

# タッチ・スクリーン・コントローラの制御方式

Wendy Fang

PAM - DAP Nyquist ADC

このアプリケーション・レポートでは、設計者が各自のシステムやアプリケーションに最も適したタッチ・スクリーン・コントローラ (TSC) デバイスを選定して使用できるように、コマンド・ベース方式とレジスタ・ベース方式という2つの

TSCの制御方式について説明します。それぞれの方式での標準的なTSCの動作シーケンスを一覧にして示し、アナログ/デジタル・インターフェイスを詳細に調査し、消費電力などのシステム・パフォーマンスを分析します。

## 内 容

1.	はじめに.....	3
2.	TSCのシステム.....	3
3.	コマンド・ベース方式.....	4
3.1.	標準的な動作.....	4
3.2.	デジタル・バスの制限.....	6
3.3.	その他の制限.....	7
4.	拡張コマンド・ベース方式.....	7
4.1.	標準的な動作.....	7
4.2.	デジタル・バスの制限.....	9
5.	レジスタ・ベース方式.....	9
5.1.	標準的な動作.....	9
6.	バッチ遅延のあるレジスタ・ベース方式.....	11
6.1.	標準的な動作.....	11
7.	結論.....	12
8.	参考文献.....	12
9.	用語.....	12

I<sup>2</sup>Cは、Koninklijke Philips Electronics N.V.の商標です。

SPIは、Motorola, Inc.の商標です。

この資料は、Texas Instruments Incorporated (TI) が英文で記述した資料を、皆様のご理解の一助として頂くために日本テキサス・インスツルメンツ (日本TI) が英文から和文へ翻訳して作成したものです。

資料によっては正規英語版資料の更新に対応していないものがあります。日本TIによる和文資料は、あくまでもTI正規英語版をご理解頂くための補助的参考資料としてご使用下さい。

製品のご検討およびご採用にあたりましては必ず正規英語版の最新資料をご確認下さい。

TIおよび日本TIは、正規英語版にて更新の情報を提供しているにもかかわらず、更新以前の情報に基づいて発生した問題や障害等につきましては如何なる責任も負いません。

SLAA359 翻訳版

最新の英語版資料

<http://www-s.ti.com/sc/techlit/slaa359.pdf>

## 説明図

図 1.	TIのTSCデバイスを使用した、4線式タッチ・スクリーン・システムのブロック図.....	3
図 2.	TSC2003のアナログ・インターフェイス (X, Y, Z <sub>1</sub> , Z <sub>2</sub> の取得) .....	5
図 3.	TSC2003のデジタル・インターフェイス (ホストによる X, Y, Z <sub>1</sub> , Z <sub>2</sub> データの読み取り) .....	5
図 4.	標準コマンド・ベース方式TSCの動作フロー (座標データはX, Yの2つ) .....	5
図 5.	TSC2007のアナログ・インターフェイス (X, Y, Z <sub>1</sub> , Z <sub>2</sub> の取得) .....	8
図 6.	TSC2007のデジタル・インターフェイス (ホストによる X、Y、Z <sub>1</sub> 、Z <sub>2</sub> データの読み取り) ....	8
図 7.	拡張コマンド・ベース方式のTSC動作フロー (7データ・セットMAVF内蔵) .....	8
図 8.	TSC2004のアナログ・インターフェイス (バッチ遅延なし) .....	10
図 9.	TSC2004のデジタル・インターフェイス (X, Y, Z <sub>1</sub> , Z <sub>2</sub> の読み取り) .....	10
図 10.	通常のレジスタ・ベース方式TSCの動作フロー (バッチ遅延なし) .....	10
図 11.	TSC2004のアナログ・インターフェイス (バッチ遅延あり) .....	11
図 12.	レジスタ・ベース方式TSCの動作フロー (バッチ遅延あり) .....	12

## 説明表

表 1.	TIの抵抗膜方式 タッチ・スクリーン・コントローラの主な特長 .....	4
表 2.	コマンド・ベース方式TSCデバイスの動作シーケンス.....	4
表 3.	I <sup>2</sup> C デジタル・インターフェイス・モードとTSC2003が送信可能な最大SSPSレート .....	6
表 4.	TSC2007ベースのタッチ・システムの動作シーケンス.....	7
表 5.	TSC2007のI <sup>2</sup> C インターフェイスの最大SSPSレート.....	9
表 6.	レジスタ・ベース方式TSCデバイスの動作シーケンス.....	9
表 7.	レジスタ・ベース方式TSC (バッチ遅延あり) の動作シーケンス.....	11

## 1. はじめに

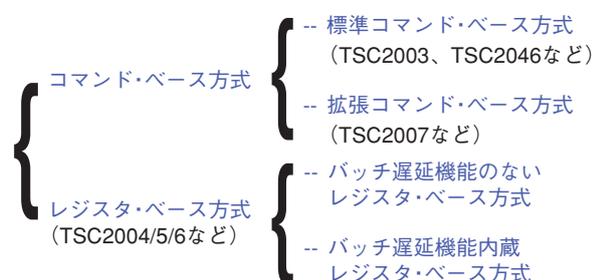
現在販売されている抵抗膜方式タッチ・スクリーン・コントローラ (TSC) デバイスの種類は様々です。TIは、ADS7843、ADS7845、ADS7846のような初期の製品から、幅広く使用されているTSC2003やTSC2046、さらに超低消費電力の新製品TSC2004、TSC2005、TSC2007など、ハイ・パフォーマンスのTSCデバイス製品ファミリーを製造しています。

上記のTSCデバイスのうち、自分のアプリケーションにはどれが最も合うだろうかとお考えになるかもしれません。このアプリケーション・レポートでは「TSCデバイスの制御方式」という観点から、この疑問に対する答えを提示します。

制御方式を基準にすると、抵抗膜方式TSCデバイスは2種類に大別できます。ひとつはADS7846、TSC2003、TSC2007のように「コマンド・ベース方式」の技術を使用したタイプです。もうひとつはTSC2004やTSC2005のように、組み込みのデジタル・レジスタを使用して、完全にプログラム可能な機能をもつ「レジスタ・ベース方式」というタイプです。

TSCの制御方式は、アナログ/デジタル・インターフェイスの設計、タッチ・スクリーン・システムのパフォーマンス、システムの消費電力、開発コストに大きく影響します。

システム・パフォーマンスを考慮すると、TSC制御方式はさらに次のように分類できます。



このアプリケーション・レポートでは、上記の各方式による代表的なTSCシステムの制御について説明し、システムのアナログ/デジタル・インターフェイスについて調べ、消費電力などのシステム・パフォーマンスを分析します。

## 2. 略語と用語

図1のように、TSCデバイスは抵抗膜方式タッチ・スクリーン (パネル) とホスト・プロセッサの間で使用されます。PDAのようにタッチ・パネルがアナログ・センサであるシステムのプロセッサでは、一般的に複数のタスクや関数を処理します。

1つのTSCシステムには、次の2つのインターフェイスがあります。

- アナログ・インターフェイス (TSCとタッチ・パネルの間の接続)
- デジタル・インターフェイス (TSCとホスト・プロセッサの間のブリッジ)

現在一般に販売されているタッチ・パネルは、4線 (8線) 抵抗膜方式と5線 (7線) 抵抗膜方式です。最もシンプルで、ハードウェアとソフトウェアの開発コストが一番低い4線式が、最もよく使用されています。

デジタル・インターフェイス側では、TSCとホスト・プロセッサをSPI™バスまたはI<sup>2</sup>C™バスで接続しています。プロセッサはアプリケーション (製品) の制御中枢であるため、通常は各種周辺デバイスと接続して複数の機能を実行します。プロセッサに接続する多くの周辺デバイスのひとつとして見ると、TSCはデジタル・バス・スレーブであり、通常はタッチ・パネル上で圧力を検出した場合のみプロセッサとの通信を行います。

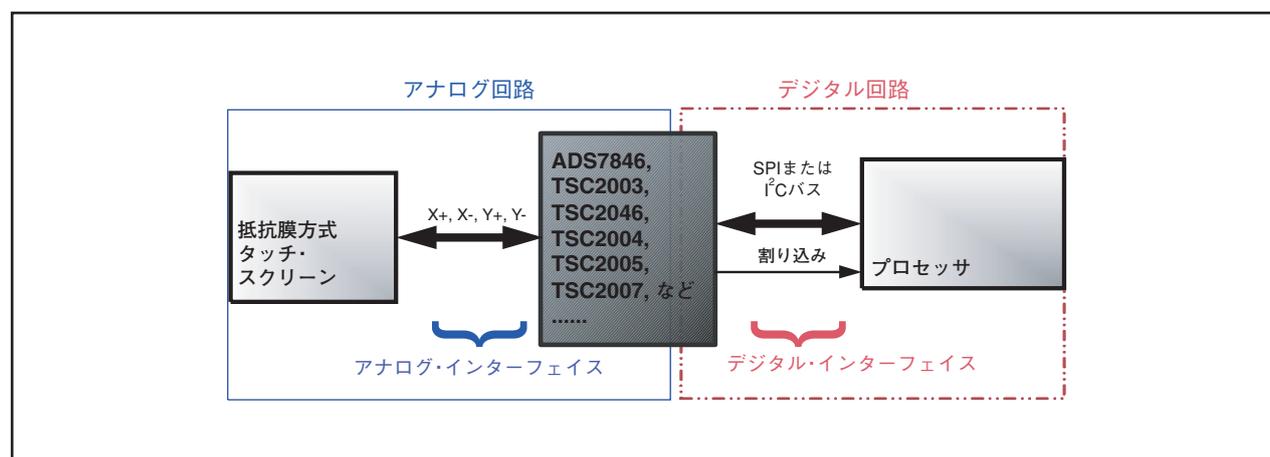


図 1. TIのTSCデバイスを使用した、4線式タッチ・スクリーン・システムのブロック図

TSCデバイス	アナログ・インターフェイス	デジタル・インターフェイス	制御方式
ADS7843	4線式	SPI	標準コマンド・ベース方式
ADS7845	5線式	SPI	標準コマンド・ベース方式
ADS7846	4線式	SPI	標準コマンド・ベース方式
TSC2003	4線式	I <sup>2</sup> C	標準コマンド・ベース方式
TSC2046	4線式	SPI	標準コマンド・ベース方式
TSC2004	4線式	I <sup>2</sup> C	バッチ遅延機能内蔵レジスタ・ベース方式
TSC2005	4線式	SPI	バッチ遅延機能内蔵レジスタ・ベース方式
TSC2006	4線式	SPI	バッチ遅延機能内蔵レジスタ・ベース方式
TSC2007	4線式	I <sup>2</sup> C	拡張コマンド・ベース方式

表 1. TIの抵抗膜方式 タッチ・スクリーン・コントローラの主な特長

設計するアプリケーション用の抵抗膜方式TSCデバイスを選択するには、まずTSCのインターフェイスについて検討する必要があります。例えば、アナログ・インターフェイスの接続先は4線式または5線式のパネルです。デジタル・インターフェイスの接続先はSPI™かI<sup>2</sup>C™です。その次に重要な検討事項がTSCの制御方式です。表1は、アナログ/デジタル・インターフェイスの種類と制御方式で分類した、TIのTSCデバイスのリストです。

### 3. コマンド・ベース方式

コマンド・ベース方式のTSCデバイスは、完全にホスト・プロセッサの制御つまりコマンドに従って動作します。通常、タッチ圧がオンの間は、ホスト側でコマンド・ベース方

式TSCデバイスの状態を十分に把握している必要があります。TSC2003 (I<sup>2</sup>Cデジタル・バス)とTSC2046 (SPIデジタル・バス)は、代表的なコマンド・ベース方式のTSCデバイスです。

#### 3.1 標準的な動作

表2に、ホストがコマンド・ベース方式でタッチ・データを読み取るための標準的な動作シーケンスを示します。図2と図3に示すように、タッチ・システムが表2のステップ2~12を実行している間は、アナログ・インターフェイスとデジタル・インターフェイスの両方で非常に処理が活発になります。TSC2003EVMを使用して測定した、アナログ・インターフェイスのタイミングが図2で、TSC~ホスト間デジタル・バス (I<sup>2</sup>C) での動作が図3です。

ステップ	状態	動作
1	タッチ・パネルに圧力がかかっていない	TSCはパワー・ダウン状態。アナログとデジタルどちらのインターフェイスにもトラフィックなし。ホストは他のタスクを実行しているか、アイドル状態。
2	パネルに圧力がかかっている	TSCがタッチ・パネル上の圧力を検出し、ホストに割り込み信号 (PENIRQと表すことが多い) を送信する。
3		ホストがPENIRQを受信し、割り込み信号をディスエーブル/マスクアウトして、対応する割り込みサービス・ルーチン (ISR) を起動する。
4		ISRがSPIバスまたはI <sup>2</sup> Cバス経由でTSCにコマンドを送信し、X座標を読み取るようにTSCにリクエストする。
5		コマンドを受信すると、TSCではXドライバをオンにして、タッチ・パネルのX層を通电させる。
6		TSCではX信号を取得し、アナログ信号をデジタル・データに変換してから、そのデータをバス経由で1ビットずつホストへ送信する。
7		ホストではXデータ・ユニットを1つ受信する。(平均化処理/フィルタ処理のために) 複数のデータ・ユニットが必要な場合はステップ4-6を何回か繰り返す。あるいは...
8		ISRではSPIバスまたはI <sup>2</sup> Cバス経由でTSCにコマンドを送信し、もうひとつの座標Yを読み取るようにTSCにリクエストする。
9		コマンドを受信すると、TSCではXドライバをオフにした後にYドライバをオンにして、タッチ・パネルのY層を通电させる。
10		TSCではY信号を取得し、アナログ信号をデジタル・データに変換してから、そのデータをバス経由で1ビットずつホストへ送信する。
11		ホストではY座標のデータ・ユニットを1つ受信する。(平均化処理/フィルタ処理のために) 複数のデータ・ユニットが必要な場合はステップ8-10を何回か繰り返す。
12		タッチ・データのセットをすべて受信すると、ホストでは割り込み信号 PENIRQをモニタして、まだタッチ圧があるかどうかをチェックする。ある場合はステップ3に戻り、次のタッチ・データのセットを取得する。
13		パネルから圧力がなくなる

表 2. コマンド・ベース方式TSCデバイスの動作シーケンス

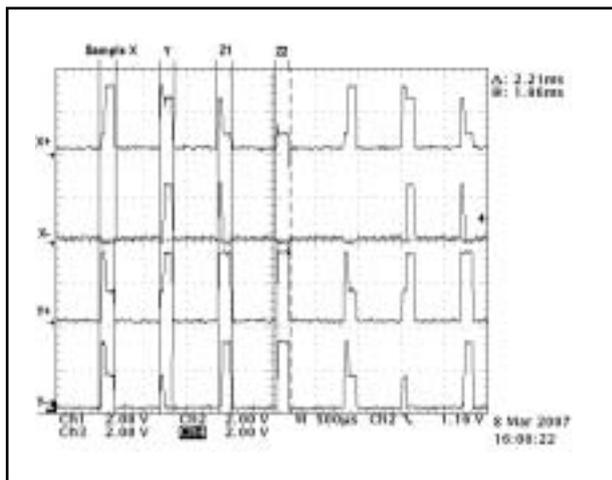


図 2. TSC2003のアナログ・インターフェイス (X, Y, Z<sub>1</sub>, Z<sub>2</sub>の取得)

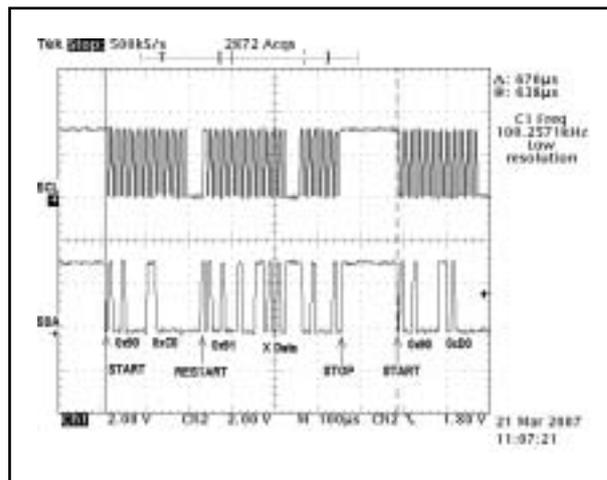


図 3. TSC2003のデジタル・インターフェイス (ホストによる X, Y, Z<sub>1</sub>, Z<sub>2</sub>データの読み取り)

図2では、ホストの処理能力によってサンプル間の時間間隔が決定されています。ホストが高速であるほど、時間間隔は短くなります。TSCのドライバがオンである時間は、デジタル・インターフェイスのクロック・レートで決定されます。クロックが高速であるほど、TSCのドライバがオンしている時間は短くなります。

図3は、I<sup>2</sup>Cを介してX座標を読み取る場合の、完全な1サイクル分の波形です。1サイクルにかかるクロック数は、SCLクロック45回に加えて、START1回、REPEATED START1回(またはSTOP1回とSTART1回)、STOP1回です。12ビットのタッチ・データ・ユニットを、I<sup>2</sup>Cを介して読み取るための完全な1サイクルに必要なSCLクロックは、コマン

ド書き込みとデータ読み取りの間にREPEATED STARTを使用する場合は最低48回、コマンド書き込みとデータ読み取りの間にSTOPとSTARTを使用する場合は49回になります。

図4は、標準コマンド・ベース方式タッチ・システム (TSC2003を使用した場合など)の動作フローです。処理手順とインターフェイスでの動作の詳細については、前述の表2と図2を参照してください。

図4に示した動作シーケンス全体でホストが取得した座標データ・ユニットは、Xデータ・ユニット1つとYデータ・ユニット1つの計2つだけです。

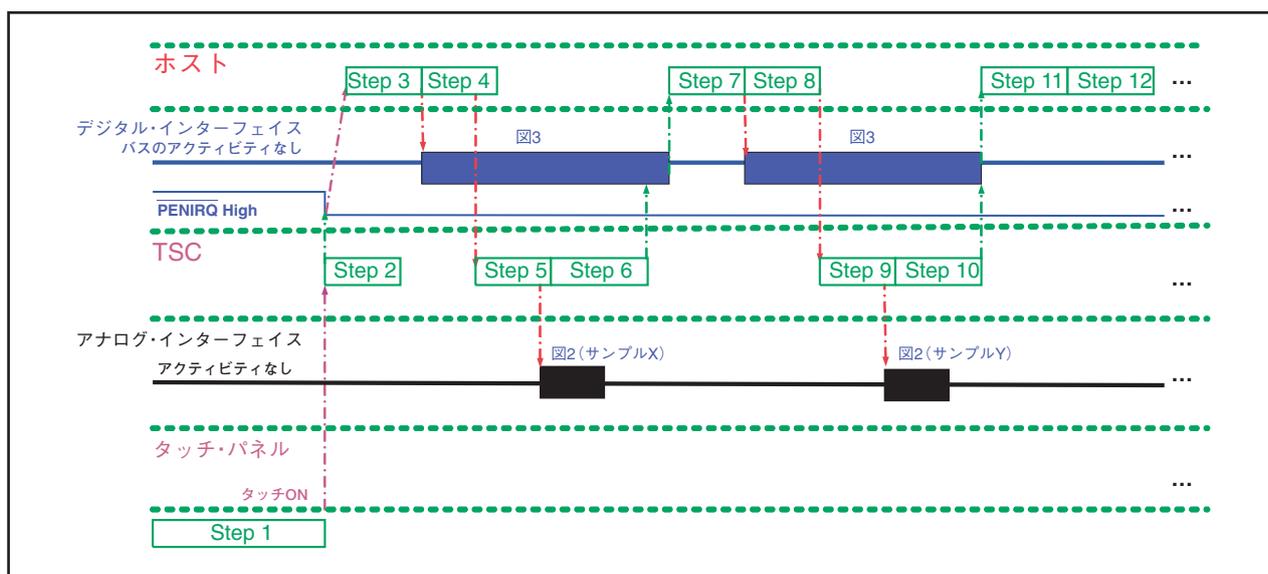


図 4. 標準コマンド・ベース方式TSCの動作フロー (座標データはX, Yの2つ)

### 3.2 デジタル・バスの制限

タッチ座標X、Y、Z<sub>1</sub>、Z<sub>2</sub>、つまり完全なタッチ・データ・セットを読み取るには、図3のシーケンスを4回繰り返す必要があります。データ中の雑音の平均化処理/フィルタ処理のために、座標1つあたり複数のデータ・ユニットがホストで必要な場合は、さらに複数回のシーケンスを繰り返す必要があります。

コマンド・ベース方式のタッチ・システムでは、バス・トラフィックの容量の限度が原因で、デジタル・バスを介して取得できる毎秒のサンプル・セット数 (SSPS) に明確な制限があります。バスの制限は、特にI<sup>2</sup>Cを使用したTSCデバイスで問題になる可能性があります。このセクションでは、例としてTSC2003を使用します。

前述のように、12ビットのタッチ座標をI<sup>2</sup>Cを介して読み取るための完全な1サイクルには、SCLクロックが最低48回必要です (図3参照)。したがって、TSC2003の最大SSPSレートは次の式で計算した場合よりも小さくなります。

$$\frac{f_{SCL}}{48 \times N} \quad (1)$$

ここで、f<sub>SCL</sub>はI<sup>2</sup>Cバスの速度つまりSCLクロック・レートであり、Nはサンプル・セット1つあたりのデータ・ユニット数です。

例えば、1つのサンプル・セットにXデータ1つ、Yデータ1つが含まれる場合はN = 2になります。X、Y、Z<sub>1</sub>、Z<sub>2</sub>が1つずつある場合はN = 4になり、さらに、サンプル・セットに7[X、Y、Z<sub>1</sub>、Z<sub>2</sub>]、つまり7×4のデータ・ユニットが含まれる場合はN = 28となります。

表3は、TSC2003を3種類のI<sup>2</sup>C速度モードで使用した場合に、式 (1) の計算で求めた送信可能な最大値のSSPSレートです。

タッチ・スクリーンをマンマシン・インターフェイスとして使用する場合に、実際のアプリケーションで必要とされるサンプル・セットは、約100~500/秒と予測できます。したがって、コマンド・ベース方式のタッチ・システムで標準モードのI<sup>2</sup>Cデジタル・インターフェイスを使用した場合は、必要なサンプル・セットを十分に供給できない可能性があります。

例えば表3を見ると、標準モードのI<sup>2</sup>Cインターフェイスを使用した場合にアプリケーションが読み取れる完全なタッチ座標 (X、Y、Z<sub>1</sub>、Z<sub>2</sub>) は最大521セットであることが分かります。たいていのアプリケーションでは、この程度で十分です。ただし、雑音が混入しているデータから有効なサンプル・セットを抽出するために、7個のデータ・ユニットを平均化処理/フィルタ処理するような場合は、アプリケーションで読み取れるデータ・セットが74/秒より少なくなります。

表3のSSPSレートは、次のことを前提として計算しています。

1. TSCからの割り込み信号PENIRQに対するホストの応答に遅延がない。
2. 2つのデータ・セットが連続する場合、最初のセットから次のセットが来るまでの間にもI<sup>2</sup>Cバスが遅延なく動作する。

したがって、実際のSSPSレートは、表3に記載された値よりも低いことが予想できます。上記の前提は両方とも、実際にはありえないからです。

SPIを使用したTSCデバイスでは、デジタル・バスの速度が原因でタッチ・データのSSPSレートが制限されることがないとしても、バスのトラフィックが非常に多いためにホストで問題が起こったり、消費電力が増大したりする可能性があります。

サンプル・セット	X AND Y (N = 2)	X, Y AND Z (N = 4)	3x (X, Y AND Z) (N = 12)	7x (X, Y AND Z) (N = 28)
標準モード (SCL = 100 kHz)	1,042	521	174	74
ファースト・モード (SCL = 400 kHz)	4,167	2,083	694	298
ハイ・スピード・モード (SCL = 3.4 MHz)	35,417	17,708	5,903	2,530

表 3. I<sup>2</sup>C デジタル・インターフェイス・モードとTSC2003が送信可能な最大SSPSレート

### 3.3 その他の制限

TSC2003などの標準コマンド・ベース方式のタッチ・システムを使用する場合は、ホスト・プロセッサの処理能力とリソースに配慮する必要があるかもしれません。その理由は次の通りです。

- コマンド・ベース方式のタッチ・システムでは、ホストの応答速度（割り込みの優先順位）と処理能力によってアナログ・インターフェイスの時間間隔（例えば、図2のサンプルXとYの間隔）が決まります。
- タッチ・システムに雑音が存在し、ホスト・プロセッサが平均化処理またはフィルタ処理を複数のタッチ・データ・ユニットに対して行う必要がある場合は、複数サンプルの数も、ホストの処理能力とリソース（計算に必要な時間とメモリ空間）の制限を受けます。

コマンド・ベース方式タッチ・システムで、アナログ・ドライバがオンしている時間は、デジタル・バスのクロック・レートと関係している可能性があります（TSC2046のデータシートを参照）。デジタル・バスのクロック速度が遅いと、通常はドライバがオンしている時間が長くなります。ドライバがオンしている時間が長くなれば、アナログ部の消費電力が増加するのは明らかです。

ハイ・スピード（HS）I<sup>2</sup>Cモードでは、データ伝送量が他のモードを大幅に上回るため、デジタル・バスのトラフィックに関する問題が起こらない可能性もあります。最大データ・レートがTSC内部ADCのサンプリング・レートに制限される可能性もありますが、その話題は、このアプリケーション・ノートから外れているため、ここでは説明しません。

## 4. 拡張コマンド・ベース方式

TIのTSCファミリーには、新しくTSC2007が加わりました。これはコマンド・ベース方式デバイスですが、7データ・ユニット用の中央値検出/平均化処理フィルタ（MAVF：median value and averaging filter）を内蔵しています。MAVFを使用すると、ホスト側のソフトウェア・ルーチンでタッチ・データの雑音を低減する必要がなくなるだけでなく、I<sup>2</sup>Cバスのトラフィックも大幅に低減できます（参考文献セクションの項目9を参照）。

### 4.1 標準的な動作

表4に示すように、TSC2007などを使用した拡張コマンド・ベース方式タッチ・システムでは、タッチ座標のセットを読み取るホストの動作シーケンスがシンプルになっています。この動作シーケンスでは、TSC2007のMAVFをイネーブルにして雑音を低減し、タッチ・データのセットを処理しています。

タッチ・システムが上記表4のステップ2～8を実行している間は、アナログ・インターフェイスのトラフィック（図5）が標準コマンド・ベース方式（図2）のトラフィックと同じに見えますが、実際にはTSC2007では、ドライバが1回オンになるごとに各タッチ座標を7回サンプリングしています。

ステップ	状態	動作
1	タッチ・パネルに圧力がかかっていない	TSCはパワーダウン状態。アナログとデジタルどちらのインターフェイスにもトラフィックなし。ホストは他のタスクを実行しているか、アイドル状態。
2	パネルに圧力がかかっている	TSCがタッチ・パネル上の圧力を検出し、ホストに割り込み信号PENIRQを送信する。
3		ホストがPENIRQを受信し、割り込み信号をディスエーブル/マスクアウトして、対応する割り込みサービス・ルーチン（ISR）を起動する。
4		ISRがI <sup>2</sup> Cバス経由でTSCにコマンドを送信し、X座標を読み取るようにTSCにリクエストする。
5		コマンドを受信すると、TSCではXドライバをオンにして、タッチ・パネルのX層を通电させる。
6		TSCではXデータを7回取得し、7データ分を変換し、フィルタ処理（大きい方のデータ2つと小さいほうのデータ2つを削除し、中間の3つの値を平均する）をかけて低雑音のデータ1つを求め、そのデータを1ビットずつバス経由でホストに送信する。
7		ホストでは、処理後のXデータ（7つではなく、1つのデータ・ユニット）を受信する。また、必要に応じてステップ2～6を繰り返し、Y、Z <sub>1</sub> 、Z <sub>2</sub> を求める。
8		ホストでは割り込み信号PENIRQをモニタして、まだタッチ圧があるかどうかをチェックする。ある場合はステップ3に戻り、次のタッチ・データのセットを取得する。
9		パネルから圧力がなくなる

表 4. TSC2007ベースのタッチ・システムの動作シーケンス

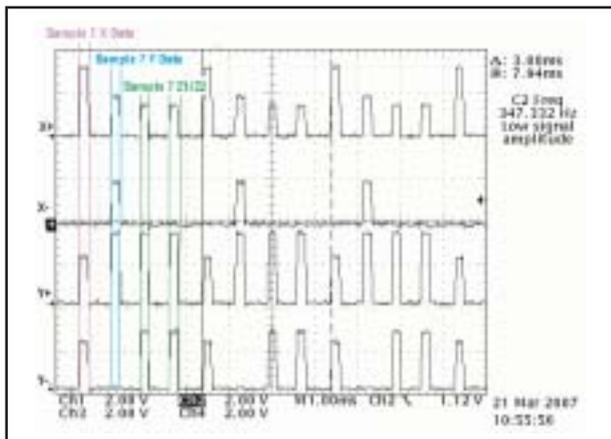


図 5. TSC2007のアナログ・インターフェイス (X, Y, Z<sub>1</sub>, Z<sub>2</sub>の取得)

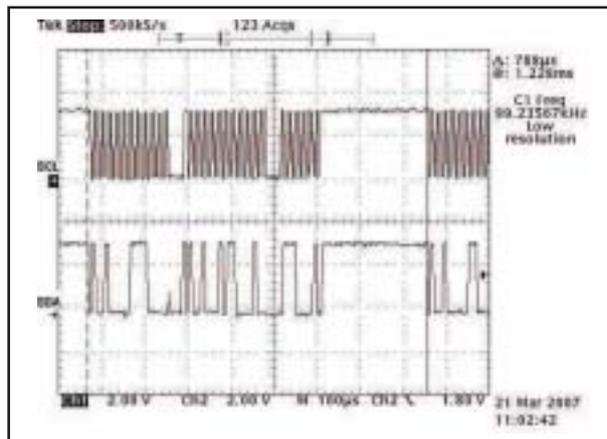


図 6. TSC2007のデジタル・インターフェイス (ホストによる X, Y, Z<sub>1</sub>, Z<sub>2</sub>データの読み取り)

このようにすると、タッチ・スクリーン・ドライバのオン/オフ周波数が低減されます。複数データをサンプリングする場合には、タッチ座標1つあたりについてサンプリングされるデータ・ユニットがどんなに多くても、ドライバをオンにするのは1度だけだからです。アナログ・トラフィックは低減され、ドライバがオンの時間全体も短縮されます。

ドライバがオンしている時間が短くなると、電力を大幅に節約できます。例えば、タッチ・ドライバの出力3.0Vをタッチ・パネル400Ωに印加する場合を考えてみましょう。ドライバがオンになった瞬間の電流は(3.0/400 =) 7.5mAです。TSC2003 (図2) を例にすると、サンプル1つを取得するためにドライバがオンしている時間は100μsです。SSPSが100の低雑音データ (TSC2007と同等) を得るには、サンプル4つ (X, Y, Z<sub>1</sub>, Z<sub>2</sub>) × 7(座標1つあたりサンプリング7回分) × 100 = 2800回/秒のサンプリングを行う必要があります。したがって、TSC2003のドライバがオンしている時の平均電流は次の通りです。

$$7.5 \text{ mA} \times 100 \mu\text{S} \times 2800 = 2.1 \text{ mA}$$

TSC2007 (図5) で座標1つ (サンプリング7回分) を読み取る場合に、ドライバがオンしている時間は約150μsです。100SSPSの低雑音データを得るには、4つのサンプル (X, Y, Z<sub>1</sub>, Z<sub>2</sub>) × 100 = 400回/秒のサンプリングを行う必要があります。TSC2007のドライバがオンしている時の平均電流は次の通りです。

$$7.5 \text{ mA} \times 150 \mu\text{S} \times 400 = 450 \mu\text{A}$$

この結果から、アナログ電力の80%を節約できることが分かります。

デジタル・インターフェイス側でも、データ・トラフィック (図6) が6/7、つまり86%も低減されます。デジタル・バスを経由するのは、複数のデータ・セットではなく、処理済みのデータ・セットが1つだけになるためです。

図7は、TSC2007を使用する拡張コマンド・ベース タッチ・システムの動作フローです。動作シーケンスとタイミングは、表4、図5と図6に示したものと同じです。

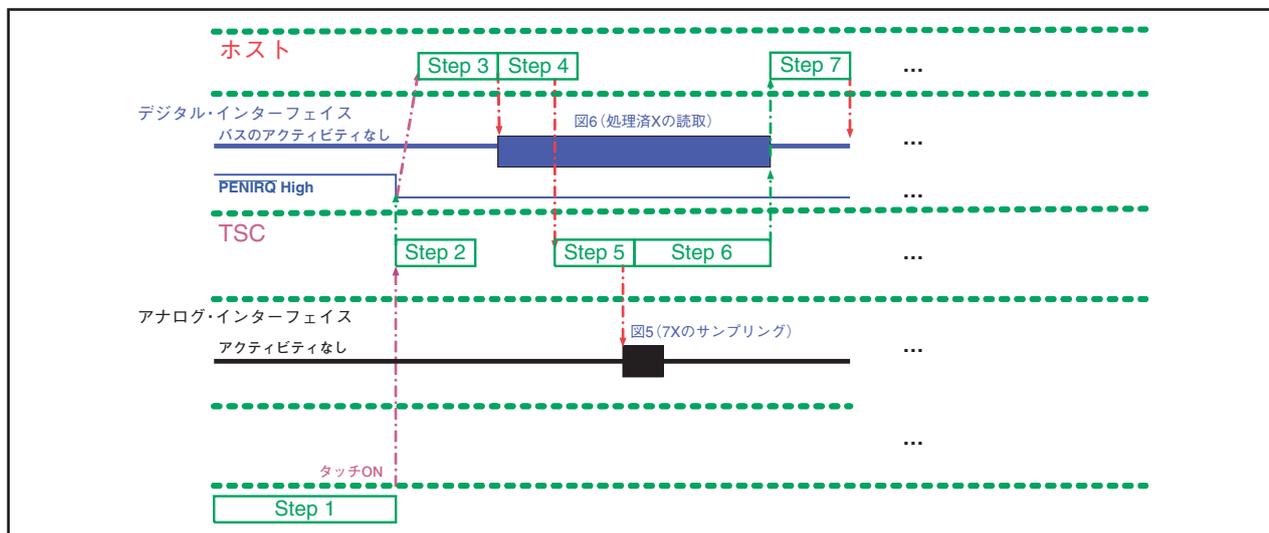


図 7. 拡張コマンド・ベース方式のTSC動作フロー (7データ・セットMAVF内蔵)

図7の動作フローでは、TSCがデータ・セットを7つサンプリングし、それらをMAVFに通して処理してから、ホストに低雑音のXデータ・サンプルを送信します。この例を、タッチ・ドライバがオンになる時間ごとにTSCで取得するデータ・セットが1つしかない、標準コマンド・ベース方式（図4）と比較してみてください。

## 4.2 デジタル・バスの制限

表5は、I<sup>2</sup>Cモードを様々に変えた場合の、ホスト/TSC通信用I<sup>2</sup>Cバスの最大SSPSレートです。計算式は表3と同じです。

同じI<sup>2</sup>Cインターフェイスでも、TSC2007には7サンプル分の前処理を行う内蔵MAVFフィルタがあるために、座標1つに対してI<sup>2</sup>Cバス経由で送信するデータ・セットは1つだけです。したがって、TSC2007では521セットの低雑音タッチ・データを標準的なI<sup>2</sup>Cバス経由で送信できることになり、マンマシン・インターフェイス・アプリケーション用に十分なデータ・セットを供給します。もうひとつの大きなメリットは、データ平均化処理/フィルタ処理ルーチンをホストで実行する必要がないために、リソースを解放して他のタスク用に処理能力を割り当てることができるということです。

TSC2003などの従来のコマンド・ベース方式TSCデバイスとは異なり、TSC2007のような拡張コマンド・ベース方式TSCデバイスを使用したシステムでは、I<sup>2</sup>Cデジタル・バスがSSPSの障害になることはありません。

サンプル・セット	X, and Y (7x2のデータ)	X, Y and Z (7x4のデータ)
標準モード (SCL = 100 kHz)	1,042	521
ファースト・モード (SCL = 400 kHz)	4,167	2,083
ハイ・スピード・モード (SCL = 3.4 MHz)	35,417	17,708

表 5. TSC2007のI<sup>2</sup>C インターフェイスの最大SSPSレート

## 5. レジスタ・ベース方式

レジスタ・ベース方式のTSCデバイスには、計算データ格納用レジスタと内部構成用レジスタが内蔵されています。また、通常では前処理機能を備えており、ホスト制御モードまたはTSC自己制御モードで動作可能です。

レジスタ・ベース方式TSCデバイスを使用すると、より柔軟性に優れたアプリケーションを実現できます。TSC2004 (I<sup>2</sup>Cデジタル・インターフェイス)とTSC2005 (SPIデジタル・インターフェイス)は、標準的なレジスタ・ベース方式TSCデバイスです。

### 5.1 標準的な動作

表6は、標準的なレジスタ・ベース方式TSCデバイスを、TSC自己制御モードで動作させた場合の動作シーケンスです。

レジスタ・ベース方式TSCデバイスでは、ホストへのトラフィックを大幅に低減できます。TSCではすべてのタスクを自動的に実行するため、ホストで認識する必要のあるのは処理の最後だけであるためです。したがって、レジスタ・ベース方式TSCではデジタル・バスのトラフィックやデジタル消費電力量が低減されるだけでなく、ホストのオーバーヘッドも低減されます。

ステップ	状態	動作
1	システムの起動	ホストでTSCを初期化し、アプリケーションとハードウェア回路に基づくタッチ・モードと各種タイミングをセットアップする。(選択肢がコマンド・ベース方式の場合よりも多い)
2	タッチ・パネルに圧力がかかっていない	TSCはパワーダウン状態。アナログとデジタルどちらのインターフェイスにもトラフィックなし。ホストは他のタスクを実行しているか、アイドル状態。
3	パネルに圧力がかかっている	TSCがタッチ・パネル上の圧力を検出し、YドライバをオンにしてY信号を取得し、アナログからデジタルへの変換を行う。複数のデータを取得して処理するようにプログラムされている場合はそれに従い、最終データは対応するレジスタに保存する。(上記のタスクは、プログラムされたタイミングに従ってTSCにより実行される。)
4		TSCでは必要に応じてステップ3を繰り返し、座標X、Z <sub>1</sub> 、Z <sub>2</sub> を求める。
5		TSCではデータ・レディ信号または割り込み信号DAVをホストに送信し、タッチ圧がまだ存在するかどうかをチェックする。存在する場合はステップ3に戻り、次のタッチ・データのセットを取得する。
6		ホストが割り込み信号DAVを受信し、割り込み信号をディスエーブル/マスクアウトして、対応する割り込みサービス・ルーチン (ISR) を開始する。ISRでは処理済みのデータ・セットをTSCのデータ・レジスタから読み出す。
7	パネルから圧力がなくなる	ステップ2に戻る。

表 6. レジスタ・ベース方式TSCデバイスの動作シーケンス

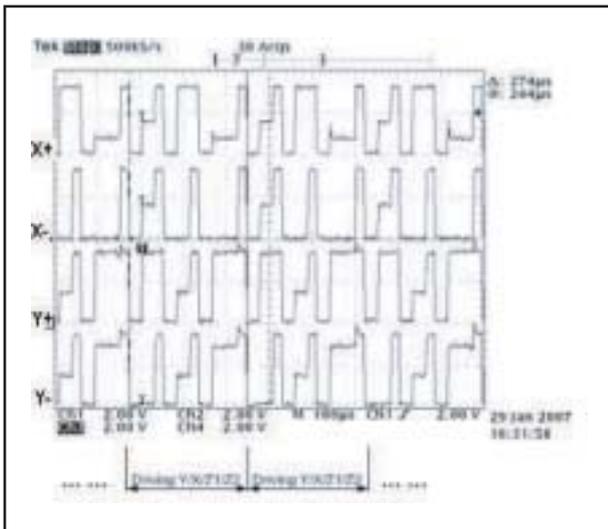


図 8. TSC2004のアナログ・インターフェイス (バッチ遅延なし)

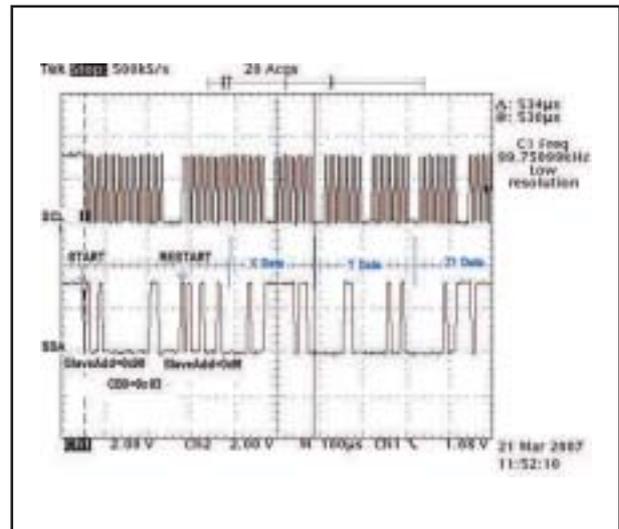


図 9. TSC2004のデジタル・インターフェイス (X, Y, Z<sub>1</sub>, Z<sub>2</sub>の読み取り)

タッチ・システムが上記表6のステップ3~6を通常モードで(バッチ遅延なし)で実行している間のTSC2004のアナログ・インターフェイスのトラフィックを図8、デジタル・バスを図9に示します。

拡張コマンド・ベース方式(図5)のアナログ・インターフェイスと同様に、レジスタ・ベース方式TSCでは複数のタッチ・データ・セットをサンプリングし、プログラムされたパラメータに従って各タッチ座標ごとの平均化処理/フィルタ処理を自動的に行います。さらに、通常はレジスタ・ベース方式TSCデバイスのフィルタ処理機能の選択肢が、他の方式よりも多くなっています。

XとYなどの2つの座標の時間間隔は、パネル電圧の安定化(PVS)時間、プリチャージ(PR)時間、センシング(SN)

時間などのTSCのタッチ・タイミングをプログラムすることによって設定できます。

図10は、標準的なレジスタ・ベース方式タッチ・システム(TSC2004やTSC2005などを使用した場合)の動作フローです。動作シーケンスとタイミングは、表6、図8、図9に示したものと同じです。

図10のステップ3、4では、N(=4×W:Wはフィルタのウィンドウ幅)のデータ・ユニットの取得、サンプリング、処理が行われますが、ステップ6でホストに送信されるのは処理済みデータ・ユニット4つ(X、Y、Z<sub>1</sub>、Z<sub>2</sub>)だけです。

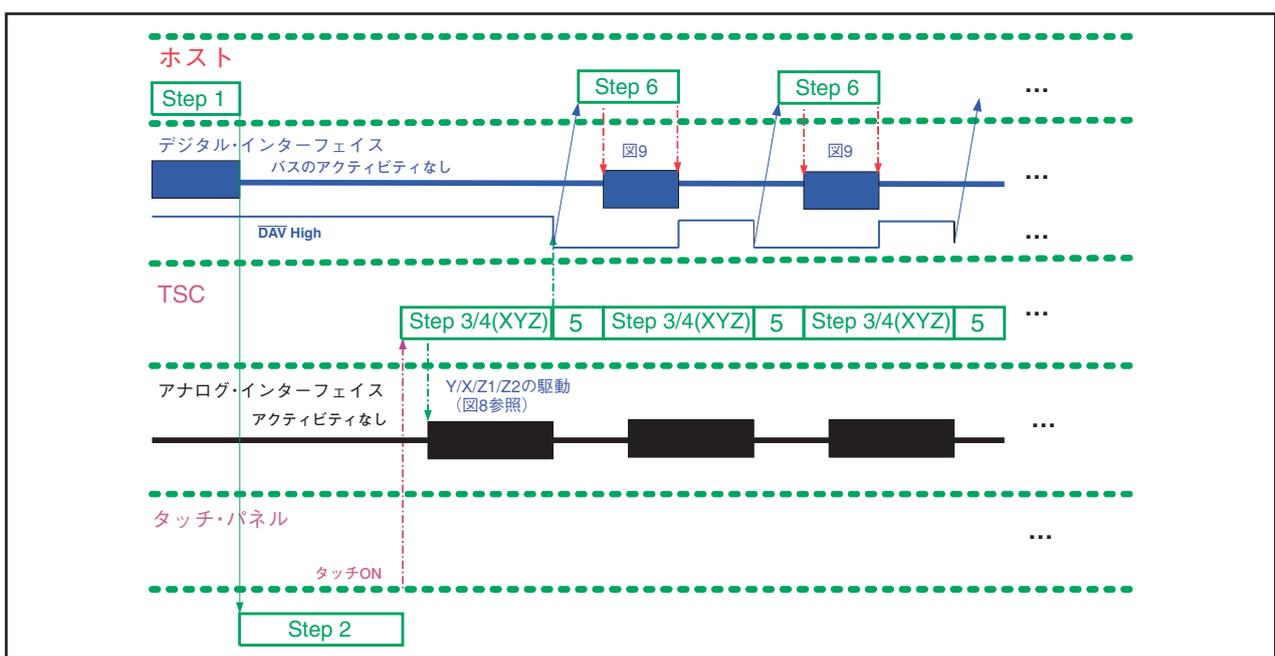


図 10. 通常のレジスタ・ベース方式TSCの動作フロー(バッチ遅延なし)

## 6. バッチ遅延のある レジスタ・ベース方式

タッチ・パネル上に圧力がかかっている間は、上記の標準レジスタ・ベース方式TSCデバイスはタッチに反応し続けるため、アナログ・インターフェイスとデジタル・バスの両方で非常に通信が活発になります。大量の処理済タッチ・データをタッチ・スクリーン・システムから生成することができますが、実際のアプリケーションの要件を大幅に超過しています。損失は、一度も使用しない余分なデータ・セットを生成するために、不必要に電力を消費することです。

レジスタ・ベース・タッチ・システムのデータ・セット生成速度を低下させて、余分なデータと余分な電力消費を回避するための方法は、次の3つです。

1. ホスト・プロセッサのタイマを使用して、TSCをホスト制御モードで2つのタッチ・データ・セットのサンプリングの間隔を制御します。これはコマンド・ベース方式に似ていますが、ホストが計算しなければならないオーバーヘッドはこちらの方が多くなります。
2. TSCを再設定してタッチ・タイミングを延長し、座標と座標の間に遅延を加えます。(詳細については参考文献の項目6~8を参照)
3. 使用可能な場合は、TSCのバッチ遅延機能を利用します。

バッチ遅延は、2つのタッチ・スクリーン・データ・セット間の時間をTSC2004/5/6で制御できるようにする機能です。バッチ遅延を利用して、TSCではパネルにタッチ圧が存在する間に、ある一定の時間間隔(バッチ遅延)でタッチ・パネルの駆動とデータのサンプリングを行います。

### 6.1 標準的な動作

表7は、バッチ遅延のある標準的なレジスタ・ベース方式TSCの動作シーケンスです。

ステップ	状態	動作
1	システムの起動	ホストでTSCを初期化し、TSC自己制御モードとバッチ・モードをセットアップし、アプリケーションとハードウェア回路に基づくタッチ・モードと各種タイミングもセットアップする。
2	タッチ・パネルに圧力がかかっていない	TSCはパワー・ダウン状態。アナログとデジタルどちらのインターフェイスにもトラフィックなし。ホストは他のタスクを実行しているか、アイドル状態。
3	パネルに圧力がかかっている	TSCがタッチ・パネル上の圧力を検出し、YドライバをオンにしてY信号を取得し、アナログからデジタルへの変換を行う。複数のデータを取得して処理するようにプログラムされている場合はそれに従い、最終データは対応するレジスタに保存する。(上記のタスクは、プログラムされたタイミングに従ってTSCにより実行される。)
4		TSCでは必要に応じてステップ3を繰り返し、X、Z <sub>1</sub> 、Z <sub>2</sub> 座標を求める。
5		TSCではデータ・レディ信号または割り込み信号DAVをホストに送信し、バッチ遅延時間に達するまで待機してからステップ3に戻り、次のタッチ・データ・セットを取得する。
6		ホストが割り込み信号DAVを受信し、割り込み信号をディスエーブル/マスクアウトして、対応する割り込みサービス・ルーチン(ISR)を開始する。ISRでは処理済みのデータ・セットをTSCのデータ・レジスタから読み出す。
7	パネルから圧力がなくなる	ステップ2に戻る。

表7. レジスタ・ベース方式TSC(バッチ遅延あり)の動作シーケンス

バッチ遅延ありの場合、最初のサンプル・セットの処理が完了してからバッチ遅延時間の終わりまで、たとえその間にペンタッチがずっと検出され続けていても、TSCはバッチ待機モードに入ります。したがって、不必要にパネルのドライバがオンになることはなくなるため、アナログ/デジタル・インターフェイスのトラフィックが低減され、電力が節約できます。

バッチ遅延ありのアナログ・インターフェイス(図11)とバッチ遅延なしのアナログ・インターフェイス(図8)を比較すると、バッチ遅延なしのTSCでは1/(274μs) = 3650セット/秒というレートで、データY、X、Z<sub>1</sub>、Z<sub>2</sub>の取得、標準化、変換を行い続けていることが分かります(図8)。バッチ遅延を使用してサンプリング間隔を制御すると、アナログ・インターフェイスのトラフィックを大幅に低減することができます(図11)。

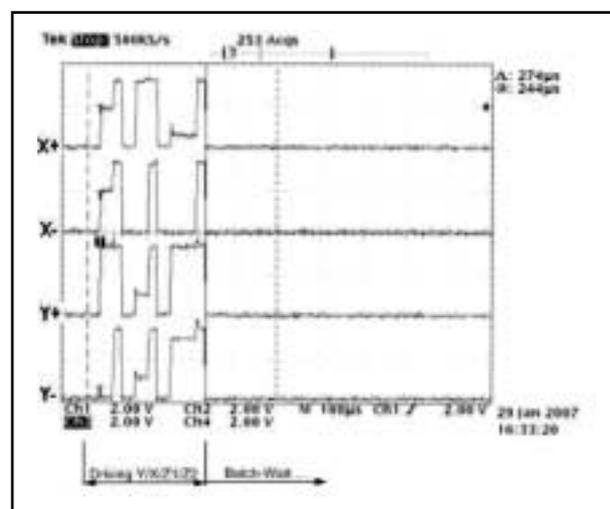


図11. TSC2004のアナログ・インターフェイス  
(バッチ遅延あり)

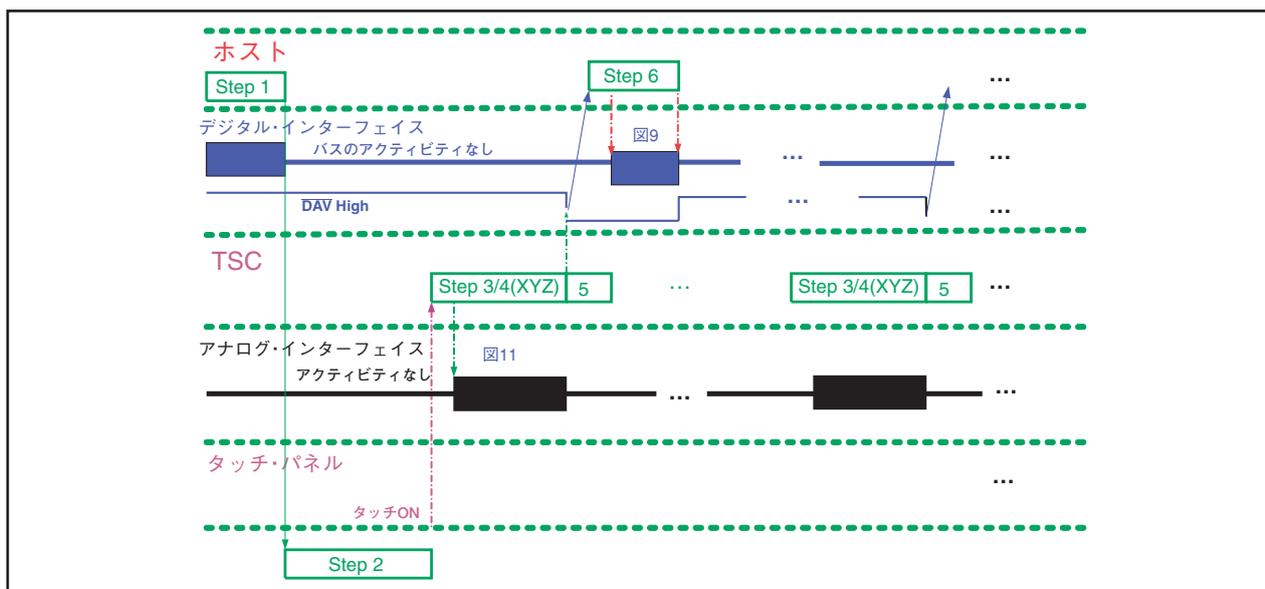


図 12. レジスタ・ベース方式TSCの動作フロー(バッチ遅延あり)

TSC2004とTSC2005/6のバッチ遅延は、1000、500、250、100、50、25、10SSPS(サンプル・セット/秒)に対応して、1ms、2ms、4ms、10ms、20ms、40ms、100msにプログラム可能です。詳細については、参考文献の項目6～8を参照してください。

バッチ待機モードの遅延時間中はタッチ・パネル・ドライバもTSCのADCもパワーオフ状態になっており、アナログ・インターフェイスのトラフィックはありません。この状況でのTSCのパフォーマンスは非常に良好であり、ホストへの割り込みが他の場合より大幅に少なく、消費電力が非常に少ないと考えられます。

図12は、バッチ遅延ありのレジスタ・ベース方式TSCの動作フローです。表7で各ステップが説明されています。アナログ・インターフェイスのアクティビティは図11に示されており、デジタル・インターフェイスは図9(TSC2004の例)と同じです。

## 7. 結論

このアプリケーション・レポートでは、タッチ・スクリーン・コントローラ(TSC)デバイスの2つの制御方式である、コマンド・ベース方式とレジスタ・ベース方式について説明しています。TSCの制御方式は、アナログおよびデジタル・インターフェイスの動作、タッチ・スクリーンのシステム・パフォーマンス、システムの消費電力、アプリケーションのハードウェアおよびソフトウェアの開発コストに大きな影響を与えます。

コマンド・ベース方式TSCの説明は、改良された拡張コマンド・ベース方式TSCのメリットと、アナログとデジタル両方のインターフェイスのトラフィック、データの雑音、ホストの処理オーバーヘッドを低減する方法に分かれます。

新機能である「バッチ遅延」のあるレジスタ・ベース方式TSCには、拡張コマンド・ベース方式TSCと標準レジスタ・

ベース方式TSCをあわせたメリットがあり、様々なアプリケーションに合わせた最適な構成にすることができます。

## 8. 参考文献

1. ADS7843 . Touch Screen Controller (SBAS090)
2. ADS7845 . Touch Screen Controller (SBAS104)
3. ADS7846 . Touch Screen Controller (SBAS125)
4. TSC2003 . I<sup>2</sup>C Touch Screen Controller (SBAS162)
5. TSC2046 . Low Voltage IO Touch Screen Controller (SBAS265)
6. TSC2004 . 1.2V to 3.6V, 12-Bit, Nanopower, 4-wire Touch Screen Controller with I<sup>2</sup>C Interface (SBAS408)
7. TSC2005 . 1.6V to 3.6V, 12-Bit, Nanopower, 4-wire Touch Screen Controller with SPI Interface (SBAS379)
8. TSC2006 . Nanopower, 4-wire Touch Screen Controller with SPI™ Interface (SBAS415)
9. TSC2007 . 1.2V to 3.6V, 12-Bit, Nanopower, 4-wire Micro Touch Screen Controller with I<sup>2</sup>C Interface

## 9. 参考文献

データ・ユニット：1つのまとまった単位(ユニット)として扱われるビットの集まり。標準的なTSC デバイスでは8ビット、10ビット、12ビットがあります。

サンプル・セット：1つのまとまりとして扱われる、完全にデータのそろった座標。サンプル・セットは、X、Y、Z<sub>1</sub>、Z<sub>2</sub>で構成されます。ひとつのサンプル・セットには複数のデータ・ユニットが含まれます。

SSPS：サンプル・セット/秒 (Sample Sets Per Second)

MAVF：中央値検出・平均化処理フィルタ。TSC2007では自動的にタッチ・スクリーンのデータ・ユニットを7つ集め、1つの処理済みデータ・セットにしてからホストに送信します。

# ご注意

日本テキサス・インスツルメンツ株式会社(以下TIJといひます)及びTexas Instruments Incorporated(TIJの親会社、以下TIJないしTexas Instruments Incorporatedを総称してTIといひます)は、その製品及びサービスを任意に修正し、改善、改良、その他の変更をし、もしくは製品の製造中止またはサービスの提供を中止する権利を留保します。従ひまして、お客様は、発注される前に、関連する最新の情報を取得して頂き、その情報が現在有効かつ完全なものであるかどうかご確認下さい。全ての製品は、お客様とTIJとの間に取引契約が締結されている場合は、当該契約条件に基づき、また当該取引契約が締結されていない場合は、ご注文の受諾の際に提示されるTIJの標準販売契約約款に従って販売されます。

TIは、そのハードウェア製品が、TIの標準保証条件に従ひ販売時の仕様に対応した性能を有していること、またはお客様とTIJとの間で合意された保証条件に従ひ合意された仕様に対応した性能を有していることを保証します。検査およびその他の品質管理技法は、TIが当該保証を支援するのに必要とみなす範囲で行なわれております。各デバイスの全てのパラメーターに関する固有の検査は、政府がそれ等の実行を義務づけている場合を除き、必ずしも行なわれておりません。

TIは、製品のアプリケーションに関する支援もしくはお客様の製品の設計について責任を負うことはありません。TI製部品を使用しているお客様の製品及びそのアプリケーションについての責任はお客様にあります。TI製部品を使用したお客様の製品及びアプリケーションについて想定される危険を最小のものとするため、適切な設計上および操作上の安全対策は、必ずお客様にてお取り下さい。

TIは、TIの製品もしくはサービスが使用されている組み合わせ、機械装置、もしくは方法に関連しているTIの特許権、著作権、回路配置利用権、その他のTIの知的財産権に基づいて何らかのライセンスを許諾するということは明示的にも黙示的にも保証も表明もしていません。TIが第三者の製品もしくはサービスについて情報を提供することは、TIが当該製品もしくはサービスを使用することについてライセンスを与えるとか、保証もしくは承認をすることを意味しません。そのような情報を使用するには第三者の特許その他の知的財産権に基づき当該第三者からライセンスを得なければならない場合もあり、またTIの特許その他の知的財産権に基づきTIからライセンスを得て頂かなければならない場合もあります。

TIのデータ・ブックもしくはデータ・シートの中にある情報を複製することは、その情報に一切の変更を加えること無く、かつその情報と結び付けられた全ての保証、条件、制限及び通知と共に複製がなされる限りにおいて許されるものとします。当該情報に変更を加えて複製することは不正で誤認を生じさせる行為です。TIは、そのような変更された情報や複製については何の義務も責任も負いません。

TIの製品もしくはサービスについてTIにより示された数値、特性、条件その他のパラメーターと異なる、あるいは、それを超えてなされた説明で当該TI製品もしくはサービスを再販売することは、当該TI製品もしくはサービスに対する全ての明示的保証、及び何らかの黙示的保証を無効にし、かつ不正で誤認を生じさせる行為です。TIは、そのような説明については何の義務も責任もありません。

TIは、TIの製品が、安全でないことが致命的となる用途ないしアプリケーション(例えば、生命維持装置のように、TI製品に不良があった場合に、その不良により相当な確率で死傷等の重篤な事故が発生するようなもの)に使用されることを認めておりません。但し、お客様とTIの双方の権限有る役員が書面でそのような使用について明確に合意した場合は除きます。たとえTIがアプリケーションに関連した情報やサポートを提供したとしても、お客様は、そのようなアプリケーションの安全面及び規制面から見た諸問題を解決するために必要とされる専門的知識及び技術を持ち、かつ、お客様の製品について、またTI製品をそのような安全でないことが致命的となる用途に使用することについて、お客様が全ての法的責任、規制を遵守する責任、及び安全に関する要求事項を満足させる責任を負っていることを認め、かつそのことに同意します。さらに、もし万一、TIの製品がそのような安全でないことが致命的となる用途に使用されたことによって損害が発生し、TIないしその代表者がその損害を賠償した場合は、お客様がTIないしその代表者にその全額の補償をするものとします。

TI製品は、軍事的用途もしくは宇宙航空アプリケーションないし軍事的環境、航空宇宙環境にて使用されるようには設計もされていませんし、使用されることを意図されていません。但し、当該TI製品が、軍需対応グレード品、若しくは「強化プラスチック」製品としてTIが特別に指定した製品である場合は除きます。TIが軍需対応グレード品として指定した製品のみが軍需品の仕様書に合致いたします。お客様は、TIが軍需対応グレード品として指定していない製品を、軍事的用途もしくは軍事的環境下で使用することは、もっぱらお客様の危険負担においてなされるということ、及び、お客様がもっぱら責任をもって、そのような使用に関して必要とされる全ての法的要求事項及び規制上の要求事項を満足させなければならないことを認め、かつ同意します。

TI製品は、自動車用アプリケーションないし自動車の環境において使用されるようには設計されていませんし、また使用されることを意図されていません。但し、TIがISO/TS 16949の要求事項を満たしていると特別に指定したTI製品は除きます。お客様は、お客様が当該TI指定品以外のTI製品を自動車用アプリケーションに使用しても、TIは当該要求事項を満たしていなかったことについて、いかなる責任も負わないことを認め、かつ同意します。

Copyright © 2009, Texas Instruments Incorporated  
日本語版 日本テキサス・インスツルメンツ株式会社

## 弊社半導体製品の取り扱い・保管について

半導体製品は、取り扱い、保管・輸送環境、基板実装条件によっては、お客様での実装前後に破壊/劣化、または故障を起こすことがあります。

弊社半導体製品のお取り扱い、ご使用にあたっては下記の点を遵守して下さい。

### 1. 静電気

素手で半導体製品単体を触らないこと。どうしても触る必要がある場合は、リストストラップ等で人体からアースをとり、導電性手袋等をして取り扱うこと。

弊社出荷梱包単位(外装から取り出された内装及び個装)又は製品単品で取り扱いを行う場合は、接地された導電性のテーブル上で(導電性マットにアースをとったもの等)、アースをした作業者が行うこと。また、コンテナ等も、導電性のものを使うこと。

マウンタやはんだ付け設備等、半導体の実装に関わる全ての装置類は、静電気の帯電を防止する措置を施すこと。前記のリストストラップ・導電性手袋・テーブル表面及び実装装置類の接地等の静電気帯電防止措置は、常に管理されその機能が確認されていること。

### 2. 温・湿度環境

温度: 0~40、相対湿度: 40~85%で保管・輸送及び取り扱いを行うこと。(但し、結露しないこと。)

直射日光があたる状態で保管・輸送しないこと。

### 3. 防湿梱包

防湿梱包品は、開封後は個別推奨保管環境及び期間に従ひ基板実装すること。

### 4. 機械的衝撃

梱包品(外装、内装、個装)及び製品単品を落下させたり、衝撃を与えないこと。

### 5. 熱衝撃

はんだ付け時は、最低限260以上の高温状態に、10秒以上さらさないこと。(個別推奨条件がある時はそれに従うこと。)

### 6. 汚染

はんだ付け性を損なう、又はアルミ配線腐食の原因となるような汚染物質(硫黄、塩素等ハロゲン)のある環境で保管・輸送しないこと。はんだ付け後は十分にフラックスの洗浄を行うこと。(不純物含有率が一定以下に保証された無洗浄タイプのフラックスは除く。)

以上