

静電容量センサマイコン

CTSU 機能安全セルフテストソフトウェア概要

要旨

本アプリケーションノートでは、CTSU 機能安全セルフテストソフトウェアについて解説します。

CTSU の動作原理については静電容量タッチ導入ガイドを参照してください。

[静電容量センサマイコン 静電容量タッチ導入ガイド](#)

動作確認デバイス

CTSU 搭載 RX ファミリ、RA ファミリ、RL78 ファミリ MCU

(CTSU には CTSU2、CTSU2L、CTSU2La、CTSU2SL、CTSU2SLa 等を含みます)

次ページ以降 CTSU/CTSUa/CTSUb は CTSU1、CTSU2L/CTSU2La/CTSU2SL/CTSU2SLa は CTSU2 を参照してください。

本書が対象とする開発環境

- 統合開発環境 e2 studio 2025-12 以降
- Renesas QE for Capacitive Touch V4.3.0 以降
- FSP V6.5.0 以降
- FIT V3.30 以降
- SIS V2.30 以降

目次

1. 概要	4
2. CTSU1 の診断機能	6
2.1 出力電圧診断	8
2.1.1 計測	8
2.1.2 条件	9
2.1.3 判定	9
2.2 過電圧検出診断	10
2.2.1 計測	10
2.2.2 条件	11
2.2.3 判定	11
2.3 CCO 上限診断	12
2.3.1 計測	12
2.3.2 条件	13
2.3.3 判定	13
2.4 CCO 下限診断	14
2.4.1 計測	14
2.4.2 条件	15
2.4.3 判定	15
2.5 SSCG 診断	16
2.5.1 計測	16
2.5.2 条件	17
2.5.3 判定	17
2.6 センサオフセット診断 (TS 端子使用)	18
2.6.1 計測	19
2.6.2 条件	19
2.6.3 判定	19
2.7 センサオフセット診断 (TS 端子不使用)	20
2.7.1 計測	20
2.7.2 条件	22
2.7.3 判定	22
2.8 診断 API	23
2.9 その他機能との関係	24
3. CTSU2 の診断機能	25
3.1 出力電圧診断	28
3.1.1 計測	28
3.1.2 条件	31
3.1.3 判定	31
3.2 過電圧検出診断	32
3.2.1 計測	32
3.2.2 条件	34
3.2.3 判定	34
3.3 過電流検出診断	35
3.3.1 計測	35

3.3.2	条件	37
3.3.3	判定	37
3.4	負荷抵抗診断	38
3.4.1	計測	38
3.4.2	条件	40
3.4.3	判定	40
3.5	センサオフセット診断	41
3.5.1	計測	41
3.5.2	条件	43
3.5.3	判定	43
3.6	CCO 周波数診断	44
3.6.1	計測	44
3.6.2	条件	46
3.6.3	判定	46
3.7	SUCLK 周波数診断	47
3.7.1	計測	47
3.7.2	条件	49
3.7.3	判定	49
3.8	SUCLK クロックリカバリ診断	50
3.8.1	計測	50
3.8.2	条件	53
3.8.3	判定	53
3.9	CFC 発振器診断	54
3.9.1	計測	54
3.9.2	条件	55
3.9.3	判定	55
3.10	診断 API	56
3.11	その他機能との関係	57
4.	API 仕様	58
5.	サンプルアプリケーションのフローチャート	58
6.	QE for Capacitive Touch を使用したプロジェクト作成方法	58
6.1	RA ファミリ	59
6.2	RL78 ファミリ	71
6.3	RX ファミリ	77
	改訂記録	79

1. 概要

現在、自動電子制御システムがさまざまな分野へと拡大するにつれて、信頼性および安全性に対する要求は、システム設計においてますます重要な要素となっています。

例えば、家電製品向けの安全規格である IEC 60730 の導入により、メーカーは製品が安全かつ信頼性の高い動作を確保する自動電子制御を設計することが求められています。

IEC 60730 では、自動電子制御機能を以下のクラスに分類しています。

クラス A

安全性の観点から、機器の安全を担保する目的では使用されない制御機能。

例： 室内用サーモスタット、湿度制御、照明制御、タイマー、スイッチ

クラス B

制御対象機器の危険な動作を防止することを目的とした制御機能。

例： サーマルカットオフ、洗濯機のドアロック

クラス C

特定の危険（特別なハザード）を防止することを目的とした制御機能。

例： 自動バーナー制御、密閉型機器向けのサーマルカットアウト

洗濯機、食器洗い機、乾燥機、冷蔵庫、冷凍庫、クッカー／コンロなどの家電製品は、一般にクラス B に分類されます。

本アプリケーションノートでは、CTSU 診断ソフトウェアについて説明し、IEC 60730 クラス B 安全規格への適合を支援します。

CTSU 内蔵マイコンは、自身の内部回路を診断する機能を備えています。本ソフトウェアは、その内部回路を制御し、診断を行うための API を提供します。これらの API は CTSU 搭載 RX ファミリ [Firmware Integration Technology \(FIT\) | Renesas ルネサス](#)、RA ファミリ [Flexible Software Package \(FSP\) | Renesas ルネサス](#)、RL78 ファミリ Software Integration System (SIS) の CTSU モジュールの一部として実装されています。

診断内容は、CTSU1 内蔵マイコンと CTSU2 内蔵マイコンで異なります。

本ソフトウェアは、CTSU1 向けに 7 種類、CTSU2 向けに 9 種類の診断機能を提供します。詳細は、「[2. CTSU1 の診断機能](#)」「[3. CTSU2 の診断機能](#)」を参照してください。

診断は API 関数を呼び出すことで実行でき、通常の計測処理に加えて実施されます。詳細は、「[4. API 仕様](#)」「[5. サンプルアプリケーションのフローチャート](#)」を参照してください。

診断機能を使用する場合は、「QE for Capacitive Touch」を使用して設定（コンフィグ）を出力することを推奨します。QE を使用することで、プロジェクト作成、設定、サンプルアプリケーションの出力が可能です。設定手順および詳細については、「[6. QE for Capacitive Touch を使用したプロジェクト作成方法](#)」を参照してください。

さらに、「[Renesas Functional Safety Solutions for Home Appliances](#)」を併用することで、静電容量式タッチに対応した最終製品における IEC/UL 60730 認証取得を加速することが可能です。（なお、Renesas Functional Safety Solutions for Home Appliances の代わりに、独自プログラムを使用することも可能です）。

また、自動車向け機能安全 ISO26262 については「[ISO 26262 Functional Safety for Automotive | Renesas ルネサス](#)」を参照してください。

2. CTSU1 の診断機能

本章では、CTSU1 に搭載されている診断機能の仕様について説明します。CTSU1 では、診断対象となる内部回路ごとに 7 種類の診断項目が用意されており、各診断項目は実行タイミングや動作条件が異なります。そのため、本章では診断項目ごとに節を分け、各診断について「計測内容」「実行条件」「判定方法」をまとめて記載します。診断項目の一覧および実行タイミングについては、表 2-1 を参照してください。なお、本章で記載する診断処理は、計測開始、計測処理、計測値の取得までを対象としています。

CTSU1 の診断機能の回路図を図 2-1 に示します。また、CTSUB 以外のマイコンをご使用になる場合は、「センサオフセット診断 (TS 端子使用)」で使用する TS 端子に、560Ω を介して 27pF または 33pF のコンデンサで接地する必要があります。詳細は 2.6 節をご参照ください。

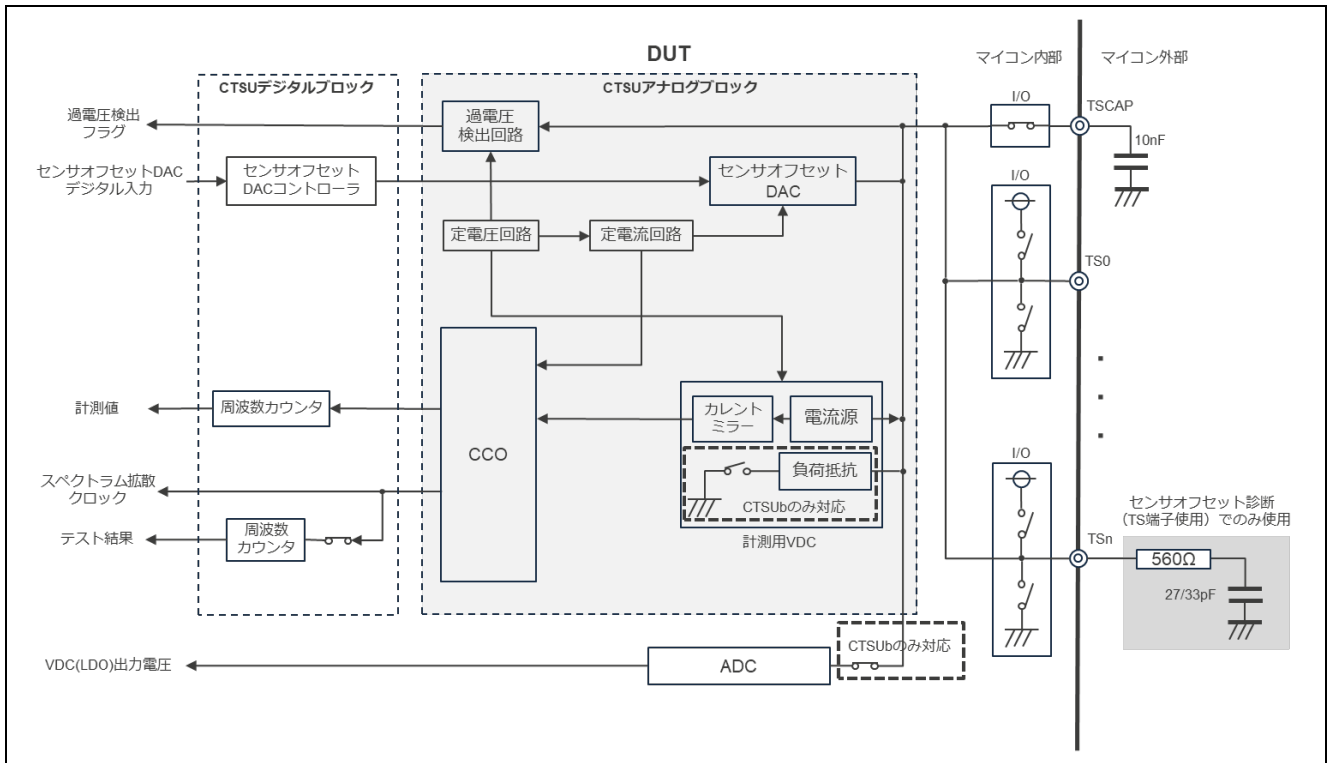


図 2-1 CTSU1 の診断機能の回路図

表 2-1 診断内容と実行タイミング

順番	診断名称	ワнтаイム/リピート (注 1)
1	出力電圧診断 (注 2)	リピート
2	過電圧検出診断	リピート
3	CCO 上限診断	リピート
4	CCO 下限診断	リピート
5	SSCG 診断	リピート
6	センサオフセット診断 (TS 端子使用) (注 3)	リピート
7	センサオフセット診断 (TS 端子不使用) (注 2)	リピート

- 【注】
1. ワнтаイムはリセット時に一回のみ診断を行う使い方を想定しています。リピートは、周期的に計測することを想定しています。
 2. これらの診断は CTSUB 内蔵マイコンのみ対応しています。
 3. この診断は CTSUB 内蔵マイコンでは実施しません。

本章では、CTSU1 の特定の診断機能に対して複数の条件で評価を行う場合、診断内の各条件に対応する個々の評価単位（テスト1、テスト2など）を「テスト」と呼称します。

表 2-2 に CTSU 電源動作モードの設定を示します。本 APN では CTSUATUNE0 ビットの設定により選択される CTSU1 の動作電圧の状態を Normal (NM) モード・Low Voltage (LV) モードと表記します。

表 2-2 CTSU1 の電源動作モード設定

CTSU 電源動作モード	CTSUCR1.CTSUATUNE0	マイコン電源電圧 (V)
NM モード	0	2.4~5.5
LV モード 注	1	1.8~5.5

【注】 製品によりレジスタやビットの仕様が異なります。詳しくは、ご使用になるマイコンの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。

CTSU1 の診断機能は NM モードでの使用を前提としています。CTSUCR1.CTSUATUNE0 ビットは“0”に設定してください。

後述するマイコン電源電圧、ADC のしきい値、およびセンサオフセット診断（TS 端子使用）で外付けコンデンサを接続する TS 端子設定を除き、原則として本章に記載されているレジスタ設定は変更不可です。

本診断機能では ADC モジュールを使用します。そのため、ユーザシステムで ADC を使用されている場合、診断中に ADC 処理の競合が発生する可能性があります。したがって、診断機能を実行する際は事前にユーザ側の ADC を停止するか、診断機能と競合しないように制御してください。

2.1 出力電圧診断

出力電圧診断の回路図を図 2-2 に示します。TSCAP 端子には CTSU の計測に使用する電流源が接続され、TSCAP 電圧が一定となるように制御されています。本診断ではこの電流源の電流を負荷抵抗に流した際の TSCAP 電圧を診断します。内部接続された TSCAP 電圧を ADC で計測し、計測値が所定の範囲内かどうかによって電流源の故障を診断します。

現在の CTSU1 の出力電圧診断は、マイコン電源電圧が 5.0V であることを前提とした例になっています。そのため、ユーザシステムにおいてマイコン電源電圧が異なる場合は、使用する ADC 基準電圧 (Vref) およびそれに対応する判定しきい値を、システム条件に合わせて適切に調整する必要があります。ご使用になるマイコンのユーザーズマニュアルハードウェア編に記載されている ADC 計測の誤差を考慮してしきい値の設定を行ってください。

本診断は CTSU_b のみ対応しています。

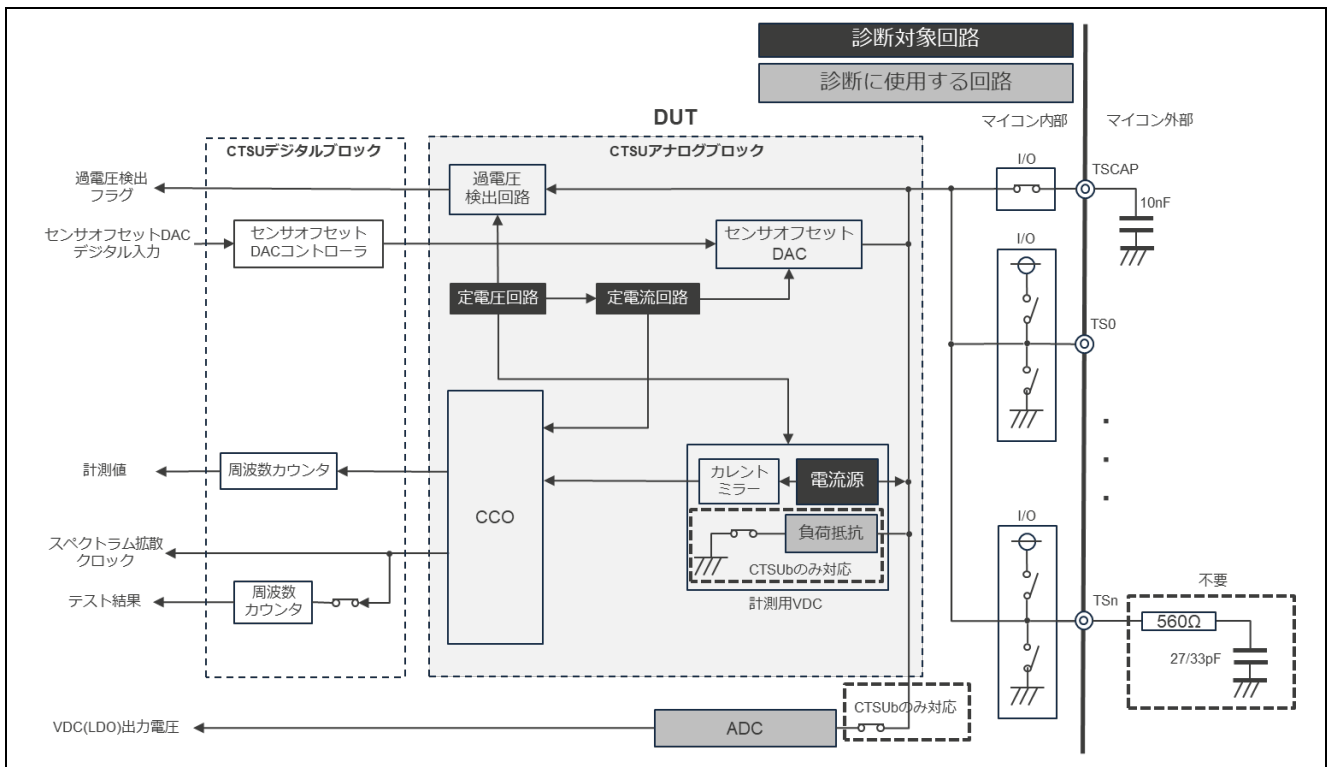


図 2-2 出力電圧診断の回路図

2.1.1 計測

電流計測レンジごとに、マイコン電源電圧を Vref、TSCAP 電圧を入力電圧 (Vin) とした ADC 計測を実行し TSCAP 電圧を計算します。電流計測レンジについては「[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](#)」の「3.4 電流レンジ」を参照してください。

診断実行時のレジスタ設定値を表 2-3、表 2-4 に示します。レジスタの設定方法については、ご使用になるマイコンの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。

表 2-3 出力電圧診断のレジスタ設定（共通）

レジスタ	ビット	値	目的
CTSUCR1 注	CTSUMD[1:0]	00b	自己容量シングルスキャン設定
	CTSUCLK[1:0]	00b	CTSU 動作クロック設定
CTSUERRS	-	0x0000	キャリブレーションレジスタ設定初期化
	CTSUSPMD[1:0]	10b	キャリブレーション設定
	CTSUDRV	1	
	CTSUTSOC	1	
CTSUDCLKC	CTSUSMOD[1:0]	00b	高域ノイズ低減設定
	CTSUSCNT[1:0]	11b	
CTSUSST	CTSUSST[7:0]	0x10	センサ安定待ち時間設定
CTSUSO0	CTSUSO[9:0]	0x000	オフセット電流を設定
	CTSUSNUM[5:0]	000111b	計測回数を 8 回に設定

【注】 CTSUCR1 レジスタは CTSUCR0.CTSUSTRT=0 の状態で設定してください。

表 2-4 出力電圧診断実行時のレジスタ設定

テスト	レジスタ	ビット	値
1	CTSUCR1	CTSUAUNE1	0
		CTSUERRS	CTSUR01EN
		CTSUR02EN	1
2	CTSUCR1	CTSUAUNE1	0
		CTSUERRS	CTSUR01EN
		CTSUR02EN	0
3	CTSUCR1	CTSUAUNE1	1
		CTSUERRS	CTSUR01EN
		CTSUR02EN	1
4	CTSUCR1	CTSUAUNE1	1
		CTSUERRS	CTSUR01EN
		CTSUR02EN	0

2.1.2 条件

CTSU 電源動作モードは NM モードに設定してください（表 2-2 参照）。

2.1.3 判定

計測値平均が所定の範囲内か判定し、範囲外の場合は診断 API (R_CTSU_Diagnosis) の戻り値として FSP_ERR_CTSU_DIAG_OUTPUT_VOLTAGE を保存します。範囲内の場合は FSP_SUCCESS を保持します。

2.2 過電圧検出診断

過電圧検出診断の回路図を図 2-3 に示します。デバイス内部には TSCAP 端子電位の過電圧検出回路が内蔵されており、TSCAP の電圧が所定量を越えると過電圧を検知し計測動作を中断し内部回路を保護します。

本診断ではこの過電圧検出回路を診断します。センサオフセット DAC と負荷抵抗を用いて通常電圧状態と過電圧状態を再現し、それぞれの状態を正しく判別できるかを診断します。

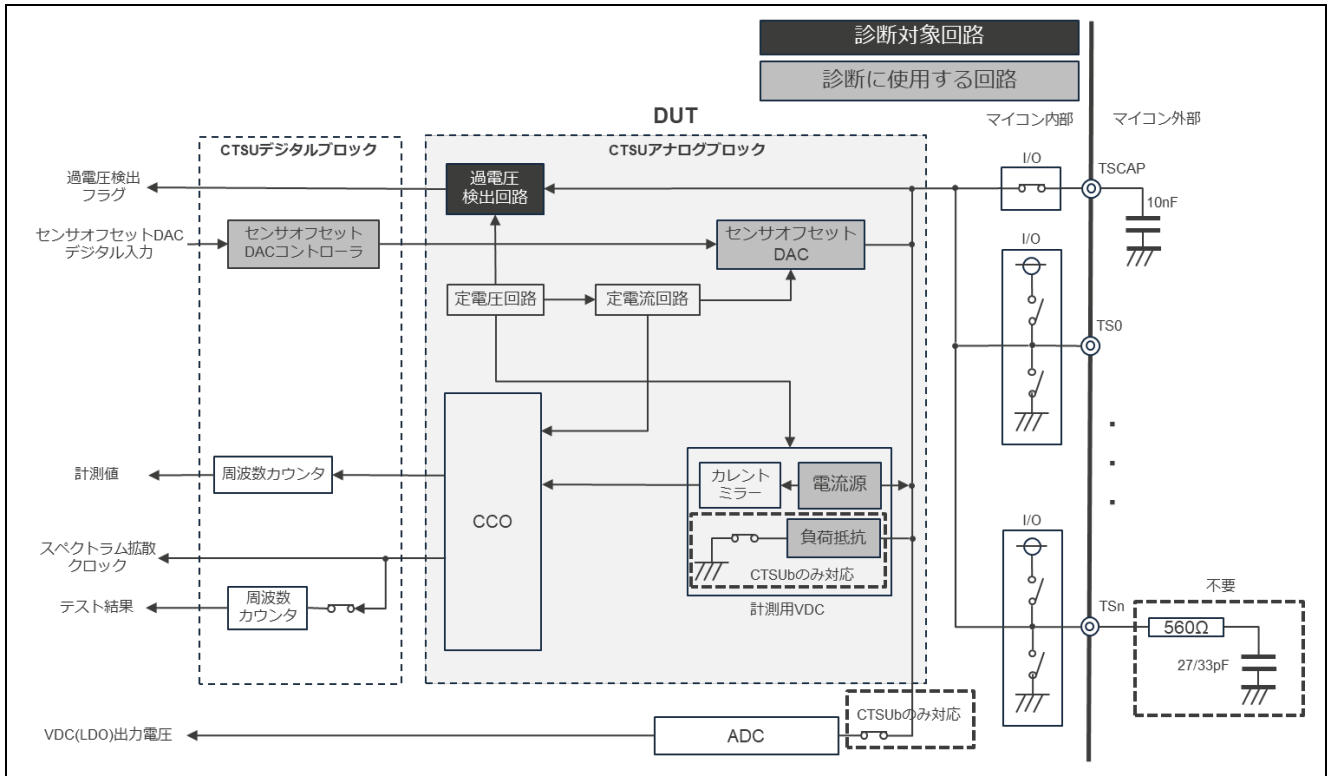


図 2-3 過電圧検出診断の回路図

2.2.1 計測

センサオフセット=0x3FF を設定した後に計測値を取得し、過電圧状態で過電圧が検知されること (CTSUICOMP=1) を診断します。

診断実行時のレジスタ設定値を表 2-5 に示します。レジスタの設定方法については、ご使用になるマイコンの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。

表 2-5 過電圧検出診断のレジスタ設定（共通）

レジスタ	ビット	値	目的
CTSUCR1 注	CTSUMD[1:0]	00b	自己容量シングルスキャン設定
	CTSUCLK[1:0]	00b	CTSU 動作クロック設定
CTSUERRS	-	0x0000	キャリブレーションレジスタ設定初期化
	CTSUSPMD[1:0]	10b	キャリブレーション設定
	CTSUDRV	1	
	CTSUTSOC	1	
CTSUSSC	CTSUSSDIV[3:0]	111b	スペクトラム拡散分周設定
CTSUDPRS	CTSUSOFF	0	高域ノイズ低減設定
CTSUDCLKC	CTSUSSMOD[1:0]	00b	
	CTSUSSCNT[1:0]	11b	
CTSUSST	CTSUSST[7:0]	0x10	センサ安定待ち時間設定
CTSUSO0	CTSUSO[9:0]	0x3FF	オフセット電流を設定
	CTSUSNUM[4:0]	00111b	計測回数を 8 回に設定

【注】 CTSUCR1 レジスタは CTSUCR0.CTSUSTRT=0 の状態で設定してください。

2.2.2 条件

CTSU 電源動作モードは NM モードに設定してください（表 2-2 参照）。

2.2.3 判定

計測完了割り込みで、以下の通り結果に応じた処理をします。

過電圧状態で過電圧検知しない場合（CTSUICOMP=0）は R_CTSU_Diagnosis の戻り値として FSP_ERR_CTSU_DIAG_OVER_VOLTAGE を保存します。過電圧検知する場合（CTSUICOMP=1）は FSP_SUCCESS を保持します。

2.3 CCO 上限診断

CCO 上限診断の回路図を図 2-4 に示します。CTSU1 は電極の静電容量に一定期間充電放電を繰り返し、その充電電流に比例したカレントミラー出力を電流制御発振器 (CCO) に入力します。CCO は入力電流に応じた周波数の信号を生成し、この信号をカウンタで計測します。得られたカウンタ値が CTSU の計測値として取得されます。

本診断では、CCO 入力上限値の電流を CCO に入力し、取得した計測値が所定の範囲内かどうかによって CCO を診断します。

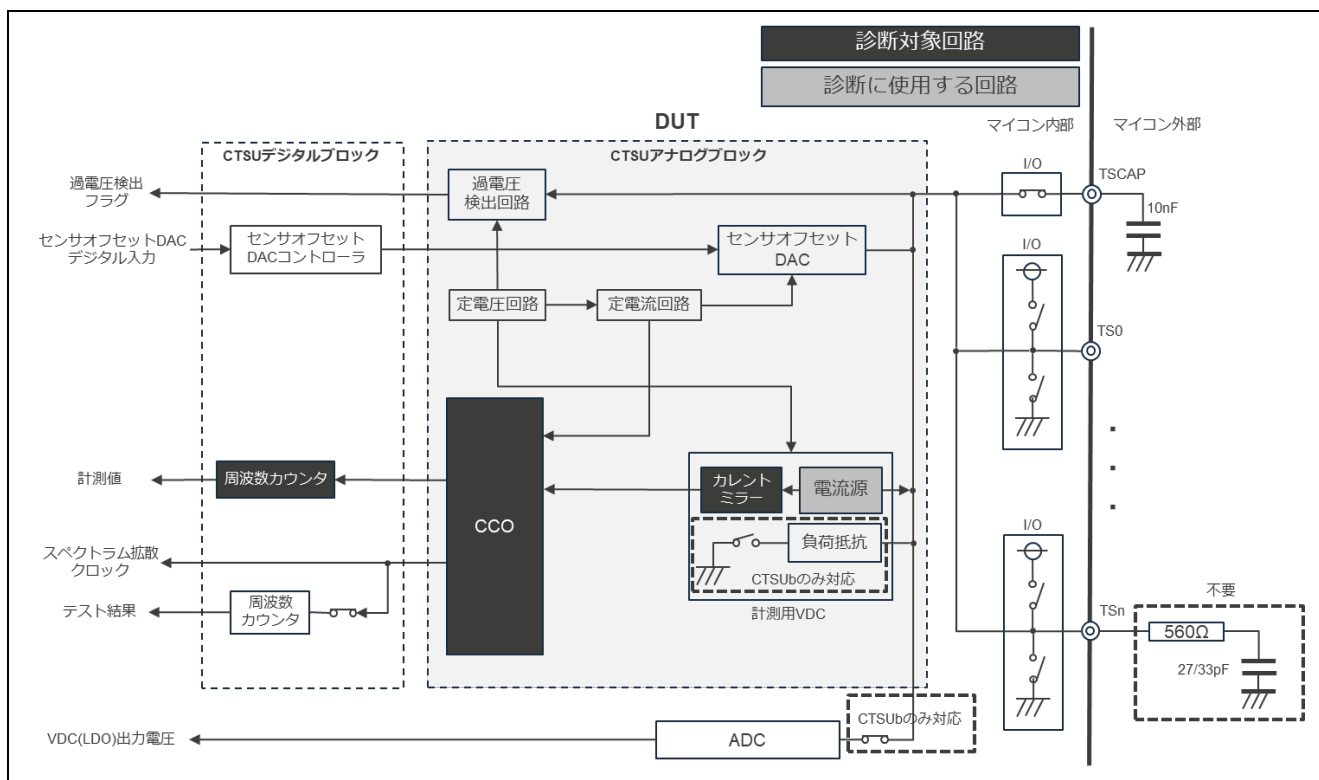


図 2-4 CCO 上限診断の回路図

2.3.1 計測

所定の電流を CCO に入力し、計測値を取得します。

診断実行時のレジスタ設定値を表 2-6 に示します。レジスタの設定方法については、ご使用になるマイコンの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。

表 2-6 CCO 上限診断のレジスタ設定（共通）

レジスタ	ビット	値	目的
CTSUCR1 注	CTSUMD[1:0]	00b	自己容量シングルスキャン設定
	CTSUCLK[1:0]	00b	CTSU 動作クロック設定
CTSUERRS	-	0x0000	キャリブレーションレジスタ設定初期化
	CTSUSPMD[1:0]	10b	キャリブレーション設定
	CTSUTSOC	1	
CTSUSSC	CTSUSSDIV[3:0]	0111b	スペクトラム拡散分周設定
CTSUDPRS	CTSUSOFF	0	高域ノイズ低減設定
CTSUDCLKC	CTSUSMOD[1:0]	00b	
	CTSUSCNT[1:0]	11b	
CTSUSST	CTSUSST[7:0]	0x10	センサ安定待ち時間設定
CTSUSO0	CTSUSO[9:0]	0x000	オフセット電流を設定
	CTSUSNUM[5:0]	000111b	計測回数を 8 回に設定

【注】 CTSUCR1 レジスタは CTSUCR0.CTSUSTRT=0 の状態で設定してください。

2.3.2 条件

CTSU 電源動作モードは NM モードに設定してください（表 2-2 参照）。

2.3.3 判定

計測値が所定の範囲内か判定し、範囲外の場合は R_CTSU_Diagnosis の戻り値として FSP_ERR_CTSU_DIAG_CCO_HIGH を保存します。範囲内の場合は FSP_SUCCESS を保持します。

2.4 CCO 下限診断

CCO 下限診断の回路図を図 2-5 に示します。本診断では、2.3 節と同様に CCO 入力下限値の電流を CCO に入力し、取得した計測値が所定の範囲内かどうかによって CCO を診断します。

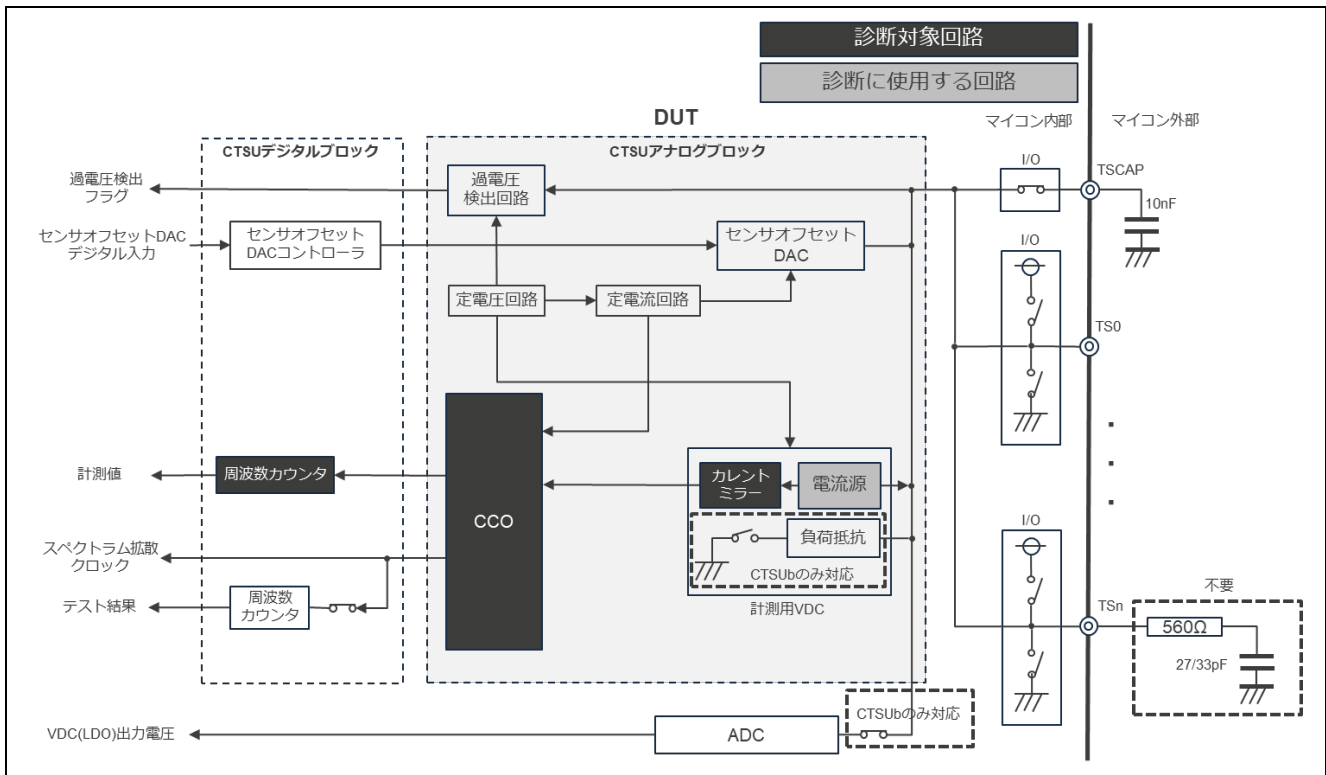


図 2-5 CCO 下限診断の回路図

2.4.1 計測

所定の電流を CCO に入力し、計測値を取得します。

診断実行時のレジスタ設定値を表 2-7 に示します。レジスタの設定方法については、ご使用になるマイコンの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。

表 2-7 CCO 下限診断のレジスタ設定（共通）

レジスタ	ビット	値	目的
CTSUCR1 注	CTSUMD[1:0]	00b	自己容量シングルスキャン設定
	CTSUCLK[1:0]	00b	CTSU 動作クロック設定
CTSUERRS	-	0x0000	キャリブレーションレジスタ設定初期化
	CTSUSPMD[1:0]	10b	キャリブレーション設定
	CTSUTSOC	1	
CTSUSSC	CTSUSSDIV[3:0]	0111b	スペクトラム拡散分周設定
CTSUDPRS	CTSUSOFF	0	高域ノイズ低減設定
CTSUDCLKC	CTSUSSMOD[1:0]	00b	
	CTSUSCNT[1:0]	11b	
CTSUSST	CTSUSST[7:0]	0x10	センサ安定待ち時間設定
CTSUSO0	CTSUSO[9:0]	0x000	オフセット電流を設定
	CTSUSNUM[5:0]	000111b	計測回数を 8 回に設定

【注】 CTSUCR1 レジスタは CTSUCR0.CTSUSTRT=0 の状態で設定してください。

2.4.2 条件

CTSU 電源動作モードは NM モードに設定してください（表 2-2 参照）。

2.4.3 判定

計測値が所定の範囲内か判定し、範囲外の場合は R_CTSU_Diagnosis の戻り値として FSP_ERR_CTSU_DIAG_OSCILLATOR_LOW を保存します。範囲内の場合は FSP_SUCCESS を保持します。

2.5 SSCG 診断

SSCG 診断の回路図を図 2-6 に示します。CTSU1 では、センサドライブパルスを出力して電流を計測する際に、スペクトラム拡散クロック発振器 (SSCG: Spread Spectrum Clock Generator) によってランダムに周波数を変調したセンサドライブパルスを生じ、ノイズの影響を低減しています。

本診断では、SSCG を使用した標準的な計測において、計測値を取得します。その計測値が所定の範囲内かどうかによって SSCG を診断します。

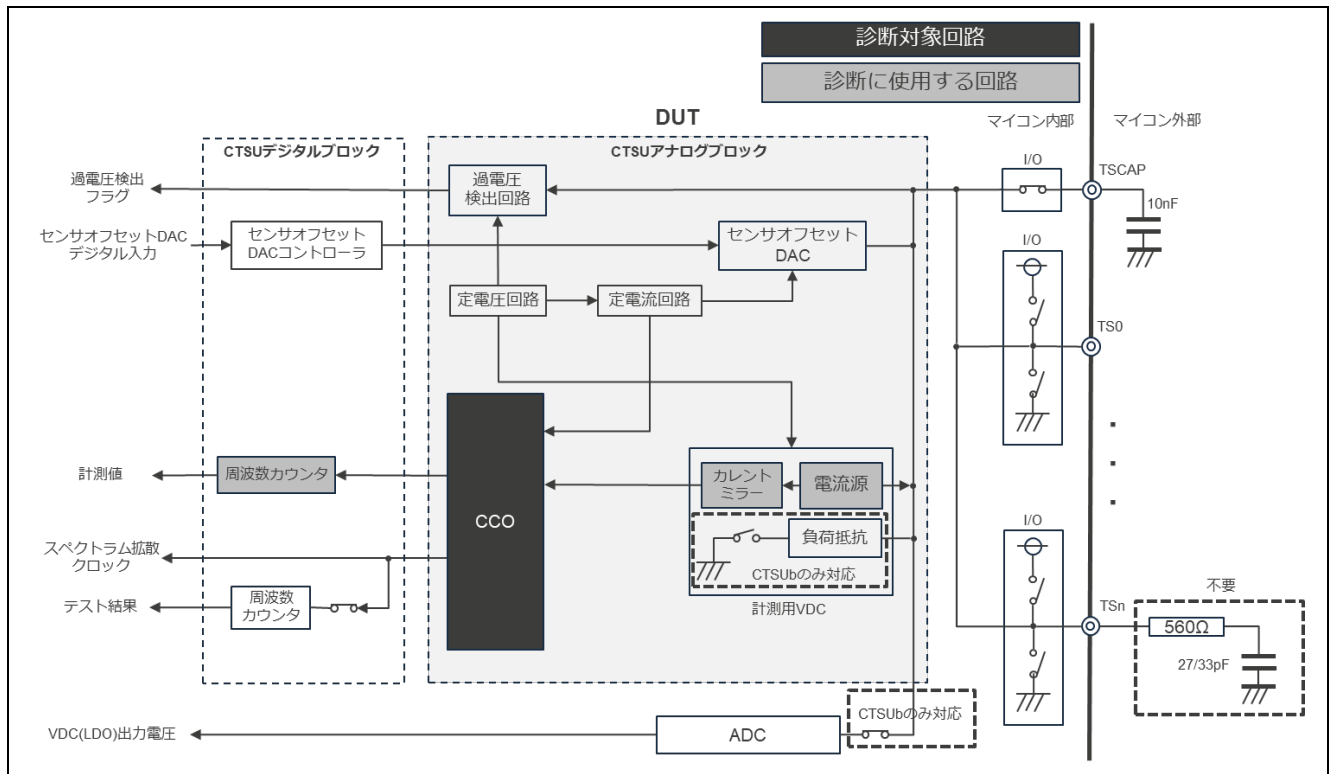


図 2-6 SSCG 診断の回路図

2.5.1 計測

SSCG を有効にした状態で計測を行い、計測値を取得します。

診断実行時のレジスタ設定値を表 2-8 に示します。レジスタの設定方法については、ご使用になるマイコンの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。

表 2-8 SSCG 診断のレジスタ設定（共通）

レジスタ	ビット	値	目的
CTSUCR1 注	CTSUMD[1:0]	00b	自己容量シングルスキャン設定
	CTSUCLK[1:0]	00b	CTSU 動作クロック設定
CTSUERRS	-	0x0000	キャリブレーションレジスタ設定初期化
	CTSUSPMD[1:0]	00b	キャリブレーション設定
	CTSUTSOC	1	
	CTSUCLKSEL1	1	
CTSUDPRS	CTSUSOFF	0	高域ノイズ低減設定
CTSUDCLKC	CTSUSSMOD[1:0]	00b	
	CTSUSSCNT[1:0]	11b	
CTSUSST	CTSUSST[7:0]	0x10	センサ安定待ち時間設定
CTSUSO0	CTSUSO[9:0]	0x000	オフセット電流を設定
	CTSUSNUM[5:0]	000111b	計測回数を 8 回に設定

【注】 CTSUCR1 レジスタは CTSUCR0.CTSUSTRT=0 の状態で設定してください。

2.5.2 条件

CTSU 電源動作モードは NM モードに設定してください（表 2-2 参照）。

2.5.3 判定

計測値が所定の範囲内か判定し、範囲外の場合は R_CTSU_Diagnosis の戻り値として FSP_ERR_CTSU_DIAG_SSCG を保存します。範囲内の場合は、FSP_SUCCESS を保持します。

2.6 センサオフセット診断 (TS 端子使用)

センサオフセット診断の回路図を図 2-7 に示します。CTSU1 のセンサオフセット機能は、センサオフセット DAC により電極の寄生容量分の電荷に相当する電流を供給する機能です。センサオフセット機能については「[静電容量センサマイコン 静電容量タッチ導入ガイド](#)」の「2. 静電容量の検出」を参照してください。

本診断はセンサオフセットの設定を、オフセットチューニングで決定されたセンサオフセットの設定から、段階的に-0x100 までセンサオフセット値を減らした時のセンサオフセット電流量の変化を計測値でモニタし、それぞれの段階で所定の範囲内であるかを診断をします。そのため本診断で使用する TS 端子に 560Ω を介して、-0x100 してもセンサオフセット値がマイナスにならない程度の容量を持つコンデンサで接地する必要があります。各マイコンにおける診断用 TS 端子が持つ静電容量の推奨値を表 2-9 に示します。基板の寄生容量を含めた総容量が 27pF または 33pF になるように外付けコンデンサを接続してください。

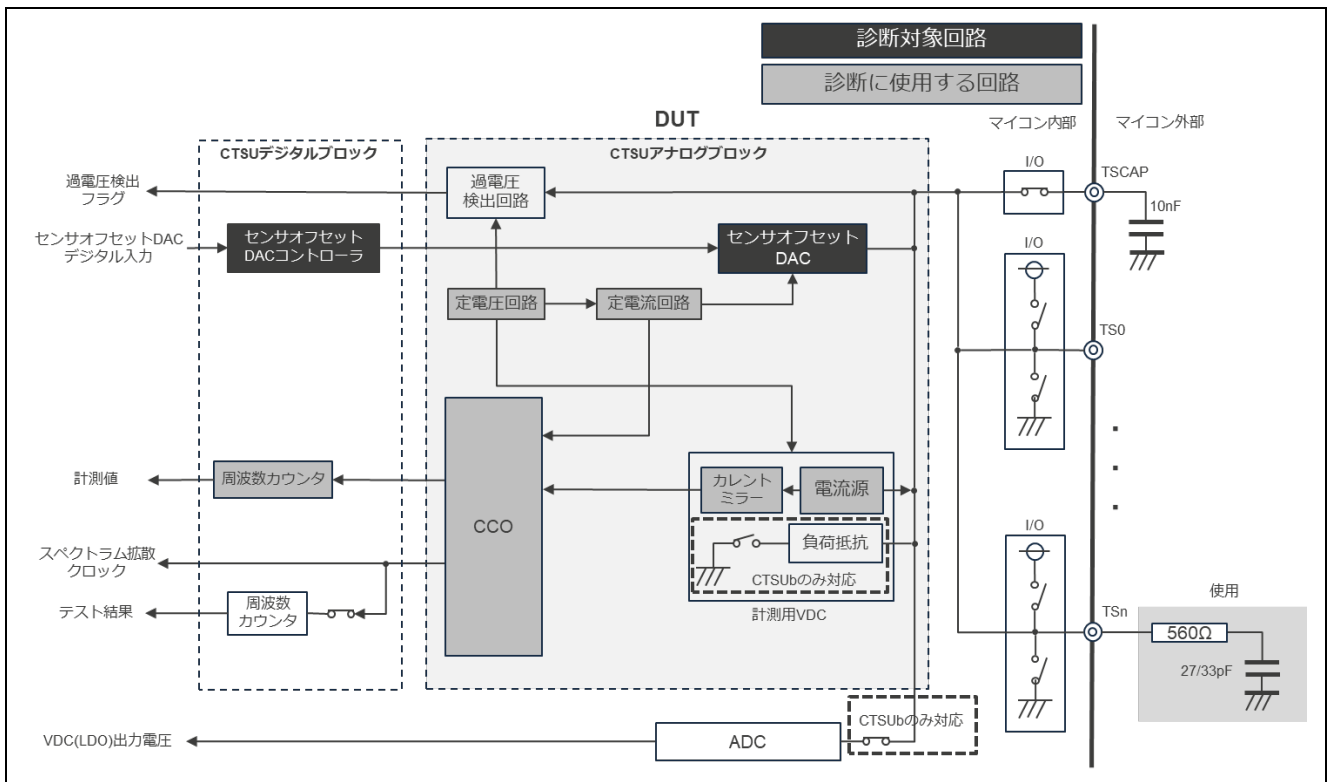


図 2-7 センサオフセット診断 (TS 端子使用)

表 2-9 診断用 TS 端子が持つ静電容量の推奨値

マイコン	静電容量の推奨値
RA2A1、RA4M1、RA4W1、RX130、RX230、RX231、RX23W	27pF
RA4M2、RA4M3、RA6M1、RA6M2、RA6M3、RA6M4、RA6M5、RX671	33pF

2.6.1 計測

任意の電極が接続された TS 端子でオフセットチューニングを実行します。その後、各テストで段階的にセンサオフセット値を減少させ、計測値を取得します。

診断実行時のレジスタ設定値を表 2-10、表 2-11 に示します。あわせて本診断に使用する TS 端子を有効に設定してください。レジスタの設定方法については、ご使用になるマイコンの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。

表 2-10 センサオフセット診断（TS 端子使用）のレジスタ設定（共通）

レジスタ	ビット	値	目的
CTSUCR1 注	CTSUMD[1:0]	00b	自己容量シングルスキャン設定
	CTSUCLK[1:0]	00b	CTSU 動作クロック設定
CTSUERRS	-	0x0000	キャリブレーションレジスタ設定初期化
	CTSUSPMD[1:0]	00b	キャリブレーション設定
	CTSUTSOC	1	
CTSUSSC	CTSUSSDIV[3:0]	0010b	スペクトラム拡散分周設定
CTSUDPRS	CTSUSOFF	0	高域ノイズ低減設定
CTSUDCLKC	CTSUSSMOD[1:0]	00b	
	CTSUSCNT[1:0]	11b	
CTSUSST	CTSUSST[7:0]	0x10	センサ安定待ち時間設定
CTSUSO0	CTSUSNUM[5:0]	000111b	計測回数を 8 回に設定
CTSUSO1	CTSUSDPA[4:0]	00111b	ベースクロックを CTSU 動作クロックの 16 分周に設定

【注】 CTSUCR1 レジスタは CTSUCR0.CTSUSTRT=0 の状態で設定してください。

表 2-11 センサオフセット診断（TS 端子使用）実行時のレジスタ設定

テスト	レジスタ	ビット	値
1	CTSUSO0	CTSUSO[9:0]	注
2	CTSUSO0	CTSUSO[9:0]	(テスト 1 の CTSUSO 値) - 0x010
3	CTSUSO0	CTSUSO[9:0]	(テスト 1 の CTSUSO 値) - 0x020
4	CTSUSO0	CTSUSO[9:0]	(テスト 1 の CTSUSO 値) - 0x040
5	CTSUSO0	CTSUSO[9:0]	(テスト 1 の CTSUSO 値) - 0x080
6	CTSUSO0	CTSUSO[9:0]	(テスト 1 の CTSUSO 値) - 0x100

【注】 オフセットチューニング後のセンサオフセット値を使用してください。

2.6.2 条件

CTSU 電源動作モードは NM モードに設定してください（表 2-2 参照）。

2.6.3 判定

各テストの計測値が所定の範囲内か判定し、範囲外の場合は R_CTSU_Diagnosis の戻り値として FSP_ERR_CTSU_DIAG_DAC を保存します。範囲内の場合は FSP_SUCCESS を保持します。

2.7 センサオフセット診断 (TS 端子不使用)

センサオフセット診断 (TS 端子不使用) の回路図を図 2-8 に示します。CTSUSub では負荷抵抗回路と ADC 計測を用いて、TS 端子に接続する外部素子を使用せずにマイコン内部回路のみでセンサオフセット機能を評価することが可能です。

本診断では、センサオフセット DAC から流れる電流量を調整して ADC 計測を実行し、取得した計測値が所定の範囲内かどうかによってセンサオフセット機能を診断します。

本診断は CTSUSub のみ対応しています。

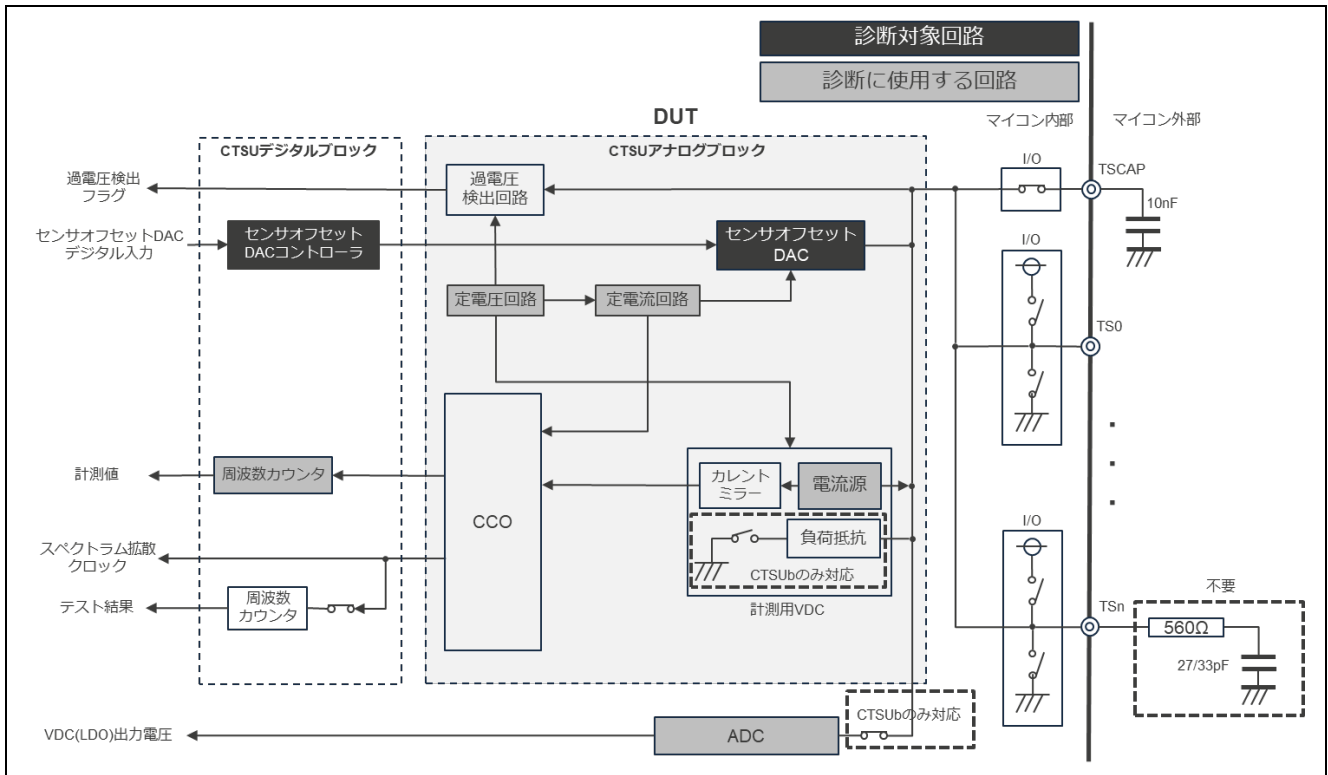


図 2-8 センサオフセット診断 (TS 端子不使用) の回路図

2.7.1 計測

負荷抵抗とセンサオフセット値を設定し、ADC 計測により計測値を取得します。(表 2-13 参照)

診断実行時のレジスタ設定値を表 2-12、表 2-13 に示します。レジスタの設定方法については、ご使用になるマイコンの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。

表 2-12 センサオフセット診断 (TS 端子不使用) のレジスタ設定 (共通)

レジスタ	ビット	値	目的
CTSUCR1 注	CTSUMD[1:0]	00b	自己容量シングルスキャン設定
	CTSUCLK[1:0]	00b	CTSU 動作クロック設定
CTSUERRS	-	0x0000	キャリブレーションレジスタ設定初期化
	CTSUSPMD[1:0]	00b	キャリブレーション設定
	CTSUTSOC	1	
CTSUSSC	CTSUSSDIV[3:0]	0011b	スペクトラム拡散分周設定
CTSUDPRS	CTSUSOFF	0	高域ノイズ低減設定
CTSUDCLKC	CTSUSMOD[1:0]	00b	
	CTSUSCNT[1:0]	11b	
CTSUSST	CTSUSST[7:0]	0x10	センサ安定待ち時間設定
CTSUSO0	CTSUSNUM[4:0]	00111b	計測回数を 8 回に設定

【注】 CTSUCR1 レジスタは CTSUCR0.CTSUSTRT=0 の状態で設定してください。

表 2-13 センサオフセット診断 (TS 端子不使用) 実行時のレジスタ設定

テスト	レジスタ	ビット	値	
1	CTSUSO0	CTSUSO[9:0]	0x200	
		CTSUERRS	CTSUR01EN	1
			CTSUR02EN	0
			CTSUR03EN	0
2	CTSUSO0	CTSUSO[9:0]	0x100	
		CTSUERRS	CTSUR01EN	0
			CTSUR02EN	1
			CTSUR03EN	0
3	CTSUSO0	CTSUSO[9:0]	0x080	
		CTSUERRS	CTSUR01EN	0
			CTSUR02EN	0
			CTSUR03EN	1
4	CTSUSO0	CTSUSO[9:0]	0x070	
		CTSUERRS	CTSUR01EN	0
			CTSUR02EN	0
			CTSUR03EN	1
5	CTSUSO0	CTSUSO[9:0]	0x060	
		CTSUERRS	CTSUR01EN	0
			CTSUR02EN	0
			CTSUR03EN	1
6	CTSUSO0	CTSUSO[9:0]	0x050	
		CTSUERRS	CTSUR01EN	0
			CTSUR02EN	0
			CTSUR03EN	1
7	CTSUSO0	CTSUSO[9:0]	0x030	
		CTSUERRS	CTSUR01EN	0
			CTSUR02EN	0
			CTSUR03EN	1
8	CTSUSO0	CTSUSO[9:0]	0x088	
		CTSUERRS	CTSUR01EN	0
			CTSUR02EN	0
			CTSUR03EN	1

2.7.2 条件

CTSU 電源動作モードは NM モードに設定してください（表 2-2 参照）。

2.7.3 判定

各テストの計測値が所定の範囲内か判定し、範囲外の場合は R_CTSU_Diagnosis の戻り値として FSP_ERR_CTSU_DIAG_DAC を保存します。範囲内の場合は FSP_SUCCESS を保持します。

2.8 診断 API

各診断項目の判定処理を順次実行します。異常を検出した時点で診断処理を終了し、該当するエラー値を R_CTSU_Diagnosis の戻り値として返します。全ての診断項目が正常な場合は FSP_SUCCESS を返します。また、診断で異常を検出した場合でも、ユーザの操作なく再度診断を実行することが可能です。

2.9 その他機能との関係

R_CTSU_Stop を呼び出した際は、診断テストを途中で停止し、その際の診断の state を保持します。その後計測を再開した際は、中断したテストから再開します。

R_CTSU_Close を呼び出した際は診断テストを停止し、診断の state を初期化します。

3. CTSU2 の診断機能

本章では、CTSU2 に搭載されている診断機能の仕様について説明します。CTSU2 では、診断対象となる内部回路ごとに 9 種類の診断項目が用意されており、各診断項目は実行タイミングや動作条件が異なります。そのため、本章では診断項目ごとに節を分け、各診断について「計測内容」「実行条件」「判定方法」をまとめて記載します。診断項目の一覧および実行タイミングについては、表 3-1 を参照してください。なお、本章で記載する診断処理は、計測開始、計測処理、計測値の取得までを対象としています。

CTSU2 の診断機能の回路図を図 3-1 に示します。

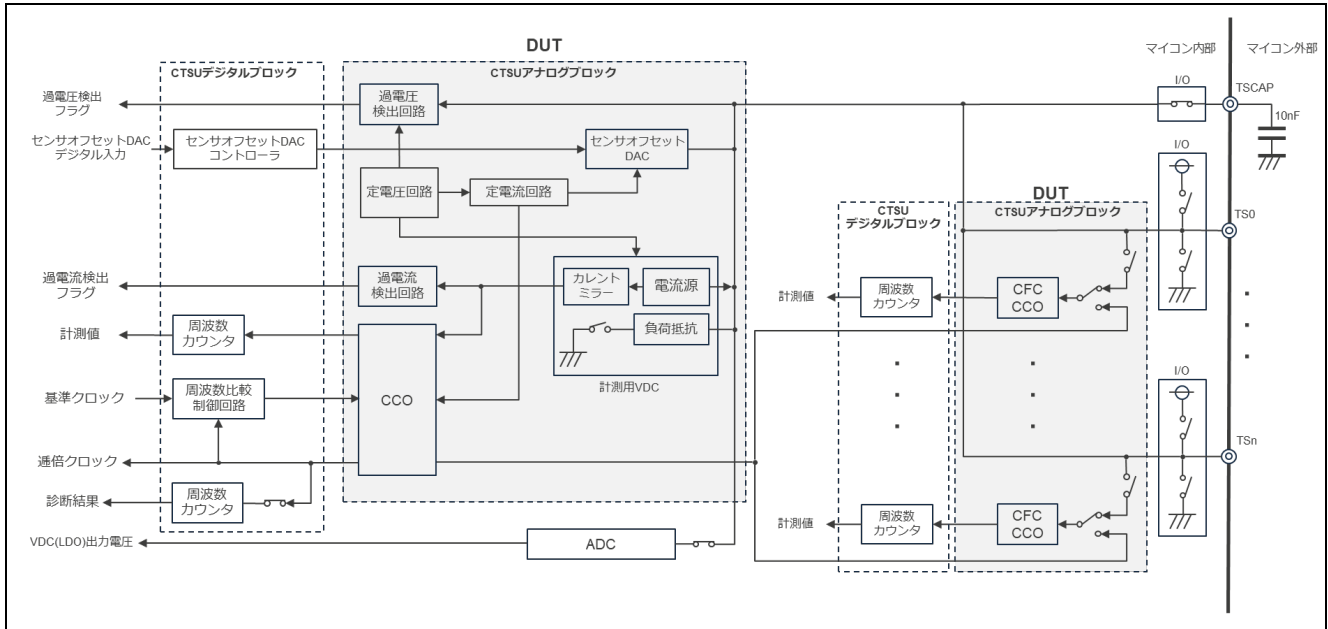


図 3-1 CTSU2 の診断機能の回路図

表 3-1 診断内容と実行タイミング

順番	診断名称	ワンタイム/リピート 注
1	出力電圧診断	リピート
2	過電圧検出診断	ワンタイム
3	過電流検出診断	ワンタイム
4	負荷抵抗診断	リピート
5	センサオフセット診断	ワンタイム
6	CCO 発振周波数診断	リピート
7	SUCLK 周波数診断	リピート
8	SUCLK クロックリカバリ診断	リピート
9	CFC 発振器診断 (CFC 動作時のみ)	リピート

【注】 ワンタイムはリセット時に一回のみ診断を行う使い方を想定しています。リピートは、周期的に計測することを想定しています。

本機能のコードは、CTSU_CFG_DIAG_SUPPORT_ENABLE が“1”に設定されており、かつインスタンスのタッチインタフェース構成コンフィグ変数 md が CTSU_MODE_DIAGNOSIS_SCAN に設定されている場合に有効となります。

なお、診断処理は通常のタッチ計測動作に与える影響を最小限に抑えるため、下記の手順で使用してください。

1. 通常計測用構成の初期化
2. 診断用構成の初期化
3. 初期化時診断処理
 - 診断用計測および計測値の取得、診断
 - 計測値の取得の戻り値が正常終了した後に診断 API を呼び出し、診断結果を取得
4. 通常の計測および定期的な診断処理の実行

各種診断の判定は計測値の取得の際に実行します。判定に異常があった場合、その時点で計測値の取得は正常終了を戻り値として返し、診断 API を呼び出します。また、診断で異常を検出した場合でも、ユーザの操作なく再度診断を実行することが可能です。

本章では、CTSU2 の特定の診断機能に対して複数の条件で評価を行う場合、診断内の各条件に対応する個々の評価単位（テスト1、テスト2など）を「テスト」と呼称します。

表 3-2~表 3-4 に本章の診断機能における共通のレジスタ設定を示します。

本章で説明する各種診断は、処理時間の短縮の観点から 1 周波数による計測を実行します。そのため、CTSUMCH.MCA0=1 に設定し、MCA1~MCA3 を“0”に設定してください。

診断時はハードウェアによる CCO 補正（自動補正）機能は無効になります。

表 3-2 CTSU2 の診断機能共通レジスタ設定（RA ファミリ）

レジスタ	ビット	値	設定
CTSUMCH	MCA0	1	1 周波数計測設定
CTSUMCHH	MCA1	0	
CTSUMFAF	MCA2	0	
	MCA3	0	
CTSUOPT CTSUOPTL CTSUAC	CCOCFEN	0	自動補正機能 OFF
CTSUCRA CTSUCRAH CTSUCRA2	SDPSEL	1	高分解能パルスモード設定

表 3-3 CTSU2 の診断機能共通レジスタ設定（RL78 ファミリ）

レジスタ	ビット	値	設定
CTSUMCHH	MCA0	1	1 周波数計測設定
	MCA1	0	
	MCA2	0	
	MCA3	0	
CTSUOPTL 注	CCOCFEN	0	自動補正機能 OFF
CTSUCRAH	SDPSEL	1	高分解能パルスモード設定

【注】 製品によりレジスタやビットの仕様が異なります。詳しくは、ご使用になるマイコンの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。

表 3-4 CTSU2 の診断機能共通レジスタ設定 (RX ファミリ)

レジスタ	ビット	値	設定
CTSUMCH	MCA0	1	1 周波数計測設定
	MCA1	0	
	MCA2	0	
	MCA3	0	
CTSUOPT	CCOCFEN	0	自動補正機能 OFF
CTSUCRA	SDPSEL	1	高分解能パルスモード設定

表 3-5 に CTSU 電源動作モードの設定を示します。本 APN では ATUNE0 ビットの設定により選択される CTSU2 の動作電圧の状態を Normal (NM) モード・Low Voltage (LV) モードと表記します。

表 3-5 CTSU2 の電源動作モード設定

CTSU 電源動作モード	CTSUCRA.ATUNE0 (RA, RX ファミリ) CTSUCRAL.ATUNE0 (RL78 ファミリ)	マイコン電源電圧 (V)
NM モード	0	2.4~5.5
LV モード	1	1.8~5.5

【注】 製品によりレジスタやビットの仕様が異なります。詳しくは、ご使用になるマイコンの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。

原則として本章に記載されているレジスタ設定は変更不可です。

本診断機能では ADC モジュールを使用します。そのため、ユーザシステムで ADC を使用されている場合、診断中に ADC 処理の競合が発生する可能性があります。したがって、診断機能を実行する際は事前にユーザ側の ADC を停止するか、診断機能と競合しないように制御してください。

3.1 出力電圧診断

出力電圧診断の回路図を図 3-2 に示します。TSCAP 端子には CTSU の計測に使用する電流源が接続され、TSCAP 電圧が一定となるように制御されています。本診断ではこの電流源の電流を負荷抵抗に流した際の TSCAP 電圧を診断します。マイコン電源電圧の変動にかかわらず TSCAP 電圧を評価するために、まずマイコン電源電圧を基準に内部電源電圧を ADC で計測します。既知の内部基準電圧値との比率から逆算し、マイコン電源電圧を算出します。次にマイコン電源電圧を基準に TSCAP 電圧を ADC で計測し、計測値が所定の範囲内かどうかによって電流源の故障を診断します。

バッテリー駆動などのマイコン電源電圧が変動するシステムにも対応しています。

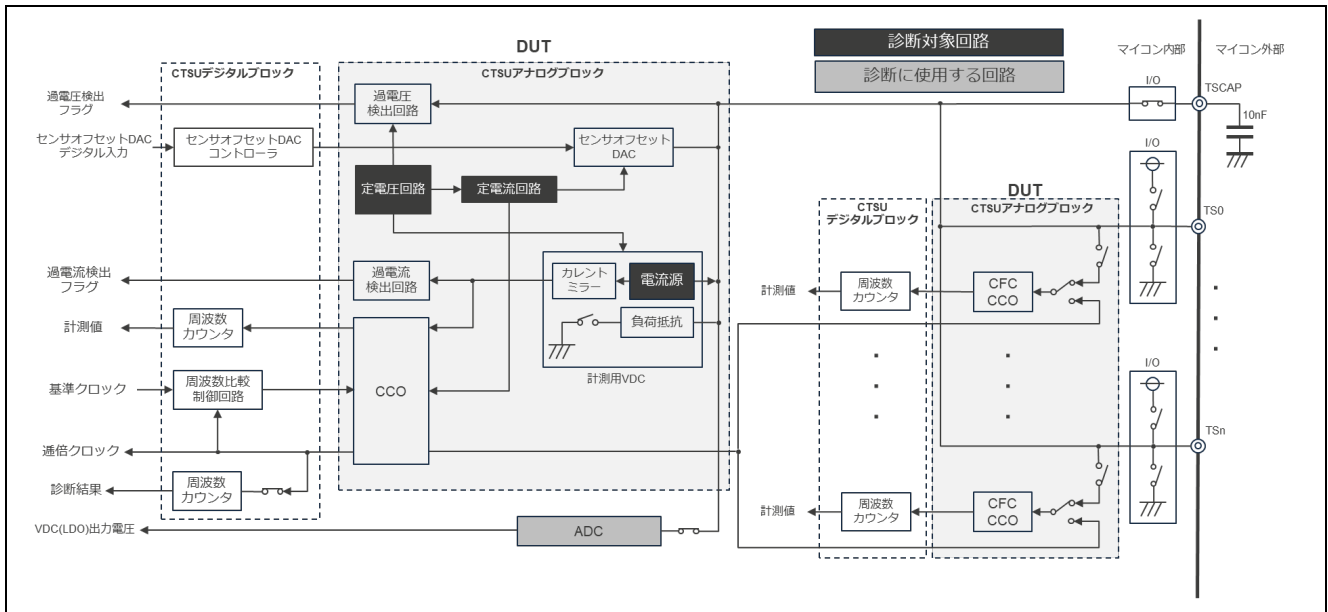


図 3-2 出力電圧診断の回路図

3.1.1 計測

マイコン電源電圧に依存せずに TSCAP 電圧を計測するために、ADC を使用します。

ADC の変換結果は基準電圧に依存するため、マイコン電源電圧を基準として TSCAP 電圧を計測する場合、事前にマイコン電源電圧の値を把握する必要があります。そのため、内部基準電圧をマイコン電源電圧基準で ADC 計測し、既知の内部基準電圧値との比率からマイコン電源電圧を算出します。その後、マイコン電源電圧を基準として TSCAP 電圧を算出します。各電圧の取得には、ADC 計測を 4 回実施し、その平均値を使用します。

出力電圧診断のレジスタ設定を表 3-6~表 3-8 に示します。

表 3-6 出力電圧診断のレジスタ設定 (RA ファミリ) (共通)

レジスタ	ビット	値	設定
CTSUCALIB	-	0x00000000	キャリブレーションレジスタ初期化
CTSUCALIB CTSUBGR0	TSOC	1	キャリブレーションモード設定
	DRV	1	キャリブレーションモード設定
CTSUSO CTSUSO0	SO[9:0]	00 00000000b	オフセット電流をなしに設定
CTSUSO	SNUM[7:0]	0x07	計測時間 128us
CTSUSO CTSUSO1	SDPA[7:0]	0x00	センサドライブパルス周波数を SUCLK の 2 分周に設定

表 3-7 出力電圧診断のレジスタ設定 (RL78 ファミリ) (共通)

レジスタ	ビット	値	設定
CTSUDBGR0	-	0x0000	キャリブレーションレジスタ初期化
	TSOC	1	キャリブレーションモード設定
	DRV	1	キャリブレーションモード設定
CTSUDBGR1	-	0x0000	キャリブレーションレジスタ初期化
CTSUSO0 CTSUSO1	SO[9:0]	00 00000000b	オフセット電流をなしに設定
	SNUM[7:0]	0x07	計測時間 128us
	SDPA[7:0]	0x00	センサドライブパルス周波数を SUCLK の 2 分周に設定

表 3-8 出力電圧診断のレジスタ設定 (RX ファミリ) (共通)

レジスタ	ビット	値	設定
CTSUCALIB	-	0x00000000	キャリブレーションレジスタ初期化
	TSOC	1	キャリブレーションモード設定
	DRV	1	キャリブレーションモード設定
CTSUSO	SO[9:0]	00 00000000b	オフセット電流をなしに設定
	SNUM[7:0]	0x07	計測時間 128us
	SDPA[7:0]	0x00	センサドライブパルス周波数を SUCLK の 2 分周に設定

表 3-9 に出力電圧診断実行時のレジスタ設定を示します。レジスタの設定方法については、ご使用になるマイコンの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。

表 3-9 出力電圧診断実行時のレジスタ設定

テスト	レジスタ	ビット	値	設定
1	CTSUCRA、CTSUCRAH CTSUCR2	LOAD[1:0]	00b	定電流負荷モード
		ATUNE2	1	電流レンジを 20uA に設定
	CTSUCRA、CTSUCRAL CTSUCR1	ATUNE1	0	
2	CTSUCRA、CTSUCRAH CTSUCR2	LOAD[1:0]	00b	定電流負荷モード
		ATUNE2	0	電流レンジを 40uA に設定
	CTSUCRA、CTSUCRAL CTSUCR1	ATUNE1	1	
3	CTSUCRA、CTSUCRAH CTSUCR2	LOAD[1:0]	00b	定電流負荷モード
		ATUNE2	0	電流レンジを 80uA に設定
	CTSUCRA、CTSUCRAL CTSUCR1	ATUNE1	0	
4	CTSUCRA、CTSUCRAH CTSUCR2	LOAD[1:0]	00b	定電流負荷モード
		ATUNE2	1	電流レンジを 160uA に設定
	CTSUCRA、CTSUCRAL CTSUCR1	ATUNE1	1	
5	CTSUCRA、CTSUCRAH CTSUCR2	LOAD[1:0]	01b→11b	抵抗負荷モード
		ATUNE2	1	電流レンジを 20uA に設定
	CTSUCRA、CTSUCRAL CTSUCR1	ATUNE1	0	
6	CTSUCRA、CTSUCRAH CTSUCR2	LOAD[1:0]	01b→11b	抵抗負荷モード
		ATUNE2	0	電流レンジを 40uA に設定
	CTSUCRA、CTSUCRAL CTSUCR1	ATUNE1	1	
7	CTSUCRA、CTSUCRAH CTSUCR2	LOAD[1:0]	01b→11b	抵抗負荷モード
		ATUNE2	0	電流レンジを 80uA に設定
	CTSUCRA、CTSUCRAL CTSUCR1	ATUNE1	0	
8	CTSUCRA、CTSUCRAH CTSUCR2	LOAD[1:0]	01b→11b	抵抗負荷モード
		ATUNE2	1	電流レンジを 160uA に設定
	CTSUCRA、CTSUCRAL CTSUCR1	ATUNE1	1	

3.1.2 条件

ユーザシステムの設定条件に応じて、CTSU 電源動作モードが NM モードか LV モードのどちらかで動作します（表 3-5 参照）。

3.1.3 判定

計測値平均が所定の範囲内か判定し、範囲外の場合は R_CTSU_Diagnosis の戻り値として FSP_ERR_CTSU_DIAG_OUTPUT_VOLTAGE を保存します。範囲内の場合は FSP_SUCCESS を保持します。

3.2 過電圧検出診断

過電圧検出診断の回路図を図 3-3 に示します。デバイス内部には TSCAP 端子の過電圧検出回路が内蔵されており、TSCAP の電圧が所定量を越えると過電圧を検知し計測動作を中断し内部回路を保護します。

本診断ではこの過電圧検出回路を診断します。センサオフセット DAC と負荷抵抗を用いて意図的に通常電圧状態と過電圧状態を再現し、過電圧検出回路がそれぞれの状態を正しく判別できるかを診断します。

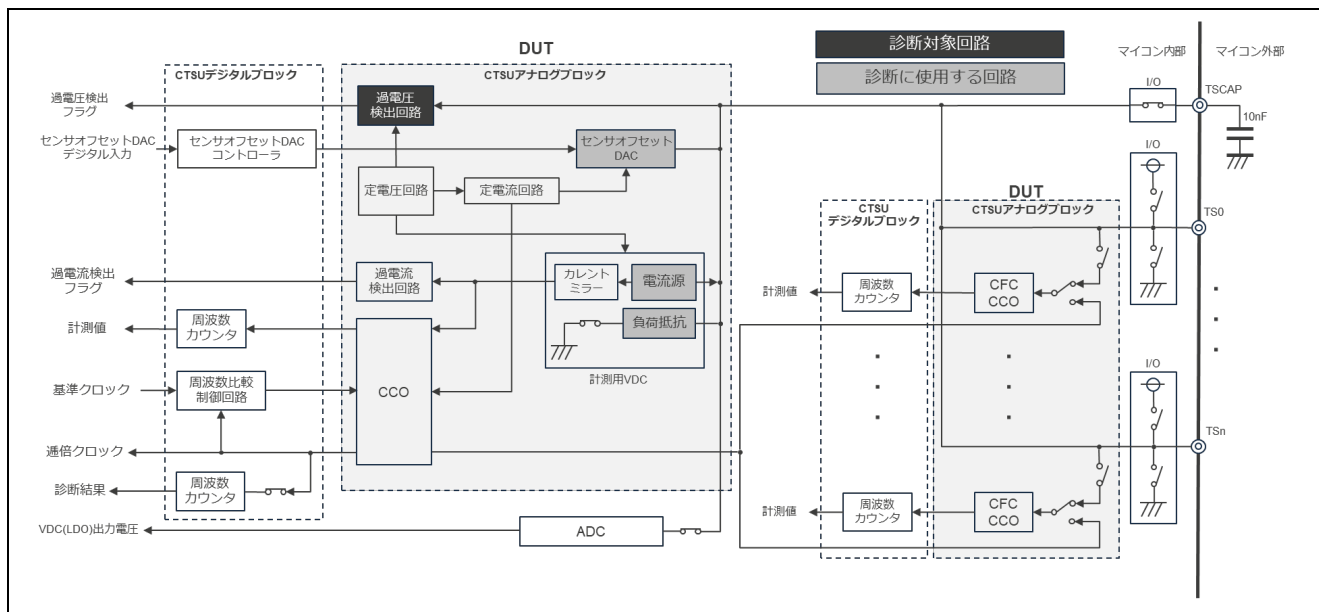


図 3-3 過電圧検出診断の回路図

3.2.1 計測

テスト1では負荷抵抗とセンサオフセット=0x000 を設定後、計測値を取得し、通常電圧状態で過電圧検知をしないこと (ICOMP0=0) を診断します。

テスト2では負荷抵抗とセンサオフセット=0x200 を設定後、計測値を取得し、過電圧状態で過電圧検知すること (ICOMP0=1) を診断します。その後、ICOMPRST=1 を設定し、過電圧検知をしないこと (ICOMP0=0) を診断します。

正常電圧状態と過電圧状態は、CTSUSO レジスタの設定で切り替えます。

過電流検出診断のレジスタ設定値を表 3-10~表 3-12 に示します。レジスタの設定方法については、ご使用になるマイコンの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。

表 3-10 過電圧検出診断のレジスタ設定 (RA ファミリ) (共通)

レジスタ	ビット	値	設定
CTSUCALIB	-	0x00000000	キャリブレーションレジスタ初期化
CTSUCALIB CTSUBGR1	TSOC	1	キャリブレーションモード設定
CTSUCRA CTSUCRAH CTSUCRA2	LOAD[1:0]	01b→11b	抵抗負荷モード
CTSUCRA CTSUCRAx (x: H, L, 2, 1)	ATUNE1	1	電流計測レンジを 40uA モードに設定
	ATUNE2	0	
CTSUSO	SNUM[7:0]	0x07	計測時間 128us

表 3-11 過電圧検出診断のレジスタ設定 (RL78 ファミリ) (共通)

レジスタ	ビット	値	設定
CTSUDBGR0	-	0x0000	キャリブレーションレジスタ初期化
	TSOC	1	キャリブレーションモード設定
CTSUDBGR1	-	0x0000	キャリブレーションレジスタ初期化
CTSUCRAH	LOAD[1:0]	01b→11b	抵抗負荷モード
CTSUCRAL CTSUCRAH	ATUNE1	1	電流計測レンジを 40uA モードに設定
	ATUNE2	0	
CTSUSO0 CTSUSO1	SNUM[7:0]	0x07	計測時間 128us

表 3-12 過電圧検出診断のレジスタ設定 (RX ファミリ) (共通)

レジスタ	ビット	値	設定
CTSUCALIB	-	0x00000000	キャリブレーションレジスタ初期化
	TSOC	1	キャリブレーションモード設定
CTSUCRA	LOAD[1:0]	01b→11b	抵抗負荷モード
	ATUNE1	1	電流計測レンジを 40uA モードに設定
	ATUNE2	0	
CTSUSO	SNUM[7:0]	0x07	計測時間 128us

3.2.2 条件

ユーザシステムの設定条件に応じて、CTSU 電源動作モードが NM モードか LV モードのどちらかで動作します（表 3-5 参照）。

3.2.3 判定

計測完了割り込みで、意図的に再現した通常電圧状態および過電圧状態に対する過電圧検出結果に基づき、以下の通り処理を行います。

通常電圧状態で過電圧検知する場合（ICOMP0=1）は、R_CTSU_Diagnosis の戻り値として FSP_ERR_CTSU_DIAG_OVER_VOLTAGE を保存します。過電圧検知しない場合（ICOMP0=0）は FSP_SUCCESS を保持します。

過電圧状態で過電圧検知しない場合（ICOMP0=0）は、R_CTSU_Diagnosis の戻り値として FSP_ERR_CTSU_DIAG_OVER_VOLTAGE を保存します。過電圧検知する場合（ICOMP0=1）は FSP_SUCCESS を保持します。

過電圧検知（ICOMP0=1）後に ICOMPRST=1 を設定し、過電圧検知する場合（ICOMP0=1）は、R_CTSU_Diagnosis の戻り値として FSP_ERR_CTSU_DIAG_OVER_VOLTAGE を保存します。過電圧検知しない場合（ICOMP0=0）は FSP_SUCCESS を保持します。

3.3 過電流検出診断

過電流検出診断の回路図を図 3-4 に示します。CTSU2 は電極の容量に対し内部の電流源から一定期間充電放電を繰り返し、その充電電流を電流制御発振器 (CCO) に入力し積算量を数値化しています。この CCO への入力電流の経路に過電流検出回路が内蔵されており、瞬時的な電流値が所定量を越えると過電流を検知し、計測動作を中断し内部回路を保護します。

本診断ではこの過電流検出回路を診断します。センサオフセット DAC と電流計測設定、SDPA 設定の切り替えを使用して意図的に通常電流状態と過電流状態を再現し、過電流検出回路がそれぞれの状態を正しく判別できるかを診断します。

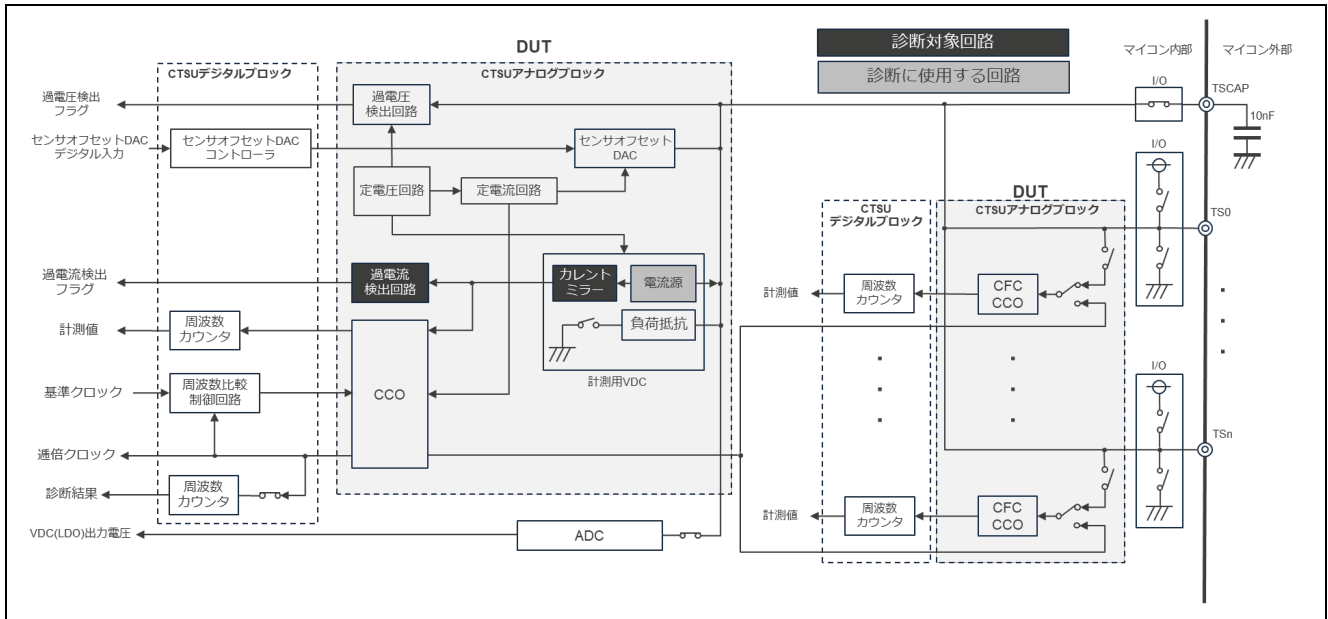


図 3-4 過電流検出診断の回路図

3.3.1 計測

テスト 1 では通常電流状態で計測値を取得し、通常電流状態で過電流検知をしないこと (ICOMP1=0) を診断します。

テスト 2 では過電流状態で計測値を取得し、過電流状態で過電流検知すること (ICOMP1=1) を診断します。その後、ICOMPRST=1 を設定し、計測値を取得し、過電流検知をしないこと (ICOMP1=0) を診断します。

通常電流状態と過電流状態のレジスタ設定については表 3-16 を参照してください。

QE を使用しない場合の SDPA の設定については、以下の CTSU モジュールに関するアプリケーションノートを参照してください。

[RL78 ファミリ CTSU モジュール Software Integration System Rev.2.30](#)

[RX ファミリ QE CTSU モジュール Firmware Integration Technology Rev.3.30](#)

[RA Flexible Software Package Documentation: CTSU\(r_ctsu\)](#)

診断用の SDPA の設定については、RL78 ファミリ、RX ファミリのマイコンをご使用になる場合、「1.4.5 (d) コンフィグレーション設定の注意点」を参照してください。

過電流検出診断のレジスタ設定値を表 3-13~表 3-16 に示します。

表 3-13 過電流検出診断のレジスタ設定 (RA ファミリ) (共通)

レジスタ	ビット	値	設定
CTSUCALIB	-	0x00	キャリブレーションレジスタ初期化
CTSUCRA CTSUCRAH CTSUCR2	LOAD[1:0]	01b	負荷抵抗 OFF

表 3-14 過電流検出診断のレジスタ設定 (RL78 ファミリ) (共通)

レジスタ	ビット	値	設定
CTSUDBGR0	-	0x0000	キャリブレーションレジスタ初期化
CTSUDBGR1	-	0x0000	キャリブレーションレジスタ初期化
CTSUCRAH	LOAD[1:0]	01b	負荷抵抗 OFF

表 3-15 過電流検出診断のレジスタ設定 (RX ファミリ) (共通)

レジスタ	ビット	値	設定
CTSUCALIB	-	0x00000000	キャリブレーションレジスタ初期化
CTSUCRA	LOAD[1:0]	01b	負荷抵抗 OFF

正常電流と過電流の状態は、表 3-16 のように CTSUSO レジスタの設定で切り替えます。レジスタの設定方法については、ご使用になるマイコンの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。

表 3-16 各電流状態でのレジスタ設定

レジスタ	ビット	値	設定
正常電流状態			
CTSUSO	SO[9:0]	00 00000000b	オフセット電流をなしに設定
CTSUSO0	SNUM[7:0]	0x07	計測時間 128us
CTSUSO1	SDPA[7:0]	CTSU_CFG_SUM ULTI0	CTSU_CFG_SUMULTI0 の値を代 入 (注 1)
CTSUCRA、CTSUCRAL、 CTSUCR1	ATUNE1	1	電流計測レンジを 160uA に設定
CTSUCRA、CTSUCRAH、 CTSUCR2	ATUNE2	1	
過電流状態			
CTSUSO	SO[9:0]	00 00000000b	オフセット電流をなしに設定
CTSUSO0	SNUM[7:0]	0x07	計測時間 128us
CTSUSO1	SDPA[7:0]	(注 2)	(注 2)
CTSUCRA、CTSUCRAL、 CTSUCR1	ATUNE1	0	電流計測レンジを 20uA に設定
CTSUCRA、CTSUCRAH、 CTSUCR2	ATUNE2	1	

- 【注】 1. 正常電流時はセンサドライブパルスの値が 0.5MHz になるように、SDPA[7:0]に CTSU_CFG_SUMULTI0 の値を保存します。
2. QE から出力される診断構成のメンバに割り当てられた SDPA を設定します。

3.3.2 条件

ユーザシステムの設定条件に応じて、CTSU 電源動作モードが NM モードか LV モードのどちらかで動作します（表 3-5 参照）。

3.3.3 判定

計測完了割り込みで、意図的に再現した通常電流状態および過電流状態に対する過電流検出結果に基づき、以下の通り処理を行います。

通常電流状態で過電流検知する場合（ICOMP1=1）は、R_CTSU_Diagnosis の戻り値として FSP_ERR_CTSU_DIAG_OVER_CURRENT を保存します。過電流検知しない場合（ICOMP1=0）は FSP_SUCCESS を保持します。

過電流状態で過電流検知しない場合（ICOMP1=0）は、R_CTSU_Diagnosis の戻り値として FSP_ERR_CTSU_DIAG_OVER_CURRENT を保存します。過電流検知する場合（ICOMP1=1）は FSP_SUCCESS を保持します。

過電流検知（ICOMP1=1）後に ICOMPRST=1 を設定し、過電流検知する場合（ICOMP1=1）は R_CTSU_Diagnosis の戻り値として FSP_ERR_CTSU_DIAG_OVER_CURRENT を保存します。過電流検知しない場合（ICOMP1=0）は、FSP_SUCCESS を保持します。

3.4 負荷抵抗診断

負荷抵抗診断の回路図を図 3-5 に示します。CTSU2 では、CCO 補正において TS 端子に接続する外部素子に容量を付加しなくても CTSU 内部で計測動作が可能な負荷抵抗回路を内蔵しています。

本診断では、この負荷抵抗回路を診断します。電流計測レンジごとに CTSU の負荷抵抗回路で調整された電流を CCO に入力し、取得した複数の計測値が所定の範囲内かどうかによって負荷抵抗回路の故障を診断します。

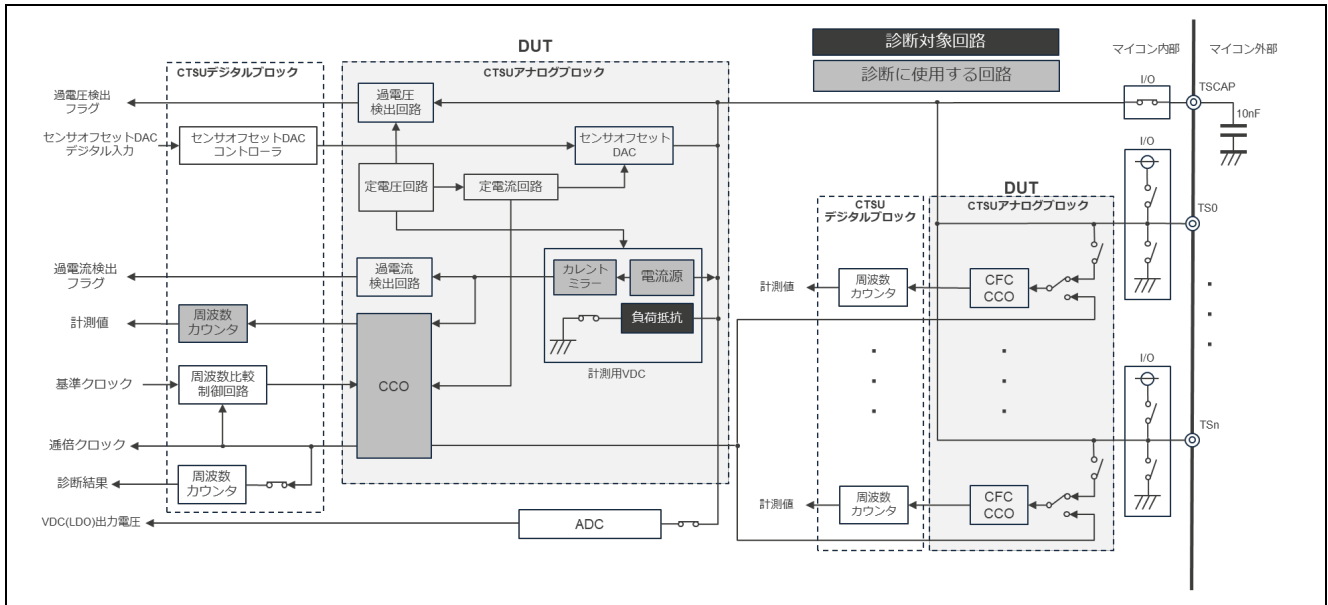


図 3-5 負荷抵抗診断の回路図

3.4.1 計測

負荷抵抗に TSCAP 電圧を入力したときの電流を CCO に入力した状態で、計測を 4 回実行し、CCO 特性補正後の計測値平均を取得します。

負荷抵抗診断のレジスタ設定値を表 3-17~表 3-19 に示します。レジスタの設定方法については、ご使用になるマイコンの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。

表 3-17 負荷抵抗診断のレジスタ設定 (RA ファミリ) (共通)

レジスタ	ビット	値	設定
CTSUCALIB	-	0x00000000	キャリブレーションレジスタ初期化
CTSUCALIB CTSUBGR1	TSOC	1	キャリブレーションモード設定
CTSUSO CTSUSO0	SO[9:0]	00 00000000b	オフセット電流をなしに設定
CTSUSO	SNUM[7:0]	0x07	計測時間 128us
CTSUSO CTSUSO1	SDPA[7:0]	0x00	センサドライブパルス周波数を SUCLK の 2 分周に設定
CTSUCRA CTSUCRAH CTSUCRA2	LOAD[1:0]	01b→11b	抵抗負荷モード
CTSUCRA CTSUCRAx (x: H, L, 2, 1)	ATUNE1	0	電流計測レンジを 20uA に設定
	ATUNE2	1	
	ATUNE1	1	電流計測レンジを 40uA に設定
	ATUNE2	0	
ATUNE1	0	電流計測レンジを 80uA に設定	
ATUNE2	0		
ATUNE1	1	電流計測レンジを 160uA に設定	
ATUNE2	1		

表 3-18 負荷抵抗診断のレジスタ設定 (RL78 ファミリ) (共通)

レジスタ	ビット	値	設定
CTSUDBGR0	-	0x0000	キャリブレーションレジスタ初期化
	TSOC	1	キャリブレーションモード設定
CTSUDBGR1	-	0x0000	キャリブレーションレジスタ初期化
CTSUSO0 CTSUSO1	SO[9:0]	00 00000000b	オフセット電流をなしに設定
	SNUM[7:0]	0x07	計測時間 128us
	SDPA[7:0]	0x00	センサドライブパルス周波数を SUCLK の 2 分周に設定
CTSUCRAH	LOAD[1:0]	01b→11b	抵抗負荷モード
CTSUCRAL	ATUNE1	0	電流計測レンジを 20uA に設定
CTSUCRAH	ATUNE2	1	
CTSUCRAL	ATUNE1	1	電流計測レンジを 40uA に設定
CTSUCRAH	ATUNE2	0	
CTSUCRAL	ATUNE1	0	電流計測レンジを 80uA に設定
CTSUCRAH	ATUNE2	0	
CTSUCRAL	ATUNE1	0	電流計測レンジを 160uA に設定
CTSUCRAH	ATUNE2	1	

表 3-19 負荷抵抗診断のレジスタ設定 (RX ファミリ) (共通)

レジスタ	ビット	値	設定
CTSUCALIB	-	0	キャリブレーションレジスタ初期化
	TSOC	1	キャリブレーションモード設定
CTSUOPT	CCOCFEN	0	HW 補正 OFF (HW 周波数補正有効時のみ実施)
CTSUSO	SO[9:0]	00 00000000b	オフセット電流をなしに設定
	SNUM[7:0]	0x07	計測時間 128us
	SDPA[7:0]	0x00	センサドライブパルス周波数を SUCLK の 2 分周に設定
CTSUCRA	LOAD[1:0]	01b→11b	抵抗負荷モード
	ATUNE1 ATUNE2	0 1	電流計測レンジを 20uA に設定
	ATUNE1 ATUNE2	1 0	電流計測レンジを 40uA に設定
	ATUNE1 ATUNE2	0 0	電流計測レンジを 80uA に設定
	ATUNE1 ATUNE2	1 1	電流計測レンジを 160uA に設定

3.4.2 条件

ユーザシステムの設定条件に応じて、CTSU 電源動作モードが NM モードか LV モードのどちらかで動作します (表 3-5 参照)。

3.4.3 判定

計測値平均が所定の範囲内か判定し、範囲外の場合は R_CTSU_Diagnosis の戻り値として FSP_ERR_CTSU_DIAG_LOAD_RESISTANCE を保存します。範囲内の場合は FSP_SUCCESS を保持します。

3.5 センサオフセット診断

センサオフセット診断の回路図を図 3-6 に示します。CTSU2 のセンサオフセット機能は、センサオフセット DAC により調整されたオフセット電流を用いて、電極の寄生容量分の電流を供給する機能です。オフセット電流が増加すると、それに応じて計測用 VDC 回路内のカレントミラーに流れる電流が減少します。

本診断では、オフセット電流に対する計測値の変化を評価し、オフセット電流がカレントミラーに正しく反映されているかを確認することで、センサオフセット回路の故障を診断します。

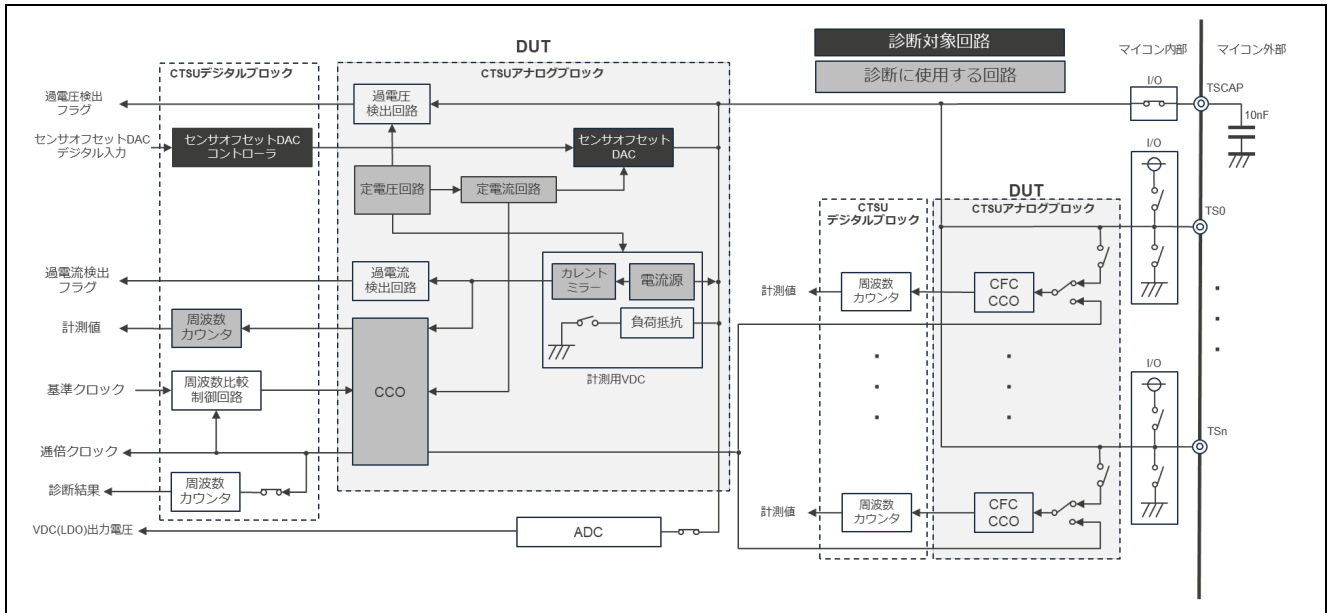


図 3-6 センサオフセット診断の回路図

3.5.1 計測

以下の通り、オフセット電流の最小変化に対する計測値の差分を算出します。

オフセット電流を 1 ビットのみ有効にした全通りの設定でそれぞれ計測を 4 回実行し、CCO 補正後の計測値平均を取得します。3.4 節の結果（オフセット電流なし）との差分を算出します。

オフセット電流を最大に設定した状態で計測を 4 回実行し、CCO 補正後の計測値平均を取得します。次にオフセット電流を 1 ビットのみ無効にした全通りの設定でそれぞれ計測を 4 回実行し、CCO 補正後の計測値平均を取得します。両者の差分を算出します。

センサオフセット診断のレジスタ設定値を表 3-20~表 3-22 に示します。レジスタの設定方法については、ご使用になるマイコンの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。

表 3-20 センサオフセット診断のレジスタ設定 (RA ファミリ) (共通)

レジスタ	ビット	値	設定
CTSUCALIB	-	0x00000000	キャリブレーションレジスタ初期化
CTSUCALIB CTSUBGR1	TSOC	1	キャリブレーションモード設定
CTSUCALIB CTSUBGR1	DACMSEL	1	電流源を固定
CTSUCALIB CTSUBGR1	DACCARRY	1	各電流源の ON/OFF を可能に設定
CTSUCRA CTSUCRAH CTSUCRA2	LOAD[1:0]	01b→11b	抵抗負荷モード
CTSUCRAx (x: H, L, 2, 1)	ATUNE1	0	電流計測レンジを 20uA に設定
	ATUNE2	1	

表 3-21 センサオフセット診断のレジスタ設定 (RL78 ファミリ) (共通)

レジスタ	ビット	値	設定
CTSUDBGR0	-	0x0000	キャリブレーションレジスタ初期化
	TSOC	1	キャリブレーションモード設定
CTSUDBGR1	-	0x0000	キャリブレーションレジスタ初期化
CTSUBGR1	DACMSEL	1	電流源を固定
	DACCARRY	1	各電流源の ON/OFF を可能に設定
CTSUCRAH	LOAD[1:0]	01b→11b	抵抗負荷モード
CTSUCRAL	ATUNE1	0	電流計測レンジを 20uA に設定
CTSUCRAH	ATUNE2	1	

表 3-22 センサオフセット診断のレジスタ設定 (RX ファミリ) (共通)

レジスタ	ビット	値	設定
CTSUCALIB	-	0x00000000	キャリブレーションレジスタ初期化
	TSOC	1	キャリブレーションモード設定
	DACMSEL	1	電流源を固定
	DACCARRY	1	各電流源の ON/OFF を可能に設定
CTSUCRA	LOAD[1:0]	01b→11b	抵抗負荷モード
	ATUNE1 ATUNE2	0 1	電流計測レンジを 20uA に設定

3.5.2 条件

ユーザシステムの設定条件に応じて、CTSU 電源動作モードが NM モードか LV モードのどちらかで動作します（表 3-5 参照）。

3.5.3 判定

各テストで取得した差分値が所定の範囲内か判定し、範囲外の場合は R_CTSU_Diagnosis の戻り値として FSP_ERR_CTSU_DIAG_CURRENT_SOURCE を保存します。範囲内の場合は FSP_SUCCESS を保持します。

3.6 CCO 周波数診断

CCO 発振周波数診断の回路図を図 3-7 に示します。CTSU2 では、電極に流れる電流を基に計測値を生成するため、CCO を用いて入力電流に応じた周波数の信号を生成し、この信号をカウンタで計測します。そのカウンタ値が CTSU の計測値として取得されます。

本診断では、テスト用回路からの任意の電流に対するカウンタ値の応答を評価することで、CCO から周波数カウンタに至る発振・計測経路が所定の特性どおりに動作しているかを診断します。これにより、CCO 回路の周波数特性に関する異常を検出します。

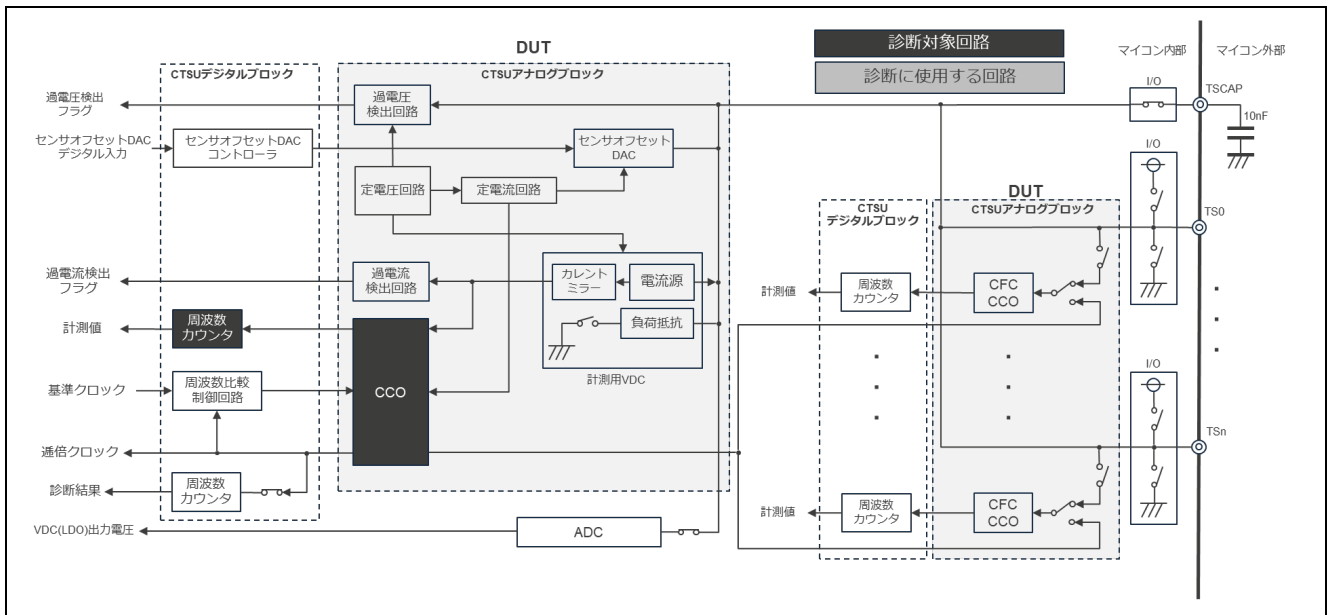


図 3-7 CCO 周波数診断の回路図

3.6.1 計測

テストごとに周波数カウンタへ入力する電流量を段階的に増加させ、それぞれ計測を 4 回実行し、計測値平均を取得します。その後、連続するテストで取得した計測値平均の差分を算出します。

CCO 周波数診断のレジスタ設定値を表 3-23~表 3-25 に示します。レジスタの設定方法については、ご使用になるマイコンの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。

表 3-23 CCO 周波数診断のレジスタ設定 (RA ファミリ)

レジスタ	ビット	値	設定
CTSUCALIB	-	0x00000000	キャリブレーションレジスタ初期化
CTSUCALIB CTSUBGR0	TSOC	1	キャリブレーションモード設定
CTSUCALIB CTSUBGR1	CCOCALIB	1	発振器キャリブレーションモード
CTSUCRA CTSUCRAH CTSUCR2	LOAD[1:0]	01b	負荷抵抗 OFF
CTSUCRB	SSCNT[1:0]	00b	SUADJD0 へのクロックの調整を無効
CTSUSO CTSUSO0	SO[9:0]	00 00000000b	オフセット電流をなしに設定
CTSUSO	SNUM[7:0]	0x07	計測時間 128us
CTSUSO CTSUSO1	SDPA[7:0]	0x00	センサドライブパルス周波数を SUCLK の 2 分に設定

表 3-24 CCO 周波数診断のレジスタ設定 (RL78 ファミリ)

レジスタ	ビット	値	設定
CTSUDBGR0	-	0x0000	キャリブレーションレジスタ初期化
	TSOC	1	キャリブレーションモード設定
CTSUDBGR1	-	0x0000	キャリブレーションレジスタ初期化
	CCOCALIB	1	発振器キャリブレーションモード
CTSUCRAH	LOAD[1:0]	01b	負荷抵抗 OFF
CTSUCRBH	SSCNT[1:0]	00b	SUADJD0 へのクロックの調整を無効
CTSUSO0 CTSUSO1	SO[9:0]	00 00000000b	オフセット電流をなしに設定
	SNUM[7:0]	0x07	計測時間 128us
	SDPA[7:0]	0x00	センサドライブパルス周波数を SUCLK の 2 分に設定

表 3-25 CCO 周波数診断のレジスタ設定 (RX ファミリ)

レジスタ	ビット	値	設定
CTSUCALIB	-	0x00000000	キャリブレーションレジスタ初期化
	TSOC	1	キャリブレーションモード設定
CTSUCALIB	CCOCALIB	1	発振器キャリブレーションモード
CTSUCRA	LOAD[1:0]	01b	負荷抵抗 OFF
CTSUCRB	SSCNT[1:0]	00b	SUADJD0 へのクロックの調整を無効
CTSUSO	SO[9:0]	00 00000000b	オフセット電流をなしに設定
	SNUM[7:0]	0x07	計測時間 128us
	SDPA[7:0]	0x00	センサドライブパルス周波数を SUCLK の 2 分に設定

3.6.2 条件

ユーザシステムの設定条件に応じて、CTSU 電源動作モードが NM モードか LV モードのどちらかで動作します（表 3-5 参照）。

3.6.3 判定

本診断において、各テストで取得した差分値が所定の範囲内か判定し、範囲外の場合は R_CTSU_Diagnosis の戻り値として FSP_ERR_CTSU_DIAG_SENSCLK_GAIN を保存します。範囲内の場合は FSP_SUCCESS を保持します。

3.7 SUCLK 周波数診断

SUCLK 周波数診断の回路図を図 3-8 に示します。CTSU2 では、センサドライブパルスの源クロックとして FLL (Frequency Locked Loop、周波数比較制御回路) を持つ SUCLK が接続されています。

本診断では、SUCLK 用の周波数カウンタに入力する電流量を変化させながら出力される発振周波数が所定の範囲かどうかを診断します。これにより、SUCLK 回路の周波数特性に関する異常を検出します。

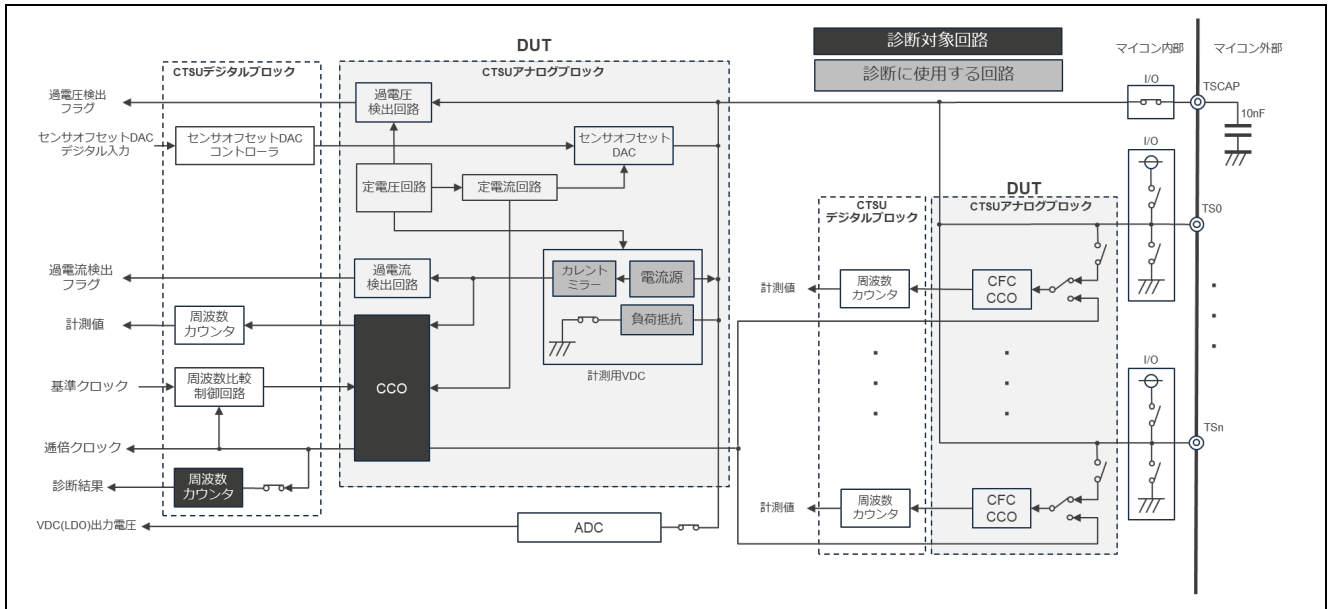


図 3-8 SUCLK 周波数診断の回路図

3.7.1 計測

テストごとに周波数カウンタへ入力する電流量を段階的に増加させ、それぞれ計測を 4 回実行し、計測値平均を取得します。その後、連続するテストで取得した計測値平均の差分を算出します。

SUCLK 周波数診断のレジスタ設定値を表 3-26~表 3-28 に示します。レジスタの設定方法については、ご使用になるマイコンの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。

表 3-26 SUCLK 周波数診断のレジスタ設定 (RA ファミリ) (共通)

レジスタ	ビット	値	設定
CTSUCALIB	-	0x00000000	キャリブレーションレジスタ初期化
CTSUCALIB CTSUBGR1	SUMSEL	0 1	CCODAC の電流源を切り替え CCODAC の電流源を固定
CTSUCRA CTSUCRAH CTSUCR2	LOAD[1:0]	01b	負荷抵抗 OFF
CTSUCRB CTSUCRBH CTSUDCLKC	SSCNT[1:0]	00b	SUADJD0 へのクロックの調整を無効
CTSUSO	SO[9:0]	00 00000000b	オフセット電流をなしに設定
CTSUSO0	SNUM[7:0]	0x07	計測時間 128us
CTSUSO1	SDPA[7:0]	0x00	センサドライブパルス周波数を SUCLK の 2 分周に設定

表 3-27 SUCLK 周波数診断のレジスタ設定 (RL78 ファミリ) (共通)

レジスタ	ビット	値	設定
CTSUDBGR0	-	0x0000	キャリブレーションレジスタ初期化
	TSOC	1	キャリブレーションモード設定
CTSUDBGR1	-	0x0000	キャリブレーションレジスタ初期化
	CCOCALIB	0	発振器キャリブレーションモード
	SUMSEL	0 1	CCODAC の電流源を切り替え CCODAC の電流源を固定
CTSUCRAH	LOAD[1:0]	01b	負荷抵抗 OFF
CTSUCRBH	SSCNT[1:0]	00b	SUADJD0 へのクロックの調整を無効
CTSUSO0	SO[9:0]	00 00000000b	オフセット電流をなしに設定
CTSUSO1	SNUM[7:0]	0x07	計測時間 128us
	SDPA[7:0]	0x00	センサドライブパルス周波数を SUCLK の 2 分周に設定

表 3-28 SUCLK 周波数診断のレジスタ設定 (RX ファミリ) (共通)

レジスタ	ビット	値	設定
CTSUCALIB	-	0x00000000	キャリブレーションレジスタ初期化
	TSOC	1	キャリブレーションモード設定
	CCOCALIB	1	発振器キャリブレーションモード
CTSUCALIB	SUMSEL	0 1	CCODAC の電流源を切り替え CCODAC の電流源を固定
CTSUCRA	LOAD[1:0]	01b	負荷抵抗 OFF
CTSUCRB	SSCNT[1:0]	00b	SUADJD0 へのクロックの調整を無効
CTSUSO	SO[9:0]	00 00000000b	オフセット電流をなしに設定
	SNUM[7:0]	0x07	計測時間 128us
	SDPA[7:0]	0x00	センサドライブパルス周波数を SUCLK の 2 分周に設定

3.7.2 条件

ユーザシステムの設定条件に応じて、CTSUS 電源動作モードが NM モードか LV モードのどちらかで動作します（表 3-5 参照）。

3.7.3 判定

各テストで取得したカウンタ値平均が所定の範囲内か判定し、範囲外の場合は R_CTSUS_Diagnosis の戻り値として FSP_ERR_CTSUS_DIAG_SUCLK_GAIN を保存します。範囲内の場合は FSP_SUCCESS を保持します。

3.8 SUCLK クロックリカバリ診断

SUCLK クロックリカバリ診断の回路図を図 3-9 に示します。CTSU2 には SUCLK 生成時に、設定した周波数と実際に出力される周波数とのずれを補正するために FLL を用いたクロックリカバリ機能があります。

本診断では、SUCLK を所定の周波数を設定した状態で計測を実行し、取得した SUCLK カウンタ値が所定の範囲内であるかを判定することで、SUCLK クロックリカバリ機能の故障を診断します。

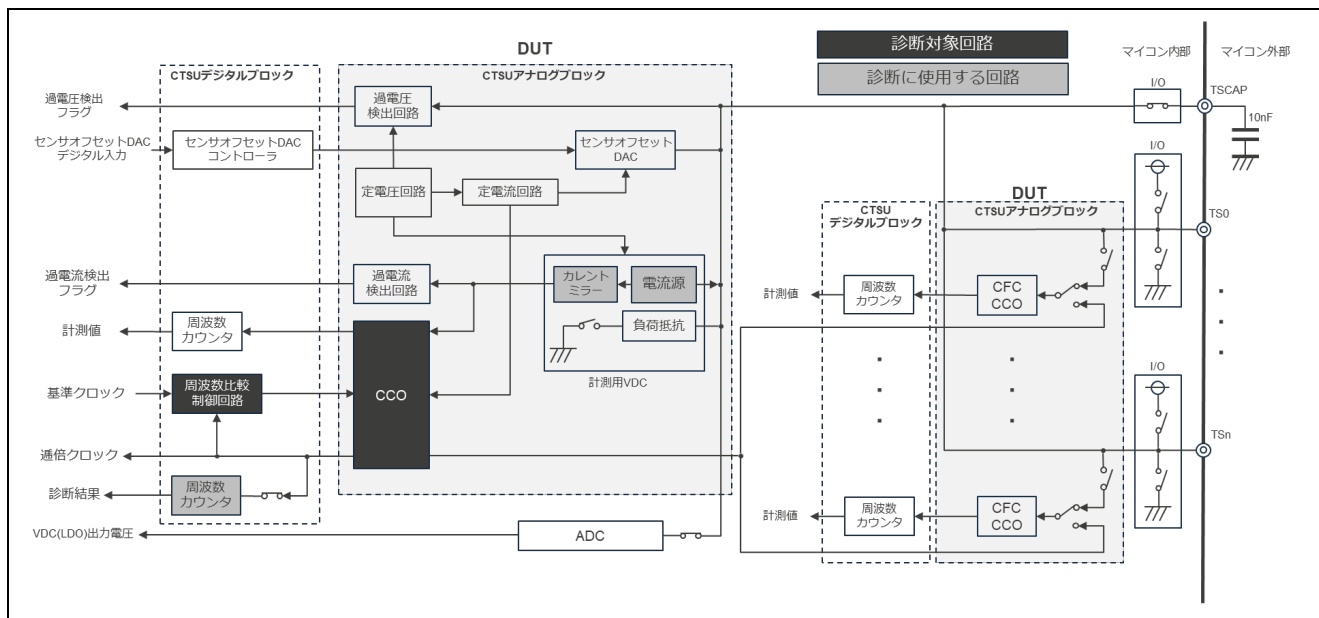


図 3-9 SUCLK クロックリカバリ診断の回路図

3.8.1 計測

SUCLK の出力周波数の上限はマイコン製品ごとに異なります。それぞれの SUCLK 上限に応じて、3 または 4 種類の設定周波数で各々4回テストを実行します。各テストについて計測を実行し、SUCLK カウンタ値の平均を取得します。

SUCLK クロックリカバリ診断のレジスタ設定値を表 3-29~表 3-31 に示します。

表 3-29 SUCLK クロックリカバリ診断のレジスタ設定 (RA ファミリ) (共通)

レジスタ	ビット	値	設定
CTSUCALIB	-	0x00000000	キャリブレーションレジスタ初期化
	TSOC	1	キャリブレーションモード設定
	CCOCALIB	1	CCO 発振器キャリブレーションモード
	CCOCLK	1	CCO 変調回路用クロック選択を SUCLK に選択
CTSUCRA	LOAD[1:0]	01b	負荷抵抗 OFF
CTSUCRB CTSUCRBH CTSUDCLKC	SSCNT[1:0]	01b	SUCLK 周波数調整
CTSUCRB CTSUCRBL CTSUSST	SST[7:0]	0x3F	安定計測待ち時間の設定
CTSUSO	SO[9:0]	00 00000000b	オフセット電流をなしに設定
CTSUSO0	SNUM[7:0]	0x07	計測時間 128us
CTSUSO1	SDPA[7:0]	0x00	センサドライブパルス周波数を SUCLK の 2 分周に設定

表 3-30 SUCLK クロックリカバリ診断のレジスタ設定 (RL78 ファミリ) (共通)

レジスタ	ビット	値	設定
CTSUDBGR0	-	0x0000	キャリブレーションレジスタ初期化
	TSOC	1	キャリブレーションモード設定
CTSUDBGR1	-	0x0000	キャリブレーションレジスタ初期化
	CCOCALIB	1	発振器キャリブレーションモード
	CCOCLK	1	CCO 変調回路用クロック選択を SUCLK に選択
CTSUCRAH	LOAD[1:0]	01b	負荷抵抗 OFF
CTSUCRBH	SSCNT[1:0]	01b	SUCLK 周波数調整
CTSUCRBL	SST[7:0]	0x3F	安定計測待ち時間の設定
CTSUSO0	SO[9:0]	00 00000000b	オフセット電流をなしに設定
CTSUSO1	SNUM[7:0]	0x07	計測時間 128us
	SDPA[7:0]	0x00	センサドライブパルス周波数を SUCLK の 2 分周に設定

表 3-31 SUCLK クロックリカバリ診断のレジスタ設定 (RX ファミリ) (共通)

レジスタ	ビット	値	設定
CTSUCALIB	-	0x00000000	キャリブレーションレジスタ初期化
	TSOC	1	キャリブレーションモード設定
	CCOCALIB	1	発振器キャリブレーションモード
	CCOCLK	1	CCO 変調回路用クロック選択を SUCLK に選択
CTSUCRA	LOAD[1:0]	01b	負荷抵抗 OFF
CTSUCRB	SSCNT[1:0]	01b	SUCLK 周波数調整
	SST[7:0]	0x3F	安定計測待ち時間の設定
CTSUSO	SO[9:0]	00 00000000b	オフセット電流をなしに設定
	SNUM[7:0]	0x07	計測時間 128us
	SDPA[7:0]	0x00	センサドライブパルス周波数を SUCLK の 2 分周に設定

本診断では、マイコンの SUCLK 上限に応じて設定周波数を変更します。CTSU 電源動作モードによりマイコンの上限周波数が異なるため、これに応じたテスト設定を行います。表 3-32 に各テストの設定を、表 3-33 と表 3-34 に CTSU 電源動作モードに応じたテストの組み合わせを示します。レジスタの設定方法については、ご使用になるマイコンの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。

表 3-32 SUCLK クロックリカバリ診断実行時の SUCLK 周波数設定

テスト	レジスタ	ビット	値	設定
1	CTSUSUCLKA (注 1) CTSUSUCLK0	SUMULTI0	31	SUCLK を 16MHz に設定
2	CTSUSUCLKA CTSUSUCLK0	SUMULTI0	47	SUCLK を 24MHz に設定
3	CTSUSUCLKA CTSUSUCLK0	SUMULTI0	63/59	SUCLK を 32MHz/30MHz に設定 (注 2)
4	CTSUSUCLKA CTSUSUCLK0	SUMULTI0	79/75	SUCLK を 40MHz/38MHz に設定 (注 3)

- 【注】 1. CTSU の IP の制約上、SDPSEL=1 のときに CTSUSUCLKx (x: A, 0) の書き込みは禁止です。SDPSEL を“0”に設定後、CTSUSUCLKA を設定し、その後 SDPSEL を“1”に戻してください。
 2. マイコンの SUCLK 上限が 30 MHz の製品のみ、30 MHz で代替してテストを実行します。
 3. マイコンの SUCLK 上限が 38 MHz の製品のみ、38 MHz で代替してテストを実行します。

表 3-33 SUCLK クロックリカバリ診断各テストの組み合わせ (CTSU 電源動作モード: NM モード)

MCU	上限周波数(MHz)	実行するテスト
RA2L1, RA4L1, RA2E1, RX140, RL78/F25, RL78/F22	40	テスト 1, テスト 2, テスト 3, テスト 4
RX261, RX260	38	テスト 1, テスト 2, テスト 3, テスト 4 (注 1)
RA0L1, RL78/G22, RL78/G23, RL78/L23	32	テスト 1, テスト 2, テスト 3
	30	テスト 1, テスト 2, テスト 3 (注 2)

- 【注】 1. マイコンの SUCLK 上限が 38MHz のため、テスト 4 を 38MHz で代替してテストを実行します。
 2. マイコンの SUCLK 上限が 30MHz のため、テスト 3 を 30MHz で代替してテストを実行します。

表 3-34 SUCLK クロックリカバリ診断各テストの組み合わせ (CTSU 電源動作モード: LV モード)

マイコン	上限周波数(MHz)	実行するテスト
RA2L1, RA4L1, RA2E1, RX140,	32	テスト 1, テスト 2, テスト 3
RL78/F25, RL78/F22	非対応	-
RX261, RX260	32	テスト 1, テスト 2, テスト 3
RA0L1, RL78/G22, RL78/G23, RL78/L23	30	テスト 1, テスト 2, テスト 3 注

【注】 マイコンの SUCLK 上限が 30MHz のため、テスト 3 を 30MHz で代替してテストを実行します。

3.8.2 条件

ユーザシステムの設定条件に応じて、CTSU 電源動作モードが NM モードか LV モードのどちらかで動作します (表 3-5 参照)。

3.8.3 判定

各テストで取得したカウンタ値平均が所定の範囲内か判定し、範囲外の場合は R_CTSU_Diagnosis の戻り値として FSP_ERR_CTSU_DIAG_CLOCK_RECOVERY を保存します。範囲内の場合は FSP_SUCCESS を保持します。

3.9 CFC 発振器診断

CFC 発振器診断の回路図を図 3-10 に示します。CTSU2 には CFC-CCO（電流制御発振器）によって、相互容量方式の並列同時計測を行う機能が搭載されています。

本診断では、CFC-CCO に供給される電流量を変化させた際の計測値の応答を評価することで、CFC-CCO が所定の特性どおりに動作しているかを診断します。

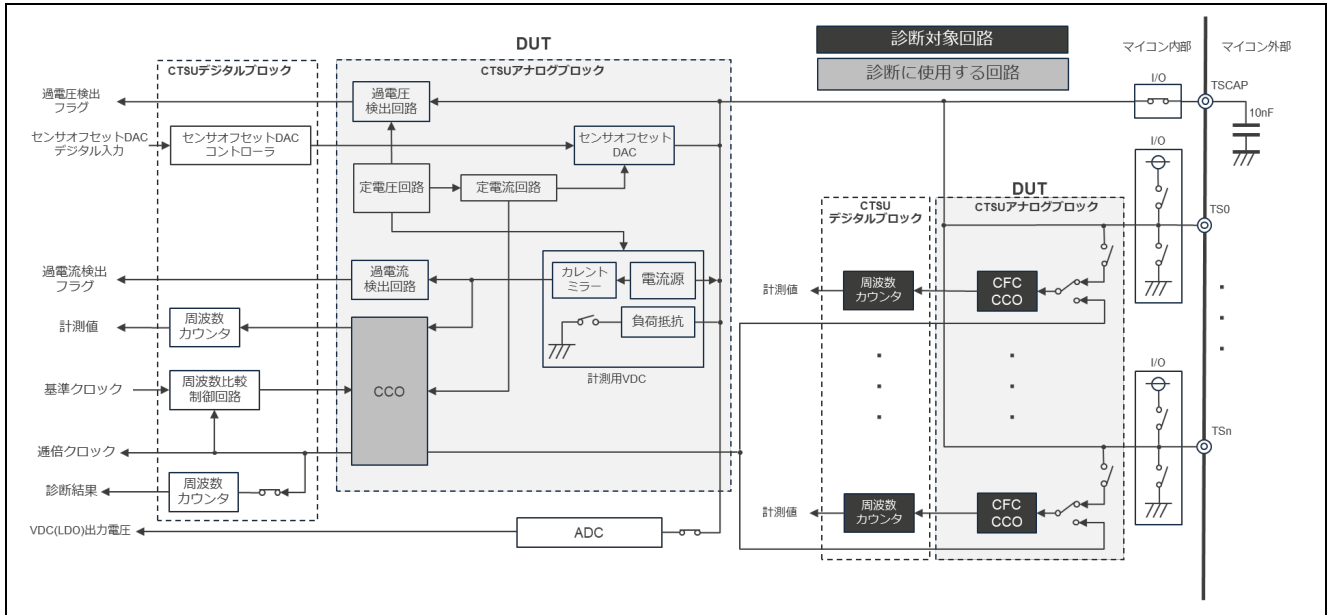


図 3-10 CFC 発振器診断の回路図

3.9.1 計測

入力電流を変えた 5 つのテスト条件について 4 回の計測を実行し、計測値の平均を取得します。

CFC 発振器診断のレジスタ設定値を表 3-35 に示します。

表 3-35 CFC 発振器診断のレジスタ設定（共通）

レジスタ	ビット	値	設定
CTSUCALIB	-	0x00000000	キャリブレーションレジスタ初期化
CTSUDBGR1	CCOCALIB	1	発振器キャリブレーションモード
CTSUDBGR0	CFCMODE	1	キャリブレーション用の外部電流計測
	CFCRDMD	1	CFC カウンタ読み出しを有効に設定
CTSUCRA CTSUCRAH CTSUCR2	MD2	1	切り替えキャパシタ電流と DC 電流
CTSUCRA	CFCON	1	CFC パワーオン制御 ON
CTSUCRAL CTSUCR0	TXVSEL	1	送信端子用電源として VCC 端子を選択
CTSUCRB CTSUCRBH CTSUDCLKC	SSCNT[1:0]	00b	SUCLK 調整ビット
CTSUCHACx (x: A, AH, AL, B, BL, 4, 0, 1, 2, 3)	CHACxx xx: 注	1	選択した TS 端子を計測
CTSUCHTRCx (x: A, AH, AL, B, BL, 4, 0, 1, 2, 3)	CHTRCxx xx: 注	0	CTSU チャネル送受信制御を受信で設定
CTSUSO	SO[9:0]	00 00000000b	オフセット電流
CTSUSO0	SNUM[7:0]	0x07	計測時間 128us
CTSUSO1	SDPA[7:0]	0x00	センサドライブパルス周波数を SUCLK の 2 分周に設定

【注】 ご使用になるマイコンのユーザーマニュアルハードウェア編を参照してください。

CFC 発振器診断実行時のレジスタ設定値を表 3-36 に示します。レジスタの設定方法については、ご使用になるマイコンの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。

表 3-36 CFC 発振器診断実行時のレジスタ設定

レジスタ	ビット	値	設定
CTSUSUCLK0 CTSUSUCLKA	SUADJ0	$((N+1) * 32) - 1$ N はテスト回数 N = 1,2,3,4,5	CFC のスキャン時間を制御。また SUCLK 周波数を設定。

3.9.2 条件

ユーザシステムの設定条件に応じて、CTSU 電源動作モードが NM モードか LV モードのどちらかで動作します（表 3-5 参照）。

3.9.3 判定

各テストで取得した計測値平均を比較し、N 回目 (N=2,3,4,5) の結果が N-1 回目より大きいかを判定します。これを満たさない場合は、R_CTSU_Diagnosis の戻り値として FSP_ERR_CTSU_DIAG_CFC_GAIN を保存します。満たす場合は、FSP_SUCCESS を保持します。

3.10 診断 API

診断結果を取得します。R_CTSU_Diagnosis の戻り値が FSP_SUCCESS のときは正常、FSP_SUCCESS 以外のときは各診断で設定されたエラー値を保持しており、これを診断異常として処理します。また、診断で異常を検出した場合でも、ユーザの操作なく再度診断を実行することが可能です。

3.11 その他機能との関係

R_CTSU_Stop を呼び出した際は、診断テストを途中で停止し、その際の診断の state を保持します。その後計測を再開した際は、中断したテストから再開します。

R_CTSU_Close を呼び出した際は診断テストを停止し、診断の state を初期化します。診断を再開する際はワンタイムのテストも実行します。

4. API 仕様

API 仕様の詳細は以下の CTSU モジュールに関するアプリケーションノートを参照してください。

[RL78 ファミリ CTSU モジュール Software Integration System Rev.2.30](#)

[RX ファミリ QE CTSU モジュール Firmware Integration Technology Rev.3.30](#)

[RA Flexible Software Package Documentation: CTSU\(r_ctsu\)](#)

診断機能に関わる API の詳細は、RL78 ファミリ、RX ファミリのマイコンをご使用になる場合は上述した資料の「2 API 情報」「3 API 関数」を参照してください。

5. サンプルアプリケーションのフローチャート

フローチャートの詳細は以下の CTSU モジュールに関するアプリケーションノートを参照してください。

[RL78 ファミリ CTSU モジュール Software Integration System Rev.2.30](#)

[RX ファミリ QE CTSU モジュール Firmware Integration Technology Rev.3.30](#)

診断機能に関わるサンプルの詳細は、RL78 ファミリ、RX ファミリのマイコンをご使用になる場合は上述した資料の「1.4.5 診断モード」を参照してください。RA ファミリのマイコンをご使用になる場合は RX ファミリと同じ資料を参照してください。

6. QE for Capacitive Touch を使用したプロジェクト作成方法

本章では、QE for Capacitive Touch を使用してプロジェクトを作成する手順について説明します。より詳細な説明は以下のアプリケーションノートを参照してください。

[QE と FSP を使用した静電容量タッチアプリケーションの開発](#)

[QE と FIT を使用した静電容量タッチアプリケーションの開発](#)

[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](#)

6.1 RA ファミリ

1. プロジェクトを新規作成します。
2. 図 6-4 に示す通り、RA スマート・コンフィグレータ上で[Stacks]タブでタッチミドルウェアを追加します。

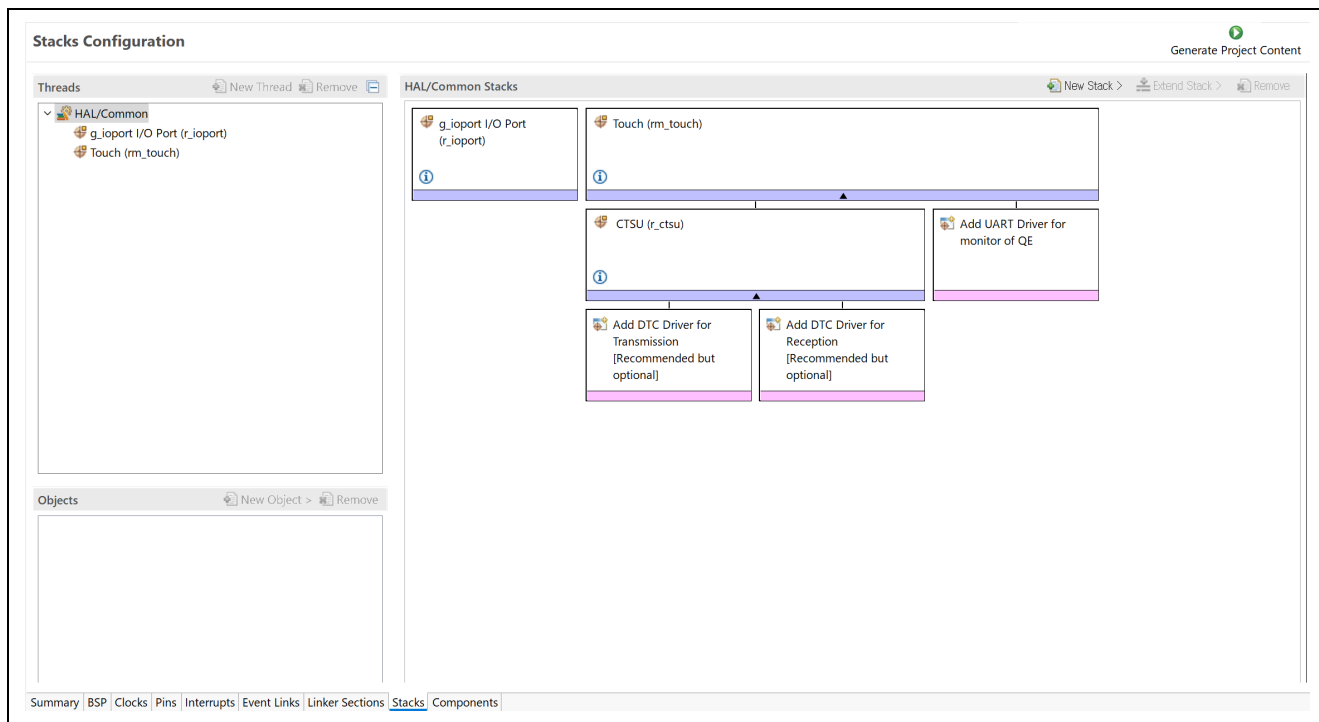


図 6-1 タッチミドルウェアの追加

3. CTSU2 内蔵マイコンを使用する場合は ADC ドライバを追加する必要があります。ADC ドライバの設定方法は 4~11 項を参照してください。CTSU1 内蔵マイコンを使用する場合は 12 項に進んでください。

4. 図 6-2 に示す通り、ADC ドライバを 2 個追加します。

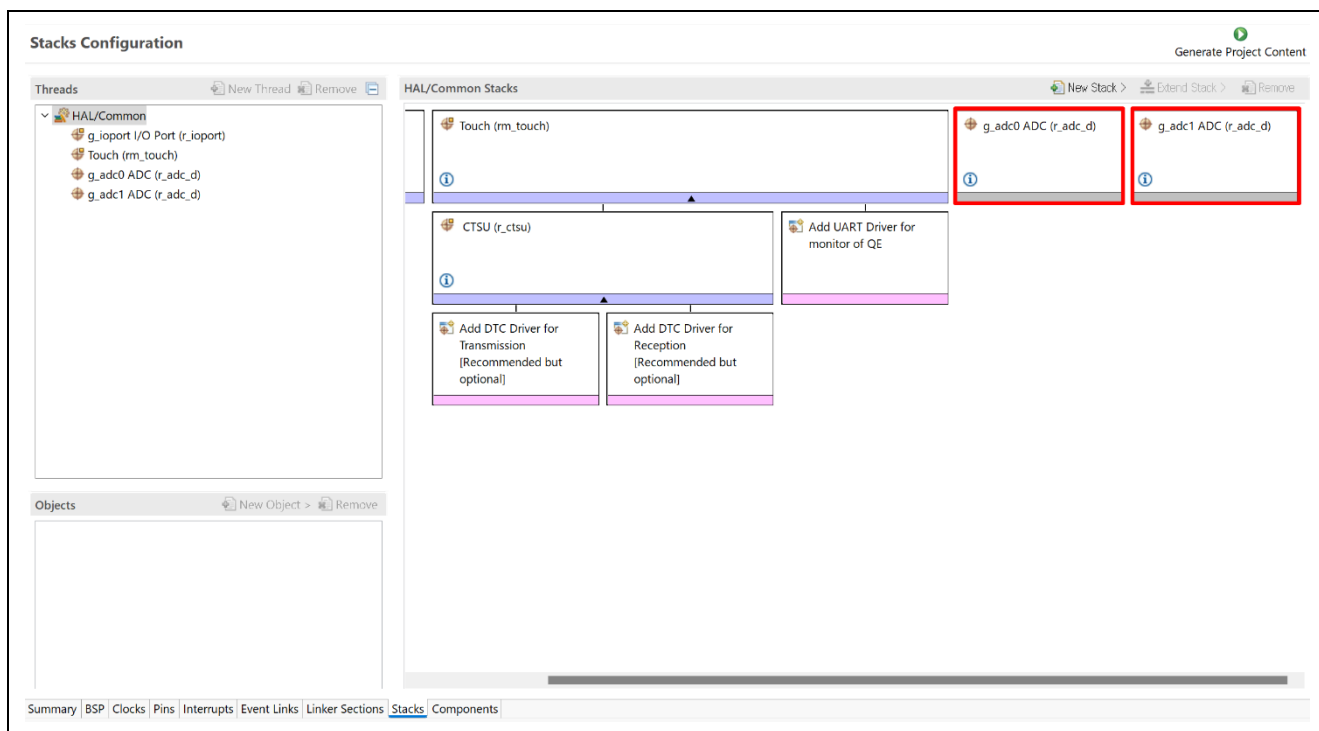


図 6-2 ADC ドライバの追加

5. 次項以降ではマイコンごとに ADC ドライバの設定方法について説明します。ご使用になるマイコンに合わせて表 6-1 の項目を参照してください。

表 6-1 RA ファミリ製品と ADC ドライバ設定項目対応の一覧

マイコン	CTSU 電源動作モード	参照する項目
RA0L1	NM モード	6、7
	LV モード	8、9
RA2E1、RA2L1、RA4L1	NM モード	10、11
	LV モード	

6. RA0L1 を NM モードで使用する場合は、“g_adc0 ADC”を選択し、画面左下の[プロパティ]をクリックします。図 6-3 に示す通り、以下の設定を変更してください。

- ①. [Interrupt Support]で[Disabled]を選択。
- ②. [General] -> [Name]で名前を[g_adc_ctsu]に変更。
- ③. [Input] -> [A/D Input channel]で[CTSUS TSCAP voltage]を選択。
- ④. [Interrupt] -> [Start trigger source]で[Software]を選択。

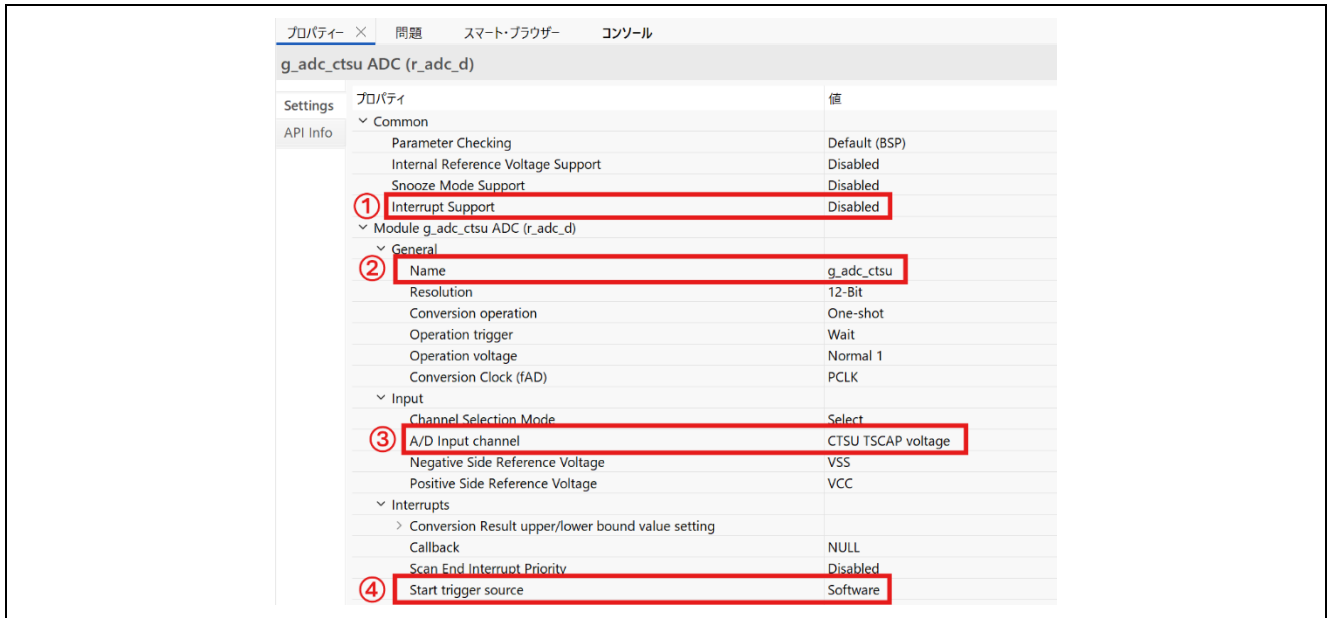


図 6-3 "g_adc_ctsu"の設定 (RA0L1/NM モード)

7. “g_adc1 ADC”を選択し、[プロパティ]をクリックします。図 6-4 に示す通り、以下の設定を変更してください。

- ①. [Common] -> [Internal Reference Voltage Support]で[Enable]を選択。
- ②. [General] -> [Name]で名前を[g_adc_ctsu_ivref]に変更。
- ③. [General] -> [Operation trigger]で[No-wait]を選択。
- ④. [General] -> [Operation voltage]で[Normal 2]を選択。
- ⑤. [Input] -> [A/D Input Channel]で[Internal reference voltage]を選択。
- ⑥. [Interrupts] -> [Start trigger source]で[Software]を選択。

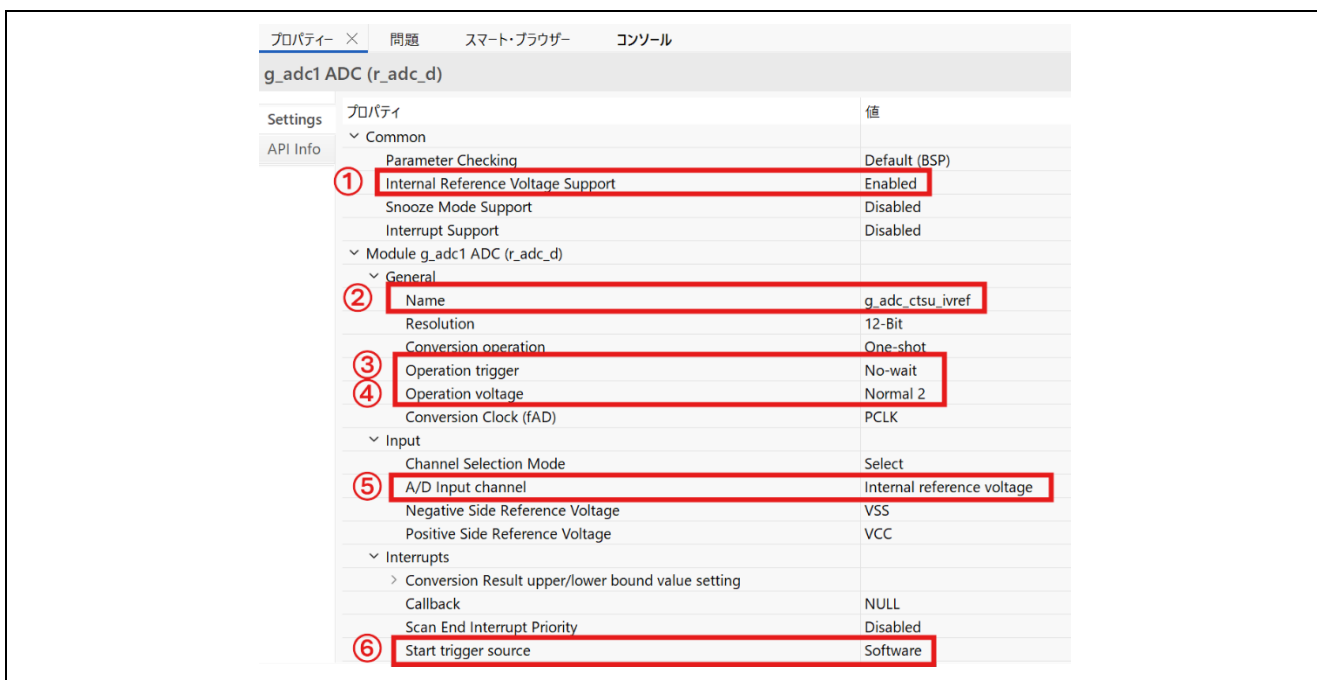


図 6-4 “g_adc_ctsu_ivref”の設定 (RA0L1/NM モード)

8. RA0L1 を LV モードで使用する場合は、“g_adc0 ADC”を選択し、画面左下の[プロパティ]をクリックします。図 6-5 に示す通り、以下の設定を変更してください。

- ①. [Interrupt Support]で[Disabled]を選択。
- ②. [General] -> [Name]で名前を“g_adc_ctsu”に変更。
- ③. [General] -> [Operation voltage]で[Low voltage 1]に選択。
- ④. [General] -> [Conversion Clock (fAD)]で[PCLK/2]を選択。
- ⑤. [Input] -> [A/D Input channel]で[CTSUS TSCAP voltage]を選択。
- ⑥. [Interrupt] -> [Start trigger source]で[Software]を選択。

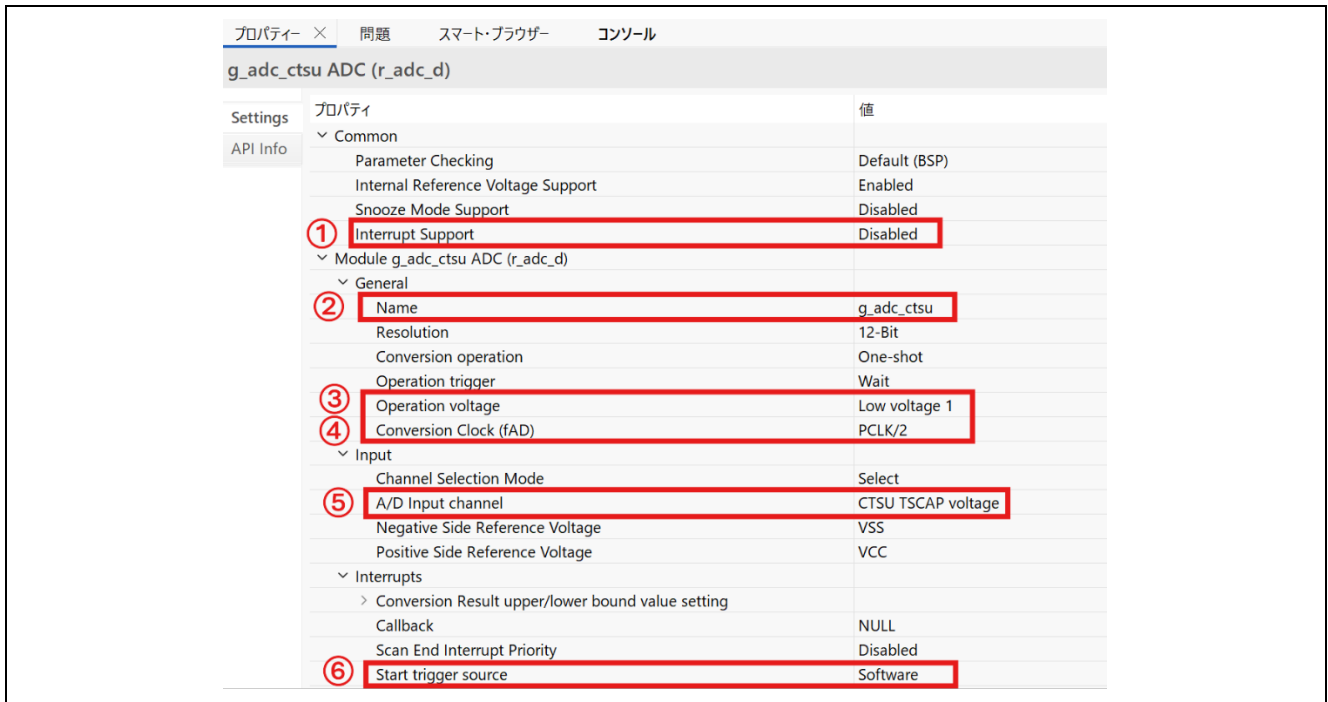


図 6-5 "g_adc_ctsu"の設定 (RA0L1/LV モード)

9. “g_adc1 ADC”を選択し、[プロパティ]をクリックします。図 6-6 に示す通り、以下の設定を変更してください。

- ①. [Common] -> [Internal Reference Voltage Support]で”Enable”を選択。
- ②. [General] -> [Name]で名前を”g_adc_ctsu_ivref”に変更。
- ③. [General] -> [Operation trigger]で”No-wait”を選択。
- ④. [General] -> [Operation voltage]で”Low Voltage 2”を選択。
- ⑤. [General] -> [Conversion Clock (fAD)]で”PCLK/2”を選択。
- ⑥. [Input] -> [A/D Input Channel]で”Internal reference voltage”を選択。
- ⑦. [Interrupts] -> [Start trigger source]で”Software”を選択。

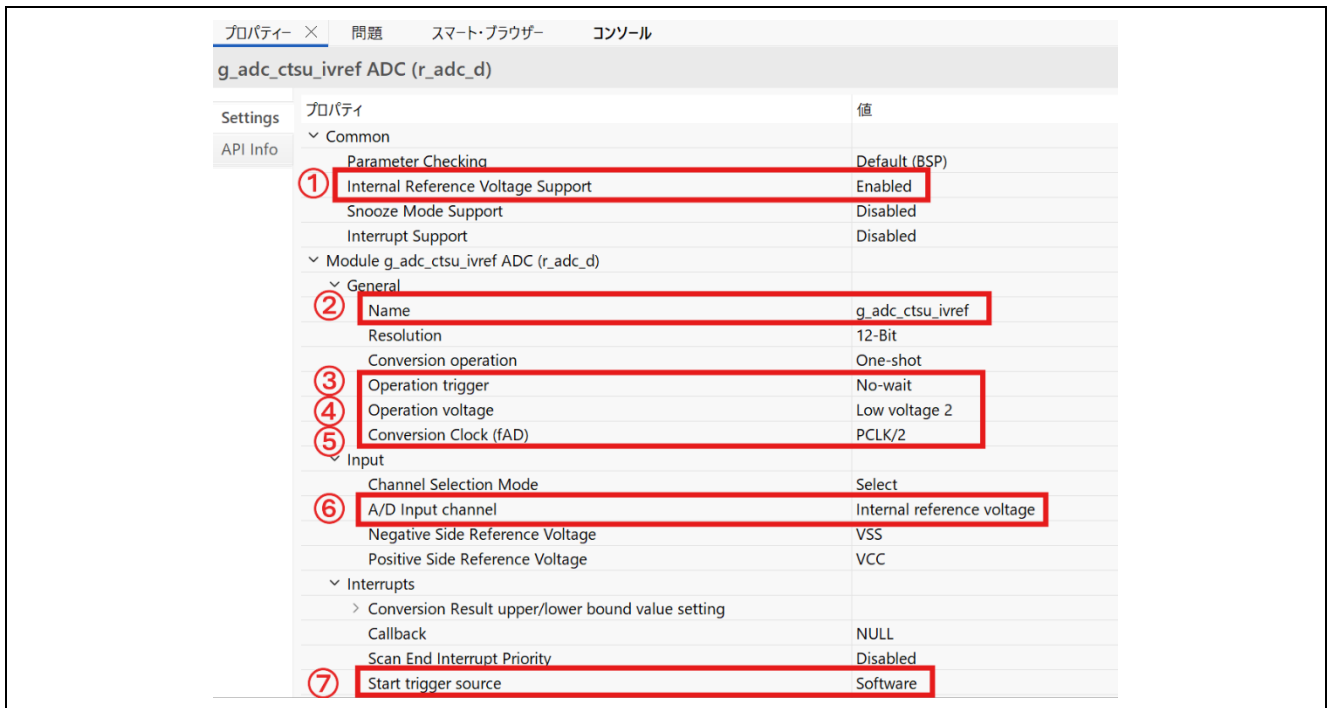


図 6-6 "g_adc_ctsu_ivref"の設定 (RA0L1/LV モード)

10. RA2E1、RA2L1、RA4L1 を使用する場合は、“g_adc0 ADC”を選択し、画面左下の[プロパティ]をクリックします。図 6-7、図 6-8 に示す通り、以下の設定を変更してください。

- ①. [General] -> [Name]で名前を[g_adc_ctsu]に変更。
- ②. [Input] -> [Channel Scan Mask] -> [Channel 16]のチェックボックスを選択。
- ③. [Input] -> [Addition/Averaging Mask] -> [Channel 16]のチェックボックスを選択。
- ④. [Input] -> [Add/Average Count]で[Average four samples]を選択。

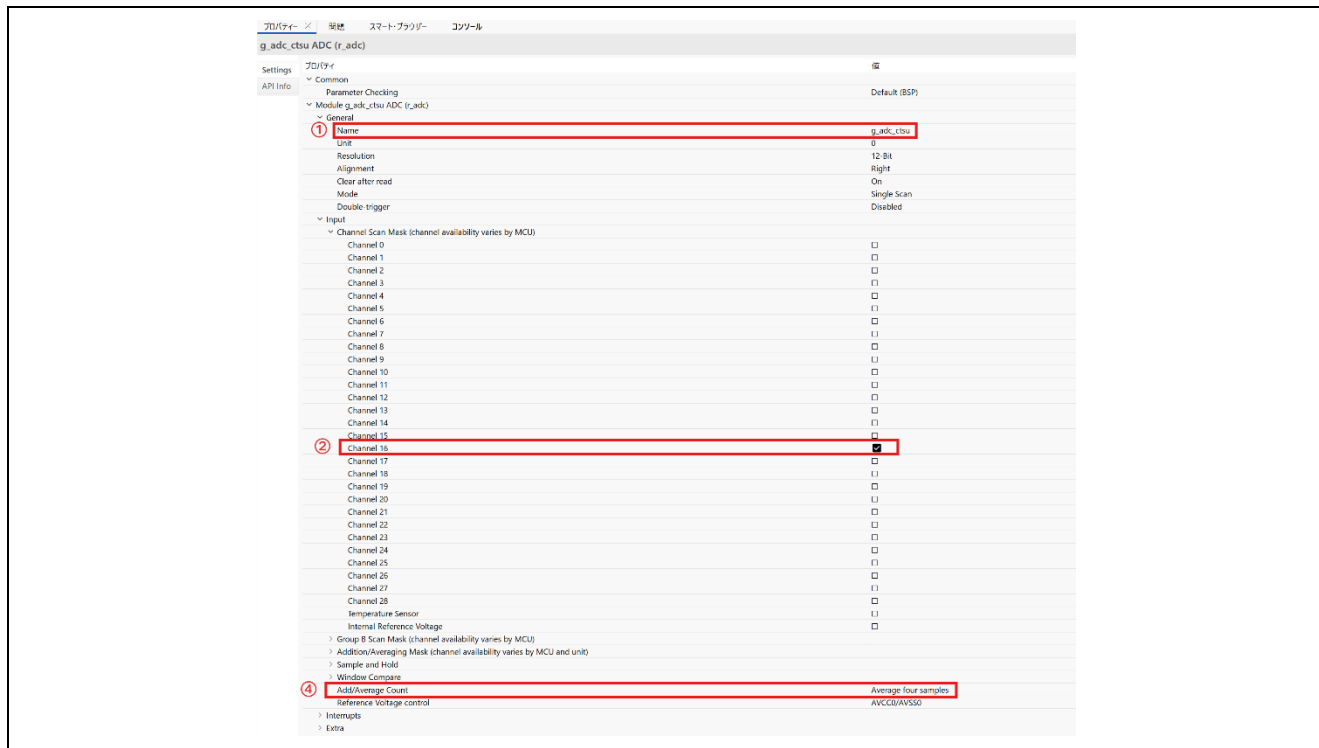


図 6-7 "g_adc_ctsu"の設定 (RA2E1、RA2L1、RA4L1)

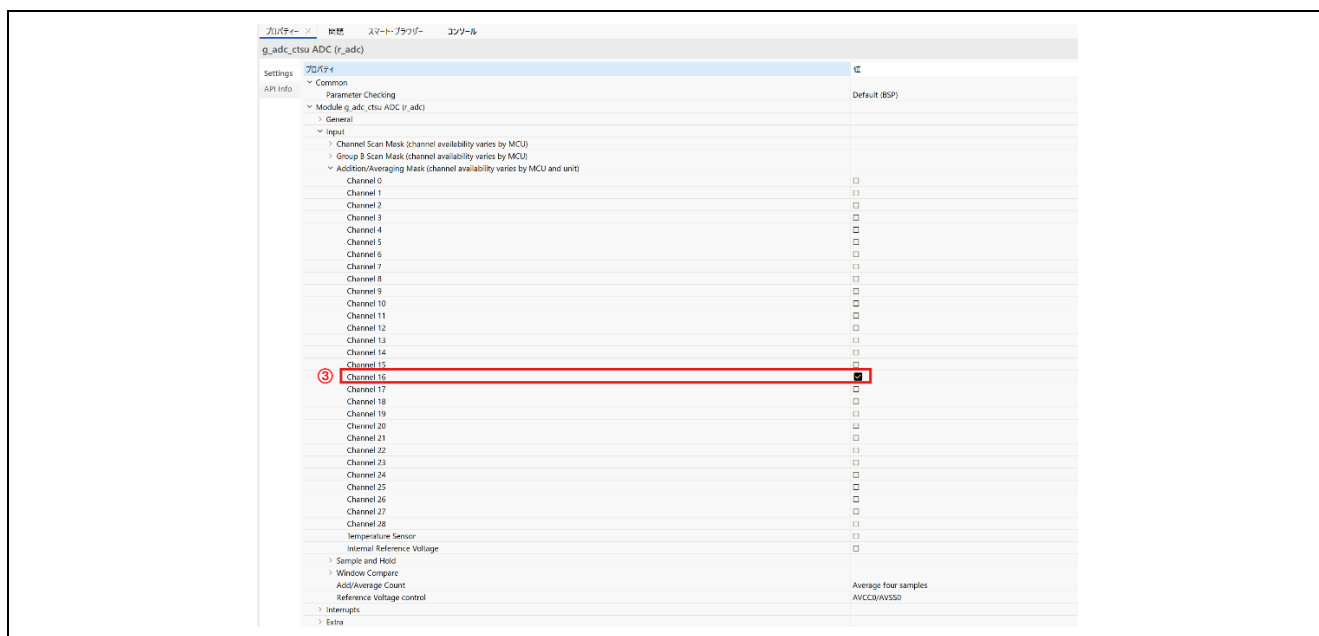


図 6-8 "g_adc_ctsu"の設定 [Addition/Averaging Mask] (RA2E1、RA2L1、RA4L1)

11. “g_adc1 ADC”を選択し、画面左下の[プロパティ]をクリックします。図 6-9、図 6-10 に示す通り、以下の設定を変更してください。

- ①. [General] -> [Name]で名前を“g_adc_ctsu_ivref”に変更。
- ②. [Input] -> [Channel Scan Mask] -> [Internal Reference Voltage]のチェックボックスを選択。
- ③. [Input] -> [Addition/Averaging Mask] -> [Internal Reference Voltage]のチェックボックスを選択。
- ④. [Input] -> [Add/Average Count]で[Average four samples]を選択。

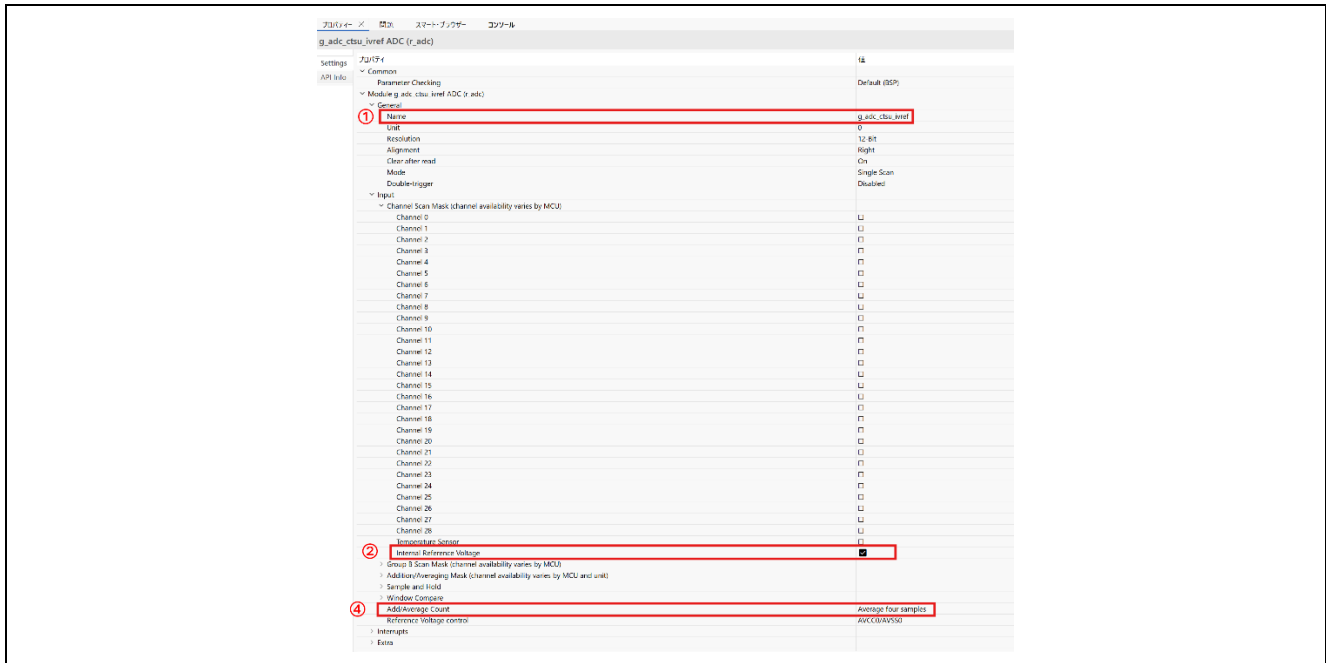


図 6-9 "g_adc_ctsu_ivref"の設定 (RA2E1、RA2L1、RA4L1)

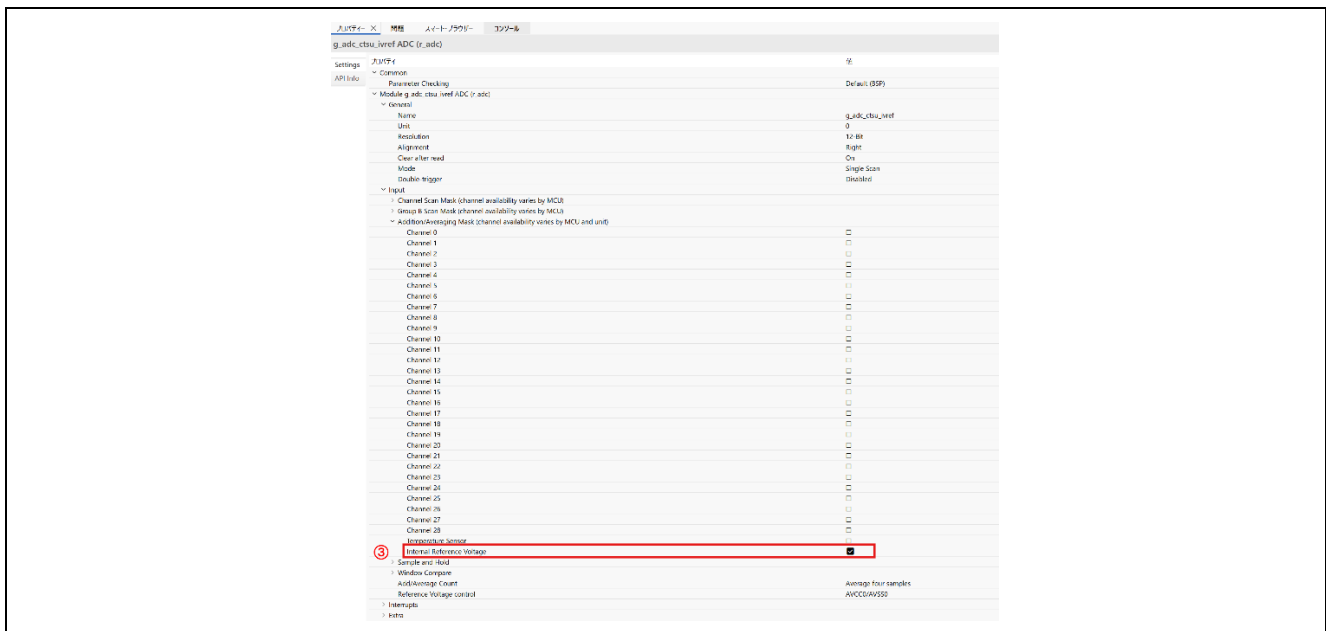


図 6-10 "g_adc_ctsu_ivref"の設定 Addition/Averaging Mask (RA2E1、RA2L1、RA4L1)

12. RA スマート・コンフィグレータで、CTSU の計測に使用する TS 端子を選択します。（CTSU1 の場合、「センサオフセット診断」用の TS 端子を追加で選択する必要があります。）
13. RA スマート・コンフィグレータの右上にある[Generate Project Content]をクリックし、コードを生成します。
14. [Renesas Views] -> [Renesas QE] -> [Cap Touch ワークフロー(QE)]を開きます。図 6-12 に示す通り、[タッチインタフェース構成の選択]をクリックし、既存のタッチインタフェース構成の編集または新規作成を行います。

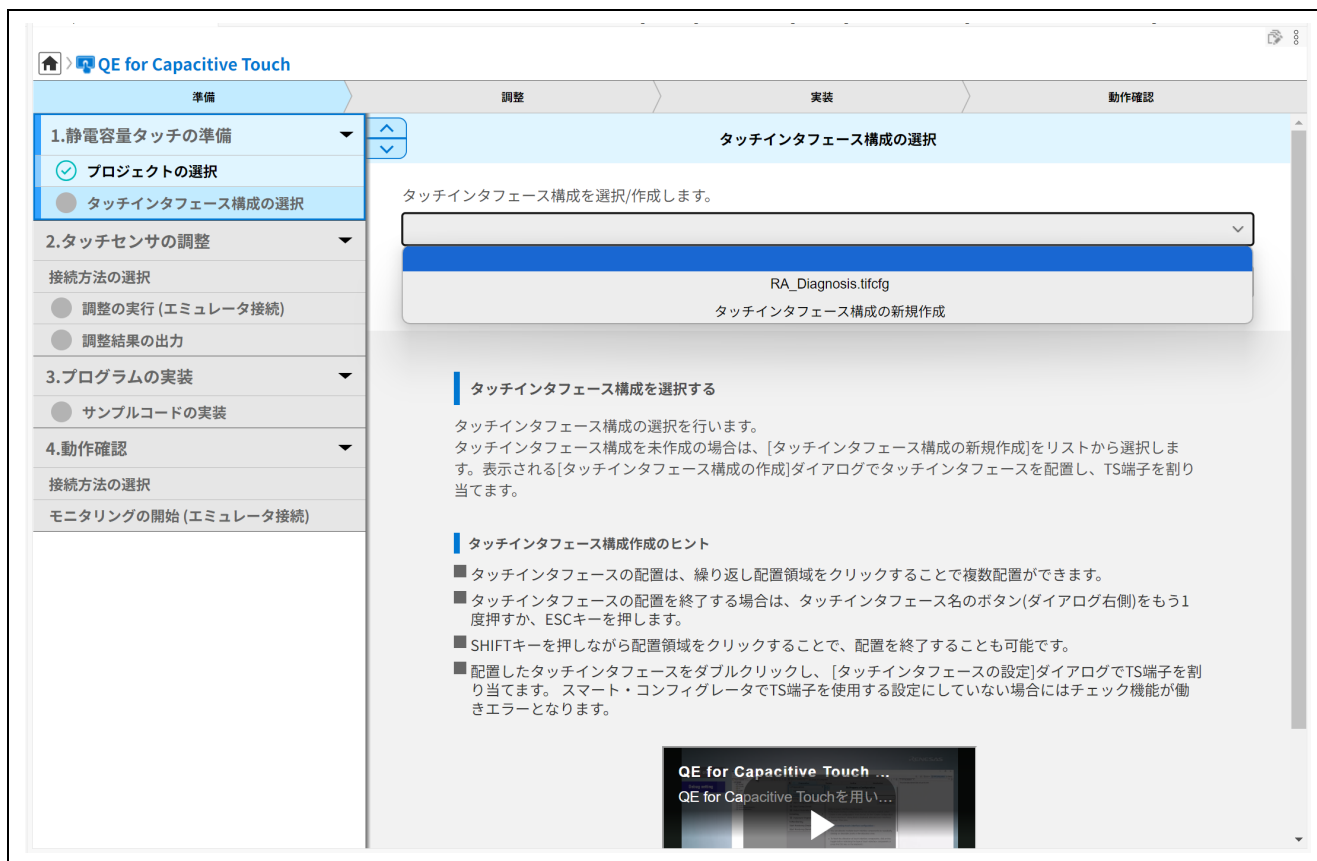


図 6-11 [CapTouch ワークフロー (QE)]で[構成を編集する]を選択

15. CTSU の計測に使用する電極の設定をします。CTSU1 においては、図 6-12 に示す通り、診断コード用端子を配置し、その端子に「2.6 センサオフセット診断 (TS 端子使用)」に使用する TS 端子を割り当ててください。

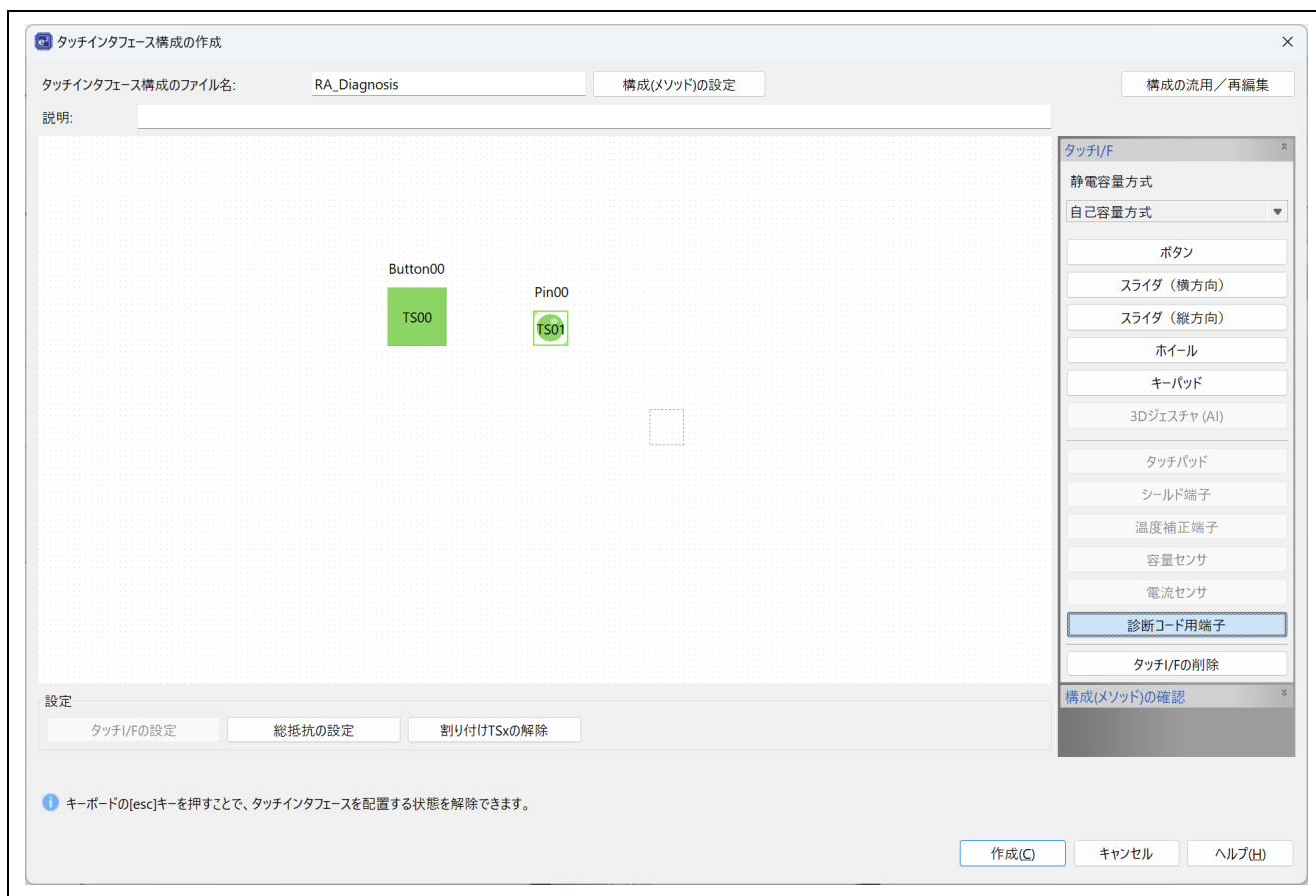


図 6-12 タッチインタフェースの設定で TS 端子を設定

16. 図 6-13 に示す通り、[調整を開始する]をクリックします。QE の指示に従ってチューニング操作を完了してください。



図 6-13 調整を開始する

17. 図 6-14 に示す通り、[診断コードを使用する]にチェックを入れ、[ファイルを出力する]をクリックします。



図 6-14 診断コードを出力する

18. [サンプルコードの実装] -> [例を表示する]をクリックして、[サンプルコードの表示]ウィンドウを開きます。[ファイルに出力]をクリックして、サンプルコードを実装します。

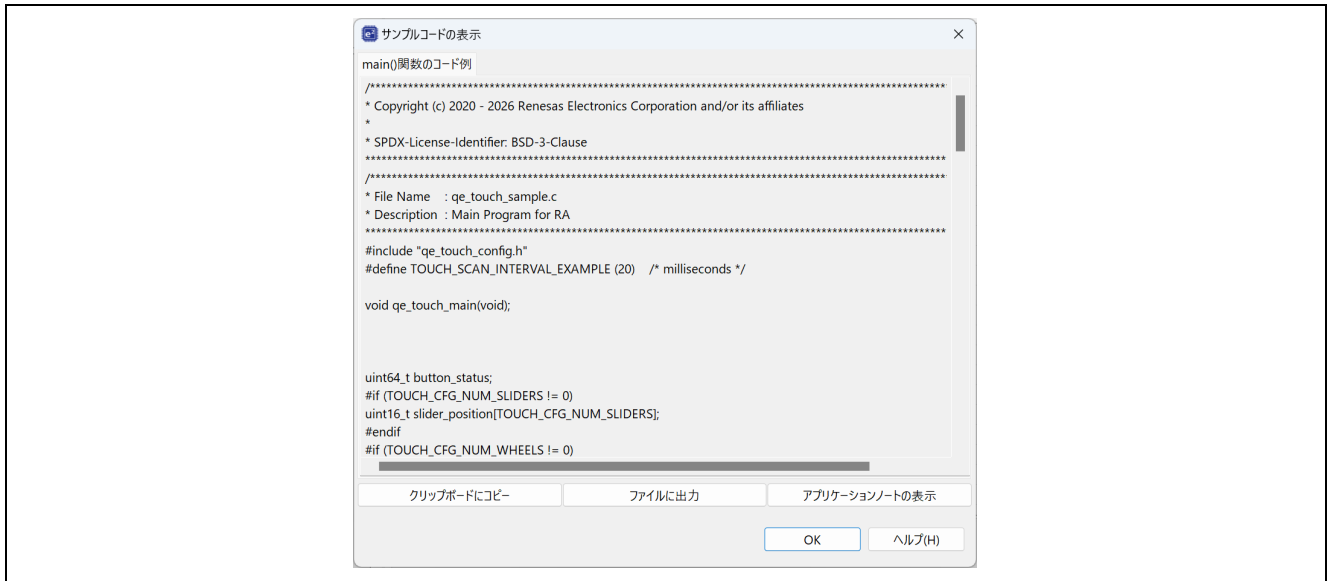


図 6-15 サンプルコードの実装

6.2 RL78 ファミリ

1. プロジェクトを新規作成します。
2. 図 6-16 に示す通り、スマート・コンフィグレータ上でタッチミドルウェアと CTSU ドライバを追加します。
3. スマート・コンフィグレータ上で CTSU の計測に使用する TS 端子を設定します。

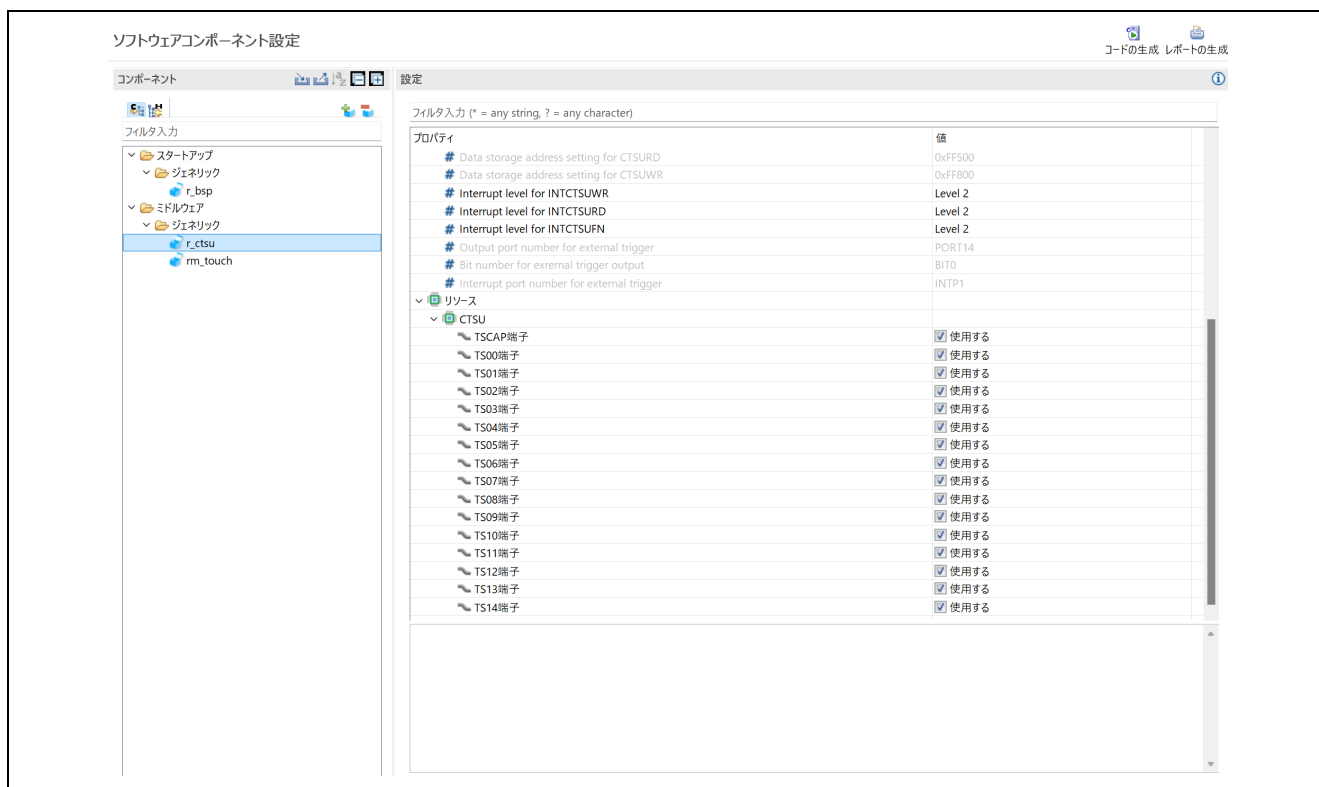


図 6-16 スマート・コンフィグレータ (RL78)

4. CTSU2 内蔵マイコンを使用する場合は ADC ドライバを追加する必要があります。ADC ドライバの設定方法は 5~8 項を参照してください。CTSU1 内蔵マイコンを使用する場合は 9 項に進んでください。
5. 次項以降ではマイコンごとに ADC ドライバの設定方法について説明します。ご使用になるマイコンに合わせて表 6-2 の項目を参照してください。

表 6-2 RL78 ファミリ製品と ADC ドライバ設定項目対応の一覧

マイコン	CTSU 電源動作モード	参照項
RL78/G22	NM モード	6
	LV モード	
RL78/G23、RL78/L23	NM モード	7
	LV モード	
RL78/F22、RL78/F25	NM モード	8

6. RL78/G22 を使用する場合は、A/D コンバータ ("Config_ADC") を追加します。図 6-17 に示す通り、以下の設定を変更してください。

- ①. [動作モード設定] -> [ワンショット・セレクト・モード]を選択。
- ②. [A/D チャンネルの選択] -> [内部基準電圧出力]を選択。
- ③. [割り込み設定] -> [A/D の割り込み許可(INTAD)]のチェックを外してください。

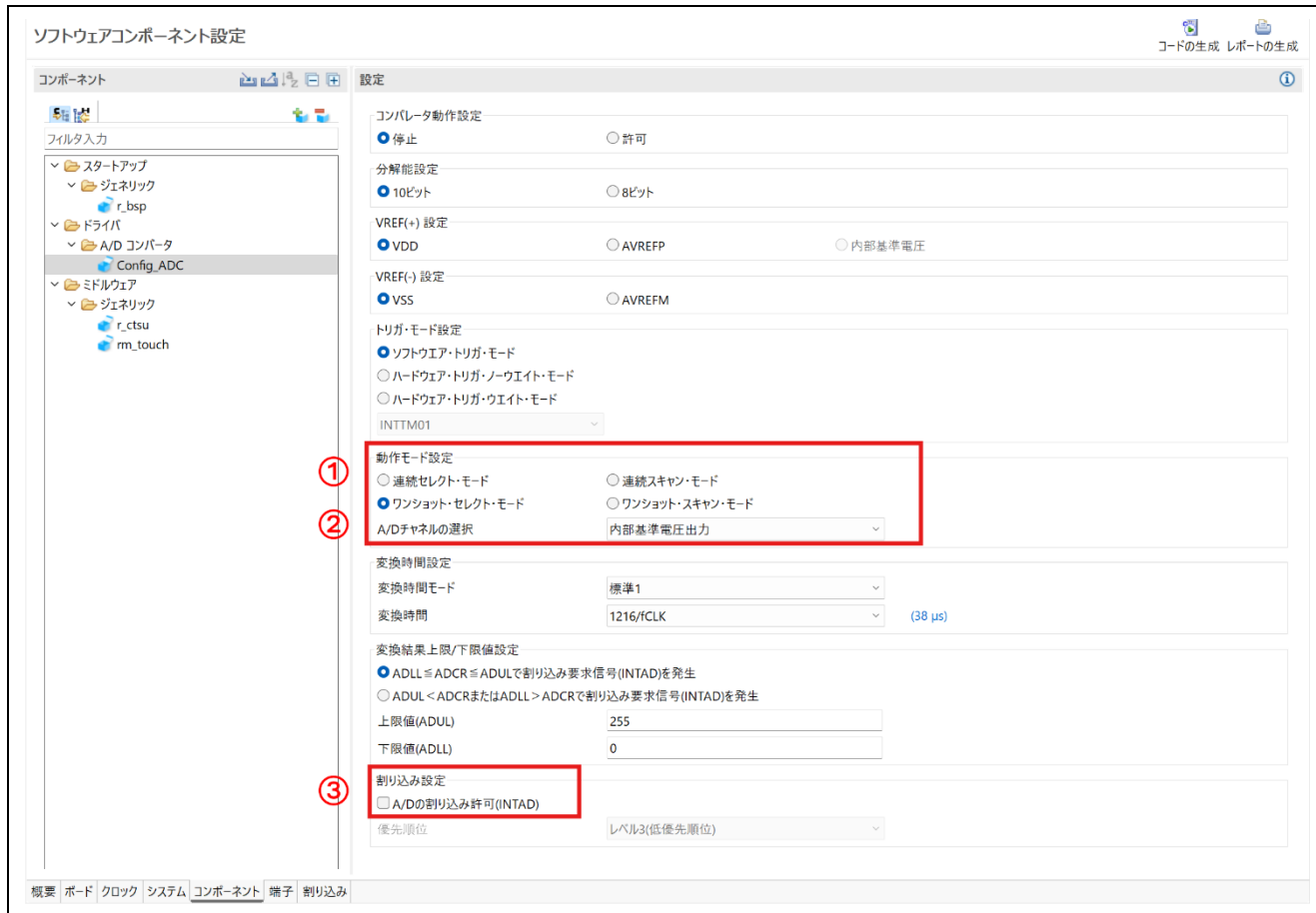


図 6-17 ADC ドライバ設定 (RL78/G22)

7. RL78/G23、RL78/L23 を使用する場合は、A/D コンバータ ("Config_ADC") を追加します。図 6-17 に示す通り、以下の設定を変更してください。

- ①. [分解能設定] -> [12 ビット]を選択。
- ②. [動作モード設定] -> [ワンショット・セレクト・モード]を選択。
- ③. [A/D チャンネルの選択] -> [内部基準電圧出力]を選択。
- ④. [変換時間設定] -> [変換時間モード] -> [標準 2] (NM モード) または[低電圧 2] (LV モード) を選択。
- ⑤. [割り込み設定] -> [A/D の割り込み許可(INTAD)]のチェックを外してください。

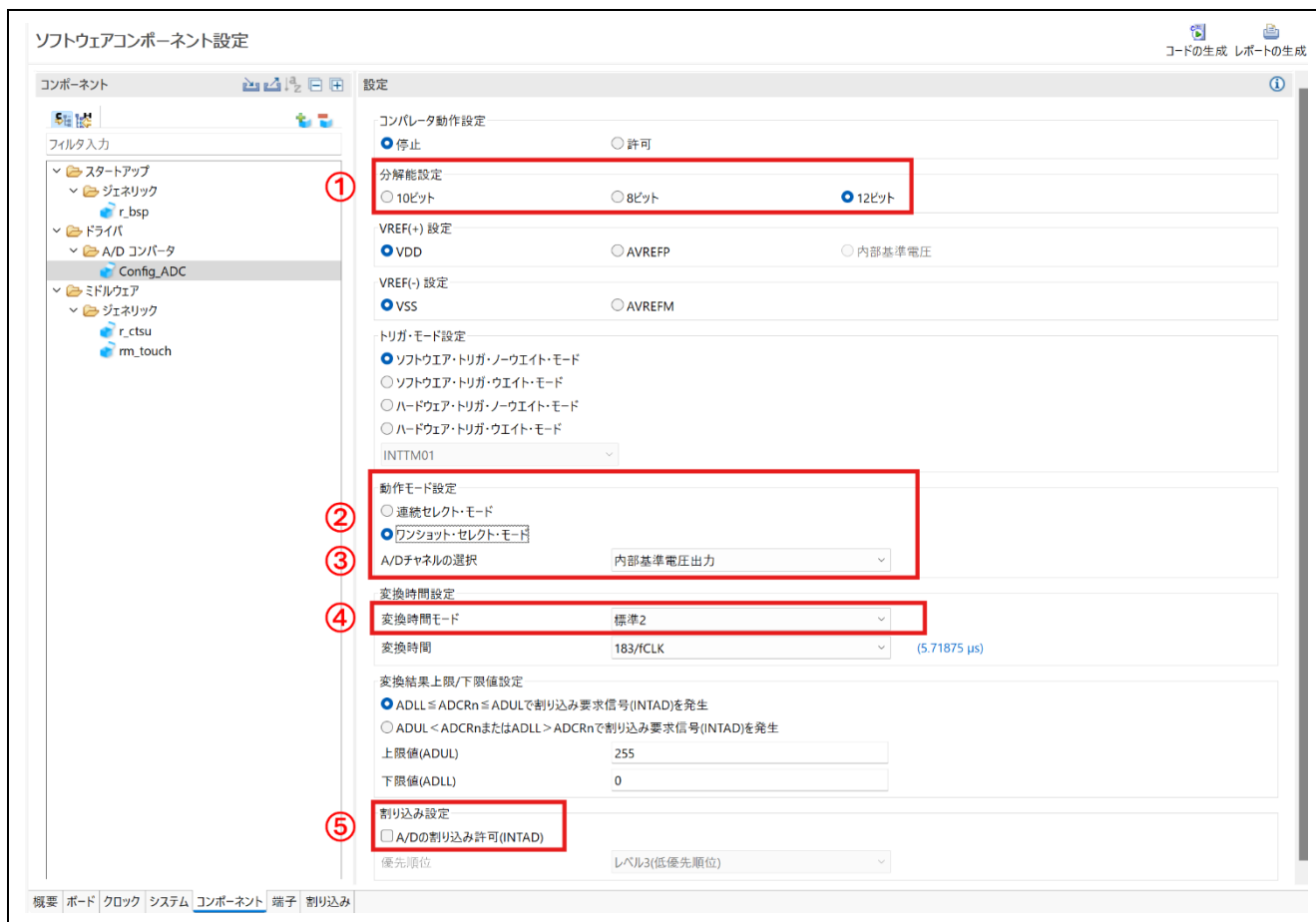


図 6-18 ADC ドライバ設定 (RL78/G23、RL78/L23)

8. RL78/F22、RL78/F25 を使用する場合は、12 ビット A/D シングル・スキャン ("Config_S12AD0") を追加します。図 6-19、図 6-20 に示す通り、以下の設定を変更してください。

- ①. [アナログ入力チャネル設定] -> [内部基準電圧]のチェックボックスを選択。
- ②. [割り込み設定] -> [A/D 変換終了割り込み(INTAD)を有効にする]のチェックを外してください。
- ③. [データレジスタ設定] -> [加算/平均モード] -> [平均モード]を選択。
- ④. [データレジスタ設定] -> [追加カウント] -> [4 回変換 (3 回加算を行う)]を選択。

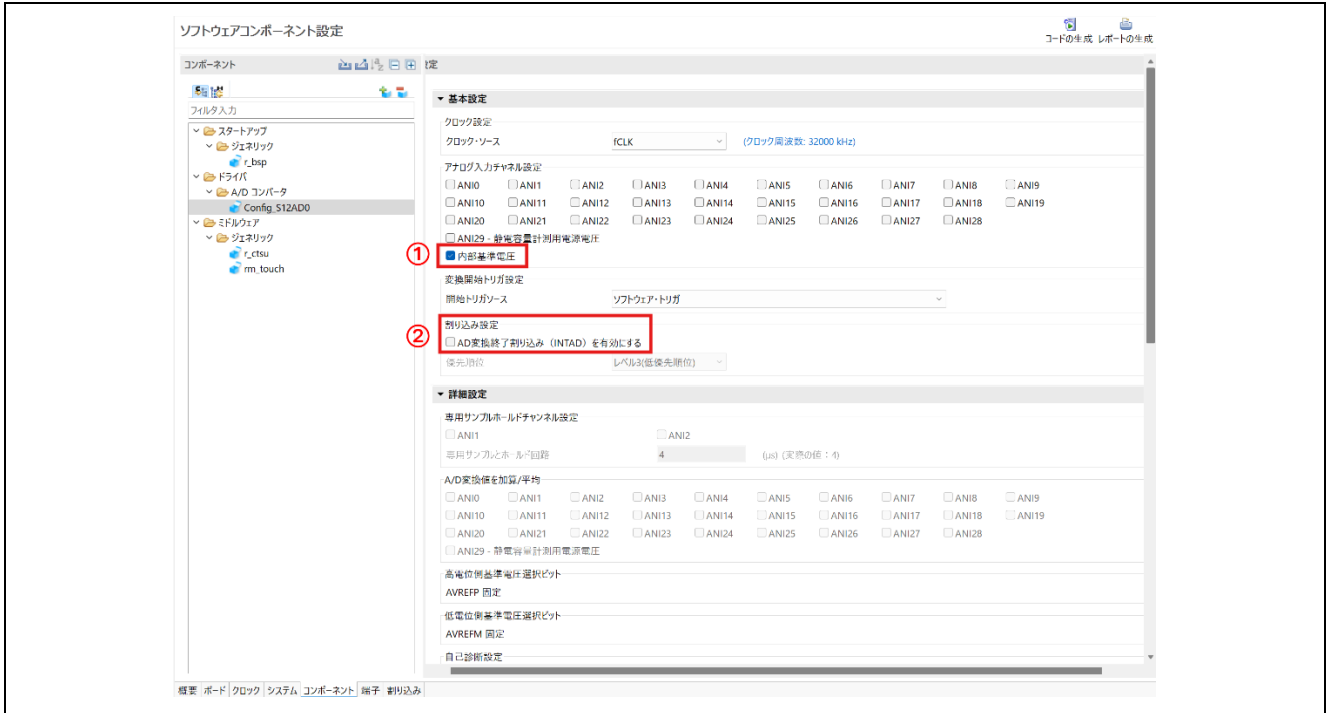


図 6-19 ADC ドライバ設定 基準設定 (RL78/F22、RL78F25)

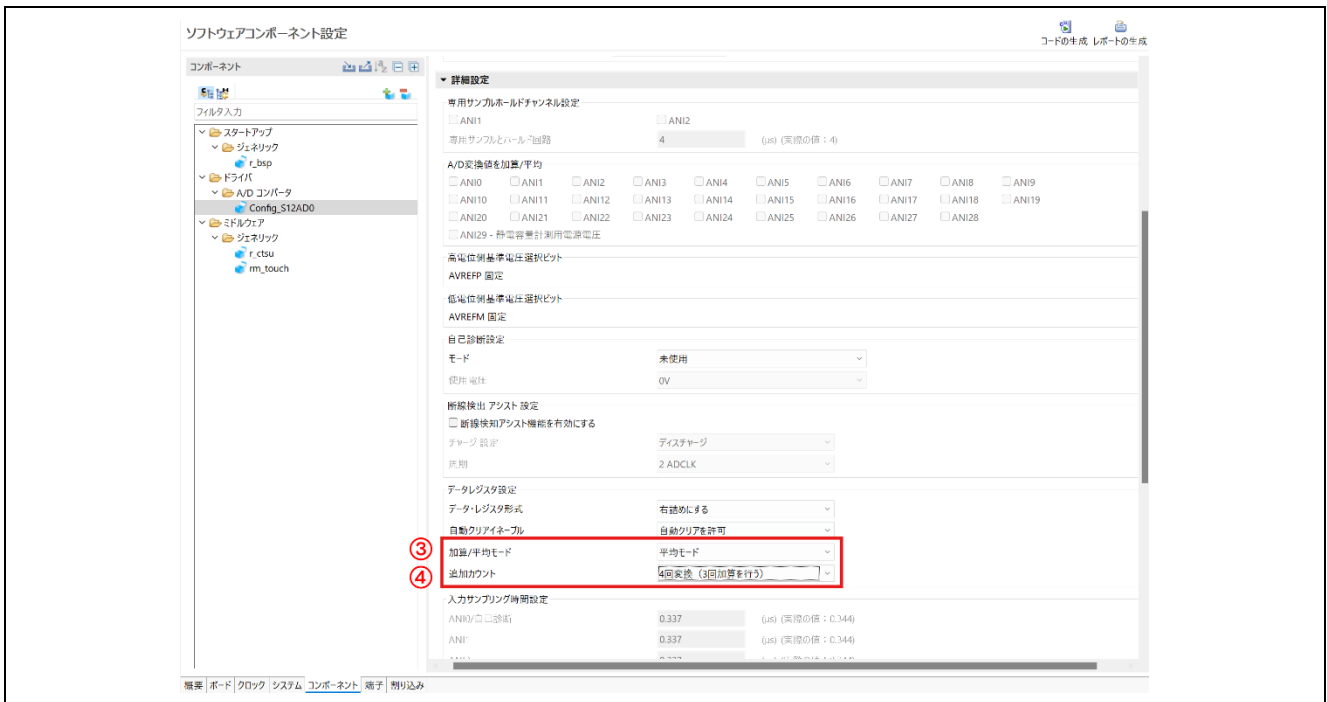


図 6-20 ADC ドライバ設定 詳細設定 (RL78/F22、RL78F25)

9. スマート・コンフィグレータの右上にある[コードの生成]をクリックし、コードを生成します。

10. [Renesas Views] -> [Renesas QE] -> [Cap Touch ワークフロー(QE)]を開きます。図 6-21 に示す通り、[タッチインタフェース構成の選択]をクリックし、既存のタッチインタフェース構成の編集または新規作成を行います。

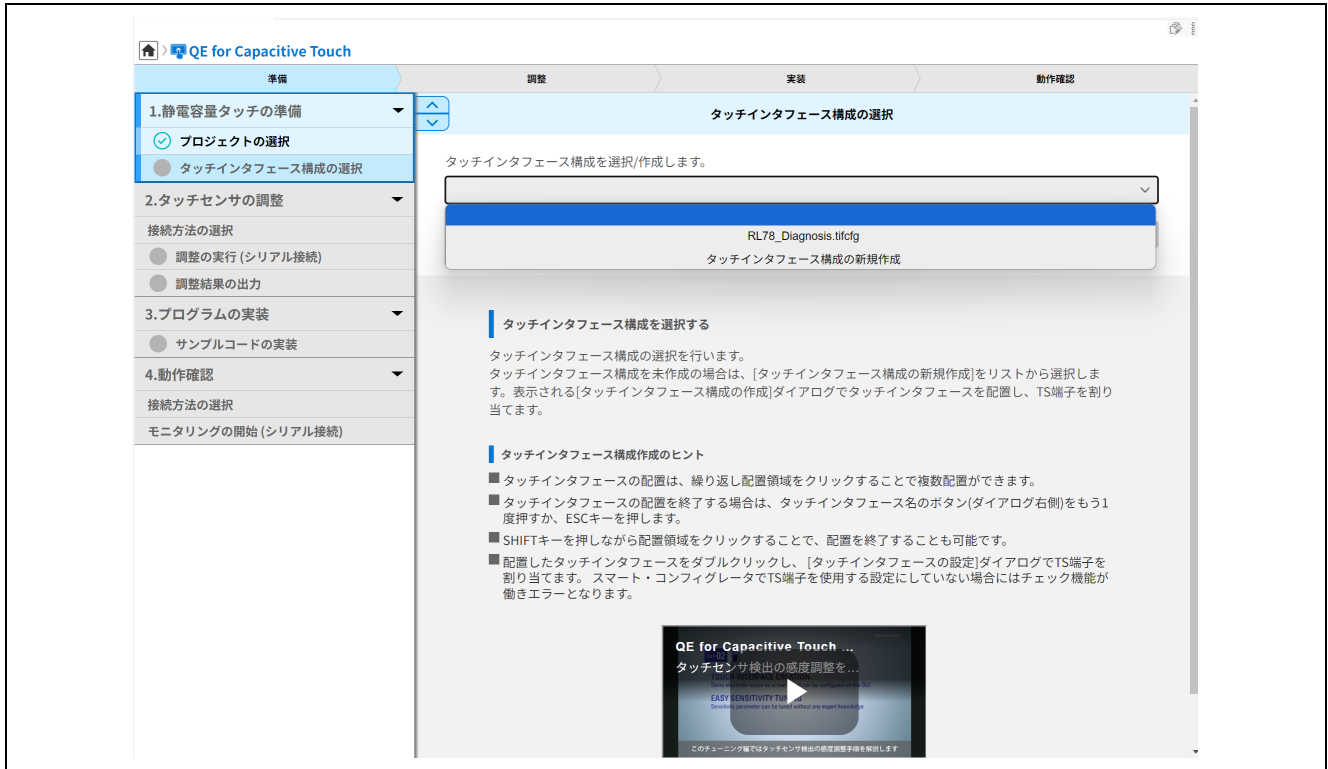


図 6-21 [CapTouch ワークフロー (QE)]で[構成を編集する]を選択 (RL78)

11. 図 6-22 に示す通り、CTSU の計測に使用する電極の設定をしてください。このとき、診断コード用端子の設定は不要です。

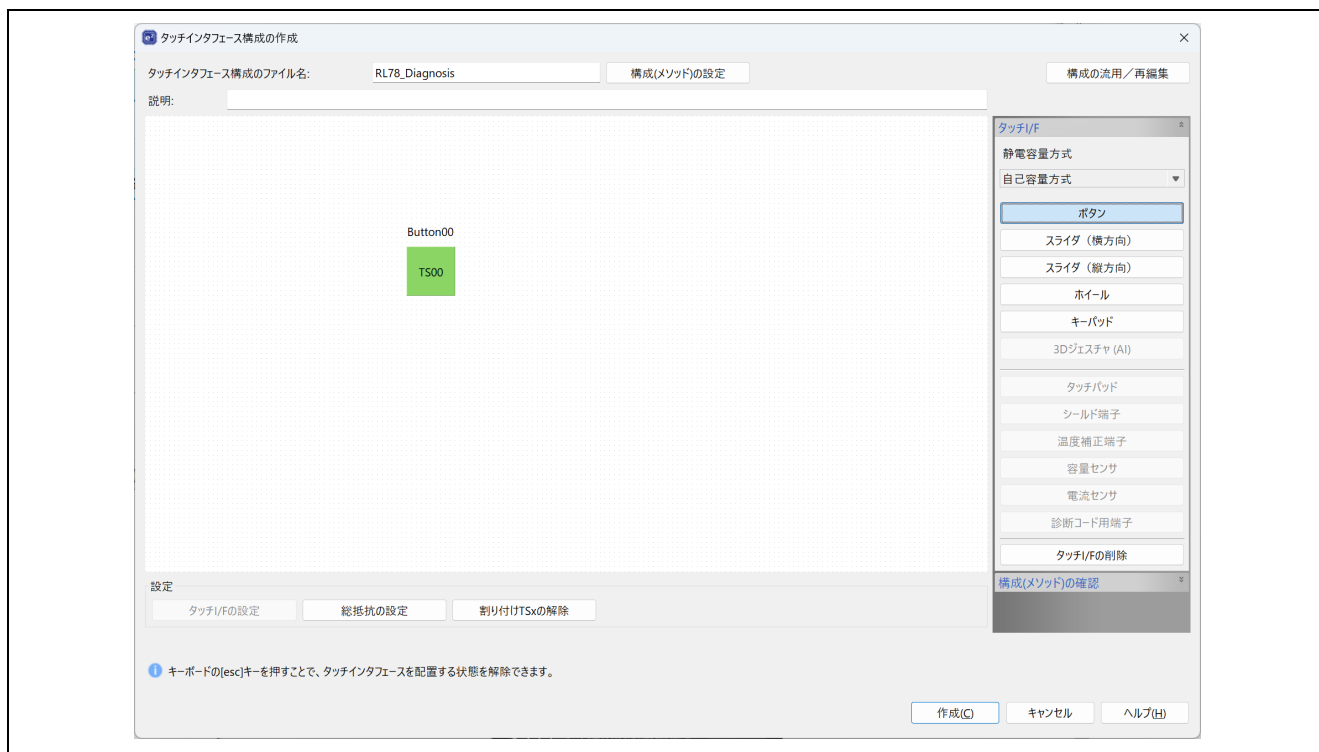


図 6-22 タッチインタフェースの設定で TS 端子を設定 (RL78)

12. QE for Capacitive Touch を使用して、「6.1 節 RA ファミリ 16~18 項」と同様の手順でサンプルコードを実装してください。

6.3 RX ファミリ

1. プロジェクトを新規作成します。

2. 図 6-23 に示す通り、スマート・コンフィグレータ上でタッチミドルウェアと CTSU ドライバを追加します。

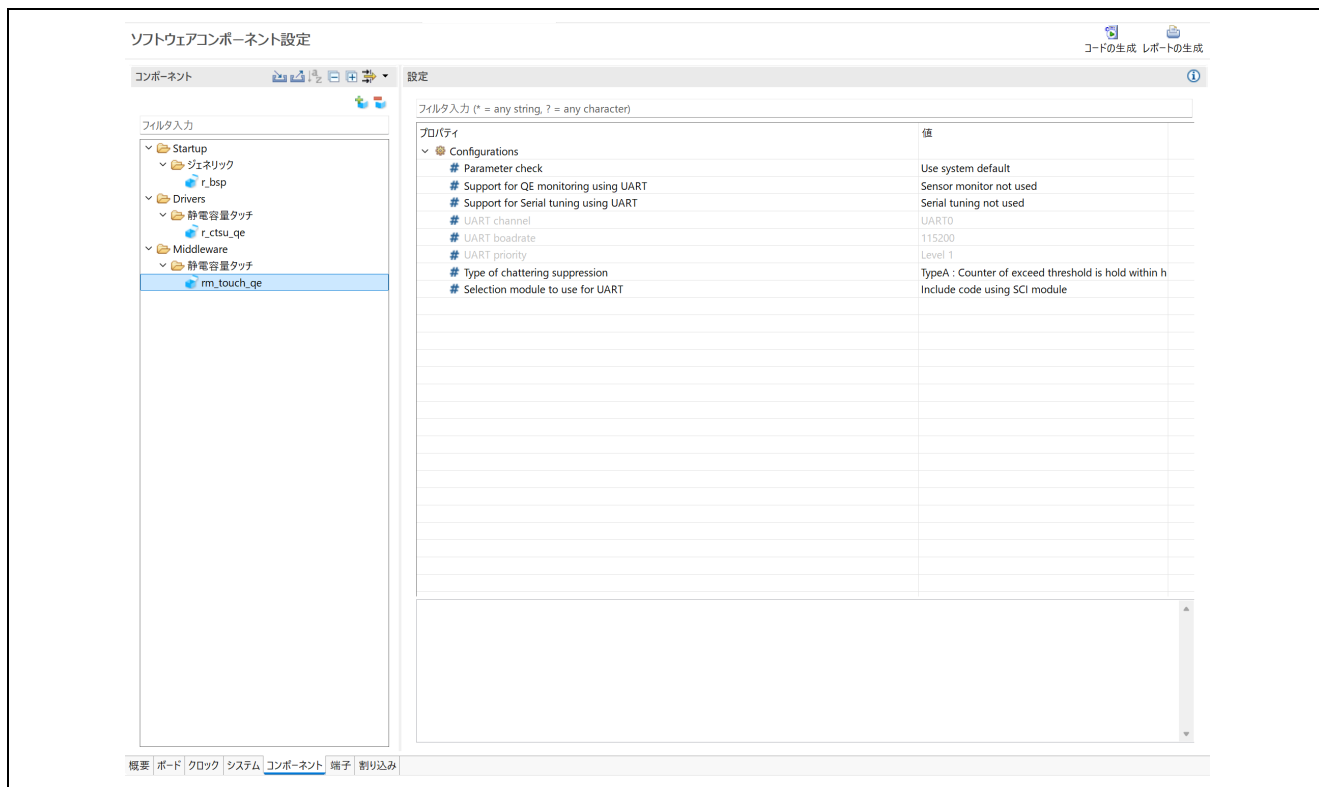


図 6-23 スマート・コンフィグレータ (RX)

3. CTSU2 内蔵マイコンを使用する場合は ADC ドライバを追加する必要があります。ADC ドライバの設定方法は 4 項を参照してください。CTSU1 内蔵マイコンを使用する場合は 5 項に進んでください。
4. 図 6-24 に示す通り、ADC ドライバを追加します。このとき、ADC 端子 (ANxxx) を選択する必要はありません。

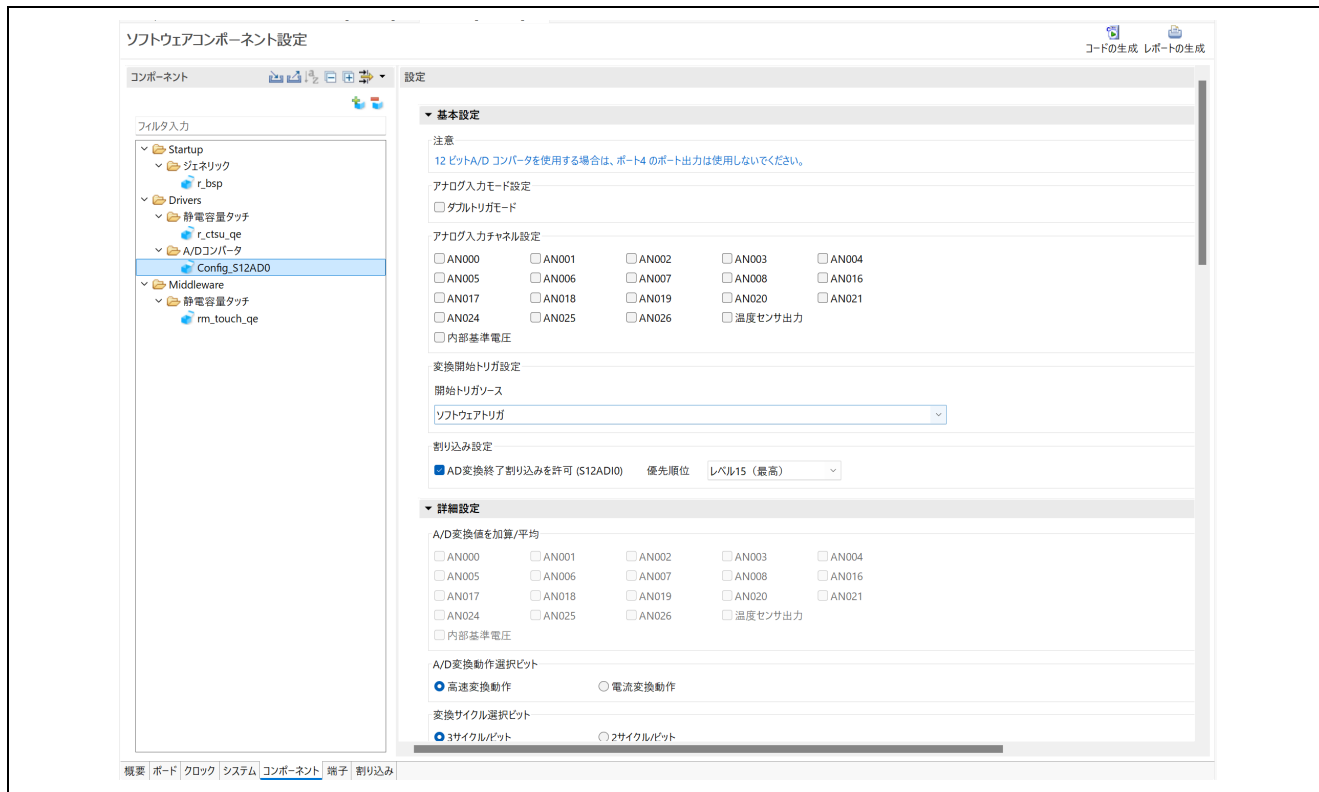


図 6-24 ADC ドライバの追加 (RX)

5. スマート・コンフィグレータの右上にある[コードの生成]をクリックし、コードを生成します。
6. QE for Capacitive Touch を使用して、「6.1 節 RA ファミリ 12~18 項」と同様の手順でサンプルコードを実装してください。

改訂記録

Rev.	発行日	改定内容	
		ページ	ポイント
1.00	2021.10.25	-	初版発行
1.10	2023.3.31	-	動作確認デバイスの追加
1.20	2023.10.16	-	動作確認デバイスの追加
		5	CTSUb の診断を追加
		8	補正後の電流値を使用するように変更
		10	補正後の CTSU の計測値を使用するように変更
		12	CTSUb の診断を追加
2.00	2026.5.27	-	日本語版の新規作成
		-	動作確認デバイスの追加
		4-5	1章の文章を更新
		6-24	2章の文章と図を更新
		25-57	3章の診断機能の内容を更新
		58	4章の既存内容を削除し、各ファミリの CTSU モジュール APN へガイドするように更新
		58	5章の既存内容を削除し、各ファミリの CTSU モジュール APN へガイドするように更新
		58-78	6章の内容を QE for Capacitive Touch v4.3.0 のものに更新

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えば、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まれます。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、変更、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、変更、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、これに限られません。）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なります。
 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（豊洲フォレストシア）

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。