

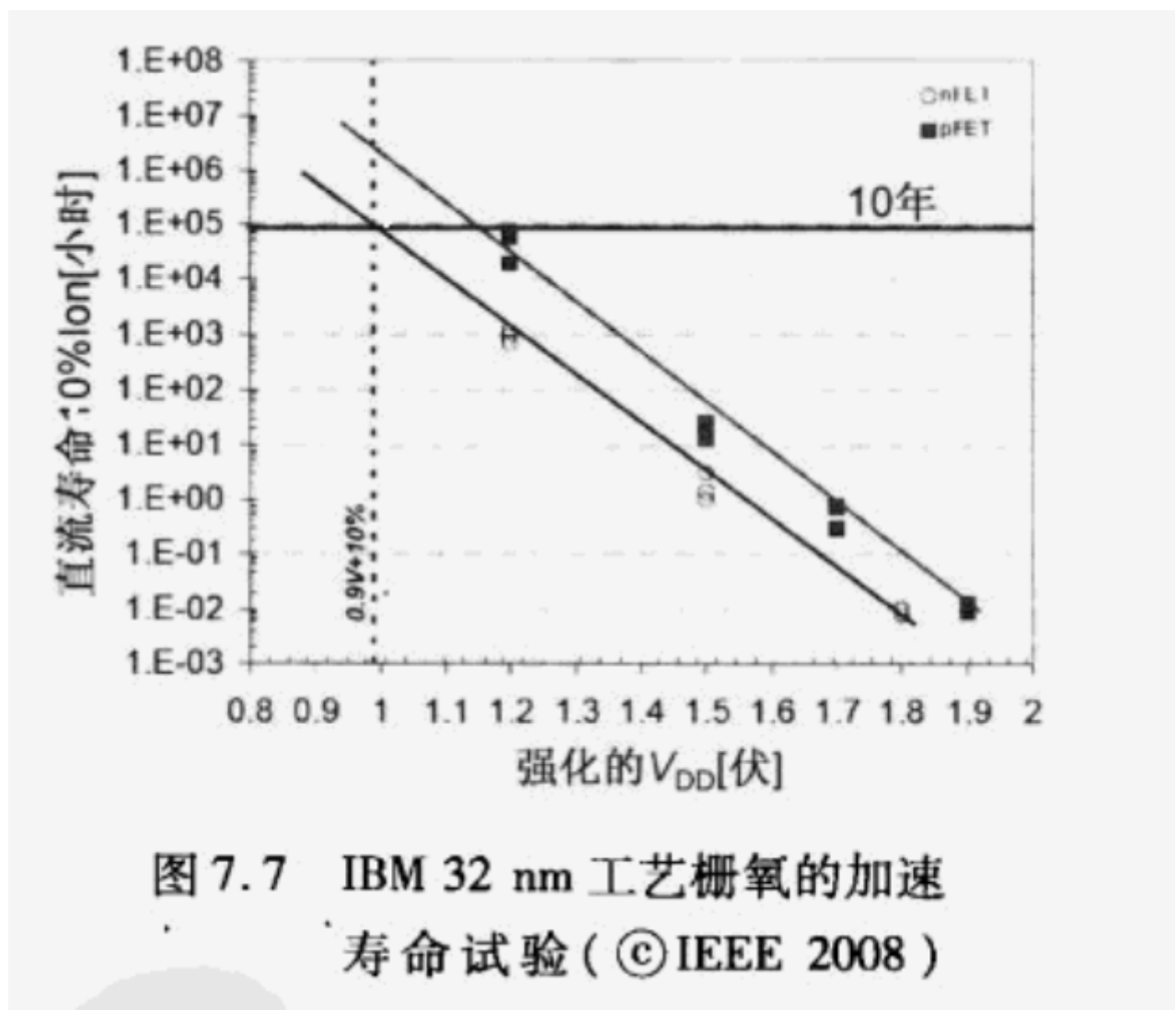
第七章作业参考答案

7.2 7.6

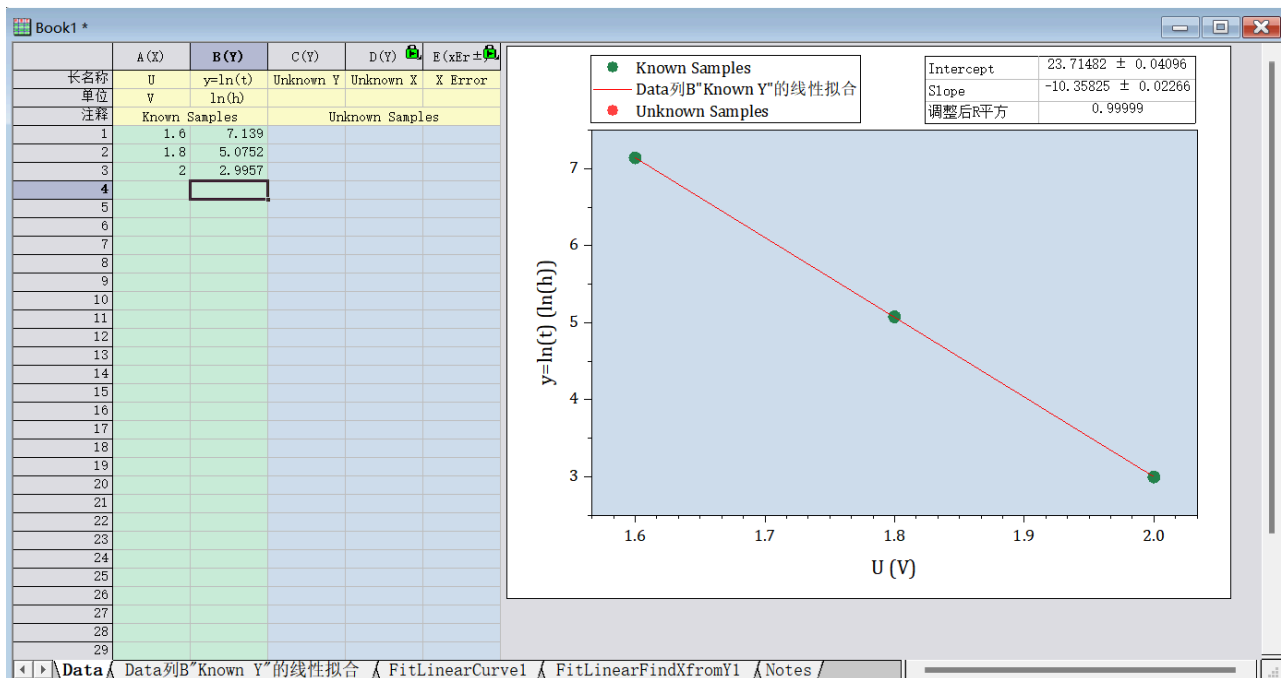
7.2

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 2 V 下为 20 小时、1.8 V 下为 160 小时及 1.6 V 下为 1250 小时，试预测能达到 10 年寿命期时的最高工作电压。

参考7.7图：

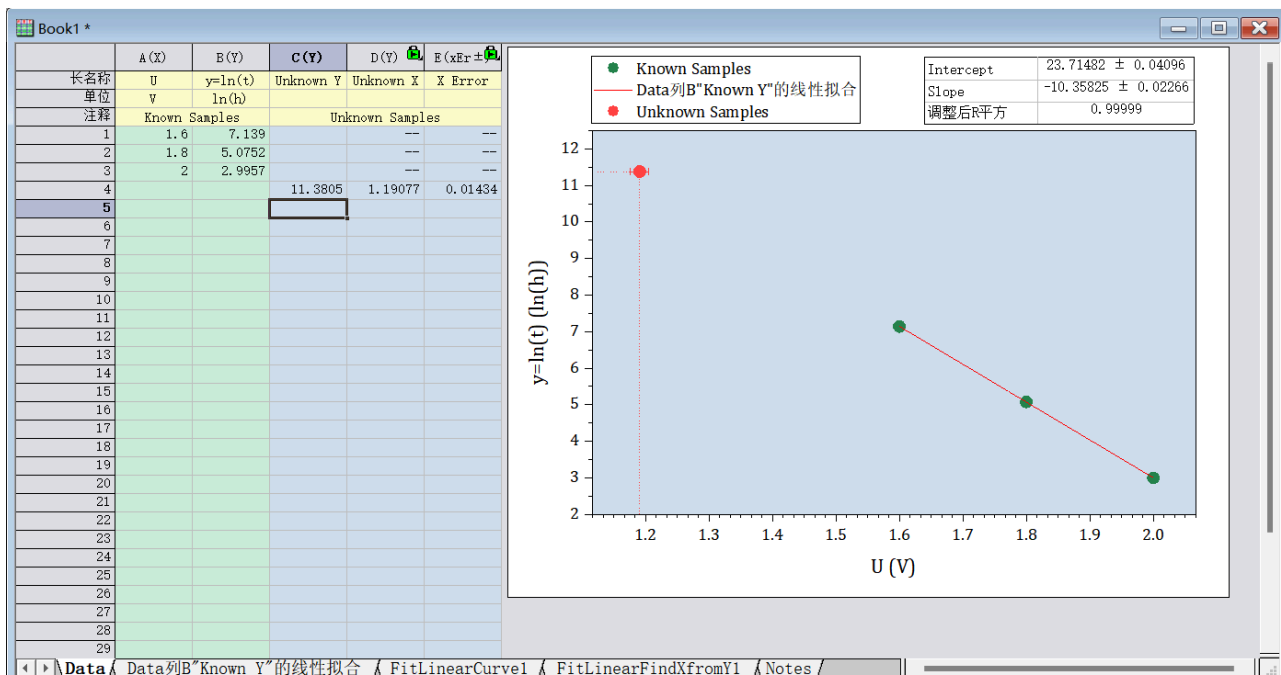


使用对数函数 $y = \ln(t) = aU + b$, 三个点: $(U=2, y=\ln(20)), (U=1.8, y=\ln(160)), (U=1.6, y=\ln(1250))$ 根据拟合结果得:



$$y = \ln(t) = -10.36U + 23.72$$

10years $\approx 87600h$, $\ln(87600) = 11.38$, 带入:



估算得 $U \approx 1.19V$.

有同学使用 $t = ae^{bU} + c$ 形式去拟合, 跟上面的对数拟合区别就是 c 取不取恒0的问题, 理论上没有问题, 但是根据7.7图我个人还是倾向于 c 取恒0, 因为7.7图的寿命 t 并未作任何偏差。

7.6

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中最慢的频率。

(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。

11 级环形振荡器有 22 个反相器，

\therefore 平均延时 $E(delay) = 22 \times 10 = 220ps$, 标准差 $\sigma(delay) = \sqrt{22} = 4.7ps$.

根据表 7.9:

表 7.9 N 个正态随机变量的最大值特性

| N | $E[M]$ | $\sigma(M)$ |
|---------|--------|-------------|
| 2 | 0.56 | 0.82 |
| 10 | 1.54 | 0.59 |
| 100 | 2.50 | 0.43 |
| 1000 | 3.24 | 0.35 |
| 10 000 | 3.85 | 0.30 |
| 100 000 | 4.40 | 0.28 |

$$N = 100, E(M) = 2.5, \sigma(M) = 0.43$$

$$\therefore E(maxdelay) = 220 + 2.5 \times 4.7 = 231.8ps, \sigma(maxdelay) = 0.43 \times 4.7 = 2.0ps.$$

a)

期望工作频率:

$$\frac{1}{E(maxdelay)} = \frac{1}{231.8ps} = 4.31Ghz.$$

b)

查看表 7.8:

表 7.8 标准正态分布随机变量的 CDF

| x | $F(x)$ | $1 - F(x)$ |
|-----|-------------------|------------------------|
| 1 | 0.8413 | 1.59×10^{-1} |
| 2 | 0.9772 | 2.28×10^{-2} |
| 3 | 0.998 650 | 1.35×10^{-3} |
| 4 | 0.999 968 3 | 3.17×10^{-5} |
| 5 | 0.999 999 713 | 2.87×10^{-7} |
| 6 | 0.999 999 999 013 | 9.87×10^{-10} |

取 $x=2$, 可以使成品率达到0.9772, \therefore 最大目标工作频率 $= \frac{1}{231.8+2 \times 2.0} = 235.8Ghz$.