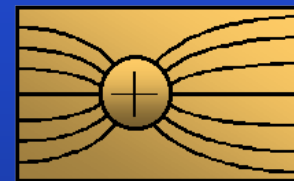




Politechnika Wrocławska



Wydział Mechaniczno-Energetyczny



Podstawy elektrotechniki

Prof. dr hab. inż. Juliusz B. Gajewski, prof. zw. PWr

Wybrzeże S. Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław

Bud. A4 „Stara kotłownia”, pokój 359

Tel.: 71 320 3201

Fax: 71 328 3218

E-mail: juliusz.b.gajewski@pwr.edu.pl

Internet: www.itcmp.pwr.wroc.pl/elektra

Filtry elektryczne

F i l t r e m e l e k t r y c z n y m nazywa się liniowy czwórnik pasywny włączony między źródło zasilające i odbiornik w celu przepuszczenia (z małą tłumiennością) pewnego z góry określonego pasma częstotliwości i nieprzepuszczania (przepuszczania z dużą tłumiennością) innego pasma częstotliwości.

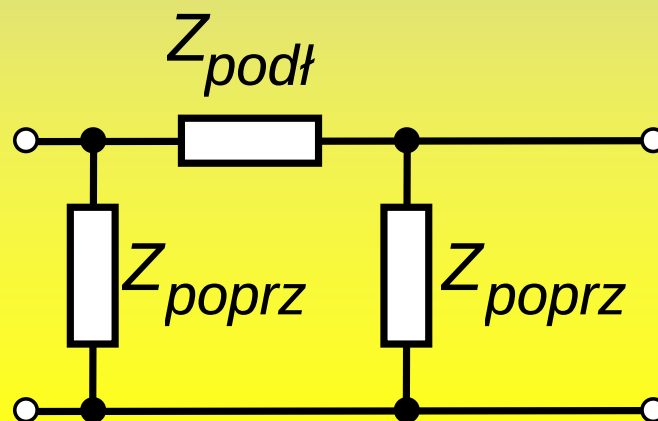
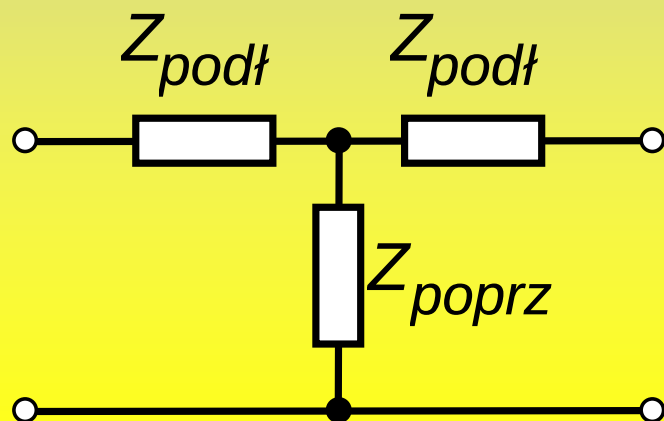
T ł u m i e n n o ś c i ą nazywa się inaczej w s p ó ł c z y n n i k t ł u m i e n i a, który wyraża się logarytmem naturalnym stosunku napięcia/prądu wejściowego do napięcia/prądu wyjściowego podawany w *neperach*. Jeden neper oznacza zmniejszenie napięcia/prądu wyjściowego czwórnika **e** razy. W teletechnice tłumienność podaje się w *decybelach*: $1 \text{ dB} = 0,115 \text{ N}$ albo $1 \text{ N} = 8,696 \text{ dB}$.

Pasmo częstotliwości o małym tłumieniu nazywa się p a s m e m p r z e p u s t o w y m, natomiast pasmo częstotliwości silnie tłumionych — p a s m e m t ł u m i e n i o w y m.

Filtry elektryczne

Filtry elektryczne mają zastosowanie głównie w elektronice. Składają się one z cewek i kondensatorów. Przy wielkich częstotliwościach reaktancja cewki $X_L = \omega L$ jest wielokrotnie większa od jej rezystancji R . W uproszczonej teorii filtrów przyjmuje się, że zawierają one tylko elementy reaktancyjne. Właściwości filtrów opierają się fizycznie na zjawisku rezonansu napięć i prądów.

Filtry zazwyczaj przedstawia się w postaci symetrycznego czwórnik typu **T** albo **π** . Reaktancje występujące w gałęziach szeregowych (poziomych) nazywa się umownie reaktancjami *podłużnymi*, a w gałęziach równoległych (pionowych) — *poprzecznymi*.



Filtry elektryczne

Filtry dzieli się na następujące rodzaje:

- **d o l n o p r z e p u s t o w y** — przepuszcza małe częstotliwości począwszy od $f_1 = 0$ do częstotliwości granicznej f_0 , a tłumi częstotliwości od f_0 do ∞ ;
- **g ó r n o p r z e p u s t o w y** — przepuszcza częstotliwości od f_0 do ∞ ;
- **p a s m o w y** (ś r o d k o w o p r z e p u s t o w y) — przepuszcza częstotliwości z określonego pasma od f_1 do f_2 ;
- **z a p o r o w y** (ś r o d k o w o z a p o r o w y) — nie przepuszcza częstotliwości z określonego pasma od f_1 do f_2 . Filtr taki ma zatem dwa pasma przepustowe: poniżej f_1 i powyżej f_2 .

Filtry elektryczne

Tłumienność

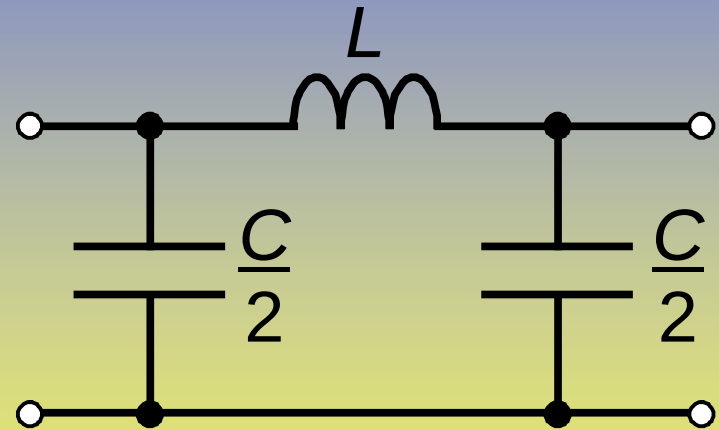
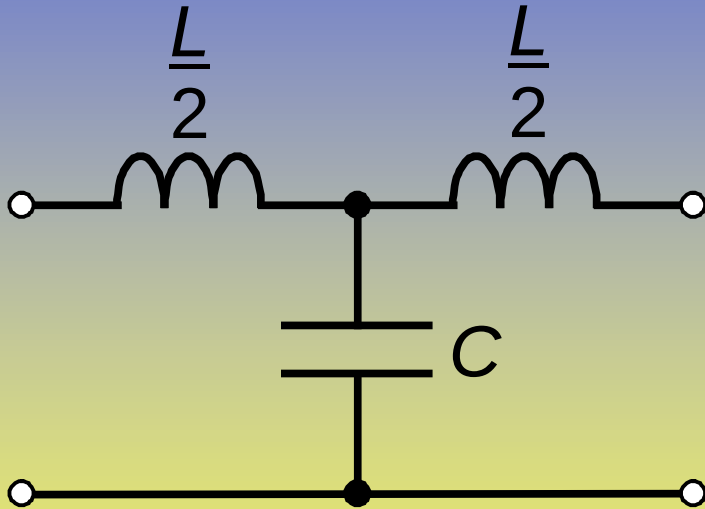
$$a = \ln \frac{U_1}{U_2} = \ln \frac{I_1}{I_2}$$

$$[a] = 1\text{N} = 8,686\text{dB} \rightarrow 1\text{dB} = 0,115\text{N}$$

$$a_{(\text{dB})} = 20 \log \frac{U_1}{U_2} = 20 \log \frac{I_1}{I_2}$$

Filtry elektryczne

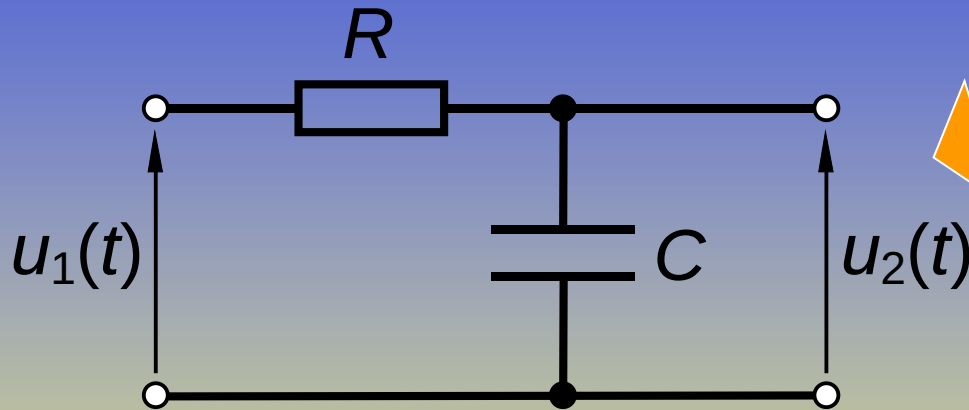
Filtr dolnoprzepustowy



$$\omega_0 = \frac{2}{\sqrt{LC}}$$

Filtry elektryczne

Filtr dolnoprzepustowy



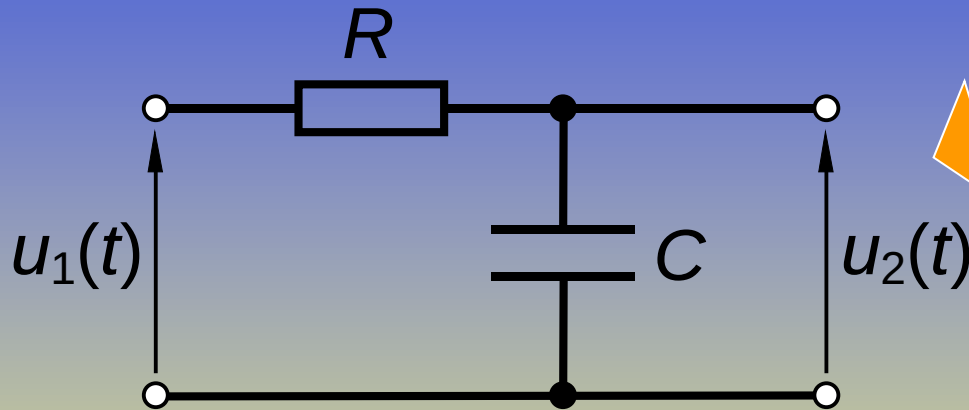
Dynamiczny inercyjny układ
RC całkujący (rzeczywisty)

Transmitancja operatorowa układu całkującego

$$G(s) = \frac{U_2(s)}{U_1(s)} = \frac{1}{sRC + 1} = \frac{1}{s\tau + 1}$$

Filtry elektryczne

Filtr dolnoprzepustowy



Dynamiczny inercyjny układ
RC całkujący (rzeczywisty)



$$U_2(s) = \frac{U_1(s)}{R + \frac{1}{sC}} \frac{1}{sC} = \frac{1}{sRC + 1} U_1(s) = \frac{1}{s\tau + 1} U_1(s)$$

$$U_2(s) = \frac{1}{s\tau} U_1(s) \Leftrightarrow s\tau \gg 1$$

Idealny układ RC całkujący

Filtry elektryczne

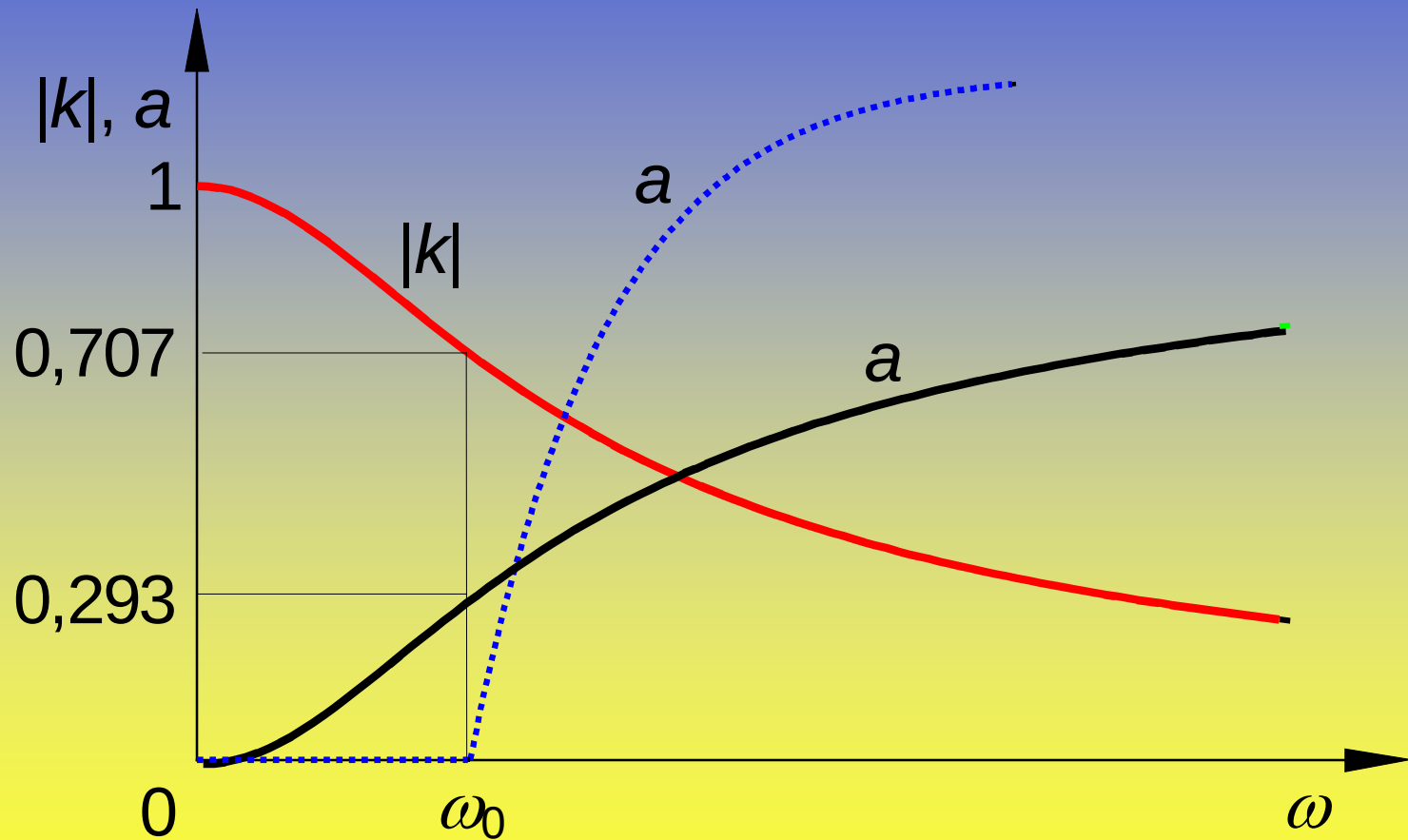
Filtr dolnoprzepustowy

$$\begin{aligned}U_2(j\omega) &= \frac{1}{j\omega RC + 1} U_1(j\omega) = \frac{1}{j\omega\tau + 1} U_1(j\omega) \\&= \frac{-1 + j\omega\tau}{(j\omega\tau + 1)(-j\omega\tau + 1)} U_1(j\omega) = \frac{-1 + j\omega\tau}{\omega^2\tau^2 + 1} U_1(j\omega)\end{aligned}$$

$$U_2(\omega) = \frac{1}{\sqrt{\omega^2\tau^2 + 1}} U_1(\omega)$$

Filtry elektryczne

Filtr dolnoprzepustowy

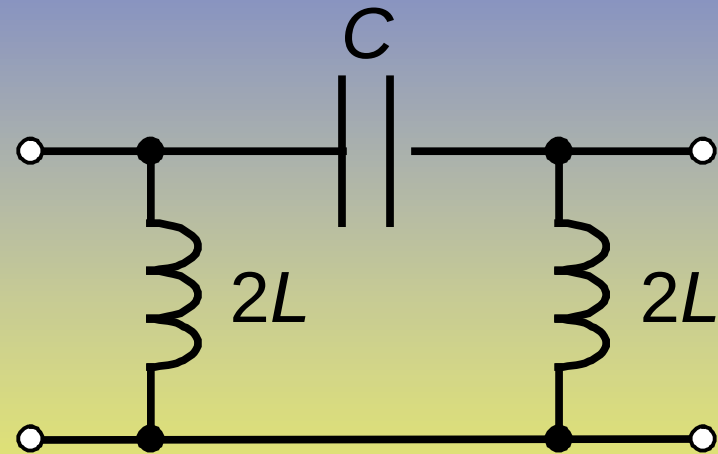
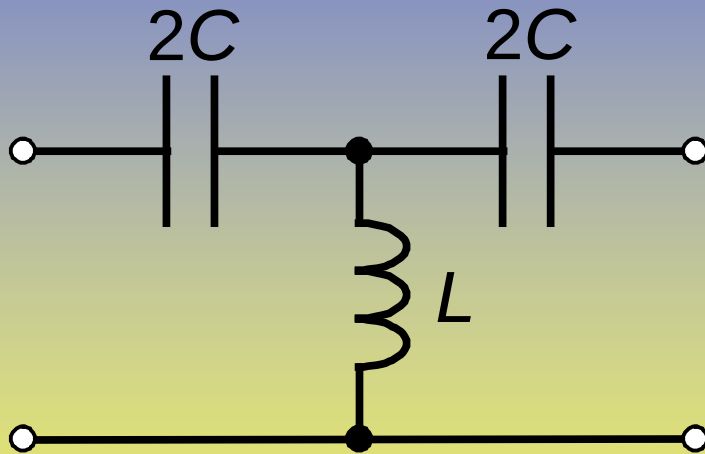


$$\omega_0 = \frac{1}{RC} = \frac{1}{\tau}$$

$$|k| = \left| \frac{U_2(\omega)}{U_1(\omega)} \right| = \frac{1}{\sqrt{\omega^2 \tau^2 + 1}} \wedge a = 1 - |k|$$

Filtry elektryczne

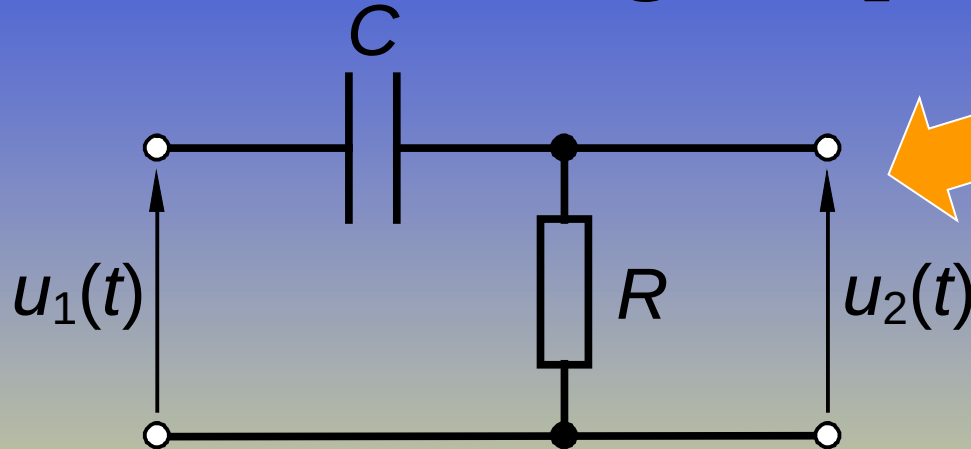
Filtr górnoprzepustowy



$$\omega_0 = \frac{1}{2\sqrt{LC}}$$

Filtry elektryczne

Filtr górnoprzepustowy



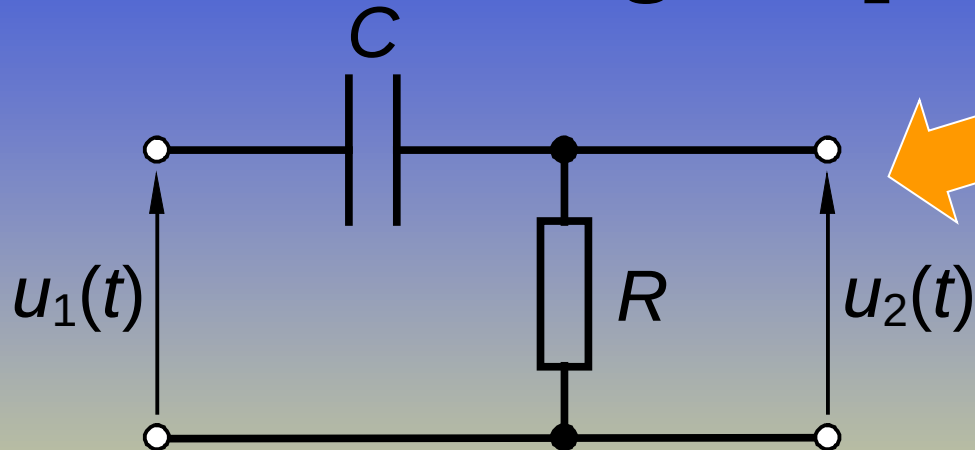
Dynamiczny inercyjny układ
RC różniczkujący (rzeczywisty)

Transmitancja operatorowa układu różniczkującego

$$G(s) = \frac{U_2(s)}{U_1(s)} = \frac{R}{R + \frac{1}{sC}} = \frac{sRC}{sRC + 1} = \frac{s\tau}{s\tau + 1}$$

Filtry elektryczne

Filtr górnoprzepustowy



Dynamiczny inercyjny układ
RC różniczkujący (rzeczywisty)

$$U_2(s) = \frac{U_1(s)}{R + \frac{1}{sC}} R = \frac{sRC}{sRC + 1} U_1(s) = \frac{s\tau}{s\tau + 1} U_1(s)$$

$$U_2(s) = s\tau U_1(s) \Leftrightarrow s\tau \ll 1$$

Idealny układ RC różniczkujący

Filtry elektryczne

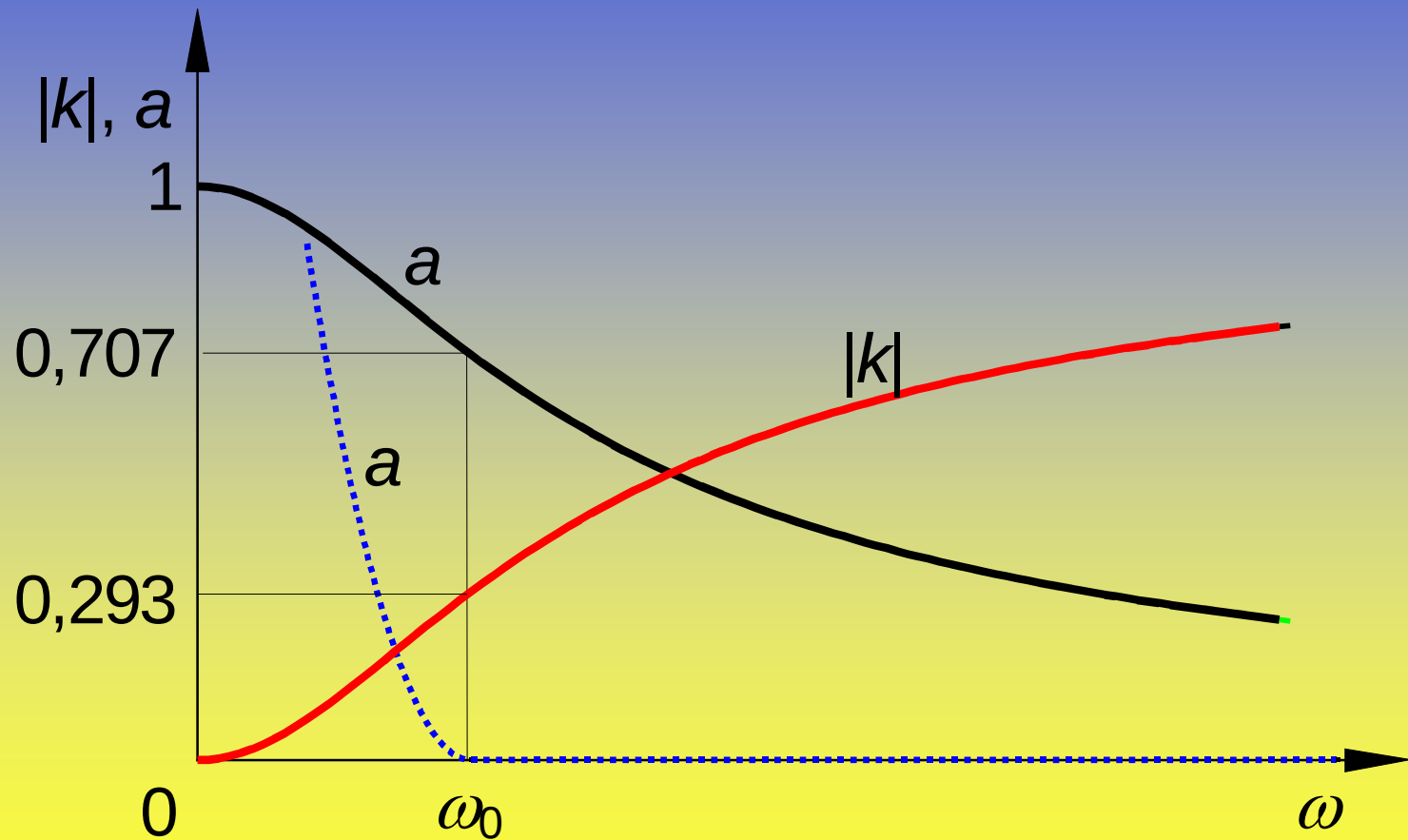
Filtr górnoprzepustowy

$$U_2(j\omega) = \frac{j\omega\tau}{j\omega\tau + 1} U_1(j\omega) = \frac{j\omega\tau + \omega^2\tau^2}{\omega^2\tau^2 + 1} U_1(j\omega)$$

$$U_2(\omega) = \frac{\omega\tau}{\sqrt{\omega^2\tau^2 + 1}} U_1(\omega)$$

Filtry elektryczne

Filtr górnoprzepustowy

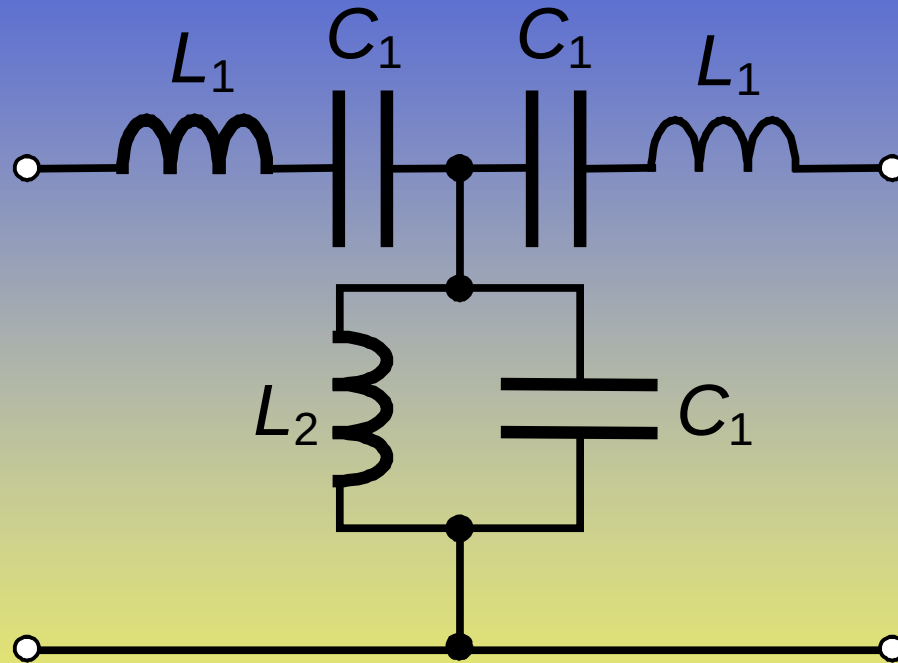


$$\omega_0 = \frac{1}{RC} = \frac{1}{\tau}$$

$$|k| = \left| \frac{U_2(\omega)}{U_1(\omega)} \right| = \omega\tau / \sqrt{\omega^2 \tau^2 + 1} \wedge a = 1 - |k|$$

Filtry elektryczne

Filtr pasmowy



$$\omega_0 = \sqrt{\omega_1 \omega_2}$$

Filtry elektryczne

Filtr pasmowy

