

## Exercice 1 Amplificateur inverseur

On considère le montage ci-dessous à base de l'amplificateur opérationnel LT1667 que l'on considère comme parfait et qui fonctionne en régime linéaire.

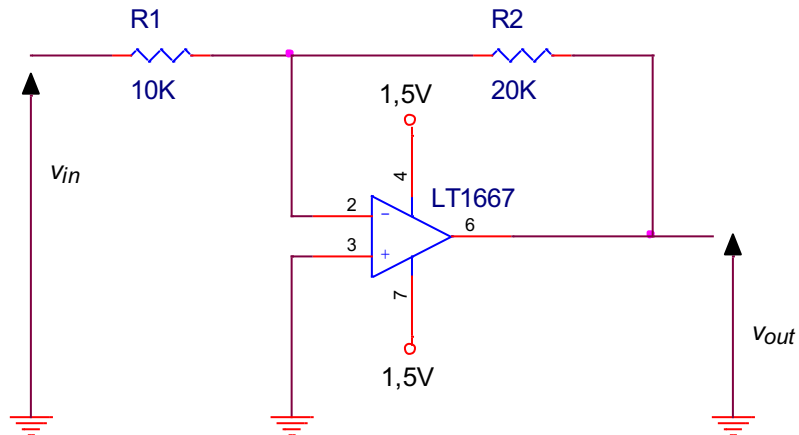


Figure 1

**1** Exprimer la tension de sortie  $v_{out}$  en fonction de la tension d'entrée  $v_{in}$  et des résistances  $R_1$  et  $R_2$ .

On applique le théorème de Millman :

$$v_{(-)} = \frac{\frac{v_{in}}{R_1} + \frac{v_{out}}{R_2}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = v_{(+)} = 0 \text{ car AOP idéal}$$

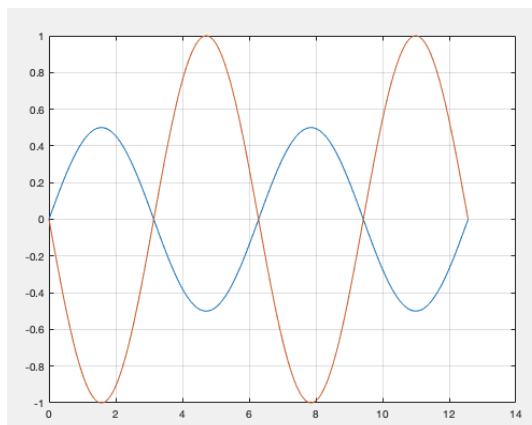
La condition est vérifiée si le dénominateur est nul :

$$\frac{v_{in}}{R_1} + \frac{v_{out}}{R_2} = 0 \Rightarrow v_{out} = -\frac{R_2}{R_1} v_{in} = -\frac{20 \times 10^3}{10 \times 10^3} v_{in} = -2v_{in}$$

Soit :

$$A_v = \frac{v_{out}}{v_{in}} = -\frac{R_2}{R_1} = -2$$

**2** On donne  $v_{in}(t) = 0,5\sin\omega t$  avec  $f = 1 \text{ kHz}$ . Représenter les tensions  $v_{in}(t)$  et  $v_{out}(t)$  en concordance de temps.



## Exercice 2 Amplificateur pour hydrophone

On désire mettre en œuvre un amplificateur pour un hydrophone dont le schéma est représenté sur la figure ci-dessous. On suppose que l'amplificateur opérationnel est parfait et fonctionne en régime linéaire.

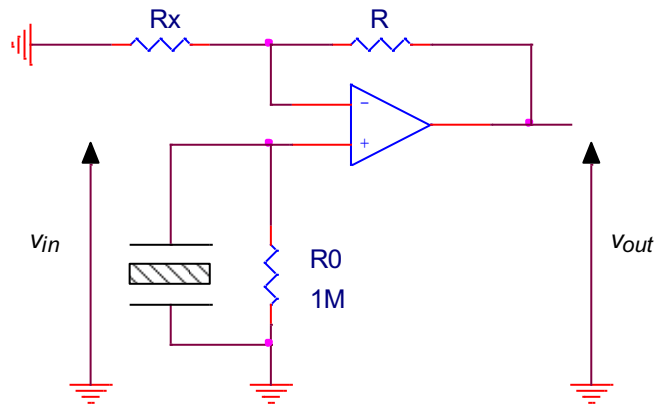


Figure 2

**1** Exprimer la tension de sortie  $v_{out}$  en fonction de la tension d'entrée  $v_{in}$  et des résistances  $R_x$  et  $R$ .

On applique la formule du pont diviseur en tension :

$$v_{(-)} = \frac{R_x}{R_x + R} v_{out} = v_{(+)} \text{ car AOP idéal}$$

Or

$$v_{(+)} = v_{in}$$

En injectant dans l'équation précédente :

$$v_{(-)} = \frac{R_x}{R_x + R} v_{out} = v_{in} \Rightarrow v_{out} = \frac{R_x + R}{R_x} v_{in} = \left(1 + \frac{R}{R_x}\right) v_{in}$$

Soit :

$$A_v = \frac{v_{out}}{v_{in}} = 1 + \frac{R}{R_x}$$

**2** On désire obtenir un gain pour le montage de 30 dB et on fixe la résistance  $R_x = 3,6 \text{ k}\Omega$ . En déduire la valeur de la résistance  $R$ .

$$(A_v)_{dB} = 20 \log \left( \frac{v_{out}}{v_{in}} \right) = 20 \log \left( 1 + \frac{R}{R_x} \right) = 30 \text{ dB}$$

$$\Leftrightarrow 1 + \frac{R}{R_x} = 10^{\frac{30}{20}} = 31,62 \Rightarrow R = 110 \text{ k}\Omega \text{ (série E24)}$$

### Exercice 3 Etude d'une AN High Voltage DAC

On vous propose l'étude de la note d'application dans laquelle on utilise un potentiomètre numérique AD5292 dont la résistance de sortie programmable entre la borne W et la borne A est  $R_{WA}$  et entre la borne W et la borne B est  $R_{WB}$ .

Elle est étalonnée en interne pour donner un maximum de  $\pm 1\%$  d'erreur de résistance absolue dans une large gamme de code. En conséquence, les équations générales pour déterminer la résistance de sortie programmée numériquement sont :

$$\begin{cases} R_{WA} = \frac{1024 - D}{1024} R_{AB} \\ R_{WB} = \frac{D}{1024} R_{AB} \end{cases}$$

$D$  est l'équivalent décimal du code binaire chargé dans le registre RDAC 8/10 bits.  $R_{AB}$  est la résistance de bout en bout du potentiomètre.

La référence de tension ADR512 permet d'obtenir à ses bornes une tension précise  $V_{ref} = 1,2$  volts. On fixe  $R_1 = 10$  k $\Omega$  et  $R_2 = 240$  k $\Omega$ .

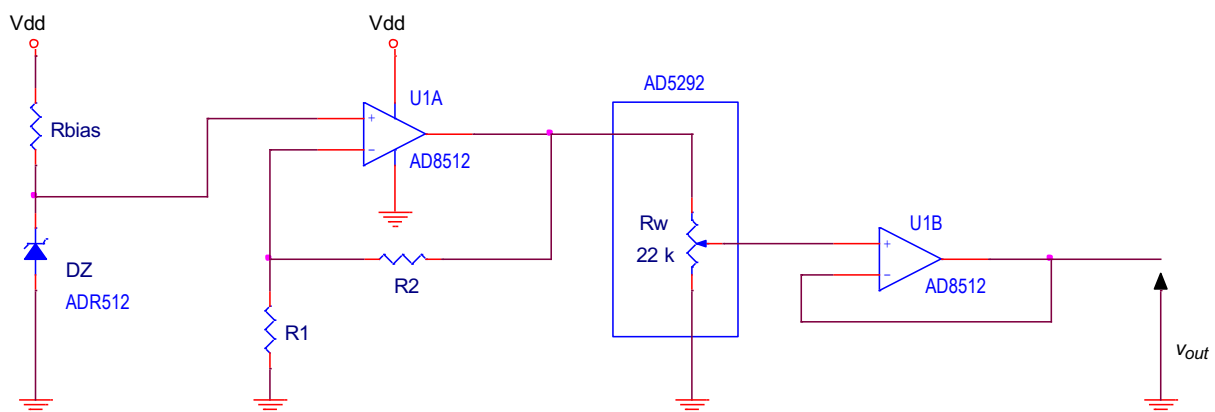


Figure 3

**1** Quel est le nom du montage réalisé par l'amplificateur opérationnel U1B ? Exprimer la tension de sortie  $v_{out1}$  en fonction de la tension d'entrée  $V_{ref}$  et des résistances  $R_1$  et  $R_2$ . En déduire sa valeur.

Le suiveur sert principalement d'adaptateur d'impédance. L'entrée  $v_{(+)}$  n'absorbe quasiment aucune intensité, son impédance d'entrée est très élevée alors que son impédance de sortie est faible.

Ainsi la sortie reproduit fidèlement  $v_{(+)}$  pour piloter un récepteur sans altérer un capteur sensible haute impédance relié à  $v_{(+)}$ .

Le composant ADR512 peut être considéré comme une simple diode zener, dont la tension est programmable à l'aide de la résistance  $R_{bias}$ .

On applique la formule du pont diviseur en tension sur l'AOP U1A:

$$v_{(-)} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} v_{out1} = v_{(+)} \text{ car AOP idéal}$$

Or

$$v_{(+)} = V_{ref}$$

En injectant dans l'équation précédente :

$$v_{out1} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_{ref} = \left(1 + \frac{240}{10}\right) V_{ref} = 25V_{ref} = 30 \text{ volts}$$

**2** A partir des indications fournies dans les équations extraites de la documentation constructeur du potentiomètre numérique, exprimer la tension de sortie  $v_{out2}$  en fonction de  $D$  et  $v_{out1}$ .

On applique la formule du pont diviseur en tension sur l'entrée  $v_{(+)}$  de l'AOP UIB:

$$v_{(+)} = \frac{R_{WB}}{R_{WB} + R_{WA}} v_{out1} = \frac{R_{WB}}{R_{AB}} v_{out1} = \frac{D}{1024} v_{out1} = \frac{D}{1024} \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_{ref}$$

L'AOP est monté en suiveur, on a donc la propriété suivante :

$$v_{(+)} = v_{(-)} = v_{out}$$

Soit :

$$v_{out} = \frac{D}{1024} \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_{ref} = \frac{30D}{1024}$$

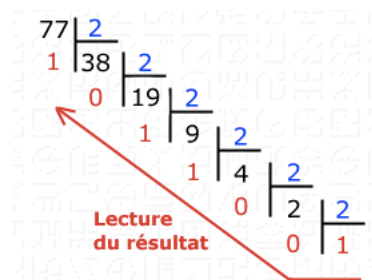
**3** Quelle doit être la valeur du registre RDAC (10 bits) afin d'obtenir une tension en sortie de 20 V. Donner la valeur décimale et binaire.

D'après la relation établit à la question précédente, on a

$$v_{out} = \frac{30D}{1024} = 20 \Rightarrow D = \frac{1024 \times 20}{30} = 683, \text{ on prend l'entier le plus proche.}$$

On effectue une conversion décimal – binaire, soit : **10101011**

Il s'agit de faire une suite de divisions euclidiennes par 2. Le résultat sera la juxtaposition des restes. Le schéma ci-dessous explique la méthode pour passer de 77 en base 2:



## Exercice 4 : Amplificateur d'instrumentation

On propose le montage suivant dans lequel on met en œuvre un amplificateur opérationnel double LT107. On suppose que l'amplificateur opérationnel est parfait et fonctionne en régime linéaire.

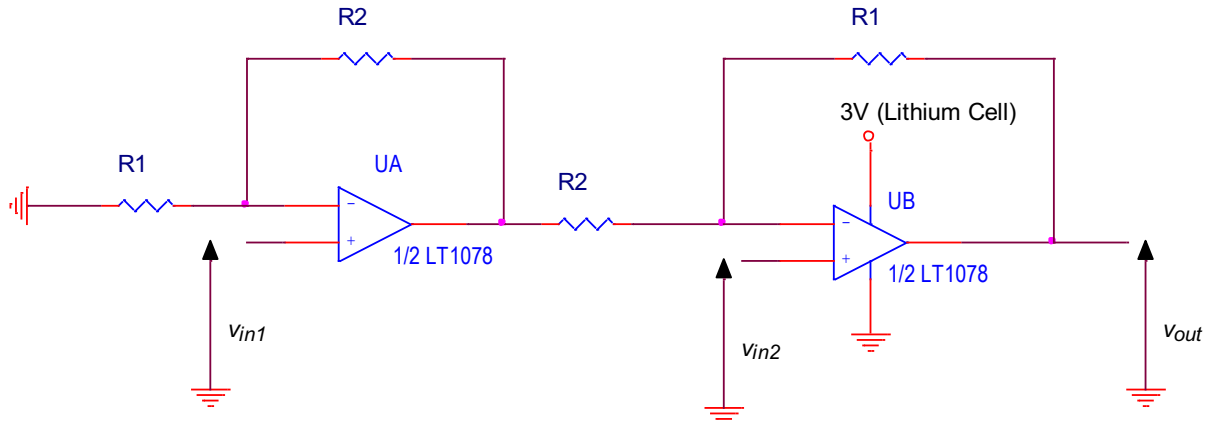


Figure 4

On fixe  $R_1 = 1 \text{ M}\Omega$  et  $R_2 = 10,1 \text{ k}\Omega$ .

- 1** Exprimer la tension de sortie  $v_{out1}$  de l'ampli-op A en fonction de la tension d'entrée  $v_{in1}$  et des résistances  $R_1$  et  $R_2$ .

On applique la formule du pont diviseur en tension sur l'entrée  $v_{(-)}$  de l'AOP UA:

$$v_{(-)} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} v_{out1} = v_{(+)} = v_{in1} \text{ car AOP idéal}$$

Soit :

$$v_{out1} = \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right) v_{in1}$$

- 2** Exprimer la tension de sortie  $v_{out}$  de l'ampli-op B en fonction de la tension d'entrée  $v_{in2}$  et des résistances  $R_1$  et  $R_2$ .

On utilise le théorème de superposition car l'AOP UB est attaqué par deux tensions  $v_{out1}$  et  $v_{in2}$ .

On annule la première tension d'entrée  $v_{out1}$  et on applique la relation du pont diviseur en tension :

$$v_{(-)} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} v_{out'} = v_{(+)} = v_{in2} \Rightarrow v_{out'} = \left( 1 + \frac{R_1}{R_2} \right) v_{in2}$$

On annule la deuxième tension d'entrée  $v_{in2}$  et on applique la relation du montage inverseur :

$$v_{out''} = -\frac{R_1}{R_2} v_{out1} = -\frac{R_1}{R_2} \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right) v_{in1}$$

Soit :

$$v_{out} = v_{out'} + v_{out''} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)v_{in2} - \frac{R_1}{R_2}\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)v_{in1}$$

**3** Exprimer la tension de sortie  $v_{out}$  de l'ampli-op B en fonction des tensions d'entrées  $v_{in1}$  et  $v_{in2}$ .

D'après la question précédente, on obtient :

$$v_{out} = v_{out'} + v_{out''} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)v_{in2} - \frac{R_1}{R_2}\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)v_{in1} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)(v_{in2} - v_{in1})$$

**4** Justifier alors le résultat obtenu à partir des valeurs des résistances ainsi que des limites de ce montage.

La relation recherchée est la suivante :

$$v_{out} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)(v_{in2} - v_{in1}) = 100(v_{in2} - v_{in1})$$

La première limitation de ce circuit réside dans le fait que l'impédance d'entrée vue par les montages en amont (d'où proviennent les tensions d'entrée  $v_{in1}$  et  $v_{in2}$ ) n'est pas infinie, il « consomme » donc du courant, ce qui peut être gênant si ces derniers ont déjà du mal à en fournir (capteurs par exemple)

La deuxième limitation concerne l'amplification différentielle. Si on considère deux signaux  $v_{in1}$  et  $v_{in2}$  présentant une très forte dynamique de signal de mode commun. La résistance  $R_1$  conditionne l'impédance de l'entrée inverseuse (-), donc  $R_1$  doit être assez grande pour assurer l'adaptation en impédance avec le générateur  $v_{in1}$ , ce qui est contradictoire avec la condition de forte amplification. Il s'en suit qu'un tel montage s'avèrera limité dans des applications d'amplification de signaux différentiels faibles. On utilisera le montage amplificateur d'instrumentation.

## Exercice 5 : Une sortie pour convertisseur

Le montage proposé ci-dessous permet d'obtenir une tension importante en sortie d'un convertisseur numérique analogique. En fonction de la donnée numérique  $D_{in}$ , la tension de sortie  $v_{in}$  du convertisseur LTC2641 varie entre 0 et  $V_{ref}$ .

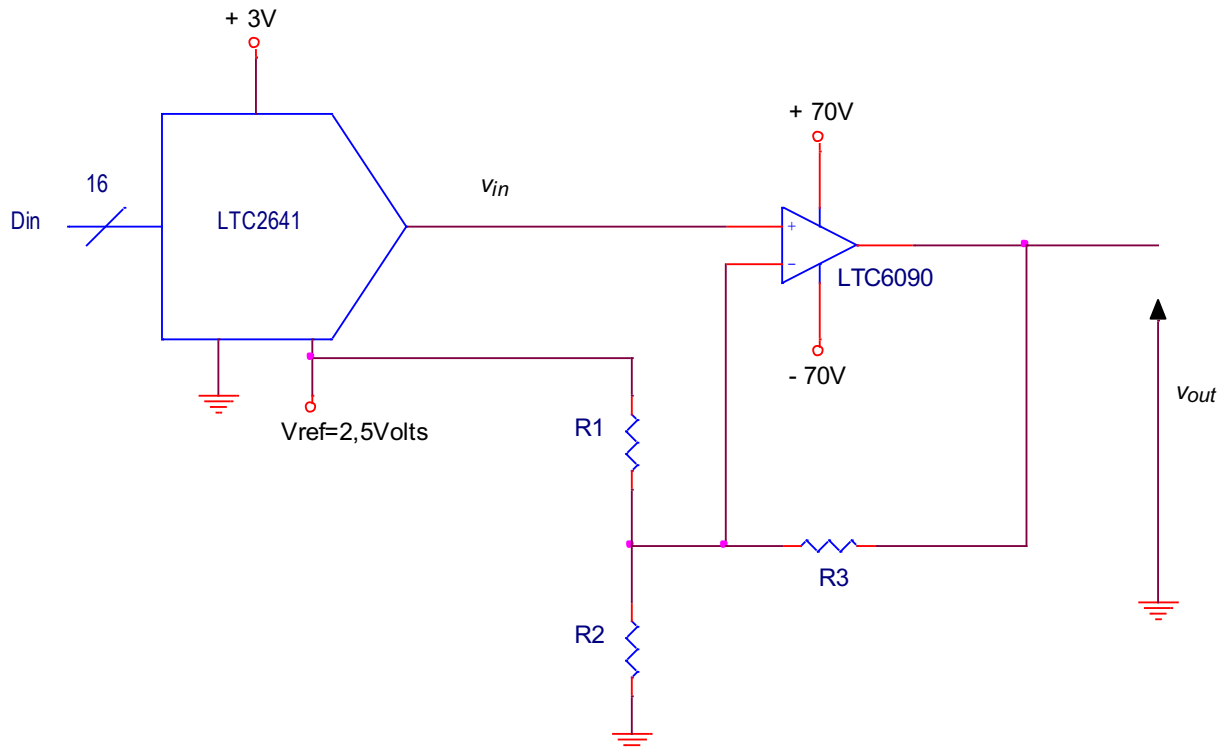


Figure 5

On fixe  $R_1 = 16,2 \text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 16,9 \text{ k}\Omega$  et  $R_3 = 453 \text{ k}\Omega$ .

- 1 En utilisant le théorème de Millman, exprimer le potentiel  $v_{(-)}$  sur la borne (-) de l'AOP LTC6090 en fonction de  $V_{ref}$ ,  $v_{out}$  et des valeurs des résistances.

$$v_{(-)} = \frac{\frac{V_{ref}}{R_1} + \frac{v_{out}}{R_3}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} = v_{(+)} = v_{in} \text{ car AOP idéal}$$

- 2 Exprimer la tension de sortie  $v_{out}$  en fonction de  $V_{ref}$ ,  $v_{in}$ .

$$\frac{V_{ref}}{R_1} + \frac{v_{out}}{R_3} = v_{in} \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)$$

$$v_{out} = R_3 \left[ v_{in} \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) - \frac{V_{ref}}{R_1} \right] = 55,77v_{in} - 27,96V_{ref}$$

**3** Justifier l'indication  $v_{out} = +/- 70 \text{ V}$  affichée sur le schéma d'application.

$$\text{Si } v_{in} = 0 \Rightarrow v_{out} = -27,96V_{ref} \simeq -70 \text{ volts}$$

$$\text{Si } v_{in} = V_{ref} \Rightarrow v_{out} = 55,77V_{ref} - 27,96V_{ref} \simeq +70 \text{ volts}$$