

Laboratórium 1 felkészülési feladat

Hallgató: Major Péter (GGP9K1)

Mérés sorszáma: 8

Az alábbi feladatok megoldásához használja a tantárgy honlapja alatt található adatlapokat és karakterisztikákat!

1. Határozza meg a **BC182B** tranzisztor kisjelű hibrid paramétereit az alábbi munkapontban:


$$I_C = 6 \text{ mA} \text{ és } U_{CE} = 3 \text{ V}$$

2. Rajzolja fel a helyettesítő-képét és írja le, hogyan mérné meg ezeket a paramétereket.
3. Határozza meg a tranzisztor f_T tranzit frekvenciáját az adott munkapontban.
4. Számítsa ki a tranzisztor f_b határfrekvenciáját.
5. Rajzolja le a tranzisztor *ötelemes* hibrid-pi helyettesítő képét és határozza meg a helyettesítő kép elemeinek értékeit a fizikai paraméterekkel az adott munkapontban.

A beadás tudnivalói:

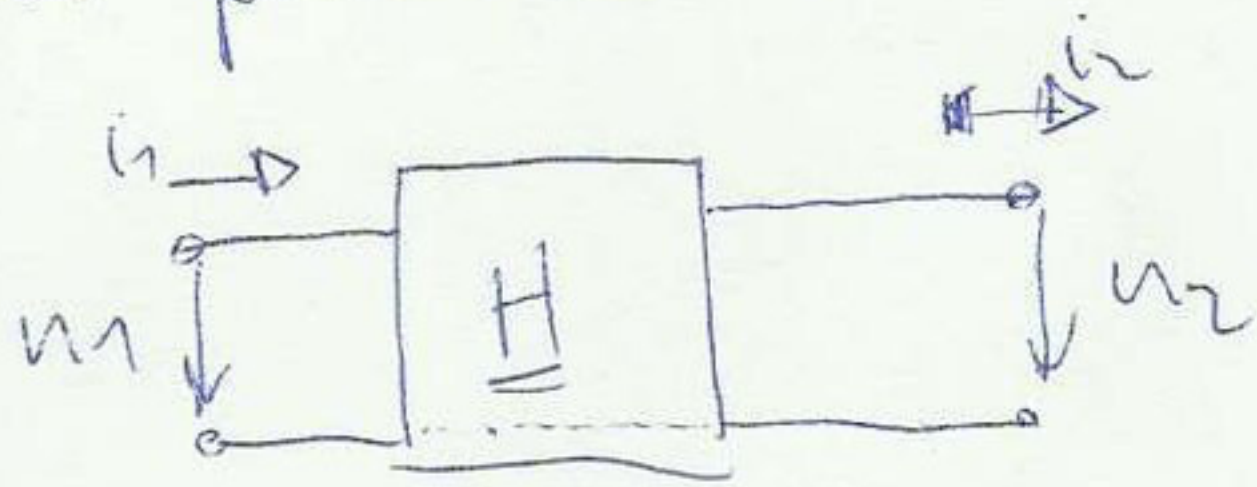
- **Az önállóan kidolgozott feladatot a következő mérési gyakorlat elején a mérésvezetőnek kell bemutatni. - a mérési útmutatóban előírtak szerint - írott vagy elektronikus formában.**
- A felkészülési feladat utólag már nem adható be. Pótlására a szorgalmi időszak végen egy alkalommal, az adott mérési gyakorlat pótlásával egy időben van lehetőség.

A feladatokat önállóan, meg nem engedett segítség igénybevétele nélkül oldottam meg:



aláírás

1. hibrid paraméterek



$$u_1 = h_{11} \cdot i_1 + h_{12} \cdot u_2$$

$$i_2 = h_{21} \cdot i_1 + h_{22} \cdot u_2$$

BC182B tranzistor kiegészítő hibrid paraméterei az

$$I_C = 6 \text{ mA} \quad U_{CE} = 3 \text{ V}$$

munkapontban:

Az adatlap "Low frequency small signal hybrid parameters"

szakasznál látható az $U_{CE} = 5 \text{ V}$ $I_C = 2 \text{ mA}$ ($f = 1 \text{ kHz}$) munka-

ponthoz tartozó paraméterek:

$$h_{11e} = 3.6 \text{ k}\Omega \quad h_{12e} = 1,7 \cdot 10^{-4} \quad h_{21e} = 330 \quad h_{22e} = 25 \text{ }\mu\text{S}$$

Az adatlap alsó két grafikonján látható a hibrid paraméterek frekvencia-

illetve áramfüggése ("h-parameters vs. collector-emitter voltage" és

"h-parameters vs. collector current"). A keresett munkapontban:

h-paraméter	U_{CE} szerinti	I_C szerinti
h_{11e}	0.95	0.4
h_{12e}	1.15	0.7
h_{21e}	0.95	1
h_{22e}	1.3	3

Ezek alapján:

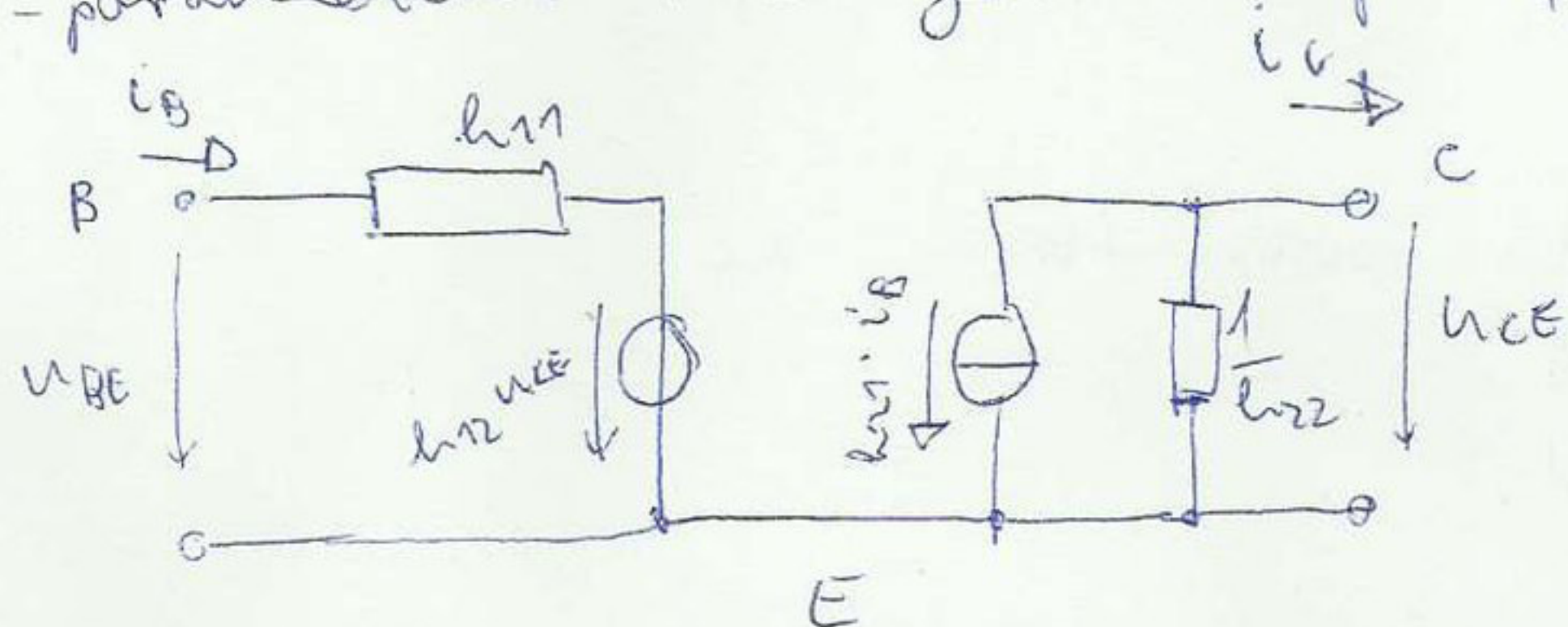
$$h_{11e}' = 3,6 \cdot 0,95 \cdot 0,4 = \underline{\underline{1,368 \text{ k}\Omega}}$$

$$h_{12e}' = 1,7 \cdot 10^{-4} \cdot 1,15 \cdot 0,7 = \underline{\underline{1,369 \cdot 10^{-4}}}$$

$$h_{21e}' = 330 \cdot 0,95 \cdot 1 = \underline{\underline{313,5}}$$

$$h_{22e}' = 25 \cdot 1,3 \cdot 3 = \underline{\underline{97,5 \text{ }\mu\text{S}}}$$

2. h-paraméteres T helyettesítés képe (feldelt emittteres)



$$h_{11e} = \left. \frac{d u_{BE}}{d i_B} \right|_{u_{CE} = \text{konst}}$$

$$h_{12e} = \left. \frac{d u_{BE}}{d u_{CE}} \right|_{i_B = \text{konst}}$$

$$h_{21e} = \left. \frac{d i_C}{d i_B} \right|_{u_{CE} = \text{konst}}$$

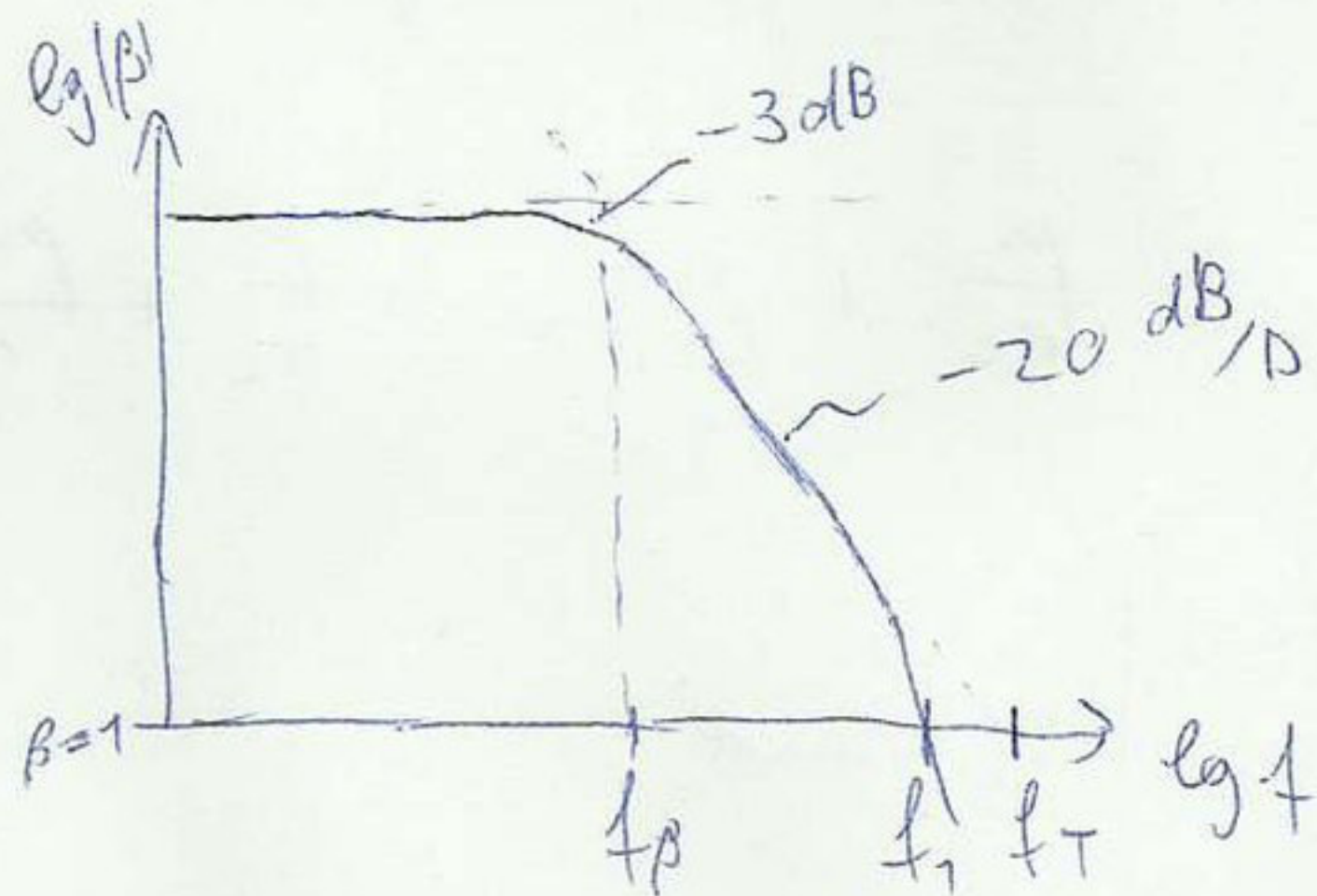
$$h_{22e} = \left. \frac{d i_C}{d u_{CE}} \right|_{i_B = \text{konst}}$$

A köpületben szereplő feszültségértékek közvetlenül mérhetők, az áram-
erősségek mérését feszültségmérőkre vezényelt mérés: egy ismert ellenálláson
eső feszültség aránya a rajta átfolyó árammal (Ohm-törvény).

3. A f_T tranzitfrequentia az adatsor "transition frequency vs.
collector current" grafikonja alapján becsülhető, $I_C = 6 \text{ mA}$ a $2V$
paraméterű görve ≈ 220 értéket vesz fel, az $5V$ paraméterű $\approx 240 \Rightarrow$
a tranzitfrequentia közelítő értéke: $f_T \approx \underline{\underline{230 \text{ MHz}}}$

4. f_β határfrekvencia meghatározása:

Major Péter
GWPJK1



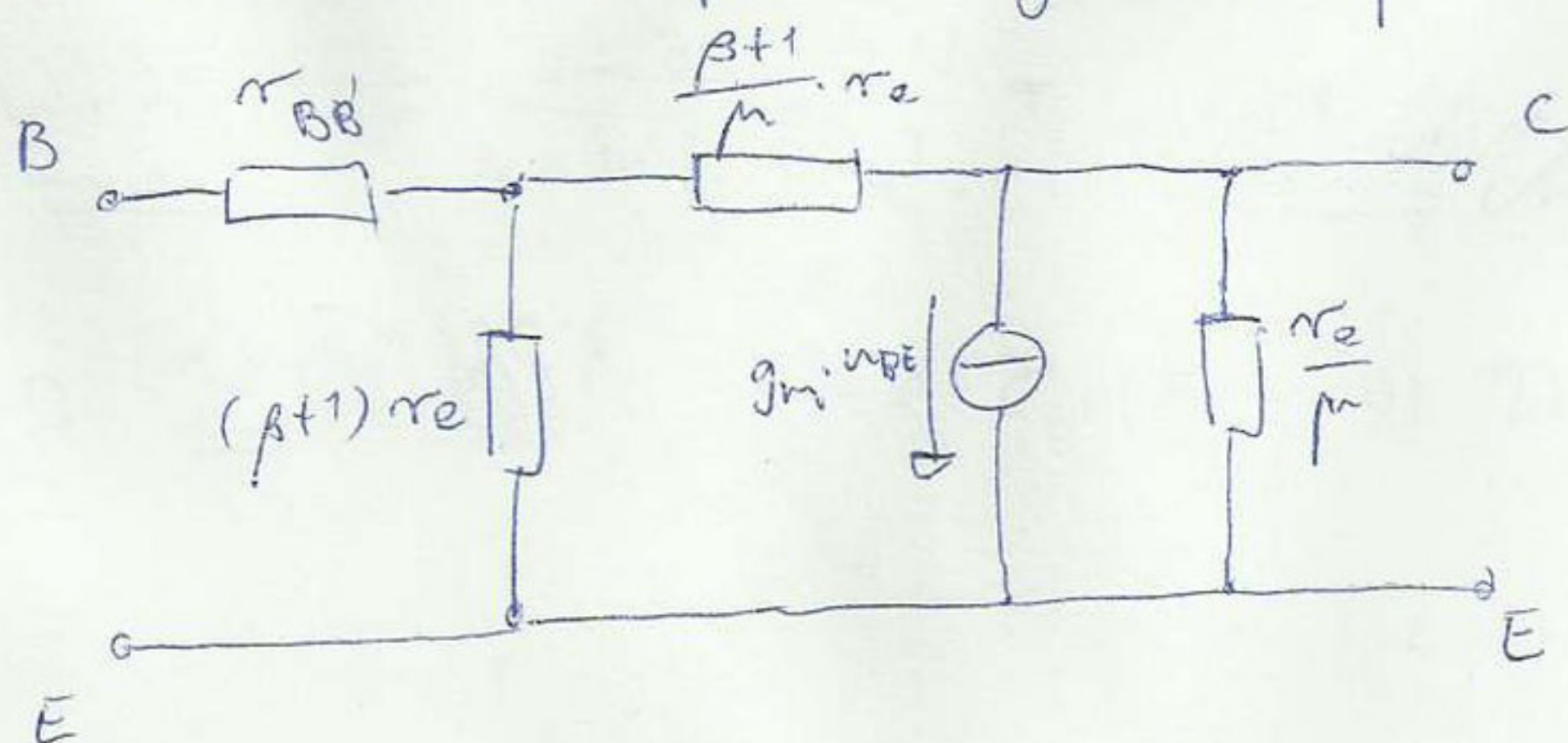
$f_1 \approx f_T$; a -20 dB/D csökkenés miatt

$f_1 \approx \beta_0 \cdot f_\beta$, ahol β_0 a kisfrekvenciás

áramerősítési tényező: $\beta_0 = h_{FE} = 313,5$

$$\Rightarrow f_\beta \approx \frac{f_1}{\beta_0} \approx \frac{f_T}{\beta_0} \approx \frac{230 \cdot 10^6}{313,5} = \underline{\underline{733,652 \text{ kHz}}}$$

5. Ötlemes hálózati-pi helyettesítő ábrák



$r_{BB'}$: bázis hosszvetési ellenállás

r_e : bázis-emitter dióda dinamikus ellenállása

β illetve β : bázisáramra vonatkoztatott áramerősítési tényező

μ : feszültség-vezérlési tényező

g_m : menedekség (bázis-emitter feszültség változása milyen mértékben változtatja meg a kollektoráramot)

$$g_m = \frac{\alpha}{r_e} \approx \frac{1}{r_e} \quad \rightarrow \quad g_m \leftarrow \frac{I_E}{U_T}$$

$$h_{11} = \frac{u_1}{i_1} \Big|_{u_2=0} = r_{BB'} + (\beta+1)r_e \times \frac{\beta+1}{\mu} \cdot r_e \approx r_{BB'} + (\beta+1)r_e = \frac{\Delta U_{BE}}{\Delta I_B} \Big|_{U_{CE}=\text{const}}$$

$$h_{12} = \frac{u_1}{u_2} \Big|_{i_1=0} = \frac{(\beta+1)r_e}{(\beta+1)r_e + \frac{\beta+1}{\mu} r_e} = \frac{1}{1 + \frac{1}{\mu}} = \frac{\mu}{\mu+1} \approx \mu = \frac{\Delta U_{BE}}{\Delta U_{CE}} \Big|_{I_B=\text{const}}$$

$$h_{21} = \frac{i_2}{i_1} \Big|_{u_2=0} = \frac{i_1 \cdot (\beta+1) r_e \cdot g_m}{i_1} = (\beta+1) r_e \cdot \frac{\alpha}{r_e} = (\beta+1) \frac{\beta}{\beta+1} = \beta$$

$$h_{22} = \frac{i_2}{u_2} \Big|_{i_1=0} = \frac{\mu}{r_e} + \frac{u_2 \cdot \frac{(\beta+1) r_e}{(\beta+1) r_e + \frac{\beta+1}{\mu} r_e} \cdot g_m}{u_2} \approx \frac{\mu}{r_e} + \mu g_m = \frac{\mu}{r_e} + \frac{\mu \alpha}{r_e} =$$

$$= \frac{\mu}{r_e} (1 + \alpha) \approx \frac{2\mu}{r_e} = \frac{\Delta I_c}{\Delta U_{CE}} \Big|_{I_D = \text{konst}}$$

A fenti egyenletekből a szükséges legfontosabb paraméterek meghatározhatók:

$$\beta = h_{21} = 313,5 \Rightarrow \alpha = \frac{\beta}{1+\beta} = 0,997 \Rightarrow I_E = \alpha \cdot I_C = 5,98 \text{ mA}$$

$$\mu = \frac{h_{22}}{1 - h_{21}} = 1,369 \cdot 10^{-4}$$

$$r_e \approx \frac{2\mu}{h_{22}} = \frac{2 \cdot 1,369 \cdot 10^{-4}}{97,5 \cdot 10^{-6}} = \frac{U_T}{I_E} = \frac{26 \text{ mV}}{5,98 \text{ mA}} \approx 4,347 \Omega$$

$$r_{BB'} \approx h_{22} - (1+\beta) \cdot r_e = 1,369 \cdot 10^3 - 314,5 \cdot 4,347 = 9,869 \Omega$$

$$g_m \approx \frac{1}{r_e} \approx 0,230 \text{ S}$$