



数字信号处理实验

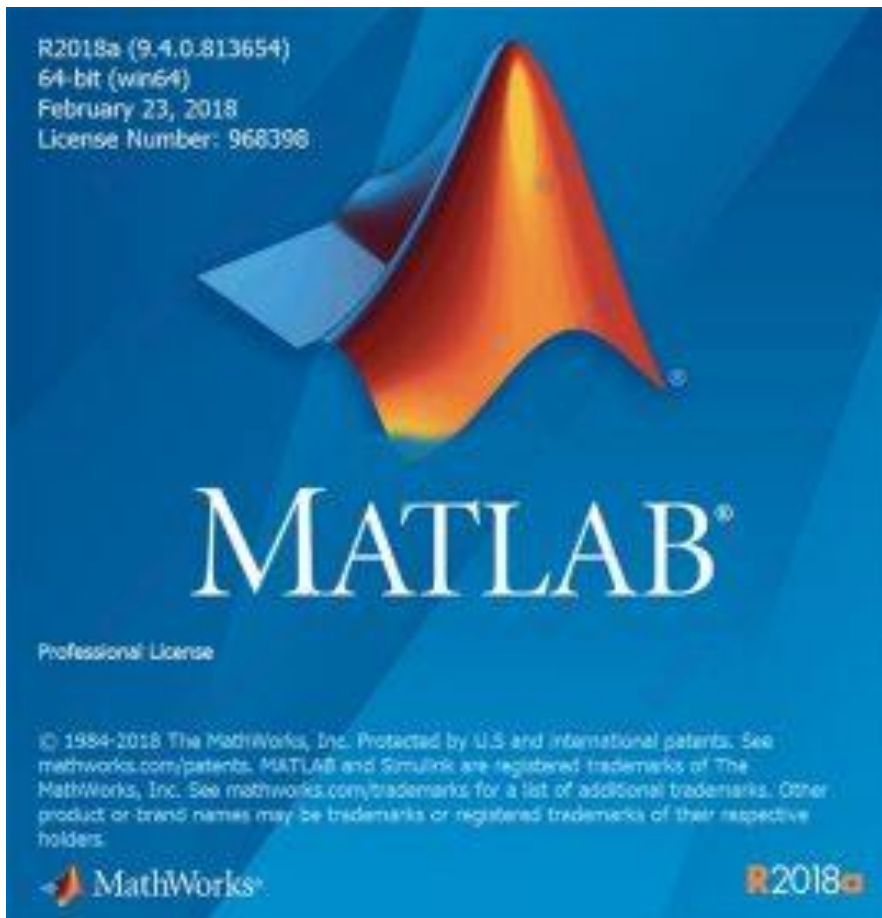
实验四：线性卷积与圆周卷积





目录

- 实验概述
- 实验原理
- 实验内容介绍
 - 内容1：有限长序列的线性卷积计算
 - 内容2：有限长序列的圆周卷积计算
 - 内容3：基于圆周卷积计算线性卷积
- 实验报告及要求





实验概述

●实验概述

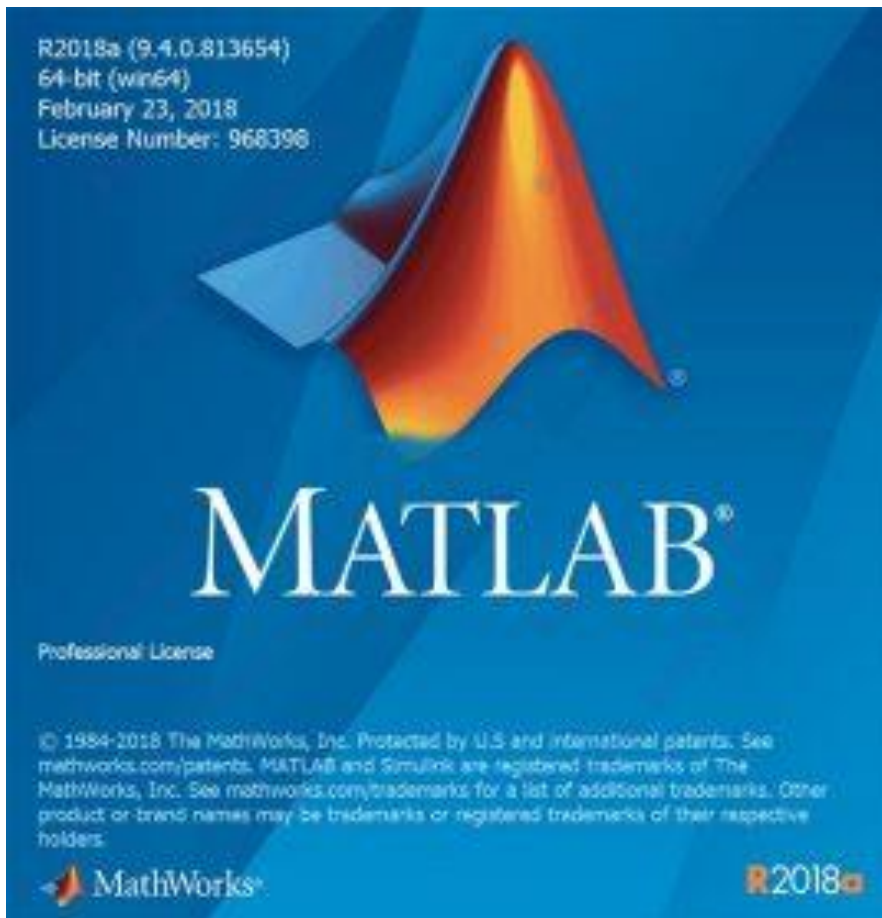
- 本次实验共4学时
- 覆盖教材的第1章（1.3.2）和第3章（3.1和3.2）

●软件平台

- MATLAB软件—2017A以上版本

●实验目的

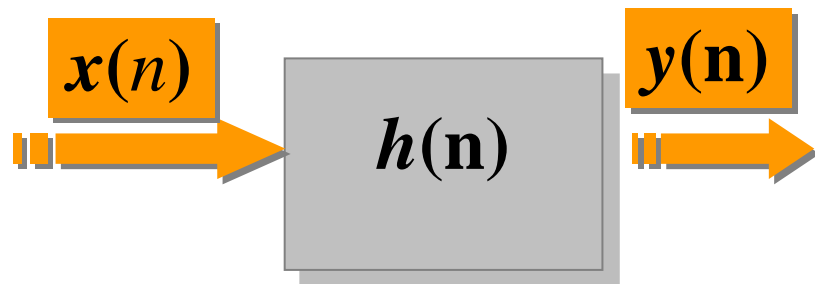
- （1）掌握线性卷积和圆周卷积的**计算方法**；
- （2）掌握线性卷积和圆周卷积的**等效条件**；
- （3）掌握**用圆周卷积计算线性卷积**的方法。





实验原理

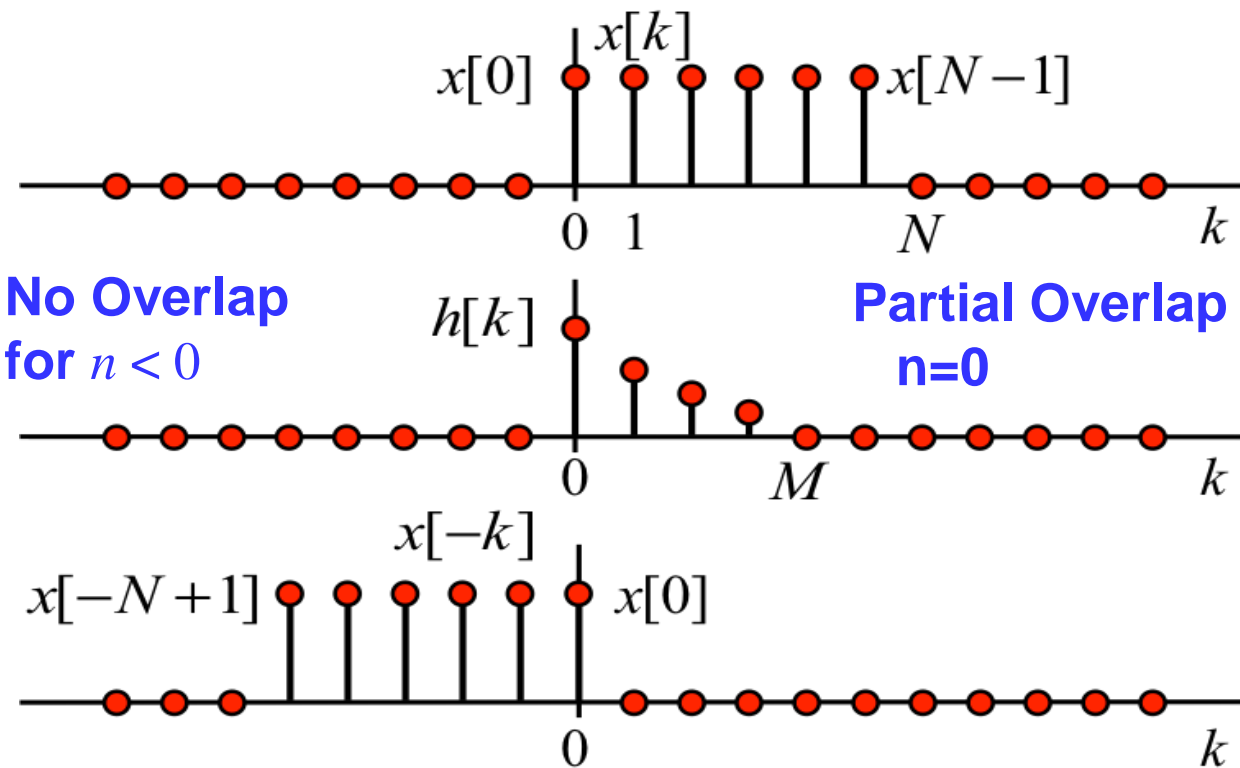
●线性卷积



LTI系统示意图

$$\begin{aligned} y(n) &= x(n) * h(n) \\ &= \sum_{k=-\infty}^{\infty} x(k)h(n-k) \\ &= \sum_{k=-\infty}^{\infty} h(k)x(n-k) \end{aligned}$$

●有限长序列线性卷积计算示意图

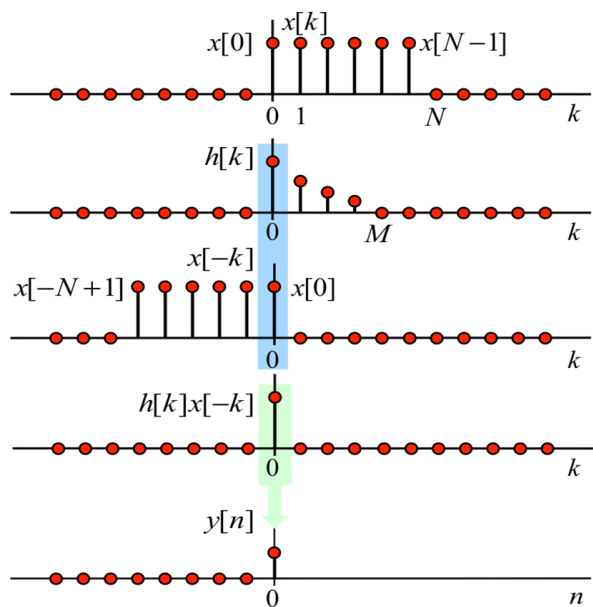




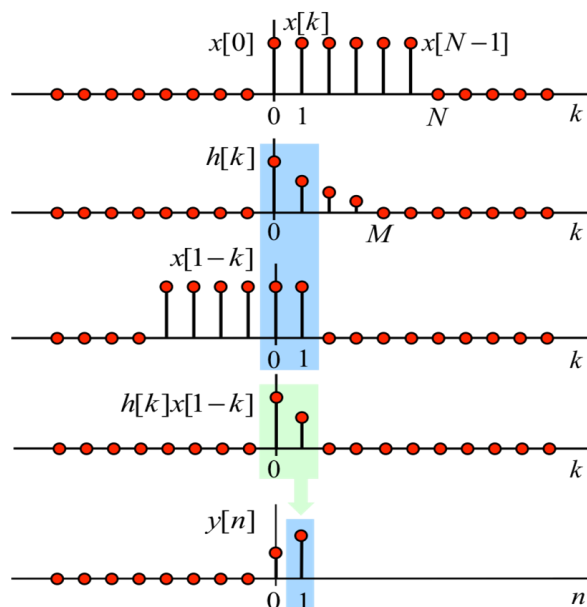
实验原理

●线性卷积

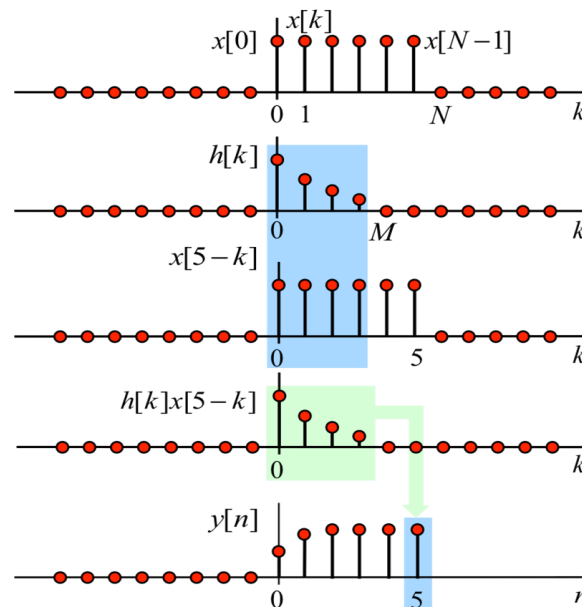
●有限长序列线性卷积计算示意图



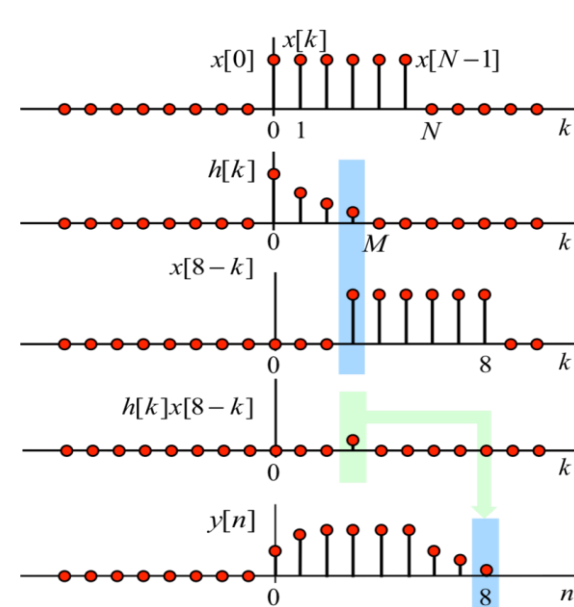
Partial Overlap
 $n=0 \rightarrow y[0]$



Partial Overlap
 $n=1 \rightarrow y[1]$



Full Overlap
 $n=N-1 \rightarrow y[N-1]$



Partial Overlap
 $n=N+M-1 \rightarrow y[N+M-1]$

● 圆周卷积（循环卷积）

N点圆周卷积计算公式：

$$y_c(n) = \left[\sum_{m=0}^{N-1} h(m) x((n-m))_N \right] R_N(n)$$

圆周移位公式：

$$z(n) = x((n-m))_N R_N(n)$$

● DFT性质——圆周（循环）移位

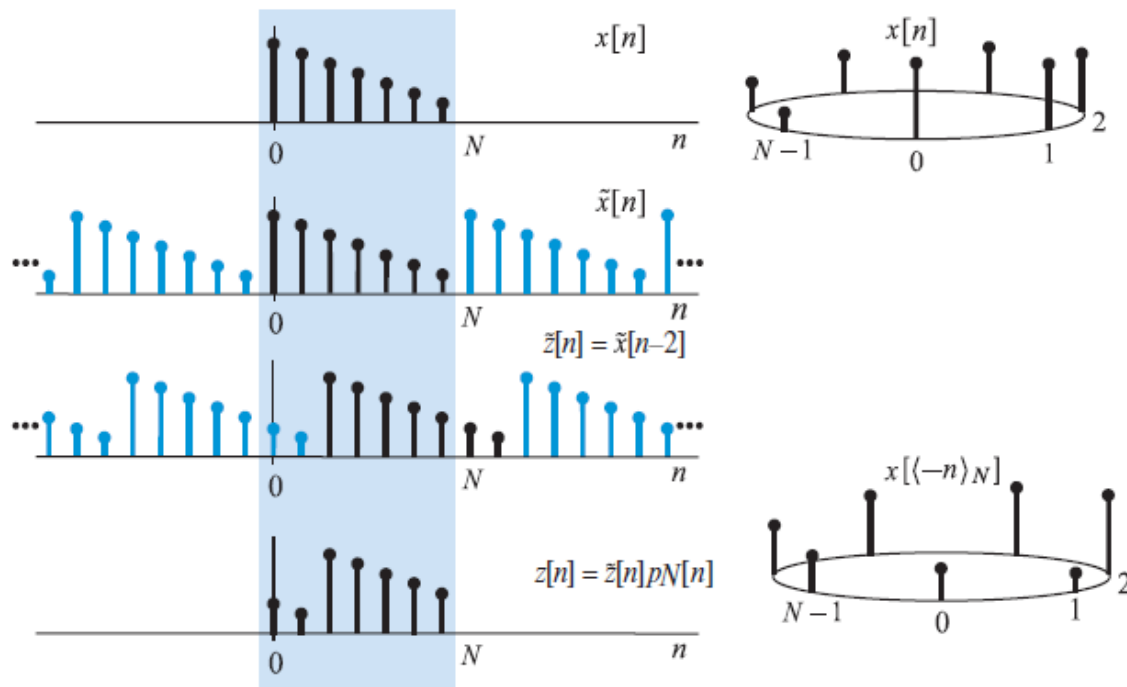


Figure 7.13 Circular shifting using the periodic extension and circular buffer interpretations.

圆周移位示意图



实验原理

● 圆周卷积

$$X(k) = \text{DFT}[x(n)]_L = \sum_{n=0}^{L-1} x(n)W_L^{kn} \quad 0 \leq k \leq L-1$$

● DFT性质——时域圆周卷积定理

$$x(n) = \text{IDFT}[X(k)]_L = \frac{1}{L} \sum_{k=0}^{L-1} X(k)W_L^{-kn} \quad 0 \leq n \leq L-1$$

$$y_c(n) = \left[\sum_{m=0}^{L-1} h(m)x((n-m))_L \right] R_L(n)$$

$$X[k] = \text{DFT}(x[n]) \quad 0 \leq k \leq L-1$$

$$H[k] = \text{DFT}(h[n]) \quad 0 \leq k \leq L-1$$


$$Y_c[k] = \text{DFT}[y_c(n)] = X[k] \cdot H[k] \quad 0 \leq k \leq L-1$$

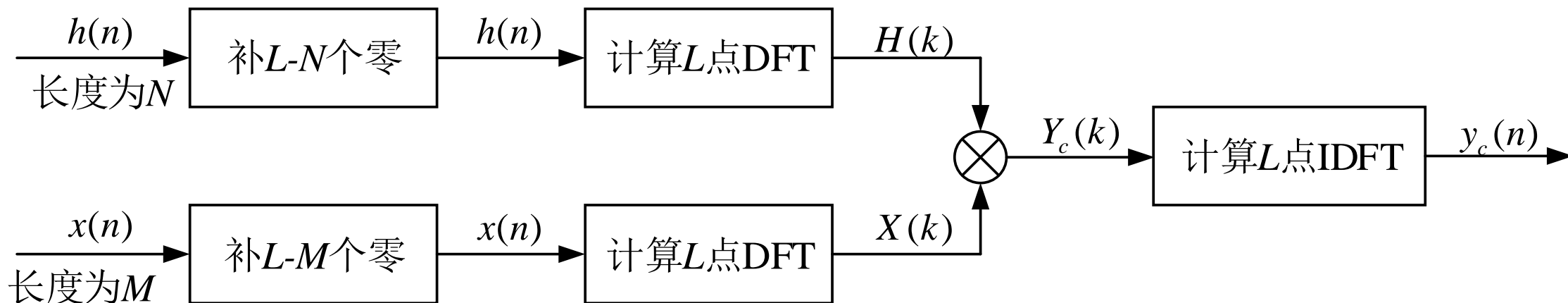


实验原理

● 圆周卷积

$$y_c(n) = \left[\sum_{m=0}^{L-1} h(m) x((n-m))_L \right] R_L(n)$$

$$y_c(n) = h(n) \textcircled{L} x(n)$$



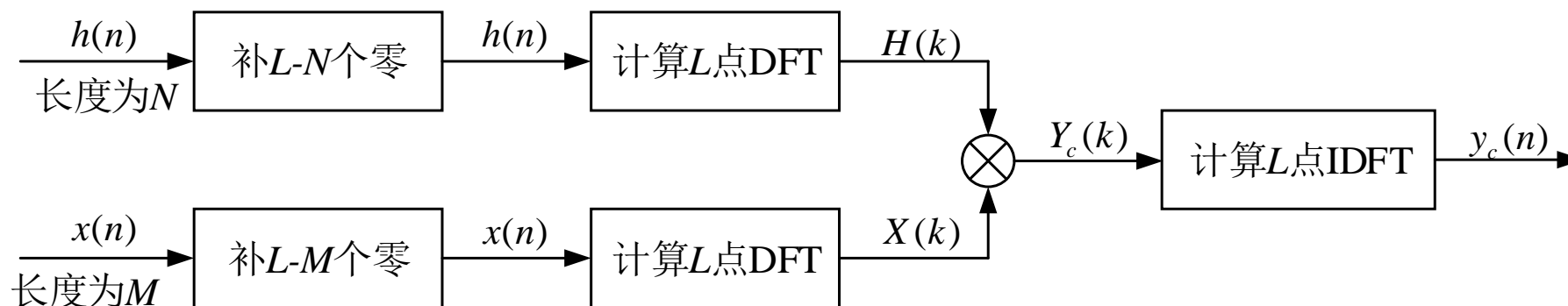
利用DFT与IDFT计算循环（圆周）卷积流程图



实验原理

● 圆周卷积与线性卷积的关系（线性卷积的频域实现）

$$y_c(n) = h(n) \textcircled{L} x(n)$$



利用DFT与IDFT计算循环（圆周）卷积流程图

当 $L \geq N + M - 1$ 时，可以利用圆周卷积公式，计算线性卷积。



实验内容1：有限长序列的线性卷积计算

第（1）部分：编写线性卷积函数

$$y(n) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} x(m)h(n-m)$$

实验要求：利用function语句编写**线性卷积**函数，不得调用MATLAB已有卷积函数conv。



实验内容1：有限长序列的线性卷积计算

第（2）部分：计算有限长序列的线性卷积

$$x[n] = 3, 11, 7, 0, -1, 4, 2$$

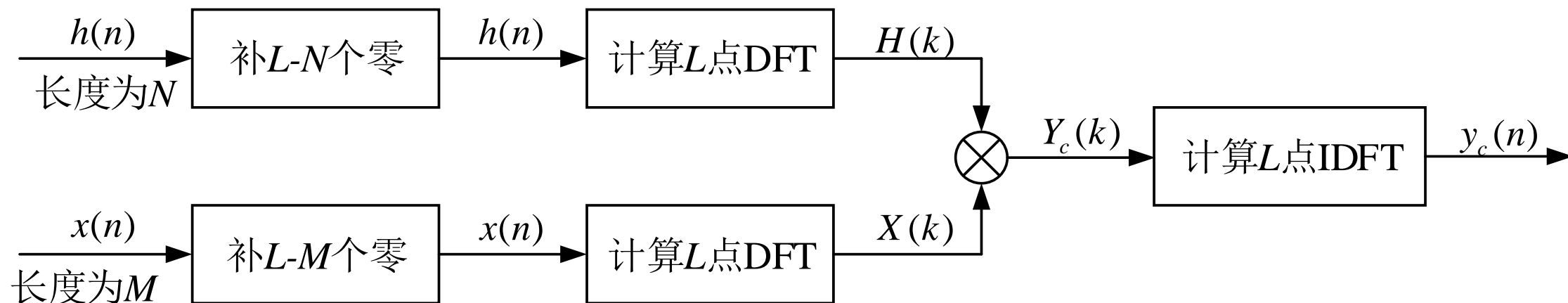
$$h[n] = 2, 3, 0, -5, 2, 1$$

实验要求：利用**本人编写的**线性卷积函数、利用**MATLAB自带的**卷积函数conv分别计算两个有限长序列的卷积，并将原始的两个序列以及两种计算结果绘制在同一幅图中（注意使用xlim和ylim函数调整图像横纵坐标范围，方便图像对比）。对实验结果进行**不少于50字**的相关讨论或分析。



实验内容2：有限长序列的圆周卷积计算

第（1）部分：编写圆周卷积函数



利用DFT与IDFT计算循环（圆周）卷积流程图

实验要求：调用MATLAB的fft和ifft函数，利用function语句编写**圆周卷积**函数。



实验内容2：有限长序列的圆周卷积计算

第（2）部分：计算有限长序列的圆周卷积

$$\begin{aligned}x_1[n] &= R_{15}[n] \\x_2[n] &= R_{20}[n]\end{aligned}\quad L = 28$$

实验要求：利用本人编写的圆周卷积函数计算给定点数的两个有限长序列的圆周卷积，并将原始的两个序列以及圆周卷积计算结果绘制在同一幅图中（注意：使用xlim和ylim函数调整图像横纵坐标范围，方便图像对比）。对实验结果进行不少于50字的相关讨论或分析。



实验内容3：基于圆周卷积计算线性卷积

第（1）部分：计算不同点数的圆周卷积

$$x_3[n] = R_N[n], N = 15$$

$$h_3[n] = 0.98^n R_M[n], M = 20$$

$$L_1 = M; L_2 = 2N; L_3 = N + M - 1; L_4 = 2M;$$

实验要求：利用自己编写的圆周卷积函数进行计算，将原始的两个序列适当补零后，与相应数的圆周卷积计算结果绘制在同一幅图中（共4幅）。对实验结果进行不少于100字的相关讨论或分析。



实验内容3：基于圆周卷积计算线性卷积

第（2）部分：基于圆周卷积计算线性卷积

$$x_3(n) = R_N(n), N = 15$$

$$h_3(n) = 0.98^n R_M(n), M = 20$$

实验要求：利用本人编写的**圆周卷积函数**和**线性卷积函数**，分别计算给定的有限长序列的L点线性卷积（L长度自行选取），并将原始的两个序列以及两种卷积计算结果绘制在**同一幅图**中（注意使用xlim和ylim函数调整图像横纵坐标范围，方便图像对比）。对实验结果进行**不少于150字**的相关讨论或分析。



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**，将Word版实验报告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

董韶鹏： dspsx@buaa.edu.cn

