

TP n°10 : étude par la simulation de la modulation ASK .

→ But du TP : le but de ce dixième TP de seconde année est l'étude des caractéristiques de la modulation numérique ASK.

On utilisera le logiciel de simulation Ltspice pour visualiser les signaux dans le domaine temporel, puis dans le domaine fréquentiel. On s'intéressera ensuite à la démodulation du signal modulé ASK, notamment en présence de bruit, en utilisant le tracé du diagramme de l'oeil.

Les fichiers de simulations sont regroupés dans le répertoire « H:\Classe\SEN2\travail\Physique Appliquée\Tp_10 ».

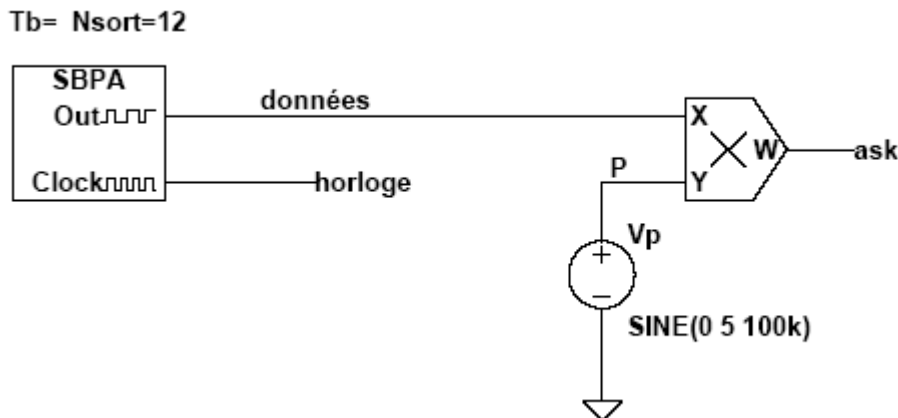
Les fichiers « sbpa.mod » et « sbpa.asy » doivent être recopiés dans le répertoire « c: \Programfiles\LTC\SwcadIII\lib\sub ».

A) étude temporelle et fréquentielle de la modulation ASK.

Ouvrir le fichier « modulateur ASK.asc ». Le générateur de données numérique réalise une séquence binaire pseudoaléatoire qui permet d'obtenir sur un temps suffisamment long tous les cas de figures.

Le multiplicateur est tel que $v_{ask} = k_m \cdot v_{données} \cdot v_p$ avec $k_m = 0.1V1$.

La porteuse est une tension sinusoïdale de fréquence $f_p = 100kHz$



Expliquer le fonctionnement du modulateur.

1) Aspect temporel des signaux

Le débit binaire de données est fixé à $D = 2kbit/s$. Pour régler le débit il suffit d'indiquer la durée d'un bit T_b .

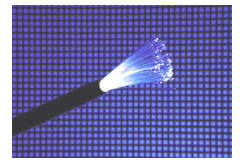
Lancer la simulation sur une durée de 100ms et visualiser les signaux v_{ask} et $v_{données}$.

Quel est le codage utilisé pour les données (RZ, NRZ, Manchester, ...)

Pourquoi parle-t-on de modulation d'amplitude pour la modulation ask (on pourra « zoomer » sur une partie de la trame) ?

Valider l'expression suivante: $v_{ask}(t) = a_k \cdot E_0 \cdot \sin(\Omega_p \cdot t)$ avec a_k pouvant prendre les valeurs 1 ou 0 suivant l'information binaire à transmettre.

Préciser les valeurs possibles de a_k et la valeur de E_0 .



2) Aspect fréquentiel des signaux : tracé de la FFT.

Réaliser la FFT du signal ASK. Pour cela, il sera nécessaire d'imposer un nombre d'échantillons au moins égal à 65536

Number of data point samples in time:

Représenter le spectre en dBV autour de F_p sur une échelle linéaire de fréquence, on se limitera à 2 lobes secondaires de chaque côté du lobe principal.
Déterminer en fonction du débit binaire les largeurs du lobe principal et des lobes secondaires.

En pratique, on définit l'efficacité d'une modulation numérique sur fréquence porteuse par le facteur suivant:

$$\eta = \frac{\text{débit binaire}}{\text{bande spectrale occupée}}$$

En considérant que la bande spectrale occupée par le spectre autour de F_p est constituée principalement du lobe principal et de deux lobes secondaires, évaluer l'efficacité spectrale de la modulation numérique.

Conclure (une modulation numérique performante a une efficacité supérieure à 2).

Sur quels paramètres peut-on agir pour améliorer l'efficacité de la modulation ?

Pour améliorer cette efficacité, on filtre les données binaires avant modulation par un filtre passe-bas gaussien utilisé dans les modulations numériques. Les caractéristiques de ce filtre dépendent du débit des données à filtrer.

Ouvrir le fichier « modulateur ask filtré.asc » et lancer la simulation après avoir indiqué les valeurs de T_b et de D . Visualiser les signaux suivants $v_{\text{données}}$, $v_{\text{données_filtrées}}$, v_{ask} , $v_{\text{ask_filtré}}$ sur 4 graphes .

Commenter les allures obtenues.

Relever les spectres en amplitude des signaux v_{ask} , $v_{\text{ask_filtré}}$ sur deux graphes. En quoi a-t-on amélioré l'efficacité spectrale par ce filtrage? Évaluer la nouvelle efficacité de cette modulation.

B) étude de la démodulation ASK en présence ou non de bruit.

Deux procédés peuvent être mis en oeuvre pour la démodulation (ceux utilisés pour la modulation d'amplitude) :

- la détection d'enveloppe
- la démodulation cohérente

On se limitera à la démodulation cohérente (ou synchrone)

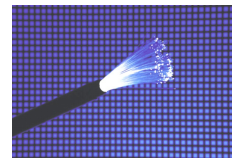
1) Démodulation cohérente

Le fichier de simulation « modulationdemodulation_ASK.asc » présente le procédé .

La source de bruit B1 est paramétrée par la constante V_b initialement nulle .

Avec $v_{\text{ask}}(t) = a_k \cdot E_0 \cdot \sin(\Omega_p \cdot t)$ et la porteuse $p(t) = E_p \cdot \sin(\Omega_p \cdot t)$, donner l'expression du signal de sortie du multiplieur v_{mult} . Montrer que cette tension est composée de deux termes, dont on précisera les fréquences.

Pour retrouver un signal à l'image des données binaires modulantes, proposer, en la justifiant, une

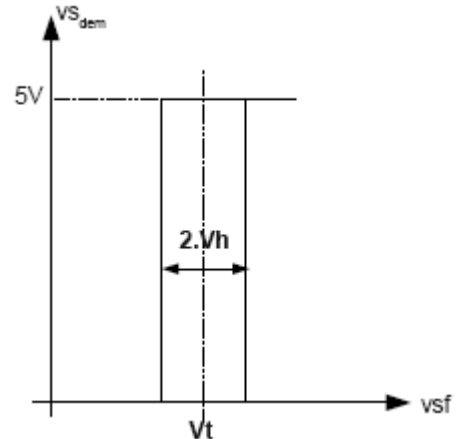


valeur pour la fréquence de coupure f_c du filtre.

Lancer la simulation et vérifier le bon fonctionnement du système en donnant les signaux temporels de v_{sf} et $v_{d_filtrées}$. Commenter ces résultats.

2) Récupération du message numérique

Pour obtenir les signaux numérique on utilise un comparateur à hystérésis dont la caractéristique $v_s=f(v_e)$ est conforme à la figure ci-contre:



a) Caractéristiques du comparateur

Pour récupérer le message numérique il est important d'étudier le diagramme de l'oeil de la modulation, ce qui permettra de fixer les seuils du comparateur. Le logiciel permet de le faire en ajoutant la commande suivante : « Baudrate=x » où x représente la valeur du débit binaire.

Réaliser le diagramme de l'oeil pour la tension v_{sf} .

Pour obtenir un seul oeil sans régime transitoire, modifier dans le menu « propriétés » le retard (delay) et le nombre d'oeil. (On fait apparaître le menu contextuel en cliquant sur la courbe avec le bouton de droite.)



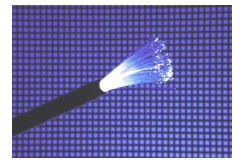
En fonction du diagramme de l'oeil précédent, évaluer les valeurs de V_t et de V_h qui permettraient d'obtenir un résultat convenable.

Indiquer les valeurs de V_t et V_h dans la directive « .model... »

b) Réaliser la simulation et valider le fonctionnement du démodulateur en visualisant les signaux $v_{données}$ et $v_{Sdém}$.

Pour bien synchroniser les données avec l'horloge du générateur $sbpa$ on rajoute la structure de sortie $Ssynch$.

Visualiser le signal de sortie en concordance de temps avec l'horloge. Commenter en expliquant le fonctionnement de cette structure.



3) Comportement du démodulateur en présence de bruit.

La source B1 simule la présence de bruit blanc sur le signal reçu par le récepteur . On choisira $V_b=8$ et on fera la simulation sur 50ms.

a) Relever le diagramme de l'oeil de v_{sf} . Quel est l'influence du bruit sur le diagramme? Quelles peuvent en être les conséquences sur le fonctionnement du démodulateur.

b) Relever sur 4 graphes les signaux: $v_{données}$, v_{sf} , v_{dem} et v_{ssynch} .

Évaluer le TEB (« taux erreur binaire », soit le nombre de bit reçus erronés par rapport au nombre de bits transmis) sur la durée de simulation.

Conclure.