

## RL78/G16

### 静電容量タッチ低消費電力動作ガイド

---

#### 要旨

本アプリケーションノートは、RL78/G16 を使用して、静電容量センサユニット (CTSUb) によるタッチ計測を低消費電力で実現する方法について説明します。この方法では、12 ビット・インターバル・タイマ (12bit IT) を用いた CPU の間欠動作と、CTSUb のサスペンド機能を組み合わせてタッチ計測の低消費電力化を実現します。

#### 動作確認デバイス

RL78/G16

タッチアプリケーションを実装する際は、環境に応じてタッチ機能の評価を十分に行ってください。

## 目次

1. 概要	4
1.1 想定システム	4
2. タッチ計測における低消費電力動作の概要	5
2.1 低消費電力タッチ計測の動作フロー	5
2.2 低消費電力動作に使用する周辺機能	6
3. 動作確認環境/条件	7
4. ハードウェア説明	9
4.1 ハードウェア構成例	9
4.2 使用端子一覧	9
5. ソフトウェア説明	10
5.1 サンプルコード動作概要	10
5.2 スマート・コンフィグレータ設定	12
5.2.1 使用コンポーネント	12
5.2.2 コンポーネントの設定内容	12
5.3 静電容量タッチ設定	13
5.3.1 タッチインタフェース構成	13
5.3.2 構成（メソッド）の設定	13
5.3.3 チューニング結果	13
5.4 オプション・バイト設定	14
5.5 フォルダ/ファイル構成	15
5.6 サンプルコード詳細	17
5.6.1 定数一覧	17
5.6.2 変数一覧	17
5.6.3 関数一覧	17
5.6.4 関数詳細	18
5.6.5 フローチャート	19
5.6.5.1 メイン処理	19
5.6.5.2 タッチ計測制御処理	20
5.6.5.3 低消費電力モード処理	21
5.6.5.4 通常動作モード処理	22
6. 消費電流計測の概要	23
6.1 評価環境	23
6.2 計測機器/ソフトウェア	23
6.3 CPU ボード/ジャンパ設定	24
6.4 未使用端子の設定	24
6.5 消費電流計測用ソフトウェアの設定	25
7. 消費電流計測結果	26
7.1 間欠動作時の消費電流波形	26
7.2 タッチ計測処理時の消費電流波形	27

---

7.3	100ms あたりの平均消費電流.....	29
8.	サンプルコード .....	30
9.	サンプルコードに関する注意事項 (タッチ判定の確定タイミングについて).....	30
9.1	タッチ ON / タッチ OFF チャタリングフィルタによる影響 .....	30
9.2	移動平均フィルタによる影響.....	30
10.	参考ドキュメント .....	32

## 1. 概要

本アプリケーションノートは、静電容量タッチセンサ CTSUb のサスペンド機能を使用し、静電容量タッチ計測を間欠動作させることで低消費電力化を実現する方法を説明します。また、100ms サイクルでタッチ計測を行った際の参考消費電流を示します。間欠動作および CTSUb のサスペンド機能を使用せずにタッチ計測を行った場合に比べて、本アプリケーションでは約 1/65 の低消費電力化を実現しています。

### 1.1 想定システム

本アプリケーションノートにおける静電容量タッチ低消費電力動作は、図 1-1 の赤枠で示すシステムを想定しています。メインシステムが待機状態の際に、静電容量タッチボタン（電源ボタン）のみを一定間隔で計測し、タッチ検出の有無を判定します。電源ボタンがタッチ ON と判定された場合のみ、システムが通常動作へ移行します。

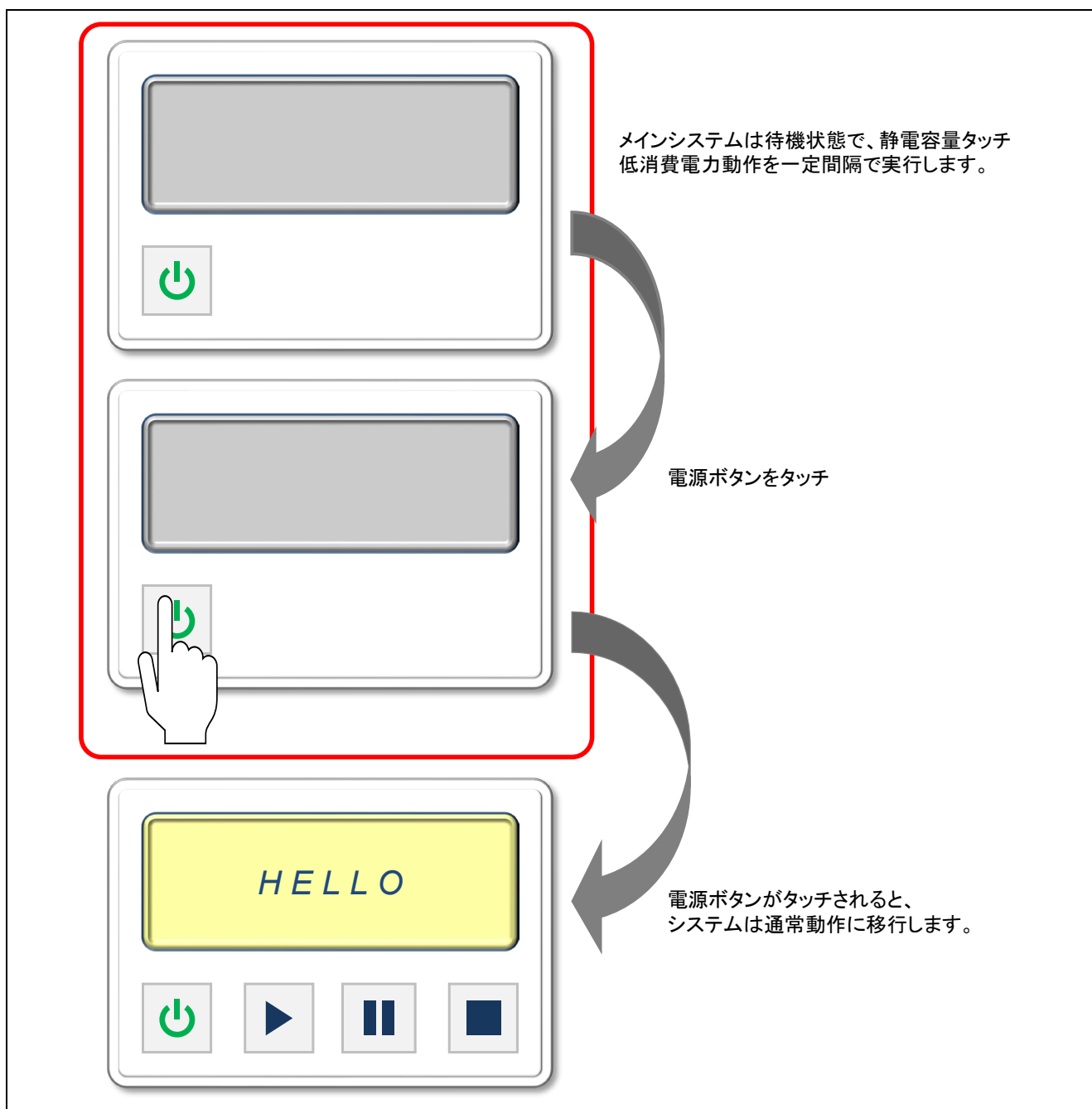


図 1-1 想定システム

## 2. タッチ計測における低消費電力動作の概要

### 2.1 低消費電力タッチ計測の動作フロー

RL78/G16の静電容量タッチセンサ CTSUは、サスペンド機能を有効にすることで待機時の消費電力を削減可能です。本章では下記処理をタッチアプリケーションに実装した場合の、各周辺機能の動作概要と消費電力が低減する仕組みを示します。

- ・ CTSU のサスペンド機能を使用
- ・ 12ビット・インターバル・タイマ (12-bit IT) を用いてタッチ計測を間欠動作させる

図 2-1 に低消費電力動作イメージを示します。

非タッチ計測時、CPU を STOP モードに遷移させて CPU の動作を停止することで、通常動作時と比較して図中 a の部分の消費電流を削減することができます。

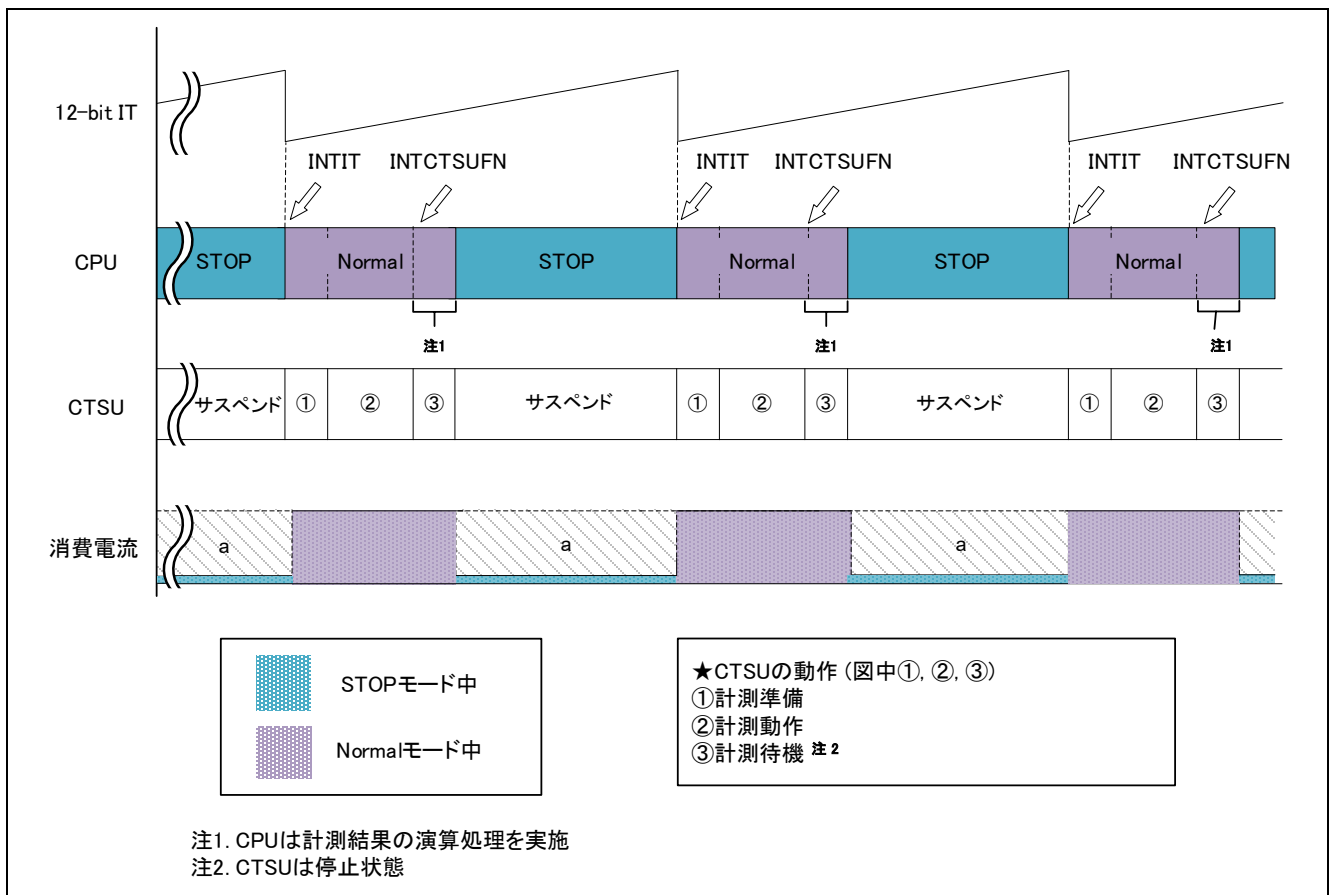


図 2-1 低消費電力動作のイメージ

## ○動作概要

1. 12bit IT でタッチ計測間隔を設定し、カウントを開始する。
2. CTSU 計測動作開始トリガにソフトウェアトリガを選択し、サスペンド機能を有効にすることで、CTSub を SW サスペンド状態に設定する。その後、CPU の状態を STOP モードへと遷移させる。
3. 12-bit IT の割り込み要求信号 (INTIT) が発生すると、CPU は STOP モードから Normal モードへと遷移する。
4. ソフトウェアで計測開始処理を行うことで、CTSub は SW サスペンド状態を解除して、ソフトウェアトリガによりタッチ計測を開始する。
5. すべてのタッチインタフェースの計測が終了すると、CTSub は CTSU 計測終了割り込み (INTCTSUFN) を発生させる。CTSub は計測開始待ち状態となる。
6. ソフトウェアでタッチ計測結果を取得し、タッチの ON/OFF 判定を行う。判定結果に応じたユーザー処理を実行する。
7. 以後 2 から 7 までを繰り返す。

## 2.2 低消費電力動作に使用する周辺機能

表 2-1 に低消費電力動作時に使用する周辺機能と用途を示します。

表 2-1 周辺機能と用途

周辺機能	用途
静電容量タッチセンサ (CTSub)	タッチ電極に発生する静電容量を計測する。 低消費電力動作をさせるために以下の設定を行う。 ・ソフトウェアトリガを選択する ・サスペンド機能を有効にする
12 ビット・インターバル・タイマ (12-bit IT)	タッチの計測周期をカウントするタイマ。 100ms ごとに割り込み要求信号 (INTIT) を発生させる。

## 3. 動作確認環境/条件

表 3-1 に動作確認環境を、表 3-2 に動作確認条件を示します。

表 3-1 動作確認環境

項目	内容
使用マイコン	RL78/G16 (R5F121BCAFP)
動作周波数	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ <u>メイン・システム・クロック</u> 高速オンチップ・オシレータ・クロック (<math>f_{IH}</math>): 16 MHz</li> <li>・ CPU/周辺ハードウェア・クロック (<math>f_{CLK}</math>): 16 MHz</li> <li>・ <u>サブシステム・クロック</u> 低速オンチップ・オシレータ・クロック (<math>f_{IL}</math>): 15 kHz</li> </ul>
動作電圧	5.0 V SPOR 検出電圧 立ち上がり時: TYP. 2.57 V (2.44 V ~ 2.68 V) 立ち下がり時: TYP. 2.52 V (2.40 V ~ 2.62 V)
ターゲットボード	RL78/G16 搭載静電容量タッチ評価システム (製品型名: RTK0EG0047S01001BJ)
統合開発環境 (e <sup>2</sup> studio)	ルネサス エレクトロニクス製 e <sup>2</sup> studio (2025-01)
C コンパイラ (e <sup>2</sup> studio)	ルネサス エレクトロニクス製 CC-RL V1.15.00
スマート・コンフィグレータ (Smart Configurator)	ルネサス エレクトロニクス製 V25.1.0
ボードサポートパッケージ (BSP)	ルネサス エレクトロニクス製 V1.80
QE for Capacitive Touch	ルネサス エレクトロニクス製 V4.1.0

表 3-2 動作確認条件

項目	内容
タッチ計測周期	低消費電力動作モード: 100 ms 通常動作モード: 20 ms
センサドライブパルス周波数	1.0 MHz
計測タッチセンサ(TS 端子)	TS08
計測モード	自己容量マルチスキャンモード (CTSUCR1 レジスタ CTSUMD[1:0]ビット = 00b)
計測開始トリガ	ソフトウェアトリガ (CTSUCR0 レジスタ CTSUCAP ビット = 0)
CTSU サスペンド機能の有効/無効	低消費電力動作モード: サスペンド機能有効 (CTSUCR0 レジスタ CTSUSNZ ビット = 1) 通常動作モード: サスペンド機能無効 (CTSUCR0 レジスタ CTSUSNZ ビット = 0)
CTSU 電源能力	通常出力 (CTSUCR1 レジスタ CTSUATUNE1 ビット = 0)
センサ安定待ち時間	32 サイクル (CTSUCRBL レジスタ SST[7:0]ビット = 0x1f)
計測期間設定	7 (CTSUSO1 レジスタ SNUM[7:6]ビット = 00b、 CTSUSO0 レジスタ SNUM[5:0]ビット = 000111b)

## 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のハードウェア構成を示します。

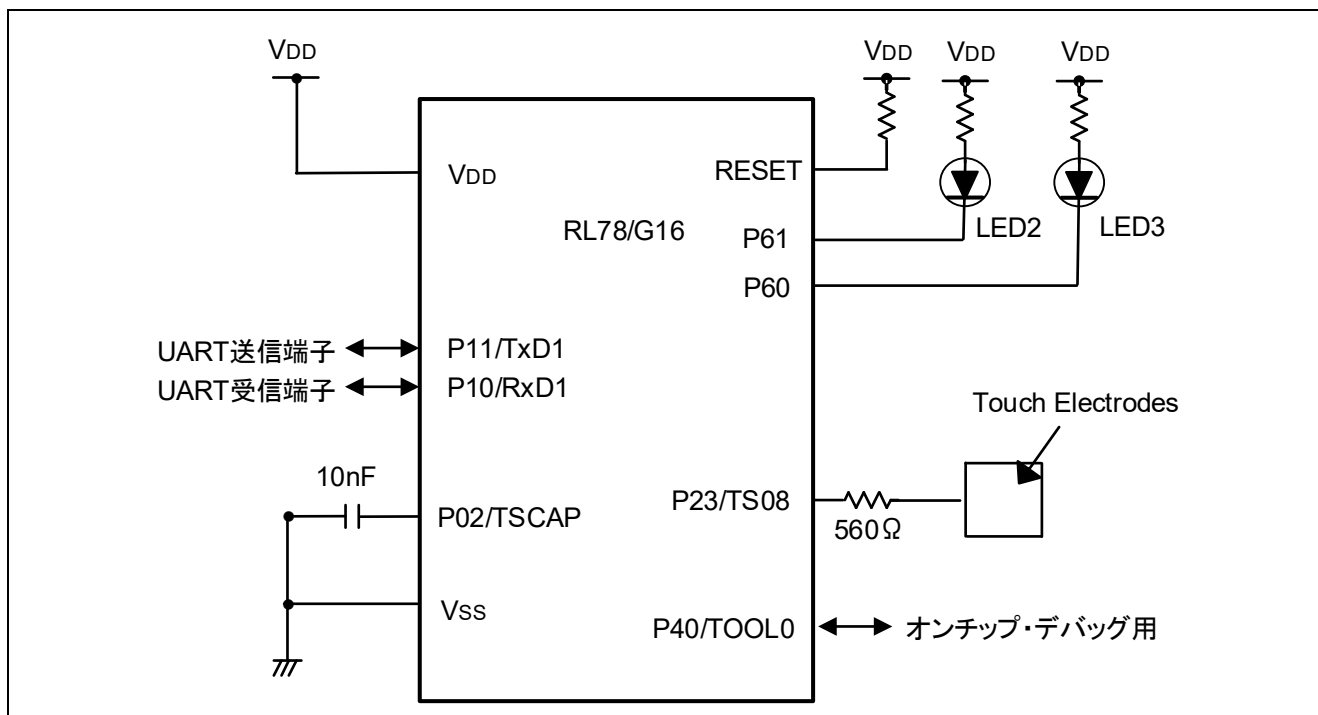


図 4-1 ハードウェア構成

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)。

注意 2. VDD は SPOR にて設定したリセット解除電圧 (VSPOR) 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
P23/TS08	入出力	静電容量計測用端子
P10/TxD1	出力	UART 通信用データ送信用端子
P11/RxD1	入力	UART 通信用データ受信用端子
P60	出力	LED3 制御用端子
P61	出力	LED2 制御用端子
P02/TSCAP	—	計測用 2 次電源コンデンサ接続端子

注意 本アプリケーションノートは、使用端子のみを端子処理しています。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。

## 5. ソフトウェア説明

### 5.1 サンプルコード動作概要

本サンプルコードは以下の動作を行います。

===== インシャルオフセットチューニングまで =====

1. 電源投入によるリセット解除後に、各周辺機能の設定を行います。その後 RM\_TOUCH\_OPEN 関数を実行し、静電容量センサユニット (CTSUS) の初期設定<sup>注1</sup>を行います。
2. インシャルオフセットチューニングを実施します。

===== 低消費電力モード =====

3. タッチ計測周期を管理するために、12ビット・インターバル・タイマ (12-bit IT) のカウントを開始します (計測周期: 100ms)。
4. CTSU を SW サスペンド状態に設定します。  
CTSUSNZ ビットを 1 に設定して、CTSUS のサスペンド機能を有効にします。
5. STOP 命令の実行で STOP モードへ遷移します。
6. 12-bit IT の割り込み要求 (INTIT) が発生すると、CPU は STOP モードから Normal (通常動作) モードへ遷移します。
7. SW サスペンド状態から計測を開始するための設定を行います。  
CTSUCR0 レジスタの CTSUSNZ ビットを 0 に設定して、CTSUS のサスペンド機能を無効にします。  
ベースクロックの 64 サイクル以上のウェイトをいれます。本サンプルコードでは、128 us のウェイトを入れます。
8. RM\_TOUCH\_ScanStart 関数を実行して<sup>注2</sup>、CTSUS のタッチ計測を開始します。
9. 計測が終了すると、CTSUS は計測終了割り込み (INTCTSUFN) を発生し、計測待機状態となります。
10. RM\_Touch\_DataGet 関数を実行して計測結果を取得します。  
タッチ ON の場合は 12-bit IT を停止して通常動作モードに遷移します。タッチ OFF の場合は 4 に戻ります。

===== 通常動作モード =====

11. 計測モード表示用 LED の LED3 を点灯します。
12. 計測間隔を調整するため、20ms のソフトウェアウェイトを行います。
13. RM\_TOUCH\_ScanStart 関数を実行して<sup>注2</sup>、CTSUS のタッチ計測を開始します。
14. 計測が終了すると、CTSUS は計測終了割り込み (INTCTSUFN) を発生し、計測待機状態となります。
15. RM\_Touch\_DataGet 関数を実行して計測結果を取得します。  
タッチ ON の場合は LED2 を点灯して、12 に戻ります。タッチ OFF の場合は LED2 を消灯して、12 に戻ります。  
タッチ OFF の状態で 3 秒間経過した場合は、LED3 を消灯して 3 に戻り、低消費電力動作モードへ遷移します。  
以後も本手順と同様の動作を行います。

- 注1. RM\_TOUCH\_Open 関数内の処理で、CTSUCR0 レジスタの CTSUCAP ビットを 0 に設定して、CTSU 計測動作開始トリガにソフトウェアトリガを選択します。
- 注2. RM\_TOUCH\_ScanStart 関数内の処理で CTSUCR0 レジスタの CTSUSTRT ビットを“1”に設定して、計測を開始します。設定条件の詳細は、RL78/G16 ユーザーズマニュアルハードウェア編 (R01UH0980) の「15.3.2 CTSU 制御レジスタ 0 (CTSUCR0) の CTSUSNZ ビットの説明箇所」を参照してください。

## 5.2 スマート・コンフィグレータ設定

### 5.2.1 使用コンポーネント

図 5-1 にスマート・コンフィグレータのコンポーネントとバージョンの一覧を示します。

使用しているコンポーネント:		
コンポーネント	バージョン	設定
Board Support Packages. - v1.80 (r_bsp)	1.80	r_bsp(使用中)
Capacitive Sensing Unit driver. (r_ctsu)	2.10	r_ctsu(使用中)
Touch middleware. (rm_touch)	2.10	rm_touch(使用中)
UART通信	1.8.0	Config_UART1(UART1: 使用中)
インターバル・タイマ	1.6.0	Config_IT(IT: 使用中)
ポート	1.6.0	Config_PORT(PORT: 使用中)

図 5-1 スマート・コンフィグレータの使用コンポーネント一覧

### 5.2.2 コンポーネントの設定内容

表 5-1 に本サンプルコードでの各コンポーネントの設定内容を示します。

表 5-1 各コンポーネントの設定内容

コンポーネント	設定	設定内容
Capacitive Sensing Unit driver (CTSUS)	r_ctsu	- TSCAP 端子および TS 端子をすべて"使用する"に設定。 - Parameter check: Use system default (デフォルト) - Interrupt setting: デフォルトで使用
Touch middleware	rm_touch	- Support QE monitor using UART を"Enable"に設定。 - Support QE tuning using UART を"Enable"に設定。 - UART channel を"UART1"に設定。 - Parameter check: Use system default (デフォルト) - Type of chattering suppression: TypeA (デフォルト)
UART 通信	Config_UART1	- データ送信用端子 (TxD1) は P11、データ受信用端子 (RxD1) は P10 に割り当て <sup>注1,2</sup> 。 - 動作クロック: CK00、クロック・ソース: fCLK/2 - 転送モード: 連続転送モード - データ・ビット長: 8 ビット - データ転送方向: LSB (デフォルト) - パリティ設定: パリティ・ビットなし (デフォルト) - ストップ・ビット長: 1 ビット (デフォルト) - 送信データ・レベル: 非反転 (通常) (デフォルト) - 転送レート: 115200 bps に設定。 - 割り込み設定はデフォルトで使用。 - コールバック機能は送信完了、受信完了および受信エラーを使用。
インターバル・タイマ (12-bit IT)	Config_IT	- 動作クロックを fsXP に設定 <sup>注3</sup> 。 - インターバル時間を 100ms に設定。 - 割り込み設定はデフォルトで使用。
ポート	Config_PORT	P60, P61 を High 出力に設定。

注1. UART 通信は QE for Capacitive Touch での初期チューニングおよびモニタリングに使用します。ただし、RL78/G16 では STOP モード中にシリアル・アレイ・ユニットの UART 通信機能を使用できませんので、本サンプルコードでは、タッチ計測中は UART へのクロック供給を停止させています。詳細は 5.5 フォルダ/ファイル構成をご参照ください。

- 注2. UART 用通信端子はスマート・コンフィグレータの「端子」タブにて設定。  
 注3. スマート・コンフィグレータの「クロック」タブにて設定。

## 5.3 静電容量タッチ設定

### 5.3.1 タッチインタフェース構成

図 5-2 にタッチインタフェース構成を示します。TS08 を自己容量方式で計測します。

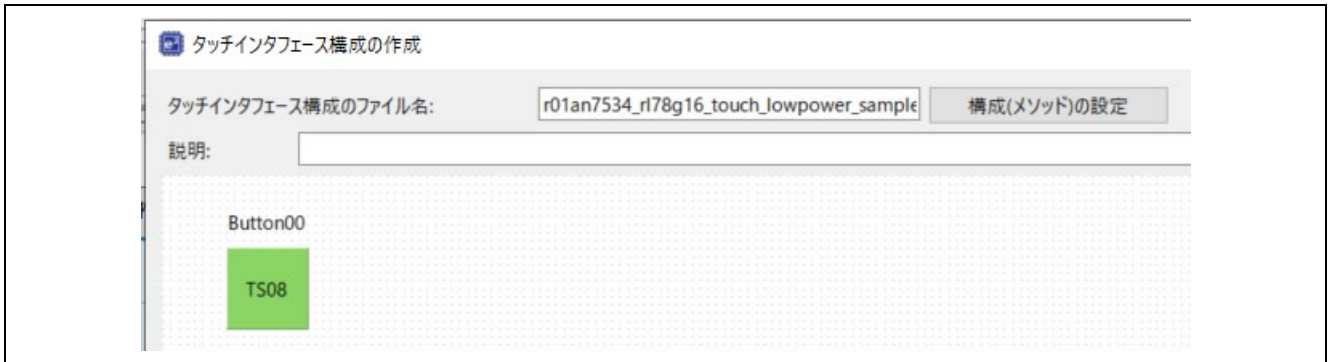


図 5-2 タッチインタフェース構成

### 5.3.2 構成（メソッド）の設定

図 5-3 にタッチインタフェースの構成（メソッド）の設定を示します。



図 5-3 メソッドの設定

### 5.3.3 チューニング結果

図 5-4 にタッチインタフェースの QE チューニングでの調整結果を示します。本サンプルコードは以下に示される設定値で動作します。

調整結果は QE チューニング時の動作環境に依存するため、再度 QE チューニングを行うとこれらの値が変化する可能性があります。

メソッド	種別	名前	タッチセンサ	寄生容量[pF]	センサドライブパルス周波数[MHz]	しきい値	計測時間[ms]	オーバーフロー
config01	ボタン(自己)	Button00	TS08	19.718	0.943 (BASE: 1.0)	736	0.592	なし

図 5-4 QE チューニング結果

## 5.4 オプション・バイト設定

表 5-2 にオプション・バイト設定を示します。

表 5-2 オプション・バイト設定

アドレス	設定値	内容
000C0H	11101111B (0xEF)	ウォッチドッグ・タイマ動作停止 <sup>注</sup> (リセット解除後、カウント停止)
000C1H	11111011B (0xFB)	SPOR 検出電圧 : 立ち上がり時 TYP. 2.57 V (2.44 V~2.68 V) 立ち下がり時 TYP. 2.52 V (2.40 V~2.62 V) P125/RESET 端子の設定 : RESET 端子を使用する
000C2H	11111001B (0xF9)	HS モード 高速オンチップ・オシレータ・クロック ( $f_{IH}$ ) : 16 MHz
000C3H	10000100B (0x85)	オンチップ・デバッグ許可

注 ウォッチドッグ・タイマの設定項目は「コンポーネント」タブの r\_bsp の設定一覧にあります。デフォルト (Unused) のままで変更しないでください。

オプション・バイトの設定は、コード生成後にプロジェクトのプロパティを開き、「C/C++ ビルド」→「設定」→「ツール設定」タブから「Linker」→「デバイス」の「ユーザ・オプション・バイト値」及び「オンチップ・デバッグ制御値」で確認することができます。

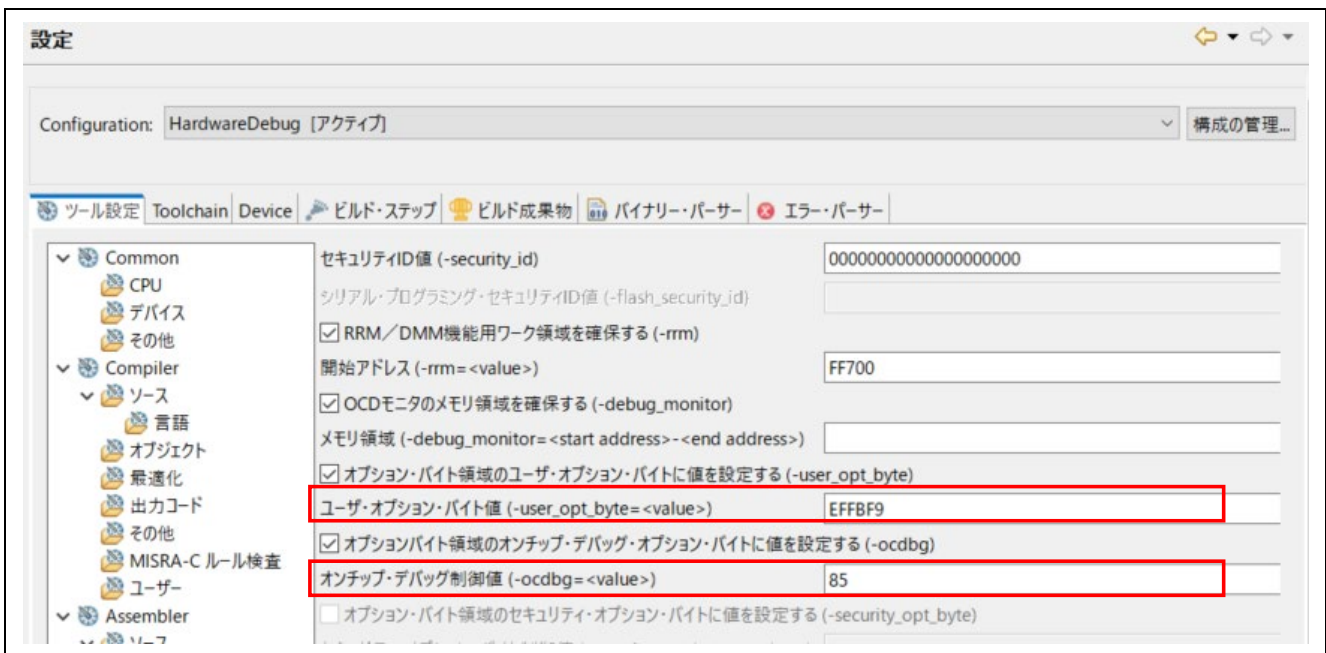


図 5-5 ユーザ・オプション・バイト値およびオンチップ・デバッグ制御値

## 5.5 フォルダ/ファイル構成

表 5-3 にスマート・コンフィグレータおよび QE for Capacitive Touch で生成したサンプルコードのフォルダの一覧を、表 5-4 に上記ツールで出力した内容からコードの追加もしくは変更を行ったファイルを示します。

表 5-3 サンプルコードのフォルダ

フォルダ名	内容
qe_gen	QE for Capacitive Touch にて生成されたフォルダ
smc_gen	スマート・コンフィグレータにて生成されたフォルダ

表 5-4 追加/変更したサンプルコードのファイル

ファイル名	格納場所	処理・設定概要	変更/追加内容
rl78g16_rssk_lowpower_sample.c	src フォルダ	メイン処理	<ul style="list-style-type: none"> <li>・マスカブル割り込み許可の処理を追加</li> <li>・タッチ計測制御処理関数を追加</li> </ul>
qe_touch_sample.c	qe_gen フォルダ	タッチ計測制御処理	<ul style="list-style-type: none"> <li>・低消費電力にするための処理を追加</li> <li>・LED 制御の処理を追加</li> </ul>
r_cg_systeminit.c	src/smc_gen/general フォルダ	ポート / UART / 12bit IT 機能の初期設定	・UART 機能の初期設定をコメントアウト <sup>注</sup>

注 UART 通信は QE for Capacitive Touch での初期チューニングおよびモニタリングに使用します。本サンプルプロジェクトでは UART 通信用の関数をコード生成しています。ただし、RL78/G16 では STOP モード中に UART を使用できませんので、本サンプルコードでは図 5-6 の通り処理を行い、UART を停止させてタッチ計測を行います。

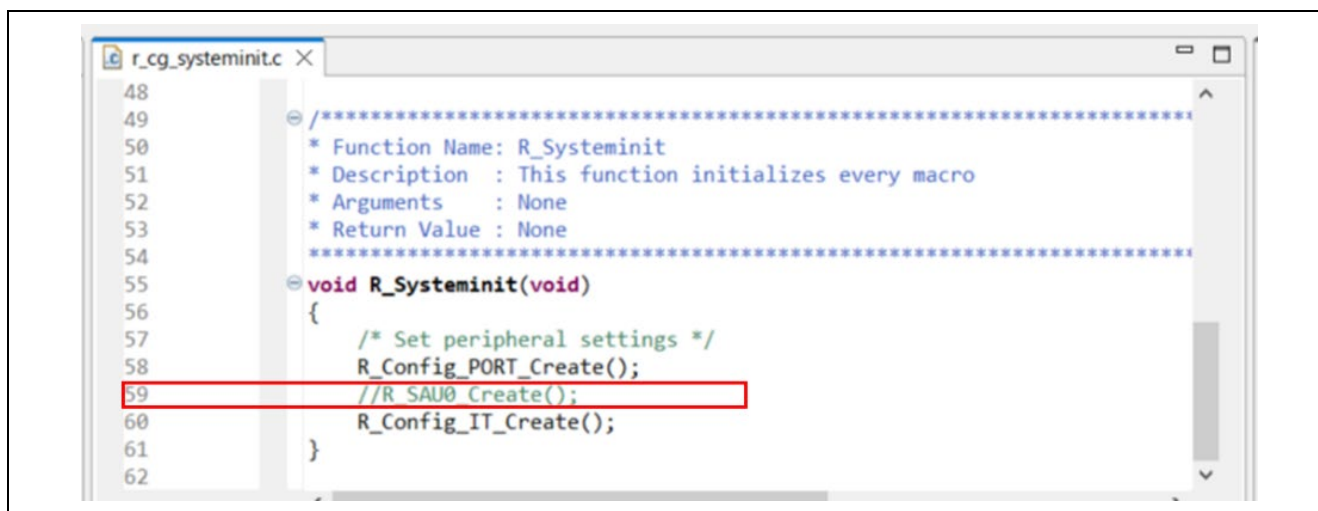
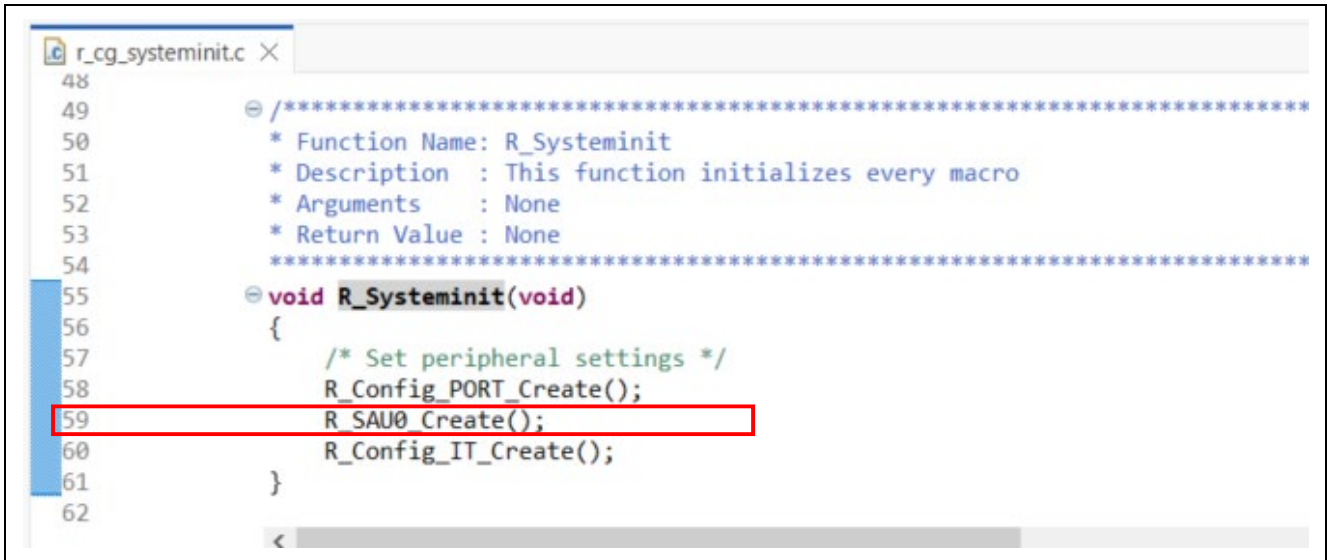


図 5-6 “r\_cg\_systeminit.c” 内の R\_SAU0\_Create 関数の無効化

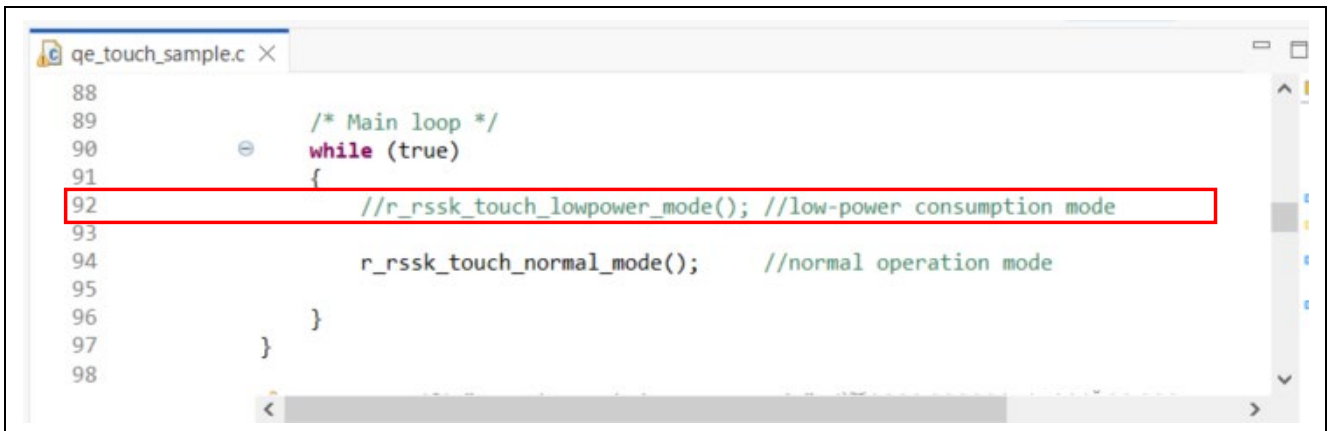
本サンプルプロジェクトに対して QE for Capacitive Touch でのモニタリングを実施する場合はサンプルコードの変更が必要です。以下の変更を行った上でプロジェクトをビルドしてコンパイルしてください。

- ・ 図 5-7 の通り、“r\_cg\_systeminit.c”ファイル 59 行目のコメントアウトを削除する
- ・ 図 5-8 の通り、“qe\_touch\_sample.c” ファイル 92 行目の低消費電力モード計測処理をコメントアウトする



```
r_cg_systeminit.c X
48
49  /*****
50  * Function Name: R_Systeminit
51  * Description  : This function initializes every macro
52  * Arguments   : None
53  * Return Value: None
54  *****/
55  void R_Systeminit(void)
56  {
57      /* Set peripheral settings */
58      R_Config_PORT_Create();
59      R_SAU0_Create();
60      R_Config_IT_Create();
61  }
62
```

図 5-7 r\_cg\_systeminit.c 内の R\_SAU0\_Create 関数の有効化



```
qe_touch_sample.c X
88
89      /* Main loop */
90      while (true)
91      {
92          //r_rssk_touch_lowpower_mode(); //low-power consumption mode
93
94          r_rssk_touch_normal_mode(); //normal operation mode
95      }
96  }
97
98
```

図 5-8 qe\_touch\_sample.c 内の低消費電力モード計測処理の無効化

## 5.6 サンプルコード詳細

### 5.6.1 定数一覧

表 5-5 にサンプルコードで使用する定数を示します。

表 5-5 定数

定数名	設定値	内容
LED2	(P6_bit.no1)	LED2 制御用レジスタポインタ
LED3	(P6_bit.no0)	LED3 制御用レジスタポインタ
LED_ON	(0)	LED 点灯
LED_OFF	(1)	LED 消灯
TOUCH_SCAN_INTERVAL_EXAMPLE	(20 * 1000)	ソフトウェアディレイの値 (20ms)

### 5.6.2 変数一覧

表 5-6 にサンプルコードで使用するグローバル変数を示します。

表 5-6 グローバル変数

型	変数名	内容
uint64_t	button_status	ボタン状態を確認する変数
uint8_t	g_qe_touch_flag	計測完了フラグ

### 5.6.3 関数一覧

表 5-7 にサンプルコードで使用する関数を示します。ただし、スマート・コンフィグレータおよび QE for Capacitive Touch で生成された関数のうち、変更を行っていないものは除きます。

表 5-7 関数

関数名	概要	ソースファイル
main	メイン処理	rl78g16_rssk_lowpower_sample.c
qe_touch_main	タッチ計測制御処理	qe_touch_sample.c
r_rssk_touch_lowpower_mode	低消費電力モード計測処理	qe_touch_sample.c
r_rssk_touch_normal_mode	通常動作モード計測処理	qe_touch_sample.c

## 5.6.4 関数詳細

サンプルコードの関数仕様を示します。

main	
概要	メイン処理
ヘッダ	r_smc_entry.h
宣言	void main(void)
説明	qe_touch_main()をコールします。
引数	-
リターン値	-
qe_touch_main	
概要	タッチ計測制御処理
ヘッダ	qe_touch_config.h, r_smc_entry.h
宣言	void qe_touch_main(void)
説明	タッチ計測の設定および制御を行います。 イニシャルオフセットチューニングを実行後、低消費電力モードおよび通常動作モードの処理を行います。
引数	-
リターン値	-
r_rssk_touch_lowpower_mode	
概要	低消費電力モード計測処理
ヘッダ	qe_touch_config.h, r_smc_entry.h
宣言	static void r_rssk_touch_lowpower_mode(void)
説明	12bit IT による間欠動作と、SW サスペンド機能を使用したタッチ計測の制御を行います。 非計測時は STOP モードにて 12-bit IT 割り込み (12-bit IT) の発生を待ちます。 100 ms ごとに CTSU でタッチ計測を行い、計測結果を取得します。 計測結果がタッチ ON の場合は通常計測モードへ遷移します。 タッチ OFF の場合は再度低消費電力モードでの計測を行います。
引数	-
リターン値	-
r_rssk_touch_normal_mode	
概要	通常動作モード計測処理
ヘッダ	qe_touch_config.h, r_smc_entry.h
宣言	static void r_rssk_touch_normal_mode(void)
説明	Normal (通常動作) モードで、ソフトウェアタイマを使用して、タッチ計測の制御を行います。 20ms ごとに CTSU でタッチ計測を行い、計測結果を取得します。 計測結果がタッチ ON の場合は LED2 を点灯して、再度通常動作モードでの計測を行います。タッチ OFF の場合は LED2 を消灯して、再度通常動作モードでの計測を行います。また、タッチ OFF の状態で 3 秒間経過すると、LED3 を消灯して低消費モードへ遷移します。
引数	-
リターン値	-

## 5.6.5 フローチャート

## 5.6.5.1 メイン処理

図 5-9 にメイン処理のフローチャートを示します。

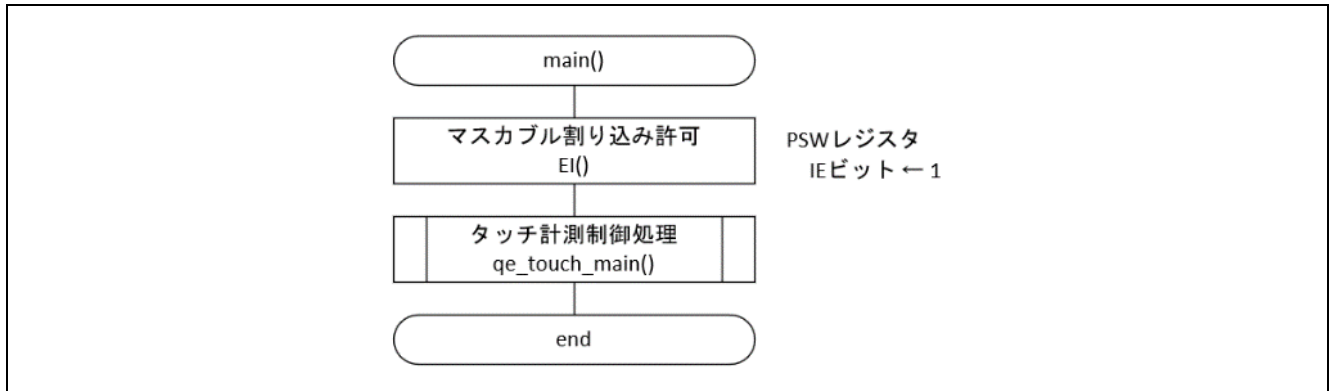


図 5-9 メイン処理

5.6.5.2 タッチ計測制御処理

図 5-10 にタッチ計測制御処理のフローチャートを示します。

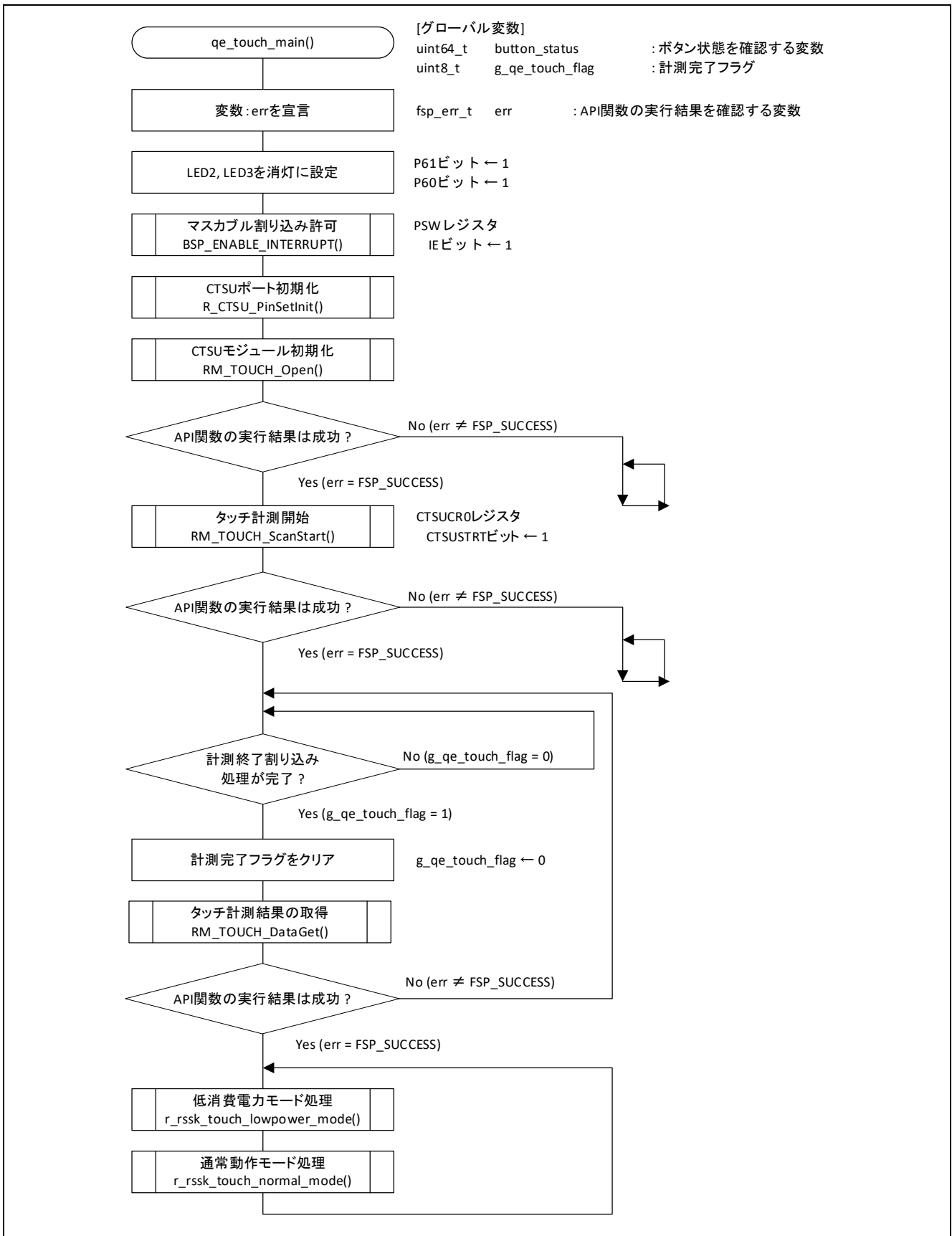


図 5-10 タッチ計測制御処理



5.6.5.4 通常動作モード処理

図 5-12 に通常動作モード処理のフローチャートを示します

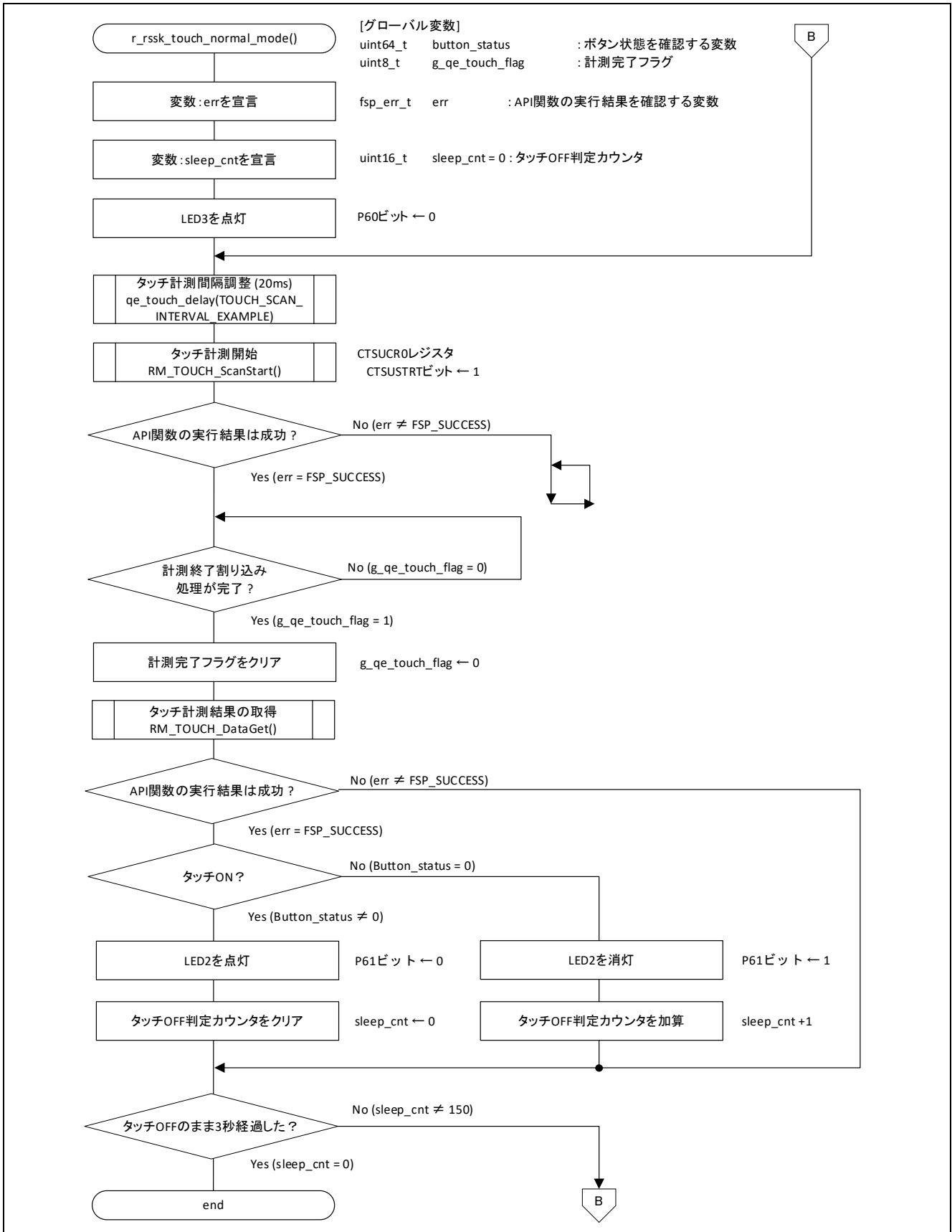


図 5-12 通常動作モード処理

## 6. 消費電流計測の概要

### 6.1 評価環境

図 6-1 に消費電流計測時の評価環境を示します。

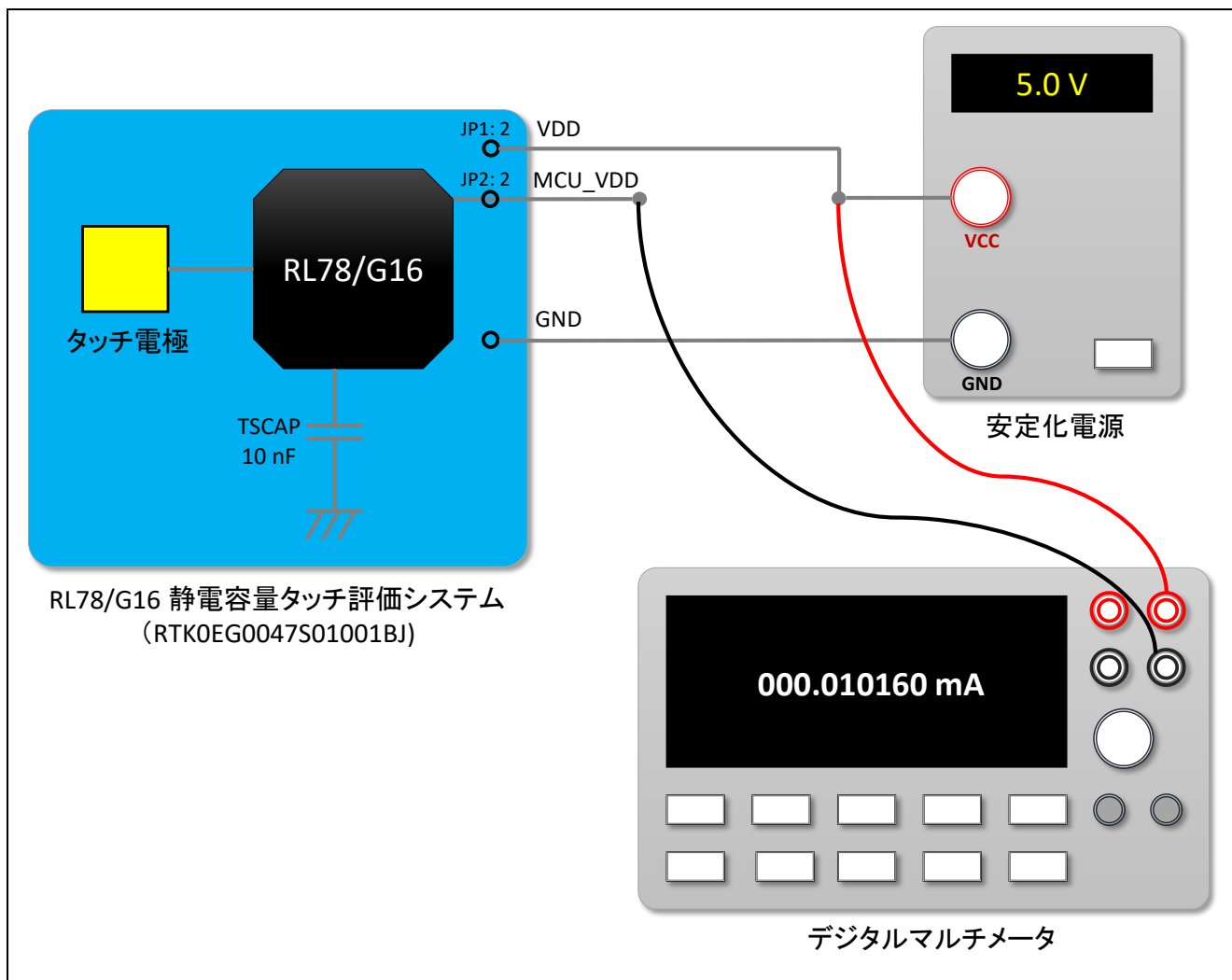


図 6-1 消費電流時の評価環境

### 6.2 計測機器/ソフトウェア

表 6-1 に消費電流計測時の計測機器およびソフトウェアを示します。

表 6-1 計測機器およびソフトウェア一覧

種別	名称	用途
デジタルマルチメータ	ケースレー DMM7510	消費電流を計測
安定化電源	KENWOOD PWR18-2TP	RL78/G16 静電容量タッチ評価システム (RTK0EG0047S01001BJ) CPU ボードに電源を供給
ソフトウェア	KickStart (V1.9.8.21)	ケースレー DMM7510 から消費電流の計測結果を取得し、ログファイルに出力する

### 6.3 CPU ボード/ジャンパ設定

表 6-2 に消費電流計測時の RL78/G16 静電容量タッチ評価システムの CPU ボードにおけるジャンパの設定を示します。

表 6-2 CPU ボードのジャンパ設定

位置	回路グループ	ジャンパ設定	用途
JP1	VDD 電源	1-2 pin ショート	USB 電源からボード電源を供給
JP2	MCU_VDD 電源	オープン	消費電流計測
SW4	プッシュスイッチ・LED/アプリケーションヘッダ (CN1)	ON (2-3 pin, 5-6 pin)	P61 を LED2 制御用端子として使用する

### 6.4 未使用端子の設定

表 6-3 に RL78/G16 静電容量タッチ評価システム(RTK0EG0047S01001BJ)にて、消費電流計測時に未使用端子に電流が流れることを防ぐために、スマート・コンフィグレータのポートコンポーネントで設定した内容を示します。下記の表に記載されていない TS 端子を兼用する端子については、CTSU モジュールにてすべて「使用する」の設定にしています。

表 6-3 ポート設定

ピン番号	ポート名	接続先	設定	備考
4	P137	—	入力	抵抗を介して VDD に接続
5	P122	CN1 pin 番号:11 (LED_ROW1)	High 出力	電極ボード上のマトリクス LED が点灯しないように設定
6	P121	CN1 pin 番号:12 (LED_ROW3)	High 出力	電極ボード上のマトリクス LED が点灯しないように設定
9	P60	LED3	High 出力	LED3 が点灯しないように設定
10	P61	LED2	High 出力	LED2 が点灯しないように設定
13	P12	CN1 pin 番号:4 (LED_COL0)	High 出力	電極ボード上のマトリクス LED が点灯しないように設定
14	P13	CN1 pin 番号:5 (LED_COL1)	High 出力	電極ボード上のマトリクス LED が点灯しないように設定
15	P14	CN1 pin 番号:6 (LED_COL2)	High 出力	電極ボード上のマトリクス LED が点灯しないように設定
16	P15	CN1 pin 番号:7 (LED_COL3)	High 出力	電極ボード上のマトリクス LED が点灯しないように設定
17	P00	CN1 pin 番号:13 (LED_ROW0)	High 出力	電極ボード上のマトリクス LED が点灯しないように設定

## 6.5 消費電流計測用ソフトウェアの設定

図 6-2 に消費電流計測用のソフトウェア(ケースレー/KickStart)の設定を示します。

Primary Function		Secondary Function	
Measurement Settings			
Function	Digitize Current	Trigger	
Range	10mA	Trigger Mode	Immediate
Aperture (s)	0.000001	Acquisition	
Auto Aperture	<input checked="" type="checkbox"/>	Sample Rate	100000
Display Digits	6.5	Sample Count	100000
<input type="checkbox"/> Rel		Start at HH:MM	2024/04/25 17:39:34 <input type="checkbox"/>
		Timestamp Format	Relative

図 6-2 消費電流計測用のソフトウェア(ケースレー/KickStart)の設定

## 7. 消費電流計測結果

本章では低消費電力動作と通常動作でそれぞれ消費電流を計測した結果を比較します。

低消費電力動作ではサスペンド機能を使用したタッチ計測を間欠動作で行います。

通常動作ではサスペンド機能と間欠動作を使用せず、常に Normal (通常動作) モードでタッチ計測を行います。

いずれの動作時も、LED2 と LED3 は消灯させた状態で消費電流を計測しています。

### 7.1 間欠動作時の消費電流波形

図 7-1 に低消費電力動作で 100ms 毎にタッチ計測を行った際の消費電流波形を示します。

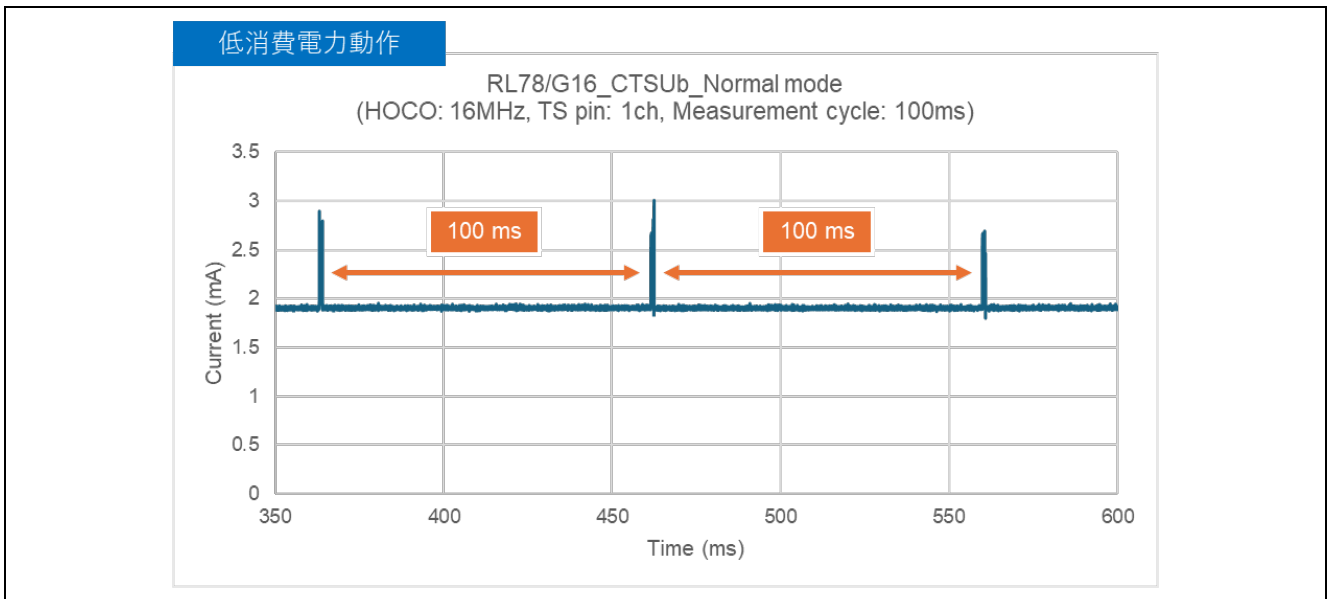


図 7-1 100ms 毎にタッチ計測を行った際の消費電流波形 (低消費電力動作)

図 7-2 に通常動作で 100ms 毎にタッチ計測を行った際の消費電流波形を示します。

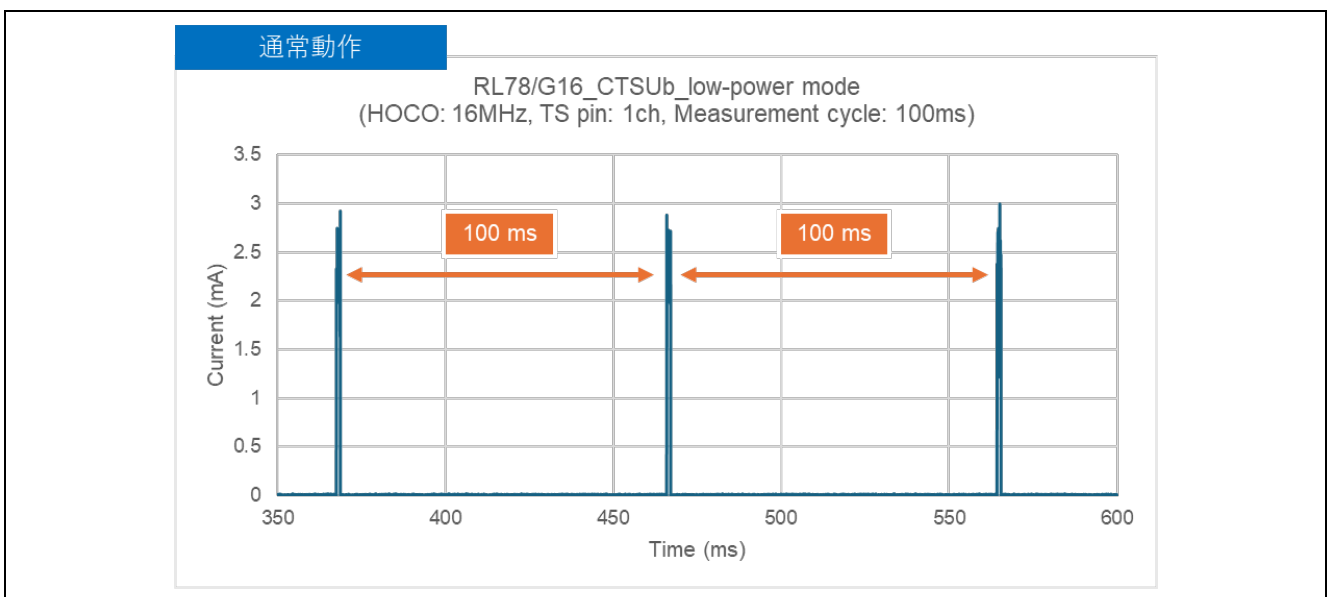


図 7-2 100ms 毎にタッチ計測を行った際の電流波形 (通常動作)

## 7.2 タッチ計測処理時の消費電流波形

図 7-3 に低消費電力動作でのタッチ計測処理時の消費電流波形を示します。また、表 7-1 に各計測区間の CPU と CTSU の状態を示します。CPU の状態が STOP モードから復帰した後、タッチ計測終了処理+タッチオン/オフ判定処理を行う Normal(通常動作)モードに遷移する一連の動作の消費電流を示しています。

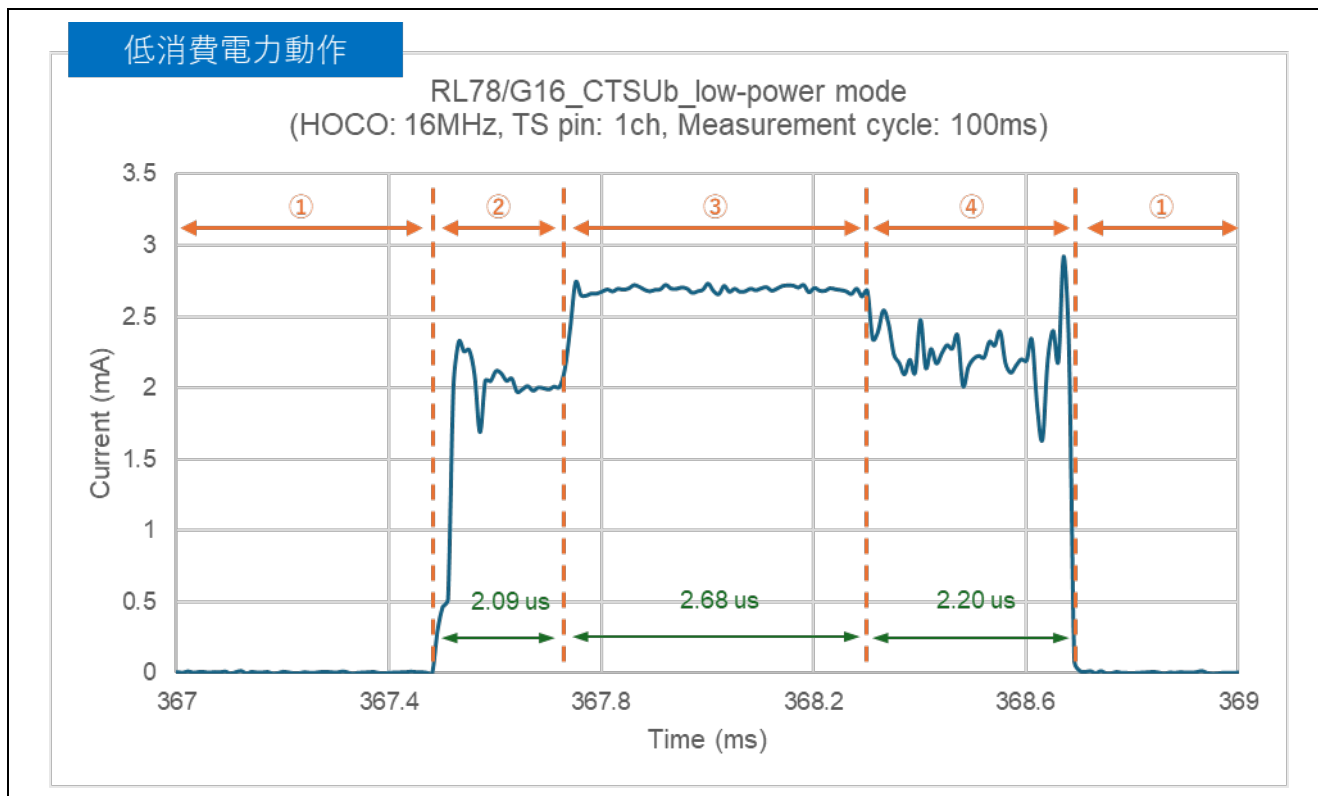


図 7-3 タッチ計測処理時の消費電流波形（低消費電力動作）

表 7-1 各計測区間の CPU と CTSU の状態（低消費電力動作）

図中番号	CPU の状態	CTSU の状態
①	STOP モード	サスペンド
②	Normal (通常動作) モード	計測準備
③	Normal (通常動作) モード	計測動作
④	Normal (通常動作) モード <sup>注1</sup>	計測待機 <sup>注2</sup>

注1. CPU は計測結果の演算処理を実施

注2. CTSU は停止状態

図 7-4 に通常動作でのタッチ計測処理時の消費電流波形を示します。また、表 7-2 に各計測期間の CPU と CTSU の状態を示します。CPU は常に Normal(通常動作)モードでタッチ計測処理とタッチ計測終了処理、タッチオン/オフ判定処理を行う一連の動作の消費電流を示しています。

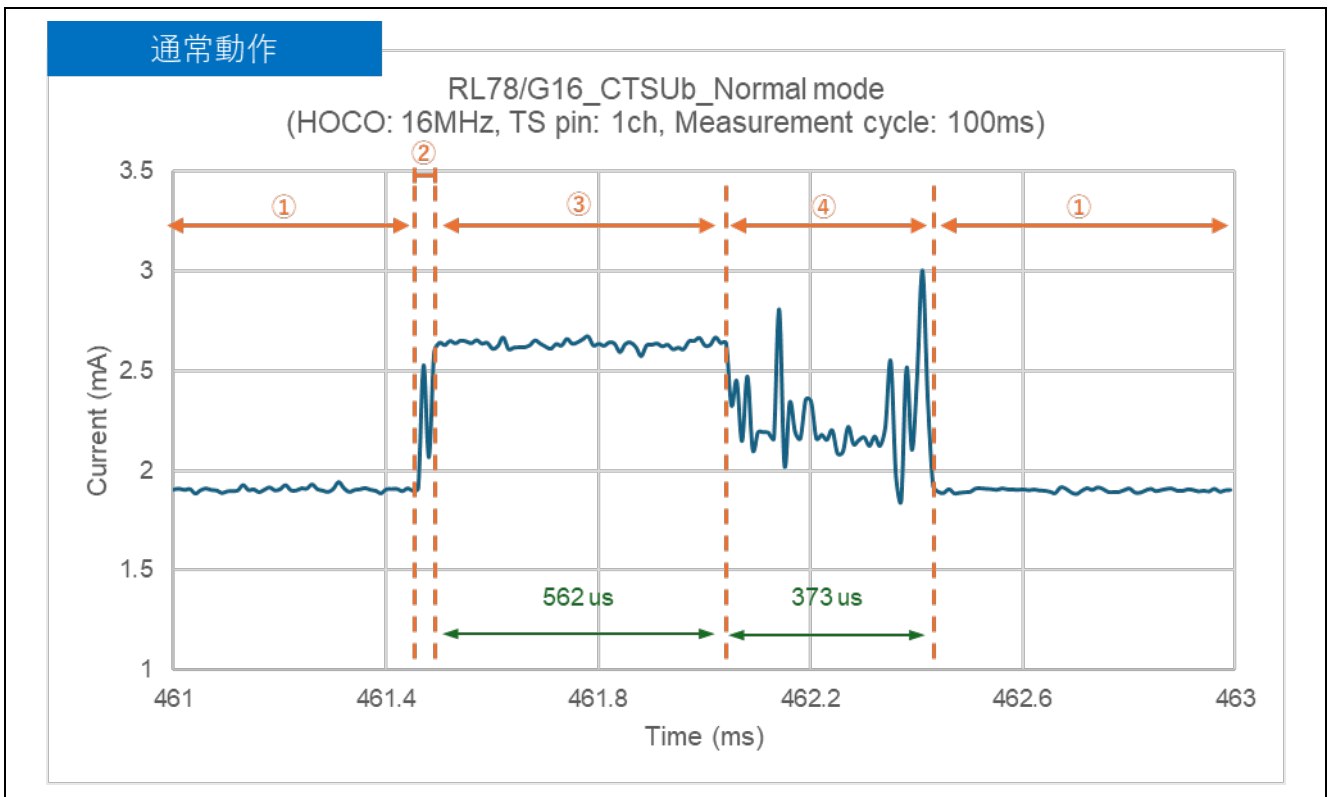


図 7-4 タッチ計測処理時の消費電流波形 (通常動作)

表 7-2 各計測区間の CPU と CTSU の状態 (通常動作)

図中番号	CPU の状態	CTSU の状態
①	Normal(通常動作)モード	サスペンド
②	Normal(通常動作)モード	計測準備
③	Normal(通常動作)モード	計測動作
④	Normal(通常動作)モード <sup>注1</sup>	計測待機 <sup>注2</sup>

注1. CPU は計測結果の演算処理を実施

注2. CTSU は停止状態

### 7.3 100ms あたりの平均消費電流

以下に、ケースレー/KickStart ソフトウェアで取得した平均消費電流結果を示します。

表 7-3 に低消費電力動作時の各 CPU のモードごとの平均消費電流と 100ms あたりの平均消費電流を示します。

表 7-3 平均消費電流の結果(低消費電力動作時)

CPU モード	時間 (ms)	平均消費電流 (uA)
STOP モード	98.80	0.955
Normal (通常動作) モード <タッチ計測準備>	0.26	1917
Normal (通常動作) モード <タッチ計測処理>	0.57	2682
Normal (通常動作) モード <タッチ計測終了処理 + タッチオン/オフ判定処理>	0.37	2200
STOP モード+Normal(通常動作)モード	100	29.46

**100ms 周期平均消費電流 ≒ 29.46 uA**

表 7-4 に通常動作時の 100ms あたりの平均消費電流を示します。

表 7-4 平均消費電流の結果(通常動作時)

CPU モード	時間 (ms)	平均消費電流 (uA)
Normal(通常動作)モード <タッチ計測処理+タッチ計測終了処理 + タッチオン/オフ判定処理>	100	1908

**100ms 周期平均消費電流 ≒ 1.908 mA**

表 7-3, 表 7-4 より動作条件による 100ms あたりの平均消費電流の差分を表 7-5 に示します。

表 7-5 動作条件による平均消費電流の差分

動作条件	サスペンド機能と間欠動作の使用/未使用	CPU モードの遷移	100ms あたりの平均消費電流
低消費電力動作	使用	STOP モード→ Normal (通常動作) モード	29.46 uA
通常動作	未使用	常時 Normal (通常動作) モード	1.908 mA

約 1/65 の  
削減効果

## 8. 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。

## 9. サンプルコードに関する注意事項 (タッチ判定の確定タイミングについて)

### 9.1 タッチ ON / タッチ OFF チャタリングフィルタによる影響

タッチ計測結果の確定タイミングは、タッチ ON チャタリングフィルタ / タッチ OFF チャタリングフィルタ (QE for Capacitive Touch V4.0.0 以前ではポジティブ・ノイズフィルタ / ネガティブ・ノイズフィルタ) の設定により変動します。タッチ計測結果は、(各フィルタの設定値+1) 回の期間、静電容量計測値がタッチ ON またはタッチ OFF のどちらかの状態で連続すると確定する仕様となっています。

サンプルコードでは、タッチ ON チャタリングフィルタ / タッチ OFF チャタリングフィルタの連続一致回数を“3”に設定しています。従って、タッチ計測周期ごとに RM\_TOUCH\_DataGet 関数をコールして計測結果を取得し、ON/OFF 状態が 4 回連続した時にタッチ計測結果を ON / OFF に確定します。

本機能の詳細は、アプリケーションノート RL78 ファミリ TOUCH モジュール Software Integration System (R11AN0485) を参照してください。

### 9.2 移動平均フィルタによる影響

タッチ計測結果の確定タイミングは、移動平均フィルタの設定により変動します。

サンプルコードでは、移動平均回数を“4”に設定しています。

qe\_touch\_config.c の変数: num\_moving\_average で移動平均回数を設定できます。

図 9-1 に、本サンプルコードの設定値でのタッチ判定処理を示します。

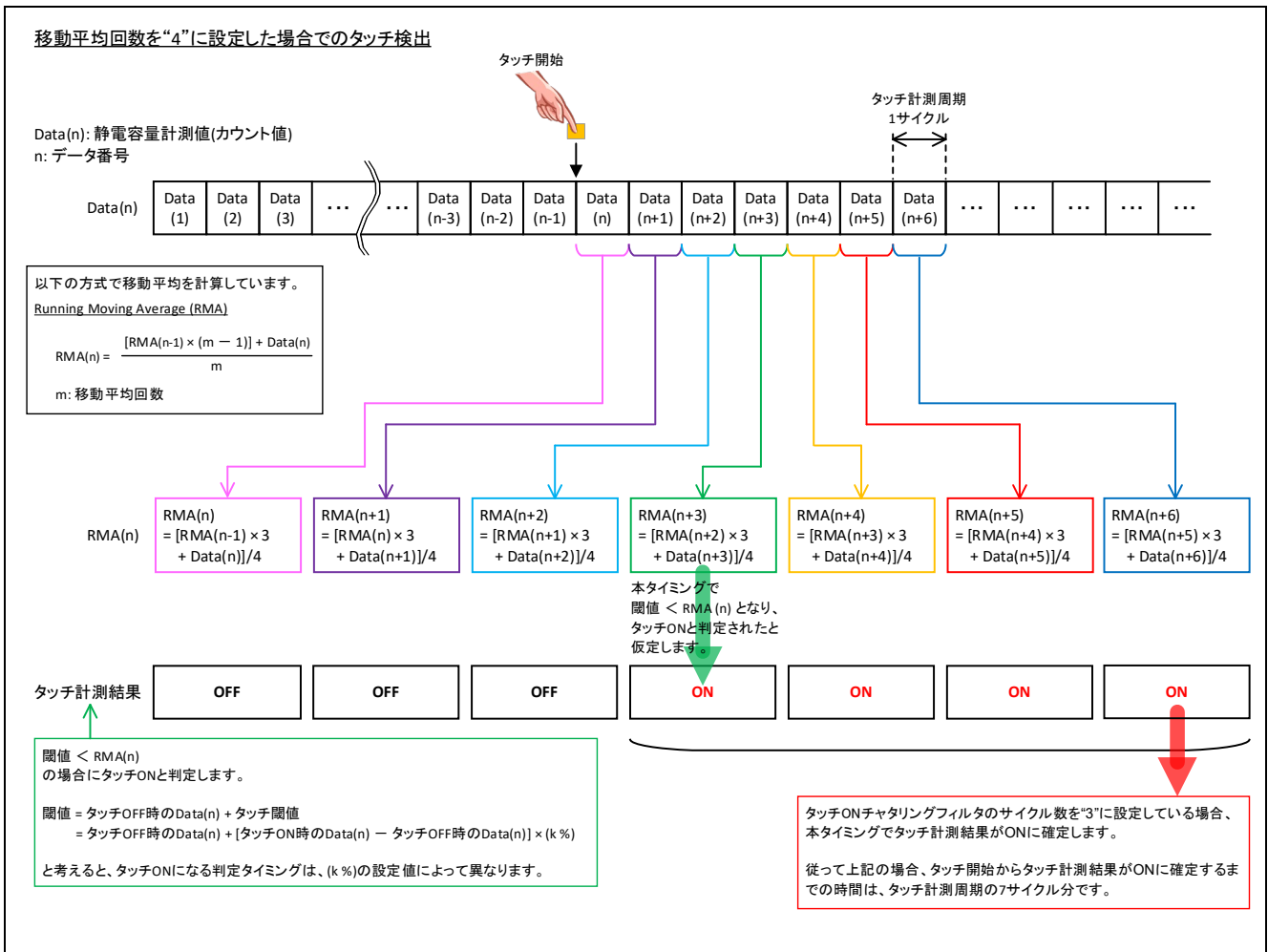


図 9-1 タッチ判定処理

## 10. 参考ドキュメント

### ○ユーザーズマニュアル

- RL78/G16 ユーザーズマニュアル ハードウェア編 (01UH0980)
  - RL78 ファミリ ユーザーズマニュアル ソフトウェア編 (R01US0015)
- (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。)

### ○ユーザーズマニュアル：開発環境

- RL78RL78/G16 搭載静電容量タッチ評価システム (RTK0EG0047S01001BJ)
- (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。)

### ○アプリケーションノート

- 静電容量センサマイコン 静電容量タッチ導入ガイド (R30AN0424)
  - 静電容量センサマイコン 静電容量タッチ電極デザインガイド (R30AN0389)
  
  - RL78 ファミリ QE と SIS を使用した静電容量タッチアプリケーションの開発 (R01AN5512)
  - RL78 ファミリ CTSU モジュール Software Integration System (R11AN0484)
  - RL78 ファミリ TOUCH モジュール Software Integration System (R11AN0485)
- (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。)

## 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://www.renesas.com/>

静電容量センサユニット関連ページ

<https://www.renesas.com/solutions/touch-key>

<https://www.renesas.com/qe-capacitive-touch>

お問い合わせ

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

## 改訂記録

Rev.	発行日	改訂内容	
		ページ	ポイント
1.00	2025.3.31	-	初版発行

## 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しないでください。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、リセットを解除してください。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っていると、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。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）、交通管制（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た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したします。
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](http://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/](http://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。