9-2 解：设周期序列 $x_p(n)$ 的周期为 N，则：

$$X_p(k)=\sum_{n=0}^{N-1}x_p(n)e^{-j\left(\frac{2\pi}{N}\right)nk}$$

$$X_p^*(k)=\left[\sum_{n=0}^{N-1}x_p(n)e^{-j\left(\frac{2\pi}{N}\right)nk}\right]^*=\sum_{n=0}^{N-1}\left[x_p(n)\right]^*\left[e^{-j\left(\frac{2\pi}{N}\right)nk}\right]^*$$

由于 $x_p(n)$ 是实数序列

$$\left[x_p(n)\right]^*=x_p(n)$$

而 $\left[e^{-j\left(\frac{2\pi}{N}\right)nk}\right]^*=e^{j\left(\frac{2\pi}{N}\right)nk}$

于是 $X_p^*(k)=\sum_{n=0}^{N-1}x_p(n)e^{j\left(\frac{2\pi}{N}\right)nk}$

故 $X_p^*(-k)=\sum_{n=0}^{N-1}x_p(n)e^{-j\left(\frac{2\pi}{N}\right)nk}=X_p(k)$

9-3 解题过程：

设 $x_p(n)$ 的周期为 N，则 $X_p(k)=\sum_{n=0}^{N-1}x_p(n)e^{-j\left(\frac{2\pi}{N}\right)nk}$

$$X_p^*(k)=\left[\sum_{n=0}^{N-1}x_p(n)e^{-j\left(\frac{2\pi}{N}\right)nk}\right]^*=\sum_{n=0}^{N-1}x_p(n)e^{j\left(\frac{2\pi}{N}\right)nk}$$

变量置换，令 $n=-n$，则

$$X_p^*(k)=\sum_{n=0}^{-(N-1)}x_p(n)e^{-j\left(\frac{2\pi}{N}\right)nk}$$

由于 $x_p(n)$ 是 n 的偶函数，所以 $x_p(-n)=x_p(n)$

又知 $x_p(n)$ 是以 N 为周期的周期序列，故其在任一周期内的 DFS 应相同，即

$$\sum_{n=0}^{-(N-1)}x_p(n)e^{-j\left(\frac{2\pi}{N}\right)nk}=\sum_{n=0}^{N-1}x_p(n)e^{-j\left(\frac{2\pi}{N}\right)nk}$$

故 $X_p^*(n)=\sum_{n=0}^{-(N-1)}x_p(n)e^{-j\left(\frac{2\pi}{N}\right)nk}=\sum_{n=0}^{N-1}x_p(n)e^{-j\left(\frac{2\pi}{N}\right)nk}=X_p(n)$

因此 $X_p(k)$ 是实数序列。

又由题 9-2 可知，对实数序列 $x_p(n)$，有 $X_p(k)=X_p^*(-k)$

也即 $X_p^*(k)=X_p(-k)$

因此 $X_p(k)=X_p(-k)$

即 $X_p(k)$ 为 k 的偶函数。

9-7 解题过程：

设 $x_p(n)$ 如图 9-7(a)所示，由定义有

$$x((-n))_N=x_p(-n)$$

因此，$x((-n))_N$ 序列即 $x_p(n)$ 序列以 $n=0$ 点为轴反转，如解图 9-7(b)所示。

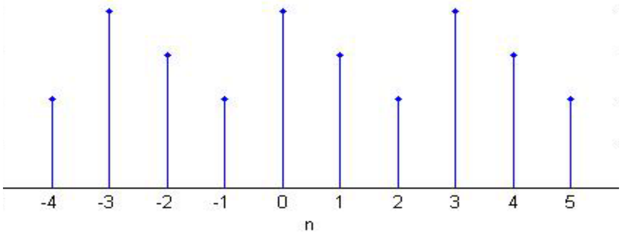


图 9-7(a)

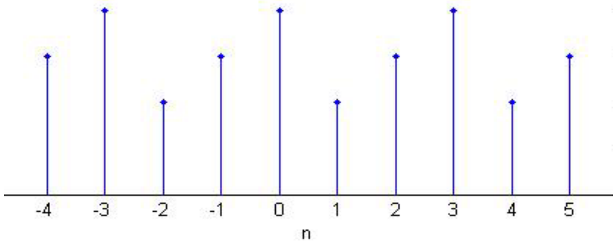


图 9-7(b)

9-8 解题过程：

由定义 $X(k)=\sum_{n=0}^{3}x(n)W^{nk}$

其矩阵形式为 $\begin{bmatrix}X(0)\\X(1)\\X(2)\\X(3)\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}W^0 & W^0 & W^0 & W^0\\W^0 & W^1 & W^2 & W^3\\W^0 & W^2 & W^4 & W^6\\W^0 & W^3 & W^6 & W^9\end{bmatrix}\begin{bmatrix}x(0)\\x(1)\\x(2)\\x(3)\end{bmatrix}$

又有$W=e^{-j\left(\frac{2\pi}{N}\right)}$，$N=4$

故$W^4=W^0$，$W^6=W^2$，$W^9=W^1$且$W^2=-W^0$，$W^3=-W^1$

而$W^0=1$，$W^1=-j$

所以$\begin{bmatrix}X(0)\\X(1)\\X(2)\\X(3)\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}W^0&W^0&W^0&W^0\\W^0&W^1&W^2&W^3\\W^0&W^2&W^4&W^6\\W^0&W^3&W^6&W^9\end{bmatrix}\begin{bmatrix}x(0)\\x(1)\\x(2)\\x(3)\end{bmatrix}=\frac{1}{4}\begin{bmatrix}1&1&1&1\\1&-j&-1&j\\1&-1&1&-1\\1&j&-1&-j\end{bmatrix}\begin{bmatrix}1\\2\\-1\\3\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}5\\2+j\\-5\\2-j\end{bmatrix}$

又$x(n)=\frac{1}{N}\sum_{k=0}^{N-1}X(k)W^{-nk}$其矩阵形式为

$$\begin{bmatrix}x(0)\\x(1)\\x(2)\\x(3)\end{bmatrix}=\frac{1}{4}\begin{bmatrix}W^0&W^0&W^0&W^0\\W^0&W^{-1}&-W^0&-W^{-1}\\W^0&-W^{-0}&W^0&-W^0\\W^0&-W^{-1}&-W^{-0}&W^{-1}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}X(0)\\X(1)\\X(2)\\X(3)\end{bmatrix}=\frac{1}{4}\begin{bmatrix}1&1&1&1\\1&-j&-1&-j\\1&-1&1&-1\\1&-j&-1&j\end{bmatrix}\begin{bmatrix}5\\2+j\\-5\\2-j\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}1\\2\\-1\\3\end{bmatrix}$$

与原$x(n)$一致。

9-9 解题过程：

$$X(k)=\sum_{n=0}^{N-1}a^ne^{-j\left(\frac{2\pi}{N}\right)nk}=\sum_{n=0}^{N-1}\left(ae^{-j\left(\frac{2\pi}{N}\right)k}\right)^n$$

$$=\frac{1-\left(ae^{-j\left(\frac{2\pi}{N}\right)k}\right)^n}{1-ae^{-j\left(\frac{2\pi}{N}\right)k}}=\frac{1-a^N}{1-ae^{-j\left(\frac{2\pi}{N}\right)k}}\qquad 0\le k\le N-1$$

9-11 解题过程：如题图 9-11

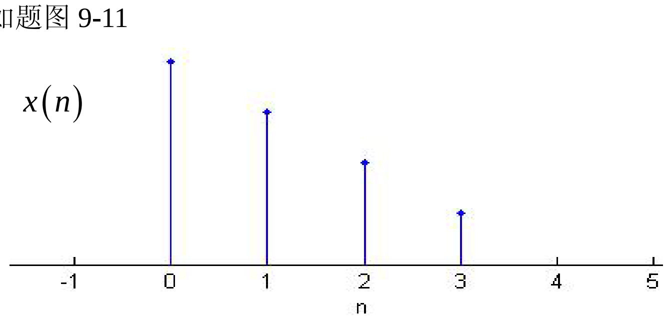


图 9-11

先由$x(n)$绘出$x((n))_4$，在据$x((n))_4$绘出$x((n-2))_4$，得$x_1(n)$如解图 9-11(a)。

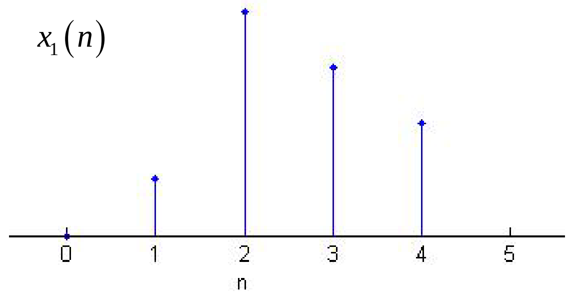


图 9-11(a)

同样，得 $x_2(n)$ 如解图 9-11(b)所示。

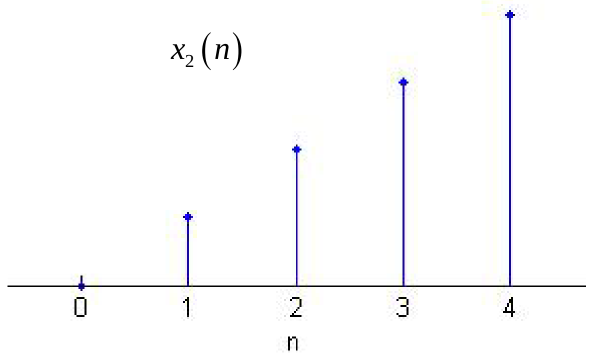
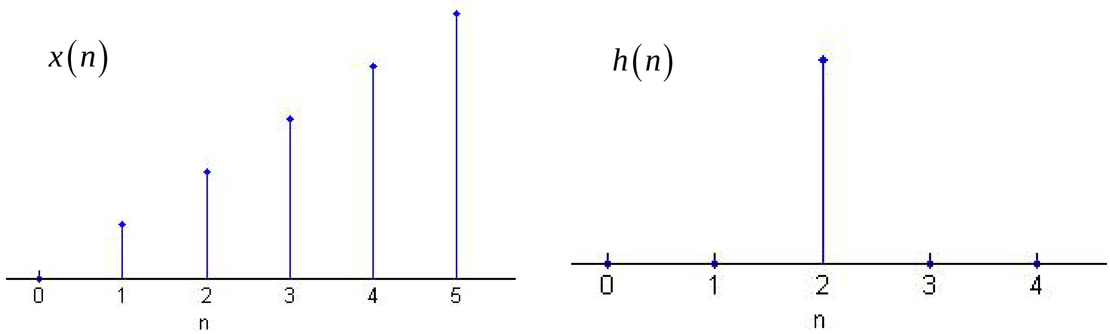


图 9-11(b)

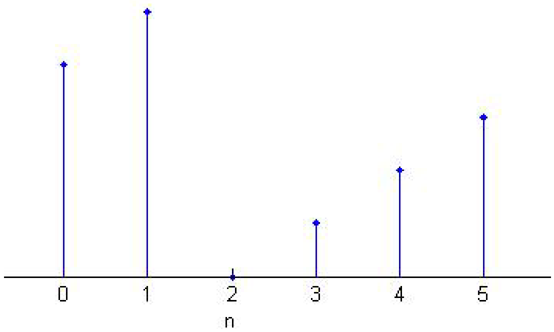
9-12 解题过程：
如题图 9-12



题图 9-12

$$
\begin{aligned}
x(n)\otimes h(n) &= \sum_{m=0}^{5} h(m)\,x((n-m))_6\,R_6(n) \\
&= \sum_{m=0}^{5} \delta(m-2)\,x((n-m))_6\,R_6(n) \\
&= x((n-2))_6\,R_6(n)
\end{aligned}
$$

其结果如解图 9-12 所示。



解图 9-12

9-13 解题过程：

$$IDFT\left[Y(k)\right]=\frac{1}{N}\sum_{k=0}^{N-1}Y(k)W^{-nk}=\frac{1}{N}\sum_{k=0}^{N-1}X\left((k-l)\right)_N W^{-nk}=\frac{1}{N}\sum_{m=-l}^{N-1-l}X\left((m)\right)_N W^{-n(m+l)}$$

由于 $X\left((m)\right)_N$ 及 $W^{-n(m+l)}$ 都以 N 为周期，

所以 $\frac{1}{N}\sum_{m=-l}^{N-1-l}X\left((m)\right)_N W^{-n(m+l)}$

$$=\frac{1}{N}\sum_{m=0}^{N-1}X\left((m)\right)_N W^{-n(m+l)}$$
$$=\left[\frac{1}{N}\sum_{m=0}^{N-1}X\left((m)\right)_N W^{-nm}\right]\cdot W^{-nl}$$
$$=\left[\frac{1}{N}\sum_{m=0}^{N-1}X(m)W^{-nm}\right]\cdot W^{-nl}$$
$$=x(n)\cdot W^{-nl}$$

即 $IDFT\left[Y(k)\right]=x(n)\cdot W^{-nl}$

9-21 解题过程：

因为 $x(n)=x_1(n)+jx_2(n)$， $x_1(n)$， $x_2(n)$ 为实序列。

所以 $x_1(n)=\frac{1}{2}\left[x(n)+x^*(n)\right]$， $jx_2(n)=\frac{1}{2}\left[x(n)-x^*(n)\right]$

$$DFT\left[x_1(n)\right]=X_1(k)=\frac{1}{2}\left\{DFT\left[x(n)\right]+DFT\left[x^*(n)\right]\right\}$$

$$DFT\left[jx_2(n)\right]=X_2(k)=\frac{1}{2}\left\{DFT\left[x(n)\right]-DFT\left[x^*(n)\right]\right\}$$

又 $DFT\left[x^*(n)\right]=\sum_{n=0}^{N-1}x^*(n)W^{nk}=\left[\sum_{n=0}^{N-1}x(n)W^{-nk}\right]^*$

由于 W^{nk} 是 N 的周期函数，而有 $W^{(N-k)n}=W^{-nk}$

于是 $DFT\left[x^*(n)\right]=\sum_{n=0}^{N-1}x^*(n)W^{nk}=\left[\sum_{n=0}^{N-1}x(n)W^{-nk}\right]^*=X^*(n-k)$

因此 $X_1(k)=\frac{1}{2}\left[X(k)+X^*(N-k)\right]$，$X_2(k)=\frac{1}{2}\left[X(k)-X^*(N-k)\right]$

9-22 解题过程：

$$X(k)=DFT\left[x(n)\right]=\sum_{n=0}^{N-1}R_N(n)W^{nk}$$

$$=\sum_{n=0}^{N-1}W^{nk}=\frac{1-W^{kN}}{1-W^k}(k\neq 0)$$

$$=\frac{1-e^{-j\frac{2\pi}{N}Nk}}{1-e^{-j\frac{2\pi}{N}k}}=0$$

若 $k=0$，则 $X(k)=\sum_{n=0}^{N-1}1=N$ ，故 $X(k)=N\delta(k)$

帕斯瓦尔定理：$\sum_{n=0}^{N-1}\left|x(n)\right|^2=\frac{1}{N}\sum_{n=0}^{N-1}\left|X(k)\right|^2$ 此题中 $\sum_{n=0}^{N-1}\left|x(n)\right|^2=\sum_{n=0}^{N-1}1=N$

$\frac{1}{N}\sum_{n=0}^{N-1}\left|X(k)\right|^2=\frac{1}{N}\sum_{n=0}^{N-1}\left|N\delta(k)\right|^2=N$，故帕斯瓦尔定理成立。

9-23 解题过程：

由逆变换定义 $\mathrm{x}(\mathrm{n})=\frac{1}{N}\sum_{k=0}^{N-1}X(k)W^{-nk}$

所以 $x(\text{-}n)=\frac{1}{N}\sum_{k=0}^{N-1}X(k)W^{nk}$

将变量 n，k 的取值范围都是从 0 到 N-1,据离散傅里叶变换的定义有

$$DFT\left[x(n)\right]=Nx(-k)R_N(n)$$

9-24 解题过程：

（1）$\mathscr{Z}\left[X(n)\right]=\sum_{n=0}^{N-1}x(n)z^{-n}=\sum_{n=0}^{N-1}R_N(n)z^{-n}=\sum_{n=0}^{\infty}z^{-n}=\frac{1-z^{-N}}{1-z^{-1}}\left(|z|>0\right)$

（2）$DFT\left[x(n)\right]=Nx(-k)R_N(n)$

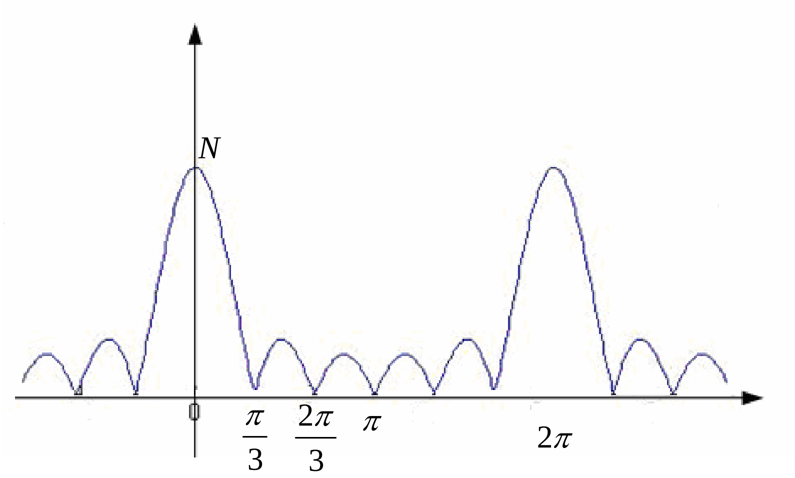
$$DFT\left[x^*(n)\right]=\sum_{n=0}^{N-1}x^*(n)W^{nk}=\left[\sum_{n=0}^{N-1}x(n)W^{-nk}\right]^*=X^*(n-k)$$

（3） $X\left(e^{j\omega}\right)=X\left(z\right)\Big|_{z=e^{j\omega}}=\dfrac{1-e^{-jN\omega}}{1-e^{-j\omega}}=\dfrac{e^{-j\frac{N\omega}{2}}\left(e^{j\frac{NW}{2}}-e^{-j\frac{NW}{2}}\right)}{e^{-j\frac{W}{2}}\left(e^{j\frac{W}{2}}-e^{-j\frac{W}{2}}\right)}$

$$=\frac{\sin\frac{N\omega}{2}}{\sin\frac{\omega}{2}}e^{-j\frac{(N-1)\omega}{2}}=\underbrace{\left|\frac{\sin\frac{N\omega}{2}}{\sin\frac{\omega}{2}}\right|}_{\text{幅度}}\underbrace{e^{-j\frac{(N-1)\omega}{2}+j\theta(\omega)}}_{\text{相位}}$$

由于对 $\dfrac{\sin\frac{N\omega}{2}}{\sin\frac{\omega}{2}}$ 取绝对值时，分子分母符号可能不同，因而相位特性有一个 $\theta\left(\omega\right)$，$\theta\left(\omega\right)$ 可能为 0 或 π 。

幅度特性曲线如解图 9-24 所示。（设 $N=6$）



解图 9-24

9-34 解题过程：

（1）由于 $f_1 \le 5Hz$，所以 $T_1=\dfrac{1}{f_1}\ge\dfrac{1}{5}=0.2s$

（2）由于 $T_s\le\dfrac{1}{2f_1}$，而最高频率 $f_h\le 1.25kHz$

故 $T_s\le\dfrac{1}{2f_1}=\dfrac{1}{2\times1.25\times10^3}=0.4ms$，取 $T_s=0.4ms$

（3）由于 $N=\dfrac{T_1}{T_s}$ 故 $N\gg\dfrac{0.2}{0.4\times10^{-3}}=500$ 一般要求 N 为 2 的整数幂，故取 $N=2^9=512$

所以 $T1=NT_s=512\times0.4\times2=0.2048$