

OTE Domácí úkol 6a - Dolní propust

Vojtěch Michal

31. března 2022

V simulacích pro tuto úlohu bylo použito nastavení parametrů operačního zesilovače uvedené v tabulce 1.

parametr	symbol	hodnota	jednotka	poznámka
Vstupní napěťový offset	U_0	1	mV	
Vstupní klidový proud	I_B	50	nA	$(I_{BP} + I_{BN})/2$
Vstupní zbytkový proud	I_0	20	nA	$I_{BP} - I_{BN}$
Zesílení v otevřené smyčce	A_D	200	kV V^{-1}	
Tranzitní kmitočet	f_T	1	MHz	

Tabulka 1: Parametry operačního zesilovače použité pro simulaci

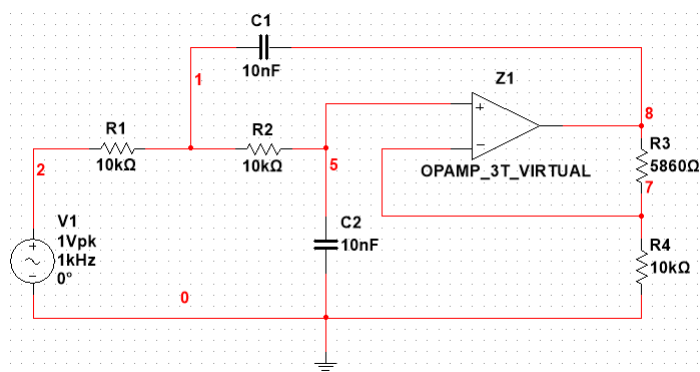
Použitím hodnot $C = 10\text{nF}$ a $R = 10\text{k}\Omega$ vychází mezní frekvence filtru

$$f_m = \frac{1}{2\pi RC} = 1592\text{Hz}. \quad (1)$$

1 Frekvenční charakteristika

S pomocí zapojení na schématu 1 a funkce *AC sweep* byly získány frekvenční charakteristiky všech aproximací filtru, které jsou vykresleny na obrázcích 2, 3, 4 a 5. Srovnání vypočtených a změřených veličin je v tabulce ???. Teoretické zlomové frekvence byly vypočítány nalezením takového přirozeného f , které splňuje

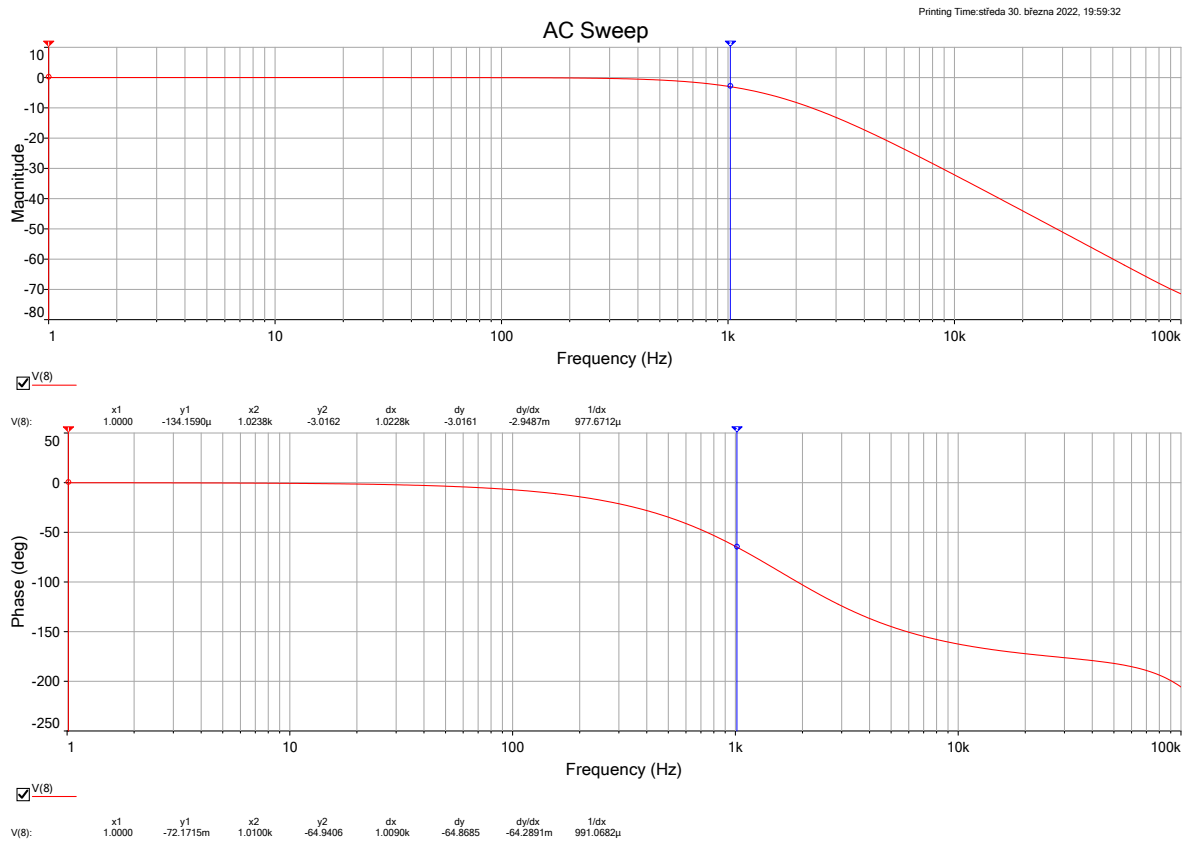
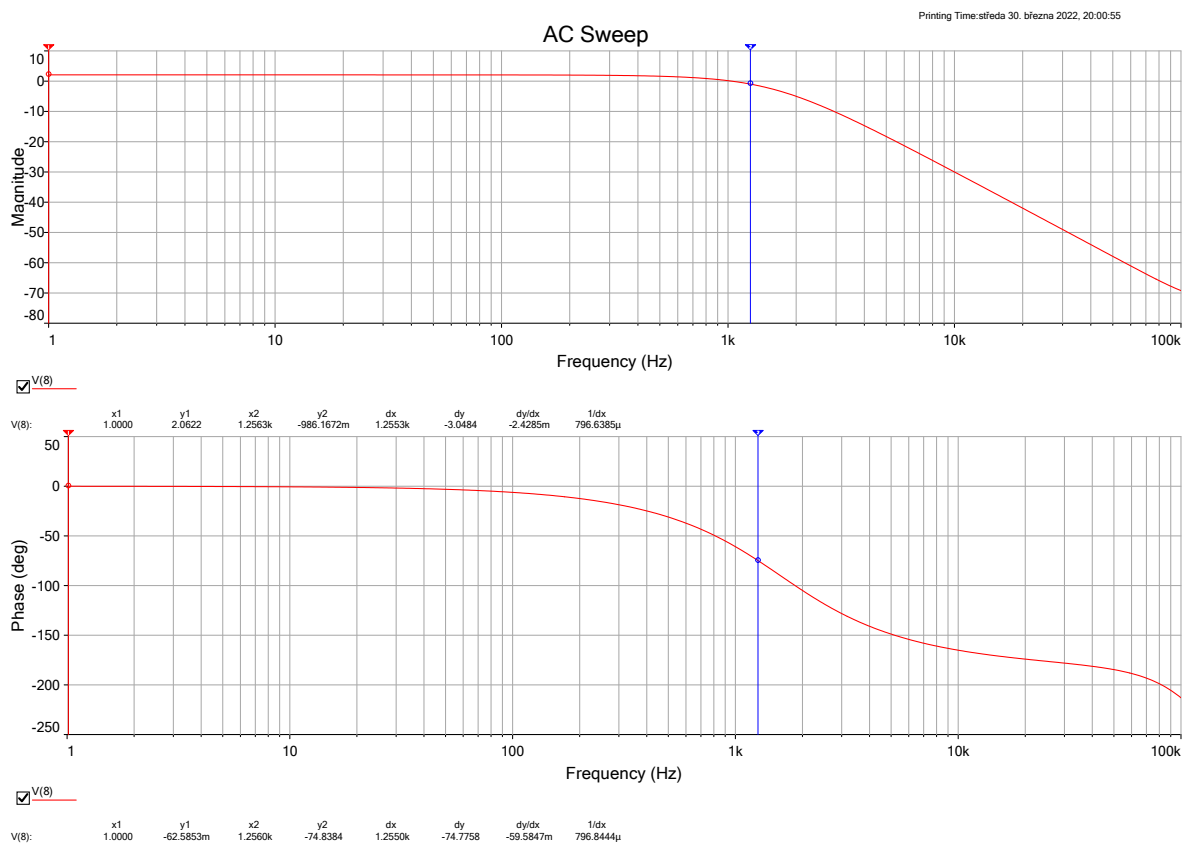
$$|1 + i \frac{f}{f_0} (3 - G_0) - (\frac{f}{f_0})^2| \approx \sqrt{2}. \quad (2)$$

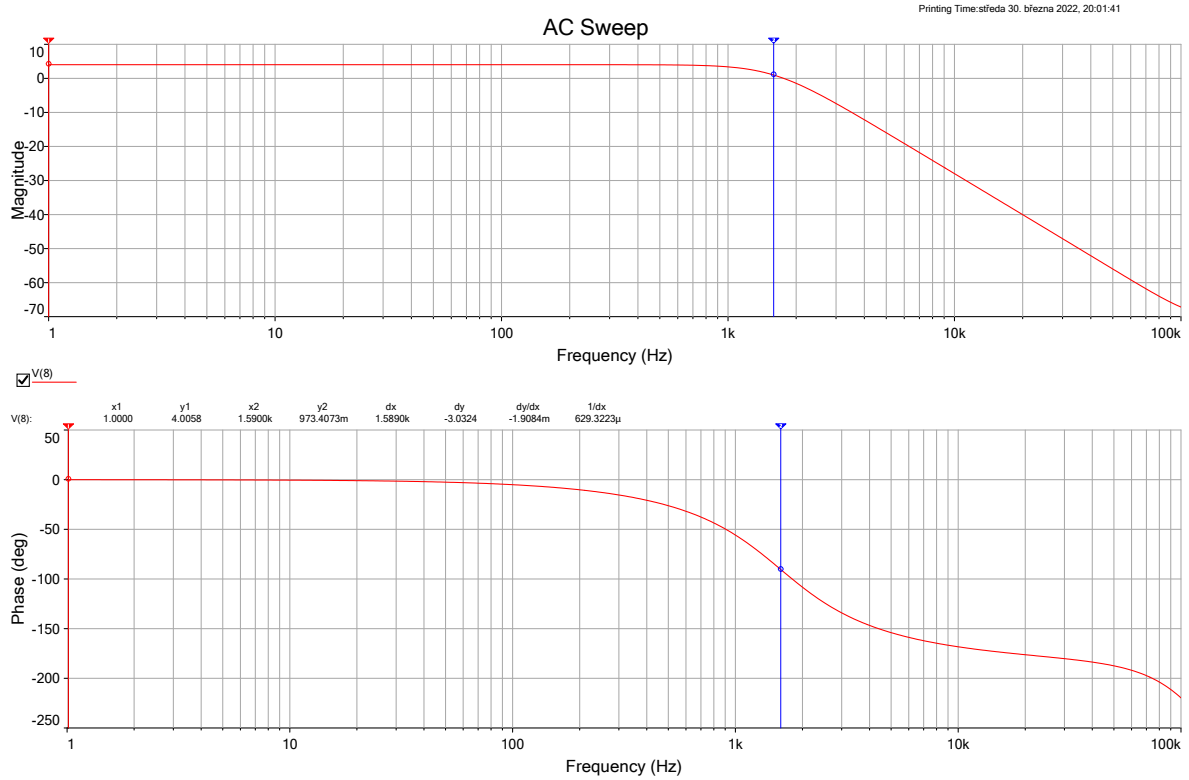
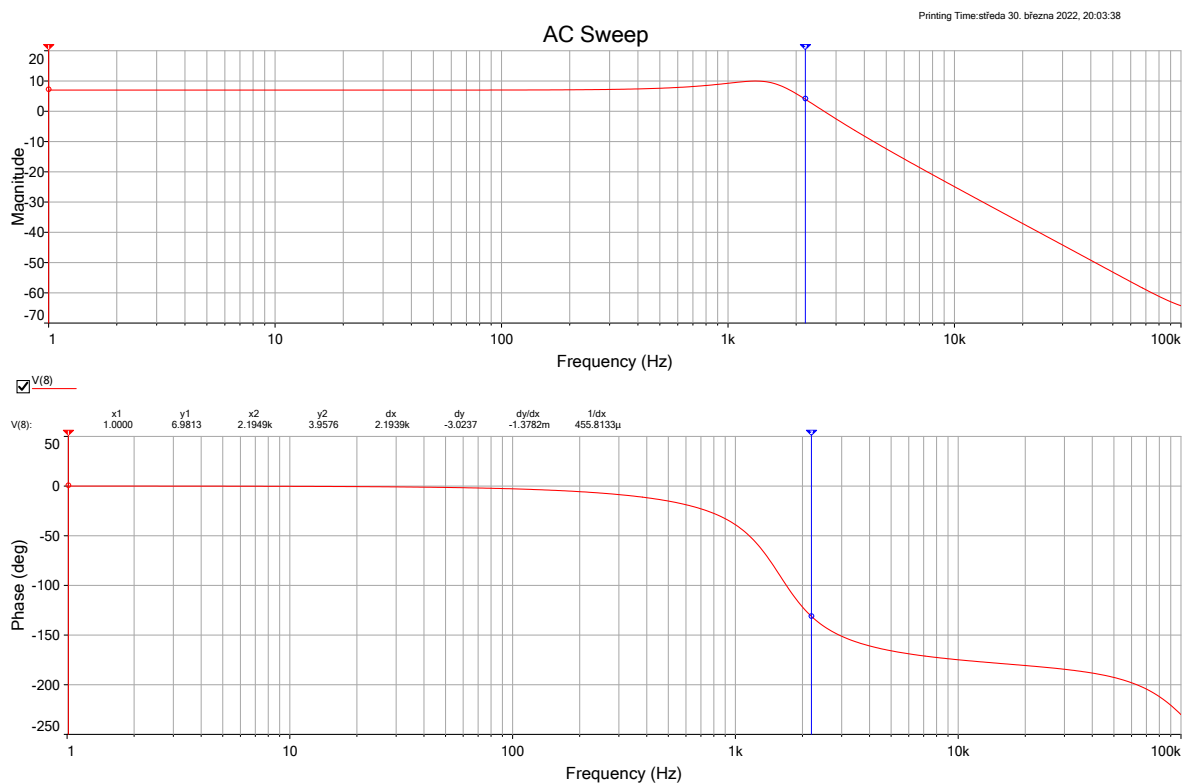


Obrázek 1: Dolní propust dle Butterworthovy aproximace

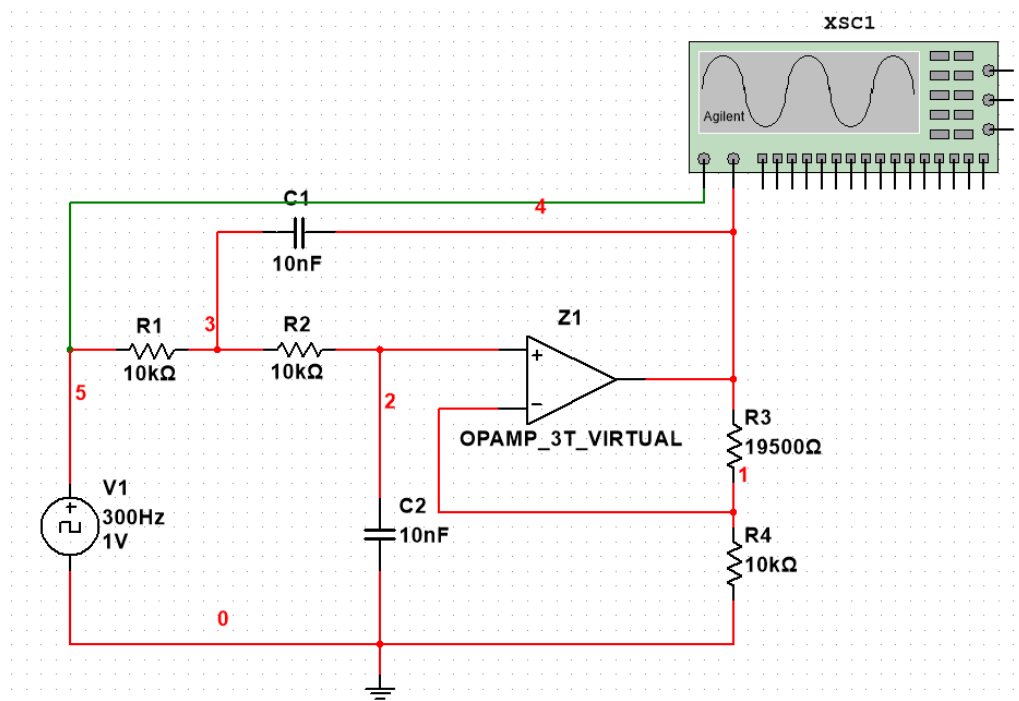
aproximace	zesílení G_0	vypočtená f_m	změřená f_m
kritické tlumení	1 (-0,0001 dB)	1023 Hz	1022 Hz
Bessel	1,268 (2,06 dB)	1249 Hz	1256 Hz
Butterworth	1,586 (4,0058 dB)	1589 Hz	1590 Hz
Čebyšev	2,234 (6,98 dB)	2211 Hz	2194 Hz

Tabulka 2: Vlastnosti různých aproximací filtru

Obrázek 2: Frekvenční charakteristika pro kritické tlumení ($G_0 = 1$)Obrázek 3: Frekvenční charakteristika pro Besselovu aproximaci ($G_0 = 1,268$)

Obrázek 4: Frekvenční charakteristika pro Butterworthovu aproximaci ($G_0 = 1,586$)Obrázek 5: Frekvenční charakteristika pro Čebyševovu aproximaci ($G_0 = 2,234$)

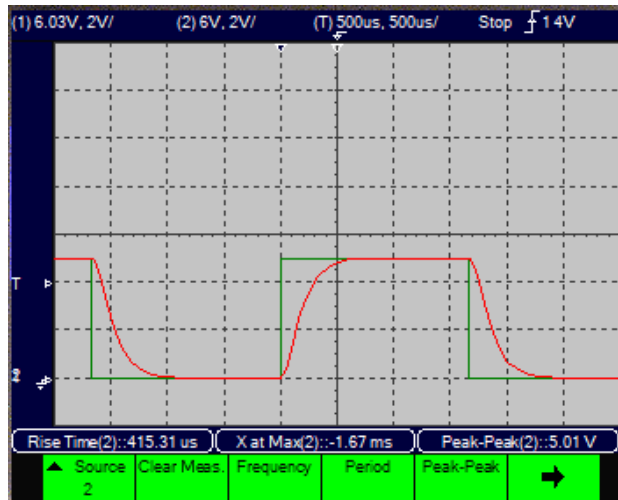
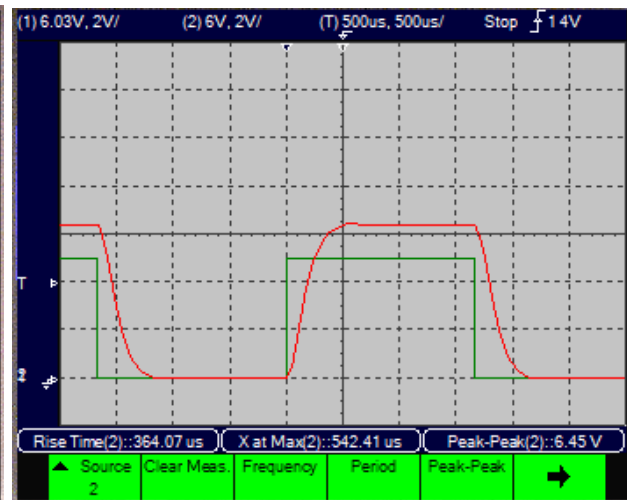
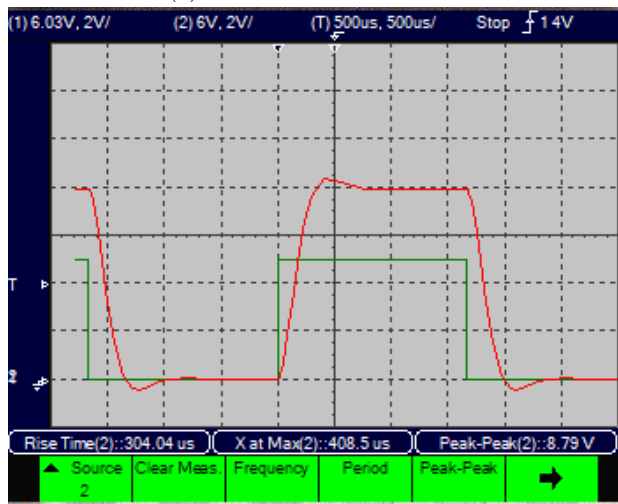
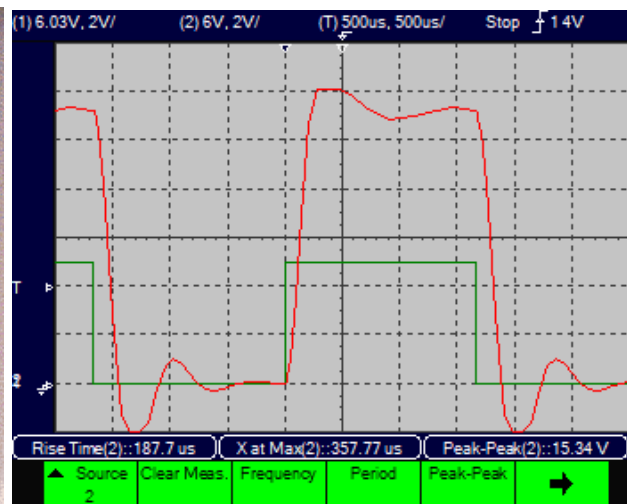
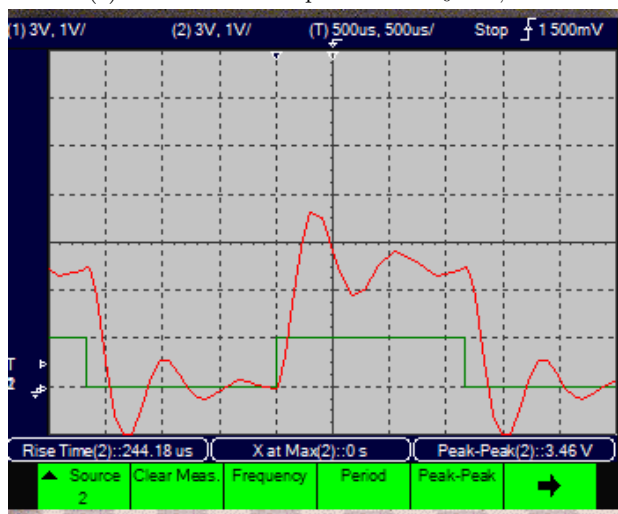
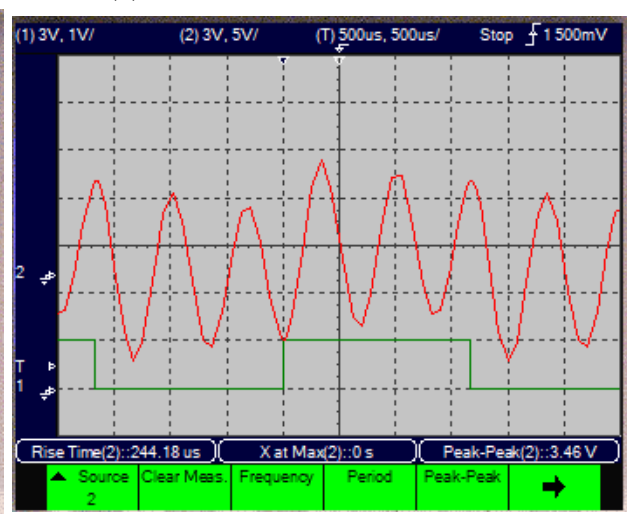
2 Přechodová charakteristika



Obrázek 6: Schéma pro určení přechodové charakteristiky filtru

Na zapojení na schématu 6 bylo změřeno několik přechodových charakteristik vykreslených na obrázcích 7. Na vstup filtru byl připojen budicí signál obdélníkového tvaru s amplitudou 5 V a frekvencí 300 Hz. Rozlišení na svislé ose je rovněž stejné (2 V na dílek) s výjimkou 7e a 7f, kde musela být amplituda vstupu i krok na svislé ose upraven, aby nedocházelo k saturaci filtru.

Charakteristiky 7a až 7d vypadají podle očekávání – s rostoucím zesílením G_0 roste i překmit a systém se pomalu stává nestabilní. Na charakteristice 7e již je pozorovatelný překmit víc jak 30 %. Poslední průběh s $G_0 = 2,995$ ukazuje, že budicí signál je skoro úplně ztracen ve vlastních oscilacích filtru a tlumení je naprosto minimální.

(a) Kritické tlumení $G_0 = 1$ (b) Besselova aproximace $G_0 = 1,268$ (c) Butterworhova aproximace $G_0 = 1,586$ (d) Čebyševova aproximace $G_0 = 2,234$ (e) Zesílení $G_0 = 2,5$ (f) Zesílení $G_0 = 2,95$ Obrázek 7: Přejchodové charakteristiky filtru pro různá zesílení G_0