

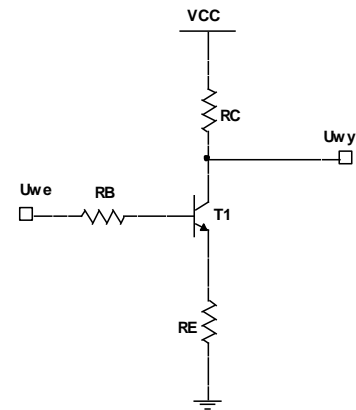
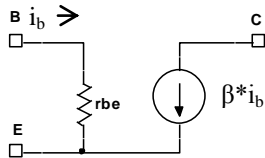
Wzmacniacze RC

Zadanie 1.

Wyliczyć rezystancję wejściową r_{we}

oraz wzmacnienie $k_U = \frac{U_{wy}}{U_{we}}$ dla układu z rysunku.

Przyjąć następujący małosygnalowy model tranzystora:



Rozwiązanie:

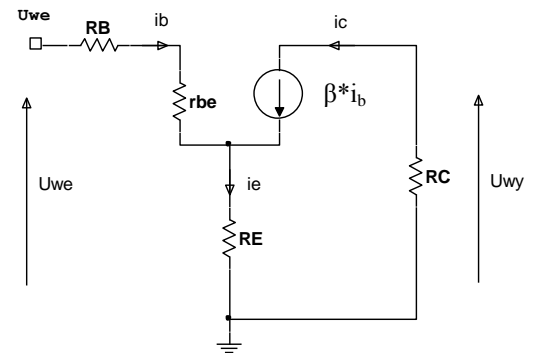
Najpierw rysujemy schemat układu, zastępując tranzystor modelem. Zwieramy wszystkie źródła napięcia stałego.

$$U_{we} = U_{RB} + U_{r_{be}} + U_{RE} = i_b R_B + i_b r_{be} + i_b (\beta + 1) R_E = i_b [R_B + r_{be} + (\beta + 1) R_E]$$

$$R_{we} = U_{we} / i_{we} = U_{we} / i_b = R_B + r_{be} + (\beta + 1) R_E$$

$$U_{wy} = -i_c R_C = -\beta i_b R_C = -\beta R_C U_{we} / r_{we} = -\beta R_C U_{we} / (R_B + r_{be} + (\beta + 1) R_E)$$

$$k_u = U_{wy} / U_{we} = -\beta R_C / (R_B + r_{be} + (\beta + 1) R_E)$$



Zadanie 2.

Oblicz punkty pracy (U_{CE} i I_C) tranzystorów T_1 , T_2 i T_3 . Należy uwzględnić wszystkie prądy i napięcia w układzie. Do obliczeń przyjąć:

$$\beta_{T1} = \beta_{T2} = \beta_{T3} = \beta = 10, U_{BE1} = U_{BE2} = U_{BE3} = 0.6V$$

Rozwiązanie:

$$U_{RB} = V_{CC} - U_{BE1} - U_{BE2} - U_{BE3} = 20V$$

$$I_{B1} = I_{RB} = U_{RB} / R_B = 10\mu A \quad I_{C1} = \beta * I_{B1} = 0.1mA$$

$$I_{B2} = I_{B1} + I_{C1} = I_{E1} = 0.11mA \quad I_{C2} = \beta * I_{B2} = 1.1mA$$

$$I_{B3} = I_{B2} + I_{C2} = I_{E2} = 1.21mA \quad I_{C3} = \beta * I_{B3} = 12.1mA$$

$$I_{RC} = I_{C1} + I_{C2} + I_{C3} = 13.3mA \quad U_{RC} = I_{RC} * R_C = 13.3V$$

$$U_{CE3} = V_{CC} - U_{RC} = 8.5V$$

$$U_{CE2} = U_{CE3} - U_{BE3} = 7.9V$$

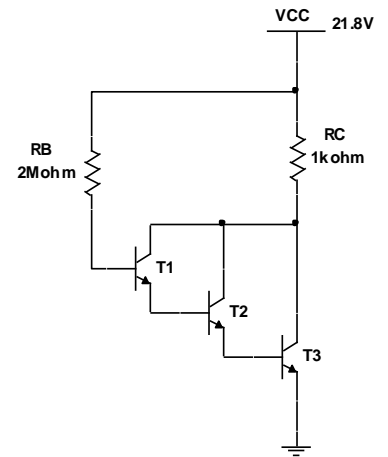
$$U_{CE1} = U_{CE2} - U_{BE2} = 7.3V$$

Punkty pracy:

$$T_1 \quad U_{CE1} = 7.3V \quad I_{C1} = 0.1mA$$

$$T_2 \quad U_{CE2} = 7.9V \quad I_{C2} = 1.1mA$$

$$T_3 \quad U_{CE3} = 8.5V \quad I_{C3} = 12.1mA$$



Klucze

Zadanie 1.

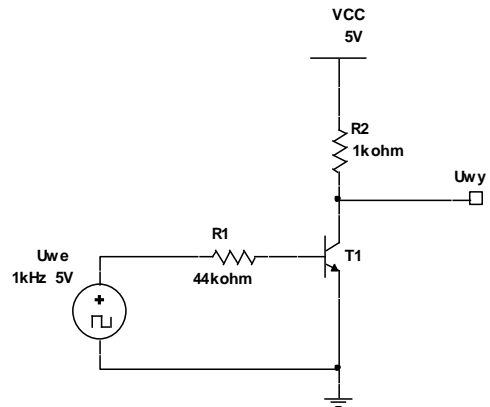
Czy poniższy układ będzie działał poprawnie jako klucz?
Jeśli nie, to dlaczego?

Do obliczeń przyjmij następujące wartości:

$$\beta_{T1}=10, \quad U_{CEsat}=0V, \quad U_{BE}=0.6V$$

$$U_{weLOW}=0V$$

$$U_{weHIGH}=5V$$



Rozwiązanie:

$$\text{Dla } U_{weLOW}=0V \quad U_{wy}=V_{CC}=5V \quad I_{R2}=0A$$

$$\text{Dla } U_{weHIGH}=5V$$

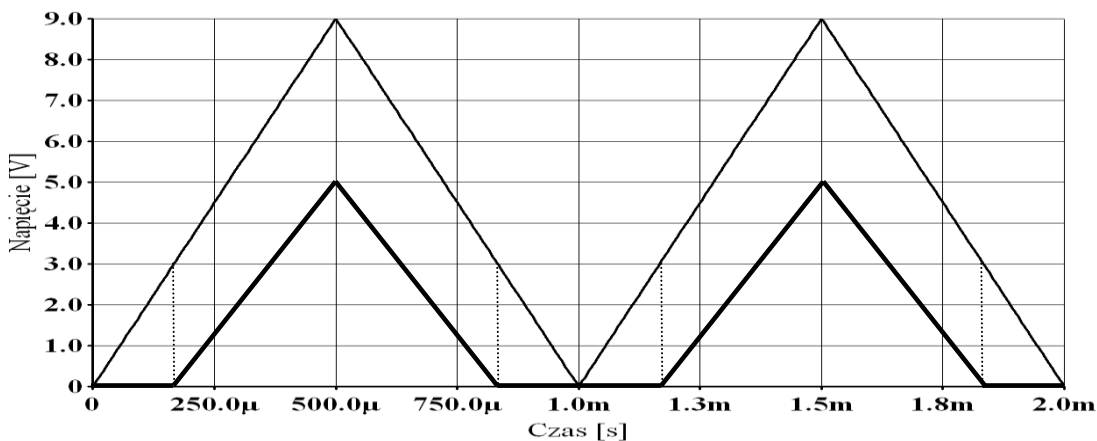
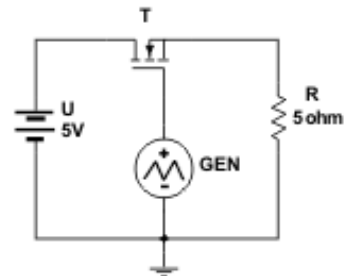
$$U_{weHIGH}=U_{R1}+U_{BE}=I_{R1} \cdot R1 + U_{BE} \quad I_{R1}=I_B=(U_{weHIGH}-U_{BE})/R1=0.1mA$$

$$I_{R2}=I_C=\beta_{T1} \cdot I_B=1mA \quad U_{wy}=V_{CC}-U_{R2}=V_{CC}-I_{R2} \cdot R2=4V \text{ (dla klucza powinno być } 0V)$$

Układ nie będzie działał poprawnie jako klucz.

Zadanie 2.

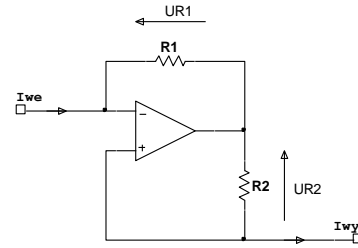
Klucz MOSFET jest sterowany z generatora napięcia trójkątnego GEN.
Na rysunku poniżej jest przedstawiony przebieg czasowy w/w generatora.
Narysuj przebieg napięcia na rezystorze R, wykorzystując poniższy wykres. Należy przyjąć: $U_T=3V$, $I_D=1A$, $U_{GS}=4V$, $R_{ON}=0\Omega$.



Wzmacniacze operacyjne

Zadanie 1.

Podaj zależność prądu wyjściowego I_{wy} od prądu wejściowego I_{we} ($I_{wy}=f(I_{we})$) dla poniższego układu. Przyjmij idealny model wzmacniacza operacyjnego.



Rozwiązanie:

$$U_{R1} = I_{we} * R_1 \quad U_{R2} = -U_{R1} \quad U_{R2} = I_{wy} * R_2$$

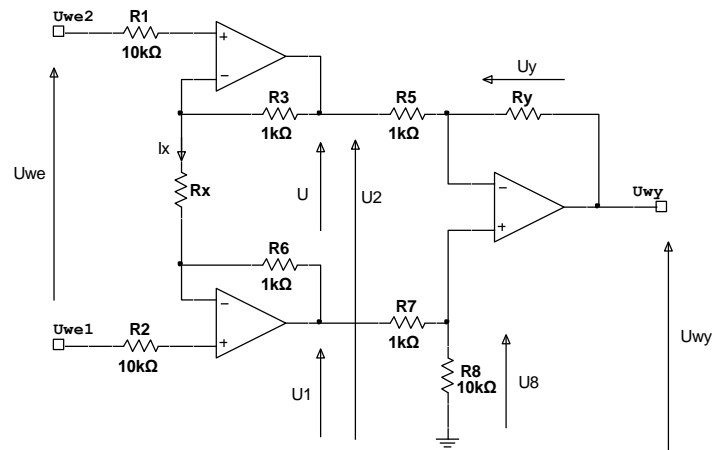
$$I_{we} * R_1 = -I_{wy} * R_2 \quad I_{wy} = -I_{we} * R_1 / R_2$$

I_{wy} wpływa do wyjścia.

Zadanie 2.

Dobrać rezystory R_x i R_y we wzmacniaczu pomiarowym tak, aby wzmocnienie napięciowe

$$k_U = \frac{U_{wy}}{U_{we2} - U_{we1}} \text{ było równe } -30.$$



Rozwiązanie:

$$k_u = k_1 * k_2 \quad k_1 = U / U_{we} \quad k_2 = U_{wy} / U$$

$$I_x = U_{we} / R_x \quad U = I_x * (R_3 + R_6 + R_x) = U_{we} * (R_3 + R_6 + R_x) / R_x$$

$$k_1 = (R_3 + R_6) / R_x + 1$$

$$U_8 = U_1 * R_8 / (R_7 + R_8) \quad U_8 = U_y + U_{wy}$$

Rezystory R_5 i R_y są dzielnikiem różnicy $U_2 - U_{wy}$, a rezystory R_7 i R_8 są dzielnikiem napięcia U_1 , gdzie $U_2 - U_1 = U$

$$U_y = (U_2 - U_{wy}) * R_y / (R_5 + R_y) \quad U_{wy} = U_8 - U_y = U_1 * R_8 / (R_7 + R_8) - (U_2 - U_{wy}) * R_y / (R_5 + R_y) =$$

$$U_1 * R_8 / (R_7 + R_8) - U_2 * R_y / (R_5 + R_y) + U_{wy} * R_y / (R_5 + R_y)$$

$$U_{wy} * (1 - R_y / (R_5 + R_y)) = U_1 * R_8 / (R_7 + R_8) - U_2 * R_y / (R_5 + R_y)$$

Aby człon o wzmocnieniu k_2 był wzmacniaczem różnicowym, muszą być spełnione następujące założenia:

$$R_5 = R_7 \text{ i } R_8 = R_y$$

Wtedy:

$$U_{wy} * (1 - R_y / (R_5 + R_y)) = (U_1 * R_y - U_2 * R_y) / (R_5 + R_y) = (U_1 - U_2) * R_y / (R_5 + R_y) = -U * R_y / (R_5 + R_y)$$

$$U_{wy} * R_5 / (R_5 + R_y) = -U * R_y / (R_5 + R_y) \quad U_{wy} * R_5 = -U * R_y \quad k_2 = -R_y / R_5$$

Ponieważ $R_y = R_8$, to $R_y = 10k\Omega$, więc $k_2 = -10$

$$k_u = k_1 * k_2 = -30 \quad k_1 = 3 \quad k_1 = (R_3 + R_6) / R_x + 1 \quad R_x = (R_3 + R_6) / (k_1 - 1) \quad R_x = 1k\Omega$$