

Session de 2001

Concours externe
de recrutement de professeurs agrégés

section : génie électrique

option A : électronique et
informatique industrielle

épreuve d'électronique comportant un avant-projet

durée : 8 heures

Calculatrice électronique de poche – y compris programmable, alphanumérique ou à écran graphique-
à fonctionnement autonome, non imprimante, autorisée conformément à la circulaire n°99-186 du 16
novembre 1999.

Dictionnaire technique anglais français autorisé

Tout autre document et tout autre matériel électronique sont interdits

AVERTISSEMENT

L'épreuve se compose de huit parties indépendantes repérées A, B, C, D, E, F, G et H. A l'intérieur de chaque partie, des questions sont également indépendantes. Les candidats sont donc invités à prendre connaissance de la totalité du sujet avant de commencer à composer.

Le sujet comprend un jeu de documents réponse à compléter . **Les candidats devront impérativement utiliser le document réponse à chaque fois que cela sera précisé dans la question.**

Il est rappelé aux candidats qu'ils doivent :

- impérativement utiliser les notations indiquées dans le texte ou sur les figures
- rédiger sur des feuilles séparées les réponses à chaque partie et numéroter chaque page de leur copie
- respecter la numérotation du sujet, numérotation qui doit se retrouver devant les réponses dans les copies
- présenter les calculs clairement, dégager et encadrer tout résultat littéral ou numérique
- présenter des schémas et chronogrammes de qualité industrielle (dignes de figurer dans une notice technique)

Une table des matières récapitule les divers éléments du sujet

Table des matières du sujet (pages 1 à 24) :

Présentation du Système technique étudié

Vocabulaire

Questionnement : (chaque partie est indépendante)

- A. Analyse rapide du cahier des charges
- B. Alimentation de la carte microcontrôleur
 - BE. Etude théorique
 - BA. Application technologique sur l'avant Projet
- C. Adaptation en puissance
 - CE. Etude théorique
 - CA. Application technologique sur l'avant Projet
- D. Circuit de protection
- E. Détection de préambule
- F. Modulation / Démodulation directe FSK
 - FE. Etude théorique
 - FA. Application technologique sur l'avant Projet
- G. Amplificateur VHF de réception
- H. Carte microcontrôleur- étude partielle –

Figures Hors Texte (6pages)

- partie B Fig1, Fig2, Fig3, Fig4, Fig5
- partie F Fig F1, Fig F2
- partie G Fig G1, Fig G2

DOSSIER DT (Documentation Technique)

Documents constitutifs (41 pages)

Cahier des charges

Synoptiques des 2 cartes

Valeurs normalisées

Jn(m) de Bessel

Extrait des notices techniques

- PLL 567
- LP2951
- SL6609A
- LTC1159
- MAX325
- LT1107
- Pot T22-FP9x5
- SA612
- CD4060
- 80C552
- 27C256
- 84C256 / TC55257DPL
- 74HC373
- PCF 8574 + AN168 (I²C)
- PCF 8582
- PCF 8583
- BF998WR
- MAX 691
- LM6144

DOSSIER DR : Documents réponse

DR1 à DR10

Dossier de Présentation



fig 1

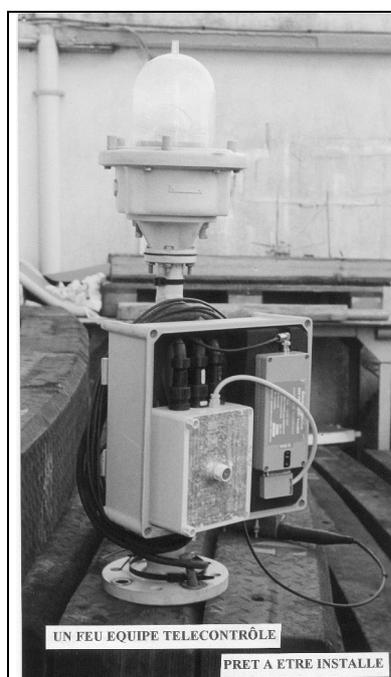


fig 2

Systeme technique étudié

Il s'agit d'un dispositif de télésurveillance locale (au niveau départemental) d'équipements maritimes de signalisation autonomes : les phares et balises de la zone côtière.

Ce dispositif est un réseau organisé autour d'un poste central à terre situé dans un bureau de la DDE et de postes secondaires installés sur les phares et les balises à surveiller.

La liaison est réalisée en VHF. Le poste central est constitué d'un Emetteur / Récepteur VHF avec option modem et d'un ordinateur de contrôle.

Chaque poste secondaire est équipé, en outre de son matériel de signalisation (feux, réflecteur radar, signal sonore ...), d'un Emetteur / Récepteur VHF, d'un éventuel modem (poste terrestre), d'un dispositif à base de capteurs de surveillance et d'un dispositif d'alimentation en énergie (batteries et cellules solaires, éolienne, groupes électrogènes).

Les données transmises sont des données numériques représentatives du poste secondaire surveillé (identification, état des divers capteurs de surveillance, alarmes) . Chaque poste peut en outre servir de relais radio entre deux postes trop éloignés pour communiquer directement .

DDE : Direction Départementale de l'Équipement

Le signal VHF d'émission / réception doit bien sûr respecter un gabarit normalisé au niveau de la puissance et de la bande occupée (norme RS9 de la DRG des Télécommunications).

Chaque Emetteur / Récepteur doit donc avoir reçu un agrément de conformité à la norme RS9.

Le dispositif de télésurveillance est encapsulé dans un coffret étanche avec des contraintes mécaniques et climatiques fortes (car le plus souvent situé en pleine mer) et est alimenté par batterie.



Vue intérieure d'un coffret de poste avec notamment le modem et la carte microcontrôleur.

Fig 3



Vue extérieure du coffret du poste central.

fig 4

Il est essentiellement constitué de deux cartes électroniques en CMS :

- une carte microcontrôleur gérant l'ensemble du poste
- une carte HF comprenant la partie émission et la partie réception

On donne, sur cette page et dans la suite du sujet, quelques photographies, un synoptique de chaque carte et un cahier des charges simplifié .

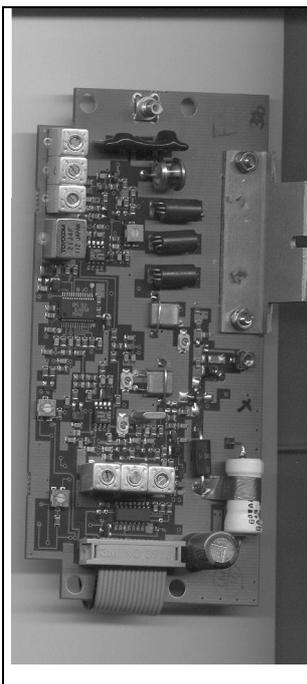


fig 5 Carte HF (recto)

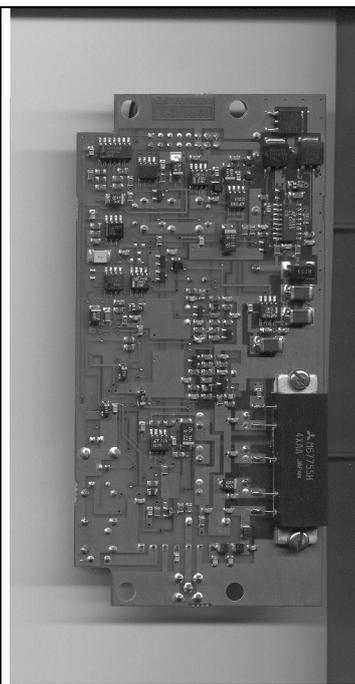


fig 6 Carte HF (verso)

On se propose, dans ce sujet, d'étudier ces deux cartes électroniques et de faire l' avant-projet de quelques unes des fonctions qu'elles assurent.

Il est conseillé au candidat, lors de la lecture des questions, de faire constamment référence aux deux synoptiques pour une meilleure compréhension du sujet.

Vocabulaire

*On donne ci dessous quelques définitions des termes utilisés dans les différentes questions du sujet.
Le candidat est invité à y faire référence pour rédiger ses réponses.*

Architecture : organisation des structures

Calculer : mettre en œuvre un calcul mathématique reposant sur des lois de la Physique et / ou de la Technologie

Caractériser : donner les caractéristiques (nature, valeurs typiques)

Compléter le schéma : ajouter tous les éléments nécessaires au bon fonctionnement

Dimensionner : donner valeur nominale et spécifications d'utilisation (puissance, tension de service, tolérance, fréquence, température, etc ...)

Donner ou tracer l'allure : décrire qualitativement une courbe ou un signal sans pour autant en faire une étude mathématique ou quantitative complète

Donner un résultat : présenter le résultat avec toutes les justifications nécessaires

Exprimer la relation : donner avec tous les calculs à l'appui la formulation d'une équation

Fonction : activité propre, action exécutée par un organe , un objet technique

Justifier : donner toutes les explications concernant le choix des solutions retenues, des valeurs de composants ou de la technologie sélectionnée

Proposer un schéma structurel : dessiner un schéma de qualité industrielle digne de figurer dans une notice technique

Schéma structurel : schéma (représentation normalisée) montrant l'organisation des divers composants et structures

Structure : manière dont les composants sont agencés entre eux

Synoptique : schéma (non normalisé) permettant d'embrasser d'un coup d'œil les diverses parties d'un ensemble

Tracer la courbe : décrire quantitativement une courbe avec les justifications physiques et/ou mathématiques

Valider : vérifier que la fonction ou l'effet attendu est produit ou pourra se produire

Note importante :

Une partie du barème, lors de la correction, sera affectée :

- à la présentation générale de la copie, à l'orthographe et à l'expression française
- à la concision des explications et à la précision du vocabulaire technique utilisé
- à la qualité industrielle des schémas structurels et nomenclatures proposés
- à la lisibilité et présentation des calculs mathématiques
- au respect de la numérotation du sujet, numérotation qui doit se retrouver devant les réponses dans les copies

-A- Analyse rapide du cahier des charges

Le cahier des charges de l'équipement étudié est donné dans le dossier DT et rappelé à la page suivante.

Le candidat est invité dans ce qui suit à en expliciter certaines rubriques

Questions

A1. Préambule

- expliquer le terme half duplex
- donner les limites usuelles de fréquence de la bande VHF

A2. Signal VHF

- comment, technologiquement, obtenir une stabilité de $\pm 1\text{kHz}$ sur les fréquences 1 et 2 ?
- qu'implique la rubrique température de fonctionnement -10°C à $+55^{\circ}\text{C}$?
- que signifie la rubrique impédance VHF $50\ \Omega$?
- que signifie modulation FSK directe

A3. Emission

- donner en watt, après calcul, la puissance nominale d'émission
- la norme RS9 impose $+2\text{dB}$ / -3dB : calculer les limites de cette puissance en watt
- rubrique modulation directe à 1200 bauds : quel est le nombre de bits par seconde ? Justifier
- expliquer en quelques mot la réjection harmonique $> 70\ \text{dB}$ imposée par la norme RS9
- que signifie la rubrique impédance de sortie $50\ \Omega$ sur TOS $< 1,5$
 - l'abréviation TOS est-elle correcte et pourquoi ?
 - à quoi correspond pratiquement un "TOS" de 1,5 ?
- expliquer pourquoi la durée d'émission est limitée

A4. Réception

- exprimer, calculs à l'appui, la sensibilité en volt
- même question pour le niveau maximum admissible

A5. Alimentation

Quelle peut être, au niveau conception, la conséquence de la rubrique
Consommation (12Vdc) récepteur en veille 30 mA typique

Cahier des charges de l'équipement

Caractéristiques Radioélectriques et électriques

L'équipement est du type half duplex, il opère sur deux fréquences allouées de la bande VHF. La sélection de l'une ou l'autre fréquence se fait en atelier par l'intermédiaire de la liaison série.

L'équipement satisfait la norme SP/DRG/R.RS/9.

Signal VHF

Fréquence 1	152,850 MHz
Fréquence 2	151,650 MHz
Stabilité	± 1 KHz
Espacement entre canaux	12,5 KHz
Température de fonctionnement	- 10 °C à + 55 °C
Impédance VHF	50 Ω
Commutation émission / réception	commutateur à diode PIN
Modulation FSK	directe

Emission

Puissance	37 dBm + 2 dB / - 3 dB
Fréquence d'émission	obtenue par addition de deux oscillateurs
F1	131,450 MHz + 21,4 MHz
F2	130,250 MHz + 21,4 MHz
Modulation directe	1200 Bauds
Excursion	$\pm 2,5$ KHz
Procédé de modulation de l'oscillateur	21,4 MHz par signal trapézoïdal
Réjection harmonique	> 70 dB
Impédance de sortie	50 Ω sur TOS < 1,5
Durée des émissions	< 10 secondes

Réception

Simple changement de fréquence	
Démodulation directe FSK	
Oscillateurs locaux	2 oscillateurs sur F – 21,4 MHz
Fréquence intermédiaire	21,4 MHz
Sensibilité	- 107 dBm
Niveau maximum admissible	- 10 dBm

Alimentation

Tension	+ 10V à + 35 V Vdc
Consommation	(12 Vdc)
Récepteur en veille	30 mA typique (350 mW)
Emission	1500 mA (18 W)

- B - Alimentation de la carte microcontrôleur

BE - Etude théorique fondamentale

Dans ce qui suit, le candidat est invité à retrouver des notions fondamentales usuelles.

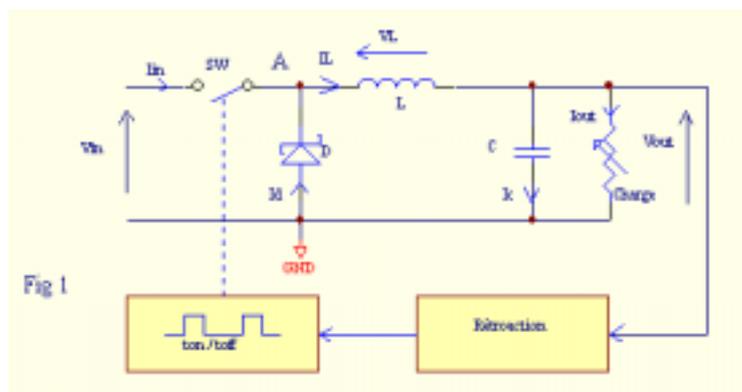
Ces notions seront utiles pour l'application technologique qui suivra. Les 2 parties (Théorie et Application) sont néanmoins indépendantes.

Les convertisseurs Continu / Continu à découpage de type abaisseur (ou buck) où $V_{OUT} < V_{in}$ utilisent la structure fondamentale de la fig 1 dans laquelle SW est un commutateur statique commandé par un signal rectangulaire :

t_{on} : SW est passant

t_{off} : SW est non passant

L'objectif de ces convertisseurs est d'avoir une tension de sortie (V_{OUT}) constante malgré des variations du courant de sortie (I_{OUT}) et/ou de la tension d'entrée (V_{in}). Pour cela une boucle de retour permet la régulation de V_{OUT} dans certaines conditions.



BE- 1. Etude en boucle ouverte

Dans ce paragraphe, et sauf indication contraire, on suppose que la commande de SW par un signal rectangulaire de période $T = t_{on} + t_{off}$ est permanente.

On appelle : V_{SW} la chute de tension aux bornes du commutateur SW passant

V_D la chute de tension directe aux bornes de la diode

On distingue habituellement deux régimes de fonctionnement :

- la conduction continue : le courant i_L dans l'inductance L ne s'annule pas
- la conduction discontinue : le courant i_L s'annule durant un temps non nul

BE-1.1 . Conduction continue

BE-1.1.1 Compléter le chronogramme des tensions et courants sur le document réponse DR1

(V_A est la tension au point A et on rappelle que la valeur moyenne de V_{OUT} est constante)

BE-1.1.2. Courant dans l'inductance L

soit I_{PK} sa valeur maxi et I_{MIN} sa valeur mini, donner la relation

$I_{PK} = f(V_{in}, V_{OUT}, V_D, V_{SW}, L, t_{on}, t_{off}, I_{MIN})$:

a) la diode D étant bloquée

b) la diode D étant conductrice

c) que deviennent ces relations si $V_{SW} = V_D = 0$ (absence de pertes) ?

BE1.13. Tension de sortie et rapport cyclique

soit α le rapport cyclique de la commande de SW : $\alpha = t_{on} / (t_{on} + t_{off})$

- exprimer $V_{OUT} = f(V_{in}, V_{SW}, V_D, \alpha)$
- exprimer $\alpha = f(V_{in}, V_{OUT}, V_{SW}, V_D)$
- exprimer $V_{OUT} = f(V_{in}, \alpha)$ si $V_{SW} = V_D = 0$ (absence de pertes) – soit [1] cette relation.

BE-1.2 . Conduction discontinue

On se place dans le cas simple où il n'y a pas de pertes ($V_{SW} = V_D = 0$, L et C parfaits) durant t_{off} le courant i_L décroît durant un temps t_1 et est nul durant un temps $t_{off} - t_1$

BE-1.2.1. Donner l'allure de $i_L = f(t)$ et de $i_{in} = f(t)$

BE-1.2.2. On a $t_1 < t_{off}$: montrer que la relation [1] du 1.1.3.c devient une inégalité

BE-1.2.3 On veut pouvoir calculer ultérieurement la caractéristique externe $V_{OUT} = f(I_{OUT})$

- exprimer la puissance de sortie en fonction de V_{OUT} et I_{OUT}
la puissance d'entrée en fonction de V_{in} et I_{in}
- exprimer $I_{in\text{ moyen}} = f(I_{PK}, \alpha)$ avec I_{PK} valeur maxi du courant dans L
- exprimer $I_{OUT} = f(V_{in}, V_{OUT}, L, \alpha, F)$ avec F fréquence de la commande de SW

BE-1.3. Conduction critique

On se place dans le cas simple où il n'y a pas de pertes ($V_{SW} = V_D = 0$, L et C parfaits) on appelle conduction critique le point où la conduction passe de continue à discontinue

BE-1.3.1. Rappeler la relation entre V_{OUT} , V_{in} et α ; en déduire, pour ce cas critique, la relation $I_{OUT} = f(V_{in}, V_{OUT}, L, F)$

BE-1.3.2. Montrer que la courbe $I_{OUT} = f(V_{OUT})$ présente un extremum pour $V_{OUT} = V_{in} / 2$
Donner la valeur correspondante de I_{OUT} en fonction de V_{in} , L, F
Tracer cette courbe dans le plan $V_{OUT} = f(I_{OUT})$

BE-1.4. Caractéristique externe en boucle ouverte

Dans le cas simple où il n'y a pas de pertes ($V_{SW} = V_D = 0$, L et C parfaits) et α servant de paramètre :

BE-1.4.1. Tracer dans le plan $V_{OUT} = f(I_{OUT})$ déjà utilisé en 1.3.2. les caractéristiques externes en conduction continue pour des valeurs 0,1 0,3 0,5 0,7 0,9 de α

BE-1.4.2. Tracer dans ce même plan les caractéristiques externes en conduction discontinue pour les mêmes valeurs de α . Préciser les valeurs caractéristiques de cette famille de courbe.
Conclure.

BE-1.5. Valeur critique de l'inductance L

Pour ce calcul, on considère que les pertes sont localisées à SW (V_{SW} non nul) et dans la diode (V_D non nul).

BE-1.5.1. Donner la relation entre I_{PK} et I_{OUT} dans le cas de la conduction critique

BE-1.5.2 En déduire la relation $I_{PK} = f(V_{in}, V_{SW}, V_D, V_{OUT}, L, t_{on})$

BE-1.5.3 Exprimer l'inégalité que doit respecter L, à I_{OUT} et V_{in} donnés, pour respecter la conduction continue.

BE-2. Fonctionnement en boucle fermée

Donner plusieurs modes possibles d'action sur la commande de SW de la boucle de retour pour maintenir $V_{OUT} =$ constante malgré des variations de I_{OUT} et/ou de V_{in}

BA - Application technologique sur l'avant-projet

L'application étudiée utilise, pour sa carte microcontrôleur, une conversion Continu / Continu comme l'indique le synoptique constructeur (en voir un extrait fig 2). Le schéma structurel de base du convertisseur 10-30V/6V est donné fig 3.

Le candidat sera invité dans ce qui suit à le compléter et à en dimensionner les principaux composants.

Le circuit intégré utilisé, LT1107, est un convertisseur à haut rendement et faible consommation (technique Micropower) utilisant le principe du Burst Mode[®], marque déposée du constructeur, principe mis en évidence sur la fig 4 montrant les tensions aux points 2 et 3 en fonctionnement nominal; des extraits de la notice technique du LT1107 sont disponibles dans le dossier DT.

BA-1. Cahier des charges du convertisseur

- Tension de sortie nominale : 6V avec une tolérance de $\pm 0,5V$
- Tension d'entrée : valeur nominale 12 V ; plage de variation : 10 à 30 V
- Courant nominal débité : 100 mA
- Ondulation résiduelle en sortie : de l'ordre de 1% maxi
- Indication de tension d'entrée trop faible ($< 10 V$)
- Consommation propre : moins de 1 mA

BA-2.1 Choix des résistances

- BA- 2.1. Donner la valeur typique de la tension de référence utilisée par le LT1107
- BA -2.2. Dimensionner les résistances R_1 et R_2
- BA- 2.3. On veut limiter à environ 400 mA le courant maximum dans l'interrupteur SW du LT1107
Dimensionner la résistance R_{lim}

BA-3. Tolérance sur la tension de sortie V_{out}

- BA-3.1. Donner les valeurs limites de la tension de référence du LT1107; en déduire ses tolérances absolue et relative
- BA-3.2. Exprimer littéralement la tolérance relative sur V_{out} (tension moyenne) en fonction de celles de la référence du LT1107 et de celles des résistances utilisées.
Les résistances étant à 1%, calculer les valeurs limites de V_{out} .

BA-4. Choix des condensateurs

- BA-4.1. Préciser le rôle de C_1 ; quel(s) type(s) de condensateur peut-on utiliser ?
- BA-4.2. Donner la valeur typique de la fréquence de l'oscillateur interne du LT1107
- BA-4.3. La fig 5 montre l'ondulation obtenue en sortie (point 3) dans les conditions nominales
Mesurer, sur cet oscillogramme la valeur crête à crête et la période de cette ondulation
- BA-4.4. En déduire l'ondulation au point 4 et la valeur de l'hystérésis du comparateur A_1 de commande de l'oscillateur du LT1107
- BA-4.5. Dimensionner le condensateur C_2 après avoir exprimé C_2 en fonction de I_{out} et de l'ondulation
- BA-4.6. Rappeler le schéma équivalent d'un condensateur réel mettant en évidence la capacité propre, la résistance de fuite, les résistance et inductance série.
Montrer que l'on peut mettre ce schéma sous une forme série avec une capacité équivalente série C_s , une résistance équivalente série (ESR) et une inductance série .
Montrer que C_s et ESR sont fonction de la fréquence. Vers quelle valeur tend ESR en HF ?
Exprimer l'angle de pertes $tg\delta$ en fonction des éléments du schéma équivalent série.
La fig 5 a été obtenue avec un condensateur C_2 spécifié avec une ESR de 0.05 ohms .
Que devient l'allure de l'ondulation si l'ESR de C_2 vaut 0,1 ohms (limiter le tracé, qui restera qualitatif, à une période)

BA-5. Choix de l'Inductance L_1

La fig 4 montre les tensions de part et d'autre de l'inductance L_1

On appelle δ le rapport du temps d'oscillation sur la période de fonctionnement de l'oscillateur :

$$\delta = T_{osc} / T$$

BA-5.1. Tracer, sur le document réponse DR2, l'allure du courant dans L_1 si l'on admet se situer en limite de conduction continue lorsque l'oscillateur du LT1107 fonctionne

BA-5.2. On a limité, à la question 2.3., le courant maximum à 400 mA .

Exprimer la valeur maximale I_{PK} du courant dans L_1 en fonction de I_{out} , courant moyen de sortie, et de δ dans ce cas limite de conduction continue.

BA-5.3. On appelle V_{SW} la tension aux bornes du commutateur passant du LT1107 et t_{on} son temps de conduction. On se situe toujours en limite de conduction continue.

Exprimer I_{PK} en fonction de V_{in} , V_{out} , V_{SW} , t_{on} et L_1

En déduire la valeur de L_1 en fonction de I_{out} , V_{in} , V_{out} , V_{SW} , δ et t_{on} . Calculer la valeur numérique de L_1 . Cette valeur est-elle la valeur maxi, mini ou nominale de l'inductance nécessaire ?

BA-6. Réalisation d'une inductance L_1 de valeur typique 220 μ H

On utilise un pot T22-FP9x5 dont un extrait de notice technique est disponible dans le dossier DT

BA-6.1. Rappeler les définitions des termes suivants figurant dans la notice

- perméabilité effective, longueur effective, section effective
- facteur de perméance
- inductance spécifique

BA-6.2 Exprimer le flux maximum dans le pot en fonction de L et de I_{max} d'une part et d'autre part en fonction de n , B_{max} , A_e (n = nombre de spires) .

BA-6.3 Exprimer S_b , surface disponible pour le bobinage, en fonction de n , I , J , α (I courant efficace, J densité de courant admissible, α coefficient de foisonnement)

BA-6.4 En déduire que le produit $A_e S_b$ peut s'écrire : $A_e S_b = \frac{\alpha L I_{max} I}{J B_{max}}$

BA-6.5 Montrer que le pot T22-FP9x5 convient à la réalisation de l'inductance si l'on prend :
 $\alpha = 2.5$, $J = 5A/mm^2$ (on prendra I efficace # I moyen)

BA-6.6. On prend un entrefer de 0,11 mm : calculer le nombre de spires pour réaliser l'inductance L_1 et vérifier qu'il est possible de bobiner ces spires sur la carcasse du pot ; justifier la présence d'un entrefer.

BA-7.Choix de la diode

Justifier le choix d'une diode Schottky ; en quoi diffère-t-elle d'une diode classique ?

BA-8. Filtre supplémentaire de sortie

On diminue l'ondulation de sortie par un filtre LC

BA- 8.1. Donner le schéma structurel de ce filtre.

BA-8.2. Dimensionner ce filtre en donnant toutes les justifications utiles.

BA-9. Détection de batterie faible

Le cahier des charges exige de générer un signal dès que la tension de batterie V_{in} devient inférieure à 10 V

BA-9.1. Proposer une solution en exploitant l'entrée SET du LT1107; dimensionner tous les composants nécessaires.

BA-9.2 Comment ajouter un hystérésis à cette détection ?

BA-10. Régulateur 5V

Ce régulateur est monté derrière le convertisseur 6V qui vient d'être étudié.

Le choix du constructeur s'est porté sur un circuit intégré LP2951CM dont un extrait de la notice technique est disponible dans le dossier DT.

BA-10.1. Proposer un schéma structurel pour ce régulateur, dimensionner les composants ajoutés.

BA-10.2. Justifier, à l'aide des 3 critères techniques et/ou technologiques qui vous semblent les plus importants, le bien-fondé du choix de ce LP2951CM par le constructeur.

BA-11. Schéma structurel général

On protège l'ensemble convertisseur 6V et régulateur 5V :

- contre une éventuelle inversion de polarité
- contre une surcharge accidentelle
- contre une surtension accidentelle

BA-11.1. Proposer un schéma structurel de cet ensemble de protection en justifiant tous les composants ajoutés.

BA-11.2. Proposer sur le document réponse DR3,

- le schéma structurel général de l'ensemble de cette alimentation
- la nomenclature associée

- C - ADAPTATION EN PUISSANCE

CE - Etude théorique fondamentale

Dans ce qui suit, le candidat est invité à retrouver des notions fondamentales usuelles. Ces notions seront utiles pour l'application technologique qui suivra. Les 2 parties (Théorie et Application) sont néanmoins indépendantes

CE-1. Un générateur de tension continue V_g et de résistance interne R_g débite dans une charge R_L

CE-1.1. Exprimer la puissance fournie à la charge en fonction de V_g , R_g , R_L

CE-1.2. Exprimer la dérivée de cette puissance par rapport à R_L

CE-1.3. Donner l'allure de la courbe Puissance fournie en fonction de R_L ; en préciser les points remarquables

CE-2. Le générateur est maintenant sinusoïdal : $v_g = V_g \sqrt{2} \cos \omega \cdot t$,

son impédance interne est $Z_g = R_g + j X_g$; la charge est $Z_L = R_L + j X_L$;

le courant débité par le générateur est : $i = I \sqrt{2} \cos(\omega \cdot t - \varphi)$

CE-2.1. Exprimer la puissance instantanée fournie par le générateur en fonction de V_g , I , φ , ωt

CE-2.2. Exprimer la valeur moyenne de cette puissance instantanée en fonction de V_g , I , φ

CE-2.3. Exprimer les valeurs des puissances apparente S , active P , réactive Q en fonction de V_g , I , φ

CE-2.4. En appelant \underline{V}_g et \underline{I} les grandeurs complexes du générateur, exprimer la puissance complexe fournie par le générateur en fonction de \underline{V}_g et \underline{I} puis des puissances active P et réactive Q .

CE-2.5 Exprimer la puissance active P_s fournie à la charge en fonction de V_g , R_L , X_L , R_g , X_g

CE-2.6. Démontrer les conditions à respecter sur Z_g et Z_L pour que P_s soit maximale; exprimer $P_{s_{max}}$ en fonction de V_g et R_g

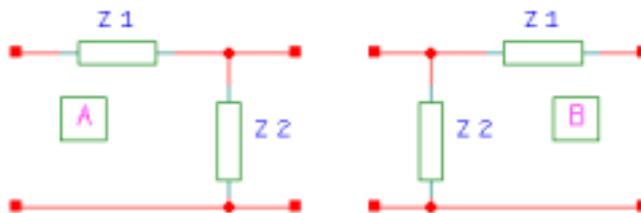
L'adaptation d'impédance est la technique qui permet à une source de fournir son maximum de puissance. Son utilisation systématique est fondamentale en Radio-fréquence (RF)

CA - Application technologique sur l'avant-projet

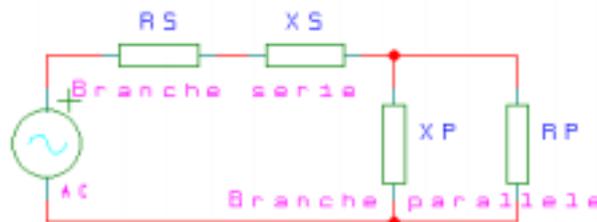
Le synoptique de l'émetteur / récepteur (carte HF) est donné dans le dossier DT. Entre les divers modules (oscillateurs, démodulateur, mélangeurs, etc...) se trouvent des circuits d'adaptation d'impédance que l'on se propose d'étudier.

CA-1. Adaptation par circuits en L (ou à 2 composants)

Ces circuits sont appelés en L en raison de leur disposition dans les schémas :



CA-1.1. R_s , R_p , X_s , X_p sont respectivement les résistances et réactances du circuit.



Préciser quelles doivent être les natures (inductives ou capacitives) des réactances X_s et X_p à l'adaptation.

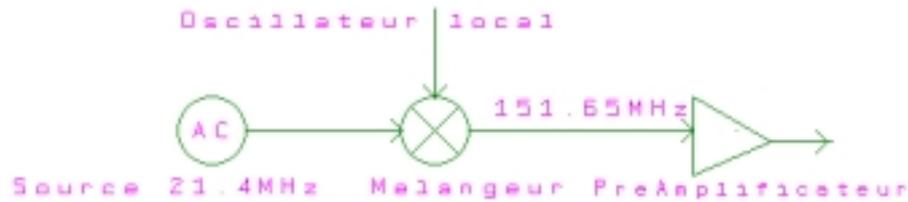
CA-1.2.

On appelle $Q_s = \frac{X_s}{R_s}$ et $Q_p = \frac{R_p}{X_p}$; montrer que l'adaptation impose la relation suivante :

$$Q_s = Q_p = \sqrt{\frac{R_p}{R_s} - 1}$$

en déduire lequel des circuits A ou B il faut utiliser quand $R_g > R_L$ ou quand $R_g < R_L$

CA-1.3. Un mélangeur, d'impédance d'entrée réelle $1,5k\Omega$ est attaqué par un générateur $21,4MHz$ d'impédance de sortie réelle 50Ω .



Proposer un circuit d'adaptation en L . Calculer les valeurs des composants à ajouter. De quel type est le filtre associé à ce circuit d'adaptation ?

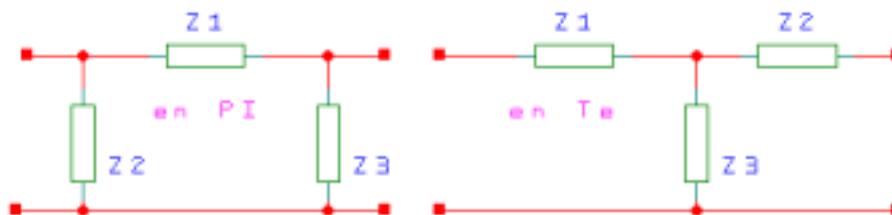
CA-1.4. Ce mélangeur fournit du $151,65MHz$ avec une impédance de sortie réelle de $1,5k\Omega$ à un préamplificateur adapté à 50Ω .

Proposer un circuit d'adaptation en L . Calculer les valeurs des composants à ajouter. De quel type est le filtre associé à ce circuit d'adaptation ?

CA-1.5. En réalité le mélangeur, outre sa résistance de sortie, possède une capacité parallèle en sortie de 8 pF . Proposer un circuit d'adaptation en L . Calculer les valeurs des composants à ajouter .

CA-2. Adaptation par circuits à 3 composants

Dans les circuits en L, le facteur Q est imposé par la source et la charge. Si l'on veut choisir ce facteur Q on utilisera des circuits à 3 éléments ou dits en PI ou en T ϵ



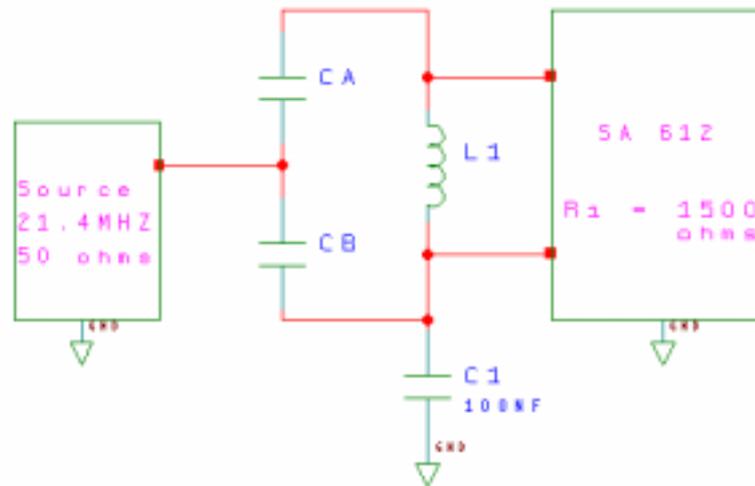
CA-2.1. Montrer, à l'aide de schémas simples, que ces circuits peuvent se ramener à une association de deux circuits en L moyennant l'utilisation d'une résistance virtuelle. Quelles conditions doit respecter cette résistance virtuelle pour pouvoir utiliser les résultats des circuits en L ? De quelle nature doivent être les diverses réactances ?

CA-2.2. Proposer une solution en PI pour l'adaptation, à $21,4MHz$, du mélangeur précédent attaqué par un générateur 50Ω . En prenant un facteur $Q_L = 12$ pour la charge (mélangeur), calculer les valeurs des composants à ajouter pour réaliser cette adaptation en PI.

De quel type est le filtre associé à ce circuit d'adaptation ?

CA-2.3.

En réalité le mélangeur est un SA612 dont un extrait de notice technique est disponible dans le dossier DT. Il ne doit pas recevoir de polarisation continue extérieure. On adopte alors, à l'entrée, un circuit à double condensateur.



CA-2.3.1. Comment peut-on appliquer la méthode des circuits en PI et de la résistance virtuelle pour calculer ce circuit à double condensateur ? (Illustrer l'explication par des schémas simples)

CA-2.3.2 Calculer les composants C_a , C_b et L_1 pour une adaptation $50 / 1500 \Omega$ à $21,4 \text{ MHz}$ en prenant une résistance virtuelle de 10Ω (soit un facteur Q_L d'environ 12)
– en négligeant la capacité d'entrée du mélangeur
– en tenant compte de cette capacité d'entrée

CA-2.3.3. Afin d'adapter le niveau d'entrée du mélangeur, on intercale un atténuateur résistif d'environ $1/10$, constitué d'une cellule en PI et de résistance d'entrée 50Ω . Proposer une structure et en calculer les composants.

CA-2.3.4. Donner, sans en calculer les composants, le schéma structurel d'un adaptateur à double condensateurs $1500 / 50 \Omega$ pour la sortie du mélangeur SA612.

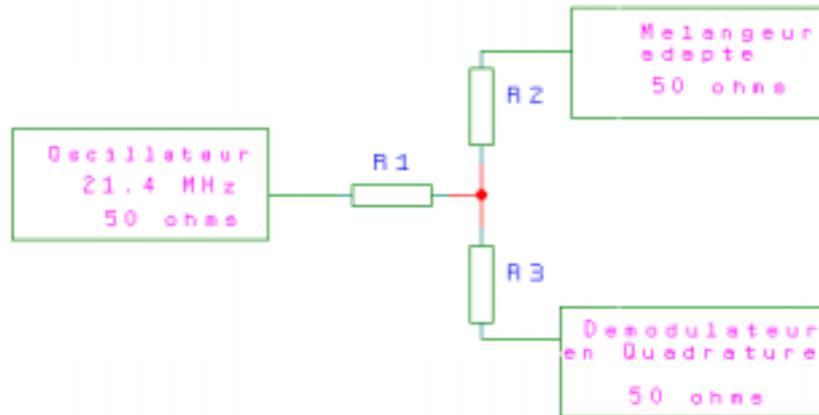
CA-2.3.5. Technologie du mélangeur

CA-2.3.5.1. Rappeler les définitions, pour un mélangeur :

- du gain de conversion
- du point de compression
- du point d'interception IP_3

CA-2.3.5.2. Evaluer numériquement ces trois paramètres à l'aide de la fig 14 de la notice du mélangeur SA612.
Comparer ces résultats avec les caractéristiques électriques du tableau de la notice

CA-2.4. Le générateur 21,4 MHz sert également d'oscillateur local au circuit de Démodulation en Quadrature d'impédance d'entrée 50 Ω .



On utilise un adaptateur en étoile à 3 résistances afin d'obtenir la puissance maximale du générateur; calculer la valeur des résistances de cet adaptateur en étoile

CA-2.5. Le schéma structurel d'ensemble est donné sur le document réponse DR4 .

Repérer, en les entourant d'un cadre de couleur :

- le mélangeur
- le générateur 21,4 Mhz
- le préamplificateur
- les divers adaptateurs d'impédance (préciser leur nom)
- l' atténuateur

- D - Circuit de protection

Description fonctionnelle

Afin d'éviter tout risque d'émission permanente, la législation des télécommunications oblige à prévoir, pour les émetteurs, un dispositif de protection limitant la durée d'émission. Notamment la norme RS9 stipule une durée d'émission inférieure à 20s pour une puissance émise supérieure à 100mW (c'est le cas ici).

Le synoptique de l'émetteur / récepteur (dossier DT) montre qu'un circuit de protection va à la fois :

- commuter l'oscillateur 21,4MHz en oscillateur local pour la réception (position Réf F0) ou en oscillateur modulé en fréquence pour l'émission (position Modulateur)
- assurer la protection contre l'émission permanente en coupant l'alimentation de l'émetteur au bout d'un temps calibré (inférieur aux 20s de la norme RS9)
- commander la détection de préambule

Dans ce qui suit, le candidat est appelé à faire la synthèse de ce circuit de protection et de préciser ses interconnexions.

Cahier des charges :

- Le circuit de protection est piloté par la carte microcontrôleur via le signal Rx / Tx
 - Rx / Tx = niveau Haut : réception
 - Rx / Tx = niveau bas : émission
- La durée maxi d'émission est d'environ 10 secondes.
- La structure utilisée sera assurée par un circuit C/MOS 4060 (dont on donne un extrait de notice technique dans le dossier DT) associé à quelques composants discrets (diodes, résistances, condensateurs) .
- Le circuit de protection fournira un signal binaire d'Alternat temporisé appelé S1.
 - S1 = niveau haut : réception
 - S1 = niveau bas : émission pour une durée maxi d'une dizaine de secondesce signal S1 est utilisé pour couper l'alimentation de l'émetteur, commander la détection de préambule et commuter la fonction de l'oscillateur 21,4 MHz.
- Par sécurité le déclenchement de la protection (durée maxi écoulée) devra bloquer l'horloge du circuit 4060

Questions

- D-1 Proposer, sur le document réponse DR5 un schéma structurel du circuit de protection répondant au cahier des charges.
- D-2 Justifier et dimensionner, au besoin par le calcul, tous les composants associés au 4060 (utilité, caractéristiques, technologie).
- D-3 Proposer, sur le document réponse DR5, la nomenclature associée au schéma structurel.
- D-4 Indiquer comment, avec le signal de sortie S1, commander le circuit d'alimentation LT1159 (dont on donne un extrait de notice technique dans le dossier DT).
- D-5 Indiquer à l'aide d'un schéma structurel comment mettre en œuvre le commutateur MAX325 (dont on donne un extrait de notice technique dans le dossier DT) pour aiguiller l'oscillateur 21,4MHz :
- sur le signal de modulation en cas d'émission
 - sur une tension continue de référence si l'on est en réception

La liaison avec la détection de préambule sera vue lors de l'étude de cette fonction

- E - Détection de préambule

Les données sont émises et reçues à 1200 bauds.

Les messages sont constitués :

- d'un préambule de valeur \$AAAA (ou AAAAH)
- d'un mot de synchronisation de 16 bits (\$B433 ou B433H)
- de l'information proprement dite sur 64 bits y compris le code détecteur d'erreur et le code d'identification

La réception du préambule est détectée afin de réveiller le microcontrôleur (signal appelé Carrier)

Cahier des charges

- Le signal binaire de sortie CARRIER sera égal au niveau bas en cas d'une réception du préambule et au niveau haut dans le cas contraire
 - La détection n'est validée que pour une phase de réception via le signal S1 issu du circuit de protection
 - La fréquence centrale sera réglable à environ $\pm 5\%$
 - La largeur de bande sera de l'ordre de 10 à 15% et indépendante de l'amplitude détectée
 - La structure sera organisée autour de deux circuits intégrés (dont on donne un extrait de notice technique dans le dossier DT)
 - PLL 567
 - régulateur LP2951
- circuits qui seront associés à quelques composants discrets (diodes, transistors, résistances, potentiomètres, condensateurs).

Questions

- E-1 Montrer que le préambule est une séquence de récupération de rythme. En donner sa fréquence.
- E-2 Proposer, sur le document réponse DR6 un schéma structurel du bloc Détection de préambule répondant au cahier des charges.
- E-3 Justifier et dimensionner, si besoin par le calcul, tous les composants associés aux deux circuits intégrés (utilité, caractéristiques, technologie).
- E-4 Proposer, sur le document réponse DR6, la nomenclature associée au schéma structurel.
- E-5 Pourquoi détecter le préambule et non pas directement la porteuse du signal VHF ?
- E-6 **Testeur de préambule** : concevoir, en utilisant librement tous composants inspirés par la culture technique du candidat, un montage simple permettant de générer une trame constituée du préambule suivi du mot de synchronisation, trame qui pourra être appliquée sur un point test de la carte HF; pour cela :
- E-6.1. Expliquer en quelques mots le principe retenu pour ce montage de test
- E-6.2. Proposer, sur le document réponse DR7 un schéma structurel de ce montage de test (les composants utilisés et ne figurant pas dans le dossier DT seront représentés de façon fonctionnelle à la discrétion du candidat)
- E-6.3. Justifier et dimensionner, si besoin par le calcul, tous les composants utilisés
- E-6.4. Proposer, sur le document réponse DR7, la nomenclature associée au schéma structurel.

FE-1.5.3. Application au dispositif étudié

En utilisant la table des valeurs de $J_{n(m)}$ du dossier DT et prenant les valeurs suivantes : $F_p = 21,4\text{MHz}$, $F_i = 600\text{ Hz}$, $m = 4$, $V_p = 1$ (tension normalisée) donner, pour les diverses raies, les amplitudes significatives (supérieures à 0,1) À quelle fréquence de F_p se trouve la raie significative la plus éloignée ? Tracer le spectre correspondant .

FE-2. Cas d'une information non sinusoïdale $v_i(t) = V_{i0} + \sum_{n=1}^{\infty} V_{in} \cos(n\omega_i t + \varphi_n)$

La norme RS9 impose une largeur de bande de mesure de $\pm 8,5\text{kHz}$.

FE-2.1 Le spectre étant constitué de raies espacées de 600 Hz, combien de raies sont concernées par la norme RS9 ?

FE-2.2 Préciser avec quels coefficients $J_{n(m)}$ et sur lesquelles de ces raies les harmoniques 3, 5 et 7 vont intervenir de façon significative ($J_{n(m)} > 0,1$).

FE-2.3 Peut-on appliquer, ici, le principe de superposition ? Pourquoi ?

FA- Application technologique sur l'avant-projet

FA-1. Modulation directe

FA-1.1 L'oscillateur fournissant le signal porteur est représenté fig F1. Expliquer en quelques mots comment :

- il peut servir d'oscillateur local pour la réception,
- il peut servir d'oscillateur modulé en fréquence.

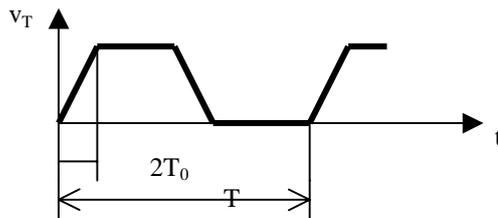
FA-1.2 La carte microcontrôleur fournit un signal TX 0/5V 1200 Bauds représentant l'information à transmettre.

Montrer que ce signal, dans le cas particulier d'une suite de 0 et de 1, peut se mettre sous la forme :

$$v_{(TX)}(t) = V_0 + \sum_{p=0}^{\infty} \frac{kV_{\max}}{\pi} \frac{\sin(2p+1)\omega t}{2p+1}$$

donner, en %, les rapports d'amplitudes des harmoniques 3, 5 et 7 vis à vis du fondamental

FA-1.3 Le circuit modulateur doit, conformément au cahier des charges, transformer le signal TX en un signal trapézoïdal symétrique v_T pour permettre l'attaque de l'oscillateur modulé



Montrer que v_T peut se mettre sous la forme :

$$v_T(t) = V_{T0} + \frac{kV_{\max} T}{\pi^2 T_0} \sum_{p=0}^{\infty} \frac{1}{(2p+1)^2} \sin\left[\frac{2\pi (2p+1)T_0}{T}\right] \sin\left[\frac{2\pi (2p+1)t}{T}\right]$$

Donner, en %, les rapports d'amplitudes des harmoniques 3, 5 et 7 vis à vis du fondamental

- pour $T_0 = T/12$
- pour $T_0 = T/8$

Conclure

FA-1.4 Donner les valeurs numériques de T et T_0 précédentes

FA-1.5. Réalisation du modulateur trapézoïdal

Cahier des charges :

- utilisation d'Amplificateurs Linéaires Intégrés (ALI) LM 6144 (dont un extrait de notice est disponible dans le dossier DT)
- temps de montée # temps de descente # 450µs
- grande impédance d'entrée
- tension de sortie ajustable

FA-1.5.1. Expliquer les termes de la notice du LM 6144 : " Rail to Rail", CMRR, PSRR, gain-Bandwidth 17 MHz à 50 kHz

FA-1.5.2. Proposer, sur le document réponse DR8 un schéma structurel du circuit modulateur répondant au cahier des charges.

FA-1.5.3. Justifier et dimensionner, au besoin par le calcul, tous les composants associés au LM 6144 (utilité, caractéristiques, technologie).

FA-1.5.4. Proposer, sur le document réponse DR8, la nomenclature associée au schéma structurel.

FA-2. Démodulation Directe FSK

La démodulation FSK est assurée par un circuit spécialisé, le SL6609A dont un extrait de notice est disponible dans le dossier DT. Cette notice comporte, fig2, un schéma bloc (Block diagram).

On se propose d'étudier le principe de la démodulation par analyse du schéma bloc du SL6609 (questions FA-2.1 à FA-2.7).

Un signal FSK de porteuse 21,4 MHz est appliqué sur les entrées différentielles des broches 24 et 26.

Soit $s(t) = S \cos(\omega_0 \cdot t \pm \Delta\omega \cdot t)$ ce signal où $\Delta\omega \cdot t$ représente la variation de pulsation du signal à démoduler.

On applique sur les entrées d'oscillateur local (broches 5 et 3) deux tensions en quadrature issues d'un oscillateur local à quartz de fréquence 21,4 MHz.

Soient $A \cos\left(\omega_0 \cdot t + \omega_{offset} \cdot t + \frac{\pi}{4}\right)$ et $A \cos\left(\omega_0 \cdot t + \omega_{offset} \cdot t - \frac{\pi}{4}\right)$ ces deux tensions; ω_{offset} représente la dispersion de fréquence entre divers appareils.

FA-2.1 Caractériser les filtres situés en aval des mélangeurs (MIXER). En donner le gabarit

FA-2.2 Exprimer les tensions sur les broches 1 et 7 en fonction de S, A, $\Delta\omega t$ après avoir expliqué pourquoi on peut négliger $\omega_{offset} \cdot t$.

FA-2.3 Différence de phase :

FA-2.3.1. on suppose $\Delta\omega t > 0$: quelle est la différence de phase entre les tensions des broches 1 et 7

FA-2.3.2 on suppose $\Delta\omega t < 0$: même question .

FA-2.4 Quel est le rôle des circuits intitulés LIMITER et situés en amont du DETECTOR ?

FA-2.5 Montrer, à l'aide d'un chronogramme simple, qu'une bascule D peut réaliser ce DETECTOR

FA-2.6 Le circuit SL6609 est utilisé, dans l'application étudiée, suivant le schéma structurel de la fig F2

Le signal modulé FSK arrive sur l'antenne avec une fréquence de $151,65\text{MHz} \pm \Delta\omega t/2\pi$

FA-2.6.1. Quelle doit être la fréquence attaquant la patte 6 (OSC) du mélangeur IC14 ?

FA-2.6.2. Où peut-on disposer de la donnée démodulée

FA-2.6.3. Circuit pilote de l'oscillateur local

- les résistances R8 et R12 (100Ω) servent à polariser le mélangeur interne du SL6609

- les condensateurs C33 et C106 (1nF) assurent un découplage

- le condensateur C32 (1nF) bloque le continu

Justifier les valeurs de C30, C31 (68pF) et R10, R11 (100Ω)

FA-2.7 Justifier la présence des condensateurs C4, C14, C120 (68pF), ainsi que de la bobine L4 (470nH).

FA-2.8 Caractériser les filtres F1 et F3; en donner l'allure du gabarit.

-G- Amplificateur VHF de réception

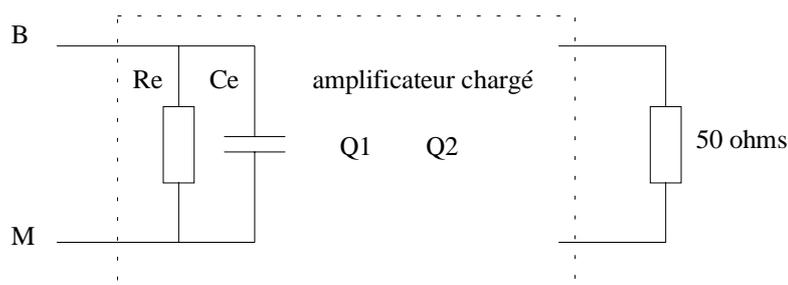
Le schéma structurel de cet amplificateur est fourni fig G1. Son étude se fait pour la fréquence F1.
Le circuit SL 6609A en assure la polarisation en continu et fournit également la source de courant des circuits de ACG ou CAG.

Questions 'Amplificateur' :

Les paramètres [Y] en émetteur commun des transistors Q1 et Q2 sont les suivants :

$$\begin{aligned} Y_{11} &= 1,85 \cdot 10^{-3} + 3,1 \cdot 10^{-12} j\omega & Y_{21} &= 45 \cdot 10^{-3} \\ Y_{12} &= -0,3 \cdot 10^{-12} j\omega & Y_{22} &= 2 \cdot 10^{-4} + 1,5 \cdot 10^{-12} j\omega \end{aligned}$$

- G-1. Donner le nom du montage réalisé par Q1 et Q2. Quels sont les intérêts de ce montage ?.
- G-2. Quel est le type de montage de chaque transistor ?.
- G-3. Calculer les paramètres [Y'] du transistor Q2 en fonction des paramètres [Y] en émetteur commun.
En calculer les valeurs numériques.
- G-4. Dessiner sur le document réponse DR9.1 le schéma équivalent du montage situé entre "3" de F1 et la base de Q1.
- G-5. Continuer le schéma équivalent du montage, en dessinant toujours sur DR9.1 la partie située entre le collecteur de Q2 et l'entrée de IC14 (bornes 1 et 2). Faire figurer sur le schéma l'impédance d'entrée de IC14 (voir documentation).
- G-6. Dessiner le schéma équivalent de l'amplificateur sur le document réponse DR9.2 en tenant compte des remarques suivantes:
- A la fréquence F1, le circuit de charge de l'amplificateur (admittance de sortie de Q2 + montage de la question G-5) est équivalent à une résistance de 50Ω
 - A la fréquence F1, Y_{12} peut être négligée : $Y_{12} = 0$
 - L'amplificateur commence à droite de la diode PIN CR1
 - Sur ce schéma ne figurent que des résistances, des capacités, des inductances et des sources de courant
- G-7. Calculer l'impédance d'entrée R_e et C_e de l'amplificateur en gardant $Y_{12} = 0$.



Questions 'C.A.G. ou A.C.G'.

- G-8. Quel est le rôle d'un circuit de CAG ou ACG ?.
- G-9. Qu'est-ce qu'une diode PIN ?. Quelles sont ses caractéristiques par rapport à une diode ordinaire ?.
- G-10. Expliquer le fonctionnement de la diode PIN dans ce montage.

G-11. Calculer les valeurs de R_e et C_e (impédance d'entrée de l'amplificateur) pour obtenir l'adaptation d'impédance lorsque la diode PIN est bloquée.

G-12. Comparer aux valeurs trouvées pour les composants R_e et C_e dans l'impédance d'entrée de l'amplificateur.

G-13. La résistance dynamique de la diode PIN est égale à $R_{dy(\Omega)} = 26.Id^{-0,87} (mA)$.

Calculer, pour la courbe centrale de la documentation, la résistance dynamique de la diode PIN lorsque la puissance reçue par l'antenne (IP) est égale à $-115dBm$, $-105dBm$ et $-65dBm$.

G-14. Conclure sur l'efficacité du circuit de CAG ou ACG.

Questions 'Transistor Double Grille'

L'émetteur (voir partie C) comprend lui aussi un préamplificateur (fig G2) construit non pas avec des transistors bipolaires mais avec Q17 un transistor MOS-FET double grille BF998WR

G-15. Donner le schéma interne à 2 transistors MOS d'une transistor double grille

G-16. Montrer l'analogie entre le montage amplificateur du récepteur (construit autour de Q1 et Q2 – question G1) et le montage préamplificateur à double grille de l'émetteur.

G-17. En déduire le nom du montage fondamental traditionnellement associé au transistor double grille en RF

- H - Carte microcontrôleur – Etude partielle –

Le candidat fera utilement référence au synoptique déjà cité de cette carte . Lors de l'étude qui suit on s'intéressera principalement :

- au microcontrôleur 80C552, CMOS, de la famille C51
fonctions: gère la carte VHF, les entrées sorties (TOR et analogiques), le bus I2C, se met en consommation réduite (<50 μ A) et est réveillé (par sa ligne Reset) sur événements (détection d'une liaison VHF, top de l'horloge temps réel, E/S...)
- à un circuit 74HC/HCT373 qui gère les bus du microcontrôleur
- à la PROM 27C256
fonction : contient le logiciel de l'appareil
- à la RAM 84C256 / TC55257DPL
fonction : contient les données
- à la E2PROM PCF 8582 compatible I2C
fonction : contient toutes les données ne devant pas être perdues lors d'une coupure d'alimentation
- à l'horloge temps réel PCF 8583 compatible I2C et pilotée par un quartz 32,768 kHz
fonctions : gère l'heure et la date
réveille le microcontrôleur toutes les Δt secondes en agissant sur le Reset
- au convertisseur I2C / Bus 8 bits PCF 8574
fonctions : transmet les signaux TOR1 à TOR6 issus des capteurs
réveille le microcontrôleur sur événement de bus en agissant sur le Reset
- au superviseur d'alimentation MAX691
fonctions : surveille la tension d'alimentation et génère un Reset si $V_{alim} < \text{niveau mini}$
commute sur tension de secours RAM et Horloge
empêche l'écriture en RAM en cas de problème d'alimentation
peut aussi servir de chien de garde

Le candidat est invité à agencer les divers composants cités et à répondre à quelques questions technologiques à partir des extraits de notices techniques figurant dans le dossier DT et d'un cahier des charges.

Cahier des charges :

- PROM et RAM sont situés dans les 32 premiers Ko de l'espace adressable
 - par sécurité si le microcontrôleur adresse au delà de 32Ko les mémoires ne doivent pas être activées
 - en cas de défaillance de l'alimentation, la RAM ne doit pas être activée mais doit être sauvegardée par batterie (tout comme l'horloge temps réel)
- le bus I2C est contrôlé par le microcontrôleur ; les adresses seront les suivantes : – Horloge : adresse 0, EEPROM : adresse 1, Convertisseur de bus : adresse 0.
- la protection du logiciel est assurée par le chien de garde du circuit MAX691

Questions :

H-1) Technologie :

- H-1.1 - Expliquer en quelques mots en quoi consiste le bus I2C et notamment son architecture principale
- H-1.2 - Expliquer comment deux circuits I2C (PCF 8583, PCF 8574) peuvent avoir la même adresse (ici 0)
- H-1.3 - Justifier la fréquence du quartz 32,768kHz
- H-1.4 - Donner la tension minimale de l'alimentation déclenchant un Reset du superviseur

- H-1.5 - Expliquer comment le superviseur permet la sauvegarde par batterie
- H-1.6 - Expliquer comment le superviseur empêche l'écriture en RAM en cas de défaillance d'alimentation
- H-1.7 - Quelles sont les valeurs possibles du "TimeOut" du chien de garde

H-2) Agencement :

Proposer, sur le document réponse DR10, un schéma structurel partiel de la carte microcontrôleur répondant au cahier des charges et notamment :

- H-2.1 implanter les diverses alimentations des circuits
- H-2.2 implanter le bus de données
- H-2.3 implanter le démultiplexage de bus
- H-2.4 implanter le bus d'adresses et le décodage associé
- H-2.5 implanter le superviseur d'alimentation avec :
 - H-2.5.1. - sa gestion du Reset
 - H-2.5.2. - sa gestion du chien de garde
 - H-2.5.3. - sa gestion de la sauvegarde de la RAM et de l'Horloge Temps réel
 - H-2.5.4. - sa gestion de l'écriture en RAM en cas de problème
- H-2.6 implanter le Reset et réveil sur évènements
- H-2.7 implanter le bus I2C avec
 - H-2.7.1 - les divers circuits compatibles I2C
 - H-2.7.2 - la gestion des adresses du bus I2C

On fera apparaître, avec la technique unifilaire habituelle de dessin des schémas de microinformatique,

- le bus de données
- le bus d'adresses
- le bus de contrôle

On justifiera tous les composants associés ajoutés (composants discrets, portes logiques éventuelles, ...)

On accompagnera chacune des phases de construction du schéma structurel sur le document DR10 par des explications et justifications rédigées sur copie.