

R8C/38T-A グループ

R01AN1531JJ0100

Rev.1.00

静電容量方式タッチ検出の基礎

2013.03.01

要旨

タッチパネルマイコン R8C/33T グループは、タッチ電極と人体の間に発生する浮遊容量を測定することで人体の接触を検知するハードウェア(センサーコントロールユニット、以下 SCU)を内蔵しています。

本アプリケーションノートでは各種静電容量方式によるタッチ検出方法を紹介すると共に SCU に採用されている直列容量分圧比較方式の詳細を説明します。

対象デバイス

R8C/33T、R8C/3JT、R8C/3NT、R8C/36T-A、R8C/38T-A グループ

目次

1. タッチパネルとは.....	2
2. 静電容量方式.....	4
3. 直列容量分圧比較方式(オムロン方式)の説明	5
4. 推奨タッチ回路	9

1. タッチパネルとは

1.1 タッチパネルの種類

ルネサスではタッチパネルを図 1-1の通り定義している。(国、メーカーにより呼び方は異なる)

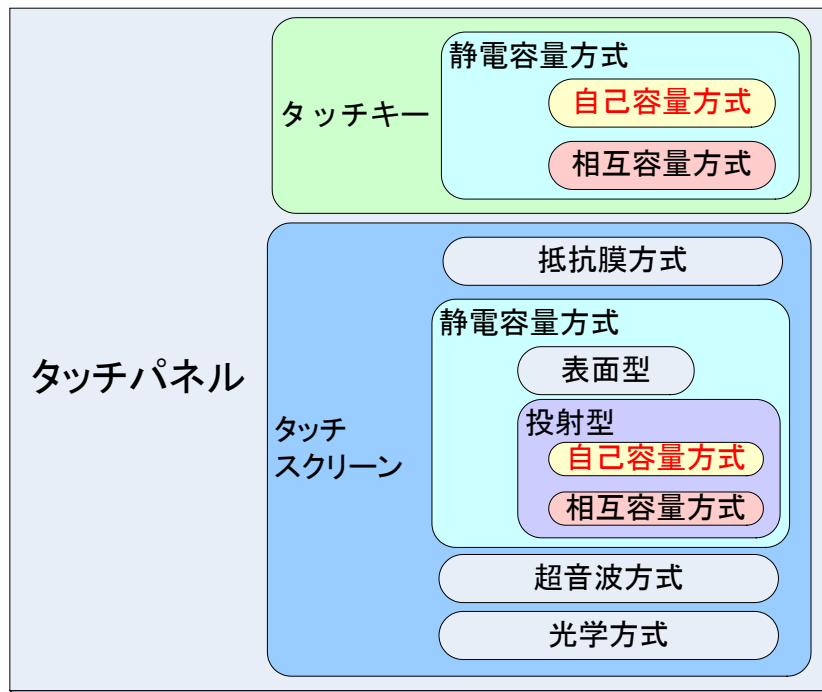


図1-1 タッチパネルの種別

1.2 タッチキー

静電容量方式が一般的である。

プリント基板、ITO(Indium Tin Oxide:酸化インジウムスズ)膜、導電ゴムなどの素材でタッチ電極を形成、人体との間に発生する静電容量を計測しキーの ON/OFF 判別を行う。応用例としてはマトリクスキー、スライダ、ホイールなどがある。

図 1-2、図 1-3にプリント基板に形成されたタッチ電極の例を示す。

マトリクスキーは機械接点のキースキャンの様にマトリクスを作りキーの数を増やす際に使われる。スライダは指の上下または左右方向の動き、ホイールは円周の動きを検出する際に使われる。

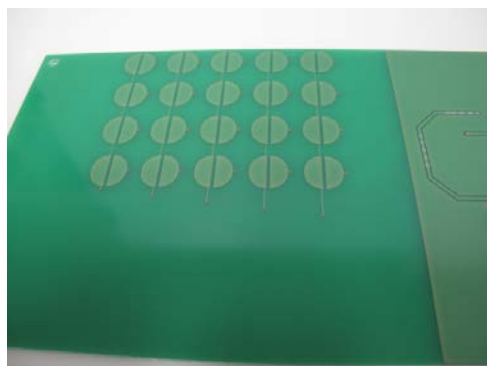


図1-2 プリント基板に形成されたタッチ電極 マトリクスキー



図1-3 プリント基板に形成されたタッチ電極 左からキー、ホイール、スライダ

1.3 タッチスクリーン

タッチスクリーンには抵抗膜式、光学式、音波式など幾つか種類はあるが、ここでは静電容量方式の投射型を説明する。

静電容量方式の投射型は、プリント基板、ITO膜などの素材を使いX、Y方向のマトリクス状に電極を形成する。図1-4にひし形電極の例、図1-5に田形電極の例を示す。自己容量方式は、ひし形電極をX方向、Y方向に接続し格子状に配置する。相互容量方式は、配線を直交させ田形に電極を配置する。

タッチキーは1電極のキーON/OFF判定を行うが、タッチスクリーンは複数電極の情報からスクリーン上のX、Y座標位置を求める。

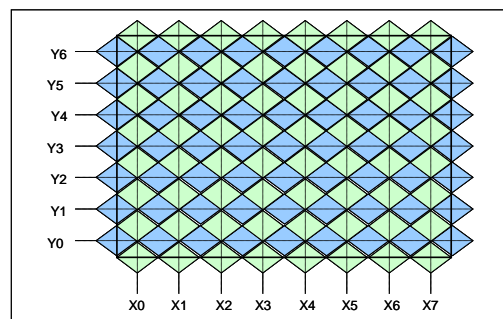


図1-4 菱形電極

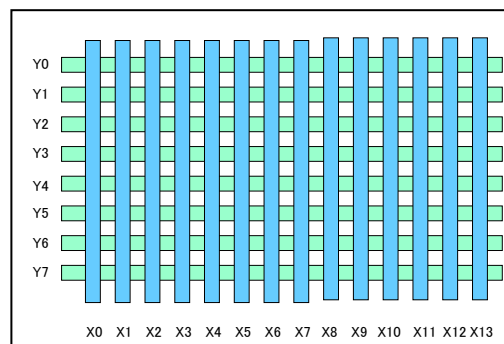


図1-5 田形電極

2. 静電容量方式

2.1 原理

2.1.1 自己容量検出方式

図 2-1 に、自己容量検出方式の原理を示す。非タッチ時、タッチ電極(Electrode)には、電極周辺にあるプリント基板の GND パターンや金属フレームとの間に寄生容量が発生している。(左側の図)

指が近づくと導体である人体が仮想 GND に接地されているため、タッチ電極と指の間に静電容量が発生し容量が増加する。(右側の図)

自己容量検出方式は非タッチ→タッチ時の静電容量の増加を測定する事により指の接近を感知する。自己容量方式は構造が単純であるが、電極や検出 IC までの配線を GND パターンで保護する事が出来ないため、ノイズ耐性が低く検出回路での対策が必要である。

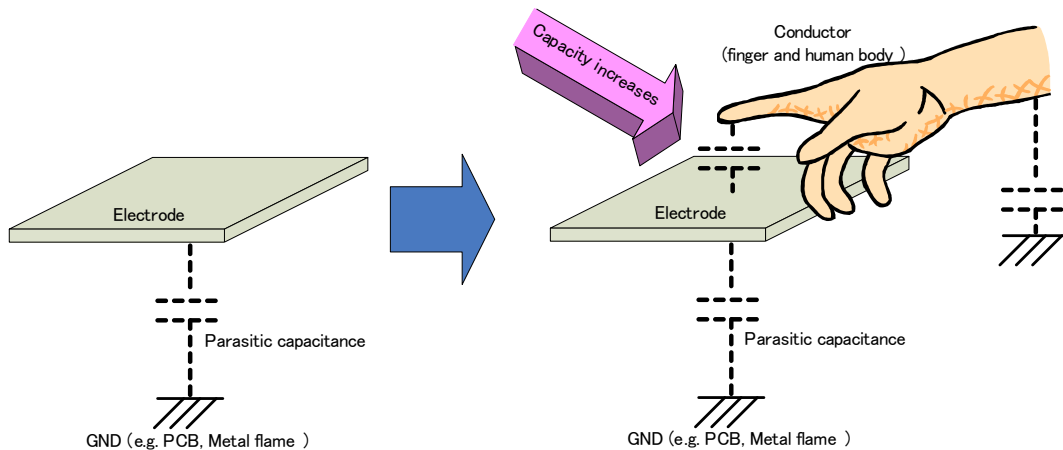


図2-1 自己容量方式

2.1.2 相互容量検出方式

図 2-2 に相互容量方式の原理を示す。相互容量方式は受信電極と送信電極で構成される。受信側を GND に接地し、送信側からパルスを入力すると電極間に電界(Field coupling)が発生する。(左側の図)

指が近づくと電界の一部が人体との間で発生するため、電極間の電界は減少する。(右側の図)

相互容量方式は、非タッチ→タッチ時の電界の減少に伴う電荷の減少を測定する事により指の接近を検知する。タッチキーを実現する際、相互容量方式はパルス送信する仕組みが必要となるため構造が複雑になる。しかし送信電極が受信電極を囲む構造とする事でノイズ耐性強化が可能である。

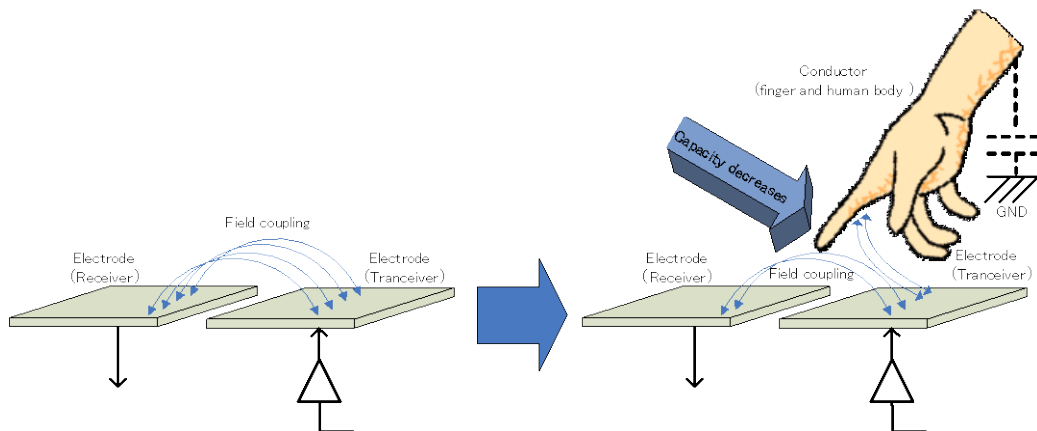


図2-2 相互容量方式

3. 直列容量分圧比較方式(オムロン方式)の説明

3.1 原理

図 3-1 にオムロンが開発した直列抵抗分圧比較方式(以下オムロン方式)の例を示す。オムロン方式は、自己容量方式となる。この方式は充電用コンデンサ C_c を抵抗 R_c を介して徐々に放電しながら、電荷を比較用コンデンサ C_r と静電容量 C_x へ移動させ、 C_r と C_x で分圧された電圧を測定し C_x の容量を測定する。

具体的な測定方法は以下の通り。

- (1) SW1 を ON として C_c を充電する。
- (2) SW1、SW2、SW3 を全て OFF とする。 C_c の電荷は保持される。
- (3) SW2、SW3 を一定時間 ON とする。
 C_x と C_r の電荷は全て放電するが、 C_c は抵抗 R_c を介して一部が放電される。
- (4) SW1、SW2、SW3 を全て OFF とする。
 C_c の電荷が C_x と C_r に移動する。
- (5) C_x の電圧 V_x の電圧をコンパレータを使い、 V_{ref} と比較する。

(4)、(5)時の等価回路を図 3-2 に示す。 C_c の電荷が C_x と C_r に移動し同電位となり C_c の電圧 V_c 、 C_r の電圧 V_r 、 V_x と容量 C_c 、 C_r 、 C_x の関係は以下の通りとなる。

$$V_c = V_r + V_x \quad (a)$$

$$V_r:V_x = 1/C_r:1/C_x \quad (b)$$

$$V_x = C_r/(C_r+C_x) \times V_c \quad (c)$$

(5)にて V_{ref} と V_x を比較し、 $V_x > V_{ref}$ であった場合、(3)、(4)、(5)を繰り返し、 $V_x < V_{ref}$ となるまで処理を実行する。上記(c)の通り、 C_x の容量が大きいと V_x の電圧が下がるため繰り返し回数が減少する。

この繰り返し回数がタッチ、非タッチの判定として使われる。

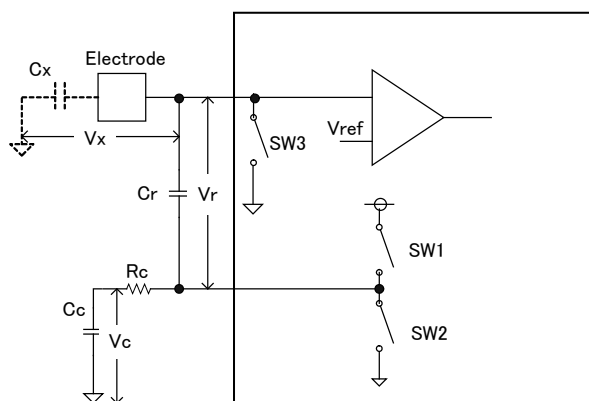


図3-1 直列容量分圧比較方式

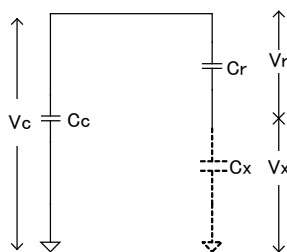


図3-2 (4)、(5)での等価回路

図3-3にタッチ検出動作時の波形概要を示す。矩形の波形が C_x の電圧 V_x の変化、山状の波形が C_c の電圧 V_c の変化を表している。上記(3)、(4)、(5)を繰り返すに従い、電圧 V_c は徐々に減少する。電圧 V_x は(3)では $0V$ 、(4)では、式(c)で表される電圧となる。タッチにより C_x の容量が増加すると V_x は減少し、繰り返し回数が減少する。繰り返し回数に閾値を設け判定し、タッチ/非タッチの判断を行う。

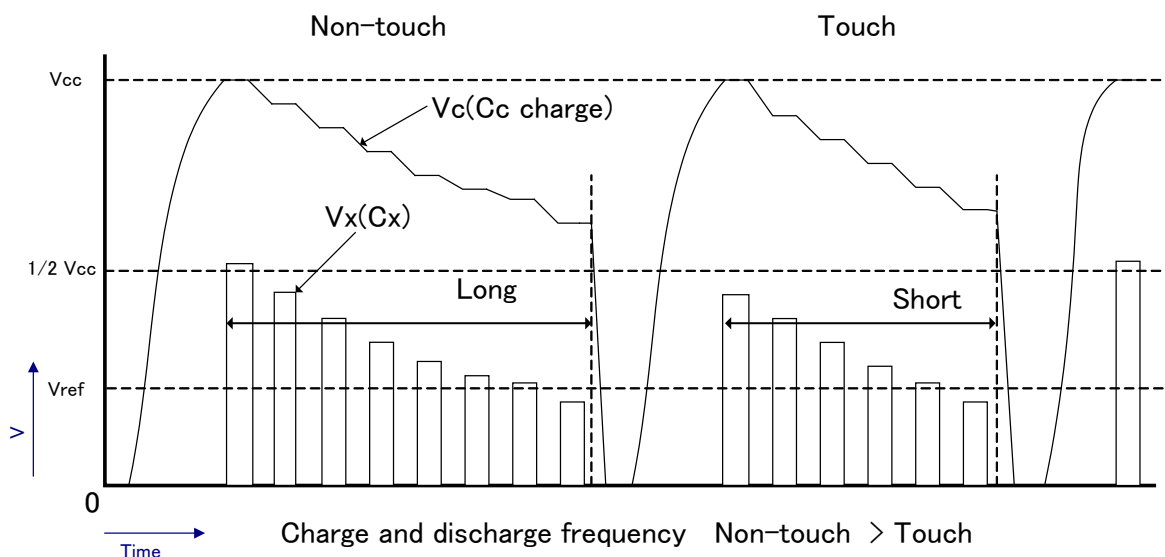


図3-3 タッチ検出動作の波形概要

3.2 タッチ回路の考え方

3.2.1 静電容量の基本

図 3-4に静電容量のモデルを示す。

式の通り、静電容量 C は以下の通りとなる。

- 電極面積 A に比例
- 電極間物質の比誘電率 κ に比例
- 電極間の距離に反比例

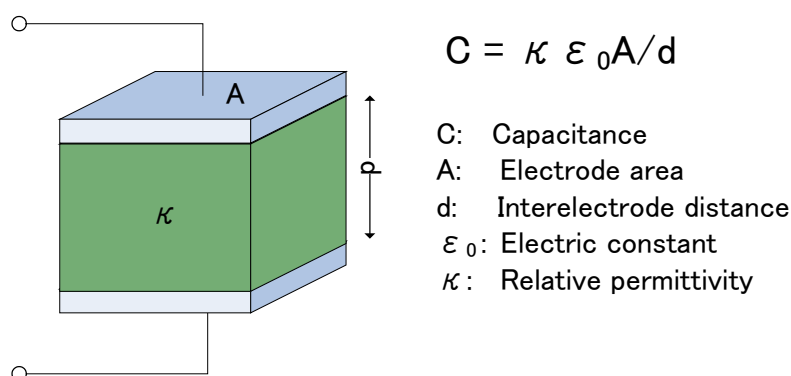


図3-4 静電容量モデル

人間の指と電極間に発生する静電容量は、数 pF でありオムロン方式では測定時間と感度の面から可能な限り大きい値が望ましい。しかし電極面積は、対となる人間の指の接触面積との関係があり一定面積以上としても効果が無い。電極間距離は、タッチキーの表面を覆う素材の強度に依存し一定以上の厚さが必要である。比誘電率は表 3-1の通り素材により異なる。水を除き比誘電率としてはガラスが最適であるが、取り扱いが難しい。アクリル、プラスチックが素材として使われるケースが多い。

表3-1 各素材の比誘電率

Dielectric Material	k
Acrylic	2.4-4.5
Glass	4.5-7.5
Nylon Plastic	3.0-5.0
Flexible Vinyl Film	3.2
Air	1.0
Water	80

3.2.2 寄生容量

図 2-1に示した通り、電極の周辺に GND パターン、配線、金属フレームなどが存在すると寄生容量が発生する。寄生容量は人の指との間に発生する静電容量の測定を阻害するため、可能な限り排除する必要がある。

ただし、ノイズ環境によっては電極周辺を GND パターンで保護する事で安定したタッチ検出が可能となる場合がある。その場合はメッシュ形状の GND パターンとして極力寄生容量を発生しないようにする必要がある。

- 電極周辺および電極配線には GND パターンを配置しない（ただしノイズ環境によっては GND パターンが必要になる場合がある）
- 他の電極、配線との距離を保つ。
- 導電物質を含まないパネル素材を選択する

3.2.3 ノイズ

静電容量によるタッチ電極は、その形状によりアンテナとなり易く外来ノイズの影響を受ける。（図 3-5）検出回路やファームウェアでの対策と合わせ、回路設計として注意が必要となる。

- 電源回路のノイズ遮断。タッチ検出回路にはレギュレータによる電源供給が望ましい。
- ノイズ発生源の GND ガード
- タッチ電極配線と他の信号線を並走させない。
- 場合によっては、電極およびその配線を GND パターンで保護する。

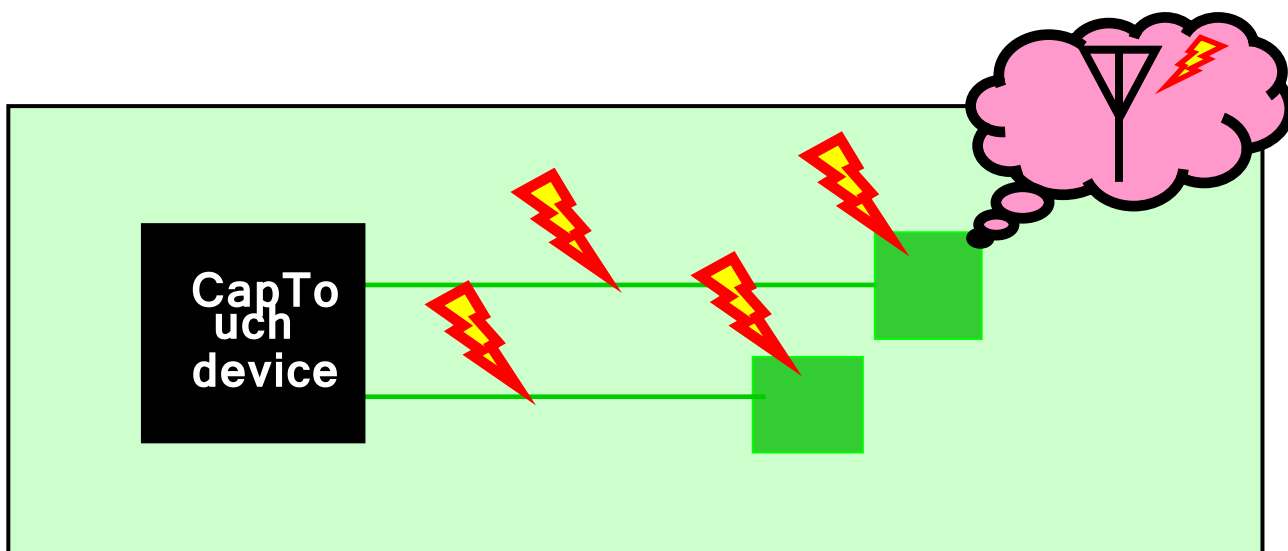


図 3-5 タッチ電極モデル

4. 推奨タッチ回路

R8C/33T を用いたタッチ回路を設計するにあたり、推奨される電極パターン、抵抗、コンデンサなどを以下に述べる。タッチ回路を組み込むシステムによっては推奨条件で必ずしも動作する事を保証するものではない。逆に調整によっては推奨条件外で動作する可能性もある。

4.1 R8C/33T へのオムロン方式の適用

推奨タッチ回路の説明の前に、オムロン方式のタッチパネルマイコン R8C/33T へ実装について説明する。ここでは模式的に解説するので、詳細は R8C/33T データシートを参照いただきたい。図 4-1に R8C/33T タッチ検出回路の模式図を示す。「3.1 原理」にて説明したオムロン方式との違いは以下の通り。

- 電極へ直接接続していた CR 回路を分離し、複数の電極がセレクタを経由して選択されることにより CR 回路を共通で使用する。
- 抵抗を介さず高速に充電するため、充電用コンデンサ C_c の充電専用端子を設けている。
- セレクタ、充放電用スイッチ、充放電時間、充放電回数の計測などを制御するための SCU (Sensor Control Unit) を搭載し、複数電極の容量測定を自動化している。
- 実使用を想定しポート保護用の R_r を追加している。

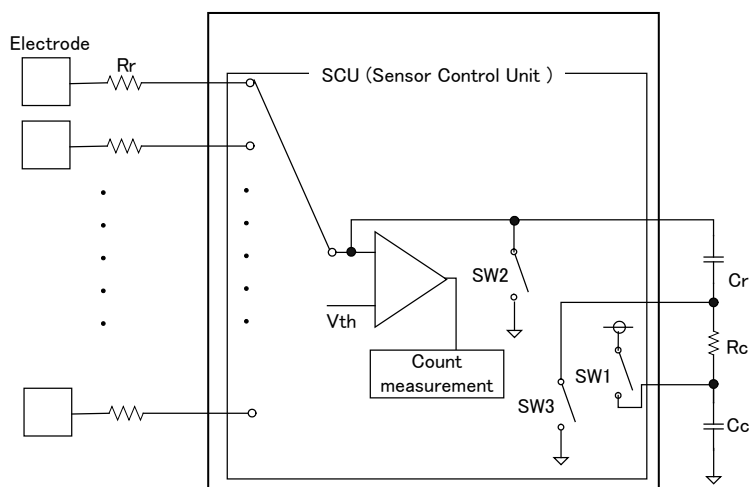


図4-1 R8C/33T タッチ検出回路模式図

4.2 配線パターン

図 4-2に推奨配線パターンを示す。詳細は以下の通り。

4.2.1 電極配線幅

電極パターン幅は 0.2~0.3 mm 幅を推奨する。

4.2.2 各電極配線間隔

各電極パターン同士、電極パターンを平行にする場合、そのパターンは可能な限り 2 mm 以上離す。また並行する部分は、可能な限り短くする事を推奨する。

4.2.3 電極配線長

電極配線長(電極～マイコン間)は 180 mm 以下を推奨する。

4.2.4 電極間距離

隣り合う電極の間隔は、5 mm 以上を推奨する。

4.2.5 外付け C、R の配線

外付け C、R とマイコン、GND 間の配線は最短距離での接続を推奨する。また、2層基板の場合は裏面を GND パターンとする事を推奨する。

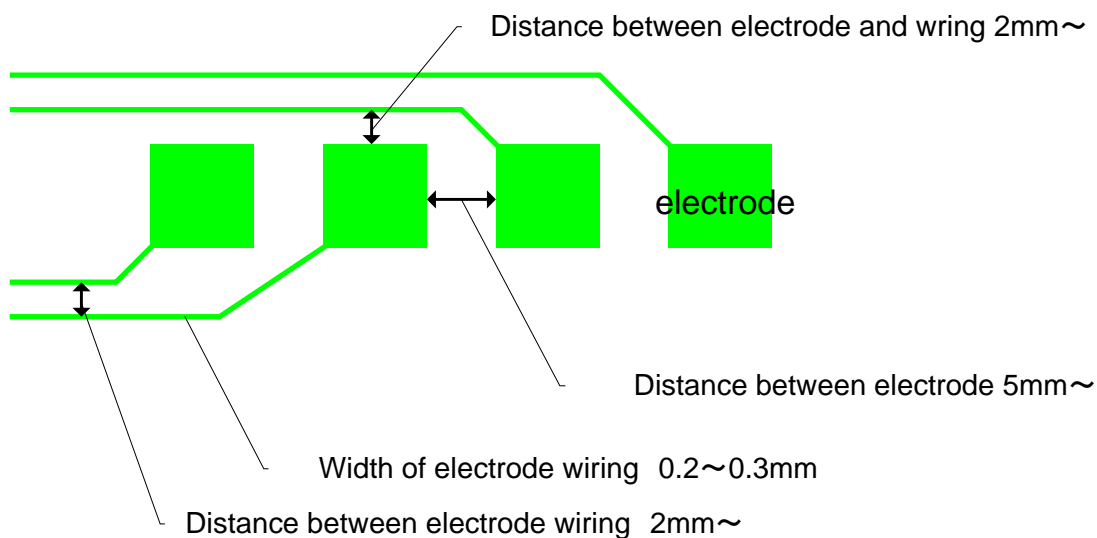


図4-2 配線パターン

4.3 電極サイズと形状

電極のサイズは、 $10 \times 10 \sim 15 \times 15$ mm 程度の面積で●、■の形状を推奨する。▲、E形状は先端がアンテナとなりノイズに弱くなるため推奨されない。ドーナツ形状やメッシュとして背面からLEDなどを点灯させる事も可能である。ただし、面積減による感度低下、LEDのPWM制御によるノイズに注意が必要である。指と接触する部分とその周辺がコンデンサとして有効となる事を考慮し、指と接触する面積～その二倍程度の大きさが目安となる。それ以上の面積は、寄生容量となり感度低下の要因となる可能性があるため注意が必要である。

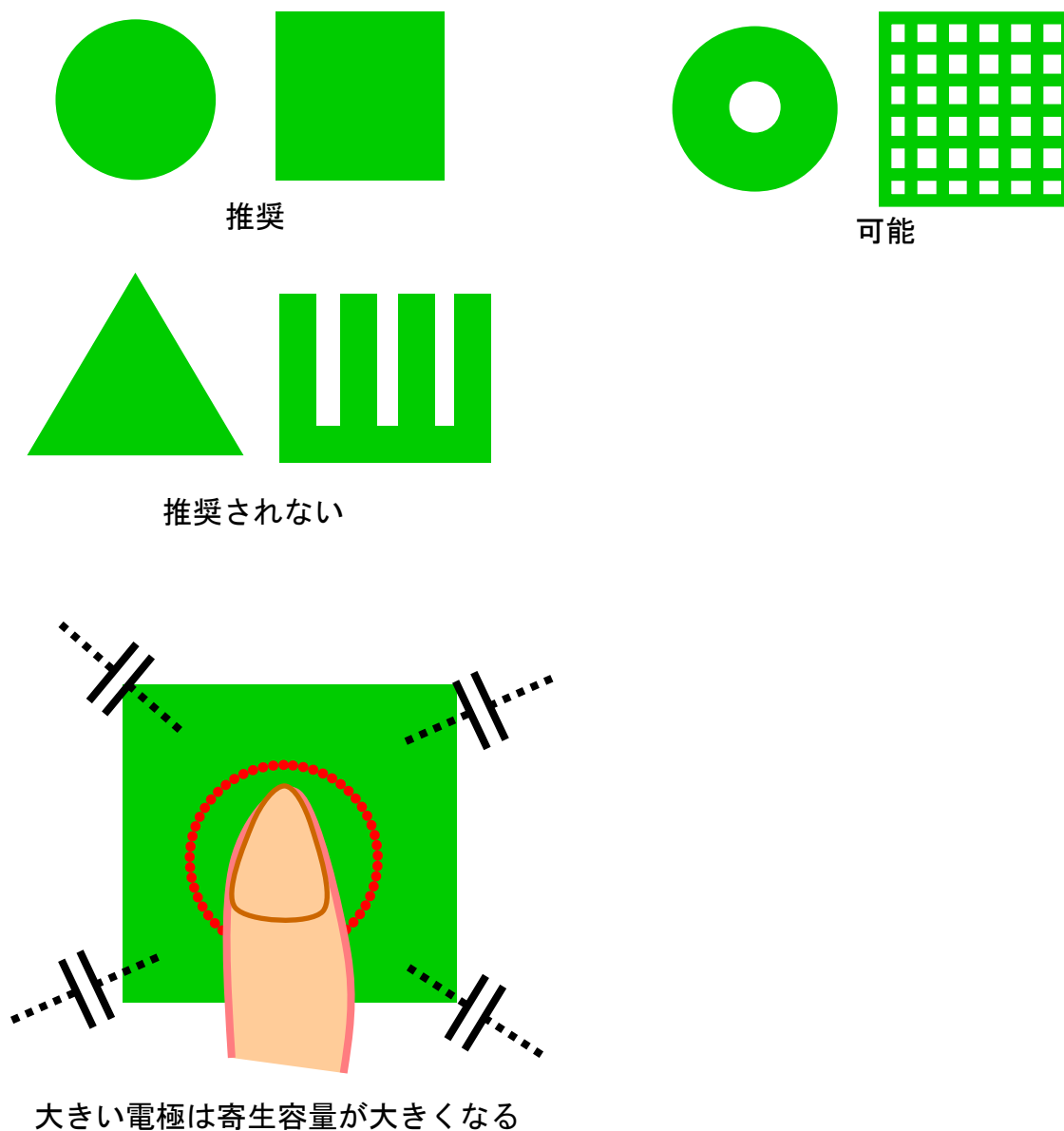
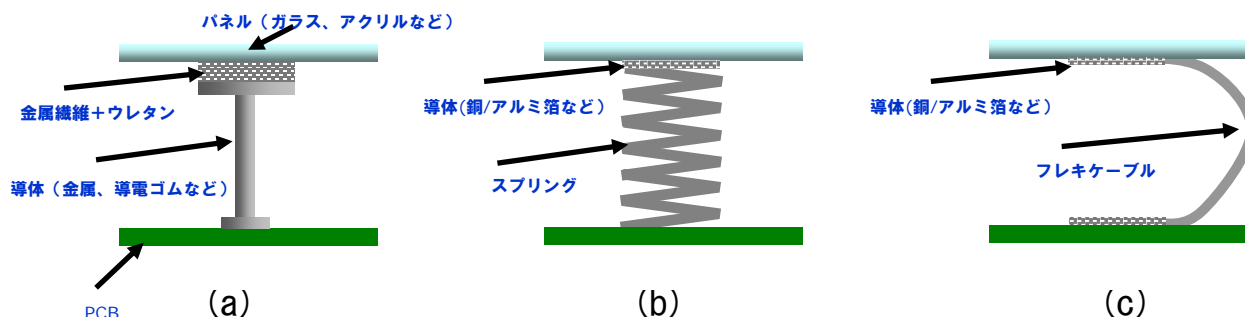


図 4-3 タッチ電極形状

電極とマイコンは同一基板上で且つ最短距離での配線が望ましいが、パネル形状により同一基板上に配置出来ない場合は、図 4-4 の様な配置が可能である。この場合でも配線距離は 180mm 以下とする事を推奨する。



- (a) 基板に金属棒を取り付け先端に金属繊維で包んだウレタンを接着。ウレタンの厚さがパネルと PCB のクリアランスとなる。
- (b) 基板にスプリングを取り付けパネル裏面に導体を貼る。バネによりパネル裏面の導体と密着させる。スプリングの縮み分がパネルと PCB のクリアランスとなる。
- (c) フレキケーブルの先端を電極としパネルへ接着する。フレキケーブル長がパネルと PCB のクリアランスとなる。

図 4-4 基板と電極が離れている場合の対処例

4.4 電極材質

電極の材質は、銅箔、カーボン、導電ゴム等の導体であれば、制約は無い。ただし、抵抗値が大きい素材 (ITO 膜) などを使用する場合は、計測波形の立ち上がりを鈍化させ感度に影響する可能性がある。

4.5 パネル選定

「3.2.1 静電容量の基本」にて説明した通り、電極を覆うパネルの素材と厚さは静電容量に影響する。使用する材質に依存するが、例としてガラスとアクリル板を使用した場合の厚さは以下の通り。

- ガラス 4 mm 以下
- アクリル 2 mm 以下

なお、下記点に注意のこと。

- 導電物質を含む素材は使用出来ない。
(例：ミラーガラス・アクリル板は金属を含むことがあり使用できない可能性がある。)
- パネルと電極は密着させる事。
「表 3-1 各素材の比誘電率」の通り空気は誘電率が低く、パネル - 電極間に空気層が発生すると静電容量が減少する。

4.6 グランドパターン

通常は電極および電極配線の近傍にはグランドパターンを配置しない。少なくとも 2 mm 以上離すことを推奨する。2 層以上の基板の場合、ノイズ対策として高速の信号線、R8C/33T 自体、その他デバイスの裏面には GND シールドを配置する事を推奨する。また、Cr、Cc、Rc の裏面も GND シールドする事を推奨する。図 4-3 に GND シールドの例を示す。

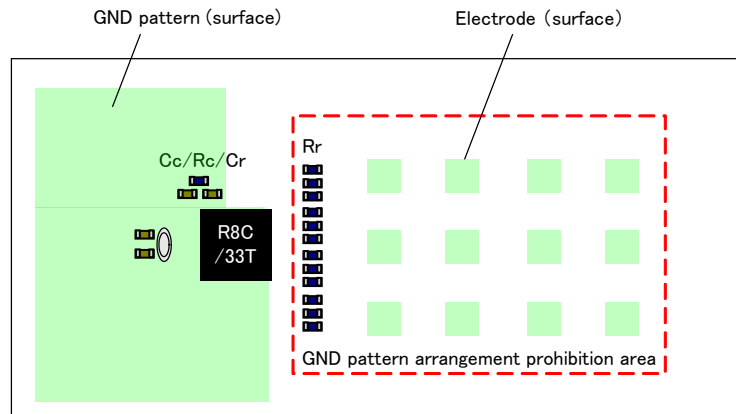


図4-5 GND シールドの例

極めてノイズ環境が厳しく電磁界シールドが必要となる場合は、電極周辺に GND パターンを配置しノイズ対策を行う事が可能である。ただし、寄生容量が大きくなるため感度低下に注意が必要である。図 4-6 にように GND パターンをメッシュ形状として寄生容量を軽減する方法もある。

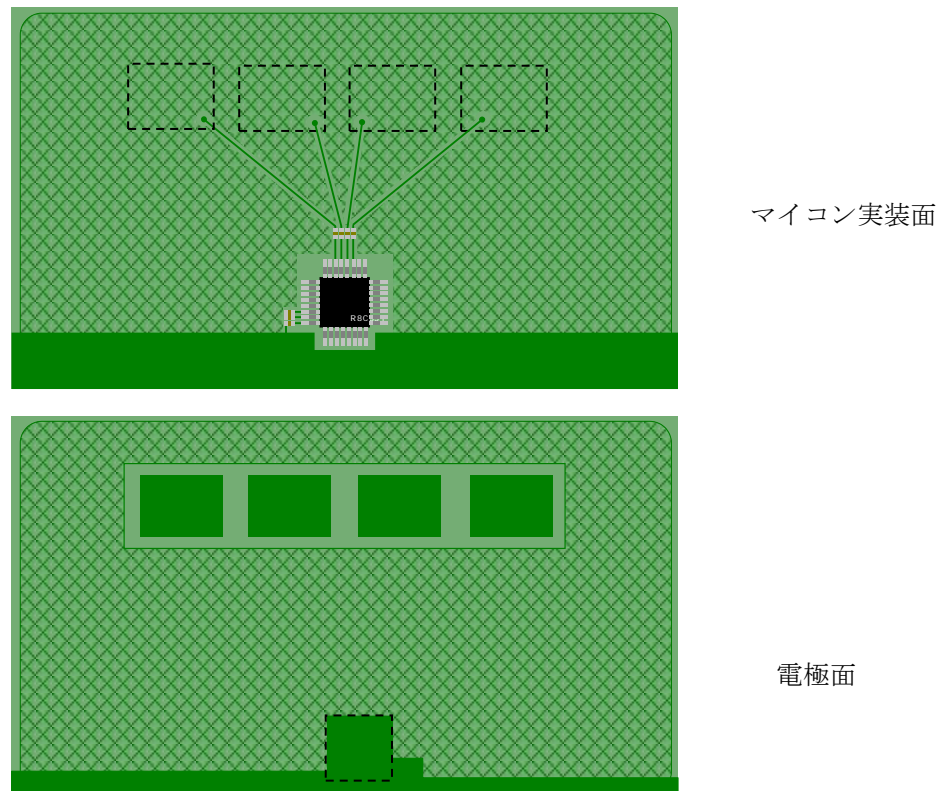


図 4-6 電磁界シールド GND パターン例

4.7 抵抗、コンデンサの選定

4.7.1 定数の範囲

各 C、R は以下の値となる。調整方法は別資料にて説明する。

- Cc 0.068～0.1 μ F 前後
- Cr 1～50 pF
- Rc 10 K Ω 以内
- Rr 0～10 K Ω

4.7.2 サイズ、温度特性、誤差

実装上、チップ抵抗、チップコンデンサを推奨する。特性は以下の通り。

- 抵抗
サイズ： 1.6 \times 0.8 mm or 1.0 \times 0.5 mm
許容誤差： $\pm 1\%$ 以下
- コンデンサ
サイズ： 1.6 \times 0.8 mm or 1.0 \times 0.5 mm
温度特性：0 \pm 60 ppm/ $^{\circ}$ C (~ 180 pF) $\pm 10\%$ (220 pF \sim)
許容誤差： ± 0.25 pF (~ 5 pF)、 ± 0.5 pF (6 ~ 10 pF)、 $\pm 5\%$ (11 ~ 220 pF)、 $\pm 10\%$ (220 pF \sim)

ホームページとサポート窓口

ルネサス エレクトロニクスホームページ

<http://japan.renesas.com/>

お問い合わせ先

<http://japan.renesas.com/inquiry>

改訂記録

Rev.	発行日	改訂内容	
		ページ	ポイント
1.00	2013.03.01	—	新規採番にて初版発行 旧番号RJJ05B1537-0102

すべての商標および登録商標は、それぞれの所有者に帰属します。

製品ご使用上の注意事項

ここでは、マイコン製品全体に適用する「使用上の注意事項」について説明します。個別の使用上の注意事項については、本文を参照してください。なお、本マニュアルの本文と異なる記載がある場合は、本文の記載が優先するものとします。

1. 未使用端子の処理

【注意】未使用端子は、本文の「未使用端子の処理」に従って処理してください。

CMOS製品の入力端子のインピーダンスは、一般に、ハイインピーダンスとなっています。未使用端子を開放状態で動作させると、誘導現象により、LSI周辺のノイズが印加され、LSI内部で貫通電流が流れたり、入力信号と認識されて誤動作を起こす恐れがあります。未使用端子は、本文「未使用端子の処理」で説明する指示に従い処理してください。

2. 電源投入時の処置

【注意】電源投入時は、製品の状態は不定です。

電源投入時には、LSIの内部回路の状態は不確定であり、レジスタの設定や各端子の状態は不定です。外部リセット端子でリセットする製品の場合、電源投入からリセットが有効になるまでの期間、端子の状態は保証できません。

同様に、内蔵パワーオンリセット機能を使用してリセットする製品の場合、電源投入からリセットのかかる一定電圧に達するまでの期間、端子の状態は保証できません。

3. リザーブアドレスのアクセス禁止

【注意】リザーブアドレスのアクセスを禁止します。

アドレス領域には、将来の機能拡張用に割り付けられているリザーブアドレスがあります。これらのアドレスをアクセスしたときの動作については、保証できませんので、アクセスしないようにしてください。

4. クロックについて

【注意】リセット時は、クロックが安定した後、リセットを解除してください。

プログラム実行中のクロック切り替え時は、切り替え先クロックが安定した後に切り替えてください。リセット時、外部発振子（または外部発振回路）を用いたクロックで動作を開始するシステムでは、クロックが十分安定した後、リセットを解除してください。また、プログラムの途中で外部発振子（または外部発振回路）を用いたクロックに切り替える場合は、切り替え先のクロックが十分安定してから切り替えてください。

5. 製品間の相違について

【注意】型名の異なる製品に変更する場合は、事前に問題ないことをご確認下さい。

同じグループのマイコンでも型名が違っていると、内部メモリ、レイアウトパターンの相違などにより、特性が異なる場合があります。型名の異なる製品に変更する場合は、製品型名ごとにシステム評価試験を実施してください。

ご注意書き

1. 本資料に記載された回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報は、半導体製品の動作例、応用例を説明するものです。お客様の機器・システムの設計において、回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報を使用する場合には、お客様の責任において行ってください。これらの使用に起因して、お客様または第三者に生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
2. 本資料に記載されている情報は、正確を期すため慎重に作成したのですが、誤りがないことを保証するものではありません。万一、本資料に記載されている情報の誤りに起因する損害がお客様に生じた場合においても、当社は、一切その責任を負いません。
3. 本資料に記載された製品データ、図、表、プログラム、アルゴリズム、応用回路例等の情報の使用に起因して発生した第三者の特許権、著作権その他の知的財産権に対する侵害に関し、当社は、何らの責任を負うものではありません。当社は、本資料に基づき当社または第三者の特許権、著作権その他の知的財産権を何ら許諾するものではありません。
4. 当社製品を改造、改変、複製等しないでください。かかる改造、改変、複製等により生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
5. 当社は、当社製品の品質水準を「標準水準」および「高品質水準」に分類しており、各品質水準は、以下に示す用途に製品が使用されることを意図しております。
標準水準： コンピュータ、OA機器、通信機器、計測機器、AV機器、
家電、工作機械、パーソナル機器、産業用ロボット等
高品質水準： 輸送機器（自動車、電車、船舶等）、交通用信号機器、
防災・防犯装置、各種安全装置等
当社製品は、直接生命・身体に危害を及ぼす可能性のある機器・システム（生命維持装置、人体に埋め込み使用するもの等）、もしくは多大な物的損害を発生させるおそれのある機器・システム（原子力制御システム、軍事機器等）に使用されることを意図しておらず、使用することはできません。たとえ、意図しない用途に当社製品を使用したことによりお客様または第三者に損害が生じて、当社は一切その責任を負いません。なお、ご不明点がある場合は、当社営業にお問い合わせください。
6. 当社製品をご使用の際は、当社が指定する最大定格、動作電源電圧範囲、放熱特性、実装条件その他の保証範囲内でご使用ください。当社保証範囲を超えて当社製品をご使用された場合の故障および事故につきましては、当社は、一切その責任を負いません。
7. 当社は、当社製品の品質および信頼性の向上に努めていますが、半導体製品はある確率で故障が発生したり、使用条件によっては誤動作したりする場合があります。また、当社製品は耐放射線設計については行っていません。当社製品の故障または誤動作が生じた場合も、人身事故、火災事故、社会的損害等を生じさせないよう、お客様の責任において、冗長設計、延焼対策設計、誤動作防止設計等の安全設計およびエージング処理等、お客様の機器・システムとしての出荷保証を行ってください。特に、マイコンソフトウェアは、単独での検証は困難なため、お客様の機器・システムとしての安全検証をお客様の責任で行ってください。
8. 当社製品の環境適合性等の詳細につきましては、製品個別に必ず当社営業窓口までお問合せください。ご使用に際しては、特定の物質の含有・使用を規制するRoHS指令等、適用される環境関連法令を十分調査のうえ、かかる法令に適合するようご使用ください。お客様がかかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関して、当社は、一切その責任を負いません。
9. 本資料に記載されている当社製品および技術を国内外の法令および規則により製造・使用・販売を禁止されている機器・システムに使用することはできません。また、当社製品および技術を大量破壊兵器の開発等の目的、軍事利用の目的その他軍事用途に使用しないでください。当社製品または技術を輸出する場合は、「外国為替及び外国貿易法」その他輸出関連法令を遵守し、かかる法令の定めるところにより必要な手続を行ってください。
10. お客様の転売等により、本ご注意書き記載の諸条件に抵触して当社製品が使用され、その使用から損害が生じた場合、当社は何らの責任も負わず、お客様にてご負担していただきますのでご了承ください。
11. 本資料の全部または一部を当社の文書による事前の承諾を得ることなく転載または複製することを禁じます。

注1. 本資料において使用されている「当社」とは、ルネサスエレクトロニクス株式会社およびルネサスエレクトロニクス株式会社とその総株主の議決権の過半数を直接または間接に保有する会社をいいます。

注2. 本資料において使用されている「当社製品」とは、注1において定義された当社の開発、製造製品をいいます。



ルネサスエレクトロニクス株式会社

■営業お問合せ窓口

<http://www.renesas.com>

※営業お問合せ窓口の住所・電話番号は変更になることがあります。最新情報につきましては、弊社ホームページをご覧ください。

ルネサス エレクトロニクス販売株式会社 〒100-0004 千代田区大手町 2-6-2 (日本ビル)

(03)5201-5307

■技術的なお問合せおよび資料のご請求は下記へどうぞ。

総合お問合せ窓口：<http://japan.renesas.com/contact/>