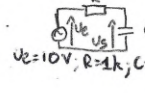
ex 1: soit le filtre suivant:



Ve=10V; R=1k; C=20nF

1) Fct de transfert Av en fct de f et f_c → $A_V = \frac{1/jC\omega}{R+1/jC\omega} = \frac{1}{1+jRC\omega} = \frac{1}{1+j\omega/\omega_0}$ → $|A_V| = \frac{1}{\sqrt{1+(\frac{\omega}{\omega_0})^2}} = \frac{1}{\sqrt{1+(\frac{f}{f_c})^2}}$

2) valeur de la fréquence de coupure du circuit → $\omega_0 = RC = 2\pi f_c \Rightarrow f_c = \frac{1}{2\pi RC} = 7{,}96\ kHz$

3) que valent V_s, G_{DB} et le déphasage φ à la fréquence de coupure → à la fréquence de coupure: $f = f_c$

↳ $\frac{V_s}{V_e} = \frac{1}{\sqrt{1+(\frac{f}{f_c})^2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \Leftrightarrow V_s = \frac{V_e}{\sqrt{2}} = \frac{10}{\sqrt{2}} = 7{,}07\ V$; $G(dB) = 20\log|A_V| = 20\log(\frac{1}{\sqrt{2}}) = -3\ dB$; $\varphi = -Arctg(\frac{\omega}{\omega_0})$ $= -Arctg(1) = -45°$

4) que valent V_s, $A_V(dB)$ et φ à $\frac{f_c}{10}$; $\frac{f_c}{2}$; $2f_c$ et $10f_c$

	f(Hz)	V_s(V)	A_V(dB)	φ
$\frac{f_c}{10}$	795,77	9,95	-0,04	-5,71
$\frac{f_c}{2}$	3978,87	8,94	-0,97	-26,57
$2f_c$	15915,49	4,47	-6,99	-63,43
$10f_c$	79577,47	1,00	-20,04	-84,29

5) déterminer les équations des asymptotes et tracer leurs diagrammes de Bode de la phase et amplitude

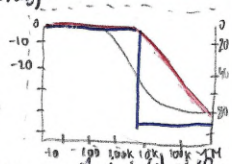
$G(dB) = 20\log|A_V| = 20\log\frac{1}{\sqrt{1+(\frac{\omega}{\omega_0})^2}} = 20\log 1 - 10\log(1+(\omega/\omega_0)^2 = -10\log(\omega/\omega_0)^2$

→ $\omega/\omega_0 \ll 1$: $G(dB) \approx -10\log(1) = 0$
↳ pour les basses fréquences: courbe du gain: droite $y=0$.

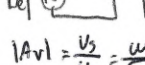
→ $\omega/\omega_0 \gg 1$ → $G(dB) \approx -20\log(\omega/\omega_0) = -20\log(\omega) + 20\log(\omega_0)$
↳ pour les hautes fréquences → courbe du gain: droite $y=ax+b$

→ les 2 droites se croisent en ω_0 : $-20\log\omega + 20\log\omega_0 = 0 \Rightarrow \omega = \omega_0$

$\varphi = -Arctg(\omega/\omega_0) = -Arctg(f/f_c)$
↳ $\omega/\omega_0 \ll 1$ → $\varphi \approx -Arctg(0) = 0$; $\omega/\omega_0 \gg 1$ → $\varphi \approx -Arctg(\infty) = -90°$; $\omega/\omega_0 = 1$ → $\varphi = Arctg(1) = -45°$



ex 2: soit le filtre RC suivant: 1) exprimer la fct de transfert en fct de R et C → $A_V = \frac{R}{R+\frac{1}{jC\omega}} = \frac{jRC\omega}{1+jRC\omega}$



4) valeur du condensateur / tension sortie du f. pour $f_c = 627\ kHz$, $R = 6{,}8\ k\Omega$; $Ve = 2V$

↳ $C = \frac{1}{2\pi R f_c} = 1/2\pi(627\times10^3 \times 6{,}8\times10^3) = 37{,}33\ pF$

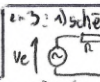
$|A_V| = \frac{V_s}{V_e} = \frac{\omega/\omega_0}{\sqrt{1+(\frac{\omega}{\omega_0})^2}} = \frac{f/f_c}{\sqrt{1+(f/f_c)^2}}$ → pour $f = f_c$ → $\frac{V_s}{V_e} = \frac{1}{\sqrt{2}} \Leftrightarrow V_s = \frac{2}{\sqrt{2}} = 1{,}4\ V$

2) d'après la fct de transfert, on a un filtre passe haut de 1er ordre

3) Fréquence de coupure en fct de R et C → $A_V = \frac{jRC\omega}{1+jRC\omega} = \frac{j\omega/\omega_0}{1+j\omega/\omega_0}$, $G_m = 1$

↳ $\omega_0 = \frac{1}{RC} = 2\pi f_c$ → $f_c = \frac{1}{2\pi RC}$

ex 3: 1) schéma d'un filtre RL passe haut de 1er ordre



2) $R = 10\ k\Omega$, $f_c = 3{,}5\ kHz$ → calculer valeur bobine
$\omega_c = 2\pi f_c = \frac{R}{L}$ → $L = \frac{R}{2\pi f_c} = 10^4/2\pi\times3{,}5\times10^3 = 455\ mH$

$V_e = V_s \times \frac{\sqrt{5}}{2} = 1{,}6\times\frac{\sqrt{5}}{2}$

$V_e = 1{,}79\ V$.

$\varphi = 90° - A\,tg(\omega/\omega_0) = 90° - Arctg(f/f_c)$

2) $A_V = \frac{V_s}{V_e}$; $V_s = \frac{Z_L}{Z_R+Z_L}V_e$ → $A_V = \frac{Z_L}{Z_R+Z_L}$ → $A_V(j\omega) = \frac{jL\omega}{R+jL\omega} = \frac{j\frac{L}{R}\omega}{1+j\frac{L}{R}\omega} = \frac{j\frac{\omega}{\omega_c}}{1+j\frac{\omega}{\omega_c}} = \frac{j\omega/\omega_c}{1+j\omega/\omega_c}$, $\omega_c = \frac{R}{L}$

4) $V_s = 1{,}6\ V$ quand un signal de 7kHz est appliqué à l'entrée → calculer la valeur de la tension à l'entrée du filtre.

↳ $|A_V| = \frac{V_s}{V_e} = \frac{\omega/\omega_0}{\sqrt{1+(\omega/\omega_0)^2}}$, $\omega/\omega_0 = 2\pi f/2\pi f_c = f/f_c$ → $|A_V| = \frac{1/R}{\sqrt{1+(f/f_c)^2}}$; $f/f_c = 7kHz/3{,}5kHz = 2$; $\frac{V_s}{V_e} = \frac{2}{\sqrt{1+2^2}} = \frac{2}{\sqrt{5}}$

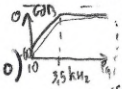
5) équation asymptotes + diagrammes de Bode de phase + amplitude.

↳ $G = 20\log|A_V| = 20\log\frac{\omega/\omega_0}{\sqrt{1+(\omega/\omega_0)^2}} = 20\log(\omega/\omega_0) - 10\log[1+(\omega/\omega_0)^2]$

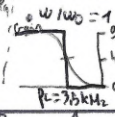
↳ $\omega/\omega_0 \gg 1$ → $G(dB) \approx 20\log(\omega/\omega_0) - 20\log(\omega/\omega_0) = 0$ (basse fréquences, courbe gain: $y=0$)

↳ $\omega/\omega_0 \ll 1$ → $G(dB) \approx 20\log(\omega/\omega_0) - 10\log(1)$ (hautes fréquences, courbe gain: $y = 20\log(\omega) - 20\log(\omega_0)$

→ les 2 droites se coupent en ω_0 : $20\log(\omega) - 20\log(\omega_0) = 0 \Leftrightarrow \omega = \omega_0$.

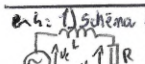


• $\omega/\omega_0 \ll 1$: $\varphi = 90 - Arctg(0) = 90°$
• $\omega/\omega_0 \gg 1$: $\varphi = 90 - Arctg(\infty) = 90 - 90 = 0°$
• $\omega/\omega_0 = 1$: $\varphi = 90 - Arctg(1) = 90 - 45 = 45°$



↳ f_c : $G(dB) = -3dB$ et $\varphi = 45°$

ex 4: 1) schéma filtre R-L premier ordre (passe bas); 2) fct de transfert Av en fct de R et L → $A_V = \frac{R}{R+jL\omega} = \frac{1}{1+jL\omega/R}$; $L = \frac{820}{2\pi\times10^4} = 13\ mH$.

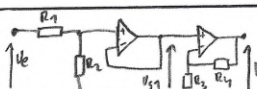


3) calculer L (R = 820 Ω ; $f_c = 10^4$ kHz) → $A_V = \frac{1}{1+j\frac{L\omega}{R}} = \frac{1}{1+j\frac{\omega}{\omega_0}}$ ($G_m = 1$) ; $\omega_0 = \frac{R}{L} = 2\pi f_c$ → $L = \frac{R}{2\pi f_c}$

4) valeur tension à l'entrée du filtre (1,91 V mesurée à la sortie quand 1kHz en entrée.

↳ $|A_V| = \frac{V_s}{V_e} = \frac{1}{\sqrt{1+(\frac{\omega}{\omega_0})^2}} = \frac{1}{\sqrt{1+(\frac{f}{f_c})^2}}$, $f/f_c = 10\ kHz/1\ kHz = 10$ → $\frac{V_s}{V_e} = \frac{1}{\sqrt{1+(\frac{1}{10})^2}} = \frac{1}{\sqrt{1,01}}$, $V_e = V_s = 1{,}91\ V \times \frac{1}{\sqrt{1,01}} \Rightarrow V_e = 1{,}9\ V$

ex 5.



$R_1 = 10\ k\Omega$; $R_2 = 90\ k\Omega$; $R_3 = 100\ k\Omega$

1) V_{s2} en fct de V_{s1}, R_3 et R_4 → $V^+ = V_{s1}$

2) V_{R2} en fct de Ve, R_1 et R_2.
↳ Millman → $V_{R2} = \frac{(Ve(R_1+0)+R_2)}{(1/R_1+1/R_2)}$
$V_{e2} = \frac{R_2}{R_1+R_2}V_e$

$V^- = V_2^2 \cdot \frac{R_3}{R_3+R_4}$

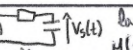
3) V_{s2} en fct de Ve, R_1, R_2 → $V^+ = V^-$ avec $V^+ = V_{R2}$; $V^- = V_{s2}$.
↳ $V_{s2} = V_e \Leftrightarrow V_s$.

→ $V^+ = V_2 \Rightarrow V_{s1} = V_{s2} \cdot R_3/(R_3+R_4) \Leftrightarrow V_{s2} = (1+R_4/R_3)V_{s1}$.

4) $V_s = V_{s2} = (1+R_4/R_3)V_{s1} \Leftrightarrow (R_3+R_4/R_3)(R_2/R_1+R_2)V_e$ → $G = \frac{V_s}{V_e} = \frac{R_2(R_3+R_4)}{R_3(R_1+R_2)}$

5) $V_s = 2V_e$ donc $G = 2$.
donc $G = (100+R_4)20/100\times30 = 20R_4 + 2000/3000 = R/150 + 2/3 = 2$.
$R_4/150 = (4/3)$ $R_4 = 4*150/3 \Leftrightarrow R_4 = 200\ k\Omega$

étude du circuit RC



→ si $\omega \to 0 \Rightarrow V_s \to Ve = V_{s,max}$
→ si $\omega \to \infty \Rightarrow V_s \to V_0 = V_{s,min}$

la fct de transfert s'écrit $\underline{H}(j\omega) = \frac{V_s}{V_e} = \frac{Z_c}{Z_R+Z_c} = \frac{1}{1+jRC\omega}$

si on pose $\omega_c = 1/RC$ → $\underline{H}(j\omega) = 1/1+j\frac{\omega}{\omega_c}$

d'où $|\underline{H}(j\omega)| = \frac{1}{\sqrt{1+(\frac{\omega}{\omega_c})^2}}$ → $\underline{H} = \frac{1}{1+j\frac{\omega}{\omega_c}} = \frac{1+j0}{1+j\frac{\omega}{\omega_c}}$ → $|\underline{H}| = \left\|\frac{1+j0}{1+j\frac{\omega}{\omega_c}}\right\| = \frac{\sqrt{1^2+0^2}}{\sqrt{1^2+(\frac{\omega}{\omega_c})^2}} = \frac{1}{\sqrt{1+(\frac{\omega}{\omega_c})^2}}$

$\varphi = -Arctan(\frac{\omega}{\omega_c})$ → $\varphi = \frac{Arctg(0)-1}{Arctg[(\omega/\omega_c)/1]} = \frac{Arctg(0)}{Arctg(\omega/\omega_c)} = 0 - Arctg(\frac{\omega}{\omega_c}) = -Arctg\frac{\omega}{\omega_c}$

Etude de l'argument:
$\varphi = -Arctan(\frac{\omega}{\omega_c})$
→ basse fréquence, $\omega \to 0$ donc $\varphi \to 0°$ → asymptote parallèle à l'axe des fréquences pour $\omega < \omega_c$
→ haute fréquence, $\omega \to +\infty$ donc $\varphi \to -90°$ → asymptote parallèle à l'axe des fréquences pour $\omega > \omega_c$
→ $\omega = \omega_c$, $G_{DB} = -Arctan\,1 = -45° \to$ pt d'intersection entre les 2 asymptotes ($\omega = \omega_c$)

Etude du module: $G_{DB} = 20\log|\underline{H}(j\omega)| = -10\log[1+(\frac{\omega}{\omega_c})^2]$
→ basse fréquence: $\omega \to 0$ donc $G_{DB} \to 0$
→ haute fréquence: $\omega \to +\infty$ donc $G_{DB} \to -\infty$
pour $\omega = \omega_c$, $G_{DB} = -10\log(2) = -3dB$
→ calcul de la pente:
↳ $[\omega_c, 2\omega_c]$, $G_{DB} = [20\log\omega_c - 20\log\omega_c] - [20\log\omega_c - 20\log 2\omega_c] = -6dB$
↳ $[\omega_c, 10\omega_c]$, $G_{DB} =$ ——— $-[20\log\omega_c - 20\log 10\omega_c] = -20\log 10 = -20$

courbe de Bode:

Résistance:
- température: variation de R à cause de °C
↳ coeff tempé (CT): ±100 ppm/°C ⇔ ±0,01%/°C
- tolérance: précision par rapport valeur nominale (ex: 100 ± 5% = 95-105)
- puissance dissipée: si trop élevée → chauffe + dégradation
- tension max: dépassement = décharges élec + dégradation
- dimensions et type d'assemblage: 0603 (1,6×0,8mm); montage en surface
- vieillissement: à cause humidité / chaleur.

Condensateur:
- capacité et tolérance: capacité nominale ≠ capacité réelle
- type de diélectrique: X7R, C0G ; diff réaction avec variation T°
- plage de T°: -55; +125
- tension de service max que le C peut supporter sans défaillance
- résistance de serie équivalente: mesure résistance interne: importante hautes fq
- effet de la tension sur capacité: capacité ↘ avec tension appliquée
- vieillissement: perte lente de capacité dans le tps

⇒ valeur resistance réelle: $R_{min}(T_2, \text{vieillissement}) = R_{min} \times (1+\alpha(T_2-T_1)) \times (1+\text{facteur vieillissement})$

entre $R_{min}(T_2, \text{vieillissement})$ et $R_{max}(T_2, \text{vieillissement})$ ——— $= R_{max} \times \frac{R_{min}(T_2)}{R_{min}}$

↳ $C_{réelle} = C_{nominal} \times (1 - \frac{\text{tolérance}}{100}) \times (1 + \frac{\text{var T°}}{100}) \times (1 - \frac{\text{var sous tension}}{100})$

% tolérance spécifique ; % de var de la capacité par à la T° (on y.) ; % de var de capacité en fct de la tension (on y.)

Inductance:
- valeur de l'inductance (L): $L = \frac{\Phi}{I}$; Φ = flux magnétique, I = courant
- courant max (I_{max}): dépassement = échauffement
- résistance série (R_s): perte d'E (chaleur) gênée sensiblement
- résistance à la fréquence (impédance): $Z_L = j\omega L$ ou $\omega = 2\pi f$; fréquence ; augmente avec f, s'oppose au courant
- saturation magnétique: noyau ne stocke plus de plus magnétique → $L \searrow$
- capacité à stocker E: inductance stock sous forme de champ magnétique

$E = \frac{1}{2}LI^2$

- température de fonctionnement: 2 T° = perte efficacité / dégradation
- vieillissement thermique du noyau: noyau endommagé
↳ perte perfs, réduction inductance.

diode: - tension seuil: min pour conduction directe (Si: 0,7V, Ge: 0,3V)
- courant inverse: courant dans diode inverse (en nA, µA)
- tension de claquage inverse: max en inverse avant destruction (50-1000 V)
- courbe I-V: conduction après seuil (direct), bloque jusqu'à claquage (inverse)
- puissance dissipée: dépend courant + tension aux bornes diode → chauffe
- T° de fct mini: -40; + 150°C
- vieillissement: ↘ perf T° basse / courant polarisé → ↗ courant inverse + ↘ tension seuil.