

# AVR341 : 4線と5線接触画面制御器

## 要点

- 4線と5線画面用接触画面座標読み取り
- 画面抵抗の測定(4線)
- 画面座標への接触座標の変換

## 1. 序説

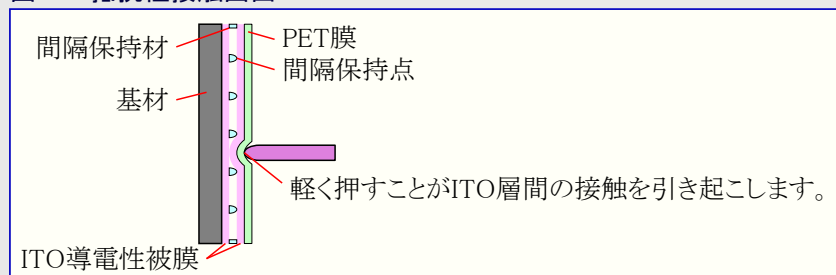
抵抗性の4線と5線の接触システムは最も一般的であり、そして最も一般的な接触画面技術です。主にそれらの安価で簡単なインターフェース電気回路のため、それらの市場割合は約75%です。抵抗性システムはPDAやスマートフォンを含む多数の車載応用で見つけることができます。

AVR<sup>®</sup>マイクロコントローラは、例えば可搬型電池給電応用で必要とされる低電力動作形態と組み合わせ合わせたそれらのアナログ機能のため、この形式の応用に於いて優秀です。

## 2. 動作の理屈 - アナログ抵抗性接触画面

通常、抵抗性接触画面は最低3つの層から成ります。PET膜から作られた柔軟な薄膜(メンブレン)はガラスまたはアクリルから作られた硬質基材上に吊り上げられています(図2-1をご覧ください)。両方の表面は酸化インジウムスズ(ITO:Indium tin oxide)のような透明導電膜で覆われています。導電ITO層は端に沿った間隔保持材の挿入と、2つのITO層の内側表面上の間隔保持点によって離されています。このように、最上部薄膜(PET膜)に圧力が印加されない限り、電気的な接続が全くありません。

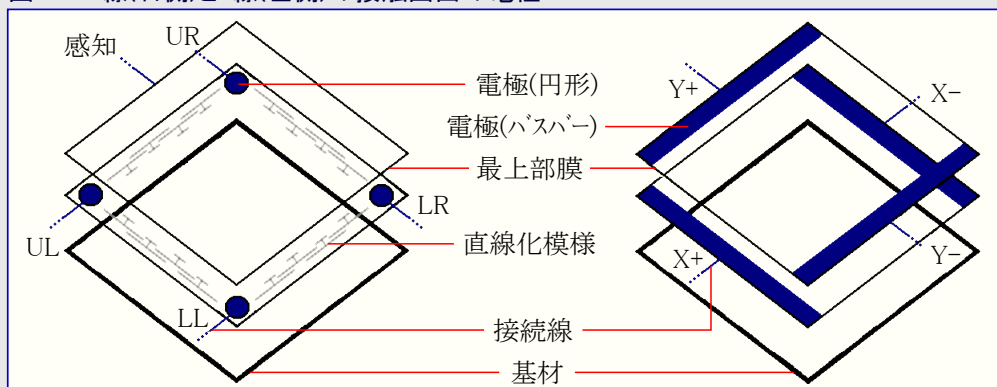
図2-1. 抵抗性接触画面



4線接触画面は各ITO層で単一对の電極(バスバー)を使います(図2-2をご覧ください)。最上部薄膜と基材のバスバーは互いに垂直です。バスバーは4芯のフレキケーブルを通して接触画面制御器に接続されます。この4線はX+(左)、X-(右)、Y+(上)、Y-(下)として参照されます。

4線接触画面の利点は2つのITO層間の接触抵抗(RTOUCH)を測定することによって接触圧の決定が可能なことです。接触圧(または押下された領域の大きさ)が増されると、RTOUCHが減ります。この特性は圧力が印加される場所ではなく、圧力の形式(領域と力)を検知することが必要とされる応用に有用で有り得ます。

図2-2. 4線(右側)と5線(左側)の接触画面の電極



5線接触画面は円形電極を持ちます(図2-2をご覧ください)。それら全てが基材ITOに属するので、一様の変化度の印加電圧にするために直線化模様(導電性)が必要です。



8ビット AVR<sup>®</sup>  
マイクロコントローラ

## 応用記述

本書は一般の方々の便宜のため有志により作成されたもので、Atmel社とは無関係であることを御承知ください。しおりのはじめにでの内容にご注意ください。

Rev. 8091A-07/07, 8091AJ2-03/21

電極に繋がる4つのそれらの線はUL(左上)、UR(右上)、LL(左下)、LR(右下)として参照されます。第5の線は電極電圧を感知するのに用いられ、“感知(sense)”線として参照されます。感知線は最上部膜内に組み込まれています。5線接触画面型の利点は最上部膜上のITO被膜が完全に不要なことです。これは5線接触画面の物理的な磨耗が4線接触画面よりも決定的でないことを意味します。

## 2.1. 励起と測定方法

圧点を測定する方法は望ましい均質の抵抗の表面(ITO)に基づきます。抵抗性表面の電極対に電圧を印加すると、表面を横切って一様の電圧変化度が現れます。2つ目のITO層は高抵抗電圧測定を行うのに必要です。従って抵抗性接触画面は閉じるのに少量の圧力(0.1~1.5N(ニュートン))が必要な電気的なスイッチと見ることができます。

接続点は2つの抵抗を持つ直列抵抗網で各層を“分け”(図2-3.をごらんください)、2つの層間を抵抗で結びます。この点の電圧を測定することにより、使用者は電圧変化度の直交接続点の位置に関する情報を得ます。完全な座標の組を得るには、電圧変化度が一旦垂直に、その後に水平方法に印加されなければならず、最初に供給電圧が1つの層に印加され、そして他の層を横切る電圧の測定が実行され、次に供給が代わりに他の層へ接続されて逆の層電圧が測定されます。待機形態では接触の動きを検出するために線の1つがレベル起動割り込みに接続されます。座標を測定する間の接続については表2-1.を参照してください。

図2-3. 圧力印加時の4線接触画面の“回路図”

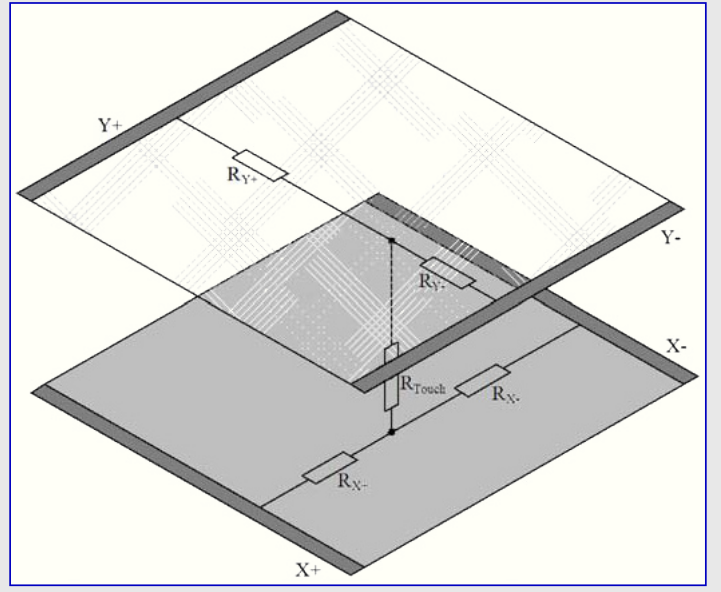


表2-1. 4線接触画面走査

状態	X+励起	X-励起	Y+励起	Y-励起
待機	GND	Hi-Z	Hi-Z	プルアップ/割り込み
X座標	GND	VCC	Hi-Z	Hi-Z/ADC
Y座標	Hi-Z	Hi-Z/ADC	GND	VCC

5線接触画面は測定に関して最上部膜だけを使います。5線接触画面上の座標測定のための接続については表2-2.を参照してください。

表2-2. 5線接触画面走査

状態	UL励起	UR励起	LL励起	LR励起	感知(sense)
待機	GND	Hi-Z	Hi-Z	Hi-Z	プルアップ/割り込み
X座標	GND	VCC	GND	VCC	Hi-Z/ADC
Y座標	GND	GND	VCC	VCC	Hi-Z/ADC

完全な座標の組を得るには、Y座標を決めるのに一度水平方向に、そしてX座標を決めるのに一度垂直方向に電圧変化が基材層に印加されます。両方の場合で、感知電圧が安定した後で高インピーダンス測定を行うのに最上部膜層が使われます。待機形態では接触の動きを検出するために第5の線(感知(sense))がレベル起動割り込みに接続されます。

## 2.2. 4線接触圧の計算

言及されたように4線接触画面に印加される力を測定することが可能です。表2-3.はそれを行うのに使われる操作様式を記述します。式2-1.と式2-2.は抵抗の計算方法を示します。

表2-3. 4線接触画面走査

状態	X+励起	X-励起	Y+励起	Y-励起
Z1	GND	Hi-Z/ADC	Hi-Z	VCC
Z2	GND	Hi-Z	Hi-Z/ADC	VCC

オームの法則の手段により、RTOUCHを決めるのに2つの異なる方法があります(図2-3.をご覧ください)。

### 式2-1. RTOUCHの計算

$$R_{TOUCH} = \frac{(U_{Z2} - U_{Z1})}{I} = R_{X\_Plate} \times \frac{ADC_X}{2 \times ADC_{分解能}} \left( \frac{ADC_{Z2}}{ADC_{Z1}} - 1 \right)$$

最初の方法は既知のX板抵抗と接触画面の2つの追加交差面測定(Z1とZ2)が必要です。2つ目の方法はXとYの板抵抗が既知であることが必要ですが、単一測定(Z1)だけの使用を許します。

### 式2-2. RTOUCHの計算

$$R_{TOUCH} = R_{ges} - R_{X-} - R_{Y+} = \frac{U_{REF}}{I} - R_{X-} - R_{Y+} = ADC_X \frac{R_{X\_Plate}}{2^{ADC\_分解能}} \left( \frac{2^{ADC\_分解能}}{ADC_{Z1}} - 1 \right) - R_{Y\_Plate} \left( 1 - \frac{ADC_Y}{2^{ADC\_分解能}} \right)$$

## 2.3. 接触跳動

抵抗性接触画面、特に安いものは跳動が顕著で不具合の影響を受け易く、従って測定された座標の濾過が必要です。アナログ濾波実装に外部部品を使うことができますが、これは設計に費用を追加します。正しい座標("点")を達成するより良い方法はソフトウェアでデジタル濾波器を動かすことです。それが不正な測定を除去するため、中央値濾波器(Median filter)が良い選択です。けれども、デジタル濾波器は単一のXまたはYの座標の組を得るのに多数の測定を意味します。新しい座標の組の受け入れを果たすのに必要な条件を定義することによって修正処置を導入することも可能です。

- ・ 待機形態に戻し、新しい測定の前後に接触を通知します。
- ・  $R_{TOUCH}$ の値を考慮に入れます。
- ・ それらが適切に定義された雑音窓に合えば、新しい値を受け入れます。

接触の最後まで検出することができます。系の誤差率は濾波の複雑さを増すことによって減ります。正確な測定と高い変換速度の間には避けることができない二律背反があります。正確な測定はより多くのデータ試料が必要ですが、より低い変換速度が感知できる遅延を引き起こすかもしれません。従って接触システムは座標が50~100ms内に生成されるように設計されるべきです。

## 2.4. 寄生容量

接触画面システム内の容量性要素は注意が必要です。ITO層の単一点間の幅で寄生容量が検知され得ます。

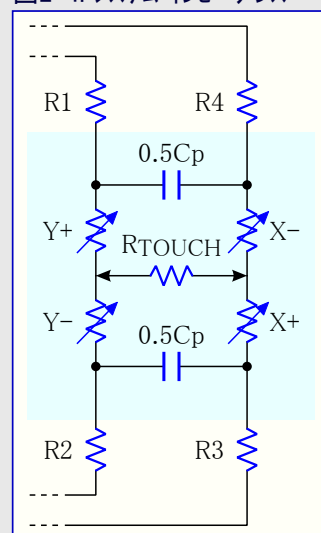
これらの容量の総容量は各々が0.05μFまたはそれ以下の容量を持つ2つの並列容量(図2-4.でのCp)によって模式化することができます。これらの容量の総量Cp(≤0.1μF)は代わりに2つの部分容量として示すことができます。RTOUCHと面抵抗RXとRYの関与も考慮されなければなりません。これらは共に面の励起変更時の遅延時間に責任を持つ時定数を形成します。接触感知器が測定のために活性にされる(面の1つへVCCを印加する場合、他の(感知する)面上の電圧は寄生容量のために直ちに1/2VCCに上昇します。その後、時定数によって指示される指数波形に従って接触点での電圧に安定します。

### 式2-3. 時定数

$$\tau = RC = (C_P + C_{S/H} + C_X) \times (R_{TOUCH} + a \times R_{X\_Plate} + b \times R_{Y\_Plate} + R_X)$$

注: 係数の"a"と"b"は接触位置に依存します。C<sub>X</sub>とR<sub>X</sub>は配線抵抗、制御器の内部論理回路インピーダンスなどのような付加寄生要素を表します。

図2-4. システム インピーダンス



## 3. 接触画面制御器の必要条件

4線または5線の接触画面を操作するには制御器に関する多数の必要条件があります。

### 3.1. A/D変換器(ADC)

デジタル値へのアナログ値の変換に10ビットの分解能と、接触画面の直線誤差(1.5~3%)以下の絶対不正確性を持つA/D変換器が必要とされます。

画面上に印加された圧力に対する最小検出時間と座標での変化を考慮する時にADCの変換時間が考慮されなければなりません。単発押下を監視するだけの応用では、代表的に秒当たり70点が必要とされます。動きの検出、例えば手書きに関しては、(過採取とデジタル濾波によって)正しい点に達するために多数の測定が含まれることを考慮に入れて、概ね秒当たり200点、計算するでしょう。また、CPUは検出速度を減らさないように十分な計算精度でADC読み取りを処理することができなければなりません。

### 3.2. 入出力ピン

接触画面を駆動するピンは(ITO抵抗の値と使用電圧に依存して)5~25mAの範囲で引き出しと引き込みができなければなりません。これは4つのデジタル入出力ピンと2つのアナログ入力(ADCチャネル)が必要とされることを意味します。ピンがアナログ入力とデジタル入出力の両方として構成設定することができるなら、4線接触画面制御器に関しては4ピンで充分です。

5線接触画面制御器はまさに感知(sense)線測定の1つのアナログ入力線が必要です。

### 3.3. 計時器

各種目的用の計測部として計時器が使われます。提案される方法が割り込み駆動なので、追加遅延、例えば接触画面の跳動無効化のために全く必要ではありません。計時器は測定を開始する直前に正しい順で入出力ピンを設定してA/D変換を起動するのにも使われます。このように、制御器は最小の時間だけ接触画面に給電します。更に、計時器は一定時間の間に接触画面で全く動きがない時に制御器を休止形態に設定する時間超過関数を作成するのに使うことができます。

### 3.4. 動き検出

可搬型応用に接触画面が度々用いられるため、接触画面制御器の電力消費が考慮に入れなければなりません。電力消費を減らす1つの方法は接触画面上で動きが全く検出されない時に接触画面制御器を低電力休止形態(“待機”)へ移行することです。

待機動作の使用を許可するため、内部プルアップと組み合わせたピン変化割り込みを用いてレベル変化検出が実装されるべきです。これは接触画面上の動きを待つ間、低電力形態へ移行し、ピン変化が起動される時に起き上がることを接触画面制御器に許します。

### 3.5. AVRへの接触画面接続

実装例は接触画面制御器としてATmega88を使います(詳細についてはATmega88データシートをご覧ください)。図3-1と図3-2は各々5線と4線の接触画面へのATmega88接続方法を図解します。5線接続画面を駆動するため、AVRのADCチャネル入力に感知(sense)線を接続しなければなりません。4線接続画面は2つのADC入力チャネル(X-とY-)が必要です。残りの線は何れかの入出力に接続されるべきですが、同じポートが望まれます。基準電圧としてAREFピンでの外部コンデンサを持つAVCCの使用が推奨されます。(例えば、LCD表示器からの雑音信号を最小にするため、低域通過濾波器を形成する、接触画面駆動部からGNDへのコンデンサ(代表値0.01μF)追加が一般的ですが、この段階が系の時定数を増やすことを考慮しなければなりません。

図3-1. 5線接触画面用設計提案

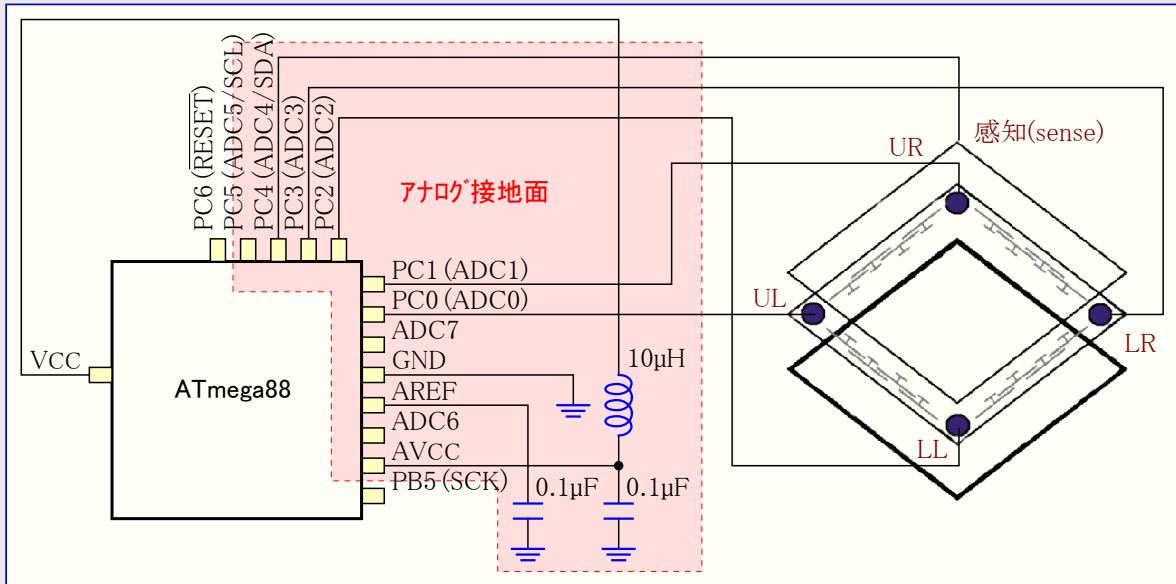
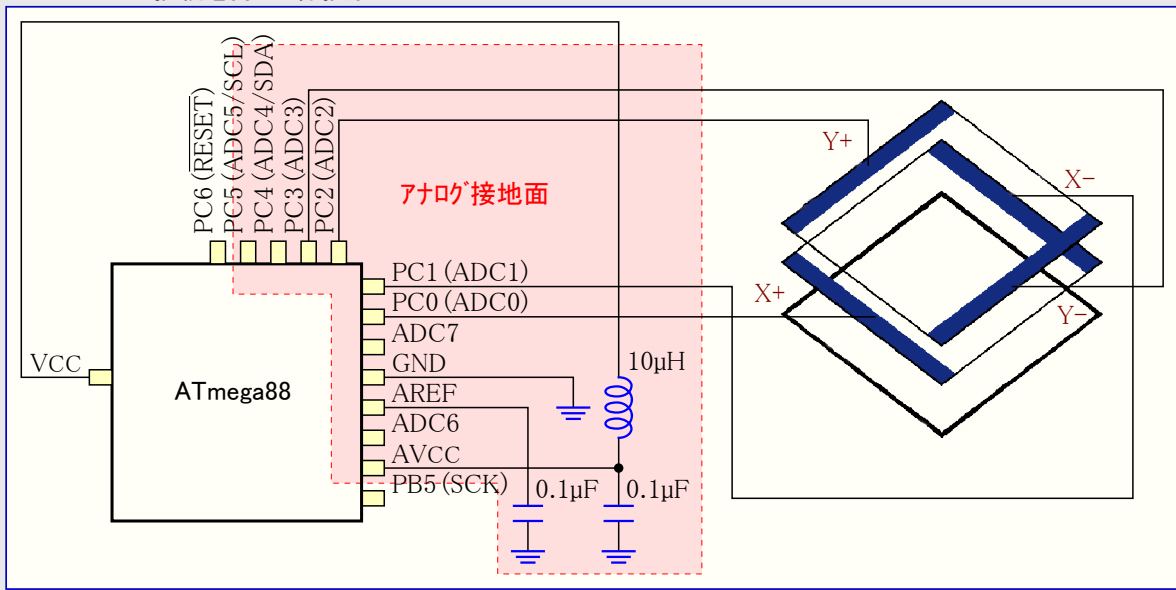


図3-2. UART接続を持つ4線接触画面



## 4. コード例

コードはIAR® EWAVRコンパイラ 4.20A版で実行されています。コードはATmega88を目的対象としますが、コードの微細な変更だけで他のデバイスで動かすことができます。

この実装は以下を含みます。

(定義を通して選択される)抵抗性4線または5線の接触画面をインターフェースするためのドライバ

- ・ 跳動無効化
- ・ 寄生容量修正
- ・ 濾過または座標読み取り(中央値濾波器(Median filter))
- ・ 濾波器目的用RTOUCHの任意測定(4線のみ)
- ・ 待機動作形態

この実装は低位ドライバとしての使用が意図され、故にデータの解釈(クリックとドラッグの区別)や校正は全く実行されません。このドライバは有効座標と("フラグレジスタ"に書かれた)状態情報だけを提供します。

接触画面ドライバは"touchscreen.h"内の多数の定義によって完全に構成設定することができます。4線と5線の接触画面を選ぶことが可能で、濾波目的のために4線システムでRTOUCHを測定することは任意選択です。更に、どのピンが接触画面に接続されるかを選ぶことが可能です。このプロジェクトは元々ATmega88用に使われていますが、使われる全てのビットとレジスタがこのファイルで一覧にされるため、殆ど全てのAVR用に改造することができます。

応用でこの接触画面ドライバを使うにはファイル(touchscreen.hとtouchscreen.c)を追加してヘッダファイルをインクルードしてください。"Touchscreen\_init"関数がこのドライバを初期化します。"Touchscreen\_Data"と名付けられた外部構造体変数は8ビットのフラグレジスタと実際のX/Y座標用の2つの16ビット変数から成り、接触系を扱うのに必要な全ての情報を提供します。フラグレジスタの記述については表4-1をご覧ください。

表4-1. "Touchscreen\_Data" - フラグレジスタ

バイト位置	バイト0							
名称	フラグレジスタ							
ビット位置	7	6	5	4	3	2	1	0
意味	開始	休止	-	-	接触	終了	X/Y	溢れ
ビット名	F7	F6	F5	F4	F3	F2	F1	F0

表4-2. "Touchscreen\_Data" - X/Y座標

バイト位置	バイト2								バイト1							
名称	X位置															
ビット位置	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
ビット名	-	-	-	-	-	-	X9	X8	X7	X6	X5	X4	X3	X2	X1	X0

バイト位置	バイト4								バイト3							
名称	Y位置															
ビット位置	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
ビット名	-	-	-	-	-	-	Y9	Y8	Y7	Y6	Y5	Y4	Y3	Y2	Y1	Y0

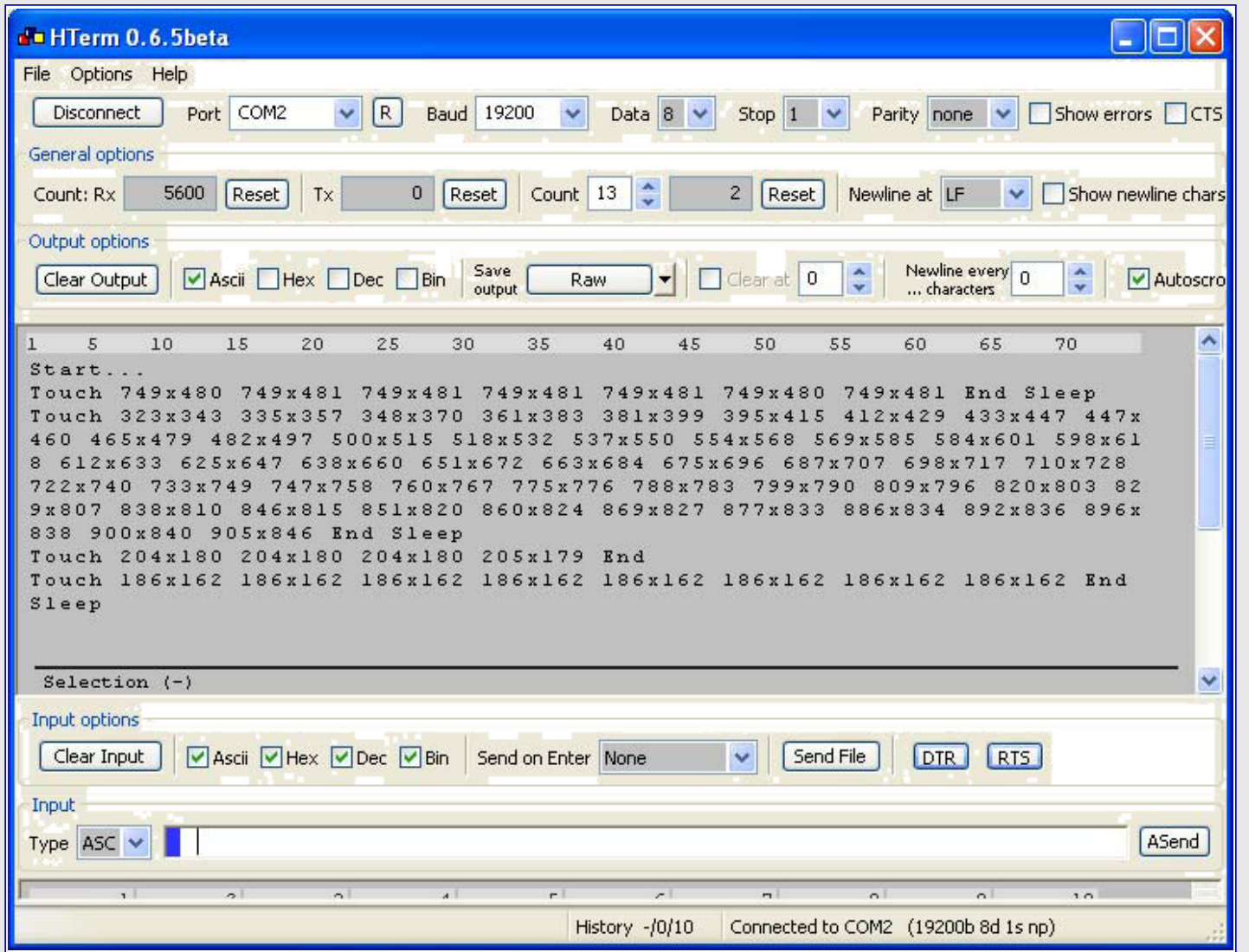
表4-3. "フラグレジスタ"内のビットの定義

フラグ	機能
開始 (Touchscreen_initで設定)	このビットは応用が動く初回に走らなければならない初期化ルーチンの終了を示します。これは初回の応用始動に関連して接触座標と画面座標間の割り当ての校正を走らせることが推奨されます(校正に関する5.1項を参照してください)。
休止 (タイマ/カウンタ0比較A)	このビットは予め定義された時間("touchscreen.h"内のSLEEP_CONTDOWN)の間に接触感知器で新しい入力がかかった場合に設定(1)されます。節電のためこのビットが設定(1)された時にAVRの休止形態へ移行することができます("main.c"の注釈をご覧ください)。
接触 (タイマ/カウンタ0比較A)	このビットは接触が検出されて跳動無効化処理が成功裏に終了したことを示します。接触画面ドライバは今やA/D変換を開始して多くの測定を実行します。
終了 (ADC割り込み処理ルーチン)	このビットは接触の最後が検出された場合に設定(1)されます。接触画面ドライバは今やA/D変換を禁止して新しい入力に認証された場合に予め定義された時間後に"休止"フラグを設定(1)します。
X/Y (ADC割り込み処理ルーチン)	このビットは新しい座標の組がTouchscreen_Data構造体に書かれたことを示します。
溢れ (ADC割り込み処理ルーチン)	このビットは古いものが読まれる前に新しい座標の組がTouchscreen_Data構造体に書かれたことを示します。

#### 4.1. 状態情報用RS232インターフェース

状況と座標検出からの出力を見ることを使用者に許すため、状態情報がATmega88のUARTで送信されます(図4-1をご覧ください)。これは休止からの起き上がり(“接触”)と待機形態への移行(“休止”)についての情報を含みます。全ての情報はASCII文字を用いた端末プログラム(設定:19200bps、8ビット、パリティなし、1停止ビット)で見ることができます。

図4-1. RS-232端末インターフェース

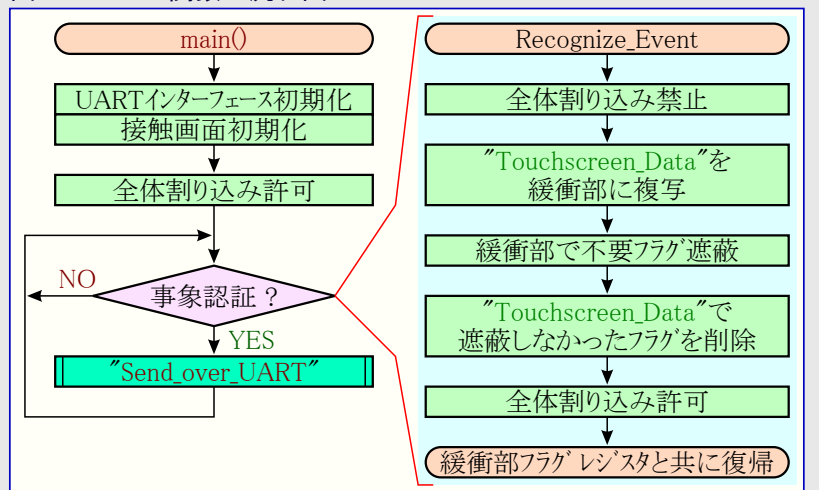


#### 4.2. 主コード繰り返しの概要

各種フラグに応答するためにそれらはそれによってポーリングされなければなりません。UART実演コード例では特別な関数(“Recognize\_Event”)がフラグの解釈を行います(図4-2をご覧ください)。殆ど全てのフラグが割り込み処理ルーチンで設定されるので、データの完全性を保証するために関数は最初に全体割り込みを禁止し、その後構造体を緩衝部へ複写します。加えて、重要な作業だけが応答(例えば、新しい座標へだけ応答)するようにフラグレジスタに遮蔽を適用することが可能です。フラグが処理されてしまった後、対応するフラグは解除(0)されます。最後に、全体割り込みが再び許可されます。

このコード例では、全てのフラグと座標がUARTインターフェースを用いてASCII文字として送信され、故にそれは端末プログラムを用いて状態と検出した座標を監視することが可能です。

図4-2. “main”関数の流れ図





受け入れられた値は予め定義された値の回数("SAMPLES\_FOR\_ONE\_TRUE\_XY\_PAIR")が達成されるまで、対応する配列に格納されます。これがその場合なら、XとYの両方の配列が整列され中央値が識別されます(中央値濾波器)。中央値は低い側の半分から試料データの高い側の半分を分ける数値で、故に格納された値を持つ配列の場合、それは中央のものです。この濾波器は高速ドラッグを許すと同時に不調を消す能力があるために選ばれました。

進行中のXとYの座標に対する中央値は"Touchscreen\_Data"インターフェース変数で使用者に提供されます。

座標と接触状況の継続的な測定は、接触連続数条件("MAXIMUM UNTOUCH CONDITIONS")が2つのITO層間の接触がもはやないことを立証した場合に中断されます。

#### 4.4. 接触画面ドライバによって使われる割り込み

接触画面ドライバは合計4つの異なる割り込み元を使います。この理由については、遅延時間が全く必要なく、系の応答時間が最小に減らされるからです。

以下の割り込みが使われます。

##### ピン変化割り込み

ピン変化割り込みは接触の検知と休止形態からAVRを起こすのに使われます。この割り込みは計時器0を始動します。

##### タイマ/カウンタ比較A一致

この割り込みは最初に接触画面跳動無効化に使われます。この処理が成功したなら、この割り込みはそれが起こる度毎に新しいA/D変換測定を開始します。接触の動きが全く検知されなければ、この計時器はSLEEP\_COUNTDOWNを増やして最終的に休止フラグを設定(1)します。

##### タイマ/カウンタ比較B一致

時間順で比較A一致前で、この割り込みはA/D変換器が許可されて測定が行われている間にだけ活性です。それは入出力ピンを構成設定してアナログ入力チャネルを設定します。

##### A/D変換完了

この割り込みではA/D変換値が読まれて濾過が行われます。

#### 4.5. コード量

表4-4. "touchscreen.c"の関数

関数	量 (バイト)
Pin_Change_ISR	40
Timer0_Compare_Match_A_ISR	135
Timer0_Compare_Match_B_ISR	64
ADC_Conversion_Complete_ISR (Lowレベル)	176
ADC_Conversion_Complete_ISR (RTOUCH)	316
Touchscreen_Init	46
Start_Measurement	44
Stop_Measurement	36
Insertion_Sort	84
Store_valid_Data	92

表4-5. 応用記述内の単位部

単位部	量 (バイト)
接触画面部	860 (RTOUCH:1020)
主(main)	317
UARTインターフェース	304
TWIインターフェース	400

### 5. より高位のソフトウェアの提案

4線と5線の接触画面用の低位ドライバは、例えば校正やデータの解釈を行うためのより高位のソフトウェアで拡張することができます。これらの機能が非常に独自設計され、全ての応用に対して共通の必要条件ではないため、これは低位ドライバの一部ではありません。

にもかかわらず、以下の項はより高位の接触画面応用ソフトウェアに関する実装の考えと示唆を提供します。

#### 5.1. 接触画面と表示画面間の座標割り当ての校正

校正は測定した接触画面データを真の画面座標に変換するのに用いられ、その場合の接触画面は表示器(例えば、LCD)を覆って装着されます。その算法は表示器座標に比例して接触画面の尺度調整誤差、変位、回転を補償しなければなりません。それらの誤差要素を無くすため、6つの校正係数(A,B,C,D,E,F)が必要とされます。接触画面座標(X<sub>T</sub>とY<sub>T</sub>)の表示座標(X<sub>D</sub>とY<sub>D</sub>)への変換は下の式を用いて実行することができます。

$$X_D = A(X_T) - B(Y_T) - C$$

$$Y_D = D(X_T) - E(Y_T) - F$$

6つの校正係数値を得るには3つの採取点が必要です。この採取点は一次方程式の組を作成する目的で挿入されなければなりません。

$$\begin{aligned} X_{D1} &= A(X_{T1}) - B(Y_{T1}) - C \\ X_{D2} &= A(X_{T2}) - B(Y_{T2}) - C \\ X_{D3} &= A(X_{T3}) - B(Y_{T3}) - C \\ Y_{D1} &= D(X_{T1}) - E(Y_{T1}) - F \\ Y_{D2} &= D(X_{T2}) - E(Y_{T2}) - F \\ Y_{D3} &= D(X_{T3}) - E(Y_{T3}) - F \end{aligned}$$

校正係数値を得るために一次方程式を解いてください。

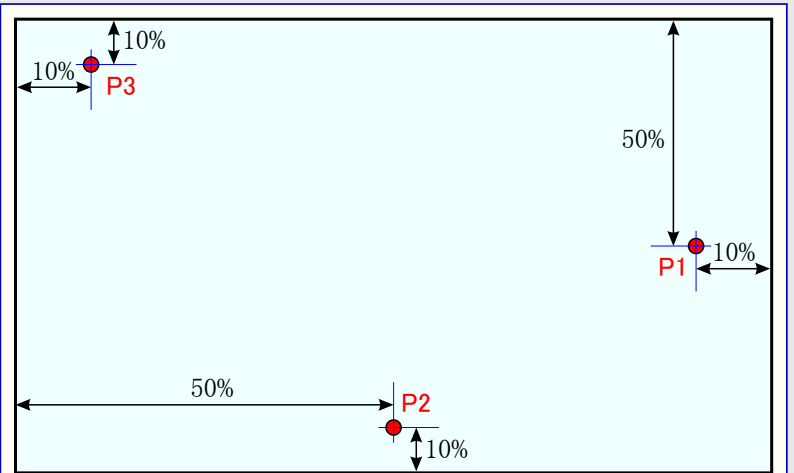
$$\begin{aligned} A &= \frac{(X_{D1} - X_{D3})(Y_{T2} - Y_{T3}) - (X_{D2} - X_{D3})(Y_{T1} - Y_{T3})}{(X_{T1} - X_{T3})(Y_{T2} - Y_{T3}) - (X_{T2} - X_{T3})(Y_{T1} - Y_{T3})} = \frac{X_{D1}(Y_{T2} - Y_{T3}) - X_{D2}(Y_{T3} - Y_{T1}) - X_{D3}(Y_{T1} - Y_{T2})}{X_{T1}(Y_{T2} - Y_{T3}) - X_{T2}(Y_{T3} - Y_{T1}) - X_{T3}(Y_{T1} - Y_{T2})} \\ B &= \frac{(X_{T1} - X_{T3})(X_{D2} - X_{D3}) - (X_{D1} - X_{D3})(X_{T2} - X_{T3})}{(X_{T1} - X_{T3})(Y_{T2} - Y_{T3}) - (X_{T2} - X_{T3})(Y_{T1} - Y_{T3})} = \frac{A(X_{T3} - X_{T2}) + X_{D2} - X_{D3}}{(Y_{T2} - Y_{T3})} \\ C &= \frac{Y_{T1}[X_{T3}(X_{D2}) - X_{T2}(X_{D3})] - Y_{T2}[X_{T1}(X_{D3}) - X_{T3}(X_{D1})] - Y_{T3}[X_{T2}(X_{D1}) - X_{T1}(X_{D2})]}{(X_{T1} - X_{T3})(Y_{T2} - Y_{T3}) - (X_{T2} - X_{T3})(Y_{T1} - Y_{T3})} = X_{D3} - AX_{T3} - BY_{T3} \\ D &= \frac{(Y_{D1} - Y_{D3})(Y_{T2} - Y_{T3}) - (Y_{D2} - Y_{D3})(Y_{T1} - Y_{T3})}{(X_{T1} - X_{T3})(Y_{T2} - Y_{T3}) - (X_{T2} - X_{T3})(Y_{T1} - Y_{T3})} = \frac{Y_{D1}(Y_{T2} - Y_{T3}) - Y_{D2}(Y_{T3} - Y_{T1}) - Y_{D3}(Y_{T1} - Y_{T2})}{X_{T1}(Y_{T2} - Y_{T3}) - X_{T2}(Y_{T3} - Y_{T1}) - X_{T3}(Y_{T1} - Y_{T2})} \\ E &= \frac{(X_{T1} - X_{T3})(Y_{D2} - Y_{D3}) - (Y_{D1} - Y_{D3})(X_{T2} - X_{T3})}{(X_{T1} - X_{T3})(Y_{T2} - Y_{T3}) - (X_{T2} - X_{T3})(Y_{T1} - Y_{T3})} = \frac{D(X_{T3} - X_{T2}) + Y_{D2} - Y_{D3}}{(Y_{T2} - Y_{T3})} \\ F &= \frac{Y_{T1}[X_{T3}(Y_{D2}) - X_{T2}(Y_{D3})] - Y_{T2}[X_{T1}(Y_{D3}) - X_{T3}(Y_{D1})] - Y_{T3}[X_{T2}(Y_{D1}) - X_{T1}(Y_{D2})]}{(X_{T1} - X_{T3})(Y_{T2} - Y_{T3}) - (X_{T2} - X_{T3})(Y_{T1} - Y_{T3})} = Y_{D3} - DX_{T3} - EY_{T3} \end{aligned}$$

最良の結果のため、採取点は各々の場合に於いて接触画面の縁の横側の長さの10%の距離で、水平中央、垂直中央、そして1つの角から収集されるべきです。詳細については図5-1. 採取点をご覧ください。

デバイスが通電される毎に校正係数を計算することは可能ですが、必要ではありません。実演目的に関してはこれを一回行うことで充分で、例えば値をEEPROMに格納します。この校正処理を一回開始するために電源投入の指示子として“開始”フラグを使うことができます。

代表的な校正は一度行われて係数が不揮発性メモリに格納されます。けれども、温度、湿度、経年の影響(“変動”)のために再校正を行うことは、より長い期間に渡って必須かもしれません。

図5-1. 採取点



## 5.2. 接触動作の判断

表示器に対して上掛けのため、接触画面は通常、絶対座標を使い、故にシステムの操作はクリックだけで行うことができます。ドラッグまたはドローイングのような追加機能はクリックと移動を区別するための接触画面データの解釈が必要です。この場合、“接触”フラグと“終了”フラグが非常に有用です。単純なクリックは狭い時間窓、例えば200ms以内の接触フラグ、1つまたはより多くの座標の組、そして終了フラグの組み合わせとして定義することができます。

この区間の終了まで、獲得した全ての座標はカーソルを設定するのに使うことができます。200msの最後で、より上位のソフトウェアは終了フラグが受け取られたかを確認しなければなりません。もしそうならば、入力をクリックとして解釈することができます。さもなければそれは殆ど移動のようで、従って新しく測定した接触画面データを用いてカーソルの位置付けを続けます。



## 本社

### *Atmel Corporation*

2325 Orchard Parkway  
San Jose, CA 95131  
USA  
TEL 1(408) 441-0311  
FAX 1(408) 487-2600

## 国外営業拠点

### *Atmel Asia*

Unit 1-5 & 16, 19/F  
BEA Tower, Millennium City 5  
418 Kwun Tong Road  
Kwun Tong, Kowloon  
Hong Kong  
TEL (852) 2245-6100  
FAX (852) 2722-1369

### *Atmel Europe*

Le Krebs  
8, Rue Jean-Pierre Timbaud  
BP 309  
78054 Saint-Quentin-en-  
Yvelines Cedex  
France  
TEL (33) 1-30-60-70-00  
FAX (33) 1-30-60-71-11

### *Atmel Japan*

104-0033 東京都中央区  
新川1-24-8  
東熱新川ビル 9F  
アトメル ジャパン株式会社  
TEL (81) 03-3523-3551  
FAX (81) 03-3523-7581

## 製品窓口

### ウェブサイト

[www.atmel.com](http://www.atmel.com)

### 技術支援

[avr@atmel.com](mailto:avr@atmel.com)

### 販売窓口

[www.atmel.com/contacts](http://www.atmel.com/contacts)

### 文献請求

[www.atmel.com/literature](http://www.atmel.com/literature)

お断り: 本資料内の情報はAtmel製品と関連して提供されています。本資料またはAtmel製品の販売と関連して承諾される何れの知的所有権も禁反言あるいはその逆によって明示的または暗示的に承諾されるものではありません。Atmelのウェブサイトに位置する販売の条件とAtmelの定義での詳しい説明を除いて、商品性、特定目的に関する適合性、または適法性の暗黙保証に制限せず、Atmelはそれらを含むその製品に関連する暗示的、明示的または法令による如何なる保証も否認し、何ら責任がないと認識します。たとえばAtmelがそのような損害賠償の可能性を進言されたとしても、本資料を使用できない、または使用以外で発生する(情報の損失、事業中断、または利益の損失に関する制限なしの損害賠償を含み)直接、間接、必然、偶然、特別、または付随して起こる如何なる損害賠償に対しても決してAtmelに責任がないでしょう。Atmelは本資料の内容の正確さまたは完全性に関して断言または保証を行わず、予告なしでいつでも製品内容と仕様の変更を行う権利を保留します。Atmelはここに含まれた情報を更新することに対してどんな公約も行いません。特に別の方法で提供されなければ、Atmel製品は車載応用に対して適当ではなく、使用されるべきではありません。Atmel製品は延命または生命維持を意図した応用での部品としての使用に対して意図、認定、または保証されません。

© Atmel Corporation 2007. 不許複製 Atmel<sup>®</sup>、ロゴとそれらの組み合わせ、AVR<sup>®</sup>、STK<sup>®</sup>とその他はAtmel Corporationの登録商標または商標またはその付属物です。他の用語と製品名は一般的に他の商標です。

© HERO 2021.

本応用記述はAtmelのAVR341応用記述(doc8091.pdf Rev.8091A-07/07)の翻訳日本語版です。日本語では不自然となる重複する形容表現は省略されている場合があります。日本語では難解となる表現は大幅に意識されている部分もあります。必要に応じて一部加筆されています。頁割の変更により、原本より頁数が少なくなっています。

必要と思われる部分には( )内に英語表記や略称などを残す形で表記しています。

青字の部分はリンクとなっています。一般的に赤字の0,1は論理0,1を表します。その他の赤字は重要な部分を表します。