意図されていない用途に当社製品を使用することができません。当社の文書による事前の承諾を得ることなく、「特定水準」に分類された用途または意図されてい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生じた損害等に関し、当社は、一切その責任を負いません。なお、当社製品のデータ・シート、データ・ブック等の資料で特に品質水準の表示がない場合は、標準水準製品であることを表します。
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
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、生命維持を目的として設計されていない医療機器（厚生労働省定義の管理医療機器に相当）
特定水準： 航空機器、航空宇宙機器、海中継機器、原子力制御システム、生命維持のための医療機器（生命維持装置、人体に埋め込み使用するもの、治療行為（患部切り出し等）を行うもの、その他直接人命に影響を与えるもの）（厚生労働省定義の高度管理医療機器に相当）またはシステム等
8. 本資料に記載された当社製品のご使用につき、特に、最大定格、動作電源電圧範囲、放熱特性、実装条件その他諸条件につきましては、当社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。
9. 当社は、当社製品の品質および信頼性の向上に努めておりますが、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、社会的損害など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、機器またはシステムとしての出荷保証をお願いいたします。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、お客様が製造された最終の機器・システムとしての安全検証をお願いいたします。
10. 当社製品の環境適合性等、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、当社は、一切その責任を負いません。
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固くお断りいたします。
12. 本資料に関する詳細についてのお問い合わせその他お気付きの点等がございましたら当社営業窓口までご照会ください。

- 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/inquiry>