

第 6 章 2：封裝技術

封裝 (Package) 是「晶粒到 PCB 的橋樑」。

一、封裝的功能

1. 保護：避免機械、潮濕、灰塵
 2. 散熱：把熱導出
 3. 連接：信號與電源 IO
 4. 標準化：相容 PCB 焊接
-

二、通孔封裝 (Through-Hole)

DIP (Dual In-line Package)

- 兩排引腳
- 8、14、16、20、28、40 pin
- 原型方便、量產退場

TO 系列 (電晶體外形)

- TO-92：小信號 BJT、MOSFET
 - TO-220：中功率
 - TO-247、TO-264：大功率
 - TO-3：大型
-

三、表面貼裝 (SMD)

SOIC (Small Outline IC)

- DIP 縮小版
- 8、14、16、20 pin
- 1.27 mm pitch

SOP / TSSOP / SSOP

- SOP : 1.27 mm pitch
- TSSOP : 0.65 mm
- SSOP : 0.65 mm (窄)

QFP (Quad Flat Package)

- 四面引腳
- 32–304 pin
- TQFP (薄)、LQFP (低)

QFN (Quad Flat No-leads)

- 底部 pad
- 無引腳，重熱密度高
- 0.4–0.65 mm pitch

DFN (Dual Flat No-leads)

- 兩邊有 pad

BGA (Ball Grid Array)

- 焊球陣列
- 高 pin count (200–數千)
- 0.4–1.0 mm pitch
- 子類：PBGA、CBGA、TBGA、FBGA

LGA (Land Grid Array)

- 平面 pad (不焊球)
- CPU 用 (Intel LGA 1700 等)

CSP (Chip Scale Package)

- 封裝尺寸 $\leq 1.2 \times$ 晶粒
- 行動裝置記憶體常用

WLCSP / WL-FCBGA

- 晶圓級封裝

- 最小體積

四、特殊封裝

TO-220-7 (FullPAK)

7 pin 大功率封裝。

D-Pak / D2Pak (DDPAK)

SMD 大功率，TO-220 SMD 版。

PowerSO

電源 IC 用，兼有 SMD + 散熱片。

PowerQFN (CLIP)

新型功率 QFN，內部用 clip 取代打線，低 $R_{DS(on)}$ 。

COB (Chip on Board)

晶粒直接黏到 PCB，膠覆蓋（低成本玩具常用）。

五、封裝相關規格

Pitch (腳距)

引腳中心距離： - 1.27 mm (SOIC) - 0.5–0.65 mm (QFP / QFN) - 0.4 mm (細 pitch QFN) - 0.5–1.0 mm (BGA) - 0.4 mm 以下 (HDI BGA)

Pin Count

從 3 (SOT-23) 到 5000+ (高階 CPU LGA)。

熱阻 (θ_{JA} , θ_{JC})

封裝散熱能力： - 大封裝 + heatsink：低熱阻 - 小封裝：熱阻高

高度 / Z Profile

行動裝置要求超薄：- 0.4 mm 高 BGA - 0.5–1 mm 一般 - 4 mm+ 大封裝

六、連線技術 (Bond Wire / Flip-Chip)

Wire Bond

- 金線：可靠、貴
- 銅線：便宜、技術成熟（成本壓力）
- 銀線：折衷

直徑：18–50 μm 。

Flip-Chip Bumping

- C4 (Controlled Collapse Chip Connection)
- μbump (細 pitch)

Cu Pillar

- 銅柱 + 焊錫帽
- 細 pitch flip-chip

七、應用：選封裝

應用	推薦
學生實驗	DIP / SOIC (手焊容易)
手機 SoC	FBGA、WLCSP
桌機 CPU	LGA
伺服器 GPU	CoWoS BGA
功率 MOSFET	DPAK / D2PAK / TO-220
微小 IoT	WLCSP (最小體積)
汽車	QFN / BGA (高溫等級)

八、本章總結

✅ 您應該理解：

- [x] 通孔 vs SMD 封裝
 - [x] 主要封裝類型
 - [x] BGA / CSP / WLCSP
 - [x] 封裝關鍵規格（pitch、熱阻）
 - [x] 連線技術
-

下一章

03-PCB❓❓.md