

Exercice n°1 : Texte à compléter

Q1 : Une boucle à verrouillage de phase dont le sigle.....signifie en anglais.....est un dispositif constitué d'un....., d'un.....et d'un.....auquel on rajoute un ou deux.....dans le cas des applications en synthèse de fréquence.

Q2 : L'objectif majeur d'une boucle à verrouillage de phase est d'obtenir.....des fréquences.....sur les entrées du.....

Cette boucle à verrouillage peut alors être utilisée pour des applications de :

Exercice n°2 : Un démodulateur NAVTEX

Le NAVTEX (Navigational Telex) est un service international relevant du Système Mondial de Détresse et de Sécurité en Mer (SMDSM). Ce service permet de recevoir des bulletins météorologiques, des avertissements de navigation et météorologiques ainsi que des messages pour le service de pilotage.

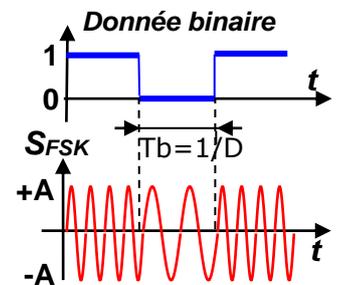


Un récepteur NAVTEX

C'est un système automatique qui permet aux navires de disposer d'un moyen simple et peu onéreux pour la réception d'informations météorologiques et de navigation. Ce service utilise une fréquence de 518kHz.

Le principe des récepteurs NAVTEX consiste à utiliser un récepteur BLU en position BLS (Bande latérale supérieure). On récupère alors sur la sortie audio un signal modulé FSK avec les caractéristiques suivantes :

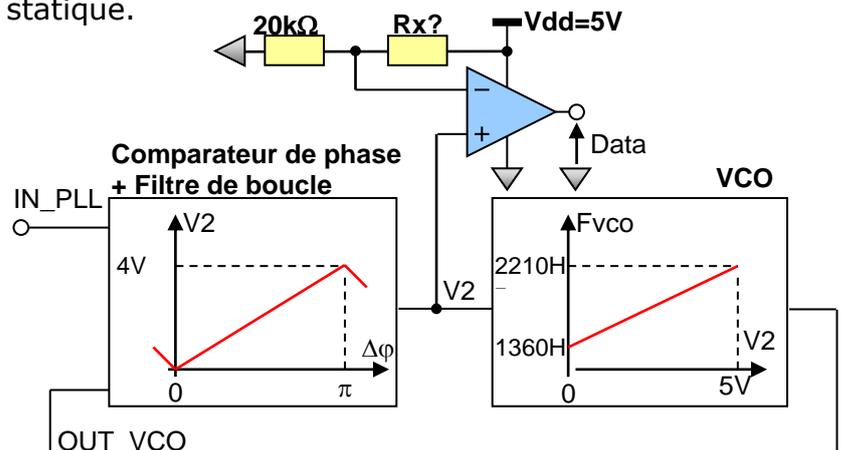
- Transmission d'un 1 : fréquence 1785Hz
- Transmission d'un 0 : fréquence 1615Hz
- Débit : 100 bits/s



Compte tenu de la qualité du signal de réception, il est indispensable d'effectuer la démodulation par une boucle à verrouillage de phase. On vous propose donc d'étudier la partie démodulation de fréquence qui est assurée par une PLL dont on donne un schéma synoptique très simplifié en régime statique.

Q1 : A partir de la caractéristique de transfert du comparateur de phase, exprimer la valeur du gain de conversion K_{cp} et préciser son unité.

Q2 : Déterminer la valeur du gain de conversion K_{VCO} du VCO.



Q3 : En supposant que la PLL reste verrouillée, quelle est l'amplitude du signal V2 lorsque le signal d'entrée à une fréquence de 1615Hz puis de 1785Hz ?

Q4 : Quel est le rôle du montage comparateur de tension ? Quelle valeur optimale doit-on choisir pour Rx ?

⚙️ Exercice n°3 : Module de réception Radiométrique

On vous propose d'étudier un module de réception Radiometrix destiné aux applications radio dans la bande 868MHz et dont le schéma synoptique proposé par le constructeur est représenté sur la figure suivante.

Q1 : A partir des valeurs de fréquences données, justifier la valeur de l'oscillateur à 44.545MHz.

Q2 : Quels sont les éléments que l'on retrouve dans la PLL utilisée en synthèse de fréquence ? Décrire simplement chacun des éléments constituant cette synthèse de fréquence.

Q3 : Que peut-on dire lorsque la PLL utilisée en synthèse de fréquence est verrouillée ? Exprimer alors la fréquence FOL en fonction de N, R et FXTAL1.

Q4 : Sachant que l'on souhaite changer de canal lorsque le diviseur N s'incrémente d'une unité, en déduire la valeur de R pour obtenir un écart de 25kHz entre chaque canal radio.

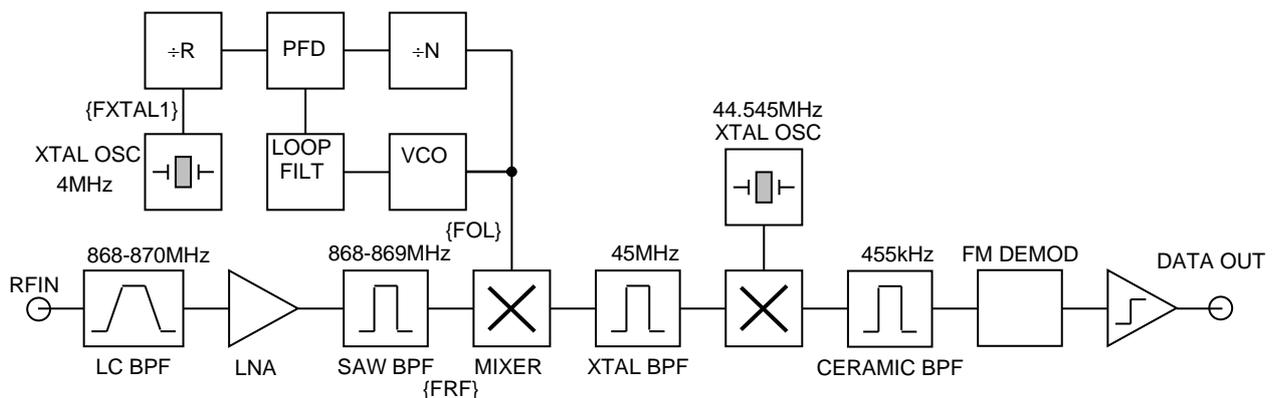
Q5 : On fixe $FOL < FRF$. Donner les valeurs de N minimum et maximum permettant de recevoir les 32 canaux en sachant que le premier canal est centré sur la fréquence porteuse 868,05MHz.

Features

- High performance double superheterodyne PLL synthesizer
- Conforms to EN 300 220-3 and EN 301 489-3
- Data rates : 5 kbps
- Operating frequency: 868-869MHz (Europe)
- 32 channels
- 25kHz Narrowband receiver

Applications

- Social Alarm
- Industrial telemetry and telecommand
- High-end security and fire alarms



Exercice n°4 : Transmission vidéo en modulation FM

Contexte

On s'intéresse dans le cadre de ce problème au récepteur d'un système de surveillance par caméra vidéo. Les caméras de surveillance sont équipées d'un modulateur permettant de transmettre un signal composite vidéo en modulation de fréquence pour 4 canaux radio sélectionnables au choix dans la bande des 2,4GHz. Le récepteur permet de sélectionner au choix les 4 canaux.



Contrairement à un signal audio qui occupe typiquement une bande passante comprise entre 20Hz et 20kHz dans le cas d'une qualité Hifi, un signal vidéo standard nécessite une bande passante bien plus importante couvrant une gamme comprise entre 0 et 6MHz.

Le récepteur est un modèle AWM650G RX (2,4GHz Wideband FM Receiver Module) de la société AIRWAVE dont un schéma synoptique simplifié est représenté sur la figure 1 suivante. Le récepteur est prévu pour recevoir 4 canaux radio dont les fréquences centrales sont données dans le tableau ci-dessous.

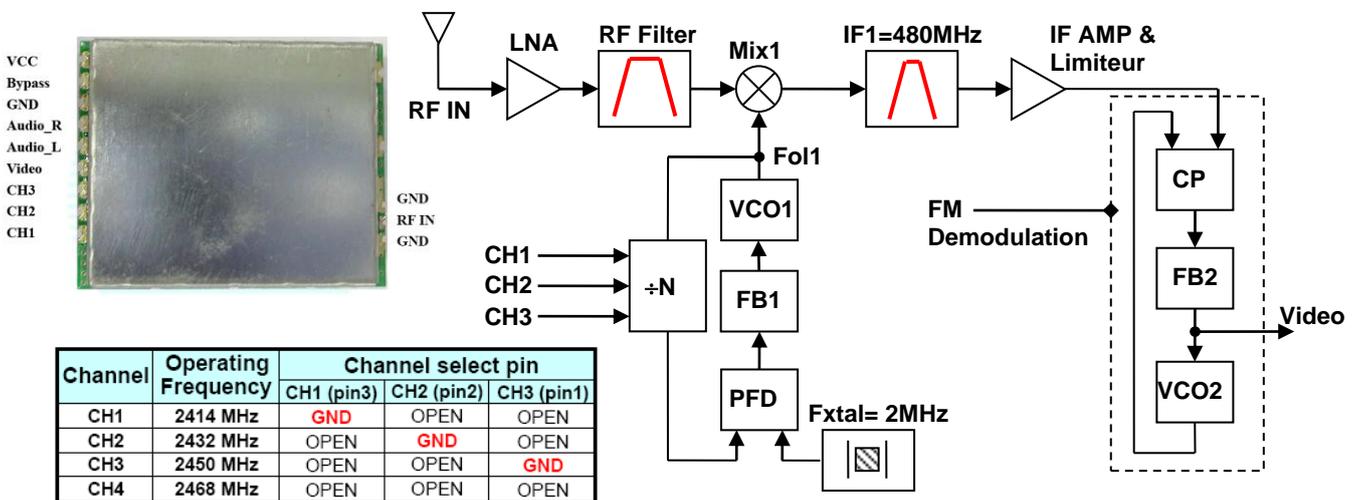


Figure 1 : Schéma synoptique du récepteur AWM650G RX

Analyse du changement de fréquence du récepteur et de la synthèse de fréquence

Q1 : Quel est l'intérêt d'une synthèse de fréquence pour la génération de F_{ol1} ?

Q2 : En supposant que la PLL utilisée en synthèse de fréquence joue correctement son rôle en déduire une expression entre F_{ol1} , N & F_{xtal} .

Q3 : Compléter le tableau ci-dessous en indiquant pour chaque canal radio la fréquence F_{ol1} , la valeur du diviseur N & la fréquence image correspondante.

Frf (Canaux)	Choix n°1 : $F_{ol1} < Frf$			Choix n°2 : $F_{ol1} > Frf$		
	F_{ol1}	N	Fimage	F_{ol1}	N	Fimage
CH1						
CH2						
CH3						
CH4						

Q4 : Le signal vidéo est transmis en modulation de fréquence avec une déviation de 2MHz. Compte tenu de la bande passante maximale du signal vidéo en déduire la bande passante nécessaire du filtre intermédiaire IF1. Vous utiliserez avec intérêt le concept de la bande de Carson que vous rappellerez.

Etude du démodulateur vidéo

Le signal vidéo est transmis en modulation de fréquence avec une déviation de 2MHz.

Q5 : Pour quelles raisons récupère-t-on le signal vidéo démodulé à l'entrée du VCO2 ?

Q6 : Quelles conditions doit respecter la fréquence de coupure du filtre de boucle FB2 ?

Q7 : Pour effectuer les tests du récepteur on transmet par radio un signal modulé FM en utilisant un modulant sinusoïdal de fréquence 1MHz. Le modulateur est réglé avec une déviation de 2MHz sur le canal CH1. En supposant que le réglage du diviseur N est parfaitement adapté à ce canal, représenter l'allure du signal obtenu sur la sortie Vidéo en sachant que la caractéristique du VCO 2 est représentée sur la figure 2 ci-contre.

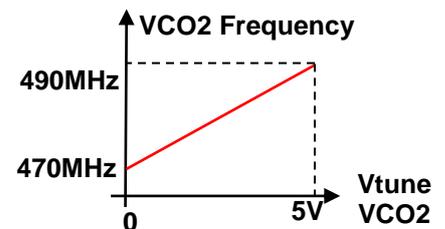


Figure 2 : Caractéristique du VCO2

Exercice n°5 : Pour apprendre à siffler

Pour ce problème, on vous propose une application ludique d'une boucle à verrouillage de phase qui permet d'afficher la note de musique sifflée sur une partition composée de diodes électroluminescentes.

On utilise une PLL intégrée 74HC7046 qui possède un comparateur de phase de type ou-exclusif, un VCO configurable avec les composants R1, R2 et C et un dispositif de détection de verrouillage (Lock Detect) permettant de valider l'affichage.

Cette PLL qui est une variante de la célèbre PLL 74HC4046 possède également un dispositif de mise en forme du signal d'entrée permettant d'obtenir un signal compatible avec la porte logique ou-exclusif. Le schéma du dispositif proposé à l'étude est représenté sur la figure 1 suivante.

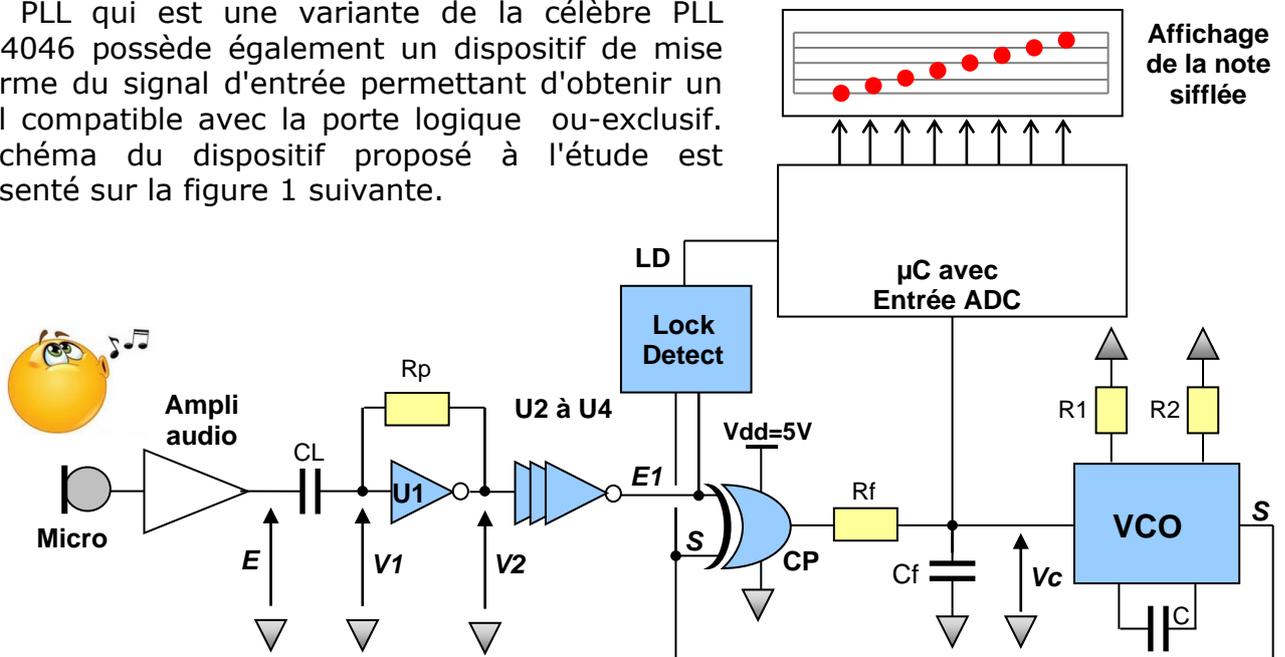


Figure 1 : Dispositif ludique autour d'une boucle à verrouillage de phase 74HC7046

Q1 : Pour quelle raison le µC prélève-t-il la tension de commande Vc du VCO pour afficher la note de musique correspondante ?

Q2 : Rappeler la caractéristique de transfert du comparateur de phase de type OU-exclusif.

En fixant $R_1=220k\Omega$, $R_2=150k\Omega$ et $C=100nF$, on obtient la caractéristique représentée sur la figure 2 ci-contre pour le VCO.

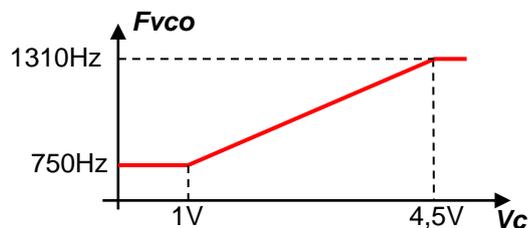


Figure 2 : Caractéristique du VCO

Q3 : Compte-tenu de la caractéristique du VCO, peut-on déterminer l'une des 2 plages de fonctionnement de la PLL ?

Q4 : Si l'on suppose que la PLL reste verrouillée et que l'on injecte sur l'entrée du comparateur de phase une fréquence de 990Hz correspondant à la note SI, quelle tension récupère-t-on sur l'entrée V_c du VCO ?

Lorsqu'un sifflement est détecté par le microphone, on considère que l'on récupère à la sortie (E) de l'amplificateur audio un signal sinusoïdal. Afin de mettre en forme ce signal pour le rendre compatible avec le comparateur de phase logique on utilise des portes logiques dont les caractéristiques simplifiées sont représentées sur la figure 3 suivante.

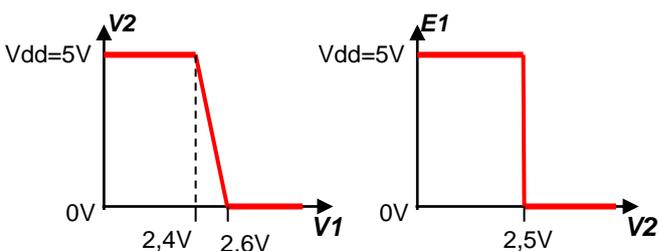
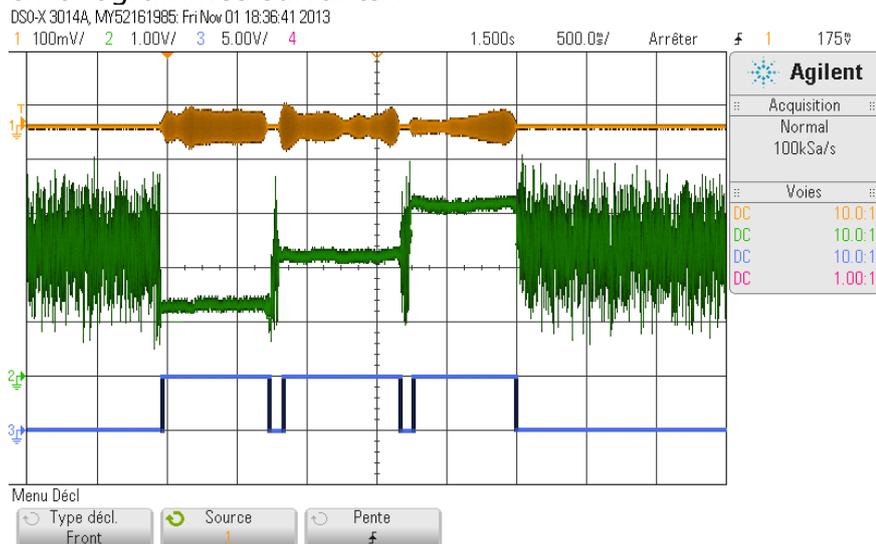


Figure 3 : Caractéristiques de transferts de la porte U1 et de l'ensemble constitué par U2 à U4

Q5 : Quel est le rôle de la résistance R_p utilisée dans le premier inverseur U1 ?

Q6 : Représenter en concordance de temps les signaux E, V1, V2 et E lorsque l'on détecte un signal sinusoïdal d'amplitude 100mVpp sur l'entrée E à une fréquence de 1kHz. Expliquez la présence du condensateur C_L en supposant que celui-ci joue parfaitement son rôle.

La mise en œuvre effective de cette PLL permet d'illustrer son fonctionnement à partir des chronogrammes suivants :



Voie CH1 : Signal d'entrée E

Voie CH2 : Signal de commande du VCO (V_c)

Voie CH3 : Sortie Lock Detect (LD)

Q7 : Commenter le résultat obtenu et déterminer les notes de musiques sifflées en utilisant les données du tableau ci-dessous.

Note	Sol	Sol#	La	Sib	Si
Freq (Hz)	792	825	880	950,4	990
Note	Do	Do#	Ré	Mib	Mi
Freq (Hz)	1056	1100	1188	1267,2	1320