

AVR3001 : QTouchADC測定と調整

Atmel 8ビット マイクロコントローラ

序説

QTouchADCはAtmel® QTouch®技術で利用可能な感知算法の範囲への最新追加物です。これは標準ADCの過採取によって実装され、チャンネル毎に1つのピンだけを必要とします。ひつようとされる外部部品はADC入力ピンでの直列抵抗だけです。標準QTouch技術と比べ、QTouchADCはより短い集中長でより速い採取時間を提供し、より低い電力消費に帰着します。この採取法は選択するAtmel AVR®用のQTouchライブラリの一部として利用可能です。これは或る接触感知器ICでも実装されています。この応用記述はQTouchADC測定技術と感度調節技術を読者に習熟させることが狙いです。

目次

1. QTouchADC基礎	3
2. 感度調節	3
2.1. 完全な電荷移動の保証	3
2.1.1. 貨幣可視器法	4
2.1.2. CSD調整法	5
2.2. パルス-尺度係数調整	5
2.2.1. パルス係数	5
2.2.2. 尺度係数	5
2.2.3. Pulse-Scale係数の設定	6
3. 特徴	6
3.1. チャネル毎に只1つのピン	6
3.2. 容易な設計	6
3.3. 外部Csなし	6
3.4. 雑音耐性	6
3.5. より速い採取	6
3.6. 近接感知	6
3.7. AVCC変化に強い	6
4. 参照	6

1. QTouchADC基礎

QTouchADC採取法はADCの内部採取/保持(S/H)コンデンサ(Cs)と感知電極容量(Cx)間の分割電荷によって動きます。

電荷分割は以下の手順で実行されます。

段階1. Cxは充電されてCsと並列で接続されます。これは電荷がそれらの間で比例して分配されるまで、電荷をコンデンサ間に流れさせます。

段階2. Csを渡す結果電圧がA/D変換器(ADC)によってデジタル化されます。

段階3. Cxは充電されてCsと並列で接続されます。電荷は再びコンデンサ間で分け合われます。

段階4. 残留電荷のためにCsを渡す電圧がADCによってデジタル化されます。

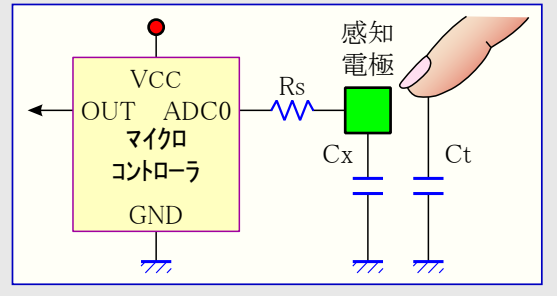
得られた2つのADC値は平均化され、これがキーの信号を与えます。接触のない信号の長期の平均は参照基準と呼ばれます。

感知部が接触されると、感知部電極の実効容量が増してCx+Ctになります。これはコンデンサ間で分割される電荷量に影響を及ぼします。Cxを事前充電してCsとで分割する時は、Csへ転送される電荷が接触で増し、ADC入力電圧が増します。Csを事前充電してCxとで分割する時は、Csに残る電荷が接触で減り、ADC入力電圧が減ります。しかし、平均化されたADC値からの結果信号は接触で増します。信号と参照基準間の差が使用者が決めた閾値(Δ)よりも大きい場合に接触が報告されます。

内部採取コンデンサが使用されるので、チャンネル毎に只一つの物理ピンだけが必要とされます。測定の差分の性質は低周波数雑音削減の水準を提供します。

CxとCtが物理的なコンデンサでないことに注意されるべきです。Cxは感知電極の実効容量で、Ctは感知部に接触する人間の指の実効容量です。

図1-1. QTouchADC構成図

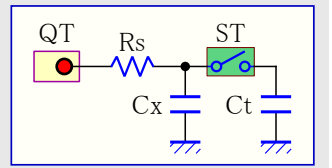


2. 感度調節

接触感知部回路は図2-1.で示されるように表現することができます。

接触感知ピン(QT)は直列抵抗(Rs)を通してCxによって表される感知部電極容量へ接続されます。開閉器(ST)は指接触キーを表します。指によって誘導された容量がCtとして表されます。キーが接触されると、CtはCxとで並列容量(コンデンサ)を形成する回路に切り換えられ、実効容量をCx+Ctに変えます。以下の検討に於いて、Cx+Ctの和を表すのにCxtが使用されます。Cxの値はCsのそれに近くあるべきです。CxがCsよりも著しく大きい場合、A/D変換器(ADC)は飽和するでしょう。最良の性能についてはCxtが約60pFよりも大きくなるべきでないことが推奨されます。

図2-1. 等価電荷分割回路



直列抵抗(Rs)は公称1kΩですが、回路の雑音耐性を改善するためにより高い値へ増すことができるかもしれません。Rsの値は十分な雑音耐性を提供する最低の値を見つけるのに段階的に増加されるべきです。極端に雑音の多い環境で100kΩまでの抵抗値が有用なことが分かりました。

Rsを通してCxtを63%に充電するための時定数(τ)は以下によって与えられます。

$$\tau = R_s \times C_{xt}$$

上で与えられた極端な場合に於いて、時定数は次の通りです。

$$\tau = R_s \times C_{xt} = 100 \times 10^3 \times 60 \times 10^{-12} = 6 \times 10^{-6} \text{ 即ち } 6\mu\text{s}$$

Cxtを渡す電圧、充電電流は漸近的(注)に上昇し、従ってRsを通る充電の移動率は漸的に下降します。4τの充電遅延時間後にCxtを渡す電圧が印加された電圧の98%になり、電荷はV×Cxtの98%になります。

キーの詳細パラメータと動作条件は設計間で変わります。各設計に於いてキーの性能を最適化するために正確な調整量が必要とされます。感知部調節に伴う主要な手段はCxで完全な電荷移動を確実にして、信号での適切な利得を設定し、平均化係数を設定することです。

注: 漸近線は与えられた曲線への距離が0へ向かう線です。漸近線はその関連する曲線と交差するかもしれないし、交差しないかもしれません。

2.1. 完全な電荷移動の保証

信頼に足る動作を保証するために、測定手順の全ての関連段で完全な電荷移動が達成されるのを確実にすることが重要です。測定周回の中に考慮されるべき最大時定数は段階1でのRsを通したCxtの充電です。これは上で記述されるようにCxtとRsの関数です。測定の電荷分割(共有)段階に関連する時定数はCxtとCsの直列組み合わせ(即ち(Cx×Cs)/(Cxt+Cs))とRsの関数です。

従ってRsでの毎回の充電で、完全な電荷移動を確実にするためにCxtの充電が測定されることが必要です。感知部電極で完全充電が達成されるのを確実にするために2つの手続きが記述されます。完全な電荷移動が達成されるのを2重検査するために両方の方法の使用が推奨されます。

2.1.1. 貨幣可視器法

この方法はパルスを観測するためにオシロスコープを用品です。オシロのプロブ(プローブ)は図2-2.で示されるように上掛け板の上面に小さな貨幣を使用して感知部電極容量と結合されます。代わりに銅箔テープの小さな一片を使用することができます。感知部を直接的に探索する(プローブを当てる)ことは探針の容量を追加し、非現実的な波形を与えます。

図2-2. 充電パルス測定に使用される貨幣可視器法

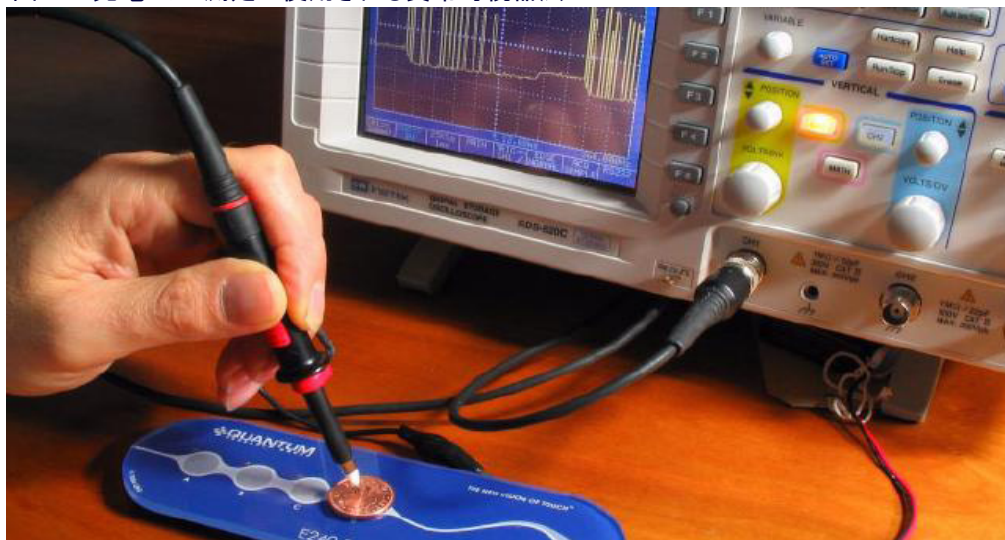
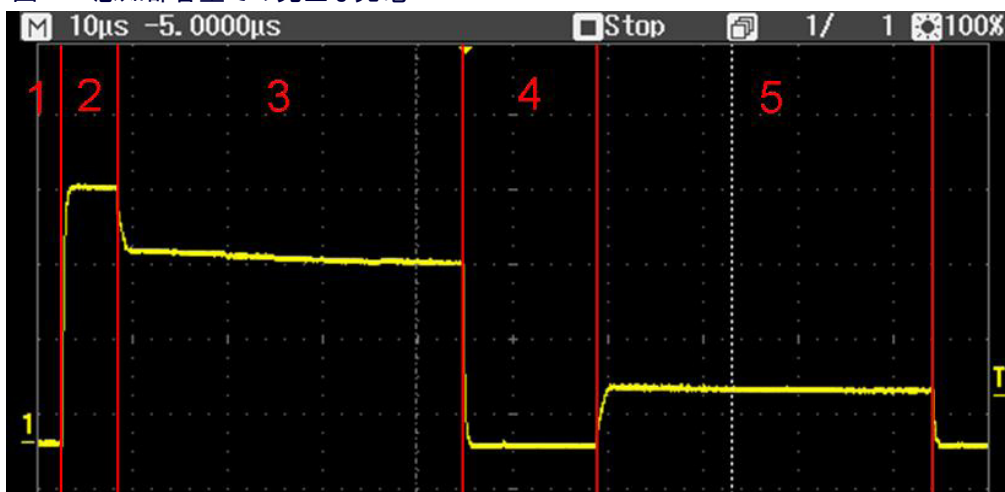


図2-3.は貨幣可視器法を用いてオシロスコープで観測される信号を表します。

図2-3. 感知部容量での完全な充電



信号内で5つの個別の領域を識別することができます。

- 領域1：初めに直前の測定からのどんな影響も無くするために全ての容量(コンデンサ)は放電されます。
- 領域2：Cxtコンデンサが事前充電されます。
- 領域3：電荷がCxtからCsに共有(分割)され、最初の測定が実行されます。
- 領域4：Csコンデンサが事前充電されます。これはこの段階中に感知部入力接地されるために見ることができません。
- 領域5：電荷がCsからCxtに共有(分割)され、2回目の測定が実行されます。

この波形で調査する重要な様子は領域2の最後の前に信号が最低1µs安定することです。不十分な充電時間のキーは図2-4.で示される鋭い尖頭様の波形を示します。

図2-4. 感知部容量での不完全な充電



このような波形が観測される場所では、電荷分割(共有)(CSD:Charge Share Delay)時間が図2-3.のものと同様の波形が観測されるまで増されるべきです。Atmel QTouchライブラリ 4.4版とそれ以上ではデバイスのライブラリファイルに関連する'touch_config_dp.h'ファイル内で'DEF_QT_CHARGE_SHARE_DELAY'パラメータの値を変更することによって増すことができます。このパラメータの値は1~255に変えることができます。パラメータの各単位は約1µsの遅延を表します。CSDは全てのチャンネルに影響を及ぼす全域パラメータです。

2.1.2. CSD調整法

正しい電荷移動はオシロスコープの使用なしに確認することもできます。これを行うためにパルスと尺度の係数が0に設定されるべきです。これは'qt_pulse_scale[Ch]=0x00'の設定によって行われ、ここでのChはチャンネル番号です。

最初にCSDは最小値に設定されます。それから完全な接触(注)が印加される間、信号が書き留められるべきです。次に、1µsに増加されたCSDで、完全な接触間の信号レベルが再び書き留められます。信号レベルが延長された充電時間で1よりも多く増す場合、感知部が直前の設定で完全に充電されなかったと判定することができます。CSDは信号が或る設定から次の設定で安定に留まるまで漸次増加されるべきです。これが最適信号レベルで、そして電荷移動が完全であることを示します。

注: 完全な接触は目的環境と応用の使い方で表現される、印加した接触によって充填する最大容量を感知部が持つ場所です。例えば、接地された金属板がキーに被さる絶縁覆いの表面に配置されるかもしれません。

2.2. パルス-尺度係数調整

利得と平均化の係数は測定した信号に対して適切な接触差と適切な雑音削除の水準を提供するように調整されることが必要です。これら2つの係数は'qt_pulse_scale[Ch]'パラメータの値を変更することによって調整することができます。ここでのChはチャンネル番号です。qt_pulse_scale[Ch]パラメータは、上位ニブルが'Pulse(パルス)'値を示し、下位ニブルが'Scale(尺度)'値を設定する、8ビット値を指定することができます。

2.2.1. パルス係数

パルス(Pulse)設定は測定利得を得るために累積されつつある値に到着する、各周回で実行されるべき測定数を形態設定します。Cx測定の極端に広い動的範囲を提供するために、パルスは2のべき乗として実装され、即ち2^{Pulse}回測定が累積されます。パルスの各漸次増加は測定した信号と接触差も2倍にします。

表2-1. Pulse対測定数

Pulse	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
測定数	1	2	4	8	16	32	64	128	256	512	1024	2048	4096	8192	16384	32768

2.2.2. 尺度係数

尺度(Scale)設定は(2^{Pulse}回測定間に)累積された信号に対する除算係数を提供します。この目的は測定した信号上の雑音の影響を減らすまたは排除する平均化係数を提供することです。Pulseによって得られる動的範囲に合わせるために、Scaleは同じ2ⁿ実装に従います。

表2-2. Scale対平均化係数

Scale	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
平均化係数	1	2	4	8	16	32	64	128	256	512	1024	2048	4096	8192	16384	32768

2.2.3. Pulse-Scale係数の設定

Scale=0(即ち1で除算)で、Pulseは接触で観察した差が20~100の範囲であるように各感知部キーの利得を形態設定するのに使用されるべきです。

Scaleは信号平均化の望む水準を達成するために漸次増加されるべきです。形態設定されていたPulseに対する利得を維持するため、PulseはScaleでの増加毎に1つ増加されるべきです。

例えば、必要とした接触差はPulse=4(16回測定)、Scale=3(8で除算)で達成し得ることを知るかもしれません。これはqt_pulse_scale[Ch]=0x43を与えます。

同じ接触差はPulse=3(8回測定)とScale=2(4で除算)または尺度係数に対して同じ累積したパルスの比率を持つ他のどの設定でも得られるでしょう。Pulse係数の増加は測定時間と応答時間も増すことに注意されるべきです。Pulse-Scale係数の既定値はqt_pulse_scale[Ch]=0x21です。

3. 特徴

以下はQTouchADC採取法の特徴のいくつかです。

3.1. チャネル毎に只1つのピン

QTouchADCはA/D変換器(ADC)周辺機能を持つデバイスで実装することができます。デバイスはADC入力の数と同数のキーを支援することができます。単一キーだけが形態設定されると、連続する一連のキーは同類キーとして予約される必要があります。同類キーは未接続のままにされる必要があります。同類キーの割り当ては2つ以上のキーが形態設定される時に内部的に処理されます。

3.2. 容易な設計

QTouchADCに対する感知部設計は非常に簡単です。直列抵抗を通してピンに接続される銅箔面が接触感知部として機能します。形状、大きさ、布線の考慮は標準QTouch感知部に対して指定されるそれらと同じです。更なる詳細はAtmelからの「QTAN0079: 釦、摺動子、輪-感知部設計の手引き」応用記述で得られます。

3.3. 外部Csなし

A/D変換器(ADC)の内部採取/保持(S/H)コンデンサが使用されるため、外部Csコンデンサを追加する必要がありません。只1つの抵抗器(Rs)がADC入力ピンに追加されることが必要なだけです。従って各キーに対して使用される外部部品数を減らします。

3.4. 雑音耐性

第1章で記述されるように、各採取を実行するのに2つのパルスが使用されます。2つの異なるパルスに渡る信号の平均化処理は本質的に信号内に存在する低周波数雑音を減らします。他の種類の雑音の影響を減らすために、過採取と平均化を使用することもできます。

3.5. より速い採取

信頼に足るQTouchADC測定に関するパルス数は標準的なキーに対して一般的におよそ8または16です。必要とされるパルス数は応用や環境に依存して或る範囲に増加することができます。伝統的なQTouch採取法は各採取に対して数100パルスを使用し得ます。従って各QTouchADCチャネルに対する測定時間はよりもっと短くなります。4MHzで走行するデバイスで、各採取は100~300 μ sかかります。

3.6. 近接感知

QTouchADCは標準QTouch近接感知器のそれよりも良い性能の近接感知器を作るのに使用することができます。

3.7. AVCC変化に強い

A/D変換器(ADC)は容量(コンデンサ)を充電するのに使用されるのと同じ供給電圧を参照基準にされます。従って測定された信号はAVCCと無関係です。AVCCの長期間変動に渡って、信号で5%の変動だけが観測されます。

4. 参照

[1] Atmel QTouchライブラリ使用者の手引き

[2] QTAN0079: 釦、摺動子、輪-感知部設計の手引き



Enabling Unlimited Possibilities®

Atmel Corporation

1600 Technology Drive
San Jose, CA 95110
USA
TEL (+1)(408) 441-0311
FAX (+1)(408) 487-2600
www.atmel.com

Atmel Asia Limited

Unit 01-5 & 16, 19F
BEA Tower, Millennium City 5
418 Kwun Tong Road
Kwun Tong, Kowloon
HONG KONG
TEL (+852) 2245-6100
FAX (+852) 2722-1369

Atmel Munich GmbH

Business Campus
Parking 4
D-85748 Garching b. Munich
GERMANY
TEL (+49) 89-31970-0
FAX (+49) 89-3194621

Atmel Japan G.K.

141-0032 東京都品川区
大崎1-6-4
新大崎勸業ビル 16F
アトメル ジャパン合同会社
TEL (+81)(3)-6417-0300
FAX (+81)(3)-6417-0370

© 2012 Atmel Corporation. 全権利予約済 / 改訂:8497B-AVR-08/2012

Atmel®, Atmelロゴとそれらの組み合わせ、AVR®, Enabling Unlimited Possibilities®, QTouch®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。

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、または利益と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。

© HERO 2014.

本応用記述はAtmelのAVR3001応用記述(Rev.8497B-08/2012)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。