
6GEI620 - Électronique II

Laboratoire #1

Conception avec amplificateurs opérationnels

Hiver 2008

1. Objectifs

- Se familiariser avec l'outil *Multisim*
- Se familiariser avec le prototypage
- Apprendre, dans un environnement pratique, à concevoir des circuits avec des amplificateurs opérationnels
- Comprendre la dépendance qui existe entre la valeur des composantes et les différents paramètres de l'amplificateur

2. Méthodologie

Un des buts du laboratoire est de vous familiariser avec les outils de conception par ordinateur ainsi qu'avec les configurations d'amplificateurs opérationnels. Pour ce faire, il sera question d'utiliser l'outil *Multisim* pour dessiner et de simuler les circuits. Vous aurez à construire quelques configurations et par la suite, d'appliquer un signal à amplifier. Vous aurez la chance d'ajuster la valeur des composantes afin d'en voir les effets.

Le document vous guidera pour le premier exemple et vous donnera de moins en moins de détail au fur et à mesure que vous aurez acquis de l'expérience.

Dans une seconde partie, vous aurez à prototyper des circuits avec l'amplificateur opérationnel de type 741. Vous aurez ensuite à prendre des mesures pour vous assurer que tout fonctionne bien.

3. Travail demandé

- a) Multisim

Dans la partie *Multisim*, vous aurez à faire 3 circuits:

- Configuration a gain négatif (source idéale)
- Configuration a gain négatif (source non-idéale)
- Configuration a gain négatif avec étage “buffer”

Pour commencer, vous ferez un circuit d’amplificateur a gain négatif montre a la Figure 1.

Le but est que vous compreniez comment la valeur des différentes composantes qui peuvent affecter le circuit.

Le circuit a construire est montré à la figure 1.

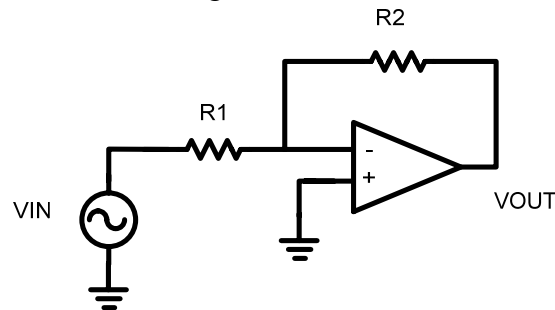


Figure 1. Circuit de polarisation simple

Ce circuit sert a amplifier le signal VIN qui provient d’une source idéale.

1. Trouvez le gain V_{OUT}/V_{IN} du circuit quand le gain de l’amplificateur est infini
2. Trouvez le gain V_{OUT}/V_{IN} du circuit quand le gain de l’amplificateur n’est pas infini

Nous allons commencer par ouvrir le logiciel. Double-cliquez sur l’icone qui est sur le poste de travail de l’ordinateur. Si il n’est pas la, allez dans

Démarrer→Programmes→Multisim 8→Multisim8

Vous verrez une interface graphique assez typique de Windows. Il y a 3 sections importantes à distinguer ici (Figure 2): la barre de droite contient des instruments de mesures virtuelles, la section en haut contient tous les menus et la section au milieu contient les composantes.

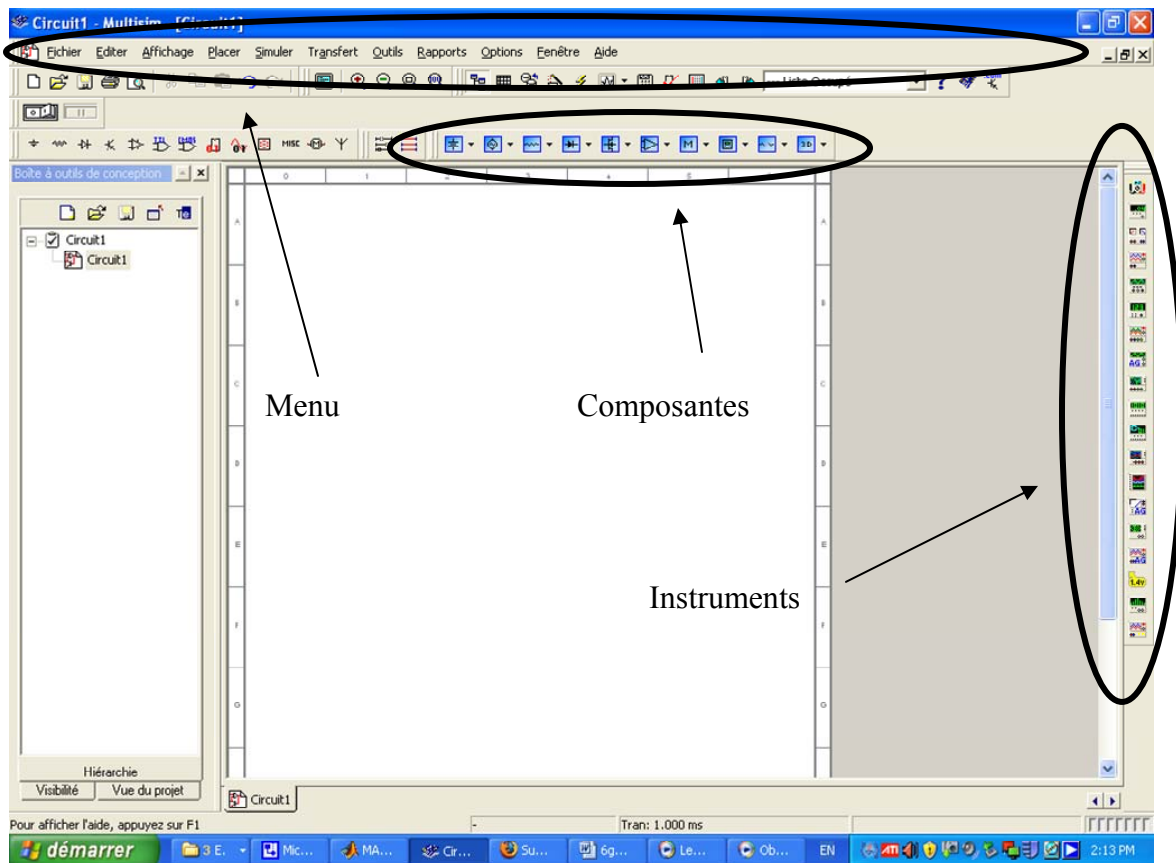


Figure 2. Fenêtre de travail Multisim

Les étapes que nous allons suivre sont assez simples. Le but est de faire les choses suivantes :

- Trouver les composants et les placer dans la fenêtre du centre
- Connecter les composants
- Ajouter et connecter les sources et la masse
- Inclure, au besoin, les instruments de mesures
- Démarrer la simulation

Pour commencer, allons dans le menu principal dans la section PLACER→COMPOSANT. Une fenêtre devrait apparaître. Il y a plusieurs choses à voir dans cette fenêtre.

Dans la section GROUPE, vous choisissez le genre de composants que vous avez besoin. Une fois que c'est choisi, vous sélectionnez la FAMILLE. La colonne du milieu vous donne les valeurs. Les termes deviendront clairs quand vous l'aurez fait quelques fois. En ce qui concerne le reste, vous pouvez ignorer pour l'instant. On a identifié les différentes sections dans la Figure 3.

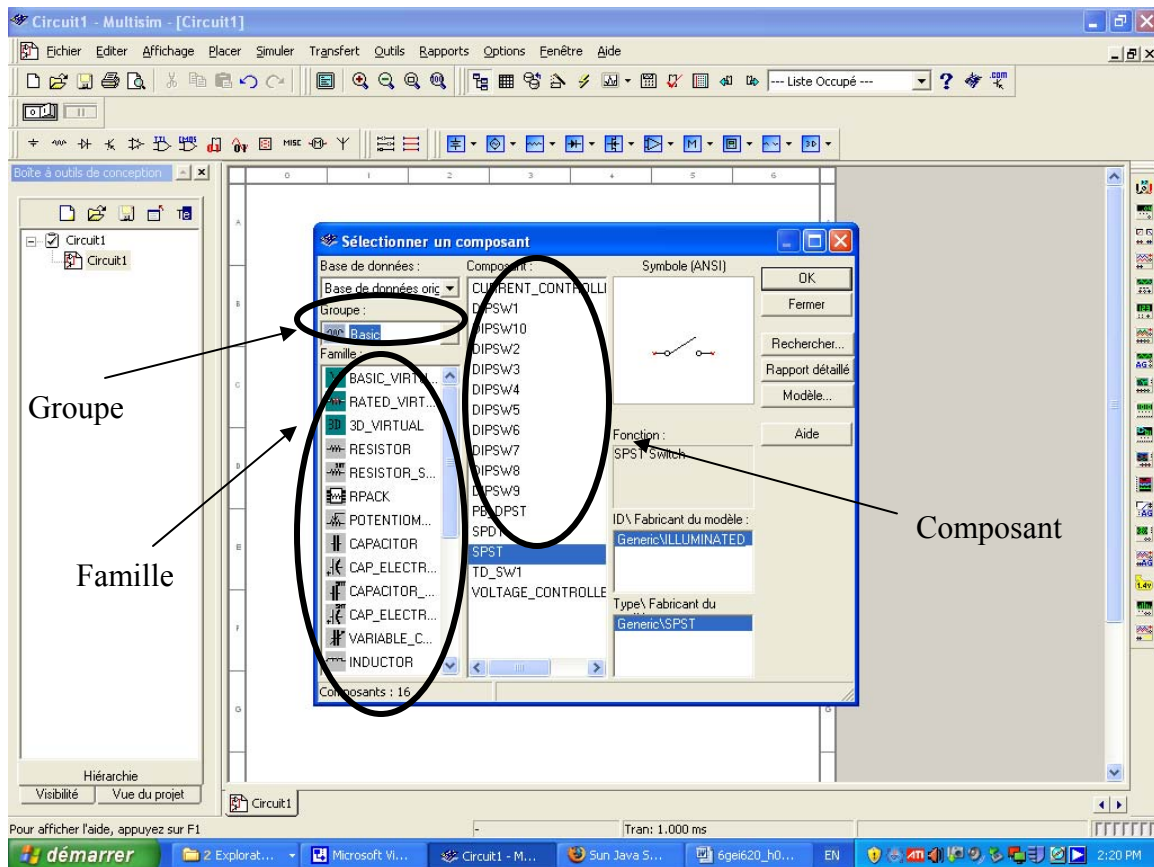


Figure 3. Fenêtre pour placer les composantes

Pour l'instant, nous allons sélectionner l'amplificateur.

Allez dans GROUPE : ANALOG, FAMILLE : ANALOG_VIRTUAL et sélectionnez OPAMP_3T_VIRTUAL. Cliquez sur cet élément avec votre bouton de droite pour avoir accès aux fonctions pour renverser et tourner vos éléments. Ca vous permettra d'avoir un circuit plus facile à déboguer et plus plaisant à regarder.

Ajoutez maintenant 2 résistances. Pour ce faire, encore une fois, entrez dans la section PLACER→COMPOSANT. Maintenant, choisissez le groupe BASIC, dans la famille RESISTOR et sortez une résistance de 1K (R1) et une résistance de 10K (R2).

Déplacez vos composants jusqu'à ce que ça ressemble à peu près à la figure 1. Tout ce qui manque maintenant, c'est la source et la masse.

Entrez dans la section PLACER→COMPOSANT. Dans le GROUPE, sélectionnez SOURCES, dans la FAMILLE, sélectionnez SIGNAL_SOURCE et dans la section COMPOSANT, sélectionnez AC_VOLTAGE.

Nous avons presque fini. Il faut encore ajouter la masse. Revenez dans la section PLACER→COMPOSANT. Allez maintenant dans le GROUPE POWER_SOURCE et sélectionnez GROUND. Placez ce composant au nœud négatif de la source de tension AC.

Vous devriez obtenir quelque chose qui ressemble à la figure 4. NOTEZ BIEN LA POLARITE DE L'AMPLIFICATEUR. Par défaut, Multisim met le côté positif en haut et le cote négatif en bas.

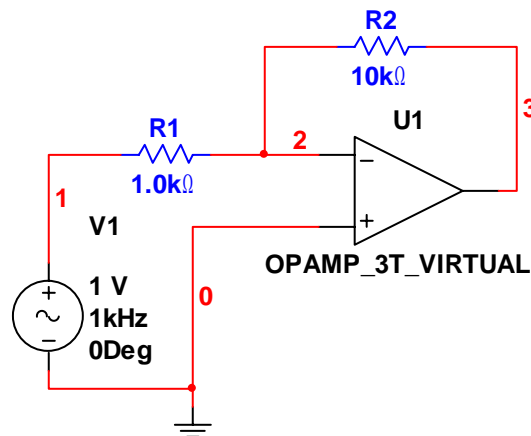


Figure 4. Circuit d'amplification sur *Multisim*

Nous pouvons commencer à simuler et obtenir des résultats préliminaires. Allez dans SIMULER→ANALYSES→ANALYSE TRANSITOIRE. Quand la fenêtre apparaît, ne portez pas trop attention aux détails. À la place, cliquez sur l'onglet SORTIE. À droite, vous allez voir tous les nœuds que vous voulez voir dans la simulation. Il y a de bonnes chances qu'on veuille examiner le signal en entrée et le signal de sortie. Dans le cas de MON circuit à la Figure 4, j'aurais intérêt à examiner le nœud 1 (entrée) et le nœud 3 (sortie). Au cas où vous ne l'avez pas encore déduit, le numéro assigné à chaque nœud est précédé d'un signe de dollar (\$). Pour ajouter ces nœuds, cliquez sur le nœud et cliquez sur AJOUTER. Une fois terminé, cliquez sur SIMULER.

3. Quelle est l'amplitude du signal en entrée?
4. Quelle est l'amplitude du signal en sortie?
5. D'après les réponses en 3 et 4, quel est le gain? (comparez aussi avec la réponse trouvée en 1)

NOTE : Une commande qui pourrait être pratique se trouve dans AFFICHAGE→AFFICHER/MASQUER CURSEURS. Il y aura une fenêtre qui apparaîtra avec des données.

Insérez maintenant une résistance de 1K entre la source et la résistance R1. Cette nouvelle résistance sera la résistance de sortie de votre source (NOTE : En vraie vie, une valeur de résistance de sortie de 1K est ridiculement élevée pour une source de tension). Votre schéma devrait ressembler a la Figure 5.

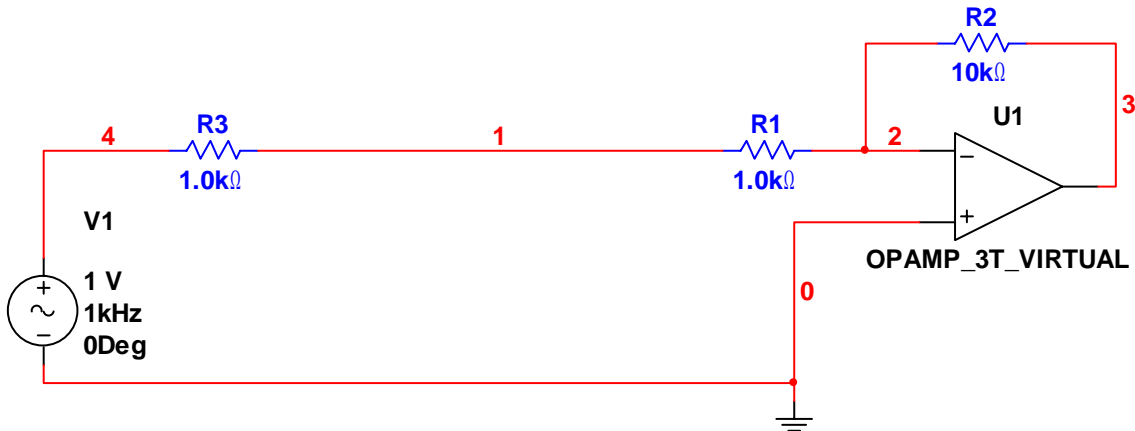


Figure 5. Amplificateur avec source non-idéale

Relancez une simulation transitoire comme on l'a fait précédemment. Cliquez sur l'onglet SORTIE et remplacez votre signal d'entrée. C'est-à-dire, dans mon cas, le signal d'entrée ETAIT le nœud 1. Après avoir ajoute la résistance, c'est devenu le nœud 4. Je dois donc enlever le nœud 1 et ajouter le nœud 4.

6. Quel est le gain de ce circuit?

Ajoutez maintenant un buffer entre la source non-idéale et notre amplificateur. Un buffer, est un amplificateur a gain unitaire qui peut être conçu en connectant la sortie a l'entrée négative. On voit le circuit au complet a la Figure 6.

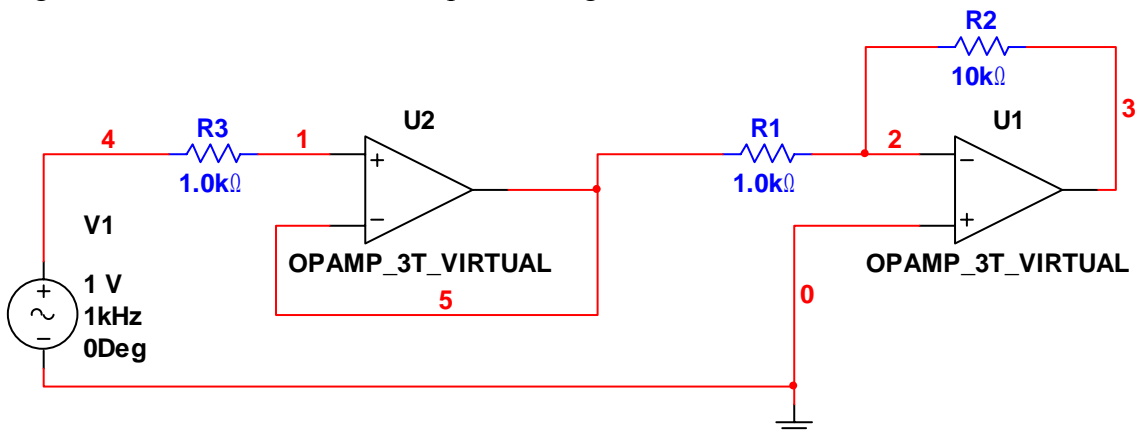


Figure 6. Amplificateur avec source non-idéale et buffer

Relancez une autre simulation en vous assurant que les nœuds d'entrée et de sortie sont les bons.

7. Quel est le gain de ce circuit?
8. Quel est le but d'ajouter le buffer?

b) Prototypage

Dans cette partie du laboratoire, vous aurez à construire 3 circuits : un intégrateur, un schmitt trigger et un système de « pulse width modulation » complet.

Allez demander une puce LM741 (amplificateur opérationnel) aux techniciens. Elle devrait avoir 8 pattes comme le montre la Figure 7. Sur ces 8 pattes, on va en ignorer 3. Il en reste donc 5 : 2 pattes servent à alimenter l'amplificateur, 2 sont pour les entrées et la dernière patte est pour la sortie.

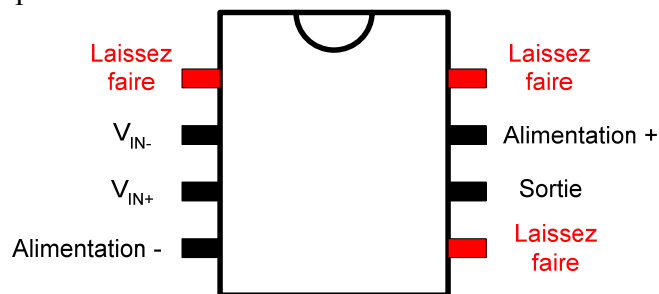


Figure 7. Description des pattes du LM741 (vu du haut – les pattes vont vers le bas)

On va commencer par faire un intégrateur inverse comme le montre la figure 8. Pour les buts du laboratoire, on se sert d'une alimentation de +15v et -15v pour alimenter la puce (rappel : le symbole de la MASSE c'est un nœud de 0v).

Pour ce qu'il en est du générateur de fonction, assurez-vous que ce soit une onde carrée et que ça aille de +10v à -10v avec une fréquence de 100Hz.

Prenez une valeur de $0.15\mu\text{F}$ pour C et 10K pour R.

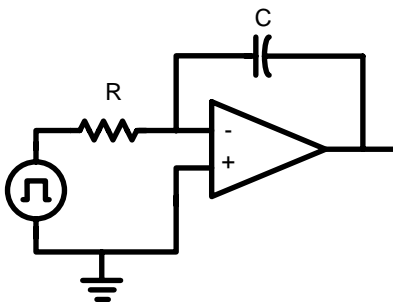


Figure 8. Intégrateur inversé

9. Qu'observez-vous à la sortie de votre intégrateur? Quelles sont les valeurs minimales et maximales de votre signal?
10. Calculez la pente théorique de votre intégrateur : comparez cette valeur avec celle que vous obtenez expérimentalement.

Considérez maintenant le “Schmitt trigger” de la figure 9.

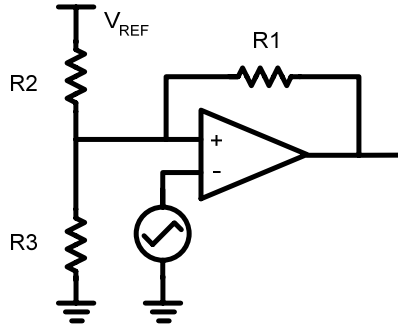


Figure 9. Schmitt Trigger

11. Trouvez une fonction de la tension au nœud V_+ en termes de V_{REF} , R_1 , R_2 , R_3 et V_{OUT}
12. Si V_{REF} est connecte a 15v et R_1 , R_2 et R_3 ont tous une valeur de 2K, quelle sera la tension V_+ si V_{OUT} était -15v?
13. Sous les même conditions, quelle sera la tension V_+ si V_{OUT} était +15v?

Connectez maintenant une onde triangulaire de -10 a +10v a une vitesse de 100Hz a l'entrée négative.

Observez le signal a l'entrée et celle a la sortie en même temps sur l'oscilloscope.

14. Lorsque le signal a l'entrée MONTE, à quelle tension doit-elle se rendre pour que le signal à la sortie change?
15. Lorsque le signal a l'entrée DESCEND, à quelle tension doit-elle se rendre pour que le signal à la sortie change?

c) Le générateur de PWM

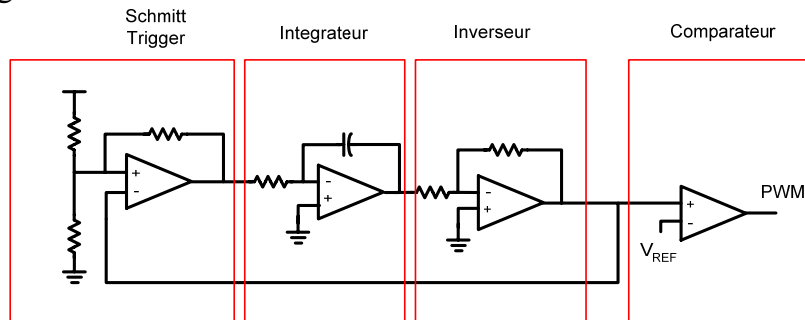


Figure 10. Générateur de PWM

Le design est compose de 4 parties : un « schmitt trigger », un intégrateur, un inverseur et un comparateur. Pour comprendre son fonctionnement, on commence en faisant semblant que le sortie du schmitt trigger est +VCC. Avec une tension de +VCC à l'entrée, l'intégrateur va « intégrer » ce signal. On sait que l'intégrale d'un échelon est une rampe. On sait aussi que notre intégrateur est « inverse » et donc, il intègre vers le bas.

A la sortie de l'intégrateur on a un amplificateur-inverseur qui ne fait qu'inverser la polarité de l'intégrateur et ce signal retourne au schmitt trigger.

On sait que la sortie de l'intégrateur est une rampe descendante et donc, c'est une tension qui descend. L'inverseur, lui, aura une tension qui monte. On voit que la sortie de l'inverseur est connectée à l'entrée négative du schmitt trigger. Si cette tension augmentait assez, la sortie du schmitt trigger tombera à $-VCC$. Quand la tension est à $-VCC$, la sortie de l'intégrateur sera une rampe qui monte. L'inverseur sera une rampe qui descend. Quand la sortie de l'inverseur est assez faible, ca va faire en sorte que le schmitt trigger change sa sortie à $+VCC$.

Jusqu'à présent, on n'a pas parlé du comparateur. Le travail du comparateur sera de comparer la sortie de l'inverseur avec une tension donnée. On sait que la sortie de l'inverseur est une onde triangulaire. Si la tension de référence était placée au milieu de la plage de tension, on obtiendrait une onde carrée avec un rapport cyclique de 50% (l'onde carrée sera à $+VCC$ aussi longtemps qu'elle sera à $-VCC$). En changeant la tension de référence, on peut changer le rapport cyclique.

Ce long texte peut être résumé dans le diagramme suivant :

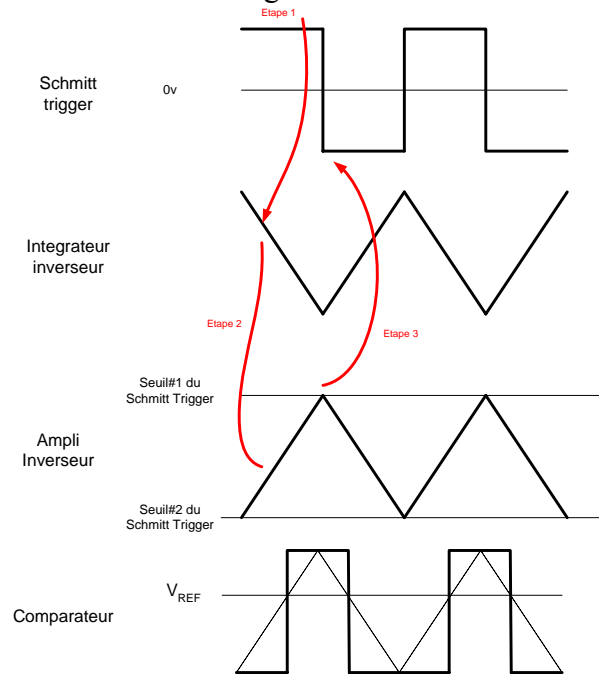


Figure 11. Diagramme temporel du générateur de PWM

Allez vous procurer 4 LM741 et faites le montage de la Figure 10. Choisissez les valeurs comme vous voulez en autant que le système génère des ondes carrées avec des rapports cycliques qui varient avec la valeur de V_{REF} . Pour ceux qui ont peur d'expérimenter, vous pouvez essayer 2K pour les R du Schmitt trigger, $R=10K$ et $C=0.15\mu F$ pour l'intégrateur et 10K pour les deux résistances de l'inverseur.

Pour apprécier l'utilité du générateur de PWM, vous allez vous en servir pour contrôler la vitesse d'un moteur DC. Un des problèmes avec le LM741 est qu'il n'est pas toujours capable de fournir le courant requis pour commander un moteur. Son courant maximal est limité à 25mA. Pour commander des moteurs qui sont moindrement gros, il faudrait faire passer ce signal par un transistor de puissance qui peut fournir un gros courant. Pour nos besoins, nous allons utiliser un petit moteur qui demande pas plus de 100mA alors nous pouvons utiliser un transistor typique (par exemple, le BS107A a un courant maximal de 250mA). Faites la connexion suivante :

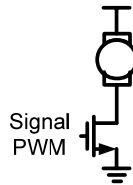


Figure 12. Circuit pour contrôler un moteur

16. Montrez que ca fonctionne.

4. Rapport

Répondez aux questions qui ont été posées tout au long du document de laboratoire. Ajoutez quelques phrases, au besoin, pour justifier vos réponses. Ajoutez une section intitulée « Conclusions » a la fin de votre rapport. Dans cette section, vous devez expliquer le lien entre les différents aspects que nous avons explore dans le laboratoire. Expliquez la raison d'être des expériences qui vous ont été proposes (« On nous a demande d'ajouter X au circuit pour pouvoir augmenter Y puisque ca affecte Z de telle manière»). Dans la même section, je vous demanderais de me faire part de vos commentaires. N'hésitez pas a me faire des reproches : ca ne comptera pas dans la note.

5. Barème

3 Points par question	/45
10 Points pour le PWM	/10
5 Points pour la section « Conclusions »	/5

6. Notes

- Les rapports de laboratoire devraient être moins de 3 pages (si possible).
- Même si elle ne compte que pour 5 points, j'aimerais que vous portiez une attention particulière à la conclusion. Demandez-vous pourquoi le document de laboratoire a été rédigé de cette façon. Demandez-vous pourquoi on vous a demandé de faire certaines mesures et de faire certaines observations.