

系统仿真综合实验指导书

测控技术与仪器专业

2010年1月

实验一 MATLAB基本操作(练习，可不作报告)

实验目的

1. 熟悉MATLAB实验环境，练习MATLAB命令、m文件、Simulink的基本操作。
2. 利用MATLAB编写程序进行矩阵运算、图形绘制、数据处理等。
3. 利用Simulink建立系统的数学模型并仿真求解。

实验原理

MATLAB环境是一种为数值计算、数据分析和图形显示服务的交互式的环境。MATLAB有 3 种窗口，即：命令窗口(The Command Window)、m-文件编辑窗口(The Edit Window) 和图形窗口(The Figure Window)，而Simulink另外又有Simulink模型编辑窗口。

1. 命令窗口(The Command Window)

当MATLAB启动后，出现的最大的窗口就是命令窗口。用户可以在提示符“>”后面输入交互的命令，这些命令就立即被执行。

在MATLAB中，一连串命令可以放置在一个文件中，不必把它们直接在命令窗口内输入。在命令窗口中输入该文件名，这一连串命令就被执行了。因为这样的文件都是以“.m”为后缀，所以称为m-文件。

2. m-文件编辑窗口(The Edit Window)

我们可以用m-文件编辑窗口来产生新的m-文件，或者编辑已经存在的m-文件。在MATLAB主界面上选择菜单“File/New/M-file”就打开了一个新的m-文件编辑窗口；选择菜单“File/Open”就可以打开一个已经存在的m-文件，并且可以在这个窗口中编辑这个m-文件。

3. 图形窗口(The Figure Window)

图形窗口用来显示MATLAB程序产生的图形。图形可以是2维的、3维的数据图形，也可以是照片等。

MATLAB中矩阵运算、绘图、数据处理等内容参见教材《控制系统计算机辅助设计(第2版)》第二章。

Simulink是MATLAB的一个部件，它为MATLAB用户提供了一种有效的对反馈控制系统进行建模、仿真和分析的方式。

有两种方式启动Simulink:

1. 在 Command window 中，键入 simulink，回车。
2. 单击工具栏上Simulink图标。

启动Simulink后，即打开了 Simulink库浏览器 (Simulink library browser)。在该浏览器的窗口中单击“Create a new model (创建新模型)”图标，这样就打开一个尚未命名的模型窗口。把Simulink库浏览器中的单元拖拽进入这个模型窗口，构造自己需要的模型。对各个单元部件的参数进行设定，可以双击该单元部件的图标，在弹出的对话框中设置参数。

实验内容

1用MATLAB可以识别的格式输入下面两个矩阵

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 3 \\ 1 & 3 & 5 & - \\ 1 & 2 & 3 & 7 \\ 3 & 7 & 3 & 9 \\ 1 & 8 & 9 & 4 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 1 + 4i & 3 & 6 & 7 & 8 \\ 3 & 3 & 5 & 5 & . \\ 2 & 6 + 7i & 5 & 3 & 4 & 2 \\ 1 & 8 & 9 & 5 & 4 & 7 \end{bmatrix}$$

再求出它们的乘积矩阵C，并将C矩阵的右下角2X3子矩阵赋给D矩阵。赋值完成后，调用相应的命令查看MATLAB工作空间的占用情况。

2用MATLAB语言实现下面的分段函数 $f(x)$ 、 h 、 D

$$y = f(x) = \begin{cases} h, & x > D \\ < h / Dx, & |x| < D \\ -h, & x < -D \end{cases}$$

3分别用for和while循环结构编写程序，求出

$$K = \sum_{i=0}^{63} 2^i = 1 + 2 + 2^2 + 2^3 + \dots + 2^{62} + 2^{63}$$

并考虑一种避免循环的简洁方法来进行求和。

4选择合适的步距绘制出下面的图形

(1) $\sin(1/t)$ ，其中 $t \in (-1, 1)$

(2) $\sin(\tan t) - \tan(\sin t)$ ，其中 $t \in (-\pi, \pi)$

5对下面给出的各个矩阵求取各种参数，如矩阵的行列式、秩、特征多项式、范数等。

$$A = \begin{bmatrix} 7 & 3.5 & 0 & 0 \\ 8 & 33 & 4.1 & 0 \\ 0 & 9 & 103 & -1.5 \\ 0 & 0 & 3.7 & 19.3 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 7 & 6 & 5 \\ 7 & 10 & 8 & 7 \\ 6 & 8 & 10 & 9 \\ 5 & 7 & 9 & 10 \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 5 & 6 & 7 & 8 \\ 9 & 10 & 11 & 12 \\ 13 & 14 & 15 & 16 \end{bmatrix}, \quad D = \begin{bmatrix} 3 & -3 & -2 & 4 \\ 5 & -5 & 1 & 8 \\ 11 & 8 & 5 & -7 \\ 5 & -1 & -3 & -1 \end{bmatrix}$$

6求解下面的线性代数方程，并验证得出的解真正满足原方程。

$$(a) \begin{bmatrix} 7 & 2 & 1 & -2 \\ 9 & 15 & 3 & -2 \\ -2 & -2 & 11 & 5 \\ 1 & 3 & 2 & 13 \end{bmatrix} X = \begin{bmatrix} 4 \\ 7 \\ -1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad \text{项)} \quad \begin{bmatrix} 3 & 2 & 13 \\ 7 & 2 & 1 & -2 \\ 9 & 15 & 3 & -2 \\ -2 & -2 & 11 & 5 \end{bmatrix} X = \begin{bmatrix} 9 & 0 \\ 6 & 4 \\ 11 & 7 \\ -2 & -1 \end{bmatrix}$$

7假设有一组实测数据

x	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
y	2.3201	2.6470	2.9707	3.2885	3.6008	3.9090	4.2147	4.5191	4.8232	5.1275

- (1) 绘制出各种插值算法下的拟合效果。
- (2) 假设已知该数据可能满足的原型函数为 $y(x) = ax + bx_2e^{-C} + d$ ，试求出满足下面数据的最小二乘解a,b,c,d的值。

8考虑简单的线性微分方程

$$y^{(4)} + 3y^{(3)} + 3y'' + 4y' + 5y = e^{-3t} + e^{-5t} \sin(4t + \pi/3)$$

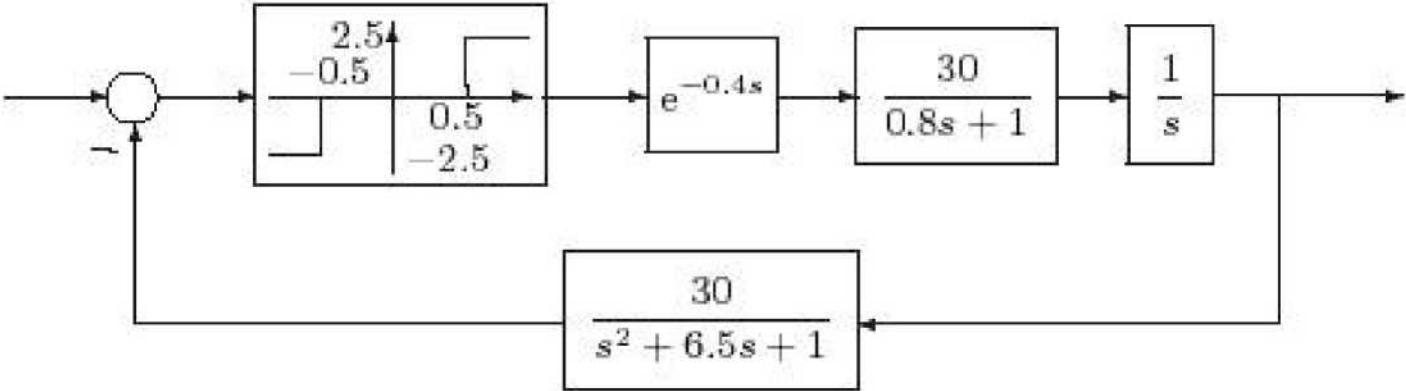
$$\text{方程初值 } y(0) = 1, y^{(1)}(0) = y^{(2)}(0) = 1/2, y^{(3)}(0) = 0.2,$$

- (1) 试用Simulink搭建起系统的仿真模型，并绘制出仿真结果曲线。
- * (2) 若给定的微分方程变成时变线性微分方程，

$$y^{(4)} + 3ty^{(3)} + 3t_2y'' + 4y' + 5y = e^{-3t} + e^{-5t} \sin(4t + \pi/3)$$

试用 Simulink 搭建起系统的仿真模型，并绘制出仿真结果曲线。

10*建立下图所示非线性系统的Simulink模型，并观察在单位阶跃信号输入下系统的输出曲线和误差曲线。



实验二经典控制系统分析

实验目的

以MATLAB及Simulink为工具，对控制系统进行时域、频域及根轨迹分析。

实验原理

- 1、时域分析法是根据系统的微分方程（或传递函数），利用拉普拉斯变换直接解出动态方程，并依据过程曲线及表达式分析系统的性能。时域响应指标如图1所示。

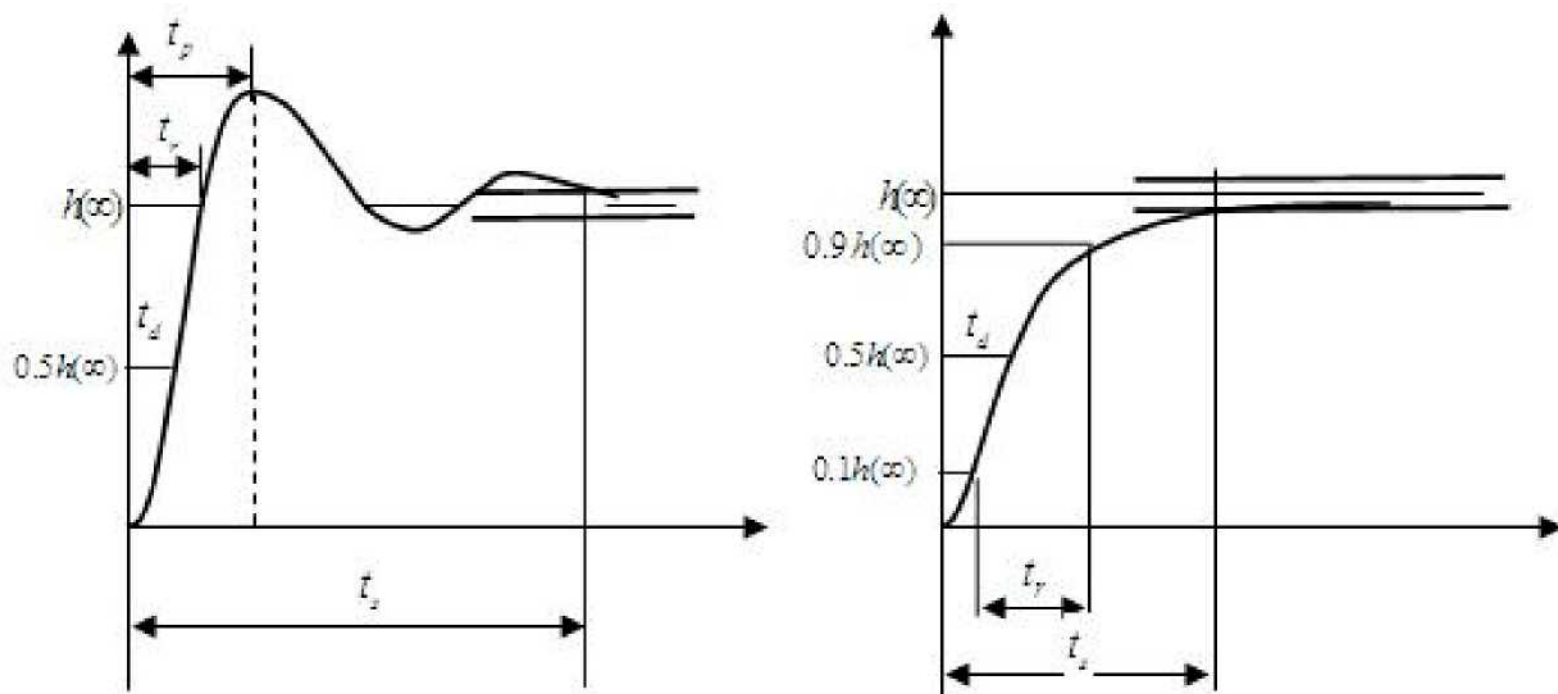


图1典型的系统时域响应指标表示

延迟时间 t_d ，指响应曲线第一次达到其终值一半所需要的时间。

上升时间 t_r ，指响应曲线从终值10%上升到终值90%所需要的时间；对于有振荡的系统，也可定义为响应从零第一次上升到终值所需要的时间。上升时间是系统响应速度的一种度量。

峰值时间 t_p ，指响应超过终值达到第一个峰值所需要的时间。

调节时间 t_s ，指响应达到并保持在终值 $\pm 5\%$ （或 $\pm 2\%$ ）内所需要的时间。

超调量 $\sigma\%$ ，指响应的最大偏离量 $h(t_p)$ 与终值 $h(\infty)$ 之差的百分比，即：

$$\sigma\% = \frac{h(t_p) - h(\infty)}{h(\infty)} \times 100\%$$

稳态误差，描述系统稳态性能的一种性能指标。

- 2、频域分析法通常从频率特性出发对系统进行研究。在工程分析和设计中，通常把频率特性画成一些曲线，从频率特性曲线出发进行研究。这些曲线包括幅频特性和相频特性曲线，幅相频率特性曲线，对数频率特性曲线以及对数幅相曲线等，其中以幅相频率特性曲线，对数频率特性曲线应用最广。对于最小相位系统，幅频特性和相频特性之间存在着唯一的对于关系，故根据对数幅频特性，可以唯一地确定相应的相频特性和传递函数。根据系统的开环频率特性去判断闭环系统的性能，并能较方便地分析系统参量对系统性能的影响，从而指出改善系统性能的途径。
- 3、根轨迹是求解闭环系统特征根的图解方法。由于控制系统的动态性能是由系统闭环零极

点共同决定，控制系统的稳定性由闭环系统极点唯一确定，利用根轨迹确定闭环系统的

零极点在s平面的位置，分析控制系统的动态性能。

实验内容(带*号的可不做)

1. 教材P82页，4.8 (任选一个小题)和4.11,

*2. (不作要求)已知二阶系统 $G(s) = \frac{10}{s^2 + 2s + 10}$

编写程序求解系统的阶跃响应；计算系统的闭环根、阻尼比、无阻尼振荡频率；修改参

数, 分别求出 $\zeta = 1$ 和 $\zeta = 0$ 的阶跃响应, 修改参数, 分别求出 $\omega_n = 1$ 和 $\omega_n = 2$ 的阶跃响应

($\omega_n = 1, 2$, 10)

(2) 试做出以下系统的阶跃响应, 并比较与原系统响应曲线的差别与特点, 作出相应的实验

$$G_1(s) = \frac{2s + 10}{s^2 + 2s + 10}; \quad G_2(s) = \frac{s^2 + 0.5s + 10}{s^2 + 2s + 10}; \quad G_3(s) = \frac{s^2 + 0.5s}{s^2 + 2s + 10}$$

要求: 分析系统的阻尼比和无阻尼振荡频率对系统阶跃响应的影响;

分析响应曲线的零初值、非零初值与系统模型的关系;

分析响应曲线的稳态值与系统模型的关系;

分析系统零点阶跃响应的影响。

3. 已知某控制系统的开环传递函数 $G(s) = \frac{K}{s(s+1)(s+2)}$

试绘制系统的开环频率特性曲线, 并求出系统的幅值与相位裕量。

*4. 已知 $G(s) = \frac{k(s+1)}{s^2(0.1s+1)}$

令 $k=1$ 作波特图, 应用频域稳定判据确定系统的稳定性, 并确定使系统获得最大相位裕度的增益 k 值。

5. 对下面传递函数给出的对象模型

$$G(s) = \frac{K(-0.5s + 1)}{(0.5s + 1)(0.2s + 1)(0.1s + 1)}$$

绘制根轨迹曲线, 并得出在单位反馈下使得闭环系统稳定的 K 值范围。对在单位反馈下使闭环系统稳定的 K 值允许范围内的 K 值绘制阶跃响应, 分析不同 K 值对系统响应有何影响, 并给出必要的解释。

*7. 分析下面的非最小相位系统

$$G(s) = \frac{6(-s + 4)(10s^3 - 60s^2 + 110s + 60)}{s^2(0.5s + 1)(0.1s + 1)^2(s^4 + 17s^3 + 82s^2 + 130s + 100)}$$

绘制频域响应曲线，并解释为什么这样的系统被称为“非最小相位”系统，试从其频域响应加以解释。

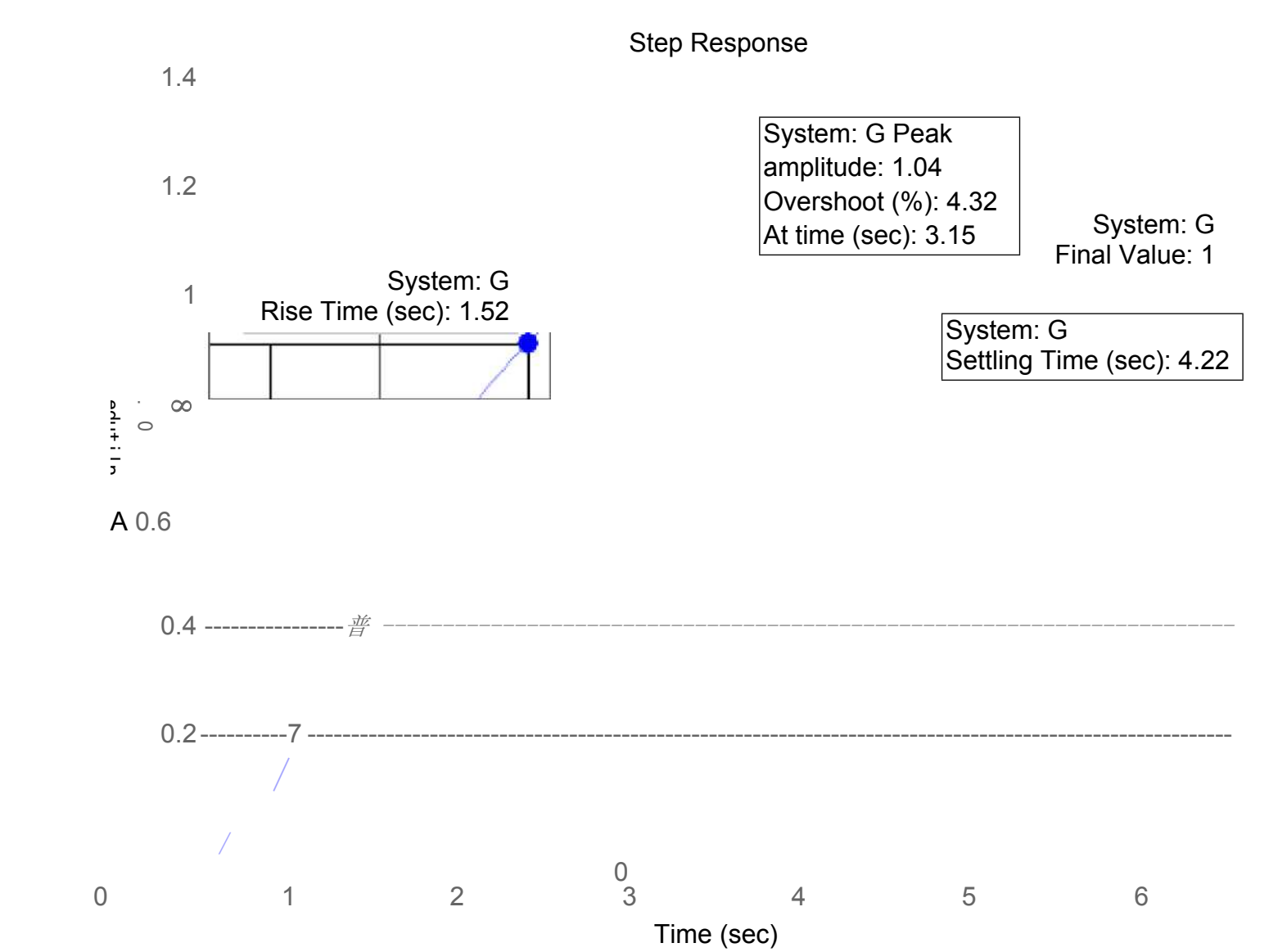
8. 系统A: $G_A(s) = \frac{s^2 + 2s + 2}{s^2 + 2s + 2}$ 系统 B: $G_B(s) = \frac{s^2 + 2s + 2}{s^2 + 2s + 2}$

- (1) 用控制系统工具箱中的函数求给定系统的阶跃响应，并求出相应的性能指标：上升时间、峰值时间、调节时间及超调量。编写MATLAB程序并给出结果；如果不使用step()函数，求给定系统的阶跃响应。
- (2) 求解给定系统的频率响应，编写MATLAB程序并给出结果。
- (3) 绘制系统的根轨迹，并对系统的性能进行分析，编写MATLAB程序并给出结果。

系统A： 程序， clear all

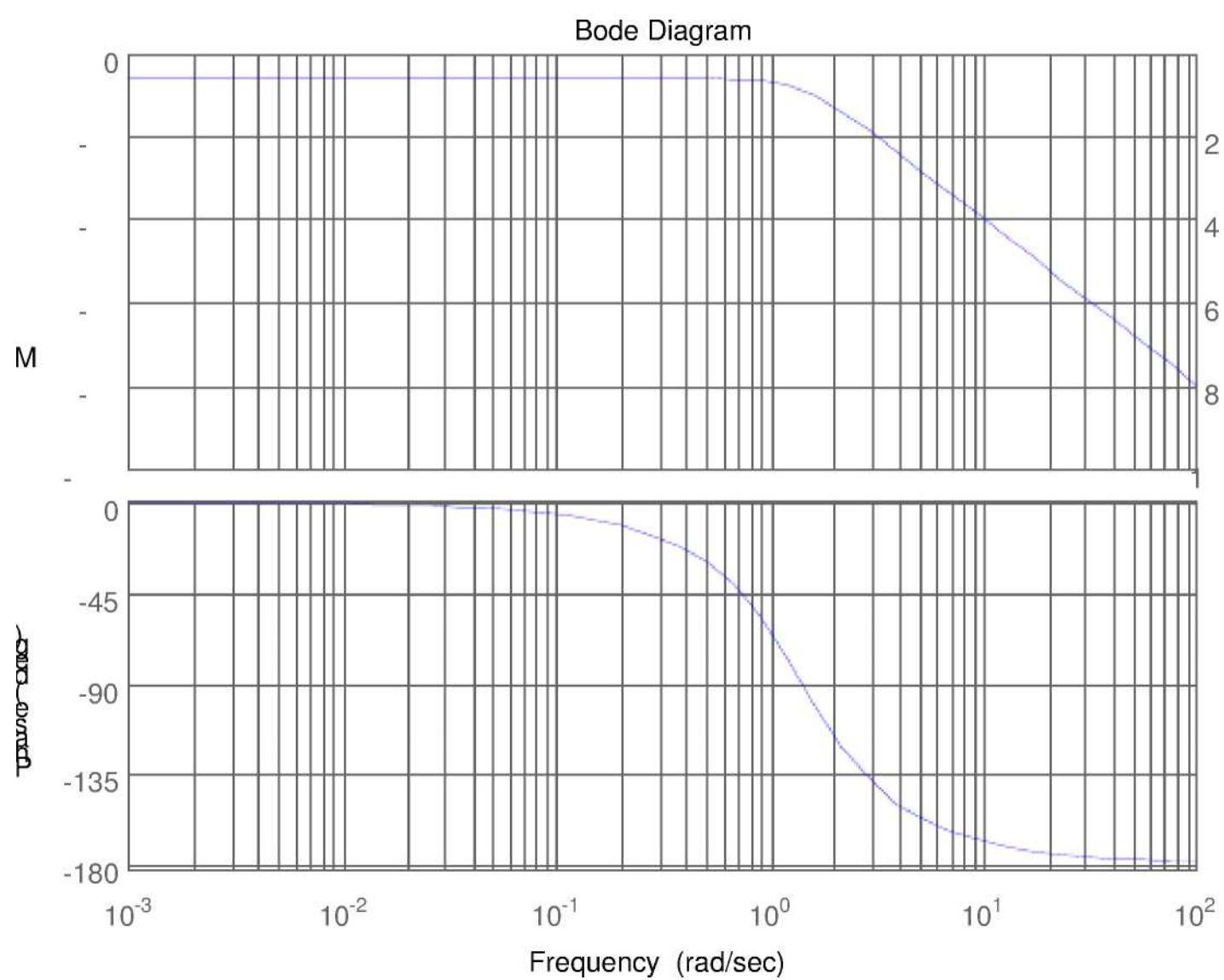
```
>> num=2;den=[1,2,2];G=tf(num,den); grid on;step(G);a=[wn,z,p]
```

```
k=dcgain(G)
```

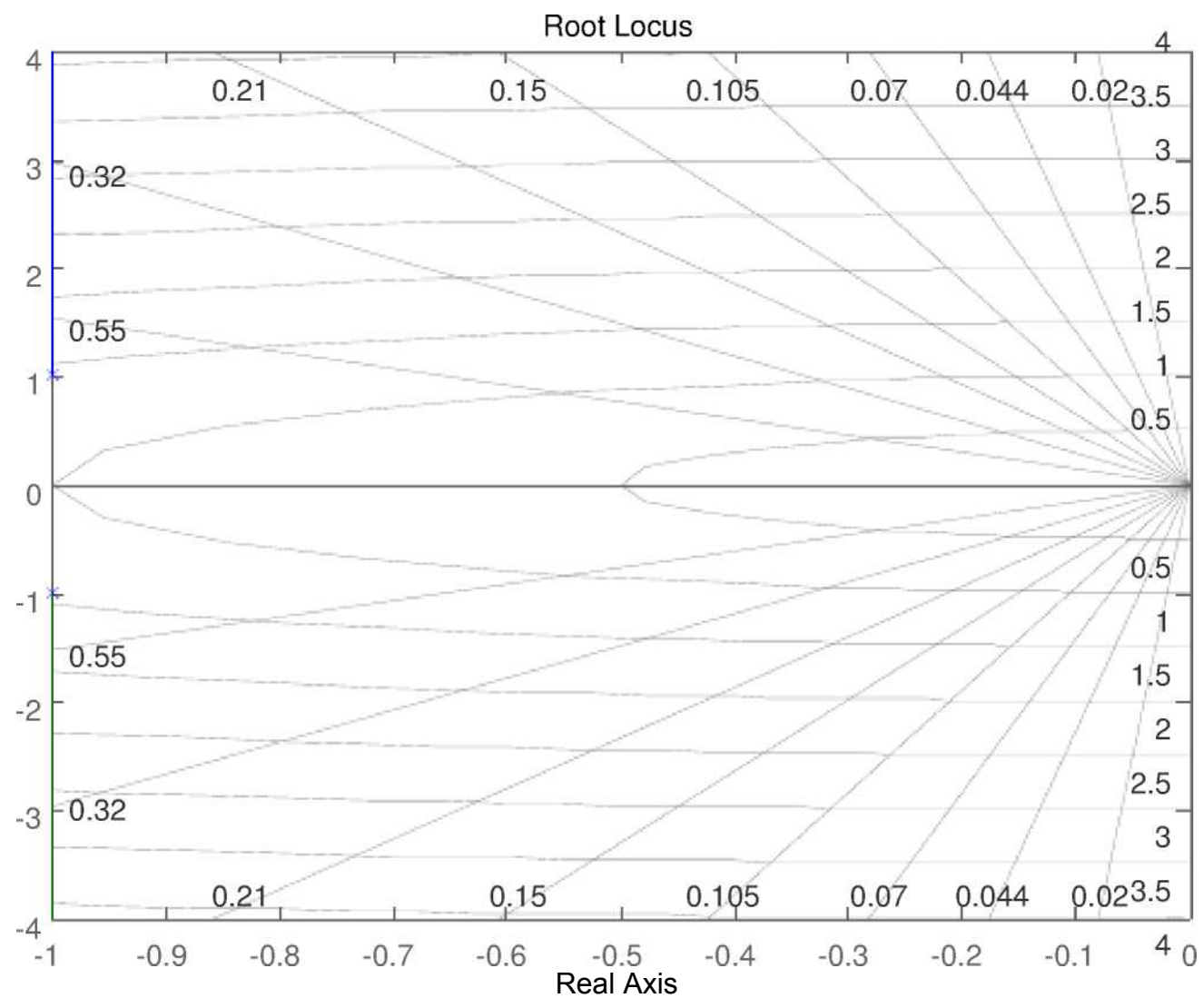


上升时间：_r t=1.55s， 峰值时间_p t=3.15,调节时间_s t=4.22s， 超调量_s % =4%

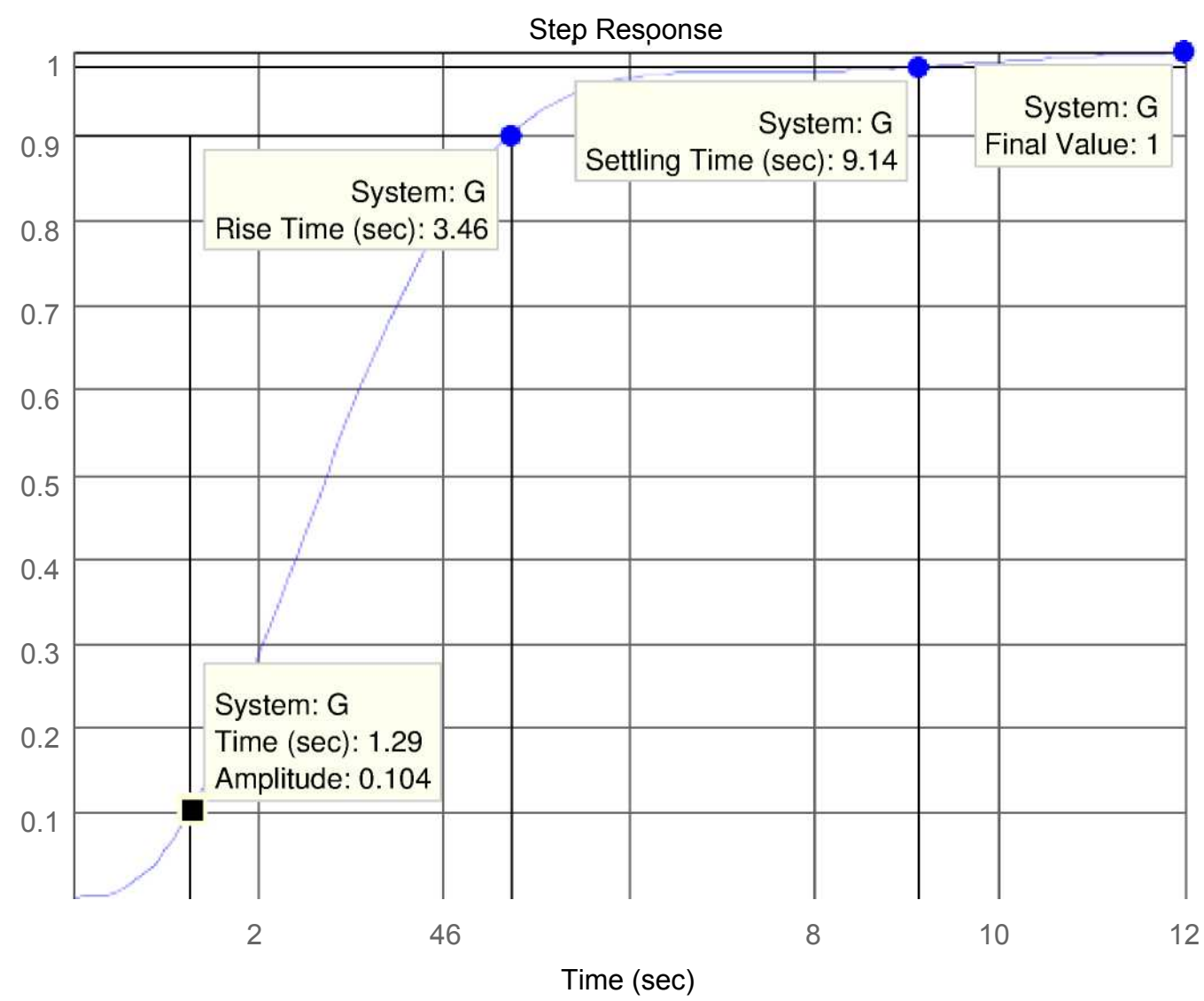
频率响应 · 程序， >> num=1;den=[1,2,2];g=tf(num,den);bode(g,{0.001,100});grid;



根轨迹：程序，`num=[2];den=[1,2,2];g=tf(num,den);rlocus(g)`



```
系统 B：程序。 num=1;den=[2,3,3,1];G=tf(num,den);  
  
on;step(G);[wn,z,p]=damp(G);a=[wn,z,p  
  
k=dcgain(G)
```



上升时间： $t_r=2.3s$ ，峰值时间 $t_p=3.46s$,调节时间 $t_s=9.14s$ ，超调量 $\sigma_p=2\%$

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/645334333033011131>