

選擇適當ESD保護元件

被保護電路特性評估為關鍵

◆ Robert Ashton

不論是手機、娛樂系統或高階電腦的電氣系統，用戶均要其不受靜電放電(ESD)的破壞或影響。為了確保系統在遭受ESD事件時的強固性，產品須按照如國際電氣委員會(IEC)61000-4-2等標準來測試。系統設計人員採用多種方法來確保產品符合ESD標準，如解決外殼設計、電路板設計、元件選擇，甚至是軟體修復(Software Fix)等問題。其中一種方法是在輸入/輸出(I/O)連接器等關鍵電路節點處使用保護元件。ESD保護元件通常稱為瞬態電壓抑制器(TVS)。本文將分析系統設計人員可以採用的保護產品種類，並比較其特性。

TVS元件消弭ESD破壞

許多IC皆有潛在敏感輸入，使其在遭受諸如ESD應力遠高於常規的輸入電壓情況下易於受損。介於正常工作電壓範圍與元件開始受損之間的是安全過壓區，安全過壓區與元件受損區之間有少許交疊，因為若較大的過壓僅持續極短時間，元件還可以承受。TVS的任務就是在ESD事件期間將輸入電壓維持在安全過壓範圍之內，而在正常工作時不損及系統性能。TVS元件置於鄰近ESD事件很可能進入系統的位置，旨在限制敏感節點處的電壓，並將電流引至不太敏感的節點，如地電平。TVS要執行此功能，必須在正常工作電壓範圍內擁有高阻抗。在正常工作電壓範

圍之外，TVS必須擁有低阻抗，這樣才能將電流從敏感節點引開，並限制電壓瞬態。

TVS的基礎要求跟具體應用有關，但一般要求能在預計可能發生的ESD應力下存續；正常電壓範圍下具有高阻抗(低洩漏)；正常電壓範圍之外低阻抗；導通適合應用的電壓；遭受應力期間快速地從高阻抗轉換至低阻抗；以及電容對目標應用而言不太高。

在比較具體TVS元件類型之前，須要理解兩種分類類型。

以不同電源範圍選擇單向/雙向保護

單向和雙向TVS元件皆能保護正向和負向應力。依據TVS維持高阻抗、低洩漏狀態的電壓範圍，最能理解此兩個術語的不同。此種電壓範圍決定TVS元件能使用於保護的不同類型電路節點。雙向TVS具有相對於0伏特的對稱特性(圖1)。雙向元件最適合保護電壓基於0伏特對稱或雙向的電路節點。而單向TVS產品具有相對0伏特不對稱的特性。單向TVS元件極適合保護電壓極性始終相同的電路節點，如0~5伏特的電壓訊號。

電壓鉗位元/消弧區別為負有無阻抗

電壓鉗位元元件的工作原理，係從低壓時的高阻抗轉換至高於導通電壓時的低阻抗，且沒有負

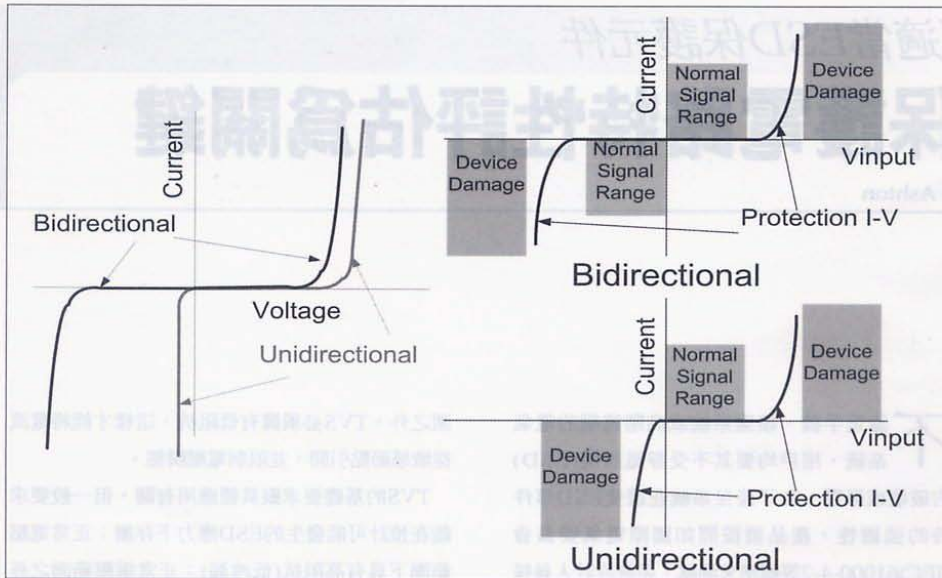


圖1 單向與雙向TVS元件比較

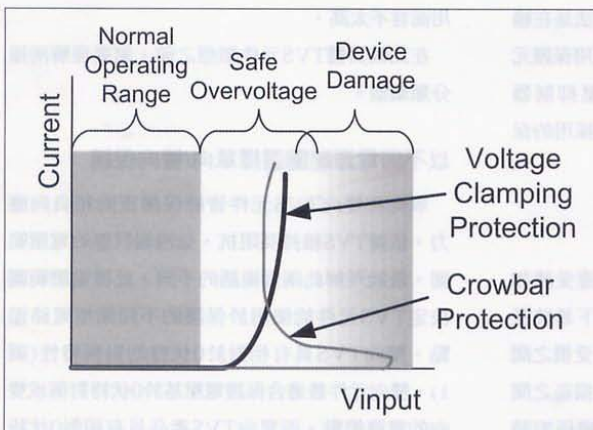


圖2 電壓鉗位元和消弧保護策略比較

阻抗區域(圖2)。此元件藉提供接地的低阻抗通道，將高於導通電壓的電壓鉗位元。

消弧(Crowbar)元件在低壓時也有高阻抗，而電壓較高時觸發新的導電機制，使電流增大，並使電壓下降，因此消弧元件擁有負阻抗區域。就

某些消弧元件而言，觸發電壓可能相當高。若消弧TVS解發器夠快，即可經常提供保護，即便電壓看上去已達到可能導致元件損壞的電平。消弧元件有時也稱為驟回(Snapback)元件，因為電壓驟然回升。

ESD TVS元件採用的主要技術有三種：壓敏電阻、聚合物和矽二極體。每種技術各有特性。

MOV在高速訊號保護受限

金屬氧化物壓敏電阻(MOV)在低電流和低電壓時具有高阻抗；但在電壓和電流較高時，它們的阻抗大幅下降，因此它們屬於電壓鉗位元元件。

壓敏電阻是雙向保護元件，帶有極寬範圍的電流和電壓能力，用於高壓輸電線路和雷電保護到小型表面貼裝元件的應用中提供ESD保



表1 TVS元件比較

元件	比較項目	方向性	保護策略	電容	老化問題	電壓精度	導通阻抗
壓敏電阻		雙向	電壓鉗位元	高	有	低	中等
聚合物		雙向	消弧	極低	有	低	中等
矽二極體		雙向或單向	電壓鉗位元	中等到極低	無	高	低

護。然而，它們也有與其導電率有關的較高電容，這表示其在高速訊號線路保護方面的應用受到局限。壓敏電阻在遭受多次應力(遠低於單次應力導致的損壞等級)的情況下，也會出現性能下降。

聚合物浪湧抑制器利於高速應用

聚合物浪湧抑制器元件為消弧元件，且始終是雙向保護元件，其電容極低，對高速應用極具吸引力。它們的短處是導通電壓高、導通阻抗性能相對較差及遭受多次應力時，性能易於下降。

TVS二極體可挑選單向/雙向保護

如今大多數的二極體都採用矽製造的固態元件，為雙端元件，能輕易以一個極性傳導電流，並在相反極性提供取決於某種擊穿電壓的高阻抗。二極體本質上為單向元件，保護方式為電壓鉗位元。

二極體的特性取決於N區與P區的摻雜程度，此兩個區離結點的距離遠近不同。調節摻雜程度能夠構造反向偏置擊穿電壓在幾百伏特到僅幾伏特之間的二極體。設計擁有明確定義的反向偏置擊穿電壓的二極體通常稱作齊納二極體。

基於二極體的TVS產品擁有其他ESD保護產品所不具備的多用性--可選擇單向和雙向保護。基本二極體是單向產品，且是僅有的單向保護元件。串聯結合兩個二極體輕易地構成雙向保護。藉共陰極或共陽極配置，可提供雙向保護。使用一對單向TVS元件便能獲得雙向保護性能。市場上有多種基於雙向二極體的TVS元件，元件中的

兩個二極體均位於同一封裝中，甚至經常整合至單個矽襯底上。

過去，矽TVS元件由於電容高，在保護低壓高速訊號線路方面存在不利因素。然而，近年來的技術進步消除這種不利因素。安森美(On Semiconductor)ESD9L5.0將矽保護的優勢與高速應用要求的低電容結合。事實上，ESD9L5.0包含一個低擊穿電壓齊納二極體和一對高擊穿電壓，因此提供低電容的標準二極體。

保護元件挑選至關重要

表1總結上述談及的三類TVS元件的基本特性。選擇恰當的保護元件應考慮多種因素，其中關鍵的決定因素就是被保護電路的特性。

對應力有不對稱敏感度的電路節點可能要求只有基於二極體的TVS產品才能提供的單向保護。高速應用要求極低電容，使聚合物元件極具吸引力，對低電容的渴求，須要結合聚合物元件的保護能力來平衡取捨。要讓聚合物TVS產品可接受，高速節點須能在高壓瞬態下存續，以導通聚合物TVS，並在導通模式下提供中等阻抗。

壓敏電阻由於成本低及不要求高壓導通，常具吸引力。若其製造得夠大，具有足夠低的導通阻抗以提供充足的保護，它們的電容通常對高速應用顯得太高。基於二極體的TVS產品鉗位元能力佳，如今市場上也有超低電容的TVS產品，甚至適合最高速的應用。二極體也頗具吸引力，因為它們能夠用作單向保護元件，匹配許多當今高速數位訊號的電壓範圍。

(本文作者任職於安森美)