

## CapTouch アプリケーション用にAD714Xを調整

著者: Susan Pratt

### はじめに

AD714x CapTouch™コントローラは、各アプリケーションに対して最適性能を提供するように調整する必要があります。調整は、ボタン、スクロール・バー、ホイールのようなコントローラに接続されるセンサーのタイプに依存します。センサーのサイズ、周囲、オーバーレイはすべて、性能に影響を与えます。

調整プロセスは簡単な 5 ステップから構成され、このアプリケーション・ノートではこれらについて説明します。これらのステップは次の 2 つの方法で行われます。

- 方法 A は、AD714x 評価ボードではなく、開発システムによるレジスタに対する読み書きから構成されます。
- 方法 B は、AD714x 評価ボードとソフトウェアの使用から構成されます。

調整を開始する際には、最終製品または最終デザインが対象になっていることを確認してください(最終製品としてはセンサーPCB、または可能な限りそれに近いもの)。センサーのオーバーレイは、最終製品と同じように実装する必要があります。

センサーPCB、実装材料、オーバーレイ材料を変更した場合には、さらに調整が必要になります。

各センサーについて、5つのステップを次に示します。

1. 入力接続をセットアップします。
2. バルク容量または漂遊容量を相殺します。
3. 上側または下側のクランプ値を求めます。
4. 上側または下側のオフセット値を求めます。
5. 感度を設定します。

各変換ステージについて、ステップ 1～ステップ 5 を実行します。

各ステージ/センサーに対して 8 個の調整レジスタが、次のようにレジスタ・バンク 2 に配置されています。

- STAGEX\_CONNECTION Bits[6: 0]
- STAGEX\_CONNECTION Bits[13: 7]
- STAGEX\_AFE\_OFFSET
- STAGEX\_SENSITIVITY
- STAGEX\_OFFSET\_LOW
- STAGEX\_OFFSET\_HIGH
- STAGEX\_OFFSET\_HIGH\_CLAMP
- STAGEX\_OFFSET\_LOW\_CLAMP

## 目次

はじめに.....	1	ステップ 3: 上側と下側のクランプ値の取得.....	8
予備ステップ.....	3	センサー・アクティブ化の登録.....	8
AD714x が設定済みでないことの確認.....	3	クランプ値.....	8
外部センサーPCB の AD714x 評価ボードへの接続 (方法 B を使用する場合).....	3	方法 A: AD714x への書き込み.....	8
コントローラ・シーケンサの理解.....	3	方法 B: 評価ソフトウェアの使用.....	8
ステップ 1: 入力接続のセットアップ.....	4	ステップ 4: 上側と下側のオフセット値の取得.....	9
スライダとホイールの場合.....	4	評価ソフトウェアを使用したクランプ値とオフセット値の変更.....	9
キーパッドの場合.....	5	ステップ 5: 感度の設定.....	10
方法 A: AD714X への書き込み.....	5	方法 A: AD714x への書き込み.....	10
方法 B: 評価ソフトウェアの使用.....	6	方法 B: 評価ソフトウェアの使用.....	10
ステップ 2: バルク/漂遊容量の相殺.....	7	結論.....	11
方法 A: AD714X への書き込み.....	7	評価ソフトウェアを使用した AD714x 設定の保存.....	11
方法 B: 評価ソフトウェアの使用.....	7		

## 予備ステップ

### AD714x が設定済みでないことの確認

開始する前に、AD714x が設定済みでないことを確認することは重要です。各ステージの最初の 3 個のレジスタ(X = 0 to 11)が次のように設定されていることを確認します。

- StageX\_Connection Bits[6: 0] = 0xFFFF
- StageX\_Connection Bits[13: 7] = 0x3FFF
- StageX\_AFE\_Offset = 0x0000

3 個のレジスタが上記のように設定された後に、調整プロセスを開始することができます。この作業を実施する 2 つの方法の内方法 A では、AD714x 評価ボードではなく開発システムを使用することを想定しています。一方、方法 B では調整に対して AD714x 評価ボードの使用を想定しています。

### 外部センサーPCB の AD714x 評価ボードへの接続 (方法 B を使用する場合)

評価ボード・ソフトウェアとホスト・マイクロコントローラを使用して、カスタム・センサーを評価することができます(方法 B の場合)。方法 B では、外部センサーPCB をボードに接続した後に次のステップを実行する必要があります。

- 評価ボードの電源をオンにします。
- スイッチ S4 をオフ・ポジションにします。
- 外部センサーPCB を J1 または J2 に接続します。

外部センサーPCB 上にある AD714x のシリアル・インターフェースが、評価ボード上にある ADuC841 のシリアル・インターフェースに接続されるようになります。

外部センサーPCB では、ボード上に AD714x を実装している必要があります。外部センサーを制御するために、評価ボード上の AD714x を使うことはできません。

### コントローラ・シーケンサの理解

AD714x シーケンサ(図 1 参照)は、時分割マルチプレクス(TDM)方式で AD714x 上の変換を制御します。このシーケンサは、AD7142 と AD7147 では 12 ステージで、AD7143 では 8 ステージで、それぞれ構成されています。センサーの各 CIN 入力の容量を測定するときは、少なくとも 1 変換ステージを使います。任意の CIN 入力を任意のステージに割り当てることができます。調整は 1 ステージごとに行われます。

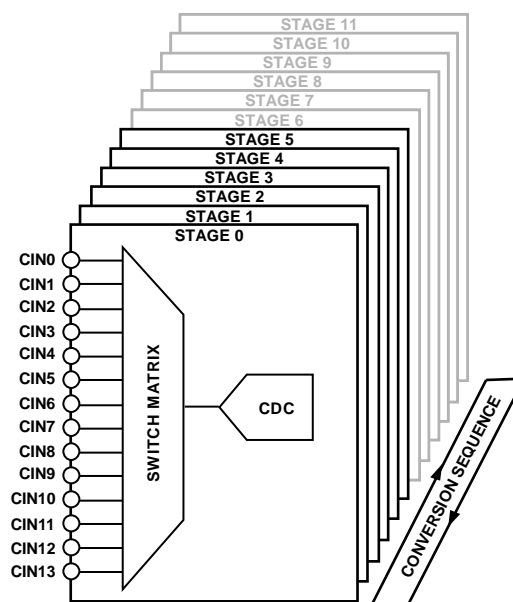


図 1. 変換シーケンス

06826-001

## ステップ1: 入力接続のセットアップ

各 CIN 入力、コンバータの正または負の入力ピンに接続することができます(図 2 参照)。各 CIN 入力、内部でバイアス・ノードに接続するか、またはフローティングのままにしておくことができます。CDC に接続しないすべての CIN は、バイアスに接続する必要があります。

各 CIN 入力には、この接続を制御する 2 ビットが設けてあります。

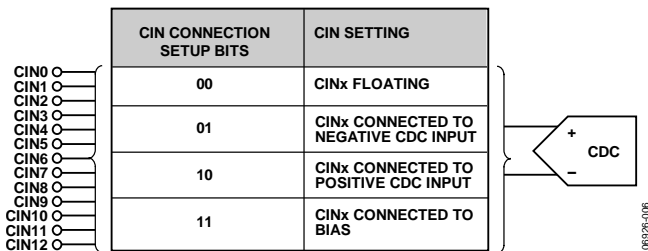


図 2.入力接続のセットアップ

CIN 入力設定は、各変換ステージごとに異なります。一般的な規則としては、変換ステージで 1 本の CIN 入力 CDC に接続され、その CIN に接続されているセンサーを計測します。

### ボタンの場合

ボタン・センサーを容量デジタル・コンバータ(CDC)の正または負の入力に接続することができます(図 3 参照)。1 つのボタンを正の CDC 入力へ、他のボタンを負の CDC 入力へ、それぞれ接続して、2 つのボタンで同じステージ(差動)を使うことができます。差動接続されたボタンは互いに相殺し合うので、同時にアクティブにすることはできません。

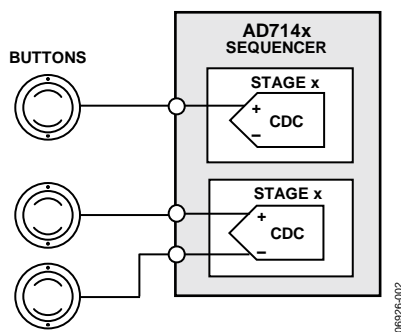


図 3.ボタン・センサーの接続

### スライダとホイールの場合

スライダとホイールは、8 個のセンサー・セグメントから構成されています(図 4 参照)。各セグメントは、ボタンの接続と同様に、個別に正の CDC 入力に接続されます。

スクロール時、複数のセグメントが応答します。高分解能のポジションを得るためには、ソフトウェア・アルゴリズムを使用します。

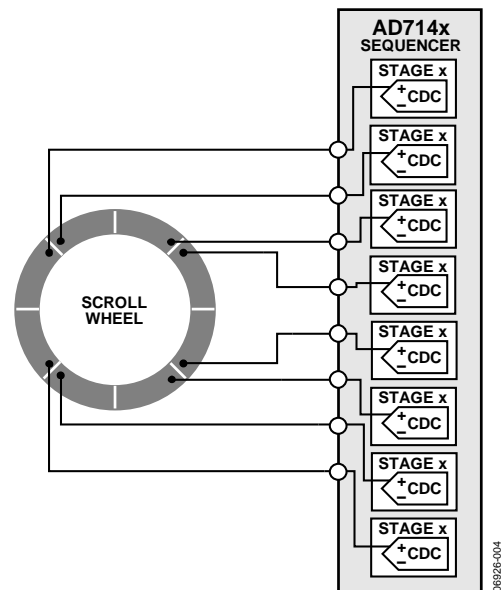


図 4.スライダ/ホイールの接続

レシオメトリック・スライダの場合(図 5 参照)、CIN 入力は 2 本のみ使用します。各 CIN 入力は、正の CDC 入力に接続します。

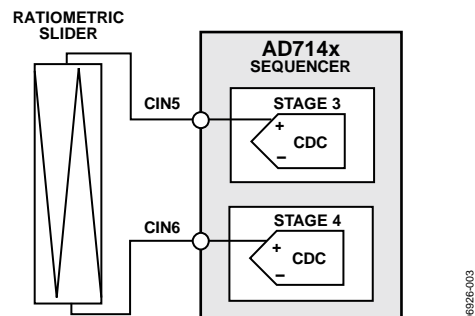


図 5.レシオメトリック・スライダの接続

## キーパッドの場合

キーパッドの各列と各行は、それぞれ 1 本の接続を使って正の CDC 入力に接続します(図 6 参照)。マトリックス・キーパッド動作の場合、行と列のステータスをチェックして、押されたキーを見つけます。

コントローラの最大許容キーパッド・サイズは、

- AD7142 と AD147 の場合:  $6 \times 6 = 36$  キー
- AD7143 の場合:  $4 \times 4 = 16$  キー

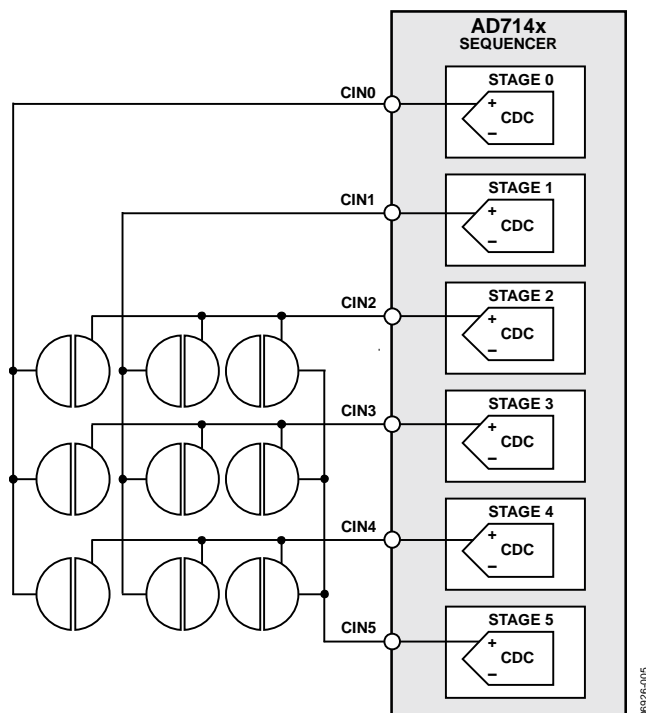


図 6. キーパッドの接続

## 方法 A: AD714X への書き込み

1. STAGEX\_CONNECTION ビット [6: 0] レジスタと STAGEX\_CONNECTION ビット [13: 7] レジスタへ書き込みを行って、CIN 接続を設定します。
2. 各ステージの各 CIN 入力への接続を設定します。
  - 00 = CIN<sub>x</sub> を CDC 入力へ接続しない
  - 01 = CIN<sub>x</sub> を CDC 負入力へ接続
  - 10 = CIN<sub>x</sub> を CDC 正入力へ接続
  - 11 = CIN<sub>x</sub> をバイアスへ接続(未使用 CIN 入力の接続)
3. 多くのアプリケーションでは、1 本の CIN のみを各ステージの CDC 入力に接続します。
4. すべての未使用 CIN 入力をバイアスへ接続します。  
たとえば、変換ステージ 2 で計測対象の CIN4 は次のようにセットアップします。

STAGE2\_CONNECTION [6: 0] = 0xFEFF

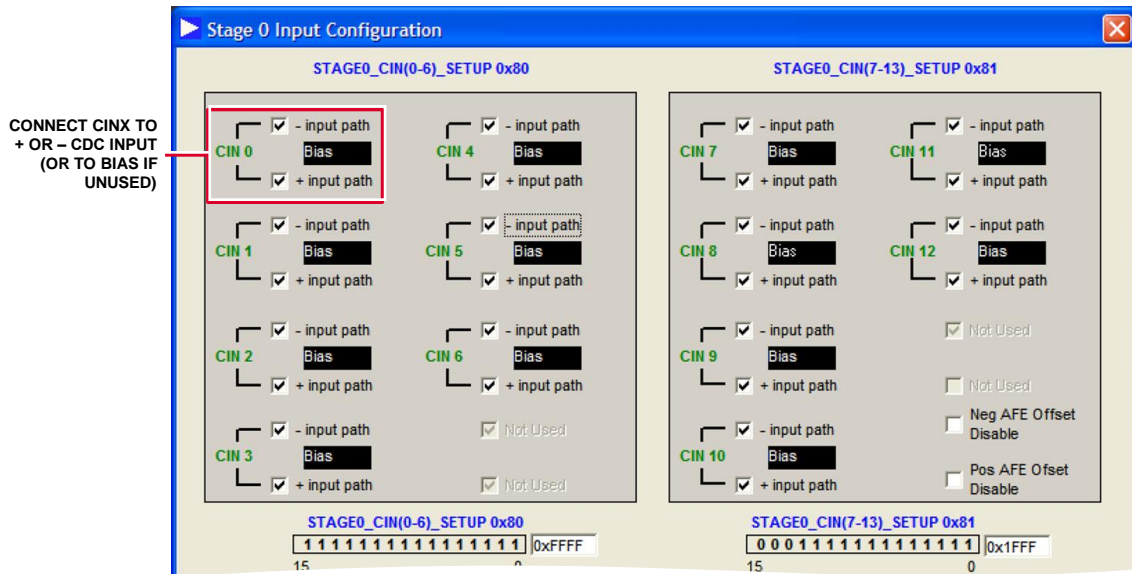
STAGE2\_CONNECTION [13: 7] = 0x3FFF

各変換ステージに対して、ステップ 1～ステップ 4 を繰り返します。

### 方法 B: 評価ソフトウェアの使用

入力設定ダイアログ・ボックス(図 7 参照)を開くときは、評価ソフトウェアを起動して、Register Configuration を選択し、CIN Configuration Block STAGEX を選択します。

すべての CINx を正または負の CDC 入力、またはバイアス (未使用)に接続します(図 7 参照)。各変換ステージに対してこの手順を繰り返します。



**NOTES**  
1. PATH TO WINDOW: REGISTER CONFIGURATION > CIN CONFIGURATION BLOCK STAGEX.

069296-007

図 7. 入力設定メニュー

## ステップ2: バルク/漂遊容量の相殺

AD7142 と AD7143 の場合、 $C_{BULK}$  は PCB 材料に起因する容量です。AD7147  $C_{STRAY}$  の場合、グラウンドに対する容量です。次の点に注意してください。

- $C_{BULK}$  または  $C_{STRAY}$  が  $C_{IN}$  の計測に影響を与えないようにします。
- $C_{IN}$  はフェムト・ファラッド(fF)単位で測定します。
- $C_{BULK}/C_{STRAY}$  はピコ・ファラッド(pF)単位で測定します。

内蔵の7ビット DAC を使用して、 $C_{BULK}/C_{STRAY}$  (20 pF オフセット機能)を相殺させます。

センサーに触れていないときに、DAC を使って CDC 出力値をミッド・スケール CDC 出力コード(約 32,000 コード)に設定します。

### 方法 A: AD714X への書き込み

1. CDC\_RESULT\_SX レジスタからセンサーの  $C_{BULK}$  値を読み出します。
2.  $C_{INx}$  が正の CDC 入力に接続されている場合、POS\_AFE\_OFFSET 値を 1 LSB だけ増加させます。

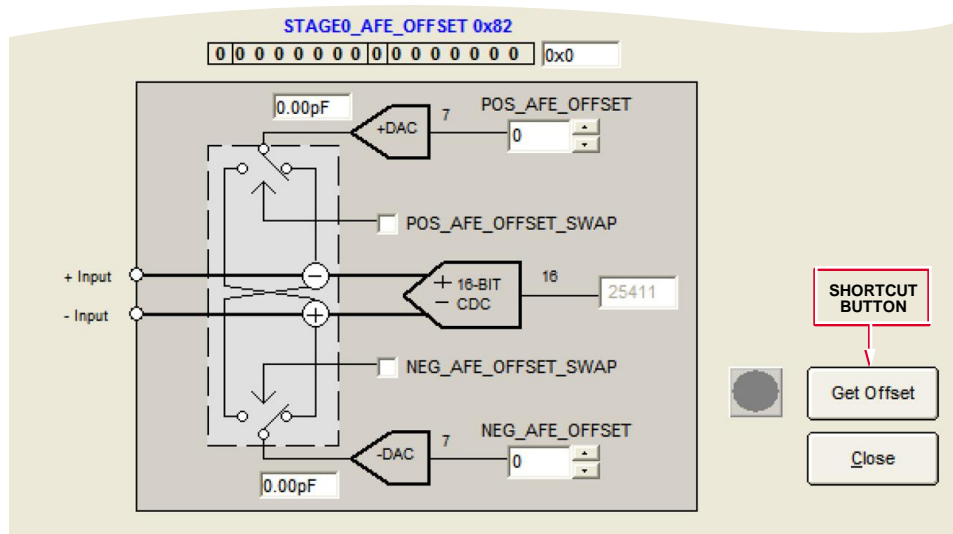
$C_{INx}$  が負の CDC 入力に接続されている場合、NEG\_AFE\_OFFSET 値を 1 LSB だけ増加させます。

3. CDC\_RESULT\_STAGEX レジスタから再度読み出します。
4. CDC\_RESULT\_STAGEX 値ができるだけ 32,768 に近づくまで、ステップ 2 とステップ 3 を繰り返します。POS\_AFE\_OFFSET と NEG\_AFE\_OFFSET の最適値はゼロであることに注意してください。

### 方法 B: 評価ソフトウェアの使用

図 8 に示すダイアログ・ボックスを開くときは、評価ソフトウェアを起動して、Register Configuration を選択し、CIN Configuration Block STAGEX を選択します。

ショートカット・ボタンを使って、必要なオフセット値を取得します。オフセットが正しく設定されたとき、CDC の出力はミッド・スケール(約 32,700 コード)に近い必要があります。そうでない場合には、POS\_AFE\_OFFSET ボックスまたは NEG\_AFE\_OFFSET ボックスの隣にある矢印をクリックして、値を変えます。



#### NOTES

1. PATH TO WINDOW: REGISTER CONFIGURATION > CIN CONFIGURATION BLOCK STAGEX.

06826-008

図 8.AFE\_OFFSET の設定

## ステップ3: 上側と下側のクランプ値の取得

### センサー・アクティブ化の登録

センサーから計測した値が上側スレッショールドを超えて増加した場合、または減少して下側スレッショールドを下回った場合、センサーがアクティブになります(図 9 参照)。

スレッショールド値は、内蔵ロジックにより連続的に更新されて、周囲(バックグラウンド)容量レベルの変化を反映させます。

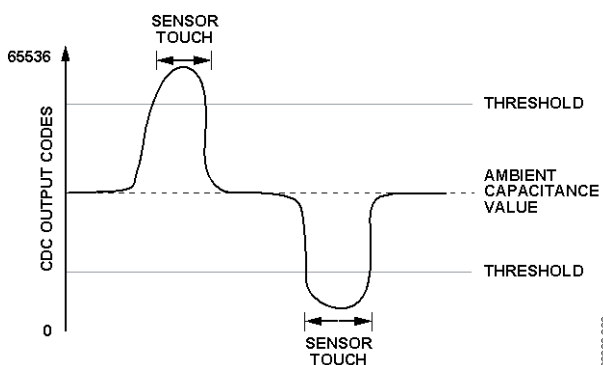


図 9.センサーのアクティブ化

### クランプ値

内蔵デジタル・ロジックには初期値が必要です。

上側と下側のクランプ値は、最大および最小のセンサー応答を決めることにより、求められます。

これらのクランプ値は、環境補償と適応型スレッショールドの内蔵デジタル・ロジックにより使用されます。

CIN 入力が 1 本だけ CDC に接続されているステージの場合、上側クランプ値と下側クランプ値は等しくなります。

CIN<sub>x</sub> が正の CDC 入力に、CIN<sub>y</sub> が負の CDC 入力に、それぞれ接続されている場合は、上側と下側のクランプ値は異なります。これは、2 個のボタンが差動で接続されているケースに該当します。

### 方法 A: AD714x への書き込み

センサーに触れていないときに、ADC\_RESULT\_SX (CDC\_RESULT\_SX とも呼ばれます)を読み出します。

センサーに触れているときに、ADC\_RESULT\_SX を読み出します。指が大きいほど、センサー応答が大きくなります。

クランプ値は、触れたときの値と触れていないときの値の差になります。

$$\text{クランプ} = |\text{触れたときの CDC 値} - \text{触れていないときの CDC 値}|$$

上側クランプ値は STAGEX\_OFFSET\_HIGH\_CLAMP へ、下側クランプ値は STAGEX\_OFFSET\_LOW\_CLAMP へ、それぞれ書き込まれます。

CIN 入力が 1 本だけ CDC に接続されているステージの場合、上側クランプ値と下側クランプ値は等しくなります。

2 個のセンサーが CDC に接続されているステージの場合は、ステップ 1 ～ステップ 3 に従います。

1. 各センサーに一度に一回触れます。
2. センサーから上側クランプ値を取得します。この値は、触れたときに CDC コードの増加を示します。
3. センサーから下側クランプ値を取得します。この値は、触れたときに CDC コードの減少を示します。

### 方法 B: 評価ソフトウェアの使用

1. 評価ソフトウェアを使用して各センサーの CDC 出力をプロットします(図 10 参照)。

評価ソフトウェアを起動して Register Configuration を選択し、Calibration STAGEX を選択します。Read Continuously ボタンをクリックして、CDC 値をプロットします。

2. 最も太い指を使って、最大/最小のセンサー応答を取得します。

3. クランプ値は次のように計算します。

$$\text{クランプ} = |\text{触れたとき} - \text{触れないとき}| \text{ CDC 値}$$

この例では、

$$\text{クランプ} = |34540 - 33450|$$

$$\text{STAGEX\_OFFSET\_HIGH\_CLAMP} = 1090$$

$$\text{STAGEX\_OFFSET\_LOW\_CLAMP} = 1090$$

4. ステップ 3 で計測した値を各 STAGE\_OFFSET\_CLAMP レジスタに設定します。

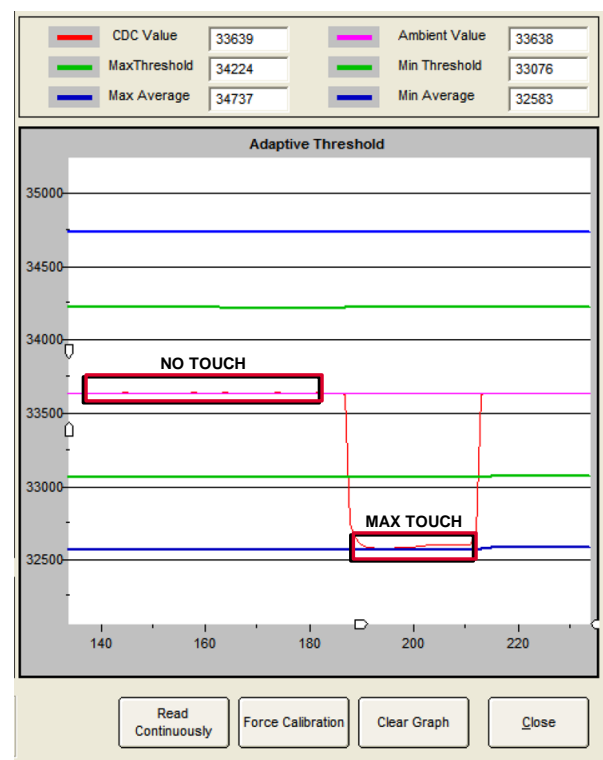


図 10.センサー応答の計測



## ステップ4: 上側と下側のオフセット値の取得

上側と下側のオフセット値を取得する手順は、方法 A または方法 B で使用した手順と同じです。

上側と下側のオフセット値は、パワーアップ時にセンサー・アクティブ化スレッシュホールドを計算するときに使用する値です。実際のスレッシュホールドは、感度の設定も考慮します。

計算は次のようになります。

$$\text{オフセット} = \text{クランプ値} \times 0.8$$

$$\text{STAGEX\_OFFSET\_LOW} = \text{STAGEX\_OFFSET\_LOW\_CLAMP} \times 0.8$$

$$\text{STAGEX\_OFFSET\_HIGH} = (\text{STAGEX\_OFFSET\_HIGH\_CLAMP} \times 0.8)$$

たとえば、LOW\_CLAMP = 2000 で HIGH\_CLAMP = 2500 のとき、

$$\text{STAGEX\_OFFSET\_LOW} = 1600$$

$$\text{STAGEX\_OFFSET\_HIGH} = 2000$$

### 評価ソフトウェアを使用したクランプ値とオフセット値の変更

図 11 に示すダイアログ・ボックスを開くときは、評価ソフトウェアを起動して、Register Configuration を選択し、Calibration STAGEX を選択します。

STAGEx\_OFFSET\_CLAMP 値と STAGEx\_OFFSET 値を変更するときは、該当する矢印を使って値を増減します。

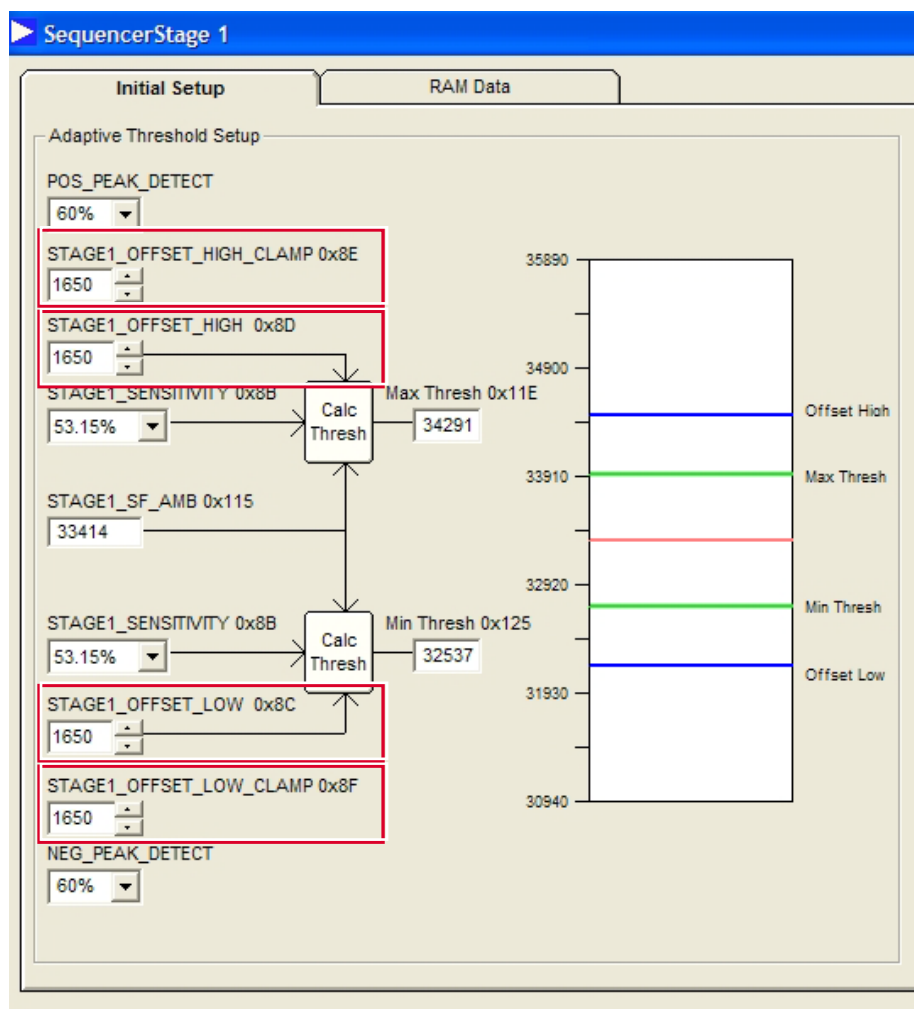


図 11. オフセット値とクランプ値の設定

## ステップ5: 感度の設定

各センサーに対して独自の感度レベルを設定することができます。最大 16 レベルの感度を使用することができます。感度設定では、周囲を基準とする平均最大センサー出力の 25%~95% のアクティブ化スレッシュホールドを設定します。図 12 を参照してください。

感度設定での小さい値は、軽く触れるだけでセンサーがトリガーされることを意味します。一方、感度設定の大きい値は強く触れたときのみセンサーがトリガーされることを意味します。

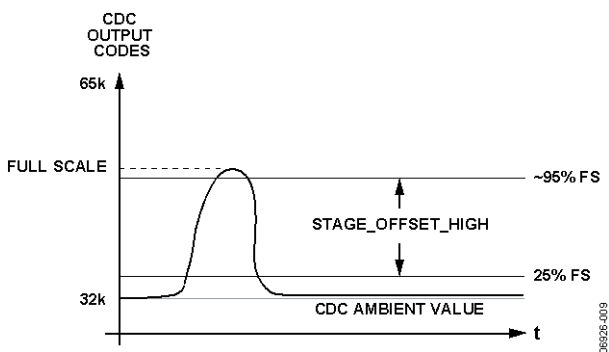


図 12.

### 方法 A: AD714x への書き込み

感度設定は全体として、センサーがユーザーを検出する方法に依存します。この検出方法は設計者が指定します。

感度を 53% に設定することから開始します。

`STAGEX_SENSITIVITY = 0110`

感度応答を大きくする場合は、感度設定を小さくします。たとえば、

`STAGEX_SENSITIVITY = 0001 = 29%`

感度応答を小さくする場合は、感度設定を大きくします。たとえば、

`STAGEX_SENSITIVITY = 1101 = 85%`

### 方法 B: 評価ソフトウェアの使用

感度設定は、ユーザーの設定に依存します(センサーのソフトタッチまたはハードタッチ)。図 13 を参照してください。

感度を公称 50% に設定することから開始します。

感度を大きくする場合(ソフトタッチでセンサーをアクティブ化)、感度のパーセント値を小さくします。感度を小さくする場合(ハードタッチでセンサーをアクティブ化)、感度のパーセント値を大きくします。

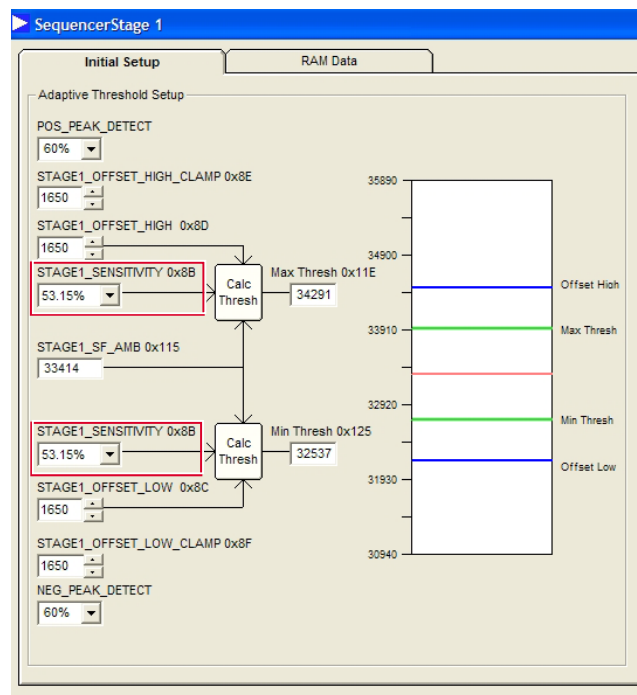


図 13. 評価ソフトウェアを使用した感度設定の変更

## 結論

このアプリケーション・ノートでは、AD714x CapTouch コントローラを調整する次の 5 ステップのプロセスについて説明しました。

1. 入力接続をセットアップします。
2. バルク容量または漂遊容量を相殺します。
3. 上側または下側のクランプ値を求めます。
4. 上側または下側のオフセット値を求めます。
5. 感度を設定します。

各変換ステージに対してステップ 1～ステップ 5 を実行すると、AD714x のバンク 2 の全設定値が得られます。デバイスのパワーアップ時に、これらの値を AD714x に書き込むことにより、アプリケーションに合わせた設定を行う必要があります。

## 評価ソフトウェアを使用した AD714x 設定の保存

評価ソフトウェアを起動して Register Configuration を選択することにより、ウインドウ(図 14 参照)を開きます。

設定データを C コードで保存するときは、**Create Config File** ボタンを選択します。AD714X のレジスタ設定が C コード・ヘッダー・ファイルに保存されます。

評価ソフトウェアを使って AD714x に再ロードできるように設定データを保存するときは、**Setup Registers** ボタンを選択して、**Save** を選択します。

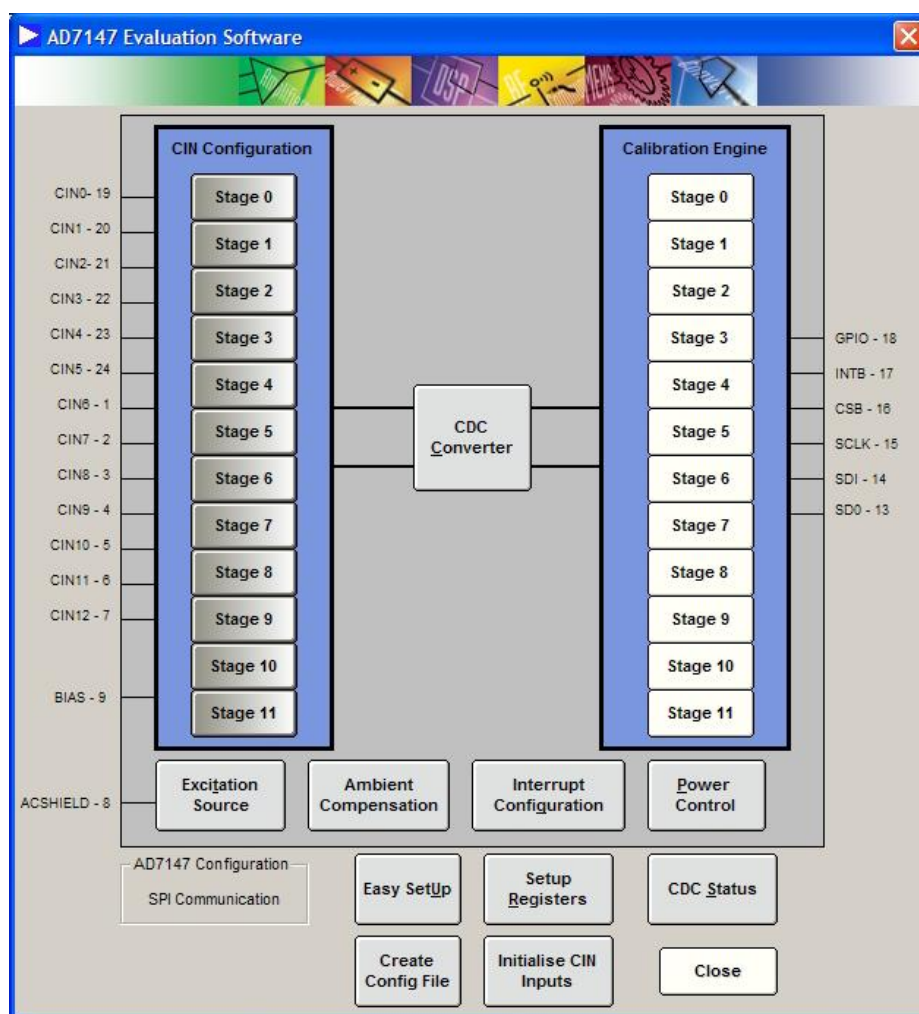


図 14. 設定データの保存