

OTE Domácí úkol 6b - Horní propust

Vojtěch Michal

31. března 2022

V simulacích pro tuto úlohu bylo použito standardní nastavení parametrů operačního zesilovače, které však s ohledem na charakter úlohy nemá významný vliv. Tranzitní kmitočet použitého OZ je $f_T = 1\text{MHz}$.

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

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

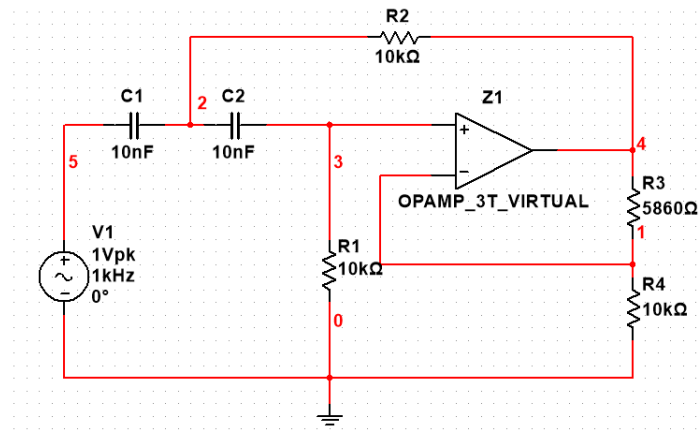
V závislosti na použitém typu aproximace je nastavováno zesílení

$$G_\infty = \frac{R_3 + R_4}{R_4} \in \langle 1; 3 \rangle. \quad (2)$$

1 Frekvenční charakteristika

S pomocí zapojení na schématu 1 a funkce *AC sweep* byly získány frekvenční charakteristiky všech aproximací horní propusti, 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

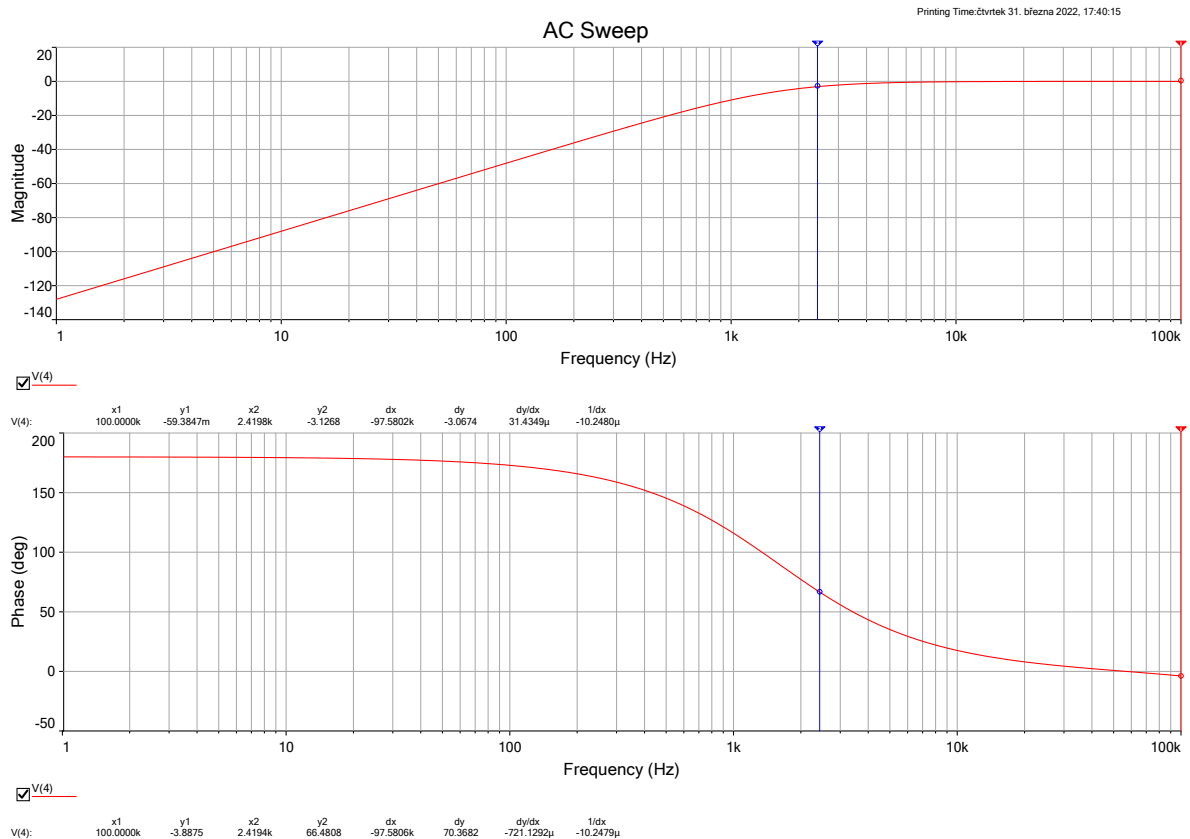
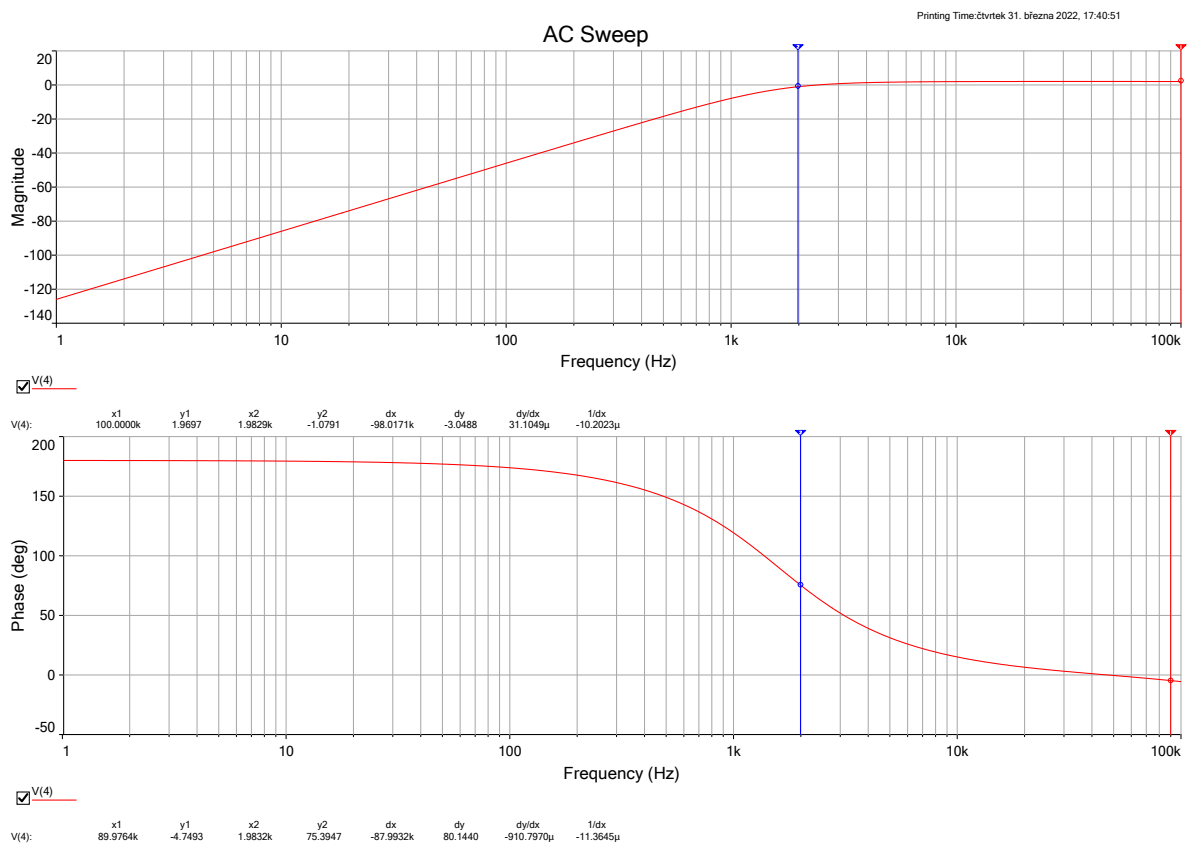
$$\left| \frac{-(\frac{f}{f_0})^2}{1 + i\frac{f}{f_0}(3 - G_\infty) - (\frac{f}{f_0})^2} \right| \approx \frac{\sqrt{2}}{2}. \quad (3)$$

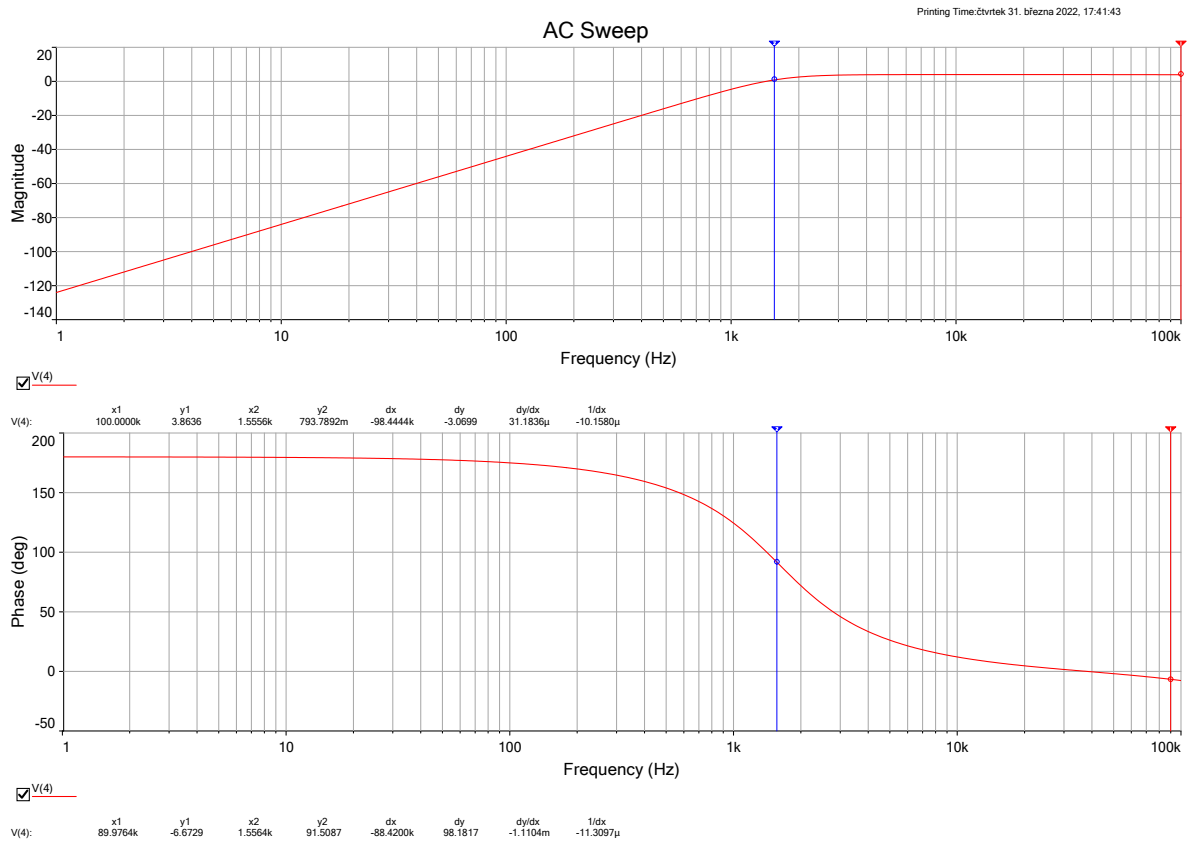
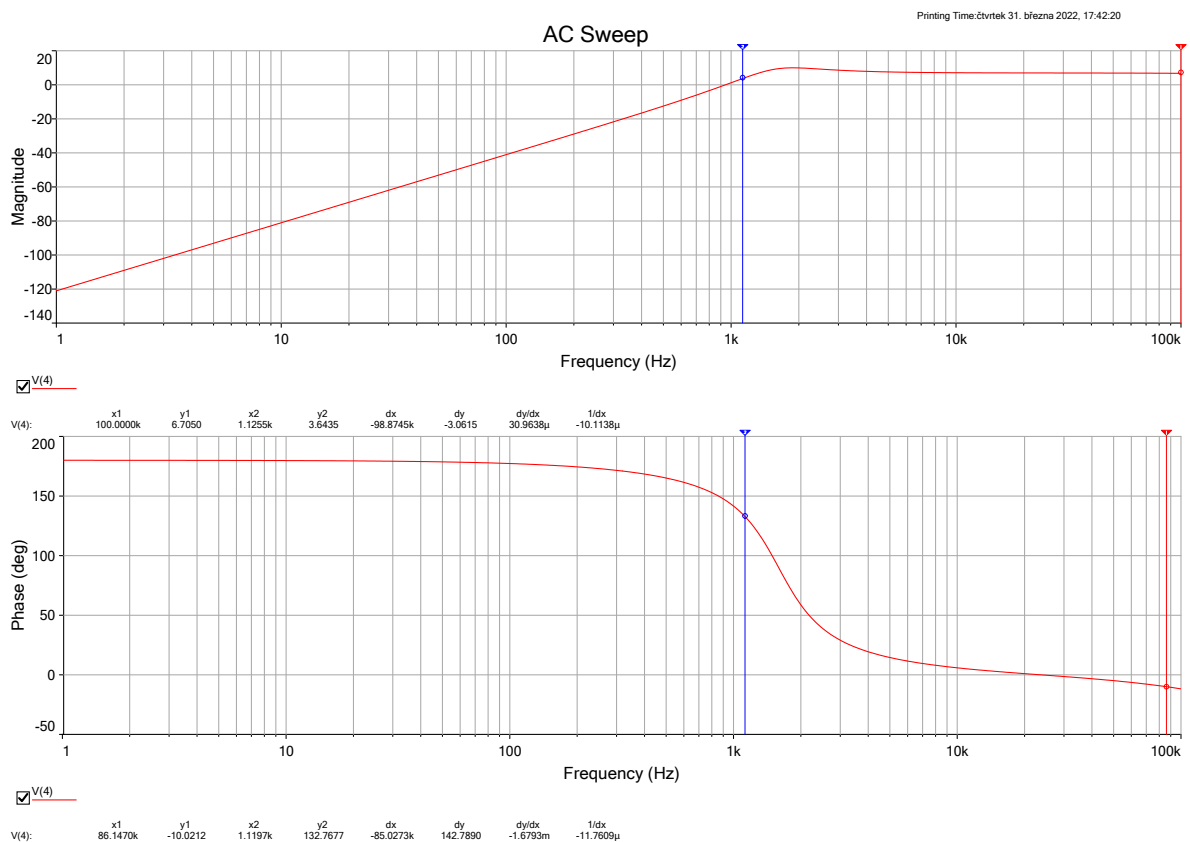


Obrázek 1: Horní propust dle Butterworthovy aproximace

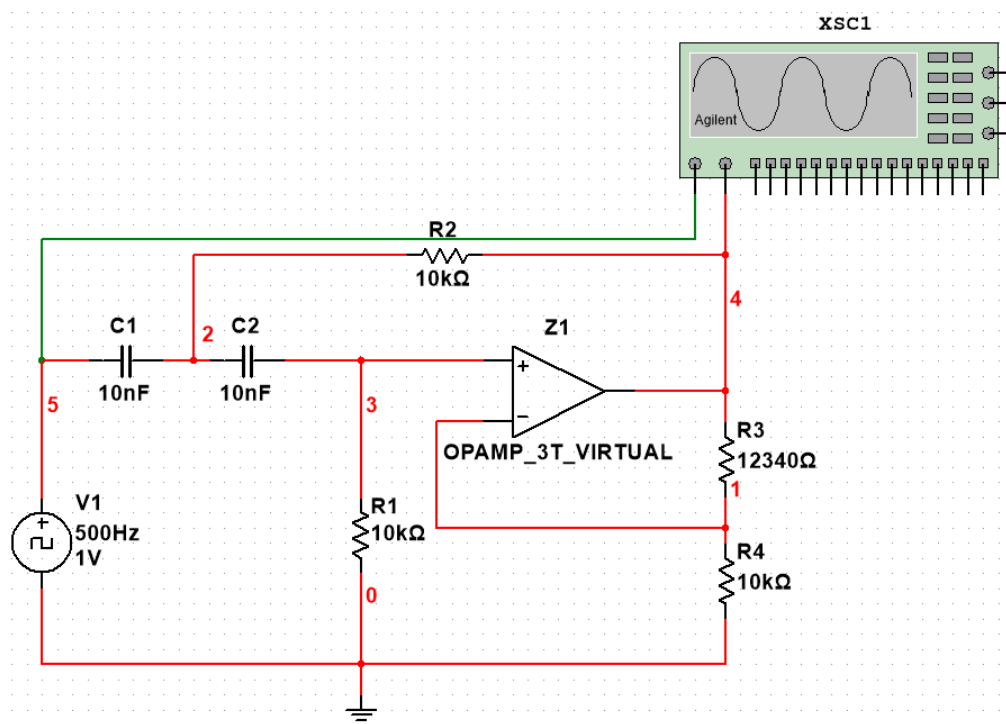
aproximace	zesílení G_∞	vypočtená f_m	změřená f_m
kritické tlumení	1 (-0,059 dB)	2478 Hz	2419 Hz
Bessel	1,268 (1,97 dB)	2028 Hz	1983 Hz
Butterworth	1,586 (3,86 dB)	1595 Hz	1555 Hz
Čebyšev	2,234 (6,71 dB)	1146 Hz	1126 Hz

Tabulka 1: Vlastnosti různých aproximací filtru

Obrázek 2: Frekvenční charakteristika pro kritické tlumení ($G_{\infty} = 1$)Obrázek 3: Frekvenční charakteristika pro Besselovu aproximaci ($G_{\infty} = 1,268$)

Obrázek 4: Frekvenční charakteristika pro Butterworthovu aproximaci ($G_{\infty} = 1,586$)Obrázek 5: Frekvenční charakteristika pro Čebyševovu aproximaci ($G_{\infty} = 2,234$)

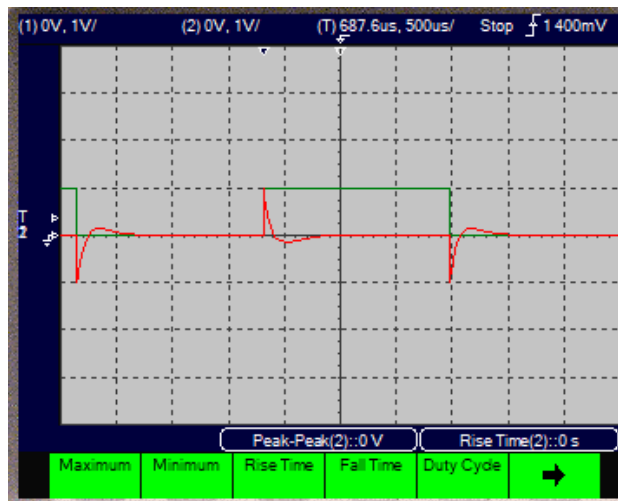
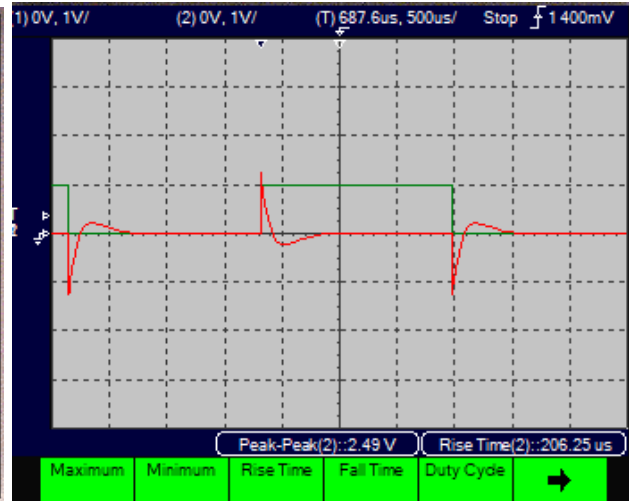
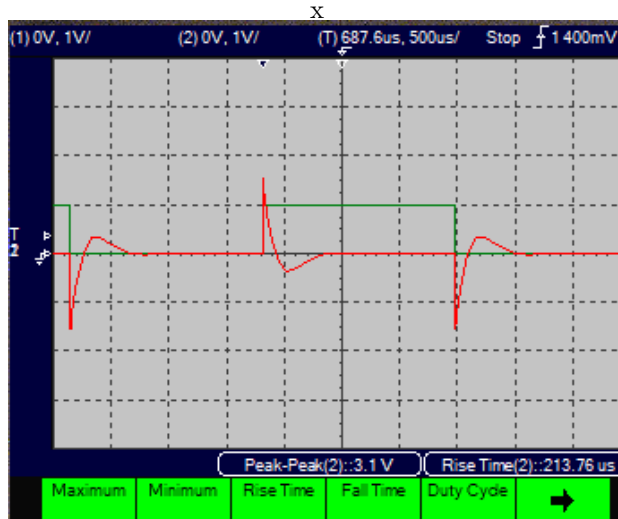
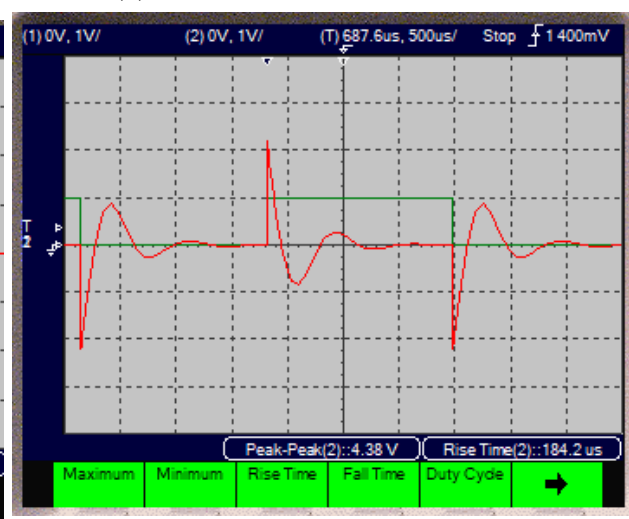
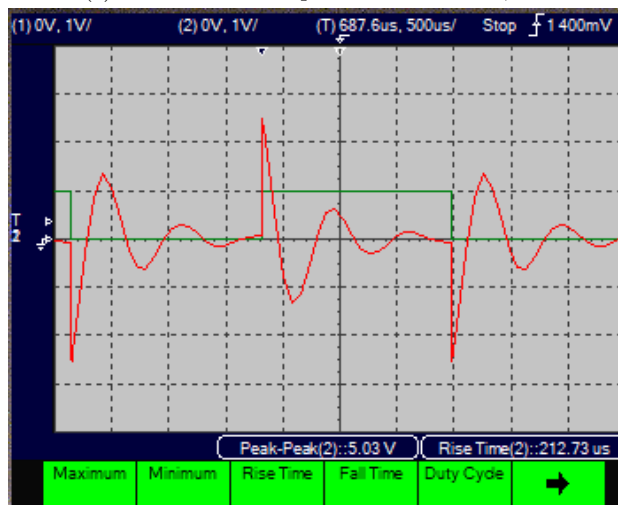
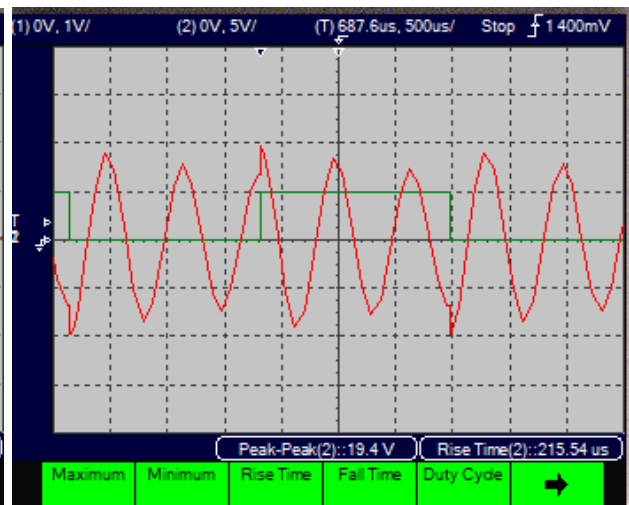
2 Přechodová charakteristika



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 1 V a frekvencí 300 Hz. Rozlišení na svislé ose je rovněž stejné (1 V na dílek) s výjimkou 7e a 7f, kde musel být krok na svislé ose upraven, aby byl vidět plný rozkmit výstupu filtru.

Charakteristiky 7a až 7d vypadají podle očekávání – s rostoucím zesílením G_∞ roste i míra oscilací po první špičce a systém se pomalu stává nestabilní. Na charakteristice 7e již jsou pozorovatelné kmity, které se neustálí během celé půlperiody budicího signálu. Poslední průběh s $G_\infty = 2,995$ ukazuje, jak filtr kmitá skoro bez ohledu na hrany budicího signálu a tlumení je naprosto minimální.

(a) Kritické tlumení $G_{\infty} = 1$ (b) Besselova aproximace $G_{\infty} = 1,268$ (c) Butterworthova aproximace $G_{\infty} = 1,586$ (d) Čebyševova aproximace $G_{\infty} = 2,234$ (e) Zesílení $G_{\infty} = 2,5$ (f) Zesílení $G_{\infty} = 2,95$ Obrázek 7: Přechodové charakteristiky filtru pro různá zesílení G_{∞}