

## TD : PWM + circuit RC

Un signal PWM d'amplitude  $E$  et de rapport cyclique  $\alpha$  est appliqué à partir du temps  $t=0$  un à un circuit RC passe-bas.

On désire caractériser l'évolution de la tension en sortie du circuit RC.

**Première étape** : caractérisation du signal PWM.

- 1) Qu'est-ce qu'un signal PWM ? Quel est le terme francophone ?
- 2) Quelle est la grandeur que l'on veut généralement extraire d'un signal PWM ?
- 3) Représenter le signal sur un chronogramme.
- 4) Calculer ses valeurs moyenne et efficace à partir de  $t=0$ .
- 5) Quel type de circuit permet de ne retenir que la grandeur d'intérêt ?

**Deuxième étape** : réponse du circuit passe-bas RC pour une entrée active ou nulle.

- 1) Exprimer la forme générale de la réponse du circuit RC avec sortie sur C pour une entrée nulle à partir du temps  $t=0$ .
- 2) Même question pour une entrée égale à  $E$ .
- 3) Tracer la réponse du circuit RC :
  - a) à un échelon d'amplitude  $E$ .
  - b) à un échelon inversé d'amplitude  $E$ .
- 4) Vérifier que quelque soit le point de départ sur la courbe, la tangente atteint l'état final au bout du temps  $\tau=RC$ .

**Troisième étape** : résolution graphique.

On admettra donc que quelque soit la condition initiale comprise entre 0 et  $E$ , la réponse est un échantillon de la première courbe si  $e(t)=E$  et de la deuxième courbe si  $e(t)=0$ .

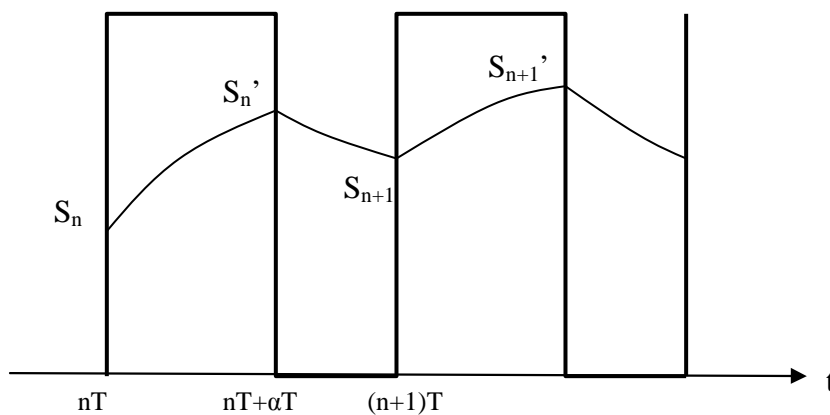
- 1) Le signal d'entrée étant tracé sur du papier calque (pour  $\alpha=2/3$  et  $\alpha=1/3$ ), tracer réponse en utilisant par transparence les deux réponses de l'étape précédente.
- 2) Tracer la valeur moyenne du signal PWM et vérifier que le signal de sortie tend à varier autour de cette moyenne.
- 3) Tracer la tangente à l'origine 'moyenne' du signal de sortie et vérifier que, hormis l'ondulation, le signal de sortie est semblable à la réponse du circuit RC à un échelon d'amplitude  $\alpha E$ .

**Quatrième étape** : résolution par le calcul, première période.

On utilisera les résultats de la deuxième étape

- 1) Exprimer  $s(t)$  de 0 à  $\alpha T$ .
- 2) En déduire  $s(t=\alpha T)$ .
- 3) On pose  $t'=t-\alpha T$ . Dans quelles limites varie  $t'$  lorsque  $t$  varie de  $\alpha T$  à  $T$  ?
- 4) Exprimer  $s(t')$  sur cet intervalle.
- 5) En déduire  $s(t=T)$ .

**Cinquième étape** : valeurs aux instants de commutation.



Le signal  $s(t)$  vaut  $S_n$  au début de la  $n$ -ième période du signal PWM. De même le signal  $s(t)$  vaut  $S_n'$  au début de l'alternance nulle de la  $n$ -ième période.

- 1) Exprimer  $S_n'$  en fonction de  $S_n$ .
- 2) Exprimer  $S_{n+1}$  en fonction de  $S_n'$ .
- 3) Exprimer  $S_{n+1}'$  en fonction de  $S_{n+1}$ .
- 4) En déduire  $S_{n+1}$  en fonction de  $S_n$ .
- 5) Puis en déduire  $S_{n+1}'$  en fonction de  $S_n'$ .

**Sixième étape** : ondulation.

- 1) En remarquant qu'en régime permanent,  $S_n = S_{n+1}$ , calculer  $S_\infty$ .
- 2) En remarquant qu'en régime permanent,  $S_n' = S_{n+1}'$ , calculer  $S_\infty'$ .
- 3) En déduire l'ondulation en régime permanent  $S_\infty - S_\infty'$ .
- 4) Tracer l'ondulation en fonction de  $\alpha$ . On donnera notamment la valeur de  $\alpha$  pour laquelle l'ondulation est maximale ou minimale.

**Septième étape** : synthèse.

Faire la synthèse des résultats. Evoquer notamment le compromis entre ondulation maximale et rapidité de la réponse.