

FPGA技術之可重置 平台設計

國立臺南大學 資訊工程系

高啟洲

IC設計產業歷史背景

- ◎ 電子元件技術

- Tube -> Transistor -> Integrated Circuit

- ◎ Moore's Law

- MSI -> LSI -> VLSI ->...

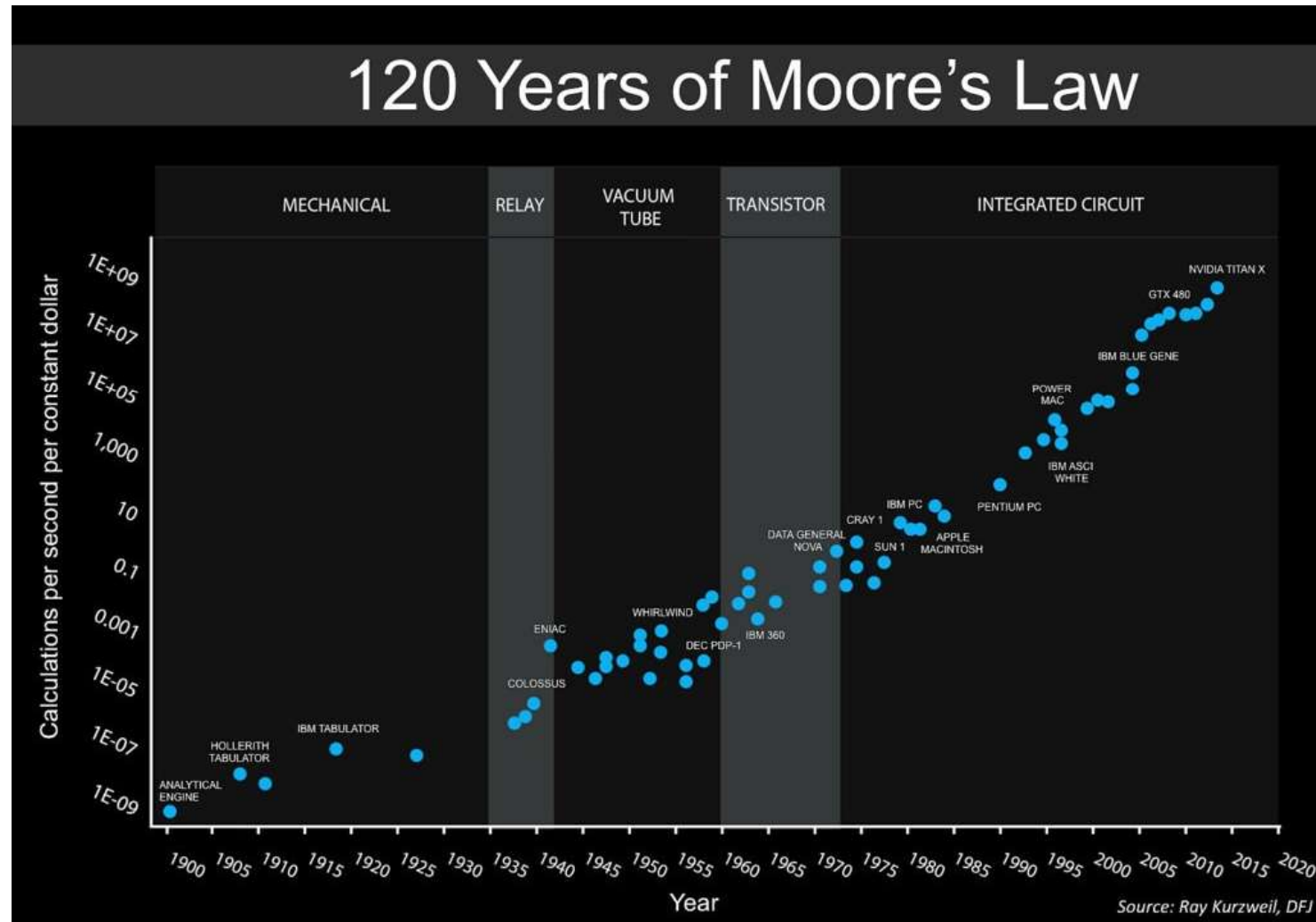
- ◎ 數位化資訊時代

- IC被廣泛地應用於電腦、通訊、消費性電子、工業電子等諸多用途

- ◎ 台灣在半導體產業的發展

- 2020年超過690億美元(全球4,404億美元)

MOORE'S LAW



IC產業結構



系統單晶片 (SYSTEM-ON-CHIP, SOC)

◎ 近年來IC設計趨勢

- 製造技術的快速提升及普遍化
- 縮短開發時間
- 輕、薄、短、小、低耗電、低成本

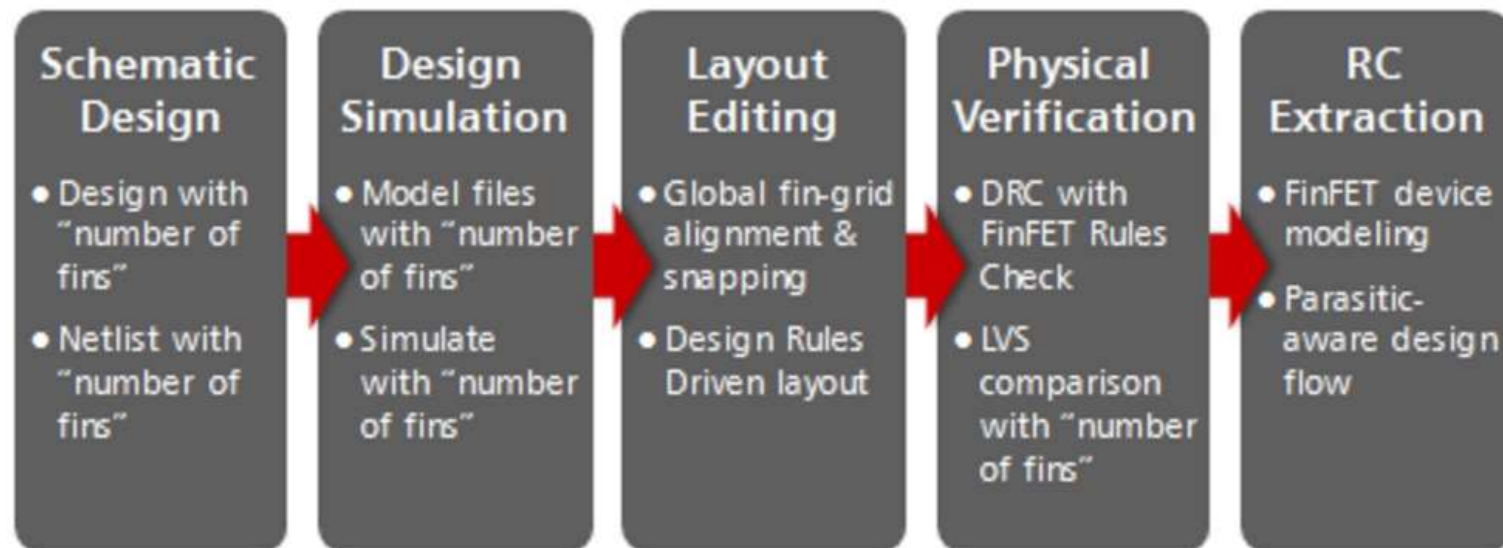
◎ 矽智財(Silicon Intellectual Property, SIP)

- 經過設計、驗證且可重複使用(reuse)的功能區塊
- 矽智財供應商(SIP Provider)和IC設計服務業者(IC Design Service Provider)如台積電的創意、與聯電集團的智原。

IC設計業上游

- ◎ 電子設計自動化(Electronic Design Automation, EDA)工具供應商
 - EDA所扮演的角色日益重要
 - 三大供應商依序為Synopsys、Cadence Design Systems、與Mentor Graphics，三者合計佔有七成以上的市佔率。
- ◎ IC設計服務業者
 - 提供IC設計公司與晶圓代工廠間協調產能、製程、與提高良率的服務，代為搜尋、提供及整合各類SIP的平台服務
 - 台積電的創意與聯電的智原
- ◎ 矽智財(SIP)供應商
 - 泛用型的功能區塊，如：MPU、MCU、SRAM、DSP等，目前也漸漸朝向特殊應用型，如：MPEG、USB、LCD Driver等
 - 讓IC設計公司更專注於專長的特殊電路、軟體開發與晶片整合上
 - 英國的ARM為全球最大的SIP供應商 vs 美國的MIPS

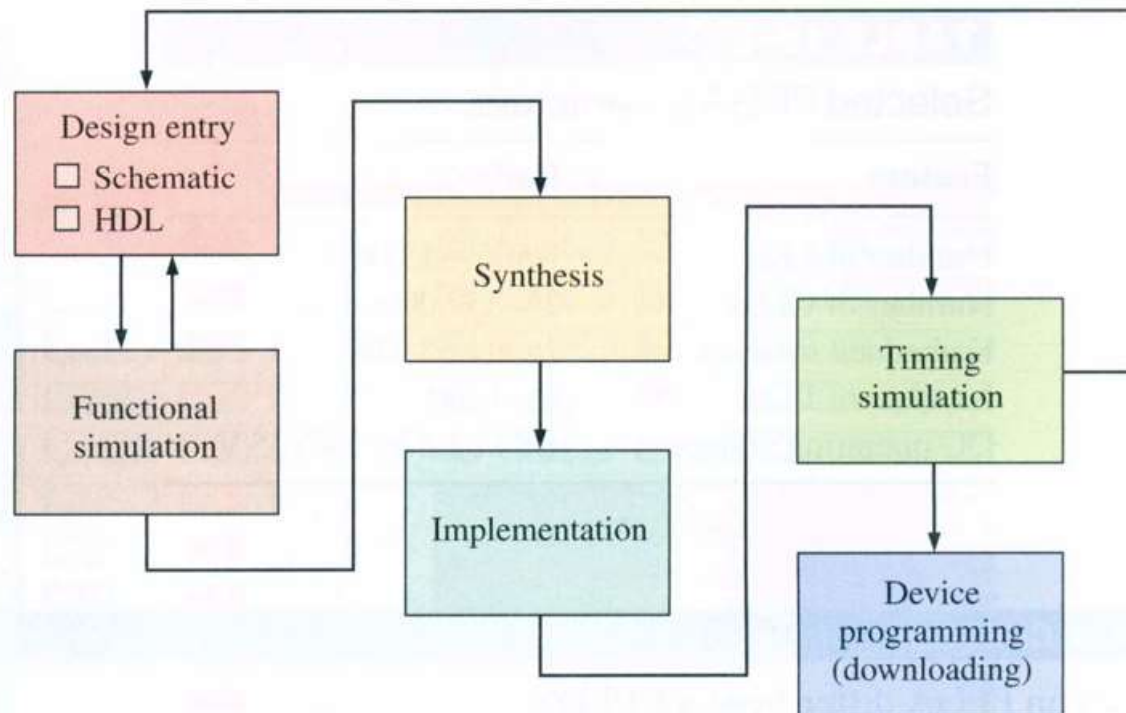
計算機輔助設計(CAD)



IC設計軟體工具

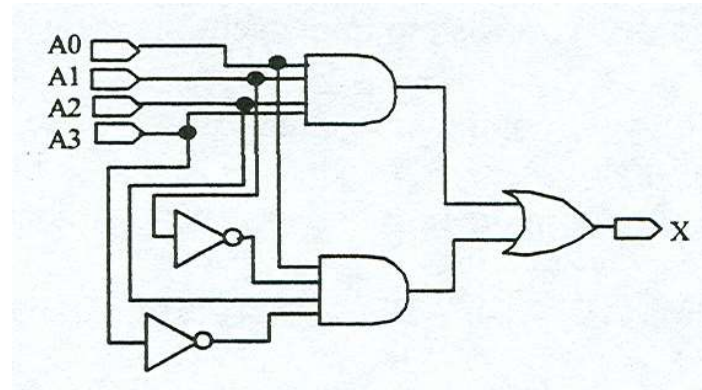
- ◎ IC設計業的自動化程度很高，設計的過程需要透過軟體來進行
 - 硬體描述語言 Hardware Description Language (HDL) — Verilog and VHDL (RTL level)
 - Layout Tools
 - Validation & Simulation — SPICE

可程式設計軟體工具



DESIGN ENTRY

- Schematic (graphic)
- Text



```
entity AND_OR is
    port (A0, A1, A2, A3: in bit; X: out bit);
end entity AND_OR;
architecture LogicFunction of AND_OR is
begin
    X <= (A0 and A1 and A2 and A3) or
        (A0 and not A1 and A2 and not A3);
end architecture LogicFunction;
```

組合電路的VHDL描述

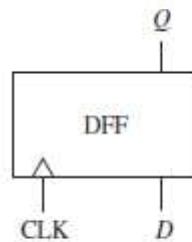


```
C <= A and B after 5 ns;  
E <= C or D after 5 ns;
```



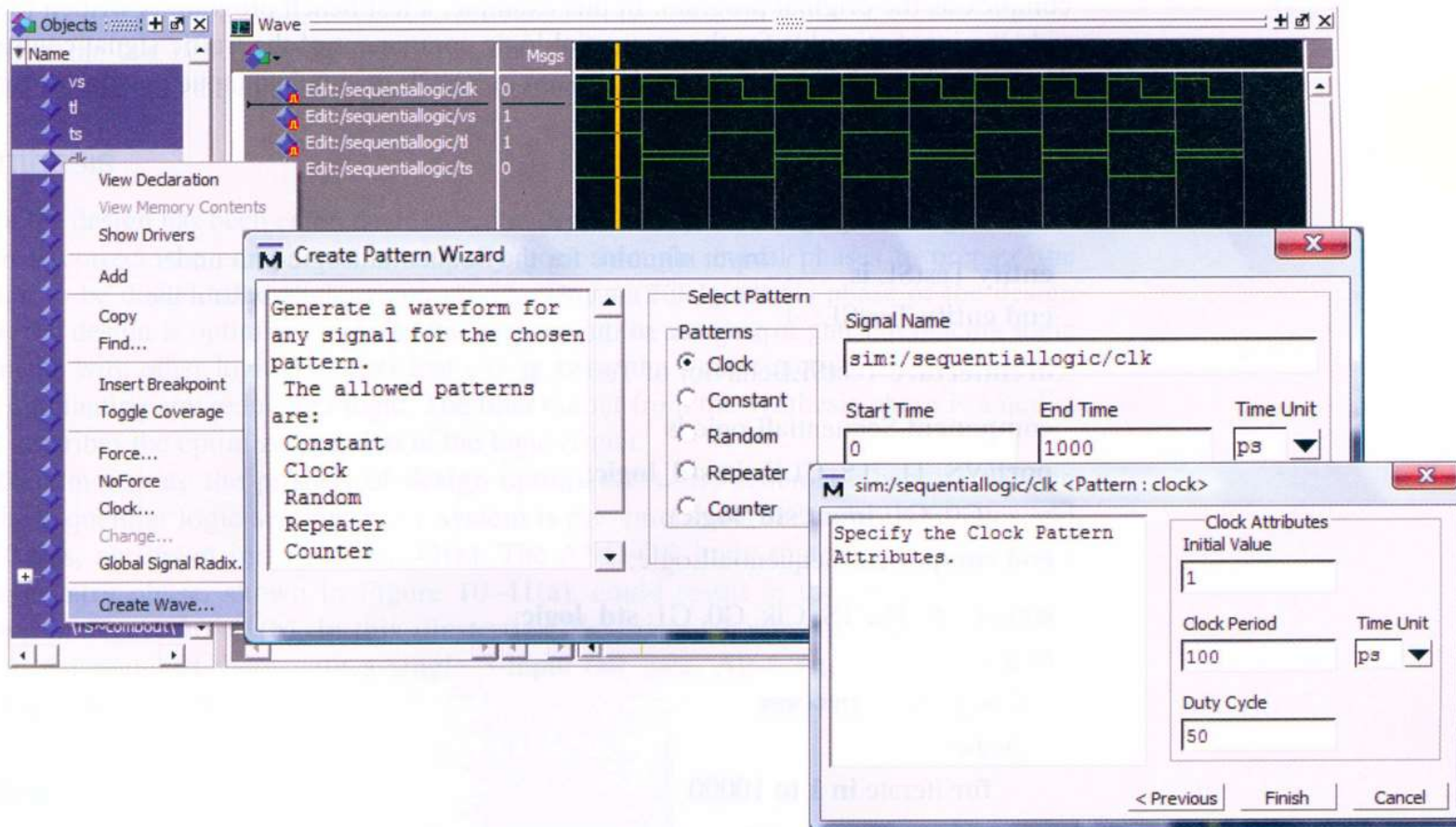
```
entity FullAdder is  
  port(X, Y, Cin: in bit;    --Inputs  
        Cout, Sum: out bit); --Outputs  
end FullAdder;
```

使用VHDL流程對觸發器建模

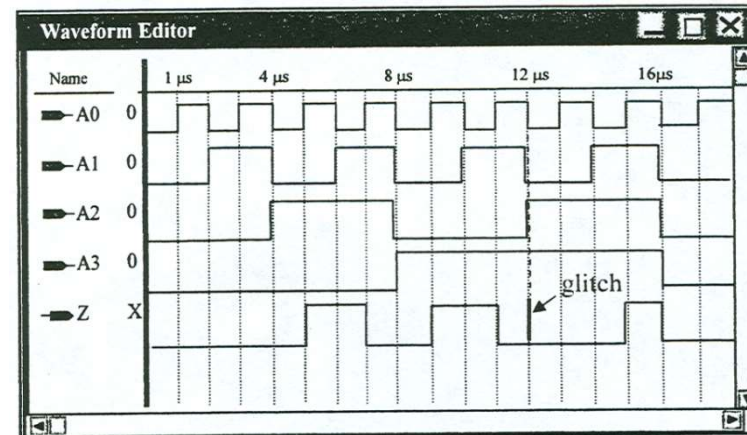
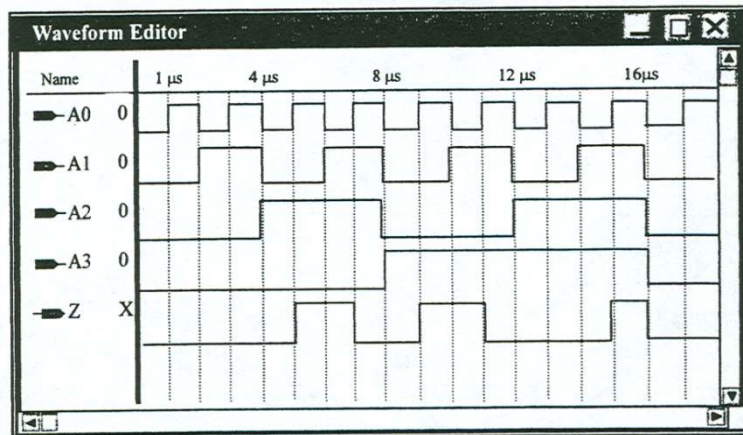


```
process(CLK)
begin
    if CLK'event and CLK = '1' -- rising edge of CLK
    then Q <= D;
    end if;
end process;
```

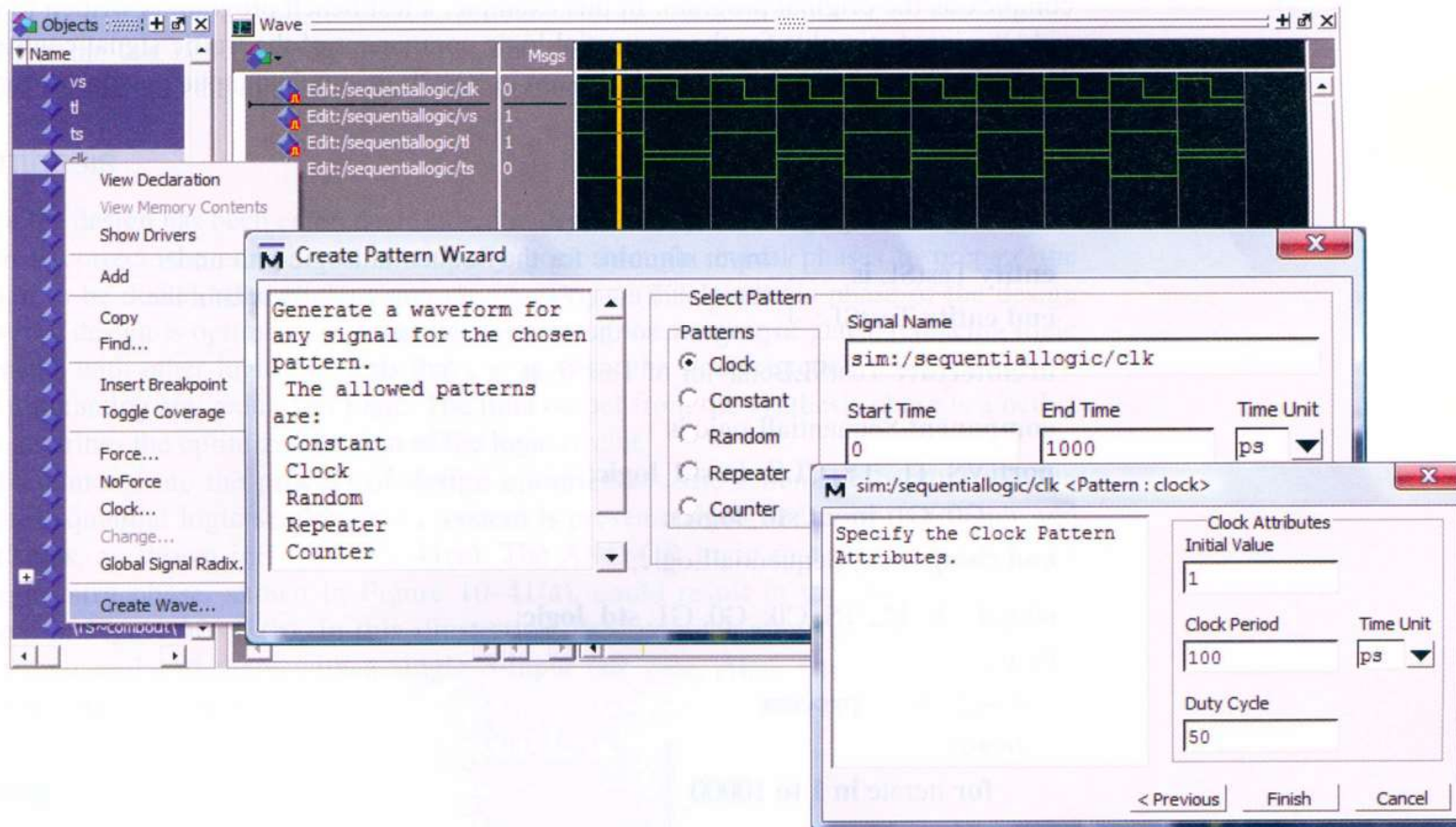
FUNCTION SIMULATION



TIMING SIMULATION

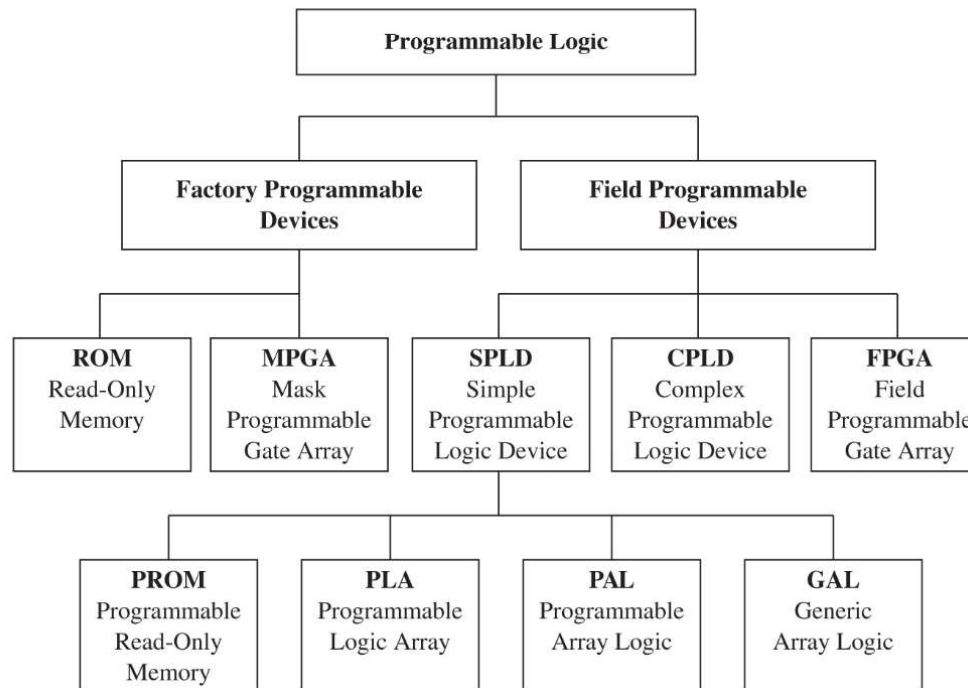


DOWNLOAD DESIGN



可編程邏輯元件

- ◎ 只能編程一次的設備。
 - 工廠可編程(Factory programmable)
- ◎ 可以多次重新編程的設備。
 - 現場可編程(Field programmable)

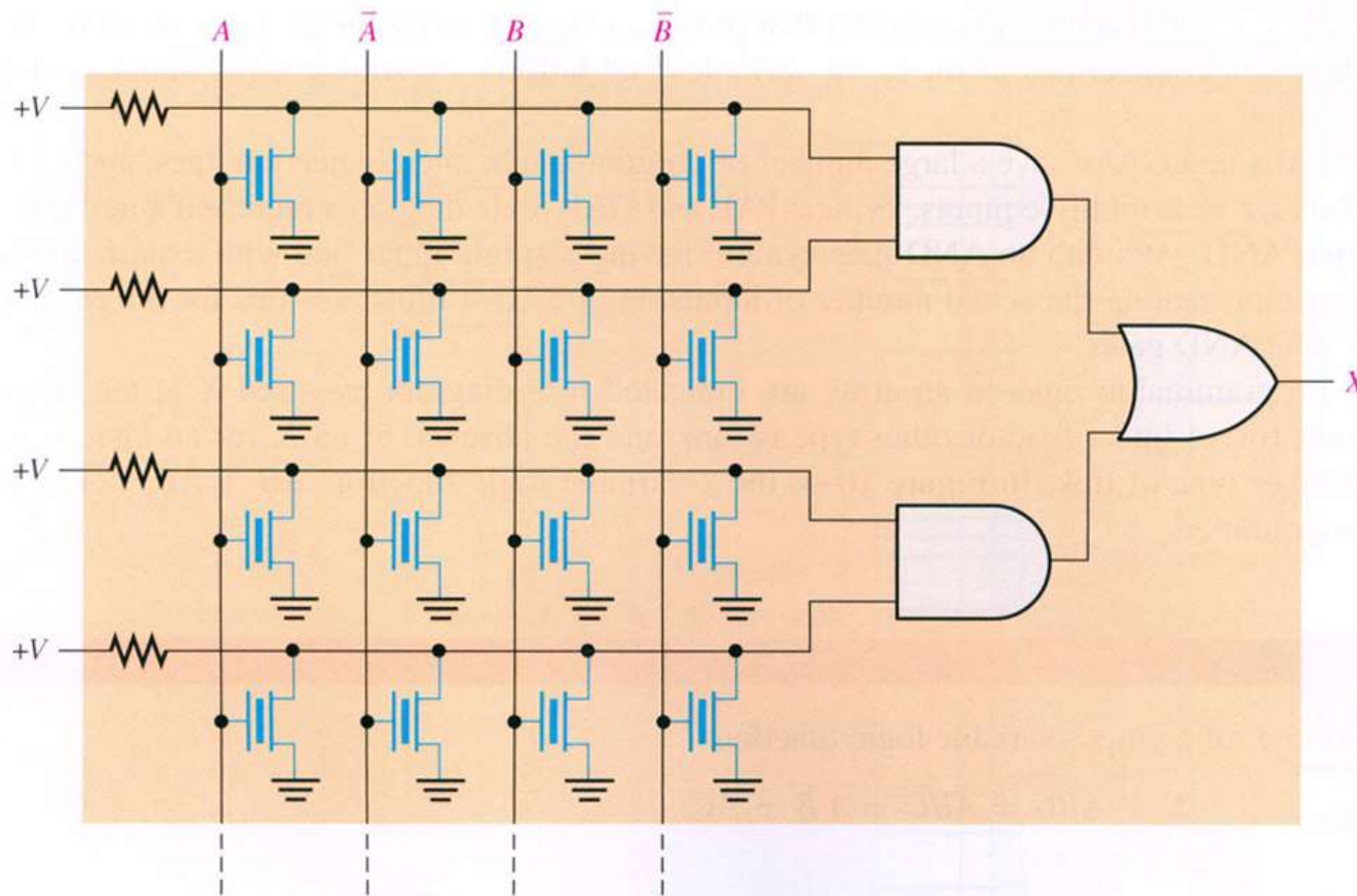


現場可規劃邏輯閘陣列

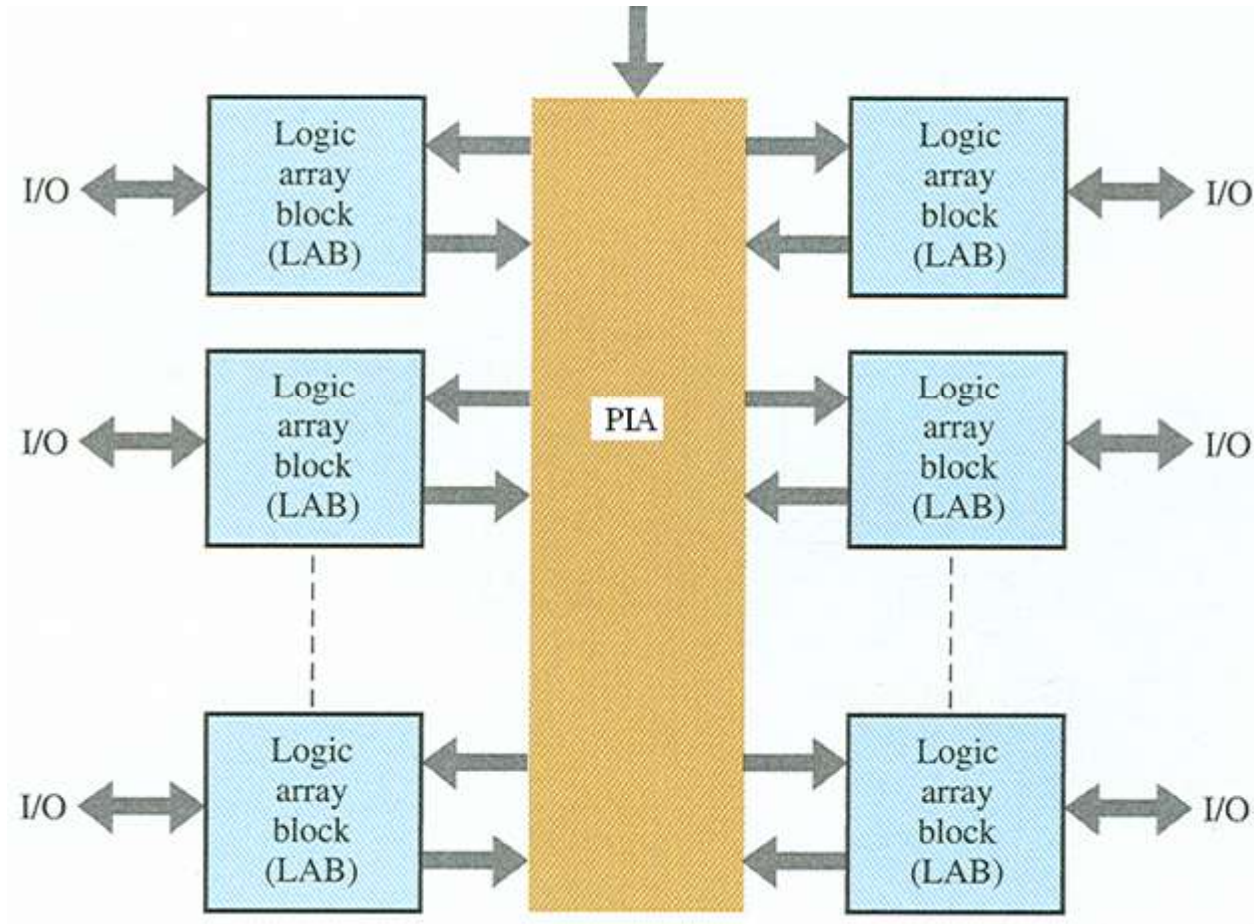
◎ Field-Programmable Gate Arrays (FPGAs)

- During the late 1980s, Xilinx started using static RAM storage elements to hold configuration information.
- Larger and more complex blocks containing static RAMs and multiplexers.
- With improved technology over the past 15 years, FPGAs can now contain more than 5 million gates.

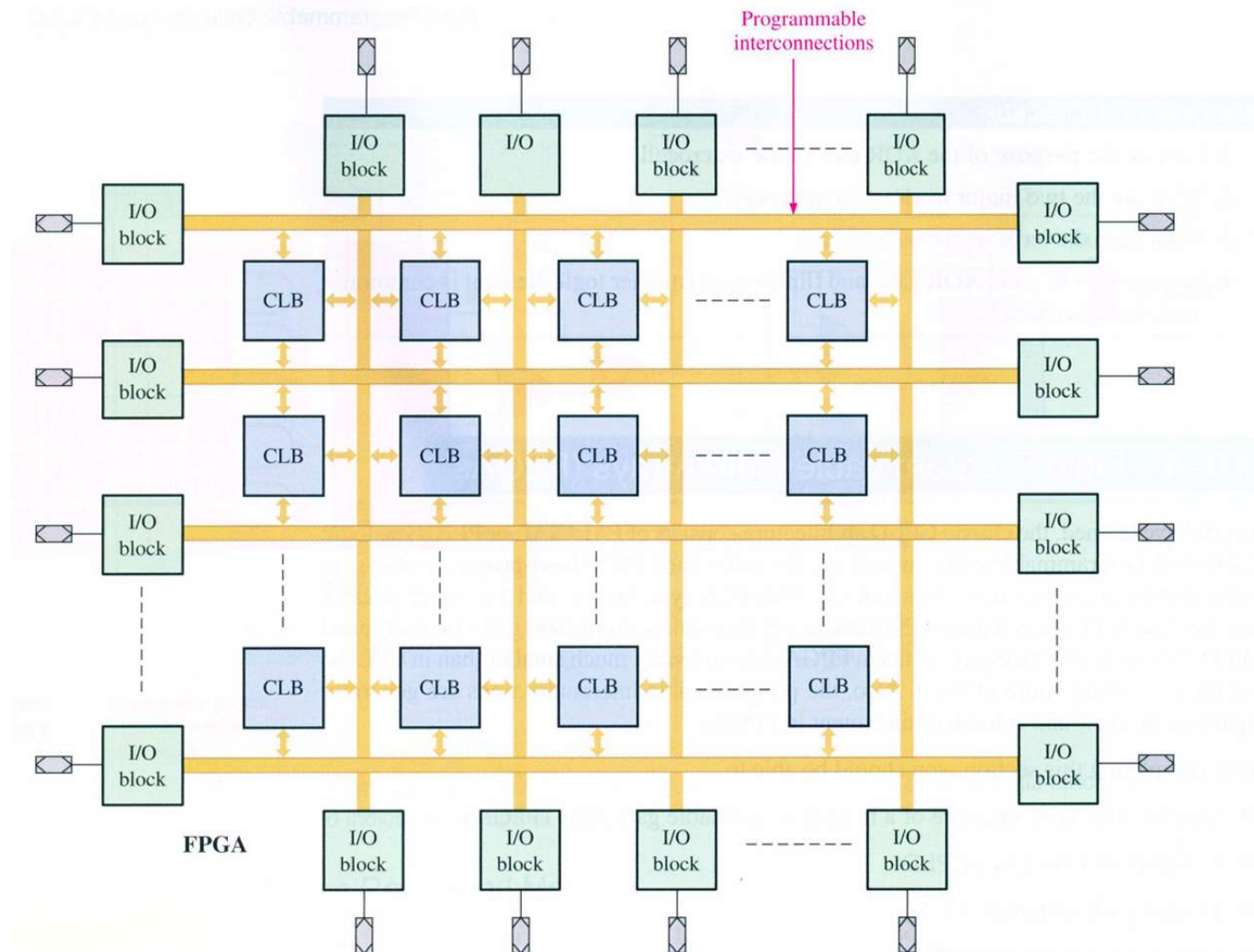
SPLD



CPLD



FPGA



SPLD, CPLD V.S. FPGA

	SPLD	CPLD	FPGA
Density	Low Few hundred gates	Low to Medium 500 to 12,000 gates	Medium to High 3,000 to 5,000,000 gates
Timing	Predictable	Predictable	Unpredictable
Cost	Low	Low to Medium	Medium to High
Major Vendors	Lattice Semiconductor Cypress AMD	Xilinx Altera	Xilinx Altera Lattice Semiconductor Microsemi (previously Actel)
Example Device Families	Lattice Semiconductor GAL16LV8 GAL22V10 Cypress PALCE16V8 AMD 22V10	Xilinx CoolRunner XC9500 Altera MAX	Xilinx Kintex Artix Virtex Spartan Altera Arria Cyclone Stratix Lattice Mach ECP Microsemi Accelerator

FPGA製造商

Manufacturer	Series Name(s)	Design Software	Website
Altera	Stratix Aria Cyclone	Quartus II	Altera.com
Xilinx	Spartan Artix Kintex Virtex	ISE Design Suite	Xilinx.com
Lattice	iCE40 MachX02 Lattice ECP3 LatticeXP2 LatticeGC/M	Lattice Diamond iCEcube2	Latticesemi.com
Atmel	AT40	IDS	Atmel.com

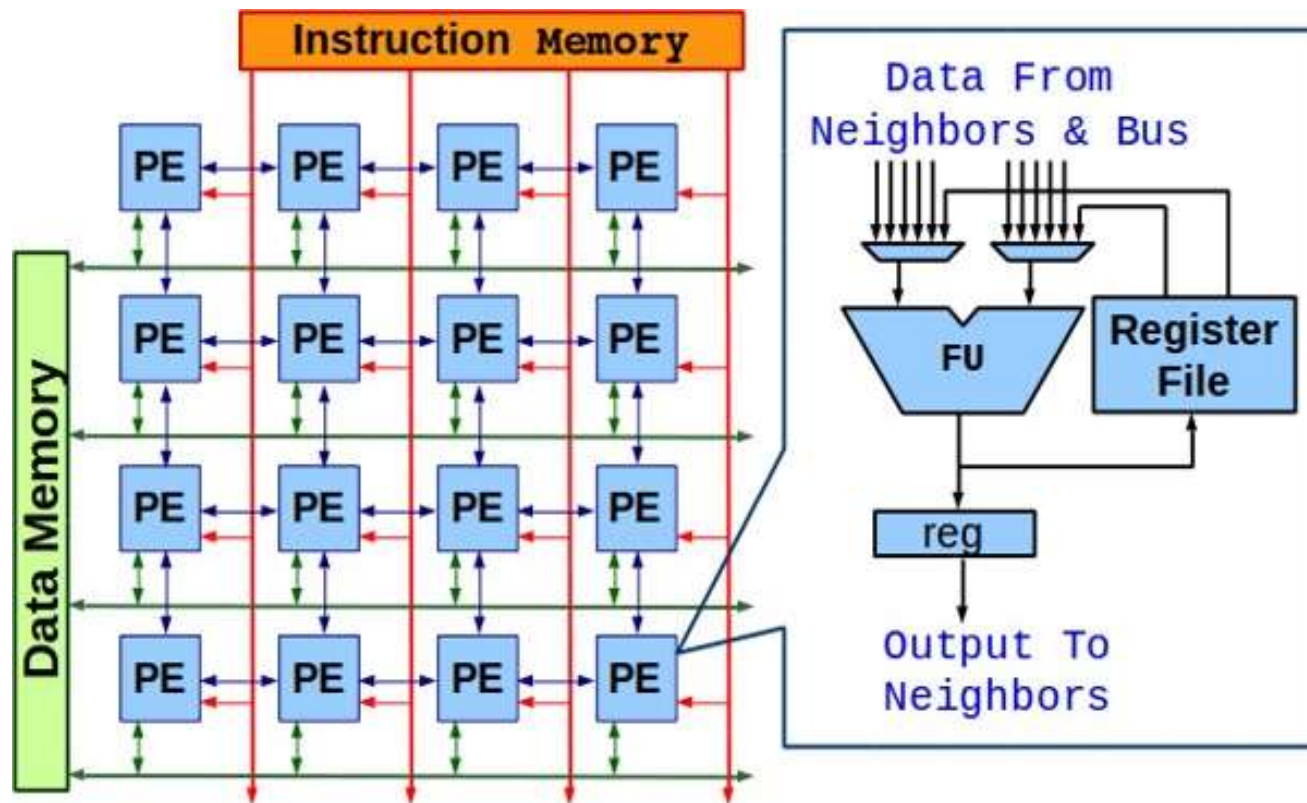
用於深度學習運算的CPU、GPU、FPGA和ASIC比較

criteria	CPUs	GPUs	ASICs	FPGAs
power	high	very high	low	very low
flexibility	highest	medium	lowest	very high
training	poor at training	only production-ready training Hardware	potentially, best for training, but not available yet	not efficient
inference	poor at inference but sometimes free	average for inference	not inference focused	Best for inference

粗粒度可重構架構(CGRA)¹

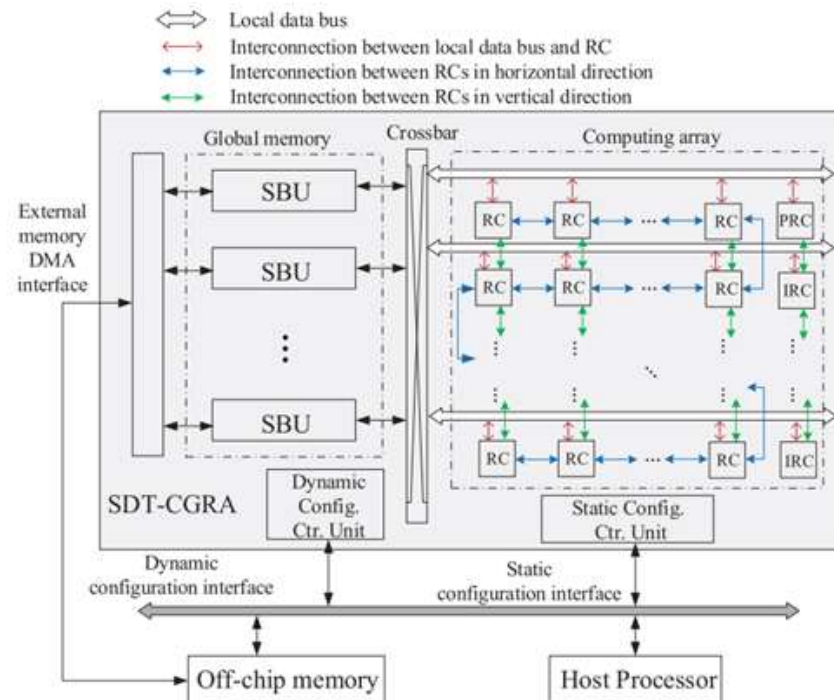
- ◎ 一個由基本的處理元件(Processing Elements, PE)組成的一個二維網路
- ◎ 記憶體用來儲存輸入資料和輸出資料
- ◎ 指令暫存器來控制一系列PE的動，讓PE 可以從記憶體讀取資料或寫入資料
- ◎ 每個PE 都有一個功能單元(Function unit, FU)和一個暫存器文件(Register File)，FU 能夠執行一般運算或邏輯運算甚至是記憶體操作。

粗粒度可重構架構(CGRA)₂

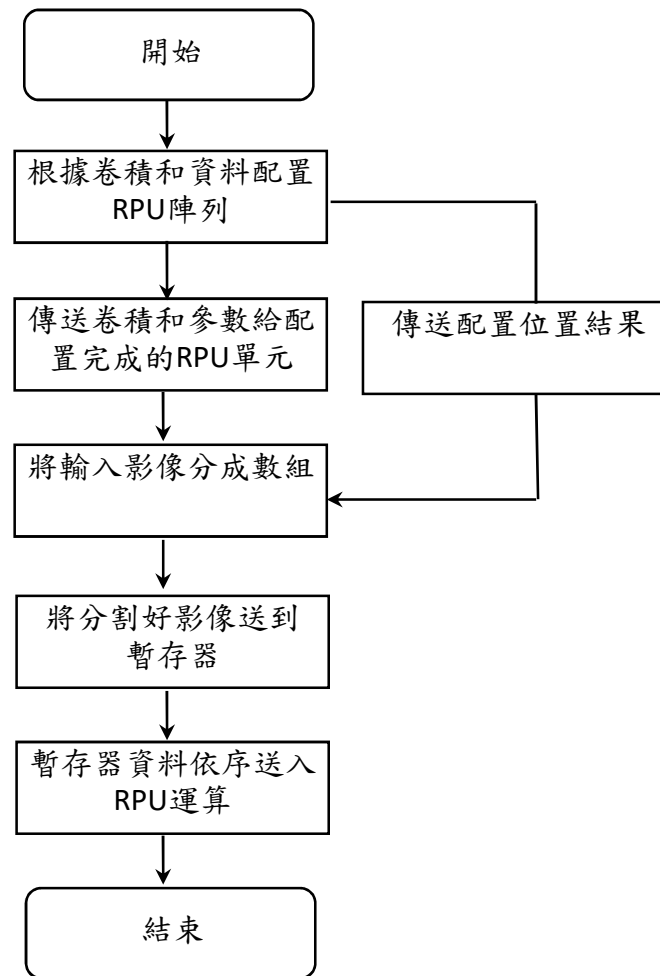


串流雙軌CGRA (SDT-CGRA)

- ◎ 使用串流處理，讓每個可重構單元 (reconfigurable cell, RC) 以串流處理的方式計算
- ◎ 使用靜態配置來建構RC單元功能，動態配置來控制數據流的排程，再使用串流儲存器來緩存輸入、輸出和中間數據



用於深度學習運算FPGA架構圖



全球EDA與IP業者的排名

EDA 排名	公司名稱	2002年營收 (百萬 美元)	2003年營收 (百萬 美元)
1	Synopsys	1,116.10	1,146.00
2	Cadence Design Systems	1,204.60	1,034.40
3	Mentor Graphics	595.5	624.4
4	Magma Design Automation	67.5	97.4
5	Agilent EEsof	90.0	87.0
6	Zuken	61.6	73.2
7	Artisan	51.2	71.1
8	Ansoff	47.2	61.5
9	i2 Technologies	50.9	51.5
10	Synplicity	45.6	49.6

IP 排名	公司名稱	2002年營收 (百萬 美元)	2003年營收 (百萬 美元)
1	ARM	185.6	175.2
2	Rambus	97.4	118.1
3	Synopsys	73.2	81.2
4	TTPCom	70.5	77.5
5	Artisan	43.7	74.6
6	MIPS Technologies	43.1	47.0
7	Virage Logic	47.5	40.0
8	Ceva	51.2	36.8
9	Imagination Technologies	15.3	23.6
10	Mentor Graphics	16.0	22.2
11	Monolithic System Technology	24.9	20.4
12	ARC International	17.7	17.8
13	NewLogic Technologies	15.0	17.0
14	Mosaid Technologies	18.2	15.9
15	Tensilica	12.8	15.1
16	Faraday Technology	11.5	15.0
17	QualCore Logic	14.7	13.7
18	Sci-Worx	9.4	13.2
19	Cadence Design Foundry	12.4	12.4
20	Virtual Silicon	10.1	11.6

全球前10大IC設計業者獲利能力 與主要產品

排名	公司	2003年 營收	市佔率	2002年 營收	成長率	毛利率	營業 利潤率	主要產品
1	Qualcomm	2,466	12.40%	1,941	27.05%	69.88%	44.16%	CDAM Chipset
2	nVida	1,823	9.17%	1,909	-4.50%	29.16%	3.95%	Graphic IC
3	Broadcom	1,610	8.10%	1,083	48.66%	49.90%	5.40%	Broadband, xDSL, WLAN, VoIP
4	ATi	1,511	7.60%	1,094	38.12%	35.41%	11.17%	Graphic IC
5	Xilinx	1,300	6.54%	1,124	15.66%	63.60%	25.78%	FPGA
6	聯發科	1,116	5.61%	865	29.02%	51.63%	39.62%	CD-RW / DVD Chipset
7	SanDisk	1,080	5.43%	541	99.63%	41.10%	25.80%	Flash
8	Altera	827	4.16%	712	16.15%	67.90%	24.00%	FPGA
9	Marvell	820	4.12%	505	62.38%	52.89%	7.50%	Ethernet, WLAN, HDD
10	Conexant	663	3.33%	625	6.08%	43.25%	-13.51%	xDSL, WLAN, Network Processor
11	威盛	598	3.01%	736	-18.75%			PC/DVD Chipset, Ethernet
12	QLogic	516	2.59%	411	25.55%			Storage Area Network
13	Adaptec	437	2.20%	411	6.33%			Storage Interface
14	Globaspan Virata	379	1.91%	231	64.07%			WLAN, xDSL, MPEG
15	Aeroflex	341	1.71%	203	67.98%			Avionics, Space Application
16	凌陽	325	1.63%	253	28.46%			MCU, DVD Chipset, LCD
17	Silicon Lab	325	1.63%	182	78.57%			RF, Optical Networking, xDSL
18	聯詠	320	1.61%	196	63.27%			TFT-LCD Driver, Digital Visual Processor
19	SST	295	1.48%	275	7.27%			Flash
20	瑞昱	272	1.37%	269	1.12%			Ethernet, WLAN, LCD Controller

(營收單位：百萬美元)

台灣IC設計產業

- ◎ 半導體產業既是是矽島計畫中「兩兆双星」的重點產業，系統單晶片(SoC)也列為九項國家型科技計畫之一，又稱為「矽導SoC計畫」。
- ◎ 台灣IC設計產業前景似乎依舊樂觀，但是國際競爭情勢、技術創新趨勢、乃至於關鍵資源條件的發展，皆挑戰著台灣廠商必須以前瞻策略的眼光，思考如何持續創新、永續成長。

台灣前20大IC設計業排名與主要產品

	2003年 排名	2003年 營業額	2002年 營業額	成長率	主要產品
聯發科技/MediaTek	1	38,064	29,513	29%	DVD Chipset
威盛電子/VIA	2	20,386	25,200	-19%	PC Chipset, DVD Chipset, Networking
矽統科技/SiS	-	16,725	15,760	6%	PC Chipset, WLAN, SoC IA
凌陽科技/Sunplus	3	11,098	8,636	29%	MCU, DVD Chipset, LCD Controller/Driver IC
聯詠科技/Novatek	4	10,914	6,690	63%	TFT-LCD Driver, Digital Visual Processor
瑞昱半導體/Realtek	5	9,278	9,159	1%	Ethernet, WLAN, LCD Controller
揚智科技/ALi	6	6,520	6,088	7%	DVD Chipset, PC Chipset, WLAN
晶豪/ESMT	7	5,333	3,896	37%	DRAM, SRAM, Flash
義隆電子/ELAN	8	4,617	4,000	15%	MCU, STN LCD Driver
奇景光電/HiMAX	9	4,503	1,941	132%	TFT-LCD Driver IC
鈺創科技/Etron	10	4,402	3,056	44%	DRAM, SRAM, LCD Driver
矽成積體電路/ICSI	11	4,083	2,752	48%	SRAM, DRAM, WLAN, Card Reader IC
智原科技/Faraday	-	4,402	3,369	31%	Design Service
盛群半導體/Holtek	12	4,083	3,256	25%	MCU
擎亞科技/CoAsia	-	3,767	2,304	63%	Design Service
聯笙/AMIC	13	3,621	2,238	62%	SRAM, Flash
普誠科技/Princeton	14	2,908	2,362	23%	MCU, A/V Controller, STN Driver, LED Driver
群聯電子/Phison	15	2,579	835	209%	Flash Controller IC
世紀民生/Myson-Centry	16	2,078	2,453	-15%	LCD Driver, Ethernet, MCU
立錡科技/RichTek	17	2,014	1,104	82%	Power Management IC
其樂達科技/Cheertek	18	1,895	1,492	27%	DVD Chipset, MPEG
原相科技/PixArt	19	1,828	365	401%	CMOS Image Sensor
聯陽半導體/ITE	20	1,734	1,680	3%	PC I/O, STN Driver/Controller

知識密集與專業人才

- ◎ 知識與專業人才是IC設計公司成敗的關鍵
 - 技術股或股票分紅，成了人才取得、養成、與留用的重要利器。
 - 業界的挖角與跳槽也非常興盛
 - 創新型或防禦型的專利(即所謂專利地雷)，都是IC設計公司的重要資產與競爭武器。
 - 專利相關的法律人才，透過專利權訴訟來保護本身權益與攻擊競爭對手、甚至競爭者的顧客。
 - 透過專利權的交換，與其他技術互補性廠商組成共同開發產品的策略聯盟。