

清华大学本科生期末考试试卷B
《信号处理原理》

2009.01.06 08:00-10:00 三教3100,3200,3300

1. (10分) 某有限长序列 $x(n)$ 的长度 N 为偶数, 其 N 点DFT为 $X(k)$ 。如果该序列满足下面的对称关系

$$x(n) = x(N-1-n), \quad n = 0, \dots, N-1$$

则 $X(\frac{N}{2}) = 0$ 。请证明这个结论。

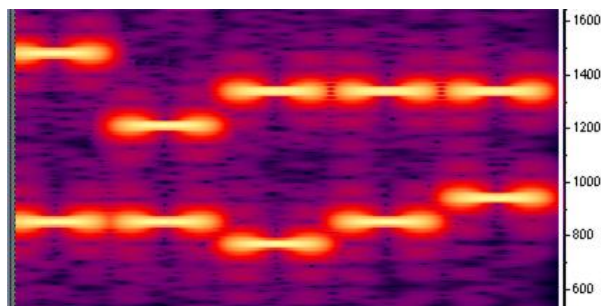
2. (10分) 在以1KHz采集某种信号数据的过程中, 虽然满足采样定理, 但因受到环境的影响, 采集的数据中夹杂了频率为60Hz的干扰信号。请你用窗函数法设计一个带阻滤波器去除这个干扰信号。阻带在40Hz到80Hz之间; 为保证滤除效果, 阻带衰减至少50dB; 另外, 考虑到程序实现等问题, 窗函数的项数要求为151项。请写出满足设计要求的滤波器的单位冲激响应函数 $h(n)$ 。

供设计FIR滤波器时参考的各种窗函数性能:

- 矩形窗: $w(n) = 1$, 窗内项: $0.91f_s/T.W.$, 阻带衰减21dB
- 汉宁窗: $0.5 + 0.5 \cos(2\pi n/(N-1))$, 窗内项: $3.32f_s/T.W.$, 阻带衰减44dB
- 哈明窗: $0.54 + 0.46 \cos(2\pi n/(N-1))$, 窗内项: $3.44f_s/T.W.$, 阻带衰减55dB
- N 表示窗内项数, $T.W.$ 表示滤波器的过渡带宽度。

3. (10分) 已知各按键对应的DTMF双音频如表中所示。某次拨号过程产生的双音频声音被录制成语音文件。对该语音文件做频谱分析, 得到信号频谱分布随着时间变化的图形如下。图中右侧的刻度单位是Hz, 表示信号频率分量; 横轴表示时间。请回答该拨号过程所拨电话号码是什么?

	1209Hz	1336Hz	1477Hz
697Hz	1	2	3
770Hz	4	5	6
852Hz	7	8	9
941Hz	*	0	#



4. (20分) 已知有限长序列 $h(n)$ 和 $x(n)$ 分别如下

$$h(n) = [1, 2, 2, 1], \quad x(n) = [1, 3, 3, 1]$$

- (1) $h(n)$ 的4点DFT $H(k)$
 - (2) $x(n)$ 的4点DFT $X(k)$
 - (3) $H(k) \cdot X(k)$ 的4点IDFT
 - (4) $y_1(n) = h(n) * x(n)$
 - (5) 4点圆卷积 $y_2(n) = h(n) \otimes x(n)$
5. (10分) 求 $x(n) = (\frac{1}{2})^n u(n) - 2^n u(-n-1)$ 的Z变换; 并给出另外两个不同的序列, 要求它们的Z变换结果跟 $X(z)$ 形式一样 (但收敛域不同)。