

容量／デジタル・コンバータAD7142/AD7143用 センサPCボードの設計ガイドライン

著者：Susan Pratt

はじめに

AD7142/AD7143は、最新のユーザ入力方式を必要とするシステム向けの環境キャリブレーション機能を内蔵した高集積の容量／デジタル・コンバータ（CDC）です。AD7142/AD7143は、容量性ボタン、スライダ、スクロール・ホイールなどの機能を備えた外付けの容量センサとのインターフェースを行うことができます。

センサはPCボード上に個別のエレメントとして実装します。個々の用途向けに設計されたすべてのセンサとAD7142またはAD7143と同じPCボード上に配置します。センサの設計はユーザの個別の要求に合うようにカスタマイズでき、ユーザはセンサの種類、レイアウト、および寸法を指定できます。AD7142/AD7143は曲線形状のセンサなど、標準外の形状に対応できるため、自由な製品設計を行うことができます。

1個のAD7142 またはAD7143を使って実装できるセンサの最大数は、製品設計でセンサをどのように組み合わせるかで違ってきます。AD7142またはAD7143に対して必要な入力数はスライダは8個以上、ボタンは1個、8方向スイッチは4個です。センサの組み合わせは、1個のAD7142またはAD7143を使って実装することができます。

センサの種類とサイズ

表1に、各種センサの最小、標準、最大推奨サイズ、および標準的なバルク容量値を示します。センサで最も重要なポイントは正確な寸法ではなくセンサの総面積です。面積の大きいセンサはユーザが測定できる電界が大きいため、センサ動作時に最大の応答が得られます。センサの最小面積は、適正な応答が得られるかどうかで決定されます。センサの総面積が十分広く、良好な応答を確保できる場合は、1辺の長さが最小センサ・サイズに達していなくても使用できます。

最大センサ・サイズは、AD7142/AD7143の $\Sigma\Delta$ コンバータとオフセットD/Aコンバータ（DAC）によって決まります。図1にセンサの容量 C_{BULK} を示します。センサの動作中（アクティブのとき）に、ユーザは周辺電界 C_{IN} （ $C_{IN} \ll C_{BULK}$ ）に影響を与えます。センサが大きすぎると、そのバルク容量値でコンバータが圧倒されてしまい、さらにオフセットDACのレンジはこの容量を補正できなくなります。オフセットDACが補償できる最大容量値は $\pm 20\text{pF}$ です。

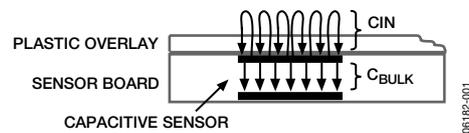


図1. センサのバルク容量とフリンジ容量

表1. センサのサイズとバルク容量

Sensor Type	Minimum Size	Typical Size	Maximum Size	Typical Bulk Capacitance
Button	5 mm diameter	8 mm diameter	15 mm	4 pF
2-Way Switch	4 mm x 8 mm	5 mm x 10 mm		8 pF
8-Way Switch	8 mm x 8 mm	15 mm x 15 mm		4 pF per element
Slider	25 mm x 4 mm	40 mm x 10 mm	60 mm x 20 mm	4 pF per element
Wheel	20 mm diameter	30 mm diameter	50 mm diameter	4 pF per element
Key Pad	1 row x 1 column	12 keys, 3 rows x 4 columns	36 keys, 6 rows x 6 columns	5.4 pF to 9.6 pF per key

REV. A

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	マトリックス・キーパッド	7
センサの種類とサイズ	1	PCボードのガイドライン	8
改訂履歴	2	センサ・レイアウト	8
センサ設計のガイドライン	3	AD7142/AD7143とセンサとの接続	8
ボタン	3	AD7142/AD7143シーケンサ使用時のセンサ設定	8
代表的なボタン・センサの応答	3	センサの搭載	9
機械式ボタン	4	リファレンス設計とその他のセンサ形状	9
8方向スイッチ	5	センサの設計例	9
スライダ	6		
スクロール・ホイール	7		

改訂履歴

2/07—Rev. 0 to Rev A

Added AD7143	Universal
Changes to Table 1	1
Changes to Sensor Design Guidelines	3
Changes to Figure 11	6
Changes to PCB Guidelines	8
Changes to Table 4, Table 5, and Table 6	8
Changes to Table 7	9
Change to Figure 18	9

7/06—Revision 0: Initial Version

センサ設計のガイドライン

ボタン

図2に、ボタン・センサの2つの設計を示します。ボタンは、5～15mm（幅）の任意のサイズを選択できます。各ボタン・センサはAD7142/AD7143に対して1個の入力を必要とします。ボタンの形状は円形、楕円形、四角形のほか、不規則な形状も可能です。いずれのボタンも2つのパッドで構成する必要があります。片側のパッドはSRCピンに、もう一方のパッドはCINピンに接続します。両パッドはPCBの最上層（レイヤー）に配置する必要があります。

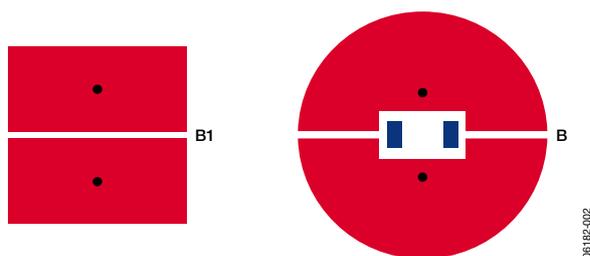


図2. ボタン・レイアウト

図2の右側に示すボタン・センサは、中央部のカットアウト部にコンポーネント用のパッドを配置しています。このレイアウトは、PCボード上にLEDのあるアプリケーションで有効です。LEDからの光がボタンのカットアウト部を通過し、センサ動作時に点灯するよう設定します。ボタン内の最大カットアウト・サイズは、表2に示すようにボタンのサイズによって異なります。

表2. ボタンのカットアウト・サイズ

Button Diameter	Maximum Cutout Size
5 mm	2 mm x 1.6 mm
6 mm	2.8 mm x 1.2 mm
8 mm	4 mm x 2 mm
10 mm	4 mm x 2 mm

AD7142/AD7143では、ボタンは入力マルチプレクサを介してCDCに接続されます。これには2通りの方法があります。1つはシングルエンド法で、この場合個々のボタンはAD7142/AD7143に接続された他のセンサから独立して動作します。もう1つは、2つのボタンを差動でCDCに接続する方法で、個別にボタンをオンにすると、いずれかのボタンが動作します。

しかし、両方のボタンを同時にオンにすると、両方とも動作しません。この機能は特定のアプリケーションに役立ちます。たとえば、開始（Play）ボタンと停止（Stop）ボタンが同時に動作するのを防ぐことができます。図3に、この2つの接続方法を示します。

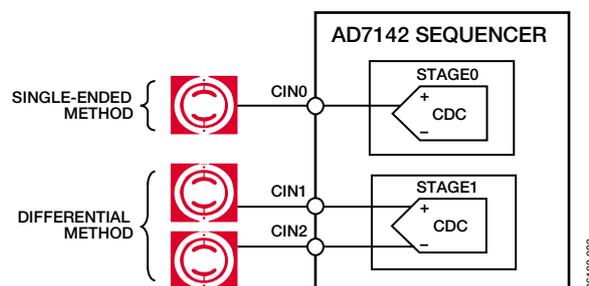


図3. ボタンとAD7142/AD7143 (CDC)との接続方法

ボタンをオンにすると、AD7142/AD7143のステータス・レジスタのステータス・ビットがセットされます。各ボタンは、CDCとの接続法がシングルエンドであれ差動であれ、ステータス・レジスタのステータス・ビットに1対1で対応しています。AD7142/AD7143は、センサがオンになったときにホスト・プロセッサに割込みをかけるよう設定することができます。これにより、ホストはステータス・レジスタからデータを読み出し、どのボタン・センサがオンになっているかを確認できます。

代表的なボタン・センサの応答

センサ応答は、接触状態のセンサと非接触状態のセンサとの間のCDC出力値の違いを示しています。センサの応答は、センサ領域、ユーザの指の大きさ、センサを覆うプラスチックの厚み/誘電率など、数多くの要素に依存しています。センサ応答に影響を与える要因については、アプリケーション・ノート「AN-830」を参照してください。

図4～図6に、直径の異なるボタン・センサの代表的な応答を示します。直径が5mmのボタンの場合、CDC出力コードはセンサがオンのときに約236コード変化します。また、10mmボタンの場合はCDC出力が737コード変化し、12mmボタンの場合はCDC出力が1260コード変化します。これらの3つのボタンはすべて、2mmのプラスチック・カバーを使ってテストします。

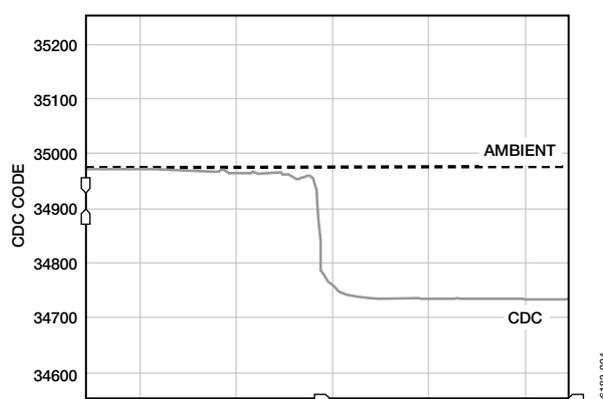


図4. 直径5mmのボタンの応答

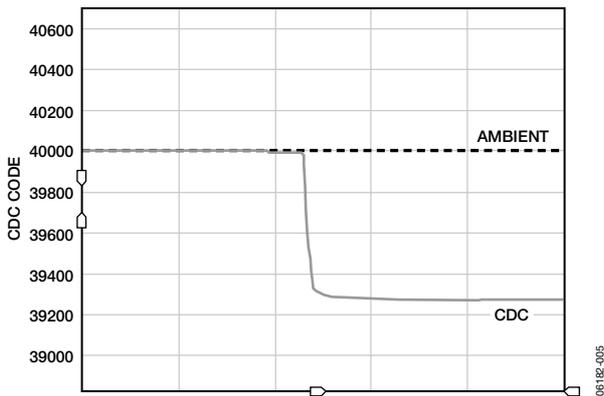


図5. 直径10mmのボタンの応答

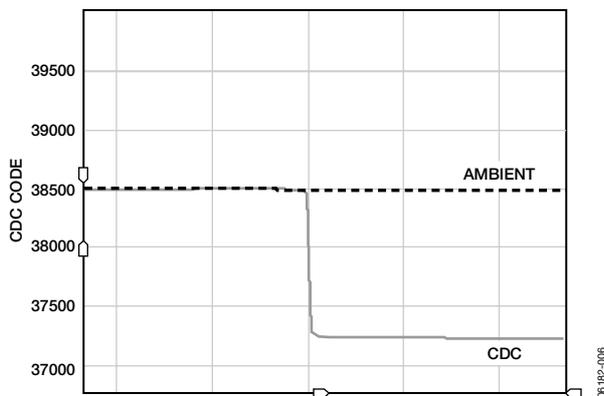


図6. 直径12mmのボタンの応答

機械式ボタン

機械式ボタンは、AD7142/AD7143を使って検知できます。図7に機械式ボタンの接点を示します。弾力性のある金属製ドームはセンサPCボードの下側に取り付けられています。このドームは、センサPCボードのC_{SHIELD}のリングに接触します。中央の接点はAD7142/AD7143の1個のCIN入力に接続されています。ボタンが押されていないとき、金属ドームは凹型の形状のままであり、ボードの内部にあるCIN接点には接触しません。しかし、ボタンを押すと、金属ボタンの形状が変化して凸型になり、内部のCIN接点に接触します。これで、フローティング状態であったAD7142/AD7143のCIN入力にC_{SHIELD}が接続されます。AD7142/AD7143はCIN入力でこの変化（CDC出力の20,000コード変化に対応）を測定します。

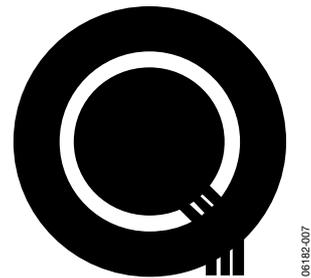


図7. 機械式ボタンの接点

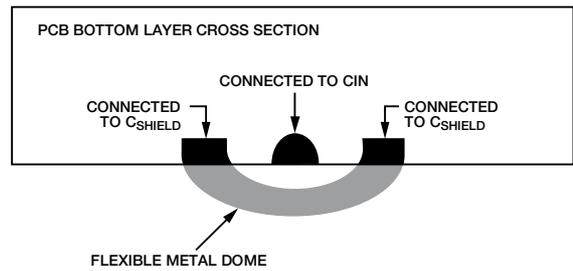


図8. 機械式ボタンの構造

8方向スイッチ

図9に、8方向スイッチ・センサのレイアウトを示します。このセンサ・タイプの形状は1辺8～15mmの正方形で、AD7142/AD7143に対して4入力が必要となります。8方向スイッチには8ポジションの出力があります。北、南、東、西のポジション出力と北東、南東、南西、北西のポジション出力です。出力ポジションを変更する場合は、このスイッチ上で指を滑らせて操作します。

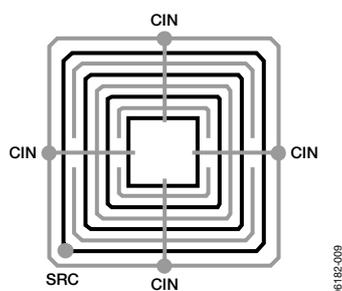


図9. 8方向スイッチ・センサ
(最上層のソース配線は黒、最下層のCIN配線はグレー)

8方向スイッチは、配線によって接続された4個のボタンから構成されています。最上層のパッドはSRCピンに接続され、2層目のパッドはCIN入力ピンに接続されています。上側と下側のボタンは差動ペアとしてAD7142/AD7143内でCDCに接続され、左右のボタンも同じように接続されます。図10に、8方向スイッチの接続を示します。このスイッチではアクティブ状態の測定も必要となります。この測定によって、スイッチがアクティブかどうかを判定し、移動方向を決定します。

図10のSTAGE3に示すように、この測定を行うためにはAD7142/AD7143のシーケンサへの接続が必要となります。8方向スイッチ・センサの4つのエレメントからの入力はすべて正のCDC入力端子で加算され、この入力をもとにセンサがアクティブかどうか判定されます。

8方向スイッチを任意の方向でオンにすると、各ステータス・レジスタのステータス・ビットがセットされます。ホストはAD7142/AD7143からデータを読み出して、どのステータス・ビットが設定されているかを判定します。AD7142/AD7143の4個のステータス・ビットによって、8方向スイッチの8個のポジションをすべて判定することができます。

表3に、AD7142/AD7143からステータス・ビットを読み出して出力ポジションをデコードする方法を示します。上側と下側のボタンは差動で接続されているため、同時にアクティブにすることはできません。左右のボタンについても同様です。

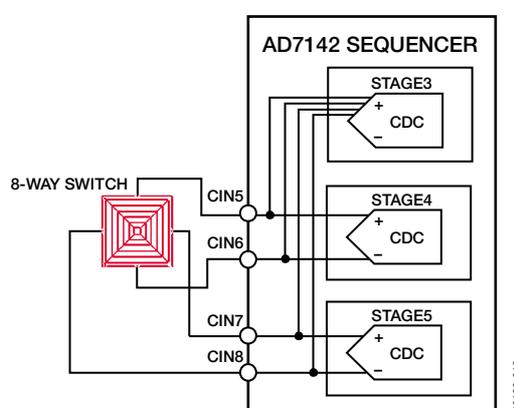


図10. AD7142/AD7143 (CDC) と
8方向スイッチとの接続

表3. 8方向スイッチ出力のデコーディング

Top Button Status Bit	Bottom Button Status Bit	Left Button Status Bit	Right Button Status Bit	Output Position
1	0	0	0	North
0	1	0	0	South
0	0	1	0	West
0	0	0	1	East
1	0	1	0	Northwest
1	0	0	1	Northeast
0	1	1	0	Southwest
0	1	0	1	Southeast

スライダ

図11に、スライダ・センサの構成を示します。スライダは、さまざまな幅（5～12mm）や長さ（10～60mm）を選択することができます。また、垂直方向または水平方向を直線にしたり、あるいは馬蹄形や円形を選択することもできます。スライダは、複数のディスクリット・センサのセグメント（通常は8個）から構成されます。各セグメントをAD7142/AD7143のCIN入力ピンに接続してください。

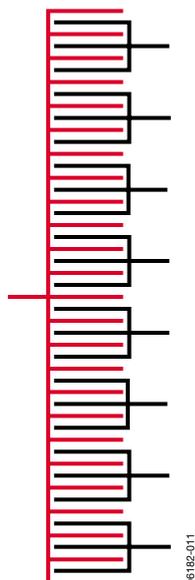


図11. ディスクリット・スライダ・センサのレイアウト

スライダは、帯状に連続して配置された複数のディスクリット・センサから構成されます。励起信号源の接続により全8個の全セグメントを接続します。これらのディスクリット・センシング・セグメントはボタンと同じように動作します。各セグメントは互いに隣接して配置されているため、スライダに沿って指を動かすと、複数のセグメントが同時にアクティブになります。

このスライダは最大128の出力位置を提供できます。また、スライダを6セグメントだけで構成することも可能ですが、この場合はそれに応じてセンサの出力分解能が下がります。

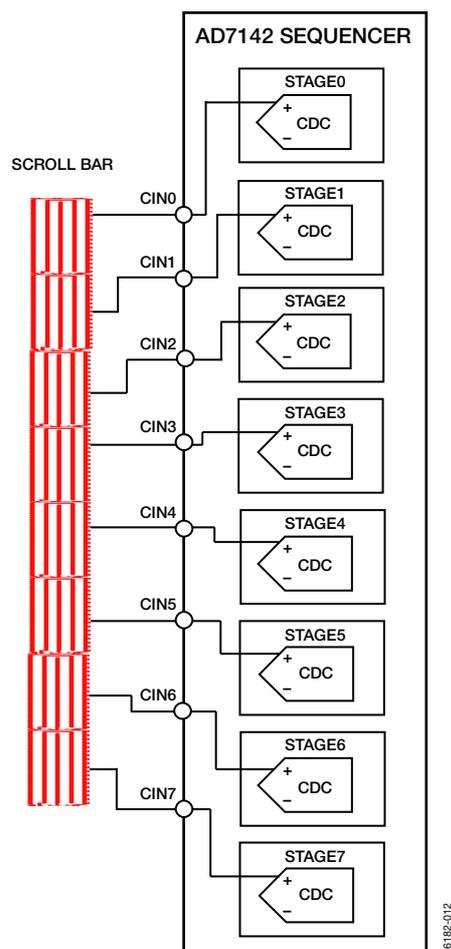


図12. ディスクリット・スライダ・センサとAD7142/AD7143 (CDC) との接続

図12に、CDC、シーケンサ、スライダ、AD7142またはAD7143との接続方法を示します。スライダを構成する各ディスクリット・セグメントは、1つのシーケンサ段を使用してCDCに接続されます。ステータス・レジスタには、各センサ・セグメントに対応するステータス・ビットがあります。センサ・セグメントがアクティブのときは、ステータス・ビットが1にセットされます。いずれかのステータス・ビットがセットされると、ホストは全センサ・セグメントのCDC出力データを読み出します。

8個のセンサ・セグメントのみを使用して128個の出力ポジションを得るためには、各センサからのCDC出力を使って補間を行う必要があります。各セグメントからのCDC出力を重み付け加算して、正規分布曲線を得ます。この正規分布の平均からスライダの出力ポジションを求めます。アナログ・デバイセズは、この直線化を行うためのソフトウェア・アルゴリズムをCコードで提供しています。このコードは、8kB以下の小さなプログラム・コードと500バイトのRAMを必要とします。詳細については、AD7142/AD7143のWebサイト (www.analog.com/AD7142) または www.analog.com/AD7143 にある「設計支援」および「FAQ」をご覧ください。

スクロール・ホイール

スクロール・ホイールは、ディスクリット・スライダの特殊形とみなすことができます。スライダの各ディスクリット・セグメントは、図13に示すように、円形状に配列されています。内側リングはSRCピンに接続されます。スクロール・ホイールは最大128の出力ポジションを提供します。

8個のセンサ・セグメントのみを使用して128個の出力ポジションを得るためには、各センサからのCDC出力を使って補間を行う必要があります。各セグメントからのCDC出力は重み付け加算して、正規分布曲線を得ます。この正規分布の平均からスクロール・ホイールの出力位置が得られます。アナログ・デバイスはこの直線化を行うためのソフトウェア・アルゴリズムをCコードで提供しています。このコードは、9.6kB以下の小さなプログラム・コードと571バイトのRAMを必要とします。詳細については、AD7142/AD7143のWebサイト (www.analog.com/AD7142またはwww.analog.com/AD7143)にある「設計支援」および「FAQ」をご覧ください。

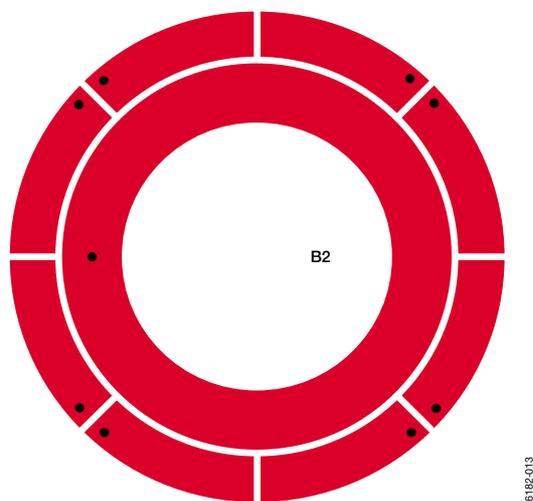


図13. スクロール・ホイール・センサのレイアウト

マトリクス・キーパッド

AD7142/AD7143を使うと、マトリクス・キーパッドを実装することができます。AD7142は最大32キー、AD7143は最大16キーを実装できます。キーは、標準のマトリクス・キーパッドと同様、行方向と列方向に配列されます。キーパッドの各行と各列はAD7142/AD7143への入力が必要とし、シーケンサを介してAD7142/AD7143のCDCに接続する必要があります。全キーの半分は列の入力ラインに接続し、残りの半分は行の入力ラインに接続します。図14に、CINに対する行と列の2つの接続を持つマトリクス・キーを示します。外側リングはSRCピンに接続されます。

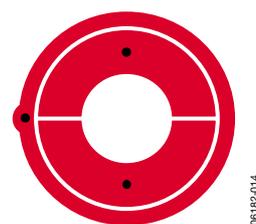


図14. マトリクス・キーパッド・ボタン

キーパッドの任意のキーをアクティブにすると、ステータス・レジスタのステータス・ビットがセットされます。ホストはAD7142/AD7143からデータを読み出して、どのステータス・ビットがセットされているかを判定します。どのキーが押されているかは、各列と各行のステータス・ビットで判定します。デコーディングの方法は、従来型の機械式マトリクス・キーパッドの場合と同じです。行と列の両方のステータス・ビットがセットされているキーがアクティブです。

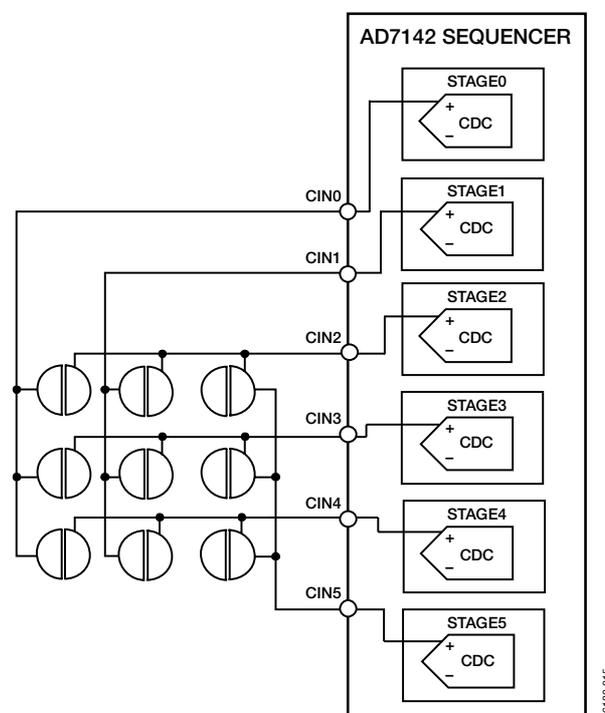


図15. 3×3マトリクス・キーパッドとAD7142/AD7143 (CDC) との接続

PCボードのガイドライン

FR4、ポリアミド (flex)、またはPETなど、標準的なPCボードの材料はすべて容量性センサの設計に適しているため、容量性センサは業界標準の技術で製造できます。各層の厚みは0.1mmとします。ただし、0.1mmより薄い層を使用することもできます。パターンには、銅、カーボン、銀、またはインジウム錫酸化物 (ITO) を使用できます。

センサは、PCボードの最上層に配置する必要があります。8方向スイッチの場合は、表4と表5に示すように上位2層に配置します。励起源の出力はAD7142/AD7143のSRCピンから出力され、センサPCボードの最上層のトランスミッタ・パターンに接続されます。レシーバもセンサPCボードの最上層に配置されます。各センサはCINピンを経由してAD7142/AD7143に接続されます。グラウンド・プレーンは、PCボードの各層にあるセンサ・パターンおよび部品の周りに配置します。

表4. センサPCボードの説明

層	説明
1 (最上層)	励起源およびCIN接続をグラウンド・プレーンで囲みます。
2	AD7142/AD7143の配線、およびグラウンド・プレーン

表5. 8方向スイッチ・センサPCボードの説明

層	説明
1 (最上層)	励起源接続とグラウンド・プレーン
2	CIN接続、グラウンド・プレーン、配線およびAD7142/AD7143

センサ・レイアウト

アナログ・デバイセズは、センサ条件の定義やPCボード設計の完成をサポートするために、次のリソースを提供しています。

- PADSレイアウト・フォーマットで使用できるセンサのライブラリ。このライブラリ・センサを使用してデザインを生成できます。PADSソフトウェア・パッケージは、Mentor Graphics社から提供されています。
- 豊富なリファレンス設計とサンプル・レイアウト
- 大口顧客に対するカスタム・センサの設計サービス

次のガイドラインは、各センサ・レイアウトに適用されます。

- パターン幅は0.2mmとします。
- パターン間の最小間隔は0.15mmです。
- AD7142/AD7143とセンサとの間の最大距離は10cmです。

センサのアクティブ領域の真下には信号を配線しないでください。センサPCボード上でセンサの周囲に配線するスペースが十分でない場合には、センサ層の真下のグラウンド・プレーン層を使います。センサの下にグラウンド層がある場合には、その下の層の配線をセンサ領域の下に配置することができます。

フローティング配線は、センサ配線の隣に配置しないでください。フローティング配線の例として、LEDがオフのときに開くLED制御信号があります。

AD7142/AD7143とセンサとの接続

各センサは、AD7142/AD7143のCIN入力ピンの1つに物理的に接続する必要があります。必要な入力数は、センサの種類によって異なります。CIN入力ピンへの接続を終えたら、AD7142/AD7143の変換時にセンサがCDCに接続されるようAD7142/AD7143シーケンサを設定する必要があります。

表6. 入力ピンの接続

Sensor Type	Number of CIN Input Pins Required
Button	1
8-Way Switch	4
Slider	1 input per discrete segment, 8 in total
Scroll Wheel	1 input per discrete segment, 8 in total
Matrix Keypad	1 input per column plus 1 input per row

AD7142/AD7143シーケンサ使用時のセンサ設定

AD7142/AD7143のシーケンサには12の変換段があります。各センサまたはセンサ・セグメントは、1つのシーケンサ段を介してCDCに接続されます。差動ボタンのみは例外的に2つのボタンの間で1段を使用します。

12の全シーケンサ段に対して、各CIN入力ピンはCDC (正または負の端子) または内部バイアス・ノード (C_{SHIELD}) に接続するか、あるいは開放のままにします。シーケンサ段で測定されないCIN入力はすべて内部のバイアス・ノードに接続し、当該段で測定されるCIN入力のみCDCに接続します。センサをアクティブにすると、CIN入力ピンがコンバータの正の入力に接続されている場合は、コンバータの出力が低下しますが、CIN入力ピンがコンバータの負の入力に接続されている場合は、出力が増大します。

シーケンサの各段には、CDCへの接続を設定するためのレジスタがあります。これらのレジスタはバンク2にあります。各段のレジスタ・アドレスの詳細については、AD7142/AD7143のデータシートをご覧ください。各段では、レジスタの2つのビットでCDCへの接続を設定します (図16を参照)。

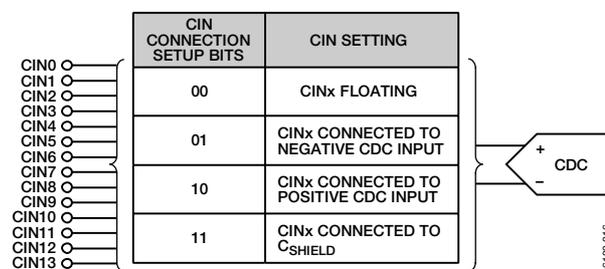


図16. CIN接続設定ビット

表7. シーケンサ段の設定

Sensor Type	Number of Sequencer Stages	Connection to CDC Input
Button	1	Negative or positive CDC input.
Two Differential Buttons	1	First button connected to negative CDC input; second button connected to positive CDC input.
8-Way Switch	2 (2 pairs of differential buttons)	Top and bottom buttons connect to negative and positive CDC input on first stage; left and right buttons connect to negative and positive CDC input on second stage.
Discrete Slider/Scroll Wheel	1 stage per sensor segment	Each sensor segment connects to positive CDC input.
Matrix Keypad	1 stage per column plus 1 stage per row	Each sensor segment connects to positive CDC input.

センサの搭載

センサのPCボードは、MP3プレーヤ、携帯電話、デジタル・カメラなどのデバイスに搭載するよう設計されています。これを行うには、センサPCボードをデバイス・プラスチックの下側に実装する必要があります。アナログ・デバイスでは3M™の両面テープ「467MP」の使用を推奨しています。センサは、最大4～6mm厚のプラスチック層の下側で正しく動作します。金属で覆うとセンサは動作しません。

金属の筐体を使用する場合、センサ領域の0.1mm四方には金属を近づけないでください。PCボード・センサのそば（5cm以内）にある金属はすべて接地してください。センサに近接した浮動金属は動作を妨げます。また、AD7142/AD7143が搭載されるPCボードの裏側にも禁止領域を設ける必要があります。この禁止領域は、AD7142/AD7143チップに圧力がかからず、またPCボード上のパターンが短絡しないよう十分に確保してください。

センサPCボードとプラスチック・カバーとの間には、隙間ができないようにしてください。

隙間があると、センサ動作の信頼性に大きな影響を与えます。

リファレンス設計とその他のセンサ形状

アナログ・デバイスでは、MP3およびメディア・プレーヤ、デジタル・カメラなどのさまざまな民生品に適用できる各種センサ・リファレンス設計を提供しています。また、十字型スクロール・センサや半円センサ、特殊な形状のボタンなど、その他のセンサの形状や設計も可能です。

センサの設計例

図17に、必要なセンサ設計を示します。

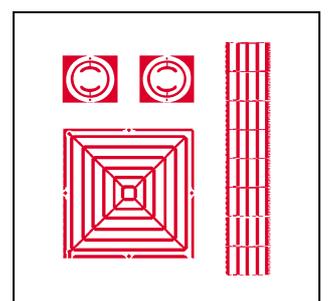


図17. センサ設計

センサ設計は、スライダと8方向スイッチ、2つのボタンからなります。2つのボタンは同時に動作する必要があるため、差動にすることはできません。センサ部品は、アナログ・デバイスのPADSレイアウト・ライブラリから入手できます。センサ部品を配置したら、次にそのセンサをAD7142/AD7143に接続します。励起源は、センサPCボードの最上層のすべてのセンサ・パターンに接続します。

スライダは、AD7142/AD7143に対する8個のCIN入力が必要とします。ボタンはそれぞれ1個のCIN入力が必要とし、8方向スイッチは4個のCIN入力が必要とします。図18に、AD7142とセンサとの接続方法を示します（この方法はAD7143に対しても同じです）。スライダは、CIN4～CIN11を使って接続します。左側のボタンはCIN1に、右側のボタンはCIN3に接続します。8方向スイッチの左接続部はCIN0に、上接続部はCIN2に、右接続部はCIN12に、下接続部はCIN13に接続します。

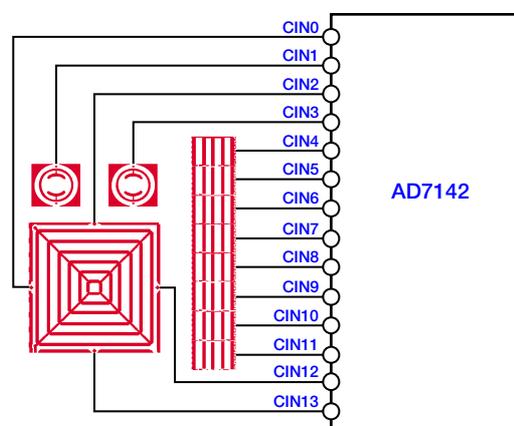


図18. AD7142/AD7143とセンサの接続（図はAD7142）

AN-854

レイアウトを終えたら、このセンサ構成に合わせてAD7142/AD7143のシーケンサを設定します。シーケンサには12段あります。スライダの8個のセグメントはそれぞれシーケンサを1段必要とします。2個のボタンはそれぞれ1段必要です。8方向ス

イッチの上下のセグメントは1段、左右のセグメントも1段必要です。表8に、シーケンサの各段の各CIN入力接続を示します。

表8. センサ構成に対応したシーケンサの設定

Sequencer	Sensor	CIN Connections	AD7142/AD7143 Register Addresses and Settings
Stage0	Left button	CIN1 is connected to the CDC positive input; CIN0, and CIN2 to CIN13 are connected to C _{SHIELD}	0x080[15:0] = 00 11 11 11 11 11 10 11 0x081[15:0] = XX 11 11 11 11 11 11 11
Stage1	Right button	CIN3 is connected to the CDC positive input; CIN0, CIN2, and CIN4 to CIN13 are connected to C _{SHIELD}	0x088[15:0] = 00 11 11 11 10 11 11 11 0x089[15:0] = XX 11 11 11 11 11 11 11
Stage2	Slider Segment 1	CIN4 is connected to the CDC positive input; CIN0 to CIN3 and CIN5 to CIN13 are connected to C _{SHIELD}	0x090[15:0] = 00 11 11 10 11 11 11 11 0x091[15:0] = XX 11 11 11 11 11 11 11
Stage3	Slider Segment 2	CIN5 is connected to the CDC positive input; CIN0 to CIN4 and CIN6 to CIN13 are connected to C _{SHIELD}	0x098[15:0] = 00 11 10 11 11 11 11 11 0x099[15:0] = XX 11 11 11 11 11 11 11
Stage4	Slider Segment 3	CIN6 is connected to the CDC positive input; CIN0 to CIN5 and CIN7 to CIN13 are connected to C _{SHIELD}	0x0A0[15:0] = 00 10 11 11 11 11 11 11 0x0A1[15:0] = XX 11 11 11 11 11 11 11
Stage5	Slider Segment 4	CIN7 is connected to CDC positive input; CIN0 to CIN6 and CIN8 to CIN13 are connected to C _{SHIELD}	0x0A8[15:0] = 00 11 11 11 11 11 11 11 0x0A9[15:0] = XX 11 11 11 11 11 11 10
Stage6	Slider Segment 5	CIN8 is connected to CDC positive input; CIN0 to CIN7 and CIN9 to CIN13 are connected to C _{SHIELD}	0x0B0[15:0] = 00 11 11 11 11 11 11 11 0x0B1[15:0] = XX 11 11 11 11 11 10 11
Stage7	Slider Segment 6	CIN9 is connected to CDC positive input; CIN0 to CIN8 and CIN10 to CIN13 are connected to C _{SHIELD}	0x0B8[15:0] = 00 11 11 11 11 11 11 11 0x0B9[15:0] = XX 11 11 11 11 10 11 11
Stage8	Slider Segment 7	CIN10 is connected to the CDC positive input; CIN0 to CIN9 and CIN11 to CIN13 are connected to C _{SHIELD}	0x0C0[15:0] = 00 11 11 11 11 11 11 11 0x0C1[15:0] = XX 11 11 11 10 11 11 11
Stage9	Slider Segment 8	CIN11 is connected to the CDC positive input; CIN0 to CIN10, CIN12, and CIN13 are connected to C _{SHIELD}	0x0C8[15:0] = 00 11 11 11 11 11 11 11 0x0C9[15:0] = XX 11 11 10 11 11 11 11
Stage10	8-way switch top and bottom	CIN2 is connected to the CDC positive input; CIN13 is connected to the CDC negative input; CIN0, CIN1, and CIN3 to CIN12 are connected to C _{SHIELD}	0x0D0[15:0] = 00 11 11 11 11 10 11 11 0x0D1[15:0] = XX 01 11 11 11 11 11 11
Stage11	8-way switch left and right	CIN0 is connected to the CDC positive input; CIN12 is connected to the CDC negative input; CIN0, CIN1, and CIN3 to CIN12 are connected to C _{SHIELD}	0x0D8[15:0] = 00 11 11 11 11 11 11 10 0x0D9[15:0] = XX 11 01 11 11 11 11 11

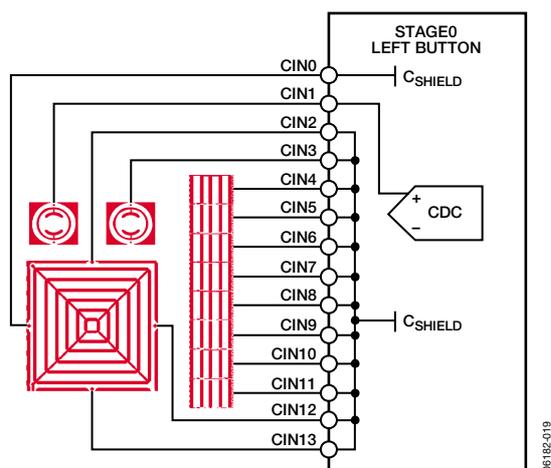


図19. STAGE0の接続：左側のボタンをCDCに接続

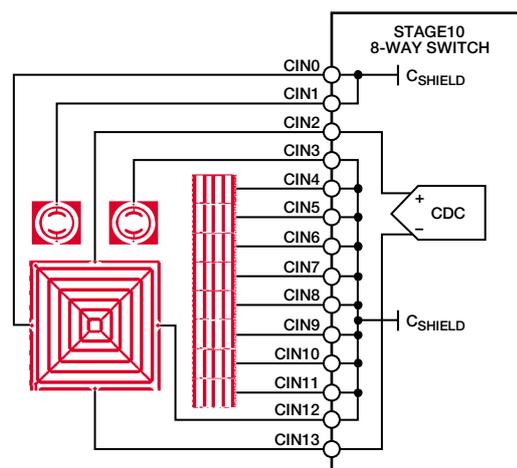


図21. STAGE10の接続：8方向スイッチの上下セグメントをCDCに接続

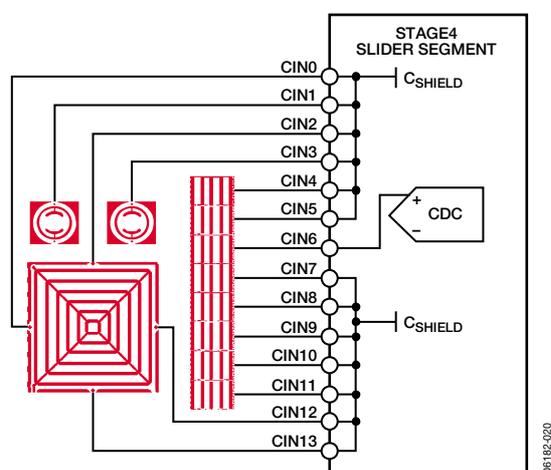


図20. STAGE4の接続：スライダ・セグメント3をCDCに接続