



ANNEE UNIVERSITAIRE 2011/2012

Devoir surveillé terminal

Parcours : Physique et Ingénieries

Epreuve : **MI2025 Electronique du quotidien**

Date : vendredi 15 juin 2012

Durée : 1h30

Documents non autorisés

Epreuve de F. MARC



Exercice 1 : Liaison hertzienne (6 points)

On établit une liaison hertzienne entre deux antennes paraboliques placées à une distance $D = 10 \text{ km}$ l'une de l'autre.

On suppose que les antennes sont adaptées et que les axes des antennes sont parfaitement alignés. La fréquence de la liaison est $f = 17 \text{ GHz}$, la puissance fournie à l'antenne émettrice est $P_0 = 10 \text{ W}$. Le gain d'une antenne de 25 cm de diamètre est de $G_{1,\text{dB}} = 33 \text{ dB}$, celui d'une antenne de 33 cm est $G_{2,\text{dB}} = 36 \text{ dB}$.

- 1- Donnez la valeur des gains G_1 et G_2 en unités standard (linéaires).
- 2- Donnez l'expression de la densité de puissance $W(D)$ rayonnée dans l'axe de l'antenne émettrice de 25 cm de diamètre à la distance D .
- 3- Calculez $W(D)$ pour $D = 10 \text{ km}$.
- 4- Calculez P_1 la puissance reçue par une antenne réceptrice de 25 cm.
- 5- Calculez la puissance P_1' reçue par une antenne de 33 cm.
- 6- Une forte pluie apporte une atténuation supplémentaire de 12 dB. Calculez les puissances P_2 et P_2' reçues dans ces conditions pour les deux antennes (25 et 33 cm).

Exercice 2 : Mesure de température à distance (16 points)

On veut effectuer une mesure de température à distance dans un environnement explosif. Pour limiter les risques liés à la présence de lignes électriques, on utilise une transmission par fibre optique. Ainsi, seul le circuit de mesure est alimenté dans un boîtier étanche et la liaison ne présente pas de risque de court circuit.

Pour transmettre l'information, on choisit une modulation en largeur d'impulsion (PWM : Pulse Width Modulation) : l'information est contenue dans la durée d'impulsions envoyées périodiquement. Nous allons étudier ici le circuit de mesure et de génération des impulsions calibrées, puis le circuit de réception et de démodulation qui effectue aussi la conversion numérique, et fournit l'information à un ordinateur qui traite les valeurs reçues pour en déduire la température du capteur.

A- Etude du circuit d'émission

Le schéma du circuit d'émission est donné figure 1 (en annexe). Ce circuit comporte notamment 4 amplificateurs opérationnels et un intégrateur.

La mesure de la température est effectuée grâce à une thermistance (en grisé sur le montage) dont la résistance R_T varie selon une fonction connue de la température. On ne cherche à transmettre que la valeur de cette résistance.

Les autres résistances ont des valeurs qui varient peu avec la température.

Les amplificateurs opérationnels seront considérés comme idéaux. Ils ont des tensions de saturation $V_{\text{sat}+}$ et $V_{\text{sat}-}$.

La résistance R_5 sert à limiter le courant dans la diode électroluminescente (LED) qui émet sa lumière dans la fibre optique. La LED n'émet que quand la tension V_5 est positive.

Le générateur de f.e.m. $-E$ ($E > 0$) fournit une tension sensible à la température.

L'intégrateur a deux entrées. L'entrée *reset* sert à la remise à zéro de l'intégrateur et fonctionne avec des niveaux électriques compatibles avec les tensions de sorties des A.Op. saturés. Lorsque *reset* est au niveau bas, la tension de sortie V_{out} est liée à la tension d'entrée V_{in} par :

$$V_{out}(t) = V_{out}(t_0) - \frac{1}{\tau} \int_{t_0}^t V_{in}(t') dt'$$

où τ est un paramètre de l'intégrateur qui est sensible à la température et t_0 un instant inférieur à t .

Lorsque `reset` est au niveau haut, V_{out} devient égal à 0 V en un temps très inférieur au temps de montée et au temps de commutation des ampli. op.

- 1- D'après le montage figure 1, quels sont les amplificateurs opérationnels qui fonctionnent en régime linéaire.
- 2- Exprimez V_1 en fonction des éléments du montage.
- 3- Exprimez V_2 en fonction des éléments du montage.
- 4- Quelle est la condition nécessaire et suffisante sur $V_3(t)$ et les paramètres du montage pour que la LED soit allumée ?
- 5- Quelle est la condition nécessaire et suffisante sur $V_3(t)$ et les paramètres du montage pour que l'entrée `reset` de l'intégrateur soit au niveau bas ?
- 6- On suppose qu'à $t=0$, $V_3(t)=0$. Donnez l'expression de $V_3(t)$ dans les instants qui suivent, en fonction des paramètres du montage et de t .
- 7- A quel moment t_1 cette relation n'est-elle plus vérifiée ? Que se passe-t-il à ce moment là ?
- 8- Sur la figure 2 en annexe, représentez l'évolution de $V_3(t)$ et $V_4(t)$ au cours du temps.
- 9- On note T_1 la période du signal $V_3(t)$. En négligeant le temps de retour à zéro, donnez l'expression de T_1 en fonction des paramètres du montage.
- 10- Sur la figure 2 en annexe, représentez l'évolution de $V_5(t)$ au cours du temps.
- 11- On note T_2 la durée des impulsions lumineuses de la LED. Donnez T_2 en fonction des éléments du montage.
- 12- Quelle(s) grandeur(s) transmise dans l'impulsion lumineuse contient l'information sur la température ?

B- Etude du circuit de réception

La figure 3 représente le schéma de principe du montage récepteur qui effectue une mesure numérique de la durée des impulsions lumineuses. Il est composé d'une photodiode qui génère un courant I_p proportionnel à l'intensité lumineuse reçue par la fibre optique, de deux amplificateurs opérationnels, d'une horloge générant un signal logique H de période T_H , d'un compteur N bits et de deux registres N bits identiques.

La tension V_6 est proportionnelle à I_p .

Les sorties du **compteur** donnent en binaire le nombre de cycles d'horloges comptées (modulo 2^N) sur son entrée `clk`. Le compteur incrémente quand le signal **clk** passe de 0 à 1. L'entrée `reset` remet le compteur à 0. L'entrée `reset` est asynchrone : quand `reset` vaut 1, la sortie vaut 0. Le compteur ne peut compter que quand `reset` vaut 0.

Chaque **registre** (de type Flip-Flop) enregistre et donne en sortie les valeurs de ses entrées dans l'état où il les voit quand le signal **clk** passe de 0 à 1 (déclenchement sur le front montant).

Pour un même signal de déclenchement sur le registre et le compteur, le registre a le temps de lire la sortie du compteur avant qu'elle ne soit modifiée.

- 13- Représentez sur la figure 4 les évolutions des signaux logiques S et $\bar{S}$. On suppose que le comparateur donne des tensions compatibles avec les circuits logiques.
- 14- Représentez sur la figure 4 où on a supposé $N=4$, les évolutions des signaux logiques C_0 à C_3 ainsi que la valeur numérique C associée.
- 15- Représentez sur la figure 4 les évolutions de valeur numérique D associée aux signaux logiques D_0 à D_3 .
- 16- Représentez sur la figure 4 les évolutions des signaux numériques X et Y correspondant aux signaux logiques X_0 à X_3 et Y_0 à Y_3 .
- 17- X et Y représentent les valeurs transmises à l'ordinateur. Donnez les expressions de X et Y en fonction de T_1 , T_2 et T_H .
- 18- Donnez les expressions de X et Y en fonction des paramètres du montage émetteur et de T_H .
- 19- Sur la figure 4, quelles sont les valeurs de X et Y ?
- 20- On sait que $R_2=2 R_1$ et $R_0= 10k\Omega$. Donnez la valeur de R_T mesurée par la figure 4.
- 21- Pourquoi est-il préférable de transmettre les deux valeurs X et Y à l'ordinateur ?

Emission

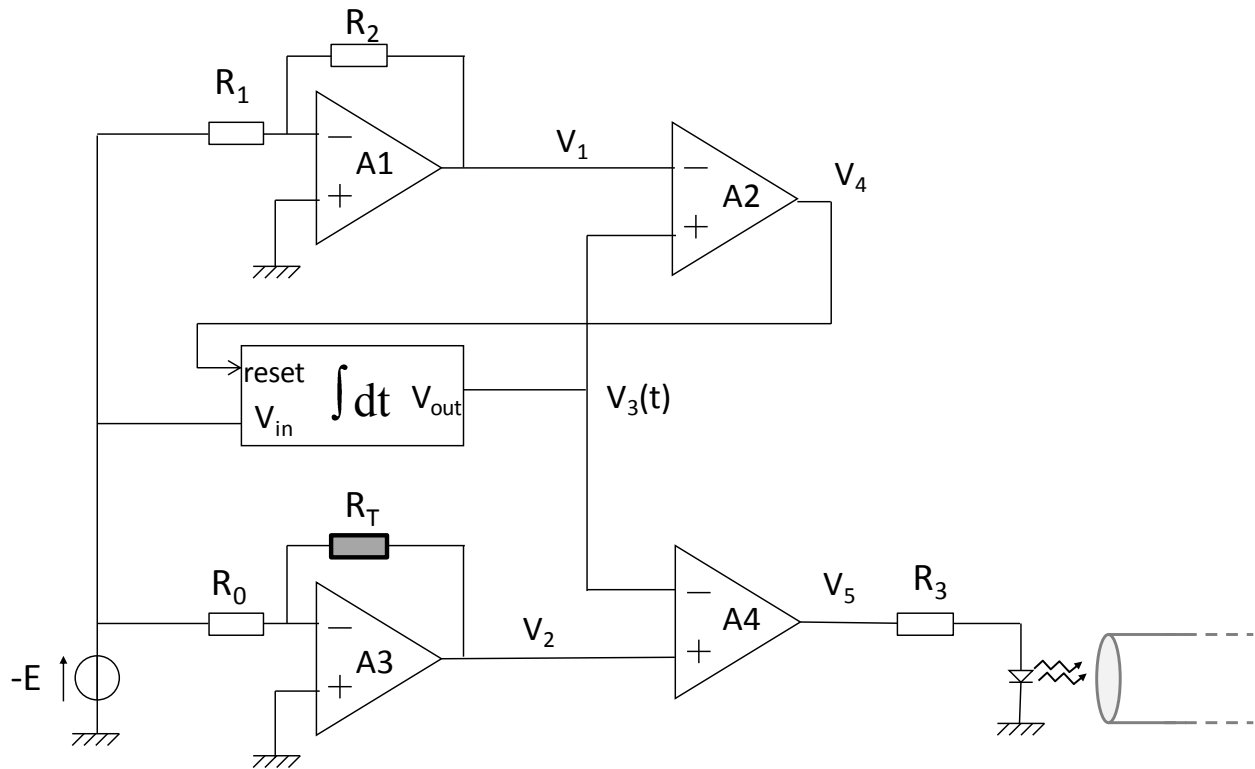


Figure 1 : circuit de mesure et d'émission

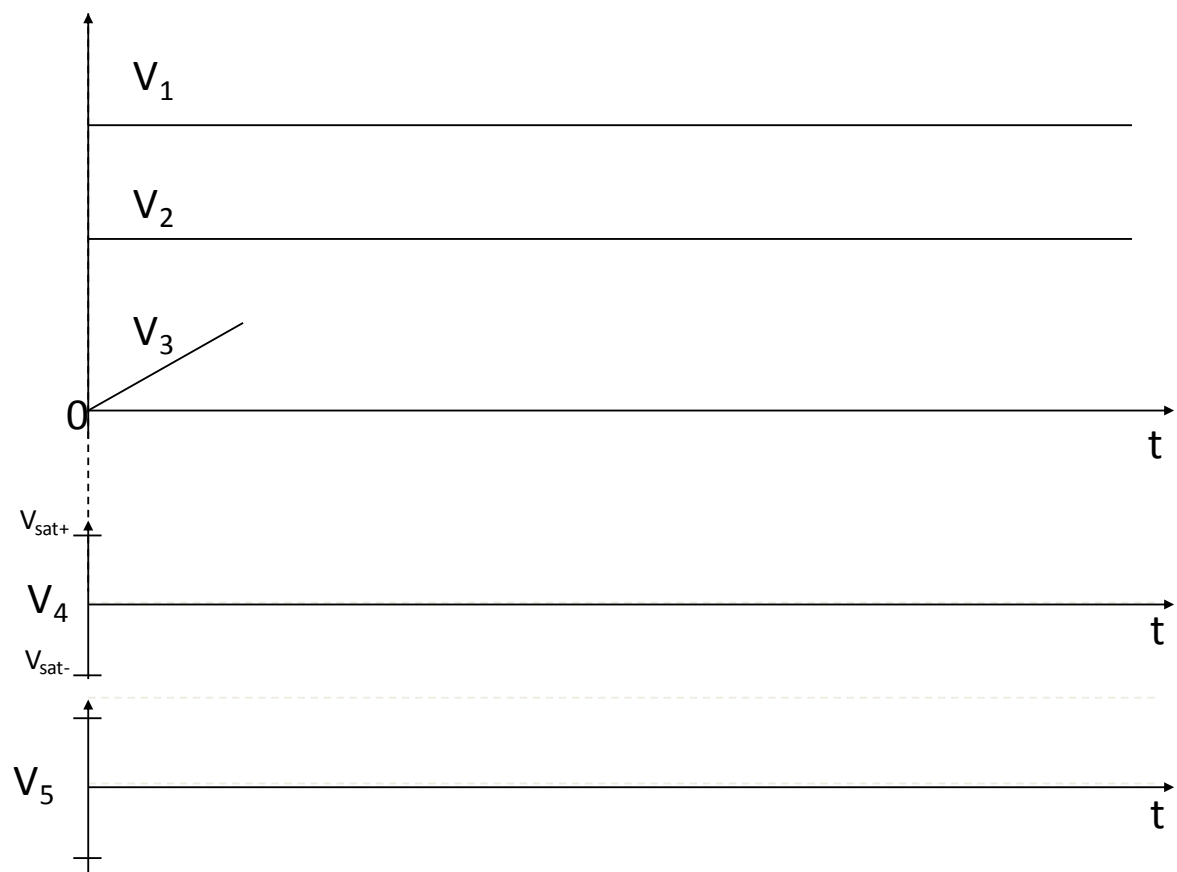


Figure 2 : Chronogramme du circuit d'émission

Réception

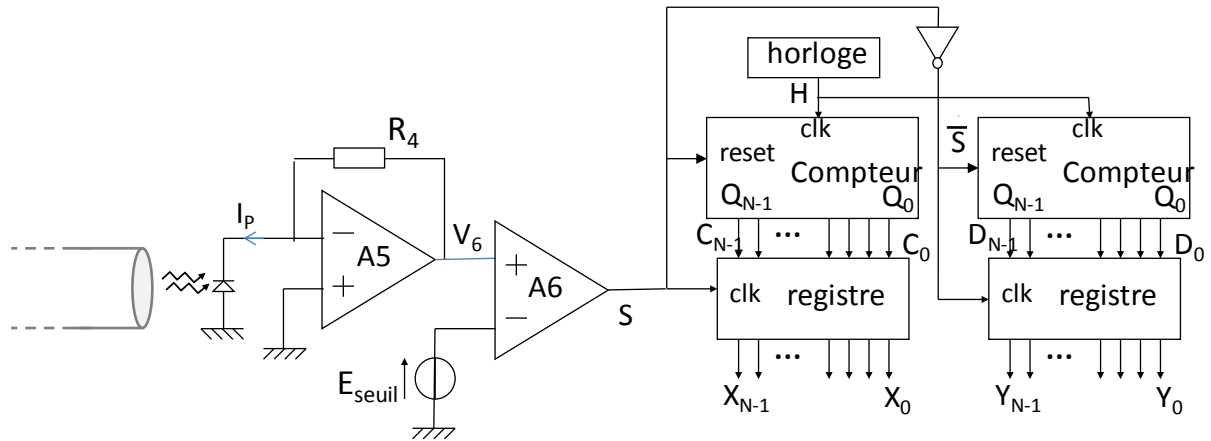


Figure 3 : circuit de réception et de démodulation

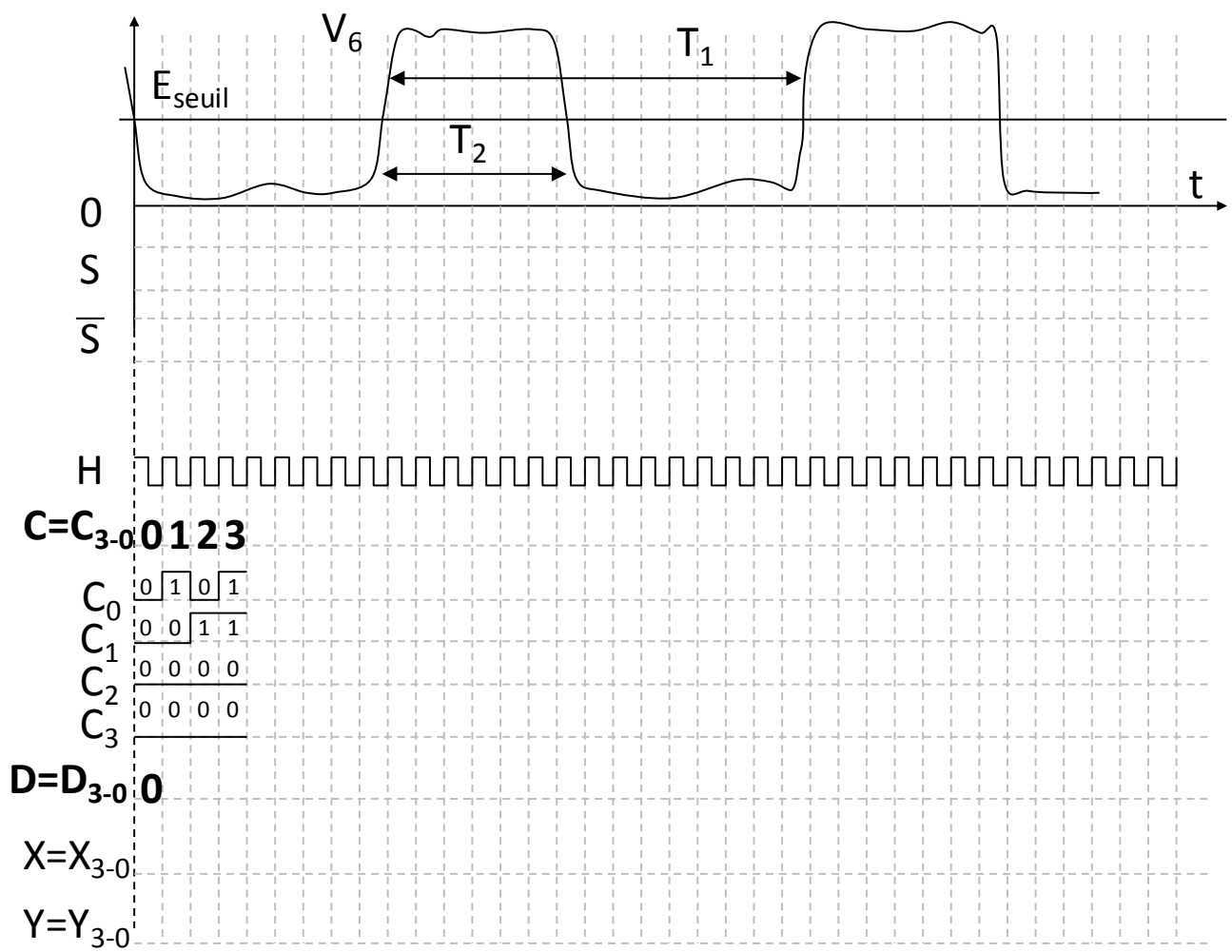


Figure 4 : Chronogramme du circuit de réception