



数字信号处理实验

实验二：离散系统的时域/频域分析





实验概述

●实验概述

- 本次实验4共学时
- 覆盖教材的第2章

●软件平台

- MATLAB软件—2017A以上版本

●实验目的

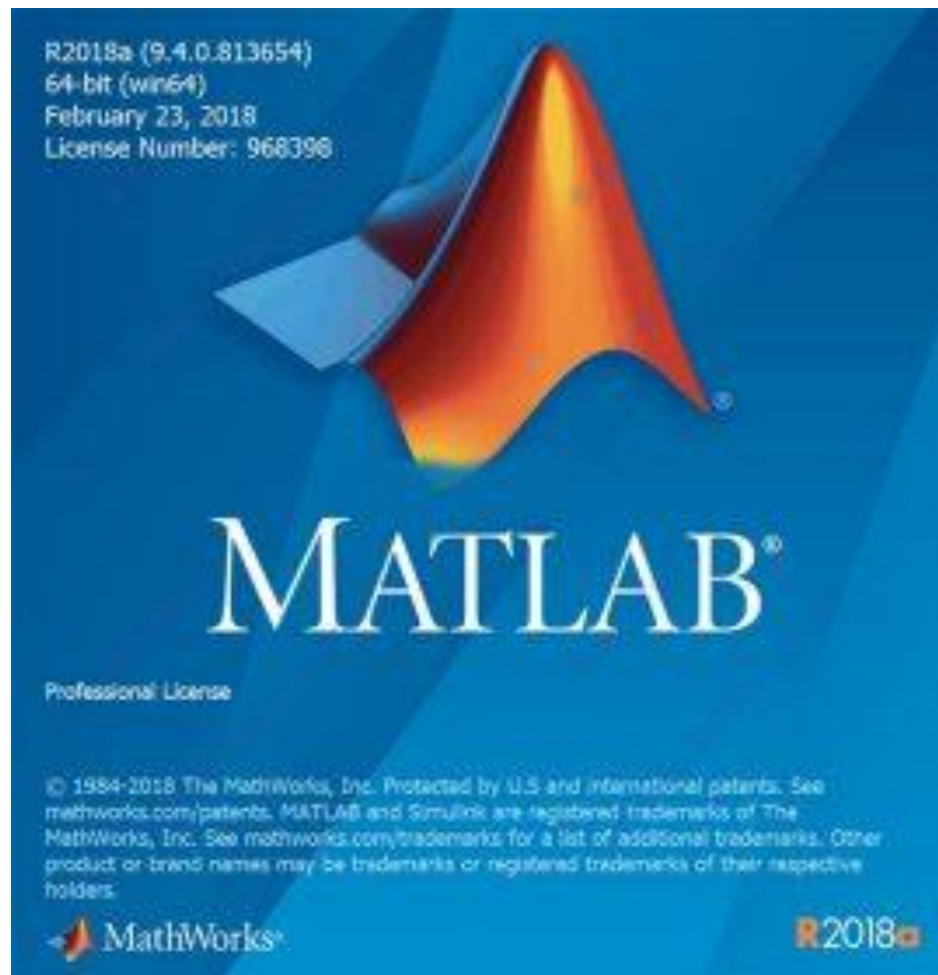
掌握逆Z变换的求解方法

掌握系统的稳定性判定方法；

掌握系统单位脉冲响应求解方法；

掌握系统函数与频率响应关系；

掌握正弦/余弦序列的产生方法

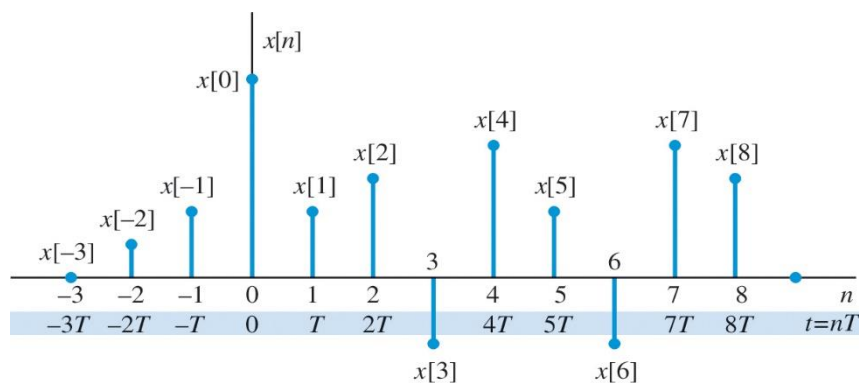




实验原理

●离散信号的Z变换及逆Z变换

离散时间域

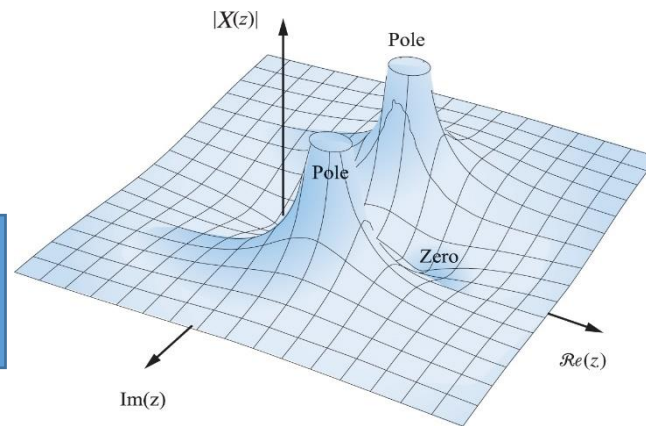


$$X(z) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x(n) z^{-n}$$

$$x[n] \triangleq \mathcal{Z}^{-1}\{X(z)\} = \frac{1}{2\pi j} \oint_C X(z) z^{n-1} dz$$



z域





实验原理

●离散系统的时域和频域描述

时域描述

- 差分方程（输入输出的时域描述）

$$\sum_{i=0}^N a_i y[n-i] = \sum_{i=0}^M b_i x[n-i]$$

- 单位脉冲响应 $h(n)$ （系统的时域描述） $y(n) = h(n) * x(n) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} x(m)h(n-m)$

频域描述

- 系统的传输函数（频率响应函数）

$$H(e^{j\omega}) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} h(n)e^{-j\omega n}$$

- 系统函数（表征系统的复频域特性）

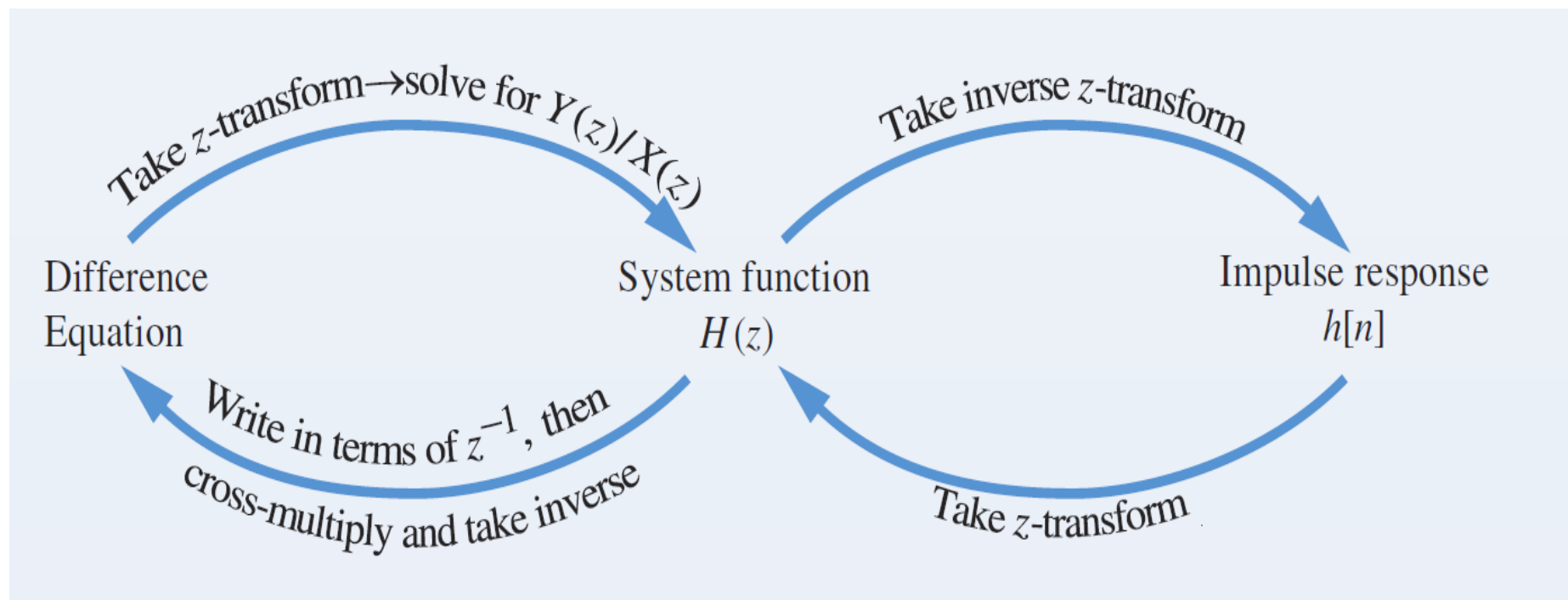
$$H(z) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} h(n)z^{-n}$$



实验原理

●离散系统的时域和频域描述

差分方程 \longleftrightarrow 系统函数 \longleftrightarrow 单位脉冲响应



系统的传输函数是系统单位脉冲响应在单位圆上的Z变换



实验原理

●特殊滤波器-正/余弦信号发生器

特征：极点在单位圆上

系统函数

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

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

当输入为

$$x(n) = A\delta(n) \quad X(z) = A$$

系统的响应

$$Y_1(z) = \frac{A\sin(\omega_0)z^{-1}}{1 - 2\cos(\omega_0)z^{-1} + z^{-2}} \quad Y_2(z) = \frac{A(1 - \cos(\omega_0)z^{-1})}{1 - 2\cos(\omega_0)z^{-1} + z^{-2}}$$

时域响应

$$y_1(n) = A\sin(\omega_0 n)u(n) \quad y_2(n) = A\cos(\omega_0 n)u(n)$$



实验内容1：基于部分分式法的逆Z变换

实验内容：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

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

实验要求：根据收敛域求出原序列，同时提供1幅零极点分布图，并对实验结果进行分析讨论。



实验内容2：系统单位脉冲响应及稳定性判定

实验内容： 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 $y[n]$ 。

实验要求： 需要3幅结果图（零极点分布1幅、脉冲响应1幅和系统输出1幅）；对实验结果进行分析和讨论



实验内容3：系统频率响应

实验内容： 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。

实验要求： 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。



实验内容4：正弦波发生器

实验内容： 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。

$$H_1(z) = \frac{Y_1(z)}{X(z)} = \frac{\sin(\omega_0)z^{-1}}{1 - 2\cos(\omega_0)z^{-1} + z^{-2}}$$
$$H_2(z) = \frac{Y_2(z)}{X(z)} = \frac{1 - \cos(\omega_0)z^{-1}}{1 - 2\cos(\omega_0)z^{-1} + z^{-2}}$$

实验要求： 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。并进行结果分析和讨论。



实验报告

●内容要求：

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

●时间要求：

- 本次实验**结束后一周内**，提交到教务处实验系统。



谢谢大家！

王秋生： wangqiusheng@buaa.edu.cn

袁 梅： yuanm@buaa.edu.cn

崔 勇： cuiyong@buaa.edu.cn

张军香： zhangjunxiang@buaa.edu.cn

董绍鹏： dspsx@buaa.edu.cn

