

第 8 章 3：DIY 桌上型電源供應器

設計 0–30V、0–3A 可調電源供應器（中階專案）。

一、學習目標

- 線性 / 開關電源實際設計
- LDO 與 DC/DC 應用
- 電流限制與保護
- PCB 散熱
- 過壓 / 過流 / 過溫保護

二、設計規格

項目	值
輸入	AC 110/220V 或 DC 36V
輸出電壓	0–30V 連續可調
輸出電流	0–3A 連續可調
紋波	< 5 mVpp
負載暫態	< 50 mV，恢復 < 100 μ s
顯示	電壓 + 電流 4 位數
保護	OVP / OCP / OTP

三、架構選擇

方案 A：純線性（教學用）

優點：低雜訊、簡單 缺點：效率低、發熱大

AC 220V → [?] [?] [?] → [?] [?] [?] [?] → [?] [?] [?] [?] → [?] [?] [?] [?] [?] [?] OPAMP + [?] [?] [?] NPN/MOSFET → [?] [?]

方案 B：Pre-regulator + Linear（推薦）

AC → 整流 → Buck 轉換器 → 線性穩壓器 → 輸出

- 線性段 dropout 固定 3–5V
- 大幅減少功耗
- 雜訊仍低

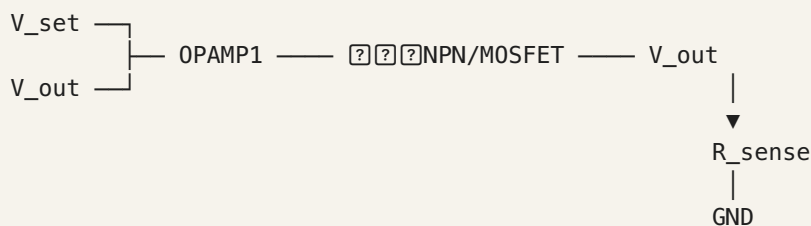
方案 C：純開關（高效率）

AC → PFC → 全橋 LLC → 輸出 → LC 濾波

效率 > 90%，但雜訊較高。

四、線性後段電路（簡化）

電壓回授



電流回授



CV / CC 切換是「取最小」或「取最大」邏輯，由二極體實現（OR 連接）。

五、關鍵元件選擇

串聯通過元件（pass element）

- NPN：簡單，但 V_{BE} 大
- MOSFET：低 $R_{DS(on)}$

- 達靈頓：增益高

散熱

$$P_{\text{dissipation}} = (V_{\text{in}} - V_{\text{out}}) \times I_{\text{out}}$$

例如 $V_{\text{in}}=36\text{V}$ 、 $V_{\text{out}}=0\text{V}$ 、 $I_{\text{out}}=3\text{A}$ ：

$$P = 36 \times 3 = 108 \text{ W}$$

需大型散熱片 + 風扇， $\theta_{\text{JA}} < 0.5^{\circ} \text{ C/W}$ 。

→ 因此推薦 Pre-regulator 架構。

反電動勢保護

電感性負載斷電時保護。

六、保護電路

OCP（過電流保護）

R_{sense} 量測 → 比較器 → 切斷或限流。

OVP（過電壓保護）

Crowbar：TVS / SCR + Fuse。

OTP（過溫保護）

NTC + 比較器 → 關閉。

反接保護

二極體 / MOSFET。

七、控制與顯示

MCU

- STM32 或 ATmega
- ADC 讀回 V_{out} 、 I_{out}

- DAC / PWM 控制 V_{set} 、 I_{set}
- LCD / OLED 顯示
- Encoder 旋鈕設值

USB / 序列控制

- 透過 SCPI 命令遠端
- 適合自動化測試

八、PCB Layout 重點

1. 大電流路徑短而粗
2. 整流後地線 / 輸出地線分離
3. 散熱片接 PCB
4. 量測 GND 與功率 GND 分開 (Kelvin connection)
5. 開關電源段加金屬罩
6. PCB 鋪銅厚 1-2 oz

九、量測與校正

1. 外接精密電壓表 / 電流表
2. 校正零點與滿刻度
3. 紋波：示波器 AC 耦合 + Ground Spring
4. 負載暫態：電子負載 + 示波器
5. 效率：輸入功率 / 輸出功率

十、安全注意事項

 AC 部分有觸電危險

- 隔離變壓器 / 隔離示波器
- 一手操作（不要兩手碰電路）
- AC 部分 PCB 加保護蓋
- Y 電容、X 電容、保險絲、共模扼流圈不可省

十一、進階版本

- USB-C PD 輸入（可移動）
 - Wi-Fi 控制
 - 自動電池充電曲線
 - 雙通道
 - 高精度（mA 級電流）
 - 可程式測試序列
-

十二、本專案重點

✔ 您學到：

- [x] 電源供應器架構選擇
 - [x] 線性、Pre-regulator、開關差別
 - [x] CV/CC 控制
 - [x] 散熱計算
 - [x] 保護電路
 - [x] 安全規範
-

下一專案

04-MCU[?][?].md