淺談記憶體 IC

張孟凡

國立清華大學電機工程學系

在科技日益進步的今日，各種不同的電子產品帶給我們舒適便利的生活。而在這些電子產品中，記憶體積體電路(記憶體 IC)扮演著舉足輕重的角色。簡單的來說，記憶體 IC 是一種可以儲存電腦中常見的 0(低電位)以及 1(高電位)之數位資訊的積體電路。而依照其資料儲存的特性，一般可分為揮發性記憶體(Volatile)以及非揮發性記憶體(Non-Volatile)。

揮發性記憶體 IC 的資料儲存需要一直有電源的供給，才能擁有儲存資料的能力，所以當電源切斷時，揮發性記憶體內存的資料會很快的揮發消失掉。常見的揮發性記憶體，包含靜態隨機存取記憶體(Static Random Access Memory, SRAM)以及動態隨機存取記憶體(Dynamic Random Access Memory, DRAM)。SRAM 與 DRAM 常被大量使用在電腦系統及電子產品中作為資料暫存用之記憶體。而非揮發性記憶體與揮發性記憶體資料儲存的方式則不一樣，其利用特殊的半導體元件以及物理機制，讓特定數量的電子能夠長期儲存在記憶體元件裡面的浮動閘極來保存 0 與 1 的資料，就算電源被切斷，非揮發性記憶體還是能夠維持所保存之資料。常見的非揮發性記憶體，包含在數位相機中的記憶卡、隨身碟以及 MP3 Player 中常被使用的快閃記憶體(Flash Memory) 與任天堂與其他掌上型遊戲卡帶常被使用的唯讀記憶體(ROM)。本文將對常見之揮發性記憶體中的 SRAM 與 DRAM，以及非揮發性記憶體中的 ROM 與 Flash，分別做一些簡單的介紹。

在各式記憶體中，靜態隨機存取記憶體(SRAM)是操作速度最快的記憶體積體電路，因此，SRAM 通常是內嵌在系統晶片 IC 中，當作其快速存取之暫存器，例如 Intel 的 CPU，是使用 SRAM 當作其快取記憶體，以達到高速運作。現今最快的 SRAM 可操作在高達 6.6GHz 的時脈下。然而，SRAM 的記憶胞(Memory Cell)為了達到高速運作，是由 6 個電晶體所組成。因此，SRAM 的一個記憶胞所佔有的面積，卻也是各類型記憶體中最大的，在製造成本考量上，SRAM 也很難做到很大的容量。由於製程微小化，使得在奈米製程下 SRAM 遇到許多製造與設計上的問題，而在許多晶片中，SRAM 又通常佔有非常大的面積，使得 SRAM 常成為現今系統晶片的良率殺手(Yield Killer)。

動態隨機存取記憶體(DRAM)的記憶胞架構和 SRAM 相比，相對地簡單許多。一個 DRAM 的記憶胞，只有一個電晶體與電容。DRAM 記憶胞的電容，一般以挖壕溝(Trench)以及堆疊(Stacked)這兩種方式來製作；挖壕溝的方式是利用挖一個很深的洞，藉以增加接觸面積來增大電容值；而堆疊的方式則是利用往上堆疊的幾何結構來增大電容值，這兩種方法都可以在有限的面積內達到足夠的電容值。由於 DRAM 其儲存點是電容，當 DRAM 沒有進行操作時，儲存在電容上的資料很容

易因電晶體的漏電電流而流失。所以，DRAM 需要不斷的進行記憶胞資料更新 (refresh) 的動作，以確保資料不會流失，所以，這也造成了 DRAM 額外時序與耗能的問題。DRAM 的記憶胞面積跟 SRAM 相比小非常多，因一個記憶胞所佔有的面積很小，DRAM 很容易把容量做的很大、密度做的很高。所以，現今市場上大容量的記憶體，以 DRAM 量最大。

唯讀記憶體一般分成邏輯式唯讀記憶體 (Logic ROM) 以及平坦式唯讀記憶體 (Flat-Cell ROM)。唯讀記憶體記憶胞所存資料是以一個記憶胞上是否有可導通之電晶體，藉以決定該點是被編譯到 1 或者是 0。而其所存資料的編譯，由光罩來決定。因唯讀記憶體一個記憶胞只需要一個電晶體，一個記憶胞所佔有的面積很小，這使得 ROM 可以做成低成本高密度大容量的晶片。唯讀記憶體的電路架構可以分為 NOR-type (並聯式) 或者是 NAND-type (串聯式)，其中串聯式由於記憶胞內部接點 (contact) 的數量較少，可以比並聯式的 ROM 面積還小約 20% 以上。但由於其記憶胞是串聯在一起的，所以在操作速度上會比並聯式慢。還有一種完全不需要接點的 Flat-Cell ROM，是以並聯的型式接起來的，它有最高的記憶體密度，但相對的它的速度也是所有類型的唯讀記憶體中最低的。

快閃記憶體 (Flash) 近年來被廣泛使用於各種攜帶式電子產品的儲存單元。一個快閃記憶體的記憶胞是一個包含浮動閘極 (Floating Gate) 的單一特殊電晶體。快閃記憶體的操作就好像大海上的小島一樣，寫入的動作就好像讓船 (一種特殊物理機制) 將人 (電子) 載到孤島 (浮動閘極) 上去，這個孤島在沒有船的時候是孤立的，所以電子會被迫待在孤島上，只有當下一次的船來到時才有機會離開孤島。而 Flash 記憶體這種特殊寫入方式需要高電壓的操作，因此，Flash 記憶體需要一個電荷幫浦 (Charge-Pump) 電路以提升電壓。Flash 記憶體的架構和唯讀記憶體一樣可以分為並聯式 (NOR) 跟串聯式 (NAND) 的 Flash。並聯式的 Flash 一個記憶胞面積比串聯式大，不太適合做大容量的儲存單元，但由於它的操作速度比較快，所以較適合當作一般電腦中儲存開機資料的部位；串聯式的 Flash 相對於並聯式的 Flash 操作速度較慢，不過其操作速度與一般硬碟 (HDD) 相比還是比較快，所以適合用來大量儲存資料。這一兩年來，由串聯式快閃記憶體 (NAND-Flash) 所製成的固態硬碟 (SSD) 有逐漸取代一般硬碟的趨勢，雖然還有一些資料儲存壽命上的問題，但在未來幾年內很有可能克服這些問題，進而取代一般硬碟。

其他還有各種不同的記憶體的技術正在慢慢的發展中，並被應用在各種不同的地方。由此可見，記憶體在未來的需求絕對會越來越廣，而且只增不減。台灣擁有世界上最先進的製程，以及不遜於歐美日韓的優元件與電路研發人才，在記憶體的研發上是站在一個相當有利的位置的。如果台灣可以好好把握這個優勢，將會使得台灣的中下游電子產業在發展上避免受制於國外大廠對記憶體市場的壟斷，進而保持台灣電子產業的競爭力。