

## Conception d'interfaces tactiles capacitives pour électroménager

By (Ryan Seguine, Product Engineer, Cypress Semiconductor Corp.)

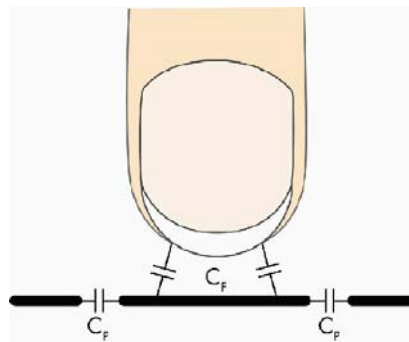
### Executive Summary

Avec toute l'agitation autour de la détection capacitive sur le marché des baladeurs multimédia, des ordinateurs portables, et des téléphones portables, on oublie facilement que ces technologies d'interface ont fait les beaux jours de l'électroménager pendant des années. Des améliorations significatives dans les algorithmes de détection et les circuits de contrôle ont élargi le champ d'applications de cette technologie. Les concepteurs envisagent non seulement les détecteurs capacitifs comme des remplaçants de contacteurs mécaniques ou à membrane, mais découvrent aussi de nouvelles applications comme les écrans tactiles et les capteurs de proximité.

### Capteur capacitif

Un capteur capacitif est constitué d'une garniture conductrice, d'une masse environnante, et de sa connexion à un contrôleur. Dans la plupart des applications, la garniture conductrice est une grande plaque de cuivre et la masse environnante est obtenue par remplissage. Une capacitance native (parasite),  $C_P$ , existe entre ces deux objets. Quand un troisième objet conducteur, tel qu'un doigt humain, est présent à proximité du capteur, la capacitance du système est augmentée par celle de l'objet en question.

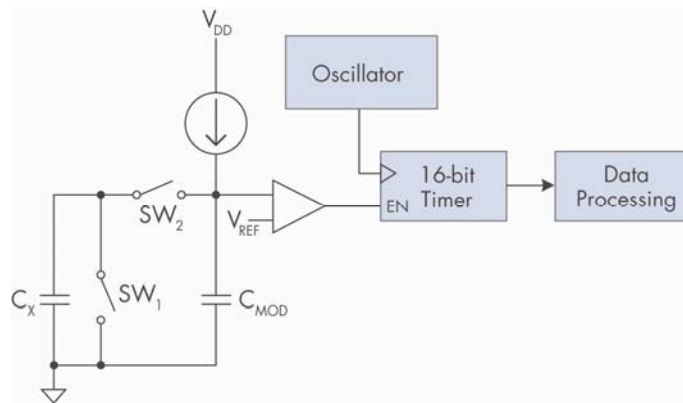
Figure 1.



Il existe plusieurs méthodes pour détecter la hausse de capacitance provoquée par l'ajout de  $C_F$ . La mesure d'*effet de champ* fait appel à un diviseur de tension alternative entre le condensateur du capteur et un condensateur de référence. La détection du doigt est réalisée en contrôlant la variation de tension au niveau de ce diviseur). La détection à effet de champ est une technique très sensible et robuste, par rapport à l'environnement, toutefois elle est implémentée avec un seul ASIC par capteur, et elle ne fournit pas de fonction analogique. Le *transfert de charge* fait appel à un circuit de condensateur commuté, à une capacitance de référence au niveau du bus, et à des transferts de charge répétés du petit condensateur du capteur, vers le plus gros condensateur du bus. La tension sur le condensateur de bus est proportionnelle à la capacitance du capteur. La capacitance peut être déterminée en mesurant la tension après un certain nombre d'opérations, ou en comptant le nombre d'opérations nécessaires pour atteindre une tension de seuil. Le transfert de charge est une méthode de détection faible impédance offrant une bonne immunité au bruit, et permettant de supporter des fonctionnalités analogiques dans des capteurs capacitifs. La liaison directe à  $V_{DD}$  nécessite un régulateur de tension dédié, de haute qualité, pour le contrôleur de capteur. Un *oscillateur à relaxation* est une mesure temps x charge où le rampe de remplissage est déterminée par la source de courant (en général fixe) et la valeur de capacitance du capteur. De condensateurs de capteur plus gros conduisent à des temps de rampe plus longs, que l'on mesure en général avec un PWM (modulateur de largeurs d'impulsions) et un timer. L'oscillateur à relaxation est très souple, et peut être implémenté dans beaucoup des microcontrôleurs standard, toutefois les entrées de forte impédance peuvent le rendre susceptible au bruit, en l'absence de modifications logicielles ou matérielles pour filtrer à de telles interférences. Les *Approximations successives* sont une mesure de temps de charge de capacitance, dans laquelle la tension de départ est calculée par approximations successives.

La méthode par Approximations successives (brevet en cours de Cypress Semiconductor) implantée avec le composant PSoC utilise un convertisseur capacité-tension et un CAN à simple pente. La mesure de capacitance se fait en convertissant la capacité en tension, en enregistrant cette tension dans un condensateur, puis en mesurant la tension enregistrée grâce à une source de courant réglable. Cette technique basse impédance offre une immunité élevée aux interférences, une plus grande sensibilité et de meilleures caractéristiques analogiques. La source de courant et le schéma de connexion autorisent davantage de tolérance au niveau de la qualité du régulateur de tension.

**Figure 2.**



Le convertisseur capacité-tension est implanté en technologie condensateur commuté. Le circuit porte le condensateur de détection à une certaine tension par rapport à la capacitance du capteur. Le condensateur commuté est cadencé par l'oscillateur principal interne du PSoC.

Le condensateur de capteur est connecté au bus analogique multiplexé, et chargé par l'intermédiaire d'un convertisseur numérique-analogique programmable (iDAC) à sortie courant, également connecté au bus. La charge sur chaque bus est donnée par  $q = CV$ .  $SW_2$  est ouvert et  $SW_1$  est fermé pour porter à zéro le potentiel aux bornes de  $C_x$ , et réduire la charge sur le bus d'une valeur proportionnelle à la capacitance du condensateur de capteur. Cette opération (charge-décharge) est répétée de sorte que le condensateur de capteur se comporte comme une charge de courant sur le bus.

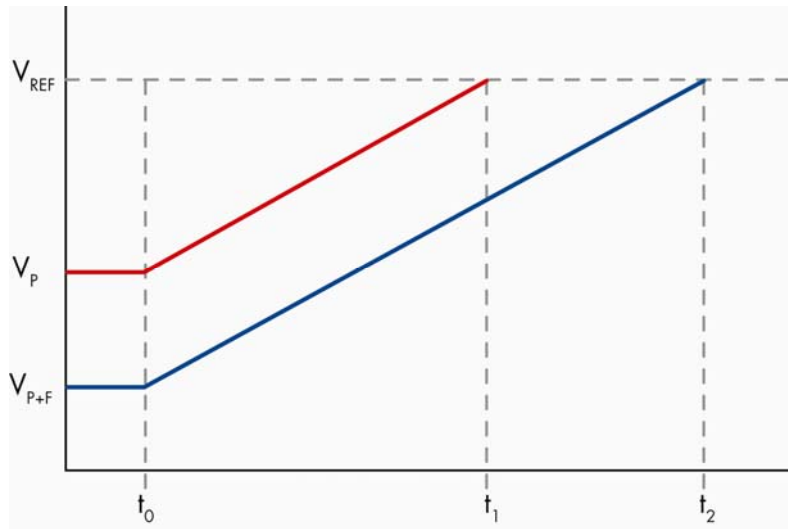
Pendant que le condensateur commuté fonctionne, l'iDAC utilise un test binaire pour déterminer la valeur à laquelle la tension du bus demeure constante. Cette tension est fonction de la fréquence de commutation, de la capacitance du capteur et de la valeur du courant iDAC. Le bus fonctionne également comme un condensateur de déviation, qui stabilise la tension résultante. Des condensateurs supplémentaires peuvent être rajoutés sur le bus pour affecter la performance et la synchronisation du circuit.

$$V_X = \frac{1}{f_{OSC} C_X} I_{DAC}$$

$$V_{BUS} = V_{REF} - V_X$$

La valeur (du courant) iDAC est alors utilisée pour charger le bus de nouveau et le temps nécessaire pour amener le bus de la tension initiale au seuil du comparateur est mesurée. La tension initiale hors présence du doigt, et donc le temps de charge, est connue. La présence d'un doigt sur le capteur augmente la valeur  $C_x$ , diminue la tension initiale et augmente le temps de charge.

Figure 3.

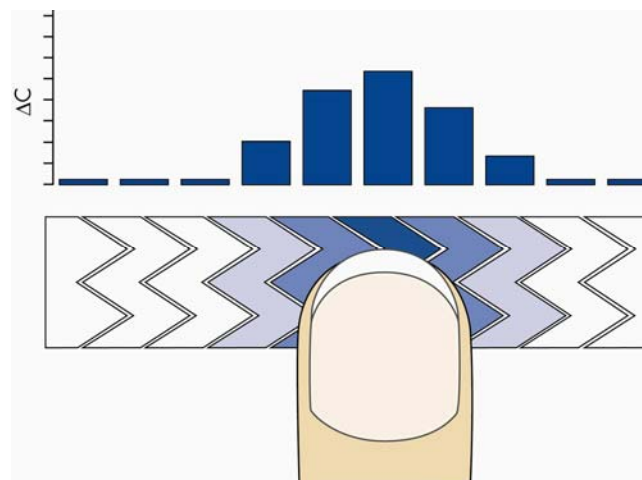


### Structure d'un capteur

Les capteurs capacitifs ont diverses formes et diverses fonctions. Ils peuvent utiliser différents medias. Leur implantation peut aller du plus simple au plus complexe. Les conditions d'application déterminent la construction et les détails d'implantation du capteur.

Les boutons et les curseurs sont les plus communs. Les boutons sont de grandes plages conductrices connectées au contrôleur. La capacitance est mesurée et comparée à une série de seuils. Des décisions peuvent être prises sous forme de sorties numériques, ou avec davantage de caractéristiques analogiques pour gérer la pression ou la taille de doigt. Les curseurs sont des matrices linéaires ou radiales de plages conductrices. Des algorithmes barycentriques déterminent la position d'activation à une résolution bien plus élevée que celle correspondant au nombre de pins utilisés pour détecter. Le plus souvent, les capteurs capacitifs simples comme des boutons et des curseurs sont implantés en utilisant le cuivre du circuit imprimé lui-même. D'autres substrats ou dépôts tels que de l'encre argentée peuvent aussi être utilisés.

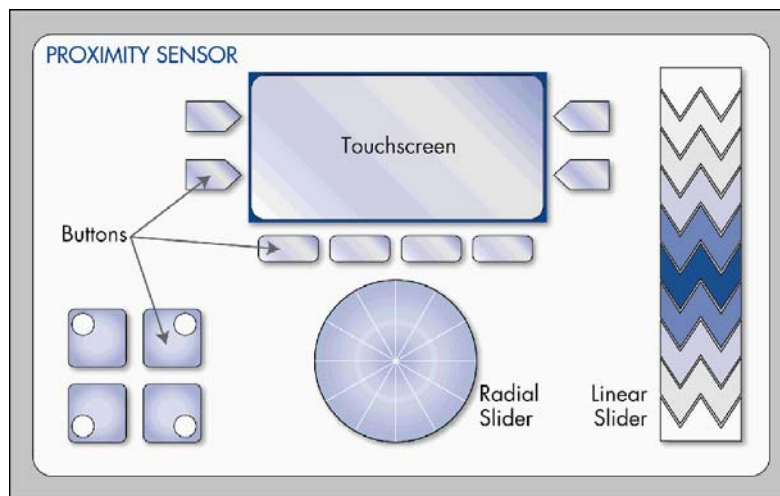
Figure 4.



Les interfaces utilisateur dynamiques utilisent des boutons ou des zones d'activation qui se reconfigurent en réponse à l'affichage lui-même. Ces affichages font évoluer l'expérience de l'utilisateur en introduisant une interaction plus évidente et plus intuitive. La structure de ces systèmes est en quelque sorte plus complexe que celle des boutons ou curseurs simples. Les futurs écrans tactiles capacitifs utilisent des matériaux conducteurs transparents au-dessus d'un écran. La surface conductrice est déposée sur un substrat comme du verre ou un film PET et connectée au circuit de contrôle. Le substrat est ensuite collé sous le capot entre celui-ci et l'écran. La position d'activation est déterminée de la même manière qu'avec un curseur. Deux curseurs, un pour chaque axe sont entrelacés pour assurer une couverture complète de la surface de l'écran. L'activation est détectée selon les deux axes et la position exportée sous forme de données XY. Comme ces écrans tactiles capacitifs sont dotés d'un capot, ils sont protégés des impacts, de la flexion, et des facteurs environnementaux qui pénalisent les écrans tactiles résistifs traditionnels.

Les capteurs de proximité sont essentiellement de grands boutons. L'objet d'un capteur de proximité n'est pas de détecter la position exacte d'un objet conducteur, mais plutôt sa présence. Puisque le dispositif n'a pas besoin de connaître la position exacte, le temps de réponse peut être plus lent (3 à 4 ms contre 250  $\mu$ s). La sensibilité d'un capteur de proximité est beaucoup plus grande ; 30 cm peuvent être atteints dans le cas d'un bon design. Comme les capteurs de proximité n'ont pas besoin d'être associés à un écran, leur positionnement sur l'appareil est plus souple. Un anneau de cuivre en périphérie du circuit de commande, ou un fil sous le capot, permettent de réaliser un capteur de proximité simple et économique.

**Figure 5.**



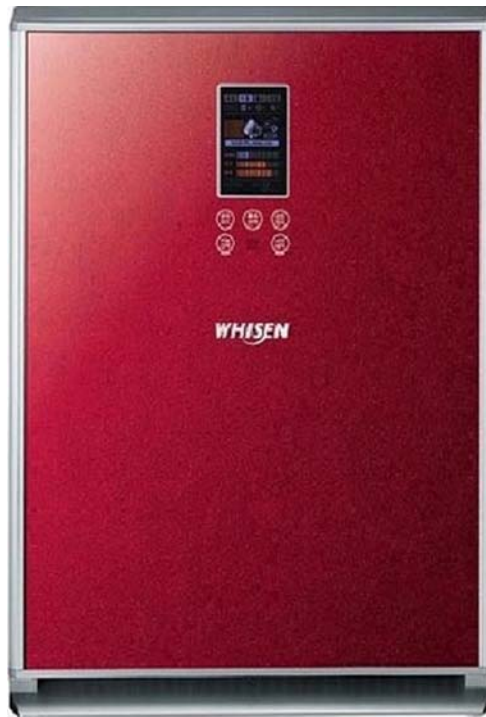
### **Utilisation d'un capteur capacitif**

L'utilisation de capteurs capacitifs se généralise. Les capteurs décrits ont produit de nouvelles opportunités aux concepteurs en proposant des éléments de conception flexibles, durables et élégants. Des boutons sont encore utilisés pour la navigation et l'activation des menus. Cependant, les caractéristiques analogiques de ces boutons, qui ne sont pas de coûteux potentiomètres, permettent une implantation facile et plus économique de fonctionnalités et de fonctions de sécurité supplémentaires.

L'appareil LG Air Cleaner LA-N131DR fait appel à cinq capteurs capacitifs en face avant, pour les boutons de navigation du menu. Ces boutons ont permis aux concepteurs de concevoir un châssis dépouillé tout en accueillant l'interface utilisateur. Les boutons capacitifs détectent la présence d'un doigt humain à travers quatre millimètres de verre. Les circuits de contrôle

sont situés sur l'autre face (pas celle des capteurs) d'un circuit imprimé double face. LG utilise la matrice signaux mixtes PSoC pour contrôler les capteurs et l'état de sortie vers le processeur principal de l'appareil.

**Figure 6.**



Les capteurs de proximité permettent de gérer le rétro-éclairage pour le fonctionnement de nuit, ou des fonctionnalités de sécurité nécessitant un plus grand élément activant comme une main d'adulte ou la présence d'un pot métallique pour activer certains contrôles. Les capteurs de proximité, les boutons, les curseurs et même les écrans tactiles peuvent être contrôlés par un processeur unique à base PSoC. Le micrologiciel permet les changements d'état sur la base des actions utilisateur ou de commandes envoyées par l'ordinateur hôte.

### ***Intégration d'ensemble***

La matrice signaux mixtes PSoC permet aux concepteurs d'implanter des boutons, des curseurs, des zones tactiles, des écrans tactiles, des capteurs de proximité ou n'importe quelle combinaison de tout cela dans une même puce. L'existence de modules de développement micrologiciels prédéfinis, de code de référence, et d'outils d'étalonnage rendent la conception d'une application de détection capacitive, rapide, facile et effective.

Les outils de développement micrologiciel prédéfinis comprennent les interconnexions entre appareils, le pilotage d'entrées/sorties et des API. Ceux-ci sont produits grâce à quelques clics de souris seulement, au sein des outils de développement PSoC Designer et PSoC Express. Le code de référence constitue un point de départ offrant la fonctionnalité fondamentale, mais la nature "open source" de la solution PSoC permet la personnalisation et l'optimisation en fonction du projet. Les outils d'étalonnage accélèrent le développement en offrant un feedback en temps réel des entrées capacitatives. Ajustez les paramètres, augmentez la sensibilité, et calibrez les capteurs individuellement à l'aide de l'outil d'étalonnage.



Les composants PSoC sont plus que de simples capteurs capacitifs. Des ressources analogiques et numériques sont disponibles pour une myriade d'autres applications. Un contrôle numérique de base est disponible avec tous les appareils PSoC. Pilotez des LED, communiquez par I2C, SPI et d'autres medias, ou contrôlez un PWM 8 bits simple. Les composants plus complexes sont aussi capables d'assurer davantage de fonctions numériques ainsi que des fonctions analogiques simples. Un même PSoC peut être configuré à la fois comme détecteur capacitif et comme thermomètre ou voltmètre.

### ***Créez votre application de détection capacitive***

La matrice signaux mixtes PSoC est une matrice configurable dotée de ressources numériques et analogiques, de mémoire flash et RAM, d'un microcontrôleur 8 bits, et de plusieurs autres fonctions. Ces fonctionnalités permettent PSoC d'implanter des techniques de détection capacitives innovatrices dans son portfolio CapSense. Utilisez l'environnement de développement intuitif PSoC pour configurer et reconfigurer un circuit pour répondre à des spécifications de design, ou à des évolutions de spécifications. Les nouvelles technologies de détection présentent une meilleure sensibilité et une immunité au bruit améliorée, une consommation d'énergie plus faible, et un rythme d'évolution plus rapide. Pour plus d'information sur PSoC, allez sur [www.cypress.com](http://www.cypress.com). Pour plus d'information sur PSoC CapSense, visitez [www.cypress.com/capsense](http://www.cypress.com/capsense).



Cypress Semiconductor  
198 Champion Court  
San Jose, CA 95134-1709  
Phone: 408-943-2600  
Fax: 408-943-4730  
<http://www.cypress.com>

© Cypress Semiconductor Corporation, 2007. The information contained herein is subject to change without notice. Cypress Semiconductor Corporation assumes no responsibility for the use of any circuitry other than circuitry embodied in a Cypress product. Nor does it convey or imply any license under patent or other rights. Cypress products are not warranted nor intended to be used for medical, life support, life saving, critical control or safety applications, unless pursuant to an express written agreement with Cypress. Furthermore, Cypress does not authorize its products for use as critical components in life-support systems where a malfunction or failure may reasonably be expected to result in significant injury to the user. The inclusion of Cypress products in life-support systems application implies that the manufacturer assumes all risk of such use and in doing so indemnifies Cypress against all charges.

PSoC Designer™, Programmable System-on-Chip™, and PSoC Express™ are trademarks and PSoC® is a registered trademark of Cypress Semiconductor Corp. All other trademarks or registered trademarks referenced herein are property of the respective corporations.

This Source Code (software and/or firmware) is owned by Cypress Semiconductor Corporation (Cypress) and is protected by and subject to worldwide patent protection (United States and foreign), United States copyright laws and international treaty provisions. Cypress hereby grants to licensee a personal, non-exclusive, non-transferable license to copy, use, modify, create derivative works of, and compile the Cypress Source Code and derivative works for the sole purpose of creating custom software and or firmware in support of licensee product to be used only in conjunction with a Cypress integrated circuit as specified in the applicable agreement. Any reproduction, modification, translation, compilation, or representation of this Source Code except as specified above is prohibited without the express written permission of Cypress.

Disclaimer: CYPRESS MAKES NO WARRANTY OF ANY KIND, EXPRESS OR IMPLIED, WITH REGARD TO THIS MATERIAL, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. Cypress reserves the right to make changes without further notice to the materials described herein. Cypress does not assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit described herein. Cypress does not authorize its products for use as critical components in life-support systems where a malfunction or failure may reasonably be expected to result in significant injury to the user. The inclusion of Cypress' product in a life-support systems application implies that the manufacturer assumes all risk of such use and in doing so indemnifies Cypress against all charges.

Use may be limited by and subject to the applicable Cypress software license agreement.