

RL78/G23

静電容量タッチ低消費電力ガイド(SNOOZE モード機能)

要旨

本アプリケーションノートは、RL78/G23 を用いて静電容量センサユニット (CTS2L) 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、32 ビット・インターバル・タイマ機能 (TML32) を用いた CPU の間欠動作と CTS2L の SNOOZE モー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/G23

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。

低消費電力アプリケーションノートの使い分け

RL78/G23 を使用して静電容量センサユニット (CTS2L) によるタッチ計測を低消費電力動作で実現する方法は 2 種類あります。

- a. SNOOZE モード機能のみ使用
- b. SNOOZE モード機能と SNOOZE モード・シーケンサ (SMS) を使用

SMS 機能を併用すると、SNOOZE モード機能のみでタッチ計測を行ったときに比べて更に消費電力を低減させることができます。一方で、タッチ計測に関連する処理で SMS を専有するため、他の処理を SMS で実行することができません。タッチ計測以外の処理を SMS で実行したい場合や、SMS を使用せず簡便な設定で低消費電力動作を実装したい場合は、本アプリケーションノートをご参照ください。

SMS を使用して低消費電力動作を実現する際の詳細な設定手順については、以下のアプリケーションノートをご確認ください。

○SNOOZE モード機能と SMS 機能を併用する場合のサンプルコード

[RL78/G23 静電容量タッチ低消費電力ガイド\(SMS 機能\) \[R01AN6670\]](#)

○SNOOZE モード機能と SMS 機能を併用する場合の設定方法

[RL78 ファミリ 静電容量タッチ低消費電力アプリケーション\(SMS 使用\)の開発 \[R01AN7261\]](#)

目次

1. 概要	4
1.1 想定システム	4
2. タッチ計測のメカニズム	5
2.1 低消費電力なタッチ計測 (SNOOZE モード機能) の動作フロー	5
2.2 低消費電力なタッチ計測 (SNOOZE モード機能) を実現する周辺機能	7
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	10
5.2.1 使用コンポーネント	10
5.2.2 コンポーネントの設定内容	11
5.3 静電容量タッチ設定	13
5.4 CTSU 起動設定	14
5.5 オプション・バイト設定	14
5.6 フォルダ/ファイル構成	15
5.7 サンプルコード詳細	16
5.7.1 変数一覧	16
5.7.2 関数一覧	16
5.7.3 フローチャート	17
5.7.3.1 メイン処理	17
5.7.3.2 タッチ計測制御処理	18
6. 消費電流	20
6.1 消費電流計測環境	20
6.2 計測機器/ソフトウェア	20
6.3 CPU ボードのジャンパ設定	21
6.4 未使用端子の設定	22
6.5 消費電流計測ツールの設定	24
6.6 消費電流計測結果	25
7. サンプルコード	29
8. サンプルコードに関する注意事項（タッチの確定タイミングについて）	29
8.1 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による影響	29
8.2 移動平均フィルタによる影響	29
9. 参考ドキュメント	30

改訂記録	31
------------	----

1. 概要

本アプリケーションノートは、RL78/G23 に搭載された SNOOZE モード機能を使用し、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。間欠動作を使用せずにタッチ計測処理を CPU で行った場合に比べ、本アプリケーションノートでは約 1/238 の低消費電力化を実現しています。

備考 SNOOZE モード機能とは、STOP モード時に外部トリガにより CPU 起動させずに周辺機能を動作させる機能。

1.1 想定システム

サンプルコードにおける静電容量タッチ低消費電力動作は、図 1-1 の赤枠で示すような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。

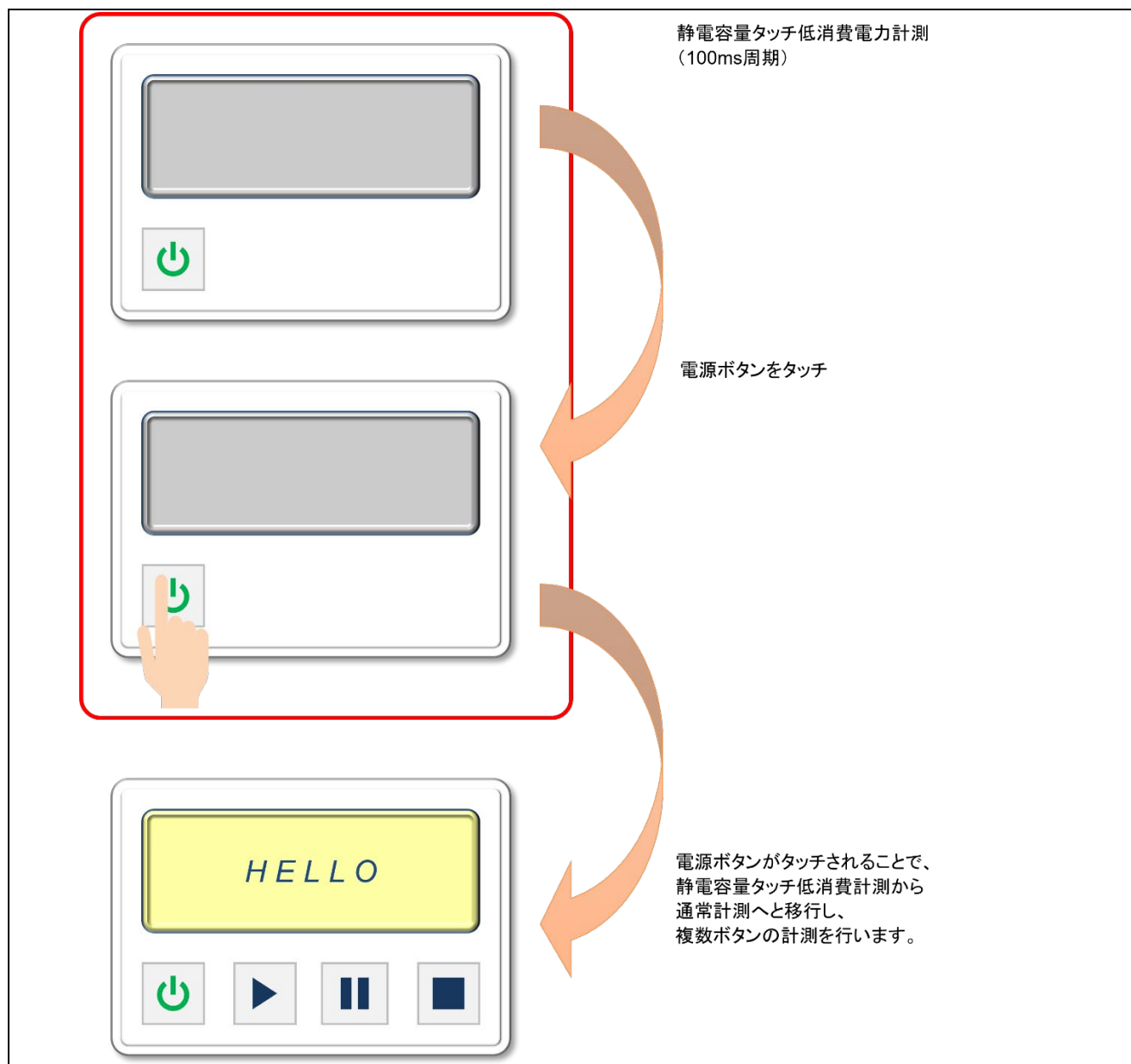


図 1-1 想定システム

2. タッチ計測のメカニズム

2.1 低消費電力なタッチ計測 (SNOOZE モード機能) の動作フロー

本章では SNOOZE モード機能を使用してタッチ計測を間欠動作させた場合の、各周辺機能の連携動作の概要と消費電力が低減する仕組みを説明します。

図 2-1 に低消費電力なタッチ計測 (SNOOZE モード機能) の動作イメージを示します。

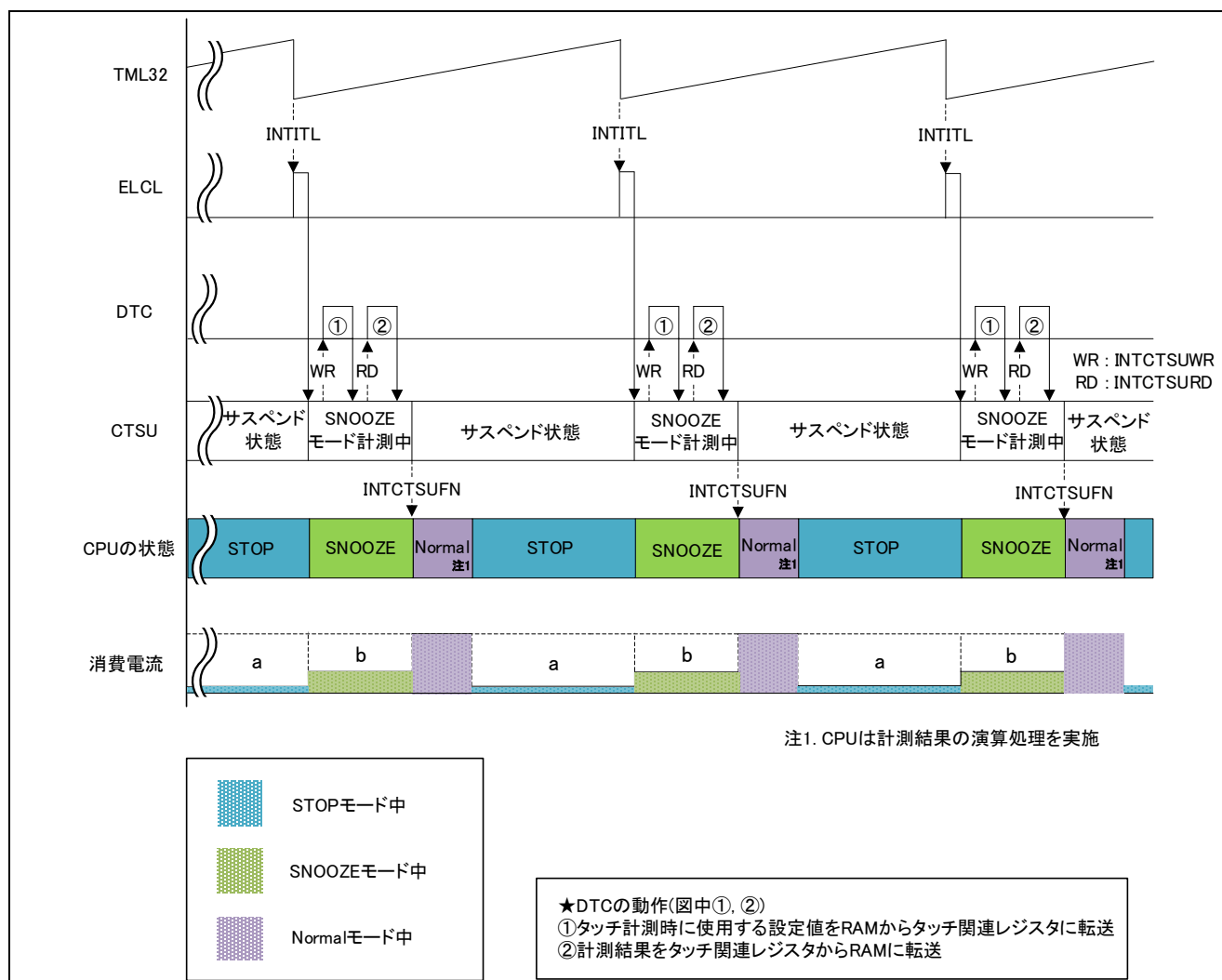


図 2-1 低消費電力なタッチ計測 (SNOOZE モード機能) の動作イメージ

○動作概要

タッチ計測間隔に 32 ビット・インターバル・タイマ (TML32) を使用する。

1. TML32 の割り込み要求信号 (INTITL) により、CTSU はサスペンド状態 (トリガ待ち) から SNOOZE モード計測中へ遷移する。このとき、CPU の状態は STOP モードから SNOOZE モードへ遷移する。
2. CTSU のチャンネルごとの設定レジスタ書き込み要求 (INTCTSUWR) に対して、DTC はタッチ計測時に使用するレジスタ設定値を RAM からタッチ関連レジスタに転送する。(図中①)
本レジスタ値をもとに CTSU は当該チャンネルのタッチ計測を開始する。
3. CTSU の計測データ転送要求 (INTCTSURD) に対して、DTC は計測結果をタッチ関連レジスタから RAM に転送する。(図中②)

CTSU の計測チャンネル数に応じて、2 と 3 の動作を繰り返す。

4. CTSU は全チャネルの計測を終了すると、CTSU 計測終了割り込み要求 (INTCTSUFN) を発行し、CTSU はサスペンド状態 (トリガ待ち) となる。このとき、CPU の状態は SNOOZE モードから Normal (通常動作) モードへと遷移し、CPU は動作を開始する。
5. 読み出された計測結果をもとにソフトウェアでタッチのオン/オフ判定処理を行う。
6. STOP 命令の実行により、CPU の状態は Normal (通常動作) モードから STOP モードへと遷移する。そして、次の割り込み要求信号 (INTITL) 待ち状態となる。
7. 以後 1 から 6 までを繰り返す。

○消費電流の削減効果

- ・ 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。
- ・ CPU を起動させることなく SNOOZE モードでタッチ計測処理を実行することで通常動作でタッチ計測処理を実行したときと比較して図中 b の部分の消費電流を削減することができます。

2.2 低消費電力なタッチ計測 (SNOOZE モード機能) を実現する周辺機能

表 2-1 に SNOOZE モード機能を使用してタッチ計測を間欠動作で行う際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
静電容量センサユニット (CTSU2L)	タッチ電極に発生する静電容量を計測する。 低消費電力動作させるために以下の設定を行う。 ・ 外部トリガを選択 ・ SNOOZE モード機能を有効
データ・トランスファ・コントローラ (DTC)	タッチ計測時に使用する設定値を RAM からタッチ関連レジスタに転送する。タッチ計測終了後、計測結果 (カウント値) をタッチ関連レジスタから RAM に転送する。
32 ビット・インターバル・タイマ (TML32)	タッチの計測周期をカウントするタイマ。 100ms に設定したタッチ計測周期ごとに割り込み要求信号 (INTITL) を発生させる。
ロジック&イベント・リンク・コントローラ (ELCL)	TML32 の割り込み信号要求 (INTITL) を CTSU 外部トリガに設定する。

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/G23 (R7F100GSN2DFB)
動作周波数	・ <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 (f_{IH}) : 32 MHz ・ CPU/周辺ハードウェア・クロック (f_{CLK}) : 32 MHz ・ <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 (f_{IL}) : 32.768 kHz ・ 低速周辺クロック周波数 (f_{SXP}) : 32.768 kHz
動作電圧	5.0 V LVD0 検出電圧: リセット・モード 立ち上がり時: TYP. 2.67 V (2.59 V ~ 2.75 V) 立ち下がり時: TYP. 2.62 V (2.54 V ~ 2.70 V)
ターゲットボード	RL78/G23 静電容量タッチ評価システム (製品型名: RTK0EG0030S01001BJ)
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 (2025-01)
Smart Configurator	ルネサス エレクトロニクス製 V25.1.0
C コンパイラ (e ² studio)	ルネサス エレクトロニクス製 CC-RL V1.15.00
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	100 ms
センサドライブパルス周波数	2.0 MHz
計測タッチセンサ(TS 端子)	TS06
タッチ判定方法	計測値多数決モード(Value Majority Mode : VMM)
計測モード	自己容量方式 (CTSUCRAL レジスタ MD1 ビット = 0)
スキャンモード	マルチスキャンモード (CTSUCRAL レジスタ MD0 ビット = 1)
計測開始トリガ	外部トリガ(ELCL) (CTSUCRAL レジスタ CAP ビット = 1)
SNOOZE モード機能の有効／無効	SNOOZE モード機能有効 (CTSUCRAL レジスタ SNZ ビット = 1)
昇圧電源	昇圧電源 ON (CTSUCRAL レジスタ PUMPON ビット = 1)
計測電源	計測電源 = 1.5 V (CTSUCRAL レジスタ ATUNE0 ビット = 0)
計測電源電流調整	40 μ A (CTSUCRAL レジスタ ATUNE1 ビット = 1、 CTSUCRAH レジスタ ATUNE2 ビット = 0)
非計測端子出力選択	ロウ・レベル出力 (CTSUCRAH レジスタ POSEL[1:0]ビット = 00b)
センサドライブパルス選択	高分解能パルスモード (CTSUCRAH レジスタ SDPSEL ビット = 1)
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。

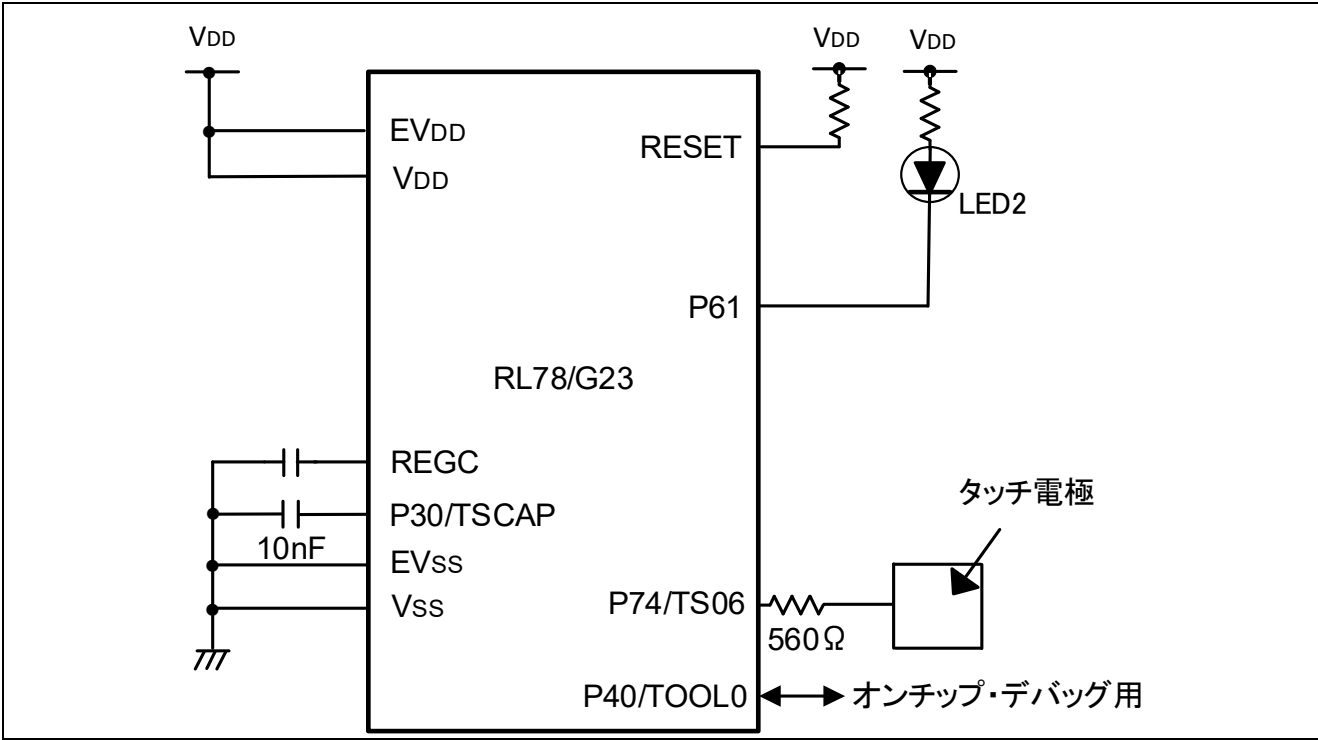


図 4-1 ハードウェア構成

- 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)。
- 注意 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。
- 注意 3. VDD は LVD0 にて設定したリセット解除電圧 (VLVD0) 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
P74/TS06	入出力	静電容量計測用端子
P61	出力	LED2 制御用端子
P30/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

本サンプルコードでは、1 章の図 1-1 想定システムの静電容量タッチ低消費計測にあたる、以下の動作を行います。

1. 電源投入によるリセット解除後に RM_TOUCH_OPEN 関数を実行し、静電容量センサユニット (CTSUCRAL) の初期設定を行います。
2. ELCL のイベント発生元を 32 ビット・インターバル・タイマ (TML32) チャンネル 0 のコンペアマッチ (INTITL0)、イベントリンク先の周辺機能を静電容量センサユニット (CTSUCRAL) に設定します。
3. RM_TOUCH_ScanStart 関数^注の実行で、タッチ計測設定および SNOOZE モード機能を有効にする設定を行うと、CTSUCRAL はサスペンド状態かつ外部トリガ待ちとなります。
4. 計測周期を 100ms に設定した TML32 のタイマカウントを開始します。
5. STOP 命令の実行で CPU の状態は STOP モードへ遷移します。
6. TML32 の割り込み要求 (INTITL0) が発生すると、ELCL からの外部トリガで静電容量センサユニット (CTSUCRAL) が起動します。そして、CPU の状態は SNOOZE モードへ遷移して CTSUCRAL はタッチ計測を開始します。
7. CTSUCRAL は計測を終了すると、計測終了割り込み (INTCTSUFN) を発生し、計測待機状態となります。そして、CPU の状態は Normal (通常動作) モードへ遷移します。
8. RM_Touch_DataGet 関数の実行で計測結果を取得し、タッチオン/オフ判定を行います。タッチオンの場合は LED2 を点灯、タッチオフの場合は LED2 を消灯させます。
9. 以降 5 から 8 を繰り返します。

注 RM_TOUCH_ScanStart 関数内の処理で CTSUCRAL レジスタの CAP ビットを“1”に、SNZ ビットを“1”に設定後、STRT ビットを“1”に設定します。設定条件の詳細については、RL78/G23 ユーザーズマニュアルハードウェア編 [R01UH0896] の「30.2.3 CTSUCRAL 制御レジスタ AL, AH (CTSUCRAL, CTSUCRAH) の SNZ 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 に本サンプルコードで使用したスマート・コンフィグレータのコンポーネントを示します。

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)
ELCL Flexible Circuit	1.0.0	Config_ELCL(使用中)
Touch middleware. (rm_touch)	2.10	rm_touch(使用中)
インターバル・タイマ	1.6.0	Config_ITL000(ITL000: 使用中)
ポート	1.6.0	Config_PORT(PORT: 使用中)
電圧検出回路	1.5.0	Config_LVD0(LVD0: 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

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 (CTSU)	r_cts	割り込み要求 (INTCTSUWR と INTCTSURD) 発生時のデータ転送に DTC を設定する。TSCAP 端子/TS 端子をすべて使用するに設定。
Touch middleware	rm_touch	デフォルト設定。
ELCL Flexible Circuit 注	Config_ELCL	入力に 32 ビット・インターバル・タイマ割り込み信号 (INTITL) を、出力に外部トリガ (CTSU HW Trigger) を設定。論理セルブロックには、L1L0 を設定。
インターバル・タイマ	Config_ITL000	動作クロックを fSXP、クロック周波数を fITL0/128、インターバル時間を 100ms に設定。
ポート	Config_PORT	P61 を High 出力に設定。
電圧検出回路	Config_LVD0	リセット発生電圧を 2.62 (V) に設定します。

注 スマート・コンフィグレータ Ver.24.1.0 以降では、ELCL Flexible Circuit はグラフィカル・コンフィグレータに対応しています。これにより、ロジック&イベント・リンク・コントローラ (ELCL) の設定をグラフィカルに行うことができます。

図 5-2 にコンポーネント上での設定内容を示します。

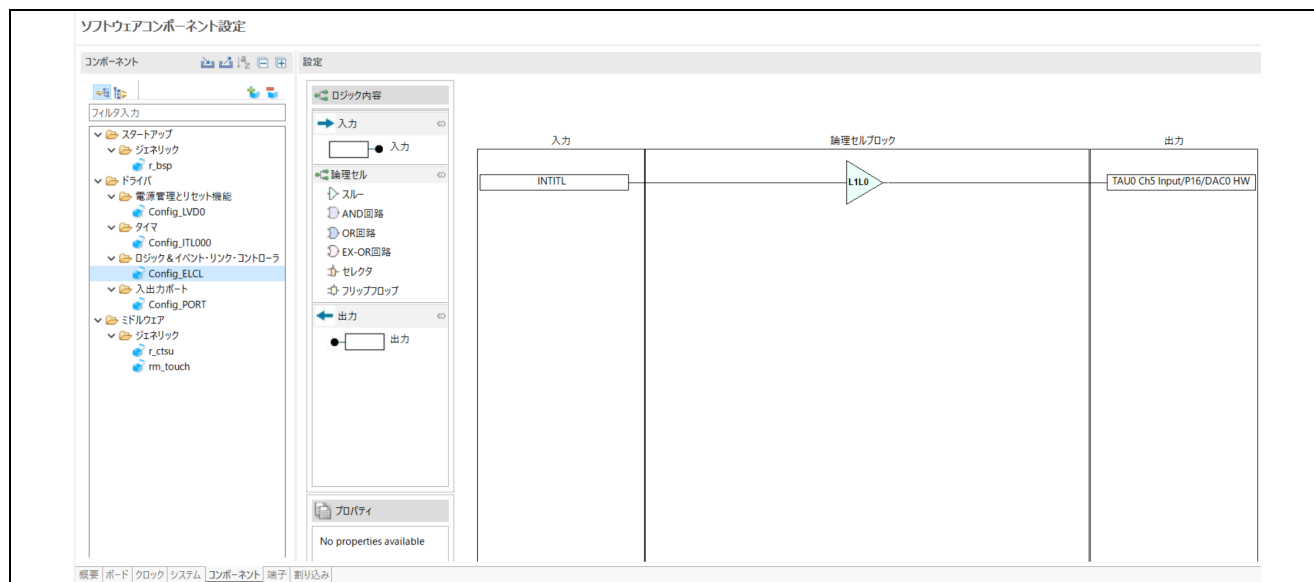


図 5-2 ELCL の設定内容

備考 ELCL の設定方法についての詳細な説明は、e2studio 上にあるヘルプからヘルプ目次を開き、e2studio ユーザーガイド>ビルドに関する機能>スマート・コンフィグレータ (RL78)を選択後、「グラフィカル・コンフィグレータの追加」の内容を参照してください。

CS+使用時は、スマート・コンフィグレータ上のヘルプからページを開いてください。



図 5-3 グラフィカル・コンフィグレータでの ELCL の設定方法の説明箇所 (e2studio)



図 5-4 グラフィカル・コンフィグレータでの ELCL の設定方法の説明箇所 (CS+)

5.3 静電容量タッチ設定

図 5-5 にタッチインタフェース構成を、図 5-6 に QE のチューニング結果を示します。TS06 を自己容量方式で計測します。

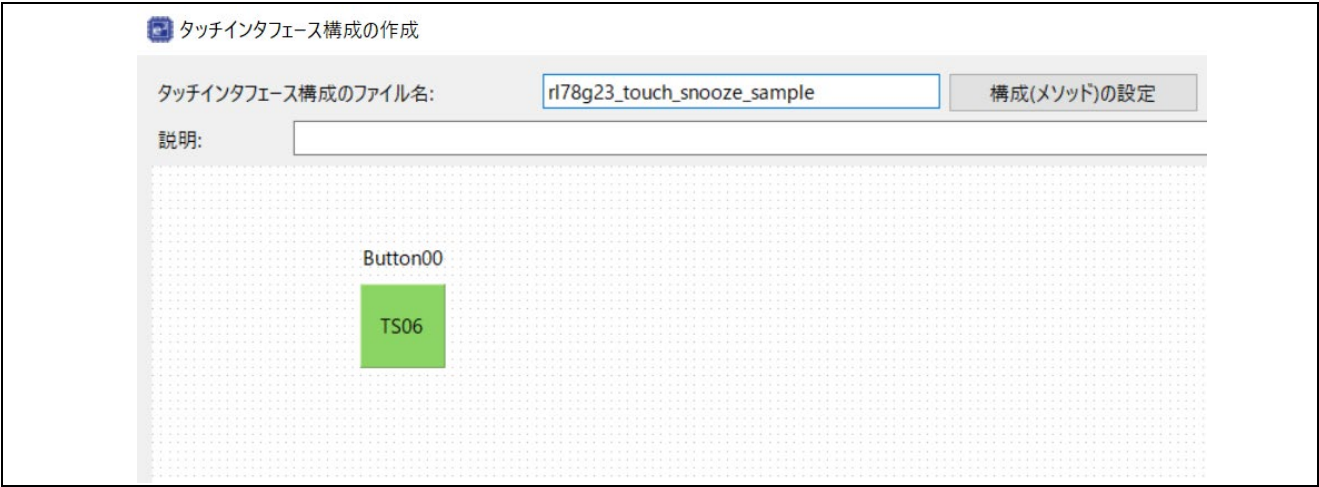


図 5-5 タッチインタフェース設定画面

CapTouch調整結果 (QE) ×

チューニング ジェスチャ

タッチインタフェース構成: rl78g23_touch_snooze_sample

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	TS06	20.847	2.0	1242	0.576	なし

図 5-6 QE チューニング結果

5.4 CTSU 起動設定

図 5-7 に示すように QE for Capacitive Touch で「外部トリガを使用する」設定にします。本設定により、CTSU2L の SNOOZE モード機能が有効になり、待機状態の低電力化が可能になります。



図 5-7 QE for Capacitive Touch での外部トリガ選択設定

5.5 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 / 040C0H	11101111B (0xEF)	ウォッチドッグ・タイマ動作停止 ^注 (リセット解除後、カウント停止)
000C1H / 040C1H	11111100B (0xFC)	LVD0 検出電圧：リセット・モード 立ち上がり時：2.67V (TYP) (2.59V～2.75V), 立ち下がり時：2.62V (TYP) (2.54V～2.70V)
000C2H / 040C2H	11101000B (0xE8)	HS モード 高速オンチップ・オシレータ・クロック (f _{IH}) : 32 MHz
000C3H / 040C3H	10000100B (0x84)	オンチップ・デバック許可

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。

5.6 フォルダ/ファイル構成

表 5-3 に Smart Configurator、QE for Capacitive Touch で生成したサンプルコードのフォルダを、表 5-4 にサンプルコードの内容から追加、変更し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	Smart Configurator 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	処理・設定概要	変更/追加内容
rl78g23_rssk_snooze_sample.c	メイン処理	下記の処理を追加 ・ マスカブル割り込みの許可 ・ タッチ計測制御処理関数を追加
mcu_clocks.c	クロック設定	CMC レジスタの設定値変更 (P123 および P124 の未使用端子処理)
qe_touch_sample.c	タッチ計測制御処理	下記の処理を追加 ・ 低消費電力にするための処理を追加 ・ LED 制御の処理を追加 ・ CSC レジスタの設定値変更 (P123 および P124 の未使用端子処理)

5.7 サンプルコード詳細

5.7.1 変数一覧

表 5-5 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 5-5 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

5.7.2 関数一覧

追加／変更したサンプルコードの関数について説明します。

main()		
概 要	メイン処理	
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	
宣 言	void qe_touch_main(void)	
説 明	SNOOZE モード機能を用いたタッチ計測の設定および制御を行います。 タッチ計測は繰り返し行い、計測結果を取得するたびにタッチオンの場合は LED2 を点灯、タッチオフの場合は LED2 を消灯させます。	
引 数	-	-
リターン値	-	-

5.7.3 フローチャート

5.7.3.1 メイン処理

図 5-8 にメイン処理のフローチャートを示します。

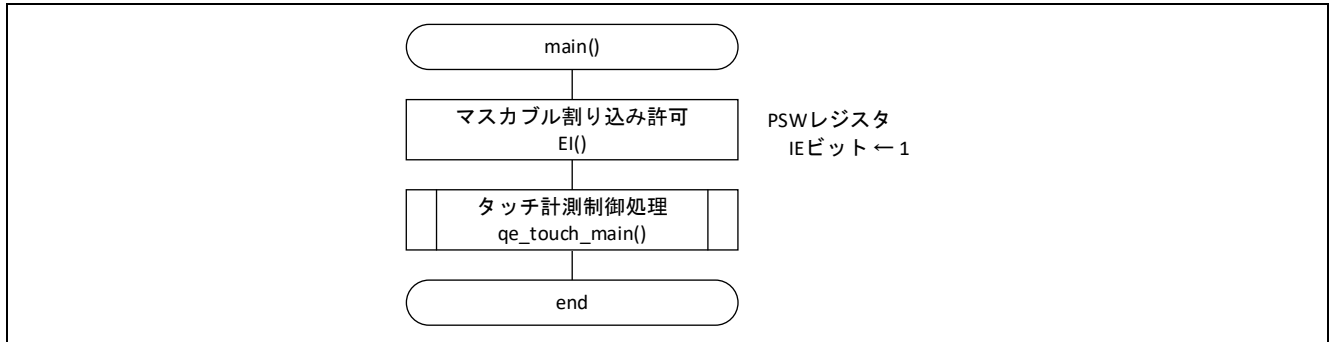


図 5-8 メイン処理

5.7.3.2 タッチ計測制御処理

図 5-9 および図 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。

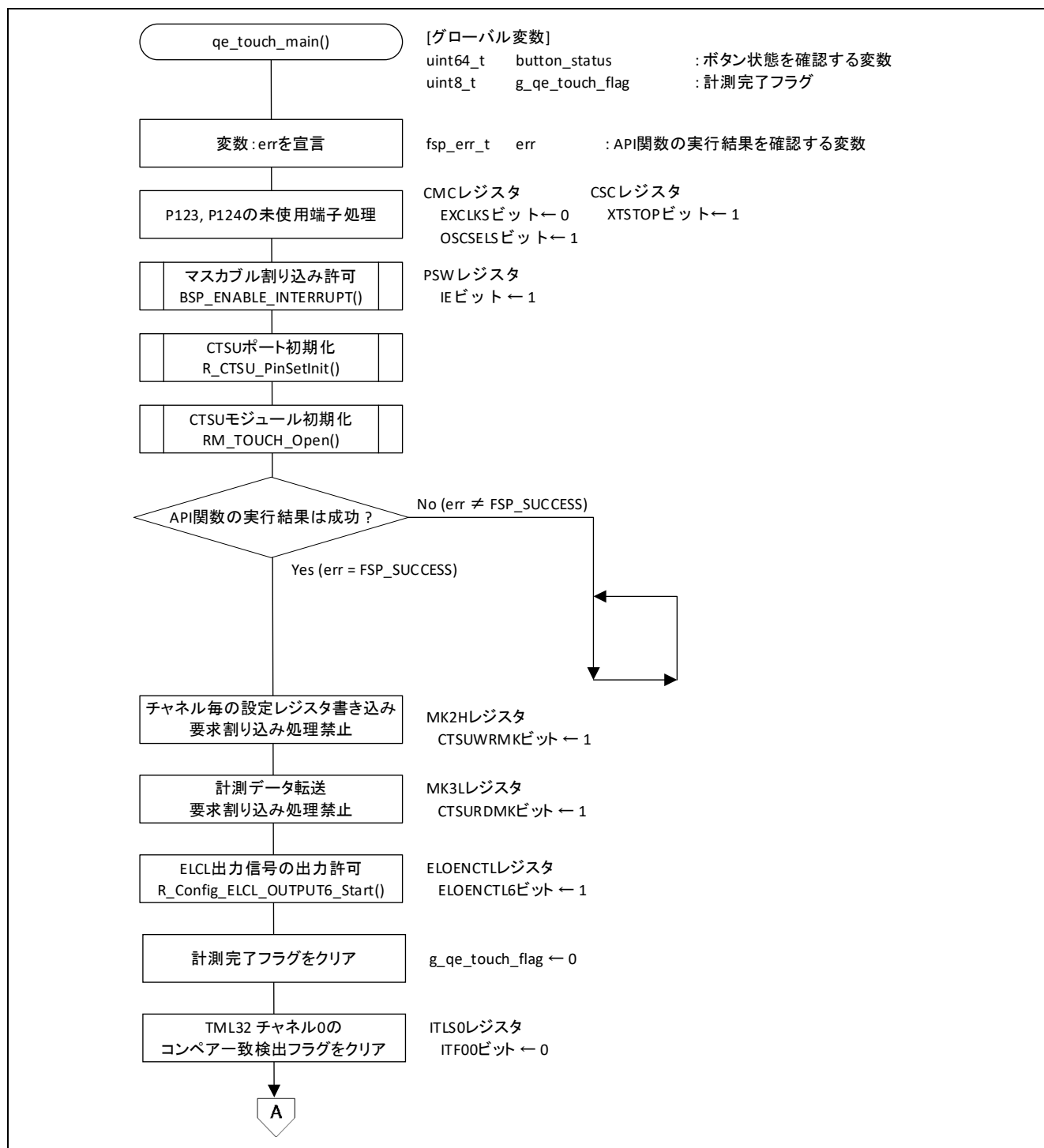


図 5-9 タッチ計測制御処理(1/2)

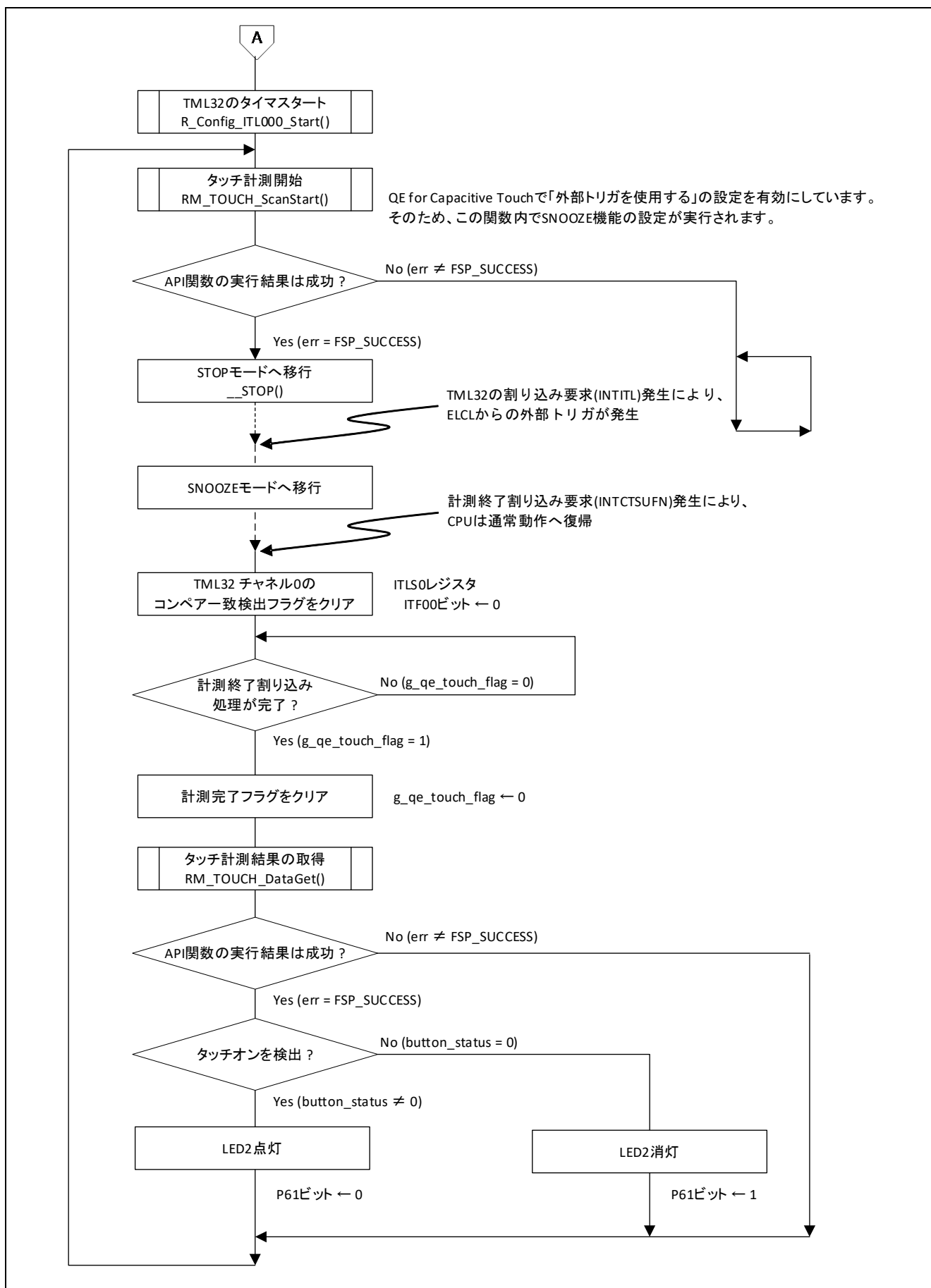


図 5-10 タッチ計測制御処理(2/2)

6. 消費電流

6.1 消費電流計測環境

図 6-1 に消費電流を計測した際の計測環境を示します。

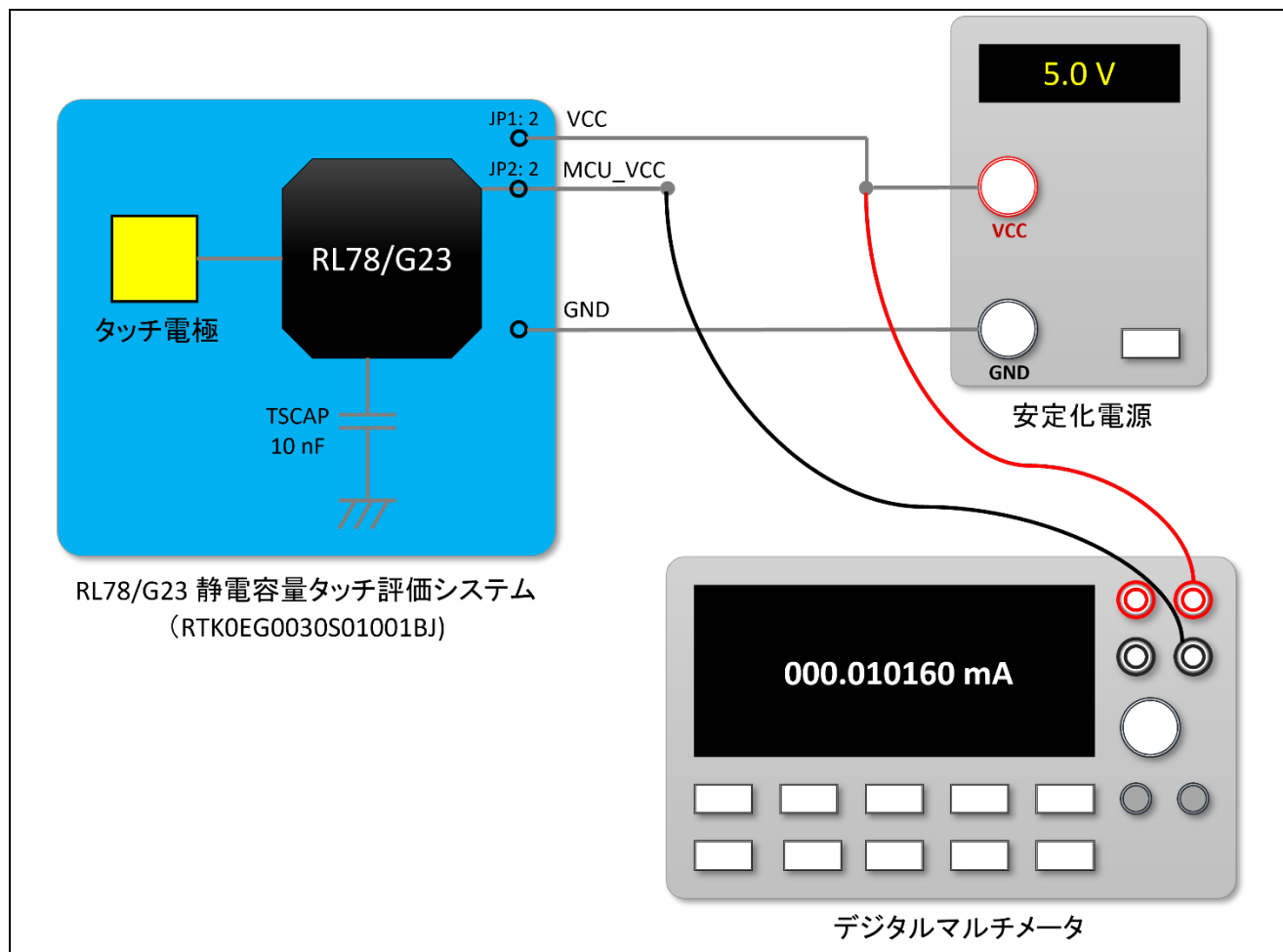


図 6-1 消費電流計測環境

6.2 計測機器/ソフトウェア

表 6-1 に消費電流を計測した際に使用した計測機器とソフトウェアを示します。

表 6-1 計測機器 / 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/G23 静電容量タッチ評価システム (RTK0EG0030S01001BJ) 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 ボードのジャンパ設定

表 6-2 に消費電流を計測した際の RL78/G23 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	VCC 電源	オープン (図 6-1 参照)	JP1: 2 から電源を供給
JP2	MCU_VCC 電源	オープン	消費電流計測
JP3	電源回路	1-2 pin クローズ	—
JP4	電源回路	1-2 pin クローズ	—
SW1	静電容量タッチ	OFF (1-2 pin)	—

6.4 未使用端子の設定

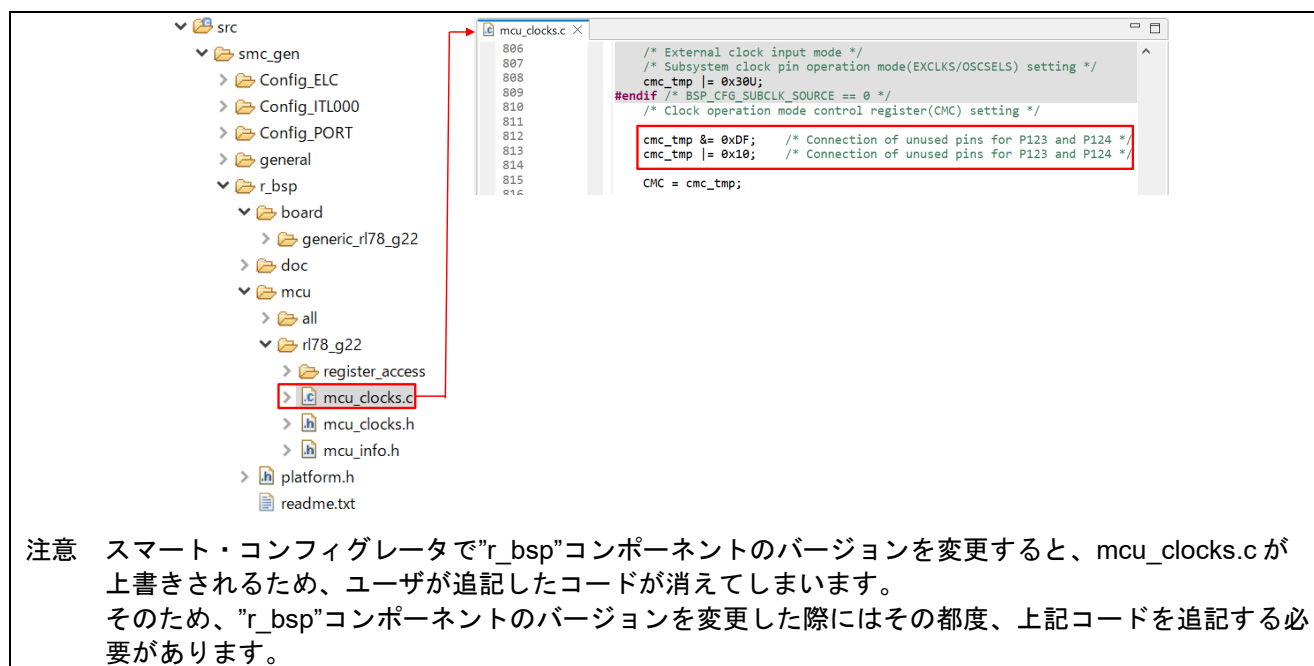
表 6-3 に RL78/G23 静電容量タッチ評価システム(RTK0EG0030S01001BJ)にて、消費電流計測時に未使用端子に電流が流れることを防ぐために、スマート・コンフィグレータのポートコンポーネントで設定した内容を示します。

表 6-3 ポート設定

ポート グループ	ポート名	接続先	設定	備考
PORT0	P04	—	Low 出力	オープン
	P07	CN2		
PORT1	P10-P12	CN3	Low 出力	オープン
	P13-P15	—	Low 出力	オープン
	P16	SW4	入力	抵抗を介して VDD に接続
	P17	—	Low 出力	オープン
PORT2	P20	CN2	Low 出力	オープン
	P21	—		
PORT3	P32	CN1	Low 出力	オープン
	P33	U3		
	P34	U4		
	P35	CN1		
	P36-P37	CN1 (LED_COL)	Low 出力	評価システムの電極ボード上のマトリクス LED が点灯しないように設定
PORT4	P41-P42	—	Low 出力	オープン
	P43-P46	CN3		
	P47	CN1		
PORT5	P51-P56	—	Low 出力	オープン
	P57	SW3	入力	抵抗を介して VDD に接続
PORT6	P60	LED1	High 出力	LED1 が点灯しないように設定
	P62-P63	—	Low 出力	オープン
PORT8	P80-P87	—	Low 出力	オープン
PORT9	P90-P97	—	Low 出力	オープン
PORT10	P100-P101	—	Low 出力	オープン
	P102	CN2		
	P103	—		
	P104-P106	CN1 (LED_ROW)	High 出力	評価システムの電極ボード上のマトリクス LED が点灯しないように設定
PORT11	P110-P117	—	Low 出力	オープン

ポートグループ	ポート名	接続先	設定	備考
PORT12	P120	CN1 (LED_ROW)	High 出力	評価システムの電極ボード上のマトリクス LED が点灯しないように設定
	P121-P122	—	Low 出力	オープン
PORT12	P123-P124 注	—	入力	クロック動作モード制御レジスタ (CMC) の EXCLKS に 0、OSCSELS に 1、かつクロック動作ステータス制御レジスタ (CSC) の XTSTOP に 1 を設定し、オープンにしてください。
	P125-P127	—	Low 出力	オープン
PORT13	P130	CN2	Low 出力	オープン
	P137	CN3	入力	抵抗を介して VDD に接続
PORT14	P140-P141	CN1 (LED_COL)	Low 出力	評価システムの電極ボード上のマトリクス LED が点灯しないように設定
	P142	CN1	Low 出力	オープン
	P143-P144	CN1		
	P145-P147	—		
PORT15	P156	—	Low 出力	オープン

注 CSC レジスタは `qe_touch_sample.c` 内の `qe_touch_main` 関数で設定しています。CMC レジスタは `mcu_clocks.c` 内の `mcu_clock_setup` 関数にて、図 6-2 のように設定しています。



注意 スマート・コンフィグレータで“r_bsp”コンポーネントのバージョンを変更すると、`mcu_clocks.c` が上書きされるため、ユーザが追記したコードが消えてしまいます。そのため、“r_bsp”コンポーネントのバージョンを変更した際にはその都度、上記コードを追記する必要があります。

図 6-2 mcu_clocks.c の編集

6.5 消費電流計測ツールの設定

図 6-3 に消費電流計測用ツール(ケースレーKickStart)の設定を示します。

The screenshot shows a software interface with two tabs: 'Primary Function' and 'Secondary Function'. The 'Secondary Function' tab is selected. Under 'Measurement Settings', the 'Function' is set to 'Digitize Current', 'Range' is '10mA', 'Aperture (s)' is '0.000001', 'Auto Aperture' is checked, and 'Display Digits' is '6.5'. There is also a 'Rel' checkbox which is unchecked. Under 'Trigger', the 'Trigger Mode' is 'Immediate'. Under 'Acquisition', the 'Sample Rate' is '100000', 'Sample Count' is '100000', 'Start at HH:MM' is '2024/04/25 17:39:34' with an unchecked checkbox, and 'Timestamp Format' is 'Relative'.

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

図 6-3 消費電流計測用のソフトウェア(ケースレー/KickStart)の設定

6.6 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計測した消費電流波形を示し、その結果を比較します。低消費電力動作では SNOOZE モード機能を使用してタッチ計測を間欠動作で行います。通常動作では SNOOZE モー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。

6.6.1 間欠動作時の消費電流波形

図 6-4 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。

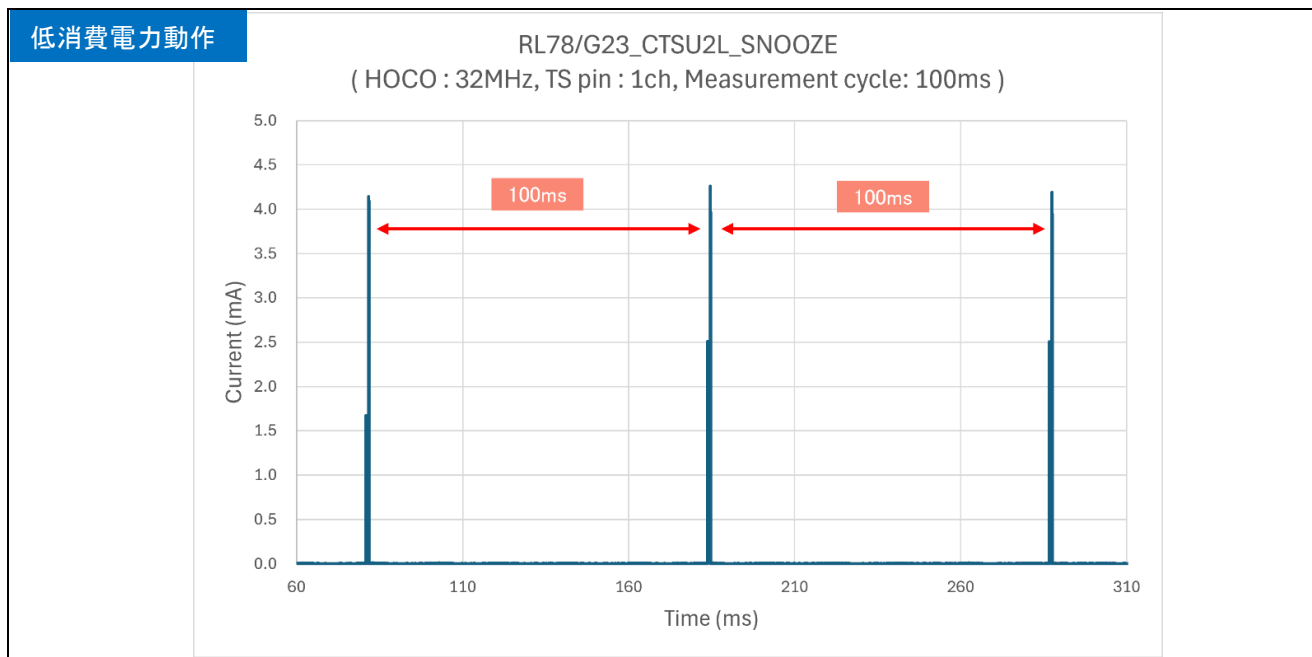


図 6-4 100ms 毎にタッチ計測を行った際の消費電流波形（低消費電力動作）

図 6-5 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。

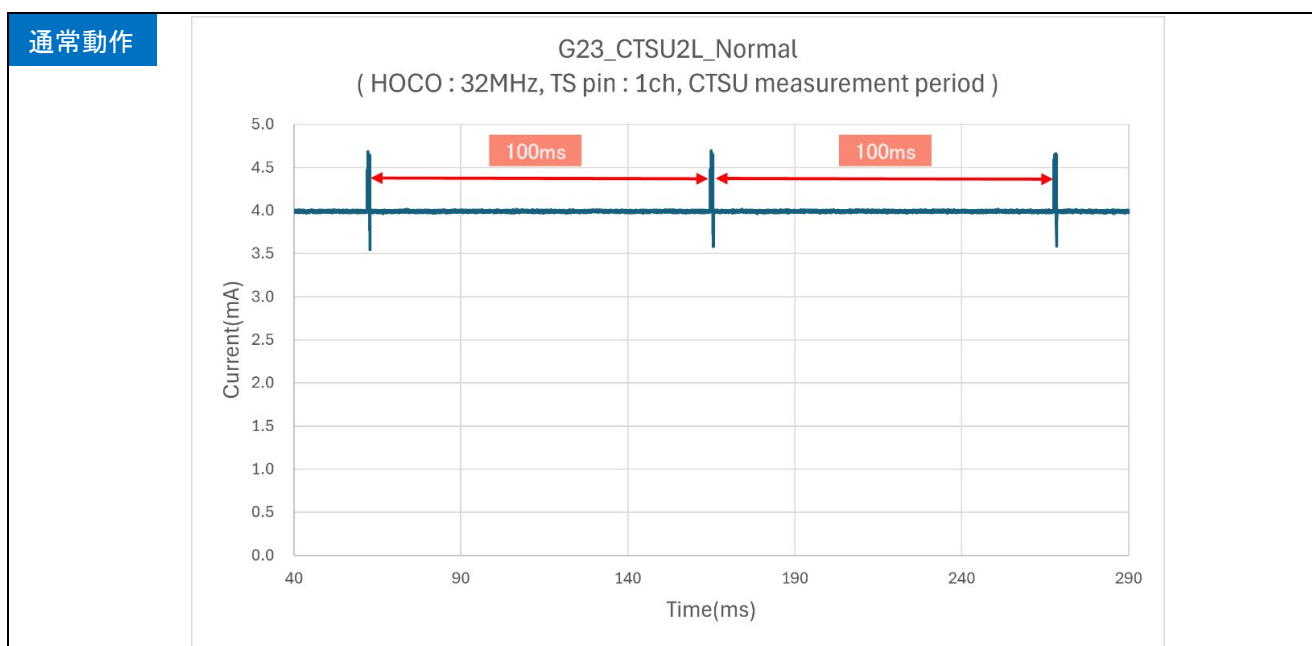


図 6-5 100ms 毎にタッチ計測を行った際の消費電流波形（通常動作）

6.6.2 タッチ計測処理時の消費電流波形

図 6-6 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 6-4 に各計測区間の CPU と CTSU の状態を示します。CPU の状態が STOP モードからタッチ計測処理を行う SNOOZE モードに遷移した後、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波形を示しています。

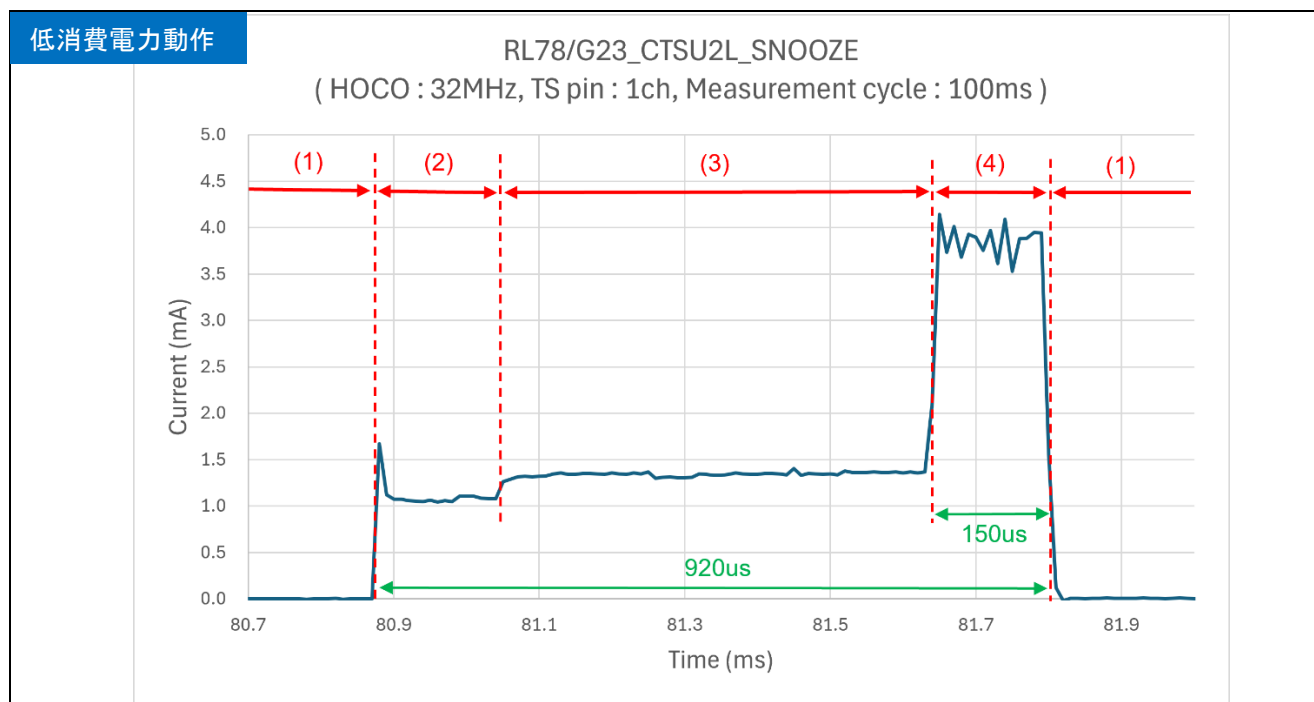


図 6-6 タッチ計測処理時の消費電流波形（低消費電力動作）

表 6-4 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 ハードウェアの状態	備考
(1)	STOP モード	サスペンド状態	—
(2)	SNOOZE モード	SNOOZE モード計測中	CTSU へのクロック供給(fCLK)後から、ベースクロックの 80 サイクル経過後、(3)に移行して計測を開始する
(3)	SNOOZE モード	SNOOZE モード計測中	CTSU 動作中
(4)	Normal(通常動作)モード	サスペンド状態	CTSU は停止 CPU は計測結果の演算処理を実施

図 6-7 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 6-5 に各計測期間の CPU と CTSU の状態を示します。CPU が常に 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波形を示しています。

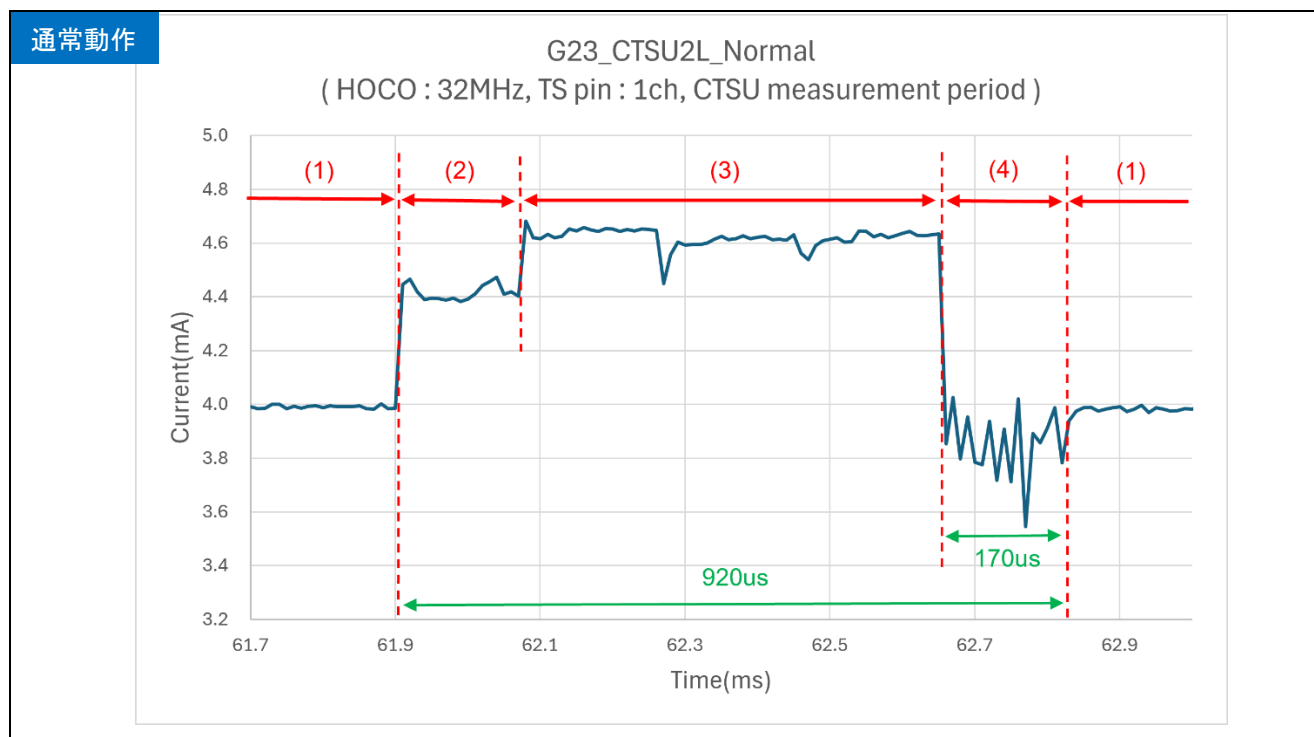


図 6-7 タッチ計測処理時の消費電流波形（通常動作）

表 6-5 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 ハードウェアの状態	備考
(1)	Normal(通常動作)モード	計測開始待ち	—
(2)		通常動作モード計測中	CTSU へのクロック供給(fCLK)後から、ベースクロックの 80 サイクル経過後、(3)に移行して計測を開始する
(3)		通常動作モード計測中	CTSU 動作中
(4)		計測開始待ち	CTSU は停止 CPU は計測結果の演算処理を実施

6.6.3 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 6-6 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 6-6 平均消費電流結果(低消費電力動作)

CPU モード	時間 (ms)	平均消費電流 (uA)
STOP モード	99.08	0.811
SNOOZE モード <タッチ計測処理>	0.77	1302
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>	0.15	3868
STOP モード+SNOOZE モード+Normal(通常動作)モード	100	16.78

$$100\text{ms 周期平均消費電流} \approx 16.78 \text{ uA}$$

表 6-7 に通常動作時の 100ms あたりの平均消費電流を示します。

表 6-7 平均消費電流結果(通常動作)

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	3994

$$100\text{ms 周期平均消費電流} \approx 3.994 \text{ mA}$$

表 6-6, 表 6-7 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 6-8 に示します。

表 6-8 動作条件による平均消費電流の差分

動作条件	SNOOZE モー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 →SNOOZE モード →Normal(通常動作)モード	16.78uA
通常動作	未使用	常に Normal(通常動作)モード	3.994mA

約 1/238 の
削減効果

7. 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。

8. サンプルコードに関する注意事項（タッチの確定タイミングについて）

8.1 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およびタッチ OFF チャタリングフィルタの設定により変動します。タッチ計測結果は、(各ノイズフィルタの設定値+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およびタッチ OFF チャタリングフィルタのサイクル数をそれぞれ“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、タッチ ON またはタッチ OFF のどちらかの状態が 4 回連続した時にタッチ計測結果を ON または OFF に確定します。

詳細はアプリケーションノート RL78 ファミリー TOUCH モジュール Software Integration System [R11AN0485] を参照してください。

8.2 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 8-1 に、図 8-1 移動平均処理の動作イメージを示します。

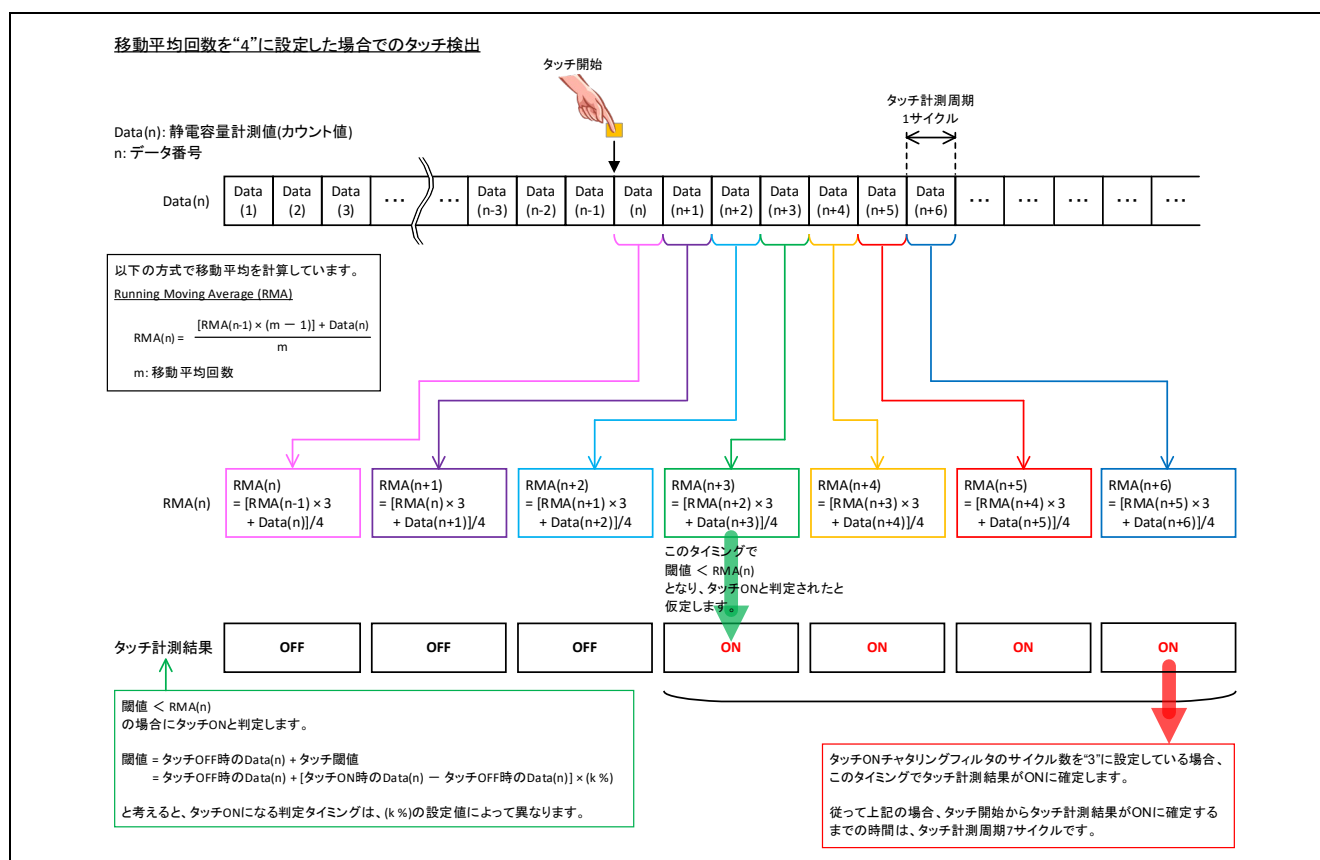


図 8-1 移動平均処理の動作イメージ

9. 参考ドキュメント

○ユーザーズマニュアル

RL78/G23 ユーザーズマニュアル ハードウェア編 [R01UH0896]

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

RL78/G23 静電容量タッチ評価システム (RTK0EG0030S0100BJ) ユーザーズマニュアル [R12UZ0095]

(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。)

○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]

RL78/G23 静電容量タッチ低消費電力ガイド(SMS 機能) [R01AN6670]

RL78 ファミリ 静電容量タッチ低消費電力アプリケーション(SMS 使用)の開発 [R01AN7261]

静電容量センサマイコン QE for Capacitive Touch アドバンスドモード(高度な設定)パラメータガイド [R30AN0428]

(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://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	2024.10.30	-	初版発行
2.00	2025.06.09	1	要旨の文章を更新
		1	低消費電力アプリケーションの使い分けを追加
		4	1. 概要 章 を追加
		4	1.1 章を追加し、Rev1.00 の 5. 消費電流 章の内容を更新して記載
		5	2. タッチ計測のメカニズム 章を追加
		5	図 2-1 低消費電力なタッチ計測 (SNOOZE モード機能) を追加
		7	2.2 章を追加し、Rev1.00 の 1.2 周辺機能 章の内容を記載
		7-8	3. 動作確認環境 / 条件 章を追加 表 3-1, 表 3-2 を更新
		9	4. ハードウェア説明 章を追加
		9	4.1 ハードウェア構成例 章を追加
		10	5.1 サンプルコード動作概要 章を追加し、Rev1.00 の 3. ソフトウェア説明 章の内容を記載
		10	5.1 章に注を追加
		10	5.2 スマート・コンフィグレータ設定 章を追加
		10	5.2.1 使用コンポーネント 章を追加
		10	図 5-1 を更新
		11	5.2.2 コンポーネントの設定内容 章を追加
		11	5.2.2 章に ELCL Flexible Circuit の設定方法の注を追加
		11-12	図 5-2, 図 5-3, 図 5-4 を追加
		13	5.3 静電容量タッチ設定 章を追加 図 5-5, 図 5-6 を追加
		14	5.4 CTSU 起動設定 章を追加
		14	5.5 オプション・バイト設定 章を追加
		15	5.6 フォルダ / ファイル構成 章を追加
		16	5.7 章を追加し、Rev1.00 の 3.2 変数一覧 章と 3.3 関数一覧 章の内容を記載
		17-19	図 5-8, 図 5-9, 図 5-10 を更新
		20-21	表 6-1, 表 6-2 を更新
		22-23	6.4 未使用端子の設定 章を追加
		23	6.4 章にレジスタ設定の注を追加
		24	図 6-3 を更新
		25	6.6 章に通常動作時の消費電流結果を追加し、文章を更新
		25	図 6-5 100ms 毎にタッチ計測を行った際の消費電流波形 (通常動作) を追加
		27	図 6-7 タッチ計測処理時の消費電流波形 (通常動作) を追加
		27	表 6-5 各計測区間の CPU と CTSU の状態 (通常動作) を追加
		28	6.6.3 100ms あたりの平均消費電流 章を追加し、平均消費電流結果 (表 6-6, 表 6-7) を記載
		28	表 6-8 動作条件による平均消費電流の差分 を追加

		29	8.1 章を更新
		29	本サンプルコードでの移動平均回数を修正
		29	8.2 章と図 8-1 のタッチ計測結果の確定タイミングを修正

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、リセットしてください。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

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。

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/