

---

## ホワイトペーパー

# 高信頼度・高速検知を実現するルネサスの次世代タッチソリューション

2020年12月

---

## 概要

近年、静電容量式タッチインターフェースを搭載したアプリケーションが急速に増加しています。以前はスマートフォンや高機能性・デザイン性が要求されるハイエンドのデジタルコンシューマ製品を中心に採用されていましたが、ここ数年で電子レンジ、洗濯機、冷蔵庫、炊飯器など様々な家電製品、産業機器の操作パネル、衛生目的として医療、ヘルスケア機器用途にもタッチインターフェースが拡大しつつあります。静電容量式タッチインターフェースは、操作性、耐久性や防塵・防湿性などのメリットから今後もあらゆる機器への採用が期待されています。

マイクロコントローラ(MCU)メーカーは、効果的な静電容量式タッチソリューションの低コストでの実装に欠かせない、コストパフォーマンスに優れていながら高度なハードウェア/ソフトウェアサポート機能を搭載したMCUを開発することで、こうしたニーズに対応しています。ルネサスが発売した低消費電力の汎用MCU、RA2L1グループもその一つです。RA2L1は、64  $\mu$ A/MHzの低消費電力で動作、スタンバイ消費電流はわずか250nAと、高い電力性能を実現するArm Cortex® M23 CPUを搭載したMCUです。また、AES暗号アクセラレータ、真性乱数生成器、メモリ保護ユニットといった高度なセキュリティ機能も備え、家電安全規格IEC/UL 60730にも対応しています。

このほかにも、BOMの削減に貢献する特長として、 $\pm 1.0\%$ の高精度内蔵オシレータ、高電流駆動端子、5Vトレラントの入出力ポート、1.6~5.5Vの幅広い動作電圧範囲などが挙げられます。メモリオプションには、128Kbyteと256Kbyteのフラッシュメモリ、32KbyteのRAMがあります。

しかし、RA2L1グループを際立たせている最大の特長は、ルネサスの新しい静電容量式タッチセンシングユニットテクノロジー、通称CTS2を搭載している点です。CTS2は、タッチインターフェースのノイズ耐性やセンサ精度を高めるための回路機構に加え、タッチパッドでのマルチタッチ操作や、3Dジェスチャー認識、その他高精度アプリケーションの実現に欠かせない、高速並列スキャニング機能も備えています。ジェスチャー認識機能は、新世代

---

の非接触ユーザインタフェースを実現する技術と目されています。特にコロナ禍にあるいま、「非接触」は衛生が重視される公共アプリケーションにとって重要な条件となっています。

開発にあたっては、ルネサスが提供する e<sup>2</sup> studio IDE、E2、E2 Lite オンチップデバッグエミュレータに加え、Arm 開発エコシステムも活用できます。

## アプリケーション例

RA2L1 に搭載された CTSU2 は、種々の高性能ユーザインタフェースをサポートする高度な機能を備えています。たとえば、高速スキャニング機能は、複数のタッチを同時に感知・識別したり、三次元空間でのジェスチャー検知のレスポンスをより向上させたタッチインタフェースの構築を可能にする機能です。

また、高精度のタッチ検出を実現した CTSU2 は、水流量や水位の測定、紙種や紙厚の検知といったアプリケーションの実装にも適しています。さらに、高いノイズ耐性を実現した回路設計により、信頼性が求められるアプリケーションでの使用や、オーバーレイが水で濡れていたり、凍結したりしている状態での誤検出の防止にも有効です。

## マルチ周波数スキャニングによる耐ノイズ性の向上

タッチユーザインタフェースはいまや、複雑な形態の電磁妨害下にある環境にも対応しなければなりません。下図 1 に、こうした用途の一例として、家庭用誘導加熱調理器 (induction cooktop) への搭載例を示します。こうしたアプリケーションの難点として、タッチボタンが、電源から伝導するスイッチングノイズに加え、調理器自体の大きな誘導負荷のスイッチングから発生する放射ノイズや磁気回路ノイズに影響されやすいことが挙げられます。設計者が配慮しなければならない課題にはこのほかにも、調理器のガラスカバーの発熱による温度変化や、誘導コイルによる物理的振動、さらには、調理器の機械組立や素材の選択による影響などがあります。

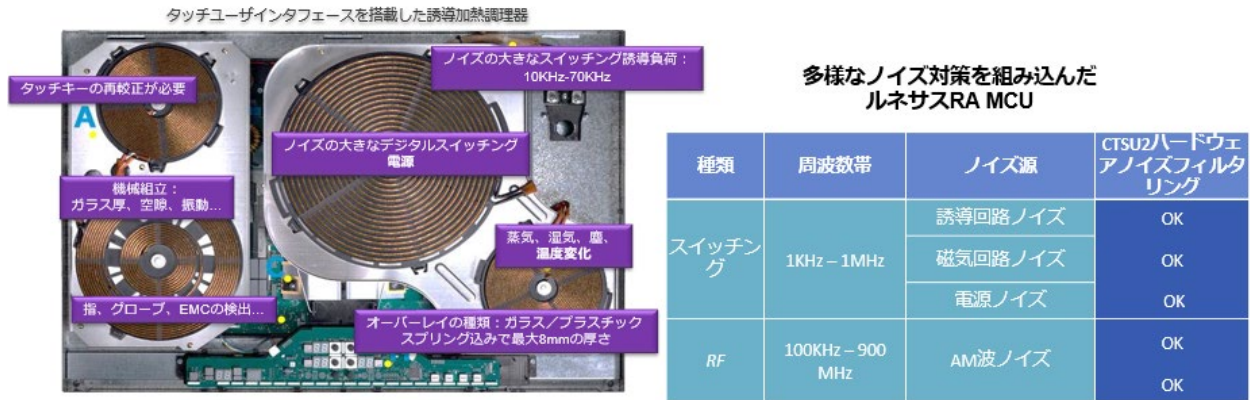
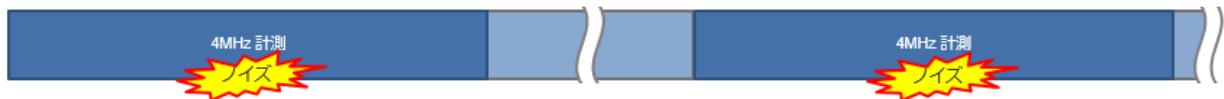


図 1: 家庭用誘導加熱調理器への静電容量式タッチインタフェースは、さまざまなノイズ源への対処が求められる

ルネサスはタッチセンサのタッチ検出に高度な方法を採用することで、電磁的なノイズの多い環境下において静電容量式タッチソリューションを効果的に実装するという難題に対応しています。下図 2 は、単一の固定周波数で計測する従来の CTSU の計測アルゴリズムを示していますが、この方法では同等の周波数の同期ノイズが計測に影響するおそれがあります。

#### 従来の手法 (CTSU)

一種類の固定ドライブ周波数で計測。常に同期ノイズの影響を受ける。



#### 新たな手法 (CTSU2)

三種類の異なる周波数を用いてデータを補完 (ノイズの影響を受けたデータを含む)。

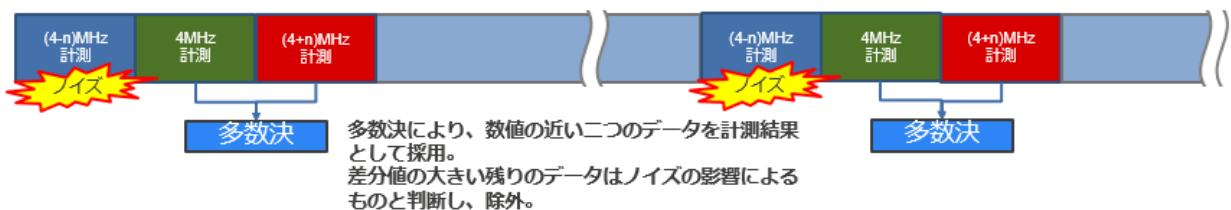


図 2: マルチ周波数でのスキューニングにより、正確な読み出しの「多数決」をとることで、ノイズを除去することができる

これに対し、新たな CTSU2 の計測アルゴリズムでは、三つの異なる周波数で計測されます。中心となるセンサドライブパルス周波数からプラス方向とマイナス方向にシフトさせた二つのセンサドライブパルス周波数は自動的に設定されます。CTSU2 は、これら三つの計測値を用いて、どの計測結果が正しいかを多数決で判断します。こ

れにより、伝導ノイズや放射ノイズによる誤検出を従来よりもはるかに容易に除外できるようになり、IEC EN 61000 4-3 Level 4(放射ノイズ規格)／4-6 Level 3(伝導ノイズ規格)の諸要件もクリアできます。

中心となるセンサドライブパルス周波数からプラス方向とマイナス方向にシフトさせた二つのセンサドライブパルス周波数の自動設定機能に加え、プラス方向とマイナス方向の間隔をそれぞれ調整することも可能です。これにより、電磁妨害からの堅牢性をさらに高めることができるだけでなく、生産段階でタッチユーザインタフェースのセンサドライブパルス周波数をチューニングすることも可能になります。誘導加熱調理器を例にとれば、同一の生産バッチの誘導コイルから発生する固有のノイズモードの影響を低減したり、製品に使われる素材やタッチインタフェースの近隣に使われる導体部品などの変化によって生じる影響にも配慮したりできるようになります。

## タッチ感度の向上

CTSU2 には、タッチセンサのシールド方法を改善することでタッチ感度を高めるテクノロジーも組み込まれています。

図 3 は、タッチパッドのレイアウトにシールディングを追加することのメリットを示しています。一つ目の「シールドなし」のシナリオ(左)では、タッチパッドの電極が下部からの寄生結合に対して無防備であるため、電気ノイズがタッチパッド信号に直接結合しやすくなります。電極の下にグランドプレーンを配することで(中央)こうした影響は低減できますが、それと引き換えに、パッドとグランドプレーン間の寄生静電容量が増大し、結果として、タッチインタフェースの感度低下を招くおそれがあります。対して、三つ目のシナリオ(右)は、電極パッドにシールド電極を追加することのメリットを示しています。これにより、パッドに結合するノイズの減衰とともに、シールドとパッド間の寄生容量の低減も図ることができます。

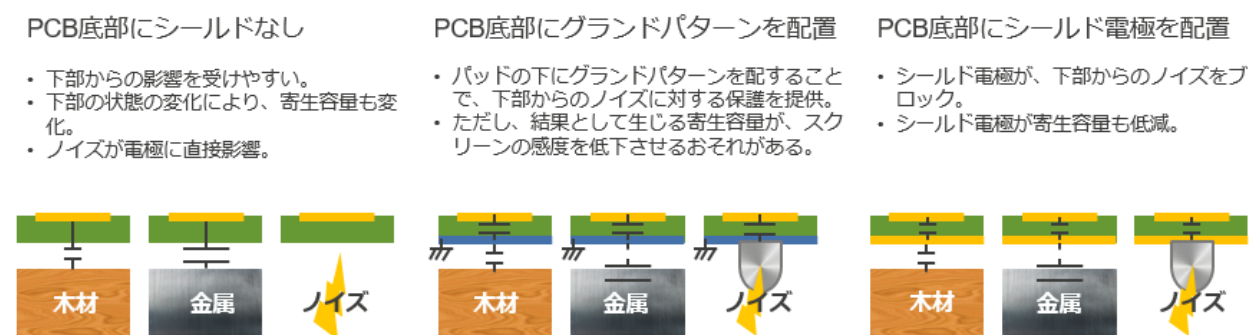


図 3: タッチスクリーンにおける結合ノイズと寄生静電容量を低減する三つのアプローチ

下図 4 は、ルネサス静電容量式タッチソリューションの CTSU から CTSU2 への進化における改良点の一つを示しています。CTSU では、基板にパターン状に形成された各タッチ電極はそれぞれ別個のシールド電極を必要とし、さらに、各シールド電極はそれぞれ別個の電流ドライバを必要としました。これに対し、CTSU2 方式では、複数のパッドが一つのシールド電極を共有でき、かつ、電極は RA2L1 MCU によって直接駆動することができます。

#### 従来の手法 (CTSU)

電極パッドごとに別個のシールド電極が必要。  
シールド電極ごとに別個の電流ドライバが必要。

#### 新たな手法 (CTSU2)

複数の電極パッドで一つのシールド電極を共有可能。  
シールド電極は直接駆動可能。



図 4: タッチパッド電極のシールドディングにおける二つのアプローチ

シールド電極は自己静電容量モードで配置できます。電極信号はセンサドライブパルスでドライブされたスイッチドキャパシタ回路の信号が出力されたものであり、同一の振幅、周波数、位相をもちます。複数の電極パッドが共通のシールド電極パターンを共有できます。この手法を用いれば、両側面や下部から混入するノイズから電極パッドを保護することが可能です。これにより、寄生容量が低減するだけでなく、水滴付着時の操作性も向上するうえ、ユーザインタラクションの誤作動のリスクも減らせます。

精度に影響するアップグレードにはこのほかにも、電流ドライブオシレータ補正回路の内蔵、周波数ロックループを備えたセンサドライブパルス回路のアップグレード、さらには、カレントミラー回路の改良による CTSU2 電流計測範囲の拡張などがあります。

## 高速スキャンによる高精度マルチポイントタッチインタフェース

本稿の冒頭でも触れたように、高度なインタフェースへのユーザの期待は近年ますます高まっており、こうした傾向は、複数のタッチポイントを同時に感知し、正確に検知できる多点検出機能を備えた静電容量式タッチインタフェースの需要を生んでいます。

RA2L1 に搭載された CTSU2 は、相互容量方式の並行計測を可能にすることで、スキヤニングの大幅な高速化を実現しています。従来の CTSU では、ユーザの指がセンサに接近することで生じる容量変化による周波数変動値の計測は、一つずつ逐次的に実施されていました。たとえば、電極が横方向に七つ、縦方向に七つのグリッド状に並んだタッチパッドの場合、タッチ状況の読み出しには 49 回の逐次的な計測を要しました。

これに対し、CTSU2 の相互容量並行計測モードでは、RA2L1 グループで最大 20 チャンネルの計測を同時に行うことができるため、上記の 7×7 マトリクスはたった 7 回の計測で読み出せます。相互容量並行計測モードを使用することでタッチパッドやタッチスクリーンでの複数の指を同時検知するマルチタッチインタフェースのための高速並列スキヤニングが可能になります。

CTSU方式では、マトリクスを逐次的にスキヤニングするため 7x7 マトリクスのスキヤニングには、49回の計測が必要。



CTSU2方式は、最大20チャンネルの同時スキヤニングに対応するため、7x7マトリクスのスキヤニングはたった7回の計測で済む。

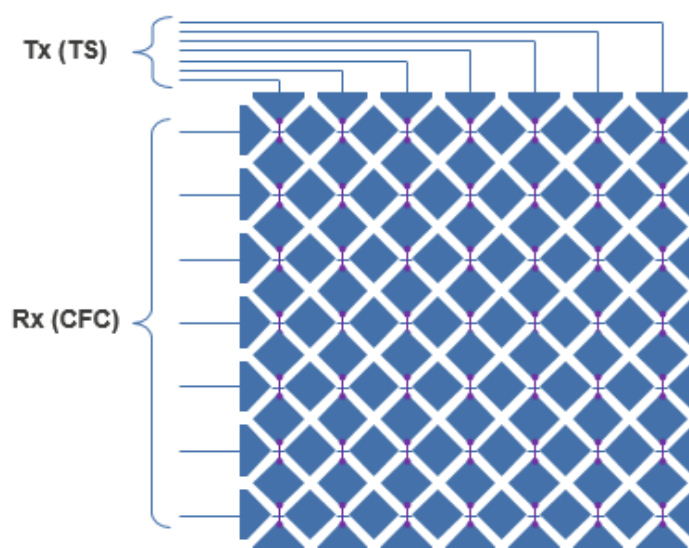


図 5: 並列スキヤニングによってマルチタッチインタフェースを実現

その一方で、CTSU2 の回路機構は、センサドライブパルスの低周波数域を拡大することで、より低速での周波数スキャンもサポートしています。このようにスキャン速度の選択肢が広がることで、ユーザはインタフェースのスキャン速度と検出精度との間で、どちらを優先するかを選択することができます(とりわけマルチタッチアプリケーションではこうした選択が重要になるでしょう)。

---

## 結論

CTSU2 の原理は複雑ではないものの、実際の設計に組み込んで、所望のタッチインタフェース性能を達成するには、さまざまなパラメータの設定や調整が必要となります。

ルネサスは、設計者が CTSU2 の主要パラメータを簡単に操作できるようにするための FSP Touch Driver Software を開発しました。これにより、タッチ計測の S/N 比を調整することも可能になりました。計測速度とのトレードオフが存在するものの、信号の S/N 比が向上することで、計測の精度を高めることができます。

また、ドライバソフトウェアの駆動に必要な ROM/RAM 領域も削減されたため、開発者はプロジェクトの生産段階でデバイスの小型化を図ることも可能です。ドライバソフトウェアは、他の周辺ソフトウェアとの統合が簡単に行えるように最適化されており、API サブルーチン数は 21 から 14 に減っています。UART や タイマーといった主要な機能は、Touch Driver Software の API ルーチンから制御可能です。

RA2L1 および CTSU2 タッチインタフェースのユーザに提供される開発支援ツールにはこのほかにも、RA2L1 搭載静電容量タッチ評価システム(RTK0EG0022S01001BJ)などがあります。

加えて、QE for Capacitive Touch 開発支援ツールも、QE for Capacitive Touch (RA) にアップデートされました。これには、FSP 最新版のサポートが新たに追加されています。

ルネサスはさらに、e<sup>2</sup> studio integrated design environment (IDE) によるサポートや、Arm エコシステムで利用可能なツールやサービスへのアクセスも提供しています。

## 詳細情報

1. [RA2L1 製品ページ](#)
2. [RA2L1 搭載静電容量タッチ評価システム](#)
3. [RA パートナーエコシステム](#)
4. [RA ファミリ](#)

---

© 2020 ルネサスエレクトロニクスまたはその関連会社 (Renesas) 無断複写・転載を禁じます。全著作権所有。すべての商標および商品名は、それぞれの所有者のものです。ルネサスは、本書に記載されている情報は提供された時点では正確であると考えていますが、その品質や使用に関してリスクを負いません。すべての情報は、商品性、特定の目的への適合性、または非侵害を含むがこれらに限定されないことを含め、明示、黙示、法定、または取引、使用、または取引慣行の過程から生じるかどうかを問わず、いかなる種類の保証もなく現状のまま提供されます。ルネサスは、直接的、間接的、特別、結果的、偶発的、またはその他のいかなる損害についても、そのような損害の可能性について通知された場合でも、本書の情報の使用または信頼から生じる責任を負いません。ルネサスは、予告なしに製品の製造を中止するか、製品の設計や仕様、または本書の他の情報を変更する権利を留保します。すべてのコンテンツは、米国および国際著作権法によって保護されています。ここで特に許可されている場合を除き、本資料のいかなる部分も、ルネサスからの事前の書面による許可なしに、いかなる形式または手段によっても複製することはできません。訪問者またはユーザは、公共または商業目的で、この資料の派生物を修正、配布、公開、送信、または作成することを許可されていません。