



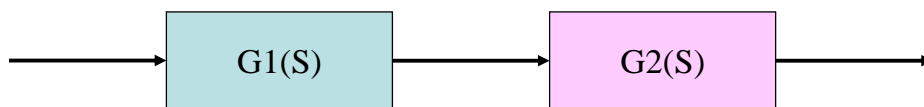
『自動控制實習講義』  
電機系吳佳斌編著

## 實驗四 方塊圖的簡化及 SIMULINK 基本指令(1)

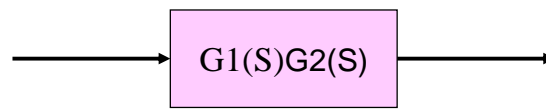
實驗目的：練習 MATLAB 的方塊圖化簡操作及求轉移函數的應用，由方塊圖求轉移函數、由轉移函數求狀態方程式(控制標準式 CCF、對角標準式 DCF)、狀態方程式相似的轉換，應用於解控制相關的問題可作為日後控制系統設計及分析的參考。

■ 方塊圖主要的連接類型：

### (1) 方塊圖串接簡化



簡化方塊圖



指令：

series(方塊1,方塊2)

Ex.

$$G_1(S) = \frac{3}{S^2 + 2S + 3} \text{ , } G_2(S) = \frac{7}{4S^2 + 5S + 6}$$

指令：

G1=tf(3,[1 2 3]); %輸入系統1的轉移函數

G2=tf(7,[4 5 6]); %輸入系統2的轉移函數

G3=series(G1, G2) %簡化串接系統1及2的轉移函數

結果：

Transfer function:

21

---

$$4s^4 + 13s^3 + 28s^2 + 27s + 18$$

■ 簡化最高階的係數為1

指令：

minreal(G3)

結果：

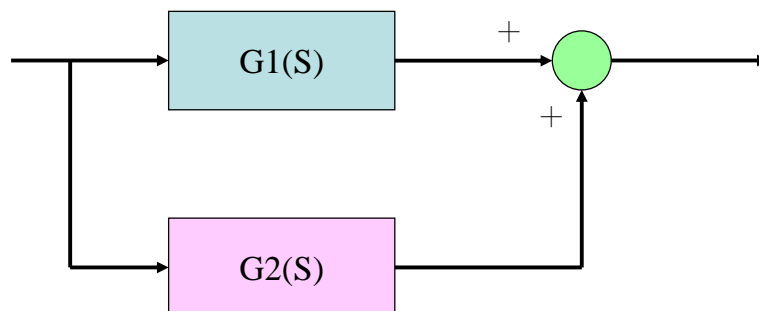
Transfer function:

5.25

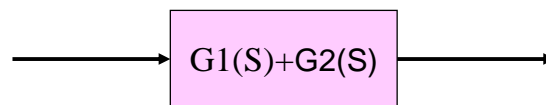
---

$$s^4 + 3.25s^3 + 7s^2 + 6.75s + 4.5$$

(2) 方塊圖並聯簡化



簡化方塊圖



指令：

parallel(方塊1,方塊2)

Ex.

$$G_1(S) = \frac{3}{S^2 + 2S + 3}, \quad G_2(S) = \frac{7}{4S^2 + 5S + 6}$$

指令：

```
G1=tf(3,[1 2 3]);
```

%輸入系統1的轉移函數

```
G2=tf(7,[4 5 6]);
```

%輸入系統2的轉移函數

```
G3=parallel (G1, G2)
```

%簡化並聯系統1及2的轉移函數

結果：

Transfer function:

$$19 s^2 + 29 s + 39$$

$$4 s^4 + 13 s^3 + 28 s^2 + 27 s + 18$$

■ 簡化最高階的係數為1

指令：

```
minreal(G3)
```

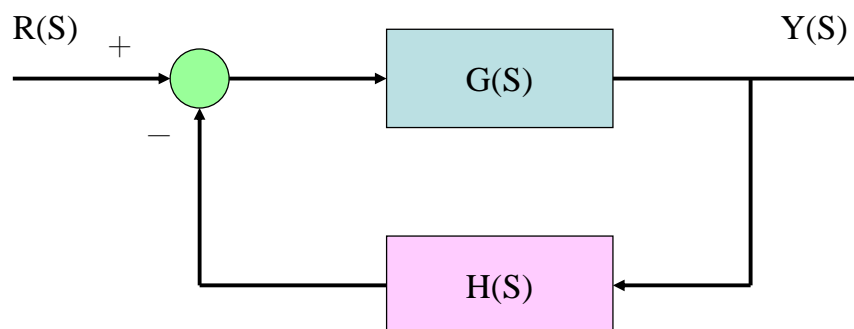
結果：

Transfer function:

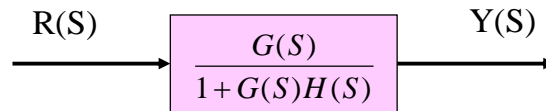
$$4.75 s^2 + 7.25 s + 9.75$$

$$s^4 + 3.25 s^3 + 7 s^2 + 6.75 s + 4.5$$

(3) 回授控制系統的轉移函數簡化



簡化方塊圖



■ 負回授指令：

feedback(順向增益G,回授H)

Ex.

$$G(S) = \frac{3}{S^2 + 2S + 3} \quad , \quad H(S) = \frac{7}{4S^2 + 5S + 6}$$

指令：

G=tf(3,[1 2 3]);

%輸入系統G的轉移函數

H=tf(7,[4 5 6]);

%輸入系統H的轉移函數

T= feedback (G, H)

%簡化回授控制系統G及H的轉移函數

結果：

Transfer function:

$$12 s^2 + 15 s + 18$$

---


$$4 s^4 + 13 s^3 + 28 s^2 + 27 s + 39$$

■ 簡化最高階的係數為1

指令：

minreal(T)

結果：

Transfer function:

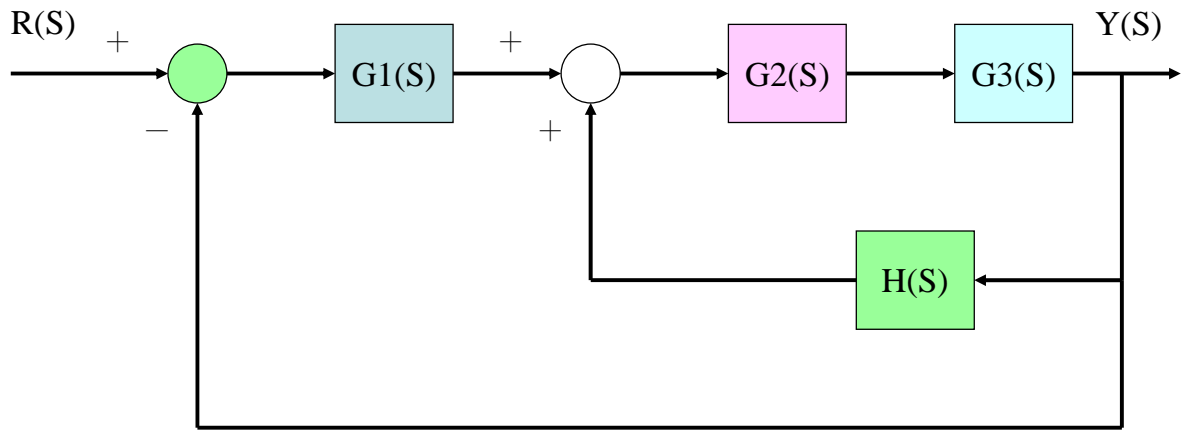
$$3 s^2 + 3.75 s + 4.5$$

---


$$s^4 + 3.25 s^3 + 7 s^2 + 6.75 s + 9.75$$

■ 正回授指令：

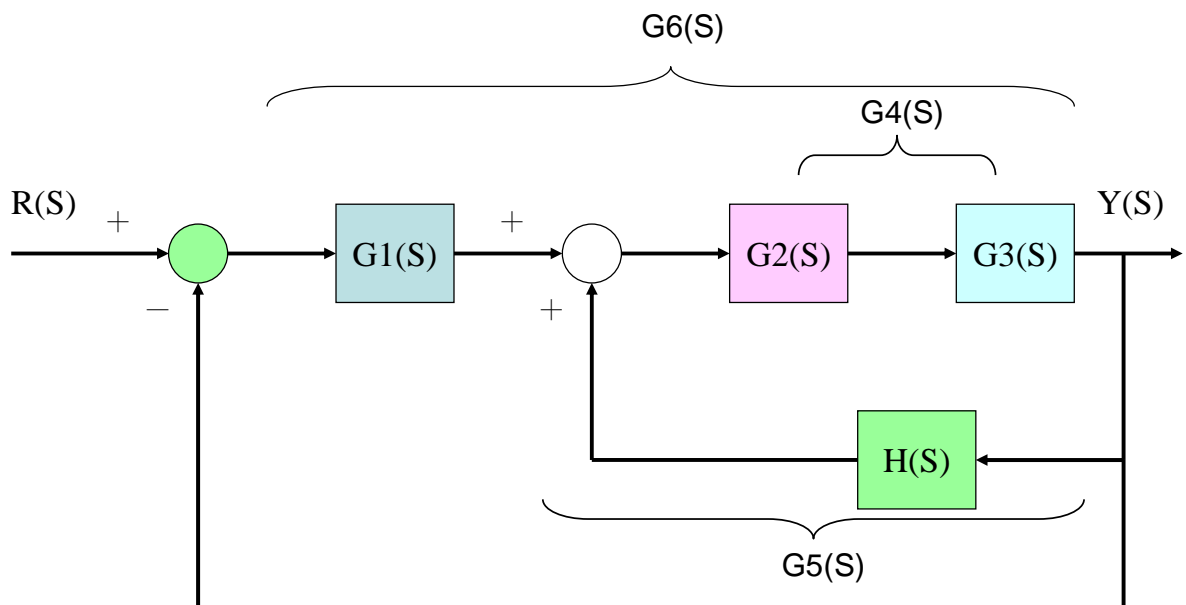




其中

$$G_1(S) = \frac{1}{S+1} \quad , \quad G_2(S) = \frac{7}{S+2} \quad , \quad G_3(S) = \frac{3}{S^2+2S+3} \quad , \quad H(S) = 2S$$

■ 將串並聯及回授的方塊圖逐步簡化



指令：

```
G1=tf(1,[1 1]);
G2=tf(7,[1 2]);
G3=tf(3,[1 2 3]);
H=tf([2 0],1);
G4=series(G2, G3)
```

G5= feedback (G4,-H)

G6=series(G1, G5)

T= feedback (G6,1)

結果：

G2, G3 串聯的結果 G4：

Transfer function:

$$\frac{21}{s^3 + 4s^2 + 7s + 6}$$

$$s^3 + 4s^2 + 7s + 6$$

G4, H 回授的結果 G5：

Transfer function:

$$\frac{21}{s^3 + 4s^2 - 35s + 6}$$

$$s^3 + 4s^2 - 35s + 6$$

G1, G5 串聯的結果 G6：

Transfer function:

$$\frac{21}{s^4 + 5s^3 - 31s^2 - 29s + 6}$$

$$s^4 + 5s^3 - 31s^2 - 29s + 6$$

控制系統簡化的結果T：

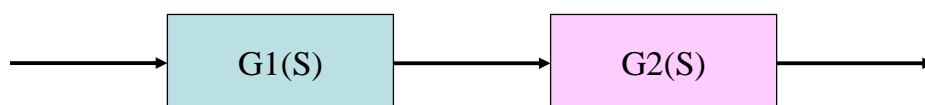
Transfer function:

$$\frac{21}{s^4 + 5s^3 - 31s^2 - 29s + 27}$$

$$s^4 + 5s^3 - 31s^2 - 29s + 27$$

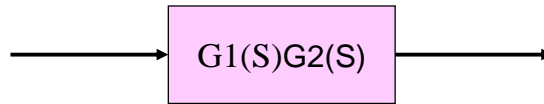
## ■ 以代數簡化方塊圖解轉移函數

### (1) 方塊圖串接簡化



簡化方塊圖





指令：

Ex.

$$G_1(S) = \frac{3}{S^2 + 2S + 3}, \quad G_2(S) = \frac{7}{4S^2 + 5S + 6}$$

指令：

```
G1=tf(3,[1 2 3]);           %輸入系統1的轉移函數
G2=tf(7,[4 5 6]);           %輸入系統2的轉移函數
G3= G1*G2                    %簡化串接系統1及2的轉移函數
```

結果：

Transfer function:

21

-----

$$4s^4 + 13s^3 + 28s^2 + 27s + 18$$

■ 簡化最高階的係數為1

指令：

```
minreal(G3)
```

結果：

Transfer function:

5.25

-----

$$s^4 + 3.25s^3 + 7s^2 + 6.75s + 4.5$$

(2) 方塊圖並聯簡化



指令：

minreal(G3)

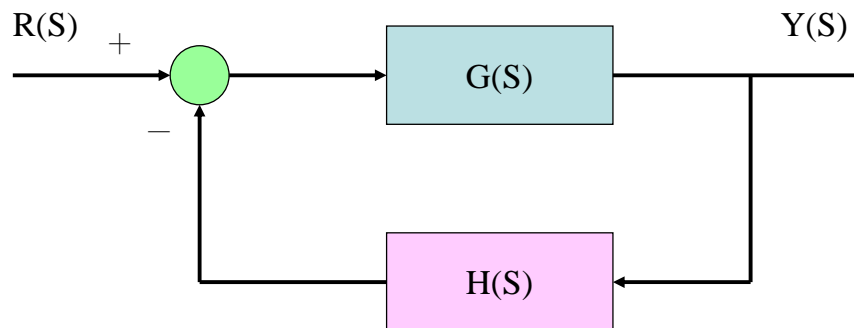
結果：

Transfer function:

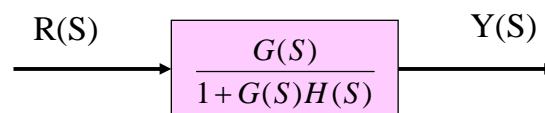
$$4.75 s^2 + 7.25 s + 9.75$$

$$\frac{4.75 s^2 + 7.25 s + 9.75}{s^4 + 3.25 s^3 + 7 s^2 + 6.75 s + 4.5}$$

(3) 回授控制系統的轉移函數簡化



簡化方塊圖



■ 負回授指令：

$$T = G / (1 + G * H)$$

Ex.

$$G(S) = \frac{3}{s^2 + 2s + 3}, \quad H(S) = \frac{7}{4s^2 + 5s + 6}$$

指令：

G=tf(3,[1 2 3]);

%輸入系統G的轉移函數

H=tf(7,[4 5 6]);

%輸入系統H的轉移函數

$$T=G/(1+G*H)$$

%簡化回授控制系統G及H的轉移函數

結果：

負回授控制系統的轉移函數簡化

Transfer function:

$$12 s^4 + 39 s^3 + 84 s^2 + 81 s + 54$$

---


$$4 s^6 + 21 s^5 + 66 s^4 + 122 s^3 + 177 s^2 + 159 s + 117$$

(注意：此結果為6階，以代數簡化方塊圖解轉移函數並未簡化，須另外再簡化)

### ■ 簡化轉移函數

指令：

minreal(T)

結果：

Transfer function:

$$3 s^2 + 3.75 s + 4.5$$

---


$$s^4 + 3.25 s^3 + 7 s^2 + 6.75 s + 9.75$$

### ■ 正回授指令：

$$T=G/(1-G*H)$$

Ex.

$$G(S) = \frac{3}{S^2 + 2S + 3} \quad , \quad H(S) = \frac{7}{4S^2 + 5S + 6}$$

指令：

G=tf(3,[1 2 3]);

%輸入系統G的轉移函數

H=tf(7,[4 5 6]);

%輸入系統H的轉移函數

T=G/(1-G\*H)

%簡化回授控制系統G及H的轉移函數

結果：

Transfer function:

$$12 s^4 + 39 s^3 + 84 s^2 + 81 s + 54$$

$$4 s^6 + 21 s^5 + 66 s^4 + 122 s^3 + 135 s^2 + 75 s - 9$$

■ 簡化最高階的係數為1

指令：

minreal(T)

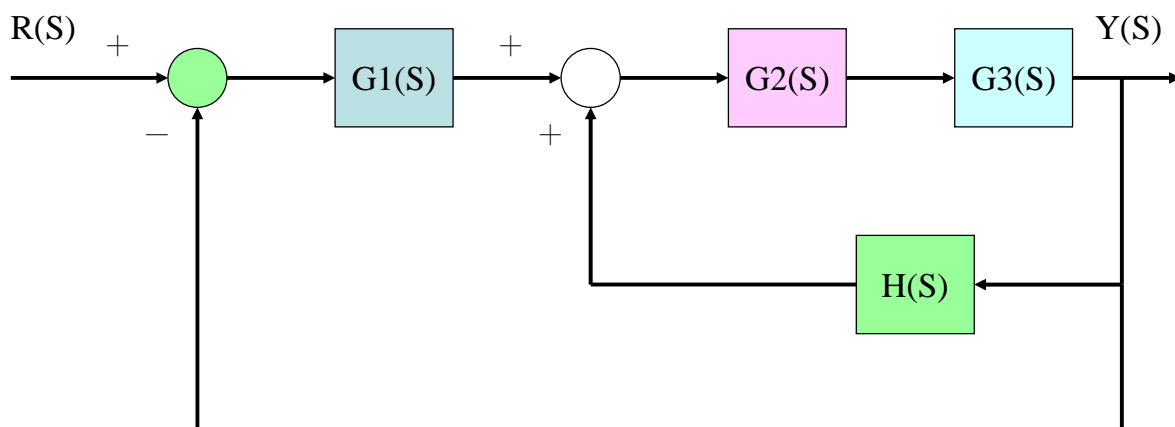
結果：

Transfer function:

$$3 s^2 + 3.75 s + 4.5$$

$$s^4 + 3.25 s^3 + 7 s^2 + 6.75 s - 0.75$$

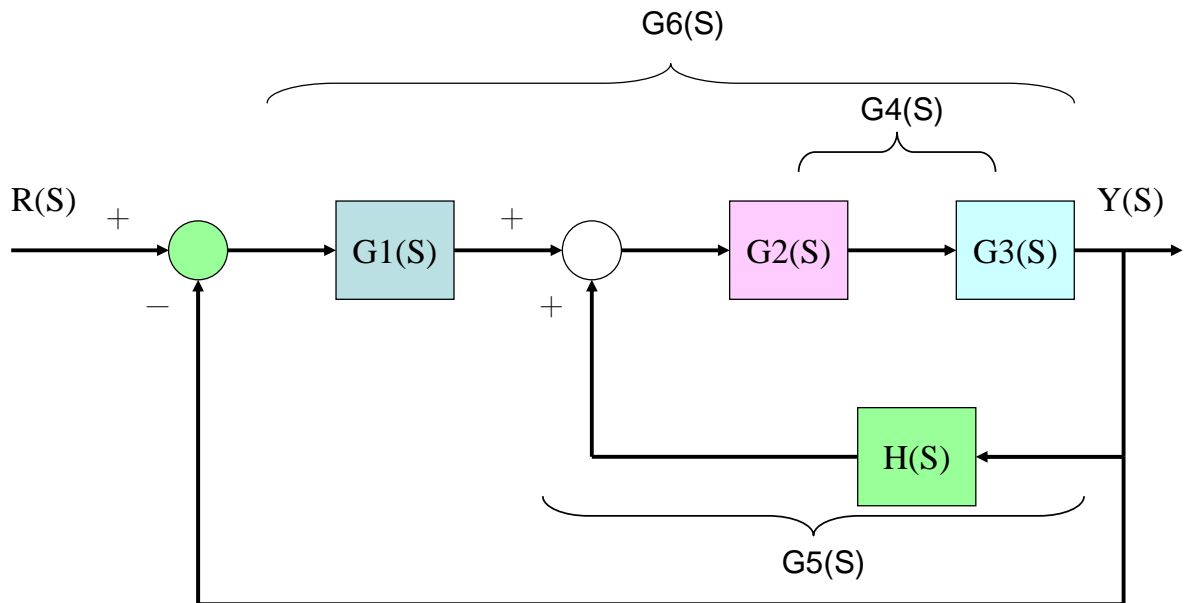
■ 簡化系統轉移函數的範例



其中

$$G_1(S) = \frac{1}{S+1} \quad G_2(S) = \frac{7}{S+2} \quad G_3(S) = \frac{3}{S^2+2S+3} \quad H(S) = 2S$$

■ 將串並聯及回授的方塊圖逐步簡化



指令：

```
G1=tf(1,[1 1]);
G2=tf(7,[1 2]);
G3=tf(3,[1 2 3]);
H=tf([2 0],1);
G4= G2*G3
G5= G4/(1- G4*H)
G6= G1*G5
T= G6/(1+G6)
```

結果：

G2, G3 串聯的結果 G4：

Transfer function:

21

-----  
 $s^3 + 4s^2 + 7s + 6$

G4, H 回授的結果 G5：

Transfer function:

$$21 s^3 + 84 s^2 + 147 s + 126$$

$$s^6 + 8 s^5 - 12 s^4 - 100 s^3 - 197 s^2 - 168 s + 36$$

(與之前的結果比較，其階數較高)

G1, G5 串聯的結果 G6：

Transfer function:

$$21 s^3 + 84 s^2 + 147 s + 126$$

$$s^7 + 9 s^6 - 4 s^5 - 112 s^4 - 297 s^3 - 365 s^2 - 132 s + 36$$

(與之前的結果比較，其階數也較高)

控制系統的轉移函數結果 T：

Transfer function:

$$21 s^{10} + 273 s^9 + 819 s^8 - 1239 s^7 - 15099 s^6 - 49581 s^5 - 91203 s^4 - 101409 s^3 - 62370 s^2 - 11340 s + 4536$$

$$s^{14} + 18 s^{13} + 73 s^{12} - 296 s^{11} - 2573 s^{10} - 4907 s^9 + 8905 s^8 + 65905 s^7 + 156574 s^6 + 196509 s^5 + 112366 s^4 - 26433 s^3 - 71226 s^2 - 20844 s + 5832$$

## ■ 簡化系統轉移函數

指令：

minreal(T)

控制系統簡化的結果T：

Transfer function:

$$21$$

$$s^4 + 5 s^3 - 31 s^2 - 29 s + 27$$