

## 電容分壓器 (簡稱 CVD)

用個大、小水庫的原理來說明 CVD。大水庫是  $V_{Chold}$  平常充電到滿水位 (充飽到達  $V_{dd}$  的準位)，小水庫是  $C_{sensor}$  平常都把水放乾(即使用內部接地)。將大水庫與小水庫連通在一起，大水庫的水(電荷) 流向小水庫取得一個平衡後量取大水庫還剩下多少水(電荷)。因為當人觸摸到接點時因雜散電容加大使得小水庫變大了，大水庫的水位就降的比較多。所以正確量測  $Chold$  上的電壓就可以知道按鍵是不是有被觸摸著。

此方法需要配備內部類比數位轉換器(ADC)的微控制器，目前大多數系統均符合此項要求。此方法使用 ADC 的內部取樣電容以及電路板上感應點的電容來產生的電容分壓效應(大、小水庫同水位高度)，分壓的大小則視感測器的電容而定。先使用 ADC 測量此分壓，再由軟體進行處理。

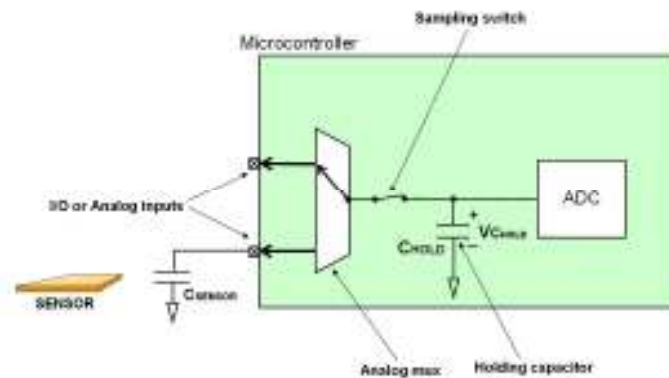


圖2-1：微控制器中的類比通道和ADC電路

正常工作期間，圖2-1中的類比多工電路(analog mux)用來選擇取樣電容的輸入腳位、多工器上方的接腳電壓允許取樣電容器在取樣時間(acquisition time)內充電至接腳電壓(一般接至  $V_{dd}$ )，接著採樣開關斷開，多工器切向底下的感測接腳，取樣電容向感測器電容放電至一個平衡電位，ADC先轉換這時在取樣電容上的電壓值。

被指定為電容感測的微控制器接腳可被設定為數位 I/O 功能，藉此將取樣電容充電到  $V_{DD}$  或放電至  $V_{SS}$ 。

這種測量方法需採取若干步驟。其中一些步驟的時機掌握非常重要，因為電容的漏電和延遲將導致讀數漂移。

步驟一：首先要為測量初始化系統，我們需在系統中對電容進行適當的充、放電。透過數位 I/O 腳的設定方式，我們可將未使用的接腳設定為 High 輸出功能，此輸出可以

透過內部的類比輸入連到類比多工器做輸入**Channel** 的選擇後對內部取樣電容器進行充電至  $V_{DD}$  的電位。同時，我們需要確保外部感測器的電容能徹底放電；因此，同時連接感測器的接腳被設定為 **Low** 輸出，將感測器接地以確保感測器的寄生電容能徹底放電到地電位( $V_{SS}$ )。類比多工電路和輸出的狀態可見圖2-2。

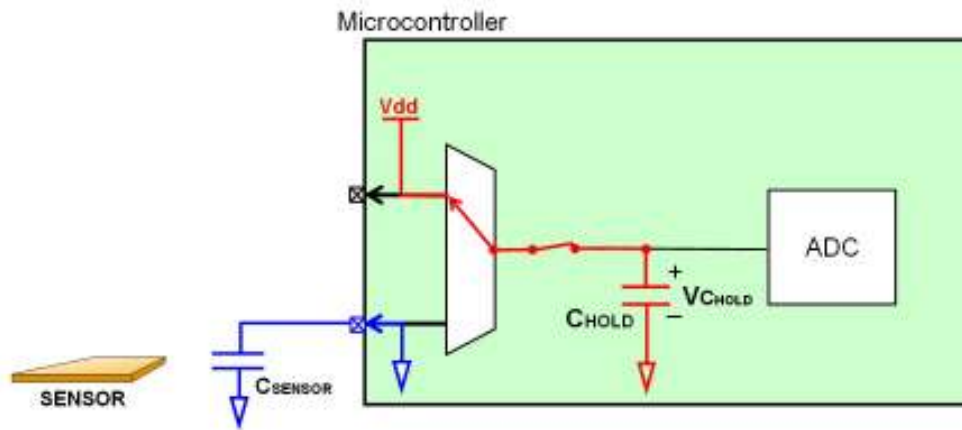


圖2-2：CVD測量初始化狀態

步驟二：一旦感測器電容已經放電，且取樣電容器已經充電至正電源電壓( $V_{DD}$ )，將感測器的接腳上的輸出功能關閉並設定為 **ADC 類比輸入功能**，如圖2-3所示。這時，接腳至寄生電容的線路會浮動(floating)在那裡，寄生電容可透過接腳或電路板(board leakage)獲得一些微量電荷。正因如此，該步驟的時間應盡可能地縮短以減少誤差值。

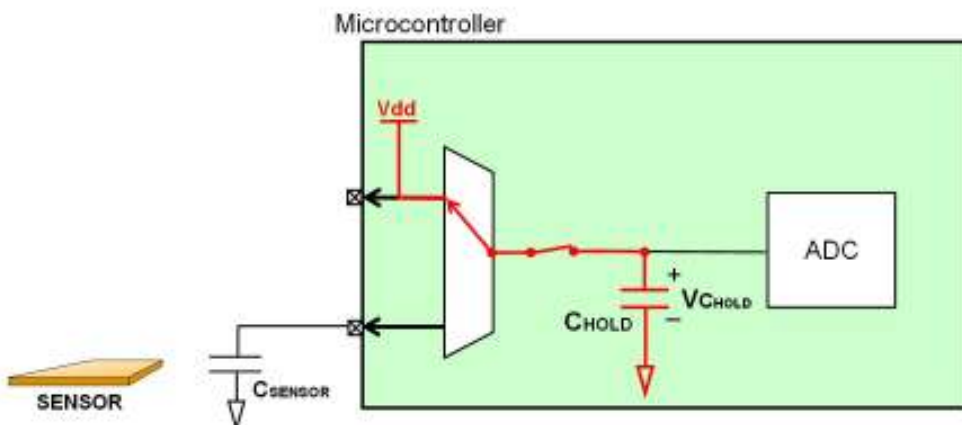


圖2-3：感測器不再放電

步驟三：使用多工器切換連接到感測器的接腳，將使取樣電容與感測器並聯。因為這時的取樣電容充電至VDD，而感測器電容則完全放電。其結果就是電流從取樣電容流至感測器電容。類比多工器允許雙向電流，儘管其阻抗確實會導致一些電流耗損但對整體電位的引響還是很小的。

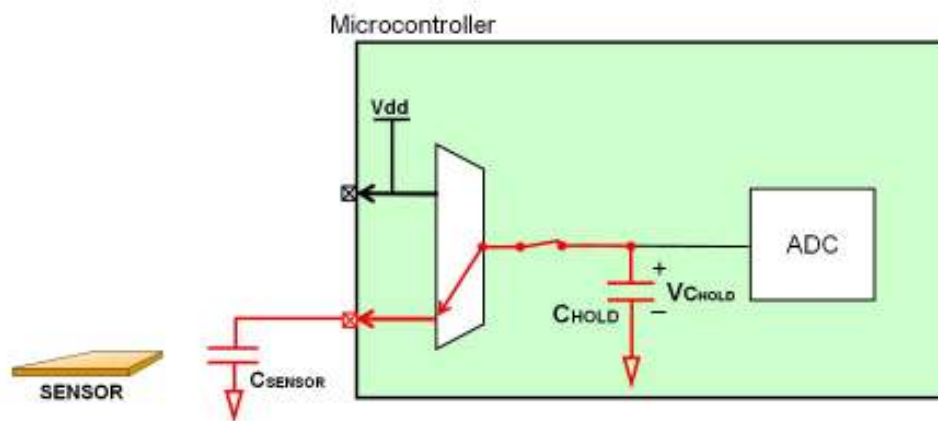


圖2-4：感測器電容與取樣電容並聯

步驟四：因為這時這兩個電容在等效並聯電路裡，取樣電容的電荷會向寄生電容流動，這兩個電容最後會維持在一個相同的電壓，在系統穩定之後，類比數位之間的轉換啟動，採樣開關斷開，如圖2-1所示。緊接著即可測量取樣電容上的電壓。系統穩定所需的時間很短，轉換通常可以在下一條指令處就開始進行。

取樣電容上的電壓取決於感測器電容，若使用者手指對面板表面進行觸碰的話，感測器電容即為感測器寄生電容加上使用者手指電容之和。以下公式可證明之，電壓則由ADC測得。

$$V_{Chold} = \frac{C_{hold}}{C_{hold} + C_p + C_f} \times V_{dd}$$

公式2-1：取樣電容上的電壓

其中：

- $V_{Chold}$  是由ADC測得的電壓
- $V_{dd}$  是微控制器電源電壓
- $C_{hold}$  是取樣電容的電容，該受測元件顯示為10pF
- $C_p$  是感測器寄生電容
- $C_f$  是手指觸碰產生的電容

從公式中我們可以看到，手指觸碰增加的電容將導致取樣電容上的電壓下降。ADC 將輸出較低的轉換值。



**圖2-5：感測器上的電壓**

讀數的解析度由 ADC 解析度來決定，因此建議使用10位元ADC；較低解析度的ADC雖然也可使用，但它將需要更明顯的電容量的改變—所以兩極間距需更小、介面面板也要更薄。因為測得的電壓通常要低很多，爲了提高ADC解析度，可以使用比  $V_{DD}$  更低的參考電壓來進行轉換。這個參考電壓的改變將增加每一位元所能夠解析的電壓值，但要小心避免飽和。飽和是指當被轉換電壓超過參考電壓，而 ADC 只能以其最大輸出碼進行回應的情況。因為電容測量耗時很短，通常只要10-20  $\mu s$ ，感測器就可進行過採樣(oversample)，以便提高解析度。

上述文字討論的是使用未佔用接腳對取樣電容進行充電的情況。但若要測量多個電容觸控感測器，連接另一感測器的接腳則可暫時借用來對取樣電容進行充電。用於輸入的感測器在未被測量的時候，因為涉及的電容小，並且數位輸出的輸出阻抗也較低，所以可將該輸入驅動爲高電平。至ADC的任何內部參考電壓也可用來爲取樣電容充電。