

## 電容式感測介面設計內容初探

Cypress全球行銷經理Robert Jania

電容式感測技術的用途日新月異。有越來越多的可攜式媒體播放器、手機、電腦、POS機與其他家電用品等，都已開始採用這些時髦的操作介面。現在，電容式感測技術領域更進一步延伸到工業以及醫療應用上。

到底什麼是電容式感測呢？電容式感測是一種觸控式感測技術，是可取代傳統機械式按鍵與滑桿的另一種選擇。此外，它亦可用來建置觸控式螢幕、觸控板，及近距感測器等。電容式感測技術無須感測實際按鍵，就能偵測到導體。而這導體通常是使用者的手指。

有各式各樣的原因需要用到觸控式系統，其中一項最基本的原因就是需要更高的可靠性與耐用性，例如：公共服務機台可能因過度使用，讓機械式按鍵容易損耗而故障，必須更換按鍵並維修固定式機械式感測器，如此一來，卻會增加整體系統成本。採用觸控式系統除了具備耐用性外，長期下來亦能降低整體成本。觸控式系統不僅具備更高的彈性，按鍵也可提供更多樣化的功能，例如：在傳統的工業鍵盤上，機械式按鍵就只能作為單一功能使用，或特別指定代表一個選單選項功能。但有了觸控式螢幕，因為顯示畫面不斷改變，介面的設計方式也就更為多樣化。唯一的限制就是設計需求而已。同樣地，由於單一按鍵就可當成多種用途，因此觸控式系統在更小的空間中可以發揮多種用途。最後，比起機械式按鍵，觸控式系統最關鍵優勢之一，就是它可以提昇使用者經驗。觸控式解決方案往往能帶來更直覺化、更簡易的操作方式。

觸控式系統有好幾種不同的建置方式，包括運用電阻膠膜 ( resistive film )、紅外線感測器、或甚至是表面聲波。既然有這麼多種不同建置方式，為何要採用電容式感測技術？首先，它有相當好的靈敏度。電容式感測技術是由手指的觸碰所驅動，不像電阻膠膜需要用針筆或壓力才能進行感測。其次是耐用性。如前面所述，觸控式解決方案因為不需任何可拆式元件，因此比機械式按鍵和開關更為耐用。然而電容式感測器在這些觸控式解決方案當中最具耐用性的。相較於紅外線解決方案容易受到表面髒污而降低效能，電容式感測較能抵抗惡劣環境。最後是高彈性優勢。由於電容式感測能運用在各種覆蓋層材質上，且具備各種解析度與準確性，因此不會被侷限在某些應用上。電容式感測可應用於手機、MP3播放器、數位相機等消費性電子裝置上、工業、或如洗衣機、服務台等家電產品。

那麼電容式感測技術又是如何運作的呢？圖1所示為單一電容式感測按鍵的剖面圖。圖中在某種覆蓋層材質下的是導體銅片區以及導體感測器。當兩個導體位置接近時就會產生電容值 $C_p$ (如圖中所示)，即為感測器導體片與接地片耦合產生的寄生電容，一般約在10pF到300pF之間。感測器與接地片近距放置也會產生穿越覆蓋層的邊際電場。由於人體組織基本上就是一種導體，因此若將手指移到該邊際電場的附近，就會增加整個電容系統的導電表面積。

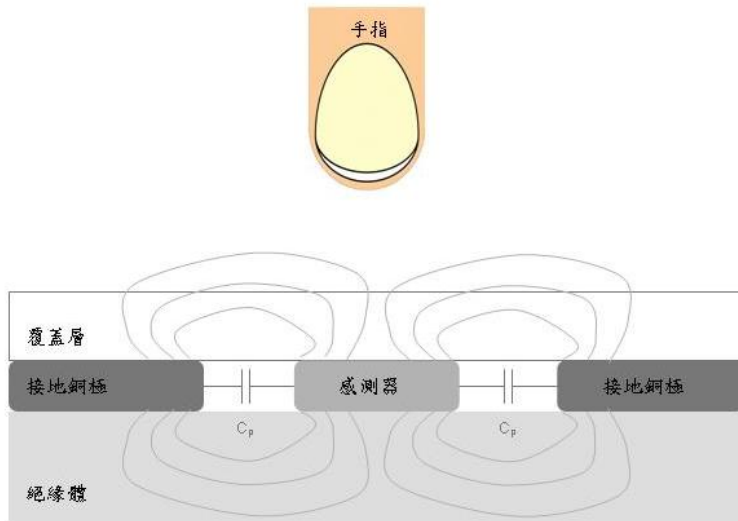


圖1. 單一電容式感測按鍵剖面圖

由手指額外提供的電容值 $C_F$ 一般約在0.1pF至10pF之間。雖然手指造成電容改變，但與原寄生電容值比較起來仍相對較小。

感測器所測得的電容值稱為 $C_X$ 。沒有手指靠近時， $C_X$ 基本上等於 $C_P$ ；當手指靠近時， $C_X$ 就會是 $C_P$ 與 $C_F$ 的綜合值。(如圖2)

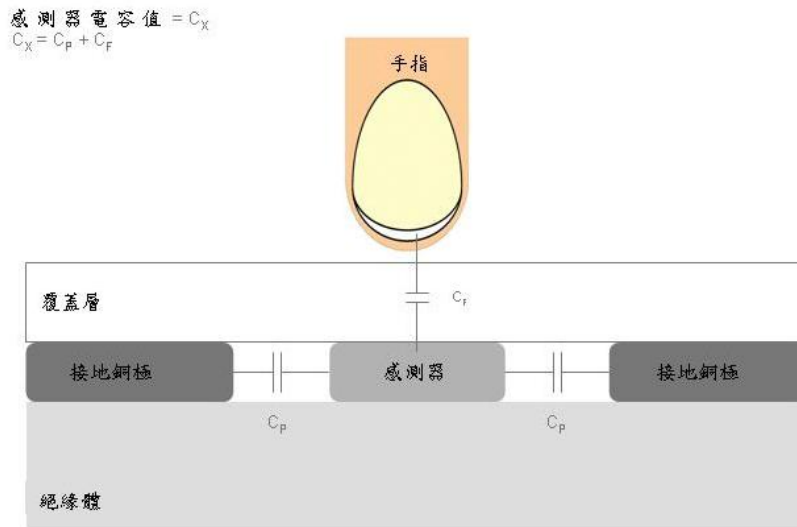


圖2. 感測器電容值的變化

有了電容式感測技術的運作概念後，我們要如何開始針對特定產品設計電容式感測介面呢？這時候設計需求必須是第一考量。這項產品的用途為何？會在哪些環境下使用？使用環境是否嚴苛？設計中最重要的因素考量為何？電池續航力亦或是耐用性？不同的因素都會影響設計方式。

功耗是否為設計關鍵考量，端看所產品型態而定。例如：電池供電的手持式裝置就會特別注重耗電量。有一種可管理整體平均功耗與電池續航力的方法，就是設定三個不同的運作區域。其中一個區域為快速反應區域，每個感測器於每200us就會被掃描一次。當按鍵與滑桿處於持續動作時，系統就會進入此區域。若按鍵與滑桿介於極少動作與無動作之間時，系統就會進入慢速反應區域，此時掃描週期為100ms，掃描次數也因而減少。若按鍵與滑桿在長時間下皆無動作，系統就會進入省電的深眠模式。在可攜式手持裝置中採用此種省電的慢速反應模式，每100 ms才會掃描感測器，如此一來，系統所消耗的平均電流就可以低於50  $\mu$ A。

在今日的電子世界中，雜訊是另一項重要的考慮因素。無論是如電源線產生的導體雜訊，或是手機或日光燈產生的輻射性雜訊，這些無所不在的雜訊讓我們不得不正視它們所帶來的影響。為講求效率，我們必須設法提高訊噪比 ( signal-to-noise ratio )，藉以減少誤判碰觸事件的發生。

覆蓋層的材質與厚度對於設計的訊噪比、耐用性、防靜電、以及準確性等都具有相當大的影響。同樣的，覆蓋層材質種類與厚度常常會根據產品需求而需要作取捨。當覆蓋層越厚，訊號與雜訊隨之降低，而防靜電的效果反之更好。人體的靜電壓可能高達15 KV，而電容式感測系統的覆蓋層能保護IC，不因其暴露在靜電環境下而受到永久損壞。另一種解決方法就是採用聚醯亞胺絕緣膠帶 ( Kapton tape )，能有效提供額外的靜電防護。越厚的覆蓋層當然比較不易損毀。

要降低設計難度的最理想方法就是使用可編程及彈性化的電容式感測解決方案，並能依照設計需求進行細部微調。Cypress CapSense解決方案乃是基於PSoC混合訊號陣列架構而開發出的可編程解決方案。CapSense包含兩種觸控感測方法—CapSense Successive Approximation (CSA)以及CapSense Sigma-Delta (CSD)，兩者都經過最佳化調整，以因應設計電容感測系統時的各種挑戰。CSA與CSD兩種方法在每次掃描後，都會定期更新其動態基準線，以因應環境的變動。例如：一旦某裝置上的溫度有所變化時，基準線也會跟著調整。基準線的走勢可自動補償環境溫度與濕度所造成的影響。運用可編程電容式感測解決方案，讓設計人員更容易掌握切合設計需求的各項要素。

此外，藉由結合屏蔽電極 ( shield electrodes ) 與防護感測器 ( guard sensor )，加上電容式感測中的CSD方法，可讓設計方案真正達成防水的效果。這套解決方案提供可靠的觸碰偵測，消除水滴或水流可能造成的誤判偵測。屏蔽電極可減少水滴對於感測實體本身的影響，而防護感測器則可在邏輯層中重置決策邏輯的運作。

具備PSoC混合訊號陣列支援的CapSense元件，讓設計人員能在單一晶片中同時建置各種按鍵、滑桿、觸控式螢幕、觸控板及近距離感測器。此外，CapSense亦具備預先定義軟體開發使用者模組、參考程式碼與校準工具的支援，讓電容式感測應用的設計更為迅速、簡單、有效。預先定義軟體開發工具包含：元件互連、I/O驅動模式以及API。設計人員只需在PSoC Designer與PSoC Express開發工具中點幾下滑鼠就能完成建置。參考程式碼提供基礎功能的最初樣本，而PSoC解決方案中的開放原始碼格式則允許任何設計方案進行客製化與最佳化作業。校準工具則為電容式感測輸入狀態提供即時的回饋，以加速開發作業。使用者透過校準工具就能調整參數、增加靈敏度、甚至能個別校準感測器。



PSoC元件不單只是電容式感測器而已，其中的類比與數位資源都可運用在各種應用中。所有PSoC元件都具備基本的數位控制能力。PSoC可設定用來驅動LED、控制一組簡單的8位元PWM、同時透過I<sup>2</sup>C、SPI、或其他通訊協定進行通訊作業。具備更高階功能的裝置則需要更多數位及基本的類比功能。單一PSoC元件可配置成一個電容式感測器及溫度計或電壓監控器。

PSoC混合訊號陣列是一套包含數位與類比資源、快閃記憶體與RAM、一組8位元微控制器、還有多種其它功能的可配置陣列。這些功能讓PSoC在CapSense系列產品中能建置各項創新的電容式感測技術。利用PSoC所提供的直覺式開發環境對元件進行配置與重新配置的設定，就可符合所需的設計規格或規格變更。新的感測技術可展現更好的靈敏度與抗雜訊能力，並具備更低功耗、以及更快的更新速率。



## References

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.