

TSCのタイミングをセットアップして使用する

Wendy Fang

Precision Analog Applications, HPA

要約

このアプリケーション・レポートは、ユーザーがレジスタ・ベース方式タッチ・スクリーン・コントローラ (TSC) デバイスのプログラマブル・タイミングについて理解し、セットアップを行い、使用するためのガイドラインとなります。

タイミング機能を紹介し、システムのインターフェイス・トラフィックと消費電力がタイミング機能からどのような影響を受けるかを説明します。

目次

1.	はじめに.....	2
2.	タッチ・パネルの駆動電力.....	2
3.	ADCクロックの影響.....	3
4.	パネル電圧収束時間.....	6
5.	その他のTSCタイミング.....	6
6.	結論.....	8
7.	参考文献.....	8

図目次

1	TIのTSC2004/5/6デバイスを使用したタッチ・スクリーン・システムのブロック・ダイアグラム.....	2
2	タッチ・パネルの駆動電流.....	3
3	ADCクロックが 2MHzの場合のアナログ・インターフェイス.....	4
4	ADCクロックが1MHzの場合のアナログ・インターフェイス.....	5
5	パネル電圧収束時間 (0 μ s、100 μ s、500 μ s).....	6
6	TSC アナログ・インターフェイスでのプリチャージ時間.....	7
7	TSCのアナログ・インターフェイスでのセンシング時間.....	8

表目次

1	TSC2004/5/6 CFR (構成レジスタ) のタイミング設定.....	4
---	--	---

1. はじめに

Texas Instrumentsでは、ADS7846やTSC2005のようなハイパフォーマンス抵抗膜方式TSCデバイスの製品ファミリーを製造しています。

TSCデバイスの役割は、抵抗膜方式タッチ・スクリーン(パネル)とホスト・プロセッサの仲介です。パネルはタッチ・センサとして機能します。通常はプロセッサが、アプリケーションや製品の様々なタスクや機能の中核として動作します。

図1は、標準的な4線式抵抗膜方式TSCシステムです。ひとつのTSCデバイスには2種類のインターフェイスが付いています。パネルとの接続部であるアナログ・インターフェイスと、プロセッサとのブリッジ部であるデジタル・インターフェイスです。

TIのTSCデバイスは、次に挙げるような独自の機能と数多くのメリットを備えるように設計されています。

- 高精度で信頼性のあるタッチ・データの取得
- タッチ・スクリーン・システムの消費電力の削減
- プロセッサに対する干渉とオーバーヘッドの削減

このアプリケーション・レポートで取り上げるのは、TIのレジスタ・ベース方式TSCデバイス (TSC2004、TSC2005、TSC2006等) の特色である複数のプログラマブル・タイミングのうち、わずか数例の機能と特性です。これらのプログラマブル・タイミングはアナログ・インターフェイスに重大な影響を与えるため、システム全体のパフォーマンスを最適化するようにセットアップする必要があります。

2. タッチ・パネルの駆動電力

アナログ・インターフェイスを介してTSCデバイスから供給されるタッチ・パネルの駆動電流は、抵抗膜方式タッチ・スクリーン・システムの消費電力に最も大きく影響します。タッチ・パネルの消費電力は、タッチ・パネルの抵抗とTSCの電源電圧 (SNSVDD) によって決まります。図2にこの関係を示します。タッチ・パネルは、SNSVDD端子に接続した電源から電力を供給される、タッチ・スクリーン・コントローラで駆動され、駆動電流の最大値はパネルの抵抗値で決まります。

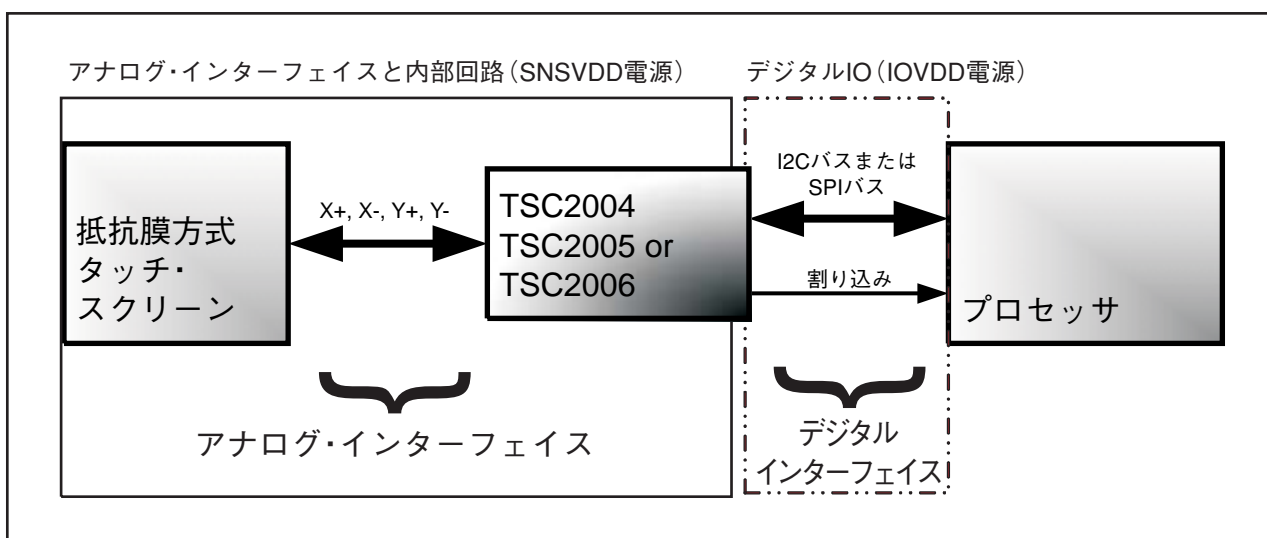


図1. TIのTSC2004/5/6デバイスを使用したタッチ・スクリーン・システムのブロック・ダイアグラム

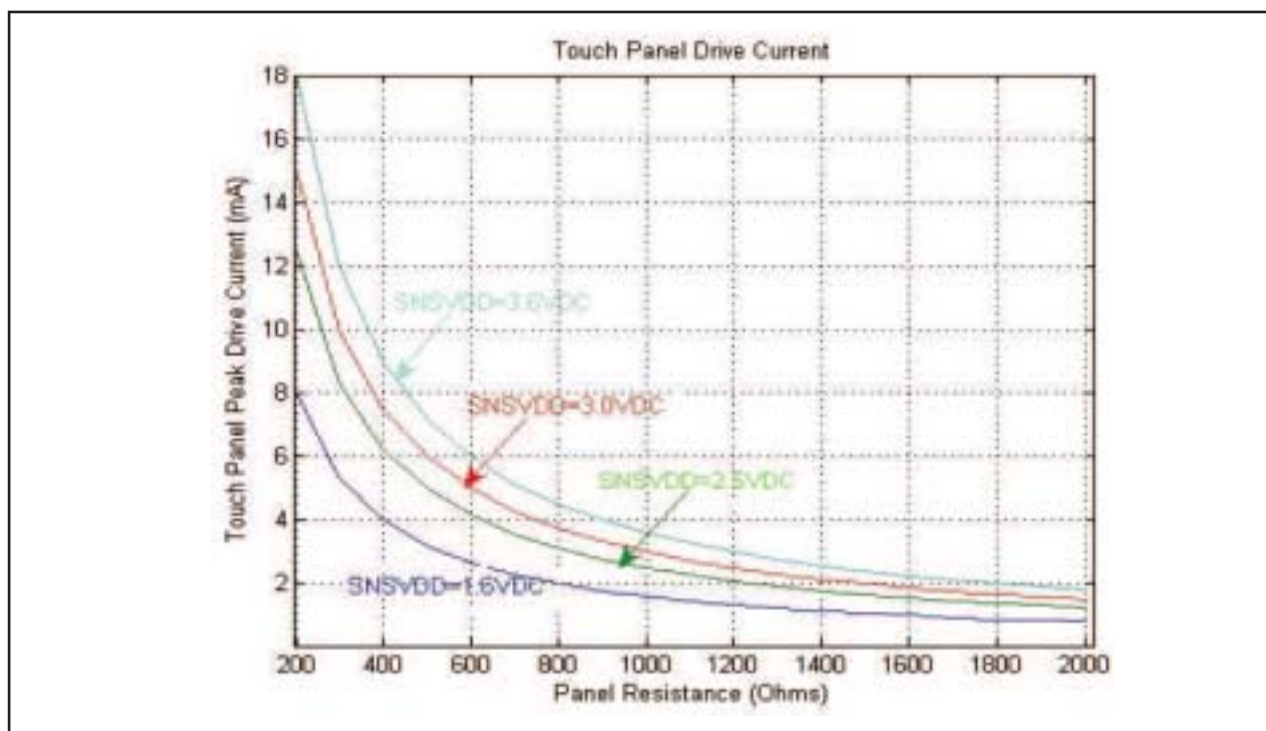


図2. タッチ・パネルの駆動電流

図2で想定されているのは、TSCの内部抵抗が、タッチ・パネル抵抗 (100~1000Ω) と比較すると無視できるほど小さい (5Ω~6Ω) という理想的な条件でTSCがパネルを駆動した場合のみです。したがって、実際の駆動電流は図2に示されているよりも少し低くなるはずですが。

ユーザー側で消費電力を低減する方法は、次の3通りです。

1. タッチ・スクリーンの抵抗値を上げる
2. TSCのSNSVDDとして、低電圧電源を使用する
3. ドライバがオンの時間を短縮するか、ドライバの $\frac{\text{オン時間}}{\text{オフ時間}}$ の比率を小さくする。

タッチ・パネルの抵抗値が高くなると、それだけ雑音が発生しやすくなり、収束時間も延びやすくなります。したがって、上記の方法1をユーザー側の選択肢にすることはできません。

TSC2004/6の推奨動作電源電圧の値は、1.2V~3.6Vになっており、現在の市場では最も低くなっています。TSC2005のSNSVDDは、推奨動作電源電圧範囲が1.6V~3.6Vになっていますが、標準で1.4Vまで低下しても機能上の問題はありません。

ドライバがONである時間を短縮するために、タッチ・スクリーンの各種タイミングと遅延を設定するという方法もあります。このアプリケーション・レポートで主に取り上げるのはこの方法です。表1に、上記のようなタイミングや遅延に関連するパラメータを示します。次のセクションで、これらのパラメータの機能と効果を詳細に説明します。

3. ADCクロックの影響

TSC2004/5/6デバイスでは公称4MHzの内部クロックを使用して、デバイス内部で多くの機能を実行するステート・マシンを駆動します。この内部クロックを分周して生成したクロックで、SAR型 ADコンバータを動作させます。クロック4MHzをそのまま (つまり1分周して) 使用した場合は、ADコンバータの有効分解能が10ビットに制限されます。4MHzというクロック速度を変えずに分解能の設定だけも上げて、変換の精度は向上しません。目標とする有効分解能が12ビットの場合には、変換クロック速度を2MHz (2分周) か1MHz (4分周) にする必要があります。

ADCクロックの分周比は、CFR0のCL1ビットとCL0ビットで設定できます。表1のCL1~CL0を参照してください。

変換クロック・レートを変更する機能により、ADCの分解能、速度、消費電力の最適値をユーザー側で選択することが可能になります。クロック周波数が高いほど、タッチ・データの変換速度も早くなり、タッチ・ドライバがオンの時間が短くなるために、データ・レートが同じ場合はSNSVDDの消費電力も低くなります。

図3と図4は、ADCクロックがアナログ・インターフェイスのトラフィック (X+, X-, Y+, Y-の各線) に与える影響の一例です。この2つの図では、TSCによりタッチ・パネルが駆動され、座標X、Y、Z1、Z2と各座標につき3つずつのサンプルを取得しています。図3と図4は、クロック周波数をそれぞれ2MHzと1MHzに設定した場合のアナログ・インターフェイスです。図3と図4での設定は、ADCのクロック周波数以外は次のように全く同じです。PVS=0μs、PR=20μs、SN=32μs (これらのタイマーについては次のセクションで説明します)

設定	場所	説明	電力に対する影響
CL1~CL0	CFR0のD12~D11	ADC変換クロックの制御: CL1~CL0 = 00b - $f_{ADC} = f_{OSC}$ CL1~CL0 = 01b - $f_{ADC} = f_{OSC} / 2$ CL1~CL0 = 10b - $f_{ADC} = f_{OSC} / 4$	f_{ADC} の速度を上げる (CL1~CL0 = 00b) と変換に要する時間が短くなるため、SNSVDDの電力が少なくなる。
PV2~PV0	CFR0のD10~D8	パネル電圧収束(PVS) 時間の制御: (パネル・ドライバがオンになってから、サンプリングが開始されるまでの時間) 0 μ s (PV2~PV0 = 000b) から100ms (PV2~PV0 = 111b) まで	PVS時間を短縮する (PV2~PV0 = 000b) と、ドライバがオンしている時間を短くできるため、SNSVDDの電力が少なくなる。
PR2~PR0	CFR0のD7~D5	入力端子のキャパシタンスが完全にプリチャージされるまで、TSCが待機する時間 20 μ s (PR2~PR0 = 000b) から1.364ms (PR2~PR0 = 111b) まで	余分なSNSVDD電力の消費が抑えられる。
SN2~SN0	CFR0のD4~D2	タッチ座標1つ分の変換終了後にスクリーンがタッチされ続けているかどうかを検知するために、TSCが待機する時間 32 μ s (SN2~SN0 = 000b) から2.656ms (SN2~SN0 = 111b) まで	余分なSNSVDD電力の消費が抑えられる。
BTD2~ BTD0	CFR1のD2~D0	バッチ遅延時間	TSCの動作方式に関する別のアプリケーション・レポート (SLAA359) で説明。

表1. TSC2004/5/6 CFR(構成レジスタ)のタイミング設定

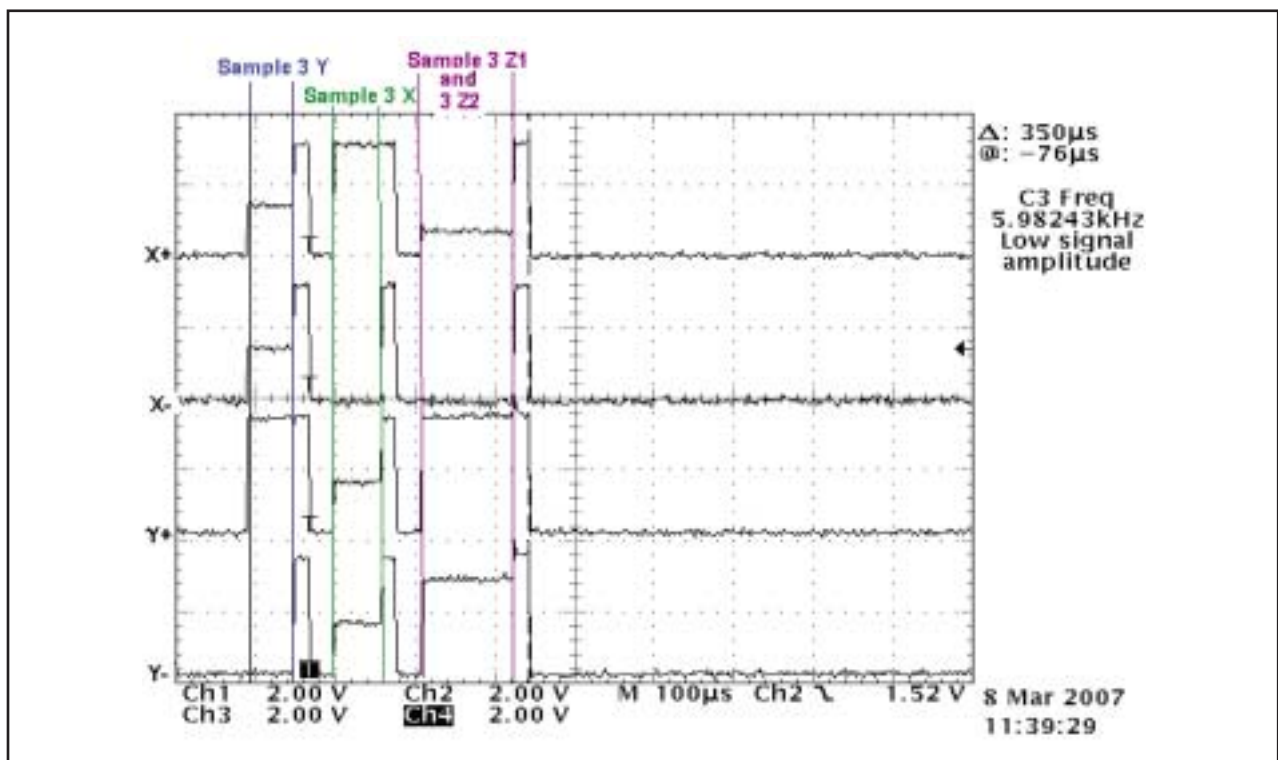


図3. ADCクロックが2MHzの場合のアナログ・インターフェイス

TSCのアクイジション時間とTSCでドライバがオンである時間の長さは、ADCのクロック周波数で決まります。ADCクロックの速度が高いほど、ドライバがオンしている時間は短くなります。例えば図3と図4を比較してみると、

ADCクロックが2MHzの場合に3つのYデータをサンプリングするために必要な時間は、ADCクロックが1MHzの場合の2分の1程度にしかありません。

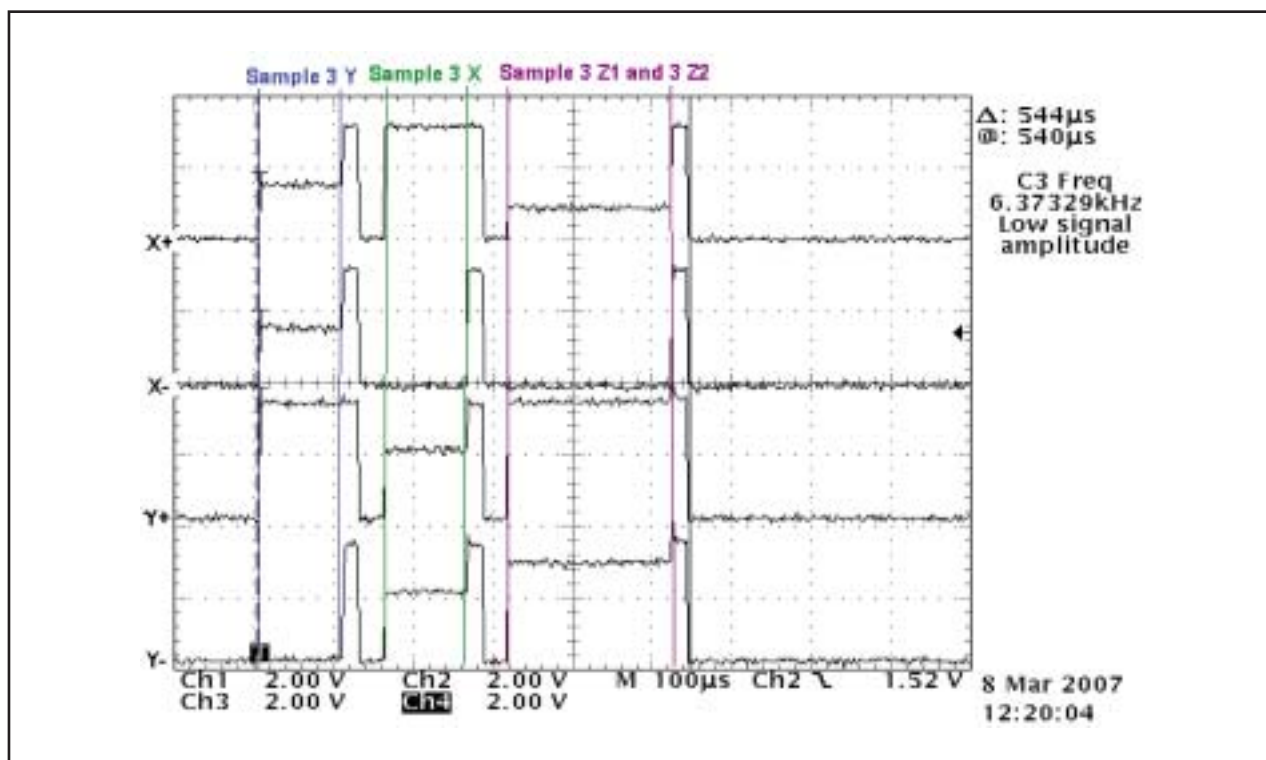


図4. ADCクロックが1MHzの場合のアナログ・インターフェイス

アナログ電源SNSVDDの電流を数式で表すと、次のようになります。

$$I = f(V_{SNSVDD}) + \left(\frac{V_{SNSVDD}}{R} \right) \times \left(\frac{SSPS \times S \times B}{F} \right) \quad (1)$$

ここで、IはSNSVDDの電流であり、次の2つの部分の和になります。

TSC内部の消費電流： $f(V_{SNSVDD})$

TSC外部の抵抗膜方式タッチ・パネルを駆動するための電流： $(V_{SNSVDD}/R) \times (SSPS \times S \times B / F)$

式(1)では、次のようになります。

V_{SNSVDD} = SNSVDD電圧 (単位：V)

R = タッチ・パネルの平均抵抗値 (単位： Ω)

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

1秒間にホストで取得する、タッチ・データのセット数。

S = サンプル・セット1組のデータ数

B = TSC分解能 (10ビットまたは12ビット)

F = ADCのクロック周波数。4、2、1MHzのいずれかに設定可能。

ADCのクロック速度を上げて使用する場合に注意しなければならないのが、アナログ・インターフェイスの安定するタイミング、つまり過渡応答の問題です。クロック周波数を上げると、アナログ・インターフェイスの電圧が収束値に達する前にTSCがデータの取得を開始することが原因で、データの精度が低下する場合があります。そのため、ADCの動作開始前に遅延を付加して、アナログ・インターフェイスが安定するのを待つ必要があるかもしれません。この遅延には、次のセクションで説明するように、パネル電圧収束時間、端子のプリチャージ (予備充電) 時間、および/またはセンシング時間などがあります。

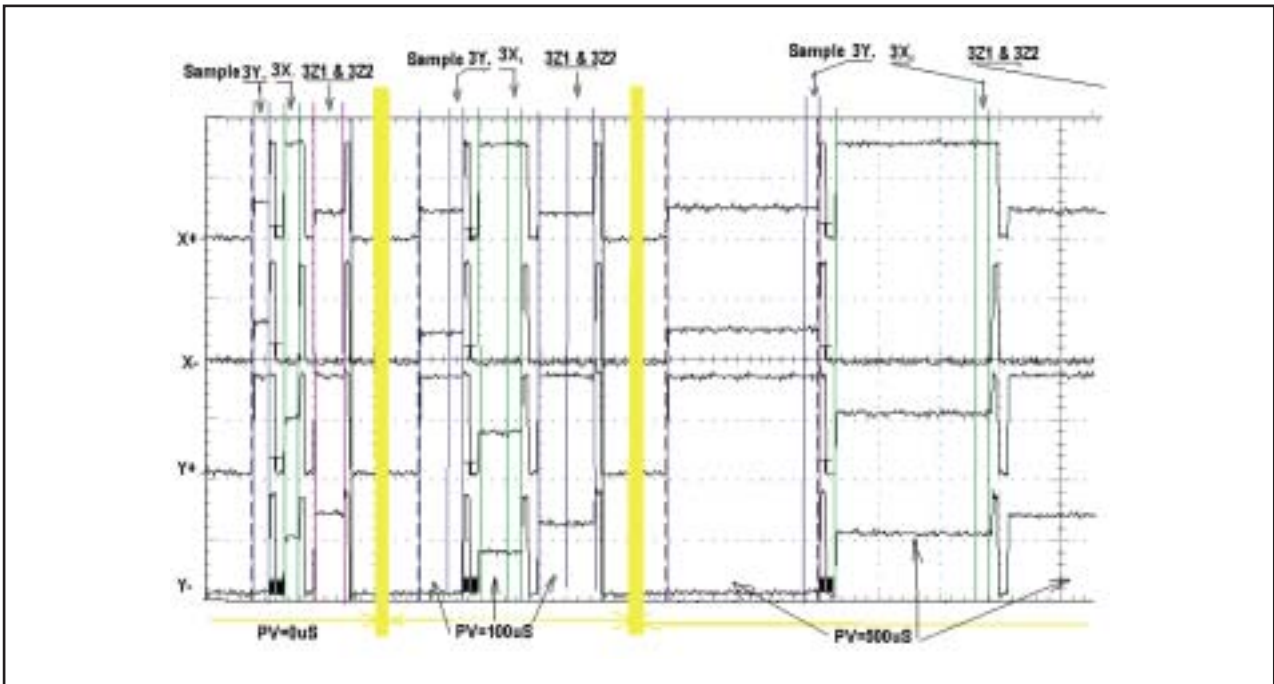


図5. パネル電圧収束時間(0µs、100µs、500µs)

4. パネル電圧収束時間

パネル電圧収束 (PVS: Panel voltage stabilization) 時間では、タッチ・スクリーン・ドライバがイネールになった瞬間から、電圧がサンプリングされて変換が開始されるまでの遅延時間を指定します。これらのビットにより、アナログ・インターフェイス上の外部キャパシタンスに基づくタッチ・パネルの収束時間を、ユーザー側で適切に調整することが可能になります。

図5は、PVS = 0µs (PVS遅延なし)、100µs、500µsとなる場合の例です。これらの例ではTSCが、3X、3Y、3Z1、3Z2という合計4×3=12データのセットを取得します。TSC2004/5/6がX/YまたはX/Y/Zスキャン・モードに設定されている場合には、必ずY座標が最初に実行されるため、図5に示すサンプル・セットを取得するためのシーケンスは次のようになります。

- TSCがドライバの電圧をY+ (SNSVDD) とY- (AGND) に印加し、PVS時間 (単位: µs) 待機した後に3個のYデータを取得する。
- TSCがドライバの電圧をX+ (SNSVDD) とX- (AGND) に印加し、PVS時間 (単位: µs) 待機した後に3個のXデータを取得する。
- TSCがドライバの電圧をY+ (SNSVDD) とX- (AGND) に印加し、PVS時間(単位:µs)待機した後に3個のZ1データと3個のZ2データを取得する。

PVS遅延の間もドライバはオンになっているため、消費電力が発生します。消費される電流は次の式で表します。

$$I_{PVS} = \left(\frac{V_{SNSVDD}}{R} \right) \times SPS \times PVS + 3 \quad (2)$$

ここで、PVSはPVS遅延/待機時間であり、3はドライバがX、Y、Zの各測定時にオンしている回数を示します。したがって、アナログ消費電流の完全な式は、式(1)に式(2)を加えて次のように表すことができます。

$$I = f(V_{SNSVDD}) + \left[\frac{V_{SNSVDD}}{R} \times SPS \times \left(\frac{S \times B}{F} + 3 \times PVS \right) \right] \quad (3)$$

上の式は、3次元座標X/Y/Zの場合です。同様に、2次元のタッチ・データX/Yの場合は次のようになります。

$$I = f(V_{SNSVDD}) + \left[\frac{V_{SNSVDD}}{R} \times SPS \times \left(\frac{S \times B}{F} + 2 \times PVS \right) \right] \quad (3)$$

5. その他のTSCタイミング

ADCクロック周波数 (CL1~CL0) やパネル電圧収束時間 (PV2~PV0)とは異なり、表1のCFR0にある他の2つのTSCタイミング (PR2~PR0とSN2~SN0) は、バスの状態やトラフィック速度には影響しますが、アナログ・インターフェイスの消費電力には影響しません。

図5を見ると分かるように、Yのサンプリング後~Xドライバがオンになる前のように、ある座標のサンプリングか

ら次の座標のサンプリングまでの間には多少の時間/遅延があります。この時間/遅延は、プリチャージ時間 (PR2~PR0) とセンシング時間 (SN2~SN0) です。

図6に示すように、プリチャージ時間 (PR2~PR0) では、タッチ・スクリーンに接続された任意の端子のキャパシタンスを、ADC変換前 (次回の変換のため) にプリチャージする時間の長さを設定します。

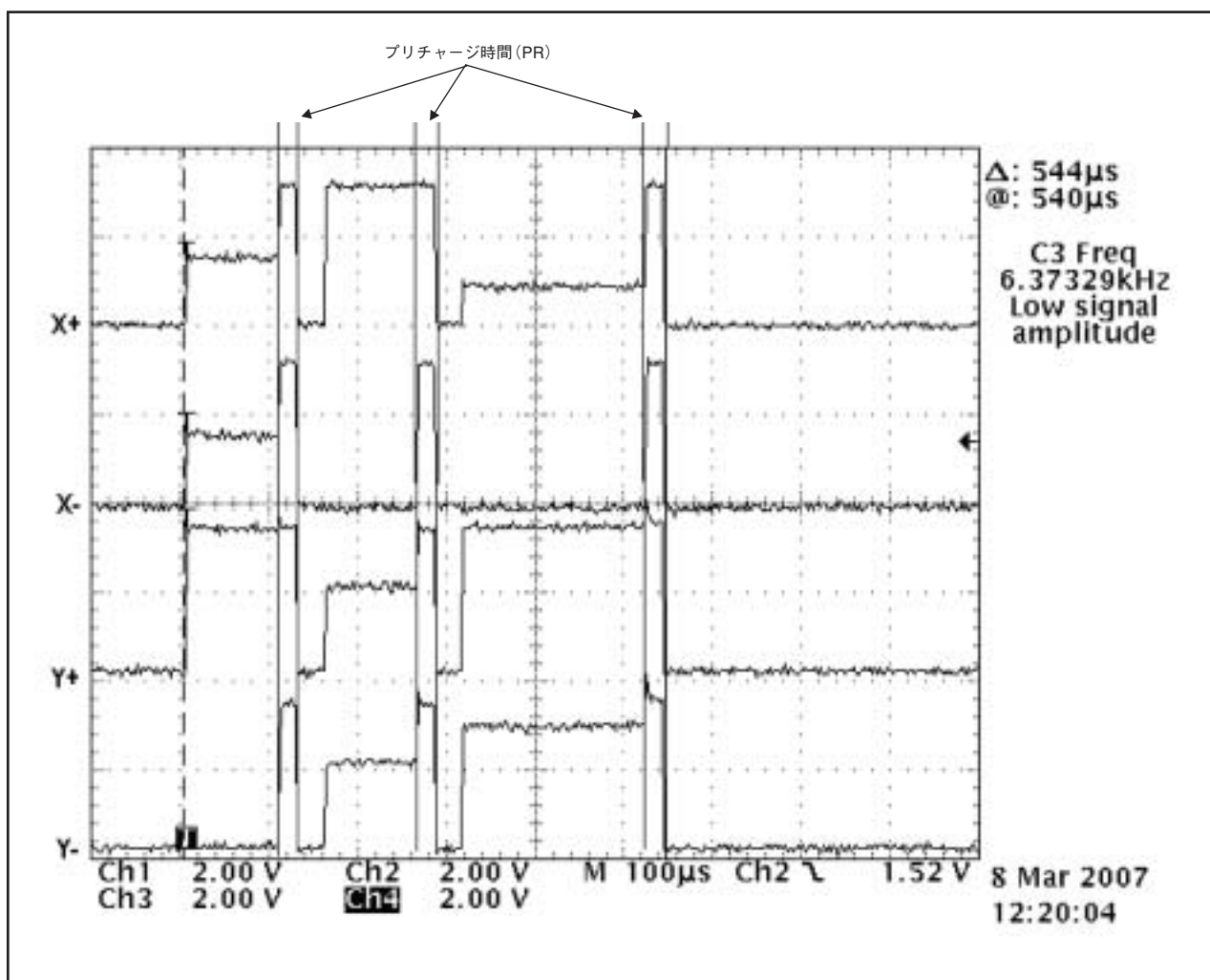


図6. TSC アナログ・インターフェイスでのプリチャージ時間

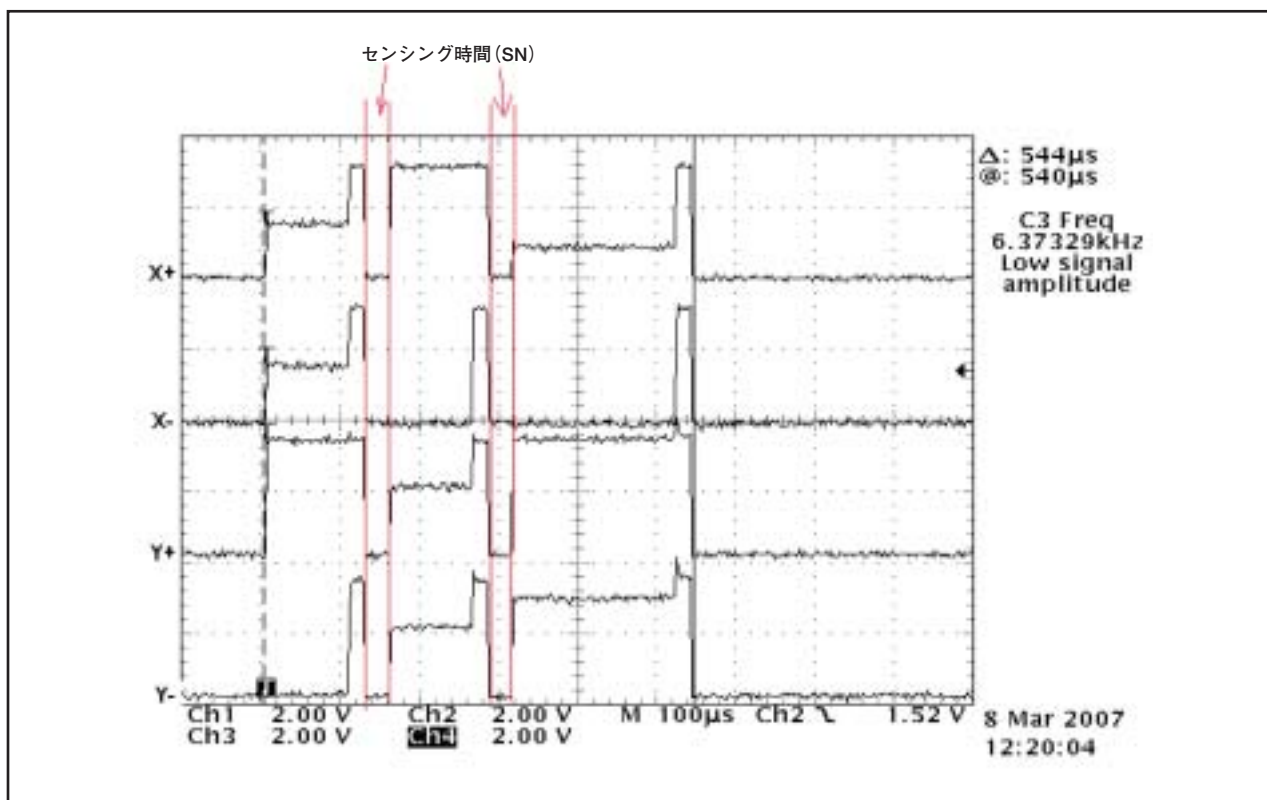


図7. TSCのアナログ・インターフェイスでのセンシング時間

図7に示すように、センシング時間 (SN2～SN0) では、TSCデバイスが2つの座標をADC変換する間に待機させるための遅延時間の長さを設定します。

タッチ・パネルに圧力が加えられたままの状態が続くと、TSCデバイスではタッチ・データの取得を自動的に行い続ける可能性があります。数千SSPSものタッチ・データ取得速度でドライバがオンの状態になり、サンプリングされ、変換され、処理されることも考えられます。ただし人間の制御/応答能力には限界があるため、実際のアプリケーションで必要とされるタッチ・データは通常100～500SSPS程度です。電力を節約しようとするならば、システムで不必要なデータが取得されることは望ましくありません。

タッチ・スクリーン・コントローラのSSPSは、次のような方法で低減できます。

- バッチ遅延を使用して、タッチ・データ・セット間に待機時間を付加します。
- PRやSN (ただしPVSは除く) のような遅延を挿入して、セットごとの座標サンプリングの速度を落とす。PRやSNでは電力が消費されません。

上記設定ビットの場所と、選択可能な時間範囲については、表1を参照してください。

6. 結論

このアプリケーション・レポートでは、TIのタッチ・スクリーン・コントローラ製品TSC2004、TSC2005、TSC2006でのプログラマブル・タイミングと機能について説明しています。これらのタイミングには、ADCクロック周波数 (CL1～CL0)、タッチ・パネル電圧収束時間 (PV2～PV0)、TSC入力端子のプリチャージ時間 (PR2～PR0)、座標サンプル間のセンシング時間 (SN2～SN0) などがあります。

タイミング設定はすべて、アナログ・インターフェイスのトラフィック速度と時間間隔に影響します。また、ADCクロック周波数 (CL) とタッチ・パネル電圧収束時間 (PVS) はアナログ・インターフェイスの消費電力に影響します。

7. 参考文献

1. Operation Schemes of Touch Screen Controllers application report (SLAA359)
2. UNPUBLISHED TSC2004, 1.2V to 3.6V, 12-Bit, Nanopower, 4-wire Touch Screen Controller With I2C. Interface data sheet (SBAS408)
3. TSC2005, 1.6V to 3.6V, 12-Bit, Nanopower, 4-wire Touch Screen Controller With SPI. Interface data sheet (SBAS379B)

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。従いまして、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をご確認下さい。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い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い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 °C、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い基板実装すること。

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 °C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