

Un *servomoteur* est un type de moteur très utilisé en radio-modélisme. Ce type de moteur sert notamment à commander la position (en rotation) de la direction des voitures ou des gouvernes des avions (modèles réduits). Contrairement à la plupart des autres types de moteurs, il ne sert pas à effectuer une rotation en continu, mais à fixer une position, conformément à un signal de commande (la consigne).

Pour réaliser cette fonction, le servomoteur est constitué d'un moteur électrique relié par un jeu d'engrenages (démultiplication) à un axe qui constitue la sortie du servomoteur. Cet axe est mécaniquement relié à un potentiomètre qui permet à un circuit électronique de connaître la position angulaire de l'axe. Ce circuit compare la position de l'axe avec la valeur de la consigne fournie en entrée du servomoteur et commande le moteur pour asservir la position à la consigne.

La plupart des servomoteurs comportent seulement 3 fils : 2 fils d'alimentation et un fil de commande (consigne). La valeur de la consigne utilise une Modulation en Largeur d'Impulsion (voir figure 1) : le signal de consigne est un signal logique comportant une impulsion toutes les 20 ms environ. L'information de position est donnée par la durée de l'impulsion, comprise entre 1 ms (angle minimal) et 2 ms (angle maximal).

L'objectif de ce problème est d'étudier le circuit décrit figure 2 qui génère le signal de consigne P qui sera transmis au servomoteur (à travers une liaison radio par exemple).

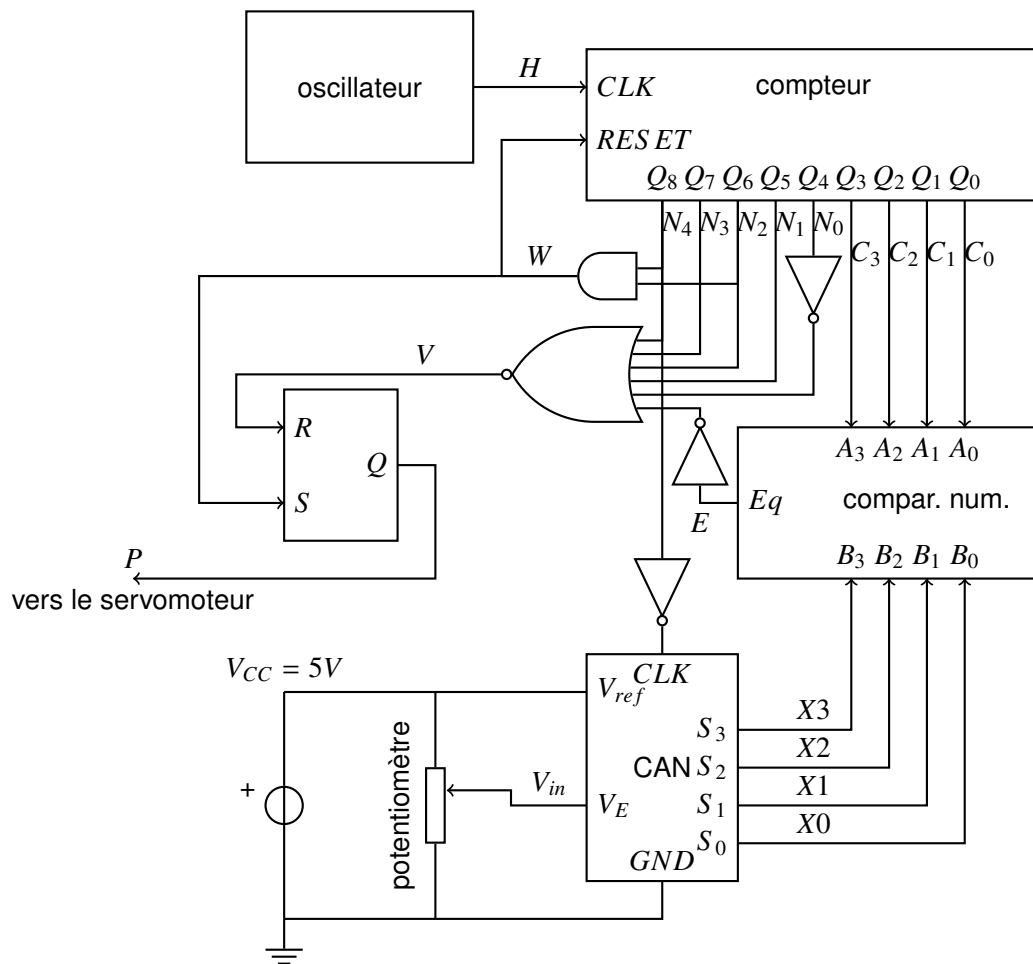


FIGURE 2 – Circuit de génération du signal de consigne

Le circuit étudié est constitué d'un **potentiomètre**, d'un convertisseur analogique-numérique (CAN), d'un compteur, d'une mémoire RS et de quelques circuits combinatoires dont un comparateur numérique. Le potentiomètre associé à une manette de la télécommande fournit une tension proportionnelle à la position de la manette. La **sortie du circuit** est le signal P .

Les sorties du **compteur** donnent en binaire le nombre de cycles d'horloge comptées 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 **synchrone** : elle n'est déclenchée que sur le front montant de l'horloge.

La **mémoire RS** est une mémoire **asynchrone** : elle n'a pas d'horloge et réagit immédiatement à un changement d'état d'une de ses entrées R (=Reset) ou S (=Set). Si $R = 1$, alors la sortie Q vaut 0. Si $S = 1$, alors la sortie Q vaut 1. Si $R = S = 0$, la sortie Q ne change pas d'état (mémorisation de l'état antérieur). Les entrées R et S ne doivent pas être à 1 simultanément (comportement non défini). La table de vérité est donnée figure 3.

R	S	Q	opération
0	0	Q	Mémorisation
0	1	1	Set
1	0	0	Reset
1	1	X	(interdit)

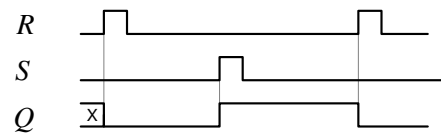


FIGURE 3 – Table de vérité d'une mémoire RS et exemple de chronogramme. X désigne un état indéterminé.

Le **convertisseur analogique numérique** (CAN) 4 bits déclenche sur le front montant de son entrée clk .

Le **comparateur numérique** (compar. num.) est un circuit combinatoire qui compare la valeur des deux mots d'entrée A et B . La sortie Eq vaut 1 si et seulement si $A = B$.

- 1) Quelle est la condition sur les valeurs des sorties du compteur N et C pour que W soit égal à 1 ?
- 2) Que se passe-t-il alors ?
- 3) A partir des résultats précédents, complétez les lignes C , N et W du chronogramme de la figure 4, après, pendant et avant l'impulsion de W . (Il est conseillé de procéder dans cet ordre.)
- 4) Combien de cycles d'horloges y a-t-il entre deux impulsions successives de W ?
- 5) Quelle est la relation entre la sortie X du convertisseur et la tension V_{in} à la sortie du potentiomètre de la manette ?
- 6) Si la tension V_{in} vaut 3,235V. Que vaut alors le mot de sortie X ? Donnez aussi les valeurs de chaque bit X_3, X_2, X_1 et X_0 .
- 7) Sur le chronogramme, complétez la ligne X pour $V_{in} = 3,235V$ en indiquant clairement à quel moment a lieu la conversion analogique numérique. On pourra considérer la valeur de X comme indéterminée avant cet instant.
- 8) Complétez la ligne E du chronogramme.
- 9) Quelle est la condition sur E et N pour que $V = 1$? (V est la sortie de la porte NON-OU).
- 10) Que devient cette condition exprimée avec les valeurs de N , C et X .
- 11) Complétez les lignes V et P du chronogramme.
- 12) Combien de cycles d'horloge H y a-t-il entre le début de deux impulsions successives de P ? Déduisez en la période T_H de H en fonction de la période T_P de la sortie P .
- 13) A partir des questions précédentes, donnez l'expression de la durée D_P de l'impulsion P en fonction de X et T_P . puis en fonction de V_{in} , V_{CC} et T_P .
- 14) Quelles sont les valeurs exactes de D_P pour $V_{in} = 0$ et pour $V_{in} = V_{CC}$? On prendra $T_P = 20ms$.
- 15) Ces relations sont-elles conformes à la spécification donnée dans la description du début du problème ? (justifiez)

Numéro d'anonymat :

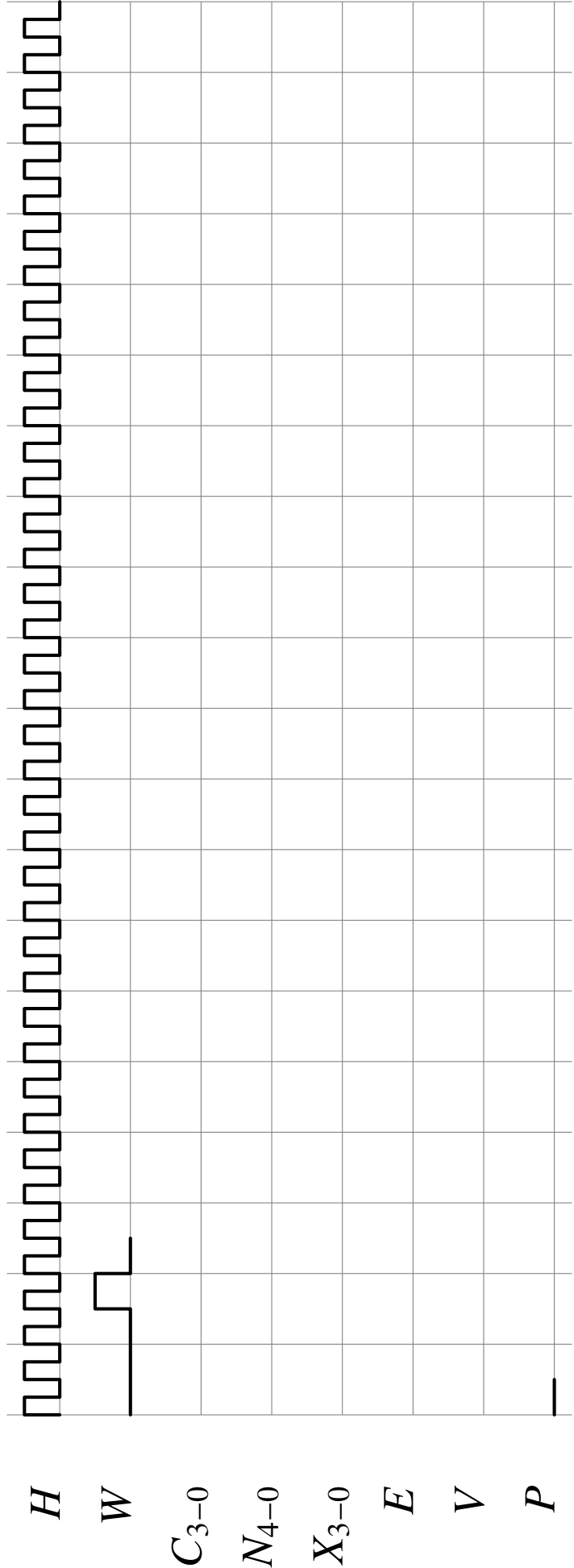


FIGURE 4 – Chronogramme du circuit de génération du signal de consigne.
Les instants exacts des changements d'états doivent clairement apparaître (par exemple sous la forme

7	8	9	10
---	---	---	----

)