

Modelování zpoždění aktivních prvků a vedení, mikrovlnné oscilátory s rozprostřeným zesílením a zpětnou vazbou

Josef Dobeš

Rádiové funkční bloky

Osnova

- Vlastnosti Besselovy funkce druhého řádu
 - Limit použití Besselovy funkce
- Modelování **zpoždění hradla MESFET**
 - Příklad: **oscilátor s rozprostřeným zesílením**
- Sumarizace vlastností standardního modelu **přenosového vedení**
- Princip modelu založeného na Besselově funkci
 - Definice nového hypotetického prvku fázový posun
 - Jeden článek modelu založeného na prvcích fázový posun
- Příklady použití nového modelu
 - Triviální příklad: nejjednodušší nepřizpůsobený obvod
 - Typický příklad radiotechniky: **zpětnovazební oscilátor**
 - » Porovnání vlastností ustálených period
 - » Porovnání vlastností spekter získaných Fourierovou analýzou

Vlastnosti Besselovy funkce druhého řádu

- Definice Besselovy funkce druhého řádu v rovině s

$$Y(s) = X(s) \Phi(s)$$

$$\Phi(s) = \frac{3\omega_0^2}{s^2 + 3\omega_0 s + 3\omega_0^2}$$

- Argument funkce vyjádřený pomocí úhlového kmitočtu

$$\varphi(\omega) = \arg \Phi(j\omega) = \arg(-\omega^2 + 3\omega_0^2 - j3\omega_0\omega)$$

$$= \arctan \frac{-3\omega_0\omega}{3\omega_0^2 - \omega^2}$$

- Derivace argumentu je **asymptoticky** konstantní

$$-\frac{d\varphi(\omega)}{d\omega} = \frac{9\omega_0^3 + 3\omega_0\omega^2}{9\omega_0^4 + 3\omega_0^2\omega^2 + \omega^4} \approx \frac{1}{\omega_0}$$

- Limit použití Besselovy funkce

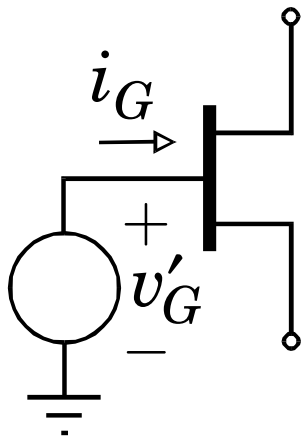
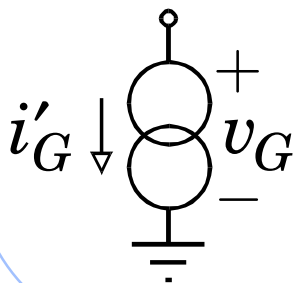
$$|\Phi(j\omega)| = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{1}{3}\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2 + \frac{1}{9}\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^4}}$$

95.77 % pro $\omega = \frac{1}{2}\omega_0$

$$\varphi\left(\frac{1}{2}\omega_0\right) = \arctan\left(-\frac{12}{22}\right) = -28.61^\circ \Rightarrow 30^\circ \text{ max}$$

Modelování zpoždění hradla MESFET

nové hradlo

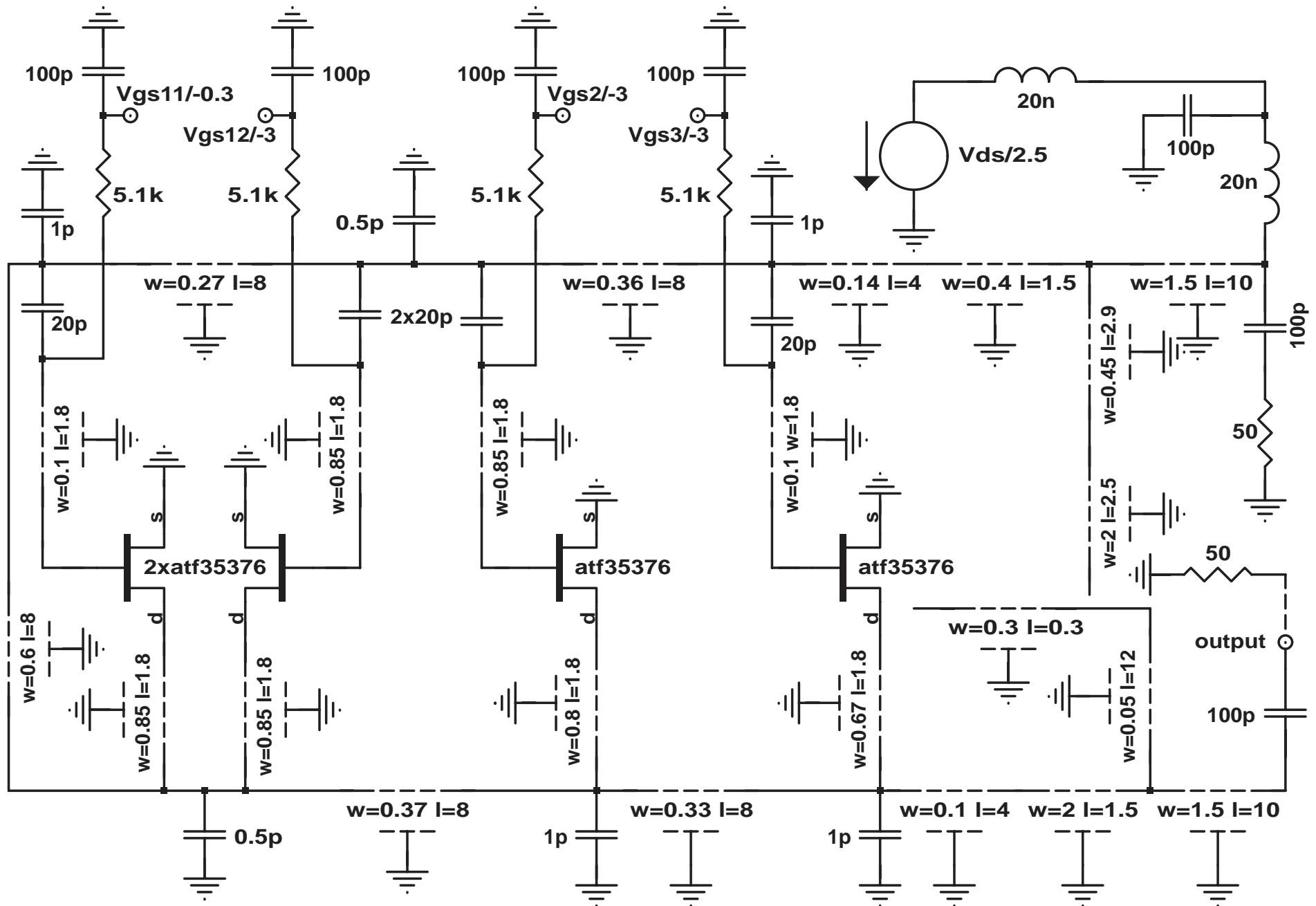


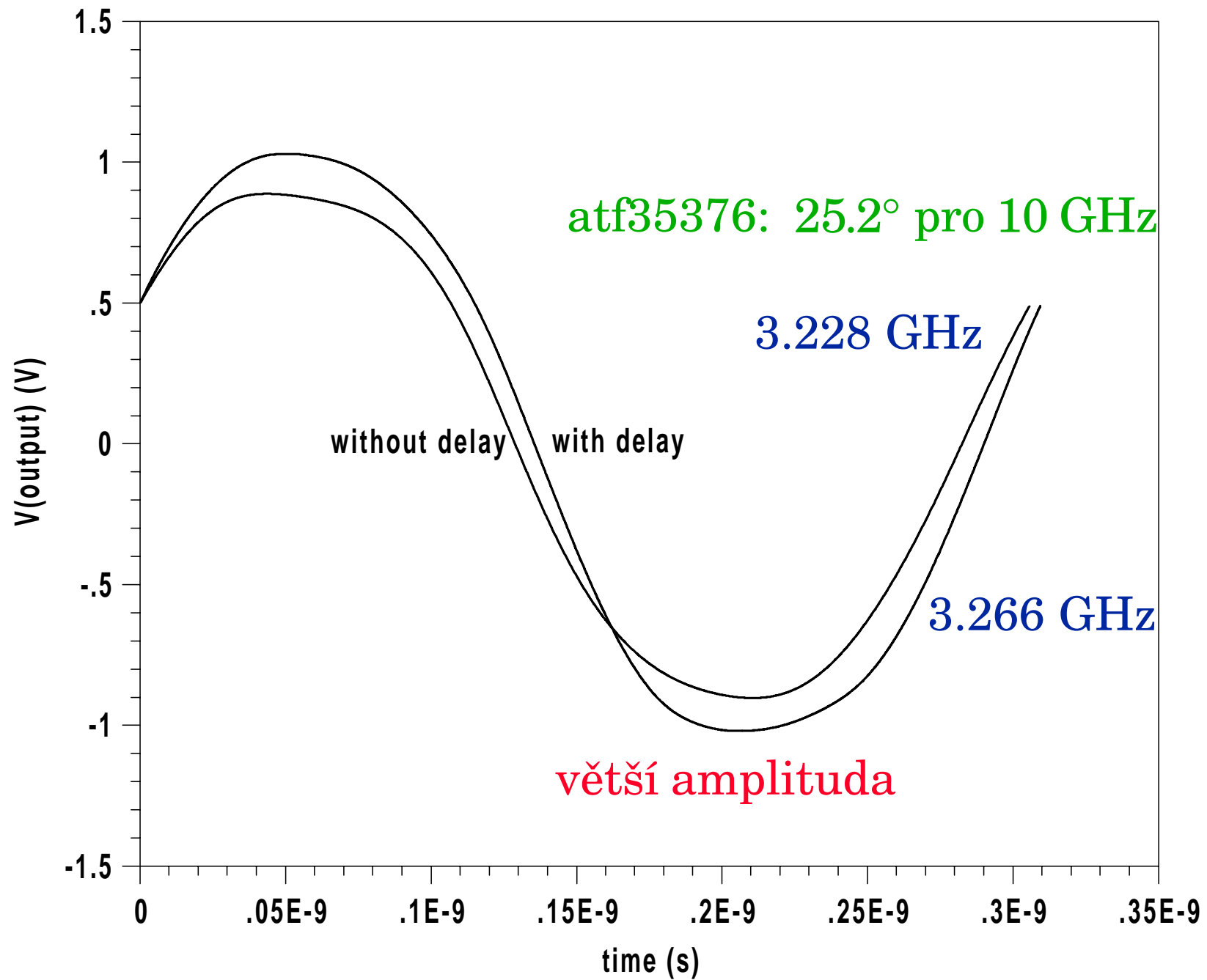
$$\frac{1}{3\omega_0^2} \frac{d^2 v'_G(t)}{dt^2} + \frac{1}{\omega_0} \frac{dv'_G(t)}{dt} + v'_G(t) = v_G(t)$$

poč. podm.: $v'_G(0) = v_G(0)$, $dv'_G/dt(0) = 0$

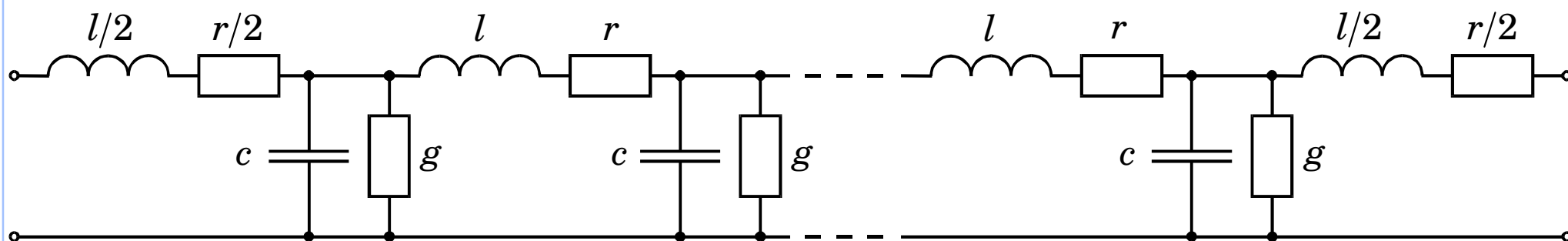
ss. stav obvodu nelze změnit: $i'_G = i_G$

Test zpoždění pHEMT: oscilátor s rozprostřeným zesílením





Sumarizace standardního modelu přenosového vedení

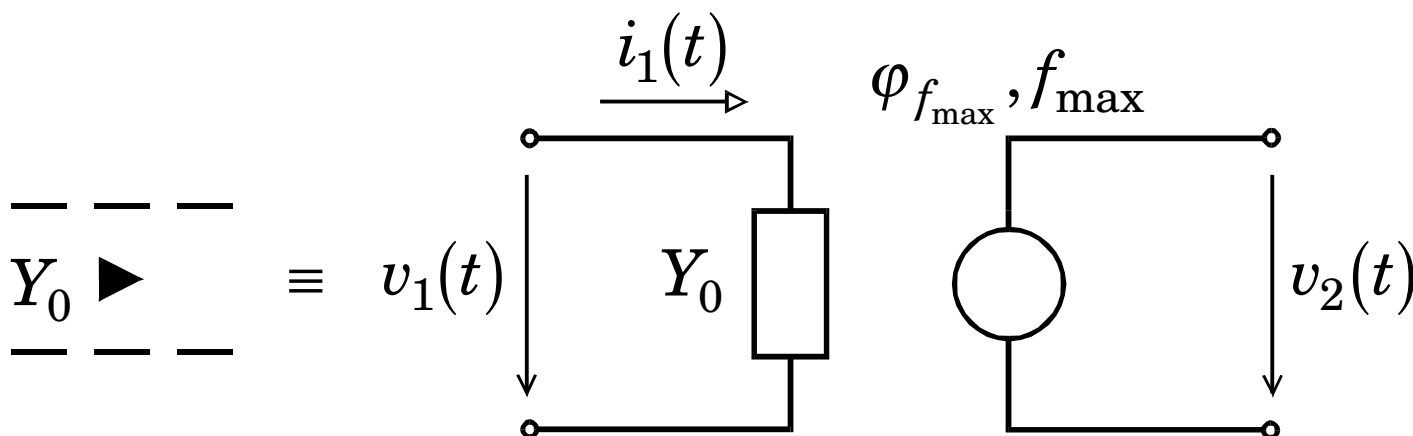


$$l = \frac{T_D}{n_{\text{sect}}} Z_0, \quad c = \frac{T_D}{n_{\text{sect}}} \frac{1}{Z_0}, \quad r = \frac{R_S}{n_{\text{sect}}}, \quad g = \frac{G_P}{n_{\text{sect}}}$$

- T_D , Z_0 , R_S , G_P a n_{sect} : zpoždění vedení, charakteristická impedance, sériový odpor, paralelní vodivost a počet sekcí
- Způsobuje **falešné** oscilace dokonce pro velmi velký počet sekcí

Princip modelu založeného na Besselově funkci

1. Definice hypotetického prvku fázový posun:



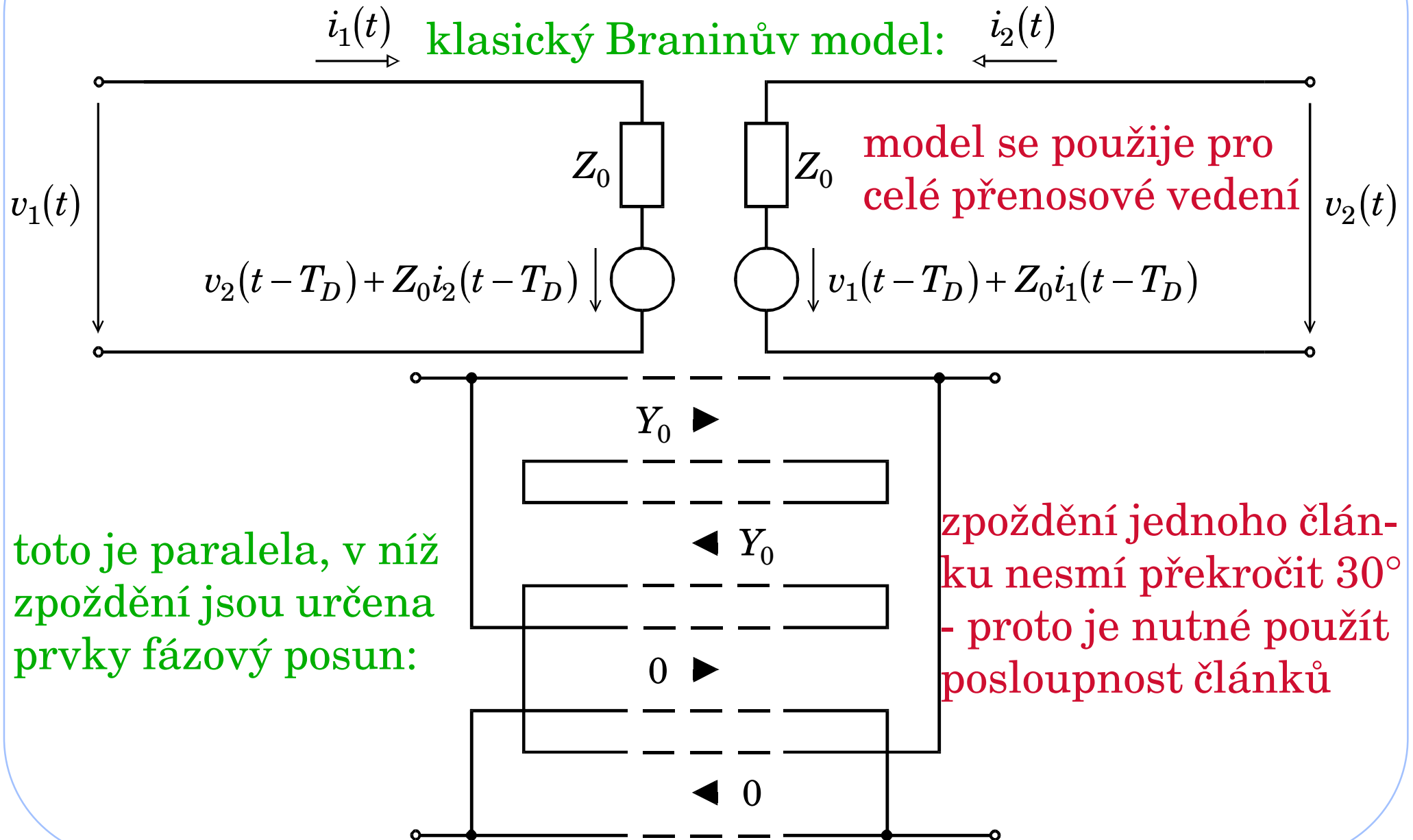
Bezšumová vstupní charakteristická admitance:

$$i_1(t) = Y_0 v_1(t)$$

Přidružená Besselova diferenciální rovnice druhého řádu:

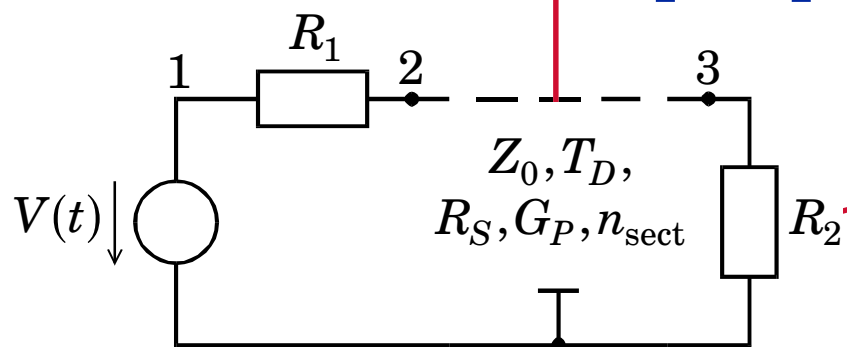
$$\frac{1}{3\omega_0^2} \frac{d^2 v_2(t)}{dt^2} + \frac{1}{\omega_0} \frac{dv_2(t)}{dt} + v_2(t) = v_1(t) \quad \frac{1}{\omega_0} = \frac{\varphi_{f_{\max}}}{360} \frac{1}{f_{\max}}$$

2. Vytvoření 1 článku modelu založeného na fázových posunech:





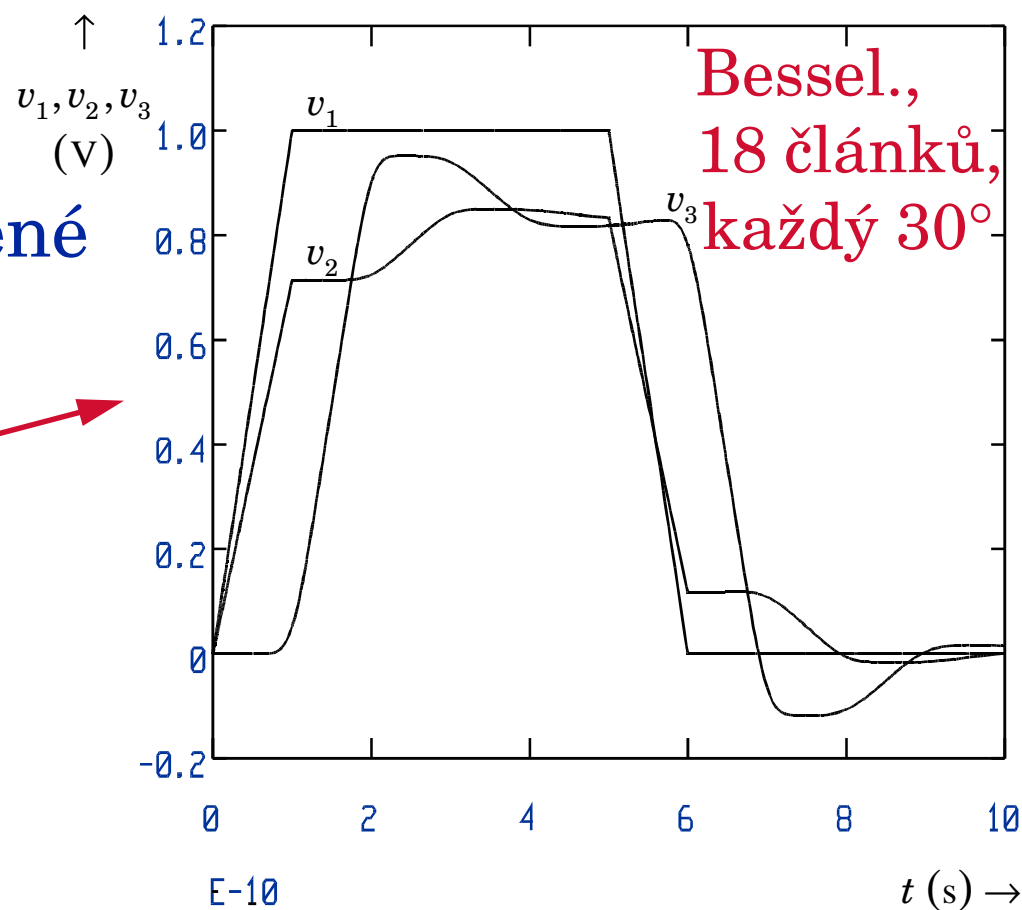
Trivialní test: **R nepřizpůsobené**



$$T_D = 0.1 \text{ ns} \quad Z_0 = 50 \Omega$$

$$R_S = 0 \Omega \quad G_P = 0 \text{ S}$$

$$R_1 = 20 \Omega \quad R_2 = 100 \Omega$$



Testování modelu vedení: zpětnovazební oscilátor

