

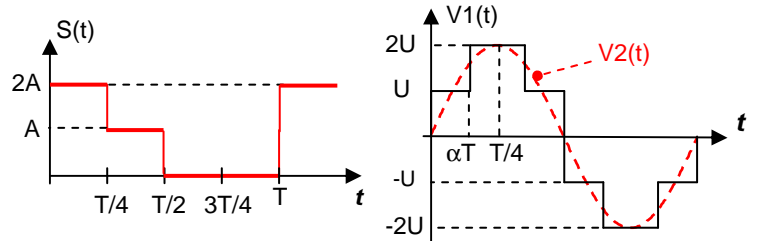
Petite synthèse des thèmes abordés au cours du semestre 2 avec corrigé



Analyse des signaux

Q1 : Exprimer les valeurs moyenne et efficace du signal périodique $S(t)$ défini sur le chronogramme ci-contre.

Q2 : Déterminer la valeur du coefficient α afin que les signaux $V1(t)$ et $V2(t)$ représentés sur la figure ci-contre aient la même valeur efficace.



Q3 : Tracer le spectre en amplitude et en puissance normalisée du signal défini par : $V(t)=U.(1+\cos(2\pi f_1.t))^2$ avec $U=1V$ et $f_1=1kHz$. En déduire la valeur efficace du signal $V(t)$.

Q4 : Un signal sinusoïdal est mesuré avec un niveau de $-20dBV$. Quelle est sa valeur crête ?

Q5 : Tracer le spectre en amplitude d'un signal carré de rapport cyclique 50% prenant les amplitudes 0 et 5V avec une fréquence de 100kHz. Vous effectuerez le tracé pour des composantes inférieures ou égales à 500kHz.

Q6 : Tracer le spectre en dBV d'un signal triangulaire symétrique, de fréquence 50kHz et dont la valeur efficace est de 3V pour des fréquences inférieures à 300kHz

Systèmes linéaires du 1er et du 2nd ordre, Filtrage électrique

Q7 : Compléter le tableau suivant en donnant les formes canoniques pour chaque type de filtre. Préciser le nom des paramètres utilisés.

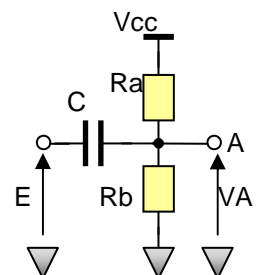
Ordre	Passé bas	Passé bande	Passé haut
1 ^{er}			
2 nd			

Q8 : On considère un circuit RC passe bas pour lequel on donne $R=1,2k\Omega$ $C=3,9nF$. On considère qu'il n'y a pas de charge connectée sur la sortie S.

- Quelle est l'expression de la fréquence de coupure de ce circuit RC passe bas ? Effectuer l'application numérique.
- On applique sur l'entrée un signal sinusoïdal de fréquence 34kHz et d'amplitude 2Vpp. Représenter en concordance de temps l'allure des signaux en entrée et en sortie en régime permanent. Préciser l'amplitude du signal de sortie S.
- Quelle est l'atténuation apportée par ce circuit pour une fréquence en entrée de 68kHz?

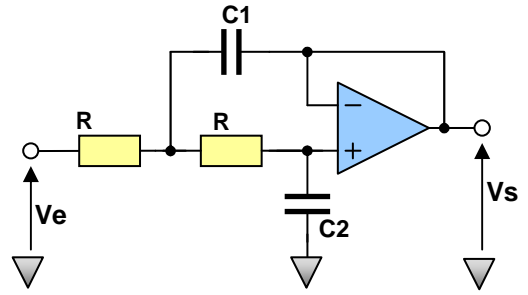
Q9 : On considère le montage représenté ci-contre couramment utilisé dans de nombreux étages d'entrée d'équipement audio. On considère qu'il n'y a pas de charge connectée sur la sortie A. On donne les éléments suivants :

- Si l'on se place en régime continu, quelle est la tension au point VA ?
- Si l'on se place maintenant en régime alternatif, quelle est le schéma équivalent vue de l'entrée E. En déduire la fréquence de coupure basse de ce montage.
- On applique sur l'entrée E un signal sinusoïdal de fréquence 1kHz et d'amplitude 2Vpp centré sur 0V. Représenter l'allure du signal VA en concordance avec E



Q10 : Proposer un dimensionnement du montage suivant afin d'obtenir un filtre passe bas du 2nd ordre avec une fréquence de coupure de 5kHz et le gain "le plus plat" possible dans la bande passante.

Vérifier votre résultat en effectuant une simulation LTSpice



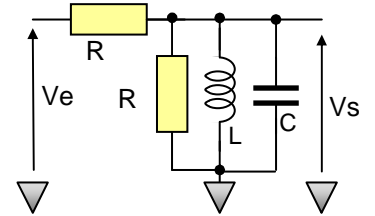
Q11 : On considère le filtre passe bande constitué par un circuit LC bouchon et représenté ci-contre. On souhaite obtenir un filtre passe bande avec les caractéristiques suivantes :

Fréquence centrale : $f_0=455\text{kHz}$ Bande passante : 91kHz

On suppose que l'inductance et le condensateur sont des éléments sans perte.

La valeur de l'inductance L est de $220\mu\text{H}$.

- Quel est le facteur de qualité de ce circuit ?
- Quelle doit être la valeur du condensateur C pour obtenir l'accord de ce circuit ?
- Quel est le gain maximal de ce montage ?



Q12 - Tracer le gabarit en gain d'un filtre passe bas possédant un gain en bande passante de 30dB, une fréquence de coupure de 5kHz et une atténuation de 40dB à 20kHz. Déterminer l'ordre du filtre si l'on choisit une fonction d'approximation de Butterworth et en déduire la fonction de transfert complète.

Transmission de l'information

Q13 - Quelle est la longueur d'une antenne de type quart d'onde pour les systèmes de transmissions autour de la fréquence porteuse $224,5\text{MHz}$?

Q14 - Dans un récepteur AM classique utilisant une unique fréquence intermédiaire $F_I=455\text{kHz}$ et réglé pour recevoir une station à 821kHz , quelles sont les 2 valeurs possibles pour les fréquences de l'oscillateur local ? En déduire les 2 valeurs possibles de la fréquence image.

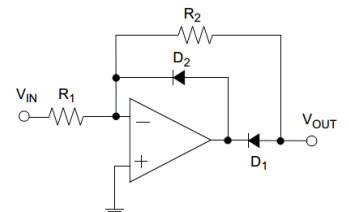
Q15 - On considère un signal modulé en amplitude avec un signal modulant sinusoïdal. Le taux de modulation est de 75% et la valeur efficace du signal modulé est de 3V. En déduire l'amplitude crête maximale du signal modulé au cours du temps.

Q16 - Tracer l'allure du spectre en dBV d'un signal modulé en amplitude avec un taux de modulation de 100% et une valeur efficace de 5V. L'émission est centrée sur la fréquence porteuse 70kHz et le modulant sinusoïdal est de 1kHz (en mode test).

Montages à amplificateurs opérationnel & comparateurs de tension

Q17 : On désire amplifier un signal dont la bande passante s'étend de 50Hz à 5kHz. Le niveau maximal en entrée est de 10mV maximal. L'amplification nécessaire est de 45dB dans la bande passante. Proposer un schéma en utilisant un amplificateur opérationnel sans inversion du signe. En déduire les caractéristiques GBW et S_r de l'ampli op choisi.

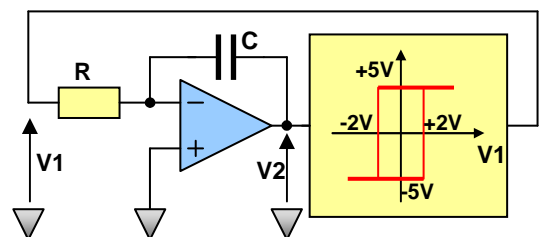
Q18 : Dans le schéma représenté ci-contre, on considère que l'amplificateur opérationnel travaille en régime linéaire. On donne $R_1=10\text{k}\Omega$ et $R_2=20\text{k}\Omega$. Représenter le signal V_{out} en concordance de temps avec V_{in} et indiquer l'état des diodes D_1 & D_2 lorsque V_{in} est un signal sinusoïdal d'amplitude 3V_{pp} et de fréquence 1kHz .



Q19 : Proposer un montage avec un unique amplificateur opérationnel et un minimum de résistance réalisant l'opération $V_s=2.V_2-V_1$

Q20 : Représenter les signaux V_1 et V_2 au cours du temps pour le montage de la figure ci-contre. A $t=0$ le condensateur C est déchargé. Proposer une valeur de R et de C afin d'obtenir une fréquence d'oscillation de 10kHz.

Proposer un schéma de montage à base de comparateur et son dimensionnement pour le montage trigger utilisé dans l'oscillateur ci-contre.



ELEMENTS DE CORRECTION

Analyse des signaux

Q1 : $\langle S \rangle = 3.A/4$ $S_{eff} = A.\sqrt{\frac{5}{4}}$

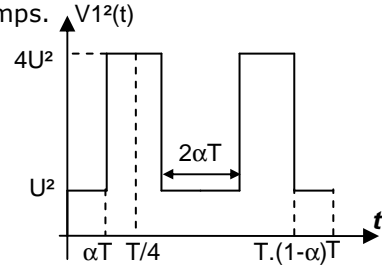
Q2 : Par définition $V_{1eff}^2 = \langle V^2 \rangle$. On représente donc V^2 au cours du temps.

$$\langle V^2 \rangle = (1/T).(U^2.4\alpha T + 4U^2.(T-4\alpha T))$$

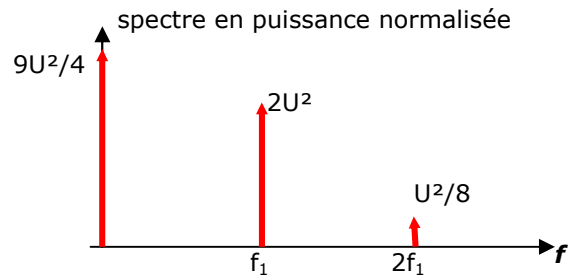
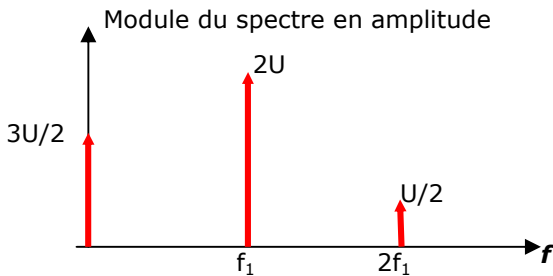
$$\text{donc } V_{1eff}^2 = \langle V^2 \rangle = 4U^2.(1-3\alpha)$$

comme on souhaite $V_{2eff} = V_{1eff}$, il faut que

$$V_{2eff}^2 = (2U/\sqrt{2})^2 = V_{1eff}^2 = 4U^2.(1-3\alpha) \text{ il faut donc } \boxed{\alpha=1/62}$$



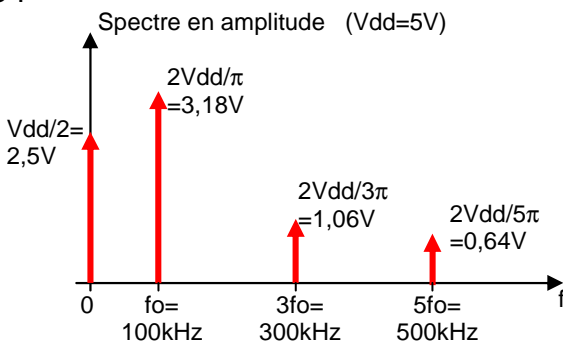
Q3 : $V(t) = U.(1 + \cos(2\pi f_1.t))^2 = U + U \cos^2(2\pi f_1.t) + 2U \cos(2\pi f_1.t)$
 donc $V(t) = 3U/2 + (U/2).\cos(2\pi 2f_1.t) + 2U.\cos(2\pi f_1.t)$



Q4 : $U_{dBV} = 20.\log\left(\frac{U_{eff}}{1V}\right)$ donc pour un signal sinusoïdal $U_{dBV} = 20.\log\left(\frac{\hat{U}}{\sqrt{2}}\right)$ soit $\hat{U} = \sqrt{2}.10^{\frac{U_{dBV}}{20}}$

donc pour $U_{dBV} = -20\text{dBV}$ $\boxed{\hat{U} = 141,4\text{mV}}$

Q5 :



Q6 : La valeur crête du signal triangulaire $U = \sqrt{3}$. $U_{eff} = 5,2\text{V}$

- Composante fondamentale (50kHz) $U_1 = 8U/\pi^2 = 4,21\text{V}$
- Harmonique de rang 3 (150kHz) $U_3 = 8U/(3\pi)^2 = 0,47\text{V}$
- Harmonique de rang 5 (250kHz) $U_5 = 8U/(5\pi)^2 = 0,17\text{V}$

- $\boxed{U_{1dBV} = 9,47\text{dBV}}$
- $\boxed{U_{3dBV} = -9,6\text{dBV}}$
- $\boxed{U_{5dBV} = -18,5\text{dBV}}$

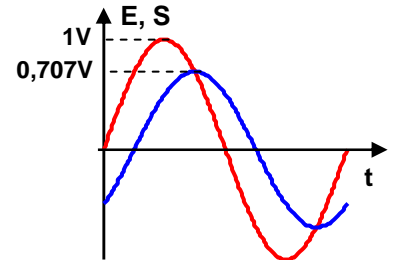
Systèmes linaires du 1er et du 2nd ordre, Filtrage électrique

Q7 :

Ordre	Passe bas	Passe bande	Passe haut
1^{er}	$\frac{1}{1 + \frac{jf}{f_c}}$ f _c : fréquence de coupure		$\frac{\frac{jf}{f_c}}{1 + \frac{jf}{f_c}}$ f _c : fréquence de coupure
2nd	$\frac{1}{1 + 2m \cdot \frac{jf}{f_o} + \left(\frac{jf}{f_o}\right)^2}$ f _o : fréquence propre m : coefficient d'amortissement	$\frac{\frac{jf}{Q \cdot f_o}}{1 + \frac{jf}{Q \cdot f_o} + \left(\frac{jf}{f_o}\right)^2}$ f _o : fréquence propre ou centrale Q : facteur de qualité $Q = \frac{1}{2m}$ $Q = \frac{f_o}{BP_{-3dB}}$	$\frac{\left(\frac{jf}{f_o}\right)^2}{1 + 2m \cdot \frac{jf}{f_o} + \left(\frac{jf}{f_o}\right)^2}$ f _o : fréquence propre m : coefficient d'amortissement

Q8 : $f_c = \frac{1}{2\pi RC} = 34\text{kHz}$

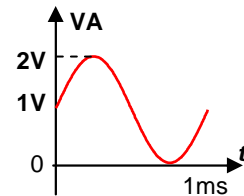
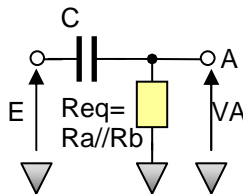
Comme on se trouve à la fréquence de coupure le signal de sortie est légèrement atténué ($-3\text{dB} \leftrightarrow \frac{1}{\sqrt{2}}$) et le déphasage entre la sortie et l'entrée est de $-\frac{\pi}{4}$. Le module est $\frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_c}\right)^2}}$ donc à 68kHz l'atténuation est de -7dB



Q9 : En continu $V_A = V_{cc} \cdot \frac{R_b}{R_a + R_b}$ donc $V_A = 1\text{V}$

Schéma équivalent en alternatif :

donc $f_c = \frac{1}{2\pi R_{eq} C} = \frac{1}{2\pi \frac{R_a \cdot R_b}{R_a + R_b} \cdot C} = 10,8\text{Hz}$



• Comme $f = 1\text{kHz} \gg f_c$ on peut considérer que le condensateur est équivalent à un "fil" en alternatif, donc on retrouve la composante alternative superposée avec la composante continue comme le montre le chronogramme ci-dessus.

Q10 : Il s'agit d'une structure de Sallen & Key avec $m = \sqrt{\frac{C_2}{C_1}}$ et $f_o = \frac{1}{2\pi R \sqrt{C_1 \cdot C_2}}$

Comme on désire le gain le plus plat dans la bande passante il s'agit alors d'une réponse typique de Butterworth donc pour un 2nd ordre $m = 0,707$. Dans ces conditions la fréquence propre f_o correspond à la fréquence de coupure que l'on souhaite ici fixer à 5kHz.

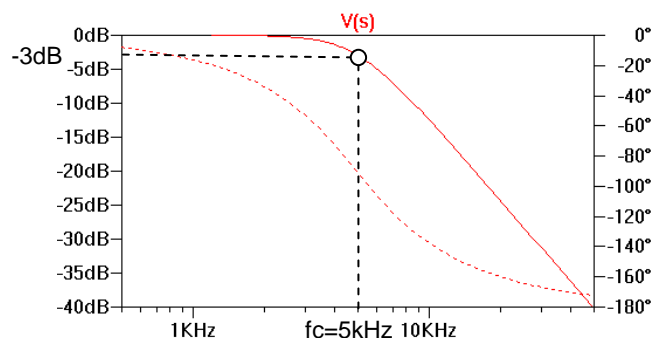
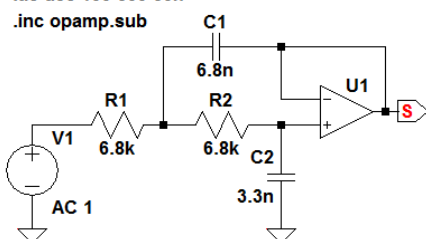
En sélectionnant les condensateurs dans la série E12 et les résistances dans la série E24, on peut choisir $C_2 = 3,3\text{nF}$, $C_1 = 6,8\text{nF}$ et $R = 6,8\text{k}\Omega$

Vérification Dimensionnement Sallen & Key

$m = 0,707$ $f_o = f_c = 5\text{kHz}$

.ac dec 100 500 50k

.inc opamp.sub

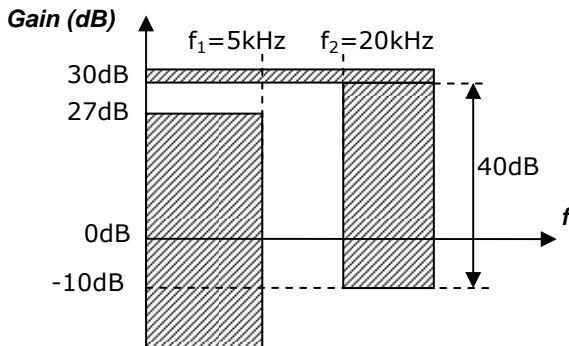


Q11 : $Q = \frac{f_0}{BP_{-3dB}}$ donc $Q=5$

$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L.C}}$ donc $C = \frac{1}{L.(2\pi f_0)^2}$ soit $C=556pF$ (560pF serie E12)

à $f=f_0$ le circuit LC est un circuit ouvert donc on se retrouve avec un simple pont de résistance donc le gain maximum est de -6dB

Q12 :



Pour éterminer l'ordre, on utilise les abaques en posant $x=20kHz/5kHz=4$ et en recherchant le point d'intersection avec -40dB. On trouve un ordre $n=3$
 Dans ces conditions la fonction de transfert est de la forme :

$$T(jf) = \frac{10^{\frac{30}{20}}}{1 + \frac{jf}{fc}} \cdot \frac{1}{1 + \frac{jf}{fc} + \left(\frac{jf}{fc}\right)^2}$$

Transmission de l'information

Q13 : Longueur $L = \lambda/4$ avec $\lambda = c/f$ $C=3.10^8m/s$ et $f=224,5.10^6$ Hz soit $L = 33,4cm$

Q14 :

$F_{ol1}=(821+455)kHz$ donc $F_{ol1}=1276kHz$ → $F_{image1} = (1276+455)kHz$ donc $F_{image1}=1731kHz$
 $F_{ol2}=(821-455)kHz$ donc $F_{ol2}=366kHz$ → $F_{image2} = (455-366)kHz$ donc $F_{image2}=89kHz$

Q15 :

Expression typique d'un signal modulé MAPC : $S(t)=S_0.[1+m.\cos(2\pi.f_1.t)].\cos(2\pi.f_0.t)$

Le tracé du spectre en puissance normalisée permet d'exprimer la valeur efficace S_{eff} . En effet :

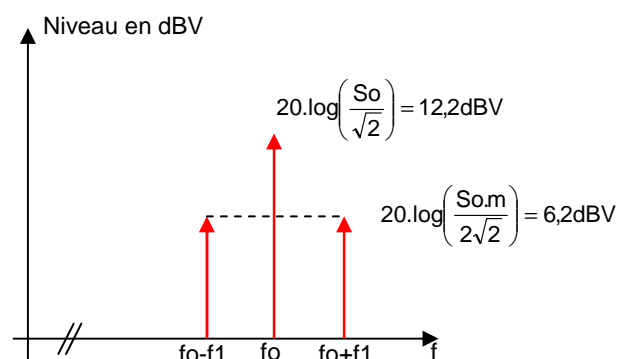
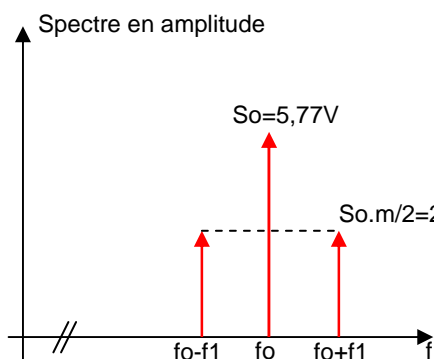
$$S_{eff}^2 = \frac{S_0^2}{2} + 2 \cdot \frac{\left(\frac{S_0.m}{2}\right)^2}{2} = S_0^2 \cdot \left(\frac{1}{2} + \frac{m^2}{4}\right)$$

donc par déduction $S_0 = \frac{S_{eff}}{\sqrt{\frac{1}{2} + \frac{m^2}{4}}}$

Dans notre cas $S_{eff}=3V$ et $m=0,75$ donc $S_0=3,74V$.

L'amplitude crête maximale du signal modulé est telle que $S_{max}=S_0(1+m)$ soit $S_{max}=6,56V$

Q16 -



$f_0=70kHz$ et $f_1=1kHz$

Montages à amplificateurs opérationnel & comparateurs de tension

Q17 :

Le produit gain bande nécessaire est donc

$$GBW = 10^{\frac{45}{20}} \cdot 5\text{kHz} = \boxed{889,1\text{kHz}}$$

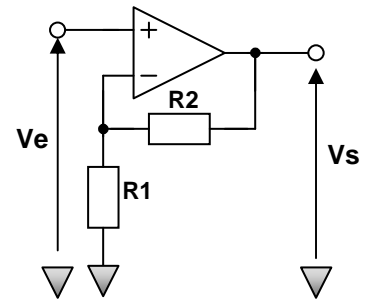
Le Slew rate doit être au minimum égal à :

$$Sr = \hat{S} \cdot 2\pi \cdot f_{\text{max}} = 10^{\frac{45}{20}} \cdot 10 \cdot 10^{-3} \cdot 2\pi \cdot 5 \cdot 10^3 \text{ V/s} = \boxed{0,056\text{V}/\mu\text{s}}$$

ce qui ne représente aucune contrainte !!

Donc un AOP classique peut convenir parfaitement.

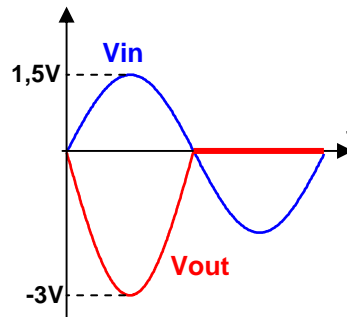
$$1 + \frac{R_2}{R_1} = 10^{\frac{45}{20}} = 177,8 \quad \text{donc par exemple } \boxed{R_2=390\text{k}\Omega \text{ et } R_1=2,2\text{k}\Omega}$$



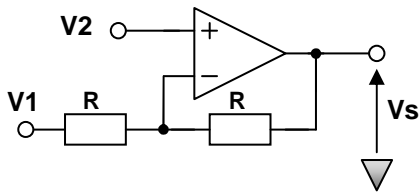
Q18 :

Lorsque $V_{in} > 0$ D1 passante D2 bloquée

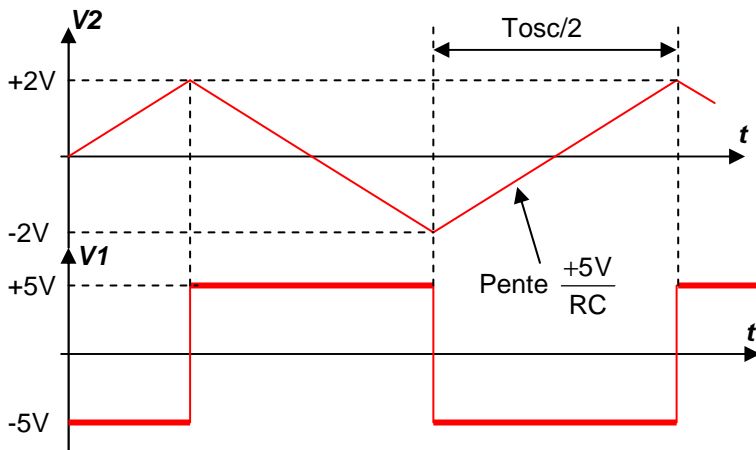
Lorsque $V_{in} < 0$ D1 bloquée D2 passante



Q19 :



Q20 :



$$\frac{4\text{V}}{T_{\text{osc}}/2} = \frac{5\text{V}}{RC}$$

$$\boxed{F_{\text{osc}} = \frac{5}{8 \cdot RC}}$$

$F_{\text{osc}} = 10\text{kHz}$ donc $RC = 62,5\mu\text{s}$

Par exemple $\boxed{R=16\text{k}\Omega}$

et $C=3,9\text{nF}$