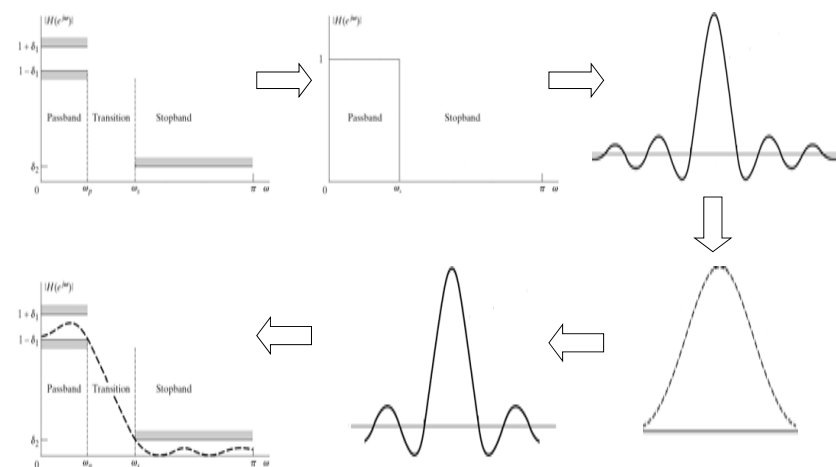


# 数字信号处理

## ——第17讲

### 加窗方法设计流程

#### ❖ 加窗方法设计流程



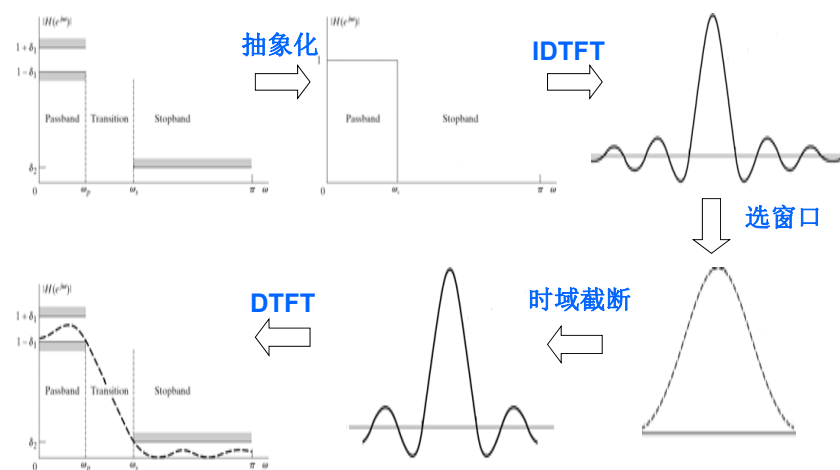
2019/5/15

数字信号处理 北京航空航天大学

2

### 加窗方法设计流程

#### ❖ 加窗方法公式描述



2019/5/15

数字信号处理 北京航空航天大学

3

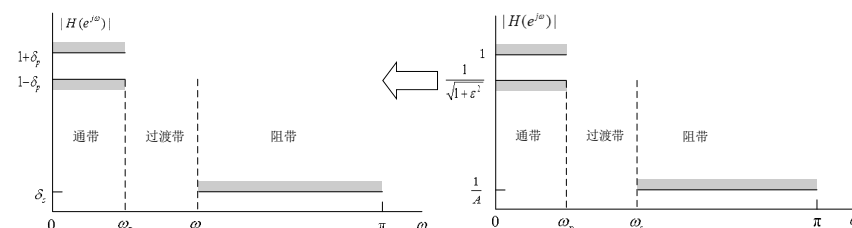
### 技术指标的使用考虑

#### ❖ 技术指标的相关问题

##### ➤ 等效性与方便性

$$\delta_s = \frac{1}{A} \Rightarrow A = \frac{1}{\delta_s}$$

$$\frac{1-\delta_p}{1+\delta_p} = \frac{1}{\sqrt{1+\varepsilon^2}} \Rightarrow \delta_p = \frac{\sqrt{1+\varepsilon^2}-1}{\sqrt{1+\varepsilon^2}+1} \quad \varepsilon^2 = \frac{4\delta_p}{(1-\delta_p)^2}$$



2019/5/15

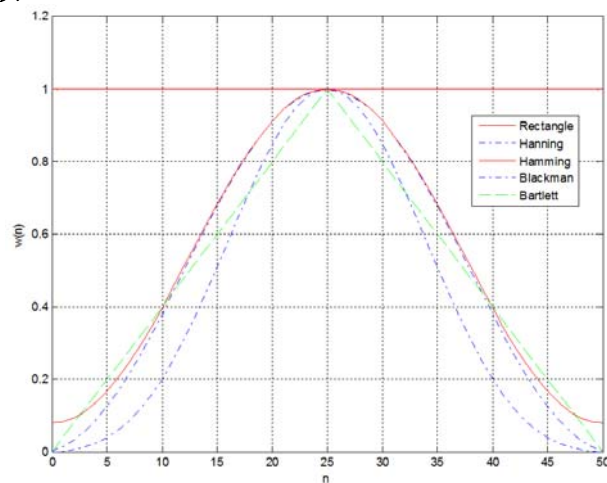
数字信号处理 北京航空航天大学

4

## 典型窗口函数特性

### ❖ 经典窗口函数

- Rectangle
- Bartlett
- Hanning
- Hamming
- Blackman



2019/5/15

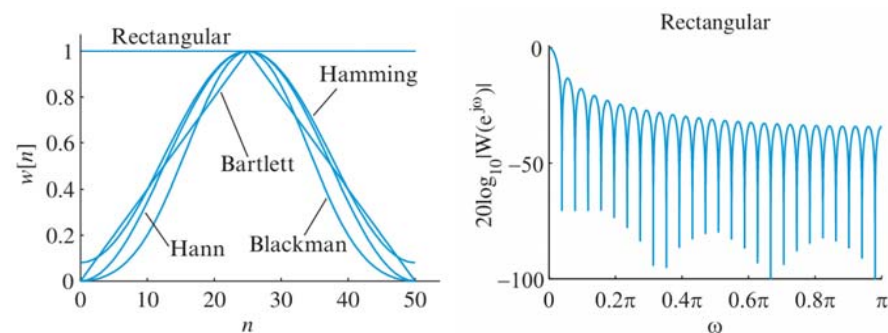
数字信号处理 北京航空航天大学

5

## 典型窗口函数特性

### ❖ 矩形窗

$$w[n] = \begin{cases} 1 & 0 \leq n \leq N-1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$



2019/5/15

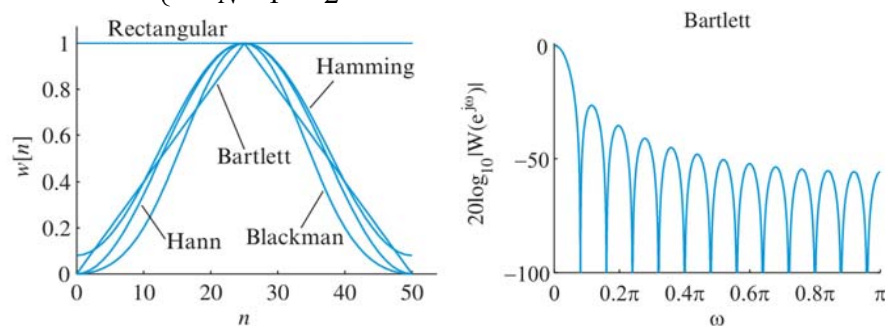
数字信号处理 北京航空航天大学

6

## 典型窗口函数特性

### ❖ 三角窗

$$w[n] = \begin{cases} \frac{2n}{N-1}, & 0 \leq n \leq \frac{1}{2}(N-1) \\ 2 - \frac{2n}{N-1}, & \frac{1}{2}(N-1) < n \leq N-1 \end{cases}$$



2019/5/15

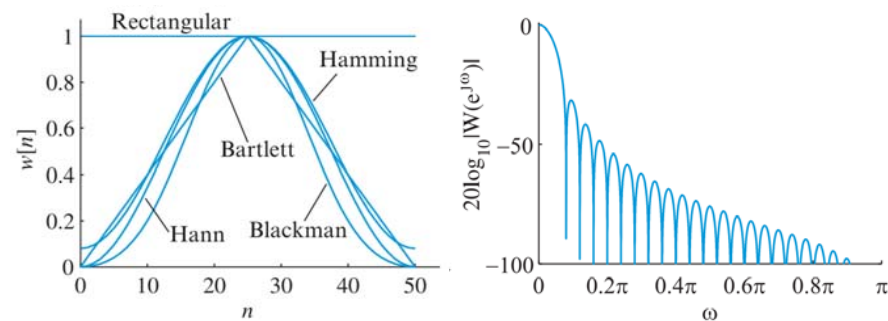
数字信号处理 北京航空航天大学

7

## 典型窗口函数特性

### ❖ Hanning窗

$$w[n] = \frac{1}{2} \left[ 1 - \cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right) \right] R_N(n)$$



2019/5/15

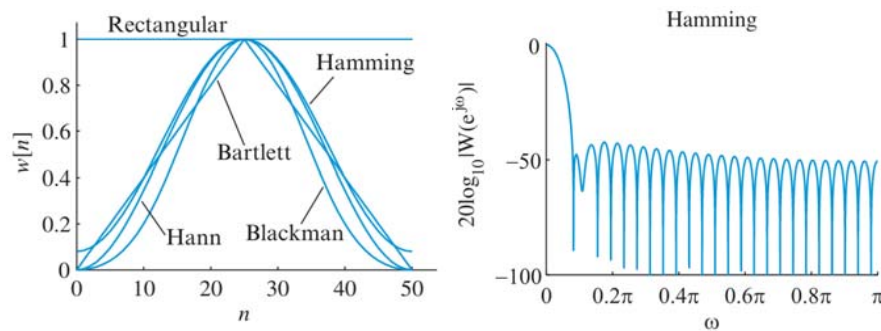
数字信号处理 北京航空航天大学

8

## 典型窗口函数特性

### ❖ Hamming窗

$$w[n] = \left[ 0.54 - 0.46 \cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right) \right] R_N(n)$$



2019/5/15

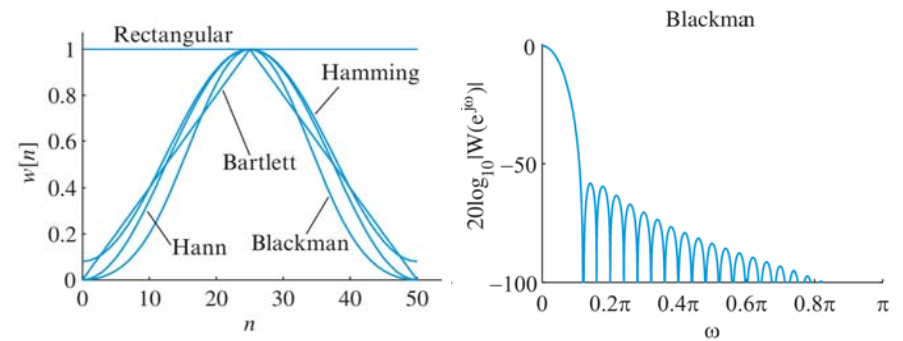
数字信号处理 北京航空航天大学

9

## 典型窗口函数特性

### ❖ Blackman窗

$$w[n] = \left[ 0.42 - 0.5 \cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right) + 0.08 \cos\left(\frac{4\pi n}{N-1}\right) \right] R_N(n)$$



2019/5/15

数字信号处理 北京航空航天大学

10

## 典型窗口函数特性

### ❖ 窗口参数列表:

#### ➤ 近似估算长度和形状

Properties of commonly used windows ( $L = M + 1$ ).

Window name	Side lobe level (dB)	Approx. $\Delta\omega$	Exact $\Delta\omega$	$\delta_p \approx \delta_s$	$A_p$ (dB)	$A_s$ (dB)
Rectangular	-13	$4\pi/L$	$1.8\pi/L$	0.09	0.75	21
Bartlett	-25	$8\pi/L$	$6.1\pi/L$	0.05	0.45	26
Hann	-31	$8\pi/L$	$6.2\pi/L$	0.0063	0.055	44
Hamming	-41	$8\pi/L$	$6.6\pi/L$	0.0022	0.019	53
Blackman	-57	$12\pi/L$	$11\pi/L$	0.0002	0.0017	74

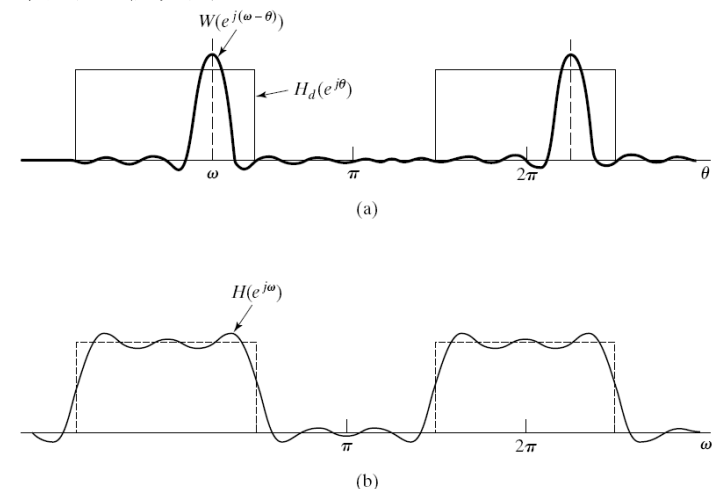
2019/5/15

数字信号处理 北京航空航天大学

11

## 窗口函数的影响分析

### ❖ 频域的卷积关系



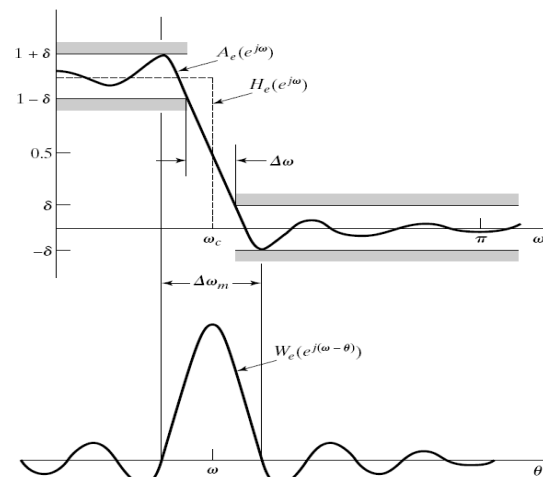
2019/5/15

数字信号处理 北京航空航天大学

12

## 窗口函数的影响分析

### ❖ 设计结果影响分析



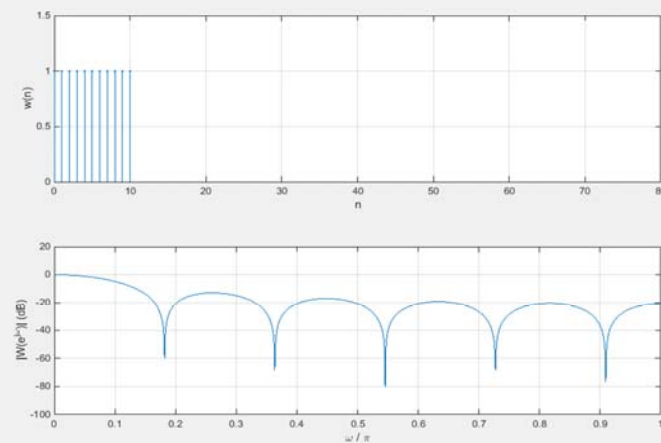
2019/5/15

数字信号处理 北京航空航天大学

13

## 窗口函数的影响分析

### ❖ 窗口函数—矩形窗



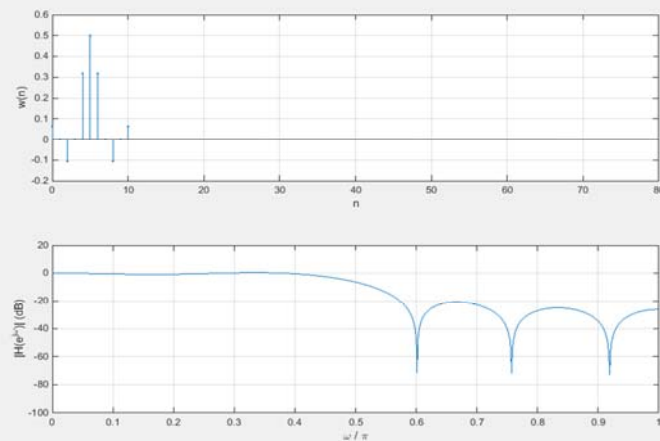
2019/5/15

数字信号处理 北京航空航天大学

14

## 窗口函数的影响分析

### ❖ 窗口函数—矩形窗



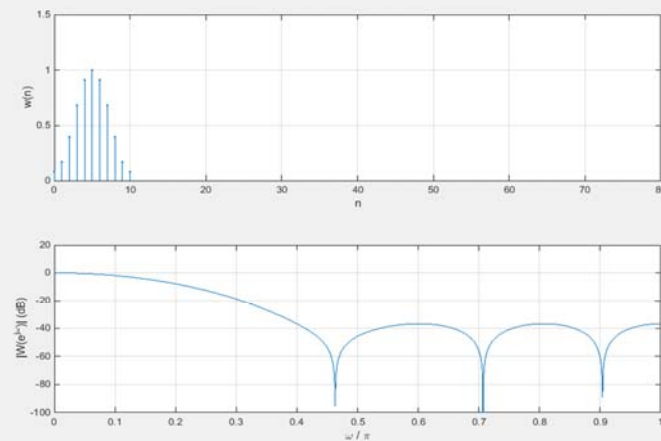
2019/5/15

数字信号处理 北京航空航天大学

15

## 窗口函数的影响分析

### ❖ 窗口函数—Hamming窗



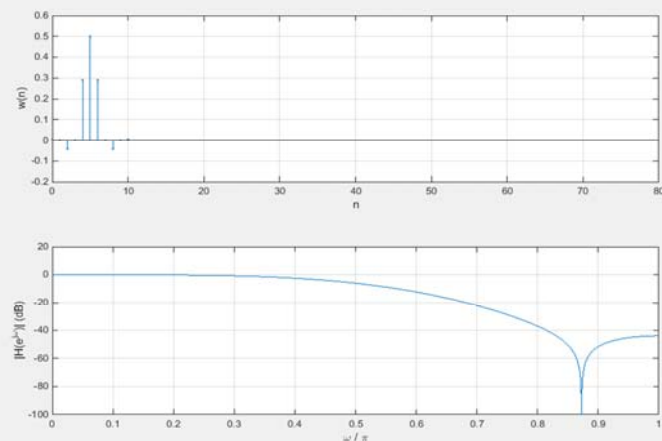
2019/5/15

数字信号处理 北京航空航天大学

16

## 窗口函数的影响分析

### ❖ 窗口函数——Hamming窗



2019/5/15

数字信号处理 北京航空航天大学

17

## 加窗方法的设计实例

### ❖ 技术指标

➤ 截至频率:  $\omega_c = 0.5\pi$ 。

➤ 窗口长度:  $N=51$ ;

➤ 窗口形状:

Rectangle、Hanning、Hamming、Blackman

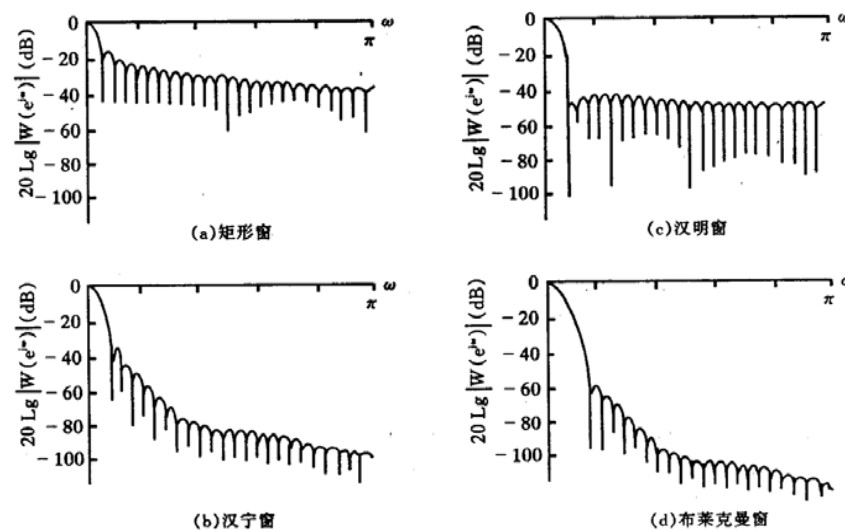
➤ 表示形式: 归一化分贝 (dB)

2019/5/15

数字信号处理 北京航空航天大学

18

## 加窗方法的设计实例

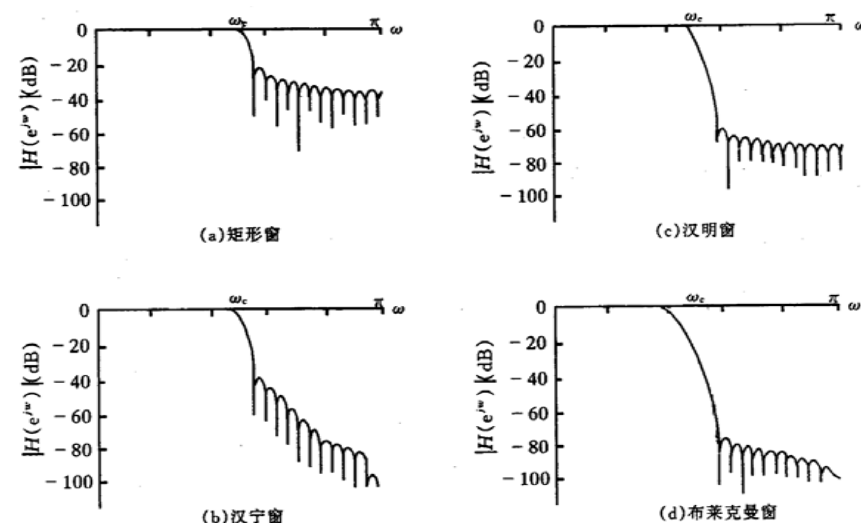


2019/5/15

数字信号处理 北京航空航天大学

19

## 基于加窗方法设计



2019/5/15

数字信号处理 北京航空航天大学

20

## 第17次作业

### ❖ 补充作业

在Matlab软件仿真环境下，编写出矩形窗和Hamming窗口函数，并基于矩形窗和Hamming窗方法设计通带截止频率 $\omega_p = 0.4\pi$ 、阻带截止频率 $\omega_s = 0.6\pi$ 的FIR数字低通滤波器，给出主要设计过程和Matlab程序代码，并绘制出窗口函数序列、窗口函数幅频响应、FIR数字滤波器的幅频响应（不可直接调用MATLAB下的WVTOOL可视化工具）。

