

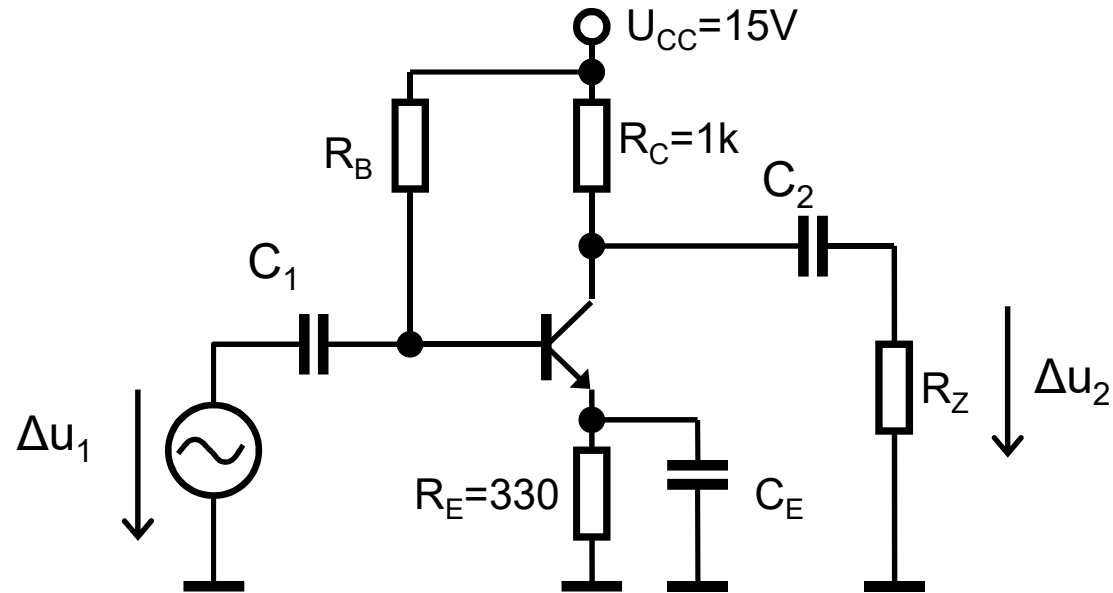
Cvičení 11: Zesilovač s bipolárním tranzistorem

C11.1 Zesilovač se společným emitorem – SE

1. DC analýza – nastavení klidového pracovního bodu P_0 (CP11.1)
2. AC analýza – NLO, parametry, zesílení, vstupní odpor

C11.2 Měření a simulace zesilovače SE s BJT – M11.1 a S11.1

C11.1 Zesilovač v zapojení SE (společný emitor)



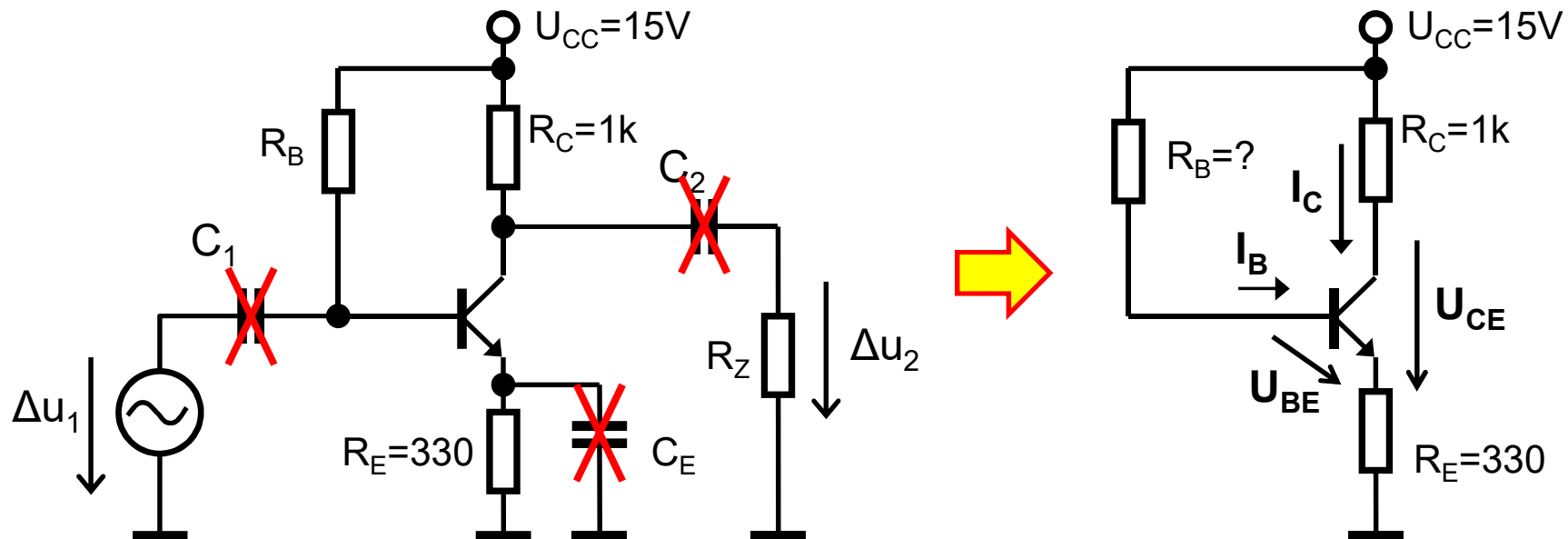
1. DC analýza – nastavení klidového pracovního bodu P_0 (výpočet hodnoty R_B)
2. AC analýza – řešení harmonického ustáleného stavu s NLO
 - Odečet hodnot parametrů NLO
 - Návrh hodnot C_1 , C_2 a C_E
 - Určení hodnot napěťového zesílení, vstupního a výstupního odporu zesilovače

C11.1 Zesilovač v zapojení SE (společný emitor)

DC analýza – nastavení P_0

Zjednodušení obvodu:

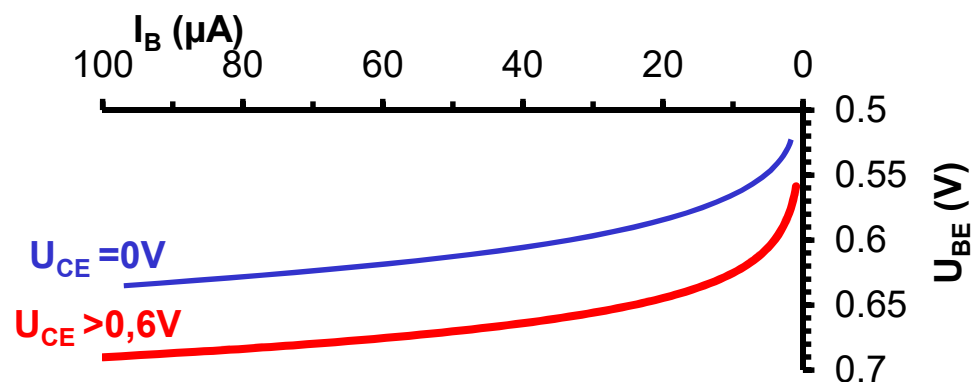
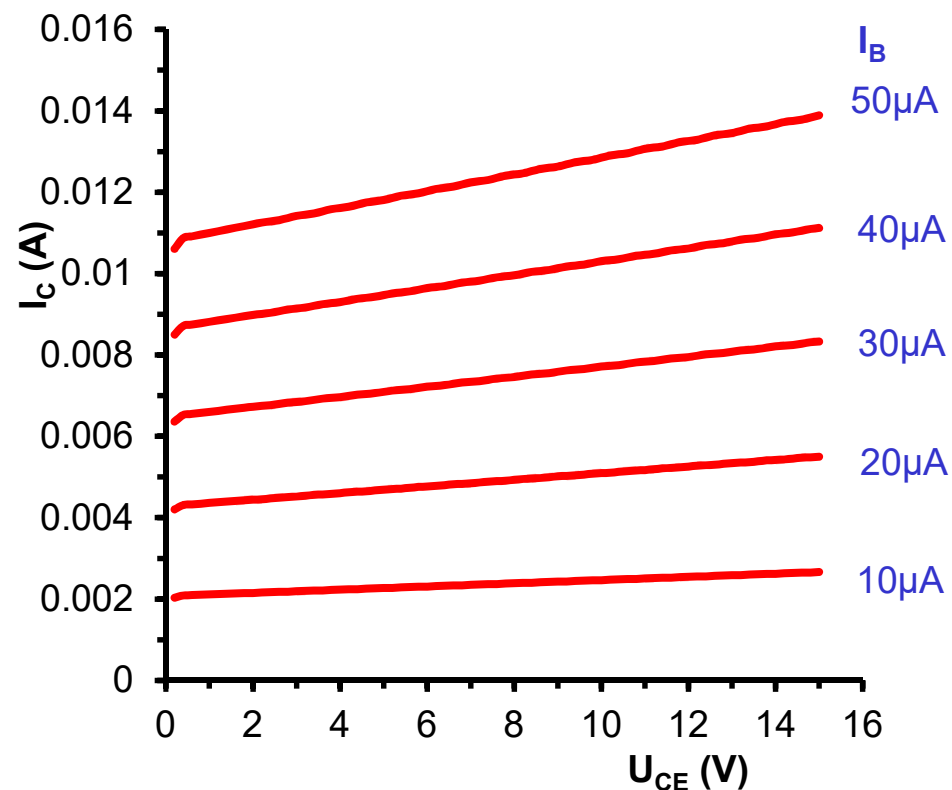
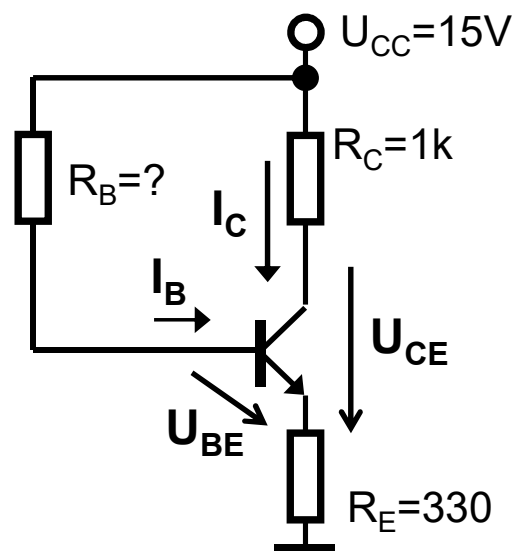
- odstranění střídavých zdrojů
- odstranění obvodových prvků, které se při DC řešení neuplatní:
 - kapacity = rozpojené svorky
 - induktory = zkrat



C11.1 Zesilovač v zapojení SE (společný emitor)

Příklad CP11.1: Nastavení pracovního bodu P_0 grafickou metodou

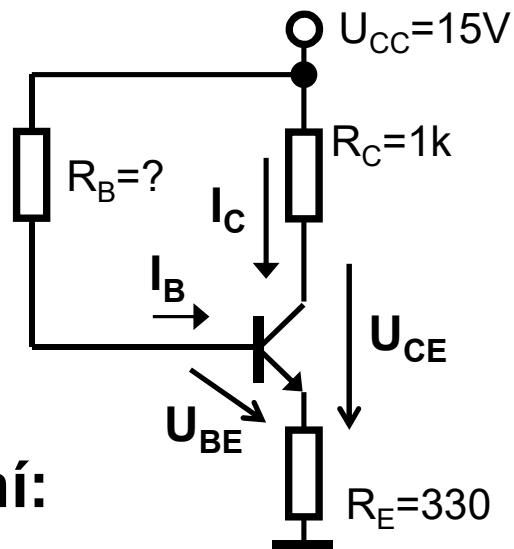
Úkolem je nastavit klidový pracovní bod P_0 pro $U_{CE}=7V$
a dále vypočítat hodnotu R_B .



C11.1 Zesilovač v zapojení SE (společný emitor)

Příklad CP11.1: Nastavení pracovního bodu P_0 grafickou metodou

Úkolem je nastavit klidový pracovní bod P_0 pro $U_{CE}=7V$ a dále vypočítat hodnotu R_B .



Řešení:

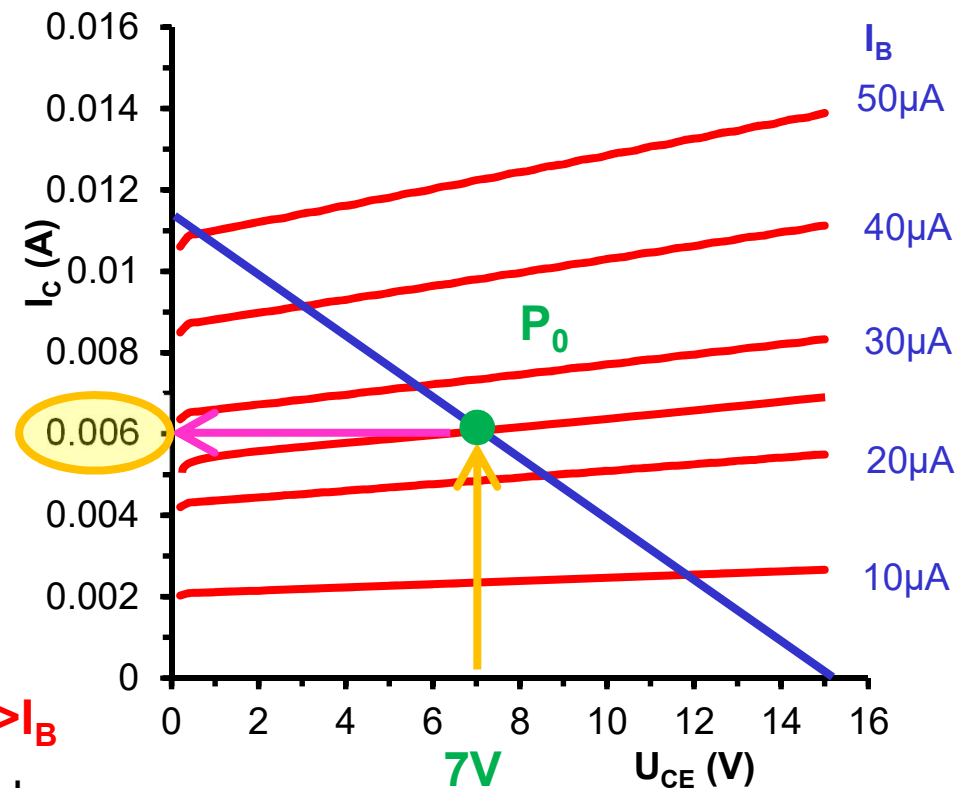
Sestavíme rovnici výstupního obvodu:

$$-U_{CC} + R_C \cdot I_C + U_{CE} + R_E \cdot (I_C + I_B) = 0 \quad I_C \gg I_B$$

Převědeme na tvar rovnice zatěžovací přímky:

$$I_C = \frac{U_{CC} - U_{CE}}{R_C + R_E} = 11,3 \cdot 10^{-3} - 0,75 \cdot 10^{-3} \cdot U_{CE}$$

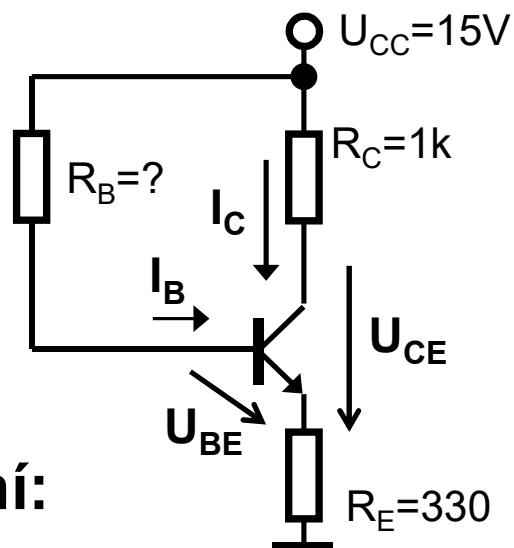
Pracovní bod vyneseme na zatěžovací přímce jako bod při kterém platí $U_{CE}=7V$



C11.1 Zesilovač v zapojení SE (společný emitor)

Příklad CP11.1: Nastavení pracovního bodu P_0 grafickou metodou

Úkolem je nastavit klidový pracovní bod P_0 pro $U_{CE}=7V$ a dále vypočítat hodnotu R_B .



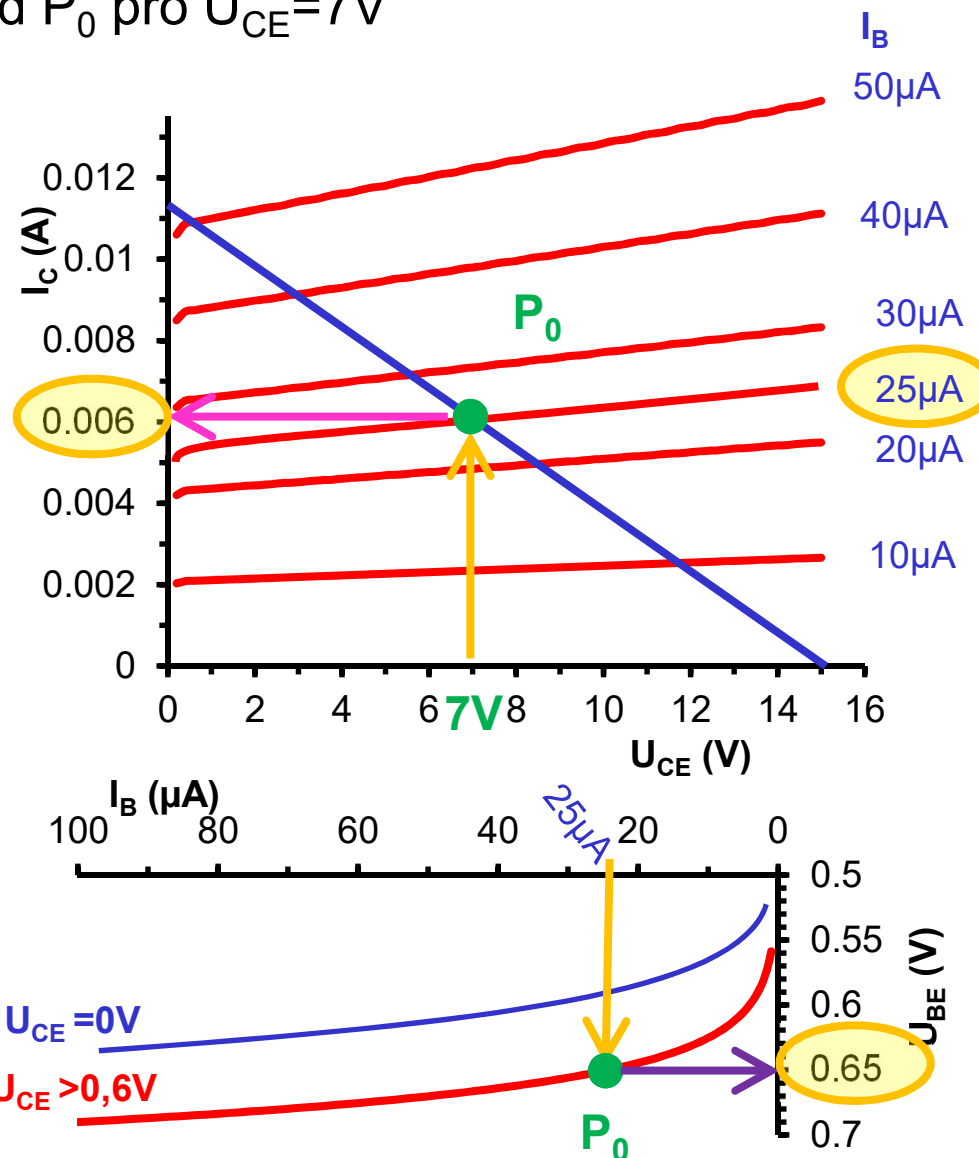
Řešení:

Na vstupní charakteristice vyneseme P_0 pro $I_B=25\mu A$ a odečteme hodnotu U_{BE} .

Tím máme určeny všechny parametry pracovního bodu tranzistoru:

$$U_{BE} = 0,65V \quad I_B = 25\mu A$$

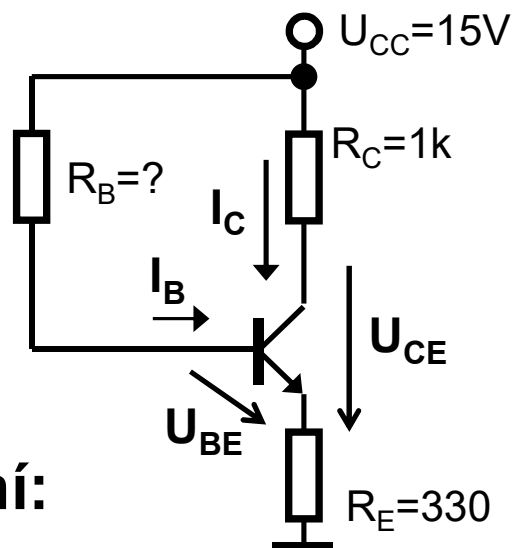
$$U_{CE} = 7V \quad I_C = 6mA$$



C11.1 Zesilovač v zapojení SE (společný emitor)

Příklad CP11.1: Nastavení pracovního bodu P_0 grafickou metodou

Úkolem je nastavit klidový pracovní bod P_0 pro $U_{CE}=7V$ a dále vypočítat hodnotu R_B .



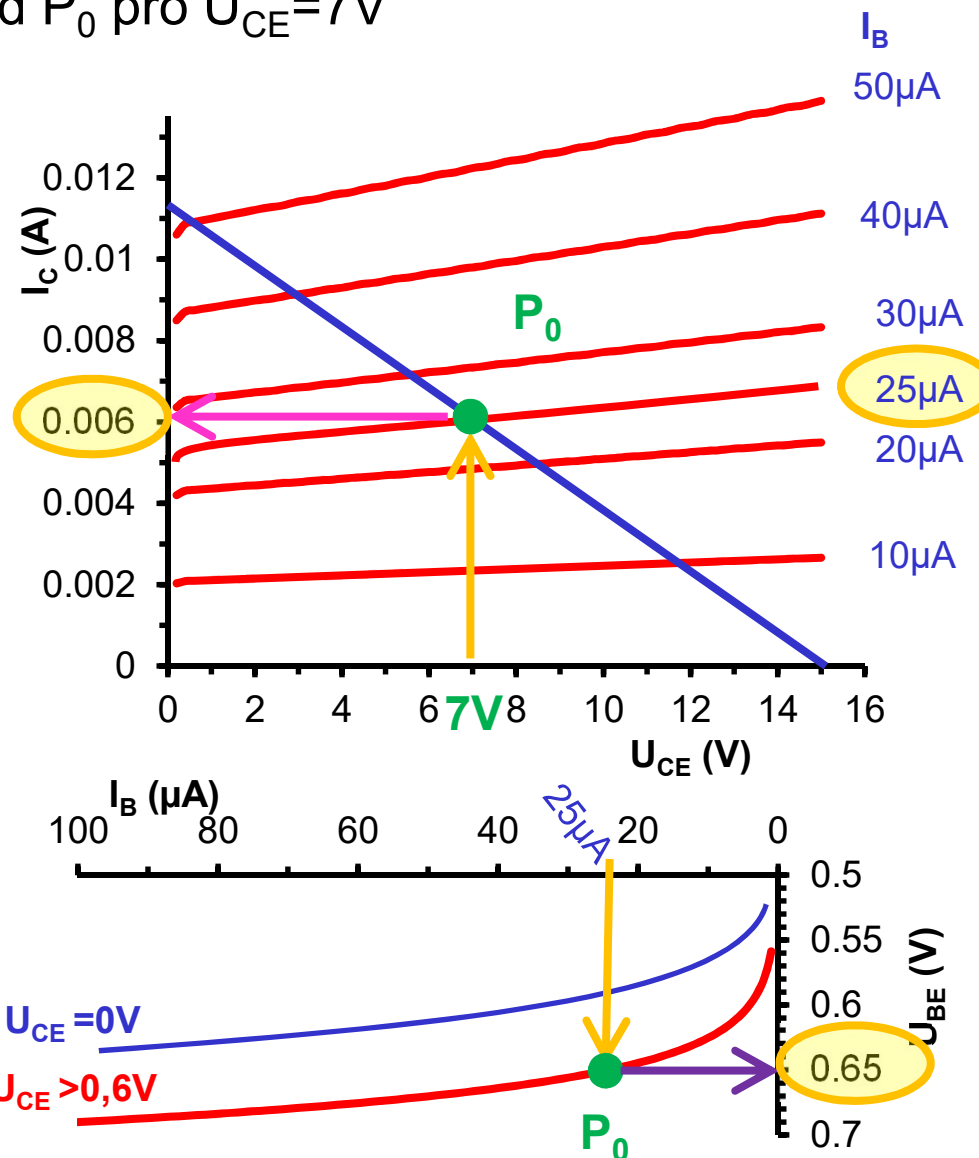
Řešení:

Výpočet hodnoty R_B :

$$-U_{CC} + R_B \cdot I_B + U_{BE} + R_E \cdot (I_C + I_B) = 0$$

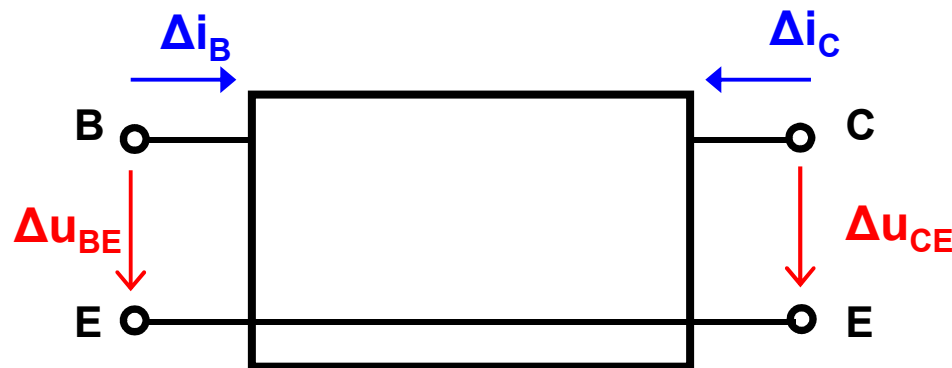
$$R_B = \frac{U_{CC} - U_{BE} - R_E \cdot I_C}{I_B}$$

$$R_B = \frac{15 - 0,65 - 1,98}{25 \cdot 10^{-6}} = 495 \text{ [k}\Omega\text{]}$$

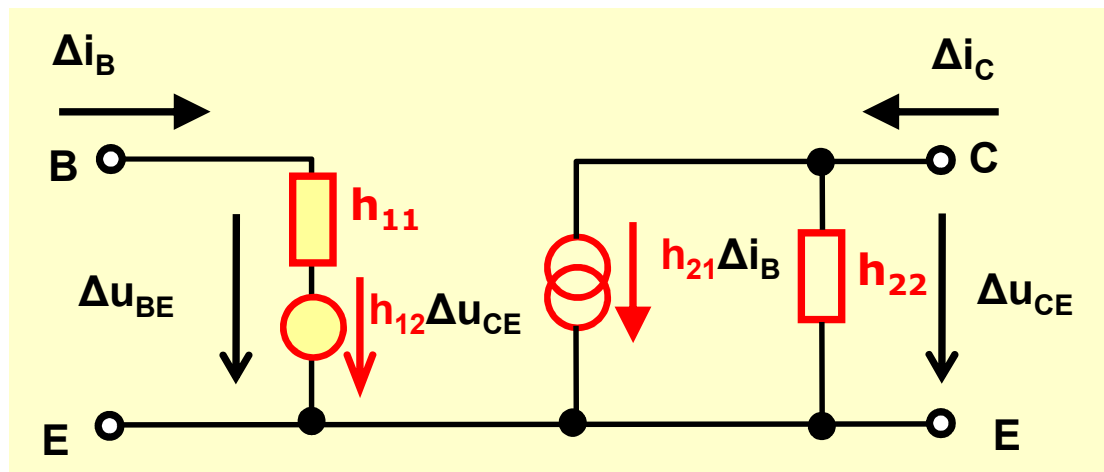


C11.1 Zesilovač v zapojení SE (společný emitor)

AC analýza – linearizace charakteristik pro okolí P_0



NLO pro změny veličin



$$\Delta u_{BE} = h_{11}\Delta i_B + h_{12}\Delta u_{CE}$$

$$\Delta i_C = h_{21}\Delta i_B + h_{22}\Delta u_{CE}$$



$$h_{11} = \left(\frac{\Delta u_{BE}}{\Delta i_B} \right)_{P_0}^{\Delta u_{CE}=0}$$

$$h_{12} = \left(\frac{\Delta u_{BE}}{\Delta u_{CE}} \right)_{P_0}^{\Delta i_B=0}$$

$$h_{21} = \left(\frac{\Delta i_C}{\Delta i_B} \right)_{P_0}^{\Delta u_{CE}=0}$$

$$h_{22} = \left(\frac{\Delta i_C}{\Delta u_{CE}} \right)_{P_0}^{\Delta i_B=0}$$

C11.1 Zesilovač v zapojení SE (společný emitor)

AC analýza – vstupní diferenciální odpor h_{11}

$$h_{11} = \left. \frac{\partial U_{BE}}{\partial I_B} \right|_{P_0}$$

odpor $[\Omega]$ – silně nelineární!!
typické hodnoty 500 – 2k

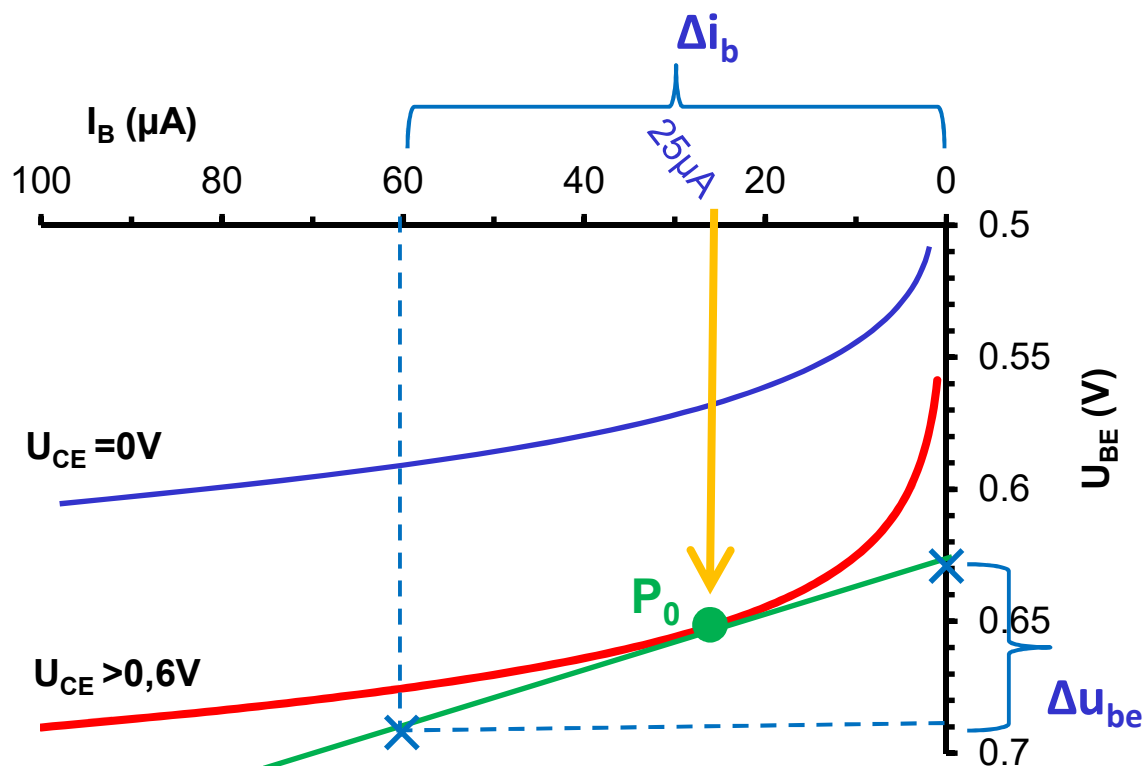
Stanovit lze z poměru
diferencí Δu_{BE} ku Δi_B

$$h_{11} = \left(\frac{\Delta u_{BE}}{\Delta i_B} \right)_{P_0}^{\Delta u_{CE}=0}$$

$$h_{11} = \frac{690mV - 625mV}{60\mu A - 0\mu A}$$

$$h_{11} = 1083 \Omega$$

Vstupní charakteristika



C11.1 Zesilovač v zapojení SE (společný emitor)

AC analýza – zpětný napěťový přenos h_{12}

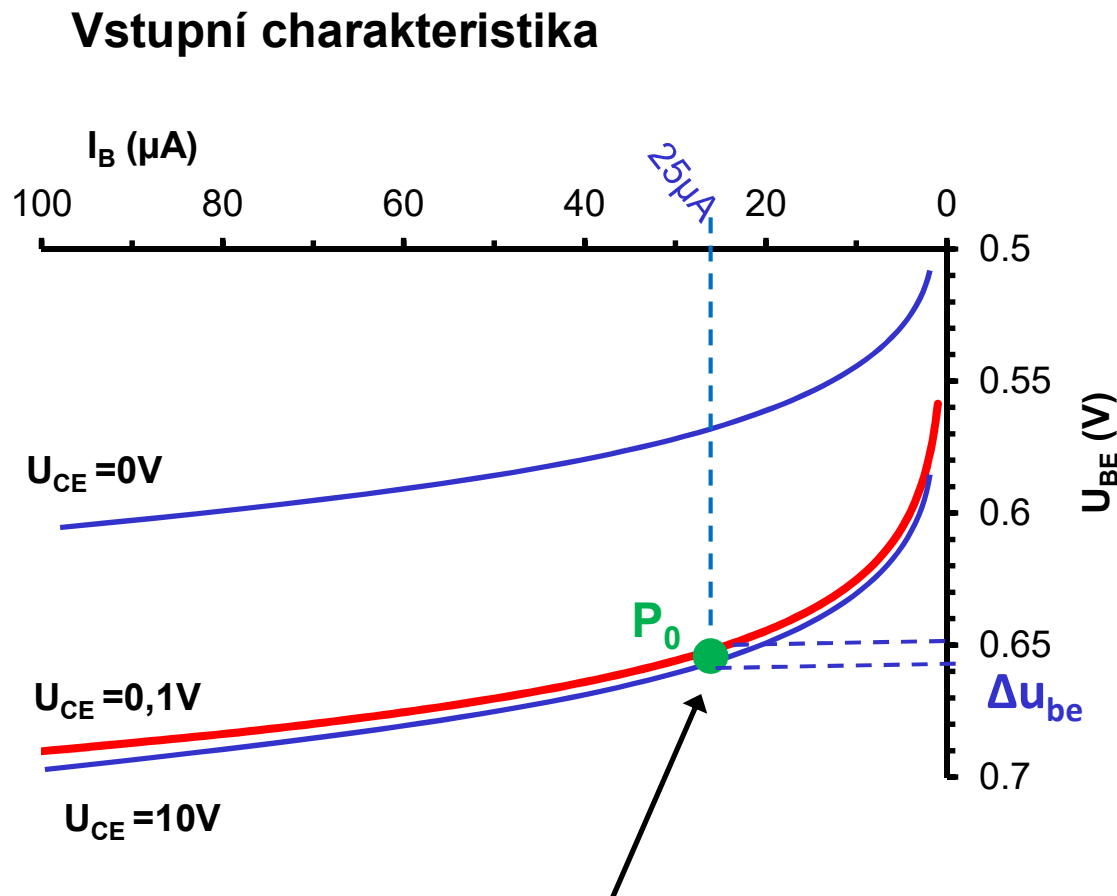
$$h_{12} = \left. \frac{\partial U_{BE}}{\partial U_{CE}} \right|_{P_0}$$

bezrozměrný
typické hodnoty 10^{-3} - 10^{-4}
většinou lze zanedbat !!

Stanovit lze z poměru
diferencí Δu_{BE} ku Δu_{CE}

$$h_{12} = \left(\frac{\Delta u_{BE}}{\Delta u_{CE}} \right)_{\Delta i_B=0}^{P_0}$$

$$h_{12} \cong 0$$



poloha P_0 se v závislosti na U_{CE} téměř nemění

C11.1 Zesilovač v zapojení SE (společný emitor)

AC analýza – proudový zesilovací činitel h_{21} (h_{21E})

$$h_{21} = \left. \frac{\partial I_C}{\partial I_B} \right|_{P_0}$$

bezrozměrný
typické hodnoty 10 – 1000

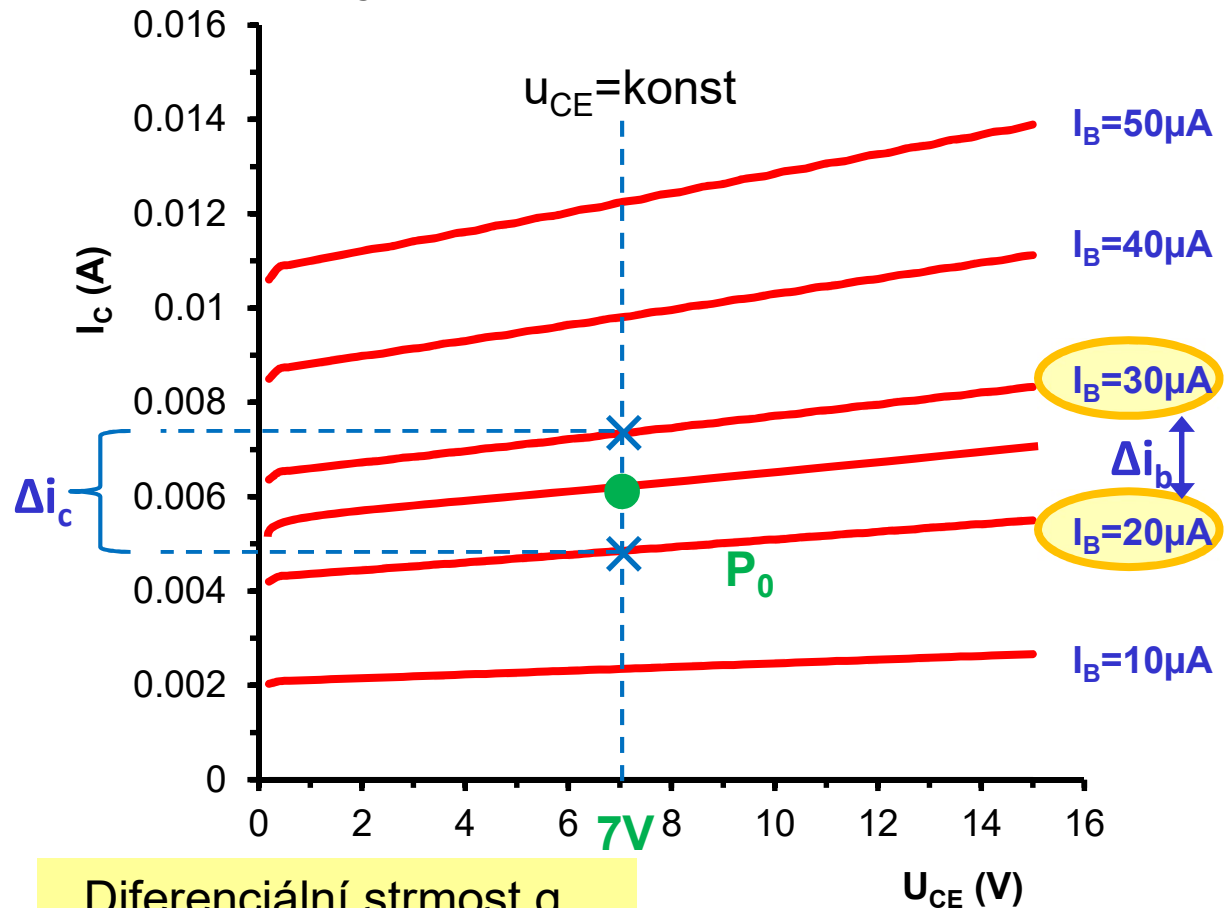
Stanovit lze z poměru
diferencí Δi_C ku Δi_B

$$h_{21} = \left(\frac{\Delta i_C}{\Delta i_B} \right)_{\Delta u_{CE}=0}$$

$$h_{21} = \frac{7,4mA - 4,9mA}{30\mu A - 20\mu A}$$

$$h_{21} = 250$$

Výstupní charakteristika



Diferenciální strmost g_m

$$g_m = y_{21} = \left. \frac{h_{21}}{h_{11}} \right|_{P_0}$$

C11.1 Zesilovač v zapojení SE (společný emitor)

AC analýza – výstupní diferenciální vodivost h_{22}

$$h_{22} = \left. \frac{\partial I_C}{\partial U_{CE}} \right|_{P_0}$$

vodivost [S]

typické hodnoty 10 – 100 μS

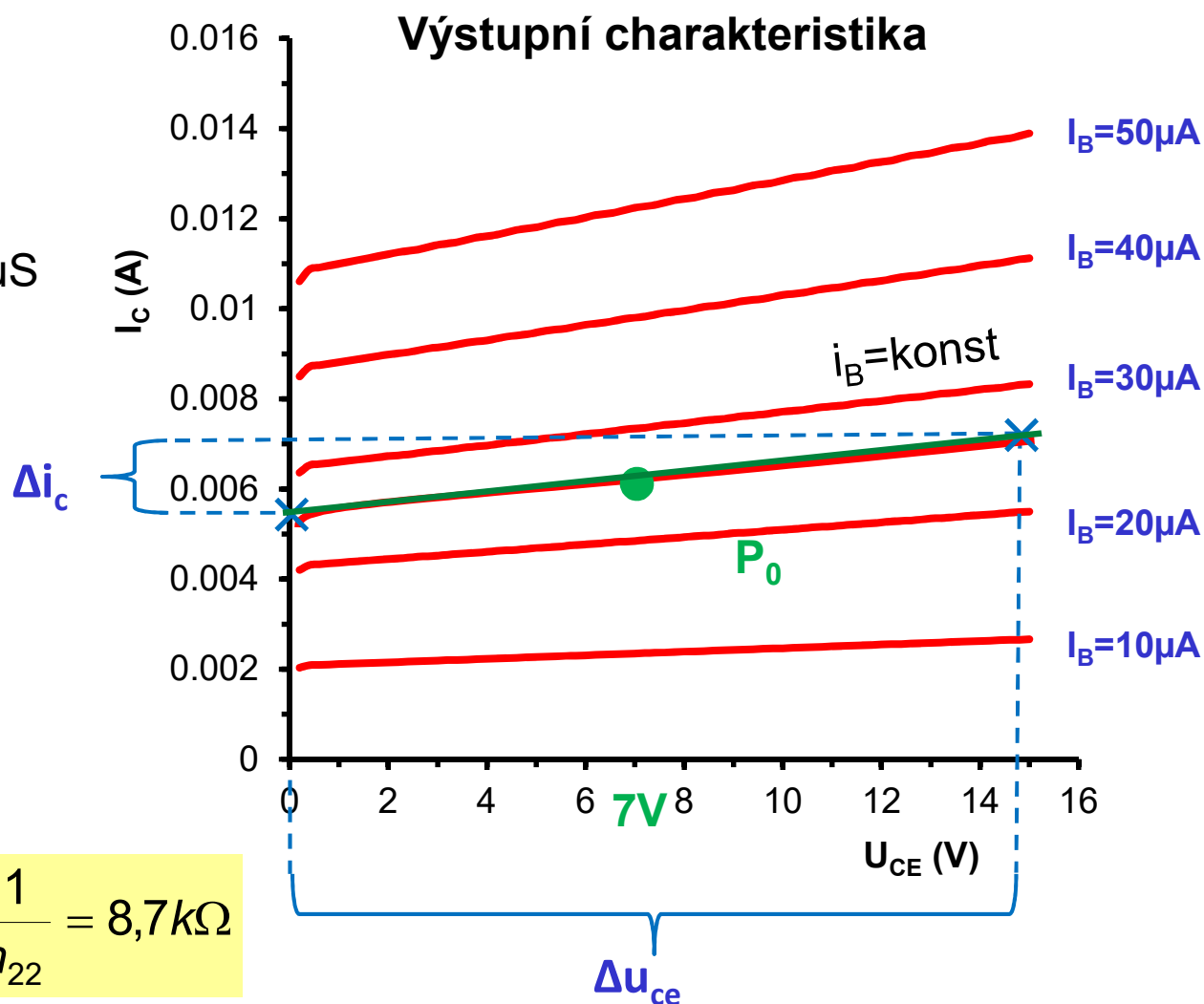
Stanovit lze z poměru
diferencí Δi_C ku Δu_{CE}

$$h_{22} = \frac{1}{r_o} = \left(\frac{\Delta i_C}{\Delta U_{CE}} \right)_{P_0}^{\Delta i_B=0}$$

$$h_{22} = \frac{7,1\text{mA} - 5,4\text{mA}}{14,8\text{V} - 0\text{V}}$$

$$h_{22} = 115\mu\text{S}$$

$$r_o = \frac{1}{h_{22}} = 8,7\text{k}\Omega$$



C11.1 Zesilovač v zapojení SE (společný emitor)

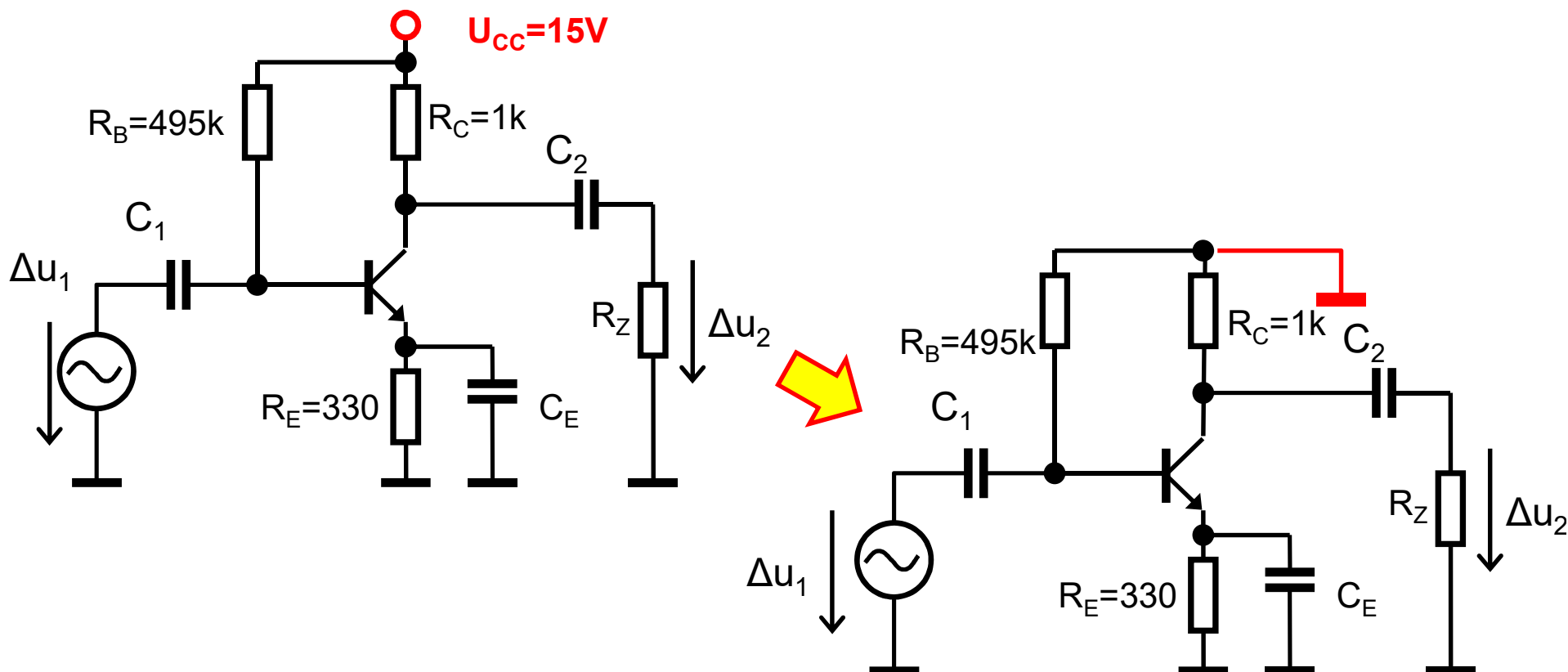
AC analýza – harmonický ustálený stav s NLO

Napět'ové zesílení
Vstupní odpor
Výstupní odpor

Zjednodušení obvodu

1. Odstranění ss zdrojů:

- ss zdroje napětí zkratovat ($dU/dt = 0$)
- ss zdroje proudu odpojit ($dI/dt = 0$)



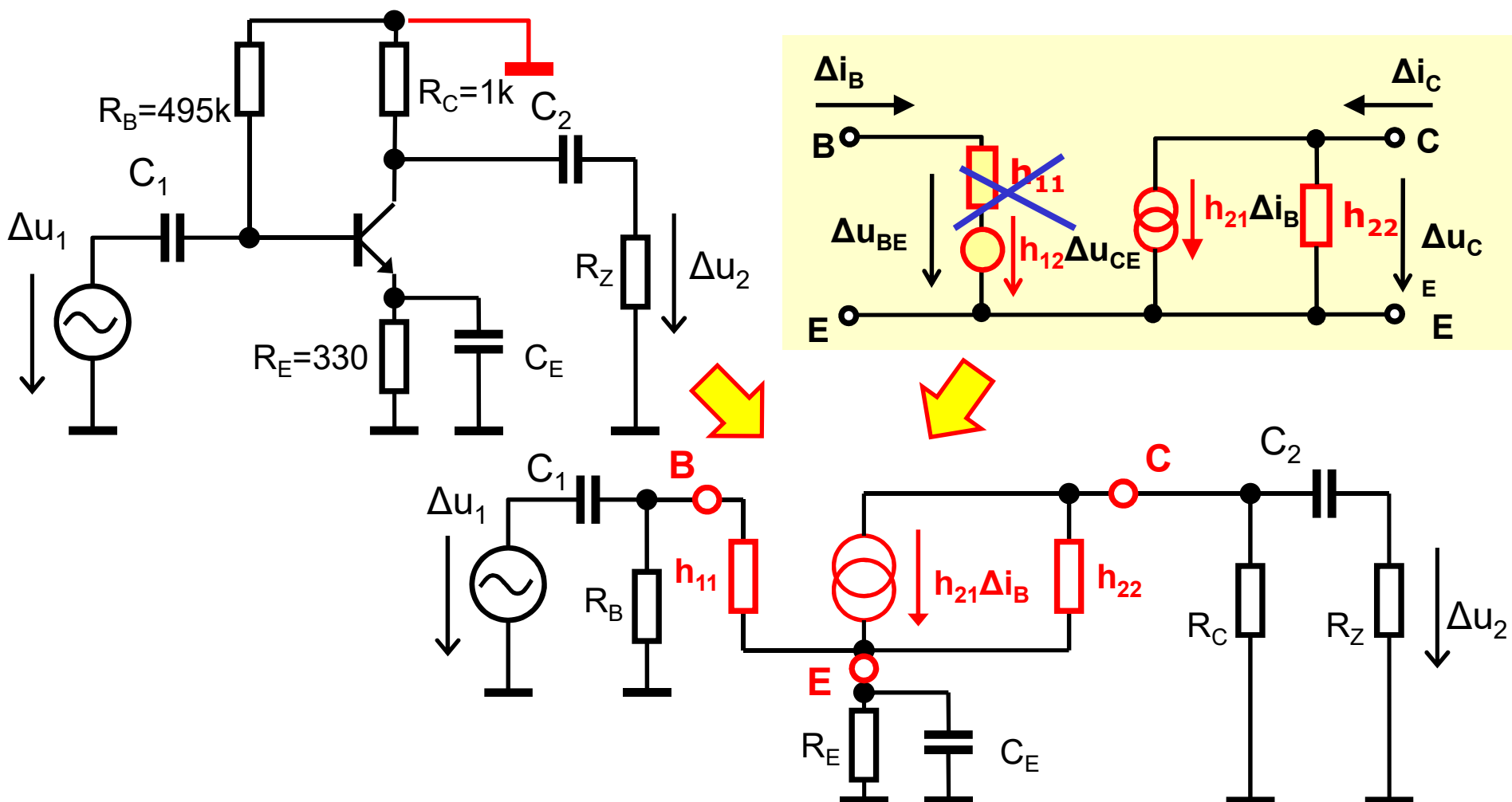
C11.1 Zesilovač v zapojení SE (společný emitor)

AC analýza – harmonický ustálený stav s NLO

Zjednodušení obvodu

2. Náhrada tranzistoru jeho NLO (pozor na správné připojení!)

Napět'ové zesílení
Vstupní odpor
Výstupní odpor



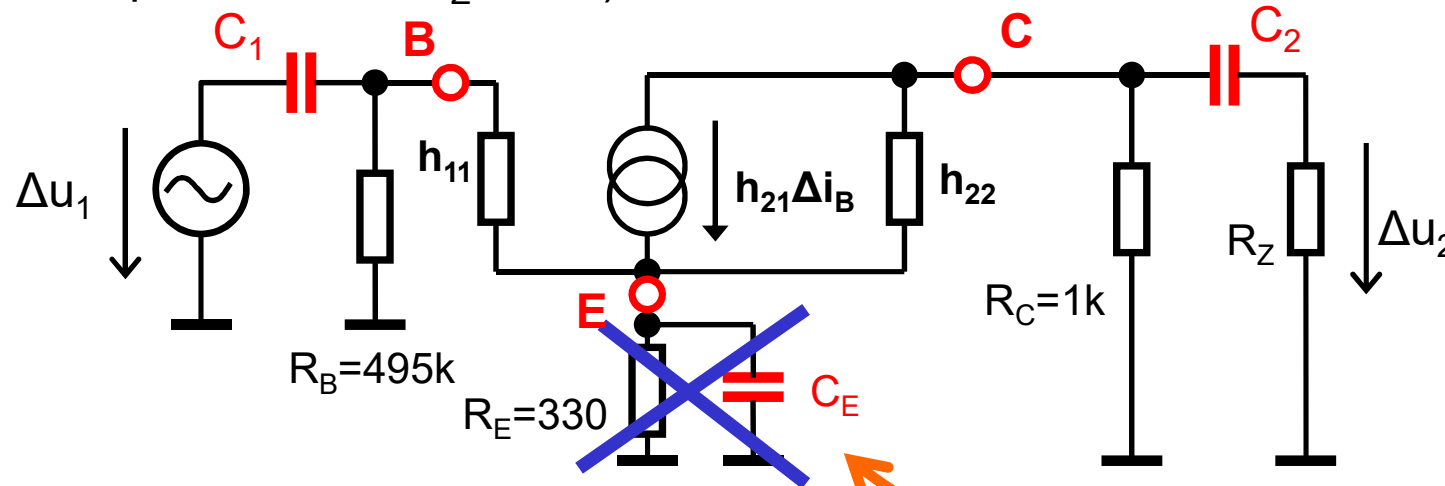
C11.1 Zesilovač v zapojení SE (společný emitor)

AC analýza – harmonický ustálený stav s NLO

Napět'ové zesílení
Vstupní odpor
Výstupní odpor

Výpočet hodnot vazebních kapacit

(například pro $f=1\text{kHz}$ a $R_Z=1\text{M}\Omega$)



$h_{11} = 1083 \Omega$
 $h_{12} \cong 0$
 $h_{21} = 250$
 $h_{22} = 115 \mu\text{S}$

Blokovací kapacitor C_E střídavě zkratuje odpor R_E

$$X_{CE} = \frac{1}{2\pi f C_E} \ll R_E$$

$$C_E \gg \frac{1}{2\pi f R_E} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 1000 \cdot 330} = 480 \text{ nF}$$

Zvolíme C_E v rozsahu **$10\mu\text{F} - 100\mu\text{F}$**

Odpor R_E za těchto podmínek tedy můžeme nahradit zkratem.

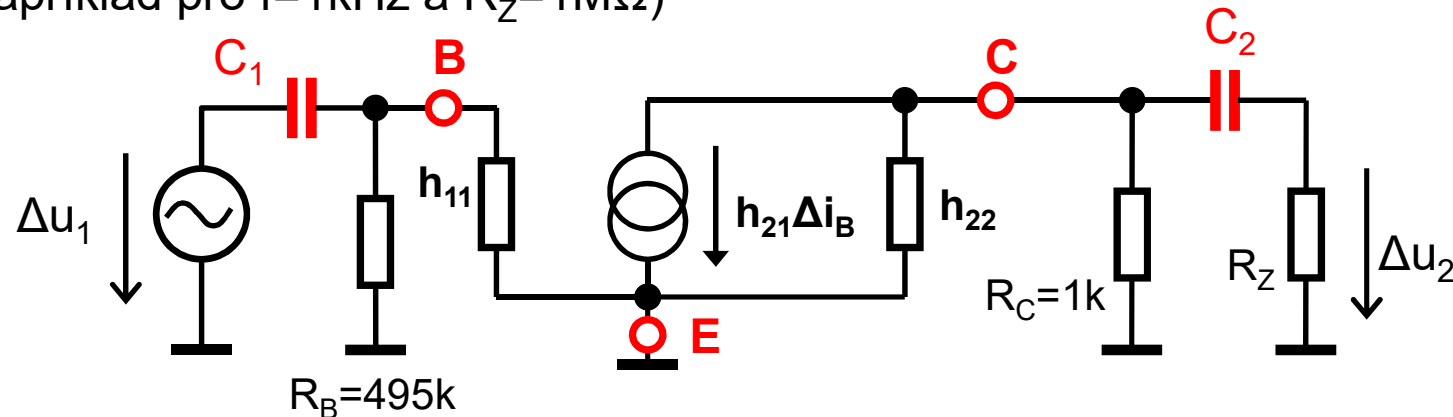
C11.1 Zesilovač v zapojení SE (společný emitor)

AC analýza – harmonický ustálený stav s NLO

Napět'ové zesílení
Vstupní odpor
Výstupní odpor

Výpočet hodnot vazebních kapacit

(například pro $f=1\text{kHz}$ a $R_Z=1\text{M}\Omega$)



$$\begin{aligned} h_{11} &= 1083 \, \Omega \\ h_{12} &\cong 0 \\ h_{21} &= 250 \\ h_{22} &= 115 \, \mu\text{S} \end{aligned}$$

Pro optimální navázání **vstupního signálu** musí platit $X_{C_1} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_1} \ll R_B // h_{11}$

$$C_1 \gg \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 1000 \cdot 495000 // 1083} = 150 \text{ nF}$$

Zvolíme **C_1** v rozsahu **$1 \mu\text{F} - 10 \mu\text{F}$**

Pro optimální navázání **výstupního signálu** musí platit $X_{C_2} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_2} \ll R_Z + \frac{1}{h_{22}} // R_C$

$$C_2 \gg \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 1000 \cdot \left(1 \cdot 10^6 + \frac{1}{115 \cdot 10^{-6}} // 1000 \right)} = 160 \text{ pF}$$

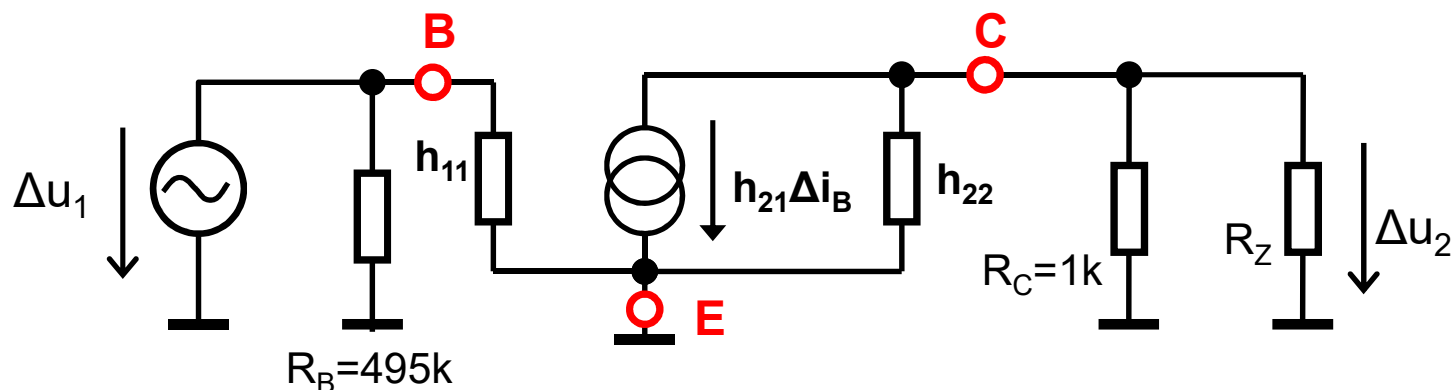
Zvolíme **C_2** v rozsahu **$10 \text{ nF} - 100 \text{ nF}$**

C11.1 Zesilovač v zapojení SE (společný emitor)

AC analýza – harmonický ustálený stav s NLO

Napět'ové zesílení
Vstupní odpor
Výstupní odpor

Napět'ové zesílení zesilovače SE (odpor RE se neuplatňuje)



$$\begin{aligned}h_{11} &= 1083 \, \Omega \\h_{12} &\cong 0 \\h_{21} &= 250 \\h_{22} &= 115 \, \mu\text{S}\end{aligned}$$

$$A_U = \frac{\Delta u_2}{\Delta u_1}$$

$$\Delta u_1 = \Delta u_{be} = h_{11} \cdot \Delta i_b$$

$$\Delta u_2 = -h_{21} \cdot \Delta i_b \cdot \left(\frac{1}{h_{22}} \parallel R_C \parallel R_Z \right)$$

$$A_U = -\frac{h_{21}}{h_{11}} \cdot \left(\frac{1}{h_{22}} \parallel R_C \parallel R_Z \right) \approx -\frac{h_{21} \cdot R_C}{h_{11}}$$

Dosadíme hodnoty našeho obvodu:

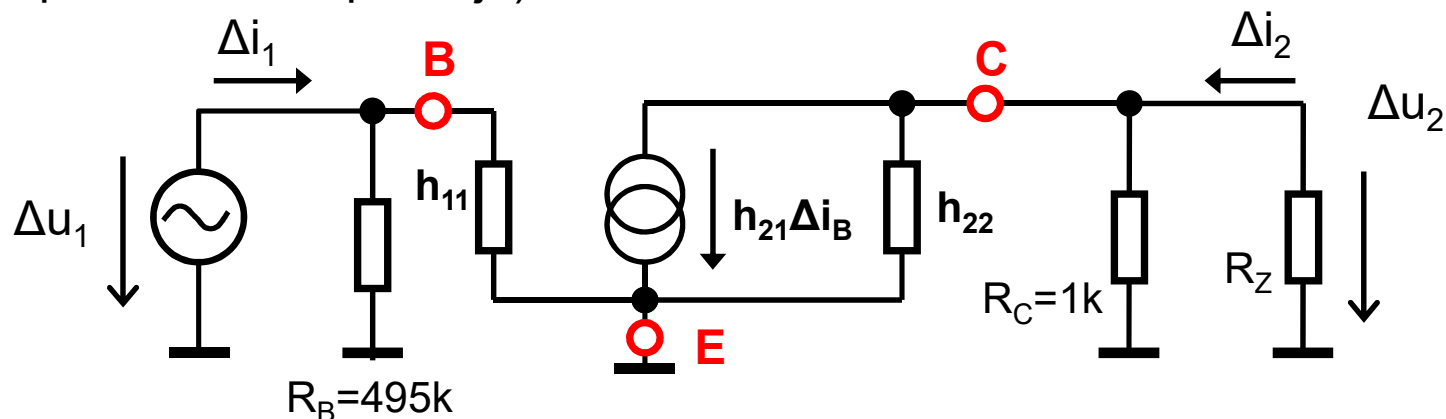
$$A_U = -\frac{250}{1083} \cdot \left(\frac{1}{115 \cdot 10^{-6}} \parallel 1000 \parallel 1 \cdot 10^6 \right) = -206$$

C11.1 Zesilovač v zapojení SE (společný emitor)

AC analýza – harmonický ustálený stav s NLO

Napět'ové zesílení
Vstupní odpor
Výstupní odpor

Vstupní a výstupní odpor zesilovače SE
(odpor RE se neuplatňuje)



$$\begin{aligned} h_{11} &= 1083 \, \Omega \\ h_{12} &\cong 0 \\ h_{21} &= 250 \\ h_{22} &= 115 \, \mu S \end{aligned}$$

$$R_{vst} = \frac{\Delta u_1}{\Delta i_1} = \frac{\Delta i_1 \cdot (h_{11} \parallel R_B)}{\Delta i_1} = h_{11} \parallel R_B$$

$$R_{vyst} = \frac{\Delta u_2}{\Delta i_2} = \frac{\Delta i_2 \cdot \left(\frac{1}{h_{22}} \parallel R_C \right)}{\Delta i_2} = \frac{1}{h_{22}} \parallel R_C$$

Dosadíme hodnoty našeho obvodu:

$$R_{vst} = \frac{1083 \cdot 495k}{1083 + 495k} = 1080 \, \Omega$$

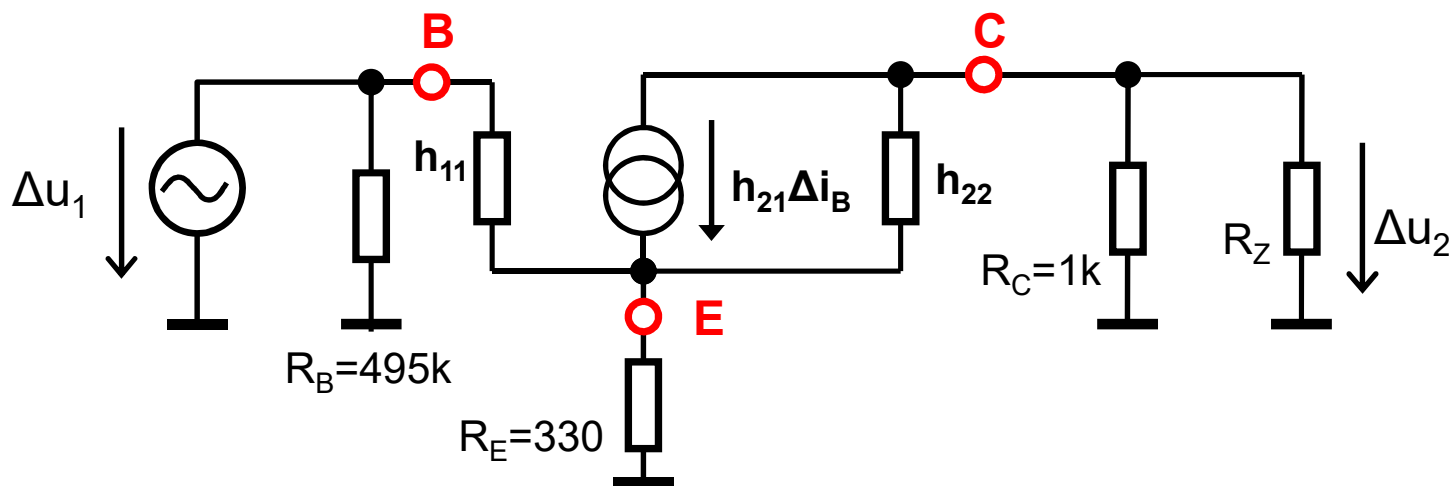
$$R_{vyst} = \frac{\frac{1}{115 \cdot 10^{-6}} \cdot 1k}{\frac{1}{115 \cdot 10^{-6}} + 1k} = 897 \, \Omega$$

C11.1 Zesilovač v zapojení SE (společný emitor)

AC analýza – harmonický ustálený stav s NLO

Napět'ové zesílení
Vstupní odpor
Výstupní odpor

Napět'ové zesílení zesilovače SE (odpor R_E se uplatňuje)



$$\begin{aligned}h_{11} &= 1083 \, \Omega \\h_{12} &\cong 0 \\h_{21} &= 250 \\h_{22} &= 115 \, \mu S\end{aligned}$$

$$A_U = \frac{\Delta u_2}{\Delta u_1}$$

$$\begin{aligned}\Delta u_1 &= \Delta u_{be} + U_{RE} = \Delta i_b \cdot [h_{11} + R_E \cdot (1 + h_{21})] \\ \Delta u_2 &= -h_{21} \cdot \Delta i_b \cdot R_C\end{aligned}$$

$$A_U = -\frac{h_{21} \cdot R_C}{h_{11} + R_E \cdot (1 + h_{21})} \approx -\frac{R_C}{R_E}$$

Dosadíme hodnoty našeho obvodu:

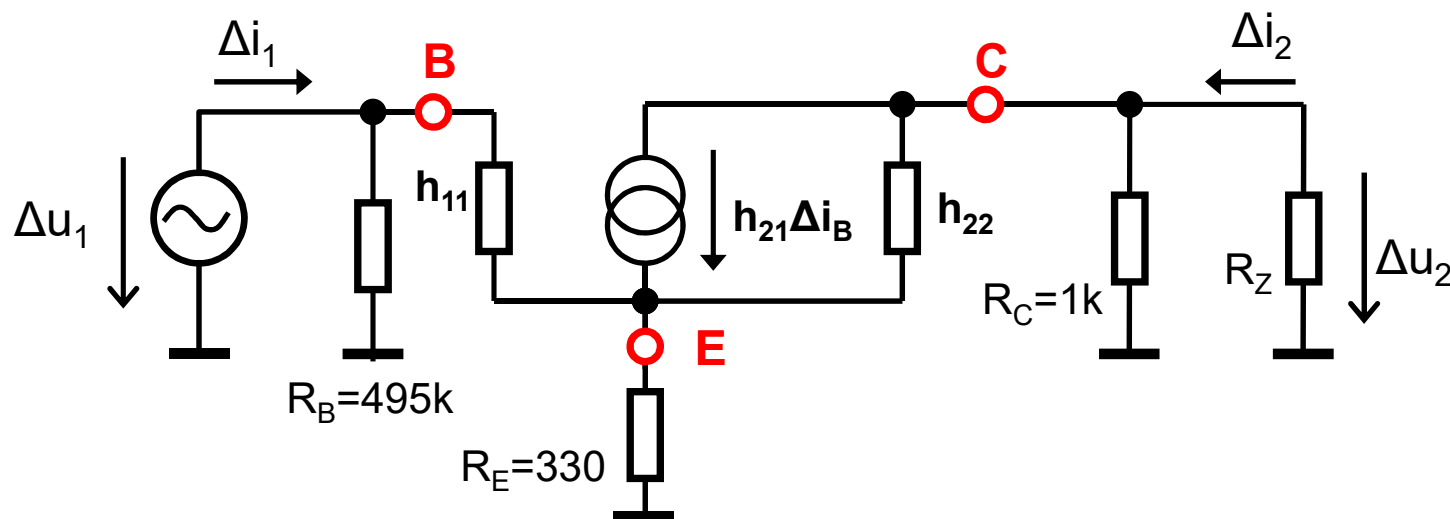
$$A_U = -\frac{1000}{330} = -3$$

C11.1 Zesilovač v zapojení SE (společný emitor)

AC analýza – harmonický ustálený stav s NLO

Vstupní a výstupní odpor zesilovače SE
(odpor R_E se uplatňuje)

Napět'ové zesílení
Vstupní odpor
Výstupní odpor



$$\begin{aligned} h_{11} &= 1083 \, \Omega \\ h_{12} &\approx 0 \\ h_{21} &= 250 \\ h_{22} &= 115 \, \mu S \end{aligned}$$

$$R_{vst} = \frac{\Delta u_1}{\Delta i_1} = R_B \parallel (h_{11} + R_E \cdot (1 + h_{21}))$$

$$R_{vyst} = \frac{\Delta u_2}{\Delta i_2} = \left(\frac{1}{h_{22}} + R_E \right) \parallel R_C \approx \frac{1}{h_{22}} \parallel R_C$$

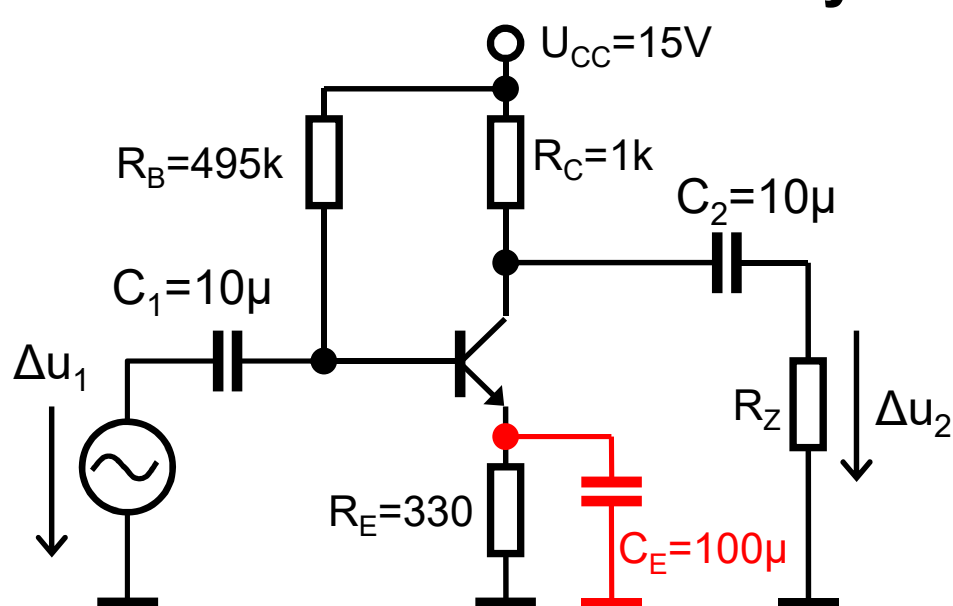
Dosadíme hodnoty našeho obvodu:

$$R_{vst} = \frac{495k \cdot (1083 + 330 \cdot 251)}{495k + (1083 + 330 \cdot 251)} = 72k\Omega$$

$$R_{vyst} = \frac{\frac{1}{115 \cdot 10^{-6}} \cdot 1k}{\frac{1}{115 \cdot 10^{-6}} + 1k} = 897\Omega$$

C11.1 Zesilovač v zapojení SE (společný emitor)

AC analýza – rekapitulace



Odpor R_E se neuplatňuje:

$$A_U = -\frac{h_{21}}{h_{11}} \cdot \left(\frac{1}{h_{22}} \parallel R_C \parallel R_Z \right) \approx -\frac{h_{21} \cdot R_C}{h_{11}}$$

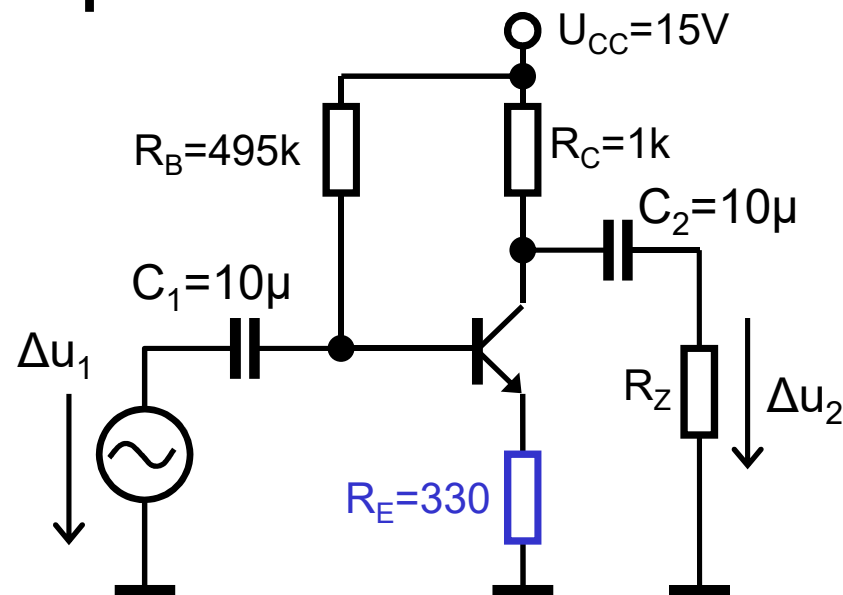
$$R_{vst} = h_{11} \parallel R_B$$

$$R_{vyst} = \frac{1}{h_{22}} \parallel R_C$$

vstupní odpor dán h_{11} tranzistoru

velký napěťový zisk závislý na parametrech tranzistoru

velký výstupní odpor



Odpor R_E se uplatňuje:

$$A_U \approx -\frac{R_C}{R_E}$$

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

$$R_{vyst} = \frac{1}{h_{22}} \parallel R_C$$

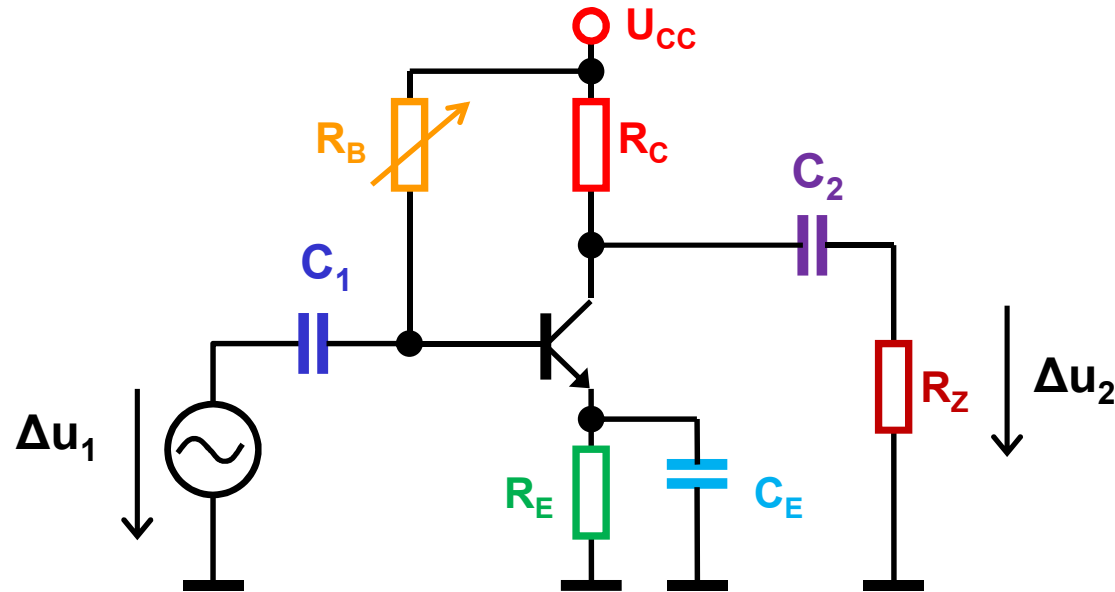
vstupní odpor se zvyšuje o $(h_{21} + 1) R_E$

nižší napěťový zisk, nezávisí na parametrech tranzistoru

velký výstupní odpor

C11.2 Zesilovač v zapojení SE (společný emitor)

M11.1: Měření zesilovače třídy A s bipolárním tranzistorem (BJT)



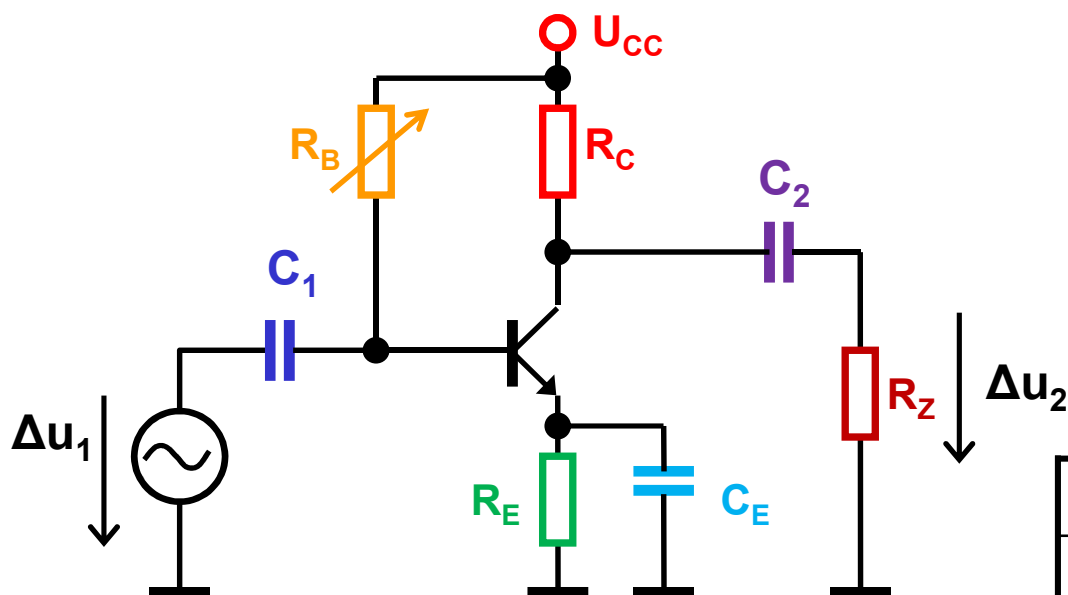
Význam jednotlivých obvodových prvků:

- $U_{CC}=15V$ napětí stejnosměrného napájecího zdroje
- Δu_1 harmonický signál z RC generátoru, volit $\Delta u_1 \approx 10mV, f = 1kHz$
- C_1 vazební kapacita pro navázání vstupního signálu
- R_B odpor pro nastavení proudu $I_B (P_0)$, volit tak, aby $U_{CE} \approx U_{CC}/2$
- R_C zatěžovací odpor tranzistoru
- R_E nastavení zpětné vazby pro stabilizaci P_0 , příp. nastavení napětového zisku
- C_E blokovací kondenzátor pro střídavé přemostění odporu R_E
- C_2 vazební kapacita pro navázání výstupního signálu do zátěže R_Z
- R_Z zátěž zesilovače – osciloskop $R_Z = 1M\Omega$

C11.2 Zesilovač v zapojení SE (společný emitor)

M11.1: Měření zesilovače třídy A s bipolárním tranzistorem (BJT)

Cíl: změřit napěťové zesílení zesilovače malého signálu třídy A s BJT a porovnat naměřené hodnoty se simulací a analytickým odhadem



R_C	1k	1k	560	560
R_E	330	330	100	100
C_E	100u	0	100u	0

Úkol měření:

Změřte dvoukanálovým osciloskopem napěťové zesílení $A_u = \Delta u_2 / \Delta u_1$ zesilovače s BJT pro uvedené kombinace hodnot prvků R_C , R_E a C_E .

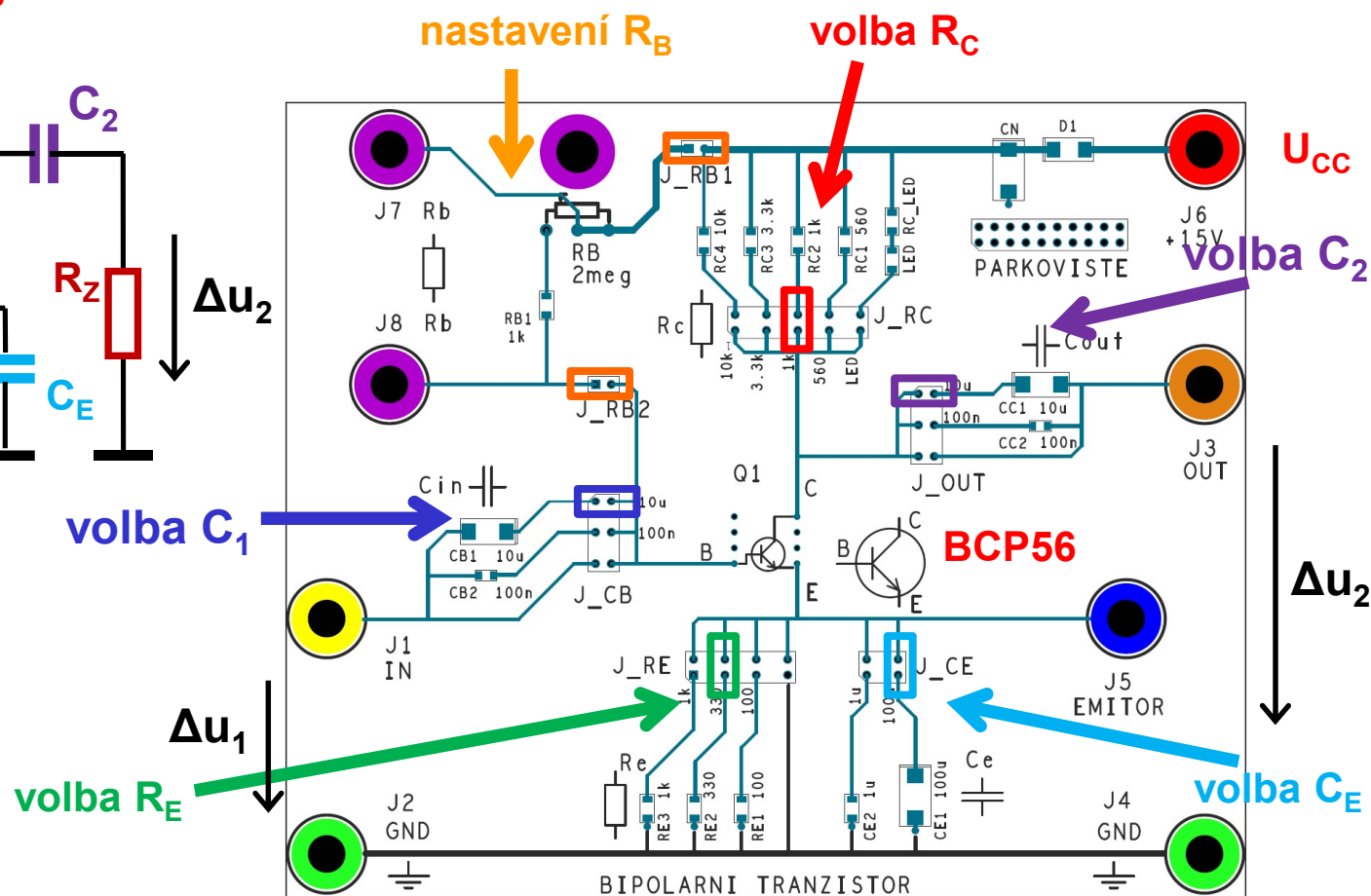
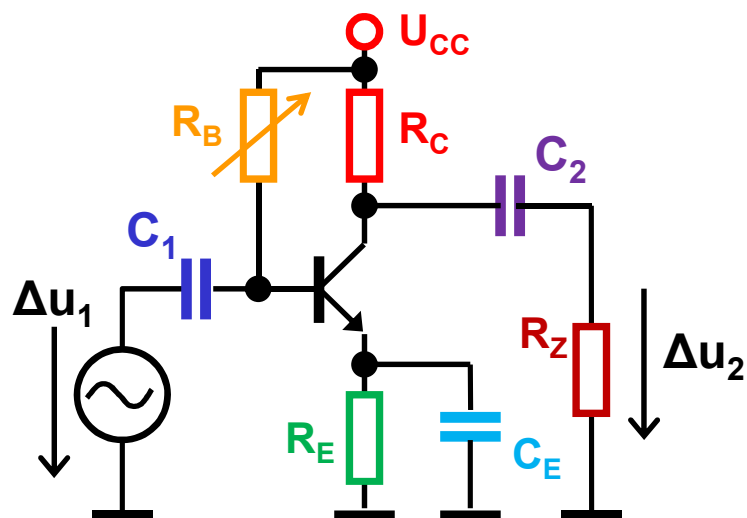
Experimentální výsledky porovnejte s výsledky simulací a teoretickým odhadem.

C11.2 Zesilovač v zapojení SE (společný emitor)

M11.1: Měření zesilovače třídy A s bipolárním tranzistorem (BJT)

Přípravek zesilovače s BJT

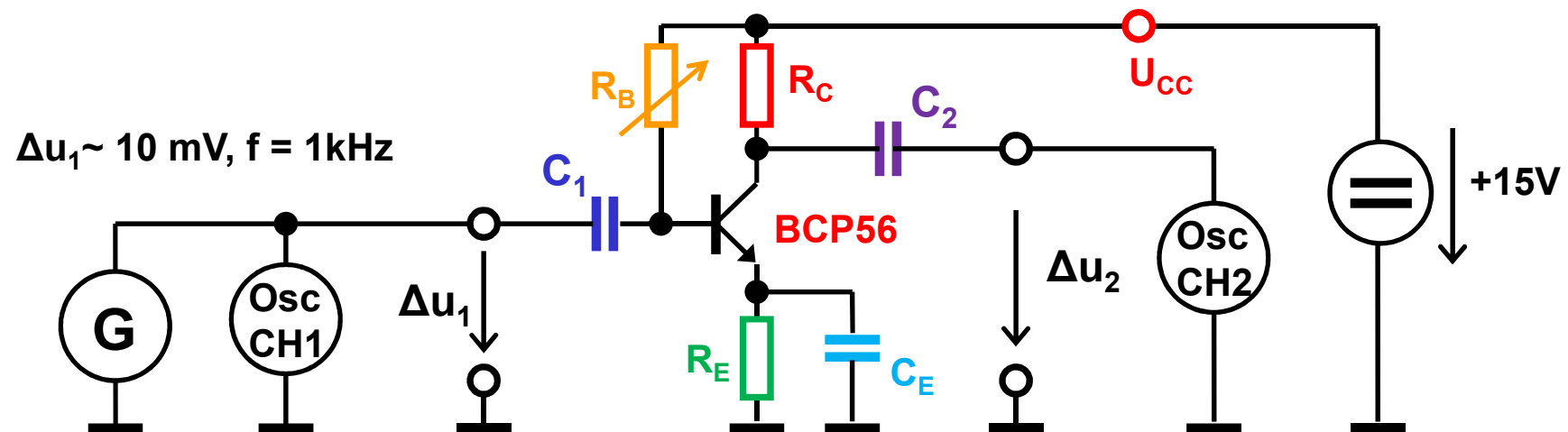
R_C	1k	1k	560	560
R_E	330	330	100	100
C_E	100u	0	100u	0



C11.2 Zesilovač v zapojení SE (společný emitor)

M11.1: Měření zesilovače třídy A s bipolárním tranzistorem (BJT)

Zapojení pro měření napět'ového zisku



R_C	1k	1k	560	560
R_E	330	330	100	100
C_E	100u	0	100u	0

C11.2 Zesilovač v zapojení SE (společný emitor)

M11.1: Měření zesilovače třídy A s bipolárním tranzistorem (BJT)

Zpracování výsledků – Excel, karta Au BJT SE

Zaznamenejte naměřené hodnoty Δu_{1ss} a Δu_{2ss}

Zaznamenejte vypočtené hodnoty zesílení

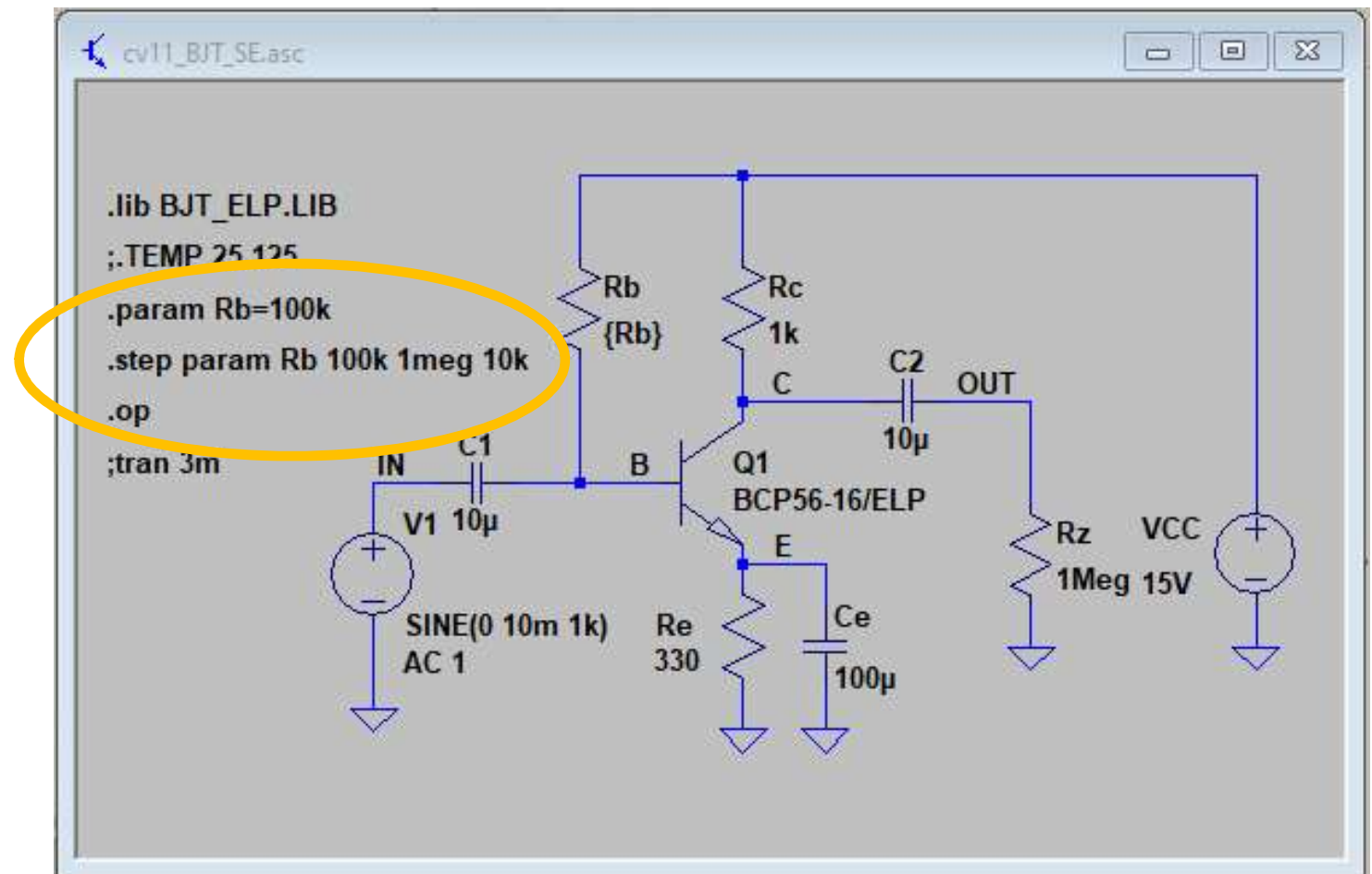
Tab. 1		$A_U \approx -\frac{h_{21} \cdot R_C}{h_{11}}$			$A_U \approx -\frac{R_C}{R_E}$
R_C [Ω]	1000	Výpočet	R_C [Ω]	1000	Výpočet
R_E [Ω]	330	-160	R_E [Ω]	330	-3
C_E [uF]	100		C_E [uF]	0	
Měření		Simulace		Měření	
U_{CE} [V]	7.5	U_{CE} [V]	7.5	U_{CE} [V]	7.5
Δu_{1ss} [V]	0.0037	Δu_{1ss} [V]	0.01	Δu_{1ss} [V]	0.01
Δu_{2ss} [V]	0.84	Δu_{2ss} [V]	1.95	Δu_{2ss} [V]	0.029
A_U	-2.27	A_U	-195	A_U	-3.45
Tab. 2					
R_C [Ω]	560	Výpočet	R_C [Ω]	560	Výpočet
R_E [Ω]	100	-89	R_E [Ω]	100	-5.6
C_E [uF]	100		C_E [uF]	0	
Měření		Simulace		Měření	
U_{CE} [V]	7.5	U_{CE} [V]	7.5	U_{CE} [V]	7.5
Δu_{1ss} [V]	0.0034	Δu_{1ss} [V]	0.01	Δu_{1ss} [V]	0.01
Δu_{2ss} [V]	0.8	Δu_{2ss} [V]	1.77	Δu_{2ss} [V]	0.054
A_U	-235	A_U	-177	A_U	-5.79

C11.2 Zesilovač v zapojení SE (společný emitor)

S11.1: LTSpice – BJT zesilovač ve třídě A

cv11_BJT_SE.asc

- 1) Nastavení pracovního bodu $U_{ce}=7.5V$
- 2) Zesilovač SE



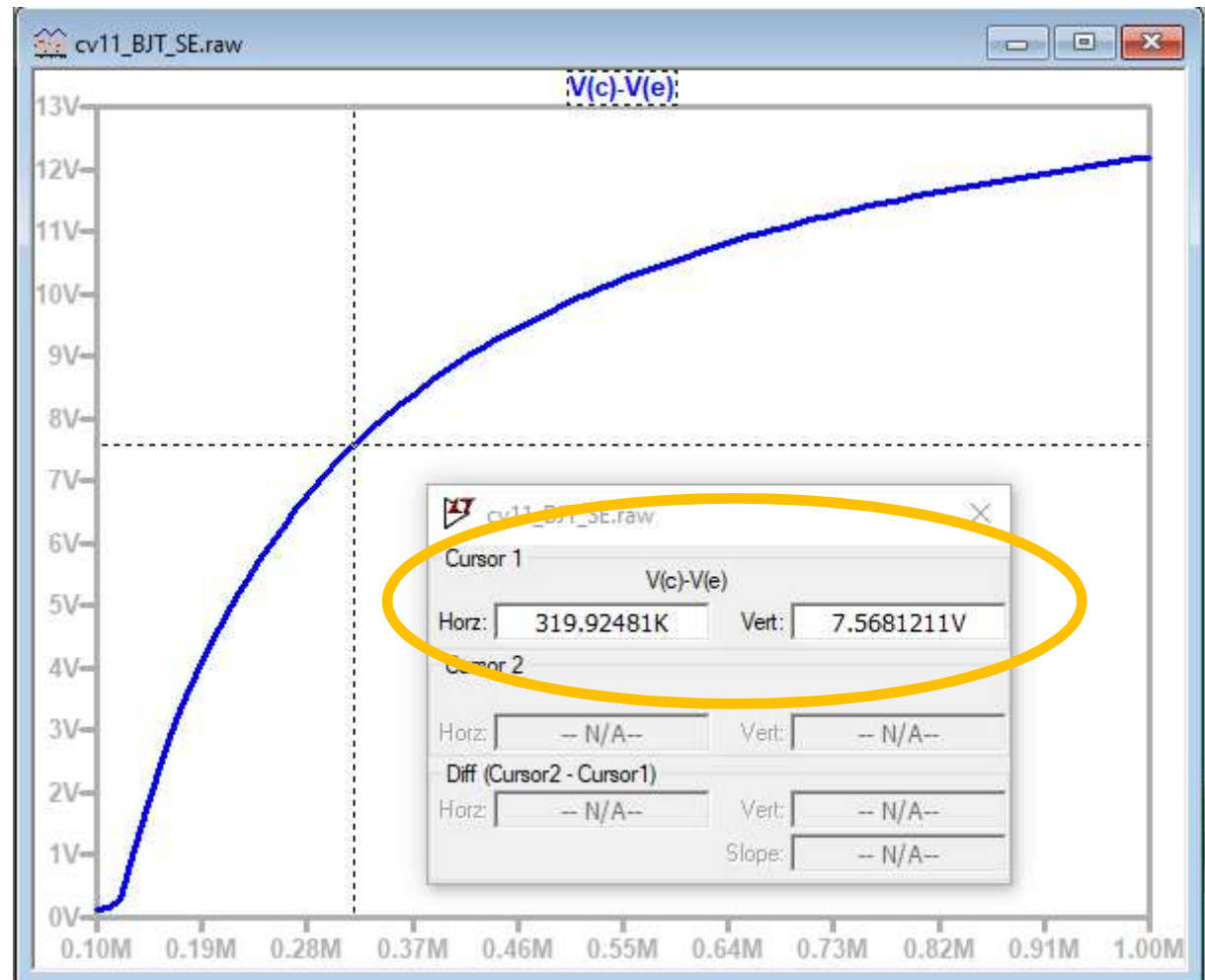
C11.2 Zesilovač v zapojení SE (společný emitor)

S11.1: LTSpice – BJT zesilovač ve třídě A

cv11_BJT_SE.asc

- 1) Nastavení pracovního bodu $U_{ce}=7.5V$
- 2) Zesilovač SE

Pomocí kurzoru odečtěte hodnotu R_b pro $U_{ce}=7.5V$

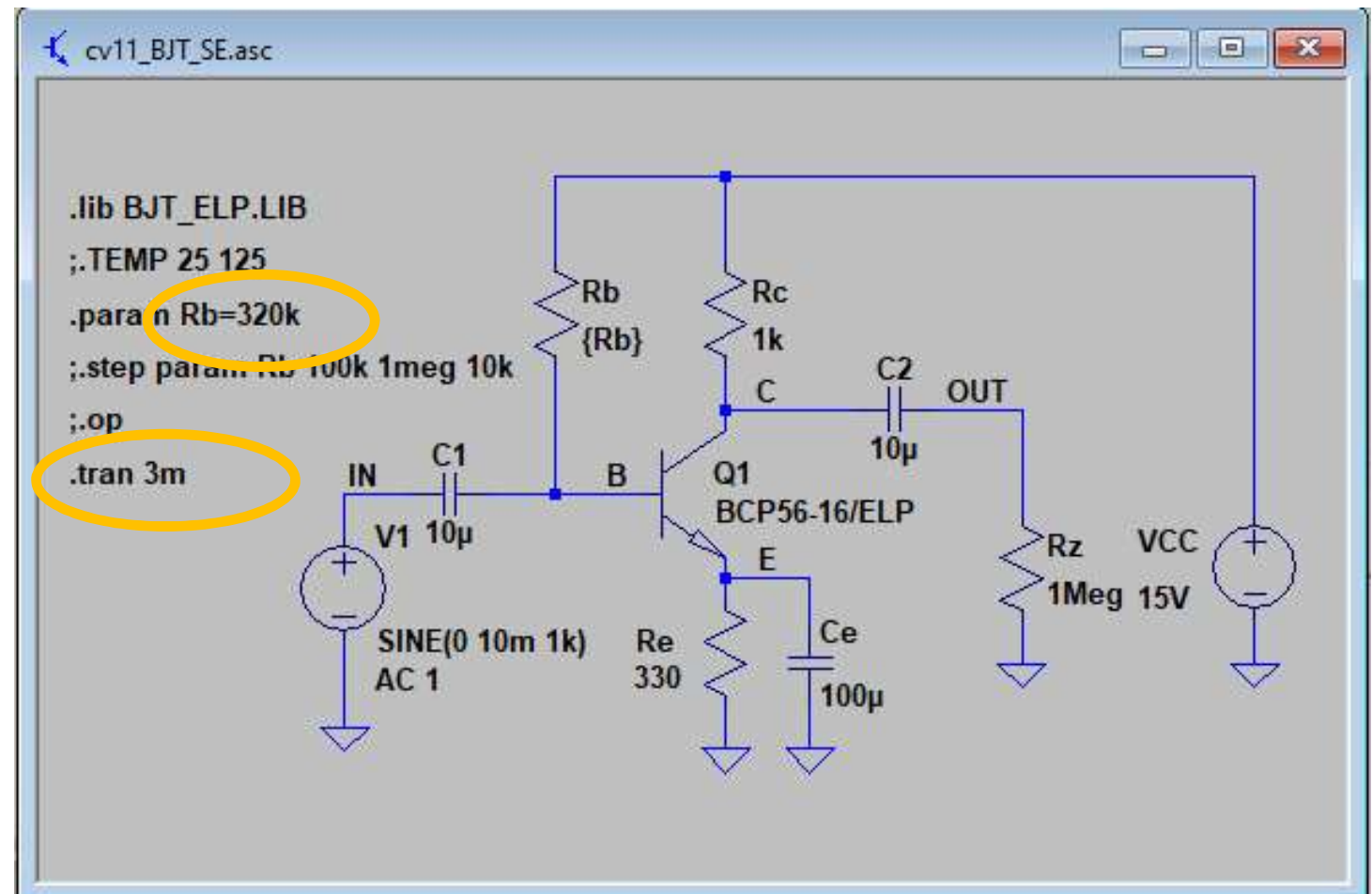


C11.2 Zesilovač v zapojení SE (společný emitor)

S11.1: LTSpice – BJT zesilovač ve třídě A

cv11_BJT_SE.asc

- 1) Nastavení pracovního bodu $U_{ce}=7.5V$
- 2) **Zesilovač SE**

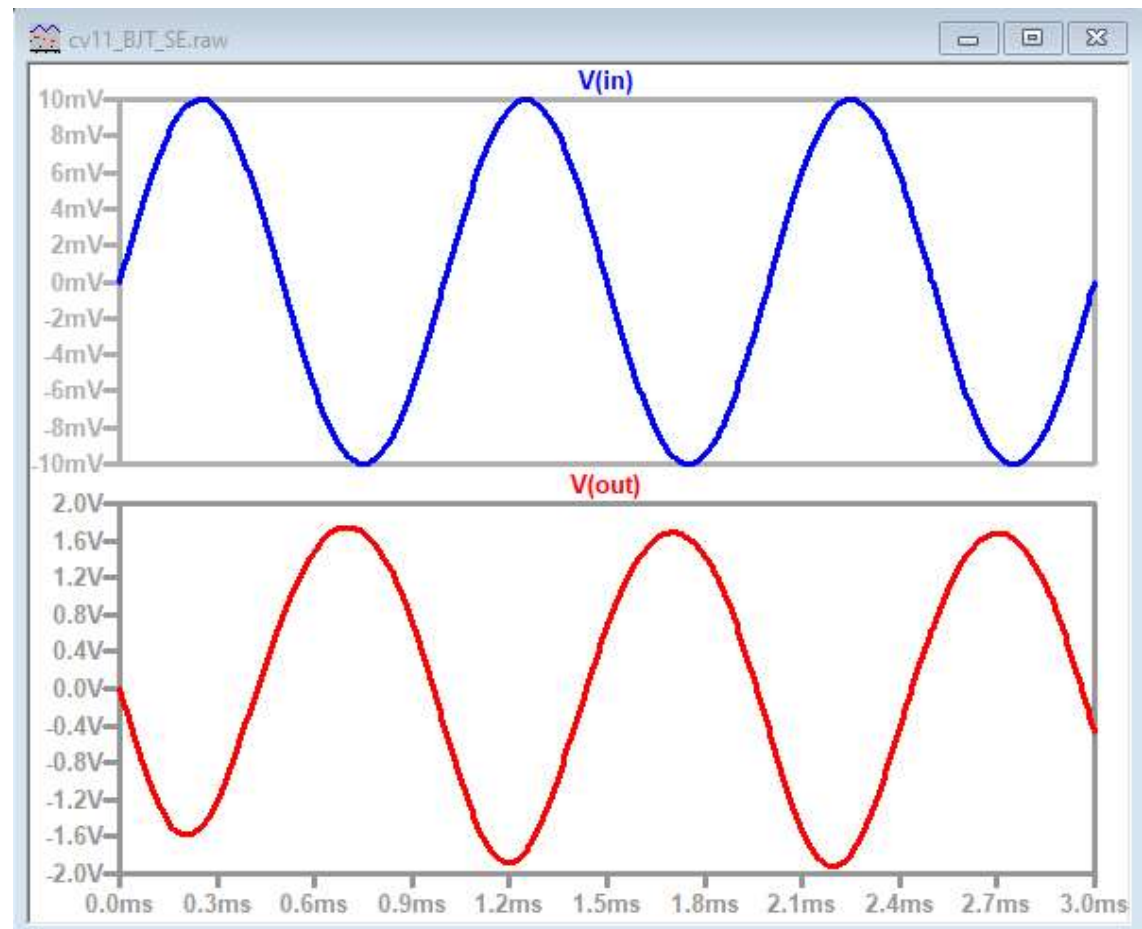


C11.2 Zesilovač v zapojení SE (společný emitor)

S11.1: LTSpice – BJT zesilovač ve třídě A

cv11_BJT_SE.asc

- 1) Nastavení pracovního bodu $U_{ce}=7.5V$
- 2) **Zesilovač SE**



C11.2 Zesilovač v zapojení SE (společný emitor)

S11.1: LTSpice – BJT zesilovač ve třídě A

cv11_BJT_SE.asc

Spustěte postupně simulace s níže uvedenými hodnotami součástek.

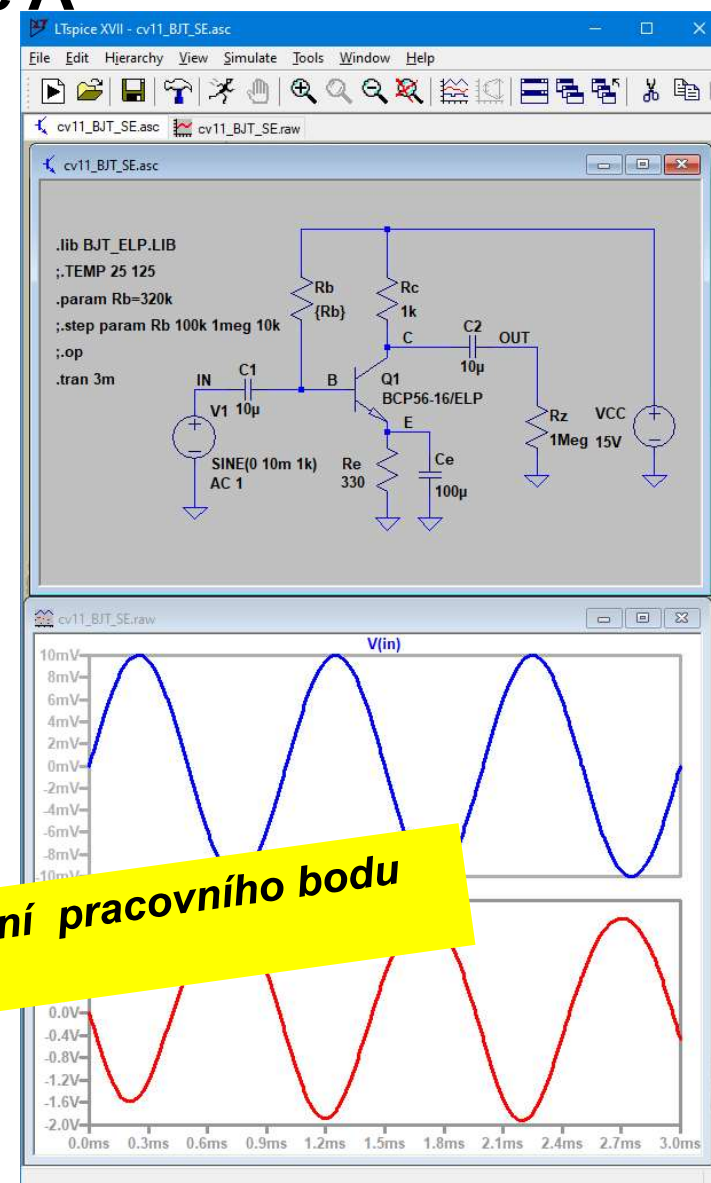
R_C	1k	1k	560	560
R_E	330	330	100	100
C_E	100u	0	100u	0

Pro každou kombinaci odečtete do Excelu (list Au BJT SE)

- vstupní napětí Δu_1
- výstupní napětí Δu_2

Výsledky simulací porovnejte s měřením.

Pro $R_C=560$ je potřeba znovu spustit simulaci nastavení pracovního bodu a nastavit jinou hodnotu R_B !!!

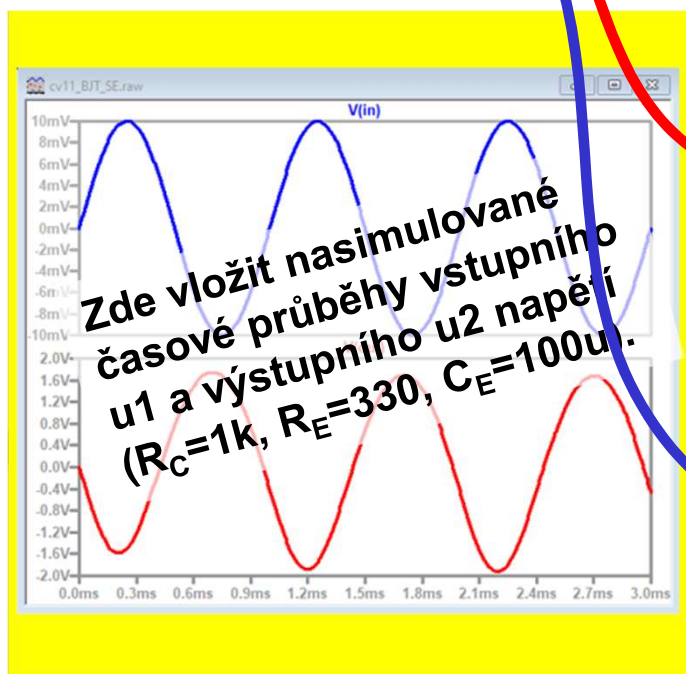


C11.2 Zesilovač v zapojení SE (společný emitor)

S11.1: LTSpice – BJT zesilovač ve třídě A

Zpracování výsledků – Excel, karta Au BJT SE

Zaznamenejte nasimulované hodnoty Δu_{1ss} a Δu_{2ss}



Tab. 1		$A_U \approx -\frac{h_{21} \cdot R_C}{h_{11}}$		$A_U \approx -\frac{R_C}{R_E}$	
R_C [Ω]	1000	Výpočet	R_C [Ω]	1000	Výpočet
R_E [Ω]	330	-160	R_E [Ω]	330	-3
C_E [uF]	100		C_E [uF]	0	
Měření		Simulace		Měření	
U_{CE} [V]	7.5	U_{CE} [V]	7.5	U_{CE} [V]	7.5
Δu_{1ss} [V]	0.0037	Δu_{1ss} [V]	0.01	Δu_{1ss} [V]	0.01
Δu_{2ss} [V]	0.84	Δu_{2ss} [V]	1.95	Δu_{2ss} [V]	0.029
A_U	-227	A_U	-195	A_U	-3.45
Tab. 2		$A_U \approx -\frac{h_{21} \cdot R_C}{h_{11}}$		$A_U \approx -\frac{R_C}{R_E}$	
R_C [Ω]	560	Výpočet	R_C [Ω]	560	Výpočet
R_E [Ω]	100	-89	R_E [Ω]	100	-5.6
C_E [uF]	100		C_E [uF]	0	
Měření		Simulace		Měření	
U_{CE} [V]	7.5	U_{CE} [V]	7.5	U_{CE} [V]	7.5
Δu_{1ss} [V]	0.0034	Δu_{1ss} [V]	0.01	Δu_{1ss} [V]	0.01
Δu_{2ss} [V]	0.8	Δu_{2ss} [V]	1.77	Δu_{2ss} [V]	0.054
A_U	-235	A_U	-177	A_U	-5.79