

Electronique 1

ENSICAEN 1ere Année Electronique

24 septembre 2018

Table des matières

1	Initiation à la simulation sous Spice	3
1.1	Déroulement d'une simulation	3
1.2	Création d'un nouveau projet	4
1.2.1	Démarrer LTspice	4
1.2.2	Création d'un nouveau schéma	4
1.3	Saisie d'un schéma sous LTspice	4
1.4	Simulation d'un point de repos "DC op"	5
1.5	Simulation d'une variation de source "DC Sweep"	6
1.6	Simulation paramétrique	6
1.7	Simulation temporelle	7
1.7.1	Charge et décharge d'un condensateur	7
1.7.2	Redressement	8
1.8	Simulation fréquentielle	8
1.9	Etude d'un cas	10
1.10	Simulation mixte	10
2	Les appareillages de mesure	12
2.1	Préliminaires	12
2.2	Superposition	12
2.3	Charge d'un condensateur et diagramme de Bode	13
2.3.1	Préparation	13
2.3.2	Mesures	13
2.4	Synchronisation de signaux	13
2.5	Analyse fréquentielle	14
3	Amplificateur opérationnel - Partie 1	15
3.1	L'amplificateur inverseur	15
3.1.1	Préparation	15
3.1.2	Simulation	15
3.1.3	Mesures avec V_e triangulaire	16
3.1.4	Mesures avec V_e sinusoïdal	16
3.1.5	Amélioration	16
3.2	Limitations imposées par le slew-rate	16
3.2.1	Préparation	17
3.2.2	Mesures avec V_e rectangulaire	17

3.3	Limitations imposées par le courant de sortie	17
3.3.1	Préparation	18
3.3.2	Mesures avec V_e sinusoïdal	18
4	Amplificateur opérationnel - Partie 2	19
4.1	Filtre passe bas	19
4.1.1	Préparation	19
4.1.2	Simulation	19
4.1.3	Mesures	20
4.2	Filtre passe haut	20
4.2.1	Préparation	20
4.2.2	Simulation	20
4.2.3	Mesures	20
4.3	Filtre de Sallen Key	21
4.3.1	Préparation	21
4.3.2	Simulation	21
4.3.3	Mesures	21
5	Amplificateur opérationnel - Partie 3	22
5.1	Mise en forme du signal	22
5.1.1	Préparation	22
5.1.2	Simulation	22
5.1.3	Mesures	23
5.2	Filtre à structure de Sallen et Key	23
5.2.1	Préparation	24
5.2.2	Simulation	24
5.2.3	Mesures	24
5.3	Détecteur crête et comparateur	24
5.3.1	Préparation	25
5.3.2	Simulation	25
5.3.3	Mesures	25
5.4	Projet complet	25
5.4.1	Préparation	25
5.4.2	Mesures	25
6	Générateur de signaux	27
6.1	Le montage trigger de Schmitt (comparateur à seuils)	27
6.1.1	Préparation	28
6.1.2	Simulation	28
6.1.3	Mesures	28
6.2	Le générateur de signaux : Montage 1	28
6.2.1	Préparation	29
6.2.2	Mesures	29
6.3	Le générateur de signaux : Montage 2	30
6.4	Le générateur de signaux : Montage 3	30

Chapitre 1

Initiation à la simulation sous Spice

Ce TP est une introduction à la simulation sous SPICE. Il s'agit d'un tutorial mettant en œuvre les différents modes de simulation sur des exemples simples, pour se concentrer sur le simulateur.

Le logiciel LTspice, basé sur SPICE, sera utilisé pour simuler des circuits analogiques, numériques ou mixtes.

Ce simulateur comporte trois modules :

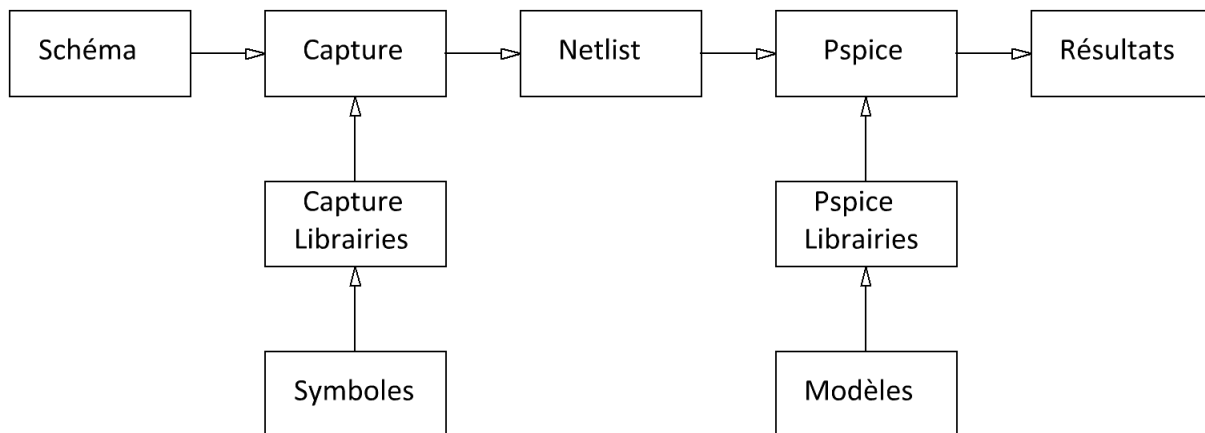
- *Editeur de schéma* : qui est un outil de saisie de schéma. On assemble des symboles qui se trouvent dans des bibliothèques diverses pour dessiner un schéma donné comme on le ferait sur une platine d'essais. Chaque symbole représente un composant existant réellement.
- *PSPICE* : (Personal Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis) est un outil de simulation des circuits analogiques, numériques ou mixtes.
- *Fenêtre graphique* : est utilisé pour la visualisation des résultats de simulation.

Ces trois applications communiquent entre elles avec des fichiers appelés *Netlists*. On peut toujours aller voir leurs contenus, mais en général tout se passe en toute transparence.

1.1 Déroulement d'une simulation

La réalisation d'une simulation nécessite trois étapes :

1. La saisie du schéma à partir de symboles se trouvant dans des bibliothèques classées par catégorie. On peut également décrire le circuit à l'aide de lignes de code dans un fichier texte appelé *Netlist*.
2. La création d'un profil de simulation qui va déterminer le type de simulation (temporelle, fréquentielle, paramétrique, ...).
3. La simulation proprement dite et l'analyse des résultats.



1.2 Création d'un nouveau projet

1.2.1 Démarrer LTspice

Démarrer >> Programmes >> LTspice IV

Une fenêtre d'accueil, encore vierge, va s'afficher. C'est le point de départ pour tout nouveau projet. On considère comme projet l'ensemble des fichiers relatifs au système électronique que l'on souhaite dessiner et simuler.

1.2.2 Création d'un nouveau schéma

File >> New Schematic

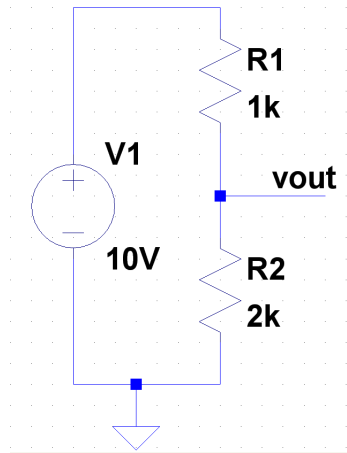
Une fenêtre de saisie de schéma s'ouvre. Maintenant, tous les boutons de la barre d'outils horizontale deviennent actifs.

1.3 Saisie d'un schéma sous LTspice

1. *Edit >> Component* : pour choisir un composant.
2. Aller chercher les composants un par un pour réaliser le schéma du pont diviseur (voltage, res).
3. Aller chercher la masse : *Edit >> Place GND*.
4. La commande *Edit >> Draw Wire* permet de réaliser les connections entre composants.
5. Pour changer la valeur des composants : *clic droit sur le composant* et modifier.
6. Pour nommer la tension de sortie vout : *Edit >> Label Net >> vout*.

PSPICE a deux exigences :

1. Tous les potentiels sont référencés par rapport à une masse commune qui est à 0 Volt.
2. Toutes les extrémités des composants doivent être connectées.



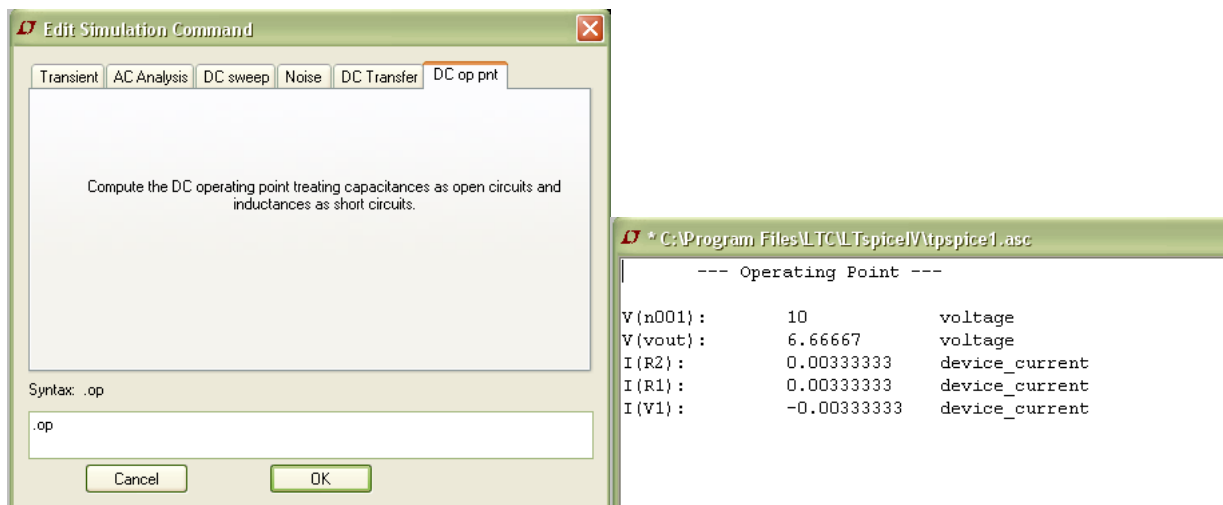
1.4 Simulation d'un point de repos "DC op"

PSPICE autorise quatre types de simulation :

1. *DC op pnt* : calcul du point de polarisation avant l'analyse en petits signaux.
2. *DC Sweep* : variation d'une source continue pas à pas pour voir l'action sur les autres paramètres.
3. *TRANSCIENT* : analyse temporelle (calcul des différents paramètres en fonction du temps).
4. *AC Analysis* : analyse fréquentielle (calcul des différents paramètres en fonction de la fréquence).

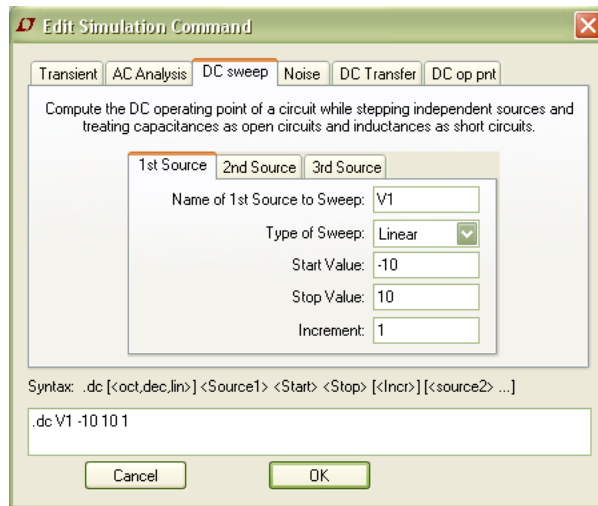
Pour faire une analyse de type "DC op" il faut :

1. *Simulate >> Edit Simulation Cmd* : pour choisir un profil de simulation.
2. Choisir le type d'analyse : *DC op pnt* puis *OK*.
3. Cliquer à côté du schéma pour placer la commande de simulation.
4. *Simulate >> Run* : pour lancer la simulation.
5. Les différents potentiels ainsi que les valeurs des courants s'affichent dans une fenêtre.



1.5 Simulation d'une variation de source "DC Sweep"

1. *Simulate >> Edit Simulation Cmd* : pour choisir un profil de simulation.
2. Choisir le type d'analyse : *DC Sweep*.
3. Régler les différents paramètres.
4. *Simulate >> Run* : pour lancer la simulation.
5. Après calcul, la fenêtre graphique de LTspice s'ouvre. Puis *plot Settings >> Add Traces* pour choisir les signaux que l'on souhaite visualiser.

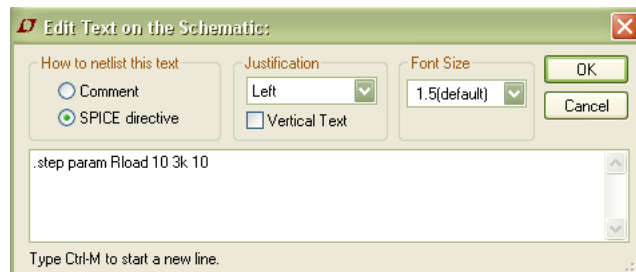


1.6 Simulation paramétrique

La simulation paramétrique permet d'observer en un seul essai comment réagit un circuit lorsque la valeur d'un composant varie.

Dans le circuit précédent, nous allons faire varier la valeur de R_2 et voir comment évolue la puissance qu'elle dissipe en fonction de sa valeur : il s'agit d'un problème d'adaptation d'impédance.

1. Changer la valeur de la résistance R_2 par $\{Rload\}$: les accolades font partie de la valeur.
2. Ecrire la ligne de commande permettant de faire varier la résistance R_2 de la valeur 300Ω à $3k\Omega$ par pas de 10Ω : *Edit >> SPICE Directive* et compléter comme ci-après.



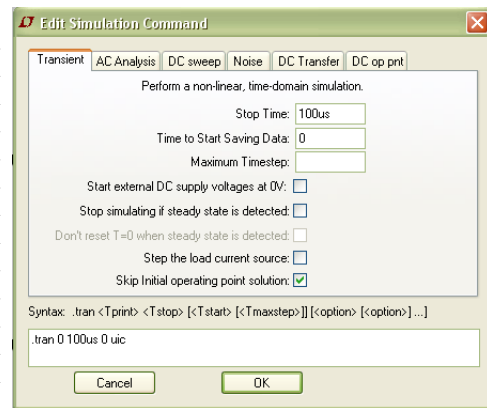
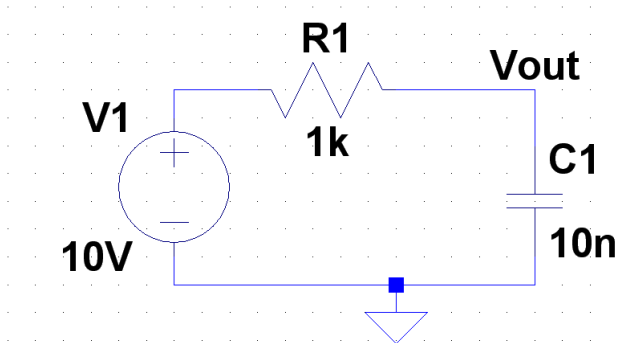
3. Choisir le type d'analyse : *DC op pnt*.
4. *Simulate >> Run* : pour lancer la simulation (F11).

- Après calcul, la fenêtre graphique de PSPICE s'ouvre. Si aucune courbe n'est tracée, choisir *plot Settings >> Add Traces* et tracer la puissance dissipée dans la résistance R_2 en écrivant $V(vout)*I(R2)$ dans la fenêtre *Expression to add*.
- Dans la fenêtre graphique, cliquer sur le nom de la grandeur représentée pour afficher un curseur. Cliquer à nouveau pour avoir un deuxième curseur.
- Relever la valeur de R_2 pour laquelle on a le maximum de puissance dissipée.

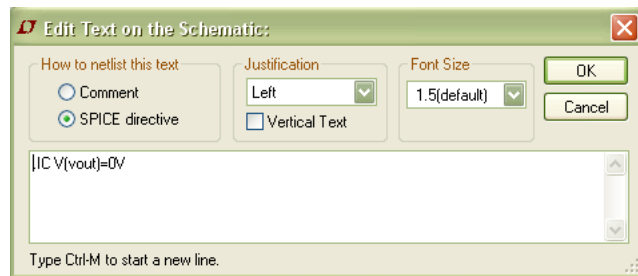
1.7 Simulation temporelle

1.7.1 Charge et décharge d'un condensateur

Il s'agit de simuler la charge et décharge d'un condensateur par une source de tension continue, à travers une résistance.



- Créer un nouveau schéma.
- Dessiner le nouveau schéma et le sauvegarder.
- Ecrire la ligne de commande permettant de fixer les conditions initiales de charge du condensateur à 0 : *Edit >> SPICE Directive* et compléter comme ci-après.

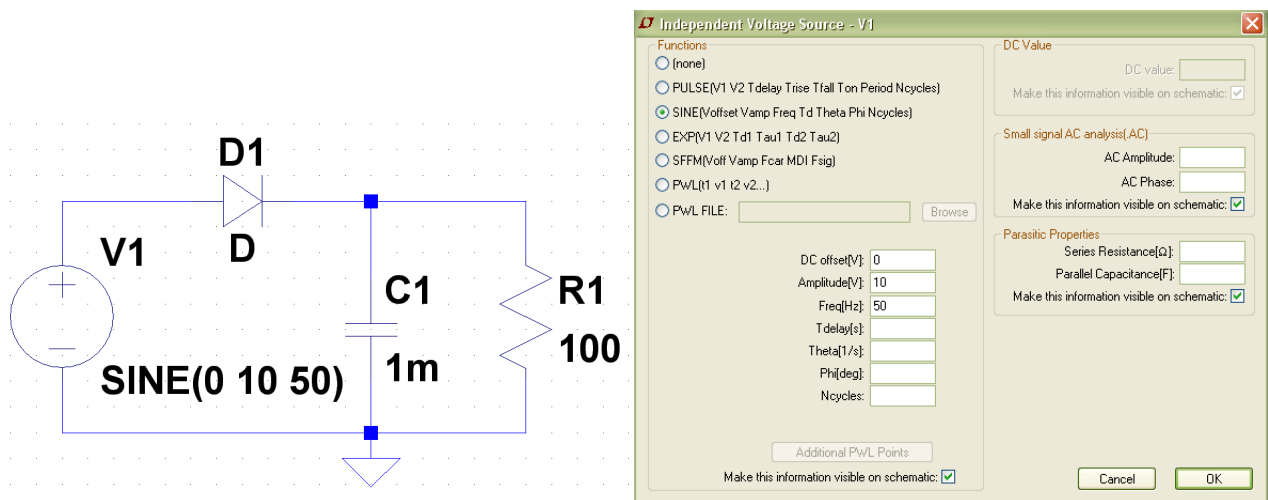


- Choisir le type d'analyse : *transient*.
- Régler les paramètres de simulation. L'option *uic* permet de tenir compte des conditions initiales spécifiées par l'utilisateur avec la commande *.ic*.
- Simulate >> Run* : pour lancer la simulation. Afficher la tension d'entrée ainsi que la tension V_{out} aux bornes de $C1$.

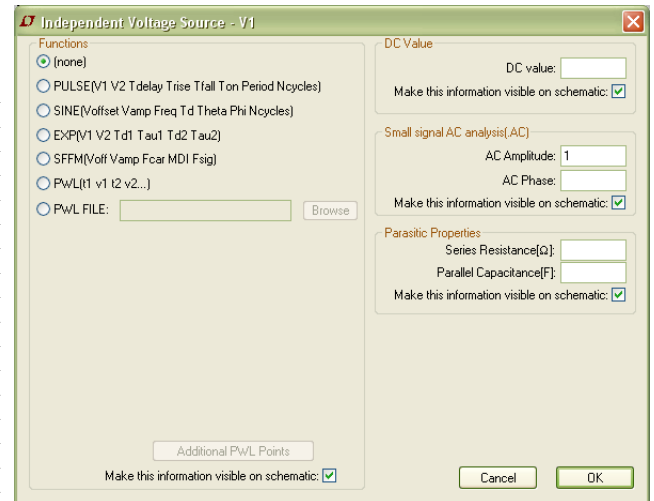
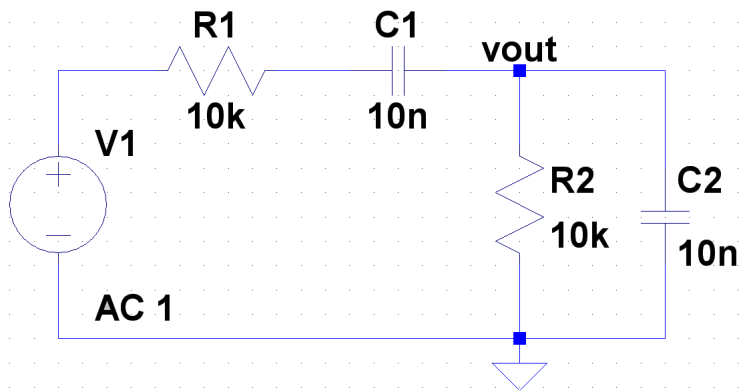
7. Dans la fenêtre graphique, cliquer sur le nom de la grandeur représentée pour afficher un curseur.
8. Mesurer la constante de temps du circuit. Que vaut la tension aux bornes de C1 à $t = \tau$, puis à $t = 3\tau$.
9. Modifier le schéma pour réaliser un décharge de C à travers R.
10. Refaire les mêmes mesures qu'à la question 8.

1.7.2 Redressement

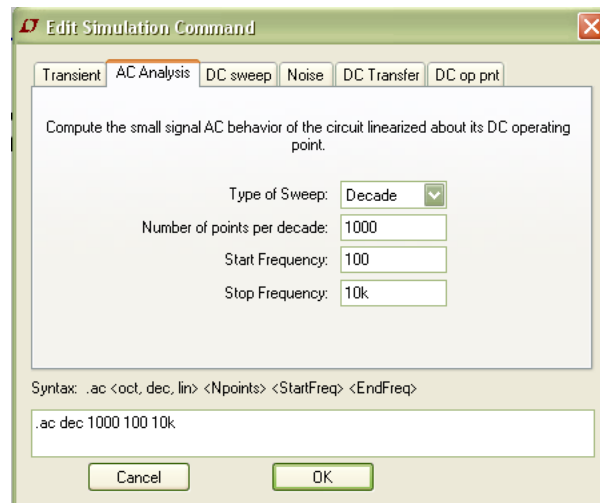
1. Dessiner le schéma suivant.
2. Régler les paramètres de la source de tension V1 pour avoir une tension sinusoïdale d'amplitude 10V et de fréquence 50Hz.
3. Faire une simulation temporelle de durée 60ms.
4. Afficher le courant dans la diode et la tension aux bornes de C1. Mesurer le temps de conduction de la diode sur une période.



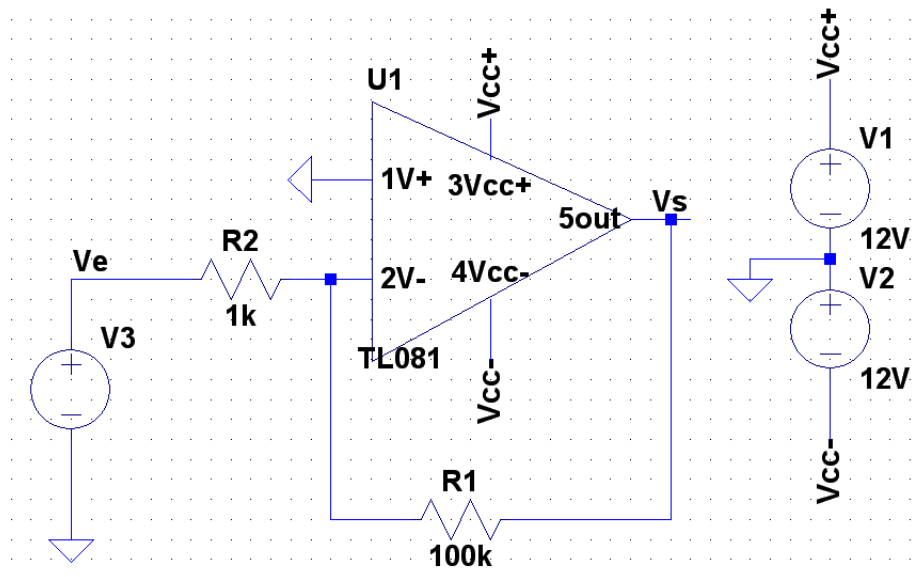
1.8 Simulation fréquentielle



1. Dessiner le nouveau schéma et le sauvegarder. Régler les paramètres de la source de tension V1 pour avoir une source de tension petits signaux d'amplitude 1V.
2. Créer un nouveau profil de simulation de type *AC Analysis* et le paramétrer.
3. Lancer la simulation, tracer la tension de sortie Vout et mesurer avec les curseurs : la fréquence de résonance, la bande passante ainsi que le gain à la résonance.



1.9 Etude d'un cas

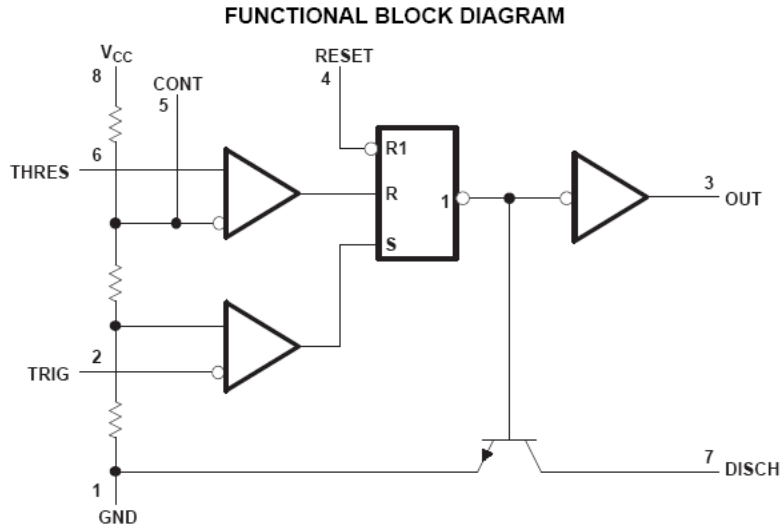


1. Dessiner le schéma, modifier les valeurs et sauvegarder. On utilisera pour l'amplificateur opérationnel le composant TL071.
2. Faire une simulation de type "DC op" du circuit.
3. Appliquer en entrée un signal sinus de fréquence $10kHz$ et réaliser une analyse temporelle. Tracer les courbes $V_e(t)$ et $V_s(t)$ et calculer le gain du montage. Relever à partir de quelle amplitude en entrée une saturation apparaît en sortie.
4. Tracer $V_s = f(V_e)$.
5. Créer un nouveau profil de simulation de type *AC Analysis* et le paramétrer. Tracer la courbe du gain en fonction de la fréquence.

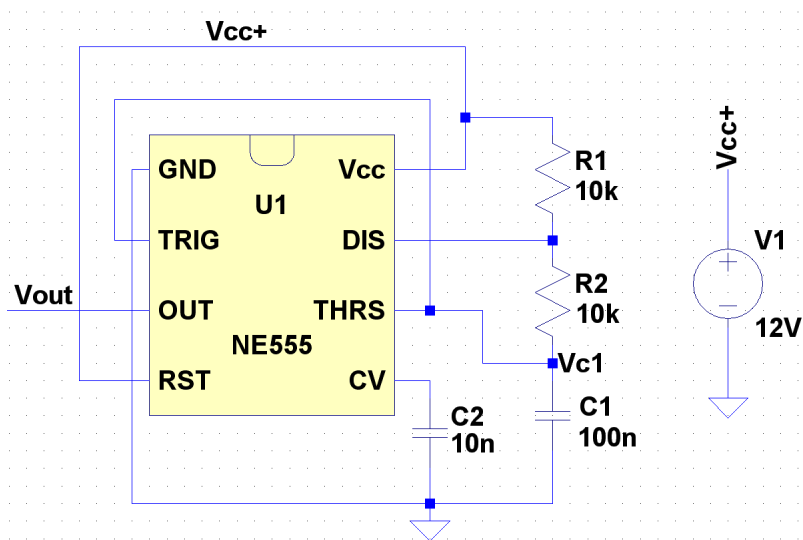
1.10 Simulation mixte

La simulation mixte permet de simuler un montage qui comporte à la fois des fonctions analogiques et des fonctions numériques.

Le circuit NE555 comporte des amplificateurs opérationnel, une bascule RS, des inverseurs, et quelques autres composants. La figure suivante représente la structure interne du NE555.



Dans le montage suivant, le circuit NE555 est branché en astable.



1. Dessiner le schéma, modifier les valeurs et sauvegarder.
2. Réaliser une analyse temporelle de durée 60ms et tracer les courbes V_{out} et V_{c1} .
3. Mesurer la période de V_{out} et la comparer à $(2R_2 + R_1) \cdot C_1 \cdot \ln(2)$.
4. Entre quelle valeur minimale et quelle valeur maximale évolue V_{c1} en régime établi ?

Chapitre 2

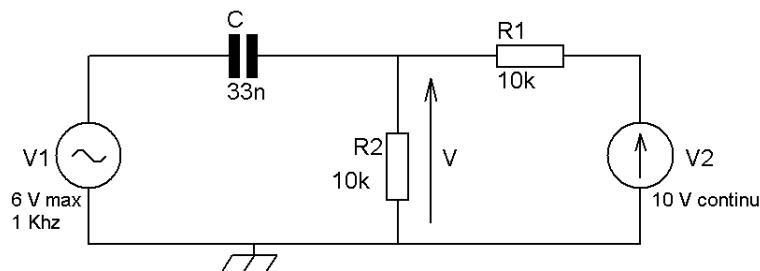
Les appareillages de mesure

2.1 Préliminaires

1. Etalonner les deux voltmètres de l'alimentation continue double avec un voltmètre numérique (étalon).
2. Valeur moyenne et valeur efficace :
 - (a) Générer un signal sinusoïdal de fréquence 1kHz, d'amplitude 2V (crête à crête) ayant un offset de 1V, avec le GBF.
 - (b) Mesurer sa valeur moyenne et sa valeur efficace au multimètre. Est-ce que l'appareil tient compte de la composante continue en mode AC (thru RMS) ?
3. Mesurer la bande passante à -3dB du multimètre, sachant que l'oscilloscope a une bande passante supérieure à celle du multimètre. Conclusion.
4. Observer sur une voie de l'oscilloscope (en couplage AC puis DC) le même signal TTL. Dans quel mode la composante continue est-elle bloquée ? Diminuer la fréquence du signal jusqu'à observer les charges et décharges du condensateur de découplage. En déduire la capacité de ce condensateur.

2.2 Superposition

1. Calculer dans le circuit suivant les valeurs moyenne V_{moy} et efficace V_{eff} de la tension V :

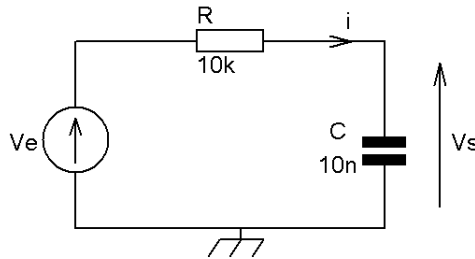


2. Réaliser le circuit et mesurer la valeur efficace V_{eff} et la valeur moyenne V_{moy} au voltmètre.
3. Refaire les mêmes mesures à l'oscilloscope et comparer les résultats.

2.3 Charge d'un condensateur et diagramme de Bode

2.3.1 Préparation

Le signal V_e est un échelon de tension de valeur E appliqué au circuit RC à l'instant $t = 0$. On appelle τ la constante de temps du circuit (C est initialement déchargé).



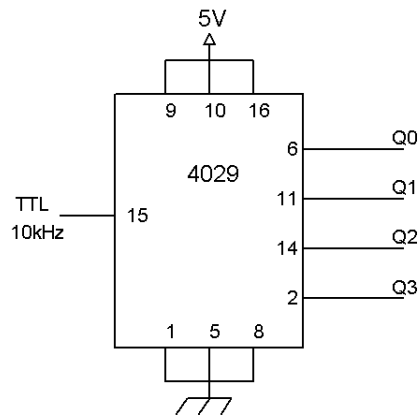
1. Exprimer V_s en fonction de E , t et τ .
2. Que vaut V_s aux instants : $t = \tau$ et $t = 3\tau$?
3. On définit le temps de montée d'un signal comme le temps qu'il met pour passer de 10% à 90% de la valeur finale. Exprimer le temps de montée de V_s en fonction de τ .

2.3.2 Mesures

1. Le signal V_e est un échelon de tension appliqué au circuit RC à l'instant $t = 0$. On appelle τ la constante de temps du circuit (C est initialement déchargé).
 - (a) Réaliser le montage en choisissant pour V_e une tension carrée d'amplitude $5V_{olt}$.
 - (b) Mesurer la constante de temps, le temps de montée et la valeur de V_s à $t = 3\tau$.
2. Le signal V_e est sinusoïdal, d'amplitude maximale $5V_{olt}$ et de fréquence variable.
 - (a) Tracer la courbe de gain du filtre en fonction de la fréquence.
 - (b) En déduire la fréquence de coupure et la pente de la demi-droite d'atténuation.
 - (c) Appliquer un signal carré de fréquence $10kHz$ en entrée du circuit. Visualiser et analyser les spectres des tensions d'entrée et de sortie (fonction FFT à l'oscilloscope).

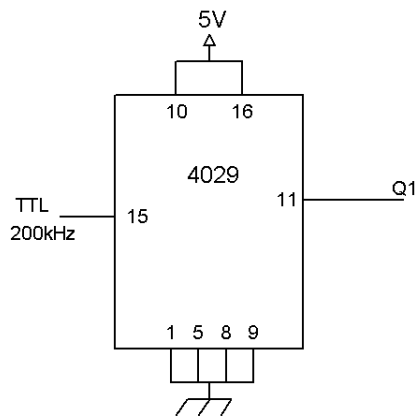
2.4 Synchronisation de signaux

1. Réaliser le montage de la figure suivante :



Relever à l'oscilloscope la sortie Q0 en concordance de temps avec l'horloge, puis Q0 avec Q1, Q1 avec Q2 et Q2 avec Q3.

2. Réaliser le montage suivant :



Observer et synchroniser à l'oscilloscope le signal de sortie Q1 (broche 11) en même temps que le signal TTL.

2.5 Analyse fréquentielle

1. Utiliser l'option FFT de l'oscilloscope pour visualiser le spectre d'un signal sinusoïdal de fréquence 5kHz.
2. Faire de même pour un signal triangulaire et carré de même amplitude que le sinus.
3. Faire varier la fréquence du signal carré et regarder l'incidence sur l'étalement du spectre.
4. Filtrer le signal carré par un filtre passe bas passif de fréquence de coupure 15Hz. Visualiser le spectre du signal filtré et l'analyser.

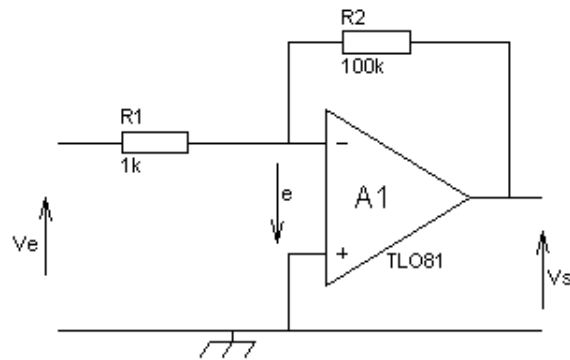
Chapitre 3

Amplificateur opérationnel - Partie 1

Objectifs :

- Savoir identifier si l'amplificateur opérationnel est en régime linéaire ou pas dans un montage donné.
- Pouvoir calculer les éléments d'un montage à amplificateur opérationnel dont le fonctionnement est imposé par un cahier des charges. Le caractériser.

3.1 L'amplificateur inverseur



3.1.1 Préparation

1. Exprimer l'amplification en tension A_v du montage en fonction de R_1 et de R_2 .
2. Déterminer la valeur $V_{e_{sat}}$ de la tension d'entrée au-dessus de laquelle il y a saturation de la sortie. L'alimentation vaut $\pm 12V$.

3.1.2 Simulation

1. Simuler le montage avec un signal sinusoïdal de fréquence 100Hz en entrée. Tracer les courbes $V_e(t)$ et $V_s(t)$ hors saturation.

2. Tracer la courbe du gain en fonction de la fréquence. Relever la fréquence de coupure haute du montage et en déduire le produit gain réel $\times$ bande-passante.

3.1.3 Mesures avec V_e triangulaire

1. Faire le montage avec une tension V_e de fréquence 100 Hz et d'amplitude inférieure à $V_{e_{sat}}$.
2. Tracer V_e et V_s en fonction du temps. En déduire le gain du montage et le comparer à la valeur théorique.
3. Relever V_e et V_s en fonction du temps pour $V_e = 2V_{e_{sat}}$.
4. Relever $V_s = f(V_e)$ pour $V_e = 2V_{e_{sat}}$.
5. Tracer V_s et ϵ en fonction du temps pour $V_e = 2V_{e_{sat}}$.

3.1.4 Mesures avec V_e sinusoïdal

1. Tracer la courbe du gain en fonction de la fréquence. En déduire le produit gain $\times$ bande-passante.
2. Mesurer le produit gain $\times$ bande-passante pour $R_2 = 47k\Omega$ puis pour $R_2 = 10k\Omega$. Comparer avec la courbe de gain en boucle ouverte de la fiche technique de l'amplificateur opérationnel. Conclusion.

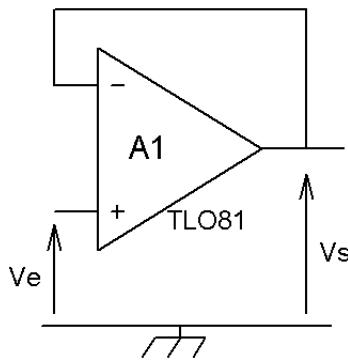
3.1.5 Amélioration

On souhaite réaliser un montage amplificateur de gain 400 et de bande passante 40kHz (voir la courbe de gain en boucle ouverte de la fiche technique de l'amplificateur opérationnel).

1. Proposer un montage et calculer la valeurs des composants nécessaires.
2. Réaliser le montage. Tracer la courbe du gain en fonction de la fréquence. Mesurer le produit gain $\times$ bande-passante. Conclusion.

3.2 Limitations imposées par le slew-rate

La vitesse de balayage "slew-rate", notée s_w , représente la vitesse de variation maximale d'un signal produit par un amplificateur. Le slew-rate s'obtient par $s_w = \left| \frac{dV_S(t)}{dt} \right|_{max}$. Cette limitation conduit à un signal de sortie dont la forme triangulaire sera d'autant plus prononcée que $\left| \frac{dV_S(t)}{dt} \right| > s_w$.



3.2.1 Préparation

On applique en entrée d'un montage suiveur une tension sinusoïdale $V_e = U \sin(\omega t)$.

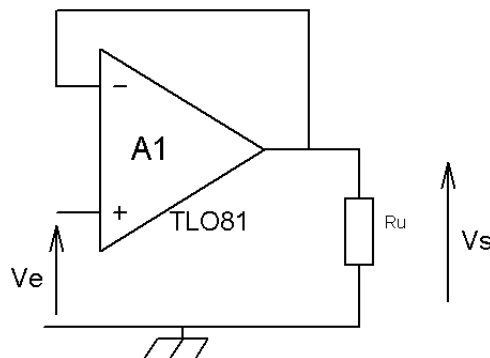
1. Déterminer U_{max} la valeur maximale de l'amplitude du signal d'entrée en fonction de s_w et de ω .
2. A l'aide des données constructeur du TL081, déterminer les valeurs de U_{max} pour $f = 5kHz$ et $f = 500kHz$. Conclusion.

3.2.2 Mesures avec V_e rectangulaire

1. Réaliser le montage avec une tension carrée d'amplitude 10V en entrée.
2. Faire varier la fréquence jusqu'à observer la triangularisation du signal de sortie. Tracer V_e et V_s en fonction du temps. En déduire la valeur de s_w .

3.3 Limitations imposées par le courant de sortie

Les amplificateurs opérationnels sont protégés en sortie contre les éventuels courts-circuits ou charges R_u trop faibles. Pour cela, le courant de sortie est limité entre $-I_{Smax}$ et I_{Smax} .



3.3.1 Préparation

On applique en entrée d'un montage suiveur une tension sinusoïdale $V_e = U \sin(\omega t)$.

1. Déterminer la valeur minimale de R_u , notée $R_{u_{min}}$, en fonction de U et de I_{Smax} .
2. A l'aide des données constructeur du TL081, déterminer la valeur de $R_{u_{min}}$ pour $U = 10V$.
3. Pour $U = 10V$, représenter l'évolution du signal de sortie pour $R_{u_{min}} = 1k\Omega$ et $R_{u_{min}} = 100\Omega$. Conclusion.

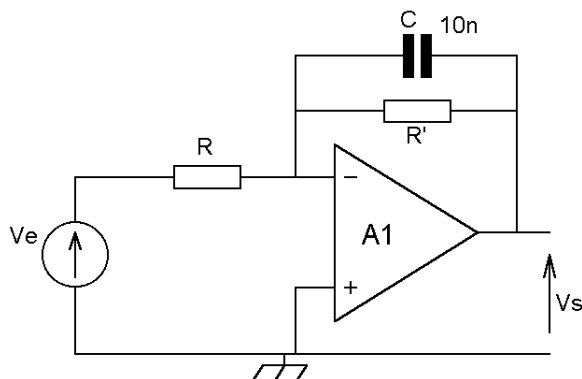
3.3.2 Mesures avec V_e sinusoïdal

1. Réaliser le montage avec une tension sinusoïdale d'amplitude 10V et de fréquence 100Hz en entrée.
2. Charger le montage, tracer V_e et V_s en fonction du temps et mesurer la valeur I_{Smax} .

Chapitre 4

Amplificateur opérationnel - Partie 2

4.1 Filtre passe bas



4.1.1 Préparation

1. Calculer la fonction de transfert du montage. En déduire l'ordre du filtre.
2. Donner l'expression de la fréquence de coupure, de la bande passante et du gain statique. Calculer R et R' pour avoir une fréquence de coupure de 1,6kHz et un gain statique de 10.
3. Tracer la courbe asymptotique du gain en fonction de la fréquence.

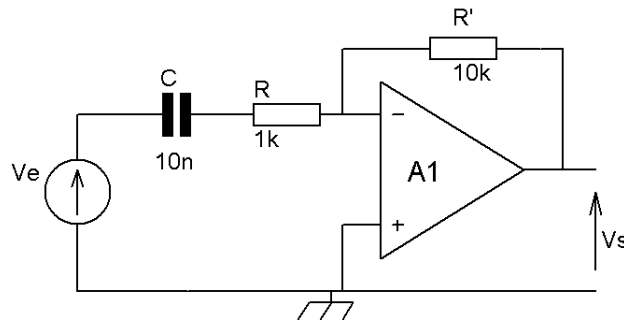
4.1.2 Simulation

1. Simuler le montage et relever $V_s(t)$ et $V_e(t)$ pour V_e sinusoïdale, triangulaire puis rectangulaire de fréquence 16kHz.
2. Tracer la courbe du gain en fonction de la fréquence. Relever la fréquence de coupure du montage et la pente de la demi-droite d'atténuation.

4.1.3 Mesures

1. Relever la courbe de gain expérimental sur la même feuille que la courbe asymptotique.
2. Relever $V_s(t)$ et $V_e(t)$ pour V_e sinusoïdale, triangulaire puis rectangulaire (*fréquence* = $10 \times f_0$, amplitude maximale = 1V). Interpréter.
3. Visualiser les spectres de V_e et V_s pour V_e rectangulaire de fréquence 10kHz. Quelles modifications apporte le filtre sur le spectre de V_e ?

4.2 Filtre passe haut



4.2.1 Préparation

1. Calculer la fonction de transfert du montage. En déduire l'ordre du filtre.
2. Calculer sa fréquence de coupure et sa bande passante.
3. Tracer la courbe asymptotique du gain en fonction de la fréquence.

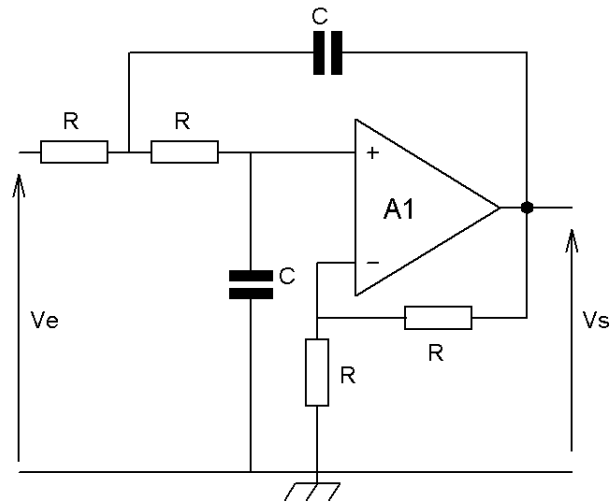
4.2.2 Simulation

1. Simuler le montage et relever $V_s(t)$ et $V_e(t)$ pour V_e sinusoïdale, triangulaire puis rectangulaire de fréquence 160 Hz.
2. Tracer la courbe du gain en fonction de la fréquence. Relever la fréquence de coupure du montage et la pente de la demi-droite d'atténuation.

4.2.3 Mesures

1. Relever la courbe du gain expérimental sur la même feuille que la courbe asymptotique.
2. Relever $V_s(t)$ et $V_e(t)$ pour V_e sinusoïdale, triangulaire puis rectangulaire (*fréquence* = $\frac{f_0}{10}$, amplitude maximale = 1V). Interpréter.
3. Visualiser les spectres de V_e et V_s pour V_e rectangulaire de fréquence 1kHz. Quelles modifications apporte le filtre sur le spectre de V_e ?

4.3 Filtre de Sallen Key



4.3.1 Préparation

1. Montrer que la fonction de transfert de ce filtre peut se mettre sous la forme :

$$H(j\omega) = \frac{H_0}{1 + 2mj\frac{\omega}{\omega_0} + (j\frac{\omega}{\omega_0})^2}$$

2. En déduire son gain statique H_0 , son coefficient d'amortissement m et la pulsation ω_0 en fonction des éléments du montage.
3. Tracer la courbe asymptotique du gain en fonction de la fréquence.

4.3.2 Simulation

1. Simuler le montage avec $R = 10k\Omega$, $C = 10nF$.
2. Tracer la courbe du gain en fonction de la fréquence. Relever la fréquence de coupure.

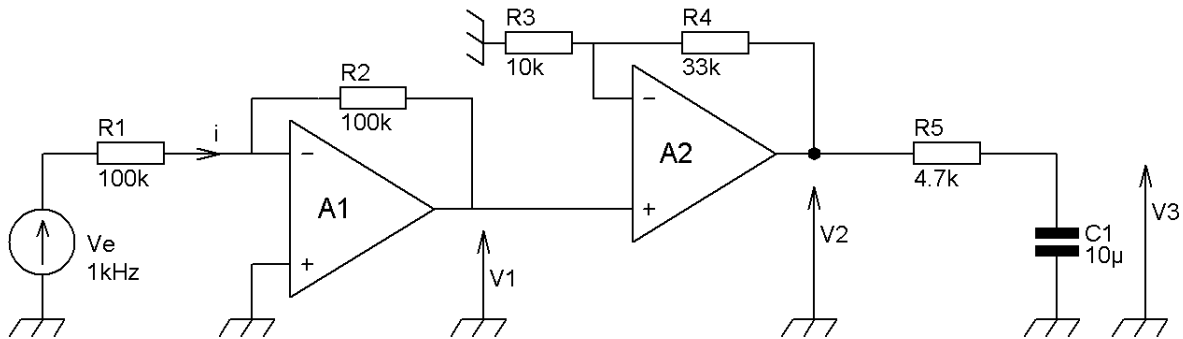
4.3.3 Mesures

1. Réaliser le montage avec $R = 10k\Omega$, $C = 10nF$.
2. Relever la courbe du gain expérimental sur la même feuille que la courbe asymptotique.
3. Déduire de la courbe, le gain statique et la bande passante puis les comparer avec la théorie.
4. Visualiser les spectres de V_e et V_s pour V_e rectangulaire de fréquence 10kHz. Quelles modifications apporte le filtre sur le spectre de V_e ?

Chapitre 5

Amplificateur opérationnel - Partie 3

5.1 Mise en forme du signal



5.1.1 Préparation

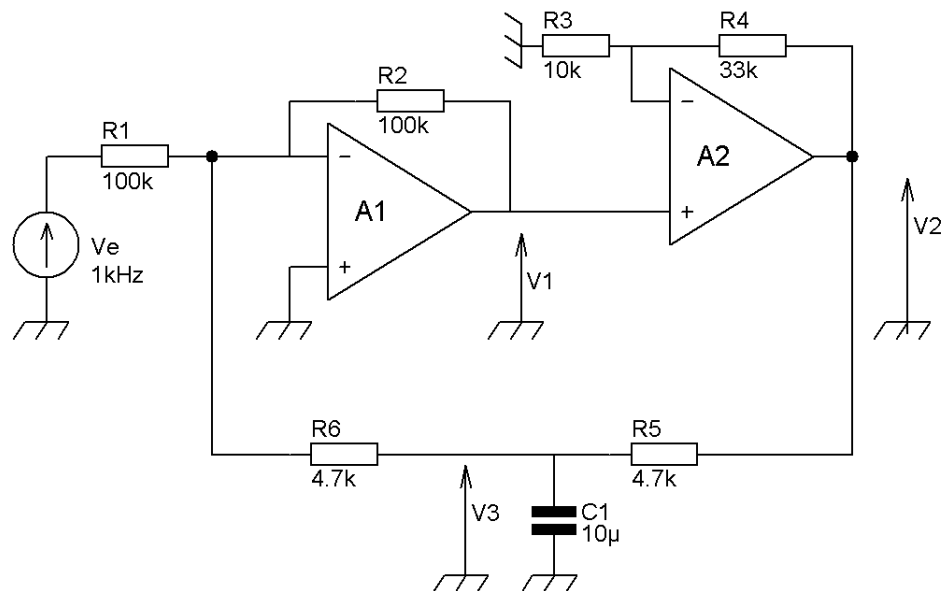
1. Identifier le rôle de chacun des trois blocs du montage.
2. Calculer les fonctions de transfert $\frac{V_1}{V_e}$, $\frac{V_2}{V_1}$ et $\frac{V_3}{V_2}$ du montage. En déduire le gain du montage dans la bande passante ainsi que la fréquence de coupure basse du montage.
3. Quels seraient l'amplitude et l'offset de V_3 si on applique en entrée un signal sinusoïdal de fréquence 1kHz et d'offset 1V ?

5.1.2 Simulation

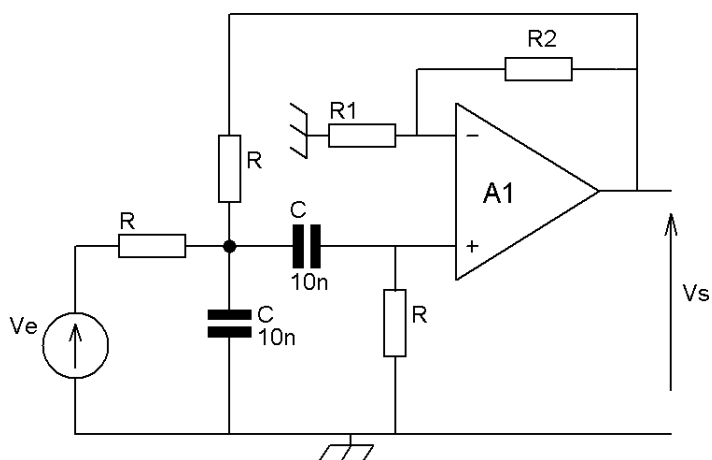
1. Simuler le montage en appliquant en entrée un signal sinusoïdal de fréquence 1kHz et d'offset 1V.
2. Tracer les courbes $i(t)$, $V_1(t)$, $V_2(t)$ et $V_3(t)$. Les amplificateurs opérationnels ne doivent pas saturer. Comparer avec la théorie.

5.1.3 Mesures

1. Réaliser le montage. Appliquer en entrée un signal sinusoïdal d'amplitude 1V et d'offset 1V. Relever les courbes des tensions $V_1(t)$, $V_2(t)$ et $V_3(t)$ hors saturation.
2. Boucler le montage amplificateur à l'aide d'une résistance $R_6 = 4,7k\Omega$ comme indiqué sur le schéma suivant. Relever les courbes des tensions $V_1(t)$ et $V_2(t)$. Conclusion.



5.2 Filtre à structure de Sallen et Key



5.2.1 Préparation

1. Montrer que la fonction de transfert de ce filtre est :

$$H(j\omega) = \frac{2mj\frac{\omega}{\omega_0}}{1 + 2mj\frac{\omega}{\omega_0} + (j\frac{\omega}{\omega_0})^2} = \frac{R_1 + R_2}{2R_1} \cdot \frac{jRC\omega}{1 + \left(\frac{3R_1 - R_2}{2R_1}\right)jRC\omega + \left(j\frac{RC}{\sqrt{2}}\omega\right)^2}$$

2. En déduire son coefficient d'amortissement m et la pulsation centrale ω_0 en fonction des éléments du montage.
3. En déduire l'expression de la bande passante Δf du filtre sachant que $Q = \frac{1}{2m} = \frac{\omega_0}{\Delta\omega}$.
4. Tracer la courbe asymptotique du gain en fonction de la fréquence.

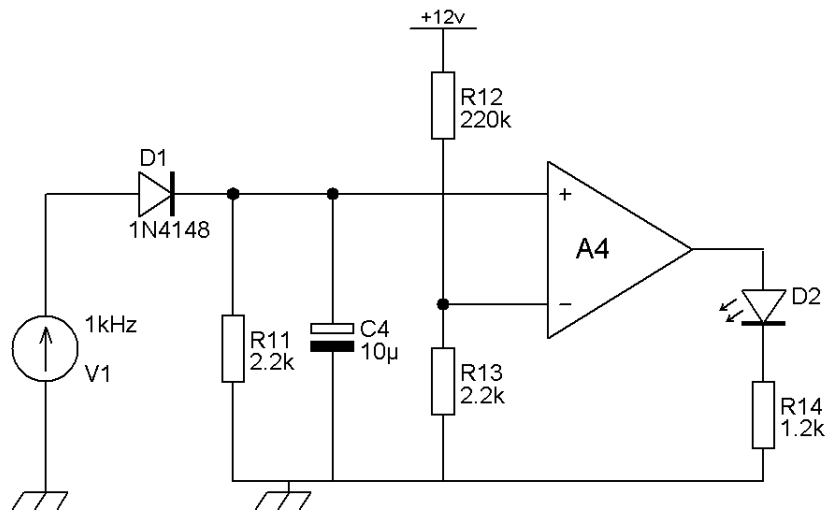
5.2.2 Simulation

1. Simuler le montage avec $R = 22k\Omega$, $C = 10nF$, $R_1 = 8,2k\Omega$ et $R_2 = 12k\Omega$.
2. Tracer la courbe du gain en fonction de la fréquence. Relever les fréquences de coupure et la bande passante.

5.2.3 Mesures

1. Réaliser le montage avec $R = 22k\Omega$, $C = 10nF$, $R_1 = 8,2k\Omega$ et $R_2 = 12k\Omega$.
2. Relever la courbe du gain expérimental sur la même feuille que la courbe asymptotique.
3. Déduire de la courbe, la bande passante et le coefficient d'amortissement puis les comparer avec la théorie.

5.3 Détecteur crête et comparateur



5.3.1 Préparation

1. Identifier le rôle de chacun des éléments du montage.
2. Calculer l'amplitude de V_1 à partir de laquelle la diode D_2 s'allume.

5.3.2 Simulation

1. Simuler le montage en appliquant en entrée un signal sinusoïdal de fréquence 1kHz.
2. Visualiser les tensions $V_1(t)$, $V_{C4}(t)$ et la tension de sortie de l'amplificateur opérationnel pour plusieurs valeurs de l'amplitude de $V_1(t)$. Conclusion

5.3.3 Mesures

1. Appliquer à l'entrée du montage un signal sinusoïdal de fréquence 1kHz.
2. Relever la forme du signal aux bornes de la capacité C_4 .
3. Relever l'amplitude de V_1 à partir de laquelle la diode D_2 s'allume.

5.4 Projet complet

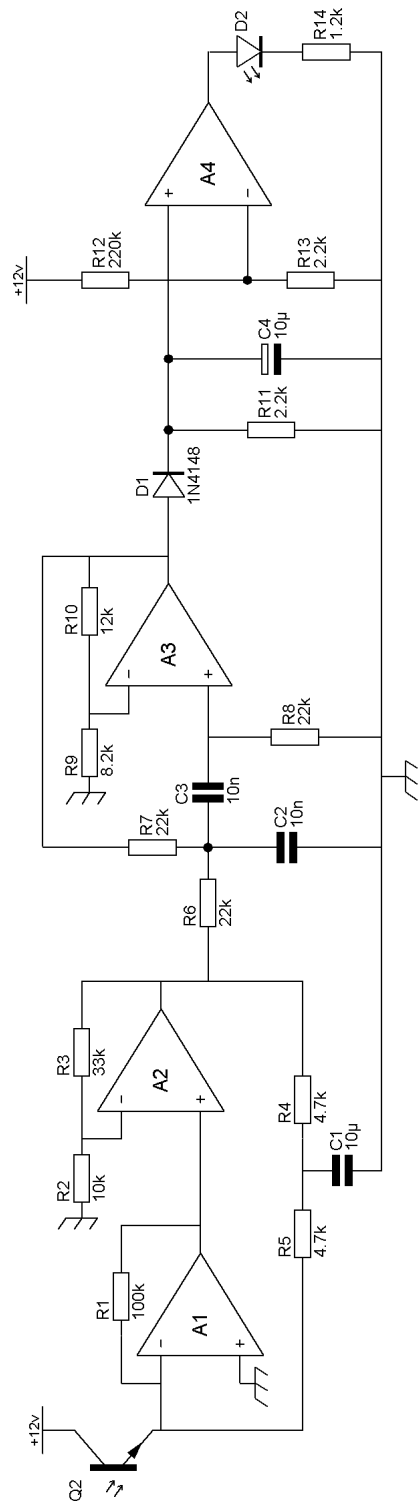
5.4.1 Préparation

On connecte les différents étages étudiés précédemment. On applique en entrée un signal Ve de fréquence 1kHz et d'offset 1V.

1. Calculer le gain du montage dans la bande passante.
2. En déduire l'amplitude de Ve à partir de laquelle la diode D_2 s'allume.

5.4.2 Mesures

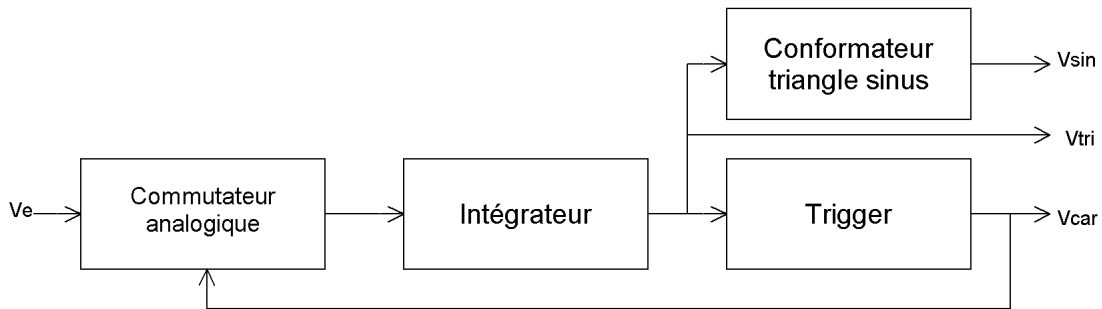
1. Connecter les différents étages du montage (voir figure suivante). Relever l'amplitude de Ve à partir de laquelle la diode D_2 s'allume. Comparer avec la théorie.
2. Remplacer le générateur sinusoïdal en série avec la résistance par un photo-transistor.
3. Tester le montage avec un émetteur optique et mesurer sa portée.



Chapitre 6

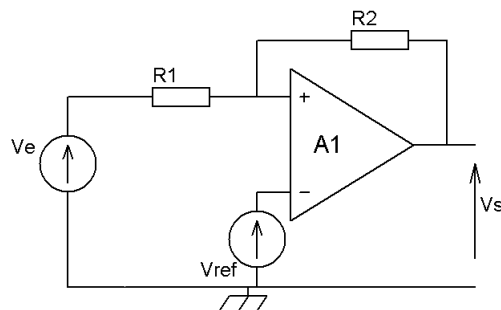
Générateur de signaux

Les générateurs de laboratoire (GBF) sont des appareils qui synthétisent des signaux de formes différentes. La fréquence de ces signaux est variable dans une certaine plage. Certains générateurs permettent la modulation (en fréquence ou amplitude). Le synoptique suivant montre le principe de fabrication de ces différents signaux. Nous allons étudier progressivement ces différents blocs avant d'arriver au schéma complet du générateur de signaux.



6.1 Le montage trigger de Schmitt (comparateur à seuils)

La figure suivante représente le trigger non inverseur de Schmitt (le signal d'entrée V_e arrive sur l'entrée non inverseuse de l'amplificateur opérationnel). L'amplificateur opérationnel est polarisé par une tension symétrique ($+V_{cc}$, $-V_{cc}$).



6.1.1 Préparation

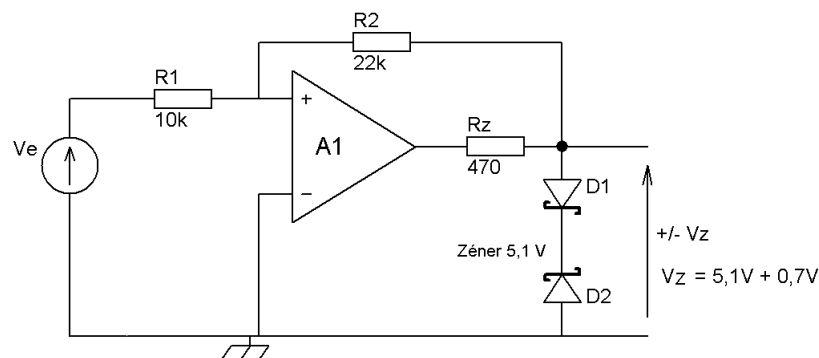
1. Tracer la caractéristique de transfert $V_s = f(V_e)$.
2. Dans quel sens est parcouru son cycle d'hystérésis si V_e fait un aller-retour entre $-V_{cc}$ et $+V_{cc}$ (sens horaire ou trigonométrique) ?
3. Calculer ses seuils de basculement ainsi que sa largeur de cycle en fonction de R_1 , R_2 , V_{ref} et V_{cc} .

6.1.2 Simulation

1. Simuler le montage en appliquant en entrée un signal triangulaire (+ 10/-10V) d'une fréquence de 100Hz.
2. Visualiser la tension de sortie $V_s(t)$ ainsi que la caractéristique de transfert $V_s = f(V_e)$. Relever les seuils de basculement ainsi que la largeur de cycle.

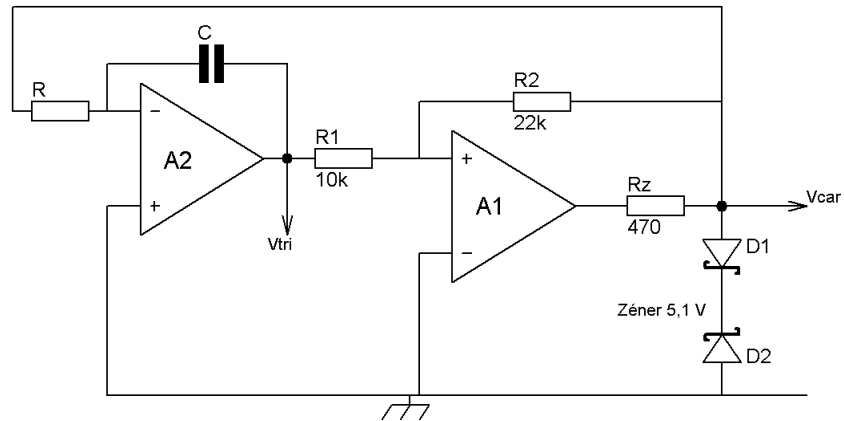
6.1.3 Mesures

1. Réaliser le montage non inverseur avec $V_{ref} = 0V$, $R_1 = 10k\Omega$ et $R_2 = 22k\Omega$. L'amplificateur de type TLO81 est polarisé sous + 12/ -12v.
2. Relever la caractéristique de transfert $V_s = f(V_e)$ à l'oscilloscope en choisissant V_e triangulaire (+ 10/-10V) d'une fréquence de 100Hz.
3. Augmenter la fréquence du signal V_e et observer l'incidence sur le cycle d'hystérésis.
4. Modifier le circuit comme le montre la figure suivante et faire les mêmes mesures que précédemment. Quelles sont les améliorations constatées ?



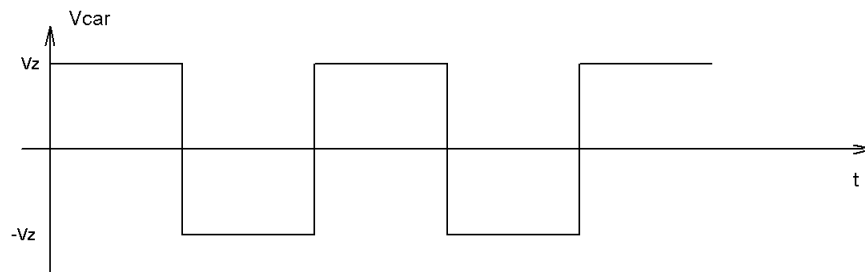
6.2 Le générateur de signaux : Montage 1

Dans les générateurs de fonctions le signal triangulaire est obtenu à partir du carré. En fait, il suffit d'intégrer le signal carré pour obtenir la forme triangulaire de même fréquence. La figure suivante représente un trigger et un intégrateur qui se bouclent. La fréquence d'oscillation du montage a comme expression : $f = \frac{R_2 \cdot V_Z}{4 \cdot RC \cdot R_1 \cdot V_Z}$. Dans la pratique C sert à faire varier la gamme de fréquence et R permet une variation continue dans chaque gamme.



6.2.1 Préparation

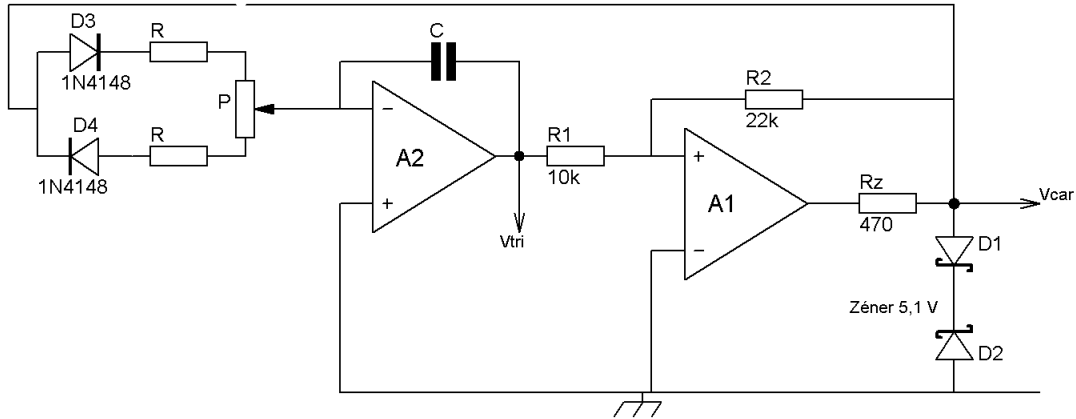
1. Ecrire l'expression de V_{tri} en fonction de V_{car} et tracer $V_{tri}(t)$ sur le graphe suivant.
2. On prend $R_1 = 10k\Omega$, $R_2 = 22k\Omega$ et $C = 100nF$. En déduire R pour obtenir une fréquence d'oscillation proche de 1kHz.



6.2.2 Mesures

1. Réaliser le montage et relever les chronogrammes de V_{car} et V_{tri} . Mesurer la fréquence d'oscillation.
2. Fixer R à $5,6k\Omega$ et mesurer la fréquence d'oscillation pour les valeurs suivantes de C : 10nF et 4,7nF.

6.3 Le générateur de signaux : Montage 2

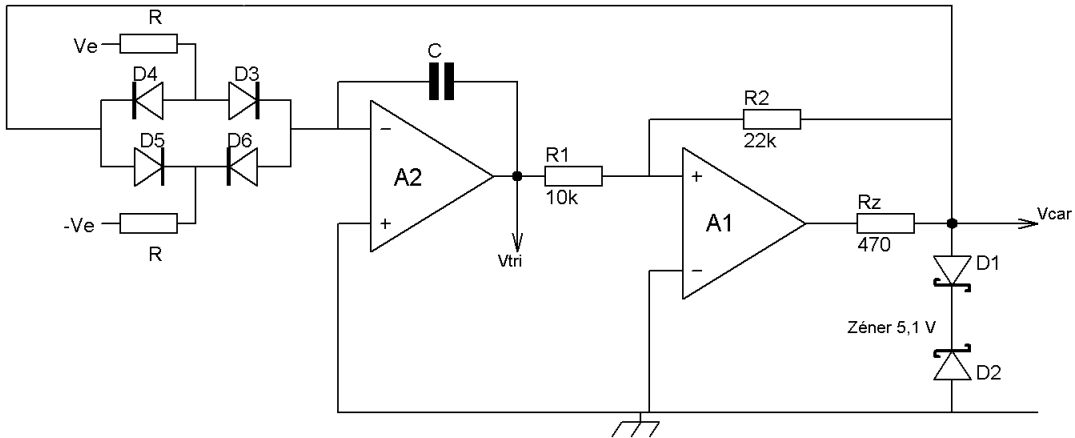


Pour obtenir un signal carré à rapport cyclique variable, le montage est modifié comme le montre la figure précédente.

1. Réaliser le montage avec $R = 5.6k\Omega$, $P = 5k\Omega$, $R_1 = 10k\Omega$, $R_2 = 22k\Omega$ et $C = 100nF$.
2. Mesurer la plage de variation du rapport cyclique lorsque le curseur de P se déplace d'une extrémité à l'autre.

6.4 Le générateur de signaux : Montage 3

Ce montage permet moduler en fréquence un signal V_e .



1. Rechercher l'expression de la fréquence en fonction des valeurs (R_1 , R_2 , R , C , V_Z) et de V_e .
2. Tracer la courbe de la fréquence $f = fonction(V_e)$ en choisissant V_e continue, variable entre 1 et V_Z .