

台灣的微電子世界



Taiwan's Microelectronics World

郭正邦

James B. Kuo

台灣的微電子世界

郭正邦 著

McGraw-Hill Inc.

Taipei New York St. Louis San Francisco Auckland
Bangkok Bogota Caracas Hamburg Lisbon London
Madrid Mexico Milan Montreal New Delhi Paris
San Juan Sao Paulo Singapore Sydney Tokyo Toronto

台灣的微電子世界／郭正邦．-- 初版．

-- 臺北市：麥格羅希爾，1997〔民 86〕

面；公分

ISBN 957-8496-96-6（平裝）

1. 微電子學 - 技術 - 台灣 2. 微電腦 - 工業 - 台灣

471.5

86010251

台灣的微電子世界

© 1997 年，美商麥格羅·希爾國際股份有限公司台灣分公司版權所有。
本書所有內容，未經本公司事前書面授權，不得以任何方式（包括儲存於資料庫或任何存取系統內）作全部或局部之翻印、仿製或轉載。

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 P H W 9 8 7

ISBN: 957-8496-96-6

發行所 美商麥格羅·希爾國際股份有限公司（台灣）

出版者：美商麥格羅·希爾國際股份有限公司（台灣）
台北市大安區復興南路一段 227 號 4 樓
TEL: (02) 751-5571 FAX: (02) 771-2340

出版日期：西元 1997 年 10 月初版 1998 年 1 月二版

行政院新聞局出版事業登記證／局版北市業字第 323 號

★國外訂購/請使用信用卡付款 ★定價/US\$10 元（含海運費）

致謝

感謝師長們長輩之鼓勵及學術界的先進同仁們之支持，國內所提供的人力、物力及環境上的支援，以及研究生的投入努力使敝人在台十年之教學研究能有進步。在寫此書的過程之中，敝人得到許多人的幫助。學術界同仁在相關話題上的討論及支持，研究生蘇弼暉、樓志宏、林世佳、吳憲昌等先生在製圖及寫作過程的種種協助，在此特別表示感謝。黃啟耕、黃志源、袁國華、許創厚、蘇嘉晨、劉仁傑、黃彥謀、隋宏國、賴建億先生及其他先進同仁在校正上的幫助。敝人亦要感謝 McGraw-Hill 紐約總公司 Mr. Bob McGraw, McGraw-Hill 新加坡分公司陳錦煌先生，McGraw-Hill 台北分公司全體員工，特別是張義良先生、周韻如小姐、陳奕軒小姐、羅金蓮小姐、黃秋玉小姐、蘇春梅小姐的大力幫忙，使此書能順利出版。

序言

我國科學園區由無到今天成為微電子全世界前四名的地位只有短短十餘年時間。新竹科學園區微電子工業的快速成功已引起國際間廣泛對台灣的注意。台灣在微電子方面的實力逐步以僅次於美日，以世界第三的氣勢在國際中嶄露頭角。以微電子為主的科技島也呼之欲出。國際間對於台灣在微電子的爆發力感到非常有興趣。在書中我們對於台灣微電子的興起有詳盡的解說。台灣微電子快速興起的原因是教育的成功、充分的資本、政府的決心。由於微電子工業的發達，使得微電子為基礎的資訊工業亦快速興起。微電子工業興盛已成為是否為先進國的指標。由於微電子工業的強大，台灣將來在國際舞台上將扮演前所未有的重要角色。本書是以敵人在美國及台灣微電子界二十餘年的經驗，以各式角度來分析台灣微電子奇蹟。在此書中，從簡單解說CMOS IC的原理，對於微電子工業特質、台灣微電子發展軌跡及因素、微電子工業界的經營、微電子學術界的發展，及國際微電子學會的功能均有詳細解說。微電子對國際電腦網路的影響、微電子所造成的煩惱、以及可能會有的困難亦提出。台灣由融合美日微電子文化，建立獨特的台灣微電子的精神亦有描述。微電子所需人才及如何在微電子成功的方法亦有闡述。

本書共有二十項題材。本書是為對科學園區微電子工業有

興趣的人而寫。特別對於在學的學生，對於選擇微電子作為未來發展方向時所需注意的事項，提出相當多的建議，希望能對大家有所幫助。敝人才疏學淺，書中難免會有疏失之處，敬請多予指教。

86年9月於台北

Preface

Taiwan's semiconductor high-tech industry has grown from scratch in a very short time. The sudden rise of Taiwan's microelectronics industry in the science-based industry park has received world-wide attention. Owing to the rapid growth, Taiwan, which is already a world-class contributor in the semiconductor industry, is becoming a 'technology island'. The rapid growth in Taiwan's microelectronics industry is the result of successful microelectronics education in the academia, sufficient capital and strong determination from the government. Owing to the progress in the semiconductor high-tech industry, the microelectronics-powered information industry has been booming in Taiwan. Taiwan's has become world's fourth largest manufacturer of information-based high-tech products. As a result, Taiwan will play unprecedented role in all aspects in the world. Along with the progress in the microelectronics infrastructure, Taiwan has quickly built up a unique high-tech culture of its own, which is a combination of American and Japanese microelectronics philosophies. Based on 20-year experience in the field of microelectronics, the author analyzes the Taiwan's microelectronics 'miracle' from top to bottom. In this book, starting from the basic principles of CMOS IC, the infrastructure of Taiwan's microelectronics industry is analyzed, followed by the develop-

ment of Taiwan's microelectronics academia and the function of the international microelectronics societies. In addition, the impacts of the computer-based information revolution on Taiwan's high-tech-oriented society including foreseeable problems and difficulties are exemplified. How to handle challenges and to overcome stress in Taiwan's microelectronics world is suggested. This book includes 20 hot topics. This book is written for people who are interested in Taiwan's microelectronics world. This book presents many helpful suggestions for students who want to become top-notch microelectronics professionals.

James B. Kuo

台灣的微電子世界

目錄

序言

致謝

1. 快速上升的科技島

台灣的微電子世界..... |

2. 電腦的心臟

積體電路IC | |

3. 先進國的條件

微電子工業特色 | 5

4. 科學園區的主力產品

CMOS數位IC | 9

5. IC的建築師

CMOS製造技術 29

6. 電腦的肌肉與血管

CMOS電路 43

7. 高科技進步的催化劑

電腦輔助設計(CAD)	53
8.創造奇蹟的英雄	
微電子人才	65
9.點砂成金	
台灣微電子工業界	71
10.高科技人才的搖籃	
台灣微電子學術界	83
11.走出象牙塔的學術界	
微電子產學合作	97
12.創新就是進步	
微電子與專利	101
13.高科技的扶輪社	
微電子學會	105
14.高科技的文化	
微電子精神	107
15.第三次文藝復興	
全球電腦網路(WWW)	127
16.上學不出門	
網路電子學校	149
17.全能的電子朋友	
電子雞、數位電視	153
18.高科技進步的矛盾	

微電子煩惱.....	175
19.IC vs 747	
微電子的渺小.....	179
20.新新人類的未來	
如何在微電子成功.....	183
專有名詞對照表	201

1. 快速上升的科技島

台灣的微電子世界

台灣的微電子有一個特殊的背景。台灣地理位置在太平洋邊緣的一個中心點。面積大約是美國馬里蘭州的大小，人口大約有美國加州的三分之二。歷史上，我們與日本和美國有極為深厚的關係。經濟方面，台灣的國民生產總值(gross national products, GNP)，約是加拿大的80%。國民所得是亞洲最高的國家之一。1996年外銷總值達一千一百億美元，是世界第十大左右的外銷國。現在外匯存底近一千億美金，居世界前幾位。由於有這麼大的經濟實力，微電子發展所需的資本已不匱乏。台灣的微電子工業由1980年左右才開始發展。

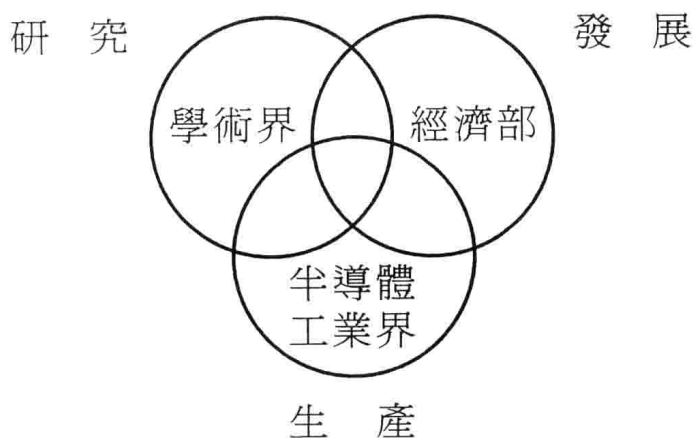


圖 1-1 台灣微電子的研究與發展

直到現在台灣微電子的研究與發展，可分為三個部分。研究方面是由學術機構負責，發展方面是由經濟部所支持的工研院及半導體公司負責。生產部分是由半導體公司負責。現在台灣有二十八所大學擁有電機系。大約有三百位教授的研究專長是微電子，約有兩千位研究生共同參與微電子方面的研究。在微電子學術界由國科會支援的研究計畫超過三百個。由於台灣微電子學術界的研究風氣很盛，造就許多高品質的研究生提供給工業界所需的人才。過去微電子發展的部分係由經濟部支持的工研院所執行，在過去把一些微電子的關鍵技術開發出來給工業界使用，並造就了許多工業界所需的高級技術人才。現在半導體公司自己也做研發的工作。現在台灣半導體工業中具備積體電路(IC)製程能力的公司有近二十家，IC設計公司超過六十家，參與的微電子工程師超過一萬人以上。由於技術上已達國際水準，IC公司本身也密集地研發，以求創新突破。

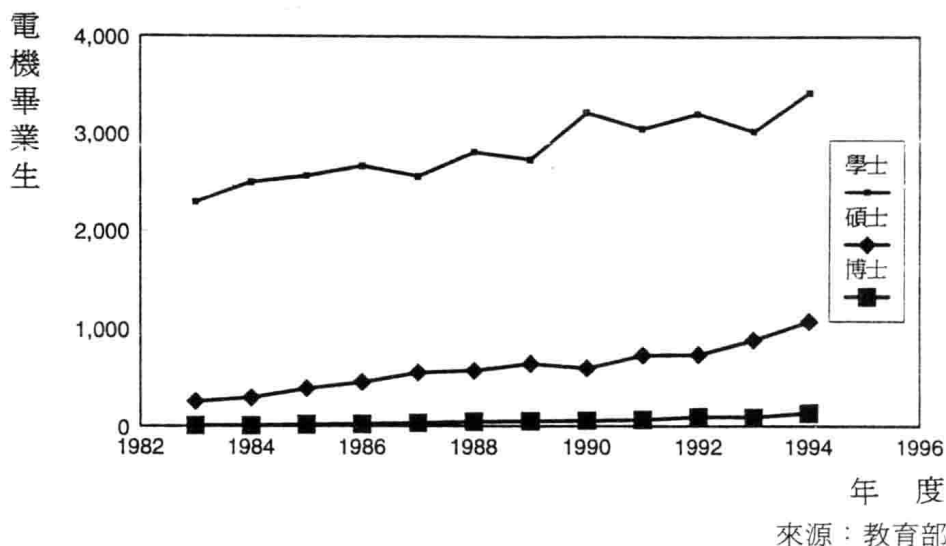


圖 1-2 台灣微電子相關科系畢業生人數統計

上圖顯示台灣大專院校電機系畢業人數的趨勢。博士班畢業生由1983年一年畢業7位，提升到1994年一年畢業136位，碩士班由1983年254位提升到1994年1024位。學士畢業生由1983年2290位提升到1994年3426位。在去年大學的電機系畢業生約有4500位，此數目已達日本或美國的數分之一，相當驚人。除此之外，台灣還有專科電機畢業生，訓練成微電子技術人員，每年約二萬人。由於電機教育的成功，提供極為充沛的高級人力，以供微電子工業的發展。1994年，台灣有電機系的大學，國立的有十三所，私立的也有十三所，共有764位教授和副教授。例如台大電機系（註：台大電機研究所於1997年8月起擴大為台大電機學院），大學部及研究所共有1200位學生，研究生有600位，教授就有60位。10年前大學部的畢業生95%以上均出國深造，到現在已降為20%以下出國深造。台灣其它大學電子電機系學生出國留學的比率更低，如同醫科學生，微電子大學生已了解台灣微電子研究所教育已是國際級，到國外唸微電子研究所出路不見得比在台灣好。大家不再願意出國深造的主因是台灣微電子研究所已達國際水準，且畢業後在台灣的就業機會不比國外差。如此大的研究規模，不親自來看看，是很難置信的。在電機研究所平均每位教授指導八位研究生，台大電機研究所的研究成果已不亞於美國前十名大學。畢業的碩士班學生到IC公司任職，收入比他們的老師還多。像台大電機一樣的電機研究所全國不下十所，共同提供微電子工業發展所需的高級人才。

台灣微電子的研究生不把教授的研究經費看得很重，雖然台灣教授的研究經費比起美國低很多。學生們最重視的是教授們的精神。主要是因為台灣的學費很低廉。一個研究生一年要

付的學費不到2000美金(只有美國前十名大學的十分之一)，即使他們得不到獎助金，他們可以擔任家教，生活不是問題。學生也相當投入研究，相當用功。教授對於學生的教導也相當嚴格。此方面，台灣是走日本式的路線。事實上，台灣學術界在微電子研究，已到達世界名列前茅的地步。我們沒有奇蹟，只是努力而已。台灣微電子研究所教育的成功，所培養的人才對於科學園區(Science-Based Industrial Park)的快速發展有直接關係。

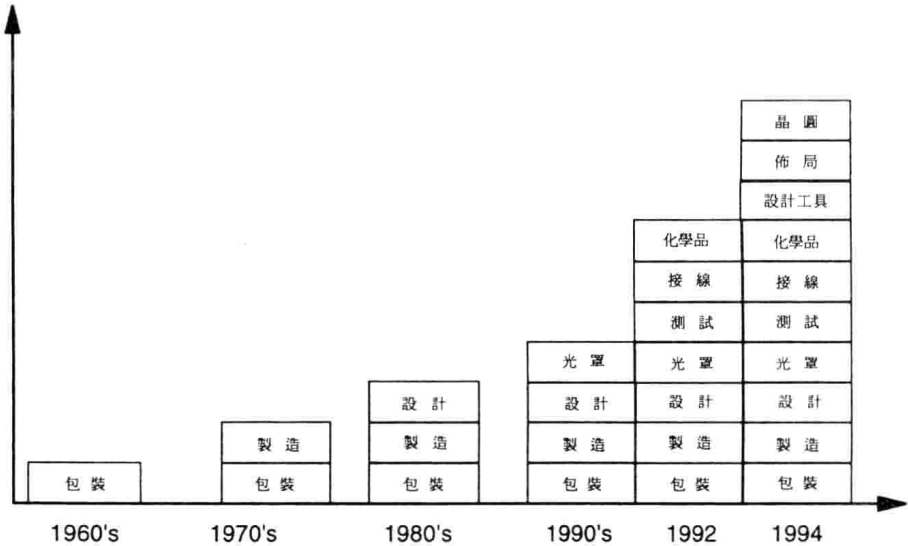


圖 1-3 台灣IC工業的發展

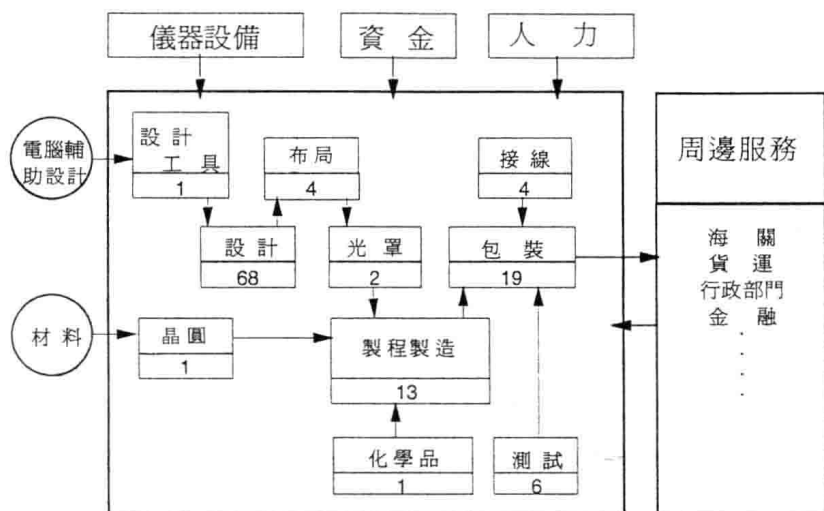


圖 1-4 台灣IC工業的結構

台灣微電子工業的產業結構，在1980年以前，台灣只有從事IC的包裝(packaging)，只是勞力密集的工業。1980年科學園區成立後，開始設立有製造能力的半導體工廠。當時，很多海外學人並不看好台灣發展半導體工業，認為半導體工業很難在台灣發展起來。事實上，他們可能看錯了。1980年以後，除了製造以外，設計的能力也逐步的發展起來。過去數年來，發展得更快速，半導體工業整套的架構均已建立。從光罩(masks)的

製造，到自動測試設備、接線，甚至半導體製程所需的精密化學品(precision chemicals)，以至於原始晶圓(wafers)的製造，電腦輔助設計(computer aided design--CAD)的製造均已具備。

現在台灣已有近二十家具有製程能力的半導體工廠，六十餘家IC公司。超過一萬多名微電子工程師。能有現在的發展，主要是因為有充沛的高級人力、足夠的資金、設備，及政府提供的各種相關服務所完成。台灣IC的產品從早期的唯讀記憶體(read only memory--ROM)、語音的(voice) IC，進而動態記憶體(dynamic random access memory--DRAM)、靜態記憶體(static random access memory--SRAM)、類比電路(ana-log circuits)。直至今日微處理機晶片，例如像486、奔騰(Pentium)晶片都在台灣代工(foundry)製造的記錄。

現在台灣共有近二十家公司投資於八吋晶圓IC生產的擴充，預計在1998年完成擴充以後，每個月可生產約40萬矽晶片。投資金額有數百億美元。所生產的主要產品在ROM、DRAM、SRAM、可用電洗掉可程式的唯讀記憶體(electrically erasable programmable read only memory--EEPROM)、IC的代工、邏輯電路(logic circuits)等。還有特定用途IC(application specific IC--ASIC)的產品，所使用的製程技術，大概是0.35微米互補式金氧半導體(complementary metal-oxide-silicon--CMOS)的製程技術。(註:0.35微米CMOS製程技術是指由此種技術製作出來的CMOS元件，其最小的長度或寬度為0.35微米。1微米(μm)=0.000001米。)現在正全力開發0.25微米