

数字集成电路设计 第7章

7.2 某电路正在高电压下进行加速寿命试验。如果测量得到的失效时间在 $2V$ 下为 20 小时、 $1.8V$ 下为 160 小时及 $1.6V$ 下为 1250 小时，试预测能达到 10 年寿命期时的最高工作电压。

解：设使用寿命期随电压的分布近似为正态分布：

$$T(V) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)$$

由题意得 $T(1.6) = 1250$ $T(1.8) = 160$ $T(2) = 20$

$$10\text{年} = 10 \times 365 \times 24 \times 48 = 87648 \text{ 小时}$$

$$\frac{T(1.8)}{T(2)} = \frac{\exp\left(-\frac{(1.8-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)}{\exp\left(-\frac{(2-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)} = \exp\left(\frac{4+\mu^2-4\mu-1.8^2-\mu^2+3.6\mu}{2\sigma^2}\right) = 8$$

$$0.76 - 0.4\mu = 2\sigma^2 \ln 8$$

$$\frac{T(1.6)}{T(2)} = \frac{\exp\left(-\frac{(1.6-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)}{\exp\left(-\frac{(2-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)} = \exp\left(\frac{4+\mu^2-4\mu-1.6^2-\mu^2+3.2\mu}{2\sigma^2}\right) = \frac{125}{2}$$

$$1.44 - 0.8\mu = 2\sigma^2 \ln 62.5$$

$$\mu = -15.6358 \quad \sigma \text{ 不存在}$$

$$\frac{T(V_m)}{T(2)} = \exp\left(\frac{4+\mu^2-4\mu-(V_m-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) = \frac{87648}{20}$$

$$4 - V_m^2 + (2V_m - 4)(-15.6358) = \frac{2\sigma^2 \ln\left(\frac{21912}{5}\right)}{\ln\left(\frac{21912}{5}\right)}$$

$$2\sigma^2 \ln \frac{21912}{5} = (1.44 + 0.8 \times 15.6358) \frac{\ln\left(\frac{21912}{5}\right)}{\ln 62.5} = 28.28526$$

解得 $V_m = 1.17896$ 或 $V_m = -32.45$ (舍去)

7.6 一个芯片含 100 个 11 级的环形振荡器，每个反相器的平均延时为 10 ps，标准差为 1 ps，因此环形振荡器平均运行在 4.54 GHz，该芯片的工作频率定义为芯片上所有振荡器的最慢频率。

(a) 求该芯片的期望工作频率；

(b) 求参数成品率达到 97.7% 时最大的目标工作频率。

解: (1) 由表 7.9 知 $N=100$ 时 $E(M)=2.5$

最大延时 $2 \times 10 \text{ ps} \times 11 + 2 \times 2.5 \text{ ps} \times 11 = 275 \text{ ps}$

平均延时 $2 \times 11 \times 10 \text{ ps} = 220 \text{ ps}$

期望工作频率为 $\frac{1}{275 \times 10^{-12}} = 3.636 \text{ GHz}$

(2) 由表 7.8 知 $\lambda < 2$ 时 $F_{10} > 0.9772$

$t < 12 \text{ ps}$ $f_m = \frac{1}{2 \times 11 \times 12 \text{ ps}} = 3.7879 \text{ GHz}$