5.1 一个时间抖动序列描述为：J[n]=0.001sin^2((14π/1024)n)+0.001，n=0,1,2,…,1023。其均值、方差、峰峰值为多少？画出 0～0.002 范围内的直方图

$$\mu_J = \frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N} J(n) = 0.0015$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N}\cdot\sum_{n=1}^{N}\{J(n)-\mu_J\}^2} = 0.000353$$

$$PP_j = \max\{J(1), J(2), \cdots J(N)\} - \min\{J(1), J(2), \cdots, J(N)\}$$
$$= 0.001$$

绘图如后页所示。

5.2 发送的逻辑 0 电平为 0V，逻辑 1 的电平为 1.2V，逻辑 0 和逻辑 1 有相同的发送概率，接收端的高斯噪声信号为 100-mV RMS ，决策电平为 0.6V 时，发生 1 个错误位的概率是多少？若决策电平变为 0.75V 时，发生 1 个错误位的概率是多少？假设发送逻辑 1 的概率是逻辑 0 的 2 倍，当决策电平为 0.6V 时，发生 1 个错误位的概率是多少？

答：$P_{e1}(V_{TH}) = \frac{1}{2} - \frac{1}{2}\times\Phi\left(\frac{V_{TH}-V_{logic0}}{\sigma_N}\right) + \frac{1}{2}\Phi\left(\frac{V_{TH}-V_{logic1}}{\sigma_N}\right)$

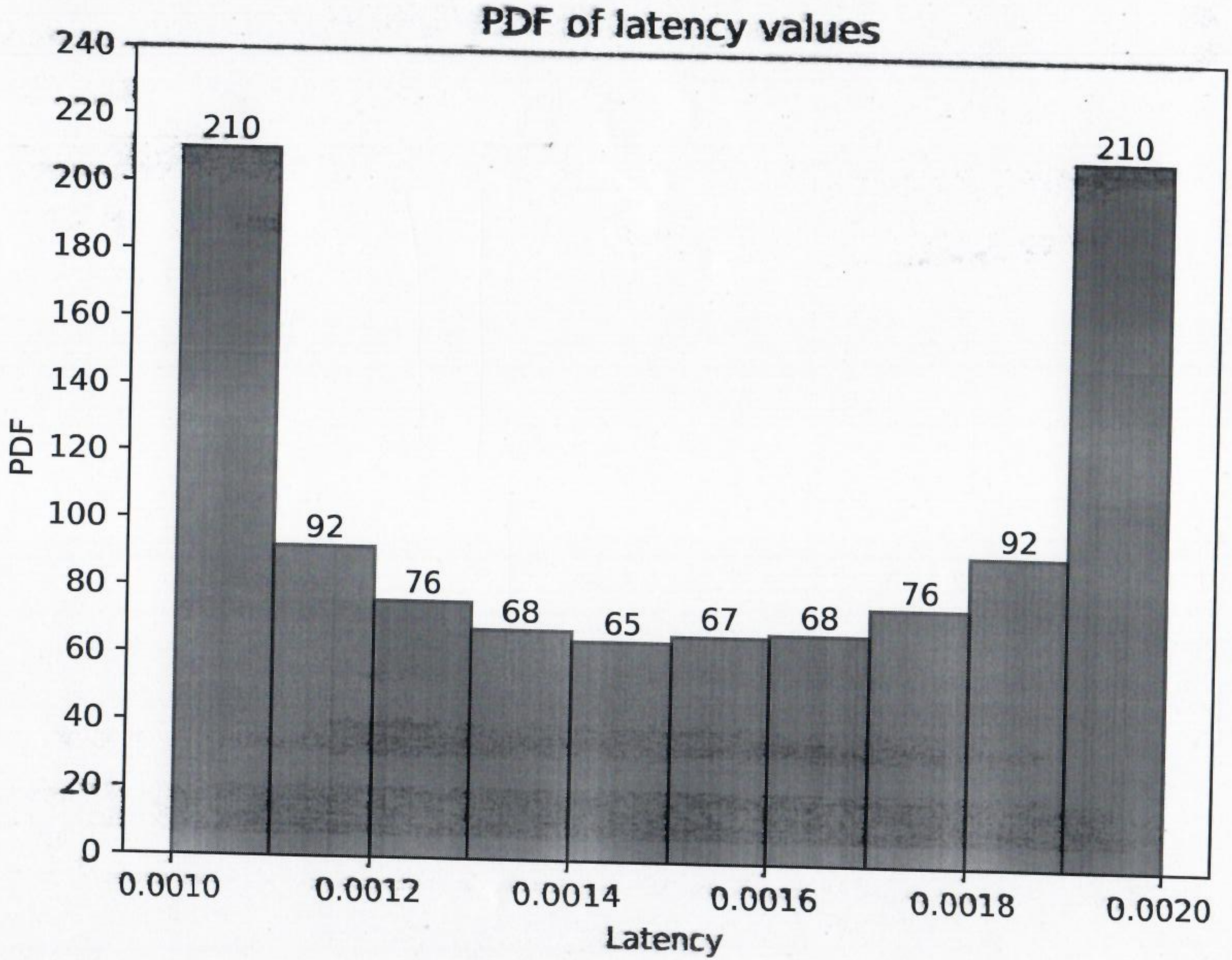
$$= \frac{1}{2}\left[1-\Phi\left(\frac{V_{TH}-V_{logic0}}{\sigma_N}\right)\right] + \frac{1}{2}\Phi\left(\frac{V_{TH}-V_{logic1}}{\sigma_N}\right)$$

$$= \frac{1}{2}\left[1-\Phi\left(\frac{0.6-0}{0.1}\right)\right] + \frac{1}{2}\Phi\left(\frac{0.6-1.2}{0.1}\right) = 9.865\times10^{-10}$$

$$P_{e2}(V_{TH}) = \frac{1}{2}\left[1-\Phi\left(\frac{0.75-0}{0.1}\right)\right] + \frac{1}{2}\Phi\left(\frac{0.75-1.2}{0.1}\right) = 1.698\times10^{-6}$$

因为 $P_e(V_{TH}) = \frac{1}{3}P(V_{RX}>V_{TH}\,|\,TX=0) + \frac{2}{3}P(V_{RX}<V_{TH}\,|\,TX=1)$

$$= \frac{1}{3}\left[1-\Phi\left(\frac{0.6-0}{0.1}\right)\right] + \frac{2}{3}\Phi\left(\frac{0.6-1.2}{0.1}\right) = 9.866\times10^{-10}$$



PDF of latency values
PDF
Latency
240
220
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
0.0010
0.0012
0.0014
0.0016
0.0018
0.0020
210
92
76
68
65
67
68
76
92
210

5.3 数据传输速率为 2Gbps，通过传输通道后的抖动均值位 0，标准差为 50ps，假设发送 0、1 的概率相同， 当采样时刻位于位传送时间的中间时，发生 1 个错误位的概率是多少？当采样时刻设置为 0.4ns 时，发生 1 个错误位的概率是多少？

答：因为数据传输速率为2Gbps，位传输 500ps，故采样时刻应设置250ps.

$$P_e(t_{TH}) = \frac{1}{2}\left[1-\Phi\left(\frac{t_{TH}-0}{\sigma_{ZC}}\right)\right] + \frac{1}{2}\Phi\left(\frac{t_{TH}-T}{\sigma_{ZC}}\right)$$

$$= \frac{1}{2}\left[1-\Phi\left(\frac{250-0}{50}\right)\right] + \frac{1}{2}\Phi\left(\frac{\cancel{500}\,250-500}{50}\right) = 2.86\times10^{-7}$$

若采样时刻设置 0.4ns，则 $t_{TH}=400ps$，$T=100ps$

$$P_e(t_{TH}) = \frac{1}{2}\left[1-\Phi\left(\frac{400-0}{50}\right)\right] + \frac{1}{2}\Phi\left(\frac{400-500}{50}\right) = 0.0113$$

5.4 通信系统数据速率 600Mbps 下进行了 10 次 10^{10} 位的传输，误码数为：5,6,4,6,3,7,3,6,1,0。置信度为 95%时，该系统 BER 为多少？，测试时间为多少？

答：$$\mu_{NE} = \sum_{i=1}^{N} error(i)/N = \frac{5+6+4+6+3+7+3+6+1}{10} = 4.1$$

$$\sigma_{NE} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(error(i)-\mu_{NE})^2}{N}} = 2.21$$

故错误位数量遵循 (4.1, 2.21) 高斯分布.

故：$$\begin{cases} \frac{\mu_{NE}-x}{N_T} \le BER \le \frac{\mu_{NE}+x}{N_T} \\ x = \Phi^{-1}\left(0.5+\frac{0.95}{2}\right) = \Phi^{-1}(0.975) \end{cases}$$

故：$2.701\times10^{-10} \le BER \le 5.498\times10^{-10}$

$$T_{test} = \frac{N_{T,min}}{F_s} = \frac{10\times10^{10}}{6\times10^{8}} = 166.67s$$

5.5 数据传输速率为 5Gbps，该通道误码率（BER）为 10^{-8}，如果传输 10^{9} 个位，发生 0 位、1 位、2 位及 10 位误码的概率是多少？预计平均误码数是多少？10

答：$P[X\le N_E \mid P_e=BER]=\sum_{k=0}^{N_E}\frac{1}{k!}(N_T BER)^k e^{-N_T BER}=\sum_{k=0}^{N_E}\frac{1}{k!}(10^9\cdot 10^{-8})^k e^{-10^9\cdot 10^{-8}}$

$=\sum_{k=0}^{N_E}\frac{1}{k!}10^k e^{-10}$

故：$P[X\le 0 \mid P_e=BER]=e^{-10}=4.539\times 10^{-5}$

$P[X\le 1 \mid P_e=BER]=e^{-10}+10e^{-10}=4.99\times 10^{-4}$

$P[X\le 2 \mid P_e=BER]=e^{-10}+10e^{-10}+\frac{1}{2}\cdot 10^2\cdot e^{-10}=2.77\times 10^{-3}$

$P[X\le 10 \mid P_e=BER]=\sum_{k=0}^{10}\frac{1}{k!}10^k e^{-10}=0.583$

平均误码：$\mu_{NE}=N_T\cdot BER=10^9\times 10^{-8}=10$

5.6 对一个系统进行测试，验证其 BER<10^{-12}，当可接受不超过 10 个错误时，应收集多少样本，以使所需的 BER 达到 97%的置信度（CL）。数据速率为 4Gbps 时，总测试时间是多少？

答：$N_E=10$

$N_{T,min}=\frac{1}{BER}\ln\left[\sum_{k=0}^{N_E}\frac{1}{k!}(N_T BER)^k\right]-\frac{1}{BER}\ln(1-CL)$

$=\frac{1}{10^{-12}}\cdot\ln\left[\sum_{k=0}^{10}\frac{1}{k!}(N_T\cdot 10^{-12})^k\right]-\frac{1}{10^{-12}}\cdot\ln(1-0.97)$

$=\frac{1}{10^{-12}}\cdot\ln\left[\sum_{k=0}^{10}\frac{1}{k!}(N_{T,min}\cdot 10^{-12})^k\right]-\frac{1}{10^{-12}}\ln(0.03)=1.8\times 10^{13}$ bits

$T_{test}=\frac{N_{T,min}}{F_s}=\frac{1.8\times 10^{13}}{4\,\text{Gbits/s}}=4500\,s$