



**POLITECHNIKA
BYDGOSKA**

Wydział Telekomunikacji,
Informatyki i Elektrotechniki

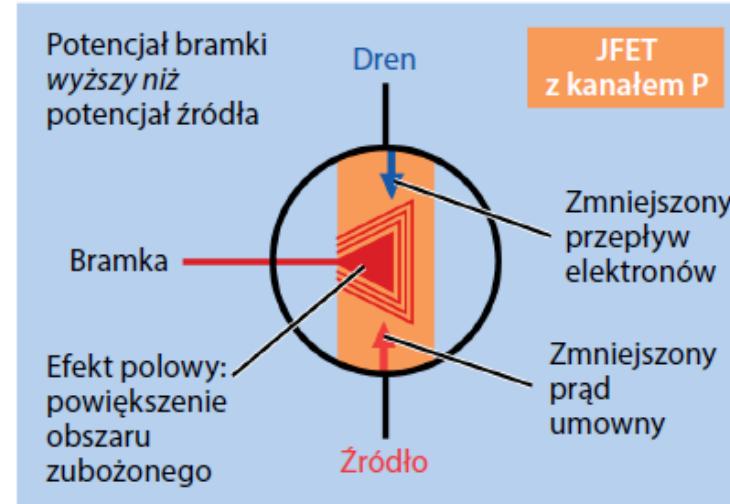
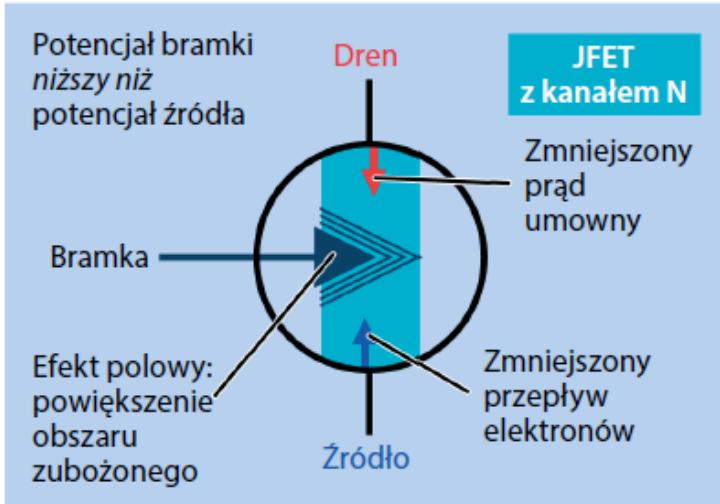
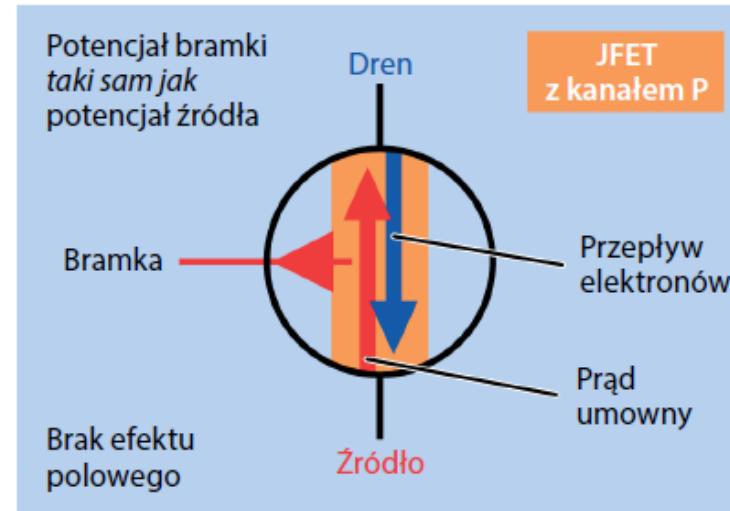
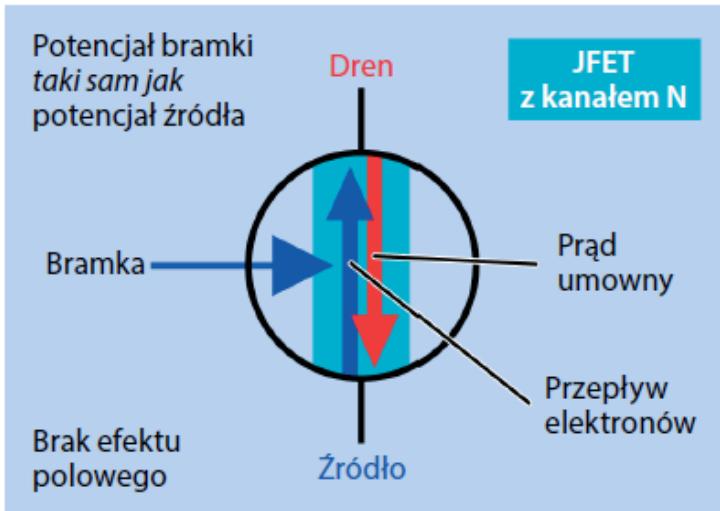
Podstawy Elektroniki

Wykład 4

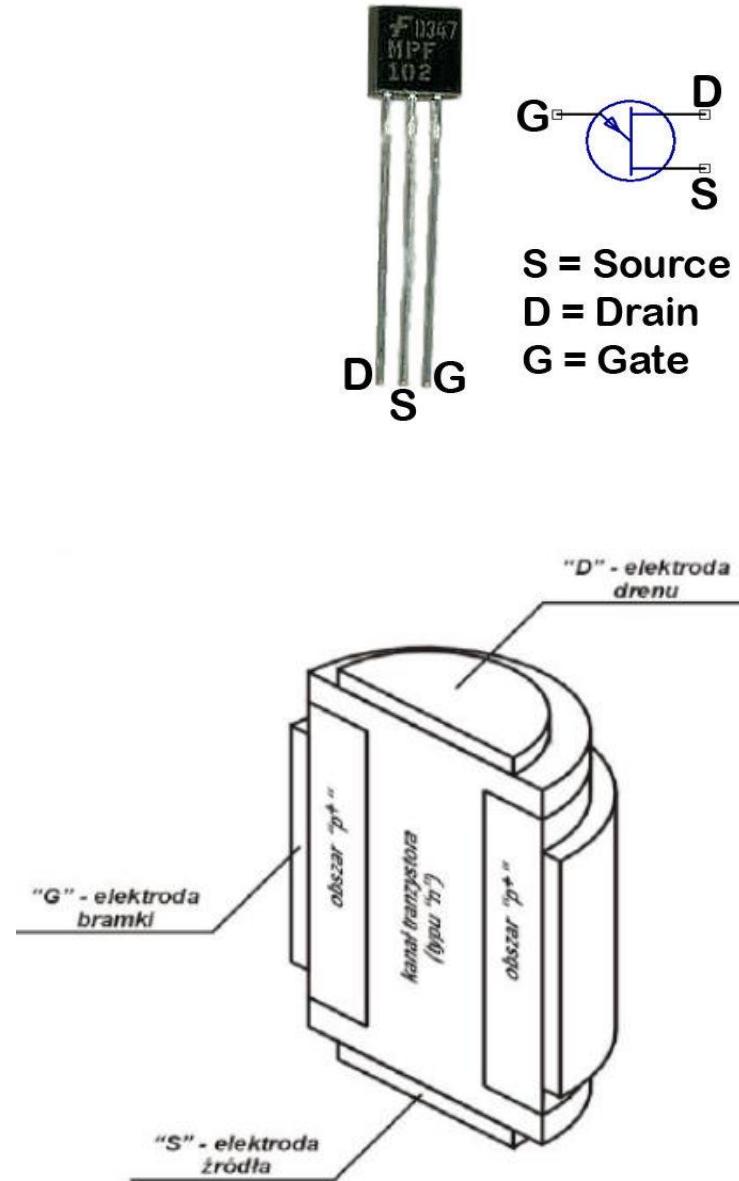
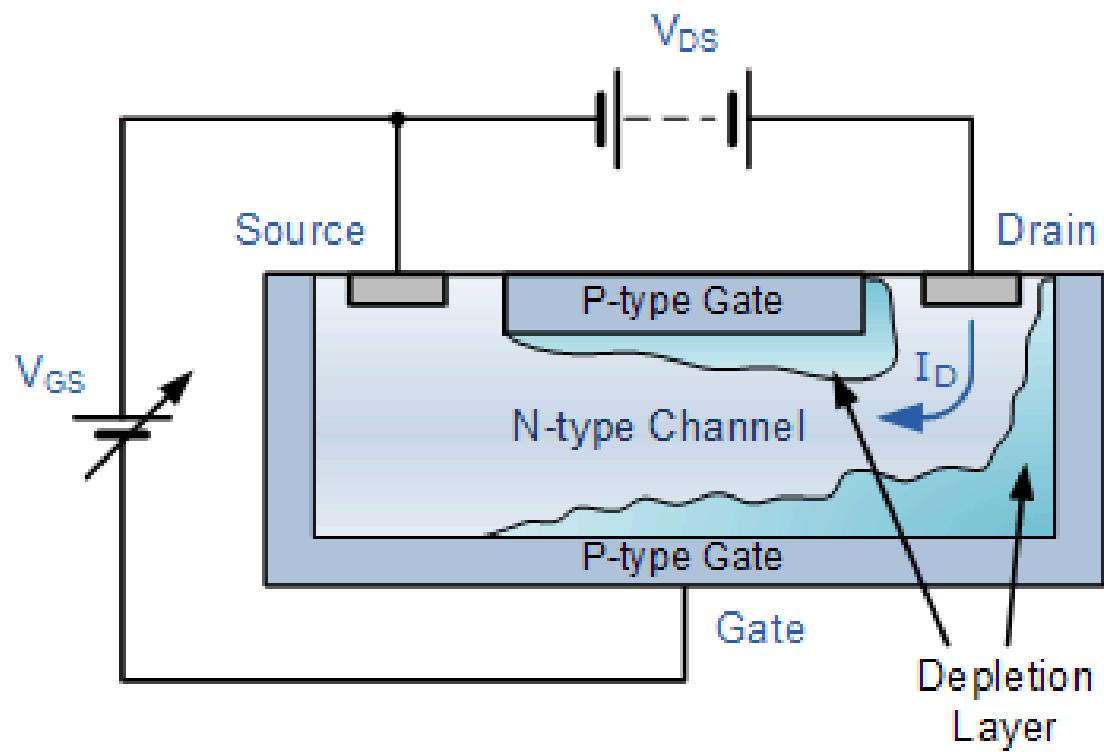
dr inż. Monika Kosowska



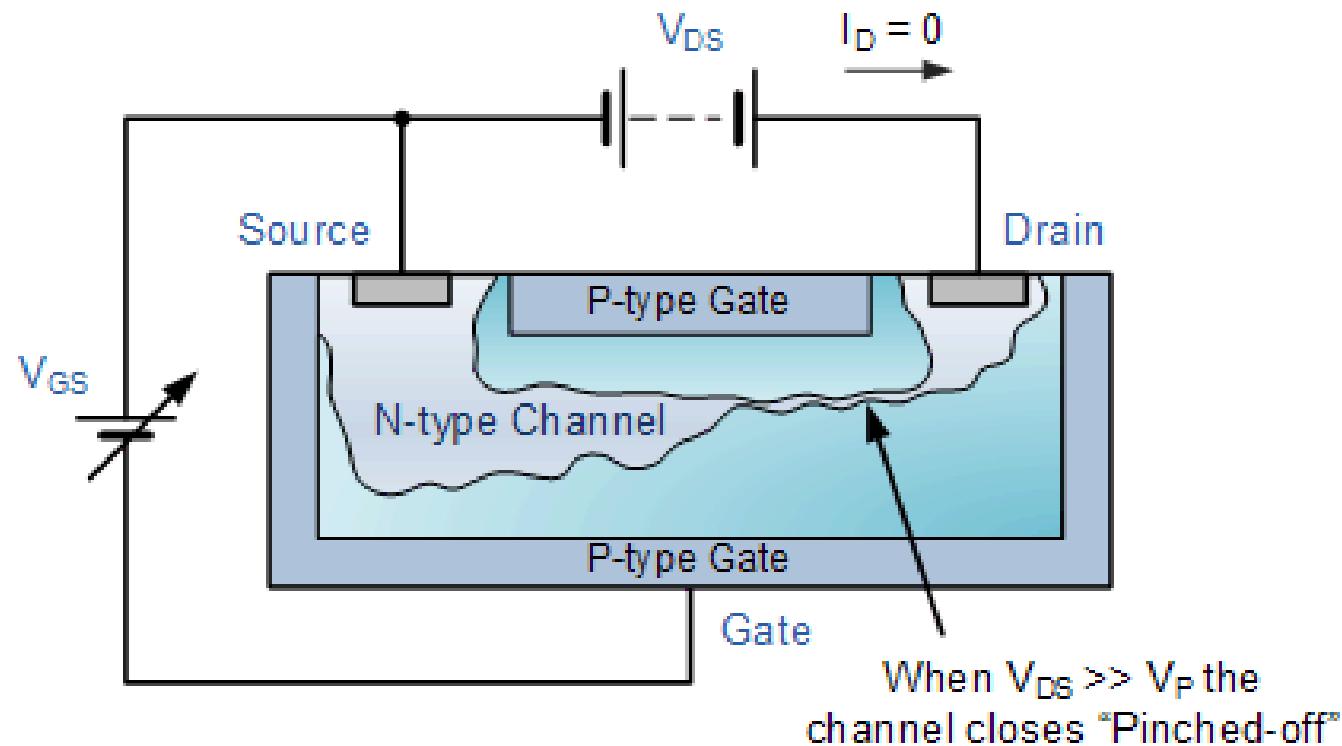
Tranzystor JFET



Tranzystor JFET z kanałem N

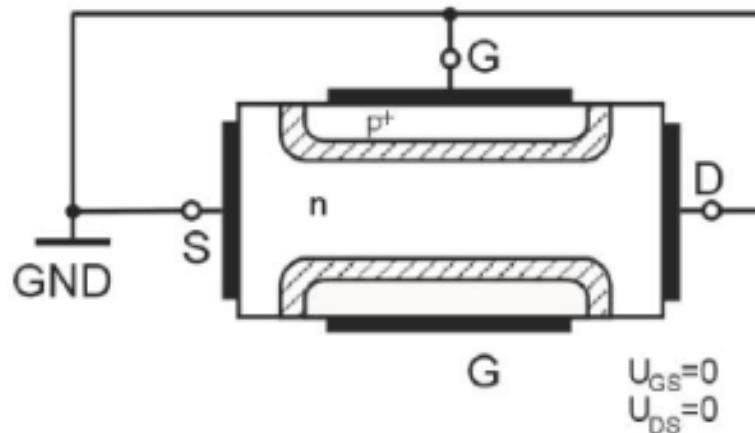


Tranzystor JFET z kanałem N

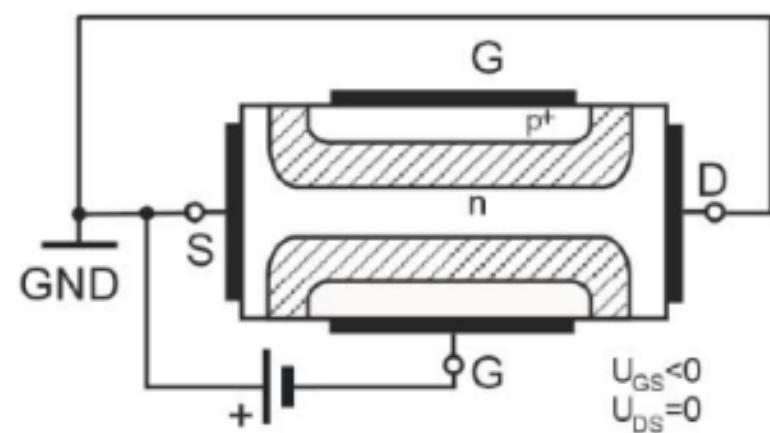


Tranzystor JFET

a.)



b.)

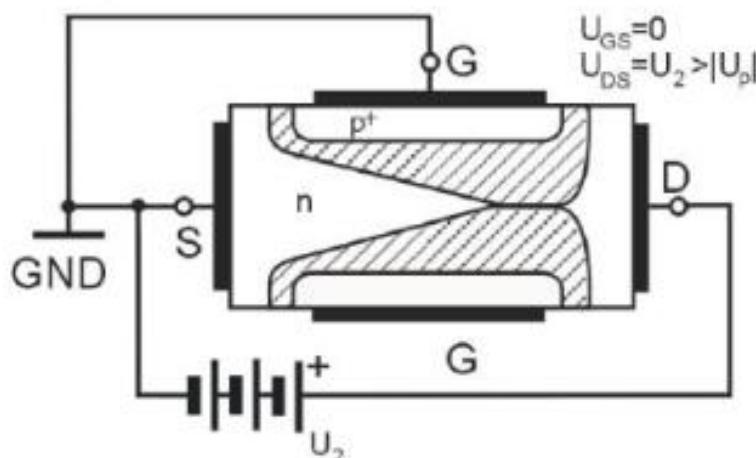
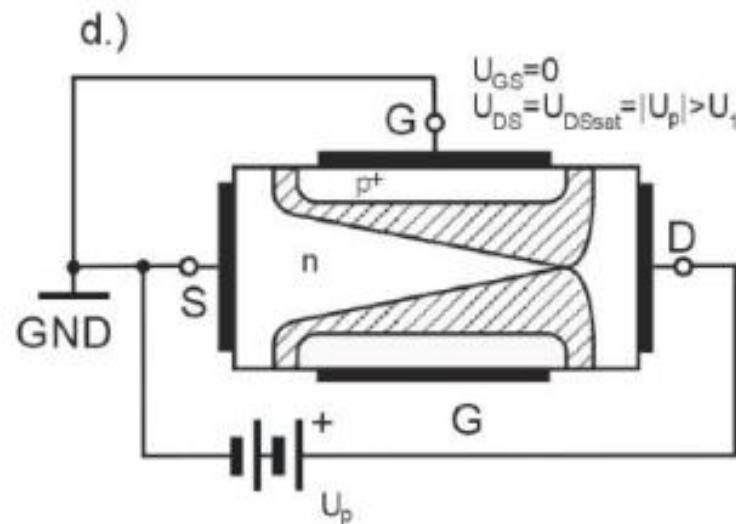
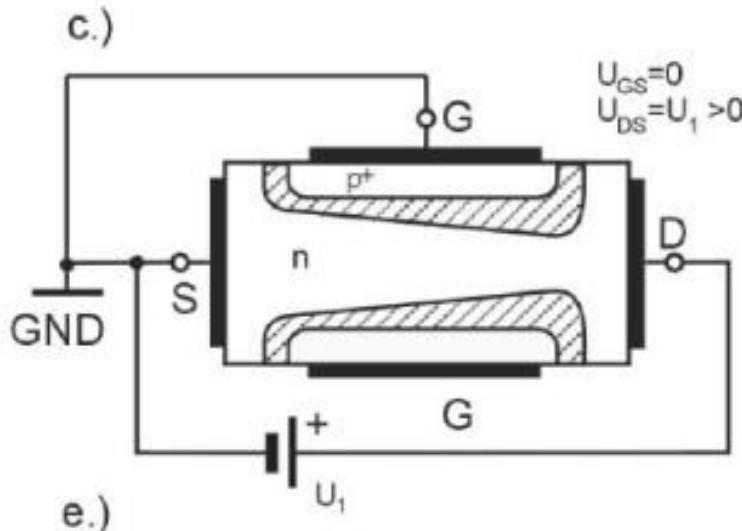


- obszar zubożony na granicy złącza (inaczej: o. ładunku przestrzennego lub o. bariery potencjału lub o. zaporowy)



- GrouND (ziemia, masa); potencjal zerowy odniesienia, względem niego określa się napięcia w układzie

Tranzystor JFET

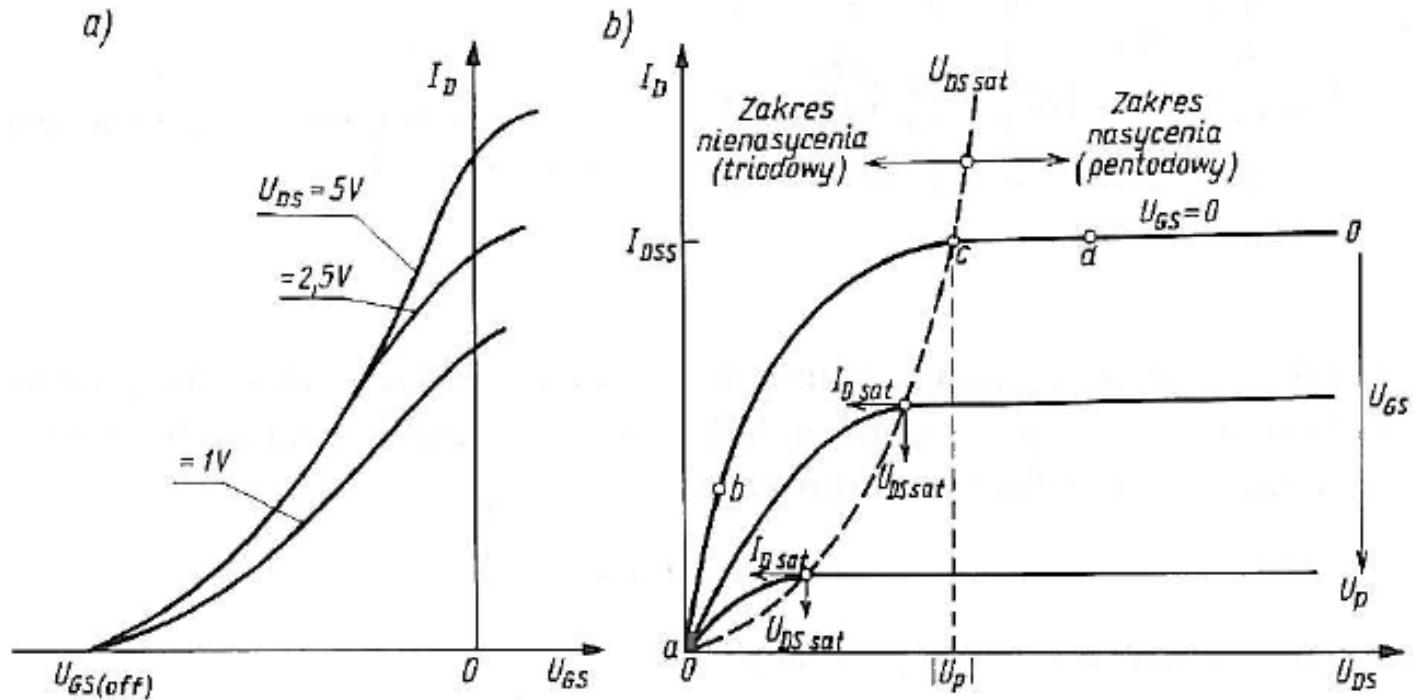


- obszar zubożony na granicy złącza (inaczej: o. ładunku przestrzennego lub o. barierы потенциала lub o. zaporowy)



- GrouND (ziemia, masa): potencjal zerowy odniesienia, względem niego określa się napięcia w układzie

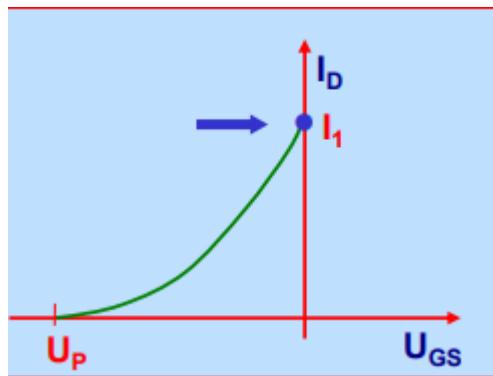
Charakterystyki tranzystora JFET – kanał typu n



a) przejściowa, zależność prądu drenu I_D od napięcia bramka-źródło U_{GS} , przy stałym napięciu dren-źródło U_{DS}

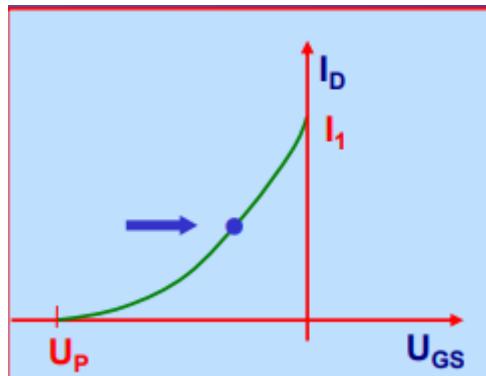
b) wyjściowa, zależność prądu drenu I_D od napięcia dren-źródło U_{DS} , przy stałym napięciu bramka-źródło U_{GS}

Charakterystyki przejściowe tranzystora JFET



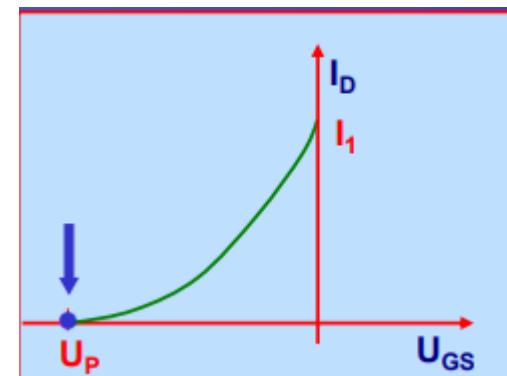
$$U_{GS} = 0$$

U_{DS} – male
 $I_D = I_L$



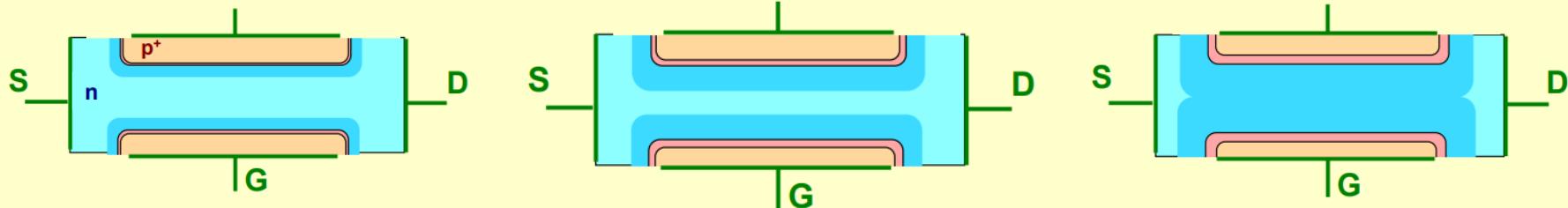
$$U_p < U_{GS} < 0$$

U_{DS} – male
 $I_D < I_L$

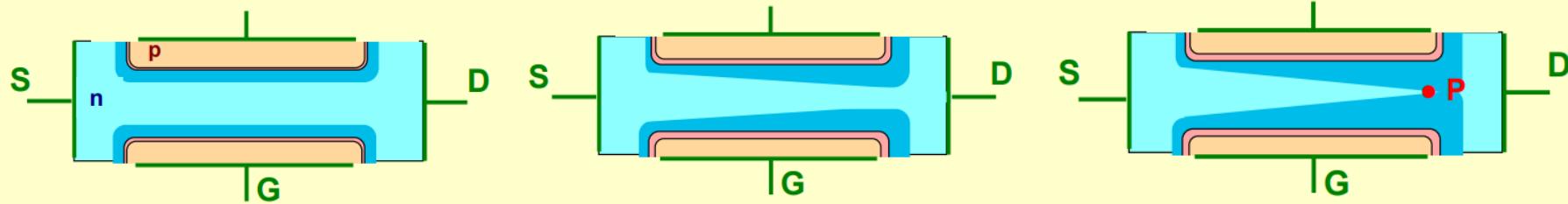
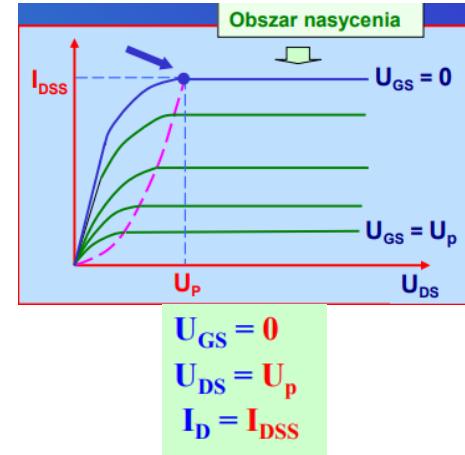
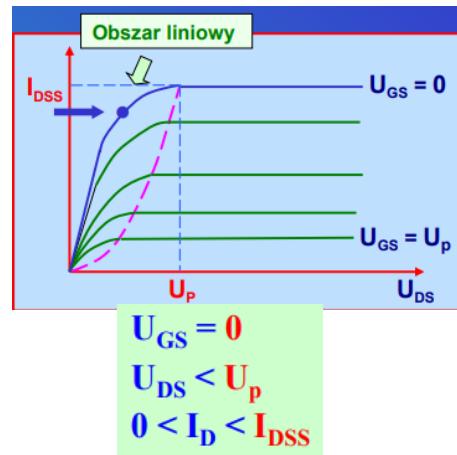
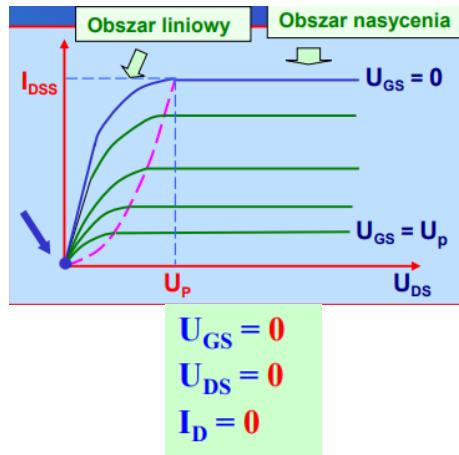


$$U_{GS} = U_p$$

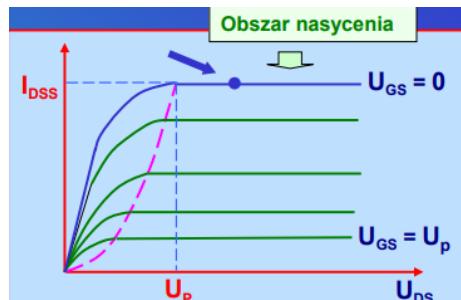
U_{DS} – male
 $I_D = 0$



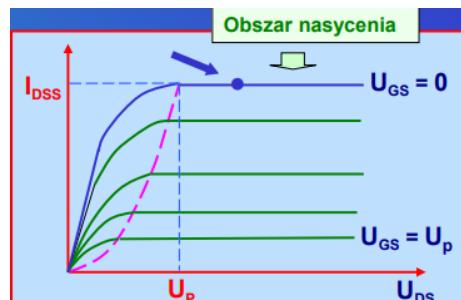
Charakterystyki wyjściowe



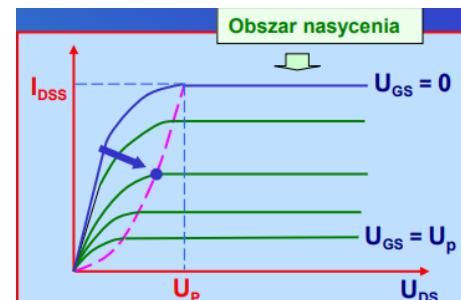
Charakterystyki wyjściowe



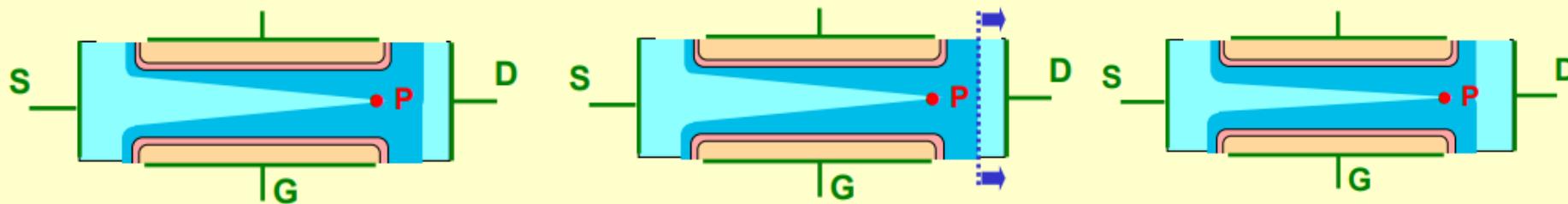
$$\begin{aligned} U_{GS} &= 0 \\ U_{DS} &= U_p \\ I_D &= I_{DSS} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} U_{GS} &= 0 \\ U_{DS} &= U_p \\ I_D &= I_{DSS} \end{aligned}$$



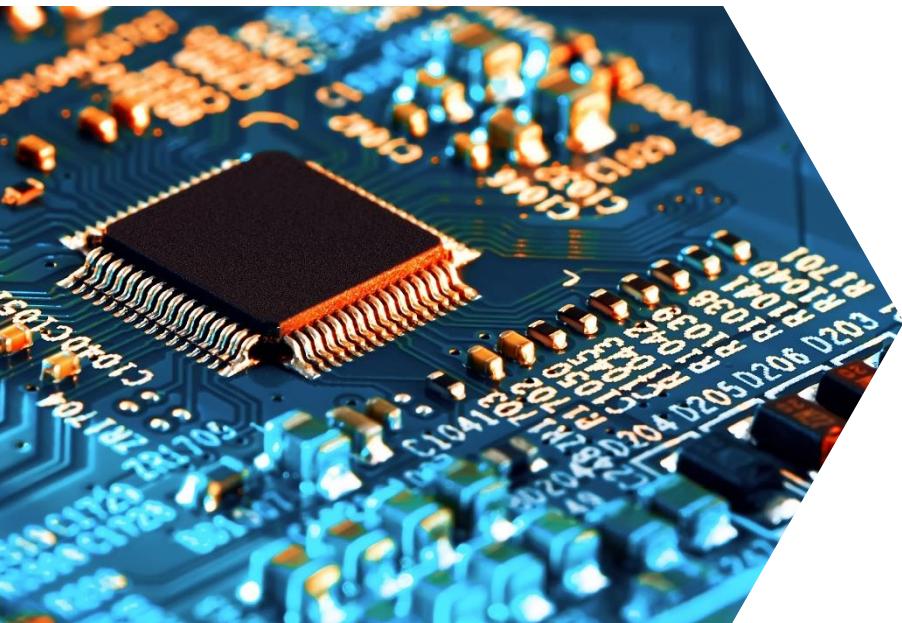
$$\begin{aligned} U_{GS} &< 0 \\ U_{DS} &= U_p \\ I_D &< I_{DSS} \end{aligned}$$



$$U_p = U_{GS} + U_{DS}$$

- tranzystory bipolarne są elementami normalnie wyłączonymi, sterowanymi prądowo – w przypadku braku prądu bazy nie płynie prąd kolektora lub emitera
- tranzystory JFET są elementami normalnie włączonymi, sterowane są napięciowo - przy braku napięcia sterującego przez kanał płynie maksymalny prąd

	Tranzystor bipolarny NPN	JFET z kanałem N
Rodzaj wzmocnienia	Prądowe	Napięciowe
Polaryzacja robocza	Dodatnia	Ujemna
Stan przy braku polaryzacji	Nieprzewodzenie	Przewodzenie
Stan przy polaryzacji roboczej	Lepsze przewodnictwo	Gorsze przewodnictwo



Tranzystor MOSFET

Tranzystor polowy z izolowaną bramką (MOSFET)

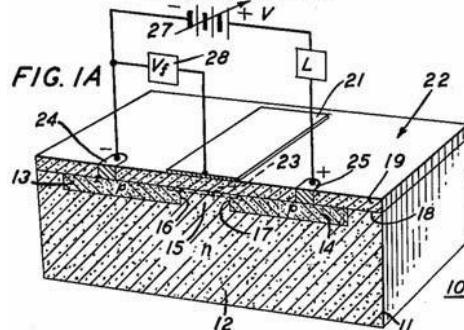
Metal-Oxide Semiconductor Field Effect Transistor



Mohamed Atalla i Dawon Kahng

Rys. 1 Fragment patentu z 1960 r.

Aug. 27, 1963 DAWON KAHNG 3,102,230
ELECTRIC FIELD CONTROLLED SEMICONDUCTOR DEVICE Filed May 31, 1960

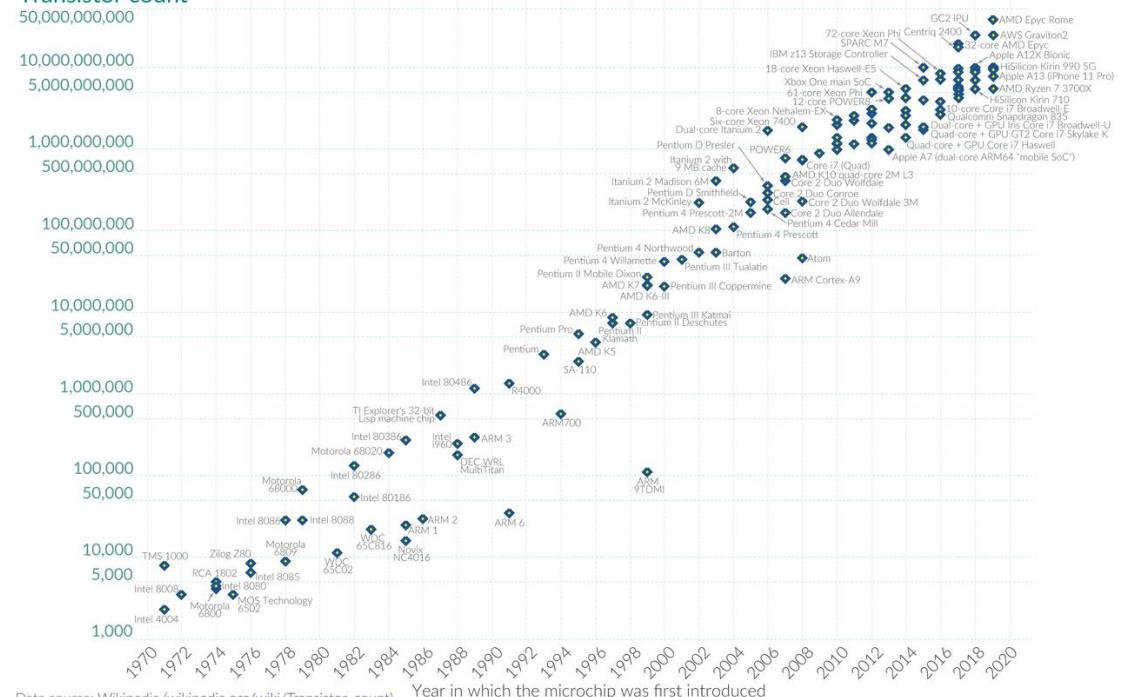


Moore's Law: The number of transistors on microchips doubles every two years

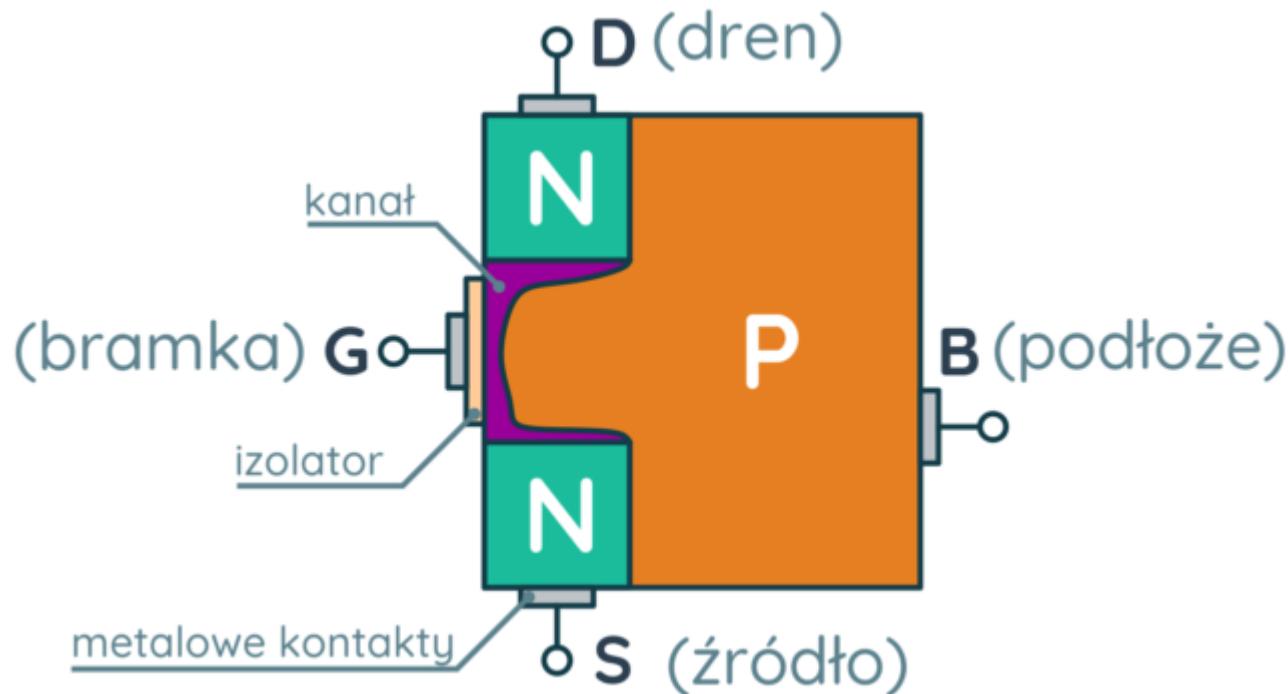
Moore's law describes the empirical regularity that the number of transistors on integrated circuits doubles approximately every two years. This advancement is important for other aspects of technological progress in computing – such as processing speed or the price of computers.

Our World
in Data

Transistor count

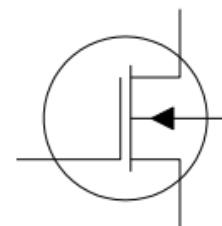
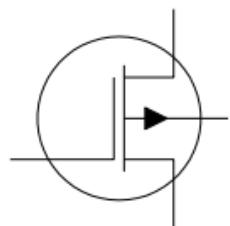
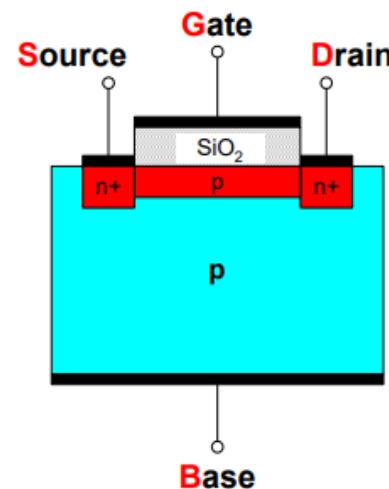
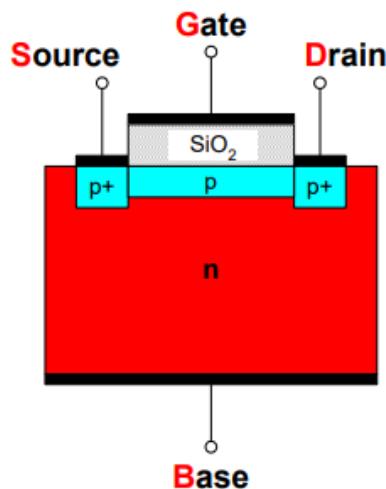


MOSFET - *Metal-Oxide Semiconductor Field-Effect Transistor*



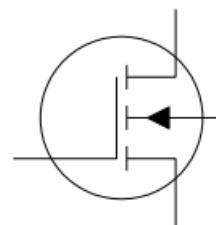
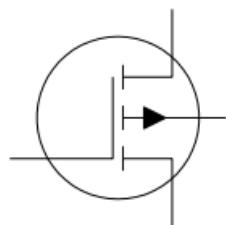
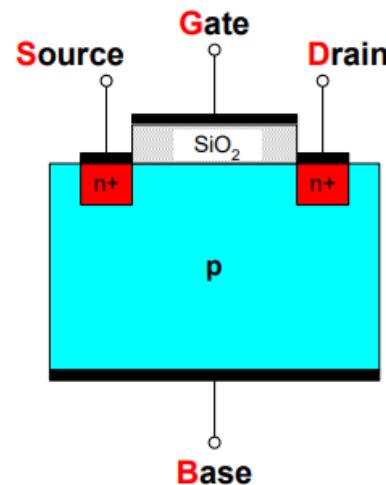
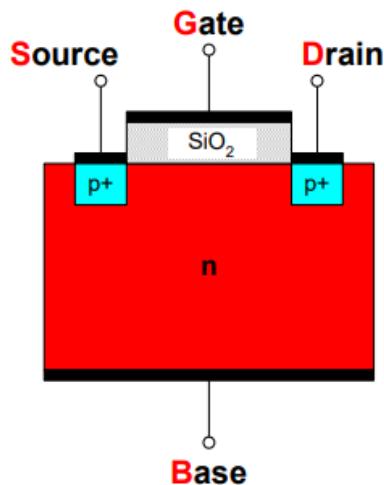
Tranzystor MOSFET

- Z kanałem zubożanym (kanał wbudowany)
- Normalnie włączone

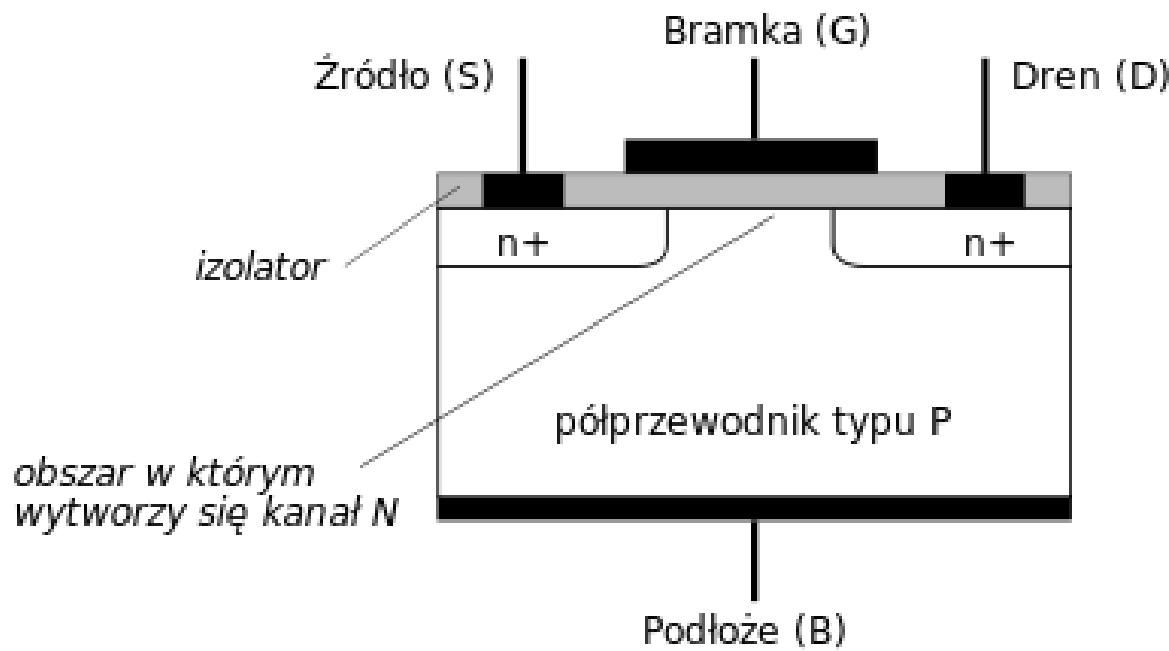


Tranzystor MOSFET

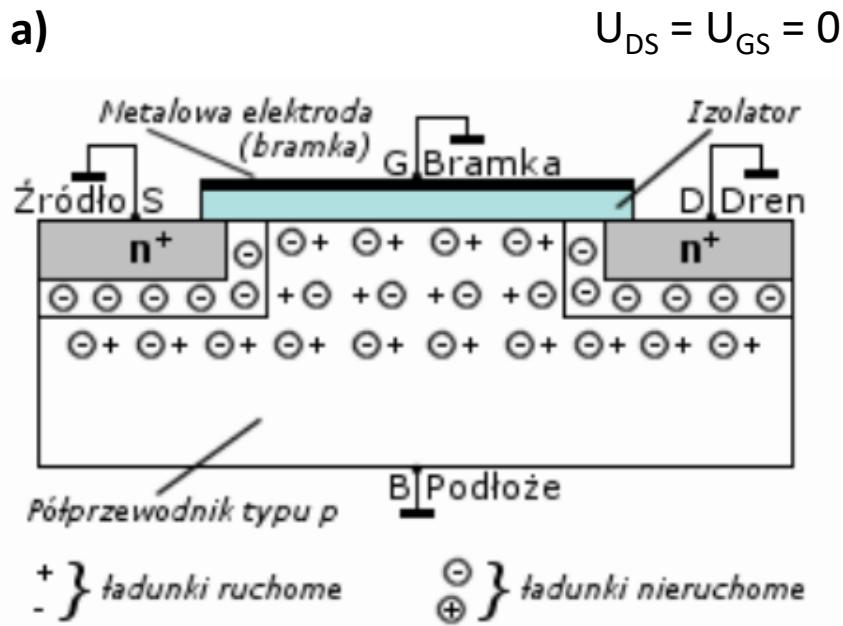
- Z kanałem wzbogacanym (kanał indukowany)
- Normalnie wyłączone



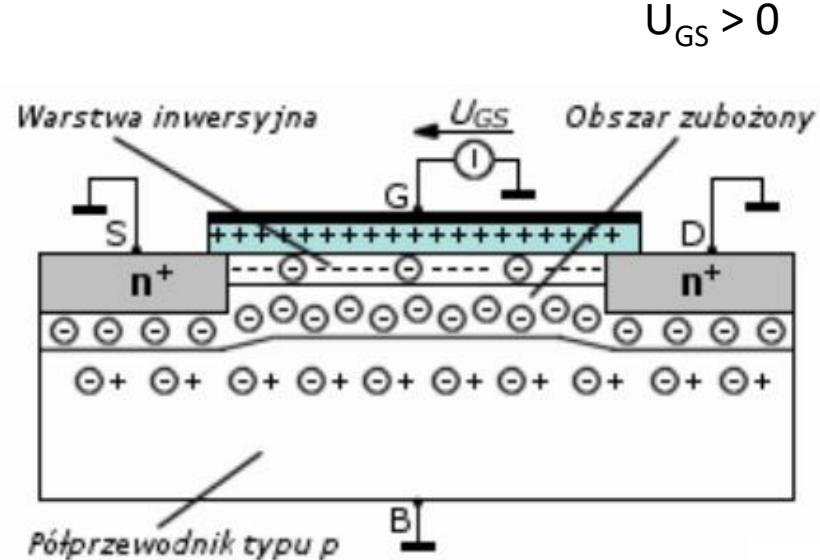
Tranzystor MOSFET - budowa



a)

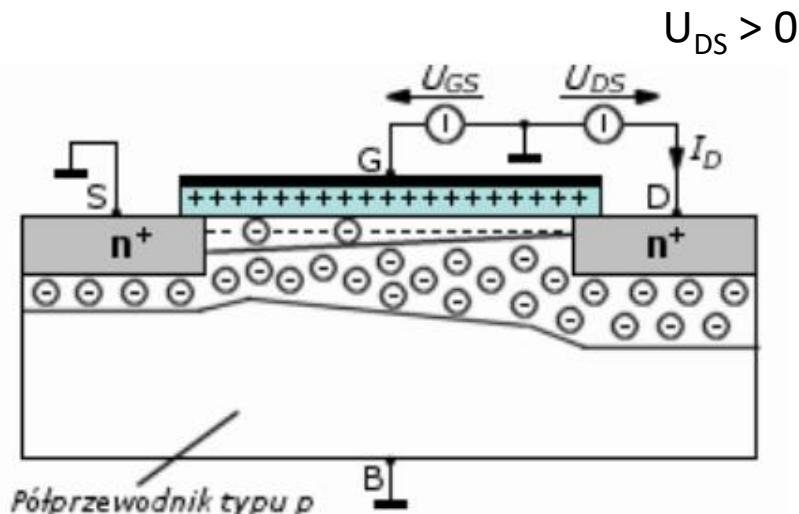


b)

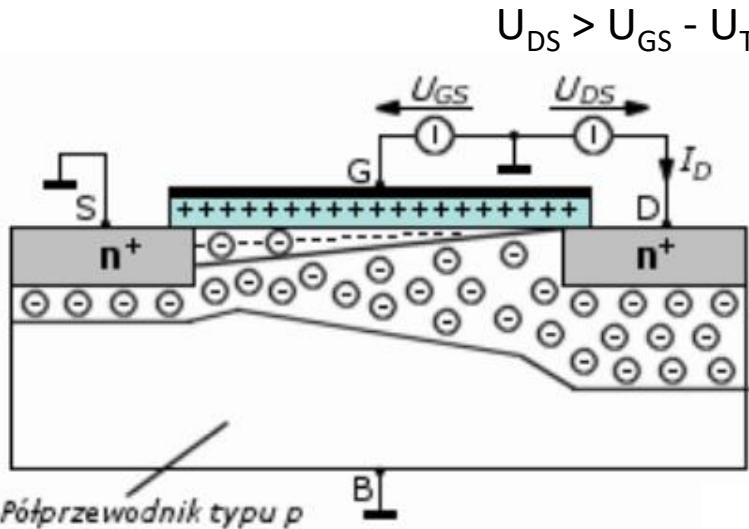


Wartość napięcia bramki U_{GS} , przy którym kanał zostanie utworzony nazywa się napięciem progowym U_T .

c)

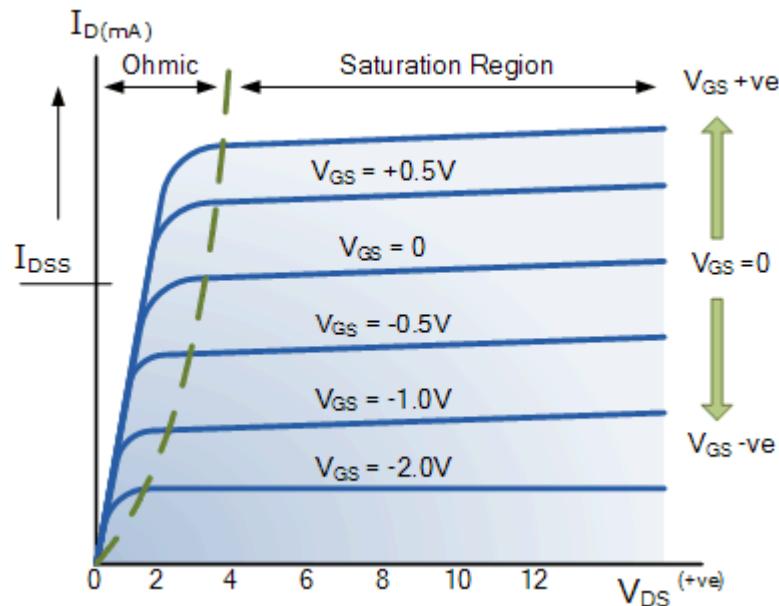


d)



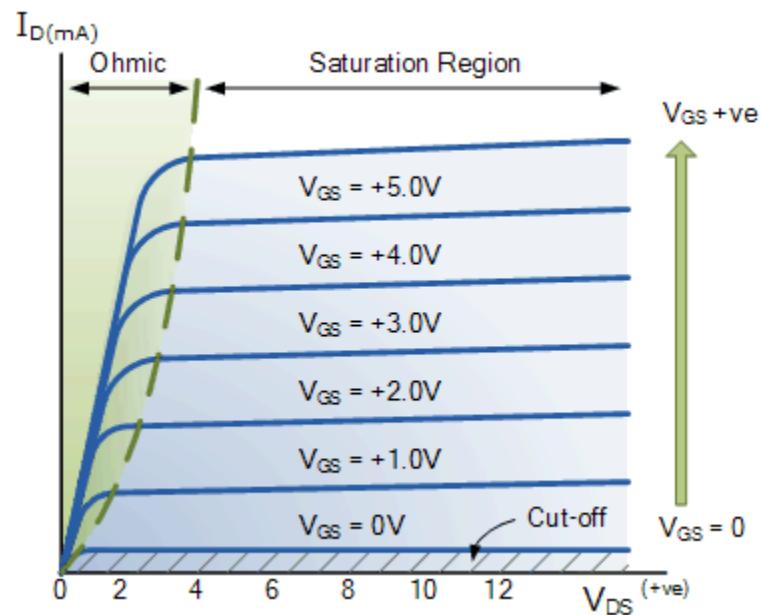
Zakresy pracy

- Zakres nienasycenia (liniowy, triodowy)
- Zakres nasycenia (pentodowy)

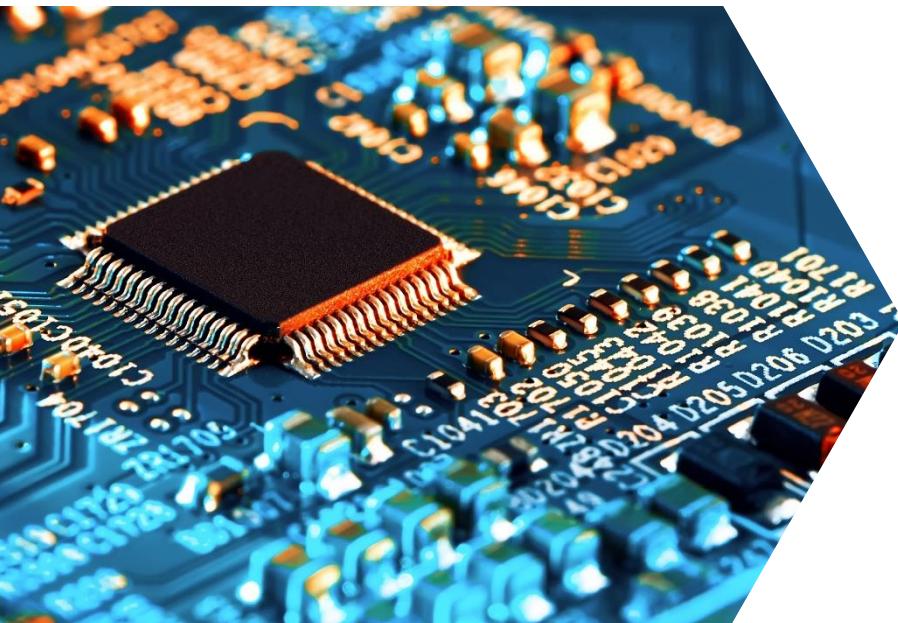


Z kanałem zubożonym

Tranzystor MOSFET n-kanałowy

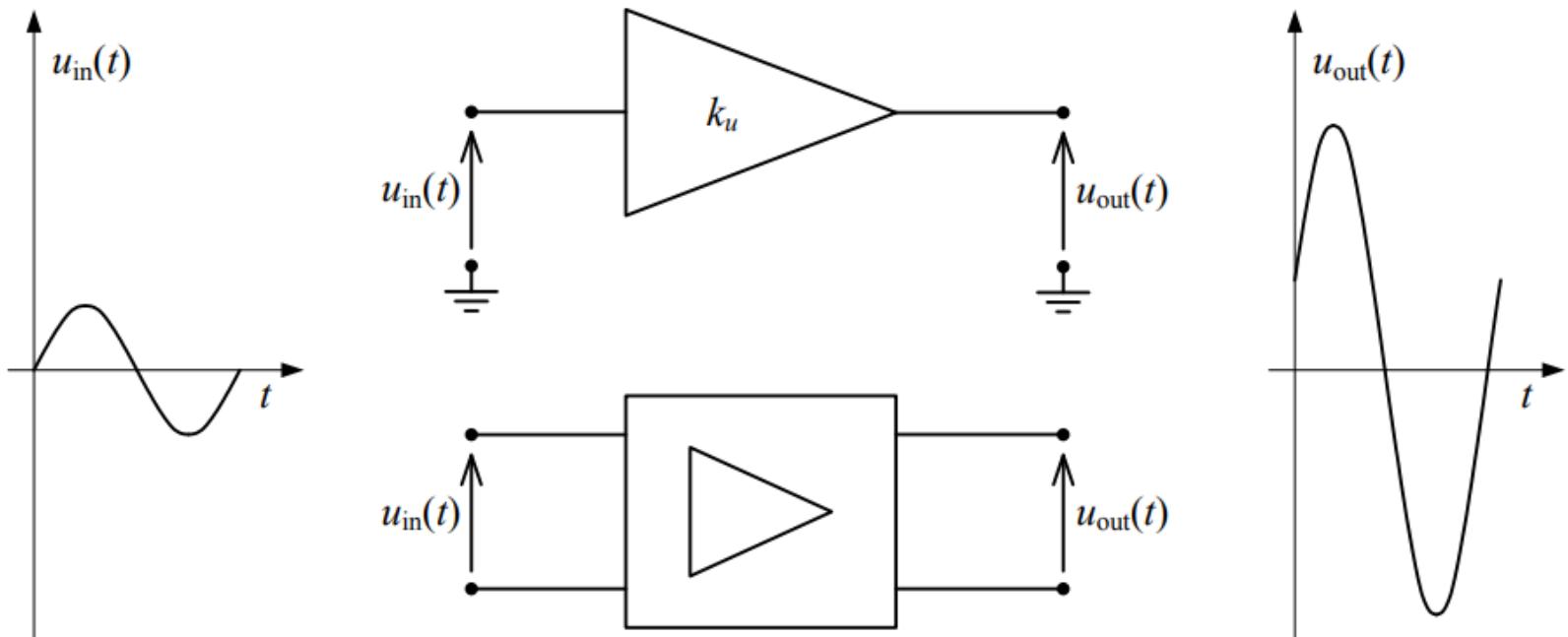


Z kanałem wzbogaconym



Wzmacniacz operacyjny

Wzmacniacz



$$k_u = \frac{U_{\text{out}}}{U_{\text{in}}}$$

$$k_u = 20 \log_{10} \frac{U_{\text{out}}}{U_{\text{in}}} \text{ [dB]}$$



Decyble

Decyble

$$P = V * I$$

$$\text{dB} = 10 \log_{10} \left(\frac{P}{P_0} \right)$$

$$I = U/R$$

$$P \propto V^2 \quad \Rightarrow \quad V = \sqrt{P}$$

$$-3 = 10 \log_{10} \left(\frac{P}{P_0} \right)$$

dla -3 dB

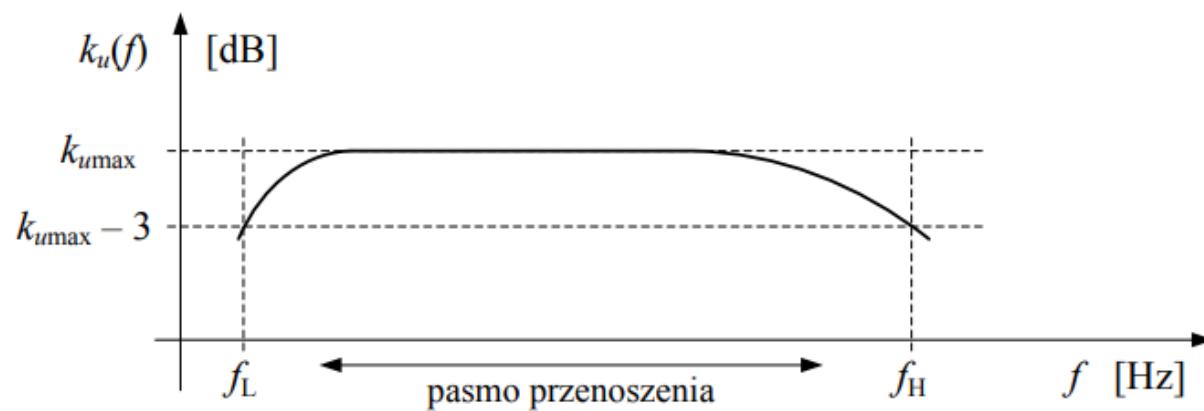
$$-0.3 = \log_{10} \left(\frac{P}{P_0} \right)$$

$$\frac{V}{V_0} = \sqrt{\frac{P}{P_0}} = \sqrt{0.5} = \frac{1}{\sqrt{2}} \approx 0.707$$

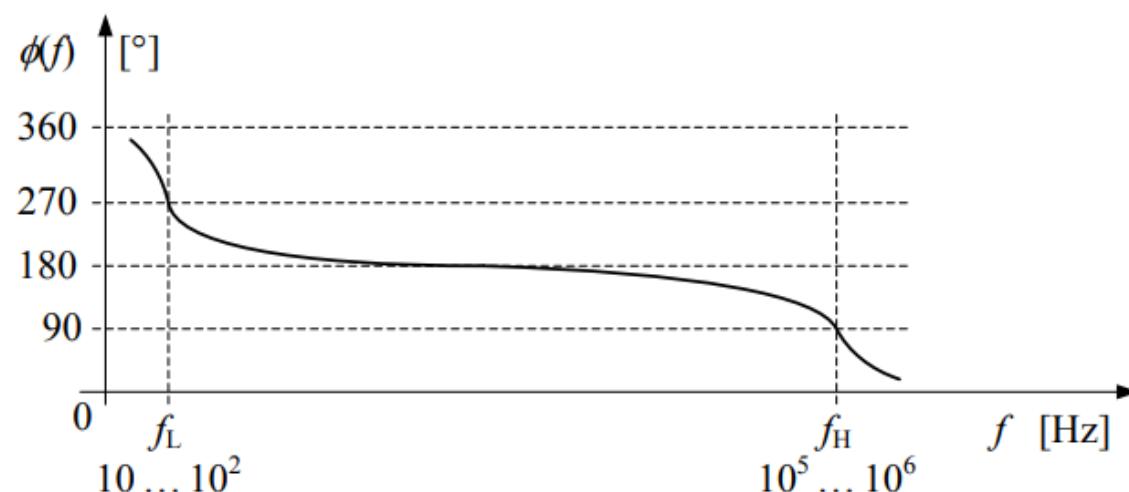
$$\frac{P}{P_0} = 10^{-0.3} \approx 0.5$$

Wzmacniacz - charakterystyki częstotliwościowe

a)



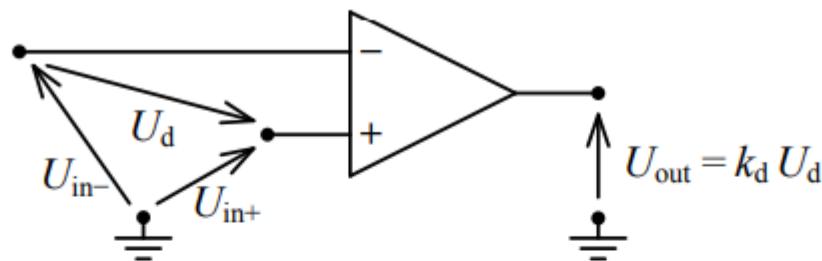
b)



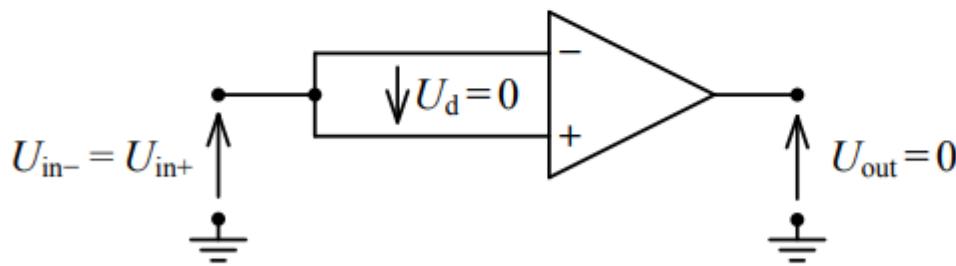
Wzmacniacz operacyjny

$$U_{\text{out}} = k_d (U_{\text{in+}} - U_{\text{in-}}) = k_d U_d$$

a)



b)



Sygnal wejściowy wzmacniacza operacyjnego: (a) różnicowy i (b) sumacyjny

Idealny wzmacniacz operacyjny - właściwości

- Wzmocnienie różnicowych sygnałów wejściowych jest nieskończone, czyli

$$k_d = \frac{U_{\text{out}}}{U_d} \rightarrow \infty$$

- Różnica potencjałów między zaciskami wejściowymi wzmacniacza operacyjnego jest równa zeru

$$U_d \rightarrow 0$$

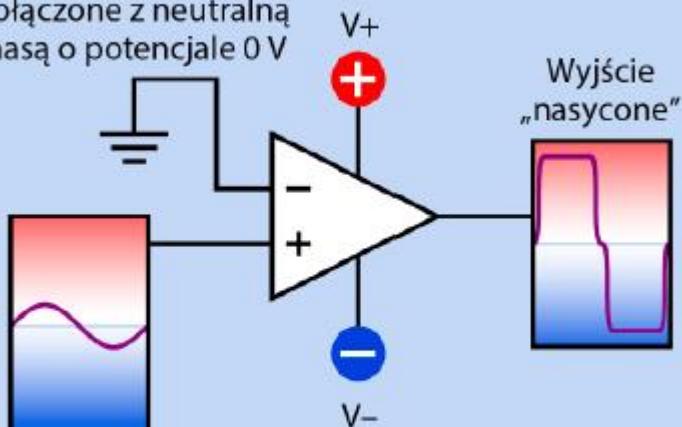
- Przez zaciski wejściowe wzmacniacza nie płyną prądy, gdyż impedancja wejściowa jest nieskończonie duża

$$Z_{\text{in}} \rightarrow \infty$$

- Wzmocnienie sumy sygnałów wejściowych jest zerowe.
- Impedancja wyjściowa jest bardzo mała
- Nieskończona szerokość pasma

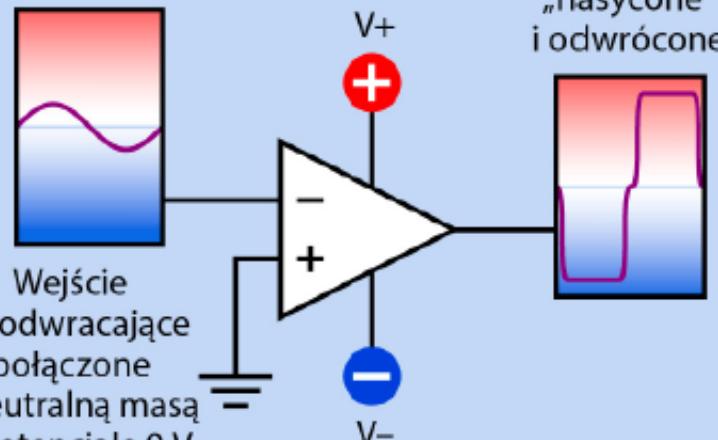
Wzmacniacz operacyjny

Wejście odwracające połączone z neutralną masą o potencjale 0 V



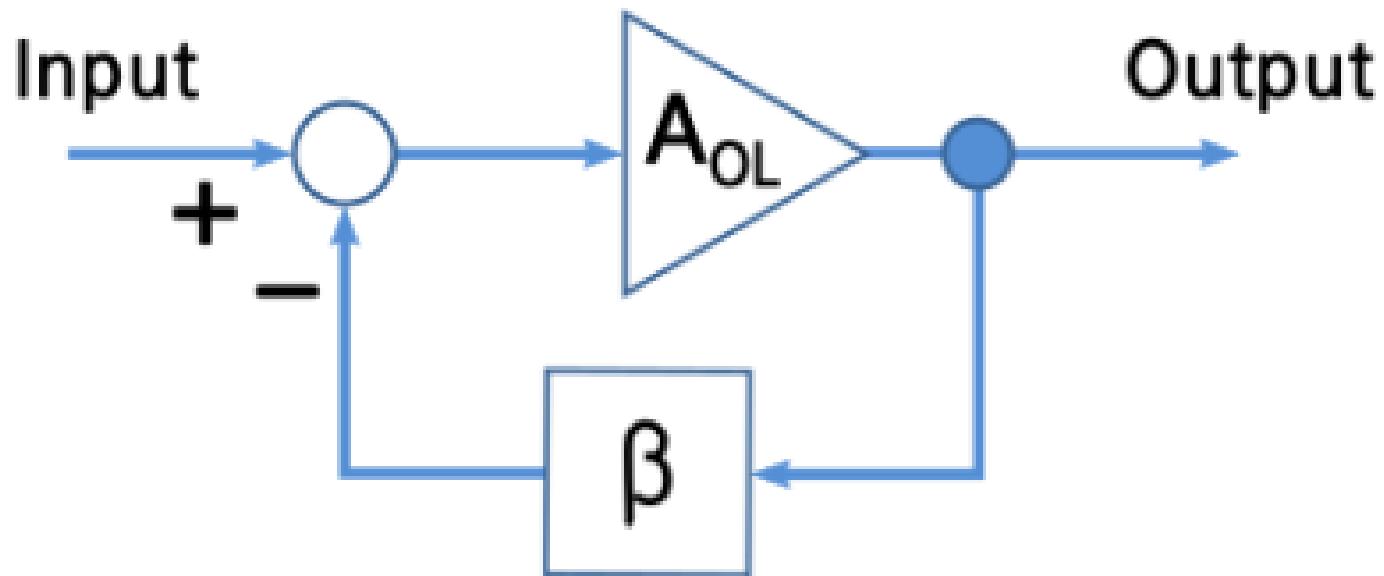
Sygnal doprowadzony do wejścia nieodwracającego

Sygnal doprowadzony do wejścia odwracającego

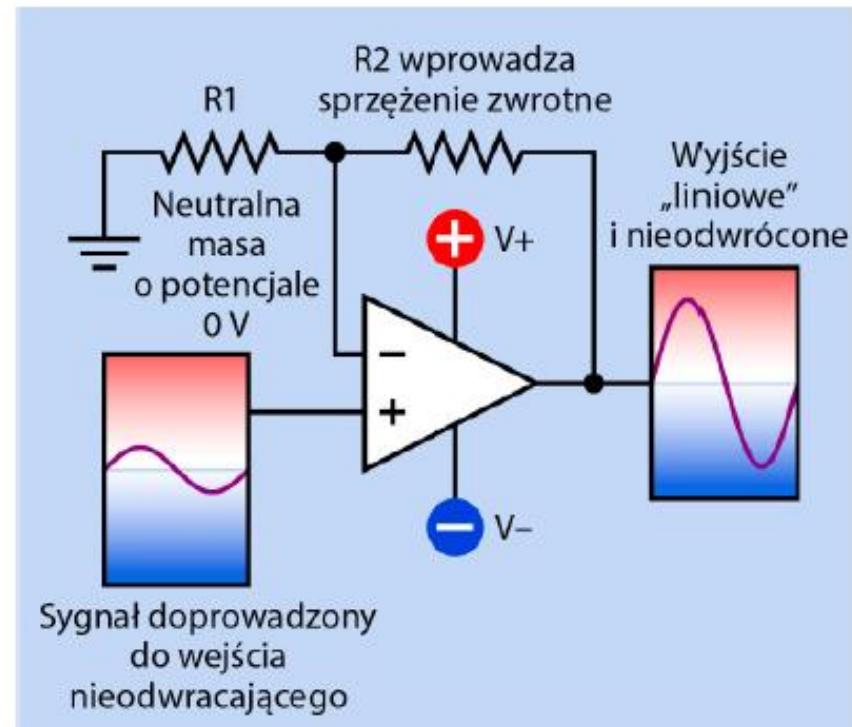
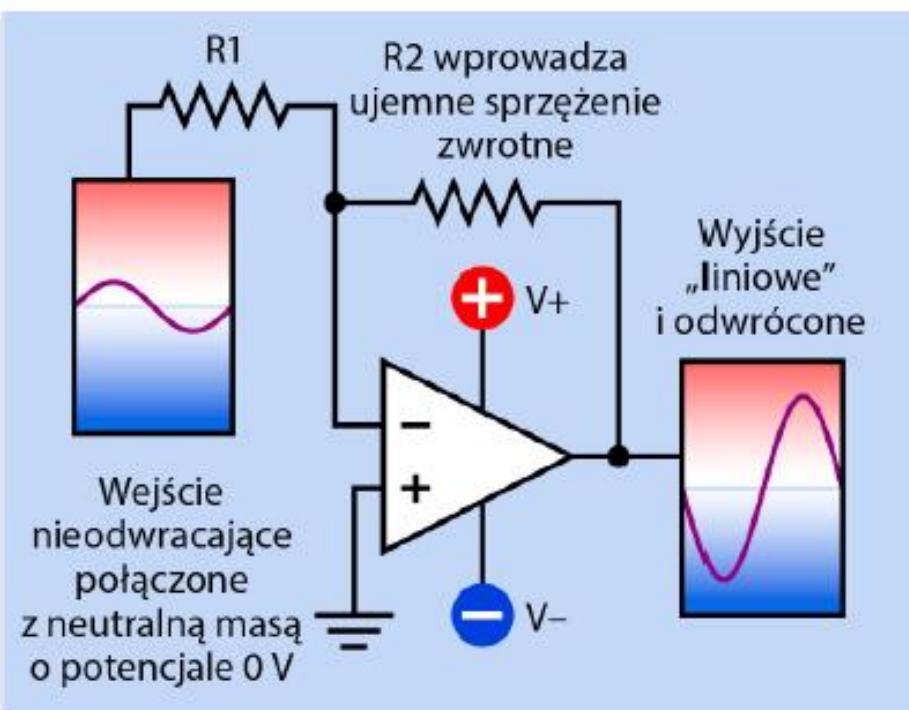


Wejście nieodwracające połączone z neutralną masą o potencjale 0 V

Sprzężenie zwrotne

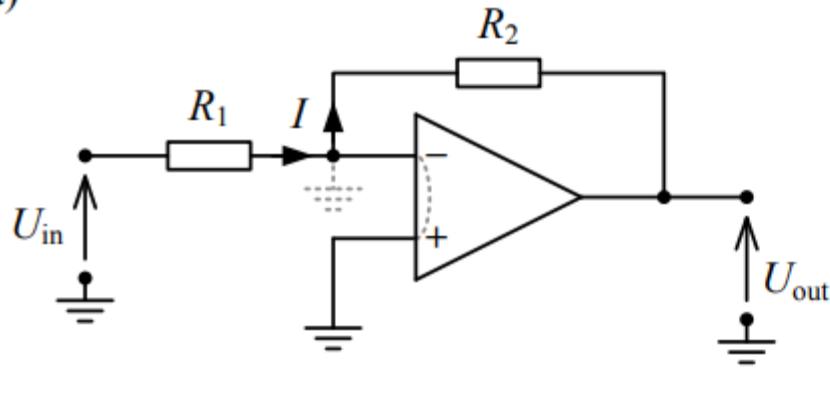


Sprzężenie zwrotne

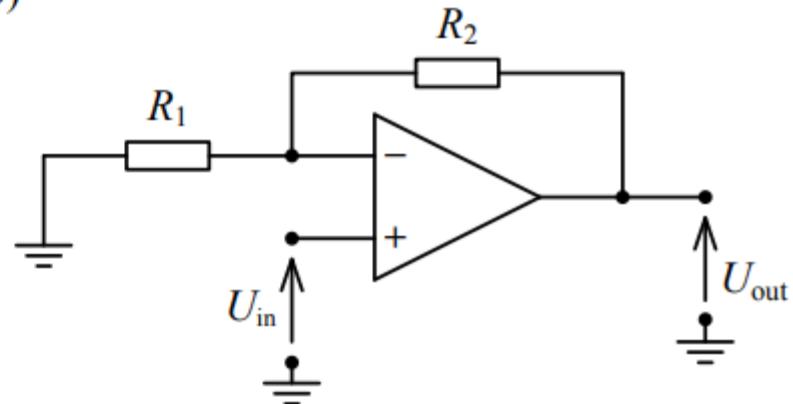


Podstawowe konfiguracje wzmacniające

a)



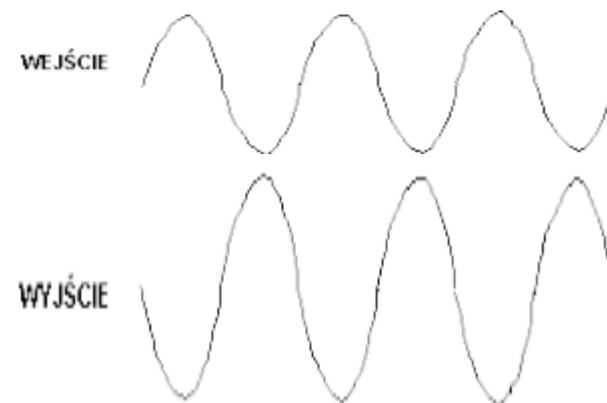
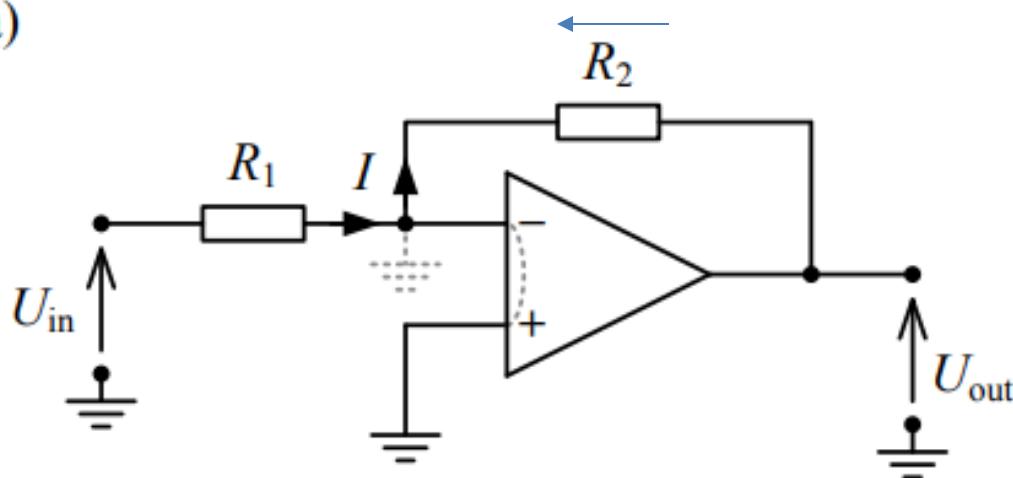
b)



Wzmacniacz operacyjny jako wzmacniacz napięcia
(a) odwracający (b) nieodwracający

Wzmacniacz odwracający

a)



$$U_{in} = R_1 I$$

$$U_{out} = -R_2 I$$

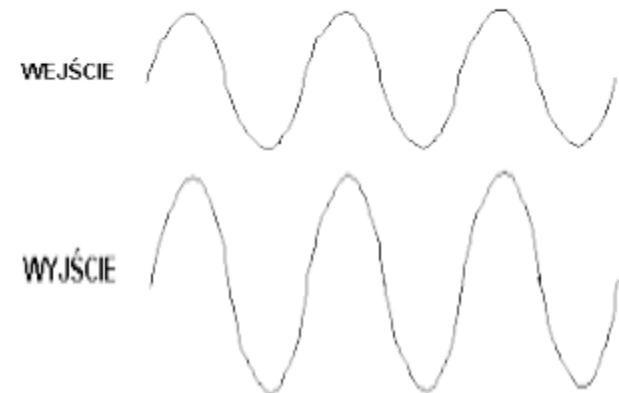
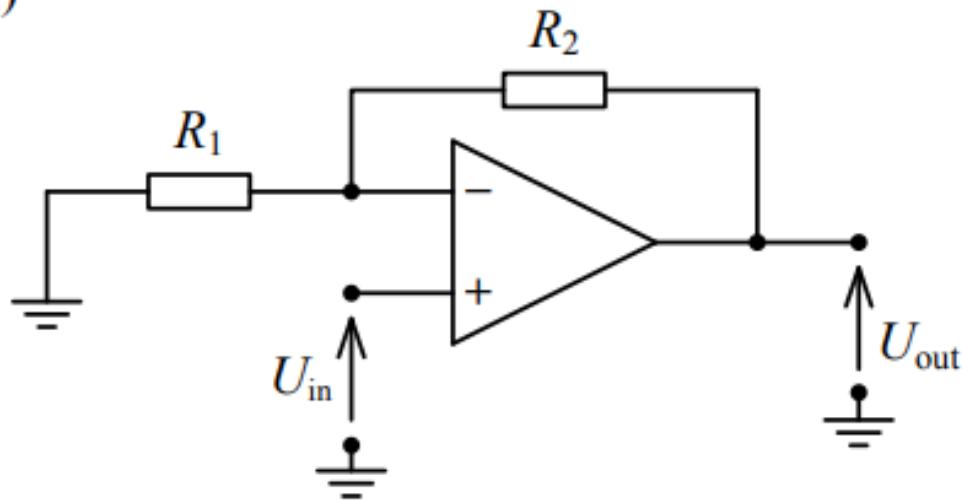
$$I = U_{in}/R_1$$

$$U_{out} = -\frac{R_2}{R_1} U_{in}$$

$$k_u = \frac{U_{out}}{U_{in}} = -\frac{R_2}{R_1}$$

Wzmacniacz nieodwracający

b)



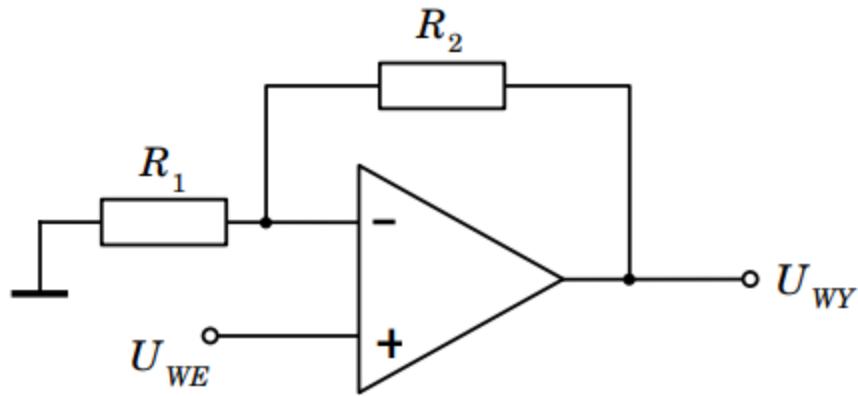
$$U_{in} = R_1 I$$

$$U_{out} - U_{in} = R_2 I$$

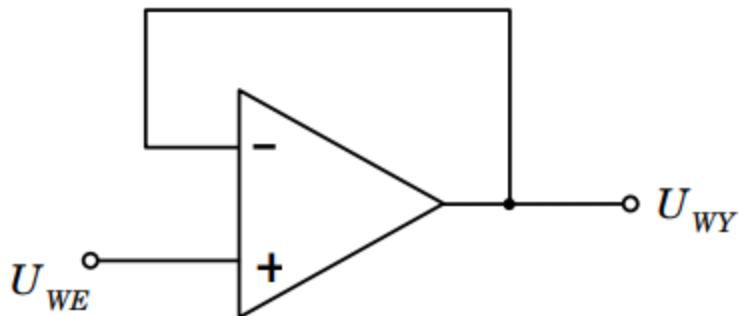
$$U_{out} = U_{in} + R_2 I = U_{in} + R_2 \frac{U_{in}}{R_1}$$

$$k_u = \frac{U_{out}}{U_{in}} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

Wtórnik napięciowy



Przypadek wzmacniacza nieodwracajacego fazy gdy $R_1 = \infty$ oraz $R_2 = 0$



$$U_{WY} = U_{WE}$$