
容量性接触感知部設計の手引き

序説

著者: Feargal Cleary, Microchip Technology Inc.

この文書は使用者インターフェースに対してそれらの版の頑丈な実装の助けとなるようにMicrochip接触解決策を案内します。この応用記述は一般的な課題を概説して解決策と手引きを提供します。

接触制御器を使う製品を設計するための過程はそれらの構造でどの材料が使われるか、そして機械的及び電気的な要件がどう満たされるかのように、作るのに多くの決断がある複雑なものです。この過程に対する鍵は使用者との接点を形成する実際の感知部(具体的には釦、摺動子、輪、接触画面)の設計です。

更なる情報、やり方の映像、段階的な手引き、接触技術の背景については以下のウェブサイトを訪ねてください。

- www.microchip.com/touch
- www.microchipdeveloper.comのFunctions(機能)⇒Touch Sensing(接触感知部)

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、Microchip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。

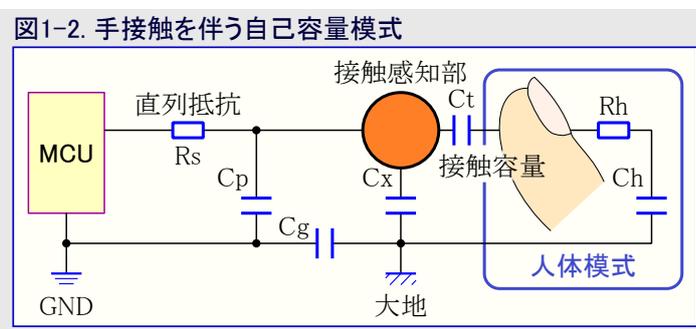
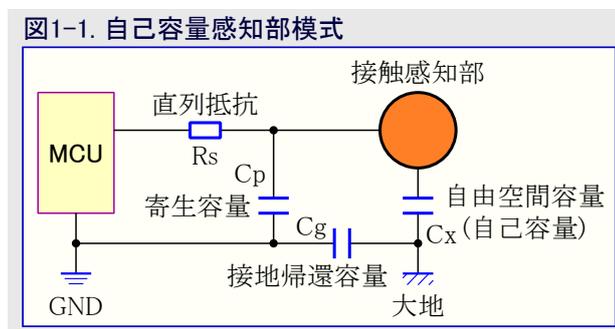
目次

| | |
|----------------------|----|
| 序説 | 1 |
| 1. 自己容量感知部 | 3 |
| 1.1. 自己容量測定 | 3 |
| 1.2. 感知部設計 | 3 |
| 1.3. 接触覆いの影響 | 9 |
| 1.4. 遮蔽 | 9 |
| 2. 相互容量感知部 | 14 |
| 2.1. 相互容量測定 | 14 |
| 2.2. 感知部設計 | 15 |
| 2.3. 接触覆いの影響 | 22 |
| 2.4. 遮蔽 | 22 |
| 3. 追補A | 24 |
| 4. 追補B | 24 |
| 5. 追補C | 24 |
| 6. 改訂履歴 | 24 |
| Microchipウェブサイト | 25 |
| 製品変更通知サービス | 25 |
| お客様支援 | 25 |
| Microchipデバイスコード保護機能 | 25 |
| 法的通知 | 25 |
| 商標 | 26 |
| 品質管理システム | 26 |
| 世界的な販売とサービス | 27 |

1. 自己容量感知部

1.1. 自己容量測定

自己容量接触感知部は接触感知部回路の電極と接地間の見かけ上の静電容量を測定するのに単一感知部電極を使います。基準容量は寄生、感知部、接地帰還容量の組み合わせによって形成されます。組み合わせに於いて、これらは校正中に測定される'非接触'または既定容量を形成し、手接触を示す容量変化を検出するための参照基準として使われます。



手接触が加えられると、見かけ上の感知部容量は'人体模式'(HBM:Human Body Model)を通る大地への並行経路の導入によって増されます。接触容量(C_t)はHBM容量(C_h)と接地/大地間容量(C_g)との直列組み合わせを形成します。この増加は接触'差'として参照されます。

通知: HBM抵抗(R_h)は接触感度に影響を及ぼしません。

C_t ・表層素材の形状の誘電体で分離された接触感知部電極と使用者の指先から成る並行平板コンデンサとして近似することができます。

- ・個体表面に置かれた使用者の指先は直径5~10mmの円盤として近似することができます。(8mmが代表的な使用者の指先直径として推測され、この文書の例で使われます。
- ・より小さな感知部や厚い覆いは接触容量値を減らします。

C_h ・人体モード容量

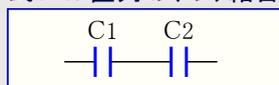
- ・大地に対する人体の自己容量
- ・体格に依存して、成人に対して100~200pF

C_g ・応用DC接地と大地間結合の容量

- ・応用の形式と電源システムに依存
- ・小さな電池給電装置での約1pFからDC接地が直接大地に接続された無限大容量(短絡回路)までの範囲

直列容量に於いて支配的な効力は最小コンデンサの効力です。

式1-1. 直列コンデンサ結合



$$C_t = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2}$$

C_t は C_h より遥かに小さく、殆どの応用で、また C_t は C_g より遥かに小さく、従って C_t は測定された容量での変換を決定します。

例: $C_t=1\text{pF}$ 、 $C_h=100\text{pF}$ 、 $C_g=100\text{p}$ で、 $C_{\text{total}}=0.98\text{pF}$ です。

けれども、 C_g が非常に低い、例えば、2pFの応用では感度がかなり減らされます。

$C_t=1\text{pF}$ 、 $C_h=100\text{pF}$ 、 $C_g=2\text{p}$ で、 $C_{\text{total}}=0.662\text{pF}$ です。

これは測定される接触差が約33%に減らされます。

1.2. 感知部設計

1.2.1. 接触容量模式

感知部設計時、 C_t の簡単な近似が並行平板コンデンサ式から導き出されます。

通知: この近似は板面積(A)が誘電体厚(d)よりも1桁小さな場合に精度を減らします。

式1-2. 並行平板コンデンサ

$$C = \frac{\epsilon A}{d} = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r A}{d}$$

‘A’は並行領域、‘ ϵ ’は相対誘電率(ϵ_r)を乗じられた真空誘電率(ϵ_0)によって定義される電極の誘電率、‘d’は接触覆いの厚さです。

⇒ 最強の接触差は大きな感知部電極、薄い接触覆い、高い誘電率の覆い素材で達成されます。

例: ・ 接触感知部電極直径: 12mm

- ・ 指先領域モード: 直径8mmの円盤
- ・ 接触覆い: 相対誘電率 $\epsilon_r=2$ の1mmプラスチック
- ・ 真空誘電率 ϵ_0 は 8.85×10^{12} F/mとして与えられます。

⇒ 結果の容量は次のように計算されます。

$$C_t = \frac{(8.85 \times 10^{-12} [\text{F/m}]) \times 2 \times \left(\frac{8 \times 10^{-3}}{2}\right) \times \pi}{1 \times 10^{-3} [\text{m}]} = 0.89 \text{pF}$$

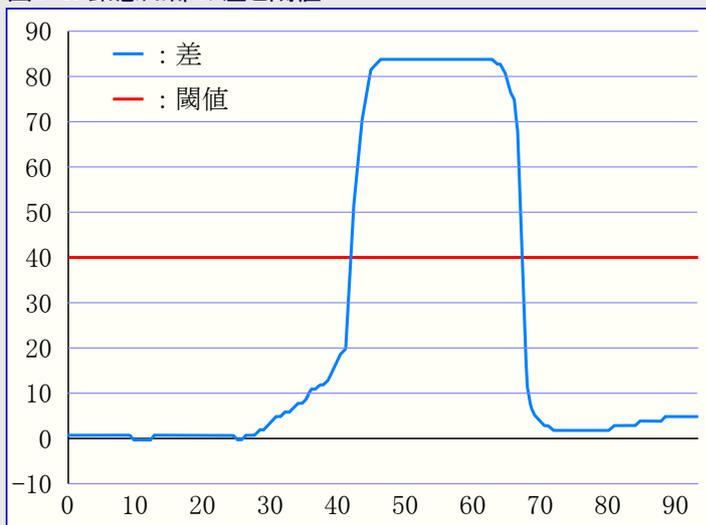
 **通知:** これがコンデンサを形成する2つの板の間の重なった領域のため、式で直径8mmの板だけが使われます。

1.2.2. 釦感知部設計

容量性感知部の最も簡単な実装は釦です。釦は単一感知部で2状態、検出または非検出として解釈されます。接触差(接触容量 C_t のデジタル化された測定)が接触閾値を超える時に感知部は検出です。

感知部は使用者の接触または人体モード回路経路で大地へ接続された導体棒のような接触模倣によって接触されます。閾値は最大接触差の比率(しばしば50%)に設定されます。

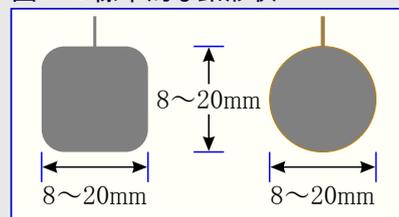
図1-3. 釦感知部の差と閾値



電極形状

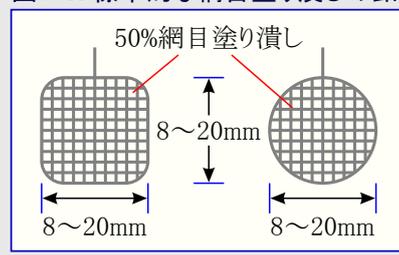
接触電極は非導電性基材上の銅のような導電性素材の小片です。一般的な形状は丸または長方形のペタ領域ですが、十分な接触領域を持つどの形状も使うことができます。角は感知部パッドへの静電気放電(ESD: ElectroStatic Discharge)の発生を増やし得る電界の集結を減らすために丸められなければなりません。

図1-4. 標準的な釦形状



望まれるなら、電極に対して(50%網目塗り潰しのような)網掛模様を使うことも可能です。これは感知部電極の負荷容量を減らすだけでなく、感度に於ける相対的低下に帰着する接触での1つのコンデンサ平面の領域も減らします。

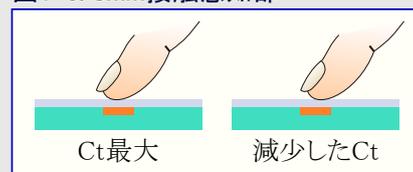
図1-5. 標準的な網目塗り潰しの釦



接触目標の大きさ

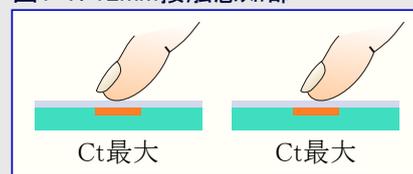
接触感知部電極は手接触が感知部を作動させるために正確に置かれる必要がないように充分大きくなければなりません。感知部電極が使用者の指先よりも小さい場合、より小さな有効面積によって感度が低下されます。例えば、直径8mmの手接触を持つ直径8mmの接触感知部は接触が電極の中央に直接置かれる時にしか最大差を示しません。

図1-6. 8mm接触感知部



感知部の大きさを増やすことにより、使用者は接触領域全体が接触感知部の外縁内を保つ限り、感度を低下することなく感知部領域上の何処にでも置くことができるかもしれません。手接触の有効並行面積は感知部領域ではなく、使用者の指先の大きさによって制限されます。

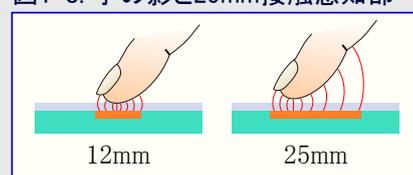
図1-7. 12mm接触感知部



手の影

不必要に大きな感知部電極は指先を接触する前に接近する手と結合するため意図せぬ近接効果を示します。指先の接触容量は接近容量と容易に区別されません。

図1-8. 手の影と25mm接触感知部



ピン負荷

大きな感知部はより高い既定容量を持ち、感知部が他の感知部を含む他の回路近くに置かれる場合に影響が増されます。

大きな負荷容量は時定数増加を引き起こし、感知部は充電、放電、測定により長くかかります。これは接触検出遅れと消費電力での悪化を引き起こし得ます。

測定技法に依存して、高い容量の感知部は感度低下になるかもしれず、またはアナログ前処理補償回路の範囲を超えるかもしれせん。

 **通知:** 最大感知部容量のデバイス特有情報については「[3. 追補A](#)」をご覧ください。

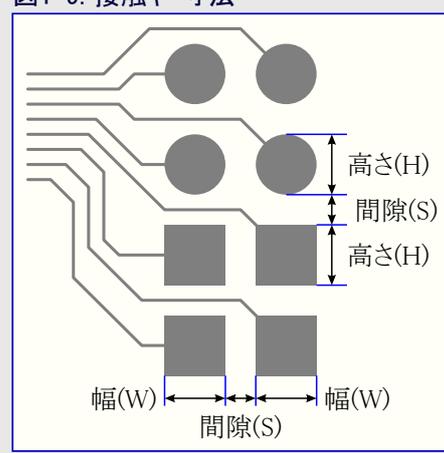
電極間隙

個別感知部電極は或るキーの接触が別の手接触として誤認し得る隣接キーでの意図せぬ容量変化を引き起こさないように充分に分離されなければなりません。感知部電極間の推奨間隙は4mm+接触覆い厚です。多くの場合で、密集使用者接触面配置を調整するために感知部の大きさと感知部分離の二律背反で妥協が必要です。

表1-1. 接触キー寸法

| 項目 | 最小 | 代表 | 最大 |
|--------|-----|------|------|
| 高さ (H) | 8mm | 12mm | 20mm |
| 幅 (W) | 3mm | 6mm | 20mm |
| 間隙 (S) | 3mm | 6mm | - |

図1-9. 接触キー寸法



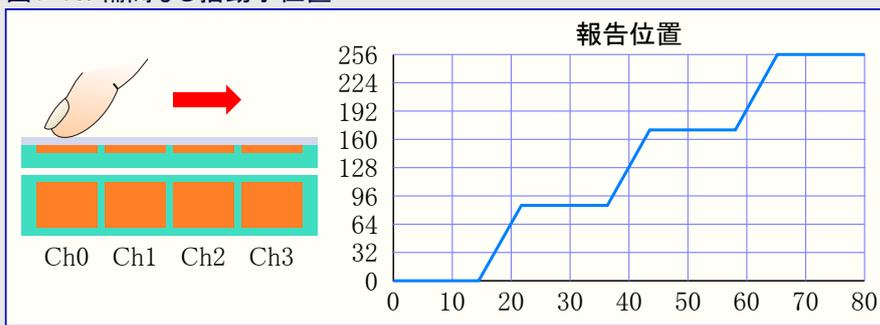
1.2.3. 摺動子感知部設計

摺動子(スライダ)は個別感知部として測定される2つ以上の接触感知部電極の簡単な列です。測定した接触差は感知部間の補間によって増された分解能で手接触の位置を判断するために組み合わせられます。

感知部間隔

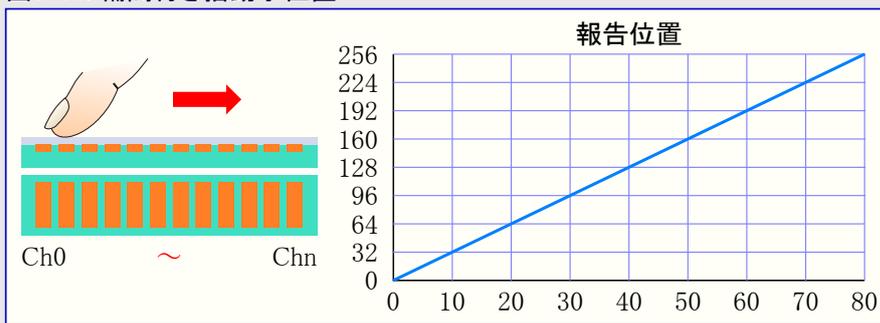
大きな感知部と空間的な補間なしで、報告される接触位置対実際の位置の一致性は非常に貧弱です。接触が殆どの時間摺動子を渡って移動するため、手接触は4つの電極の1つ上だけにあります。位置補完は接触が或る感知部から次へ渡っている間にだけ起き得ます。

図1-10. 補間なし摺動子位置



これは感知部の大きさを減らして感知部数を増やすことによって改善することができます。感知部間隔が約半分に減らされ、感知部接触子の幅(即ち、感知部間隔約4~5mm)の場合、常に手接触領域下に2~3つの感知部電極があり、接触子が置かれた何処でも補間のためにいくつかの接触差が利用可能です。

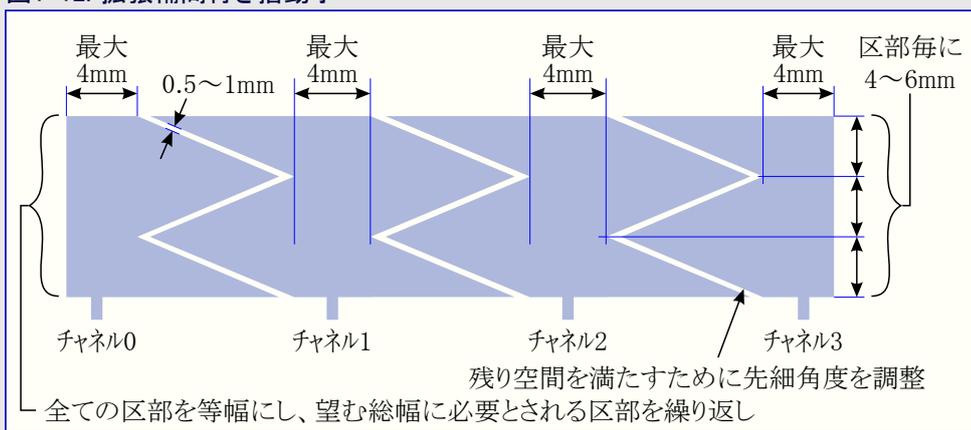
図1-11. 補間付き摺動子位置



けれども、これは必要以上に感知部電極を必要とするため、常に最適な解決策ではありません。これは汎用入出力ピンの利用性を減らし、PCB配線を複雑にし、マイクロコントローラで利用可能なよりも多くの接触チャネルを必要とします。また、接触採取時間は電極数に比例し、長い摺動子に対して必要とする感知部電極数は受け入れることができない接触遅れを引き起こし得ます。

代替は或る電極から次の電極まで交差位置を'伸ばす'空間的補間を使うことです。1つの例は右で図解される電極形状です。この設計は摺動子の長さに沿ったどの場所での手接触も常に最低2つの電極での接触領域を持つことを保証するために先細重複端を持ちます。

図1-12. 拡張補間付き摺動子



摺動子電極間の空間

特定の感知部が測定されている間に他の電極は通常静的なDC水準に駆動されるため、摺動子の各要素はそれの既定容量と隣接電極間の容量によって充填されます。

通知: この例外は'駆動遮蔽+'の実装です。更なる詳細については「1.4. 遮蔽」をご覧ください。

感知部電極間の推奨間隔は電極の大きさとそれらの重複長に依存します。

拡張補間なしで小さなキーから成る摺動子は電極間を0.5mm以下の間隙を持たなければなりません。これは間での接触差低減の発生なしに、接触が或る要素から次へ移動する時に接触差の一貫性を改善します。推奨間隔距離については表1-2をご覧ください。

図1-13. 釦摺動子寸法

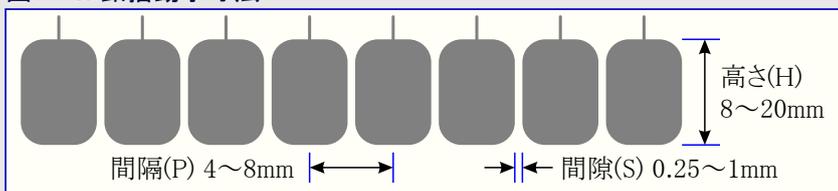


表1-2. 釦摺動子寸法

| 項目 | 最小 | 代表 | 最大 |
|-----------|--------|-------|------|
| 摺動子高さ (H) | 8mm | 12mm | 20mm |
| 電極間隔 (P) | 4mm | 6mm | 8mm |
| 電極間隙 (S) | 0.25mm | 0.5mm | 1mm |

長い重複長を持つ大きな電極から成る摺動子は過剰な感知部負荷容量を避けるため、感知器電極間に増された間隙を持たなければなりません。そのような設計では、間隙を1mm以上に増やすことができます。

電極は継続する感度のために共に近くなければなりません、小さすぎる間隙は各感知部電極がその隣接電極に対して寄生負荷を持つため、負荷容量増加を引き起こし得ます。空間は広範囲の補間のために電極間の長い並行端がある時の場合、最大1.5mmに増されなければなりません。推奨間隙距離については表1-3をご覧ください。

釦感知部設計と同様に、摺動子電極の尖った角はESDに対する感受性を最小にするために丸められなければなりません。補間される摺動子を形成する三角形の先端は直径約2mmで丸端にされるように切り詰められなければなりません。

図1-14. 補間した摺動子寸法

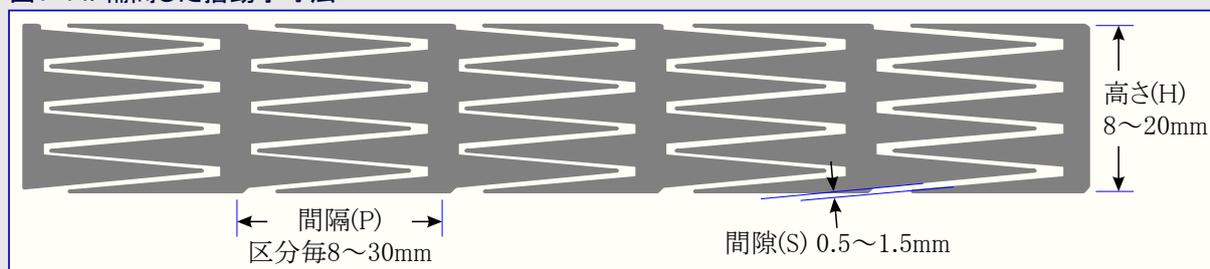


表1-3. 補間した摺動子寸法

| 項目 | 最小 | 代表 | 最大 |
|-----------|-------|------|-------|
| 摺動子高さ (H) | 8mm | 12mm | 20mm |
| 電極間隔 (P) | 8mm | 16mm | 30mm |
| 電極間隙 (S) | 0.5mm | 1mm | 1.5mm |

1.2.4. 輪感知部設計

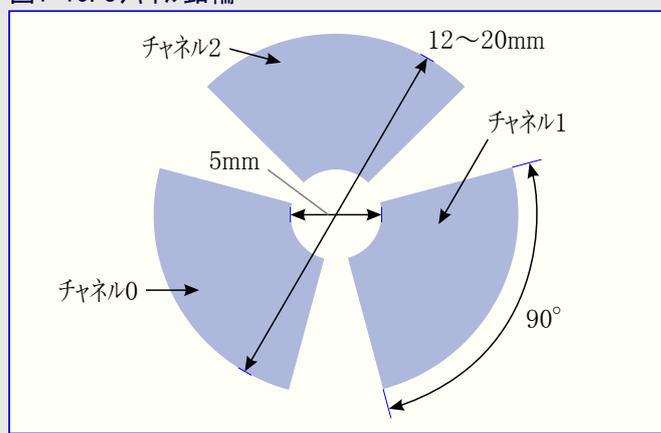
輪(ホイール)は円に配列された3つ以上の感知部電極の列から成ります。

通知: 位置計算が一意的な交配領域を必要とするため、最低3つの電極が必要とされます。

輪感知部はチャンネルからチャンネル0に丸められ、故に設計に於いて電極に終わりが無いと言う1つの例外を除いて摺動子感知部と同じ方法で動きます。

摺動子と同様に、輪は離散した非重複感知部で作ることができます。

図1-15. 3チャンネル釦輪

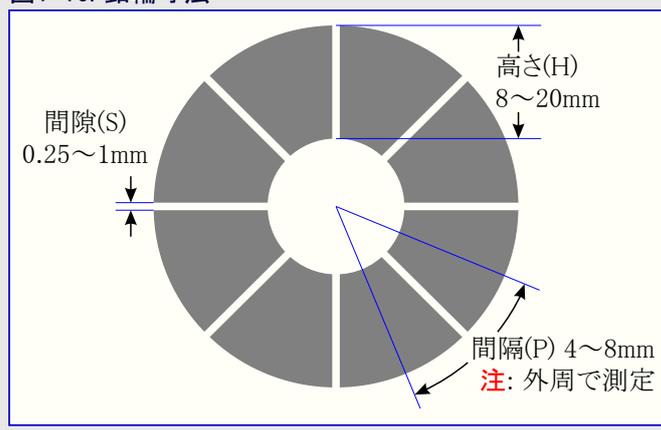


より大きな輪は使う感知部キー数を増すことによって、または摺動子の場合でのように区部補間を増すことによって実装することができます。

表1-4. 釦輪寸法

| 項目 | 最小 | 代表 | 最大 |
|----------|--------|-------|------|
| 輪高さ (H) | 8mm | 12mm | 20mm |
| 電極間隔 (P) | 4mm | 6mm | 8mm |
| 電極間隙 (S) | 0.25mm | 0.5mm | 1mm |

図1-16. 釦輪寸法



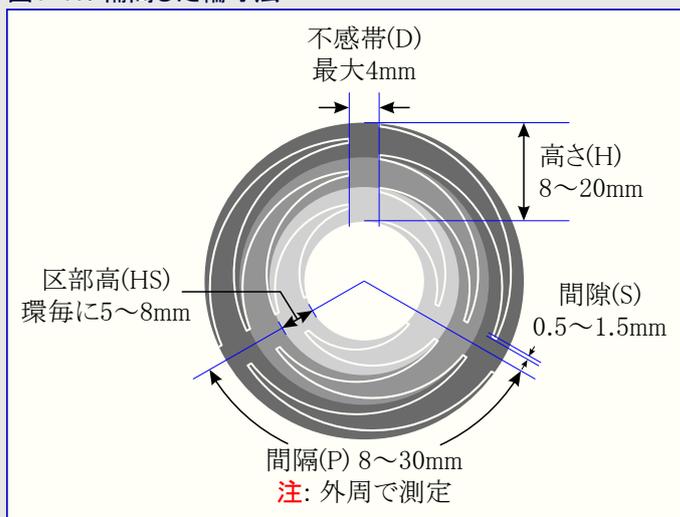
他の感知部同様、電極の尖った角はESDに対する感受性を最小とするために丸められることが必要です。補間を形成する三角形の先端は直径約2mmの丸端に切り詰められなければなりません。

輪電極は継続する感度のために共に近くなければなりません、小さすぎる間隙は各感知部電極がその隣接電極に対して寄生負荷を持つため、負荷容量増加を引き起こし得ます。空間は広範囲の補間のために電極間の長い並行端がある時の場合に最大1.5mmまで増されなければなりません。

表1-5. 補間した輪寸法

| 項目 | 最小 | 代表 | 最大 |
|----------|-------|------|-------|
| 輪高さ (H) | 8mm | 12mm | 20mm |
| 区部高 (HS) | 4mm | 6mm | 8mm |
| 電極間隔 (P) | 8mm | 16mm | 30mm |
| 電極間隙 (S) | 0.5mm | 1mm | 1.5mm |
| 不感帯 (D) | - | - | 4mm |

図1-17. 補間した輪寸法



1.2.5. 面感知部設計

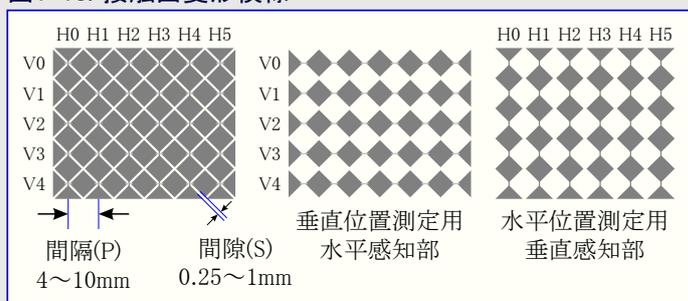
自己容量接触面は測定が水平と垂直の両方で機能する摺動子を実装するのに使われる'行'と'列'の電極から成ります。結果は接触座標を正確に解明するために組み合わせることができ、ピンチズームのような2接触手ぶりを含む2D手ぶりを検出します。

最も簡単な模様は右で示される'菱形'模様です。この例では感知部H0~H5が手接触の水平位置を提供すると同時にV0~V4が垂直位置を提供します。

表1-6. 菱形模様寸法

| 項目 | 最小 | 代表 | 最大 |
|----------|--------|-------|------|
| 電極間隔 (P) | 4mm | 6mm | 10mm |
| 電極間隙 (S) | 0.25mm | 0.5mm | 1mm |

図1-18. 接触面菱形模様



感知部は次のようにその間隔と間隙によって特性付けされます。

- ・ 水平と垂直の感知部間隔は各々、列と電極中心間の距離です。
- ・ 感知部間隙は隣接菱形の並行端間の垂線距離です。

各感知部電極は水平と垂直の方向での補間を完全にするために45°回転した四角形(対象交線間隔)または菱形(非対称交線間隔)の連結を形成します。

電極間隔

理想的な電極間隔は8mmの使用者接触領域に対して概ね5mmです。これは面の何処に置かれた接触でも、各座標で最低2つの感知部電極を持つ重複領域を含み、従って接触位置の最良の補間を許します。

より大きな接触面設計について、これは最適な直線性を維持するために多くの感知部電極数が必要とされることを意味します。けれども、より多くの感知部は応答時間低下を引き起こすかもしれない、より長い採取時間を意味します。多くの場合で、設計者は感知部直線性と感知部数間で妥協しなければなりません。

拡張補間

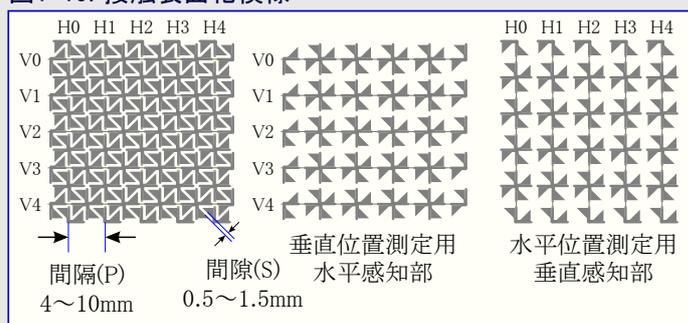
摺動子や輪と同様に、隣接感知部間で補間を増した面感知部用電極を設計することが可能です。これは設計者に電極間隔を増すと同時に直線性を維持することを許します。

1つの例は'花'模様で、これは感知部配列の各要素がその隣接物とで増された空間補間を持ちます。

表1-7. 花模様寸法

| 項目 | 最小 | 代表 | 最大 |
|----------|-------|-----|-------|
| 電極間隔 (P) | 4mm | 6mm | 10mm |
| 電極間隙 (S) | 0.5mm | 1mm | 1.5mm |

図1-19. 接触表面花模様



他の感知部同様、電極の尖った角はESDに対する感受性を最小とするために丸められなければなりません。補間を形成する三角形の先端は直径約2mmの丸端に切り詰められなければなりません。

 **通知:** 2つの手接触の同時検出は接触の中心が感知部間隔の最低2倍の距離で分離されることが必要とされます。

1.3. 接触覆いの影響

より厚い接触覆いは使用者の指先と感知部電極間の距離を増します。これは使用者と感知部電極間の容量を減らさせ、相対的に接触感度を低下させます。

これは電極の大きさを増すことによって補償することができます。より厚い覆いは指先と電極間で形成される電界を拡散する効果も持ち、従って、より大きな電極は接触領域を効果的に増すことができます。

最大感度のため、各感知部電極は少なくとも接触覆いの厚さ分、接触接点を超えて拡大するように設計されなければなりません。

全ての感知部形式は内側と外側の両方少なくとも接触覆いの厚さ分、接触接点の直径を超えて拡張されるように充分広くなければなりません。下の例をご覧ください。

- 1mm接触覆い/8mm接触点：推奨幅=10mm
- 3mm接触覆い/8mm接触点：推奨幅=14mm
- 6mm接触覆い/8mm接触点：推奨幅=20mm

補間感知部(摺動子、輪、面、花模様)について、電界の拡散は隣接電極間での交配領域拡張と報告される接触位置で精度改善に帰着します。

1.4. 遮蔽

多くの応用では、電磁妨害(EMI:ElectroMagnetic Interference)による、または感知部へ繋がるPCB配線のような接触感応を意図されない場所での手接触による不正な活動を防ぐため、接触感知部を遮蔽することが必要です。

測定技法に応じて様々な遮蔽形式が自己容量感知部で使われ得ます。

これらは一般的に遮蔽電極がDC水準に駆動される'受動'遮蔽と遮蔽が採取される電極と同じ信号で駆動される'能動'遮蔽に分類されます。

 **通知:** デバイスによって支援される遮蔽のより多くの情報については「[3. 追補A](#)」をご覧ください。

1.4.1. 受動遮蔽

- 通常、DC接地へ接続
- VDDまたは接地基準とする何れかのDC水準も使用可能
- (電極の後ろの層での)後部銅箔面は後ろからの接触やEMIを防ぎます。
- (同じ層での電極周辺の)同一平面上の銅箔面は接触感知部のより良い隔離を提供します。
- 容量性負荷を減らすために網目可能
- 耐水性に不利

接地負荷の影響

DCや接地負荷はRC時定数、従って採取時間を増やす、感知部に基づく容量に直接的に加わります。

 **通知:** この文脈での接地はDC接地を基準とする感知部やその配線の近くのどの導電体も含みます。これは近くのどの回路素子や信号配線も含みます。

受動感知部は通常DC水準に駆動され、これら非対象チャネルに対する結果は接地に接続されているかのように動きます。キー1に繋がる配線がキー2近くに配線される場合、キー2が接地配線のように設定されます。

接地を基準とする電極や接触感知部近くの配線は、感知部電極によって放射される電界が接地面に引き込まれるため、接触感度の低下を引き起こします。これは使用者の手接触での相互作用に利用可能な電界の強さを減らします。

後部接地遮蔽

時には、後ろの可動部品からの誤検出を防ぐ、または切り替え信号、例えば、背面照明や駆動回路からの妨害を防ぐのに電極の遮蔽が望まれます。

駆動遮蔽が実装できない場合、接地面を使うことができます。これは1点で回路接地に直接的に接続されなければなりません。

DC接地が接触感知部電極によって放射される電界を引き込むため、後部接地面は接触感知部の感度を減らす可能性が極めて高いです。これは特に接触覆いが電極と接地層間の間隙よりも厚くなり得る場所で考慮されなければなりません。

この問題を緩和するため、電極と接地面は可能な最大距離で分離されなければなりません。例えば、多層印刷回路基板(PCB)では接触感知部が最上層で接地が最下層でなければなりません。

加えて、接地遮蔽は感知器負荷を減らす一方で未だ同じ遮蔽効果を提供する50%や25%の網目埋めに減らすことができます。

応用が感知部基板の後部からの偶発的な手接触の危険がないなら、後部接地面は感知部キーの後ろ側が切り取られているかもしれません。これは感知部の容量性負荷を減らす一方で他の回路部品やEMIからの感知部隔離を提供します。

同一面接地遮蔽

同一面接地遮蔽は接触感知部間の隔離改善、接触感知部へのEMI低減、手接触が存在する時の共通同相雑音によって引き起こされる妨害低減のために実装することができます。

この遮蔽が接触領域と重ならないため、同一面遮蔽としてベタ塗を使ってください。

感度での損失を最小とするため、接地遮蔽はどの接触感知部からも概ね2mmの距離を保たなければなりません。

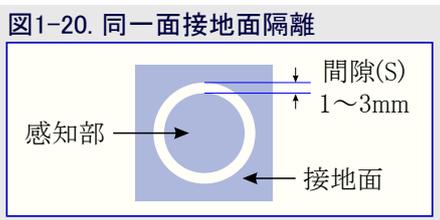
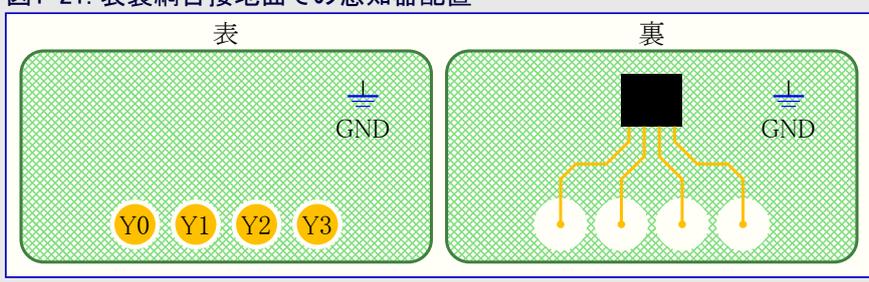


表1-8. 感知部/接地間隙

| 項目 | 最小 | 代表 | 最大 |
|-------------|-----|-----|-----|
| 電極/接地間隙 (S) | 1mm | 2mm | 3mm |

配置例

図1-21. 表裏網目接地面での感知器配置



感知部と接地間の間隙の増減はいくつかの方法で感知部操作に影響を及ぼします。

感知部容量は間隙が減らされる時に増えます。これは感知部時定数、従って総測定時間を比例的に増します。大きな感知部電極または複雑な外周形状を持つ電極は過大な感知部容量を避けるために増した間隙を持たなければなりません。

雑音耐性は間隙増加によって減らされます。接地遮蔽は接触覆い経路で注入される雑音に対して接地へのより低いインピーダンス経路を提供することによって雑音耐性を改善します。

耐水性は間隙増加によって改善されます。接触覆い上の水によって起動するには、水が感知部電極と別の接地への経路間を橋渡ししなければなりません。感知部電極に非常に近くへの接地遮蔽配置は非常に少ない水の量での間隙橋渡しを可能にします。

1.4.2. 能動遮蔽

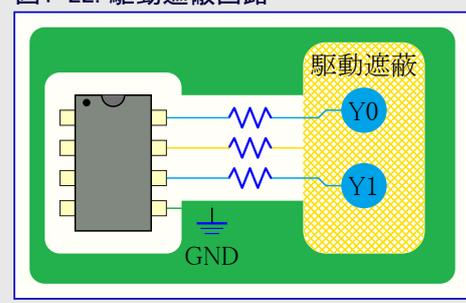
1.4.2.1. 駆動遮蔽

- ONを必要とされる感知部と同じ信号で'遮蔽'電極を駆動します。
- 専用遮蔽電極を必要とします。
- 電位差がなく、故に電極間に電界がないため、隣接する容量のために感知部の負荷を低減またはなくします。
- 後部遮蔽は後ろからの接触を防ぎます。
- 改善された耐水性を提供します。

感知部近くの接地を基準とするどの配線もその感知部の負荷で、感度を減らし、そして、具体的には濡れた、または非常に湿度の高い条件のような或る環境状態で誤った接触を生成することさえあるかもしれません。

3段階遮蔽と2段階遮蔽の2つの駆動遮蔽の種類がMicrochip接触感知デバイスで利用可能です。

図1-22. 駆動遮蔽回路

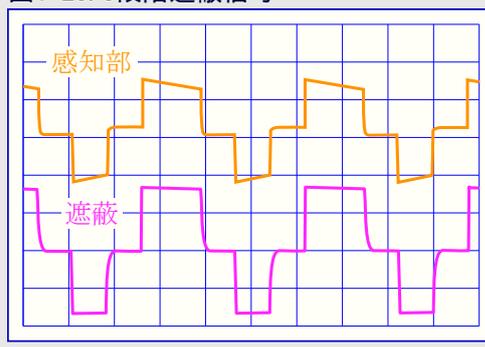


3段階遮蔽

3段階遮蔽は測定 of 各段階で電極電位に一致する電圧の流れを通して駆動されます。これは接地から接触感知部の結合を効率的に除去し、容量性負荷を減らしてEMIに対する電氣的な遮蔽を提供し、感知部の信号対雑音比(SNR)を改善します。感知部と他の回路部品間にこの遮蔽を配置することにより、水分の存在での動作が大きく改善されます。

全基板領域に渡って後部へ遮蔽を配置することができます。0.5mm間隙で配置された同一面遮蔽は効果的で感知部の容易な配置を許します。

図1-23. 3段階遮蔽信号



2段階遮蔽

2段階遮蔽は外の影響から感知部を遮蔽すると同時に感知部の感度を付加的に増加する、感知部測定中の充電パルスを駆動します。

遮蔽電極は測定に同期されたパルスで駆動されます。これらのパルスは感知部容量への付加的充電の注入によって自己容量測定増強効果を持ちます。接触感度は手接触と感知部遮蔽電界間の相互作用を通して増されます。

監視部負荷容量は遮蔽が近くの接地を基準とする回路部品から感知部を隔離するために減らされます。

図1-24. 2段階遮蔽信号

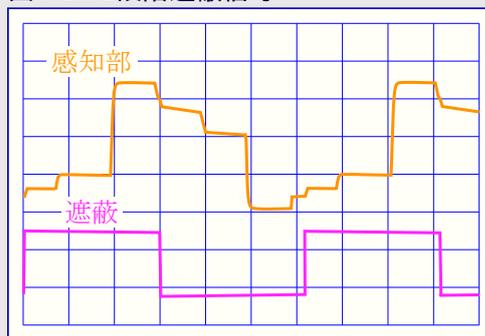


表1-9. 2段階遮蔽用感知部/遮蔽間隙

| 項目 | 最小 | 代表 | 最大 |
|-------------|-----|-----|-----|
| 電極/遮蔽間隙 (S) | 1mm | 2mm | 3mm |

遮蔽電極が感知部電極に近すぎる場合、遮蔽-感知部容量は感知部-接地容量を超えるかもしれません。これはSNR低下、非直線動作、またはいくつかの場合での校正失敗に帰着します。

感知部線と電極の全てが遮蔽-感知部容量に寄与するため、これは2段階駆動遮蔽+(「1.4.2.2. 駆動遮蔽+」参照)使用時に特に重要です。

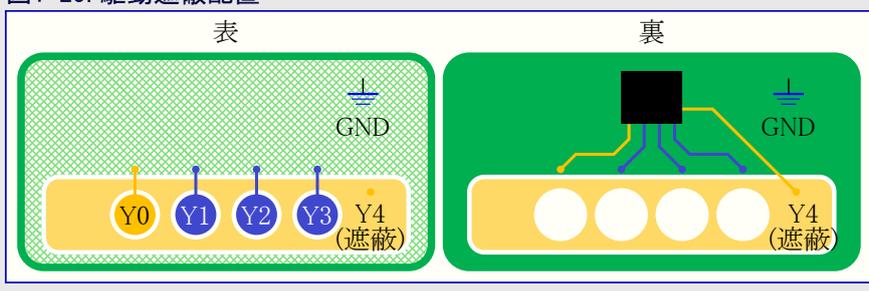
駆動遮蔽例

同一面駆動遮蔽は電極間の適切な間隔で接触感知部電極と同じ層に実装されます。

後部遮蔽は電極の後ろの層に配置されます。遮蔽負荷(2段階遮蔽)を減らすため、後部遮蔽は感知部電極の後ろを切り取り、または10~50%の網目塗り潰しにすることができます。

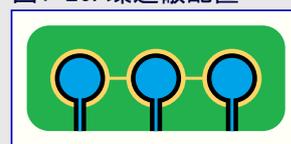
図1-25. は感知部領域周辺の同一面遮蔽と各感知部電極後ろの切り取りを持つ流し込み後部遮蔽での感知部実装を示します。

図1-25. 駆動遮蔽配置



代わりに、お互いと接地面から感知部電極の各々を隔離するのに'環遮蔽'を使うことができます(図1-26.をご覧ください)。環遮蔽は各接触感知部周辺の同一面遮蔽電極から成ります。

図1-26. 環遮蔽配置



通知: これがRF雑音での問題を引き起こすかもしれないため、遮蔽は感知部電極周りで完全な環を形成してはなりません。環の切断は単純化した配線も許し、片面感知部設計を許します。

1.4.2.2. 駆動遮蔽+

いくつかのデバイスは専用遮蔽電極だけでなくユーザーインターフェース上の他の接触感知部電極でも、2または3段階の'遮蔽'信号を駆動する能力を持ちます。

全てのピンが接触感知部として使われ、独立した遮蔽電極に利用可能なピンがなくても、駆動遮蔽+は遮蔽として駆動するのに他の感知部を使うことができます。図1-27.で示される応用例ではY0が有効感知部で、他の全ての電極は遮蔽として駆動されます。

図1-27. 駆動遮蔽+例

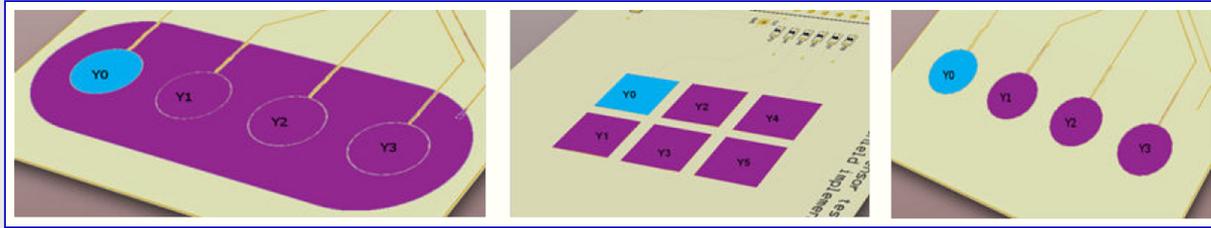


図1-28. すぐそばでの接地を伴う感知部

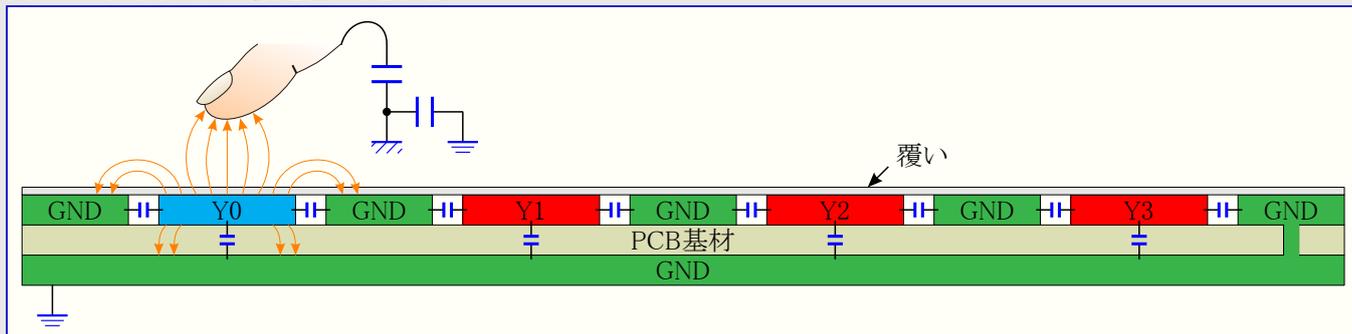
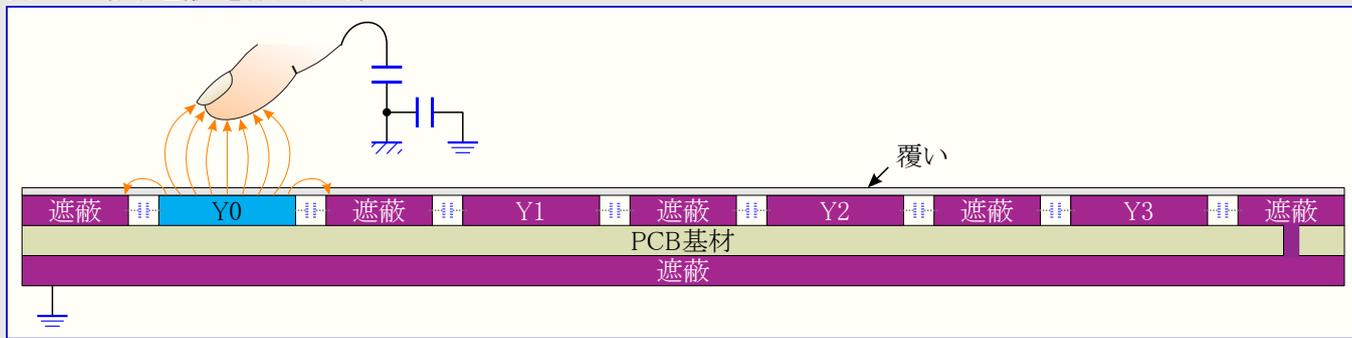


図1-28.では感知部Y0が測定されると同時に他の感知部はVDDで静止を保たれます。感知部の近くに接地流し込みや信号もあります。この筋書きではY0と接地間に付加的容量が存在します。Y0に駆動される電荷は接地と共有され、接触表面での電界を減らし、従って接触感度を減らします。「1.4.1. 受動遮蔽」項で検討されたように、これは感知部と接地遮蔽間の空間を増すことによって軽減することができますが、これは高い感知部密度のユーザーインターフェース設計に於いて常に可能ではありません。

図1-29. 駆動遮蔽+を伴う感知部



駆動遮蔽+では、それらが同じ電位に駆動されるため、Y0と他の電極間に小さな容量性負荷があります。感知部と使用者間により強い電界があり、これが感度と信号対雑音比を増します。

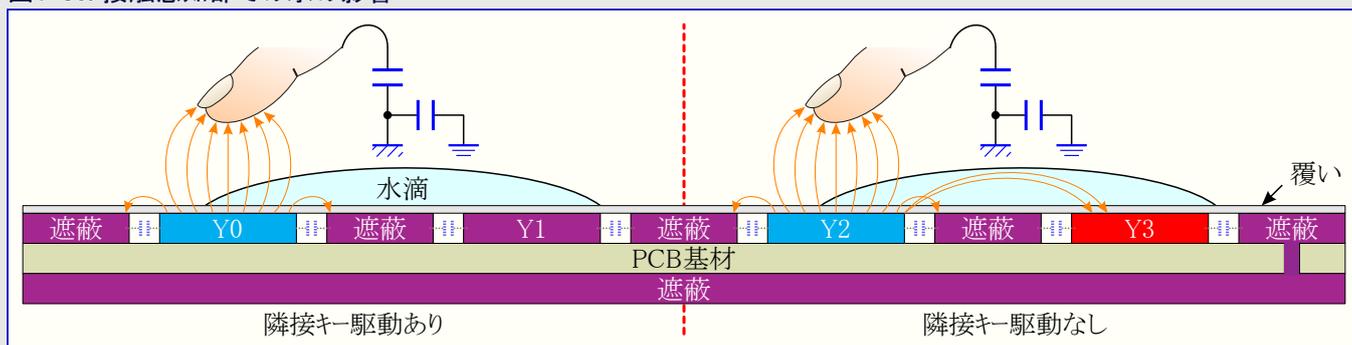
この駆動遮蔽使用の効果はより大きな分野の計画と従来の接触設計だけでなく近接感知器応用の両方で改善された性能を許します。

耐水性

駆動遮蔽では感知部と遮蔽間の水結合は遮蔽と感知部が同じ電位に駆動されるため接触差を生成しません。駆動遮蔽が使われるけれども隣接キーが遮蔽されない場合、隣接キーへの結合のために水は潜在的に誤った接触検出を引き起こし得ます。Microchipの駆動遮蔽+技術は全ての電極が同じ信号で駆動され、従って、例えそれらの間に保護がなくて、水が2つのキー間を橋渡しする場合でも誤った接触を防ぎます。

接触感知部が水に対して晒され得るシステム設計時は常に注意を払わなければなりません。水が遮蔽信号を渡って接地参照基準と橋渡しする場合、接触感知部からのいくつかの領域が水を通して接地に結合し、誤った接触検出が起こるかもしれません。

図1-30. 接触感知部での水の影響



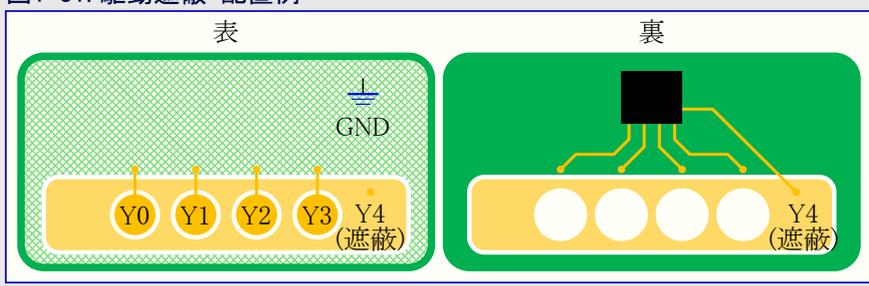
3段階遮蔽は水が感知部上に落とされる時に測定された信号で変化がなしたまたは小さな変化を示します。遮蔽が感知部と同じ電位に駆動されるため、電荷移転はありません。

2段階遮蔽は自己/相互容量混合測定です。

- 水は接触差方向に帰着する自己容量感知部での容量増加を引き起こします。
- 相互容量感知部での水も測定した容量での増加を引き起こします。けれども、手接触が通常は相互容量での減少を引き起こすため、測定結果は反接触差を示します。
- 組み合わせた結果は以下のどちらかで有り得ます。
 - 接触差方向 - 誤った検出が起こり得ます。
 - 反接触差 - 反接触再校正は水が移動される時に誤った検出を引き起こすかもしれません。
- 2段階遮蔽での感知器の動作は水の量と位置に依存します。問題は感知部設計と覆い積み重ねによって部分的に軽減されるかもしれませんが、応用の処理に依存するかもしれません。

図1-31.は同一面と後部の駆動遮蔽を持つ感知部配列での駆動遮蔽+の動作を図解します。全ての感知部電極が遮蔽として駆動されるため、水は接地領域に渡ってより大きくこぼれた橋渡しでない限り、誤った検出を引き起こさないでしょう。

図1-31. 駆動遮蔽+配置例



1.4.3. 放射状排出物

応用とその環境に応じて、駆動遮蔽の使用は過大な無線周波数放射を引き起こすかもしれません。これは大きな領域の電極の高速切り替えによって引き起こされ、必要とされるRFI規格に合致しそこなうことを製品に引き起こし得ます。

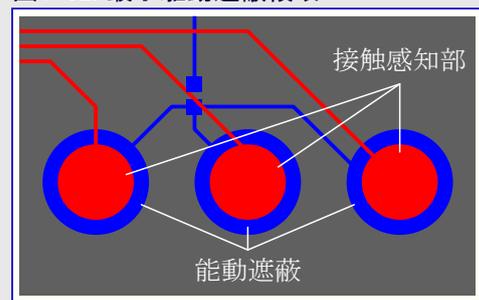
高い放射は接触感知部の切り替え周波数で特に優勢ではありませんが、より高い周波数はMCUコア速度と入出力ピンのスルーレートに依存します。

放射低減

以下は遮蔽からの放射を低減する設計技法を記述します。

- 遮蔽電極への直列抵抗追加または増加
 - 直列抵抗増加により、RC遮蔽の時定数は増され、高周波数で利用可能なエネルギー量が減らされます。
- 注:** 抵抗器外周器は寄生容量を持ち、RF周波数では抵抗器それ自体よりも低いインピーダンスかもしれません。
- 駆動遮蔽の領域を低減
 - 全体流し込みを使う代わりに、各感知部端を超えて拡張して各接触感知部の後ろに遮蔽電極の区画を考慮してください。この配置は図1-32.で示されます。
 - 単一の物理的な点で区画を接続して'星'形態で抵抗器に接続してください。この配置は図1-32.で示されます。

図1-32. 最小駆動遮蔽領域

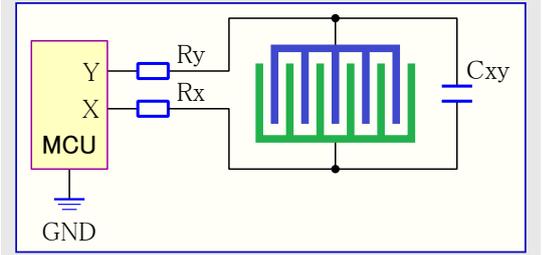


2. 相互容量感知部

2.1. 相互容量測定

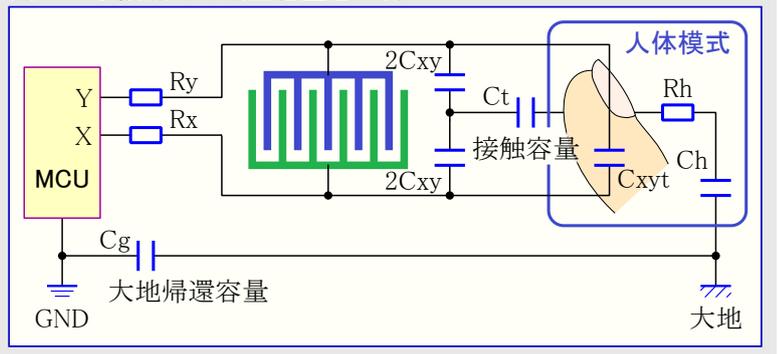
相互容量接触感知部は各感知部節点用の電極対を使い、それら間の容量を測定します。感知部は通常、感知部節点の基準容量を形成する並行導電体の長さを最小とするために交互配置された線分で、共に近くに配置された電極で形成されます。

図2-1. 相互容量感知部



接触手が感知部上に置かれると、使用者の指先はX(送信)とY(受信)の電極間の電界で互いに影響し合います。回路で接触の影響をモード化するため、感知部容量Cxxyは各々2Cxxyの値の直列での2つの容量によって形成される等価総容量で置き換えられます。

図2-2. 手接触での相互容量感知部



手接触は以下のような2つの競合効果の複雑な相互作用です。

1. 指はX-Y容量に於ける第3の電極を形成し、XとY間の結合を増します。これはCxxyと名付けられたコンデンサによってモード化されます。
2. 接触容量(Ct)はCh(人体モード(HBM)容量)とCg(接地-大地容量)経由で接地帰還経路を形成し、XからYへの電荷移転量を増やし、X-Y容量での見かけ上の減少を引き起こします。

通知: HBM抵抗(Rh)は測定中に各容量が完全に充放電されなければならないため接触感度に影響を及ぼしません。

Ct ・ 感知部と指先間の直列容量

Cxxy ・ 指先のためのXとY間並行容量

Ch ・ 人体モード容量
・ 100~200pF

Cg ・ 応用DC接地と大地間結合
・ 応用の形式と電源システムに依存
・ 小さな電池給電装置で僅か約1pFとDC接地が直接大地に接続された無限大容量/短絡回路

自己容量感知部のようにCtは殆どの応用に対してChやCgよりも遥かに小さく、測定した接触差は感知部設計で制御されるCtによって支配されます。

等価XY容量は次のとおりです。

式2-1. 等価XY容量

$$C_{eq} = \frac{4C_{xy}^2}{4C_{xy} + C_f} + C_{xyt}$$

ここで、CfはCt、Cn、Cgの直列結合です。

2.2. 感知部設計

2.2.1. 接触容量モード

自己容量測定とは異なり、与えられた相互感知部配列に対する予測される接触容量を近似する簡単な方法はありません。並行板近似はこの場合で、板がXとYの電極の部分で、それが接触覆いよりも遥かに小さいため適用できません。使用者の手接触は電極対と指先間の端と点の場によって支配されます。

相互容量感知部設計時、節点配列は以下のような応用要件に適合するために最適化されるでしょう。

- ・ 最大感度
- ・ 最良の雑音耐性
- ・ 最良の水阻止率
- ・ 最低既定感知部容量(いくつかの採取技法は感知部容量の限度を持ちます。)
- ・ 最小消費電力
- ・ 最小接触遅延

1つの達成が他の妥協を意味するため、全ての応用はこれらの特性間の妥協が必要とされます。

例として、最強感度は高密度電極交互配置を使って達成されます。けれども、最小感知部容量の達成はXとY間により大きな空間を必要とします。

過剰な感知部容量は採取時間と消費電力を増します。

X-Y間隙増加は既定X-Y容量を減らしますが、電極間の並行部分の長さも減らします。

使用者がより大きな空間の感知部に接触すると、接触によってより小さな総並行部分長が覆われます。これは減らされたX-Y場相互作用、従って感知部感度での相対的低下になります。

図2-3. 相互容量感知部での電界

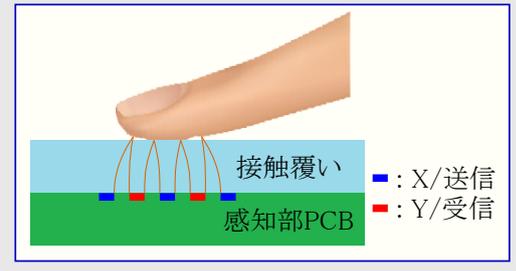


図2-4. 0.5mm対1mmのX-Y空間

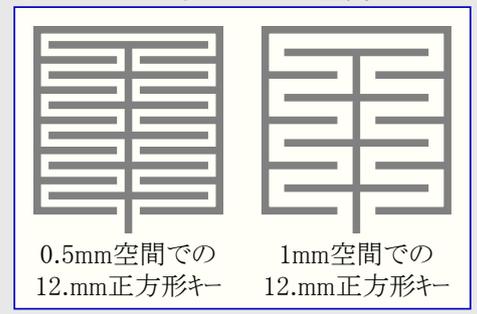
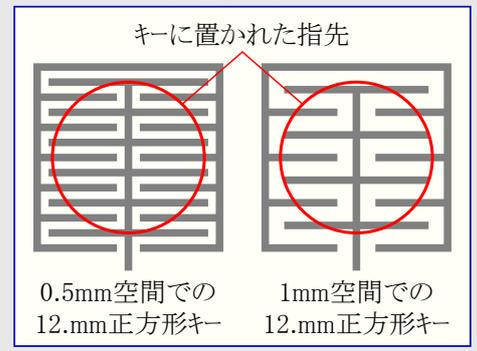


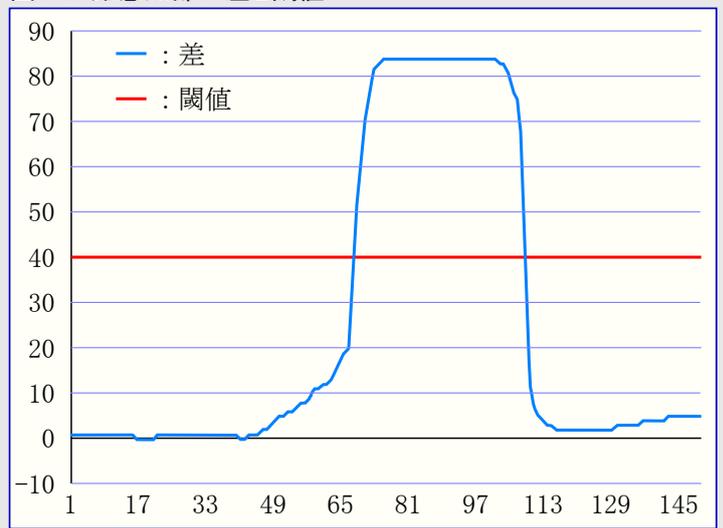
図2-5. 12mmキー手接触



2.2.2. 釦感知部設計

容量性感知部の最も簡単な実装は、2状態、検出または非検出として解釈される単一X-Y節点から成る感知部の釦です。接触差(接触容量 C_t のデジタル化された測定)が接触閾値を超える時に感知部は検出です。

図1-3. 釦感知部の差と閾値



電極形状

感知部節点は何処でも結合の領域を形成するXとYの電極対で形成されます。例えXとYの電極結合の並行部分を持つどの形状も使うことができるとしても、一般的な鉤形状は丸と長方形です。

交互配置キー

最も簡単な感知部配列は同一面交互配置キーです。図2-7をご覧ください。

交互配置キーは代表的に8~20mm幅です。過剰なX-Y容量と関連する採取時間増加を避けるため、電極空間はより大きなキーに対して増されなければなりません。

電極区部幅は通常、利用可能な最小配線幅でなければなりません。感知部が酸化インジウム錫(ITO)のような高膜抵抗で形成される場合、1mmまで増すことができます。

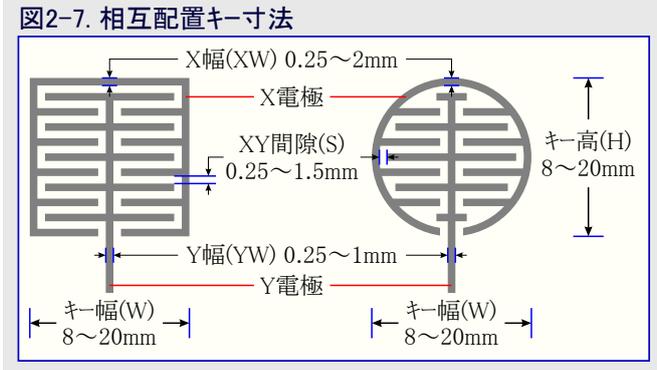


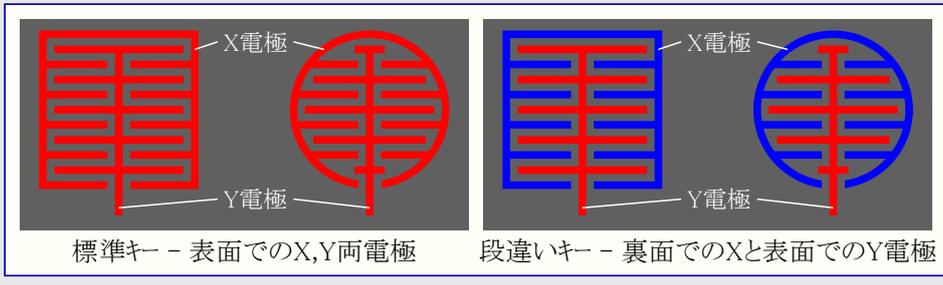
表2-1. 交互配置キー寸法

| 項目 | 最小 | 代表 | 最大 |
|---------|--------|-------|-------|
| キー高さ(H) | 8mm | 12mm | 20mm |
| キー幅(W) | 8mm | 12mm | 20mm |
| X幅(XW) | 0.25mm | 0.5mm | 2mm |
| Y幅(YW) | 0.25mm | 0.5mm | 1mm |
| XY間隙(S) | 0.25mm | 0.5mm | 1.5mm |

交互配置キーは代表的にPCB単一層で実装されますが、接触表面から最も遠い層にX電極を持つ2層に分割することができます。2層設計は高感度に低既定容量を組み合わせます。これは感度増加のために手接触下の並行部分の最大長を提供すると同時にX-Y間隙を増やし、従って既定感知部容量を減らします。

2層交互配置感知部はXとYの電極に対する配線を簡単化するため、フレキシブルPCBでの実装に対して高く適合します。けれども、より厚い基材、例えば1.6mmのFR4では感度低下が予想され得ます。

図2-8. 段違い配置



流し込みX配置

代替配置はX電極がY電極の後ろに塗り潰し領域として実装される'流し込みX'です。X領域は各側で最低2mm、Y電極を超えて拡大されなければなりません。

図2-9. 流し込みX配置

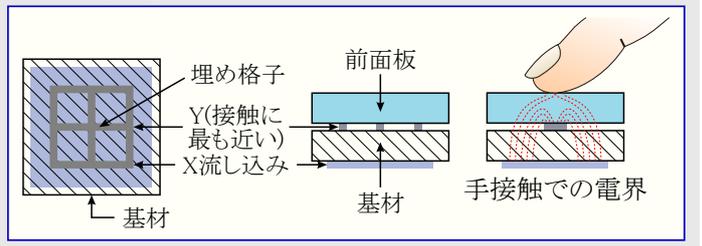


図2-10. 流し込みXキー寸法

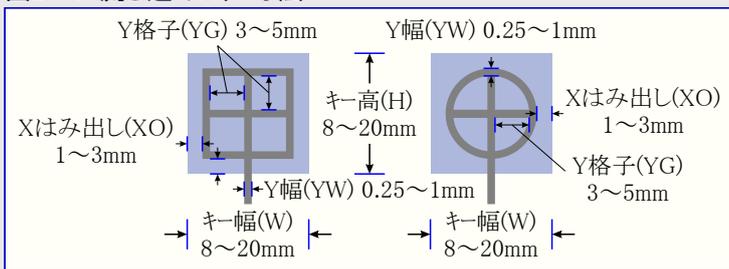


表2-2. 流し込みXキー寸法

| 項目 | 最小 | 代表 | 最大 |
|-----------|--------|-------|------|
| キー高さ(H) | 8mm | 12mm | 20mm |
| キー幅(W) | 8mm | 12mm | 20mm |
| Xはみ出し(XO) | 1mm | 2mm | 3mm |
| Y幅(YW) | 0.25mm | 0.5mm | 1mm |
| Y格子(YG) | 3mm | 4mm | 5mm |

この配置はX領域の後ろからの回路雑音からX領域がY感知部を遮蔽する利点を持ちます。けれども、より厚い接触覆いを必要としている応用では流し込みX感知部が貧弱な感度に悩まされます。

一般的に、流し込みX感知部は接触覆いが2つの電極を分けている基材よりも薄い場所でだけ使われなければなりません。標準的な1.6mm厚FR4回路基板では1.6mmよりも厚い接触覆いが考慮されてはなりません。

通知: 流し込みX感知部は薄い基材が一般的に同様の薄さの接触覆いを必要とするため、フレキシブルPCBでの実装に適しません。

通知: 流し込みX感知部はいくつかのデバイスでの使用に適しません。デバイス特定情報については「[5. 追補C](#)」をご覧ください。

2.2.3. 摺動子感知部設計

摺動子(スライダー)は共に配置された2つ以上の感知部の列として実装することができます。感知部群の測定は感知部間の補間によって増された分解能で手接触の位置を判定するように組み合わせられます。

摺動子は8~20mmの幅でなければなりません。過剰なXY容量と、その関連での採取時間増加を避けるため、電極の寸法と空間はより大きなキーに対して増されるべきです。

前の部分で記されたように、補間なしでの大きな感知部は貧弱な直線性を引き起こします。

これは感知部数を増やして感知部の幅を減らすことによって緩和することができますが、総測定時間と接触チャネル使用数の犠牲を払ってです。摺動子直線性を改善するために容量または抵抗の補間を実装することができます。

図2-11. 補間なし摺動子位置

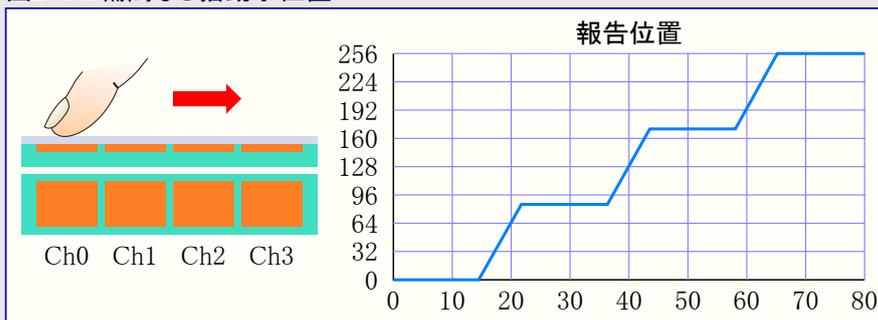
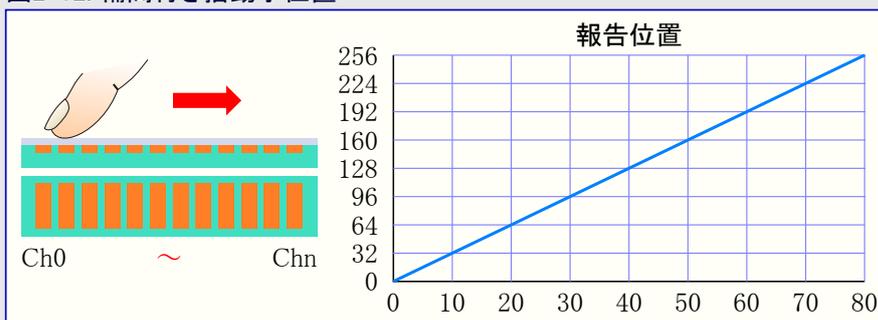


図2-12. 補間付き摺動子位置



相互配置摺動子

空間補間はより少ない感知部での良好な直線性を保証し、感知部節点がXとYの電極を互い違いにすることによって形成される相互配置配列を使って実装することができます。

一般的に、容量性負荷を避けて時定数を増すようにY線感知部配線がより注意して配線されなければならないので、これが最も簡単な感知部配線を許すため、複数のX線と共に単一のY線が使われます。

図2-13. 相互配置摺動子配置

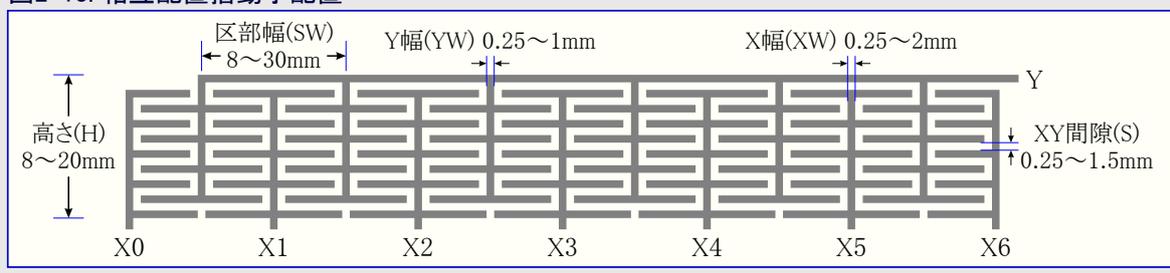


図2-3. 相互配置摺動子寸法

| 項目 | 最小 | 代表 | 最大 |
|-----------|--------|-------|-------|
| 摺動子高 (H) | 8mm | 12mm | 20mm |
| 区部幅 (SW) | 8mm | 12mm | 30mm |
| X電極幅 (XW) | 0.25mm | 0.5mm | 1mm |
| Y電極幅 (YW) | 0.25mm | 0.5mm | 1mm |
| XY間隙 (S) | 0.25mm | 0.5mm | 1.5mm |

相互配置摺動子は同じ層でXとYの電極を持つ同一面感知部、または接触表面から離れた層でのXと違う層への分割として形成することができます。

流し込みX摺動子

流し込みX摺動子はX電極が分離されたPCB層のため、改善された直線性を提供します。空間補間はY電極周辺での複雑な配線なしに拡張することができます。流し込みX摺動子用のX層模様は前の部分で提示された補間自己容量摺動子と同じです。

図2-14. 流し込みX摺動子配置

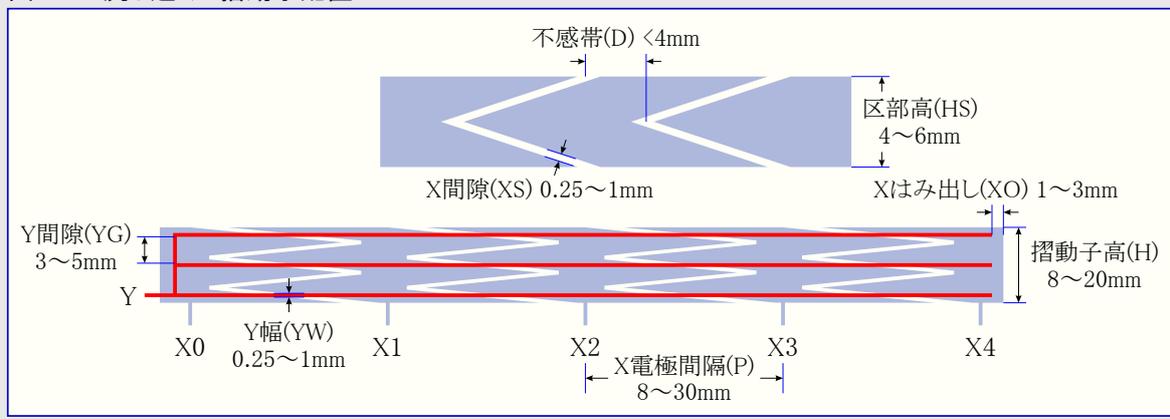


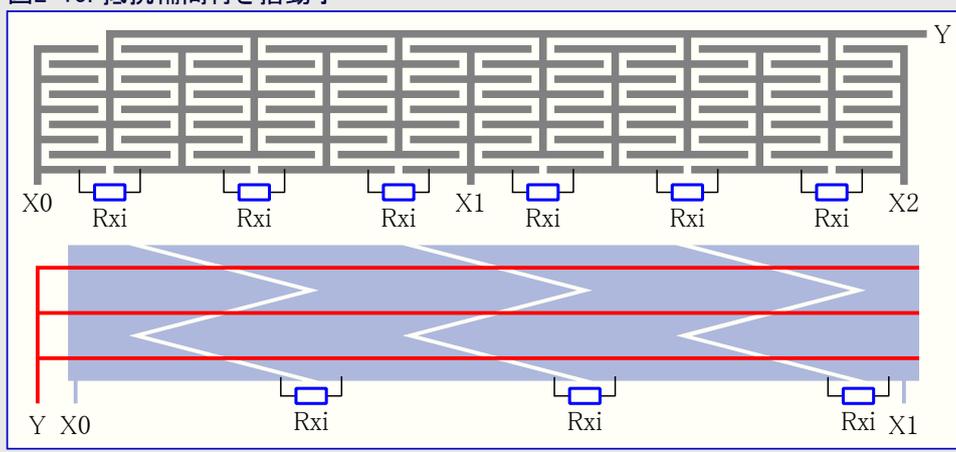
図2-4. 流し込みX摺動子寸法

| 項目 | 最小 | 代表 | 最大 |
|--------------|--------|-------|------|
| 摺動子高 (H) | 8mm | 12mm | 20mm |
| 区部高 (HS) | 4mm | 5mm | 6mm |
| X電極間隔 (P) | 8mm | 12mm | 30mm |
| X区部間隙 (XS) | 0.25mm | 0.5mm | 1mm |
| X電極はみ出し (XO) | 1mm | 2mm | 3mm |
| 不感帯 (D) | - | 2mm | 4mm |
| Y電極幅 (YW) | 0.25mm | 0.5mm | 1mm |
| Y間隙 (YG) | 3mm | 4mm | 5mm |

抵抗補間

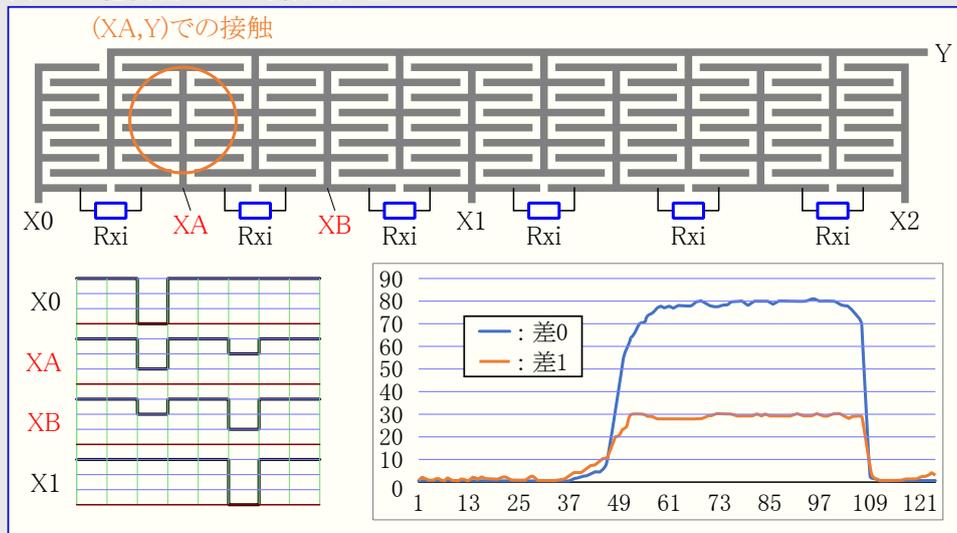
相互指組と流し込みの両摺動子設計では感知部節点測定数を減らす一方でいくつかの感知部節点の抵抗補間によって直線性を維持することが可能です。

図2-15. 抵抗補間付き摺動子



摺動子の両端に配置されて直接配線された、最低でも2つのX電極が必要とされます。中間節点はX駆動電圧の分数で各中間節点を駆動する抵抗分圧器を形成している直列抵抗で繋がれます。

図2-16. 抵抗補間による接触位置



中間節点XAでの手接触は直接節点のX0とX1の各々で比例した接触差を引き起こします。XAとXBでの減らされたパルス振幅はこれらの位置での接触差を比例的に低下させ、節点(X0,Y)と(X1,Y)間の補間を許します。

この例では2つの中間節点で、(X0,Y)で測定された差は2/3である一方で(X1,Y)は1/3です。

区部補間抵抗Rxiは直接接続されたX線の各対間の総直列結合が10~20kΩの範囲になるように選ばなければなりません。

2.2.4. 輪感知部設計

輪(ホイール)は円に配列された3つ以上の感知部電極の列から成ります。

通知: 位置計算が一意的な交配領域を必要とするため、最低3つの電極が必要とされます。

輪感知部はチャネルnからチャネル0に丸められ、故に設計に於いて電極に終わりが無いと言う1つの例外を除いて摺動子感知部と同じ方法で動きます。

感知部幅は8~20mm幅でなければなりません。過剰なXY容量と関連する採取時間増加を避けるため、電極空間はより大きな感知部に対して増されなければなりません。

電極区部幅は通常、利用可能な最小配線幅でなければなりません。感知部が酸化インジウム錫(ITO)のような高膜抵抗で形成される場合、1mmまで増すことができます。

相互配置輪

相互配置摺動子のように、最も簡単な実装は同一面相互配置輪です。XとYの電極は同じPCB層で形成されます。設計は既定容量を減らすため、接触覆いから離れた層でのX電極で2つのPCB層に渡って分けることもできます。

図2-17. 相互配置輪配置

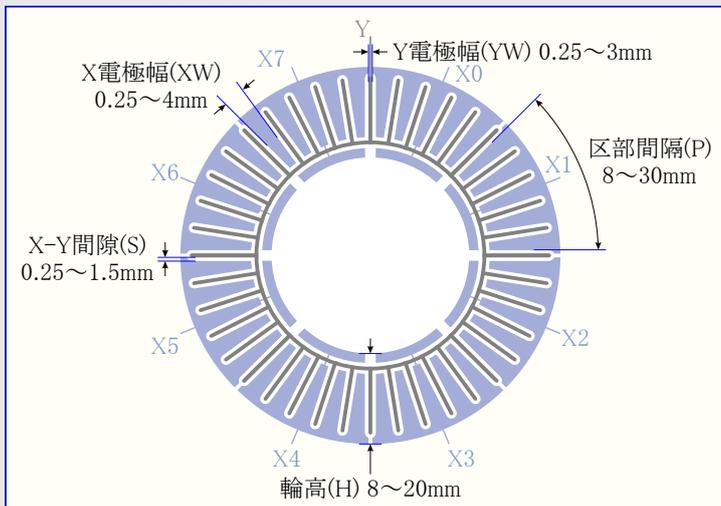


図2-5. 相互配置輪寸法

| 項目 | 最小 | 代表 | 最大 |
|----------|--------|-------|-------|
| 輪高(H) | 8mm | 12mm | 20mm |
| 区部間隔(P) | 8mm | 12mm | 30mm |
| X電極幅(XW) | 0.25mm | 0.5mm | 4mm* |
| Y電極幅(YW) | 0.25mm | 0.5mm | 1mm |
| X-Y間隙(S) | 0.25mm | 0.5mm | 1.5mm |

通知: * 勾配は両端でこの範囲内が必要です。

流し込みX輪

独立したPCB層に位置する流し込みX設計でのX電極のため、空間補間はY電極周りの複雑な配線なしに拡張することができます。これは相互配置に渡って改善された直線性を提供することを流し込みX設計に許します。流し込みX輪用のX層模様は前の部分で提示された補間した自己容量輪と同じです。

輪は各々が相互配置電極模様を含んでいる4~6mmの同心円区部から作られます。感知部は望む幅を作るのに十分な区部を含まなければなりません。

図2-18. 流し込みX輪配置

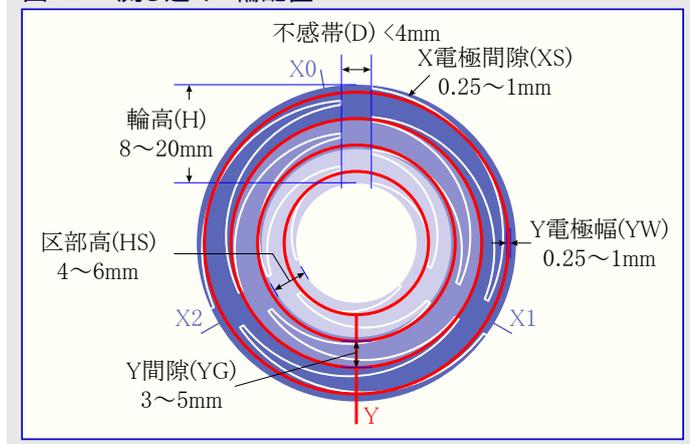


図2-6. 流し込みX輪寸法

| 項目 | 最小 | 代表 | 最大 |
|--------------|--------|-------|------|
| 輪高 (H) | 8mm | 12mm | 20mm |
| 区部高 (HS) | 4mm | 5mm | 6mm |
| X電極間隔 (P) | 8mm | 16mm | 30mm |
| X電極間隙 (XS) | 0.25mm | 0.5mm | 1mm |
| X電極はみ出し (XO) | 1mm | 2mm | 3mm |
| 不感帯 (D) | - | 2mm | 4mm |
| Y電極幅 (YW) | 0.25mm | 0.5mm | 1mm |
| Y間隙 (YG) | 3mm | 4mm | 5mm |

抵抗補間

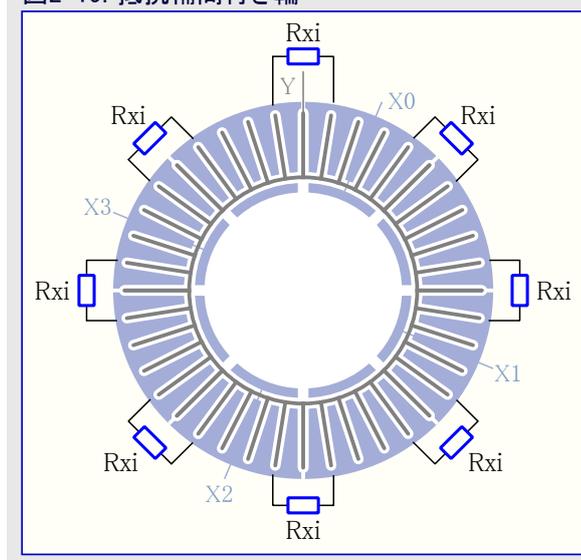
同一面と流し込みXの両設計では感知部節点測定数を減らす一方でいくつかの感知部節点の抵抗補間によって直線性を維持することが可能で。

輪の周囲を対称的に配置されて直接配線された、最低でも3つのX電極が必要とされます。中間節点はX駆動電圧の分数で各中間節点を駆動する抵抗分圧器を形成する直列抵抗で繋がれます。

中間節点での手接触は隣接する直接節点の各々で比例する接触差を引き起こします。減らされたパルス振幅はこれらの位置での接触差を比例的に低下させ、測定した節点間の補間を許します。

区部補間抵抗 R_{xi} は直接接続されたX線の各対間の総直列結合が10~20k Ω の範囲になるように選ばれなければなりません。

図2-19. 抵抗補間付き輪



2.2.5. 面感知部設計

相互容量接触面は各々XとYとして実装される'行'と'列'の電極から成ります。各行と列は測定され、データは水平と垂直の両方向で摺動子機能を実行するように組み合わせられます。

通知: 2重接触検出は記録する2つの個別接触点のため、最低2つの感知部間隔での中心間接触点隔離が必要とされます。

相互配置面

相互配置摺動子模様は相互配置面感知部を形成するために2次元に拡張することができます。面模様は各行が左から右へ、各列が上から下へと繋げられなければならないので、立体交差を許すために2つの配線層が必要とされます。

感知部は第2層でだけ接続を持つ単一層、または接触覆いから遠い層でのX電極とより近い層でのY電極を持つ段違い設計で実装することができます。

図2-20. 相互配置表面配置

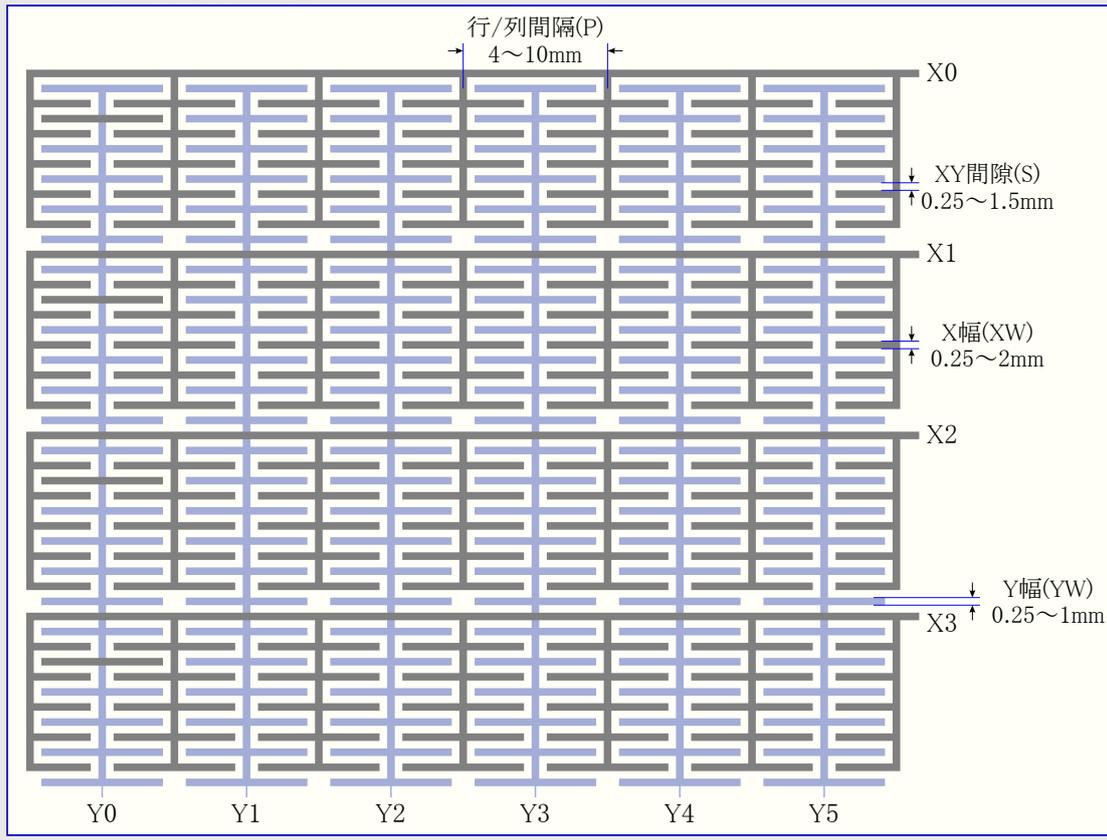


図2-7. 相互配置表面寸法

| 項目 | 最小 | 代表 | 最大 |
|-----------|--------|-------|-------|
| 行/列間隔 (P) | 8mm | 6mm | 10mm |
| X電極幅 (XW) | 0.25mm | 0.5mm | 2mm |
| Y電極幅 (YW) | 0.25mm | 0.5mm | 1mm |
| XY間隙 (S) | 0.25mm | 0.5mm | 1.5mm |

菱形模様

自己容量表面に対して「1.2.5. 面感知部設計」で提示された菱形模様は相互容量感知部としても実装することができます。水平感知部節点はX線として駆動することができ、一方で垂直節点はYとして測定され、その逆も同様です。XとYの電極は同一面設計として、または鉤、摺動子、輪に対して前で記述されたように、後部にX電極を持つ段違い構成として配置することができます。

通知: 可逆的X-Y電極(即ち、ピンがXとして駆動、またはYとして測定され得る)を使う実装は一貫した感度を持つために単一層で配置されなければなりません。

図2-21. 相互容量表面菱形模様

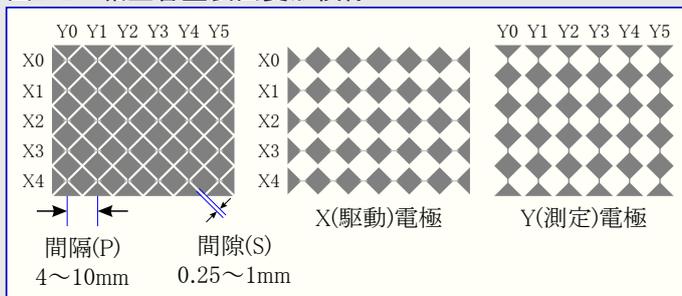


表2-8. 菱形模様寸法

| 項目 | 最小 | 代表 | 最大 |
|-----------|--------|-------|------|
| 行/列間隔 (P) | 4mm | 6mm | 10mm |
| XY間隙 (S) | 0.25mm | 0.5mm | 1mm |

同様に、「1.2.5. 面感知部設計」で記述された花模様表面は相互容量表面に使うことができます。

流し込みX表面

この感知部は後部への垂直棒としてのX電極と最上位層で横に空間を空けた狭い配線としてのY電極で形成されます。Y節点に伴う補間は垂直位置を、X節点に伴う補間は水平位置を提供します。

図2-22. 流し込みX模様

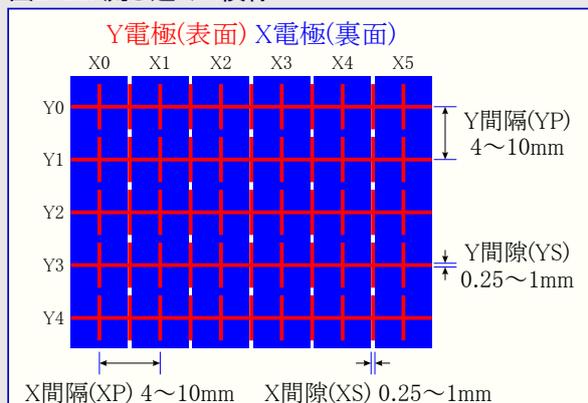


図2-9. 流し込みX模様寸法

| 項目 | 最小 | 代表 | 最大 |
|----------|--------|-------|------|
| Y間隔 (YP) | 4mm | 6mm | 10mm |
| Y間隙 (YS) | 0.25mm | 0.5mm | 1mm |
| X間隔 (XP) | 4mm | 6mm | 10mm |
| X間隙 (XS) | 0.25mm | 0.5mm | 1mm |

2.3. 接触覆いの影響

より厚い接触覆いは使用者の指先と感知部電極間の距離を増し、それらの中で形成される電界を拡散する効果を持ちます。手接触容量での低下がありますが、これは電極の大きさと指状嵌合量を増やすことによって補償することができます。

最大感度のため、各感知部電極は少なくとも接触覆いの厚さ分、接触接点を超えて拡大するように設計されなければなりません。

1mm厚の接触覆いの場合、最小の接触釦または最狭の摺動子/輪は $(8\text{mm} + (2 \times 1\text{mm})) = 10\text{mm}$ でなければなりません。

3mmの覆いについて、これは $(8\text{mm} + (2 \times 3\text{mm})) = 14\text{mm}$ に増やされます。

補間感知部(摺動子、輪、面)では、より厚い覆いは隣接電極間での交配領域拡張、従って報告される接触位置での改善された精度の恩恵を受けます。

流し込みX感知部について、より厚い覆いは感度でのより顕著な低下を引き起こします。X-Y層間隙よりも厚い接触覆いの使用は推奨されません。

2.4. 遮蔽

多くの応用では不正な活動を防ぐため、接触感知部を遮蔽することが必要です。これは電磁妨害(EMI)によって、または接触感応を意図されない場所での手接触によって起こり得ます。

相互容量感知部は受動遮蔽で隔離されます。

2.4.1. 受動遮蔽

- 通常、DC接地へ接続
- VDDまたは接地基準とする何れかのDC水準も使用可能
- 後部銅箔面は後ろからの接触やEMIを防ぎます。
- 同一平面上の銅箔面は接触感知部のより良い隔離を提供します。
- 容量性負荷を減らすために網目可能
- 耐水性に不利

後部接地遮蔽

時には、後ろからの誤検出を防ぐ、または切り替え信号、例えば、背面照明や電力駆動回路からの妨害を防ぐのためにその後ろ側で電極の遮蔽が望まれます。

接地面を使うことができます。これは1点で回路接地に直接的に接続されなければなりません。

相互容量感知部について、感知部節点後ろの接地領域の効果は感知器節点全体容量を減らします。これはより多くのキーを一纏めにするを許すため、いくつかの応用に於いて有益で有り得ます。けれども、Y線電極を負荷とすることによって感知部の時定数が増加され得ます。

DC接地がX電極によって放射される電界を引き込むため、後部接地面は接触感知部の感度をかなり減らすかもしれません。これは特に接触覆いが電極と接地層間の間隙よりも厚くなり得る場所で考慮されなければなりません。

電極と接地面は可能な最大距離で分離されなければなりません。例えば、多層PCBでは接触感知部が最上層で接地が最下層でなければなりません。

接地遮蔽は感度での低下を緩和する一方で未だ遮蔽効果を提供する50%や25%の網目埋めに減らすことができます。

応用が感知部基板の後ろからの予期せぬ手接触の危険がないなら、後部接地面は感知部の後ろ側を切り取ることができるかもしれません。これは感知部の鈍感化をなくすと同時に他の回路部品やEMIからの隔離を提供します。

同一面接地遮蔽

同一面接地遮蔽は接触感知部間の隔離を改善してEMIと同相雑音の影響を減らすために実装することができます。

同一面遮蔽が接触感知部の領域と重ならないため、塗り潰しを使うことができます。

感度での損失を最小とするため、接地遮蔽はどの接触感知部からも概ね2mmの距離を保たなければならず、これはより良い耐水性のために増やすことができます。けれども、5mmを超えて増される場合、遮蔽の効果が減らされます。

図2-23. 同一面接地面間隙

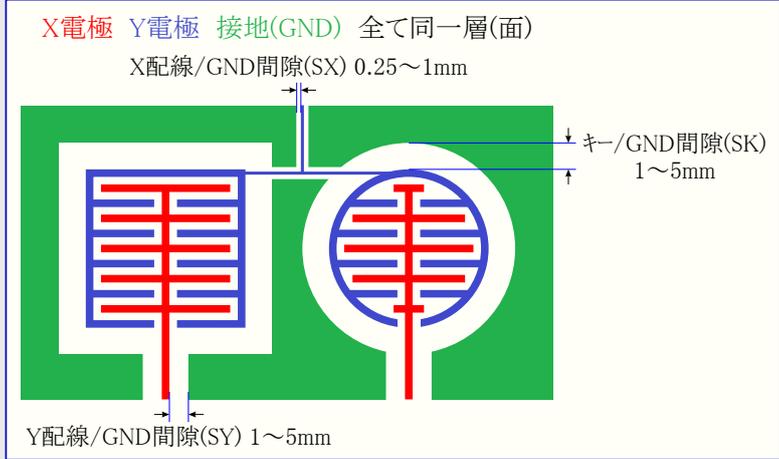


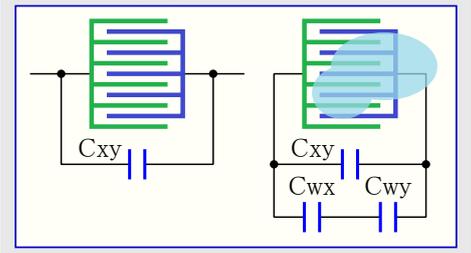
図2-10. 感知部/接地間隙

| 項目 | 最小 | 代表 | 最大 |
|---------------|--------|--------|-----|
| キー/GND間隔 (SK) | 1mm | 2mm | 5mm |
| Y/GND間隔 (SY) | 1mm | 2mm | 5mm |
| X/GND間隔 (SX) | 0.25mm | 0.25mm | 1mm |

2.4.2. 耐水性

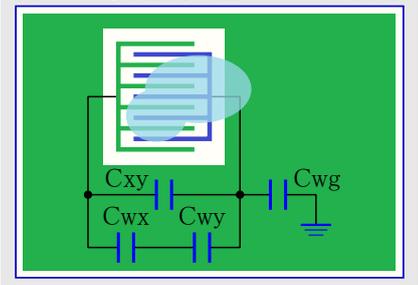
相互容量感知部では隔離された感知部節点上の水滴は予期せぬ接触検出を引き起こしません。滴は水とX線間で形成される容量(C_{wx})と水とY線間でのもの(C_{wy})経由でX-Y結合を増しますが、意味のある接地帰還経路を提供しないため、感知部は負の接触差を示し、度々、'反接触'と表されます。

図2-24. 隔離された感知部での滴



多くの設計では感知部が近くの互いの感知部群の1つで、多くの部品と信号でPCBを共有します。この場合、感知部節点から他の回路部品を渡って横断して両方に結合する容量を形成する水滴は接地帰還結合での増加を引き起こします。この場合、最終結果は接触差に向かい、誤った接触検出になるかもしれません。

図2-25. 接地流し込みへの滴横断



3. 追補A

| デバイス系統 | 自己容量最大感知部容量 (pF) | 相互容量最大感知部容量 (pF) |
|-------------------------------------|------------------|------------------|
| ATtiny81X/161X/321X | 53 | |
| ATmega324PB/ATmega328PB | 32 | |
| ATSAML10/L11 | 63 | |
| ATSAML22 | | |
| ATSAMC20/C21 | | 32 |
| ATSAMD10/D11 | 32 | |
| ATSAMD20/D21/DA1/ATSAMHA1 | | |
| ATSAML21 | | |
| ATSAMD51/ATSAME51/ATSAME53/ATSAME54 | 63 | |

4. 追補B

| デバイス系統 | 能動遮蔽支援 |
|----------------------------|-------------|
| ATtiny81X/161X/321X | 駆動遮蔽+ (3段階) |
| ATSAML1X | |
| ATSAMD2X/ATSAMDA1/ATSAMHA1 | |
| ATSAMC2X/ATSAML2X | 駆動遮蔽+ (2段階) |
| ATSAME5X/ATSAMD5X | |
| HCVDなしPIC® MCU | |
| ATmega328PB/ATmega324PB | 能動遮蔽不支援 |
| 2つのADC付きPIC® MCU | 駆動遮蔽+ (2段階) |
| ADCC付きPIC® MCU | |

5. 追補C

| デバイス系統 | 流し込みX設計適合 (注) |
|---------------------------|---------------|
| ATtiny81X/161X/321X | ○ |
| ATmega324PB/ATmega328PB | × |
| ATSAML10/L11 | ○ |
| ATSAML22 | |
| ATSAMC20/C21 | |
| ATSAMD10/D11 | × |
| ATSAMD20/D21/DA1/ATSAMHA1 | |
| ATSAML21 | |
| ATSAMD51/ATSAME51/E53/E54 | ○ |

注: ○=X線に対する入出力駆動を支援します。

6. 改訂履歴

| 資料改訂 | 日付 | 注釈 |
|------|---------|-------------|
| A | 2019年2月 | 初版文書公開 |
| B | 2020年7月 | 文章区分再構成と図更新 |

Microchipウェブ サイト

Microchipはwww.microchip.com/で当社のウェブ サイト経由でのオンライン支援を提供します。このウェブ サイトはお客様がファイルや情報を容易に利用可能にするのに使われます。利用可能な情報のいくつかは以下を含みます。

- **製品支援** – データシートと障害情報、応用記述と試供プログラム、設計資源、使用者の手引きとハードウェア支援資料、最新ソフトウェア配布と保管されたソフトウェア
- **一般的な技術支援** – 良くある質問(FAQ)、技術支援要求、オンライン検討グループ、Microchip設計協力課程会員一覧
- **Microshipの事業** – 製品選択器と注文の手引き、最新Microchip報道発表、セミナーとイベントの一覧、Microchip営業所の一覧、代理店と代表する工場

製品変更通知サービス

Microchipの製品変更通知サービスはMicrochip製品を最新に保つのに役立ちます。加入者は指定した製品系統や興味のある開発ツールに関連する変更、更新、改訂、障害情報がある場合に必ず電子メール通知を受け取ります。

登録するにはwww.microchip.com/pcnへ行って登録指示に従ってください。

お客様支援

Microchip製品の使用者は以下のいくつかのチャネルを通して支援を受け取ることができます。

- 代理店または販売会社
- 最寄りの営業所
- 組み込み解決技術者(ESE:Embedded Solutions Engineer)
- 技術支援

お客様は支援に関してこれらの代理店、販売会社、またはESEに連絡を取るべきです。最寄りの営業所もお客様の手助けに利用できます。営業所と位置の一覧はこの資料の後ろに含まれます。

技術支援はwww.microchip.com/supportでのウェブ サイトを通して利用できます。

Microchipデバイスコード保護機能

Microchipデバイスでの以下のコード保護機能の詳細に注意してください。

- Microchip製品はそれら特定のMicrochipデータシートに含まれる仕様に合致します。
- Microchipは意図した方法と通常条件下で使われる時に、その製品系統が今日の市場でその種類の最も安全な系統の1つであると考えます。
- コード保護機能を破るのに使われる不正でおそらく違法な方法があります。当社の知る限りこれらの方法の全てはMicrochipのデータシートに含まれた動作仕様外の方法でMicrochip製品を使うことが必要です。おそらく、それを行う人は知的財産の窃盗に関与しています。
- Microchipはそれらのコードの完全性について心配されているお客様と共に働きたいと思います。
- Microchipや他のどの半導体製造業者もそれらのコードの安全を保証することはできません。コード保護は当社が製品を”破ることができない”として保証すると言うことを意味しません。

コード保護は常に進化しています。Microchipは当社製品のコード保護機能を継続的に改善することを約束します。Microchipのコード保護機能を破る試みはデジタル ミレニアム著作権法に違反するかもしれません。そのような行為があなたのソフトウェアや他の著作物に不正なアクセスを許す場合、その法律下の救済のために訴権を持つかもしれません。

法的通知

デバイス応用などに関してこの刊行物に含まれる情報は皆さまの便宜のためにだけ提供され、更新によって取り換えられるかもしれません。皆さまの応用が皆さまの仕様に合致するのを保証するのは皆さまの責任です。Microchipはその条件、品質、性能、商品性、目的適合性を含め、明示的にも黙示的にもその情報に関連して書面または表記された書面または黙示の如何なる表明や保証もしません。Microchipはこの情報とそれの使用から生じる全責任を否認します。生命維持や安全応用でのMicrochipデバイスの使用は完全に購入者の危険性で、購入者はそのような使用に起因する全ての損害、請求、訴訟、費用からMicrochipを擁護し、補償し、免責にすることに同意します。他に言及されない限り、Microchipのどの知的財産権下でも暗黙的または違う方法で許認可は譲渡されません。

商標

Microchipの名前とロゴ、Mmicrochipロゴ、Adaptec、AnyRate、AVR、AVRロゴ、AVR Freaks、BesTime、BitCloud、chipKIT、chipKITロゴ、CryptoMemory、CryptoRF、dsPIC、FlashFlex、flexPWR、HELDO、IGLOO、JukeBlox、KeeLoq、Kleer、LANCheck、LinkMD、maXStylus、maXTouch、MediaLB、megaAVR、Microsemi、Microsemiロゴ、MOST、MOSTロゴ、MPLAB、OptoLyzer、PackeTime、PIC、picoPower、PICSTART、PIC32ロゴ、PolarFire、Prochip Designer、QTouch、SAM-BA、SenGenuity、SpyNIC、SST、SSTロゴ、SuperFlash、Symmetricom、SyncServer、Tachyon、TempTracker、TimeSource、tinyAVR、UNI/O、Vectron、XMEGAは米国と他の国に於けるMicrochip Technology Incorporatedの登録商標です。

APT、ClockWorks、The Embedded Control Solutions Company、EtherSynch、FlashTec、Hyper Speed Control、HyperLight Load、IntelliMOS、Liberio、motorBench、mTouch、Powermite 3、Precision Edge、ProASIC、ProASIC Plus、ProASIC Plusロゴ、Quiet-Wire、SmartFusion、SyncWorld、Temux、TimeCesium、TimeHub、TimePictra、TimeProvider、Vite、WinPath、ZLは米国に於けるMicrochip Technology Incorporatedの登録商標です。

Adjacent Key Suppression、AKS、Analog-for-the-Digital Age、Any Capacitor、AnyIn、AnyOut、BlueSky、BodyCom、CodeGuard、CryptoAuthentication、CryptoCompanion、CryptoController、dsPICDEM、dsPICDEM.net、Dynamic Average Matching、DAM、ECAN、EtherGREEN、In-Circuit Serial Programming、ICSP、INICnet、Inter-Chip Connectivity、JitterBlocker、KleerNet、KleerNetロゴ、memBrain、Mindi、MiWi、MPASM、MPF、MPLAB Certifiedロゴ、MPLAB、MPLINK、MultiTRAK、NetDetach、Omniscient Code Generation、PICDEM、PICDEM.net、PICkit、PICtail、PowerSmart、PureSilicon、QMatrix、REALICE、Ripple Blocker、SAM-ICE、Serial Quad I/O、SMART-I.S.、SQI、SuperSwitcher、SuperSwitcher II、Total Endurance、TSHARC、USBCheck、VariSense、View Sense、WiperLock、Wireless DNA、ZENAは米国と他の国に於けるMicrochip Technology Incorporatedの商標です。

SQTPは米国に於けるMicrochip Technology Incorporatedの役務標章です。

Adaptecロゴ、Frequency on Demand、Silicon Storage Technology、Symmcomは他の国に於けるMicrochip Technology Inc.の登録商標です。

GestICは他の国に於けるMicrochip Technology Inc.の子会社であるMicrochip Technology Germany II GmbH & Co. KGの登録商標です。

ここで言及した以外の全ての商標はそれら各々の会社の所有物です。

© 2020年、Microchip Technology Incorporated、米国印刷、不許複製

品質管理システム

Microchipの品質管理システムに関する情報についてはwww.microchip.com/qualityを訪ねてください。

日本語© HERO 2020.

本応用記述はMicrochipのAN2834応用記述(DS00002934B-2020年7月)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。

世界的な販売とサービス

| 米国 | 亜細亜/太平洋 | 亜細亜/太平洋 | 欧州 |
|--|--|---|---|
| 本社 2355 West Chandler Blvd. Chandler, AZ 85224-6199 Tel: 480-792-7200 Fax: 480-792-7277 技術支援: www.microchip.com/support ウェブアドレス: www.microchip.com アトランタ Duluth, GA Tel: 678-957-9614 Fax: 678-957-1455 オースチン TX Tel: 512-257-3370 ボストン Westborough, MA Tel: 774-760-0087 Fax: 774-760-0088 シカゴ Itasca, IL Tel: 630-285-0071 Fax: 630-285-0075 ダラス Addison, TX Tel: 972-818-7423 Fax: 972-818-2924 デトロイト Novi, MI Tel: 248-848-4000 ヒューストン TX Tel: 281-894-5983 インディアナポリス Noblesville, IN Tel: 317-773-8323 Fax: 317-773-5453 Tel: 317-536-2380 ロサンゼルス Mission Viejo, CA Tel: 949-462-9523 Fax: 949-462-9608 Tel: 951-273-7800 ローリー NC Tel: 919-844-7510 ニューヨーク NY Tel: 631-435-6000 サンホセ CA Tel: 408-735-9110 Tel: 408-436-4270 カナダ - トロント Tel: 905-695-1980 Fax: 905-695-2078 | オーストラリア - シドニー Tel: 61-2-9868-6733 中国 - 北京 Tel: 86-10-8569-7000 中国 - 成都 Tel: 86-28-8665-5511 中国 - 重慶 Tel: 86-23-8980-9588 中国 - 東莞 Tel: 86-769-8702-9880 中国 - 広州 Tel: 86-20-8755-8029 中国 - 杭州 Tel: 86-571-8792-8115 中国 - 香港特別行政区 Tel: 852-2943-5100 中国 - 南京 Tel: 86-25-8473-2460 中国 - 青島 Tel: 86-532-8502-7355 中国 - 上海 Tel: 86-21-3326-8000 中国 - 瀋陽 Tel: 86-24-2334-2829 中国 - 深圳 Tel: 86-755-8864-2200 中国 - 蘇州 Tel: 86-186-6233-1526 中国 - 武漢 Tel: 86-27-5980-5300 中国 - 西安 Tel: 86-29-8833-7252 中国 - 廈門 Tel: 86-592-2388138 中国 - 珠海 Tel: 86-756-3210040 | インド - ハンガロール Tel: 91-80-3090-4444 インド - ニューデリー Tel: 91-11-4160-8631 インド - フネー Tel: 91-20-4121-0141 日本 - 大阪 Tel: 81-6-6152-7160 日本 - 東京 Tel: 81-3-6880-3770 韓国 - 大邱 Tel: 82-53-744-4301 韓国 - ソウル Tel: 82-2-554-7200 マレーシア - クアラルンプール Tel: 60-3-7651-7906 マレーシア - ペナン Tel: 60-4-227-8870 フィリピン - マニラ Tel: 63-2-634-9065 シンガポール Tel: 65-6334-8870 台湾 - 新竹 Tel: 886-3-577-8366 台湾 - 高雄 Tel: 886-7-213-7830 台湾 - 台北 Tel: 886-2-2508-8600 タイ - バンコク Tel: 66-2-694-1351 ベトナム - ホーチミン Tel: 84-28-5448-2100 | オーストリア - ウェルス Tel: 43-7242-2244-39 Fax: 43-7242-2244-393 デンマーク - コペンハーゲン Tel: 45-4485-5910 Fax: 45-4485-2829 フィンランド - エスポー Tel: 358-9-4520-820 フランス - パリ Tel: 33-1-69-53-63-20 Fax: 33-1-69-30-90-79 ドイツ - ガルヒング Tel: 49-8931-9700 ドイツ - ハーン Tel: 49-2129-3766400 ドイツ - ハイムブロン Tel: 49-7131-72400 ドイツ - カールスルーエ Tel: 49-721-625370 ドイツ - ミュンヘン Tel: 49-89-627-144-0 Fax: 49-89-627-144-44 ドイツ - ローゼンハイム Tel: 49-8031-354-560 イスラエル - ラーナナ Tel: 972-9-744-7705 イタリア - ミラノ Tel: 39-0331-742611 Fax: 39-0331-466781 イタリア - パドバ Tel: 39-049-7625286 オランダ - デルフト Tel: 31-416-690399 Fax: 31-416-690340 ノルウェー - トロンハイム Tel: 47-72884388 ポーランド - ワルシャワ Tel: 48-22-3325737 ルーマニア - ブカレスト Tel: 40-21-407-87-50 スペイン - マドリッド Tel: 34-91-708-08-90 Fax: 34-91-708-08-91 スウェーデン - イェテボリ Tel: 46-31-704-60-40 スウェーデン - ストックホルム Tel: 46-8-5090-4654 イギリス - ウォーキングハム Tel: 44-118-921-5800 Fax: 44-118-921-5820 |