

# 17

實習

## PID 直流馬達位置控制系統

探討 PID 控制器對直流馬達位置控制系統之功能，分析其對系統暫態響應與穩態響應之影響，並以軟體 VisSim 模擬與驗證。

學習目標



1. 比例控制器對位置控制系統之影響。
2. 比例微分控制器對位置控制系統之影響。
3. 比例積分控制器對位置控制系統之影響。
4. 比例積分微分控制器對位置控制系統之影響。
5. 以軟體 VisSim 模擬與驗證上述各種控制器對位置控制系統之影響。



## 相關理論

## ► PID 位置控制系統

以 PID 控制器應用於控制系統，若受控體為直流馬達，以位置作為回授信號，稱為 PID 直流馬達位置控制系統如圖 17-1 所示。

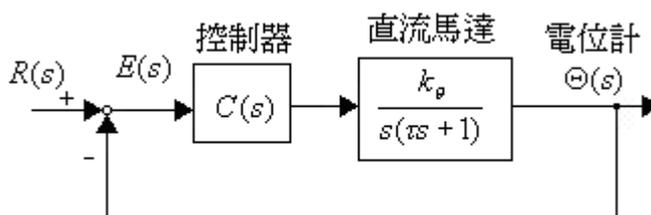


圖 17-1 PID 直流馬達位置控制系統

圖 17-1 中  $C(s)$  為 PID 控制器，其轉移函數為

$$C(s) = k_p + \frac{K_I}{s} + K_D s$$

以下將分別討論各類控制器對於系統之影響：

1. P 控制器： $C(s) = k_p$ 

則系統閉迴路轉移函數：

$$\begin{aligned} \frac{\Theta(s)}{R(s)} &= \frac{k_p \frac{k_\theta}{s(1+\tau s)}}{1 + k_p \frac{k_\theta}{s(1+\tau s)}} = \frac{\frac{k_p k_\theta}{\tau}}{s^2 + \frac{s}{\tau} + \frac{k_p k_\theta}{\tau}} \\ &= \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2} \end{aligned} \quad (17-1)$$

$$\text{式中：} \omega_n^2 = \frac{k_p k_\theta}{\tau}, 2\xi\omega_n = \frac{1}{\tau} \quad (17-2)$$

由式 (17-2) 中，提高  $k_p$  值，能夠提高自然頻率  $\omega_n$ ，同時降低阻尼比  $\xi$ ，可得到更快的暫態響應，但會增加最大超越量。此

時系統型式仍然為 type 1，對步階信號輸入之穩態誤差為  $e_{ss} = 0$ 。

### 2. PD 控制器： $C(s) = k_p + k_D s$

則系統閉迴路轉移函數為：

$$\begin{aligned} \frac{\Theta(s)}{R(s)} &= \frac{(k_p + k_D s) \frac{k_\theta}{s(1+\tau s)}}{1 + (k_p + k_D s) \frac{k_\theta}{s(1+\tau s)}} = \frac{(k_p + k_D s) k_\theta}{\tau s^2 + (1 + k_D k_\theta) s + k_p k_\theta} \\ &= \frac{(k_p + k_D s) k_\theta}{s^2 + \frac{(1 + k_D k_\theta)}{\tau} s + \frac{k_p k_\theta}{\tau}} = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\xi \omega_n s + \omega_n^2} \end{aligned} \quad (17-3)$$

$$\text{式中： } \omega_n^2 = \frac{k_p k_\theta}{\tau}, \quad 2\xi \omega_n = \frac{(1 + k_D k_\theta)}{\tau} \quad (17-4)$$

由式 (17-2) 與 (17-4) 中可以看出提高  $k_D$  值，使  $\xi$  值增大，可減少最大超越量。此時系統型式仍然為 type 1，對步階信號輸入之穩態誤差為  $e_{ss} = 0$ 。

### 3. PI 控制器： $C(s) = k_p + \frac{k_I}{s}$

則系統閉迴路轉移函數為：

$$\frac{\Theta(s)}{R(s)} = \frac{\left(k_p + \frac{k_I}{s}\right) \frac{k_\theta}{s(1+\tau s)}}{1 + \left(k_p + \frac{k_I}{s}\right) \frac{k_\theta}{s(1+\tau s)}} = \frac{(k_p s + k_I) k_\theta}{\tau s^3 + s^2 + (k_p s + k_I) k_\theta} \quad (17-5)$$

此時系統型式變為 type 2，對步階信號輸入與斜坡信號輸入之穩態誤差皆為  $e_{ss} = 0$ 。

### 4. PID 控制器： $C(s) = k_p + k_D s + \frac{k_I}{s}$

則系統閉迴路轉移函數為：

$$\frac{\Theta(s)}{R(s)} = \frac{\left(k_p + \frac{k_I}{s} + k_D s\right) \frac{k_\theta}{s(1+\tau s)}}{1 + \left(k_p + \frac{k_I}{s} + k_D s\right) \frac{k_\theta}{s(1+\tau s)}}$$



#### 17-4 自動控制模擬分析與實習



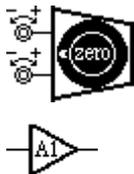
$$= \frac{(k_D s^2 + k_P s + k_I) k_\theta}{\tau s^3 + (1 + k_D k_\theta) s^2 + k_P k_\theta s + k_I k_\theta} \quad (17-6)$$

此時微分控制在步階響應時可以減少最大超越量，但若  $k_D$  值太大，將會使暫態響應變慢。積分控制使系統型式變為 type 2，對步階信號輸入與斜坡信號輸入之穩態響應誤差皆為  $e_{ss} = 0$ 。

# 實習 17-A-1

## 比例控制器對位置控制系統之影響

### 步驟



1. 在接線之前，必須檢查馬達是否轉動，可調整零位調整器 (zero)，讓馬達不再轉動。
2. 依圖 17-A-1-1 完成 P 控制之位置控制系統接線，以電位計作為位置感測器，將其輸出電壓作為回授信號，其系統方塊圖如圖 17-A-1-2 所示。

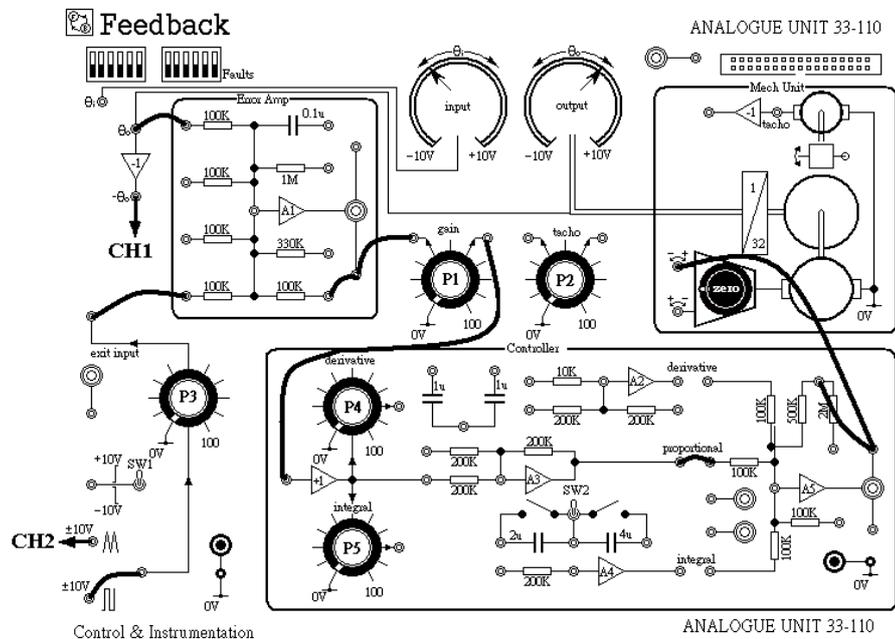


圖 17-A-1-1 P 控制之位置控制系統接線圖



由接線圖之閉迴路系統方塊圖如下：

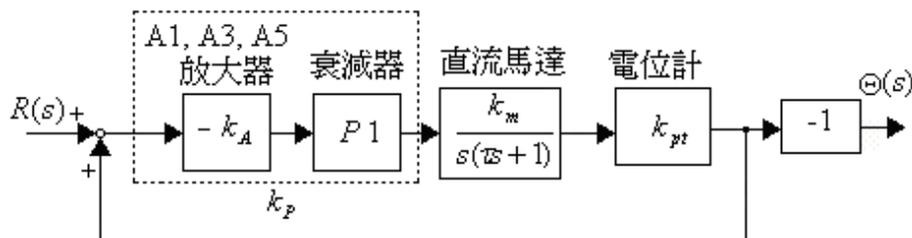
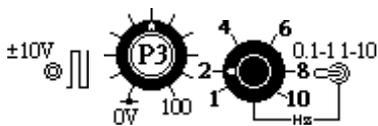


圖 17-A-1-2 P 控制之直流馬達位置控制系統方塊圖

由圖 17-A-1-2，直流馬達位置控制系統閉迴路轉移函數為

$$\frac{\Theta(s)}{R(s)} = \frac{\frac{k_p k_\theta}{\tau}}{s^2 + \frac{1}{\tau}s + \frac{k_p k_\theta}{\tau}} = \frac{\frac{k}{\tau}}{s^2 + \frac{1}{\tau}s + \frac{k}{\tau}} \quad (17-A-1)$$

式中  $k = k_A k_\theta$ ， $k_p = k_A \times P1$ ， $k_\theta = k_m k_{pt}$ ，且  $k_A = 5.0$ 。



- 將 P3 調整到 25% 的位置，使輸入方波信號電壓為  $\pm 2.5\text{ V}$ ；再調整機構單元之信號產生器頻率調整組，使輸入方波信號頻率約為  $0.1\text{ Hz}$ 。
- 將 P1 調整到 100% 的位置，觀察示波器顯示之 P 控制之直流馬達位置控制系統響應波形，量測輸入信號電壓、響應穩態值、最大超越量、尖峰時間、上升時間之實際值。
- 再將 P1 調整到 50% 的位置，觀察對於系統響應的影響，將結果填於下表。

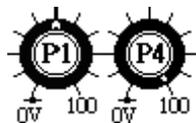
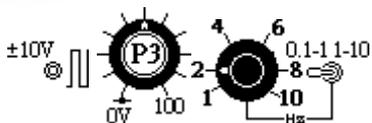
表 17-A-1-1 P 控制器對位置控制系統之影響

衰減器 P1	響應穩態值 $y_{ss}$	尖峰超越值 $\Delta y$	尖峰時間 $t_p$	上升時間 $t_r$
0.5				
1.0				





17-8 自動控制模擬分析與實習



3. 將 P3 調整到 25% 的位置，使輸入方波信號電壓為  $\pm 2.5\text{ V}$ ；再調整機構單元之信號產生器頻率調整組，使輸入方波信號頻率約為  $0.1\text{ Hz}$ 。
4. 將 P1 調整到 50% 的位置。再將 P4 調整到 10% 的位置，觀察示波器顯示之 PD 控制之直流馬達位置控制系統響應波形，量測輸入信號電壓、響應穩態值、最大超越量、尖峰時間、上升時間之實際值。
5. 再將 P4 調整到 30% 的位置，觀察對於系統響應的影響，將結果填於下表。

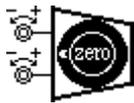
表 17-A-2-1 PD 控制器對位置控制系統之影響

衰減器 P4	響應穩態值 $y_{ss}$	尖峰超越值 $\Delta y$	尖峰時間 $t_p$	上升時間 $t_r$
0.1				
0.3				

# 實習 17-A-3

## 比例積分控制器對位置控制系統之影響

### 步驟



1. 在接線之前，必須檢查馬達是否轉動，可調整零位調整器 (zero)，讓馬達不再轉動。
2. 依圖 17-A-3-1 完成 PI 控制之位置控制系統接線，以電位計作為位置感測器，將其輸出電壓作為回授信號。

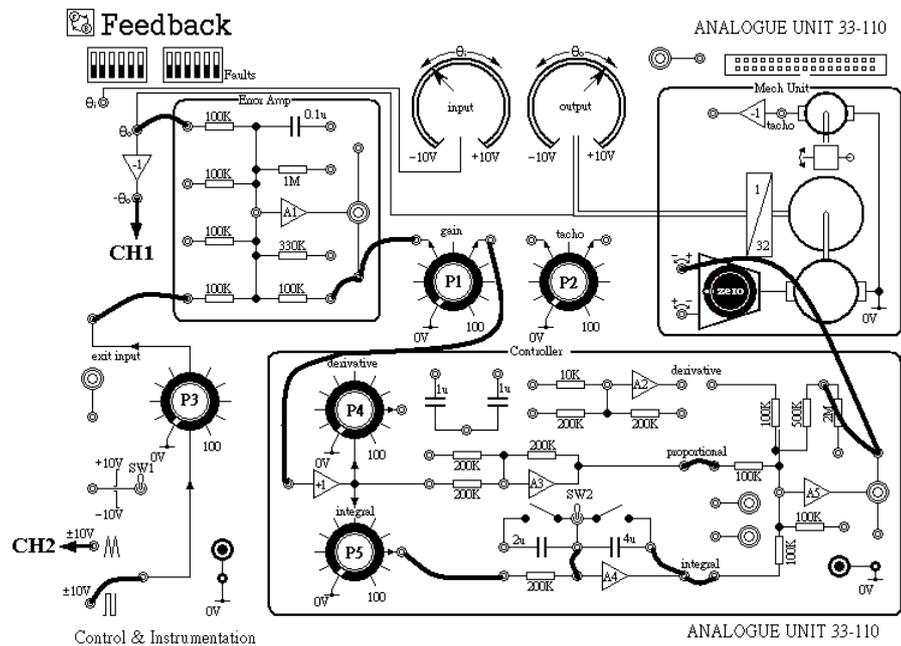
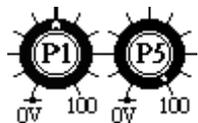
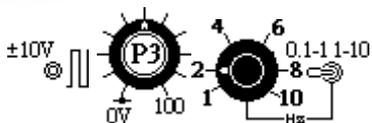


圖 17-A-3-1 PI 控制之位置控制系統接線圖



17-10 自動控制模擬分析與實習



3. 將 P3 調整到 25% 的位置，使輸入方波信號電壓為  $\pm 2.5\text{ V}$ ；再調整機構單元之信號產生器頻率調整組，使輸入方波信號頻率約為  $0.1\text{ Hz}$ 。
4. 將 P1 調整到 50% 的位置。再將 P5 調整到 10% 的位置，觀察示波器顯示之 PI 控制之直流馬達位置控制系統響應波形，量測輸入信號電壓、響應穩態值、最大超越量、尖峰時間、上升時間之實際值。
5. 再將 P5 調整到 30% 的位置，觀察對於系統響應的影響，將結果填於下表。

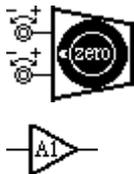
表 17-A-3-1 PI 控制器對位置控制系統之影響

衰減器 P5	響應穩態值 $y_{ss}$	尖峰超越值 $\Delta y$	尖峰時間 $t_p$	上升時間 $t_r$
0.1				
0.3				

# 實習 17-A-4

## 比例積分微分控制器對位置控制系統之影響

### 步驟



1. 在接線之前，必須檢查馬達是否轉動，可調整零位調整器 (zero)，讓馬達不再轉動。
2. 依圖 17-A-4-1 完成 PID 控制之位置控制系統接線，以電位計作為位置感測器，將其輸出電壓作為回授信號。

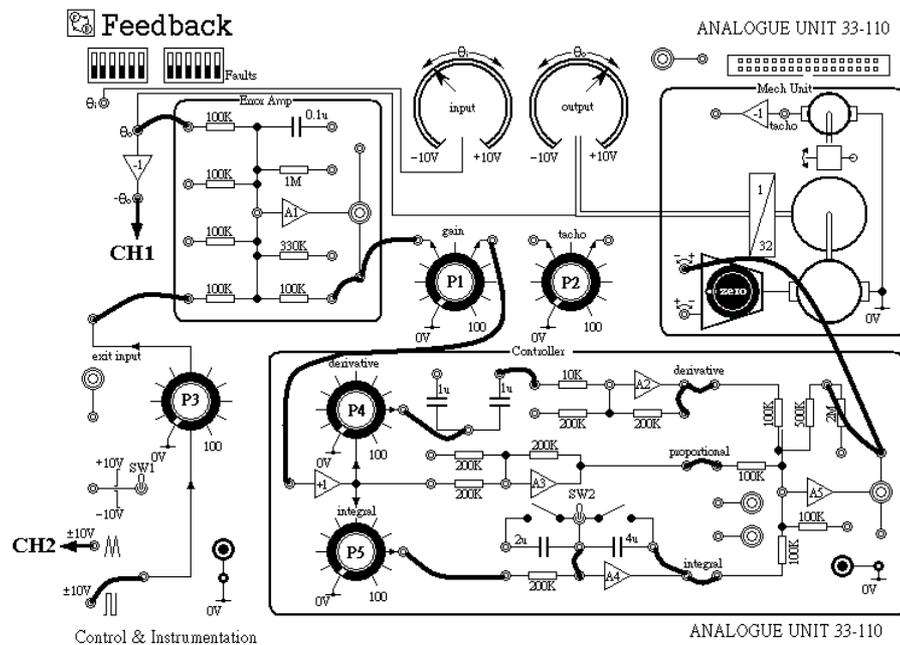
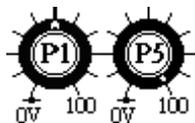
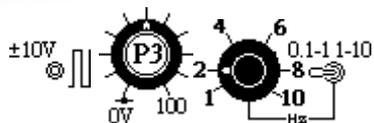


圖 17-A-4-1 PI 控制之位置控制系統接線圖



17-12 自動控制模擬分析與實習



3. 將 P3 調整到 25% 的位置，使輸入方波信號電壓為  $\pm 2.5\text{ V}$ ；再調整機構單元之信號產生器頻率調整組，使輸入方波信號頻率約為  $0.1\text{ Hz}$ 。
4. 將 P1 調整到 50% 的位置。再將 P4 與 P5 皆調整到 10% 的位置，觀察示波器顯示之 PID 控制之直流馬達位置控制系統響應波形，量測輸入信號電壓、響應穩態值、最大超越量、尖峰時間、上升時間之實際值。
5. 再將 P4 與 P5 調整到 30% 的位置，觀察對於系統響應的影響，將結果填於下表。

表 17-A-4-1 PID 控制器對位置控制系統之影響

衰減器 P4, P5	響應穩態值 $y_{ss}$	尖峰超越值 $\Delta y$	尖峰時間 $t_p$	上升時間 $t_r$
0.1				
0.3				

## 實習 17-B-1

# 以軟體 VisSim 模擬 P 控制之直流馬達位置控制系統

### 步驟

應用 VisSim 內建的視覺化方塊，模擬 P 控制之直流馬達位置控制系統，分析其步階響應。依據實習 17-A-1 所示之接線圖及系統方塊圖，繪製直流馬達位置控制系統模擬方塊圖如圖 17-B-1-1。

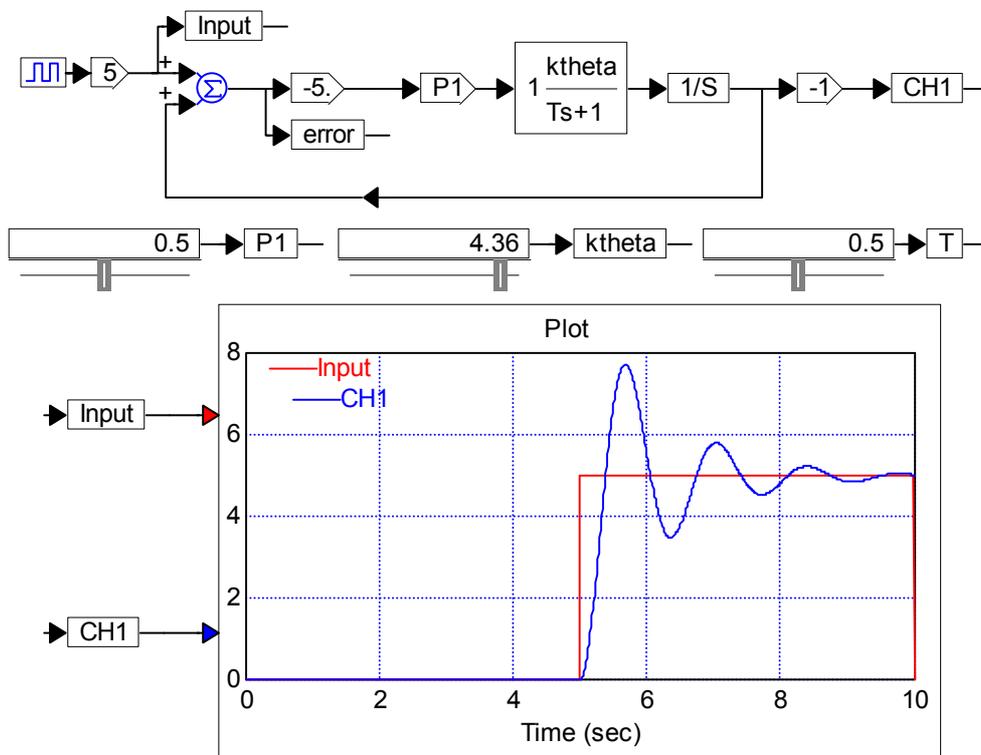


圖 17-B-1-1 P 控制之直流馬達位置控制系統模擬圖



1. 啓動 VisSim，繪製方法如下：



由工具列選取「TransferFunction」轉移函數方塊。在方塊上按滑鼠右鍵，顯示「Transfer Function Properties」對話框。設定其參數並按下「OK」。



由工具列選取「Slider」滑動數值設定信號方塊。在方塊上按滑鼠右鍵，顯示「Slider」對話框。設定其參數並按下「OK」。



由工具列選取「gain」增益設定方塊。在方塊上按滑鼠右鍵，顯示「gain」對話框。設定其參數並按下「OK」。



由工具列選取「variable」加入變數方塊。在方塊上按滑鼠右鍵，顯示「set variable name」對話框。設定其變數名稱並按下「OK」。



由工具列選取「summing Junction」加入加法器方塊。



由工具列選取「Square Wave」方波信號方塊。在方波信號方塊上按滑鼠右鍵，顯示 Square Wave Properties 對話框如圖 17-B-1-2 所示。Frequency 設定其頻率大小，設定結果如圖所示。設定參數完成，並按下「OK」。

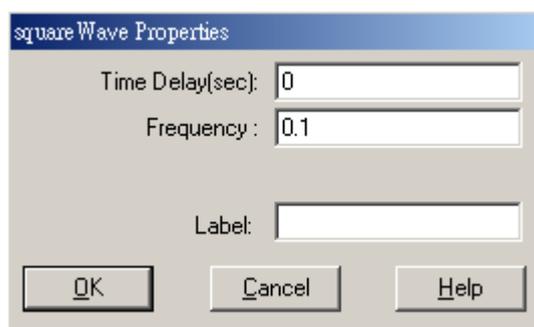


圖 17-B-1-2 square Wave Properties 對話框



由工具列選取「plot」加入波形顯示方塊。在波形顯示方塊上按滑鼠右鍵，顯示「Plot Properties」對話框。設定參數再按下「確定」。

「Simulation Properties」

2. 由「File」>>「Simulation Properties」，顯示 Simulation Properties 對話框如圖 17-B-1-3 所示，對話框中「Start(sec)」設定模擬時

間的開始，「End(sec)」設定模擬時間的結束，「Time Step」設定模擬步階時間；設定結果如圖所示。設定參數完成，按下「確定」。

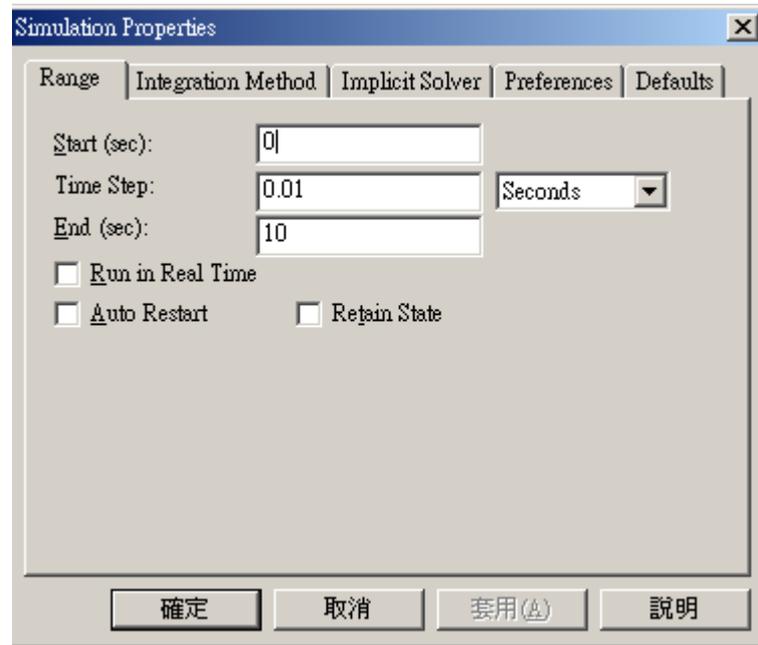


圖 17-B-1-3 Simulation Properties 對話框



3. 調整增益衰減器 P1 為 0.5，由工具列選取「Go」執行鈕，執行系統模擬工作。波形顯示畫面即顯示方波輸入信號與直流馬達位置控制系統之步階響應波形。調整畫面，即可輕易讀讀出輸入信號、響應穩態值、最大超越量、尖峰時間、上升時間。



4. 調整增益衰減器 P1 為 1.0，重復執行步驟 3，觀察波形顯示畫面的步階響應波形，觀察 P 控制對於系統的影響。

## 實習 17-B-2

# 以軟體 VisSim 模擬 PD 控制之直流馬達位置控制系統

### 步驟

應用 VisSim 內建的視覺化方塊，模擬 PD 控制之直流馬達位置控制系統，分析其步階響應。依據實習 17-A-2 所示之接線圖及系統方塊圖，繪製直流馬達位置控制系統模擬方塊圖如圖 17-B-2-1。

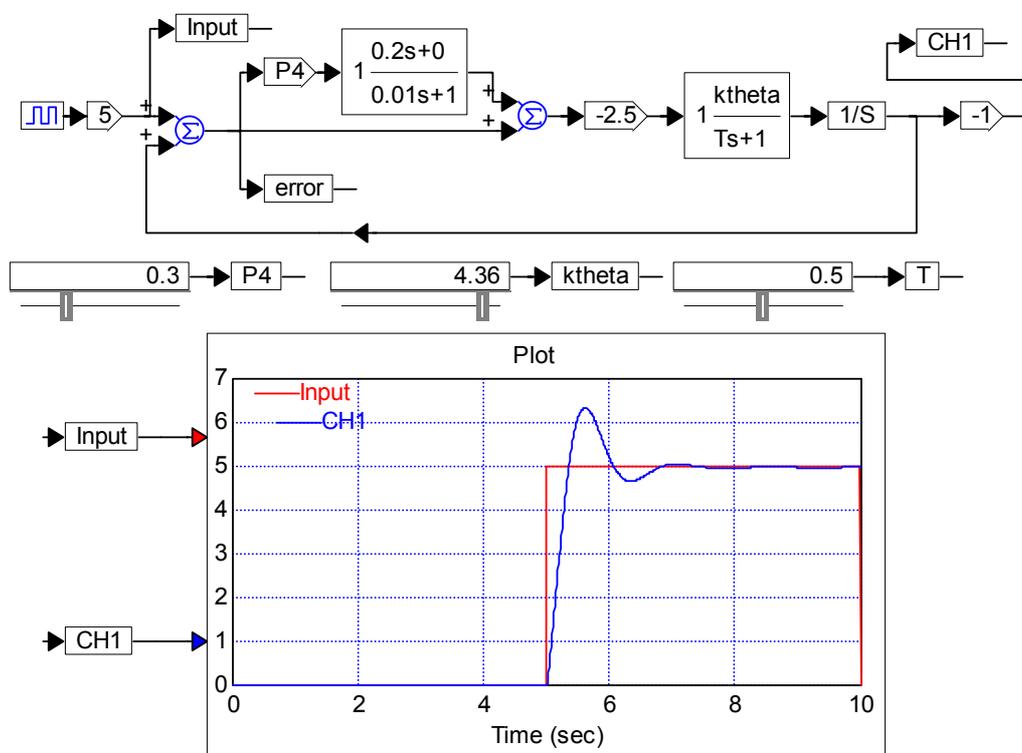


圖 17-B-2-1 PD 控制之直流馬達位置控制系統模擬圖



1. 啓動 VisSim，繪製方法如下：



由工具列選取「TransferFunction」轉移函數方塊。在方塊上按滑鼠右鍵，顯示「Transfer Function Properties」對話框。設定其參數並按下「OK」。



由工具列選取「Slider」滑動數值設定信號方塊。在方塊上按滑鼠右鍵，顯示「Slider」對話框。設定其參數並按下「OK」。



由工具列選取「gain」增益設定方塊。在方塊上按滑鼠右鍵，顯示「gain」對話框。設定其參數並按下「OK」。



由工具列選取「variable」加入變數方塊。在方塊上按滑鼠右鍵，顯示「set variable name」對話框。設定其變數名稱並按下「OK」。



由工具列選取「summing Junction」加入加法器方塊。



由工具列選取「Square Wave」方波信號方塊。在方波信號方塊上按滑鼠右鍵，顯示 Square Wave Properties 對話框如圖 17-B-2-2 所示。Frequency 設定其頻率大小，設定結果如圖所示。設定參數完成，並按下「OK」。

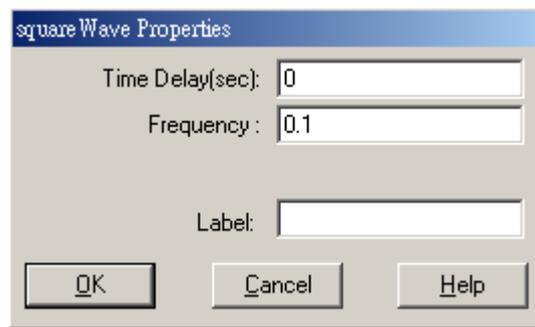


圖 17-B-2-2 square Wave Properties 對話框



由工具列選取「plot」加入波形顯示方塊。在波形顯示方塊上按滑鼠右鍵，顯示「Plot Properties」對話框。設定參數再按下「確定」。

「Simulation Properties」

2. 由「File」>>「Simulation Properties」，顯示 Simulation Properties 對話框如圖 17-B-2-3 所示，對話框中「Start(sec)」設定模擬時



## 17-18 自動控制模擬分析與實習



間的開始，「End(sec)」設定模擬時間的結束，「Time Step」設定模擬步階時間；設定結果如圖所示。設定參數完成，按下「確定」。



圖 17-B-2-3 Simulation Properties 對話框



3. 調整增益衰減器 P4 為 0.1，由工具列選取「Go」執行鈕，執行系統模擬工作。波形顯示畫面即顯示方波輸入信號與直流馬達位置控制系統之步階響應波形。調整畫面，即可輕易讀讀出輸入信號、響應穩態值、最大超越量、尖峰時間、上升時間。



4. 調整增益衰減器 P4 為 0.3，重復執行步驟 3，觀察波形顯示畫面的步階響應波形，觀察 PD 控制對於系統的影響。

## 實習 17-B-3

# 以軟體 VisSim 模擬 PI 控制之直流馬達位置控制系統

### 步驟

應用 VisSim 內建的視覺化方塊，模擬 PI 控制之直流馬達位置控制系統，分析其步階響應。依據實習 17-A-3 所示之接線圖及系統方塊圖，繪製直流馬達位置控制系統模擬方塊圖如圖 17-B-3-1。

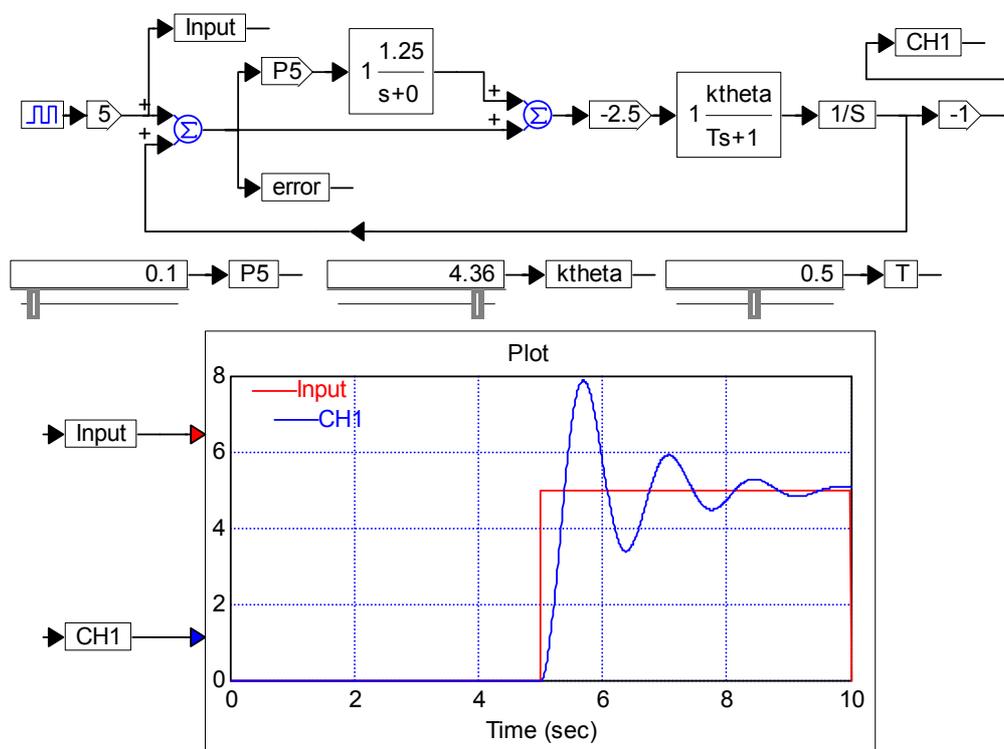


圖 17-B-3-1 PI 控制之直流馬達位置控制系統模擬圖



1. 啓動 VisSim，繪製方法如下：



由工具列選取「TransferFunction」轉移函數方塊。在方塊上按滑鼠右鍵，顯示「Transfer Function Properties」對話框。設定其參數並按下「OK」。



由工具列選取「Slider」滑動數值設定信號方塊。在方塊上按滑鼠右鍵，顯示「Slider」對話框。設定其參數並按下「OK」。



由工具列選取「gain」增益設定方塊。在方塊上按滑鼠右鍵，顯示「gain」對話框。設定其參數並按下「OK」。



由工具列選取「variable」加入變數方塊。在方塊上按滑鼠右鍵，顯示「set variable name」對話框。設定其變數名稱並按下「OK」。



由工具列選取「summing Junction」加入加法器方塊。



由工具列選取「Square Wave」方波信號方塊。在方波信號方塊上按滑鼠右鍵，顯示 Square Wave Properties 對話框如圖 17-B-3-2 所示。Frequency 設定其頻率大小，設定結果如圖所示。設定參數完成，並按下「OK」。

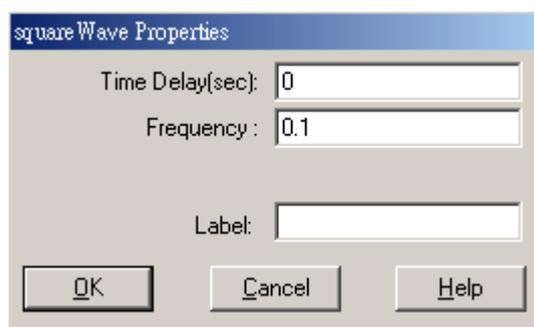


圖 17-B-3-2 square Wave Properties 對話框



由工具列選取「plot」加入波形顯示方塊。在波形顯示方塊上按滑鼠右鍵，顯示「Plot Properties」對話框。設定參數再按下「確定」。

「Simulation Properties」

2. 由「File」>>「Simulation Properties」，顯示 Simulation Properties 對話框如圖 17-B-3-3 所示，對話框中「Start(sec)」設定模擬時

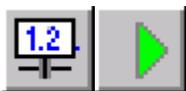
間的開始，「End(sec)」設定模擬時間的結束，「Time Step」設定模擬步階時間；設定結果如圖所示。設定參數完成，按下「確定」。



圖 17-B-3-3 Simulation Properties 對話框



3. 調整增益衰減器 P5 為 0.1，由工具列選取「Go」執行鈕，執行系統模擬工作。波形顯示畫面即顯示方波輸入信號與直流馬達位置控制系統之步階響應波形。調整畫面，即可輕易讀讀出輸入信號、響應穩態值、最大超越量、尖峰時間、上升時間。



4. 調整增益衰減器 P5 為 0.3，重復執行步驟 3，觀察波形顯示畫面的步階響應波形，觀察 P 控制對於系統的影響。

## 實習 17-B-4

# 以軟體 VisSim 模擬 PID 控制之直流馬達位置控制系統

### 步驟

應用 VisSim 內建的視覺化方塊，模擬 PID 控制之直流馬達位置控制系統，分析其步階響應。依據實習 17-A-4 所示之接線圖及系統方塊圖，繪製直流馬達位置控制系統模擬方塊圖如圖 17-B-4-1。

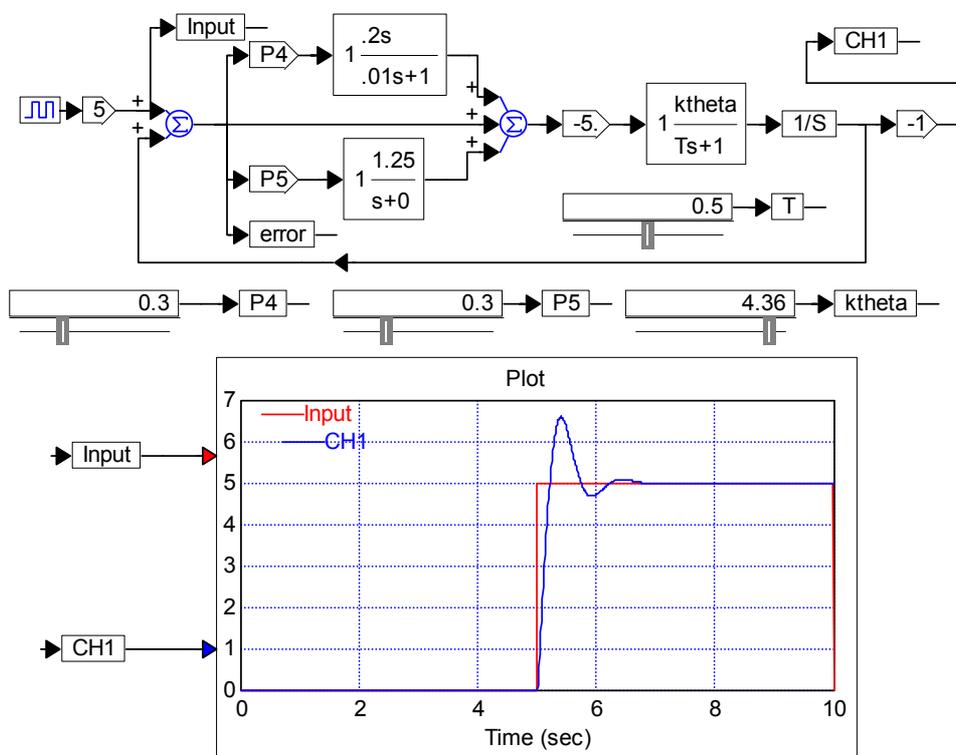


圖 17-B-4-1 PID 控制之直流馬達位置控制系統模擬圖



1. 啓動 VisSim，繪製方法如下：



由工具列選取「TransferFunction」轉移函數方塊。在方塊上按滑鼠右鍵，顯示「Transfer Function Properties」對話框。設定其參數並按下「OK」。



由工具列選取「Slider」滑動數值設定信號方塊。在方塊上按滑鼠右鍵，顯示「Slider」對話框。設定其參數並按下「OK」。



由工具列選取「gain」增益設定方塊。在方塊上按滑鼠右鍵，顯示「gain」對話框。設定其參數並按下「OK」。



由工具列選取「variable」加入變數方塊。在方塊上按滑鼠右鍵，顯示「set variable name」對話框。設定其變數名稱並按下「OK」。



由工具列選取「summing Junction」加入加法器方塊。



由工具列選取「Square Wave」方波信號方塊。在方波信號方塊上按滑鼠右鍵，顯示 Square Wave Properties 對話框如圖 17-B-4-2 所示。Frequency 設定其頻率大小，設定結果如圖所示。設定參數完成，並按下「OK」。

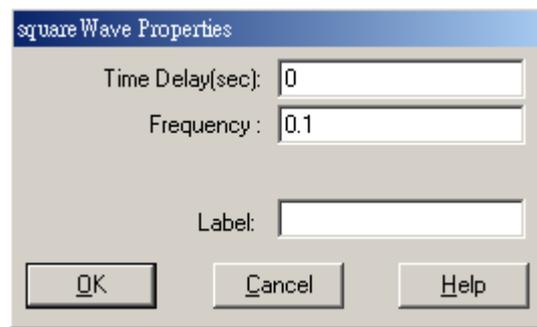


圖 17-B-4-2 square Wave Properties 對話框



由工具列選取「plot」加入波形顯示方塊。在波形顯示方塊上按滑鼠右鍵，顯示「Plot Properties」對話框。設定參數再按下「確定」。

「Simulation Properties」

2. 由「File」>>「Simulation Properties」，顯示 Simulation Properties 對話框如圖 17-B-4-3 所示，對話框中「Start(sec)」設定模擬時



## 17-24 自動控制模擬分析與實習



間的開始，「End(sec)」設定模擬時間的結束，「Time Step」設定模擬步階時間；設定結果如圖所示。設定參數完成，按下「確定」。

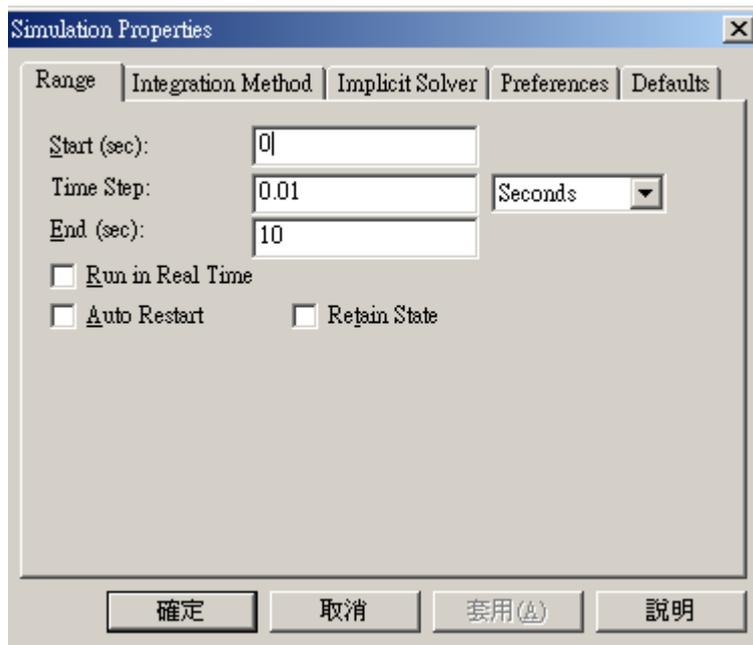
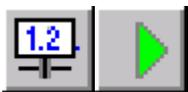


圖 17-B-4-3 Simulation Properties 對話框



3. 調整增益衰減器 P4 與 P5 為 0.1，由工具列選取「Go」執行鈕，執行系統模擬工作。波形顯示畫面即顯示方波輸入信號與直流馬達位置控制系統之步階響應波形。調整畫面，即可輕易讀出輸入信號、響應穩態值、最大超越量、尖峰時間、上升時間。



4. 調整增益衰減器 P4 與 P5 為 0.3，重復執行步驟 3，觀察波形顯示畫面的步階響應波形，觀察 PID 控制對於系統的影響。

## 實習 17-C-1

# PC-Based P 控制之直流馬達位置控制系統

### 步驟

以 Feedback 33-100 伺服機構單元作為受控體，應用 VisSim/Real-TimePRO 與 RT-DAC4/PCI 介面卡建立 PC-Based P 控制之直流馬達閉迴路位置即時控制系統，以電位計為位置感測器，將其輸出電壓作為回授信號，並使用 VisSim 的信號產生器作為輸入命令信號，其接線示意圖如圖 17-C-1-1，並完成接線工作。

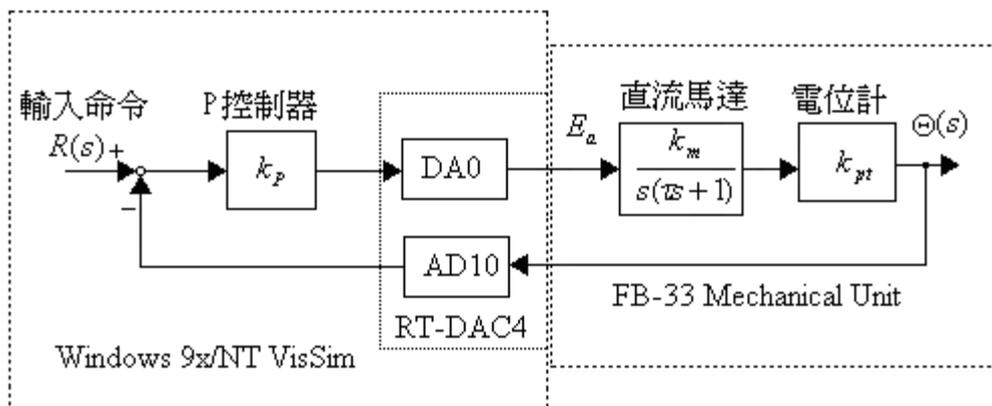


圖 17-C-1-1 P 控制之直流馬達位置控制系統接線示意圖

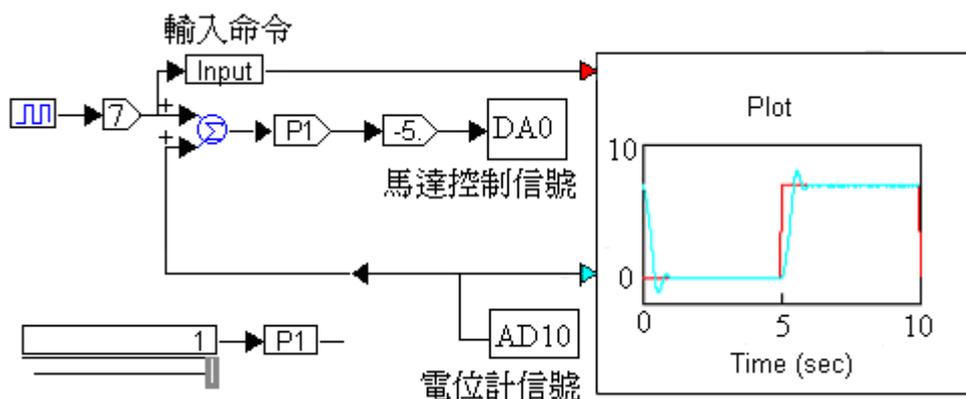


圖 17-C-1-2 P 控制之直流馬達位置控制系統方塊圖

1. 啓動 VisSim，繪製圖 17-C-1-2 所示方塊圖，繪製方法如下：

A/D 0

選取「Blocks」>>「RT-DAC4/PCI」>>「Analog input」，置放 Analog input 方塊。在 Analog input 方塊上按滑鼠右鍵，顯示「RT-DAC4/PCI A/D Block Properties」對話框如圖 17-C-1-3 所示。「Channel」完成讀取信號之輸入通道設定，設定結果如圖所示。設定參數完成按下「OK」。

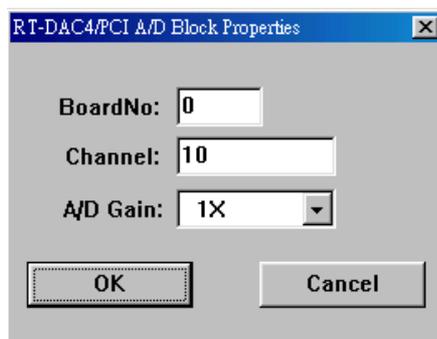


圖 17-C-1-3 「RT-DAC4/PCI A/D Block Properties」對話框

D/A 0

選取「Blocks」>>「RT-DAC4/PCI」>>「Analog output」，置放 Analog output 方塊。在 Analog output 方塊上按滑鼠右鍵，顯示「RT-DA C4/PCI D/A Block Properties」對話框如圖 17-C-1-4 所示。「Channel」完成讀取信號之輸入通道設定，設定結果如圖所示。設定參數完成，按下「OK」。

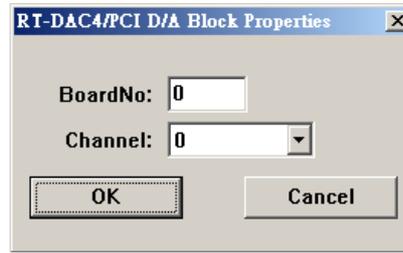


圖 17-C-1-4 「RT-DA C4/PCI D/A Block Properties」對話框



由工具列選取「variable」加入變數方塊。在方塊上按滑鼠右鍵，顯示「set variable name」對話框。設定其變數名稱並按下「OK」。



由工具列選取「gain」增益方塊。在方塊上按滑鼠右鍵，顯示「gain Properties」對話框。設定其增益參數並按下「OK」。



由工具列選取「summing junction」加入加法器方塊。



由工具列選取「plot」加入波形顯示方塊。



由工具列選取「Slider」滑動數值設定信號方塊。在方塊上按滑鼠右鍵，顯示「Slider」對話框。設定其參數並按下「OK」。



由工具列選取「Square Wave」方波信號方塊。在方波信號方塊上按滑鼠右鍵，顯示 Square Wave Properties 對話框如圖 17-C-1-5 所示。Frequency 設定其頻率大小，設定結果如圖所示。設定參數完成，並按下「OK」。

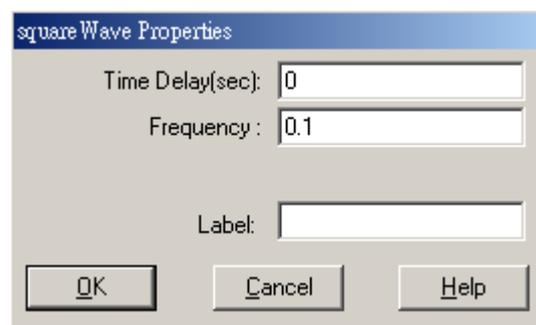


圖 17-C-1-5 square Wave Properties 對話框



## 17-28 自動控制模擬分析與實習



「Simulation Properties」

- 由「File」>>「Simulation Properties」，顯示 Simulation Properties 對話框如圖 17-C-1-6 所示，對話框中「Start(sec)」設定模擬時間的開始，「End(sec)」設定模擬時間的結束，「Time Step」設定模擬步階時間；並選取「Run in Real Time」執行即時模擬模式，另選取「Auto Restart」，使系統在執行結束後會自動重複執行，設定結果如圖所示。設定參數完成，按下「確定」。



圖 17-C-1-6 Simulation Properties 對話框，對話框



- 調整增益衰減器 P1 為 0.5，由工具列選取「Go」執行鈕，執行系統模擬工作。波形顯示畫面即顯示方波輸入信號與直流馬達位置控制系統之步階響應波形。調整畫面，即可輕易讀讀出輸入信號、響應穩態值、最大超越量、尖峰時間、上升時間。



- 調整增益衰減器 P1 為 1.0，重複執行步驟 3，觀察波形顯示畫面的步階響應波形，觀察 P 控制對於系統的影響。

## 實習 17-C-2

# PC-Based PD 控制之直流馬達位置控制系統

### 步驟

以 Feedback 33-100 伺服機構單元作為受控體，應用 VisSim/Real-TimePRO 與 RT-DAC4/PCI 介面卡建立 PC-Based P 控制之直流馬達閉迴路位置即時控制系統，以電位計為位置感測器，將其輸出電壓作為回授信號，並使用 VisSim 的信號產生器作為輸入命令信號，其接線示意圖如圖 17-C-2-1，並完成接線工作。

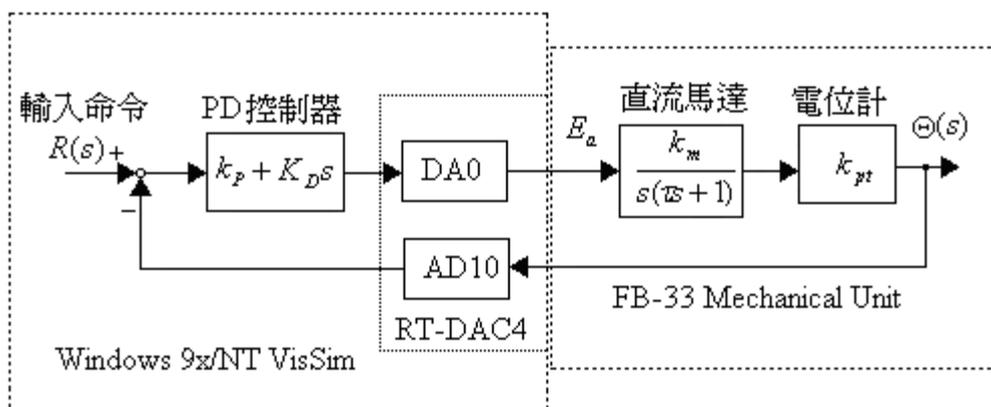


圖 17-C-2-1 PD 控制之直流馬達位置控制系統接線示意圖

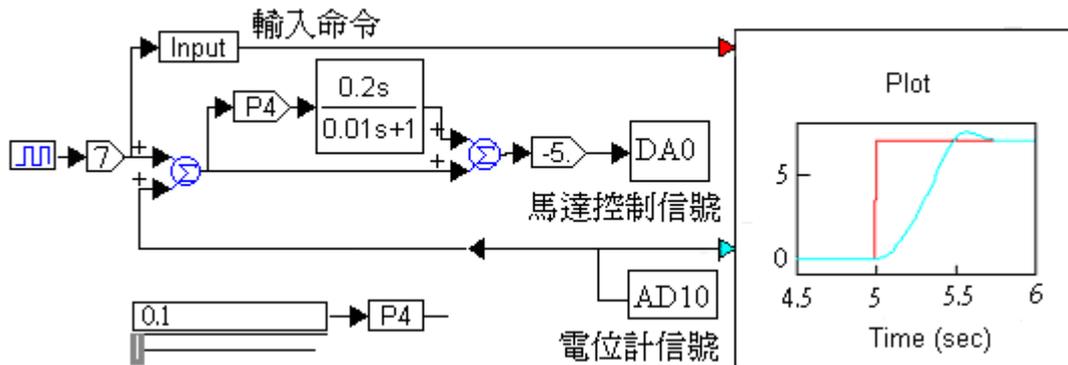


圖 17-C-2-2 PD 控制之直流馬達位置控制系統方塊圖

1. 啓動 VisSim，繪製圖 17-C-2-2 所示方塊圖，繪製方法如下：

A/D 0

選取「Blocks」>>「RT-DAC4/PCI」>>「Analog input」，置放 Analog input 方塊。在 Analog input 方塊上按滑鼠右鍵，顯示「RT-DAC4/PCI A/D Block Properties」對話框如圖 17-C-2-3 所示。「Channel」完成讀取信號之輸入通道設定，設定結果如圖所示。設定參數完成按下「OK」。

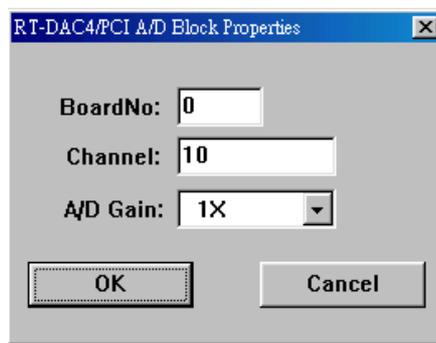


圖 17-C-2-3 「RT-DAC4/PCI A/D Block Properties」對話框

D/A 0

選取「Blocks」>>「RT-DAC4/PCI」>>「Analog output」，置放 Analog output 方塊。在 Analog output 方塊上按滑鼠右鍵，顯示「RT-DA C4/PCI D/A Block Properties」對話框如圖 17-C-2-4 所示。「Channel」完成讀取信號之輸入通道設定，設定結果如圖所示。設定參數完成，按下「OK」。

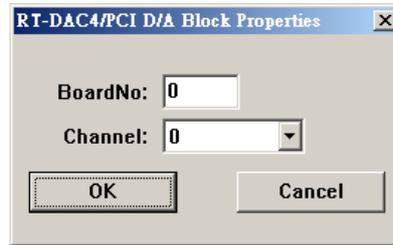


圖 17-C-2-4 「RT-DA C4/PCI D/A Block Properties」對話框



由工具列選取「TransferFunction」轉移函數方塊。在方塊上按滑鼠右鍵，顯示「Transfer Function Properties」對話框。設定其參數並按下「OK」。



由工具列選取「variable」加入變數方塊。在方塊上按滑鼠右鍵，顯示「set variable name」對話框。設定其變數名稱並按下「OK」。



由工具列選取「gain」增益方塊。在方塊上按滑鼠右鍵，顯示「gain Properties」對話框。設定其增益參數並按下「OK」。



由工具列選取「summing junction」加入加法器方塊。



由工具列選取「plot」加入波形顯示方塊。



由工具列選取「Slider」滑動數值設定信號方塊。在方塊上按滑鼠右鍵，顯示「Slider」對話框。設定其參數並按下「OK」。



由工具列選取「Square Wave」方波信號方塊。在方波信號方塊上按滑鼠右鍵，顯示 Square Wave Properties 對話框如圖 17-C-2-5 所示。Frequency 設定其頻率大小，設定結果如圖所示。設定參數完成，並按下「OK」。

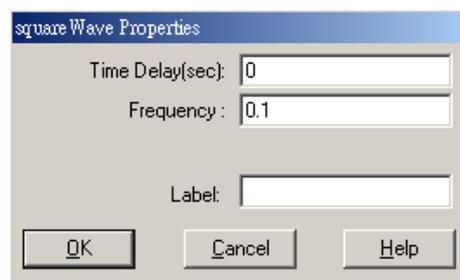


圖 17-C-2-5 square Wave Properties 對話框



### 17-32 自動控制模擬分析與實習

「Simulation Properties」

- 由「File」>>「Simulation Properties」，顯示 Simulation Properties 對話框如圖 17-C-2-6 所示，對話框中「Start(sec)」設定模擬時間的開始，「End(sec)」設定模擬時間的結束，「Time Step」設定模擬步階時間；並選取「Run in Real Time」執行即時模擬模式，另選取「Auto Restart」，使系統在執行結束後會自動重複執行，設定結果如圖所示。設定參數完成，按下「確定」。



圖 17-C-2-6 Simulation Properties 對話框，對話框



- 調整增益衰減器 P4 為 0.1，由工具列選取「Go」執行鈕，執行系統模擬工作。波形顯示畫面即顯示方波輸入信號與直流馬達位置控制系統之步階響應波形。調整畫面，即可輕易讀出輸入信號、響應穩態值、最大超越量、尖峰時間、上升時間。



- 調整增益衰減器 P4 為 0.3，重複執行步驟 3，觀察波形顯示畫面的步階響應波形，觀察 PD 控制對於系統的影響。

## 實習 17-C-3

# PC-Based PI 控制之直流馬達位置控制系統

### 步驟

以 Feedback 33-100 伺服機構單元作為受控體，應用 VisSim/Real-TimePRO 與 RT-DAC4/PCI 介面卡建立 PC-Based PI 控制之直流馬達閉迴路位置即時控制系統，以電位計為位置感測器，將其輸出電壓作為回授信號，並使用 VisSim 的信號產生器作為輸入命令信號，其接線示意圖如圖 17-C-3-1，並完成接線工作。

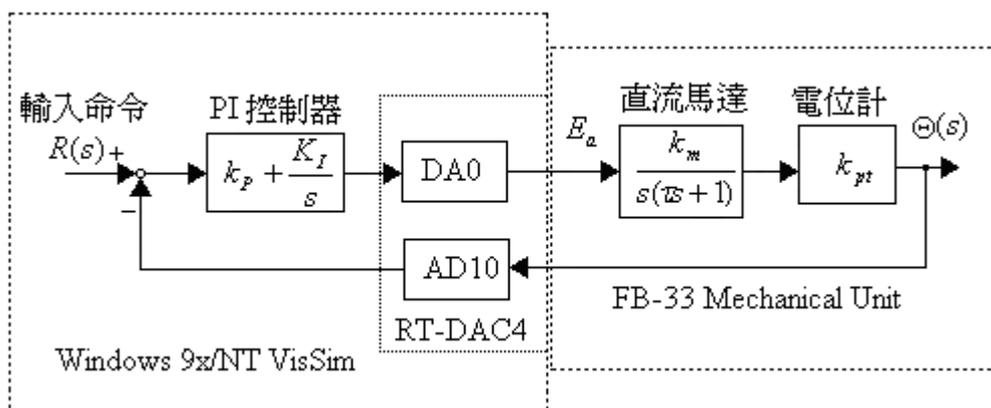


圖 17-C-3-1 PI 控制之直流馬達位置控制系統接線示意圖

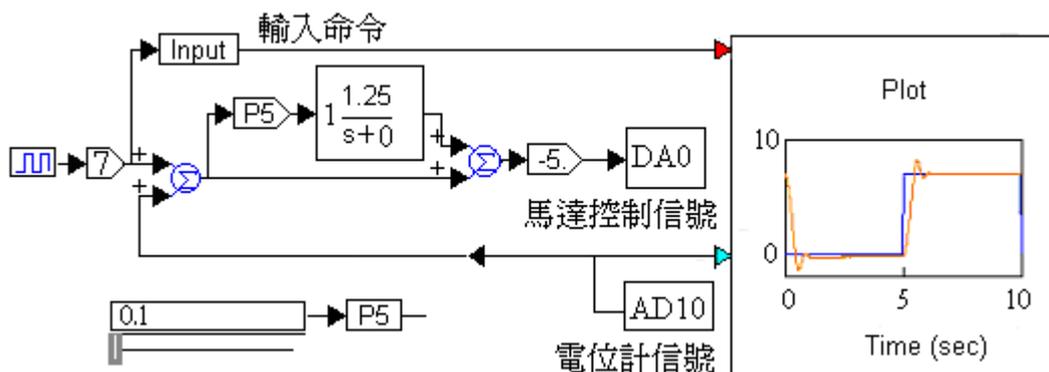


圖 17-C-3-2 PI 控制之直流馬達位置控制系統方塊圖

1. 啓動 VisSim，繪製圖 17-C-3-2 所示方塊圖，繪製方法如下：

A/D 0

選取「Blocks」>>「RT-DAC4/PCI」>>「Analog input」，置放 Analog input 方塊。在 Analog input 方塊上按滑鼠右鍵，顯示「RT-DAC4/PCI A/D Block Properties」對話框如圖 17-C-3-3 所示。「Channel」完成讀取信號之輸入通道設定，設定結果如圖所示。設定參數完成按下「OK」。

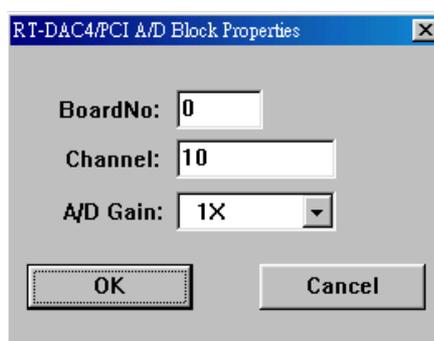


圖 17-C-3-3 「RT-DAC4/PCI A/D Block Properties」對話框

D/A 0

選取「Blocks」>>「RT-DAC4/PCI」>>「Analog output」，置放 Analog output 方塊。在 Analog output 方塊上按滑鼠右鍵，顯示「RT-DA C4/PCI D/A Block Properties」對話框如圖 17-C-3-4 所示。「Channel」完成讀取信號之輸入通道設定，設定結果如圖所示。設定參數完成，按下「OK」。

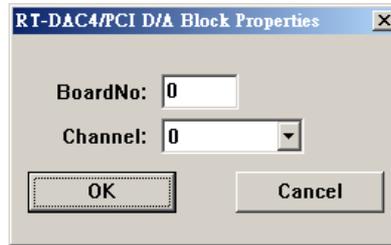


圖 17-C-3-4 「RT-DA C4/PCI D/A Block Properties」對話框



由工具列選取「TransferFunction」轉移函數方塊。在方塊上按滑鼠右鍵，顯示「Transfer Function Properties」對話框。設定其參數並按下「OK」。



由工具列選取「variable」加入變數方塊。在方塊上按滑鼠右鍵，顯示「set variable name」對話框。設定其變數名稱並按下「OK」。



由工具列選取「gain」增益方塊。在方塊上按滑鼠右鍵，顯示「gain Properties」對話框。設定其增益參數並按下「OK」。



由工具列選取「summing junction」加入加法器方塊。



由工具列選取「plot」加入波形顯示方塊。



由工具列選取「Slider」滑動數值設定信號方塊。在方塊上按滑鼠右鍵，顯示「Slider」對話框。設定其參數並按下「OK」。



由工具列選取「Square Wave」方波信號方塊。在方波信號方塊上按滑鼠右鍵，顯示 Square Wave Properties 對話框如圖 17-C-3-5 所示。Frequency 設定其頻率大小，設定結果如圖所示。設定參數完成，並按下「OK」。

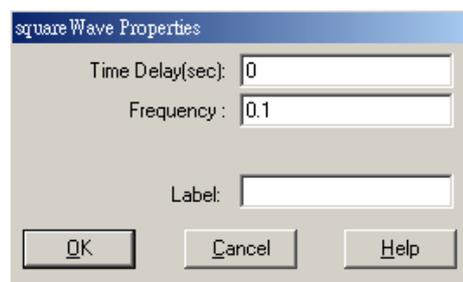


圖 17-C-3-5 square Wave Properties 對話框



## 17-36 自動控制模擬分析與實習



「Simulation Properties」

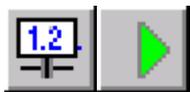
- 由「File」>>「Simulation Properties」，顯示 Simulation Properties 對話框如圖 17-C-3-6 所示，對話框中「Start(sec)」設定模擬時間的開始，「End(sec)」設定模擬時間的結束，「Time Step」設定模擬步階時間；並選取「Run in Real Time」執行即時模擬模式，另選取「Auto Restart」，使系統在執行結束後會自動重複執行，設定結果如圖所示。設定參數完成，按下「確定」。



圖 17-C-3-6 Simulation Properties 對話框，對話框



- 調整增益衰減器 P5 為 0.1，由工具列選取「Go」執行鈕，執行系統模擬工作。波形顯示畫面即顯示方波輸入信號與直流馬達位置控制系統之步階響應波形。調整畫面，即可輕易讀讀出輸入信號、響應穩態值、最大超越量、尖峰時間、上升時間。



- 調整增益衰減器 P5 為 0.3，重複執行步驟 3，觀察波形顯示畫面的步階響應波形，觀察 P 控制對於系統的影響。

## 實習 17-C-4

# PC-Based PID 控制之直流馬達位置控制系統

### 步驟

以 Feedback 33-100 伺服機構單元作為受控體，應用 VisSim/Real-TimePRO 與 RT-DAC4/PCI 介面卡建立 PC-Based PID 控制之直流馬達閉迴路位置即時控制系統，以電位計為位置感測器，將其輸出電壓作為回授信號，並使用 VisSim 的信號產生器作為輸入命令信號，其接線示意圖如圖 17-C-4-1，並完成接線工作。

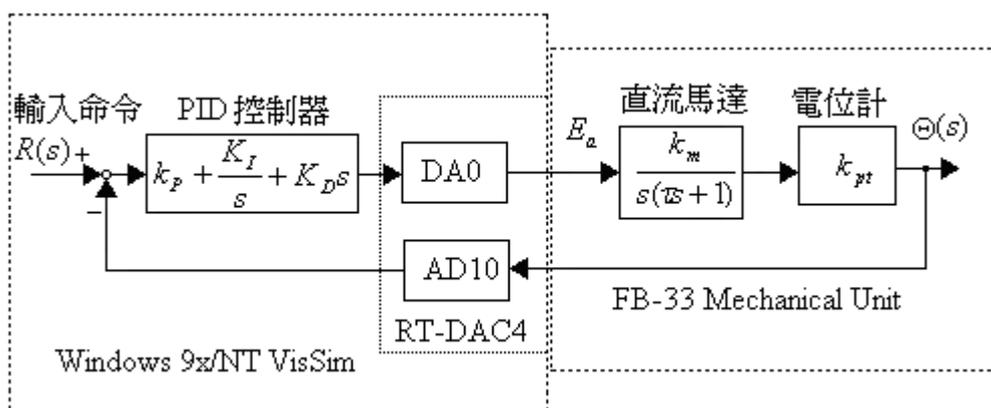


圖 17-C-4-1 PID 控制之直流馬達位置控制系統接線示意圖

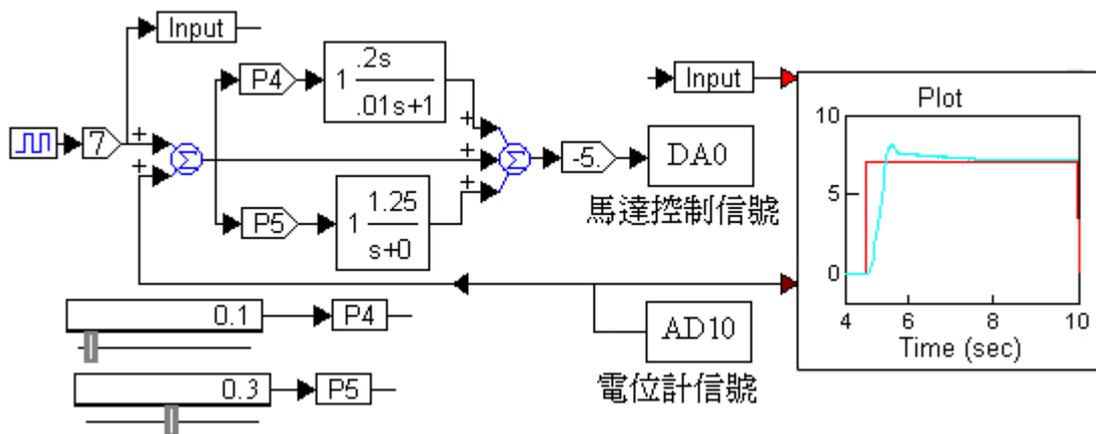


圖 17-C-4-2 PID 控制之直流馬達位置控制系統方塊圖

1. 啓動 VisSim，繪製圖 17-C-4-2 所示方塊圖，繪製方法如下：

A/D 0

選取「Blocks」>>「RT-DAC4/PCI」>>「Analog input」，置放 Analog input 方塊。在 Analog input 方塊上按滑鼠右鍵，顯示「RT-DAC4/PCI A/D Block Properties」對話框如圖 17-C-4-3 所示。「Channel」完成讀取信號之輸入通道設定，設定結果如圖所示。設定參數完成按下「OK」。

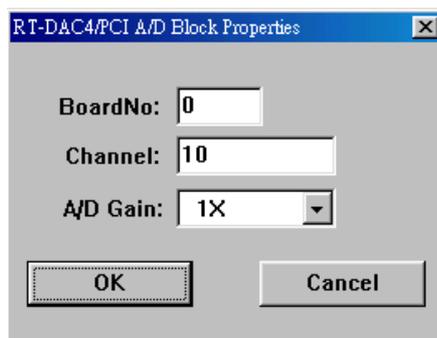


圖 17-C-4-3 「RT-DAC4/PCI A/D Block Properties」對話框

D/A 0

選取「Blocks」>>「RT-DAC4/PCI」>>「Analog output」，置放 Analog output 方塊。在 Analog output 方塊上按滑鼠右鍵，顯示「RT-DA C4/PCI D/A Block Properties」對話框如圖 17-C-4-4 所示。「Channel」完成讀取信號之輸入通道設定，設定結果如圖所示。設定參數完成，按下「OK」。

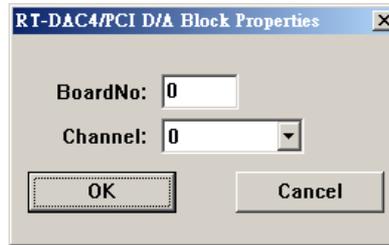


圖 17-C-4-4 「RT-DA C4/PCI D/A Block Properties」對話框



由工具列選取「TransferFunction」轉移函數方塊。在方塊上按滑鼠右鍵，顯示「Transfer Function Properties」對話框。設定其參數並按下「OK」。



由工具列選取「variable」加入變數方塊。在方塊上按滑鼠右鍵，顯示「set variable name」對話框。設定其變數名稱並按下「OK」。



由工具列選取「gain」增益方塊。在方塊上按滑鼠右鍵，顯示「gain Properties」對話框。設定其增益參數並按下「OK」。



由工具列選取「summing junction」加入加法器方塊。



由工具列選取「plot」加入波形顯示方塊。



由工具列選取「Slider」滑動數值設定信號方塊。在方塊上按滑鼠右鍵，顯示「Slider」對話框。設定其參數並按下「OK」。



由工具列選取「Square Wave」方波信號方塊。在方波信號方塊上按滑鼠右鍵，顯示 Square Wave Properties 對話框如圖 17-C-4-5 所示。Frequency 設定其頻率大小，設定結果如圖所示。設定參數完成，並按下「OK」。

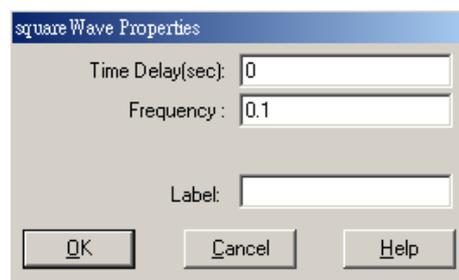


圖 17-C-4-5 square Wave Properties 對話框



## 17-40 自動控制模擬分析與實習



「Simulation Properties」

- 由「File」>>「Simulation Properties」，顯示 Simulation Properties 對話框如圖 17-C-4-6 所示，對話框中「Start(sec)」設定模擬時間的開始，「End(sec)」設定模擬時間的結束，「Time Step」設定模擬步階時間；並選取「Run in Real Time」執行即時模擬模式，另選取「Auto Restart」，使系統在執行結束後會自動重複執行，設定結果如圖所示。設定參數完成，按下「確定」。



圖 17-C-4-6 Simulation Properties 對話框，對話框



- 調整增益衰減器 P4 與 P5 為 0.1，由工具列選取「Go」執行鈕，執行系統模擬工作。波形顯示畫面即顯示方波輸入信號與直流馬達位置控制系統之步階響應波形。調整畫面，即可輕易讀讀出輸入信號、響應穩態值、最大超越量、尖峰時間、上升時間。



- 調整增益衰減器 P4 與 P5 為 0.3，重複執行步驟 3，觀察波形顯示畫面的步階響應波形，觀察 PID 控制對於系統的影響。



## 習題

1. 試問比例控制直流馬達位置控制系統之系統型式為何？證明對步階信號輸入之穩態誤差為 0。
2. 證明提高比例控制器  $k_p$  值能夠使比例控制直流馬達位置控制系統得到更快的暫態響應，同時增加最大超越量。
3. 試畫出圖 17-A-2 之方塊圖，並寫出開迴路與閉迴路系統轉移函數，同時以理論證明 PD 控制器可以減少最大超越量。
4. 試畫出圖 17-A-3 之方塊圖，並寫出開迴路與閉迴路系統轉移函數。
5. 試畫出圖 17-A-4 之方塊圖，並寫出開迴路與閉迴路系統轉移函數。
6. 請以實習 17-A-3，作 P 與 PI 控制之直流馬達位置控制系統斜坡響應之比較圖。



**17-42** 自動控制模擬分析與實習

