

静電容量タッチセンサ用 容量デジタルコンバータLSI



ON Semiconductor®

www.onsemi.jp

APPLICATION NOTE

LC717Aシリーズの特徴

接着不要・エアギャップに対応

- 導光板のような感度劣化を補償する誘電体が必要ありません。
- 組立の際にセンサー基板とトップカバーとの接着が必要ありません。
- 機構部品、電子部品を基板の両面に実装できます。

長いセンサー配線に対応

- 長いセンサー配線に対応しているため、より効果的な基板設計が可能となります。LC717Aシリーズは基板上のどの位置にも配置できるため基板面積の節約、費用の節約になります。

近接(非接触)検出に対応

外付け部品不要

- 検出動作を可能にするための抵抗やコンデンサといった電子部品が必要ありません。

- 第三者機関の試験にて、IEC61000-4-6 (Level 3) に合格しています。
- 動作保証温度範囲が-40~+105°C一般的なLSIと比べて広いです。

プログラムレスでタッチON/OFF判定が可能

- 不揮発性メモリ非搭載で、面倒なタッチON/OFF判定処理のプログラミングが不要です。

LC717AシリーズLSI選定ガイド

LC717Aシリーズは、お客様の使いやすさ、導入のし易さを、第一に考え設計されたLSIです。タッチスイッチのON/OFF判定に必要な機能はすべてLSIの中に含まれており、お客様はタッチスイッチの

ON/OFF判定のために、新たに特別なソフトウェアを作成する必要は一切ありません。

以下は、LC717Aシリーズで異なる仕様のみを抜き出して表にしたものです。

Table 1. LC717Aシリーズ比較

製品名	LC717A00AR (AJ)	LC717A10AR (AJ/PJ)
センサ入力端子数	8	16
Touch-ON出力端子	Yes	No (Yes, I ² C/SPIを使用します。)
Touch-ONインタラプト機能	No	Yes
LSI選定時の目安	- メカスイッチの置き換え - 導入時の設計リソース低減	- 9入力以上のスイッチが必要 - 低消費電力化が必要

AND9197/D

Touch-ON出力端子

LC717A00AR/AJの出力端子POUT0~POUT7から、タッチのON/OFF判定結果が出力されます(判定結果は、I²C/SPI経由での読み出しも可能)。メカスイッチを使用してタッチのON/OFF判定を検出する際に、High (電源電圧レベルの信号) /Low (グランド電圧レベルの信号)で制御マイコンに通知している場合には、本出力chを使用してメカスイッチとそのまま置き換える事が可能になります。この機能を使用すれば現状ご使用中のファームウェアを書き換える事が不要であり、タッチスイッチ導入時に必要であったソフトウェアの設計リソースを最小限に抑える事が出来ます。また、LC717A10AR/AJ/PJもLSI単体でタッチのON/OFF判定が可能であり、判定結果はI²C/SPIでLSI内部のレジスタを読み出す事によりご確認頂けます。

Touch-ONインタラプト機能

タッチ判定がONになった事を、制御マイコンに通知する機能です。タッチが長い間OFF判定の場合には制御マイコンをスリープ状態にし、タッチがON判定に切り替わった際にインタラプト信号を出力して制御マイコンをウェイクアップするような使い方が可能です。本処理により、お客様の製品をより低消費電力化する事が可能になります。

LC717Aシリーズチュートリアル

LC717A10ARGPGEVBとお客様がお使いのマイコンを使用して、簡単なタッチスイッチを動かしてみましょう。

LC717A10ARGPGEVBはLC717A10ARを2.54 mmのピンピッチに変換する評価ボードであり、どなたでも御購入頂くことができます。

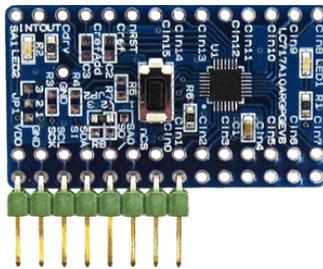


Figure 1. LC717A10ARGPGEVB

Step 1: スイッチパターンを作る

デザインルールを参考に銅テープやアルミテープを使用してスイッチパターンを作製します。

手作りのスイッチであるため、サイズは正確なものではなく適当で構いません。

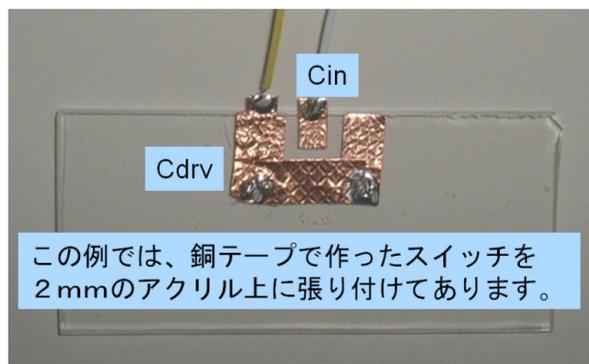


Figure 2.

AND9197/D

Step 2: 回路の作製

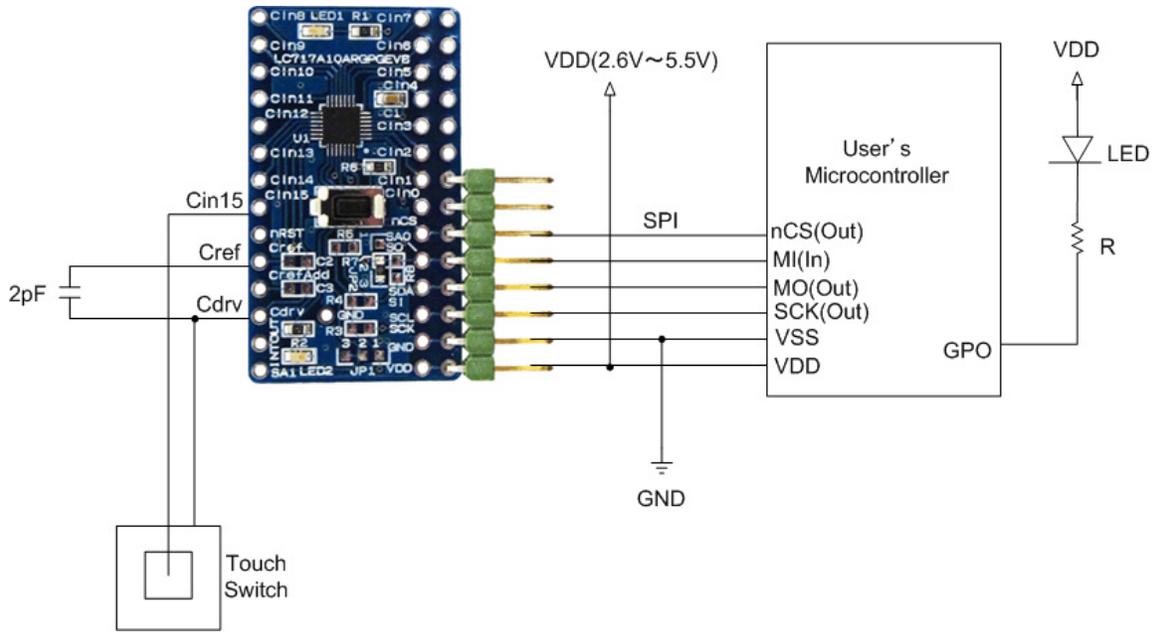


Figure 3.

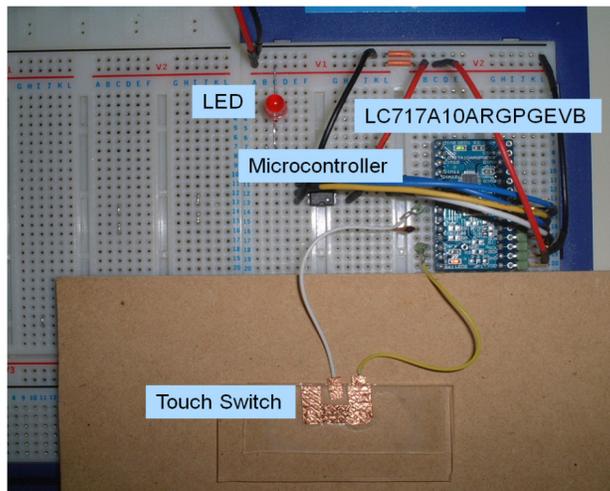
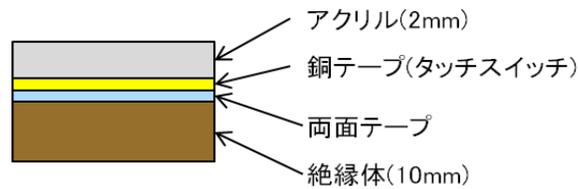


Figure 4.



タッチスイッチ部分の断面図

Figure 5.

完成した手作りスイッチは絶縁体に両面テープなどでしっかり固定してください。

しっかり固定されていない場合、動作が不安定になります。

Step 3: マイコン用プログラムの作製

```

void main(void)
{
// サンプルプログラムであるため、信頼性を向上させるためのフェールセーフなどは記述されていません。
// 必要に応じて、追加してください。
// -----
// マイコンの初期化
// -----
InitializeMicro();
// -----
// SPI Interfaceの初期化(I2Cの場合は不要)
// -----
Wait_for_50msec(); // 50 ms待つ
nCS = 1; // nCS -> High
Wait_for_1msec(); //1 ms待つ
nCS = 0; // nCS -> Low
Wait_for_1msec(); //1 ms待つ
nCS = 1; // nCS -> High
Wait_for_50msec(); // 50 ms待つ
// -----
// キャリブレーションの完了を確認する
// -----
for(;;){
    if(( SpiByteRead( 0x2F ) & 0x86 ) == 0x00 ){ break; }
} // Control 1 Register のWriteReq, ParaCh, StaCal bitがゼロになるまで待つ
// -----
// パラメータの設定
// -----
SpiByteWrite( 0x00, 0x00 ); // Write 0x00 in UseChannel 1 Register
SpiByteWrite( 0x01, 0x80 ); // Write 0x80 in UseChannel 2 Register
SpiByteWrite( 0x09, 0x55 ); // Write 0x55 in Cin14/Cin15 2nd Gain Register
// 感度が低いときはゲインを高く設定してください。
SpiByteWrite( 0x19, 0x0A ); // Write 0x0A in Cin15 Threshold Register
SpiByteWrite( 0x30, 0x80 ); // Write 0x80 in Average Count Register
SpiByteWrite( 0x31, 0x0C ); // Write 0x0C in Filter Parameter Register
// -----
// パラメータの更新
// -----
SpiByteWrite( 0x2F, 0x8F ); // Write 0x8F in Control 1 Regsiter
// -----
// キャリブレーションの完了を確認する
// -----
for(;;){
    if( ( SpiByteRead( 0x2F ) & 0x86 ) = 0x00 ){ break; }
} // Control 1 Register のWriteReq, ParaCh, StaCal bitがゼロになるまで待つ
// -----
// Read the state of Cin15 & LED ON/OFF Control
// -----
for(;;){ //main loop
    if( ( SpiByteRead( 0x2B ) & 0x80 ) == 0x80 ){ // Result Data 2 RegisterのCin15のステータスを確認
        LED(ON); // Cin15がタッチなら、LEDを点灯
    }else{
        LED(OFF); // Cin15が非タッチなら、LED消灯
    }
    Wait_for_5msec(); // Insert waiting time(e.g., 5msec)
}
}
}

```

Step 4: 動作確認

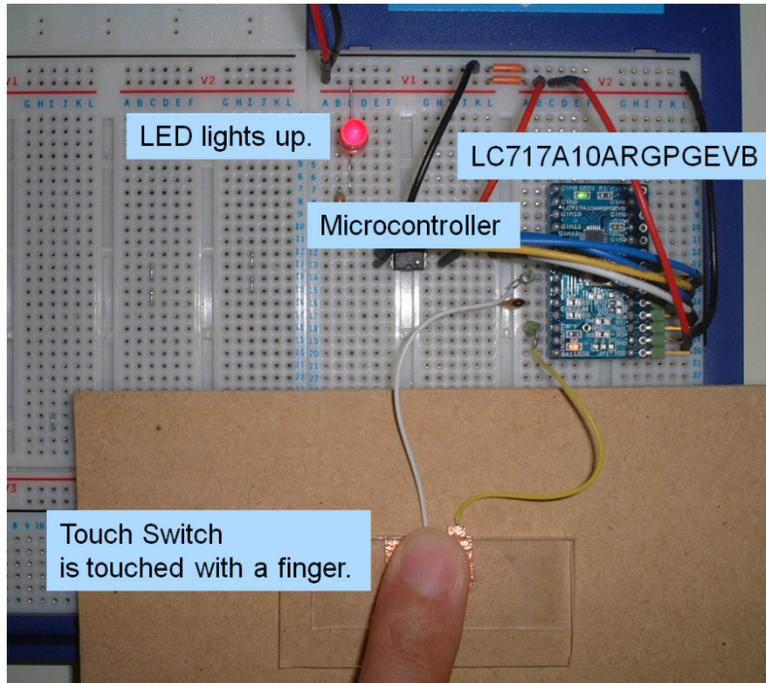


Figure 6.

1. 電源を入れます(VDD = 2.6~5.5 V)
2. LC717A10ARGPGEVBのリセットボタンを押します。
3. マイコンをリセットします。
4. タッチスイッチを指で触るとLEDが点灯します。

手作りスイッチのため、動作が不安定になることがあります。その場合はリセットを実行してください。

PCBで作られた固定されたスイッチではこのような問題は発生しません。

AND9197/D

設計支援ソフトウェア

WEB siteより設計支援ソフトウェアをダウンロードすることができます。

設計支援ソフトウェアは以下の目的のために使用します。

1. Data Registerのリアルタイムモニター
2. 各種内部レジスタのパラメータ設定支援

3. Gain Registerの調整支援

4. 設定したレジスタ値のファイル書き出し
(マイコンファームウェアの開発支援)

内部レジスタの設定及びゲイン調整には、必ずこのソフトウェアを使用してください。

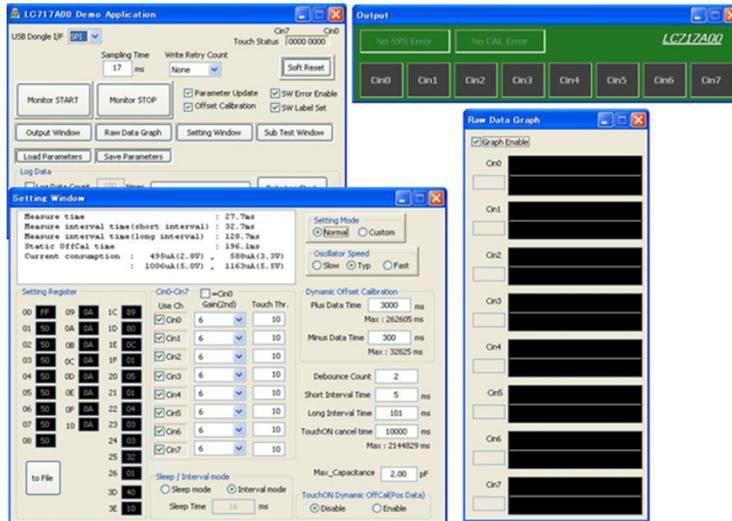


Figure 7. LC717A00用ソフトウェア(LC717A00App.exe)

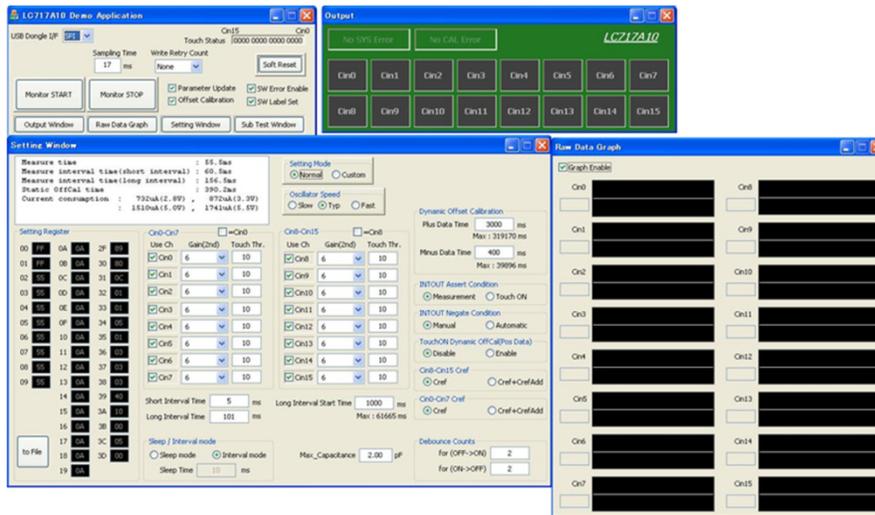


Figure 8. LC717A10用ソフトウェア (LC717A10App.exe)

動作原理

静電容量式タッチスイッチとは、センサ駆動端子(Cdrv)とセンサ入力端子(CinX)間の容量(電気力線)変化を検出するセンサです。以下に電気力線を用いた概念図を示します。ただし、Crefは基準容量入力端

子です。指をセンサ入力端子(CinX)に近づけると電気力線が減少し、結果として容量が変化します。この容量変化(ΔC)が判定しきい値を超える、超えな

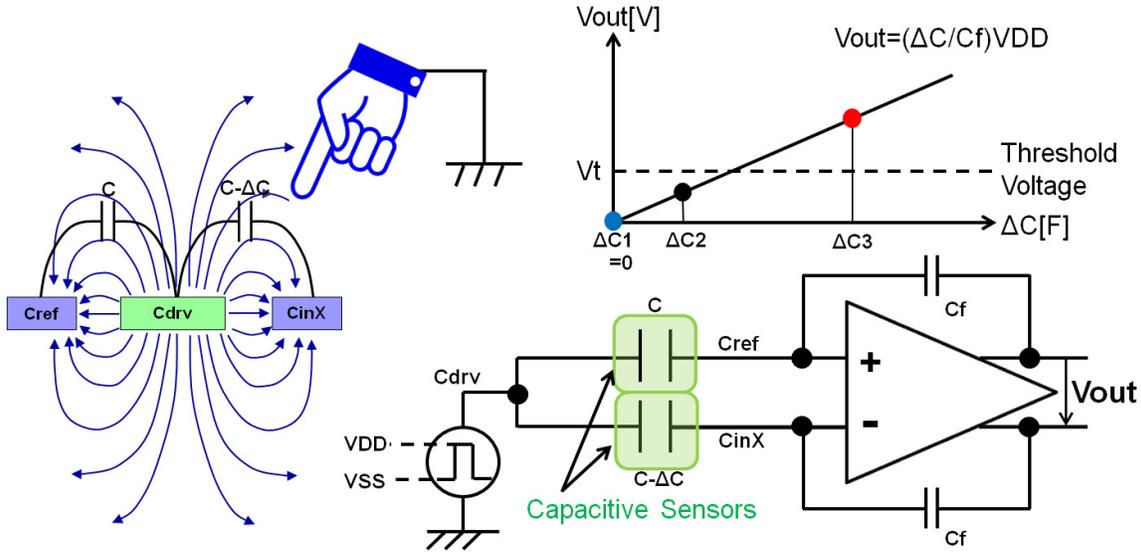


Figure 9.

以下に弊社本LSIが採用する差動容量検出方式によるCV変換の基本原理を述べます。

先ず、指がセンサにタッチしたときの容量変化をモデル化して考えます。Figure 10はタッチしていない

ときの静電容量スイッチのモデルです。一方、Figure 11はタッチしたときの静電容量スイッチのモデルです。GNDに接地された導体で平行平板間の電気力線を遮蔽するモデルです。

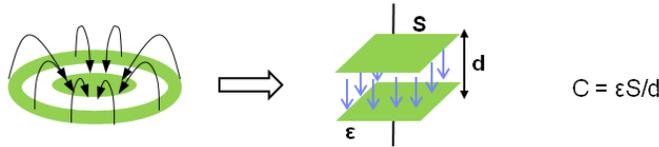


Figure 10.

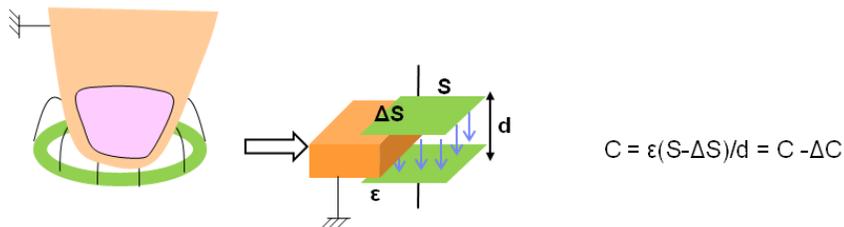


Figure 11.

次に、CV変換を実現するCVアンプの動作を説明します。このCVアンプはCDRV信号に同期した2相(Phase1、Phase2)の状態変化を経てCV変換を実現します。Figure 12、Figure 13に指がスイッチにタッチしていないときのCVアンプの動作回路を示します。

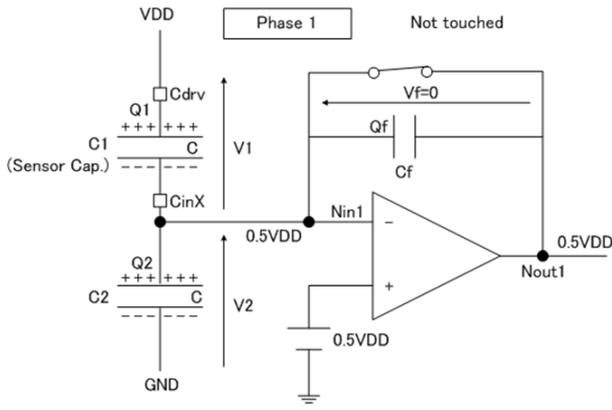


Figure 12.

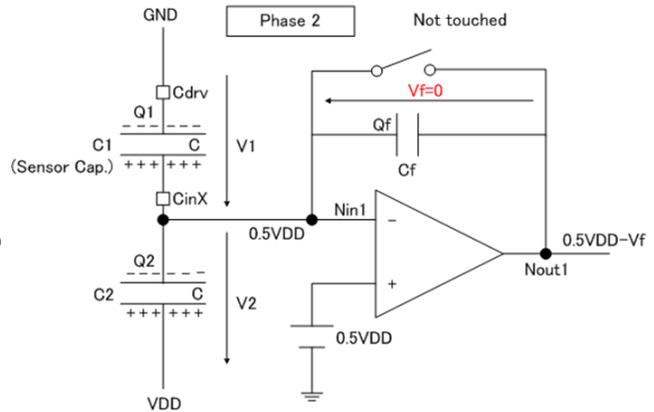


Figure 13.

Figure 14、Figure 15に指がスイッチにタッチしているときのCVアンプの動作回路を示します。指が電気力線の一部を終端するため、スイッチの容量C1が減少します($C1 = C - \Delta C$)。この変化のため、

Phase1⇒Phase2においてC1、C2、Cf間で電荷の再配置が起こります。結果として、アンプ出力が($V_f = (\Delta C / C_f) * VDD$ 分)減少します。

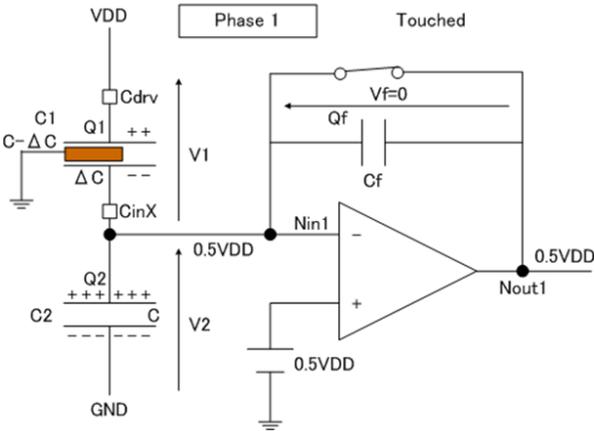


Figure 14.

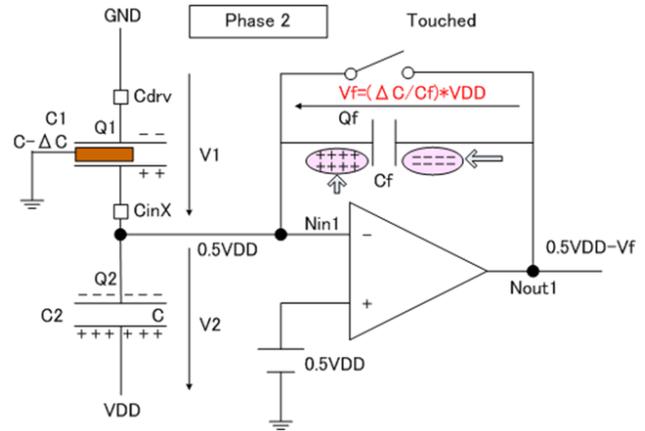


Figure 15.

弊社タッチセンサLSIが採用している差動入力タイプのCVアンプにより、高感度とノイズ耐性(同相ノイズ耐性)の両立を実現しています。以下に(1)高感度と(2)ノイズ(同相ノイズ)耐性について説明します。

1) 感度

感度低下の要因の一つとして、対GND寄生容量の影響(寄生容量が大きいほど感度低下)が考えられま

す。弊社LSIの静電容量検出回路にはCVアンプを採用しています。静電容量の計測動作において、CVアンプの2入力端子(CinX、Cref)は0.5 VDDの電位で仮想短絡されています。つまり、CVアンプの入力端子の電位は常に0.5 VDDで一定であり、対GND寄生容量の影響がキャンセル(寄生容量が見かけ上ゼロ)されます。

AND9197/D

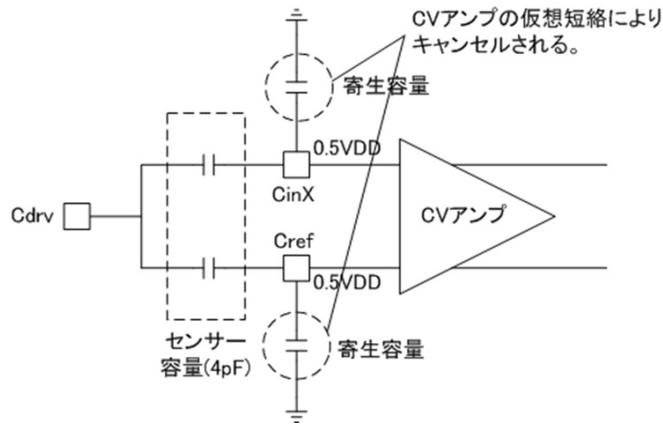


Figure 16.

2) ノイズ(同相ノイズ)耐性

外来ノイズにより、非タッチ時のノイズレベルが増加すると、タッチ判定に誤検出を生じることがあります。弊社LSIの静電容量検出回路には差動入力タイプのCVアンプを採用しています。外来ノイズが

差動の2入力端子(CinX、Cref)に飛び込んだ場合、CVアンプの同相ノイズ除去効果(同相ノイズ除去比：CMRR)により抑圧され、結果として出力ノイズが低減されます。

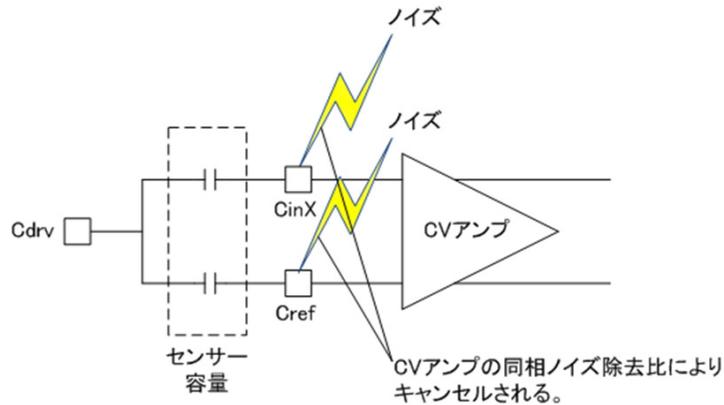


Figure 17.

タッチスイッチをPCB上に作製した例

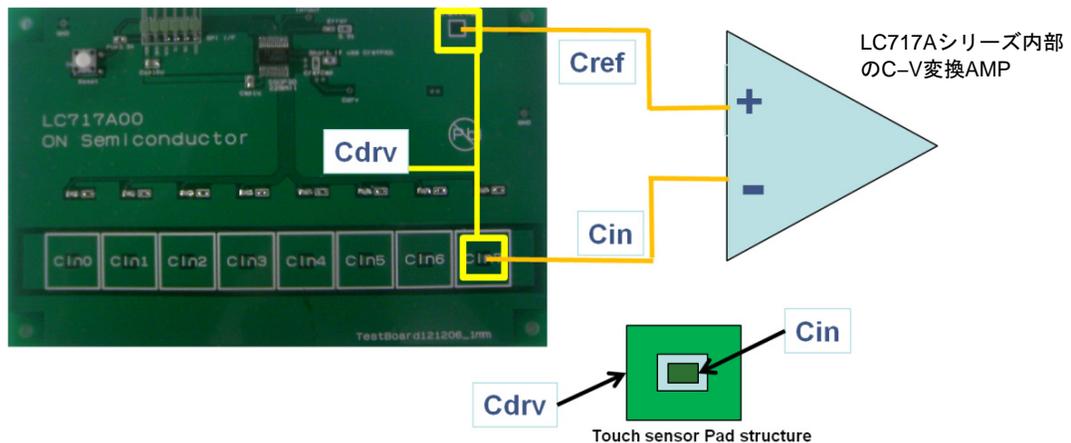


Figure 18.

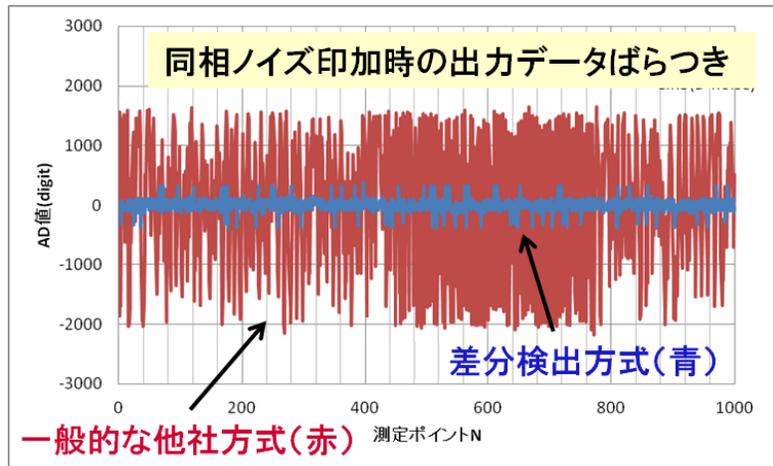


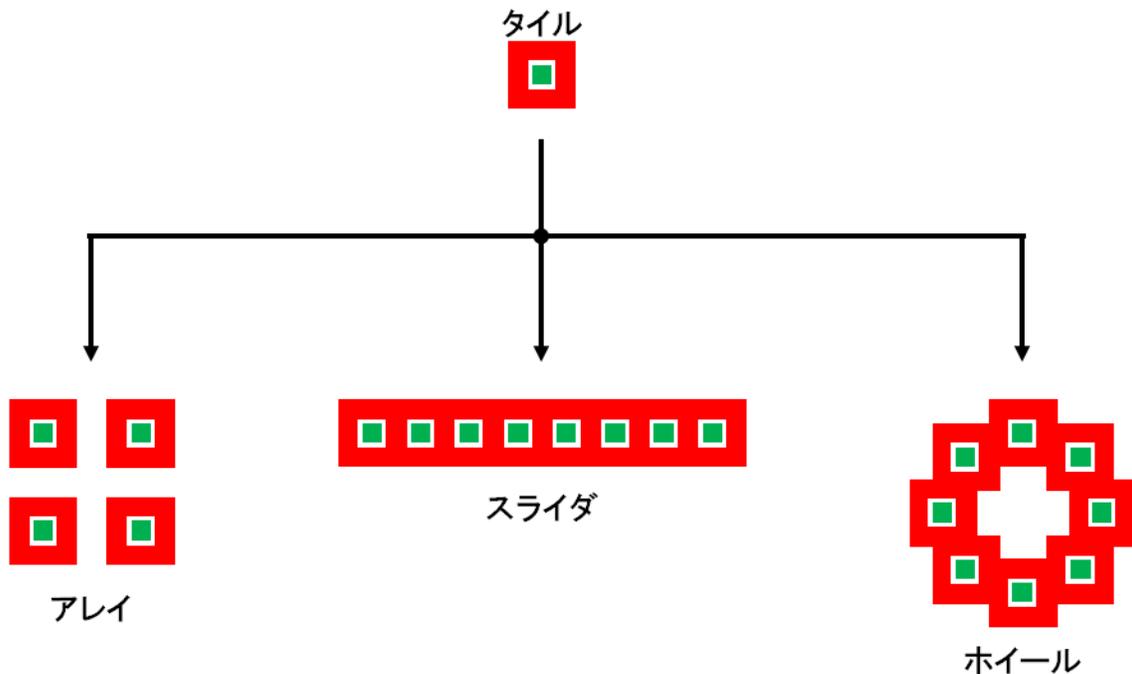
Figure 19.

PCBレイアウトデザインルール

単位スイッチパターン(Tile)のデザインルール

本項目では、表面パネルの厚さや、表面パネルからスイッチパターンが配置されたプリント基板までの距離(空気層を想定)をパラメータとして、

S/N (Signal to Noise ratio)が最適になるような単位スイッチパターン(以降、タイルとする)を紹介します。



*デザインルールにて対応出来ないスイッチパターンについては、弊社までお問い合わせください。

Figure 20.

シングルスイッチのデザインルール

(1つのCinで1つのスイッチ)

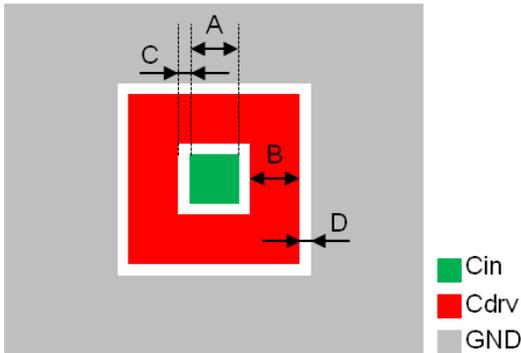
各スイッチを単一のスイッチとしてご使用される場合のタイルサイズをTable 2に示します。ただし、本タイルサイズは弊社にて実験した結果から算出し

た値であり、お客様の製品でご使用の部材の材質等により、レジスタやタイルサイズの調整が必要になる場合があります。

Table 2. タイルサイズ

表面パネル厚み(mm)	1	2	3	4	2	3	2	3	2	3	2	3	3
空気層(mm)	0	0	0	0	0.5	0.5	1	1	1.5	1.5	2	2	2
A: 固定Cin幅(mm)	2	2	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	6 (Note 1)
B: 最小Cdrv幅(mm) (Note 5)	2	5	7	7	5	7	7	10	10	10	10	13	10 (Note 1)
C: 固定Cin-Cdrv 間距離(mm)	1												
D: 固定Cdrv-GND 間距離(mm)	1												
Cin-Cdrv間静電容量 (pF)	0.50	0.63	0.81	0.81	0.63	0.72	0.72	0.81	0.81	0.97	0.97	1.03	1.00

1. 表面パネルの厚さが3 mmで空気層が2 mmの際に、Cdrv幅が13 mm確保出来ない場合の値になります。ただし、若干S/NIは推奨値よりも悪くなる場合があります。
2. 弊社実験で使用した表面パネルはアクリル板を使用しています。
3. 弊社実験で使用したPCBの厚さは1.6 mmです。タイルの裏面にGNDパターンがある場合、感度が低下する場合がありますので、その場合にはCin幅を若干(0.5~1.0 mm程度)広げる等の調整が必要になります。
4. 弊社実験では、1st Gainを0000b、2nd Gainを0100bに設定し、疑似指(直径12mm)でタッチして測定データの値が20程度になるように調整しています。
5. Cdrvの幅が広いほどSNRが向上します。



実際のタッチ検出範囲

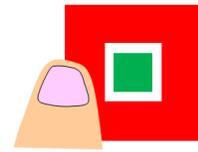
LC717AシリーズはCinとCdrv間にある電気力線を遮ることでタッチ検出を行います。

このため、CdrvとCinの両方に指が触れることで、タッチ検出が有効となります。

必ずしもタッチ検出のために、Cin全体を指で覆う必要はありません。



タッチ検出可能
(指がCinとCdrv両方に触れているため)



タッチ検出不能
(指がCinに触れていないため)

シングルマトリックスのデザインルール

(2つのCinで1つのスイッチ)

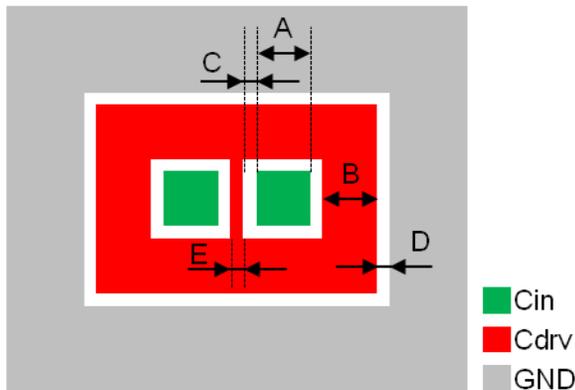
スイッチマトリックス(1つのスイッチに2chの入力を使用する場合)として使用する場合1つのスイッチに2chの入力を使用し、ch数よりも多くのスイッチを確保してご使用される場合のタイルサイズをTable 3に示します。マトリックス上に4×4chのスイッチを

配置した場合には16chのスイッチとして対応可能な構成になります。ただし、本タイルサイズは弊社にて実験した結果から算出した値であり、お客様の製品でご使用の部材の材質等により、レジスタやタイルサイズの調整が必要になる場合があります。

Table 3. タイルサイズ

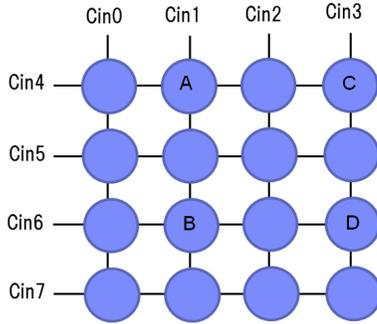
表面パネルの厚み (mm)	1	2	3	4	2	3	2	3	2	3	2	3	3
空気層(mm)	0	0	0	0	0.5	0.5	1	1	1.5	1.5	2	2	2
A: 固定Cin幅(mm)	2	2	3	3	3	4	4	5	5	5	6 (Note 6)	5	6 (Note 6)
B: 最小Cdrv幅 (mm) (Note 11)	2	5	7	7	7	7	7	10	10	13	6 (Note 6)	13	6 (Note 6)
C: 固定Cin-Cdrv 間距離(mm)	1												
D: 固定Cdrv-GND 間距離(mm)	1												
E: Cin-Cin間にある固定Cdrv幅(mm)	1												
Cin-Cdrv 間静電容量(pF)	0.50	0.63	0.81	0.81	0.63	0.72	0.72	0.81	0.81	0.97	0.97	1.03	1.00

6. 表面パネルの厚さが3 mmで空気層が1.5 mmの際に、Cdrv幅が13 mm確保出来ない場合の値になります。ただし、若干S/Nは推奨値よりも悪くなる場合があります。
7. 表面パネルの厚さが3 mmで空気層が1.5 mmの際に、Cdrv幅が13 mm確保出来ない場合の値になります。ただし、若干S/Nは推奨値よりも悪くなる場合があります。
8. 弊社実験で使用した表面パネルはアクリル板を使用しています。
9. 弊社実験で使用したPCBの厚さは1.6 mmです。タイルの裏面にGNDパターンがある場合、感度が低下する場合がありますので、その場合にはCin幅を若干(0.5~1.0 mm程度)広げる等の調整が必要になります。
10. 弊社実験では、1st Gainを0000b、2nd Gainを0100bに設定し、疑似指(直径12 mm)でタッチして測定データの値が20程度になるように調整しています。
11. Cdrvの幅が広いほどSNRが向上します。



マトリクススイッチについて

Cinを組み合わせる事で、例えば4x4のマトリクス設定時は16スイッチとして使用可能です。(LC717A10では、8x8の64スイッチまで、対応可能です。)



* 4x4 = 16スイッチとして使用できますが、同時押しが出来ません。同時押しをした場合、ゴーストが発生します。

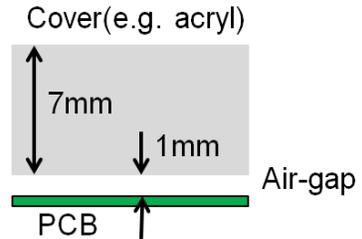
例) Cin1, Cin3, Cin4, Cin6が反応した場合、押している場所が、図のAとDなのか、BとCなのか判断が付きません。通常、4点の反応があった場合は制御マイコン側で無視をして対応します。

デザインルールに無い条件について

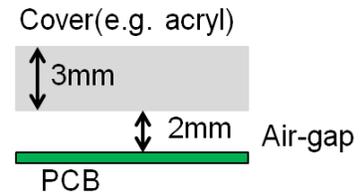
カバー(アクリルなど)の誘電率は空気層の3~4倍です。

この特性を利用してデザインルールに無い条件についても簡単に計算することができます。

以下に計算例を示します。1 mmの空気層と7 mmのカバー(アクリル)でスイッチを作製した場合、この条件はデザインルールにありません。



しかし、3~4 mmのカバー(アクリル)は誘電率の関係を利用して1 mmの空気層に置き換えて考えることができます。このため、7 mmのカバー(アクリル)は3 mmのカバーと1 mmの空気層に置き換えることができます。(アクリルの比誘電率を4とした場合) 7 mm cover = 3 mm cover + 1 mm air-gap



この場合、3 mmのカバーと2 mmの空気層のデザインルールが適応されます。

3 mm以上の空気層が求められる場合

以前からの方法では、空気層への対応として、導光板やスプリングが必要でした。

しかし、LC717Aシリーズは高感度により空気層を許容するため、導光板やスプリングを必要としません。

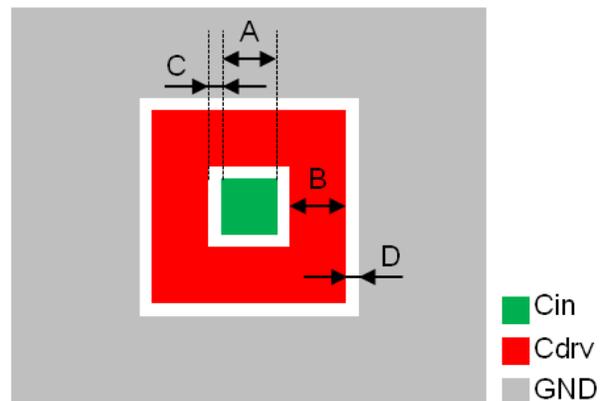
Table 4. タイルサイズ

表面パネルの厚み(mm)	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
空気層(mm)	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8
推奨スイッチパターン	PA	PA	PA	PA	PB							

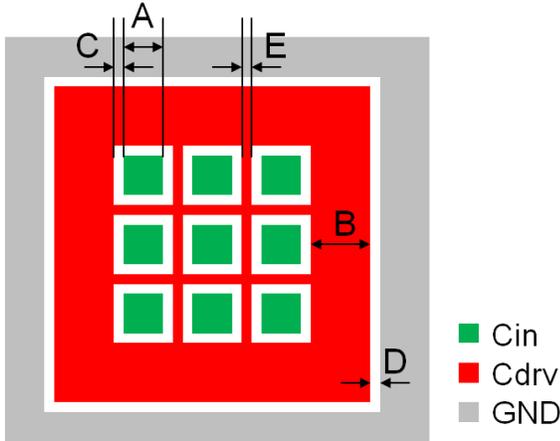
推奨スイッチパターン“PA”(Cin-Cdrv間静電容量は1.22 pF)このパターンは空気層3~4 mmに適応します。

- A (Cin Width): 8 mm
- B (Cdrv width): 10 mm以上
(可能な限り広くすること)
- C (Cdrv-Cin Distance): 1 mm
- D (Cdrv-GND Distance): 1 mm

* 弊社実験で使用したPCBの厚さは1.6 mmです。タイルの裏面にGNDパターンがある場合、感度が低下する場合がありますので、その場合にはCin幅を若干(0.5~1.0 mm程度)広げる等の調整が必要になります。



推奨スイッチパターン“PB”(Cin-Cdrv間静電容量は4.13 pF)このパターンは空気層5~8 mmに適応します。



- A (Cin Width): 4 mm
- B (Cdrv Width): 7 mm以上(可能な限り広げること)
- C (Cdrv-Cin Distance): 1 mm
- D (Cdrv-GND Distance): 1 mm
- E (Cdrv Width between Cin-Cin): 1 mm

空気層が厚くなると、隣り合うスイッチとの分離が難しくなります。この場合は使用している複数のCinに対応したData Registerを読み込んでください。そして、一番大きなデータになっているCinをタッチしたと認識してください。

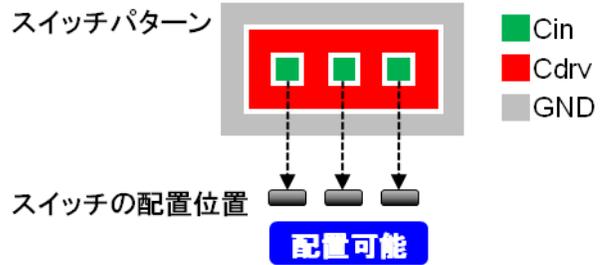
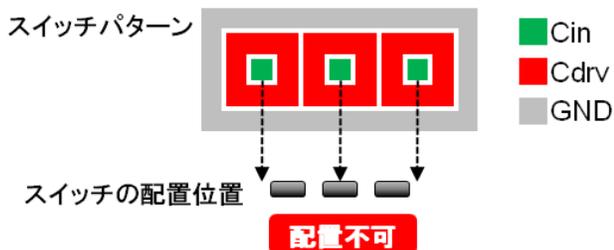
* 弊社実験で使用したPCBの厚さは1.6 mmです。タイルの裏面にGNDパターンがある場合、感度が低下する場合がありますので、その場合にはCin幅を若干(0.5 mm程度)広げる等の調整が必要になります。

単位スイッチパターン(Tile)を並べる際の注意

タイルをプリント基板に配置する際に、スイッチ間の間隔やプリント基板端との距離が狭く、配置できない場合があります。上記の場合には、以下に示すような対策が可能です。

隣接するスイッチのCdrvを重ねて配置する

タイルのCdrv部は重ねて配置する事が可能です。Cdrvを重ねて配置する事でタイル間の距離を縮めて、様々なスイッチへの採用が可能になります。



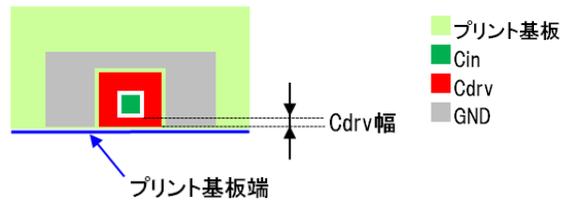
プリント基板端にスイッチを配置する場合

製品のスイッチの位置とプリント基板の位置との関係から、スイッチ基板端にスイッチを配置しなければならない場合、十分なCdrvの幅が確保出来ない場合があります。

上記のような場合には、プリント基板端のCdrv幅を縮める事で対応可能です。2 mm幅程度までであれば、問題無く動作可能です。

ただし、Cdrv幅が1 mm程度まで縮められた場合には、ある程度の感度低下が想定されますので、測定データに応じてレジスタ設定を変更してください。

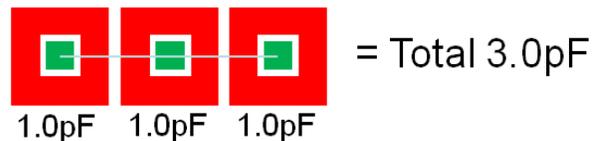
プリント基板端のCdrv幅を縮めたパターン



1つのCin(Cref)に接続できる単位スイッチパターン(Tile)の最大数

1つのCinに接続できるタイルの数は、Cin-Cdrv間静電容量の合計値によって決定されます。1つのCinに許される対Cdrvへの静電容量は最大で8 pFです。

1 pFのタイルを3つ繋げた場合、合計で3 pFとなります。



Static OffCal CDAC Base Registerの設定方法

Static OffCal CDAC Base Registerで設定する値は、静的オフセットキャリブレーションを実施する時の基準容量の値であり、この基準容量値とセンサパターンのCin (又はCref)-Cdrv間容量値を比較して、タッチ検出測定の基準となる測定条件の決定を行っています。

上記測定条件の決定時にLSI内部アンプのダイナミックレンジが決定され、基準容量とセンサパターンのCin-Cdrv間容量値に近いほどダイナミックレンジが広がります。上記ダイナミックレンジが広くな

ると、タッチ検出自体の特性向上に繋がる為、Static OffCal CDAC Base RegisterはCin-Cdrv間容量値に対して最適な設定をする事を推奨します。

Static OffCal CDAC Base Registerの最適な設定値は、Cin-Cdrv間容量(1つのCinに複数のセンサパターンが接続されている場合は合計の容量値)により異なります。

以下を参考に設定してください。

- Cin (Cref)-Cdrv間容量が2 pFより大きく8 pF以下の場合、0x80 (4 pF)を設定
- Cin (Cref)-Cdrv間容量が1 pFより大きく2 pF以下の場合、0x40 (2 pF)を設定
- Cin (Cref)-Cdrv間容量が1 pF以下の場合、0x20 (1 pF)を設定

ただし、Cin毎に大きさの違うセンサパターンを使用している場合には、Cin-Cdrv間容量値が一番大きな値の容量値を参考に、Static OffCal CDAC Base Registerの値を決定してください。

例) Cin-Cdrv間容量が1.5 pFのセンサパターンと5 pFのセンサパターンを使用している場合は、0x80を設定してください。

Cin (Cref)-Cdrv間の静電容量を測定するためのソフトウェアを用意してあります。弊社web siteよりダウンロードすることが出来ます。

また、弊社設計支援ソフトウェアを用いて、レジスタ値を決定する場合は、Static OffCal CDAC Bass Registerの設定方法について意識する必要はありません。

Crefパターンの設計方法

LC717AシリーズはCinが接続されたセンサパターンとは別に、Crefが接続された基準用のパターンが必要です。このCrefのパターンにもCinで使用した物と同じタイルを使用します。

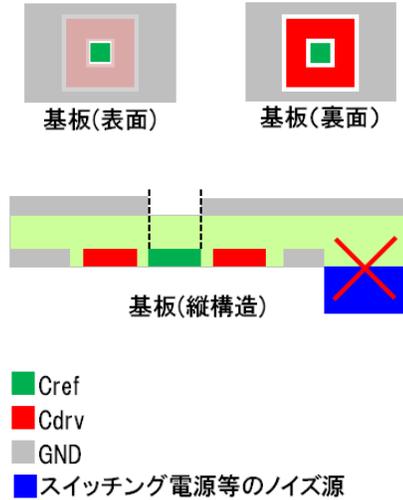
Crefを基板最上層に配置すると、表面パネルをタッチした際にCref-Cdrv間の電気力線を遮断する場合があります。基準が変動してしまいます。

上記対策として、Crefのパターンを基板の最下層に配置し、最上層基板にはCref近傍までGNDを覆う事により、基板表面へCref-Cdrv間の電気力線が飛ばないので容量変化が起きず、Crefをタッチしても測定データが変わる事はありません。

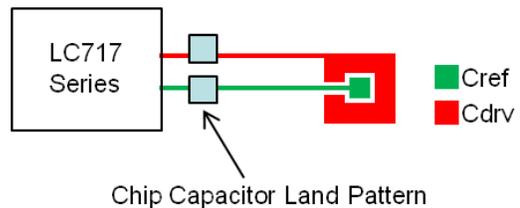
また、Cref部のパターンのみGNDで覆わない事で、Cinと同様に表面パネル側からのノイズを基準となるCrefも受ける事になり、同相ノイズとしてLSIの内部回路でキャンセルする事が出来ます。

ただし、Cinとは異なりCrefは基板の裏面側からのノイズの影響を受けるので、Crefパターン近傍にはノイズ源になるスイッチング電源等は配置しないでください。

ノイズ源の影響を受けないようにCrefの配置ができない場合や、一層基板で上記対応が出来ない場合には、スイッチパターンの設計方法を参考にして、Cref-Cdrv間にタイルと同程度の容量のチップコンデンサをLSI近傍で接続してください。



Crefパターンを使用する場合であっても、Cref-Cdrv間にチップコンデンサを取り付けられるランドをPCB上に用意することを推奨します。(LC717A10の場合は、CrefAdd-Cdrv間にもチップコンデンサを取り付けられるランドを用意することを推奨) Crefパターンが多くのノイズを拾う場合は、Cref配線をカットしてCref-Cdrv間にチップコンデンサを取り付けます。仮にCrefパターンを配置できない場合でも、LC717AシリーズはEMS試験(IEC61000-4-6)をパスすることができます。



単位スイッチパターン(Tile)以外のデザインルール

プリント基板を作製するにあたり、タイル以外の部分のデザインルールをご説明します。

共通のデザインルール

主にCinとCdrvの配線周りのデザインルールに関して、下記に示します。

Table 5. 共通デザインルール

項目	デザインルール	備考
Cin (Cref,Cdrv)の配線幅	0.2 mm幅以下	配線幅が太いと外来ノイズの影響を受けやすくなります。
Cin-Cin (又はCref)間及びCin-GND間 (又はその他のDCライン)配線間距離	0.2 mm以上 (0.5 mm以上推奨)	距離が近いと感度が低下する可能性があります。
Cin (又はCref)配線とその他の信号ラインとの並走	並走は極力避けてください。プリント基板の裏面であっても、極力避けてください。仕方なく並走させる場合には、間に1 mm幅以上のGNDラインを挿入してください。	信号ラインはタッチセンサにとってはノイズ源となるため、誤動作等の原因になります。
プリント基板の厚さ	1 mm以上推奨	タイトルの裏面にベタGNDがある場合、プリント基板が薄いと、感度が大きく低下する場合があります。ただし、GNDが無いとプリント基板の裏面方向からのノイズの影響を受けやすくなるので、注意してください。

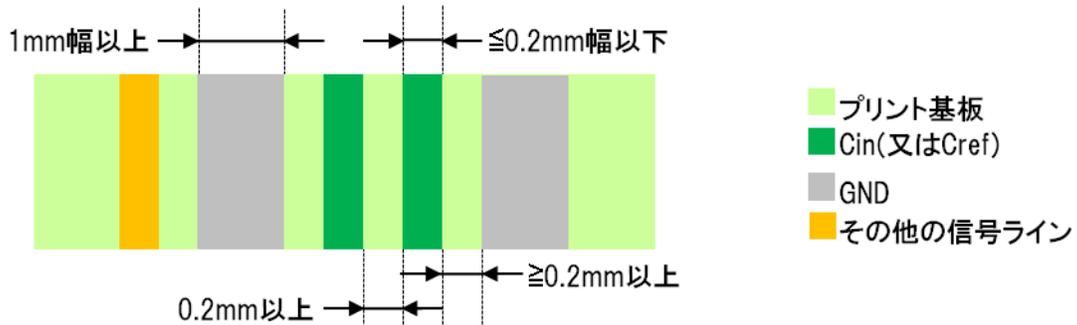


Figure 21.

プリント基板を1層基板で作製する場合のデザインルール

Table 6. デザインルール

項目	デザインルール	備考
Cdrv-Cin配線間距離	配線間にGNDを挟んで15 mm以上 (20 mm以上推奨)	CdrvとCinの並走した部分がタッチセンサとなる為、本来のスイッチ部分以外を触った際に、タッチのON判定をする場合があります。

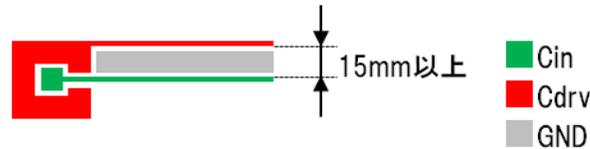


Figure 22.

プリント基板を2層基板で作製する場合のデザインルール

Table 7. デザインルール

項目	デザインルール	備考
Cdrv-Cin (又はCref)配線間距離	5 mm以上 Cdrv (Cin, Cref)の配線は裏面に配線してください。	
タイルの裏面に関する制約	タイル内のCinパターンの裏面にはGND以外のパターンを配置しないでください。また、プリント基板の厚さは1 mm以上を推奨します。	Cinパターンの裏面にGND以外の配線がある場合、タッチの誤判定が発生する場合があります。

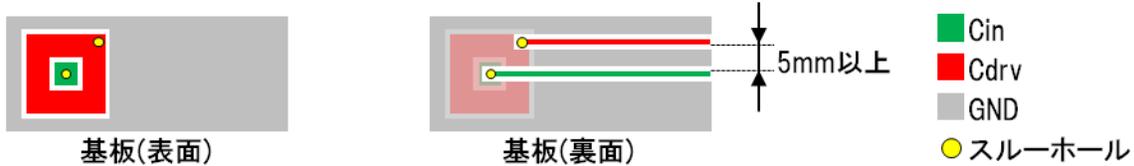


Figure 23.

プリント基板を多層基板で作製する場合のデザインルール

多層基板での作成時には、2層基板のデザインルール以外に、以下のデザインルールが追加されます。

Table 8. 追加デザインルール

項目	デザインルール	備考
Cin (Cref, Cdrv)の配線位置	可能な限り最下層で配線してください。	配線に問題がある場合のデバッグを容易にする為の対策です。ただし、外層近傍のノイズ環境が悪く、その影響を受けやすい状態にある場合には、内層で配線しても問題ありません。
内層の配線	タイル部分の内層(赤色の点線に挟まれた部分)及びCin (又はCref, Cdrv)配線部分の内層(青色の点線に挟まれた部分)にベタGNDを配置しないでください。また、タイル内のCinパターン部分の内層(緑色の点線に挟まれた部分)には、その他の信号ラインの配線もしないでください。	感度が著しく低下する要因になります。タイル内のCinパターン部分の内層にその他の信号ラインの配線がある場合、タッチの誤判定が発生する場合があります。
Cin (又はCref)配線とその他の信号ラインとの並走	仕方なく内層で並走する場合には、Cin (又はCref)配線が配置された最下層から出来るだけ距離が遠い層で配線してください。	感度の著しい低下や、タッチの誤判定が発生する場合があります。

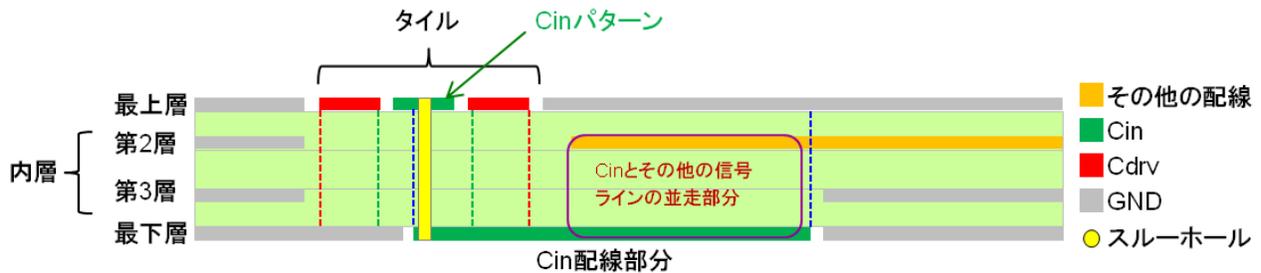


Figure 24.

寄生容量の影響

Cin-GND間及び、Cin-Cin間*の寄生容量が増えるに従って、センサの感度が低下します。感度の低下を防ぐため、下記の対策が挙げられます。

1. Cin-GND間及びCin-Cin間の距離を広くする。
2. Cinの配線距離を短くする。

*測定時以外CinはGND (VSS)に固定されています。そのため、Cin-GND間容量とCin-Cin間容量は同じ意味になります。

上記(1)(2)の対策が難しい場合には、ゲインの設定を高めにして対応します。この場合、センサのS/Nは悪化します。厳しいノイズ環境下で使用する場合には注意が必要です。

例) 2層PCB基板、厚さ = 1.6 mm、比誘電率 = 4.3、Cin幅 = 0.2 mm、Cin-GND間 = 0.2 mmで設計した場合、10 cm配線を伸ばすと10%程度感度が低下します。(下図配線パターン)

LC717Aシリーズの場合、Cinの最大配線長は500 mmです。(推奨は300 mm以下)

感度低下を防ぐためCinの配線が長くなるときは、Cin-GND間及びCin-Cin間の距離を可能な限り広げてください。

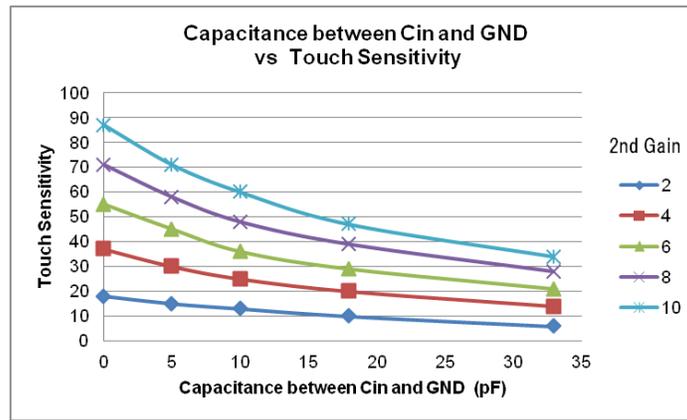
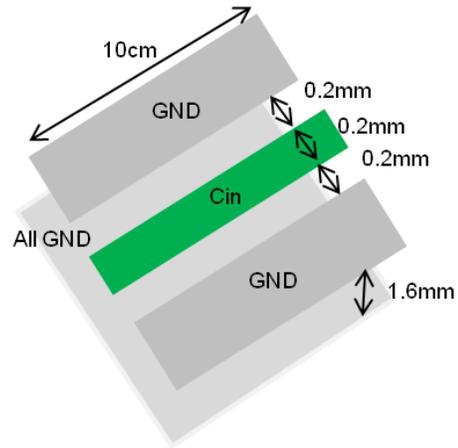


Figure 25.

スイッチパターンの裏面ベタGNDの影響

Cinの裏面にGNDが配置されている場合、Cin-Cdrv間の電気力線の一部が裏面のGNDに終端されてしまいます。このため、Cinと裏面のGNDの距離が近い場合、タッチ検出感度が低下します。しかし、外来ノイズからの影響を防ぐため裏面のベタGNDは可能な限り配置することを推奨します。

以下のグラフはTile(Cin)-裏面ベタGNDの距離と検出感度の関係を示したものです。

Tile (Cin)-裏面ベタGNDの距離が近いほど、検出感度が低下することが解ります。

このグラフはCin幅8 mm、PCBの比誘電率4.3でのデータです。PCBパターンによっても結果が異なります。

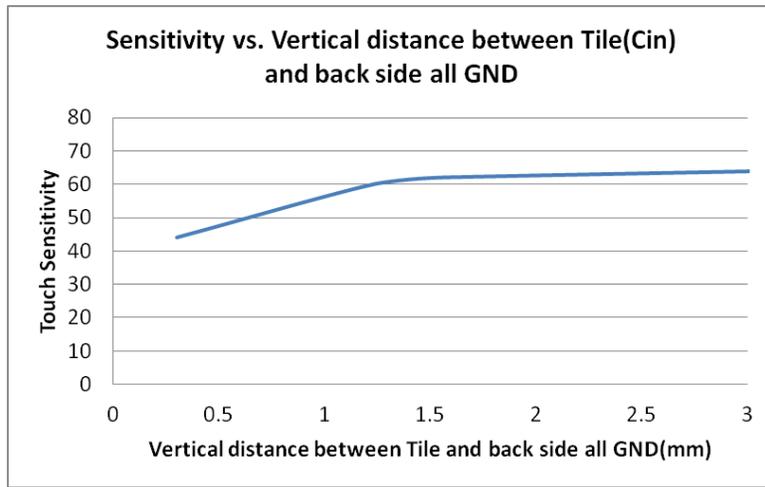


Figure 26.

薄いPCBまたは、長いCin配線を使用する場合は、感度低下が予想されます。可能であれば、テスト用

のPCBにサイズの異なるCinを作製し、その中から最適なCinサイズを決定することを推奨します。

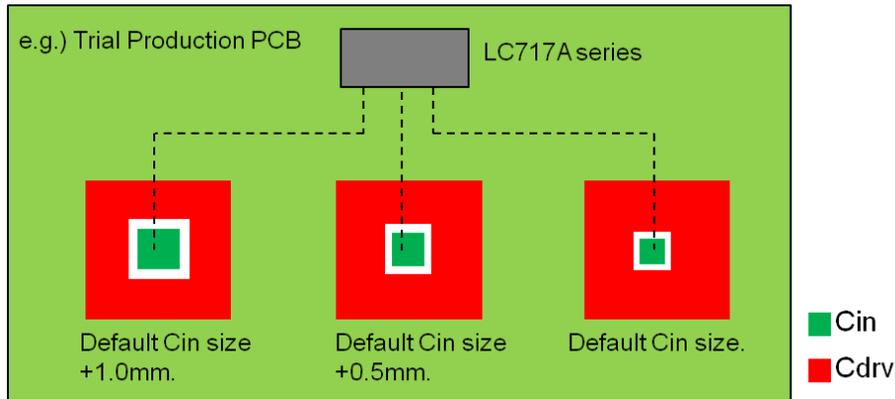


Figure 27.

大きいサイズのスイッチパターンを作製する場合

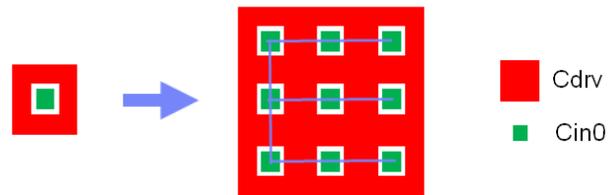
スイッチをマトリックス構造で使いたい場合や、面積の大きいスイッチを使いたい場合は、容量センサ入力端子(Cin)に接続されるセンサパターンのCin-Cdrv間容量値が大きくなります。この際、1つのCinに対するCin-Cdrv間容量値は、データシート内の入力オフセット容量調整範囲CoffRANGEで規定している8 pF以下になるように設計してください。

同様に、Crefに接続するセンサパターン（又はチップコンデンサ）もCref-Cdrv間容量値が8 pF以下になるようにしてください。

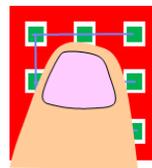
Cin（又はCref）-Cdrv間容量値が8 pFを超えると、タッチ検出が出来なくなる場合がありますので、ご注意ください。

単独Cinチャンネル使用パターン

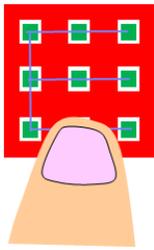
面積の大きいスイッチを作る場合は、タイル(同一のCin)を複数並べて対応します。



しかし、単純にタイルを並べただけでは、スイッチの中央と端で大きな感度差を生じます。

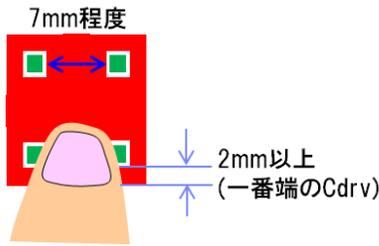


多くのCinに触れるので感度が高い



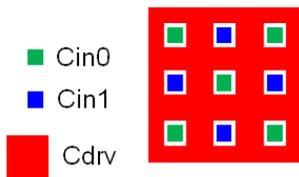
少しのCinに触れるので
感度が低い

そこで、CinとCinの間の距離を広げて、なるべく複数のCinを同時に押さないように調整します。CinとCinの距離の目安は、指を置いた時、2つのCinの端が、指の端にかかる程度です。(7mm程度)

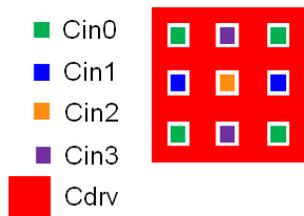


複数Cinチャンネル使用パターン

未使用のCinチャンネルがある場合、2つの以上のCinを千鳥に配置して、スイッチを構成する方が動作が安定します。

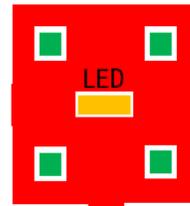


Cinを2つ使用した例



Cinを4つ使用した例

1つのCinチャンネルだけでスイッチを構成する場合には、同一Cinチャンネル間の距離が広がるため、感度に対するばらつきが少なくなります。

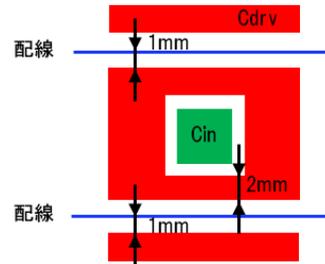


* スイッチの中央にLEDを配置することも可能です。

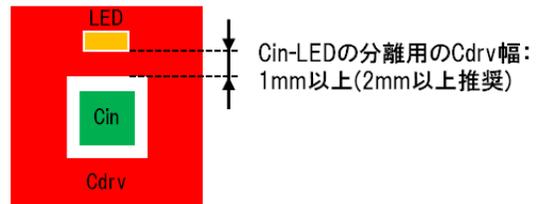
LEDやセンサ信号以外の配線を配置する方法

センサパターン内のCdrv部へ、LED等の部品や配線は配置可能です。Cin内へのLEDの配置は感度低下等の原因になるので、推奨していません。

LEDの輝度調整にPWM (Pulse Width Modulation) 信号を使用することも可能です。この場合PWMの周波数は10 kHz以下にしてください。Cdrv内での配線はDCまたは10 kHz以下のAC信号としてください。



Cdrv内にその他の配線をレイアウトした例



Cdrv内へLEDを配置する例

1. 配置したLEDをトランジスタで駆動させる場合、トランジスタのコレクタ側がフローティングにならないように、LEDと並列に抵抗(10 kΩ程度)を配置してください(Figure 29)。また、PWMを使用してLEDの輝度調整を行う場合、PWM信号がノイズ源となりますので、お客様のノイズ試験において問題がないことを十分に確認した上でご使用ください。
2. LEDを駆動するための制限抵抗は下図で示した位置へ接続することを推奨します(Figure 28)。

LC717A00のPout端子は、1出力あたり8 mA (使用Duty:50%時)まで出力可能です。ただし、LSI全体で40 mA (使用Duty:25%時)までとしてください。これ以上の出力電流が必要な場合は別途トランジスタを追加してください。

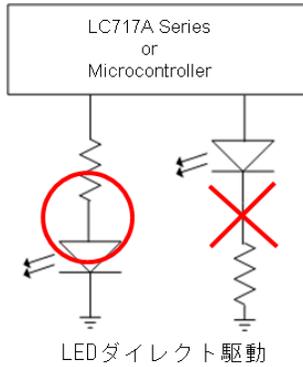


Figure 28.

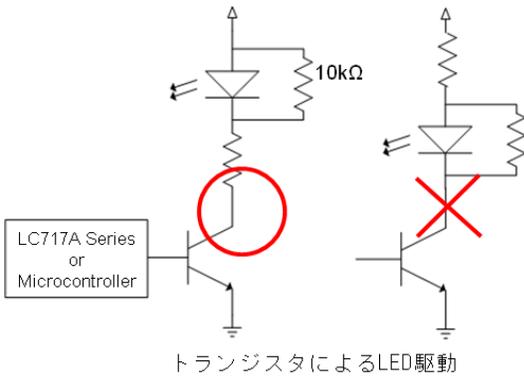
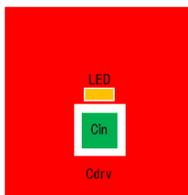


Figure 29.

LEDとLEDと並行する10 kΩ以外の部品は、ノイズの影響を抑えるため、できるだけスイッチパターンから遠ざけて配置するようにしてください。

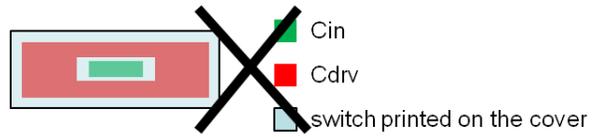
LC717A00はPWM機能やトグルスイッチの機能がありません。これらの機能を実現するためには、別途マイコンが必要になります。

3. スwitchの中央でLEDを点灯させたい場合は、Cinを中央より下側に配置します。中央のLEDをタッチしたとしても問題なく動作します。これは、LC717AシリーズはCin-Cdrv間の電気力線を遮ることにより動作するためです。タッチ検出のために、指でCin全体を覆う必要はありません。

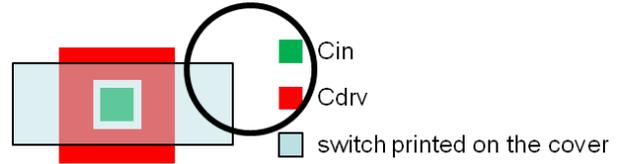


正方形以外のスイッチを作製する方法

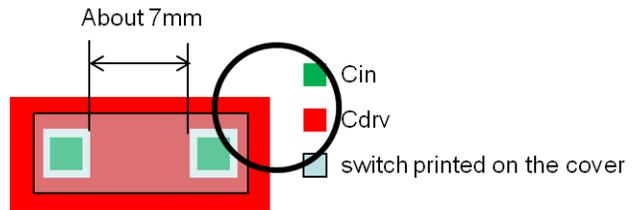
長方形のスイッチ



Cinを長方形にしないでください。

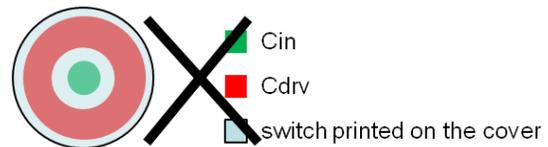


長方形のスイッチは正方形のタイルの上に印刷する。

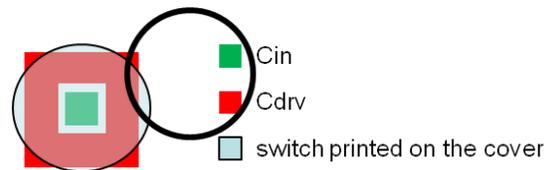


Cinを約7 mm離して配置する。

円形のスイッチ

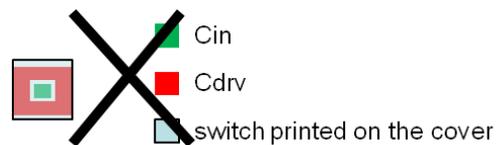


CinとCdrvを円形にしない。

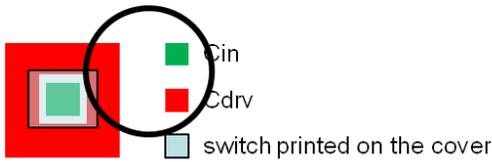


円形のスイッチは正方形のタイルの上に印刷する

小さいスイッチ



CinとCdrvを印刷通りに小さくしない。



タイルのサイズは変更しない。

特殊用途

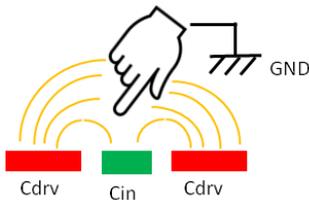
防水用PCBパターン

霧吹きや雨程度の水滴であれば、LC717Aシリーズは問題なく使用することができます。また、タッチ部に角度を付け水捌けを良くしたり、撥水加工することで更に水に対する信頼性が向上します。ただし、大量の水がタッチ部前面を覆っている環境では、正常に動作する事が出来ません。

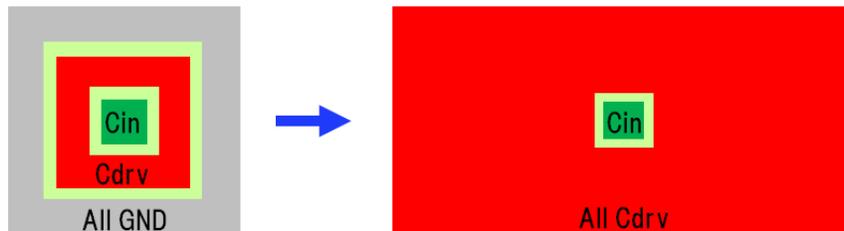
水がタッチセンサに及ぼす影響

水の影響が無い場合、CdrvとCinの近くに指が近づくるとCdrvとCin間の電気力線が指に吸い寄せられます。これは質量の大きい人体が見かけ上のGNDに見えるためです。

このCin-Cdrv間の電気力線の変化(容量の変化)をLSIが検出し、タッチのON/OFF判定を行っています。



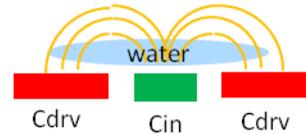
水滴がCin-Cdrvの上に付いた場合、水滴は人体と比べ非常に質量が小さいため電気力線は殆ど変化し



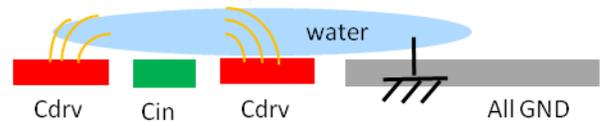
また、大きな水滴によりタッチの誤判定が発生した場合でも、制御マイコン側のファームウェアを工夫することで、誤判定を回避することが可能です。

スイッチの同時押しを禁止にする。または、複数のスイッチの測定値に反応がある場合は、指以外のものが付着したと判断して、制御マイコンのファームウェア側でタッチ判定を無効にする。タッチの誤判定が発生するような大きな水滴が付着すると、多くの場合、隣り合うスイッチ間に水がまたがった状態になります。この状態でスイッチにタッチする

ません。このため、水滴がCin-Cdrvの上に付いた程度では、タッチの誤判定は発生しません。



水滴が大きくなり、周りのベタGNDまで広がった場合、水とGND間の電気的な結合が非常に強くなり、人体でタッチした場合と同様のモデルになります。上記モデルにより電気力線が変化し、タッチの誤判定が発生する場合があります。



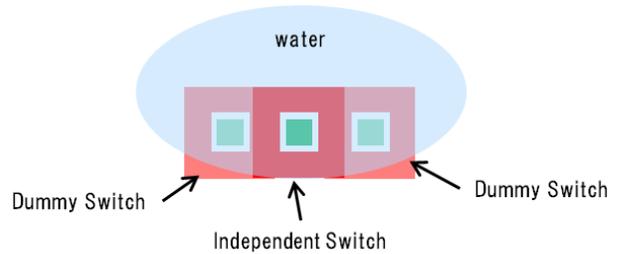
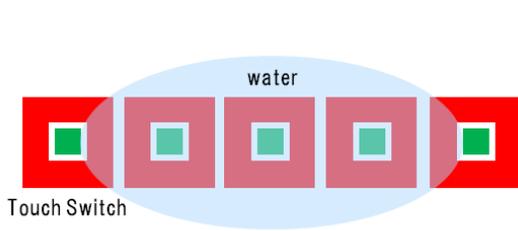
対策として、水とGND間に電氣的に結合が発生しないパターンを使用する方法があります。以下にパターン例を示します。

水濡れが想定される箇所をベタCdrvで覆う：

下図のようにタッチ面のGNDを全てCdrvに置き換える事により、GNDとの電氣的結合が発生しません。

と、複数のスイッチを同時に押したと誤判定される為、同時押しを禁止する事により誤判定を回避する事が可能です。また、隣り合うスイッチが存在しない独立したスイッチについては、使用していないCinをダミースイッチとして配置することで、スイッチ上に水滴(または導体)がある事を検出でき、誤判定を回避する事が可能です。

LC717Aシリーズは水中での動作を保証していません。水中カメラなど水中で使用することは止めてください。



自己診断用PCBパターン

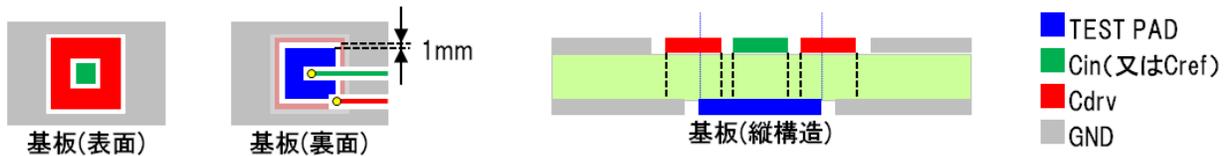
センサ関連の信号(Cin, Cref又はCdrv)がショート又は感度不良が無いかをチェックする為のセルフチェック用パターンとセルフチェックの方法を紹介します。

セルフチェック用パターン

デザインルールで紹介したタイルの大きさの場合、下図のようにタイルの裏面に10 mm角のTEST PADを配置してください。TEST PAD配置の際は、

TEST PADとGNDとの間に1 mmの間隔をあけてください。このTEST PADには、制御マイコンの入出力ポートを接続します。

デザインルールで紹介したタイルよりも大きなタイルをご使用の際には、TEST PADがCin (又はCref)とCdrvに被るように配置してください。また、下図にもあるように、配線の都合上TEST PADは正方形である必要はありません。



セルフチェックの原理

TEST PADをHi-ZとGND (VSS)で切り替えると、実際に人間が指でタッチする状況を疑似的に作り出すことが可能です。(Hi-Z⇒非タッチ、GND (VSS)⇒タッチに対応)。

TEST PADのHi-Z、GND (VSS)の切り替えのためには制御マイコンの入出力ポートを使用してください。

* セルフチェックテスト以外の時は、TEST PADをGND (VSS)に固定してください。

* 大きなタイルをご使用の際は、セルフチェック時にData Registerの値が飽和してしまう場合があります。このような場合は、Data Registerの値が飽和しない程度にGainを低く設定したうえで再度セルフチェックを行ってください。

セルフチェックの手順

1. TEST PAD = GNDの状態ではLC717Aシリーズをリセットします。
2. TEST PAD = Hi-Zにします。Data Registerの値がマイナス側に振れ、その後、動的オフセットキャリブレーションにより、自動的にData Registerは0近傍に戻ります。(LSIのキャリブレーションの動作確認)
3. TEST PAD = GNDにします。Data Registerの値はプラス側に振れ、各チャネルのタッチ判定はON (Result RegisterのCinXACT bit = 1)になります。(タッチ動作の確認)

指の代わりにスタイラスを使用する

導電性の物であれば反応します。ただし、導電性の物質であっても先が細い針のようなものでは、Cdrv端子からCin端子に伸びる電気力線を遮る性能が低い為、感度が低下します。金属製のスタイラスなどをお考えの場合は、このことを考慮して感度設定をしてください。

ITOでスイッチパターンを作製する

対応可能です。PCB基板と比べITO (Indium Tin Oxide)の場合、配線抵抗値が非常に大きく、タッチセンサLSIにとって動作し難い条件となります。このため、弊社LSIに限ったことではありませんが、ITOに変更した際、所望の感度が得られなくなる場合があります。ITO配線の引き回しは極力短く設計してください。

ノイズの影響を抑える方法

I²C, SPIによる通信

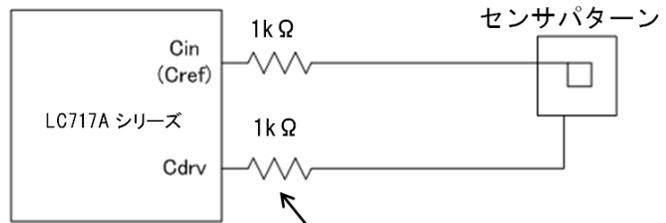
通信エラーを防止するため、データリード、データライトについてヴェリファイを実施することを推奨します。(しかし、Control 1 RegisterとControl 2 Registerは自動的に値が変更になるため、ヴェリファイを行うことができません。) 加えて、ノイズによる通信エラーが心配な場合は、SPIインタフェースを使用することを推奨します。

弊社でのノイズテスト(pull-up resistor = 3.3 kΩ, VDD = 3.3 V, noise amplitude = 9.0 Vpp, noise frequency = 1~75 MHz)により以下の結果を得ることができました。

- I²Cのノイズ耐性は35 MHz以下(動作エラーが発生するかで判断)
- SPIのノイズ耐性は75 MHz以下(動作エラーが発生するかで判断)

ノイズに対して、I²CはSPIに比べて弱いことが解ります。これはI²CのインピーダンスがSPIに比べて高いためです。

取り付け端子	取り付け可能な制限抵抗の最大値
Cin	10kΩ(1kΩ以下推奨)
Cref	10kΩ(1kΩ以下推奨)
Cdrv	1kΩ



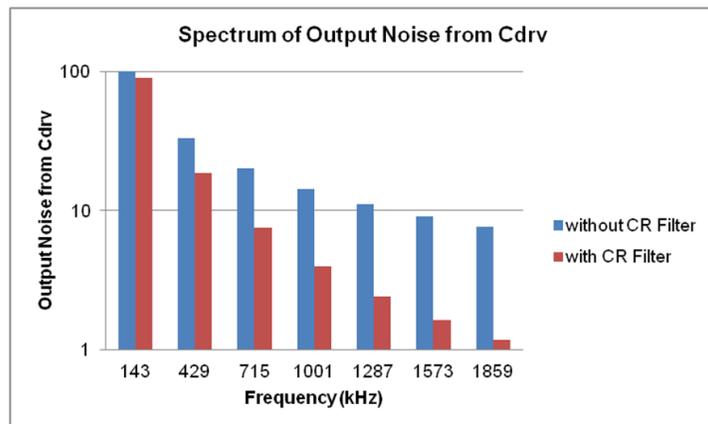
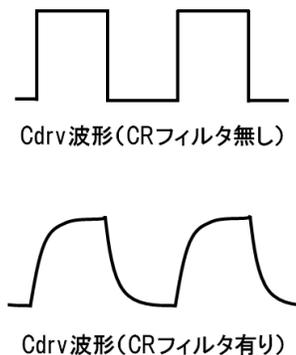
制限抵抗はLSIの直近に配置すること

* 本対策を行ってもESD耐性が改善されない場合は、印加ノイズによるI²C/SPIの通信エラーなど、LC717Aシリーズに関係ない箇所でも不具合が発生している可能性があります。特にI²Cは通信ラインのインピーダンス(プルアップ抵抗)が高いため、外来ノイズに対する耐性が弱く、注意して使用する必要があります。加えて、nRST (リセット)端子へノイズが印加されることによる誤動作にも配慮すべきです。

EMI (Electromagnetic Interference)

スイッチパターンの上にラジオのアンテナを近付けると、ラジオからノイズ音が出ます。これは、Cdrv端子から143 kHz (typ)の矩形波が出力されていることが原因です。Cdrvの矩形波は143 kHzの基本波とその奇数倍の高調波を多く含みます。

EMI (electromagnetic interference)が問題となるような場合には、CdrvにCRのローパスフィルタを追加することでCdrvの高調波成分を低減させることが可能です。



AND9197/D

CRのローパスフィルタに用いる抵抗(R)と容量(C)はR = 1 kΩ固定、C = 500 pF以下とします。ただし、Cの500 pFには、センサパターンのCdrv-GND間の寄生容量値も含まれます。

センサパターンのCdrv-GND間の寄生容量値は、平行平板のコンデンサ容量を求めるのと同じ方法で求めることができます。

例えば:

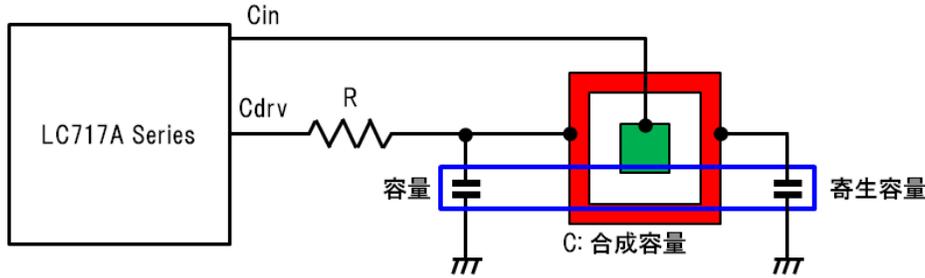
2層基板の厚さが1.6 mm、センサパターンのCdrv総面積が25 cm²、基板の比誘電率が4.3の場合、下式で算出する事が出来ます。

$$C_{\text{Cdrv-GND}} = \epsilon \cdot \epsilon_0 \frac{S}{d} = \quad (\text{eq. 1})$$

$$= 4.3 \times 8.854 \times 10^{-12} \times \frac{25 \text{ cm}^2}{1.6 \text{ mm}} =$$

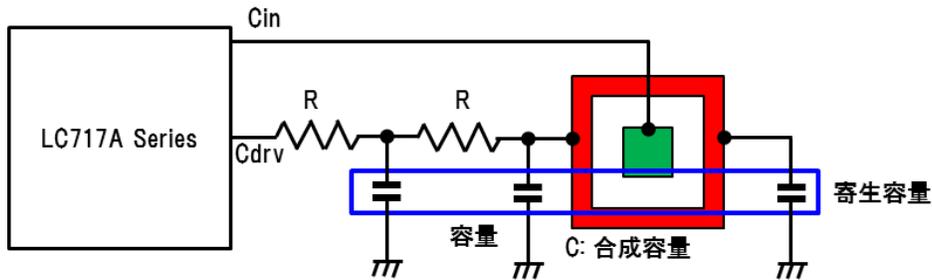
$$= 60 \text{ pF}$$

この結果から、Cdrv-GND間に追加が必要な容量は、500 pF - 60 pF = 440 pF以下となります。



すでにESD対策として1 kΩがCdrvに接続されている場合は、EMI対策用の1 kΩは接続不要です。

CRのローパスフィルタを2次にすることも可能です。この場合、R = 500 Ω固定、C = 330 pF以下を推奨します。



EMS (Electromagnetic Susceptibility)

LC717Aシリーズはデザインルールにある推奨スイッチパターンを使用することで、簡単にIEC61000-4-6(レベル3)の規格をパスすることができます。このため、LC717Aシリーズはノイズを多く発生する機器(電子レンジ、IHクッカーなど)に使用することができます。(環境テストは必ず実施してください。) 加えて、想像を超える大きなノイズが印加された場合、LC717Aシリーズのタッチ検出感度は自動的に低下します。これは誤ったタッチ判定を防ぎ、フェールセーフとして機能します。

IEC61000-4-6(レベル3)に準拠した環境にて試験を行っております。

試験環境:

試験方式: IEC61000-4-6: 2008

周波数範囲: 150 kHz-80 MHz

レベル: 10 emf (V)

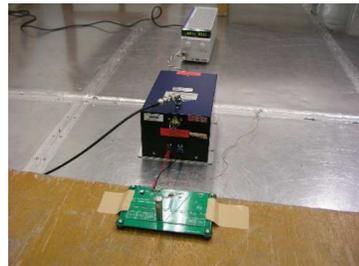
試験対象: 弊社リファレンスボード

電源電圧: 2.6 V/5.5 V

動作周囲温度: 21°C

湿度: 35%

試験設備: シールドルーム



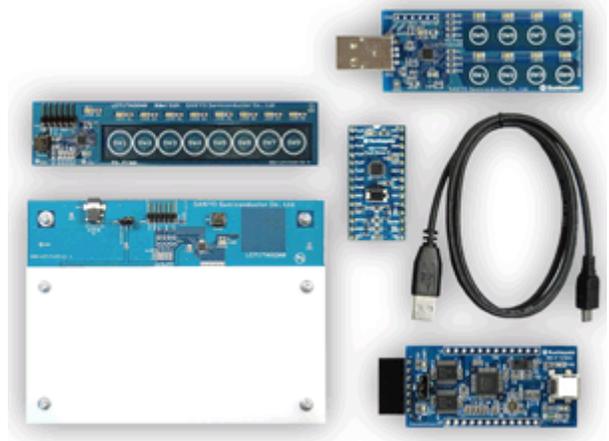
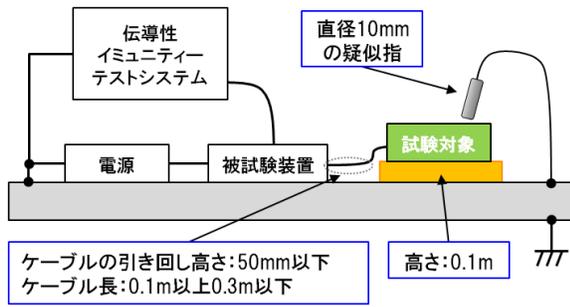
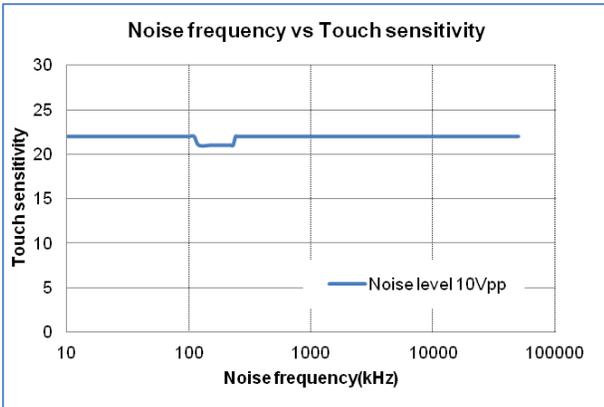


Figure 30. LC717A00ARGEVK



IEC61000-4-6の基準から考えて、電源のコモンモードノイズは10 Vpp 以下にしてください。

* LC717A00ARGEVKのスイッチパターンは古いデザインルールで設計されています。このためIEC61000-4-6(レベル3)の規格をパスしない可能性があります。LC717Aシリーズのためにお客様がPCBを設計される場合は、必ず最新のデザインルールを参照してください。

IEC 60730-1/IEC 60335-1

セルフテストライブラリについて

LC717Aシリーズはタッチスイッチのために作られたASSP (Application Specific Standard Product)です。このため、LC717AのデバイスはIEC 60730-1/IEC 60335-1の対象とはなりません。しかし、LC717Aシリーズを使用したお客様のセットはIEC 60730-1/IEC 60335-1の対象となります。

弊社は、お客様のセットがIEC 60730-1/IEC 60335-1をパスするための、セルフテストライブラリ (STL:Self Test Library)を用意してあります。

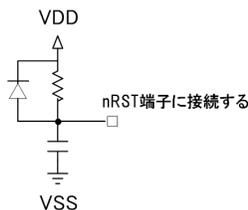
必要なお客様は弊社までお問い合わせください。

重要なお知らせ

nRST端子

パワーオンリセットを使用する場合は、nRST端子をVDDに固定してください。(nRSTはオープンにしないで下さい)ただし、パワーオンリセットを使用するには、電源投入波形の特性を仕様書の特性に合わせる必要があります。

供給するVDDが不安定であったり、電源投入波形の保証が難しい場合は、制御マイコンのGPIOからnRST端子を制御するか、外付けのパワーオンリセット回路(コンデンサ+抵抗+ダイオードで構成する)を使用してください。



外部パワーオンリセット回路の例

注意： 電源安定後、10 μs 程度の期間リセットがかかるように、コンデンサと抵抗の値を決めてください。

高い信頼性を求められる場合、LC717AシリーズのPOR (パワーオンリセット)を使用することを推奨しません。加えて、ノイズによる不具合を防ぐため、nRST-GND間にノイズ除去用のコンデンサを取り付けることを推奨します。

リセット期間中は、LSIの各端子がHi-Zの状態になっています。このため、ノイズなどの影響により、中間電位が入力されると貫通電流が流れます。通常の一時的なリセット期間であれば、まったく問題ありませんが、VDDが印加された状態で、長期間リセット端子(nRST)をLowにするような使用方法は避けてください。

環境キャリブレーション

LC717Aシリーズはメンテナンス不要です。これは、センサ基板の経時変化や温度変化に対応するた

めのキャリブレーション機能がLSIに内蔵されているためです。

静電容量タッチセンサは、タクトスイッチや抵抗式のタッチセンサと異なり、機械可動部が存在しないため、故障も無く、メンテナンスフリーで末永くお使い頂くことが可能です。ただし、空気層がある場合、基板と表面材の間にゴミが溜まると、故障の原因となる可能性があります。

また、指でタッチスイッチを触れた状態でVDDを印加しても、LC717Aシリーズは誤判定しません。指はスイッチから離すまではタッチを検出できませんが、一旦スイッチから指を離すと、次のタッチから正常に判定できます。

動的オフセットキャリブレーションの誤動作を防ぐため、非タッチ時のData Registerのノイズレベルは常に2以下になるようにしてください。また、長時間動作させる場合(24時間連続動作させるなど)、フェールセーフのため、定期的にLC717Aシリーズのイニシャライズ(Control 1 Registerによるキャリブレーションとパラメータ更新)を行うことを推奨します。

キャリブレーションエラー

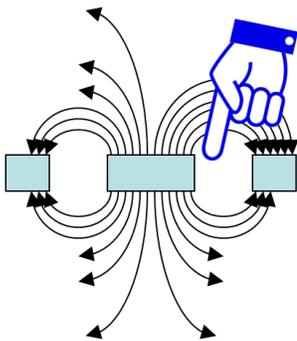
スイッチパターンの容量値がLSI内部の容量にて補正可能な容量値を超えた際にエラーとなります。お客様の環境試験(温度、湿度)において、キャリブレーションエラーが発生する場合には、センサパターンが最適でないということです。パターン形状の見直しが必要となります。

LC717Aシリーズで使用できる表面カバー

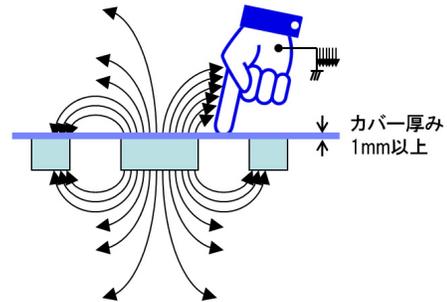
絶縁材(体積抵抗率が1 M Ω m以上の材質*)であれば使用できます。例えば、塩化ビニル、アクリル、ガラス等です。絶縁物であっても金属メッキやカーボンの入った塗料などは表面に電気を通す物質が存在するため使用することはできません。御注意下さい。

センサ上のカバーが無い状態や薄い場合は、容量検出モデルが変わります。センサ部の金属(導電体)とタッチする指との距離が1 mm以上となる様に絶縁性のカバー材(ガラス、アクリル樹脂、プラスチックなど)を設定してください。

*抵抗率であり、抵抗値とは異なります。



カバー無しの電解モデル指は誘電体とみなされ電気力線が増加する(このモデルではタッチセンサが正常に動作しない。)



カバー有りの電解モデル指は遮蔽物とみなされ電気力線が減少する。

タッチON自動キャンセル機能

LC717A00AR/AJには「タッチ自動キャンセル機能」が搭載されています。指で触れたのではなく、何らかの環境要因で万が一タッチ状態になってしまった場合でもLSIが永久にタッチ状態が続くことのないようにするフェールセーフの機能です。

初期状態ではタッチの状態が約10秒続くとOFFするようになっていています。Touch ON Count Lower/Higher Registerを使用してOFFするまでの時間を調整することが出来ます。お客様が使用するアプリケーションにもよりますが、短めに設定されることをお勧めします。

LC717A10AR/AJ/PJには「タッチ自動キャンセル機能」が搭載されていません。フェールセーフのため制御マイコン側のファームウェアに、この機能を組み込む必要があります。

使用するCin端子

実装時には、使用しない入力端子をオープンとしてください。また、「Use Channel Register」にて使用しないチャンネルを無効にすると、計測時間の短縮に繋がります。仕様書内の「Use Channel Register」の説明を参照ください。

SPI通信の初期化

電源投入及び、リセット後、I/FはI²Cが選択されています。その後、nCS端子の立下りエッジ(レベルではない)を検出すると、以降I/FはSPIとして動作します。このことから、nCS端子がHighのまま、SCK/SIに信号が入った場合、I²Cのフォーマットに準ずる信号であれば、I²Cの通信が成立してしまい、誤動作を起こす可能性があります。

SPIを使用される場合は、電源投入及びリセット後、INTOUT端子がLowになったことを確認してから、nCS端子をHigh -> Low (1 μ s 以上) -> Highと必ず動作させてください。この初期化処理を行わない場合、LSIの初期化処理終了を知らせるINTOUT端子がHighに遷移しない場合があります。

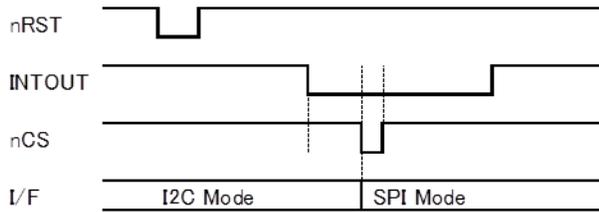
AND9197/D

INTOUT 端子を使用しない場合は、LSIのリセットから20 ms以上待った後、nCS 端子をHigh → Low (1 μs 以上) → High と動作させてください。その後、1.5 ms 以上待ってからSPIの通信を始めてください。

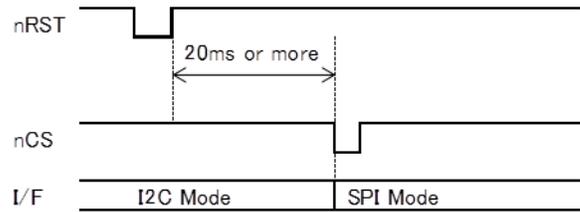
nCS 端子は通信時以外常にHigh とし、SPIの通信完了後もできる限り早くnCS 端子をHigh に戻すように

してください。nCS 端子を常にLow の状態にしておくと、LSIは常にSPIのバス開放待ち状態となります。

* Initialization of SPI with INTOUT.

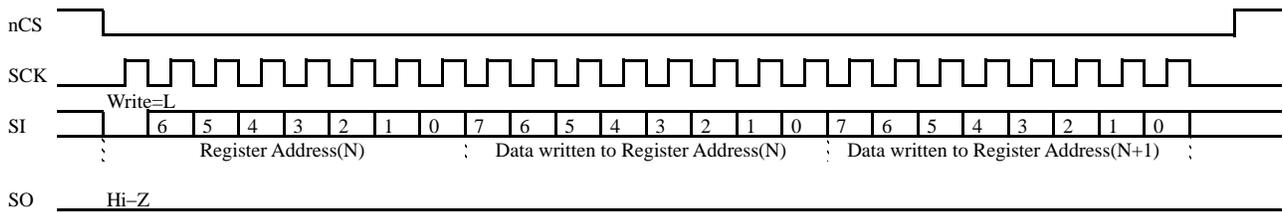


* Initialization of SPI without INTOUT.

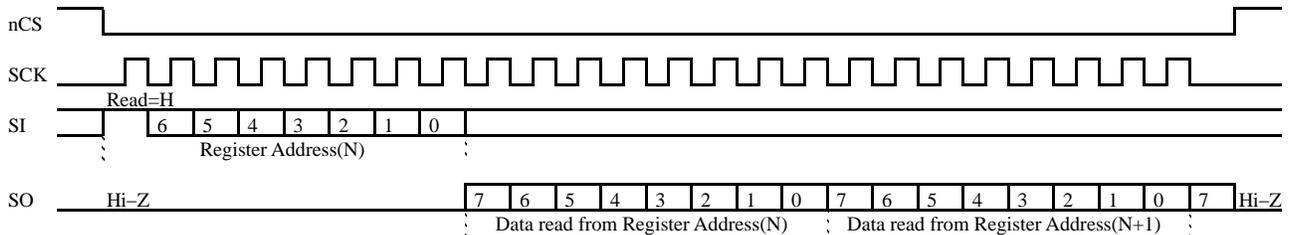


Appendix:

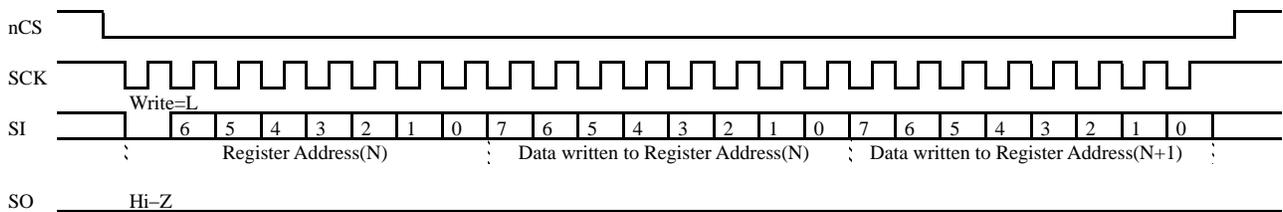
SPI MODE 0 (Data Write)



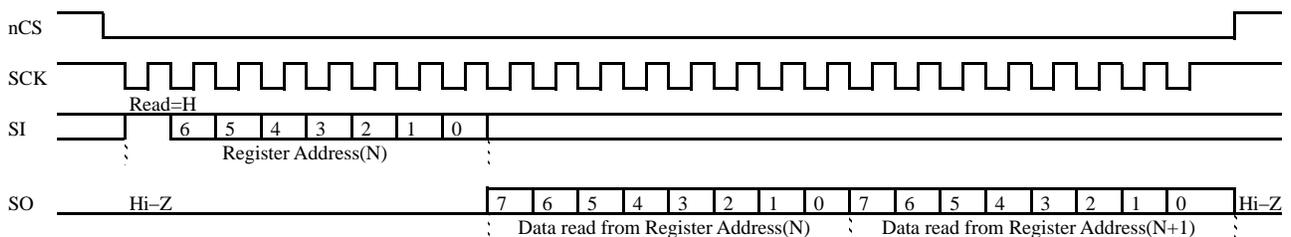
SPI MODE 0 (Data Read)



SPI MODE 3 (Data Write)



SPI MODE 3 (Data Read)



感度の調整方法

検出感度の調整は以下の方法で必ず実施してください。ノイズ耐性を向上させるために非常に重要です。

Step1: Average Count Registerを0x80, Filter Parameter Registerを0x0Cに設定してください。

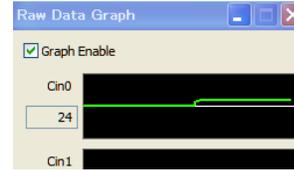
Step2: Cin Threshold Registerを10 (0x0A)に設定してください。

Step3: 指でタッチした状態でData Registerの値を確認します。

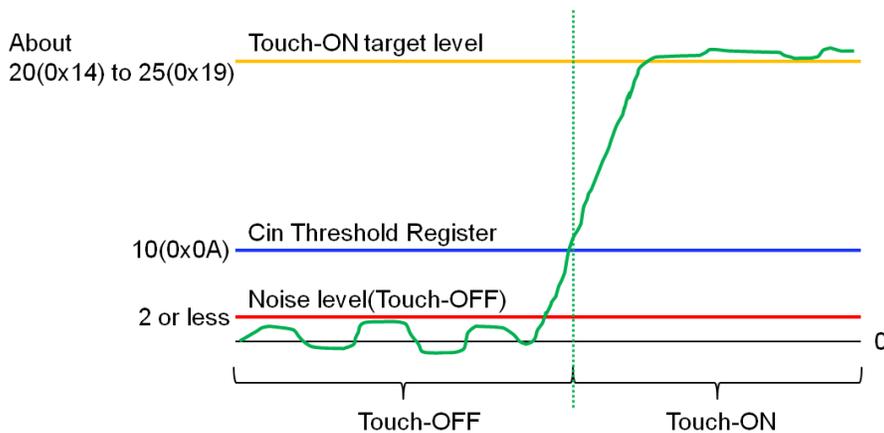
Step4: Data Registerの値が約20 (0x14)~25 (0x19)になるように、Gain Registerの値を調整します。

この調整を実施することにより、LC717AシリーズはIEC61000-4-6 (Level 3)をパスできるようになります。

* 指の大きさや皮膚の水分量により感度が異なります。年齢や性別の異なる様々な指を用いて感度調整することを推奨致します。



動的オフセットキャリブレーションの誤動作を防ぐために、非タッチ時のノイズレベルが常に2以下になるようにしてください。



モバイル製品を電池で使用する場合

電池を使用した際の検出感度は、AC電源を使用したときに比べ低下します。これは、電池を使用したモバイルデバイスがフィールドGNDから見てフローティングとなるためです。このような理由により、感度調整の際は注意が必要になります。以下のような条件は、よりフィールドGNDとの結合が弱くなります。このような条件での電池駆動は推奨しません。

1. PCBのサイズが80 cm²以下 (例8×10 cmのPCB)
2. PCBのメタルパターンが非常に少ない。

タッチOFF判定しきい値について

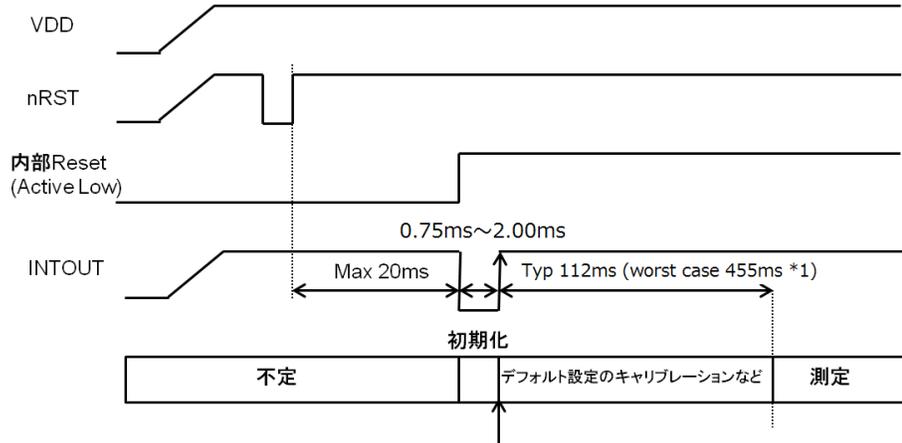
Cin Threshold Registerで決められるしきい値は、タッチON判定しきい値になります。タッチOFF判定

しきい値は、Measurement Mode RegisterのTOFFTHビットで決定されます。(タッチ検出値のピークの3/4または1/2。推奨値は1/2) Cin Threshold Registerで決められるしきい値以上の値が検出されているにも関わらず、タッチ判定結果がOFFになってしまう場合は、これらの原因が考えられます。

LC717Aシリーズの初期化時間

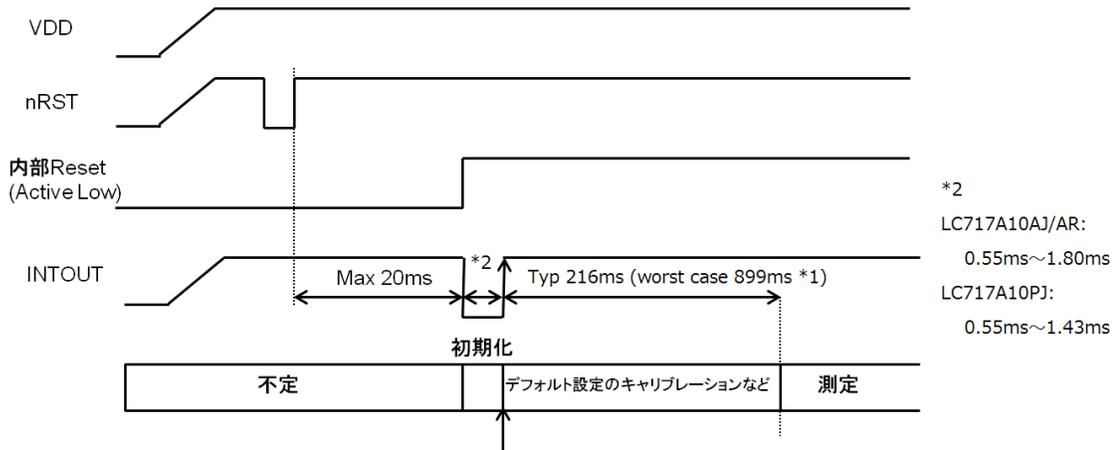
電源投入及びリセットによりLSI内部のリセットが解除されると、LC717Aシリーズの測定準備が出来たことを知らせる、インタラプト信号がINTOUT端子より出力されます。このインタラプト出力以降、LC717Aシリーズに対し制御マイコン側からI²C/SPI経由で通信が可能となります。

AND9197/D



初期化以降、I2C/SPIの通信が可能です。
リセット解除時、INTOUT信号はHighであるため、制御マイコン側の割り込み入力を使用される場合は、レベルではなく、エッジ検出を使用してください。

Figure 31. LC717A00のタイミングチャート



初期化以降、I2C/SPIの通信が可能です。
リセット解除時、INTOUT信号はHighであるため、制御マイコン側の割り込み入力を使用される場合は、レベルではなく、エッジ検出を使用してください。

Figure 32. LC717A10のタイミングチャート

*1: 劣悪なノイズ環境により、キャリブレーションのリトライが発生した場合のワーストケースです。通常の使用環境であればキャリブレーションのリトライは行われないため、ワーストケースで示すような長時間のキャリブレーションが実行されることはありません。

LC717Aシリーズの特性

Cdrv最大周波数のばらつき幅

Cdrv信号は、内蔵のRC発振器にて生成されます。RC発振器の発振周波数ばらつき幅は±30% (温度・電源電圧含む)です。したがってCdrv信号のばらつき幅は100 kHz (min) ~ 143 kHz (typ) ~ 186 kHz (max)となります。

注意: この値は、Cdrvの最大周波数を示したものです。Cdrvは常に固定された周波数ではありません。

測定インターバル時間のばらつき幅

インターバルモード: LSI自身により測定タイミングが決まります。

ショートインターバル時間(主にタッチ時のインターバル時間): Short Interval Time Registerにより設定

ロングインターバル時間(主に非タッチ時のインターバル時間): Long Interval Time Registerにより設定

インターバルモードではインターバル時間をLSI内部のRC発振器にて制御しているため、以下のばらつきが発生します。

- ショートインターバル時間: ±60%
- ロングインターバル時間: ±60%

*インターバル時間のばらつきが問題となる場合は以下の微調整をしてください。

1. 制御マイコン側から、CdrvまたはINTOUT信号をモニターする。

Cdrvの場合:

測定中、Cdrv信号が出力されていない(Low固

定)期間の時間を制御マイコンで測定する。

INTOUTの場合(LC717A10のみ):

Measurement Mode 1 RegisterにINTMD1 = 0, INTMD2 = 1をセットし、測定を開始した後、INTOUT信号のHigh期間(インターバル)の時間を制御マイコンで測定する。

2. 所望のインターバル時間になるように、Long Interval Time RegisterもしくはShort Interval Time Registerの値を微調整する。

スリープモード: 制御マイコンからのWakeup処理により測定タイミングが決まります。

スリープモードでは制御マイコンから測定タイミングを制御するため、正確な間隔で測定することが可能です。(ただし、制御マイコンの性能に依存)

アンプのゲインばらつき (1st Stage Charge Amplifier and 2nd Stage Amplifier)

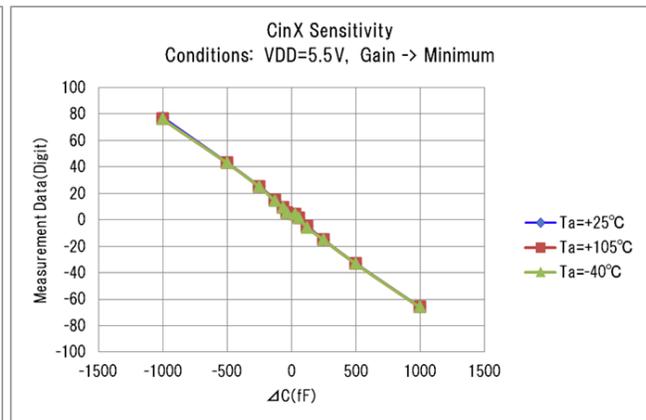
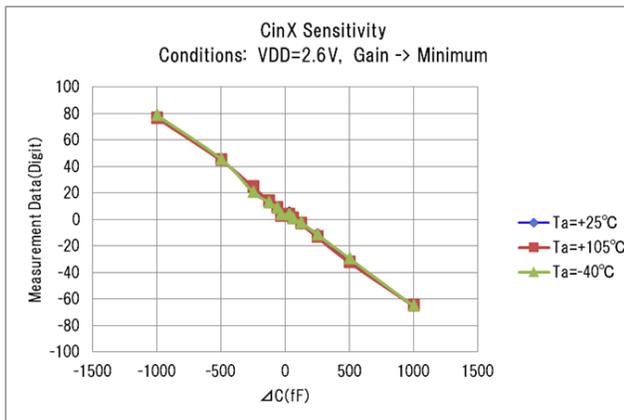
Cin検出感度のばらつきに相当し、±5%程度です。

なお、fFオーダでの出荷時検査ができないため、計測できる規格を以下のように設定しています。(電気的特性「Cin検出感度」項目を参照ください。)

Cin検出感度: Min: 0.04 (LSB/fF) / Max: 0.12 (LSB/fF)

電源電圧と温度による影響

以下にLC717Aシリーズの感度に関して、電源電圧及び、温度特性を示します。2.6~5.5V、-40~+105°Cにおいて感度特性の変化が殆どありません。



御存知の通り、静電容量Cは次の式により決定されます。

$$C = \epsilon \frac{S}{d} \quad (\text{eq. 2})$$

PCB基板やフィルム基板に加えて製品の表面材料や接着剤などの温度・湿度特性は、これらのパラメータに大きな影響を及ぼします。LSI単体の影響

は、これらによる影響に比べ無視できるレベルです。

AND9197/D

LC717Aシリーズでは、これらのパラメータ変動に対して、LSI内部で自動的に補正を掛ける処理を行っているため通常は問題になりません。しかしながら、LSI内にて補正出来ない状態が発生した際にはエラーが出力されます。使用環境による評価時にエラーが出力された際には、温度の影響が小さな材料

への変更や、湿度変化を受けないようなカバーリングなどの防湿処理が必要な場合があります。

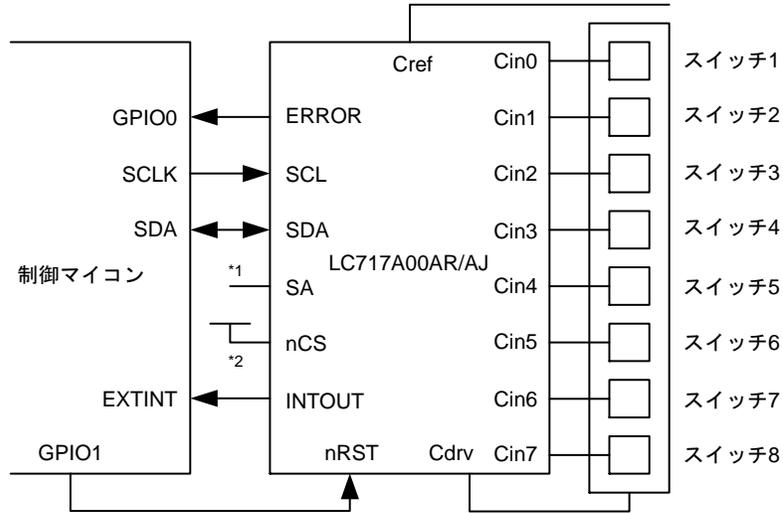
使用温度範囲

動作温度は-40~+105°Cです。+105°Cでの動作が可能であるため、高温の条件で使用される機器にも使用することが可能です。

アプリケーション

LC717A00AR/AJ接続構成例

I²C互換バスの接続構成



*1) SAIによりスレーブアドレスの最下位bitを決定する。V_{DD}に接続すると“1”、V_{SS}に接続すると“0”となる。

*2) インタフェースをI²C互換バスで使用する場合はnCSをV_{DD}に固定する。

Figure 33. 構成例

AND9197/D

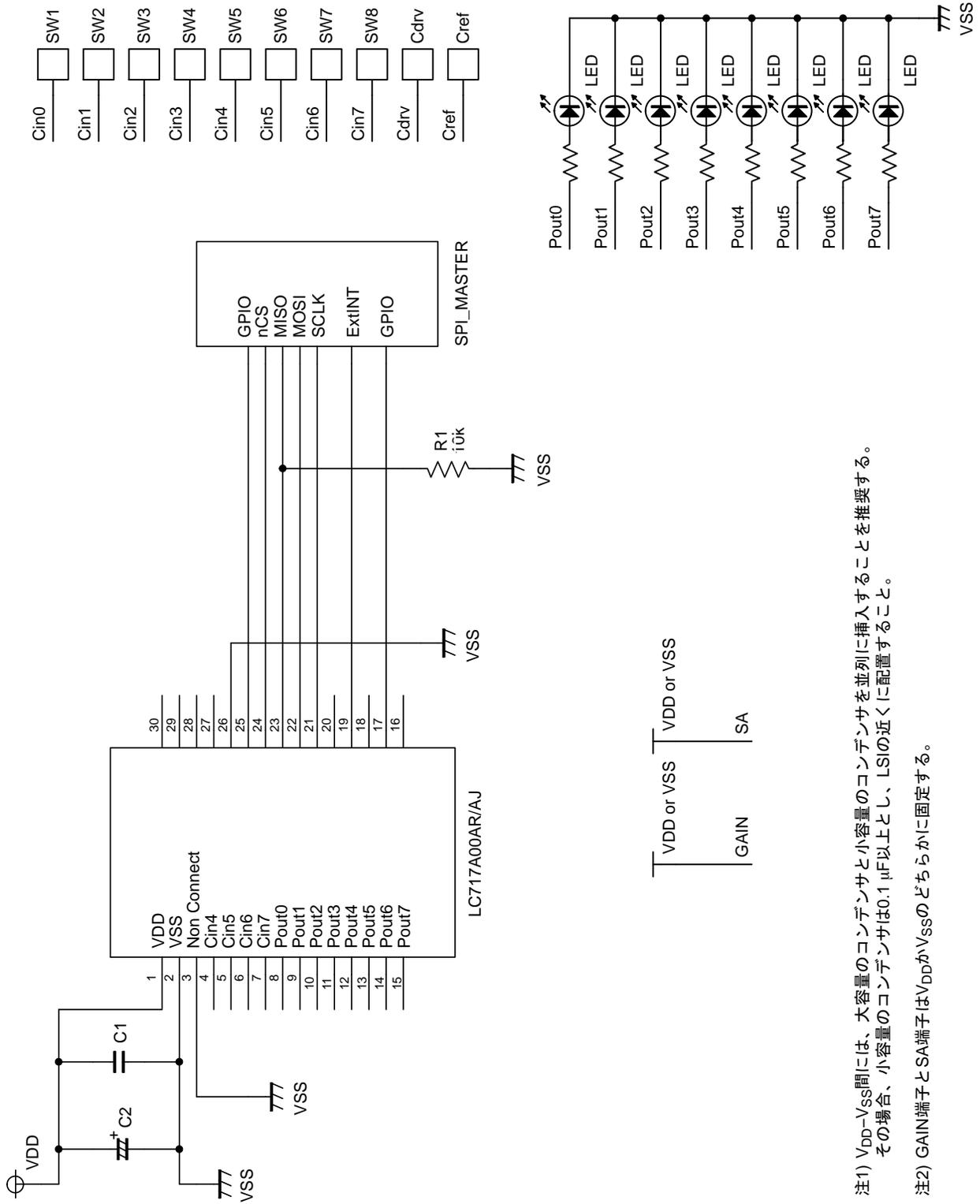


Figure 34. 回路例

注1) V_{DD}-V_{SS}間には、大容量のコンデンサと小容量のコンデンサを並列に挿入することを推奨する。
その場合、小容量のコンデンサは0.1 μF以上とし、LSIの近くに配置すること。

注2) GAIN端子とSA端子はV_{DD}かV_{SS}のどちらかに固定する。

AND9197/D

SPIの接続構成

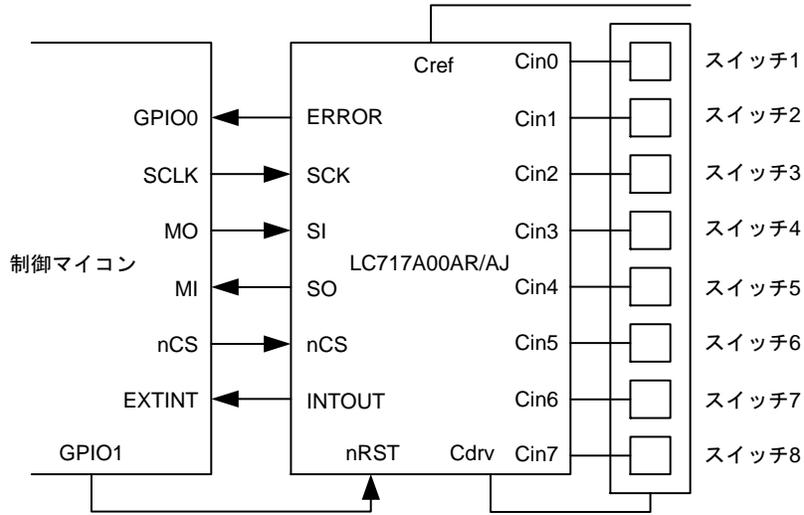


Figure 35. 構成例

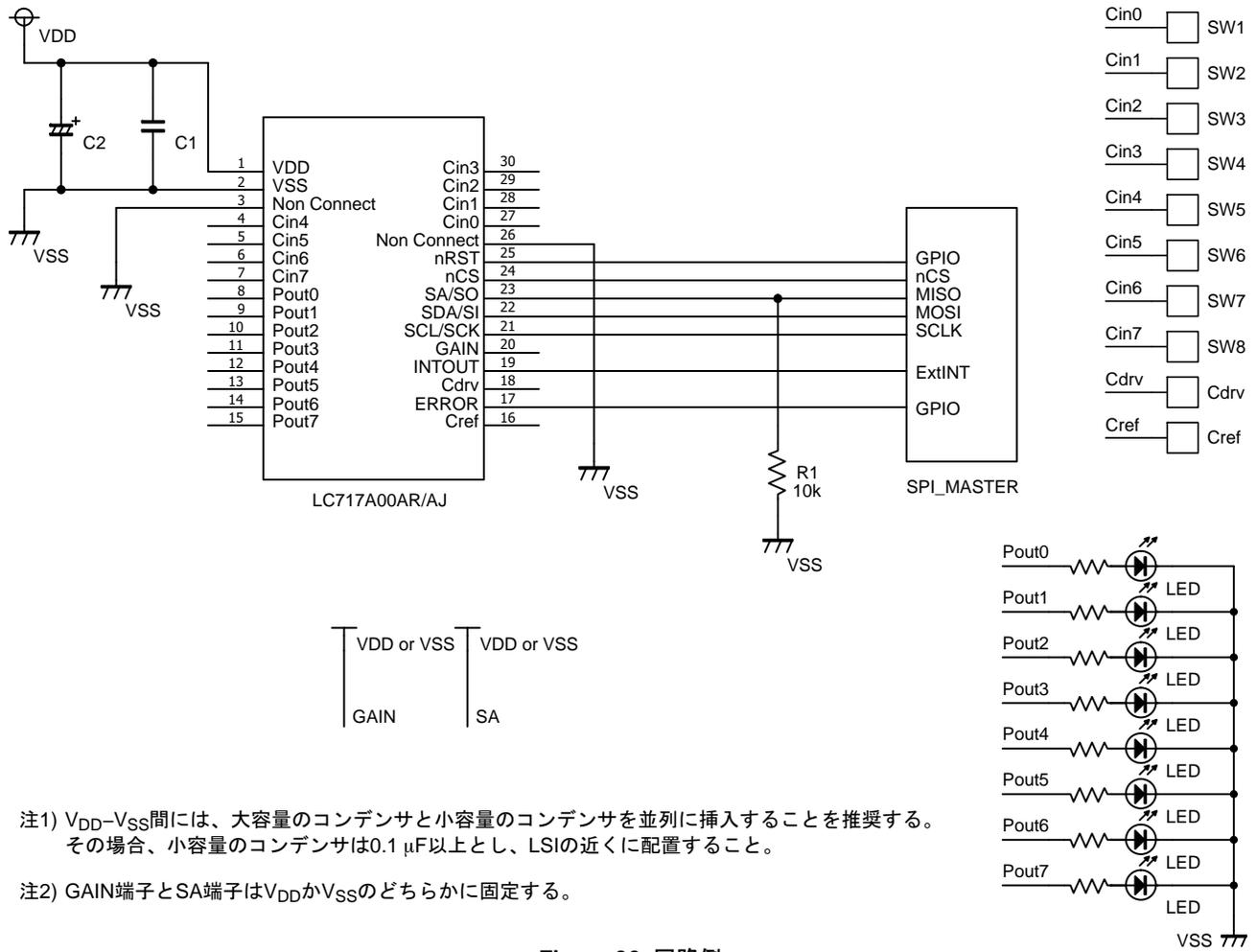


Figure 36. 回路例

AND9197/D

Pout端子をマイコンに接続する場合

LC717A00AR/AJのPout0~7を、制御マイコンのGPIOと接続する構成です。

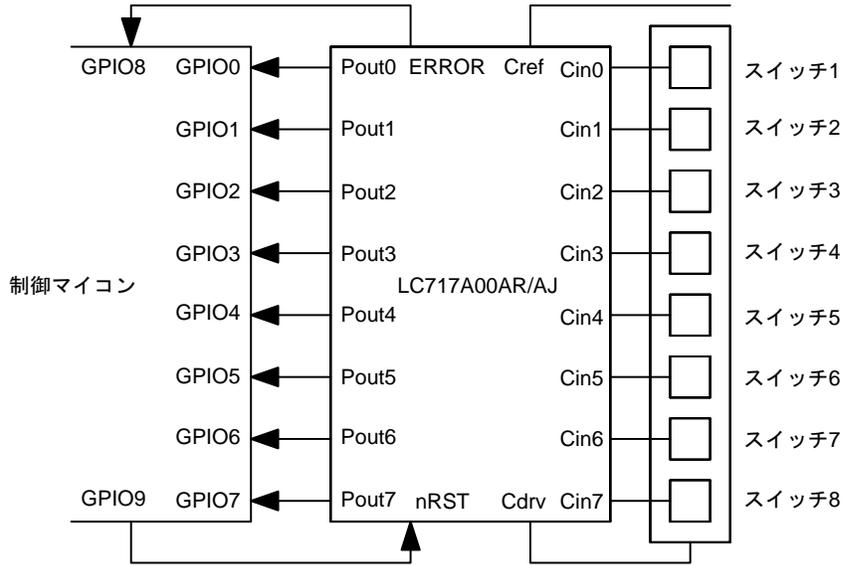


Figure 37. 構成例

R-2R抵抗ラダーを接続する場合

LC717A00AR/AJのPout0~7を、下図の様に抵抗を介して制御マイコンのADC入力と接続する構成です。

スイッチのON/OFFの組み合わせによって制御マイコンに入力される電圧が一義的に決まるため、ADC入力に入力された電圧値によってスイッチのON/OFFを判定できます。

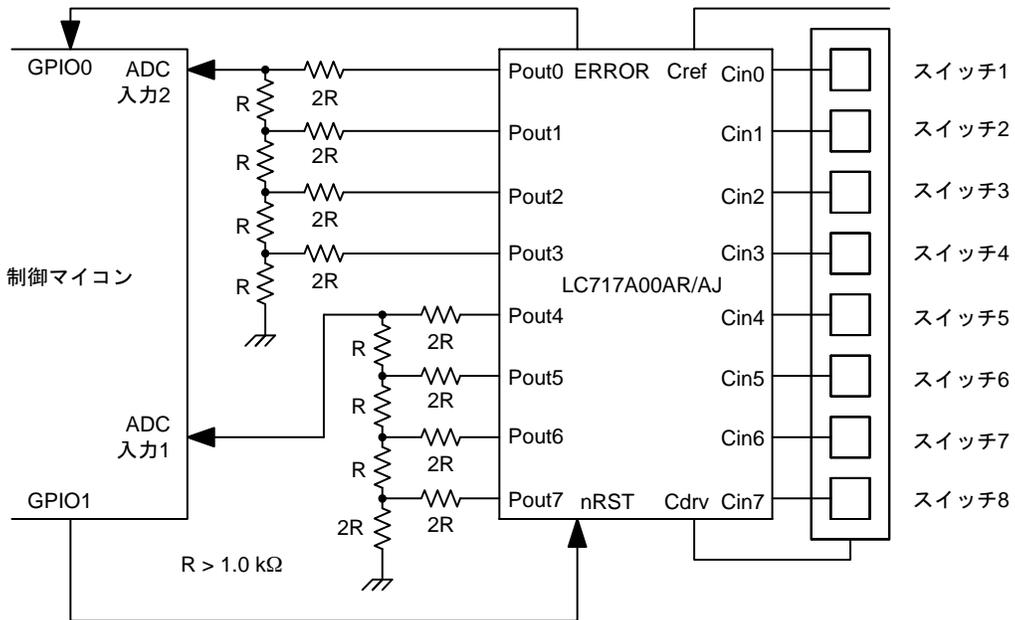
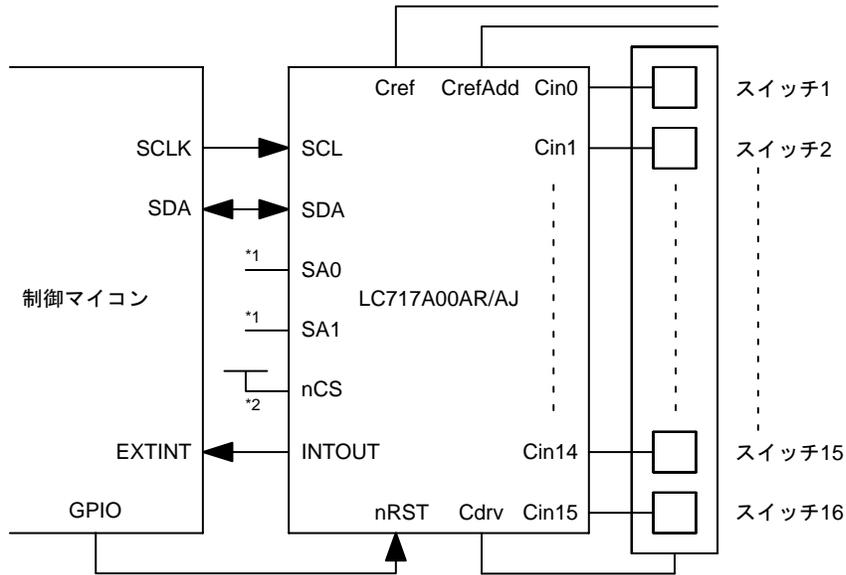


Figure 38. 構成例

AND9197/D

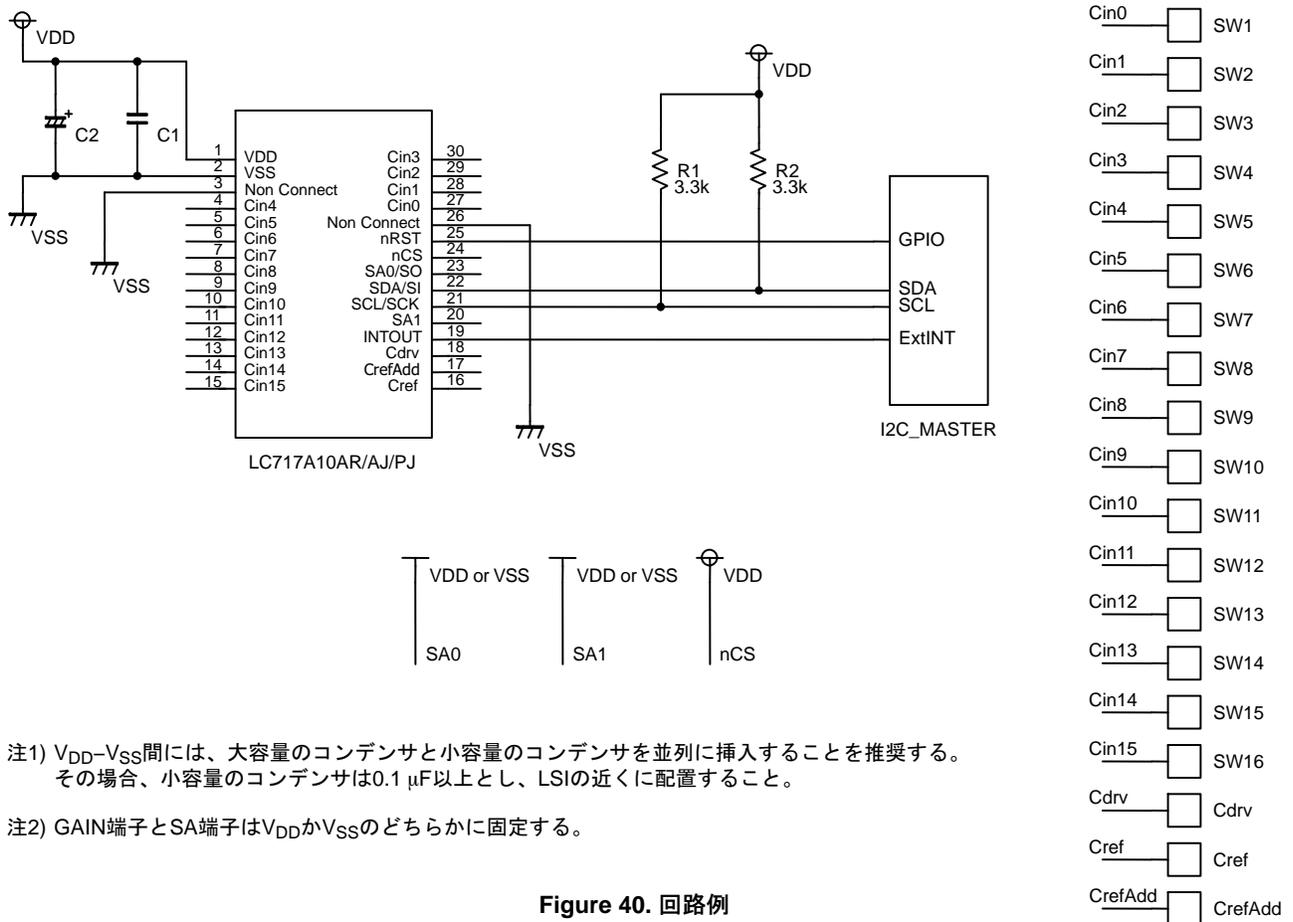
LC717A10AR/AJ/PJ接続構成例

I²C互換バスの接続構成



- *1) SA0、SA1によりスレーブアドレスを指定して使用する。
- *2) インターフェースをI²C互換バスで使用する場合、nCSはV_{DD}固定。

Figure 39. 構成例



- 注1) V_{DD}-V_{SS}間には、大容量のコンデンサと小容量のコンデンサを並列に挿入することを推奨する。その場合、小容量のコンデンサは0.1 μF以上とし、LSIの近くに配置すること。
- 注2) GAIN端子とSA端子はV_{DD}かV_{SS}のどちらかに固定する。

Figure 40. 回路例

AND9197/D

SPIの接続構成

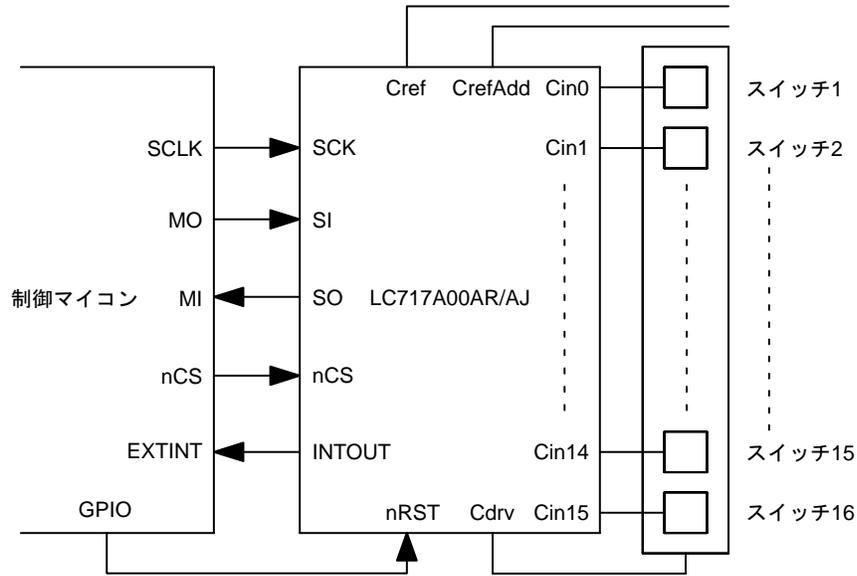
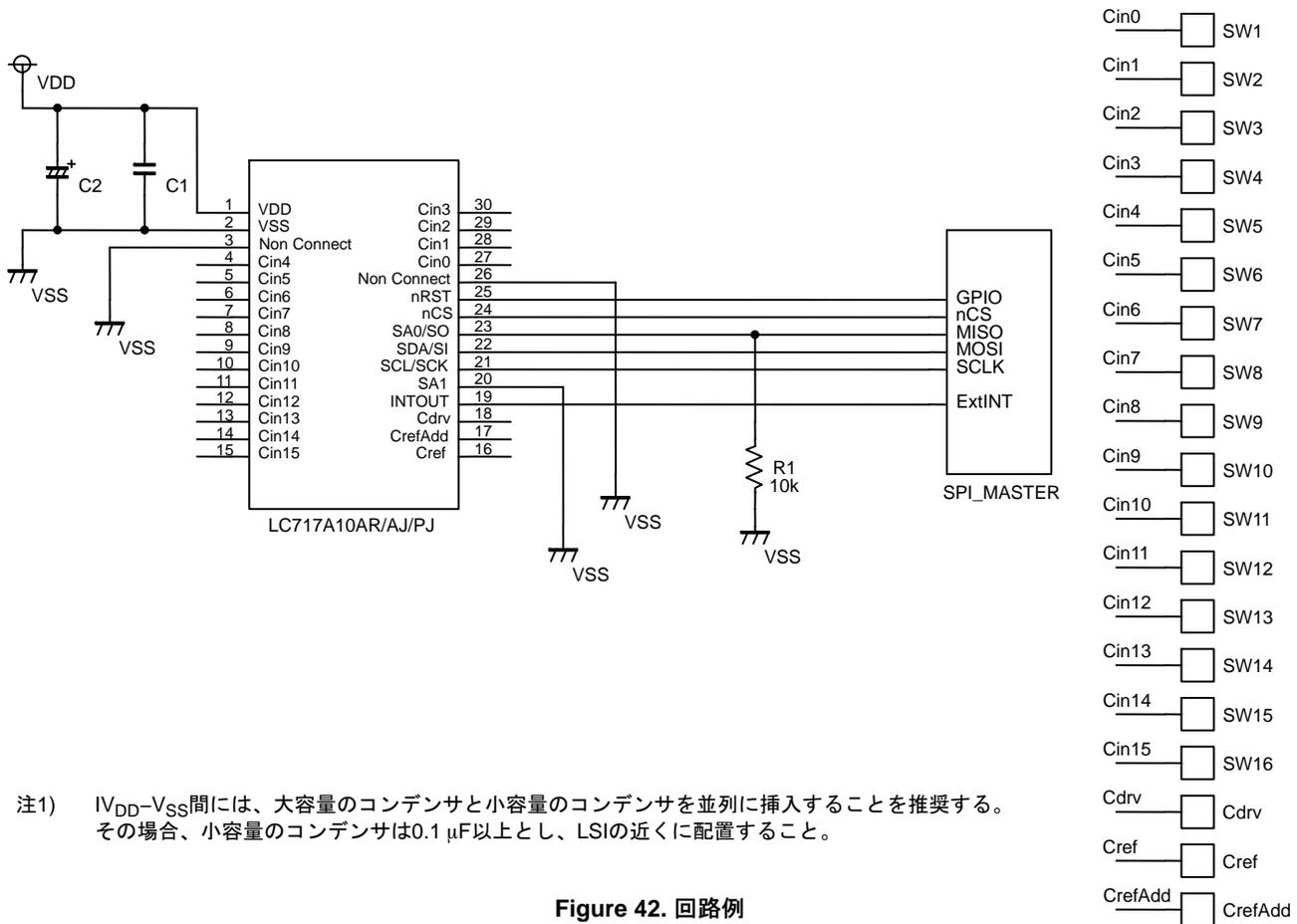


Figure 41. 構成例



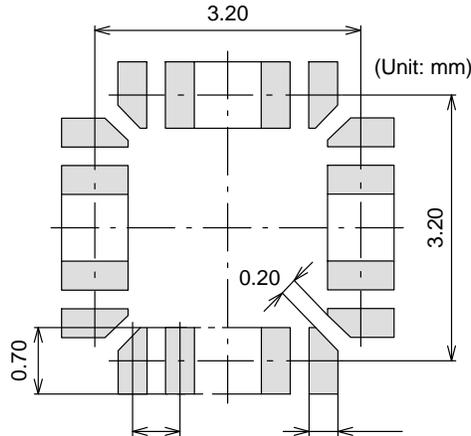
注1) $V_{DD}-V_{SS}$ 間には、大容量のコンデンサと小容量のコンデンサを並列に挿入することを推奨する。その場合、小容量のコンデンサは $0.1 \mu\text{F}$ 以上とし、LSIの近くに配置すること。

Figure 42. 回路例

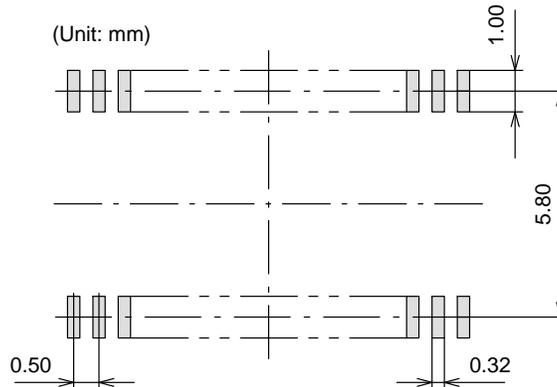
AND9197/D

フットパターンの参考寸法図

VCT28:



SSOP30:



ON Semiconductor及びON SemiconductorのロゴはON Semiconductorという商号を使うSemiconductor Components Industries, LLC 若しくはその子会社の米国及び/または他の国における商標です。ON Semiconductorは特許、商標、著作権、トレードシークレット(営業秘密)と他の知的所有権に対する権利を保有します。ON Semiconductorの製品/特許の適用対象リストについては、以下のリンクからご覧いただけます。www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Marketing.pdf。ON Semiconductorは通告なしで、本書記載の製品の変更を行うことがあります。ON Semiconductorは、いかなる特定の目的での製品の適合性について保証しておらず、また、お客様の製品において回路の応用や使用から生じた責任、特に、直接的、間接的、偶発的な損害など一切の損害に対して、いかなる責任を負うことはできません。お客様は、ON Semiconductorによって提供されたサポートやアプリケーション情報の如何にかかわらず、すべての法令、規制、安全性の要求あるいは標準の遵守を含む、ON Semiconductor製品を使用したお客様の製品とアプリケーションについて一切の責任を負うものとします。ON Semiconductorデータシートや仕様書に示される可能性のある「標準的」パラメータは、アプリケーションによっては異なることもあり、実際の性能も時間の経過により変化する可能性があります。「標準的」パラメータを含むすべての動作パラメータは、ご使用になるアプリケーションに応じて、お客様の専門技術者において十分検証されるようお願い致します。ON Semiconductorは、その特許権やその他の権利の下、いかなるライセンスも許諾しません。ON Semiconductor製品は、生命維持装置や、いかなるFDA(米国食品医薬品局)クラス3の医療機器、FDAが管轄しない地域において同一もしくは類似のものと分類される医療機器、あるいは、人体への移植を対象とした機器における重要部品などへの使用を意図した設計はされておらず、また、これらを使用対象としておりません。お客様が、このような意図されたものではない、許可されていないアプリケーション用にON Semiconductor製品を購入または使用した場合、たとえ、ON Semiconductorがその部品の設計または製造に関して過失があったと主張されたとしても、そのような意図せぬ使用、また未許可の使用に関連した死傷等から、直接、又は間接的に生じるすべてのクレーム、費用、損害、経費、および弁護士料などを、お客様の責任において補償をお願いいたします。また、ON Semiconductorとその役員、従業員、子会社、関連会社、代理店に対して、いかなる損害も与えないものとします。ON Semiconductorは雇用機会均等/差別撤廃雇用主です。この資料は適用されるあらゆる著作権法の対象となっており、いかなる方法によっても再販することはできません。

PUBLICATION ORDERING INFORMATION

LITERATURE FULFILLMENT:
Literature Distribution Center for ON Semiconductor
19521 E. 32nd Pkwy, Aurora, Colorado 80011 USA
Phone: 303-675-2175 or 800-344-3860 Toll Free USA/Canada
Fax: 303-675-2176 or 800-344-3867 Toll Free USA/Canada
Email: orderlit@onsemi.com

N. American Technical Support: 800-282-9855 Toll Free
USA/Canada
Europe, Middle East and Africa Technical Support:
Phone: 421 33 790 2910
Japan Customer Focus Center
Phone: 81-3-5817-1050

ON Semiconductor Website: www.onsemi.com
Order Literature: <http://www.onsemi.com/orderlit>
For additional information, please contact your local Sales Representative