

センサーの応答性に影響を及ぼす要因

著者：Susan Pratt

はじめに

容量センシングは、民生用機器で現在使用されているユーザ入力メカニズムに代わる技術として有望視されています。携帯電話、デジタル・カメラ、MP3プレーヤやその他の携帯型メディア・プレーヤなどのさまざまな製品が、容量センシングの実装に適しています。ユーザは容量センシング技術を活用して、標準の機械式入力技術よりも高い感度と制御能力を備えたインターフェースを実現できます。

アナログ・デバイス製の容量センシング・ソリューションには、AD7142容量デジタル・コンバータ (CDC) IC、PCボード実装センサー、AD7142との通信用ソフトウェアという3つの構成要素があります。このソリューションは、レシーバに対して容量性電界を発生するトランスミッタに接続される励起信号源で構成されます。レシーバ側で測定される容量性電界ラインは、シグマ・デルタ ($\Sigma\Delta$) 型A/Dコンバータ (ADC) によってデジタル信号に変換されます。誘導された容量性電界に指などの接地物体を近づけると、レシーバ側で測定される総容量が減少します。励起信号源と $\Sigma\Delta$ 型CDCはAD7142上に集積化されていますが、トランスミッタとレシーバはセンサーPCボード上に実装されます。

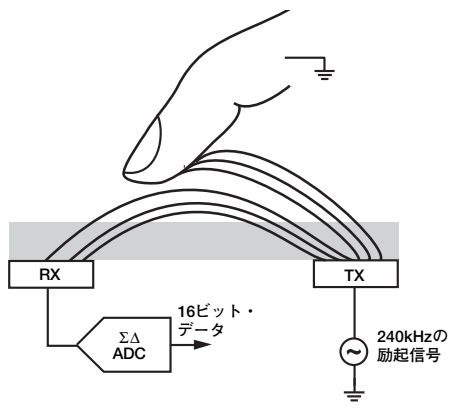


図1. 容量センシング

センサーPCボードは、最終完成品のケースやカバーの下側に接着して取り付けます。容量性電界ラインは、センサーPCボードから約4mm上方まで広がっています。さらに、電界はセンサーPCボード上部のカバー材の上方にも広がっています。このようなセンサーの配置により、ユーザがセンサーPCボード自体に接触することがまったくないので、センサーの摩損が発生しないという利点があります。

MP3プレーヤやデジタル・カメラ、携帯電話などの民生用機器の筐体として使用されるケースやカバーは、さまざまな素材で製造されています。プラスチックやガラスなどは、容量センシングに適したカバー材ですが、金属は使用できません。

容量センサーの応答性は、以下に示す3つの要因によって変化します。

- センサー素子のサイズとタイプ
- センサーに触れる物体の大きさ
- カバー材の厚さとタイプ

これらの要因によって、センサーのタッチ動作時にCDCが計測する変化レベルが左右されます。CDCからの出力の変化が微小な場合は、センサーにタッチした状態であるか否かを判別することが困難になります。このアプリケーション・ノートでは、上記の各要因がセンサーの応答性にどのような影響を及ぼすかについて詳細に解説します。本書は、センサー構成回路のサイズと形状、カバー材として使用するプラスチックの仕様を決定する際に、ガイドラインとして利用できます。

REV. 0

アナログ・デバイセズ株式会社

本 社 / 〒105-6891 東京都港区海岸1-16-1 ニューピア竹芝サウスタワービル
 電話03 (5402) 8200
 大阪営業所 / 〒532-0003 大阪府大阪市淀川区宮原3-5-36 新大阪MTビル2号
 電話06 (6350) 6868

目次

はじめに	1
目次	2
改訂履歴	2
センサーの応答性に影響を及ぼす要因	3
センサー素子	3
センサーに触れる物体	3
カバー材	3
ボタン・センサー	4
ボタン・センサーの応答性	4
スライダ・センサー	5
スライダ・センサーの応答性	5
推奨事項	6

改訂履歴

12/05—Revision 0: Initial Version

センサーの応答性に影響を及ぼす要因

センサー素子

センサー素子のサイズによって、トランスミッタとレシーバ間に誘導される容量性電界の量が決まります。センサー素子のサイズが小さければ、サイズの大きいセンサー素子よりも干渉電界が低く抑えられます。しかし、センサー素子のサイズが極度に小さい場合は、センサーのタッチ動作時にCDCが十分な容量の変化を計測できません。

センサー素子のタイプも重要です。ボタン・センサーの場合、必要な情報はオン/オフまたはタッチ/非タッチの情報のみです。ボタンがタッチされているか否かを判別できれば、センサー応答性の損失をある程度まで許容できます。しかし、スライダ・センサーの場合は、スライダの長さに関連する位置データを出力しなければなりません。スライダ・センサーの応答性が低下すると、スライダの全移動量を記述するために使用するCDCコードの数が減少し、スライダ・センサーの位置データの分解能と精度に悪影響が現れます。

センサーに触れる物体

いずれのアプリケーションにおいても、センサーに触れる物体は人の指や手であり、これらは本来接地しています。しかし、センサーに触れる物体のサイズは一定ではありません。指のサイズは人によって異なり、また同じ人がセンサーにタッチするときでも別の指を使うことがあります。民生用機器には、あらゆる人が機器を正常に操作できるように、小さい指から大きい指まであらゆるサイズの指に対応できる設計が求められます。

アナログ・デバイセズのセンサーは、接地した物体であれば、どのようなものを用いても起動できます。このアプリケーション・ノートでは、データ収集の実験時に、接地した金属製プロンプを指の代わりに使用しました。サイズの異なる指を模して、直径が5mm、10mm、15mmという3つのサイズのプロンプを使用しています。

カバー材

センサーのカバー材の特性については、綿密な検討を加える必要があります。容量性電界ラインは、センサーPCボードから約4~5mm上方まで広がっています。センサーを正しく動作させるために、この電界はカバー材の上方まで及ぶ必要があります。カバー材は、容量性電界を吸収しすぎないものを選びます。プラスチックの種類によっては導電性の高いものがあり、その場合プラスチックを通過する容量性電界の量が增大します。各種のプラスチック・ポリマーの散逸率を表1に記載します。散逸率は、材料による損失がどの程度であるかを判断する目安となります。散逸率が低ければ、それに応じて材料を通過する容量性電界の量が増加します。

表1

ポリマー材	散逸率 (×10 ⁻³)	
	@50Hz	@1MHz
LDPE	0.15	0.08
HDPE	0.24	0.20
PP	0.4	0.5
可塑性PVC	80	120
PS	0.1~0.4	0.05~0.4
ABS	3~8	2~15
PMMA	40~60	4~40
POM	5	5
PTFE	0.2	0.2
PCTFE	1	20
PC	0.7	10
PET	2	20
PI	2	5
線形PUR	120	70
熱硬化性PUR	50	50
熱可塑性PUR	30	60
CAB	6	21
シリコン	5~13	7

ガラスも適切なカバー材ですが、金属は使用できません。

このアプリケーション・ノートでは、センサーPCボードのカバー材として、厚さが0.5~4mmのABSを使用しました。

ボタン・センサー

ボタン・センサーは、最も容易に実装できるセンサー素子です。ボタンは円形、正方形、または指定の形状にできます。ボタン・センサーのサイズは、5mm×5mm角以上であれば任意のサイズにできます。代表的なボタン・センサーの設計例を図2に示します。



図2. ボタン・センサー

ボタン・センサーの応答性

標準的なボタン・センサーの応答データを収集するために、10mm×10mm角のボタン・センサーを使用しています。ユーザの指の代わりに、接地した各種サイズの金属製プローブを使用してボタンを起動しました。厚さ0.5mmから4mmまでのプラスチック・カバーの下側にセンサーPCボードを実装しました。センサーの応答性は、センサーに対するタッチ状態と非タッチ状態のときに確認されるCDC出力コードの変化と定義します。

CDCで測定された出力を図3に示します。このデータから、プラスチックの厚さが増すとセンサーからの応答性が低下することがはっきりと確認できます。CDCの出力が500コード未満になると、ボタン・センサーからの応答性が不十分になります。この状態のときは、センサーの真の起動とCDCコードのノイズを区別することが困難になります。10mmのボタンの場合、厚さ4mmまでのプラスチックに実装したとき、センサーが正常に動作します。サイズの小さいセンサーは、サイズの大きいセンサーと比べて、応答性が低下します。5mmのボタンでは、センサーの応答性が約500コードまで落ちます。5mmのボタンの場合、センサーを正常に動作させるには、プラスチック・カバーの厚さを2mm以下にすることを推奨します。

また、プローブのサイズがセンサーの応答性に及ぼす影響も注目に値します。小さいプローブの場合、レシーバで測定される容量の減少はわずかです。この傾向は指のサイズにも当てはまり、指が小さいほどセンサーからの応答性が小さくなります。

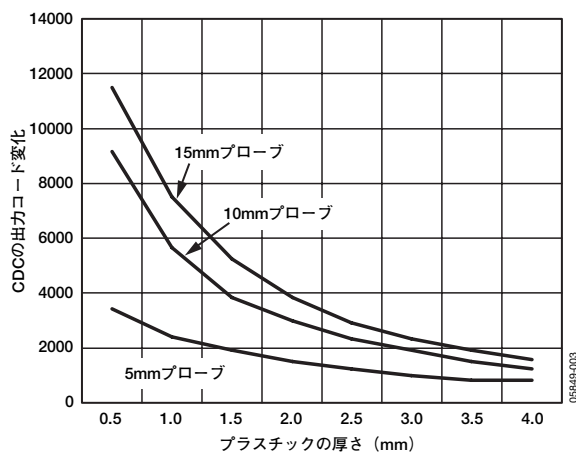


図3. ボタン・センサーの応答性

スライダ・センサー

スライダ・センサー素子を使うと、メニューやデータ・リストを素早く容易にスクロールできます。スクロール機能で十分な応答性を得るには、スライダの長さを25mm以上、幅を5mm以上とします。推奨最大長は約45mmです。代表的なスライダ・センサーの設計例を図4に示します。



図4. スライダ・センサー

スライダ・センサーの応答性

スライダ・センサーには測定可能な応答性として、起動応答性（タッチしているか）と位置データ出力またはスクロール移動の応答性の2つがあります。このアプリケーション・ノートでは、幅12mm、長さ28mmのスライダを使用してデータを収集しました。ユーザの指の代わりに、接地した各種サイズの金属製プローブをスライダのタッチ動作に使用しています。センサーPCボードは、厚さ0.5mmから4mmまでのプラスチック・カバーの下側に実装しました。スライダの応答性は、センサーに対するタッチ状態と非タッチ状態のときに確認されるCDC出力コードの変化として定義し、スライダの起動応答性と位置データ応答性の両方を測定しました。

図5に、起動レベルの測定でスライダから収集されたデータを示します。このデータから、プラスチックの厚さが増すとセンサーからの応答性が低下することがはっきりと確認できます。起動測定から、スライダのタッチ操作がいつ行われたかがわかります。この点から見ると、スライダの機能はボタンのオン/オフ機能と同じであり、センサー応答性の低下をある程度許容できます。

図6は、スクロール操作時のスライダの応答性を示しています。ここでも上記と同様の傾向があることは明らかで、カバー材のプラスチックが薄くプローブのサイズが大きい場合に、センサー応答性が最もよくなります。スライダのスクロール移動または位置データ応答性の場合、センサー応答性の低下が許容されません。センサーの応答性が良好であれば、スライダのコード差は14,000となり、スライダ全長のスクロール移動時に大きいコード変化が発生します。センサーの応答性が低下すると、スライダ全長のスクロール移動時に発生するコード変化がきわめて小さなものとなります。すなわち、スクロール位置データの分解能や精度が低下します。

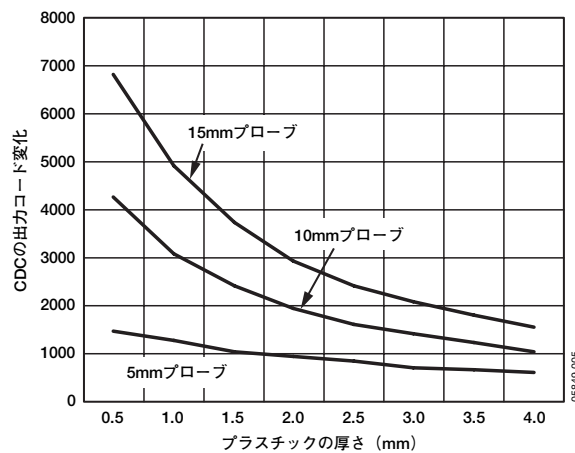


図5. スライダ・センサーの起動応答性

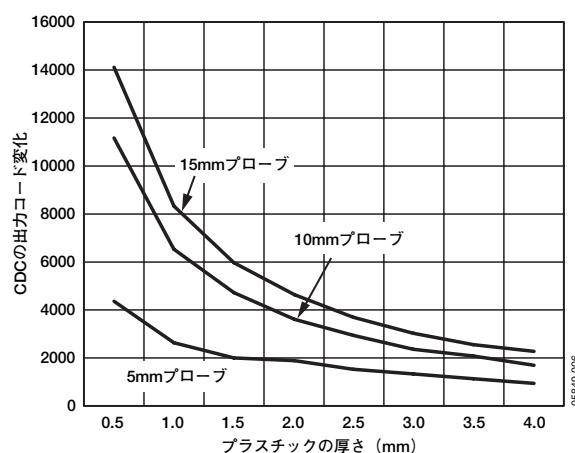


図6. スライダ・センサーの位置データ応答性

推奨事項

ここに、すべてのセンサー素子から最良の応答性を得るための推奨事項をいくつか紹介します。

- カバー材のプラスチックの厚さは最大2mmとします。これは、ABSを使用して実施した測定結果に基づく一般的なガイドラインで、その他の素材を使用する場合は、許容厚さがこれより大きい場合も小さい場合もあります。センサーの応答性にはセンサーや指のサイズも影響するため、設計を変更してプラスチックの厚さが2mm超でもセンサーが動作するようにできる場合もあります。
- センサー素子のサイズは、設計で許容される限り大きくします。センサー素子を設計する際は、該当するタイプのセンサーに対して要求される最小サイズを必ず満たしてください。
- センサーが使用される民生用機器のターゲット市場を考慮に入れ、その機器の操作で使用される指のサイズの上限および下限に対して、センサーが良好に応答することを確認してください。玩具の設計では、子供の平均的な指のサイズに対して、センサーが最も良好に動作するように設計します。

アナログ・デバイセズの容量センシングに関する詳細は、www.analog.comを参照してください。