

TI ウェブセミナー

30分でわかる!

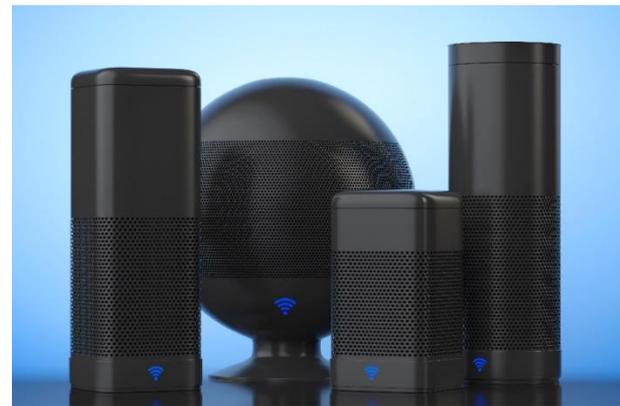
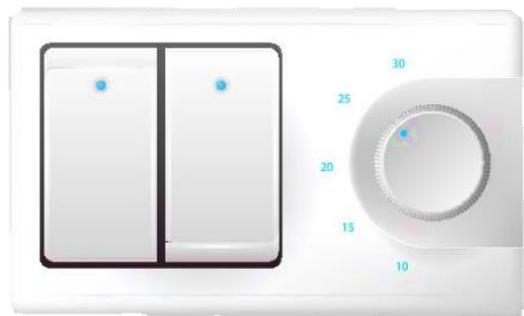
HMI アプリケーション向け  
タッチ・センシング設計のヒント

JAJP070

## セミナー内容

- HMIの課題とソリューション
- 誘導性/静電容量式センシングの概要とアプリケーション

# HMIの変化



# 変化を可能にする技術: 静電容量式/誘導性センシング

## 静電容量式タッチ

ユーザーの表面タッチを人体の電気特性を使って検出

## 誘導性センシング

導体を利用して、ひずみゲージ/タッチ・オン・メタル方式のボタン、ノブ、ダイヤル、簡単なスイッチなどのHMI機能を実現

## 近接センシング

近くの物体の存在を物理的な接触なしで電界の変化により検出

## ジェスチャ認識

表面に物理的に接触することなく方向を検知

## メリット

**スマートなデザイン:**  
継ぎ目のないガラス、プラスチック、金属表面を使用。さまざまな形状、サイズのHMIに対応

**信頼性:**  
可動部品がなく、消耗による故障しにくい設計

**苛酷な環境での動作:**  
湿度の影響を受けやすい環境や汚れなど他の環境条件にも最適

# HMIの課題に対するソリューション

近接



ボタン



CapTivate™  
テクノロジー (MCU)

スライダー



誘導性  
Inductive Sensing

ホイール/  
ダイヤル



静電容量  
Capacitive Sensing

ジェスチャ



# TIの静電容量式/誘導性センシング・ガイド

CapTIvate™  
テクノロジー

Inductive  
Sensing

Capacitive  
Sensing

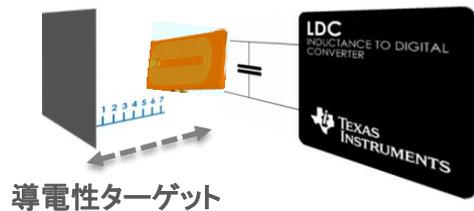
ファミリ	MSP430FR25xx/FR26xx	LDC10xx、LDC1101、LDC131x 、LDC161x、LDC0851、 LDC211x	FDC1004、FDC211x、 FDC221x
チャンネル数	16(自己容量)、64(相互容量)	1~4	2~4
マイコン内蔵	内蔵	なし*	なし*
電力(平均電流)	< 5uA(平均)	約26uA(平均)	約26uA(平均)
メタル・タッチ感度	中	高	-
近接距離	15cm以下	-	15cm以上
車載対応(AEC-Q100)	非対応	対応	対応
温度範囲	-40°C~85°C	-40°C~125°C	-40°C~125°C
対象アプリケーション	電子ロック ビル・セキュリティ用キーパッド 家電製品 - 調理用コンロ スマート・スピーカー サーモスタット メータリング - ボタン センサ・トランスミッタ ジェスチャ/スライダ/ホイール	携帯電話 ウェアラブル スピーカー/タブレット/パワー・ ツール 家電製品/HMI - ボタン/ノブ メータリング - 改ざん検出 自動車 - インフォテイメントボタン /ノブ/シートベルト	近接センシング 液量センシング 氷/霜検出 衝突回避 スライダ

# 誘導性/静電容量式センシングの概要 とアプリケーション

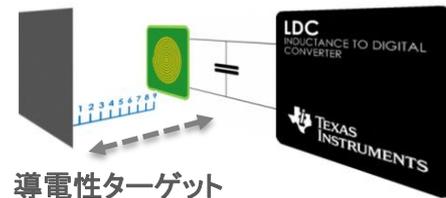
# 誘導性センシング(インダクティブ・LDC) – 基礎

誘導性  
センシング

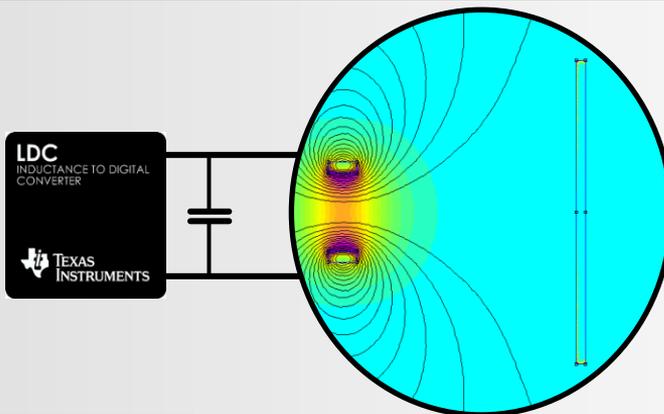
フレックス・センサ・コイル



PCBセンサ・コイル



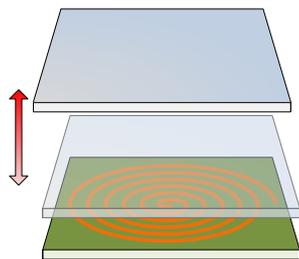
動作



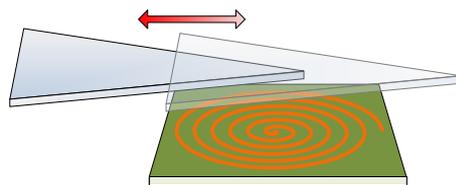
# 誘導性(インダクティブ)センシング

誘導性センサによって実現される事例

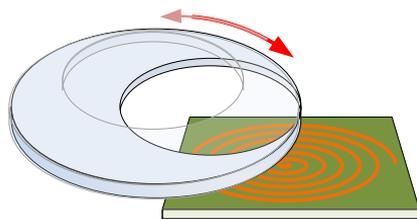
## センシングの構成



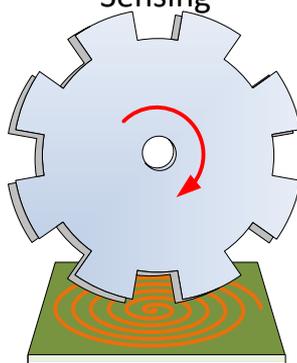
Axial Sensing



Linear/Lateral  
Sensing



Rotation  
Sensing



Event Counting

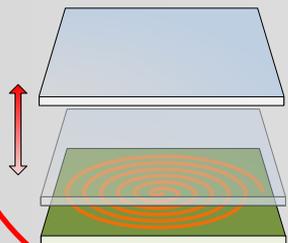
## メリット

誘導性センシングの利点:

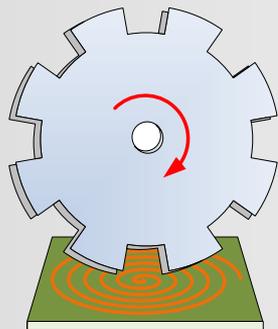
- 磁石が不要
- 非接触による信頼性
- 環境汚染(ホコリ、チリなど)に影響されない
- サブミクロンの分解能
- 低コスト・センサ
- LDCはセンサから離れて設置可能
- DC磁界の影響を受けにくい
- さまざまな導体(鉄、アルミ、銅など)を使用可能
- 絶縁体(プラスチック、ガラスなど)を通してセンシング

# 誘導性センシング（インダクティブ・LDC） – 事例

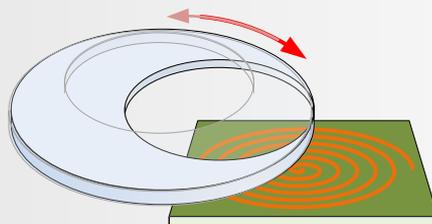
アキシャル・センシング  
（ボタン）



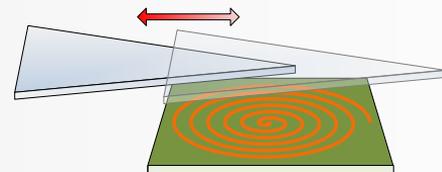
イベント・カウンティング



回転センシング



リニア/ラテラル・センシング



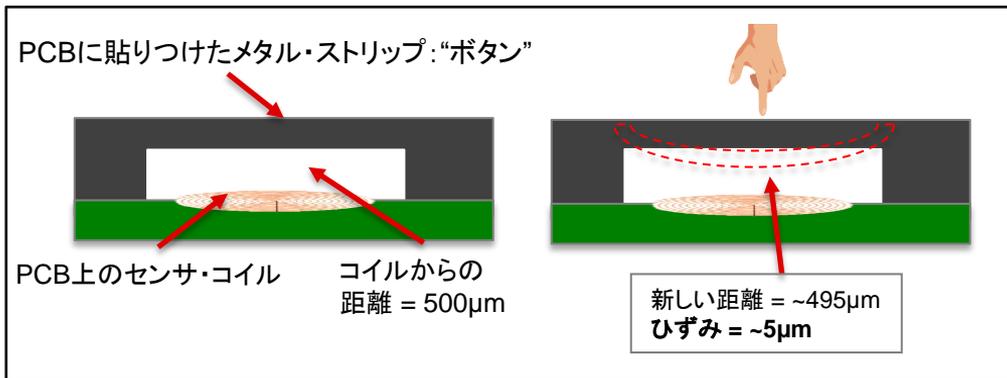
誘導性タッチ

誘導性スイッチ

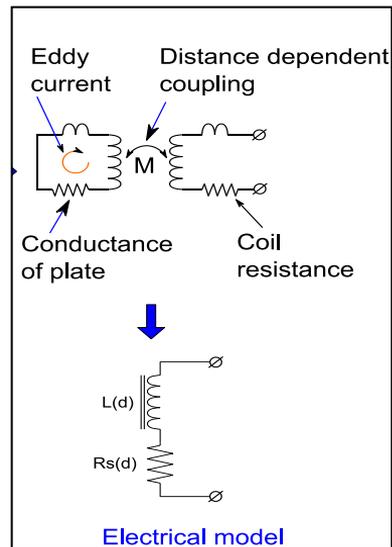
その他、多様なLDCの使用例

# 誘導性センシング（インダクティブ・LDC） – HMIボタン Inductive Sensing

## 動作原理



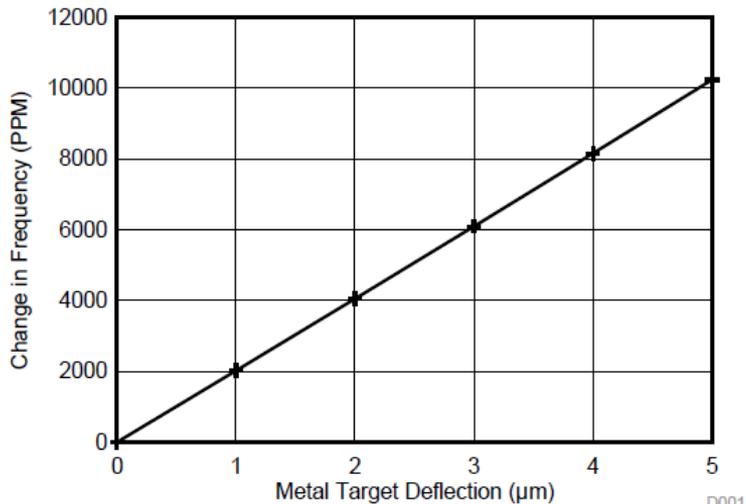
誘導性コイル・センサから固定した距離で保持された平面メタル・プレート。メタル・プレートは、力が加わるとわずかに変形する。



導電性ターゲットがセンサに近づくと、電磁誘導によって回転する渦電流が生じ、自ら磁界を発生させる。両者の間の電磁結合が強まり、結果としてセンサ周波数の変化もさらに大きくなる。

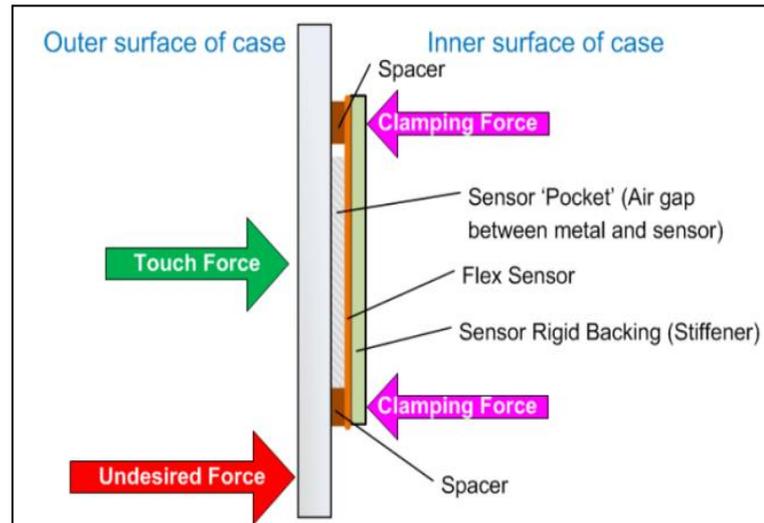
# 誘導性センシング（インダクティブ・LDC） – HMIボタン Inductive Sensing

## 周波数変化 対 ひずみ



- **LDC2112/LDC2114**はLC共振センサの周波数の変化を計測する

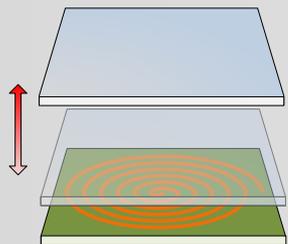
## ボタンの構造



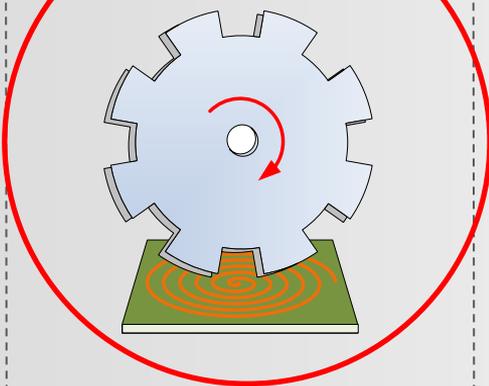
- タッチの誤検出防止のため、センサは内側表面にしっかり取り付ける

# 誘導性センシング（インダクティブ・LDC） – 事例

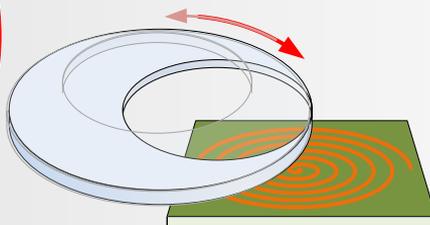
アキシャル・センシング  
（ボタン）



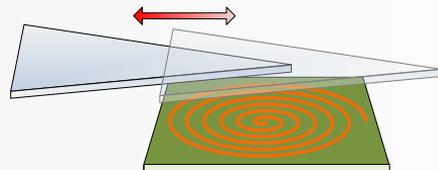
イベント・カウンティング



回転センシング



リニア/ラテラル・センシング



誘導性タッチ

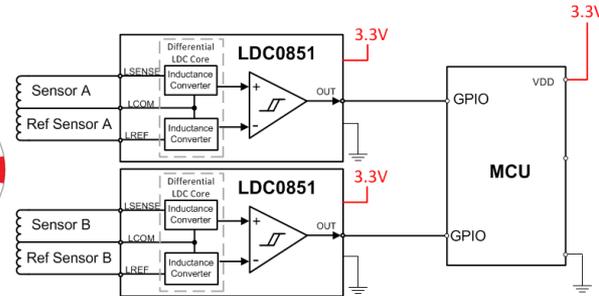
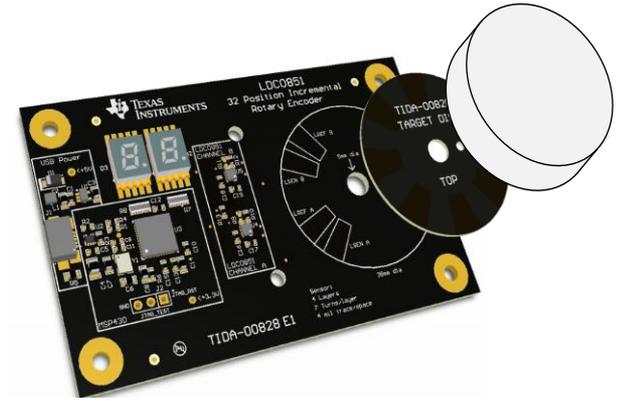
誘導性スイッチ

需要の大きいLDC

# 誘導性センシング (インダクティブ・LDC)

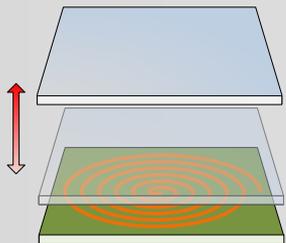
## HMI インクリメンタル・ノブ

Benefit	Why
Contactless	LDC Technology does not require any contact between target and sensor to perform measurements
Robust even in challenging environments	Temperature, humidity, dust, dirt do not affect performance, as sensor inductance is not affected.
Sensors can be placed remote from LDC0851	Intrinsic feature of LDC technology
Simplifies physical knob design	As long as knob target to sensor distance is within sensing range, knob will operate
Simple interface	Grey-code output of 2 devices provides simple robust operation
No magnets required	Solution is unaffected by external DC magnetic fields.

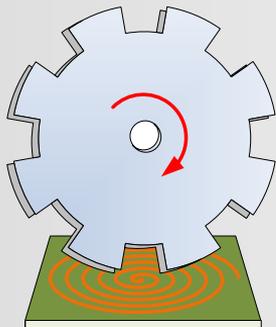


# 誘導性センシング（インダクティブ・LDC） – 事例

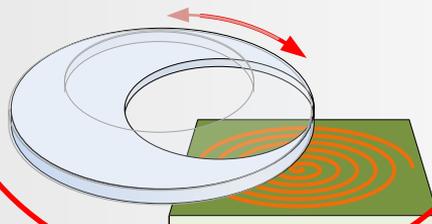
アキシャル・センシング  
（ボタン）



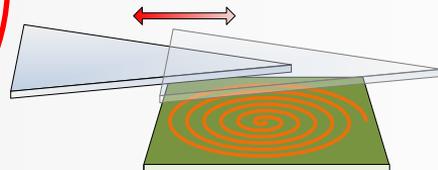
イベント・カウンティング



回転センシング



リニア/ラテラル・センシング



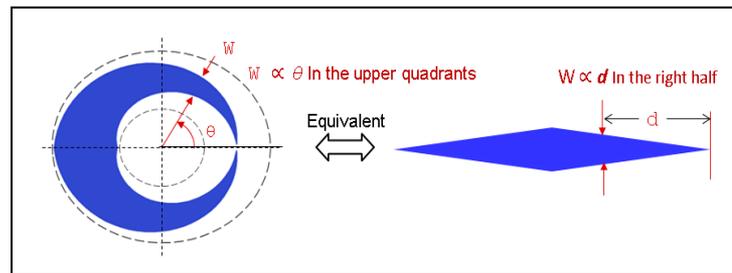
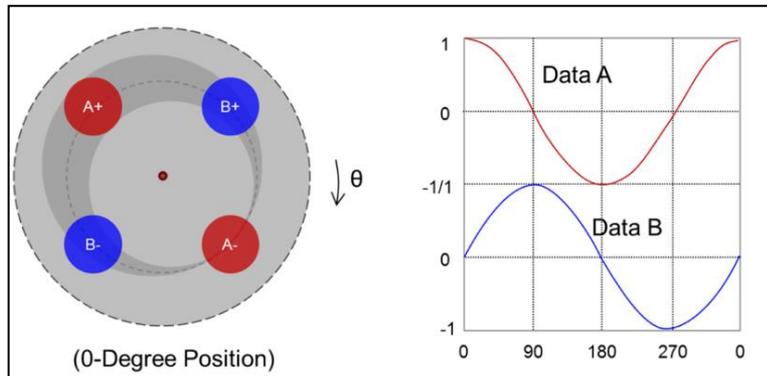
誘導性タッチ

誘導性スイッチ

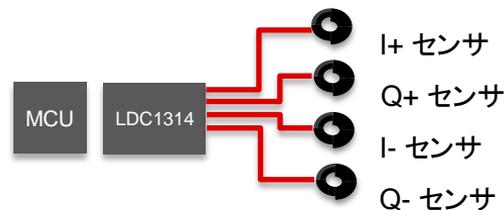
需要の大きいLDC

# 誘導性センシング（インダクティブ・LDC） – HMIダイヤル Inductive Sensing

## 動作原理



- センサ・コイル4本が2セットにまとめられる:  
コイル・セットAとコイル・セットB
  - センサ・コイル・セットAとBには90度のオフセットがある
- ターゲットはリニアな「ダイヤモンド型」で、中心点で回転する。



### 性能

- 角位置分解能:  $< 0.1^\circ$
- 精度  $1^\circ$  での最大回転速度: 200rpm

# 誘導性センシング – デモとTI Designs(リファレンス) Inductive Sensing

## アキシャル・センシング



タッチ・オン・アルミニウム

[TIDA-00314](#)



タッチ・オン・ステンレス・スチール

[TIDA-01102](#)



スナップドーム・ボタン

[TIDA-00509](#)



スマートフォン&ウェアラブル・ボタン



## イベント・カウンティング



流量計



インクリメンタル・エンコーダ

[TIDA-00828](#)

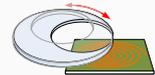
[TIDA-00615](#)



イベント・カウンタ

[TIDA-00851-LDC0851](#)

## 回転センシング



リムーバブル・ノブ



1° ダイヤル

[TIDA-00508](#)

誘導性タッチ

誘導性スイッチ

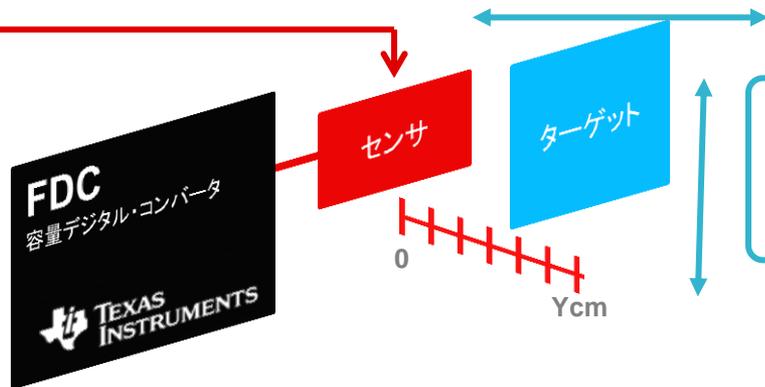
需要の大きいLDC

# 静電容量式センシング (FDC) – 機能とメリット

## 静電 容量式 センシング

センサは任意の導体:

- PCB上の銅
- 導電性インク
- ITO
- 金属片



測定:

- 動き
- 存在
- レベル

## メリット

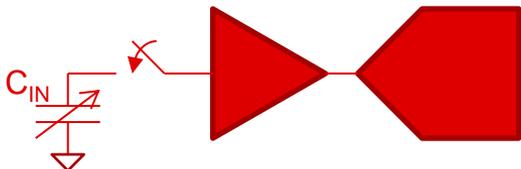
### 静電容量式センシングのメリット

- FDC2xxx耐雑音 → 開放環境での近接センシング
- 絶縁体を通してのセンシング → ケース/製品の穴あけ不要
- 低コストで柔軟なセンサ
- 非接触なので高い信頼性
- 低消費電力ソリューション
- 導体にも絶縁体にも感度が高い
- リモート・センシング、マルチチャネル・センシングが可能

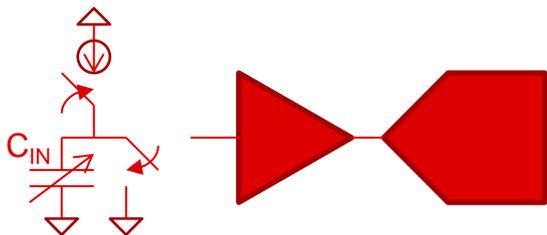
# 静電容量式センシング (FDC) – FDC2214ファミリ

## スイッチト・キャパシタ(SC)アーキテクチャ

例:  
スイッチト・  
キャパシタ



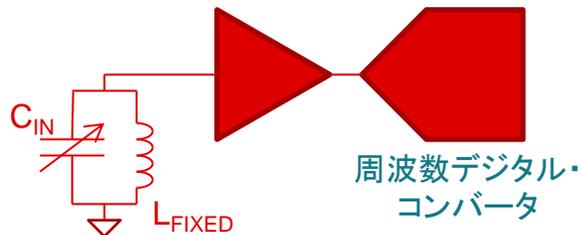
例:  
タイムベース/  
放電



### 電荷ベースの測定

- ワイドバンド入力/アンテナ
- サンプルング後に帯域内でノイズがエイリアシングされる  
→ ノイズの影響を大きく受ける

## 共振センシング (FDC2xxx)



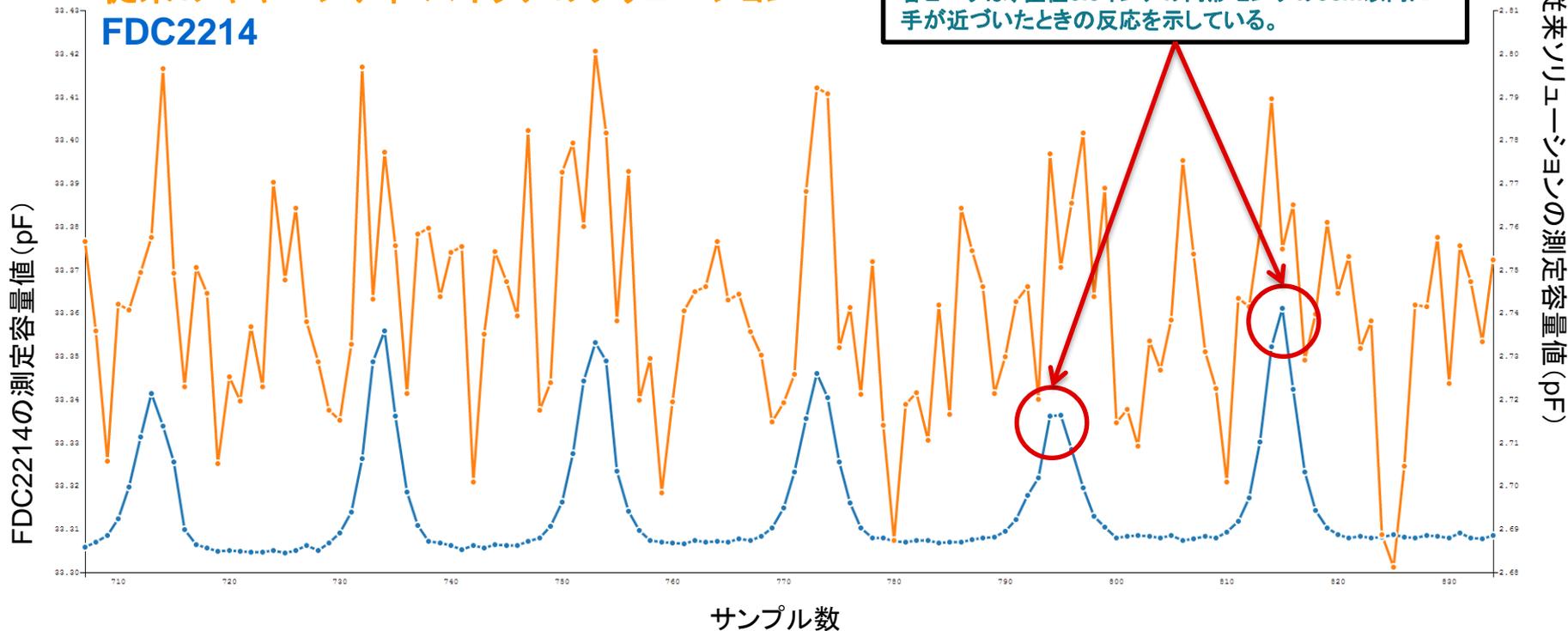
### 発振ベースの測定

- 高Q狭帯域バンドパス・フィルタ
- 強力なノイズ・リジェクション  
→ 高いノイズ耐性

# 静電容量式センシング – シグナル/ノイズの比較

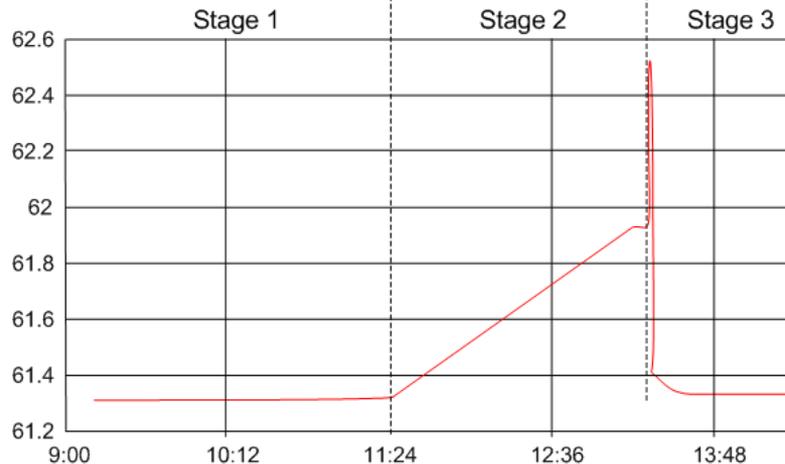
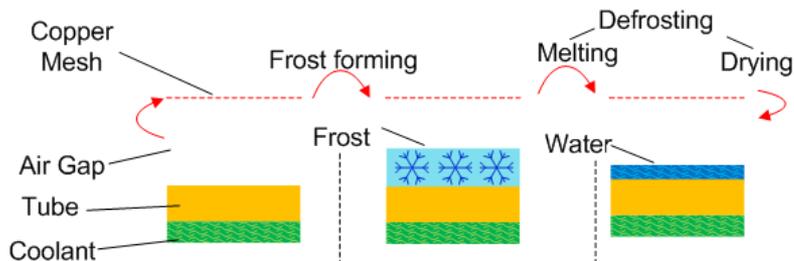
従来のキャパシティブ・スイッチのソリューション

FDC2214



# 静電容量式センシング(FDC) – 氷/霜検出

## 容量測定



ステージ1: 氷/霜なし

- 静電容量は一定

ステージ2: 氷/霜が徐々に積もる

- 空気から氷へ誘電率が変わるため、氷の厚みに従って容量が増加

ステージ3: 氷/霜が融けて水に

- 氷から水へ誘電率が変わり、元の値に戻るため、容量は急変

## アプリケーション

- 冷蔵庫
- エアコン
- フリーザー

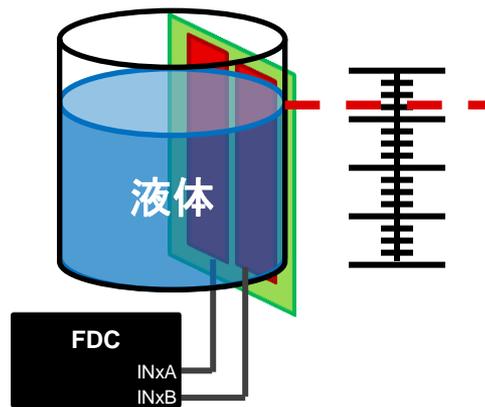
[TIDA-01465](#)



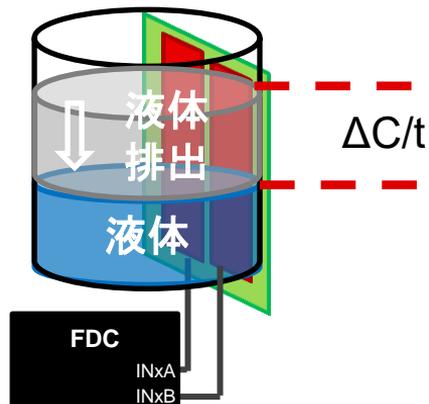
# 静電容量式センシング (FDC) – 液面の概要

## アプリケーション・ユースケース

容器内の  
液面測定

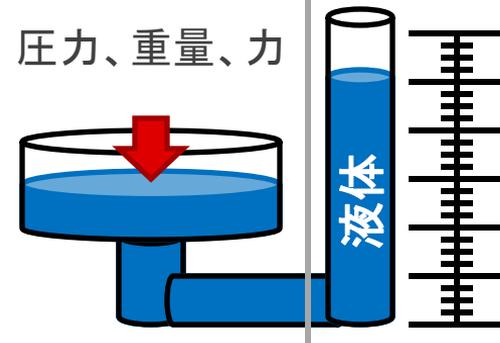


液体の排出/注入率



圧力、重量、力、... 相当分

圧力、重量、力

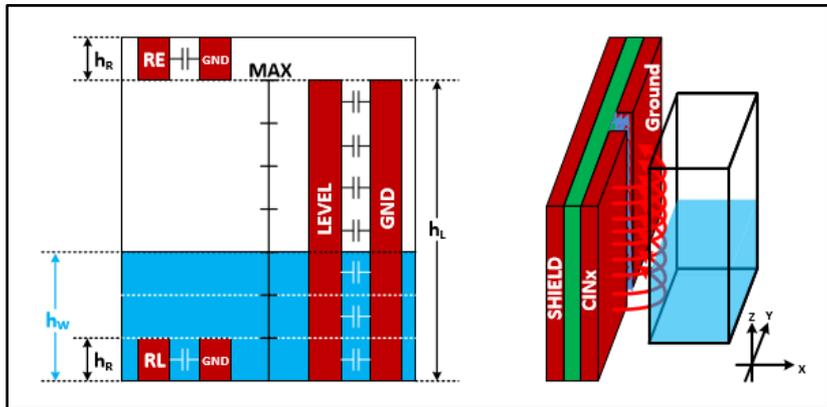


## システム変数/パラメータ

- 容器材料
- 導体または絶縁体
- センサの場所
- 容器に接触、容器から離す、液体に接触
- 環境
- 近くの物体、温度など
- 液体の電導性
- 液体の粘性

# 静電容量式センシング (FDC) – 液面検出

## 動作原理



レベル-レベル電極の容量は液体の高さに比例

基準液体 (RL) – レベル電極のインクリメンタルな測定

基準環境 (RE) – 環境要因観測用の、液面から分離された容器特性の基準電極 (オプション)

LEVELとGND間の容量は液体の高さに比例

$$Level = h_{RL} \frac{C_{level} - C_{level}(0)}{C_{RL} - C_{RE}}$$

$h_{RL}$  = 基準液体センサの単位高さ

$C_{level}$  = レベル・センサの容量

$C_{level}(0)$  = 空のレベル・センサの容量

$C_{RL}$  = 基準液体センサの容量

$C_{RE}$  = 基準環境センサの容量

# 静電容量式センシング – デモとTI Designs(リファレンス) Capacitive Sensing

## 氷霜検出



[TIDA-01465](#)  
([FDC2214](#))

## 液面センシング

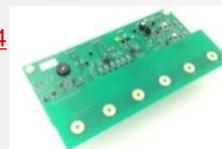


[TIDA-00317](#)  
([FDC1004](#))

## 近接センシング



[TIDA-01364/TIDA-00754](#)  
([FDC2214](#))



[TIDA-00474](#)  
([FDC2214](#))

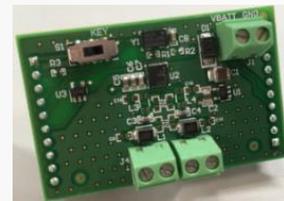


[TIDA-00466](#)  
([FDC2214](#))

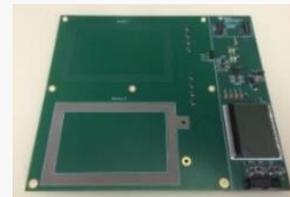


[TIDA-00506](#)  
([FDC1004](#))

## 近接センシング



[TIDA-01409](#)  
([FDC2212](#))



[TIDA-00220](#)  
([FDC1004](#))

# Thank you!

[ti.com/LDC](https://ti.com/LDC)  
[ti.com/FDC](https://ti.com/FDC)

JAJP070

## TIの設計情報およびリソースに関する重要な注意事項

Texas Instruments Incorporated ("TI")の技術、アプリケーションその他設計に関する助言、サービスまたは情報は、TI製品を組み込んだアプリケーションを開発する設計者に役立つことを目的として提供するものです。これにはリファレンス設計や、評価モジュールに関係する資料が含まれますが、これらに限られません。以下、これらを総称して「TIリソース」と呼びます。いかなる方法であっても、TIリソースのいずれかをダウンロード、アクセス、または使用した場合、お客様(個人、または会社を代表している場合にはお客様の会社)は、これらのリソースをここに記載された目的にのみ使用し、この注意事項の条項に従うことに合意したものとします。

TIによるTIリソースの提供は、TI製品に対する該当の発行済み保証事項または免責事項を拡張またはいかなる形でも変更するものではなく、これらのTIリソースを提供することによって、TIにはいかなる追加義務も責任も発生しないものとします。TIは、自社のTIリソースに訂正、拡張、改良、およびその他の変更を加える権利を留保します。

お客様は、自らのアプリケーションの設計において、ご自身が独自に分析、評価、判断を行う責任がお客様にあり、お客様のアプリケーション(および、お客様のアプリケーションに使用されるすべてのTI製品)の安全性、および該当するすべての規制、法、その他適用される要件への遵守を保証するすべての責任をお客様のみが負うことを理解し、合意するものとします。お客様は、自身のアプリケーションに関して、(1) 故障による危険な結果を予測し、(2) 障害とその結果を監視し、および、(3) 損害を引き起こす障害の可能性を減らし、適切な対策を行う目的での、安全策を開発し実装するために必要な、すべての技術を保持していることを表明するものとします。お客様は、TI製品を含むアプリケーションを使用または配布する前に、それらのアプリケーション、およびアプリケーションに使用されているTI製品の機能性を完全にテストすることに合意するものとします。TIは、特定のTIリソース用に発行されたドキュメントで明示的に記載されているもの以外のテストを実行していません。

お客様は、個別のTIリソースにつき、当該TIリソースに記載されているTI製品を含むアプリケーションの開発に関連する目的でのみ、使用、コピー、変更することが許可されています。明示的または黙示的を問わず、禁反言の法理その他どのような理由でも、他のTIの知的所有権に対するその他のライセンスは付与されません。また、TIまたは他のいかなる第三者のテクノロジーまたは知的所有権についても、いかなるライセンスも付与されるものではありません。付与されないものには、TI製品またはサービスが使用される組み合わせ、機械、プロセスに関連する特許権、著作権、回路配置利用権、その他の知的所有権が含まれますが、これらに限られません。第三者の製品やサービスに関する、またはそれらを参照する情報は、そのような製品またはサービスを利用するライセンスを構成するものではなく、それらに対する保証または推奨を意味するものでもありません。TIリソースを使用するため、第三者の特許または他の知的所有権に基づく第三者からのライセンス、もしくは、TIの特許または他の知的所有権に基づくTIからのライセンスが必要な場合があります。

TIのリソースは、それに含まれるあらゆる欠陥も含めて、「現状のまま」提供されます。TIは、TIリソースまたはその仕様に関して、明示的か暗黙的にかかわらず、他のいかなる保証または表明も行いません。これには、正確性または完全性、権原、続発性の障害に関する保証、および商品性、特定目的への適合性、第三者の知的所有権の非侵害に対する黙示的保証が含まれますが、これらに限られません。

TIは、いかなる苦情に対しても、お客様への弁済または補償を行う義務はなく、行わないものとします。これには、任意の製品の組み合わせに関連する、またはそれらに基づく侵害の請求も含まれますが、これらに限られず、またその事実についてTIリソースまたは他の場所に記載されているか否かを問わないものとします。いかなる場合も、TIリソースまたはその使用に関連して、またはそれらにより発生した、実際の、直接的、特別、付随的、間接的、懲罰的、偶発的、または、結果的な損害について、そのような損害の可能性についてTIが知らされていたかどうかにかかわらず、TIは責任を負わないものとします。

お客様は、この注意事項の条件および条項に従わなかったために発生した、いかなる損害、コスト、損失、責任からも、TIおよびその代表者を完全に免責するものとします。

この注意事項はTIリソースに適用されます。特定の種類の資料、TI製品、およびサービスの使用および購入については、追加条項が適用されます。これには、半導体製品(<http://www.ti.com/sc/docs/stdterms.htm>)、評価モジュール、およびサンプル(<http://www.ti.com/sc/docs/sampterms.htm>)についてのTIの標準条項が含まれますが、これらに限られません。