

CAPSENSE™ 入門

本書について

適用範囲と目的

このガイドは、静電容量式タッチ センシング (CAPSENSE™) を初めて使用する方にとって最初に読むべき文書です。このガイドの目的は以下のとおりです。

- CAPSENSE™ ソリューションの基盤となる技術の理解
- 回路図, レイアウト, および電磁干渉 (EMI) などの設計上の重要な注意点の理解
- アプリケーションに適したデバイスの選択
- 設計を支援する CAPSENSE™ リソースの探し方

アプリケーションの設計準備ができたなら、選択した CAPSENSE™ デバイス ファミリに対応した[デザインガイド](#)を参照してください。CAPSENSE™ 用語の定義については、[用語集](#)を参照してください。

対象者

このアプリケーションノートは、CAPSENSE™ デバイスを使用する (または使用することに関心がある) ユーザーを対象とします。

目次

目次

本書について	1
目次	2
1 はじめに	6
1.1 インフィニオン CAPSENSE™の差別化	6
1.2 CAPSENSE™の設計フロー	7
2 CAPSENSE™技術	8
2.1 CAPSENSE™システム概要	8
2.1.1 ハードウェア コンポーネント	8
2.1.1.1 グランド面	9
2.1.2 ファームウェア コンポーネント	10
2.2 CAPSENSE™の基礎	10
2.2.1 自己容量	11
2.2.2 相互容量	12
2.3 静電容量式タッチセンシング方式	13
2.3.1 CAPSENSE™シグマデルタ変調器 (CSD) センシング方式	13
2.3.2 CAPSENSE™ crosspoint (CSX) センシング方式	14
2.4 異なるデバイスでの CAPSENSE™アーキテクチャの比較	16
2.5 CAPSENSE™チューニング	17
2.5.1 定義	18
2.5.2 SmartSense 自動チューニング	19
2.5.2.1 SmartSense とは?	19
2.5.2.2 SmartSense の機能は?	19
2.5.2.3 SmartSense は、どこで、どのようにして、役立つでしょうか?	20
2.5.2.4 手動チューニングが有利なタイミングは?	21
2.6 信号対ノイズ比 (SNR)	22
2.6.1 SNR の測定	23
2.7 CAPSENSE™ウィジェット	24
2.7.1 ボタン (0 次元)	24
2.7.2 スライダー (1 次元)	27
2.7.3 タッチスクリーンとトラックパッド (2 次元センサー)	28
2.7.4 近接 (3 次元センサー)	28
2.8 センサーの構成	28
2.8.1 銅の配線 (プリント基板) により結合した電界	29
2.8.2 スプリング/ガスケット/フォームにより結合した電界	29
2.8.3 印刷されたインクにより結合した電界	30
2.8.4 ガラスの ITO フィルムで結合したフィールド	30
2.9 耐液性	30
2.9.1 CAPSENSE™に対する液滴と液体流の影響	31
2.9.2 被駆動シールド信号およびシールド電極	33
2.9.3 ガード センサー	34
2.9.4 耐液性の性能への液体の属性の影響	35
2.10 近接センシング	35
2.10.1 CAPSENSE™ベースの近接センシング アプリケーション	36
2.10.2 CAPSENSE™による近接センシング	38
2.11 ユーザー インターフェースのフィードバック	38
2.11.1 視覚フィードバック	38
2.11.1.1 LED ベースの視覚フィードバック	38
2.11.1.2 LCD ベースの視覚フィードバック	39

目次

2.11.2	触覚フィードバック	40
2.11.3	音響フィードバック	41
3	設計上の注意事項	42
3.1	オーバーレイの選択	42
3.1.1	オーバーレイの素材	42
3.1.2	オーバーレイの厚さ	43
3.1.3	オーバーレイの接着剤	43
3.2	ESD 保護	43
3.2.1	ESD 放電の防止	44
3.2.2	リダイレクト	45
3.2.3	クランプ	45
3.3	EMC (電磁環境適合性) の注意点	46
3.3.1	放射干渉およびエミッション	46
3.3.1.1	一般的な EMI/EMC ガイドライン	46
3.3.1.2	放射耐性	52
3.3.1.3	放射エミッション	53
3.3.2	伝導耐性およびエミッション	57
3.3.2.1	基板レベルのソリューション	57
3.3.2.2	電源用ソリューション	58
3.4	ソフトウェア フィルター	59
3.4.1	アベレージ フィルター	59
3.4.2	IIR フィルター	61
3.4.3	メジアン フィルター	62
3.4.4	ジッタ フィルター	64
3.4.4.1	ノイズのあるスライダー データ用のジッタ フィルター	64
3.4.4.2	raw カウント用ジッタ フィルター	64
3.4.5	イベント ベースのフィルター	65
3.4.6	ルール ベースのフィルター	66
3.5	消費電力	66
3.5.1	アクティブおよびスリープ電流	66
3.5.2	平均電流	66
3.5.3	応答時間対消費電力	68
3.6	近接センシング設計	68
3.6.1	CAPSENSE™での近接センシングの実装	68
3.6.2	近接センサーの設計	70
3.6.3	近接距離に影響を与える要素	71
3.6.3.1	ハードウェア パラメーター	72
3.6.3.2	ソフトウェア パラメーター	75
3.6.3.3	システム パラメーター	75
3.7	ピンの割り当て	76
3.8	プリント基板レイアウトのガイドライン	78
3.8.1	寄生容量 (C_p)	78
3.8.2	回路基板の層	79
3.8.3	回路基板の厚さ	79
3.8.4	ボタンのデザイン	79
3.8.4.1	自己容量ボタン構造	79
3.8.4.2	相互容量ボタンのフィッシュボーン構造	80
3.8.5	スライダーのデザイン	81
3.8.5.1	スライダー セグメントの形状、幅、およびエアギャップ	81
3.8.5.2	スライダーの端部におけるダミー セグメント	86
3.8.5.3	スライダー寸法の決定	86

目次

3.8.5.4	LED 付きのスライダー デザイン	87
3.8.6	センサーとデバイスの配置	88
3.8.6.1	2 層のプリント基板	88
3.8.6.2	4 層のプリント基板	88
3.8.7	配線長と配線幅	89
3.8.8	配線のルーティング	89
3.8.9	クロストークに対するソリューション	90
3.8.10	LED と CAPSENSE™ センサーが近接	91
3.8.11	ビア	92
3.8.12	グランド面	92
3.8.13	電源レイアウトの推奨事項	93
3.8.14	シールド電極とガード センサー	95
3.8.14.1	近接センシング用のシールド電極	95
3.8.14.2	耐液性のためのシールド電極設計	95
3.8.14.3	ガード センサー	96
3.8.15	単層プリント基板の CAPSENSE™ システム設計	97
3.8.16	ITO を用いた CAPSENSE™ システム設計	98
3.9	回路とレイアウトの例	98
3.10	プリント基板アセンブリおよびはんだ付け	99
4	CAPSENSE™ セレクタ ガイド	100
4.1	CAPSENSE™ 要件の定義	100
4.2	CAPSENSE™ ポートフォリオ	102
4.2.1	コンフィギュレーション可能な CAPSENSE™ コントローラー (CAPSENSE™ Express ファミ リ)	102
4.2.2	プログラム可能な CAPSENSE™ コントローラー	105
5	CAPSENSE™ リソース	116
5.1	CAPSENSE™ デザイン ガイドおよびアプリケーションノート	120
5.2	追加の CAPSENSE™ リソース	120
5.2.1	ウェブサイト	120
5.3	ソフトウェアツール	121
5.3.1	統合開発環境	121
5.3.1.1	ModusToolbox™	121
5.3.1.2	PSOC™ Creator	121
5.3.1.3	PSOC™ Designer	122
5.3.1.4	プログラマ	123
5.3.2	データ監視ツール	123
5.3.3	CAPSENSE™ チューナー	123
5.3.4	EZ-Click	124
5.3.5	ブリッジ コントロール パネル	124
5.4	開発キット	124
5.4.1	PSOC™ 4 開発キット	124
5.4.1.1	Pioneer kit	124
5.4.1.2	シールドキット	124
5.4.1.3	プロトタイピングキット	125
5.4.2	PSOC™ 3 および PSOC™ 5LP 開発キット	125
5.4.3	CAPSENSE™ Express 開発キット	125
5.4.4	PSOC™ 6 開発キット	125
5.4.5	プログラミングおよびデバッグ用のキット	125
5.4.5.1	Minipro3	125
5.4.5.2	MiniProg4	125
5.5	設計サポート	125

目次

6	付録 A. スプリング	126
6.1	指操作による静電容量.....	126
6.1.1	プリント基板へのスプリングの取付け.....	127
6.2	CAPSENSE™とメカニカル ボタンの組合せ.....	128
6.3	設計例.....	129
7	付録 B. 回路図およびレイアウト チェックリスト	130
7.1	回路図の設計チェックリスト.....	130
7.1.1	デカップリング コンデンサ.....	130
7.1.2	バルク コンデンサ.....	130
7.1.3	ピンの割り当て	131
7.1.4	C_{MOD}	131
7.1.5	R_B	131
7.1.6	CAPSENSE™ライン上の直列抵抗	131
7.1.7	通信ライン上の直列抵抗.....	132
7.2	レイアウトのチェックリスト.....	132
7.2.1	ボタン	134
7.2.2	スライダー	134
7.2.3	オーバーレイ	135
7.2.4	センサー配線	135
7.2.5	センサー上のビア.....	135
7.2.6	グランド面/網	135
7.2.7	直列抵抗	136
7.2.8	シールド電極	136
7.2.9	ガードセンサー	136
8	付録 C. センサーとグランド間の間隔.....	137
	用語集	140
	参考資料.....	145
	改訂履歴.....	146
	免責事項.....	147

はじめに

1 はじめに

1.1 インフィニオン CAPSENSE™の差別化

静電容量タッチセンシングにより、携帯電話、PC、民生電子機器、自動車用機器、家電品などの製品における産業設計の外観が変わりました。インフィニオン CAPSENSE™ソリューションによって、エレガントで、信頼性が高く、使用が簡単な静電容量タッチセンシング機能がお客様の設計に実装されます。当社の静電容量タッチセンシングソリューションは、40 億個以上のメカニカル ボタンを置き換えてきました。CAPSENSE™に基づいたユーザー インターフェース デザインはメカニカル ボタンに基づいたデザインにくらべて以下の利点があります。

- メカニカル ボタンは、信頼性が低く、物理的移動に起因して時間の経過とともに摩耗します。CAPSENSE™デザインは可動部品との関連がありません。
- メカニカル ボタンは、水分が組み立ての隙間から浸透する際に問題を引き起こします。CAPSENSE™ベースのフロントパネルはオーバーレイの下で完全に密閉できます。
- メカニカル ボタンはタッチ ボタンに比べて動作するのに小さな力を必要とし、この力は隙間内の汚れの蓄積が原因で時間の経過とともに増えることがあります。
- メカニカル ボタンは複数の部品を必要とし、BOM コストを増加させる一方、多くの CAPSENSE™デザインは PCB および接着剤によるオーバーレイのみからなります。
- メカニカル ボタンはフロント パネルでカットアウトを行うために必要なツールのコストを含んでいます。CAPSENSE™デザインはそのようなカットアウトを必要としません。
- メカニカル ボタンは、洗練されたエレガントなタッチ ボタンに比べて美しくありません。また、CAPSENSE™デザインは、ボタンの形状およびグラフィック表示に関してユーザー インターフェースの設計でより多くの柔軟性を提供します。

インフィニオンの堅牢な CAPSENSE™ソリューションは当社のフレキシブルなプログラマブル システム オンチップ (PSOC™) アーキテクチャを活用しています。これにより製品化までの時間を短縮し、重要なシステム機能を統合し、部品表 (BOM) コストを削減します。インフィニオンは、設定やプログラムが可能な幅広い CAPSENSE™コントローラーを提供しています。設定可能な CAPSENSE™コントローラーはハードウェアまたは I2C で設定可能なものです。プログラム可能なデバイスには、システム機能をさらに統合することで BOM 費用の削減などの具体的な設計要件を満たすための完全な柔軟性があります。以下は CAPSENSE™製品が提供する独自の機能の一部です。

- 堅牢なセンシング技術
- 高いノイズ耐性
- 種々のオーバーレイ素材と厚さに対応した高性能な感度
- SmartSense™自動チューニング技術
- 近接センシング
- 耐液性のある動作
- 音声、視覚、および触覚フィードバックを含む完全なユーザー インターフェース ソリューション
- 低消費電力
- 広い動作電圧範囲 (1.71~5.5V)
- 小型パッケージ
- ADC, DAC, タイマー, カウンター, および PWM のような統合された機能で BOM コストの低減

はじめに

1.2 CAPSENSE™の設計フロー

Figure 1 に CAPSENSE™製品の設計の標準的なフローを示します。このフローは、CAPSENSE™設計がチューニングと呼ばれる追加のステップを含む点を除いて、他の電子システムの設計フローと同じです。これは CAPSENSE™の動作に必要な様々なハードウェアおよびソフトウェアパラメーターの最適値を確定するプロセスです。これらのパラメーターは、基板レイアウト、センサーの寸法、オーバーレイのプロパティ、および消費電力や応答時間などのアプリケーションの要件によって異なります。そのため、通常、このステップは試作品段階でビルドが可能な場合、行われます。多くの CAPSENSE™デバイスは SmartSense と呼ばれるインフィニオンの自動チューニングアルゴリズムに対応しています。このアルゴリズムは設計段階後に最適な性能を実現するためにパラメーターを自動的に設定し、システムや製造、環境の変化を連続的に補正します。

最終製品の美的感覚および性能がケーシング材料とその設計に依存するため、エンクロージャまたはケーシングの設計は CAPSENSE™製品の設計の不可欠な部分です。ケーシングがセンサーのオーバーレイとしての役割を果たすため、タッチセンシング性能は厚さや材料の種類などのオーバーレイのプロパティに依存します。したがって、試作段階から使用されたものと同じオーバーレイ素材とともに性能をテストし評価する必要があります。

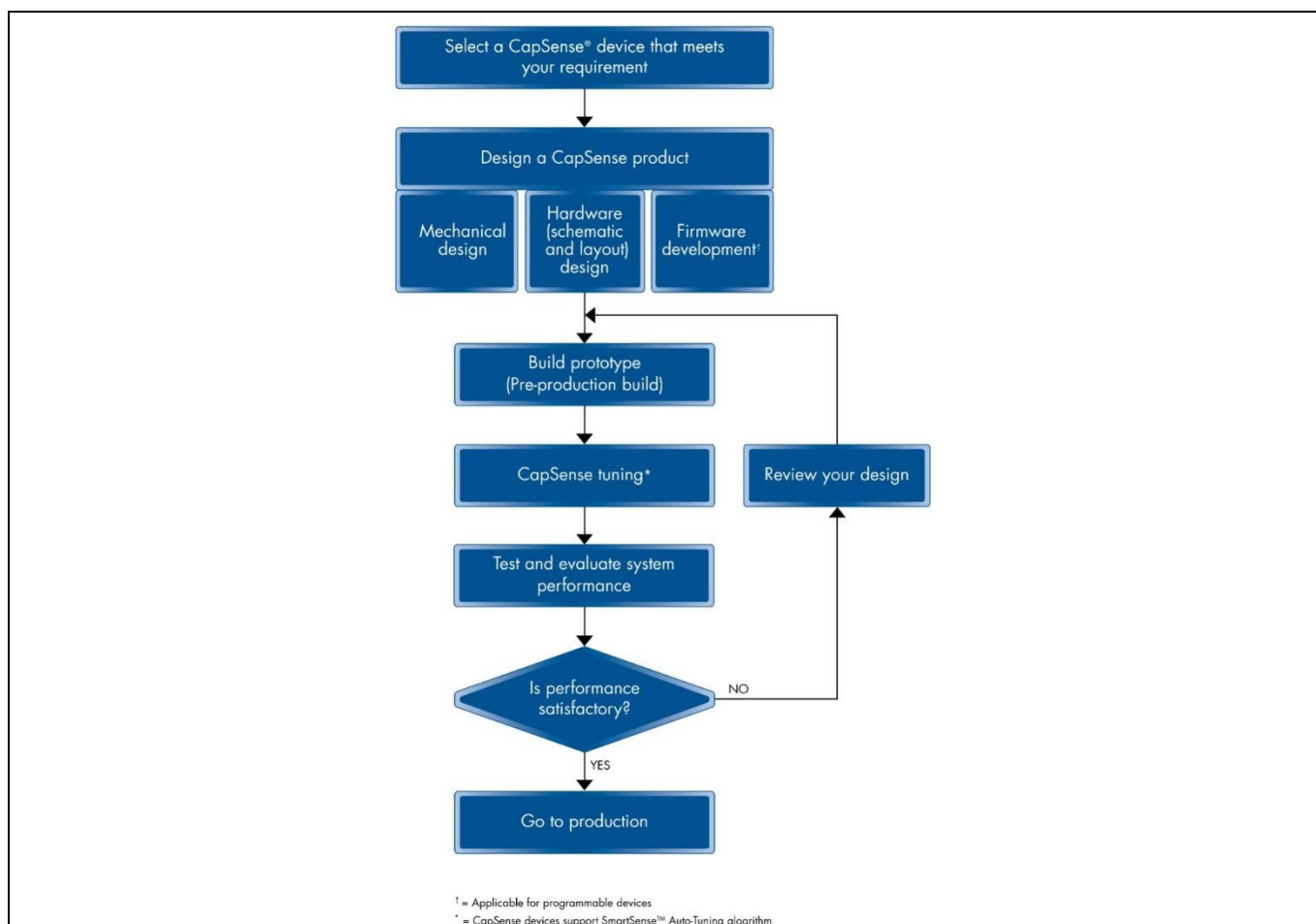


Figure 1 標準的な CAPSENSE™の製品設計フロー

2 CAPSENSE™技術

インフィニオンの CAPSENSE™コントローラーは Figure 2 に示すように、静電容量の変化により、タッチ面上またはタッチ面の近くの指の存在を検出します。タッチ ボタン例は、メカニカル ボタンを置き換えた静電容量センサーを示します。センシング機能は、ハードウェアとファームウェアの組み合わせにより実現します。CAPSENSE™用語の定義については[用語集](#)を参照してください。

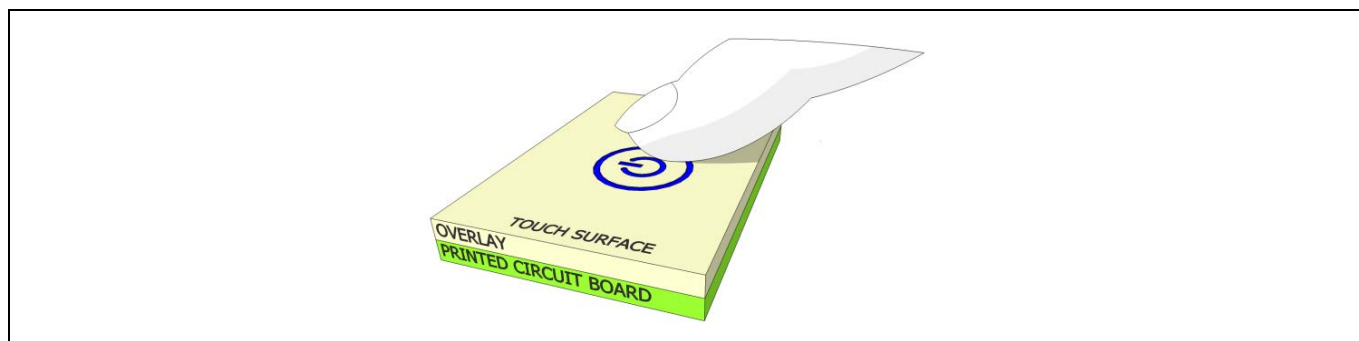


Figure 2 静電容量センサー アプリケーションの図

2.1 CAPSENSE™システム概要

CAPSENSE™タッチ センシング ソリューションには、動作するシステム環境全体が含まれています。これには、以下のものが含まれます。

- プリント基板やガード センサーなどのハードウェア コンポーネント
- センサー データを処理するためのファームウェア コンポーネント

2.1.1 ハードウェア コンポーネント

CAPSENSE™コントローラーは、プリント回路基板 (PCB) と、PCB を保護する、オーバーレイと呼ばれるタッチ面から成る大きなシステムの中にあります。

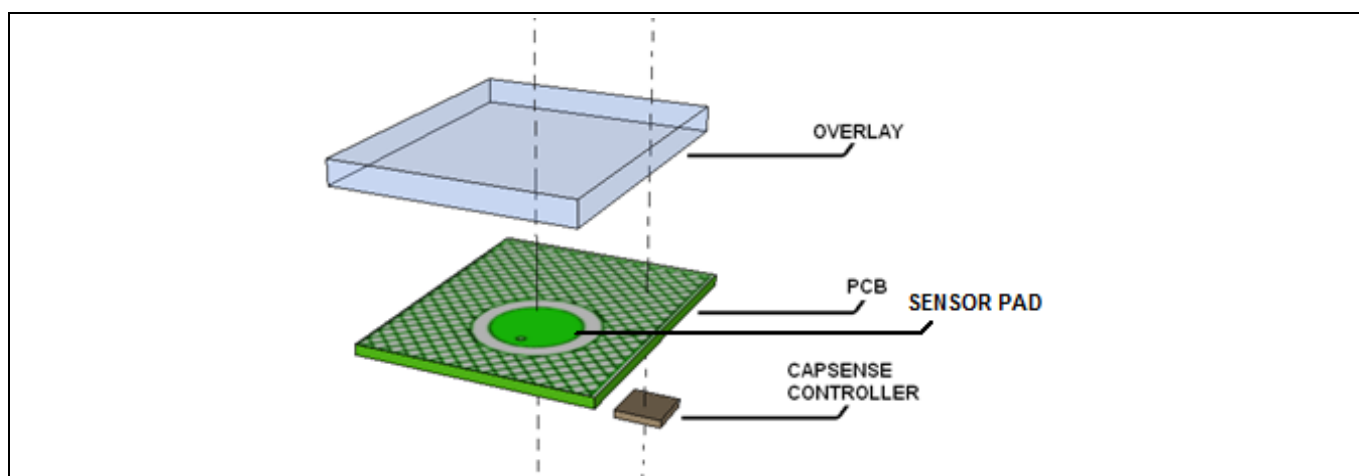


Figure 3 CAPSENSE™ハードウェアの分解図

センサー基板の容量性センサー パッドはプリント基板配線により形作られています。最も一般的なプリント基板形状は、センサー パッドを備えた 2 層の基板で、上層にハッチンググランド面 ([グランド面](#)を参照) があり、下層に電気部品があるものです。グランド面は電気部品を囲んでいます。電気部品に

CAPSENSE™技術

は、CAPSENSE™コントローラー、およびセンサーの静電容量をデジタル raw カウントに変換する関連部品があります。Figure 4 に、積層 2 層の基板の横断面を示します。基板面積を最小限にする必要がある場合、4 層設計もオプションとして利用できます。プリント基板レイアウトは、CAPSENSE™のシステム性能にとって非常に重要な役割を果たします。ベストプラクティスはデバイス専用のデザインガイドで説明されています。

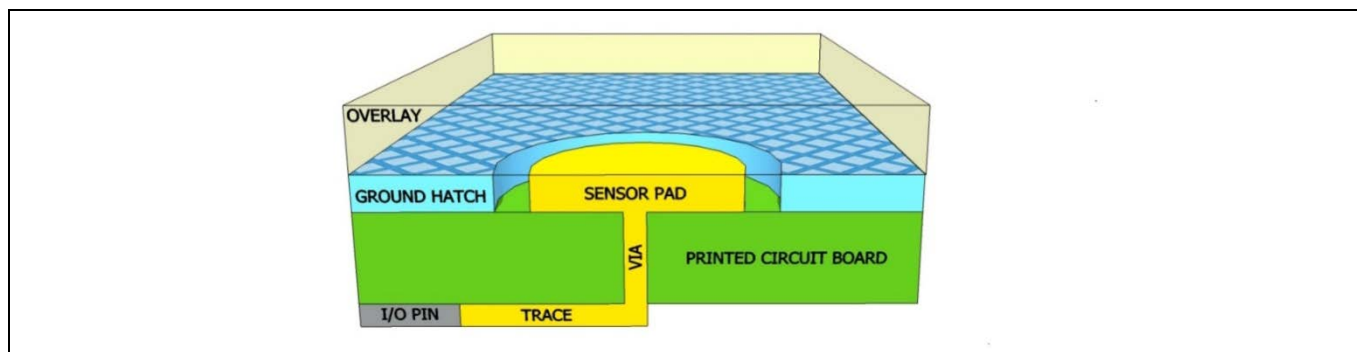


Figure 4 積層 2 層 CAPSENSE™基板

2.1.1.1 グランド面

一般的には、プリント基板上的適切なグランド面は RF 干渉とエミッションの両方を低減します。しかし、CAPSENSE™センサーの近くのベタグランド面またはこれらのセンサーを PSoC™のピンに接続する配線は、センサーの寄生容量を増加させます。寄生容量の増加は感度を低下させるため、望ましくありません。したがって、Figure 5 に示すように、センサー周囲および PCB の最下層の上、かつセンサー下でハッチンググランド面を使用することをお勧めします。グランドフィルの典型的なハッチングは、上部層で 7mil ライン、45mil 間隔、下部層で 7mil ライン、70mil 間隔です。耐液性が必要な場合、上部層の同じハッチがシールド信号で駆動されます。詳細については[耐液性](#)を参照してください。

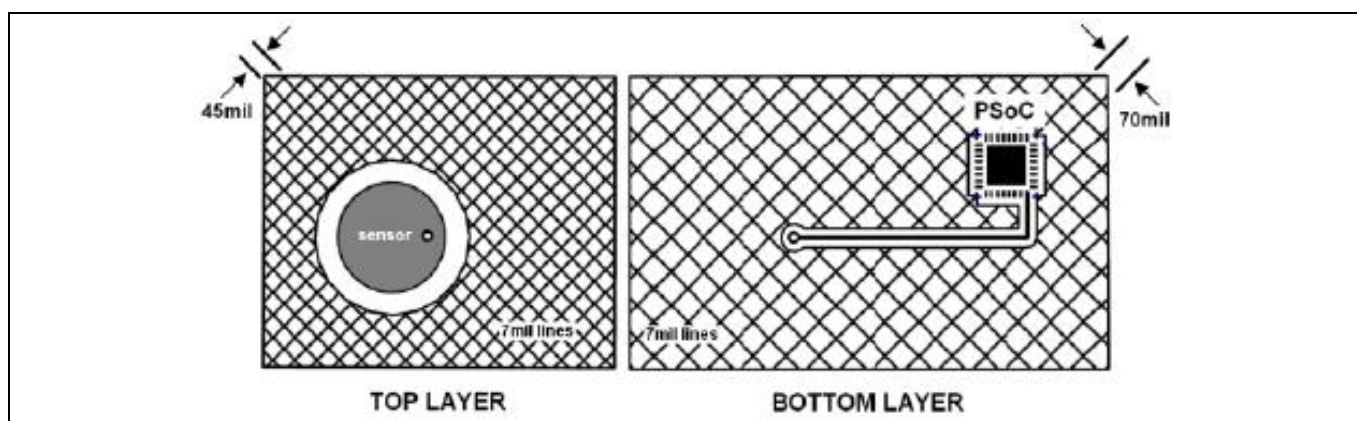


Figure 5 プリント基板上的グランドフィル

CAPSENSE™ 技術

2.1.2 ファームウェア コンポーネント

ファームウェアは CAPSENSE™ システムの重要な要素です。これは raw カウント データを処理し、論理的決定を下します。アプリケーションに必要なファームウェア開発時間は、選択した CAPSENSE™ コントローラ ファミリによって変わります。

CAPSENSE™ Express ファミリのデバイスは、ハードウェアもしくは I2C を使用して完全に設定可能で、CAPSENSE™ コントローラのファームウェア開発を必要としません。指のタッチ データが高レベルの処理のためにホストに送信されます；Figure 6 を参照してください。これらのデバイスは設計の簡素化および市場投入までの時間の短縮が重要要件であるシステムに適しています。

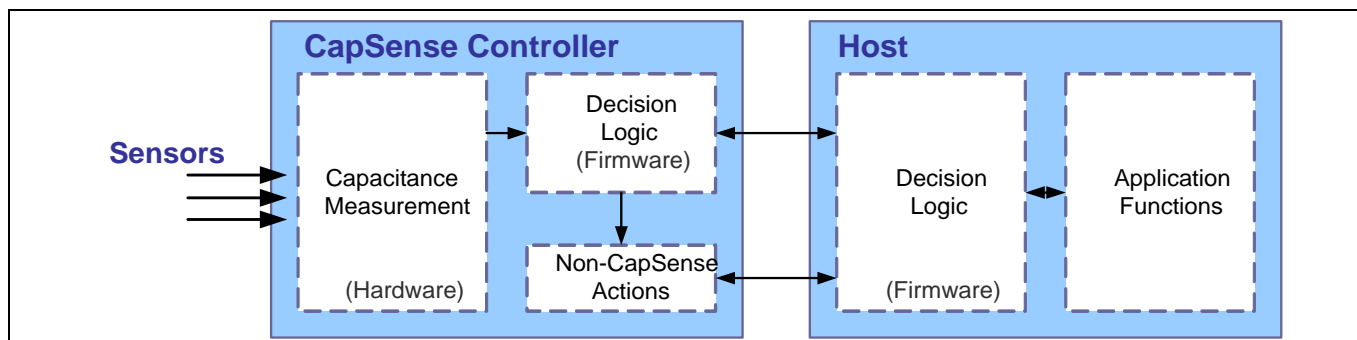


Figure 6 CAPSENSE™ Express システムの実装例

プログラム可能なデバイスは、複雑なシステムレベル統合が可能です。これらのコントローラは raw カウント データを処理するだけでなく、その他のシステム機能も実行できます。

詳細については CAPSENSE™ セレクタ ガイドを参照してください。PSOC™ Creator™, ModusToolbox™ ソフトウェア は C および アセンブリ 言語のファームウェア開発に対応できます。このツールおよびその他のツールに関する情報については、ソフトウェア ツールを参照してください。

2.2 CAPSENSE™ の基礎

静電容量は、自己容量または相互容量のいずれかを使用して 2 点間で測定できます。Figure 7 の左側に自己容量方法を示し、その右側に相互容量方法を示します。

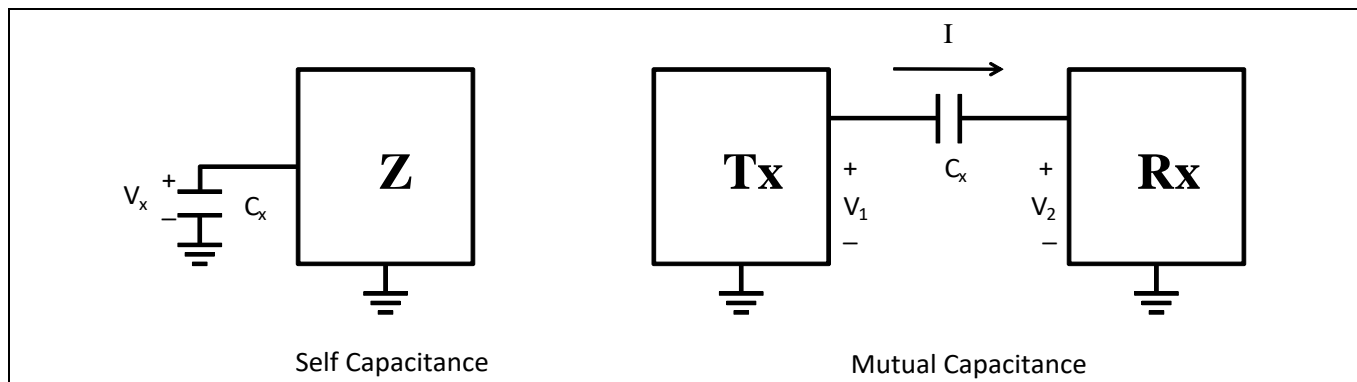


Figure 7 自己容量および相互容量方法

CAPSENSE™技術

2.2.1 自己容量

自己容量方法では、1本のピンを使用し、このピンとグランド間の容量を測定します。自己容量センシングシステムはセンサーに接続したピンに電流を流し、電圧を測定することによって動作します。指をセンサーの上に置くと、容量の測定値が増加します。自己容量センシングは、ボタンやスライダーなどのシングルタッチセンサーに最適です。

インフィニオンの CAPSENSE™ソリューションでは自己容量センシングを使用しています。その理由は、シングルタッチセンサーおよびスライダーでピンを効率的に利用できるようにするためです。

CAPSENSE™自己容量システムでは、コントローラーが測定するセンサー静電容量は C_s と呼ばれます。センサーに指が乗っていなければ、 C_s はシステムの寄生容量 (C_p) と等しくなります。この寄生容量は、センサーパッド、オーバーレイ、CAPSENSE™コントローラーピンとセンサーパッド間の配線、回路基板を貫通するビア、および CAPSENSE™コントローラーのピン静電容量の影響を含む、分布容量を単純化したものです。 C_p は、センサーパッド周囲の電界に関連しています。以下の図にセンサーパッド周囲の磁力線のみを示していますが、実際の電界はさらに複雑です。

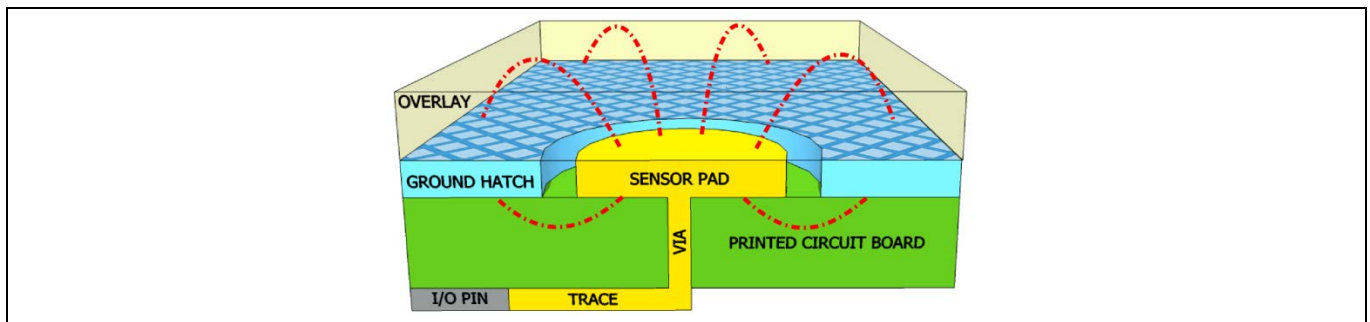


Figure 8 C_p および電界

指がセンサー表面に触れている時は、オーバーレイを通して、センサーパッドと指の簡単な平行板コンデンサを形成します。この結果は指の静電容量 (C_F) と呼ばれ、Equation 1 で定義されます。 C_F は、人体および回路基板グランドからのリターン経路の影響を含む分布容量を単純化したものです。

$$C_F = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r A}{D}$$

Equation 1

ここで、

ϵ_0 = 真空の誘電率

ϵ_r = オーバーレイの比誘電率

A = 指とセンサーパッドが重なっている面積

D = オーバーレイの厚さ

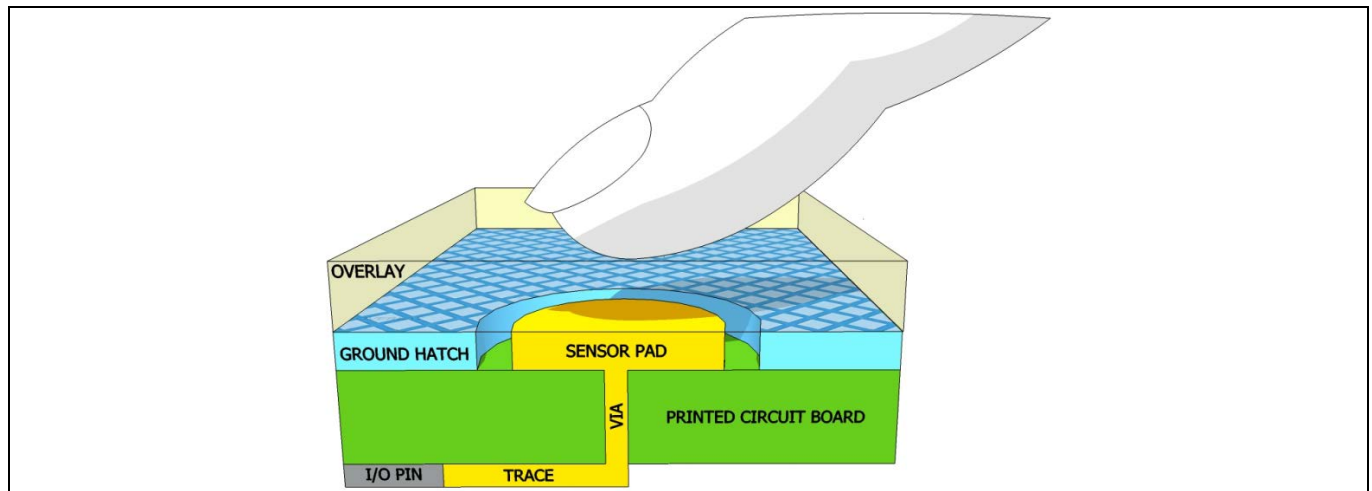


Figure 9 CAPSENSE™ システム等価モデル

指がセンサー表面にある場合、 C_S は C_P と C_F の合計に等しくなります。

$$C_S = C_P + C_F$$

Equation 2

2.2.2 相互容量

Figure 10 に、相互容量センシングのボタンセンサー レイアウトを示します。相互容量センシング方法では 2 本の電極間の容量を測定します。1 本の電極が送信 (TX) 電極と呼ばれ、もう 1 本の電極が受信 (RX) 電極と呼ばれます。

相互容量測定システムでは、デジタル電圧 (V_{DD} と GND 間の信号切り替え) が TX ピンに印加され、RX ピンで受信した電荷量が測定されます。RX 電極で受信した電荷量は 2 本の電極間の相互容量 (C_M) に比例します。

Figure 11 に示すように、TX と RX 電極の間に指を置くと、相互容量は C_M^1 に低下します。相互容量の低下に起因して、RX 電極で受信する電荷量も低下します。CAPSENSE™ システムは RX 電極で受信した電荷量を測定して、タッチ有/タッチ無し状態を判定します。

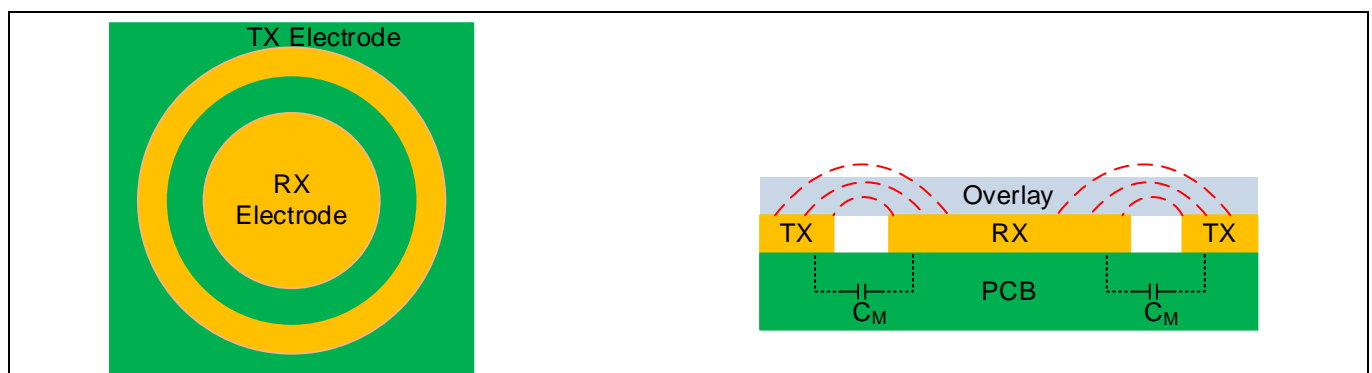


Figure 10 相互容量センシング動作

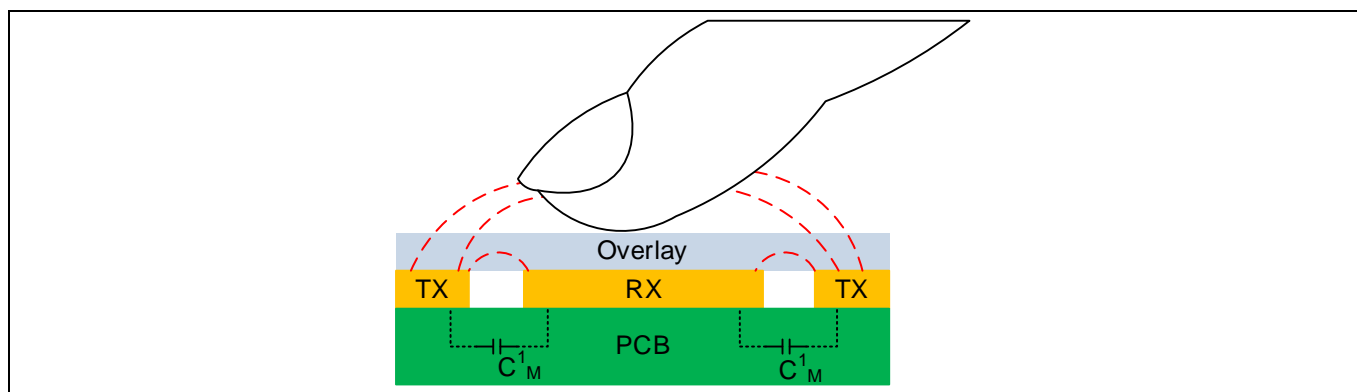


Figure 11 指タッチがある時の相互容量

相互容量方法はタッチスクリーンやトラックパッドなどのマルチタッチシステムに最適です。インフィニオンは民生用アプリケーション向けに相互容量ベースのトラックパッドソリューションと、車載用アプリケーションおよび家電用アプリケーション向けに PSOC™ Automotive Multitouch タッチスクリーンソリューションを提供しています。詳細情報は、インフィニオン販売代理店へ直接お問い合わせください。最寄りの販売代理店を探すには、[ここ](#)を参照してください。

2.3 静電容量式タッチセンシング方式

PSOC™は、自己容量検知に CAPSENSE™ Sigma Delta (CSD)、相互容量スキャンに CAPSENSE™ Crosspoint (CSX) として知られるインフィニオンの特許取得済み静電容量式タッチセンシング方式を使用しています。CSD および CSX タッチセンシング方式は、業界でクラス最高の[信号対ノイズ比 \(SNR\)](#)を提供します。これらの検知方法は、ハードウェアとファームウェアの技術を組み合わせたものです。

2.3.1 CAPSENSE™シグマデルタ変調器 (CSD) センシング方式

Figure 12 に、CSD 方式の簡略ブロックダイアグラムを示します。

CSD では、各 GPIO に、センサーの静電容量を等価電流に変換するスイッチトキャパシタ回路があります。アナログマルチプレクサが電流の 1 つを選択し、それを電流-デジタルコンバータに供給します。電流-デジタルへのコンバータは、シグマデルタ ADC に似ています。電流-デジタルコンバータの出力カウントは、**raw カウント**と呼ばれ、電極間の自己容量に比例するデジタル値です。

CSD における Raw カウントとセンサー静電容量の関係

$$\text{raw count} = G_C C_S$$

Equation 3

ここで、 G_C は CSD の静電容量からデジタルへの変換ゲイン、そして C_S は電極の自己容量です。

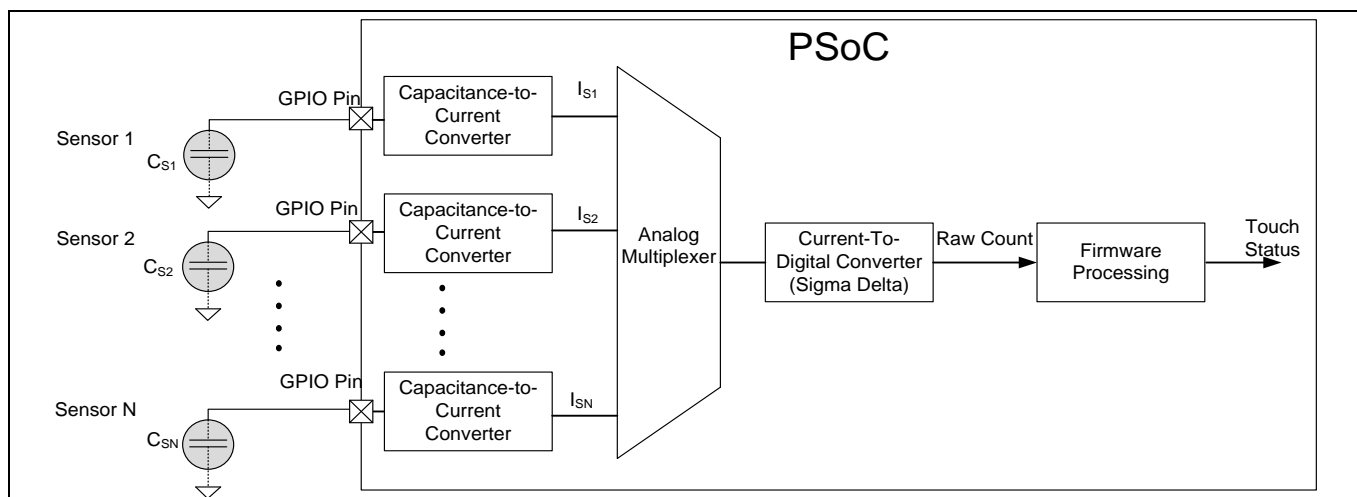


Figure 12 CAPSENSE™ シグマデルタ法の簡略ダイアグラム

Figure 14 は、時間の経過に伴う raw カウントのプロットを示します。指がセンサーに触れると、 C_s が C_p から $C_p + C_f$ に増加し、raw カウントが増加します。raw カウントの変化を所定のしきい値と比較することにより、ファームウェアのロジックはセンサーがアクティブかどうか (指が存在するかどうか) を判断します。

2.3.2 CAPSENSE™ crosspoint (CSX) センシング方式

Figure 13 に、CSX 方式の簡略ブロックダイアグラムを示します。

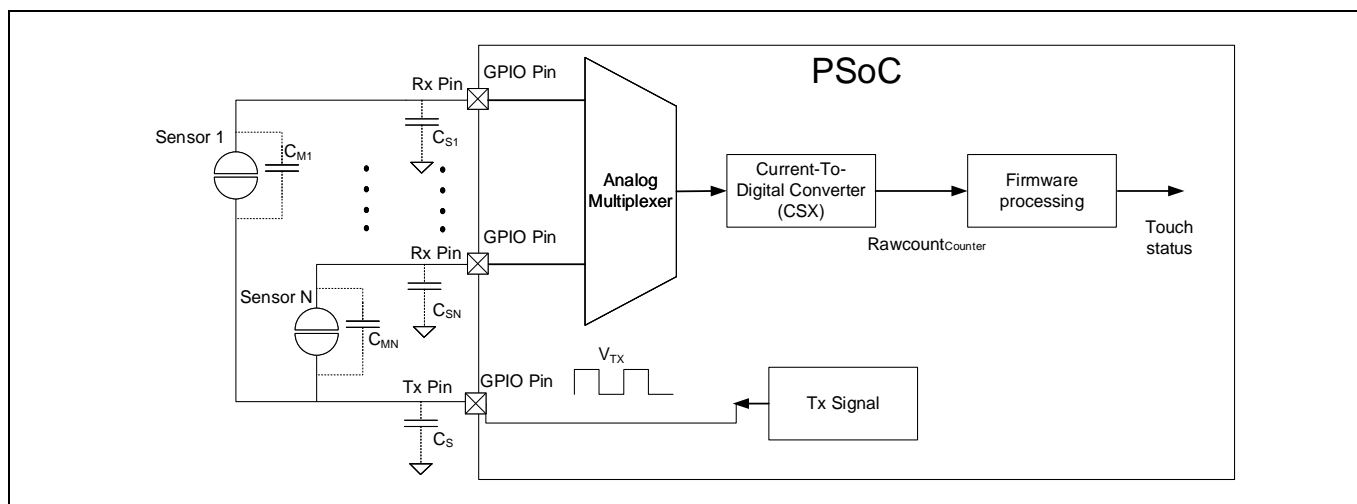


Figure 13 CSX 方式の簡略ダイアグラム

CSX では、Tx ピン (または Tx 電極) の電圧が Rx ピンに電荷を結合します。この電荷は、Tx 電極と Rx 電極間の相互容量に比例します。次に、アナログマルチプレクサが Rx チャンネルの 1 つを選択し、それを電流-デジタルコンバータに供給します。

電流からデジタルへのコンバータの出力カウント ($\text{Rawcount}_{\text{Counter}}$) は、Equation 4 で示されるように Rx 電極と Tx 電極間の相互容量に比例するデジタル値です。

CSX における Raw カウントとセンサー静電容量の関係

CAPSENSE™ 技術

$$\text{Rawcount}_{\text{Counter}} = G_{\text{CM}} C_{\text{M}}$$

Equation 4

ここで、 G_{CM} は相互容量法の容量からデジタルへの変換ゲインであり、そして C_{M} は 2 つの電極間の相互容量です。

Figure 14 は、時間の経過に伴う raw カウントのプロットを示します。指がセンサーに触れると、 C_{M} が C_{M} から C_{M}^1 に減少するため (Figure 10 を参照)、カウンター出力が減少します。ファームウェアは、 C_{M} が減少したときに raw カウントが高くなるように、raw カウントを正規化します。これは、CSD 方式と CSX 方式の間で raw カウントの同じ視覚的表現を維持するためです。raw カウントの変化を所定のしきい値と比較することにより、ファームウェアのロジックはセンサーがアクティブかどうか (指が存在するかどうか) を判断します。

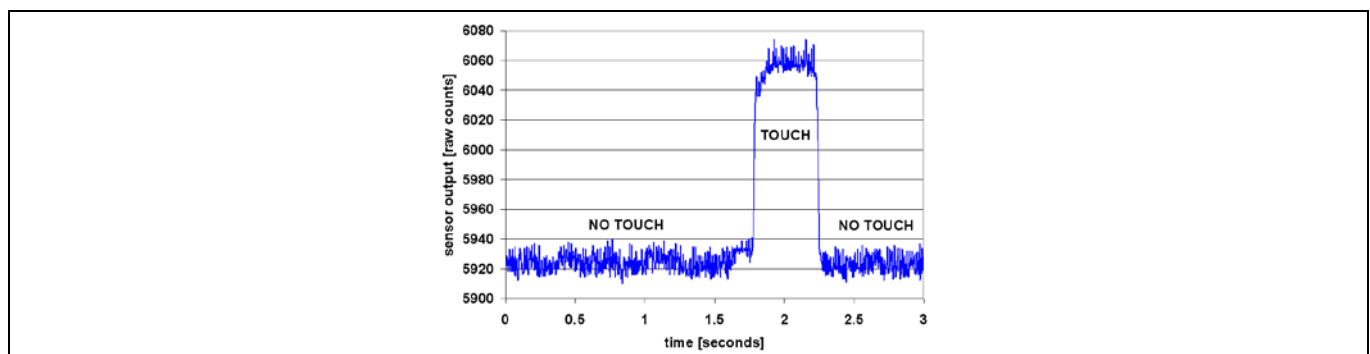


Figure 14 センシング アルゴリズム出力

センサー静電容量とフィンガー静電容量の関数としての raw カウントの詳細な導出については、[AN85951 - PSOC™ 4 および PSOC™ 6 MCU CAPSENSE™ デザインガイド](#)を参照してください。

CAPSENSE™技術

2.4 異なるデバイスでの CAPSENSE™アーキテクチャの比較

PSOC™ 4 S シリーズ, PSOC™ 4100S Plus, PSOC™ 4100PS, および PSOC™ 6 デバイスの第 4 世代 CAPSENSE™ 機能は、前世代の改良バージョンです。2 つの世代の CAPSENSE™アーキテクチャの主な違いを Table 1 に示します。

Table 1 CAPSENSE™アーキテクチャの比較

特長	第 3 世代 CAPSENSE™	第 4 世代 CAPSENSE™	第 3 世代 CAPSENSE™に対する第 4 世代の利点	
			CSD 用	CSX 用
センサー寄生容量 (C_p) 範囲	5pF~60pF	5pF~200pF	高 C_p 設計アプリケーションに対応	
センシングモード	自己容量および相互容量 ¹	自己容量、相互容量、および ADC のモード	CAPSENSE™センサスキャンが進行中でない場合、CAPSENSE™ハードウェアブロックは 10 ビット ADC として使用できます。ADC の詳細な仕様については、 PSOC™ 4 Capacitive Sensing (CAPSENSE™) ADC/CAPSENSE™ middleware library 4.0 のデータシートを参照してください。	
V_{REF}	1.2V	0.6V ~ VDDA-0.6V ²	より高い V_{ref} は向上した SNR を可能にします	該当なし
IDAC LSB サイズ	1.2μA、2.4μA	37.5nA、300nA、2.4μA	感度の向上、IDAC の小型化による改善チューニング	
IDAC 機能の分割	2 個の IDAC が必要	1 個の IDAC が必要 ³	同じパフォーマンスを達成するために必要なリソースが少なく済み、1 個の IDAC を一般用途に解放します。	該当なし
EMI 抑制 - デジタル	PRS 方式のみ対応	追加のスペクトラム拡散クロック (SSC) 方式に対応	EMI 低減のためにセンス/Tx クロック周波数拡散を制御するためのより多くのオプション	
変調器のクロック周波数範囲	より低い	より高い	変調器クロック周波数が高いほど、スキャンが高速になります。	変調器クロック周波数が高いほど、感度と精度が向上
ハードウェアステートマシン ⁴	なし	あり	センサスキャンの開始は、CPU への依存度が低くなります。スキャンの初期化中のクリティカルセクションは少なくなります。	

¹ PSOC™ 4100 ファミリーは、このファミリに CSX を実装するために必要な UDB リソースがないため、CSX センシング方式をサポートしません。

² CAPSENSE™コンポーネントは、cydwr ウィンドウで指定された VDDA 電圧に応じて VREF 電圧を自動的に選択します。

³ 補流と変調電流 IDAC の分割比が 50:50 の場合に 1 個の IDAC が必要になり、そうでない場合に 2 個の IDAC が必要です。

⁴ ハードウェアステートマシンは、CAPSENSE™ブロックとセンサスキャンを制御するロジックです。

CAPSENSE™技術

特長	第 3 世代 CAPSENSE™	第 4 世代 CAPSENSE™	第 3 世代 CAPSENSE™に対する第 4 世代の利点	
			CSD 用	CSX 用
Tx クロック 周波数	最大 300kHz ま で対応	多くのより高い クロック周波数 (最大 3MHz) に 対応	該当なし	Tx クロックが高いほ どスキャン時間が短 くなります。

PSOC™ 4 S シリーズ, PSOC™ 4100S Plus, PSOC™ 4100PS, および PSOC™ 6 の CAPSENSE™ハードウェアは、自己容量ベースおよび相互容量ベースの両方の静電容量センシングをサポートします。また、このハードウェアは、CAPSENSE™スキャンが進行中でないときの入力電圧測定もサポートします。PSOC™ 4 S シリーズ, PSOC™ 4100S Plus, PSOC™ 4100PS, および PSOC™ 6 デバイスの CAPSENSE™ハードウェアの詳細な説明については、それぞれのデバイスデータシートの **CAPSENSE™**章を参照してください。第 4 世代 CAPSENSE™アーキテクチャの基本的な知識については、デバイス固有の[デザインガイド](#)を参照してください。

Table 2 PSOC™デバイスと CAPSENSE™アーキテクチャ

PSOC™デバイスファミリ	CAPSENSE™アーキテクチャ
PSOC™ 4	第 3 世代 CAPSENSE™
PSOC™ 4-M	
PSOC™ 4100-BLE	
PSOC™ 4-L	
PSOC™ 4 S-Series	第 4 世代 CAPSENSE™
PSOC™ 4100S Plus	
PSOC™ 4100PS	
PSOC™ 6 MCU	

2.5 CAPSENSE™チューニング

CAPSENSE™システムの最適な性能は、基板のレイアウト、ボタンの寸法、オーバーレイの素材、およびアプリケーションの要件などによって決まります。これらの要因に加えて、堅牢で信頼できる性能が得られるように、スイッチング周波数や閾値レベルを慎重に選択する必要があります。チューニングとは、これらのパラメータの最適な値を決定することです。チューニングは、タッチに対する高い感度を保ち、センサー基板、オーバーレイの素材、環境条件によるプロセスのばらつきを補うのに必要です。

多くの CAPSENSE™デバイスは SmartSense と呼ばれるインフィニオンの自動チューニングアルゴリズムに対応しています。このアルゴリズムは最適な性能を実現するためにパラメータを自動的に設定し、システムや製造、環境の変化を連続的に補正します。詳細については [SmartSense 自動チューニング](#)をご覧ください。

ここではチューニング処理をご紹介します。CAPSENSE™動作やチューニングの段階的な手順に関わるすべてのパラメータの詳細については、デバイス固有の[デザインガイド](#)を参照してください。インフィニオンはチューニングとデータ モニタリングを安易にするために多くのツールを提供します。これらのツールの詳細については[データ監視ツール](#)を参照してください。

以下ではチューニング処理を理解させる一部の用語を定義します。

CAPSENSE™技術

2.5.1 定義

- **raw カウント:** Figure 19 に示すように、センサー静電容量は CAPSENSE™アルゴリズムでカウント値に変換されます。処理されていないカウント値は raw カウントと呼ばれます。raw カウントの処理により、センサーがオン/オフ状態になります。
- **ベースライン:** センサーの raw カウント値は、温度や湿度などの環境の変化により、徐々に変わる可能性があります。そのため、raw カウントが低周波数帯域でフィルタリングされ、ベースラインとなるカウント値が新しく作成されます。これは raw カウントの段階的な変化に追跡し補正します。ベースラインは、指が触れることによって生じる raw カウントの急激な変化に感度が低くなっています。そのため、ベースライン値は、信号を計算するための基準レベルを提供します (下記説明のとおり)。Figure 15 は raw カウント、ベースラインおよび信号の概念を示します。

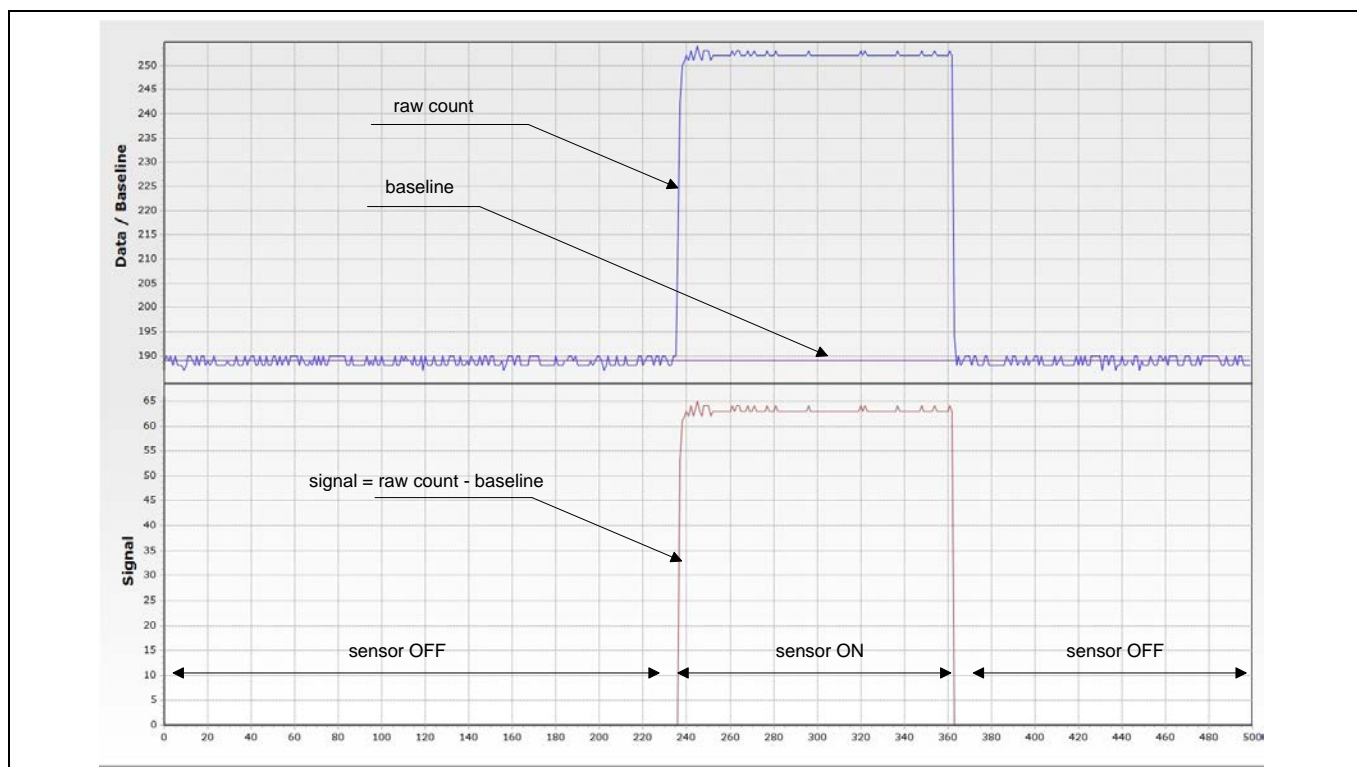


Figure 15 raw カウントとベースライン

- **差分カウント/信号:** raw カウント値からベースライン値を引くと、オンかオフを決めることに使用される差分カウントになります。閾値は、ベースライン値から一定量のオフセットとなります。閾値は以下の機能を持っています。
- **ノイズ閾値:** これは信号をノイズから識別するパラメーターです。raw カウントがノイズ閾値を越えると、ベースラインは更新されずに差分カウントは raw カウントとベースライン間の差分を示します。raw カウントがノイズ閾値より小さくなると、ベースラインは更新され、差分カウントはゼロになります。詳細は、Figure 16 を参照してください。
- **指閾値:** これはヒステリシスと共に使用されるパラメーターであり、Equation 5 および Figure 16 に示すようにセンサーの状態を判定します。

CAPSENSE™ 技術

$$\text{Sensor State} = \begin{cases} \text{ON, if (Signal} \geq \text{Finger Threshold} + \text{Hysteresis)} \\ \text{OFF, if (Signal} \leq \text{Finger Threshold} - \text{Hysteresis)} \end{cases}$$

Equation 5

- ヒステリシス: 指閾値と共に使用されるパラメーターであり、Equation 5 および Figure 16 に示すようにセンサーの状態を判定します。ヒステリシスはセンサー状態のノイズ遷移に対する耐性を提供します。

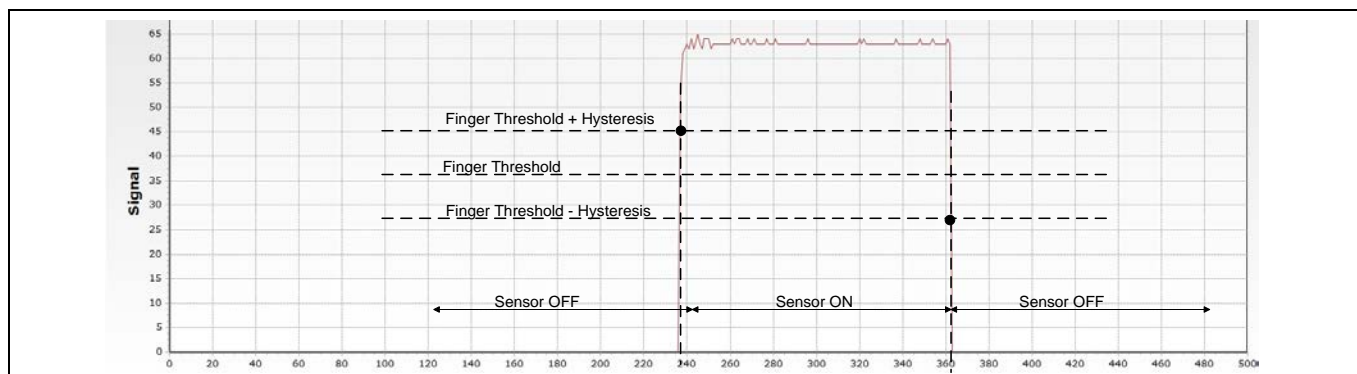


Figure 16 ヒステリシス

2.5.2 SmartSense 自動チューニング

2.5.2.1 SmartSense とは?

タッチセンシングユーザーインターフェースのチューニングは、正常なシステム動作と快適なユーザー操作を確実にするための重要なステップです。標準的な設計フローには、初期設計段階、システム統合中、および生産立上げ前の最終製造の微細調整でのセンサーインターフェースのチューニングが含まれます。チューニングは繰り返しプロセスなので時間がかかることがあります。SmartSense の自動チューニングは、ユーザーインターフェースの開発サイクルの簡素化に役立ちます。さらに、使用方法は簡単であり、試作から量産までの製品開発サイクル全体からチューニングプロセスを除外して、設計サイクル時間を短縮できます。

2.5.2.2 SmartSense の機能は?

SmartSense は、電源投入時に各 CAPSENSE™ センサーを自動的に調整し、実行中に最適なセンサー性能を監視し、維持します。チューニングの対象となるパラメーターの数は、CSD の場合の 17 から SmartSense の場合は 4 つに減らしました。

- 電源投入時チューニング:** SmartSense は、それぞれのセンサーのパラメーターを、個々のセンサーの寄生容量に基づいて調整し、センサーに必要な感度を取得します。
- 実行時チューニング:** システムのノイズを動的に測定します。閾値は、それぞれのセンサーに対して調整され、CAPSENSE™ システムのノイズの動的変動による誤ったトリガーを克服します。

CAPSENSE™ 技術

2.5.2.3 SmartSense は、どこで、どのようにして、役立つでしょうか？

SmartSense 技術では、プリント基板やオーバーレイによる製造のばらつきに適応し、LCD インバーター、AC ライン、スイッチング電源などのノイズ発生源を自動的に調整してノイズを取り除きます。SmartSense は、温度、湿度、ノイズ源 (RF, SMPS, LCD インバーター、AC ライン ノイズなど) のようなシステム環境変化に対応します。

以下の節では、SmartSense が外部ノイズに適応する手助けとなるシナリオを説明します。確実な信号対ノイズ比を維持することで、誤ってボタンをトリガーすることを防げます。

異なる設計での異なるノイズ

SmartSense 技術は、異なるノイズ環境に対して、動的に自分自身を調整します (ノイズおよび指の閾値を調節)。Figure 17 では、デザイン A とデザイン B のノイズレベルは異なります。最小の信号対ノイズ比 (5:1) を維持するには、動的な閾値の調整が必要です。SmartSense はこれを自動的に実行し、最小限のチューニングまたは全くチューニングなしであるモデルから別のモデルへのシームレスな移行を可能にします。

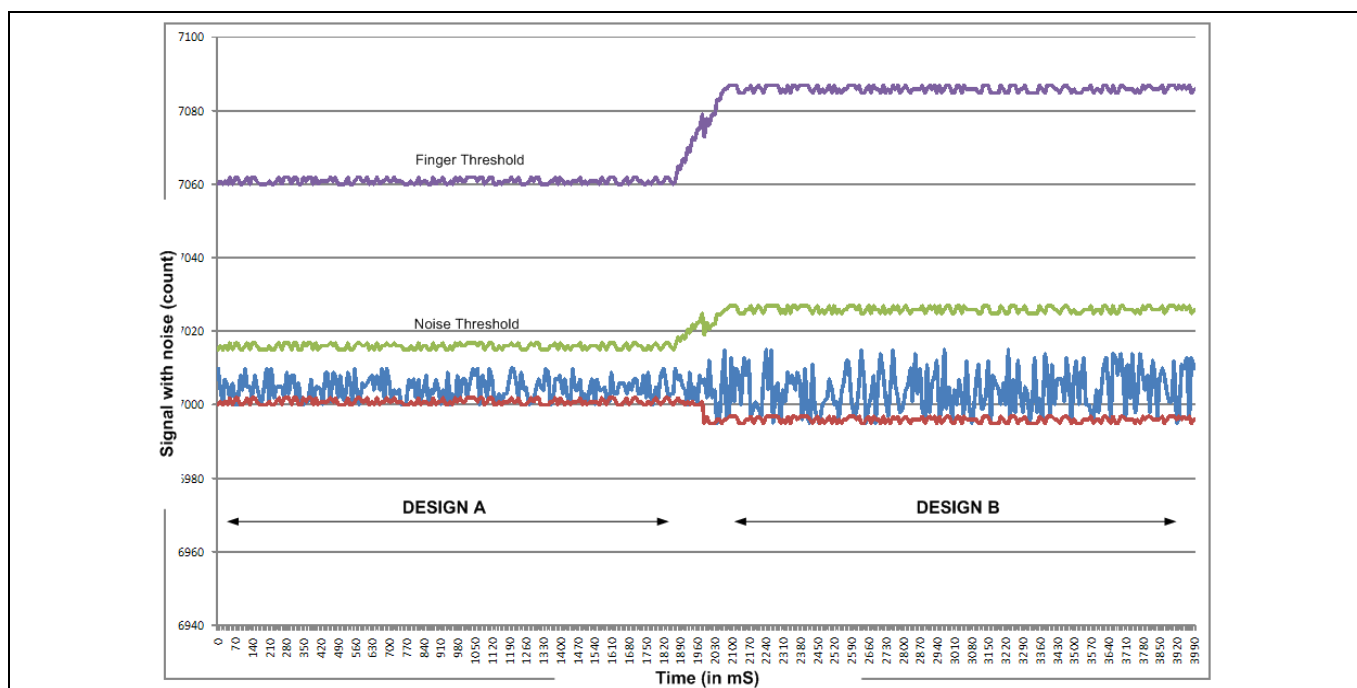


Figure 17 自動的に補正されるデザイン A とデザイン B の異なるノイズレベル

製造中のノイズのスパイク

SmartSense 技術は Figure 18 に示されるように、設計段階で見られなかったノイズスパイク (製造中) も自動的に調整して取り除きます。これは強力な SmartSense 機能であり、エンドシステムにおける偽のボタン押下を防ぎ、大量生産設計に対する分析の障害を防ぎます。

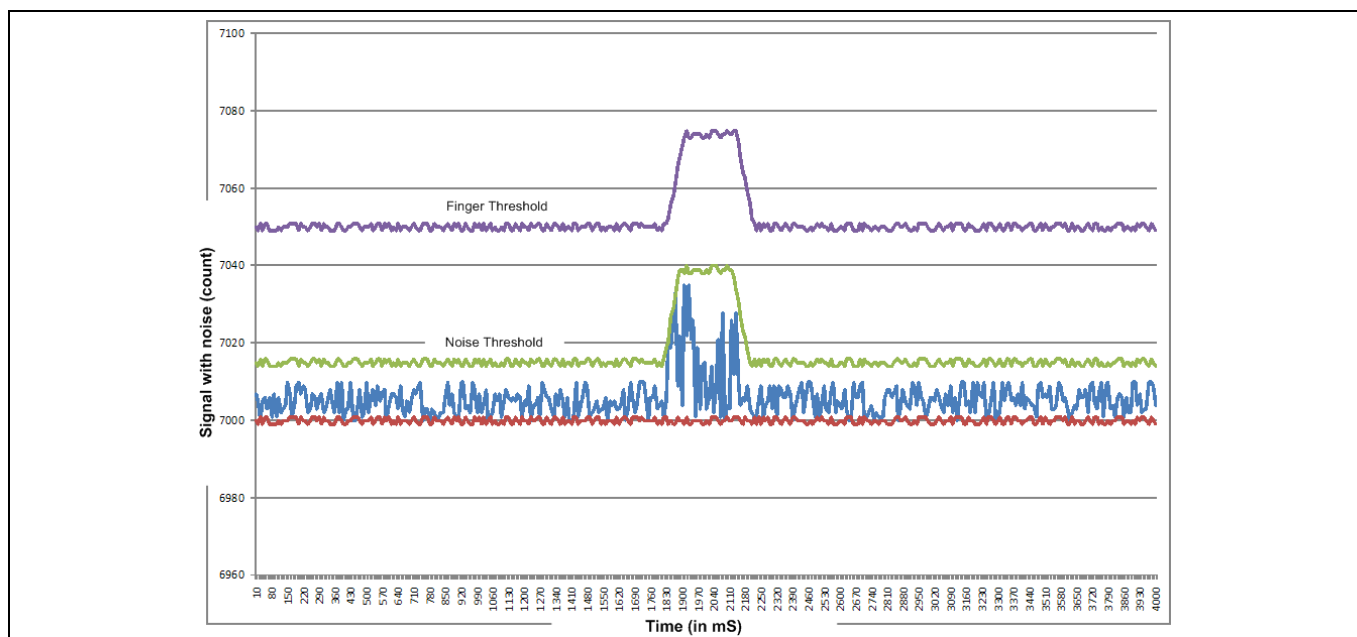


Figure 18 誤ったボタン タッチを防ぐために動的に調整される指閾値

2.5.2.4 手動チューニングが有利なタイミングは?

SmartSense では、デバイス自体が最適な性能を得られるために校正でき、チューニング処理を完全かつ自動的に完了できます。この技術は殆どのデザインの要件を満たしますが、SmartSense が動作しない場合、または SNR や消費電力の特定な要件がある場合のシステム要件を満たすためには、CAPSENSE™ CSD パラメーターを手動で調整できます。これは手動チューニングと呼ばれます。SmartSense の自動チューニングとは対照的に、手動チューニングはいくつかの利点があります。

- パラメーター設定による厳重な管理: SmartSense はすべてのパラメーターを自動的に設定します。しかし、パラメーターで厳重に管理する場合もあります。例えば、CSD が 1 つのセンサーグループをスキャンする時間を厳重に管理する必要がある場合は、手動チューニングを使用します。このことはシステム内の EMI を低減するために実行できます。
- より高い寄生容量の対応: SmartSense は 0.2pF の指容量の場合、最大 45pF、0.1pF の指容量の場合、最大 35pF の寄生容量に対応します。寄生容量が SmartSense でサポートされる値より大きい場合、手動チューニングを使用する必要があります。

手動チューニングの段階的な手順については各デバイス固有の [デザインガイド](#) を参照してください。

CAPSENSE™技術

2.6 信号対ノイズ比 (SNR)

「信号」は、様々な意味がある一般的な工学用語です。CAPSENSE™用途の場合に、信号はオフとオンの状態間の raw カウントの変化として定義されます。信号は差分カウントとも呼ばれます。

ノイズも多くの意味を持っている用語です。以下では、センサー出力と時間の簡単な数学モデルを使用する CAPSENSE™ノイズの定義です。

センサーがオフ状態の場合、カウント $X(t)$ は平均カウントとノイズ要素で計算されます。

$$X(t) = X0 + N0(t)$$

Equation 6

- $X0$ は $X(t)$ の平均値
- $N0(t)$ はオフ状態時の「 t 」の間のノイズ要素

センサーがオン状態の場合、同じモデルは適用されます。

$$X(t) = X1 + N1(t)$$

Equation 7

- $X1$ は $X(t)$ の平均値
- $N1(t)$ はオン状態時の「 t 」の間のノイズ要素

$X0$ は、raw カウントのベースライン値と呼ばれます。 $X1$ と $X0$ 間の差は信号 (S) と呼ばれます。

$$S = X1 - X0$$

Equation 8

ノイズ要素 $N0(t)$ と $N1(t)$ は類似していますが、同一ではありません。例えば、指センシングアプリケーションでは、 $N1(t)$ は $N0(t)$ に比べて高いレベルの AC ライン ノイズを含んでいます。これは、人体が 50Hz と 60Hz ライン ノイズに対するアンテナのようになり、センサー オーバーレイに触れている指がこのノイズを CAPSENSE™システムに結合させるからです。

ノイズ レベル N の最悪の場合は、オフ状態時に測定されるピーク ノイズと定義されます。

$$N = \max(N0(t)) = \max(X(t)) - \min(X(t))$$

Equation 9

したがって、CAPSENSE™ SNR は、信号 (S) のノイズ (N) に対する比として定義されます。

$$SNR = S : N$$

Equation 10

多くの CAPSENSE™アプリケーションからの実験と知識に基づいて、堅牢なオン/オフ動作を確保しノイズと信号間の十分なマージンを確実にするためには、最小でも 5:1 の SNR を推奨します。

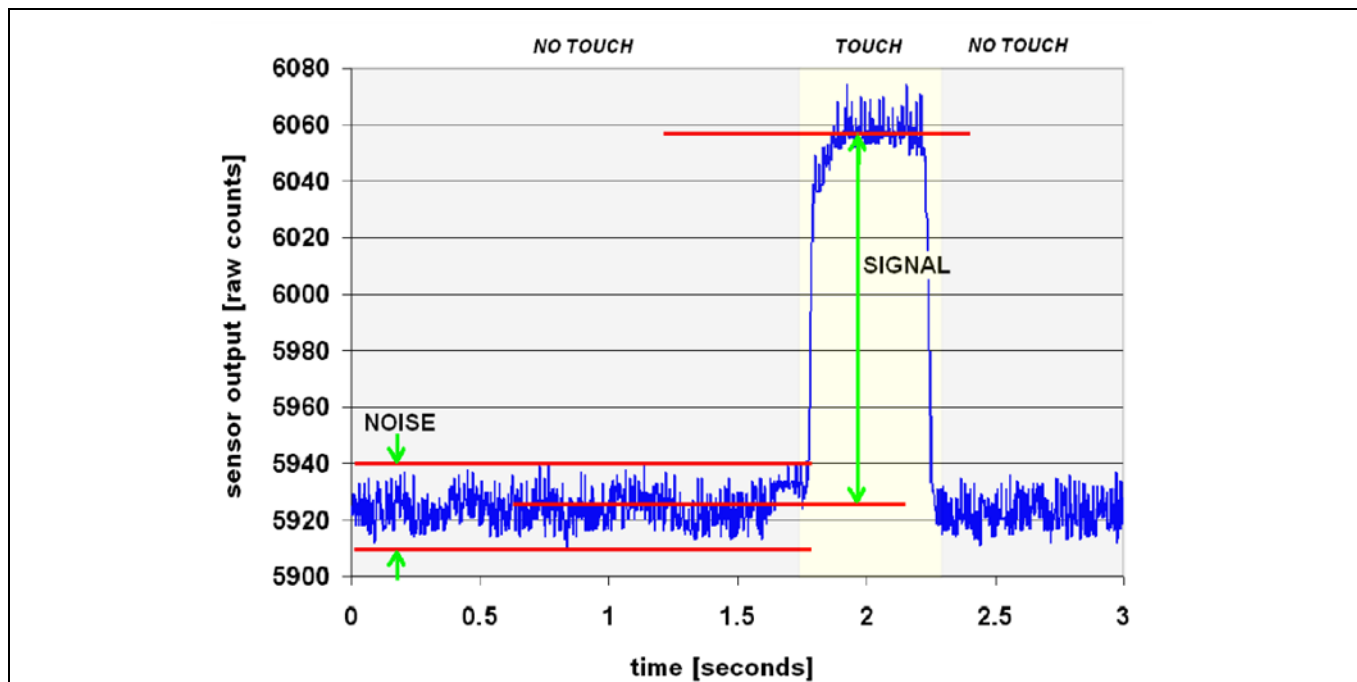


Figure 19 信号対ノイズ

2.6.1 SNR の測定

SNR は、CAPSENSE™を使用する環境で測定する必要があります。つまり、ノイズの最悪条件でシステムの SNR を測定します。

SNR を測定するには、まず、センサーごとに raw カウントを監視します。テキスト ファイルにログをとってスプレッドシートでデータをグラフにする、もしくはインフィニオンブリッジコントロールパネルと Minipro3 または MiniProg4⁵を使用する、または PSOC™ Creator の CAPSENSE™コンポーネントに付属する SNR を表示可能なチューナーツールを使用することで実現できます。(詳細は[データ監視ツール](#)を参照)。これらのツールを使用して raw カウントを監視する方法を記載する [AN2397 – PSOC 1 および CAPSENSE™コントローラー – CAPSENSE™データ監視ツール](#)を参照してください。どの方法でも、raw カウントは SNR の測定のために監視する必要があります。差分カウントは SNR の測定に使用してはいけません。理由は、これはベースライン更新プロセス中に使用され、フィルター処理(「バケット」を満たす)および非線形の閾値イベントを含んでいるためです。

考慮すべき他の要素は、信号を生成する方法です。SNR を測定する際に、最悪条件のオンとオフのシナリオを使用する必要があります。システムが指を検知するように設計された場合、センサー エリアに軽く触れて、中心を少し外れて接触点を置くことで SNR を測定します。自動化試験では、最悪条件の指タッチ (0.1pF) は、小銭のサイズと形状を持つ相当の金属ディスクにより刺激されることが多いです。

SNR の測定例として、[Figure 19](#) の raw カウント波形を考慮してください。

X0 = 5925 カウント

X1 = 6055 カウント

S = 130 カウント

N = 5940 - 5910 = 30 カウント

⁵ プログラミングおよびデバッグキットの詳細については、[プログラミングおよびデバッグ用のキット](#)を参照してください。

CAPSENSE™技術

SNR = 130:30 = 4.3:1

2.7 CAPSENSE™ウィジェット

CAPSENSE™のウィジェット (部品) は、ユーザー インターフェースの特定の種類に相当するユニットであり、1 つ以上の CAPSENSE™センサーから構成されます。CAPSENSE™のウィジェットは大まかに 4 つのカテゴリに分類されます。ボタン (0 次元)、スライダー (1 次元)、タッチパッド/トラックパッド (2 次元)、および近接センサー (3 次元)。Figure 20 にボタン、スライダー、および近接センサーのウィジェットを示します。ここでは、異なる CAPSENSE™のウィジェットの基本的な概念について説明します。センサー構造の詳細な説明については、[センサーの構成](#)を参照してください。

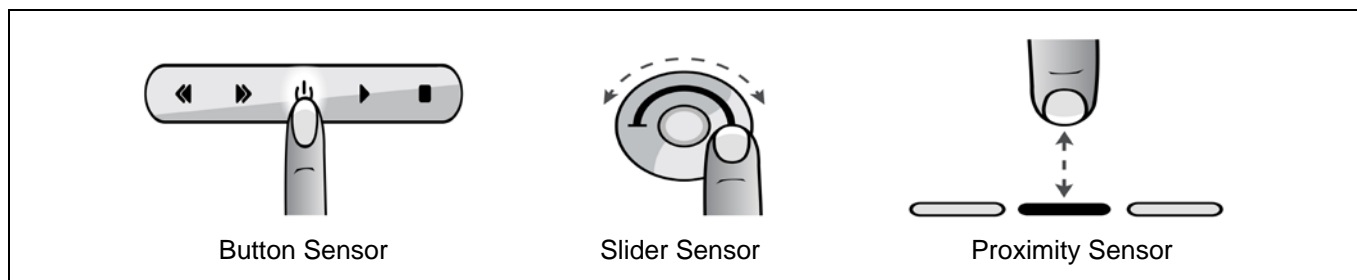


Figure 20 いくつかのウィジェットの種類

2.7.1 ボタン (0 次元)

CAPSENSE™のボタンは、多種多様なアプリケーション (家電、医療機器、白物家電、照明管理および他の多くの製品) の中で使われているメカニカル ボタンに取って代わります。これは、単一センサーからなる、CAPSENSE™ウィジェットの最も簡単な種類です。CAPSENSE™のボタンは、2 つの出力状態の内の 1 つを出力します。アクティブ (指がボタンに接触) か非アクティブ (指がボタンに不接触) です。これら 2 状態はそれぞれにオンとオフ状態とも呼ばれます。

自己容量ベースの、つまり CSD センシング方式の場合、単純な CAPSENSE™ボタンは、PCB トレースを使用して PSOC™ GPIO に接続された円形の銅パッドで構成されます。ボタンは、他のボタンやトレースから分離するために、接地された銅のハッチで囲まれています。円形の隙間がボタンパッドとグラウンドハッチを分離しています。各ボタンには 1 つの PSOC™GPIO が必要です。これらのボタンは、非導電性基板上的の任意の導電性材料を使用して構築できます。例えば、ガラス基板上的のインジウムスズ酸化物、または非導電性フィルム上の銀インク。金属製のバネでさえボタンセンサーとして使用できます。詳細については、[センサーの構成](#)を参照してください。

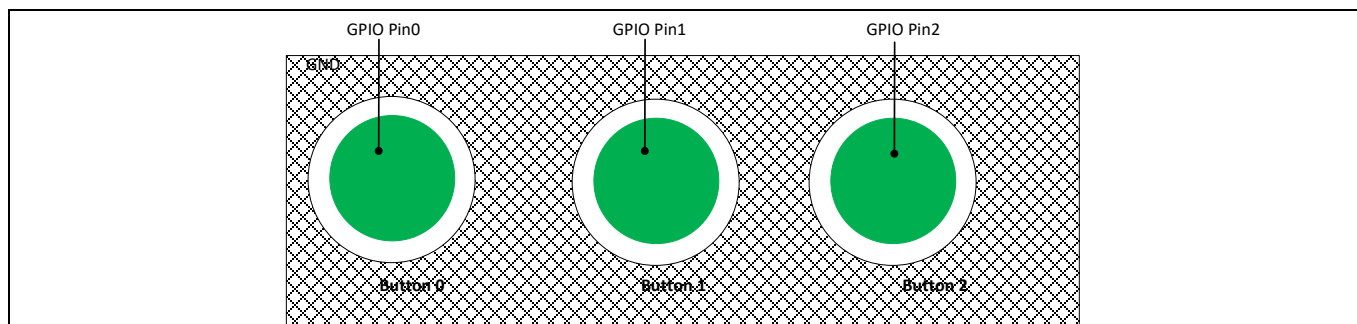


Figure 21 自己容量センシング方式のシンプルな CAPSENSE™ボタン

相互容量ベースの CSX センシング方式の場合、各ボタンには、Tx 電極として構成された 1 つの GPIO ピンと Rx 電極として構成された 1 つの GPIO ピンが必要です。Figure 22 に示すように、Tx ピンは複数のボタン間で共有できます。

CAPSENSE™ 技術

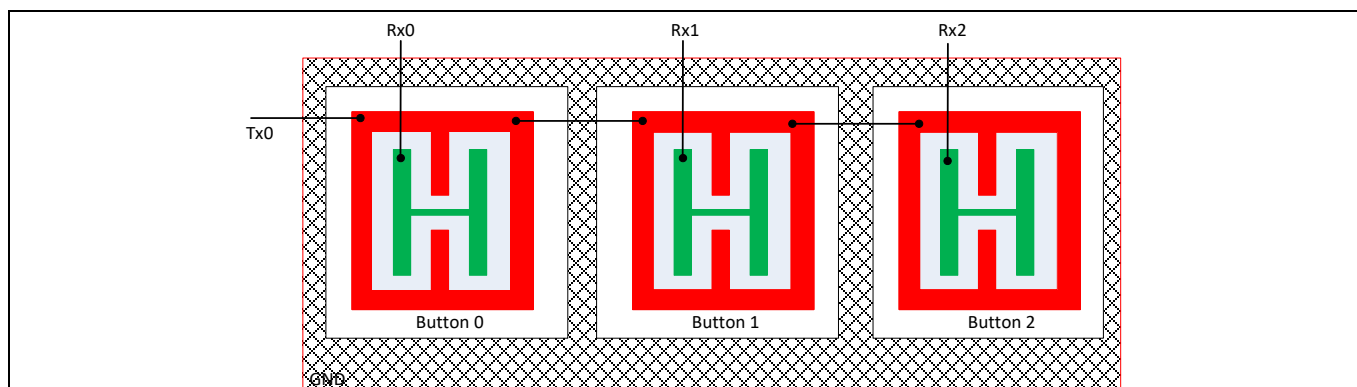


Figure 22 相互容量センシング方式のシンプルな CAPSENSE™ ボタン

電卓のキーパッドや QWERTY キーボードなど、アプリケーションで多くのボタンが必要な場合は、Figure 23 に示すように、CAPSENSE™ ボタンをマトリックスに配置できます。これにより、GPIO ごとに複数のボタンをデザインに含められます。例えば、Figure 23 の 12 ボタンの設計では、8 つの GPIO のみが必要です。

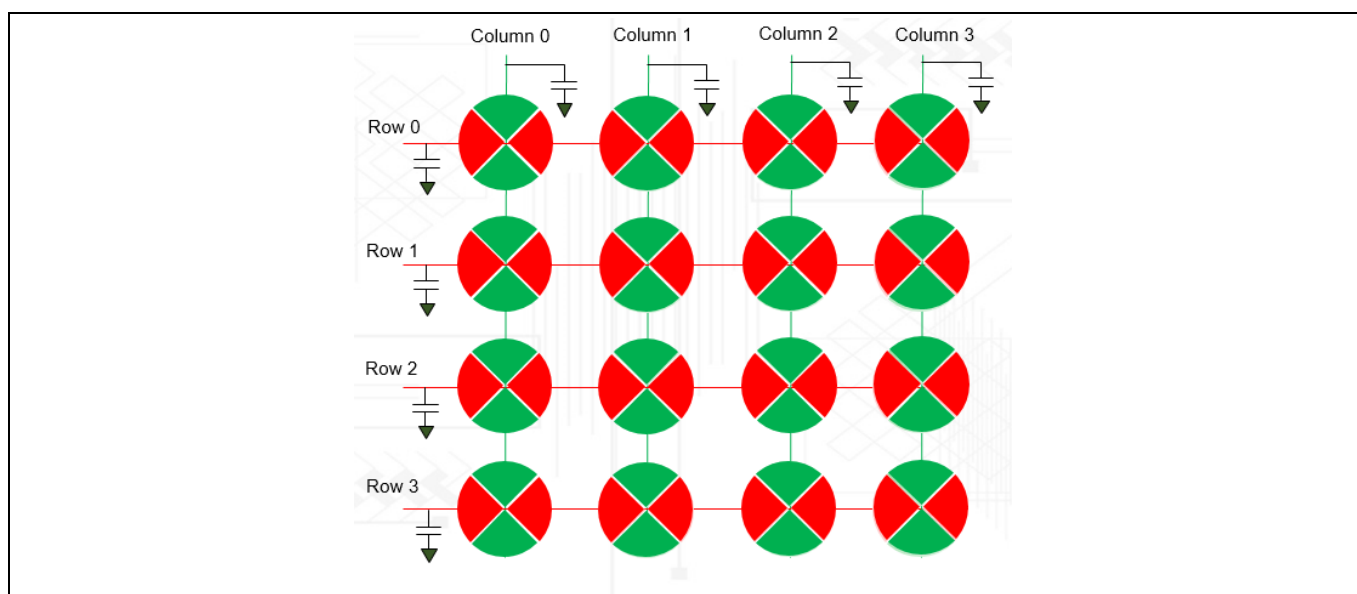


Figure 23 CSD をベースとしたマトリックスボタン

マトリックスボタンの設計には、行センサーと列センサーの 2 つの静電容量センサーグループがあります。マトリックスボタンアーキテクチャは、自己容量 (CSD) と相互容量 (CSX) の両方の方法で使用できます。

自己容量モードでは、Figure 23 に示すように、各ボタンは行センサーと列センサーで構成されます。ボタンに触れると、そのボタンの行センサーと列センサーの両方がアクティブになります。CSD ベースのマトリックスボタンは、ユーザーが一度に 1 つのボタンに触れることが予想される場合にのみ使用する必要があります。ユーザーが対角線上にある複数のボタンに触れた場合、Figure 24 に示すように、指の位置を解決できません。この効果はゴースト効果と呼ばれ、無効な状態と見なされます。

CAPSENSE™ 技術

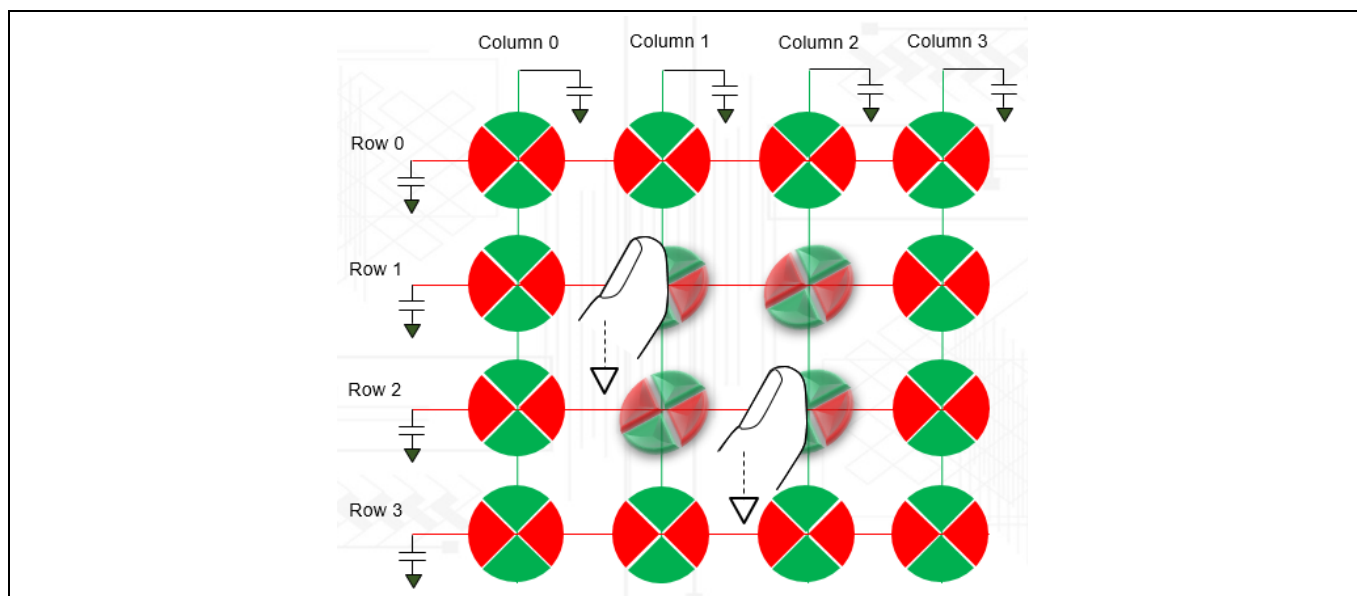


Figure 24 CSD をベースとしたマトリクスボタンのゴースト効果

相互静電容量は、ゴーストタッチの影響を受けず、高 C_p センサーの SNR が向上するため、マトリクスボタンの推奨される検出方法です。これは、[Figure 25](#) に示すように、行と列を検出するのではなく、各交差点で形成される相互容量を検出するためです。Shift, Ctrl, および Alt キーを備えたキーボードなど、複数のボタンを同時に検出する必要があるアプリケーションでは、相互容量を使用できます。センシング方法、または Shift, Ctrl, および Alt キーを個別の CSD ボタンとして設計する必要があります。

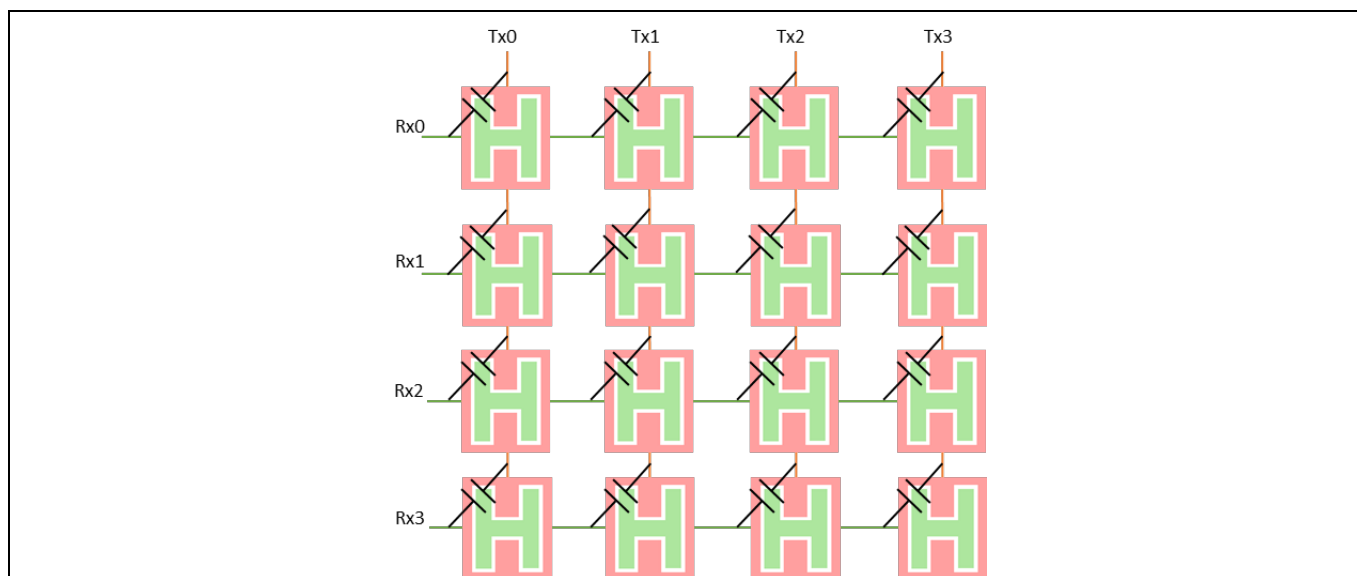


Figure 25 CSX をベースとしたマトリクスボタン

ただし、CSX センシング方式を使用してマトリクスキーパッドをスキャンすると、CSD センシング方式よりも全体的なスキャン時間が長くなる場合があることに注意してください。これは、CSD センシング方式が行と列をセンサーとしてスキャンするのに対し、CSX センシング方式は各交差点をセンサーとしてスキャンするためです。

CAPSENSE™技術

2.7.2 スライダー (1 次元)

スライダーは、必要な入力段が段階的なインクリメントまたはデクリメントの形式である場合に使用します。例としては、照明管理 (調光装置)、音量管理、グラフィックイコライザ、速度制御などが挙げられます。現在、PSoC™ Creator および ModusToolbox™ の CAPSENSE™ コンポーネントは、自己容量ベースのスライダーのみをサポートしています。相互静電容量ベースのスライダーは、コンポーネントの将来のバージョンでサポートされる予定です。

スライダーは、セグメントと呼ばれる静電容量センサーの 1 次元配列で構成され、互いに隣接して配置されます。1 つのセグメントに触れると、隣接するセグメントが部分的にアクティブになります。ファームウェアは、タッチされたセグメントと近くのセグメントからの raw カウントを処理して、**重心位置**と呼ばれる指のタッチの幾何学的中心の位置を計算します。

計算された重心位置の実際の解像度は、スライダーのセグメント数よりもはるかに高くなります。例えば、5 つのセグメントを持つスライダーは、少なくとも 100 の物理的な指の位置を解決できます。この高解像度により、指がスライダーを横切って滑るときに重心位置がスムーズに移行します。

リニアスライダーでは、[Figure 26](#) に示すように、セグメントがインラインで配置されます。各スライダーセグメントは PSoC™ GPIO に接続します。スライダーセグメントには、ジグザグパターン (ダブルシェブロン) を推奨します。このレイアウトにより、セグメントがタッチされると、隣接するセグメントも部分的にタッチされるようになり、重心位置の推定に役立ちます。

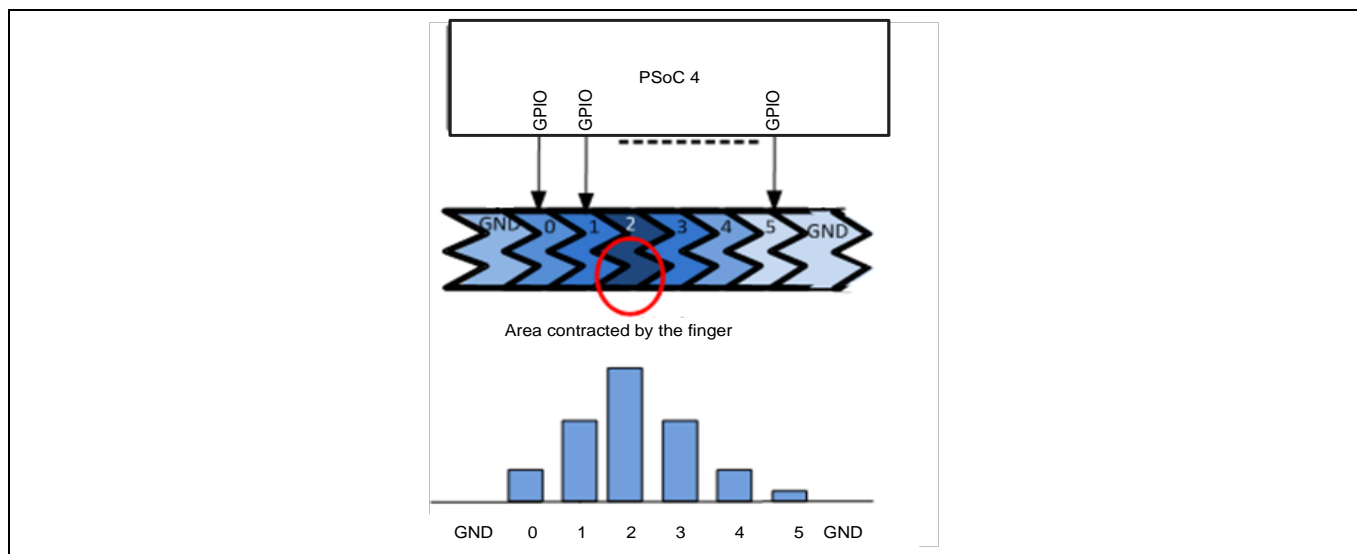


Figure 26 リニア スライダー

ラジアルスライダーは、ラジアルスライダーが連続していることを除いて、リニアスライダーに似ています。[Figure 27](#) に、一般的なラジアルスライダーを示します。

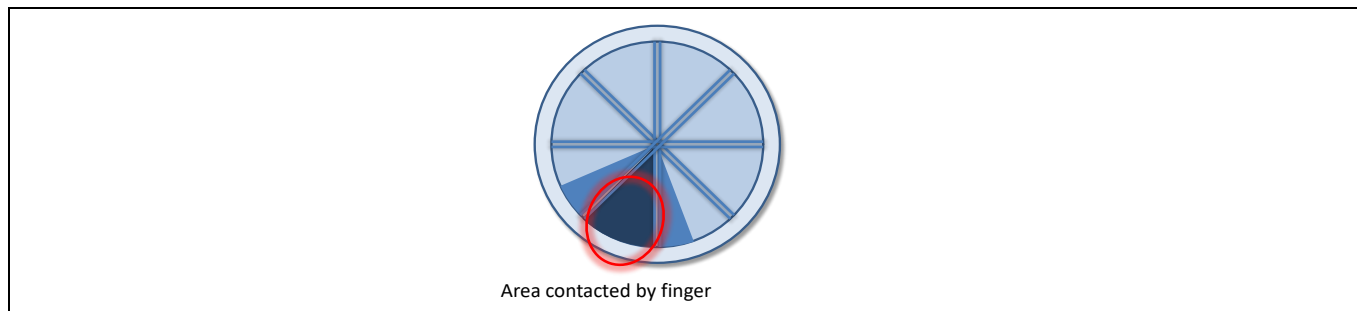


Figure 27 ラジアル スライダー

2.7.3 タッチスクリーンとトラックパッド (2 次元センサー)

トラックパッドは、(タッチパッドとしても知られている) は、XとY寸法の両方で指の位置を特定できるように、XとYのパターンで配置された2個のリニア スライダーがあります。Figure 28 に、トラックパッド センサーの典型的な配置を示します。

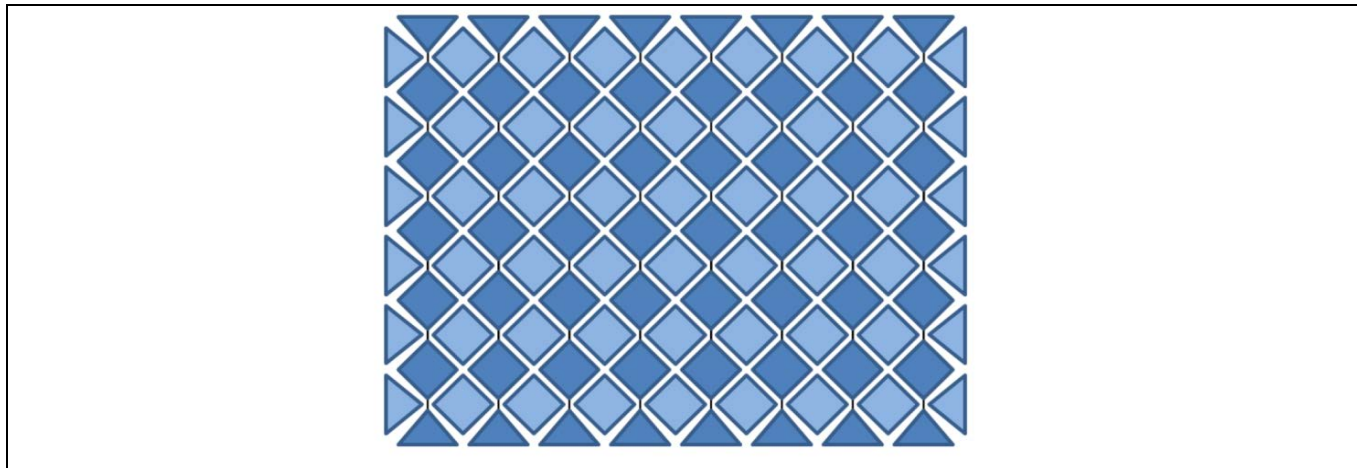


Figure 28 トラックパッド センサーの配置

2.7.4 近接 (3 次元センサー)

近接センサーは、手や他の導電性の物体がタッチ面に接続する前に、それらの存在を検出します。暗い状態で車載用オーディオシステムを操作する場合を想像してください。近接センサーは、ユーザーの手が近づく時、バックライト LED を介してオーディオシステムのボタンを点灯します。近接センサーの1つの実装は、Figure 29 に示すように、ユーザー インターフェースの境界線上の長い配線で構成されます。近接センサーを実装するもう1つの方法は、センサーを結合する方法です。詳細については、[近接センシング](#)を参照してください。

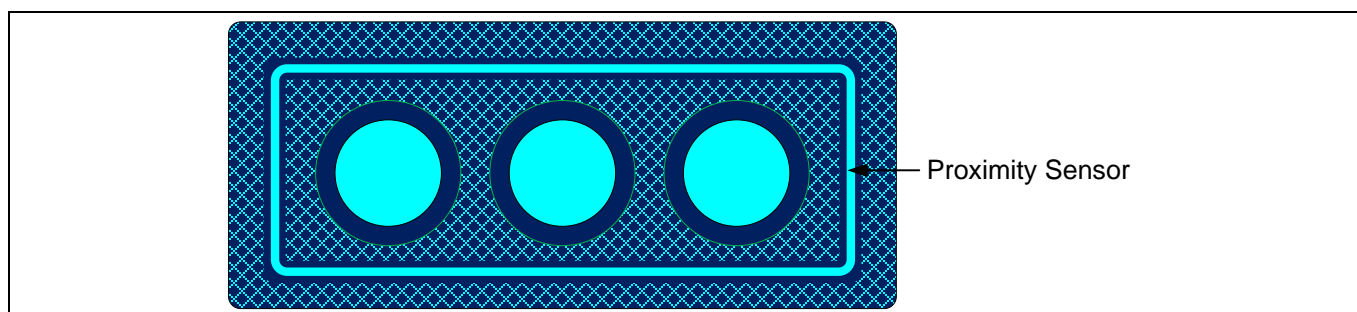


Figure 29 近接センサー

2.8 センサーの構成

容量センサーは、アプリケーション要件に応じて、異なる材料を使用して構成できます。典型的なセンサー構成では、ユーザーによるタッチを検知する導電性パッドまたは表面が導電性配線またはリンクにより容量コントローラーのピンに接続されます。この全体の構成は非導電性オーバーレイ材料の下に配置され、ユーザーはオーバーレイの上に操作します。センサー構成の一般的な方法はFR4 プリント基板上に銅製パッドとトレースをエッチングすることです。ただし、タッチスクリーン アプリケーションでは、インジウムスズ酸化物 (ITO) が透明なセンサーを構成するために使用されます。ここでは、センサーを構成する様々な方法およびそれぞれの方法の特長を説明します。したがって、ユーザーは独自の要件に合う方法を選択できます。

CAPSENSE™ 技術

2.8.1 銅の配線 (プリント基板) により結合した電界

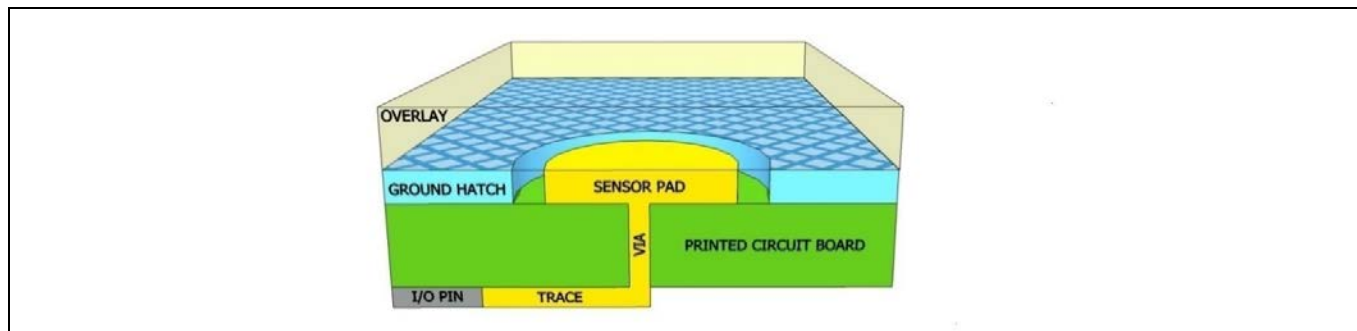


Figure 30 プリント基板により結合した電界

プリント基板ベースの設計の特長

- 最も一般的な実装
- プリント基板の表面でエッチングされた銅製パッドがセンサーパッドとして動作
- 電界は銅製センサーパッドからグランド面まで発散
- 機械的可動部分なし
- 非導電性のオーバーレイ素材がボタンのタッチ面として機能
- 単純なフラットパネル設計に理想的なトポロジ
- 低 BOM コスト

2.8.2 スプリング/ガスケット/フォームにより結合した電界

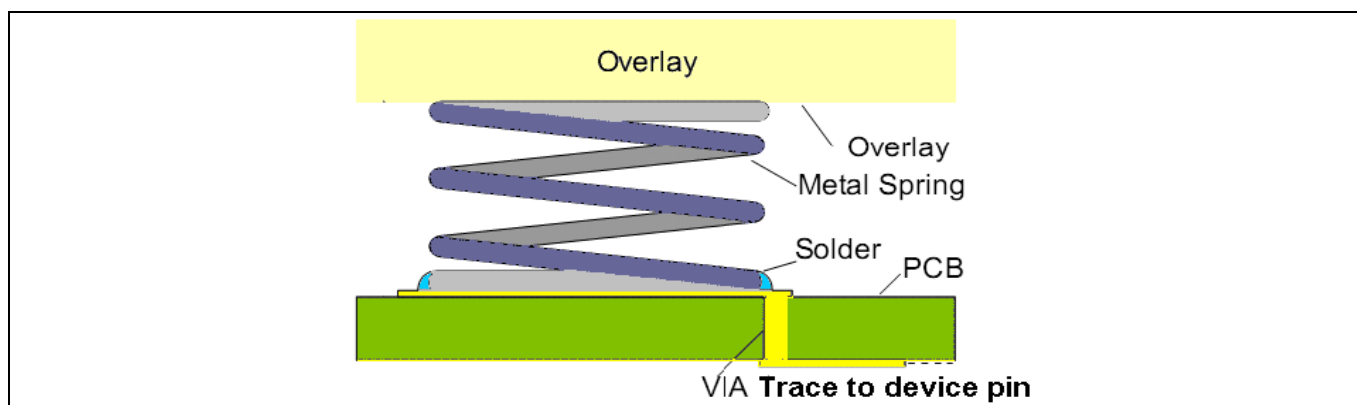


Figure 31 スプリングにより結合した電界

スプリング/ガスケット/フォームに基づく設計の特長

- 圧縮されたスプリング、または導電性のガスケットやフォームを使用してプリント基板からオーバーレイに結合した電界 (独立気泡導電性フォームを使用する必要があります。水分を吸収する材料を使用しないでください。)
- 導電性の素材自体が、静電容量センサーパッドとして機能
- 機械的可動部分なし。スプリングやフォームは移動しない
- あらゆる非導電性のオーバーレイがボタンのタッチ面として機能
- 曲線, 傾斜, あるいはその他の例外的なフロントパネルに理想的なトポロジ
- タッチセンサー表面がシリコンまたはマザーボードから物理的に離れている設計に最適

CAPSENSE™技術

- CAPSENSE™およびメカニカル ボタンの組み合わせが望ましい設計に最適

2.8.3 印刷されたインクにより結合した電界

印刷されたインク ベースの設計の特長

- 導電性のインクを使用して柔軟な基板の上の印刷されたパターンに結合した電界
- 銅に比べて印刷済みインクの高いシート抵抗 (単位が Ω /スクウェア) に起因して、直列抵抗が高い。ただし、銀入りインク、ITO や PEDOT などの材料はシート抵抗が比較的低いため、その直列抵抗は厚さの変動に依存します。
- 薄いプリント基板に起因した高い寄生容量
- 機械的可動部分はないが、基板はフレキシブル
- 非導電性のオーバーレイによりタッチ センサーの表面に結合
- 柔軟なフロントパネルに理想的なトポロジ
- 柔軟なプリント基板は1層または2層フィルム

2.8.4 ガラスの ITO フィルムで結合したフィールド

ITO フィルム ベースの設計の特長

- ガラス上の印刷または堆積パターンにより結合した電界
- 銅に比べて、ITO フィルムの直列抵抗が高い
- 機械的可動部分なし
- グラフィカルなフロントパネルに理想的なトポロジ

2.9 耐液性

CAPSENSE™は、家電、自動車、産業用途などの様々な用途で使用されています。これらのアプリケーションは、霧、湿気、水、氷、湿度変化の存在下でも堅牢な CAPSENSE™の動作を必要とします。CAPSENSE™の設計において、誤ったタッチ検知は、タッチ面上の液膜か液滴の存在に起因して起こることがあります。インフィニオンの CAPSENSE™センシング方法は、霧、湿気、水、氷、湿度変化による raw カウントの変化を補正でき、堅牢かつ信頼性の高い CAPSENSE™の動作を提供します。



Figure 32 耐液性のある洗濯機での CAPSENSE™ベースのタッチ ユーザー インターフェース

CAPSENSE™技術

CAPSENSE™のセンシング方法では、霧、湿気、湿度変化による raw カウントの変化を補正するために、センサーのベースラインを連続的に調整することでセンサーの誤ったトリガーを防止します。液滴または液体流による raw カウントの変化を補正するために、Figure 33 に示すようにシールド電極とガードセンサーを実装することで、堅牢なタッチセンシングを提供する必要があります。ノイズ耐性を向上させるために、すべてのセンサーピンは任意に 560 Ω の直列抵抗に接続できます。

液滴がタッチ面上に存在し、かつシールド電極が実装された場合、CAPSENSE™システムは液滴の存在下でも確実に動作し、センサーのオン/オフ状態を報告できます。タッチ面上に液体流または液体プールがある場合、CAPSENSE™システムは誤ったトリガーを防止するために、ガードセンサーを使用して液体を検出し、システム内のすべての他のセンサーのスキャンを無効にします。これにより、タッチ面上に液体流または液体プールがある場合、CAPSENSE™システムは、液体がタッチ面上にある限り、指の接触を検出しません。

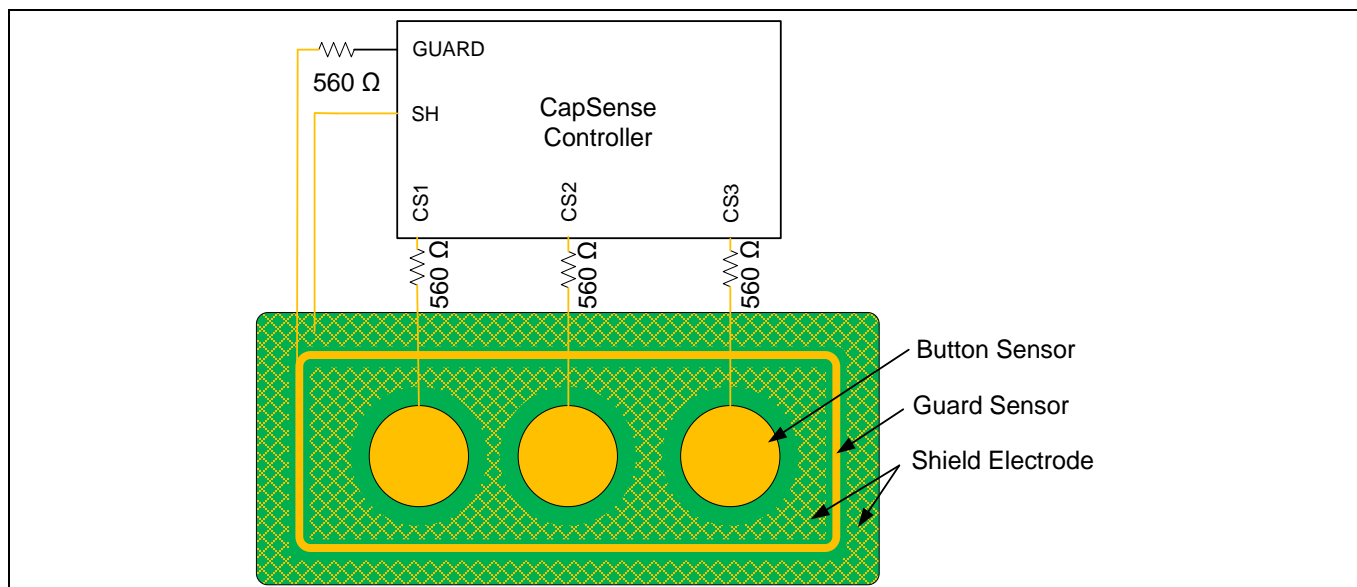


Figure 33 CAPSENSE™コントローラーに接続したシールド電極 (SH) およびガード センサー (GUARD)

2.9.1 CAPSENSE™に対する液滴と液体流の影響

CAPSENSE™のセンサーに対する液滴や液体流の影響を理解するためには、Figure 34 に示すように、センサーを取り囲んだハッチがグランドに接続されている CAPSENSE™システムを考えてみましょう。グランドに接続されたハッチでセンサーを取り囲めば、センサーのノイズ耐性を改善します。センサーの寄生容量は Figure 34 で C_s と表記されます。

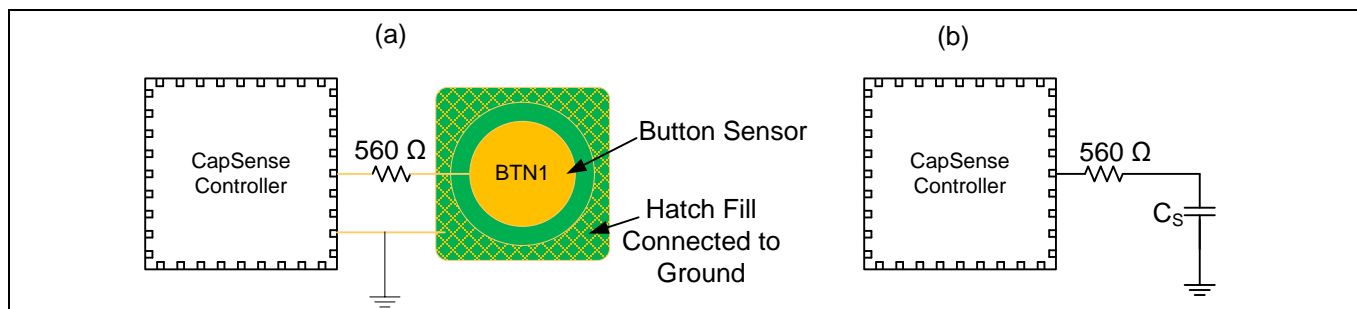


Figure 34 標準的 CAPSENSE™システムのレイアウト

CAPSENSE™ 技術

Figure 35 に示すように、液滴がタッチ面上に落下すると、その導電性により、磁力線がグランドに戻るために強い結合経路を提供し、その結果、 C_p と並列に C_{LD} の静電容量を追加します。センサーが充放電されると、 C_{LD} コンデンサを通した非ゼロの電圧差のため、 C_{LD} 静電容量は AMUX バスからある程度の電荷を引き出します。これは、CAPSENSE™ の回路が検知する全体の静電容量を増加させて、結果としてセンサーの raw カウントが増加します。液体の導電性が高い (塩分が高い水またはミネラル含有量の高い水) いくつかの場合では、Figure 36 に示すように、液滴のタッチ面上への落下による raw カウント増加は指の接触による raw カウント増加に等しく、誤ったトリガーを発生させることがあります。

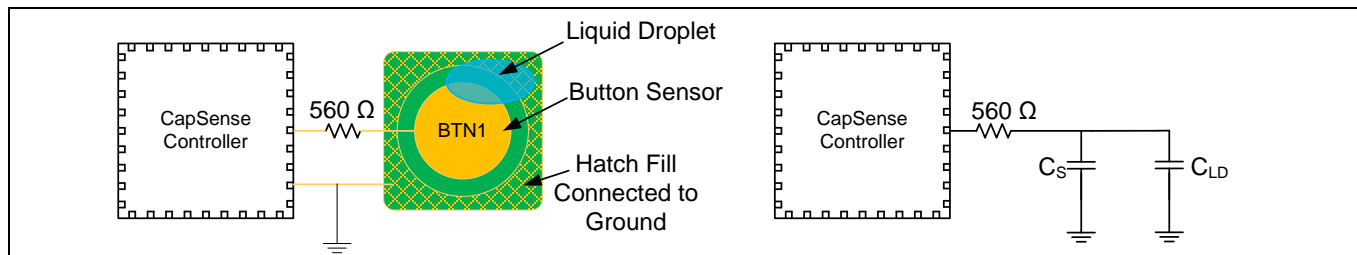


Figure 35 ハッチがグランドに接続されている時の液滴により追加された静電容量

C_S – センサー寄生容量

C_{LD} – 液滴により追加された静電容量

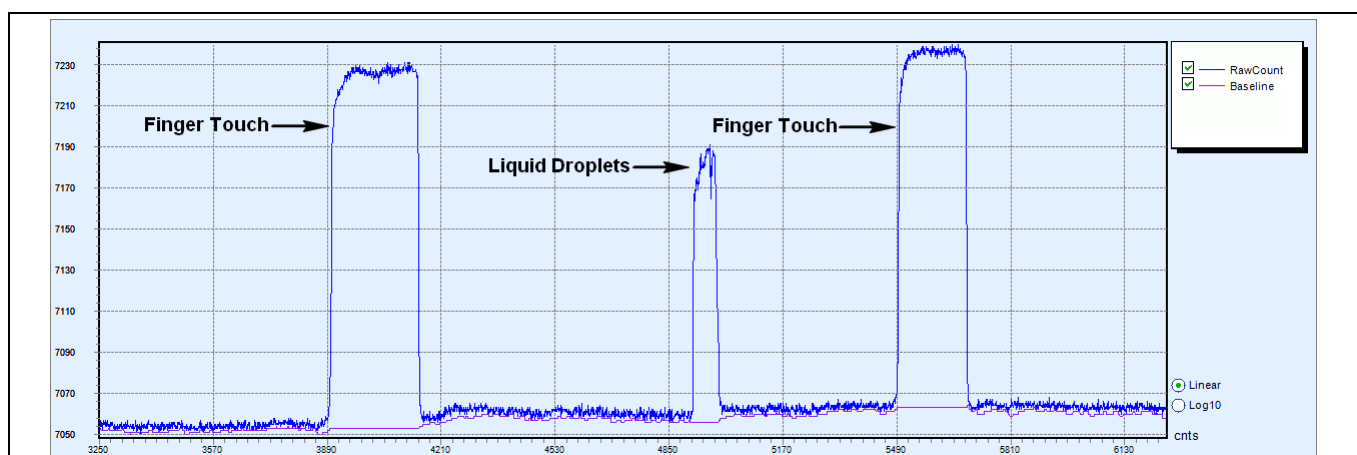


Figure 36 センサー周囲のハッチがグランドに接続されている時の液滴の影響

液滴により CAPSENSE™ の回路に追加された静電容量を補正するためには、**被駆動シールド信号**でセンサー周囲のハッチを駆動する必要があります。

Figure 37 に示すように、センサー周囲のハッチを被駆動シールド信号に接続された時、および液滴がタッチ面に当たった時、液滴の両側の電圧が同電位に保たれているため、液滴により追加された C_{LD} 静電容量は無効になります。 C_{LD} コンデンサの両端間の電圧差がゼロのため、AMUX バスから電荷を引き出しません。したがって、Figure 38 に示すように、液滴がセンサーに当たった時の raw カウントの増加は非常に少ないです。

CAPSENSE™ 技術

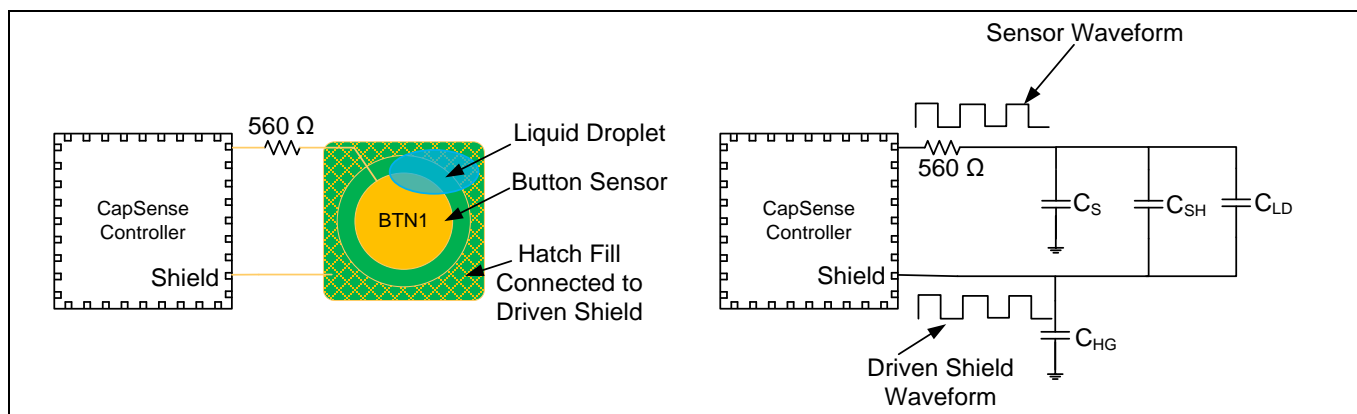


Figure 37 センサー周囲のハッチがシールドに接続されている時の液滴により増加した静電容量

C_S – センサー寄生容量

C_{SH} – センサーとハッチ間の静電容量

C_{HG} – ハッチとグランド間の静電容量

C_{LD} – 液滴により追加された容量

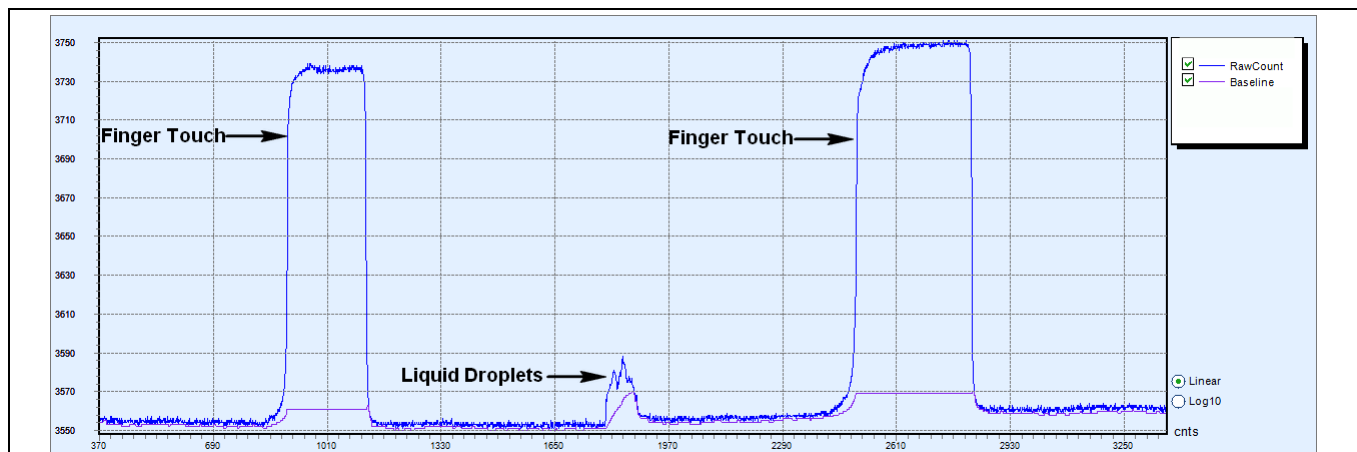


Figure 38 センサー周囲のハッチが被駆動シールドに接続されている時の液滴の影響

2.9.2 被駆動シールド信号およびシールド電極

Figure 39 に示すように、被駆動シールド信号は、センサー スイッチング信号のバッファリングされたバージョンです。被駆動シールド信号は、センサー スイッチング信号と同じサンプルの振幅、周波数、および位相を有します。バッファは、被駆動シールド信号がプリント基板上のハッチの高い寄生容量を駆動するために十分な電流を供給します。センサー周囲のハッチは被駆動シールド信号に接続されている時、シールド電極と呼ばれます。CAPSENSE™に対する液滴と液体流の影響で説明したように、シールド電極がセンサー スイッチング信号と同じ電圧で駆動されるため、タッチ面上に落下した液滴による追加の容量が無効にされます。最高の耐液性能を達成するためには、被駆動シールド信号がセンサー スイッチング信号と同じ電圧と位相を有する必要があります。

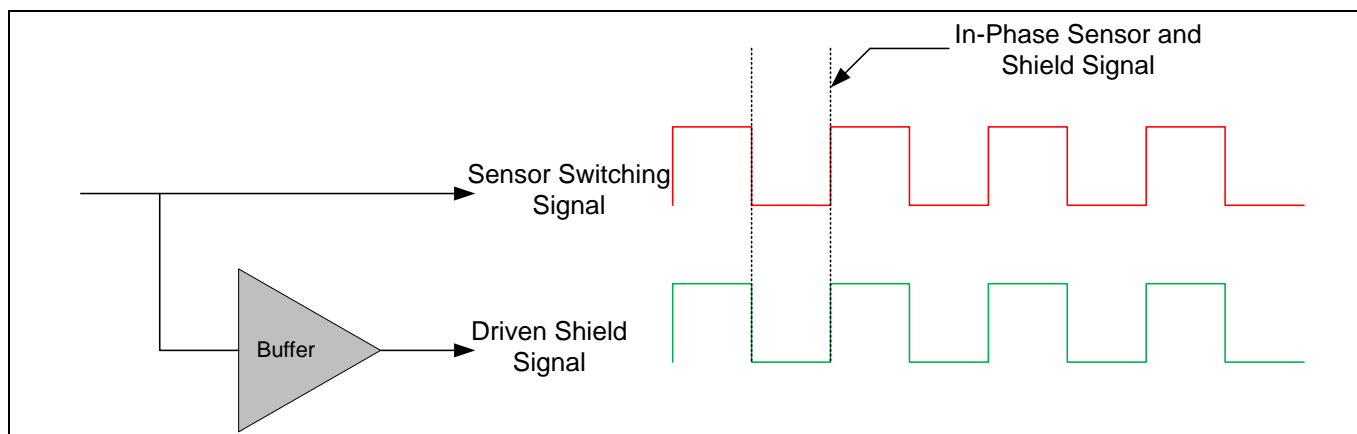


Figure 39 被駆動シールド信号

2.9.3 ガード センサー

連続液体流はタッチ インターフェースに当たると、CAPSENSE™回路に多量の静電容量 (CST) を追加します。この静電容量は、CLD の数倍大きくなる可能性があります。このため、シールド電極の影響は完全にマスクされており、センサーで測定される raw カウントは、指の接触による raw カウントより高くなります。このような状況では、ガード センサーが誤ったタッチ センシングを防止するのに役立ちます。

ガード センサーは、Figure 40 に示すように、PCB 上のすべてのセンサーを取り囲んでいる銅配線です。ガード センサーはボタン センサーと同様で、液体流の存在を検出するために使用されます。ガード センサーがトリガーされると、ファームウェアは誤ったタッチ センシングを防ぐために、システム内のすべての他のセンサーのスキャンを無効にできます。ガード センサーがトリガーされた時にセンサーがスキャンされないため、液体流がある場合、タッチを検出できません。

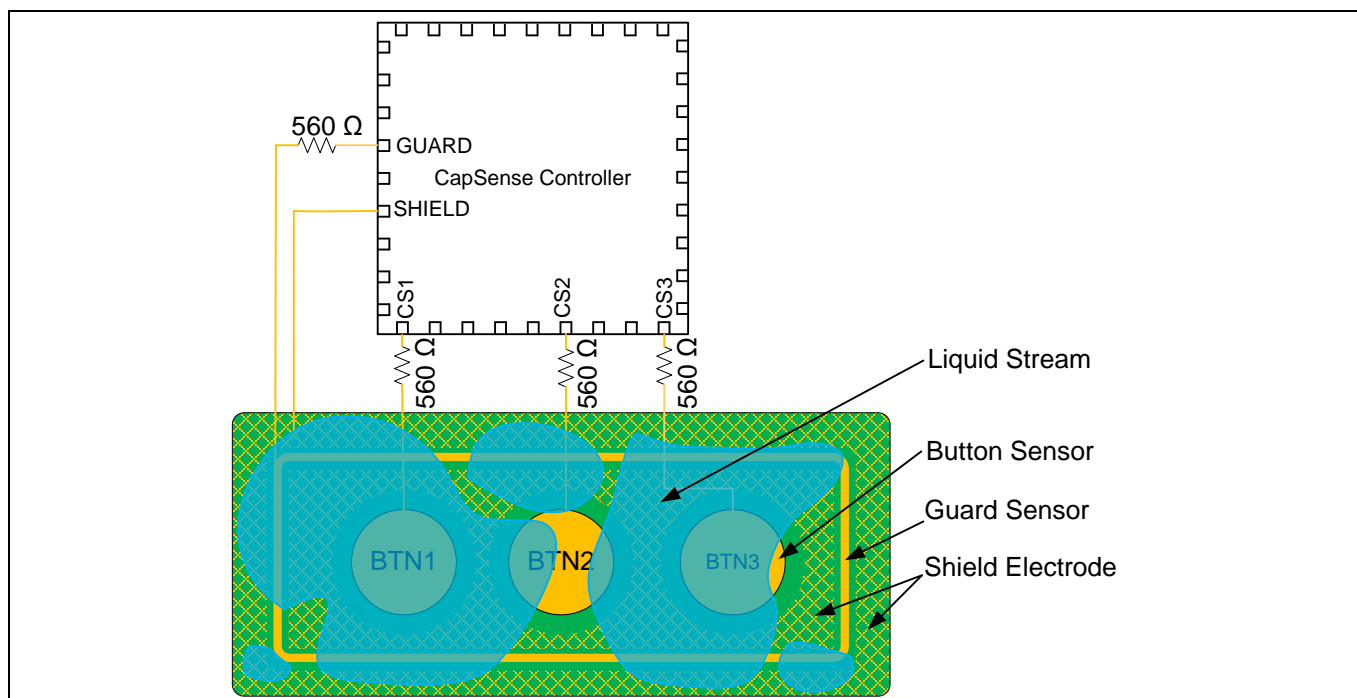


Figure 40 液体流を伴う静電容量測定

CAPSENSE™技術

2.9.4 耐液性の性能への液体の属性の影響

特定の応用では、CAPSENSE™のシステムは、ミネラル含有量の高い水、石鹼水、海水などのさまざまな液体の存在下で確実に動作しなければいけません。そのような応用では、タッチ面上の液体による最悪ケースの raw カウントの変化を考慮してセンサーの CAPSENSE™パラメーターを調節することを推奨します。最悪条件をシミュレートするためには、1 リットルの水に 40 グラムの調理塩 (NaCl) を溶かして塩水の溶液を用意し、水滴がセンサーに当たった時の raw カウントの変化を測定できます。

誘導クックトップなどの応用では、CAPSENSE™タッチ面にお湯がこぼれることがあります。耐液性の性能への液滴温度の影響を確かめるために、試験を異なる温度の液滴により行いました。実験結果は、高温液滴の影響が室温での液滴の影響と同じであることを示しています。これは、高温液滴がタッチ面に当たると直ちに室温に冷えるためです。

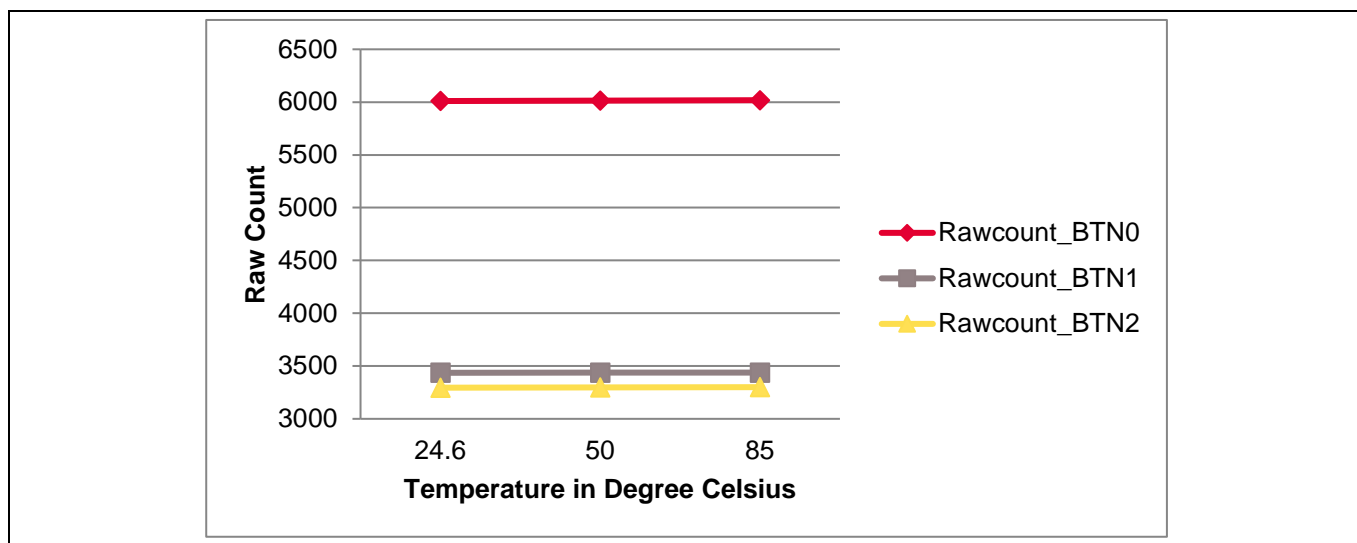


Figure 41 水の温度に伴う raw カウントの変化

設計に耐液性を持たせるために、以下の手順に従ってください。

1. 耐液性の機能を備える CAPSENSE™コントローラーを選択します。体液性の機能を備える CAPSENSE™コントローラーを選択するには、[CAPSENSE™セレクトガイド](#)を参照してください。
2. シールド電極およびガードセンサーを構成するには、デバイス専用の[デザインガイド](#)で説明される回路図およびレイアウトガイドラインに従ってください。
3. ガードセンサー (実装されている場合) を、液体流がある場合にのみトリガーされるように調節します。ファームウェアでは、ガードセンサーがトリガーされた時にセンサーがスキャンされないことを確認します。

耐液性を達成するために CAPSENSE™のパラメーターを調節する方法の詳細な手順については、個々の CAPSENSE™のデザインガイドを参照してください。アプリケーションノート [AN92239 – CAPSENSE™による近接センシング](#)では PSOC™ 4 デバイスに耐液性のある近接センシングシステムを実装する方法が説明されています。

2.10 近接センシング

近接センシングは、物理的な接触なしに隣接物体を検出するプロセスです。近接センサーは、電磁場、電磁放射のビーム、または周囲環境の変化を利用して、周囲の物体の近接を検出します。容量性、誘導性、磁気、ホール効果、光、および超音波センサーなどの様々な近接センサー種があります。それぞれ独自の利点と欠点を持っています。静電容量近接センシングは、低コストで、高信頼性、低消費電力、洗練された美しさ、および既存のユーザー インターフェースとのシームレスな統合性があるため、よく適用されて

CAPSENSE™技術

います。ここでは、CAPSENSE™ベースの近接センシングについて紹介します。完全な近接センシングの設計ガイドラインについては、[AN92239 – CAPSENSE™による近接センシング](#)を参照してください。

2.10.1 CAPSENSE™ベースの近接センシング アプリケーション

以下で説明するように、CAPSENSE™ベースの近接センシングは様々な応用で使用されています。

- **携帯電話およびタブレット内の顔検知:** 顔検知は、[Figure 42](#) に示すように、ユーザーが電話に出る時に、携帯電話のタッチスクリーンを無効にし、ディスプレイの明かりを薄暗くする携帯電話の機能の1つです。顔検知は、携帯電話が耳に置かれる時の誤タッチを回避し、デバイスの消費電力を最適化します。この応用で CAPSENSE™ベースの近接センシングを使用することは、IR 近接センシングに比べて利点があります。その理由として、オーバーレイ素材のカットアウトを必要とせず、ツーリングコストを削減して、最終製品の美的感覚を向上させるからです。

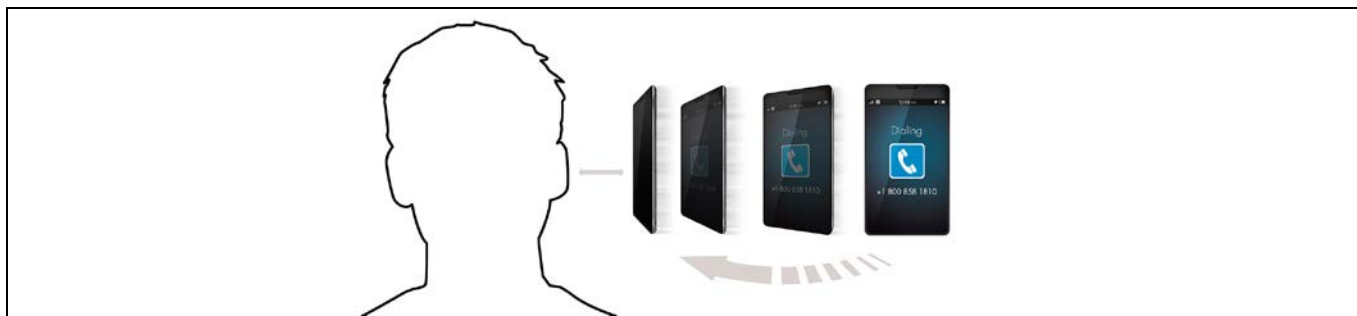


Figure 42 携帯電話での顔検知

- **タブレットおよび携帯電話内の SAR 規制:** SAR は、RF 電磁場にさらされた時にエネルギーが人体に吸収される速度の尺度です。連邦通信委員会 (FCC) などの規制機関は、[Figure 43](#) に示すように、デバイスが人体に接近する時、デバイスの RF 伝送電力を削減することで、デバイスが RF エネルギーの吸収を制限することを必要とします。CAPSENSE™ベースの近接センサーは人体の近接を検出し、RF 電力を削減するために使用できます。



Figure 43 タブレットでの SAR 規制

- **ウェイク オン アプローチ:** [Figure 44](#) に示すように、この機能は、物体がシステムに近接する時に、システムをスリープモードまたはスタンバイモードからウェイクアップさせます。また、ウェイク オン アプローチはユーザーがシステムに近づく時に、バックライト LED を制御するために使用されます。この機能はシステムウェイクアップ時間を短縮し、デバイスの反応性を改善し、デバイスの消費電力を削減し、美的感覚を向上させます。これは、マウスやキーボードなどのバッテリー駆動の応用に有用です。



Figure 44 マウスに実装したウェイク オン アプローチ

- **ジェスチャー検出:** ジェスチャー検出は人体の動きを解釈し、デバイスにジェスチャー タイプの情報を提供する技術です。ジェスチャーベースのユーザー インターフェースにより、ユーザーは直感的にシステムとやり取りでき、ユーザーエクスペリエンスを改善します。ジェスチャー検出は、ノート PC、タブレットや携帯電話などの応用でユーザー インターフェースの制御のために使用されます。

CAPSENSE™ベースの近接センサーはこれらの応用で、ユーザーとデバイス間の物理的な接触無しにジェスチャーを検出するために使用できます。Figure 45 に、トラックパッドの近くに配置される近接センサーが画面上の地図のパンの動きに使用されるノート PC でジェスチャー検出を実装する例を示します。



Figure 45 ノート PC でのジェスチャー検出の実装

- **IR センサーを置き換えるもの:** Figure 46 に示すように、CAPSENSE™ベースの近接センサーは蛇口や石鹸のディスペンサーなどの応用で IR 近接センサーを置き換えるものとして使用できます。CAPSENSE™ベースの近接センシングは IR 近接センシングに比べて次の利点があります。
 - これは IR 近接センシングに比べて低コストのソリューションです。CAPSENSE™ベースの近接センサーはプリント基板上に銅配線で構成できますが、IR 近接センシングは追加の IR センサーを必要とします。
 - CAPSENSE™ベースの近接センサーは IR 近接センサーと違って、近接センシングを検出するにはオーバーレイ素材のカットアウトを必要としません。したがって、CAPSENSE™ベースの近接センシングはツーリング コストを削減し、最終製品の美的感覚を向上させます。
 - これらのセンサーは IR 近接センサーより消費電力が低いです。
 - これらは周囲光から影響を受けない一方、IR ベースの近接センサーは周囲光の変化に起因して性能の問題を引き起こす可能性があります。



Figure 46 石鹸のディスペンサーでの CAPSENSE™ベースの近接センシング

2.10.2 CAPSENSE™による近接センシング

CAPSENSE™による近接センシング技術は、対象の物体がセンサーに近接している時に、近接センサーの静電容量の変化を測定することを必要とします。対象の物体は、人間の指、手、またはあらゆる導電性物体です。近接センサーは、導電性 (通常は銅またはインジウムスズ酸化物) のパッド、またはプリント基板やガラスなどの非導電性材料に設置される配線を用いて構築できます。基本的に、近接センサーは他のセンサーと同じですが、センサーの近くには最低限のグランドと最大の感度を得る調整を施す設計がされます。

対象の物体を検出するには、信号対ノイズ比 (SNR) は 5:1 以上である必要があります。これにより、センサーからの特定の最大距離でエラーなしに対象の物体の近接を検出できます。この距離は近接センシング距離と呼ばれています。近接センサーを構成する様々な方法、および近接距離に影響を与える様々なパラメーターの詳細については、[近接センシング設計](#)を参照してください。

2.11 ユーザー インターフェースのフィードバック

効果的なユーザー インターフェースの設計として、ユーザーが容量性のタッチ センス ボタンを使用する際、ユーザーへのフィードバックを設けています。視覚、音声、触覚など様々なフィードバックのタイプがあります。ユーザー インターフェースの設計により、複数のフィードバックを組み合わせ使用できます。

2.11.1 視覚フィードバック

LED および LCD は視覚フィードバックを提供します。

2.11.1.1 LED ベースの視覚フィードバック

視覚フィードバックはユーザー インターフェースで幅広く使用されています。LED はボタン、スライダーおよび近接センサーの状態を示します。以下に示すとおり、LED はセンサーの状態が変化する時、異なる効果を表せます。

- LED の ON/OFF - GPO はソーシング コンフィギュレーション (GPO が LED に電源を供給する) またはシンキング コンフィギュレーション (GPO が LED から電源供給を受ける) で LED を駆動するために使用されます。
- LED 輝度調整 - 高度な視覚効果を必要とするユーザー インターフェースでは、単一のハードウェア PWM またはタイマーを使用して LED を駆動できます。PWM 出力のデューティ比を変更することで、

CAPSENSE™技術

LED 輝度を調整できます。これにより、ユーザー インターフェースの輝度を環境の照明の状態に合わせて調整可能です。

- LED のフェージング - LED の状態間でデューティ比を徐々に変更することにより、フェージング効果が得られます。例えば、デューティ比が一連の小さいステップで増加する時、LED は「フェード イン」(オフからオン)になります。
- LED のブリージング - 継続して2つのレベル間でデューティ比を徐々に増加および減少させると、LED は「呼吸」しているかのように見えます。LED のブリージングは、システムがアイドルまたはスタンバイモードの時に有効です。例えば、電源ボタンをブリージング状態にして、それがアクティブであり、操作できることをユーザーに示せます。

2.11.1.2 LCD ベースの視覚フィードバック

LCD は、CAPSENSE™ボタンおよびスライダーに視覚フィードバックを提供します。LCD を使用する主な利点は、ボタン押しイベントごとに、フィードバックと共に多くの情報を提供することです。デバイスファミリに応じて、プログラマブルなデバイスは、データを簡単に表示できるように API を提供する構築済みのコンポーネントおよびユーザー モジュールにより、異なるタイプの LCD 技術に対応します。

- パラレルインターフェースをサポートするキャラクタ:** LCD - PSOC™デバイスは日立 HD44780A LCD モジュールとのインターフェースをサポートしています。Figure 47 に、日立 HD44780A LCD モジュールを使用するための典型的な接続を示します。詳細については、キャラクタ LCD [キャラクタ LCD コンポーネント データシート](#)をご参照ください。

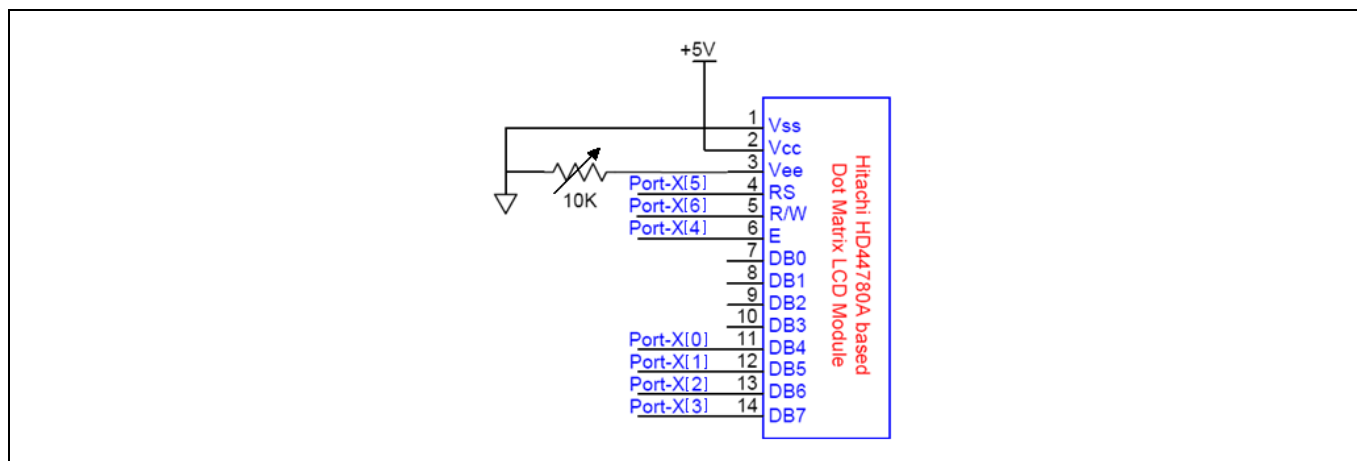


Figure 47 日立ドットマトリックス LCD ピン接続

- I2C インターフェースをサポートするキャラクタ:** LCD - PSOC™は、NXP PCF2119x コマンドフォーマットをサポートする I2C インターフェースを介して LCD を制御することもできます。Figure 48 に、LCD を I2C インターフェースで駆動する典型的な回路図を示します。詳細については、[Character LCD with I2C interface \(I2C LCD\) コンポーネント データシート](#)を参照してください。

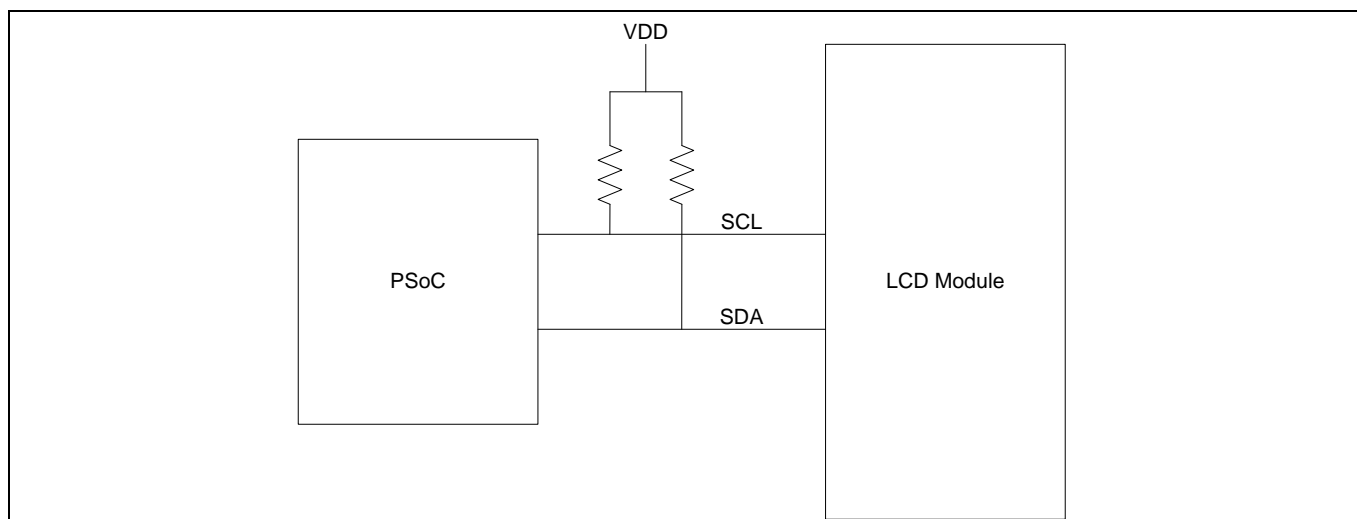


Figure 48 I²C インターフェースで LCD を駆動

- セグメント LCD ガラス: PSoC™ デバイスはセグメント LCD ガラスを直接駆動するための LCD ドライバを内蔵しています。別々の PSoC™ デバイスの LCD 駆動能力の詳細については、[CAPSENSE™ セレクタガイド](#)を参照してください。

2.11.2 触覚フィードバック

触覚フィードバックは振動により、システムが指のタッチを検出したことをユーザーに知らせます。

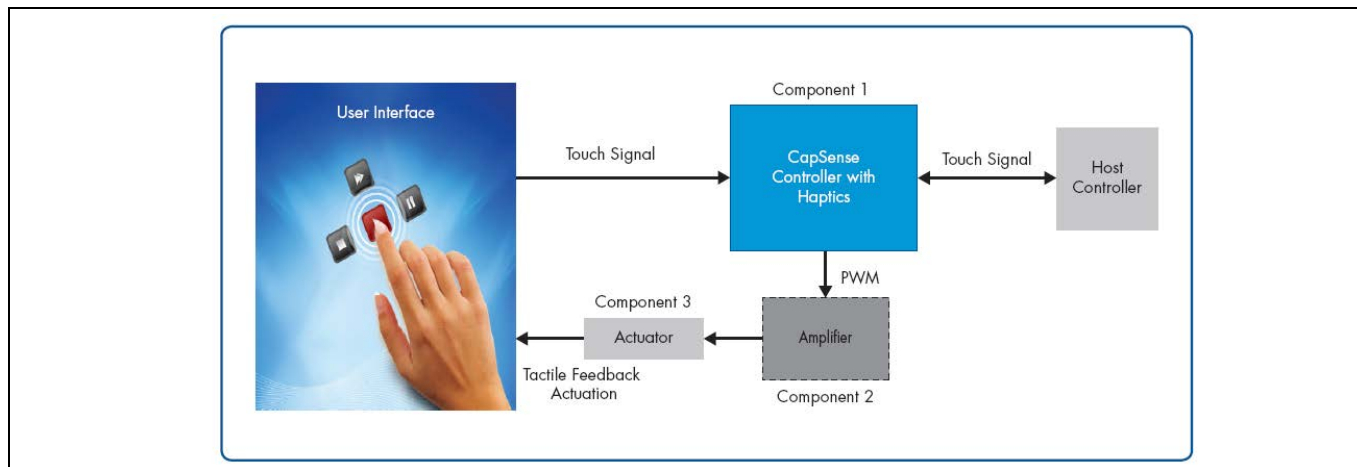


Figure 49 インフィニオンの触覚エコシステム

振動プロファイルの期間, 周波数, および形態を変更することで、異なる触覚効果が得られます。振動はアクチュエータによって生成されます。アクチュエータの重要要件は応答時間, 消費電力, サイズ, フォームファクター, 耐久性, および振動強度です。駆動要件を変更することで複数のアクチュエータ オプションが使用可能です。アクチュエータの 4 種類は以下のとおりです。

- 偏心回転質量 (ERM) アクチュエータ – これらのアクチュエータは最も費用効率が高く、必要な電流が 130mA～160mA で、駆動のために外部電力アンプを必要とします。タイピング応用などの迅速な応答を必要とする応用に適していません。
- リニア振動アクチュエータ (LRA) – LRA は多くのスマートフォンで使用され、AC 入力を必要とし、65mA～70mA を消費し、ERM アクチュエータに比べて速度がより速いですが、コストがより高いです。LRA は駆動のために外部電力アンプを必要とします。

CAPSENSE™技術

- 圧電モジュール – 圧電モジュールは迅速に反応するため、タイピング応用に適していますが、ERM および LRA アクチュエータよりコストが高いです。これらのアクチュエータは瞬間消費電流が 3V 電源電圧で比較的多い (約 300mA) ですが、平均消費電流は、ERM と LRA アクチュエータより多くありません。
- 電気活性高分子アクチュエータ (EAP) – EAP は圧電モジュールと同じ性能を提供しますが、狭い空間にそれらを組み込むことは容易なことではありません。それらは 1 本の駆動信号に 800V を必要とします。

CY8C20XX6H CAPSENSE™コントローラーは、偏心モーター(ERM) 駆動制御用のイメージジョンの TS2000 触覚効果ライブラリを統合し、14 の定義済みの触覚効果を生成できます。触覚ユーザー モジュールのデータシートには、これらの効果の詳細情報およびサンプルコードが記載されています。CY8C20XX6H の詳細については、デバイスの CAPSENSE™ applications データシートを参照してください。

2.11.3 音響フィードバック

CAPSENSE™ボタンの音響フィードバックはブザーを利用します。パルス幅変調 (PWM) はブザー データシートにあるブザーを駆動する必要な PWM 信号を出力するために使用します。ボタンを押した時、特定の強さでブザーを駆動し、フィードバックを与えます。ブザー フィードバック実装の回路図は次のとおりです。

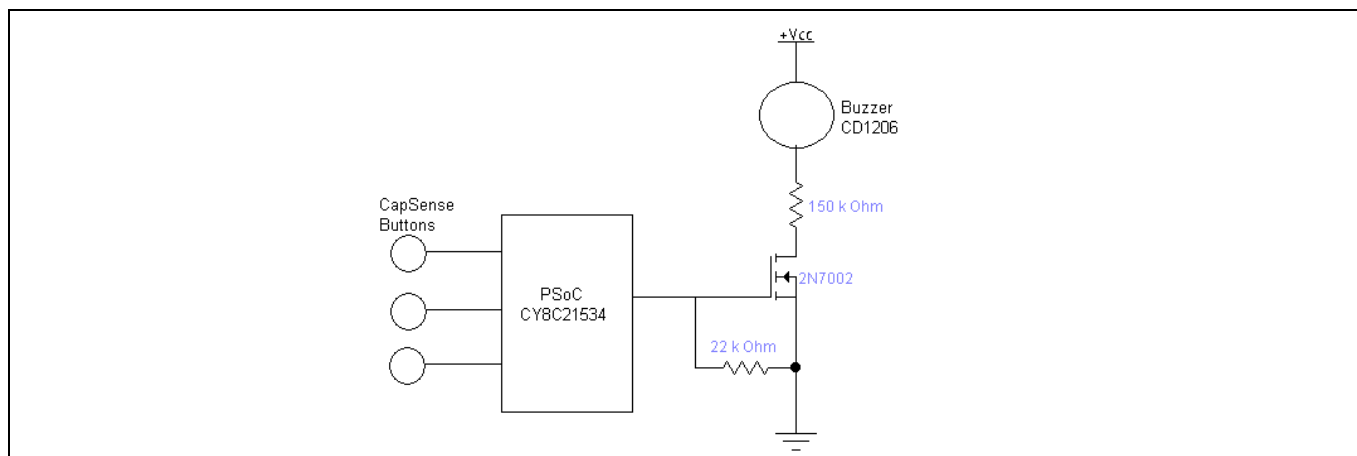


Figure 50 CAPSENSE™音響フィードバックの実装

設計上の注意事項

3 設計上の注意事項

静電容量タッチ センス技術をアプリケーションに採用する設計の際、CAPSENSE™デバイスがより大きなフレームワークにあることを覚えておくことが重要です。PCB レイアウトからユーザー インターフェースそしてエンドユース動作環境にいたるまで、あらゆるレベルにおいて詳細にわたり注意することで、しっかりとした信頼性のあるシステム パフォーマンスを得られます。

3.1 オーバーレイの選択

CAPSENSE™設計では、オーバーレイ素材をセンサー パッド上に置き、それを環境から保護しながら、指で直接触れないようにします。

3.1.1 オーバーレイの素材

自己容量モデルで、指の静電容量を示します。

$$C_F = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r A}{D}$$

Equation 11

ここで:

ϵ_0 = 真空の誘電率

ϵ_r = オーバーレイの比誘電率

A = 指とセンサー パッドが重なっている面積

D = オーバーレイの厚さ

CAPSENSE™システムの形状は平行板コンデンサより複雑です。センサーの導電体は指と銅製 PCB を含みます。しかし、平行板コンデンサと同様に、 C_F は ϵ_r に正比例します。高い比誘電率は感度が高くなります。空気の比誘電率は最も低いいため、センサー パッドとオーバーレイの隙間を無くす必要があります。

一般的なオーバーレイ素材の比誘電率は Table 3 のとおりです。2.0~8.0 の比誘電率の素材は、静電容量センシング アプリケーションに最適です。

Table 3 一般的素材の比誘電率

素材	ϵ_r
空気	1.0
フォームイカ	4.6~4.9
ガラス (一般的なもの)	7.6~8.0
ガラス (セラミック)	6.0
PET フィルム (Mylar)	3.2
ポリカーボネート (Lexan)	2.9~3.0
アクリル (Plexiglass)	2.8
ABS	2.4~4.1
木製テーブルおよびデスクトップ	1.2~2.5
ジブサム (乾式壁)	2.5~6.0

設計上の注意事項

導電性素材は電界パターンとの干渉を起こしてしまうため、オーバーレイとしては使用できません。このため、金属粒子が含まれる塗料をオーバーレイに使用しないでください。

3.1.2 オーバーレイの厚さ

Figure 51 のように、感度はオーバーレイの厚さに反比例します。



Figure 51 感度とオーバーレイの厚さ

信号とノイズはオーバーレイ特性によって影響を受けます。Table 4 は、PSOC™ CAPSENSE™アプリケーション用のアクリル オーバーレイ素材を使用した推奨の最大厚さを示します。

Table 4 アクリル オーバーレイ素材の最大厚さ

設計要素	最大オーバーレイの厚さ (mm)
ボタン	5
スライダー	5
タッチパッド	0.5

3.1.3 オーバーレイの接着剤

オーバーレイ素材はセンシング PCB との良い機械的な接触を持たなければいけません。これは、非導電の接着剤フィルムを使用して実現できます。このフィルムはオーバーレイとセンサーパッド間の隙間を無くすことで、システムの感度を高めます。3M™社は、CAPSENSE™アプリケーションに幅広く使用される 200MP という高性能のアクリル接着剤を提供しています。これは、接着剤転写テープとして広く使用されています (製品番号は 467MP と 468MP です)。

3.2 ESD 保護

高い ESD 耐性は入念なシステム設計により生まれます。最終製品、特にユーザー インターフェースで接触放電がどのように起きるかを考慮することにより、CAPSENSE™コントローラーが損傷することなく 18kV の放電に耐えられます。

設計上の注意事項

Table 5 オーバーレイ素材の絶縁耐圧

素材	絶縁破壊電圧 (V/mm)	12kVでのオーバーレイの最小厚さ (mm)
空気	1200～2800	10
乾燥木材	3900	3
ガラス (一般的)	7900	1.5
ガラス – ホウケイ酸塩 (Pyrex)	13,000	0.9
PMMA プラスチック (プレキシングラス)	13,000	0.9
ABS	16,000	0.8
ポリカーボネート (Lexan)	16,000	0.8
フォーマイカ	18,000	0.7
FR-4	28,000	0.4
PET フィルム (Mylar)	280,000	0.04
ポリイミド フィルム (Kapton)	290,000	0.04

CAPSENSE™コントローラー ピンは直流 2kV の放電に耐えることが可能です。ほとんどの場合、オーバーレイの素材はコントローラー ピンへの十分な ESD 保護を提供します。Table 5 は、IEC 61000-4-2 で規定される 12kV 放電から CAPSENSE™センサーを保護するために必要とされる様々なオーバーレイ素材の厚さリストです。もし、オーバーレイの素材が十分な ESD 保護を提供しない場合、対応策は次の順番で適用されるべきです。防止、リダイレクト、クランプ。

3.2.1 ESD 放電の防止

ESD 放電が CAPSENSE™コントローラーに届かないよう防止することは、一番の対策です。タッチ面上のすべてのパスが、表面で発生する可能性がある電圧より大きい絶縁破壊耐圧を持つようにします。また、CAPSENSE™コントローラーと ESD 発生源となる可能性のある部分との間に適切な距離を保つようにシステム設計します。Figure 52 に示す例では、L1 と L2 が 10mm より大きい場合、システムは 12kV に耐えられます。

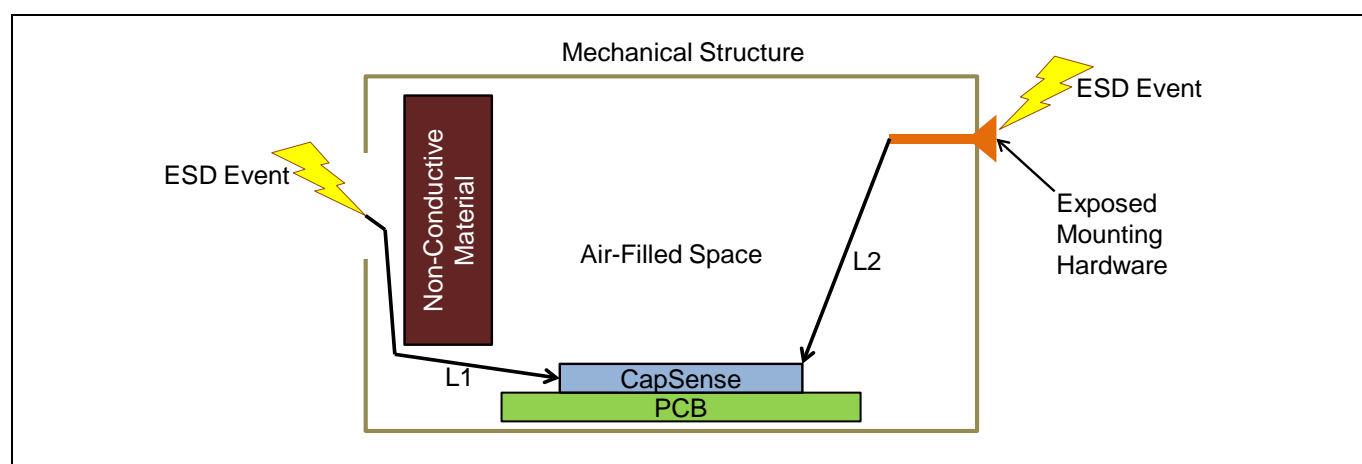


Figure 52 ESD パス

適切な距離を保つことが難しい場合は、絶縁破壊耐圧の高い材料による保護レイヤを ESD 発生源と CAPSENSE™コントローラーの間に用意してください。厚さ 5mil の単層 Kapton テープは、18kV に耐えられます。他の素材の絶縁耐圧については、Table 5 を参照してください。

設計上の注意事項

3.2.2 リダイレクト

もし、基板の集積密度が高い場合は、放電現象を避けることが難しいかもしれません。この場合、放電の発生源を制御することにより、CAPSENSE™コントローラーを保護できます。これはPCBレイアウト、システムのメカニカルレイアウト、および導電テープまたはその他のシールド素材の組み合わせで達成できます。標準的な実践方法は、回路基板の周囲にガードリングを置くことです。ガードリングはシャーシグラウンドに接続する必要があります。

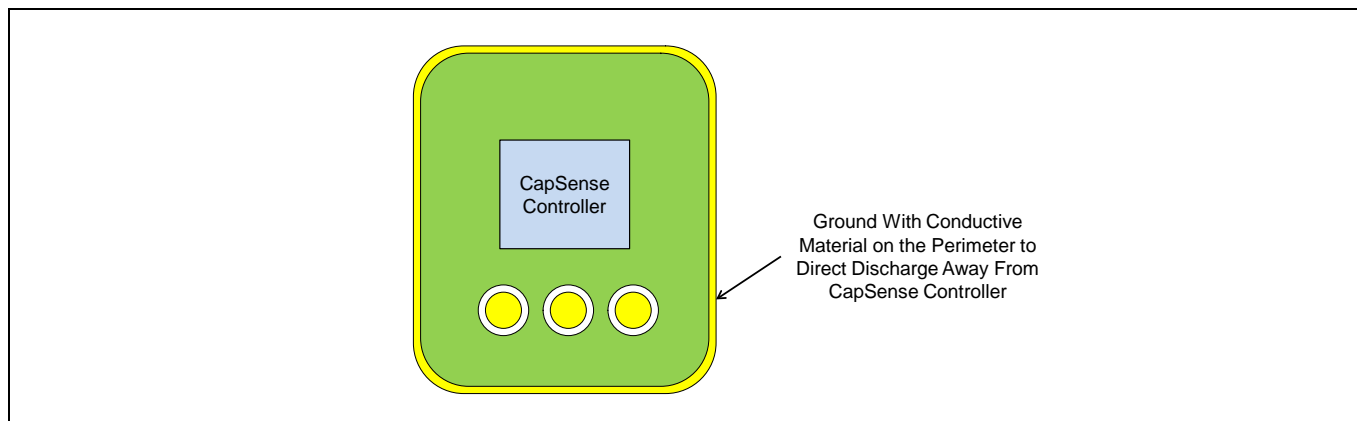


Figure 53 ガード リング

プリント基板レイアウトのガイドラインに推奨されるように、ボタンまたはスライダー センサーの周囲にハッチング グランド面を作り、ESD 事象をセンサーおよび CAPSENSE™コントローラーから遠く離してリダイレクトもできます。

3.2.3 クランプ

CAPSENSE™センサーはタッチ面の近くに配置されることもあり、放電パスのリダイレクトは実用的でない場合もあります。直列抵抗または専用 ESD 保護デバイスを利用することが適切なこともあります。脆弱な配線に直列抵抗を追加することは、費用効果の高い保護方法です。この技術は、抵抗とコントローラー間の散逸を分けることで機能します。CAPSENSE™入力に追加する推奨直列抵抗は 560Ωです。詳細は直列抵抗にあります。

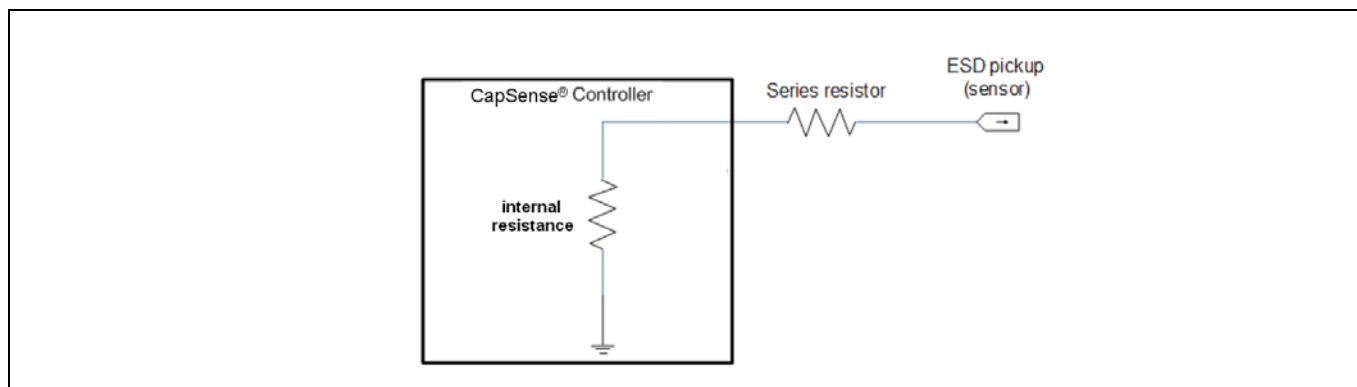


Figure 54 直列抵抗を使用した ESD 保護

より効果的な方法は、特殊用途の ESD 保護デバイスを脆弱な配線上に配することです。CAPSENSE™用の ESD 保護デバイスは低静電容量のものである必要があります。Table 6 は CAPSENSE™コントローラーと共に使用することが推奨されているデバイスの一覧です。

設計上の注意事項

Table 6 ESD 保護デバイス

ESD 保護デバイス		入力静電容量	リーク電流	接触放電 (最大値)	空中放電の最高限度
メーカー	型番				
Littelfuse	SP723	5pF	2nA	8kV	15kV
Vishay	VBUS05L1-DD1	0.3pF	0.1μA <	+/-15kV	+/-16kV
NXP	NUP1301	0.75pF	30nA	8kV	15kV

3.3 EMC (電磁環境適合性) の注意点

EMC は、電子システムの動作に悪影響を及ぼすことがある、電磁エネルギーの発生、伝達および受信に関連しています。発生源 (エミッター) がエミッションを作り出し、伝導または結合路がエミッションエネルギーをレセプターに転送しますが、それが処理されると、結果として求められる動作またはその逆の動作が起こります。多くの電子機器は、放射エネルギーに対応し、外部イベントの影響を受けない耐性を持つ必要があります。全世界のいくつかの標準化団体は、地域規制を設定し電子機器が互いに干渉しないようにしています。

CMOS のアナログとデジタルの回路は非常に高い入力インピーダンスを持っています。その結果、外部電界に敏感です。そのため、放射または導電性ノイズがある場合、正常動作を確保するためには、注意を十分に払う必要があります。

3.3.1 放射干渉およびエミッション

放射電気エネルギーはシステム測定に影響を及ぼし、CAPSENSE™ プロセッサ コアの動作に潜在的な影響を及ぼす場合があります。干渉は PCB レベルでセンサー配線や他のデジタルおよびアナログ入力を経て CAPSENSE™ チップに入り込みます。CAPSENSE™ は、機械的部品を排除することにより、製品の信頼性を向上させる直感的かつ堅牢なインターフェースを提供する一方で、電磁環境適合性 (EMC) の問題対応に放射エミッション (RE) の方式で寄与することがあります。

以下の技術を使用して放射干渉およびエミッションを最小限にしてください。

3.3.1.1 一般的な EMI/EMC ガイドライン

グラウンド面

一般的に、PCB 上の適切なグラウンド面は RF のエミッションと干渉の両方を低減します。しかし、CAPSENSE™ センサーの近くのベタグラウンド面またはこれらのセンサーを PSOC™ のピンに接続する配線は、センサーの寄生容量を増加させます。したがって、[グラウンド面セクション](#)で説明したように、センサー周囲および PCB の最下層の上、かつセンサー下でハッチンググラウンド面を使用することをお勧めします。CAPSENSE™ センサーと配線から遠く離れた PCB 上のデバイスおよび他の回路の下にベタグラウンド面を使用できます。CAPSENSE™ センサーまたは配線から 10mm 以内にベタグラウンドパターンの使用は推奨されません。多層基板を使用することをお勧めします。4 層以上の基板を使用している場合、1 つの完全な層をグラウンド用に提供できます。これは完全な層が大幅にグラウンドバウンスを抑えるため、エミッションを削減するのにさらに役立つためです。

設計上の注意事項

直列抵抗

それぞれの CAPSENSE™コントローラー ピンは関連する寄生容量 (CP) があります。外部抵抗の追加はローパス RC フィルターが形成し、ピンによる RF ノイズ増幅を減衰できます。また、この抵抗はピンに接続する配線 (例えば、Figure 55 に示すセンサー配線とセンサー パッド) の寄生容量で RF エミッションを大幅に減らせるローパス フィルターを形成します。したがって、直列抵抗は高次高調波を除去し、RF 干渉およびエミッションを減少するのに役立ちます。

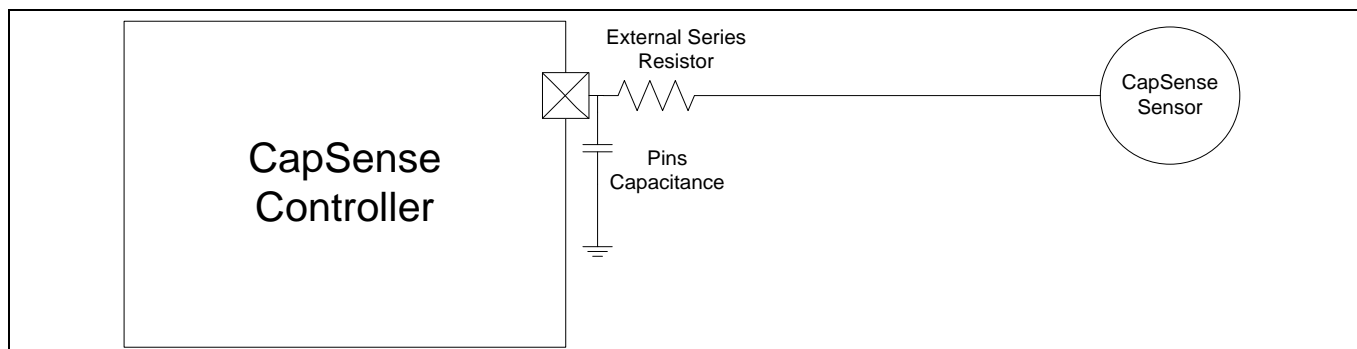


Figure 55 RC フィルター

配線により拾った放射ノイズを PSOC™デバイスの入力でフィルターされるように、直列抵抗を PSOC™のピンの近くに配置する必要があります。したがって、PSOC™のピンから 10mm 以内に直列抵抗を配置することを推奨します。

CAPSENSE™入力ライン

センサーは、CAPSENSE™の適切な動作のために、各スイッチング サイクル中に完全に充放電されなければなりません。センサー容量の充放電経路は、充電/放電プロセスの速度を落とす直列抵抗があります。Figure 56 に等価回路と生じる波形を示します。抵抗の追加は、 C_p を等価抵抗に変換するスイッチドキャパシタ回路の時定数を変化します。もし、直列抵抗の値が大きい場合、スイッチング回路の時定数がより遅くなるため、エミッションが抑制されますが、伝送可能な電荷量も制限されます。したがって、センサーは完全に充放電されない場合があります。これは信号レベルを下げ、そして S/N 比が下がります。小さい値の方が適していますが、RF エミッションと干渉のブロック効果は低下します。

一般的な銅 PCB 上の CAPSENSE™入力ラインの推奨直列抵抗値は 560Ωです。ITO パネルは、既に高い抵抗を提供しています。この高い抵抗値の選択 (100Ω~1kΩの範囲) では多くの柔軟性を失う可能性があります。EMC 用には直列抵抗は一般に 560Ω~4.7kΩで使用します。実際に直列抵抗の最大値は、デバイスに応じて異なります。これはセンサーとして使用する GPIO の抵抗、センサーをスキャンするために使用されるスイッチング周波数、必要な S/N 比など複数の要因に依存します。

設計上の注意事項

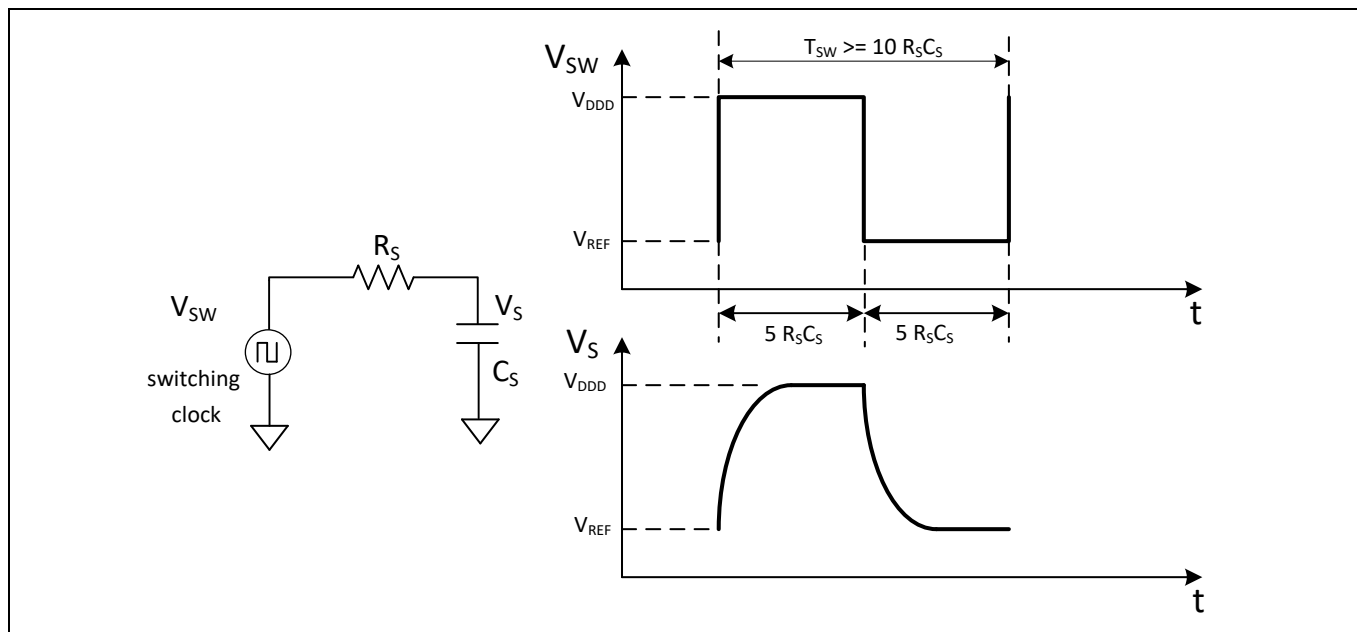


Figure 56 等価回路と波形

R_S は GPIO 抵抗と外部直列抵抗の和です。 C_S はセンサーの最大容量です。所与のスイッチング周波数の場合、センサー キャパシタが完全に充放電されるように、適切な直列抵抗値を選択する必要があります。一方、所与の直列抵抗の場合、センサー キャパシタが完全に充放電されるように、適切なスイッチング周波数の値を選択する必要があります。他の CAPSENSE™パラメーターを変えられない場合、スイッチング周波数を下げると、S/N 比も低下します。したがって、所望の性能を得るためには直列抵抗値とスイッチング周波数値間のトレードオフです。

経験則では、充放電サイクルは $5R_SC_S$ 周期にできます。最小周期と最大周波数の式は以下のとおりです。

$$T_{SW}(\text{minimum}) = 10R_SC_S$$

Equation 12

$$F_{SW}(\text{maximum}) = \frac{1}{10R_SC_S}$$

Equation 13

デジタル通信ライン

I2C および SPI などの通信ラインも、直列抵抗の恩恵を受けて、 330Ω は通信ラインに推奨されます。通信ラインの配線は長く、アンテナとして機能し、CAPSENSE™配線も同様です。通信ラインの推奨プルアップ抵抗値は $4.7k\Omega$ です。そのため、 330Ω 以上の抵抗がこれらのラインに直列に配置された場合、電圧レベル (V_{IL} および V_{IH}) は、システム間の電源電圧とレシーバの入力インピーダンスの組み合わせが最悪の場合は、仕様の範囲外になります。PSOC™デバイスが出力信号を LOW に駆動する場合、 V_{IL} レベルが $0.3V_{DD}$ の I2C 仕様制限内のため、 330Ω は I2C の動作へ影響を与えません。

設計上の注意事項

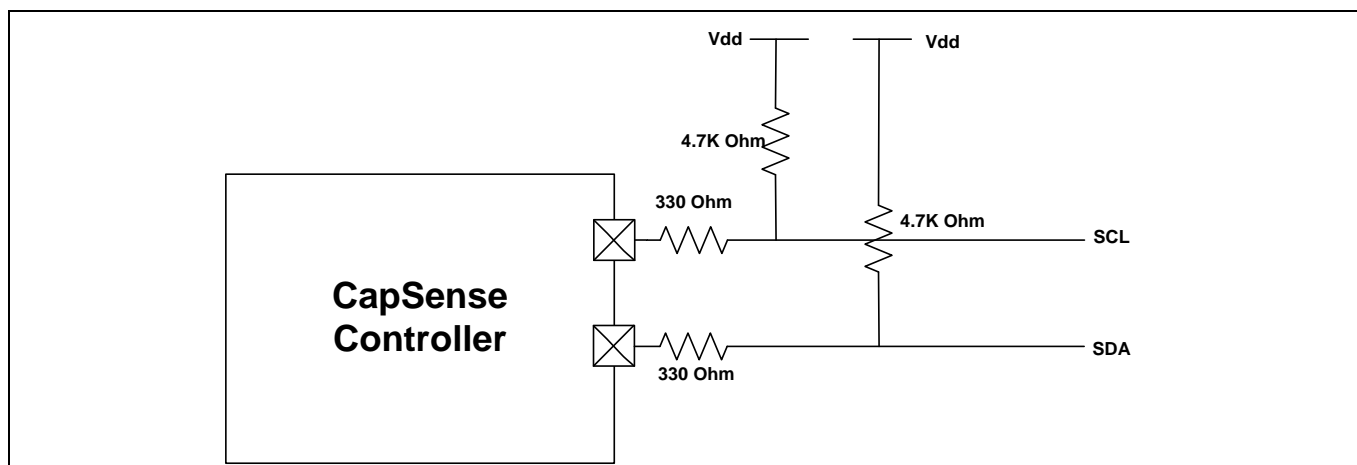


Figure 57 通信ライン上の直列抵抗

配線長

長い配線は短い配線より多くのノイズを拾います。長い配線はCPを増加させます。そのため、可能な限り配線を短くします。

電流ループ領域

レイアウト時の重要な注意点の一つは、電流のリターン経路を最短にすることです。グランド面によりグランドインピーダンスの全体が低減されることがあるため、高周波グランドバウンスが制限されます。各センサーラインに適切なグランドリターン経路を確認してください。電流がループ内に流れるため、これは重要です。高周波信号のための適切なリターン経路がない限り、リターン電流はより大きなループを形成し、より長いリターン経路を通して流れ、より大きなループを形成します。これは相互インダクタンスによる信号の問題を引き起こす可能性があります。これにより、エミッションと干渉が増加します。

デバイスパッケージが高周波電流ループを含む場合には、エネルギーが磁場を通じてデバイスの外に放出される場合があります。磁束はデバイス外の回路ループに繋がるため、デバイス内に電流ループを形成します。この相互インダクタンスは、外部ループに不要な電圧を発生させます。同様に、外部磁束が内部回路ループ内に不要な電圧を発生させる場合もあります。電力と信号のループ領域を可能な限り小さく維持することによって磁界結合は最小限に抑えられます。すべてのグランドをできるだけ多くのビアで繋ぎ合わせます。これにより、全体のグランドインピーダンスが減少させます。クロックおよび発振回路に使用される高周波配線は、2本のグランドラインに含める必要があります。これにより、クロストークの原因となる結合(カップリング)が解消されます。できる限りグランド面と電源面を分けて使用してください。

Figure 58 は、不適切なグランド処理方式の例です。ループ領域の削減により、レイアウトは大幅に改善されます。

設計上の注意事項

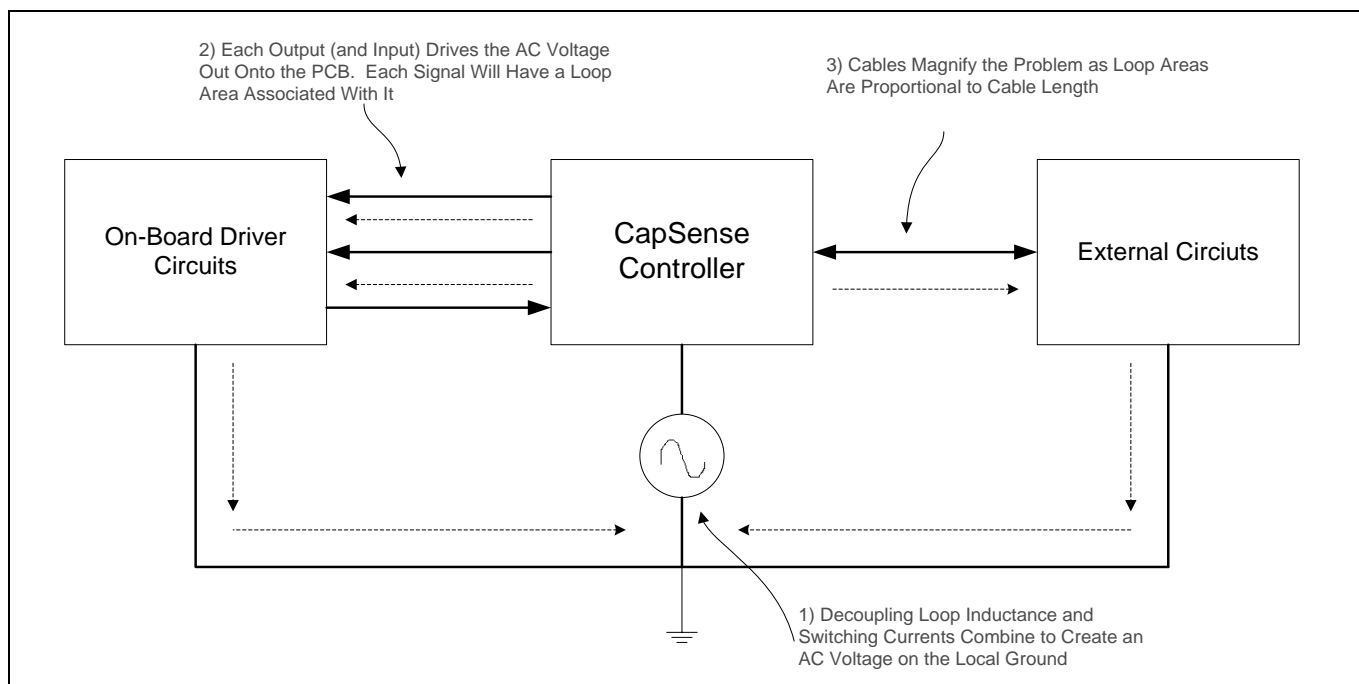


Figure 58 不適切なグランド方式およびグランド ループ

Figure 59 は、2 つのセンサーが CAPSENSE™ コントローラー グランドに接続されるグランド面で囲まれており、3 番目のセンサーはグランドで囲まれます。3 番目のセンサーは他の回路の長い配線を通して、他のグランド面に接続されており、これにより、大きい電流ループが形成されます。このレイアウトにおいて、3 番目のセンサーは放射ノイズの影響を受けやすくなり、エミッションも増える場合があります。これらの 2 つのグランド セクションは回路図上では同じ場所に配置されるので、それらを 1 つにした領域で、より適切なレイアウトを形成できます。

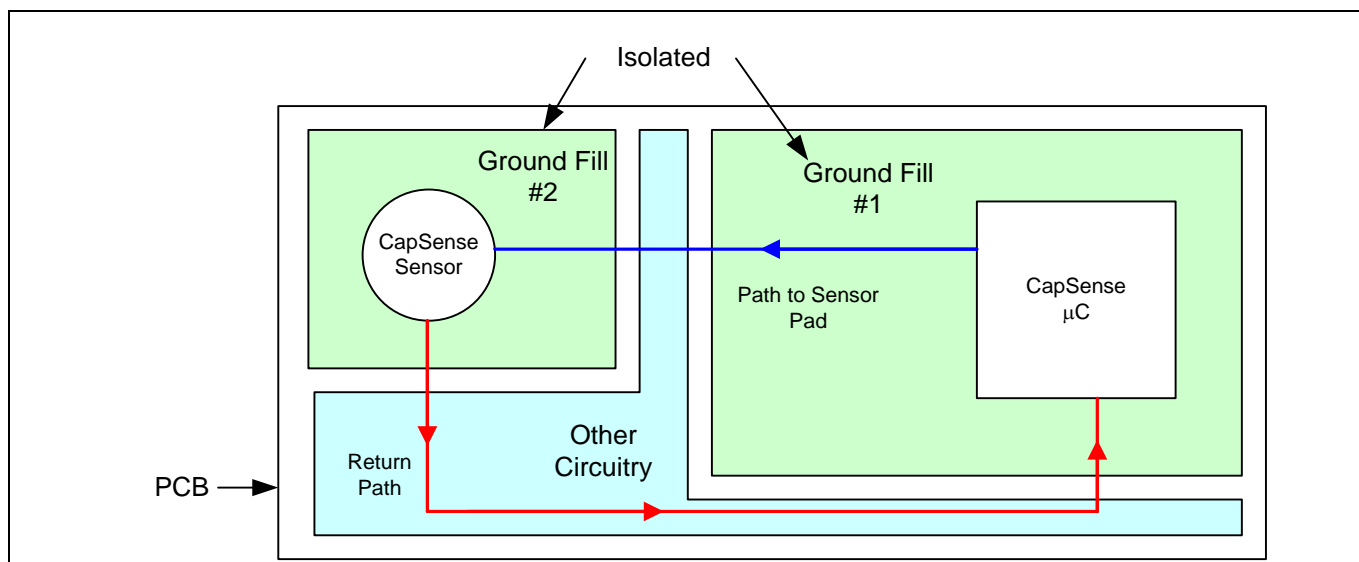


Figure 59 不適切な電流ループ レイアウト

Figure 60 は、前述の例で説明した適切なレイアウトを示します。ループ領域は 2 つの接地された領域を接続することにより小さくなります。

設計上の注意事項

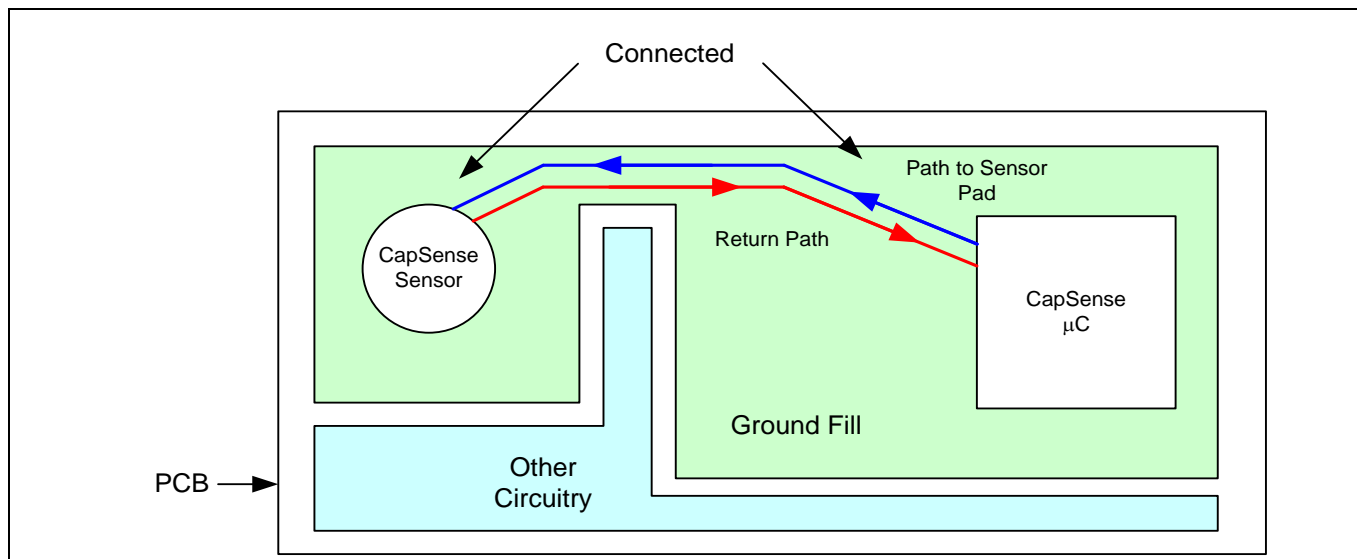


Figure 60 電流ループの適切なレイアウト

周波数ホッピング

周波数ホッピングは、狭い周波数帯域内の入力と動作周波数を広げる方法です。この方法は、Figure 61 に示すように、ピークを低減し、周波数範囲でエミッションだけでなく干渉を広げるために有用です。以下は PSOC™ の周波数ホッピングの方法です。

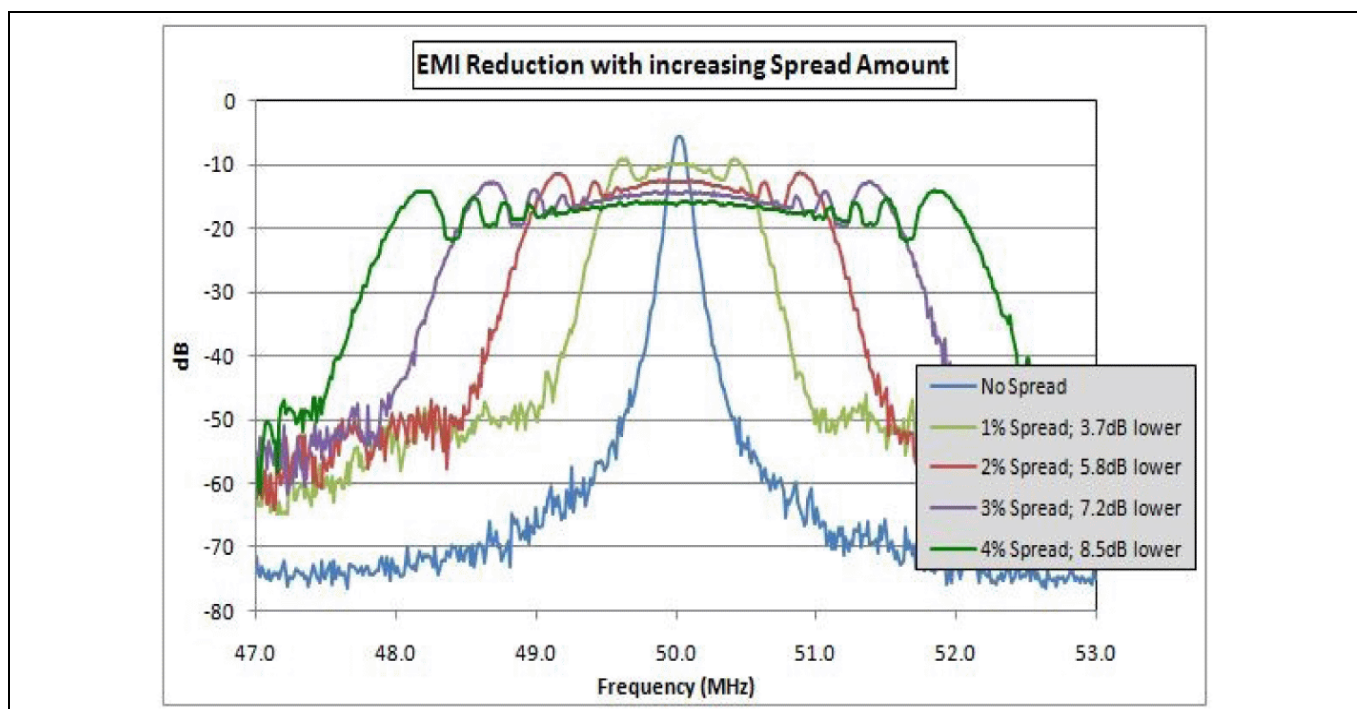


Figure 61 周波数ホッピング

センサー スキャン時の IMO ディザリング: IMO ディザリングまたはトリミングは異なるセンサー間で行えます。例えば、ベースの IMO 周波数が 24MHz の場合、IMO 周波数は 24MHz~22MHz の範囲で掃引されます。1 個のセンサーは常に、同一周波数でスキャンされます。異なるセンサーは異なる周波数でスキャンされます。これによりエミッションが広げられピークを削減できます。

設計上の注意事項

各スキャン中の IMO ディザリング: IMO ディザリングは各スキャン中にも行えます。センサーがスキャンされている時、IMO 周波数は 24MHz~22MHz の範囲で掃引されます。そのため、この方法では、1 つのセンサーは同一の周波数でスキャンされません。これによりエミッションが広げられピークを削減できます。また、RF 干渉に対する耐性も向上されます。

スペクトラム拡散クロック (SSC): PSOC™は外部クロックを使用して動作できます。スペクトラム拡散クロックを使用することは、IMO ディザリングと同様に、周波数の広い範囲でエミッションを広げるために役立ちます。PSOC™1 では、外部クロックに電源供給するために P1[4]ポートのみを使用できます。この場合、P1[4]ピンの駆動モードを HI-Z デジタルに設定する必要があります。これにより、RF 干渉に対する耐性が向上し、エミッションが広がられます。

擬似ランダム シーケンサー (PRS): PRS は、固定クロックソースの代わりに使用され、固定周波数源によって生じる EMI 量を削減し、CAPSENSE™のピンに発生するノイズを減衰させたり、他のソースやそれらの高調波から EMI 耐性を増加させます。これにより、RF 干渉に対する耐性が向上し、エミッションが広がられます。

3.3.1.2 放射耐性

RF 源の配置

コンピューター モニターまたはデジタル フォト フレームなどのシステムは CAPSENSE™デバイスで設計する際、LCD インバーターおよびスイッチドモード電源 (SMPS) からのノイズが CAPSENSE™システムに影響しないようにしてください。このような相互作用を最小限にするための簡単な技術は、Figure 62 に示すように、CAPSENSE™入力とノイズ源を持つシステムを分けることです。製品サイズによる実際の制限で、ノイズ源と CAPSENSE™回路は数インチ離せるだけでもよいです。このわずかな距離によりマージンが追加されるため、ノイズ源と CAPSENSE™が近接している場合に比べて、センサー性能が改善されます。

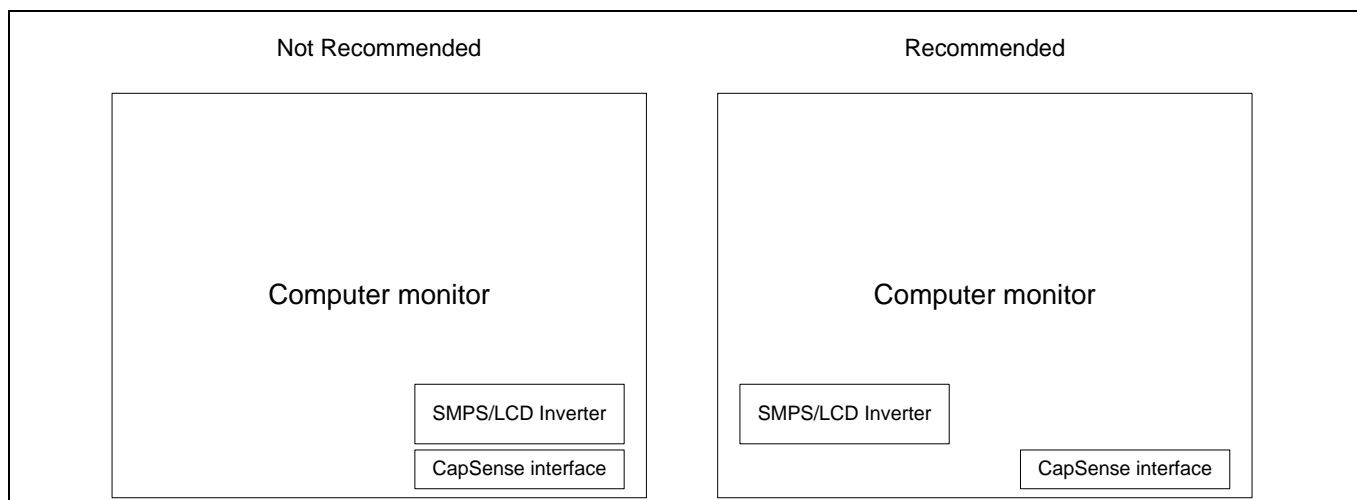


Figure 62 ノイズ源の隔離

EMC 機能

EMC 機能を備えた CAPSENSE™ユーザー モジュール/コンポーネントは、各センサーをスキャンするために IMO ディザリングを実装します。各センサーは raw カウントの各サンプルによって選ばれた耐性レベルに応じて、2 つまたは 3 つの異なる周波数でスキャンされます。このオプションを使用し、RF 干渉に対する耐性を改善します。

設計上の注意事項

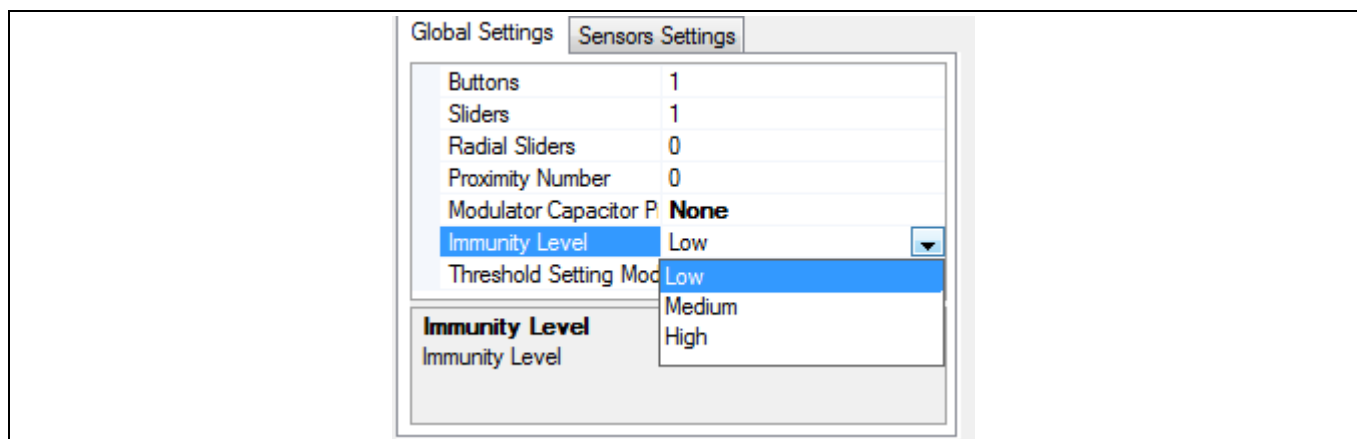


Figure 63 耐性レベルの選択

3.3.1.3 放射エミッション

動作電圧

CY8C21x34 のようにセンサーの電圧が動作電圧と基準電圧で切り替えるデバイスでは、動作電圧を抑えると、エミッションが大幅に削減されます。これは、いずれかのピンでスイッチング信号の振幅がデバイスの動作電圧に依存し、エミッションは切り替えが起きる電圧レベルに正比例するためです。Figure 64 に、動作電圧の放射エミッションへの影響を示します。

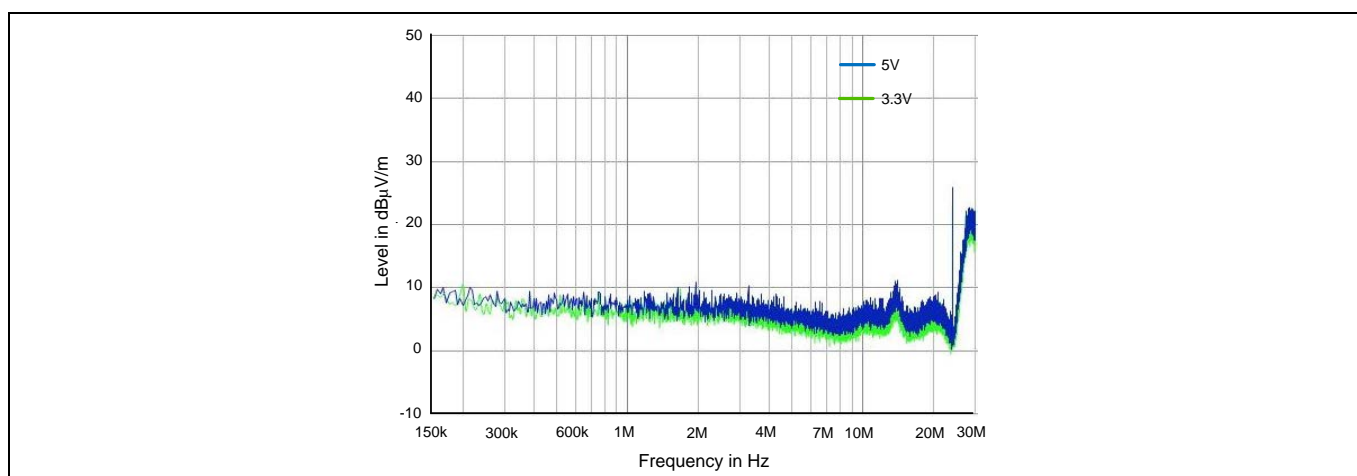


Figure 64 動作電圧の放射エミッションへの影響

システム振動子周波数 (IMO)

システムクロックは著しく放射エミッションを低下させます。しかし、システムクロックを下げた場合、低い IMO はセンサーのスキャンと処理性能により時間が掛かるため、システム性能に影響を与えます。したがって、アプリケーションに応じてシステム周波数を下げてください。

センサー スイッチング周波数

CAPSENSE™ センシング手法はスイッチド キャパシタのフロント エンドを使用し、センサーと相互に作用します。スイッチド キャパシタ クロックに低速周波数を選択することにより、CAPSENSE™ センサーからの放射エミッションを低減できます。Figure 65 にセンサー スイッチング周波数の影響を示します。

設計上の注意事項

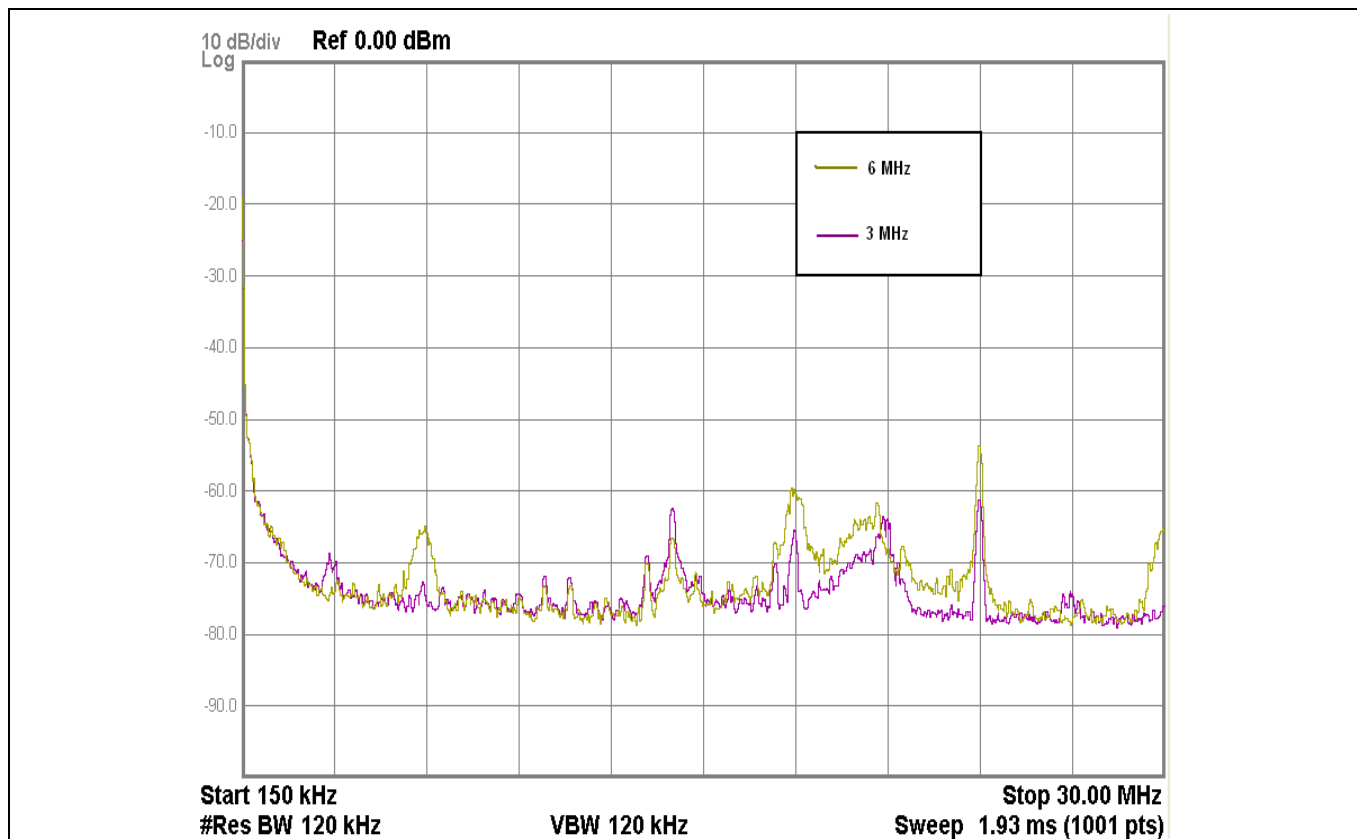


Figure 65 センサー スイッチング周波数の影響

スルー レート制御

Figure 66 は方形波の立ち上がり/立ち下り時間の放射エミッションへの影響を示します。遷移を減速するとカットオフポイントが現れ、放射エネルギーレベルが低下することに注意してください。放射エミッションを削減するために、CAPSENSE™コントローラーの内部クロック信号はスルー制御されています。

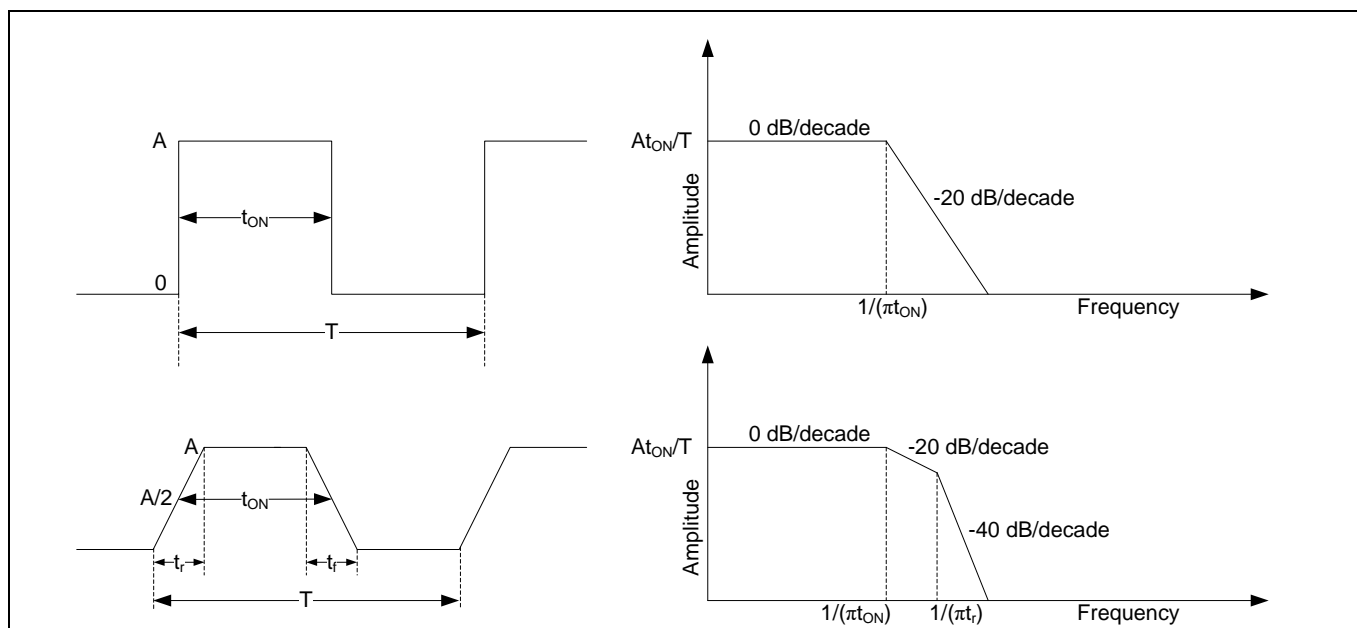


Figure 66 エミッションに対するスルー レートの影響

設計上の注意事項

センサー スキャン時間

センサーのスキャン時間は放射エミッションに影響を与えます。Figure 67 では、センサー スキャン時間の放射エミッションへの影響を示します。センサー スキャン時間を増加するとエミッションも増えます。Table 7 に、パラメーターの設定と関連するセンサー スキャン時間を示します。

Table 7 センサー スキャン時間

パラメーター	値	
スキャン分解能	8 ビット	10 ビット
個々のセンサー スキャン時間	0.021 ms	0.085 ms
5 つのボタンの総スキャン時間	0.105 ms	0.425 ms

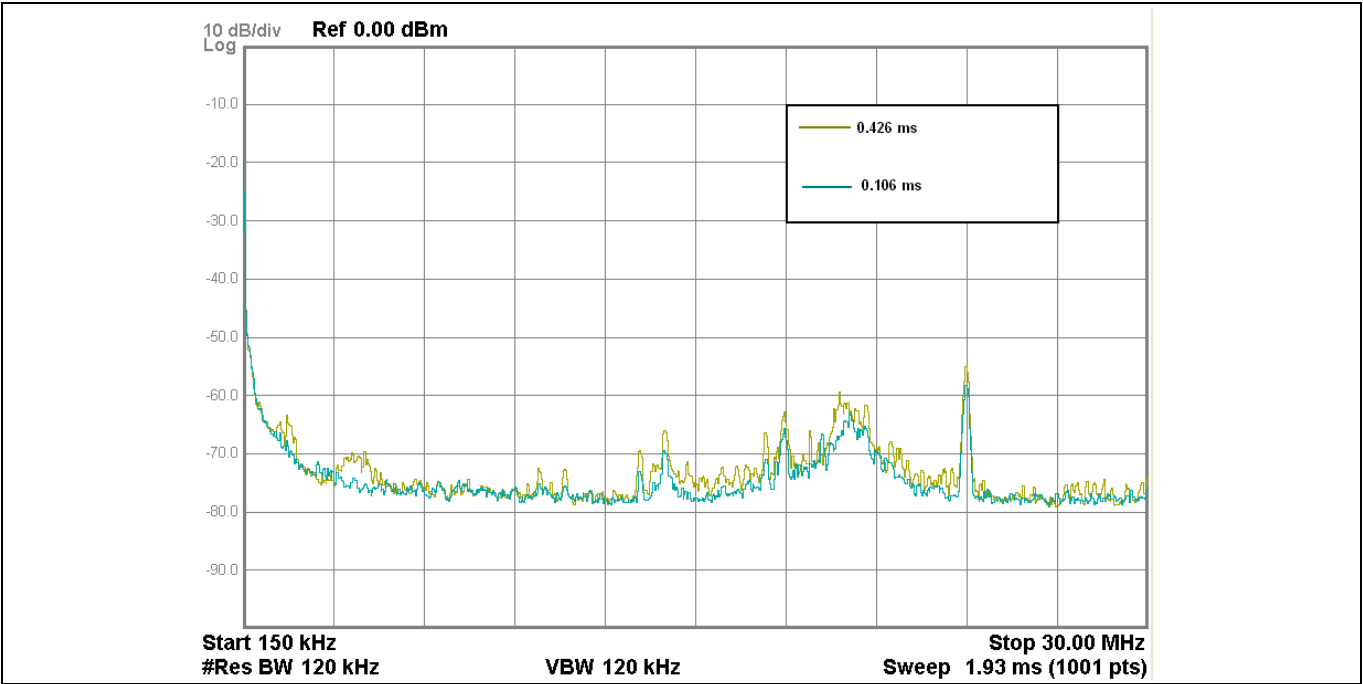


Figure 67 スキャン時間の影響

シールド信号

シールド信号は耐液性と近接センシングのためにセンサーの寄生容量を低減するためにハッチング領域で駆動されます。詳細については、[シールド電極とガードセンサー](#)を参照してください。シールド信号は、センサー信号のレプリカです。シールド信号は高周波スイッチング信号であり、広がったハッチで駆動されるため、さらに放射エミッションを増加させます。Figure 68 に、被駆動シールド信号のある場合とない場合のエミッションを示します。

設計上の注意事項

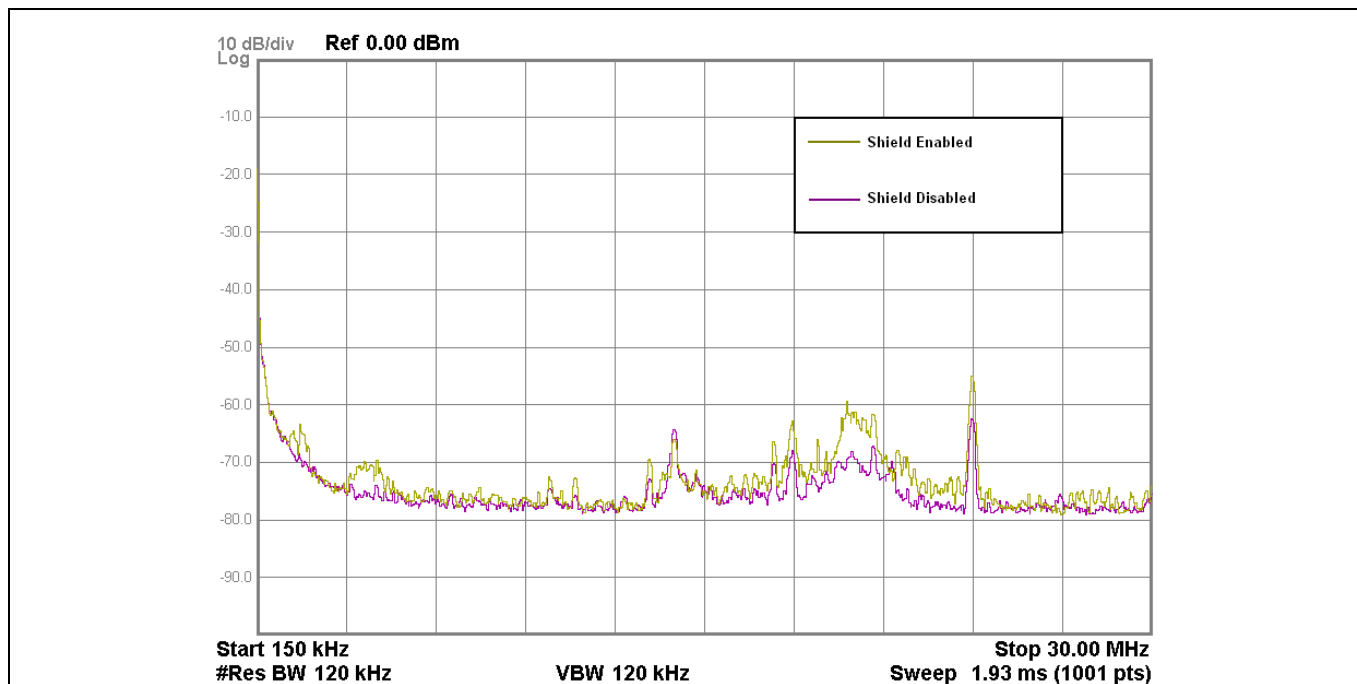


Figure 68 シールドのエミッションへの影響

エミッションは以下の技術で低減できます。

1. センサーへの距離が最大 10mm になるようにシールド ハッチのサイズを縮小します。詳細については、[シールド電極とガード センサー](#)を参照してください。
2. 必要な場合にのみ、シールド信号を駆動します。シールドはセンサーがスキャンされたとき、およびシールド保護を必要とするセンサーの場合に駆動する必要があります。
3. 選択したセンサーのみにシールドを与えます。シールドの保護を必要としないセンサーの周りにシールドを広げないでください。
4. 以下の手段のいずれかでシールド波形のエッジを減速します。
 - シールド電極ポート ピンとグラウンドの間にコンデンサ フィルターを追加します。
 - ほとんどの PSOC™ 1 CAPSENSE™ デバイスでは、シールド信号のスルー レートは [Figure 69](#) に示すように、シールド ピンの駆動モードを「Strong」から「Strong Slow」に変更することによって制御できます。

☰	P2[0]	Port_2_0, StdCPU, Strong Slow,
	Name	Port_2_0
	Port	P2[0]
	Select	StdCPU
	Drive	Strong Slow
	Interrupt	DisableInt
	AnalogMUXBus	Normal
	InitialValue	0

Figure 69 シールドの駆動モードの選択

シールド ピンに直列抵抗を配置することによってシールド信号に受動ローパス フィルター (LPF) を追加します。固有のローパス フィルターは電極素材の抵抗と電極の寄生容量から形成されます。したがって、形成された RC フィルターがこれらの周波数の高次高調波を除去するため、直列抵抗の追加はフィルターの RC を増加させ、エミッションが大幅に向上されます。

設計上の注意事項

Note: シールドをあまりにもフィルター処理すると、被駆動シールド信号とセンサー スイッチング信号の間に位相差が生じる場合があります。フィルターを追加した時、シールド電極が完全に放充電されることを確認してください。充放電波形、および直列抵抗用に正しい値を選択する方法については、[CAPSENSE™入カライン](#)を参照してください。

非アクティブなセンサーの終端

シールドに接続しなければならないという厳しい要件がない限り、エミッションを減少するために非アクティブなセンサーをシールドの代わりにグラウンドに接続してください。Figure 70 に、異なる非アクティブなセンサー終端の放射エミッションへの影響を示します。

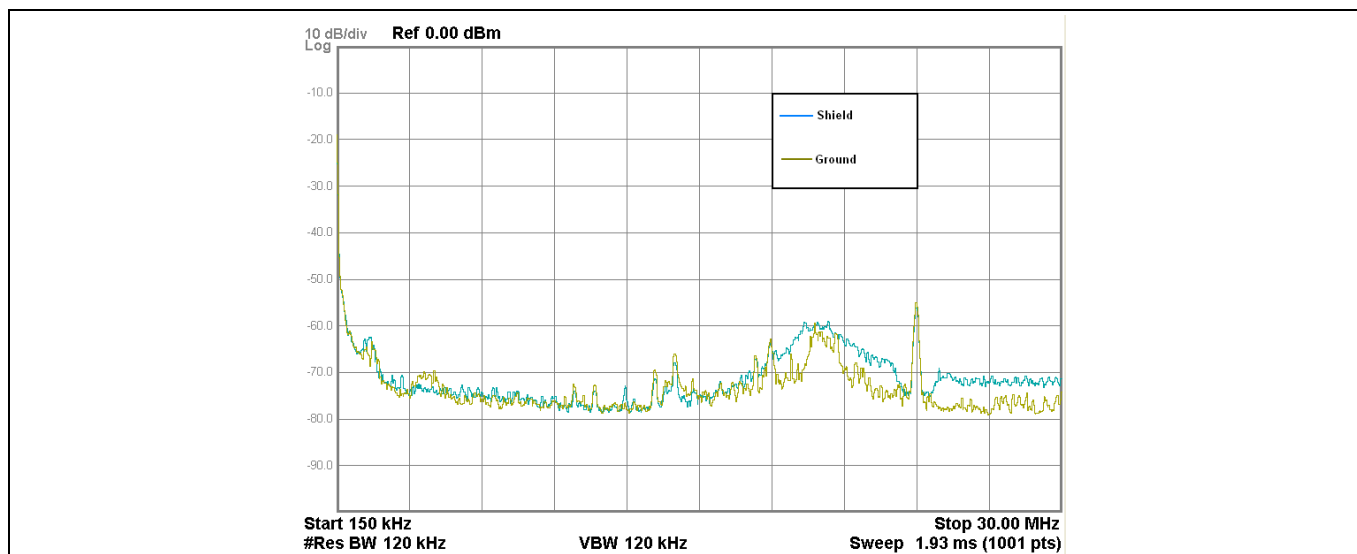


Figure 70 非アクティブ センサーの終端の影響

CAPSENSE™アプリケーションの場合、CAPSENSE™デバイスには、放射干渉とエミッションに関する問題を制限するためにクリーンな電源が必須です。CAPSENSE™デバイスの電源ノイズをフィルター処理するガイドラインは、次の節で説明します。これらのガイドラインをすべての EMC/EMI 問題の対応に使用することを推奨します。

3.3.2 伝導耐性およびエミッション

高周波スイッチング回路が発生する電源および通信ラインからシステムに混入する電流ノイズは伝導ノイズと呼ばれています。

3.3.2.1 基板レベルのソリューション

データシートで推奨されているとおり、デカップリング コンデンサを適切に使用することは伝導エミッションの問題を制限できます。一般的なデカップリング コンデンサの詳細については、[電源レイアウトの推奨事項](#)セクションを参照してください。非安定電源に対しては、大型の電解コンデンサ (通常は 10μF ~ 100μF) をチップから最大 1 インチ以内に配置します。このコンデンサは電荷が電力配線のインダクタンスを通る必要がないように、ローカル回路の瞬時充電の要求に対応して電荷のリザーバとして機能します。

さらに保護するためには、受動フィルターを使用できます。受動フィルターは伝導ノイズの発生のみならず、システムへのノイズの混入をも効果的に制限します。そのため、システムの伝導ノイズ耐性が改善されます。

設計上の注意事項

パイ型フィルタは簡単な双方向のローパス フィルターです。主な 2 種類のパイ型フィルタは、直列インダクタおよび直列抵抗です。直列インダクタのパイ型フィルタは 2 個の分路コンデンサおよび 1 個の直列インダクタがあり、Figure 71 に示すようにギリシャ文字の π のようなデザインで設計されています。ノイズは両方向において、すべての 3 つの要素 (L1, C1, C2) でフィルタ処理されます。フィルタの双方向性が重要です。電源ノイズが感度の高い部品に影響を及ぼさないようにするだけでなく、部品のスイッチングノイズが電源プレーンにカップリングして戻ることも防ぎます。

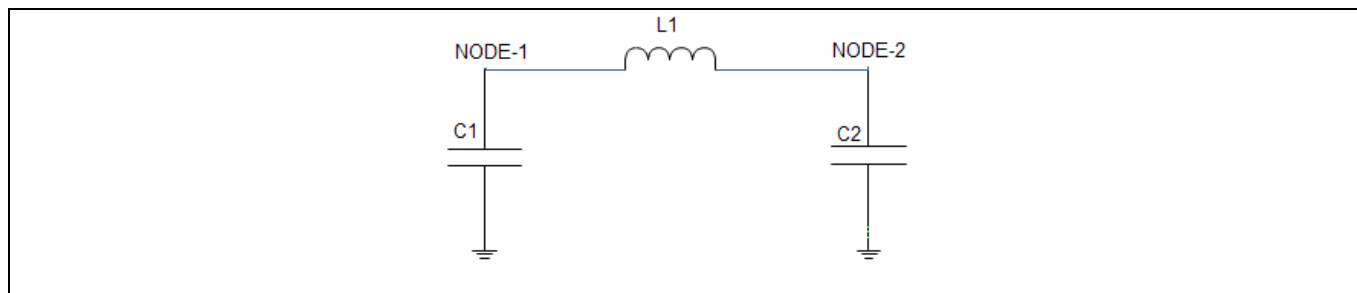


Figure 71 直列インダクタのパイ型フィルタ

コンポーネントの値は、減衰させる必要がある周波数に応じて選択されます。

3.3.2.2 電源用ソリューション

次のガイドラインは CAPSENSE™デザインへの伝導ノイズの混入を回避できます。

- 電流ループを低減するためのグランド面と VDD 面を装備
- もし、CAPSENSE™コントローラーPCB がケーブルで電源に接続されている場合、ケーブルの長さを最短にし、シールド ケーブルの使用を検討してください。
- 高周波ノイズを除去するためには、電源や通信ラインの周りにフェライト ビーズを配置します。
 - システム内のノイズをローカライズ
 - 外部から混入する高周波ノイズを IC から遠く隔離
 - 内部で生じたノイズがシステムの他の部分に伝播しないようにする

EMC の設計上の注意事項の詳細については、次の文書を参照してください。

- [EMC 設計上の注意事項トップ 10](#)
- [AN2155 - PSOC™ EMI 設計注意事項](#)
- [AN80994 - 電気的高速過渡現象 \(EFT\) 耐性についての設計の注意事項](#)

設計上の注意事項

3.4 ソフトウェア フィルター

ソフトウェア フィルターは、高レベルのシステム ノイズに対処する技術の 1 つです。Table 8 は CAPSENSE™に有用なフィルターの種類の一覧です。

Table 8 CAPSENSE™フィルターの種類

種類	説明	アプリケーション
Average (平均)	等しく加重された係数を持つ、有限インパルス応答フィルター (フィードバックなし)	電源からの周期的ノイズ
IIR	RC フィルターに類似したステップレスポンスを備えた、有限インパルス応答フィルター (フィードバック付き)	高周波ホワイト ノイズ (1/f ノイズ)
Median (メジアン)	サイズ N のバッファからメジアン入力値を計算する非線形フィルター	モーターおよびスイッチング電源によるスパイクノイズ
Jitter (ジッタ)	前の入力に基づいて電流の入力を制限する非線形フィルター	厚いオーバーレイからのノイズ (S/N 比 < 5:1), 特にスライダのセントロイド データに役立つ
イベントベース	センサー データで観察されたパターンへの事前定義された応答を発生させる非線形フィルター	存在しないイベントの生成や通知をブロックするためによく使用
ルールベース	センサー データで観察されたパターンへの事前定義された応答を発生させる非線形フィルター	通常、タッチ面の通常動作中に、複数のボタンの予想外の選択などの特別なシナリオに応答するために使用

3.4.1 アベレージ フィルター

アベレージ フィルターは等しく加重された係数を持つ、有限インパルス応答フィルター (FIR) です。アベレージ フィルターは 1 つのノイズ サイクルにわたり、サンプルの間に間隔を空けることにより低下する周期性ノイズを良く処理できます。サンプル間の間隔は重要ではありません。例えば、電力線のノイズは 50Hz~60Hz です。サンプリング レートを調整する必要がなく、アベレージ フィルターは 50Hz~60Hz のノイズに問題なく対応できます。Figure 72 に簡単な周期性波形と同期化されたサンプル レートを示します。このフィルターにはフィードバック パスはありません。

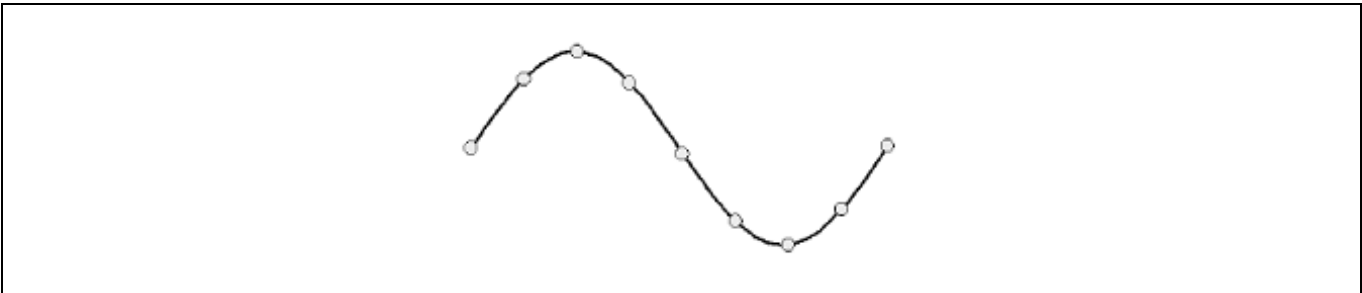


Figure 72 同期サンプル レート

アベレージ フィルターの一般的な式は次のとおりです。

$$y[i] = \frac{1}{N} (x[i] + x[i - 1] + \dots + x[i - N + 1])$$

Equation 14

設計上の注意事項

Figure 73 と Figure 74 に 16 サンプル フィルター式を使用して、実際の CAPSENSE™ データにアベレージ フィルターを使用した時の結果を示します。

$$y[i] = \frac{1}{16} (x[i] + x[i - 1] + \dots + x[i - 15])$$

Equation 15

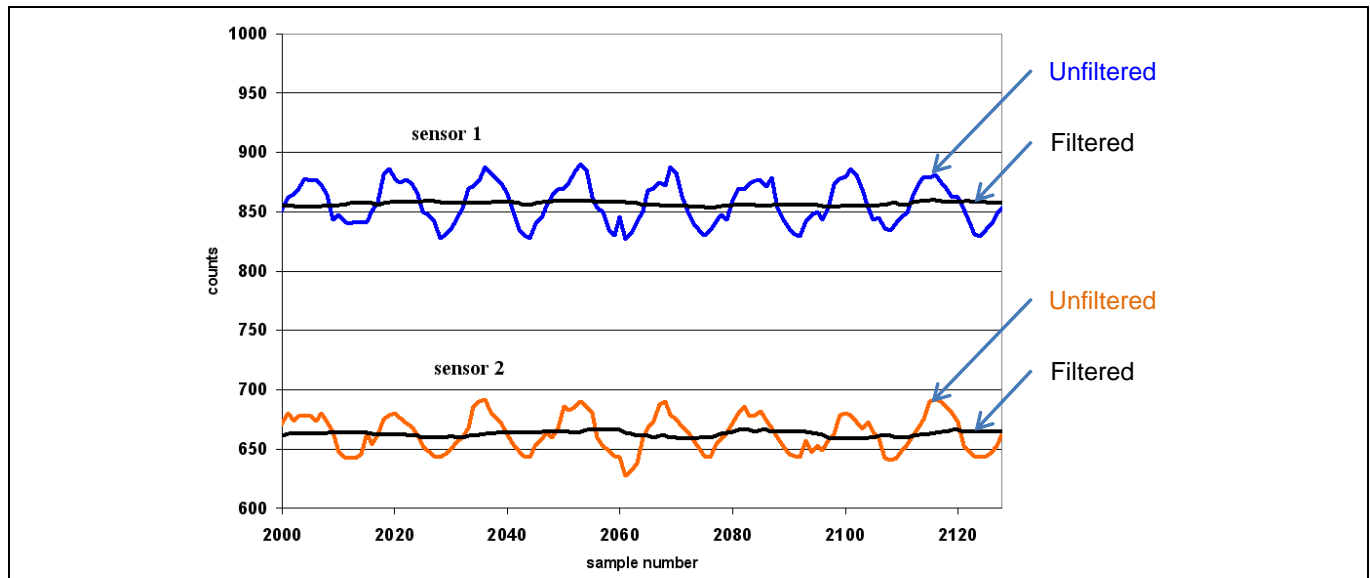


Figure 73 アベレージフィルター ノイズ (16 サンプル)

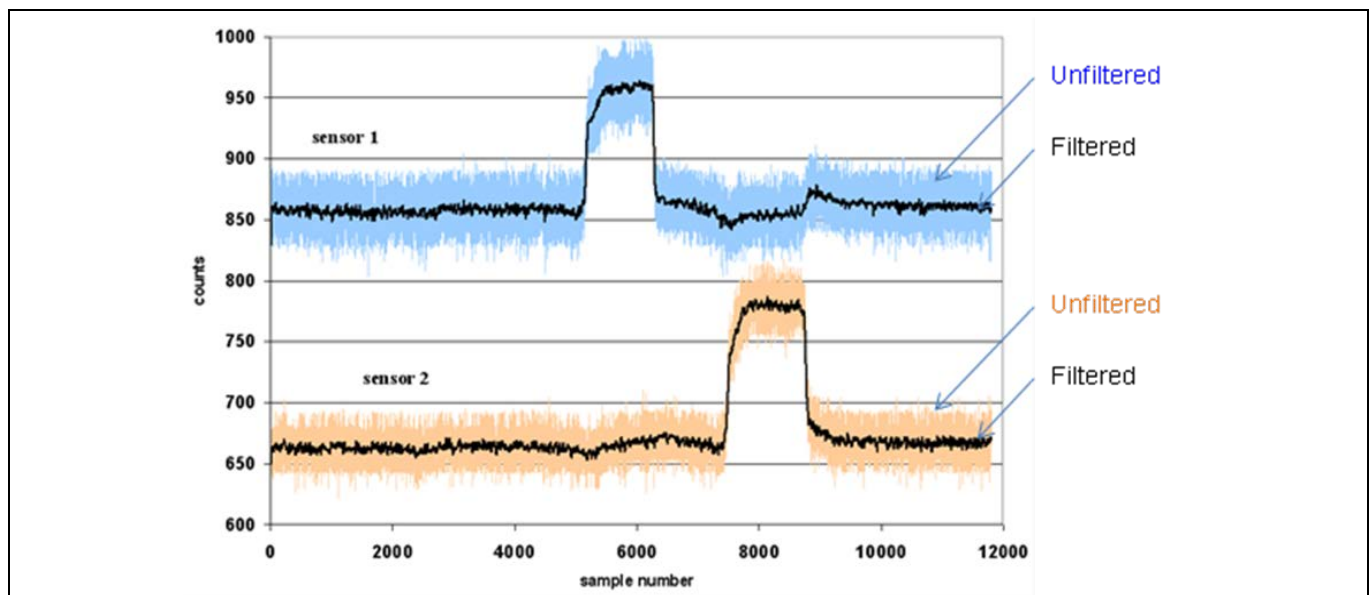


Figure 74 アベレージフィルター (16 サンプル) 適用の指タッチ結果

前述の例は、電源ノイズの典型的な例です。ノイズの周期がフィルター長 (N=16) に近い場合、この例ではフィルターはうまく機能します。

設計上の注意事項

3.4.2 IIR フィルター

無限インパルス応答フィルター (IIR) は RC フィルターと同様にステップ応答を生じます。IIR フィルターは高周波数ノイズ要素を減衰し、指タッチ応答の波形などの低周波数信号が通過することを許可します。

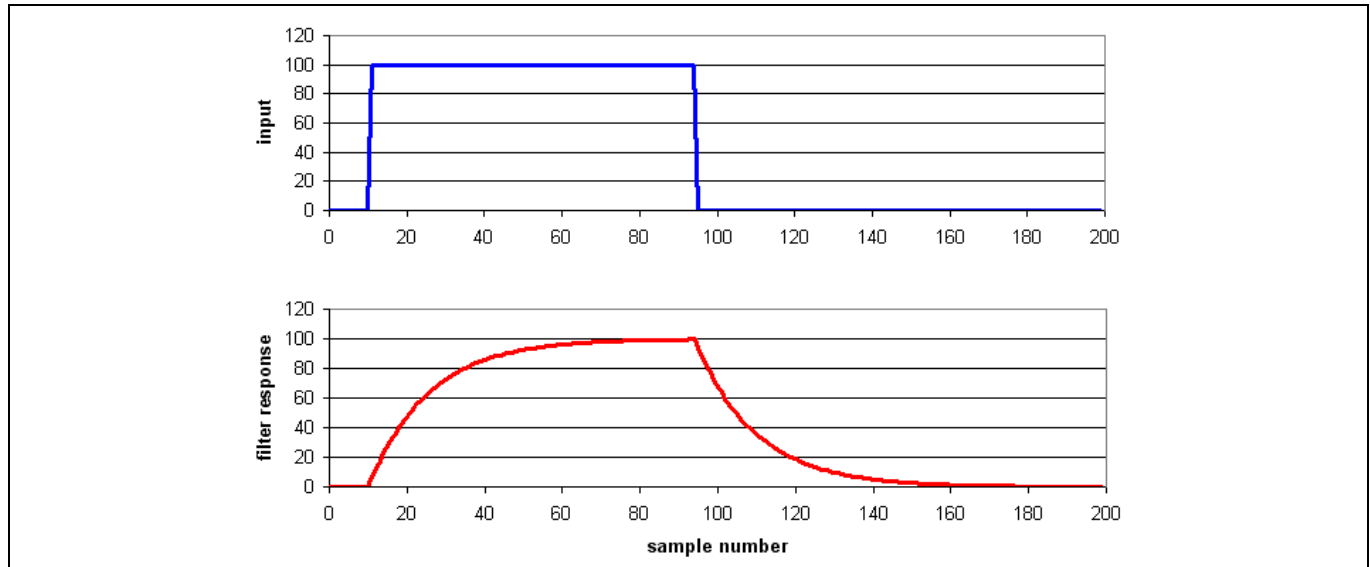


Figure 75 IIR フィルターのステップ応答

第 1 次 IIR フィルターの一般式は次のとおりです。

$$y[i] = \frac{1}{k} \left(x[i] + ((k-1) \times y[i-1]) \right)$$

Equation 16

Figure 76 および Figure 77 にフィルター式 (k=16 時) を使用して、実際の CAPSENSE™データ上で第 1 次 IIR フィルターの結果を示します。

$$y[i] = \frac{1}{16} \left(x[i] + (15 \times y[i-1]) \right)$$

Equation 17

設計上の注意事項

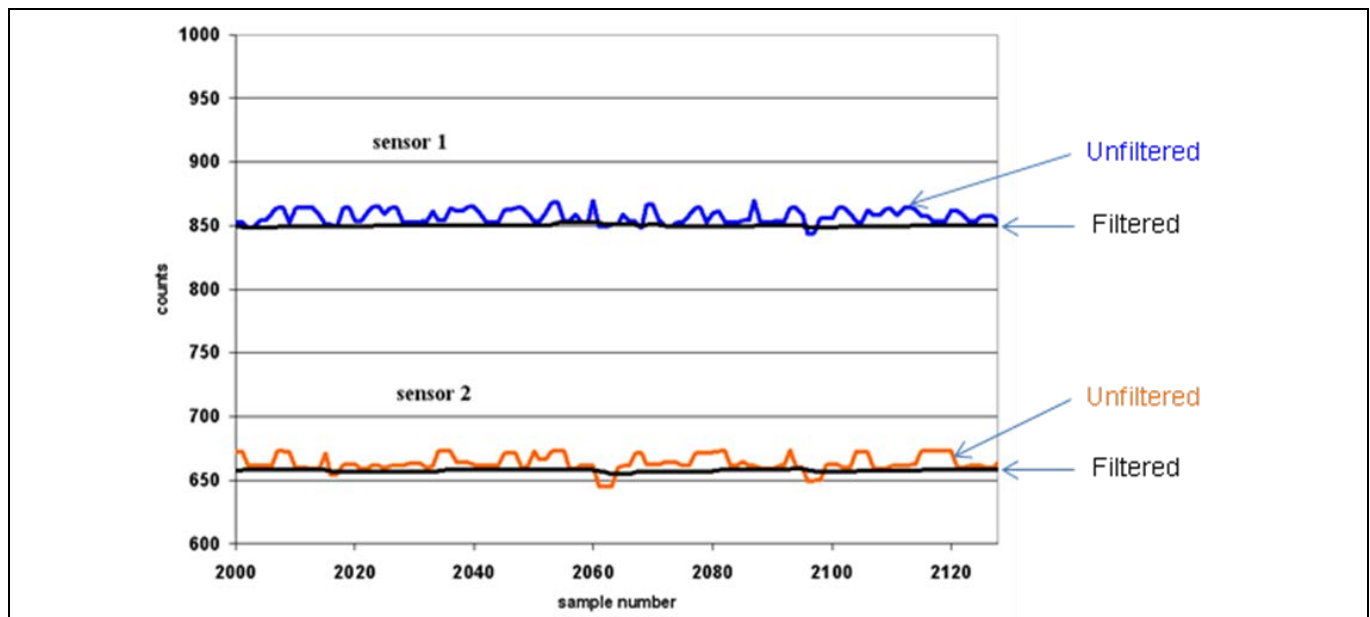


Figure 76 IIR フィルター ノイズ

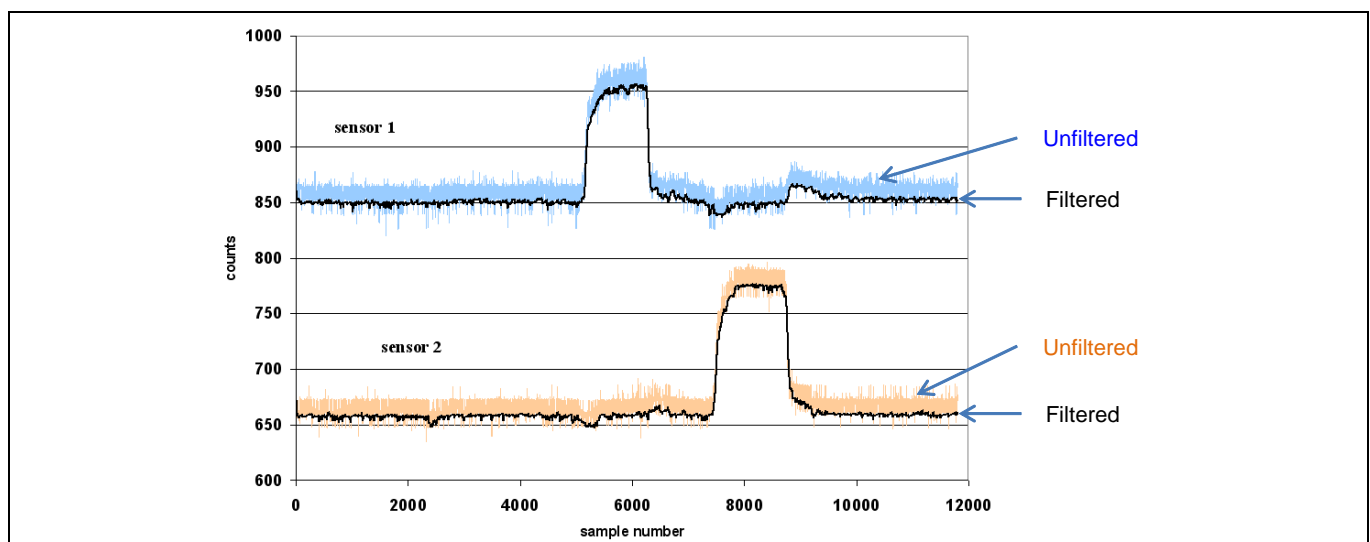


Figure 77 IIR フィルター適用の指タッチ

3.4.3 メジアン フィルター

メジアン フィルターは、一般的にモーターやスイッチング電源に伴って出るスパイク ノイズを取り除きます。メジアン フィルターでは、サイズ N のバッファは、入力の最新 N 個のサンプルを格納します。次に、2 ステップのプロセスで、メジアンを計算します。最初にバッファ値は小さいものから大きいものへと並べ替えられ、次に正しく並べられたリストから中央値が選択されます。バッファが更新されるたびに、バッファはスキャンされて、メジアンが求められます。これは非線形フィルターです。メジアン フィルターの一般式は次のとおりです。

$$y[i] = \text{median}(x[i], x[i - 1], \dots, x[i - N + 1])$$

Equation 18

設計上の注意事項

Figure 78 と Figure 79 に、一般的なフィルタ式 (N=16) を使用して、実際の CAPSENSE™ データにメジアンフィルタを適用した時の結果を示します。

$$y[i] = \text{median}(x[i], x[i-1], \dots, x[i-15])$$

Equation 19

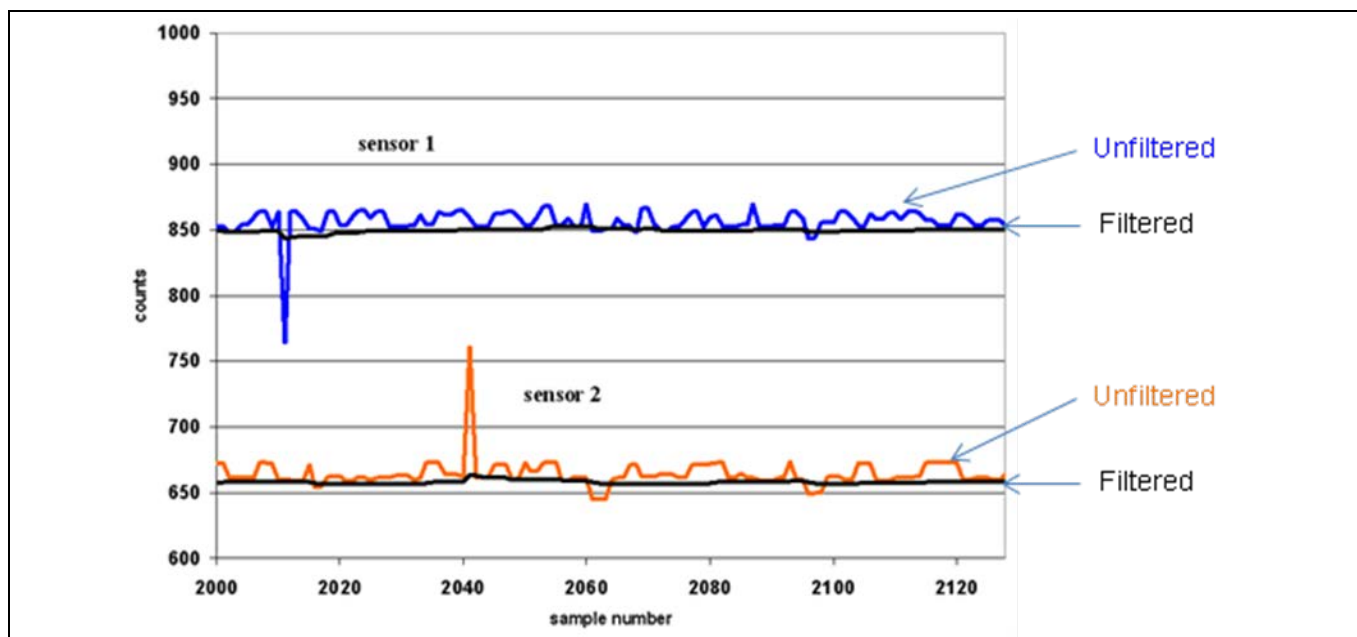


Figure 78 メジアンフィルタ ノイズスパイク

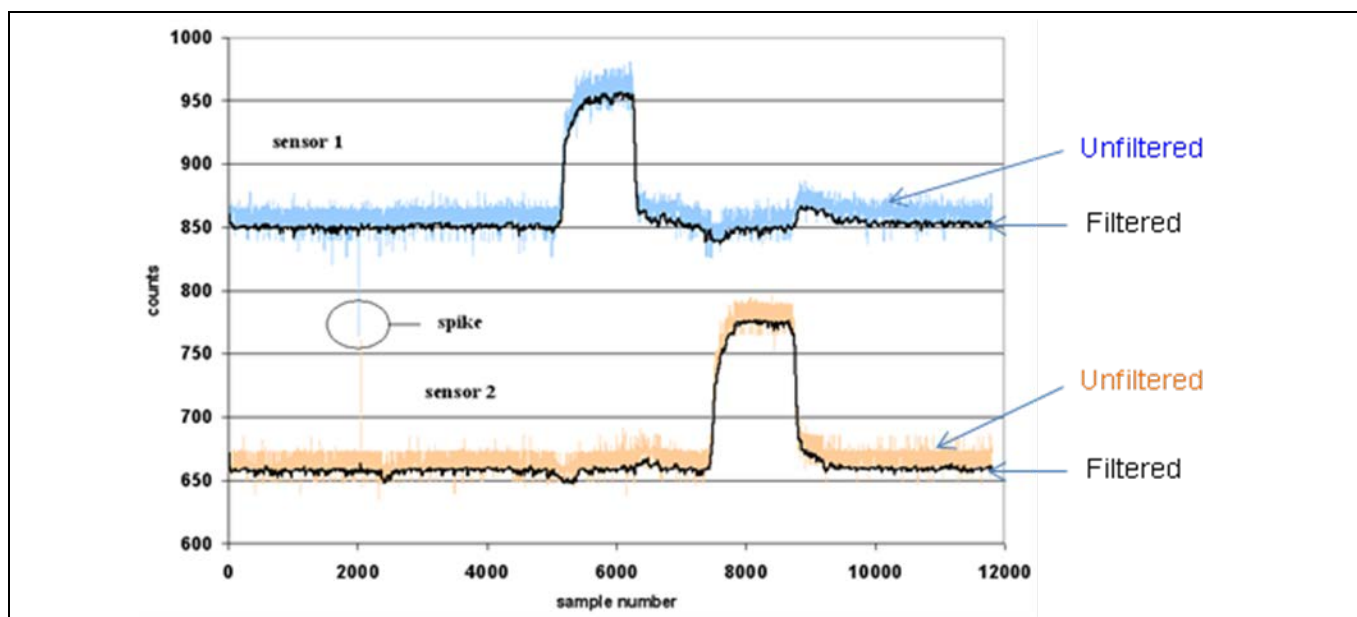


Figure 79 メジアンフィルタ (16 サンプル) 適用の指タッチ

設計上の注意事項

3.4.4 ジッタ フィルター

3.4.4.1 ノイズのあるスライダー データ用のジッタ フィルター

セントロイド機能はスライダー上の指の位置を推測するために使用されます。信号レベルがLOWの時(通常はスライダー上に厚いオーバーレイがあるため)、指位置の推定は、指が固定された位置に置かれた場合でも、揺れているように見えます。このジッタ ノイズはジッタ フィルターを使用して取り除けます。このためには、前の入力バッファに保存されます。現在の入力が前の出力に比較されます。もし、差が±1 より大きい場合、Equation 20 に示すように、出力は±1 変更されます(符号が一致)。これは非線形フィルターです。

$$\begin{aligned} y[i] &= x[i] - 1, & \text{if } x[i] > y[i-1] + 1 \\ y[i] &= x[i] + 1, & \text{if } x[i] < y[i-1] - 1 \\ y[i] &= y[i-1], & \text{otherwise} \end{aligned}$$

Equation 20

Figure 80 にノイズのあるセントロイド データにジッタ フィルターを適用した結果を示します。

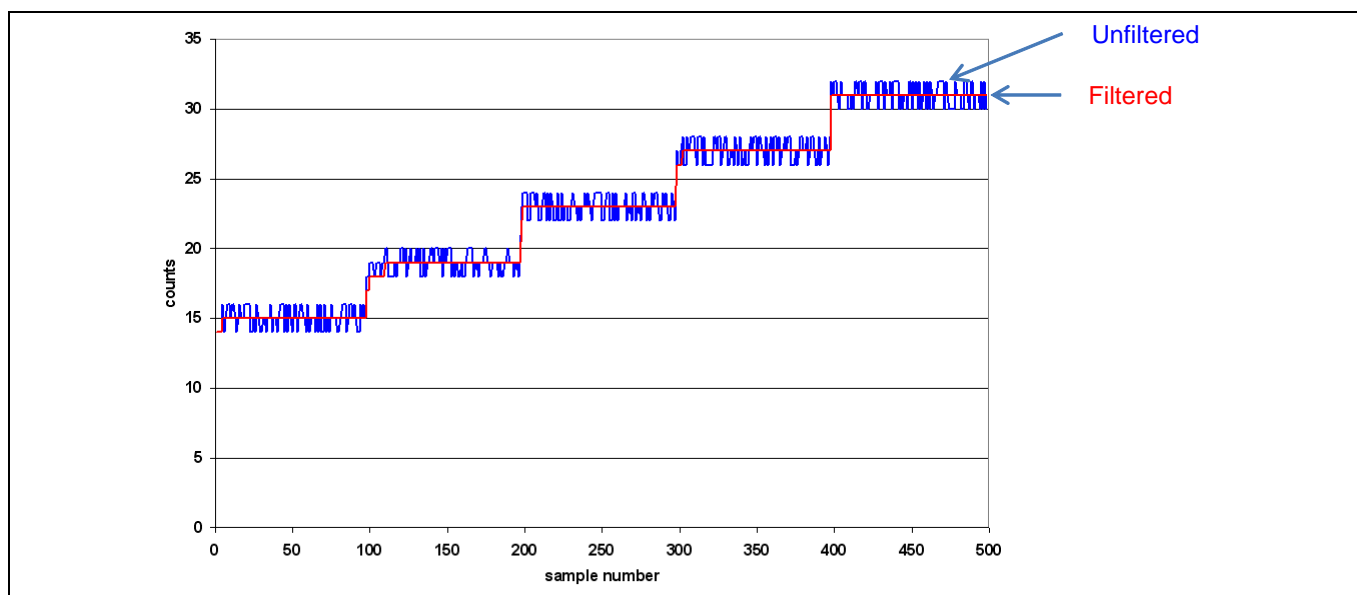


Figure 80 ノイズのあるセントロイド データに適用されたジッタ フィルター

3.4.4.2 raw カウント用ジッタ フィルター

ジッタ フィルターはノイズのあるスライダー データのために意図されていますが、ノイズのあるボタンにも使用されます。もし、現在の入力における変化が設定された閾値を超えた場合、出力は前の入力に加算あるいは減算した閾値量に戻されます。もし、現在の入力が閾値未満で変化した場合、出力は変更されません。ボタンに適用されたジッタ フィルターの一般的な式は次のとおりです。

$$\begin{aligned} Y[i] &= x[i] - \text{threshold}, & \text{if } x[i] > y[i-1] + \text{threshold} \\ y[i] &= x[i] + \text{threshold}, & \text{if } x[i] < y[i-1] - \text{threshold} \\ y[i] &= y[i-1], & \text{otherwise} \end{aligned}$$

Equation 21

設計上の注意事項

Figure 81 と Figure 82 に、周期性ノイズの要素が多い実際のボタン データにジッタ フィルターを適用した時の結果を示します。

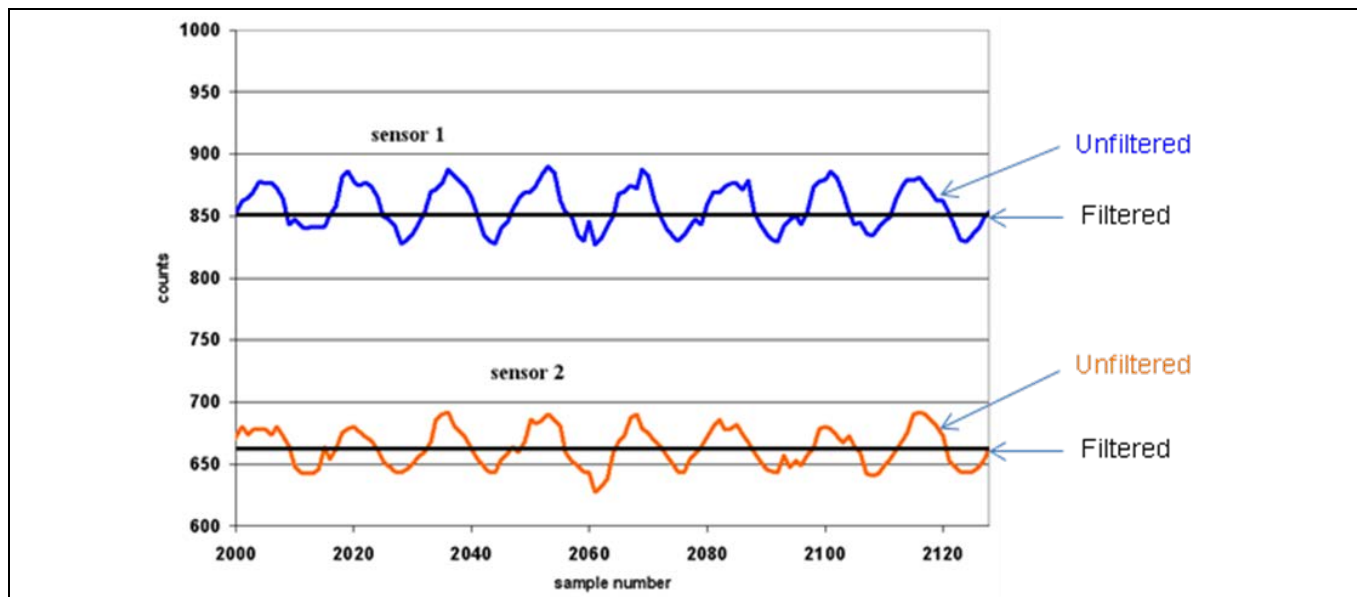


Figure 81 ボタン ノイズ処理用のジッタ フィルター

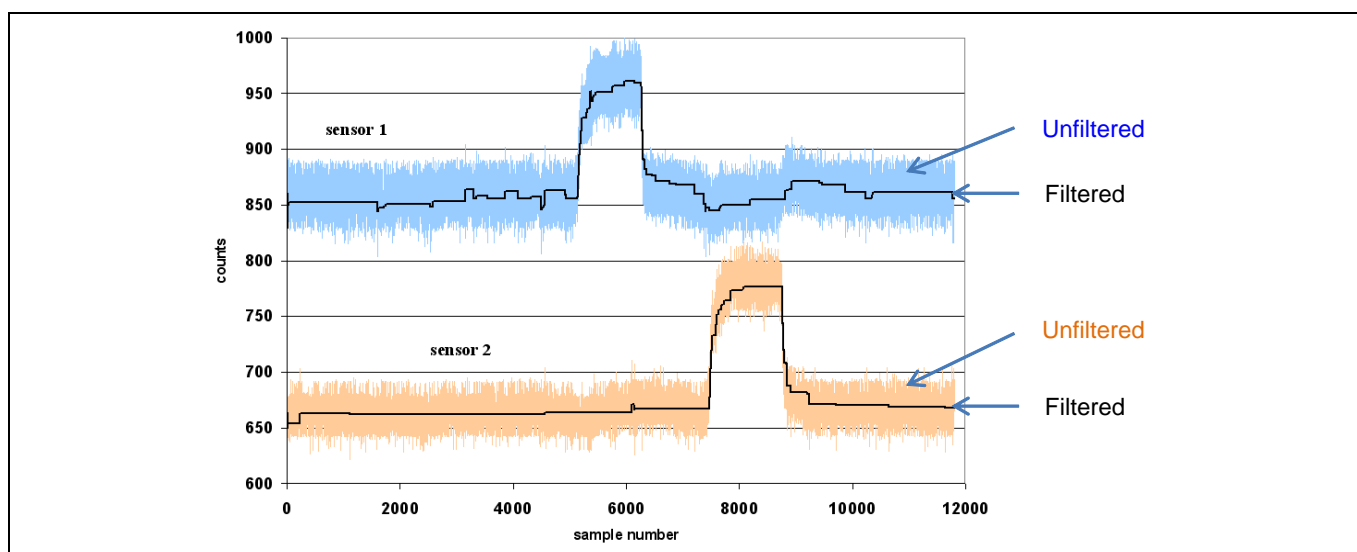


Figure 82 ボタンへの指タッチに対応するジッタ フィルター

3.4.5 イベント ベースのフィルター

イベントベースのフィルターは、センサデータで観察されたパターンが CAPSENSE™ システムにおける事前定義された応答を生じさせる、特殊なフィルター法を使用しています。データ中のパターンは、ハンドヘルド製品をポケットに入れる、あるいはカメラのフラッシュ回路が充電中に、カメラ フォンの電源供給電圧 (VDD) が突然下がる事件などのイベントによりトリガーされます。次はイベントベースのフィルター使用時の共通応答です。

- パターンが通常に戻るまで CAPSENSE™ データ伝送を防止すること
- SNR セクションで定義されたベースライン基準レベルをリセットすること
- イベントが発生した時にデータのサンプルを無視すること

設計上の注意事項

イベントベースのフィルターの例は、割込みが発生した時にサンプルを除去する、またはデータを再サンプリングすることです。I²C は CAPSENSE™アプリケーションで使用する共通通信プロトコルの1つです。I²C 割込みは、本質的に非同期のため、センサーがスキャンされている間発生する可能性があります。スキャン中に発生する割込みがノイズを増加させるため、SNR を低減します。このような場合は、割込みが発生した時、そのスキャンに対応する raw カウント サンプルを無視して再スキャンするようなイベントベースのフィルター処理を実装できます。

3.4.6 ルールベースのフィルター

ルールベースのフィルターは、センサーデータで観察されたパターンが CAPSENSE™システムにおけるルールベースの応答を生じさせる、もう1つの特殊なフィルター法です。イベントベースのフィルターとは異なり、ルールベースのフィルターは、タッチ面の通常操作中に遭遇するセンサーデータのパターンで機能します。ルールベースのフィルターを使用する際は、センサーの使用法に関する特殊シナリオを検討する必要があります。

例えば、一連のラジオチャネル選択ボタンの場合、2つのボタンを間違えて押すことがありますが、1つのみ選択されます。ルールベースのフィルターは、このような状況を事前定義した方法で取り除きます。もう1つの例は、CAPSENSE™のアプリケーションで仮想センサーを使用します。仮想センサーは、センサーの通常動作中でトリガーされることは期待されませんが、水が存在したり(例えば、ガードセンサーの場合)、システムが RF ノイズを受けるような予想外のシナリオで発生できます。したがって、仮想センサーがトリガーされた時、不要なトリガーが起こらないように、すべての実際のセンサーがオフになります。

3.5 消費電力

消費電力を最小限にすることは、設計上の重要な目標です。多くの CAPSENSE™システムにとって、バッテリーの寿命を延ばすことは、製品の成功に不可欠です。バッテリーを使用しないシステムにおいては、消費電力は、経費と PCB 面積を削減するために電源のデザインを最適化する役割を果たします。

3.5.1 アクティブおよびスリープ電流

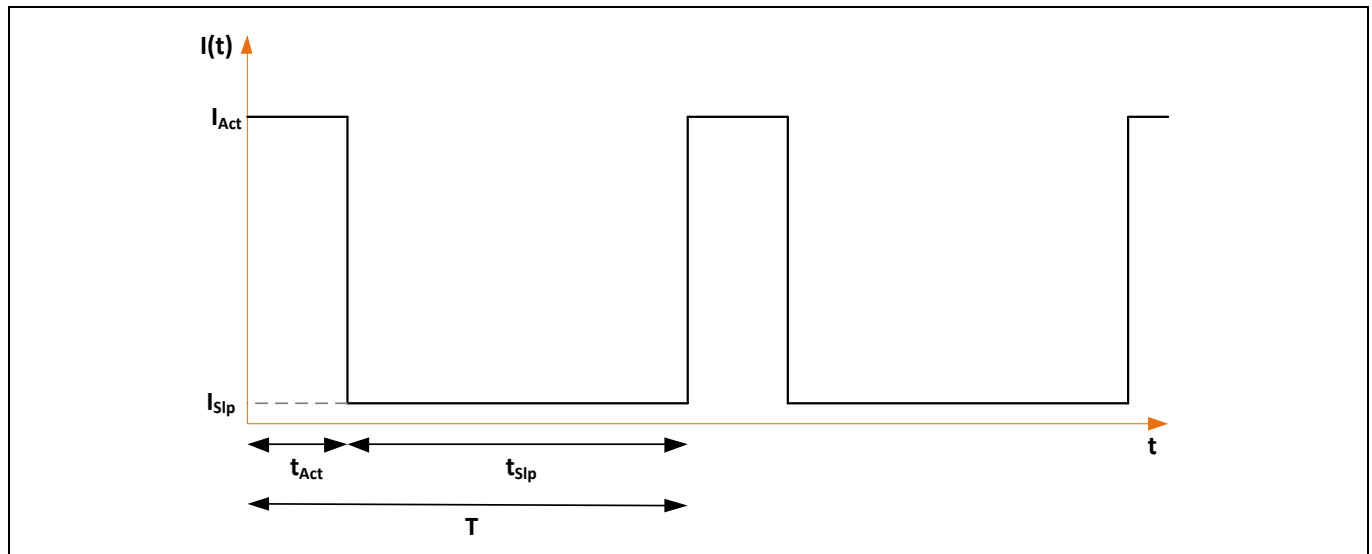
アクティブな電流とは、選択したすべてのアナログおよびデジタルブロックが有効で、CPU が稼働しているときにデバイスが消費している電流です。通常のアプリケーションにおいて CAPSENSE™コントローラーは常にアクティブ状態に入る必要はありません。

デバイスをスリープ状態にして、デバイスの CPU と主要ブロックを停止できます。スリープ状態においてデバイスが消費する電流は、スリープ電流と呼ばれています。スリープ電流はアクティブ電流よりはるかに低いです。

3.5.2 平均電流

通常のアプリケーションにおいて、スリープ状態は消費電力を削減するために、周期的に呼び出せます。つまり、プリセットされている期間中に CAPSENSE™コントローラーはスリープ状態から復帰し、アクティブ状態で必要な操作をすべて行い(すべてのセンサーをスキャンし、すべてのベースラインを更新し、センサーが TOUCH 状態にあるかどうか確認することなど)、その後またスリープ状態に戻ります。Figure 83 は、結果として生じる瞬時電流のグラフです。

設計上の注意事項

**Figure 83** 瞬時電流

ここではそれぞれ次を示します。

$I(t)$ = 瞬時電流

I_{Act} = アクティブな電流

I_{Slp} = スリープ電流

t_{Act} = アクティブ時間

t_{Slp} = スリープ時間

T = サイクルの期間

長期にわたってデバイスが消費した平均電流は、次の式で計算できます。

$$I_{AVE} = \frac{(I_{Act} \times t_{Act}) + (I_{Slp} \times t_{Slp})}{T}$$

Equation 22

デバイスの平均消費電力は、次のように計算します。

$$P_{AVE} = V_{DD} \times I_{AVE}$$

Equation 23

設計上の注意事項

3.5.3 応答時間対消費電力

Equation 23 に示すように、 I_{AVE} または V_{DD} を低下させて、平均消費電力を削減できます。スリープ時間を増やして、 I_{AVE} を低減することが可能です。スリープ時間を非常に大きい値に上げると、CAPSENSE™ボタンの応答時間が遅くなります。応答時間と消費電力は代償を伴うので、アプリケーションの開発者は、システム要件に応じて、慎重にスリープ時間を選択する必要があります。

どのアプリケーションにおいても、消費電力と応答時間の両方が考慮すべき重要なパラメーターの場合、連続スキャンとスリープスキャンモードの両方を含む最適化された方法を使用できます。この方法では、前節で説明したように、デバイスはセンサーをスキャンしたり、定期的にスリープモードに入ったりするスリープスキャンモードに移行して殆どの時間で過ごすため、消費電力がより少ないです。ユーザーがシステムを動作させるためにセンサーに触れると、デバイスは連続スキャンモードにジャンプします。このモードでは、スリープモードを呼び出さずにセンサーを連続的にスキャンするため、応答時間は非常に速いです。デバイスは、指定されたタイムアウト期間で連続スキャンモードのままです。ユーザーがこのタイムアウト期間中にセンサーを操作しないと、デバイスはスリープスキャンモードに戻ります。

3.6 近接センシング設計

ここでは、近接センサーを実装する方法および近接距離に影響する様々な要素を紹介します。設計ガイドラインの詳細については、[AN92239 – CAPSENSE™での近接センシング](#)を参照してください。

3.6.1 CAPSENSE™での近接センシングの実装

Figure 84 に、CAPSENSE™ベースの近接センシングシステムを設計する手順を示します。

1. **近接センシングの理解:** このデザインガイドの[近接センシング](#)では、CAPSENSE™ベースの近接センシングが動作する方法、および近接センシング距離に影響するパラメーターについて説明します。
2. **近接センシングが動作する方法の評価:** インフィニオンの [CY8CKIT-024 – CAPSENSE™近接シールド](#) を使用してください。
3. **近接センシング要件の確立:** 近接センサーの性能を評価した後、目標の近接センシング距離、センサー配置のためのプリント基板上の利用可能な面積、システムの消費電力要件、および EMI/ESD 性能などの近接センシング要件を確立します。これらの要件は、正しい CAPSENSE™デバイスを選択し、センサーのレイアウトを設計するのに有用です。
4. **適切な CAPSENSE™デバイスの選択:** 要件が確立した後、[CAPSENSE™セレクトガイド](#)章を参照して目標の近接センシング距離に応じて適切な CAPSENSE™デバイスを選択してください。
5. **回路図とレイアウトの設計:** CAPSENSE™デバイスを選択した後、回路図とレイアウトを設計します。回路図を設計するためには[ピンの割り当て](#)セクションで説明するガイドラインに従ってください。また、回路図設計の詳細については、デバイスのデータシートとデバイス固有の [CAPSENSE™デザインガイド](#)も参照してください。近接センサーの種類やサイズなどの近接センサーのレイアウトのガイドラインについては、[近接センサーの設計](#)と[近接距離に影響を与える要素](#)を参照してください。
6. **プロトタイプをビルドする:** 回路図とレイアウトの設計を完成した後、設計が性能要件を満たしているかどうかを確認するために設計のプロトタイプをビルドします。
7. **チューニング:** 目標性能達成のためプロトタイプ基板をチューニングします。[AN92239 – CAPSENSE™での近接センシング](#)とデバイス固有の [CAPSENSE™デザインガイド](#)を参照してください。
 - センサーをチューニングした後、近接センサーの性能が要件を満たしているかを確認します。要件が満たされている場合は、ステップ 11 に進みます。そうでなければステップ 8 に進みます。
8. **必要に応じて再設計:** 最適なパラメーターを設定した後、近接センサーの性能が目標を達成しない場合、センサーのサイズを大きくするか、ノイズ源からセンサーをシールドすることによりシステム内のノイズを低減してからステップ 9 に進んでください。

設計上の注意事項

9. **再チューニング:** 近接センサーを再設計した後、センサーを再チューニングしてセンサーの性能が要件を満たしているかを確認します。要件が満たされている場合は、ステップ 11 に進みます。そうでなければステップ 10 に進みます。
10. **設計や要件を再考:** 近接センサーの寸法を可能な最大値にし、最適なパラメーターでチューニングしても、センサーが希望の性能を達成しない場合は、要件を再考してください。
 - 希望の近接センシング距離を達成できない場合は、現在のデバイスよりも優れた近接性能を有するデバイスを使用します。
 - 最高のデバイスを使用しても希望の近接センシング距離を達成しない場合は、センサーに利用可能な領域や目標の近接センシング距離など、近接センサーの要件を変更して、ステップ 1 から手順を繰り返してください。
11. **大量生産に進む:** 近接センサーが目標の性能を達成する場合は、大量生産段階に進めます。

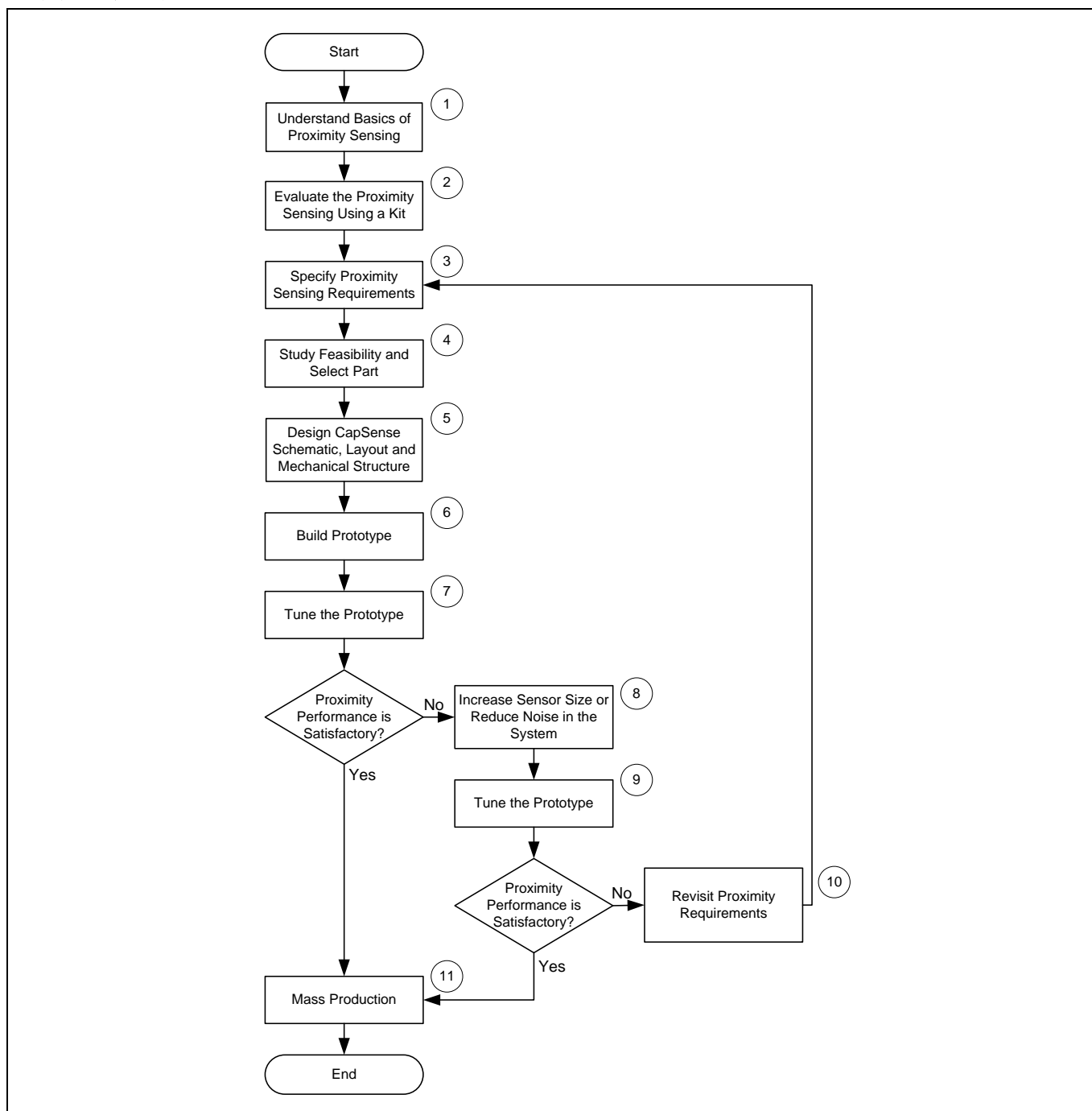


Figure 84 CAPSENSE™ベースの近接センシングの設計フロー

設計上の注意事項

3.6.2 近接センサーの設計

以下の方法のいずれかで静電容量近接センサーを構築できます。

- ボタン:** Figure 85 に示すように、ボタンセンサーは高感度にチューニングされた時、近接センサーとして使用可能です。近接センシング距離はセンサー領域に正比例します。ボタンセンサーの直径が通常 5mm～15mm のため、ボタンセンサーで達成する近接センシング距離が他のセンサーでの実装方法と比較すると非常に短いです。

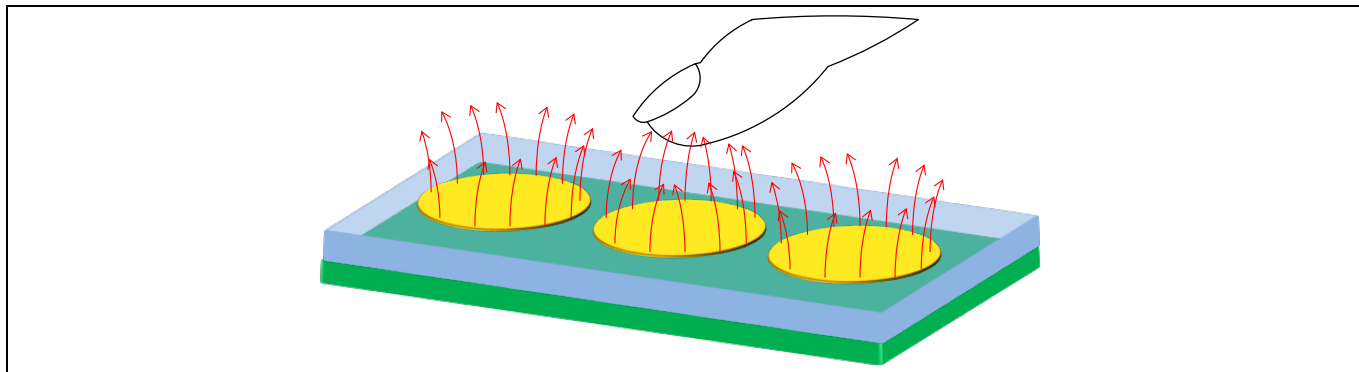


Figure 85 ボタンセンサーでの CAPSENSE™ベースの近接センシング

- センサー連動 (センサーをグループ化):** センサー連動とは、Figure 86 に示すように複数のセンサー (ボタン、近接配線、近接ループ) を CAPSENSE™の回路に接続し、単一のセンサーとしてスキャンすることです。複数のセンサーを連動させると、センサーの有効な領域が広くなり、近接センシング距離が拡張されますが、グループ化されたセンサーの C_p が、45 pF の C_p の最大限を越えないように注意する必要があります。センサー連動方式を使用して近接センシングを実装する方法の詳細については、[AN92239 - CAPSENSE™による近接センシング](#)を参照してください。

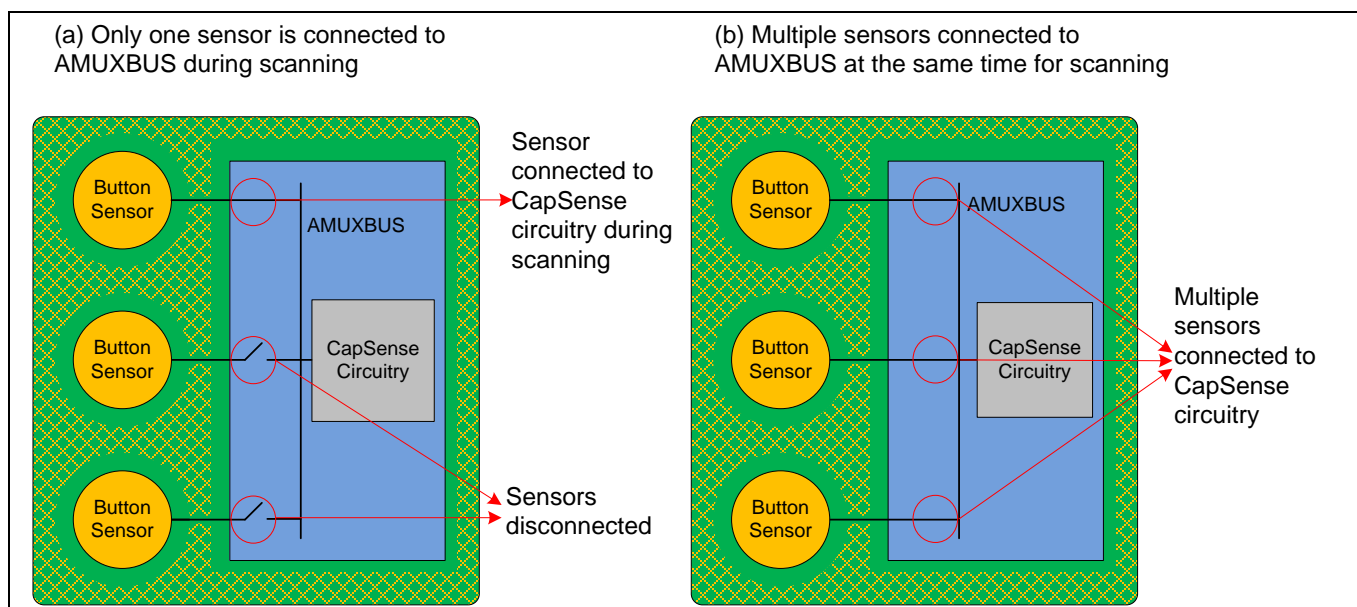


Figure 86 センサー連動時の CAPSENSE™ベースの近接センシング

- プリント基板配線:** FR4 またはフレキシブル プリント回路 (FPC) 基板上的長いプリント基板配線の設計により近接センサーを形成できます。配線は、直線 (Figure 87) か、または Figure 87 に示すようにシステムのユーザー インターフェースの周囲を囲む場合があります。プリント基板配線を使って近接センサーを実装する方法は、他のセンサーでの実装方法に比べて以下の利点があります。

設計上の注意事項

- 近接センサー C_p は少ない
- より多くの磁力線が手に接触するため、近接センシング距離がより長い
- 量産により適切



Figure 87 プリント基板配線時の CAPSENSE™ベースの近接センシング

- **ワイヤー:** 単一長さのワイヤーは、近接センサーとしてうまく機能します。プリント基板配線に比べて、ワイヤー ループ センサーを使用する時に達成する近接距離ははるかに広いです。しかし、製造コストが高くて設計が複雑のため、ワイヤー センサーの使用は、量産に最適なソリューションではありません。

3.6.3 近接距離に影響を与える要素

近接センシング距離は、以下のハードウェア、ソフトウェアおよびシステム パラメーターに依存します。

- ハードウェア パラメーター
 - センサーの種類
 - センサーのサイズ
 - センサーの寄生容量 (CP)
 - オーバーレイ材料と厚み
 - 隣接した開放/グランド接続の導電性物体
- ソフトウェア パラメーター
 - センサーの分解能
 - ファームウェア フィルター
- システム パラメーター
 - 消費電力
 - 応答時間
 - EMI/EMC/ESD の性能

設計上の注意事項

3.6.3.1 ハードウェア パラメーター

- **センサーの種類** – 近接センシング距離はセンサーの領域に正比例します。プリント基板配線またはワイヤーを使用して実装した近接センサー (直径1cm〜30cm) と比べると、ボタンセンサーから改善された近接センサー (標準直径が5mm〜15mm) は、近接センシング距離が短いです。したがって、目標の近接センシング距離に応じて、近接センサーの種類を選択します。Table 9 に、特定の近接センサー実装方法を適用するタイミングを示します。

Table 9 近接センサーの実装方法の選択

近接センサータイプ	いつ使用するか
ボタンセンサー	目標の近接センシング距離またはセンサーのセンシング可能な領域が非常に小さい場合はこの方法を使用
センサー連動	プリント基板上には、センサー ピンまたはセンサー領域がなく、近接センサーを実装できない場合、この方法を使用。センサー連動は、ボタンセンサーを使用する時と比べて、近接センシング距離がより大きい
プリント基板配線	目標の近接センシング距離が非常に大きい場合、この方法を使用。この方法はほとんどの場合に推奨される
ワイヤー ループ	目標の近接センシング距離が非常に大きい場合、この方法を使用。この方法は、プリント基板配線で実装する方法に比べて、製造コストがより高いという欠点がある

- **センサーのサイズ**: 近接センサーのサイズは、目標の近接センシング距離、ノイズ源の有無、および開放/グランド接続の導電性物体など様々な要因に依存します。ノイズ源と開放/グランド接続の導電性物体が SNR を低減し、近接センシング距離も短縮します。そのため、大型の近接センサーは、設計に必要な近接センシング距離を達成するために不可欠です。
Figure 88 に所与のシステムの近接センサーのループサイズと、近接センシング距離との関係を示します。センサーの領域が大きいほど、より多くの磁力線が対象の物体につなが、センサー信号が増加します。しかし、センサー領域が大きいほど、センサーの C_p とノイズが多く、近接センシング距離が短縮されます。固体充填のセンサーの代わりにループセンサー (Figure 87) を使用すると、センサーの C_p 、ノイズが低減され、近接センシング距離がより大きくなります。また、ループセンサーは必要なセンサー領域が少なく済み、プリント基板上に、ほかのコンポーネントを配置するスペースが増えます。

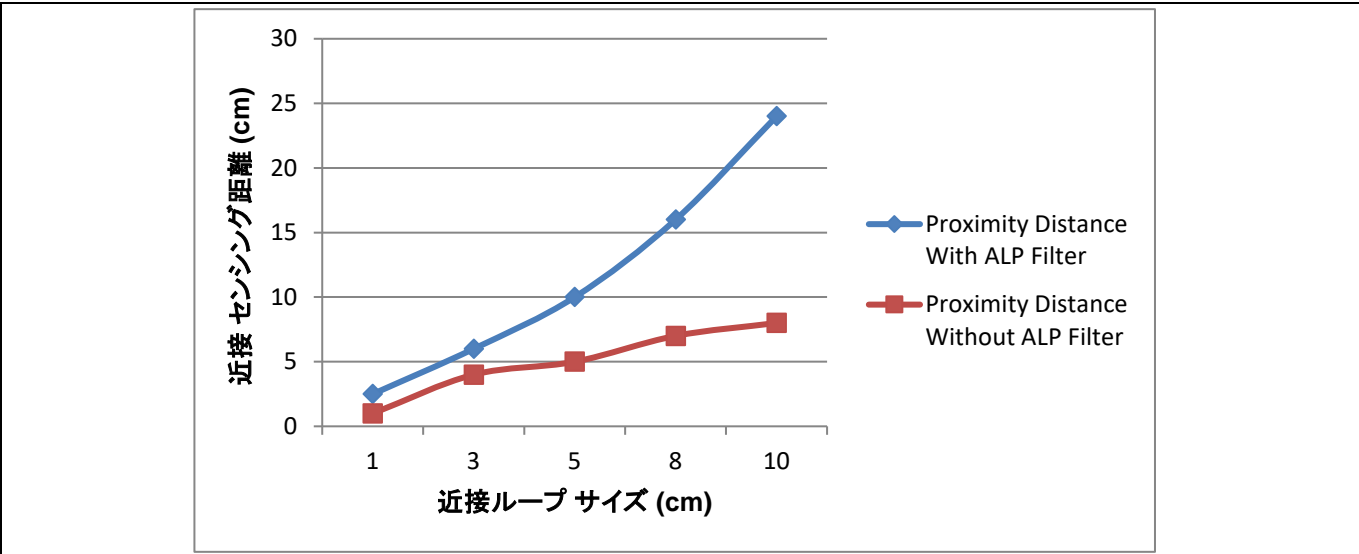


Figure 88 近接センシング ループ サイズ対近接距離

設計上の注意事項

Note: 上のグラフでは、異なるループサイズに応じた近接センシング距離は実験室内の条件下で測定されました。実際の近接センシング距離は、最終システム環境によって異なります。

センサーのサイズと近接センシング距離との関係を導出することは非常に難しいです。最終システム環境に応じて、近接センシング距離は特定のセンサーサイズによって異なる場合があります。センサーのプロトタイプを作ること、目標の近接センシング距離を達成するために必要なセンサーサイズが分かります。Figure 89 に示すように、銅箔を使用して、迅速にセンサーのプロトタイプを作って目標の近接センシング距離を達成するために必要なセンサーサイズを判定できます。

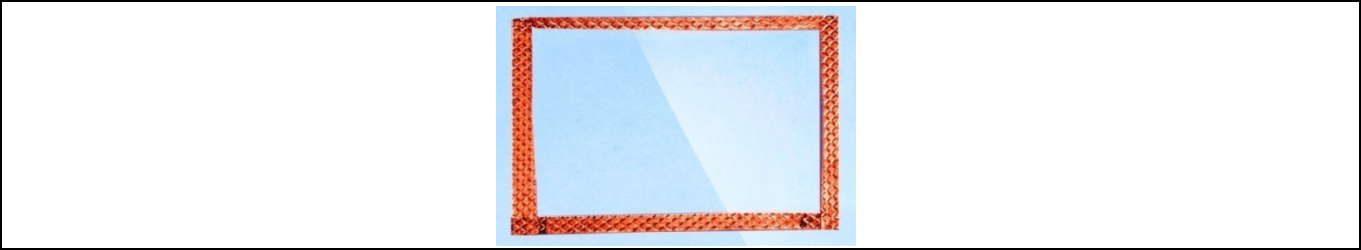


Figure 89 銅テープを使用した近接センサーのプロトタイプ

経験則として、目標の近接センシング距離に等しい最小直径 (円形ループの場合) または対角線 (方形ループの場合) から始まることを推奨します。ループの直径または対角線が目標の近接センシング距離に等しい状態で希望の近接センシング距離を達成できない場合は、目標の近接センシング距離を達成するまで、センサーループの直径または対角線を増やせます。

Table 10 に、近接センサーレイアウトのガイドラインをまとめます。近接センサー用に使用可能な領域が目標の近接センシング距離を達成するために必要な領域よりも小さい場合は、高度なローパス (ALP) フィルターなどのファームウェアフィルターを実装できます。ALP フィルターは、センサーの raw カウントのノイズを減衰させ、SNR を増加させます。SNR が増加されると、近接センシング距離も大きくなります。ALP フィルターの詳細については、AN92239 - CAPSENSE™による近接センシングを参照してください。

Table 10 近接センサーレイアウト時の推奨事項

詳細	最小値	推奨値
近接センサーループの直径または対角線	ALP フィルターが無効の場合、センサーループの直径または対角線は、目標の近接センシング距離以上になる必要があります。 ALP フィルターが有効の場合、センサーループの直径または対角線は、目標の近接センシング距離の半分以上になる必要があります。	目標の近接センシング距離に等しいセンサーループの直径または対角線から始まって、目標の近接センシング距離を達成するまで、直径/対角線を大きくします。
近接センサーの配線幅	1.5 mm	1.5 mm

- センサーの寄生容量:** 近接センシング距離は C_F の C_P に対する比に依存します。 C_F/C_P の比が増加すると近接センシング距離が大きくなります。所与のセンサーサイズの場合、 C_F の値はセンサーと対象の物体間の距離に依存します。この比を最大にするためには、 C_F を上げ、 C_P を下げる必要があります。最適なセンサー領域を選択し、センサー配線長を短縮し、グラウンドへのセンサー磁力線の接触距離を最小化することによってセンサーの C_P を最小化できます。
 グラウンドへのセンサー磁力線の接続距離を短縮するためには、被駆動シールド信号でプリント基板の最上層と最下層 (面積のある場合) にハッチを駆動してください。被駆動シールド信号に接続されたハッチが「シールド電極」と呼ばれます。被駆動シールド信号は、センサー信号のレプリカです。
 シールド電極レイアウトのガイドラインについては、シールド電極とガードセンサーを参照してください

設計上の注意事項

ださい。

センサー配線長を最小化してセンサーの C_p を最小化するためには、CAPSENSE™ デバイスをできるだけセンサーの近くに配置してください。

- **近接した開放/グランド接続の導電性物体:** 開放/グランド接続の導電性物体が近接する場合、近接センシング距離が大幅に減少します。導電性物体が近接センサーの近くに置かれた時、以下の要因により近接センシング距離は大幅に減少します。
 - センサーの C_p が増加します。より大きいセンサー C_p は、センサーのスイッチング周波数を減少させて、近接センシング距離を減少させることが多いです。
 - [Figure 91](#) に示すように、グランドに接続された導電性物体がセンサーの電界の一部をキャッチして、指など物体により追加された静電容量を低下します。

隣接した導電性物体を除去するか、またはシールド電極を使用して近接センサーを導電性物体から隔離する必要があります。[Figure 92](#) に示すように、近接センサーと金属物体の間にシールド電極を配置することで、センサーへの隣接した金属面の影響を減少できます。シールド電極のレイアウト推奨事項については、[シールド電極とガードセンサー](#)を参照してください。

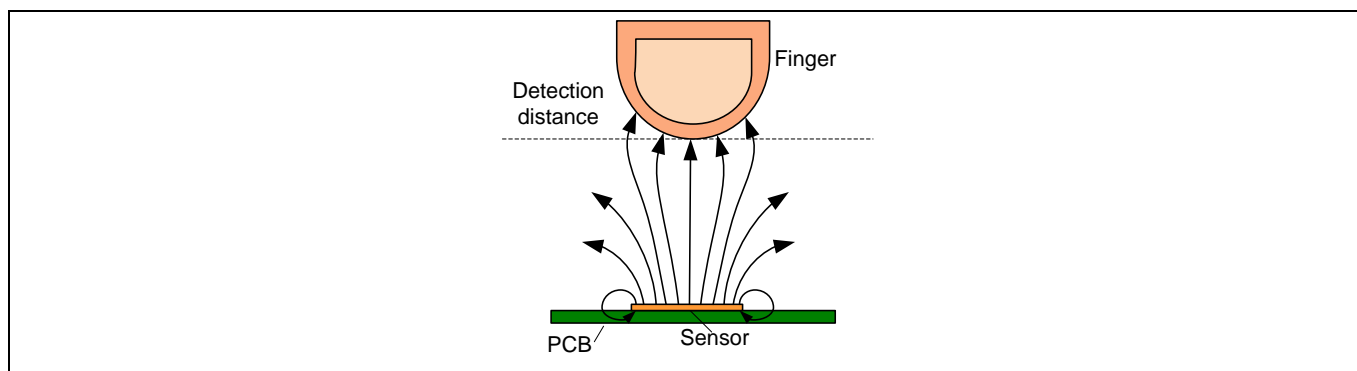


Figure 90 金属物体のない単一センサー コンフィギュレーションの電界伝播

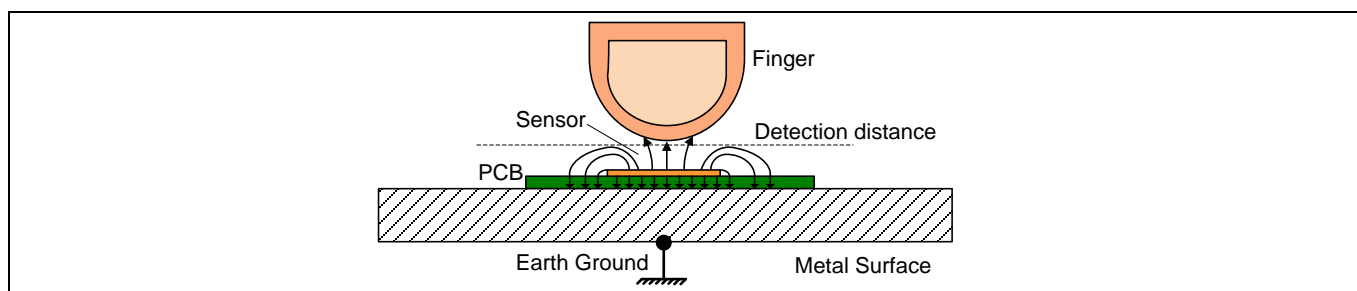


Figure 91 固体金属物体のある単一センサー コンフィギュレーションの電界伝播

設計上の注意事項

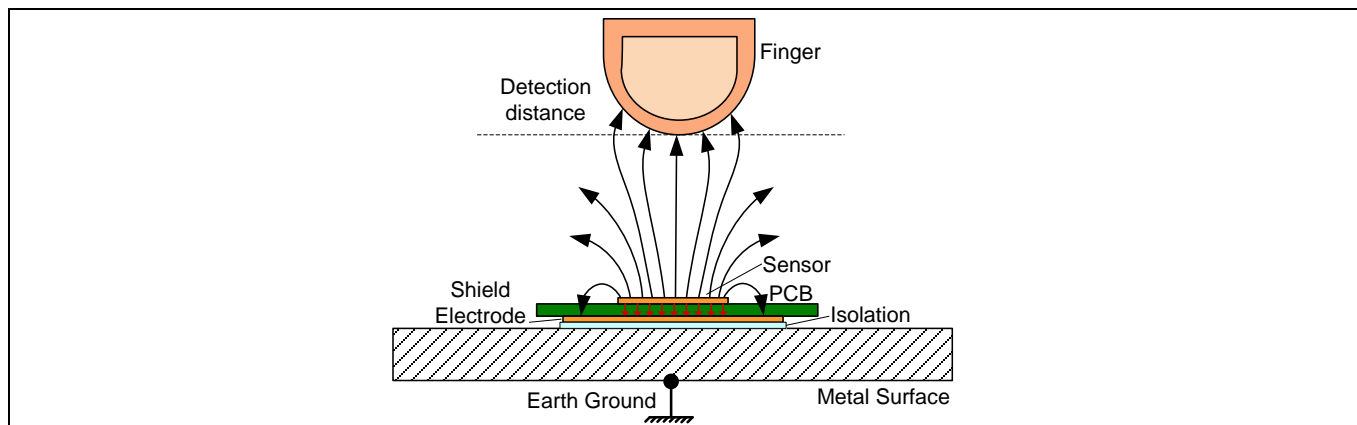


Figure 92 金属物体の影響を減少させるためのシールド電極の使用

3.6.3.2 ソフトウェア パラメーター

- **CSD の分解能:** 近接センシング距離は CAPSENSE™ センシング方式の分解能パラメーターに正比例します。分解能の値が高い場合、 C_F の小さな変化は、SNR が「5:1」を超えた時に検出できます。 C_F の小さな変化を検出することは、本質的に大幅な近接センシング距離を達成することを意味します。
- **ファームウェア フィルター:** 近接センサーは、センサー領域が広くて感度が高く設定されるため、ノイズの影響を受けやすいです。ノイズが高くなると、SNR が低下するため、近接センシング距離も短縮されます。ファームウェア フィルターを使用すると、ノイズを低減でき、SNR と近接センシング距離を増加できます。ノイズを低減するためには、IIR、メジアン、アベレージまたは ALP フィルターを使用できます。IIR、メジアン、およびアベレージフィルターの詳細については、[ソフトウェア フィルター](#) 節を参照してください。ALP フィルターの詳細については、アプリケーションノート [AN92239 - CAPSENSE™ による近接センシング](#) を参照してください。

3.6.3.3 システム パラメーター

- **消費電力:** 大きい近接センシング距離を達成するために、近接センサーは高分解能 (15 ビットまたは 16 ビット) でセンサーをスキャンする必要があります。分解能が高ければ高いほど、スキャン時間が長くなり、デバイスのアクティブ時間も長くなって、消費電力が増えます。したがって、近接センシング距離が大きければ大きいほど、必要とする消費電力が高くなります。
- **EMI/EMC/ESD 性能:** 大きな近接センシング距離を達成するためには、近接センサーを高感度に調整しなければなりません。高感度に設定すると EMI/EMC 性能が低下します。そのため、近接センシング距離と EMI/EMC 性能の間にはトレードオフ関係があります。

Figure 93 に示すように、近接センサーの ESD 性能を改善するためには、センサーをグラウンド ループで囲めます。

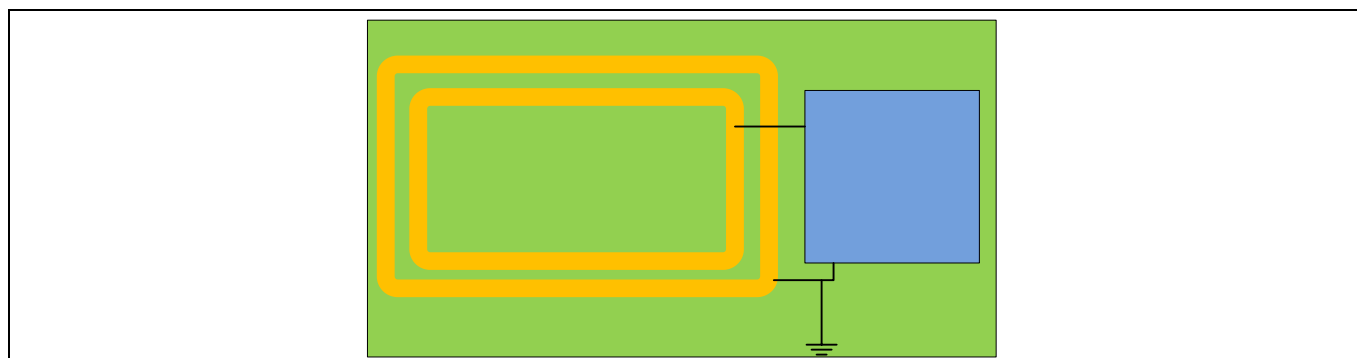


Figure 93 ESD 性能の改善のためにセンサーの周りにグラウンド ループ配置

設計上の注意事項

センサーをグラウンド ループで囲むと、近接センサーのノイズが低減し、ESD イベント中にグラウンドへの放電パスが形成されますが、近接センシング距離が短縮されます。そのため、ノイズ耐性と近接センシング距離の間にはトレードオフ関係があります。グラウンド ループの最小推奨幅は 1.5mm で、近接ループとグラウンド ループ間の最小空隙は 1mm です。

Note: センサーを小さい配線幅のグラウンド ループ(1.5mm) で囲めば、大きな接地された/浮動している導電性の物体とは異なり、近接距離が大幅に低下することはありません。

3.7 ピンの割り当て

CAPSENSE™センサー配線と通信配線と非 CAPSENSE™配線間の相互影響を制限する効果的な方法としては、それぞれをポートの割り当てで隔離することです。Figure 94 は 32 ピン QFN パッケージ用の基本的な隔離方式を示します。それぞれの機能が独立しているため、CAPSENSE™コントローラーは通信、LED およびセンシング配線が交差しないようにされます。

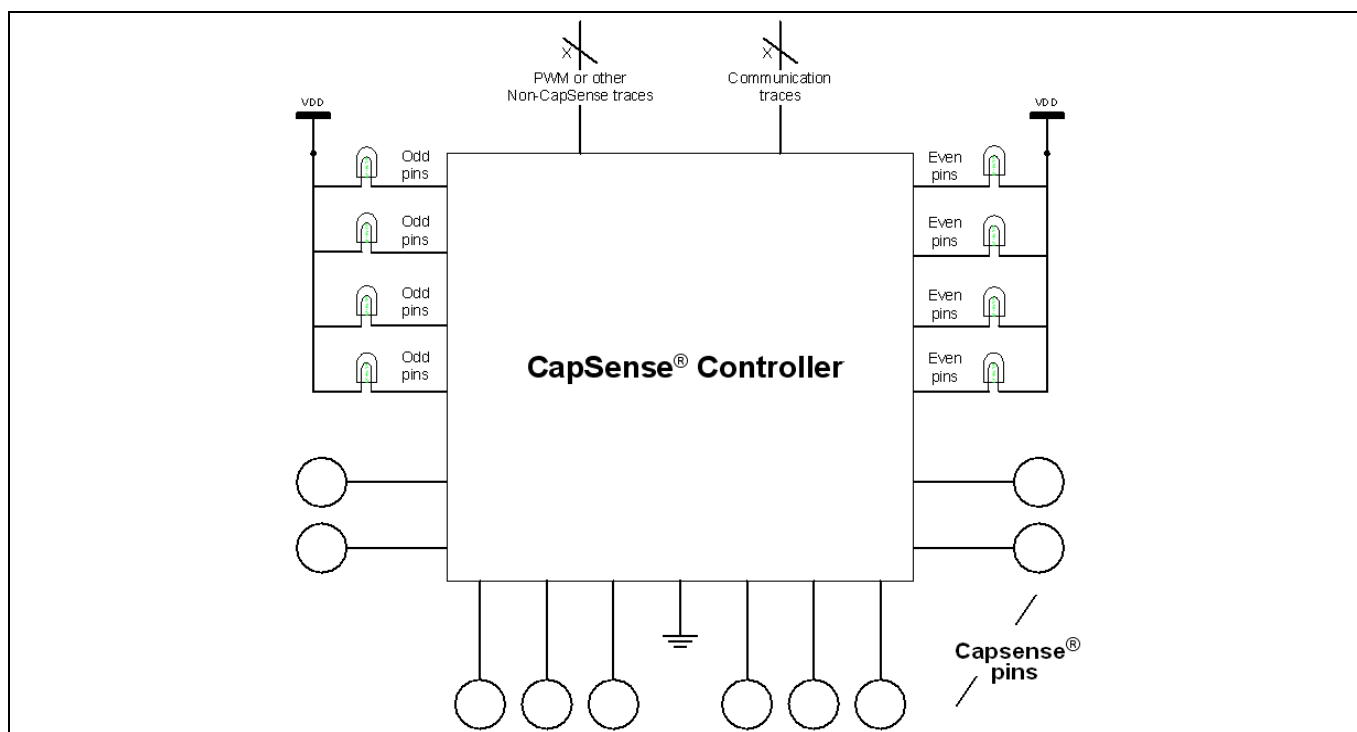


Figure 94 推奨: 通信、CAPSENSE™と LED のポートによる隔離

CAPSENSE™コントローラーのアーキテクチャにより、偶数および奇数のポートピンに対して、電流のバジェットに制限を設けます。CAPSENSE™コントローラーにおいて、奇数のポートピンの電流バジェットが 100mA の場合、すべての奇数のポートピンが消費する総電流は 100mA を超えてはいけません。さらに、合計電流バジェットの制限に加えて、各ポートピンに対する最大電流の限界があります。特定の CAPSENSE™コントローラーの仕様については、アプリケーションで使用されている CAPSENSE™コントローラーのデータシートを参照してください。

すべての CAPSENSE™コントローラーは高電流吸い込みまたは吐き出しが可能なポートピンを提供します。ポートピンからの高電流吸い込みまたは吐き出しの方式を適用する場合、ノイズを最小限に制限するためにデバイスのグラウンドピンに最も近いポートを選択します。

次に 3 つの例で、ピン割り当てによく発生する誤りを示します。Figure 95 では、CAPSENSE™と非 CAPSENSE™配線は隔離されておらず、CAPSENSE™ピンはグラウンドから遠く離れています。これは不適切なピン割り当ての例です。

設計上の注意事項

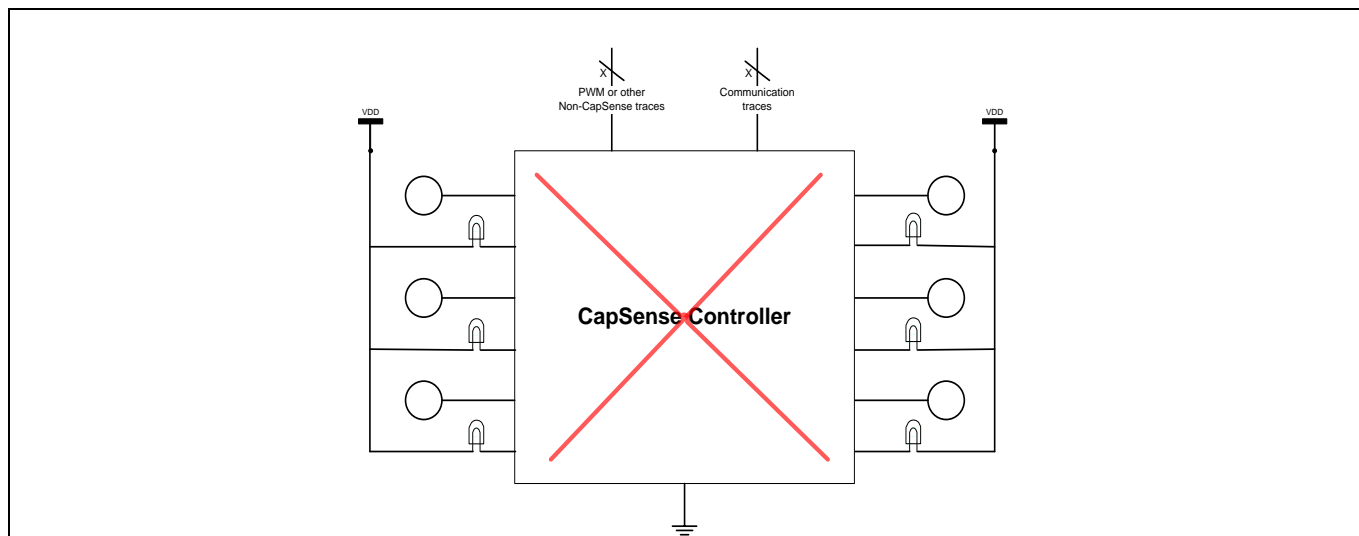


Figure 95 非推奨 – CAPSENSE™ピンと非 CAPSENSE™ピンが近接

Figure 96 の例は、適切に隔離されていますが、LED がグランド ピンの隣に置かれているため、ピンの割り当てが不適切です。CAPSENSE™センサーは、グランドが含まれていないチップの側面に割り当てられています。CAPSENSE™ピンがグランド ピンから遠く離れている場合、グランド パスのインピーダンスが高くなり、それによりドライブ回路の基準電圧が変化します。この変化はセンサーの誤ったトリガーを発生させます。そういう訳で、CAPSENSE™ピンをグランドピンの近くに置くことは推奨されます。

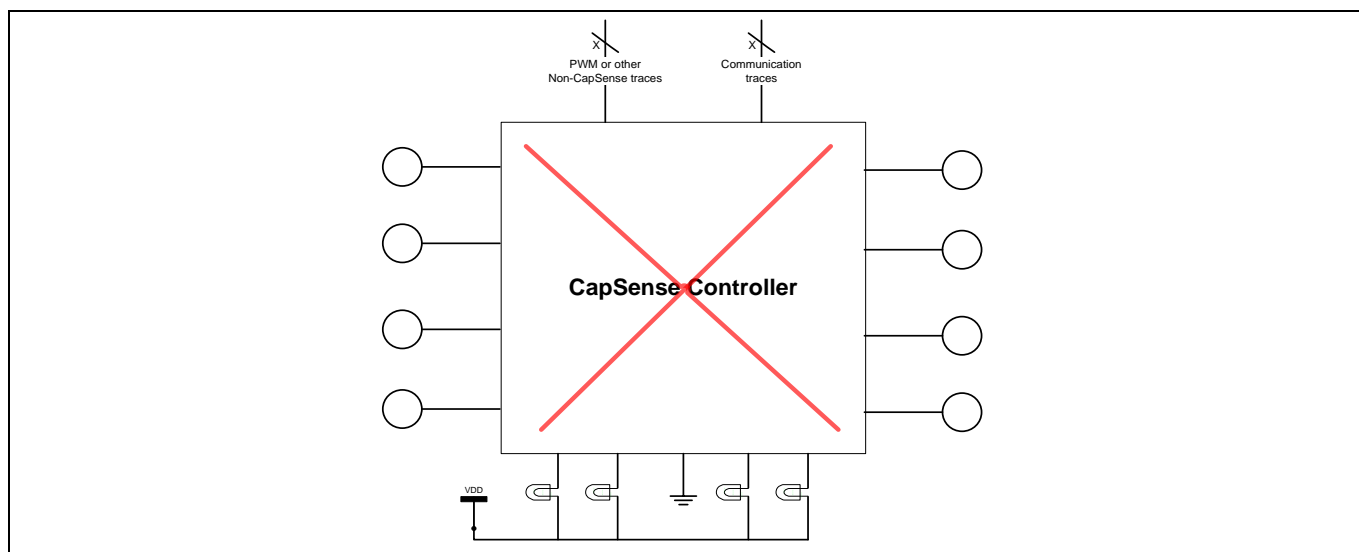


Figure 96 非推奨 – LED とグランド ピンが近接

それに、Figure 97 に示すように、クロストークを避けるために、LED を C_{MOD}/R_B ピンの近くに配置しないでください。

設計上の注意事項

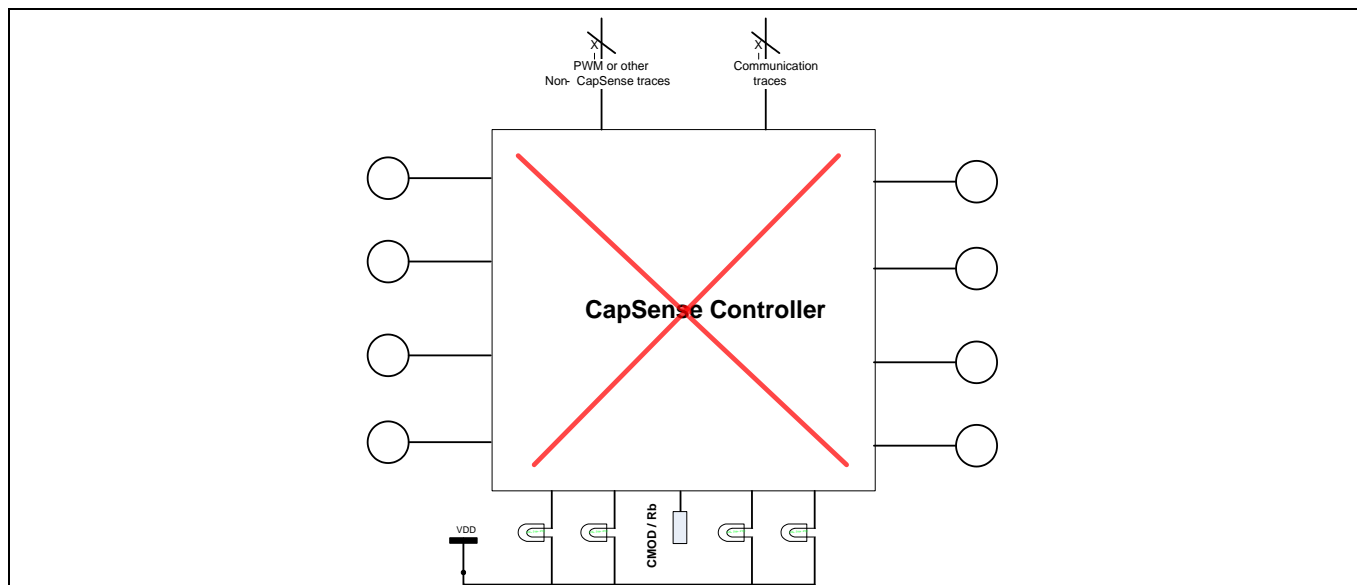


Figure 97 非推奨: CMOD/RB ピンと LED ピンが近接

PSOC™ 1 では、ピン P1.0 と P1.1 を LED と通信用に使用することは推奨されないことに注意してください。これは、ピン P1.0 と P1.1 がプログラミングラインで、電源投入時に、これらのピンに低パルスがあるからです。詳細は、すべての CAPSENSE™ デバイスの回路図例を掲載している個別デバイスのデザインガイドのウェブページも参照してください。

- [AN66271 - CY8C21X34/B - CAPSENSE™ desing guide](#)
- [AN66269 - CY8C20x34 - CAPSENSE™ デザインガイド](#)
- [AN65973 - CY8C20xx6A/H/AS - CAPSENSE™ 設計ガイド](#)
- [AN78329 - CY8C20xx7/S - CAPSENSE™ デザインガイド](#)

PSOC™ 3, PSOC™ 4, および PSOC™ 5LP の同様のガイドラインについては、それぞれのデータシートおよびデザインガイドを参照してください。

3.8 プリント基板レイアウトのガイドライン

通常の CAPSENSE™ アプリケーションにおいて、静電容量センサーは、プリント基板 (PCB) またはフレックス回路の配線により形成されます。CAPSENSE™ レイアウトのベスト プラクティスに従うと、ユーザーの設計は高いノイズ耐性を持っており、 C_p が低くなり、信号対ノイズ比 (SNR) が高くなります。CAPSENSE™ 信号は、CAPSENSE™ 回路の一部としての内部電流ソースの駆動限界のため、高い C_p レベルで下がります。 C_p が高くなると時定数も長くなることは、高い C_p を避けるもう 1 つの理由です。

3.8.1 寄生容量 (C_p)

C_p の主要な要素は、配線容量とセンサー容量です。 C_p はセンサーの直径、配線長、配線の幅、アニュラリングの要因からなる非線形関数です。 C_p とプリント基板レイアウトの実装の関係は簡単には説明できませんが、一般的な傾向は次のとおりです。センサーサイズ、配線長、配線幅のいずれかが大きくなったり、アニュラリングが小さくなったりすると、 C_p は増加します。 C_p を低減する 1 つの方法は、センサーとグラウンド間の空隙を広げることです。残念ながら、センサーとグラウンド間の隙間を広げると、ノイズ耐性が低下します。

設計上の注意事項

3.8.2 回路基板の層

ほとんどのアプリケーションは、センサーパッドとハッチンググランド面が上面に、他のすべてのコンポーネントが下面に配置される2層の回路基板を使用しています。Figure 98 に2層積層を示します。基板面積に制限があったり、CAPSENSE™の回路が複雑な電気回路を含むプリント基板設計の一部である場合は、4層のプリント基板が使用されます。

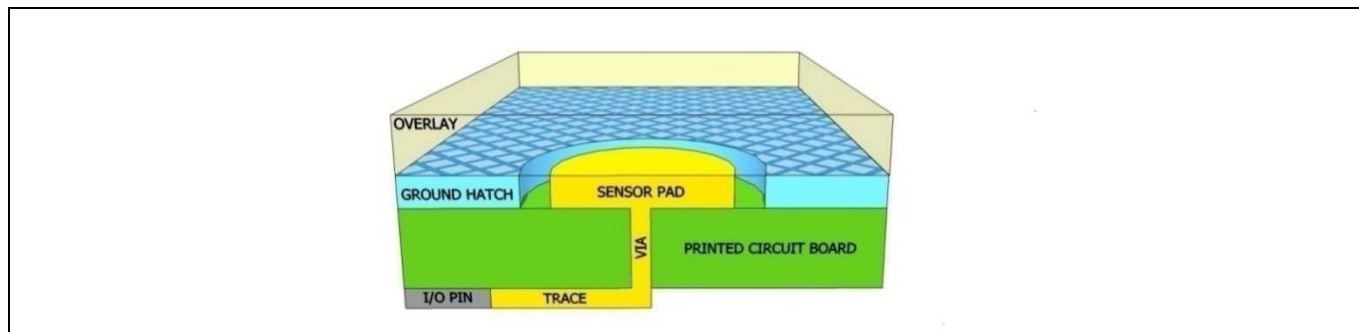


Figure 98 CAPSENSE™基板の2層積層

3.8.3 回路基板の厚さ

FR4 ベースの PCB 設計は、回路基板の厚さが 0.020 インチ (0.5mm) ～ 0.063 インチ (1.6mm) の範囲で良く実装できます。

フレックス回路は CAPSENSE™とうまく機能し、曲面に推奨されます。プリント基板向けのすべてのガイドラインはフレックス回路にも適用できます。フレックス回路は 0.01 インチ (0.25mm) よりも薄い方が理想的です。フレックス回路に使用される Kapton® 素材の高い絶縁破壊電圧 (290kV/mm) は、CAPSENSE™センサーへ内蔵の ESD 保護を提供します。

3.8.4 ボタンのデザイン

ここでは自己容量および相互容量ボタンの構造について説明します。

3.8.4.1 自己容量ボタン構造

最良の自己容量ボタンの形状は円形です。角を丸くした長方形でも良いです。尖った先には磁界が集まるため、センサーパッドを設計する際には尖った角(90°未満)を避けてください。

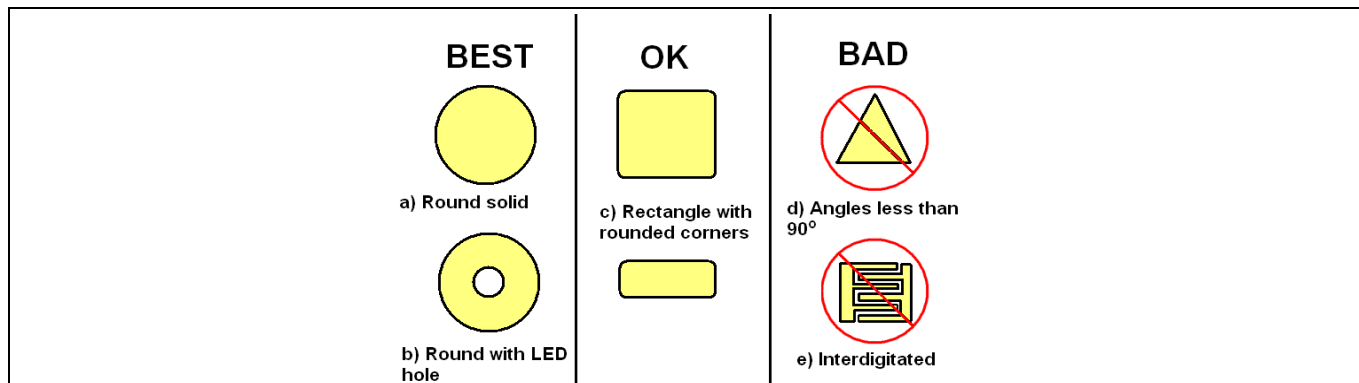


Figure 99 推奨ボタン形状

設計上の注意事項

ボタンの直径は 5 mm から 15 mm まで可能ですが、多くのアプリケーションでは、10mm が適切です。より大きな直径はより厚いオーバーレイによく対応できます。

アニュラリングのサイズはオーバーレイの厚さと同じであるが、0.5 mm から 2 mm までの範囲内でなければいけません。例えば、プリント基板レイアウトのアニュラリングは、オーバーレイの厚さが 1 mm のデザインでは 1 mm、オーバーレイの厚さが 3 mm のデザインでは 2 mm であるべきです。隣接する 2 つのボタンの間隔は、1 つのボタンを押した時、指が他のボタンのアニュラリングに接触しないほどの広さだったら十分です。

3.8.4.2 相互容量ボタンのフィッシュボーン構造

相互容量センシングは、2 つの電極間の容量結合の変化を測定します。センサーパターンは、指が電極間の電界を最大限に割り込むように設計する必要があります。

プロングまたはフィッシュボーンは、相互静電容量ボタンの標準形状です。Tx は、キーの外側の周りにボックスまたはリングを形成して、Rx をノイズから保護します。2 つの電極間に電界を形成するために、境界の内側にインターレースされた Tx および Rx プロングがあります。Figure 100 に、3 ピンフィッシュボーンセンサー構造の例を示します。Tx 電極の外壁と同一平面上のハッチグラウンドの間のギャップは、Tx および Rx 電極のエアギャップよりも大きくする必要があります。フィッシュボーン構造の参照面 (PCB 最下層) には、Figure 100 に示すように空き領域が必要です。

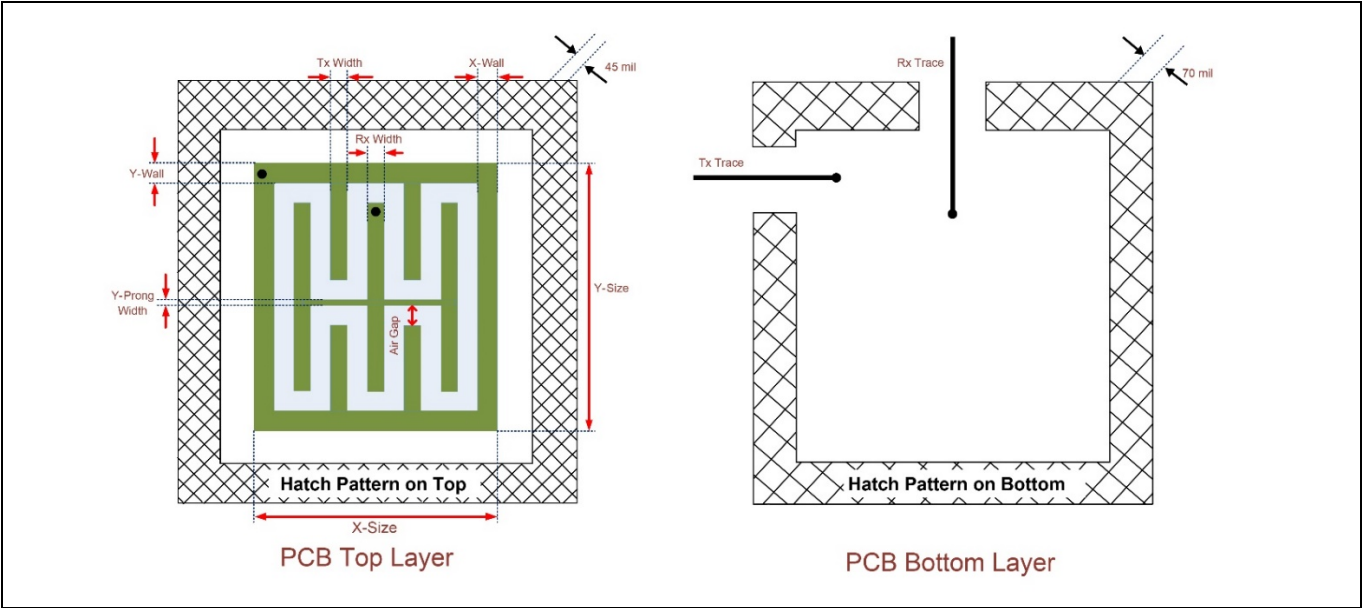


Figure 100 相互静電容量ボタンデザインのフィッシュボーンパターン

Table 11 に、一般的なフィッシュボーン構造の寸法の一部を示します。

Table 11 フィッシュボーンボタンの寸法 (すべての単位は mm)

主要な寸法 (X-Size, Y-Size)	PCB 厚	Rx-prongs 数	Tx と Rx 間の 間隔	Tx 幅	Rx 幅	X-Wall 幅	Y-Wall 幅
13, 10	1.5	2	1.4	1.8	1.8	1	1
13, 10	0.1	3	1.2	0.7	1.2	0.4	0.3
20, 13	0.1	2	1.2	2.7	2.7	3	3.55
10, 13	1.5	2	1.2	0.6	0.6	1.7	1.5
10, 10	1.5	2	1.4	1	1	0.7	0.7

設計上の注意事項

Table 11 に示す主要な寸法は、さまざまなタイプの PCB (FR4, フレックス PCB, ITO ベースのタッチフィルム), 4 mm 厚のオーバーレイ, およびオーバーレイ誘電率値 3.5 で優れた SNR 性能を示すいくつかの実証済みのボタン構造の例です。アプリケーションでカスタムキーパターンを作成する必要がある場合は、インフィニオンテクニカルサポートチームに連絡してください。

3.8.5 スライダーのデザイン

Figure 101 にリニア スライダーのための推奨スライダー パターンを示し、Table 12 にそれぞれのリニア スライダー寸法の推奨値を示します。推奨レイアウトのガイドラインの詳細については、次の節で説明します。

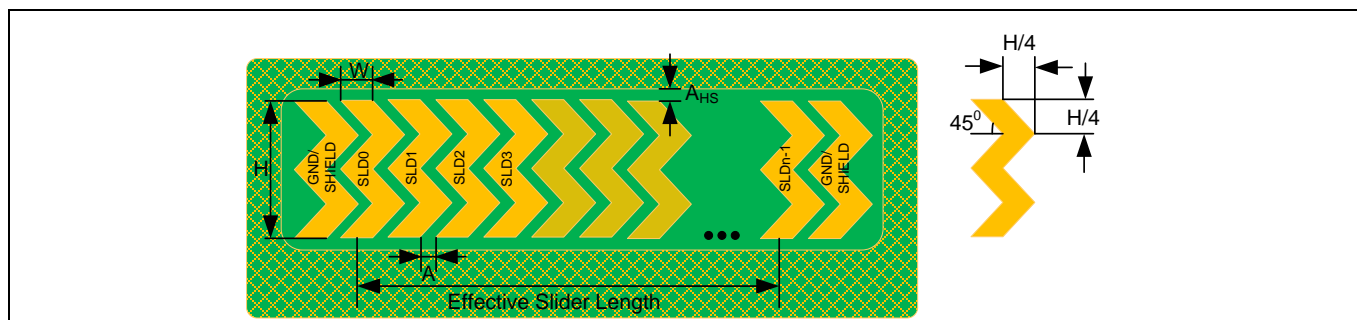


Figure 101 標準リニア スライダー パターン

Table 12 リニア スライダーの寸法

パラメーター	アクリル オーバーレイの厚さ	最小値	最大値	推奨
セグメントの幅 (W)	1mm	2mm	-	8mm ⁶
	3mm	4mm	-	
	4mm	6mm	-	
セグメントの高さ (H)	-	7mm ⁷	15mm	12mm
セグメント間のエアギャップ (A)	-	0.5mm	2mm	0.5mm
ハッチとスライダー間のエアギャップ (A _{HS})	-	0.5mm	2mm	オーバーレイの厚さに等しい

3.8.5.1 スライダー セグメントの形状、幅、およびエアギャップ

報告した指の位置 (すなわち重心) 対スライダー上の実際の指の位置のリニア応答を実現するためには、指がスライダー セグメントの真ん中ではなく、セグメント SLD0 の真ん中とセグメント SLDn-1 の真ん中の間の任意の場所に置かれるたびに、正確に 2 つのセンサーが有効な信号を報告するようスライダーを設計することが必要です⁸。指があらゆるスライダー セグメントの真ん中に置かれた場合、隣接するセンサーは、差分カウント=ノイズ閾値と報告しなければいけません。そのため、Figure 101 に示すよう

⁶ 推奨されるスライダー セグメントの幅は人間の指の平均直径 9mm に基づいて計算したものです。詳細については、[スライダー セグメントの形状、幅、およびエアギャップ](#)を参照してください。

⁷ 推奨されるスライダー セグメントの 7mm という最小の高さは人間の指の 7mm という最小直径に基づいたものです。オーバーレイの厚さと CAPSENSE™ チューニングにより、指があらゆるセグメントの真ん中に置かれる時に SNR ≥ 5:1 を達成できるという条件で、スライダーの高さを 7mm 未満にできます。

⁸ ここで、有効な信号は所与のスライダー セグメントの差分カウントがノイズ閾値以上であることを意味します。

設計上の注意事項

に、二重の山形状を使用することを推奨します。この形状は、Figure 102 と Figure 103 に示すように、理想的な応答に近い重心応答を達成するのに有用です。

同様の理由で、スライダセグメント幅とエアギャップ(すなわち Figure 101 マークされる、それぞれ寸法「W」と「A」)は、Equation 24 で述べる関係に従うべきです。

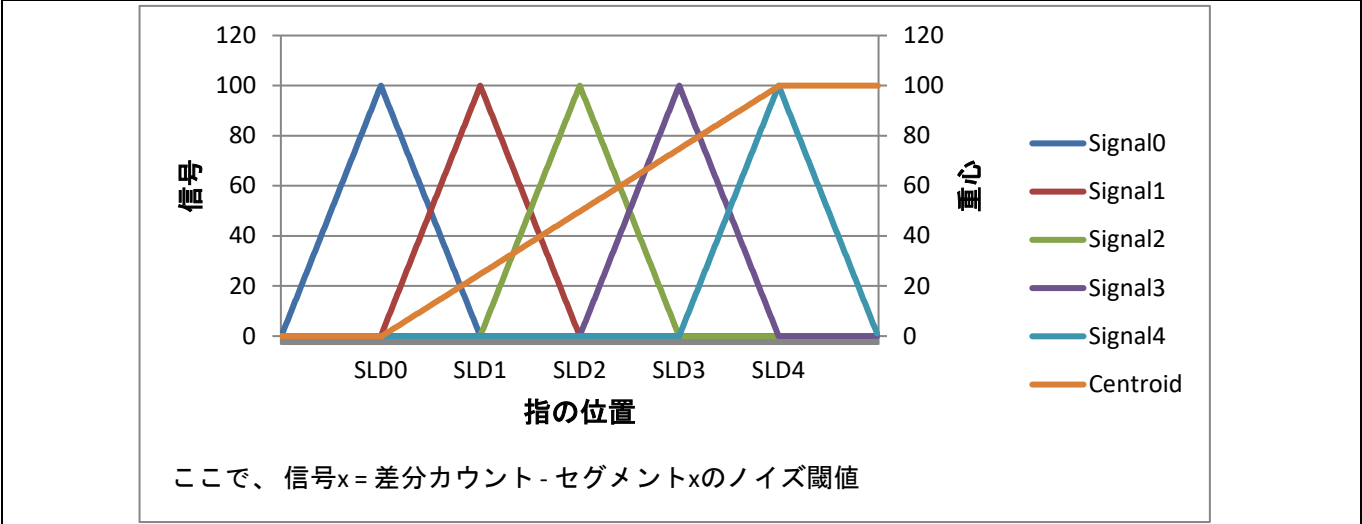


Figure 102 理想的なスライダセグメント信号と重心応答

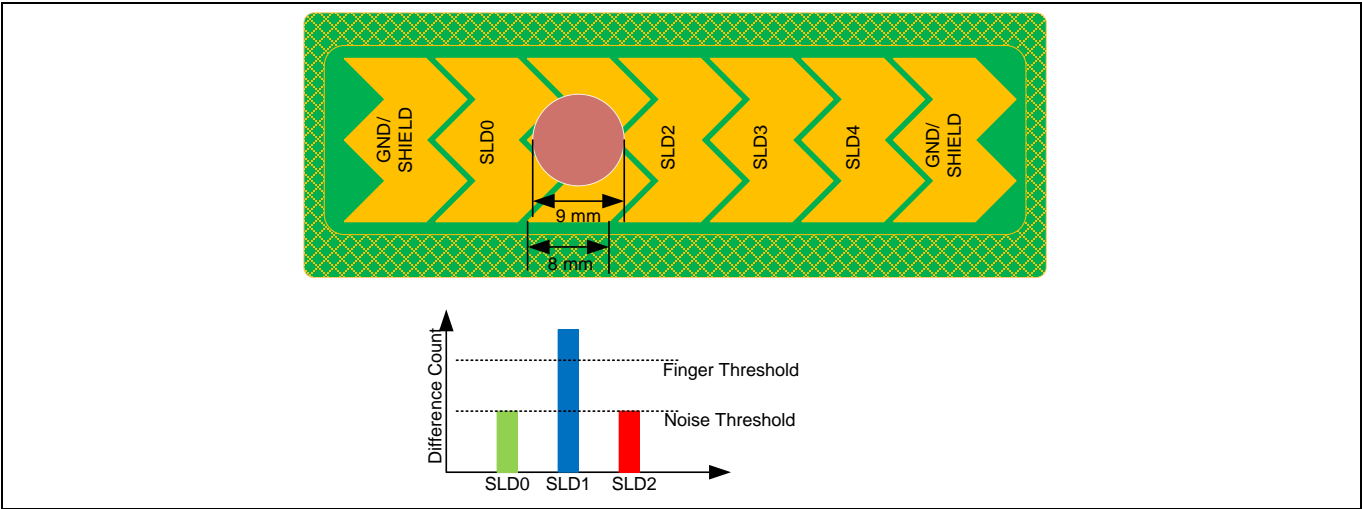


Figure 103 理想的なスライダ信号

セグメント幅、エアギャップと指の直径の関係

$$W + 2A = \text{finger diameter}$$

Equation 24

一般的には、人間の指の平均直径は約 9mm です。この指の平均直径と Equation 24 に基づいて計算すると、推奨のスライダセグメント幅とエアギャップはそれぞれ 8mm と 0.5mm になります。
slider-segment-width + 2 * air-gap が finger diameter よりも小さい場合、Equation 24 に示した関係に依じて、重心応答が非リニアになります。これは、この場合、指をスライダに置くと、Figure 104 に示すように、いくつかの特定の位置で 2 つ以上のスライダセグメントに静電容量が追加し、よって有効な

設計上の注意事項

信号が発生するためです。このように、Equation 25 によって計算された図心位置は、Figure 104 のように、非線形になります。

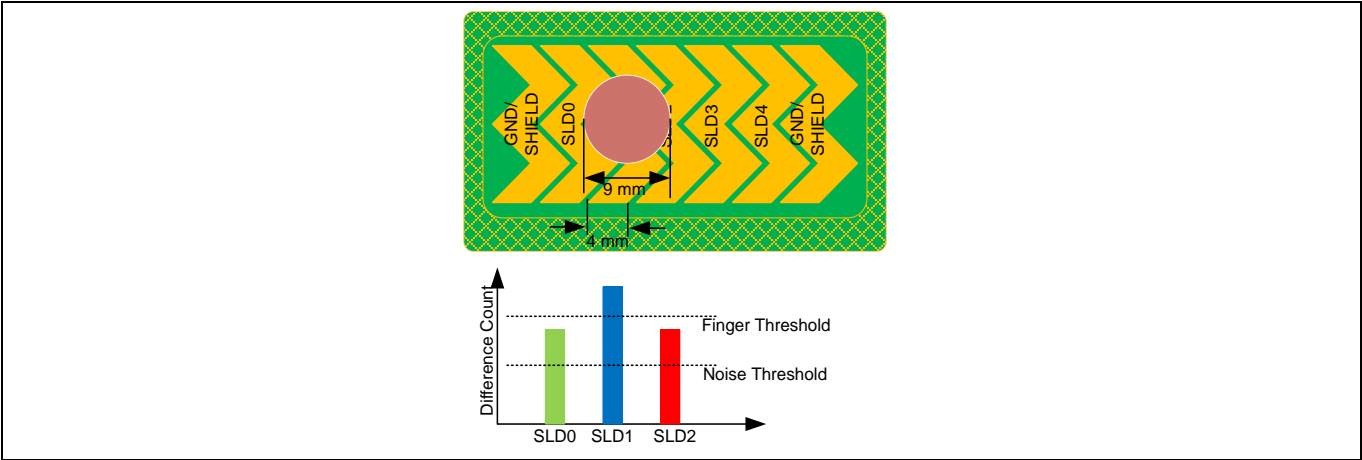


Figure 104 スライダーのセグメント幅が推奨値よりも低いと、指は3つ以上のセグメント上で有効な信号を発生

CAPSENSE™で使用するセントロイド アルゴリズム

$$\text{Centroid position} = \left(\frac{S_{x+1} - S_{x-1}}{S_{x+1} + S_{x0} + S_{x-1}} + \text{maximum} \right) * \frac{\text{Resolution}}{(n-1)}$$

Equation 25

- 分解能 – カスタマイザーで設定された API 分解能
- n – カスタマイザー内のセンサー要素の数
- maximum – 最大信号を与える要素のインデックス
- Si – 最大位置に隣接した差分カウント (ノイズ閾値を除く)

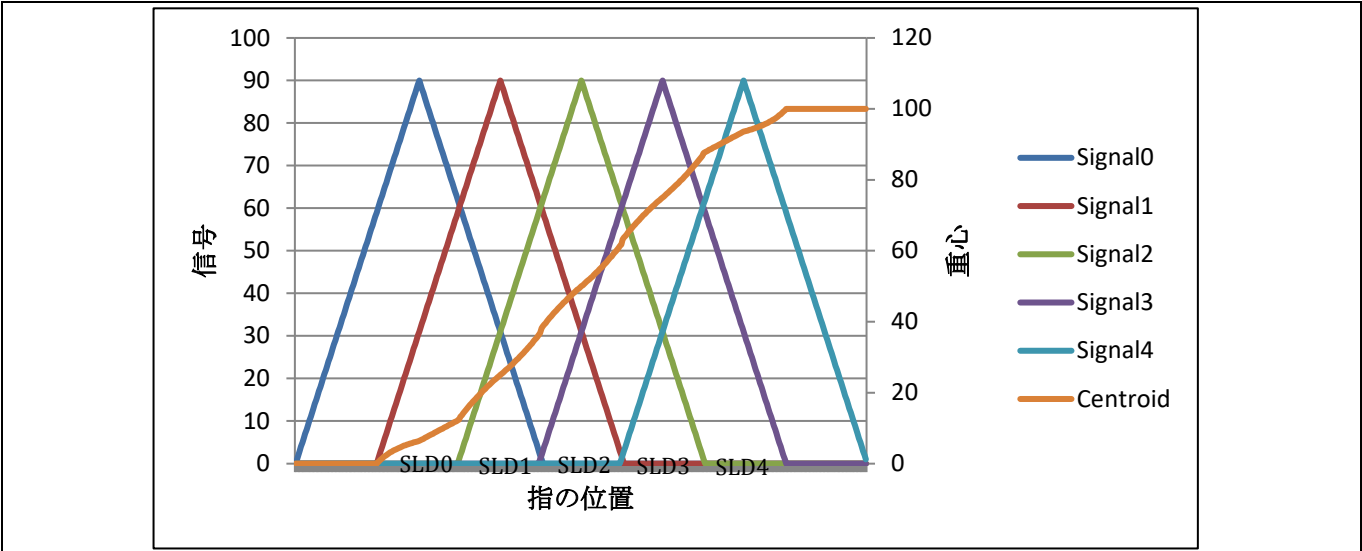


Figure 105 スライダーセグメント幅が推奨値より低い時の非線形重心応答

設計上の注意事項

Figure 104 に示すように、*slider-segment-width* の値が $\text{finger diameter} - 2 * \text{air-gap}$ よりも小さい場合、重心応答が非線形になりますが、実際の指の位置に対する報告重心応答の線形性が重要な役割を果たしていない最終アプリケーションに使用される場合があります。ただし、有効なスライダ長上の任意の位置では、少なくとも1つのスライダセグメントが 5:1 以上の SNR (すなわち、信号が指閾値パラメータ以上) を提供するように、スライダセグメント幅の最小値はオーバーレイの厚さに基づいて維持されなければいけません。スライダセグメント幅が小さすぎると、指が静電容量を十分に発生できない場合があるため、どのスライダセグメントも 5:1 の SNR を達成できません。結果として、Figure 106 に示すように、重心値が 0xFF⁹ と報告されます。

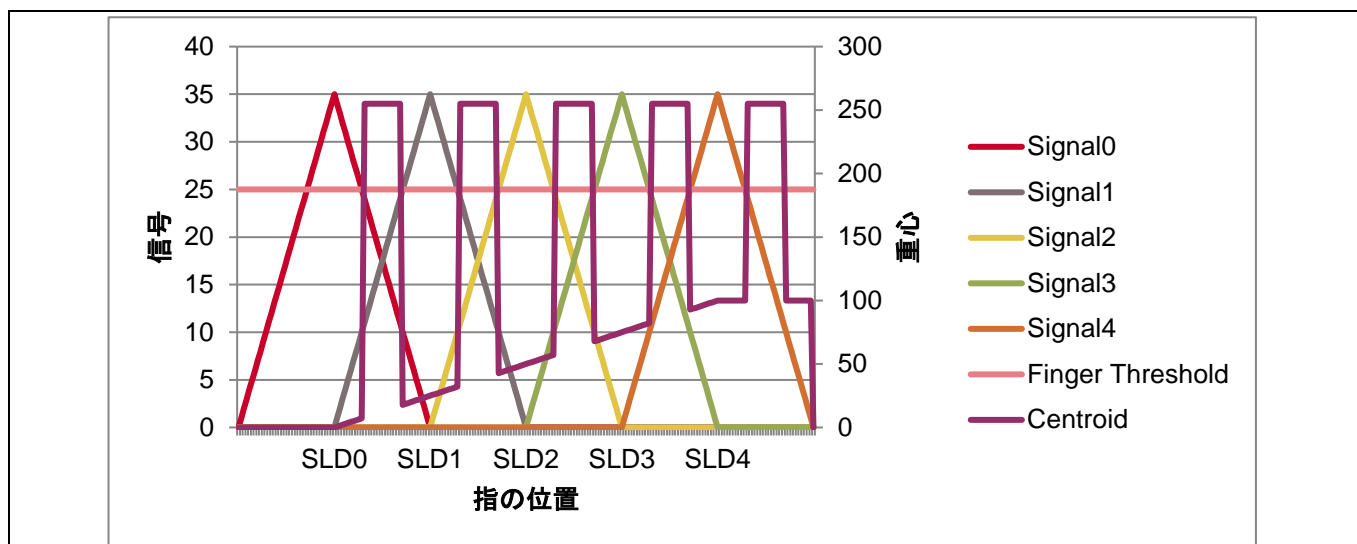
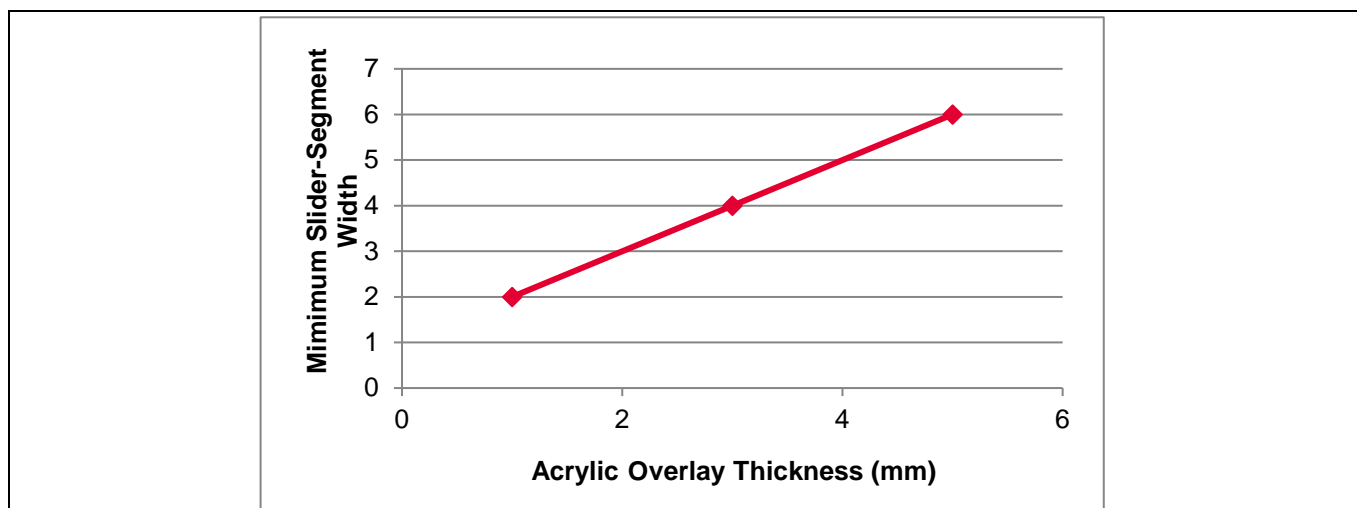


Figure 106 スライダセグメント幅が小さすぎた時に報告された不正な重心

アクリルオーバーレイの場合、特定のオーバーレイの厚さの値に対応するスライダセグメント幅の最小値は、Table 12 に示します。Table 12 に記載していないアクリルオーバーレイの厚さの値については、Figure 107 を使用して最小スライダセグメント幅を推定できます。



⁹ スライダー上で指が検出されなかった場合、またはスライダセグメントのいずれにおいても差分カウント値が指閾値パラメータを超えない場合、PSOC™ Creator 内の CAPSENSE™ コンポーネントは重心値が 0xFF と報告します。

設計上の注意事項

Figure 107 アクリル オーバーレイの場合のオーバーレイの厚さに対する最小スライダー セグメント幅

$slider-segment-width + 2 * air-gap$ が $finger\ diameter$ よりも大きい場合には Equation 24 に示した要件に応じて、重心応答はフラットスポットの形になります (すなわち、Figure 108 に示すように指がいずれかの重心の中央付近で少し移動しても、報告される重心位置が不変)。これは、Figure 109 に示すように、指がスライダー セグメントの真ん中に置かれた場合、指が隣接セグメントに向かって少し移動しても、その部分のみに有効な信号を追加されるためです。

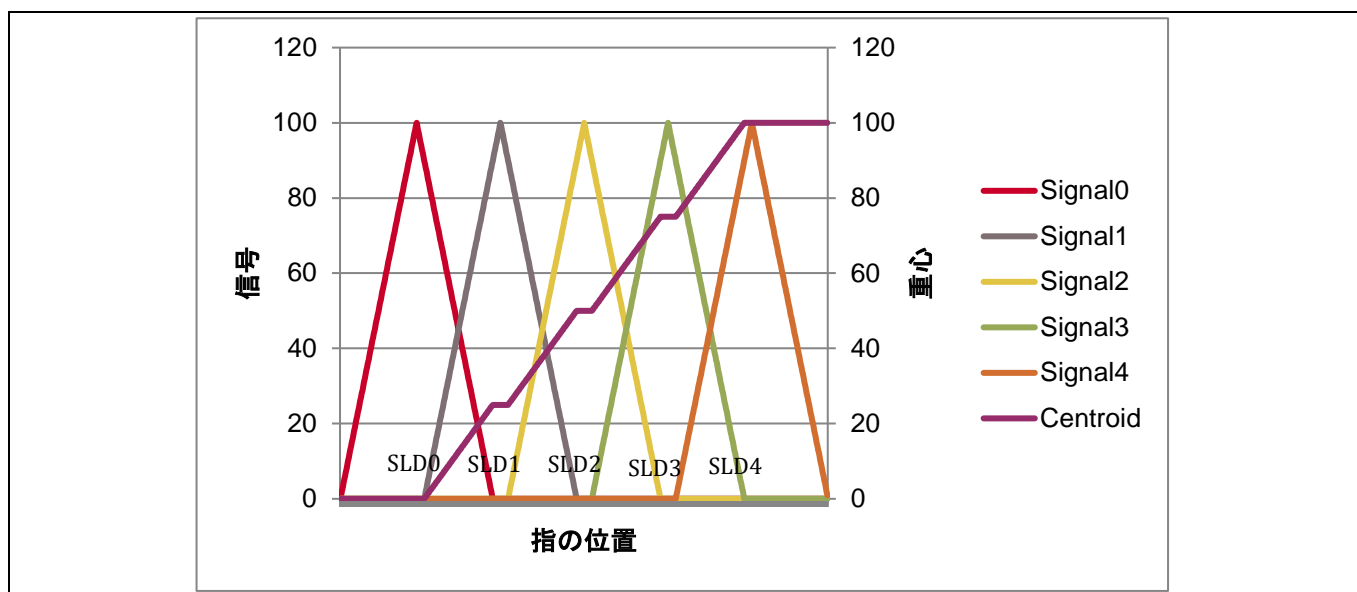


Figure 108 スライダー セグメント幅が推奨値より大きい場合のフラット スポット (非応答重心)

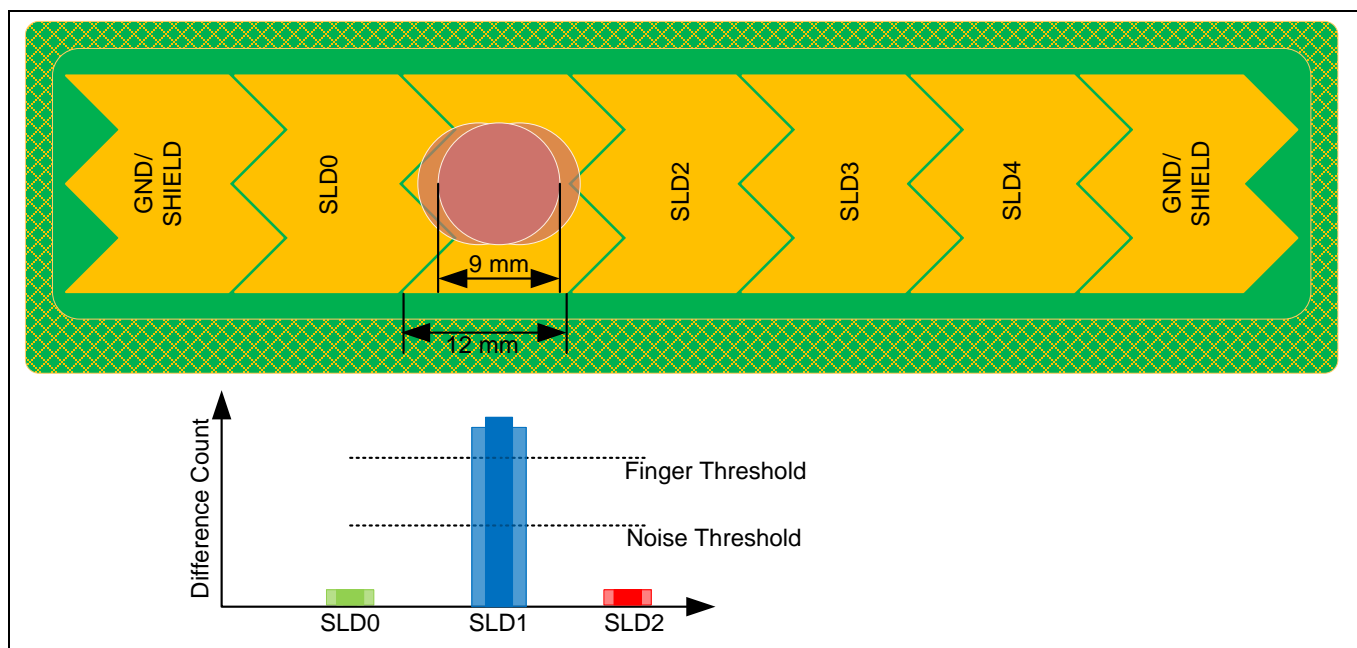


Figure 109 スライダー セグメント幅が推奨値より大きい場合のスライダー セグメント上の信号

設計上の注意事項

$slider-segment-width + 2 * air-gap$ が $finger\ diameter$ よりも大きい場合、指がスライダー セグメントの中央に置かれても、隣接するセンサーは、(Figure 102 に示す要件のように) ノイズ閾値に等しい差分カウント値を報告するように、すべてのスライダー セグメントの感度を向上させ調整できるため、注意してください。しかし、そうすると、ホバー効果が発生します(すなわち、指がただスライダーの上に停止しており、スライダーにタッチしなくても、スライダーはセントロイド位置を報告する場合があります)。

3.8.5.2 スライダーの端部におけるダミー セグメント

CAPSENSE™デザインでは、1つのセグメントがスキャンされると、隣接するセグメントは、CAPSENSE™ CSD コンポーネント内の「非アクティブ センサー接続」パラメーターで指定されるオプションに応じてグラウンドまたは被駆動シールド信号のいずれかに接続されます。リニア セントロイド 応答では、スライダーのすべてのセグメントが同じ感度を持つ、すなわち、指をスライダー セグメント上に置くとすべてのセグメントでの raw カウント (信号) の増加が同じでなければいけません。すべてのスライダー セグメントから均一の信号レベルを維持するためには、スライダーの両端の2つのセグメントをグラウンドまたは被駆動シールド信号のいずれかに物理的に接続することを推奨します。グラウンドまたは被駆動シールド信号への接続は、「非アクティブ センサー接続」パラメーターで指定される値に依存します。そのため、アプリケーションが n セグメントのスライダーを必要とする場合、Figure 101 に示すように、 $n+2$ 個の物理的セグメントを作成することが推奨されます。

空間の制限のため、スライダーの両端のそれぞれに1つのセグメントを配置できない場合は、Figure 110 に示すように、これらのセグメントを最上層のハッチに実装できます。また、使用可能な面積の全領域がまだ制約されている場合にも、これらのセグメントの幅がセグメント SLD0~SLD $n-1$ の幅よりも小さく維持するか、またはこれらのダミー セグメントを除去できます。

スライダーの両端の2セグメントが最上層のハッチに接続している場合、最上層のハッチを「非アクティブ センサー接続」パラメーターで指定される信号に接続する必要があります。スライダーに耐液性が必要な場合、スライダー周囲のハッチ、最後の2つのセグメント、非アクティブなスライダー セグメントを被駆動シールド信号に接続する必要があります。



Figure 110 最初と最後のセグメントが最上層のハッチに接続されているリニア スライダーのパターン

3.8.5.3 スライダー寸法の決定

所与のデザインのスライダー寸法は以下の考慮事項に基づいて選択できます。

1. アプリケーション要件に基づいて、スライダーの必要な長さ (L) を決定します。これは Figure 101 に示す「有効なスライダー長」と同じです。

設計上の注意事項

2. 基板上の使用可能な面積に応じてセグメントの高さを決定します。基板スペースが対応できる場合、最大許容セグメント高さ (15mm) を使用します。そうでない場合、より低い高さを使用しますが、使用する高さは [Table 12](#) に指定された最小値より大きいことを保証してください。
3. スライダー セグメント幅とスライダー セグメント間のエアギャップの推奨値は [Table 12](#) に示します。
4. 指の平均直径 9mm の場合、推奨スライダー セグメント幅とエアギャップはそれぞれ 8mm と 0.5mm です。
5. 所与のスライダー長さ (L) の場合、以下の式を用いて必要なセグメントの数を計算します。

$$\text{Number of segments} = \frac{\text{slider length}}{\text{slider segment width} + \text{air gap}} + 1$$

Equation 26

スライダーを実装するためには少なくとも 2 つのスライダー セグメントが必要であることに注意してください。

特定のアプリケーションでは、CAPSENSE™ ピンの数が計算されたセグメントの数よりも少し少ない場合は、指定されたピン数で目標のスライダーの長さを達成するために、セグメント幅を増加できます。例えば、10.2cm のスライダーは 13 個のセグメントが必要です。しかし、使用可能なピンが 10 ピンしかない場合、セグメント幅を 10.6 に増やせます。これにより、[Figure 108](#) に示すように応答が非線形になるか、ホバー効果が生じます。しかし、このレイアウトは最終アプリケーションが高い線形性を必要としない場合に使用できます。

[Figure 101](#) に示すようにプリント基板の長さは必要なスライダーの長さより高いため、注意してください。プリント基板の長さは、次のようにスライダーの長さに関係できます。

プリント基板の最小長さとスライダーの長さの関係

$$\text{PCB length} = \text{Slider Length} + 3 * \text{slider segment width} + 2 * \text{air gap}$$

Equation 27

プリント基板上の使用可能な面積が上記の式に示す必要な面積よりも小さい場合は、ダミー セグメントを削除できます。

この場合、プリント基板の必要な最小長は次のようになります。

$$\text{PCB length} = \text{Slider Length} + \text{slider segment width}$$

Equation 28

スライダーを設計している時に、次のレイアウトのガイドラインを覚えておいてください。

- すべてのセグメントの形状をできるだけ均一に設計
- セグメントを PSOC™ デバイスに接続するトレースの幅と長さはすべてのセグメントで同様であることを確保
- センサー/配線とグランド面/ハッチ間に同一のエアギャップを維持

3.8.5.4 LED 付きのスライダー デザイン

いくつかのアプリケーションでは、LED の駆動で指の位置を表示する必要があります。[Figure 111](#) に示すように、スライダー セグメントの上に LED を配置するか、または LED バックライト用にスライダー セグメントの真ん中に穴を開けられます。LED を配置するために穴を開ける時、スライダー セグメント

設計上の注意事項

の有効面積が減少します。SNR > 5:1 を達成するためには、スライダ セグメントの幅が LED 穴の大きさよりも大きくなければいけません。所与のオーバーレイ厚さに SNR > 5:1 を達成するために必要な最小のスライダ幅については、Table 12 を参照してください。クロストークに対するソリューションで説明するガイドラインに従って LED 配線をルーティングします。

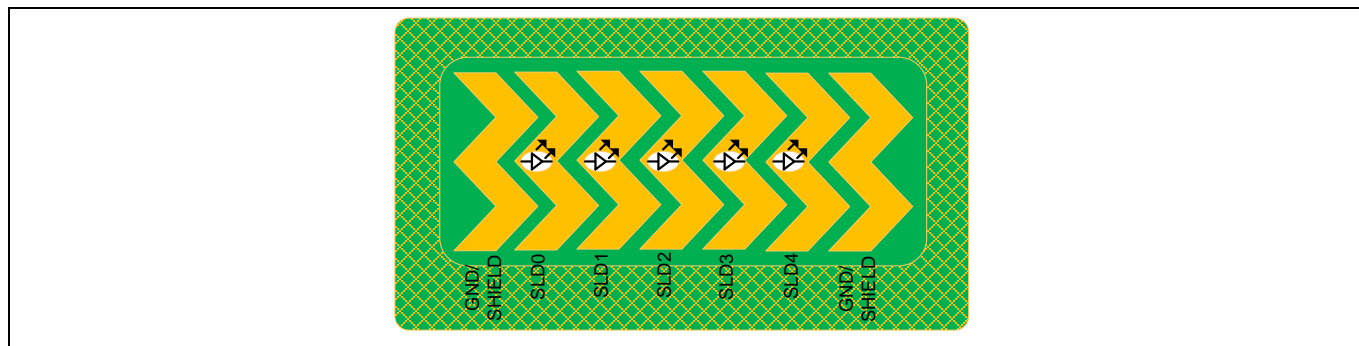


Figure 111 LED バックライト付きスライダ デザイン

3.8.6 センサーとデバイスの配置

2 層と 4 層のプリント基板上的 CAPSENSE™設計では、以下のガイドラインに従ってセンサーとコンポーネントを配置してください。設計が耐液性を必要とする場合、ハードウェア コンポーネントで説明されるガイドラインに従ってください。

3.8.6.1 2 層のプリント基板

- Figure 112 に示すようにプリント基板の最上層にセンサーを配置してください。
- プリント基板の最下層にコンポーネントを配置し、センサー配線をルーティングしてください。

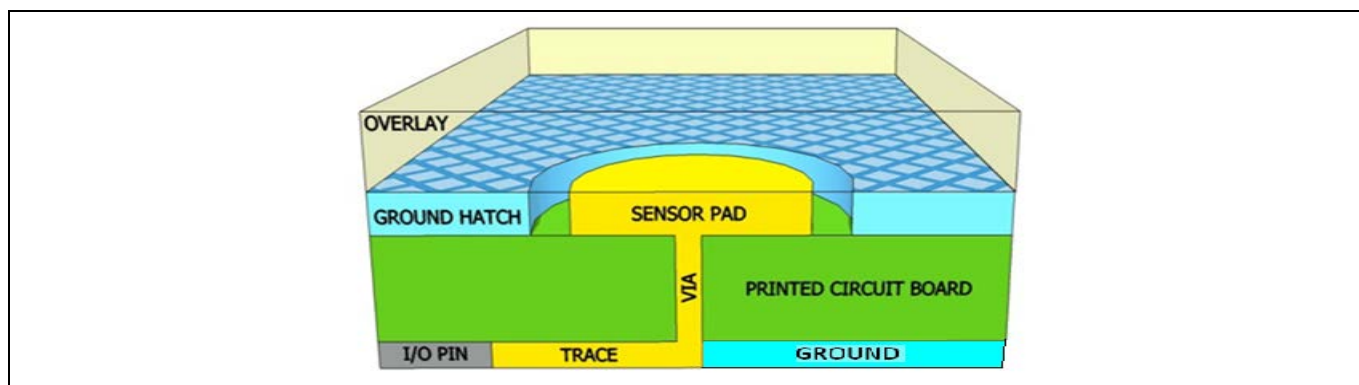


Figure 112 2 層プリント基板上的 CAPSENSE™設計

3.8.6.2 4 層のプリント基板

- プリント基板の最上層にセンサーを配置してください。
- 第 2 層にセンサー配線をルーティングしてください。
- 7mil の配線と 70mil 間隔のハッチを配置し、第 3 層のグラウンドに接続してください。
- Figure 113 に示すように最下層にコンポーネントを配置してください。未使用の面積は、7mil の配線と 70mil の間隔の銅ハッチで充填でき、グラウンドに接続することが必要です。

設計上の注意事項

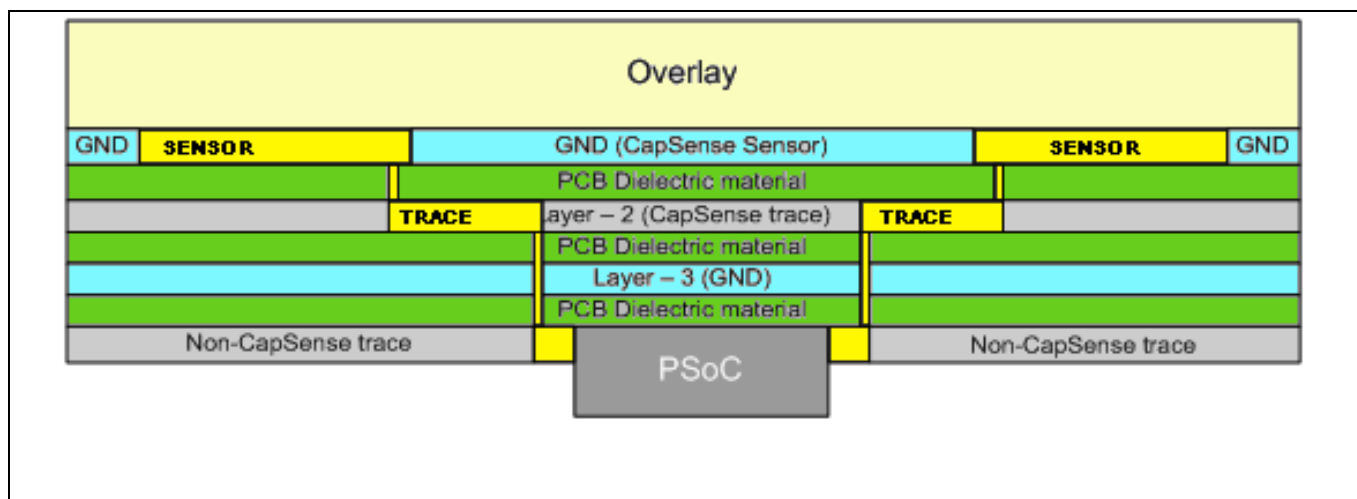


Figure 113 4層プリント基板上のCAPSENSE™設計

これらのガイドラインに加えて、堅牢、かつ信頼性の高いCAPSENSE™設計を確保するためにベストプラクティスにも従ってください。

- CAPSENSE™コントローラーピンからセンサーパッドまでの配線を最短にし、信号強度を最適化してください。
- RF干渉を低減し、ESD保護を備えるために直列抵抗をコントローラーピンから10mm未満離れたところに取り付けてください。
- コントローラーおよび他のコンポーネントをプリント基板の最下層に取り付けてください。
- PWM, I²C通信ライン, およびLEDなどのスイッチング信号をセンサーやセンサープリント基板配線から隔離。具体的には、クロストークを防止するために、それらを少なくとも4mm離して配置し、CAPSENSE™配線と非CAPSENSE™配線の間にハッチンググラウンドを埋めてください。
- コネクタの存在によりC_pが増え、ノイズ耐性が低下するため、センサーとコントローラーピンの間にはコネクタを配置しないでください。

3.8.7 配線長と配線幅

配線とセンサーパッドの寄生容量を最小限にしてください。配線が短くて狭い場合その静電容量が最小限になります。

- 推奨される最大配線長は、標準的なプリント基板の場合は、12インチ(300mm)で、フレックス回路の場合は2インチ(50mm)です。
- 配線幅は7mil(0.18mm)を超えてはいけません。CAPSENSE™の配線をハッチンググラウンドで囲み、配線とグラウンド間のエアギャップが10mil~20mil(0.25mm~0.51mm)です。

3.8.8 配線のルーティング

CAPSENSE™センサーへのユーザーの接触だけが有効なセンシング領域になるようにセンサー配線をプリント基板の最下層でルーティングしてください。配線がセンサーに接続していない限り、配線をセンサーパッドの真下でルーティングしないでください。

静電容量センシング配線をI²CまたはSPIマスターなどの通信ラインに近接してルーティングしないでください。通信ラインとセンサーピンを交差させる必要がある場合は、Figure 114に示すように交差が直角にあることを確認してください。

設計上の注意事項

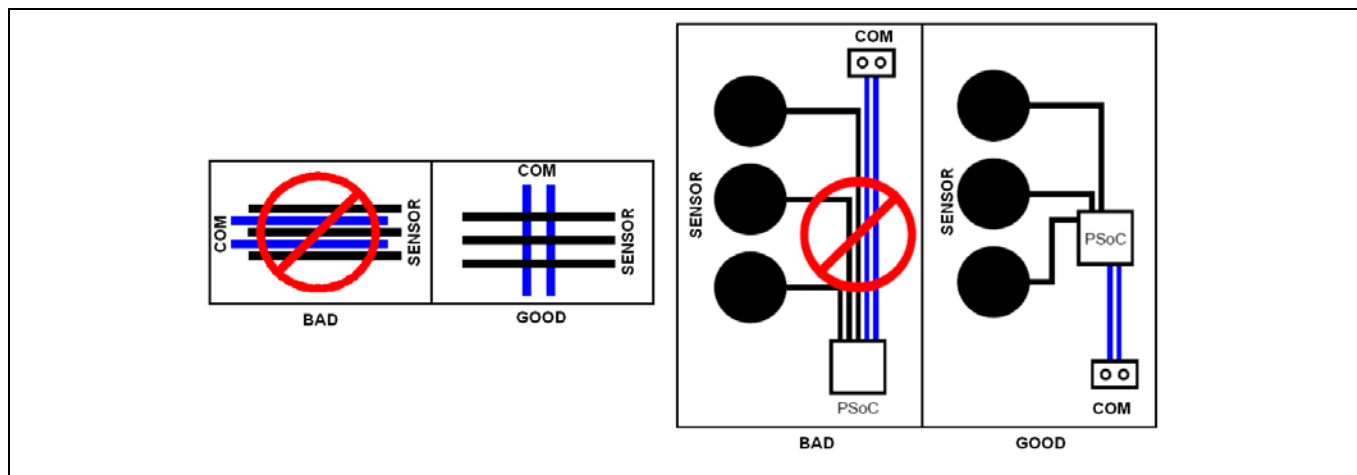


Figure 114 センシングと通信線のルーティング

3.8.9 クロストークに対するソリューション

パネルの共通バックライト技術は、センサーパッドの下にLEDを取り付け、センサーの中央にある穴を通して光ることです。LEDをオンまたはオフに切り替える場合、LEDを駆動する配線での電圧遷移が容量センサー入力に影響を与えるため、ノイズのあるセンサーデータが生成されます。この影響はクロストークと呼ばれます。クロストークを避けるためには、CAPSENSE™と非CAPSENSE™の配線を隔離します。CY8C21X34/Bの場合、クロストークはLED電圧遷移と R_B 抵抗のカップリングによって発生することがあります。これを避けるためには、 R_B を非CAPSENSE™の配線から隔離します。少なくとも4mm離して配置することを推奨します。各配線を隔離するためにハッチンググランド面をそれらの間に配置することもできます。LED駆動配線とCAPSENSE™配線(R_B 配線を含む)は、一緒にルーティングしないでください。

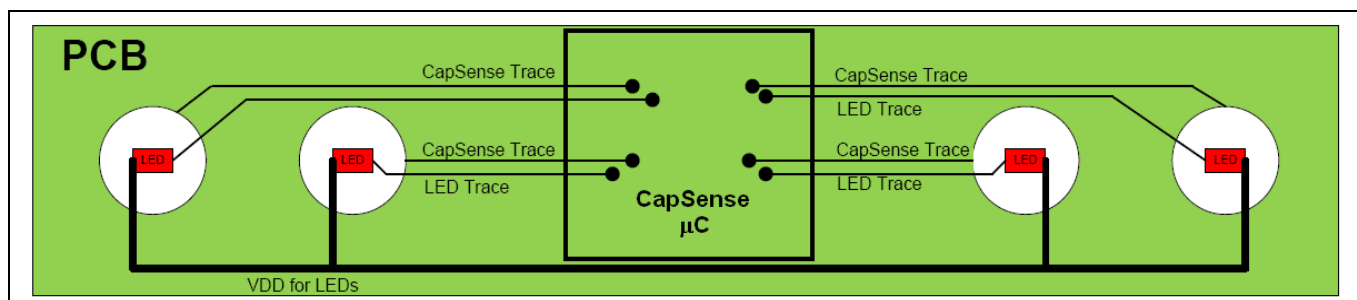


Figure 115 非推奨 – LEDとCAPSENSE™が近接

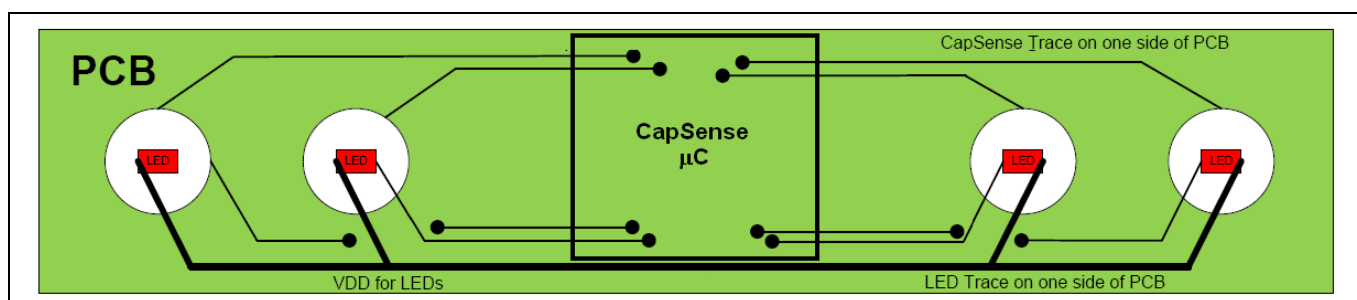


Figure 116 推奨 – LEDとCAPSENSE™が遠く隔離

設計上の注意事項

クロストークを制限するための他の方法は、フィルター コンデンサを使って LED の駆動電圧の立ち上りエッジまたは立ち下りエッジを減速することです。Figure 117 に、このソリューションの例題回路を示します。追加コンデンサの値は LED の駆動電流要件に左右されます。ただし、標準値は $0.1\mu\text{F}$ です。

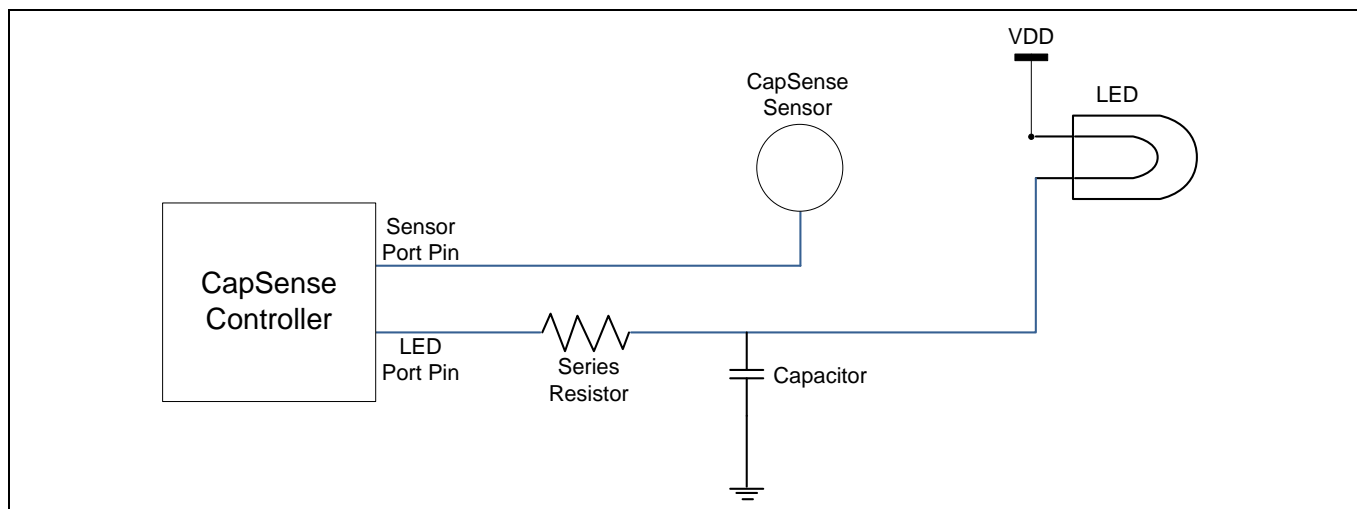


Figure 117 クロストークに対するフィルター コンデンサの使用によるソリューション

3.8.10 LED と CAPSENSE™センサーが近接

LED が CAPSENSE™センサーの近くに配置され (4mm 以内の距離)、かつ LED のいずれかの端部が任意の時点で非低インピーダンス状態に変化した場合、センサーの静電容量は LED のオンとオフ状態の間で変化します。LED 駆動回路の出力インピーダンスの変化により、センサーは誤ってトリガーするか、または LED が状態を変更する時に非意図的にオフになることがあります。

センサーの近くに配置した LED の作用を避けるために、標準値が 1nF のコンデンサを使って LED をバイパスする必要があります。この作業は、オンに切り替えるために LED をプル ダウンまたはプル アップするか、または LED をオフに切り替えて開放の状態にされているシナリオで重要です。

バイパス コンデンサの値は、LED の両端でのセンサーに見られるように、 100kHz で最小 $1\text{k}\Omega$ の一定の低インピーダンス経路を提供できるような値にしなければいけません。

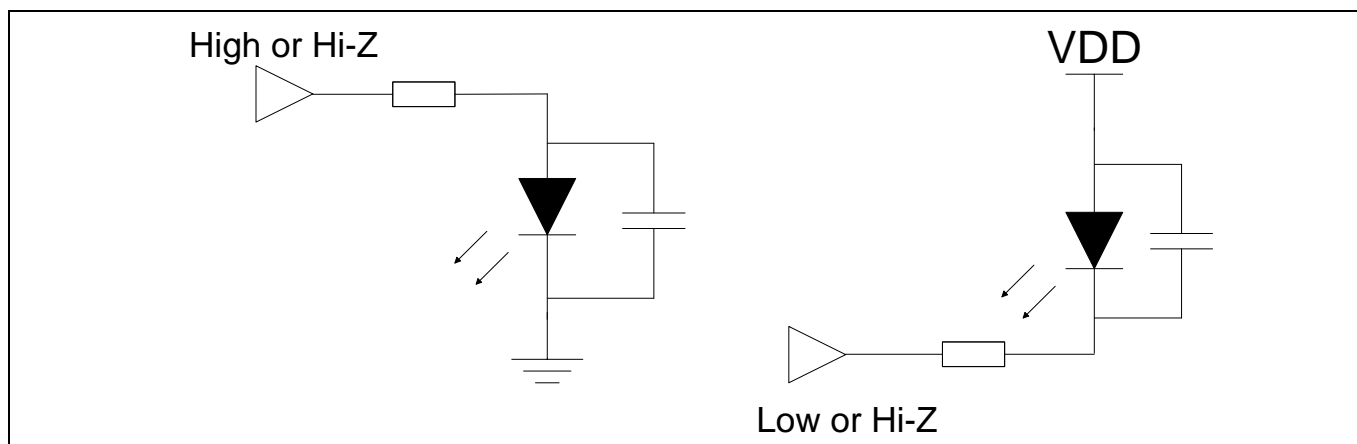


Figure 118 LED 回路

設計上の注意事項

3.8.11 ビア

最少数のビアを使って CAPSENSE™入力をルーティングし、寄生容量を最小限にします。配線長を最短にするためにビアを設計する必要があります。ビアは通常、Figure 119 に示すようにセンサーパッドのエッジに配置されます。

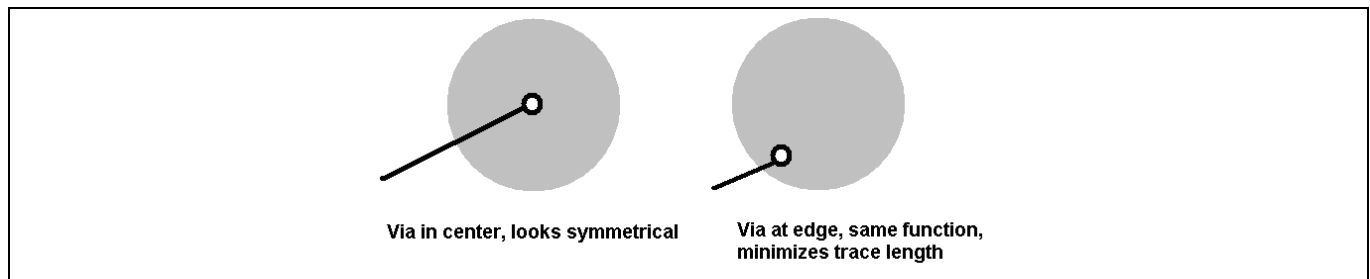


Figure 119 センサーパッド上のビア配置

3.8.12 グランド面

グランドフィルをセンシング基板の最上部と最下部の両方に加えます。グランドフィルを CAPSENSE™センサーパッドの近くに加えると、CAPSENSE™信号を高レベルで維持することと、システムのノイズイミュニティを向上させることの間でトレードオフが生じます。グランド充填の典型的なハッチングは、上部層では 25 パーセント (7mil ライン、45mil 間隔)、下部層では 17 パーセント (7mil ライン、70mil 間隔) です。

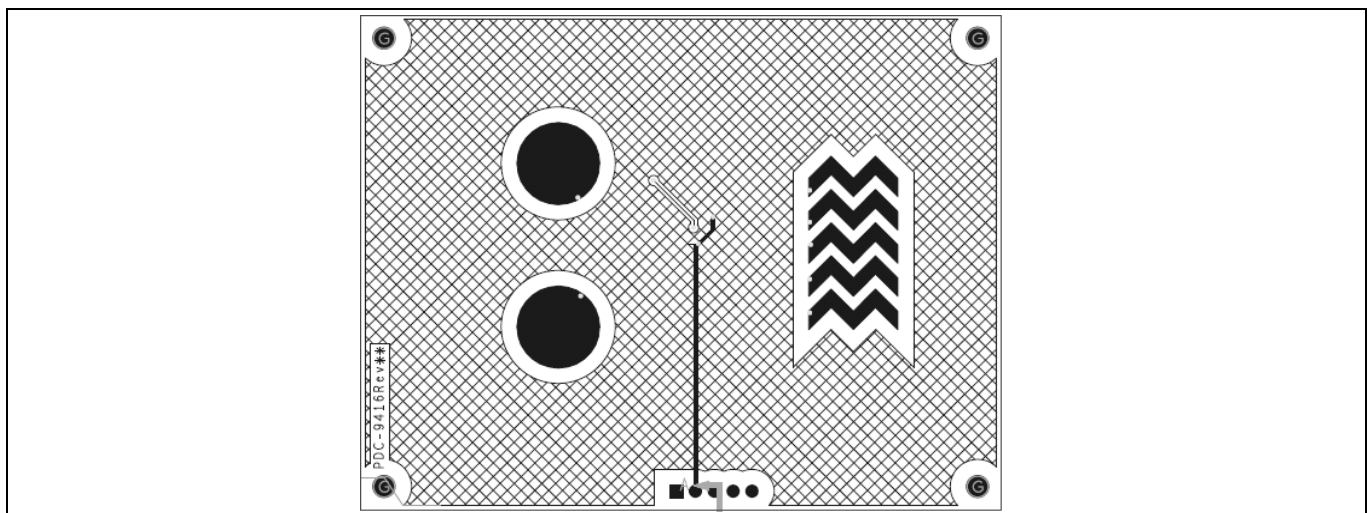


Figure 120 ボタンとスライダーの推奨レイアウトの最上層

設計上の注意事項

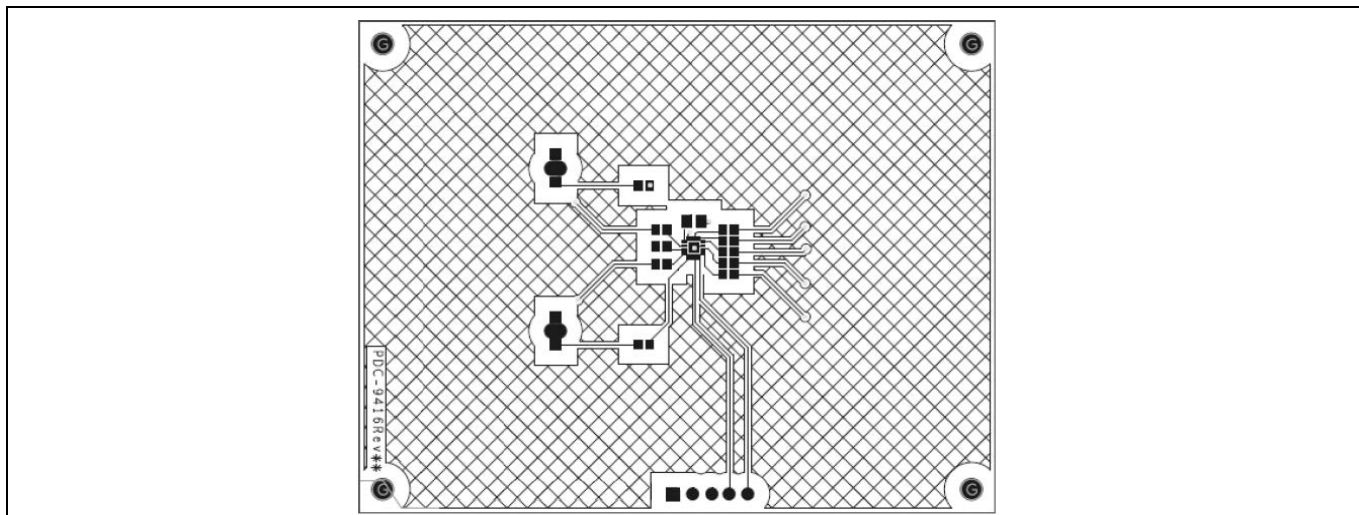


Figure 121 下部層上のボタンとスライダーの推奨レイアウト

3.8.13 電源レイアウトの推奨事項

不適切なプリント基板レイアウトにより、高感度のセンサー (1mm より厚いオーバーレイを備えた近接センサーとボタンセンサーなど) でノイズが生じます。設計上では、高感度 CAPSENSE™センサーでノイズを制限できるために、プリント基板レイアウトを電源配線と配置に関するベスト プラクティスに従って設計することは重要です。

1. VDD ピンと VSS ピン間に 2 個のデカップリング コンデンサを接続する必要があります。(コンデンサ仕様: 0.1 μ F と 1 μ F, 16V, セラミック, X7R)。
2. CY8CMBR3XXX デバイスでは、VCC ピンと VSS ピン間に 1 個のデカップリング コンデンサを接続する必要があります。(コンデンサ仕様: 0.1 μ F, 16V, セラミック, X7R)。
3. E-pad (パドル) のパッケージを使用する時、それを基板 GND に接続する必要があります。
4. グランドと電源配線のインピーダンスを最低にするために、デカップリング コンデンサおよび CMOD コンデンサをできるだけチップと近く隣接させて配置する必要があります。

Figure 122 は、これらの推奨に基づいて設計される回路図を示します。C1, C2, および C4 はデカップリング コンデンサで、C3 は CMOD コンデンサです。

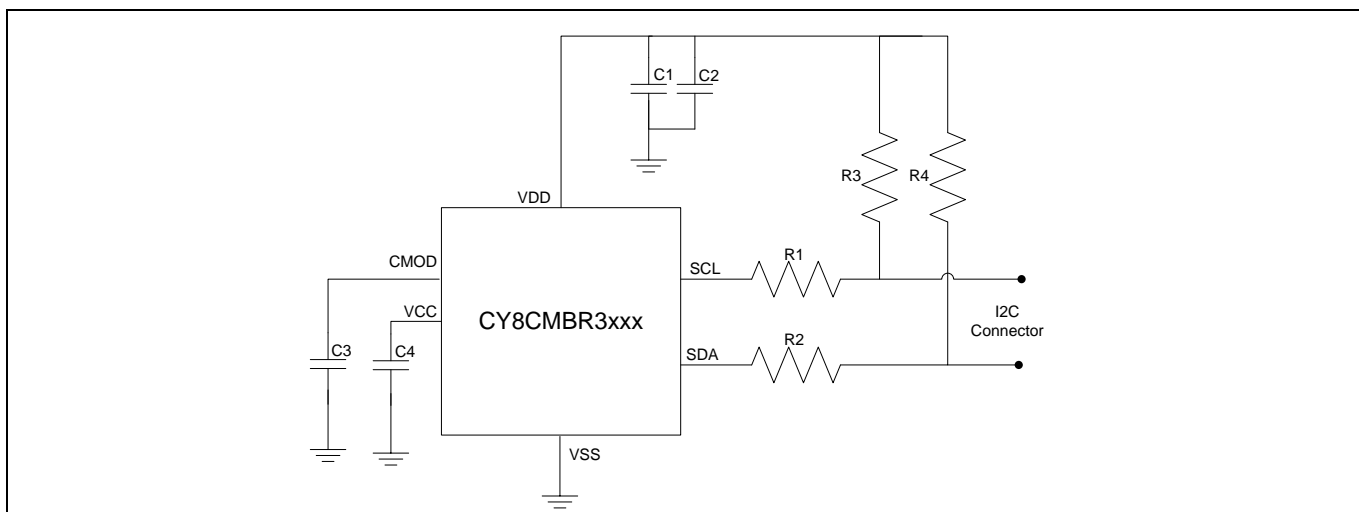


Figure 122 SNR 改善用の例題回路図

設計上の注意事項

Figure 123 は、デカップリング コンデンサと CMOD コンデンサの配置、グラウンドルーティングおよび電源ルーティングを行った基板レイアウト図の例を示します。(Figure 122 内の I²C プルアップはこの図のレイアウトに示されません)。

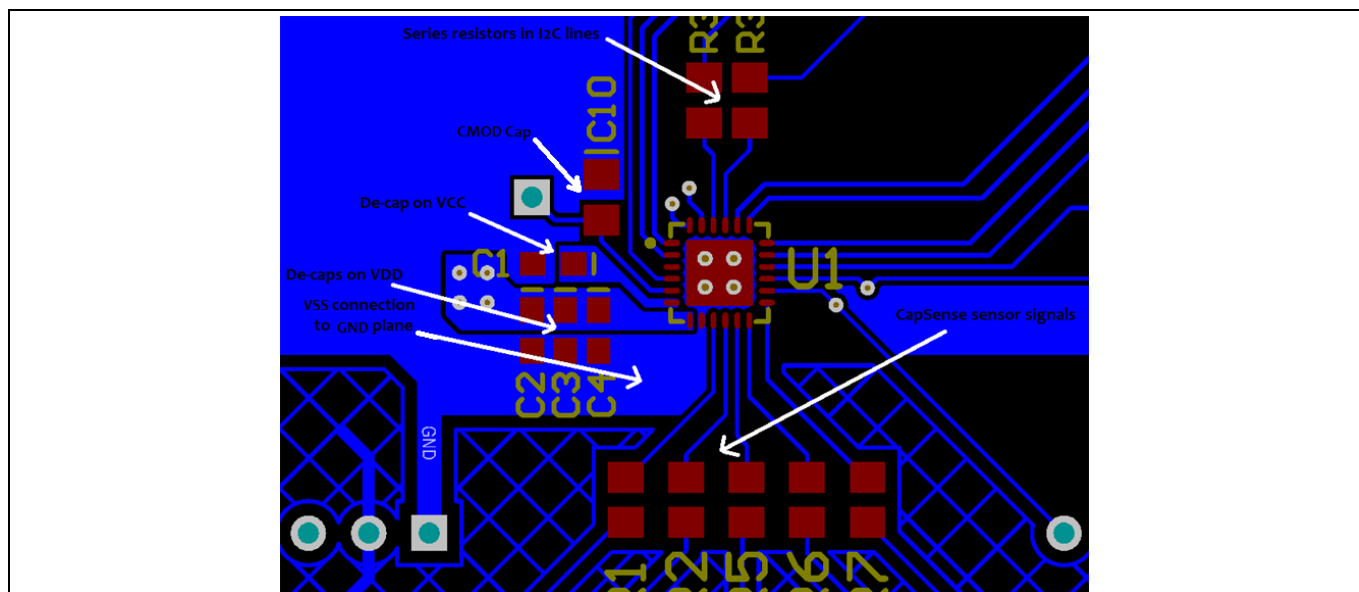


Figure 123 SNR 改善用の例題基板レイアウト

適切な CAPSENSE™回路図は、すべての受動コンポーネントが回路図に示されなければいけません。

上記のプリント基板レイアウトは参考用だけです。最適なレイアウトを設計するために、複数のグラウンド ノード間のインダクタンスが 0.2nH 未満でなければいけません。グラウンド ノードは、Figure 124 の回路図に示します。

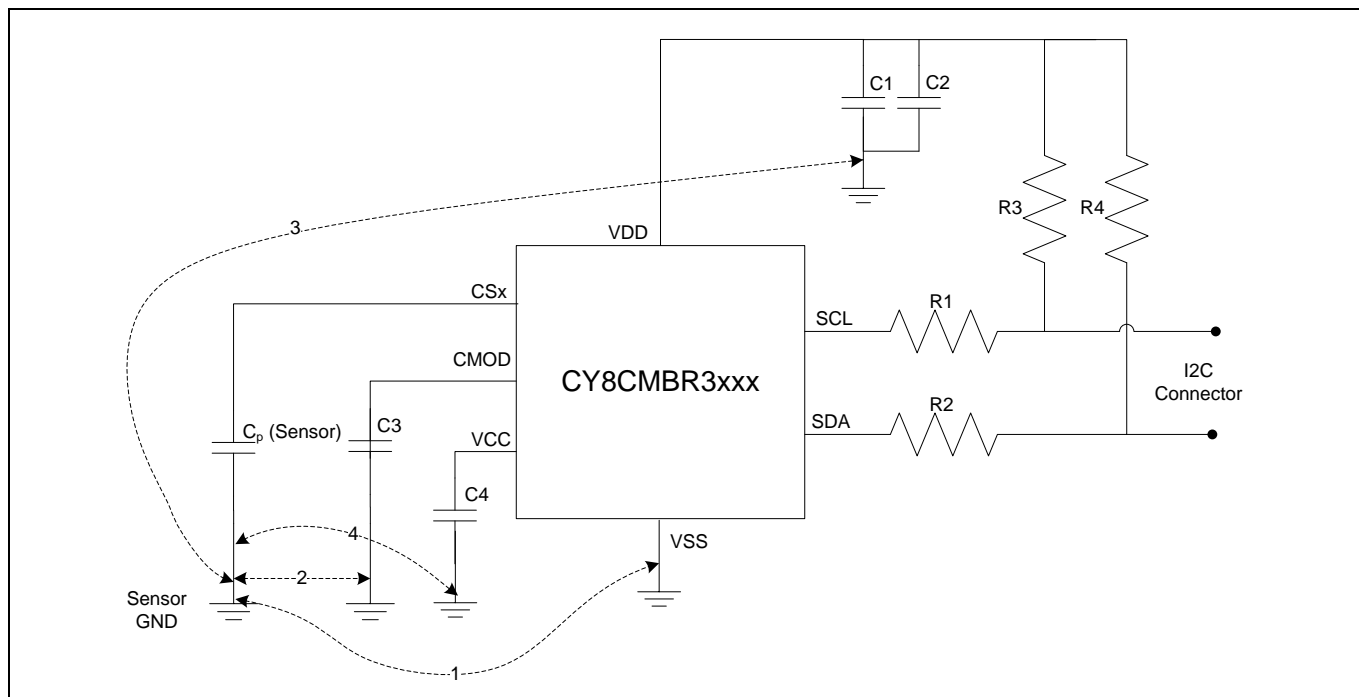


Figure 124 CAPSENSE™デザイン内の重要なグラウンド ノード

設計上の注意事項

3.8.14 シールド電極とガードセンサー

シールド電極はセンサー信号のレプリカである信号で駆動されるハッチです。シールド電極は以下の目的に使用されます。

- **センサー寄生容量 (C_p) の低減:** ほとんどの CAPSENSE™アプリケーションでは、プリント基板の最上層と最下層のセンサーとその配線の周囲にハッチを実装することを推奨します。ノイズ耐性を改善するために、このハッチをグランドに接続します。センサーの配線長が大きいほど、センサーの C_p が高いです。センサーの C_p が高いと、センサーの感度が低く、消費電力が増加します。センサーの C_p を低減するためには被駆動シールド信号で最上層と最下層のハッチを駆動する必要があります。
- **近くの開放/グランド接続の導電性物体からの影響の軽減:** [近接距離に影響を与える要素](#)で説明したように、開放/グランド接続した導電性物体の近接距離への影響を軽減するためにシールド電極を使用できます。この場合、[Figure 92](#) に示すように、シールド電極を導電性物体と近接センサーの間に配置する必要があります。
- **近接センシングに方向性の付与:** 近接センサーの電界が無指向性であり、あらゆる方向で接近を検出できます。ほとんどのアプリケーションでは、一方向のみからの近接を検出する必要があります。そのような場合は、シールド電極を使用して、近接センサーが、単向で対象物体を検出するようにできます。
- **耐液性の装備:** [耐液性](#)で説明したように、シールド電極は CAPSENSE™のセンサー上の液滴の存在による誤ったトリガーを防ぎます。

3.8.14.1 近接センシング用のシールド電極

センサー C_p の低減、隣接した開放/グランド接続の導電性物体の影響の制限、近接センシングへ方向性の付与にシールド電極を使用したい場合は、以下のガイドラインに従ってください。

- センサー C_p を減少させるには、最上層で 0.17mm (7mil) 配線と 1.143mm (45mil グリッド) のハッチを使用し、最下層で 0.17mm (7mil) 配線と 1.778mm (70mil グリッド) のハッチを使用し、このハッチを被駆動シールド信号で駆動してください。
- 隣接した開放/グランド接続の導電性物体の近接センシング距離への影響を制限するには、センサーと導電性物体の間に 0.17mm (7mil) 配線と 1.143mm (45mil グリッド) のハッチを配置し、そのハッチを被駆動シールド信号で駆動してください。
- 近接センシングを単方向にするには、センサーと、近接検出を防止する必要な方向との間に 0.17mm (7mil) 配線と 1.143mm (45mil グリッド) のハッチを配置し、そのハッチを被駆動シールド信号で駆動してください。

3.8.14.2 耐液性のためのシールド電極設計

[耐液性](#)で説明したように、シールド電極とガードセンサーの実装により、耐液性の CAPSENSE™システムを実現できます。ここでは、シールド電極とガードセンサーを実装する方法を示します。

シールド電極の面積は、液滴の大きさ、およびシールド電極を実装するための基板上の利用可能な面積に依存します。シールド電極はセンサーパッドと配線を取り囲み、これらから 1cm 以内に拡散します。シールド電極は、1cm を越えて広げると、システム性能にほとんど影響を及ぼしません。また、シールド電極が大きいと、放射が増加する可能性があります。基板面積が非常に広い場合は、[Figure 125](#) に示すように、1cm のシールド電極の外側の領域は、空のままにする必要があります。耐液性能を向上させるために、プリント基板の最上と最下層にあるハッチや配線をグランドに接続しないでください。グランドに接続されたハッチ(ベタ)や配線があると、液滴がタッチインターフェースに当たると、センサーに誤ったトリガーを発生させることがあります。センサーとグランド間にシールド電極が配置されていても、シールド電極の効果は完全にマスクされ、センサーは誤ってトリガーする可能性があります。

設計上の注意事項

アプリケーションによっては、プリント基板上の電極シールドの実装に十分な領域がないことがあります。このような場合、シールド電極を 1cm 未満に広げ、シールド電極の最小面積をセンサー実装後の基板上の残りの領域にできます。

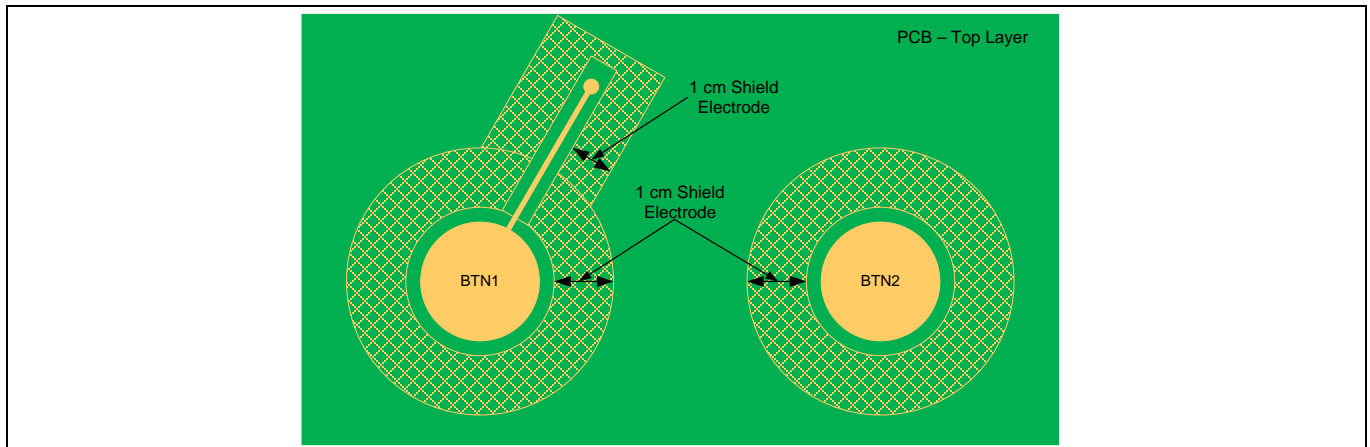


Figure 125 センサー配線が最上層と最下層でルーティングされる時のシールド電極の配置

2 層と 4 層プリント基板にシールド電極を実装するためには以下のガイドラインに従ってください。

2 層のプリント基板

- 最上層: 7mil 配線と 45mil グリッドのハッチ (25%フィル)。ハッチは被駆動シールド信号に接続する必要があります。
- 最下層: 7mil 配線と 70mil グリッドのハッチ (17%フィル)。ハッチは被駆動シールド信号に接続する必要があります。

4 層のプリント基板

- 最上層: 7mil 配線と 45mil グリッドのハッチ (25%フィル)。ハッチは被駆動シールド信号に接続する必要があります。
- 第 2 層: 7mil 配線と 70mil グリッドのハッチ (17%フィル)。ハッチは被駆動シールド信号に接続する必要があります。
- 第 3 層: VDD 面
- 最下層: 7mil 配線と 70mil グリッドのハッチ (17%フィル)。ハッチはグラウンドに接続する必要があります。
- センサーとシールド電極間の推奨エアギャップは 1mm です。

3.8.14.3 ガード センサー

耐液性で説明したように、ガード センサーは、Figure 126 に示す、すべてのセンサーを取り囲んでいる銅配線です。

設計上の注意事項

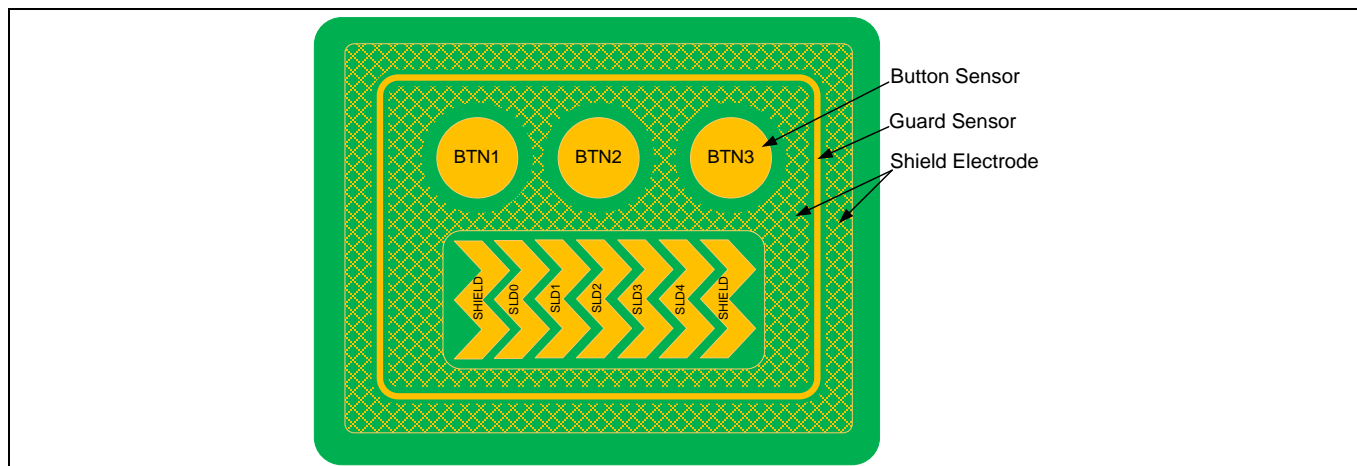


Figure 126 シールド電極とガード センサーを実装したプリント基板のレイアウト

ガード センサーのレイアウトは、以下を実現できるように配置する必要があります。

- ガード センサーは、タッチ面上に液体流が存在する時、最初にオンになるセンサーとなる必要があります。これを実現するためには、[Figure 126](#) に示すように、CAPSENSE™システムにおいてガード センサーですべてのセンサーを取り囲みます。
- ガード センサーは、ボタンやスライダー センサーを押している時トリガーされないようにしてください。そうでない場合、ガード センサーがオフになるまでは、ボタン センサーやスライダー センサーのスキャンが無効になり、CAPSENSE™システムが非稼動になります。ガード センサーが誤ってトリガーされないように確保するために、ガード センサーをセンサーから 1cm 以上離れているところに配置します。

ガード センサーを実装するためには、以下のガイドラインに従ってください。

- ガード センサーは、角が丸い長方形であり、すべてのセンサーを取り囲む必要があります。
- ガード センサーの推奨厚さは 2mm です。
- ガード センサーとシールド電極間の推奨エアギャップは 1mm です。

プリント基板上にガード センサーを実装するための領域がない場合、ガード センサーの機能は、ファームウェアに実装できます。例えば、液体の流れを検出するために、異なるセンサーのオン/オフのステータスを使用できます。

以下の条件は、タッチ面上の液体の流れを検出するために使用できます。

- 液体の流れがある時、2 個以上のボタン センサーが一度にアクティブになります。設計がマルチタッチセンシングを必要としない場合、誤ったトリガーを防ぐために、これを検出してすべてのボタン センサーのステータスを拒否できます。
- スライダーでは、オンになっているスライダー セグメントが隣接するセグメントでない場合、スライダー セグメントのステータスをリセットする、または計算されたスライダーのセントロイド値を拒否できます。

3.8.15 単層プリント基板の CAPSENSE™システム設計

電子製品メーカーは、システム コストの削減に一定の圧力に直面しています。民生や家電製品の市場を含むいくつかの市場は、必要な製品マージンをサポートするために単層プリント基板に切り替えています。インフィニオンの CAPSENSE™のコントローラーは単層プリント基板上で堅牢なタッチ センシングを実現し、その被駆動シールド機能は長い配線、近接センシング、および耐液性を可能にします。

設計上の注意事項

CAPSENSE™は洗練されたファームウェア アルゴリズムにより、ノイズの多い環境でも正確な接触応答を実現する、IEC (IEC 61000-6-1、IEC 61000-6-2) ノイズに準拠した性能を提供します。

CAPSENSE™設計のベスト プラクティスに従っていることを確実にするために設計を開始する前に、[付録 B. 回路図およびレイアウト チェックリスト](#)を参照してください。

3.8.16 ITO を用いた CAPSENSE™システム設計

CAPSENSE™センサーが透明になる必要がある (センサーがディスプレイ上に配置される) アプリケーションでは、CAPSENSE™センサーはITO を用いて実装できます。ただし、透明なセンサーが不要な場合、銅製パッドを使用することを推奨します。銅製パッドを使用すると、ITO センサーに比べて、歩留まりがより高く、コストを低減でき、良い性能を得るためです。

ITO センサーはガラス基板またはプラスチック フィルム (ポリエチレン テレフタレート) 基板上に実装できます。[ボタンのデザイン](#) (ボタン センサーの場合) と[スライダーのデザイン](#) (スライダー センサーの場合) で推奨したセンサーの形状はITO を用いるセンサー設計に適用されます。センサーの長さまたは幅 (長さは常に最長の寸法) のアスペクト比が5/3を超えないことを確認してください。

全体のセンサー抵抗を低減するため、センサーの配線長を最短にする必要があります。配線抵抗の計算式は次のとおりです。

$$\text{Resistance} = \frac{\text{Trace sheet resistance} \times \text{Trace length}}{\text{Trace width}}$$

Equation 29

配線抵抗はセンサー抵抗を基準にして評価されます。センサー抵抗に比べて配線抵抗がより高ければ、タッチ性能を低下させます。そのため、センサー配線長をできるだけ短くすることが推奨されます。ITO センサーのレイアウト ガイドラインは [Table 13](#) にまとめています。

Table 13 ITO センサーのレイアウト ガイドライン

カテゴリ	パラメーター	Min	Typ	Max	単位	備考
ITO	シート抵抗 (ガラス基板)	-	-	120	Ω/sq	-
	シート抵抗 (フィルム基板)	-	-	270	Ω/sq	-
	センサーの最大抵抗	-	1	30	kΩ	エンド ツー エンド
	配線間の間隔	30	50	100	μm	-
	ルーティング チャンネル配線幅	10	30	50	μm	-

3.9 回路とレイアウトの例

参照回路図については、選択したデバイスに対応する[開発キット](#)の設計ファイルを参照してください。参照レイアウトとセンサー設計については、開発キットを参照してください。キットのレイアウトファイルは、さまざまな PCB スタックアップ、デバイスの配置、ルーティング手順、およびさまざまな CAPSENSE™ボタンとスライダーの実装の例です。以下に例を示します。

- [CY8CKIT-149 - PSOC™ 4100S Plus プロトタイピングキット](#)は、異なる寸法の相互静電容量ボタンの推奨フィッシュボーン構造が実装されています。
- [CY8CPROTO-062S3-4343W - PSOC™ 62S3 Wi-Fi Bluetooth® Prototyping Kit](#) は、相互静電容量と自己静電容量ベースのセンシングの両方に最適化されたフィッシュボーンボタン構造を備えています。

すべての設計ファイルにアクセスするには、対応するキットの Web ページを参照してください。

設計上の注意事項

また、すべての CAPSENSE™デバイスのサンプルレイアウトについては、個々のデバイス設計ガイドの Web ページを参照してください。

- [AN66271 - CY8C21x34/B – CAPSENSE™ design guide](#)
- [AN66269 - CY8C20x34 – CAPSENSE™デザインガイド](#)
- [AN65973 - CY8C20xx6A/H/AS – CAPSENSE™設計ガイド](#)
- [AN78329 - CY8C20xx7/S – CAPSENSE™デザインガイド](#)
- [AN90071 - CY8CMBR3xxx – CAPSENSE™設計ガイド](#)
- [AN85951 - PSOC™ 4 および PSOC™ 6 MCU CAPSENSE™デザインガイド](#)

3.10 プリント基板アセンブリおよびはんだ付け

あらゆる CAPSENSE™設計には、プリント基板アセンブリとはんだ付け標準およびガイドラインに従うことが重要です。CAPSENSE™のプリント基板アセンブリおよびはんだ付けは専用のガイドラインがありませんが、次の仕様書とアプリケーションノートはそれぞれ標準とガイドラインを提供します。

- [IPC A-610 - Acceptability of Electronic Assemblies](#)
- [AN72845 - Design guidelines for Infineon quad flat no lead \(QFN\) packaged devices](#)
- [AN69061- Design, manufacturing, and handling guidelines for Infineon wafer level chip scale packages](#)

4 CAPSENSE™ セレクタ ガイド

インフィニオンは、静電容量センシング技術において世界的なリーダーです。インフィニオンの広範なソリューションは、強力なノイズ耐性、市場への参入時間の短縮、システムの拡張性を提供します。この数年で、50 億を超える機械式ボタンの代替に採用されてきました。CAPSENSE™ポートフォリオは、シンプルなボタンやスライダーから、その他のシステム部品を統合する、より高度なソリューションに渡り、総 BOM コストとフォーム ファクターを削減します。インフィニオンの CAPSENSE™コントローラーは、クラス最高の耐水性と静電容量近接検知機能を備え、SmartSense Auto-Tuning (環境条件を常に監視し補正するアルゴリズム) で簡単に実装できます。

以下は主な特長です。

- インフィニオンの高度なセンシング技術を用いてガラス厚 15 mm またはプラスチック厚 5 mm をとおして指を容易に検知
- 革新的で比類のない SmartSense Auto-Tuning アルゴリズム
- 近接センサーや耐水性など先端機能を提供する業界ベスト ソリューション
- 超低消費電力、業界最大の電圧範囲に対応
- WLCSP などの業界トップの小型フォーム ファクター パッケージ (2 mm x 2 mm)

4.1 CAPSENSE™ 要件の定義

お使いのアプリケーションに最適な CAPSENSE™デバイスを選択するには、いくつかの主なシステム要件を考慮する必要があります。

- コンフィギュレーション可能/プログラム可能
簡易かつファームウェア開発せず、市場投入までの時間が早いソリューションを求めているならコンフィギュレーション可能なコントローラーを選択してください。これらのデバイスはホストコントローラーを問わずに動作できます。チップにより多くの機能を統合し、アプリケーションのフレキシブルな設計を求めているならプログラム可能なコントローラーを選択してください。インフィニオンは両方のハードウェア コンフィギュレーション可能でレジスタ コンフィギュレーション可能なコントローラーを提供します。
- コンフィギュレーション インターフェース
- コンフィギュレーション可能なコントローラーは、ハードウェア ベースとレジスタ ベースと言った 2 つのコンフィギュレーション インターフェースを用意しています。ハードウェア コンフィギュレーション可能なコントローラーは、異なる機能を構成し、量産段階やシステム動作中にホストコントローラーからの必要となるコンフィギュレーション ステップを除去するには、外部抵抗が必要になります。一方、レジスタ コンフィギュレーション可能なデバイスはレジスタ ベースのコンフィギュレーションや全体的な状態の報告を、I²C をとおしてサポートします。同じ I²C インターフェースで両方のコンフィギュレーションとホスト通信インターフェースとして対応できます。これらのコントローラーは EEPROM のコンフィギュレーションを維持しながら、チップのホストなしに独立型の動作を可能にすることをサポートします。
- プログラミング インターフェース
PSOC™のフレキシブルな設計により、プログラミング ピンを GPIO ピンとして再利用でき、I/O ピン数を低減できます。ただし、設計時に GPIO 機能に必要な外部コンポーネントや長い配線とプログラミング機器とは干渉が生じないことを保証する必要があります。
デバイスのファームウェアをシステム内でホストコントローラーから更新することは、特に携帯電話のアプリケーションに対して重要な要件です。PSOC™コントローラーは次の 2 つのソリューションを提供します。
- ホストソース シリアル プログラミング (HSSP)
この方法では、専用の PSOC™プログラミング インターフェースが使用され、PSOC™ファームウェアの変更を要求しません。ただし、PSOC™のリセット ピンはホストにより制御する必要があります。

CAPSENSE™ セレクタ ガイド

この方法で、PSOC™をビットバンギングでプログラムする特別なファームウェアがホストにより要求され、プログラミングのためにホスト側に専用の I/O が必要となることがあります。

- **ブートローダによるプログラミング**
この方法では I²C や UART、および USB などの標準の通信インターフェースを介してプログラミングが行われ、ブートローダが PSOC™ファームウェアの一部として実装されなければいけません。インフィニオンは多くの HSP とブートローダのアプリケーション ノートを提供します。Table 21 を参照し、詳細を確認してください。
- **静電容量センサーの数と種類**
PSOC™固有の設計では、任意の I/O ピン¹⁰ がボタン、スライダ セグメント、あるいは近接センサーを含むあらゆる種類の CAPSENSE™センサーとして使用されます。これは、静電容量タッチセンシングの様々なアプリケーションの実装に柔軟性をもたらします。センサー用の I/O 要件の他、ほとんどの最新 CAPSENSE™デバイスは 1 個の外部コンデンサ (CMOD) のみが必要です。下表に一般的な CAPSENSE™アプリケーションを例として取り上げ、必要な I/O 数を計算します。

Table 14 I/O 要件計算例

要件	I/O ピン数
10 個のボタン センサー	10
1 個の 5 セグメント スライダー	5 (セグメント当たり 1 ピン)
1 個の近接センサー	1
10 個の LED	10
耐液性	シールド電極用に 1 ピン使用 ¹¹
ブートローダを介する I ² C/プログラミング	2
CMOD ¹² コンデンサ	1
合計 I/O 数	30

- **CAPSENSE™ブロック数**
いくつかの CAPSENSE™コントローラーは 2 個の CAPSENSE™ブロックを提供し、2 個のセンサーを同時にスキャンするために使用可能です。アプリケーションに数多くのセンサーがあり、応答時間に厳密の要件がある場合にこれらのコントローラーを選択すべきです。
- **通信インターフェース**
CAPSENSE™デザインにホスト コントローラーが含まれる場合、通信インターフェースは重要な要件です。このインターフェースにより、ホスト コントローラーがデバイスを設定でき、ユーザー インターフェースのデータをシステムに受信できます。I²C は静電容量 タッチ センシングのアプリケーションに一般的なインターフェースです。インフィニオン コントローラーはデバイスに応じて I²C, SPI, および UART に対応します。
- **CPU, フラッシュ, および RAM 要件**
組込みアプリケーションには Arm®が人気の CPU 選択肢です。その理由として、異なるベンダー間の移植性、および複雑なアプリケーション要件の拡張を可能にします。インフィニオンは Arm® Cortex®-M0 ベースの PSOC™ 4 ファミリ、Arm® Cortex®-M3 ベースの PSOC™ 5LP ファミリ、およびデュアルコア (Arm® Cortex®-M4 と Arm® Cortex®-M0+) ベースの PSOC™ 6 ファミリを、お客様のニーズに対応するためにさまざまなフラッシュと RAM の組合せで提供します。

¹⁰ 一部のデバイスはすべての I/O ピン上のセンシングをサポートしません。I/O ピンの機能については、該当するデバイスのデータシート内のピン配置節を参照してください。

¹¹ CAPSENSE™コントローラーがシールド電極を使って耐液性を有効にする方法については、[耐液性の節](#)を参照してください。

¹² CSD の動作のためには CMOD と呼ばれる外部コンデンサが必要です。[CAPSENSE™シグマデルタ変調器 \(CSD\) センシング方式](#)を参照してください。

CAPSENSE™ セレクタ ガイド

- 耐液性
耐液性は家電製品や他の高信頼性の用途に対して、製品が濡れた場合の誤タッチを防止できるため、重要な要件です。CAPSENSE™コントローラーは駆動シールド¹¹の技術を介して耐液性に対応します。
- 動作電圧範囲 – CAPSENSE™コントローラーは 1.71V ~ 5.5V の広い動作電圧範囲に対応します。
- フィードバック – CAPSENSE™ソリューションは標準 I/O の他にブザー, LED, およびハプティクス用の PWM 出力にも対応します。
- パッケージサイズとピン数 – CAPSENSE™コントローラーは様々なパッケージを提供しており、携帯電話, 家電製品, および産業機器に適しています。デバイスに応じて使用可能なパッケージは QFN, SSOP, SOIC, TQFP, および LQFP を含みます。また、CAPSENSE™コントローラーはわずか 2mm x 2mm の小さなチップスケールパッケージ (CSP) も提供します。デバイスを選択した後、パッケージの詳細情報のためデータシートを参照してください。
- ADC, PWM, タイマー, LCD ドライバなどの追加機能、およびオペアンプやコンパレータなどのアナログペリフェラル

4.2 CAPSENSE™ポートフォリオ

インフィニオンは、設定やプログラムが可能な幅広い CAPSENSE™コントローラーを提供しています。Figure 127 に CAPSENSE™ポートフォリオの概要を示します。以下では異なる CAPSENSE™ファミリを示します。

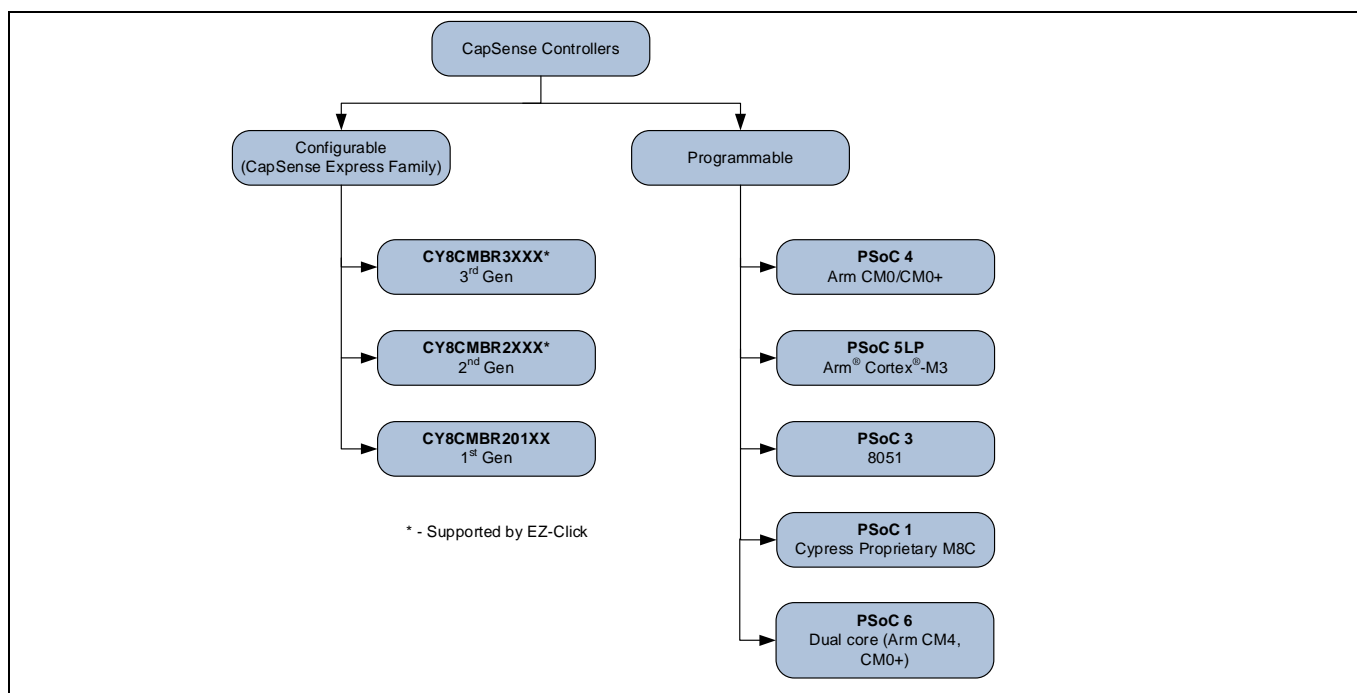


Figure 127 CAPSENSE™ポートフォリオの概要

4.2.1 コンフィギュレーション可能な CAPSENSE™ コントローラー (CAPSENSE™ Express ファミリ)

コンフィギュレーション可能な CAPSENSE™コントローラー (CAPSENSE™ Express コントローラーとも呼ばれる) により、ファームウェア開発作業がなくなり、静電容量タッチの設計作業が容易かつ迅速になります。これらのコントローラーは I²C やハードウェア ストラップ (抵抗)、および SmartSense 自動チューニング機能 (CY8C201xx ファミリ以外) をとおしてコンフィギュレーションされます。この機能により

CAPSENSE™ セレクタ ガイド

チューニング処理が不要になり、実行時の環境の変更に補正します。これらのデバイスがサポートする寄生容量 (C_p) は 45pF に制限されます。

- **CY8CMBR3XXX (CAPSENSE™ MBR3)** コントローラーは 3 世代で最新のコンフィギュレーション可能なコントローラーであり、 I^2C をとおしてコンフィギュレーションされ GUI ベースのコンフィギュレーションツール **CAPSENSE™ controllers configuration tools EZ-Click** でサポートされるものです。これらのデバイスは最大 16 個のボタン, 8 個の LED, 2 個の近接センサー, 2 個の 5 セグメント スライダーまでサポートし、対応する動作電圧範囲は 1.71V ~ 5.5V です。このファミリ内の異なるデバイス間の差異については **CAPSENSE™ MBR3 solution product overview** を参照してください。これらのコントローラーは旧世代のデバイスに比べ向上したノイズ耐性を持っており、新しいデザインにこれらのコントローラーを推奨します。
- **CY8CMBR2XXX (CAPSENSE™ Express)** コントローラーは 2 世代のコンフィギュレーション可能なデバイスであり、両方のハードウェア コンフィギュレーション可能 (CY8CMBR20XX) と I^2C コンフィギュレーション可能 (CY8CMBR21XX) なデバイスがあり、 I^2C コンフィギュレーション可能なデバイスは **CAPSENSE™ controllers configuration tools EZ-Click** ツールによってサポートされます。ハードウェアベースのコンフィギュレーション、または調光やフェードなどの先端的な LED 効果をアプリケーションに適用する必要がある場合、これらのデバイスを選択してください。これらのデバイスは最大 16 個のボタンまでサポートし、対応する動作電圧範囲は 1.71V ~ 5.5V です。
- **CY8C201xx** コントローラーは、 I^2C インターフェースでコンフィギュレーションする 1 世代のコンフィギュレーション可能なデバイスです。これらのデバイスはボタン, LED, スライダーのために最大 10 本の I/O を用意し、その動作電圧範囲は 2.4V ~ 5.5V です。新しいデザインにこれらのコントローラーを推奨しません。

Table 15 にコンフィギュレーション可能なカテゴリでの各製品を比較します。

Table 15 CAPSENSE™ Express ファミリの特長の比較

機能/ デバイス ファミリ	CY8CMBR3XXX						CY8CMBR2XXX				
	CY8CMBR 3116	CY8CMBR 3106S	CY8CMBR 3110	CY8CMBR 3108	CY8CM BR3102	CY8CM BR3002	CY8CMBR 2016	CY8CMBR 2110	CY8CMBR 2010	CY8CMBR 2044	CY8C201xx
データ シート	CY8CMBR3XXX						CY8CMB R2016	CY8CMBR2 110	CY8CMB R2010	CY8CMB R2044	CY8C201xx
最大セン サー数	16	11	10	8	2	2	16	10	10	4	10
ボタン	最大 16	最大 11	最大 10	最大 8	最大 2	2	最大 16	最大 10	最大 10	最大 4	最大 10
スライダ ー	無	最大 2	無	無	無	無	無	無	無	無	1
近接性	最大 2	最大 2	最大 2	最大 2	最大 2	無	無	無	無	無	無
耐液性	有						無				
LED/GPO	最大 8	0	最大 5	最大 4	最大 1	2	最大 8	最大 10	最大 10	最大 4	最大 10
ブザー	有	有	有	有	無	無	有	有	無	無	無
コンフィ ギュレー ション インター フェース	I2C	I2C	I2C	I2C	I2C	無(固 定機能)	ハード ウェア	I2C	ハード ウェア	ハード ウェア	I2C
通信 インター フェース	I2C/GPO	I2C	I2C/GPO	I2C/GPO	I2C/GP O	GPO	GPO	I2C/GPO	GPO	GPO	I2C/GPO

CAPSENSE™ セレクタ ガイド

機能/ デバイス ファミリ	CY8CMBR3XXX						CY8CMBR2XXX				
	CY8CMBR 3116	CY8CMBR 3106S	CY8CMBR 3110	CY8CMBR 3108	CY8CM BR3102	CY8CM BR3002	CY8CMBR 2016	CY8CMBR 2110	CY8CMBR 2010	CY8CMBR 2044	CY8C201xx
電源投入 時セルフ テスト	有										無
動作電圧	1.71～5.5V										2.4V～ 5.25V
車載用 認定済み (AEC- Q100) ¹³	無										
パッケー ジ	24 ピン QFN	24 ピン QFN	16 ピン SOIC	16 ピン QFN	8 ピン SOIC	8 ピン SOIC	48 ピン QFN	32 ピン QFN	32 ピン QFN	16 ピン QFN	8/16 ピン SOIC、 16 ピン QFN

¹³ 製品の最新状態について、インフィニオンに[お問い合わせ](#)ください。

CAPSENSE™ セレクタ ガイド

4.2.2 プログラム可能な CAPSENSE™ コントローラー

プログラム可能な CAPSENSE™ コントローラーは、PSOC™ プラットフォームに基づいたもので、CAPSENSE™ とともにアナログおよびデジタル周辺機器の豊富なセットを提供します。インフィニオンは、ユーザーの PSOC™ システムの設計時間を短縮するために、多くのあらかじめ構築され、量産対応可能で、GUI 設定可能なファームウェアのコンポーネントを提供します。

- **PSOC™ 6** ファミリは、最大 150MHz までクロック供給される 32 ビットデュアルコア CPU サブシステム (Arm® Cortex®-M4 および M0+) を備えており、12 ビット SAR ADC, 最大 2 つのオペアンプ, 最大 2 つのコンパレータ, PWM, USB-FS ホストとデバイス周辺機器, I²S およびオーディオサブシステム向け PDM チャンネルなど多くの高度な周辺機器を統合します。Table 16 に PSOC™ 6 の異なるサブファミリ間の比較を示します。
- **PSOC™ 4** ファミリは、最大 48MHz までクロック供給される 32 ビット Arm® CM0 CPU を備えており、12 ビットの SAR ADC, コンパレータ, PWM, Bluetooth Low Energy (BLE), CAN やセグメント LCD ドライバなどの高度なペリフェラルを多く統合します。PSOC™ 4 は最大 54 個のセンサーを備えています。PSOC™ 4 は、最高の低消費電力混合信号アーキテクチャかつ最も費用効果がよいデバイスファミリです。Table 17 に PSOC™ 4 の異なるサブファミリ間の比較を示します。
- **PSOC™ 5LP** ファミリは、最大 80MHz までクロック供給される 32 ビット Arm® Cortex®-M3 CPU を備えており、CAPSENSE™ ブロック, 20 ビットのデルタシグマ ADC, 12 ビットの SAR ADC, 8 ビットの DAC, オペアンプ, コンパレータ, PWM, USB 2.0 フルスピード ペリフェラル, CAN やセグメント LCD ドライバなどの高度なペリフェラルを多く統合します。PSOC™ 5LP は最大 62 個のセンサーを備えており、単一のチップでのより高いレベルの統合を必要とする大きくて複雑なシステムに適しています。Table 18 に PSOC™ 5LP の異なるサブファミリ間の比較を示します。
- **PSOC™ 3** ファミリは、最大 67MHz までクロック供給される 8 ビット 8051 シングル サイクル CPU を特長として、20 ビットのデルタシグマ ADC, 8 ビットの DAC, オペアンプ, コンパレータ, PWM, USB 2.0 フルスピード ペリフェラル, CAN とセグメント LCD ドライバなどの高度なペリフェラルを多く統合します。PSOC™ 3 は最大 62 個のセンサーを備えています。PSOC™ 5LP が提供する同じ大規模統合度を必要としますが、高性能 CM3 CPU を必要としない場合には、PSOC™ 3 を選んでください。Table 19 に PSOC™ 3 の異なるサブファミリ間の比較を示します。

PSOC™ 1 ファミリは、最大 24MHz までクロック供給される独自の 8 ビット M8C CPU を備えているインフィニオンの最初のプログラマブル システム オンチップのソリューションです。このファミリはボタン、スライダー、近接センシングや耐液性などの多くの CAPSENSE™ 機能を低コストでサポートします。PSOC™ 1 は最大 44 個のセンサーを備えており、他のデバイスファミリに比べて多くの車載用認定済み (AEC-Q100) の部品を含んでいます。Table 20 に PSOC™ 1 の異なるサブファミリ間の比較を示します。

CAPSENSE™ セレクタ ガイド

Table 16 PSOC™ 6 ファミリの機能比較

機能/デバイスファミリ	PSOC™ 61	PSOC™ 62	PSOC™ 63	CY8C62xA, CY8C62x8 ¹⁴	CY8C62x5
データシート	PSOC™ 61 datasheet	PSOC™ 62: CY8C62x6, CY8C62x7 datasheet	PSOC™ 63 with Bluetooth® LE datasheet	PSOC™ 6: CY8C62x8, CY8C62xA datasheet	CY8C62x5 datasheet
CPU	150 MHz Arm® Cortex®-M4	150 MHz Arm® Cortex®-M4 および 100 MHz Cortex® M0+	150 MHz Arm® Cortex®-M4 および 100 MHz Cortex® M0+	150 MHz Arm® Cortex®-M4, 100 MHz Cortex®-M0+	150 MHz Arm® Cortex®-M4, 100 MHz Cortex®-M0+
フラッシュ	32 KB EEPROM 領域と 32 KB 監視フラッシュを備えた最大 1 MB アプリケーションフラッシュ	32 KB EEPROM 領域と 32 KB 監視フラッシュを備えた 1 MB アプリケーションフラッシュ	32 KB EEPROM 領域と 32 KB 監視フラッシュを備えた最大 1 MB アプリケーションフラッシュ	32 KB EEPROM 領域と 32 KB 監視フラッシュを備えた 2 MB アプリケーションフラッシュ	32 KB EEPROM 領域と 32 KB 監視フラッシュを備えた 512KB アプリケーションフラッシュ
SRAM	最大 288 KB	288 KB	最大 288 KB	1024 KB	256 KB
CAPSENSE™ アーキテクチャ	第 4 世代 (CSD および CSX に対応)	第 4 世代 (CSD および CSX に対応)	第 4 世代 (CSD および CSX に対応)	第 4 世代 (CSD および CSX に対応)	第 4 世代 (CSD および CSX に対応)
センサーごとの CAPSENSE™ 平均消費電流	37.5 nA~2400 µA でプログラム可能	37.5 nA~2400 µA でプログラム可能	37.5 nA~2400 µA でプログラム可能	37.5 nA~609 µA でプログラム可能	37.5 nA~609 µA でプログラム可能
SSC/PRS 機能	有	有	有	有	有
ADC	12-bit 1-Msps SAR ADC	12-bit 1-Msps SAR ADC	12-bit 1-Msps SAR ADC	12-bit 1-Msps SAR ADC	12-bit 1-Msps SAR ADC
合計 I/O 数	最大 100 ¹⁵	最大 100 ¹⁵	最大 100 ¹⁵	最大 100 ¹⁵	最大 64 ¹⁵
CAPSENSE™ ブロック数	1	1	1	1	1
センサー寄生容量 (C _p) 範囲	5 pF~200 pF	5 pF~200 pF	5 pF~200 pF	5 pF~200 pF	5 pF~200 pF
DAC	1x 12 ビット	1x 12 ビット	1x 12 ビット	0	0
コンパレータ	2	2	2	2	2
オペアンプ	2	2	2	0	0
シリアル通信ブロック (SCB ¹⁶)	9	9	9	13	7
ユニバーサルデジタルブロック (UDB ¹⁷)	12	12	12	0	0

¹⁴ これらのデバイスは 2MB のフラッシュメモリをサポートし、PSOC™ 61 (シングル CPU) シリーズと PSOC™ 62 (デュアル CPU) シリーズの両方に属する MPN を備えています。

¹⁵ PSOC™ 6 ファミリデバイスでは、CAPSENSE™ の使用はいくつかのポートに制限されており、他のポートではスイッチングが制限されています。[AN85951 - PSOC™ 4 および PSOC™ 6 MCU CAPSENSE™ デザインガイド](#)に記載されている推奨事項に従って、最高の CAPSENSE™ 感度と精度を実現してください。

¹⁶ 各シリアル通信ブロック (SCB) は I²C, SPI, または UART 通信ブロックとして機能できます。また、PSOC™ Creator はすべてのデバイス用のソフトウェア送信 UART (TX8) コンポーネントを提供します。

¹⁷ ユニバーサルデジタルブロック (UDB) を使用すると、カスタムデジタルロジックを実装できます。PSOC™ Creator は、I²C, I²S, UART, SPI, PWM, カウンター/タイマーなど、さまざまな UDB ベースのコンポーネントを提供します。

CAPSENSE™ セレクタ ガイド

機能/デバイスファミリ	PSOC™ 61	PSOC™ 62	PSOC™ 63	CY8C62xA, CY8C62x8 ¹⁴	CY8C62x5
セキュアデジタルホスト コントローラー (SDHC) ブロック	0	0	0	2	1

CAPSENSE™ セレクタ ガイド

Table 17 PSOC™ 4 ファミリの機能比較

機能/ デバイス ファミリ	PSOC™ 4000 シ リーズ	PSOC™ 4100 シ リーズ	PSOC™ 4200 シ リーズ	PSOC™ 4100M シリー ズ	PSOC™ 4200M シリー ズ	PSOC™ 4100 Bluetooth® LE シリーズ	PSOC™ 4200 Bluetooth® LE シリーズ	PSOC™ 4200L シ リーズ	PSOC™ 4000S シ リーズ	PSOC™ 4100S シリーズ /PSOC™ 4100PS	PSOC™ 4100S Plus
データシー ト	CY8C4 01X	CY8C4 12X	CY8C4 24X	CY8C4 12X-M	CY8C4 24X-M	PSOC™ 4xx7_BLE - 128 KB Flash, BLE 4.1 PSOC™ 4xx8_BLE - 256 KB Flash, BLE 4.1 PSOC™ 4xx8_BLE 4.2 - 256 KB Flash, BLE 4.2		CY8C424 X-L	CY8C40X X-S	CY8C41XX-S CY8C41XX-PS	CY8C4 1XX-S
CPU	16MHz Arm® Cortex ®-M0	24MHz Arm® Cortex ®-M0	48MHz Arm® Cortex ®-M0	24MHz Arm® Cortex ®-M0	48MHz Arm® Cortex ®-M0	24MHz Arm® Cortex®-M0	48MHz Arm® Cortex®-M0	48MHz Arm® Cortex®- M0	48MHz Arm® Cortex®- M0+	48MHz Arm® Cortex®-M0+	48MHz Arm® Cortex ®-M0+
フラッシュ /SRAM	最大 16 KB/ 最大 2 KB	最大 32 KB/ 最大 4 KB	最大 32 KB/ 最大 4 KB	最大 128 KB /最大 16 KB	最大 128 KB/最 大 16 KB	最大 256 KB/最大 32 KB		最大 256 KB/最大 32 KB	最大 32 KB/最大 4 KB	最大 64 KB/ 最大 8 KB (PSOC™ 4100PS) 最大 32 KB/ 最大 4 KB	最大 128 KB/最 大 16 KB
合計 I/O 数	最大 20	最大 36	最大 36	最大 55	最大 55	最大 36	最大 36	最大 98	最大 36	最大 36 最大 38 (PSOC™ 4100PS)	最大 54
CAPSENSE™ I/O (ボタン, ス ライダー, 近 接, シールド をサポート)	最大 16	最大 35	最大 35	最大 54	最大 54	最大 35	最大 35	最大 97	最大 35	最大 35 最大 33 (PSOC™ 4100PS)	最大 53
CAPSENSE™ アーキテク チャ	第 3 世 代	第 3 世 代	第 3 世 代	第 3 世 代	第 3 世 代	第 3 世代	第 3 世代	第 3 世 代	第 4 世 代	第 4 世代	第 4 世 代
センサー寄 生容量 (C _p) 範囲	5pF~ 60pF	5pF~ 60pF	5pF~ 60pF	5pF~ 60pF	5pF~ 60pF	5pF~60pF	5pF~60pF	5pF~ 60pF	5pF~ 200pF	5pF~200pF	5pF~ 200pF
CAPSENSE™ ブロック数	1	1	1	2	2	1	1	2	1	1	1
自己容量お よび相互容 量のサポー ト	両方	自己	両方	両方	両方	両方	両方	両方	両方	両方	両方
センサーご との CAPSENSE™ 平均消費電 流	6 μA	6 μA	6 μA	6 μA	6 μA	6 μA	6 μA	6 μA	3 μA	3 μA	3 μA

CAPSENSE™ セレクタ ガイド

機能/ デバイス ファミリ	PSOC™ 4000 シ リーズ	PSOC™ 4100 シ リーズ	PSOC™ 4200 シ リーズ	PSOC™ 4100M シリー ズ	PSOC™ 4200M シリー ズ	PSOC™ 4100 Bluetooth® LE シリーズ	PSOC™ 4200 Bluetooth® LE シリーズ	PSOC™ 4200L シ リーズ	PSOC™ 4000S シ リーズ	PSOC™ 4100S シリーズ /PSOC™ 4100PS	PSOC™ 4100S Plus
SSC/PRS 機 能	PRS	PRS	PRS	PRS	PRS	PRS	PRS	PRS	SSC およ び PRS	SSC および PRS	SSC お よび PRS
耐液性	有										
SmartSense 自動チュー ニング	有								有		
ADC	CSD ADC ¹⁸	12 ビ ット SAR (806 ksps)	12 ビ ット SAR (1 Msps)	12 ビ ット SAR (806 ksps)	12 ビ ット SAR (1 Msps)	12 ビット SAR (806 ksps)	12 ビット SAR (1 Msps)	12 ビッ ト SAR (1 Msps)	10 ビッ ト Slope ADC (46 ksps)	10 ビットス ローブ ADC (46 ksps) お よび 12 ビッ ト SAR ADC (1 Msps)	10 ビ ットス ローブ ADC (46 ksps) および 12 ビ ット SAR ADC (1 Msps)
DAC ¹⁹	1x8 ビ ット 1x7 ビ ット	1x8 ビ ット 1x7 ビ ット	1x8 ビ ット 1x7 ビ ット	2x8 ビ ット 2x7 ビ ット	2x8 ビ ット 2x7 ビ ット	1x8 ビット 1x7 ビット	1x8 ビット 1x7 ビット	2x8 ビッ ト 2x7 ビッ ト	2x7 ビッ ト	2x7 ビット	2x7 ビ ット
コンパレー タ	1 (閾値 1.2V 固 定の 時)	最大 4	最大 4	最大 6	最大 6	最大 2	最大 4	最大 6	3	最大 5 最大 7 (PSOC ™ 4100PS)	2
オペアンプ	0	最大 2	最大 2	最大 4	最大 4	2	4	最大 4	0	最大 2 最大 4 Op- Amps/PGAs (PSOC™ 4100PS)	最大 2
プログラマ ブル電圧リ ファレンス (PVref)	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無 最大 4 チャ ネル (PSOC™ 4100PS のみ)	無

¹⁸ CAPSENSE™ ブロックは、0～5V の入力電圧を測定するための ADC として再利用されます (結果の単位が mV です)。この ADC を使用すると、CAPSENSE™ は静電容量センシングに使用できません。

¹⁹ 電流出力の DAC です (PSOC™ 4000S と PSOC™ 4100S を除きます)。各 CSD ブロックは、シングル IDAC モードで 1x8 ビット DAC を、デュアル IDAC モードで 1x8 ビットおよび 1x7 ビット IDAC を使用します。これらのモードの詳細については、[AN85951 - PSOC™ 4 および PSOC™ 6 MCU CAPSENSE™ デザインガイド](#)を参照してください。PSOC™ 4000S および PSOC™ 4100S において、CSD ブロックはシングル IDAC モードでの 1x7 ビット DAC とデュアル IDAC モードでの 2 つの 1x7 ビット IDAC を使います。

CAPSENSE™ セレクタ ガイド

機能/ デバイス ファミリ	PSOC™ 4000 シ リーズ	PSOC™ 4100 シ リーズ	PSOC™ 4200 シ リーズ	PSOC™ 4100M シリー ズ	PSOC™ 4200M シリー ズ	PSOC™ 4100 Bluetooth® LE シリーズ	PSOC™ 4200 Bluetooth® LE シリーズ	PSOC™ 4200L シ リーズ	PSOC™ 4000S シ リーズ	PSOC™ 4100S シリーズ /PSOC™ 4100PS	PSOC™ 4100S Plus
電圧 DAC (VDAC)	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無 13 ビット VDAC (PSOC ™ 4100PS の み)	無
シリアル通 信ブロック (SCB ²⁰)	1 (I2C のみ ²¹)	2	2	4	4	2	2	4	2	3	5
ユニバーサ ルデジタル ブロック (UDB ²²)	0	0	最大 4	0	4	0	4	8	0	0	0
TCPWM ²³	1	4	4	8	8	4	4	8	5	5 8 (PSOC™ 4100PS)	8
セグメント LCD ドライ ブ	無			最大 32×4 セグメ ント	最大 51×4 セグメ ント	最大 32×4 セグメント		最大 64 ×8 セグ メント	最大 36×8 セグメント		最大 49×4 セグメ ント
Bluetooth® Low Energy (BLE)	無					有		無	無	無	無
CAN 2.0 ²⁴	無	無	無	無	有	無	無	有	無	無	有
USB	無	無	無	無	無	無	無	有	無	無	無
動作電圧	1.71～5.5 V										
車載用認定 済み(AEC- Q100) ²⁵	有			無							
パッケージ	8/16 ピン SOIC 16/24 ピン QFN 28 ピ ン	28 ピ ン SSOP 40 ピ ン QFN 44 ピ ン	48 ピ ン TQFP 64 ピ ン TQFP	48 ピン TQFP 64 ピン TQFP 68 ピン QFN		56 ピン QFN 68 ピン WLCSP18 76 ピン WLCSP18		124-BGA 68 ピン QFN 64 ピン TQFP 48 ピン TQFP	8 ピン TQFP 24 ピン QFN 32 ピン QFN 25 ピン	48 ピン TQFP, 40 ピン QFN, 32 ピン QFN, 35 ピン WLCSP (PSOC™	44 ピ ン TQFP 64 ピ ン TQFP

²⁰ 各シリアル通信ブロック (SCB) は、I²C, SPI, または UART 通信ブロックとして機能できます。また、PSOC™ Creator はすべてのデバイス用のソフトウェア送信 UART (TX8) コンポーネントを提供します。

²¹ このファミリの 16 ピン QFN デバイスはデバイスの動作電圧と異なる I²C バス電圧をサポートします。

²² ユニバーサル デジタル ブロック (UDB) はカスタム デジタル ロジックを実装できます。PSOC™ Creator は I²C, I²S, UART, SPI, PWM, およびカウンタ/タイマーなど広範な UDB ベースのコンポーネントを提供しています。

²³ タイマー, カウンタ, PWM ブロック

²⁴ コントローラ エリア ネットワーク

²⁵ これら製品の最新状態について、インフィニオンにお問い合わせください。

CAPSENSE™ セレクタ ガイド

機能/ デバイス ファミリ	PSOC™ 4000 シ リーズ	PSOC™ 4100 シ リーズ	PSOC™ 4200 シ リーズ	PSOC™ 4100M シリー ズ	PSOC™ 4200M シリー ズ	PSOC™ 4100 Bluetooth® LE シリーズ	PSOC™ 4200 Bluetooth® LE シリーズ	PSOC™ 4200L シ リーズ	PSOC™ 4000S シ リーズ	PSOC™ 4100S シリーズ /PSOC™ 4100PS	PSOC™ 4100S Plus
	ン SSOP 16 ピ ン WLCSP ²⁶	TQFP 48 ピ ン LQFP 35 ピ ン WLCSP	68 ピ ン QFN					48 ピン TQFP- USB	WLCSP	4100S) 28 ピン SSOP, 45 ピン WLCSP, 48 ピン TQFP, 48 ピン QFN (PSOC™ 4100PS)	

²⁶ ウェーハレベル チップスケール パッケージ

CAPSENSE™ セレクタ ガイド

Table 18 PSOC™ 5LP ファミリの機能比較

機能/ デバイス ファミリ	PSOC™ 5200	PSOC™ 5400	PSOC™ 5600	PSOC™ 5800
データシート	CY8C52XX	CY8C54XX	CY8C56XX	CY8C58XX
CPU と速度	最大 80MHz までクロック供給される Arm® Cortex®-M3			
フラッシュ、SRAM、EEPROM	最大 256KB、最大 64KB、2KB			
合計 I/O 数	最大 72			
CAPSENSE™ I/O (ボタン、スライダー、近接、シールドを サポート)	最大 62			
CAPSENSE™ ブロック数	2			
耐液性	有			
SmartSense 自動チューニング	有			
ADC	1x 12 ビット SAR	1x 12 ビット SAR または 1x12 ビット デルタ-シグマ	2x 12 ビット SAR または 1x 12 ビット デルタシグマおよび 1x 12 ビット SAR	2x 12 ビット SAR およ び 1x 20 ビット デルタ シグマ
DAC	1x8 ビット	2x8 ビット	4x 8 ビット	4x 8 ビット
コンパレータ	2	4	4	4
オペアンプ	0	2	4	4
SC/ST アナログブロック ²⁷	0	2	4	4
ユニバーサルデジタルブロック (UDB ²⁸)	最大 24			
16 ビットタイマー/PWM	4			
デジタルフィルタブロック (DFB ²⁹)	無	無	有	有
セグメント LCD ドライブ	最大 46×16 セグメント			
USB 2.0 フルスピード ペリフェラル	有			
CAN 2.0 ³⁰	無	無	有	有
パッケージ	68 ピン QFN 100 ピン TQFP 99 ピン WLCSP ³¹			
車載用認定済み (AEC-Q100)	無			
動作電圧	1.71~5.5V			

²⁷ オペアンプ、ユニティゲインバッファ、プログラマブルゲインアンプ、およびトランスインピーダンスアンプ (TIA) などとして動作するようにプログラムされているスイッチドキャパシタ/連続時間ブロック

²⁸ ユニバーサルデジタルブロック (UDB) はカスタムデジタルロジックを実装できます。PSOC™ Creator は I²C, I²S, UART, SPI, LIN スレーブ, PWM, カウンター/タイマーなど広範な UDB ベースコンポーネントを備えています。

²⁹ デジタルフィルタブロック (DFB) は IIR と FIR デジタルフィルタ、および各種のカスタム関数を実行するようにプログラム可能です。最大 64 個のタップおよび 48 ビット シングルサイクル積和演算 (MAC) のフィルタを実装できます。

³⁰ コントローラー エリア ネットワーク

³¹ ウェハー レベル チップスケール パッケージ

CAPSENSE™ セレクタ ガイド

Table 19 PSOC™ 3 ファミリの機能比較

機能/デバイス ファミリ	PSOC™ 3200	PSOC™ 3400	PSOC™ 3600	PSOC™ 3800
データシート	CY8C324X	CY8C346X	CY8C366X	CY8C386X
CPU と速度	シングルサイクル 8051 クロック (最大 50MHz)		シングルサイクル 8051 クロック (最大 67MHz)	
フラッシュ, SRAM, EEPROM	最大 64KB フラッシュ, 8KB SRAM, 2KB EEPROM			
合計 I/O 数	最大 72 本			
CAPSENSE™ I/O 数 (ボタン, スライダー, 近接, シールドをサポート)	最大 62 本			
CAPSENSE™ブロック数	2			
耐液性	有			
SmartSense 自動チューニング	有			
ADC	1x12 ビット デルタ-シグマ	1x12 ビット デルタ-シグマ	1x12 ビット デルタ-シグマ	1x20 ビット デルタ-シグマ
DAC	1x8 ビット	2x8 ビット	最大 4x8 ビット	最大 4x8 ビット
コンパレータ	2	4	最大 4 個	最大 4 個
オペアンプ	0	2	最大 4 個	最大 4 個
SC/ST アナログブロック ³²	0	2	最大 4 個	最大 4 個
ユニバーサルデジタルブロック (UDB ³³)	最大 24 個			
16 ビットタイマー/PWM	4	4	最大 4 個	4
デジタルフィルタブロック (DFB ³⁴)	無	無	有	有
セグメント LCD ドライブ	最大 46×16 セグメント			
USB 2.0 フルスピード ペリフェラル	有			
CAN 2.0 ³⁵	無	有	有	有
動作電圧	1.71～5.5V			
車載用認定済み (AEC-Q100)	無			
パッケージ	48 ピン SSOP 48 ピン QFN 68 ピン QFN 100 ピン TQFP 72 ピン WLCSP ³⁶	48 ピン SSOP 48 ピン QFN 68 ピン QFN 100 ピン TQFP	48 ピン SSOP 48 ピン QFN 68 ピン QFN 100 ピン TQFP 72 ピン WLCSP ³⁶	48 ピン SSOP 48 ピン QFN 68 ピン QFN 100 ピン TQFP 72 ピン WLCSP ³⁶

³² オペアンプ, ユニティゲインバッファ, プログラマブルゲインアンプ, およびトランスインピーダンスアンプ (TIA) などとして動作するようにプログラムされているスイッチド キャパシタ/連続時間ブロック

³³ ユニバーサル デジタル ブロック (UDB) はカスタム デジタル ロジックを実装できます。PSOC™ Creator は I²C, I²S, UART, SPI, LIN スレーブ, PWM, カウンター/タイマーなど広範な UDB ベース コンポーネントを提供しています。

³⁴ デジタル フィルタ ブロック (DFB) は IIR と FIR デジタル フィルター、および各種のカスタム関数を実行するようにプログラム可能です。最大 64 個のタップおよび 48 ビット シングルサイクル積和演算 (MAC) のフィルターを実装できます。

³⁵ コントローラー エリア ネットワーク

³⁶ ウェハール レベル チップスケール パッケージ

CAPSENSE™ セレクタ ガイド

Table 20 PSOC™ 1 ファミリの機能比較

機能/ デバイス ファミリ	CY8C20XX7/S	CY8C21X34/B	CY8C20XX6A/S	CY8C20XX6H	CY8C24X94	CY8C22X45	CY8C28XXX	CY8C20X34 ³⁷
データシート	CY8C20xx7/S	CY8C21x34/B	CY8C20xx6A/S	CY8C20xx6H	CY8C24x94	CY8C22x45	CY8C28xxx	CY8C20x34
CPU と速度	24MHz M8C							12MHz M8C
フラッシュ/SRAM	最大 32KB/ 最大 2KB	8KB/ 512 バイト	最大 32KB/ 最大 2KB	最大 16KB/ 最大 2KB	16KB/ 1KB	16KB/ 1KB	16KB/ 1KB	8KB/ 512 バイト
CAPSENSE™ I/O 数 (ボタン, スライダー, 近接をサポート)	31	24	33	33	44	37	41	25
CAPSENSE™ ブロック数	1	1	1	1	1	2	最大 2 個	1
耐液性	有	有	無	無	有	有	有	無
SmartSense 自動チューニング	有 (S 部品の み)	有 (B 部品の み)	有	有	無	有	有	無
コンパレータ	有	有	有	有	-	有	有	有
ADC	-	8 および 10 ビット	8 および 10 ビ ット	8 および 10 ビット	7~13 ビッ ト	10 ビット SAR	最大 14 ビ ット	-
DAC	-	-	-	-	6,8 および 9 ビット	8 ビット	最大 9 ビ ット	-
アンプ	-	-	-	-	有	-	有	-
I2C	マスターおよびスレーブ インターフェース							
SPI								
UART	トランスミ ッタ-ソフ トウェア	UART	トランスミ ッタ-ソフ トウェア	トランスミ ッタ-ソフ トウェア	UART	UART	UART	トランス ミッタ-ソ フトウェ ア
USB	-	-	-	フルスピー ド USB	フルスピー ド USB	-	-	-
タイマー	16 ビット タ イマー	8~32 ビッ トタイマー/ カウンタ	16 ビット タイ マー	16 ビット タ イマー	8~32 ビッ トタイマ ー/カウン ター	8~32 ビッ トタイマ ー/カウン ター	8~32 ビッ トタイマ ー/カウン ター	13 ビット タイマー
PWM	-	8~32 ビッ ト デッドバ ンドオブシ ョン	-	-	8~32 ビッ ト	8~32 ビッ ト	8~16 ビッ ト	-
LCD	16x2 キャラクタ LCD インターフェースおよび最大 4 コモン セグメント LCD ドライブ							
EEPROM	エミュレーション							
ハプティクス	-	-	-	有	-	-	-	-
動作電圧	1.71V~5.5V	2.4V~5.25V	1.71V~5.5V	1.71V~5.5V	3.0V~ 5.25V	3.0V~ 5.25V	3.0V~ 5.25V	2.4V~ 5.25V

³⁷ 新規設計用には推奨しません。

CAPSENSE™ セレクタ ガイド

機能/ デバイス ファミリ	CY8C20XX7/S	CY8C21X34/B	CY8C20XX6A/S	CY8C20XX6H	CY8C24X94	CY8C22X45	CY8C28XXX	CY8C20X34 ³⁷
車載用認定済み (AEC-Q100)	無	有	有	無	有	有	無	有
パッケージ	16/24/32/48 ピン QFN 16 ピン SOIC 30 ピン WLCSP ³⁸	16 ピン SOIC 20/28/56 ピン SSOP 32 ピン QFN	16/24/32/48 ピン QFN 48 ピン SSOP 30 ピン WLCSP	24 ピン QFN 32 ピン QFN	56 ピン QFN 68 ピン QFN	28 ピン SOIC 44 ピン TQFP	20/28 ピン SOP 44 ピン QFP 48 ピン QFN	8/16 ピン SOIC 28 ピン SSOP 16/24/32 ピン QFN 30 ピン WLCSP

³⁸ ウェハー レベル チップスケール パッケージ

5 CAPSENSE™リソース

インフィニオンは CAPSENSE™の設計プロセスを簡略化するために多くのリソースを提供します。豊富な選択から簡単に必要なものを見つけるために、ここでは、CAPSENSE™設計用一般的なワークフローに基づいて、利用可能なドキュメントを構成します。Table 21 はご希望に応じたドキュメントを見つけるためのクイック リファレンスを表します。

Table 21 CAPSENSE™リソース ナビゲーション

目的	手順
CAPSENSE™を評価	<ol style="list-style-type: none"> このドキュメントでは、以下のことについて理解できます。 <ul style="list-style-type: none"> 静電容量式タッチセンシング方式 CAPSENSE™チューニング CAPSENSE™ウィジェット 耐液性 近接センシング 開発キットを購入してください。ファームウェアの開発を行わずに CAPSENSE™ソリューションを早く開発したい場合、CY3280-MBR3 – CAPSENSE™ MBR3 evaluation kit を使用してください。CAPSENSE™デバイス ファミリの完全なプログラマビリティを評価したい場合、CY8CKIT-040 – PSOC™ 4000 pioneer development kit を使用してください。 開発キットと共に提供されたサンプル コードを確認してください。ユーザー ガイドは、サンプル コードを実行するために、段階を追った手順があります。
CAPSENSE™部品を選択	<ol style="list-style-type: none"> このガイドの CAPSENSE™ セレクタ ガイドを参照してください。 部品を選択した後、デバイス固有のデザインガイドを参照してください。
CAPSENSE™ハードウェアを設計	<ol style="list-style-type: none"> CAPSENSE™ layout best practices videos をご覧ください。 回路図、レイアウト、オーバーレイ設計ガイドライン、回路図とレイアウトの例、およびその他の設計上の注意点についてはデバイス固有のデザインガイドを参照してください。 このページで、すべてのインフィニオン コントローラーの回路図シンボルとフットプリントを見つけてください。 回路図とレイアウトファイルの例については、開発キットにリストされているさまざまな開発キットの Web ページにアクセスしてください。 レイアウト設計を容易にするために、ボタン、スライダーなどの Altium デザイナーのセンサー パターンを使用できます。詳細については、このページを参照してください。 インフィニオンのテクニカル サポートを通じて、作成した設計を提出しレビューされます。テクニカル サポートに繋がるためには、インフィニオンのウェブサイト登録してください。インフィニオンは、レイアウトの階層情報付き回路図とガーバー ファイルについて PDF の印刷を推奨します。

CAPSENSE™リソース

目的	手順
CAPSENSE™ MBR ³⁹ デバイスを設定	<ol style="list-style-type: none"> 1. CAPSENSE™ controllers configuration tools EZ-Click ソフトウェア ツールをダウンロードしてください。 2. 設定手順については、デバイス固有のデザインガイドを参照してください。デザインガイドはその他の設定方法も提供します。
ファームウェアを開発	<p>このステップはプログラマブルな ⁴⁰ CAPSENSE™ デバイスのみに適用可能です。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 開発環境をダウンロードしてください。 PSOC™ 3, PSOC™ 4, および PSOC™ 5LP システムには PSOC™ Creator を使用します。 PSOC™ 1 システムの場合に PSOC™ Designer Archive を使用します。 PSOC™ 6 システムの場合には以下を使用します。 - CY8C62x6, CY8C62x7 デバイスには PSOC™ Creator または ModusToolbox™ - CY8C63xx デバイスには PSOC™ Creator または ModusToolbox™ - CY8C62x8, CY8C62xA デバイスには ModusToolbox™ software - CY8C62x5 デバイスには ModusToolbox™ software 詳細については、ソフトウェア ツールを参照してください。 2. サンプル コードを学習してください。 キットおよび IDE と共に提供したサンプル コードを使用します。 CAPSENSE™コントローラー サンプル コード ドキュメントを参照してください。 CAPSENSE™デバイスの動的再構成を実装します。AN49079 – PSOC™ 1 CAPSENSE™ Plus: Dynamically Configuring CAPSENSE™を参照してください。 3. PSOC™ 3/5 CAPSENSE™ component datasheet/PSOC™ 4 capacitive sensing (CAPSENSE™) component datasheet/PSOC™ 6 capacitive sensing (CAPSENSE™) component datasheet /CAPSENSE middleware library 4.0 API ガイドを参照してください。 4. コードを最適化してください。方法については以下のアプリケーション ノートを参照してください。 AN89610 - PSOC™ 4 Arm® Cortex® code optimization AN60630 - PSOC™ 3 8051 code and memory optimization AN60486 - PSOC™ 1 M8C ImageCraft C code optimization
CAPSENSE™設計のチューニング	<ol style="list-style-type: none"> 1. 手動チューニングを削減または排除するために SmartSense⁴¹ を有効にします。

³⁹ MBR は Mechanical Button Replacement (機械式ボタン交換) の略です。CAPSENSE™ MBR デバイスは設定可能ですが、ファームウェアの開発は必要ありません。詳細については、CAPSENSE™セレクトガイドを参照してください。

⁴⁰ プログラム可能なデバイスは、CAPSENSE™に加えて、さまざまなプログラム可能なデジタルおよびアナログ周辺機器をサポートしており、ファームウェアの開発が必要です。詳細については、CAPSENSE™セレクトガイドを参照してください。

⁴¹ インフィニオンの SmartSense 自動チューニング アルゴリズムは、最適なパフォーマンスを得るためにセンシングパラメーターを自動的に設定し、システム、製造、環境の変化を継続的に補正します。

CAPSENSE™リソース

目的	手順
	2. デバイス専用の デザインガイド の CAPSENSE™手動チューニングのセクションを参照してください。 3. I ² C または UART を介してリアルタイムのセンサー データを監視と記録する方法については、 AN2397 - PSOC™ 1 および CAPSENSE™コントローラー - CAPSENSE™データ監視ツール を参照してください。
CAPSENSE™近接センシングの設計	1. このドキュメントでは、 近接センシング について理解できます。 2. CY8CKIT-024 - CAPSENSE™ 近接シールド を CY8CKIT-042 - PSOC™ 4 pioneer kit とともに使用して、近接センシングを評価してください。 3. 回路とレイアウトの設計には、この表の上部にある CAPSENSE™ハードウェアを設計 を参照してください。 4. AN92239 - CAPSENSE™による近接センシング を参照することで、近接設計ガイドラインに関する追加の情報を得てください。このアプリケーション ノートはサンプル コードも提供します。
CAPSENSE™液体レベル センシングの設計	1. CY8CKIT-022 - CAPSENSE™液体レベルセンシングシールド を CY8CKIT-042 - PSOC™ 4 pioneer kit とともに使用して、液体レベル センシングを評価してください。 2. AN202478 - PSOC™ 4 - 静電容量型液面レベルセンシング を参照することで、理論、センサー レイアウトおよびその他のシステム デザイン ガイドラインに関する情報を得てください。 3. CE202479 のサンプル コードを参照してください。
低消費電力の設計	AN210998 - PSOC™ 4 低消費電力 CAPSENSE™ 設計 CE95288 - CAPSENSE™ Low Power with PSOC™ 4 AN86233 - PSOC™ 4 MCU の低消費電力モードおよび消費電力低減技術 AN77900 - PSOC™ 3 と PSOC™ 5LP の低電力モードおよび電力低減技術 AN47310 - PSOC™ 1 power savings using Sleep mode 更なる低消費電力の技術については、デバイス専用の デザインガイド を参照してください。
ESD, EMC, および EFT に関する問題の解決	AN96475 - CAPSENSE™システムの電気的高速過渡現象耐性についての設計注意事項 AN80994 - 電気的高速過渡現象 (EFT) 耐性についての設計の注意事項 AN72362 - 自動車用 CAPSENSE™ アプリケーションでの放射エミッションの削減 ESD および EMC に関する設計注意事項については、デバイス専用の デザインガイド を参照してください。
クラス B 安全機能の実装	AN89056 - PSOC™ 4 - IEC 60730 Class B and IEC 61508 SIL Safety Software library AN78175 - PSOC™ 3 and PSOC™ 5LP - IEC 60730 Class B Safety Software library AN79973 - PSOC™ 3 and PSOC™ 5LP CAPSENSE™ CSD - IEC 60730 Class B Safety Software library AN81828 - PSOC™ 1 - IEC 60730 Class B Safety Software library
外部ホストからの CAPSENSE™コントローラーのインシステムのプログラミング	ブートローダによるプログラミング: AN73854 - PSOC™ Creator - ブートローダの導入 AN97060 - PSOC™ 4 BLE および PRoC™ BLE - 無線 (OTA) のデバイス ファームウェア アップグレード (DFU) ガイド AN2100 - Bootloader: PSOC™ 1

CAPSENSE™リソース

目的	手順
	専用プログラミング インターフェースによるプログラミング: AN84858 - 外部マイクロコントローラーを使用した PSOC™ 4 プログラミング (HSSP) AN73054 - 外部マイクロコントローラー (HSSP) を使用した PSOC® 3 および PSOC 5LP プログラミング AN44168 - 外部マイクロコントローラーを使用した PSOC™ 1 デバイス プログラミング (HSSP) AN59389 - CY8C20xx6A, CY8C20xx6AS, CY8C20xx6L および CY8C20xx7/S 用の ホストソースシリアルプログラミング
CAPSENSE™設計のヒントとコツの学習	インフィニオン ウェブサイトの豊富な 知識ベース記事 を参照してください。製品カテゴリーフィルターを使用して結果を絞り込みます。

CAPSENSE™リソース

5.1 CAPSENSE™デザインガイドおよびアプリケーションノート

当社の技術ドキュメントには特別な CAPSENSE™デザインガイドが含まれています。デザインガイドは回路とレイアウトガイドライン, チューニングステップ, ESD および EMC の設計上の注意事項などのすべての情報, および特定の製品ファミリによる完全な CAPSENSE™設計に必要なその他の情報が含まれています。以下に、さまざまなデバイスファミリの入門アプリケーションノートも示します。

PSOC™ 3, PSOC™ 4, および PSOC™ 5LP デバイス用デザインガイド

- [AN85951 - PSOC™ 4 および PSOC™ 6 MCU CAPSENSE™デザインガイド](#)
- [AN75400 - PSOC™ 3 and PSOC™ 5LP CAPSENSE™ design guide](#)

CAPSENSE™ Express ファミリ用デザインガイド

- [AN90071 - CY8CMBR3XXX CAPSENSE™ 設計ガイド](#)
- [AN76000 - CY8CMBR2110 CAPSENSE™ デザインガイド](#)
- [AN73034 - CY8CMBR2016 CAPSENSE™ design guide](#)
- [AN75999 - CY8CMBR2010 CAPSENSE™ デザインガイド](#)
- [AN66308 - CY8CMBR2044 CAPSENSE™ design guide](#)

PSOC™ 1, PSOC™ 3, PSOC™ 4, および PSOC™ 5LP の入門アプリケーションノート

- [AN75320 - Getting started with PSOC™ 1](#)
- [AN54181 - PSOC™ 3 入門](#)
- [AN79953 - PSOC™ 4 MCU 入門](#)
- [AN77759 - PSOC™ 5LP 入門](#)

5.2 追加の CAPSENSE™リソース

5.2.1 ウェブサイト

[インフィニオンの CAPSENSE™コントローラーウェブサイト](#)では、データシート, リファレンス マニュアル, アプリケーション ノートやサンプル コードなどのすべての資料にアクセスできます。ソフトウェア ツール

5.3 ソフトウェアツール

5.3.1 統合開発環境

5.3.1.1 ModusToolbox™

インフィニオンは、PSOC™ 6 ベースの CAPSENSE™アプリケーションを開発するための ModusToolbox™ ソフトウェアスイートを発表しました。ModusToolbox™は[ここ](#)からダウンロードできます。このソフトウェアの使用を開始する前に、[ModusToolbox™ tools package quick start guide](#) と [ModusToolbox™ tools package user guide](#) を読むことを推奨します。システムに ModusToolbox™ IDE がインストールされている場合は、CAPSENSE™アプリケーションを作成できます。[ModusToolbox™ CAPSENSE™ Configurator user guide](#) では、簡単な CAPSENSE™ボタンの手順とリニアスライダーの例を説明しています。CAPSENSE™デザインを調整するための [ModusToolbox™ CAPSENSE™ Tuner user guide](#) も参照してください。

以下に関連資料を示します。

- [ModusToolbox™ tools package release notes](#)
- [ModusToolbox™ tools package installation guide](#)
- [ModusToolbox™ tools package user guide](#)
- [ModusToolbox™ tools package quick start guide](#)
- [ModusToolbox™ CAPSENSE™ Configurator user guide](#)
- [ModusToolbox™ CAPSENSE™ Tuner user guide](#)
- [ModusToolbox™ Device Configurator user guide](#)
- [ModusToolbox™ Smart I/O Configurator user guide](#)

PSOC™Creator はすべての PSOC™ 6 デバイスをサポートしているわけではないことに注意してください。CY8C62x8 および CY8C62xA デバイスファミリは、ModusToolbox™でのみサポートされています。CY8C6xx7 デバイスファミリは、ModusToolbox™および PSOC™ Creator 4.2 でサポートされています。

5.3.1.2 PSOC™ Creator

[PSOC™ Creator](#) は無料の Windows ベースの統合開発環境 (IDE) です。これにより、PSOC™ 3、PSOC™ 4 および PSOC™ 5LP システムについて、ハードウェアとファームウェアの同時並行の設計が可能です。[Figure 128](#) を参照してください。PSOC™ Creator により、以下のことが可能です。

1. コンポーネントをドラッグ アンド ドロップして、メイン デザイン ワークスペースでハードウェア システム デザインを構築
2. アプリケーションのファームウェアと PSOC™ハードウェアの相互設計
3. コンフィギュレーション ツールを用いて、コンポーネントを構成
4. 100 以上のコンポーネントを含むライブラリを利用
5. コンポーネント データシートをレビュー

CAPSENSE™ リソース

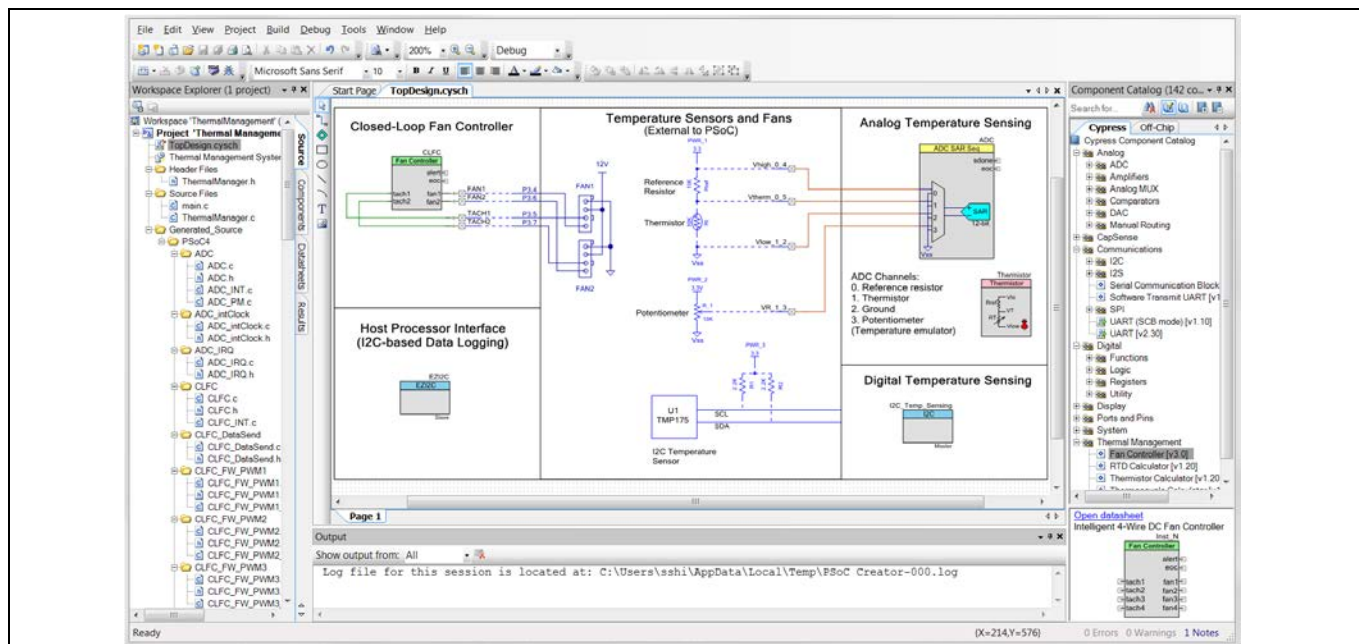


Figure 128 PSoC™ Creator の特長

5.3.1.3 PSoC™ Designer

[PSoC™ Designer Archive](#) は PSoC™ 1 システムを開発するためにインフィニオンが無償で提供する Windows ベースの統合設計環境 (IDE) です。アプリケーション開発は特性化済みのアナログとデジタルペリフェラルのライブラリを使用し、ドラッグアンドドロップの設計環境で行われます。また、API ライブラリ上の動的生成が行えるコードを活用して、設計をカスタマイズすることも可能です。Figure 129 に PSoC™ Designer ウィンドウを示します。

Note: これは、デフォルト画面ではありません。

1. グローバル リソース – すべてのデバイス ハードウェアの設定
2. パラメーター – 選択したユーザー モジュールのパラメーター
3. ピン配置 – デバイスのピンに関する情報
4. チップレベル エディター – 選択したチップで使用可能なリソースの図
5. データシート – 選択したユーザー モジュールのデータシート
6. ユーザー モジュール – 選択したデバイスのすべての使用可能なユーザー モジュール
7. デバイス リソース メーター – 現時点のプロジェクトのコンフィギュレーション用のデバイス リソースの使用率
8. ワークスペース – プロジェクトに関するファイルを表示するツリー レベル図
9. 出力 – プロジェクト ビルドおよびデバッグ処理からの出力

Note: PSoC™ Designer の詳細情報については、PSoC™ Designer > Help > Documentation > Designer Specific Documents > IDE User Guide に進んでください。

CAPSENSE™ リソース

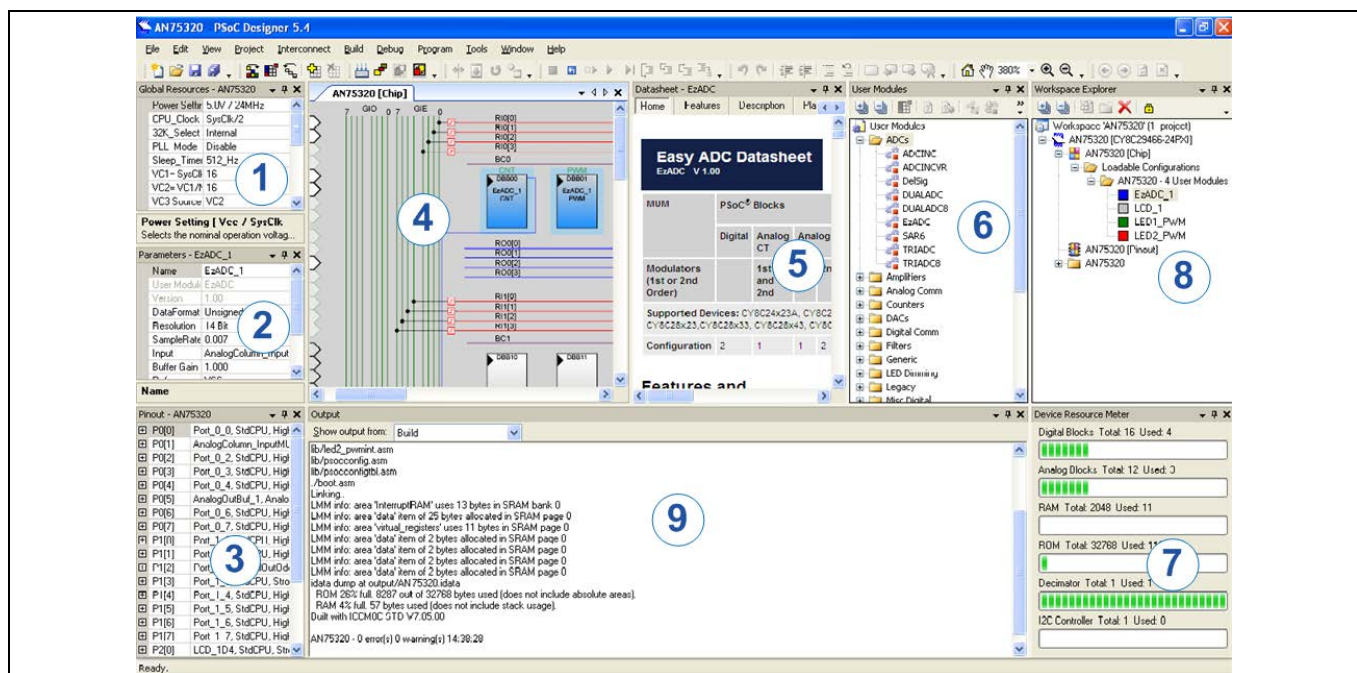


Figure 129 PSOC™ Designer のレイアウト

5.3.1.4 プログラマ

PSOC™ Programmer は開発キットに組み込まれた基板搭載のプログラマであるハードウェアツール MiniProg3 (CY8KIT-002), MiniProg4 (CY8CKIT-005-A), または KitProg を使用して PSOC™ デバイスをプログラムするための Windows ベースのスタンドアローンアプリケーションです。PSOC™ Programmer は、インフィニオンのプログラマおよびブリッジデバイスを利用してユーザーのアプリケーションを開発するための C, C#, Perl, および Python 言語の API も提供します。詳細については、Program Files (x86)\Cypress\Programmer\Documents フォルダにある PSOC™ Programmer コンポーネント オブジェクトモデル (COM) インターフェースガイドを参照してください。PSOC™ Creator および PSOC™ Designer は PSOC™ Programmer API を順番に呼び出す Windows ベースのプログラミングインターフェースを提供します。

5.3.2 データ監視ツール

これらのツールは CAPSENSE™ 設計のデバッグ処理、監視およびチューニングに役立ちます。ツールの詳細については、アプリケーションノート AN2397 - PSOC™ 1 および CAPSENSE™ コントローラー - CAPSENSE™ データ監視ツールを参照してください。

5.3.3 CAPSENSE™ チューナー

CAPSENSE™ チューナーは I²C を介して CAPSENSE™ アプリケーションをデバッグ処理とチューニングするために PSOC™ Creator に使用可能なグラフィック ユーザー インターフェース (GUI) ツールです。チューナー GUI を起動するには、Figure 130 に示すように、回路図エディターにある CAPSENSE™ シンボルを右クリックし、Launch Tuner を選択します。

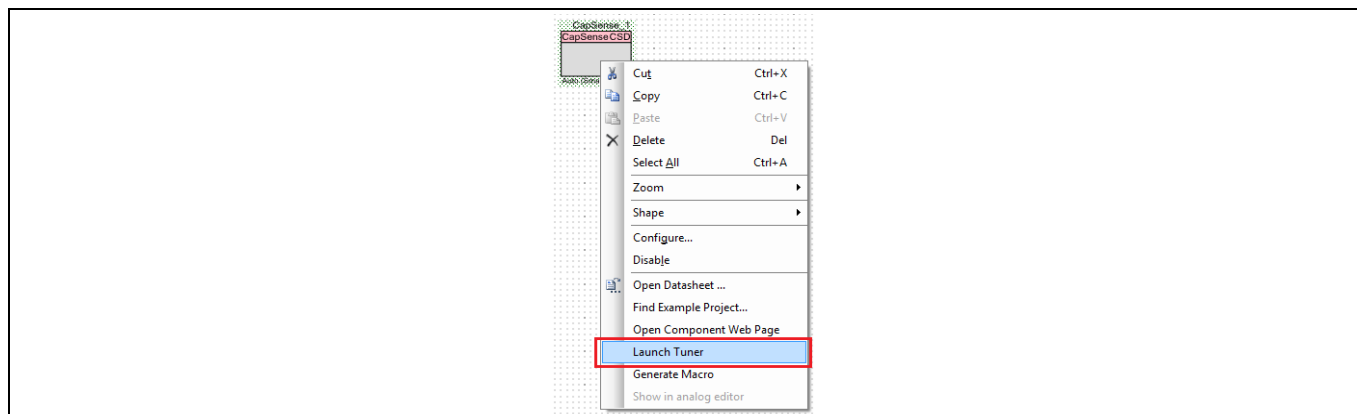


Figure 130 チューナーの起動

5.3.4 EZ-Click

CAPSENSE™ controllers configuration tools EZ-Click は CAPSENSE™ MBR⁴² ソリューションの開発を可能にするシンプルで強力なソフトウェアツールです。このツールはリアルタイムセンサーの出力を設定、デバッグ処理および監視し、すべてのレジスタ設定可能な CAPSENSE™ MBR ファミリの生産ラインのシステム診断を行うことを可能にします。

5.3.5 ブリッジ コントロール パネル

ブリッジ コントロール パネルは PSOC™ Programmer とともにインストールされる Windows ベースのソフトウェアツールです。このツールは I²C スレーブ デバイスからシリアル通信データを監視および記録するために、MiniProg3 (CY8CKIT-002) または MiniProg4 (CY8CKIT-005-A) とともに使用されます。このツールは UART デバイスからもデータを受信できます。

5.4 開発キット

5.4.1 PSOC™ 4 開発キット

5.4.1.1 Pioneer kit

Pioneer kit は Arduino™ 互換シールドをサポートする安価で使いやすい開発プラットフォームです。

- PSOC™ 4000 デバイス用 [CY8CKIT-040 – PSOC™ 4000 pioneer development kit](#)
- PSOC™ 4100/4200 デバイス用 [CY8CKIT-042 – PSOC™ 4 pioneer kit](#)
- PSOC™ 4 M シリーズのデバイス用 [CY8CKIT-044 – PSOC™ 4 M-Series pioneer kit](#)
- PSOC™ 4 L シリーズのデバイス用 [CY8CKIT-046 – PSOC™ L-Series pioneer kit](#)

5.4.1.2 シールド キット

シールド キットは Arduino と互換性があり、PSOC™ Pioneer kit とともに動作するように設計されています。

- [CY8CKIT-022 - CAPSENSE™ Liquid Level Sensing Shield](#)
- [CY8CKIT-024 - CAPSENSE™ Proximity Shield](#)

⁴² MBR はメカニカル ボタンの置き換えを意味します。CAPSENSE™ MBR デバイスは CY8CMBR3xxx および CY8CMBR2xxx ファミリを含みます。詳細については [CAPSENSE™ セレクト ガイド](#) を参照してください。

CAPSENSE™リソース

5.4.1.3 プロトタイピングキット

プロトタイピングキットは、PSOC™ 4 デバイスを使用したプロトタイピング製品用の低コストプラットフォームです。

- [CY8CKIT-043 – PSOC™ 4 M-Series prototyping kit](#)
- [CY8CKIT-145-40XX – PSOC™ 4000S CAPSENSE™ prototyping kit](#)
- [CY8CKIT-147 – PSOC™ 6 Wi-Fi Bluetooth® prototyping kit](#)
- [CY8CKIT-149 – PSOC™ 4100S Plus prototyping kit](#)

5.4.2 PSOC™ 3 および PSOC™ 5LP 開発キット

- [CY8CKIT-059 – PSOC™ 5LP prototyping kit with onboard programmer and debugger](#)

5.4.3 CAPSENSE™ Express 開発キット

- [CY8CMBR3xxx ファミリ用 CY3280-MBR3 評価キット](#)

5.4.4 PSOC™ 6 開発キット

- [CY8CPROTO-062-4343W – PSOC™ 6 Wi-Fi Bluetooth® prototyping kit](#)
- [CY8CKIT-062-BLE – PSOC™ 6 Bluetooth® LE pioneer kit](#)
- [CY8CKIT-062-WIFI-BT – PSOC™ 6 Wi-Fi-Bluetooth® pioneer kit](#)
- [CY8CPROTO-062S3-4343W – PSOC™ 62S3 Wi-Fi Bluetooth® prototyping kit](#)

5.4.5 プログラミングおよびデバッグ用のキット

5.4.5.1 Minipro3

[CY8CKIT-002 PSOC™ MiniProg3 Program and Debug Kit](#) は PSOC™ 1, PSOC™ 3, PSOC™ 4, および PSOC™ 5LP アーキテクチャ用のプログラマ、PSOC™ 3, PSOC™ 4, および PSOC™ 5LP アーキテクチャ用のデバッグツール、および PSOC™ デバイスとの通信用の USB-I2C ブリッジを一体化したものです。プログラミングの目的の他に、このデバイスは主にデータ監視および CAPSENSE™ソリューションのチューニングでの USB-I2C ブリッジとして使用されます。

5.4.5.2 MiniProg4

[CY8CKIT-005 MiniProg4 Program and Debug Kit](#) は、PSOC™ 4, PSOC™ 5LP, および PSOC™ 6 MCU デバイス用のオールインワン開発プログラマおよびデバッガです。MiniProg4 は、サポートされているインフィニオンデバイスおよび開発キットのプログラマまたはデバッグプローブとして使用されます。

5.5 設計サポート

インフィニオンには、CAPSENSE™設計を確実に成功させるいくつかのサポートチャネルがあります。

- [Infineon Developer Community](#) – インフィニオンの技術コミュニティとつながり、情報を交換。
- [Video Library](#) – チュートリアルビデオで迅速に理解。
- [Infineon Design Partner Program](#) – 信頼できる有能なパートナーからのデザインサービスとソリューションへのアクセスをお客様に提供するエンジニアリング機能の拡張。
- [Technical Support](#) – 優れたテクニカルサポートがオンラインで利用可能。
- [Quality and Reliability](#) – インフィニオンは完全な顧客満足に取り組んでいます。当社の品質ウェブサイトでは、信頼性と製品認定レポートを見つけられます。

6 付録 A. スプリング

6.1 指操作による静電容量

ここでは、スプリングを用いた CAPSENSE™ 設計における指操作による静電容量のさまざまな物理パラメータの影響について説明します。

- スプリングを用いた場合は、指タッチにより追加された静電容量 (FTC) に対するオーバーレイの厚さの影響はソリッド センサーを用いた場合と似ています。

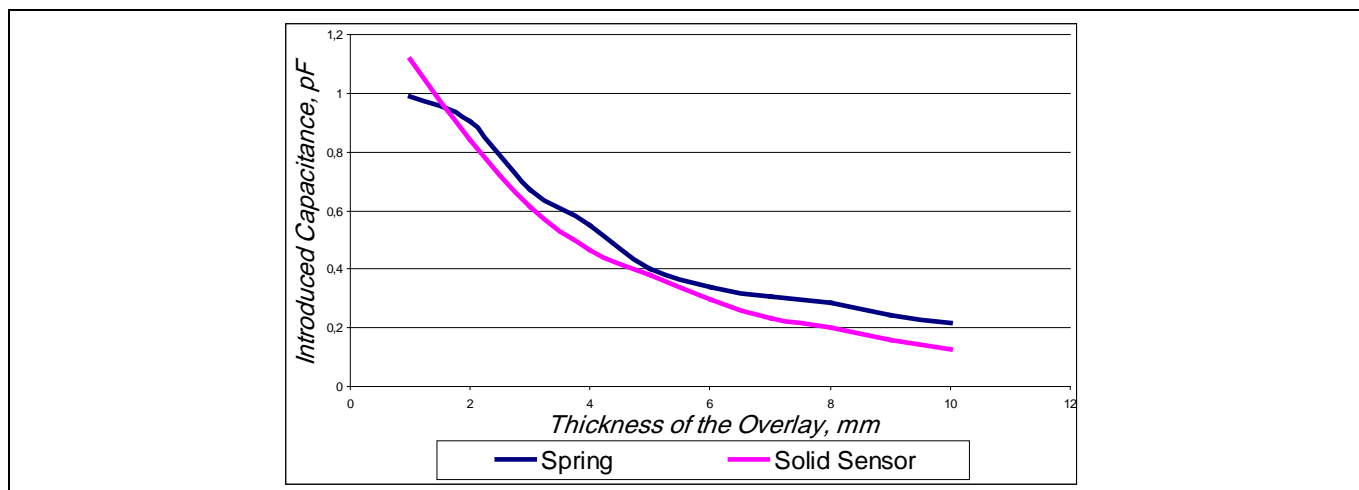


Figure 131 FTC 対オーバーレイの厚さ

- FTC に対する高さの影響

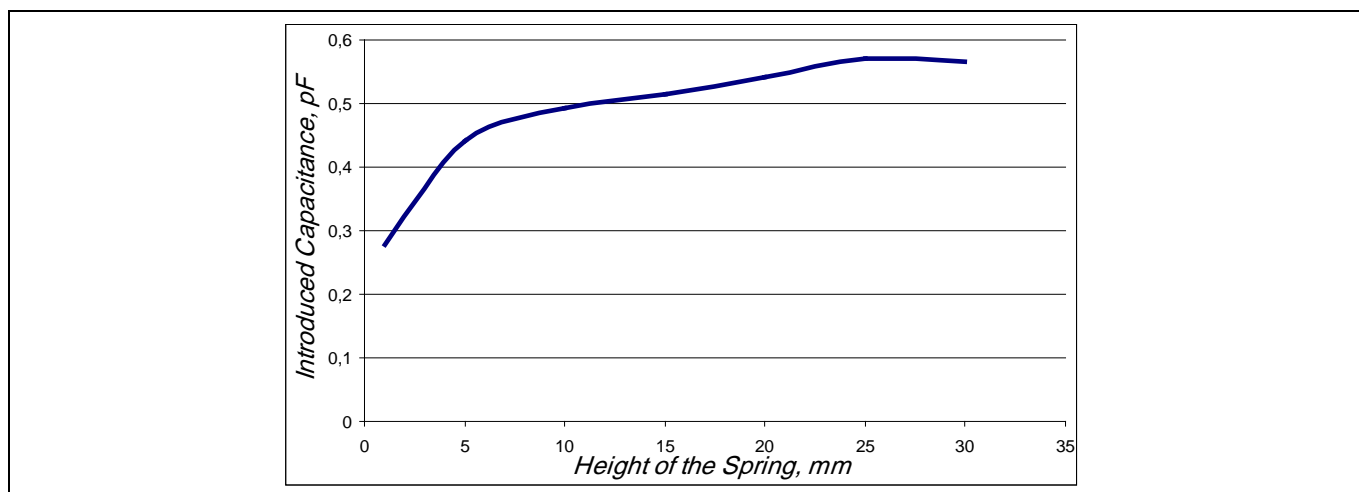


Figure 132 FTC 対スプリングの高さ

- FTC に対する直径の影響

付録 A. スプリング

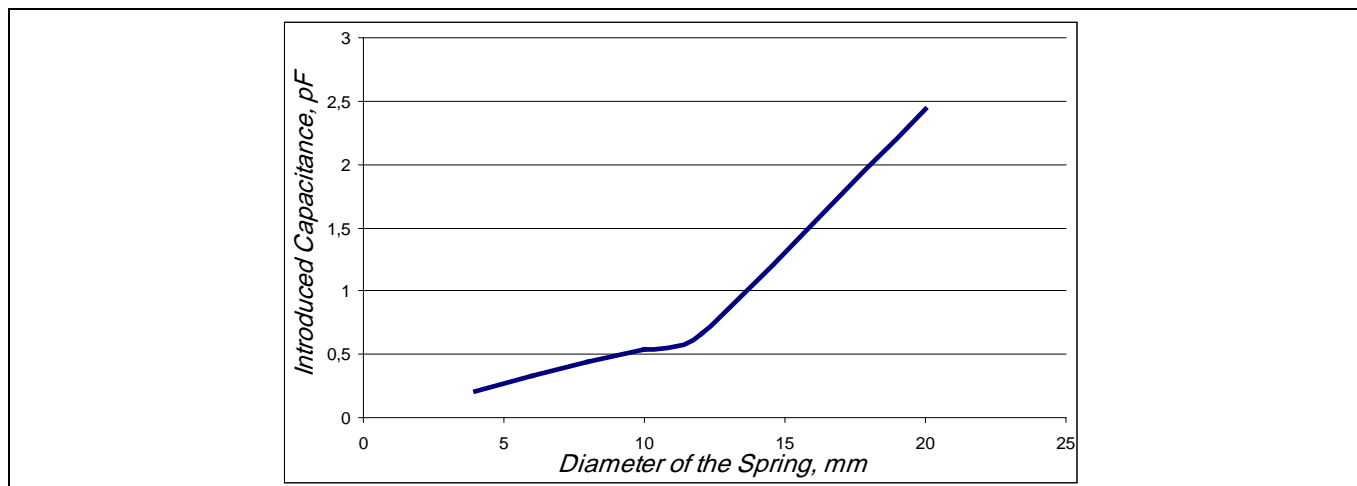


Figure 133 FTC 対スプリングの直径

- FTC に対するスプリングのワイヤーの厚さの影響

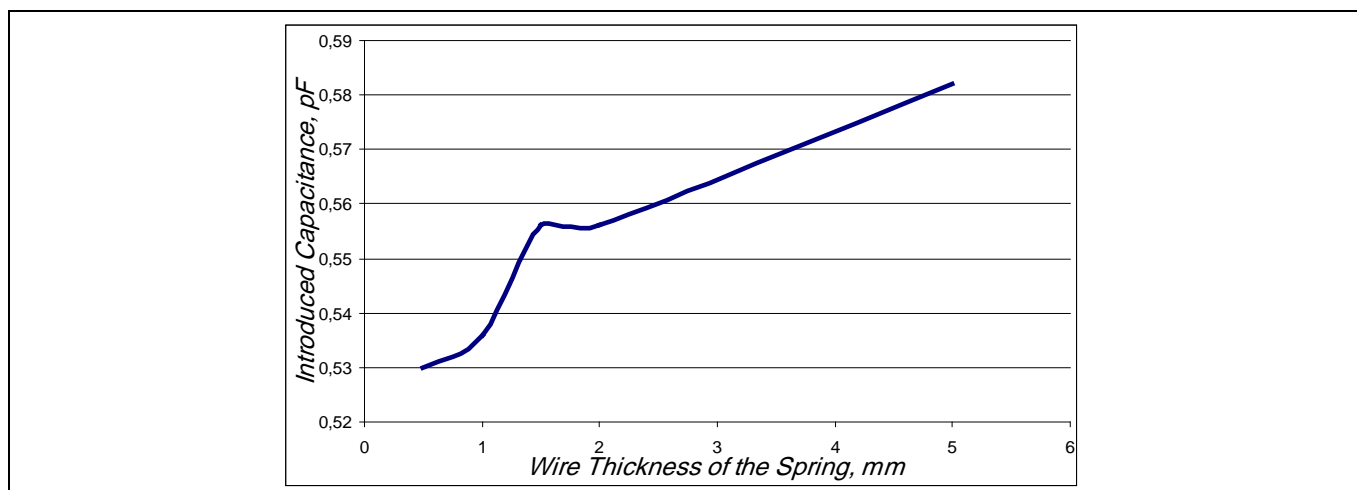


Figure 134 FTC 対スプリングのワイヤーの厚さ

6.1.1 プリント基板へのスプリングの取付け

Figure 135 はスプリング取り付けの例です。ここではスプリング センサーの設計方法について説明します。スプリングは側面感度が高いため、隣接するスプリング センサー同士はできるだけ遠ざけ、誤検出を防ぎます。センサーのピッチが小さい場合、比較レベルを追加します。

スプリングの感度が高いエリアの要件は、ベタ ボタンのものと同じです。厚みのあるオーバーレイを使用する時、スプリングの直径はオーバーレイの厚さより少なくとも 2、3 倍大きくする必要があります。プリント基板とオーバーレイ間の距離は 5 mm 以上である必要があります。

付録 A. スプリング

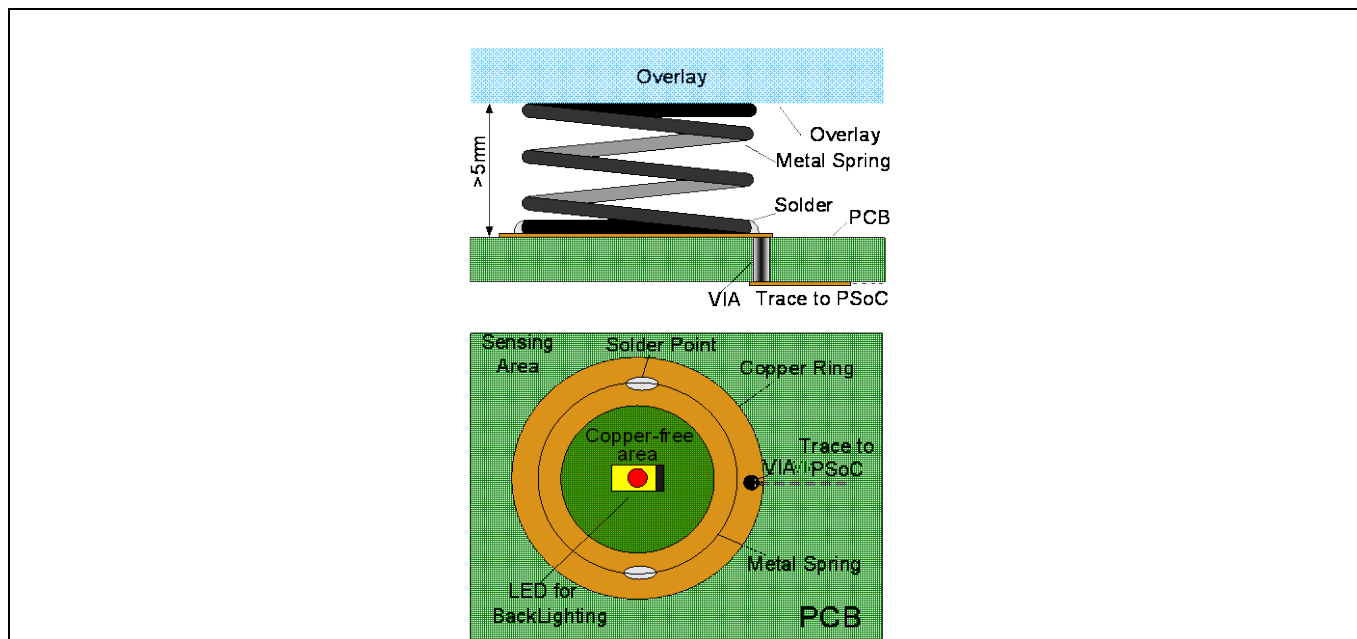


Figure 135 スプリング取り付け例

Figure 136 は、スプリング用のフットプリントの例です。グラウンドハッチで囲まれたプリント基板内の銅製パッドであるボタンセンサーと違って、スプリングの表面がプリント基板の上にあるため、スプリングをグラウンドで囲むことは不可能です。しかし、ボタンセンサーと同じように、スプリングのフットプリントの近くにグラウンドハッチを配置できますが、センサーリングとグラウンド間に 1mm のエアギャップがなければいけません。グラウンドハッチの詳細については、[グラウンド面](#)を参照してください。

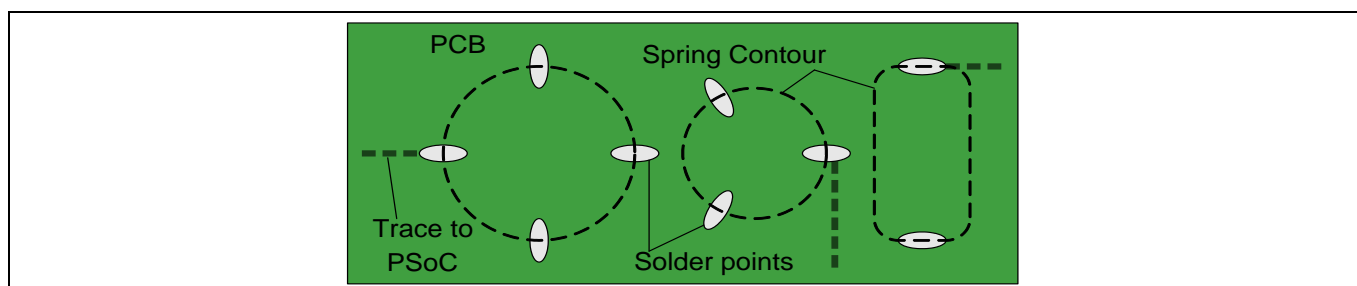


Figure 136 提案するスプリングのフットプリント

6.2 CAPSENSE™とメカニカル ボタンの組合せ

スプリング内の中空は、Figure 137 にあるように、メカニカル ボタンとしても使用できます。

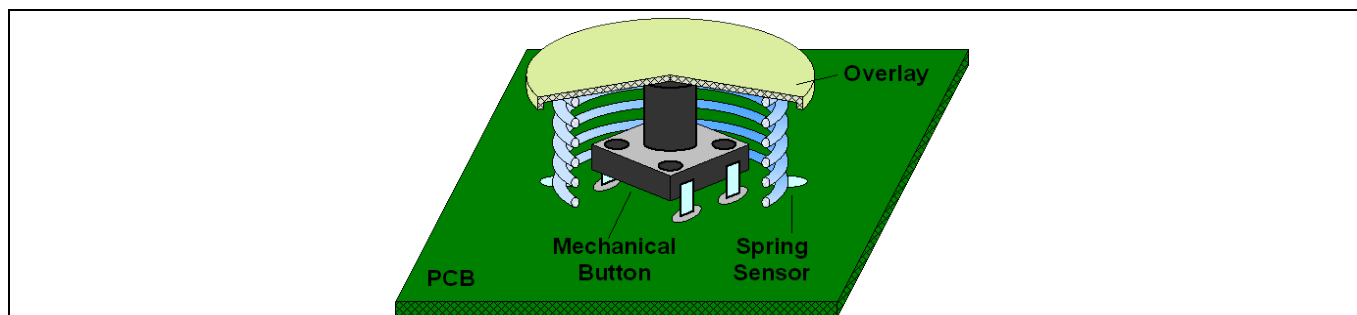


Figure 137 CAPSENSE™とメカニカル ボタンの組合せ

付録 A. スプリング

ボタンにタッチすると、センサーだけがトリガーされますが、ボタンを押すと、センサーとメカニカルボタンの両者がアクティブになります。この場合、バックライト、プロンプトの表示などの準備アクションは、センサーが動作している時にのみ可能です。最後のアクションは両方のボタンが作動する時のみ行われます。例えば、GPS ナビゲーションシステムにおいて、ボタンをタッチすると、ヒントだけが示され、ボタンを押すとアクションが開始されます。

6.3 設計例

Figure 138 と Figure 139 は、白物家電のプロジェクト デモ例です。



Figure 138 レンジのデモ

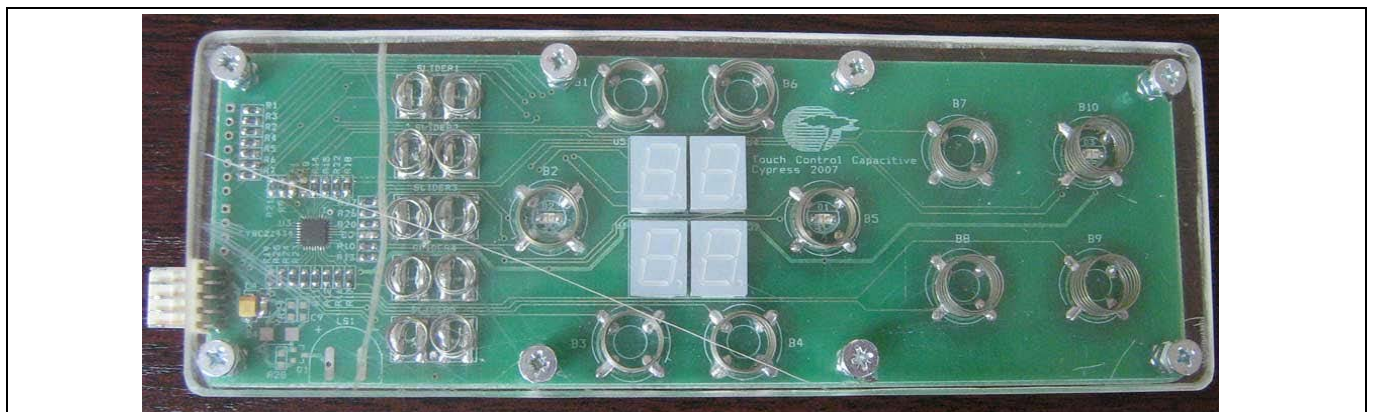


Figure 139 レンジのフロントパネル

付録 B. 回路図およびレイアウト チェックリスト

7 付録 B. 回路図およびレイアウト チェックリスト

7.1 回路図の設計チェックリスト

PSOC™ 3 デバイスについては [PSOC™ 3 データシート](#)を、PSOC™ 4 デバイスについては [PSOC™ 4 データシート](#)を、PSOC™ 5LP デバイスについては [PSOC™ 5LP データシート](#)を、PSOC™ 6 デバイスについては [PSOC™ 6 データシート](#)を参照してください。

番号	カテゴリ	推奨/備考
1	デカップリング コンデンサ	0.1 μ F
2	バルク コンデンサ	1 μ F
3	ピンの割り当て	センサーはグラウンドの近くに配置する必要があります。スイッチング信号をセンサーの近くに配置しないでください。
4	C_{MOD}	2.2 nF C_{MOD} がスイッチングまたは通信ピンのどれにも隣接していないことを確認してください。
5	C_{INTA} および C_{INTB}	470 pF C_{INTA} と C_{INTB} がスイッチングまたは通信ピンのどれにも隣接していないことを確認してください。
6	センサーピン選択	可能なら、スイッチング/通信信号を送送する GPIO の近くにあるピンは避けてください。LED や I2C ピンなどの DC 負荷を、可能な限りフルポートで CAPSENSE™ピンから物理的に分離してください。詳細については、Tuning Debug FAQ を参照してください。GPIO が切り替えられたときに Raw カウントがレベルシフトまたはノイズの増加を示します。 注: PSOC™ 6 ファミリデバイスの場合、最高の CAPSENSE™ 感度と精度を実現するには、 AN85951 – PSOC™ 4 および PSOC™ 6 MCU CAPSENSE™ デザインガイド に記載されている推奨事項に従ってください。
7	RB	RB がスイッチングまたは通信ピンのどれにも隣接していないことを確認
8	CAPSENSE™ライン上の直列抵抗	560 Ω
9	通信ライン上の直列抵抗	330 Ω
10	通信ライン上のプルアップ抵抗	4.7 k Ω
11	可能であれば、プログラミング ピンを I2C ピンとして使用しない	

7.1.1 デカップリング コンデンサ

詳細については[電源レイアウトの推奨事項](#)を参照してください。

7.1.2 バルク コンデンサ

詳細については[電源レイアウトの推奨事項](#)を参照してください。

付録 B. 回路図およびレイアウト チェックリスト

7.1.3 ピンの割り当て

- P2[0], P2[2]や P2[1], P2[3]などの偶数と奇数のピンの間に均等に LED を分配します。
- LED を CAPSENSE™ピンの隣に配置しないようにしてください。
- R_B (必要な場合), C_{MOD} , およびシールド タンク コンデンサ (必要な場合) のためにピンを予約します。
- CAPSENSE™ピンをグランド ピンの近くに置くことは推奨されます。そうでなければ、グランド経路のインピーダンスの増加は、駆動回路のリファレンス電圧が変化することになります。
- LED またはいかなるスイッチング信号は、クロストークを避けるために、 C_{MOD}/R_B ピンの近くに配置しないでください。

詳細については、ピンの割り当てを参照してください。

7.1.4 C_{MOD}

C_{MOD} は、スイッチング/通信ピンのどれにも隣接しないようにしてください。 C_{MOD} 上にアナログ信号があるため、スイッチング/通信 (デジタル) 信号に囲まれるよりも、CAPSENSE™の (アナログ) 信号に囲まれるべきです。 C_{MOD} のグランドは、デバイスのグランドへのパスを最小限にしてください。

ファミリ	推奨される C_{MOD} 値
CY8C20xx6/A/AS	CSD の場合 2.2 nF CSA の場合 1.2 nF~5.6 nF
CY8C21x34	PRS8 と PRS16 コンフィギュレーションの場合 5.6 nF~10 nF。 プリスケアラ コンフィギュレーションの場合は 22 nF~47 nF
CY8C21x34 SmartSense	10 nF
CY8C24x94、CY8C22x45	5.6 nF~10 nF
CY8C20x34	1.2 nF~5.6 nF
CY8CMBR3xxx, CY8CMBR2xxx, CY8C20xx7A/S, PSOC™3/4/5LP	2.2 nF

詳細については、ユーザー モジュールおよびコンポーネント データシートを参照してください。PSOC™ Designer および PSOC™ Creator をそれぞれインストールすると、ユーザー モジュールとコンポーネント データシートがダウンロードされます。

7.1.5 R_B

R_B はスイッチング/通信ピンのどれにも隣接しないようにしてください。

ファミリ	推奨される R_B 値
CY8C21x34	最小 2 kΩ
CY8C21x34 SmartSense	15 kΩ

7.1.6 CAPSENSE™ライン上の直列抵抗

CAPSENSE™信号ライン上に 560 Ωの抵抗が配置されます。直列抵抗の値が 560 Ωより大きく設定された場合、スイッチング回路のより遅い時定数が、転送できる電荷の量を制限します。これにより信号レベルが下がり、そして SNR が下がります。小さい値の方が適していますが、RF のブロック効果は低下します。詳細については、[直列抵抗](#)を参照してください。

付録 B. 回路図およびレイアウト チェックリスト

7.1.7 通信ライン上の直列抵抗

通信ライン上に 330 Ω の抵抗を配置することが推奨されます。これらのライン上に 330 Ω より大きい直列抵抗を配置すれば、電圧レベルは、システム間の電源電圧とレシーバの入力インピーダンスのワーストケースの組み合わせで仕様範囲外になります。330 Ω の直列抵抗なら、PSOC™ が LOW 信号を出力すれば、 V_{IL} レベルが 0.3 VDD の I²C 仕様範囲内に維持されるため、I²C の動作には影響を与えません。詳細については、[直列抵抗](#)を参照してください。

7.2 レイアウトのチェックリスト

番号	カテゴリ		Min	Max	推奨事項
1	ボタン	形状	該当なし	該当なし	ベタ円形または角が丸い長方形
		直径/対角	5 mm	15 mm	10 mm
		ボタンとハッチ間のエアギャップ	0.5 mm	2 mm	オーバーレイの厚さに等しくしてください。ハッチはグランドまたはシールドに接続されます。
		いずれかのスイッチング要素の近くの配置	該当なし	該当なし	スイッチング信号をセンサーやセンサー PCB 配線から分離してください。
2	スライダー	厚さ 1mm のアクリルオーバーレイの場合のセグメント幅	2 mm		8 mm
		厚さ 3mm のアクリルオーバーレイの場合のセグメント幅	4 mm		-
		厚さ 4mm のアクリルオーバーレイの場合のセグメント幅	6 mm		-
		セグメント間のエアギャップ	0.5 mm	2 mm	0.5 mm
		ハッチとスライダー間のエアギャップ	0.5 mm	2 mm	オーバーレイの厚さに等しい。ハッチはグランドまたはシールドに接続可能
		セグメントの高さ	7 mm	15 mm	12 mm
3	オーバーレイ	種類	-		導電体を除き比誘電率の高い材料を使用。センサー基板とケーシングのオーバーレイ/フロントパネル間にエアギャップが無いようにしてください。
		アクリルオーバーレイの厚さ	-	5 mm	-
		ガラスオーバーレイの厚さ	-	15 mm	オーバーレイの厚さは少なくしてください。これは、ボタンとスライダーの両方に適用可能です。近接センサーの場合、より厚いオーバーレイは、人間の手/指とセンサーのカップリングで発生する静電容量を増加させ、結果として信号を強くします。しかし、寄生容量が少量増加する可能性があります。

付録 B. 回路図およびレイアウト チェックリスト

番号	カテゴリ		Min	Max	推奨事項
4	センサー配線	幅	-	7 mil	-
		長さ	-	基準の (FR4) プリント基板の場合は 300 mm。 フレックス プリント基板の場合は 50 mm	-
		グラウンドとセンサー配線間のエアギャップ	10 mil	20 mil	-
		曲がり角	-	-	尖った曲がり角を避けてください。
		ルーティング	-	-	センサーを配置しない側でルーティングしてください。 非 CAPSENSE™の配線が CAPSENSE™の配線を交差する場合は、それらが互いに直交することを確認してください。
5	センサー上のビア	ビア数	1	2	1 (センサー配線とセンサーパッドを含む)
		ビア直径	-	-	10 mil
6	グラウンド		-	-	寄生容量が低いハッチグラウンドを使用してください。 一般的なハッチング: 最上層では 25% (7 mil ライン、45 mil 間隔)、 最下層では 17% (7 mil ライン、70 mil 間隔)
7	直列抵抗		-	-	抵抗を CAPSENSE™コントローラーピンから 10mm 以内に配置してください。
8	シールド電極	シールドフィルのサイズ	-	センサーの周りのセンサー	Figure 125 を参照してください。アプリケーションに耐液性および近接センシングが必要なアプリケーションなど、必要な場合にのみシールドを駆動してください。
		シールドパターン	-	-	シールド電極の寄生容量およびエミッションを削減させるために、ベタグラウンドの代わりにハッチグラウンドを使用してください。ハッチング仕様はグラウンドハッチングと同じです。エミッション削減の詳細なガイドラインについては、 シールド電極 を参照してください。

付録 B. 回路図およびレイアウト チェックリスト

番号	カテゴリ	Min	Max	推奨事項
9	ガード センサ ー	形状	-	角が丸い長方形配線
		厚さ	-	銅配線の推奨厚さは 2mm で、銅配線からハッチ (グランド/シールド) までの推奨間隔は 1mm です。

7.2.1 ボタン

最良の CSD ボタン形状は円形です。角を丸くした長方形でも良いです。尖った先は磁界を集めるため、センサーパッドを設計する際には尖った角 (90° 以下) を避けてください。詳細については、[Figure 99](#) を参照してください。

CSX ボタンを実装するのに最適なジオメトリは、フィッシュボーン構造です。いくつかの一般的なフィッシュボーンパターン アイデアを得るには、[相互容量ボタンのフィッシュボーン構造](#)を参照するか、インフィニオンに連絡してください。

サイズは、5 mm～15 mm です。厚いオーバーレイの場合はさらに大きい直径にしてください。

グランドおよび他のセンサーとのエアギャップのサイズはオーバーレイの厚さと同じですが、0.5 mm～2 mm の範囲内でなければいけません。隣接する 2 つのボタンの間隔は、1 つのボタンをタッチした時、指が他のボタンのエアギャップに接触しないほどの広さだったら十分です。

スイッチング要素の近くに配置

- コントローラーピンからの配線長を短くしてください。
- 直列抵抗をコントローラーピンから 10 mm 以内に配置してください。
- センサーや他のコントローラーピン間にコネクタを引かないでください。

7.2.2 スライダー

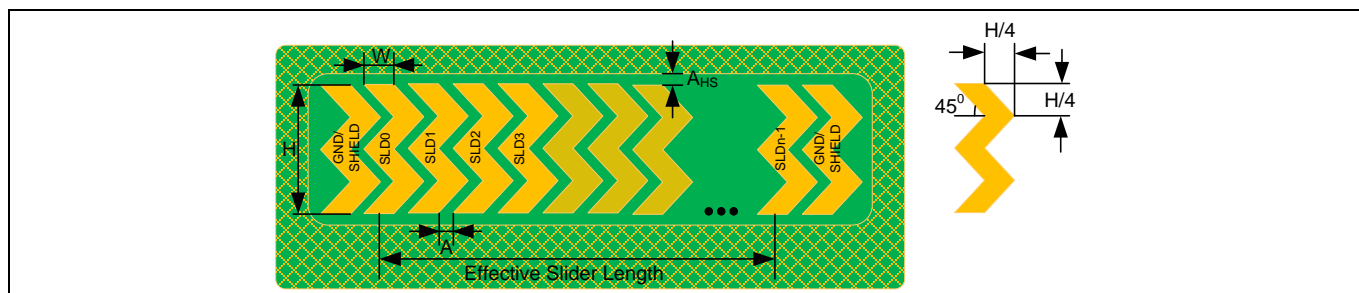


Figure 140 標準リニアスライダーパターン

- 平均幅 9 mm の指に対してセグメント (W) の幅を 8 mm にしてください。
- セグメント間のエアギャップ (A) を 0.5 mm にしてください。
- セグメントの高さ (H) を 12 mm にしてください。
- ハッチとスライダー間のエアギャップ (A_{HS}) をオーバーレイ厚さに等しくしてください。
- 「 n 」のセグメントを持つスライダーの場合は、「 $n+2$ 」のセグメントを使用してください。スライダーの最初と最後のセグメントは、アプリケーションに応じてグランドに接続するか、またはシールドを付ける必要があります。

詳細については[スライダーのデザイン](#)を参照してください。

付録 B. 回路図およびレイアウト チェックリスト

7.2.3 オーバーレイ

- 種類 (材料): 導電材料は、電場パターンとの干渉をおこしてしまうため、オーバーレイに使用しないでください。より高い比誘電率を有する材料を選択します。
- 信号を高くするようにオーバーレイの厚さを小さくする必要があります。センサー信号は、指の静電容量に正比例します。指の静電容量は、平行板コンデンサを形成する 2 つの電極 (センサーパッドと指) 間の距離であるオーバーレイの厚さに反比例します。したがって、オーバーレイの厚さを薄くすると、信号が強くなります。
- SmartSense のスライダは、アクリル オーバーレイの最大厚さは 4 mm で、ガラスは 12 mm です。

7.2.4 センサー配線

- 配線幅を 7 mil (0.18 mm) 以下にしてください。
- 最大の配線長は、標準的なプリント基板の場合は 12 インチ (300 mm) で、フレックス回路の場合は 2 インチ (50 mm) にしてください。
- CAPSENSE™配線とグランド間のエアギャップを 10 mil~20 mil (0.25 mm~0.51 mm) の範囲内にしてください。
- 尖った (90 度) 曲がり角がノイズを拾い、また電荷が急カーブに集中するため、それを避けてください。
- 配線のルーティング (配線のルーティングを参照)
 - プリント基板の最下層にセンサー配線をルーティングしてください。
 - センサーと配線が接続されていない限りセンサーの下に配線をルーティングしないでください。
 - センサー配線をノイズの多いクロックや LED ラインと平行にルーティングしないでください。シールドには、センサー配線を取り囲むグランドまたはシールドを使用します。
 - センサー配線を I2C または SPI マスターなどの通信ラインに近接してルーティングしないでください。通信ラインをセンサー配線と交差させる必要がある場合は、それらが互いに直交することを確認してください。

7.2.5 センサー上のビア

- ビアによる C_p の増加を最小限に抑えるために、ビアを CAPSENSE™ボタンの端に配置する必要があります。
- 寄生容量を減少させるために、センサーごとのビア数を最大 2 つ (配線とパッド) にしてください。
- センサー配線のビア穴径を 10 mil にしてください (詳細は Figure 119 を参照してください)。

7.2.6 グランド面/網

ベタ グランドをセンサーの周囲に配置し、センサーと周囲のグランド間のエアギャップを減少させると、ノイズが減少しますが、寄生容量は増加します。したがって、CAPSENSE™の信号とノイズ耐性の間にトレードオフがあります。グランドをハッチングすると、グランド領域が小さくなり、したがって、寄生容量が減少します。

付録 B. 回路図およびレイアウト チェックリスト

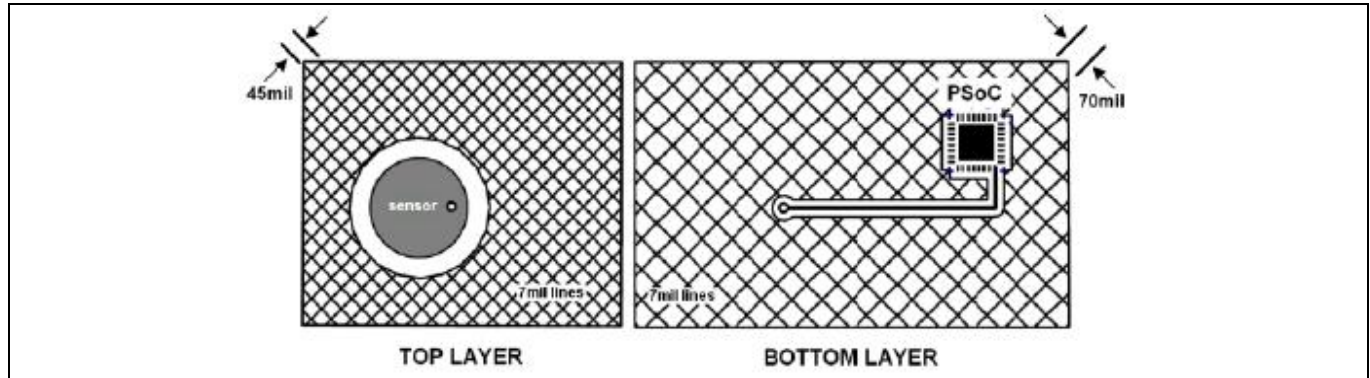


Figure 141 標準的なグランド フィル

7.2.7 直列抵抗

直列抵抗を CAPSENSE™ コントローラー ピンから 10 mm 以内に配置してください。外部抵抗を追加すると、ローパス RC フィルターが形成され、RF ノイズ増幅を抑えられます。

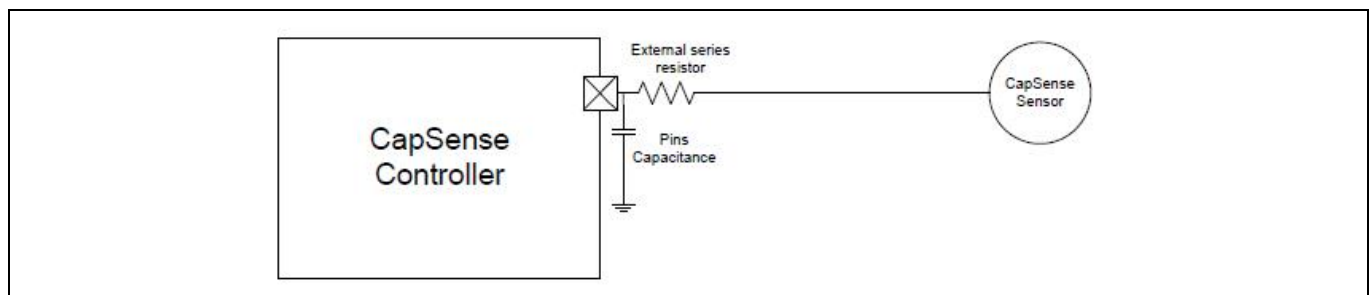


Figure 142 直列抵抗の配置

7.2.8 シールド電極

1. シールドフィルのサイズを小さくしてください (センサーから最大 1 mm)。
2. 選択したセンサーのみにシールドを配置してください。
3. エミッションを減少させるためにシールド波形のエッジを遅らせてください。
 - シールド電極ポート ピンとグランド間にキャパシタ フィルターを追加するとスルー レートを低減します。
 - 直列抵抗の値を小さくしてください。

エミッション減少用のシールド設計上の考慮事項の詳細については、[シールド信号](#)を参照してください。

7.2.9 ガードセンサー

1. シールド電極はガードセンサー パッドと露出している配線を取り囲み、これらから 10 mm 以内に拡散する必要があります。
2. ガードセンサーの推奨形状は曲線縁のある長方形の配線です。
3. 銅配線の推奨厚さは 2 mm で、銅配線からシールド ハッチまでの推奨距離は 1 mm です。

付録 C. センサーとグランド間の間隔

8 付録 C. センサーとグランド間の間隔

Figure 143 に示すように、グランド面は基板上にボタンと同じ層に配置されます。ボタンとグランド面間の間隔はボタンの性能に重要な役割を持ちます。ボタンとグランド面間の電界線を Figure 144 に示します。センサーの寄生容量 (C_p) は電界に関連しています。

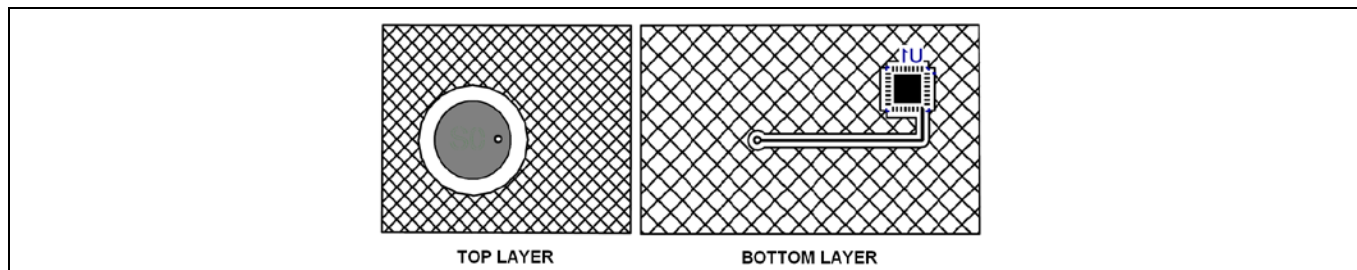


Figure 143 CAPSENSE™基板の最上層および最下層

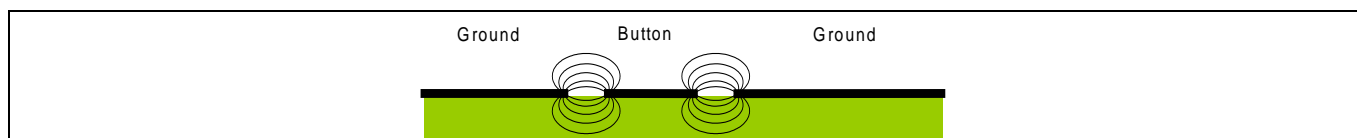
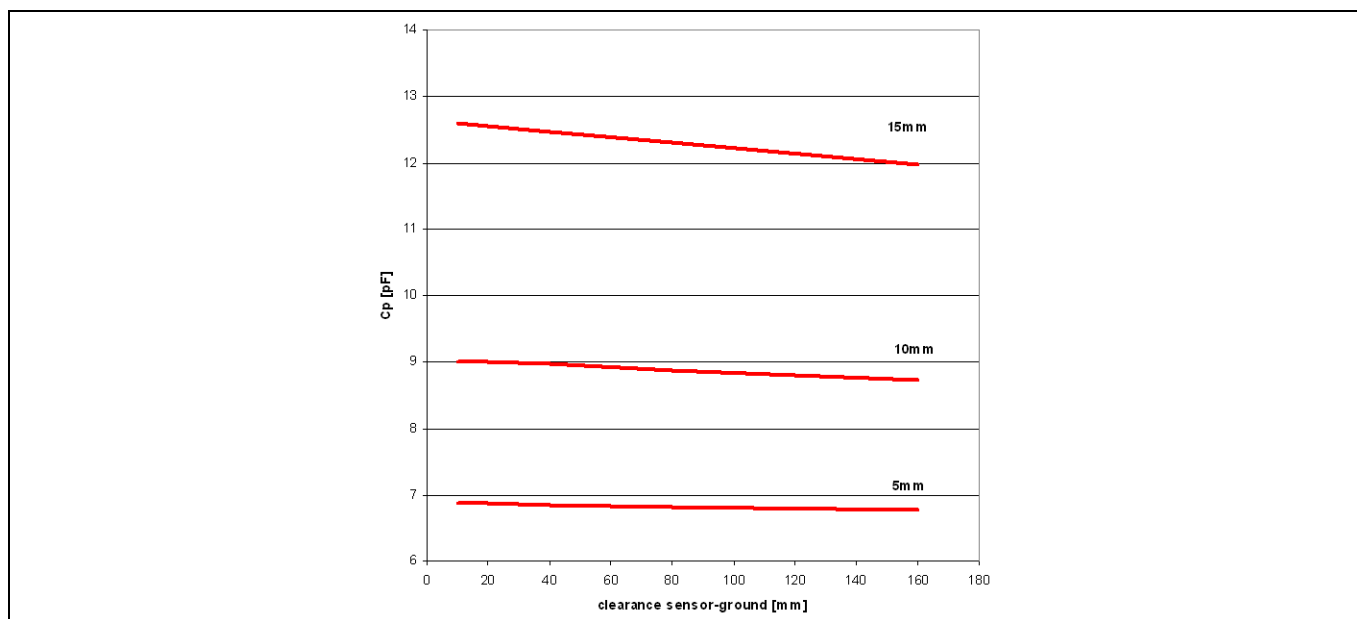


Figure 144 ボタンとグランド面間の電界線

静電容量 (C_p) は、ボタンを取り囲む間隔の増加に伴い減少します。 C_p の間隔への依存性の例を Figure 145～Figure 148 に示します。この図において、基板の材料は厚さが 62 mil (1.57 mm) の FR4 で、アクリルオーバーレイの厚さは 2 mm です。図はそれぞれ 3 つのボタンサイズ (5 mm, 10 mm, および 15 mm の直径) 用のデータを含みます。

Figure 145 での C_p は配線またはビアによる影響を含んでいません。センサーパッドの寄生容量のみです。

Figure 145 ボタンとグランド間の間隔とボタン直径の関数としての寄生容量 (C_p)

Note: 指はセンサーの上にはありません。静電容量はセンサー サイズに正比例し、間隔に反比例します。

付録 C. センサーとグランド間の間隔

静電容量 (C_{sensor}) は、指がセンサーの上でない時のセンサーの総静電容量です。それはセンサー パッド、配線およびビアの影響を含んでいます。Figure 146 に、50 mm の配線長、8 mil (0.3 mm) の配線幅と、20 mil (0.8 mm) の配線と同一平面上のグランド間の間隔でルーティングした基板のセンサー静電容量を示します。

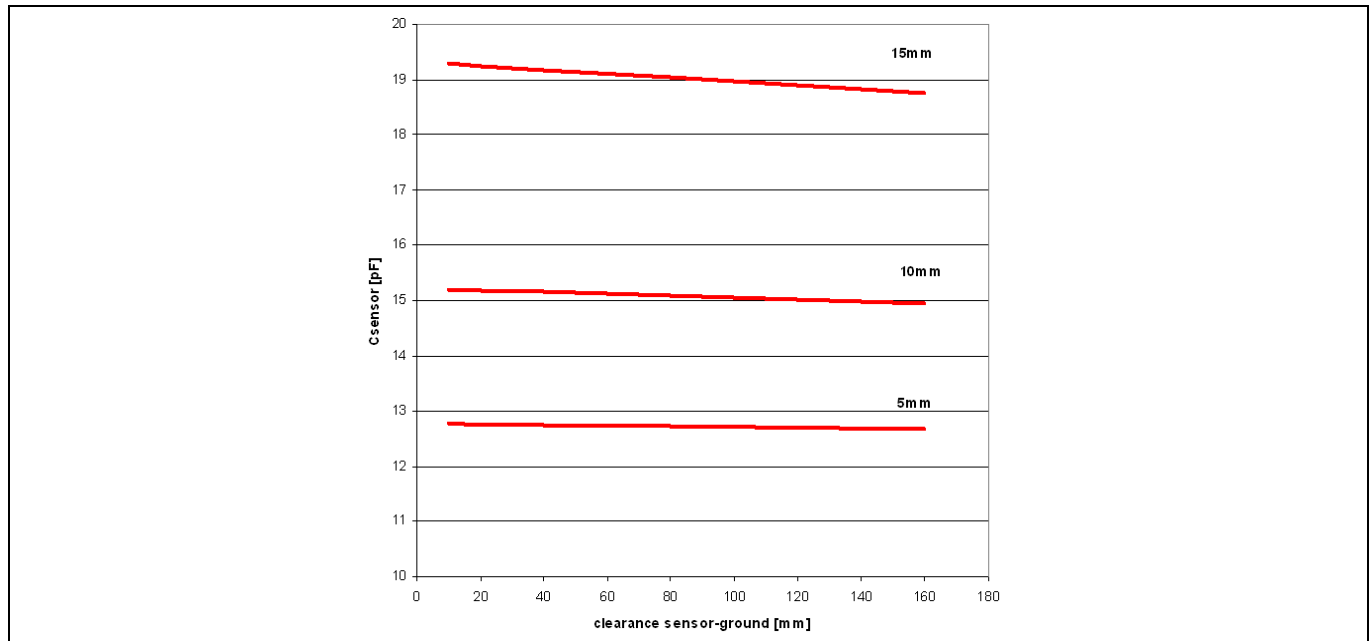


Figure 146 ボタンとグランド間の間隔とボタン直径の関数としてのセンサー 静電容量 (C_{sensor})

Note: 指はセンサーの上ではありません。センサーの静電容量は間隔に反比例します。

Figure 147 での静電容量 (C_f) は指のタッチにより追加された静電容量です。センサーパッドと指の総静電容量は $C_p + C_f$ です。

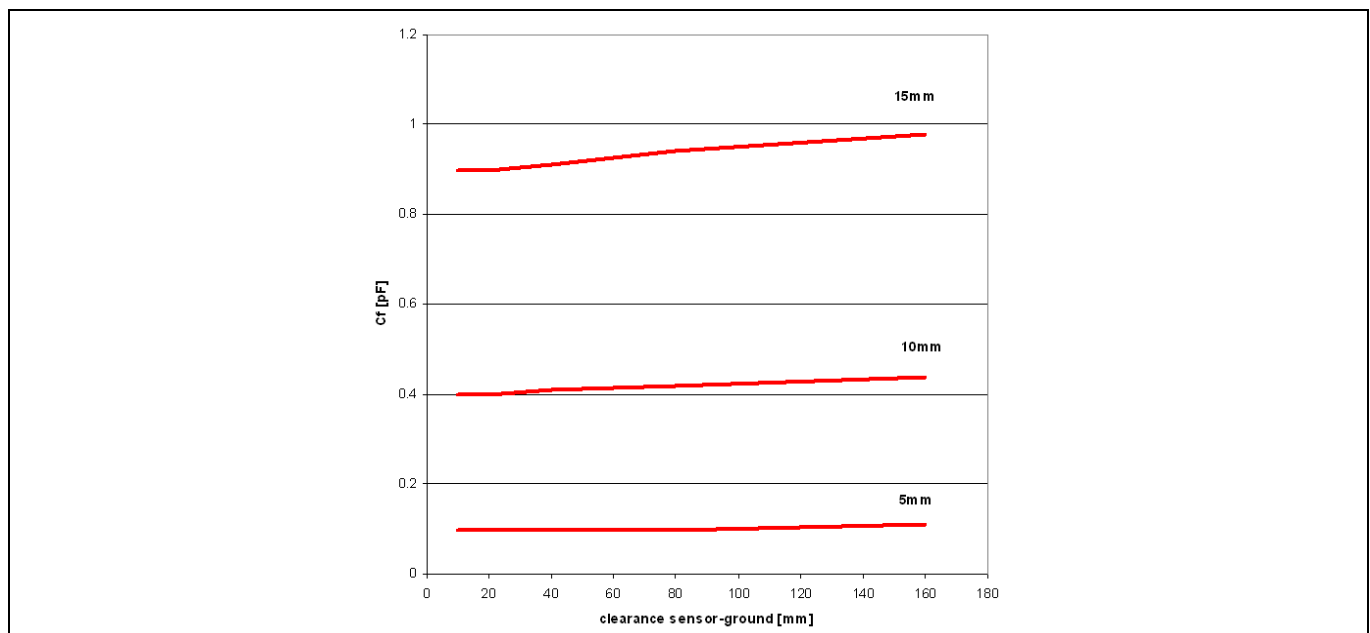


Figure 147 ボタンとグランド間の間隔とボタン直径の関数としての指の静電容量 (C_f)

Note: 指がセンサーの上にあります。静電容量はセンサーサイズと間隔の両方に正比例します。

付録 C. センサーとグランド間の間隔

Figure 148 に、センサー静電容量に対する指の静電容量比を示します。これはセンサーの感度です。システムの感度は CAPSENSE™ 配線のルーティングによって変わります。例えば、PSOC™ とセンサーパッド間の配線長を増加すると、ボタンの感度が低下します。

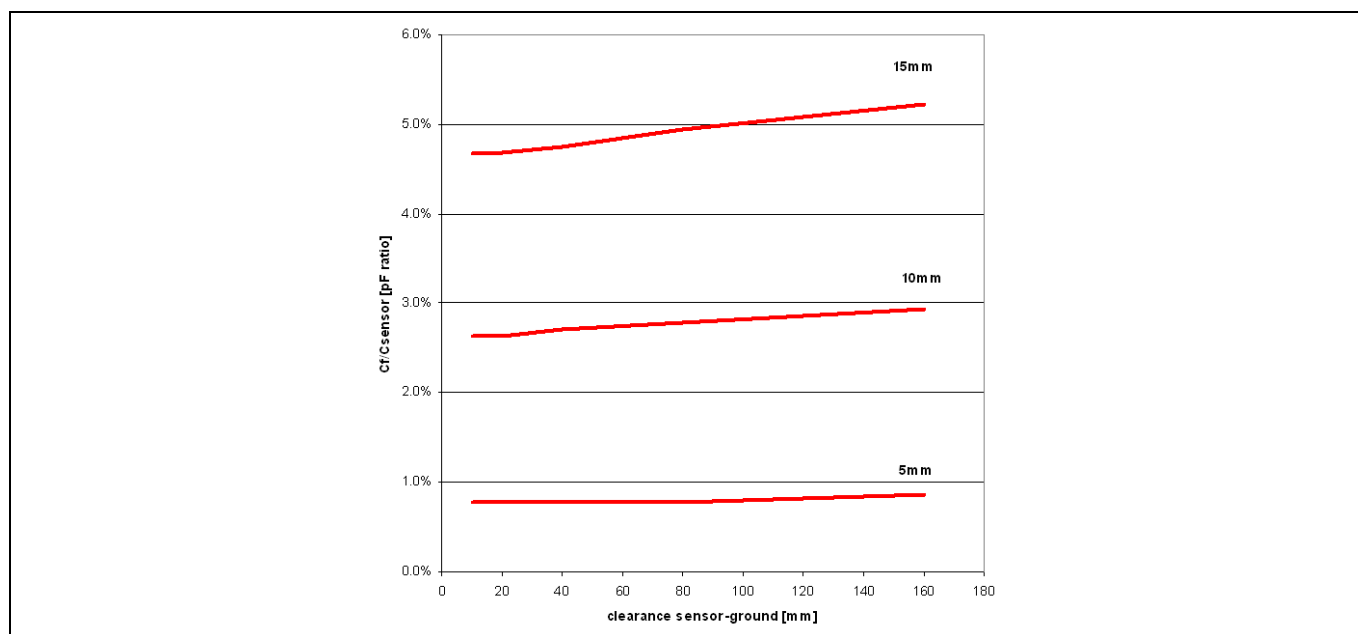


Figure 148 ボタンとグランド間の間隔とボタン直径の関数としての感度 (C_f/C_{sensor})

Note: 感度はボタンサイズと間隔の両方に正比例します。

用語集

用語集

用語	定義
AMUXBUS	入出力ピンを複数の内部アナログ信号を接続する PSOC™内のあるアナログ マルチプレクサ バスです。
SmartSense 自動チューニング	設計段階後に最適な性能を実現するためにパラメーターを自動的に設定し、システムや製造、環境の変化を連続的に補正する CAPSENSE™ アルゴリズムです。
ベースライン	センサーの上に人間の指がない場合、Raw カウントの傾向を推定するファームウェア アルゴリズムから生じる値です。ベースラインは、Raw カウントの突然の変化に敏感性が低く、差分カウントを計算するためにリファレンス点を提供します。
ボタンまたはボタン ウィジェット	関連したセンサーを持って、センサーのアクティブ状態または非アクティブ状態 (すなわち、2 つだけの状態) を報告するウィジェットです。例えば、センサー上の指のタッチ有りまたはタッチ無しの状態を検出できます。
差分カウント	カウントとベースラインの差分です。差分が負数であるか、またはノイズ閾値未満である場合、差分カウントが常に 0 に設定されます。
静電容量センサー	静電容量の変化によってタッチまたは接近する物体に反応する導電体および基板 (プリント基板 (PCB) 上の銅ボタンなど) です。
CAPSENSE™	販売実績で業界をリードするソリューションであるインフィニオンのタッチ センシング ユーザー インターフェースのソリューションです。
CAPSENSE™ メカニカル ボタン リプレースメント (MBR)	メカニカル ボタンを静電容量ボタンに置き換えるためのインフィニオンのコンフィギュレーション可能なソリューションです。センサー パラメーターの設定に必要な設計工数を最小限に抑え、ファームウェアの開発も不要です。これらのデバイスは CY8CMBR3XXX および CY8CMBR2XXX ファミリを含んでいます。
重心または重心位置	スライダー分解能の指定した範囲内のスライダー上の指の位置を示す数です。この数は CAPSENSE™ 重心計算アルゴリズムにより算出されます。
CINTA および CINTB コンデンサ	相互容量センシングモードでの CSX ブロックの動作に必要な 2 つの外部コンデンサです。
補正 IDAC	過剰なセンサー C_p を補正するために CSD により使用されるプログラム可能な定電流源です。この IDAC は、変調 IDAC と違って、CSD ブロックでシグマ-デルタの変調器によって制御されません。
CSD	CAPSENSE™ シグマ デルタ (CSD) は、インフィニオンが特許権を有する、静電容量センシングのアプリケーション用に自己容量を測定する方法です。CSD モードでは、センシングシステムは電極の自己容量を測定し、指の存在を識別するために自己容量の変化が検出されます。
CSX	CAPSENSE™ Crosspoint (CSX) は、静電容量センシングアプリケーションの相互静電容量 (相互キャップとも呼ばれる) 測定を実行するインフィニオンの特許取得済みの方法です。CSX モードでは、センシングシステムが 2 つの電極間の静電容量を測定し、静電容量の変化を検出して指の有無を識別します。
デバウンス	タッチが有効になるためにタッチがなければいけない連続のスキンのサンプルの数を定義するパラメーターです。このパラメーターはスプリアス タッチ信号を除去するのに役立ちます。スキャンサンプルの

用語集

用語	定義
	連続したデバウンス数で差分カウントが指の閾値+ヒステリシスにより大きい場合にのみ、指のタッチが報告されます。
被駆動シールド	耐液性を可能にするためにCSDにより使用された技術であり、ここで、シールド電極が、センサー スwitchング信号に等しい位相および振幅を持つ信号により駆動されます。
電極	プリント基板, ITO, FPCB 上のパッドや層などの導電材料です。電極はCAPSENSE™デバイスのポート ピンに接続され、CAPSENSE™センサーとして使用されるか、またはCAPSENSE™の機能に関連した特定の信号を駆動するために使用されます。
指の閾値	センサーの状態を確定するためにヒステリシスと一緒に使用されるパラメーターです。センサーの状態は、差分カウントが指の閾値+ヒステリシスを上回る場合、オンとして報告され、差分カウントが指の閾値-ヒステリシスを下回る場合、オフとして報告されます。
センサー連動	<p>複数のセンサーを連動して、単一のセンサーとしてスキャンする方法です。近接センシング用のセンサーの面積を増大させ、電力消費量を減少するために用いられます。</p> <p>システムが低消費電力モードにある時に電力を削減するために、すべてのセンサーを個別にスキャンするのではなく、すべてのセンサーを連動して、単一のセンサーとしてスキャンして時間を短縮します。ユーザーがセンサーのいずれかをタッチすると、システムはアクティブモードに遷移して、アクティブになったセンサーを検出するためにすべてのセンサーを個別にスキャンします。</p> <p>PSOC™はファームウェアによるセンサーの連動をサポートします。すなわち、複数のセンサーをスキャンのためにAMUXBUSに同時に接続できます。</p>
ジェスチャー	<p>ジェスチャーはスワイプやピンチ ズームなどのユーザーの行動です。CAPSENSE™は事前に定義されたタッチ パターンに基づいて異なるジェスチャーを識別するジェスチャー検出の機能を備えています。</p> <p>CAPSENSE™コンポーネントでは、ジェスチャー機能はリニアスライダー、ラジアルスライダー、およびタッチパッド ウィジェットのみによりサポートされます。</p>
ガードセンサー	プリント基板上のすべてのセンサーを囲む銅配線であり、ボタンセンサーと同じで、液体流を検出するために使用されます。ガード センサーがトリガーされると、ファームウェアは誤ったタッチを回避するために、すべての他のセンサーのスキャンを無効にできます。
ハッチ/ハッチグランド/ハッチドグランド	<p>静電容量センシングのためにプリント基板を設計する際に、ノイズ耐性を得るために接地した銅面をセンサーの周囲に配置する必要があります。しかし、ベタ グランドを使用すれば、センサーの寄生容量が増加するため、望ましくありません。そのため、グランドを特別なハッチ パターンで充填する必要があります。ハッチ パターンは、密接して置かれて、交差してメッシュのように見えるラインを持っており、ラインの幅および2本のライン間の間隔は、充填率を決定します。耐液性の場合、このハッチ(シールド電極と呼ばれる)はグランドの代わりにシールド信号で駆動されます。</p>
ヒステリシス	システム ノイズに起因してセンサー状態の出力がランダムにトグルすることを回避し、センサーの状態を決定するために指の閾値と一緒に使用されるパラメーターです。指の閾値を参照してください。

用語集

用語	定義
IDAC (電流出力デジタル-アナログ変換器)	PSOC™の内部にあり、CAPSENSE™および ADC の動作に使用されるプログラマブルな定電流源です。
耐液性	水滴、液体流や霧が存在する環境でも確実に動作する静電容量センシングシステムの能力です。
リニア スライダー	指の物理的な位置 (単一の軸で) を検出するために特定の直線状で配置された複数のセンサーを含むウィジェットです。
低ベースライン リセット	Raw カウントが異常に負のノイズ閾値を下回るスキャン サンプルの最大数を表すパラメーターです。低ベースライン リセット値を超えている場合、ベースラインは現時点の Raw カウントにリセットされます。
手動チューニング	CAPSENSE™パラメーターを手動で設定する (または調整する) プロセスです。
マトリックス ボタン	マトリックス状で配置された 2 個以上のセンサーを含んで、垂直方向と水平方向に配置されたセンサーの交点上の人間の指 (タッチ) の存在を検出するために使用されるウィジェットです。 M を水平軸上のセンサーの数と、N を垂直軸上のセンサーの数とすれば、マトリックス ボタン ウィジェットは $M+N$ 本のポート ピンのみを使用して合計で $M \times N$ 個の交点を監視できます。 CSD センシング方法 (自己容量) を使用する場合、このウィジェットは 1 度に 1 つのみの交差位置で有効なタッチを検出できます。
変調コンデンサ (CMOD)	自己容量センシング モードでの CSD ブロックの動作に必要な外部コンデンサです。
変調器クロック	センサー スキャン中の CSD ブロックからの変調器の出力をサンプリングするために使用されるクロックソースです。このクロックが Raw カウントのカウンターにも供給されます。スキャン時間 (事前および事後処理時間を除く) は $\lceil (2^N - 1) / \text{変調器クロック周波数} \rceil$ で計算されます (そのうち、N がスキャンの分解能です)。
変調 IDAC	変調 IDAC はプログラム可能な定電流源であり、その出力は CSD ブロック内のシグマ-デルタ変調器の出力によって制御 (オン/オフに) されて、AMUXBUS 電圧を V_{REF} に維持します。この IDAC によって供給される平均電流はセンサー コンデンサが引き出した平均電流に等しいです。
相互容量	ある電極 (例えば TX) と他の電極 (例えば RX) 間の静電容量は相互容量として知られています。
負のノイズ閾値	負の方向に現れるスプリアス信号から通常のノイズを区別するために使用される閾値です。このパラメーターは、低ベースライン リセットパラメーターと併用されます。 Raw カウントが負のノイズ閾値を超えない (すなわち、ベースラインと Raw カウントの差 (ベースライン - Raw カウント) が負のノイズ閾値未満である) 限り、ベースラインは Raw カウントの変化を追跡するために更新されます。 負の方向でこのようなスプリアス信号をトリガーする可能性があるシナリオは次のとおりです。電源投入時にセンサー上に指が存在する時、センサーの近くに配置された金属の物体を除去する時、耐液性のある CAPSENSE™の対応製品を水中から除去する時、や他の急激な環境変化のシナリオです。
ノイズ (CAPSENSE™ ノイズ)	センサーがオフ状態にある (タッチなし) 時にピークツーピークのカウンントとして測定される Raw カウント値の変化です。

用語集

用語	定義
ノイズ閾値	センサー用にノイズから信号を識別するために使用されるパラメータです。Raw カウントからベースラインを引いた値がノイズ閾値より大きい場合、おそらく有効な信号を示しています。差がノイズ閾値より小さい場合、Raw カウントはノイズしか含みません。
オーバーレイ	静電容量センサーをカバーし、タッチ面として機能するプラスチックやガラスなどの非導電性材料です。センサーを備えたプリント基板はオーバーレイの下に直接配置されるか、またはスプリングを介して接続されています。製品のケーシングは多くの場合オーバーレイになります。
寄生容量 (C_p)	寄生容量はプリント基板の配線、センサーパッド、ビアとエアギャップによるセンサー電極の固有容量です。寄生容量はCSDの感度を減らすため、望ましくないものです。
近接センサー	あらゆる物理的な接触なしに近くの対象物の存在を検知できるセンサーです。
ラジアル スライダー	指の物理的な位置を検出するために特定の円形の状で配置された複数のセンサーを含むウィジェットです。
Raw カウント	センサーの物理的静電容量を表す CAPSENSE™ ハードウェア ブロックの未処理のデジタル カウントの出力です。
リフレッシュ間隔	センサーの2つの連続スキャンの間の時間です。
スキャン分解能	CSD ブロックによって生成される Raw カウントの分解能 (単位はビット) です。
スキャン時間	センサーのスキャンを完了する必要とする時間です。
自己容量	回路のグランドと電極間の静電容量です。
感度	センサー静電容量の変化に対応し、カウント/pF で表される raw カウントの変化です。センサーの感度は、基板レイアウト、オーバーレイ特性、センシング方式、およびチューニング パラメータに依存します。
センス クロック	CSD センシング方式のフロントエンド スイッチキャパシタを実装するためのクロック ソースです。
センサー	静電容量センサー を参照してください。
センサー自動リセット	システム故障の際、または金属物体がセンサーの近くに連続的に存在する際に、センサーが誤ったタッチ状態を無期限に報告してしまうことを防ぐための設定です。 センサー自動リセット機能が有効になった場合、ベースラインは差分カウントがノイズ閾値を超えても常時更新されます。これはセンサーが無期限の ON 状態を報告しないように防ぎます。センサー自動リセットが無効化されていると、ベースラインは差分カウントがノイズ閾値を下回った場合にのみ更新されます。
センサー連結	センサー連動 を参照してください。
シールド電極	センサーの周囲を覆う銅トレースで水分による誤タッチを防止します。シールド電極はCSDブロックからシールド信号出力によって駆動されます。 被駆動シールド を参照してください。
シールド タンク コンデンサ (C_{SH})	外付けオプション コンデンサ (C_{SH} タンク コンデンサ) は、高い寄生容量を持つ大規模なシールド層が存在する場合、CSD シールドの駆動能力を向上するために使用されます。

用語集

用語	定義
信号 (CAPSENSE™ 信号)	差分カウントは信号とも呼ばれます。 差分カウント を参照してください。
信号対雑音比 (SNR)	タッチした時のセンサーの信号とタッチしない時のセンサーのノイズ信号との比率です。
スライダー分解能	スライダーが分解された指の位置の総数を定義するパラメーターです。
タッチパッド	特定の水平と垂直な様式で配置された複数のセンサーからなり、タッチの X および Y 位置を検出するウィジェットです。
トラックパッド	タッチパッド を参照してください。
チューニング	CAPSENSE™の動作に必要な様々なハードウェアおよびソフトウェアまたは閾値パラメーターの最適値を決定するプロセスです。
V_{REF}	PSOC™の内部にプログラマブルな電圧リファレンス ブロックは CAPSENSE™および ADC 動作に使用されます。
ウィジェット	単一センサーまたは同様のセンサー グループで構成される CAPSENSE™コンポーネント内のユーザー インターフェース要素です。ボタン, 近接センサー, リニア スライダー, ラジアル スライダー, マトリックス ボタン, およびタッチパッドはサポートしたウィジェットです。

参考資料

参考資料

サンプルコード

[1] [Code examples for ModusToolbox™ software](#)

[2] [PSOC™ Creator code examples](#)

ビデオ トレーニング ライブラリ

[3] [Video training library](#)

改訂履歴

改訂履歴

Document version	Date of release	Description of changes
**	2014-04-21	これは英語版 001-64846 Rev. *M を翻訳した日本語版 001-92229 Rev. ** です。
*A	2015-01-23	これは英語版 001-64846 Rev. *O を翻訳した日本語版 001-92229 Rev. *A です。
*B	2015-06-30	これは英語版 001-64846 Rev. *Q を翻訳した日本語版 001-92229 Rev. *B です。
*C	2016-02-25	これは英語版 001-64846 Rev. *S を翻訳した日本語版 001-92229 Rev. *C です。
*D	2017-04-27	更新されたロゴと著作権。
*E	2019-12-25	これは英語版 001-64846 Rev. *X を翻訳した日本語版 001-92229 Rev. *E です。
*F	2020-01-28	119 ページのフッタの Typo を修正。
*G	2020-11-30	これは英語版 001-64846 Rev. *Y を翻訳した日本語版 001-92229 Rev. *G です。
*H	2022-08-19	これは英語版 001-64846 Rev. *Y を翻訳した日本語版 001-92229 Rev. *H です。
*I	2022-09-16	これは英語版 001-64846 Rev. *Z を翻訳した日本語版 001-92229 Rev. *I です。改訂履歴を修正。
*J	2025-03-13	これは英語版 001-64846 Rev. AA を翻訳した日本語版 001-92229 Rev. *J です。

Trademarks

All referenced product or service names and trademarks are the property of their respective owners.

Edition 2025-03-13

Published by

Infineon Technologies AG

81726 Munich, Germany

© 2025 Infineon Technologies AG.

All Rights Reserved.

Do you have a question about this document?

Email: erratum@infineon.com

Document reference

001-92229 Rev. *J

重要事項

本手引書に記載された本製品の使用に関する手引きとして提供されるものであり、いかなる場合も、本製品における特定の機能性能や品質について保証するものではありません。本製品の使用前に、当該手引書の受領者は実際の使用環境の下であらゆる本製品の機能及びその他本手引書に記された一切の技術的情報について確認する義務があります。インフィニオンテクノロジーズはここに当該手引書内で記される情報につき、第三者の知的所有権の不侵害の保証を含むがこれに限らず、あらゆる種類の一切の保証および責任を否定いたします。

本文書に含まれるデータは、技術的訓練を受けた従業員のみを対象としています。本製品の対象用途への適合性、およびこれら用途に関連して本文書に記載された製品情報の完全性についての評価は、お客様の技術部門の責任にて実施してください。

警告事項

技術的要件に伴い、製品には危険物質が含まれる可能性があります。当該種別の詳細については、インフィニオンの最寄りの営業所までお問い合わせください。

インフィニオンの正式代表者が署名した書面を通じ、インフィニオンによる明示の承認が存在する場合を除き、インフィニオンの製品は、当該製品の障害またはその使用に関する一切の結果が、合理的に人的傷害を招く恐れのある一切の用途に使用することはできないこと予めご了承ください。