

アナログ回路工学

(5月28日, 第04回講義)

電気電子情報工学専攻
情報通信制御システム工学講座
坪根 正

アナログ回路工学 (5/28, 第04回講義)

(初めに 1/2) 担当：坪根 正

登録時に名前とメールアドレスを入力したと思いますが,
「名前はフルネーム」

「メールアドレスはstnのもの

(sXXXXXX@stn.nagaokaut.ac.jp) 」

をお願いします.

もし異なる書式で入った人は, 一度出て入り直してください.

(このメールアドレスで出席確認をします)

(受講資格が無い人のチェックも行います)

質問などはチャットに書き込んでみて下さい

(まだ教員側も慣れてないので,

皆さんと一緒に慣れていきたいと思っています)

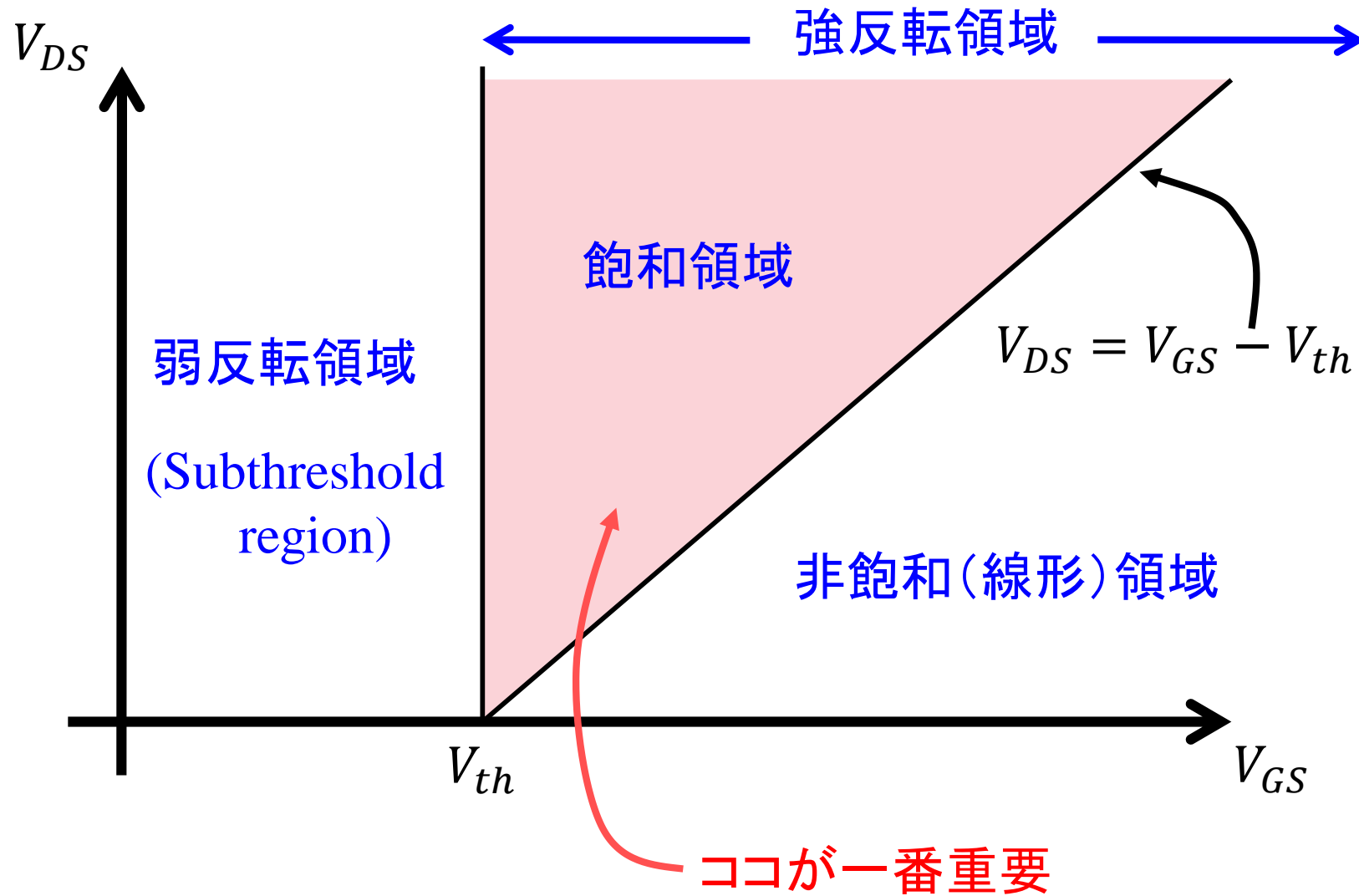
アナログ回路工学 (5/28, 第04回講義) (初めに 2/2) 担当：坪根 正

とても大切なこと：

**Zoom授業の録画等を
学生が勝手に複製・配布することは禁止です**

十分に注意して下さい

アナログ回路工学 (5/28, 第04回講義, 前回の復習)
(まとめ1/3) 担当: 坪根 正



アナログ回路工学 (5/28, 第04回講義, 前回の復習)

(まとめ2/3) 担当: 坪根 正

V_{DS} V_{GS}	$V_{DS} < V_{GS} - V_{th}$	$V_{DS} > V_{GS} - V_{th}$
$V_{GS} > V_{th}$ 強反転	$I_D = \mu C_{ox} \frac{W}{L} \left\{ (V_{GS} - V_{th}) V_{DS} - \frac{1}{2} V_{DS}^2 \right\}$ 非飽和(線形)	$I_D = \frac{1}{2} \mu C_{ox} \frac{W}{L} (V_{GS} - V_{th})^2 (1 + \lambda V_{DS})$ 飽和
$V_{GS} < V_{th}$ 弱反転	$I_D \approx 0$	

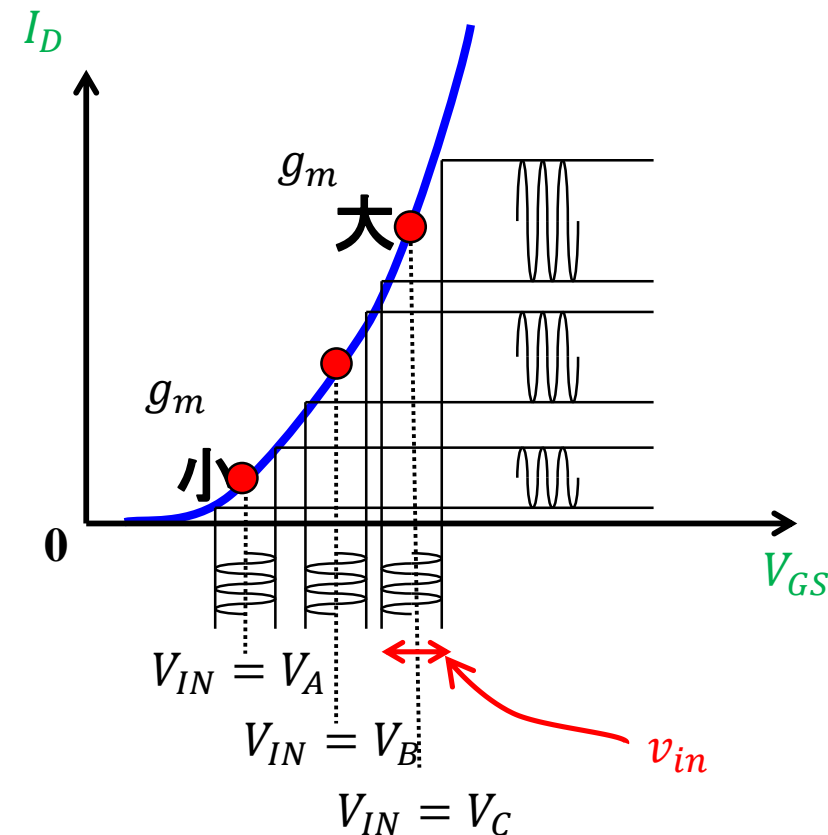
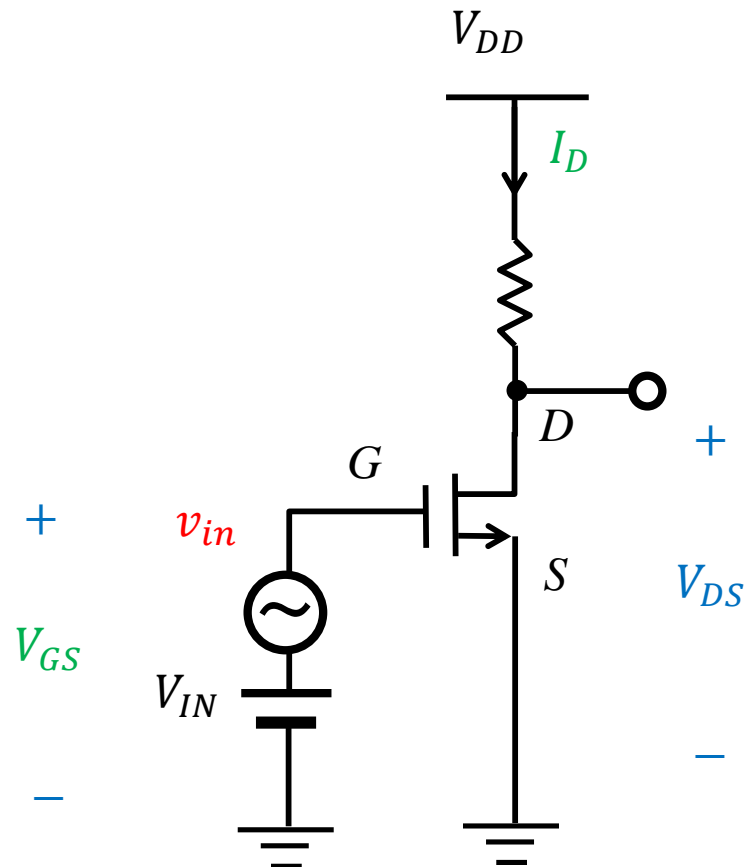
アナログ回路工学 (5/28, 第04回講義, 前回の復習)

(まとめ3/3, MOSFETの増幅作用)

担当: 坪根 正

微小な入力摂動(ゲート電圧信号の変化)を
大きな出力変動(ドレイン電流の変化)として取り出す

$$\text{飽和領域: } I_D = \frac{1}{2} \mu C_{ox} \frac{W}{L} (V_{GS} - V_{th})^2 (1 + \lambda V_{DS})$$



アナログ回路工学（5/28, 第04回講義） （本日の内容） 担当：坪根 正

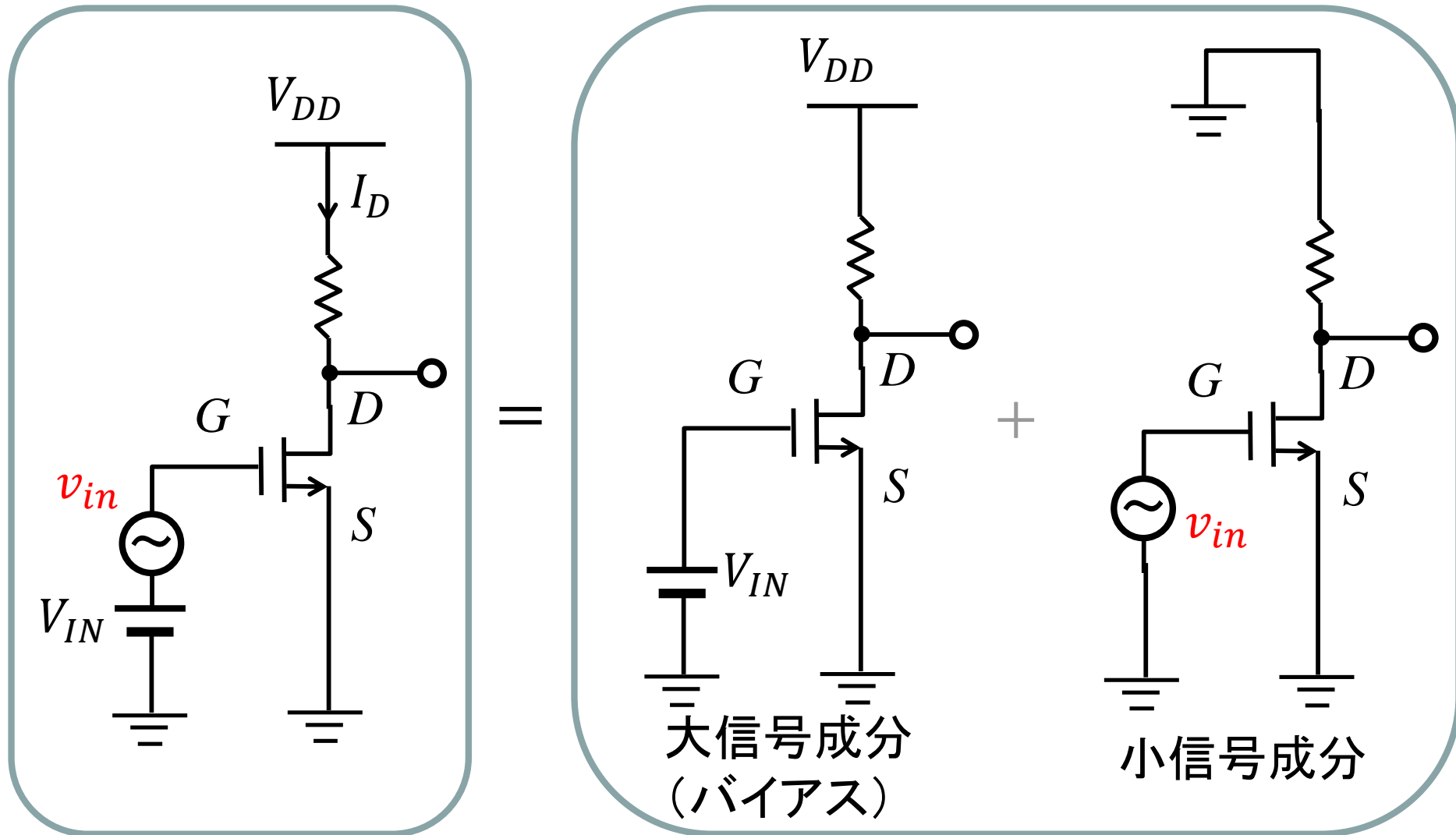
小信号等価回路を理解する

ソース接地増幅回路を理解する

アナログ回路工学 (5/28, 第04回講義)

(動作点付近の近似モデル)

担当：坪根 正



バイアス成分 + 小信号成分 (重ね合わせ)

アナログ回路工学 (5/28, 第04回講義)

(MOSFETの小信号モデル 1/2)

担当：坪根 正

飽和領域のドレイン電流

$$I_D = \frac{1}{2} \mu C_{ox} \frac{W}{L} (V_{GS} - V_{th})^2 (1 + \lambda V_{DS})$$

V_{GS} と V_{DS} の微小変動に対する I_D の変化量

$$\Delta I_D = \frac{dI_D}{dV_{GS}} \Delta V_{GS} + \frac{dI_D}{dV_{DS}} \Delta V_{DS} \quad (\text{線形近似})$$

変化量を小文字で表記

$$i_d = g_m v_{gs} + \frac{1}{r_o} v_{ds}$$

$$\begin{aligned} g_m &= \frac{dI_D}{dV_{GS}} \\ &= \mu C_{ox} \frac{W}{L} (V_{GS} - V_{th}) (1 + \lambda V_{DS}) \end{aligned}$$

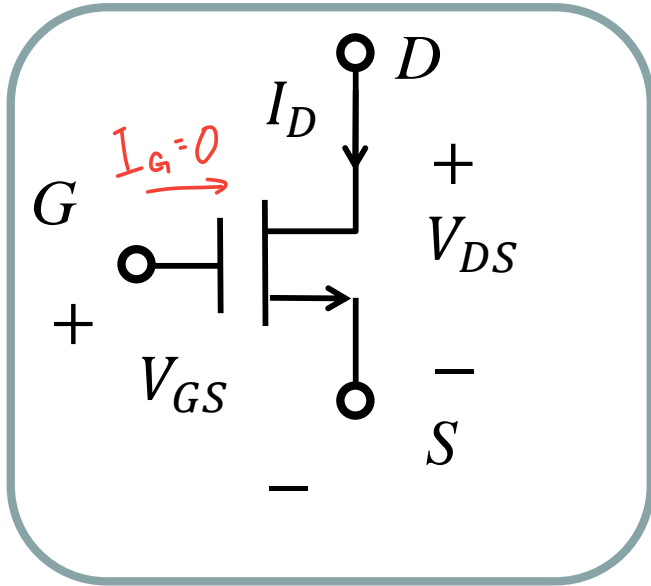
$$\begin{aligned} \frac{1}{r_o} &= \frac{dI_D}{dV_{DS}} \quad \leftarrow \text{定義} \\ &= \lambda \frac{1}{2} \mu C_{ox} \frac{W}{L} (V_{GS} - V_{th})^2 \\ &\cong \lambda I_D \end{aligned}$$

アナログ回路工学 (5/28, 第04回講義)

(MOSFETの小信号モデル 2/2)

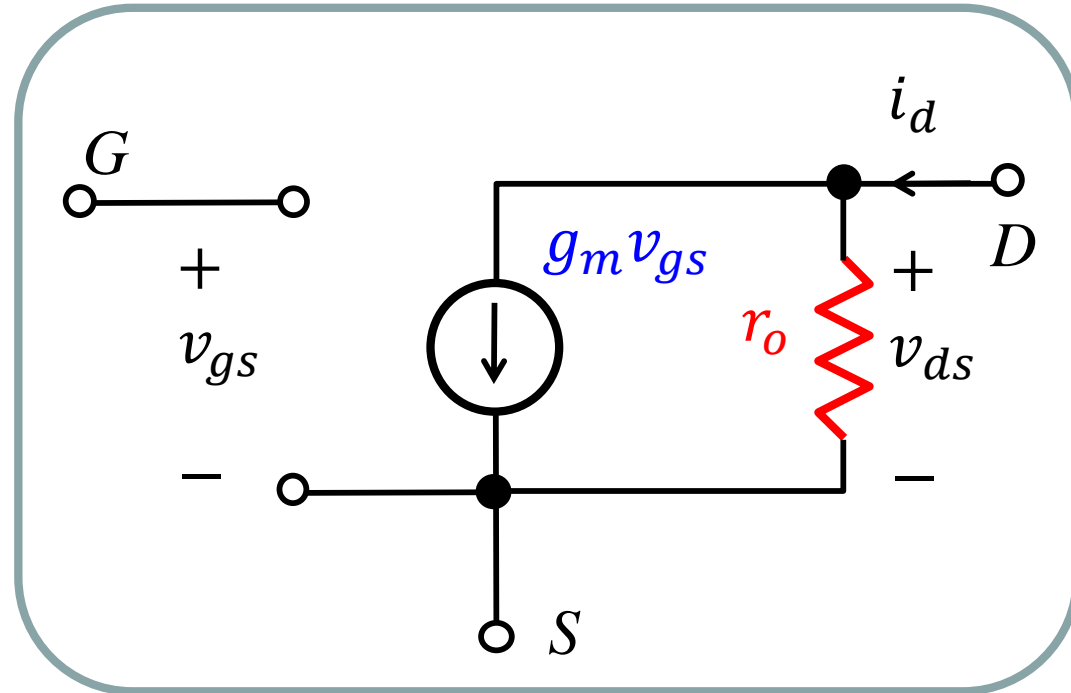
担当：坪根 正

ゲートに電流は流れない.



$$i_d = g_m v_{gs} + \frac{1}{r_o} v_{ds}$$

nMOSの小信号モデル



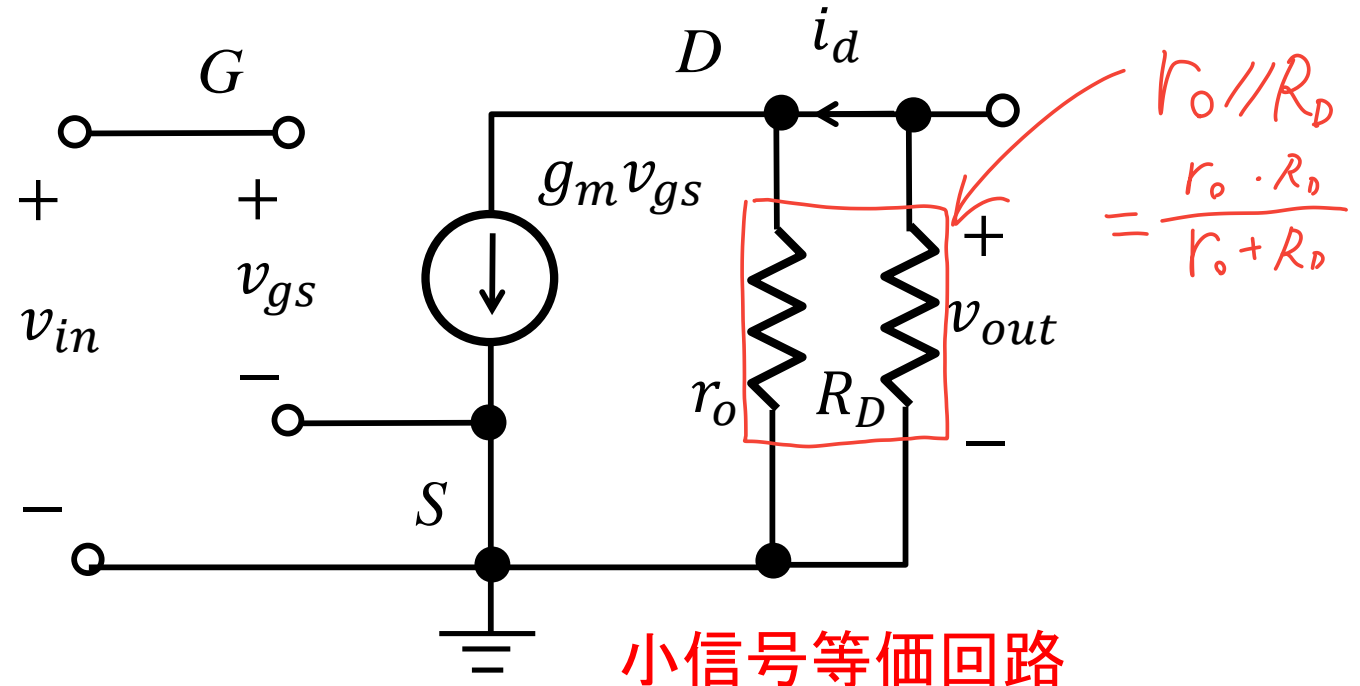
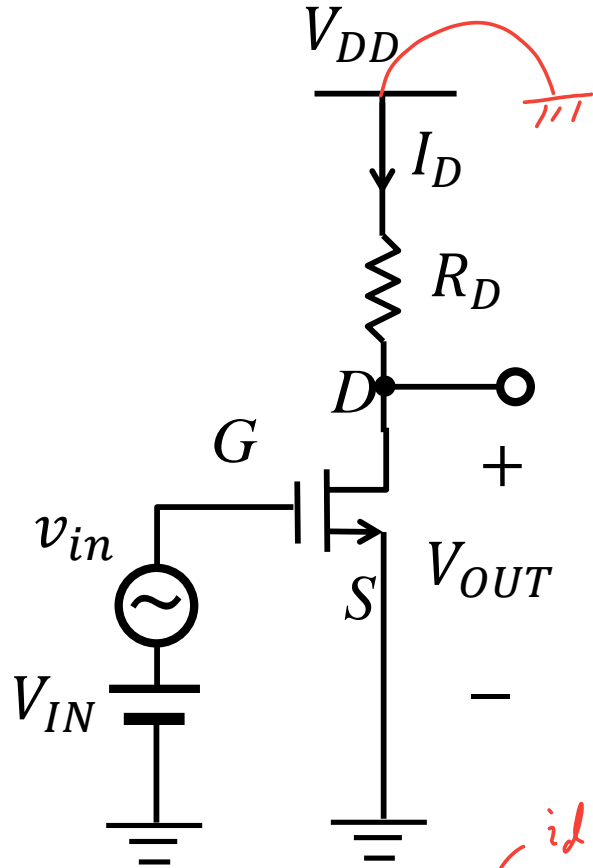
g_m : トランス(伝達)コンダクタンス

r_o : 出力抵抗

アナログ回路工学 (5/28, 第04回講義)

(ソース接地増幅回路, 抵抗負荷)

担当: 坪根 正



小信号電圧利得: $A_v = \frac{v_{out}}{v_{in}} = -g_m \frac{r_o R_D}{r_o + R_D}$

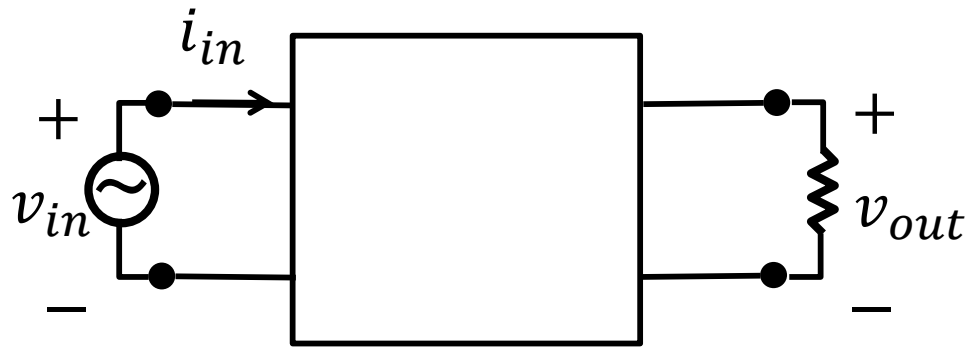
$v_{out} = -g_m v_{gs} (r_o // R_D)$

$i_d = g_m v_{gs}$

アナログ回路工学 (5/28, 第04回講義)

(電圧制御型電圧源の入出カインピーダンス) 担当: 坪根 正

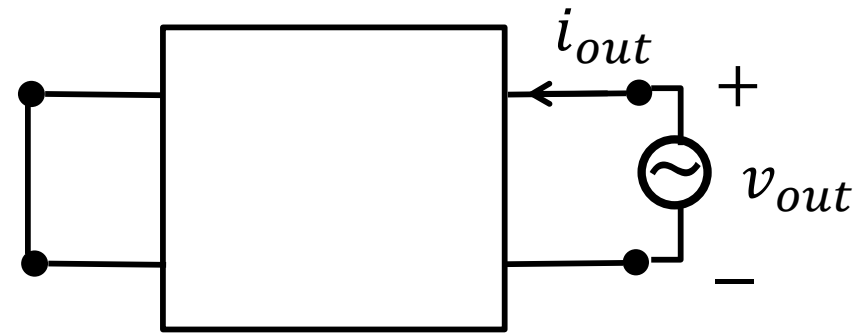
電圧制御電圧源 (VCVS)



入カインピーダンス

$$Z_{in} = \frac{v_{in}}{i_{in}}$$

(理想的には ∞)



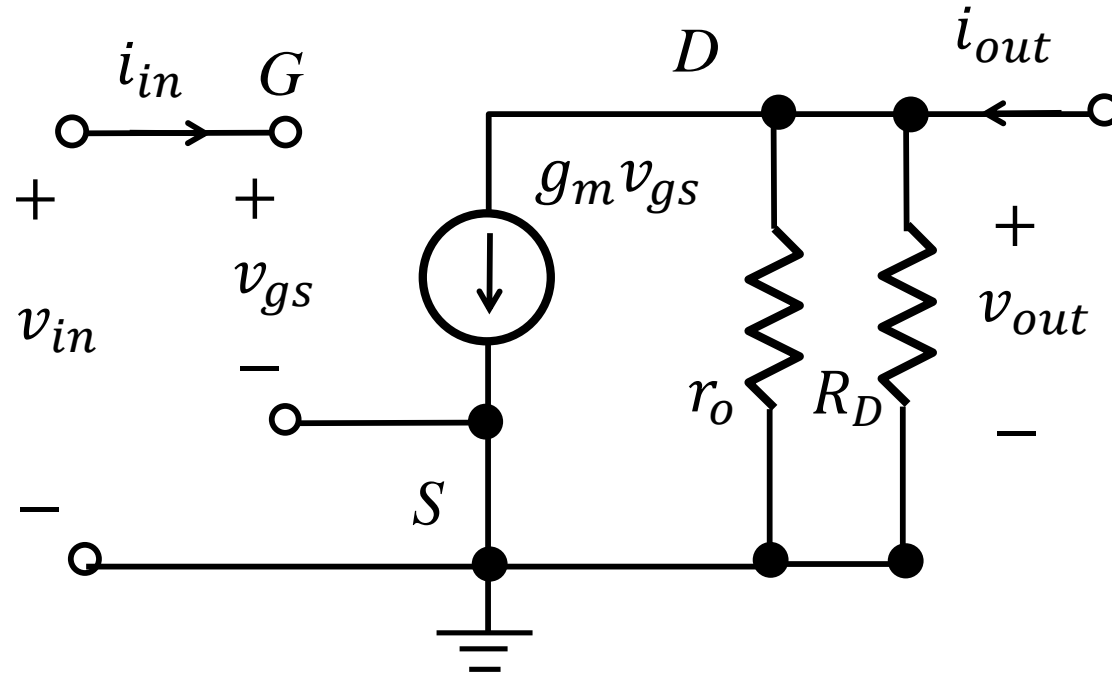
出カインピーダンス

$$Z_{out} = \frac{v_{out}}{i_{out}} \Big|_{v_{in}=0}$$

(理想的には0)

アナログ回路工学 (5/28, 第04回講義)

(ソース接地増幅回路の入出力インピーダンス, 抵抗負荷) 担当: 坪根 正



$$Z_{out} = \frac{v_{out}}{i_{out}} \Big|_{v_{in}=0}$$

入力インピーダンス

$$Z_{in} = \infty$$

$$Z_{in} = \frac{v_{in}}{i_{in}}$$

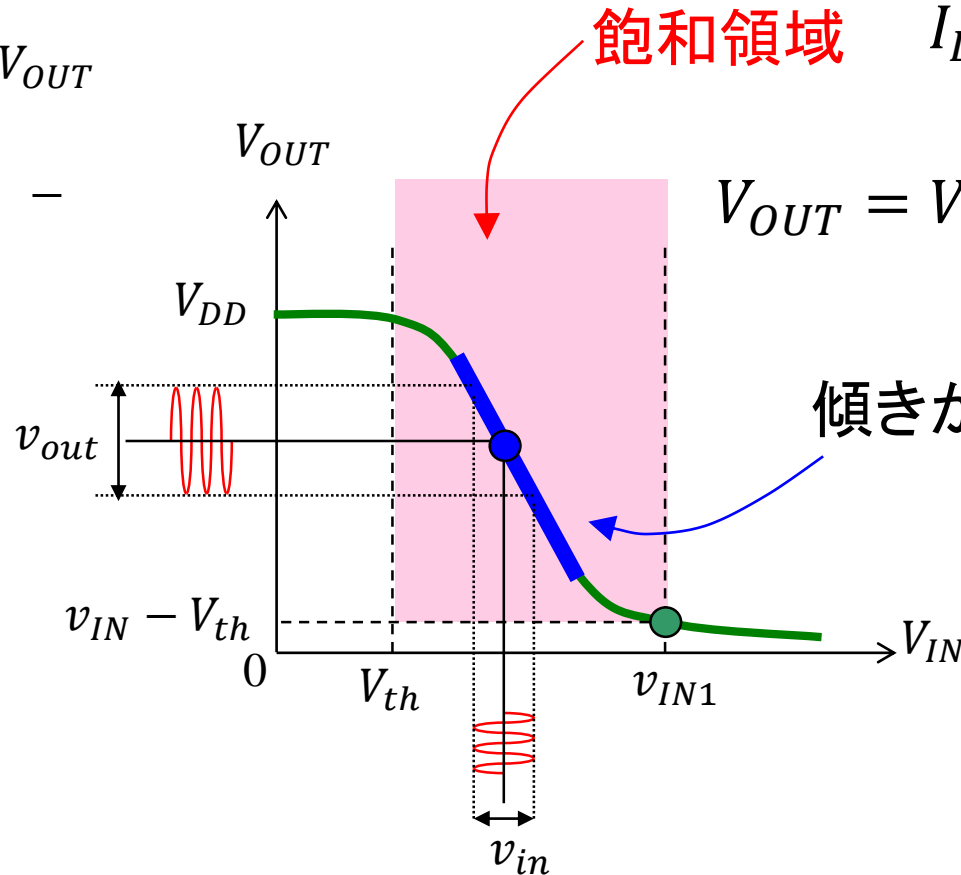
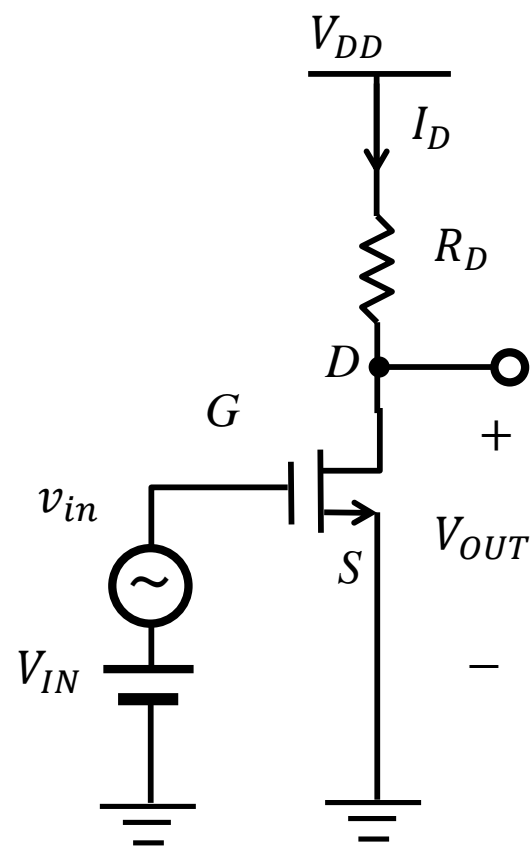
出力インピーダンス

$$Z_{out} = \frac{r_o R_D}{r_o + R_D}$$

アナログ回路工学 (5/28, 第04回講義)

(ソース接地増幅回路の大信号解析) 担当: 坪根 正

リストには出さない.



飽和領域

$$I_D = \frac{1}{2} \mu C_{ox} \frac{W}{L} (V_{GS} - V_{th})^2 (1 + \lambda V_{DS})$$

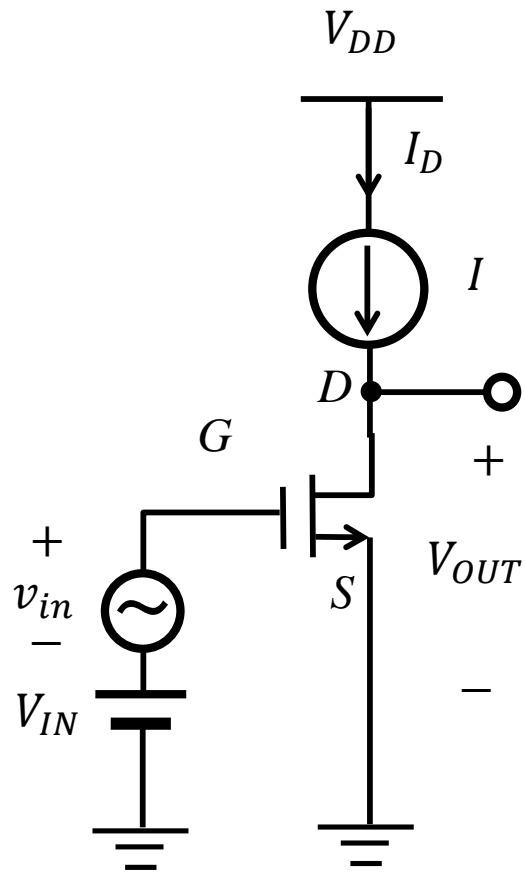
$$V_{OUT} = V_{DD} - \frac{1}{2} \mu C_{ox} \frac{W}{L} (V_{IN} - V_{th})^2 (1 + \lambda V_{OUT}) R_D$$

傾きが電圧利得

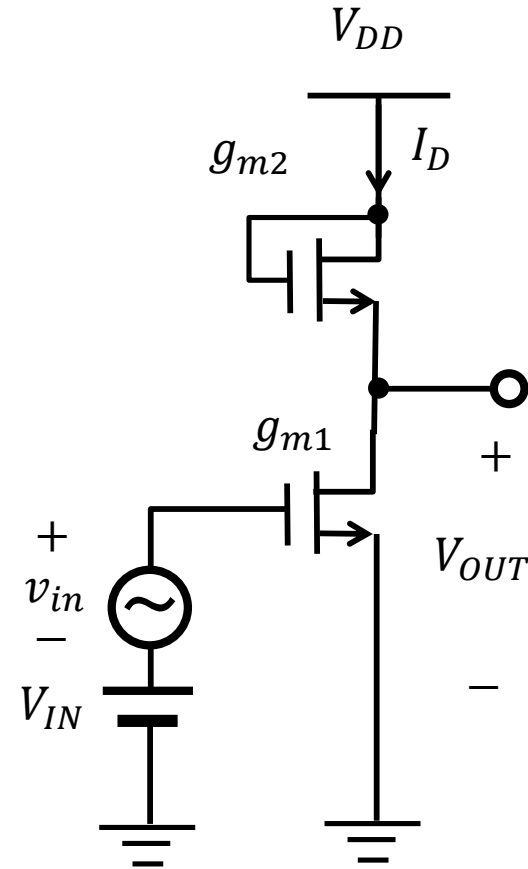
$$A_v = \frac{\partial V_{OUT}}{\partial V_{IN}} = \frac{-g_m R_D}{1 + \frac{1}{r_o} R_D} = \frac{-g_m r_o R_D}{r_o + R_D}$$

アナログ回路工学 (5/28, 第04回講義)

(ソース接地増幅回路, 電流源負荷とダイオード負荷) 担当: 坪根 正



$r_o \approx \frac{1}{\lambda I_D}$



$r_o = \infty$

アナログ回路工学 (5/28, 第04回講義) (最後に) 担当：坪根 正

本日の演習問題の締め切りは 6月1日(月) 23:59 です

- 演習問題の解答をILIASへ提出して下さい
- ファイル形式はpdfにして下さい)
- ファイル名は全て半角で
学籍番号-analog-2桁の講義番号.pdf として下さい
例：2031XXXXanalog04.pdf のように)

繋げて

繋げて

協力をお願いします