

1 Pracovní bod a jeho pohyb

Tranzistor je typická nelineární součástka v obvodu popsatelná šesti veličinami, třemi proudy a třemi napětími vyznačenými na obr. 1 a) ($I_C I_B I_E U_{CE} U_{BE} U_{BC}$). Tyto veličiny jsou propojeny nelineárními závislostmi které lze chápat jako šestirozměrný objekt. Když tímto objektem provede dvourozměrný řez můžeme dostat např. výstupní charakteristiku (závislost I_C na U_{CE} při konstantním proudu I_B).

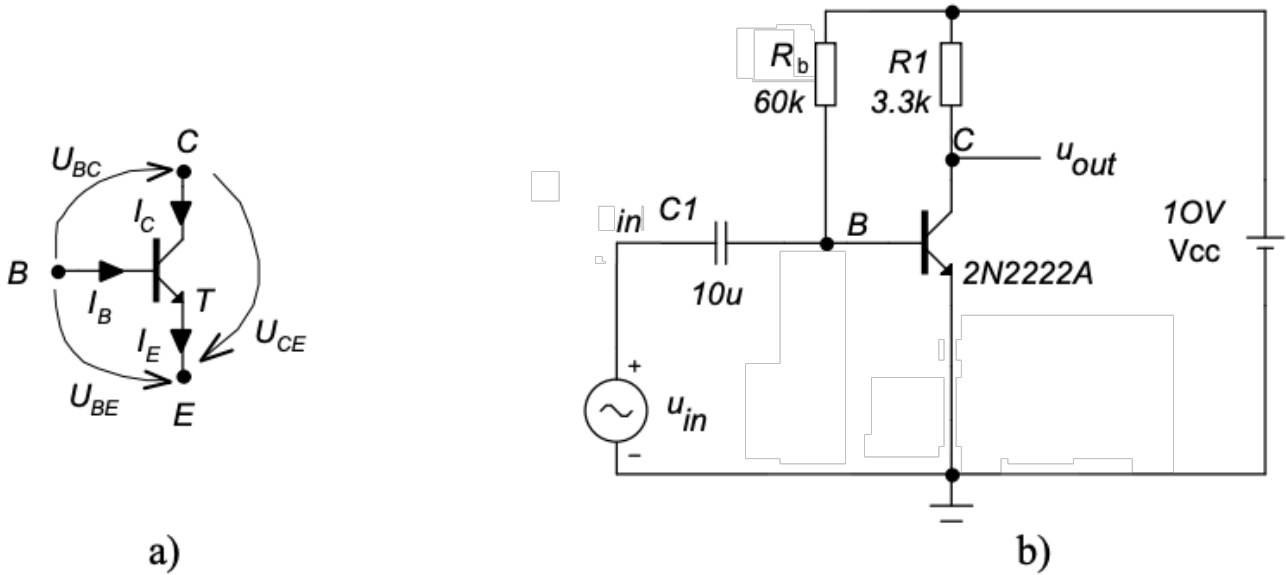


Figure 1:

Proud kolektorem tranzistoru je určen proudem do báze podle jednoduchého vztahu $I_C = I_B \cdot \beta$ kde β je proudový zesilovací činitel bipolárního tranzistoru. Pokud tranzistor zapojíme podle schématu na obr. 1 b) při $U_{in} = 0$ ustálí se jeho veličiny na konkrétním bodě, tento bod označujeme Q a nazýváme ho stejnosměrný pracovní bod tranzistoru. Proud je v tomto zapojení určen odporem R_b a proudovým zesilovacím činitelem β . Napětí na kolektoru je pak určeno napájecím napětím U_{cc} a odporem R_1 .

Aby mohl tranzistor fungovat správně jako zesilovač, je nutné, aby nastavení pracovního bodu umožňovalo dostatečný rozkmit výstupního signálu oběma směry bez přílišného zkreslení. Pracovní bod se proto obvykle nastavuje tak aby v ustáleném stavu platilo $U_{out} = \frac{1}{2} V_{cc}$

Abychom mohli na tento zesilovač přivést signál s libovolnou stejnosměrnou složkou, připojíme vstup zesilovače na bázi skrz kapacitu C_1 . Tato kapacita musí být dostatečně velká aby se pro signál o požadované frekvenci dala považovat za zkrat. Na obr. 2 je zobrazen možný procházející signál.

Šířka pásma zesilovače je rozdíl mezi nejvyšší a nejnižší frekvencí přenášeného signálu. Při mezní frekvenci dojde k poklesu zesílení o 3dB oproti nejvyššímu zesílení.

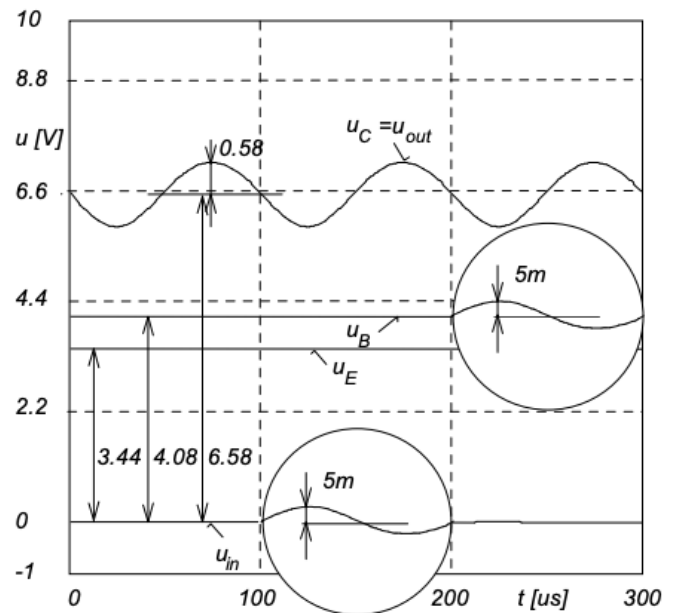
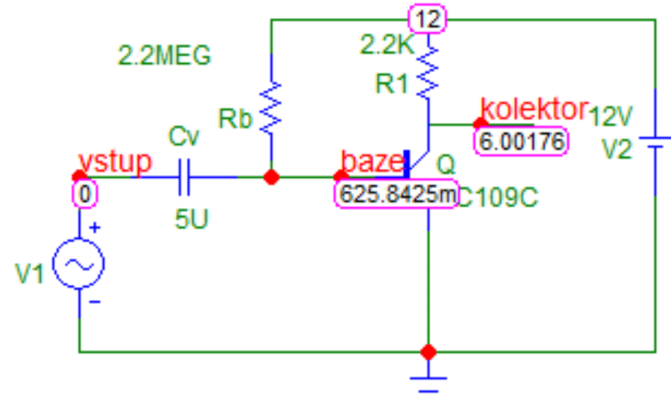


Figure 2:

2 Počítačové cvičení

2.1 Bipolární tranzistor

Jednostupňový tranzistorový zesilovač, třída A, bez stabilizace prac. bodu



Zdroj V1 je harmonický 1kHz/20mV

Figure 3: Stejnoseměrné nastavení pracovního bodu

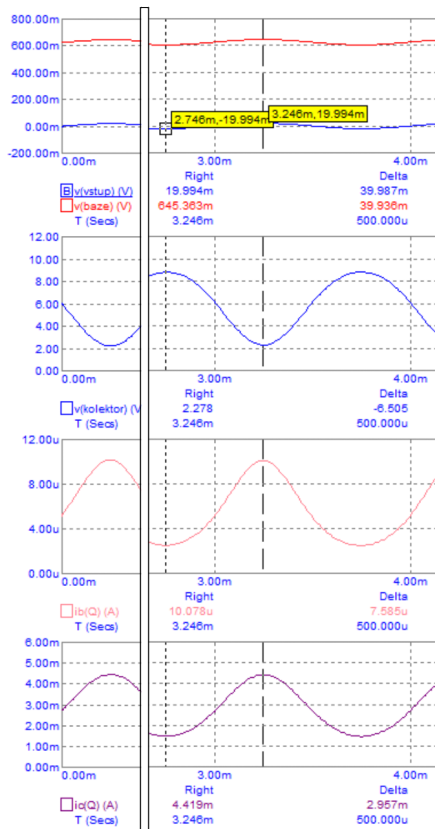


Figure 4: Odezva na základní sinusový signál

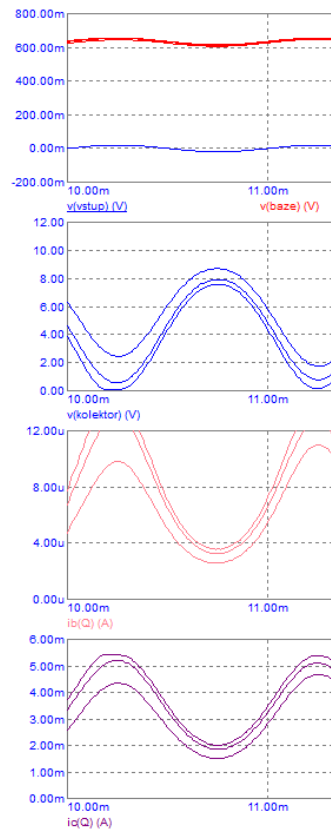


Figure 5: Sinusový průběh při změně R_b

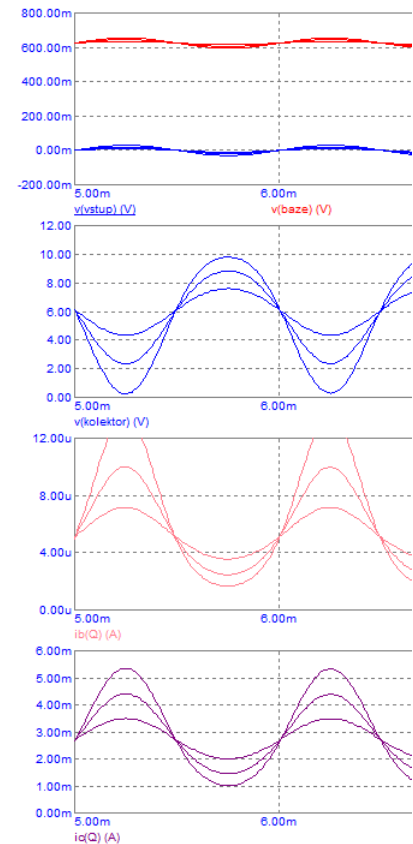


Figure 6: Sinusový průběh při změně U_{in}

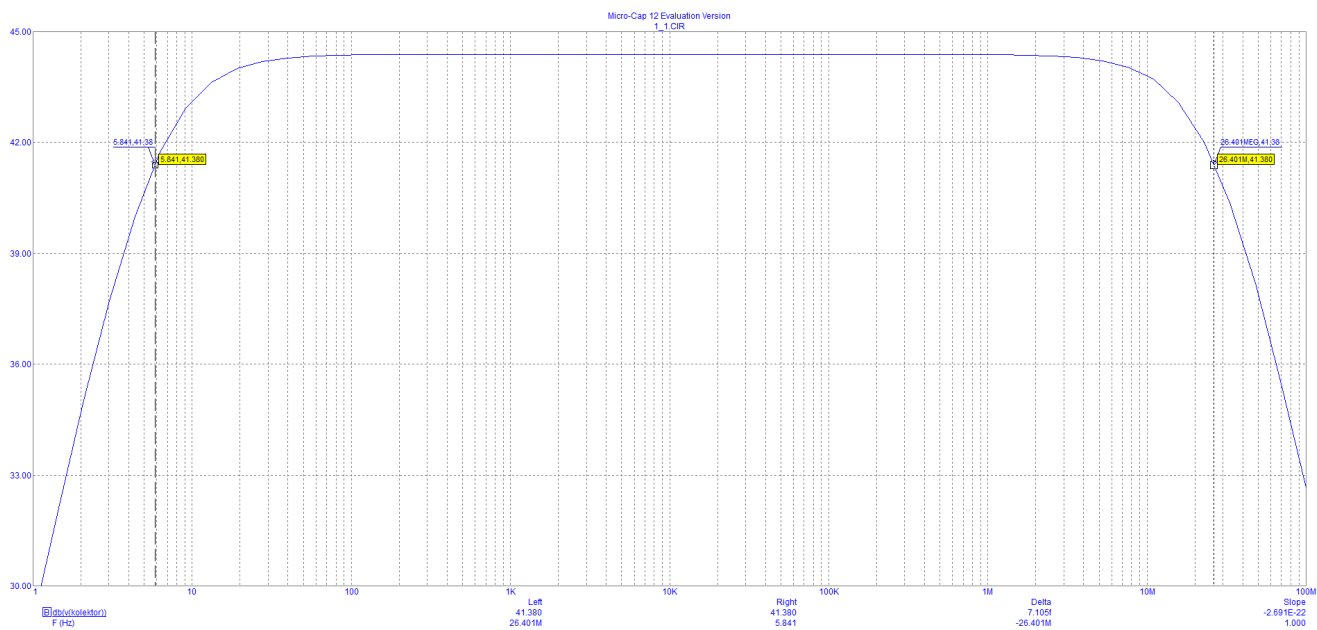


Figure 7: Šířka pásma při $C_v = 5[\mu F]$

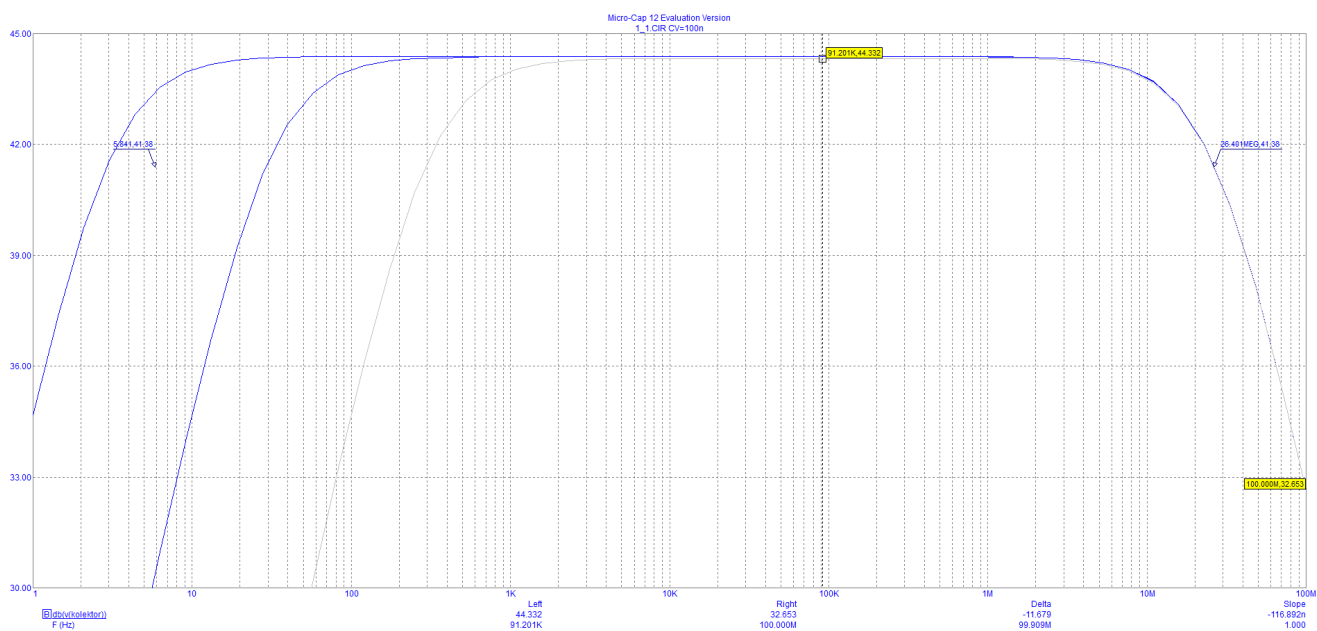
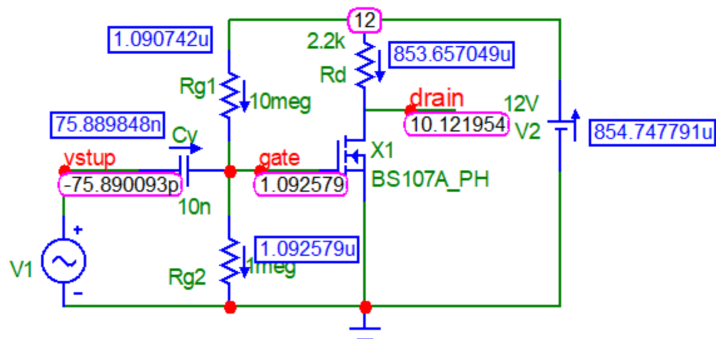


Figure 8: Šířka pásma při změně $C_v = 0.1; 1; 10[\mu F]$

Je vidět že zmenšení kapacitoru znamená omezení šířky pásma v dolní části, nikoliv v horní.

2.2 Unipolární tranzistor

Jednostupňový tranzistorový zesilovač, třída A, bez stabilizace prac. bodu
MOSFET s indukovaným kanálem N



Zdroj V1 je harmonický 1kHz/200mV

Figure 9: Stejnoseměrné nastavení pracovního bodu

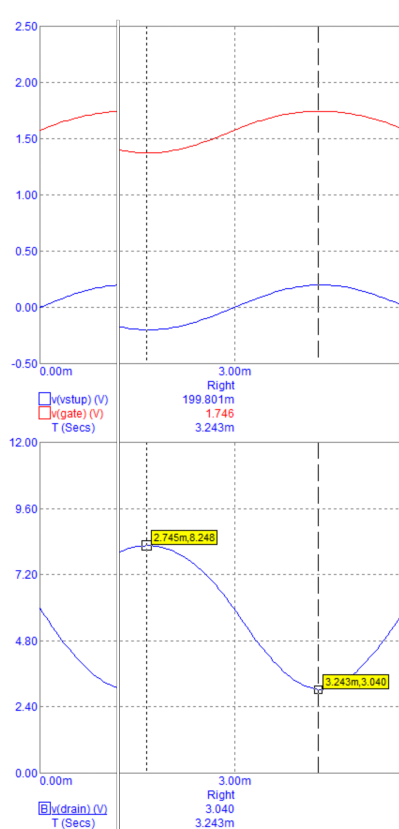


Figure 10: Odezva na základní sinusový signál

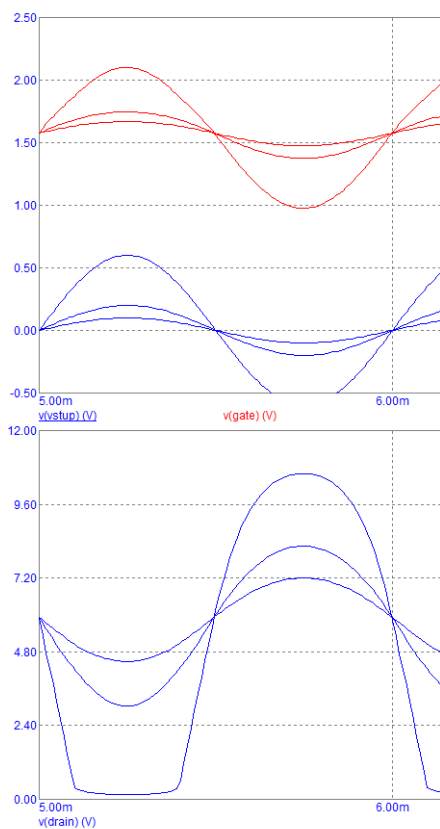


Figure 11: Sinusový průběh při změně R_b

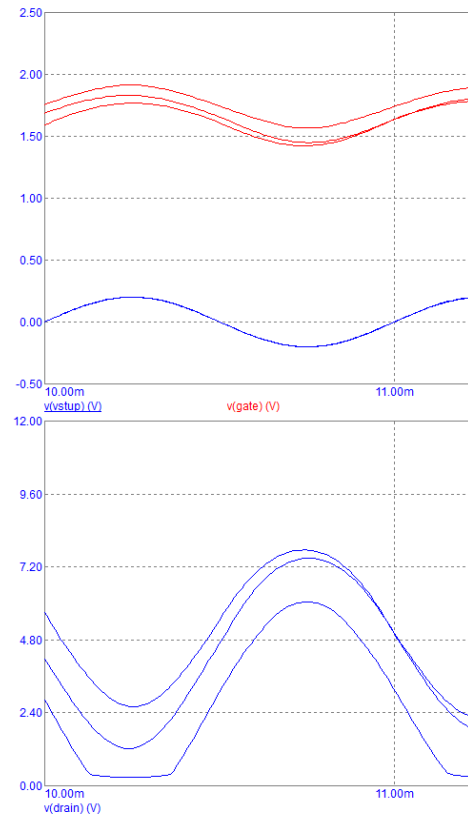
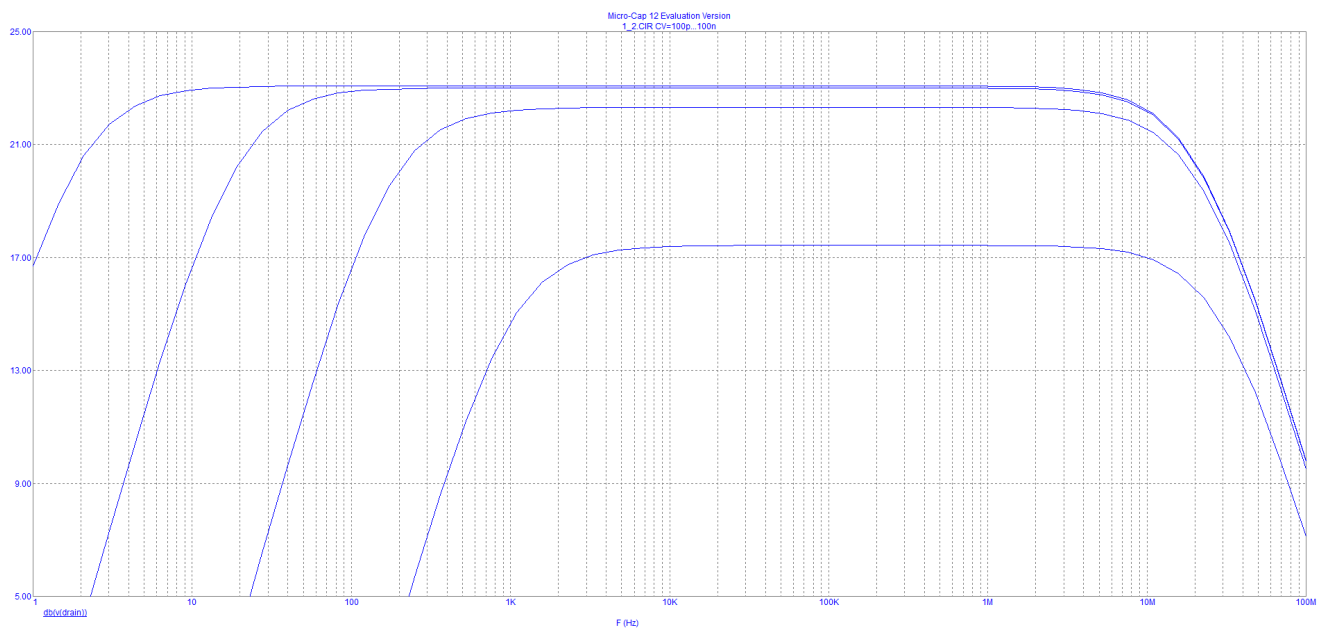
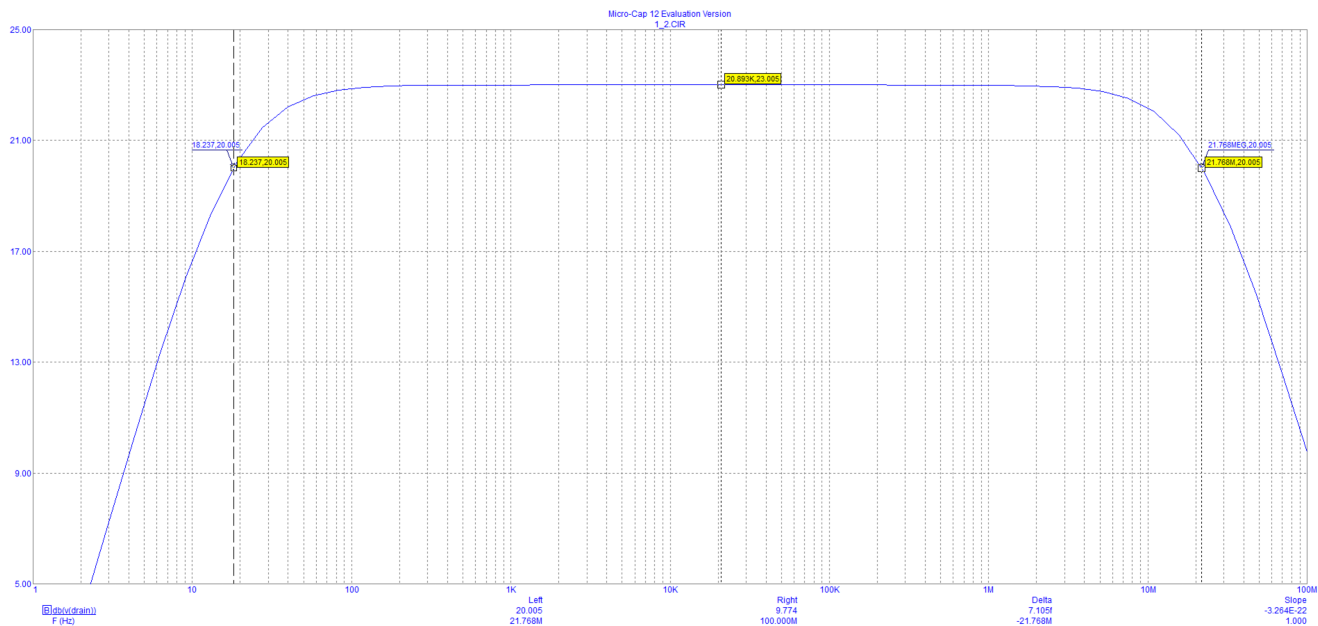


Figure 12: Sinusový průběh při změně U_{in}

Figure 13: Odezva na základní sinusový signál



Je vidět, že zmenšení kapacitoru znamená omezení šířky pásma v dolní části, nikoliv v horní. Na rozdíl od bipolárního tranzistoru, kde se zmenšuje šířka pásma, ale maximální zesílení zůstává stejné. V tomto zapojení zvýšení kapacity znamená zároveň zvýšení maximálního zesílení. To proto, že mezi elektrodami G a S u unipolárního tranzistoru je parazitní kapacita, která společně s C_v tvoří napěťový dělič. Odpor mezi elektrodou G a zemí, který je u f blízký se 0 roven pouze R_{G2} se zvyšující frekvencí zmenšuje kvůli parazitní kapacitě C_{GS} .

3 Laboratorní cvičení

Měřili jsme s tranzistorem BC55, u kterého jsme na začátku naměřili $\beta = 422$. Nejprve jsme sestavili obvod a pomocí potenciometru jsme nastavili pracovní bod dle tab. 1.

$U_{cc}[V]$	$U_C[V]$	$R_b[M\Omega]$	$R_c[K\Omega]$	$U_b[V]$	$I_C[mA]$	$I_b[\mu A]$
12	6.1	2.5	2.2	0.61	2.68	6.36

Table 1: Nastavení obvodu

- kanál 1 ... U_{in}
- kanál 2 ... U_{out}

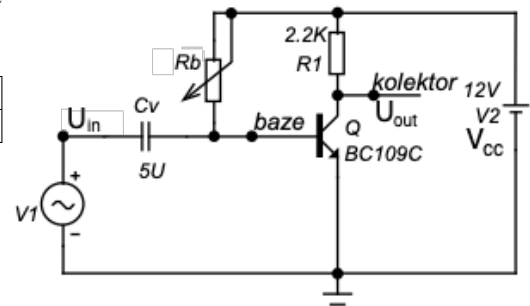


Figure 16:

Dále jsme na vstup přivedly signál o napětí $U_{in} = 1[V]$ a frekvenci $f = 1-[kHz]$. Díky hodnotě vstupního napětí $U_{in} = 1[V]$ rovnou vidíme zesílení tohoto zapojení $K_u = 7.72[-]$.

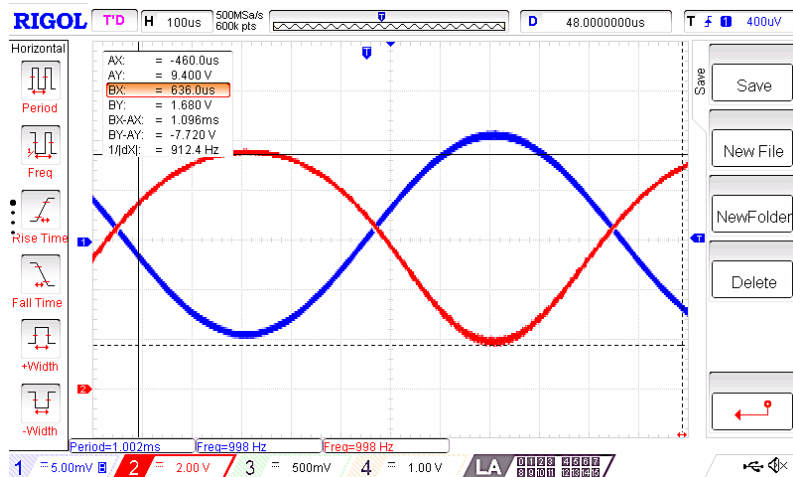


Figure 17:

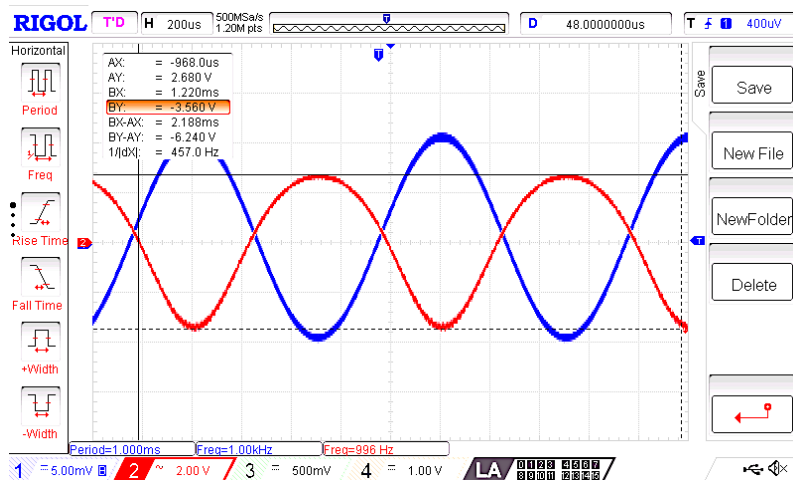
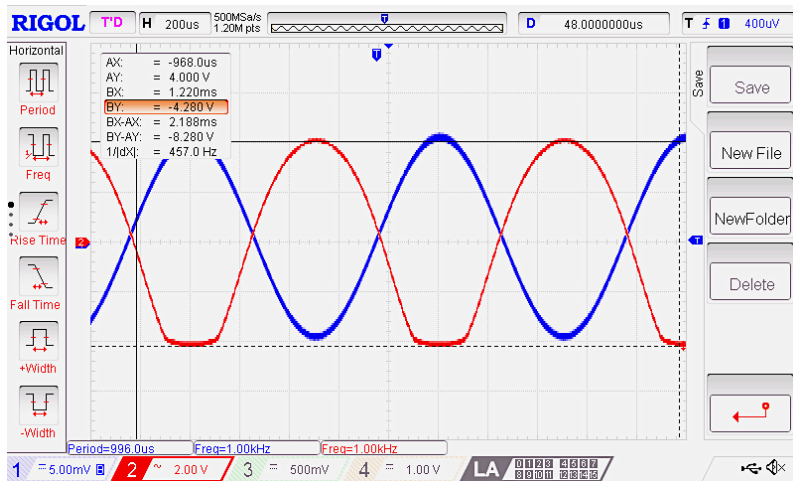


Figure 18:

$U_{cc}[V]$	$U_C[V]$	$R_b[M\Omega]$	$R_c[K\Omega]$	$U_b[V]$
12	7.6	3.44	2.2	0.61
$I_C[mA]$	$I_b[\mu A]$	-	-	-
2.00	4.74	-	-	-

Table 2: Přenastavení obvodu 1

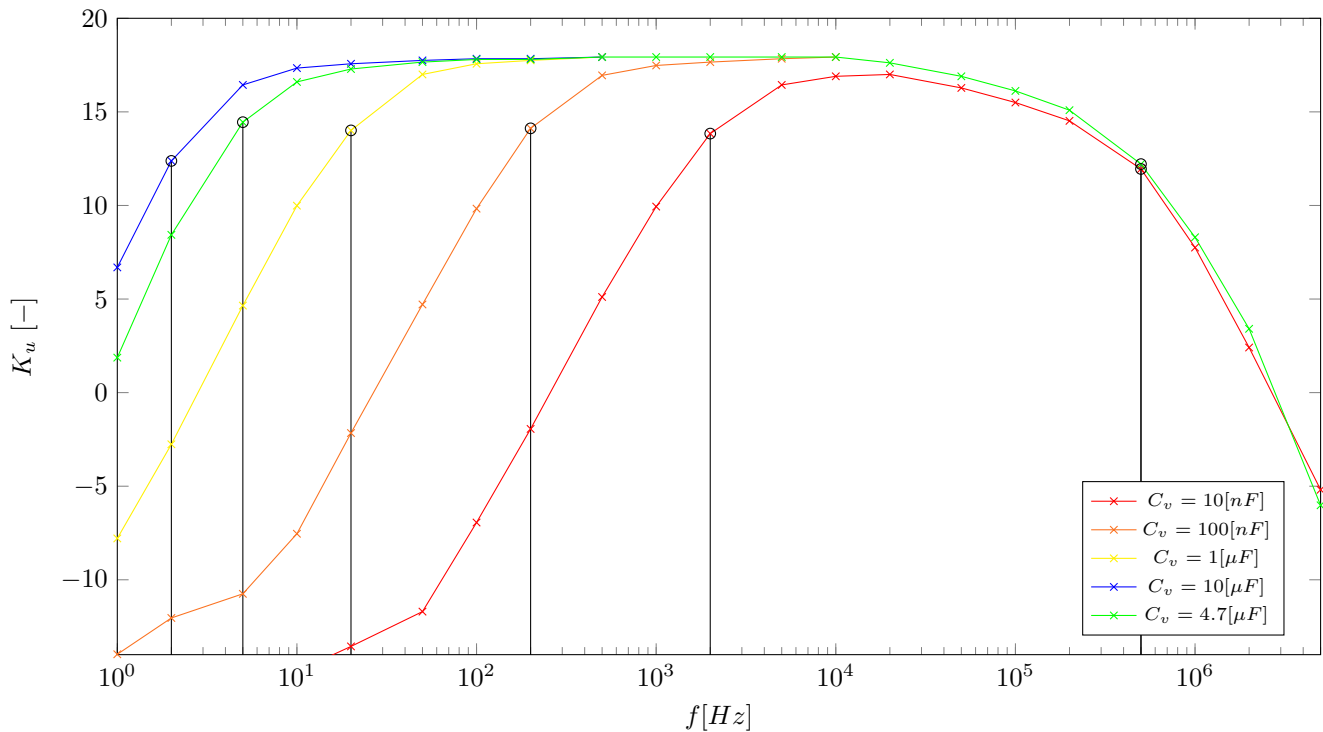


$U_{cc}[V]$	$U_C[V]$	$R_b[M\Omega]$	$R_c[K\Omega]$	$U_b[V]$
12	4.5	1.90	2.2	0.61
$I_C[mA]$	$I_b[\mu A]$	-	-	-
3.41	8.08	-	-	-

Table 3: Přenastavení obvodu 2

Figure 19:

Šířka pásma při změně C_v



Zvýrazněna jsou ta měření která jsou jak první mimo šířku pásma. Měření potvrzuje teorii, že velikost oddělovacího kapacitoru C_v ovlivňuje šířku pásma jen ve spodní části. Příliš velká hodnota C_v však šířku pásma omezí natolik, že zesílení nestihne stoupnout na maximum a už se začne oslabovat, což vidíme u průběhu s kapacitorem $C_v = 10[nF]$.

4 Závěr

Ze všech těchto úkolů plyne, že nastavení pracovního bodu musí odpovídat potřebám konkrétního zapojení, jinak dojde ke zkreslení zesílovaného signálu. To většinou znamená mít napětí mezi kolektorem a zemí $U_C = \frac{1}{2}U_{cc}$. Signál, který podobné zapojení zesiluje, také nesmí mít příliš velkou amplitudu, jinak dojde k saturaci tranzistoru a tím pádem ke zkreslení signálu.

Kondenzátor C_v na vstupu určuje spodní hranici šířky pásma, dá se tedy použít jako horní propust' a nebo naopak může být problém u nízkofrekvenčních aplikací.