自动控制原理

朱英华
Email:　yhzhu@swjtu. edu.cn
西南交通大学电气工程学院

MATLAB软件（2）

——MATLAB在系统数学模型中的应用

$$G(s)=\frac{5s+3}{(s+1)(s+2)(s+3)}$$ 用MATLAB如何表示?

三种方法：

有理分式形式

方法1： $$G(s)=\frac{5s+3}{(s+1)(s+2)(s+3)}=\frac{5s+3}{s^3+6s^2+11s+6}$$

分子多项式和分母多项式分别用行向量表示，再利用tf函数建立传递函数。

$$G(s)=\frac{5s+3}{(s+1)(s+2)(s+3)}=\frac{5s+3}{s^3+6s^2+11s+6}$$

```
>> num=[5 3];
>> den=[1 6 11 6];
>> sys=tf(num,den)

sys =

        5 s + 3
  ----------------------
  s^3 + 6 s^2 + 11 s + 6

Continuous-time transfer function.
```

方法2：
$$G(s)=\frac{5s+3}{(s+1)(s+2)(s+3)}$$

利用conv函数实现多项式的乘积。

$$den = conv(conv([1\ 1],[1\ 2]),\ [1\ 3])$$

函数嵌套

$$G(s)=\frac{5s+3}{(s+1)(s+2)(s+3)}$$

```
>> num=[5 3];
>> den=conv(conv([1 1],[1 2]),[1 3]);
>> sys=tf(num,den)

sys =

          5 s + 3
  ----------------------
  s^3 + 6 s^2 + 11 s + 6

Continuous-time transfer function.
```

方法3： $G(s)=\dfrac{5s+3}{(s+1)(s+2)(s+3)}=\dfrac{5(s+3/5)}{(s+1)(s+2)(s+3)}$

零极点的形式

零点和极点分别用行向量表示，再利用zpk函数建立传递函数。

$$G(s)=\frac{5s+3}{(s+1)(s+2)(s+3)}=\frac{5(s+3/5)}{(s+1)(s+2)(s+3)}$$

零极点的形式

```
>> z=[-3/5];
>> p=[-1 -2 -3];
>> k=5;
>> sys=zpk(z,p,k)

sys =

      5 (s+0.6)
  -----------------
  (s+1) (s+2) (s+3)

Continuous-time zero/pole/gain model.
```

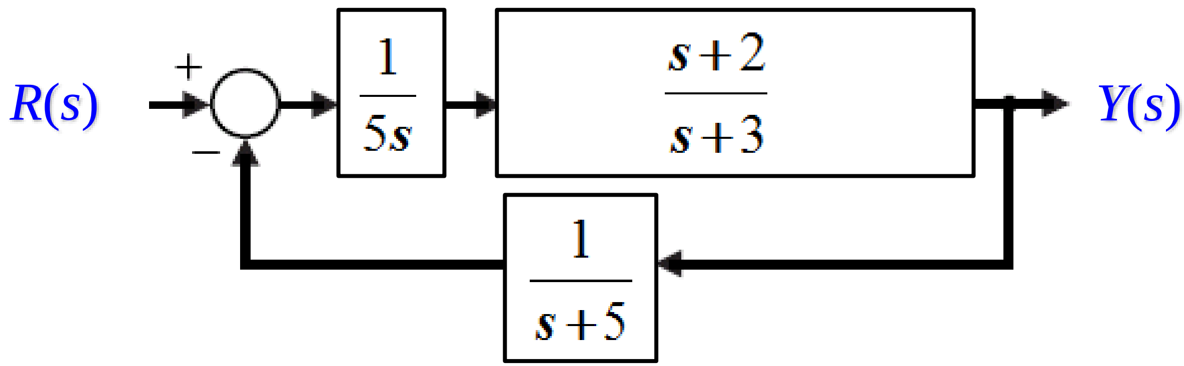
$$G(s)=\frac{s^2+5s+1}{s(s^2+34.5s+1000)}$$

用MATLAB如何确定其零点和极点?

分子多项式和分母多项式分别用行向量表示，利用tf函数建立传递函数。再利用zero函数和pole函数确定零、极点。

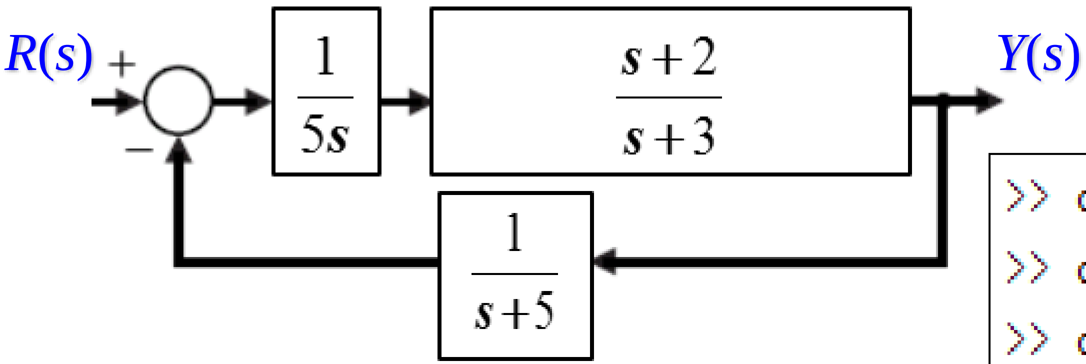
$$G(s)=\frac{s^2+5s+1}{s(s^2+34.5s+1000)}$$

```
>> num=[1 5 1];
>> den=conv([1 0],[1 34.5 1000]);
>> sys=tf(num,den);
>> z=zero(sys)

z =

   -4.7913
   -0.2087

>> p=pole(sys)

p =

   0.0000 + 0.0000i
 -17.2500 +26.5035i
 -17.2500 -26.5035i
```



用MATLAB如何化简，确定出系统的闭环传递函数?

先建立各部分的传递函数，然后利用series函数进行串联化简，再利用feedback函数进行反馈化简，确定出系统的闭环传递函数。




```
>> com1=tf([1],[5 0]);
>> com2=tf([1 2],[1 3]);
>> com3=tf([1],[1 5]);
>> G=series(com1,com2);
>> sys=feedback(G,com3,-1)


sys =


        s^2 + 7 s + 10
  -------------------------
  5 s^3 + 40 s^2 + 76 s + 2


Continuous-time transfer function.
```

如何利用MATLAB实现传递函数和状态空间模型的转换？

$$[A,B,C,D]=tf2ss(num,den)$$

$$[num,den]=ss2tf(A,B,C,D)$$

MATLAB在系统数学模型中的应用

- 传递函数的多项式

1.多项式的表达

行向量

$$p(s)=s^3+9s^2+24$$

多项式系数按降幂排列

$$p=[1\quad 9\quad 0\quad 24]$$

2.多项式的相乘

convolution（卷积）

函数

两个多项式的乘积

$$n = conv(p, q)$$

三个多项式的乘积

$$n = conv(u, conv(p, q))$$

$$\overset{p}{(3s^2+2s+1)}\,\overset{q}{(s+4)}$$

$$n(s)=(3s^2+2s+1)(s+4)$$

```
>>p=[3 2 1]; q=[1 4];
>>n=conv(p,q)
n=
   3    14    9    4
```

Multiply p and q.

$n(s) = 3s^3 + 14s^2 + 9s + 4$

3.多项式的值

***polyval* 函数**

多项式

$$value = polyval(p, x)$$

变量给出值

$$n(s) = 3s^3 + 14s^2 + 9s + 4 \quad (s = -5)$$

```
>>n=[3 14 9 4];
>>value=polyval(n,-5)
value =

   -66
```

Evaluate $n(s)$ at $s = -5$.

4.方程的根

函数 $p(s) = s^3 + 3s^2 + 4$

求方程 $p(s) = 0$ 的根

$r = roots(p)$ 多项式

```
>>p=[1 3 0 4];
>>r=roots(p)

r =
 -3.3553
  0.1777+ 1.0773i
  0.1777- 1.0773i
>>p=poly(r)
p =

  1.0000    3.0000    0.0000    4.0000
```

$p(s) = s^3 + 3s^2 + 4$

Calculate roots of $p(s) = 0$.

Reassemble polynomial from roots.

传递函数模型的建立

1.有理分式表示的传递函数

$$G(s)=\frac{num}{den}$$

tf 函数

$$sys = tf(num, den)$$

分子多项式

分母多项式

$$G(s)=\frac{10}{s^2+2s+5}$$

```
>> num1=[10];den1=[1 2 5];
>> sys1=tf(num1,den1)

Transfer function:
       10
-----------------
s^2 + 2 s + 5
```

$G_1(s)$

2.零、极点表示的传递函数

zpk函数

$$sys = zpk(z, p, K)$$

增益

零点　　极点

$$G(s) = \frac{18(s+2)(s+1)}{(s+15)(s+25)(s+0.4)}$$

```
>>z=[-2 -1];
>>p=[-15 -25 -0.4];
>>K=18;
>>sys=zpk(z,p,K)
```

根据系统的传递函数求系统的零、极点

zero 函数

$z = zero(sys)$

pole 函数

$p = pole(sys)$

绘制系统的零、极点图

pzmap 函数

$pzmap(sys)$

$[P, Z] = pzmap(sys)$

极点列向量　零点列向量

■ 状态空间模型的建立

ss 函数

$$sys = ss(A,B,C,D)$$

$$\begin{cases} \dot{x}(t) = \begin{bmatrix} -40 & -391 & -150 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} u(t) \\ y(t) = \begin{bmatrix} 0 & 18 & 360 \end{bmatrix} x(t) \end{cases}$$

$$A=\begin{bmatrix}-40 & -391 & -150\\ 1 & 0 & 0\\ 0 & 1 & 0\end{bmatrix}$$

$$>>A=[-40\quad -391\quad -150;\quad 1\quad 0\quad 0;\quad 0\quad 1\quad 0];$$

模型的转换

1.有理分式型传函转换为零、极点型传函

$$sys1 = tf(num, den)$$

$$sys2 = zpk(sys1)$$

$$G(s) = \frac{18s^2 + 54s + 36}{s^3 + 40.4s^2 + 391s + 150}$$

2.零、极点型传函转换为有理分式型传函

$$sys1 = zpk(z, p, K)$$

$$sys2 = tf(sys1)$$

$$G(s) = \frac{18(s+2)(s+1)}{(s+15)(s+25)(s+0.4)}$$

3.传递函数转换为状态空间模型

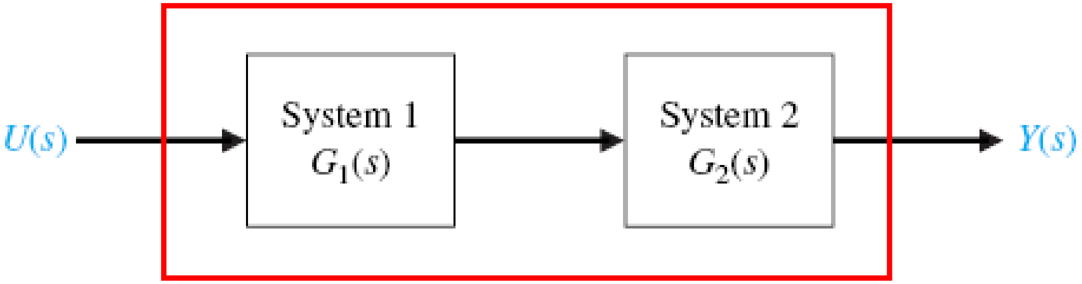
$$[A,B,C,D]=tf2ss(num,den)$$

4.状态空间模型转换为传递函数

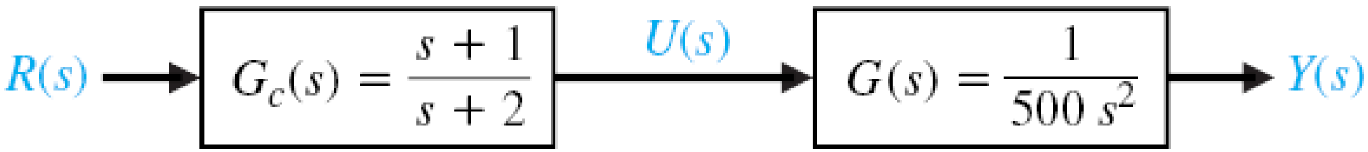
$$[num,den]=ss2tf(A,B,C,D)$$

框图的化简

1.串联连接



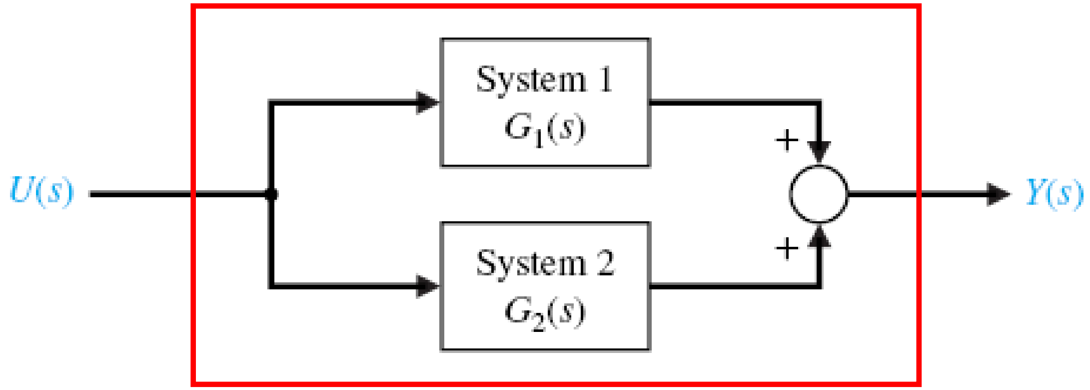
$$sys = series(sys1, sys2)$$




```
>>numg=[1]; deng=[500 0 0]; sysg=tf(numg,deng);
>>numh=[1 1]; denh=[1 2]; sysh=tf(numh,denh);
>>sys=series(sysg,sysh);
>>sys

Transfer function:
          s + 1
---------------------------
  500 s^3 + 1000 s^2
```

$G_c(s)G(s)$

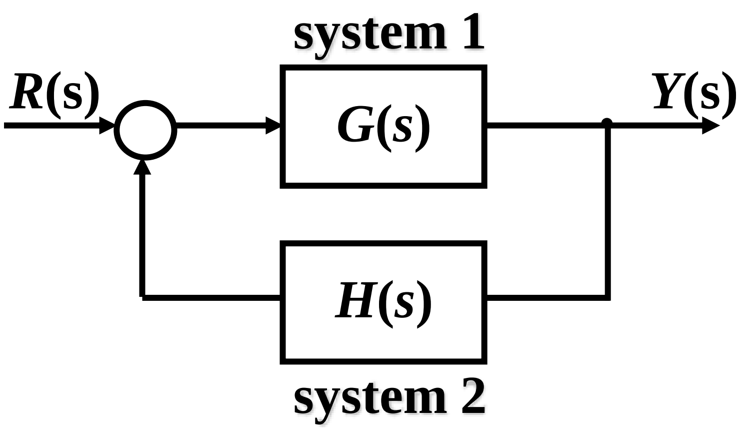
2.并联连接



$$sys = parallel(sys1, sys2)$$

$$G_1(s) = \frac{10s+3}{s^2+25s+15} \qquad G_2(s) = \frac{3}{5s+2}$$

3.反馈连接



$$sys1 = tf(num1, den1)$$

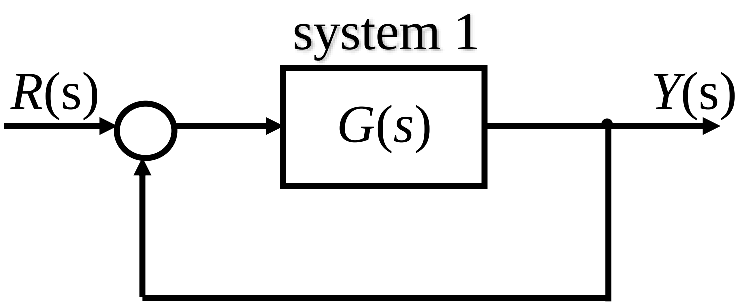
$$sys2 = tf(num2, den2)$$

+1 — 正反馈
-1 — 负反馈 (缺省)

$$sys = feedback(sys1, sys2, sign)$$

$$G(s) = \frac{10s+3}{s^2+25s+15} \qquad H(s) = \frac{3}{5s+2}$$ (负反馈)

单位反馈



$$sys1 = tf(num1, den1)$$

$$sys = feedback(sys1, [1], sign)$$

+1 — 正反馈

-1 — 负反馈 (缺省)

$$G(s) = \frac{10s+3}{s^2+25s+15}$$ (单位负反馈)

自测题P96~98　　（答案P121）

自测题P162~165　（答案P181）

术语和概念P121，P182