

作研究靠熱情

張耀文—悠遊於 EDA

圖：張耀文 編輯採訪：王靖丰 整理：吳泰成

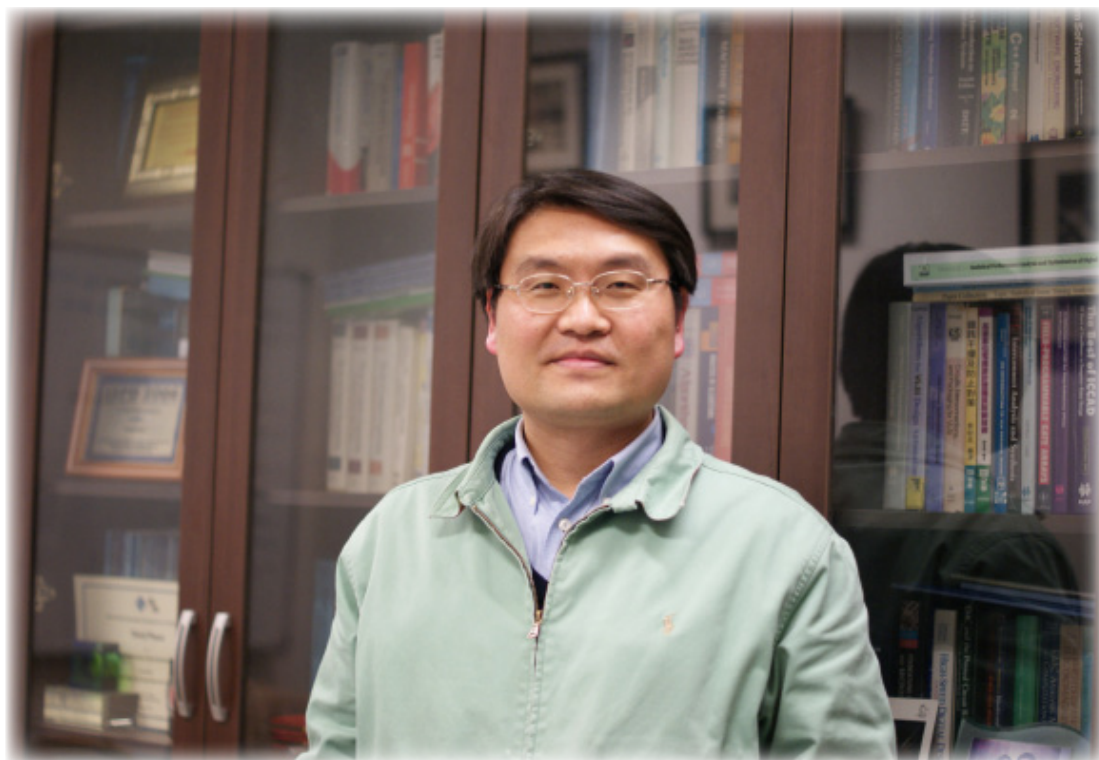


圖 1:100. 3. 4 攝於台灣大學張耀文教授研究室

「獲獎」不完

張耀文教授目前任職於臺灣大學，擔任電子工程學研究所所長，在電子設計自動化 (Electronic Design Automation, EDA) 領域表現輝煌，享譽國際，國內外獲獎不斷，讓臺灣在 EDA 領域受到國際高度肯定。根據 2010 年 12 月至 2011 年 2 月 Microsoft Academic Search 資料庫顯示，張教授為 Hardware & Architecture 領域近五年論文引用數全球第一名的學者 (此領域全球超過 40000 名研究者)。其研究成果近五年來已六次獲得國際半導體產業最重要的 EE Times 報導，其曾獲國內外六次最佳會議論文獎 (最近為 2010 年 28th IEEE ICCD)，連續於近五年為國際最頂尖 EDA 論文 (DAC

和 ICCAD 國際會議和 IEEE TCAD 期刊) 發表數和最佳論文提名數最多的學者 (期間獲 DAC 和 ICCAD 七次最佳論文提名)，全球唯一四次獲獎於 ACM ISPD 積體電路實體設計研發競賽 (2006, 2008, 2009, 2010)，獲 2007 IEEE/ACM ICCAD Prof. Margarida Jacome Memorial Award，指導學生獲得 2007 ACM/SIGDA CADathlon at ICCAD 競賽 (EDA 奧林匹亞競賽) 全球第一名，為非美國的團隊首次奪冠。其曾獲 2004 年旺宏電子青年教授講座、2004 年國科會吳大猷先生紀念獎、2005 和 2006 年獲國科會「研究計劃第一級主持費」、2008 和 2011 年獲國科會頒發「傑出研究獎」、2009 年獲電機工程學會「傑出電機工程教授獎」、2010 IBM Faculty Award，年年皆獲臺灣大學和交通大學教

學優良獎 (八次；多次獲全系評比第一名)、囊括所有 VLSI Design/CAD Symp. EDA 四次最佳論文獎、每年皆獲思源科技教育基金會 DAC 和 ICCAD 論文獎 (2003-2010)、二十餘項博、碩士論文指導獎、為教育部「大學校院積體電路電腦輔助設計軟體製作競賽」獲得最高及最多榮譽的指導教師等等。

張教授表示臺灣在 EDA 領域論文的質與量都僅次於美國，欲打開國際知名度最快的途徑就是透過學術競賽和最頂尖國際會議論文發表，而能獲獎無數，這是產官學共同努力的成果。像是與產業界的密切互動與其研發經費的贊助，國科會和教育部的經費補助與活動推廣，這都是臺灣能在國際嶄露頭角的原因。國內 EDA 領域論文量自 2007 年起每年都是世界第二，僅次於美國。相關研究論文近年的主要目標已經從過去重視量的多寡，逐漸轉變為質量皆重。張教授表示下階段目標，首在於研發的影響力與深度，包括論文的正面引用數和業界的採用度，甚至新創公司的成立等。

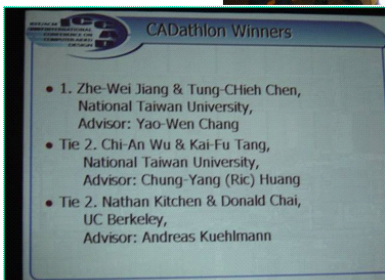


圖 2 指導學生獲 2007 ACM/SIGDA CADathlon at ICCAD 競賽，獲得全球第一名。
(上圖：頒獎後與 ICCAD Chairs 合照；
下圖：得獎名單)

「服務」不停

張耀文教授為今年第 20 屆 ACM ISPD (International Symposium on Physical Design) 會議主席，是第一位擔任此實體設計最頂尖

專門會議的非美籍主席，也是頂尖期刊 IEEE Transactions on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems (TCAD) 第一位臺籍的編輯委員 (2008 年起迄今)。目前並擔任頂尖國際會議 IEEE/ACM ICCAD 執行委員 (Executive Committee) (2008—2010)、IEEE/ACM ASP-DAC 議程主席 (2012)、ACM/SIGDA 實體設計技術委員 (2005 年起迄今，美國本土外唯一委員)、IEEE CEDA 會議委員 (2010 年起迄今)，並曾擔任所有 EDA 重要的國際會議議程委員，對提昇臺灣在 EDA 領域的知名度與影響力，貢獻良多。張教授現任「智



圖 3 根據 2010 年 12 月至 2011 年 2 月 Microsoft Academic Search 資料庫顯示，張教授為 Hardware & Architecture 領域近五年論文引用數全球第一名的學者



圖 4 EE Times citations (2/23/1999, 4/15/2008, 4/22/2008, 4/7/2009, 4/2/2010, 4/13/2011) “how the Taiwanese teams beat both the US and Europeans in the ISPD Global Routing Contest...” (EE Times, 4/15/2008)

慧電子國家型計畫計劃」前瞻電子與人才培育分項召集人，並曾擔任教育部「超大型積體電路與系統人才培育先導型教育改進計劃」電子設計自動化與測試 (EDA/DAT) 聯盟召集人 (2005--2008 年)，受命承辦首兩屆教育部「大學校院積體電路電腦輔助設計軟體製作競賽」(2000 和 2001 年)，並曾擔任多家積體電路設計公司獨立董事和技術顧問，對國內高階人才的培育和產業技術的提昇，不遺餘力。



圖 5 ACM ISPD Placement (第三名), Global Routing (第二名), Clock Network Synthesis (第一名/top performers), High-Performance Clock Network Synthesis (第三名) 競賽獎牌 / 狀

研究領域

張教授主要的研究領域為積體電路的设计自動化 (design automation)。在奈米的積體電路製程技術下，IC 設計在各階段皆面臨許多嶄新的挑戰。尤其實體設計 (physical design) 階段乃決定電路元件及其連線的實際位置，此受製程技術的影響甚鉅，因此產生極多的研究問題亟待解決。張教授團隊近年研究幾乎涵蓋實體設計所有的相關問題，從前段邏輯與實體合成 (logic and physical synthesis) 至後段可製造性設計 (design for manufacturing)，從數位電路

至類比電路 (analog circuit)，從二維至三維積體電路 (3D IC)，從系統晶片至生物晶片 (biochip)，從晶片設計至系統封裝 (beyond die design)，皆可見其影響深遠的研究著作。尤其在晶片實體設計的主要步驟，如平面規劃 (floorplanning)、擺置 (placement)、細部繞線 (detailed routing) 及時鐘樹合成 (clock network synthesis)，和類比電路、三維積體電路與生物晶片的擺置等問題，皆獲致文獻上最佳的結果；而在奈米製程可行性 (manufacturability) 與可靠度 (reliability) 設計、可重組化系統 (reconfigurable system) 的實體設計和低功率 (low power) 及電源完整性 (power integrity) 設計，亦有多項研究成果獲致文獻上最佳的結果。在這些領域中，張教授已發表超過 180 篇 ACM/IEEE 的會議和期刊論文，其中超過百篇為最頂尖的 DAC、ICCAD 和 IEEE TCAD 論文，B*-tree 和 TCG 平面規劃表示法和 FPGA 的 Universal Switch Block (USB) 等論文 Google Scholar 論文引用數皆超過 150 次，同時與國內外十餘家業界有密切的產學合作，使其研發成果得以快速地為業界所用。茲摘述其研究成果如下：

1. 積體電路平面規劃 (Floorplanning): 提出系列的平面規劃表示法，包括 B*-tree、TCG、TCG-S 和 CS 四種表示法，皆發表於最頂尖的國際期刊及會議。這些表示法已成為平面規劃研究必參考的方法；以 B*-tree 為例，雖僅發表約十年 (DAC-2000)，目前 Google Scholar 的 citation 數已超過 300 篇 (近年引用 B*-tree 比率皆超過平面規劃論文的 70%)。B*-tree 和 TCG 表示法已被公認為目前最常用的三個平面規劃表示法，而 B*-tree 更被公評為最佳的 packing 法。國內教育部主辦的 CAD 競賽至今共有三次與平面規劃相關，此三次第一名的作品皆採用 B*-tree。近年文獻上關於平面規劃的應用研究所獲得的最佳結果，幾乎皆以 B*-tree 為其核心技術。

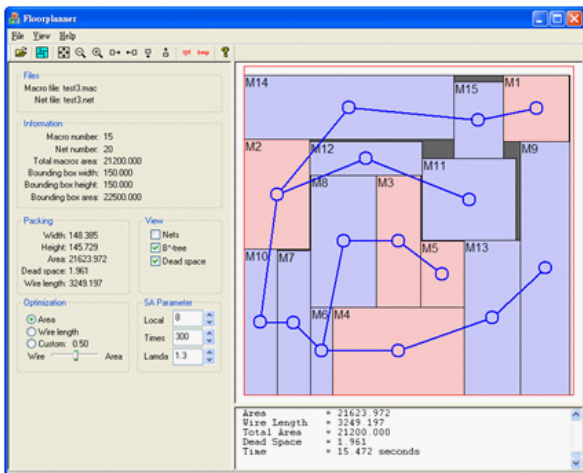


圖 6 B*-tree floorplanner (學生陳東傑實作)

2. 積體電路擺置 (Placement): 獲獎於 2006 年 ACM ISPD Placement 競賽，NTUplace3 擺置器為文獻上最佳的擺置器，對臺灣在此領域的能見度及地位，有極大的裨益。最近張教授團隊並利用 NTUplace3 為核心技術，處理 3D IC、混合尺寸模組 (mixed-size design)、routability、spare cell、power integrity 的擺置問題，所得成果皆為當今文獻中的最佳結果。optional NTUplace3 的技術已轉移給產業界。在今年的 DAC 最佳論文獎提名論文，張教授團隊將提出嶄新的平均加權連線長度模型 (the weighted average wirelength model)，為十餘年來文獻上首次可以同時在理論和實務面勝過新思科技 (Synopsys) 長期主宰電路擺置的 log-sum-exp 連線長度模型。

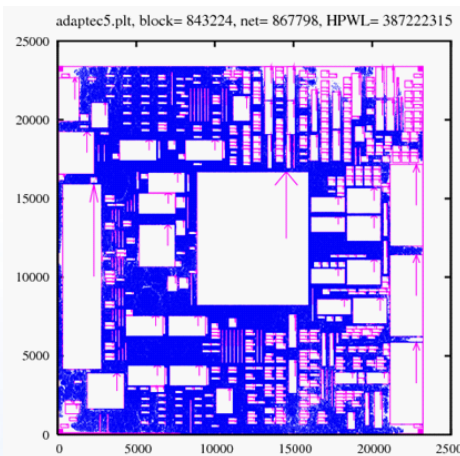


圖 7 NTUplace3 placer (學生陳東傑、江哲維、許天彰、陳信成實作)

3. 繞線 (Routing): 繞線主要分為全域繞線 (global routing) 和細部繞線 (detailed routing) 兩大類。細部繞線器主要分為兩大類：有格線式繞線器 (grid-based router) 與

無格線式繞線器 (gridless router)，目前文獻上具有最高可繞度的此兩類繞線器皆為張教授團隊的研發作品，亦因此獲得 DAC 和 ICCAD 多項最佳論文獎或提名。全域繞線 (global routing) 研究成果 NTUgr 與清華大學王廷基教授團隊的 NTHU-route 同時獲獎於 2008 ACM ISPD Global Routing 研發競賽，EE Times citation: “how the Taiwanese beat both the US and Europeans in the ISPD Global Routing Contest”。

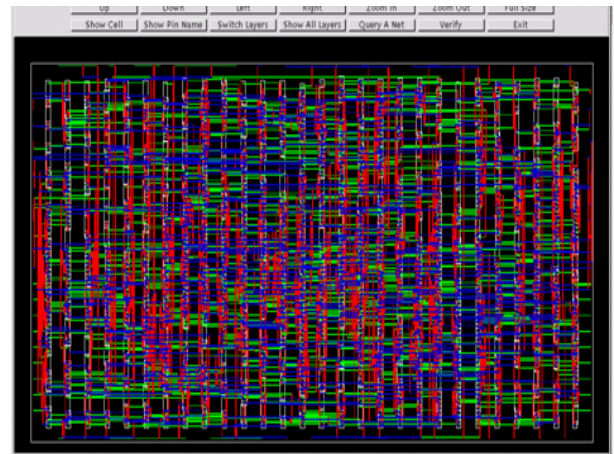


圖 8 細部繞線器 (學生陳泰秦、何宗易等實作)

4. 時鐘網路合成 (Clock Network Synthesis, CNS): NTUclock 獲獎於 2009 和 2010 ACM ISPD CNS 研發競賽。該大會議程主席 Prashant Saxena 博士公開以「The center of gravity of physical design is moving to Taiwan!」一席話，對近年來臺灣積體電路實體設計的研發成果表示推崇。NTUclock 透過對稱結構的建立，合成後的時鐘網路可以得到極小的時脈同步誤差 (clock skew)，同時免除模擬所需的巨大時間，並有效對抗製程或環境的變異，此對稱結構適時提供極大型時鐘網路合成的絕佳選擇。

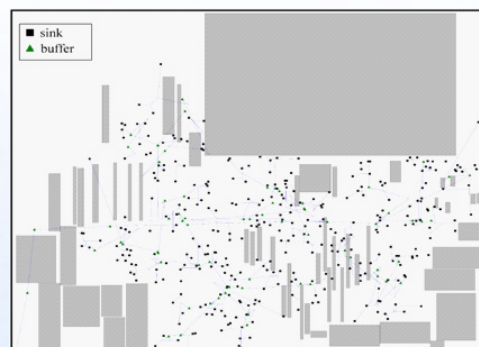


圖 9 時鐘網路合成 (學生施信璋、李緒頡、鄭仲鈞、何元凱和何冠賢實作)

5. 製程可行性與可靠度設計 (Design for Manufacturability and Reliability): 在奈米製程的時代，製程可行性與可靠度為積體電路設計與製造的重要考量。張教授團隊近年在製程天線效應 (antenna effect)、導通孔開路缺陷 (via-open defect)、化學機械研磨 (chemical mechanical polishing, CMP)、光學鄰近修正 (optical proximity correction, OPC) 和雙圖樣曝光 (DPT, double patterning technology) 等五個主要的問題的重要且有重要且先導的突破。CMP、OPC 和 DPT 的研究成果皆曾獲頂尖會議的最佳論文獎或提名。

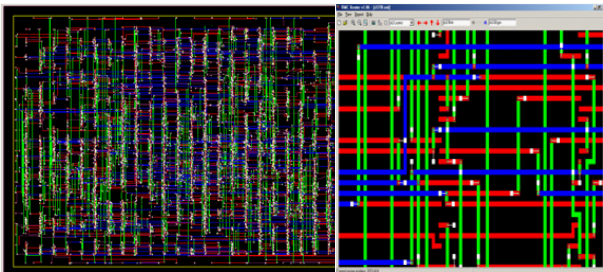


圖 10 Redundant via insertion
(學生陳皇宇、蔣梅芳實作)

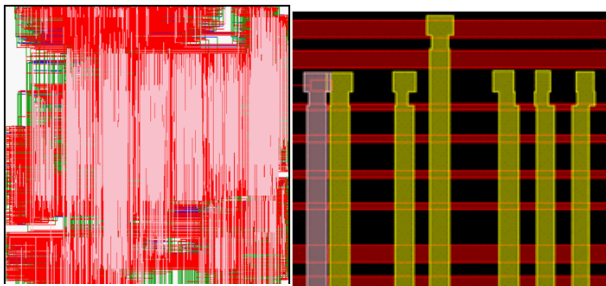


圖 11 OPC 修正 (學生陳泰蓁、廖光萬實作)

6. 晶片、構裝和印刷電路版共同設計 (Chip, Package, and Board Co-Design): 開發適用於多種 flip-chip 結構的完整系列繞線器，同時考量與晶片和印刷電路版的共同設計，達到整體系統設計的最佳化。

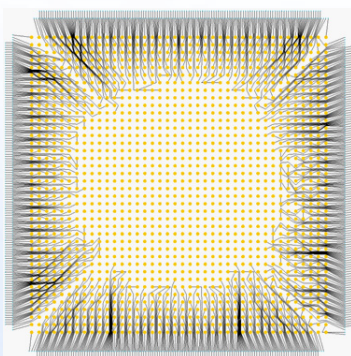


圖 12: Flip-chip router
(學生方家偉、林忠緯、李緒韻、李柏緯實作)

另其在類比電路設計自動化 (Analog Circuit Design Automation)、低功率設計方法 (Low Power Design Methodology)、後矽工程變更 (Engineering Change Order, ECO)、FPGA 和生物晶片設計自動化皆有很多優質的研究成果。

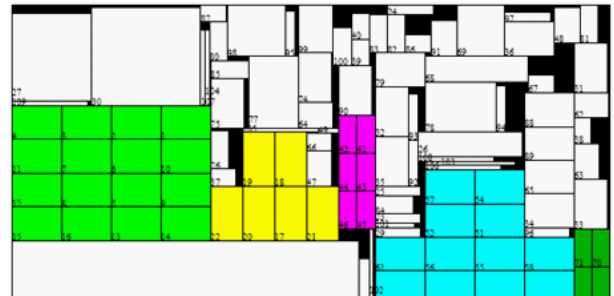


圖 13: 類比電路擺置
(學生林柏宏、林家民等實作)

上列研究主題於近五年分別與思源科技、美商新思科技、台積電、IBM、Intel、聯發科技、瑞昱半導體、聯華電子、廣達電腦、鈺創科技、智原科技和工研院等單位從事近二十件產學合作和技術移轉案。對產業技術的提昇，貢獻卓著。張教授尤其強調雙贏策略 (win-win scenario) 在塑造成功產學合作模式的重要性

給年輕學者、工程師和學生的建議

研究與工作五步曲

1. 態度 (Attitude)

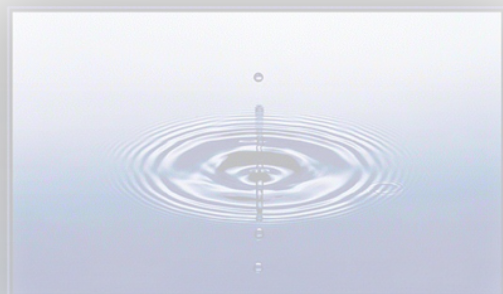


圖 14: 張教授實驗室的一張海報

張教授表示這張自美國攜回的海報掛在研究室砥礪學生已經十餘年了。邱吉爾 (Winston Churchill) 所言：「態度是小事，但能造成很大差異」(“Attitude is a little thing that makes a big difference”)。培養良好的態度，在各自的崗位上，懷著熱情 (passion)，勇於做夢 (dreaming)，積極求進，當能得到好的結果。訪談中張教授也引用希臘哲學家亞里斯多德 (Aristotle) 的話來勉勵年輕學者、工程師和學生：「Excellence is an art won by training and habituation... Excellence, then, is not an act but a habit.」。張教授深切認同卓越是經由訓練與習慣化得來的，而非特意的行為表現，而正確的態度便是形塑慣性的關鍵。

2. 勇敢做夢 (Dreaming/Goal Setting)

張教授表示進入 EDA 領域前也曾經面臨掙扎，畢竟這不是研究所以前曾接觸過的領域，而且對資工背景的他，通常有些許畏電情結。對於當初的投入笑稱，並不是「一見鍾情」，而是屬於「日久生情」，慢慢的摩擦生熱、激盪出火花，進而樂在其中。張教授表示對於學術研究要有熱情，並且設定目標、敢於做夢、努力圓夢，才能超越自我。他舉了幾個勇於做夢的例子說明，首先為於英國星光大道爆紅的蘇珊大嬸 (Susan Boyle)，在其演唱前，主持人問及她的夢想，她答道想成為 Elaine Paige (英國知名演唱家與演員，曾為 Cats 劇主角，演唱膾炙人口的 Memory 一曲) 般的演唱家。因其一介村姑大嬸裝扮，評審和觀眾莫不心中竊

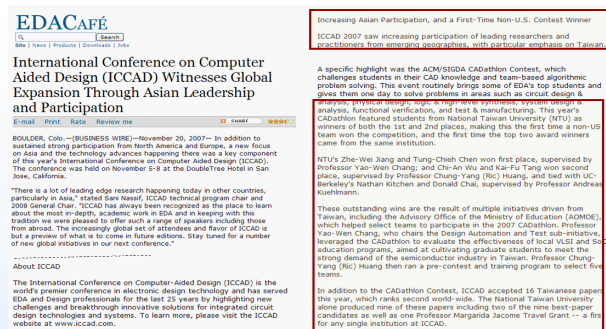


圖 15：國際媒體對 2007 年 ICCAD 會議的報導中，特別提及臺灣、臺灣大學和張教授團隊的傑出表現

笑。然其以悅耳的聲音，高歌「悲慘世界」(Les Misérables) 中 I Dreamed a Dream 一曲，獲得熱烈迴響，而成為舉世知名人物。其次，張教授亦以美國黑人民權領袖金恩博士 (Martin Luther King, Jr.) 1963 年於華府的石破天驚演說「我有一個夢」(I Have a Dream) 追求平權，及至歐巴馬 (Barack Obama) 於 2008 年當選第一位美國黑人總統為例，說明敢於做夢、事在人為的真諦。國內學術領域亦不乏美夢成真的實例，除 IC 設計領域眾所周知的 ISSCC 國際會議成功實例外，2005 年張教授初任教育部顧問室「超大型積體電路與系統設計教育改進計畫」EDA 聯盟召集人時，提出「三年內 DAC 和 ICCAD 論文倍增計畫」，舉辦研討會策略性鼓勵台灣各研究團隊向 EDA 領域的兩個頂尖國際會議進軍，並尋求業界支援贊助，結果成效驚人。國內 DAC 和 ICCAD 論文由之前的寥寥無幾，2007 年後臺灣於此二個頂尖會議論文發表量分別飆升達到二位數，穩居全球第二位，僅次於美國；而臺灣大學更於 2007 年後迄今每年皆位居全球各單位之首，舉世矚目 (參見圖說國際媒體對 2007 年 ICCAD 會議的報導中特別提及臺灣、臺灣大學和張教授團隊的傑出表現)。

	2002 (147*)	2003 (152)	2004 (163)	2005 (154)	2006 (201)	2007 (153)	2008 (147)	2009 (148)	2010 (148)
1st	USA (103)	USA (116)	USA (120)	USA (114)	USA (125)	USA (98)	USA (94)	USA (80)	USA (84)
2nd	Korea (7)	Canada (7)	Korea (6)	Canada (10)	Taiwan (8)	Taiwan (12)	Taiwan (12)	Taiwan (15)	Taiwan (15)
3rd	Y (6)	Italy (5)	Germany (5)	Germany (5)	China (5)	Canada (8)	Germany (8)	China (10)	China (7)
4th	Belgium (5)					China (7)	China (6)	Germany (9)	Germany (6)
5th	Switzerland (4)	Korea (4)	Germany (4)	Japan (4)	Taiwan (4)	France (4)	Canada (5)	Korea (4)	Canada (4)
6th	Canada (3)	Israel (3)	India (3)	Taiwan (3)	Japan (3)		Netherlands (4)	Singapore (4)	Singapore (3)
7th	France (3)						Israel (3)	Korea (3)	Switzerland (2)

of papers; Consider 1st authors only

* 2002, 2003: Taiwan (1 paper)
+ NTU was #1 worldwide in 2008 (7) and 2009 (8)

圖 16：頂尖會議 DAC 論文統計，臺灣現已穩居全球第二位，僅次於美國

3. 決心 (Determination)

張教授引用已故的 Randy Pausch 教授所言：「磚牆之所以擋住我們的去路，是因

為我們的企圖心不夠而無法跨越它」(“The brick walls are there to stop the people who don’t want it badly enough.” in The Last Lecture)，和我們進軍 DAC、ICCAD 和 ISSCC 等頂尖國際會議的實例，鼓勵年輕學者和學生設定目標，並且發揮決心達成目標。張教授並用過來人的角度建議新進教授，作研究可先求領域專精與深度，在該領域建立信譽後再求研究的廣度。

4. 享受努力後的成果 (Enjoyment)

張教授特別強調與團隊共同享受努力後，所獲致成果的喜悅，藉此激勵士氣，以產生的正向循環功效，同時並稍作休息，以蓄積能量，作為後續之用。

5. 感恩 (Appreciation)

我們要心懷感恩，感謝研究團隊與學生的努力不懈，感謝學校、國科會和產業界所提供的優越研究環境和前輩的鼓勵與提攜。尤其在微電子領域，有多位非常有遠見且無私的前輩所建構的絕佳產學研究發展環境，使得國內能與國際最頂尖的研究並駕齊驅，甚至有所超越。我們更要感謝家人的體諒與協助，使我們能專心悠遊於學術研究，而無後顧之憂。

教學為研究基礎

對於能年年獲得臺灣大學和交通大學教學優良獎，張教授非常謙虛，說自己只是非常重視教學，因為臺灣和外國不同；臺灣學生普遍不會因為老師的研究成果輝煌或研究經費充裕而選擇投入該研究領域，但是卻會因為老師的教學方式而喜歡該領域，進而投入該領域的研究。在開設課程方面，也應該重視基礎理論的訓練，臺灣的學生要能有創新研發的能力，必須在基礎理論課程中扎根；但是現在臺灣的大學和研究所(電子)工程課程往往偏重應用導向，使得學生的理論基礎過於薄弱，研究題目則易偏向 follow-up、incremental research，成果也因此較缺乏

深度和影響力。影響所及，畢業後則較易選擇 me too 產品開發，較缺乏創意與突破。雖然我們積極培育人才，但是因多個團隊同類產品的削價競爭，整體獲利卻未見等比成長，這是非常需要當今產學界省思的部分。

臺灣半導體業研發與日本最大的不同，在於臺灣產業界少有終身雇用的企圖心，而員工亦多抱持短線獲利、提早退休心態，部分政府政策(如碩士級的國防役、替代役等)亦助長此風。反觀日本產業界，如 NEC 集團裡面的員工大多是一待就是二、三十年直到退休，因此日本產業為求永續經營，自然願意送研發人員進修學習；但是國內部分產業卻存在消耗員工專業技術的心態，比較不願意花費時間、提供經費培養員工學習更高技術，一方面希望短期間員工便能發揮效益，另一方面也深怕員工進修後跳槽，這是臺灣產業界的隱憂。而且員工在過長工時下也無法發揮創意潛力，所以學校所扮演的教育角色更形重要。

重視科技論文寫作與報告

科技論文寫作與報告對研究者的重要性，猶如劍對劍客般。幸運地，科技論文貴在簡潔有力，所以寫作上應該比文學創作簡易許多。張教授覺得熟稔高中英文文法與句型，即具備科技論文寫作基本能力，若能加強邏輯敘述與組織架構能力訓練，佐以適當圖例說明技巧，應可游刃有餘。張教授並推薦兩本輕薄的科技論文寫作寶典給年輕學者、工程師和學生參考：

· M. Markel, *Writing in the Technical Fields*, Wiley/IEEE Press, 1994

· W. Strunk Jr. & E.B. White, *The Elements of Style*, Pearson P T R., 1959 (1972, 1999)

他並建議新手選擇自己心儀的 model papers 數篇，揣摩學習。他推薦新手研習下列論文寫作方式，並毛遂自薦自己的論文一篇如下：

· J. Cong, A. Kahng, G. Robins, M.

Sarrafzadeh, C.K. Wong, “Performance-driven global routing for cell based IC's,” IEEE TCAD, June 1992.

· Y.-W. Chang, D. F. Wong, and C. K. Wong, “Universal switch modules for FPGA design,” ACM TODAES, Jan. 1996.

創造產學雙贏

在前瞻研究與產業應用研究分配方面，要認清雙方所需與所長，切忌本末倒置。學術界與業界也應積極透過舉辦學術會議或競賽多做交流，讓研究成果與實務應用能更緊密結合。業界實務研發經驗較豐富、資金充足，研發成果經濟價值也高，但產業競爭激烈使得出產時程壓力大，時間緊迫，較缺乏進階技術研發的空間；學術單位提供核心技術研發，因為較無時程的壓力，可研發具前瞻性技術。如兩者能相互配合得宜，業界因為需求而提供有研究價值的題目，一方面培養學生興趣，激發學生研究動力，另一方面又能提供實質的技術突破，達到雙贏。研究生在就學期間協助公司研發，提早接觸相關產業，畢業後可以考慮直接進入該公司，一方面幫公司留住專業人才；另一方面也提供學生就業保障，便能有效創造產學雙贏。

張教授相當感謝國內許多產業界對學校研究大力相挺，像是思源科技於 2002~2010 年間獎助 DAC 及 ICCAD 論文發表，新思科技 (Synopsys) 給教師和學生很多實習訪問的機會和博士新生獎學金，台積電、益華電腦 (Cadence) 和穎想科技 (Incentia) 提供臺灣大學電子所博碩士新生獎學金。因為目前研發替代役適用對象擴及碩士畢業生，著實減低碩士畢業生繼續攻讀博士的意願，所以張教授非常建議業界以提供獎學金方式鼓勵新進的博士生，減輕其經濟壓力，此相較於獎勵快畢業博士生的高額獎學金而言，雪中送炭比錦上添花更有實質意義。而學界則提供優質的生力軍，以為對產業界的回報，創造正向循環與產學雙贏。



圖 17：張教授團隊合影於美國加州 Anaheim DAC 會議（上）、澎湖（中）和墾丁（下）

感謝家人的體諒與支持

專訪最後張教授特別提及家庭的重要性，其由衷感謝家人的體諒與支持，讓他能在無後顧之憂下馳騁於學術研究。

圖 18：張教授與夫人陳慧宏教授和女兒書維、兒子書綸合影於墾丁（岳父陳敦化攝影）

