

第二章作业参考答案

2.2 2.4 2.10 2.16 2.20

2.2

2.2 若晶体管能很好地符合肖克利模型，证明流过两个串联晶体管的电流等于流过具有两倍长度的单个晶体管的电流。特别是当图 2.32 中的晶体管处在它们的线性区即 $V_{DS} < V_{DD} - V_t$, $V_{DD} > V_t$ 时，证明 $I_{DS1} = I_{DS2}$ （这在饱和区也成立）。提示：将串联晶体管的电流表示成与 V_1 的关系并求解 V_1 。

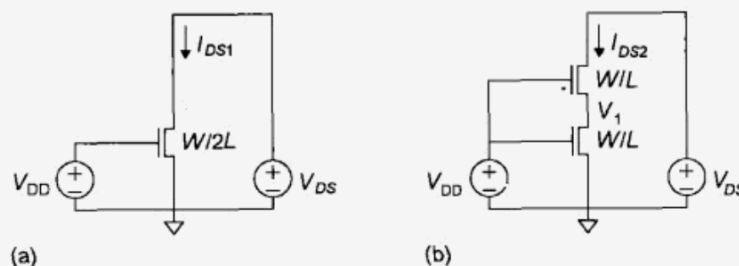


图 2.32 串联晶体管中的电流

思路：求解图中 V_1 处的电压。按线性区计算：

$$I_{DS1} = 0.5\beta(V_{DD} - V_t - V_{DS}/2)V_{DS}$$

$$I_{DS2} = \beta(V_{DD} - V_t - V_1/2)V_1 = \beta((V_{DD} - V_1) - V_t - (V_{DS} - V_1)/2)(V_{DS} - V_1)$$

求得 V_1 ：

$$V_1 = (V_{DD} - V_t) - \sqrt{(V_{DD} - V_t)^2 - (V_{DD} - V_t - V_{DS}/2)V_{DS}}$$

带入到 I_{DS2} 的式子可以得到其是等于 I_{DS1} 的。

2.4

2.4 一个 90 nm 长晶体管的栅氧厚度为 16\AA ，它每微米宽度的栅电容是多少？

$$C_{\text{permicron}} = \epsilon L / t_{\text{ox}} = 3.9 \times 8.85 \times 10^{-14} \text{F/cm} \times 90 \times 10^{-7} \text{cm} / (16 \times 10^{-4} \text{um}) = 1.94 \text{fF/um}$$

课本 P57 2.14 ϵ 用的是 SiO_2 的值。

2.10

2.10 一个 nMOS 管的阈值电压为 0.4 V，电源电压 $V_{DD} = 1.2$ V。一个电路设计者打算评估一下为使晶体管更快而使 V_t 减少 100 mV 的提议。

- 如果晶体管是理想的，饱和电流将增加多少倍 ($V_{gs} = V_{ds} = V_{DD}$ 时)?
- $V_{gs} = 0$ 时室温下的亚阈值泄漏电流将增加多少倍? 假设 $n = 1.4$ 。
- 120 °C 时的亚阈值泄漏电流将增加多少倍? 假设阈值电压与温度无关。

a)

饱和区, $I_{DS} = \beta V_{GT}^2/2, \therefore (1.2 - 0.3)^2/(1.2 - 0.4)^2 = 1.26$

b)

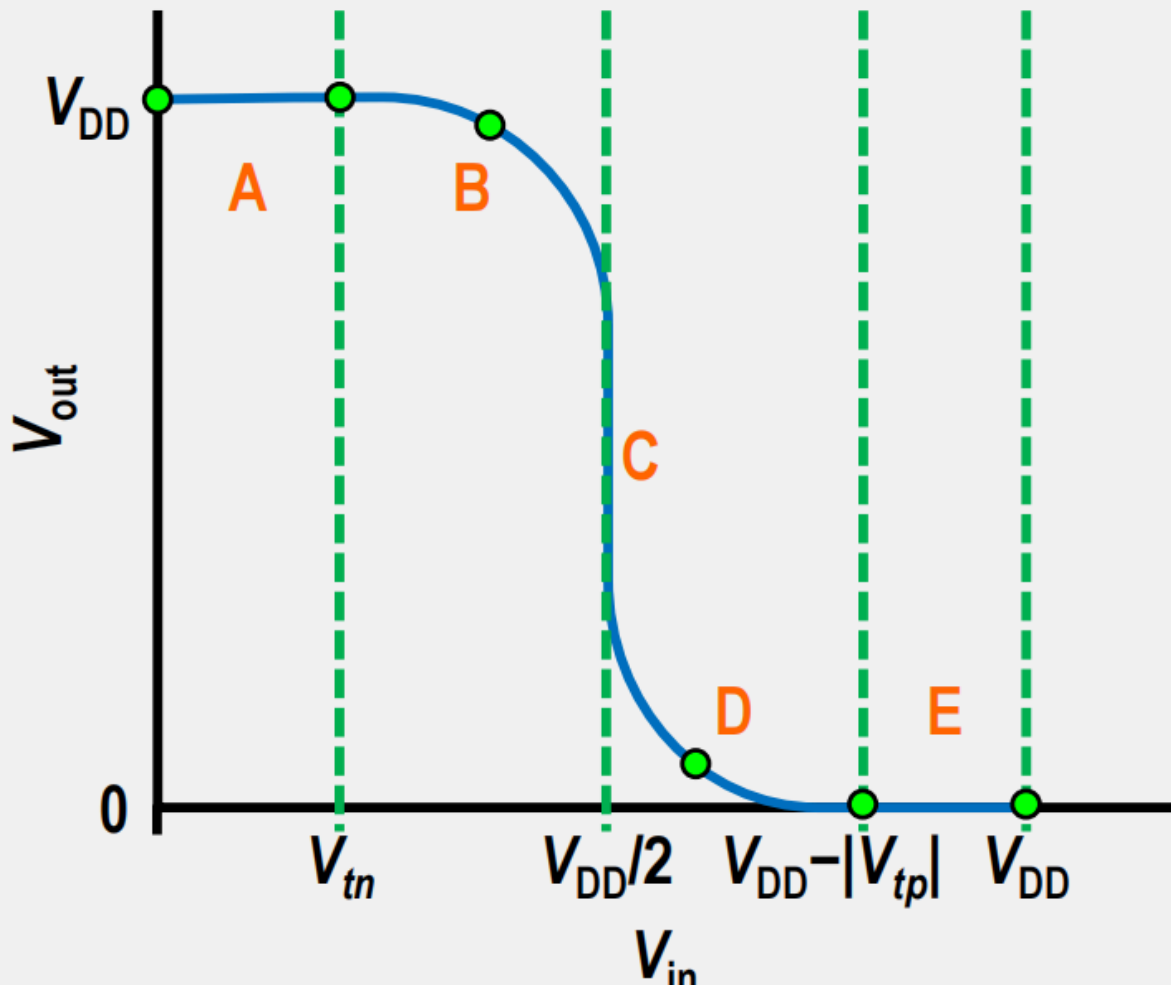
课本P68 2.42式, $\therefore e^{-0.3/(1.4 \times 0.026)} / e^{-0.4/(1.4 \times 0.026)} = 15.6$

c)

$V_t = kT/q = 34mV$, 同样带入上面b)的式子, $\therefore e^{-0.3/(1.4 \times 0.034)} / e^{-0.4/(1.4 \times 0.034)} = 8.2$

2.16

2.16 2.5.1 节用图解法确定了一个静态 CMOS 反相器的传输特性。试推导出该传输函数的 B 和 D 区域中 V_{out} 与 V_{in} 关系的解析式。假设 $|V_p| = V_{tn}$ 及 $\beta_p = \beta_n$ 。



B区, nmos饱和区, pmos线性区:

$$\beta(V_{in} - V_t)^2/2 = \beta((V_{in} - V_{DD}) - (V_{out} - V_{DD}/2) + V_t)(V_{out} - V_{DD})$$

$$V_{out} = V_{in} + V_t + \sqrt{(V_{in} + V_t)^2 - (V_{in} - V_t)^2 + V_{DD}(V_{DD} - 2V_{in} - 2V_t)}$$

B区, pmos饱和区, nmos线性区:

$$\beta(V_{in} - V_{DD} + V_t)^2/2 = \beta(V_{in} - V_t - V_{out}/2)V_{out}$$

$$V_{out} = V_{in} - V_t - \sqrt{(V_{in} - V_t)^2 - (V_{DD} - V_{in} - V_t)^2}$$

2.20

2.20 写出图 2.35 所示传输管电路输出电压的表达式。忽略体效应。

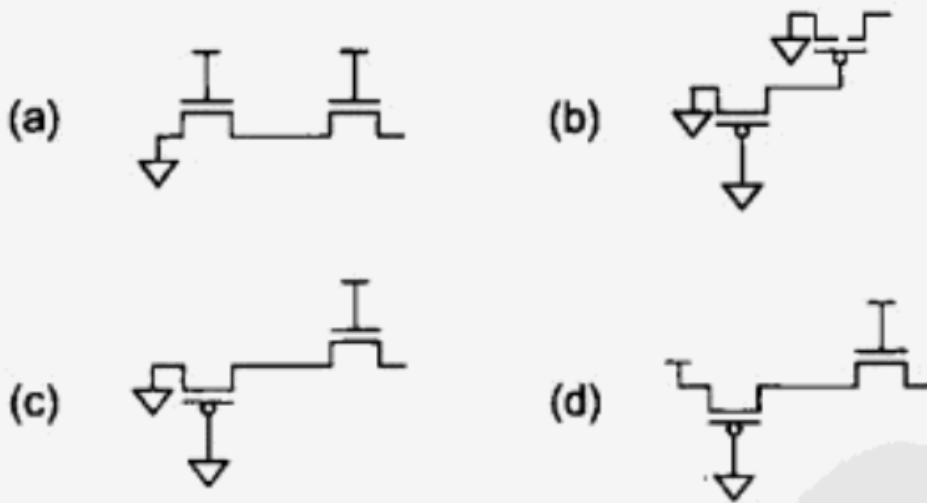


图 2.35 传输管电路

nmos能传输强0, pmos能传输强1. a) $V_{out} = 0$

b) $V_{out} = 2|V_{tp}|$

c) $V_{out} = |V_{tp}|$

d) $V_{out} = V_{DD} - V_{tn}$