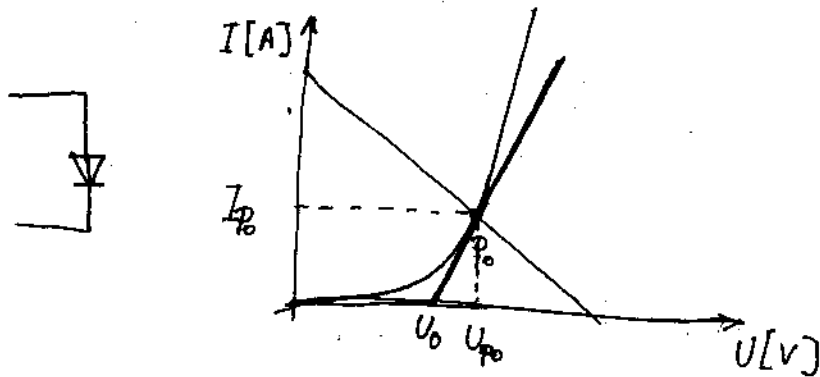


8. týden test na diodu a bipolární tranzistor
(případně náhradní ve 14.
na zápočet aspoň 50%.

- všechna měření absolvovaná, vše vypracované

<http://pitbul.wz.cz>



$$u = f(i)$$

~~U₀ I₀~~

pracovní bod - bod charakteristiky, v jehož okolí se na provozu pohybuje: sdělování

Taylorův rozvoj

$$u = f(i_p) + \left. \frac{df}{di} \right|_{p_0} \frac{i - I_{p_0}}{1!} + \left. \frac{d^2f}{di^2} \right|_{p_0} \frac{(i - I_{p_0})^2}{2!} + \dots$$

zanedbání, pokud

blíží se 0, nebo k průměrné hodnotě zanedbatelné změny od kl. proudu co nejmenší

okolí prac. bodu - okolí p.b., ve kterém se tento pohybuje vlivem budících signálů

$$u = U_{p0} + R_d(i - I_{p0}) \quad \begin{matrix} \Delta u = u - U_{p0} \\ \Delta i = i - I_{p0} \end{matrix}$$

$$R_d = \left. \frac{df}{di} \right|_{p_0}$$

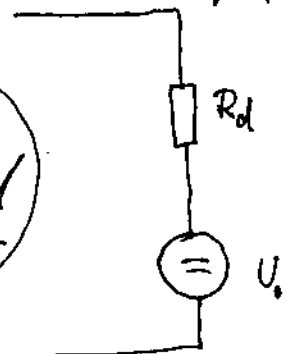
$$U_{p0} = U_0 + I_0 R_d$$

diferenciální odpor,
vždy pro určitý prac. bod

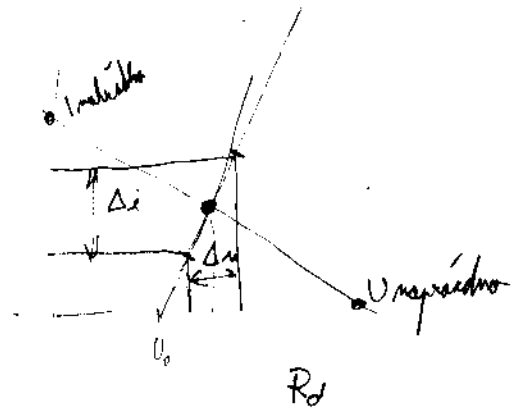
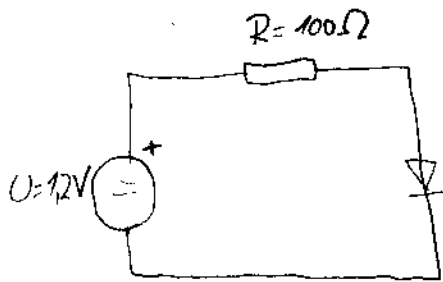
$$U = U_0 + R_d \cdot i$$

$$\Delta u = R_d \cdot \Delta i$$

když mátr. rozptýlení



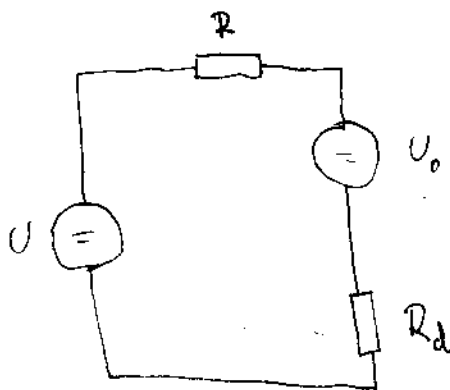
wiel domo + grafy



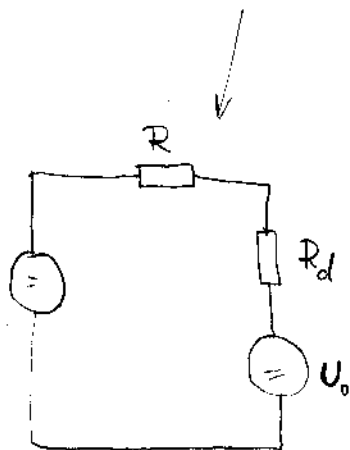
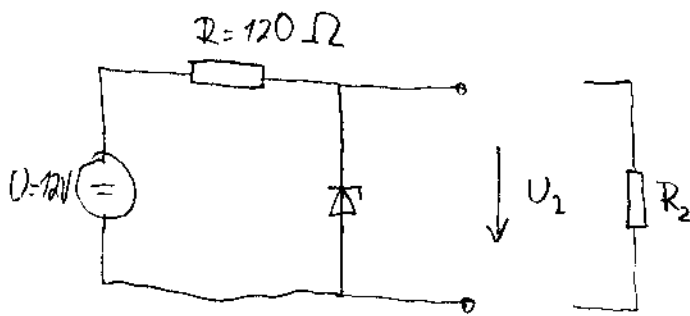
$$P_0 = [0,5V, 7mA]$$

$$U_0 = 0,45V$$

$$R_d = 0,04 / 0,0066 = \underline{\underline{6,1 \Omega}}$$



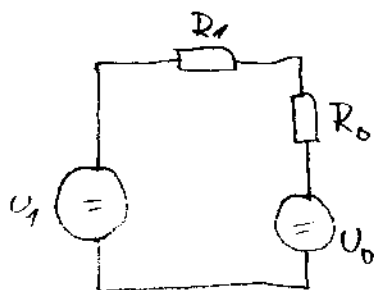
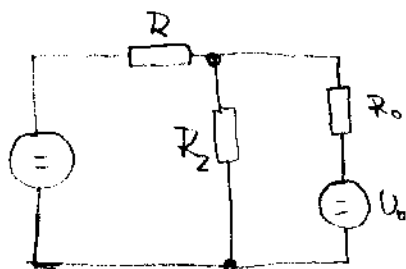
wiehl doma



$$P_0 = [-9V, -25 mA]$$

$$U_0 = -8,9V$$

$$R_d = 0,25 / 0,055 = 4,5 \Omega$$



$$R_1 = R \parallel R_2 = \frac{R \cdot R_2}{R + R_2} = 107 \Omega$$

$$U_1 = U \frac{R_2}{R + R_2} = 10,7V$$

→ nový prac bod P_{01}

wiehl doma:

$$P_{01} = [-9V, -17 mA]$$

$$U_{01} = -8,05$$

$$R_{d1} = 0,3 / 0,055 = 5,5 \Omega$$

$$S_1 = 5,5$$

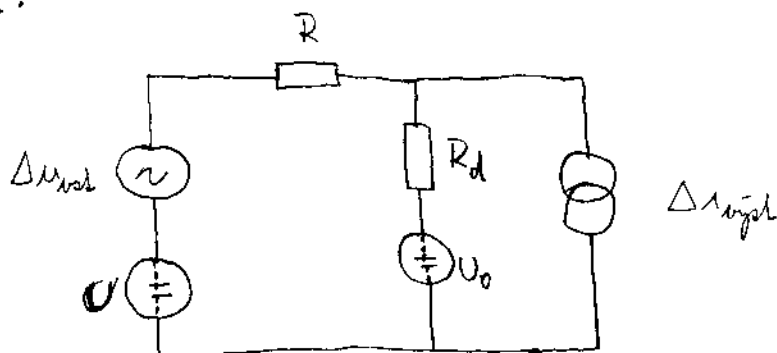
$$S_0 = \frac{120 + 5,5}{5,5} = 22,9$$

účinnost stabilizace

$$S_i = \frac{\Delta i_{výst}}{\Delta i_{vst}} \rightarrow 0 \text{ - ideálně proudová st.}$$

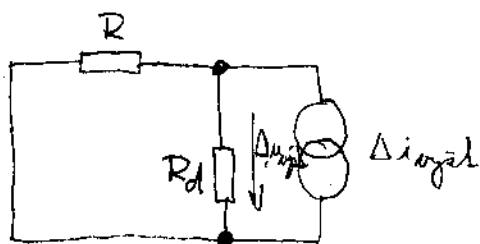
$$S_u = \frac{\Delta u_{výst}}{\Delta u_{vst}} \dots \frac{\Delta u_{výst}/U}{\Delta u_{vst}/U_2} \rightarrow \infty \text{ napěťová st.}$$

S_I :



U_0 = zdroje pro $\sim$ jako ~~ideální~~ nulový vnější odpor

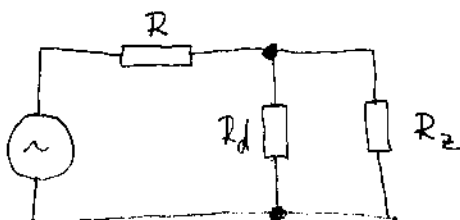
$\Delta u_{výst}$ se konstantní



$$\Delta u_{výst} = \Delta i_{výst} \cdot R // R_d$$

$$S_I = R // R_d \approx R_d$$

S_U :

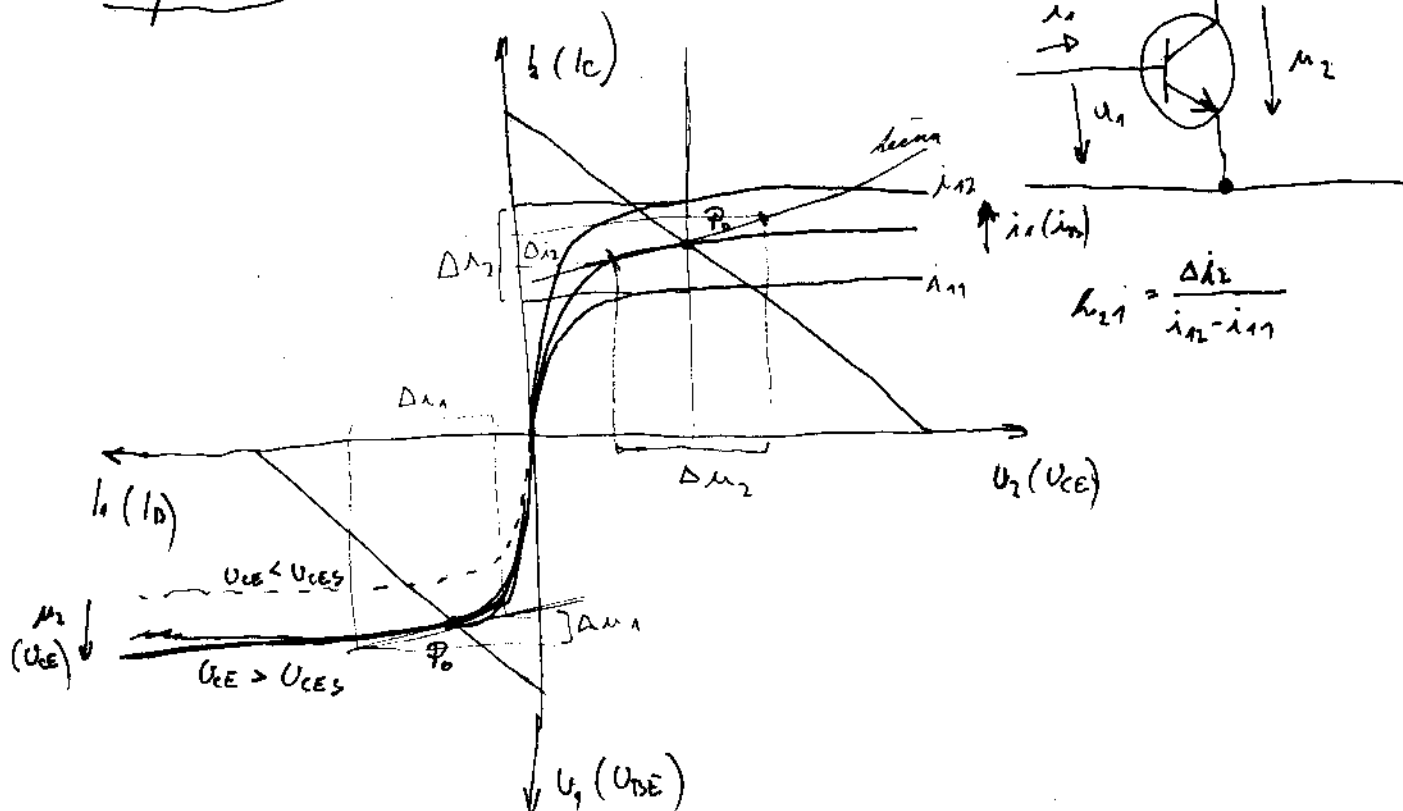


$$\Delta u_{výst} = \Delta u_{vst} \cdot \frac{R_d // R_z}{R + R_d // R_z}$$

$$S_U = \frac{R + R_d // R_z}{R_d // R_z} \approx \frac{R + R_d}{R_d}$$

se dopočítat

Typology Bipolar transistor



$$P_0 = [U_{CE}, I_C, U_{BE}, I_B]$$

pracovní bod popsán
čtyřmi veličinami

diferenciální parametry

- smíšené (hybridní)

$$\begin{pmatrix} \Delta U_1 \\ \Delta I_2 \end{pmatrix} = \bar{h} \begin{pmatrix} \Delta I_1 \\ \Delta U_2 \end{pmatrix}$$

$$\Delta U_1 = h_{11} \Delta I_1 + h_{12} \Delta U_2$$

$$\Delta I_2 = h_{21} \Delta I_1 + h_{22} \Delta U_2$$

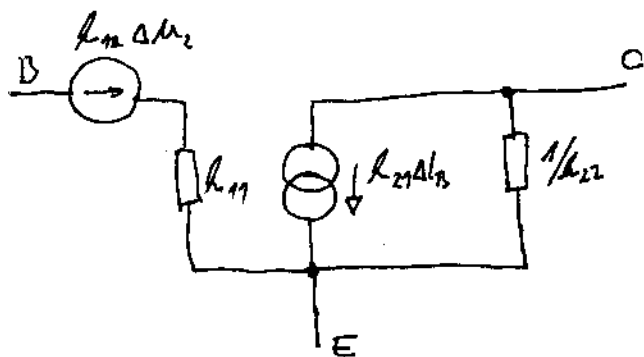
- ~~y~~ y parametry (admittanční p.)

$$\begin{pmatrix} \Delta I_1 \\ \Delta I_2 \end{pmatrix} = \bar{y} \begin{pmatrix} \Delta U_1 \\ \Delta U_2 \end{pmatrix}$$

všechny y-p. rozměr v Siemensch

ne vždy se k fyzikálních důvodů
tak uvádí

mjs
mju
mjm hots mvoj
oem opae (jako



$$h_{11} = \frac{\Delta \mu_1}{\Delta i_1} \quad \left| \Delta \mu_2 = 0 \right.$$

$$h_{12} = \frac{\Delta \mu_1}{\Delta \mu_2} \quad \left| \Delta i_1 = 0 \right.$$

$$h_{21} = \frac{\Delta i_2}{\Delta i_1} \quad \left| \Delta \mu_2 = 0 \right.$$

$$h_{22} = \frac{\Delta i_2}{\Delta \mu_2} \quad \left| \Delta i_1 = 0 \right.$$

h_{11} - bipolární tranzistor - se stavkách Ω

h_m - odporový, velmi malý, většinou budeme považovat nulový

h_{21} - proudový zesilovací činitel, obvykle stavky

h_{22} - desítky až stavky μS

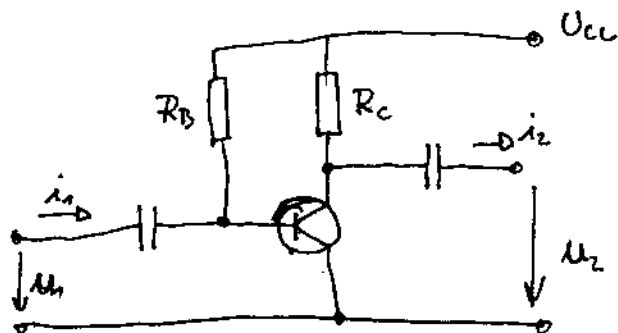
v katalogu

h_{21E} - udává společnou soustavu, malé písmenko, diferenc. param

h_{21E} nebo h_{21B} .. stejnojmenné parametry

$$= \frac{i_2}{i_1}$$

Př. zesilovač



$$U_{cc} = 15V$$

$$R_C = 1,4 k\Omega$$

$$R_B = 955 k\Omega$$

$$P_0 = ?$$

$$\bar{h} = ?$$

$$R_{out} = ?$$

$$A_u = ?$$

pro střídavé signály budeme
uvážovat μC nulovou impedanci

každý přírůstek - U napájecí, 1 nakrátko

U_{cc} pracovního bodu určuje jako polovinu $U_{napájecí}$,
tj. 7,5V, (jakož při návrhu zesilovače)

P_0 káži na charakt. pro $I_B = 15 \mu A$

DŮ - určit h_{21} , h_{22} , h_{11} , dopočítat

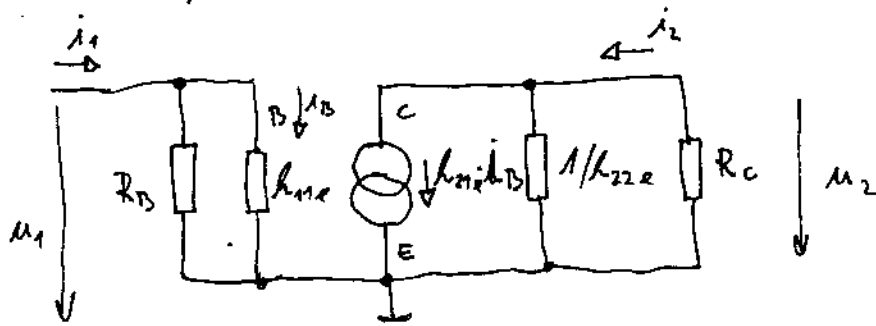
$$P_0 = [U_{cc} = 7,5V, I_C = 5,2 mA, I_B = 15 \mu A, U_{BE} = 0,67V]$$

$$h_{11} = \frac{30 \cdot 10^{-3}}{42 \cdot 10^{-6}} = 710 \Omega$$

$$h_{21} = \frac{5,7 \cdot 10^{-3}}{10 \cdot 10^{-6}} = 370$$

$$h_{22} = \frac{1 \cdot 10^{-3}}{9} = 111 \mu S$$

nahr. zapojení zes. i pro ~ bce ¹⁰U zdroj nahradit schémem



$$R_{vst} = \frac{u_1}{i_1} = R_B \parallel h_{ie} \approx h_{ie} \text{ zde}$$

$$i_1 = \frac{u_1}{R_B \parallel h_{ie}}$$

$$A_u = \frac{u_2}{u_1}$$

$$u_2 = -h_{21e} \cdot i_B \cdot \left(R_C \parallel \frac{1}{h_{22e}} \right)$$

$$i_B = \frac{u_1}{h_{ie}}$$

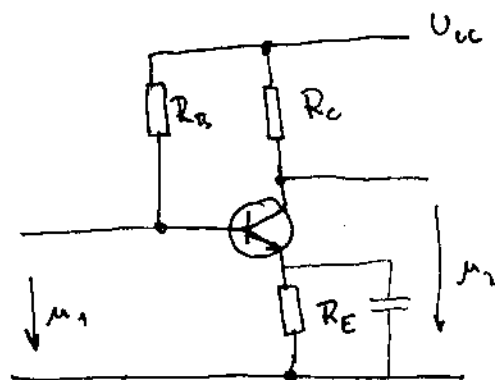
$$A_u = -\frac{h_{21e}}{h_{ie}} \cdot \underbrace{\left(R_C \parallel \frac{1}{h_{22e}} \right)}_{\approx R_C}$$

Nze DODO

$$R_{ind} = 710 \Omega$$

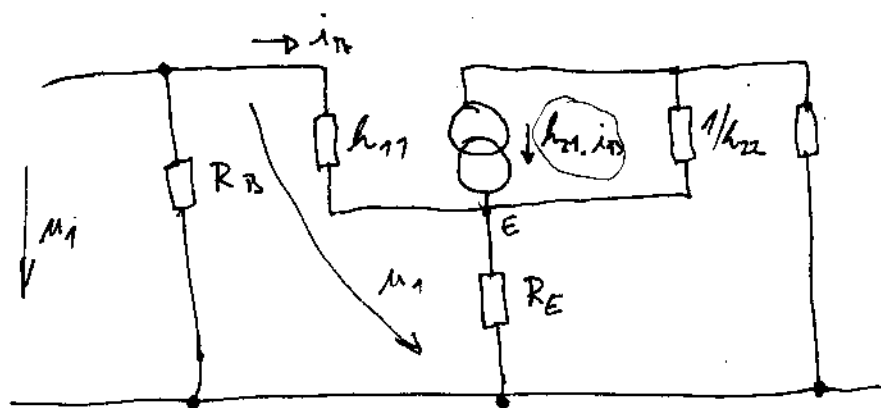
$$A_u = -\frac{370}{710} \cdot 14 \frac{1}{2} = 730$$

pridání R_E



záporná zpětná vazba, stabilizace nastavení pracovního
 snížení ~~stabilita~~ (výrobně) napětí přenos
 → přidá se kondenzátor

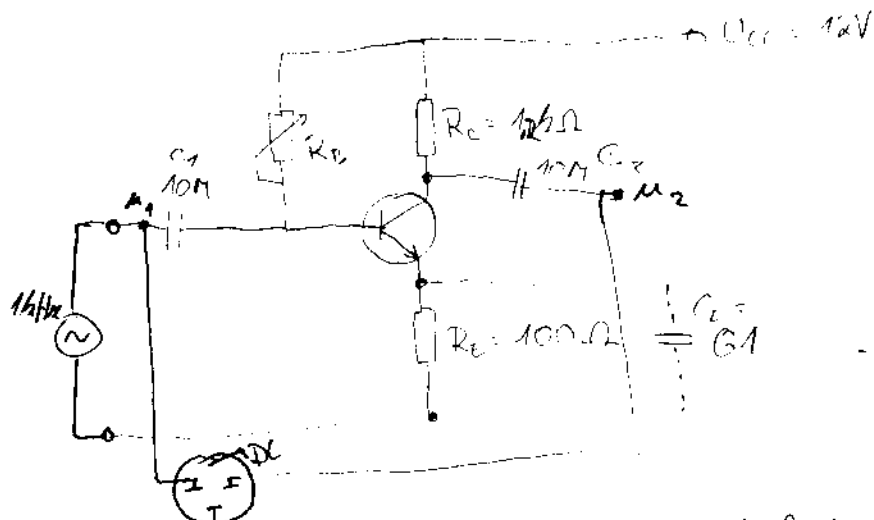
náhrada rozpočtem (bez C)



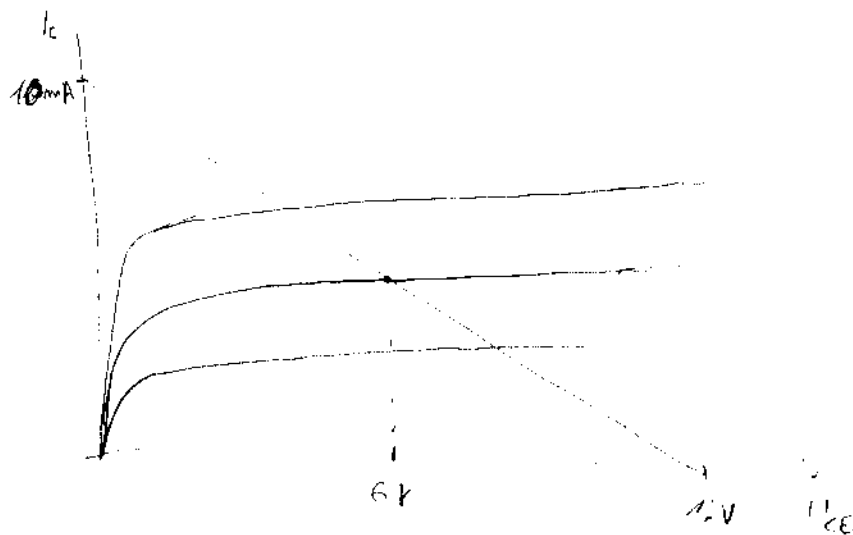
$$u_1 = h_{11} \cdot i_B + R_E \cdot i_B + R_E \cdot h_{21} \cdot i_B$$

$$R_{\text{odst}} = R_B \parallel (h_{11} + R_E(h_{21} + 1))$$

POZOR - vliv h_{21}



prac. bod o $\frac{1}{2} U_{cc}$, aby amplituda mohla byť maximálna



pre vybranú do ohnutej časti zhradení

R_E záporná zpětná vazba
pro stabilizaci ~~prv~~ prac. bodu

při ohřívání se mění pracovní bod $\rightarrow$ změna
se diferenciální parametry

- může však mít negativní vlastnosti

s C_E

$$A_{u1} = - \frac{h_{21}}{h_{11}} \cdot (R_C \parallel \frac{1}{h_{22}}) = - \frac{126}{347} \cdot (1000 \parallel \frac{1}{35 \cdot 10^{-6}})$$
$$R_{vbe} = h_{11} \parallel R_B \dots - 418$$

bez C_E :

$$A_{u1} \approx - \frac{R_C}{R_E} \dots \text{přenos nezávisí na tranzistoru}$$

a teplotě,
výrazně snižší zesílení

$$R_{od1} = R_B \parallel [h_{11} + R_E (h_{21} + 1)] = R_B \parallel 11047$$

výrazně vyšší odb. odpor

a)

$$A_u = \frac{\mu_2}{\mu_1} \quad \text{je } \underline{\underline{\text{minus}}}$$

**KB**

$$f = 1000 \text{ Hz}$$

a) X_{C1}

$$R_G = (R_{th} \parallel R_D) \quad , \quad R_D = 600 \Omega$$

$$= 947 \Omega$$

$$r_D = 266,9 \Omega$$

$$R_{th} = 347 \Omega$$

$$C_1 \gg 170 \text{ nF}$$

$$\underline{X_{C2}} \quad R_C \parallel \frac{1}{R_{th}} + R_A \quad , \quad R_A = 10^6 \Omega$$

$$R_C = 1200 \Omega$$

$$\frac{1}{R_{th}} = \frac{1}{35} \cdot 10^6 \Omega$$

$$= 1152 \Omega$$

$$C_2 \gg 138 \text{ nF}$$

$$\underline{X_{C3}} \quad R_E \parallel \left[(R_{th} + R_D) / (R_{th} + 1) \right]$$

$$R_E \parallel (947 / 127)$$

$$R_E \parallel 7,5$$

$$R_E = 100 \Omega$$

$$C_3 \gg 23 \mu\text{F}$$

SOCIETE
GENERALE
GROUP

b) X_{C1}

$$R_C + R_E \parallel [(h_{FE} + 1)R_E + h_{FE} E]$$

$$600 + 246900 \parallel (127 \cdot 100 + 347)$$

$$12047$$

$$12307$$

$$\underline{12987} \quad \Omega$$

$$C_1 \gg 12 \text{ mF}$$

$$X_{C2} \quad R_C + R_E \parallel [(h_{FE} + 1)/h_{FE}]$$

$$1600 + 10^6 \parallel (127/35 \cdot 10^{-6})$$

$$10^6 \parallel 3628,572$$

$$783950$$

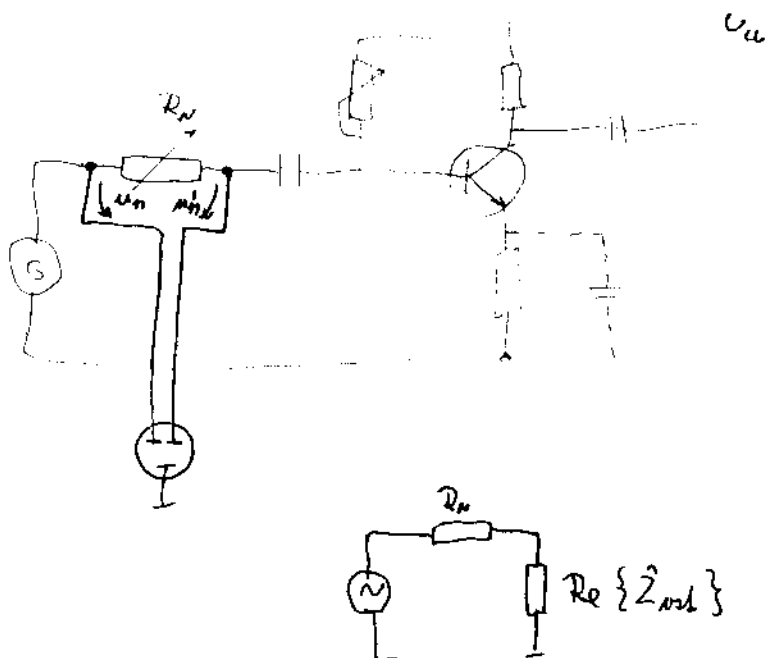
$$\underline{785150}$$

$$C_2 \gg 0,2 \text{ mF}$$



KB

b) real. i. v. s. impedanc



$5\text{ k}\Omega \dots \text{NC}_1$

$500\text{ k}\Omega \dots \text{bez } C_1$

1) prac b. bez kond.

SOCIETE
GENERALE
GROUP

charakteristiky
schéma julo 4-4

testy:

$I_B \sim 0,5 \mu A \dots 100 \mu A$

duřel $U_{CE} = 6 V$

nřst:

měřeno U_{CC}

$0,1 V \sim 15 (20) V$

do 90, kolko bodů!

vypočtené parametry na přístě