



登记号 _____

北京航空航天大学
BEIHANG UNIVERSITY

数字信号处理实验二

指 导 书

机械与控制工程国家级虚拟仿真实验教学中心

2020 年 4 月

实验二 离散系统的时域/频域分析

一、实验目的

1. 掌握逆 z 变换的求解方法；
2. 掌握系统的稳定性判定方法；
3. 掌握系统单位脉冲响应求解方法；
4. 掌握系统函数与频率响应关系；
5. 掌握正弦/余弦序列的产生方法；

二、实验内容

(1) 实验内容 1: 基于部分分式法的逆 z 变换

使用 `residuez` 函数求下式的部分分式表示和逆 z 变换序列，并画出 $X(z)$ 的零极点分布图。

$$X(z) = \frac{6 - 10z^{-1} + 2z^{-2}}{1 - 3z^{-1} + 2z^{-2}}$$

(2) 实验内容 2: 系统单位脉冲响应及稳定性判定

已知一个 LTI 系统的输入为 $x[n] = u[n]$ ，系统的输出为 $y[n] = 2(\frac{1}{3})^n u[n]$ ；

- (1) 求系统函数 $H(z)$ （手动求解），并绘制零极点图；
- (2) 利用 Matlab 求该系统的单位脉冲响应 $h[n]$ ，并绘图；
- (3) 根据 (1) 和 (2) 的实验结果分别判断该系统的稳定性；
- (4) 如果系统输入为 $x[n] = (\frac{1}{2})^n u[n]$ ，求此时系统的输出 $y[n]$ 。

(3) 实验内容 3: 系统频率响应

已知系统函数

$$H(z) = \frac{1 - 1.8z^{-1} - 1.44z^{-2} + 0.64z^{-3}}{1 - 1.6485z^{-1} + 1.03882z^{-2} - 0.288z^{-3}}$$

- (1) 求 $H(z)$ 的零极点并画出零极点图；

(2) 分别画出系统的幅频特性和相频特性，并分析频率响应的对称性；

(3) 分析零极点分布对幅频特性的影响。

(4) 实验内容 4：正弦波发生器

利用滤波器系统（教材 2.5.4 节，如下式），生成幅度为 $A=2.0$ 、频率 $\omega=\pi/25$ 、相位 $\theta=0$ 的、长度为 $N=100$ 的正弦序列和余弦序列。

$$H_1(z) = \frac{Y_1(z)}{X(z)} = \frac{\sin(\omega_0)z^{-1}}{1 - 2\cos(\omega_0)z^{-1} + z^{-2}}$$

$$H_2(z) = \frac{Y_2(z)}{X(z)} = \frac{1 - \cos(\omega_0)z^{-1}}{1 - 2\cos(\omega_0)z^{-1} + z^{-2}}$$

三、实验要求

1) 实验内容 1 中，根据逆 Z 变换的 r （留数）、 p （极点）、 k （系数）向量的结果，求出 $X(z)$ 的原序列（收敛域分为： $|z|>2$ ； $|z|<1$ ； $1<|z|<2$ ），绘制 $X(z)$ 的零极点图（需使用 `zplane` 绘制出零极点图）。不少于 50 字的结果分析和讨论。

2) 实验内容 2 中，系统的单位脉冲响应的 Matlab 求取可以使用下面三种方法之一（方法 1：`impz` 函数；方法 2：`filter` 函数结合 `stem` 绘图；方法 3：手动求解后用 `stem` 绘图），脉冲响应序列长度 $N=11$ ；系统的稳定性判定可以根据系统的极点分布（需使用 `zplane` 绘制出零极点图）或 $h[n]$ 收敛性判断； $y[n]$ 输出序列长度为 11。该实验需要 3 幅结果图（脉冲响应 1 幅、零极点分布 1 幅和系统输出 1 幅）。不少于 50 字的结果分析和讨论。

3) 实验内容 3 中，使用 Matlab 求解出系统的零极点（`roots`），并画出系统的零极点分布图；使用 `freqz` 函数计算系统的频率响应，并分别绘制出幅频特性和相频特性，分析频率响应的对称性。该实验共 3 幅结果图（零极点分布 1 幅，幅频特性 1 幅，相频特性 1 幅）。零极点对幅频响应的分析字数不少于 150 字。

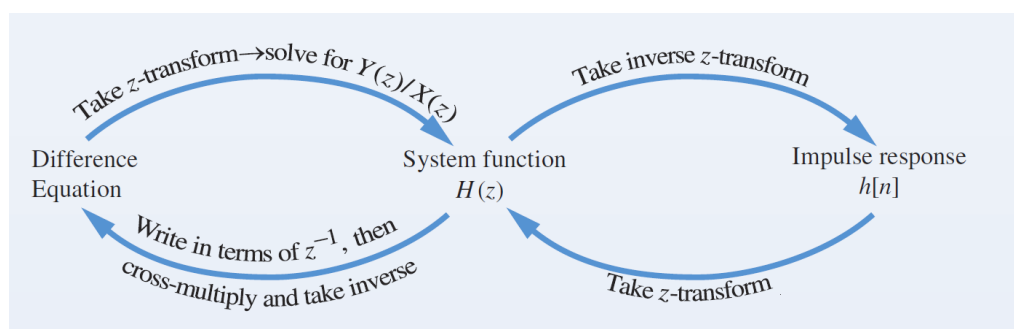
4) 实验内容 4 中，将正弦序列和余弦序列使用 `hold` 语句画在同一幅图中，同时使用 `legend` 对两个序列进行标注。不少于 50 字的结果分析和讨论。

四、实验原理

1. 已知序列的 Z 变换及收敛域求原序列，称为求逆 Z 变换。求逆 Z 变换的方法很

多，本实验涉及到部分分式展开法，具体原理详见教材 P38-P39。

2. 本实验需要深入理解系统三种不同描述方法的内在联系（差分方程、系统函数 $H(z)$ 和单位脉冲响应 $h[n]$ ），如下图所示。



3. 关于系统的频率响应请参考教材 P52-P56 页，并理解系统传输函数 $H(e^{j\omega})$ 和系统函数 $H(z)$ 的关系。

4) 正弦波发生器的原理请参考教材 P60 页的 2.5.4。

五、注意事项

1. 请仔细阅读 Matlab 关于 `residuez` 的帮助文档。
2. 请仔细阅读 Matlab 关于 `filter`, `stem`, `impz`, `zplane` 的帮助文档。
3. 请仔细阅读 Matlab 关于 `freqz` 的帮助文档。
4. 所有图形的横纵坐标等信息标注完整。

六、参考资料

- [1] 高西全, 丁玉美, 阔永红. 数字信号处理——原理、实现及应用 (第 3 版) [M]. 北京: 电子工业出版社, 2016.
- [2] A.V.奥本海姆, R.W.谢弗, J.R.巴克. 离散时间信号处理 (第 2 版), 西安交通大学出版社, 2011.
- [3] 程佩青, 数字信号处理教程 (第 5 版), 清华大学出版社, 2017.

七、实验报告要求

1、实验报告内容

按照模板撰写实验报告且排版规范，要包含以下内容

- 1) 实验目的
- 2) 实验过程与实验结果，包含程序源代码
- 3) 结果分析与实验结论
- 4) 实验收获、体会及建议

2、提交实验报告时间

本次实验结束后 1 周内提交到教务处实验系统。