Travaux pratiques d'électronique, première séance

Circuits passifs

S. Orsi, S. De Laere

26 septembre 2011

1 Révision

1. Explorez le protoboard avec le voltmètre. Faites un schéma des connexions.
2. Calibrez vos sondes d'oscilloscope. Pour ce faire, connectez chaque sonde à son canal (1 ou 2). Ensuite, pour chaque sonde, branchez la partie "signal" (grise) sur le point "Probe Comp" et la partie "terre" (noire) sur le point au-dessus indiquant la masse. Vous devriez observer un signal carré bien net. Si ce n'est pas le cas, utilisez un petit tournevis pour ajuster la capacité de votre sonde (sur le connecteur) jusqu'à ce que le signal soit le mieux possible. Répétez pour chaque sonde.
3. Observez un signal DC avec un oscilloscope, en mode AC et DC. Familiarisez-vous avec le niveau du déclencheur (trigger) en mode "auto" et "single".
4. Observez un signal sinusoïdal produit grâce à un générateur de fonctions avec un oscilloscope, en mode AC et DC. Familiarisez-vous avec les échelles x (temps) et y (tension), ainsi que le niveau du déclencheur (trigger) en mode "auto" et "single".
5. Observez un signal carré produit grâce au générateur de fonctions, et diminuez l'échelle de temps jusqu'à ce que vous voyiez la montée du signal.

1.1 Diviseur de tension

Le pont diviseur de tension est l'un des montages électroniques les plus répandus. Ce circuit fournit une tension égale à une fraction connue de la tension d'entrée. Le volume d'un système de son en est un exemple.

1. Faites le montage de la figure 1 (à gauche), avec une tension (0-10 V) et des valeurs de résistances de votre choix (1-10 kΩ).
2. Comparez la tension d'entrée et la tension de sortie avec votre multimètre. Retrouvez la formule indiquée à la figure 1 à partir de la loi d'Ohm, et comparez vos mesures avec votre calcul. Tenez compte des erreurs.
3. Ajoutez une charge à la tension de sortie (figure 1 à droite). Mesurez et calculez la tension sur cette charge.
4. Mesurez le courant en sortie en utilisant l'ampèremètre pour court-circuiter le circuit.
5. Etudiez le modèle de Thévenin et calculez la tension et la résistance de Thévenin équivalentes de ce circuit. Comparez votre calcul avec les mesures de tension du circuit ouvert et le courant en court-circuit.

6. Construisez le circuit équivalent de Thévenin en utilisant l'alimentation DC variable, et vérifiez que vous mesurez les mêmes valeurs pour la tension du circuit ouvert et le courant en court-circuit.
7. Fournissez une onde sinusoïdale de 1 kHz au diviseur de tension de Thévenin, et comparez le signal d'entrée au signal de sortie. Expliquez vos résultats.

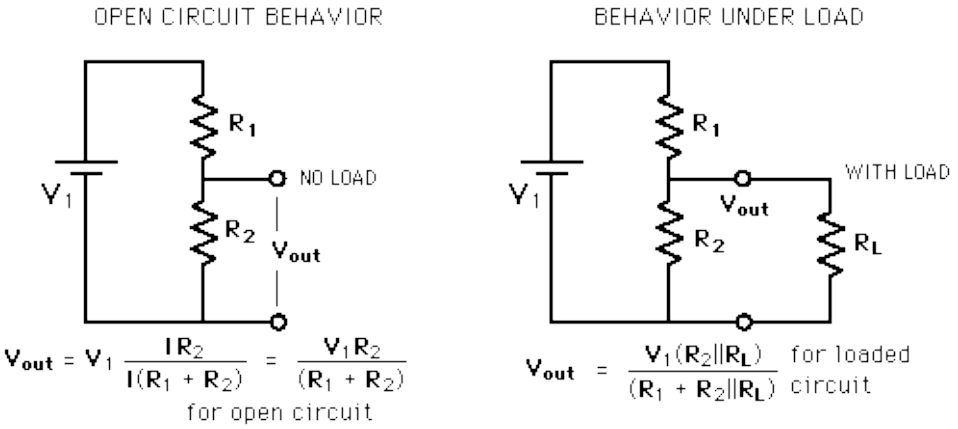

FIGURE 1 – Diviseur de tension, circuit ouvert et circuit avec charge.

2 Pont de Wheatstone

Un pont de Wheatstone est un instrument de mesure utilisé pour mesurer une résistance de valeur inconnue en équilibrant les 2 branches d'un circuit en pont. Dans le circuit de la figure 2, R_x représente la résistance inconnue à déterminer, R_1, R_2, R_3 sont de valeur connue, R_2 est variable (dans notre cas nous changerons ce composant du circuit). Si le rapport des résistances dans la branche $\frac{R_2}{R_1}$ est égal à celui de la branche $\frac{R_x}{R_3}$, alors la tension traversant R_g sera nulle et aucun courant ne circulera entre les 2 branches. Le signe du courant indique si R_2 est trop grand ou trop petit.

1. Construisez le circuit de la figure 2 avec les paramètres suivants : $R_1 = R_3 = 100$ kΩ, $R_2 = 33$kΩ, $R_x = 10$kΩ, $R_g = 22$kΩ. Appliquez une tension de 5V et mesurez la tension sur R_g avec un voltmètre.
2. Le circuit de la figure 2 peut être représenté par la figure de droite, c'est-à-dire 2 diviseurs de tension en parallèle, sans la présence de R$_g$. A l'aide de ce principe, calculez les tensions fournies par chacun des diviseurs, et trouvez la tension de sortie, qui correspond à $V_g = V_{div1} - V_{div2}$
3. Utilisez la loi des noeuds et des mailles pour déterminer la valeur de R_2 de façon à ce qu'aucun courant ne circule dans R_g. Changez la composante dans le circuit, et expliquez la tension que vous mesurez sur R_g.

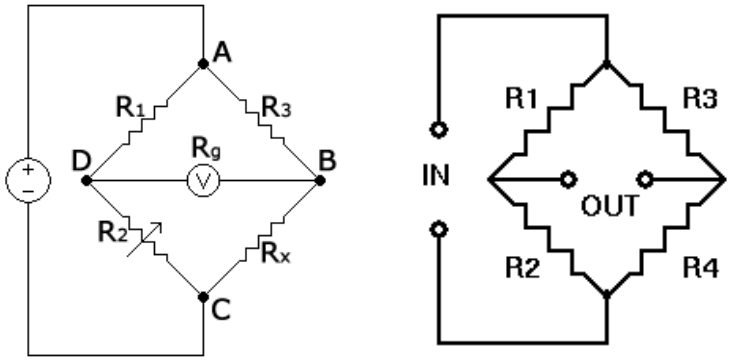

FIGURE 2 – Pont de Wheatstone

3 Circuit RC

3.1 Mesure de la constante de temps

La constante de temps d'un circuit RC est définie comme : $\tau = RC$, et correspond au temps nécessaire pour que la tension sur le condensateur grimpe à 63% de sa valeur maximale ou que la tension sur la résistance tombe à 37 % de sa valeur maximale.

1. Faites le montage de la figure 3 de gauche, avec R = 1.5 kΩ et C = 1 nF.
2. Utilisez le générateur d'onde pour fournir une onde carrée de 2V d'amplitude et 1 kHz de fréquence. Comparez le signal d'entrée au signal de sortie de la résistance et du condensateur sur l'oscilloscope (Note : pour ce faire, vous devez branchez vos sondes comme indiqué sur la figure 3 de droite). Expliquez ce que vous observez.
3. Déterminez la constante de temps du circuit, en utilisant les curseurs sur l'oscilloscope. Comparez votre mesure à votre calcul théorique, en tenant compte des erreurs sur la valeur de R et de C.
4. Reproduisez la courbe de charge et de décharge $V_R = V_0 \cdot e^{\frac{-t}{\tau}}$ en mesurant la tension à plusieurs temps t (Note : Utilisez la fonction *Save/Recall* de l'oscilloscope et enregistez vos données en format CSV).
5. Vérifiez la loi de Kirchhoff ($V_0 = V_C + V_R$) en utilisant la fonction "Math" de l'oscilloscope (Note : Ici aussi, vous devez branchez vos sondes comme indiqué sur la figure 3 de droite).

3.2 Filtres passe-haut et passe-bas

Conservez le même montage qu'à l'exercice précédent, selon le schéma de la figure 3 de gauche.

1. Utilisez le générateur d'onde pour fournir une onde sinusoïdale de 2V d'amplitude. Comparez l'amplitude et la phase du signal d'entrée à ceux du signal de sortie

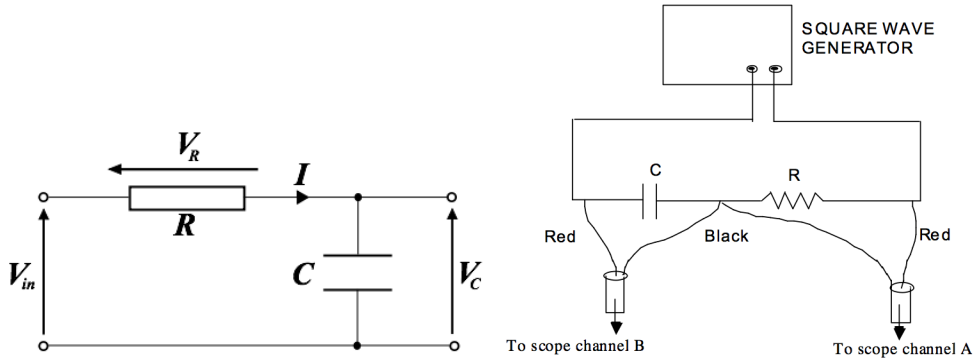

FIGURE 3 – Circuit RC en série.

pour des fréquences de 100 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 5 kHz, 10 kHz, 50 kHz, 100 kHz, 500 kHz et 1 MHz.

2. Faites un graphique montrant $\frac{V_2}{V_1}$ [dB] ($V_2 = V_C$ et $V_1 = V_{in}$) en fonction de la fréquence, ainsi que le déphasage en fonction de la fréquence (figures de Bode, l'axe des x doit être en log). Notez que le rapport de puissance d'un circuit est exprimée en decibels (dB) :
$$dB \equiv 10 \log \frac{P_2}{P_1} = 20 \log \left| \frac{V_2}{V_1} \right| \tag{1}$$
3. Refaites l'exercice en inversant l'ordre de la résistance et du condensateur (ici, $V_2 = V_R$). Expliquez vos résultats.
4. Calculez la fréquence de coupure $\omega_c = \frac{1}{RC}$ dans les deux cas, et vérifiez qu'à cette fréquence, la tension de sortie est de $\frac{1}{\sqrt{2}} \cdot V_0$.
5. Faites un deuxième circuit RC sur votre protoboard avec différentes valeurs de R et C et calculez sa constante de temps. Produisez la figure de Lissajous avec le mode X-Y de votre oscilloscope de vos deux circuits RC. Variez les valeurs de R et C et notez vos observations (Note : pour ce faire, vous devez branchez vos sondes comme indiqué sur la figure 3 de droite).

4 Circuit RL

1. Faites le montage de la figure 3, avec R = 680 Ω et remplacez le condensateur par une bobine d'inductance L = 470 μH.
2. Utilisez le générateur d'onde pour fournir une onde sinusoïdale de 2V d'amplitude. Comparez l'amplitude et la phase du signal d'entrée au signal de sortie pour des fréquences de 100 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 5 kHz, 10 kHz, 50 kHz, 100 kHz, 500 kHz et 1 MHz.

3. Faites un graphique montrant $\frac{V_2}{V_1}$ [dB] en fonction de la fréquence, et un deuxième montrant le déphasage en fonction de la fréquence (figures de Bode, l'axe des x doit être en log).
4. Refaites l'exercice en inversant l'ordre de la résistance et de la bobine. Expliquez vos résultats.
5. Calculez la fréquence de coupure $\omega_c = \frac{R}{L}$ dans les deux cas, et la tension de sortie à cette fréquence. Comparez avec vos mesures.

5 Circuit RLC en série

Un circuit RLC en série entre en résonance lorsque l'impédance de la bobine et celle du condensateur ont une même amplitude, mais sont en déphasage de 180°. Dans ce mode d'opération, l'impédance du circuit est minimale.

1. Faites le montage de la figure 4, avec R = 1 kΩ, C = 1 nF et L = 100 μH.
2. Utilisez le générateur d'onde pour fournir une onde sinusoïdale de 2V d'amplitude. Variez la fréquence afin de déterminer le maximum d'amplitude du signal de sortie, et déduisez la fréquence de résonance du circuit.
3. Comparez la valeur obtenue avec la valeur théorique, $\omega_o = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ en tenant compte des erreurs sur R, C et L.
4. Sachant que le courant I qui circule dans R, L et C est le même pour tous, obtenez une expression theorique pour Z_L et Z_C, les impédances de la bobine et du condensateur respectivement. (Indice : $V_{L,C}$=$Z_{L,C}$I)
5. Modifiez le circuit de la figure 4 pour mesurer la tension de sortie aux bornes de la bobine et ensuite du condensateur en utilisant les fréquences utilisées plus haut pour la résistance.
6. Comparez les valeurs obtenues avec les valeurs théoriques, soit $|Z_L| = \omega L = 2\pi f L$ et $|Z_C| = \frac{1}{\omega C}$.
7. Notez vos observations à propos de la phase de V_L et V_C par rapport à V_{in}. Expliquez.
8. Calculez le facteur de qualité Q d'un circuit RLC en série, donné par $Q = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$.

6 Circuit RLC en parallèle

L'impédance d'un circuit RLC en parallèle devient maximale à la fréquence de résonance du circuit. Elle est plus compliquée à calculer que dans le cas d'un circuit RLC en série, car l'impédance de la bobine et du condensateur possède chacune leur propre phase ; il faut donc faire appel aux nombres complexes.

1. Faites le montage de la figure 4, avec R = 47 Ω, C = 10 nF et L = 100 μH.

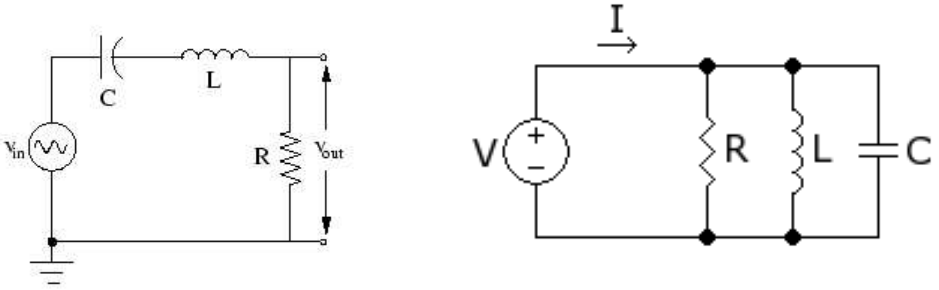

FIGURE 4 – Circuit RLC en série à gauche, en parallèle à droite.

2. Utilisez le générateur d'onde pour fournir une onde sinusoïdale de 2V d'amplitude. Variez la fréquence afin de déterminer le maximum d'amplitude du signal de sortie, et déduisez la fréquence de résonance du circuit.
3. Comparez la valeur trouvée avec $\omega_o = \frac{1}{\sqrt{LC}}$.
4. Refaites cette mesure en prenant R = 100 Ω et notez vos observations.