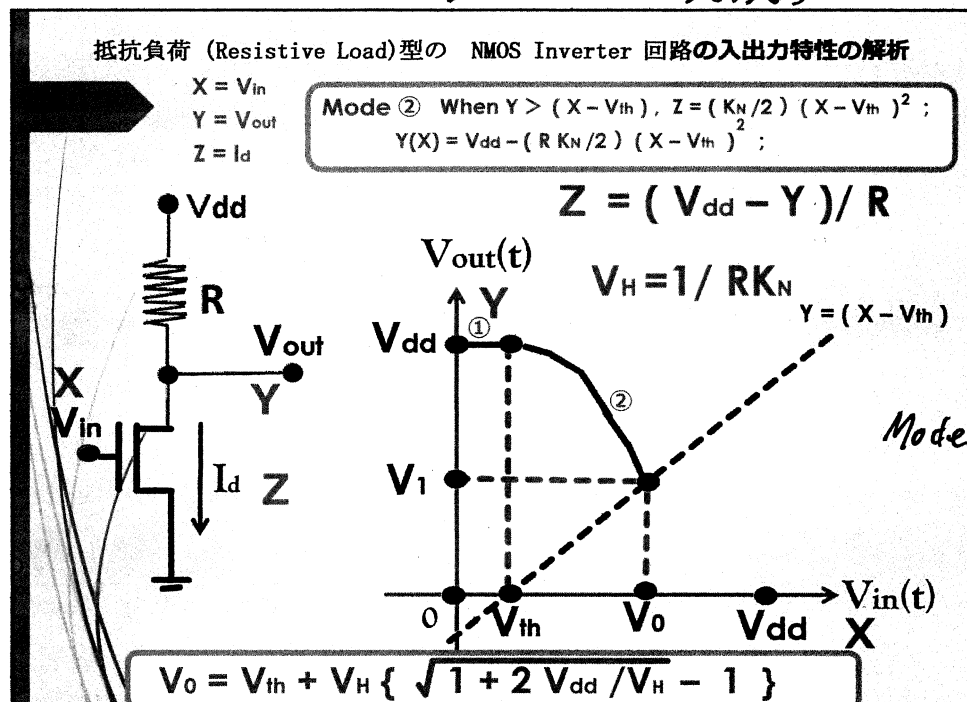


(Q4.023) NMOS Transistor と負荷抵抗体 R の
 連結回路の入出力電圧特性を説明しなさい。

〈入力電圧 V_{in} の値により、動作 Mode は ①, ②, ③ の 3 つある。〉 1/2



$X = V_0$ の値を求めよ (Mode ②)

$$V_{out} = Y = (X - V_{thN}) = V_{dd} - \left(\frac{R K_N}{2}\right) (X - V_{thN})^2$$

$$2(X - V_{thN}) = 2V_{dd} - (R K_N)(X - V_{thN})^2$$

$$(R K_N)(X - V_{thN})^2 + 2(X - V_{thN}) = 2V_{dd}$$

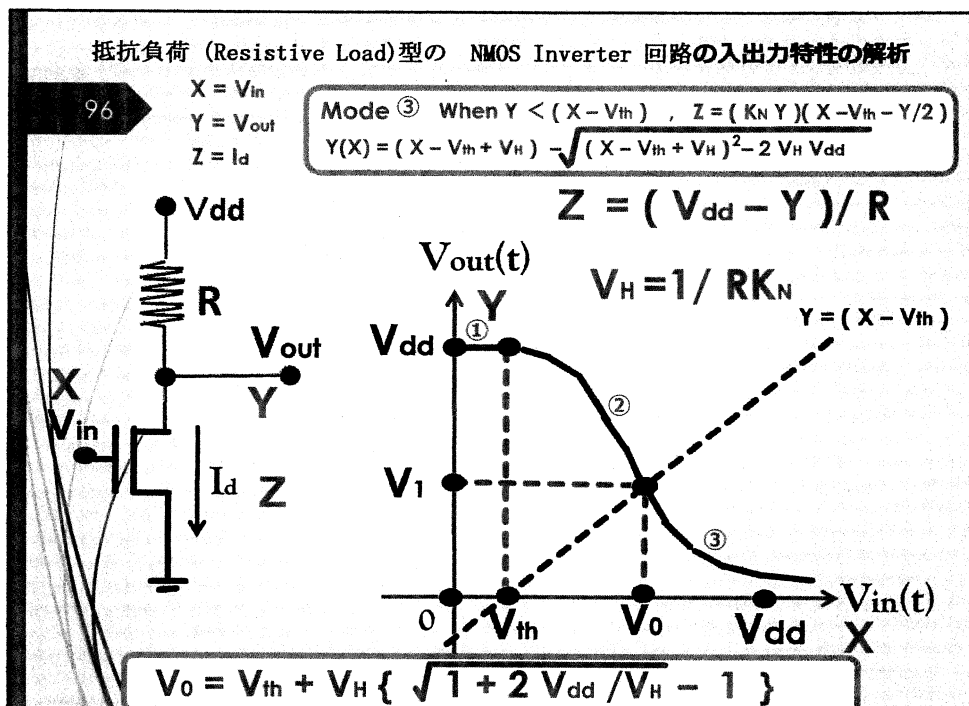
$$(X - V_{thN})^2 + \left(\frac{2}{R K_N}\right)(X - V_{thN}) = \left(\frac{2V_{dd}}{R K_N}\right)$$

$$\frac{1}{R K_N} = V_H \text{ とし、} \quad \left(X - V_{thN} + \frac{1}{R K_N}\right)^2 = \left(\frac{1}{R K_N}\right)^2 + \left(\frac{2V_{dd}}{R K_N}\right)$$

$$X = V_{thN} - V_H + \sqrt{V_H^2 + 2V_{dd}V_H}$$

$$X = V_0 = V_{thN} + V_H \left\{ \sqrt{1 + 2V_{dd}/V_H} - 1 \right\}$$

(Mode ② では、 V_{out} は V_{in} の 2 乗と成り、
 $V_{out} = V_{dd} - \left(\frac{R K_N}{2}\right) (V_{in} - V_{thN})^2$ である。) とする。



Mode ③ $V_{in} > V_0$ のとき V_{out} は V_{in} の増減と反対になる。

$$Z = \frac{(V_{dd} - Y)}{R} = (K_N Y) (X - V_{thN} - \frac{Y}{2})$$

$$2(V_{dd} - Y) = 2(RK_N)(Y)(X - V_{thN}) - (RK_N)Y^2$$

$$2V_H(V_{dd} - Y) = 2Y(X - V_{thN}) - Y^2$$

$$Y^2 - 2(V_H + X - V_{thN})Y = -2V_HV_{dd}$$

$$(Y - V_H - X + V_{thN})^2 = (X - V_{thN} - V_H)^2 - 2V_HV_{dd}$$

$$Y = (X - V_{thN}) + V_H - \sqrt{\{X - V_{thN} + V_H\}^2 - 2V_HV_{dd}}$$

$$V_{out} = (V_{in} - V_{thN}) + V_H - \sqrt{\{V_{in} - V_{thN} + V_H\}^2 - 2V_HV_{dd}}$$

よって V_{out} は V_{in} の増減と反対になる。 $\therefore V_H = \frac{1}{RK_N}$