

序説

静電容量接触インターフェースは全ての電気製品に於いて益々一般的になりつつあります。多種多様な家電と継ぎ目なく統合するには、静電容量接触インターフェースが頑強な動作を示さなければなりません。

周辺機能接触制御器(PTC:Peripheral Touch Controller)は高い接触性能を提供すると同時に最上級の雑音耐性、耐湿性、より速い応答時間を達成します。この資料はPTCに基づく接触設計の頑強性を改善するための指針、助言、策略を記述します。

要点

- 雑音性能、耐湿性、応答時間に影響を及ぼす要素
- ハードウェア設計の考慮
- 調整の指針



目次

序説	1
要点	1
1. 概要	3
1.1. 現実的課題	3
2. 雑音耐性	3
2.1. EMC規格	3
2.2. 雑音耐性改善	4
3. 耐湿性	15
3.1. 静電容量接触感知部での湿気の影響	15
3.2. 耐湿性改善	15
4. 接触応答時間	19
4.1. 理想応答時間	19
4.2. 応答時間改善	19
5. 参考文献	21
6. 改訂履歴	21

1. 概要

静電容量接触インターフェースは雑音環境、湿気に晒され、温度変化のような厳しい状況下で実行することが必要です。これは厳格なEMC規格に適合することを静電容量インターフェースに要求します。

この資料は以下を達成する方法を記述します。

- ・ 高雑音耐性
- ・ 耐湿性
- ・ 高速応答時間

1.1. 現実的課題

雑音耐性、耐湿性、応答時間の性能はお互いに相互依存です。雑音耐性の増加は応答時間での悪影響を持ちます。高耐湿性用の設計は雑音性能を減らし得ます。より速い応答時間を達成するには、システムの耐湿性と雑音耐性に影響を及ぼす接触採取と信号後処理に対する最小時間が必要です。

従って、効率的な接触設計は頑強な機能の最良の組み合わせを達成する指針に従わなければなりません。



2. 雑音耐性

雑音耐性は単に望まれない'騒々しい'電圧と電流に対する製品の耐性を指します。この望まれない雑音の供給元はRF送出、スイッチング電源、RF範囲での電氣的活動、静電放電(ESD:ElectroStatic Discharge)、雷、供給電圧変動、負荷切り替えなどを持つ他の相互接続された装置を含み得ます。電子システムはこれらの雑音環境下で確実に動くことが期待されます。

上で述べた雑音の動きを重複してシステム動作が予測どおりかどうか調べる検査規格があります。これらの規格は一般的に”電磁両立性(EMC:ElectroMagnetic Compatibility)規格”と呼ばれます。EMC規格は各種雑音形式に対する多数の規格で構成します。

2.1. EMC規格

この項は影響下にある静電容量インターフェースに対するいくつかの代表的なEMC検査規格の概要を提供します。

2.1.1. IEC 61000-4-2 – 静電放電(ESD)に対する耐性

ESD(ElectroStatic Discharge)は静電気のために2つの充電された物体間に突然流れる電流を指します。一般に、この電流は非常に高く、マイクロコントローラに恒常的な損傷を引き起こし得ます。ESDの主な供給元はプラグ&プレイ電子装置、人間の接触などです。

一般に、接触応用は誘電材料で作られる接触パネルを通して接触されます。故に、接触応用はESDから本質的に保護されます。予測されるESD緊迫水準が接触パネルの破壊電圧よりも大きい場合や回路が外圍器によって完全に覆われていない場合、いくつかの特別な注意が与えられるべきです。

2.1.2. IEC 61000-4-4 – 高速過渡現象(EFT)に対する耐性

EFT(Electrical Fast Transient)は電流が流れている処を通るスイッチを開く間に気中放電が起こる時に発生します。過渡放電の影響は導体が巨大な量の電流を運んだ場合に巨大です。EFTは、それが放電経路を見つけるまで線上での近さと伝達に於いてより近いケーブルで結合します。

この電荷は(概略数ナノ秒(ns)の)短い持続時間の間だけ留まります。接触応用は検査中にどんな誤った検出もなしの通常動作が期待されます。

2.1.3. IEC 61000-4-5 – サージ電圧に対する耐性

莫大な量の電荷は雷が送電線に命中する時に送電線で形成されます。この電荷は様々な段階で線を通して分配されて大地へ転送されます。家の主電源でさえこの電荷が観測される場合があります。電荷の量は巨大で、それは数千ボルト(kV)と等価です。産業や送配電に於いて巨大な負荷が供給から切断される時に(より小さな振幅を持つ)同様な種類の電荷が線上で形成されます。

電荷が放電されるにはマイクロ秒(μ s)程度かかります。接触応用は検査中にどんな誤った検出もなしの通常動作が期待されます。

2.1.4. IEC 61000-4-6 – 伝導妨害に対する耐性

伝導雑音は一般的に共通動作(CM:Common-Mode)で装置に接続する全てのケーブルに渡って能われます。

静電容量接触応用は一般的に人の相互作用が起こるまでCM雑音によって影響を及ぼされません。これは電源線がVDDとGND間での安定的な差を維持し、故に通常回路機能として雑音源参照基準(通常は大地)に戻り経路が全く提供されないためです。

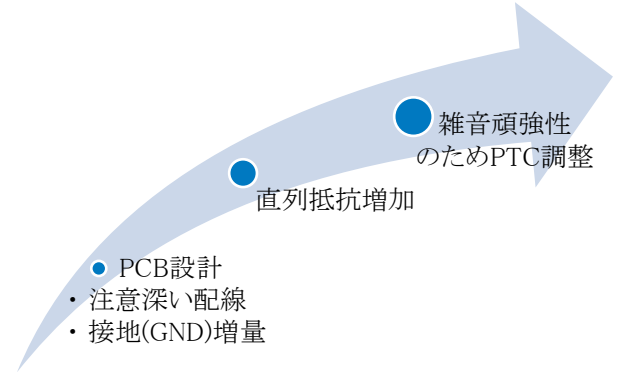
けれども、一旦人相互作用が起こると、使用者の指が今や戻り経路を提供し、事実上直接的に静電容量感知部へ雑音を加えます。この雑音が標準濾波算法が無効になる水準に達すると、接触採取に誤りがもたらされてシステムは信頼できなくなります。これは接触検出なし、誤った検出や或る場合、完全なシステム停止を通してそれ自身を明白にすることができます。

2.2. 雑音耐性改善

適切な技術を利用して望まれない雑音妨害の影響を無くすには、接触応用が動作を必要とする環境を理解することが重要です。システムの雑音耐性は設計周回の各種段階の至る所で推奨される指針に従うことによってかなり増すことができます。

以下の面はそれらが雑音性能に直接的に影響を及ぼすように細心の注意が必要です。

- 回路図設計
- PCB設計
- 直列抵抗最適化
- 筐体
- PTC構成設定



2.2.1. 回路図設計

外部直列抵抗感知線

外部直列抵抗感知線は以下の図で示されるように自己静電容量と相互静電容量の両感知部用の感知線でMCUピンにより近い最低1kΩの外部直列抵抗を使います。外部直列抵抗は接触パネルで破損が起きた場合やESDが直接回路に入ってくる場合にESDの影響を減らす手助けをします。

図2-1. 相互静電容量直列抵抗

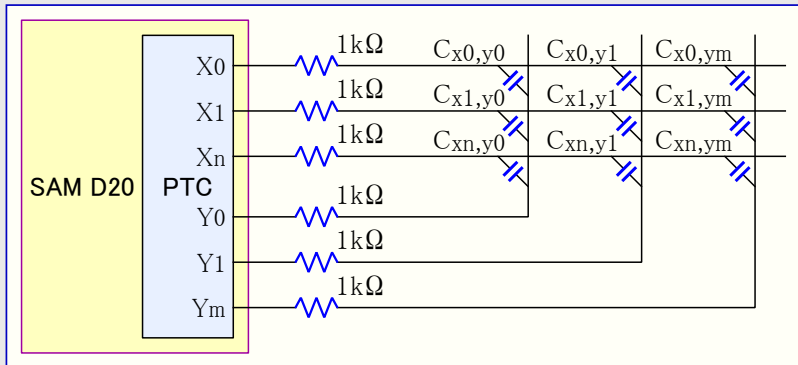
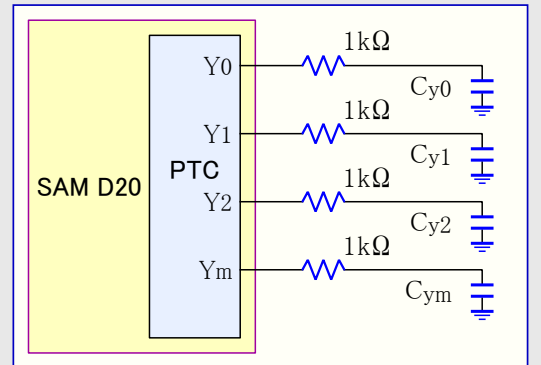


図2-2. 自己静電容量直列抵抗



全般

いくつかのPTCピンは高い寄生容量を持ちます。これらのピンの使用はより高い前置分周器設定を必要とします。より高い前置分周器設定は応用時間に影響を及ぼします。

注: SAM D20とSAM D21デバイスのY0とY2のPTCピンは他のY線よりも高い寄生容量を持ちます。これらのピンの使用は完全電荷移動を保証するためにより高い前置分周器設定を必要とします。増やされた前置分周器設定で応答時間は増されます。Atmelは極端な雑音環境での最良性能動作を得るために他のY線の使用を推奨します。

専用電圧調整器

より高い雑音耐性のために専用電圧調整器を使うことが推奨されます。スイッチング調整器に比べてより低い雑音を生成するため、リニア電圧調整器が望まれます。調整器出力でのリップルは供給電圧の±5%よりも低いべきです。設計が全ての回路に同じ電圧調整器を使うのを意図するなら、初期試作PCBはMCUに対して専用電圧調整器を接続するための準備をしておかなければなりません。この準備は様々な性能検査中に使うことができます。

分離コンデンサ

MCUの全てのVDD線が最低1つの雑音分離(デカップ)コンデンサを持つことを保証してください。各VDD線での1μF、0.1μF、0.001μFの3つのコンデンサ使用は各種周波数帯域雑音の影響を減らします。MCUの近くに置かれたRESET線に対する0.1μFの分離コンデンサを持つことが推奨されます。これはESD性能を改善します。

VDD線の直列抵抗

調整器とMCUのVDDピン間に直列抵抗(10Ω)またはフェライトビーズを含めてください。これはMCUでのEFT/サージの影響を減らします。

大容量コンデンサ

電圧調整器の近くに大容量コンデンサを使ってください。推奨コンデンサの代表値と型を指定する電圧調整器のデータシートを参照してください。

以下の条件下でMCUの近くでVDD線で10μFの大容量コンデンサを使ってください。

- ・ VDD用に独立した面が利用できない場合
- ・ MCUが電圧調整器から10cm以上の距離に置かれる場合
- ・ 電圧調整器の出力が他の回路と共用される場合
- ・ 電圧調整器とMCUが異なるPCBに置かれる場合

分路コンデンサの電圧定格はそれがEFT消去器の前に置かれる場合に(概略kVで)それ以上であることを保証してください。

過渡電圧消去器(TVS)ダイオード

システムが高い水準のESD下での動作を意図される場合、感知線上に過渡電圧消去器(TVS:Transient Voltage Suppressor)ダイオードを使うことができます。ESDの打撃が起こり得る(殆どの場合は感知器電極)領域の近くにTVSダイオードが置かれることを保証してください。

TVSダイオードが感知線で使われる場合、同じ1pF未満の容量を保証してください。

金属酸化物バリスタ(MOV)

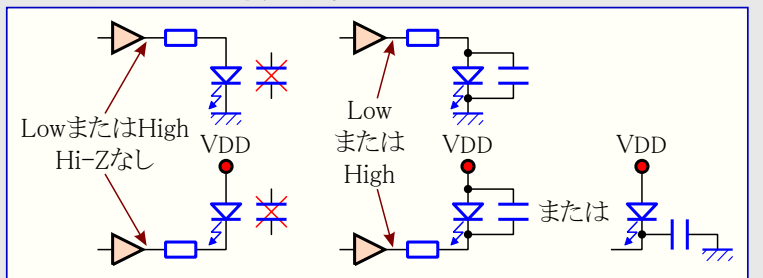
ACコンセント給電応用は高い電圧サージのために苦しむようです。金属酸化物バリスタ(MOV: Metal-Oxide Varistor)は高電圧サージから回路を保護するのに必要とされます。サージ電圧は地理的位置に依存して変わります。MOVは応用が動作を意図される地理的位置に基づいて選ばれるべきです。

LED用迂回コンデンサ

LED切り替えからの容量変化は不安定な検出と感知部近くでの行き詰まりを起こし得ます。これは特にONに切り替えるためにLEDが引き上げまたは下げられるが、OFFの時に浮くことが許される場合に真実です。

このようなLEDまたはLED用信号経路が静電容量感知部から離れること4mm未満の場合、それらは代表的に0.001μFの値を持つコンデンサで迂回されなければなりません。

図2-3. 近くのLEDに対する迂回コンデンサ



2.2.2. PCB設計

2.2.2.1. 感知部設計

自己静電容量では、電極と感知部配線を含む感知部の容量が30pFよりも大きくないことを保証してください。

相互静電容量では、感知部電極の容量が16pFよりも大きくないことを保証してください。PTCはXとY配線の寄生に対して100pFまで補償することができます。

摺動子/輪の場合、各チャネルの容量は30pFよりも多くあるべきではありません。

寄生容量が高いかどうかを見つけるのに”補償容量(CC: Compensation Capacitance)”校正値を使うことができます。チャネルのCC校正値が16383と等しい場合、そのチャネルは飽和されたと見做されます。

CC校正値を読む方法の追加情報についてはAtmel® QTouch®ライブラリ周辺機能接触制御器使用者の手引きを参照してください。

感知部設計の追加情報についてはQTAN0079: 釐、摺動子、輪の感知部設計の手引きを参照してください。

2.2.2.2. 配置考察

感知部配置

感知部電極をパネルの片側に寄せ集めることがより良いことです。パネルでの無作為な感知部配置は一樣でない寄生容量に帰着します。最高の寄生容量を持つ感知部電極が完全に充電されることを保証するため、応答時間に影響を及ぼす前置分周器設定が増加される必要があります。

パネルでの感知部寄せ集めはより良い耐湿性を達成する手助けをし得ます。耐湿性機能”隣接差監視(Adjacent Delta Monitoring)”は互いに物理的に近い感知部の群で動作します。同様に、”感知部保護(Guard Sensor)”実装は感知部が互いに近くに配置される場合を容易にします。”隣接差監視”と”感知部保護”のより多くの情報については[ソフトウェア濾波](#)と[監視感知部](#)を参照してください。

雑音源

継電器、クリスタル発振器、コイル、スイッチング調整器などのような高い雑音生成部品が使われる場合、それらが接触回路から正しく分離されることを保証してください。

積層PCB設計

積層PCB設計では、正しい物理的な間隙を提供することによって他のPCBからの雑音が接触回路に影響を及ぼさないことを保証してください。物理的な間隙が不可能な場合、他のPCBからの雑音を絶縁するために接地面(プレーン)の使用が推奨されます。

充分な縁空間

PCBの縁近くでの接触感知部配置を避けてください。PCB縁と感知器電極間に充分な隙間を提供することが推奨されます。PCB縁に配線された接地線(面)は雑音耐性の改善を助けます。

個別

- ・ 感知線の直列抵抗がMCUピンの近くに配置されることを確実にしてください。
- ・ 直列抵抗がVDD線に対して使われる場合、それらがMCUピンの近くに配置されることを確実にしてください。
- ・ RESET線用にプルアップ抵抗と雑音分離(デカップ)コンデンサが提供されてMCUピンの近くに配置されることを確実にしてください。
- ・ 雑音分離コンデンサがVDDピンの近くに配置されることを確実にしてください。
- ・ パルスが隣接PCB線に結合する前にサージ電圧が抑えら(クランプ)れることを保証するためにTVSダイオードが雑音源の近くに配置されることを確実にしてください。

2.2.2.3. 配線

より短い感知部線

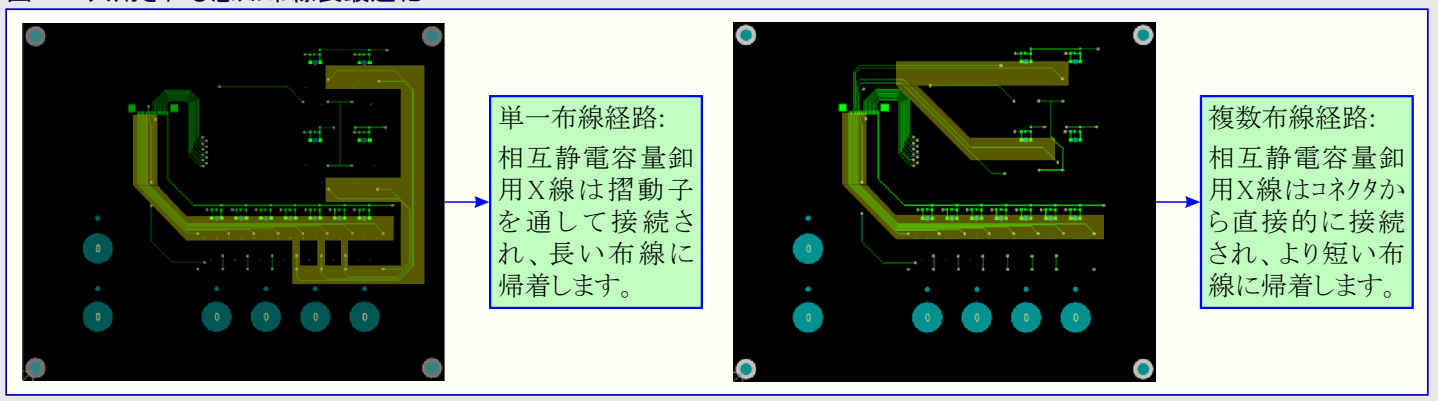
マイクロ コントローラのピンから感知部電極までの布線は可能な限り短くあるべきです。長い布線作成は感知線での負荷を増します。実際には、(接地遮蔽と言う)保護機構の使用はより長い線のそれに比べて短い線で作ることを容易にします。

放出される雑音の影響はより短い線と比べてより長い線により大きくなります。放出される雑音に対してより高い雑音耐性を達成するには、線の長さが可能な限り短く(代表的に<200mmに)保たれるべきです。

相互静電容量設計では、感知器の布線がXとYの線で共用されるためにそれらの布線が複数の感知部に配線される時により長い布線長を持ちます。布線長を最適化するため、使用者は単一布線経路の代わりにコネクタ/MCUピンから各感知部へ独立した複数布線経路を使うことを考慮できます。これは布線を配線するためにより多くの空間を必要とするかもしれませんが、放出される雑音に対して増された雑音耐性を持ちます。

以下の図は複数経路の使用が布線長をどう減らすかの例を示します。X線は相互静電容量の摺動子と鉤の間で共用されます。単一布線経路について、X線はコネクタから摺動子へその後には鉤へ接続されるため、鉤に対するX布線長が増加します。複数経路について、X線はコネクタから鉤に直接的に接続されるため、鉤に対するX布線長は減少します。

図2-4. 共用される感知布線長最適化



縁から十分な空間

感知部布線はPCBの縁に配線されるべきではありません。感知器布線とPCBの縁の間に最低5mmの隙間が提供されるべきです。放射される雑音の影響は縁から遠く離れたそれらと比べて縁に近い布線により高まります。雑音に対して低インピーダンス経路を提供するために縁にGND布線/面を持つことは良い習慣です。

より細い布線

感知部布線上での誤った接触を防ぐため、布線は0.1～0.5mm間の幅での布線を保ってください。感知部布線は非接触側で配線されてPCBビアを通して感知部電極に接続されるのが望まれるべきです。これは指接触に対して感知布線を鈍感にします。

近くの布線

- ・ 感知布線はこれが装荷と干渉を引き起こすかもしれないため、他の布線と部品の近くに配置すべきではありません。より長い感知布線は感知部を装荷して感度を減らします。感知布線近くに配置される切り替え信号を持つ布線は感知部で雑音を引き起こし得ます。
- ・ GND布線は感知布線近くに配置されるべきではありません。これは感知部に装荷して感度を減らします。装荷を減らすため、感知布線とGND布線は独立した層で90°交差すべきです。雑音源からの遮蔽が必要なら、細い網目のGND(<40%銅箔)を電極の後ろに使うことができるかもしれません。網目GNDはSNRの増加を助けることもできます。

XとYの布線

相互静電容量について、PTCのXとYの線はより長い長さで配線されるべきではありません。XとYの組み合わせがチャネルを形成し布線領域は接触に敏感になります。X布線を一緒に、そしてY布線を一緒に寄せ集めてPCB上でそれらを物理的に分離して配線することがより良いことです。

右の図は不正なXとYの布線配線の例を示します。

- ・ XとYの布線間に十分な隙間が提供されません。
 - ・ XとYの布線が各々一緒に寄せ集められません。
- 以下の図は正しいXとYの布線配線の例を示します。
- ・ XとYの布線が各々一緒に寄せ集められます。
 - ・ XとYの布線間に十分な隙間が提供されます。

図2-5. 不正なXとYの布線配線

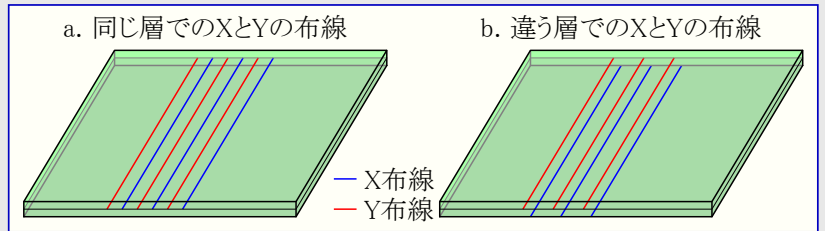
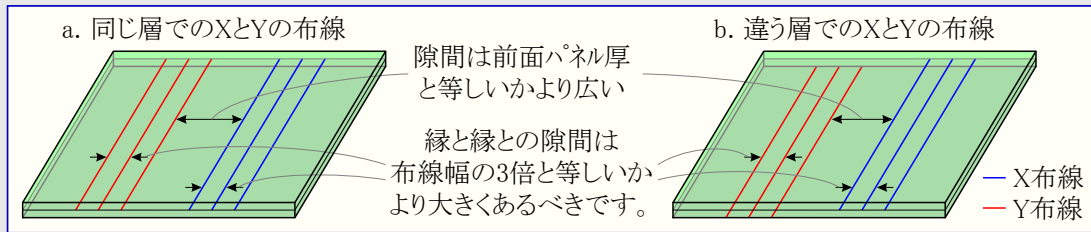


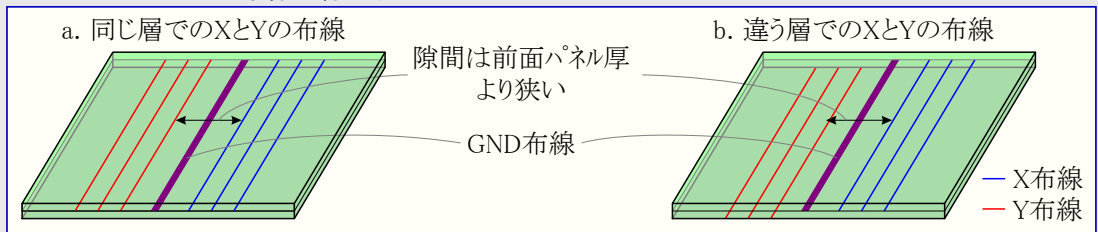
図2-6. 正しいXとYの布線配線 - 例1



以下の図は正しいXとYの布線配線の例を示します。

- ・ XとYの布線が各々一緒に寄せ集められます。
- ・ XとYの布線間に十分な隙間を提供することができません。従って、XとYの布線群の間にGND布線が配線されます。

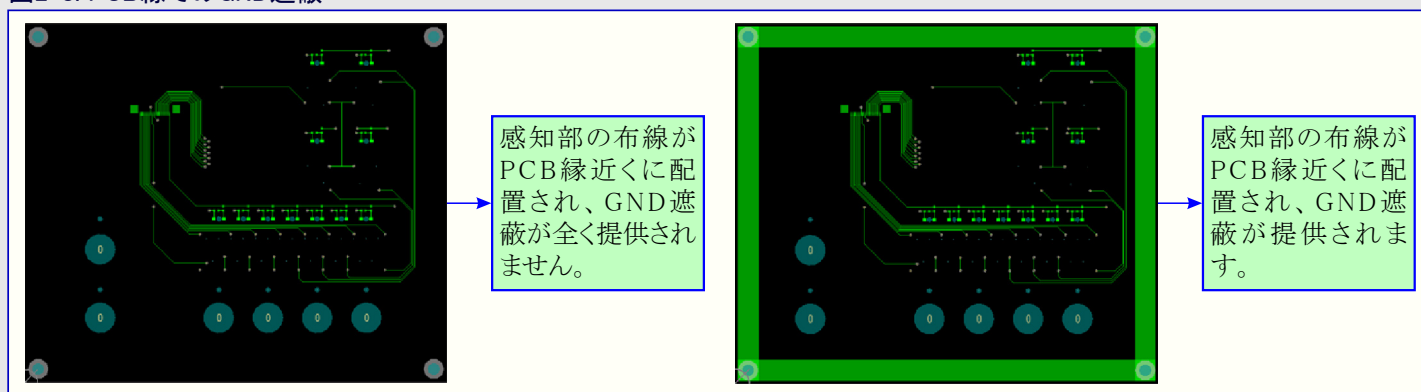
図2-7. 正しいXとYの布線配線 - 例2



接地遮蔽

全ての層でGND布線/面は他の全ての信号布線を囲むべきです。これは全ての層でPCBの縁で広いGND布線を配置することによって達成することができます。代わりにPCBの空き空間で銅塗り潰しをしてGNDに接続することができます。GND布線は雑音と信号間の障壁として働きます。PCBの縁で互いの近くに配置される”ステッチング ビア”の使用はPCBの側面からさえ雑音の影響を減らすことで手助けします。

図2-8. PCB縁でのGND遮蔽



放出される雑音に対するより高い水準の許容に対しては、感知器電極の下に網目にしたGND面を配置することができます。この網目にしたGND面は40%以下の銅箔部であるべきです。

注: 感知部電極周辺にGND面を持つことは耐湿性を減らします。雑音削減と耐湿性の間の妥協は感知部電極とGND面の間に3～5mmの隙間を提供することによって達成することができます。

2.2.2.4. 戻り経路改善(GND面)

雑音耐性での追加の改善はより良い戻り経路を提供することによって達成することができます。これは同じ面でのべたGNDの形式で、または感知部後ろの網目にしたGND面として行うことができます。GND塗り潰しは雑音に対して低インピーダンス経路を提供し、それをMCUの入力ピンから別の場所に導きます。効果的な戻り経路はPCBの複数層でGND塗り潰しに接続する”ステッチング ビア”の使用で達成することができます。

複数基板システムでは、基板間のGND接続は複数ピン経由で行われるべきです。この複数ピンはより長い戻り経路を避けるために基板に渡って拡散されるべきです。これは取り付け穴をGND面に接続して導電性ビスを使うことによって達成することができます。

GND面追加追加は感度を落としますが、雑音環境で動作する時にSNRの改善はずっと重要です。殆どの場合、GND装荷のための感度低下は利得設定または検出閾値を調整することによって補償することができます。

例えば、SAM D20 QTouch強化実演ハードウェアは雑音耐性を改善するためにGND流し込みと網目GNDの形式でGND面を組み込みます。

以下の図はSAM D20 QTouch強化実演ハードウェアで使われるGND面を示します。

図2-9. MCU基板でのGND網目

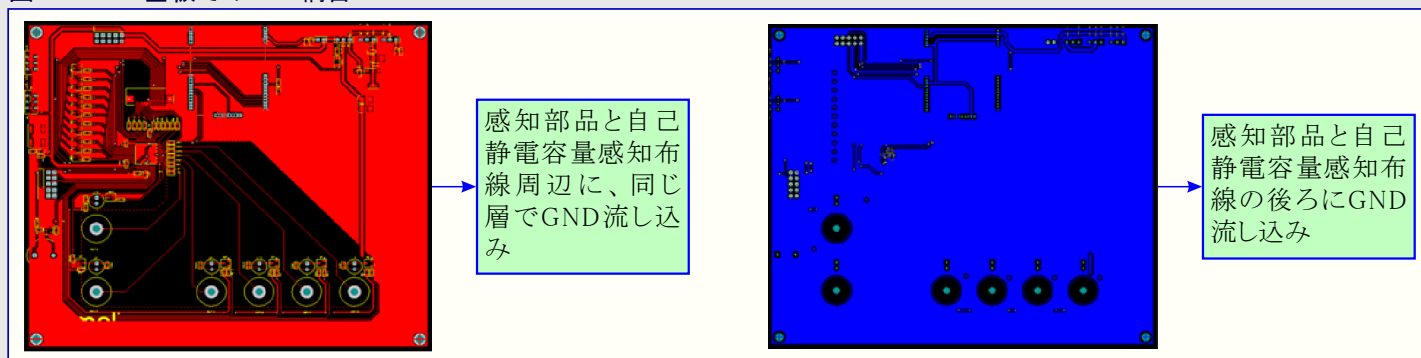
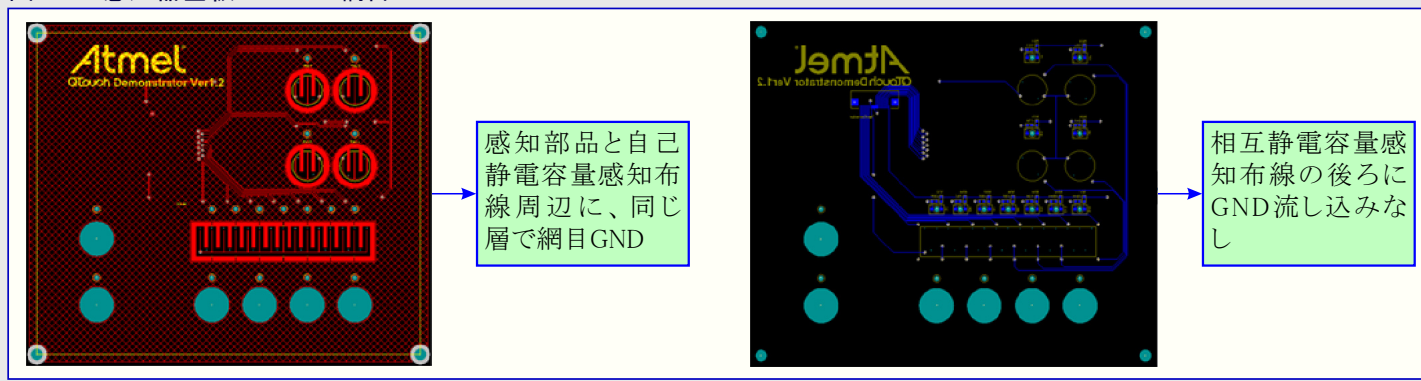


図2-10. 感知器基板でのGND網目



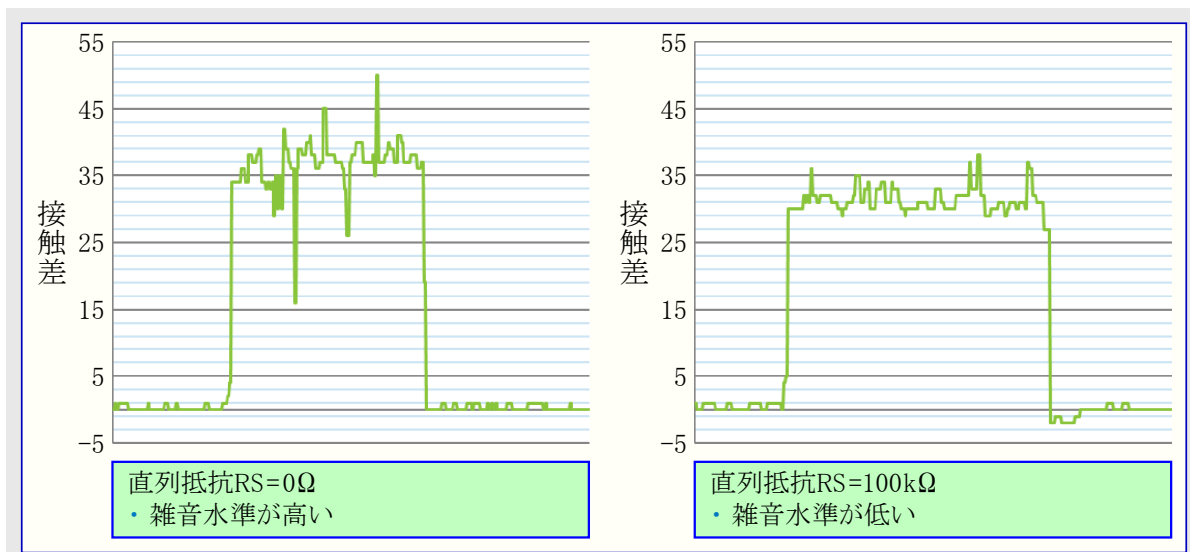
2.2.3. 直列抵抗増加

- ・ 感知部電極とマイクロ コントローラ入力間の感知右F線のインピーダンス増加は伝導された雑音とESDに対する耐性をかなり改善することができます。採取経路内のより大きな直列抵抗は雑損に対する高いインピーダンスと同時に信号整合性全体を維持します。
- ・ PTCは $0\Omega \sim 100k\Omega$ に至るまでの値に構成設定することができる内部直列抵抗を組み込みます。ESDが起きた場合、電荷はそれが内部直列抵抗によって減衰される前にI/Oポートを通して渡ります。より良いESD保護のため、例えば $1 \sim 100k\Omega$ の外部直列抵抗を使うことはより良いことです。
- ・ いくつかの極端な環境では $100k\Omega$ の内部直列抵抗が充分でないかもしれません。このような場合、感知布線のインピーダンスを更に増すために、内部直列抵抗と共にまたはなしで外部直列抵抗を使うことができます。'電荷移動'完了を確実にする $1k\Omega$ の代表値から $1M\Omega$ への外部直列抵抗増加は一般的に雑音耐性を改善することができます。
- ・ 与えられた応用での雑音妨害に依存して、最適な直列抵抗値は電力消費と応答時間のような他の性能基準に合うと同時に雑音消去の必要とされる水準を達成するように選ぶことができます。

例えば、SAM D20 QTouch強化実演で自己静電容量感知部は10VでのCI検査に通るために $220k\Omega$ の外部直列抵抗を使います。内部直列抵抗は使われませんでした。自己静電容量では、外部直列抵抗の使用が内部直列抵抗に比べてもっと効果的です。

相互静電容量感知部は $100k\Omega$ の内部直列抵抗で10VのCI検査を通ることができます。 $1k\Omega$ の外部直列抵抗はESD保護のために使われます。

以下の図は接触システムが感知経路で様々な耐性で導電された雑音の影響下にある時に信号で観測される雑音水準での違いを示します。



高い値の直列抵抗追加は容量測定時間を増す、増された'電荷移動'時間を必要とし、それによって応答時間と電力消費を増やします。感知部電極の充電完了を保証するための手続きについては[前置分周器](#)を参照してください。

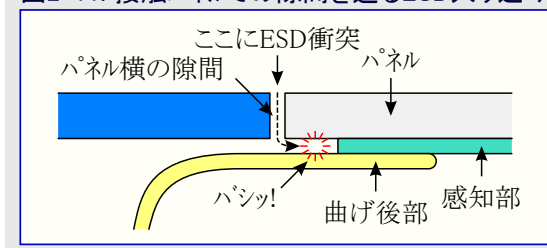
2.2.4. 筐体

正しい筐体の設計はESD性能の改善を助けることができます。殆どの応用に於いて接触使用者インターフェース上の接触パネルとして硝子/アクリルが、他の部分に対する筐体としてプラスチックが使われます。

このような設計では、硝子/アクリルとプラスチック筐体の間に小さな隙間を形成する機会があります。この隙間を通るESD衝撃は重要な損傷を引き起こし得ます。

これらの隙間に柔軟な導電EMI濾波器の薄い層を使うのが良いことです。これらの濾波器は一般的にGNDに接続され、外部雑音に対する低インピーダンス戻り経路を形成して雑音耐性を改善します。

図2-11. 接触パネルでの隙間を通るESD入り込み

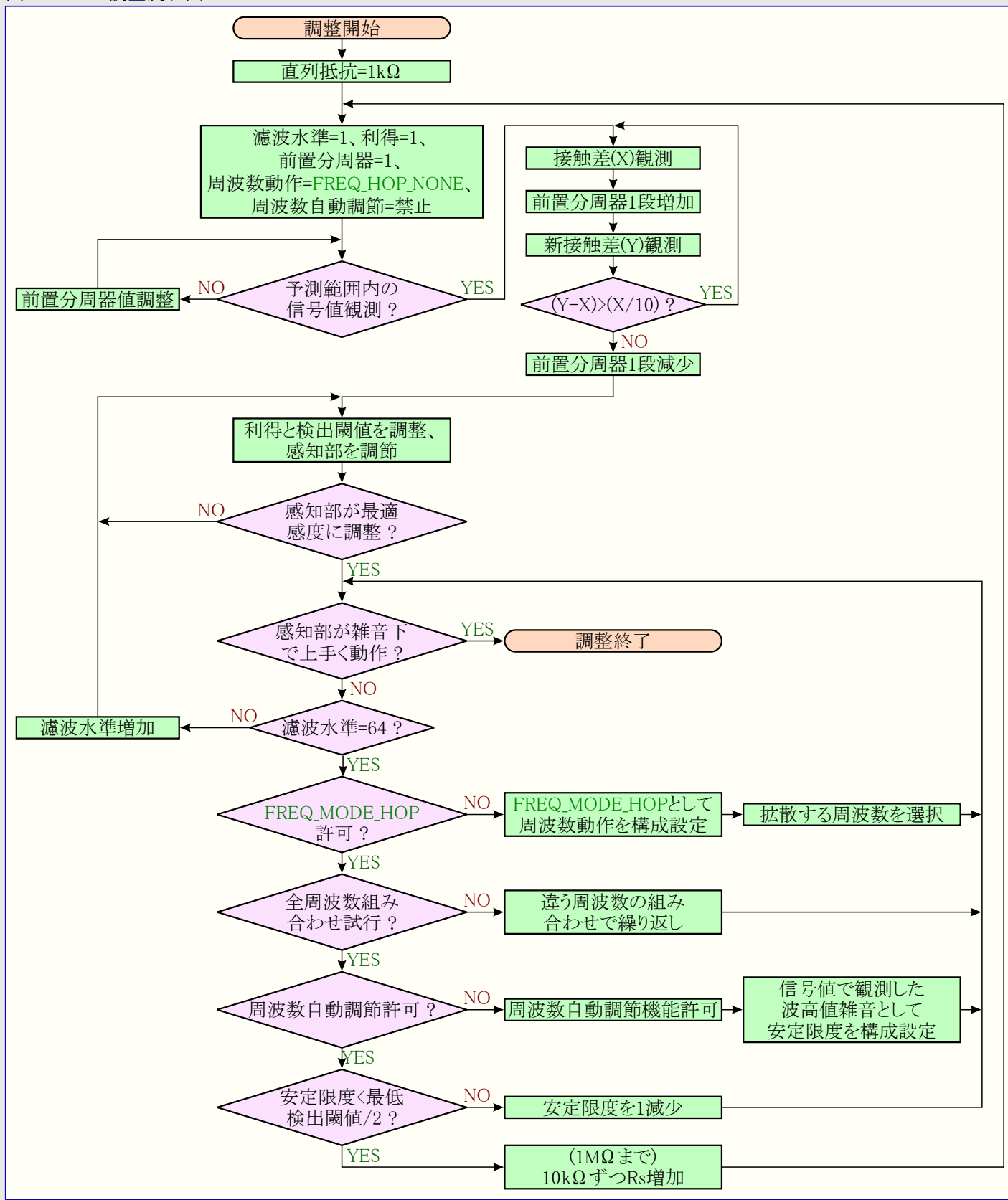


2.2.5. PTC調整

2.2.5.1. PTC調整の流れ

以下の流れ図はPTCパラメータ調整の代表的な流れを表します。接触採取での重要なパラメータとその影響は後続項で記述されます。

図2-12. PTC調整流れ図



2.2.5.2. 感度調節

より良い雑音性能のためにPTCパラメータを調節する前に感知部が最適化された感度に調節されるべきです。以下の表は感度の違いを示します。

表2-1. 感度調節		
過感度	最適感度	低感度
接触表面で接触する前に感知部が検出を報告する場合、感知部は過感度です。	明らかに接触表面を接触するように指だけを検出する時に感知部は最適化された感度です。	感知部が接触を検出しない、または活性にするのに激しい接触が必要な場合、感知部は低感度です。 注: 静電容量接触は圧力ではなく平たくした指の広げられた領域に対して敏感です。
利得を減らします。	活動不要	利得を増します。
検出閾値を増します。	活動不要	検出閾値を減らします。

最適化された感度は以下によって達成することができます。

- ・ 感知器電極の確実な充電完了
- ・ 利得と検出閾値のパラメータ調整

前置分周器項は感知部電極の完全な充電を達成する方法の詳細を提供します。

利得増加は感度を増し、またその逆もです。利得はチャンネル基準毎に構成設定されます。摺動子/輪の感知部について、利得は全てのチャンネルに対して調節されることが必要です。利得設定での各段階増加は2倍で接触差を増します。

例えば、接触差値がGAIN_2で40の場合、同じものがGAIN_4で約80になります。

検出閾値増加は感度を落とし、またその逆もです。検出閾値は10～255間で構成設定することができます。

調節手順に於いて、利得選択は感度を微調整するために感度と検出閾値の疎調整に使われるべきです。最適化された感度を得るため、利得と検出閾値が調整されるべきです。

表2-2. 感度関連パラメータ

パラメータ	ファイル
DEF_XXXXCAP_GAIN_PER_NODE	Touch.h
touch_XXXXcap_sensor_config() APIのdetect_threshold	Touch.h

2.2.5.3. 前置分周器

安定で繰り返し可能な結果を得るため、各試料採取で完全な充電を保証することが重要です。増やされた直列抵抗で、充電パルスの上昇時間が増えます。中電パルスの持続時間は完全充電を許すために充分長いことが必要です。これは増やされた寄生容量にすら真実です。

前置分周器設定はPTCのクロック周波数を決めます。これは次に採取周波数に影響を及ぼして充電パルスの幅を決めます。完全な充電は信号と接触差値を観測することによって確実にすることができます。与えられた濾波水準と利得設定の組み合わせに対して意図される信号値はAtmel QTouchライブラリ周辺機能接触制御器使用者の手引きで言及されます。観測された信号値と意図される信号値の間の偏差が10計数よりも大きい場合、前置分周器設定は信号値が意図した範囲内になるまで増されるべきです。

注: QTouchライブラリは校正手続きと周期的な接触採取の間に各種の前置分周器と直列抵抗の設定を構成設定する任意選択を提供します。Atmel QTouchライブラリ周辺機能接触制御器使用者の手引きで言及されるように意図した信号値を得るために、前置分周器と直列抵抗の設定は校正と周期的接触採取の間で同じであるべきです。表2-3. 前置分周器関連パラメータは校正と周期的接触採取の間に前置分周器と直列抵抗を構成設定するマクロを一覧にします。

より高い直列抵抗またはより高い寄生容量のために不完全な充電がある場合、観測した接触差は小さくなります。前置分周器は感知部電極が完全に充電されるように調整されるべきです。完全な充電は次のように前置分周器を選ぶことによって達成することができます。

1. 信号値が意図した範囲内であるように前置分周器を構成設定してください。
2. 接触差(X)を観測してください。
3. 前置分周器を1段増加して触差(Y)を観測してください。
4. YとX間の差がXの10%よりも大きければ、段階2.へ行ってください。
5. 差値での差が10%よりも大きければ前置分周器設定を1段減らしてそれを接触採取に使ってください。

例えば、以下と仮定します。

- ・ 信号値は前置分周器設定PRSC_DIV_SEL_2で意図した範囲内です。
- ・ PRSC_DIV_SEL_2で、接触差は20計数
- ・ PRSC_DIV_SEL_4で、接触差は35計数に増加
- ・ PRSC_DIV_SEL_8で、接触差は38計数に増加

この例では、PRSC_DIV_SEL_8への前置分周器増加がPRSC_DIV_SEL_4に比べて接触差での僅かな改善だけを与えます。従って、PRSC_DIV_SEL_4を使うのがより良いことです。

注: 相互静電容量は低い寄生容量のために自己静電容量と比べてより高いPTCクロック周波数で動くことができます。

SAM D20 QTouch強化実演では、

- ・ 相互静電容量感知部は100k Ω 内部直列抵抗使用で完全充電するために1つの前置分周器設定(ADCクロック=1MHz)が必要とされます。前置分周器=1、濾波水準=64、利得=4でチャネルで観測された信号は2048付近です。観測した全ての信号値は意図した範囲の2048 $\pm$ 10計数以内です。

以下の図は増加する前置分周器設定での信号値の影響を示します。

図2-13. 信号値雑音対前置分周器

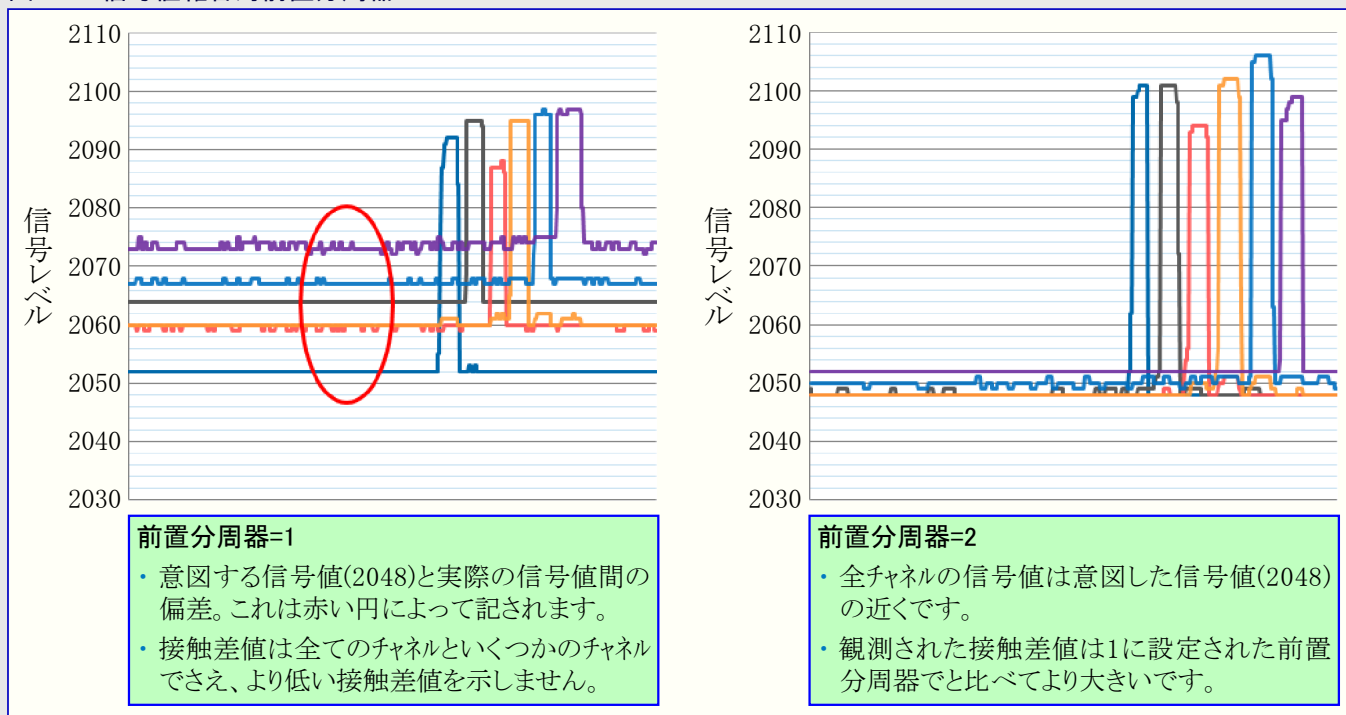


表2-3. 前置分周器関連パラメータ

パラメータ	ファイル
DEF_XXXXCAP_CC_CAL_CLK_PRESCALE	Touch.c
DEF_XXXXCAP_CC_CAL_SENSE_RESISTOR	Touch.c
DEF_XXXXCAP_CLK_PRESCALE	Touch.h
DEF_XXXXCAP_SENSE_RESISTOR	Touch.h

2.2.5.4. 充電共用遅延(CSD)

SAM C2x、SAM L22、ATmega328PBデバイスのPTCは構成設定可能な充電共用遅延(CSD:Charge Share Delay)を支援します。このパラメータは感知部充電時間を制御します。CSD増加は感知部充電時間を増し、またその逆もです。

前置分周器とCSDの両パラメータは感知部充電時間を制御します。

CSDパラメータを使う利点は次のとおりです。

- ・前置分周器の増加はADC変換速度を減らしますが、充電時間を増します。ところが、CSDパラメータの増加は充電時間を増し、ADC変換速度に影響を及ぼしません。故に、前置分周器の使用に代わる、CSDの使用は与えられた充電時間に対して接触採取時間全体を減らすのに役立ちます。
- ・前置分周器は選択可能な4つのクロック任意選択だけを提供します。CSDは250個の異なる遅延設定を提供します。これは接触採取周波数の粒度を増すのに役立ちます。

CSDパラメータ調節の手順は前置分周器項で言及された前置分周器調節と同じです。

CSDパラメータについてのより多くの情報はSAM D MCUからSAM C MCUへのQTouch設計移植で利用可能です。

2.2.5.5. 濾波水準

QTouchライブラリは過採取と平均化を行う任意選択を提供します。平均化は低域通過濾波器として働き、雑音水準をかなり減らします。touch.hファイルで定義されるDEF_XXXXCAP_FILTER_LEVELパラメータは過採取回数を決めます。このパラメータのより多くの情報はAtmel QTouchライブラリ周辺機能接触制御器使用者の手引きで見つけることができます。

以下の図は濾波水準での充電に関する自己静電容量感知部の信号変化での違いを示します。

図2-14. 信号値雑音対濾波水準

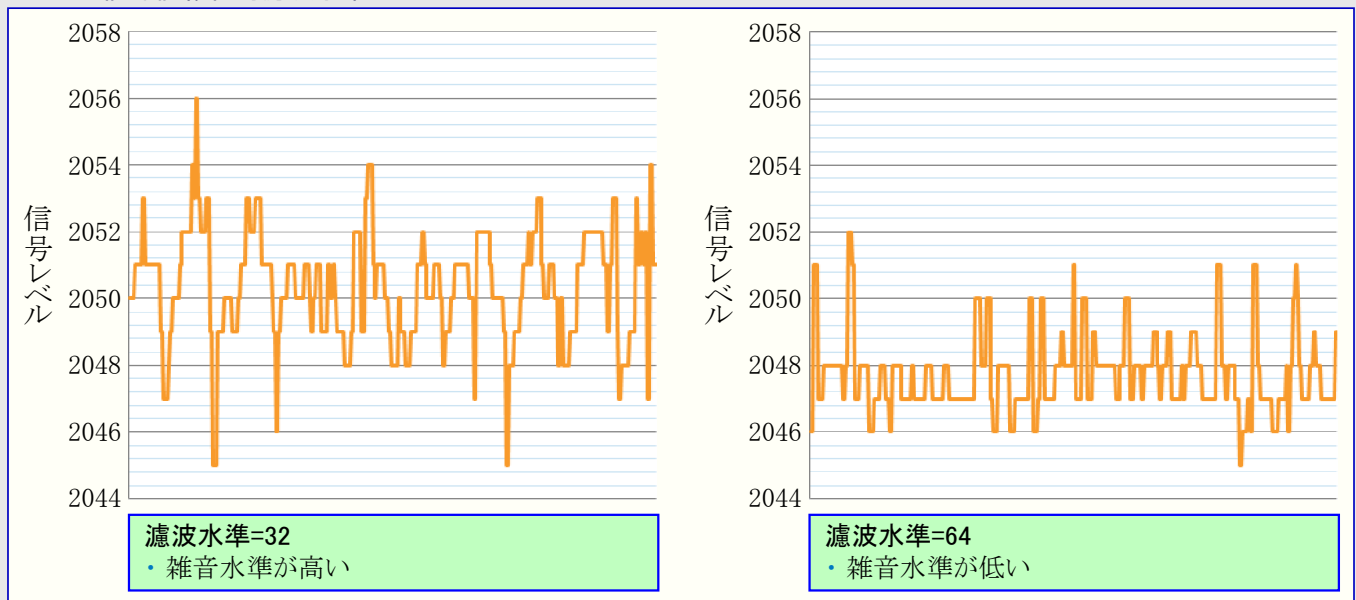


表2-4. 濾波水準関連パラメータ

パラメータ	ファイル
DEF_XXXXCAP_FILTER_LEVEL	Touch.h

2.2.5.6. 周波数動作

雑音の周波数が接触採取周波数に近い場合に信号値の雑音水準が増します。濾波水準増加が雑音水準低下に役立たない場合、採取周波数を変えることがより良いことです。QTouchライブラリは3つの異なる周波数で接触採取を実行する任意選択を提供します。touch.hファイルで定義されるDEF_XXXXCAP_FREQ_MODEパラメータは接触採取のためにQTouchライブラリによって使われる動作形態を決めます。FREQ_MODE_HOP動作は接触採取を実行するのに3つの周波数を用いて3つの信号値の結果での中央値濾波器を適用します。使用者はQTouchライブラリが実行する接触採取の周波数を構成設定することができます。使用者はtouch.hファイルでDEF_MUTL_CAP_HOP_FREQSパラメータを用いて16個の周波数の一覧から3つの周波数を選ぶことができます。

これらのパラメータのより多くの情報はAtmel QTouchライブラリ周辺機能接触制御器使用者の手引きで見つけることができます。

3つの異なる周波数と中央値濾波器の組み合わせは殆どの場合で雑音レベルの除去に役立ちます。所定のシステムに対して正しい周波数を見分けるため、使用者は異なる周波数の組み合わせで繰り返して最も少ない雑音水準を示す可能な最良の組み合わせを選ぶ必要があります。より良い雑音除去は周波数拡散の組み合わせを用いることによって達成することができます。例えば、2,4,8の周波数の組み合わせは4,5,6の組み合わせに比べてより良く雑音を除去します。

以下の図はFREQ_MODE_NONEとFREQ_MODE_HOP間の差値での雑音の影響を示します。

図2-15. 信号値雑音対周波数動作形態

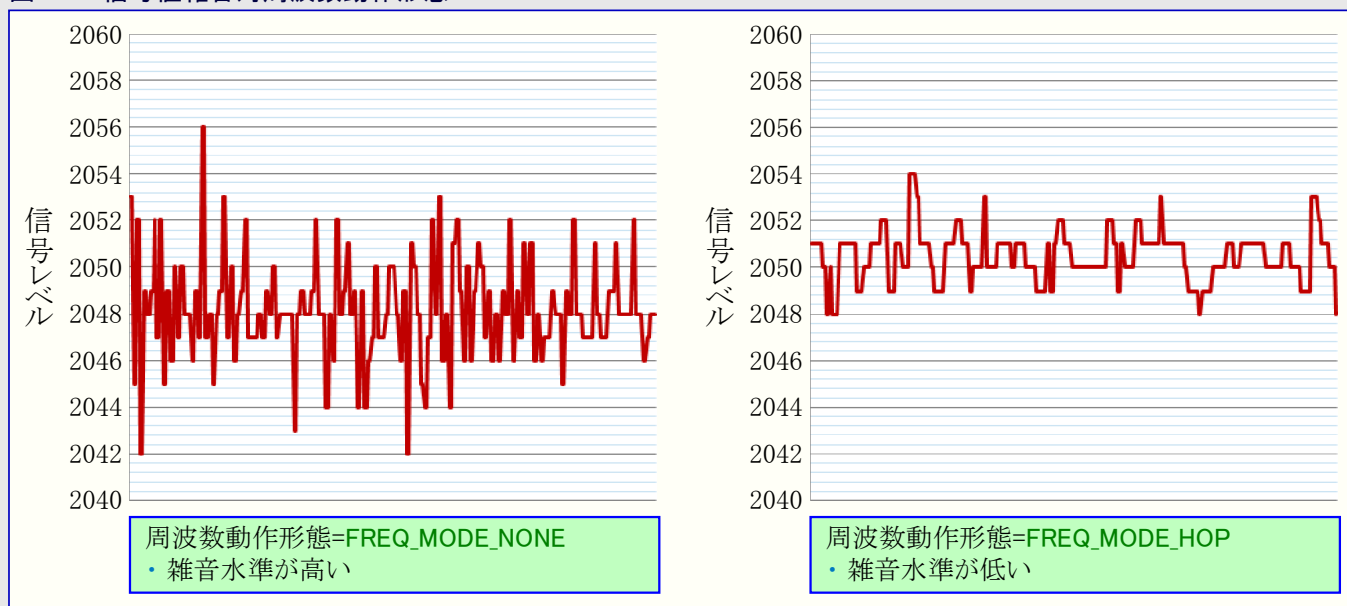


表2-5. 周波数動作関連パラメータ

パラメータ	ファイル
DEF_XXXXCAP_FREQ_MODE	Touch.h
DEF_XXXXCAP_HOP_FREQS	Touch.h

2.2.5.7. 周波数自動調節

周波数自動調節はQTouchライブラリによって提供される高度な機能です。この機能はFREQ_MODE_HOPで使われる周波数での雑音を測定して最大雑音の周波数を動的に置き換えます。この機能はシステムが変化する周波数の各種雑音に晒される場合に有効です。周波数切り替えは信号値が不安定で自動調節回数毎に対して一貫して安定限度を超える場合に起きます。DEF_XXXXCAP_FREQ_AUTO_TUNE_SIGNAL_STABILITY_LIMITは安定限度を設定し、DEF_XXXXCAP_FREQ_AUTO_TUNE_IN_CNTは自動調節回数を設定します。

これらのパラメータのより多くの情報はAtmel QTouchライブラリ周辺機能接触制御器使用者の手引きで見つけることができます。

注: 自動周波数調節機能はFREQ_MODE_HOP周波数動作が使われる場合にだけ利用可能です。

以下の図は周波数自動調節機能有りとしでの接触差値で観測された雑音水準での差を示します。

図2-16. 差値雑音対周波数自動調節

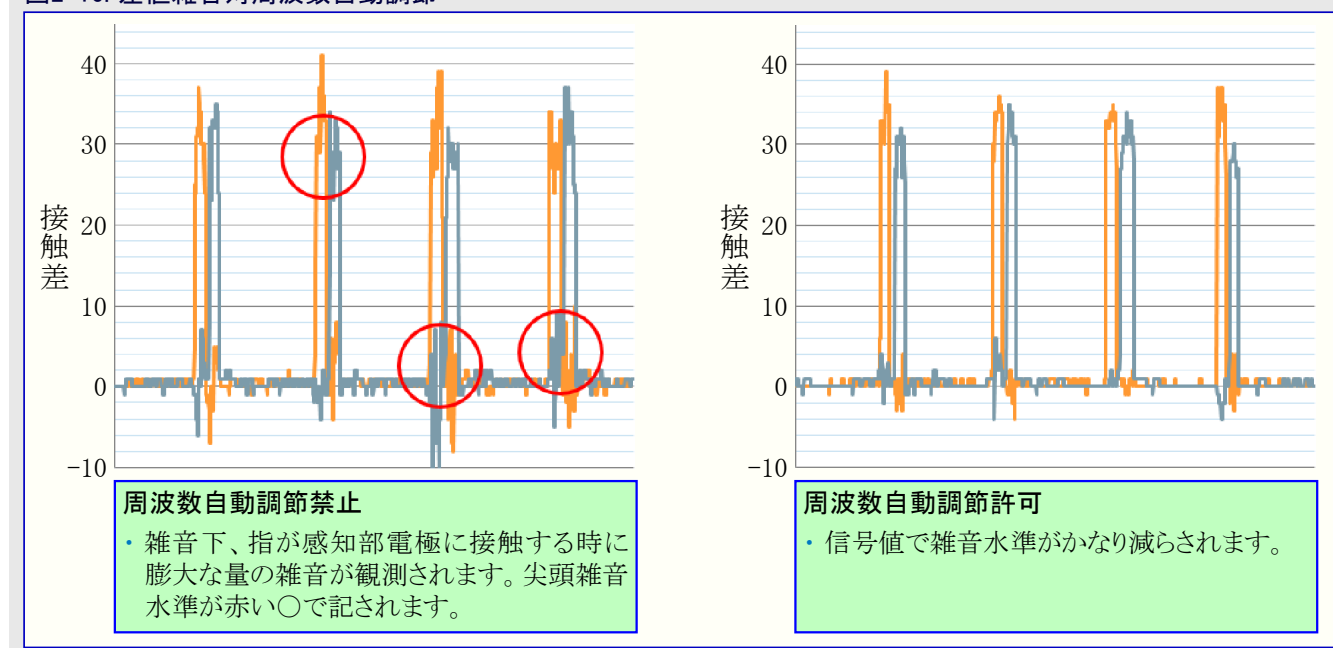


表2-6. 周波数自動調節関連パラメータ

パラメータ	ファイル
DEF_XXXXCAP_FREQ_AUTO_TUNE_ENABLE	Touch.h
DEF_XXXXCAP_FREQ_AUTO_TUNE_SIGNAL_STABILITY_LIMIT	Touch.h
DEF_XXXXCAP_FREQ_AUTO_TUNE_IN_CNT	Touch.h

SAM D20 QTouch強化実演は以下の構成設定で周波数自動調節機能を使います。

相互静電容量感知部

- DEF_MUTLCAP_FREQ_AUTO_TUNE_SIGNAL_STABILITY_LIMIT = 10
- DEF_MUTLCAP_FREQ_AUTO_TUNE_IN_CNT = 12

自己静電容量感知部

- DEF_MUTLCAP_FREQ_AUTO_TUNE_SIGNAL_STABILITY_LIMIT = 20
- DEF_MUTLCAP_FREQ_AUTO_TUNE_IN_CNT = 12

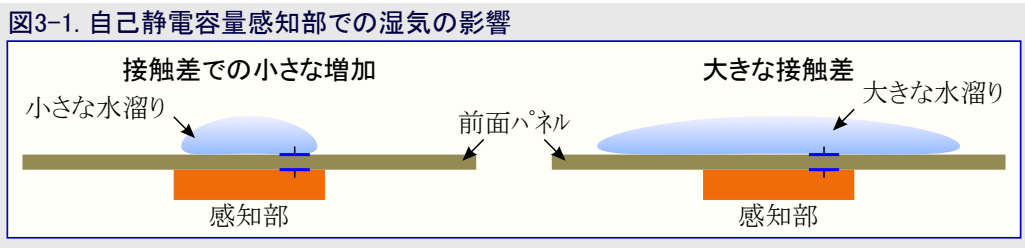
3. 耐湿性

PTCは接触を判断するために感知器電極上での静電容量の変化を測定します。水は本質的に導電性です。感知部または感知線と湿気の相互作用は静電容量での変化を引き起こします。これは容量測定での妨害を引き起こして接触パネルの不安定な動きをもたらすかもしれません。水の導電皮膜は実に人の指のように働いて誤った接触検出を引き起こし得ます。

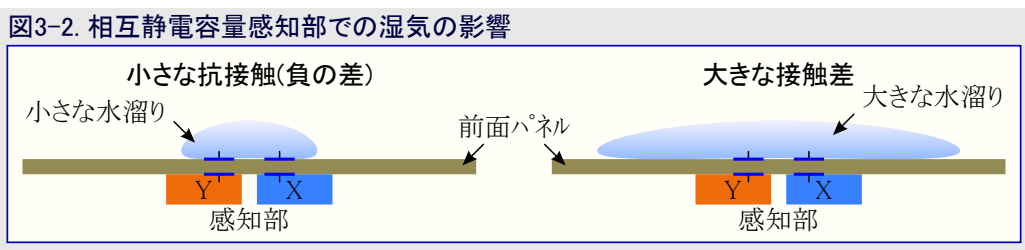
3.1. 静電容量接触感知部での湿気の影響

湿気に対する接触感知部露出が差値を増すことが一般的に観測され、それは結局誤った検出をもたらします。これは自己静電容量と相互静電容量の両方に対して真実ですが、湿気がこれらの方法の両方に影響を及ぼす障害に僅かな違いがあります。

自己静電容量では、感知部上の水蓄積は感知部電極の実効領域を増します。これは感知部の全体容量を増すだけでなく、GNDとの結合も増します。水の量増加で信号値での変化が検出閾値を超えて誤った検出をもたらします。



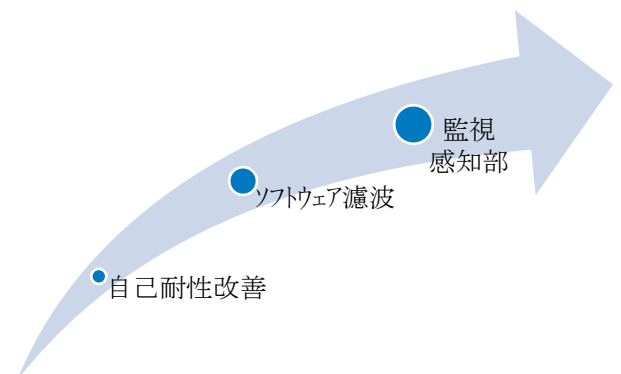
相互静電容量では、感知部上の水蓄積はXとYの電極間の結合を増します。これは電極容量での削減をもたらします。故に相互静電容量感知部上で分離された水溜りは負の差値を生成する信号を移動します。これは抗接触効果と呼ばれます。けれども水溜りが大ききで増さるため、GNDと結合して差値での増加をもたらし、それによって誤った検出をもたらします。



3.2. 耐湿性改善

耐湿性改善のために以下の側面を調べることができます。

- 湿気に対して自己静電容量を改善するためのハードウェア設計
- ソフトウェア濾波
- 監視感知器



3.2.1. 自己耐性改善

接触パネルの耐湿性を改善するには、特別な実装なしに湿気の或る量を拒絶することができるように自己耐性を改善する必要があります。

・接触採取方法選択

- 相互静電容量感知部は抗接触効果のために湿気を拒絶する本質的な能力を持ちます。相互静電容量感知部の使用は耐湿性が重要な設計で望まれるべきです。水滴や小さな水溜りは相互静電容量感知部設計それ自身によって処理することができます。
- GND塗り潰しや他の線は感知部領域近くを避けられるべきです。GND面は電橋に対して水滴のための非常に容易な経路を提供して通常の接触に対してより小さく現れる静電容量変化を引き起こします。
- PCBでのGND削減は設計の全体雑音耐性を減らします。注意深い妥協が行われなければなりません。

・検出閾値調節

- 検出閾値は可能な限り高く保たれるべきです。

・機械的な設計

接触パネルが水を零したり流したりような条件で動くことが意図される時に、下の機械的な推奨が考慮されるべきです。

- 角度を含むまたは垂直に設置された接触パネルの設置は水に下へ流れることを許し、それによってパネル表面での水蓄積を防ぐため、非常に都合が良いです。
- 感知部電極の大きさは指と比べて非常に大きく作られるべきではありません。大きな感知部は相互作用に対して湿気のためのより多くの領域を許して指感度を減らします。
- 鉤面に留まる水を避けるため、平らな表面の代わりに感知部電極上での凸面接触パネルの使用。

3.2.2. ソフトウェア濾波

大きな水の存在(または水の流れ)のための誤った検出を避けることは非常に挑戦的なことです。全ての感知部で差を監視して差変化に基づいて適切な測定を取るためにソフトウェア濾波を実装することができます。

理想は周囲の感知部で曖昧な差がある場合で全ての接触を無視して、周囲の感知器差変化が大きい場合にパネルを施錠することです。それが多くの感知部で差の増加を引き起こすため、これは接触パネルで急に水を零す場合に役立ちます。

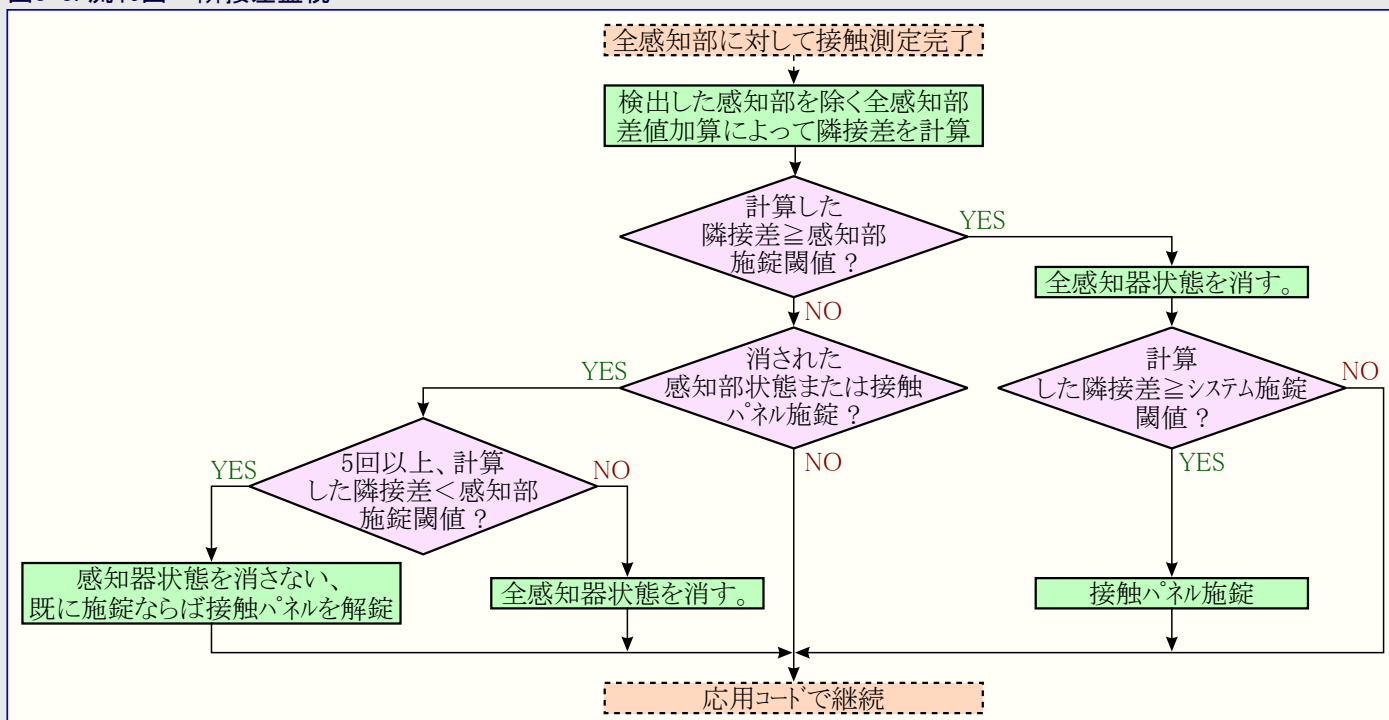
この濾波器に対する使用場面は応用の本質と接触パネルでの感知部の物理的な構成設定に依存します。これは互いに近い間隔の感知部を持ち、複数感知部での同時接触検出を最小または全くないことを必要とする設計に対して有効な解決策です。

隣接差監視

以下の流れ図は水の存在のために誤った検出を防ぐのに隣接差監視がどう使われ得るかを図解します。

注: この流れ図で説明される隣接差監視はQTouchライブラリで実装されます。この機能を構成設定して使う方法の情報については [Atmel QTouchライブラリ周辺機能接触制御器使用者の手引き](#)を参照してください。

図3-3. 流れ図 - 隣接差監視



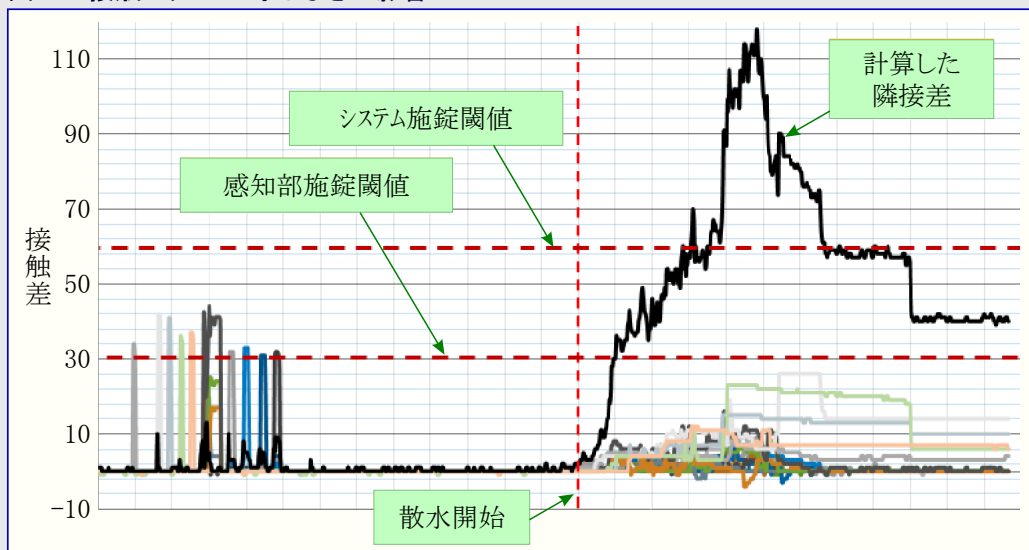
隣接差監視は互いに物理的に近い感知部の群で実行することができます。前の流れ図は1つの群に対する隣接差監視を示します。感知部の複数群に対して同じことを繰り返すことができます。

周囲温度での急速な変化のためにPCBで(水滴)凝結があるかもしれません。これは感知器布線でより大きな変化起こるかもしれず、誤った検出を起こします。隣接差監視はPCB凝結のための誤った検出を防ぐための有効な解決策です。

SAM D20 QTouch強化実演は耐湿性を改善するために隣接差監視技術を使います。

以下の図は接触パネル上での水しぶき中に隣接差監視が誤った検出をどう消すかを示します。

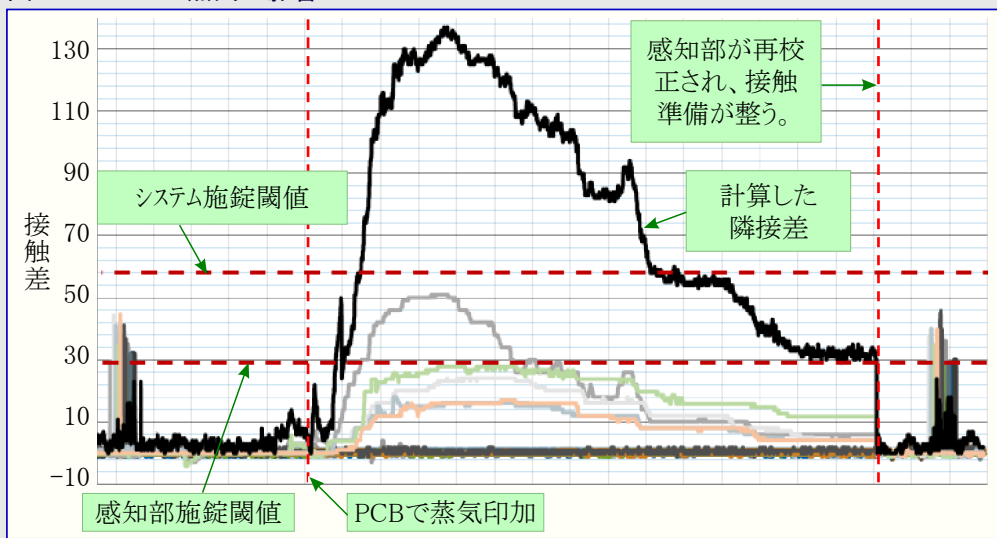
図3-4. 接触パネル上の水しぶきの影響



隣接差値は接触パネル上で水が吹きかけられると直ぐに増加します。感知部の状態は隣接差値が(30計数を指す)閾値に達する時に消されます。追加の吹きかけで、隣接差で更なる増加があります。パネルは隣接差が(60を指す)2倍の値の閾値に達する時に施錠されます。

以下の図はPCB上で蒸気が印加される時隣接差監視が誤った検出をどう消すかを示します。

図3-5 PCB上の蒸気の影響

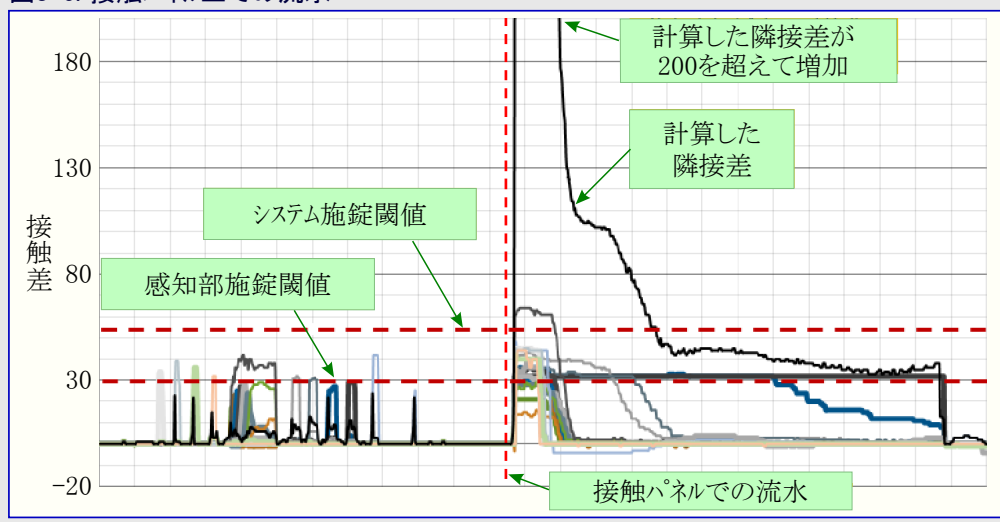


隣接差値はPCBで蒸気が印加されると直ぐに増加します。感知部の状態は隣接差値が(30計数を指す)閾値に達する時に消されます。より多くの蒸気で、隣接差で更なる増加があります。パネルは隣接差が(60を指す)2倍の値の閾値に達する時に施錠されます。

蒸気を取り去られると、結局、PCBから水滴が蒸発されて差が減ります。隣接差が(30計数を指す)閾値の下になると、感知部は再校正されて接触パネルは通常動作の準備が整います。

以下の図は膨大な量の水が接触パネル上に流された時に隣接差監視が誤った検出をどう消すかを示します。

図3-6. 接触パネル上での流水



隣接差値は接触パネル上で膨大な量の水が流されると急速に増加します。パネルは隣接差が(60を指す)2倍の値の閾値に達する時に施錠されます。水が拭き取られると、隣接差は減って(30計数を指す)閾値を下回ります。感知器が再校正されて接触パネルは通常動作の準備が整います。

3.2.3. 監視感知部

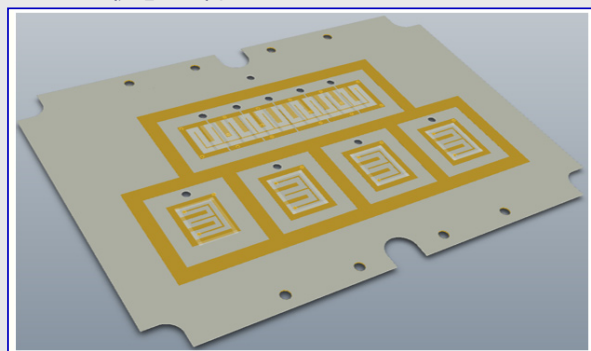
監視感知部の使用は接触@パネルでの湿気形成の各種形式を検出ための有効な解決策です。監視感知部は僅かに高い感度を持ち、戦略的に配置された特別な感知部です。何か予期せぬ接触が起きた場合、監視感知部が活性にされます。これは誤った検出が起こったことを示します。通常、監視感知部の電極は他の感知部用の電極を囲む導電性塗りに漬けます。

耐湿性接触設計では、監視感知部が水の存在を検出することで重要な役割を演じて誤った検出を消すのに役立ちます。高すぎる感度の監視感知部は近接効果を持ち、低すぎる感度の監視感知部は正しく湿気の内容を検出することができません。これは正しい釣り合いを得るように監視感知部を設計することの複雑さを増します。

監視感知部が大きな電極でより高い感度を持つため、雑音に対してより敏感です。このような場合により大きな監視感知部電極を避けるように注意深く設計されなければなりません。

右の図は監視感知部がどう実現され得るかの例を示します。

図3-7 監視感知部例

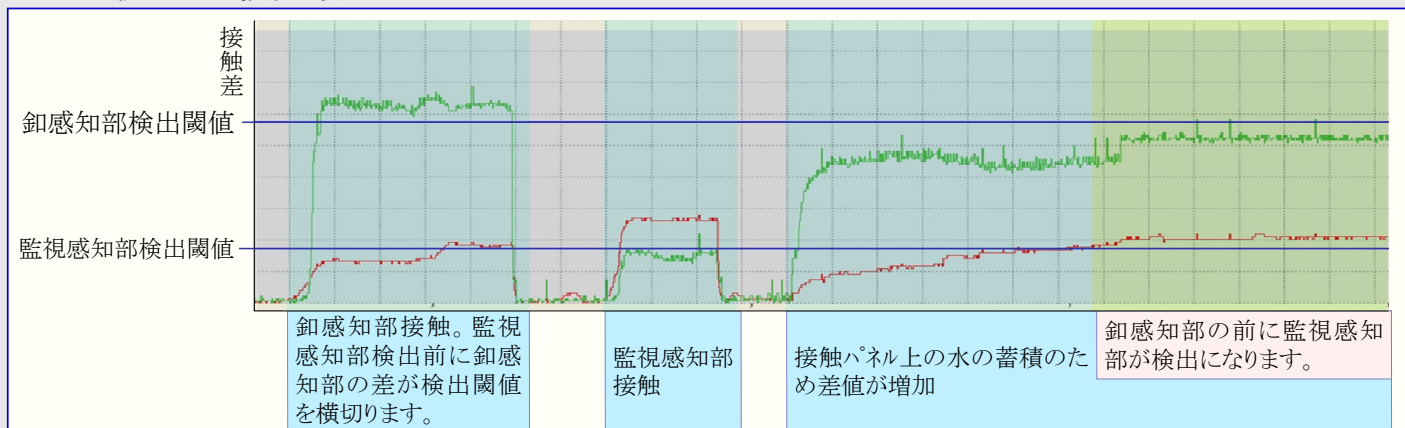


3.2.3.1. 耐湿性用監視感知部調節

どの監視感知部の性能もそれがどう上手く調節されるかに依存します。耐湿性接触設計に関していくつかの特別な考慮があります。

以下の図は釦と監視感知部に対して上手く調節したシステムから記録された図です。緑の線は釦の差値を表し、赤の線は監視感知部の差値を表します。釦だけでなく監視感知部用の検出閾値も青い線によって表されます。図の3つの事象は明るい青で強調され、下で説明されます。

図3-7. 監視と釦での接触差変化



最初の事象で、釦が接触されます。これは釦が素早くその検出閾値を横切る差値が観測されて接触検出を報告します。近接効果のために更に監視の差値でも上昇がありますが、この差値は監視用の検出閾値を横切るには充分高くありません。

次の場合、監視感知部が接触されます。監視感知部は直ちにその検出閾値を横切ります。近接効果のために釦で差値での多少の上昇が観測されます。

最後の事象で、水が釦上に注がれて接触パネルに渡って広がる水溜りを形成します。差値は監視感知部だけでなく釦の両方で直実な増加を開始します。差値は釦上に蓄積された水の量に比例します。或る量の水蓄積後、監視感知部の差値がその検出閾値に達します。

監視感知部実装についてより多くの情報は[AVR3002:耐湿性QTouch設計](#)応用記述で見つけることができます。

4. 接触応答時間

指接触への反応のため応用によってかかる時間が応答時間です。この時間は有効な接触を報告するための接触採取と事後処理を事項するためにマイクロコントローラによってかかる時間を含みます。より良い使用者実感はより低い応答時間で達成することができます。より低い応用時間で、秒毎の接触検出数が増えます。

4.1. 理想応答時間

必要とされる応答時間は応用に依存します。コンピュータのキーボードやゲームのコンソールのような応用については極端に速い応答時間が期待されます。一方で、洗濯機はもっと長い応答時間で十分な使用者実感を提供することができます。

人に関して秒毎に8回以上釦に接触することは極めて不可能です。約125ms毎に1つの接触検出は使用者応用インターフェースに関して充分です。

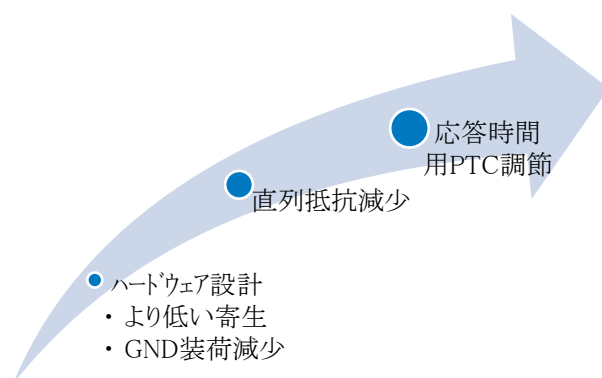
人の指に関して摺動子/輪の上での移動に対して釦の接触に比べてもっとより速いことが可能です。応用が摺動子/輪を持つ場合、より小さな応答時間がより良い使用者体感を提供します。

指接触と(LED照明を指す)何れかの視覚表示間の遅延が約70ms(16フレーム/秒)よりも大きければ、これは遅れとして気付かれるかもしれません。視覚表示を提供する応用は70ms未満の応用時間が必要です。

4.2. 応答時間改善

以下の要素が接触応用時間に影響を及ぼします。

- ハードウェア設計
- 直列抵抗最適化
- PTC調節



4.2.1. ハードウェア設計

寄生容量(C_p)の増加は接触採取時間を増し、またその逆もです。

寄生容量を減らすには、

- 布線長を減らしてください。
 - MCUから感知部電極へ走るより長い感知布線が寄生容量を増やします。
 - 相互静電容量では、互いに近くでXとYの線の配線を避けてください。
- 必要とされる場合、感知部電極の近くにだけGND面を持ってください。
 - 低雑音システムでは網目流し込みを使うことができます。
- 感知器電極の大きさが最適にされるべきです。
 - より大きな感知部はより高い寄生容量を持ちます。故に、十分な感知器の大きさが使われるべきです。
 - ばねに基づく設計について、ばねにより薄い線番を使うことが推奨されます。ばねを半田付けするためのパッドの大きさは半田の量を最小とするように最適であるべきです。

4.2.2. 直列抵抗最適化

- 直列抵抗(R_s)の増加は接触採取時間を増やし、またその逆もです。システム性能が受け入れ可能な最適 R_s 値を選んでください。
- それが寄生容量を増加するためスルーホール抵抗を避けてください。

4.2.3. CPUクロック上昇

- CPUクロック周波数上昇は後処理時間を減らします。減らされた応答時間とより良い使用者体感を得るためにCPUは最大クロック周波数でクロック駆動されるべきです。

4.2.4. 応答時間用PTC調節

QTouchライブラリは最適化された接触性能のために様々なパラメータを提供します。これらのパラメータを正しく調節することにより、可能な最良の応答時間を達成することができます。

表4-1. 応答時間用PTC調節

機能	QTouchライブラリ パラメータ	推奨
濾波水準	DEF_XXXXCAP_FILTER_LEVEL	• 全応用が濾波水準64を必要とする訳ではありません。 • 64から32への濾波水準低減は接触採取時間をほぼ半分に減らします。 • 濾波水準低減は接触応答時間を減らします。
自動過採取(AOS)	DEF_XXXXCAP_AUTO_OS	• 自動過採取は指を接触して取り去る間に追加の接触採取を行います。 • AOS機能はそれが”本当に”必要とされる場合にだけ許可してください。 • AOS水準の減少は接触応答時間を減らします。
周波数動作形態	DEF_XXXXCAP_FREQ_MODE	• FREQ_MODE_HOPは信号値で中心値濾波を適用します。感知部が接触されると、中心値濾波のため、DI処理を開始するのに1つの追加接触採取が必要です。これは1周回時間、応答時間を増やします。 • 多少の雑音水準は濾波水準とAOSを調整することによって取り組むことができます。 • 極端な雑音軽減をが必要な応用だけFREQ_MODE_HOPを使うべきです。
クロック前置分周器	DEF_XXXXCAP_CLK_PRESCALE	• 前置分周器の増加は接触採取時間を増し、またその逆もです。より高い電極容量(Cx)やより高い直列抵抗(Rs)は完全な充電のためにより遅いクロック(より高い前置分周値)が必要です。 • 1から2への前置分周水準増加は接触採取時間を増やします。
充電共用遅延(CSD) (SAM C2x, SAM L22, ATmega328PBデバイスでだけ利用可能)	DEF_XXXXCAP_CSD_VALUE	• CSDパラメータ増加は接触採取時間を増し、またその逆もです。より高い電極容量(Cx)やより高い直列抵抗(Rs)は完全な充電のためにより遅いクロック(より高いCSD)が必要です。 • 接触測定時間を減らすため、1に構成設定したDEF_XXXXCAP_CLK_PRESCALEでCSDパラメータを調節してください。
内部直列抵抗	DEF_XXXXCAP_SENSE_RESISTOR	• 直列抵抗値増加は前置分周値の増加が必要かもしれません。 • 外部抵抗だけが使われるなら、内部抵抗値を0に設定してください。
検出統合(DI)	DEF_XXXXCAP_DI	• DI増加は指を接触して取り去る間に繰り返される採取を増します。これは接触応答時間を増します。 • DIは低雑音システムで2に減らすことができます。
周波数自動調節	DEF_XXXXCAP_FREQ_AUTO_TUNE_SIGNAL_STABILITY_LIMIT DEF_XXXXCAP_FREQ_AUTO_TUNE_IN_CNT	• これらのパラメータに対する”より低い”値設定は望まれない自動周波数調節を起動して接触応答時間を増します。 • 適切な雑音水準に対してだけ自動周波数調節が起動されるように正しい値を設定してください。

[次頁へ続く](#)

表4-1 (続き). 応答時間用PTC調節

機能	QTouchライブラリ パラメータ	推奨
迅速再集中	DEF_XXXXCAP_QUICK_REBURST_ENABLE	- 校正解決または再校正や検出統合(DI)は複数接触採取が必要です。 - 迅速再集中機能許可は複数接触採取を必要とする感知部だけで繰り返して接触採取を行います。 - 迅速再集中機能許可は接触応答時間を減らします。
PTC割り込み優先権	DEF_TOUCH_PTC_ISR_LVL	- PTC割り込み優先権レベルはどれだけ速くPTCの変換終了割り込みをサービスするかを決めます。 - より低い優先権は接触応答時間を増します。
走査速度	DEF_TOUCH_MEASUREMENT_PERIOD_MS	- 採取間隔増加は使用者体感を下げます。 - 最適値は応用と構成設定した全感知部で接触採取を実行するのにかかる時間に依存します。 - 最小値は構成設定した全感知部で接触採取を実行するのにかかる時間です。

5. 参考文献

- [1] AVR3000:QTouch導電耐性
<http://www.atmel.com/Images/doc8425.pdf>
- [2] QTAN0079:鉤、摺動子、輪 - 感知部設計の手引き
<http://www.atmel.com/Images/doc10752.pdf>
- [3] 周辺機能接触制御器 - 使用者の手引き
http://www.atmel.com/images/atmel-42195-qtouch-library-peripheral-touch-controller_user-guide.pdf
- [4] AVR3002:耐湿性QTouch設計
<http://www.atmel.com/images/doc42017.pdf>
- [5] IEC規格 - 61000-4系列
<http://www.iec.ch>
- [6] AVR040:電磁適合性(EMC)設計の考察
<http://www.atmel.com/Images/doc1619.pdf>

6. 改訂履歴

文書改訂	日付	注釈
42360A	2014年11月	初回文書公開
42360B	2015年4月	- Y0とY2に関連する注意を更新 - PCBの縁での配線とGND遮蔽を行うことに関連する指針を更新 - 湿気流れ図を更新
42360C	2016年5月	PTC調節と応答時間用PTC調節の項で充電共用遅延(CSD)パラメータについての情報を追加

Atmel®, Atmelロゴとそれらの組み合わせ、Enabling Unlimited Possibilities®, QTouch®, AVR®とその他は米国及び他の国に於けるAtmel Corporationの登録商標または商標です。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。

安全重視、軍用、車載応用のお断り: Atmel製品はAtmelが提供する特別に書かれた承諾を除き、そのような製品の機能不全が著しく人に危害を加えたり死に至らしめることがかなり予期されるどんな応用(“安全重視応用”)に対しても設計されず、またそれらとの接続にも使用されません。安全重視応用は限定なしで、生命維持装置とシステム、核施設と武器システムの操作の装置やシステムを含みます。Atmelによって軍用等級として特に明確に示される以外、Atmel製品は軍用や航空宇宙の応用や環境のために設計も意図もされていません。Atmelによって車載等級として特に明確に示される以外、Atmel製品は車載応用での使用のために設計も意図もされていません。

© HERO 2021.

本応用記述はAtmelのAT09363応用記述(Rev.42360C-05/2016)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。