第四章 個案探討

第一節 交通大學電子研究所 System Integration and Silicon Implementation 實驗室

壹、基本資料

一、實驗室簡介

位於新竹交通大學工程四館 430 室的交通大學電子研究所 SI2 實驗室（System Integration and Silicon Implementation Group），指導教授是李鎮宜博士，實驗室目前有 9 名博士班學生，11 名碩士班學生，著重於超大型積體電路設計、計算機輔助系統設計、多媒體訊號處理、高速網路架構之相關研究。

實驗室研究方向是以系統為平台，透過國內的晶圓製造優勢為背景，朝系統方面進行研究。早期是實驗室著重於在 Video 方面，做了幾年之後，但慢慢發現相關研究在國內已經蠻成熟，接下來 Video 方面的發展，可能就不需要 IC 設計部分，而是需要一些新的演算法及程式化（programming）的技術，偏離 SI2 實驗室研究優勢，因此 SI2 實驗室慢慢轉向目前的無線通訊領域。SI2 實驗室在大學 IC 設計實驗室中以紮實的軟硬體訓練著稱，畢業學生多為業界積極網羅的對象。

二、指導老師簡介

李鎮宜教授

學 歷：

- 比利時魯汶大學電機工程博士
- 比利時魯汶大學電機碩士
- 交通大學電子工程系學士

現 職：

- 交通大學電子工程學系教授
- 財團法人國家實驗研究院國家晶片系統設計中心主任
- 國科會工程處微電子學門召集人

科技專案：

- 國科會『晶片系統國家型科技計劃』前瞻矽智財分項計劃召集人
- 經濟部學界科專『寬頻無線區域網路關鍵技術』總計劃主持人

經 歷：

- 比利時 IMEC 研究員
- 國立交通大學電子工程系副教授、教授
- 國科會科技權益委員會委員
- IEEE CASS Taipei Chapter Chairman

專 長：

- VLSI Signal Processing for Multimedia and Communications,
- SoC Design Methodology
- Ultra Low-Power Design

其 他：

- 經濟部科技專案(業界科專,主導性產品,SBIR) 審查委員
- 科管局創新研發計劃審查委員
- IEEE Conference/Journal Reviewer: (ISCAS, ISSCC, VLSI Symposium, JSSC, CSVT, TVLSI, TCAS-II, …etc)

過去十年中，共發表期刊論文14篇、研討會論文47篇。學術成就方面，獲得國科會甲等研究獎勵8次。大型計畫方面，目前是學界科專計畫主持人（計畫名稱：91年度寬頻無線通訊關鍵技術研發三年計畫、全程金額：69,622千元）。

貳、人力資源管理

一、人力組成

對於 SI2 實驗室成員的篩選，李鎮宜教授並沒有在特定的條件上做設限，李鎮宜教授是站在鼓勵學生的立場，但是李鎮宜教授最強調與注重的是學生自己的內在動機是什麼，對於長期研究來說，動機是一個強力的支撐，如果沒有一個很強的動機在背後支持，做研究的過程當中，面對有一些挫折跟不如意的時候，學生往往可能就會放棄。所以李鎮宜教授一直跟想要進來從事博士研究的學生說：『只要有一個較強的動機的話，以台灣目前的研究環境來看，你一定可以完成博士學位。』

1、碩博士生比率

SI2 實驗室早期計畫是以國科會計畫為主，人力需求較少，而現階段 SI2 實驗室的計畫來源與計畫種類增加許多，如國科會專題計畫、經濟部學界科專等，需要相當多的人力，因此實驗室會做適當的人力配置。

表4-1-1 SI2實驗室博碩士生人數比率表

	人數	比率
博士班學生	9	45%
碩士班學生	11	55%

資料來源：本研究整理

2、人員共同背景

SI2 實驗室學生背景以電子、電機為主，因為其他領域的學生，在基礎電子方面的課程不是那麼的紮實，如果進入這個領域的話，李鎮宜教授擔心這類學生在學習上會很辛苦，銜接與成就感上挫折比較大，因此較少收非電子、電機背景的學生。李鎮宜教授說：『台灣的 IC 設計產業去年的統計數據是缺 6000 多個人才，這一門學科的門檻是存在某種程度的學習困難，就算是電子、電機背景的學生要跨進去，也不是那麼容易，因此，SI2 實驗室學生總是能感受到學習的急迫性。』

表4-1-2 SI2實驗室博碩士生人力大學背景表

	人數	學科	比率
大學相關學科	19	電子、電機、自動控制	95%
大學非相關學科	1	資工	5%

資料來源：本研究整理

3、博士生延續性

李鎮宜教授會去鼓勵學生繼續深造！李鎮宜教授說：『在人生的求學過程中，如果要證明自己有某方面的潛力，博士繼續讀是一個不錯的選擇。比如說畢業後想要去賺大錢或是升官發財，都有外在因素影響一個人的成功不成功，不是個人能夠掌控的。但是在求學的過程念到博士，以後可以兼任師資，享受學校制度，這些都是畢業後可以掌握的到的。』

李鎮宜教授常常跟學生提到：『現階段的 IC 設計領域，國內所提供的研究環境是全世界最好的，像免費的設計軟體、國科會又提供免費下晶片的機制，這些機制在國外是找不到的。』相較之下，國外從事 IC 設計方面的教授越來越少，因為缺乏資源，設計完之後要下晶片，教授還要去找錢，相當辛苦。國內現階段 IC 設計是政府推動的重點，每年投入幾千萬去協助學術界去從事這方面的研究。李鎮宜教授說：『所以在 IC 設計領域，跟美國 Top10 學校比的話，國內所提供的環境都比美國優渥許多。所以我鼓勵學生去完成更高的學位，代表個人的潛力，可以達成這樣的目標。』

從產業面的發展來看，早期 IC 相關產業界不太接受博士，李鎮宜教授說：『產業界認為博士每個月要多領很多錢，增加成本的支出。但現在產業界已經慢慢發現要讓整個設計程式的能力升級，增加公司本身的研發能量，博士有它存在的必要性，所以慢慢的從早期屬於排斥，到接受進而是鼓勵。』

李鎮宜教授說：『未來國內這個領域會有越來越多人參與。但還是要看個人的生涯規劃的考量。如果說學生不排斥的話，拿到博士後，處理事情的能力更廣，思考模式更不一樣。晶片中心裡就有一些 SI2 實驗室碩士班畢業的學生，他們自己就發現，工作場合遇到的那些博士，在思考方式、組織能力等，跟碩士還是有所差距。這些比較下會促成學生繼續想往上讀的動機。』

表4-1-3 SI2實驗室博士班延續統計表

	人數	比率	學校
博士班來源： SI2 實驗室碩士	6	67%	交大電子所
博士班來源： 外校	3	33%	美國農工大學電機所 逢甲自動控制所 中華大學資工所

資料來源：本研究整理

表4-1-4 SI2實驗室碩士班延續統計表

	人數	比率	學校
碩士班來源： 交大電子系	6	55%	交大電子系 (大學時為 SI2 實驗室 專題生:4 人)
碩士班來源： 外校	5	45%	清大電機系 成大電機系 中山電機系

資料來源：本研究整理

二、教育訓練

在寒暑假的時候，針對 SI2 實驗室新進來的學弟妹，因為從大學進來研究所會有一個很大的落差，例如新生以前沒有設計過 IC，因此 SI2 實驗室希望新生先去參加國家晶片中心（CIC）的基礎課程。李鎮宜教授說：『因為國家提供這麼好的資源，應該去好好鼓勵去使用，學習 IC 設計相關複雜的軟硬體。』

除此之外，SI2 實驗室的內部訓練也相當紮實，一方面為了增加成員基本實力外，另一方面也可以建立系上 IC 設計實驗課的助教團隊。但對於實驗室來說，不管有沒有這個助教的工作，這個訓練都一定要進行，學習 IC 設計的基礎課程。

教育訓練的方向會假設說新生們已有基礎的觀念，實驗室學長會教新生所不知道的知識。暑假的時候，每個禮拜要有內部訓練課程，而且每個課程都有課後作業，整個暑假的行程，新生白天在 CIC 晶片中心上課，晚上到實驗室進行內部訓練，對於新生來說，整個暑假下來就有很紮實的訓練。

表4-1-5 SI2實驗室教育訓練課程表

暑假課程（著重於 Cell-Based design flow）	
課程名稱	課程內容
Verilog HDL 教學與 Simulation Tools 的基本操作	
電路合成工具軟體訓練	Synopsys Design Compiler
Auto Layout 工具軟體訓練	Synopsys Apollo 與 Cadence Silicon Ensemble
Layout 驗證	Dracula DRC 與 LVS
實體電路驗證	Dracula LPE 與 Synopsys TimeMill
IC 測試教學	Testing 觀念與 IMS 測試機台介紹
寒假課程（著重於 full-custom design flow）	
課程名稱	課程內容
電路模擬	Hspice
Custom Layout 教學	基本的 Layout 技巧
Custom Layout 教學	進階訓練
電路驗證	Dracula LPE 與 Synopsys TimeMill 與 Hspice

資料來源：SI2實驗室

三、組織設計

SI2 實驗室的研究領域主要分為兩個，一個是無線通訊方面，另一個是多媒體方面。無線通訊（Wireless）底下，分為兩個研究團隊，一個是 Modulation Group，透過 IC 設計將訊號處理實現，另一個是 Forward Error Correction Group (主動錯誤更正機制)。

Multimedia 方面有 Transmission Group 與 Video Group，人力配置較少，而 Multimedia 的研究是希望去探討未來的應用，尤其是 Transmission 與 Video 在 Wireless 環境下的應用，例如 Video 方面怎麼跟 Wireless 技術結合，變成 Wireless video。

Wireless 的部分隨著近幾年越來越熱門，很多園區廠商一直在推動相關研究，並且有很多問題等待解決，因此 SI2 實驗室將重心放在 Wireless 方面的研究，希望能有所重大的研究突破。

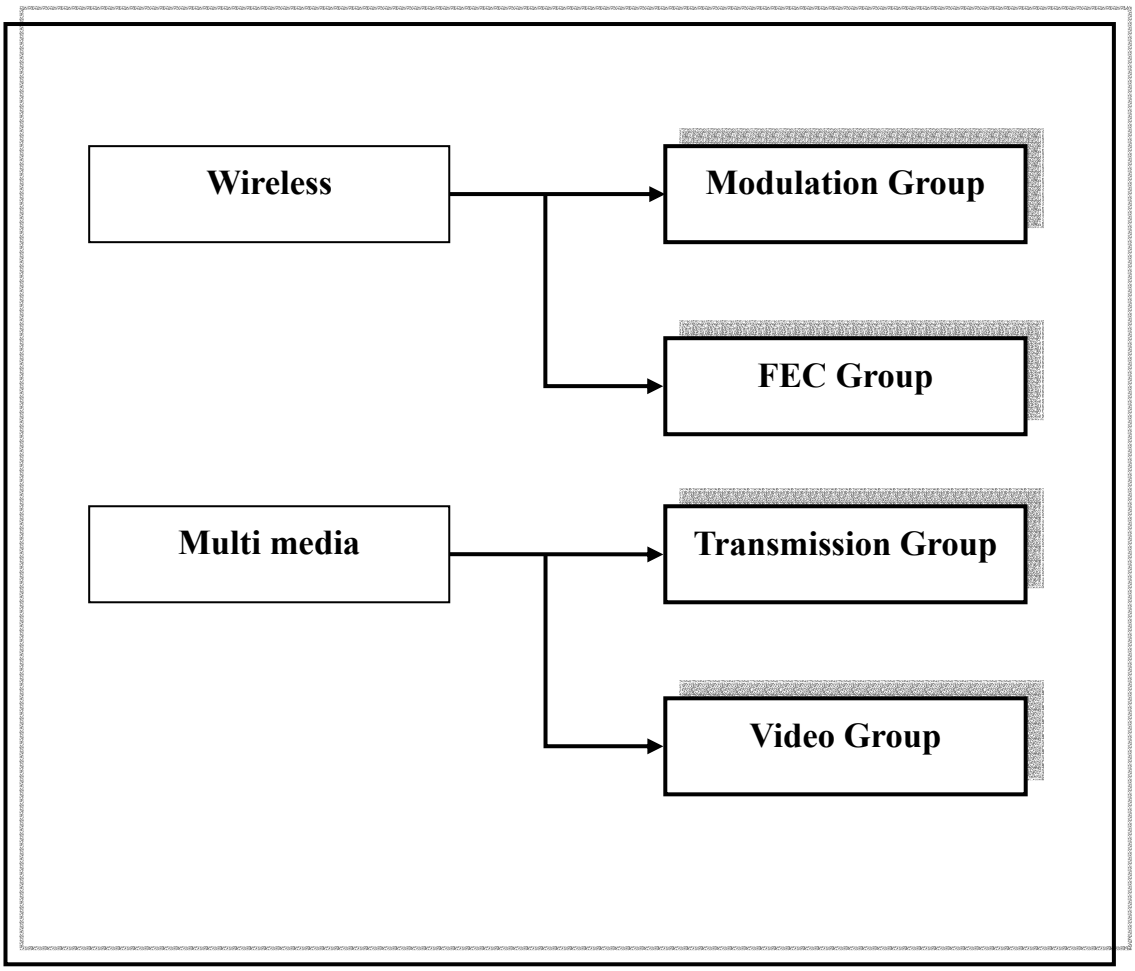

圖4-1-1 SI2實驗室組織分組圖

資料來源：本研究整理

四、工作設計

李鎮宜教授認為學術研究必須按照學生本身的興趣，不然，工作起來會蠻痛苦的。因此，新生進來之後，會加入一個研究團隊，先跟著下去做，再看看對於研究主題排不排斥，如果比較不排斥的話後，就會鼓勵學生慢慢去投入，李鎮宜教授說：『一投入下去，就會對於某一領域產生出感覺（feeling），這樣的方法是比較符合教育的精神-因材施教。』

李鎮宜教授說：『其實像在美國的話，碩士的定位，是在組織中的工程師（engineer），政府只要做一些限制，多修一些課程，就可以拿到碩士學位。在一般領域中，碩士與博士間還是有很大的差異，拿到 PHD 後，在各個領域可以

去做 PHD 該做的事情，相對應的話就必須要有一些必要的 training 在。』

博士班

SI2 實驗室對於博士班學生的要求，基本上必須要具備獨立研究的能力，因為博士班畢業後是要去帶一個研究團隊，或是帶領一個計畫，所以除了系上所規定的一些條件外，李鎮宜教授也希望博士班學生，要能夠出國去發表自己的研究，用國際上共通的語言去發表自己的東西，李鎮宜教授：『因為頂著一個博士的頭銜出去，不可能用母語跟別人溝通，必須用國際上的語言，這是博士班跟碩士班不一樣的地方。所以現階段在實驗室的內部討論當中，我特別會要求學生用英文作報告，連碩士生都一樣。』

博士班學生除了能夠出去用英文報告研究的內容外，還要會寫計畫書，以及帶領學弟們進行專案研究計畫，與學習和廠商接觸與溝通，林學長說：『像 FEC 的部分，廠商需要解碼器，老師就 assign 給我，告訴我說何時要完成，合約或是金錢的協議是由老師來溝通，交接技術與討論的動作，是由我跟廠商來做，如果遇到問題，廠商就會來問我，再來互相討論。』

碩士班

基本上碩士班還是配合博士班來做，以博士班為主，碩士班一起合作，擔任輔助的角色。碩士班學生訓練上會有畢業時間上的壓力，像是期刊論文的發表，就比較沒辦法有足夠的時間研究，例如論文被期刊接受以後，可能還要來來回回補資料，時間上可能不能配合，但是李鎮宜教授還是希望學生能夠去盡量嘗試期刊投稿。

五、內部氣氛

李鎮宜教授強調給學生一個自由（free）的空間，李鎮宜教授說：『因為從事IC設計本身就是要營造一個怎麼讓創造力發揮出來的環境，所以實驗室希望創造一個不是一種被擠壓的環境，而是讓學生在一個比較free的環境下有發揮的空間，所以塑造一個環境是蠻重要的。』SI2實驗室同時提供學生有足夠的資源、必要的研究設備與設施，李鎮宜教授說：『這些對於實驗室運作是必要的，能夠讓學生無後顧之憂。』

林學長也說：『李鎮宜老師可以幫你解決很多問題，你需要什麼資源，他幾乎沒有辦不到的，比如說我今天去量測 IC，因為機器的限制遇到了問題，他可以告訴你去找哪些廠商幫你測一下，或是說花一筆錢做電路版，我們自己來測，可以幫助你在研究過程中的阻力減到最小，老師可以 handle 的資源很多。使我在實驗室做設計遇到的阻力不會那麼大。』

SI2 實驗室內部氣氛很好，研究團隊彼此的合作默契十足，林學長提到：『因

為一個實驗室要經營得起來，就是互相要有默契。我下面帶了三個碩士班學生，我們彼此溝通的能力就要相當好，因為我們時常要 meeting、要開會，如果彼此有默契的話，你講的部分我馬上就知道，如果說沒默契或是氣氛不好，就算你講什麼我也會不想做，不然就是我聽不懂。』而 SI2 實驗室從以前到現在，學長與學弟們彼此相處都很愉快，讓整個實驗室的合作默契上，溝通起來順利或是不愉快的地方。

參、組織知識創造

一、知識庫

1、共同課程

SI2 實驗室研究領域屬於電機領域的系統組，李鎮宜教授不會要求學生一定要來修李鎮宜教授開的課，像高等超大型積體電路設計，因為平時在內部討論裡，李鎮宜教授就能夠針對這方面的知識給與指導，所以李鎮宜教授會建議學生去修數位積體電路。其他的方面，依照看學生相關的研究領域，像是計算機結構，或是數位通訊等課程，是屬於主要的課程。李鎮宜教授認為：『現階段我覺得課程本身，只是給他們一個 guide，他們會依據自己的興趣或是哪方面的 background 做加強。』

表4-1-6 SI2實驗室共同課程表

	課程名稱	開課老師
必修	數位積體電路	吳介琮
	計算機結構	任建葳
	數位通訊	溫壞岸

資料來源：本研究整理

2、技術文件管理

整個研發過程，不可能從無到有，馬上就可以成功，一定是慢慢累積起來。李鎮宜教授曾經在歐洲待了六年，李鎮宜教授說：『歐洲學術界發展與累積知識的方式，實驗室 Data Base 建得非常好，非常適合台灣。我 91 年回來後，就希望把那種方式引進來交大。』

因此 SI2 實驗室的知識管理很早就開始規劃，希望不管是碩士班或是博士班畢業後，所產生出來的研究成果，不只是學術上的貢獻，還能夠變成教學上的教材，這樣的話，知識才可以一直維護。

SI2 實驗室內部網路會提供課程資料、論文發表公告、每次 meeting 的投影片等。涉及比較敏感的技術文件，需要跟負責的學長拿，林學長說：『主要是因為實驗室內部流通，像技術文件其實是蠻敏感的，不太適合放在網路上，因為就算有防護，還是很容易被入侵，所以我們後來就不再放在網路上。』

李鎮宜教授說：『這個 database 的好處就是，我們本是是一個 teamwork，

解決大的系統問題，當學生在某方面有問題時，可以先參考 database 上的資料，不必直接去找負責的同學，馬上就有參考的資料，得到初步的解決。如果再看不懂的話，他就可以針對資料中哪些部分要去做面對面的討論。』

在寒暑假的每天晚上，透夠密集式的課程與對談，將內隱知識轉換成外顯知識，同時，教育訓練課程中的每週作業實做，是一個分享內隱知識的介面，提供討論的平台，最後轉換成新生進入實驗室時，所需的外顯知識與觀念。

林學長說：『IC 設計的設計流程是公開的，大家都知道，但是像在設計過程中會發生的問題，以及解決方法，就是屬於實驗室內部經驗的累積，我們都會交給學弟，像畢業學長的論文通常會記錄這些東西，告訴我們應該怎麼做，那我們以後就不會再嘗試錯誤了。所以我們整個設計下來，中間可能會遇到的錯誤已經全部被 skip 掉。』

二、分享內隱知識

SI2 實驗室研究團隊是以垂直架構，包含博士後研究成員、博士班、碩士班，其中博士後研究的成員也是從 SI2 實驗室畢業後，現在已經在當老師或是業界工作的學長。李鎮宜教授說：『透過垂直架構的方式，經驗才能夠傳承，一直延續上來。』

李鎮宜教授：『在不同的層級中（博士班、碩士班、專題生），因為每個人親自參與進去，整個經驗便能夠順利傳承。以資料庫的使用與維護為例，都是博士班學生在維護資料庫，像專題生參加專題研究時，就可以知道實驗室的 database 是怎麼的架構，所以一旦進入碩士班，至少就知道如何使用 database，進而瞭解博士班如何維護資料庫，而一旦進入到博士班的話，又可以把這個經驗傳承給碩士班。』

另外透過專案與討論可以將內隱知識傳授下去。林學長特別強調：『通常這些經驗式的東西，在 meeting 的時候，討論我自己這個禮拜遇到什麼問題時，我會說明怎麼解決問題的整個過程，就是希望學弟們能夠吸收。還有就是在做 project 的時候，我會用我的經驗來告訴他，怎樣做會是最好。』

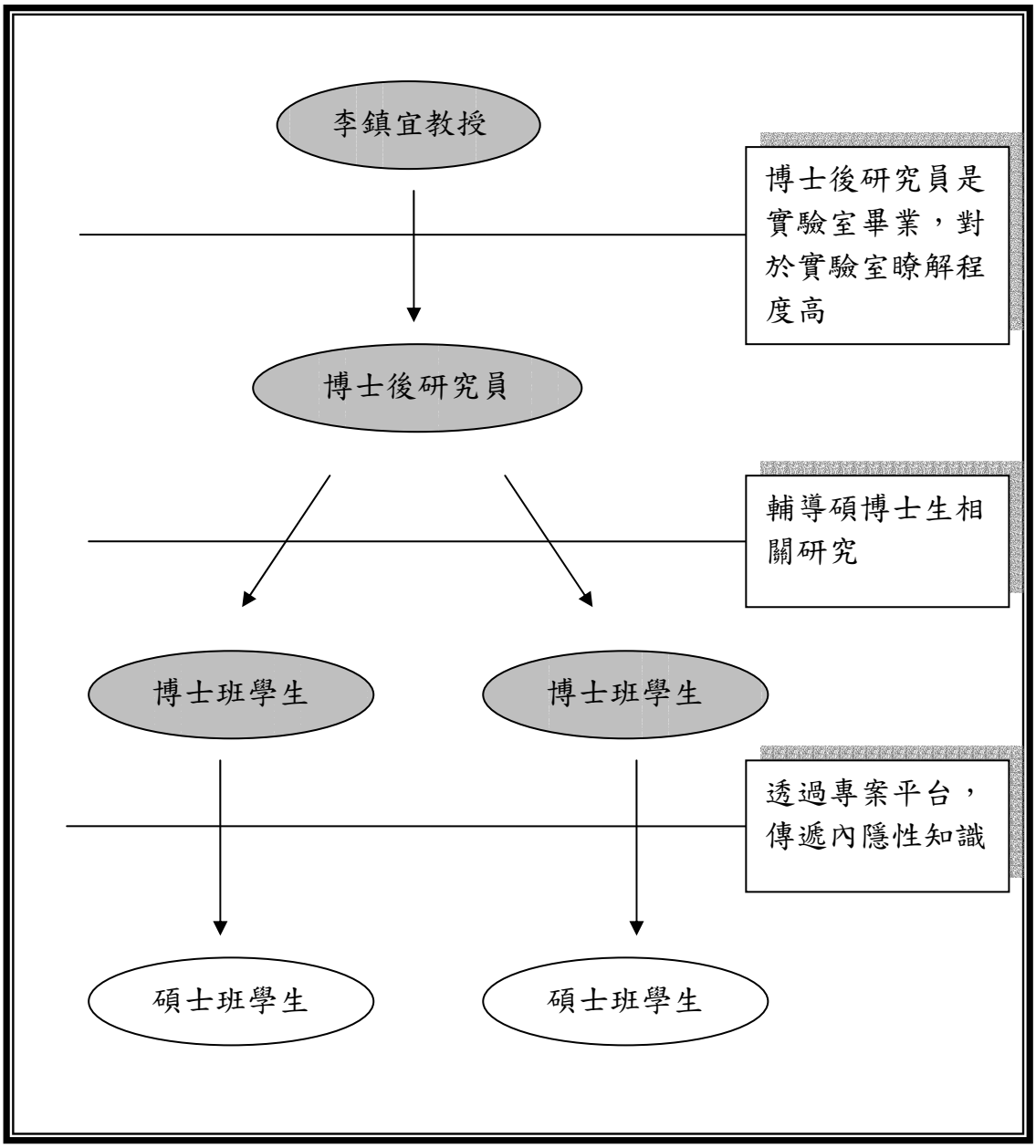

圖4-1-2 SI2實驗室內隱知識分享圖

資料來源：本研究整理

三、創造觀念

1、李鎮宜教授的概念

SI2 實驗室有一個主要的發展方向，以系統開發的觀點，透過 SI2 實驗室長期累積的 IC 設計能力，進行特定領域進行研究。李鎮宜教授說：『從我們的 group 名稱來看，我們希望著重於系統的這一部份，target 在國內的晶圓製造優勢為背

景，朝系統方面進行研究，這是 SI2 實驗室的主要焦點。所以我們會定義幾個焦點。早期 SI2 實驗室 focus 在 Video 方面，做了幾年之後，但慢慢發現那一部份國內算是蠻成熟的，可能不需要 IC 設計，而是需要一些新的演算法及程式化（programming）的技術，這樣跟 SI2 實驗室的主軸比較無關，所以我們就慢慢的轉到到無線通訊方面的研究。』

2、概念發想

李鎮宜教授特別強調專案間的團隊合作（Team Work），也就是系統開發的概念。李鎮宜教授說：『因為根據過去的經驗，個別方面的研究產出，僅考量獨自一個領域，沒有從一個大的系統方面來看的話，最後很可能只有學術發表的貢獻，在實際的工程運用領域，可能沒辦法去展現研究的價值。』根據過去 SI2 實驗室的學習經驗發現，太重視個人獨立研究的方式，等到畢業後，研究成果很容易沒有人再去使用它，研究成果往往都會閒置。

所以李鎮宜教授一直強調：『你要做一個研究的話，在一個團隊合作的模式下，一方面可以更容易去展現出這樣的一個 Research 在整體裡面所發揮出來的價值，另一方面的話，你可以開拓更廣的研究眼界。』

SI2 實驗室的研究基本上是以目標導向（Mission-Oriented）的計畫為主，在明確的發展方向下，早期 SI2 實驗主要是由李鎮宜教授來擬定專案研究題目，慢慢的，這個工作轉移給資深博士班學生，當作是畢業前的一個訓練項目。李鎮宜教授要求研究要根據 SI2 實驗室設定的努力目標與訴求作發想外，研究也必須要跟國際上頂尖研究同步。

李鎮宜教授說：『有一個目標在那邊，你才會有動力，讓整個研究往前走。不管有沒有計畫，就會一直有產出。』現階段而言，李鎮宜教授希望去申請最好的期刊，去呈現實驗室研究的成果。除此之外，將研究成果透過技術移轉的方式落實到產業界，希望能對台灣的產業界有幫助。

四、確認觀念

根據不同的計畫或時期，SI2 實驗室對於確認觀念有不同的控制方法。在小型計畫時，博士班學生是專案負責人，負責整個計畫的確認動作，然後告訴碩士班學生要做哪些部分，日期內沒有完成的話，就會開會討論面臨什麼問題，面對計畫的落後，如何在後面趕上。計畫通常一定會發生問題，這時候幾乎每天都會討論，討論問題是什麼，為什麼會造成這些問題，通常這樣的模式下，問題很快都會迎刃而解。林學長說：『我們實驗室驗證的環境很嚴謹，SI2 實驗室在設計 IC 時會有一個很嚴格的環境，如果是我自己在做的話，我可能會把它省略掉，可是因為有學長在盯你，學長會覺得一定要驗證完才行。所以我們實驗室目前在 CIC（國家晶片中心）下過的 IC，應該是沒有不 work 的。』

每個禮拜 SI2 實驗室的討論會安排學生上台報告，李鎮宜教授會幫學生檢查研究進度，而且必須報告下次要要做到的進度，會面臨什麼問題，整個過程中，所有博士班學長跟老師會一起檢視每個人的報告，學生在研究期間有問題的話，隨時可以找李鎮宜教授討論，然後李鎮宜教授會給與建議或是解決的方式。

每半學期個人必須提出半年內的研究報告總整理，讓李鎮宜教授來審視，李鎮宜教授說：『藉由這些半年報告的檢視，審視研究價值與發展，適不適合投到 journal 或是 conference 等，是不是有繼續研究的潛力。我們也會看哪些可以去申請專利，也會在每半年這個過程中做一個 review。有些如果跟產業技術有非常密切的關係的話，我們可能會想說要不要先去申請專利！除此之外，他們還有個人的工作紀錄簿，這個跟 patent 有非常密切的關係，所以他們都會把過程的一些東西記錄起來，以利於區分專利歸屬。』

對於大型專案或產學合作案的部分，整個流程與控制是由老師跟博士班學長互相去協調，一起規劃時程，整個規劃下來，進度要提前還是延後的相關修改，都必須經過協調。當整個計畫有調整或遇到問題時，整個實驗室會一起參與進來解決。

林學長說：『例如面對學術研究上及與業界合作時，有時候目標會有差異，跟廠商 meeting 的過程，老師也會一起參加，以廠商技術移轉為例，老師通常都會要求，廠商跟我們買東西，實驗室這邊不要去接觸到廠商商業上的部分，只要把我們的東西給他們，在介面上的討論盡量不要接觸到商業上的東西，盡量避免學術跟他們衝突，老師希望把學術跟商業分隔開來，同時老師也會跟廠商說，我們是學術單位，所以我們的研究一定會比較偏學術，希望廠商合作也要想清楚，避免問題產生，所以與廠商的合作上，問題就會相對比較少。』

表4-1-7 SI2實驗室確認觀念的方式整理表

實驗室討論種類	說明
小型專案討論	參與人員：專案參與人員 時間：不固定
大型專案與產學合作討論	參與人員：李鎮宜教授、專案參與人員 時間：每週一次
團體討論（group meeting）	參與人員：李鎮宜教授、全實驗室人員 時間：每週一次
半年研究審查	參與人員：李鎮宜教授、個人 時間：半年一次

資料來源：本研究整理

五、建立原型

1、個別專案定位

對於 SI2 實驗室來說，對於不同的計畫，李鎮宜教授有不同的人力安排。對於大學部的專題生，不會給與太大的研究壓力，主要以訓練為主，不會加入專案研究。碩士班新生加入實驗室後，碩一生會先待在國科會的計畫，李鎮宜教授說：『國科會計畫是屬於 free research，主要是以發表論文為一個主要的導向，因此研究上不會有太多的束縛。』等到一年之後，學生有基本的基礎後，李鎮宜教授看每個人的表現或計畫進行的程度後，接下來，會轉到學界科專等特定應用或是目標導向的計畫。所以目標導向（Mission-Oriented）的研究計畫大概是以碩士班二年級跟博士班為主，透過一年的觀察後，李鎮宜教授也能夠瞭解哪些人比較適合去接觸目標導向（Mission-Oriented）的計畫。

李鎮宜教授說：『並不是每個學生都想接大型計畫，有些學生比較喜歡去做一些異想天開的研究，所以如果把他束縛在某一個特定、比較侷限的領域時，對學生而說不是很好，因此我還是會尊重學生的個人興趣。』

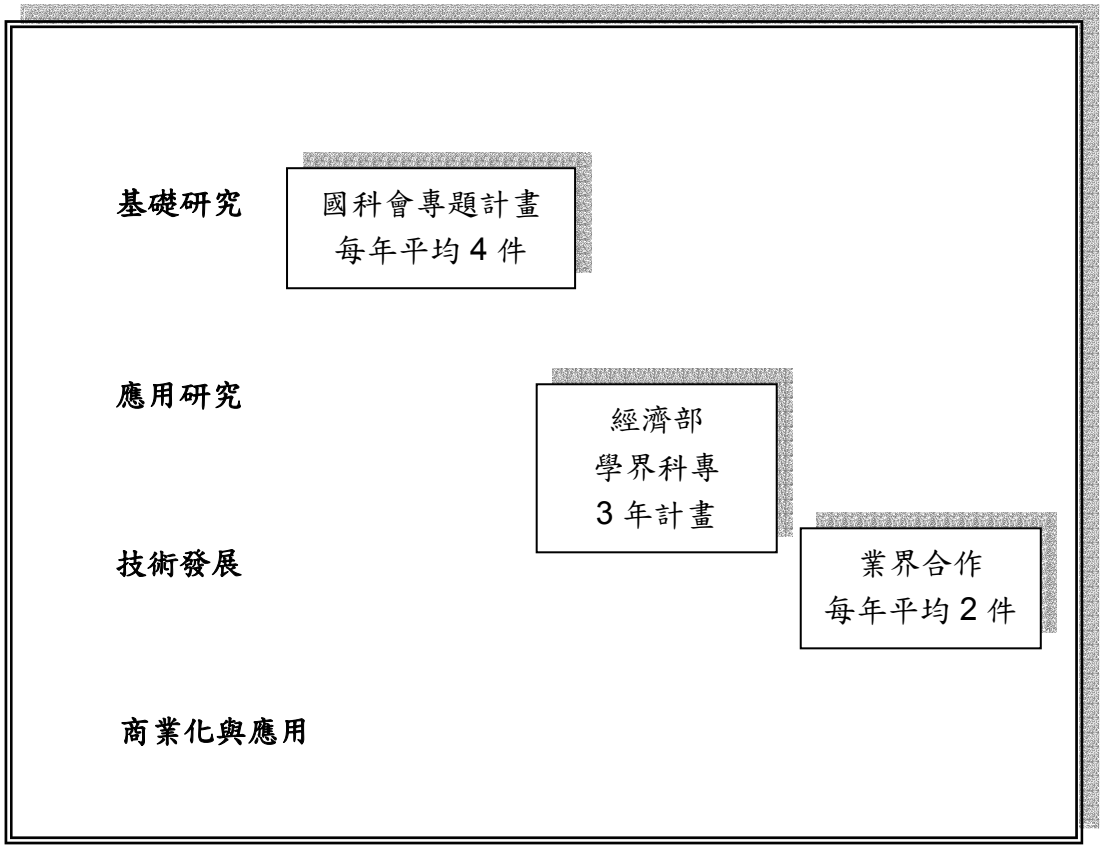

圖 4-1-3 SI2 實驗室專案計畫分佈圖

資料來源：本研究整理

學界科專

學界科專目前是 SI2 實驗室研究的重點，希望能夠提供整體系統的解決方案，幫助產業界解決現有問題，更進一步的透過這樣的方式，能夠把台灣 IC 設計的層次提昇起來，李鎮宜教授說：『這是一個結合學術界的力量來幫助台灣產業界提昇的途徑。』

經濟部學界科專『寬頻無線區域網路關鍵技術』的研究團隊，早期有 4 個老師，但現階段有 18 個老師加入，參與的學生共有 40~50 個人在進行研究。2002 年底的成果發表會上，得到很多產業界的回應。在學界科專裡，對於計畫有更多的要求，除了必須考量論文、技術移轉與專利的產出之外，必須做出雛形（prototype）的系統，相對的於國科會專題研究比較不一樣。

SI2 實驗室內部目前有 10 個人來參與，分成兩個子研究專題，上面有 3 個老師在帶領，除了李鎮宜教授外，還有一個資工系老師，以及一個是已經畢業的博士班學長，下面分別有兩個資深博士班，帶領兩個專題計畫。

博士班所帶領的研究生，平時由博士班負責所有事項，內部會有自己的團隊討論，由博士班學生主導，博士班學生通常會主動找碩士班學生討論，有時候專題生也會參與，每個禮拜李鎮宜教授會針對計畫跟學生有定期討論。

產學合作

SI2 實驗室的產學合作主要是業界主動要求合作，幾年前 SI2 實驗室跟業界有較深入的互動，後來發現就台灣產業界比較沒辦法接受長期研究的考量。因此目前李鎮宜教授偏好透過技術移轉的方式，以矽智財（IP）的方式移轉出去，李鎮宜教授說：『實驗室有技術，廠商如果覺得這樣的技術可以配合他的產品，實驗室就以 IP 的方式技轉，這樣的作法，一方面可以肯定學生過去的研究，另一方面不會影響學生現階段進行中的研究。如果研究計畫跟廠商共同開發的話，很容易就被廠商主導，從整個研究角度看，在主題上比較不容易有所發揮。』

2、專案創造模式

題目發想是由李鎮宜教授跟博士班學生私底下討論出來的，林學長說：『像老師如果要接跟FEC有關的計畫，老師就會找帶領的博士班學生討論，這個計畫應該怎麼做、怎麼寫計畫書，然後博士班學生會寫一個計畫書給老師，老師再做review的動作。在寫計畫書之前，老師會充分的跟學生溝通，應該往什麼方向，做到什麼地步，所以負責的博士班學生很清楚計畫的走向及該如何寫計畫書。』

專案執行的過程，以設計的流程來看，會先有一個很明確的架構，林學長說：『比如說一個無線網路系統，擺到桌上來看，我們就會先分析說這個到底會發生

什麼問題。』這方面由李鎮宜教授與博士班學生來主導，並決定切分工作的方式，每個博士班學生應該負責哪個部分，哪個部分會發生什麼問題，先提出來討論，工作劃分完後，開始進去考慮裡面應該會用到哪些不同的演算法。

因為要開發整套且有用的的系統，計畫下面自然就包含 Modulation 跟 FEC 兩個部分，工作區分清楚之後，個別研究團隊開始運作，博士班學生帶著碩士班學生，討論要怎麼樣做，演算法應該是什麼，並開始做一些模擬分析。

基本模擬做完後，會有一個主要的領導人，可能是老師或是資深的學長負責資料的整合，林學長說：『因為以系統的觀點，每一個小部分都可以運作，但不代表所有的元件接起來會順利運作，必須要有一個人負責把所有的東西接起來，形成一個 function work 的東西。』

接著在整個演算法或是架構明確之後，而且理論可行之下，就會進行 IC 設計的部分。林學長說：『前面純粹是數學運算，但到硬體實驗時就會有很多實際的問題出現，原本沒有考慮到的問題慢慢浮出來。』

因為架構已經很明確，所以各個研究可以各自開發硬體的部分，設計完後再把個別的部分整合起來，然後把實際做出來的結果跟原先預期的結果作比對，比對實際與預期的結果，並互相做回饋，林學長說：『因為實際上一定會發生很多問題，跟預期的狀況不一樣，此時發生的錯誤是如何造成的，博士班的學生負責來解決問題，會去看問題可能在哪裡，然後告訴執行的碩士班學生要怎麼改，把錯誤的地方告訴他，然後他去修正，這樣一直來回，直到 IC 整個驗證完畢之後，也差不多宣告完成。』

在系統設計過程中，兩個團隊彼此必須有適當參與，介面定義非常清楚，整合起來就會蠻容易。林學長說：『對使用者而言，是不在乎內部的設計，只在乎輸入跟輸出的要求，但對於設計者而言，輸入與輸出的結合，就有很多可以探討的空間，彼此會去注意到搭配與修正的問題，這種協調與共同討論的機制，是要很多經驗的累積。』

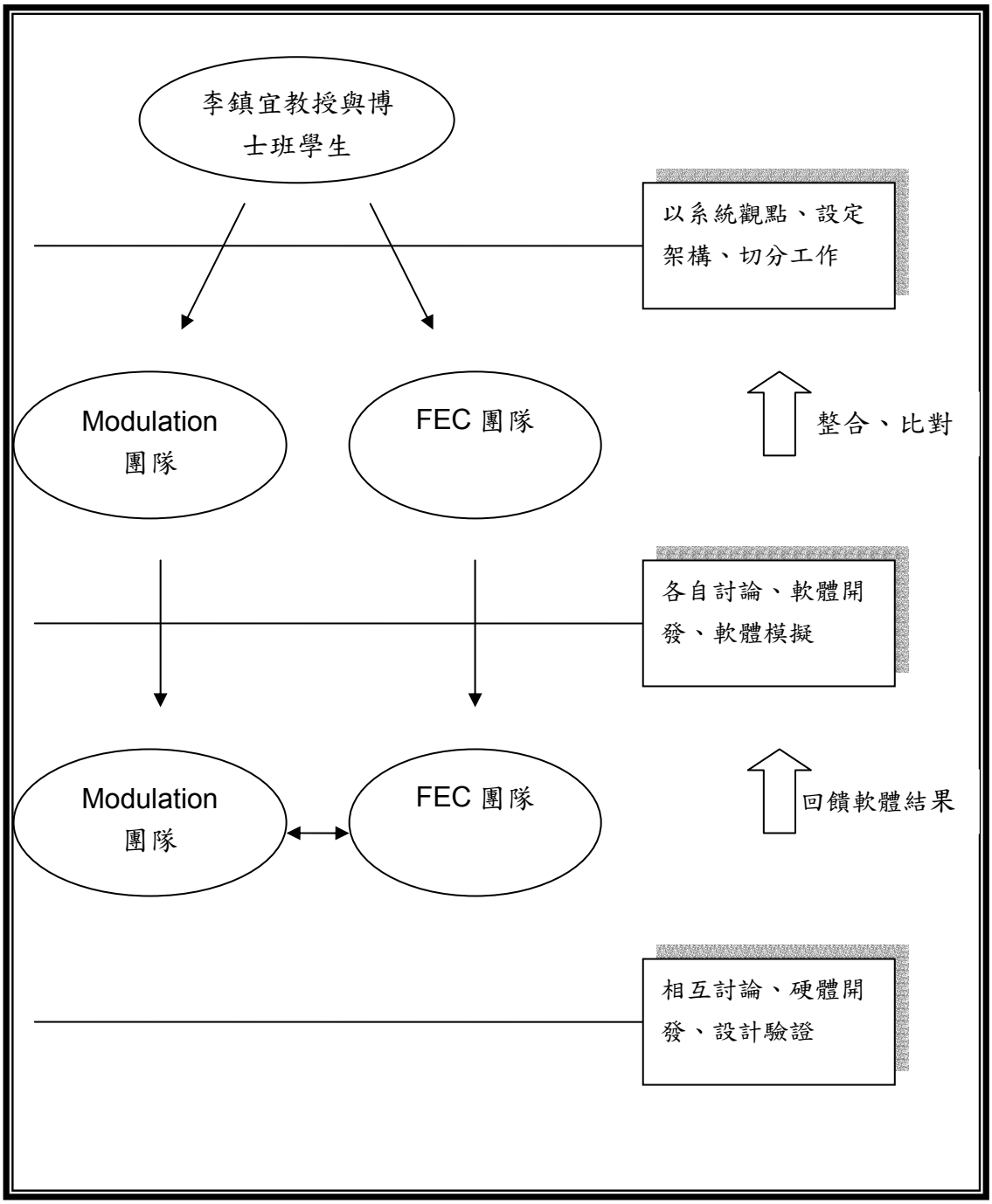

圖4-1-4 SI2實驗室專案開發過程圖

資料來源：本研究整理

博士班與碩士班的分工方面，博士班是研究主力，主要是負責關鍵技術的部分，像是無線網路中新的演算法或是架構，由博士班學生負責有一些新的想法，碩士班有時後也會參與進來；碩士班主要是做驗證、模擬的工作，透過驗證過程會回饋一些新的想法，每個禮拜固定某個時間個別團隊會一起討論，林學長說：『因為有時候博士班想的不見得是對的，有時候碩士班的一些新的想法也很不錯，所以工作的分配，中間有會有一段蠻大的重疊部分。』

無形的知識轉換成有形且具體的的系統平台出來，把知識與 know how 把變成實際看得到的東西，所以在整個系統平台呈現起來後，就能夠比較是否與預期情況一模一樣！這是 SI2 實驗室現階段強調的重點：平台（platform）跟系統模擬（system simulation）的概念。

這樣的方式有非常多的好處，除了知識轉換容易移轉外，系統平台建立起來之後，任何一個成員可以隨時加入。李鎮宜教授說：『比如說今天是 focus 在哪一個部分，突然想嘗試新的法則，馬上可以把他 request 過來，把他的新 idea 做驗證，看是不是比原來的還好。』另外，也間接促成 team work 的工作模式，把不同團隊凝聚起來。』

六、跨層次的知識擴展

1、期刊與研討會方面

IEEE有很多領域，SI2實驗室只鎖定相關的部分，學生會定期去尋找這些相關的論文，這些也是目前國內最受肯定的期刊，李鎮宜教授說：『像是國外的大學也是在看這些相關期刊。』而SI2實驗室期刊發表重點是TEEE solid-state circuit，其他的期刊發表大概一年會有1~2篇，其他的發表就是conference的論文。

SI2 實驗室經常參與國際研討會，以 TEEE 的 ISCAS 為主。早期的話，李鎮宜教授是會帶學生去參加研討會，但現階段學生都可以獨當一面，有時候是博士班去參加，有時候博士班會帶碩士班一起去。李鎮宜教授說：『因為學生有發表，所以讓他們去 defend 他們的東西。』李鎮宜教授相當鼓勵學生在 ISSCC 的發表，現階段 SI2 實驗室只有一個學生有發表過，五十年來台灣大概只有八篇，李鎮宜教授說：『以投頂尖中的頂尖的研討會為一個目標。希望每年都可以有發表，所以 ISSCC 都會派人去蒐集相關資訊。』

表4-1-8 SI2實驗室參考的期刊與研討會表

期刊	● IEEE Journal of Solid-State Circuits ● IEEE Transaction on Circuit and Systems ● IEEE Transaction on Very Large scale Integration(VLSI) Systems ● IEEE Transaction on Circuit and Systems for Video Technology
研討會	● IEEE International Solid-State Circuits Conference(ISSCC)

	● IEEE International Symposium on Circuits and Systems(ISCAS)

資料來源：本研究整理

2、國內合作方面

SI2 實驗室內的大型計畫基本上都是整合型計畫，像是學界科專，會有很多老師一起參與，因此，在固定的幾個整合型計畫會有 group meeting，此時，就能夠帶動組織外部的知識發展。

3、助教課程方面

交大電子系上的 IC 設計課程，整個助教團隊是由 SI2 實驗室成員擔任的，所以李鎮宜教授會對於實驗室成員的專業能力更加要求，在課程當中，SI2 實驗室能夠將實驗室原有的知識、學長留下來的經驗擴散外，課程中遭遇到的問題，助教團隊同時也花很多時間去試各種可能的狀況與解決方法，進一步累積 SI2 實驗室的 IC 設計能力。

4、畢業學長姊方面

李鎮宜教授說：『畢業學長如果在在新竹科學園區工作或附近教書的話，就有機會在一起從事研究工作。因為現階段，不管是在學術上或是產業，競爭都非常激烈，如果能夠在更短的時間內，與原本已經建立默契的成員，產出更好的東西，就是一種成功。』

SI2 實驗室畢業學長除了可能直接參與專案計畫外，也會跟實驗室有技術上的交流，私底下會來找李鎮宜教授聊聊，提供外面產業面不同的訊息，另一方面是，也會回實驗室幫公司找新的人進去公司。

SI2 實驗室很容易可以找到這些學長回來幫忙，林學長說：『一些以前留下來的論文，有問題也可以找學長回來討論，因為畢業後下面可能沒有人承接，幾年後有人要重新做，就會發生一些斷層問題，這時候就需要學長的幫忙。』

5、企業方面

業界合作的專案，需要實際產出，政府單位的研究是需要新的東西，兩者有不同的需求。但是對業界知識輸出時，面對業界的工程師不同的研究方法，可以與實驗室的做法互相交流。林學長提到：『業界遇到的問題，實驗室不見得遇得到，有時候實驗室遇到的問題，業界覺得沒什麼，可以很快的提供解決的方法，這就是跟業界合作的好處。』

李鎮宜教授說：『其實我們還是在 IP 部分，希望能夠把現有的 know how，透過網路的方式，達到更好的技術推廣或是技術上的使用。也就是說，像這些 IP，

照以往的作法是，業界可能要到我們這邊來討論，才會知道技術的 value，以現階段整個 internet 非常發達的情況下，是不是可以把這些 deliver 出來的 technology 或是 know how，透過一些包裝後，在網路上去呈現，廠商有這樣的需求後，我們會設定一些參數，他們就可以自己去評估，這樣的技術對他們到底好不好，可以達到 promotion 的效果。目前的話，台灣好像還沒有人這樣做，因為這個本身會牽涉到很多 supporting 的 issue，不過我們會在學校裡面，透過教學的方式，先讓學生來試試看這樣一個暫時的做法，一旦出來的結果還不錯的話，我們再把它擴大出去。』

表 4-1-9 SI2 實驗室近三年一般建教案表

計畫名稱	合作對象	合作期間
符合 802.11a 標準之 OFDM 基頻電路	矽成積體電路股份有限公司	92.3.1-93.2.29
Triple Mode WLAN 同步研究	工研院	92.1.1-92.12.31
適用於多種規格之前制錯誤修正編碼器的設計	工研院	91.1.1-91.12.31
符合 802.11a 標準之 OFDM 基頻電路	矽成積體電路股份有限公司	91.1.1-91.12.31
OFDM 為基礎的無線區域網路基頻收發器研究	亞信電子	90.12.1-91.11.30
NCTU-ADPLL 技術移轉	工研院	90.10.1-90.12.31
符合藍芽通訊標準之 GFSK 調變電路	矽成積體電路股份有限公司	90.8.1-91.7.31

資料來源：SI2 實驗室

6、國外合作方面

李鎮宜教授一直希望與國外實驗室的知識交流，一直有國外的實驗室想要加入研究，2003年6月的時候，會有一個加拿大多倫多大學電機系的碩士班學生加入實驗室。但實踐上有一些不屬於研究上的考量，比如說，學生過來的居留問題、住宿問題等都必須SI2實驗室花時間克服。

第二節 台灣大學電子研究所 數位信號處理暨積體電路設計實驗室（DSP/IC Design Lab.）

壹、基本資料

一、實驗室簡介

位於台灣大學電機新館 332 室的數位信號處理暨積體電路設計實驗室（DSP/IC Design Lab.），指導教授是陳良基博士。實驗室目前有 11 名博士班學生，9 名碩士班學生，以及大學部專題研究生數名，截至 2002 年 6 月，實驗室共計畢業二十位博士班學生，四十二位碩士班學生，主要研究領域是數位訊號處理 IC 設計、數位視訊處理電路設計。

陳良基教授是國內計算機輔助設計的第一位博士，1988 年陳教授轉任臺大電機系教職，選定以特定用途的數位訊號處理器硬體及系統設計為方向。經有興趣的同學及同仁共同努力，有一些不錯的成果，不僅有多項創意被多方採用，1992 年完成了國內由大學生所設計的第一顆超大型積體電路晶片，此晶片在第一回裝作中即可正常工作。研究群的成果也博得園區廠商的欣賞陸續提供研究資金。經過這幾年的努力，陳良基教授的卓越貢獻獲得國際的肯定，榮膺國際電子電機工程師協會 IEEE Fellow，也獲選為 IEEE Circuits and Systems 領域 2001-2002 年度的 Distinguished Lecturer。

DSP/IC設計實驗室未來的展望與願景，希望繼續培植優秀的IC設計人才，把握台灣在IC設計製作方面的利基，要求每位走出實驗室的同學都有獨立設計並下線製作晶片的經驗與能力。在應用面上，DSP/IC設計實驗室看好多媒體與通訊領域的未來發展，加強在系統知識上的訓練，以因應系統晶片時代的需求。除了紮實的技術，未來更是一個講究創意的時代，不斷創新思考，勇於嘗試新的點子，期望實驗室始終能走在技術的最前端，對於學術界及產業界做出最大的貢獻。

二、指導老師簡介

陳良基教授

學 歷：

- 成功大學電機工程學研究所博士
- 成功大學電機工程學研究所碩士
- 成功大學電機工程學系學士

現 職：

- 國立臺灣大學電子工程學系教授兼所長
- 國立臺灣大學電機工程學系教授
- 國立臺灣大學系統晶片中心主任
- 台灣積體電路設計學會理事長

經 歷：

- 國科會工程處微電子學門召集人
- 國立臺灣大學電機工程學系副主任
- Visiting Scholar, Department of Electrical Engineering, University of Washington.
- Consultant, DSP Research Department, AT&T Bell Labs, Murray Hill, NJ.

專 長：

- 數位訊號處理系統設計
- 超大型積體電路設計
- 視訊編碼系統設計

其 他：

- 清華大學技術審查委員
- IEEE 多媒體系統與應用科技委員會主席
- 國科會 3C 整合科技推動召集人
- 國科會系統晶片設計中心計畫主持人
- 教育部顧問室顧問
- 2001-2002 IEEE Distinguished Lecture
- Associate Editor of IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS FOR VIDEO TECHNOLOGY
- Associate Editor of IEEE TRANSACTIONS ON VLSI SYSTEMS
- Associate Editor of Journal of Circuits, Systems, and Signal Processing
- Associate Editor of the PROCEEDINGS OF THE IEEE
- Guest Editor for the Journal of Video Signal Processing Systems
- The General Chairman of the 7th VLSI Design/CAD Symposium in 1995
- The General Chairman of the 1999 IEEE Workshop on Signal Processing Systems

- Member of the IEEE CAS Technical Committee of VLSI Systems and Applications
- The Technical Committee of Visual Signal Processing and Communications
- The IEEE Signal Processing Technical Committee of Design and Implementation of SP Systems
- The Chair-Elect of the IEEE CAS Technical Committee on Multimedia Systems and Applications

過去五年中，共發表期刊論文 21 篇、研討會論文 90 篇、專書及專書論文 4 篇。學術成就方面，2003 年獲選中國工程師學會傑出工程教授、2001 年獲得 ***IEEE Fellow***、連續 11 年獲得龍騰論文獎、1996 年、2000 年、2002 年獲國科會傑出研究獎、第一屆旺宏金矽獎、龍騰論文十週年紀念獎座及連奪四屆教育部積體電路比賽特優及優勝。

貳、人力資源管理

一、人力組成

DSP/IC 設計實驗室透過面談來甄選新進學生，陳良基教授認為：『研究上跟考試不同，你就是真的跟他談，幾乎每個學生進到實驗室之前，我都會跟他談個幾次以上，我不會第一次就收。』陳良基教授會先瞭解學生的狀況，如果陳良基教授感覺上比較不契合（comfortable）的話，會勸學生積極去找更多教授聊一聊個人的狀況，因為陳良基教授強調：『對於做研究，你要跟你的 leader 有比較好的默契跟認同感，至少你要對他的 style 可以接受，不然到時候 meeting 時不投機，那也沒什麼用。』

但如果學生想想還是願意的話，還可以再談。對於有些不錯的學生，陳良基教授還是會叫他們回去想想，沈澱一下再回來，避免談話完後的那種激情與衝動影響個人判斷，陳良基教授不希望這樣子。如果新生真的有興趣時，接著陳良基教授會把新生介紹給 DSP/IC 設計實驗室的 group leader（博士班學長），找學長再談一次，透過博士班學長以不同的角度，看看對於新生的感覺如何。如果不錯的話，再決定讓新生加入實驗室。

1、碩博士生比率

DSP/IC設計實驗室根據工作量來決定人力規劃，每個專案的性質不同，例如每一個主題複雜度的高低，影響工作切分的清楚程度。根據工作切分的清楚程度，搭配人力支援。而DSP/IC設計實驗室博碩士生人數幾乎一樣，博士生比碩士生還多。

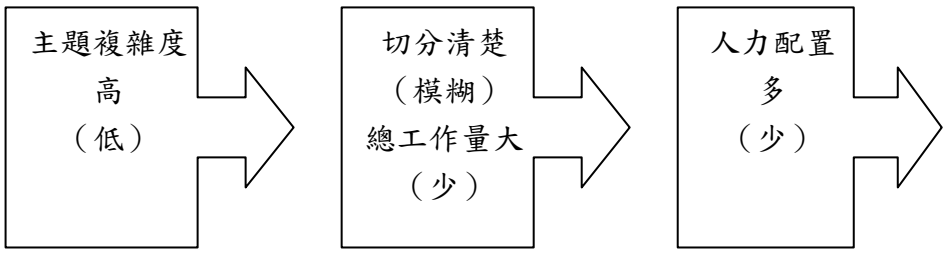

圖4-2-1 DSP/IC設計實驗室人力配置圖

資料來源：本研究整理

表4-2-1 DSP/IC設計實驗室博碩士生人數比率表

	人數	比率
博士班學生	11	55%
碩士班學生	9	45%

資料來源：本研究整理

2、人員共同背景

DSP/IC 設計實驗室需要的是對於研究有有濃厚興趣的學生。陳良基教授說：『通常我們都是看他積極、主動的程度到底有多少，我們的訓練很簡單，學生都很優秀，但學生能不能做的好，就要看能不能 focus 跟對這個領域的興趣度，通常我都會問他們，你對做的東西到底瞭解多少，那你是不是真的很有興趣！』

陳良基教授的經驗發現，能夠對問題 focus 的學生，感覺上進來後程度會比較好。另外能夠隨時保持跟教授有互動的學生，成果也會比較好。陳良基教授說：『比如說今天學生做了什麼，在想法上能立刻主動找教授談，而不是像有些學生怕找教授談，怕談一談後教授又交代一些新的東西，所以想離教授遠一點，最好不要碰到。這種學生反而都做的比較不好。』

如果學生對 DSP/IC 設計實驗室研究領域有興趣之後，接下來就是看學生的主動性，像學生進到這個領域後，對於想做的題目願意花多少力氣在研究上，如果只是想玩票性質的，陳良基教授認為這樣的學生不用進來這個實驗室。

表4-2-2 DSP/IC設計實驗室博碩士生人力大學背景表

	人數	學科	比率
大學相關學科	21	電機	100%
大學非相關學科	0		0%

資料來源：本研究整理

3、博士班延續性

通常陳良基教授不見得會主動鼓勵學生繼續讀博士班，但是透過平常在帶學生的時候，陳良基教授會讓學生感覺到，其實做研究蠻好玩的！如果學生能體會到的話，自己就會考慮，陳良基教授會在學生產生研究興趣後，再來鼓勵學生。

尤其在台大，陳良基教授希望說：『如果學生覺得還沒有那麼急著去賺錢的話，把學業做完，其實也蠻好的，畢竟是比較優秀的學生嘛！如果出去碰到一個

任何學校的PHD，拿一個有PHD跟一個沒有PHD的去比，終究比別人矮了一截，雖然是台大畢業的碩士，so what，畢竟PHD的training還是比較多。』DSP/IC設計實驗室平時有很多課外活動，陳良基教授常常會有機會跟同學一起閒聊，陳良基教授說：『我會在適當的時候傳遞一些message給學生，去鼓勵他們。』

表4-2-3 DSP/IC設計實驗室博士班延續統計表

	人數	比率	學校
博士班來源：DSP/IC 設計實驗室碩士	11	100%	台大電子所
博士班來源：外校	0	0%	

資料來源：本研究整理

表4-2-4 DSP/IC設計實驗室碩士班延續統計表

	人數	比率	學校
碩士班來源：台大電機系	9	100%	台大電機系(大學時皆為DSP/IC 設計實驗室專題生)
碩士班來源：外校	0	0%	

資料來源：本研究整理

二、教育訓練

新生一般是在七月初就會進入DSP/IC設計實驗室，進行教育訓練。教育訓練會分成IC設計與實驗室的一些核心知識（domain knowledge）。而DSP/IC設計實驗室會安排時間，由博士班學長教導報告（presentation）跟寫作（writing）技巧，以及DSP/IC設計實驗室的實驗室規範等；陳良基教授說：『因為實驗室那麼多人，所有人要先有共識，像要整理實驗室環境等工作，大家一進來都要分清楚，責任與義務在哪裡』。

陳良基教授說：『Over all 這些都是一個general，一整個禮拜下來，他們也有了整個實驗室簡單操作實作的概念，大部分都可以跟的上來。如果是特定主

題，比如說這個東西真的很專業，不是一兩個小時可以講的完，我們就會排一整天實驗室內部的教育課程，一整天從早到晚。』

表 4-2-5 DSP/IC 設計實驗室 2003 年教育訓練課程表

July 8, 2003		
時間	主題	內容
9：00~9：10	Open Address	
9：10~9：50	國際標準簡介	JPEG,JPEG2000
9：50~10：30	國際標準簡介	MPEG-1,MPEG-2, MPEG-4
10：40~11：20	國際標準簡介	H.261,H.263,H.264
11：20~12：00	國際標準簡介	MPEG-7, MPEG-21
12：00	午餐時間	
1：00~1：20	基本規範	實驗室研究方向介紹
1：20~1：40	基本規範	實驗室規範與環境介紹
1：40~2：00	基本規範	論文寫作
2：10~2：30	基本規範	資料搜尋
2：30~2：50	基本規範	會議報告
2：50~3：10	基本規範	參加比賽
3：20~4：00	研究報告	Eric Group
July 9, 2003		
時間	主題	內容
9：00~10：20	研究報告	MPEG-4 Group
10：30~11：30	研究報告	JPEG2000 Group
11：30~11：50	研究報告	Error Concealment
12：00	午餐時間	
1：30~1：50	研究報告	TV
1：50~2：30	研究報告	RC Group
2：40~3：40	研究報告	Intelligent Group
3：50~5：00	研究報告	(Invited Talk)DRAM Controller
July 10, 2003		

時間	內容
上午	Cell-Based IC Design Flow
	Verilog
	Synthesis with DFT
12：00	午餐時間
下午	Lab
July 11, 2003	
時間	內容
上午	FPGA Emulation/Prototyping Design Flow
12：00	午餐時間
下午	Lab
July 12, 2003	
時間	內容
上午	Automatic P&R with STA
	Layout Verification and Post –Layout Simulation
	Chip Testing
12：00	午餐時間
下午	Lab

資料來源：DSP/IC設計實驗室

三、組織設計

陳良基教授是用階層式管理DSP/IC設計實驗室，在DSP/IC設計實驗室會依照實驗主題做分類，依照主題分幾個小組。每個小組的目標會以特定的主題，當作一個專案（project）來運作。小組會有小組的規劃跟討論（meeting），每一個小組的規模大概從4個到7~8個人。

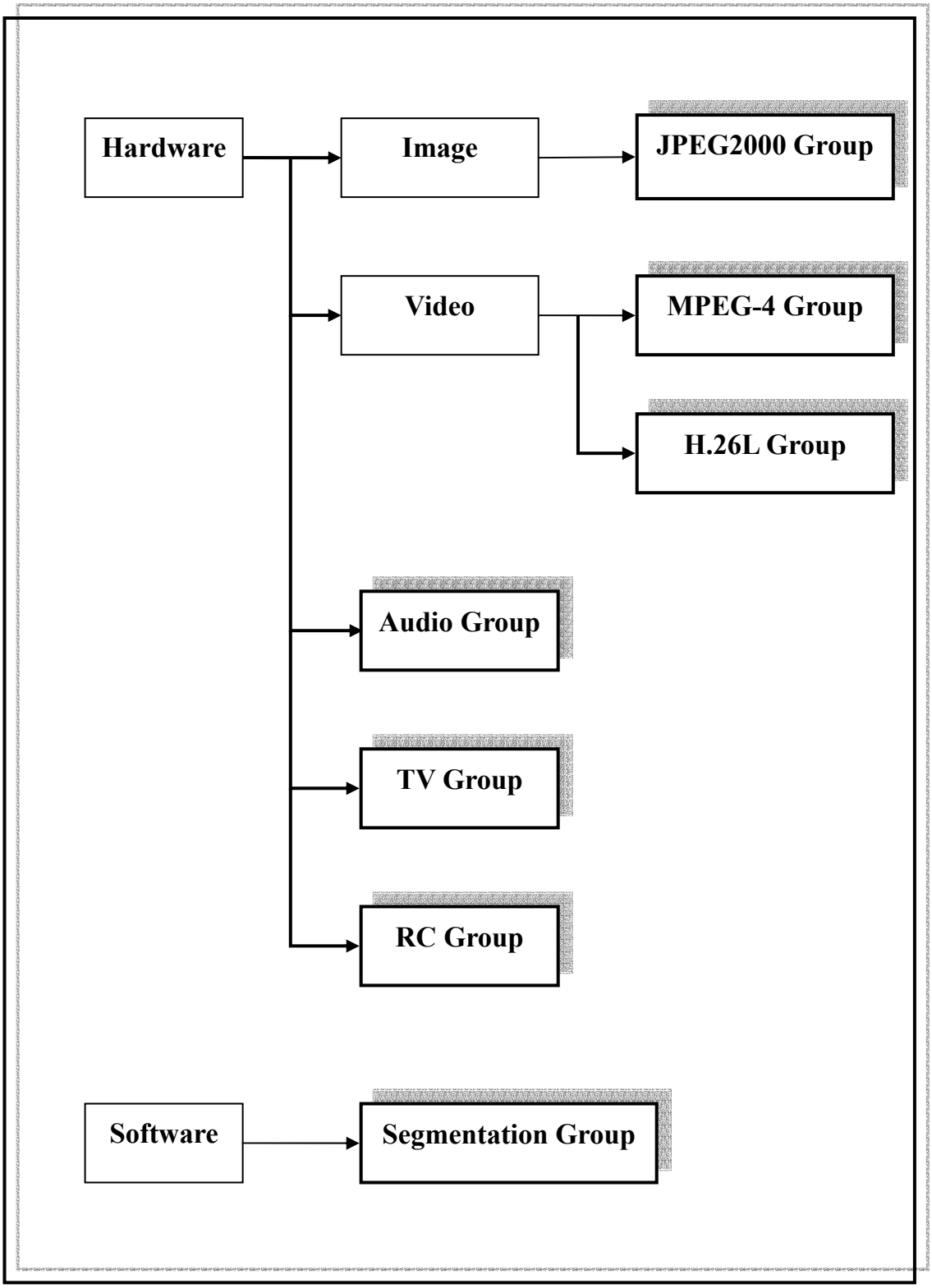

圖 4-2-2 DSP/IC 設計實驗室組織分組

資料來源：本研究整理

DSP/IC 設計實驗室組織分組可以分成硬體與軟體部分；硬體這邊，影像的部分有個團隊研究 JPEG，後來做 JPEG2000，研究影像的壓縮。在 Video 部分，

透過影像標準區分，以前有做 MPEG-2，新的部分有 MPEG-4、H.26L 的相關研究，分別為 MPEG-4 Group 與 H.26L Group。

另外一個是有關電視的技術，DSP/IC 設計實驗室稱之為 TV Group，研究電視類比轉數位相關技術，以及 PC 跟電視的轉接，連學長說：『像 LCD TV 在電腦上用都是數位的，但如果要接電視訊號的話，就有一些技術要處理。還有像 de-interlacing 的動作，或是 TV encoder/decoder 的技術，都是這個團隊研究的目標。』

還有一個叫做 RC（Reconfigurable Computing）Group，這個團隊的研究屬於非標準的東西，屬於電路上的架構。它的概念是將電路重新組態成各種不同的東西，連學長說：『像一個叫 APG 的東西，有一點像寫程式一樣，可以 config 電路要怎麼連接，接出不同的功能，就像電子產品就可以看你怎麼去設定功能，你希望它是一隻手機，它就是一隻手機，不是說形狀變手機，而是裡面晶片的功能可以改變，有很多的電晶體，看怎麼連就 function 不同，它的控制電路其實是可以透過 download 一些程式進去，電路的特性就會改變。』

軟體的部分有一個是 Intelligence Group，做一些智慧型的影像處理，連學長說：『智慧型的影像處理像是把原本 Video 的 Sequence，發展演算法去自動切割出來，或是 Sprite Coding 的技術，可以把一個網球場的場景，拍來拍去都是這個背景，那就可以把背景透過技術，把它築出來一個場景，可以應用在傳送的時候，背景傳送一次，以後都只要傳前景就好。人走到哪裡，就去把那裡的背景抓出來，就會達到壓縮的效果。另外一個技術是 Stereo Video，像最近有一個趨勢是立體的影像，多支 Camera 拍同一個場景，傳統的作法是兩支 Camera 拍同一個東西，但這兩個拍的東西其實很像，只是一個拍左邊，一個拍右邊，現在有人發展一些演算法，這兩個合在一起 Coding，由左邊模擬右邊的圖像，會有一些差值，編碼就傳送右邊跟左邊的差值，比兩個都傳送資料節省空間。』

管理結構

DSP/IC 設計實驗室對於行政管理，設立一個實驗室總管，由最資深（senior）的博士班學生來負責，會有大小總管一路分下去。總管的部分是針對一些規則（routine）的部分，從整潔開始到整個實驗室的常用工具（tools）或工具整備（set up），陳良基教授：『理論上，沒有人管理的部分，總管一定要 assign 人出來負責。』

四、工作設計

陳良基教授說：『我們也不知道會面臨什麼挑戰，其實做研究，不知道未來會面臨什麼解不開的問題，與學生在研究上，我想就等於就是一種互相的

commitment，不管遇到什麼問題，進到實驗室之前答應了吃苦耐勞。如果你受不了，你要離開可以隨時離開，我不會反對。但是如果你要留下來，就要有這樣的信念：能夠吃苦耐勞。』

有時候要設計一個晶片，有研究上的時效性，因為模擬都是需要一直進行，不能說錯過就算，陳良基教授認為：『你總是要盡到力量，就是用盡所有力量也沒辦法達到 schedule，或者說有一個不錯的 target 要做，之前已經有人做過類似的，實驗室希望作的更好，那你有沒有用心去想，把所有可能的方法都用上。』陳良基教授認為要求學生盡全力去做就是最好的訓練。

一個實驗室是團隊的組成，每個團隊總是需要有人去突破一些比較困難的地方，而且是主動願意去面對，而不是每次都要指定（assign），陳良基教授說：『比較主動去做，才能夠在困難底下，思考那些困難要怎麼去克服，不會只想把它避開，所以真的要有興趣，加上能夠吃苦耐勞，這樣才有辦法去越過一些難關。』

陳良基教授會希望學生每個禮拜會有半天的時間花在圖書館裡面，得到不同的刺激，然後有半天能夠去運動或類似運動的事情，當作一種調劑，其他時間的話，陳良基教授希望學生待在實驗室裡。

花半天時間待在圖書館的概念源自於以前陳良基教授在唸書的時候，很多研究要自己去做、自己去發想，包括當年陳良基教授博士論文做的題目，也是在圖書館看很多資料，花時間去找的題目，那段經驗讓陳良基教授覺得做研究應該要花點時間在圖書館內，尋找不同的知識刺激。

博士班

博士班的要求以研究上的創新度與團隊的整合為主，陳良基教授希望博士班一定要去：Create Something New，然後必須要能夠做一個專案（project）的領導（leading）。對於實驗室的專案，不只是老師在思考，博士班學生也能夠貢獻一些新的想法，把實驗室當作新想法練劍的地方，然而DSP/IC設計實驗室有學弟可以幫助博士班學生實現這些想法。陳良基教授說：『博士班的training是要，你出去就算一切是空白，沒辦法去create一些東西，但是你可以去帶一個team，去approach一些東西出來。』

另外博士班學生除了要有創新與整合團隊的能力外，如何把這些研究成果精鍊出一篇好的論文是很重要的。要把一些好的研究想法，整理成從頭到尾非常精鍊的知識，本身是很好的訓練。陳良基教授說：『這個訓練我認為對博士班一定要有，因為我希望將來博士班學生出去，就算他面臨的是一片空白，但是能夠整理出來一個proposal，所以一定要能想辦法做資料整理，及把所有的思路搞清楚，這個要求最好的訓練方式就是，寫出一個很好的paper或是report出來。所以我比較強調的是，博士班學生一定要想辦法把學習的東西真正精鍊出好的作品。』

碩士班

對於碩士班的要求，陳良基教授把碩士班當作是技巧（skill）方面的訓練，陳良基教授希望碩士班畢業之前，所有IC設計領域需要使用的工具與方法都要非常的熟練，所以碩士班以實做及技術熟練度的訓練為主。陳良基教授說：『一定要弄得非常熟，然後這些tools要很快可以動作。』

專題生

DSP/IC 設計實驗室目前有 12 位專題生，是由博士班學生帶領，陳良基教授會要求專題生每個人至少每學期要報告一次自己做的東西。專題生對於 DSP/IC 設計實驗室參與程度比較少，陳良基教授通常要求專題生以課業為主，能夠把基礎打好，在實驗室方面先跟著學長，瞭解一下研究到底做些什麼。

五、內部氣氛

陳良基教授對於激勵活動的態度是恩威並施，陳良基教授說：『學生做一個東西時，只要覺得有一點點不錯，你就去鼓勵他，學生還是需要鼓勵。但有些時候就真的要盯，該嚇就要嚇，該給獎賞就要給獎賞。』陳良基教授也覺得，自己做研究時也常常有很辛苦的感覺，所以對於 DSP/IC 設計實驗室內部會儘可能安排一些娛樂活動，像吃飯或是出去玩，一年大概有幾次活動，整個實驗室租遊覽車出去玩，學生們也都可以帶女朋友來參與實驗室活動。

像 DSP/IC 設計實驗室常常會租遊覽車去東北角海岸旅遊，有時候會去六福村玩，然後晚上就在統一健康世界過夜等，或是到陳良基教授家裡烤肉， 40 多個人熱熱鬧鬧的一起烤肉。陳良基教授希望把 DSP/IC 設計實驗室塑造成學生們生活上的空間，不是一個拼命做研究的空間。

陳良基教授相當強調，既然實驗室是一個人的社會，陳良基教授希望人的社會應該要顧慮到像是分工合作、互相幫忙等人際的基本要求，有一些事情就是要把它塑造成一個傳統，就是分享的觀念，陳良基教授說：『分享涵蓋了分享成果跟分享工作，我不允許有人獨佔，覺得自己很厲害，該分的你就應該跟大家 share。』例如 DSP/IC 設計實驗室學長論文被接受時，自然就要請大家去打打牙祭。

陳良基教授說：『我跟他們得獎的人講，你能夠達到這個獎勵，實驗室裡面很多資源的 support，或是平時內部討論時其他同學給你的意見，都是很重要的原因，雖然他們沒有參與、沒有得獎，但你能得獎要想成是擁有許多人的默默幫助，他們也有功勞。』另外一個角度是，有那麼多人在比賽，陳良基教授認為並不是學生那麼厲害可以得獎！有時候只是運氣比較好，透過請客的方式，可以把這種幸運當作一種分享，分給實驗室的同門，不要獨享，這也是一種分享的觀念，這樣子的話，很自然的實驗室同學間就會有兄弟姊妹的情操出來。

參、組織知識創造

一、知識庫

1、共同課程

DSP/IC 設計實驗室是以台大電子所的系統設計跟數位信號處理（DSP）相關課程為主，如計算機輔助系統設計、高等積體電路設計、DSP 架構設計、DSP 系統設計為主要課程，而數位視訊技術是 DSP/IC 設計實驗室開的，實驗室成員都必須修。其他的話，陳良基教授讓學生有選課的自由。其他像是邏輯測試與計算機輔助電路設計，陳良基教授會建議學生修。

在整個組織的運作下來後，專題生或新生都會詢問學長，然後跟著學長的建議而修課。但陳良基教授還是會看，如果幾堂特定的課要修而學生沒去修，陳良基教授會跟學生提醒要去修。另外陳良基教授相當鼓勵，如果學生覺得行有餘力，可以多多利用一下台大內的教學資源，去養成自己，像有一些學生會去修體育課，有人會去修藝文方面的課程等。

表4-2-6 DSP/IC設計實驗室共同課程表

必修課程	系統及數位電路領域	計算機輔助系統設計
		高等積體電路設計
		DSP 架構設計
		DSP 系統設計
		數位視訊技術
建議課程	CAD and SOC Methodology 領域	邏輯測試
		計算機輔助電路設計

資料來源：本研究整理

2、技術文件管理

DSP/IC 設計實驗室實驗室對於 IC 設計流程（IC design flow）有所謂的實驗室寶典，因此 DSP/IC 設計實驗室的下線成功率高是眾多大學 IC 設計實驗室彼此所公認的。每當有新的技術出現時，DSP/IC 設計實驗室的成員們會主動去學習並更新寶典的資料，然後在團體討論（group meeting）的時候，負責同學就會把技術做一個講解。

DSP/IC 設計實驗室將所有的相關文件放在內部網頁，學生隨時可以上網看，對於有一些特殊的知識，只要能夠文件化（document）出來的，實驗室成

員都會主動把它上傳到內部網站，這樣的分享機制都是學生自動自發的行為，但有些是陳良基教授特別要求的，像設計流程（design flow）一定要放上去，陳良基教授說：『包括說 design 上我們要有一個 checking list，像我們 tape out 的成功率比較高，我們自己也有一套驗證的公式，這些都是 knowledge 的累積。』

表 4-2-7 DSP/IC 設計實驗室線上資源表

線上資源
● 每週 meeting 投影片
● Video Webmail
● MPEG-7 Document
● H.264 Tutorial
● 2002 年 9 月 24 日多媒體系統設計研討會
● Workshop on MPEG-7
● FIREBIRD Design Flow
● Physical Design 新寶典
● WildCard Design Flow
● Verilog Coding Guide Line
● Workshop on Advanced IC Design Technology and Design Flow（2002.1.29）
● DAC2000
● ISCAS2000：MPEG-4 Systems Elementary Stream Management
● ISCAS2000：tutorial：MPEG-4
● Video/image standards
● Wireless Multimedia Terminal Meeting 投影片
● Special Invited Talks
● Avi making program
● Converting avi to sequence program
● 影像擷取使用說明
● 新生訓練網站（2000）
● 新生訓練網站（2001）
● 新生訓練網站（2002）
● 出國參加研討會之心得感想

資料來源：本研究整理

新生進來之後，陳良基教授會先跟學生先溝通，說明DSP/IC設計實驗室內的訓練比較辛苦，需要學兩套東西，一個是數位IC設計流程（IC design flow），一個是數位影像處理跟視訊的相關技術，比如說影像處理，本身就是一個蠻大的學問，而IC設計本身又是一個很辛苦的設計過程，而DSP/IC設計實驗室的要求就是，畢業之前每一個學生兩套知識領域要能夠結合（combine）起來。

二、分享內隱知識

陳良基教授是用階層式管理DSP/IC設計實驗室，在DSP/IC設計實驗室會依照實驗主題做分類，依照主題分幾個小組。每一個小組就會有一個類似專案領導人（project leader），專案領導人（project leader）的角色通常是由資深（senior）博士班學生擔任，資深（senior）博士班學生底下會帶比較資淺（junior）的博士班，接下來會有研二、研一的學生，然後再去找一些專題生，分成好幾層。透過有經驗的博士班學生往下帶，延伸到大學部專題生。陳良基教授說：『每個小group有4~8個人，各自有小的meeting，這樣support的方式，好的經驗大家應該就可以體會到。』

DSP/IC設計實驗室雖然有技術領域的分組，但陳良基教授很強調強調跨技術領域，不同group間的相互學習。陳良基教授說：『畢竟實驗室還是一個training的平台，真正要學的是IC的technology，打底或是蹲馬步的功夫要弄好，我們還是會分幾個研究群組，主要是這個研究的工作給學生當作練劍的對象，今天你對這個group的參與，只是把它當作練劍，其他group的不同的想法跟不同的招數，還是可以看一看，而且那些是會變的。』

陳良基教授認為，學生真正到業界或學術界後，對象也許不同，需要面對新的問題，但是這些招數還是可以用的，一些基本技巧（skill）還是可以應用在未來的工作場合。

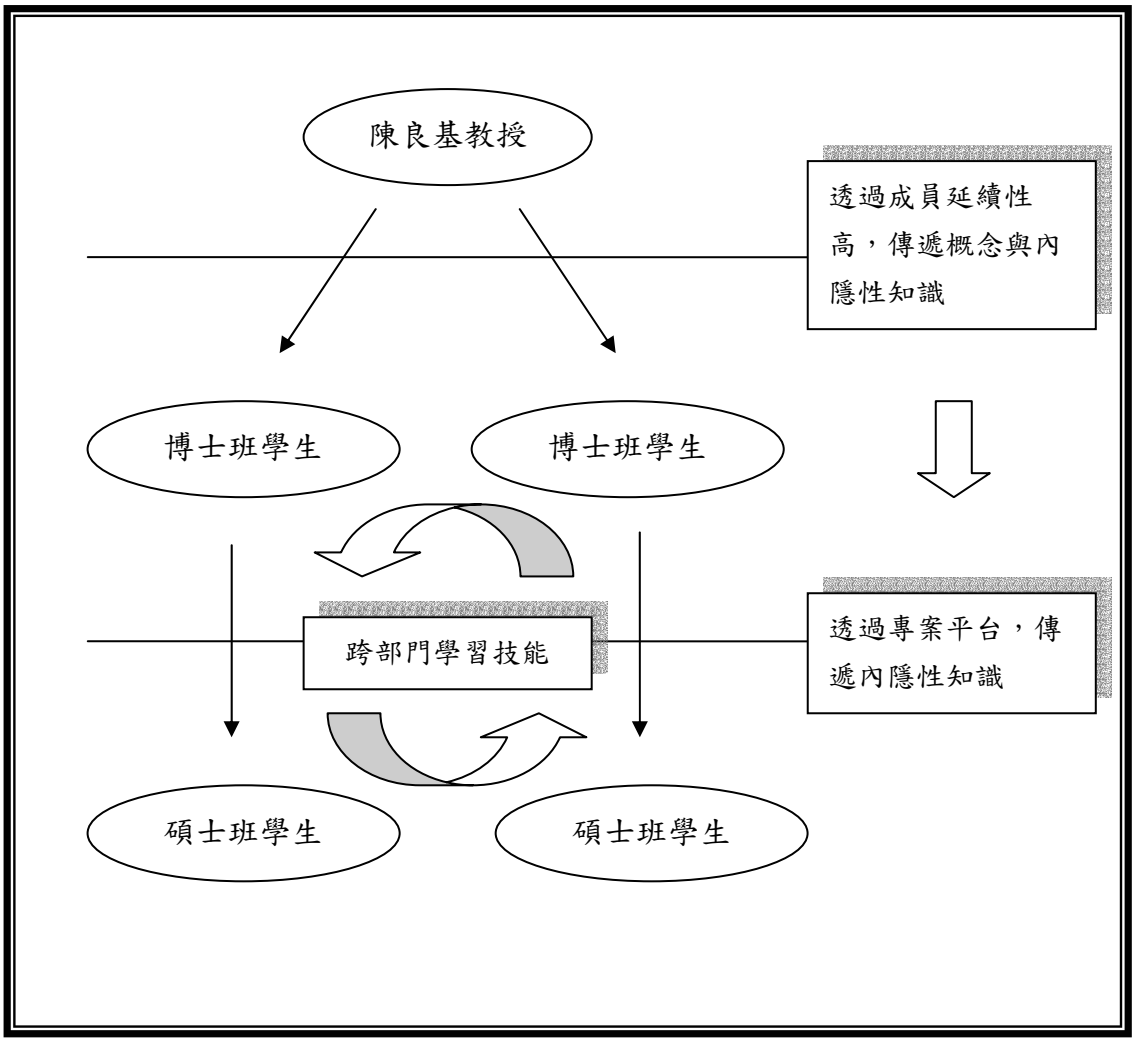

圖4-2-3 DSP/IC設計實驗室內隱知識分享圖

資料來源：本研究整理

經驗分享

IC 設計有個標準的流程，整個流程的程序以及確認流程是正確的之後，才能夠確保晶片送去晶圓廠（台積電、聯電）做完後能夠正常工作。連學長說：『這些操作程序也稱不上是一種 know how，而是一些很繁瑣的流程，但是如果沒有走過一次的話，可能會忽略某些步驟，就會有錯誤的訊息。』DSP/IC 設計實驗室畢業的學長們累積許多解決許多基礎問題的方法，雖然這些並不是屬於太高深的知識，但 DSP/IC 設計實驗室的知識分享是幫助成員立即的解決一般性的問題。

DSP/IC 設計實驗室學長透過專案為平台帶著學弟實際去做實驗，實驗室內部所累積的經驗，例如哪一個部分該怎麼做，哪個部分應該確認是對的才可以，整個設計經驗在 DSP/IC 設計實驗室，透過文件化寫成 DSP/IC 設計實驗室成員所稱的『寶典』，將設計者一些遇到的心得，像傻瓜學電腦般，一步一步的透過文件傳承給學弟們。

連學長說：『因為我們在設計IC上，有一些reuse的動作，有點像寫程式一樣，程式的介面如果訂得很好的話，下次可以重複用，硬體設計也是一樣，我們覺得有些東西可以重複使用，比如說有一些文件、或是研討會的資料，當然有一些是設計的flow，就會有人去把它整理出來。然後IC設計有一個CIC（國家晶片設計中心）的單位，負責一些flow跟tool的管理，但是這些東西兜起來還是有一些小技巧跟know how，我們設計過後，就會把這些知識留下來做分享。』

比如說其中一個部分的知識分享是 Physical Design，它是實體的階程，有很多電路的基本單元，擺放在哪裡，怎麼樣連接，都是交由程式去做，這個程式簡單來講就是按鈕的東西，演算法都是已經開發完成的，給程式一些參數與需求，就會在需求下產生最佳化的產出。

當第一個成員給予參數做出不錯的成果之後，並且經驗文件化後，DSP/IC 設計實驗室其他成員在做的時候，就把文件印出來照著做，等於是能夠複製別人成功的經驗，每一個步驟該怎麼做，都清清楚楚。DSP/IC 設計實驗室把這些經驗累積下來，連學長說：『有一點像補習班一樣，我整理講義，告訴你這個會考，短期速成，在你概念都懂之後，這是一個實際的操作，每一個步驟該怎麼做，可以幫你做出一個完整的東西。』

這樣的概念起源於一種分享的氛圍，因為實驗室學生討論時候（meeting）大家都在一起，彼此之間沒有什麼秘密，不會有人留一手，因此對於 IC 設計的基礎功夫，所有人非常願意分享自己的經驗。

DSP/IC 設計實驗室沒有規劃每個人要負責的文件化動作，連學長說：『有點是自動自發，在做過之後，就把東西寫出來，一方面是因為 reuse 的概念，另一方面，如果你不這樣做的話，別人會一直來吵你、問你，同樣的東西一直講，不如把它寫下來，大家還可以藉此一直累積經驗，也可以一直改進這個資料，算是一種副產品，還可以使它更完備。』

三、創造觀念

1、陳良基教授的概念

DSP/IC 設計實驗室的目標是：『for 未來的 Intelligent Video Processing』。對於 DSP/IC 設計實驗室每一個研究團隊來講，都可能有創新的東西出來。陳良基教授：『像在 Video 系統中，比如說一個 camera（攝影機），可以自動追蹤使用者要的物件，然後可以由使用者決定拿這些 tracker 等資料，去做一些 coding、completion 的動作，決定要不要 transmit 到 server 端去，這就是一種未來的應用。』當實驗室目標設定清楚後，在目標的框架下，只要是目前覺得還不太可行的部分，DSP/IC 設計實驗室都會嘗試去想，但到底哪一個部分比較有

發展，就要看每一個研究團隊帶領的積極度，陳良基教授表示：『整體來說，前瞻我想還是最重要的，整個做的計畫它必須具有前瞻的發展性。』

陳良基教授說：『我覺得我 approach 的 target 是我這邊看到的，以及跟很多國際上交流裡面得到的發想，我覺得這個 target hit 到未來的 main stream，我就是 keep 這個方向。而 DSP/IC 設計實驗室既然要做就要做快一點，不然整個產業就要 jump 到下一個 generation 去。』

2、概念發想

DSP/IC 設計實驗室研究數位信號處理方面的 IC 設計為主，偏重於多媒體部分的影像（image）與視訊（video），硬體部分以 IC 設計硬體開發為主，軟體部分配合 IC 設計開發，透過軟硬體的搭配開發，形成 DSP/IC 設計實驗室展現研究能量的空間，在軟體演算法模擬成熟後，透過特定的硬體加速，發展成硬體雛形。

DSP/IC 設計實驗室的研究可分成兩種，一種是有標準的，一種是還在發展當中，沒有標準的系統；有標準研究以常用的 JPEG、MPEG 系列研究為主，屬於國際上已經設定好的標準，實驗室只需要跟著國際標準，這個部分偏向做硬體的開發，因為國際上在軟體的部分已設立標準，發揮的空間有限，因此著重於硬體開發，連學長說：『同樣運算這些東西，但我們有不同實現的方法，像是大家都做筆記型電腦，但生產線不同，成本價格也不一樣，硬體就是類似這樣的動作。』偏向軟體的研究，比較沒有標準，像對影像、視訊做一些智慧型的處理，如一張圖片把感興趣的部分跟背景分離出來，這種研究沒有標準做法，DSP/IC 設計實驗室研究群有自由發揮的空間。

在研究方向清楚的情況下，一個研究主題，研究時可能有不同的嘗試，可以是由下往上的任意嘗試。陳良基教授說：『如果我們說要做Intelligence Figure的東西，我們需要有video coding的技巧，Video定義相關的東西，當然也有整個computing的平台，這一個部分發展的時候它會有變化，例如說平台，我可以是一個dedicated IC的形式，或是電路本身可以重組的形式，這是完全不同的approach，都應該去嘗試。』

但主要研究方向不能更改，突然想嘗試一個與實驗室方向不相關的主題，陳良基教授是不允許的。陳良基教授說：『有時候他們進來就突發奇想，有一些我會把他們cut掉說不行，覺得這個approach不對。』

陳良基教授更加強調 DSP/IC 設計實驗室成員的研究方法（research methodology），陳良基教授說：『從學生在鎖定一個研究主題，然後他有辦法去 survey，去把 background 資料弄齊，然後從 background 資料中篩選真正好的 approach 在哪一個部分，未來的 target 可能怎麼樣。』在做的過程中，每一個步驟該做的該想的，都去確實做到，因為陳良基教授常常跟學生說：『做研究

時，雖然老師提的 target 不錯，但我不能保證一定能做的很好，說不定我們在過程裡面發現到一些特定的問題，這個特定的問題把它發揚光大，反而可能是全世界更獨特的。』

透過這樣的機制，讓學生把每一個步驟練出來，所以不用顧慮在練習的過程裡面，可能有一些結果跟原先預期的成果不一樣，這時候可能更應該把它發現清楚，什麼問題造成眼前的現象，說不定中間所得到的結果是更值得激賞的。

四、確認觀念

DSP/IC 設計實驗室的經營與管理是陳良基教授一邊作一邊想，進而改變做法。像陳良基教授在研究所時代，每個禮拜一次團體討論（group meeting）的形式，而團體討論（group meeting）都是整個大領域的大計劃，通常學校會有幾個教授，合組一個群體計畫，所以幾個教授的老師與學生會一起討論（meeting）。

而陳良基教授在當兵的時候，在國防管理學院資源研究所裡面教書、帶研究生，那時候在軍中時間比較充裕，配合軍中自有的一套管理制度，陳良基教授那時候每個禮拜會定期跟學生討論（meeting）一個小時，所以陳良基教授到台大教書之後，就把以前研究所團體討論（group meeting）的方式，與軍中的方式結合起來。每個禮拜會跟每個學生有個別的討論（meeting），然後有至少兩個小時以上的團體討論（group meeting），但現在學生人數增加後，DSP/IC 設計實驗室的團體討論（group meeting）每個禮拜需要花六個小時左右，除了有特別事情，學生都要參加。以前的個別討論（meeting）是每個人有安排特定時間，但是陳良基教授當所長後，個別 meeting 改成教授找學生或是學生主動找教授的方式。

DSP/IC設計實驗室每個禮拜的兩次團體討論（group meeting），一個是討論IC設計的架構，另一個討論是比較偏向演算法，採取類似軟硬體區分的組織分組。這樣的討論，每次排三個人，三個小時，由學生報告是自己的研究，每個學生每1~2個禮拜就要報告一次，把這1~2個禮拜做的東西跟大家做一個說明，到底做了些什麼，得到了些什麼，讀過些什麼，陳良基教授從報告裡面再去看學生的研究與DSP/IC設計實驗室每個團隊的研究方向是不是有吻合，同時如果有新的領域知識出現的話，學生們會內部自動自發去學習，DSP/IC設計實驗室也會依照近期的技術演進，從外面找一些人過來進行演講（invited call），可能半天或者是1~2個小時，針對特定主題深入討論，並開放給所上其他有興趣的老師或學生來參加。

實驗室雖然區分兩個團體討論（group meeting）的討論，但陳良基教授希望實驗室每個成員如果沒事情的話都要到，聽聽看別人講的東西，瞭解彼此之間

其他組在做些什麼東西，並貢獻一些想法過去。

連學長說：『比如當每一個 group 有問題的時候，多少還是會一起討論，因為實驗室的研究都是相關的，像做 image 的東西等於是在做 video 的一個子集合，彼此的技術如果可以互相使用的話，其實可以互相協助。』

DSP/IC 設計實驗室去年去參加國際會議的人次高達 35 人次，到國際會議上去報告將近 20~30 人次左右，都是用英文報告，成員在出國前，會在團體討論（group meeting）的時候，有一個排練，讓實驗室學生們給予意見。

學生也有與陳良基教授的個別討論機會，不會因為碩士班對博士班負責，博士班對老師負責的階層式管理，存在不能跨越組織的階層。但是DSP/IC設計實驗室會希望博士班的學生多照顧碩士班學生，所以有這樣的分層。

表4-2-8 實驗室確認觀念的方式整理表

實驗室討論種類	說明
個別討論	參與人員：陳良基教授、個人 時間：不固定
團體討論（group meeting） IC 設計的架構	參與人員：陳良基教授、硬體領域團隊 時間：每週一次
團體討論（group meeting） 演算法	參與人員：陳良基教授、軟體領域團隊 時間：每週一次

資料來源：本研究整理

五、建立原型

1、個別專案定位

對陳良基教授來說，只要想做的事情，都一視同仁，因此沒有哪個計畫重要就做，哪個計畫不重要就不做，理論上會去做的都是覺得重要。DSP/IC 設計實驗室在 DSP 方面是比較偏向 high computing，所以實驗室內做的是 Video 相關研究，陳良基教授說：『Video 簡單說就是電視看到的信號，在電視信號看到之前，整個系統裡面所涵蓋的相關東西都要 cover，所以 DSP/IC 設計實驗室希望在裡面的相關東西，儘可能的都要去瞭解。缺一塊的話，就不成一個系統。』

DSP/IC 設計實驗研究計畫以國科會專題計畫為主，因此 DSP/IC 設計實驗室是針對多媒體的研究，比如新的標準 MPEG-4，可以應用在手機上，DSP/IC 設計實驗室就可以透過應用的形式包在計畫裡面，來支持實驗室的後續研究。而這些新的標準，業界也都是很需要的，但是需求的階段是在未來，而不是現階段，

連學長說：『像凌陽之前 MPEG-1 在大陸還是可以賣，MPEG-2 的部分聯發早就做了 DVD Player，MPEG-4 是比較新的，我們就做這種新的東西，是業界有需要的，提國科會計畫大概都沒有什麼問題。』

業界合作計畫的話，也是有這樣合作的案子，像是 TV 的部分，就有跟業界合作的案子，因為是比較偏產品面的研究，通常業界有這樣的需求，會找陳良基教授談，請教國內相關的技術、陳良基教授有沒有什麼解決方法（solution）。陳良基教授基本上會提供業界諮詢，告訴業界應該要怎麼做，如果陳良基教授覺得蠻有趣的，也是實驗室想做的方向之一時，DSP/IC 設計實驗室會投入人力下去研究，自行發展相關部分的技術。

雖然 DSP/IC 設計實驗室做很多產業相關的合作案（project），但這幾年通常不接由產業界主導的合作案（project），陳良基教授說：『例如產業界的東西，以 DSP/IC 設計實驗室的經驗來看，大約會落後實驗室 4~5 年左右的研究時程。如果是一般產業界的建教合作的話，大部分的時候都是業界的計畫或是產品中突然缺乏某個技術，希望實驗室趕快幫忙做缺少的部分，所以 DSP/IC 設計實驗室都不接這樣的合作計畫，因為這樣的合作計畫時程會非常趕，而且沒有什麼研究的成分存在。』

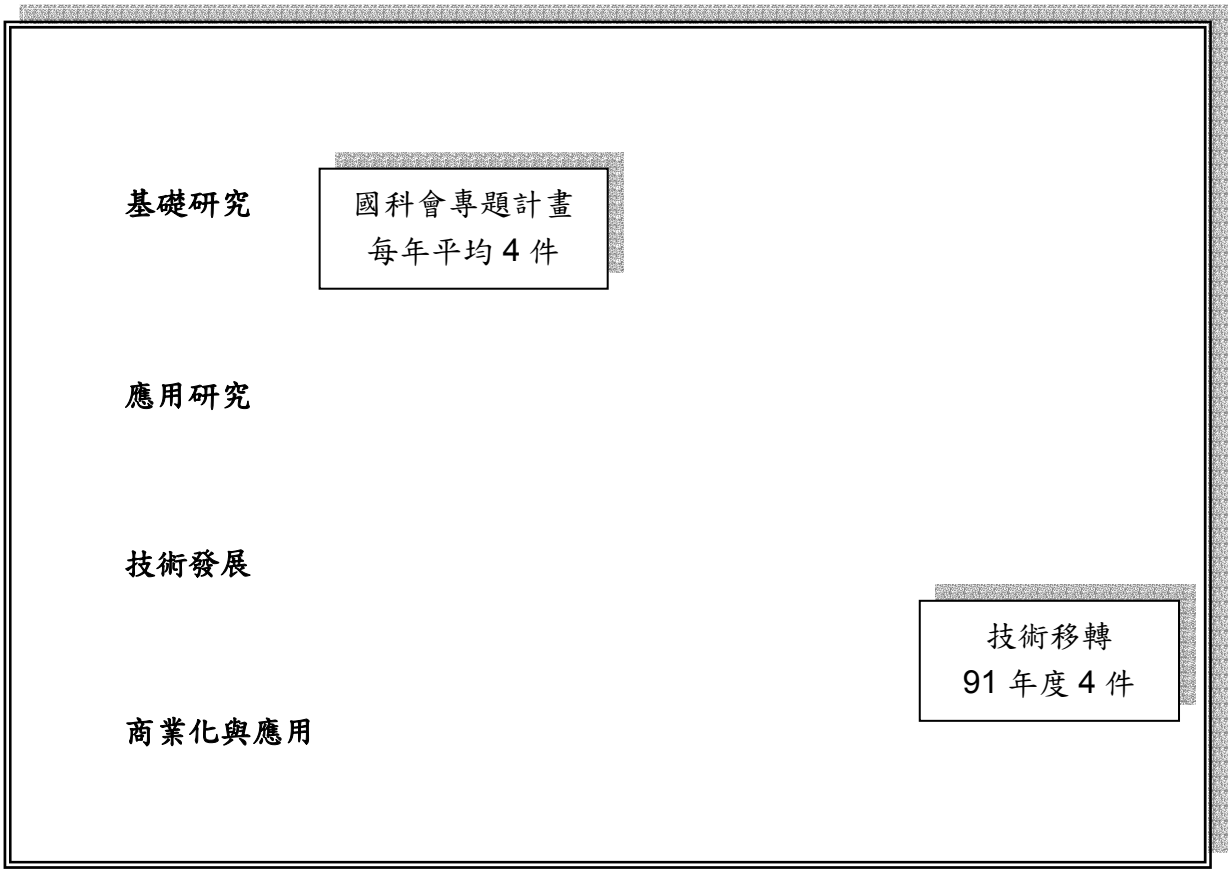

圖4-2-4 DSP/IC設計實驗室專案計畫分佈圖

資料來源：本研究整理

2、專案創造模式

DSP/IC設計實驗室中，新生在分到某一個團隊後，裡面的所有資深博士班學長就是直屬的學習對象。而博士班學生必須去帶領一個專案，去安排關於專案的所有排程，陳良基教授會希望博士班學生先有個計畫的想法後，再來討論，陳良基教授再去修正它，而不是說要教博士班學生要怎麼做，陳良基教授說：『我不希望是我告訴你一步一步怎麼做，這樣他學得會比較慢，我們會先凝聚一個target在哪裡，那確定這個target之後，他去把那個working plan 跟action item列出來，弄出來之後，再跟我feedback回來，依照我的經驗與想法看看這樣夠不夠，不夠的話，我會建議他可能在哪邊想的不足，可以再往哪個地方想想看。』

專案創造的過程中，每一個專案領導人的的方格不同。有些專案領導人（group leader）覺得沒有想清楚之前，不太願意讓學弟們參與太多。有些專案領導人（group leader）採取非常開放的態度，常常會找所屬的團對成員一起腦力激盪。陳良基教授說：『因為在 group meeting 的時候，每一個 group 會報告各自的 proposal，其他的 group 也會 challenge（挑戰）他，那個時候，就是大家腦力激盪的時間。如果你 prepare 越好的話，當然成就感也會在那邊得到。如果提一個 proposal，結果被人家轟得淅瀝嘩啦，當然也不太好。這樣的方式，本身就是一種壓力之下產生的創新機會。』

陳良基教授也發現，通常台大學生的想法跟呈獻出來的研究成果，有很多會讓陳良基教授驚豔，這些就是實驗室能夠創新的好機會。陳良基教授說：『我給他們的壓力在於說，如果這個實驗室的創新都要由老師來想，那是不可能的。因為，人總有個極限，再怎麼樣，教授就是一個人的knowledge而已。那如果每一個人都在個人的背景下，try各種新的可能性，那爆發出來的力量會比較大。』

例如多媒體其實就是視訊（image）、影像（video）的壓縮技術，以前還有博士班做 image sensor，希望從外面的光進來，經過一個 CMOS sensor，攫取影像後，透過 A/D（數位類比轉換）的轉換，轉成數位後就可以做很多的處理，但是資料不可能一直壓縮下去，一定會有一個限制，所以 DSP/IC 設計實驗室往其他空間發展，像是一些智慧型的處理與辨識等，或是與不同的介面連結，如要傳到 TV 介面的話，中間就要有一塊電路，把數位的信號轉到電視上去，連學長說：『我們沒有一個明確的 project 要做完這個，不過我們的構想就是在建構這樣的東西，有一個核心，然後往外開始長出去，往外去發展其它的周邊。』

大型計畫

比較大的分工模式會出現在教授與教授之間的大型計畫，大型專案的研究題目往往會有系統架構的觀念，而 DSP/IC 設計實驗室建立獨特的定位去參與大型計畫的分工。

連學長說：『比如說有一個無線多媒體手持設備的計畫，像是一個 smart

phone，可能需要電話功能，又要多媒體功能，別的實驗室就會做無線技術，那如果有多媒體的話，就會跟我們合作，在這個層次時會有一個分工，那進到實驗室來之後，DSP/IC 設計實驗室就會做多媒體這塊的研究。』

六、跨層次的知識擴展

1、期刊與研討會方面

DSP/IC設計實驗室主要的知識來源以期刊為主，鎖定在IEEE video相關領域的期刊，現在學生都是在IEEE/IEE Electronic Library(IEL) 電子全文資料庫上尋找相關資料，最常看的兩個journal，是CSVT（Circuit System Video Technology）以及Image Processing。

校外的學術會議的參與方面，陳良基教授說：『我想就是看會議的主題跟講者，特別就會變成不定時的或偶發事件。我們就會跟學生說這個議題不錯，如果沒有人可以去，至少要有一兩個人去聽，回來跟大家報告。』

表4-2-9 DSP/IC設計實驗室參考的期刊與研討會表

期刊	● IEEE Journal of Circuit System Video Technology ● IEEE Journal of Image Processing。
研討會	● 視討論主題與講者決定

資料來源：本研究整理

2、國內合作方面

DSP/IC 設計實驗室早期著重於演算法（algorithm）方面的研究，實驗室也有豐富的經驗，對於跨入做影像，還不是很熟練，因此曾經去拜訪過國內影像研究傑出的實驗室。所以陳良基教授剛開始先著重於是做 IC 的研究，後來轉成將 IC design 應用在影像（image）上，在參考幾個實驗室用什麼設備、怎麼做實驗後，DSP/IC 設計實驗室研究就慢慢走上軌道。

3、畢業學長姐方面

從前年開始，DSP/IC設計實驗室開始加強與以前畢業學長的知識連結，舉辦一些不定時的活動，每年DSP/IC設計實驗室會請已經畢業在外面設計公司

（design house）的學長回來，學長們將在外面產業界做的感想以及當時在實驗室看到流程（flow）的情形，與實驗室成員做一些技術建議，透過一整天的報告來分享經驗。

4、企業方面

DSP/IC 設計實驗室目前有互動的企業，是透過國科會或是台灣大學技轉中心為媒介，以技術移轉的方式合作。

表4-2-10 DSP/IC設計實驗室歷年技術移轉項目表

技術名稱	授權單位	接受單位	合約期間	技術移轉金額
JPEG 編碼之硬體架構及模擬	國科會	傑霖科技	88.3.10 ~ 93.3.10	約 90 萬元
JPEG 編碼之硬體架構及模擬	國科會	創意電子	88.4.14 ~ 93.4.14	約 90 萬元
可程式化之二維離散小波轉換	國科會	傑霖科技	89.5.17 ~ 94.5.17	約 65 萬元
可程式化之二維離散小波轉換	國科會	凌陽科技	89.5.26 ~ 94.5.26	約 65 萬元
JPEG 解碼器之硬體架構及技術	國科會	圓剛科技	89.10.23 ~94.10.23	約 100 萬元
簡化型 JPEG 解碼器之硬體架構	國科會	傑霖科技	90.11 ~95.11	約 80 萬元
RISC 平台架構與 MPEG-4 視訊編碼韌體 MPEG-4 視訊移動編碼模組	國科會(台大)	圓剛科技	91.6.19 ~96.6.19	約 150 萬元

1.RISC 平台架構與 MPEG-4 視訊編碼韌體 1.MPEG-4 視訊材　質解碼模組 2. MPEG-4 視訊移動解碼模組 3. MPEG-4 視訊位元流解碼模組	國科會	廣達公司	91.8 ~96.8	約 270 萬元
1. MPEG-4 視訊編碼韌體 2. MPEG-4 視訊材質編碼模組 3. MPEG-4 視訊移動編碼模組	國科會	凌陽公司	91.8.1 ~96.8	約 175 萬元

資料來源：DSP/IC設計實驗室

DSP/IC 設計實驗室的技術移轉之所以如此傑出的原因，因為實驗室是根據未來式的概念，進行前瞻的技術研發，另一方面就是選對的方向，特別針對 Digital Video 相關領域的技術。如目前普及的數位相機，幾年前根本沒有這種東西時，DSP/IC 設計實驗室已經嘗試過了，技術都已經陸續研究過。

然而台灣產業的變革也是影響 DSP/IC 設計實驗室與業界合作的因素之一，產業界在這幾年實力已經進步到世界的領先群當中，當企業進步到全世界企業領先群時，用的技術已經非常前瞻，可能已經找不到好的相關技術可以去技術移轉，不然就是技術移轉的價錢過高。

依照陳良基教授所獲得的資訊，DSP/IC 設計實驗室實驗室技轉出去的技術，有些國外技術來源索價是達到上億，相較之下大學實驗室的技術價錢對廠商相當有競爭力，在這個情況下，業界比較會去參考大學實驗室的前瞻研究到底可不可行。

DSP/IC 設計實驗室提供相關雛形技術與以前實做時的經驗給產業界後，業界還是要花一些力氣去做研發，才能夠量產或跟其他系統組成一個產品。陳良基教授表示：『廠商拿這個技術等於是他自己的 research team 做一兩年的成果一

樣，我們能夠幫助他的是這樣子而已。當時我們是站在這個角度，希望說幫助產業界有這樣需求的時候，讓他們能夠快一點提升相關實力，而不是說東西賣了給他，讓廠商可以馬上做產品。』去年 DSP/IC 設計實驗室技轉的創意電子，在為一家數位相機客戶開發的 SoC 中，即向國科會取得授權，取得陳良基教授開發的一個 IP（JPEG Codec），產品創造賣了好幾億的銷售額。

好的研究不一定會做出好的產品，從研究到產品，學校這邊做的是核心部分，而 DSP/IC 設計實驗室能夠從業界得到的，是一些業界技術考量的觀點。連學長說：『業界在 function 方面，有一點像是在開規格，你做了很多很 fancy 的東西，他們可能會說這個不用，因為實際上的產品用不到，有一些是很產品面、很實際的東西，但是實驗室知道了以後，還是不會去做太產品面的研究，因為沒有研究的價值，可是那是一個實現上必要的考量，這對業界來說很重要。』

DSP/IC 設計實驗室會累積這些回饋（feedback）後，當很多東西都有這樣的需求時，代表是一個存在的問題，也可能就會變成 DSP/IC 設計實驗室一個新的題目，比如說，在設計上的問題，怎麼樣去做有效的測試，當 DSP/IC 設計實驗室交給業界核心元件時，一定是驗證沒問題的，但測久了就會發現還是會有錯，畢竟不可能一個人就可以把所有可能出錯的狀況都想出來。因此實驗室之前有一個研究，針對以往遇到的問題，思考怎麼樣能有一些比較效率的測試方法。這樣透過軟體讓廠商去測試使用，進而回饋有哪些錯誤的方式，連學長說：『這就是從一些 feedback，讓我們想到說這可能是一個問題，我們就以這個為題目來做一些研究。』

5、業界實驗室方面

現階段而言，陳良基教授覺得國內已經沒有適合的研究室可以彼此做參觀交流，所以轉向產業界的實驗室去學習，陳良基教授說：『因為產業界要做產品的考量上會比較完整，而我們做研究往往會 narrow 在一個部分，旁邊很多東西可能就不太熟，那我們就利用業界的實驗室，讓學生去看整體是什麼樣子，業界大概是專注在什麼樣的研究。』DSP/IC 設計實驗室就有好幾個學生透過這種方式，與一些平常 DSP/IC 設計實驗室有技轉的公司做這樣的合作。陳良基教授提到：『這種方式我們 run 得覺得蠻好的，我也跟廣達說，建議他們將來要做的話，應該要朝向這種型態，企業以企業的產品規劃，規劃出大型與完整的實驗室；比較尖端的部分就可以跟學校合作，如果學生去參與的話，給學生在尖端做，學生就可以看到整體面，這樣才能真正做到互補的作用。』

5、國外合作方面

DSP/IC 設計實驗室與國外合作模式也是類似國內學校實驗室的交流，像在眼睛影像的領域，國外有一些實驗室專門做視網膜晶片的設計，對於視網膜或是相關的研究比 DSP/IC 設計實驗室瞭解，陳良基教授就把學生派到國外幾個月，

與國外實驗室做互動。

實驗室早期去的是北卡電機系，那邊視網膜做的不錯，北卡電機系有一個大計劃做了十幾年，是由電機系跟醫學系的教授一起合作，跟約翰霍普金斯（Johns Hopkins）的醫院合作，陳良基教授說：『因為 DSP/IC 設計實驗室內部研究時發現，對於美國那邊是會 involve 到一些技術，所以派人過去。還有像比利時 IMAC，德國漢諾威大學，都有這樣的合作機會。』DSP/IC 設計實驗室會挑暑假或寒假的時候，派學生過去，陳良基教授說：『像我們上次是寒假去，早點去晚點回，就可以有三四個月在國外研習。』

第三節 清華大學電機研究所 VLSI 容錯測試設計實驗室

實驗室名稱	清華大學電機工程學系 VLSI 容錯測試設計實驗室[1] Laboratory for Reliable Computing
研究領域	VLSI 設計、驗證及測試、計算機算術、演算法和架構、數位類比混合式通訊 VLSI 以及 CMOS RF 設計之相關研究
指導教授	吳誠文教授 張慶元教授 黃錫瑜教授 黃柏鈞教授 劉靖家教授 柏振球教授
人員規模	實驗室總人數 博士後：1 博士班：14 碩士班：50 吳誠文教授指導學生 博士班：5 碩士班：16

[1] 本研究僅針對 LaRC 實驗室的吳誠文教授團隊進行研究

壹、基本資料

一、實驗室簡介

位於新竹清華大學資訊電機館八樓的清華大學電機工程學系 LaRC 實驗室（Laboratory for Reliable Computing），目前實驗室由六位教授(吳誠文教授、張慶元教授、黃錫瑜教授、黃柏鈞教授、劉靖家教授和柏振球教授)共同指導，計有碩博士生 50 多位，皆專精於 VLSI 設計、驗證及測試、計算機算術、演算法和架構、數位類比混合式通訊 VLSI 以及 CMOS RF 設計之相關研究。每年亦積極與國科會和工業界進行產學合作計畫，協助開發、提升產業技術水準，維繫良好互動關係。

吳誠文教授是 LaRC 實驗室的創始人，對於實驗室的經營理念，認為學生在實驗室的時候，可以認識與結交越多的同學、學長、學弟，累積自己的人脈，對學生的幫助越大，因此，LaRC 實驗室所有教授的指導學生通通都在同一個實驗室裡。

LaRC實驗室裡面共有六個教授，每個教授的領域都有些不同，對於學生來說，就是有六個教授同時在指導他。不僅如此，六個教授的指導學生，大家平時不僅在一起培養生活上的默契、專案的合作，更能夠一起解決問題，因此對於研究上有相當大的幫助。所以吳誠文教授特別強調：『我們實驗室的學生，他們將來的人脈一定比其他實驗室的學生多很多，而且在學生時就已經有很多好朋友。』

二、指導教授簡介

吳誠文教授

學 歷：

- 美國加州大學聖塔巴巴拉校區電機與電腦工程學系博士
- 美國加州大學聖塔巴巴拉校區電機與電腦工程學系碩士
- 台灣大學電機工程學系學士

現 職：

- 清華大學電機工程學系教授兼系主任
- 清華大學積體電路設計技術研發中心主任

經 歷：

- 美國加州大學聖塔巴巴拉校區電機與電腦工程學系訪問教授（1999-2000）
- 清華大學技術服務中心主任（1998-1999）
- 清華大學計算機與通訊中心主任（1996-1998）

專 長：

- 超大型積體電路設計與測試
- 半導體記憶體測試

榮 譽：

- 國科會傑出研究獎 (2001)
- 教育部產學合作獎（教師組 2001）
- 中國電機工程學會傑出電機工程教授獎（1997）
- IEEE Computer Society 服務獎（1997）
- 清華大學傑出教學獎（1996）
- IEEE 資深會員（Senior Member，1995）
- 教育部公費留考資訊工程第一名（1983）
- 高考電機技師（1982）

專業服務經驗：

- 國科會超大型積體電路設計與測試整合型計畫總計畫主持人
- 交通部電信研究所、工研院電通所、華騰科技、智原科技、創意電子等單位測試技術顧問
- 國際學術會議主席：ATS00 大會主席、ATS96 議程主席、ISCOM 出版主席、APCCAS 推廣主席、APCHDL 推廣主席、LATW00 及 LATW01 亞洲代表
- 全國學術會議主席：第十屆 VLSI Design/CAD 研討會大會主席
- 國際學術會議議程委員：ATS, IOLTW, ITSW, ASP-DAC, APCCAS, DFT, DATE, VTS, DELTA, WRTLT, VLSI-TSA 等
- 學術期刊編輯：Journal of Information Science and Engineering, Special Issue on VLSI Testing (9/2000, Guest Editor), Journal of Chinese Institute of Electrical Engineers (since 8/2000, Associate Editor)
- IEEE, IEEE Computer Society，及 IEEE Circuits and Systems Society 資深會員(senior member)；中國電機工程師學會永久會員

- 創立臺灣超大型積體電路測試技術論壇 (VLSI Test Technology Forum, VTTF)
- 受教育部顧問室委託 1993 年規畫 VLSI Design 課程，為四個規畫教授之一、1997 年建立 VLSI 測試課程實習實作教材及環境、1999 年起執行超大型積體電路設計教育改進計畫之審查、評鑑、與訪視
- IEEE Taipei Section 理事
- 國科會微電子學門複審委員
- 國科會國家晶片系統設計中心計畫主持人

過去二十餘年中，共發表期刊論文 53 篇、研討會論文 138 篇、其他著作 14 件、專利 4 項。學術成就方面，獲得國科會傑出研究獎勵一次、國科會優等研究獎勵一次。大型計畫方面，目前是學界科專計畫主持人（計畫名稱：91 年度前瞻網路安全處理器及相關 SoC 設計與測試技術研發三年計畫、全程金額：85,351 千元）。

貳、人力資源管理

一、人力組成

當學生已經確定要走實驗室的研究領域時，表達出想進LaRC實驗室的意願，吳誠文教授通常是不會拒絕。若學生還不確定對特定領域有興趣時，只是到處找一些教授談談，吳誠文教授通常會給學生建議，學生比較適合走哪個方向。

吳誠文教授也不會對學生的人格特質方面，做太多的考量。因為面對不熟悉的學生，學生與教授彼此是第一次見面，很難透過幾次面談就能夠瞭解彼此，所以是採取先來先收的方式。但是為了公平性，教授不會都收到甄試的學生，還是會保留一半的名額給考試入學的研究生。

1、碩博士生比率

清大電機系的每年招生之前，會針對每位教授的研究生人力需求，做一個調查的階段，瞭解每位教授的狀況。教授們的教育理念認為，『教授當然有權利去選擇學生，學生也有權利去選擇教授』的影響下，等到學生進來以後，跟原本預期收的學生數目往往不是很吻合，因此系所內採取非常自由的作法，不硬性規定每個教授平均分配收幾個學生，讓學生有更大的選擇權力，避免將來發生學生想要走哪個領域、找某個教授，但是實驗室已經沒有名額，而被迫去找其他的教授的情況發生。

對於實驗室的人力規劃，吳誠文教授認為實驗室的經營並不是企業經營，所以在人力規劃上沒有一個很有系統的作法。但隨著IC設計領域越來越熱門，想要進到這個領域的學生越來越多，同時LaRC實驗室的計畫負荷量一直再增加，因此實驗室對學生的需求也與日遞增，這些客觀因素影響之下，所以實驗室內有六個教授，收的學生平均來講是清大電機系最多的。

表4-3-1 LaRC實驗室吳誠文教授團隊博碩士生人數比率表

	人數	比率
博士班學生	5	24%
碩士班學生	16	76%

資料來源：本研究整理

2、人員共同背景

吳誠文教授認為，任何一個學生能夠考進清華大學的學生，都很有能力，不

可能沒有辦法做研究。雖然學生以前的成績或是專題等過去的經驗，會影響學生的表現，但是能夠進來清大電機研究所的學生，基於教育的理念，不能讓學生失掉任何學習的機會，所以吳誠文教授從來不會挑選想進來實驗室的學生，先來找教授就先收。吳誠文教授教書超過15年，一直秉持這樣的想法，這麼多年來也沒有發現真正失敗的例子，例如有學生沒有辦法畢業，因此一直採取這樣的作法：先來找教授就先收。

表4-3-2 LaRC實驗室吳誠文教授團隊博碩士生人力大學背景表

	人數	學科	比率
大學相關學科	20	電機、電子、電控	95%
大學非相關學科	1	機械	5%

資料來源：本研究整理

3、博士班延續性

對於實驗室的人才，因為一份特殊的使命感，吳誠文教授相當鼓勵碩士班繼續深造博士班。吳誠文教授常常跟學生說，像台大、清大、交大在理工領域很強，尤其在 IC 相關領域，因此對台灣整個高科技產業未來的發展，必須要負擔更大的責任。吳誠文教授說：『碩士出去工作基本上是個工程師的角色，工程師就是是人家給你一個問題，你去解決，這樣其實相當可惜。』

在世界上台灣是以製造見長，所以在半導體領域，可以看到台積電跟聯電都是做生產見長，吳誠文教授說：『但是台灣真正要做的，是要有自己的技術，要有技術的話，就不可以等別人做什麼台灣才做什麼，要定義自己的產品，可是要定義產品，跟要定義一個研究的問題一樣，如果沒有經過這個博士班訓練，碩士班學生出去是不可能的，並沒有這樣的能力。』

吳誠文教授說：『台灣的公司如果要往前走，走到能夠領導的地位的話，是有可能的，但是需要我們自己培養自己的人才，培養的人才要能夠定義產品（define product），能夠看到趨勢，所以我們要訓練 leader，而 leader 如果不是在這幾個台灣一些好的學校訓練的話，是沒有機會的，因為別人不會幫我們訓練，再加上現在台灣的學生都不出國了，不出國了以後，這個訓練的責任就在我們自己身上。』所以吳誠文教授會鼓勵學生唸博士班，就是基於這樣的使命感。

對學生來講，LaRC 實驗室學生未來的就業，碩士生要找工作相當容易，吳誠文教授說：『但他是搶那些本來不是他應該做的事情，是別人的飯碗，對他來講是去做他本來就做得到的事！可是這些優秀的學生應該負擔更大的責任，而不要去搶那些本來是其他學校學生可以做的事情，這對他們也是一種挑戰，讓他們知道他們的能力比自己想的還要更高，必須要負擔更大的責任。』

表4-3-3 LaRC實驗室吳誠文教授團隊博士班延續統計表

	人數	比率	學校
博士班來源： LaRC實驗室吳誠文教授指導碩士	5	100%	清大電機所
博士班來源： 外校	0	0%	

資料來源：本研究整理

表4-3-4 LaRC實驗室吳誠文教授團隊碩士班延續統計表

	人數	比率	學校
碩士班來源： 清大電機系	10	62%	清大電機系 (大學時為LaRC實驗室專題生：0人)
碩士班來源： 外校	6	38%	交大電控系 成大電機系 台科大電子系 中央電機系 中原電子系

資料來源：本研究整理

二、教育訓練

對於新進LaRC實驗室的學生，博士班學生會針對所有實驗室的新生，進行整個暑假的教育訓練，由於大部分的博士班學生都是吳誠文教授的學生，所以博士班學生義無反顧的擔負教育訓練的工作，包括其他教授的新生，也會一起參與教育訓練的課程。

LaRC實驗室主要是以IC設計跟測試為主，因此訓練課程分為三個部分，第一，軟硬體使用的教學，IC設計需使用許多輔助軟體，所以訓練過程有很大的比重是放在輔助設計軟體（CAD tool）的教學，實驗室也鼓勵學生去參與國家晶片設計中心（Chip Implementation Center 簡稱CIC）的相關課程，國家晶片中心與實驗室的課程差別是，因為實驗室環境也會影響輔助設計軟體（CAD tool）的使用，因此實驗室內部教學著重於在實驗室的環境下，要如何去使用這些軟體。

除此之外，一些常用程式語言與作業系統的訓練也是相當重要，目前大學部的學生，很多都不太熟悉 Unix 的環境，而整個 LaRC 實驗室的工作環境都是在 Unix 的環境下，所以會有一些 Unix 的教學。

另一個部分是，寫論文、做研究基本的方法，吳誠文教授：『甚至像有些學生，不是清大電機畢業的、或是不同背景的學生，有些基礎課程不是很熟悉，博士班學生都可以教學弟們，這樣的話，學生就不必花一整個學期去修大學部的課。』

LaRC實驗室訓練課程持續整個暑假，然而課程的教學與準備對於博士班學生來說，是一項不小的負擔，但是他們願意付出，因為LaRC實驗室以往就是這樣傳承下來，而他們深深改受到這樣的訓練課程，對於後來研究上有很大的幫助，除此之外，教學的過程中，學弟妹能夠瞭解博士班學生的專業素養與所長，可以建立博士班的專業地位，在將來帶領專案時，能夠順利建立權威性。這樣的方式已經進行很多年，吳誠文教授說：『即使我有部分的心思必須放在行政工作上，但這個方式（教育訓練的傳承）效果很好，LaRC實驗室的研究一直都很上軌道。』

表4-3-5 LaRC實驗室教育訓練課程表

課程名稱	上課時數	內容
Logic Design	12 hours	Logic Design
Python Tutorial	12 hours	Object-oriented Language
Cell-based Design Flow in LaRC	2 hours	Design Flow CAD supporting
DFT Guideline	2 hours	DFT for logic design DFT for memory System-level testing
Logic Design Simulation and Verification	2 hours	Simulation tools Verification tools
Design Synthesis using Synopsys	2 hours	Environment setup Design synthesis Test insertion and ATPG
Happy LaTexing	2 hours	LaTeX basics Xfig drawing(and links between Xfig and Powerpoint)

Living with Vim	2 hours	
Verilog Coding Guideline and Style	4 hours	Design template Good coding style Linting
FPGA Emulation Flow	4 hours	Design Synthesis and P&R Experiment setup
Mixed-mode and Full-custom Design Flow	4 hours	SPICE simulation Layout
Cell-Based IC Physical Design(Apollo)	8 hours	Floorplan,Placement&Routing Post Simulation

資料來源：LaRC實驗室

三、組織設計

共同實驗室

LaRC實驗室最大的特色，是電機系上同一組別共用實驗室，從LaRC實驗室網站上可以看到很多教授，所有的學生都在同一間實驗室。目前台灣在這個領域，沒有這樣的實驗室。吳誠文教授在唸博士班的時候，看到美國很多學校跟台灣一樣，教授是非常獨立的個體，不受任何人指揮，所以大部分的教授會有自己的實驗室做研究，學生與其他教授的學生也不常來往。但是吳誠文教授曾經到柏克萊大學去看過相關實驗室，柏克萊大學在CAD領域做得非常好，而CAD組的研究生全部是在一起，不分跟哪一位教授，因此吳誠文教授才有與其他教授共組實驗室的想法。

清華大學在IC測試領域，吳誠文教授是最早開始研究的，所以LaRC實驗室是吳誠文教授慢慢建立起來的，在實驗室建立之後，系上如果有相關領域的新進教授時，吳誠文教授就會誠心的邀請他們加入這個大家庭，一起來使用已經建立好的實驗室設備與空間。因此剛進來的教授就不必擔心學生沒地方去、急著籌錢要設備等，所以新進教授都覺得整體研究的環境很好，學生一進來，會有學長來帶，整個領域的教授都在同一個實驗室，根本就不需樣摸索期，整個LaRC實驗室是就是一個大家庭，所有的教授不論是資深的或是年輕的教授都變成好朋友。

吳誠文教授的團隊透過技術領域分成研究小組，分為 Memory Testing 跟 Network Security Processor 兩大領域，Memory Testing 是針對 SRAM、DRAM、Flash 去做測試，除了測試之外，往上游的話，發展 Diagnosis 分析，分析 Fault

Model，以及看是哪些 De-fact 造成的，往下游的話，發展 Repair 研究。Network Security Processor 方面的研究，希望透過硬體來做網路上加密解密的動作，因為有些加密的動作用，軟體操作很慢，透過 IC 設計，用設計出來的 IC 做測試，這一部份也做 SoC 測試，針對 IP Dase 的 design 等。因此共有五個研究團隊，分別為 Diagnosis Group、Testing Group、Repair Group、SoC Testing Group、Hardware Design Group 五個研究團隊。

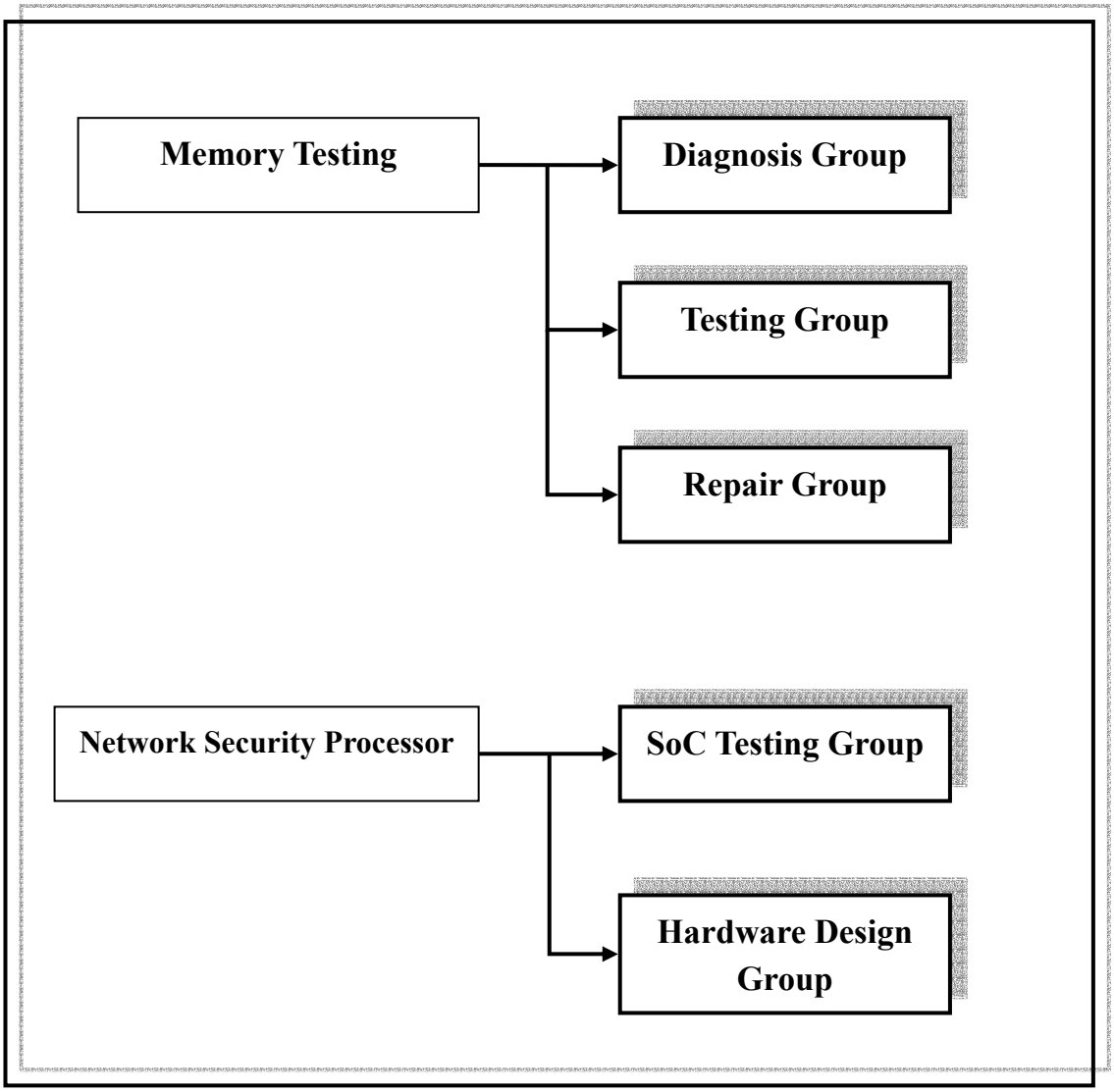

圖4-3-1 LaRC實驗室吳誠文教授團隊組織分組圖

資料來源： 本研究整理

管理結構

LaRC實驗室內學長會做一些規定，實驗室裡有一個實驗室總管，博士班學生當總管，學生之間要有什麼規定會自行去定，像是實驗室環境的維護，吳誠文教授從來沒有主動定下規定。

四、工作設計

生活上的要求方面，吳誠文教授沒有特別要求，有些教授會希望學生配合作息，早上一定要幾點到，可是吳誠文教授從來沒有這樣子要求，吳誠文教授說：『因為我發現這是很難的事情，教授習慣早睡早起，但學生很多都不是早睡早起的，因此生活方面從來不管，所以有時候討論的時候，學生就會建議討論時間應該怎麼排，那對我來說都沒有關係。實驗室有些教授會規定說不能玩電腦遊戲，這方面我也是從來不管。』

但是吳誠文教授在研究的要求蠻多的，吳誠文教授的要求不是規定學生要發表幾篇論文或是其他的貢獻等，吳誠文教授說：『講出來其實是很簡單，但對學生來說做起來卻是很難，就是學生做的東西要有意義，就是這樣。然而碩士班與博士班的要求不一樣。』

博士班

博士班是截然不同的訓練方式，，除了系上的畢業規定之外，吳誠文教授沒有額外的學術發表要求。吳誠文教授的要求是，博士班學生必須能夠有獨立研究的能力，要能夠獨立研究最重要的事情，吳誠文教授說：『就是要有定義（define）重要問題的能力，而對研究者來說，這是最困難的問題。』

傳統的教育好像做作業一樣，由教授指定一個問題，回去想辦法找解答，所以解問題只是基本的。要當一位研究者的話，要能夠去定義問題，吳誠文教授認為：『定義問題就是看了別人做的東西，不是只看結果好不好，方法好不好，是不是能夠學習裡面的方法？要能夠做的是，不管是學術界或是工業界，解這個問題到底有什麼意義，有什麼樣的貢獻！如果沒有的話，那這個問題到底是不是應該做？還是這個問題應該怎麼改變，能不能夠定義出另一個問題。』

定義問題是困難的事，如果定義的問題沒有意義、沒有貢獻，努力做了半天，去投稿不但會被拒絕，研究成果工業界也不會接受，吳誠文教授說：『因為這個問題可能不重要，可能是不存在的問題，或是現實世界不需要解決的問題，這要歸咎於問題定義錯誤，因此問題定義錯誤的貢獻，只是多訓練一個人去解問題而已。』

博士班畢業生將來可能馬上去當教授，要指導學生，吳誠文教授期望博士班學生畢業後必須具備指導學生的能力，而吳誠文教授採取的具體訓練方法，就是讓博士班學生能夠帶專案，透過專案做為媒介，吳誠文教授隨時可以指導，並要求博士班學生去修正專案方向，提出個人的意見與看法，而且參與一個大型的專案，讓學生看到更多的東西，會有不同的研究視野。

另外博士班學生每一個人要會寫計畫書，吳誠文教授會教他們怎麼寫計畫書，吳誠文教授說：『因為學生踏出這個校門以後，面對的是跟人家競爭，所以

指導博士班學生寫計畫書，全程參與計畫，並撰寫結案報告，是必要的訓練。』

除了專案跟研究以外，吳誠文教授會希望學生去大學部開課，早期的話，工業界對於博士的需求沒這麼大，博士班畢業後都是去教書。現在的博士班畢業生至少有一半是要到工業界，不見得要當教授，因此清大電機系上已經沒有博士班必須去開課的要求。

吳誠文教授雖然沒有硬性規定，但還是希望博士班學生能夠去開課，因為開課是一個很好的訓練方式，讓博士班學生對於學問，能夠真正的去瞭解，下決心去研讀得非常透徹。吳誠文教授提到自己的經驗：『我以前還沒有當教授的時候，可能也沒有這麼用功，會把教科書看得那麼仔細，可是一旦你自己當教授以後，你不能夠學生問你，而你不懂。所以你自己非得把那個課弄得非常透徹。』這樣的作法讓博士班學生瞭解到，其實任何一們學問，細節東西真的非常多，絕對不能夠自滿，以為自己已經懂了很多，開課就是一個很好的方式，讓學生體會到做學問的態度。透過以上的要求，博士班學生在實驗室的訓練，一般來說四年就足夠，並且相當成熟，能夠獨當一面。

碩士班

吳誠文教授說：『實驗室碩士班的訓練是對一個工程師（Engineer）的訓練，工程師的要求是將來進入到產業界要能夠獨當一面的解決問題。』因此對於碩士班的基本要求是，當學生遇到有一個問題時，能夠去瞭解這個問題，瞭解問題的來龍去脈，重要性是什麼？然後做深入研究探討，以前有哪些人與文獻已經針對這個問題做過研究與提出的看法，而研究的結果是什麼，使用方法是什麼？實驗室如果想要再繼續研究的話，碩士班學生必須能夠提出評估跟個人看法，以前做的結果是不是還有可以改善的空間，過去的方法有沒有什麼缺點，實驗室如果要做的話，能不能做的比它好。吳誠文教授認為：『碩士班將來進入工業界，就是要做這樣的事情。』

解決問題的基本功夫對於博士班與碩士班都相當重要，一定要先學會。而碩士班學生因為接觸研究的時間不長，沒有能力去定義問題，經過教授指定問題之後，學生經過研究必要的階段，去徹底的瞭解一個問題。

但是吳誠文教授認為：『對一個研究來說，到這裡連百分之五十都不到。』一般的學生認為，想到一個研究方法，然後做一點簡單的模擬，數據出來後，如果沒有太大的錯誤，就認為沒有問題；或是針對問題想出一個方法去解，就算是解出來之後，這對於'真正的研究'還是沒有什麼貢獻。吳誠文教授認為：『真正有貢獻的研究是，當你遇到一個這個問題時，該怎麼樣顯現出來你的研究方法、解決過程、研究成果，而且要能夠發表你的研究，這個發表包含口頭報告（oral presentation）跟寫出論文，口頭報告（oral presentation）是要把個人的想法能夠用非常淺顯的方式講出來，你的貢獻透過講出來，讓聽的人如果要學的話，可

以聽的懂，可以去學習。』一個很好的想法或成果，如果沒有把寫出來，就沒有人可以學習，沒有在研討會講出來，沒有寫成論文，就沒辦法讓這樣的知識擴散與被學習，知識永遠只是在個人的心中而已，如果沒有人可以學習的話，絕對就沒有貢獻。吳誠文教授說：『所以將個人的工作、研究的成果顯現出來的唯一方式，一定要能夠講，能夠寫，甚至進到工業界去也是一樣，不管遇到任何問題，解決問題之後，一定需要講給同事、老闆聽，甚至是客戶，透過講與寫的過程中，別人才會接受你的研究成果，所以實驗室學生如果訓練做的好，在工業界會有不錯的表現。』

吳誠文教授碩士班學生一進來，每個學期要必須要做的事情就是報告（presentation）的訓練，學習如何把研究的成果寫下來，寫成一篇碩士論文。吳誠文教授要求學生建立這樣的能力，把碩士論文寫出來，但不一定要發表。可是實驗室碩士班學生大部分都可以發表論文，因為如果好好做的話，會有一些成果是可以發表。吳誠文教授說：『我們的期望是，一旦學生進入到工業界去以後，他馬上就可以獨當一面，解決 engineer 的問題。』

五、內部氣氛

吳誠文教授會盡量花時間跟學生在一起，平常跟學生交談，有機會就會瞭解學生的問題與想法，這樣比較有用。吳誠文教授提到：『花時間跟學生在一起，這樣比較有用。設定一些規則，我不做這個事，我沒有什麼規則。』

不只是做研究的時候，吳誠文教授盡量跟研究生能夠多一點時間在一起，吳誠文教授跟博士班學生，中午都會跟他們一起吃飯，所以彼此的距離是比較近，比較能瞭解博士班學生的問題，並且能夠給他們一些建議。至於碩士班學生，因為人數太多，方式就不太一樣，像學生每個禮拜二下午都會一起去打壘球（教授喜歡打棒壘球），如果有空的話，吳誠文教授會跟學生一起下場打球。

除了這些私下場合之外，吳誠文教授每個學期會把所有學生集合起來，講一些比較激勵士氣的話，灌輸學生一些想法以及他們未來的遠景與責任，讓學生瞭解自己面對的挑戰與負擔的責任，這也是一種鼓舞的方式。每個學期除了整個實驗室的活動，其他教授的學生一起參與之外，吳誠文教授也有自己學生們的活動，像是一同去唱歌等。

吳誠文教授覺得實驗室的內部氣氛很好，透過關心學生，讓學生自動自發的去學習。吳誠文教授說：『有些教授會希望用一種比較嚴厲的方式，讓學生不敢去鬼混，但我從來沒有這樣做過，我只是會一直不斷的看他們做的東西，成果怎麼樣。你關心他嘛！』如果指導教授能夠花時間去關心學生，當學生什麼都沒有做想偷懶時，教授都知道。如果研究上沒有進度，同時講不出什麼原因，吳誠文教授有時候覺得學生平常不是這個樣子時，就知道一定發生什麼問題，例如學生

有一些感情的問題或家裡有事情時，吳誠文教授就會私底下去瞭解。

研究生到了這個年紀，通常都是很成熟的，學生會為自己的前途考慮，所以吳誠文教授對於實驗室的氣氛與管理上都沒有硬性規定，吳誠文教授認為：『我從來不相信說一個學生到了研究所的 level，你還要去跟他講說你不好好用功的話，就會怎麼樣！通常是不需要的。』但有時候博士班學長會做一些規定，有關於實驗室內部的基本要求，所以 LaRC 實驗室內有一個實驗室總管，由博士班學生當擔任，負責一些實驗室內部的基本守則。

肆、組織知識創造

一、知識庫

1、共同課程

吳誠文教授會對於實驗室的學生，建議相關課程，建立共同的背景與語言，以利於知識外化的相容性。

表4-3-6 LaRC實驗室吳誠文教授共同課程表

必修課程	超大型積體電路設計 VLSI Design	黃錫瑜
	計算機算術 Computer Arithmetic	張慶元
	超大型積體電路測試 VLSI Testing	劉靖家
	超大型積體電路測試二 VLSI Testing(II)	吳誠文
	高等計算機結構 Advanced Computer Architecture	許雅三
	超大型積體電路測試二 VLSI Testing(II) 下學期	劉靖家
建議課程	ＩＣ設計產業實務概論 Business Practice of Fabless IC Design	胡龍融
	超大型積體電路訊號處理 VLSI for Signal Processing	黃錫瑜
	容錯系統 Fault Tolerant System	羅浩榮
	高效能電腦系統 high performance computer systems	許雅三

資料來源：本研究整理

2、技術文件管理

LaRC實驗室當中，透過專案的模式轉換成具體的原型。新創或原有的外顯知識，在這一階段進行融合，轉換成具體的專案原型。原有的外顯知識，具體的展現就是畢業學生的畢業論文，而這些畢業論文都搭配著以往的研究計畫進行，但有些知識要寫成文件化是一件很不容易的事，要學生把流程一步一步寫下來，其實是很累的一件事。

這一部份雖然吳誠文教授沒有硬性要求，但LaRC實驗室學生認為這一個部分相當重要，因此博士班學生決定要做一些改變，實驗室總管內部規定，從去年開始，每個學生畢業的時候，要把個人的研究交接給學弟妹，燒一個內有相關檔案的光碟，將未來可能有需要的資料傳承下來。

二、分享內隱知識

吳誠文教授與指導的博士班學生，透過相當長時間的生活相處分享內隱知識，例如，博士班學生中午會來找吳誠文教授一起用餐或喝咖啡，有時候一起喝咖啡的時候，就能夠進行討論與交流，這樣頻繁的互動，使雙方的節奏同步，彼此隔閡的消失，更加有利於內隱知識的流動。

博士班與碩士班之間的內隱知識，由於實驗室整個組織架構是透過專案的模式來區分，因此每一個專案組織結構成為分享該領域個人豐富的內隱知識之主要關鍵平台。帶領專案的博士班學長是最直接的知識分享者，形成類似師徒制的帶領方式，將個人經驗與技巧傳承給新進的成員。

不僅於此，有時候不同的專案間有不同的交替，實驗室目前的的數目已經超過博士班學生的數目，所以博士班學生至少都要負責兩個計畫，計畫底下帶的學生不僅僅是吳誠文教授的學生，還會有其他教授的學生參與，因此增加內隱知識分享的闊散度。

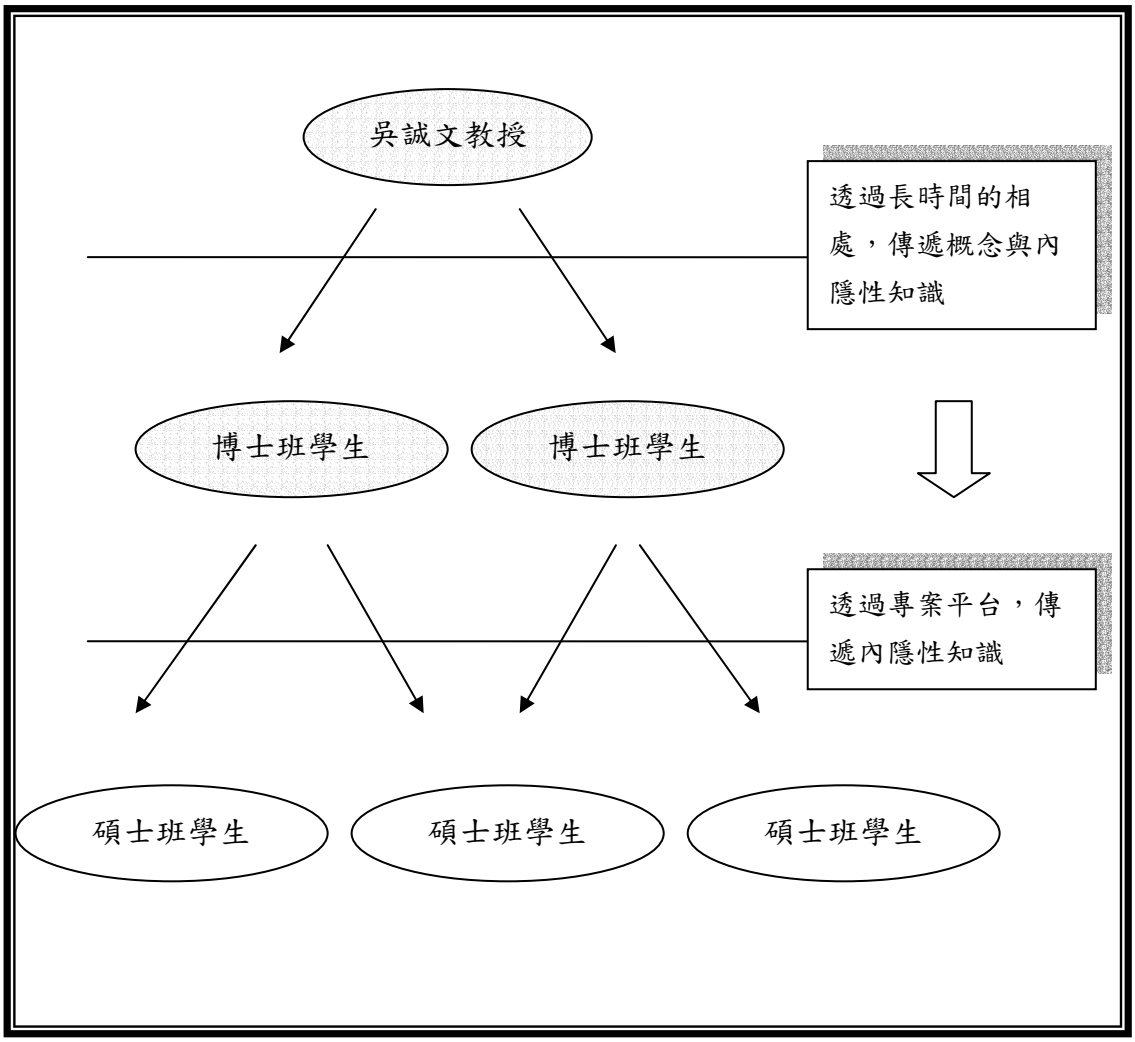

圖4-3-2 LaRC實驗室內隱知識分享圖

資料來源：本研究整理

三、創造觀念

1、吳誠文教授的概念

吳誠文教授認為：『工程科系要解的是實際問題，我們不能夠脫離工業界；如果在理學院，那就是另外一回事。Science的話，問題可以毫無意義，沒有關係。像很多數學是抽象的，它可以跟現實完全脫節，這都沒有關係。但是在工程領域就不能這樣子，必須關注於工業界與現實世界的連結。』因此吳誠文教授強調要做有意義的研究。

對於做有意義的研究來說，定義問題是最困難的事，如果定義的問題沒有意義、沒有貢獻，努力做了半天，去投稿不但會被拒絕，研究成果工業界也不會用，因為這個問題可能不重要，可能是不存在的問題，或是現實世界不需要解決的問

題，這要歸咎於問題定義錯誤，因此問題定義錯誤的貢獻，只是多訓練一個人去解問題而已。

因此吳誠文教授會要求博士班學生能夠帶專案，透過專案做為媒介，教授隨時可以指導，並要求博士班學生去修正專案方向，可以提出意見與看法，而且參與一個大型的專案，讓學生看到更多的東西，有不同的研究視野。

吳誠文教授對於研究的觀點是：『假使我們要做一個比較大的 project，對學術界跟產業界有比較大的 impact，個人的力量總是有限，一定要尋求一些互補或者是在特定的領域裡，將很多人力量集中，而且要有真正實質的合作。』很多大型計畫的作法是一起提計畫，回來後就把錢分掉。吳誠文教授說：『但實質合作是，提計畫的時候，每個人都有貢獻，一起來發想主題。計畫執行的時候，大家一起來使用這些設備，一起來把這個目標完成。』吳誠文教授一直在推動這樣的概念，剛好吳誠文教授回國時，清大資訊系有幾幾個教授也有相同想法，當時電機系該領域只有吳誠文教授一個人的時候，吳誠文教授就已經跟資訊系的教授有合作的關係。

2000 年 11 月由吳誠文教授主導正式成立清華大學積體電路設計技術研發中心，從事一些實質合作，中心同時拿到全國第一個經濟部的學界科專計畫，吳誠文教授說：『第一年的成果發表，這些成果不但有學術上的成果，論文、研討會、期刊的發表，工業界也對這些成果很有興趣。這就是因為實質的合作，能夠造成比較大的影響力。』

2、概念發想

鄭學長說：『其實我們自己有自己research的方向，在testing方面我們有我們要解決的東西，但我們不可能關起門來自己做，學生都沒有錢，他們也很難過日子，所以我們會有一些internal的project，這些project是我們自己的研究方向，不是屬於國科會或是業界的計畫，我們自己做的東西也是testing方面的問題，我們做的一些成果，或是做到一半我們預期未來可以做的一個怎樣的程度，就把它提到國科會去，或是跟廠商合作，然後把我們做的東西移轉給廠商。』

鄭學長說：『因為實驗室有時候閉門造車做的東西，可能在memory testing上想解決的問題，跟工業界時實際遇到的問題不一樣，透過跟廠商合作的關係，我們可以更瞭解這方面的研究，應該繼續怎麼走，要解決什麼問題，可能實際遇到的問題會是什麼，這種方式可以實際來修正研究的方向。』

四、確認觀念

LaRC實驗室的固定討論機制，問題與解決方法會在每個禮拜的討論當中獲得解決，並且讓知識及概念在實驗室研究方向與教授的監督、同意之下，獲得確

認。以LaRC實驗室來說，主要的討論方式是以專案計畫來進行討論，不管是國科會專題計畫或是工業界合作計畫，如果是與業界合作的研究計畫，吳誠文教授通常會要求業界派有人跟參與的成員一起討論，幫助業界能夠更順利的把技術轉移到到公司去。實驗室的研究方向是相當明確的，例如每年的國科會計畫題目的發想，根據實驗室目前研究的方向，在教授來決定後，博士班學長負責寫計畫書，最後教授還是會做一些修改，然後提到國科會去。

另外禮拜四晚上有一個整個實驗室的討論（seminar），每個學生一個學期都要報告一次，針對自己的研究提出報告，或是看一篇別人發表的 paper 做一些整理，然後，所有人進行討論的過程當中，實驗室的核心看法也再度獲得確認。

實驗室的博士班學生能力都很強，博士班學生都是從 LaRC 實驗室的碩士班升上來的，因此瞭解教授會如何去指導學生、如何將實驗室的觀念加以確認與過濾，因此平時每個專案教授都會指定博士班學生擔任專案領導人，專案的成員裡，會有博士班、碩二、碩一的學生共同組成，所以領導的博士班學生便擔任控制的角色，平時這些專案成員天天在一起，任何問題一旦產生，可以馬上討論，專案領導人擔任做最後決定與解決問題的角色。

因為博士班學生擔任如此重要的任務，教授與博士班的互動變得非常重要。吳誠文教授刻意花很多時間與博士班在一起，吳誠文教授有一種讓人容易親近的特質，沒有刻意安排的情況之下，博士班學生到了吃飯時間，總是會跑來找教授一起吃飯、喝咖啡，除了開會或有公事外出之外，吳誠文教授跟博士班學生幾乎是天天在一起，藉由這些非正式的場合，教授對專案的進行與碩士班的學習情況進行瞭解。

從十幾年前吳誠文教授到清華大學服務，隨著環境的改變、整個LaRC實驗室的成長，就一直在思索如何去適應環境與組織的改變，能夠讓學生還是有比較好的教育訓練，因此，LaRC實驗室的作法一直在調整。

早期的話，吳誠文教授剛從事教職時，所指導的學生很少，而且教學工作比較單純，因此幾乎每天跟學生在一起。每個學生每個禮拜至少跟教授有一次個別的討論，可以花很多時間跟學生在一起。但是漸漸的開始接一些行政工作，研究計畫的增加，以及指導的學生越來越多（博士班學生有6個，碩士班學生15個，總共21個學生），已經無法像以前一樣，每個禮拜與每位同學進行個別的討論。

在五年前，為了適應LaRC實驗室的成長，實驗室方面做了一個重大的改變，吳誠文教授與學生的討論改成以專案類別來區分。每個禮拜專案的討論會審視專案的方向，以及解決專案運作時遇到的問題。

表4-3-7 LaRC實驗室吳誠文教授團隊確認觀念的方式整理

實驗室討論種類	說明
專案私下討論	參與人員：專案參與人員 時間：不固定
專案討論	參與人員：吳誠文教授、專案參與人員 時間：每週一次
全實驗室討論（seminar）	參與人員：吳誠文教授、全實驗室人員 時間：每週一次
跨實驗室研究計畫	參與人員：吳誠文教授、專案參與人員 時間：三個月一次

資料來源：本研究整理

五、建立原型

1、個別專案定位

LaRC 實驗室研究專案的演進通常有一定的脈絡，比如說，有個題目，剛開始從理論部分開始做，會提國科會計畫，國科會計畫不需要做到離工業界很近的階段，因此理論貢獻發表於國科會計畫。未來幾年後，理論的部分研究差不多後，開始有技術發展、技術產出之後，就會轉到經濟部計畫、工業界計畫，工業界的計畫通常都是理論的實現。

吳誠文教授說：『如果以博士班學生參與的研究軌跡來看，PHD（博士班學生）的研究內涵，原始的貢獻是很重要的，不能夠只做應用層面，所以我們 PHD 的研究一定要同時包含理論與應用的東西。博士班早期接觸到國科會計畫，後期才是接工業界或是經濟部計畫案。』

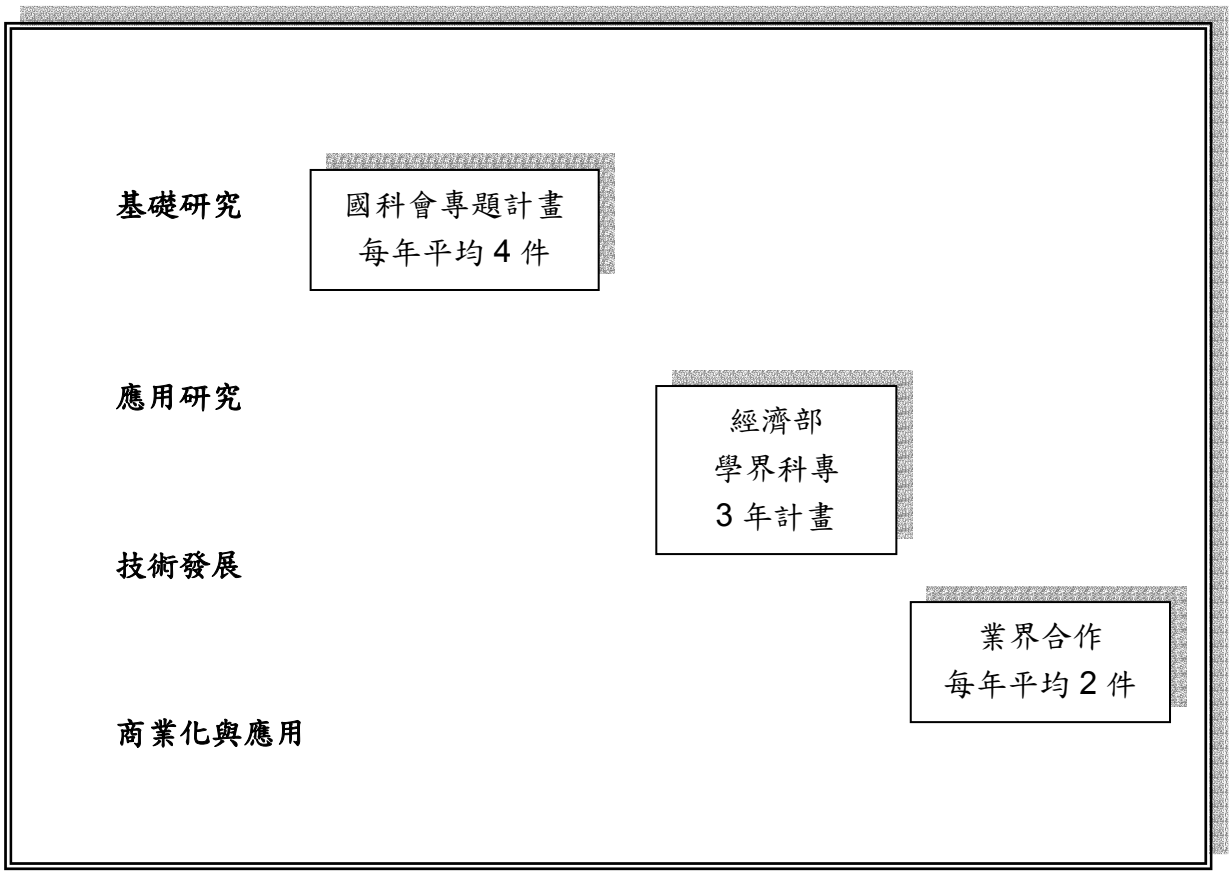

圖4-3-3 LaRC實驗室吳誠文教授團隊專案計畫分佈圖

資料來源：本研究整理

2、專案創造模式

專案的授權程度在 LaRC 實驗室，每一個博士班學生必須負責專案排程，以及經費運用的控制。然後跟吳誠文教授報告，如這個月份有哪些計畫，下個月份有哪些計畫，吳誠文教授會檢視專案的排程，同時每一個專案的負責人每個禮拜給教授一個報告，透過電子信件傳送給教授一份很短的報告，報告專案中裡面，每個參與學生這禮拜做了哪些事，下一個禮拜預計做哪些事，專案進度控制完全是博士班學生來負責的，吳誠文教授在每週固定的討論時，就會針對專案上面，是否有問題與要大家幫忙的地方給予參與成員意見。

吳誠文教授在專案進行初期會訂定整體計畫的雛形，希望能做到什麼樣的成果，解決什麼樣的問題等，然後資深的博士班在幾年的訓練之後，比較能夠在吳誠文教授的要求之下，去做研究問題的定義、計畫的架構、時程安排、擬定計畫書等規劃的動作，並且擔任負責人角色。

每一個計畫都會有一個博士班學長來做負責人，博士班學生底下，會搭配同

一個領域的碩士班碩二、碩一學生，並進行工作的分配。有些時候，博士班學長可能會參與很多計畫，而碩士班學生就只做一個計畫而已，所以碩士班學生在這個計畫當中的工作量就會比較大一點。

鄭學長說：『博士班學長可能會幫老師擬定一些國科會計畫書，每一個計畫都會有一個博士班學長來帶領，當初老師會訂好說計畫我們希望能做到什麼樣的東西，解決什麼樣的問題等等，資深的博士班還是比較會去做問題的define，或是計畫的架構、schedule等，真正在做事的不見得都是碩士班，我們會做一些工作的分配，當然有些時候，博士班學長可能會involve很多計畫，底下碩士班可能就只做這個計畫而已，當然他本身在這個計畫的工作量就會比較大一點，博士班偏向計畫的控制，要做到怎麼樣的東西等等，至於要做的事情還是會做一些分配，不一定都是交給碩士班的做。』

大型計畫

面對跨實驗室的研究計畫如科專計畫時，每三個月就有一次整天的大型會議，科專計畫有很多分項計畫，會議中每個分項計畫的負責人進行意見交換及報告進度，分享遇到的問題，鄭學長說：『這樣的交流效用在於，這些問題其他教授可能曾經遇到過，或是對於那個問題比較瞭解，就能夠進行做經驗的分享。』

各個計畫需要同步開發，但是每個研究都是彼此環環相扣的，因此其他實驗室雖然沒有別的實驗室的設計雛形，但還是可以透過一些標準（benchmark）去發展獨立研究。像吳誠文教授的實驗室測試方面一直都在進行，等到有一個階段之後，再將別的實驗室的研究成果結合起來，做一個驗證。所以個別研究群各自開發，到一個階段之後，才到上層做結合的動作，將研究成果進行系統整合。

六、跨層次的知識擴展

1、期刊與研討會方面

一個重要的外部知識來源是期刊與研討會，實驗室成員定期在IEL資料庫，透過關鍵字尋找IEEE的相關論文，看在該領域有什麼新的文章發表，來修正研究方向，因此常看的期刊有IEEE Transaction on Computer、IEEE Transaction on CAD。而實驗室常參與及研討會可分為三方面，偏學術領域的有VTS（VLSI Testing Symposium）、ATS(Asian Test Symposium)、DATE（Design, Automation and Test in Europe）、DAC（Design Automation Conference）；偏向工業界的是ITC（International Testing Conference國際測試會議）；偏設計跟circuit方面的有ISSCC（International Solid State Circuit Conference）。

這些重要的研討會，有人去的話，就會拿資料回來，實驗室成員會去翻一下今年有哪些與實驗室研究方向相關的發表。但是如果沒辦法拿到資料的話，通常

發表後三個月後，IEL（IEEE/IEE Electronic Library）就能夠搜尋到，因此過一陣子會去網頁去下載期刊資料。

表4-3-8 LaRC實驗室吳誠文教授團隊參考的期刊與研討會表

期刊	● IEEE Transaction on Computer ● IEEE Transaction on CAD
研討會	● VLSI Testing Symposium（VTS） ● Asian Test Symposium（ATS） ● Design, Automation and Test in Europe（DATE） ● Design Automation Conference (DAC) ● International Testing Conference（ITC） ● International Solid State Circuit Conference（ISSCC）

資料來源：本研究整理

2、學校方面

LaRC 實驗室本身擁有領域內的六位教授，再加上與清大資工系幾位合作教授，不論是在理念與長期建立的實質合作，補強了實驗室在於部分領域的不足，創造出組織橫向與向外的知識擴展。教授們透過研究計畫的關係，如學界科專，教授們每個月有固定的時間討論，而透過教授對教授，負責的學生會找不同實驗室負責的學生，彼此討論工作分配的問題。在這樣的機制與合作關係下，研究群都能互相幫忙，完成一個單獨研究團隊無法完成的事。

實驗室也常常辦一些活動，請國外的教授或工業界人士來給上課，或是辦些研討會等，對於接觸新的知識是很大的幫助。LaRC 實驗室每年發表很多論文都是一流的研討會，使清華大學在這個領域已經變成一個非常重要的角色，在世界上已被認可，因此幾乎有重要的會議都會來邀請吳誠文教授擔任 current commitment，論文投稿也會請吳誠文教授審查（review），藉由這樣的關係，對於 LaRC 實驗室的成員不只可以瞭解實驗室內部研究，更能夠知道全世界其他人做的研究。吳誠文教授提到：『我們在這個領域是世界級的，在全世界跟那些人比起來，我們的學生是毫不遜色。台灣如果要成為一個技術上先進的國家，我們就必須全面去走這條路。我們的學生也很瞭解這樣的狀態，學生都很用功，努力學習新的知識。』

3、學術論壇方面

傳統上的知識來自於書本上、開課教學，使學生會有基本的知識基礎，但這

種知識通常是成熟的知識。對於新穎的知識，通常是要從論文以及參加研討會上，來獲得最新的研究發表，這是所有的教授都會用的基本方法。除此之外，吳誠文教授有不同的做法，促進跨層次的知識擴展。

在 7~8 年前，吳誠文教授發起創立一個 VTTF（VLSI Test Technology Forum），邀請全台灣所有與實驗室領域相同的教授與研究員組成一個論壇，不對外開放，只有會員才可以參加。這樣的論壇大概 2~3 個月就會開一次會，每個人討論與分享研究內容，以及討論跟外面接觸的情況。目前會員已經有 30 個人，有教授，也有研究人員，而大部分都是教授。

每個人知識接觸的範圍是比較有限的，因此吳誠文教授認為：『大家 share research 的成果以及研究的內容，這個是我覺得很重要的方式，可以彼此互相幫助。像如果今天討論去目前實驗室做的東西，讓會員知道實驗室在做這個題目，如果他也在做相關的題目，這樣就可以一起討論；如果實驗室做的東西會員們覺得有問題，或是會員們做的東西有問題，彼此就可以給對方意見。』

經過這幾年來，吳誠文教授覺得整個台灣在這個領域進步蠻大的，吳誠文教授說：『因為每個人在參加一些國外研討會，接觸到很多新的東西之後，都會分享這些資訊。畢竟一個人沒有辦法參加所有的會議，但這樣的機制，讓不同的人帶回來不同的會議的寶貴知識。因此 VTTF 的知識分享效果很好，所以其他領域開始仿效。』

4、畢業學長姐方面

許多實驗室畢業的學生，都在附近的新竹科學園區工作，因此有許多管道可以分享經驗。教授跟畢業的學生通常一個學期都還是會見一次面，實驗室每學期辦活動的時候，會請畢業的學帶著他們的家人一起回來。除此之外很多學生也會邀請教授去演講，或是有些學長禮拜四的 seminar，有空的話也會來參加，給一些實務上的意見。

5、企業方面

因此與業界的合作關係一直存在著知識交互循環，實驗室做的一些成果，透過與跟廠商合作，將技術移轉給廠商。不只是實驗室提供知識與解決方法給與業界，業界提供實際遇到的問題，讓實驗室更瞭解這領域的研究，應該繼續怎麼走，要解決什麼問題，可能實際遇到的問題會是什麼，來修正實驗室研究的方向。

LaRC 實驗室實驗室通常不太有機會長時間派人到產業界去，與業界合作的研究計畫，吳誠文教授通常會要求業界一定要有人跟參與的成員一起討論，因此與實驗室合作的公司，業界工程師都會參加實驗室計畫的討論（meeting），在整個研究計畫完成以後，業界能夠更順利的把技術轉移到到公司內部，而不是透過實驗室在技術或研究完成後，給業界工程師做一個口頭與書面報告，檔案與資料

轉交給業界，所以吳誠文教授強調：『這樣的方式很難成功，計畫的進行過程當中，他們的人就要參與，技術的移轉這樣做是比較 smooth。』

除此之外，這樣的合作模式也有好處，實驗室學生跟業界工程師長時間相處，也就變得很熟，如果學生要去那個公司，根本不用經過面談，大部分的公司跟實驗室做完計畫以後，都會馬上給工作機會，學生往往畢業以後就直接去工作，所以學生可以及早認識公司的狀況。

表 4-3-9 LaRC 實驗室吳誠文教授團隊近三年一般建教案表

計畫名稱	合作對象	合作期間
具參數改變 AES-Rijndael 之 ASIC 硬體電路設計研究	業界	92.4.01-93.12.31
晶片系統測試與可測性設計整合技術	業界	92.3.1-93.2.28
前瞻晶片構裝、測試與診斷技術	業界	91.8.1.-92.7.31
快閃記憶體(Flash Memory)自我測試與診斷電路之研發	業界	91.5.1-92.4.30
半導體記憶體(RAM)偵錯分析方法	業界	91.3.1-92.2.28
單晶片系統（SOC）測試與可測性設計技術研發	業界	90.2.1-91.1.31

資料來源：LaRC 實驗室

第四節 成功大學電機研究所 多媒體通訊 IC 系統設計實驗室（Multimedia & Communication IC Design LAB）

壹、基本資料

一、實驗室簡介

位於台南成功大學自強校區電機大樓 92A79 室的多媒體通訊 IC 系統設計實驗室（Multimedia & Communication IC Design LAB），簡稱 IC 系統實驗室，指導教授是王駿發教授，實驗室目前有 3 名博士班學生，12 名碩士班學生，著重於之電腦語音及影像處理的相關研究。

指導教授王駿發教授個人擁有多項殊榮，在國內首創使用類神經網路做中文語音辨識系統加速語音辨識時間、率先開發台灣中文音中仙語音辨識系統等，是國內語音工業的拓荒者。王駿發教授不僅學術卓越，個人獲得多項專利，發表論文二百多篇，曾獲得三次國科會傑出獎，而且指導學生有屢獲大獎，獲得 2002 年的旺宏金矽獎應用組冠軍，另一研究團隊也在 2002 年以『翻譯耳』入圍第三屆亞洲盃青年發明家大賽，是台灣地區唯一入圍者。

二、指導老師簡介

王駿發教授

學 歷：

- 美國史帝芬司理工學院電子計算機科學博士
- 成功大學電子計算機科學碩士
- 成功大學電機工程學士

現 職：

- 成功大學工學院院長
- 成功大學電機與資訊科技研發中心主任
- 成功大學電機工程學系專任教授

經 歷：

- 台南市資訊軟體協會理事長
- 成功大學電算中心主任
- 成功大學資訊工程研究所

- 成功大學資訊工程研究所, 所長
- 國科會／國立成功大學電腦系統技術研究中心主任
- 中華民國影像處理與圖形識別學會理事長
- 美國史帝芬司理工學院電機／計算機系助理教授

專 長：

- 多媒體通訊 IC 系統設計
- 電腦語音辨識系統 IC 設計
- 電腦語音翻譯系統 IC 設計
- 電腦語音檢索與探勘系統 IC 設計
- 小波訊號處理 IC 設計
- 自然語音與對話處理系統

榮 譽：

- 旺宏金矽獎，第二屆半導體設計與應用大賽"應用組"，評審團大賞 (2002)
- 旺宏金矽獎，第二屆半導體設計與應用大賽，最佳指導教授獎
- 國科會特約研究人員 (2002)
- 成功大學講座教授 (2002)
- IEEE FELLOW (1999)
- 國科會特約研究人員 (1999)
- 國科會傑出研究獎 (1998)
- 中國工程師學會傑出工程教授獎 (1996)
- 國科會傑出研究獎 (1995)

。

貳、人力資源管理

一、人力組成

王駿發教授認為每個人都可以培養的，如果沒有相關的能力，實驗室有信心能夠培養與訓練。王駿發教授說：『並不是說學生是不可以訓練的，因為我認為現在是知識經濟時代，每一個人都有能力，可能只是還沒有發揮出來而已，每個人都有各自的能力，如果你英文不夠好，就去讀英文，只是有些人比較快，有些人比較慢而已。我們就是提供一個教育的環境，學生想要學什麼，就可以好好學，就可以學的來。當然不見得每個人都這樣，但是我們基本上肯定他有這樣的能力。』

王駿發教授主要是看碩士班與博士班新生過去的成績，做過的專題，專題的研究屬性，以及得獎的紀錄等。王駿發教授說：『我們目前的話名額都還好，像碩士班都有考試，所有很多能力或是客觀基本能力的測驗，在甄試或考試生都已經考過了，因為要考上成大也不是很容易，如果他考上，我們就肯定他有這樣的能力，然後再來評比一下。』

1、碩博士生比率

IC 系統實驗室面對人力規劃會先將專案定位，再決定人力的規劃方向。王駿發教授說：『規劃首先要看發展哪些系統，還有做出來的系統有沒有一些 product，所以我們分成 system 跟 product；product 就是現有的 hardware 跟 software，如果今天要做一個語音翻譯系統（speech to speech translation），我可以做在 PC 上面，這就是一個 product，另外我可以做在 PDA 上面，這也是一個 product，或者說這個是一個純學術研究，屬是國科會計畫。而國際趨勢是做一個系統，但是要落實到實際面，比如說如果要做給產業界，包裝方案一定不一樣，如果是做在 PC 或是 PDA 上面，那又不一樣。所以我們會去看系統的歸類之後，再去做人力配置。』

王駿發教授說：『基本上我會希望說，實驗室的基本組成是博士班跟碩士班可以組成一個 team，比如說五個博士班，可以有一個 teamwork，當然還有一些縱向的，project 跟 product 間會有一些關連，像做 speech to speech 跟 speech mining 就有一些關連，所以橫向縱向都有。』

表4-4-1 IC系統實驗室博碩士生人數比率表

	人數	比率
博士班學生	3	20%
碩士班學生	12	80%

資料來源：本研究整理

2、人員共同背景

IC 系統實驗室對於人力條件要求，必須對實驗室研究主題有興趣、以及對於新事物有足夠的適應能力。王駿發教授說：『我覺得每個學生都是可造之才，只要你有興趣就可以了，除了說有名額的限制，基本上我覺得有興趣就可以加入。』

實驗室研究比較偏資訊領域，所以除了基本知識，像物理、數學、化學，還有一些基本的數位訊號處理以外，個人的學習效率（learning rate）要很快，一定要各方面的知識都可以學，因為資訊領域很廣，一下流行 IC，一下子流行無線通訊（wireless），所以個人要有適應力（adaptation），能夠適應環境的變化。

王駿發教授說：『只要你有興趣，學什麼應該都可以。規矩就是一些基本的東西（物理、數學、化學），因為你這些會了，之後當然就是一些經驗，碩士還是可塑之才，以後當了博士、當了教授也還是一樣，你都要隨時跟上這個時代，所以我覺得 adaptation 的能力，要有變動的力量是最重要的。』所以如果有學生跟王駿發教授說，繼續讀書是為了要做碩士學術上的延續，王駿發教授說：『我會跟學生說，你都很熟了，就不用作。你應該嘗試一個新的領域。』

表4-4-2 IC系統實驗室博碩士生人力大學背景表

	人數	學科	比率
大學相關學科	12	電機、電子、電通	80%
大學非相關學科	3	資科、應數、醫工	20%

資料來源：本研究整理

3、博士班延續性

王駿發教授透過提供優渥的資源來留住優秀的人才。林學長說：『因為有時候碩士班的考量是希望能夠趕快出去工作、賺錢，會認為念博士班可能沒有什麼收入，所以老師在經濟上的考量上會給博士班多一點經濟支援，而且如果博士班念的差不多的時候，可以去外面兼職，像當講師等。』

除了經濟上的支柱，王駿發教授也提供許多研究上的幫助來留住學生。林學長說：『老師會依照你研究的領域，提供你更多研究的資源，像老師有時候會積極去國外訪問，看看國外有些什麼東西，博士班學生因為經濟因素，沒辦法去國外找資源，所以老師去國外報告或是訪問，就會幫我們拿些資源，而這些資源跟博士班有很密切的關係，因為博士班學生主要帶領這幾個主題做研究，老師能讓博士班學生不會只是從網路上或是一些硬性的方式去取得知識，老師會額外去訪問國外的教授，回來再跟博士班學生做交代。』

表4-4-3 IC系統實驗室博士班延續統計表

	人數	比率	學校
博士班來源： IC系統實驗室碩士	1	33%	成大電機所
博士班來源： 外系	2	67%	成大資工所

資料來源：本研究整理

表4-4-4 IC系統實驗室碩士班延續統計表

	人數	比率	學校
碩士班來源： 成大電機系	4	33%	成大電機系
碩士班來源： 外校	8	67%	交大電物系 清大電機系 大同電機系 輔大電子系 中原醫工系 逢甲電子系 高雄第一科大電通系 義守大學電子系

資料來源：本研究整理

二、教育訓練

IC 系統實驗室的新生暑假會開始進到實驗室，如果是甄試生的話，大概四、五月就到進來實驗室。而實驗室會有一個基本訓練，像一些 IC 設計的流程，Visual C、C++等，還有實驗室設備的講解，像是邏輯分析儀的使用等，另外實驗室也要求新生報名國家晶片中心（CIC）暑期課程，王學弟說：『上 CIC 的課程主要就是說去熟悉整個 IC 設計的流程，每一個流程都有一個課程。我們一開始報六門，每一門課程都會有相關性，比如說 layout 跟合成會有相關性，原理就會重複到。課程的話，看你需要加強哪一方面，才去上。』到了八月，王駿發教授會要求新生參與國內的 VLSI/CAD 的研討會，先去熟悉一下研討會的氣氛。

表 4-4-5 IC 系統實驗室暑期參與 CIC 課程表

CIC課程編號	CIC課程名稱
A006	Dracula
A007	SPICE
A102	Verilog
A105	Logic Synthesis(Synopsys)
A201	Cell-Based IC Physical Design(SE)
A403	Design for Testability Design Kit

資料來源：本研究整理

除了基本訓練之外，個別的研究領域，取決於新生進來時，可能對於某些研究主題已經很有興趣，所以 IC 系統實驗室沒有一個全面性的課程。林學長：『以實驗室幾組方向來看，取決於你的興趣，學長就會過來講解一些這個部分的基礎概念，這個部分的基礎概念沒有一個課程，是因為有時候我們已經發展到一個地方了，會依照目前已經發展到的部分，繼續做那邊的講解。』

林學長說：『我們不會從頭開始講起，因為在做的過程中是每個部分包起來做的，在這個階段瞭解就好，因為這一個階段已經包含前面的部分，所以不需要在去瞭解前面的部分。如果要說基礎課程的話，因為老師在研究所有開課，這個部分老師就會教一些基礎的語音訊號處理的課程，或是自己去找資料。』

三、組織設計

IC 系統實驗室分成六個研究團隊，分別為語音雜訊消除團隊、語音檢索團隊、語音翻譯團隊、語音訊號偵測團隊、保密電話團隊、訊號壓縮團隊。語音翻譯團隊。

語音雜訊消除的研究是針對講話時，會有一些背景雜訊，希望把將背景雜訊去掉，讓人聲更清楚。語音檢索的研究，是像現在流行的錄音筆，如果想找特定資料，可以透過語音輸入去檢索。語音翻譯的研究是針對不同語言作轉換的動作。語音訊號偵測的研究是，假設有一個網路電話的裝置，有時候不想一直佔著頻寬去做傳輸，想要有人使用時才做傳輸，所以要去偵測什麼時候有講話，什麼時候沒講話，以減少頻寬使用。而保密電話是屬於獨立作業的部分，只有碩士班在做，將電話訊號經過一個加密動作，除非對方有解密系統，不然擷取出來是一堆雜訊。最後一個團隊是針對訊號壓縮做相關研究。

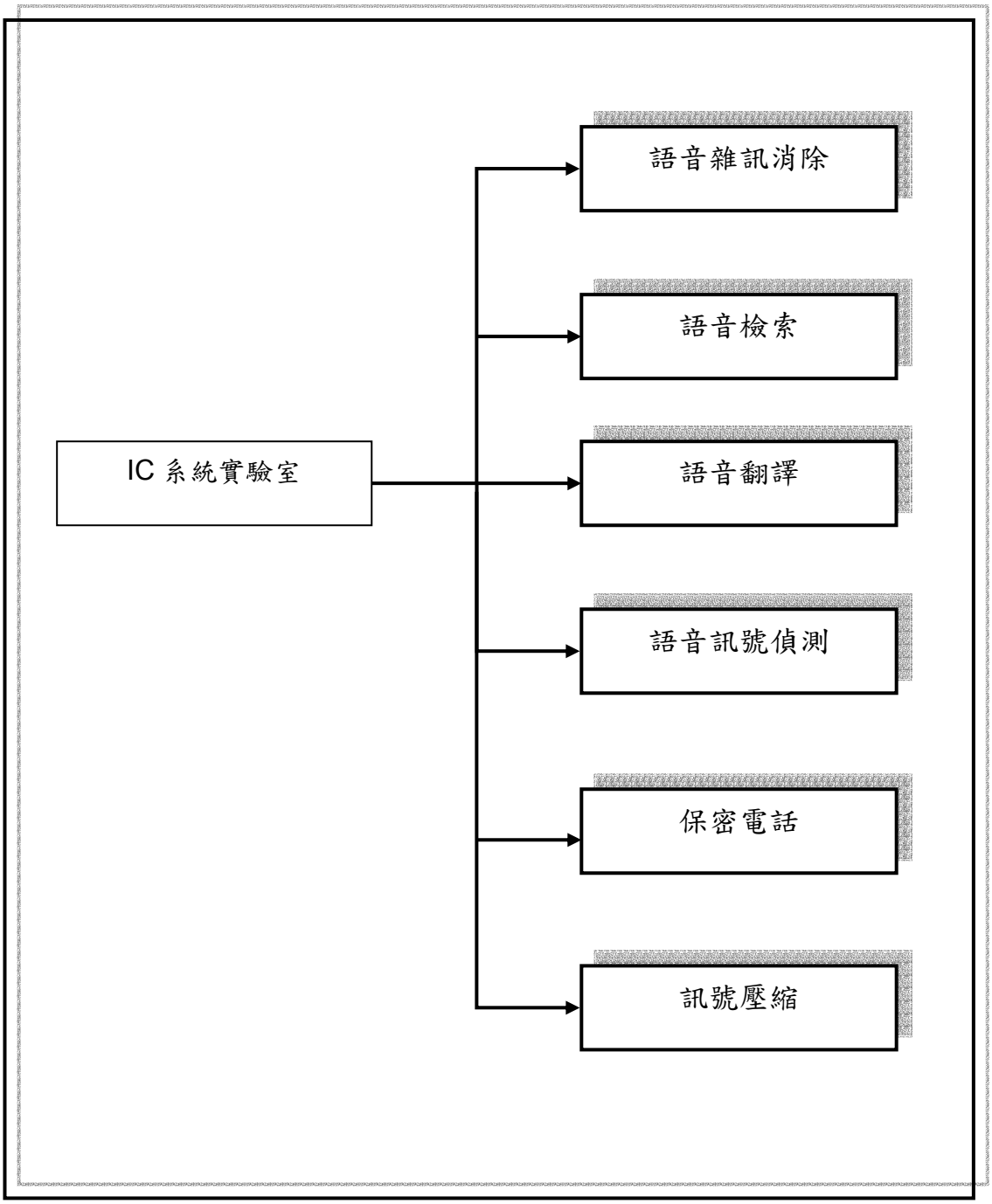

圖4-4-1 IC系統實驗室組織分組圖

資料來源：本研究整理

四、工作設計

博士班

對於博士班要求，首先是遵循成大電機系對於博士班，每一個組別都有要求與制式的規定，王駿發教授說：『像學生一定要 journal paper 幾篇以及點數的要求等，博士班自動就有一個標準，所以就要 follow 那個規定。』

另外王駿發教授要求：『我希望他們待在實驗室的時間多一點，待的時間多一點的話就會有一些東西，希望他們能夠盡量寫 paper，設定博士班是不是能夠在五年內能夠順利畢業，讓他們自己做生涯規劃，不要拖太久。』

除了學術上的要求外，王駿發教授期許學生多多參加外面的比賽，王駿發教授說：『像去年旺宏金矽獎我們是第一名，評審大賞是全國第一名，有時候他們參加比賽，我會鼓勵他們，因為他們參加比賽就會專注。』因此 IC 系統實驗室的成員屢獲大獎，除了獲得 2002 年的旺宏金矽獎應用組冠軍，另一研究團隊也在 2002 年以『翻譯耳』入圍第三屆亞洲盃青年發明家大賽，是台灣地區唯一入圍者。王駿發教授說：『我們目前慢慢在想，學校系裡面規定的是一個偏學術面發表，那我希望他們畢業後是不是能有個專利，因為專利一定是對產業界比較有影響。』

林學長描述王駿發教授對於個人的指導：『老師對我們博士班的要求就是，跟碩士班的差別就是，博士班必須在要做更全面性的考量，因為我們有時候比較偏演算法，所以對於每個演算法來說，你要去考量這個演算法到底適不適合、恰不恰當。像老師常常對我的要求是，我常常在研究上很容易發散掉，他常常形容說，做研究時常常是一條路走走走，但我的研究是像蛇行的方式，走到另外一邊，然後又走回去，他注意到我這個研究個性，然後會想辦法指導我。這一點他會依照每個博士班可能的研究缺點，提出適合的解決方法，然後不斷的要求你。』

碩士班

王駿發教授對於碩士班的要求是，在畢業前發表一篇論文或是一篇專利，王駿發教授說：『論文的話是希望他能夠寫比較長，發表 journal paper 為主，就是說有專利然後有 journal paper，這樣他們會比較專注。因為一個系統的完成，比較難說要完成到什麼階段，但是如果學生的東西能夠被外面接受，有被 publish 的或是可以申請專利，就表示學生有一個成果出來。所以我們希望說從這學期開始，希望學生有 journal 或是專利的產出。』

五、內部氣氛

王駿發教授說：『我對於學生都蠻民主的，然後學生有要求，像是出差等都盡量滿足他，研究上他們有什麼問題，都可以提出來。平常的話，大概一年吃飯一次，因為平常大家也很忙。最近在想是不是要大家去做一些戶外活動，一起去爬玉山或是打球等的活動。』

目前 IC 系統實驗室設立一個英雄榜來激勵士氣，像參加比賽得獎或是博士班有比較好的期刊論文被接受，都會張貼出來，讓實驗室成員感受到 IC 系統實驗室的努力成果。

林學長覺得實驗室氣氛很不錯，林學長說：『我覺得很不錯呀！一般來說，實驗室有任何問題的話，就是直接討論，沒有什麼人獨自做在座位上，做自己的事。實驗室就是有那種互動的感覺，還會聊聊生活的事，碩士班比較常有固定的打球，博士班的話，有人每週也是會跟碩士班去游泳，所以實驗室氣氛不錯。』

肆、組織知識創造

一、知識庫

1、共同課程

IC 系統實驗室成員通常會偏向去修偏積體電路相關的課程，王駿發教授說：『通常會規定修一些比較基礎的課程，其他課的話，看學生要不要去學像生理系統專論、生物晶片等，因為他們未來出去可能會用到。基本上我建議三到五門，因為我們要簽名，所以都會跟我討論，所以有時候我會跟他們講，你選這個課適不適合。』

表4-4-6 IC系統實驗室共同課程表

必修	VLSI 導論
	VLSI 訊號處理架構/語音晶片設計
	數位信號處理
	極大型積體電路工程
	超大型積體電路濾波器
	類比積體電路設計
	積體電路拓樸設計

資料來源：本研究整理

2、技術文件管理

對於 IC 系統實驗室畢業學生的研究與畢業論文，實驗室都保留一整套的資料，而內部網路並沒有流傳技術資訊，林學長說：『一般來說，我們的文件流通都是由個別學長自己管理，放在 FTP（續傳軟體）上，如果學弟要什麼資料的話，學弟跟學長要，學長再給他。所以我們並沒有放在網路上流通。』

二、分享內隱知識

IC 系統實驗室組成是，王駿發教授以下有一位博士後研究員，下面有博士班學生與碩士班學生。這位博士後研究員是實驗室畢業的學生，角色定位是協助國際合作計畫，研究計畫的協助與推動，以及幫忙解決博士班寫論文上的問題，與碩士班有一些基本問題等，都可以找研究員來協調。

對於博士班學生與碩士班學生分享內隱知識，林學長說：『原則上我們一開始對於所有相關的東西都是會講解一次。有興趣的同學就會過來聽，之後如果還有問題的話，就是看文件，如果看文件有問題的話，才針對問題點去找人問或是討論，討論的文件就是之前的論文。像以往學長的經驗，在第一次說明的時候就會講，但有時候也要看學長的論文中有沒有交代，如果沒有交代的話，他們會在專案實作的過程中，做第二次的討論。』

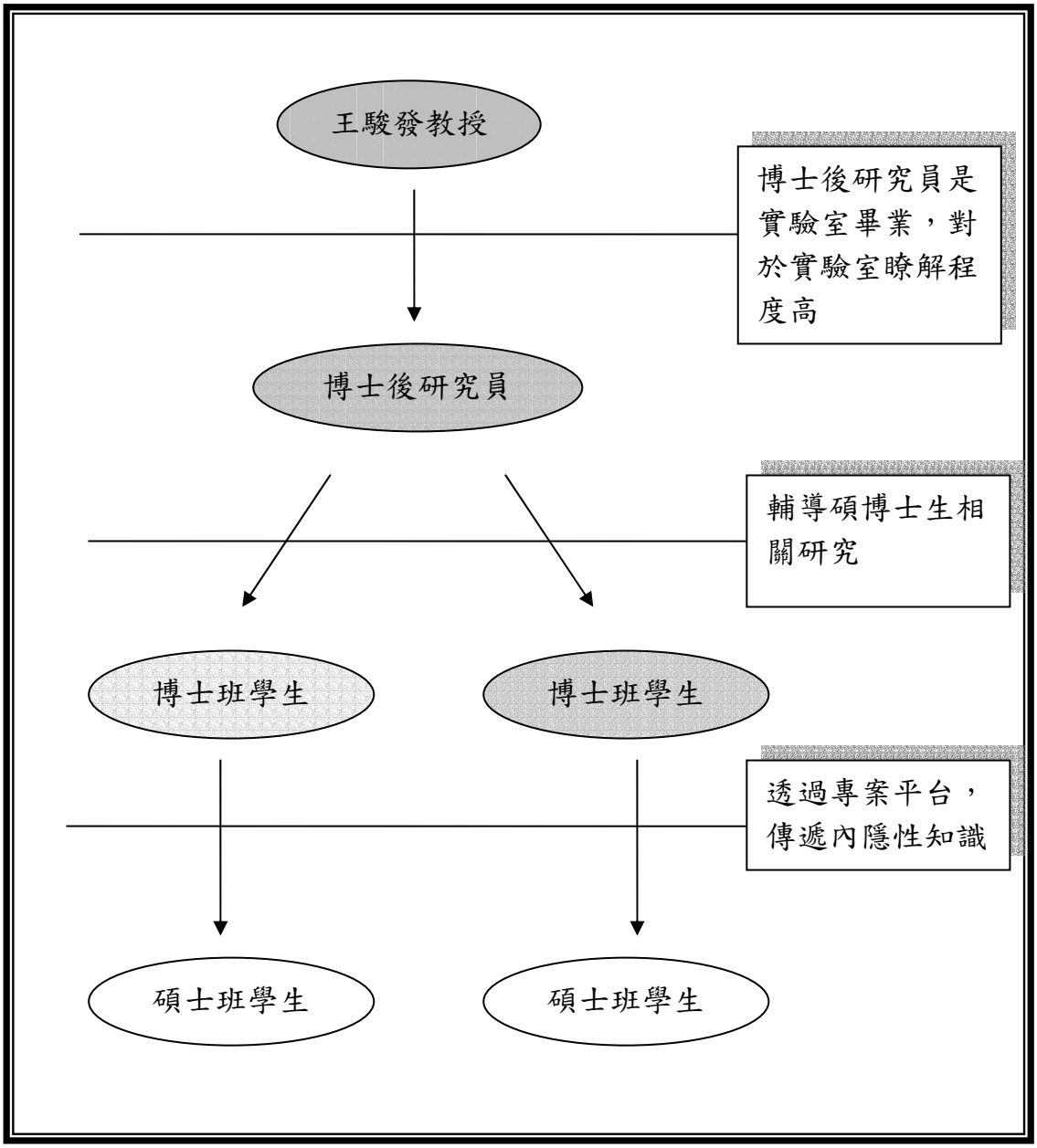

圖4-4-2 IC系統實驗室內隱知識分享圖

資料來源：本研究整理

林學長說：『由於實驗室氣氛不錯，大家都會在同一個目標下合作或是分享經驗，比較不會有一個支離破碎的情況，建立的團隊合作就是蠻重要的關鍵。老

師有時候就會幫忙，像有時後博士班不知道找哪些碩士班進來，而碩士班不知道找哪個博士班，老師就會做個考量後，把我們組成一個個團隊，老師扮演組織一個 team 的角色，team 組織起來後，就是看博士班跟碩士班彼此的互動性。我覺得我們討論的夠積極，他們碩士班有問題的時候，也是勇於發問，彼此間也是有參與合作。』

三、創造觀念

1、王駿發教授的概念

IC 系統實驗室研究領域在影音（Audio）、影像（Image）、語音（Speech），發表論文都是在影像跟 speech audio 方面，有時候著重的重點不同，但持續在這些領域。王駿發教授說：『尋找主題的話，大概就是會看一些國際趨勢，還有就是國內的需要，以及自己本身研究領域的考量。』

至於國際趨勢方面，王駿發教授說：『有時候要看跨領域的知識，有時候會配合流行的相關明星產業，像生物、微機電、奈米等。我們看的國際趨勢也不只是專業，有時候看時代雜誌（TIMES），一些比較一般性的資訊、廣泛領域的知識來源，不僅從科學的領域、美學的領域、藝術領域等，這樣資訊的整合會比較廣。』

王駿發教授說：『因為現在大家都講究創意，前瞻創意其實是蠻重要的，你要前瞻創意，只看自己的領域大概不夠，需要一個跨領域的連結。不只是技術面的思考，還有人文面，還有做出來的技術是不是對人類有貢獻，對未來的生活是不是有貢獻！因為我們現在的論文發表都講究 impact，你對學術有什麼 impact、對社會有什麼 impact、對人類的生活有什麼 impact，我們要朝這個方向去努力。』

對於產業合作上、題材的選擇，王駿發教授有不同的看法，王駿發教授說：『目前我們是以數位內容與數位內容的加值去看。比如說，所謂數位內容就是瞭解內容的結構，今天裡面有什麼內容，有男生、女生、父親、母親，或是有某些人物在裡面，這就是內容的理解。類比到技術領域就是，現在有很多數位相機、數位攝影機，裡面當然有很多 SoC 與 IC，當然裡面的 IC 都被人家做完了，但是數位內容還是可以加值，所以我們最近在想是不是可以把照相變成 private 的 camera，只有你想要照的人，才會照進去，不想照的人就照不進去，像你跟你的女朋友去照相，你只想照到你跟你女朋友，其他人都不想照進去，但是旁邊很多人呀，相機就會自動濾掉其他人，像這樣的東西如果你去做一個 SoC 把它放進去，這個就是一種內容的加值，這個相機就變成 smart camera，形成一個 I 的加值。』

王駿發教授說：『因為我們要去找創意，所以去找數位內容，數位內容其實談很多，你必須知道數位內容在談什麼東西，是不是真的瞭解數位內容，然後怎麼應用，其中就可以做更多智慧的應用。』

2、概念發想

對於專案計畫的發想，王駿發教授會提一個方向，在這個方向下與博士班學生一起討論，王駿發教授說：『比如我今天要做語音的翻譯，要用什麼題目比較好，這個題目再找他們來討論，他們也可以提意見，因為他們將來要實際去執行，所以他們要考量，像現有的設備等因素。基本上大方向是由老師去思考，細節的部分由他們思考。』

林學長也提到：『因為有時候一個人沒辦法衡量題目的可實現性，一般國科會計畫可能軟體跟硬體都有，有時候博士班可能可以想到軟體能做到怎麼樣的精確程度，硬體的話，也要去思考會不會做太大，或是根本作不出來，這邊的話，就變成要一起討論，沒辦法一個博士班就可以控制做到怎樣。基本上老師是在上面指導，他對每一個東西都有瞭解，包括軟體跟硬體。』

但關於創意方面，有時候是討論出來的，像 IC 系統實驗室組隊參加比賽，實驗室成員會討論 IC 系統實驗室目前研究概況，討論哪個研究比較有趣生動，可以提出來去參加比賽，林學長說：『有時候還要表決，看哪一個比較有發展性，group meeting 的時候，像之前第一屆旺宏金矽獎得到設計組第一名，其中的一個小主題，叫做如影隨形，做影像透過無線傳輸，可以走到哪播到哪，去年得到評審團大賞，當初還有公司接洽過，就是這樣討論出來的。』

四、確認觀念

IC 系統實驗室有三種固定討論，一個是個別組內的討論，通常是每週會討論兩三天，針對各自專案的情況討論。另一個是實驗室的整體討論（group meeting），每週一次，這樣的討論，可以讓實驗室成員瞭解其他研究領域概況，也針對遭遇到的問題給予意見，王駿發教授說：『他們都是彼此討論，每個禮拜都需要大家討論，然後討論的結果看大家是不是認同，如果認同就這樣。然後團隊必須報告整個禮拜做了些什麼，避免研究走偏了等。』

另外一個是跨實驗室的討論，因為王駿發教授曾經是資工系的教授，所以與資工系吳宗憲老師跟簡仁宗老師的多媒體人機通訊實驗室關係良好，因此成立一個跨實驗室的討論機制，參與的人數大概有二三十人左右，每週一次，由學生上台報告。林學長說：『像資工系的學生會介紹演算法與軟體方面的東西，而我們實驗室會講一些硬體與演算法的東西。因為不同科系的人會有不同的思考模式，老師希望藉由不同科系的思考模式，可以引發我們不一樣的想法，希望有跨領域

的思考。IC 系統實驗室並沒有硬性規定學生一定要參加，不過有空的話大家就會去參與討論。』

表4-4-7 IC系統實驗室確認觀念的方式整理表

實驗室討論種類	說明
小組討論	參與人員：小組參與人員 時間：每週兩三天
整體討論（group meeting）	參與人員：王駿發教授、所有實驗室成員 時間：每週一次
跨實驗室討論	參與人員：吳宗憲老師、簡仁宗老師、多媒體人機通訊實驗室成員、IC 系統實驗室成員 時間：每週一次

資料來源：本研究整理

五、建立原型

1、個別專案定位

對於學界科專而言，IC系統實驗室定位在前瞻研究，希望走向一流的國際大學，王駿發教授說：『希望是比較高科技的研究，領先業界的技術，甚至是在學界內是比較前面的研究。』

產學合作方面，IC系統實驗室定位在屬於前瞻性的產業技術，王駿發教授說：『可能一兩年內，我們希望它可以轉成商品，主要對於人類的生活有影響力。如果屬於即將上市的技術，短時間要我們去做，我們學校可能比較沒辦法，除非說我們那個技術已經做的差不多，剛好可以符合到業界需求，就可以合作，不能的話，大概就沒辦法。』例如國科會的產學合作案方面，IC系統實驗室會根據已有基礎的部分，來跟業界做產學合作。

IC系統實驗室與業界的互動一直很頻繁，早期國科會產學合作案有兩次合作經驗，後來轉向直接與業界合作，目前IC系統實驗室正在主導一個學界科專計畫，又會跟產業界有很大的關係，王駿發教授說：『其實我們都是一直持續在與業界有合作，只是型態不同而已。』

除此之外IC系統實驗室正在申請國科會鼓勵的國際合作，由教授組成一個團

隊，與美國跟英國的學界團隊從事國際合作，希望透過學界跟學界的交流，提升台灣學術研究的國際水準。

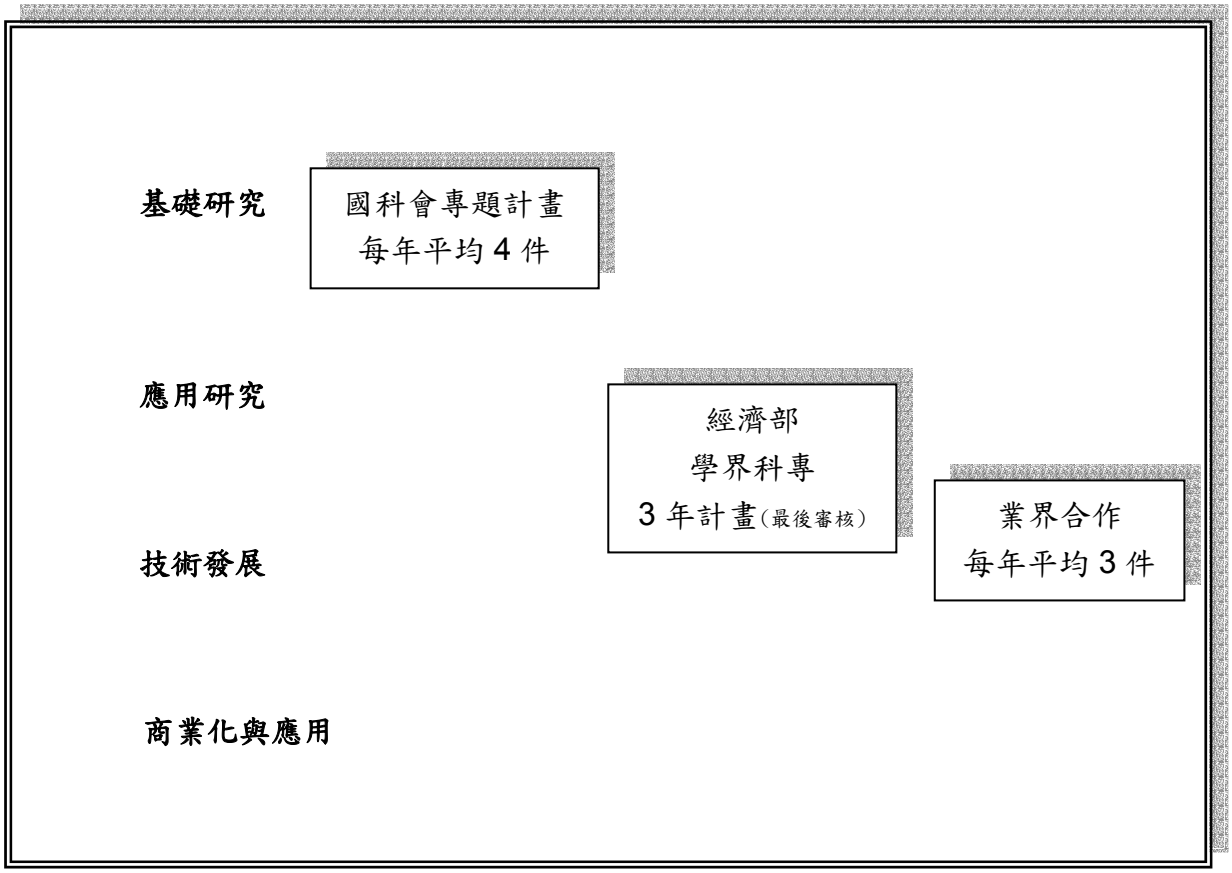

圖4-4-3 IC系統實驗室專案計畫分佈圖

資料來源：本研究整理

2、專案創造模式

IC 系統實驗室的專案開發可以透過三圍空間去定位，第一構面是 system type，即各個研究領域，如語音雜訊消除、語音檢索、語音翻譯、語音訊號偵測、訊號壓縮等。第二構面是 develop suit，整個開發流程，可以分成 PC software 階段、硬體模擬（FPGA）階段、硬體發展階段、晶片（ASIC）階段，林學長說：『此一構面可以區分出做到軟體階段還是硬體階段，有時候某些步驟可以忽略，像硬體模擬完後，就直接到做成晶片的步驟。整個流程原則上是這樣，因為我們有時候會希望在軟體上，就是演算法部分也能夠創新，不是只有硬體而已，希望軟體也有一些些微的改善。』

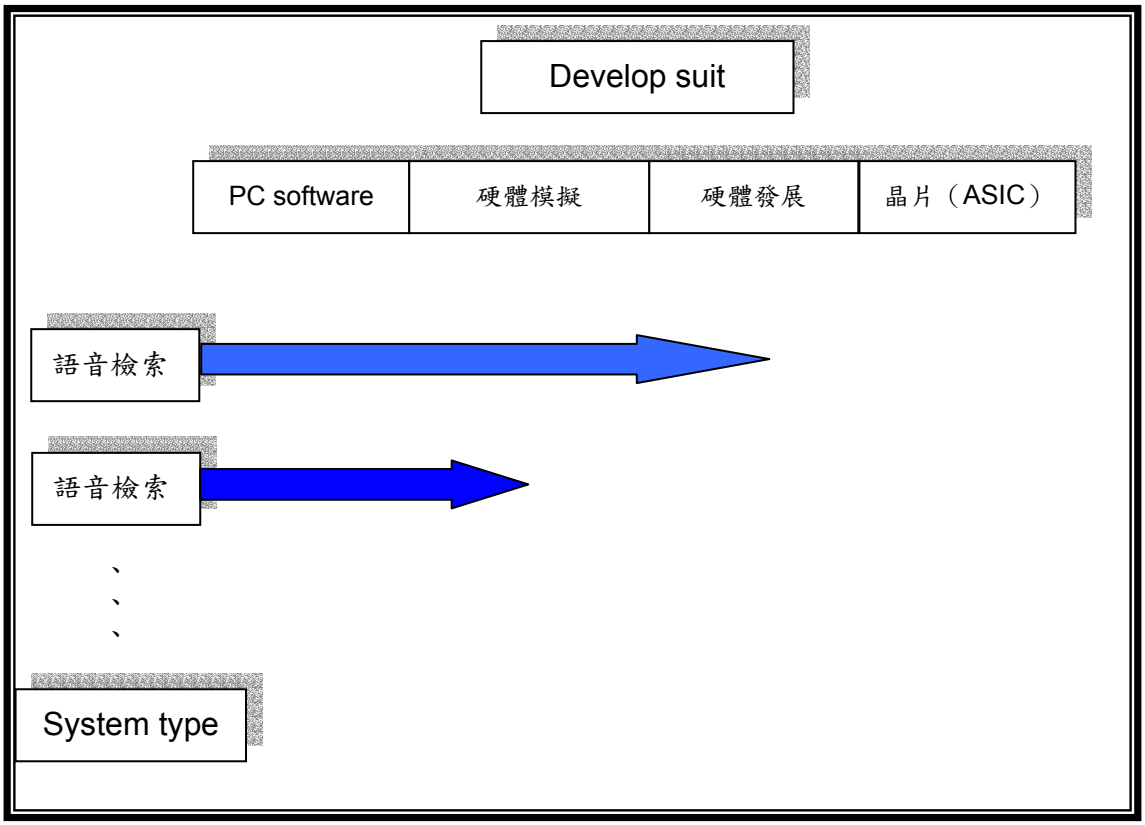

圖4-4-4 IC系統實驗室專案開發圖之一

資料來源：本研究整理

第三構面是根據想要的結果要到怎樣的階段，這個構面稱為 Product，所以實驗室人員的配置上，就會是在三維的空間上去定位，林學長說：『比如說，我們可以這樣區分哪個學生做哪個系統，要做哪個階段，所以他的輸出結果會是什麼，就會在這個空間上定位。』

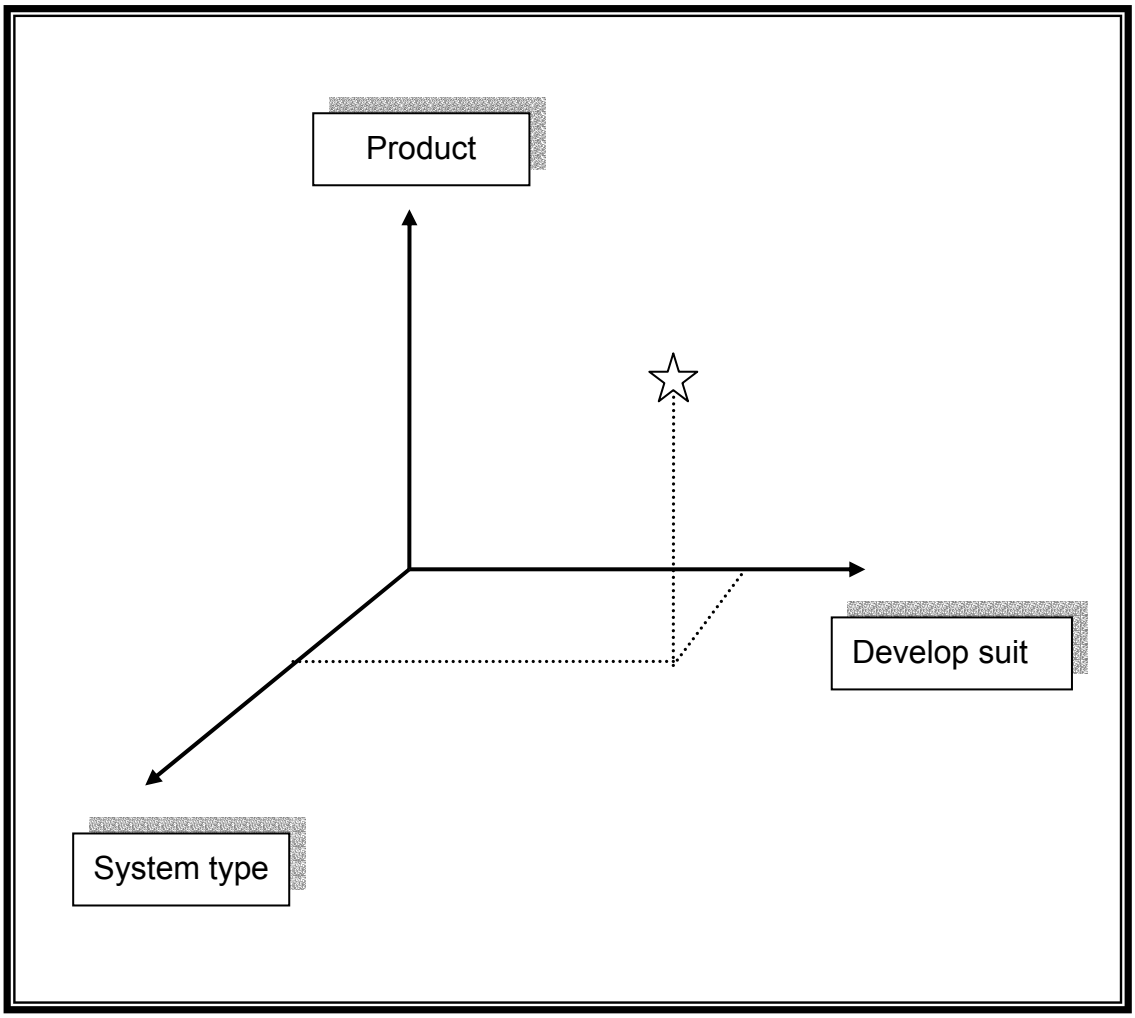

圖4-4-5 IC系統實驗室專案開發圖之二

資料來源：本研究整理

林學長說：『依照每個專案或是產品的訴求，每個 project 都可以做剛剛那些事，比如說，如果我們要去申請計畫，計畫中提到要去研究硬體的部分，我們就要做到第二構面的第四步驟。如果會涉及到硬體規劃部分，我們人數就會多一點，包括從軟體到硬體。像有些研究領域沒有配合計畫進行，所以人力比較少，會比較偏重在軟體部分層次。』

然而不同的系統下可以有不同的產品應用，王駿發教授說：『system 下面再去區分 product，比如說語音翻譯，在電腦上可以用，但在 PDA 上也可以用，所以語音翻譯就分 PC 版本跟 PDA 版本，兩個都是做 speech to speech translation，各自在一個 team 做開發，或是有上下游的關係，比如說研究 PDA 的人會先在 PC 上模擬，模擬成功後再放到 PDA 上，因為 PDA 那邊 resource 比較少，PDA 比較慢，memory 也比較少，有這樣的一個關連性存在。』

得到2002年第二屆『旺宏金矽獎』應用組的評審團大賞『如影隨形：可攜式

數位無線顯示器』的案子就是這樣運作下的產出，林學長說：『一開始是學生在做，王駿發教授給予建議，那這個題目當初是大家參與討論，最後由投票表決要用什麼題目。題目的選擇，都是有做一個整體討論的，不會是說只有一個team去做這個事情，這個計畫會成功的地方就是因為集合大家的意見，經過討論、剖析後，投票產生的。』

對於一個專案的模式來看，博士班學生與碩士班學生分別擔任不同的角色，林學長說：『博士班來說，第一就是籌備誰要做什麼，然後會先負責演算法基礎的開發，因為我們是偏做 IC 的，所以希望碩士班進來盡快可以實現（Implement）IC 的模擬過程，所以說博士班幾乎都是在演算法的部分，做一些考量，在硬體的部分是算協助性質，硬體的話主要是交給碩士班學生進行。』

六、跨層次的知識擴展

1、期刊與研討會方面

對於 IC 系統實驗室常接觸的期刊，林學長說：『像這種 paper 來說，我們定位是，基礎的部分瞭解到一個程度之後，我們才去 survey 目前的研究情況是如何，然後從研究期刊論文的理論與實作，尋求是不是還有哪些不足的地方，再去做改善，所以這個部分是屬於進階研究的部分。所以取決於做哪個部分，你才會去看你那個部分的期刊。』IC 系統實驗室的研究領域，像語音、訊號處理、硬體等，分佈相當廣，如果細分下去，整個實驗室會接觸到的期刊論文，大概會有幾十種。

研討會的方面，王駿發教授會提供 IC 系統實驗室成員相關訊息，最後取決於學生自己是不是要去，林學長說：『老師是比較彈性一點的要求，但是他基本上都是希望我們多去看看。那國外的話，取決的因素就是有沒有發表，沒發表的話就比較少去，因為要考慮經費的問題。』

表 4-4-8 IC 系統實驗室參考的期刊與研討會表

期刊	● ACM Transaction ● IEEE Transaction 相關領域 ● The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers（IEICE）
研討會	● IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing （ICASSP） ● International Euro speech Spoken Language Processing（ICSLP）

	● Scandinavian Conference on Image Analysis（SCIA） ● IEEE International Symposium on Circuits and Systems(ISCAS) ● European Conference on Speech Communication and Technology ● VLSI/CAD 研討會 ● 計算機語言研討會

資料來源：本研究整理

2、畢業學長姐方面

IC 系統實驗室有許多畢業的學長散佈在各個領域，王駿發教授說：『友立公司裡我們就有博士班畢業生，有幾個工程師也是我們這邊畢業的，新竹也有些校友，會有一些關係。』王駿發教授如果有特別的需求的話，會請畢業的學生回來幫忙，有時候會與畢業學生一起合作計畫，王駿發教授說：『如友立公司的學長就會常常與實驗室有合作的關係。』

3、企業方面

IC 系統實驗室的研究相當接近產業面，加上互動頻繁，常常可以得到一些實用性的資訊。林學長說：『其中一個研究主題保密電話方面，就可以得到一些資料，因為這個是蠻實用性質的，因為有一個 application 在那邊。基本跟產業界的互動還是有，可以得到一些國外的資訊。』

表 4-4-9 IC 系統實驗室近三年一般建教案表

計畫名稱	合作對象	合作期間
提升產業技術及人才培育研究計畫-應用於數位行動通訊系統之混合式語音保密晶片 IP 設計	峰業資訊股份有限公司	91.6.1-92.5.31
智慧型數位電話	峰業資訊股份有限公司	90.9.1-91.8.31
汽車電子系統技術開發先期研究計畫	裕隆汽車製造股份有限公司	90.9.01-91.3.15
對話型行動資訊查訊系統-第二年	嚴慶齡工業發展基金會	90.2.1-91.1.31

MPEG-7 影像特徵擷取演算法之研究與實現	友立資訊股份有限公司	90.11.1-91.8.31

資料來源：本研究整理

4、國外合作方面

IC 系統實驗室正在申請國科會的國際合作，由教授們組成一個團隊，與美國跟英國的學界團隊從事國際合作，希望透過學界跟學界的交流，提升台灣的國際水準，同時希望透過這樣的計畫，可以把學生帶到國際場合。王駿發教授說：『效益就是可以使我們做的東西更有國際水準，因為國外那邊也是一個 team，可能會促進一些國際交流，增加學生的視野，做的東西也會比較高層次，質應該會是比較好，量可以再擴充，都會有很大的提升。』

過去 IC 系統實驗室有派人到美國的實驗室，學生過去半年，做研究以及寫論文。王駿發教授說：『但這個都比較不是正式簽約的，彼此教授跟教授講好，然後按照學校的規定，就可以過去了，現在國科會也有千里馬計畫，兩邊教授講好，博士班就可以去半年或是一年，進行研究。』

第五節 成功大學電機研究所 混合類比數位積體電路實驗室（Mixed Signal Integrated Circuit Laboratory）

壹、基本資料

一、實驗室簡介

位於台南成功大學自強校區電機大樓 92A89 室的 MSIC 實驗室（Mixed Signal Integrated Circuit Laboratory），指導教授是郭泰豪教授，目前共有博士班學生 6 名，碩士班學生 12 名，及 3 名大四直升研究所學生。已畢業博士 2 名，碩士 20 名，畢業學生論文每年至少獲得一項論文獎，近兩年連續獲得龍騰博士論文金質獎。

實驗室主持人郭泰豪教授，於工業界任職四年多，曾榮獲中國電機工程學會優秀青年電機工程師獎，於 1992 年到成功大學電機系任教後，創立混合類比數位積體電路實驗室(Mixed-Signal Integrated Circuit Laboratory, MSIC Lab)，簡稱 A89 實驗室(諧音”會發久”)，主要研究方向為類比及混合訊號之系統及積體電路設計。

由於網際網路及行動通信需求之迅速成長，人們可隨時隨地透過多種傳輸方式(無線或有線)得到想要之資訊，享受資訊時代的多元化服務，也因為 CMOS 積體電路製程技術的不斷進步，使得 CMOS 的特性可以漸漸適用於高頻通信系統的電路實現，可使下一代的通信系統具有低功率消耗及低成本之特性。MSIC 實驗室的未來展望即是結合 CMOS 的製程技術發展下一代通信系統所需之技術，將包含通信系統中的高頻電路(如 low noise amplipier, Mixer 等)、濾波器、類比/數位及數位/類比轉換器。其應用將集中在三個具有潛力的通信系統，包括有線系統的 xDSL、符合 IEEE 802.11a 標準之無線區域網路系統及第三代行動電話系統，針對此三個應用從系統到積體電路研究其相關之技術，進而結合射頻、中頻及基頻成為系統單晶片(System on a Chip)。

二、指導老師簡介

郭泰豪教授

學 歷：

- 美國馬里蘭大學電機博士
- 美國馬里蘭大學電機碩士
- 國立成功大學電機學士

現 職：

- 成功大學電機工程學系教授

經 歷：

- 工研院電子所計劃經理 (1990-1992)
- 美國 Integrated Device Technology 工程師(1990)
- 美國 Allied-Signal Aerospace Technology 工程師 (1989)

專 長：

- 混合信號積體電路
- 類比/數位轉換器、數位/類比轉換器
- Delta-Sigma 技術、濾波器、高精密測量儀器

榮 譽：

- 旺宏金矽獎最佳指導教授獎（2002）
- 國科會歷年來個人技術移轉排行第一名（1997）
- 中國電機工程學會之優秀青年電機工程師獎（1997）
- 世界名人錄（1997）
- 國科會研究創作獎（1996、1995、1994）
- Invited paper, IEEE Circuit and System Conference, USA, （1990）
- 工研院年度個人傑出貢獻獎（1986）

過去十餘年中，共發表期刊論文 18 篇、研討會論文 21 篇、專利 15 項。學術成就方面，獲得國科會甲等研究獎勵七次，同時是國家科學委員會 91 年表揚之研發成果技術移轉績優人員。

貳、人力資源管理

一、人力組成

對於碩士班的新生，郭泰豪教授說：『我是先來先收，沒有挑選的，明年可能會開始去挑也不一定。至於對於人格特質方面的挑選，我是有教無類，只要來找我就收，目前為止都是這樣，我從來不挑剔的。』

但是對於博士班學生，郭泰豪教授根據以往的經驗，都會跟學生先說明清楚，郭泰豪教授說：『我現在跟學生規定兩個條件，你要讀博士班的話，最好在博三之前，最好不要規劃生小孩，如果人生規劃要在博三以前生小孩，我建議他去做事，比較不建議他念。因為，我收到的學生，只要生小孩的，我都很累，他也很累，也畢業不了，因為這個領域需要很長時間的學習，之前有一個美國做相同領域的教授來，看到我們在職（part time）學生說，他在美國在職（part time）學生是絕對不可能畢業的，但是，當初我也不知道，剛開始以為跟美國一樣，學生收進來不能畢業，最後就 Bye Bye，到最後才發現，在台灣每個人都是要畢業的，跟美國是不一樣的，我才開始覺得很嚴重，所以其中一個條件是，我現在不收 part time 學生，因為你收他是很辛苦的，因為通常 part time 學生只是要學位，他的動力不足，像我們需要這麼多訓練，他通常受不了。』

1、碩博士生比率

MSIC 實驗室是屬於類比實驗室，郭泰豪教授說：『類比的傳承上需要很久的時間，所以我們實驗室通常碩士班畢業很難傳給它的下一個學弟，只能做很簡單的討論，對碩士班而言，我都是義務指導，學生通常對我的結果貢獻很少，像我從以前到現在十幾年來，指導的碩士班學生沒有一個可以有能力去發表期刊論文，因為需要學習的時間太久了。可以發表期刊論文的是博士班學生，可是大部分博士班學生也沒有能力寫，有一半以上是要我自己寫，因為通常學生到懂得時候就是要畢業了，你如果沒有給他畢業，就會讀太久。我的全職（Full time）學生五年之內要畢業，所以我需要給博士班學生很多的幫忙。』

郭泰豪教授說：『這個領域比較像是 Art（藝術），有一些可能不是很有理論的東西，必須要有些天分，所以我剛開始的經營實驗室時有點困難，因為學生會去打聽，沒有人在做這個東西，這個東西看起來好像也很簡單的樣子，因為在書本上沒辦法描述得很詳細，書上只能概略描述，所以學生印象中就會覺得那個東西很簡單。剛開始也不是很多學生想要走這個方向，後來我跟他們說應該會很好，我也不喜歡勉強別人，我都是把他們說服。』

表4-5-1 MSIC實驗室博碩士生人數比率表

	人數	比率
博士班學生	6	33%
碩士班學生	12	67%

資料來源：本研究整理

2、人員共同背景

郭泰豪教授說：『因為現在碩士班很容易進來，很多不是學電機背景，是其他領域的，他進入我們實驗室後可能會有困難。』所以大部分實驗室成員的大學背景都是電機領域。

表4-5-2 MSIC實驗室博碩士生人力背景表

	人數	學科	比率
大學相關學科	15	電機	83%
大學非相關學科	3	物理、工科、機械	17%

資料來源：本研究整理

3、博士班延續性

MSIC 實驗室收了很多成大電機系第一名畢業的學生，學生就業條件都相當好，郭泰豪教授說：『我的學生大部分都不願意讀博士班，他學的類比技術，大部分的公司層次都跟 MSIC 實驗室會有差距，所以他們出去當相當好找工作，都是在挑公司。然而，學生也受到很多媒體的影響，覺得自己出去可以有相當好的收入，三到五年後就可以退休等，受到這些不健康的知識影響，所以學生大部分都不是很想念博士班。』

但因為近幾年產業與景氣狀況正在改變，郭泰豪教授說：『景氣看起來沒這麼好，沒那麼多股票可以領，最近一兩年來讀博士班的人比較多，慢慢增加。』

郭泰豪教授說：『我的感覺是，如果這個學生是父母親希望他念博士的，他比較有機會念，如果父母親、家庭不希望他念的，通常我都不會去鼓勵他，因為很難跟社會價值觀跟家庭觀念抗衡是很難的，只是因為有些學生程度很好，想說他如果更上一層樓，未來發展會很好，但如果沒有什麼興趣，我也都算了。』

表4-5-3 MSIC實驗室博士班延續統計表

	人數	比率	學校
博士班來源： MSIC實驗室碩士	5	86%	成大電機所
博士班來源： 外校	1	14%	美國密蘇里大學

資料來源：本研究整理

表4-5-4 MSIC實驗室碩士班延續統計表

	人數	比率	學校
碩士班來源： 成大電機系	9	75%	成大電機系 (大學時為實驗室專題生:0人)
碩士班來源： 外校	3	25%	成大工科系 成大機械系 中興電機系

資料來源：本研究整理

二、教育訓練

MSIC 實驗室在新生進來的暑假，碩二帶領新生做基礎教育訓練，例如工作站的使用、Unix 指令的使用，Matlab 軟體使用、Hspice 等，在新生上碩一課程之前，MSIC 實驗室會讓新生有基本的概念。

因為類比整個設計過程不像數位設計有標準的設計流程（design flow），張學長說:『類比設計只是大概粗分從系統模擬到電路模擬而已,我們的 design flow 就沒有所謂的 1、2、3 標準流程,因為解決方法根據問題而改變(case by case)，如果針對一個應用要套到很多地方，這樣要做到最好是不可能的，事實上它還有很多變數，現在有人試著這樣做，但老師覺得像數位一樣寫寫程式，然後就有一個 IC 出來了，這樣的 IC 的表現不會是最好的』

因為新生對於類比的基礎知識不足，整個教育訓練的過程中，不會教新生太

過於困難與內隱的知識，僅止於進入實驗室的基礎概念，張學長說：『碩二帶碩一在教育訓練時，有一些內隱性的知識是不會教的，因為他們還沒有一些基本的知識，這時候教他們，用處並不大。』

MSIC 實驗室的教育訓練，針對實驗室的基本知識傳授學弟，然而因為新生對於類比的基礎知識不足，整個教育訓練的過程中，不會教新生太過於困難與內隱的知識，僅止於進入實驗室基本軟硬體的使用。

三、組織設計

1、組織結構

MSIC 實驗室以混合訊號為主要的研究對象，研究團對分成 Sigma-Delta Modulator Group、Data Converter Group、RF Group、還有一個 Niche Group 是針對工業界需求去訓練一個人。其中 Sigma-Delta Modulator Group 擁有全世界第一套的 Sigma-Delta Modulator 的技術，已為國內外十多家廠商及研究機構所使用。

Niche Group 是針對工業界需求去訓練人才，沒有一個團隊，只需要一個碩士班做，也沒有計畫搭配，這是郭泰豪教授看到業界的需求而進行的研究，張學長說：『老師曾在工業界有待過，在美國也是 design engineer，從台灣 IC 發展到現在，我覺得他看的比學院派的準，也因此有很多工業界的人要跟我們合作，這個地方的研究方向每一年或每兩年會變化，他訓練一個碩士出去，預測業界會需要這一方面的人，像今年畢業的一個人，以 IC 的方式做 power 的 regulator，用 COMS IC 去量溫度，沒有人這麼做，我也不知道他為什麼會有這些 idea。』

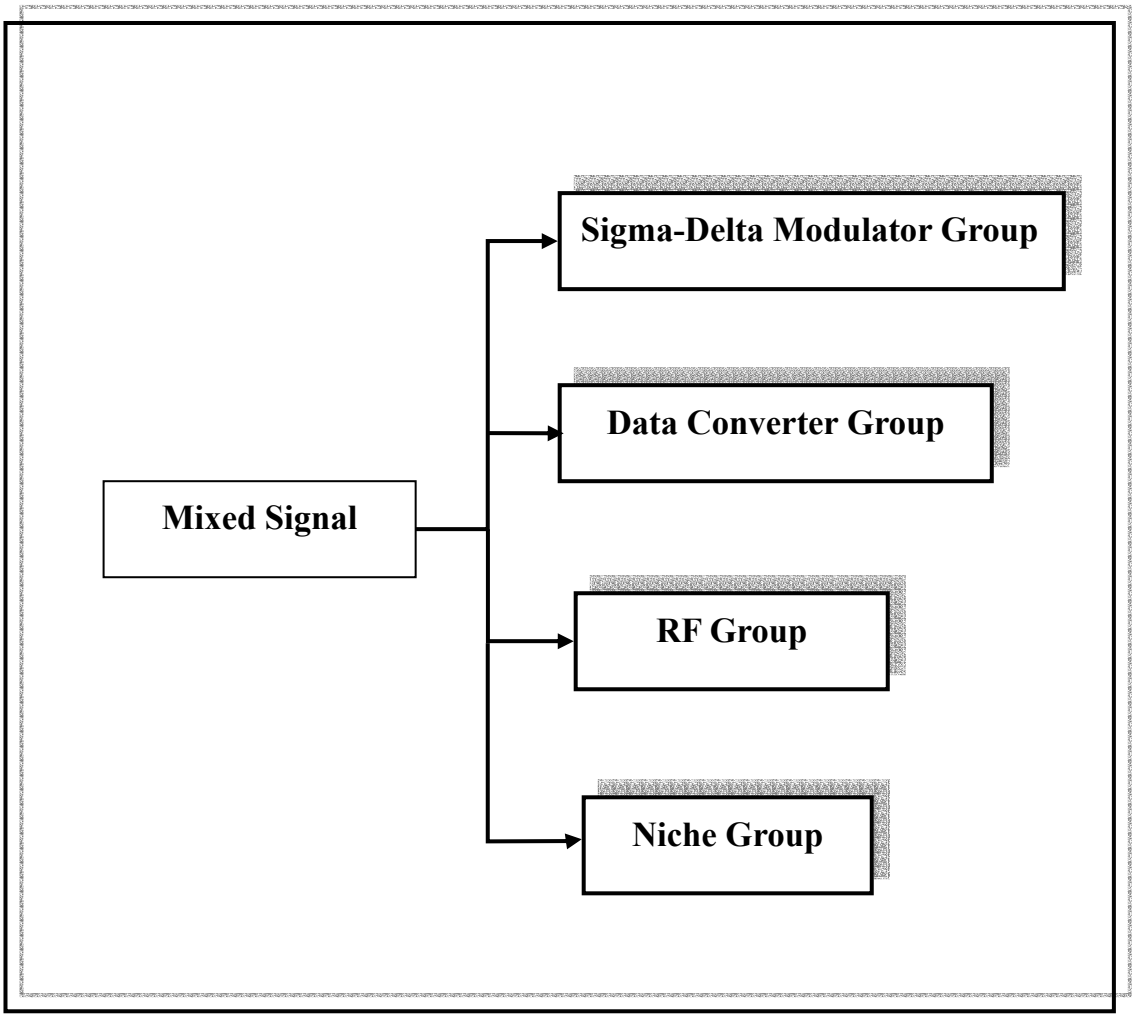

圖 4-5-1 MSIC 實驗室組織分組圖

資料來源：本研究整理

管理結構

MSIC 實驗室有很完整的管理架構與行政分工，實驗室設立實習主任統籌管理，並督導六大部分，包括：財務管理、環境維護、儀器、圖書及文書、個人電腦、工作站，每個職務均設負責人一位與顧問一名。郭泰豪教授說：『MSIC 實驗室有一個實驗室管理辦法，這個管理辦法訂了一兩年後，才比較成熟。我就算是一個月沒有來，各方面都會很正常，讓學生管理學生，有什麼問題，都會有人解決。我們這方面比較特殊，所以實驗室方面我們就不需要花很多時間去管理與生活上的問題，這讓我節省了很多時間。』

張學長：『老師有些想法也蠻遠的，把生活管理看很重，他的生活管理原則就是，學生除了在研究上找他來指導之外，也訓練我們將來，尤其是男孩子畢竟有機會當主管，這是一個訓練，除了做學問之外，也要訓練做事，這是他的一個想法，也許張忠謀是他的偶像，台積電的管理制度讓他覺得很好，他常常說，你

們把我當作是公司的負責人，自己當作是公司的副總，像是台積電下面有好幾個副總這樣。將來出社會以後，你對於事情的管理，怎麼有效率，在做學問的同時，還要負責這些瑣碎事物，你怎麼做的有效率，這就是一個訓練，他是這樣子想，我覺得這個想法，我也蠻能接受的。電機系上也有其他實驗室，覺得我們的方法不錯，也拿這份管理辦法去使用。』

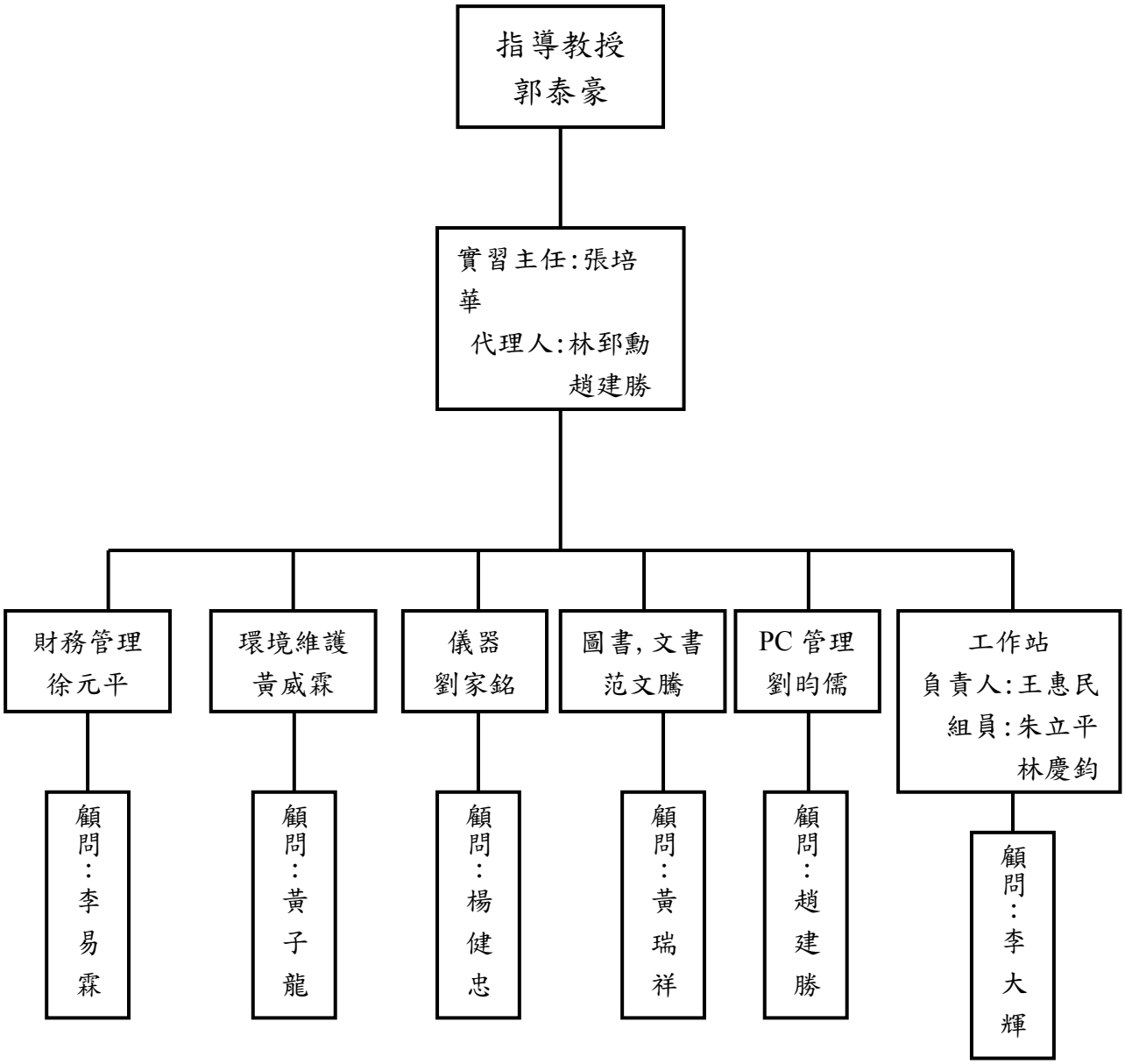

圖 4-5-2 MSIC 實驗室管理結構圖

資料來源：MSIC 實驗室

四、工作設計

郭泰豪教授對於碩士班學生，通常會考慮學生畢業後的出路，考量哪方面比較熱門。而博士班的話，郭泰豪教授說：『博士班訓練比較全方位，讓他未來有比較久的時間，可以發揮所學。碩士班跟博士班的訓練不太一樣，以專業的領域來看，方向沒有差很多。』

在專業上，郭泰豪教授會要求學生要投最好的期刊，郭泰豪教授說：『如果不行的，就將就將就，在我們這個領域，如果要求太多，他可能會讀很久，所以我通常前幾年會跟他要求投很好的期刊，後面幾年他如果不行的話，就將就將就。』

博士班

對於 MSIC 實驗室的博士班學生，博士班學生開始做一些基礎的研究之後，郭泰豪教授通常會給一些想法與意見，郭泰豪教授說：『學生通常沒辦法去找一個方向，因為這個很困難，不是他程度不好，而是全世界普遍性都是這個樣子。』

類比領域中有區分簡單跟困難的部分，通常郭泰豪教授都挑較困難的領域，郭泰豪教授說：『如果挑簡單的部分，學生當然就會有很多 idea，但這樣的 idea 大部分都不是很有用，而比較艱深的，他沒辦法有什麼 idea，所以我都會給他一些 idea，甚至是一些比較創新性的想法，然後，他開始就會去學習怎麼分析，我會教他們怎麼樣去分析，以及分析的過程。』

在學習的過程中，郭泰豪教授最強調的是態度跟習慣的培養，郭泰豪教授說：『我常常花兩年在矯正一個學生的態度跟習慣，就好像武俠小說練內功一樣，練內功的時候，你需要挑水、砍柴，我覺得那就是一種態度跟習慣的訓練，因為訓練好的話，可以決定學生未來能夠學的多好，所以剛開始我在這邊花很多的時間，從學生準備的文件與作出來的分析結果可以看出來學生的態度，所以要花很多時間告訴他，他的分析結果這樣是不好的，不好的原因，是因為太潦草、不夠慎重還是不夠嚴密，所以這方面要花很多時間。』

在學生有正確的態度跟習慣後，郭泰豪教授就會想辦法讓學生學習整理他的分析結果，然後發表到文獻上。郭泰豪教授說：『我遇到的學生幾乎也都不會這一方面的東西，這跟美國的教育是差很多的，美國學生不要說讀研究所，可能大學生就很會寫了，寫得很好。我還沒有碰過這樣的學生，能夠沒有像美國學生那麼好的，這個部分也需要一段時間訓練。』

學生除了資料的整理與組織之外，郭泰豪教授認為學生還有一個問題需要加強，郭泰豪教授：『學生們還有一個困擾，就是語言不好，所以英文寫作寫的很不好，所以我要想辦法，讓他們理解怎麼看別人怎麼寫作，讓他們知道看別人的文章時，英文怎麼寫是有意義的。』

在學習到分析過程、整理過程之後，郭泰豪教授會要求博士班學生要有一個自己的想法，郭泰豪教授說：『之前的 idea 我幫你想，現在自己想一個 idea，要拿博士學位的人，要有一點創新，不管 idea 好不好，總是要有一點創新，所以我會給學生一些空間讓他去想，所以創造的過程也需要很多的輔導，你要告訴他說，你這個發明是很可笑的，因為你的知識不足，所以你發明一些很可笑的東西，通常輔導的差不多之後，學生就要畢業了。』

五、內部氣氛

MSIC 實驗室成員常常都是成績優異的學生，實驗室的訓練是出了名的嚴格，所以學生進來前就已經想清楚，有了心理準備，通常都比較認真，因此有了內在動機後，郭泰豪教授說：『學生進這個領域後，只要態度矯正好，通常很容易產生興趣，他的興趣來自於對未來生活的夢想與期待，所以通常都會有很大的動力要繼續學習。第二個就是我會給他們很大的自由度，然後會給他一些指導，通常這樣可以維持它的興趣。』

郭泰豪教授說：『激勵方面就是偶而給他一些肯定，肯定通常都是心理層面的，不是因為學生真的做得很傑出，是因為如果他要做得很傑出，真的要好久，他自己也知道，所以通常都是心理層面給他一些鼓舞。然後就是給他輔導一下、激勵一下，跟他講繼續努力，未來可能會有什麼成果！讓他有這樣的想法，讓他忙碌而不是辛苦，我都是朝這個方向在努力。』

MSIC 實驗室相當強調管理制度，因此實驗室氣氛比較嚴謹，實驗室內部設立許多限制措施。郭泰豪教授說：『實驗室整個環境的氣氛，是透過這些已經快要畢業的學生建立起來的，當然不可能每一屆學生進來再重新去建立文化跟氣氛，碩士班學生對於文化跟氣氛的維持是很有幫助的，與維持組織跟管理是有貢獻的。』

參、組織知識創造

一、知識庫

1、共同課程

在 MSIC 實驗室管理辦法中有明確的公佈，郭泰豪教授說：『基本上我不會勉強他們去修這些課程，可是學生還是會遵循我建議的課程去修課。』因此 MSIC 實驗室實驗室成員都有相同的課程基礎。

表4-5-5 MSIC實驗室碩士班共同課程表

必修	類比積體電路設計（上）
	高等通信類比積體電路設計（下）
	VLSI 電路設計（下）
應修	數位訊號處理（上）
	超大型積體電路測試（上）
	VLSI 系統設計（上）
	極大型積體電路工程（上）
	ULSI 元件物理（下）（修過半導體元件物理者不用修）
可修	射頻微波通訊電路設計（Dr.莊惠如）（上） 微波工程（Dr.蔡智明）（上） 計算機輔助微波電路設計 (Dr. 蔡智明) (下) （三選一，論文從事 RF 設計者可同時修第一、二門）
	微波電路及元件（Dr.黃正亮）（下）
	電磁雜訊干擾（上） 電磁相容學（下） （二選一）

資料來源：MSIC實驗室

表4-5-6 MSIC實驗室博士班共同課程表

建議 （不一定要修）	資料壓縮 視訊工程 （二選一）
	隨機程序
	通訊理論
	資訊理論

資料來源：MSIC實驗室

2、技術文件管理

MSIC 實驗室透過畢業學長的論文，作為外顯知識的基礎，進行知識的累積與傳承。張學長說：『每一個人離開的話，就要把個人的檔案壓成某一個大小，學弟們進來後，老師會把這些檔案開給你，這樣學弟就可得到這些資料，一般來說我們是這樣子接的。』

實驗室內每個人都有自己的帳號與密碼，沒有經過郭泰豪教授允許，不可以看別人的研究，實驗室內也不能隨意抓資料，一切工作都是在實驗室的電腦上完成。張學長說：『我們就是跟公司一樣，完全像公司的模式，我們只能看自己的東西，別人也不能看到你的東西，甚至於做同一個計畫的人，也不能看彼此的東西，所以你果要討論的話，就是在 personal meeting，整個 team 進去的時候，才可以知道。』

二、分享內隱知識

根據國際電機暨電子工程師學會（IEEE）調查，一般做數位積體電路設計，有個 1、2、3 定律，一年內對於技術學得差不多，兩年內可以獨立做研究，三年有機會成為有經驗的工程師。相對之下類比積體電路設計，則是 2、5、8 定律，兩年可能有點瞭解技術，五年可以獨立做研究，八年可能成為有經驗的工程師。因此郭泰豪教授說：『這個領域比較像是 Art（藝術），有一些可能不是很有理論的東西，所以八年有些人做的是普通，所以這個領域要很傑出，必須要有些天分。』

因此 MSIC 實驗室比較重傳承，郭泰豪教授說：『通常都要有人指導，所以你是誰教出來的，這個很重要，就很像藝術家是誰教出來的一樣。所以看大部分從事這一行比較成功的人，常常都可以講出自己是誰的學生。數位電路領域的話，只要你有不錯的能力，一進工業界，一接觸後，你的潛力可能就會被激發出

來。但是類比需要有人循序漸進帶他，這是不太一樣的。』

類比的學習需要很多知識作為背景，而知識的吸收需要有人指導，郭泰豪教授說：『類比需要學很多很多的東西，所以要讀很多很多書，學到的知識需要有人告訴他什麼是有用的，你應該怎麼去學習。第二個是知識應用的時候，可能不知道怎麼用，類比可能關係到很複雜的使用技巧，所以需要有人指導他。第三個是，最後如果都融會貫通，因為裡面彼此關係的因素太多了，跟藝術一樣，算不出來什麼是最好的，所以常常會需要一點天分。但通常知識與教育還是最重要的，再加上老師的指引。』

MSIC實驗室的學生進來後，郭泰豪教授會給新生做基本的訓練，大部分是跟學長練習一些基本的動作，之後讓博士班學生帶碩士班學生，郭泰豪教授說：『我不會讓資深的碩士班去帶資淺的碩士班學生，資深的碩士班通常都還不太有能力去帶，因為這個領域學習時間要比較久，所以我通常讓博士班學生去帶，但我也不是說博士班學生都有能力去帶，博士班通常自己也不是那麼強。』

然而透過實驗室專案的共同合作時，郭泰豪教授將內隱知識傳授給MSIC實驗室的成員，張學長說：『一般在接專案時，我們可以學到很多，因為老師會趕你，兩天到三天要交一個進度，那時候就會熬夜，討論的時間就很多。那進去討論的時候，如果做不出來，老師就會點破你，他不會馬上跟你講，這是他在美國看到的教育方式，訓練研究生有獨立思考的能力，再把知識教給我們。』

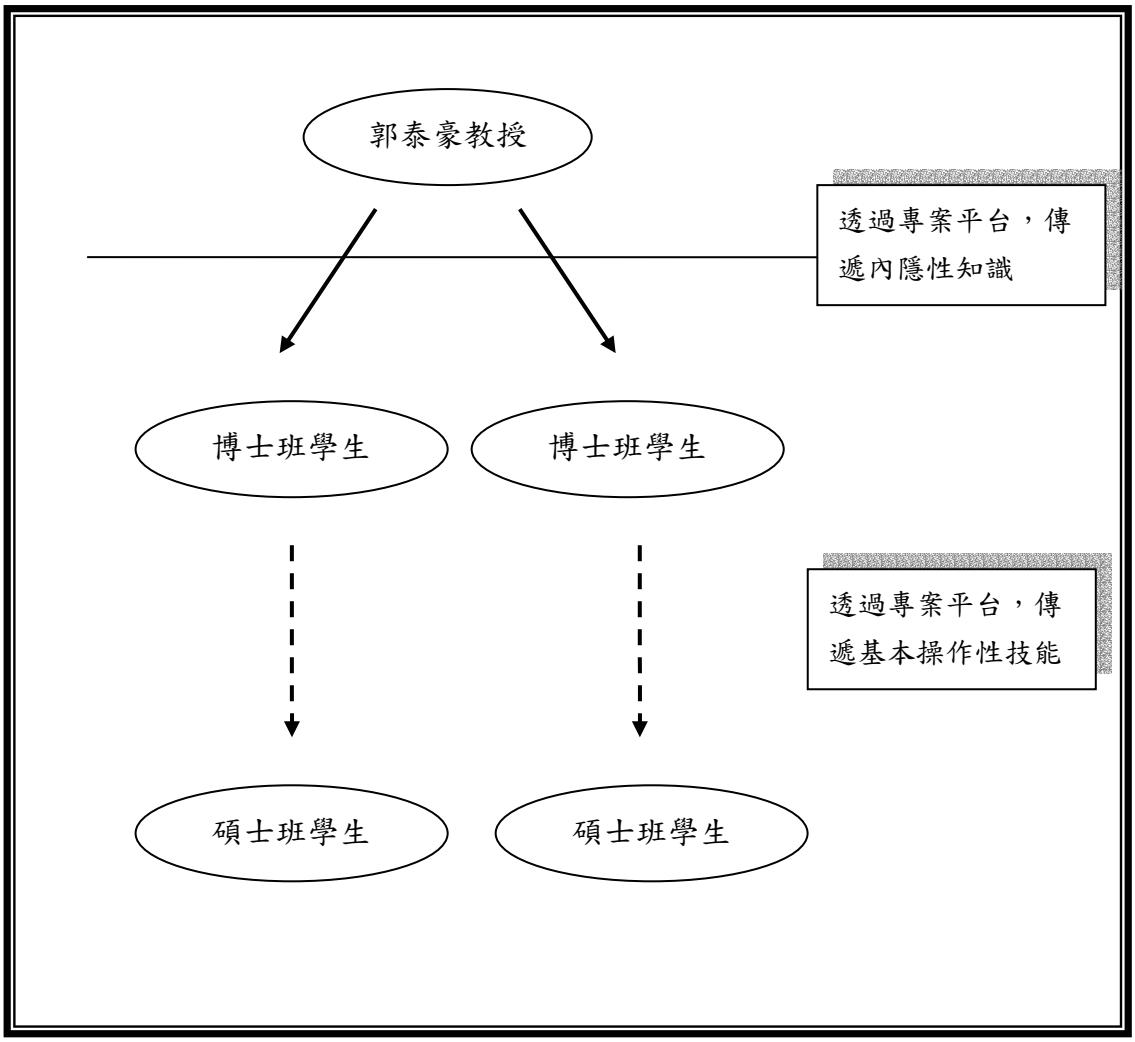

圖4-5-3 MSIC實驗室內隱知識分享圖

資料來源：本研究整理

三、創造觀念

1、郭泰豪教授的概念

MSIC 實驗室研究主題一直跟郭泰豪教授的專長有很大的關係，郭泰豪教授的專長包含很廣，有混合信號積體電路、類比/數位轉換器、數位/類比轉換器、Delta-Sigma 技術、濾波器、高精密測量儀器等，因此 MSIC 實驗室研究空間相對很大。而郭泰豪教授一直堅持在自己專長與有興趣的研究領域，即使台灣早期對於前瞻的類比 IC 尚無需求，但郭泰豪教授始終堅持自己的研究領域。

郭泰豪教授說：『我們實驗室的研究方向沒什麼改變！這個領域（類比 IC）從三十年前到現在都很熱門，以前在西方國家很熱門，在台灣沒有那麼熱門，因為台灣用不到，這樣的東西對台灣來講，太先進了。所以我剛開始來教書時，我

去找工業界合作，業界都沒有什麼興趣，他們認為這個東西，太先進了，對業界沒什麼用。不過，我還是對類比 IC 很有興趣，因為我在美國一直都是做這個的，我覺得總會有一天，有人會有興趣。』

郭泰豪教授說：『剛從美國回來，我在工業界，在工業界我覺得要做很好的類比還有一段距離，所以我覺得訓練學生的素質才是根本之道，才能作比較高深的類比。』

2、概念發想

MSIC 實驗室的整個創新概念發想是由郭泰豪教授來主導，對於需要長時間培養的類比 IC 人才，郭泰豪教授說：『學生通常沒辦法去找一個方向，因為這個很困難，不是他程度不好，而是全世界普遍性都是這個樣子。』

郭泰豪教授說：『類比層次有分很多，有些是比較簡單的，有些是範圍比較小的，我通常都給學生做比較大、學習比較困難的，如果做比較小的、比較容易進入的類比研究，學生還是可以寫論文、發表期刊論文，但是對學生以後進入社會所需的學習太少。所以我會給學生一直學習，沒有期望他寫什麼期刊論文。』

在博士班學生經過三年的學習後，有基本分析、整合的能力後，郭泰豪教授會要求博士班學生開始貢獻自己的想法，郭泰豪教授說：『之前的 idea 我幫你想，現在自己想一個 idea，要拿博士學位的人，要有一點創新，不管 idea 好不好，總是要有一點創新，所以我會給學生一些空間讓他去想，所以創造的過程也需要很多的輔導，你要告訴他說，你這個發明是很可笑的，因為你的知識不足，所以你發明一些很可笑的東西，通常輔導的差不多之後，學生就要畢業了。』

四、確認觀念

MSIC 實驗室有三種討論模式，團隊與團隊之間的討論、個人討論（personal meeting）、團體討論（group meeting）。團隊與團隊之間的討論方面，因為實驗室成員平時都待在實驗室，時間相當彈性，沒有固定的時間，隨時都可以討論。個人討論（personal meeting）方面，在早期郭泰豪教授是一個對一個討論，張學長說：『現在因為博士班帶的規模已經出來，所以 personal meeting 就是一個 team 進去一起討論。』

團體討論（group meeting）在實驗室裡本來是每個禮拜一次，現在改成兩個禮拜一次，每次有二十個學生參加，郭泰豪教授說：『實驗室人數增加，伴隨著行政作業也會增加，業務也會增加，計畫數也要增加，所以跟學生溝通的時間就會變少很多。』

郭泰豪教授說：『所以我會透過每個禮拜，叫學生寫下一個報告，說明這禮

拜在做什麼、做了哪些研究、接下來有哪些進度，然後再跟他討論。我現在比較沒有空，但這個領域很需要有人帶領他，所以現在變成比較有系統的，以group的方式來運作，讓他們有比較多時間可以互相討論。』

表4-5-7 MSIC實驗室確認觀念的方式整理表

實驗室討論種類	說明
團隊與團隊之間的討論	參與人員：團隊參與人員 時間：不固定
個人討論（personal meeting）	參與人員：郭泰豪教授、團隊人員 時間：每週一次
團體討論（group meeting）	參與人員：郭泰豪教授、全實驗室人員 時間：兩週一次
每週書面報告	參與人員：郭泰豪教授、個人 時間：每週一次

資料來源：本研究整理

五、建立原型

1、個別專案定位

MSIC 實驗室實驗室固定有國科會專題計畫、工業界合作計畫，以及教育部有關 IC 設計編寫教材跟教育改進的計畫。國科會計畫與業界合作計畫平均的數目，每年都有 2~3 件的水準。

技術移轉

郭泰豪教授說：「我們的技術在幾年前對於工業界是高深莫測的，業界認為太深奧了，我們會技術移轉是因為，剛好業界發現對這些技術是有需要的，沒有這個技術是不行的，但後來他們又覺得有沒有這個技術沒什麼關係。MSIC 實驗室之前會技轉是因為 Intel CPU 訂了一個規格，需要把 MSIC 實驗室的技術納入晶片組（chipset），這些做晶片組（chipset）的廠商都很緊張，所以他們就一直來找我，後來，他們又決定把這一個部分分離出來，所以，這些廠商又不需要了，沒有馬上的需求。」

MSIC 實驗室的技術移轉沒有很成功。郭泰豪教授：『我這個領域通常都沒有在技轉，因為技轉以後廠商需要很多時間去學習，相當困難，我有一次技轉經驗之後，就不太做這個事，對於程度比較好的公司，技轉給他的意義比較大，公

司通常比較知道需要什麼，程度比較差的公司，通常比較不知道需要什麼，會期望技轉之後，馬上什麼都會了，事實上這個不可能，程度比較好的公司能夠理解，技轉是能夠讓公司的層次往上提升一點，而不是一步登天。』

廠商對於技轉的認定跟學校的認定不太一樣，郭泰豪教授說：『廠商對技轉的認定，是實驗室要讓廠商全部都學會，可是這是不可能的。後來我比較瞭解廠商的期望之後，就採取建教合作的方式，一起做計畫，而不是技轉，因為技轉的話，廠商沒有能力接下來。至於採取建教合作的對象，很多都是我已經有學生在那邊工作，這樣的方式，比較能把知識轉移過去。』

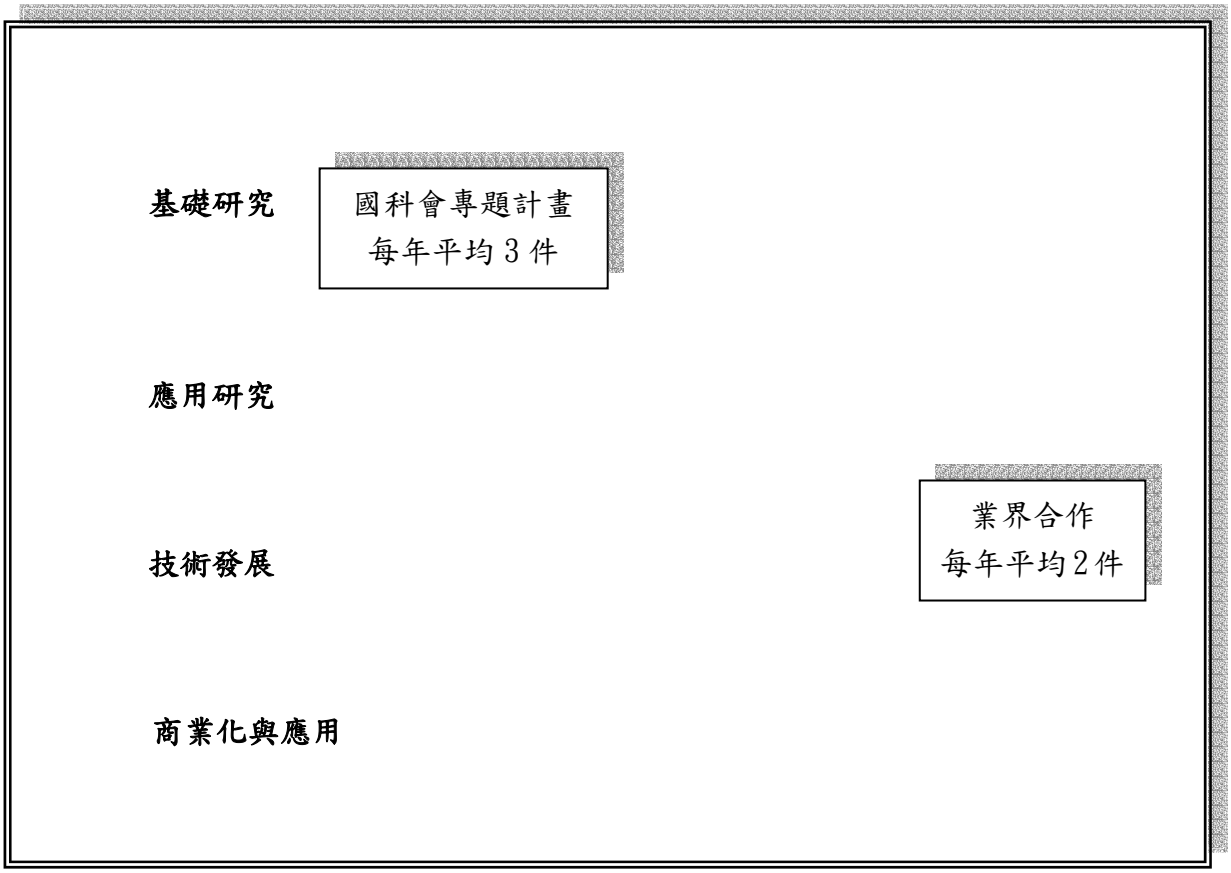

圖4-5-4 MSIC實驗室專案計畫分佈圖

資料來源：本研究整理

2、專案創造模式

在整個專案的進行，是以郭泰豪教授為中心，因為在 MSIC 實驗室中，郭泰豪教授是最有經驗的，所以郭泰豪教授設定目標之後，會交由博士班與碩士班一起去執行，張學長說：『計畫修改的機會，大概七成到七成五都是老師控制的。』有時候，如果博士班經驗不足，郭泰豪教授也會下來一起做，這當中讓學生們能夠學到更多。

博士班在專案中，擔任控制時程與學弟們的進度，很少能夠對於計畫做自主性的修改，張學長說：『除非是計畫的名稱就寫得很含糊，我們是做電路實現的，到時候可能電路有限制，會 feedback 回去，去修正規格，像是 14 個位元的解析度，降到 12 個位元的解析度，但是如果是把規格寫死的計畫名稱，就沒辦法。尤其是工業界的計畫，人家的商品，有上市時間的壓力，再怎麼樣都要完成。』

專案的運作中，博士班學生是做基礎研究，像是架構、理論或是系統的部分，電路實現部分，交給碩士班學生執行，張學長說：『因為碩士班大概到碩二開始，他們該修的課與基本的 background 都有了，所以電路實現部分由碩士班去實現，然後遇到問題時，大家再一起討論。』

六、跨層次的知識擴展

1、期刊與研討會方面

MSIC 實驗室主要的知識輸入是閱讀期刊或參加研討會，郭泰豪教授說：『我們有訂一些期刊，或是學生也可以上網去找，實驗室大部分是找美國大學的論文，因為美國還是做的比較好，歐洲、日本的話就很少。』

MSIC 實驗室會參考 IEEE 的 JSSC（Journal of Solid State Circuit）及其研討會 ISSCC（International Solid State Circuit Conference）。還有 IEEE 的 Transaction on Circuit & System 及其 society conference（ISCAS），這些是 MSIC 實驗室一定會參考的期刊與研討會。

表4-5-8 MSIC實驗室參考的期刊與研討會表

期刊	● IEEE Journal of Solid-State Circuits ● IEEE Transaction on Circuit and Systems
研討會	● IEEE International Solid-State Circuits Conference(ISSCC) ● IEEE International Symposium on Circuits and Systems(ISCAS)

資料來源：本研究整理

2、企業方面

MSIC 實驗室與企業界的合作，MSIC 實驗室以知識輸出為主，郭泰豪教授說：『倒是還很少從企業那邊獲得知識，幾乎是沒有，如果有對學術上有幫助的

就是，像國家晶片設計中心（CIC）會提供台積電的資訊給我們，對我們當然也有相當大的幫助，因為實驗室從事設計，需要製造方面的知識。』

對於與業界的合作，郭泰豪教授說：『台灣的工業界目前都還是以賺錢為目的，通常比較少想到，它有的這些人跟技術是怎麼來的，都還沒有想到要怎麼回饋他的上游，就是學校單位。所以建教合作的時候，覺得說好不容易出錢跟學校建教合作，總是要獲得些什麼，所以跟廠商建教合作很辛苦。第二的就是，建教合作時的參與人員，如果看到好的學生，會問是不是可以去他那裡上班，這個也相當困難（實驗室人被挖走）。』

所以 MSIC 實驗室建教合作會有所選擇，郭泰豪教授說：『我會找沒有那些期望的廠商，還有一種類型的廠商，就是希望這個技術是剛開始的，剛開始的這種建教合作，我們可以提供他們很多資訊跟方向，這樣可以滿足它的期望。第二個就是財力比較好的廠商，這樣也不會有不正常的期望，業者條件好就可以找到好的人才，不見得要找參與計畫的學生，這樣會比較好。』

第六節 個案整理

壹、人力資源管理

一、人力組成

表 4-6-1 個案實驗室人力組成整理表

個案	SI2 實驗室	DSP/IC 設計實驗室	LaRC 實驗室	IC 系統實驗室	MSIC 實驗室
碩博士比率	● 博士班：45% ● 碩士班：55%	● 博士班：55% ● 碩士班：45%	● 博士班：24% ● 碩士班：76%	● 博士班：20% ● 碩士班：80%	● 博士班：33% ● 碩士班：67%
人員共同背景	● 相關領域：95% ● 非相關領域：5%	● 相關領域：100% ● 非相關領域：0%	● 相關領域：95% ● 非相關領域：5%	● 相關領域：80% ● 非相關領域：20%	● 相關領域：83% ● 非相關領域：17%
博士生延續性	● 鼓勵學生繼續深造 ● 鼓勵證明個人潛力 ● 鼓勵讓個人能力延伸 ● 原實驗室：67%	● 不見得會主動鼓勵學生深造 ● 塑造研究蠻好玩氛圍 ● 適當時候傳遞鼓勵的訊息 ● 原實驗室：100%	● 相當鼓勵學生繼續深造 ● 特殊的使命感 ● 原實驗室：100%	● 提供優渥的資源來留住優秀的人才 ● 提供額外研究上的幫助 ● 原實驗室：33%	● 不主動鼓勵學生繼續深造 ● 留才活動受大環境影響 ● 強調繼續深造需要家庭支持 ● 原實驗室：86%
碩士生延續性	● 原系：55%	● 原系：100%	● 原系：62%	● 原系：33%	● 原系：75%

個案	SI2 實驗室	DSP/IC 設計實驗室	LaRC 實驗室	IC 系統實驗室	MSIC 實驗室
其他	● 根據專案規劃 ● 注重學生內在動機 ● 站在鼓勵學生的立場	● 根據專題複雜度規劃 ● 選擇對研究有有濃厚興趣的學生 ● 強調積極、主動的程度 ● 與陳良基教授面談 ● 與實驗室成員面談	● 沒有一個很有系統的作法 ● 根據計畫負荷量考量 ● 考進清大電機研究所都收 ● 基於教育的理念，通常是不會拒絕	● 透過專案定位決定人力規劃方向 ● 強調實驗室橫向縱向連結 ● 對研究主題有興趣、新事物有足夠的適應能力 ● 參考過去學習紀錄 ● 認為每個人都可以培養的	● 注重傳承 ● 電機領域為主 ● 有教無類、先來先收 ● 必須是全職學生

資料來源：本研究整理

二、教育訓練

表4-6-2 個案實驗室教育訓練整理表

個案	SI2 實驗室	DSP/IC 設計實驗室	LaRC 實驗室	IC 系統實驗室	MSIC 實驗室
內部課程	● IC 設計的基礎課程 ● 課後作業	● IC 設計 ● 核心知識 ● 報告與寫作技巧 ● 實驗室規範	● IC 設計跟測試輔助軟體 ● 程式語言與作業系統 ● 寫論文、做研究基本的方法	● IC 設計流程 ● 程式設計 ● 實驗室設備講解	● 工作站的使用 ● 軟體使用
外部課程	● 國家晶片中心（CIC）暑期課程	● Invited Talk	● 國家晶片中心（CIC）暑期課程	● 國家晶片中心（CIC）暑期課程	
內部講師	● 博士班學長	● 博士班學長	● 博士班學長	● 博士班學長	● 碩二學長
期間	● 暑假、寒假	● 暑假	● 暑假	● 暑假	● 暑假

資料來源：本研究整理

三、組織設計

表4-6-3 個案實驗室組織設計整理表

個案	SI2 實驗室	DSP/IC 設計實驗室	LaRC 實驗室	IC 系統實驗室	MSIC 實驗室
組織設計	● 依技術領域分組 ● 實驗室自治管理	● 依技術領域分組 ● 階層式管理 ● 實驗室班自治管理	● 共同實驗室 ● 依技術領域分組 ● 實驗室自治管理	● 依技術領域分組 ● 實驗室自治管理	● 依技術領域分組 ● 管理架構與行政分工嚴謹
研究團隊	● 4 個研究團隊 ● 常有跨團隊合作	● 7 個研究團隊 ● 常有跨團隊合作	● 5 個研究團隊 ● 常有跨團隊合作	● 6 個研究團隊 ● 常有跨團隊合作	● 4 個研究團隊 ● 常有跨團隊合作

資料來源：本研究整理

四、工作設計

表4-6-4 個案實驗室工作設計整理表

個案	SI2 實驗室	DSP/IC 設計實驗室	LaRC 實驗室	IC 系統實驗室	MSIC 實驗室
工作設計	● 學術研究必須按照學生本身的興趣	● 能夠吃苦耐勞、全力以赴	● 學生做的東西要有意義	● 強調有實質貢獻（專利）	● 考慮學生畢業後的出路 ● 投最好的期刊
工作設計：博士班	● 獨立研究的能力 ● 帶領研究團隊 ● 出國去發表研究 ● 撰寫計畫書	● 研究上的創新度 ● 團隊的整合能力 ● 精鍊研究的能力	● 獨立研究的能力：定義重要問題 ● 帶領專案團隊 ● 撰寫計畫書 ● 開大學部的課	● 待在實驗室的時間多一點 ● 盡量寫論文 ● 多參加外面的比賽 ● 專利產出	● 全方位訓練 ● 強調的是態度跟習慣的培養 ● 整理、組織研究的能力 ● 語文能力 ● 要有創新的想法
工作設計：碩士班	● 課程學習 ● 搭配博士班研究	● IC 設計技巧的熟練度	● 能夠獨當一面的解決問題 ● 顯現研究的能力：口頭報告與寫出論文	● 畢業前發表一篇論文或是一篇專利	● 考慮學生畢業後的出路

資料來源：本研究整理

五、內部氣氛

表 4-6-5 個案實驗室內部氣氛整理表

個案	SI2 實驗室	DSP/IC 設計實驗室	LaRC 實驗室	IC 系統實驗室	MSIC 實驗室
內部氣氛	● 強調給學生自由研究空間 ● 提供充分研究資源 ● 自由研究空間 ● 研究團隊彼此的合作默契十足	● 恩威並施 ● 固定團體出遊活動 ● 實驗室塑造成學生們生活上的空間 ● 鼓勵分享的觀念	● 盡量花時間跟學生在一起 ● 一起去打壘球 ● 每個學期初的激勵喊話 ● 關心學生，讓學生自動自發 ● 開放的氣氛	● 滿足學生研究資源 ● 設立一個英雄榜 ● 頻繁的互動氣氛	● 建構未來生活的夢想與期待 ● 研究上的自由度 ● 給予口頭激勵與鼓舞 ● 內部管制較多，類似企業的制度

資料來源：本研究整理

貳、知識創造

一、知識庫

表 4-6-6 個案實驗室知識庫整理表

個案	SI2 實驗室	DSP/IC 設計實驗室	LaRC 實驗室	IC 系統實驗室	MSIC 實驗室
共同課程	● 必修課程	● 必修課程 ● 建議課程	● 必修課程 ● 建議課程	● 必修課程	● 必修課程 ● 應修課程 ● 可修課程
技術文件管理	● 有計畫管理技術文件	● 擁有豐富的實驗室寶典	● 有計畫管理技術文件	● 個別管理技術文件	● 有計畫管理技術文件

資料來源：本研究整理

二、分享內隱知識

表 4-6-7 個案實驗室分享內隱知識整理表

個案	SI2 實驗室	DSP/IC 設計實驗室	LaRC 實驗室	IC 系統實驗室	MSIC 實驗室
內影知識源頭	● 李鎮宜教授 ● 博士班後研究員 ● 博士班學長	● 陳良基教授 ● 博士班學長	● 吳誠文教授 ● 博士班學長	● 王駿發教授 ● 博士班後研究員 ● 博士班學長	● 郭泰豪教授
分享方式	● 垂直架構分享 ● 透過專案平台 ● 親身的參與執行 ● 問題的討論	● 階層式分享 ● 透過專案平台 ● 實驗室寶典的分享 ● 模糊研究群組界線彼此相互學習	● 透過專案平台 ● 透過長時間的生活相處 ● 共同實驗室	● 透過專案平台 ● 研究前的事前講解 ● 參考過去技術文件 ● 積極的討論，碩士班勇於發問	● 透過專案平台 ● 長時間的討論 ● 透過直接指導學習：知識的吸收、知識應用、知識的融會貫通

資料來源：本研究整理

三、創造觀念

表 4-6-8 個案實驗室創造觀念整理表

個案	SI2 實驗室	DSP/IC 設計實驗室	LaRC 實驗室	IC 系統實驗室	MSIC 實驗室
領導人的概念	● 無線通訊方面的研究 ● 以系統開發的觀點，透過長期累積的 IC 設計能力，進行特定領域進行研究	● for 未來的 Intelligent Video Processing ● 前瞻的發展性	● 解決實際問題 ● 定義有意義問題 ● 作有影響力的研究	● 著重於 speech audio 方面 ● 考量國際趨勢、國內的需要，以及本身的研究領域 ● 前瞻創意 ● 對人類有貢獻、未來生活影響	● 高速網路、無線通訊及多媒體等應用之混和信號積體電路設計 ● 堅持在自己專長與有興趣的研究領域
概念發想	● 系統開發的概念 ● 專案間的團隊整合 ● 目標導向的計畫為主 ● 與國際頂尖研究同步	● 國際上趨勢 ● 未來研究主流 ● 陳良基教授的經驗	● 透過跟廠商合作修正研究方向	● 參考跨領域知識 ● 參考專業與一般性知識 ● 流行的相關明星產業 ● 數位內容加值 ● 實驗室成員共同討論	● 堅持在自己專長與有興趣的研究領域 ● 選擇較困難的類比研究

資料來源：本研究整理

四、確認觀念

表 4-6-9 個案實驗室確認觀念整理表

個案	SI2 實驗室	DSP/IC 設計實驗室	LaRC 實驗室	IC 系統實驗室	MSIC 實驗室
確認觀念層次	● 小型專案討論 ● 大型專案與產學合作討論 ● 團體討論 ● 半年研究審查	● 個別討論 ● 團體討論（IC 設計的架構） ● 團體討論（演算法）	● 專案私下討論 ● 專案討論 ● 全實驗室討論 ● 跨實驗室研究計畫	● 小組討論 ● 團體討論 ● 跨實驗室討論：多媒體人機通訊實驗室	● 團隊與團隊之間的討論 ● 個人討論 ● 團體討論 ● 每週書面報告

資料來源：本研究整理

五、建立原型

表 4-6-10 個案實驗室建立原型整理表

個案	SI2 實驗室	DSP/IC 設計實驗室	LaRC 實驗室	IC 系統實驗室	MSIC 實驗室
專案分佈統計（每年）	● 國科會專題計畫平均 4 件 ● 經濟部學界科專 3 年計畫 ● 業界合作平均 2 件	● 國科會專題計畫平均 4 件 ● 技術移轉 91 年度 4 件	● 國科會專題計畫平均 4 件 ● 經濟部學界科專 3 年計畫 ● 業界合作平均 2 件	● 國科會專題計畫平均 4 件 ● 經濟部學界科專 3 年計畫（最後審查） ● 業界合作平均 3 件	● 國科會專題計畫平均 3 件 ● 業界合作每年平均 2 件
專案創造模式	● 李鎮宜教授跟博士班學生私底下討論 ● 李鎮宜教授與博士班學生共同監督與整合計畫 ● 團隊彼此溝通系統介面 ● 博士班學生負責關鍵技術 ● 碩士班學生負責驗證與模擬，並回饋結果 ● 博碩士班學生共同解決問題	● 博士班學生先有計畫想法，再去跟教授討論 ● 各團隊創造方式不同（博士班獨力完成或團隊共同討論） ● 教授修正計畫 ● 碩士班參與發想、執行	● 吳誠文教授主導整體計畫的雛形 ● 博士班學生執行、控制 ● 資深的博士班可介入定義問題 ● 碩士班參與計畫執行 ● 大型計畫：同步開發	● 博士班學生發想 ● 透過計畫定位，選擇執行層面 ● 王駿發教授給予意見 ● 實驗室參與討論與表決 ● 碩士班參與討論與執行	● 郭泰豪教授來主導 ● 郭泰豪教授設定目標 ● 博士班控制時程與進度 ● 博士班學生做基礎研究，像是架構、理論或系統 ● 碩士班學生負責執行

資料來源：本研究整理

六、跨層次的知識擴展

表 4-6-11 個案實驗室跨層次的知識擴展整理表

個案	SI2 實驗室	DSP/IC 設計實驗室	LaRC 實驗室	IC 系統實驗室	MSIC 實驗室
期刊與研討會方面	期刊： ● 定期透過 IEL 搜尋 研討會： ● 經常參與國際研討會 ● ISSCC 都會派人去蒐集相關資訊	期刊： ● 透過 IEL 搜尋 ● 陳良基教授擔任國際期刊審查 研討會： ● 根據會議的主題跟講者，教授建議學生參與	期刊： ● 定期透過 IEL 搜尋 ● 吳誠文教授擔任國際期刊審查 研討會： ● 針對固定研討會搜尋 ● 研討會資料，有人去的話，就會拿資料回來 ● 吳誠文教授經常主持與舉辦研討會	期刊： ● 學生主動搜尋研究近況 研討會： ● 教授提供成員相關訊息	期刊： ● 訂閱期刊 ● 透過 IEL 搜尋，以美國為主 研討會： ● 針對固定研討會搜尋
學校方面	● 學界科專計畫，有一個整合性研究團隊 ● 校內助教任務，擴散與磨練 IC 設計能力	● 早期曾參考類似實驗室的經營	● 系所內與校內有固定合作團隊	● 與成大資工系老師有固定合作關係	
畢業學長姐方面	● 直接參與專案計畫 ● 邀請學長討論畢業論文	● 不定期的邀請演講 ● 分享產業經驗 ● 給予實驗室設計流程技術建議	● 每學期見一次面 ● 邀請教授去演講 ● 偶而回實驗室參加討論	● 一起合作計畫：友立資訊畢業學長	

個案	SI2 實驗室	DSP/IC 設計實驗室	LaRC 實驗室	IC 系統實驗室	MSIC 實驗室
企業方面	● 傾向技術移轉 ● 交流不同的研究方法 ● 有長期合作對象：矽成積體電路	● 技術移轉為主 ● 移轉研發雛形與經驗 ● 累積業界回饋問題，發展新研究主題 ● 到業界實驗室學習經驗	● 合作開發為主 ● 業界派人全程參與討論 ● 業界提供實際問題，給予實驗室修正研究方向	● 合作開發為主 ● 有長期合作對象：友立資訊 ● 累積產業資訊	● 傾向技術移轉 ● 以知識輸出為主
國外合作方面	● 加拿大多倫多大學電機系：交換學生	● 北卡電機系 ● 比利時 IMAC ● 德國漢諾威大學	● 邀請國外學者訪問	● 派人到美國的實驗室交流 ● 正在申請國科會的國際合作	
學術論壇方面			● 創立 VTTF		

資料來源：本研究整理