



## Problème : Station météorologique

Des petites stations météorologiques sont disponibles pour le grand public depuis quelques années pour quelques dizaines d'euros. Bien qu'elles ne puissent rivaliser avec les stations professionnelles, elles sont généralement équipées de plusieurs modules capteurs qui communiquent par une liaison radio avec une base chargée de la collecte et de l'affichage des données (et parfois de pseudo-prévisions). Chacun des modules capteurs-émetteur effectue deux types de mesures, la température et l'humidité (hygrométrie), et les retransmet vers la base. La mesure de pression n'est disponible que sur des systèmes plus onéreux, et est généralement située sur la base, pas sur les capteurs.

Nous allons étudier ici l'architecture d'un module intégrant un thermomètre, un hygromètre et une transmission numérique des informations par radio.

L'architecture générale du module est donnée figure 1. Nous étudierons successivement les sondes et le multiplexage.

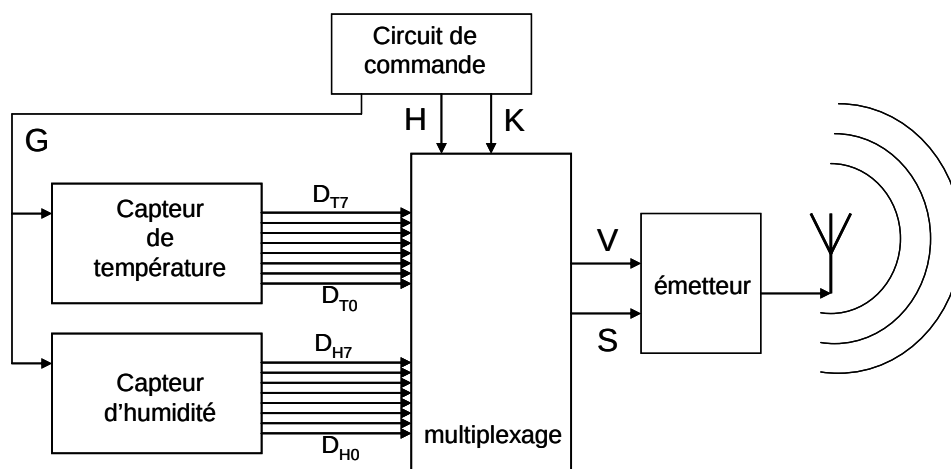


**Figure 1** : architecture du module

### A- Capteurs de température et d'humidité

Les circuits de mesure de température et d'humidité sont construits selon le même schéma autour des deux composants sensibles :

- une thermistance à base de semi-conducteurs dont la résistance  $R_T$  varie selon une fonction connue  $R_T(T)$  de la température  $T$ .
- un capteur d'humidité résistif dont la résistance  $R_H$  varie selon une fonction connue  $R_H(H,T)$  de la température  $T$  et de l'humidité  $H$ .

Les fonctions  $R_T(T)$  et  $R_H(H,T)$  varient de façon fortement non linéaire selon des lois approximativement exponentielles de  $H$  et  $1/T$ . Dans la gamme utile de  $T$  et  $H$ ,  $R_H(H,T)$  varie entre  $1\text{ k}\Omega$  et  $2\text{ M}\Omega$ .

On ne cherche pas à transmettre la température  $T$  et l'humidité  $H$  **mais uniquement les valeurs des résistances  $R_T$  et  $R_H$** . Le calcul de  $T$  et  $H$  est effectué par un circuit numérique situé dans le récepteur (la base) à partir des données reçues.

On utilise pour le capteur de température le schéma de la figure 2. Le convertisseur analogique-numérique (CAN) a 8 bits de sortie. Pour le capteur d'humidité, on utilise un montage identique avec les substitutions suivantes :  $R_T \rightarrow R_H$  ;  $R_1 \rightarrow R_2$  ;  $E_1 \rightarrow E_2$  ;  $D_T \rightarrow D_H$

On a  $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$  ;  $R_2 = 33 \text{ k}\Omega$  ;  $E_1 = 3 \text{ V}$  ;  $E_2 = 5 \text{ V}$ .

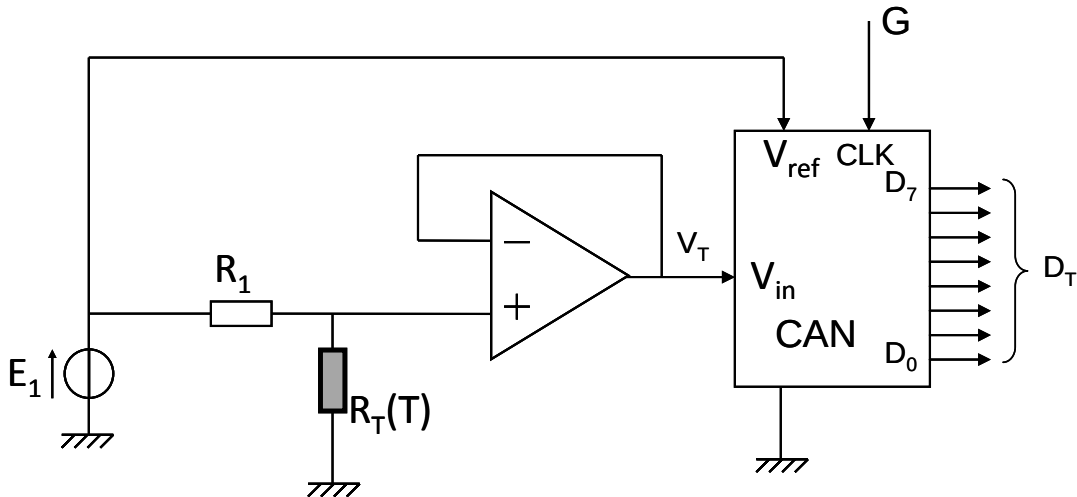


**Figure 2 : Capteur de température et conversion**

- 1- Exprimez  $V_T$  en fonction de  $E_1$ ,  $R_T$  et  $R_1$ .
- 2- Donnez l'expression de  $D_T$  (le mot binaire de sortie) en fonction de  $V_T$ .
- 3- En déduire l'expression de  $D_T$  en fonction de  $R_T$ .
- 4- Expliquez l'intérêt d'utiliser le même générateur de tension  $E_1$  pour le montage analogique et pour le CAN.
- 5- Donnez l'expression de  $R_T$  en fonction de  $D_T$ .
- 6- On observe en sortie  $D_T = (10100010)_2$ . Sachant que  $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ , donnez la valeur de  $R_T$ .

## B- Multiplexage des données

Pour transmettre les données par radio, il faut les multiplexer. On utilise pour cela le montage de la figure 3.

Le **multiplexeur** numérique<sup>1</sup> utilisé comporte 16 entrées de données  $E_0$  à  $E_{15}$ , 4 entrées d'adresse  $A_3$  à  $A_0$ , une entrée de validation  $V$  et une sortie  $S$ .

Si  $V=0$ , la sortie  $S$  vaut 0.

Si  $V=1$ , la sortie  $S$  est égale à l'entrée  $E_n$  où  $n$  est le code représenté par  $A_{3-0}$ .

Lorsque son entrée Load est au niveau bas, le **compteur** (modulo  $2^5$ ) compte. Ses sorties donnent alors en binaire le nombre de fronts montants de l'entrée CLK.

Lorsque Load est au niveau haut, les entrées P4-0 sont copiées sur les sorties Q4-0 lors du front montant de CLK (chargement synchrone).

- 7- Que signifie « multiplexer » ?
- 8- En supposant que les sorties des capteurs sont fixes et en prenant  $D_T = (10100010)_2$  et  $D_H = (01100101)_2$ , complétez les chronogrammes de la figure 5 située en annexe.

<sup>1</sup> On rappelle qu'un multiplexeur numérique est un circuit logique combinatoire : il ne transmet que des signaux logiques et est unidirectionnel.

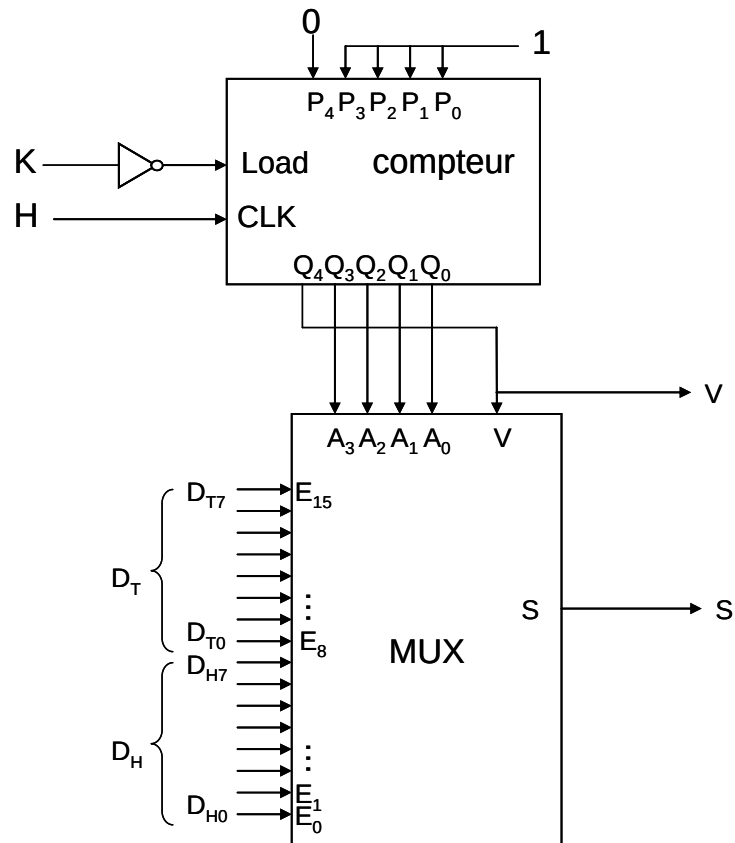


Figure 3 : Multiplexage

### C- Emission-Réception

Le signal de sortie du multiplexeur est transmis par une liaison radio.

- 9- Peut-on transmettre le signal logique de sortie  $S(t)$  du multiplexeur tel quel sur l'antenne ? Pourquoi ?
- 10- Quel(s) traitement(s) doit il subir ? (seul le nom du/des traitements est demandé)
- 11- Quel(s) est (sont) le(s) traitement(s) à appliquer au signal reçu par l'antenne de réception ? (idem)
- 12- A l'issue de ce traitement, les circuits logiques du récepteur reçoivent les signaux  $V'$  et  $S'$  de la figure 4 qui sont la reproduction des signaux  $V$  et  $S$  de l'émetteur (les données transmises sont différentes de celle de la question 8-). Que valent alors  $D_T$  et  $D_H$  en base 10.
- 13- Déduisez en les valeurs de  $R_T$  et  $R_H$ .

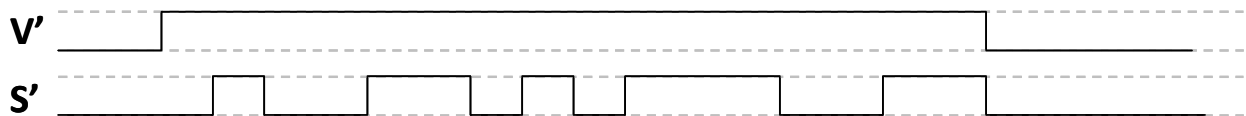


Figure 4 : Données après réception

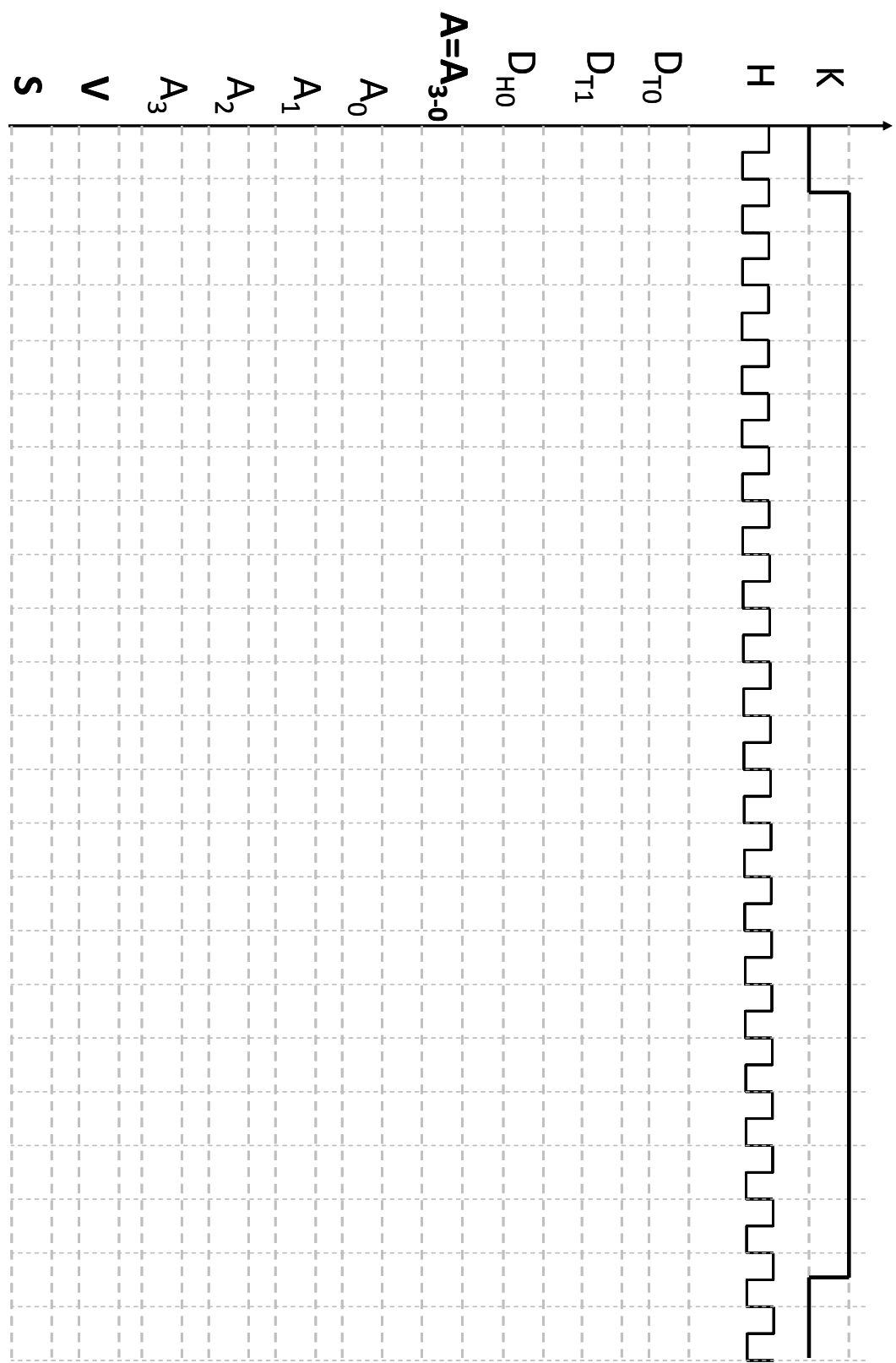


Figure 5 : Chronogrammes des signaux