

Initiation à la

Plate-forme NI d'enseignement de l'électronique

Session de travaux pratiques

Introduction

Aperçu

Ce cours est conçu pour fournir une initiation à la plate-forme National Instruments d'enseignement de l'électronique. La plate-forme NI d'enseignement de l'électronique est une combinaison unique d'outils incluant le logiciel de saisie de schéma et de simulation SPICE, NI Multisim, la plate-forme de conception et de prototypage de circuits NI ELVIS, l'environnement de conception graphique NI LabVIEW et NI Signal Express, logiciel de mesure interactive.

Le contenu de ce cours porte essentiellement sur les fondamentaux de la conception de circuits : saisie de schémas, simulation, prototypage et test. A travers ces exercices, vous vous familiariserez avec l'environnement NI Multisim en plaçant les composants ainsi qu'en simulant les circuits avant le prototypage et le test de votre montage NI ELVIS et NI LabVIEW.

Défis liés à la conception

Les exercices de ce cours sont conçus sous forme de projet. Chaque exercice est une étape du processus de conception. Le projet consiste à concevoir un filtre passe-bande à l'aide d'un amplificateur opérationnel 741.

Dans les exercices, Multisim est utilisé pour saisir le schéma du filtre et en étudier les caractéristiques telles que le gain et la bande passante à l'aide de la simulation. L'environnement de simulation 3D sera aussi étudié notamment pour le prototypage d'un circuit sur une carte de prototypage en 3D. Avec le laboratoire intégré NI ELVIS ou NI ELVIS II (National Instruments Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite), vous pouvez prototyper le circuit et en mesurer les caractéristiques. La dernière étape consistera à comparer le comportement du circuit dans un environnement réel avec les résultats de la simulation effectuée avec NI Multisim. La **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** montre les différentes étapes du processus de conception et les exercices correspondants.

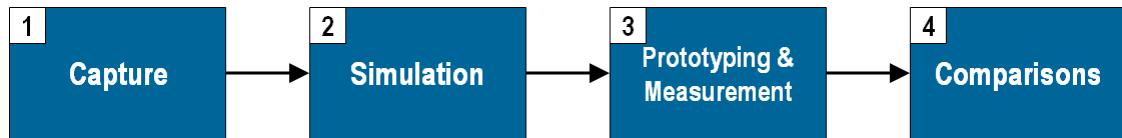


Figure 1. Processus de conception

Pré-requis pour le TP

1. NI Multisim 10.1 ou plus
2. NI ELVIS II et le driver NI ELVISmx 4.0
3. NI LabVIEW SignalExpress
4. NI LabVIEW 8.5.1 ou plus

Section 1 : saisie de schémas

NI Multisim

L'interface utilisateur NI Multisim est composée d'éléments standards illustrés dans la figure ci-dessous.

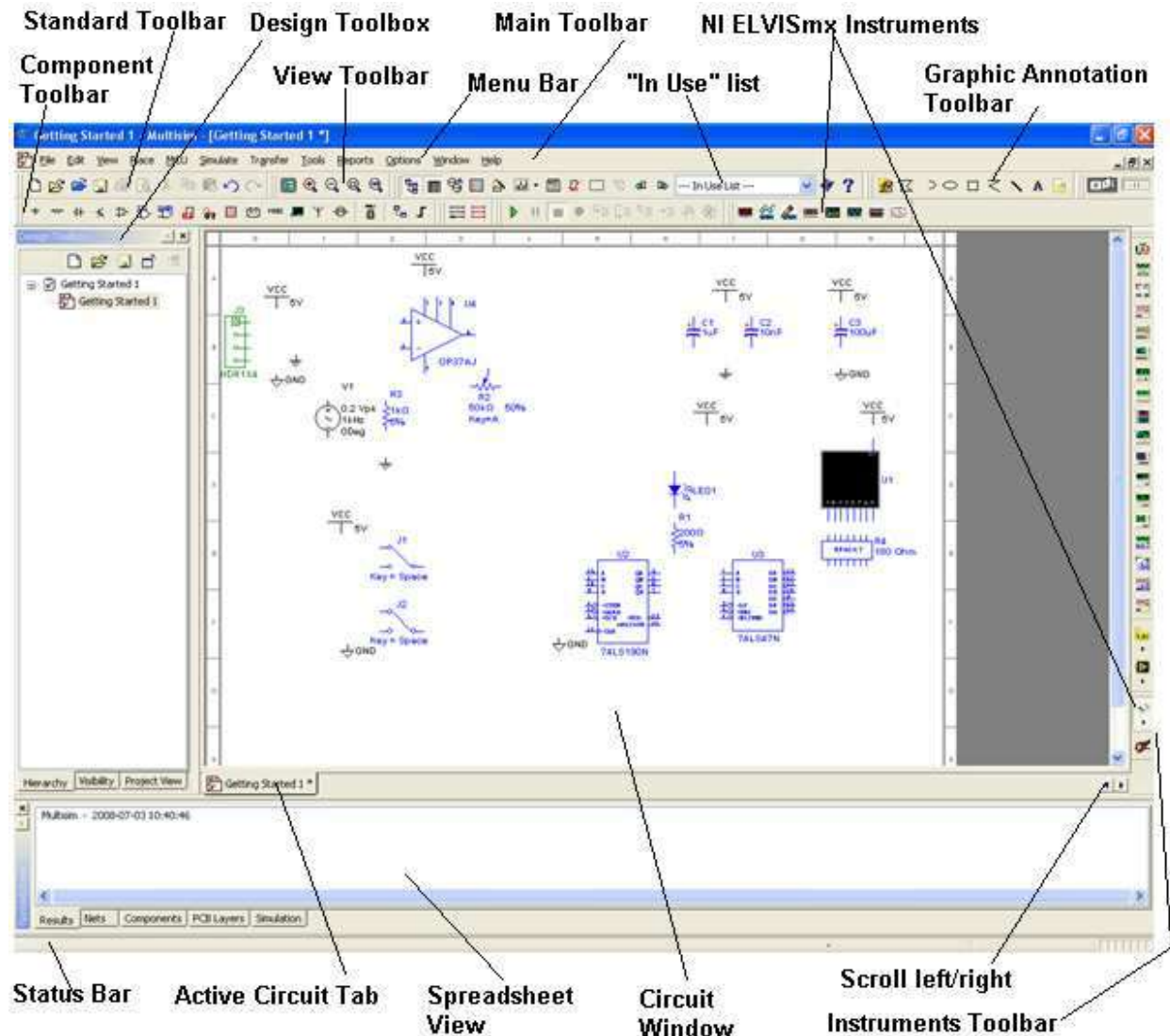


Figure 2. L'environnement de simulation NI Multisim

Design Toolbox

Utilisez la **Design Toolbox** (boîte à outils de conception) pour gérer les différents éléments du schéma. A l'aide de l'onglet **Visibility** situé en bas de la *toolbox*, vous pouvez sélectionner le calque que vous souhaitez rendre visible sur la feuille de travail. L'onglet **Hierarchy** contient une arborescence indiquant les dépendances des différents fichiers ouverts. L'onglet **Project** indique des informations concernant le projet en cours. Vous pouvez ajouter de nouveaux fichiers au projet en cours, gérer et accéder aux fichiers ou archiver des circuits.

Spreadsheet View

Avec la **Spreadsheet View**, vous pouvez facilement visualiser et éditer les paramètres de votre montage à savoir les détails concernant le composant comme les empreintes, les informations relatives aux concepteurs, les contraintes de conception, les attributs. Cette vue fournit aussi des informations générales concernant les propriétés de vos objets.

Composants

Les composants de la base de données constituent la base de tout circuit. Tout ce qui peut être placé sur votre schéma peut être considéré comme étant un composant. Multisim définit deux catégories de composants : les composants réels et les composants virtuels. Il est important de comprendre la différence entre ces deux types de composants pour tirer pleinement parti de leurs avantages.

Les composants *réels* peuvent être différenciés des composants virtuels notamment par le fait qu'ils ont une valeur spécifique qui ne peut être modifiée de même qu'une empreinte PCB réelle.

Les composants *virtuels* sont des composants uniquement destinés à la simulation, auxquels vous pouvez attribuer des caractéristiques personnalisées. Par exemple, une résistance virtuelle peut avoir une valeur arbitraire. Les composants virtuels peuvent contribuer à vérifier certaines formules en simulant les circuits avec des composants précis. Les composants virtuels peuvent aussi être des composants idéaux.

Figure .

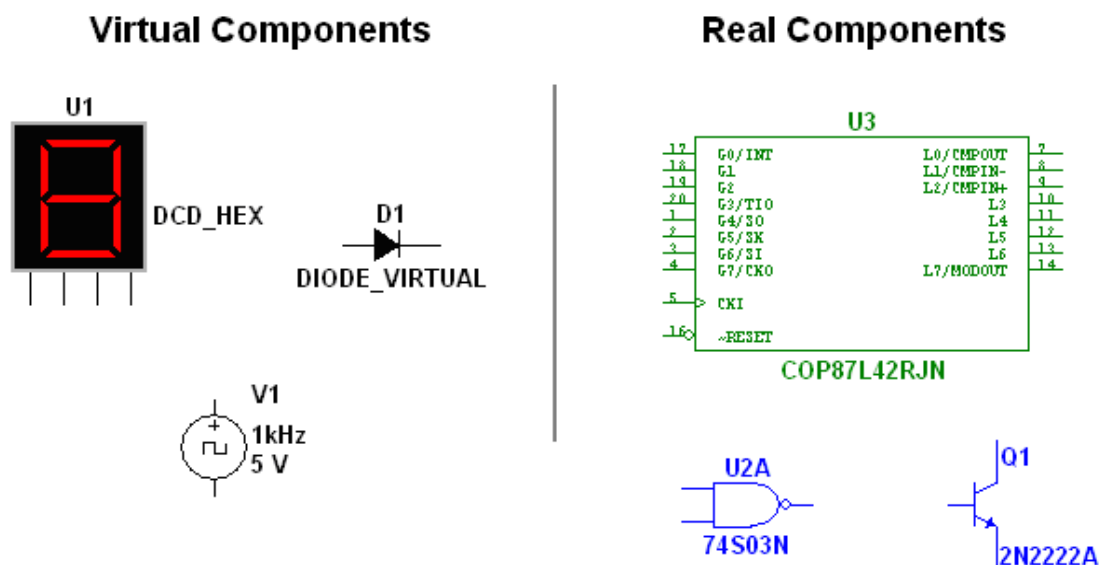


Figure 3. Différents symboles de composants : l'afficheur 7 segments U1, Diode D1, la source de tension V1, la porte NAND U2A, le Microcontrôleur U3, et le Transistor Q1

Barres de menus des composants

Avec la barre de menus des composants de Multisim, vous pouvez rapidement et facilement placer les composants les plus communément utilisés pour créer votre circuit. Il existe plusieurs barres de menus disponibles. La barre de menus des composants donne accès à plusieurs catégories de composants telles que les composants numériques, analogiques ou des composants passifs comme des résistances et des condensateurs. La barre de menus des composants présentée en figure 4 est visible par défaut.



Figure 4. Barre de menus des composants

Multisim fournit aussi une barre de menus pour le **placement direct** de composants tels que des résistances, des condensateurs et des sources de courant. **Les barres de menus de composants basiques ne sont pas affichées par défaut.** Vous pouvez constituer votre propre barre de menus visible en cliquant sur son nom dans le menu **View » Toolbars**. Les **Figure** et **Figure** illustrent les barres de menus que vous pouvez utiliser pour le placement direct de composants.

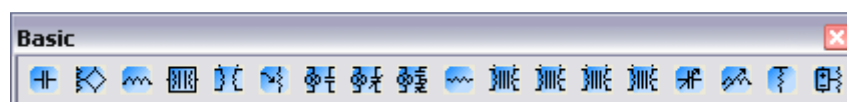


Figure 5. Barre de menus des composants de type *Basic* (placement direct)



Figure 6. Barre de menus des composants *Power Source* (placement direct)

Depuis Multisim 10.1, les instruments NI ELVIS sont accessibles à partir de la barre d'instruments NI ELVISmx. Ces instruments NI ELVISmx permettent à l'utilisateur d'intégrer des instruments virtuels dans le schéma et d'accéder à leur face-avant.



Figure 7. Barre d'instruments NI ELVISmx

Navigateur de composants

Utilisez le navigateur de composants pour sélectionner les composants d'un circuit. Pour accéder au navigateur de composants, cliquez sur n'importe quelle icône dans la barre de menus des composants ou sélectionnez *Place/Component*. Double-cliquez sur le composant désiré et placez-le sur le schéma. Une image du composant est attachée au pointeur de la souris tant que vous n'avez pas cliqué à nouveau sur le bouton de gauche de votre souris pour le placer. La **Figure** illustre le navigateur de composants.

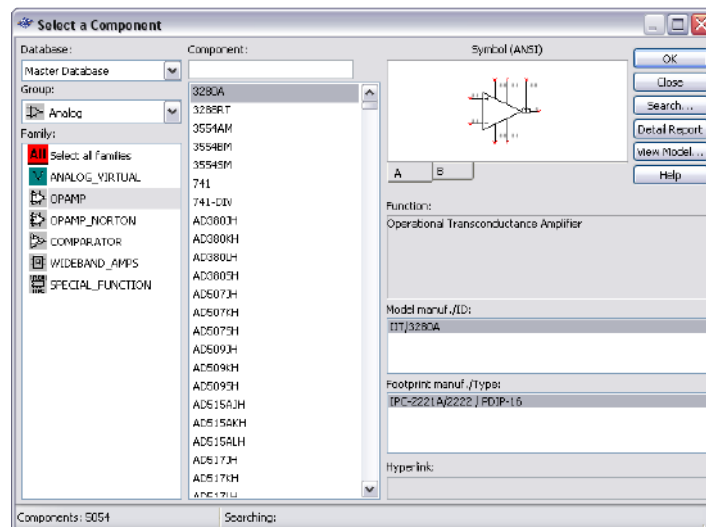


Figure 8. Navigateur de composants (Component Browser)

Pour effectuer une recherche dans cette vue, tapez simplement le nom du composant désiré et l'éditeur affiche automatiquement les résultats correspondants. En option, pour une recherche détaillée, cliquez sur le bouton de recherche *Search*.

L'éditeur de composants indique la bibliothèque de composants dans laquelle les composants sont stockés. Multisim organise les composants par groupes et famille. Il indique aussi le symbole associé, une description du composant dans le champ *Function*, le model associé de même que l'empreinte en fonction du constructeur.

Vous pouvez utiliser le caractère '*' pour obtenir tous les résultats possibles proches de votre recherche. Par exemple, "LM*7AD" retourne les résultats "LM101AD" et "LM108AD," ainsi que de nombreux autres.

Câblage

Multisim garantit un fonctionnement non modal : l'action effectuée par le curseur de la souris dépend de l'emplacement du curseur. Il n'est pas nécessaire de sélectionner un outil ou un mode lorsque l'on travaille avec Multisim. Le curseur change en fonction de l'objet sur lequel il se trouve. La Figure 11 décrit les différentes icônes affichées par le curseur de la souris.

Si le curseur se trouve sur une broche ou un terminal d'un composant, vous pouvez facilement câbler ce composant par un clic gauche. Lorsque le curseur se trouve sur un câble existant proche d'une broche ou d'un terminal, vous pouvez facilement continuer le câblage. Autre possibilité, vous pouvez effectuer un clic gauche sur le terminal pour commencer le câblage, puis effectuer une nouvelle fois un clic gauche sur le terminal de destination pour le terminer.

Lorsque vous placez un fil, Multisim lui attribue automatiquement une référence numérique. La valeur de cette référence (*net*) est initialisée à 1 et s'incrémente de façon séquentielle. Les fils reliés à la masse portent toujours la référence 0. Il s'agit d'une contrainte des simulateurs de type SPICE. Pour modifier la valeur de la référence ou lui attribuer un nom, double cliquez simplement sur le fil (**Figure 12**) et saisissez la valeur dans le champ *Net name*. Cochez la case *Show*, si vous souhaitez visualiser la référence sur votre schéma.

Cursor	Mode
	Place or Move Part Select Menu Item or Icon
	Place Wire
	Rewire / Move Wires

Figure 9. Curseurs de la souris non modaux

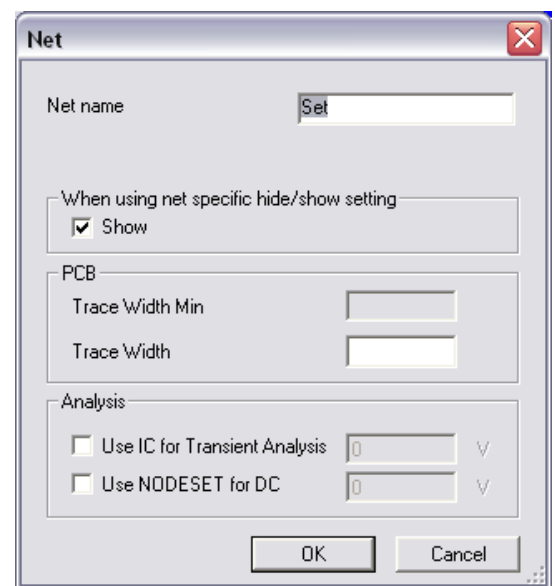
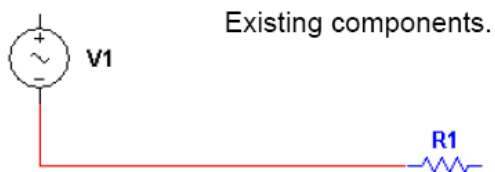


Figure 10. Renommer les fils

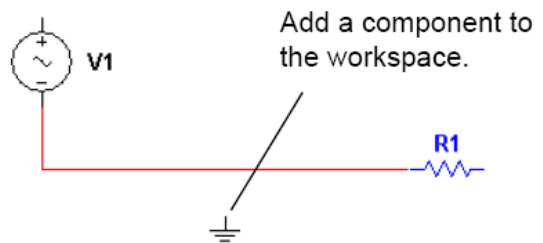
Câblage automatique par broches de composants

Multisim permet également de connecter automatiquement des broches de composants aux fils et des composants entre eux. Pour connecter automatiquement des composants à des broches ou des nœuds existants, placez simplement le composant de façon à ce que ses broches touchent un fil existant ou la broche d'un autre composant.

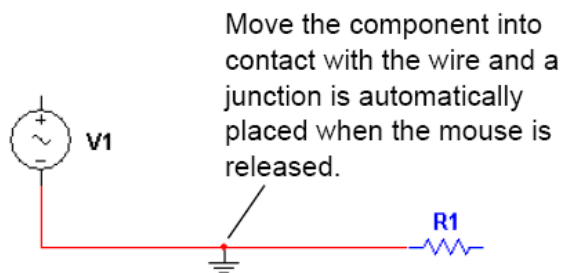
Step 1



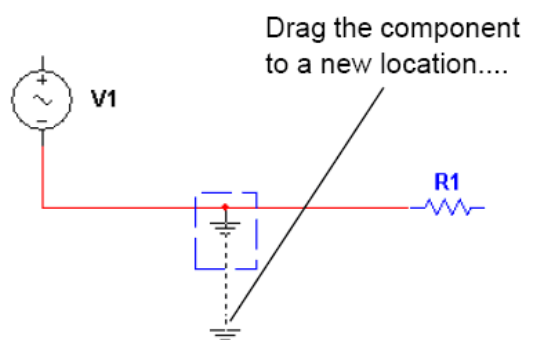
Step 2



Step 3



Step 4 (Optional)



Step 5

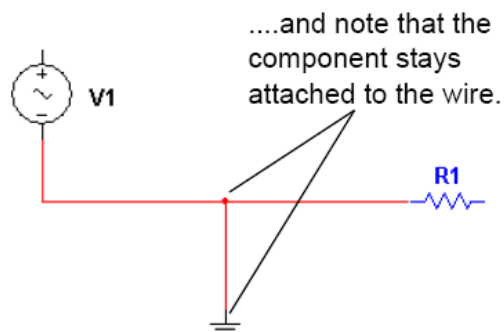
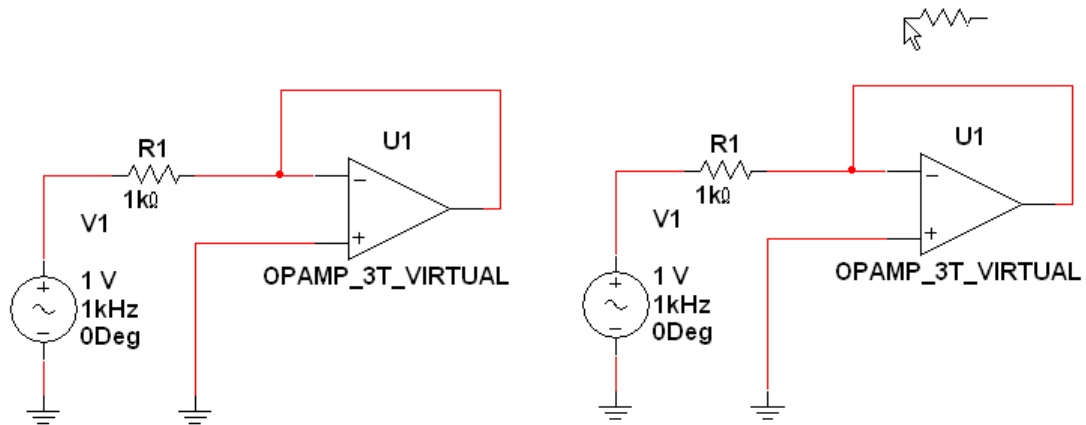


Figure 11. Câblage automatique par broches de composants

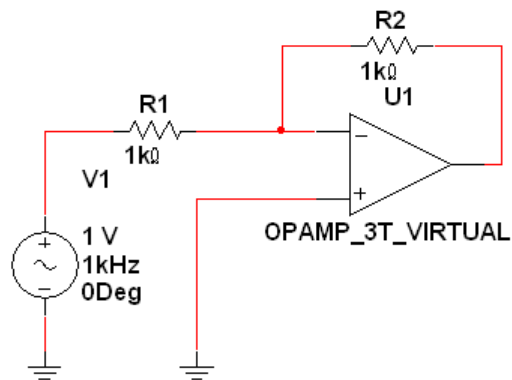
Connexion automatique

Multisim permet de placer des composants directement sur un fil existant. Pour placer automatiquement le composant sur le fil sans créer de court-circuit, placez-le directement sur le fil existant (Figure 14).



Step 1 - Ready for placement

Step 2 - Place the component in-line with a wire



Step 3 - The component is automatically wired

Figure 12. Connexion automatique

Exercice 1 : saisie de schémas

Objectifs

Concevoir un filtre passe-bande à l'aide d'un amplificateur opérationnel op-amp 741. Cet exercice a été conçu pour présenter le navigateur de composants aux utilisateurs. À la fin de cet exercice, vous serez capable de lancer le navigateur de composants, de chercher, de placer et de connecter vos composants sur un circuit de base avec NI Multisim.

Conception

Le schéma complet du filtre passe-bande à concevoir est illustré Figure E1-1. Cet exercice vous apprend à saisir ce schéma sous Multisim.

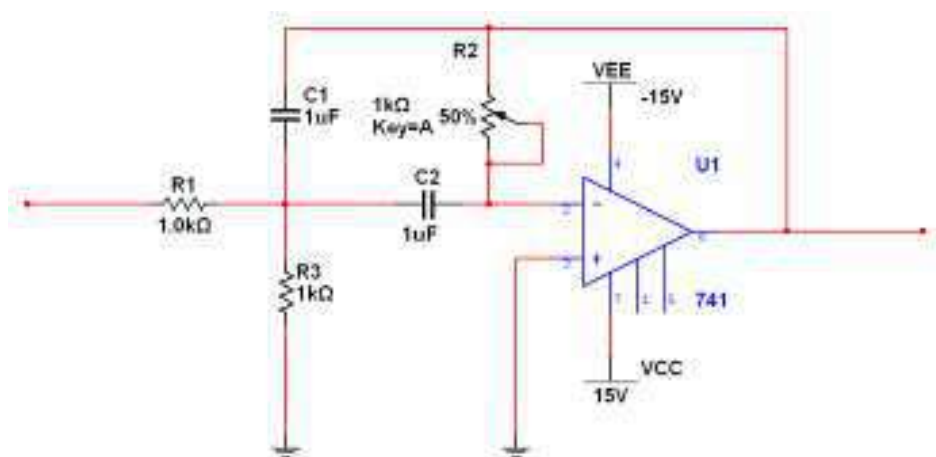


Figure E1-1. Montage complet du filtre passe-bande

Procédure

A. Saisie

La première étape consiste à sélectionner et à placer les composants du circuit.

1. Identifiez et placez le composant 741 op-amp.
 - a. Cliquez sur *Place » Component* dans le menu principal *Main menu*.
 - b. À partir du navigateur de composants, *Component Browser*, cliquez sur l'onglet **Search** pour effectuer une recherche.
 - c. Saisissez « 741 » dans le champ **Component** et cliquez sur **Search**.

Multisim exécutera ensuite la recherche et listera tous les composants intitulés 741. Vous pouvez aussi utiliser des astérisques (« * ») pour étendre votre recherche. Par exemple, une recherche dont l'intitulé serait « *741 » retournerait les diodes Zener SML4741, de même que les amplificateurs opérationnels 741op-amp.

- d. Validez votre choix en cliquant sur **OK**. Notez que le navigateur de composants présenté en Figure E1-2 affiche maintenant l'emplacement exact du 741 (*Analog Group, OPAMP Family*).

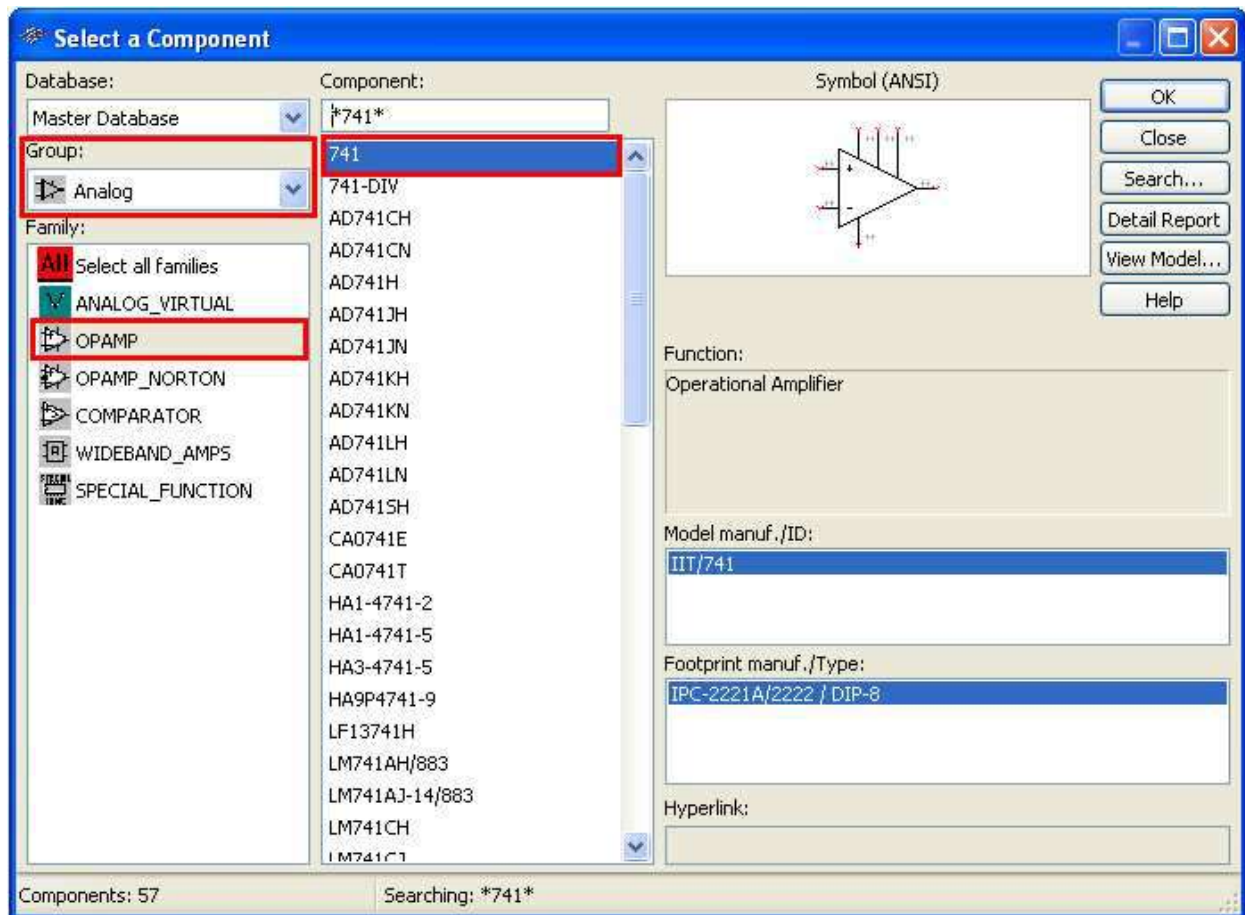


Figure E1-2. Navigateur de composants (*Component Browser*)

- e. Cliquez à nouveau sur **OK**. Une image du composant est maintenant attachée au pointeur de la souris. Cliquez n'importe où dans l'espace de travail pour valider votre placement.
 - f. Cliquez sur **CLOSE** au sein de le navigateur de composants pour le fermer.
 - g. Effectuez un clic droit sur le 741 et choisissez **Flip Vertically** pour avoir l'entrée négative (V-) positionnée vers le haut.
2. Placez les composants passifs en utilisant la barre de menus des composants de type **Basic** en utilisant la Figure E1-3. Pour rendre la barre de menus des composants de type *Basic* visible, cliquez sur **View » Toolbars » Basic**.



Figure E1-3. Barre de menus des composants de type *Basic* (placement direct)

- a. Placez les résistances R1 et R2, les condensateurs C1 et C2, et le potentiomètre R2 en cliquant une fois sur l'icône correspondante de la barre de menus des composants de type *Basic*. Cliquez à nouveau sur l'espace de travail. Vous pouvez tourner les composants de 90° en utilisant le raccourci clavier **Ctrl-R** lorsque l'image du composant est attachée au pointeur de la souris.

Si vous n'êtes pas satisfait de l'emplacement dans lequel vous avez placé un composant, vous pouvez simplement faire un clic droit et déplacer le composant vers un nouvel emplacement. Multisim rétablira automatiquement les câblages initiaux.

Placez VCC, VEE et GND en utilisant la barre de composants **Power Sources** illustrée Figure E1-4.



Figure E1-4. Barre de menus des composants **Power Source** (placement direct)

- Sélectionnez **View » Toolbars » Basic** pour voir la barre de menus des composants **Power Source Components Toolbar**.
- Cliquez sur le bouton **VCC** et placez le composant sur le schéma.



- Cliquez sur le bouton **VEE** et placez le composant sur le schéma.



- Cliquez sur le bouton **GND** et placez le composant sur le schéma.



- Double-cliquez sur **VCC** et remplacez sa valeur par **15** dans le champ **Value**.
- Double-cliquez sur **VEE** et remplacez sa valeur par **-15** dans le champ **Value**.

Votre espace de travail devrait maintenant correspondre au schéma de la Figure E1-5.

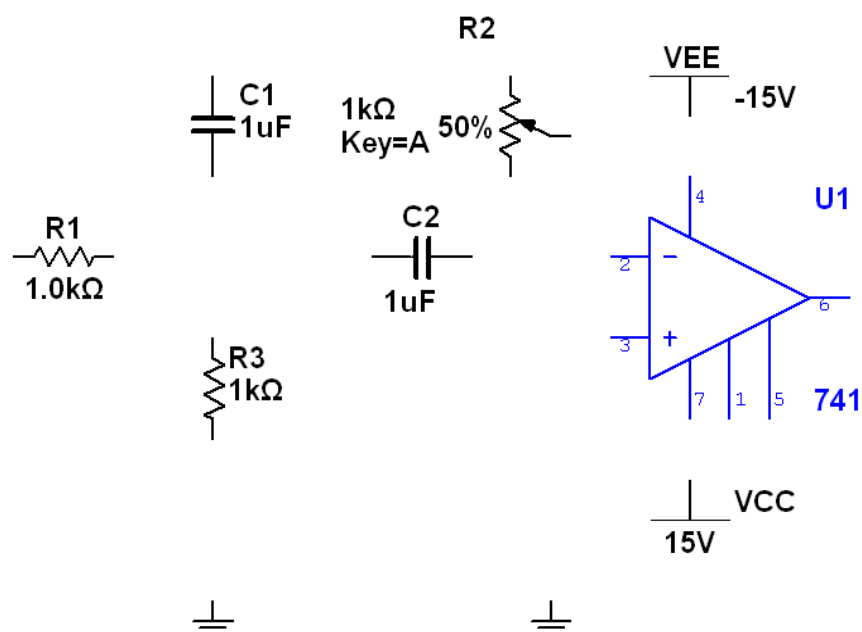


Figure E1-5. Barre de menus des composants **Power Source** (placement direct)

B. Câblage

La seconde étape de cet exercice consiste à câbler les composants sélectionnés précédemment dans la section A. Pour créer un fil, il vous suffit de cliquer sur le point de départ du fil puis de cliquer une seconde fois sur le second point à câbler. Multisim établit automatiquement la connexion entre les deux terminaux.

1. Connectez l'**entrée** du circuit.
 - a. Double-cliquez dans l'espace de travail pour créer une connexion.
 - b. Cliquez sur l'entrée de la résistance R1 pour finaliser le câblage.
 - c. Effectuez un clic droit sur le fil et sélectionnez **Properties**. Dans le champ **Net name**, saisissez « **entrée** ».
2. Connectez la **sortie** du circuit.
 - a. Double-cliquez dans l'espace de travail pour créer une connexion.
 - b. Cliquez sur la sortie de l'amplificateur U1 pour finaliser le câblage.
 - c. Effectuez un clic droit sur le fil et sélectionnez **Properties**. Dans le champ **Net name**, saisissez « **sortie** ».
3. Complétez le câblage en cliquant sur les terminaux de départ et de destination de vos fils. Le résultat devrait correspondre à la Figure E1-6.

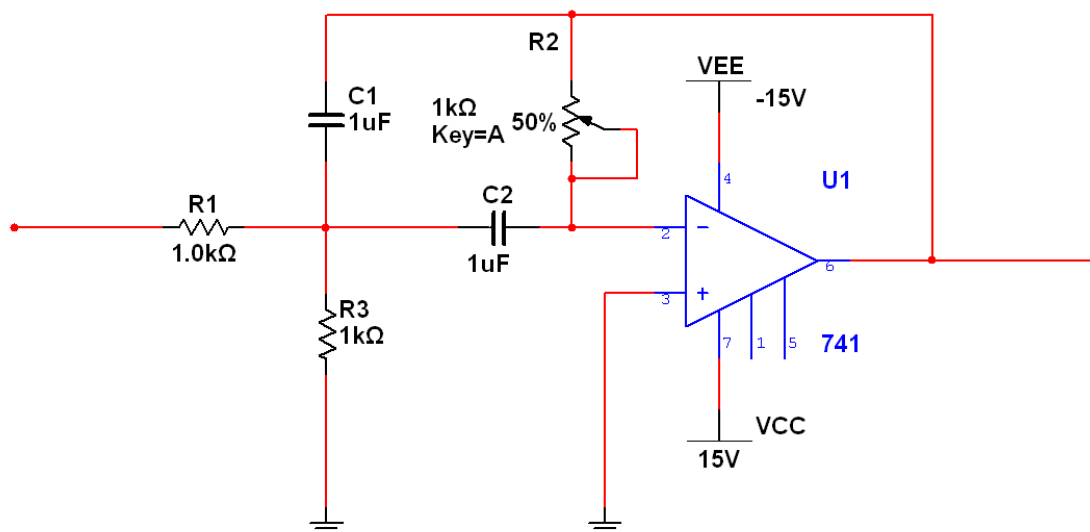


Figure E1-6. Montage complet d'un filtre passe-bande

- Fin de l'exercice -

Section 2 : simulation de circuits

Aperçu

Un bon montage faisant suite à un bon schéma, il vous est possible de faire un bon montage à l'aide de la simulation. Avec Multisim, vous pouvez intégrer des instruments virtuels développés avec LabVIEW sur vos schémas. Multisim fournit aussi de puissantes capacités de simulation et des fonctionnalités qui facilitent grandement le processus de simulation des circuits.

Simuler un circuit permet de réduire les erreurs de montage et le nombre de prototypes. Lorsque vous simulez un circuit, vous réduisez significativement le cycle de conception.

En plus de l'utilisation d'un moteur de simulation SPICE (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis), Multisim inclut un simulateur XSPICE, permettant une simulation rapide et la simulation de composants numériques.

L'approche de la simulation avec Multisim

La simulation avec Multisim est conçue sur la base du standard industriel du domaine, SPICE. La simulation SPICE utilise des algorithmes complexes qui ont fait leur preuve pour converger avec précision sur une solution mathématique en ce qui concerne le fonctionnement d'un circuit.

Avec Multisim, vous pouvez tirer avantage de la simulation SPICE sans avoir de besoin de connaissances précises dans le domaine. Vous pouvez rapidement et de façon interactive, simuler des circuits basiques à l'aide d'instruments intégrés, ou simuler des applications plus complexes.

Multisim intègre la version 3F5 du moteur d'exécution SPICE et XSPICE comme principal moteur de simulation personnalisée avec une optimisation des performances de simulation et pour améliorer la convergence.

Barre de menus de simulation

La barre de menus de simulation est le moyen le plus simple de débiter une simulation interactive avec Multisim. Elle contient les boutons permettant de débiter, d'arrêter et de mettre en pause une simulation. Lorsque vous possédez le module NI Multisim MCU, vous pouvez aussi utiliser cette barre de menus pour effectuer des fonctions de débogage en mode pas-à-pas et insérer des points d'arrêt. La **Figure 2** illustre la barre de menus de simulation.



Figure 2. Barre de menus de simulation

Instruments virtuels

Multisim fournit plus de 25 instruments virtuels pour mesurer le comportement des circuits. Ces instruments, comme les oscilloscopes, générateurs de fonctions ou multimètres, fonctionnent à l'image de leurs correspondants réels. Ils ont un aspect identique à celui des instruments sur table des laboratoires ce qui facilite la transition de la simulation au monde réel et vice-versa. Chaque instrument virtuel est associé à trois vues. L'icône identifie l'instrument une fois placé sur le circuit. A travers la face-avant, les utilisateurs peuvent paramétrer l'instrument et visualiser les données. L'utilisation d'instruments virtuels est le meilleur moyen d'étudier le comportement d'un circuit et de visualiser les résultats. L'annexe A liste les différents instruments virtuels disponibles.

Avec Multisim, vous pouvez intégrer des instruments virtuels développés sous LabVIEW. Ces instruments vous permettent de personnaliser et d'étendre les capacités de simulation de NI et ne

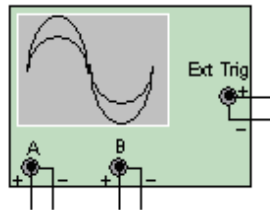
L'oscilloscope

L'oscilloscope à deux voies défini par défaut sous NI Multisim affiche l'amplitude et la fréquence d'un signal électrique variable. Il fournit un graphe composé d'un ou deux signaux en fonction du temps et permet la comparaison d'un signal par rapport à l'autre.

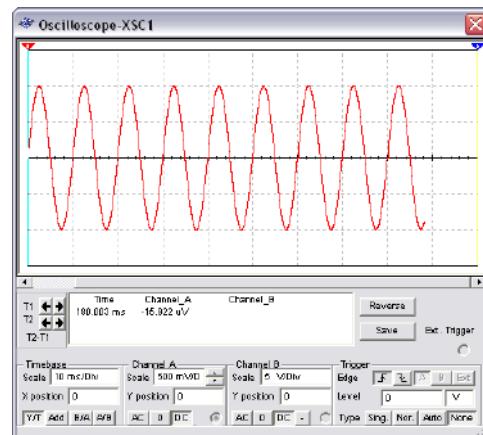
**Icône de la
barre de
menus**



Symbole du montage



Face-avant de l'instrument



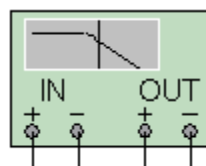
L'analyseur de Bode (gain/phase)

L'analyseur de Bode, qui affiche la représentation de la réponse en fréquence d'un circuit, est principalement utile pour l'analyse des filtres. Vous pouvez utiliser cet instrument pour mesurer le gain ou la phase d'un signal. Rattaché à un circuit, il vous permet de faire une analyse spectrale.

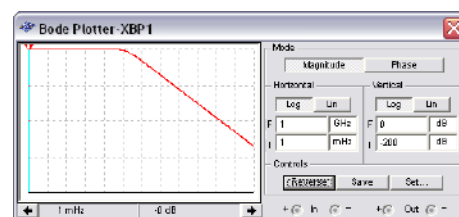
**Icône de la
barre de
menus**



Symbole du montage



Face-avant de l'instrument



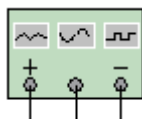
Générateur de fonctions

Le générateur de fonctions est une source de tension qui fournit des signaux sinusoïdaux, triangulaires ou carrés. Il offre un moyen agréable et réaliste de simuler une excitation ou le signal d'entrée d'un circuit. Vous pouvez modifier le type de signal ou changer la fréquence du signal généré, son amplitude, son rapport cyclique ou ajouter une composante continue. La gamme de fréquence est assez importante pour reproduire des signaux usuels de même que des signaux audio ou RF.

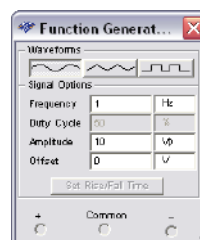
**Icône de la
barre de
menus**



Symbole du montage



Face-avant de l'instrument



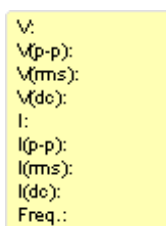
Sondes de mesures

La sonde de mesures est un moyen rapide et facile de mesurer ponctuellement une tension, un courant, une fréquence à différents points du circuit. En cliquant sur l'icône de la sonde, le curseur de la souris est changé en sonde. En faisant passer la souris au-dessus de n'importe quel nœud du circuit au cours de la simulation, les différentes valeurs en ce point du circuit sont affichées. Optionnellement, cliquer sur le fil avant ou pendant la simulation vous permettra de placer différentes sondes de façon à observer plusieurs nœuds.

**Icône de la
barre de menu**



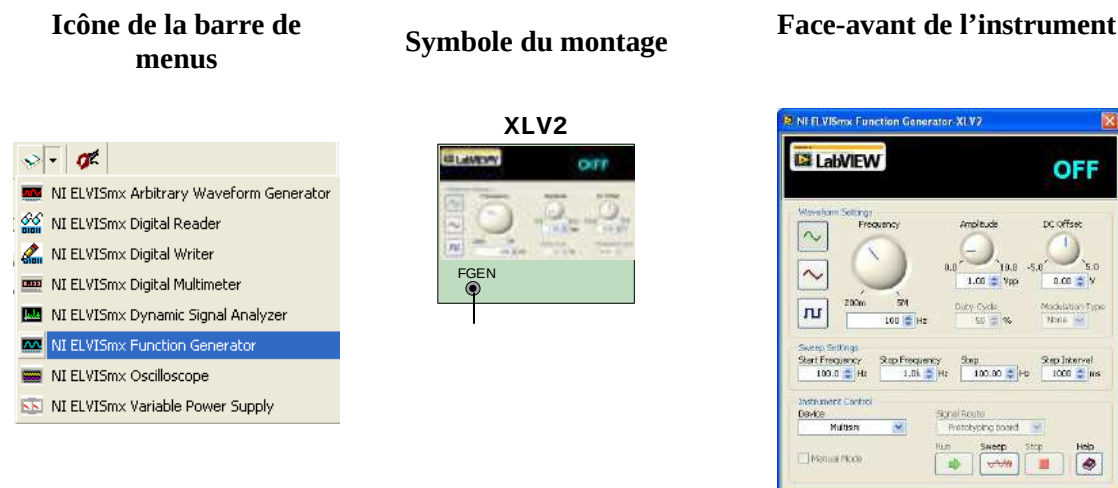
Symbole du montage



Instruments NI ELVIS II

A partir de la barre de menus d'instruments présentée en Figure 16, il vous est possible de choisir des instruments NI ELVIS II à partir du sous-menu *NI ELVISmx Instruments*.

Ces instruments NI ELVISmx permettent à l'utilisateur d'avoir accès à ces instruments virtuels et à leur face-avant.



Analyses

Aperçu

Multisim offre de nombreuses fonctions d'analyse. Chaque fonction d'analyse fait appel à la simulation pour générer les données nécessaires au type d'analyse désiré. Ces fonctions d'analyse vont des fonctions élémentaires aux fonctions extrêmement complexes et nécessitent d'être effectuées séparément. Pour configurer et débiter une analyse, sélectionnez **Simulate » Analyses** et choisissez l'analyse désirée. La **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** liste toutes les fonctions d'analyse disponibles avec NI Multisim. Ces fonctions d'analyse sont toutes décrites dans l'annexe A. Pour chacune d'entre elles, il est possible de définir les paramètres d'analyse de façon à indiquer à Multisim comment l'on souhaite exécuter son analyse. Il est aussi possible de créer des analyses personnalisées à l'aide de commandes SPICE.

Pour préparer une analyse, configurez les paramètres spécifiques à l'analyse tels que la gamme en fréquence pour une analyse AC, comme l'indique la Figure 18. Il est aussi recommandé de sélectionner le type de signaux en sorties. Il est important de nommer les différents points du circuit à mesurer de façon à éviter toute confusion dans l'analyse des résultats. Ils sont affichés sur un graphe dans le *Multisim Grapher* et sauvegardés pour du post-traitement avec le *Postprocessor*. Certains résultats sont aussi écrits dans un fichier d'erreur et d'enregistrement accessible ici **Simulate » Simulation Error Log/Audit Trail**.

Exercice 2A : simulation de circuits

Objectifs

Utiliser les outils de simulation interactive pour mesurer le gain, la bande passante et la fréquence centrale d'un filtre passe-bande. Intégrer des modifications de paramètres des composants pendant la simulation pour visualiser l'impact sur le fonctionnement du circuit.

Conception

Cet exercice utilise le générateur de fonctions, l'oscilloscope et l'analyseur de Bode pour mesurer les caractéristiques du filtre passe-bande. Vous pouvez continuer à travailler avec le montage réalisé dans l'exercice 1 ou ouvrir le fichier *Exercise 1– Bandpass Filter (Complete).ms10*. Le montage en Figure E2-1 est celui du circuit à utiliser pour la simulation.

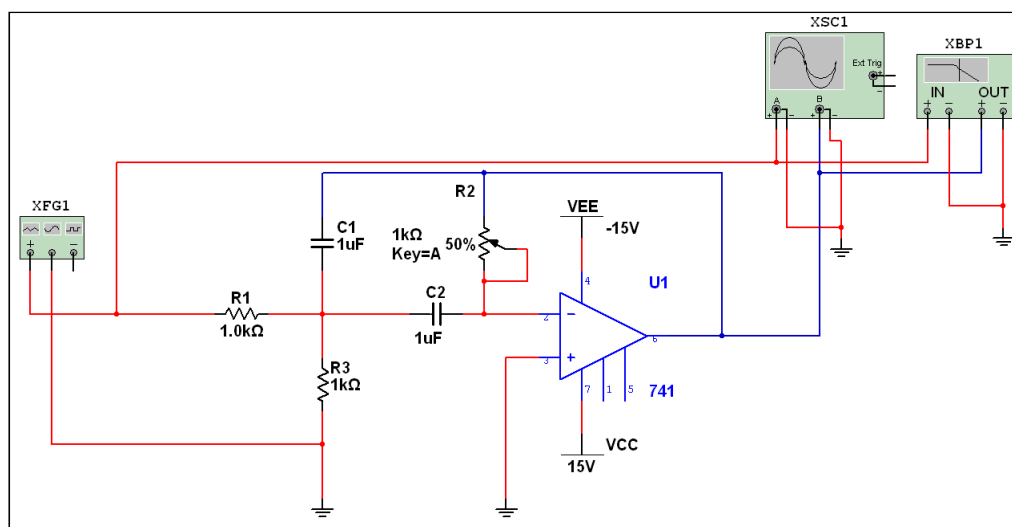


Figure E2-1. Montage pour l'exercice 2A

Procédure

1. Placez et connectez le générateur de fonctions.
 - a. Cliquez dans un premier temps sur le **générateur de fonctions** dans la barre de menus **Instruments**. Le générateur de fonctions est entouré en rouge sur la Figure E2-2. Cliquez à nouveau dans l'espace de travail pour placer l'instrument.
 - b.
 
 - c. Connectez le générateur de fonction (terminal +) à l'entrée du circuit.
 - d. Connectez le terminal central de référence à la masse.

Votre schéma devrait correspondre à la Figure E2-3.

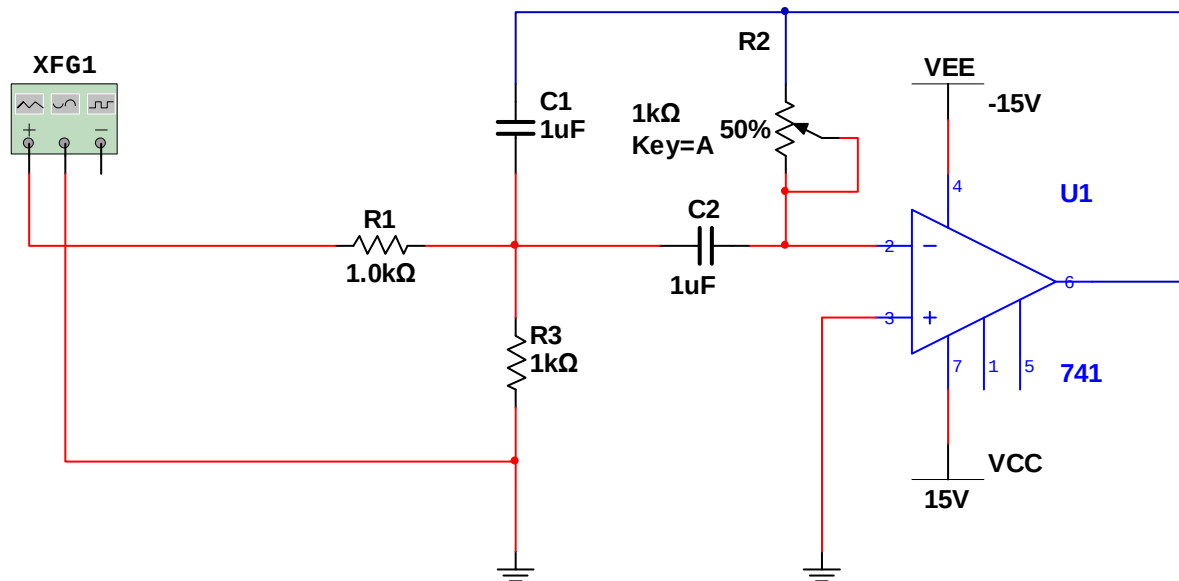


Figure E2-3. Montage avec générateur de fonctions

2. Placez et connectez l'oscilloscope en répétant les étapes 1.a et 1.b.



Figure E2-4. Barre de menus *Instruments* avec oscilloscope

- a. Connectez les entrées (-) des voies A et B à la masse (placez de nouveaux composants **masse** si nécessaire).
- b. Connectez l'entrée (+) de la voie A à l'entrée du circuit.
- c. Connectez l'entrée (+) de la voie B à la sortie du circuit.

Changez ensuite la couleur du câblage en sortie du circuit (voie B). La couleur du signal visualisé au niveau de l'oscilloscope est identique à celle des fils.

- d. Effectuez un clic droit sur le fil rouge en sortie du circuit. Sélectionnez **Segment Color**. Choisissez une couleur bleue dans la fenêtre de dialogue.

Votre montage devrait correspondre à celui de la Figure E2-5.

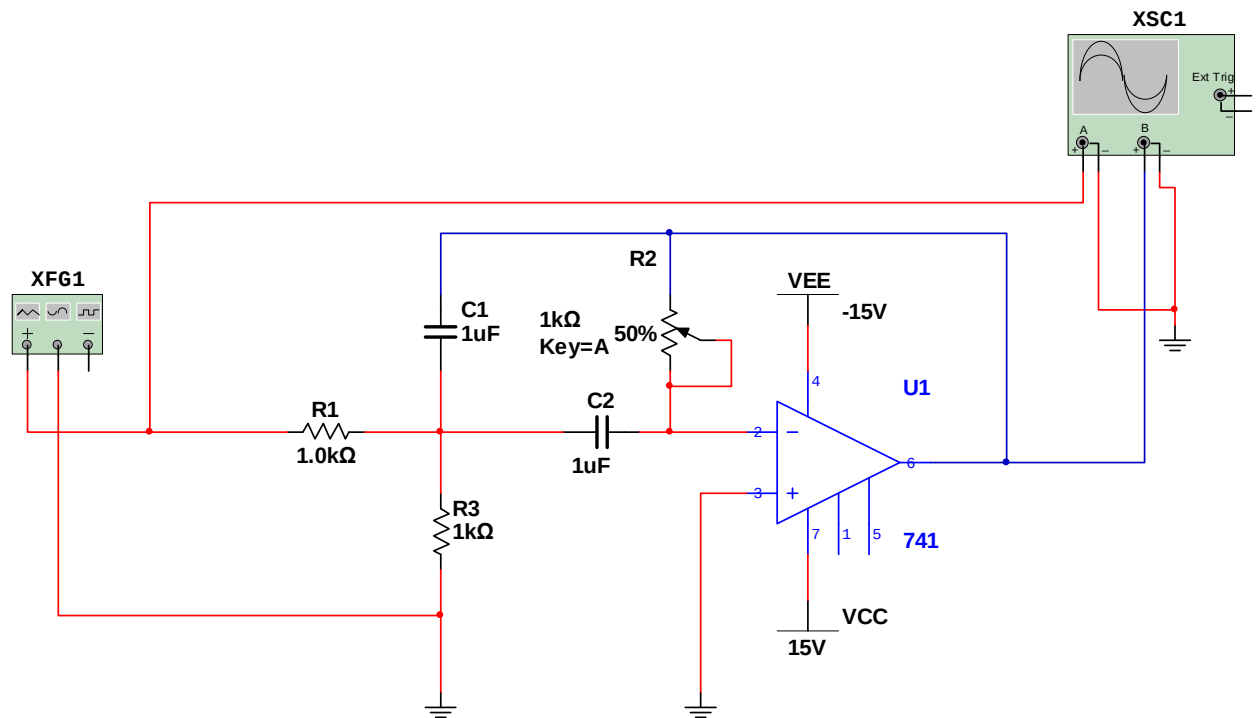


Figure E2-5. **Montage avec oscilloscope?**

3. Placez et connectez l'analyseur de Bode nommé **Analyseur de Bode** comme précédemment.



Figure E2-6. **Barre de menus Instruments avec analyseur de Bode**

- a. Connectez les terminaux IN(-) et OUT(-) à la masse.
- b. Connectez IN(+) à l'entrée du circuit.
- c. Connectez OUT(+) à la sortie du circuit.

Votre montage est maintenant prêt à être simulé. Il devrait correspondre au montage de la Figure E2-7.

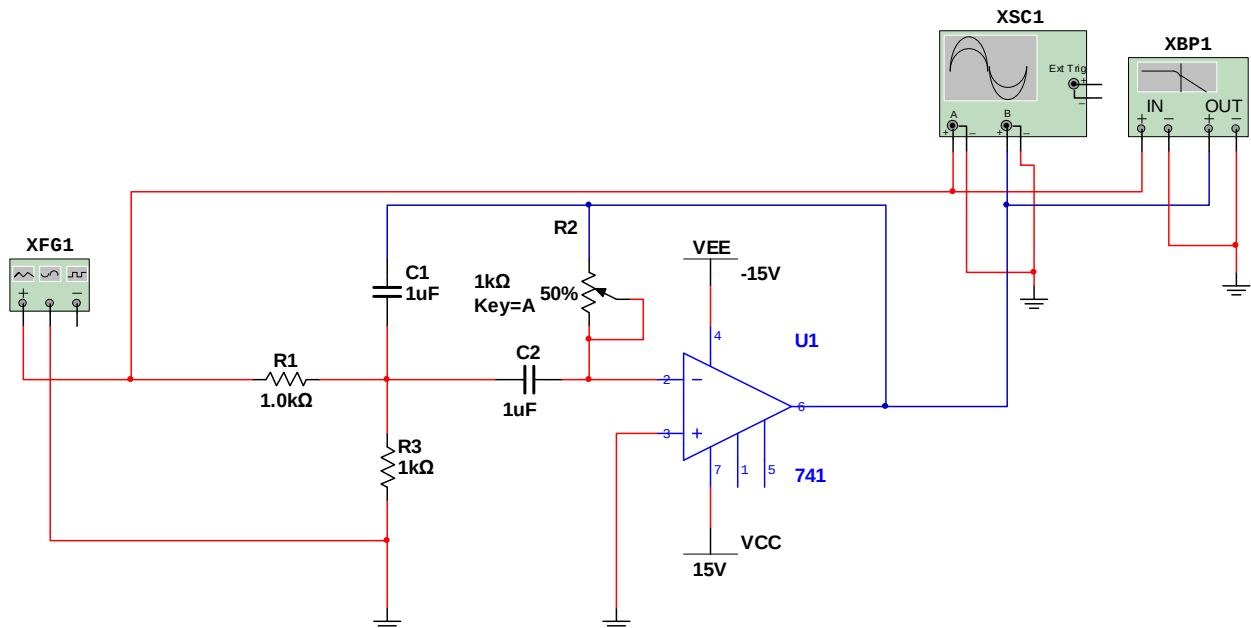


Figure E2-7. Montage complet prêt à être simulé

4. Utilisez le **générateur de fonctions** et l'**oscilloscope** pour simuler le circuit et observer son comportement en transitoire.
 - a. Commencez la simulation en cliquant sur l'onglet **Simulate** de la barre de menus (Figure E2-8).



Figure E2-8. Barre de simulation avec bouton **Simulate**

- b. Double-cliquez sur le **générateur de fonctions** et l'**oscilloscope** pour lancer leurs faces-avant respectives. Cliquez ensuite sur le bouton **Reverse** de l'**oscilloscope** pour modifier le fond d'écran et ainsi faciliter l'observation des résultats.
 - c. Vérifiez que le comportement de votre circuit est conforme au fonctionnement attendu en configurant le **générateur de fonctions** et l'**oscilloscope** comme indiqué en Figures E2-9 et E2-10.

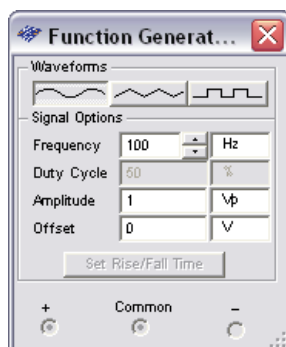


Figure E2-9. Configuration du générateur de fonctions

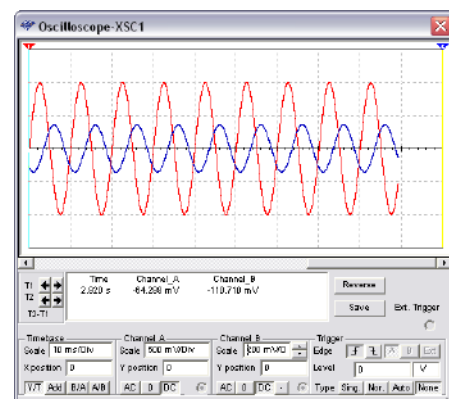


Figure E2-10. Configuration de l'oscilloscope

- d. Pendant la simulation, modifiez les caractéristiques de R2 et observez les résultats : gain et phase. Pour changer la valeur de la résistance R2, faites glisser le pointeur de la souris au-dessus du composant et cliquez pour déplacer le curseur.

- e. Déplacez le curseur à 100 %, ce qui correspond à la valeur maximale de la résistance : 1 k Ω .
5. Utilisez l'**analyseur de Bode** pour mesurer les paramètres fréquentiels du circuit.
 - a. Arrêtez la simulation en cliquant sur le bouton **Stop** de la barre de menus **Simulation**.
 - b. Lancez à nouveau la simulation pour obtenir l'analyse AC permettant d'observer l'impact de la nouvelle valeur de R2 sur le potentiomètre.
 - c. Lancez l'**analyseur de Bode**. Cliquez sur le bouton **Reverse** pour remplacer le fond noir d'affichage des signaux par un fond blanc. La face-avant de votre **analyseur de Bode** devrait être similaire à la Figure E2-11.

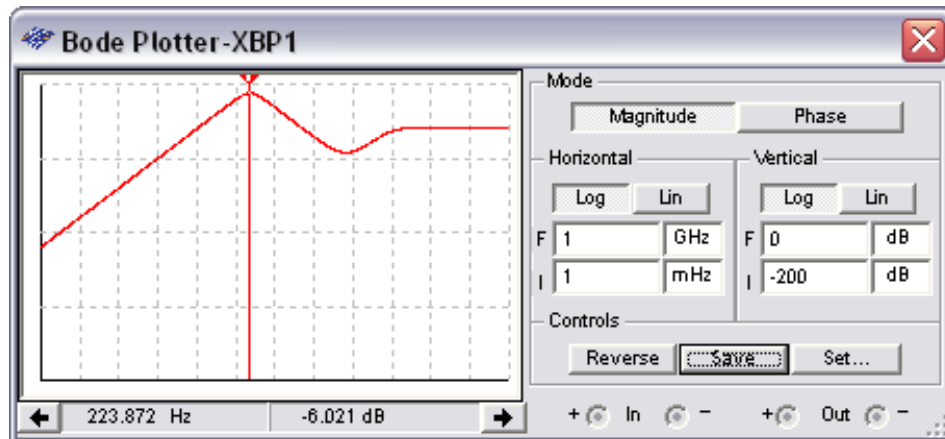


Figure E2-11. Analyseur de Bode montrant une mesure de fréquence centrale

Mesurez maintenant la fréquence centrale et le gain.

- d. Effectuez un clic droit et sélectionnez **Go To Next Y_MAX** =>. Cela positionne le curseur au niveau de la fréquence centrale. Si votre fréquence centrale est différente, vérifiez que le potentiomètre est bien positionné à 100 %, arrêtez et relancez la simulation.

Fréquence centrale attendue : 223,9 Hz
Gain attendu : - 6,0 dB

Mesurez la fréquence et la phase à -3 dB. Dans ce cas, il s'agit de la fréquence et de la phase pour un gain du circuit à -9 dB.

- e. Déplacez le curseur sur la face-avant de l'**analyseur de Bode** pour mesurer les deux points à -3 dB. Vous pouvez aussi faire un clic droit sur le curseur et en fonction de son emplacement, choisir **Set Y_Value** => ou **Set Y_Value** <=. Saisissez -9 comme valeur et appuyez sur **OK**.

Fréquence de coupure basse attendue à -3 dB : 117 Hz
Fréquence de coupure haute à -3 dB : 433 Hz

Vous pouvez sauvegarder les résultats de votre simulation pour pouvoir ensuite les comparer aux résultats mesurés en cliquant sur le bouton **Save** de chaque face-avant.

- Fin de l'exercice -

Exercice 2B : analyses SPICE

Objectif

Mesurer la fréquence de coupure du filtre et analyser les données simulées.

Conception

Nous utiliserons pour cet exercice le même montage que pour les exercices précédents (Figure E2-12)

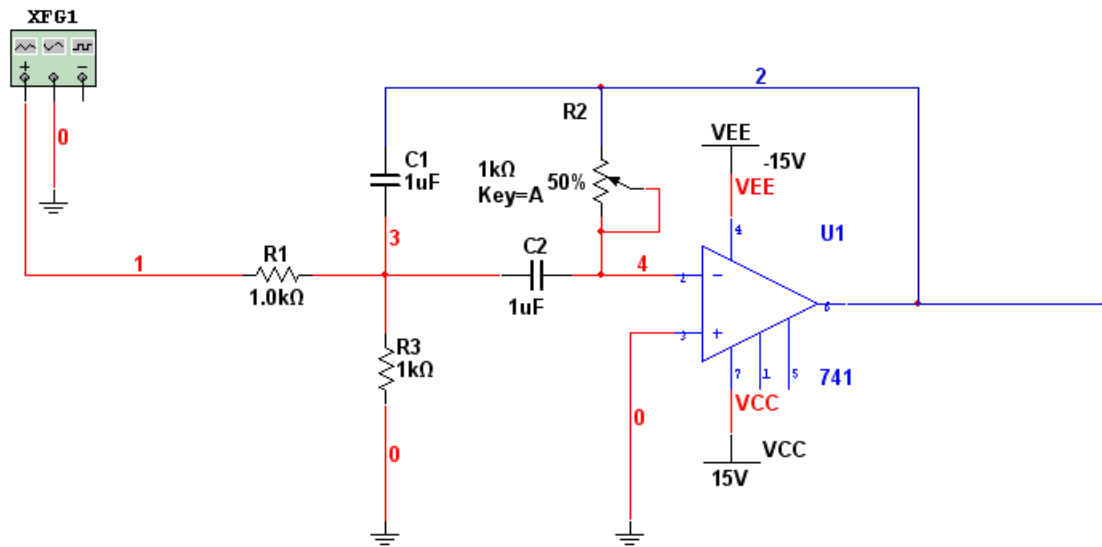


Figure E2-12. Filtre passe-bande

Procédure

1. Sélectionnez **Simulate** » **Analyses**.
2. Choisissez **AC Analysis...**

Vous pouvez ensuite choisir entre :

- o *Frequency Parameters*

Pour paramétrer les fréquences de départ et d'arrêt de la simulation, une gamme de fréquence ou un balayage en fréquence

- o *Output*

Pour sélectionner les nœuds sur lesquels s'effectuera la simulation.

- o *Analysis Options*

Pour sélectionner les paramètres de simulation SPICE comme la tolérance des composants, etc.

- o *Summary*

Pour obtenir un résumé des paramètres sélectionnés.

Sélectionnez l'onglet *Frequency Parameters* et saisissez les valeurs suivantes (Figure E2-13) :

Start Frequency (FSTART): 1 Hz
Stop Frequency (FSTOP): 1 GHz
Sweep Type: Decade
Number of points per decade: 100
Vertical Scale: Decibel

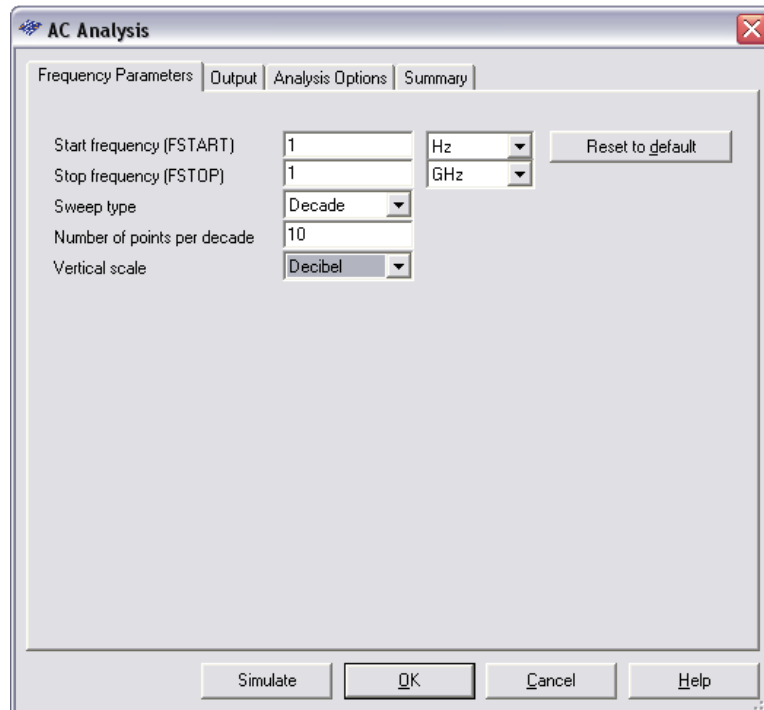


Figure E2-13. Paramètres fréquentiels de l'analyse AC

- Sélectionnez l'onglet *Output* et paramétrez une analyse AC en sortie du filtre (Figure E2-14) : sélectionnez **V(output)**

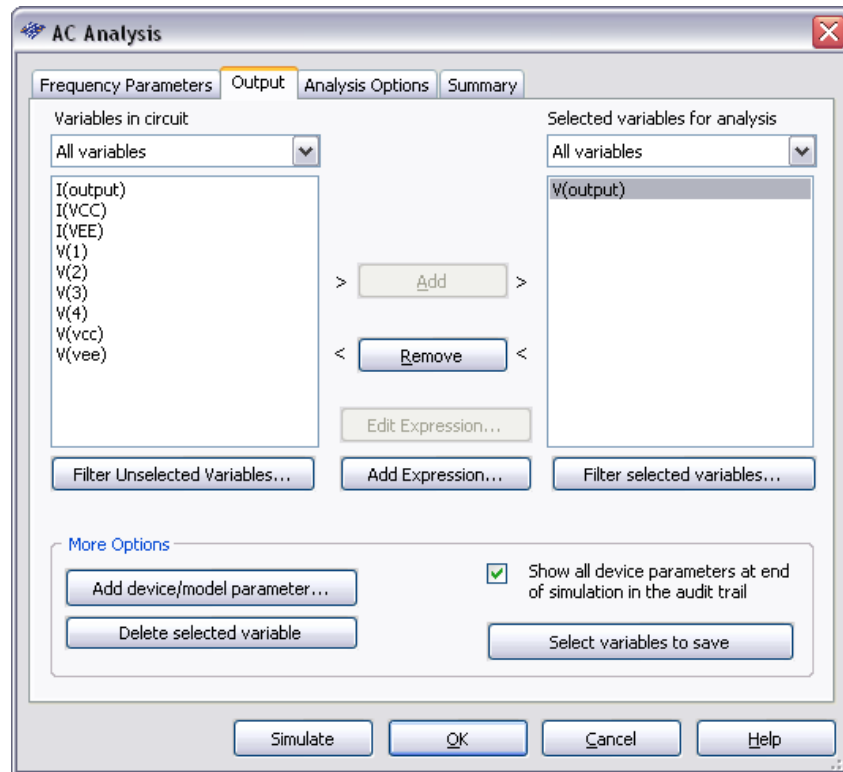


Figure E2-14. Onglet sortie de l'analyse AC

4. Cliquez sur le bouton **Add**. Notez que **V(ouput)** est maintenant dans la catégorie *Selected variable for analysis*.
5. Cliquez sur le bouton **Simulate**.
6. Le graphe d'analyse va s'ouvrir. Si le fond d'affichage du graphe est noir et que vous voulez modifier la couleur, cliquez sur le bouton **Reverse** (Figure E2-15).

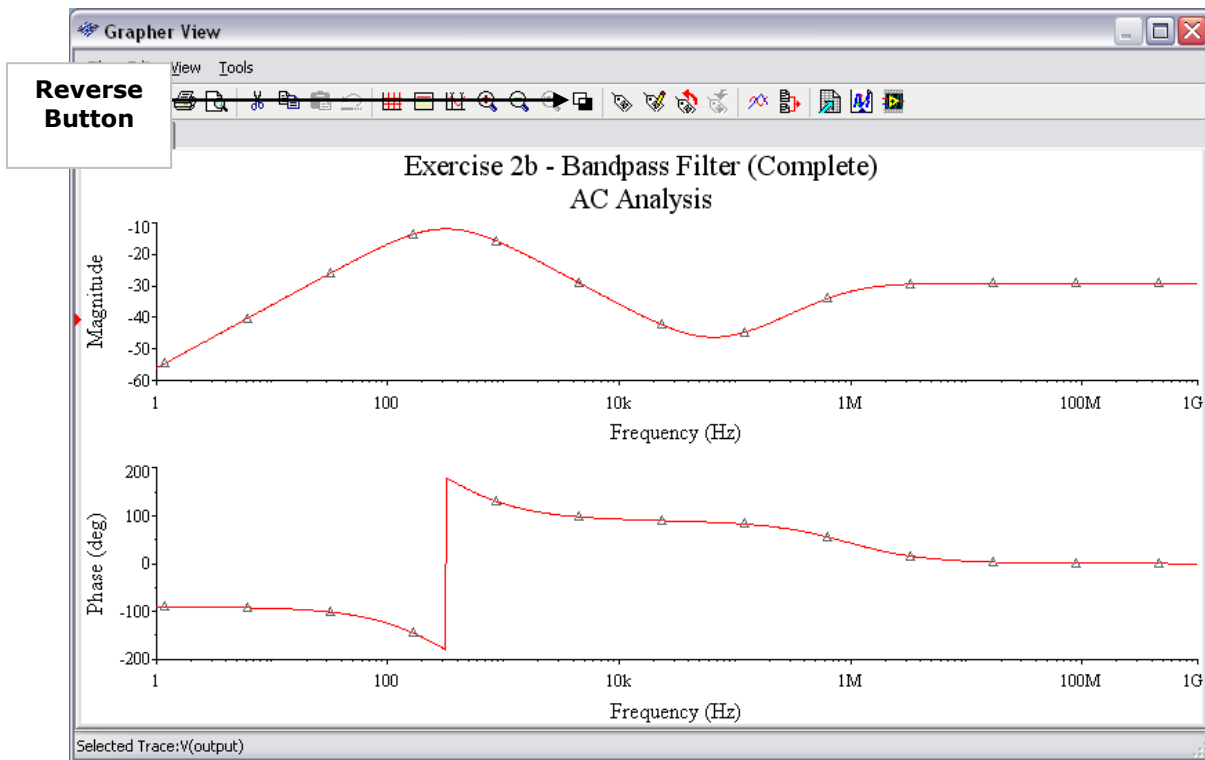


Figure E2-15. Analyse AC du filtre passe-bande

Utilisation d'une sonde de mesures

1. Dans la barre d'instruments, sélectionnez la sonde de mesures comme indiqué Figure E2-16.



Figure E2-16. Barre de menus Instruments avec sonde de mesures

2. La sonde sera ensuite rattachée au pointeur de la souris comme lorsque vous placez un composant. Vous pouvez la placer sur n'importe quelle partie du circuit. (Figure E2-17).

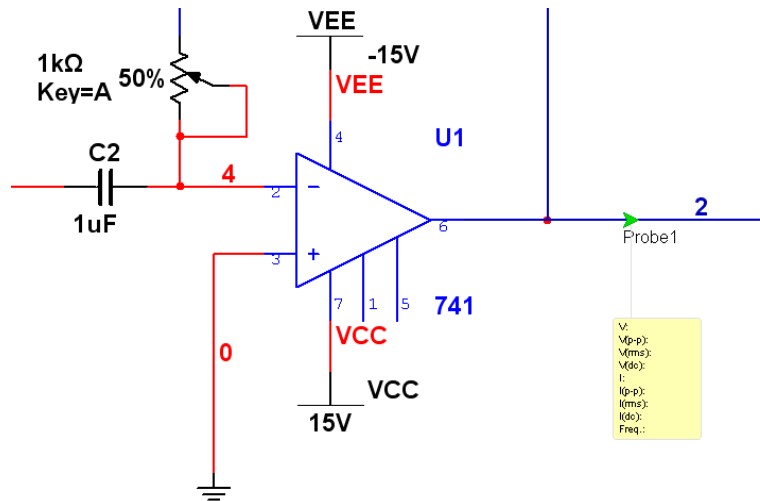


Figure E2-17. Sonde de mesures au niveau de la sortie du filtre passe-bande

3. Cliquez sur le bouton interactif **simulate** or appuyez sur la touche **F5** de votre clavier. Notez qu'en faisant une simulation interactive, vous accédez directement aux valeurs de tension, courant et fréquence du nœud sur lequel se situe la sonde (voir Figure E2-18).

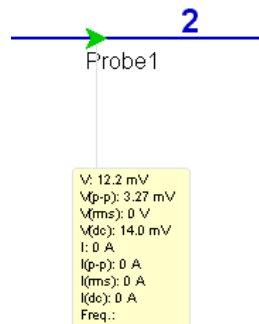


Figure E2-18. Sonde de mesures lors d'une simulation interactive

4. Arrêtez la simulation.
5. Double-cliquez sur votre sonde (Probe 1).
6. Dans la boîte de dialogue **Probe Properties** qui s'ouvre, saisissez « output » dans la fenêtre **RefDes** (Figure E2-19).
7. Cliquez sur le bouton **OK**.

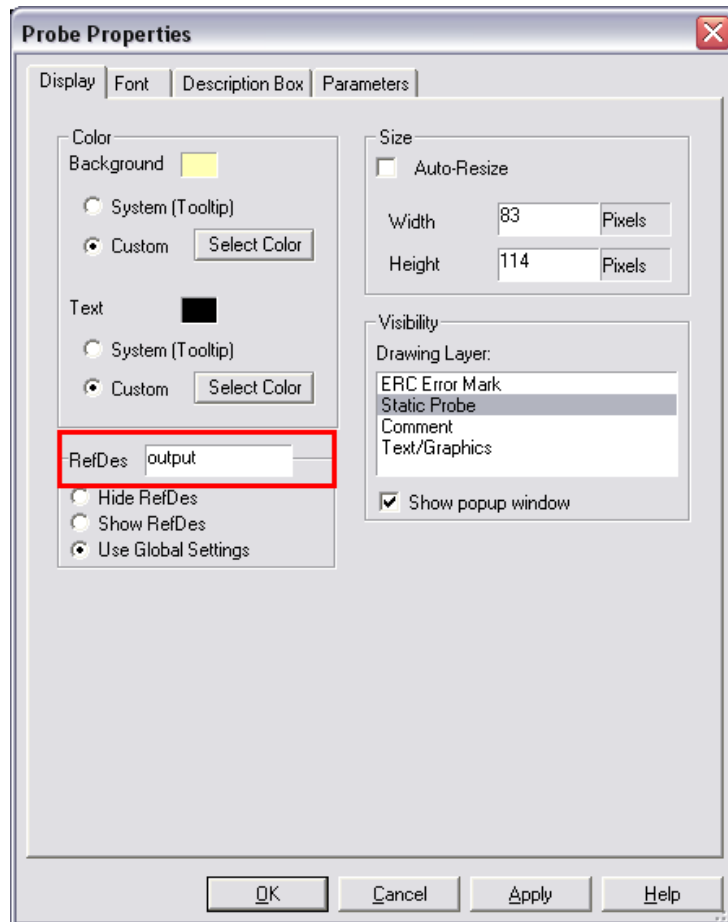


Figure E2-19. Propriétés de la sonde de mesures

8. Sélectionnez à nouveau **Simulate** » **Analyses** » **AC Analysis**.
9. Assurez-vous que les paramètres fréquentiels de la simulation ont bien été configurés
10. Cliquez sur l'onglet **Output**.
11. Sélectionnez **V(output)** et cliquez sur le bouton **Add**.
12. Cliquez sur le bouton **Simulate**. Observez le résultat et vérifiez qu'il correspond aux résultats obtenus précédemment.

- Fin de l'exercice -

Exercice 3 : mesures et comparaisons

Objectif

Comparer les résultats simulés avec des données mesurées pour valider le bon fonctionnement du montage.

Conception

Parce que cet exercice nécessite le paramétrage de NI ELVIS II, suivez l'instructeur.
Refaites une analyse rapide avec un circuit RC aux caractéristiques suivantes :

R : 26,7Kohms

C : 4,7nF

Fc : 1,3KHz

F : 100Hz

Ve : 5V

Sauvegardez les signaux mesurés ? comme précédemment.

Procédure

A. Validation du fonctionnement en mode transitoire

1. Ouvrez la barre de lancement des instruments NI ELVIS II: *NI ELVISmx instrument launcher* (**Start » Programs » National Instruments » NI ELVISmx » NI ELVISmx Instrument Launcher**).
2. Lancez le générateur de fonctions depuis la barre de lancement en cliquant sur l'icône **FGEN**.
3. Vérifiez que le matériel NI ELVIS II est bien dans le menu déroulant **Device**.
4. Imposez une fréquence d'entrée à **100 Hz** et une amplitude à **5 V**. L'une des variations possibles de l'utilisation du générateur de fonctions consiste à passer en contrôle manuel de l'instrument. Pour cela il suffit de cocher la case **Manual Mode**.
5. Lancez la face-avant ?? NI ELVISmx de l'oscilloscope en cliquant sur l'icône **Scope**.
6. Exécutez en cliquant sur **Run** sur le générateur de fonctions et l'oscilloscope.
7. Vérifiez que votre circuit fonctionne conformément aux prévisions simulées.

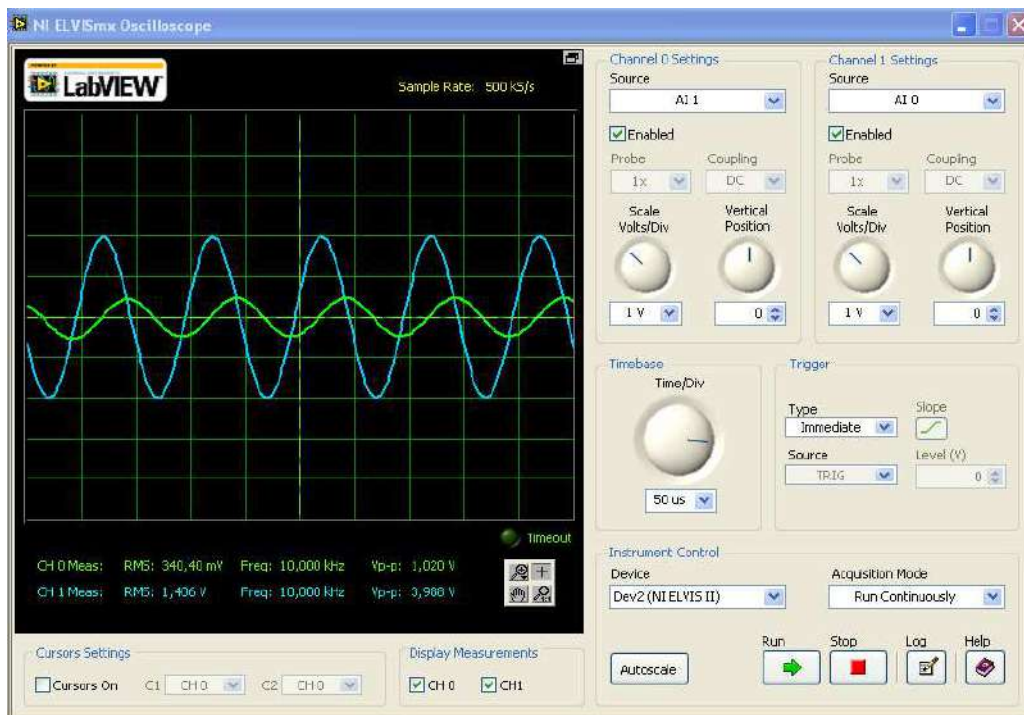


Figure E3-1. Vérification du fonctionnement d'un circuit réel en transitoire

Validation de la fréquence

Utilisez l'analyseur de Bode NI ELVISmx pour vérifier rapidement la réponse en fréquence

1. Quittez le mode manuel du générateur de fonctions s'il est activé.
2. Fermez les faces-avant du générateur de fonctions et de l'oscilloscope.
3. A partir de la barre de lancement NI ELVIS, NI ELVISmx Instrument Launcher, cliquez sur l'icône **NI ELVISmx Bode Analyzer**.

AI0: Signal

AI1: FGEN

4. Effectuez un sweep (balayage en fréquence) **100 Hz to 10 KHz**. Le résultat devrait être similaire à la Figure E3-2.



Figure E3-2. Vérification de la réponse en fréquence d'un circuit réel

Comparaisons

Utilisez LabVIEW SignalExpress pour piloter NI ELVIS II, faire un diagramme de Bode et charger les signaux SPICE précédemment enregistrés en simulation.

1. Ouvrez LabVIEW SignalExpress en cliquant sur **Start » Programs » National Instruments » LabVIEW SignalExpress» LabVIEW SignalExpress x.x**
2. Cliquez sur l'onglet **“+Add Step”**, et sélectionnez **Load/Save Signals»Analog Signals»Load from SPICE** comme indiqué Figure E3-3.

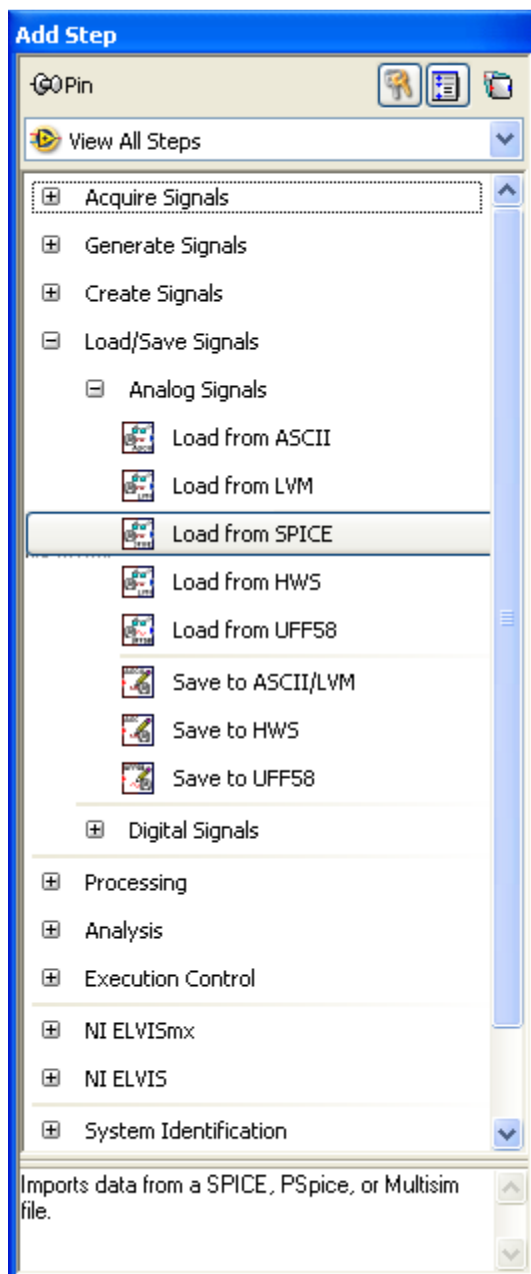


Figure E3-3. Menu *Add Step*

3. Dans le menu de configuration de l'étape, sélectionnez **Multisim** comme type de fichier de simulation : **Simulation file type**.
4. Sélectionnez le fichier d'enregistrement.
5. Cochez les cases pour importer **V(Probe1)** et **20*log(mag(V(Probe1)))**.
6. Sélectionnez **XY Pair – Time** depuis le menu déroulant **Domain**.

7. Depuis le menu déroulant, sélectionnez la tension (Voltage) : V est l'unité de l'axe Y.
8. Depuis le menu déroulant, sélectionnez la plage de temps (Time) : s est l'unité de l'axe X.
9. Ajoutez une étape supplémentaire en sélectionnant **Add Step»NI ELVISmx»Analog»Acquire»NI ELVIS Analyseur de Bode**
10. Utilisez une configuration identique à celle de l'analyseur de Bode dans l'exerce 2. Choisissez 10 pas d'exécution.
11. Dans l'onglet de visualisation des signaux **Data View**, cliquez sur **Gain Data**, situé en dessous de la tâche NI ELVISmx Bode analyzer et faites un glisser-déposer.
12. Répétez cela pour la phase **Phase Data**
13. Cliquez sur **Run Once**. LabVIEW SignalExpress effectue un balayage en fréquence en utilisant NI ELVISmx et collecte 10 points par décade. Les résultats sont ensuite affichés **après** le balayage en fréquence, sur un graphe avec les résultats simulés. Le résultat final est affiché sous une forme identique à ceux de la figure E3-4.

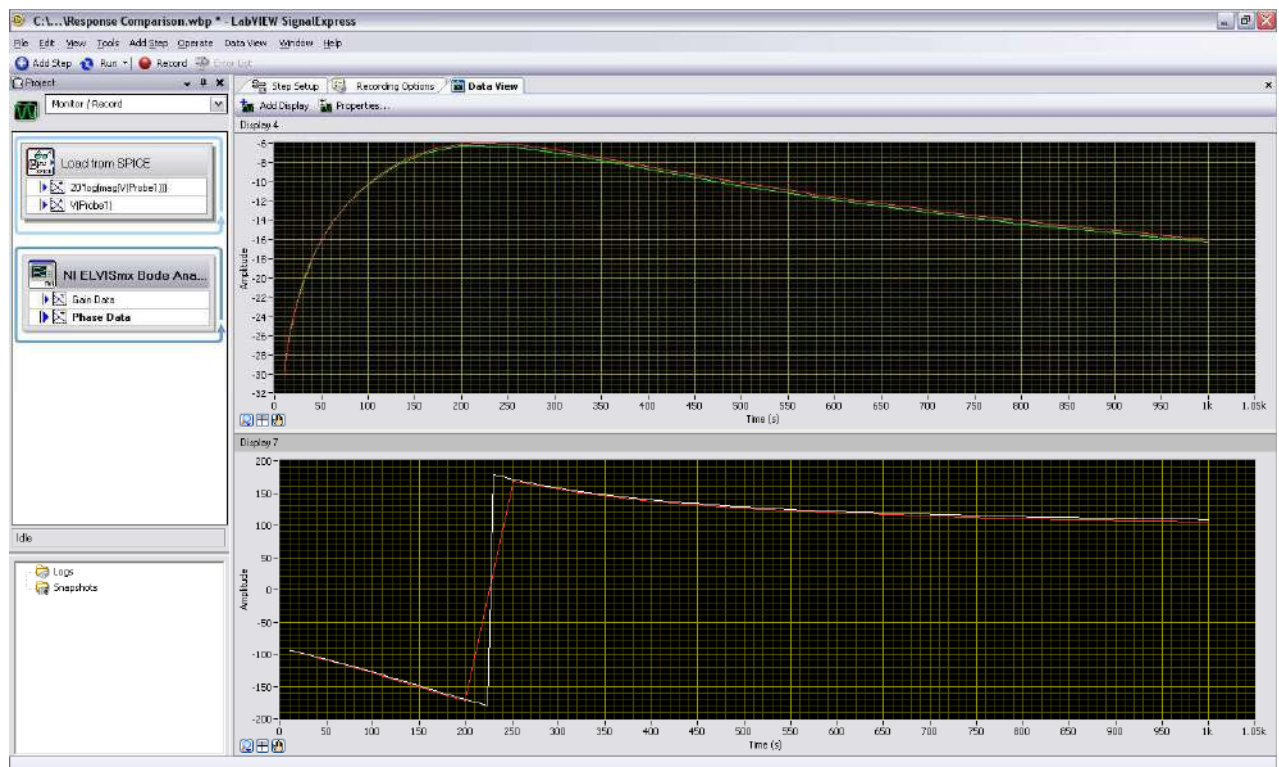


Figure E3-4. Vérification de la réponse en fréquence d'un circuit réel

- Fin de l'exercice -

Appendix A – Instruments and Analyses in Multisim

Multisim Instruments

Instrument	Description
2-Channel Scope	Displays the magnitude and frequency variations of electronic signals.
4-Channel Scope	See above.
Ammeter	Displays instantaneous current through a wire.
Bode Plotter	Produces a graph of a circuit's frequency response and is most useful for analyzing filter circuits.
Current Probe	Converts transient current into voltages for display on the oscilloscope.
Distortion Analyzer	Provides distortion measurements for signals in the range of 20 Hz to 100 kHz, including audio signals.
Frequency Counter	Measures the frequency of a given signal.
Function Generator	Supplies sine, triangular, or square waves.
IV Analyzer	Measures the current-voltage curves of diodes, PNP BJTs, NPN BJTs, PMOS transistors, and NMOS transistors.
Logic Analyzer	Displays the levels of up to 16 digital signals in a circuit. It is used for fast data acquisition of logic states and advanced timing analysis to help design large systems and carry out troubleshooting.
Logic Converter	Perform several transformations of a circuit representation or digital signal to generate circuitry or derive truth tables for digital circuits.
Measurement Probe	Connects to any node in the circuit and reports various metrics such as current, voltage, frequency, and so on.
Multimeter	Measures voltages, currents, resistances, or decibels.
Network Analyzer	Measures the scattering parameters (or S-parameters) of a circuit; commonly used to characterize a circuit intended to operate at higher frequencies.
Spectrum Analyzer	Measures signal amplitude versus frequency.
Voltmeter	Displays the voltage between two points of a circuit.
Wattmeter	Displays the power dissipated by a given circuit branch.
Word Generator	Sends digital words or patterns of bits into circuits to provide stimulus to digital circuits.
Agilent Function Generator	Simulated Agilent 33120A function generator
Agilent Multimeter	Simulated Agilent 34401A multimeter
Agilent Scope	Simulated Agilent 54662D oscilloscope
Tektronix Scope	Simulated Tektronix TDS2024 oscilloscope

Multisim Analyses

Analysis	Description
AC	Used to calculate the frequency response of linear circuits.
Batched	Performs a sequence of arbitrary analyses in order.
DC Operating Point	Determines the DC operating point of a circuit.
DC Sweep	Simulates the circuit many times, sweeping the DC values within a predetermined range.
Distortion	Analyzes signal distortion that may not be evident using transient analysis. Signal distortion is usually the result of gain nonlinearity or phase nonuniformity in a circuit. Multisim simulates harmonic distortion and intermodulation distortion for analog small-signal circuits.
Fourier	Analyzes complex periodic waveforms. It permits any nonsinusoidal period function to be resolved into sine or cosine waves (possibly an infinite number) and a DC component.
Monte Carlo	Helps you explore how changing component properties affects circuit performance. A statistical technique, Monte Carlo Analysis performs DC, AC, or transient analysis and varies the component properties.
Nested Sweep	Performs temperature and parameter sweep analyses in a nested fashion, with a series of sweeps being performed, each is conducted within the constraints of the sweep before it.
Noise	Calculates the noise contribution from each resistor and semiconductor device at the specified output node.
Noise Figure	Specifies exactly how noisy a device is. For a transistor, noise figure (NF) is simply a measure of how much noise the transistor adds to the signal during the amplification process.
Pole Zero	Determines the stability of electronic circuits by calculating the poles and zeros of the circuit's transfer function.
Parameter Sweep	Verifies the operation of a circuit by simulation across a range of values for a component parameter.
Sensitivity	Calculates the change produced in an output voltage or current by changing each parameter independently.
Temperature Sweep	Simulates the circuit several times at defined temperatures.
Trace Width	Calculates the minimum trace width needed in the circuit to handle the RMS current at any trace/wire.
Transfer Function	Calculates the DC small-signal transfer function between an input source and two output nodes (for voltage) or an output variable (for current) in a circuit.
Transient	Computes the circuit's response as a function of time.
User Defined	Allows manually loaded SPICE card or netlists and user-control over actual SPICE commands to be performed.
Worst Case	Explores the worst possible effects of variations in component parameters on the performance of a circuit.