為台灣加油打氣專欄\_(96)工業基礎技術計畫-快速比較器

李家同

 所有的電機工程師都會用一種設備，叫做示波器。假如我們有一個電路，我們要看在這個電路中間某一個節點的信號是什麼樣子的，我們就可以用一個示波器，這個示波器當然有一個顯示器，可以正確地顯示出這個信號的樣子。

 我從民國46年到民國50年在電機系念書的時候，就用示波器，當時的示波器是美國貨。其實一直到現在我們的電機系學生以及電機工程界所用的示波器仍然大多數是外國做的。我們自己國家也會製造示波器，但是不能製造高頻的示波器。其中原因是示波器內部需要有一個積體電路晶片(chip)，我們可以買得到比較低頻的這種chip，可是買不到高頻的。美國對這種高頻的chip都會予以管制，因為高頻的chip與國防有很大的關係。很多設備公司當然會做這種高頻的chip，但是他們是不賣的。

 政府的工業基礎技術計畫就是要做出比較高頻的示波器，當時的目標是10G Hertz的採樣率。所謂一個Hertz就是一秒鐘變化一次，1G是一個Giga，一個Giga就是10億，因此我們的目標是要能夠應付一秒鐘進行100億次的信號採樣，這當然不是一件容易的事。可是我們值得高興的是，我們的工程師花了四年的功夫已經使我們國家有了這種適用於高頻示波器的Chip。

 我們工程師主要的工作是設計一個高頻的chip，這個chip可以將類比(analog)訊號轉化成數位(digital)訊號，要達成這個目的可想而知的是要有一個比較器，如圖一所示：



圖一

 一個比較器必定裡面有一個預設的電壓值，例如A，比方說4mv(一個mV等於1000分之一伏特)，X是比較器的輸入訊號，如果X大於A，Y會等於1(所謂1乃是指比較高的電壓，可能1.2V)；如果X小於A，Y會等於0(所謂0乃是低電壓，通常也是0V)。

 假設比較器的輸入訊號，也就是X，是在1V之內，我們可以設計250個比較器，第一個比較器看訊號有沒有大於4mV，第二個比較器看訊號有沒有大於8mV等等。請看圖二：



圖二

 如果我們進來的訊號是9mV，比較的結果如圖三：



圖三

 各位可以看到，只有前面兩個比較器的輸出是1，其他的全是0，我們的結論是這個訊號是介於8mV到12mV的訊號。

 有一個麻煩，萬一比較器的輸入訊號，也就是X，是8.000001mV或者是7.999999mV，由於跟預設的電壓值8mV相比只差了1nV，比較器就會搞糊塗了。這樣的結果會造成後續一連串的錯誤反應，讓使用者對於示波器的精確度產生疑慮。為了解決這個問題，最普通的作法是將誤差放大，比方說我們在比較器裡面裝了一個放大器，第一次放大10倍還搞不清楚，就再放大10倍，一直放大比較器能分辨結果為止。可是我們必須要知道，我們要在0.8個ns(一個ns等於10億分之一秒)內完成比較，所以這種作法雖然精確，可是不能用的，因為我們要在極短的時間之內將輸出決定。請看圖四：



圖四

 我剛才講過，如果X大於A會輸出比較高的電壓，比方說1.2V；如果X小於A會輸出0V；如果比較器不能判斷，因為X和A差不多，那麼比較器通常會輸出一個介於中間的電壓，也就是0.6V，所以我們的工程師就在比較器的後面拖了一個尾巴。舉例而言，判斷這個訊號是否在0.7V和0.5V之間。一旦發現訊號不是1.2V，也不是0V，那他就一定會被判斷成介於0.7V和0.5V之間，輸出就會變成0，當然輸出變成1也是可以的。

 這種設計使得我們的比較器可以在0.8ns中完成使命，當然這個chip也不是這麼簡單，還有很多別的困難要克服，比方說寄生電容的問題，以及透過好幾組如圖三所示的比較器陣列，達到0.01ns的比較速度。那些問題是ㄧ般人不可能瞭解的，所以我就也不談了，其實我也搞不太清楚怎麼回事。

 現況是已經有公司在生產10G Hertz採樣率的示波器，而且我們工程師已經快完成20G Hertz採樣率的高頻chip，當然我們承認先進國家有更高頻率的示波器，可是我們必須知道過去我們是沒有這種能力的。

 這個技術是在工業基礎技術計畫支持下發展出來的，我們應該感謝政府有眼光，要求我們的工程師發展高難度的技術。希望政府能夠永遠不斷地要求我們的工程師挑戰更精密的技術，根據我的觀察，我們國家的工程師其實是臥虎藏龍，只要國家要求他們做，他們大多數都能成功的。當然如果政府沒有這種野心，這些工程師也就英雄無用武之地了，政府實在應該要有雄心壯志的。

 我們也應該感謝那些默默工作的工程師，很少人知道他們在做什麼，希望大家給他們加油打氣。