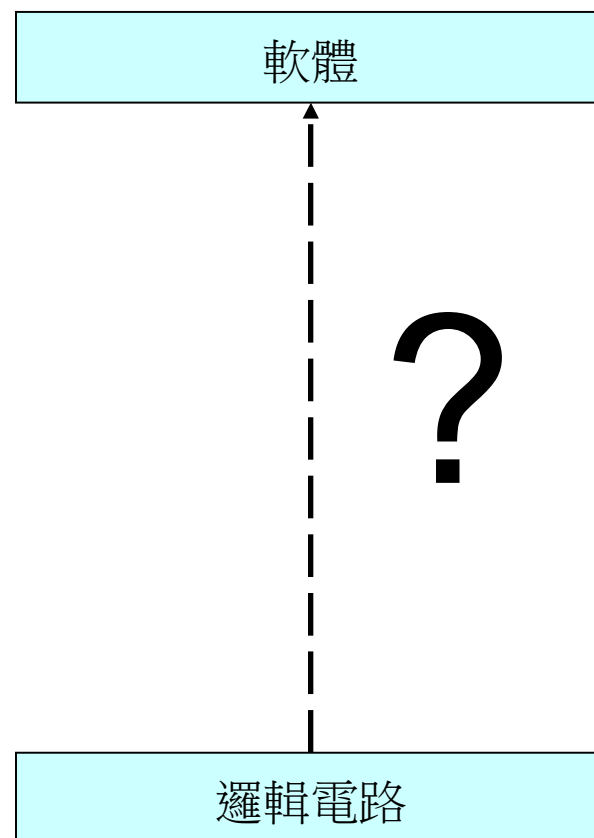


計算機結構－概論

陳鍾誠 於金門大學

電腦硬體與軟體

- 電腦硬體是由邏輯電路構成的。
- 電腦軟體是由程式語言撰寫而成的。
- 程式語言如何一步步落實到邏輯電路上呢？



從軟體到電晶體

- 軟體可在電腦上執行
- 電腦硬體是由下列組件構成的，包含
 - 加法器
 - 暫存器
 - 記憶體
 - CPU
- 上述組件是由數位邏輯閘構成的
- 數位邏輯閘是由電晶體構成的

| |
|-------|
| 軟體 |
| 硬體 |
| 數位邏輯閘 |
| 電晶體 |

數位邏輯與其它課程間的關係

- 程式設計
 - C, JAVA, VB, ...
- 系統程式
 - 機器指令、組合語言
- 計算機結構
 - CPU+ 記憶體 + 輸出入
- 數位邏輯
 - 邏輯閘, 加法器、暫存器
- 電子學
 - 電晶體 (TTL, MOSFET)
- 材料科學
 - 矽、鍺、鎵、鉅



程式語言

系統程式

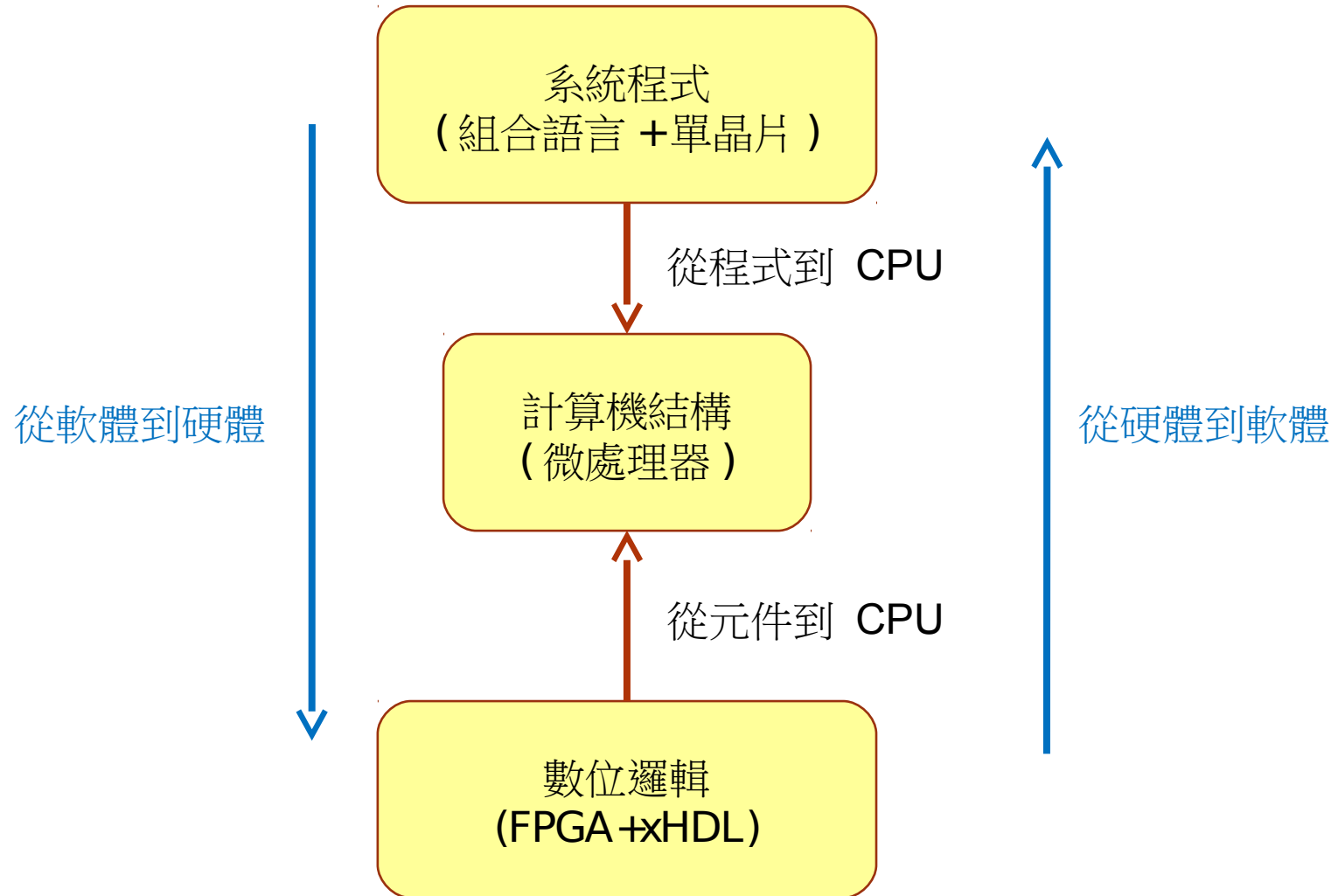
計算機結構

數位邏輯

電子學

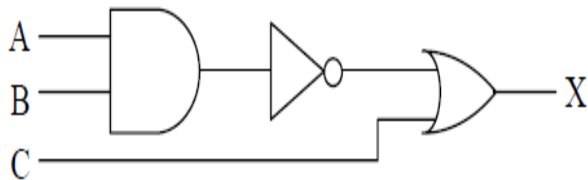
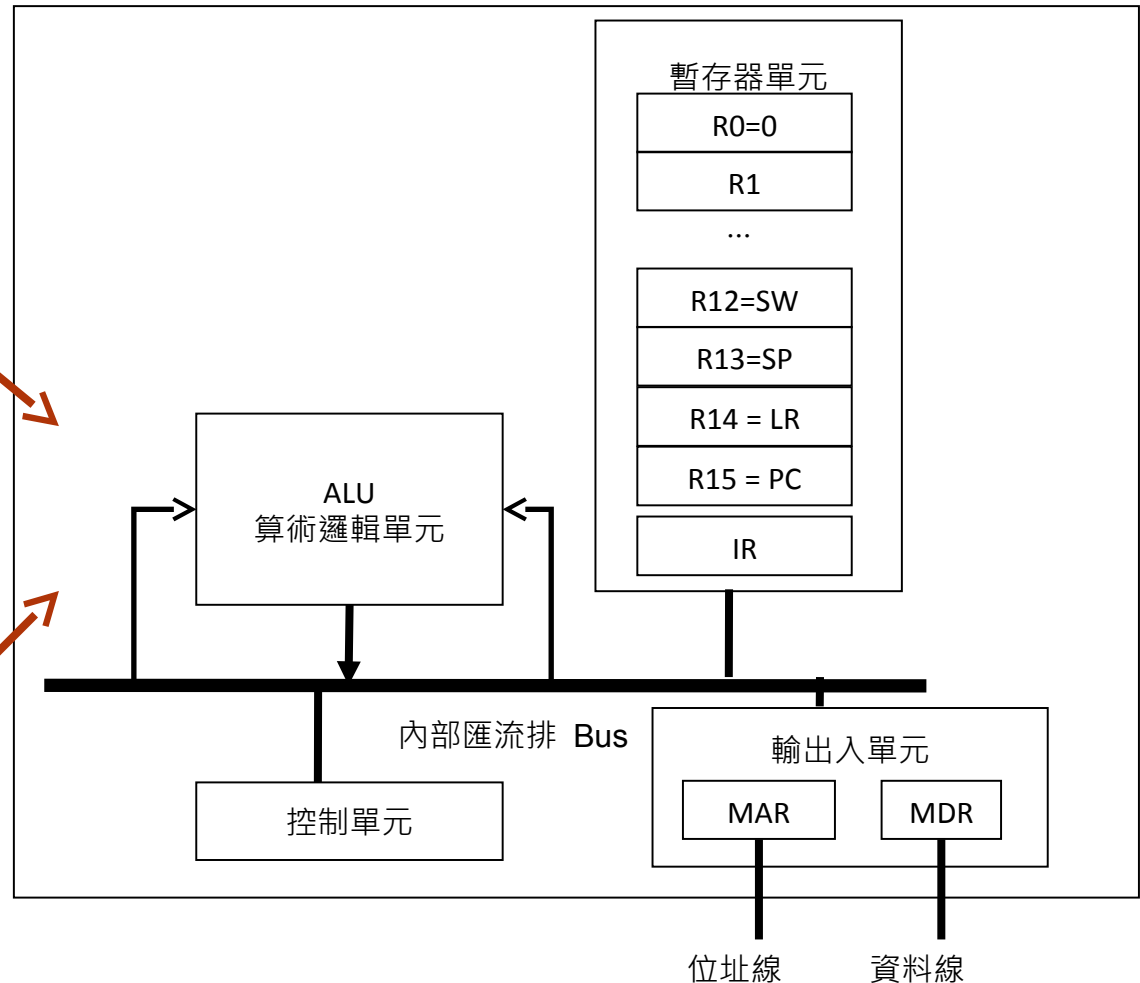
半導體材料

計算機結構－授課面向

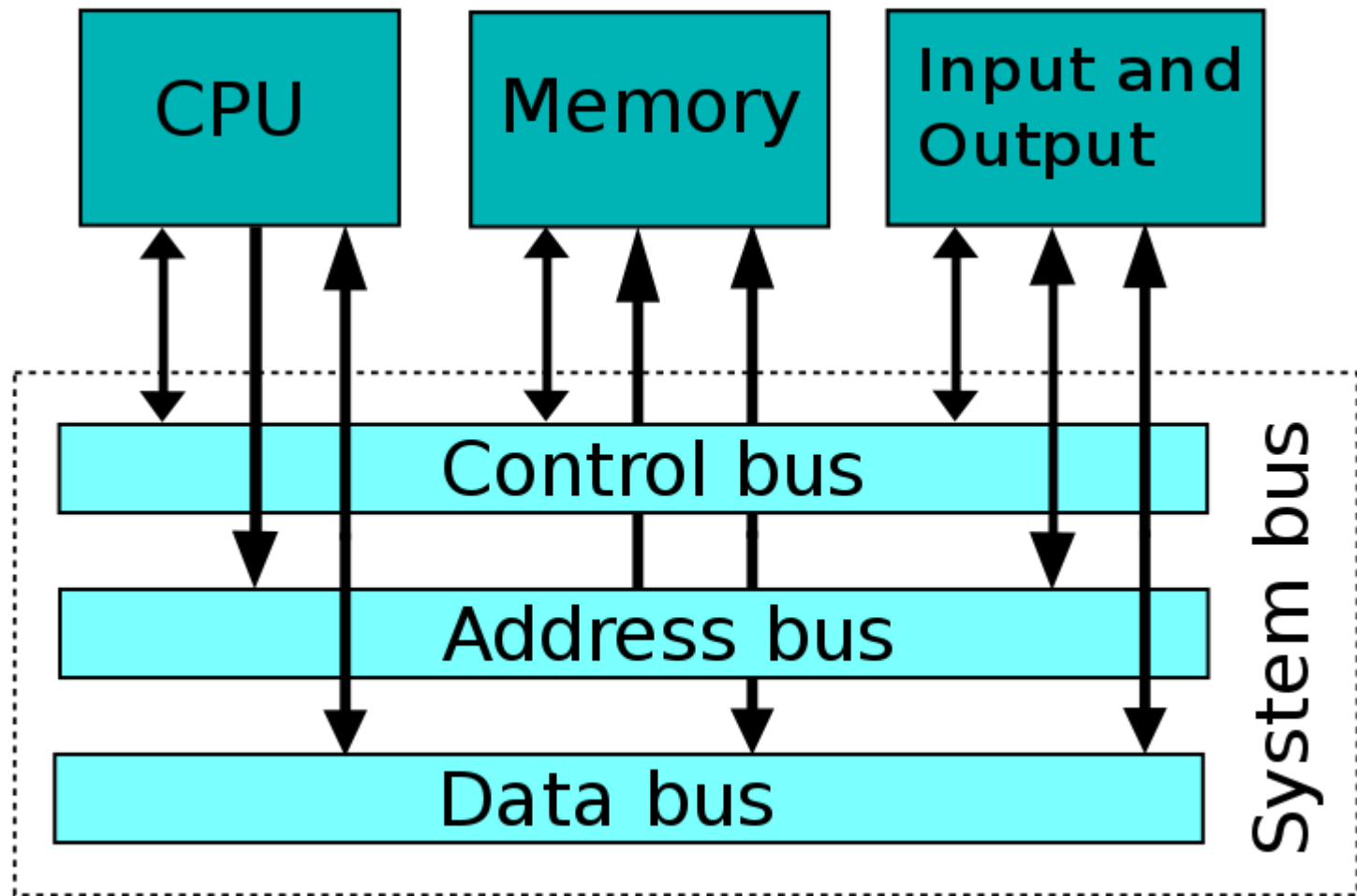


從兩個方向逼近

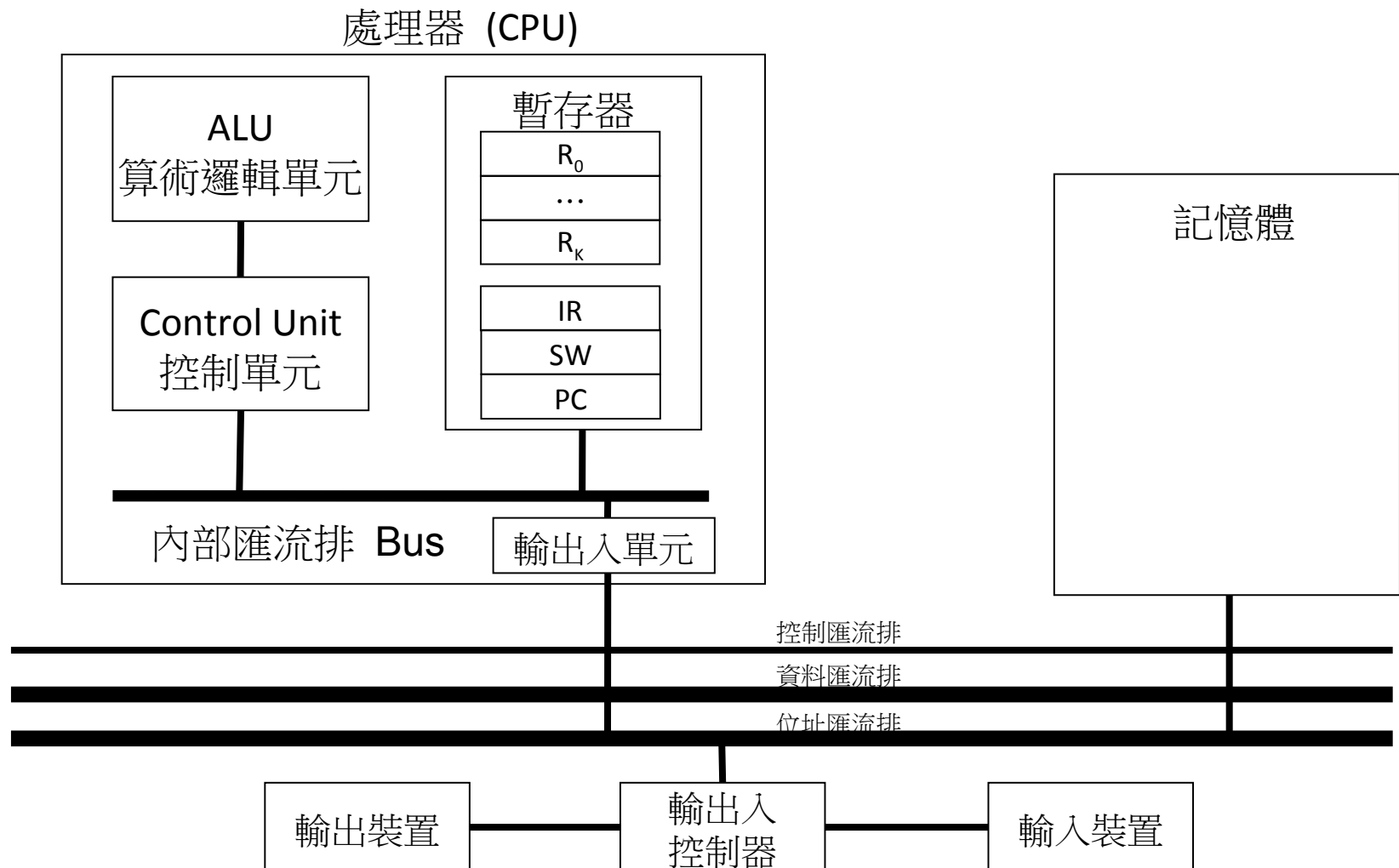
```
LDI R1, 3
LD R2, b
MUL R3, R1, R2
LD R1, c
LD R2, d
MUL R4, R1, R2
LD R1, a
ADD R2, R1, R3
SUB R2, R4, R2
ST R2, x
```



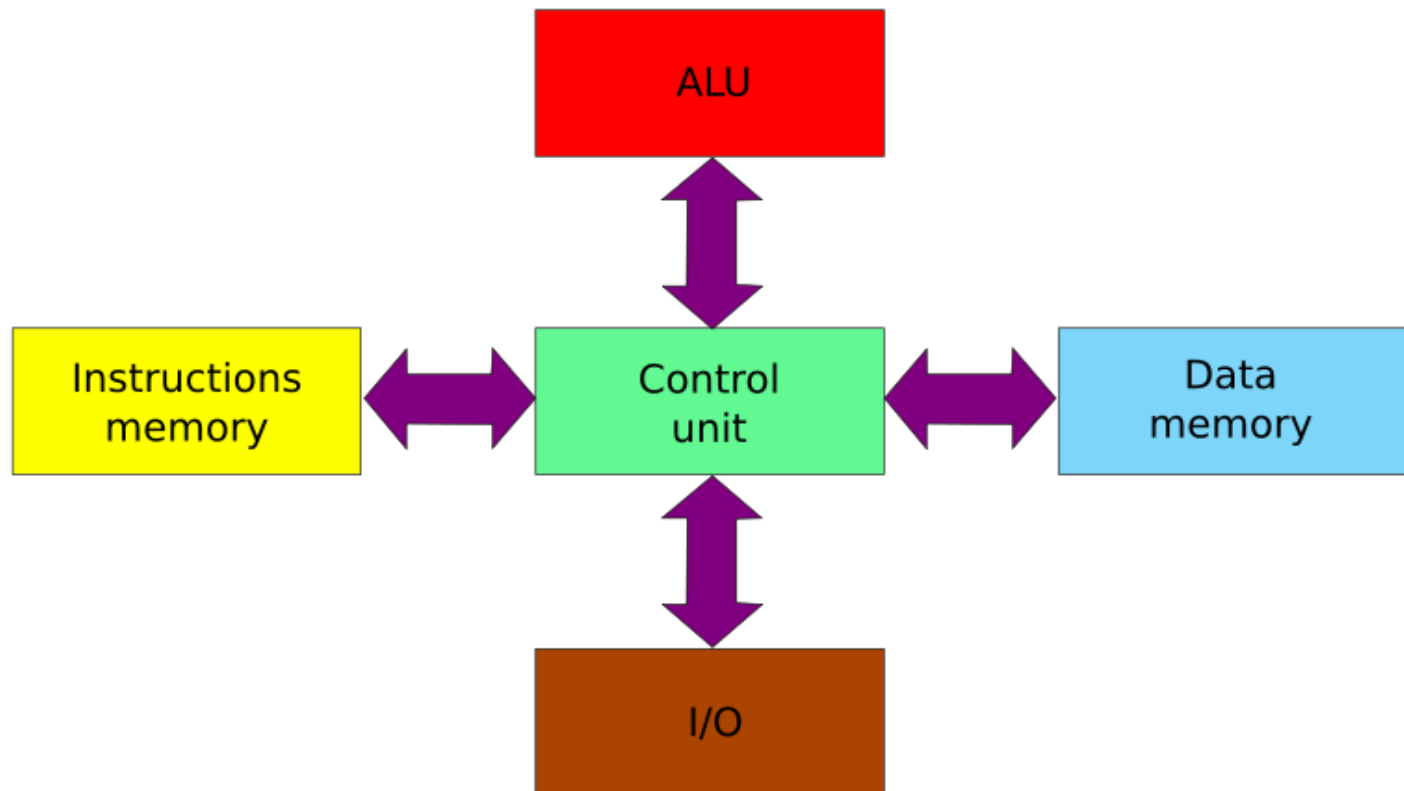
馮紐曼架構－示意圖



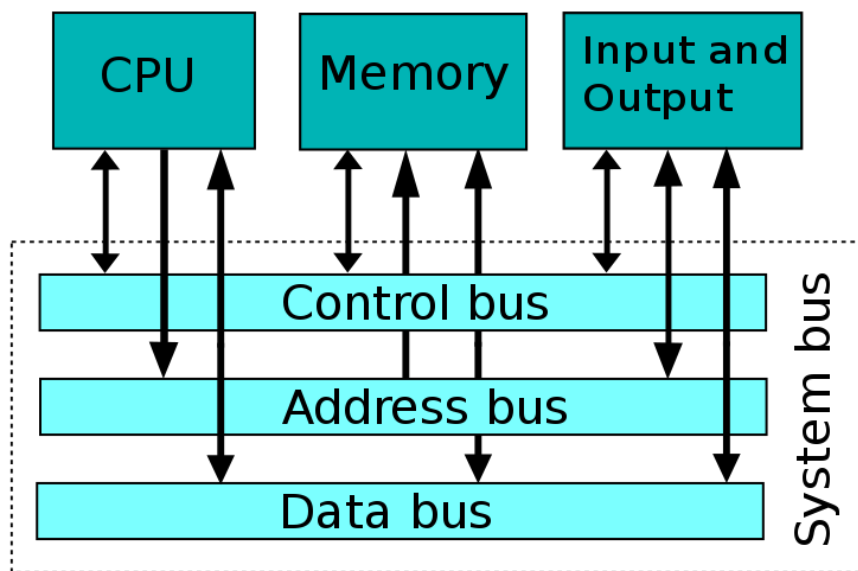
馮紐曼架構



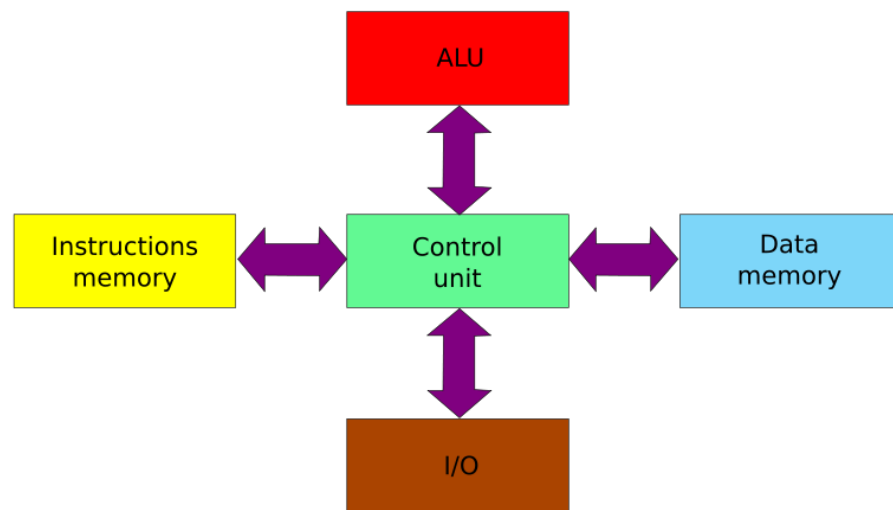
哈佛架構



哈佛架構 v.s. 馮紐曼架構 (示意圖)



總線：程式與資料共用匯流排



程式與資料匯流排分開

哈佛架構 v.s. 馮紐曼架構 (說明)

- The name **Harvard Architecture** comes from the Harvard Mark I relay-based computer. The most obvious characteristic of the Harvard Architecture is that it has physically separate signals and storage for code and data memory. It is possible to access program memory and data memory simultaneously. Typically, code (or program) memory is read-only and data memory is read-write. Therefore, it is impossible for program contents to be modified by the program itself.
- The **von Neumann Architecture** is named after the mathematician and early computer scientist John von Neumann. von Neumann machines have shared signals and memory for code and data. Thus, the program can be easily modified by itself since it is stored in read-write memory.

資料來源：<http://infocenter.arm.com/help/index.jsp?topic=/com.arm.doc.faqs/ka11516.html>

計算機結構－歷史

陳鍾誠 於金門大學

電腦硬體史 – 1940 之前

| 年代 | 事件 |
|------|---|
| 1623 | 德國 Wilhelm Schickard 算術鐘 |
| 1642 | 法國 Pascal 滾輪式加法器 (Pascaline) |
| 1673 | 德國萊布尼茲步進計算器 (Stepped Reckoner) |
| 1820 | 法國 Charles Xavier Thomas 計算器 (Thomas Arithmometer) |
| 1823 | 法國 Charles Babbage 差分機 (Difference Engine) |
| 1833 | 法國 Charles Babbage 分析機 (Analytical Engine) — 打孔卡可程式化, ADA 寫了第一個程式 |
| 1890 | 美國統計學家 Herman Hollerith 排序機 — 三年內完成戶口普查工作 |
| 1896 | 美國統計學家 Herman Hollerith 成立製表機器公司，並經過多次整併後成為 IBM 前身之一 |

電腦硬體史 – 1940-1952

| | |
|------|---|
| 1942 | 美國 Atanasoff–Berry Computer 用真空管設計出第一台電腦 |
| 1943 | 美國 John VonNeumann 提出 stored program 的觀念, 後來於 1945 年被使用在 EDVAC 上 |
| 1946 | 美國 John Mauchly, J. Presper Eckert 設計 ENIAC , 用來計算飛彈的彈道表格 |
| 1948 | 美國 AT&T Bell Lab 的 William Shockly, John Bardeen, Walter Brattain 發明電晶體 |
| 1949 | 美國 ENIAC 團隊, 採用二進制, 並在 John Von Neumann 加入後設計出 EDVAC , 採用以 Stored program 將程式存入記憶體, 改良了 ENIAC 執行新程式時必須更動硬體的缺點 |
| 1949 | 英國 EDSAC , 使用內儲程式與打孔帶 |
| 1951 | 美國 ENIAC 團隊設計了第一台商用電腦 UNIVAC I 並出貨給人口普查局使用 |
| 1951 | 美國 Marvin Minsky and Dean Edmonds 建造了第一台 Neural Network Computer |
| 1952 | 美國 IAS 第一台符合馮紐曼架構的電腦設計完成, IAS 後來成為電腦的標準架構 |
| 1952 | 美國 IBM 生產製造 IBM 701, 賣給研究單位、航空公司與政府單位 |

電腦硬體史 – 1955-1964

| | |
|------|---|
| 1955 | 美國 IBM 7094 電腦完全採用電晶體組成，有浮點運算，用 IOP 控制輸出入動作與存取記憶體 |
| 1958 | 美國德州儀器開發出積體電路，將電晶體、電容、電組、導線等元件整合在一塊矽晶片上。 |
| 1965 | 美國 Gordon Moore 提出摩爾定律 |
| 1968 | 美國 Gordon Moore 成立 Intel 公司 |
| 1972 | 美國 Intel 4004 含兩千個電晶體 |
| 1974 | 美國 Intel 8088 含一萬個電晶體 |
| 1964 | 美國 IBM 360 設計完成並開始販售，成為 60 年代最成功的電腦 |

電腦硬體史 – 1976-2010

| | |
|------|--|
| 1976 | 美國 賈伯斯與 Steve Wozniak 和 Ronald Wayne 成立了蘋果公司，並創造了 Apple I 個人電腦 |
| 1977 | 美國蘋果公司創造出的個人電腦 Apple II 電腦大賣，成為電腦界的超級新星，電腦從此進入個人化的時代 |
| 1981 | 美國 IBM 推出第一台 PC 個人電腦，採用 Intel 的 x86 系列處理器，以及使用微軟的 DOS 作業系統 |
| 1984 | 美國蘋果公司的麥金塔電腦上市 |
| 1985 | Intel 80386 CPU 發布，讓後來的 PC 得以進入多工作業系統的時代 (Linux, Windows) |
| 1990 | 美國微軟 Windows 3.0 上市，微軟從此進入視窗時代。 |
| 1990 | 美國賈伯斯的 NeXT 工作站上市，售價 \$9999 美元，銷售情況令人失望，之後不久推出下一代的 NeXTcube |
| 2001 | 美國蘋果公司 11 月 23 日, iPod 正式亮相，開啓了數位音樂與掌上型裝置的新時代 |
| 2003 | 美國蘋果公司 4 月 29 日，iTunes Store 網路音樂商場現身，音樂市場從此改變 |
| 2007 | 美國蘋果公司 6 月 29 日，iPhone 手機誕生，手機市場開始進入蘋果主導的時代 |
| 2010 | 美國蘋果公司 4 月，蘋果發表 iPad 平板電腦，再度革新了整個電腦市場 |

附錄 1：電腦的速度

CPU 的進步速度

| 年代 (years) | 處理器 (CPU) | 時脈速度 (clock) | 內部資料線 (data bus) | 外部資料線 (data bus) | 位址線 (address bus) | 特徵 (feature) |
|---------------|-------------|-----------------|---------------------|---------------------|----------------------|--|
| | 4004 | | | | | |
| | 8008 | | | | | |
| | 8080 | | | | | |
| | 8085 | | | | | |
| 1978 | 8086 | 5 MHZ | 16 bits | 8 bits | 20 bits | |
| | 80186 | 12.5 MHZ | | | | DMA |
| 1982 | 80286 | | | | 24 bits | Multitasking, Virtual addressing |
| 1985 | 80386 | 33 MHZ | 32 bits | 16 bits | 32 bits | |
| 1989 | 80486 | 66 MHZ | | | | 8-kbyte cache memory, math coprocessor, 1 million transistors |
| 1993 | Pentium | 66 MHZ | | | 32-bits | 2*8-kbyte cache memory, dual pipeline (superscalar architecture), Executes two instructions at once |
| 1995 | Pentium Pro | 200 MHZ | | | | |
| 1997 | Pentium II | 450 MHZ | | | | MMX technology for multimedia |
| 1999 | Pentium III | 1 GHz | | | | |
| 2000 | Pentium IV | 1.3+ GHZ | | | | |

摩爾定律

- 晶片上電晶體的數量每 18 個月倍增。
 - 引伸 1：儲存體的容量每 18 個月倍增。
 - 引伸 2：電腦的計算速度每 18 個月倍增。
 - 引伸 3：網路的速度每 18 個月倍增。
- 未來
 - 2050 年時，硬碟會有多少 Giga， $80\text{G} \times 2^{30}$
 - 2050 年時，網路速度會是多少 Giga， $2\text{M} \times 2^{30}$
 - 2050 年時，電腦速度會是多少 GHz， $3.2\text{GHz} \times 2^{30}$

摩爾定律

- 晶片上電晶體的數量每 18 個月倍增。
 - 引伸 1：儲存體的容量每 18 個月倍增。
 - 引伸 2：電腦的計算速度每 18 個月倍增。
 - 引伸 3：網路的速度每 18 個月倍增。
- 未來
 - 2050 年時，硬碟會有多少 Giga， $80G * 2^{30}$
 - 2050 年時，網路速度會是多少 Giga， $2M * 2^{30}$
 - 2050 年時，電腦速度會是多少 GHz， $3.2GHz * 2^{30}$

實務案例：IA32 處理器

陳鍾誠 於金門大學

IA32 處理器

- IBM PC 個人電腦所用的處理器
- Intel 公司所設計的處理器
- x86 系列處理器的成員
- IA32 是相當複雜的處理器

圖 2.19 個人電腦的結構圖

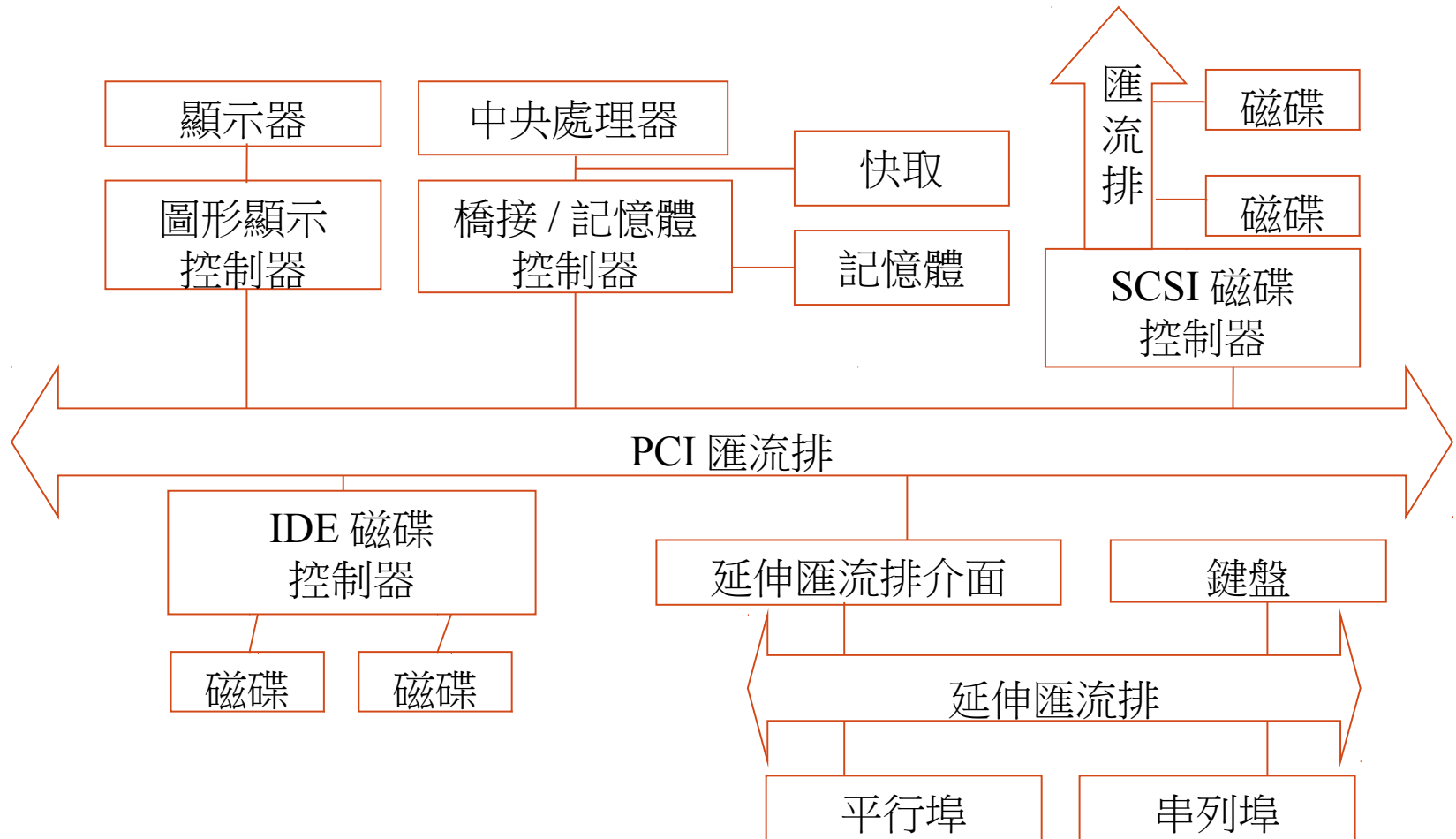


圖 2.20 IA32 的常用暫存器

| |
|-----------|
| 通用暫存器：EAX |
|-----------|

| |
|-----------|
| 通用暫存器：EBX |
|-----------|

| |
|-----------|
| 通用暫存器：ECX |
|-----------|

| |
|-----------|
| 通用暫存器：EDX |
|-----------|

| |
|--------------|
| 狀態暫存器：EFLAGS |
|--------------|

| |
|-----------|
| 程式計數器：EIP |
|-----------|

| |
|-----------|
| 基底暫存器：EBP |
|-----------|

| |
|-----------|
| 堆疊暫存器：ESP |
|-----------|

| |
|----------|
| 來源指標：ESI |
|----------|

| |
|----------|
| 目的指標：EDI |
|----------|

| |
|--------|
| 程式段：CS |
|--------|

| |
|--------|
| 堆疊段：SS |
|--------|

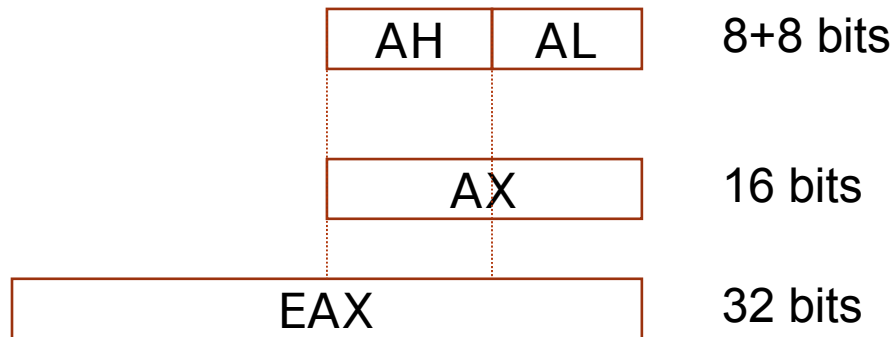
| |
|--------|
| 資料段：DS |
|--------|

| |
|--------|
| 延伸段：ES |
|--------|

| |
|--------|
| 延伸段：FS |
|--------|

| |
|--------|
| 延伸段：GS |
|--------|

圖 2.21 IA32 的 EAX 暫存器



IA32 的指令格式

- 指令的參數通常可以是暫存器或記憶體，具有多種組合形式

表格 2.2: ADD 指令的六種參數組合形式

| | | |
|--------------|--------------|----------------|
| ADD reg, reg | ADD reg, mem | ADD mem, imm |
| ADD mem, reg | ADD reg, imm | ADD accum, imm |

表格 2.3: MOV 指令的九種參數組合形式

| | | |
|-------------------|-------------------|-------------------|
| MOV reg, reg | MOV mem, reg | MOV reg, mem |
| MOV reg16, segreg | MOV segreg, reg16 | MOV reg, imm |
| MOV mem, imm | MOV mem16, segreg | MOV segreg, mem16 |

表格 2.4 : IA32 的指令分類表

| 類型 | 代表指令 | 屬於本類型的指令 |
|------|-------|---|
| 運算 | ADD | ADD, SUB, ADC, MUL, DIV, IDIV, IMUL, SBB |
| 邏輯 | AND | AND, OR, NOT, XOR, NEG |
| 位元 | BT | 清除：CLC, CLD, CLI, CMC 設定：SET, STC, STD, STI 測試：BT, BTC, BTR, BTS, TEST |
| 副程式 | CALL | CALL, RET, RETN, RETF |
| 轉換 | CBW | CBW, CDQ, CWD |
| 比較 | CMP | CMP, CMPS, CMPSB, CMPSW, CMPSD, CMPXCHG |
| 字元調整 | AAA | AAA, AAD, AAM, AAS, DAA, DAS |
| 交換 | SWAP | BSWAP, XCHG, XADD, XLAT, XLATB |
| 增減 | INC | INC, DEC |
| 框架 | ENTER | ENTER, LEAVE |
| 暫停 | HLT | HLT, NOP |
| 輸出入 | IN | 輸入：IN, INS, INSB, INSW, INSD, 輸出：OUT, OUTS, OUTSB, OUTSW, OUTSD |
| 中斷 | INT | INTO, IRET |
| 跳躍 | JMP | JA, JNA, JAE, JNAE, JB, JNB, JBE, JNBE, JG, JNG, JGE, JNGE, JL, JNL, JLE, JCXZ, JECXZ |
| 載入儲存 | LEA | LEA, LDS, LES, LFS, LGS, LSS, LAHR, LAHF, SAHF |
| 迴圈 | LOOP | LOOP, LOOPW, LOOPD, LOOPE, LOOPZ, LOOPNE, LOOPNZ |
| 重複 | REP | REP, REPZ, REPE, REPNE, PEPNZ |
| 移動 | MOV | MOV, MOVSX, MOVZX |