



淡江大學九十八學年度 碩士班甄試

降壓型電源轉換器之PSO最佳演算設計

系別：電機工程學系

組別：控制晶片與系統組

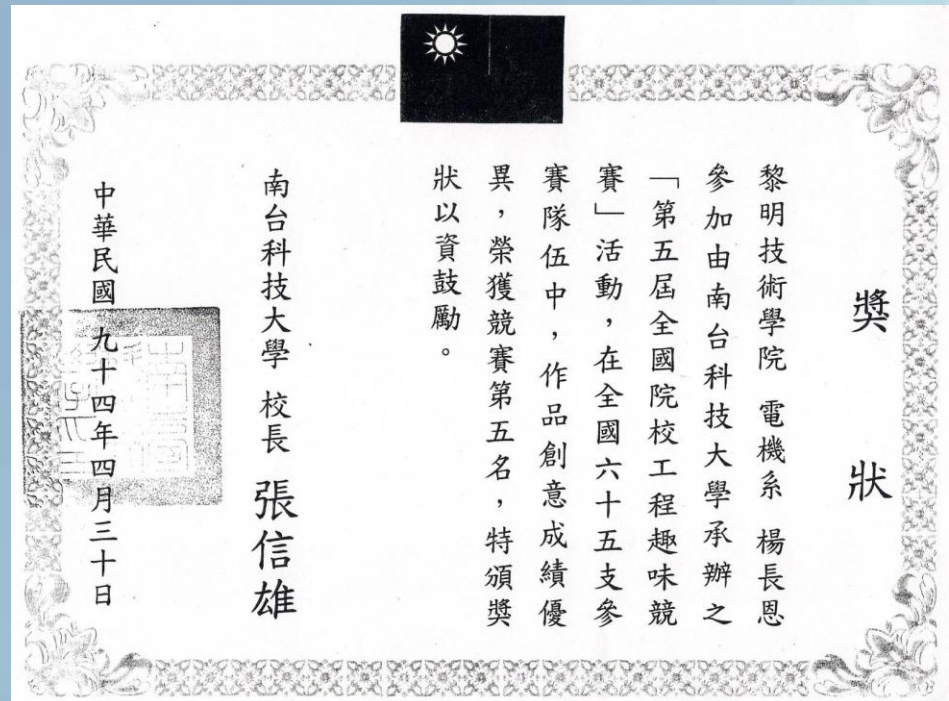
指導教授：周永山 教授

學生：楊長恩

自傳簡歷

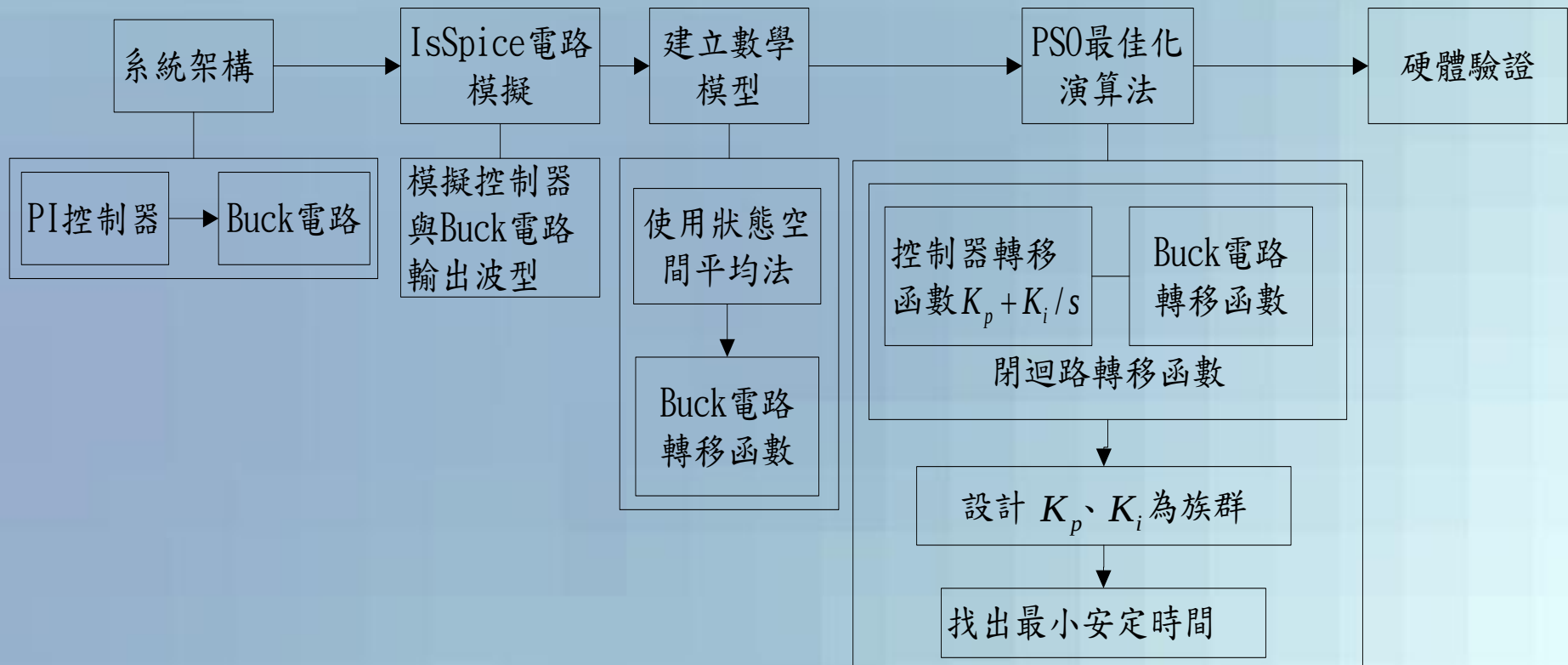
- 專科經歷：
 - 第五屆 全國院校工程競賽(第五名)
 - 專題：智慧型充電器

右圖：工程競賽獎狀



大學專題

降壓型電源轉換器之PSO最佳演算設計



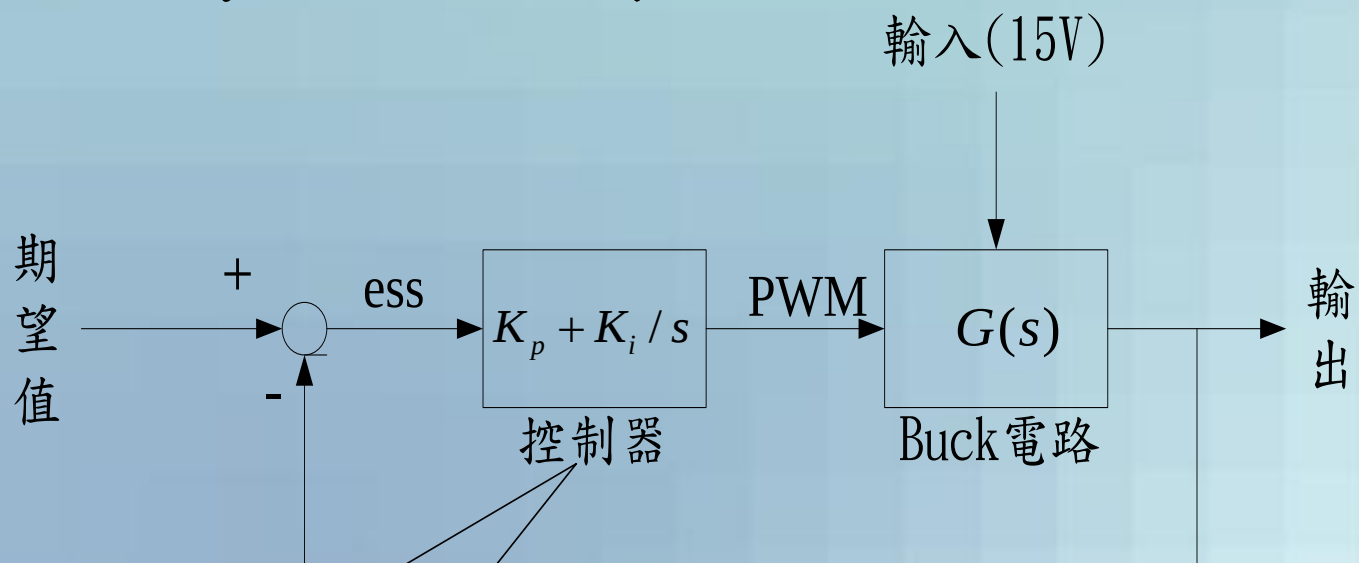
大綱

- 研究目的
- 專題架構
- IsSpice 電路模擬
- 數學模型
- PSO 最佳化演算法
- 硬體驗證

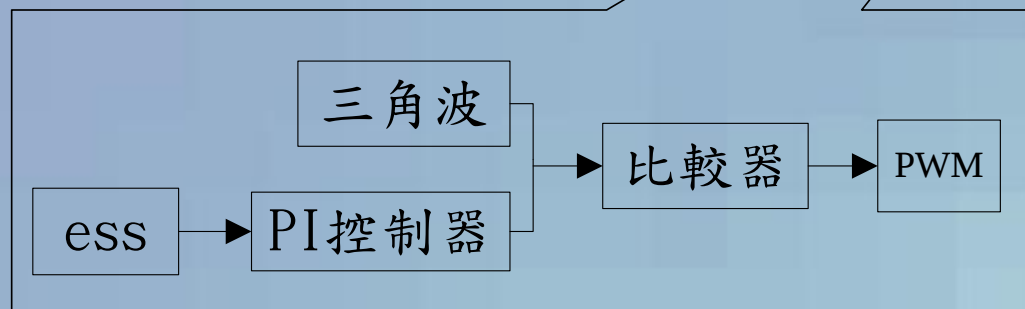
研究目的

- 了解並學習Buck電路的架構
- 學習使用粒子群聚演算法(PSO)
- 結合以上兩者，以收尋最佳的安定時間為例子

專題架構



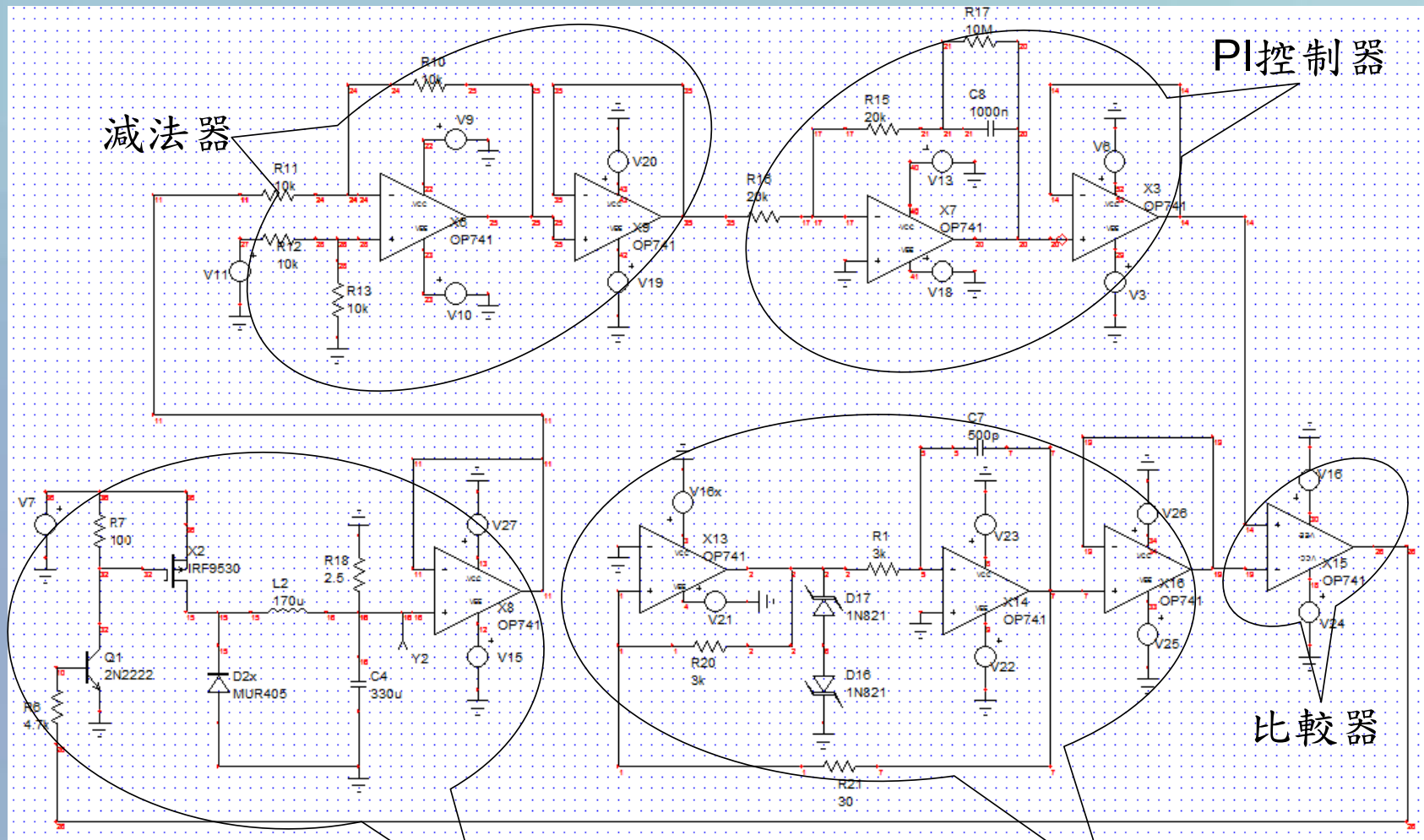
系統方塊圖



IsSpice模擬1/5

- IsSpice電路模擬軟體簡述：
 - 台科、北科及業界均有採用此軟體模擬電路
 - 操作簡易、調整電路參數就可同時觀測波型
 - 可分析交流、直流、暫態、傅立葉等..波型圖

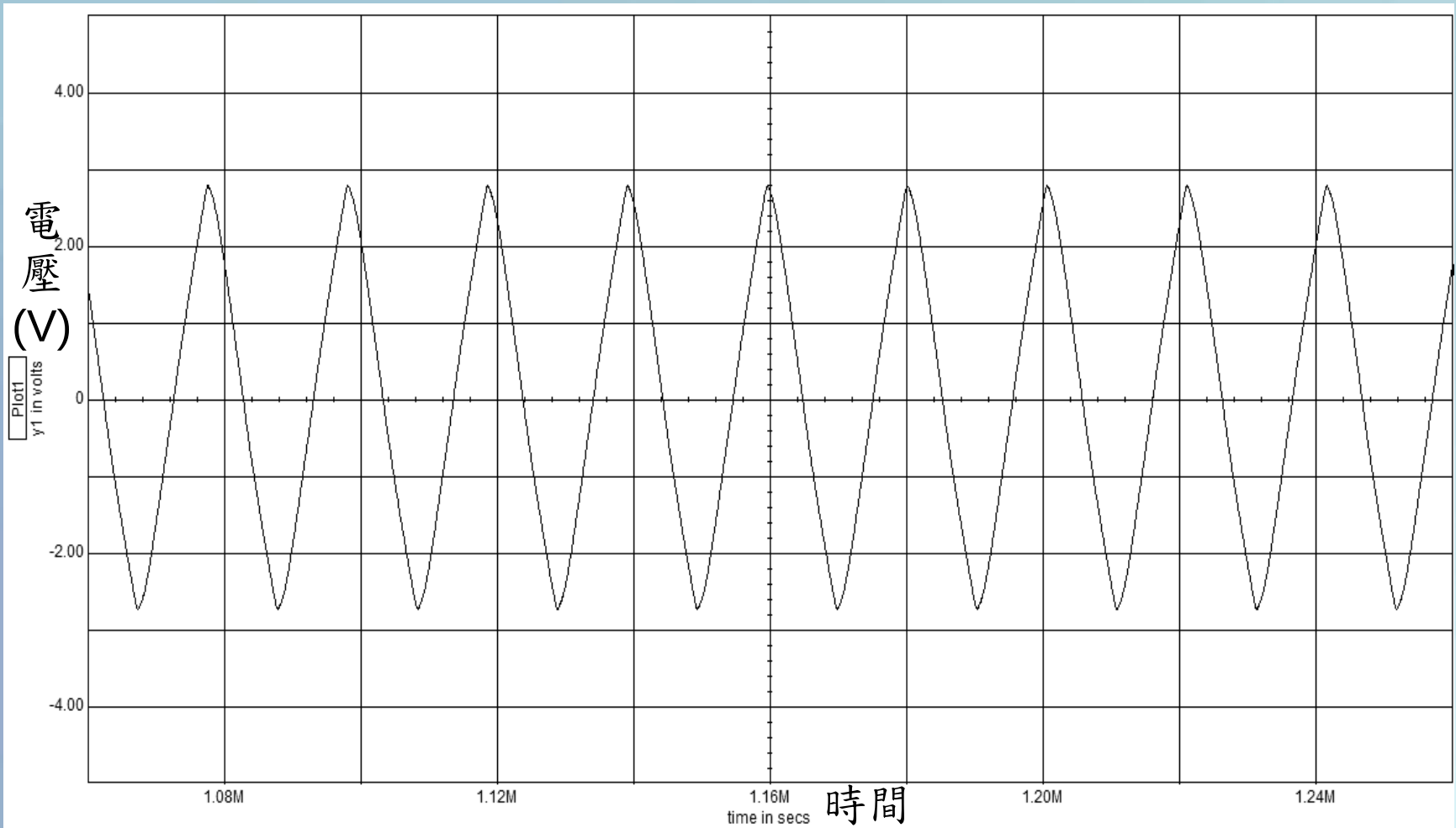
IsSpice模擬2/5



Buck主電路

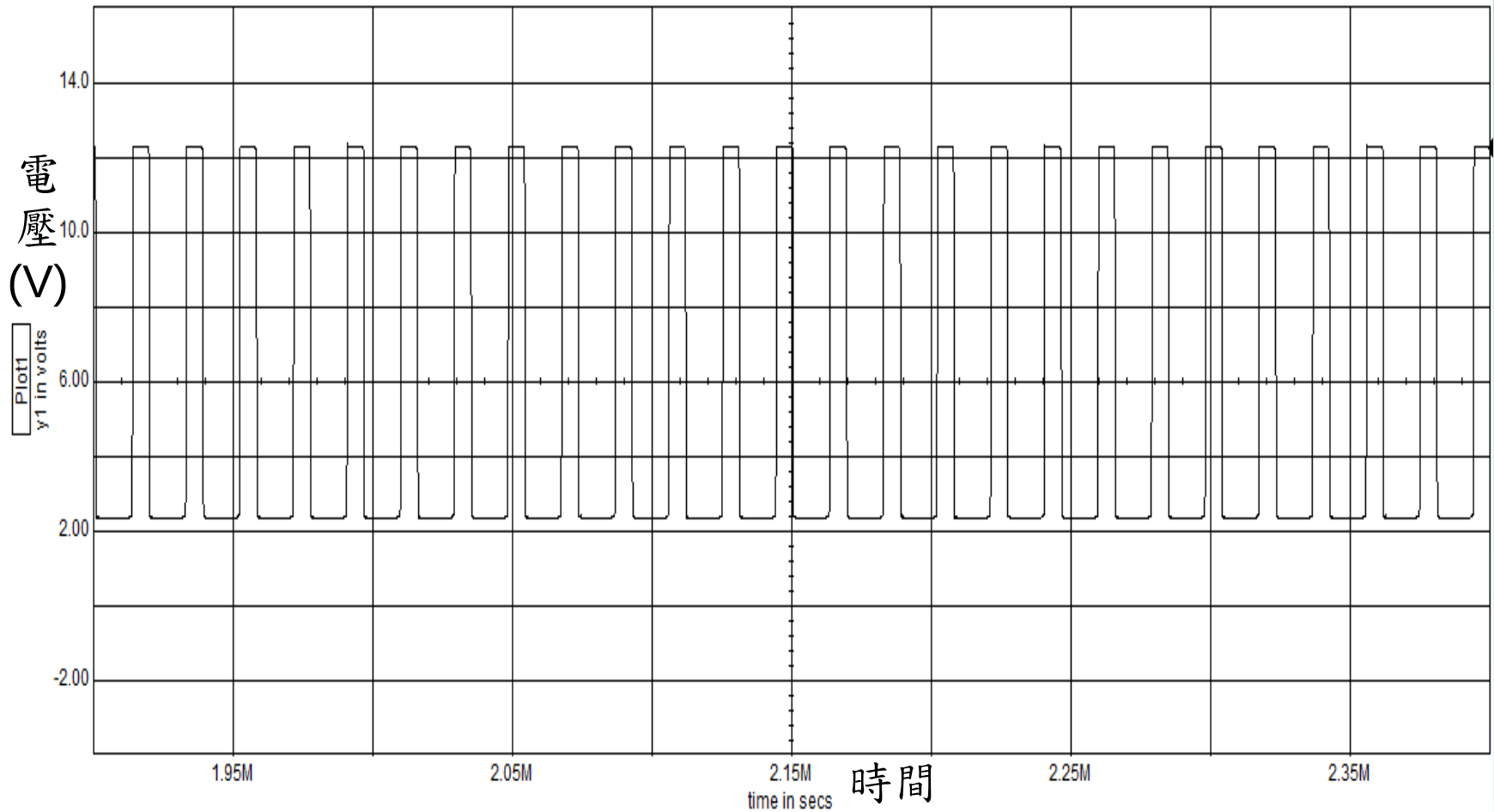
三角波產生器

IsSpice模擬3/5



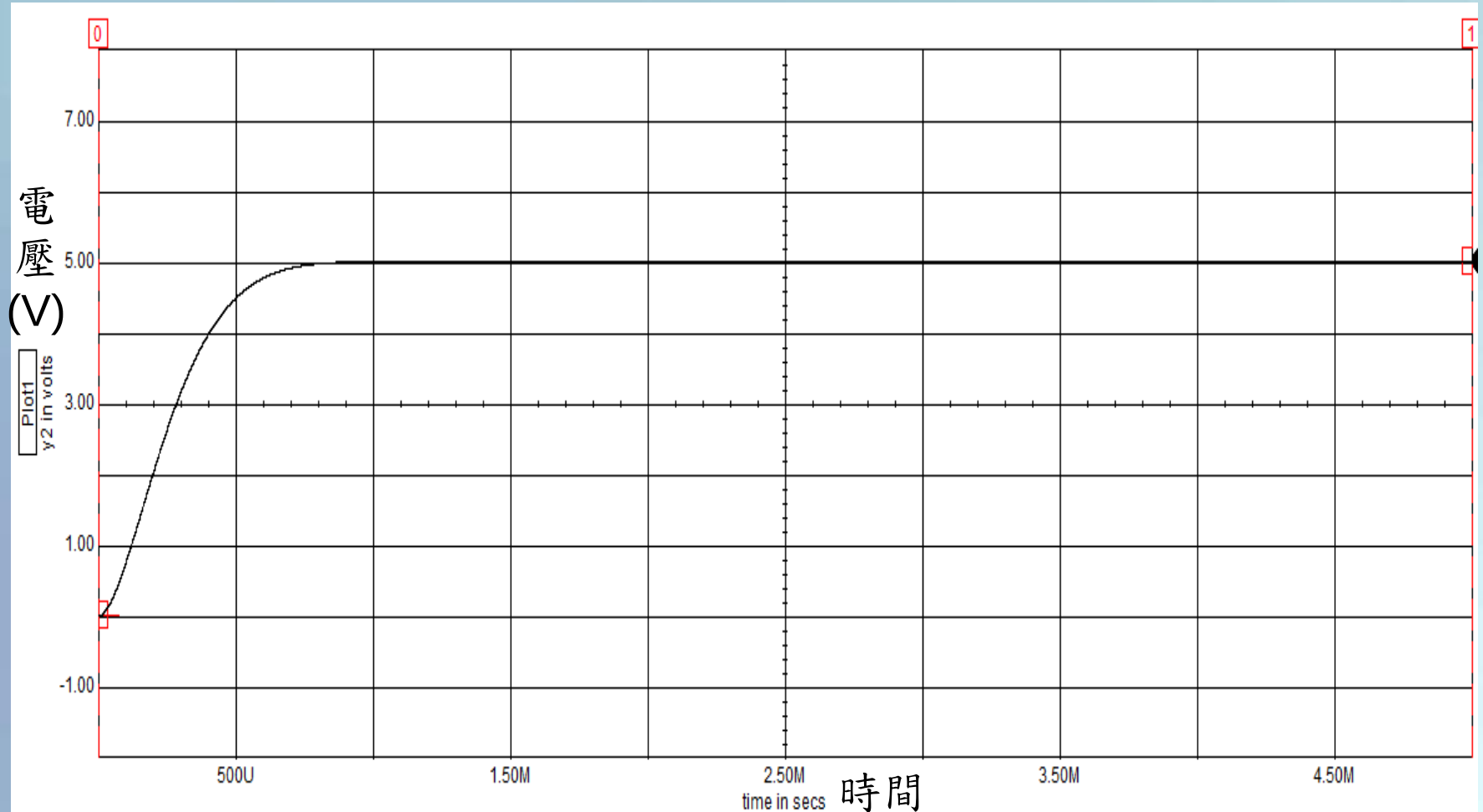
震盪頻率採用為50KHz

IsSpice模擬4/5



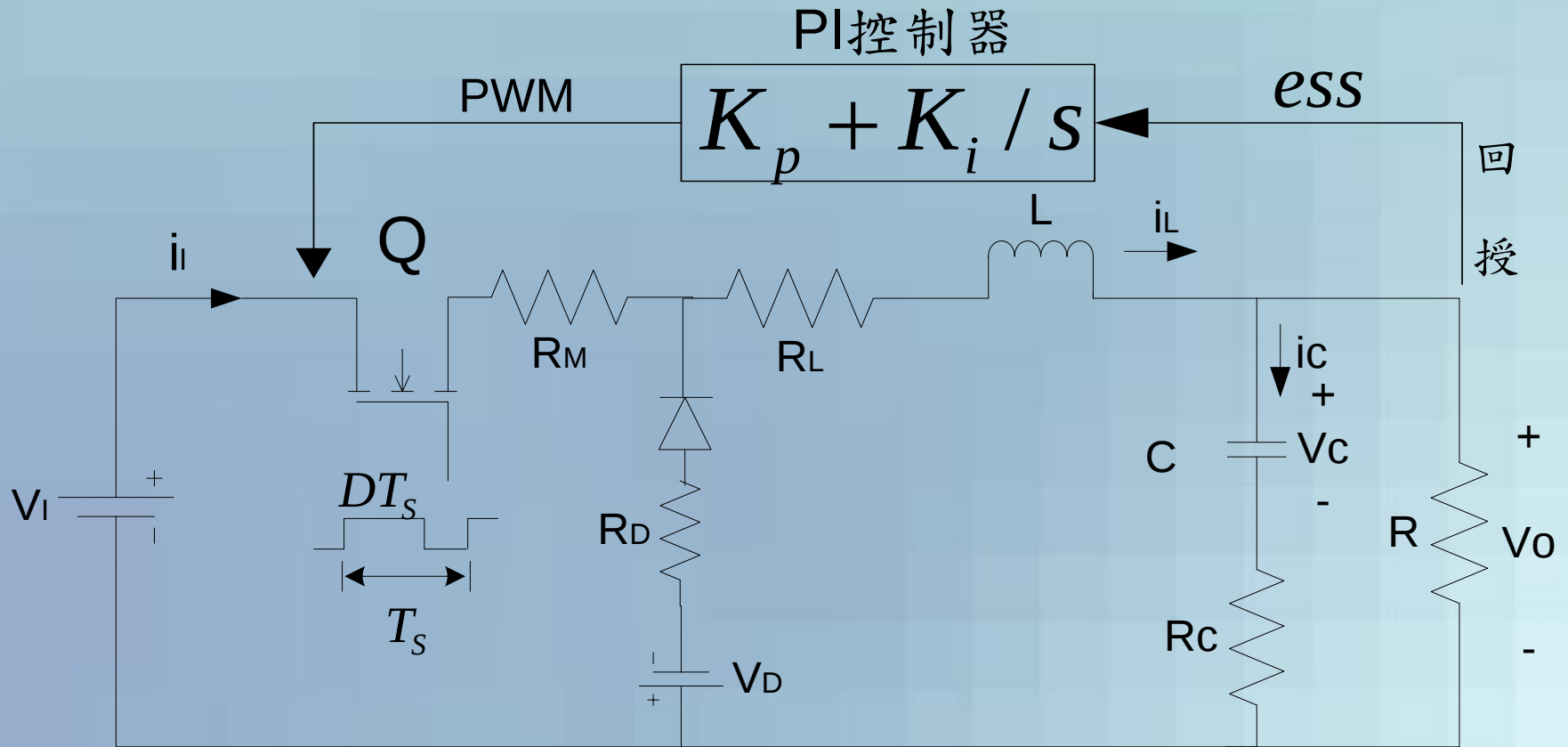
PWM輸出頻率為50KHZ

IsSpice模擬5/5



總電路輸出

數學模型1/5



非理想Buck電路

數學模型2/5

- 狀態空間平均法：

- 步驟一：畫出轉換器在交換週期每一狀態的線性等效電路。
- 步驟二：根據步驟一的等效電路模型，利用狀態變數型式推導出每一個狀態電路方程式。
- 步驟三：利用功率開關之工作週期當作加權因子，將每一個狀態方程式平均，再將這些狀態方程式組合為單一的狀態方程式。

數學模型3/5

$$\begin{aligned}
 \begin{bmatrix} \dot{\bar{i}}_L \\ \dot{\bar{V}}_L \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} -\frac{1}{L} \left(R_D + R_L + \frac{R_C R}{R_C + R} \right) & \frac{-R}{L(R_C + R)} \\ C \frac{R}{(R_C + R)} & \frac{-1}{C(R_C + R)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{i}_L \\ \bar{V}_C \end{bmatrix} \\
 &+ \begin{bmatrix} \frac{1}{L} \left[(R_D - R_{ml}) \bar{i}_L + V_D + \bar{V}_I \right] \\ 0 \end{bmatrix} \bar{d} + \begin{bmatrix} -\frac{V_D}{L} \\ 0 \end{bmatrix} \\
 \bar{V}_o &= \begin{bmatrix} \frac{R_C R}{R_C + R} & \frac{R}{R_C + R} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{i}_L \\ \bar{V}_C \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

數學模型4/5

- Buck電路元件參數

- 4905(PMOS) : $R_{m1} = 0.02\Omega$

- L (170uH) : $i_L = 0.39A, R_L = 0.053\Omega$

- C (330uF) : $R_c = 9.7\Omega$

- 25P04Q(飛輪二極體) : $V_D = 0.5v, R_D = 0.2\Omega$

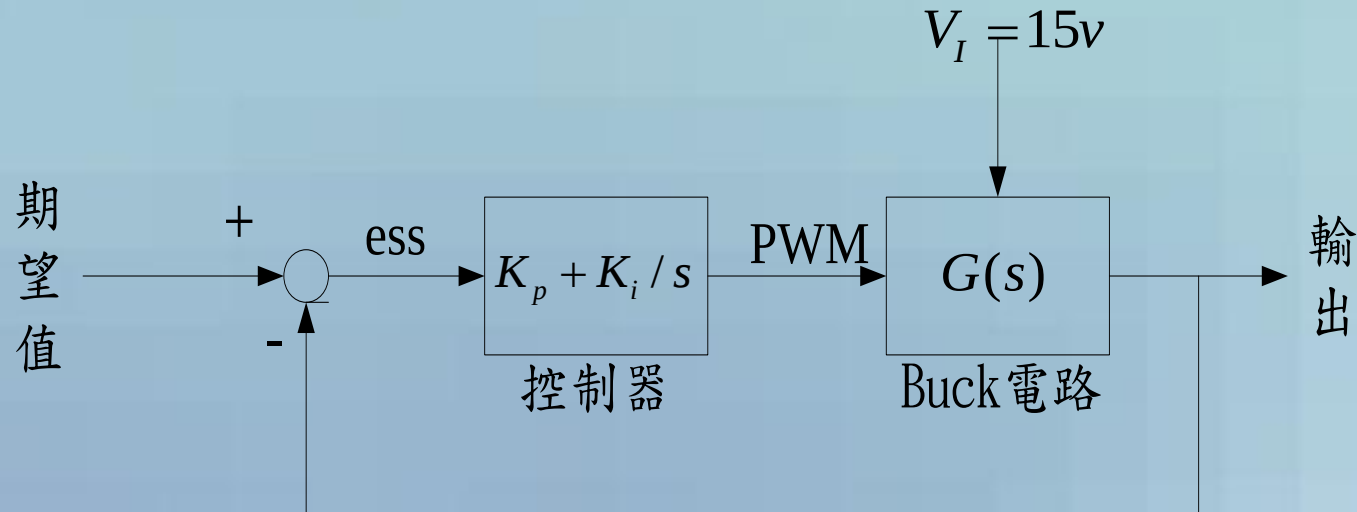
- R(負載) : $R = 2.5\Omega$

- 輸入 : $V_I = 15v$

- 將以上參數帶入完整訊號模型，再經由 $G(s) = C(sI - A)^{-1} \cdot B + D$

可得Buck電路轉移函數：
$$G(s) = \frac{182053s + 56873703}{s^2 + 13429s + 4022384}$$

數學模型5/5



系統方塊圖

由系統方塊圖得，期望值-輸出的閉迴路轉移函數，如下所示：

$$\frac{G(s) \times (k_p + k_i / s)}{1 + G(s) \times (k_p + k_i / s)}$$

$$= \frac{182053k_p s^2 + (56873703k_p + 182053k_i)s + 56873703k_i}{s^3 + 321482s^2 + (56873703k_p + 182053k_i + 4022384)s + 56873703k_i}$$

PSO最佳化演算法1/3

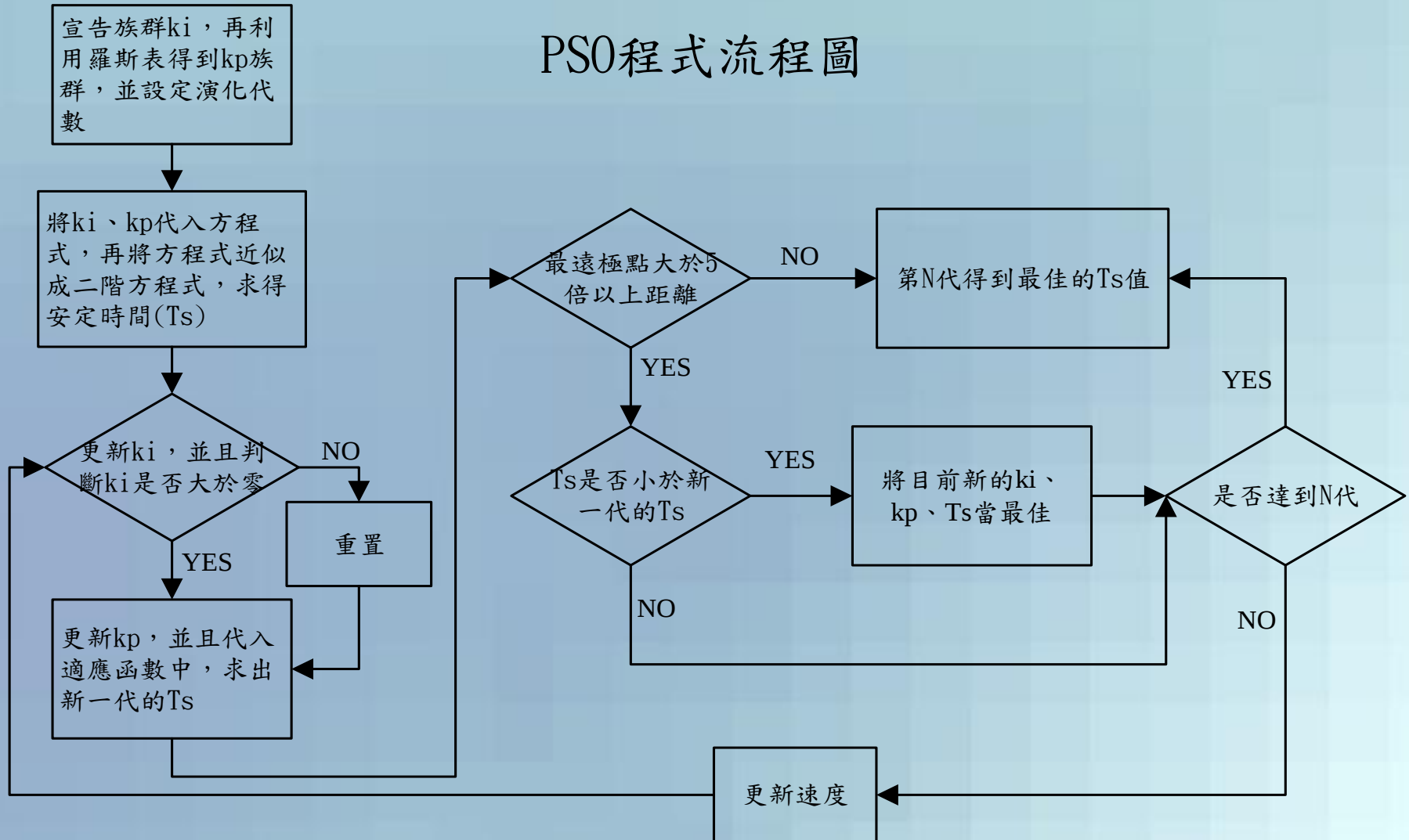
- 由數學模型設定適應函數：

$$f(s) = \frac{182053k_p s^2 + (56873703k_p + 182053k_i)s + 56873703k_i}{s^3 + 321482s^2 + (56873703k_p + 182053k_i + 4022384)s + 56873703k_i}$$

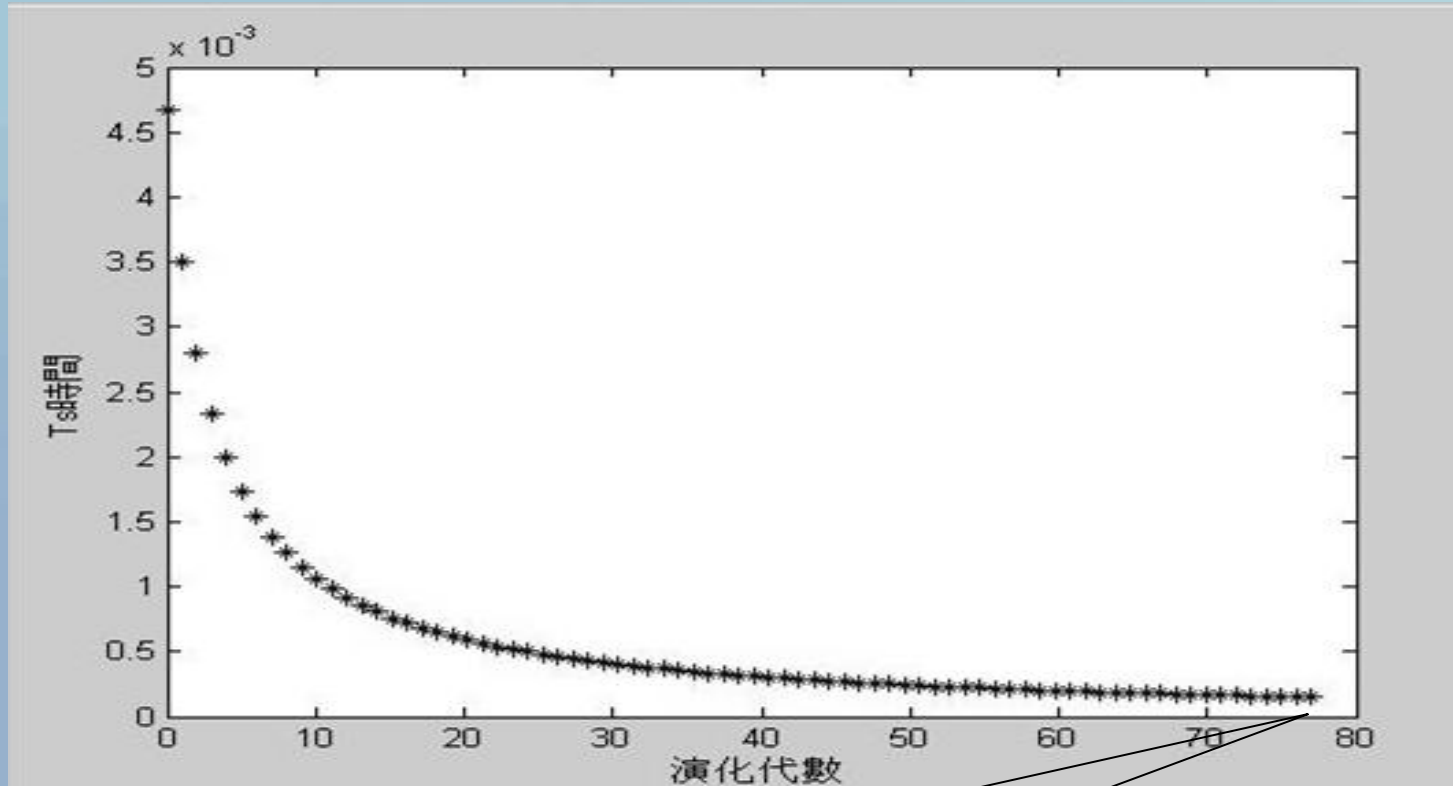
- 設定 K_p 、 K_i 族群
- 目標：搜尋最小的安定時間(T_s)

PSO最佳化演算法2/3

PSO程式流程圖



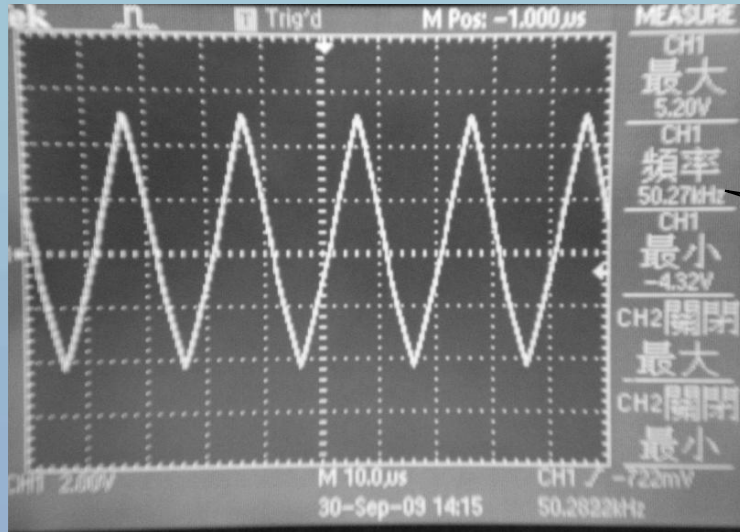
PSO最佳化演算法3/3



- $T_s = (1.4906 \times 10^{-4})$
- $k_p = 126$
- $k_i = 39495$

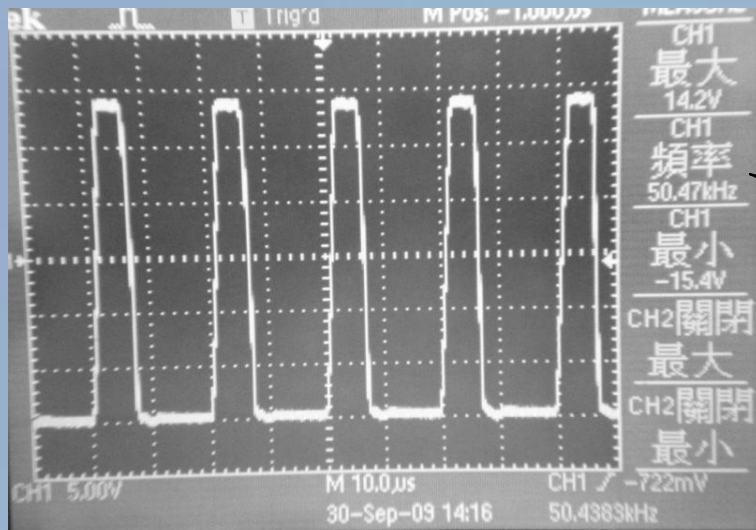
PSO演算至第77代停止，此時不滿足近似二階系統，故在本專題中僅能得出此時的安定時間值。

硬體驗證1/2



頻率50.27KHZ

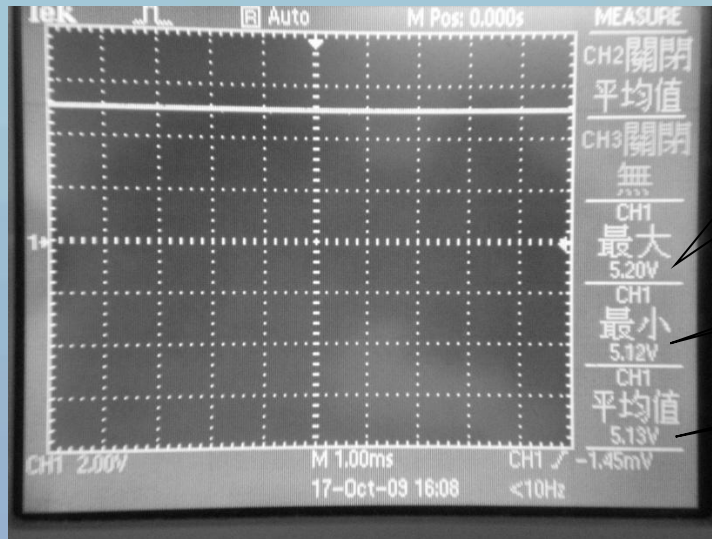
三角波驗證波型



頻率50.47KHZ

PWM驗證波型

硬體驗證2/2

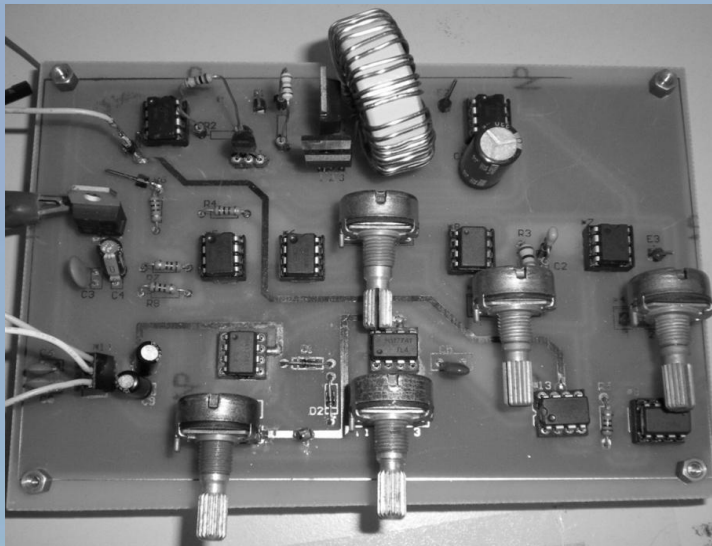


最大值5.2V

最小值5.12V

平均值5.13V

總電路輸出



總電路板

結論

- 模擬與實務產生的誤差
- 粒子群聚最佳化演算法(PSO)
- 未來展望