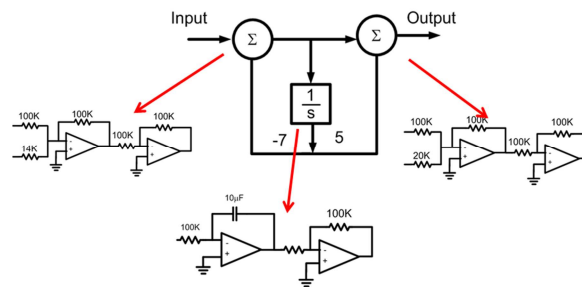


Stratégie de débogage des circuits en boucle fermée

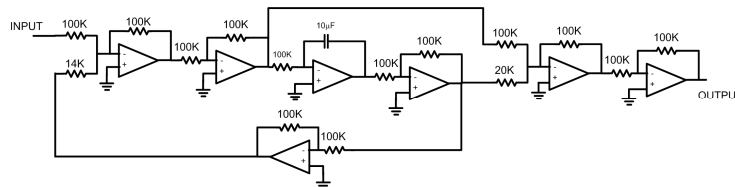
Lors de la conception des circuits et des systèmes, il arrive parfois que le système ne fonctionne pas comme prévu. Dans ce cas, il serait important de doter d'une stratégie pour le débogage. Ce document sert à donner une liste de pistes de réflexion pour le cas des circuits dans le premier laboratoire du cours de Méthode de conception en électronique.

Typiquement, l'action de trouver la fonction de transfert et le diagramme-bloc ne cause pas de problème. Les premières erreurs surviennent lors de la conversion du diagramme-bloc vers les circuits avec amplificateurs opérationnels. Cette étape devrait être effectuée en 2 étapes: une première version non-optimisée qui traduit le diagramme bloc de façon naïve et une optimisation dans la deuxième partie. Puisque ce n'est pas toujours nécessaire, nous n'allons pas couvrir l'optimisation ici.

a) On traduit chaque morceau du diagramme-bloc:

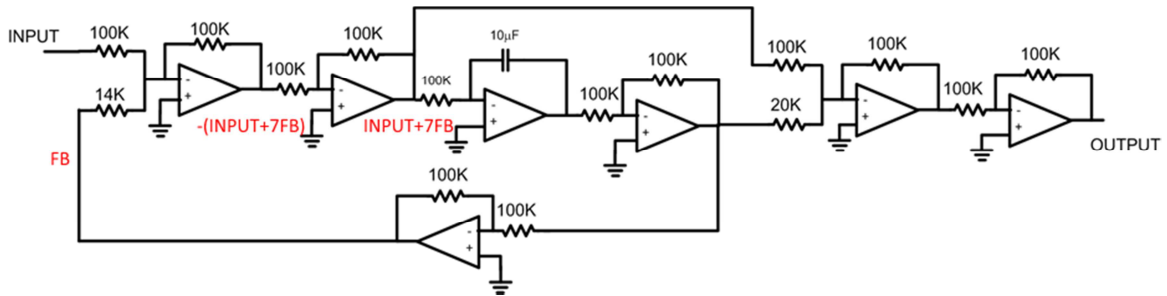


b) On connecte les différents morceaux ensemble

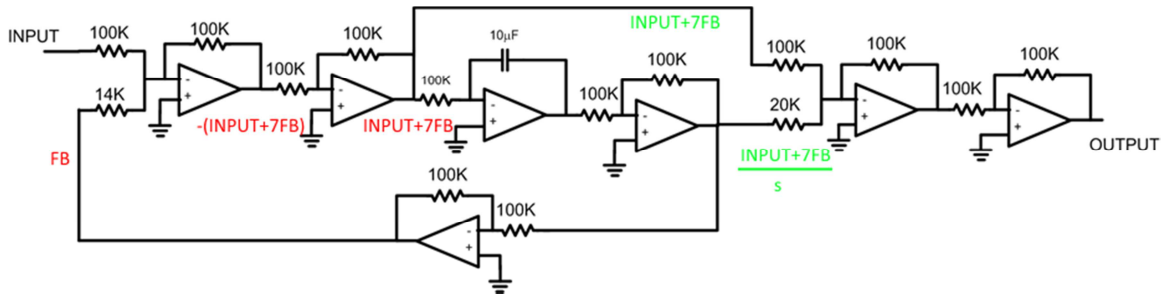


c) On vérifie!

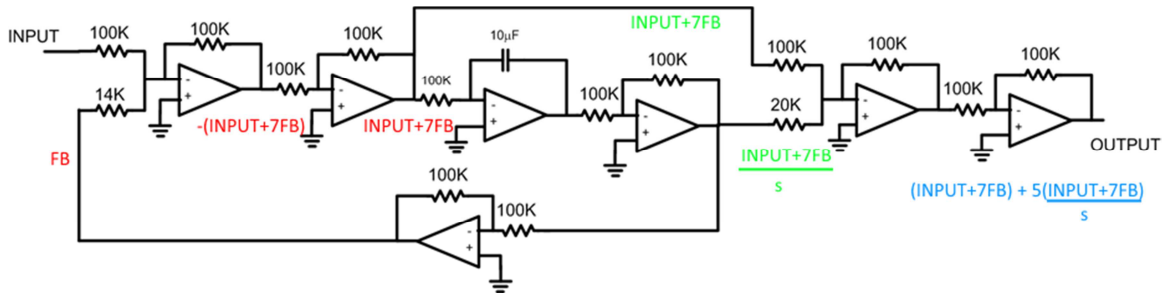
Une fois le circuit complété, on a souvent tendance à vouloir de dessiner dans le logiciel et à en faire la simulation. Une bonne idée serait de ralentir et de vérifier que le circuit reflète effectivement la fonction de transfert voulue. On ce faire, on commence à gauche et on examine le comportement de chaque composante: "L'input est additionné à 7 fois le feedback. L'équation serait donc $-(INPUT + 7FB)$ et ceci est inversé au prochain ampli-op"



Ce $INPUT+7FB$ est ensuite envoyé à 2 parties: vers l'additionneur plus loin et il est intégré. Ceci donnerait:



L'output serait $INPUT+7FB$ additionné à 5 fois la version intégrée:



Il reste 2 étapes à faire: simplifier cette équation et substituer FB par une autre expression. On commence par simplifier l'output: $(INPUT + 7FB) + \frac{5(INPUT+7FB)}{s}$

$$OUTPUT = \frac{(INPUTs + 7FBs)}{s} + \frac{5(INPUT + 7FB)}{s}$$

On regroupe les $INPUT$ et les FB :

$$OUTPUT = \frac{INPUT(s + 5)}{s} + \frac{7FB(s + 5)}{s}$$

Pour simplifier FB , on remarque par l'intermédiaire de l'ampli-op en bas, que:

$$FB = -\left(\frac{INPUT + 7FB}{s}\right)$$

On isole FB:

$$sFB = -INPUT - 7FB$$

On amène les FB à gauche:

$$sFB + 7FB = -INPUT$$

On factorise FB:

$$FB(s + 7) = -INPUT$$

On isole FB:

$$FB = -\frac{INPUT}{(s + 7)}$$

Une fois qu'on a FB, on substitue:

$$OUTPUT = \frac{INPUT(s + 5)}{s} + \frac{-7 \frac{INPUT}{(s + 7)}(s + 5)}{s}$$

On factorise INPUT(s+5)/s:

$$OUTPUT = \frac{INPUT(s + 5)}{s} \left(1 + \frac{-7}{(s + 7)} \right)$$

On met sur le même dénominateur pour nous aider à simplifier:

$$OUTPUT = \frac{INPUT(s + 5)}{s} \left(\frac{(s + 7)}{(s + 7)} + \frac{-7}{(s + 7)} \right)$$

On simplifie:

$$OUTPUT = \frac{INPUT(s + 5)}{s} \left(\frac{s}{(s + 7)} \right)$$

On simplifie encore plus:

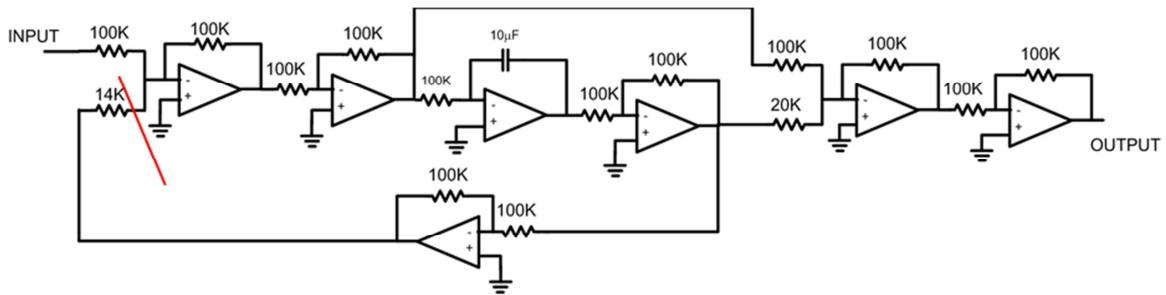
$$OUTPUT = \frac{INPUT(s + 5)}{(s + 7)}$$

On isole le gain et on confirme que tout est bon:

$$Gain = \frac{OUTPUT}{INPUT} = \frac{(s + 5)}{(s + 7)}$$

Une fois que cette vérification est terminée, on est certain que le circuit, en théorie, est bon.

Si la simulation ou l'implantation ne fonctionne pas, il est toujours possible d'aller examiner son comportement. Par contre, en boucle fermée, il est plus difficile de cerner le problème. La solution classique est de couper la boucle:



Avec ce circuit, il serait possible d'injecter un signal à l'INPUT et tracer son chemin, ampli-op par ampli-op. Par exemple, après le premier ampli-op, le signal devrait être inversé. Après le deuxième ampli-op, le signal devrait avoir un déphasage de 0. Après le troisième ampli-op, il devrait y avoir un déphasage de 90degrés entre les deux signaux. Et ainsi de suite. En procédant ainsi, il est souvent possible de cibler la source du problème.

Voici une liste (incomplète) des autres sources d'erreur possibles:

- Donnez une chance à vos circuits: assurez-vous que le signal en entrée est à une fréquence raisonnable et une amplitude raisonnable.
- Le ground du générateur de signal devrait être connecté au ground de l'oscilloscope ainsi que celui de la plaquette.
- Les valeurs des résistances sont trop faibles (dizaines de Ω) ou trop élevées ($1M\Omega$ en montant) ce qui peut faire dévier le comportement des ampli-ops d'un comportement idéal.
- Parfois les câbles peuvent être défectueux: tentez l'expérience avec d'autres câbles.
- Parfois les composants électroniques peuvent être défectueux: mesurez leurs valeurs avec le multimètre ou substituez un ampli-op douteux avec un ampli-op que vous savez fonctionnel.