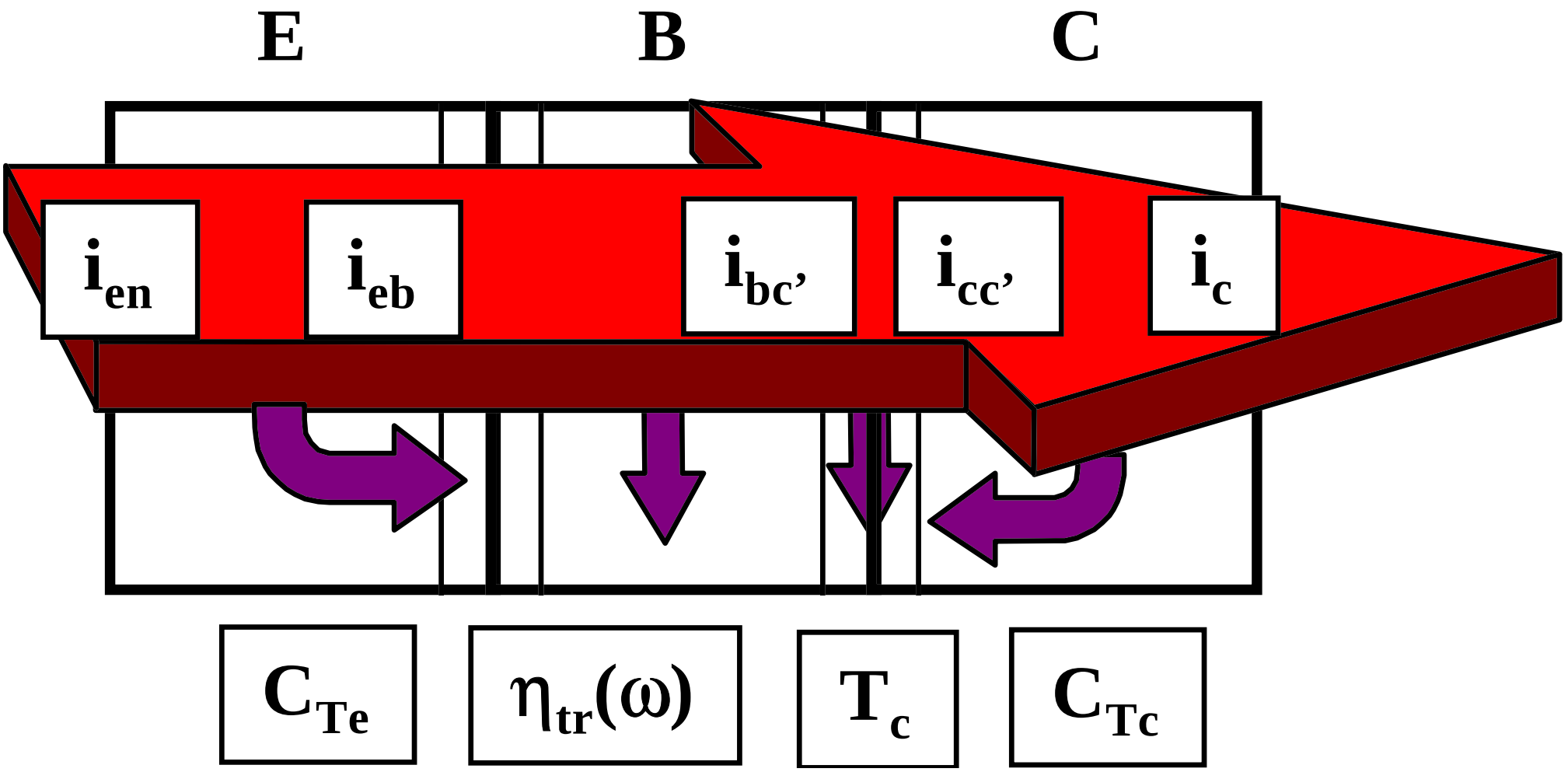
Bipoláris tranzisztor nagyfrekvenciás mûködése (1)



Transzport hatásfok nagyfrekvenciás csökkenése:

$Q_B = I_{En}\, T_0$

Q_B: bázis töltés

T_0: bázisáthaladási idô

$i_{bc}, / i_{eb} =$

$= \eta_{tr0}/(1+j\omega\, T_0)$

Emitter-bázis tértöltés kapacitás hatása:

$i_{en} =$

$= i_{eb} + j\omega \cdot C_{Te} \cdot r_e \cdot i_{eb}$

$i_{eb} / i_{en} =$

$=1/(1+j\omega \cdot C_{Te} \cdot r_e)$

Bázis-kollektor átmenet futási idô:

$T_C = S_C / v_{th}$

S_C: kiürített réteg vastagsága

v_{th}: az elektronok sodródási sebessége

$i_{c'c} / i_{bc'} =$

$= 1/(1+j\omega T_c/2)$

Bázis-kollektor tértöltés kapacitás hatása:

U_{BC} = const, de a véges $r_{cc'}$ miatt véges $u_{bc'}$ váltakozófesz. lép fel.

$i_c / i_{c'c} = 1/(1+j\omega r_{cc'} / C_{Tc})$

C_{Tc}: kollektor-bázis tértöltés kapacitás

$r_{cc'}$: kollektor kivezetési ellenállás

Bipoláris tranzisztor f_α és f_β határfrekvenciái

Alfa-határfrekvencia (f_α)

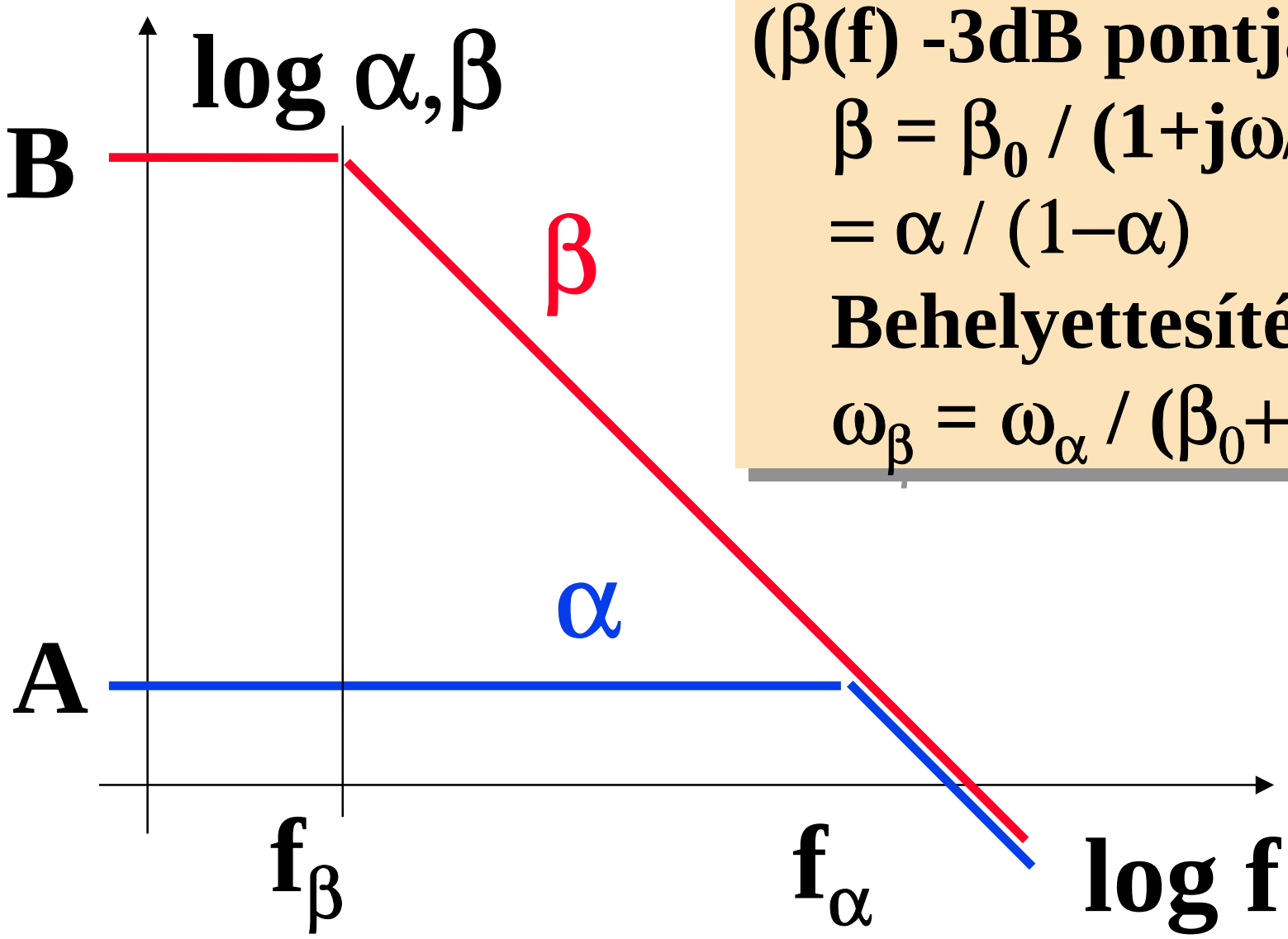
(α(f) -3dB pontja):

$$i_c/i_{en} = (i_c/i_{c'c}) (i_{c'c}/i_{bc'}) (i_{bc'}/i_{eb}) (i_{eb}/i_{en})=$$
$$\eta_{tr0}/(1+j\omega C_{Te}r_e)(1+j\omega T_0)(1+j\omega T_c/2)(1+j\omega C_{Tc}r_{cc'})$$

ω magasabb hatványait elhanyagolva:

$$\alpha = \alpha_0 / (1+j\omega/\omega_\alpha)$$

$$\omega_\alpha = 1 / (C_{Te}\, r_e+T_0+T_C/2 + C_{Tc}\, r_{cc'})$$



Béta-határfrekvencia (f_β)

($\beta(f)$ -3dB pontja):

$\beta = \beta_0 / (1+j\omega/\omega_\beta) =$

$= \alpha / (1-\alpha)$

Behelyettesítés után:

$\omega_\beta = \omega_\alpha / (\beta_0+1)$

Bipoláris tranzisztor f_1 és f_T és f_{max} határfrekvenciái

f_1 határfrekvencia

$|\beta| = 1$:

$|\beta_0 /$ $(1+j\omega/\omega_\beta)| = 1$ **feltétel bôl:**

$\omega_1 = \beta_0\, \omega_\beta = \omega_\alpha$

f_T tranzitfrekvencia:

extrapolált f_1 frekvencia

f_{max}: max. oszcillációs frekvencia

Csak a B-E tértöltés kapacitás és a bázisáthaladási idôvel:

$\omega_\alpha = 1 / (C_{Te}\, r_e + T_0) =$

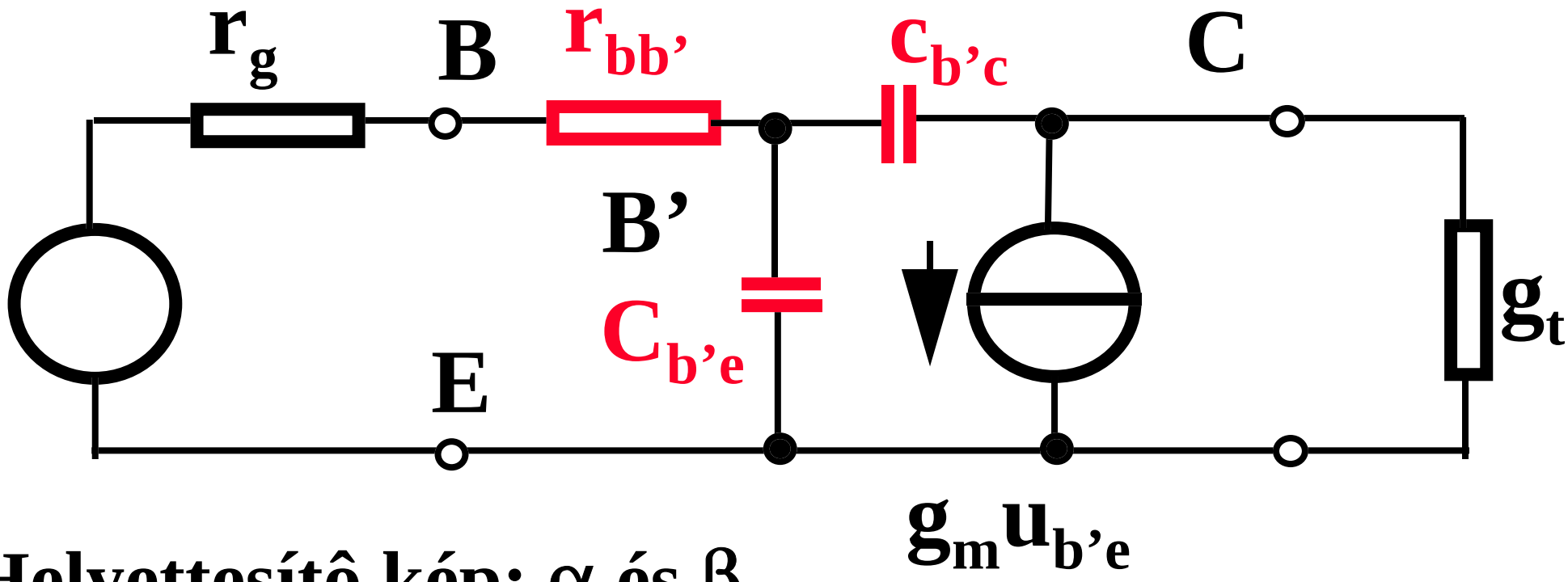
$= 1 / r_e(C_{Te} + C_{De})$

ahol $C_{De} = T_0/r_e$

$$P_{be} = u_g^2 / 4r_{bb'} = P_{ki} = (g_m u_{b'e})^2 / 4g_{ki}$$

$$g_{ki} = g_m C_{b'c} / C_{b'e}$$

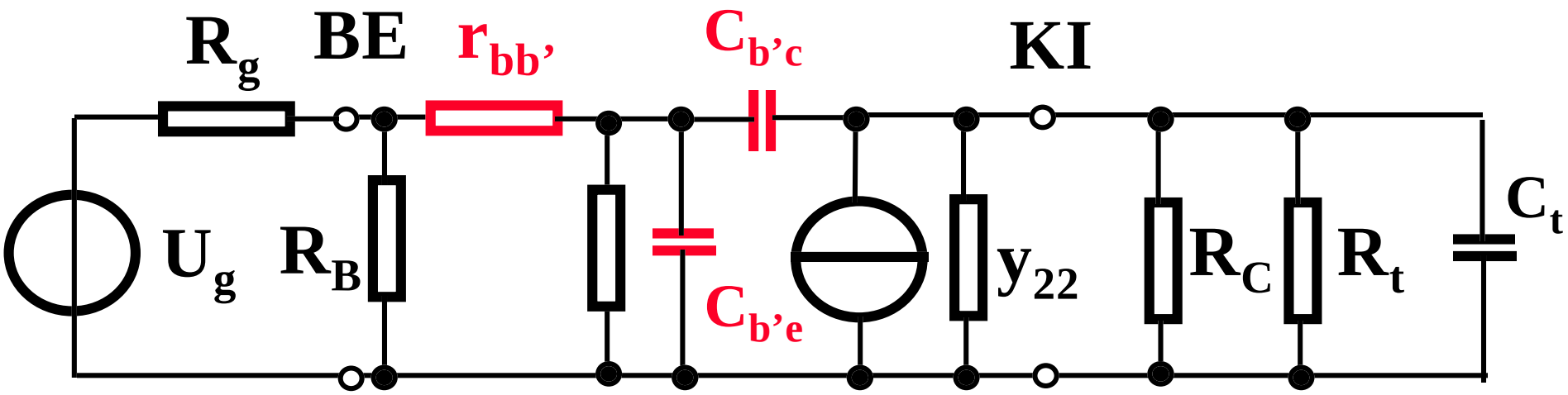
$$f_{max} = \mathrm{sqrt}((1/8\pi)\,(f_\alpha / r_{bb'} C_{b'c}))$$



Helyettesítô kép: α és β frekvenciafüggése kiemelhetô

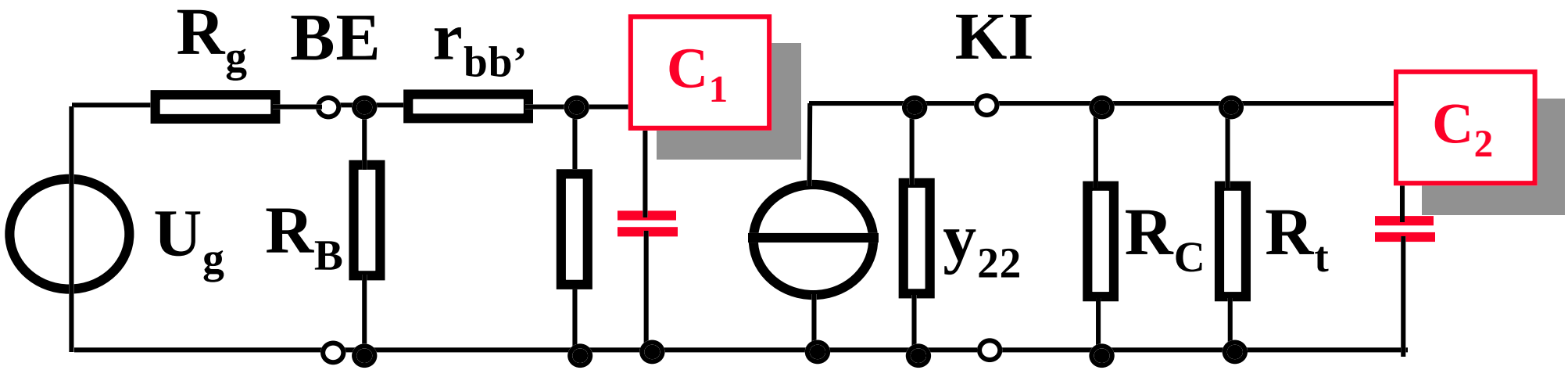
Az alapkapcsolások frekvenciafüggô tulajdonságai

FE nagyfrekvenciás helyettesítô kép



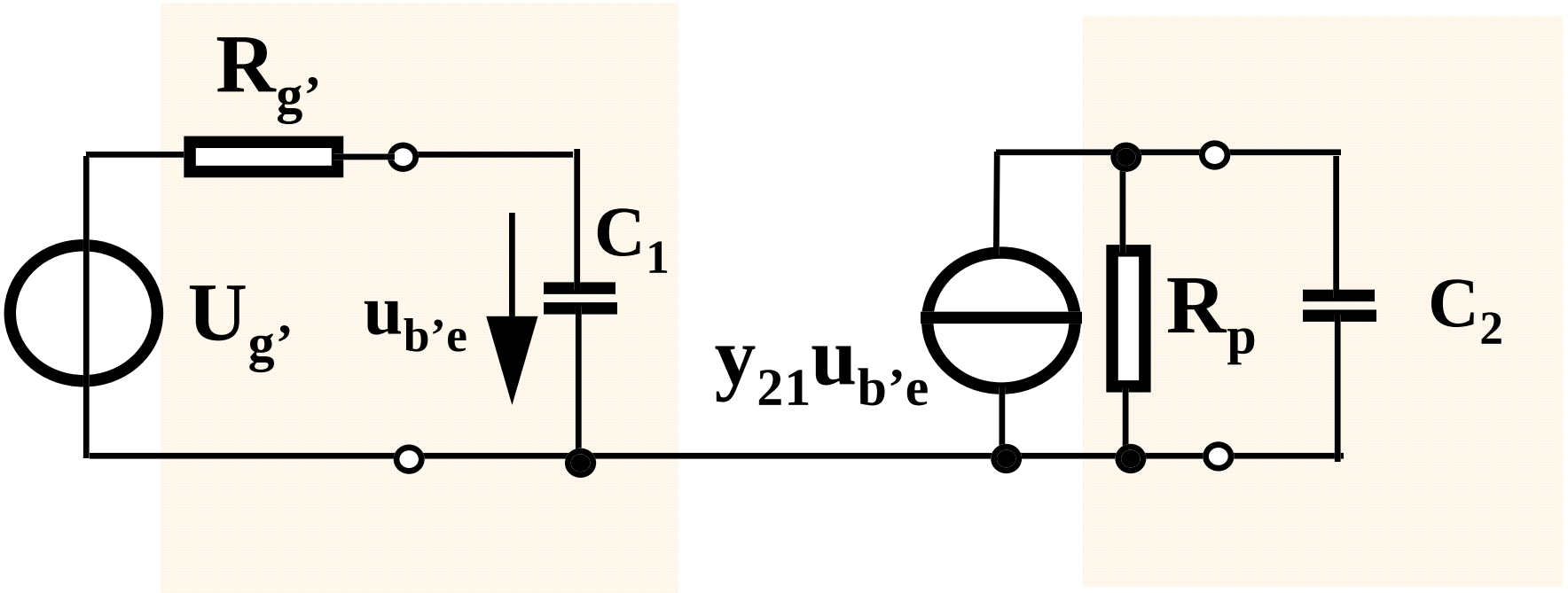
$R_B = R_1 \times R_2$ $(1+\beta)r_e$ $y_{21}u_{b'e}$

A tranzisztor kapacitások kitranszformálásával



Miller kapacitás

Összevont helyettesítô kép



$$\omega_{be} = (R_{g'}\, C_1)^{-1} \qquad \omega_{ki} = (R_p\, C_2)^{-1}$$

Nagy erôsítésnél $\omega_{ki} >> \omega_{be}$.

$$C_1 = C_{b'e} + (1+g_m R_p)C_{b'c} = C_{b'e} + A_u C_{b'c}$$

$$C_2 = C_t + \{1+1/(g_m R_p)\}C_{b'c} = C_t + C_{b'c}$$

Miller kapacitás: $(A_u+1)\, C_{b'c}$

$$u_{g'} = K\, u_g$$

$$R_{g'} = \{(R_g \text{ x } R_B) + r_{bb'}\} \text{ x } (1+\beta)r_e$$

$$R_p = R_C \text{ x } R_t \text{ x } 1/h_{22}$$

$$u_{ki} / u_g = -Kg_m R_p \frac{1}{(1+ j\omega / \omega_{be})(1+ j\omega / \omega_{ki})}$$

Példák (1)

1., Mekkora egy tranzisztor f_β és f_T határfrekvenciája, ha f_α= 1GHz, B = 100?

$$f_\beta = f_\alpha /(B+1) = 10 \text{ MHz.}$$

$$f_T = f_\alpha = 1 \text{ GHz}$$

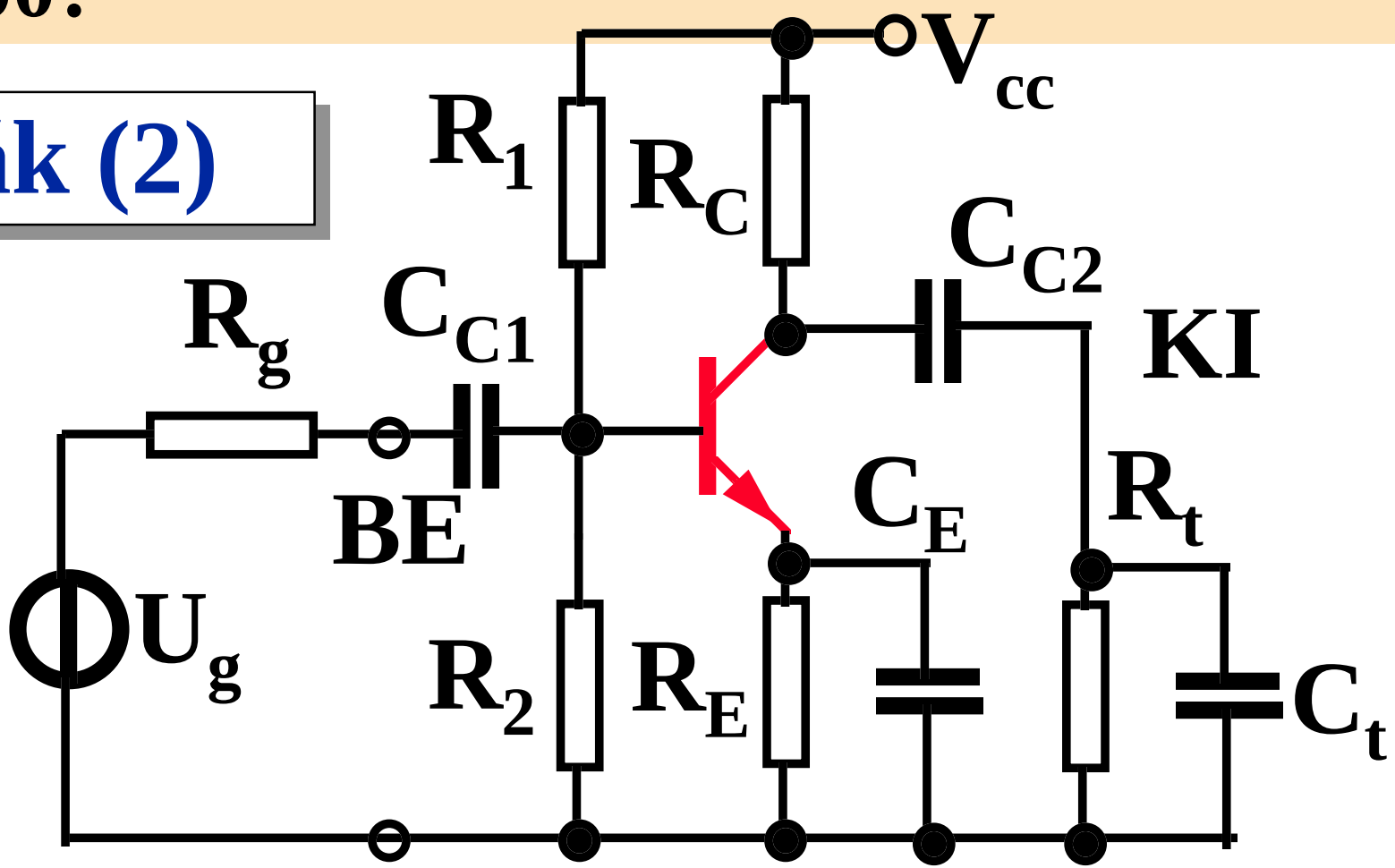
2., Mekkora frekvenciáig használható teljesítményerôsítésre az elôbbi tranzisztor, ha $r_{bb'}$= 10Ω, $C_{b'c}$ = 1.5pF?

$$f_{max} = \sqrt{(1/8\pi)\,(f_\alpha / r_{bb'}C_{b'c})} =$$

1.63 GHz

3., Mekkora a FE fokozat Miller kapacitása, ha V_{cc} = 15V, R_1 = 100 kΩ, R_2 = 51 kΩ, R_E= 4.3 kΩ, R_C= 2 kΩ, R_t= 10 kΩ, C_{bc}= 2 pF, R_g= 10 kΩ, B=100?

Példák (2)



Az erôsítés a bázistól a kollektorig -76.9.

A kimeneti leosztás 0.833.

Ezzel a Miller kapacitás C_M= 128 pF.