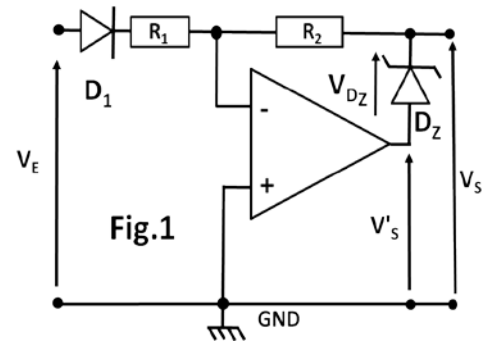


## Examen d'électronique Non Linéaire (cours T.Camps)

Barème : I 1(8pts), 2(2 pts) ; II 1 (7pts), 2 (2pts), 3 (3pts) ; (~ 1 heure)

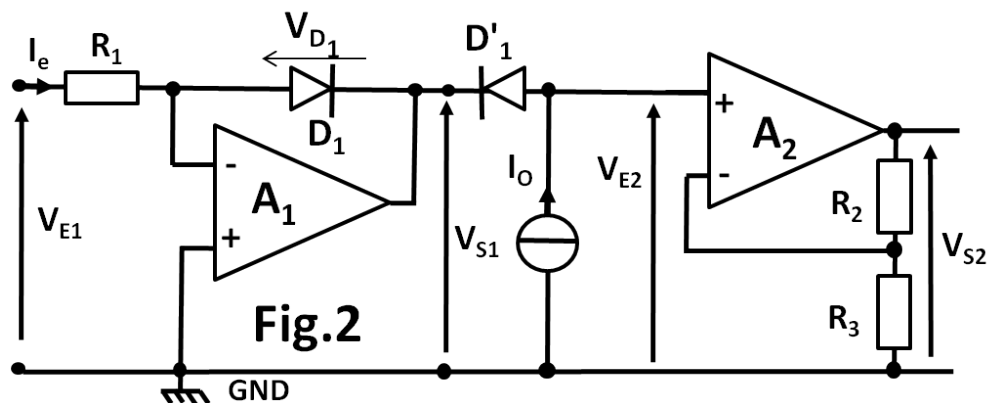
**I)** On considère le montage de la figure 1, où : l'A.O.P est idéal;  $R_2=60k\Omega$ ;  $R_1=12k\Omega$ , si la diode  $D_1$  a  $V_{D1} < 0,6V$ , la diode est bloquée ( $I_b=0A$ ) et passante quand a une tension anode cathode de  $V_b = 0,6 V$ . La diode zéner  $D_Z$  est passante si la tension à ses bornes est de  $V_{DZ} = - 0,6 V$  ou  $V_{DZ} = V_Z = 4,4V$ . Pour  $-0,6V < V_{DZ} < V_Z$  la diode zéner est bloquée et donc ne conduit pas ( $I_{DZ} = 0A$ ).



**I.1)** Calculer les expressions littérales, et numériques, du courant  $i_{R1}$  et des tensions de sortie  $V_s$  et  $V'_s$  pour  $V_e > 0$ , puis  $V_e < 0$ .

**I.2)** En déduire l'évolution du gain en tension  $A_V = V_s/V_e$  pour des tensions d'entrée allant de  $-15v$  à  $15v$  et tracer cette évolution  $A_V (V_s/V_e) = f(V_e)$  pour  $V_e \in [-15v \text{ à } 15v]$ .

**II)** On considère le montage de la figure 2 ci contre, où les amplificateurs opérationnel  $A_1$  &  $A_2$  sont idéaux, la valeur du courant dans la diode  $D_1$  est donnée par la relation  $I_{D1} = I_{Dsat} \cdot \exp(V_{D1}/UT)$ , les diodes  $D_1$  et  $D'_1$  sont identique et à la même température ( $T=300^\circ K \Rightarrow U_T=25mV$  et  $I_{Dsat}=10pA$ ), enfin  $R_1=1k\Omega$  et  $R_3=10k\Omega$ .



**II.1)** Pour une tension d'entrée positive  $V_{e1} > 0v$ , donner l'état de conduction de la diode  $D_1$ , puis calculer l'expression littérale des courants  $i_e$  et  $I_{D1}$  et des tensions  $V_{S1}(V_{E1})$ ,  $V_{E2}(V_{S1})$  et  $V_{S2}(V_{E2})$ .

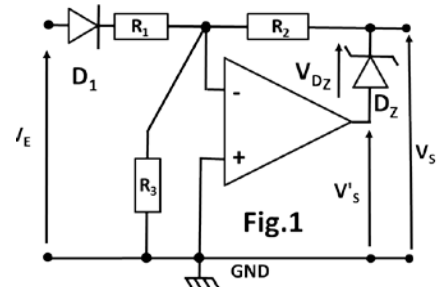
**II.2)** Pour des tensions d'entrée  $V_{E1}$  allant de  $1\mu V$  à  $10V$ , on souhaite obtenir en sortie  $V_{S2}$  une tension de sortie comprise entre  $0$  et  $0.7V$  et dans cet objectif, quelle doit être la valeur littérale et numérique du courant  $I_0$  ?

**II.3)** Calculer les valeurs numériques de  $V_{S1}$  pour respectivement  $V_{E1}=1\mu V$  et  $10\mu V$ . En déduire le gain en tension par décade. Enfin, pour obtenir en sortie  $V_{S2}(V_{E1})$  un gain en tension par décade de  $-100mV/déc.$ , calculer la valeur de la résistance  $R_2$  du second amplificateur ?

## Examen d'électronique Non Linéaire (cours T.Camps)

Barème : I 1(6pts), 2(1pts) ; II 1 (7pts), 2 (1pts), III (5pts) ; (~ 1 heure)

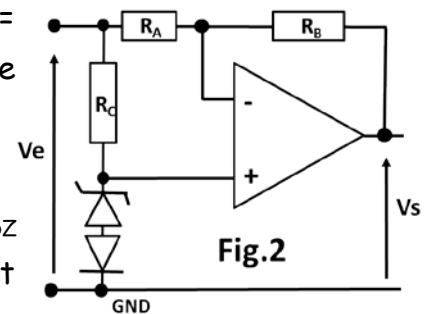
**I)** Dans le montage de la figure 1, l'A.O.P est idéal;  $R_2=100k\Omega$ ;  $R_1=R_3=15k\Omega$ , si la diode  $D_1$  a  $V_{D1}<0,6V$ , la diode est bloquée ( $I_D=0A$ ) et passante pour une tension anode cathode de  $V_D=0,6V$ . La diode Zéner  $D_Z$  est passante si la tension à ses bornes est de  $V_{DZ}=V_D=-0,6V$  ou si  $V_{DZ}=V_Z=4,4V$ . Pour  $V_D<V_{DZ}<V_Z$  la diode Zéner est bloquée ( $I_{DZ}=0A$ ).



**I.1)** Calculer les expressions littérales, et numériques, du courant  $i_{R1}$  et des tensions de sortie  $V_s$  et  $V'_s$  respectivement pour  $V_E > 0$ , puis  $V_E < 0$ .

**I.2)** Tracer l'évolution du gain en tension  $A_V=V_s/V_e$  et  $A'_V=V'_s/V_e$  pour des tensions d'entrée allant de  $-15v$  à  $15v$ .

**II)** Dans le montage de la figure 2, l'A.O.P est idéal;  $R_B=R_C=100k\Omega$   $R_A=50k\Omega$ ; si  $V_D < 0,6V$  la diode est bloquée ( $I_D=0A$ ) et quand la diode est passante la tension anode cathode à ses bornes est  $V_D=0,6V$ . Si la diode Zéner est passante, la tension à ses bornes est de  $V_{DZ}=-0,6V$  ou si  $V_{DZ}=V_Z=6,4V$ . Pour  $-0,6V<V_{DZ}<V_Z$  la diode Zéner est bloquée et donc ne conduit pas de courant ( $I_{DZ}=0A$ ).



**II.1)** Calculer les expressions littérales, et numériques, des courant  $i_{R_A}$   $i_{R_C}$  et des tensions sur l'entrée non inverseuse  $v_+$  et celle de sortie  $V_s$ .

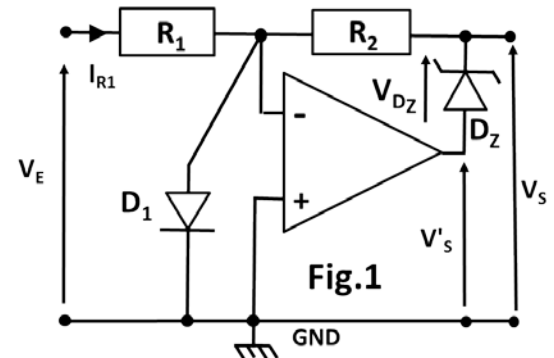
**II.2)** Tracer l'évolution du gain en tension  $A_V=V_s/V_e$  pour des tensions d'entrée allant de  $-15v$  à  $15v$ .

**III)** On mesure en 5 points la température dans un four Flash (rampe de  $1000^\circ C/Sec$ ). Sachant que le signal présente un spectre utile jusqu'à  $F_{Signal\ max} = 1500\ Hz$ , calculer la fréquence d'échantillonnage minimale (Théorème de Shannon) par voie et en déduire la fréquence minimale d'échantillonnage de la carte d'acquisition 8 voies retenue. Avec une dynamique en température allant de  $20^\circ C$  à  $1000^\circ C$ , en prenant un CAN auto-calibré ( $INL=DNL=0xLSB$ ) déterminer le nombre de bits nécessaires pour une mesure à  $0,1^\circ C$  près.

## Examen d'électronique Non Linéaire (cours T.Camps)

Barème : I.1(4pts), I.2(2pts) ; II (9pts), III (7pts) ; (~ 1 heure)

I) Dans le montage de la figure 1, l'A.O.P est idéal;  $R_2=82k\Omega$ ;  $R_1=18k\Omega$ , si  $V_{D1} < 0,6V$  la diode est bloquée ( $I_D=0A$ ) et passante pour une tension anode cathode de  $V_D=0,6V$ . La diode Zéner 'DZ' est passante si la tension à ses bornes est de  $V_{DZ}=V_D=-0,6V$  ou  $V_{DZ}=V_Z=5.6V$  et bloquée ( $I_{DZ}=0A$ ) si  $V_D < V_{DZ} < V_Z$ . Enfin, la tension de saturation de l'AOP est de 13V !



I.1) Calculer les expressions littérales et numériques, du courant  $i_{R1}$  et des tensions de sortie  $V_s$  et  $V's$  respectivement pour  $V_E > 0$ , puis  $V_E < 0$  en précisant l'état de conduction de la diode D1.

I.2) Tracer l'évolution de la tension de sortie  $V_s(V_E)$  et  $V's(V_E)$  pour des tensions d'entrée allant de -15v à 15v. Quelle est la dynamique d'entrée en régime linéaire (Contre-Réaction) ?

### Problème II : instrumentation d'un four de recuit de recuit rapide RTP

1) On mesure en 4 points, la température dans un four de recuit Flash pour des procédés de microélectronique (rampe de  $1000^\circ C/Sec$ ). Sachant que le signal présente une bande passante jusqu'à  $F_{Signal\ max} = 1500\ Hz$ , calculer la fréquence d'échantillonnage minimale (Théorème de Shannon) par voie et en déduire la fréquence minimale d'échantillonnage de la carte d'acquisition 4 voies retenue.

2) A présent, on considère le cas pratique avec une dynamique en température allant de  $20^\circ C$  à  $1500^\circ C$ , pour une mesure à  $0,1^\circ C$  près. Après avoir déterminé le quantum en %, sachant que l'électronique d'acquisition a une sensibilité globale de  $5mV/^\circ C$ , déterminer la dynamique d'entrée du convertisseur analogique numérique et la valeur du quantum pour une mesure à  $0,5mV$  près. Déterminer le nombre de bits nécessaires en prenant un CAN auto-calibré ( $INL=DNL=0xLSB$ ).

3) En considérant une conversion sur 16 bits, et une dynamique d'entrée de  $7,5V$ , calculer le quantum réel et la précision exprimée en pourcentage.

4) Considérons qu'une atténuation de 84dB est nécessaire en sortie du filtre anti repliement après 2 octaves, en déduire l'ordre de ce filtre (rappel  $-6dB/octave = -20dB/décade \Rightarrow 1er\ ordre$ ). Quel type de filtre utiliseriez-vous ?

5) En considérant une fréquence  $F_s$  de stopband de 6 kHz, après atténuation de 84dB, proposer la fréquence réelle d'échantillonnage.

6) Si l'on utilise un filtre de type 'Butterworth' du 8ième ordre (annexe 1), quel devient la fréquence de stopband et en déduire la fréquence d'échantillonnage minimale ? Quelles motivations pourraient conduire au choix de ce type de filtre ? A cette fréquence, quel est le déphasage ?

7) Si cette fréquence d'échantillonnage est de 15kHz, dimensionner en kbits (pas en Octets) la mémoire pour enregistrer les quatre mesures de température pendant un recuit d'une heure.

8) On dispose déjà d'une carte à 8 entrées sur 16 bits, avec une fréquence d'échantillonnage de 250kHz, peut-elle convenir ? Développer votre réponse et préciser s'il faut une carte d'acquisitions séquentielle ou synchrone.

9) Compte tenu du nombre élevé de bits et de la faible vitesse d'échantillonnage, proposer une topologie capable de répondre à ces exigences. Expliquer et commenter votre choix.

### **Problème III : Amplificateur Audio 200 W crête**

On souhaite réaliser un amplificateur audio avec une entrée numérique, qu'il débite sur un caisson de grave et deux enceintes médium & tweeter.

1) Le caisson de grave amplifie les signaux audio de 15Hz à 200Hz, sur des enceintes constituées chacune de la mise en parallèle de 4 hauts parleurs de  $Z_{HPgrave} = 8\Omega$  et de 50W nominale. Sachant que le signal analogique en sortie du CNA sur 16bits qui pilote le caisson a une dynamique de 1V crête, déterminer l'amplitude du signal maximum que devra débiter l'amplificateur des graves, puis en déduire le gain de cet amplificateur. Quel est, après amplification, la variation minimale (le quantum) de la tension et la puissance aux bornes des haut-parleurs.

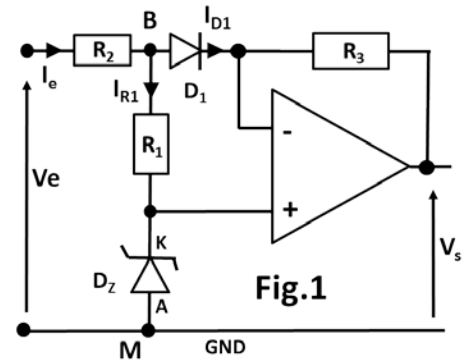
2) L'amplificateur stéréo pour les sons médium et aigu, couvre la gamme de fréquence qui va de 200Hz à 20kHz et nécessite une puissance crête de 40W / voie sur des haut-parleurs d'impédance  $Z_{HPmédium} = 8\Omega$ . Calculer l'amplitude du signal maximum que devra débiter l'amplificateur, puis en déduire le gain correspondant. Quel est, après amplification, la variation minimale (le quantum) de la tension et de la puissance aux bornes des haut-parleurs sachant là encore, que le double CNA en entrée est sur 16Bits/voie.

3) Que deviendrait la précision réelle (quantum fiable) si le CNA utilisé est médiocre en présentant une erreur différentielle de linéarité  $DNL = 0,4LSB$  et une erreur différentielle de linéarité  $INL = 0,5LSB$  ?

4) Proposer, parmi les topologies présentées en cours, une topologie qui a votre avis est susceptible de restituer le plus fidèlement le son.

**Examen 2016 d'électronique Non Linéaire** (cours T.Camps)  
Barème : I.1 (7pts), I.2 (2pts) ; II (11pts) (~ 1 heure)

I) Dans le montage de la figure 1, l'A.O.P est idéal;  $R_1=10k\Omega$ ,  $R_2=R_3=220k\Omega$ ; si  $V_{D1} < 0,6V$  la diode est bloquée ( $I_D=0A$ ) et passante pour une tension anode cathode de  $V_D=0,6V$ . La diode Zéner 'Dz' est passante en direct si la tension à ses bornes est de  $V_{AK}=V_D=0,6V$  ou en inverse si  $V_{DZ}=V_{KA}=V_Z=4.6V$  et bloquée ( $I_{DZ}=0A$ ) si  $V_D < V_{DZ} < V_Z$ . Enfin, la tension de saturation de l'AOP est de  $V_{sat}=\pm 14V$  !



I.1) Ce montage est-il en Contre Réaction? Calculer les expressions littérales, puis numériques, du courant  $i_{R1}$ ,  $i_{D1}$ ,  $i_e$  et des tensions de sortie  $V_{BM}$ ,  $V_s$  respectivement pour  $V_e > 0$ , puis  $V_e < 0$  en précisant l'état de conduction des diodes  $D_1$  et  $D_z$ .

I.2) Tracer l'évolution de la tension de sortie pour une tension d'entrée allant de  $V_e = -15v$  à  $15v$ .

**Problème II : instrumentation d'un four de recuit de recuit rapide RTP**

1) On mesure en 4 points, la température d'un four de recuit rapide pour des procédés microélectroniques (rampe de  $1000^\circ C/Sec$ ). Sachant que le signal utile va jusqu'à une fréquence de  $F_{Signal} (max) = 1500Hz$ , calculer la fréquence d'échantillonnage minimale (Théorème de Shannon) par voie, puis en déduire la fréquence minimale d'échantillonnage de la carte d'acquisition séquentielle de 4 voies retenue.

2) A présent, on considère une dynamique en température allant de  $0^\circ C$  à  $1000^\circ C$ , avec une précision de  $0,1^\circ C$ . Après avoir déterminé le quantum en % de la pleine échelle, sachant que l'électronique d'acquisition a une sensibilité globale de  $5mV/^\circ C$ , déterminer la dynamique d'entrée du convertisseur analogique numérique et la valeur du quantum pour une mesure à  $0,5^\circ C$  près. Déterminer le nombre de bits nécessaires en prenant un CAN auto-calibré ( $INL=DNL=0xLSB$ ).

3) En considérant une conversion sur 16 bits et une dynamique d'entrée de 5V, calculer le quantum réel et la précision exprimée en pourcentage.

4) Considérons qu'une atténuation de  $-84dB$  est nécessaire en sortie du filtre anti repliement après 2 octaves, en déduire l'ordre de ce filtre (rappel  $-6dB/octave = -20dB/décade \Rightarrow 1er\ ordre$ ). Quel type de filtre utiliseriez-vous ?

5) En considérant une fréquence de stop band  $F_s = 6\ kHz$ , après atténuation de  $-84dB$ , déterminer la fréquence réelle d'échantillonnage.

7) Si cette fréquence d'échantillonnage est de 15kHz, dimensionner en kbits (pas en Octets) la mémoire pour enregistrer les quatre mesures de température pendant un recuit d'une heure.

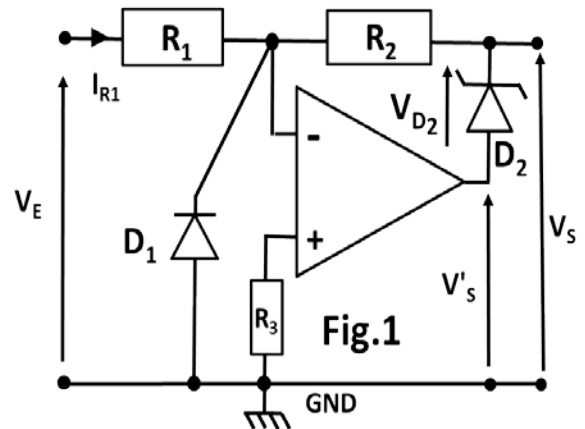
8) On dispose déjà d'une carte à 8 entrées sur 16 bits, avec une fréquence d'échantillonnage de 100kHz, peut-elle convenir ? Développer votre réponse et préciser s'il faut une carte d'acquisitions séquentielle ou synchrone.

9) Compte tenu du nombre élevé de bits et de la faible vitesse d'échantillonnage, proposer une topologie capable de répondre à ces exigences. Expliquer et commenter votre choix.

**Examen d'électronique Non Linéaire** (cours T.Camps)

Barème : I.1 (2pts), I.2 (5pts) &amp; I.3 (3pts) ; II (10pts) (~ 1h20)

**Problème I :** Dans le montage de la figure 1, l'A.O.P est idéal;  $R_2=82k\Omega$ ;  $R_1=R_3=18k\Omega$ , si  $V_{D1} < 0,6V$  la diode  $D_1$  est bloquée ( $I_D=0A$ ) et passante pour une tension anode cathode de  $V_D=0,6V$ . La diode Zéner ' $D_2$ ' est passante en direct si la tension à ses bornes est de  $V_{D2}=V_D=-0,6V$ , passante en inverse (conduction zéner) si  $V_{D2}=V_Z=5.6V$  et enfin bloquée ( $I_{DZ}=0A$ ) si  $V_D < V_{D2} < V_Z$ . Enfin, la tension de saturation de l'AOP est de  $V_{Sat}=13V$ .



I.1) Quels sont les rôles respectifs de la diode  $D_1$  et la résistance  $R_3$  ?

I.2) Calculer les expressions littérales, puis numériques, du courant  $i_{R1}$  et des tensions de sortie  $V_s$  et  $V'_s$  respectivement pour  $V_E > 0$ , puis pour  $V_E < 0$  en précisant l'état de conduction des diodes  $D_1$  et  $D_2$ .

I.3) Tracer l'évolution de la tension de sortie  $V_s(V_E)$  et  $V'_s(V_E)$  pour des tensions d'entrée allant de  $-15V$  à  $15V$ . En déduire la dynamique d'entrée en régime linéaire (Contre-Réaction) ?

**Problème II : instrumentation d'une étuve autoclave**

II.1) On mesure en 8 points, la température dans un four de cuisson autoclave pour des structures composites. Sachant que le signal présente une bande passante jusqu'à  $F_{Signal\ max} = 10Hz$ , calculer à l'aide du théorème de Shannon, la fréquence d'échantillonnage minimale par voie, puis en déduire la fréquence minimale d'échantillonnage de la carte d'acquisition 8 voies retenue.

II.2) A présent, on considère le cas pratique que la température va de  $20^\circ C$  à  $276^\circ C$ , pour une mesure à  $1^\circ C$  près. Après avoir déterminé la dynamique en température, déduire le quantum en %.

II.3) Sachant que l'électronique d'acquisition présente une sensibilité de  $10mV/^\circ C$ , déterminer la dynamique d'entrée en tension du convertisseur Analogique-Numérique et la valeur du quantum exprimé en mV.

II.4) Prenons une sensibilité à  $0,5^\circ C$  près, il faudra 512 points, en déduire le nombre de bits nécessaires en prenant un CAN auto-calibré ( $INL=DNL=0xLSB$ ).

II.5) En considérant un CAN avec une conversion sur 9 bits et une dynamique d'entrée de 5V, calculer le quantum réel et la précision exprimée en pourcentage.

II.6) Considérons qu'une atténuation de -48dB est nécessaire en sortie du filtre anti repliement après 2 octaves de fréquence, en déduire l'ordre du filtre (-6dB/octave=-20dB/décade => 1er ordre). Quel type de filtre utiliseriez-vous ?

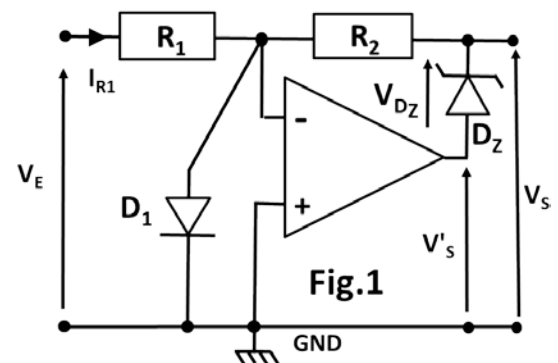
II.7) Sachant qu'une fréquence de stopband  $F_s$  de 100Hz conduit à une atténuation de -48dB, donner la fréquence réelle d'échantillonnage nécessaire par voie.



## Examen d'électronique Non Linéaire (cours T.Camps)

Barème : I.1 (6pts), I.2(4pts) ; II (10pts), (~ 1h30 heure)

I) Dans le montage de la figure 1, l'A.O.P est idéal;  $R_2 = 100k\Omega$ ;  $R_1 = 10k\Omega$ , si  $V_{D1} < 0,6V$  la diode est bloquée ( $I_D = 0A$ ) et passante pour une tension anode cathode de  $V_D = 0,6V$ . La diode Zéner 'DZ' est passante si la tension à ses bornes est de  $V_{DZ} = V_D = -0,6V$  ou  $V_{DZ} = V_Z = 5V$  et bloquée ( $I_{DZ} = 0A$ ) si  $V_D < V_{DZ} < V_Z$ . Enfin, la tension de saturation de l'AOP est de 14V !



I.1) Calculer les expressions littérales, puis numériques du courant  $i_{R1}$  et des tensions de sortie  $V_s$ ,  $V'_s$  en précisant l'état de conduction de la diode  $D_1$ , respectivement pour  $V_E > 0$ , puis  $V_E < 0$ .

I.2) Tracer les évolutions des tensions  $V_s$  ( $V_e$ ) et  $V'_s$  ( $V_e$ ) pour des tensions d'entrée allant de  $V_e = -14V$  à  $14V$ . Quelle est la dynamique d'entrée en régime linéaire (Contre Réaction) ?

## II ) instrumentation d'un four de recuit de recuit rapide

1) On souhaite mesurer en 4 points la température d'un four de recuit 'Flash' pour des procédés microélectroniques. Sachant que le signal présente une bande passante allant du continu jusqu'à  $F_{\text{Signal max}} = 2,5 \text{ kHz}$ , calculer à l'aide du Théorème de Shannon la fréquence d'échantillonnage minimale par voie, puis en déduire la fréquence minimale d'échantillonnage de la carte d'acquisition séquentielle 4 voies retenue.

2) A présent, on considère le cas pratique avec une dynamique en température allant de  $0^\circ\text{C}$  à  $1500^\circ\text{C}$ , pour une mesure à  $0,2^\circ\text{C}$  près. Déterminer le quantum  $q$  en  $^\circ\text{C}$ , en % en enfin en Volt sachant que l'électronique d'acquisition à une sensibilité globale de  $5\text{mV}/^\circ\text{C}$ .

3) Déterminer la dynamique d'entrée du convertisseur analogique numérique.

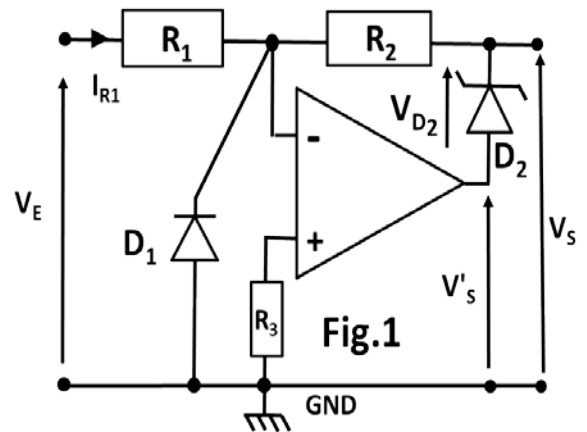
4) Déterminer le nombre de bits nécessaires en prenant un CAN idéal ( $\text{INL} + \text{DNL} = 0 \cdot \text{LSB}$ ) puis un CAN ordinaire avec  $\text{INL} + \text{DNL} = 1 \cdot \text{LSB}$ .

- 5) En considérant une conversion sur 16 bits, et une dynamique d'entrée de 7,5V, calculer le quantum  $q$  réel et la précision exprimée en Volt et pourcentage.
- 6) Pour obtenir une atténuation de -48dB en sortie du filtre anti-repliement après 2 octaves, donner l'ordre de ce filtre (-6dB/octave=-20dB/décade) et quel type de filtre utiliseriez-vous ?
- 7) En prenant un filtre d'ordre 8, pour obtenir une atténuation de -48dB après 1 octave, qu'elle est la fréquence de stopband et la fréquence minimale d'échantillonnage ?
- 8) On dispose déjà d'une carte à 8 entrées sur 16 bits, avec une fréquence d'échantillonnage de 300kHz, peut-elle convenir ? Développer votre réponse et préciser s'il faut une carte d'acquisitions séquentielle ou synchrone.

**Examen d'électronique Non Linéaire** (cours T.Camps)

Barème : I.1 (2pts), I.2 (5pts) & I.3 (2pts) ; II.1 (3pts), II.2 (2pts) ; III (8pts)

**Problème I :** Dans le montage de la figure 1, l'A.O.P est idéal;  $R_2=180k\Omega$ ;  $R_1=R_3=18k\Omega$ , si  $V_{D1} < 0,6V$  la diode  $D_1$  est bloquée ( $I_D=0A$ ) et passante pour une tension anode cathode de  $V_D=0,6 V$ . La diode Zéner 'D2' est passante en direct si la tension à ses bornes est de  $V_{D2}=V_D=-0,6V$ , passante en inverse (conduction zéner) si  $V_{D2}= V_Z= 3V$  et enfin bloquée ( $I_{DZ}=0A$ ) si  $V_D < V_{D2} < V_Z$ . Enfin, la tension de saturation de l'AOP est de  $V_{Sat}=14V$ .

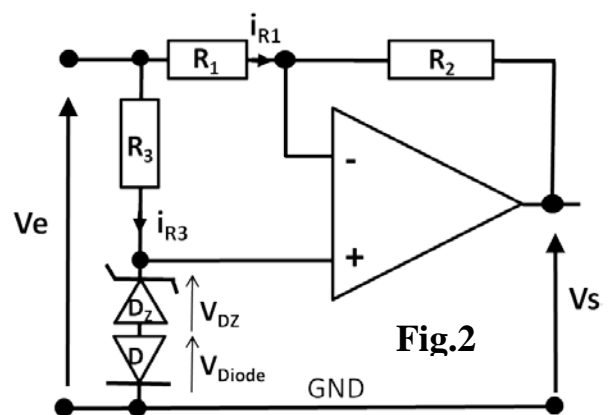


I.1) Quels sont les rôles de la diode  $D_1$  et la résistance  $R_3$  ?

I.2) Calculer les expressions littérales, puis numériques, du courant  $i_{R1}$  et des tensions de sortie  $V_s$  et  $V's$  respectivement pour  $V_E > 0$ , puis pour  $V_E < 0$  en précisant l'état de conduction des diodes  $D_1$  et  $D_2$ .

I.3) Tracer l'évolution de la tension de sortie  $V_s(V_E)$  et  $V's(V_E)$  pour des tensions d'entrée allant de  $-14v$  à  $14v$ . En déduire la dynamique d'entrée en régime linéaire (en Contre-Réaction) ?

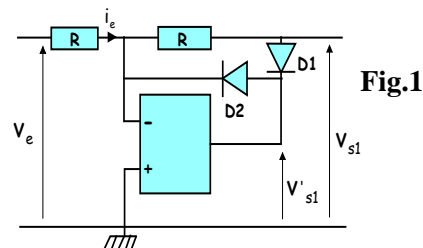
II) Dans le montage figure 2, l'A.O. P est idéal;  $R_2 = R_3 = 27k\Omega$ ,  $R_1 = 10k\Omega$ ; si  $V_D < 0,6V$  la diode  $D$  est bloquée ( $I_D=0A$ ) et quand la diode est passante la tension anode cathode à ses bornes est  $V_D=0,6V$ . La diode Zéner est passante la tension à ses bornes de  $V_{DZ} (I_{AK} > 0) = -0,6V$  ou  $V_{DZ} (I_{AK} < 0) = V_Z = 3,4V$ . Pour  $-0,6V < V_{DZ} < V_Z$  la diode Zéner est bloquée et donc  $I_{DZ} = 0A$ . Enfin, la tension de saturation de l'AOP est de  $V_{Sat} = 14V$ .



II.1) Calculer les expressions littérales et numériques des courants ( $i_{R1}$ ,  $i_{R3}$ ) et des tensions ( $V_+$ ,  $V_-$ ,  $V_s$ ).

II.2) Tracer l'évolution de la tension de sortie  $V_s(V_e)$  pour des tensions d'entrée allant de  $-14v$  à  $14v$ .

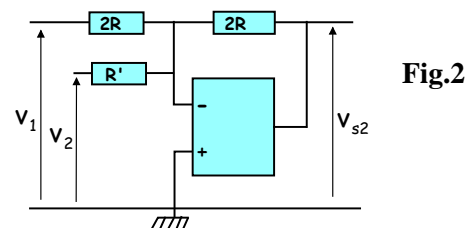
A) on considère le montage figure 1 : l'amplificateur opérationnel est idéal, si  $V_D < 0,6V$  la diode est bloquée ( $I_D = 0A$ ) et quand la diode est passante, la tension à ses bornes est de  $V_D = V_{AK} = 0,6 V$ .



A.1) Pour une tension d'entrée positive  $V_e > 0v$ , donner l'état de conduction des diodes (D1, D2) en le justifiant (hypothèses et vérifications), puis après avoir simplifié le circuit, calculer l'expression littérale et numérique du courant d'entrée  $I_e$ , des tensions de sortie  $V_{s1}$  et  $V'_{s1}$ .

A.2) Pour  $V_e < 0v$ , donner l'état de conduction des diodes (D1, D2) en le justifiant (hypothèses et vérifications), puis calculer l'expression littérale et numérique des tensions de sortie  $V_{s1}$  et  $V'_{s1}$ . En déduire la fonction de ce montage.

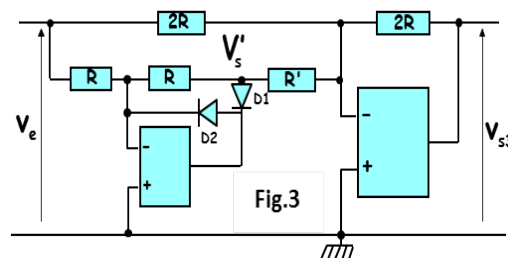
B) On considère le montage de la figure 2, où l'A.O.P est idéal. Calculer l'expression littérale de la tension de sortie  $V_{s2} = f(V_1 \& V_2)$  fonction des éléments du circuit.



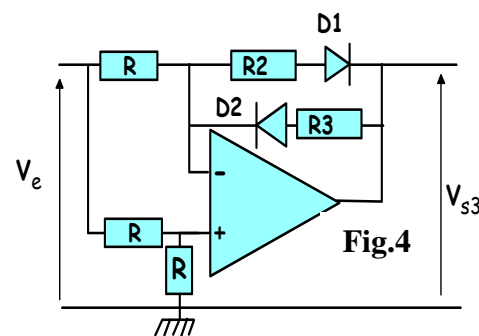
C) On considère le montage de la figure 3, où l'A.O.P est idéal.

C.1) Calculer l'expression littérale du gain en tension  $A_V = V_{s3}/V_e$ .

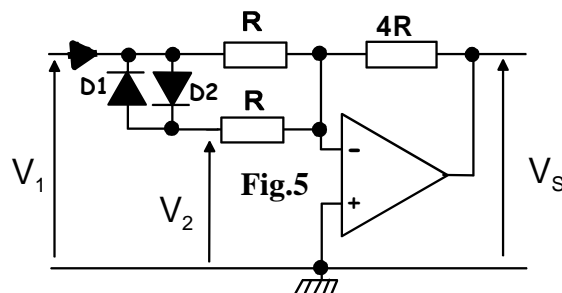
C.2) Quel doit être la valeur de  $R'$  pour réaliser un montage redresseur sans seuil.



D) On considère le montage de la fig.4, où : l'A.O.P est idéal;  $R_2 = 5.R$  et  $R_3 = 10.R$ ; si  $V_D < 0,6V$  la diode est bloquée ( $I_D = 0A$ ) et quand la diode est passante la tension à ses bornes est  $V_D = 0,6V$ . Calculer l'expression littérale et numérique du gain en tension  $A_{V3} = V_{s3}/V_e$  pour  $V_e > 0$  et  $V_e < 0$ .



E) On considère le montage de la fig. 5 : l'amplificateur opérationnel est idéal, si  $V_D < 0,6V$  la diode est bloquée ( $I_D = 0A$ ) et quand la diode est passante la tension à ses bornes est de  $V_D = 0,6 V$ .



E.1) Etudier en fonction de la tension d'entrée, l'état de conduction des diodes (D1, D2) en le justifiant (hypothèses et vérifications), puis après avoir simplifié le circuit, calculer les expressions littérales de :  $V_2$ ,  $i_e$  et enfin  $V_S$  en fonction de  $V_1$  et des éléments du circuit.

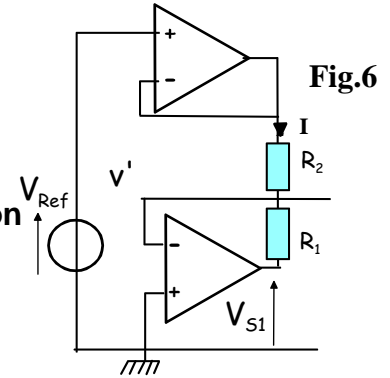
E.2) Application numérique : en prenant  $R = 10k\Omega$ ,  $V_D = 0,6V$  calculer la valeur de  $V_S$  et  $i_e$  pour  $V_1 = 0,1V$  ;  $0,5V$  et  $2V$ .

F) On considère le montage de la figure 6, où l'A.O.P est idéal

F.1) calculer l'expression littérale de  $V'$ ,  $I$  et  $V_{S1}$  en fonction des éléments du circuit.

F.2) En prenant  $R_1 = R+r$  et  $R_2 = R$  calculer l'expression littérale de  $V_S$  en fonction de  $R$ ,  $r$ ,  $V_{Ref}$ .

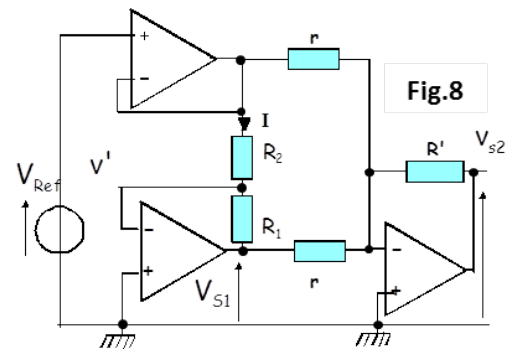
F.3) En prenant :  $R = 10M\Omega$ ,  $r = 1k\Omega$  et  $V_{ref} = 10V$ , calculer la valeur de  $I$  et  $V_{S1}$



H) On considère le montage de la figure 8, où l'A.O.P est idéal. la diode est bloquée ( $I_D=0A$ ) et quand la diode  $V_D=0,6 V$  et  $V_{ZD2} = 5,6V$ .

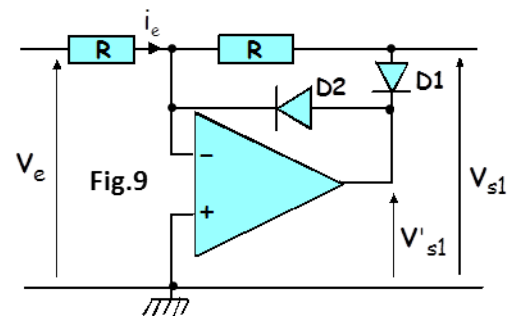
H.1) Calculer l'expression littérale de la tension de sortie  $V_{S2}$  fonction de  $V_{Ref}$  et des éléments du circuit.

H.2) En prenant  $r = 1 k\Omega$  ,  $R' = 1M\Omega$  et  $V_{ref} = 10V$ , calculer la valeur de  $V_{S2}$



I) On considère le montage de la fig.9 : l'amplificateur opérationnel est idéal.

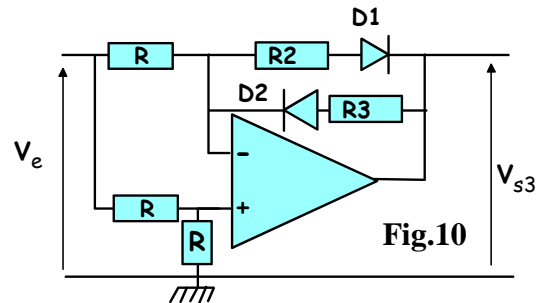
I.1) Pour une tension d'entrée positive  $V_e > 0v$ , donner l'état de conduction des diodes ( $D_1$ ,  $D_2$ ) (hypothèses, puis vérifications), simplifier le circuit et calculer l'expression littérale et numérique du courant d'entrée  $i_e$  et des tensions de sortie  $V_{S1}$  et  $V'S1$  respectivement pour  $V_e = 4V$  et  $V_e = 10V$ .



I.1) Pour une tension d'entrée positive  $V_e > 0v$ , donner l'état de conduction des diodes ( $D_1$ ,  $D_2$ ) (hypothèses, puis vérifications), simplifier le circuit et calculer l'expression littérale et numérique du courant d'entrée  $i_e$  et des tensions de sortie  $V_{S1}$  et  $V'S1$  respectivement pour  $V_e = 4V$  et  $V_e = 10V$ .

I.2) Pour une tension d'entrée négative  $V_e < 0V$ , donner l'état de conduction des diodes ( $D_1$ ,  $D_2$ ) (hypothèses, puis vérifications), simplifier le circuit et calculer l'expression littérale et numérique du courant d'entrée  $i_e$  et des tensions de sortie  $V_{s1}$  et  $V'_{s1}$ . Déduire la fonction de ce montage.

J) On considère le montage de la fig.10, où : l'A.O.P est idéal;  $R_2=10.R$  et  $R_3=3.R$ ; si  $V_D < 0,6V$  la diode est bloquée ( $I_D=0A$ ) et quand la diode est passante la tension à ses bornes est  $V_D=0,6V$ . Calculer l'expression littérale et numérique du gain en tension  $A_{V3}=V_{s3}/V_e$  pour  $V_e > 0$  et  $V_e < 0$



K) On considère le montage de la figure 11, où : l'A.O.P est idéal;  $R_2=R_3=2.R_1=10k\Omega$ ; si  $V_D < 0,6V$  la diode est bloquée ( $I_D = 0A$ ) et quand la diode est passante la tension anode cathode à ses bornes est  $V_D=0,6V$ . La diode zéner est passante la tension à ses bornes de  $V_{DZ}=-0,6V$  ou  $V_{DZ}=V_Z=4,4V$ .

Pour  $-0,6V < V_{DZ} < V_Z$  la diode zéner est bloquée et donc  $I_{DZ} = 0A$ .

II.1) Calculer les expressions littérales, et numériques, des courant  $i_{R1}$   $i_{R3}$  et des tensions  $v_+$  et celle de sortie  $V_s$ .

II.2) En déduire l'évolution du gain en tension  $A_V= V_s/V_e$  pour des tensions d'entrée allant de  $-15V$  à  $15V$  et tracer cette évolution  $V_s(V_e)$  ( $V_e \in [-15V \text{ à } 15V]$ ).

