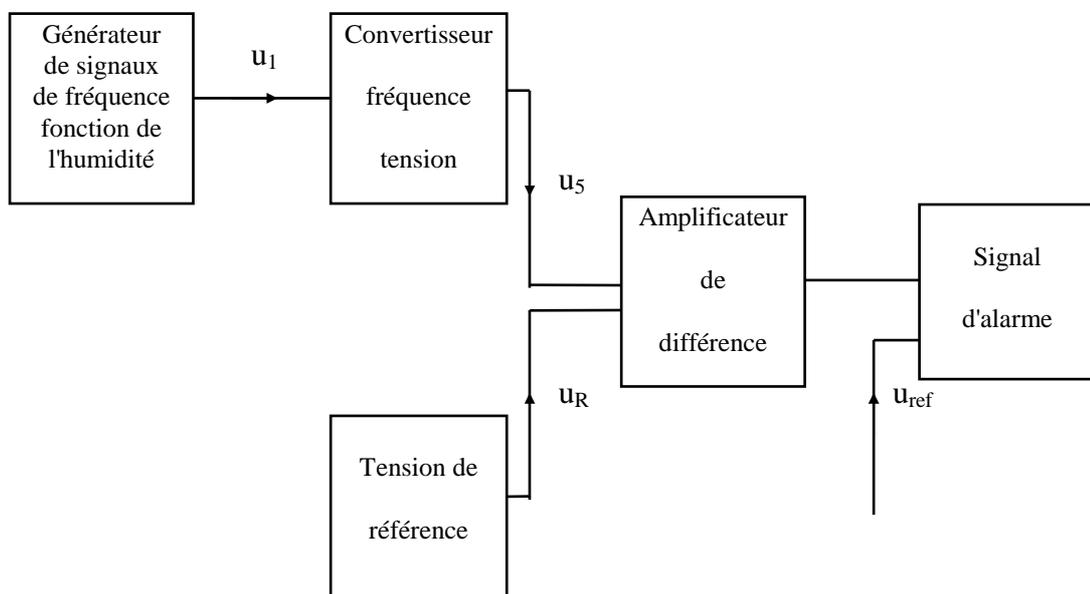


Il est rappelé aux candidats que la qualité de la rédaction, la clarté et la précision des explications entreront pour une part importante dans l'appréciation des copies. Toute réponse devra être justifiée.

## MESUREUR D'HUMIDITE

Etude d'un système de contrôle permettant de surveiller l'humidité relative d'un local.

### Schéma fonctionnel



Les amplificateurs sont considérés comme parfaits:

- intensité des courants d'entrée nulle,
- tension différentielle d'entrée nulle en régime linéaire.

Ils sont alimentés symétriquement sous les tensions  $V_{cc} = +12V$  et  $-V_{cc} = -12V$ .

## I - Générateur de signaux de fréquence fonction de l'humidité (schéma 1 page 5)

1) Le capteur d'humidité  $C_H$  est un condensateur dont la capacité diminue lorsque le taux d'humidité augmente. Pour un taux d'humidité de 70 %,  $C_H = 500$  pF. La variation de  $C_H$  est de 5 pF pour une variation d'humidité de 1 %.

Le capteur est monté en parallèle avec un condensateur  $C_1$  de 150 pF.  $C$  est la capacité du condensateur équivalent. On appelle  $x$  le taux d'humidité exprimé en %.

- Calculer les valeurs de  $C$  pour 0 %, 70 % et 100 % d'humidité, soit, respectivement, pour  $x_1 = 0$ ,  $x_2 = 70$  et  $x_3 = 100$ ,

- Exprimer  $C$ , en pF, en fonction de  $x$ .

### 2) Génération des oscillations :

On note  $0^-$  l'instant précédant immédiatement l'instant 0, origine des temps.

On a pour  $t = 0^-$  :  $u_1 = V_{dd} = 12$  V,  $u_C = \frac{V_{dd}}{2}$  et  $v_A = \frac{V_{dd}}{2}$

a- Donner la valeur de  $v_B$  pour  $t = 0^-$ .

b- A  $t = 0$ , la sortie  $u_1$  prend la valeur 0. Quelles sont les valeurs de  $v_B$ ,  $u_C$  et  $v_A$  à  $t = 0^+$  suivant immédiatement l'instant 0 ?

c- Etablir la relation liant l'intensité  $i$  du courant de charge du condensateur, les tensions  $u_1$ ,  $u_C$  et  $v_B$  et la résistance  $R_1$ .

d- Exprimer  $i$  en fonction de  $du_C/dt$ . Quelle équation faisant intervenir  $u_C$  et  $du_C/dt$  est vérifiée par le montage ?

e- Comment évolue la tension aux bornes du condensateur ?

f- Pour quelle valeur de  $u_C$  le système bascule-t-il à nouveau ? On appelle cet instant  $t_1$ .

g- Donner les valeurs de  $u_1$ ,  $u_C$  et  $v_A$  aux instants  $t_1^-$  et  $t_1^+$  précédant et suivant immédiatement  $t_1$ .

3) Lorsque les oscillations sont établies, la période est égale à :  $T = 2 t_1 = 2,2 R_1 C$ .

a- On donne  $R_1 = 70$  k $\Omega$ . Montrer que l'on peut écrire :  $T = (154 - 0,77 x)$  T étant exprimée en  $\mu$ s. Quelle est la valeur de T pour  $C = 650$  pF ?

b- Tracer, sur la feuille annexe n° 1, pour cette valeur de T, en concordance de temps, les chronogrammes de  $u_1$ ,  $u_C$  et  $v_A$  à partir de l'instant  $t = 0$  en représentant deux périodes.

## II - Convertisseur fréquence-tension : (schéma 2 page 5)

1) Quelle est la fonction de l'amplificateur opérationnel A.O.1 ? Donner la relation entre  $u_1$  et  $u_2$ .

2) Le circuit intégré NE 555 est monté en monostable. Il est déclenché chaque fois que la tension  $u_2$  passe de  $V_{dd}$  à 0V (front descendant). La durée de l'état instable est de 70  $\mu$ s, la tension  $u_3$  vaut :

- 0V pendant l'état stable,
- $V_{dd}$  pendant l'état instable.

Tracer en concordance de temps avec  $u_1(t)$  les signaux  $u_2(t)$  et  $u_3(t)$ , sur le document réponse de la feuille annexe n°2.

Calculer la valeur moyenne  $\langle u_3 \rangle$  de la tension  $u_3(t)$ .

### 3) Etude du filtre :

a- On suppose, pour l'étude, que la tension  $u_4$  est sinusoïdale de pulsation  $\omega$ . Calculer la

transmittance complexe :  $\underline{A} = \frac{\underline{U}_5}{\underline{U}_4}$  en fonction de  $R_3$ ,  $R_4$ ,  $C_4$  et  $\omega$ . Exprimer  $\underline{A}$  module de  $\underline{A}$  en fonction de  $\omega$  et des éléments du montage.

b-  $R_3 = R_4 = 10 \text{ k}\Omega$  et  $C_4 = 0,1 \text{ }\mu\text{F}$ .

- Pour quelle valeur de la fréquence  $f$  le module  $A$  de la transmittance est-il maximal ?
- Quelle est la valeur  $A_0$  de ce maximum ?
- Quelle est la nature de ce filtre ?
- Quelle en est la fréquence de coupure  $f_c$  ?

c- La tension  $u_4$  est en fait la tension  $u_3$  de la question II.2 représentée sur le document réponse.

Ce signal peut se décomposer en sa valeur moyenne à laquelle s'ajoutent des composantes sinusoïdales de fréquences  $f$ ,  $2f$ ,  $3f$ ...

Le filtre est considéré comme parfaitement efficace. Calculer  $u_5$ .

## III - Tension de référence : (schéma 3 page 6)

$R_5 = 1 \text{ k}\Omega$ ,  $R_6 = 4,7 \text{ k}\Omega$  et  $P = 5 \text{ k}\Omega$

Calculer la valeur de  $u_R$  quand le curseur est en A. Même question lorsque le curseur est en B.

#### **IV - Amplificateur de différence : (Schéma 4 page 6)**

Les amplificateurs opérationnels fonctionnent en régime linéaire

1) Exprimer  $u_{BC}$  en fonction de  $u_5$ ,  $u_R$ . Exprimer  $i$  en fonction de  $u_5$ ,  $u_R$  et  $R_7$ . En déduire  $u_{AD}$  en fonction de  $u_5$  et  $u_R$

2) La tension  $u_6$  est telle que  $u_6 = -u_{AD}$

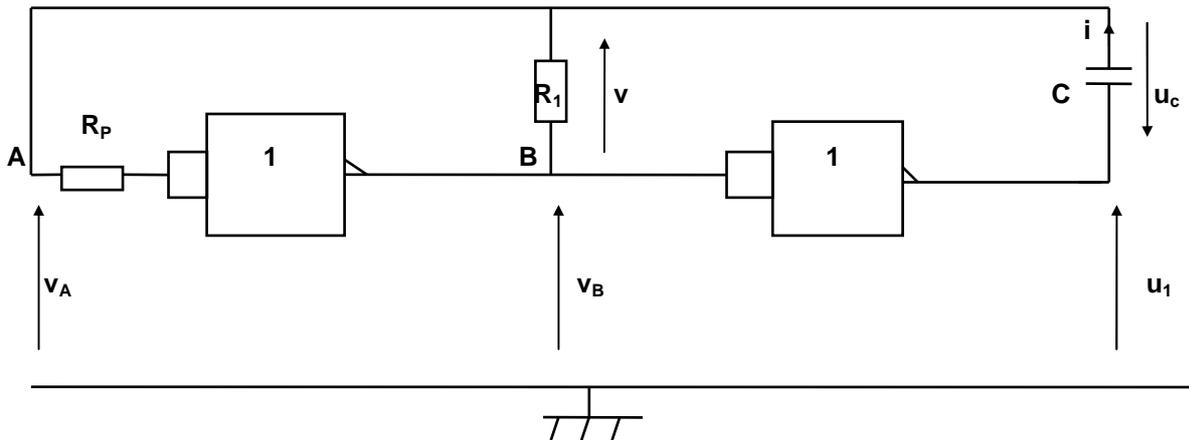
On choisit  $u_R = -7,3 \text{ V}$ . Calculer  $u_6$  quand  $u_5 = -8,4 \text{ V}$ .

#### **V - Signal : (schéma 5 page 6)**

Lorsque l'humidité augmente, la tension  $u_6$  varie de  $-5,6 \text{ V}$  pour  $x = 0$  à  $10,8 \text{ V}$  pour  $x = 100$ . La tension de référence  $u_{ref}$ , appliquée à l'amplificateur opérationnel AO6 est réglée à  $3,0 \text{ V}$ . Les éléments constituant le montage commandé par la tension  $u_7$  ( $R_9$ ,  $R$ ,  $T$ , LED) sont tels que la diode électroluminescente émet un signal lumineux lorsque  $u_7 = +V_{sat}$  et reste éteinte dans l'autre cas.

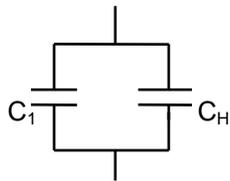
Que se passe-t-il lorsque l'humidité est telle que  $u_6 = 3,3 \text{ V}$  ?

I - Générateur de signaux de fréquence fonction de l'humidité **SCHEMA 1**

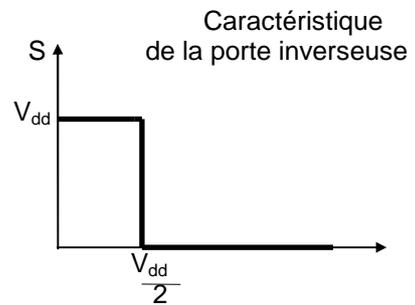


$R_p$  est une résistance de protection

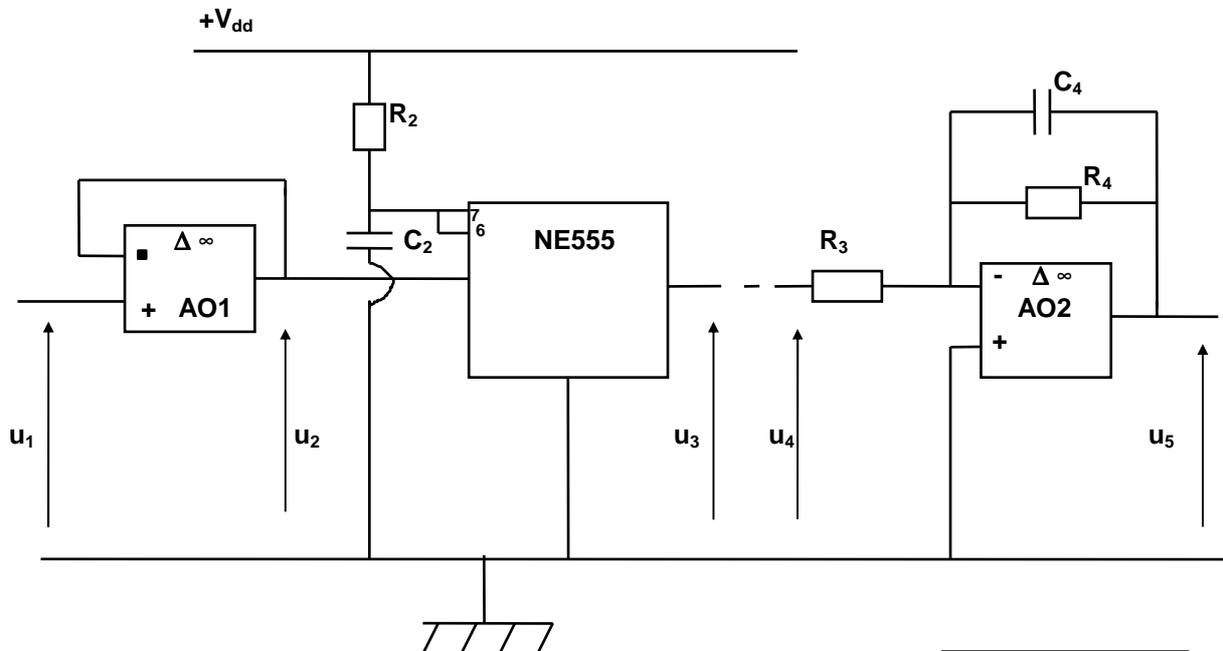
Le condensateur de capacité C correspond au montage ci-contre



**SCHEMA 1**



II - Convertisseur fréquence tension **Schéma 2**



2 = déclenchement

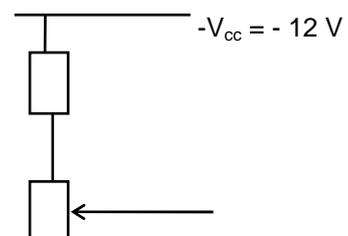
3 = sortie

6 = seuil

**SCHEMA 2**

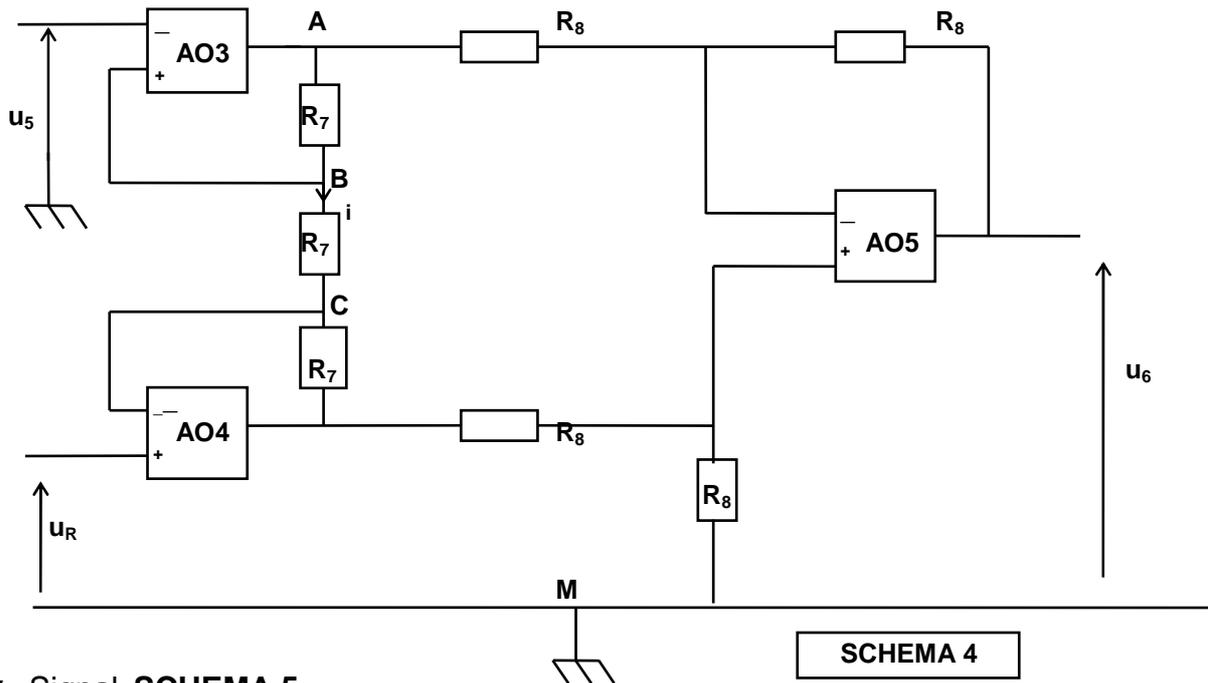
5/8

III - Tension de référence. **SCHEMA 3**



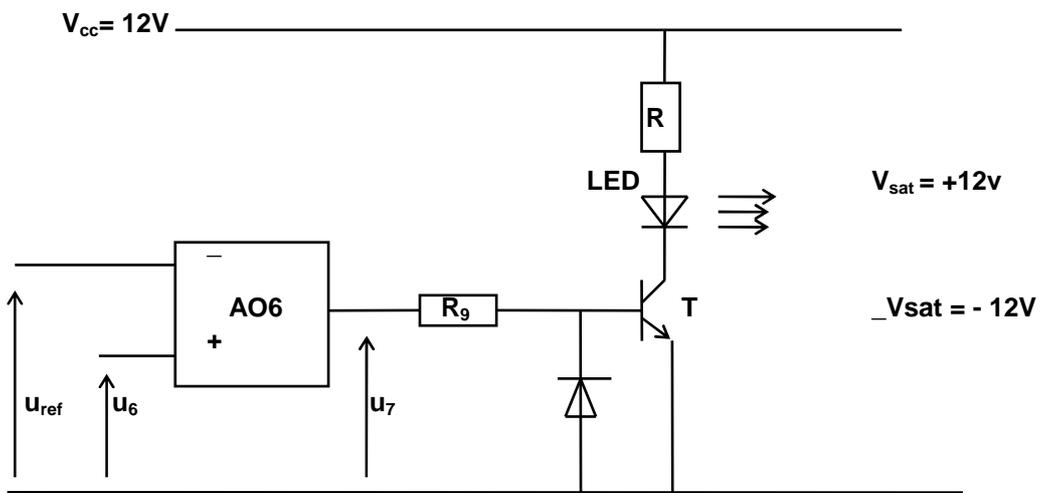
$R_5$   
 A  
 P  
 B  
 $R_6$       $u_R$

**IV Amplificateur de différence. SCHEMA 4**



**SCHEMA 4**

**v - Signal SCHEMA 5**



**SCHEMA 5**

