

燒錄器的除錯紀實

委託者的告白

一天，接到使用者的求救電話，信中的大意是說他用 Keil C 所寫的程式，用旗威科技的燒錄器燒錄後無法使用，所以來電詢問是不是他的程式寫錯了？還是說他的線路規劃出了什麼問題？因為他在模擬器中所模擬的所有動作都正確，可是一燒錄到晶片裡就不能動。他百思不解，只好向我們求救。



除錯搜索線

我們示意要他別著急，因為用 C 寫的程式本來就不容易除錯，因此是不是先看程式所轉出的 hex 檔正不正確，但由於這位使用者並不是很清楚 hex 檔要怎麼看，於是我們建議他利用反組譯程式去確認看看所轉出來的程式是否正確。不過，比較好的除錯方法，應該還是先進行一個區塊一個區塊分段除錯的方式會比較好，從最小的程式寫起，確認動作正確以後，再慢慢加大程式。

不過... 大多數的人聽到這裡就快崩潰了！要我重新把程式再寫一次？天啊，那不是很累嗎？有沒有比較快的方法？

答案是：沒有！真的要重新看看才知道問題是出在哪裡。

因此在我們的勸說之下，這位使用者就打起精神，重新再把程式再 K 了一遍，一個區塊一個區塊慢慢驗證，剛開始的時候很順利，因為只是運用一些簡單的 IO 動作來檢查，發現燒錄以後也都可以用，可是一寫到了中斷的部分，奇怪，就是不能動！辛苦了兩天的奮鬥，這個門檻怎麼也無法突破，因此，他將他的程式及線路資料全都 PASS 給我們，讓我們替他想辦法。

利用假日，把線路及程式大致上 RUN 過一次，發現所有的線路及動作都很正常呀！並沒有誤動作呀！會不會是他在產生二進位檔的時候有什麼地方 miss 掉了呢？就在我們思考這個問題的時候，這位使用者傳來了一個令人振奮的消息，他說他利用其他兩家的燒錄器可以正確燒錄，也可以正常動作，所以原因應該是出在旗威科技的燒錄器上。



真相只有一個

果然，這個消息解除了我們的迷思，但卻引出另一個問題：公司裡的每一台燒錄器在生產的時候，都詳細確認過所有的動作，如果不正確的話，應該在出貨前就被檢查出來了，怎麼會發生這樣的錯誤呢？更何況，小程式燒錄進去的動作都正確，就只有中斷的部分不正確，那就更不可思議了。因為，如果是Keil C的使用限制，那麼應該其他的燒錄器所燒錄出來的IC，動作也應該受到限制，怎麼可能只限制特定的燒錄器呢？

當下我們立即回覆這位使用者，請他確認在下載檔案時，所下載的checksum值是否每次都相同？又，和其它廠商的燒錄器比較，checksum值是否有所不同？因為我們懷疑，在下載檔案的時候，檔案本身就已經出錯了。至於什麼原因造成的卻無法確定，因為這樣的狀況真的很詭異，超出我們所可以想像的範圍。然而這位心急的使用者，在經過長時間的奮戰都得不到完善結果的情況下，還沒來得及check過這個動作，便已經將燒錄器寄來給我們處理了，因此，這個測試的動作就落到我們的身上。這期間，我們發函告訴他，請他放心，我們對旗威科技的產品有信心，也相信這個問題一定可以在很短的時間內就解決的。



隔天收到了燒錄器，距離問題的產生已經過了一個多星期了，到底是怎樣的情況造成這樣的現象，我們心想，看到燒錄器，應該一切就真相大白了。所以，一拿到燒錄器，我們二話不說，先燒一個程式到IC裡試試看。不過，這個程式可不是普通的程式唷！它是一個長度幾近2 KB的程式，並且知道確切的checksum值、程式長度、程式動作，更重要的是：它是確認燒錄後動作一定正確的程式。一燒錄，結果出來了。



除錯流程step by step

第一個，程式的長度正確！所以送進去的資料應該是沒錯，每次下載的checksum值也都一樣，雖然還沒對照正確的checksum值，不過我們心想這應該是沒錯才是吧！不過，往往你覺得沒錯的地方，它就硬是出錯給你看！當IC一接上硬體，發現程式果然不能動！可是...這個程式剛剛才在另一台燒錄器裡燒錄成功呀！怎麼可能現在燒就不對？我們開始懷疑是燒錄器中的89c52出了問題，可能是SRAM中的某幾個Bytes壞掉了，因此用TEST 8K SRAM的動作進行確認，可是比對完了所有SRAM的資料，就是沒有發現錯誤的地方。

因此，換了另一台正常的燒錄器，我們重新把資料下載進去，程式的長度顯示：2005 Bytes，checksum值顯示3B9DH；然後再換回這一台故障的燒錄器上測試，程式的長度顯示：2005 Bytes，checksum值顯示3B8AH，沒想到checksum值真的不一樣！一樣的程式，下載到不同的燒錄器，竟然會有不同的checksum值？真是不可思議！問題很明顯是出在檔案的傳輸上，由於我們的燒錄程式已經試過好幾千次，在不同的MS Windows 介面上都試過，不可能是燒錄程式的問題，因此我們直覺地懷疑應該是硬體線路出了問題，由於這位使用者曾經因為蜂鳴器太大聲，所以把蜂鳴器的腳切斷，我們心想，會不會是不小心切到某一條位址線，導致傳送上的錯誤？



一拆開燒錄器，我們的疑惑立刻撥雲見日，您猜看看，我們看到了什麼？



我們發現 89C52 的第 21 腳有折到的現象，僅有末端一小段與腳座接觸，我們揣測這應該就是問題的原凶吧！將 52 的腳整好並重新插入腳座後，再測試燒錄器的燒錄動作，問題就解決了！為什麼只是腳折到，會發生這樣的情況呢？我們先從 89C52 的腳位介紹起。

 HIGH 不HIGH很有關係!

89C52的第21腳是位址線A8，如果這一隻腳呈現浮接的狀態時，那麼這一腳的準位會一直在High的狀態，當資料在傳送的時候，如果資料在小於256 Bytes時，程式會是正常的，可是如果超過256 Bytes，那麼下一個256 Bytes會重新把原先的256 Bytes覆蓋掉，因為，A8的腳一直是High，也就是不管您程式的位址是0100H還是0000H，都會被填在0100H的位置上。換句話說，這也就是為什麼程式很小的時候，燒錄進去都正常，可是當程式空間超過256 Bytes後，就開始會有問題的主要原因。

不過，爲什麼當初出廠的時候，還有我們後來用TEST 8K SRAM的動作都正常呢？這要分開來說，先說第一個問題好了。因爲燒錄器要出貨的時候，IC是剛剛插上去的，只要和腳座有一點點的接觸便算導通，因此不論我們用多完善的程式及治具，都無法檢查到這樣的問題，因爲IC的接腳實際上是有接觸在腳座上的，可是隨著時間的流逝，IC的接腳開始會有一些氧化的現象，腳座也是，除非是完整地結合在一起的部分，否則都會有接觸不良的情況，那麼接觸不良就是後來問題產生的主要原因。

第二個問題則是牽涉到測試程式本身的盲點，由於這次的問題剛好發生在第21腳上，加上TEST 8K SRAM的動作是反覆填入00H、01H... FEH、FFH，的資料，而這些資料剛好每256 Bytes一個週期，因此不管第21腳有無浮接，我們所讀回來的資料都會是正確的，比較好的測試程式，應該不能具備週期性的特質，因爲如果壞掉的部分正好是程式的週期部分，那麼就會形成一個盲點，而找不出原因。

輕鬆檢視DIY

有了這一次的經驗，我們才能體會，爲什麼有些廠家的SDRAM或是DDR RAM，賣得就是比一般的記憶體貴，原因在於他們的測試流程較爲仔細，所需耗費的測試成本較高，這也是他們敢保證記憶體絕對是萬無一失的主要根據，自然而然就會賣得比一般的記憶體貴囉！爲了一隻腳，折騰了一個多星期，如果是您，又會有怎樣的啓發呢？

自行檢查PGM2051燒錄器SRAM的步驟

1. 把記憶體全部清除
2. 載入一個ONE Byte的檔案，內容爲AAH或55H
3. 檢查所有8K位址的內容，應該只有一個位址內的資料爲AAH或55H
4. 再試試其它的值，如0FH或F0H。



專家語錄：

測試 RAM 的程式是非常具挑戰性的！

1. 測試時間：

一支 256MB 的 SDRAM 如果要進行完整一次的時間，最少必須花費多少的時間呢？

每個 Byte 必須變化 256 次且每次檢測的時間假設為 0.1uS 的話，那麼最快最快必須花費的時間為

$$256 \text{ 次} \times 256 \text{ M Bytes} \times 0.1 \text{ uS} = 6553.6 \text{ S}$$

這個時間大約是 109 分鐘，也就是將近兩個小時，而這樣的測試還不能保證 100% 地檢查出所有 SDRAM 上的錯誤，因為這並沒有包含到每個 Bytes 之間相互影響的測試。試想光是一支 SRAM 的檢測時間就必須花費將近兩小時的時間，真正在生產線上又必須要求 100% TEST，這樣的檢測成本是相當高的！因此一個好的測試程式，必須在最短的時間內有效地找出 SDRAM 上壞掉的區塊，這對一個程式設計師來說，是十分具挑戰性的工作！

2. 測試 Pattern：

前面提到一個好的測試程式，除了必須具備快速檢測的能力外，還必須能夠有效地找出錯誤的存在，就像本文所提到的檢測盲點一般，它除了必須避免固定週期的檢測產生，還必須經過很多計算理論，有效的節省檢測時間又能找到問題點，這又是另一個軟體與硬體的考驗。



而這些測試的理論及運算根據，必須依 RAM 的製程而有所不同，一般來說，RAM 是由許多相同的 FLIP-FLOP 所組成，因此在測試的過程中必須有足夠測試碼的組合 (Pattern) 進行檢測，可是就像前面所提到的，如果一支 RAM 的測試時間必須長達兩小時甚至更久，那麼 RAM 的製造商大概都要關門大吉了！

因此，大多數的測試程式都有一套自己的運算理論來支持，比方說不同的區段所測試的 pattern 需要旋轉或是互斥，這樣可以有效節省 pattern 的數量，以縮短測試時間，不過，理論歸理論，實際在應用上還是有很大的瓶頸需要突破的！

3. 256M Bytes 的 SDRAM，若壞掉一個 Byte 該怎麼辦？

進一步思考，如果RAM當中的每個區塊都測試正常，那麼理所當然這支記憶體就OK，可是如果在某個區塊中存在一個壞掉的Byte，那麼這支記憶體就拋棄不用了嗎？或是有其它的解決方法呢？

其實多數製造RAM的廠商，都會預留一至二個區塊放在RAM的晶片(die)中，如果在測試過程中發現有一個區塊是無法使用的，那麼它們便會重新打線，把預留可用的區塊補上，不過在效率及功能上就可能沒法像原先設計的一般優良，這一類的產品就會被打入次一級的商品中銷售，如果壞掉的區塊過多，比方說256M Bytes中有兩到三個區塊壞掉，備用的區塊也不夠補上的時候，製造商就乾脆將它們歸類到128M Bytes的產品，如此一來便可以有效解決不良品的問題，而真正會被淘汰的RAM應該是微乎其微吧！

然而一個好的製程，本來就不應該會有壞掉的區塊產生，因此這個方法普遍地被多數的生產線所使用，如果是您，您又會怎麼做呢？

編輯種籽/Irene 

