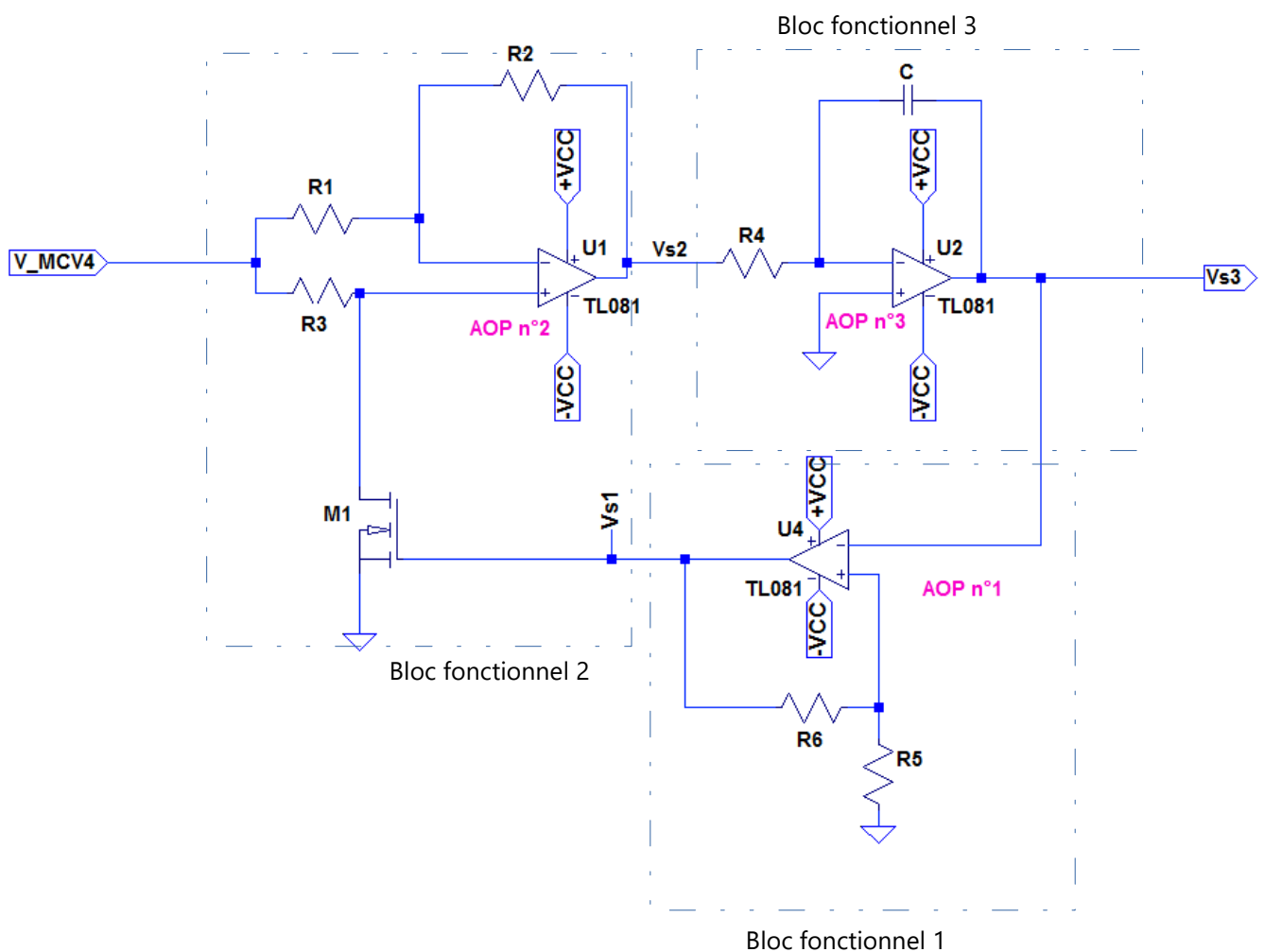


De manière à bien comprendre le fonctionnement de ce VCO, l'analyse du fonctionnement se fera par étapes.

On peut identifier dans ce montage trois fonctions principales que l'on prendra soin d'étudier séparément sans se préoccuper, dans un premier temps, de répondre au cahier des charges. Il est donc fortement conseillé d'identifier puis d'étudier séparément ces trois fonctions en utilisant pour commencer des valeurs pour les composants qui ne permettent pas forcément de répondre au cahier des charges. L'étude se fera à la fois par simulation avec le logiciel LTSpice, par mesure sur plaque Labdec et aussi de manière théorique.

Dans un deuxième temps, lorsque le fonctionnement sera clairement compris, on s'attellera à dimensionner précisément les composants pour répondre au cahier des charges.



# I. Caractérisation de l'association piano-module MCV4

Associer le piano et le module MCV4 et déterminer la relation entre la fréquence de la note jouée sur le piano et le niveau de tension mesurée sur la sortie CV1 du MCV4.

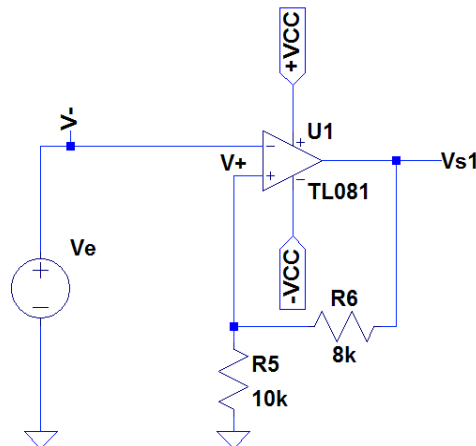
Grâce à un tableur, tracer ces points de mesure et déterminer l'équation qui relie la tension  $V_{\text{MCV4}}$  à la fréquence  $f$  de la note jouée. Cette équation sera nécessaire pour répondre au cahier des charges.

Rq : Dans le cahier des charges vous trouverez quelques valeurs pour repère.

## II. Étude des fonctions élémentaires

### 1. Étude du bloc fonctionnel 1 : montage avec l'AOP n°1

- Tracer la caractéristique  $V_s = f(V_e)$  du montage comparateur en précisant les expressions littérales des seuils de basculement.



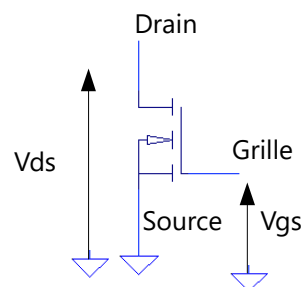
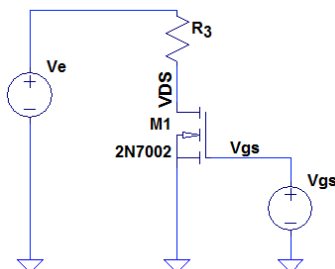
- Vérifier la validité des expressions en utilisant l'outil de simulation LTSpice.  
(Rq : ce montage peut aussi être câblé sur plaque Labdec pour vérification de la validité des équations)

### 2. Étude du bloc fonctionnel 2

#### 2.a. Étude du transistor en commutation

La documentation technique de ce transistor MOS est disponible sur Moodle. Il a été choisi car il a la particularité de supporter des tensions positives et négatives sur sa « grille », broche de « commande » de ce type de transistor.

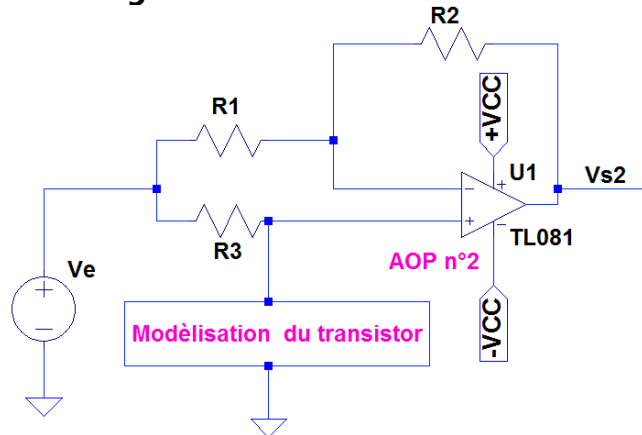
Tester le montage ci-dessous pour étudier le comportement du transistor. On prendra  $V_e = 13V$ ,  $R_3 = 82k\Omega$ .



- Que vaut la tension nommée  $V_{ds}$  lorsque l'on applique une tension nommée  $V_{gs} = 10V$  ?  
Dans cette configuration par quoi peut-être modéliser ce transistor ?
- Mêmes questions pour  $V_{gs} = -10V$ .
- Appliquer maintenant un signal  $V_{gs}$  carré, périodique et variant de  $10V$  à  $-10V$ . Commenter l'évolution de la tension  $V_{ds}$ . Par quoi peut-on modéliser ce transistor ?

- Câbler ce montage sur la plaque Labdec en utilisant le GBF pour générer le signal  $V_{gs}$  carré, périodique et variant de  $10V$  à  $-10V$ . Vérifier le bon fonctionnement du transistor.

## 2.b Étude du montage avec l'AOP n°2



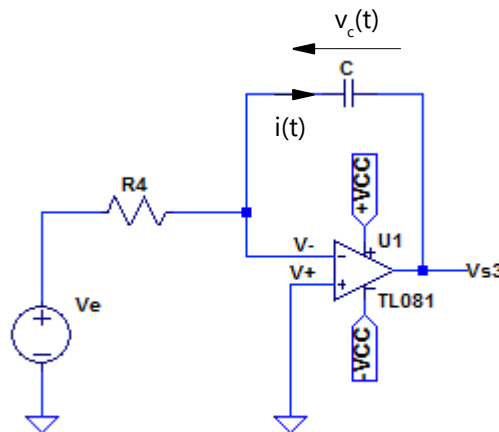
$V_e$  est une tension continue qui va modéliser par la suite la tension issue du MCV4.

- En remplaçant le transistor par le modèle trouvé dans le paragraphe précédent, déterminer l'expression littérale de la tension  $V_{s2}$  en fonction des résistances du montage et de la tension d'entrée  $V_e$ . Cette détermination sera faite pour les deux états de fonctionnement du transistor.
- Vérifier la validité des équations en utilisant l'outil de simulation LTSpice.

Rq : pour vérifier les équations régissant le bloc fonctionnel n°2 avec LTSpice, le transistor peut être intégré au montage à condition d'appliquer le signal de commande adéquat sur la grille.

## 3. Étude du bloc fonctionnel 3 : montage avec l'AOP n°3 et un condensateur dans la boucle de rétroaction.

On souhaite que le signal de sortie  $V_{s3}$  soit un signal triangulaire de fréquence  $500Hz$  centré sur zéro. On utilisera pour cela le montage ci-dessous avec  $C=15nF$  et  $R_4=18k\Omega$ .



Le montage présente une réaction négative, l'AOP est considéré comme fonctionnant en linéaire. On donne la relation entre le courant circulant dans un condensateur et la tension à ses bornes :

$$i(t) = C \frac{dv_{c1}(t)}{dt}$$

- On considère  $V_e$  comme un signal continu. Déterminer l'expression littérale du courant  $i(t)$  circulant dans le condensateur en fonction de  $V_e$  et de  $R_4$ . En déduire l'expression de  $V_c(t)$  en fonction de  $R_4$ ,  $C$ ,  $V_e$  et du temps. Donner la relation entre  $V_s(t)$  et  $V_c(t)$
- On fixe  $V_e$  à  $2V$ . Déterminer l'expression et la valeur numérique de la pente du signal  $V_{s3}$ .
- Simuler le montage et justifier la forme du signal  $V_{s3}$ .

Remarque : Dans le fichier de simulation proposé, l'option de simulation uic (Use Initial Conditions) permet de fixer les conditions initiales pour la simulation (skip initial operating point solution). On impose donc ici que la tension aux bornes du condensateur soit nulle à l'instant  $t=0$ .

- Même question pour une tension  $V_e = -1V$ .
- Déterminer la forme du signal  $V_e$  pour obtenir  $V_{s3}$  triangulaire de fréquence 500Hz centré sur zéro.

#### 4. Simulation du montage complet du VCO

Maintenant que le fonctionnement des différents blocs du montage VCO est compris, les différentes fonctions vont être assemblées.

Simuler le comportement du VCO en utilisant LTSpice. Identifier les entrées et les sorties de chaque bloc et commenter la forme du signal  $V_{s3}$ .

### III. Étude du montage complet du VCO

#### 1. Analyse du fonctionnement du montage VCO

Réaliser la synthèse du fonctionnement du montage VCO en fonction de l'état du transistor :

- Déterminer l'expression de  $V_{s2}$  en fonction de  $V_{MCV4}$  la tension d'entrée du VCO ;
- Déterminer les expressions des pentes de la tension  $V_{s3}$  suivant l'état du transistor ;
- Déterminer la valeur de  $V_{s1}$  ;
- Conclure sur le fonctionnement de l'ensemble.

**Expliquer clairement** comment à partir des différentes équations obtenues pour les différents blocs fonctionnels, on parvient à déterminer l'expression de la fréquence du signal triangulaire  $V_{s3}$ , cette fréquence correspondant à une valeur de la tension d'entrée  $V_{MCV4}$ .

#### 2. Détermination des composants pour respecter le cahier des charges.

Maintenant que le fonctionnement est bien compris, il faut déterminer les valeurs des différents composants de telle sorte à vérifier le cahier des charges.

A la vue du nombre d'équations disponibles, il faut fixer arbitrairement certains composants et déterminer les autres en fonction.

Les valeurs de  $R_1$  et  $C$  sont imposées par le cahier des charges.

Pour l'homogénéité des tableaux, il a été posé que les valeurs arbitraires seraient celles de  $R_7$  et  $R_5$  et que celles à déterminer seraient  $R_2$ ,  $R_4$  et  $R_6$ .

Compte tenu de la caractéristique du MCV4 et des différentes relations établies précédemment, déterminer les relations entre les différents composants du montage pour respecter le cahier des charges.

##### ➤ Réaliser un tableau pour dimensionner le VCO.

Dans ce tableau devront apparaître :

- les noms et les valeurs des grandeurs fixées ( $V_{cc+}$ ,  $V_{cc-}$ ,  $R_3$  et  $C$ )
  - Les noms et les valeurs des grandeurs choisies arbitrairement ( $R_3$  et  $R_5$ )
  - Les grandeurs intervenant dans la définition du cahier des charges (notamment  $V_{MCV4}$ , la fréquence associée à la tension  $V_{MCV4}$ , ...)
  - Les noms et les valeurs des grandeurs pour dimensionner entièrement le système ( $R_2$ ,  $R_4$  et  $R_6$ ).
- Dans le tableau, pour information, devront apparaître les formules littérales utilisées pour le calcul.

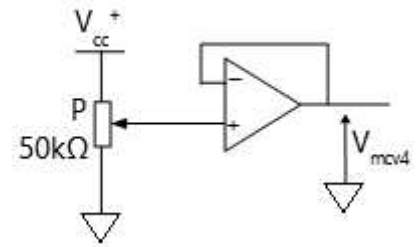
Ce tableau devra être clairement explicité.

- A l'aide de ce tableau, le calcul des résistances  $R_2$ ,  $R_4$  et  $R_6$  doit être fait de manière automatique ( $R_q$  : on décide de changer le cahier des charges, le calcul des résistances se refait automatiquement).
- Remplacer dans le schéma du VCO sous LTSpice les résistances utilisées pour les tests précédents par celles déterminées pour répondre au cahier des charges et valider le bon respect de ce cahier des charges.

### 3. Câblage du VCO complet

Le VCO est un montage bouclé. Pour son câblage et test il faut donc procéder méthodiquement.

- Câbler et tester le bloc fonctionnel n°1 en utilisant le GBF pour créer le signal d'entrée Vs3, signal triangulaire +/-10V en valeurs crête et de fréquence 500Hz.  
Valider la forme de la tension Vs1 et les seuils de basculement.
- Câbler le bloc fonctionnel n°2. Le transistor est commandé par la tension vs1 précédemment validée et la tension V\_MCV4 sera simulée par un montage potentiométrique comme proposé ci-contre :  
Tester le fonctionnement de cette association.  
Valider la forme de la tension Vs2.
- Câbler le bloc fonctionnel n°3. Utiliser la sortie de l'association précédente comme entrée du montage.  
Valider la forme de la tension Vs3.
- Si le résultat précédent semble correct, **retirer le GBF de l'entrée du comparateur avant** d'y connecter la sortie de l'AOP3. On réalise ainsi le bouclage du montage.
- Caractériser le signal de sortie de VCO et valider le bon respect du cahier des charges.
- Le clavier et le MCV4 peuvent maintenant remplacer le montage « potentiomètre + suiveur » et le système global peut être caractérisé.



## IV. Rédaction d'un rapport

Le rapport doit comporter :

- Les résultats obtenus par simulation pour les différentes fonctions étudiées ;
- L'analyse du fonctionnement global du montage ;
- Les justifications des formules utilisées ;
- Les caractérisations expérimentales (preuves de bon fonctionnement à fournir : écrans d'oscilloscope avec mesures exploitables, justesse de la gamme jouée sur le clavier...) ;
- Les photos de votre montage. Elles permettront d'évaluer la qualité du câblage ;
- La version informatique de votre tableur.

Les spécifications du cahier des charges devront être vérifiées en affinant le choix des valeurs des composants.

La répartition des tâches ainsi que leur planification tout au long de ce projet devront être présentées.

## **ANNEXE 1 : CONSEILS POUR LE CABLAGE**

Le câblage se fait sur plaque Labdec.

- Câbler le montage de telle sorte qu'il s'apparente au maximum à la disposition du schéma.
- La taille de la plaque labdec est limitée, ne pas trop éparpiller les composants.
- Utiliser des fils noirs exclusivement pour tout ce qui concerne la masse, les fils rouges pour les connexions à la tension d'alimentation continue positive de la plaque, les fils bleus pour les connexions à la tension d'alimentations continue négative. Penser à utiliser les colonnes de la plaques labdec.
- Découper le montage en différentes parties et **tester chaque partie au fur et à mesure.**
- Penser à utiliser des potentiomètres (câblés en résistances variables) pour régler certaines valeurs.

### **Quelques consignes pour dépanner le montage :**

- Vérifier la valeur des résistances avec le multimètre, ainsi que les différentes connexions (il peut y avoir un fil cassé).
- Vérifier les tensions maximales admissibles des composants sur les documentations techniques.
- Augmenter progressivement la tension d'alimentation en limitant le courant et vérifier qu'il n'y a pas de court-circuit (Led de l'alimentation allumée).
- Noter toutes les modifications apportées au schéma initial au cours de la manipulation (reprendre éventuellement les calculs et la simulation entre deux séances de manipulation).

### **Câblage d'un montage à AOP**

- Commencer par câbler l'alimentation.
- Tester l'AOP en réalisant un montage simple (montage suiveur par exemple).
- Vérifier toutes les tensions présentes sur les pattes, y compris (et même particulièrement) les alimentations.
- Cas d'un montage comparateur : la tension d'entrée franchit-elle les seuils ?

### **Mesure à l'oscilloscope**

- Brancher l'entrée du montage sur CH1 et la sortie sur CH2.
- Ne brancher qu'une seule masse pour les deux entrées de l'oscilloscope (les masses des deux voies sont reliées en interne). Bien la relier à toutes les autres masses du montage.
- Vérifier le couplage de la voie (couplage CC pour voir tout le signal, CA pour voir uniquement la composante alternative).
- Régler la synchronisation de l'affichage sur l'entrée de préférence (Menu Trigger).
- Mesurer la tension d'entrée (du GBF) avec les deux voies et vérifier qu'il n'y a pas de problème de sonde.

## Plan de la plaque labdec

Les colonnes A (bleue) et D (rouge) sont réservées aux alimentations continues positive et négative.

La colonne C est réservée à la masse.

Ces colonnes peuvent être reliées aux bornes de sécurité.

Les autres trous de la plaque labdec sont reliés par lignes de 5.

=> Les composants placés de manière « horizontale » sur une même ligne seront donc court-circuités.

Les AOP se placent au centre de la platine.

### Exemples de placement :

Ici, la patte 1 de l'AOP est reliée à la ligne 17 ( colonne J)

Sa patte 4 à la ligne 20, sa patte 5 à la ligne 20 aussi mais colonne K.

La résistance est sur la colonne H, entre les lignes 7 et 11.

Le potentiomètre est sur les lignes 22, 23, 24 de la colonne g, le point variable est en ligne 23 (milieu)

Le transistor est sur les lignes 27, 28, 29 et avec le brochage du 2N7000, cela donne la source en 27, la grille en 28 et le drain en 29.

