

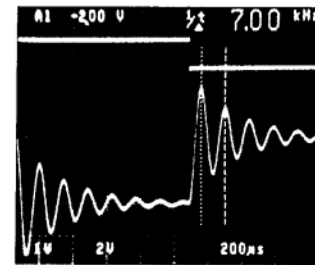
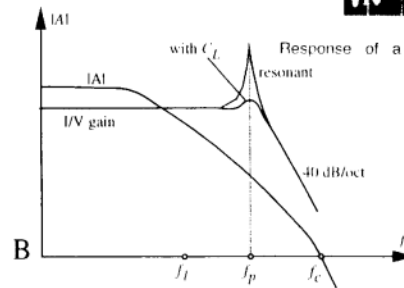
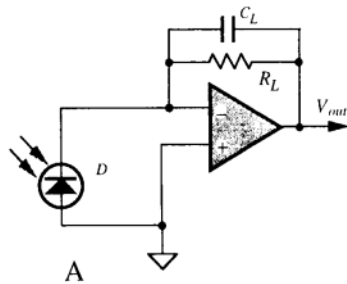
# Exercice3\_SDZ

January 24, 2022

## 1 Opamp3 - Exercice 1 (P.18)

### Exercice: Noise floor of photodiode current to voltage converter

Determine the transfer function of the circuit below with and without the feedback capacitor  $C_L$ . Explain the improvement realized with  $C_L$ .



Response of a photodiode with uncompensated circuit.

Use of current-to-voltage converter (A) and the frequency characteristics (B).

Determine the output noise voltage noise density spectrum for an OP37 amplifier, BPW34 photodiode,  $R_L = 100k\Omega$ ,  $C_L$  such that  $Q = 1$ .

### 1.1 Fonction de transfert du système (sans $C_L$ )

On commence par poser la fonction de transfert de l'amplificateur opérationnel

$$\frac{U_{out}}{U_+ - U_-} = \frac{A_0}{1 + \frac{s}{\omega_0}}$$

On somme tous les courants (qui partent) au point  $U_-$  (entrée de l'ampli-op).

A noter que le prof a mis le courant "vers le haut" à travers la diode mais c'est faux. On continuera avec cette logique mais en pratique il faut mettre le courant  $I_{ph}$  dans le sens inverse de la diode.

$$-I_{ph} + \frac{U_- - U_{out}}{R_L} + sC_j U_- = 0$$

$$I_{ph} = \frac{U_- - U_{out}}{R_L} + sC_j U_-$$

On va remplacer  $U_-$  par son expression (à partir de la fonction de transfert de l'ampli). En sachant que  $U_+ = 0$

$$U_- = -U_{out} \frac{1 + \frac{s}{\omega_0}}{A_0}$$

$$I_{ph} = \frac{-U_{out} \frac{1 + \frac{s}{\omega_0}}{A_0} - U_{out}}{R_L} - sC_j U_{out} \frac{1 + \frac{s}{\omega_0}}{A_0}$$

$$R_L I_{ph} = -U_{out} \frac{1 + \frac{s}{\omega_0}}{A_0} - U_{out} - R_L sC_j U_{out} \frac{1 + \frac{s}{\omega_0}}{A_0}$$

$$R_L I_{ph} = -U_{out} \left( \frac{1 + \frac{s}{\omega_0}}{A_0} + 1 + R_L sC_j \frac{1 + \frac{s}{\omega_0}}{A_0} \right)$$

$$R_L I_{ph} = -U_{out} \left( \frac{1 + \frac{s}{\omega_0}}{A_0} (1 + sR_L C_j) + 1 \right)$$

Le “-1” du corrigé est probablement une erreur. On exprimer la fonction de transfert finale

$$\frac{U_{out}}{R_L I_{ph}} = - \frac{1}{\frac{1 + \frac{s}{\omega_0}}{A_0} (1 + sR_L C_j) + 1}$$

$$\frac{U_{out}}{R_L I_{ph}} = - \frac{1}{\frac{1}{A_0} + \frac{1}{A_0} \frac{s}{\omega_0} + \frac{1}{A_0} sR_L C_j + \frac{1}{A_0} \frac{s}{\omega_0} sR_L C_j + 1}$$

$$\frac{U_{out}}{R_L I_{ph}} = - \frac{1}{1 + \underbrace{\frac{1}{A_0}}_{\approx 0} + s \underbrace{\frac{1}{A_0} \left( \frac{1}{\omega_0} + \underbrace{R_L C_j}_{\ll \frac{1}{\omega_0}} \right)}_{\frac{1}{Q\omega_n}} + s^2 \underbrace{\frac{1}{A_0} \frac{1}{\omega_0} R_L C_j}_{\frac{1}{\omega_n^2}}}$$

On sépare les termes pour déterminer  $\omega_n$  et  $Q$

$$\frac{1}{\omega_n^2} = \frac{R_L C_j}{A_0 \omega_0} \rightarrow \omega_n = \sqrt{\frac{A_0 \omega_0}{R_L C_j}}$$

$$\frac{1}{Q\omega_n} = \frac{1}{A_0} \left( \frac{1}{\omega_0} \right)$$

$$\frac{1}{Q\sqrt{\frac{A_0 \omega_0}{R_L C_j}}} = \frac{1}{A_0} \left( \frac{1}{\omega_0} \right)$$

$$Q \sqrt{\frac{A_0 \omega_0}{R_L C_j}} = A_0 \omega_0$$

$$Q = \frac{A_0 \omega_0}{\sqrt{\frac{A_0 \omega_0}{R_L C_j}}}$$

$$Q = \frac{\sqrt{A_0 \omega_0}}{\sqrt{\frac{1}{R_L C_j}}}$$

$$\boxed{Q = \sqrt{A_0 \omega_0 R_L C_j}}$$

## 1.2 On ajoute $C_L$

$C_L$  se retrouve “en parrallèle” avec  $C_j$

En sachant que  $C_L \ll C_j$ , on trouve que

$$\omega'_n = \sqrt{\frac{A_0 \omega_0}{R_L (C_j + C_L)}} \approx \omega_n$$

Et la... magie du prof.. ça semble faux mais bon tant pis :

On dira que “c’est la fonction de transfert avec les mêmes subsitutions que précédemment”

$$\frac{U_{out}}{R_L U_{ph}} = - \frac{1}{1 + s \left( C_L R_L + \frac{1}{A_0 \omega_0} \right) + s^2 \frac{(C_j + C_L) R_L}{A_0 \omega_0}}$$

$$\boxed{Q' = \frac{Q}{1 + A_0 \omega_0 C_L R_l}}$$

On a supposé que  $C_j \gg C_L$ ... parce que... voila