



FORMATION A LA REALISATION
D'UNE TELEMESURE
(perfectionnement, niveau 2)

Ris-Orangis (91)

les 31 janvier et 1er février 2009

LIVRET STAGIAIRE



CENTRE NATIONAL D'ÉTUDES SPATIALES

Nom : _____

Prénom : _____

Sommaire

Présentation	3
Planning	4
Organisation des TPs	6
Les acteurs	8
Les spectateurs	9
Les présentations	10
Présentation du WE	11
Présentation d'une chaîne de télémesure	13
Modulation IRIG et FSK	16
Émetteur KIWI Me et antennes	22
Logiciels de réception télémesure	28
Récupération et exploitation des résultats	31
Acquisition et encodage du signal	35
Mise en œuvre des circuits électroniques - Initiation à la CEM	43
Les TP analogiques	50
TP analogique n°1 - Conditionnement des signaux - Montages autour de l'AO	51
TP analogique n°2 - Réalisation d'un modulateur IRIG	58
TP analogique n°3 - Le sommateur	63
Les TP numériques	66
TP numérique n°1 - Programmation d'un microcontrôleur PIC16F876	67
TP numérique n°2 - Conversion analogique numérique & envoi liaison série	78
TP numérique n°3 - Réalisation d'un modulateur FSK	84
Annexes	88
Notice du PIC16F876 (extraits du datasheet)	89
Datasheet du VCO XR2206	95
Datasheet de l'AO LM124 (1 ^{er} page)	101
Datasheet du régulateur de tension LM78XX (1 ^{ères} pages)	102
Datasheet de la référence de tension AD584 (extraits)	103
Glossaire	104



**Formation à la réalisation
d'une Télémessure
(perfectionnement, niveau 2)
Le Week-End du
31 janvier et 1er février 2009**



Présentation

Depuis 1999, une formation à la télémessure est proposée chaque année aux animateurs, suiveurs, enseignants, membres de clubs et autres adhérents espace. A l'origine consacrée à l'opération Un Ballon A l'Ecole, elle s'est depuis étendue à toutes les télémessures utilisées par les clubs en proposant depuis 2004 une formation à la télémessure numérique.

Le stage niveau 2 est prévu pour environ 20 stagiaires et 7 formateurs. Il aura lieu le week-end du 31 janvier au 1er février 2009 à Ris-Orangis (91).

Objectifs :

- Savoir réaliser une chaîne de télémessure numérique (FSK) ou analogique (IRIG)
- Savoir utiliser l'émetteur Kiwi Millénium en modulation externe.

Déroulement :

En début de stage, les participants devront choisir entre deux options :

- Interface capteurs et modulation IRIG (télémessure analogique)
- Microcontrôleur et modulation FSK (télémessure numérique)

Le projet des personnes inscrites sur le groupe NUMERIQUE consiste en fin de stage à être capable de transmettre une tension par télémessure au standard SNR en utilisant un microcontrôleur et un modulateur FSK puis de la recevoir avec le matériel Planète Sciences.

Le projet des personnes inscrites sur le groupe ANALOGIQUE consiste en fin de stage à être capable de conditionner les signaux provenant de plusieurs capteurs, de les transmettre par télémessure au standard IRIG et de les recevoir avec le matériel Planète Sciences.

Le samedi soir, les formateurs seront à disposition des stagiaires pour discuter de leurs projets télémessure. Discussions en petits groupe, club par club...

Au besoin, certains sujets pourront être approfondis (liste à compléter) :

- Compléments sur la programmation des microcontrôleurs (I²C, C,...)
- Réalisation réelle des circuits testés sur plaque LAB
- Projets personnels (je veux réaliser un démodulateur FSK, ...)
- Ne rien faire (jouer, dormir, projection d'un film,...)

Planning

Vendredi soir : on se propose d'accueillir formateurs et stagiaires souhaitant (et pouvant) arriver la veille. Il y aura sûrement quelques installations de dernière minute à faire.

SAMEDI			
9h	Accueil des participants		Tous
9h30	Présentation du week-end, objectifs et organisation		Tous
9h45	Présentation générale d'une chaîne de télémesure <i>paramètre physique, mesure et conditionnement, distinction fréquence porteuse/modulation,...</i>		Aline Gilles Tous
10h30	TP1 Analogique <i>Le conditionnement des signaux: Montages autour de l'AO</i>	TP1 Numérique <i>Prise en main de l'environnement de développement Codage d'un programme simple</i>	Tanguy Pierre Binôme
12h30	Repas		
13h30	La télémesure analogique : le standard Irig La télémesure numérique : codage série + FSK		Matthieu Léo Tous
14h30	TP2 Analogique <i>Réalisation d'un modulateur IRIG</i>	TP2 Numérique <i>Acquisition et génération de trames</i>	NicoB Romain Binôme
17h00	Pause		
17h30	Présentation de l'émetteur Kiwi Millenium et principes des Antennes <i>Caractéristiques techniques, modes de fonctionnement, utilisation Types d'antennes, dimensionnement,...</i>		Gilles Tous
18h30	Réception et exploitation des résultats <i>Exploitation des données réelles sous Excel, interprétation</i>		Jérôme NicoB Tous
19h	Repas		
20h30 jusqu'à pas d'heure	Et si on parlait de votre projet de télémesure ? <i>Discussion autour de la conception du projet ballon ou fusex Bidouilles en tous genres pour les plus motivés</i>		Tous Petits groupes clubs/formateurs

DIMANCHE			
9h	Point synthèse / Foire Aux Questions		Aline Tous
9h30	Acquisition et encodage du signal <i>Conditionnement, numérisation, Shannon, filtres, précision, résolution ...</i>		Aline Léo Tous
10h15	TP3 Analogique <i>Montage sommateur</i>	TP3 Numérique <i>Réalisation d'un modulateur FSK</i>	Jérôme NicoB Binôme
12h30	Repas		
13h30	Introduction à la Compatibilité Electro-Magnétique (CEM) <i>Couplages, conséquences, moyens pratiques</i>		Christophe Cyril NicoCh Tous
14h15	Essai des chaînes de télémessure complètes. <i>Logiciels, antennes, analyseur de spectre, conditionnement et acquisition</i> <i>En FSK et IRIG</i>		Tous Tous
15h30	Auto-évaluation		Individuel
16h	Discussion et synthèse		Tous
16h30	Rangement		Tous
17h	Fin et retours		

Ce planning n'est bien sûr pas figé, il est amené à évoluer en fonction des demandes et du déroulement du stage.

Il est important de bien respecter les horaires initiaux afin de remplir tous les objectifs du week-end.

Présentateurs :

Cyril Arnodo (AC)

Matthieu Baig

Nicolas Bouquet

Romain Boré

Nicolas Chaléroux

Léo Côme

Jérôme Hamm

Tanguy Jeanne

Christophe Labarthe

Aline Meuris

Gilles Poirey

Pierre Serin

...

Organisation des TPs

Objectifs : chaque stagiaire doit être capable de refaire les TPs seul avec le livret stagiaire. Un formateur est nommé responsable pour chaque TP, il doit assurer la préparation des présentations et lister le matériel.

Organisation groupe analogique

12 personnes, 6 binômes

TP 1 : conditionnement du signal

Objectifs

- réaliser et dimensionner un amplificateur inverseur et non-inverseur à base d'AO
- interfacier les différents capteurs en fonction du signal en sortie (tension, courant, voire fréquence avec un filtre).
- éventuellement : 'comment faire une bonne mesure' (dérive en température, bruit, ...)

Responsable

Tanguy

TP 2 : réalisation d'un modulateur Irig

Objectifs

- réaliser un modulateur IRIG à base de XR2206
- comprendre le principe de la modulation IRIG (ie savoir retrouver la tension appliquée à partir de la fréquence mesurée).
- régler un modulateur IRIG (en fréquence, amplitude, distorsion)

Responsable

Nicolas Bouquet

TP 3 : Sommateur de signaux

Objectifs

- comprendre la superposition de voies Irig
- réaliser un sommateur de signaux à amplificateur opérationnel
- mettre en commun tous les modulateurs réalisés avec les capteurs pour faire une télécomplète.

Responsable

Jérôme

NB : ce TP est plus court que les précédents, mais la mise en commun des circuits déjà réalisés et les réglages risquent d'être plus longs.

Organisation groupe numérique

12 personnes, 6 binômes

TP 1 : Présentation

- Prise en main environnement de dév et outils
- Hello world
- Faire clignoter une led

Responsable

Pierre

TP 2 : Acquisition numérique et création d'une trame

Objectifs

- acquérir une tension et la transmettre par le port série sous forme de trame vers un PC.
- comprendre le fonctionnement de la conversion A/N.
- prendre conscience des problèmes posés par l'échantillonnage (illustrer le repliement de spectre).

Responsable

Romain

TP3: Modulation FSK

Objectifs

- réaliser un modulateur FSK à base de XR2206
- comprendre les principes de la FSK (fréquences clefs).

Responsable

Nicolas Bouquet



Les acteurs

Les spectateurs

ARNODO	Cyril	cyril_ac@hotmail.com (à confirmer)
BAIG	Matthieu	matthieu.baig@gmail.com
BOUQUET	Nicolas	nico.bouquet@yahoo.fr
BOUCHOUX	Florent	florentbouchoux@hotmail.com (à confirmer)
BORE	Romain	romain.bore@hotmail.fr
CHALEROUX	Nicolas	nico@sdbdc.org
CÔME	Léo	leo.come@sinus.fr
HAMM	Jérôme	jerome.hamm@sdbdc.org
JEANNE	Tanguy	tjeanne@free.fr
JOLLY	Emmanuel	ejolly@magic.fr (absent)
LABARTHE	Christophe	LabartheC@yahoo.fr
MEURIS	Aline	aline.meuris@supelec.fr
POIREY	Giles	gilles.poirey@gmail.com
SERIN	Pierre	pierre-edouard.serin@club-internet.fr
STERENBERG	Olivier	o.sterenberg@tiscali.fr (absent)
RICHE	Vincent	vincent.riche@planete-sciences.org
pour toutes vos questions :		www.planete-sciences.org/espace/basedoc/ www.planete-sciences.org/forums/ espace@planete-sciences.org
pour les plus passionnés :		inscription à la liste telemesure@planete-sciences.org

Les présentations





Week-end de formation à la télémesure - janvier 2009

- Présentation du week-end
- Planning du week-end
- Principe des TP
- Présentations des intervenants

Week-end de formation télémesure - Ris Orangis

Présentation du Week-end

- Pourquoi vous êtes là ?
- Objectifs du week-end
 - Se former à la conception et à la réalisation d'une télémesure analogique ou numérique.
 - Appréhender les problèmes liés à la mise en place de ces systèmes (erreurs, dérives, CEM,...)
 - Découvrir les différents outils proposés par Planète Sciences pour la mise en œuvre de ces télémesures (émission ou réception).
 - Découvrir la base technique, à la disposition des bénévoles et membres de clubs.
 - Se faire plaisir !

2

Présentation du week-end

- Qu'est-ce que vous allez faire ?
 - Assister à des présentations théoriques (en groupe)
 - Faire des TPs (en binôme)
 - Planète Sciences fournit du matériel de développement, de test et de mesure.
 - Encadrement par des bénévoles compétents et motivés.
 - Profiter de la base technique de Ris Orangis
 - Les locaux, le matériel, et le Nutella

3

Les séances de TP

- Modalité
 - Une présentation du TP au début
 - -2h pour faire les TPs avec l'aide des encadrants
 - A la fin, et dans tous les cas, présentation d'une solution qui marche.
- Deux groupes en parallèle
 - Groupe « TP analogiques » : montages électroniques de base, réalisation d'une chaîne de télémesure analogique
 - Groupe « TP numériques » : initiation au microcontrôleur PIC, réalisation d'une chaîne de télémesure numérique
- Contenu
 - Que ce soit en numérique ou analogique, ils permettent de découvrir des chaînes de télémesure complètes.
 - Chaque TP dispose de matériel de mesure adapté.

4

Les intervenants



5

Planning du WE : samedi

- 9h30 Présentation du week-end, objectifs et organisation RB
- 9h45 Présentation générale d'une chaîne de télémesure AM
- 10h30 TP 1 Binôme
- 12h30 Repas Tous
- 13h30 Les télémesures analogique (IRIG) et numérique (FSK) Léo, GP
- 14h30 TP 2 Binôme
- 17h30 Pause Nutella
- 17h30 L'émetteur Kiwi Millenium et les antennes MJ, GP
- 18h15 Réception et exploitation des résultats JH, NC
- 19h00 Repas Tous
- 20h30 Temps libre, thèmes à la carte Tous
- Forum des clubs « Et si on parlait de votre projet ? »

6

Planning du WE : dimanche

- 9h00 Foire Aux Questions Tous
- 9h30 Acquisition et encodage du signal AM
- 10h15 TP 3 Binôme
- 12h30 Repas Tous
- 13h30 Introduction à la CEM CL, CA
- 14h00 Essai des chaînes de télémesure complètes Tous
- 15h30 Auto-évaluation Individuelle
- 16h00 Discussion et synthèse Tous
- 16h30 Rangement Tous
- 17h00 Fin et retours Tous

7

Présentation d'une chaîne de télémesure

> Les différentes étapes du capteur à l'émission

Week-end de formation télémesure - Ris Orangis

Votre mission du week-end

- M- Agent 007, votre mission est de connaître les agissements des espions qui vont s'introduire ce week-end dans le cabinet de la Reine.
- 007- OK, facile, j'installe des capteurs dans le bureau et je récupère les informations enregistrées demain.
- M- Non, Ils pourraient le découvrir et détruire le mouchard !(*) Vous devez envoyer vos données en temps réel par télémesure ! Allez voir Q pour le matériel...

(*) Votre fusée pourrait faire un vol balistique et l'enregistrement à bord serait inexploitable ! ;-)

Matériel d'émission du CNES (1/2)

- Q- LE CNES et Planète Sciences mettent à disposition cet émetteur Kiwi.
- 007- C'est quoi encore cet oiseau rare ?

Q- Je vous fais un dessin :

```

    ENTREE
    Tension variable
    Entre 30 Hz et 30 KHz
    → [EMETTEUR] →
    SORTIE
    Ondes radio
    Fréquence porteuse 138 MHz
  
```

- Euh, 007, si vous pouviez le rendre en bon état...

Matériel de réception du CNES

- Q- Pour la réception, vous êtes tranquilles, un équipe de Planète Sciences se chargera d'enregistrer vos données de télémesure.

Antennes

Baies de réception

Véhicule télémesure

- 007- J peux conduire le camion télém ?!

Définition de l'expérience


- 007- Mon objectif est d'espionner les personnes se trouvant dans le bureau.
- Je veux savoir à quel instant une personne s'y trouve. Il me faut un capteur qui détecte quand la lampe du bureau est allumée : utilisons cette petite photodiode.

Luminosité → **PHOTODIODE** → Courant électrique



- Je veux pouvoir enregistrer les conversations : il me faut un microphone. J'ai celui de mon karaoké mais il faut que j'en demande un miniature à Q.


Signal acoustique (Signal mécanique variable entre 20 Hz et 20 KHz) → **MICROPHONE** → Tension variable entre 20 Hz et 20 KHz



5

Premiers pas dans la télémesure

- 007- OK c'est parti, je branche le micro et la photodiode sur l'émetteur Kiwi. Ça n'a pas l'air de marcher.



Paramètres physiques

```

    graph TD
      A[Paramètres physiques] --> B[Capteurs]
      B --> C[Émetteur]
      C --> D[Antenne d'émission]
  
```

Tentative n°1 : échec !

- James Bond girl- Mr Bond, il faut transformer le courant de la photodiode en une tension. Et puis, vous devriez peut-être amplifier les signaux de vos capteurs avant de les transmettre... Tout ça fait partie de l'étape obligatoire de conditionnement.

6

Après le conditionnement

- 007- Ça fonctionne avec le micro mais pas avec la photodiode, pourquoi ?
- James Bond girl- Le signal à la sortie du micro est une tension variable dans la bande passante de l'émetteur mais pas le signal de la photodiode qui est trop lent.
- 007- Mais bien sûr, je dois transformer cette tension quasi continue en une tension variable ! Comment on fait ça ?
- James Bond Girl- Avec un modulateur. Vous avez le choix entre une modulation analogique et une modulation numérique.

Paramètres physiques

```

    graph TD
      A[Paramètres physiques] --> B[Capteurs]
      B --> C[Conditionneur]
      C --> D[Émetteur]
      D --> E[Antenne d'émission]
  
```

Tentative n°2 : c'est mieux mais...

7

Modulation analogique

```

    graph TD
      C1[Capteur 1] --> Cond1[Conditionneur]
      C2[Capteur 2] --> Cond2[Conditionneur]
      Cond1 --> Mod1[Modulation IRIG]
      Cond2 --> Mod2[Modulation IRIG]
      Mod1 --> Som[Sommateur]
      Mod2 --> Som
      Som --> Em[Émetteur]
      Em --> Ant[Antenne d'émission]
  
```

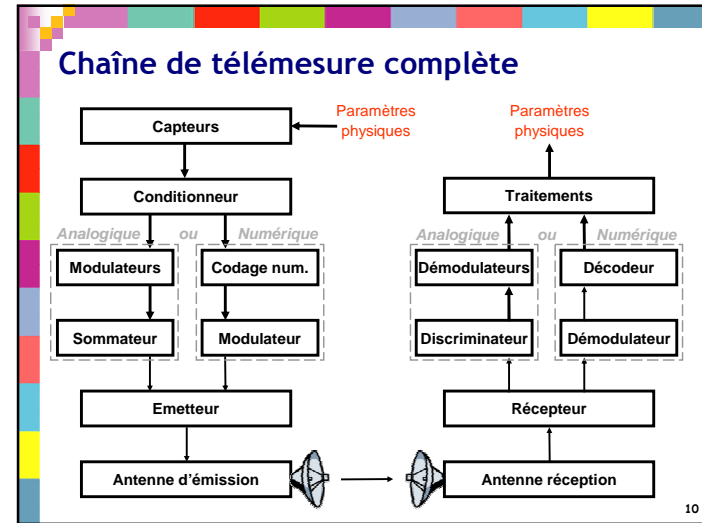
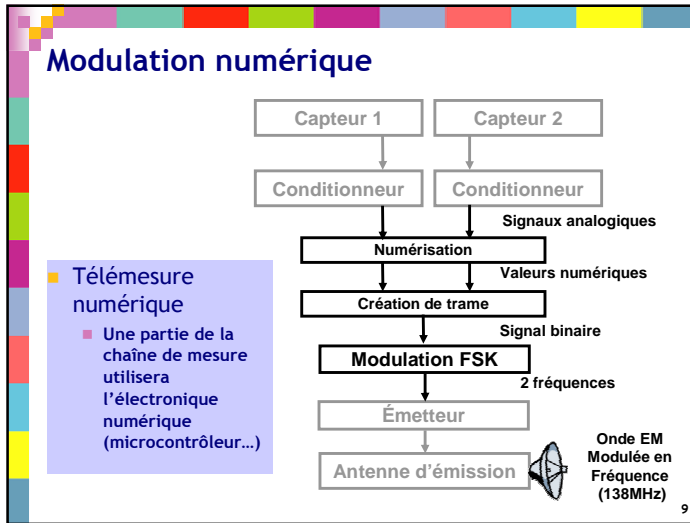
Tension variable

Fréquence variable

- Télémesure analogique
 - On travaille toujours sur des tensions, depuis le capteur jusqu'à l'émetteur.

Onde EM Modulée en Fréquence (138MHz)

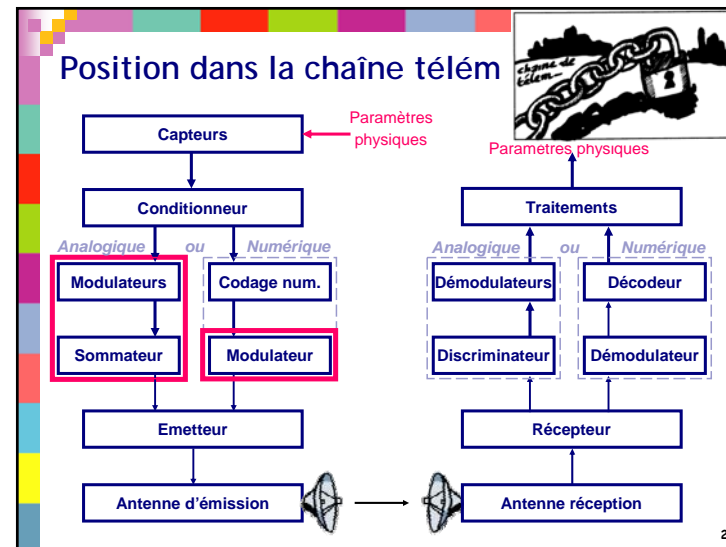
8



Modulation IRIG et FSK

- Pourquoi moduler ?
- Modulation IRIG
- Modulation FSK
- Montage du VCO

Week-end de formation télémétrie - Ris Orangis



Pourquoi moduler ?

- Généralement, les capteurs fournissent une information sous forme de tension (exemple : 4V → 50°C ; 1V → 10°C).
- Les émetteurs proposés aux clubs ne peuvent pas transmettre de signaux continus.

- Il faut donc transformer l'information à transmettre par l'émetteur en un signal alternatif : C'est la modulation.

Les standards de modulations

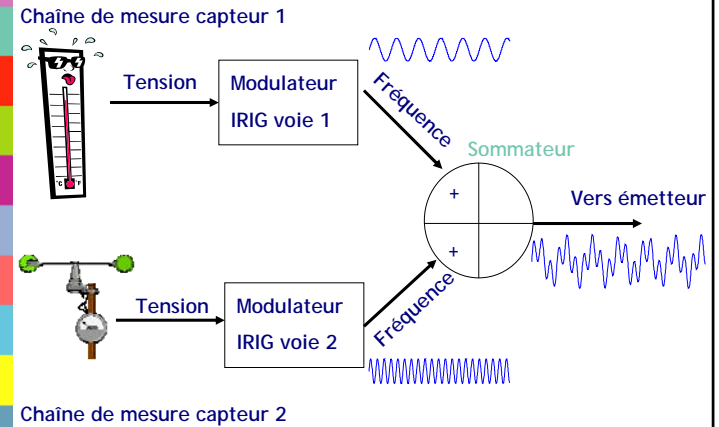
- IRIG (issu d'une norme internationale)
 - Une voie est définie par :
 - une fréquence de référence
 - une excursion min et max en fréquence
 - L'excursion en fréquence est l'écart entre la fréquence de référence (aussi appelée fréquence centrale) et les fréquences min et max.
- FSK (issu d'une convention internationale)
 - Les mesures sont codées dans des trames informatiques. Ce codage répond à un standard Planète Sciences.
 - Les données informatiques sont modulées en fréquence :
 - 0 → fréquence F0
 - 1 → fréquence F1

Principe du standard IRIG

- Un modulateur IRIG transforme une tension donnée en une fréquence donnée.
- Si les fréquences ne se chevauchent pas, on peut appliquer plusieurs fréquences en même temps et donc obtenir plusieurs voies de mesures.
 - C'est le rôle du sommateur

5

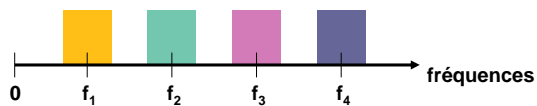
Synoptique d'une télémessure IRIG



6

Détail du standard IRIG

- Planète Sciences a défini son propre standard IRIG.
 - 4 voies max
 - excursion en fréquence de +/- 20%



Voie	F min (Hz)	F centre (Hz)	F max (Hz)	
1	320	400	480	Capteur lent
2	1040	1300	1560	
3	3200	4000	4800	Capteur rapide
4	10400	13000	15600	

7

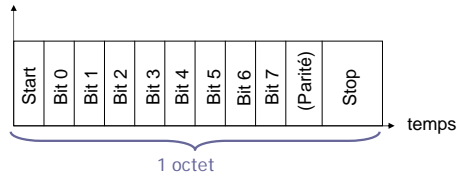
Réception d'une télémessure IRIG

- Carte son + Logiciel Klioutch
 - Limité par la Bande Passante de la carte son (44kS/s)
 - Bande 13kHz impossible
- Carte IRIG du camion CNES
 - Démodulation hard
 - Conversion A/N de chaque voie sur 8 bits
 - Transmission par liaison série 38400bit/s ?
 - Fichier CSV avec ~766 points/s !
- Démodulateurs Pla-Sci
 - Analogique
 - Sortie = tension



Détail du standard FSK : codage série

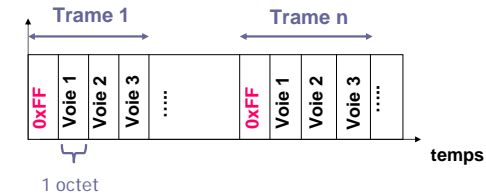
- Standard utilisé par tous les ordi et micro-contrôleurs
- Il transforme un entier 8 bits en une trame série
 - Les 8 bits sont transmis les uns après les autres
 - La trame commence toujours par un bit de start
 - Elle peut se finir par un bit de parité (optionnel)
 - Pour finir le mot, on trouvera au moins 1 bit de stop
- Nous retiendrons que pour envoyer 1 octet de mesure, il faut transmettre 10 bits en série.



9

Détail du standard FSK : codage en trame

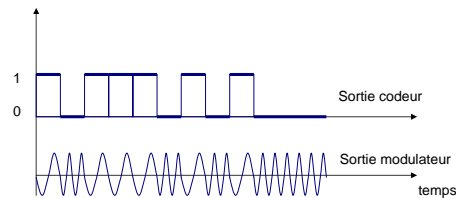
- La trame Planète-Sciences
 - Le début de trame commence toujours par l'octet « 0xFF » (mot de synchronisation)
 - Les voies de mesure sont envoyées les unes après les autres.



10

Détail du standard FSK : modulation

- La modulation FSK utilise des informations issues d'un codeur série.
- Une fréquence est générée en fonction de la valeur du bit. Il y a donc 2 fréquences. Ce sont les « clés » de fréquences.
 - Ces fréquences dépendent du débit du codeur série et de la capacité de décodage du démodulateur.



11

Détail du standard FSK : modulation

- Le débit s'exprime en Bauds : bits par seconde
- Les clés de fréquences standards

600 Bauds	f0 = 900 Hz	f1 = 1500 Hz	(MFSK)
1200 Bauds	f0 = 1200 Hz	f1 = 2200 Hz	(custom)
4800 Bauds	f0 = 9000 Hz	f1 = 15000 Hz	(custom)
9600 Bauds	f0 = 14400 Hz	f1 = 24000 Hz	(MFSK)
14400 Bauds	f0 = 21600 Hz	f1 = 36000 Hz	(MFSK)
- Le débit est limité par la bande passante à l'émission et la réception
 - Les émetteurs Kiwi fournis par le CNES ont une bande passante allant de 30 Hz à 30 kHz.
 - La bande passante de certains récepteurs de télémétrie est limitée à 20 kHz.

12

standard FSK : calcul du débit

Exemple

- J'ai 5 capteurs (+0xFF) codés sur 1 octet → 6 octets / trame
- J'utilise 1 bit de start & 1 bit de stop → 10 bits / octet
- → 60 bits / trame
- J'utilise un débit standard de 4800 bit/s → 80 trames / s
- Chaque capteur est envoyé à $4800 / 60 = 80$ Hz

Contre-exemple

- Je souhaite un débit de 1kHz pour mon capteur de vibration codé sur 3 octets
- ...

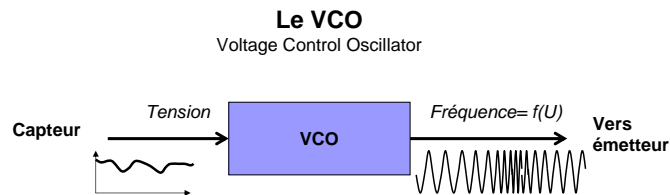
13

Comparatif Millénium / IRIG / FSK

Télémesure	« Millénium »	Analogique	Numérique
Type de données	Tension 0-5 V	Tension	Valeurs numériques
Nombre de voies	8	$M \leq 4$	N
Modulation	interne	M modulateurs externes IRIG	1 modulateur externe FSK
Débit par voie	0.5 à 2 Hz	théorie: 20% Fc réel: 10 à 100 Hz	$\frac{4800 \text{ bauds}}{10(N+1)}$
Logiciels réception	Kicapt, ...	Klioutch, Carina ?	K-Com, Keasy, terminal, custom

14

Réalisation de la modulation : Le VCO

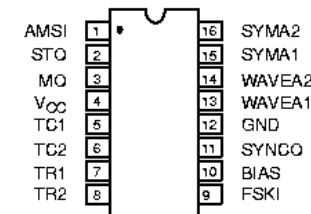


- Le VCO est un traducteur Tension / Fréquence
- Il produit un signal alternatif (généralement sinusoïdal) de sortie dont la fréquence est proportionnelle à la tension d'entrée.

15

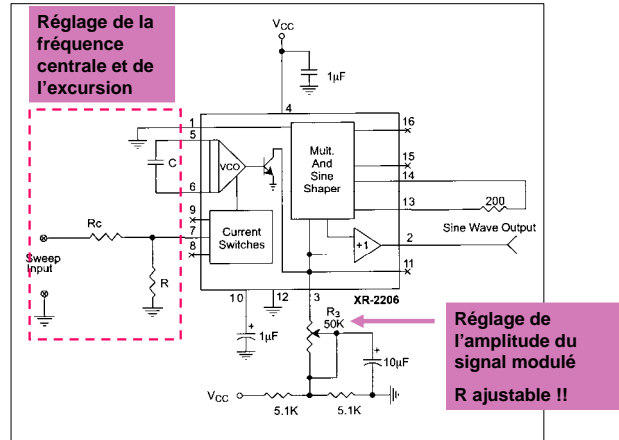
Le VCO à l'aide d'un XR2206

- Plusieurs composants permettent de réaliser un VCO.
 - A Planète Sciences, c'est le XR2206 qui est recommandé.
 - Cout ~8€.
- Le XR2206 se présente sous la forme d'un circuit intégré de 16 broches.



16

Modulation IRIG à base d'un XR2206



Montage permettant de régler la fréquence du signal de sortie en fonction d'une tension donnée 17

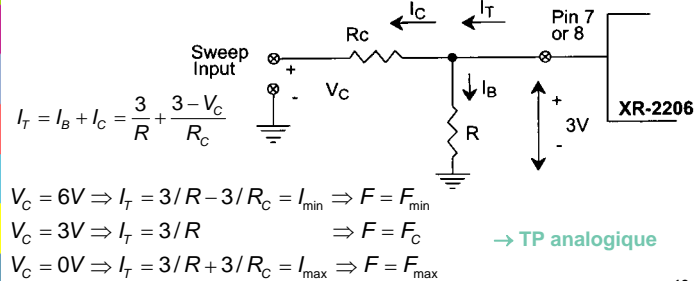
Choix des composants

- Dans un montage avec un XR2206,
 - La fréquence centrale vaut $F_c = \frac{1}{R.C}$
 - L'excursion vaut $\frac{F_{max} - F_c}{F_c} = \frac{F_c - F_{min}}{F_c} = \frac{R}{R_c}$
- Si l'on souhaite réaliser une modulation IRIG sur la voie 2 (centrée sur 1300 Hz, avec 20% d'excursion)
 - En choisissant $C = 10 \text{ nF}$
 - $F_c = \frac{1}{R.C} = 1300 \Rightarrow R = \frac{1}{1300 \cdot 10^{-8}} \approx 77 \text{ k}\Omega$
 - $\frac{R}{R_c} = \frac{1}{5} \Rightarrow R_c = 5R \approx 385 \text{ k}\Omega$

18

Pour réaliser un modulateur IRIG

- La broche 7 du XR2206 impose une tension fixe à 3V.
- La fréquence du signal de sortie est directement liée au courant d'entrée I_T de la patte 7.
- Un petit pont diviseur permet de faire varier le courant I_T en fonction de la tension d'entrée (Sweep Input ou V_C).



19

Pour réaliser un modulateur FSK (1/2)

- On adapte le schéma du VCO IRIG pour réaliser un modulateur FSK.
 - Cette fois, on va générer deux fréquences clés différentes qui correspondront à un 1 ou un 0, selon ce qui est codé dans la trame.
- On relie l'entrée 7 à la masse via une résistance R_0 adéquate.
 - $F_0 = \frac{1}{R_0.C}$
- De même, on relie l'entrée 8 à la masse via une résistance R_1 .
 - $F_1 = \frac{1}{R_1.C}$
- En utilisant la patte 9 du XR2206 comme entrée du modulateur FSK, on change la fréquence du signal de sortie de la patte 2 (F_0 ou F_1) en fonction de l'état de la patte 9 (bas ou haut)

→ TP numérique

20

Pour réaliser un modulateur FSK (1/2)

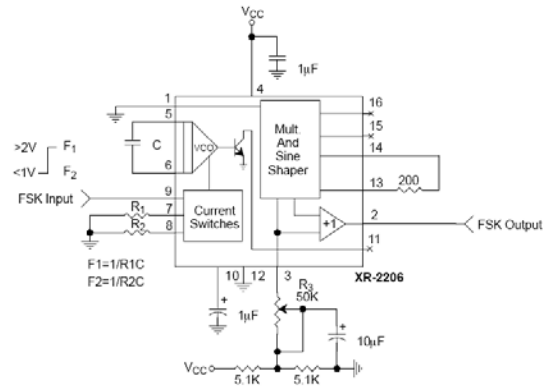
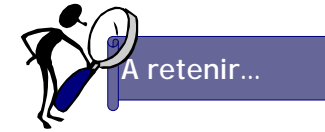


Figure 13. Sinusoidal FSK Generator

21

Modulation IRIG et FSK



- Un émetteur classique ne retransmet pas directement les mesures. Il faut toujours le moduler par un signal de fréquence bien définie.
- Deux standards existent à Planète Sciences. L'un permet de transmettre des signaux analogiques, l'autre une trame de données numériques.
- Le XR2206 permet de générer les signaux adéquats pour ces standards, en fonction des tensions présentes à son entrée.

22

Annexe : Le brochage du XR2206

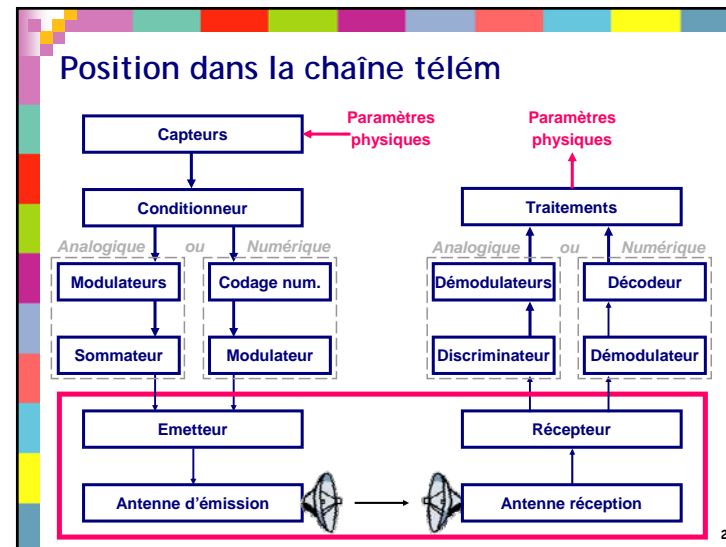
Broche	Signal	Commentaires
1	Entrée AM	Reliée à la masse
2	Sortie signal utile	Sinusoïde ou triangle
3	Réglage niveau de sortie	V=60 mV par KΩ de R3
4	Alimentation - Entrée Vcc	12 V
5	Capacité de réglage de la fréquence centrale Fc	4.7 nF < C < 100 nF
6	Capacité de réglage Fo	10 KΩ < R < 100 KΩ
7	Entrée 1 (entre 0 et 6V)	
8	Entrée 2 (entre 0 et 6V)	NC
9	Sélection entrée (7 pour 1 ou NC / 8 pour 0)	Entrée FSK
10	Capacité 1 µF à la masse	
11	Sortie signal carré	NC
12	Masse	
13	Résistances réglant la linéarité du signal de sortie	R=200 Ω
14		Idem 13
15	Réglage de la symétrie du signal de sortie	NC.
16	Idem 15	Idem 15

23

Émetteur KIWI et antennes

- Principe général d'un émetteur
- Présentation du Kiwi
- Utilisation du Kiwi
- Conception d'une antenne

Week-end de formation télémesure - Ris Orangis



Un peu d'histoire...

Les émetteurs à Planète Sciences

- Émetteur
 - IBIS : modulation d'amplitude
 - COLIBRI : modulation de fréquence
 - TOUCAN : modulation de fréquence
 - KIWI Millénium : émetteur et système de télémesure
- Système de télémesure
 - Kiwi : 1er système intégré

3

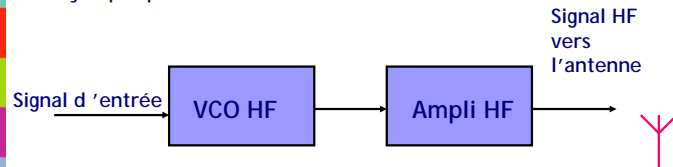
Un émetteur FM, c'est quoi ?

- Il transforme un signal en une variation de signal HF.
 - Il utilise pour cela un VCO HF
 - Même principe que la modulation IRIG
- Il amplifie ce signal pour l'envoyer sur une antenne.
 - Même principe qu'un ampli audio

4

Synoptique d'un émetteur FM

- Synoptique



- Problème des VCO HF : ils n'acceptent pas de tension continue en entrée.
 - On est obligé de moduler le signal en IRIG ou FSK pour transmettre une information.

5

La dérive du VCO ...

- Le VCO n'est pas parfait.
 - Dérive en fonction de la température
 - Dérive en fonction de la tension d'alimentation
- Précision nécessaire
 - A 137.95 MHz, les canaux sont répartis tous les 25 kHz.
 - Précision nécessaire = $25\text{kHz} / 137.95\text{ MHz} = 0.02\%$!!
 - Cette précision absolue n'est pas réalisable avec des composants type résistances ou condensateurs.

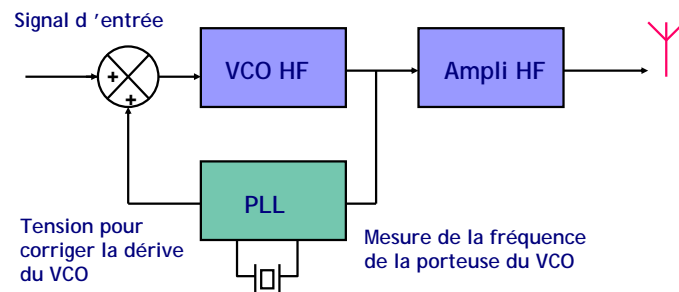
6

La solution : la PLL !

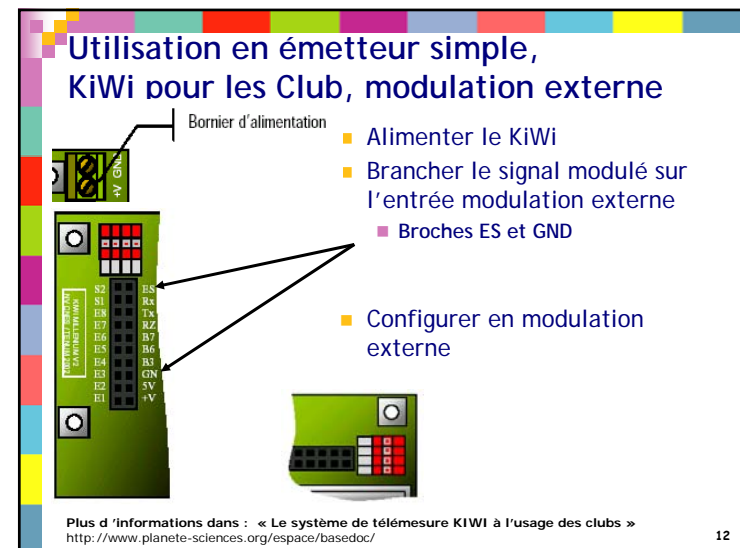
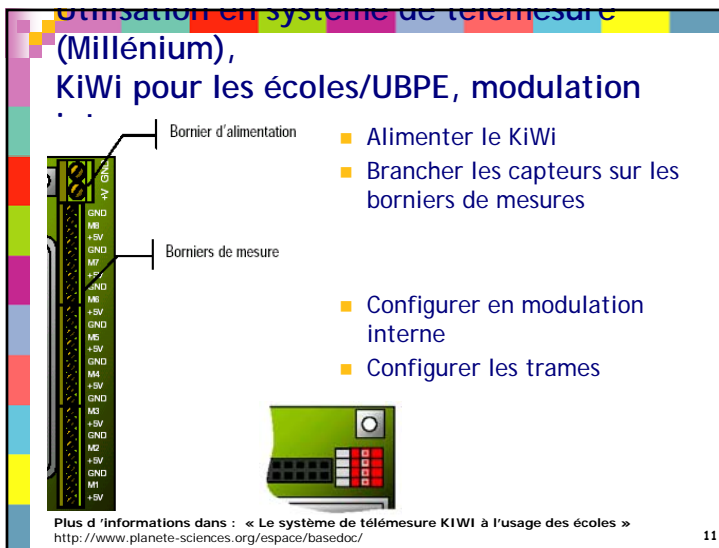
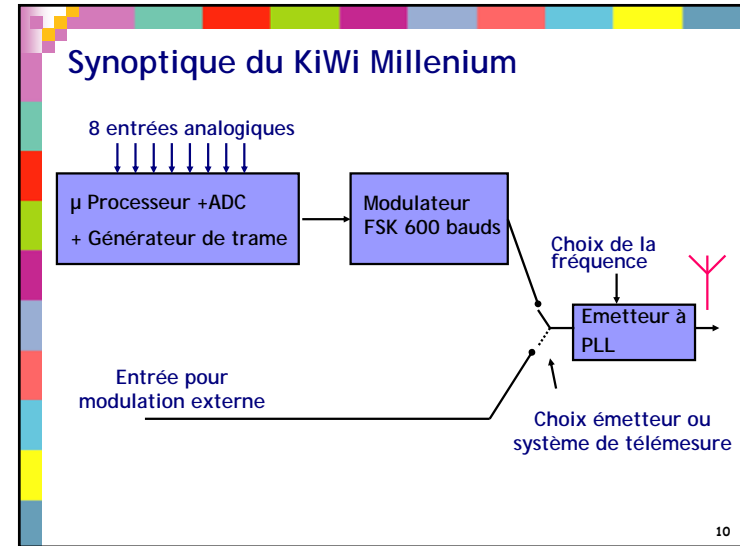
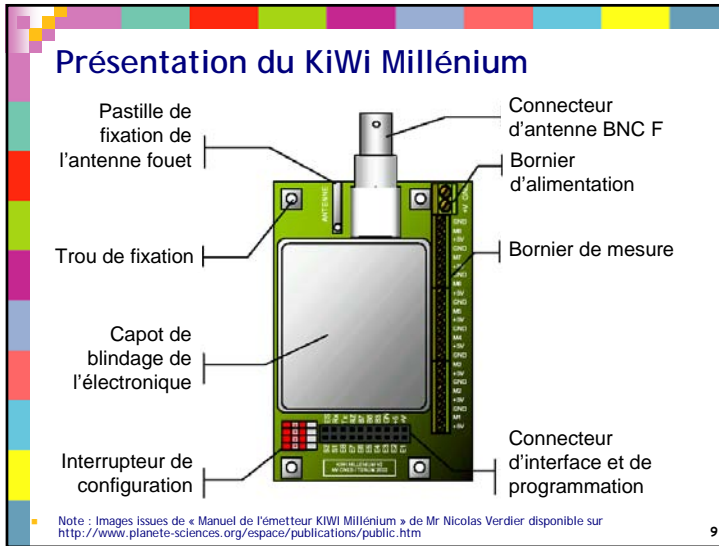
- Pour pallier à la dérive du VCO, on va surveiller sa fréquence par un fréquencemètre.
 - Un fréquencemètre compte le nombre de périodes mesurées pendant une période de temps.
 - La période de temps est définie par un quartz.
 - Précision d'un Quartz : $10^{-7}\%$
- On corrige alors le VCO en y injectant une tension en entrée proportionnelle à l'erreur.
 - C'est le principe de la PLL.
 - Phase Locked Loop

7

Synoptique avec la PLL



8



Utilisation du KiWi Millénium

- Interrupteurs de configuration

Trames non répétées
Trames en continu
Fréquence 138.500 MHz

Modulation interne

Trames répétées 3 fois
Trames toutes les 2 secondes
Fréquence 137.950 MHz

Modulation externe

version 4

Modulation externe

Modulation interne

version 2

Plus d'informations dans : « Manuel de l'émetteur KIWI Millénium »
<http://www.planete-sciences.org/espace/basedoc/>

13

Et l'antenne ? C'est quoi ?

- C'est un coupleur de puissance entre l'énergie électrique du circuit et le milieu de propagation (air, vide).
- Coupleurs analogues de puissance
 - Acoustique : Microphone / Haut Parleur
 - Magnétique : Bobine
 - Mécanique : Moteur, Electrovanne...
 - Thermique : Résistance électrique, Radiateur

14

Les types d'antennes

- Cadre : Basses fréquences < 2 MHz
- Filaire : 1 Mhz - 3 Ghz
- Parabolique : > 1 GHz
- Intégrée : > 1 Ghz

15

Antenne $\lambda/4$

- Principe de fonctionnement : Un plan de masse (ex : le sol) réfléchit les ondes émises par l'antenne.
- Tout se passe comme si un demi bras virtuel était situé sous la terre.

$\lambda/4$ \circledast = $\lambda/2$ \circledast

Plan de masse

- Longueur d'onde $\lambda = c/F$
 - $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
 - F fréquence de l'émetteur

16

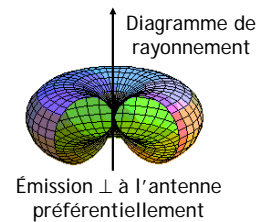
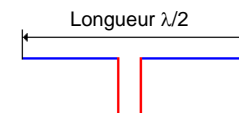
Antennes recommandées

- Ballons
 - Antenne $\lambda/2$ horizontale (« dipôle ») si pas de plan de masse
 - Antenne $\lambda/4$ si plan de masse
- Fusées
 - Antenne $\lambda/4$ avec un plan de masse médiocre est suffisant car peu de portée

17

Le dipôle pour les ballons

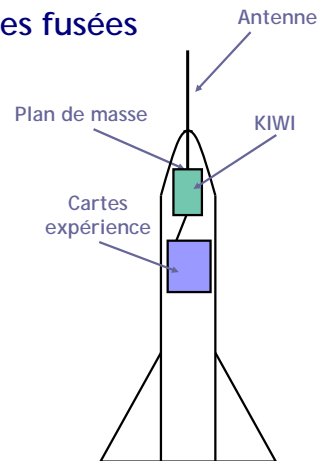
- Facile à réaliser
- Longueur égale à $\lambda/2$
- Gain 2.9 dBi
- Formule approchée : Longueur (m) = 150 / F (MHz)
 - Exemple: F = 138 MHz, L = 150 / 138 = 1.09m
- De façon pratique, on met 2 brins légèrement plus longs et on raccourcit progressivement les 2 brins pour avoir la meilleure adaptation à l'aide d'un TOS mètre.
- Présente une impédance de 75 ohms
- Il ne faut pas de plan de masse



18

L'antenne $\lambda/4$ pour les fusées

- Pas beaucoup de place pour mettre une antenne
- Quart d'onde avec le boîtier servant de plan de masse.
- Le câblage interne participe aussi au plan de masse et donc à l'accord de l'antenne.
- Adaptation parfaite de l'antenne pratiquement impossible sans dispositifs spéciaux.
 - Vues les puissances mises en jeu (200mW) cela ne pose pas de problème pour la transmission (pas besoin d'une longue portée)



19

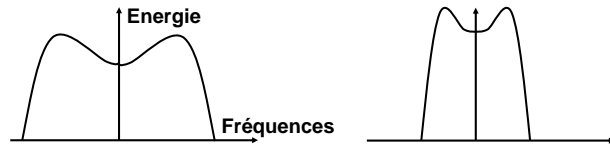
Conseils (1/3)

- Tension d'alimentation
 - 7 à 9 V
 - En mettant plus que 9 V, on ne fait que chauffer le Kiwi !
 - Mettre des piles en parallèle dans un ballon pour avoir plus de capacité
- Bande passante de la modulation externe
 - 50 kHz
 - Limitée par la bande passante du récepteur

20

Conseils (2/3)

- L'amplitude de la modulation.
 - Pour un émetteur FM, elle définit, avec la bande passante, l'étalement du spectre de l'émetteur.
 - Plus la tension est élevée et plus la bande passante du signal est élevée, plus la bande passante de sortie sera grande.



- Comme l'émetteur fonctionne à puissance constante, l'énergie du spectre sera plus élevée lorsque la bande passante de sortie sera réduite.
 - ex : Dans un ballon, on attaque l'émetteur en base tension pour avoir moins d'étalement de spectre et donc plus de puissance émise)

21

Conseils (3/3)

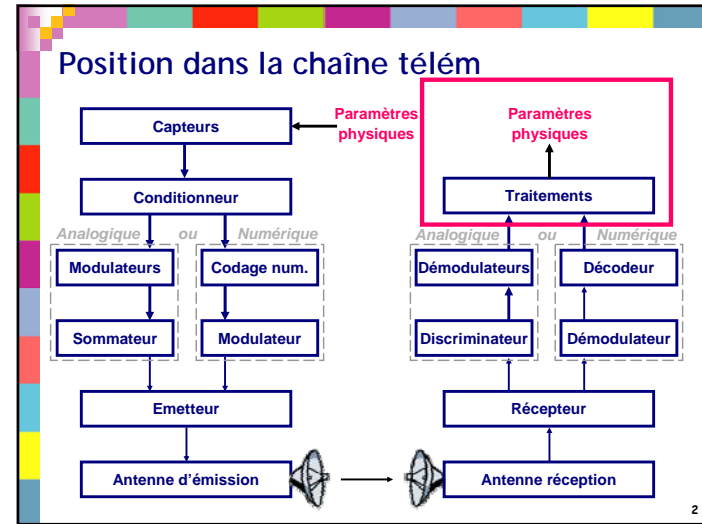
- L'amplitude de la modulation.
 - Pour un montage ballon, on privilégiera une bande passante d'entrée faible (1200 Bps) et une excursion en fréquence faible ($0.1 V_{cac}$)
 - Pour un montage fusée, on se situera sur des tensions crête à crête supérieures à 2V.
 - Dans tous les cas, il est judicieux de prévoir un réglage de l'amplitude pour optimiser la réception avec le récepteur radio.
- L'antenne
 - Une antenne type $\lambda/4$ est suffisante dans 80% des cas.

22

Logiciels de réception télémétre

- ▣ Différents logiciels de réception
- ▣ Avantages / inconvénients
- ▣ Vidéo & démonstration

Week-end de formation télémétre - Ris Orangis



Pourquoi utiliser un logiciel (existant) ?

- Mise en forme de vos télémétre
 - Voir clairement les résultats
 - Faire du temps réel : pour le public
 - Pour la communication autour de votre projet
 - Pour rendre la « télém » accessible à tous
- Éviter de « réinventer la roue »
 - Se concentrer sur son projet
 - La démarche expérimentale demande des outils et les outils demandent du temps ...

Port série
bit start/stop

Lecture d'un
enregistrement

Décodage
synchro

Affichage
Dump brut

1ers calculs

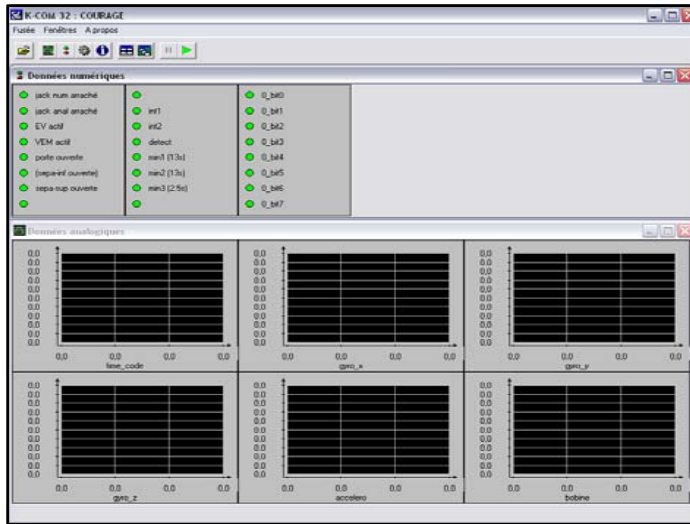
Position
GPS / plan

Affichage
Courbes

Enregis-
trement

Différents logiciels

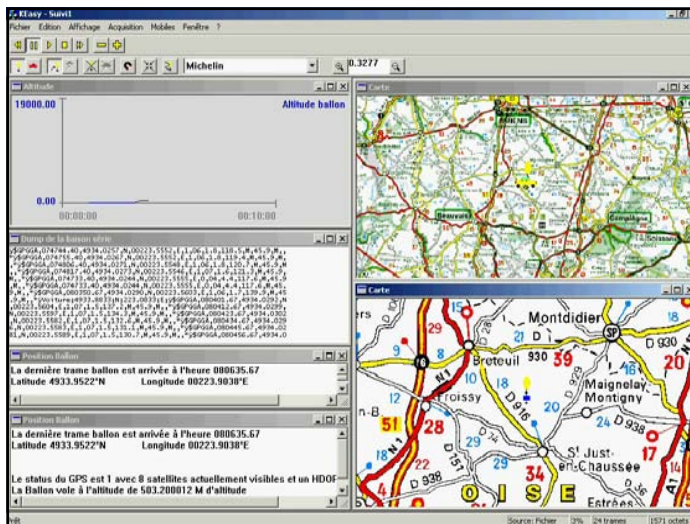
- Télémétre analogique IRIG :
 - Klioutch (+ carte son)
 - Carina (+ carte CNES)
- Télémétre numérique FSK :
 - HyperTerminal / SNR / RealTerm : dump brut
 - K-Com : simple
 - KEasy : flexible, complexe
 - K-DD : nouveau développement
 - Serveur radio-amateur 1200bit/s
 - ...



K-Com

- Avantages :
 - Simple à configurer
 - Affichage de chaque bit des octets logiques
 - Enregistrement : trame décodées, format texte CSV
 - Peut afficher la qualité de la télémétrie (Menu : à propos)
- Inconvénients
 - Pas de relecture des enregistrements
 - Octet de synchro = 0xFF

6

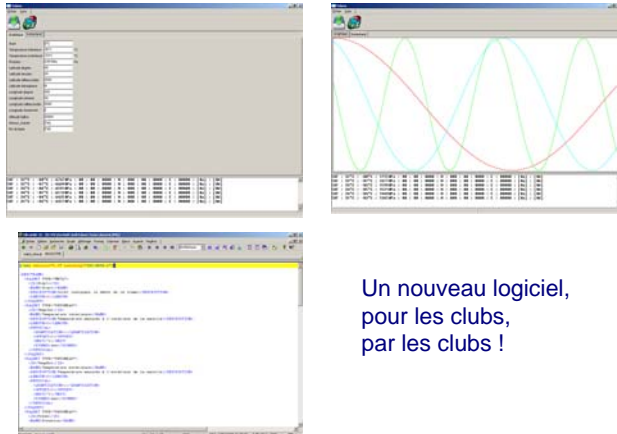


K-Easy

- Avantages :
 - Format de trames 100% configurable
 - Accepte plusieurs trames en parallèle
 - Positionnement d'une trame GPS sur une Carte
 - Gestion de 2 GPS (Voiture / Ballon) en même temps pour envisager une « chasse au ballon » !
 - Relecture des enregistrements possible
- Inconvénients
 - Configuration pas toujours facile / rapide
 - Enregistrement : dump binaire uniquement

8

Un nouveau logiciel : K-DD ;)



9

Logiciels de télémétrie



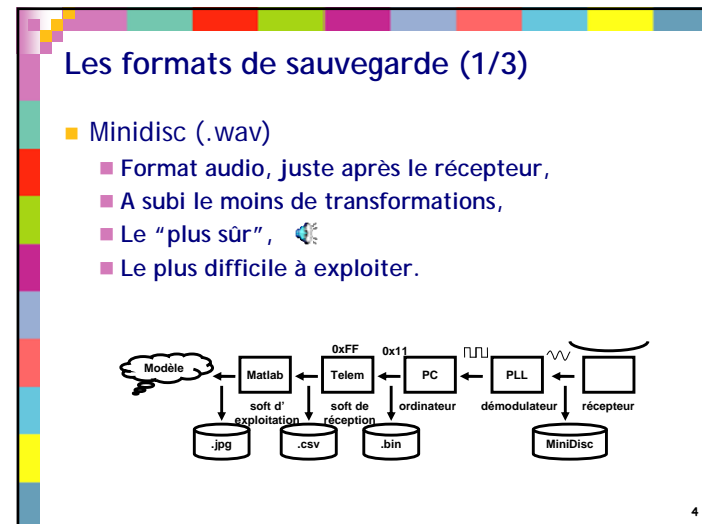
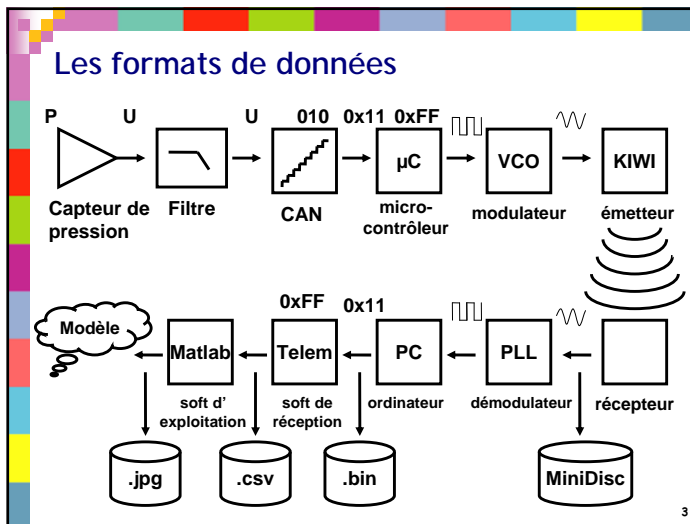
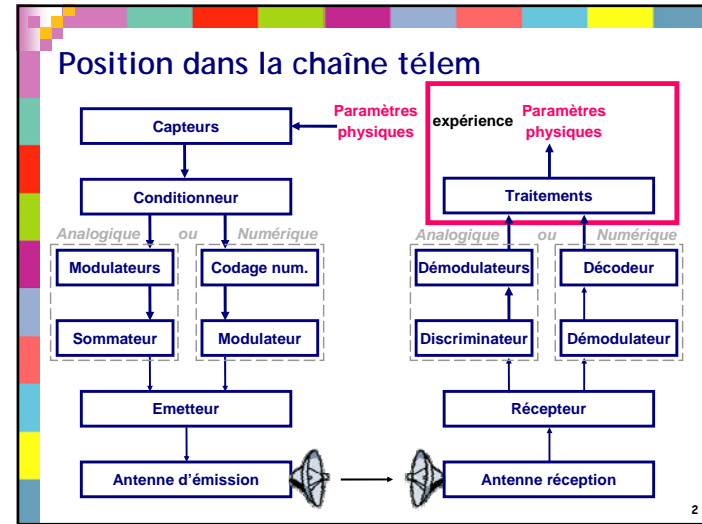
- Faites votre choix de logiciel ...
- www.planete-sciences.org/espace/basedoc/

10

Récupération et exploitation des résultats

- Les différentes informations récupérables et leurs formes
- Le traitement des données

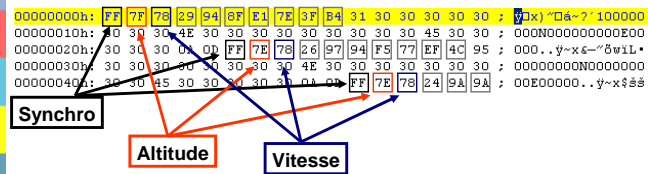
Week-end de formation télémétrie - Ris Orangis



Les formats de sauvegarde (2/3)

■ Binaire (.bin)

- Les bits viennent juste d'être réassemblés,
- Format numérique qui a subi le moins de transformations,
- Assez difficile à exploiter,
- Les octets n'ont pas de "sens".



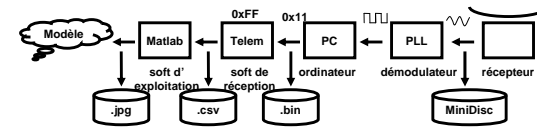
5

Les formats de sauvegarde (3/3)

■ Tables (.csv)

- Les données ont été reconnues à partir de données de synchro.
- Lisibles par des humains et d'autres programmes.

```
Altitude,Vitesse,Pression,Température extérieure,Température intérieure
127,120,41,148
126,120,38,151
126,120,36,154
```



6

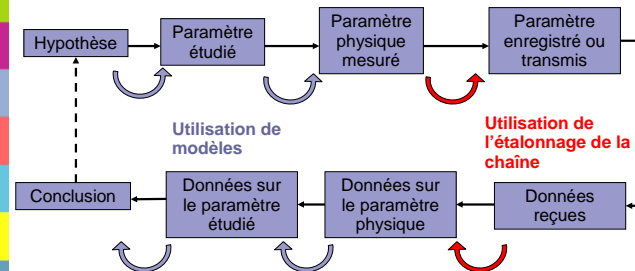
Qu'est-ce que l'exploitation des résultats ?

- Donner un sens aux données recueillies (données brutes)
- Tirer des conclusions des données générées (données traitées)
 - Vérifier nos hypothèses
 - Forger de nouvelles hypothèses

7

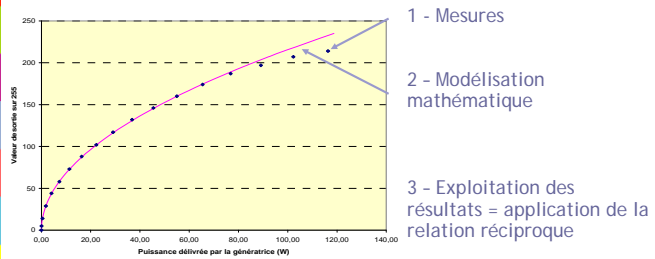
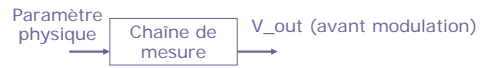
Le traitement des données

- Pour revenir à des paramètres physiques et donner un sens à ses données brutes, il faut avoir réfléchi à l'exploitation des données avant le vol.



8

Sans étalonnage, pas d'exploitation !



Bijektivité : physique \leftrightarrow tension

9

Utiliser un modèle

- Le modèle décrit le monde réel de façon simplifié.
 - Loi de pression de l'atmosphère
 - Trajectoire d'un objet en chute libre avec vitesse initiale
- Comment choisir son modèle ?
 - Dans quelles conditions d'applique-t-il ?
 - Quelle est sa précision ?
 - Quelle est sa complexité ?

10

Comparer ses résultats à la théorie

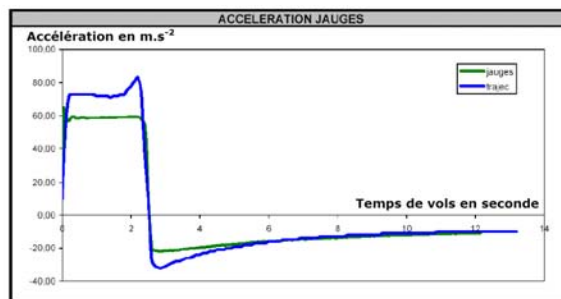
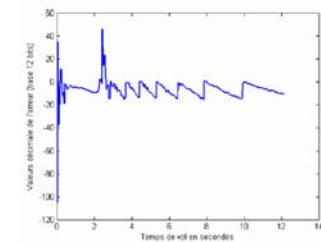


Figure 22 : Evolution de l'accélération en fonction du temps et comparaison théorie/expérience

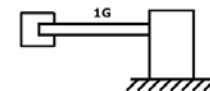
11

Valoriser tout son travail !!

- Le projet se conclut par un compte-rendu d'expérience où figurent démarche, résultats, exploitation, interprétation et conclusion



ave 21 : Les erreurs de transmissions (Valeur PEK - Valeurs MEM) en fonction du temps



Données extraites du Compte rendu de fin de projet aXelle 2003 du Cles-Facil
http://www.planete-sciences.org/espace/pages_clubs/pages_clubs.html

12

Récupération et exploitation des résultats



A retenir...

- Bien penser avant le vol à toute sa chaîne expérimentale jusqu'à l'interprétation (modèles + étalonnage).
- Choisir un modèle, c'est faire un compromis entre précision et complexité.

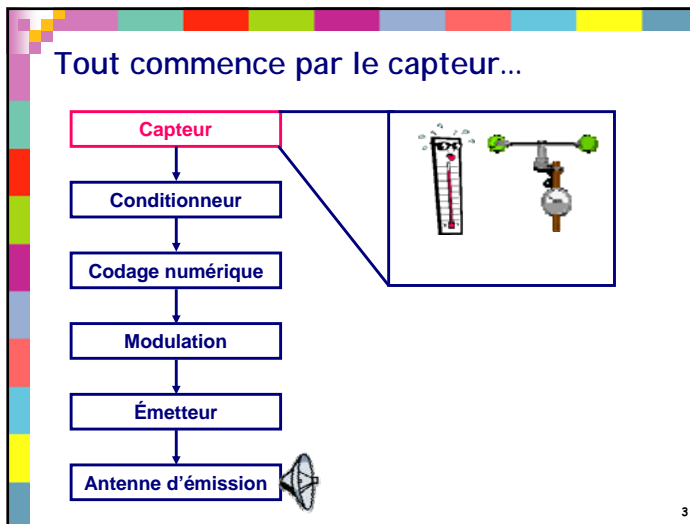
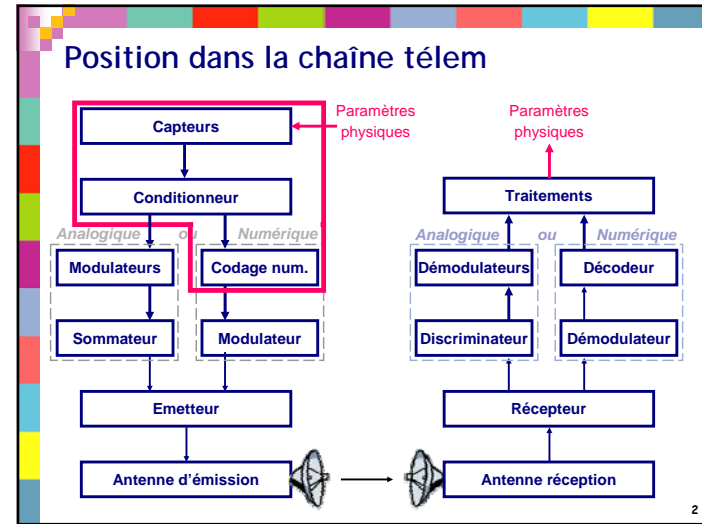
L'interprétation est la vraie valeur de votre projet !

13

Acquisition et encodage du signal

- Le conditionnement des capteurs
- L'échantillonnage
- La conversion numérique

Week-end de formation télémétrie - Ris Orangis



Généralités sur la mesure

- La justesse
 - Traduit la qualité d'un capteur à donner une valeur proche de la valeur exacte.
- La fidélité
 - Traduit la qualité d'un capteur à toujours donner les même valeurs pour des mesures prises dans les même conditions.
- L'idéal = justesse + fidélité

Erreurs liées au capteur

- Erreurs dues à la mise en œuvre
 - Position, utilisation des capteurs
- Dérives de la mesure
 - Causes thermiques
 - Problème de réjection de l'alimentation
- CEM
 - Éviter les fortes impédances
 - Vérifier le niveau de blindage du capteur

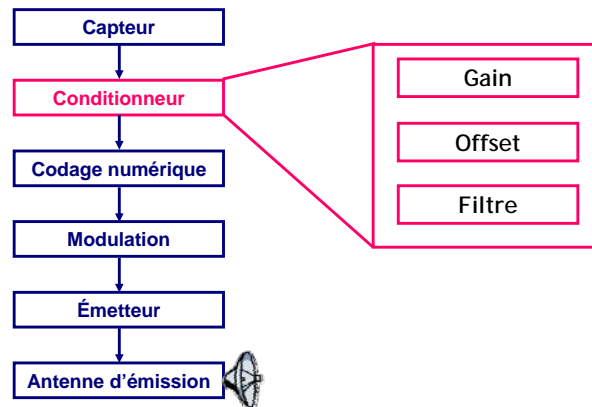
5

Pourquoi conditionner le signal du capteur ?

- Pour le convertir les données du capteur en une tension
 - photodiode : Courant
 - photomultiplicateur : Charge
 - roue codeuse : Fréquence
 - jauge de contrainte : Résistance
 - accéléromètre piézo électrique : Capacité
- Pour occuper la plus grande plage de mesure possible
 - Typiquement, 0-5V en télémétrie FSK ou Kiwi Millénium
 - Le signal du capteur est souvent faibles (mV)
- Pour améliorer le rapport signal sur bruit
 - Fiabilité, qualité de la mesure

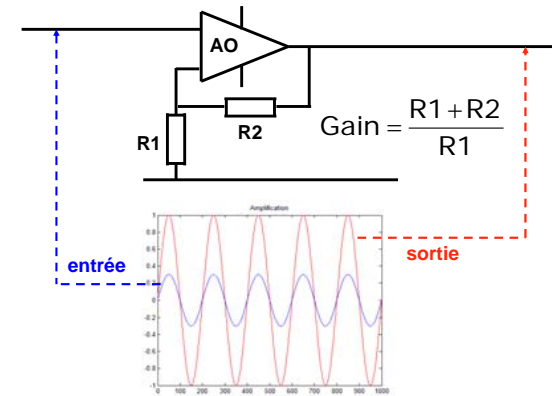
6

Mettre en forme du signal



7

Gain : exemple de réalisation

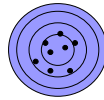
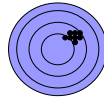


8

Erreurs liées à l'amplification : dérives

■ Dérive thermique

- Amplificateur opérationnel
- Résistances de gain
 - Problème de justesse (ex. 100ohm \pm 5ohm)
→ récupérable à l'étalonnage.
 - Problème de fidélité (700ppm/°C)
→ erreur non récupérable



■ Réjection de l'alimentation

- Influence des fluctuations de l'alim sur le montage

9

Autres erreurs liées à l'AO

■ Non-linéarité de l'amplificateur

- Possibilité de rattrapage à l'étalonnage mais la courbe ne sera pas linéaire.

■ Limitation en bande passante

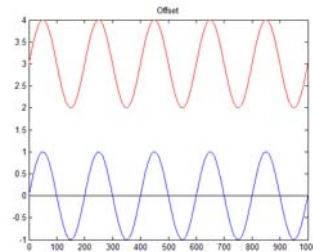
■ CEM

- L'amplificateur amplifie tout ! (même le bruit)
- Éviter les trop forts gains (= supérieurs à 250)

10

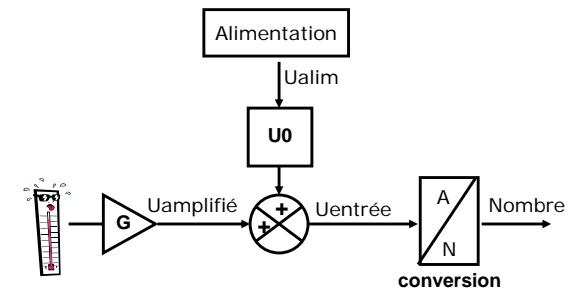
Offset : définition

- Ajout d'une tension continue (positive ou négative) pour être dans la bonne plage de tension



11

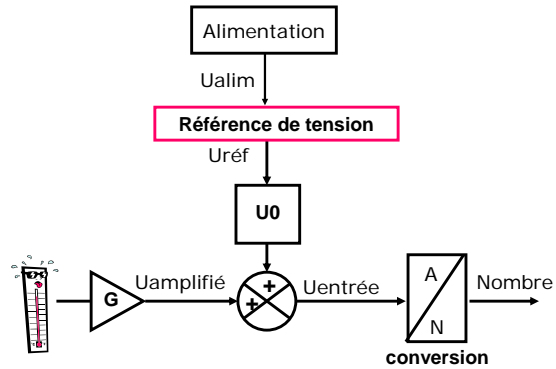
Offset : problème de mise en oeuvre



Une tension d'alimentation est précise à 10%,
le résultat final ne sera donc précis qu'à 10% !!!

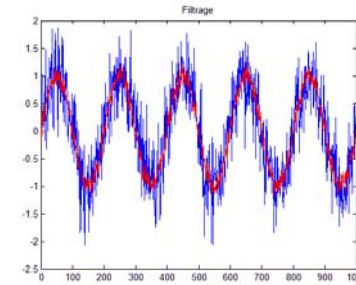
12

Offset : solution de mise en œuvre



13

Filtrage : objectifs

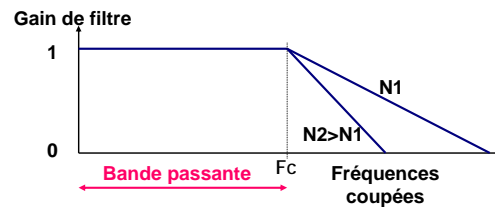


- Filtrage du bruit
- Filtrage anti-repliement : étape indispensable avant échantillonnage

14

Dimensionnement d'un filtre

- Fréquence de coupure F_c
 - Le filtre (passe-bas) atténue toutes les fréquences supérieures à F_c
- Ordre du filtre N
 - Le filtre idéal coupe complètement toutes les fréquences après F_c . Le filtre réel coupe d'autant plus vite les fréquences hautes que son ordre N est élevé.

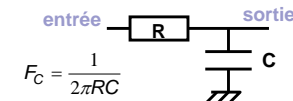


15

Réalisation d'un filtre

Filtres à base RC

- Le plus simple
 - Fréquence de coupure F_c
 - ordre 1
- Résistances : mêmes problèmes que pour les résistances de gain
 - Pb de justesse → récupérable
 - Pb de fidélité → irrécupérable !
- Pour les capacités :
 - Précision de l'ordre de 10% → Prendre en compte cette erreur dans le calcul de la fréquence de coupure



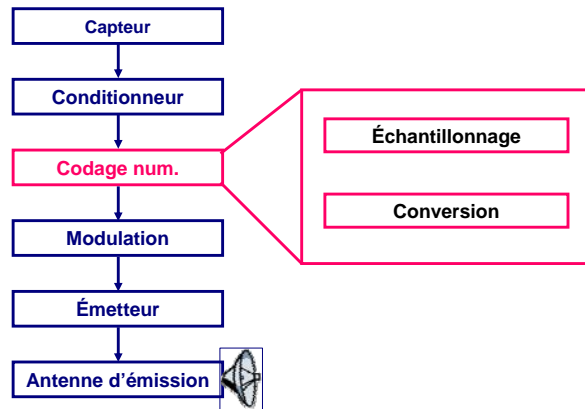
$$F_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

Filtres actifs à base AO :

- Mêmes problèmes que l'ampli, évidemment !

16

Codage numérique, dans la chaîne

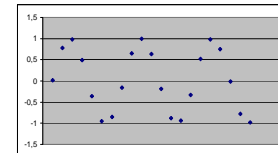
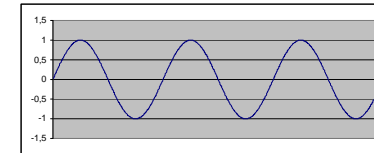


17

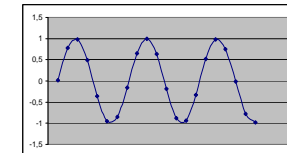
Le problème de l'échantillonnage (1/2)

Le repliement de spectre : des exemples concrets.

Le signal analogique en entrée.



Le signal échantillonné ($F_e = 7 \cdot F_{ana}$).

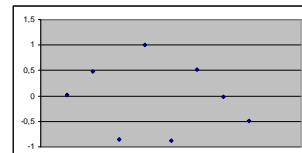
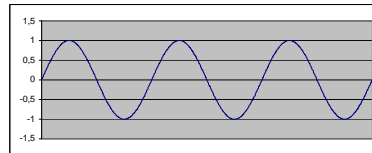


Le signal reconstitué.

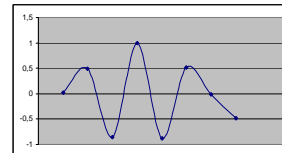
18

Le problème de l'échantillonnage (2/2)

Le signal analogique en entrée.



Le signal échantillonné ($F_e = 2.5 \cdot F_{ana}$).



Le signal reconstitué.

19

Comment s'en prémunir ?

■ Théorie : Théorème de Shannon

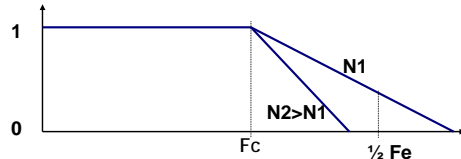
- $F_e > 2 \cdot BP$
 - F_e = fréquence d'échantillonnage
 - BP = Bande passante du signal analogique
- Ou encore :
 - « L'échantillonnage doit être 2 fois plus rapide que la vitesse de variation de ton signal. »

Pour pouvoir reconstruire correctement un signal composé de fréquences allant de 0 à F_{BP} , il faut échantillonner à une fréquence de plus de $2 \cdot F_{BP}$.

20

Le filtre anti-repliement

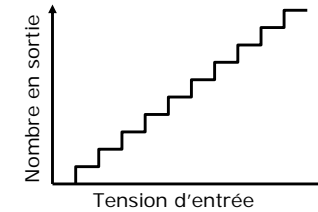
- Dans la pratique, le raisonnement est inversé :
 - On connaît la fréquence d'échantillonnage par rapport au capteur
 - Quelle vitesse typique de variation de mon capteur ?
 - On cherche la fréquence du filtre anti-repliement.
 - On filtre le signal pour qu'aucune fréquence ne soit supérieure à $\frac{1}{2} F_e$.
 - Sinon, les fréquences $> \frac{1}{2} F_e$ vont se répliquer sur $[0, \frac{1}{2} F_e]$ et vont fausser mon acquisition
- Filtres non idéaux : Attention de choisir $F_c \ll \frac{1}{2} F_e$!!!



21

Convertisseur (1/4) : Généralités

- La numérisation
 - Ça consiste à relier une tension analogique d'entrée à un nombre entier en sortie.
 - Le pas de quantification est le delta de tension analogique qui fera évoluer d'une unité le nombre de sortie.



22

Convertisseur (2/4) : Vocabulaire

- Résolution du codeur
 - En électronique numérique, un nombre se représente en Bits
 - Pour un convertisseur, le nombre de bits est la résolution.
 - Ce nombre de bit va alors définir le nombre maximal : la dynamique

$$\text{Dynamique} = 2^N$$

- Le pas de quantification est donc :

$$\text{pas_de_quantification} = \frac{U_{\text{max}}}{\text{dynamique}}$$

- **Exemple** : le kiwi possède des convertisseurs de résolutions 8 bits. Ces entrées acceptent une tension maximale de 5V.
 - Que vaut le pas de quantification ?
 - Quel nombre est codé pour $U=2,56V$? Pour $U=2,57V$?

23

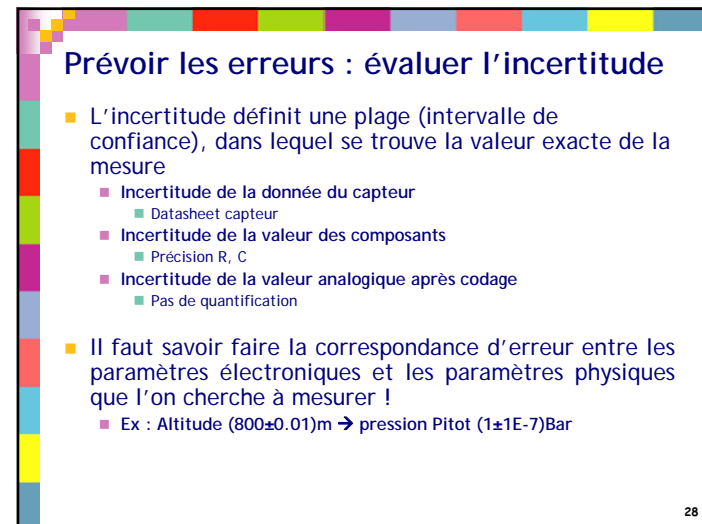
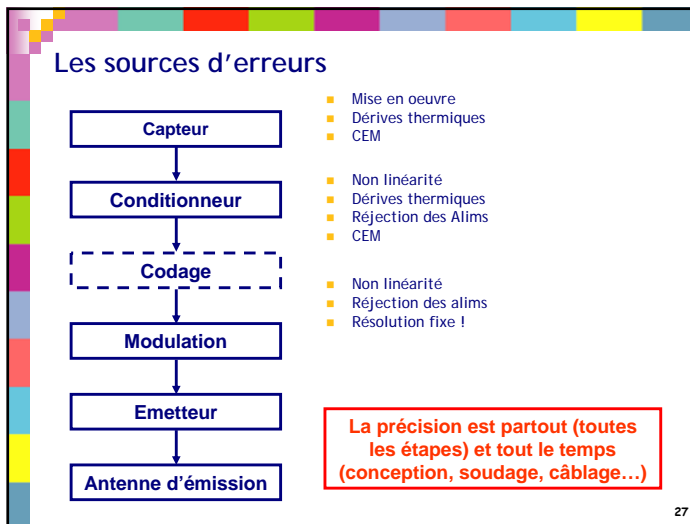
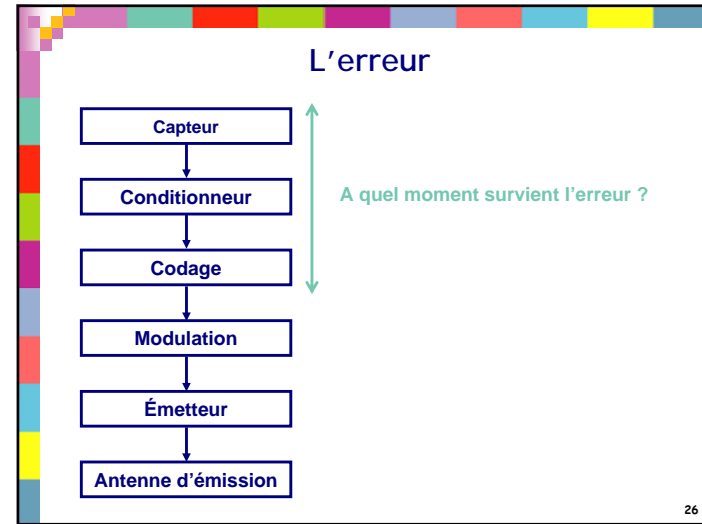
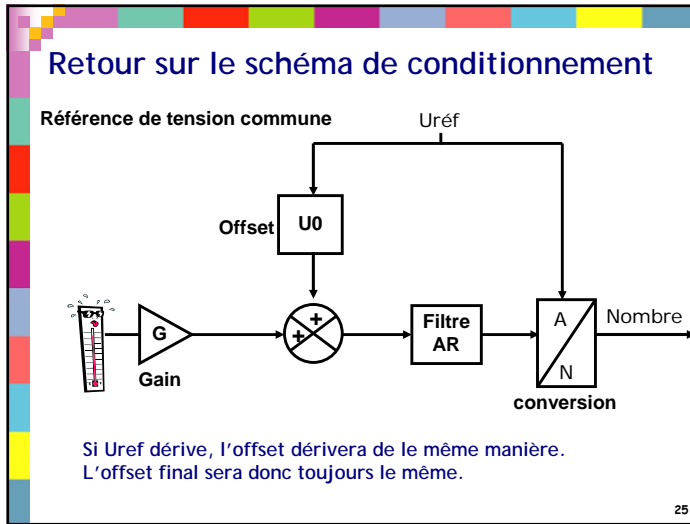
Convertisseur (3/4) : Vocabulaire

- Temps d'échantillonnage :
 - C'est le temps que va mettre le convertisseur pour calculer le nombre en sortie.
 - Il dépend du convertisseur utilisé.
 - Il permet de définir la fréquence d'échantillonnage .
- Tension de référence :
 - Un convertisseur n'est jamais absolu, mais toujours relatif.
 - Il compare par rapport à une tension de référence.

$$\text{Nombre} = 2^N \frac{U_{\text{entrée}}}{U_{\text{référence}}}$$

- La tension de référence peut être fournie par le convertisseur ou demandée par le convertisseur.

24



Connaître la dérive en température

■ Ordre de grandeurs

- Résistance 5% : 700ppm/°C
- Résistance 0,1% : 15ppm/°C
- Régulateur 7805 : 100ppm/°C
- Référence de tension (REF43): 10ppm

1 ppm = une partie par million = 10^{-6}
Exemple : $R=1k\Omega \pm 700ppm/^\circ C$
 $R=1000\Omega \pm 0.7\Omega/^\circ C$

29

L'erreur totale

- Les erreurs s'ajoutent tout au long de la chaîne de télémessure.
 - C'est pire que le maillon faible :o)
- Il faut veiller à ne pas les réduire à un seul traitement.
 - Un convertisseur analogique/numérique de faible résolution n'est pas le seul responsable d'une grande incertitude sur la mesure.
- Il faut étalonner l'ensemble de la chaîne de mesure avant modulation
 - Une étude théorique ne suffit pas !!!
 - Plusieurs points sur toute la plage du capteur souhaitée
 - Avec vos cartes et vos composants de vol !

30

Acquisition et encodage du signal



A retenir...

- Conditionner le signal pour une conversion optimale
- Etalonner l'ensemble de la chaîne de mesure pour prendre en compte toutes les erreurs
- Ne pas oublier Shannon et son filtre anti-repliement

31



Mise en œuvre des circuits électroniques Initiation à la CEM

- Les sources d'interférence
- Évaluer la sensibilité de l'électronique
- Principes simples de CEM
- Se protéger par des méthodes simples
- Éviter les problèmes

Week-end de formation télémesure - Ris Orangis

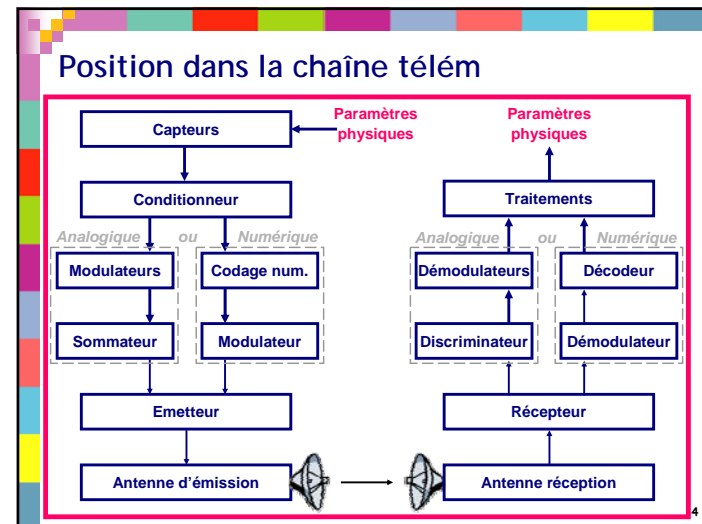
Suspecter un problème de CEM quand :

- « Des fois ça marche, des fois ça marche pas... »
- « Ca marche, mais faudra embarquer le doigt avec... ».
- « C'est bizarre cette mesure : on dirait le grand Huit. »
- Kiwi ON : « OK ! » KIWI OFF : « Heu..., bah... »
- « Quand tu es là, ça marche jamais... »
- « Appelle le 15... »
- « Lancement dans une heure » « Heu, attend, Y a un problème ».

■ La CEM est le corollaire de la loi de Murphy appliquée à l'électronique. C'est pour ça qu'il faut y faire attention dès la conception.

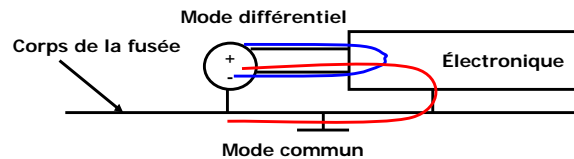
Les sources d'interférences

- Interférences rayonnées
 - Les émetteurs hertziens (Le Kiwi Millénium !!)
 - Moteurs à courant continu & thermiques
 - Transformateurs (50 Hz...)
 - Câbles
- Interférences conduites
 - Alimentations à découpage
 - (hacheurs, puissance, etc....)
 - Electroniques rapides
 - Émetteurs (Le Kiwi Millénium !!)
 - Parasites du réseau EDF



Les deux types de parasitage

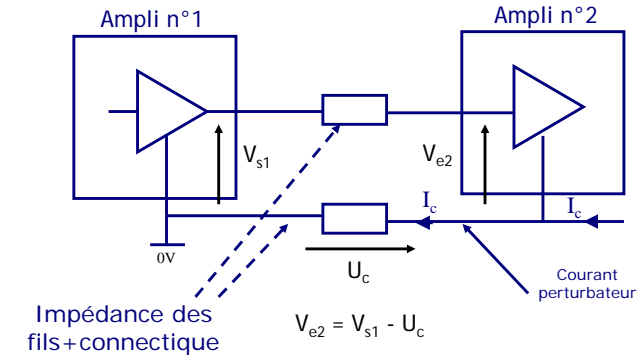
- Parasitage en mode différentiel
 - L'interférence entre par la borne + et sort par la borne -
- Parasitage en mode commun
 - L'interférence entre par les bornes + et - (indifféremment) et sort par la masse mécanique (terre)



5

Couplage par impédance commune

Cas typique : parasitage d'une liaison numérique



6

Le couplage par mode commun

- Il est très fréquent : pourquoi ?
- Un fil n'est pas un fil !!!
 - Un fil est une résistance : 1 ohm.m^{-1}
 - Un fil est une inductance : $1 \mu\text{H.m}^{-1}$
 - Un fil est une capacité : $30\text{pF}-100\text{pF.m}^{-1}$ (fil sur plan de masse)
 - Un fil est donc « impédant » : il n'est pas forcément équipotentiel lorsqu'il est parcouru par un courant.

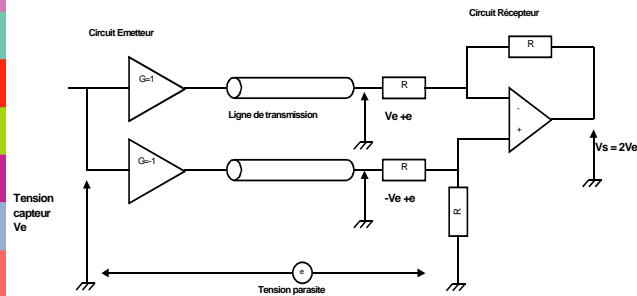
7

Comment s'en protéger ? (1/3)

- Éviter la multitude de cartes
 - Nombreuses cartes = nombreux fils = impédances
- Câbler & router au plus court
- Pour communiquer sur des longs fils :
 - Numérique : utiliser des drivers / récepteurs de lignes différentiel 26C31/ 26C32 + paire torsadée pour les fils > 75cm (principe de l'ADSL)
 - Analogique : utiliser des amplificateurs différentiels / instrumentation + paire torsadée pour les longs fils
 - HF : câble coaxial
 - Puissance : augmenter le diamètre des pistes
- Lors de la conception, toujours penser : Un fil est une impédance ! Il peut donc être le siège de tensions parasites.

8

Principe d'une liaison différentielle



- A utiliser pour la transmission sur longs fils > 1 m ou pour les capteurs sensibles

9

Comment s'en protéger ? (2/4)

■ Séparer les fonctions

- Électronique très bruyante d'un côté...
 - HF, alimentation à découpage
- Électronique bruyante de l'autre...
 - numérique, microprocesseurs
- et électronique très sensible isolée
 - analogique, capteurs, instrumentation

10

Comment s'en protéger ? (3/4)

- Éviter que les courants perturbateurs des uns traversent les autres.
 - Deviner le parcours du signal de retour.
- En haute fréquence (signaux numériques)
 - Le courant revient sous la piste. S'il ne le peut pas, il rayonnera !
- En basse fréquence (signaux de puissance)
 - Le courant revient par le chemin le moins impédant.
- Attention, le cheminement des courants peut changer à l'intégration de la carte dans la fusée (repliement, empilage des cartes).

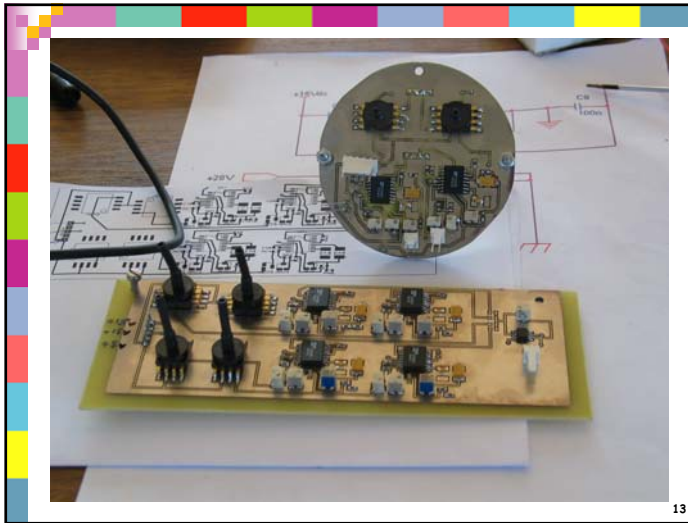
11

Comment s'en protéger ? (4/4)

■ Utiliser des plans de masse (obligatoire)

- Un plan est moins « impédant » qu'un fil en HF...
 - Interdiction de « fendre » le plan de masse.
- ### ■ Designer les plans de masse
- Un plan de masse analogique
 - Un plan de masse numérique
 - Liaison à la conversion A/N.
- Le plan numérique est relié au châssis de la fusée en multipoints.
 - Le plan analogique n'est pas relié au châssis.

12



Découplage des circuits

- **Découpez vos circuits ... mais pas n'importe comment !**
- Une cellule logique ou un microprocesseur peut demander plusieurs watts pendant quelques nanosecondes à chaque commutation.
 - Ligne → inductance : fourniture du courant instantané limitée
 - Régulateurs / convertisseurs : puissance instantanée limitée.
 - Ce sont les condensateurs qui fournissent cette puissance instantanée.

14

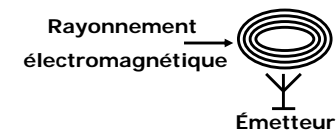
Découplage des circuits

- **Choisir la bonne famille**
 - Faible puissance : condensateurs tantales
 - Forte puissance : condensateurs spéciaux (faible ESR)
 - Numérique & HF : capacités céramiques de 33 - 100 nF
Attention: tantale, chimique, ça ne vaut rien en HF !
 - Emetteur : tantales + céramique
- **Très près du composant, et relié à la masse très court**
 - 1 à 2 mm pour les faibles valeurs (céramiques)
 - Jusqu'à 3 cm pour les fortes valeurs (tantales)
- **Les capacités de découplage sont à placer en premier lors du routage de la carte.**

15

Parasitage par rayonnement

- Très courant avec un Kiwi Millenium....!!



- Fils...
- Boucles...
- Le champ électromagnétique induit des courants perturbateurs.
- en mode commun et différentiel.

16

Pourquoi ?

- Par induction, le champ électromagnétique crée :
 - des tensions parasites (fils) : pistes, câbles, blindages.
 - des courants parasites (boucles : réseau d'alimentation, de masse).

A retenir : Fil, boucle = Antenne !!!

→ Vos câbles sont des antennes, sauf si...

17

Pas d'impédances élevées

- Éviter d'utiliser des impédances fortes : création d'antennes (cellule logique CMOS, amplificateurs opérationnels, I/O d'un CPU)
- Couper l'impédance des entrées avec 100 à 1 kOhm pour les longs câbles (> 30 cm)
- Éviter les fortes valeurs de résistance sur les montages à AOP (> 100 kOhms)

18

Pas de boucles de fil

- Éviter les boucles (type guirlandes de sapin)
 - Tous les signaux se transportent par deux (aller et retour).
 - Torsader tous les fils (aller avec retour) et les plaquer sur le corps de la fusée.
 - Dans les câbles nappes : un signal sur deux pour le 0 V.
 - Tous les câbles sont attachés au corps de la fusée.

19

Utilisation des câbles blindés

- Utiliser du câble blindé...
 - mais pas n'importe comment !!
 - A réserver aux signaux sensibles ou perturbants
- Le blindage doit être relié intimement à la masse des deux côtés du câble par une bague de serrage... sinon le blindage réalise une antenne et est nocif!!
- Utiliser des capots de connecteur métalliques. Relier les verrouillages à la masse de la carte.

20

Utiliser des circuits adaptés au besoin

- **Utiliser la logique la plus lente possible**
 - (pas de AC, ABT...)
 - Choisir LS, 4000, C, TTL, HC, HCT.
 - Sinon ajout d'une résistance série de 100 ohms sur les sorties.
- **Utiliser des amplificateurs opérationnels lents**
 - Mesures lentes (température, pression) : UA741, LM124, TL084, OP400, OP484...
- **Proscrire les composants spécialisés pour les utilisations vidéo ou télécommunications.**
- **Attention aux composants dernier cri des fabricants**

21

Conception des alimentations

- **Utiliser quand c'est possible des régulateurs linéaires classiques (7805, LM317, etc...)**
- **Eviter les régulateurs à découpage & les convertisseurs type TRACO sources de bruit. S'ils sont obligatoires, les sorties doivent être filtrées.**
- **Un plan d'alimentation pour le 5V ou 3.3V numérique est un plus mais est réservé aux circuits > 4 couches.**
- **Alimentation des circuits propres par les circuits « sales » (l'analogique est au plus loin de l'alimentation)**

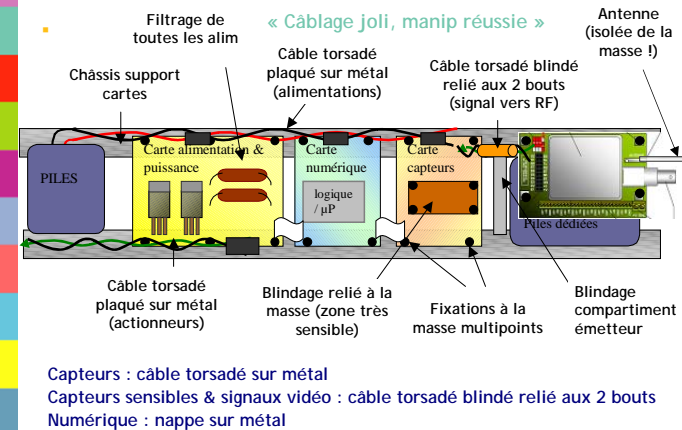
22

Routage de la masse électrique

- **Surtout pas de masse en étoile**
 - Technique conseillée par les vieux bouquins...
 - Cette technique consiste à relier le 0V en un point au châssis.
 - La technique de masse en étoile est réservée aux systèmes BF sans électronique numérique ni télémésure. **->Interdit pour les systèmes avec télémésure**
- **Les plans de masse numériques doivent être reliés par de nombreuses vis au corps de la fusée.**

23

Ce qu'il faut faire...

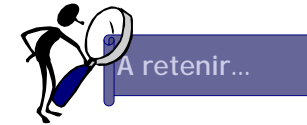


Les 8 recommandations

- Utiliser un plan de masse pour chaque carte
- Réduire le nombre de carte & éviter les nombreuses connexions
- Découpler les circuits au plus court
- Filtrer les alimentations à découpage
- Penser à la circulations des courants HF et BF
- Torsader voire blinder les fils
- Utiliser de la logique lente et des composants adaptés à la fonctionnalité
- Séparer l'alimentation de l'émetteur, le relier intimement à la masse.

25

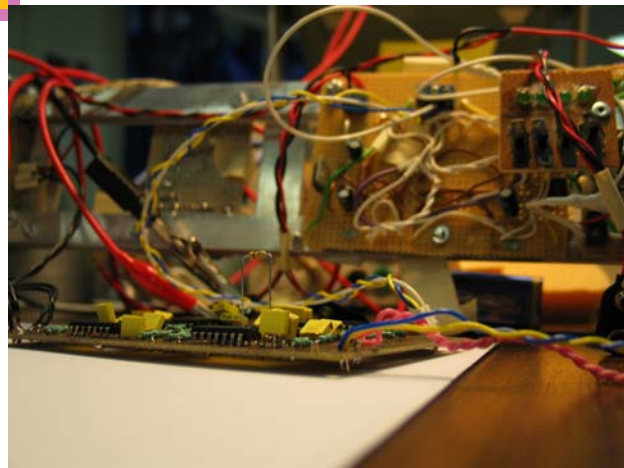
Introduction à la CEM



A retenir...




- « Câblage joli, manip réussie » (N. Verdier)
 - « courants maîtrisés, dangers écartés »
 - « composants adaptés, problèmes évités »
- Cf. publication sur la « Compatibilité électromagnétique »
www.planete-sciences.org/espace/basedoc/

26



27

Les TP analogiques

TP Analogique n° 1 Conditionnement des signaux

➤ Montages autour de l'AO

Week-end de formation télémétrie - Ris Orangis

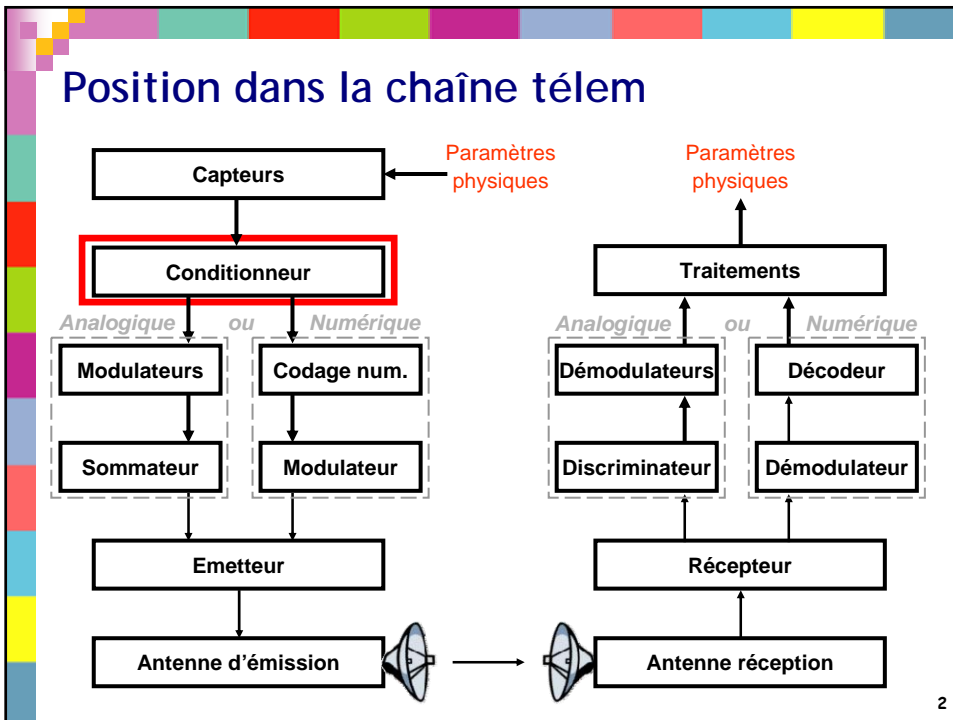
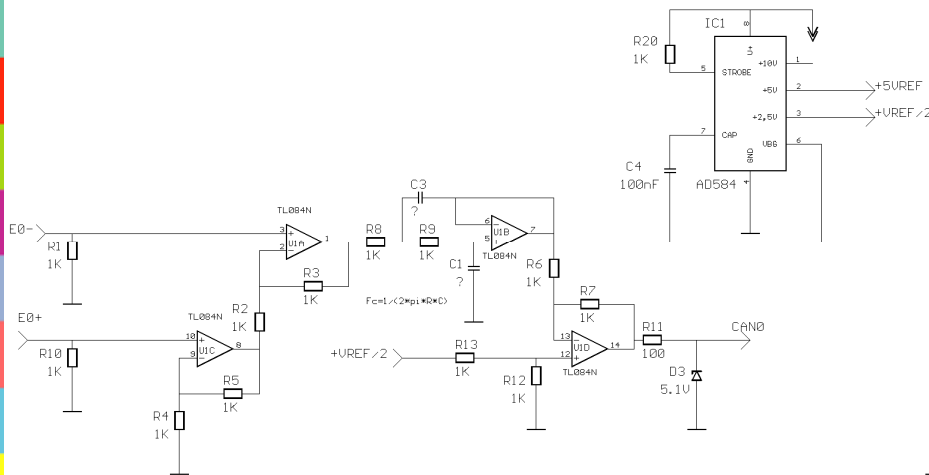


Schéma n° 1



3

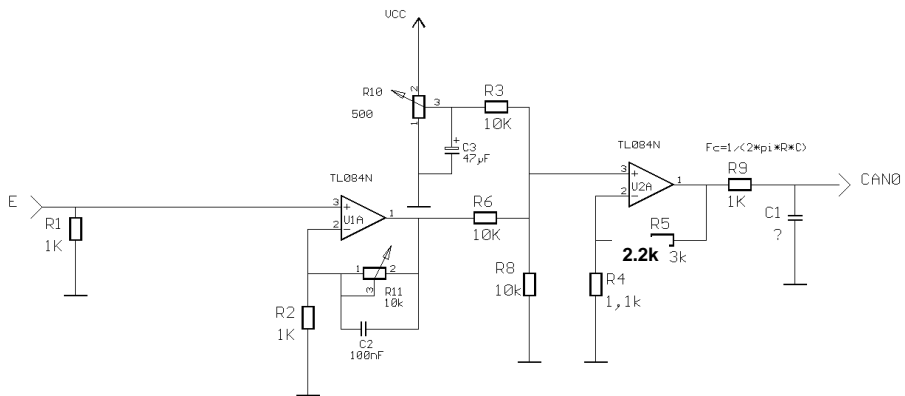
Schéma n° 1

■ Avantages :

■ Inconvénients :

4

Schéma n° 2



5

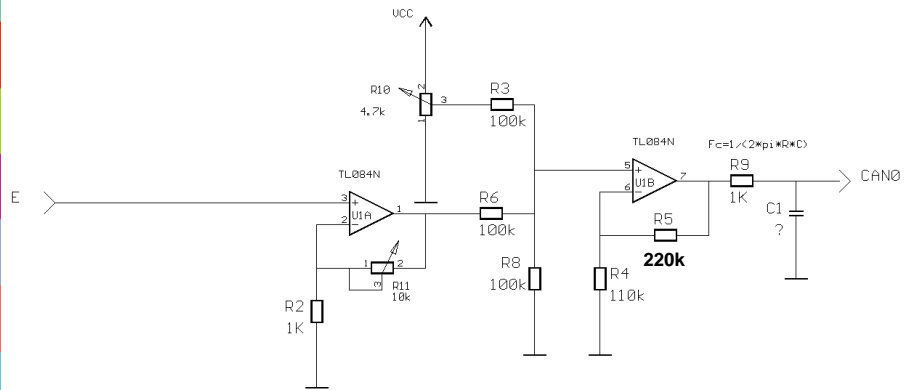
Schéma n° 2

■ Avantages :

■ Inconvénients :

6

Schéma n° 3



7

Schéma n° 3

■ Avantages :

■ Inconvénients :

8

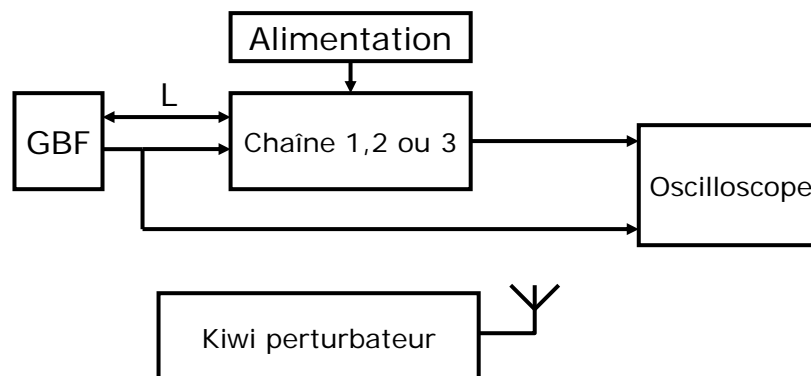
Avec vos mimines ...

- Câblez le circuit
- Mesurez :
 - Le gain =
 - L'offset =
 - Le retard =
 - La bande passante =
- Mesurez la dérive en température de ces paramètres :
- Mesurez la réjection de l'alimentation :
- Estimez le code de sortie du convertisseur pour ces deux dernières mesures :

9

CEM (1/5)

- Perturbations sur l'analogique de traitement
 - Réalisez le montage suivant :



10

CEM (2/5)

- Étudiez les perturbations du Kiwi sur une chaîne de traitement.
- Les points à observer sont les suivants :
 - Perturbation sur la liaison capteur vers chaîne analogique.
 - Perturbation directe sur la chaîne analogique.
 - Perturbation depuis les alimentations.
- Pour chacun des points, on pourra comparer les chaînes 1,2,3.

11

CEM (3/5)

Perturbation sur la liaison capteur vers chaîne analogique

- On utilisera la configuration suivante :
 - Alimentation des chaînes analogiques et émetteurs séparées
 - Fils torsadés pour les alimentations.
 - On observera le signal à la sortie de la chaîne de traitement.
- La liaison entre le capteur et la chaîne de traitement est une liaison filaire de 2 cm.
- Observer le signal pour un gain de 1 et de 10.
- Faire la même observation avec une liaison de 1m.
- Comparer le montage 1 et le montage 2.
- Remplacer la liaison de 1m par une liaison en fil torsadé (toujours 1m).
- Remplacer cette liaison par un coaxial de 1m.

12

CEM (4/5)

Perturbation directe sur la chaîne analogique

- Perturbation directe sur la chaîne analogique.
- On utilisera la configuration suivante :
 - *Alimentations des chaînes analogiques et émetteurs séparées*
 - *Fils torsadés pour les alimentations.*
 - *Liaison capteur chaîne de traitement par câble coaxial.*
- *On observera le signal à la sortie de la chaîne de traitement.*
- Observez le signal pour un gain de 1 et de 10.
- Comparez le montage 2 et le montage 3.




13

CEM (5/5)

Perturbation depuis les alimentations

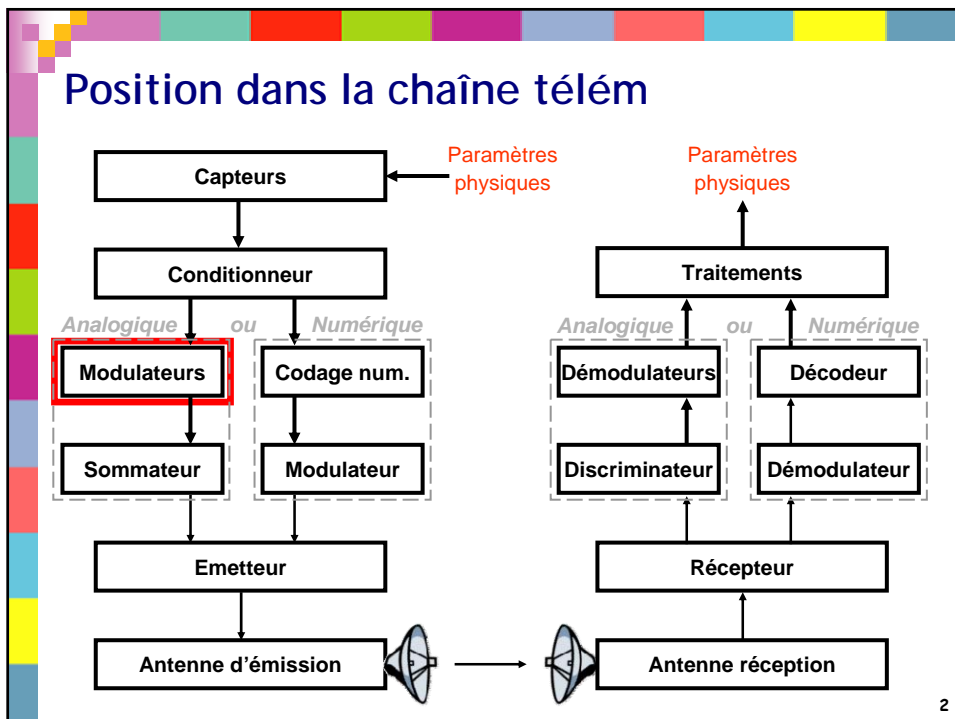
- On utilisera la configuration suivante :
 - *Alimentations des chaînes analogiques et émetteurs séparées*
 - *Liaison capteur chaîne de traitement par câble coaxial.*
 - *Montage 1 utilisé.*
 - *Fil non torsadé pour l'alimentation.*
- Observer le signal pour un gain de 1 et de 10
- Remplacer le fil non torsadé par un fil torsadé. Observer le signal.
- Mettre en commun les deux alimentations. Observer le signal.

14

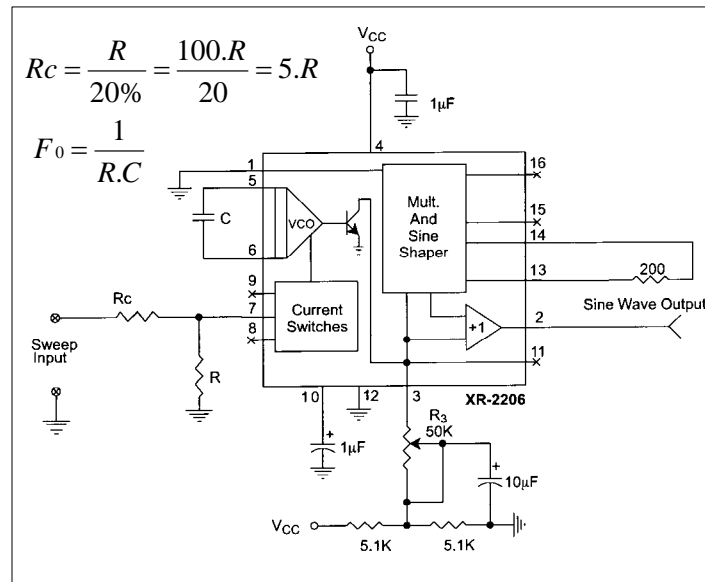




TP analogique n°2 Réalisation d'un modulateur IRIG

Week-end de formation télémétrie - Ris Orangis

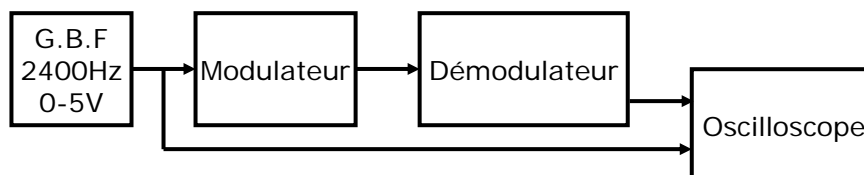


Modulateur IRIG



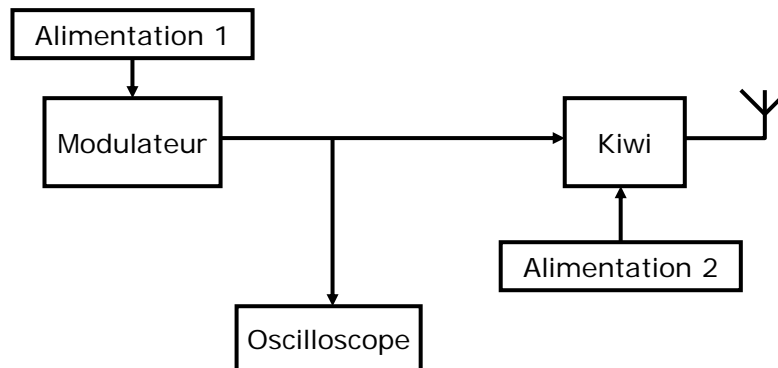
Avec vos mimines ...

- Câblez le circuit.
- Réglez la fréquence F_0
- Réglez l'amplitude du signal.
- Réglez la distorsion du signal.
- Branchez le modulateur sur le démodulateur Planète Sciences
- Injectez un signal carré à 2400Hz sur l'entrée modulateur et observez la sortie du démodulateur.



CEM (1/3)

- Observer les perturbations sur le modulateur
 - Réaliser le montage suivant :



5

CEM (2/3)

Perturbation directe sur le modulateur

- On utilisera la configuration suivante :
 - Alimentations du modulateur et émetteur séparées
 - Fils torsadés pour les alimentations.
 - On fixera l'entrée TTL du 2206 au 1 logique
- Observer le signal avec et sans émetteur.
- Changer la valeur des résistances de pied de l'oscillateur dans un rapport 20 tout en conservant la même fréquence. Comparer à nouveau avec et sans émetteur.

6

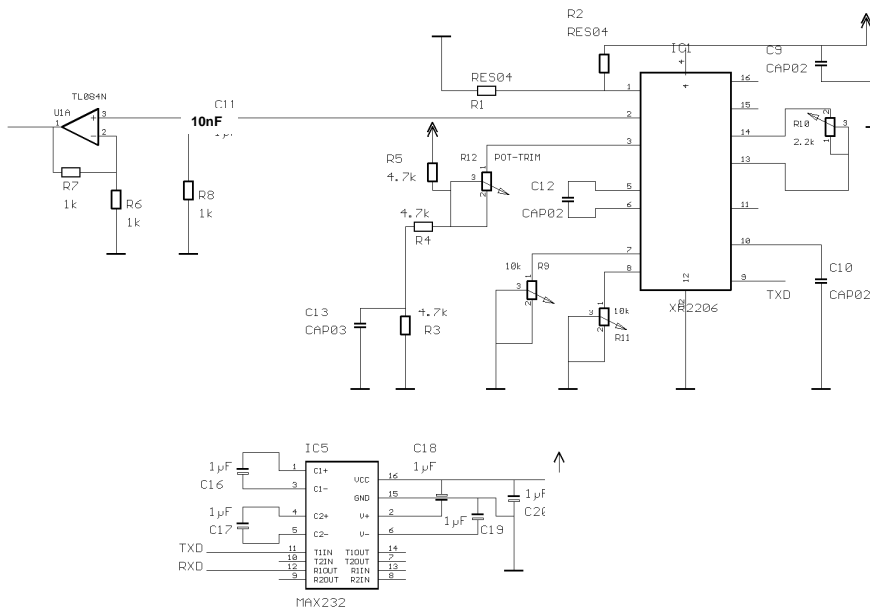
CEM (3/3)

Perturbation par l'alimentation du modulateur

- On utilisera la configuration suivante :
 - Alimentations du modulateur et émetteur NON séparées
 - Fils torsadés pour les alimentations.
 - On fixera l'entrée TTL du 2206 au 1 logique
 - Valeurs initiales des résistances de pieds.
- Observer le signal avec et sans émetteur.

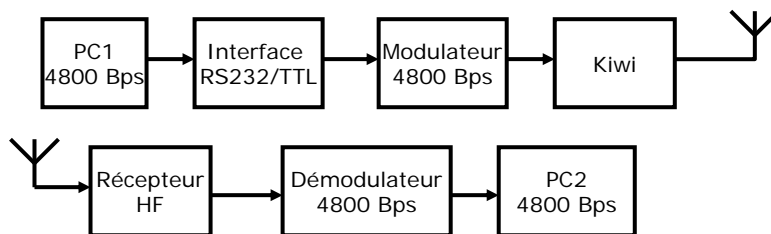
7

Annexe : Un modulateur FSK






Le modulateur FSK

- Brancher la sortie RS232 du PC1 sur l'interface RS232-TTL
- Brancher la sortie de cette interface sur le modulateur.
- Brancher le modulateur sur l'émetteur Kiwi.
- Brancher le démodulateur sur le récepteur radio.
- Brancher la sortie du démodulateur sur l'entrée RS232 du PC2
- Lancer le terminal Windows sur les 2 PCs
- Envoyer un message du PC1 vers le PC2.



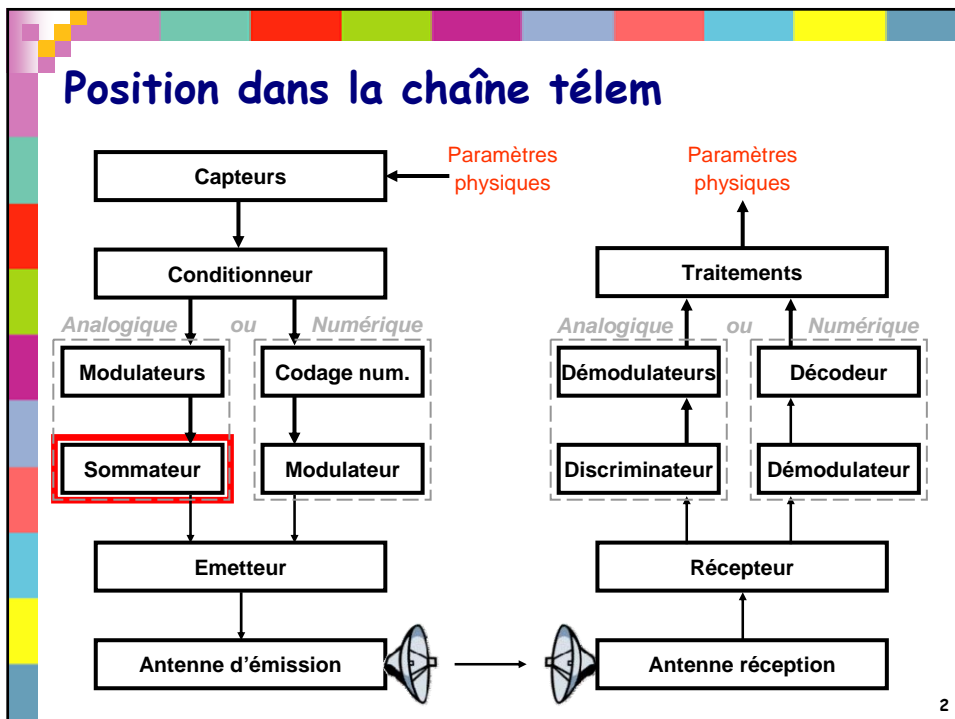
9

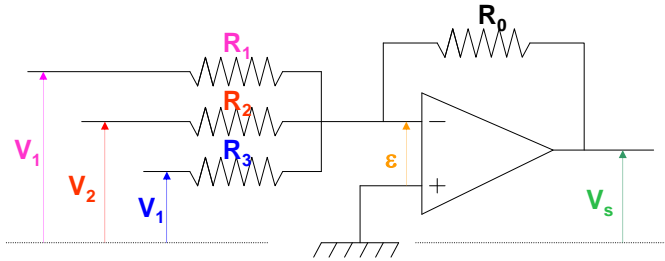
TP analogique n° 3 Le sommateur

- Montage : calculs
- Montage : schéma seul

Week-end de formation télémétrie - Ris Orangis



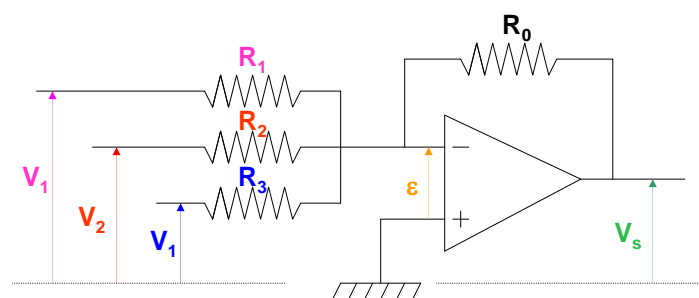
Calculs autour de l'AO



- AO bouclé sur l'entrée « - » → Régime linéaire :
 - $\varepsilon \approx 0$ → Potentiel nul sur l'entrée « - »
 - Pas de courant rentrant entrées « - » et « + »
- Courants dans les branches 0, 1, 2, 3 : Loi d'Ohm $\Delta V = RI$
 - $I_0 = V_s / R_0$ sortant du nœud « entrée - ».
 - $I_1 = V_1 / R_1$; $I_2 = V_2 / R_2$; $I_3 = V_3 / R_3$ sortants du nœud « entrée - ».
- Loi des nœuds au nœud « entrée - »
 - $V_s / R_0 + V_1 / R_1 + V_2 / R_2 + V_3 / R_3 = 0 \Rightarrow V_s = -R_0 [V_1 / R_1 + V_2 / R_2 + V_3 / R_3]$

3

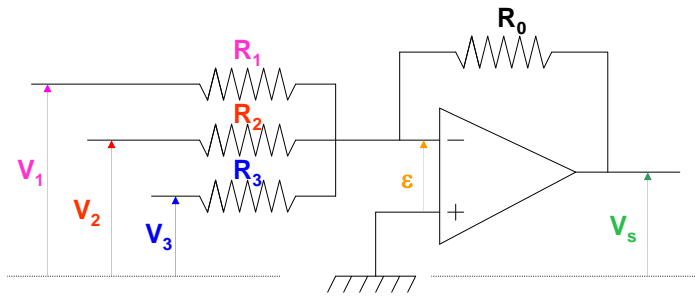
Sommateur : schéma



$$V_s = -R_0 \times \left(\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3} \right)$$





4

Sommateur : schéma



- On veut $V_s = 0 - 2V$.
- Calculer les résistances du montage.


Les TP numériques

TP numérique n° 1 : Programmation d'un microcontrôleur PIC18F2620


- Le microcontrôleur
- Le C
- La mise en oeuvre

Week-end de formation télémétrie - Ris Orangis



Présentation du microcontrôleur

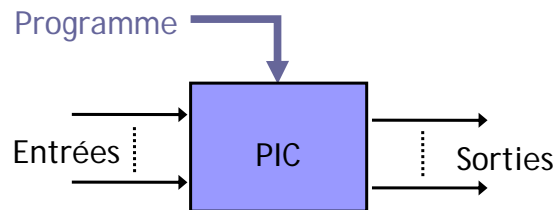
- Le monde



- Pour le PIC, le monde est divisé en deux parties : lui-même et tout le reste.
- Le PIC ne connaît et ne travaille qu'avec des incréments (nombres entiers).
- Il ne connaît le monde extérieur qu'à travers des capteurs qui, à un certain moment, convertissent les grandeurs physiques en incréments.

2

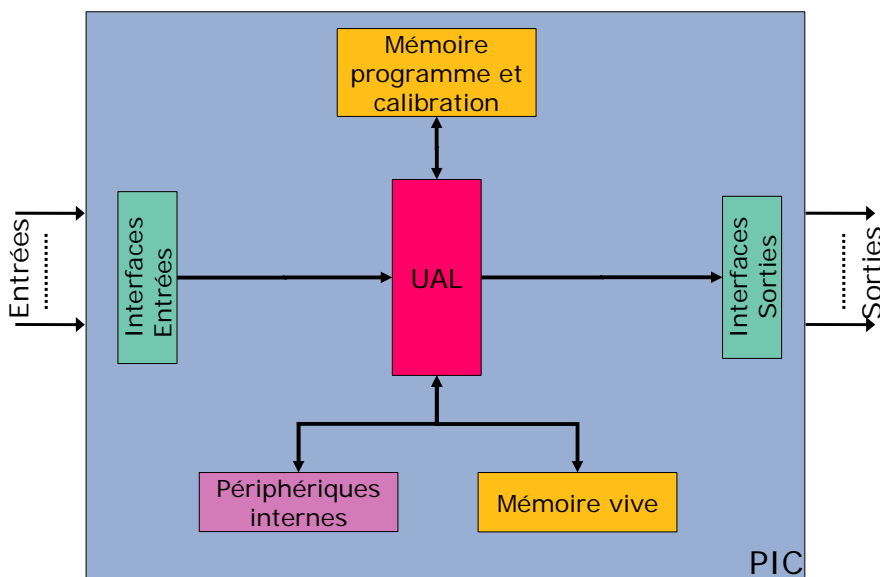
Présentation du microcontrôleur



- Le PIC va manipuler de l'information sous la forme d'incréments :
 - le PIC va manipuler ses sorties (actionneurs) en fonction de ses entrées (capteurs).
 - Cette fonction (en certains points comparable à une fonction mathématique, mais pas totalement) est décrite sous la forme de ce qu'on appelle le programme.

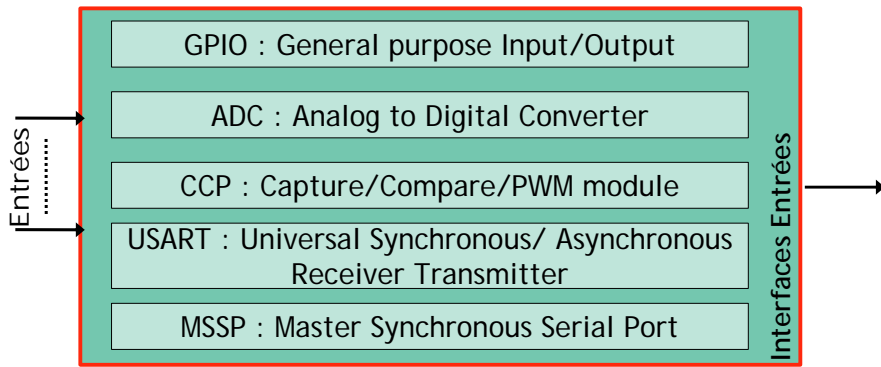
3

Le microcontrôleur

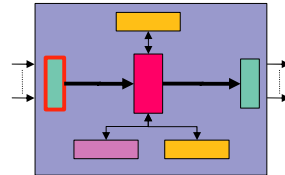


4

Les entrées

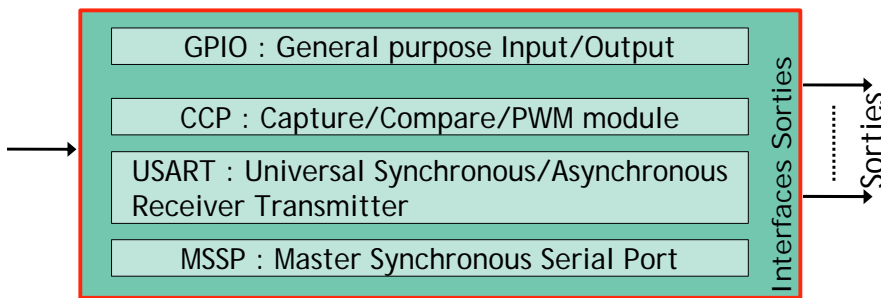


- Entrées TTL/CMOS
- Entrées analogiques
- Compteurs et comparateurs
- Ports séries

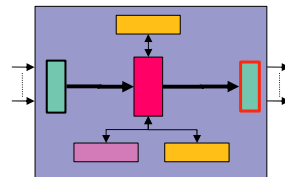


5

Les sorties



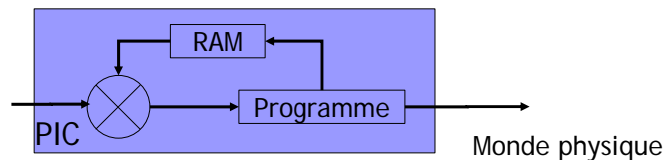
- Modulation en Largeur d'Impulsion
- Sorties CMOS
- Ports séries



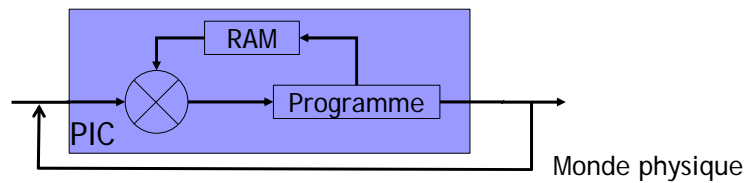
6

Modélisation du fonctionnement d'un microcontrôleur (1/2)

- Fonctionnement en boucle ouverte :



- Fonctionnement en boucle fermée :



7

Modélisation du fonctionnement d'un microcontrôleur (2/2)

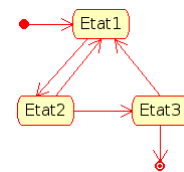
- Modélisation sous la forme d'un automate à états finis

- **Nombre fini d'états**

(c-à-d de modes de fonctionnement)

- **Nombre fini de transitions**

(c-à-d de possibilités de passage d'un état à un autre)



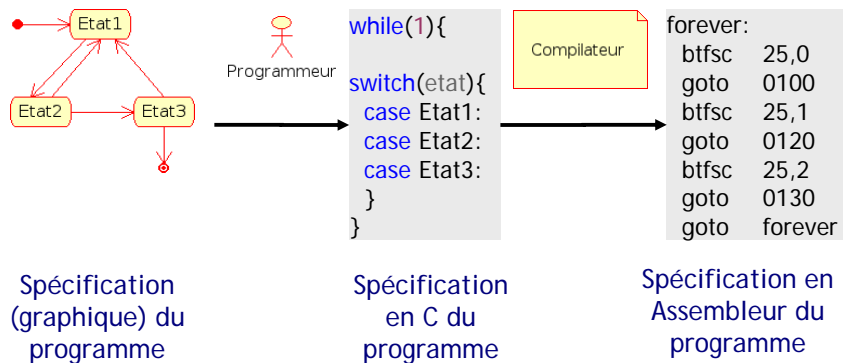
- Une **transition** se déroule lorsqu'un certain nombre de conditions sont remplies (paramètres physiques, temps, état précédent...).

- Toutes les transitions entre tous les états ne sont pas forcément possibles ou permises (dépend du système et de sa programmation).

8

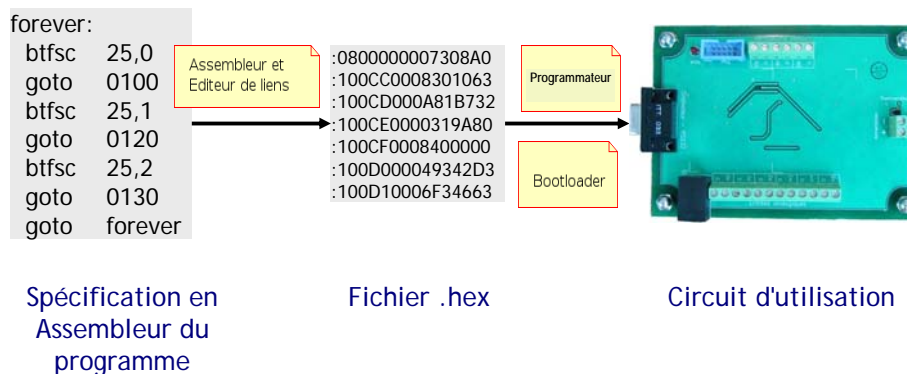
Spécification du programme du μ -contrôleur

- Les différents comportements et transitions peuvent être spécifiés grâce à ce que l'on appelle un langage de programmation, cette spécification (textuelle) pourra être transformée en instructions compréhensibles par l'Unité Arithmétique et Logique.



9

Programmation du microcontrôleur



Pour acheter un programmeur :
<http://www.microchip.com/pickit2> (50€)
<http://www.microchip.com/ICD2> (100€)

10

Le langage C : introduction

- Ce langage a une certaine syntaxe.
 - Ex. ; à la fin d'une ligne
- Le langage dispose d'un certain nombre de mots-clefs qui ne peuvent pas être redéfinis.
- Chaque entité doit être déclarée avant d'être utilisée.
- C'est un langage fonctionnel : tout comportement est modélisé par et contenu dans une fonction.

11

Le langage C : déclaration

- Déclaration d'une fonction

```
type_retour nom_fonction(type param1, ... type paramN);
```

 - `type_retour` est le **type de données** que retourne la fonction
 - `nom_fonction` est le nom par lequel la fonction est référencée (on dit appelée lorsqu'elle est utilisée)
 - `type` est le **type de données** du paramètre de la fonction qui suit immédiatement
 - `paramN` sont les paramètres de la fonction.
- Type de données
 - `char` (8 bits signé),
 - `unsigned char` (8 bits non signé),
 - `int` (16 bits signé),
 - `unsigned int` (16 bits non signé).

12

Le langage C : définition

■ Définition d'une fonction :

```
type_retour nom_fonction(type param1, ... type paramN){  
... }
```

- C'est ici (à la place des ...) qu'est décrit le comportement de la fonction.
- Une fonction doit avoir le même **prototype** dans sa déclaration et dans sa définition.
- Les accolades qui entourent la définition d'une fonction en font un **bloc**.

13

Le langage C : variables

■ Les variables temporaires

- Elles servent comme intermédiaires de calcul par exemple, leur durée de validité et de visibilité ne dépasse pas le **bloc** qui les contient.
- `char compteur;`

■ Les variables d'état

- Leur validité est toujours garantie, mais elles ne sont accessibles que dans le **bloc** qui les contient.
- `static int filtre = 0;`

■ Les variables globales

- Elles sont accessibles et valides de partout et sont déclarées à l'extérieur de tout bloc.
- `unsigned char heure;`

14

Le langage C : structures de contrôle

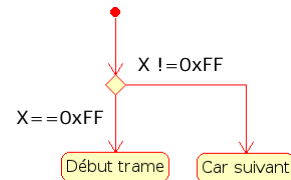
```
■ if(<condition>){  
    ...  
}else{  
    ...  
}
```

■ Seul l'un des deux blocs est exécuté.

```
■ while(<condition>){  
    ...  
}
```

■ La boucle est exécutée tant que la condition est vraie.

■ NB. : Il existe d'autres structures de contrôle, mais elles peuvent être exprimées en fonction des deux présentées.



15

Le langage C : les conditions (tests)

- test d'égalité
 - opérande == opérande
- test d'inégalité
 - opérande != opérande
- test de supériorité stricte
 - opérande > opérande
- test d'infériorité stricte
 - opérande < opérande
- test de supériorité
 - opérande >= opérande
- test d'infériorité
 - opérande <= opérande

16

Le langage C : écriture d'un programme

- Appel de fonction
 - `putch('A');`
- Commentaires
 - Il est possible d'introduire du texte parmi le code C, principalement dans un but d'explication. Un tel texte est ignoré, commence par `/*` et se termine par `*/`.
- Point d'entrée
 - Une fonction spéciale détermine l'endroit où va commencer le programme à la mise sous tension ou après un *Reset*:
`void main(void)`

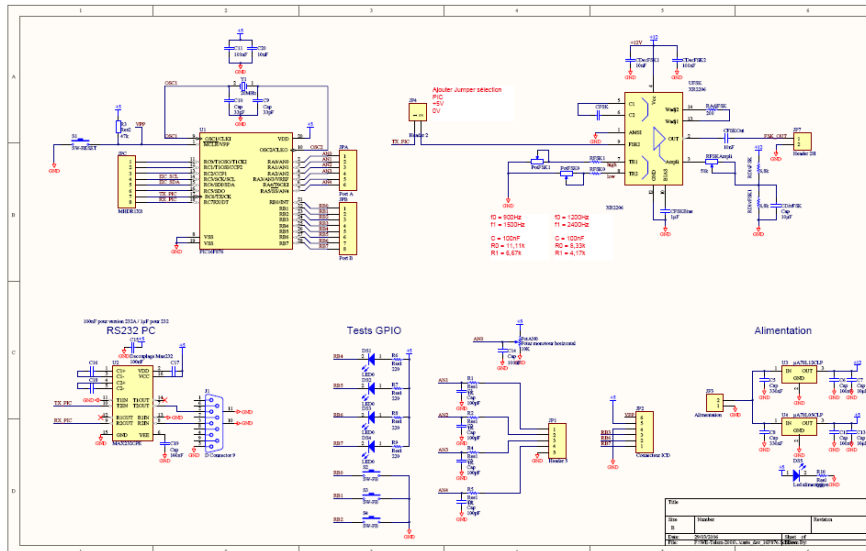
17

Mise en oeuvre du PIC

- Les GPIO
 - Les ports sont bidirectionnels : il faut décider de leur sens avant de les utiliser.
- Le module UART (communication avec un PC par RS-232)
 - La vitesse et le type de transmission sont configurables.
- Le module ADC
 - Certaines *Pin* sont à la fois des GPIO et des ADC, il faut donc définir leur rôle.
- Le module Timer
 - La durée de comptage est configurable.
- Utilisation des bibliothèques fournies avec C18 :
www.microchip.com/C18
MPLAB C18 Libraries Documentation

18

La carte de test



19

Mise en Oeuvre du TP

- Bootloader
 - C'est un programme qui possède à la fois une partie sur le PIC et une partie sur le PC et qui permet de transférer le programme sur le PIC.
 - Nota : un programmeur matériel est nécessaire la 1^{ère} fois pour envoyer le code du Bootloader dans le PIC
- Elements à installer (tous ces outils sont gratuits)
 - IDE : Microchip MPLAB www.microchip.com/mplab
 - Compilateur : Microchip C18 www.microchip.com/C18
 - Bootloader : Tiny-bootloader www.google.com/search?q=Tiny-bootloader

20

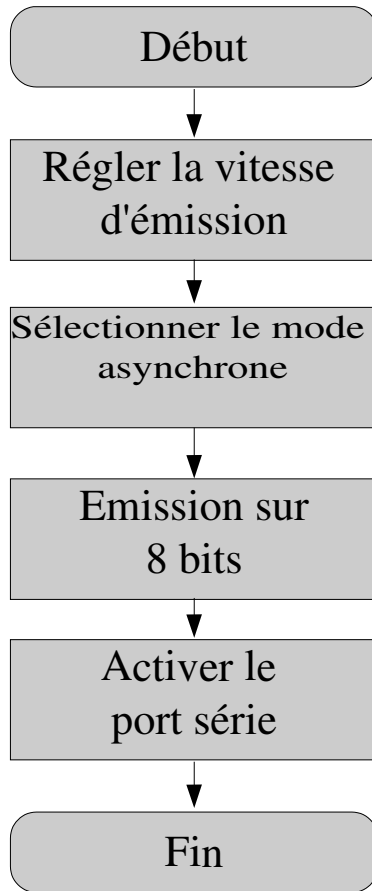
Programmation d'un PIC18F2620



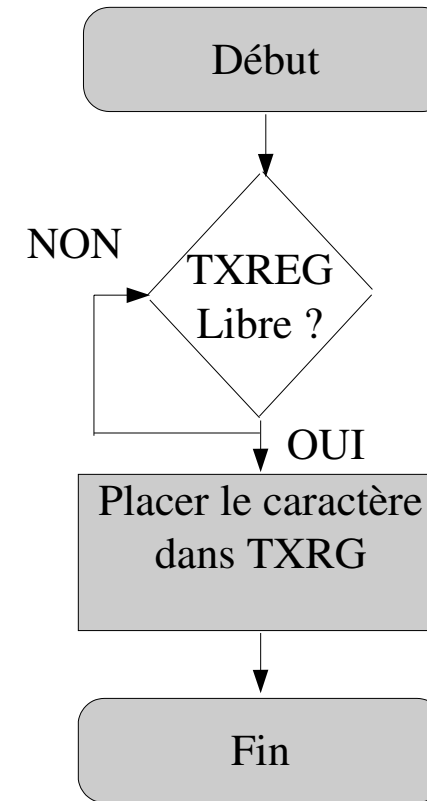
- Toujours bien **spécifier** (définir) son programme avant de commencer à le **coder**;
- Essayer de concevoir des parties de code réutilisables.

TP2
Conversion analogique numérique
et envoi sur la liaison série

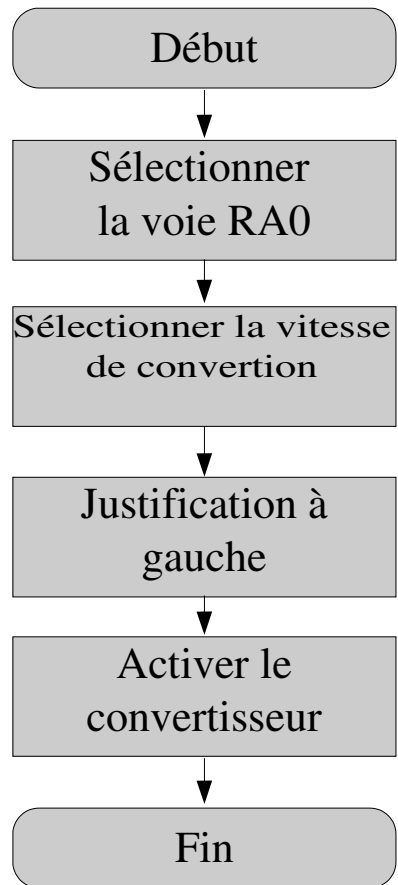
Initialisation de la liaison série



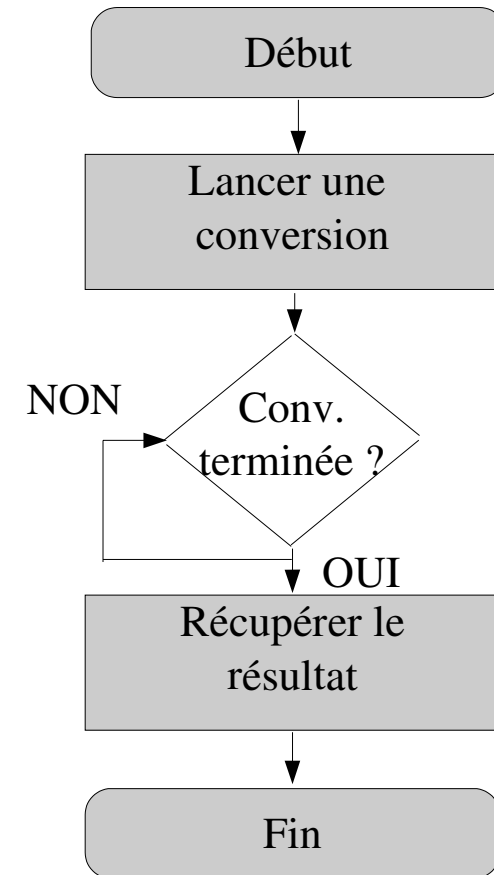
Envoie d'un caractère sur la liaison série



Initialisation du convertisseur



Effectuer une conversion



Trame pour les TP numériques

Ces programmes sont des **exemples non-testés**, afin de monter la façon de coder en C18. Ils ne sont donc pas plug&play (copy/paste).

```
/* *****
 *
 *                               LED_C18 program : SW & LED
 *
 * *****
 * FileName:           MainProg.c
 * Processor:          PIC18F2620
 * Hardware:           Carte de dév télém
 * Compiler:           C18 2.40.01+
 * Company:           Planète-Sciences
 *
 * Author              Date           Comment
 * Léo                 2006/01/10
 * ***** /

/** I N C L U D E S ***** /
#include <pl8cxxx.h>    // processor-specifics
#include "io_cfg.h"    // Hardware definitions & init macros

/** V A R I A B L E S   G L O B A L E S ***** /
#pragma udata         // Uninitialized data zone
unsigned char MaVariable; // entier positif d'1 octet (0 à 255)
int result;           // (entier sur 2 octets)

#pragma code          // Code zone

/** P R I V A T E   P R O T O T Y P E S ***** /
//unsigned char ReadPOTAR(void);

/** D E C L A R A T I O N S ***** /
#define ADRES ADRESH // Redefine for 10-bit to 8-bit A/D converter left-justified

/* *****
 * Function:          void main(void)
 * Side Effects:      None
 * Overview:          Main program entry point.
 * Note:              None
 * ***** /
void main(void)
{
    // ===== LOCAL VARIABLES ===== //
    unsigned char channel;

    // ===== INITIALISATIONS ===== //

    MaVariable=0xFF;

    init_SWs();        // Switches
    init_LEDs();       // LEDs

    // ===== MAIN LOOP ===== //
    while(1)
    {
        /// Affichage LEDs :
        if (SW2 == 1)
            LED1=LED_ON;
        else
            LED1=LED_OFF;
        //end if else
        LED2 = !LED2;

    } //end while(1)
} //end main
/** EOF ***** /
```


Trame pour les TP numériques

```

/*****
*
*                               I/O configuration (Defines)
*
*****
* FileName:      io_cfg.h
* Processor:     PIC18F2620
* Hardware:      Carte de dév téléM
* Compiler:      C18 2.30.01+
* Company:       Planète-Sciences
*
* Author         Date          Comment
* Léo            2006/01/10    For TelemC18
*****/
#ifndef IO_CFG_H
#define IO_CFG_H

// Default State on Power-On Reset : (see DataSheet)
// TRISX (directions) : all pins as inputs
// LATX (data output): unknown! must be init!
// PORTX (data input): don't care
// Write to LAT & Read from PORT

#define INPUT_PIN      1
#define OUTPUT_PIN     0

/** S W I T C H *****/
#define SW2             PORTBbits.RB0
#define SW3             PORTBbits.RB1
#define SW4             PORTBbits.RB2
#define init_SWs()     //TRISBbits.TRISB0=INPUT_PIN ...

/** L E D *****/
#define LED1            LATBbits.LATB4
#define LED2            LATBbits.LATB5
#define LED3            LATBbits.LATB6
#define LED4            LATBbits.LATB7
#define init_LEDs()    LATBbits.LATB4=0; TRISBbits.TRISB4=OUTPUT_PIN; \
                      LATBbits.LATB5=0; TRISBbits.TRISB5=OUTPUT_PIN; \
                      LATBbits.LATB6=0; TRISBbits.TRISB6=OUTPUT_PIN; \
                      LATBbits.LATB7=0; TRISBbits.TRISB7=OUTPUT_PIN

#define LED_ON         0 // LED between 5V and PIC
#define LED_OFF        1 // LED between 5V and PIC

/** P O T A R *****/
#define POTAR           PORTAbits.AN0 //RA0
#define ADC_POTAR      ADC_CH0 //AN0 channel
#define init_POTAR()   //TRISAbits.TRISA0=INPUT_PIN

/*                               PIC18(L)F2620
    SW1/ MCLR*  1  °  40  RB7/PGD /LED4
    AN0/RA0     2    39  RB6/PGC /LED3
    AN1/RA1     3    38  RB5/PGM /LED2
    (Vref-) AN2/RA2 4    37  RB4    /LED1
    (Vref+) AN3/RA3 5    36  RB3
    RA4         6    35  RB2 /SW4
    AN4/RA5     7    34  RB1 /SW3
    VSS         8    33  RB0 /SW2
    OSC1        9    32  VDD
    OSC2       10    31  VSS
    RC0        11    30  RC7/RX
    RC1        12    29  RC6/TX
    RC2        13    28  RC5
    RC3        14    27  RC4
    -----
*/

#endif //IO_CFG_H

```

Trame pour les TP numériques

```
/* *****
*
*                               TelemC18 program
*
* *****
* FileName:      MainProg.c
* Processor:     PIC18F2620
* Hardware:      Carte de dév télém
* Compiler:      C18 2.40.01+
* Company:       Planète-Sciences
*
* Author         Date           Comment
* Léo            2006/01/10
* *****/

/** I N C L U D E S *****/
#include <pl8cxxx.h>      // processor-specifics

#include <adc.h>          // ADC library functions
#include <usart.h>       // USART library functions
#include <delays.h>      // Delay library functions

#include "io_cfg.h"      // Hardware definitions & init macros

/** V A R I A B L E S   G L O B A L E S *****/
#pragma udata           // Uninitialized data zone
// Buffers:
unsigned char trame[4]; // trame de 4 octets
//int result;           // (entier sur 2 octets)
#pragma code            // Code zone

/** P R I V A T E   P R O T O T Y P E S *****/
//unsigned char ReadPOTAR(void);

/** D E C L A R A T I O N S *****/
#define ADRES ADRESH // Redefine for 10-bit to 8-bit A/D converter left-justified

/* *****
* Function:      void main(void)
* Side Effects:  None
* Overview:      Main program entry point.
* Note:         None
* *****/
void main(void)
{
    // ===== LOCAL VARIABLES ===== //
    //unsigned char channel;

    // ===== INITIALISATIONS ===== //

    trame[0]=0xFF; // 1er octet de la trame = octet de syncro (0xFF)

    init_SWs();    // Switches
    init_LEDs();   // LEDs
    init_POTAR();  // POTAR

    // Setup A/D converter with a 20MHz CPU speed
    OpenADC (   ADC_FOSC_64           // conversion clock source : TAD=64Tosc = ?.?µs
              & ADC_LEFT_JUST        // result justification : 8 MSB in ADRES(H)
              & ADC_6_TAD ,          // acquisition time : TACQ=6.4µs >> TACQ=6*TAD=8>6.4 µs
              ADC_CH0                // channel : a default channel
              & ADC_INT_OFF          // interrupt : off
              & ADC_VREFPLUS_VDD     // voltage config : Vref+ interne VDD
              & ADC_VREFMINUS_VSS , // voltage config : Vref- interne VSS
              ADC_5ANA );            // port configuration : analog:AN0->AN4 & digital:AN5->...
```

Trame pour les TP numériques

```
// initializes the EUSART for Transmit
OpenUSART( USART_TX_INT_OFF & // no interrupt
           USART_RX_INT_OFF & // no interrupt
           USART_ASYNC_MODE & // asynchronous
           USART_EIGHT_BIT & // 8-bit
           USART_SINGLE_RX & // disable RX
           USART_BRGH_HIGH, // High-speed baud-rate
           832 ); // 16MHz / 4(832+1) = 4802 bauds
baudUSART( BAUD_IDLE_CLK_LOW & // polarity not inverted
           BAUD_16_BIT_RATE & // 16-bit baud generation rate (BRG16=1)
           BAUD_WAKEUP_OFF &
           BAUD_AUTO_OFF );

// ===== MAIN LOOP ===== //
while(1)
{
    /// Affichage LEDs :

    if (SW2 == 1)
        LED1=LED_ON;
    else
        LED1=LED_OFF;
    //end if else

    LED2 = !LED2;

    /// Acquisition et génération de la trame :

    SetChanADC( ADC_POTAR ); // Select the POTAR chanel.
    ConvertADC(); // Start an A/D conversion
    while(BusyADC()); // Wait for the conversion to complete
    if(ADRES==0xFF) ADRES=0xFE; // FF is reserved for synchro
    trame[1]=ADRES; // Copy A/D 8-bit Result in trame[1]

    trame[2]=0;
    if (SW3 == 1)
        trame[3]+=1;
    if (SW4 == 1)
        trame[3]+=2;




    trame[3]=0;

    /// Envoie de la trame :
    while(BusyUSART());
    WriteUSART(trame[0]);
    while(BusyUSART());
    WriteUSART(trame[1]);
    while(BusyUSART());
    WriteUSART(trame[2]);
    while(BusyUSART());
    WriteUSART(trame[3]);

} //end while(1)
} //end main

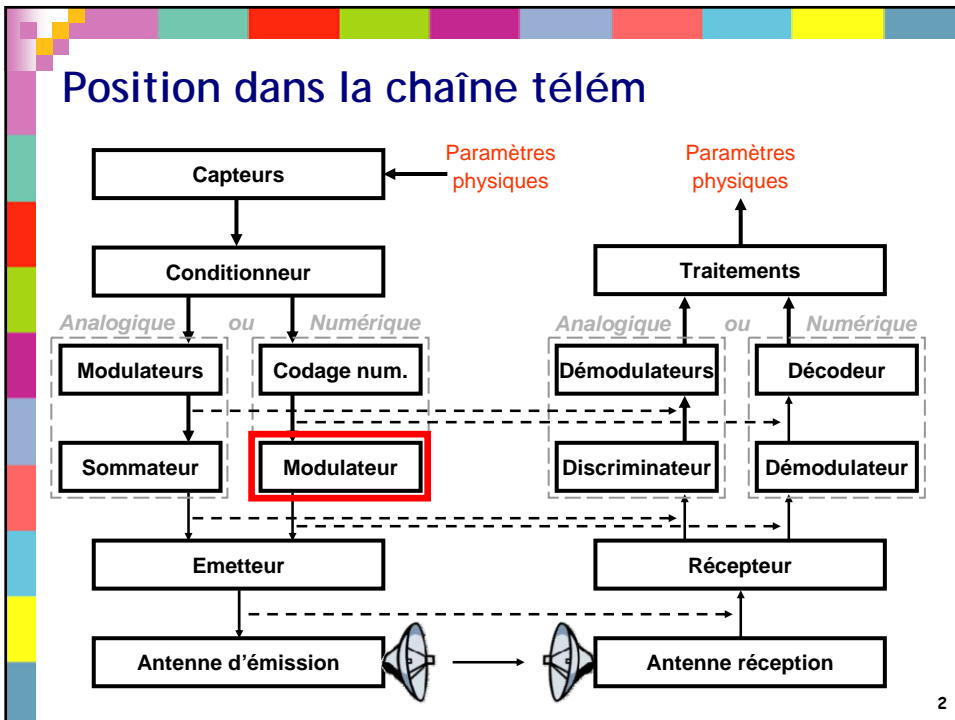
/*
// Wait 1 seconde
Delay10KTCYx( 0 ); //2560000 Tcy (~0.21 s)
Delay10KTCYx( 0 ); //2560000 Tcy (~0.21 s)
Delay10KTCYx( 0 ); //2560000 Tcy (~0.21 s)
Delay10KTCYx( 0 ); //2560000 Tcy (~0.21 s)
Delay10KTCYx( 0 ); //2560000 Tcy (~0.21 s)
*/

/** EOF *****/
```

TP numérique n° 3 Réalisation d'un modulateur FSK

Week-end de formation télémétrie - Ris Orangis



Modulateur FSK

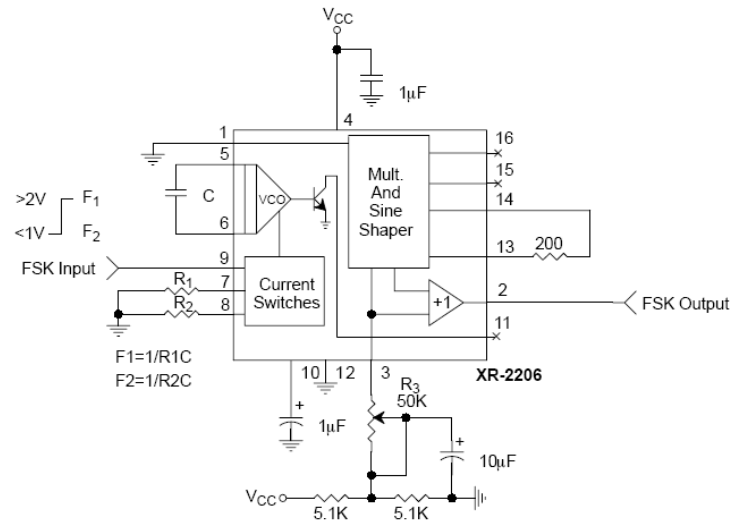
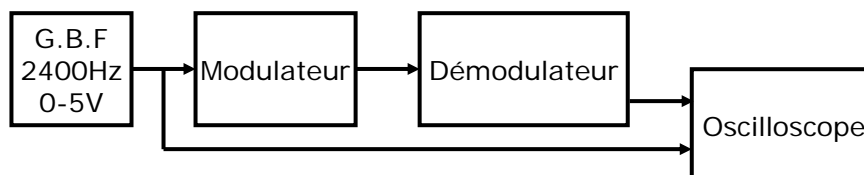


Figure 13. Sinusoidal FSK Generator

3

Avec vos mimines ...

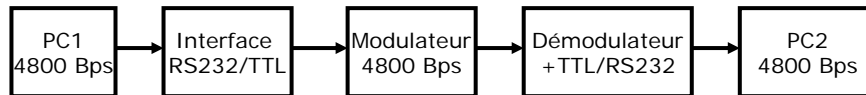
- Câblez le circuit
- Réglez les fréquences F1 & F2
- Réglez l'amplitude du signal
- Réglez la distorsion du signal
- Branchez le modulateur sur le démodulateur Planète Sciences
- Injectez un signal carré à 2400Hz sur l'entrée FSK et observez la sortie du démodulateur



4

Le modulateur FSK

- Câbler le circuit ci-dessous

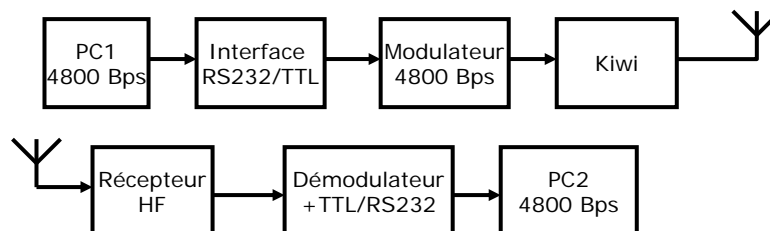


- Lancer le terminal Windows sur les 2 PCs
- Envoyer un message du PC1 vers le PC2

5

Le modulateur FSK

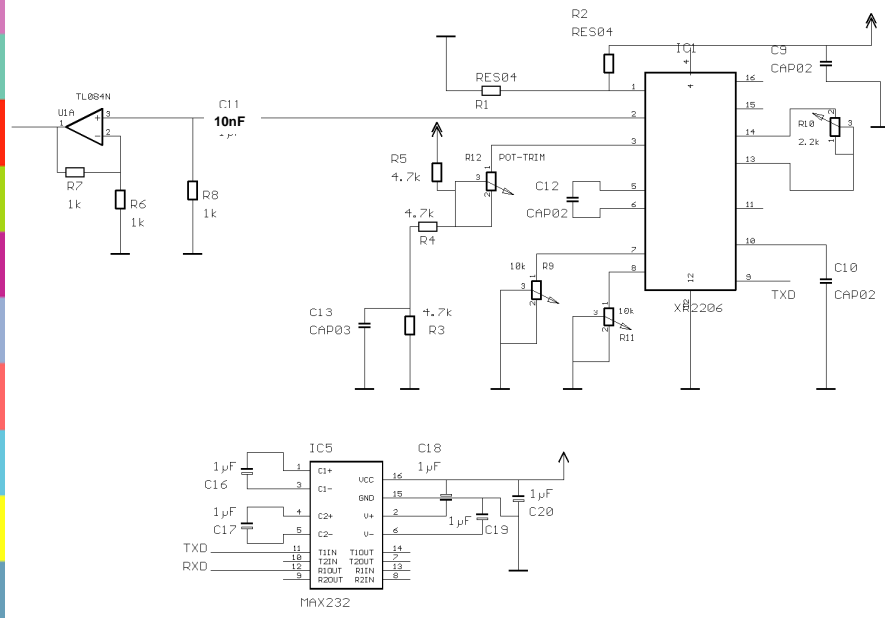
- Câbler le circuit ci-dessous



- Lancer le terminal Windows sur les 2 PCs
- Envoyer un message du PC1 vers le PC2.

6

Un schéma de modulateur FSK



Annexes

PIC18F (18FX620)

Caractéristiques générales

CPU :

Fréquence : jusqu'à 40 Mhz (10 MIPS)
Oscillateur interne ou externe, 4x PLL
Jeu d'instruction RISC (79 instructions)
Débugage temps réel par l'interface ICD

Mémoires :

Mémoire programme : 32Kw Flash (64Ko)
Mémoire RAM : 3986 Koctets

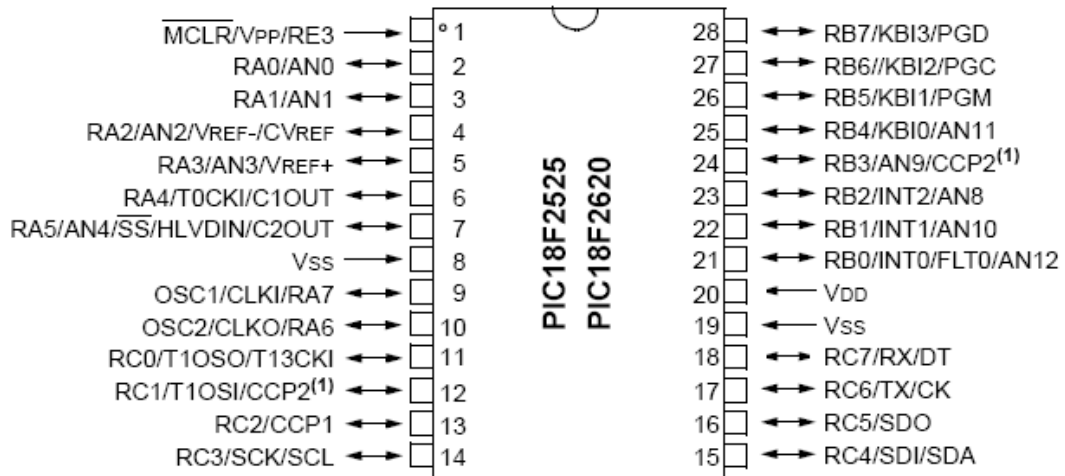
Interfaces, périphériques :

25 ou 36 I/O numériques (0-5V +/-25mA)
10 ou 13 entrées analogiques 10-bits
Port Série (USART, I²C/SPI)
4 Timers (compteurs)

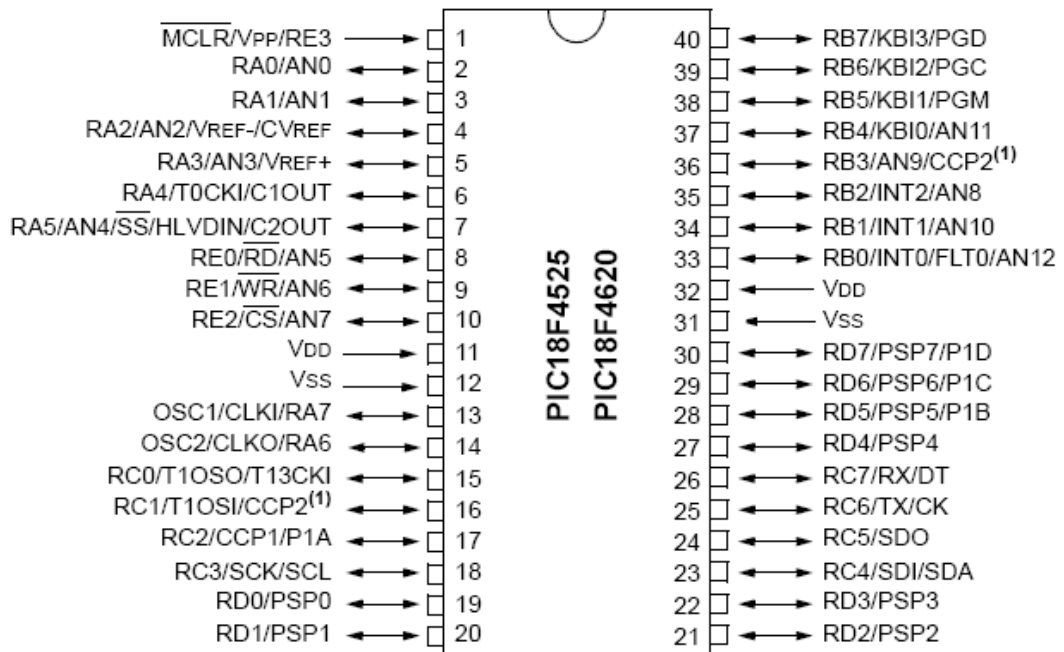
PIC18F (18FX620)

Brochage

28-Pin SPDIP, SOIC



40-Pin PDIP



PIC18F (18FX620)

La configuration générale

En dur (valable dès la mise sous tension) :

LES BITS DE CONFIGURATION

TABLE 23-1: CONFIGURATION BITS AND DEVICE IDs

File Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Default/ Unprogrammed Value	
300001h	CONFIG1H	IESO	FCMEN	—	—	FOSC3	FOSC2	FOSC1	FOSC0	00-- 0111
300002h	CONFIG2L	—	—	—	BORV1	BORV0	BOREN1	BOREN0	PWRTEN	---1 1111
300003h	CONFIG2H	—	—	—	WDTPS3	WDTPS2	WDTPS1	WDTPS0	WDTEN	---1 1111
300005h	CONFIG3H	MCLRE	—	—	—	—	LPT1OSC	PBADEN	CCP2MX	1--- -011
300006h	CONFIG4L	DEBUG	XINST	—	—	—	LVP	—	STVREN	10-- -1-1
300008h	CONFIG5L	—	—	—	—	CP3 ⁽¹⁾	CP2	CP1	CP0	---- 1111
300009h	CONFIG5H	CPD	CPB	—	—	—	—	—	—	11-- ----
30000Ah	CONFIG6L	—	—	—	—	WRT3 ⁽¹⁾	WRT2	WRT1	WRT0	---- 1111
30000Bh	CONFIG6H	WRTD	WRTB	WRTC	—	—	—	—	—	111- ----
30000Ch	CONFIG7L	—	—	—	—	EBTR3 ⁽¹⁾	EBTR2	EBTR1	EBTR0	---- 1111
30000Dh	CONFIG7H	—	EBTRB	—	—	—	—	—	—	-1-- ----

A configurer avant programmation :

FOSC3:0 : Oscillator = HS (High Speed - 20MHz external Quartz)

WDTEN : Watchdog Timer = Disabled

LVP : Low Voltage Program = Disabled

En RAM (changeable au cours du programme) :

LES REGISTRES

SPECIAL FUNCTION REGISTER MAP FOR PIC18F2620 DEVICES

Name	Name	Name	Name				
TOSU	INDF2 ⁽¹⁾	CCPR1H	IPR1	INTCON3	RCON	SPBRGH	__ ⁽²⁾
TOSH	POSTINC2 ⁽¹⁾	CCPR1L	PIR1	INDF0 ⁽¹⁾	TMR1H	SPBRG	__ ⁽²⁾
TOSL	POSTDEC2 ⁽¹⁾	CCP1CON	PIE1	POSTINC0 ⁽¹⁾	TMR1L	RCREG	__ ⁽²⁾
STKPTR	PREINC2 ⁽¹⁾	CCPR2H	__ ⁽²⁾	POSTDEC0 ⁽¹⁾	T1CON	TXREG	LATE ⁽³⁾
PCLATU	PLUSW2 ⁽¹⁾	CCPR2L	OSCTUNE	PREINC0 ⁽¹⁾	TMR2	TXSTA	LATD ⁽³⁾
PCLATH	FSR2H	CCP2CON	__ ⁽²⁾	PLUSW0 ⁽¹⁾	PR2	RCSTA	LATC
PCL	FSR2L	__ ⁽²⁾	__ ⁽²⁾	FSR0H	T2CON	EEADRH	LATB
TBLPTRU	STATUS	BAUDCON	__ ⁽²⁾	FSR0L	SSPBUF	EEADR	LATA
TBLPTRH	TMR0H	PWM1CON ⁽³⁾	__ ⁽²⁾	WREG	SSPADD	EEDATA	__ ⁽²⁾
TBLPTRL	TMR0L	ECCP1AS ⁽³⁾	TRISE ⁽³⁾	INDF1 ⁽¹⁾	SSPSTAT	EECON2 ⁽¹⁾	__ ⁽²⁾
TABLAT	T0CON	CVRCON	TRISD ⁽³⁾	POSTINC1 ⁽¹⁾	SSPCON1	EECON1	__ ⁽²⁾
PRODH	__ ⁽²⁾	CMCON	TRISC	POSTDEC1 ⁽¹⁾	SSPCON2	__ ⁽²⁾	__ ⁽²⁾
PRODL	OSCCON	TMR3H	TRISB	PREINC1 ⁽¹⁾	ADRESH	__ ⁽²⁾	PORTE ⁽³⁾
INTCON	HLVDCON	TMR3L	TRISA	PLUSW1 ⁽¹⁾	ADRESL	__ ⁽²⁾	PORTD ⁽³⁾
INTCON2	WDTCN	T3CON	__ ⁽²⁾	FSR1H	ADCON0	IPR2	PORTC
				FSR1L	ADCON1	PIR2	PORTB
				BSR	ADCON2	PIE2	PORTA

A initialiser dans le code au début du *main()* :

TRISA, TRISB, TRISC ... (sélection des entrées et sorties)

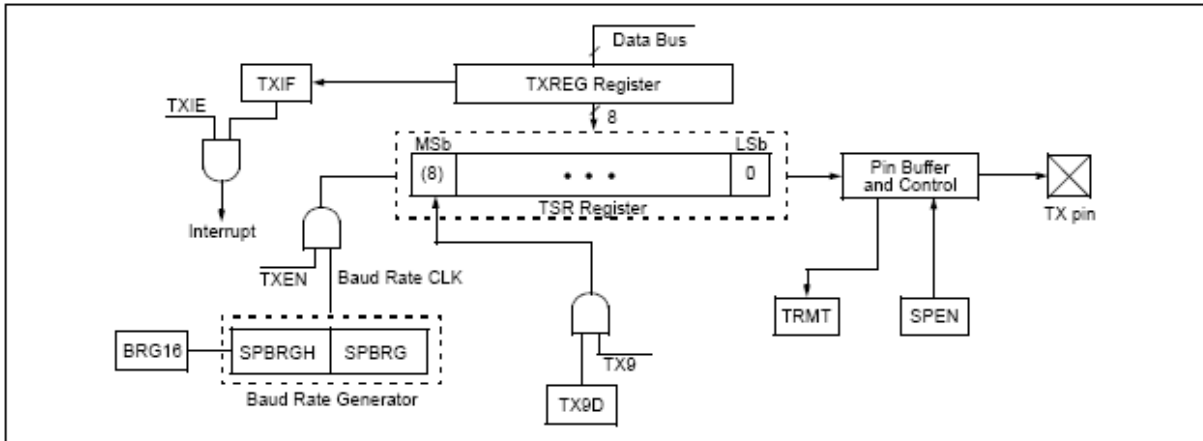
PIC18F (18FX620)

Le port série : l'USART en émission

Schéma de principe - Description

USART : Universal (Synchronous) Asynchronous (Receiver) Transmitter

FIGURE 18-3: EUSART TRANSMIT BLOCK DIAGRAM



Configuration

Mode Transmission asynchrone, Interruptions inactives,
8-bit de données, polarité non-inversée,
Réglage du débit souhaité :

TABLE 18-1: BAUD RATE FORMULAS

Configuration Bits			BRG/EUSART Mode	Baud Rate Formula
SYNC	BRG16	BRGH		
0	0	0	8-bit/Asynchronous	$F_{osc}/[64 (n + 1)]$
0	0	1	8-bit/Asynchronous	$F_{osc}/[16 (n + 1)]$
0	1	0	16-bit/Asynchronous	
0	1	1	16-bit/Asynchronous	$F_{osc}/[4 (n + 1)]$

$n = SPBRG$ (8-bit mode) ou $n = SPBRGH_SPBRG$ (16-bit mode)

F_{osc} = Fréquence du Quartz (4MHz ou 20MHz par exemple)

Mise en œuvre

Attendre que TXREG soit libre (pool **TXIF**)

Charger l'octet à envoyer dans **TXREG**. La transmission commence aussitôt.

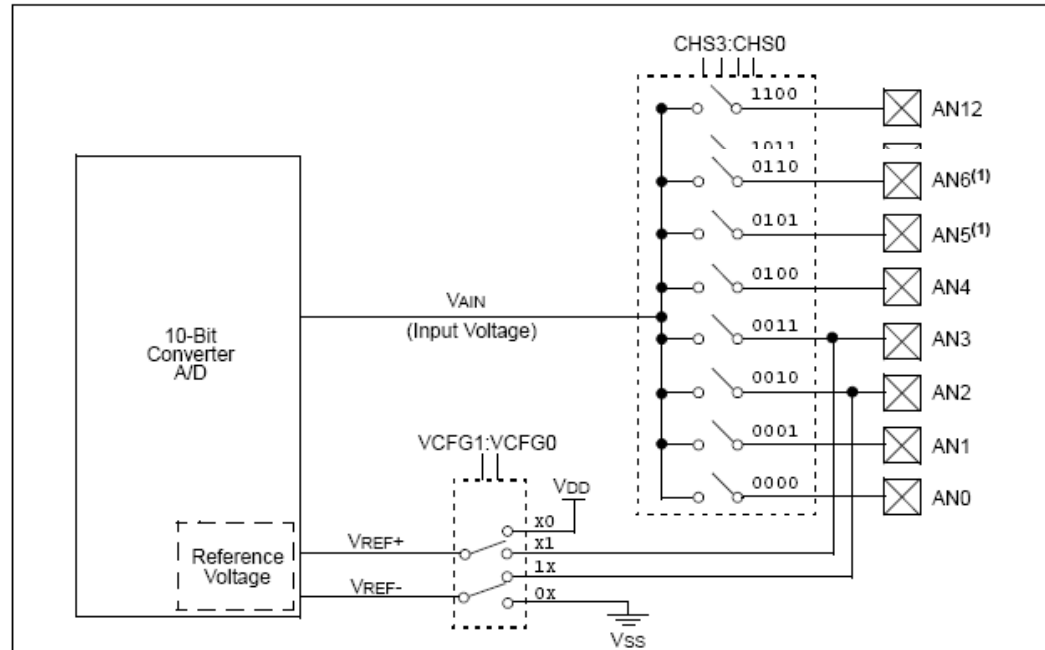
PIC18F (18FX620)

Convertisseur Analogique/Numérique (ADC)

Schéma de principe - Description

Le multiplexeur

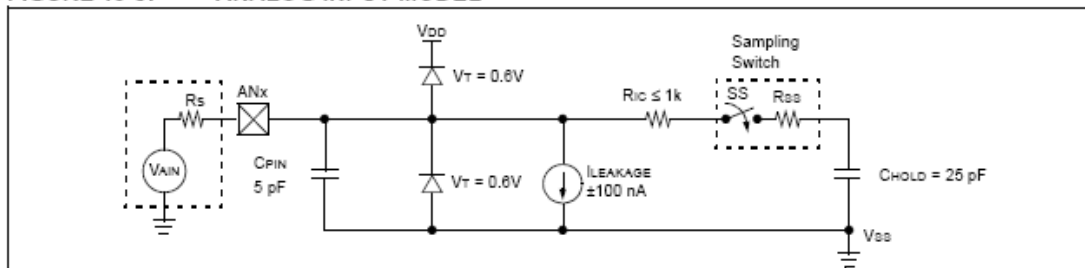
FIGURE 19-1: A/D BLOCK DIAGRAM



- X entrées multiplexées
- un seul convertisseur 10 bits
- tensions de référence internes (0-5V) ou externes (Vref- & Vref+)

Modélisation de l'échantillonneur bloqueur

FIGURE 19-3: ANALOG INPUT MODEL

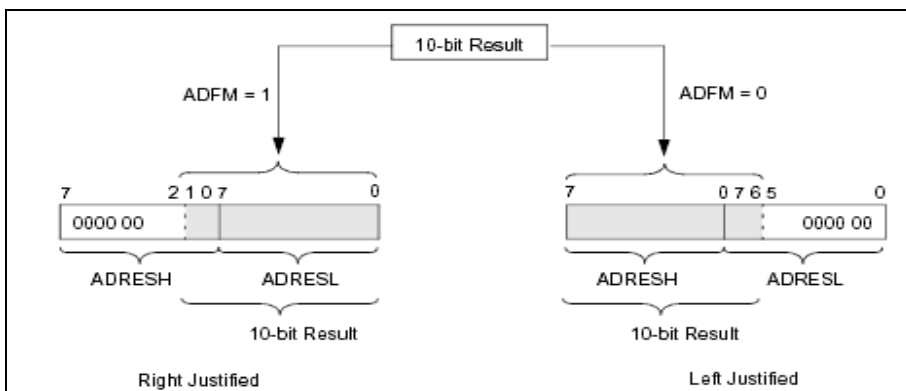


Impédance de la source (entrée analogique) : **2.5 kOhm maximum** recommandé.

PIC18F (18FX620)

Configuration du Convertisseur A/N

- Nombre d'entrées analogique,
- Sélection des tensions de références,
- Interruptions inactives,
- Régler l'horloge de conversion (conversion clock source), typ. $T_{AD} = 1\mu s$
 → cf tableau ci-dessous, ou calcul $T_{AD} = ? \times T_{osc}$ (avec $T_{osc} = 1/F_{quartz}$)
- Régler le temps d'acquisition (Acquisition Time), typ. $2.4\mu s$
 → si $T_{AD} \sim 1\mu s$, on peut prendre $T_{acq} = 2 \times T_{AD}$
- Justification à gauche pour avoir les 8 MSb dans ADRESH (cf ci-dessous)



ADRESH contient la partie haute (octet de poids fort) du résultat de la conversion.

TABLE 19-1: T_{AD} vs. DEVICE OPERATING FREQUENCIES

AD Clock Source (T_{AD})		Maximum Device Frequency	
Operation	ADCS2:ADCS0	PIC18F2X20/4X20	PIC18LF2X20/4X20 ⁽⁴⁾
2 T_{osc}	000	2.86 MHz	1.43 kHz
4 T_{osc}	100	5.71 MHz	2.86 MHz
8 T_{osc}	001	11.43 MHz	5.72 MHz
16 T_{osc}	101	22.86 MHz	11.43 MHz
32 T_{osc}	010	40.0 MHz	22.86 MHz

Utilisation du Convertisseur A/N

- Sélectionner la voie (*channel*) à acquérir,
- Lancer l'acquisition, qui se déroule en deux temps :
 - Attente que le condensateur se charge (Acquisition Time, typ. $2.4\mu s$)
 - Exécution de la conversion A/N par dichotomie ($12 \times T_{AD}$, où $T_{AD} = 1\mu s$ typ.)
- Attendre la fin de la conversion
- Lire le résultat dans ADRESH

FEATURES

- Low-Sine Wave Distortion 0.5%, Typical
- Excellent Temperature Stability 20ppm/°C, Typical
- Wide Sweep Range 2000:1, Typical
- Low-Supply Sensitivity 0.01%V, Typical
- Linear Amplitude Modulation
- TTL Compatible FSK Controls
- Wide Supply Range 10V to 26V
- Adjustable Duty Cycle 1% TO 99%

APPLICATIONS

- Waveform Generation
- Sweep Generation
- AM/FM Generation
- V/F Conversion
- FSK Generation
- Phase-Locked Loops (VCO)

GENERAL DESCRIPTION

The XR-2206 is a monolithic function generator integrated circuit capable of producing high quality sine, square, triangle, ramp, and pulse waveforms of high-stability and accuracy. The output waveforms can be both amplitude and frequency modulated by an external voltage. Frequency of operation can be selected externally over a range of 0.01Hz to more than 1MHz.

The circuit is ideally suited for communications, instrumentation, and function generator applications requiring sinusoidal tone, AM, FM, or FSK generation. It has a typical drift specification of 20ppm/°C. The oscillator frequency can be linearly swept over a 2000:1 frequency range with an external control voltage, while maintaining low distortion.

ORDERING INFORMATION

Part No.	Package	Operating Temperature Range
XR-2206M	CDIP	-55°C to +125°C
XR-2206P	PDIP	0°C to +70°C
XR-2206CP	PDIP	0°C to +70°C
XR-2206D	SOIC (JEDEC)	0°C to +70°C Only in Wide Body .3"

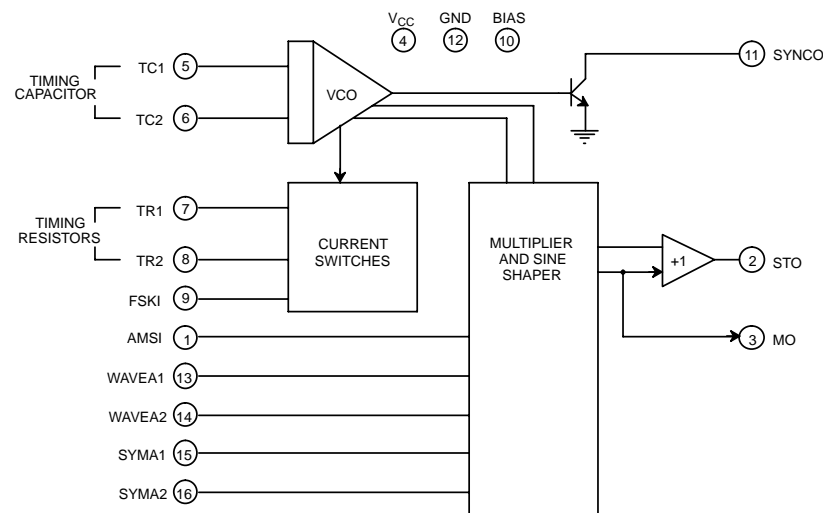
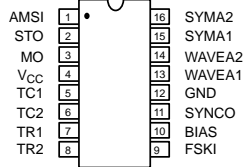
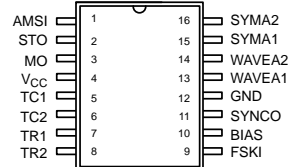


Figure 1. XR-2206 Block Diagram.



16 Pin PDIP, CDIP



16 Pin SOIC (JEDEC)

PIN DESCRIPTION

Pin #	Symbol	Type	Description
1	AMSI	I	Amplitude Modulating Signal Input.
2	STO	O	Sine or Triangle Wave Output.
3	MO	O	Multiplier Output.
4	V _{CC}	-	Positive Power Supply.
5	TC1	I	Timing Capacitor Input.
6	TC2	I	Timing Capacitor Input.
7	TR1	O	Timing Resistor 1 Output.
8	TR2	O	Timing Resistor 2 Output.
9	FSK1	I	Frequency Shift Keying Input.
10	BIAS	O	Internal Voltage Reference.
11	SYNCO	O	Sync Output. This output is an open collector and needs a pull up resistor to V _{CC} .
12	GND	-	Ground pin.
13	WAVEA1	I	Wave Form Adjust Input 1.
14	WAVEA2	I	Wave Form Adjust Input 2.
15	SYMA1	I	Wave Symetry Adjust 1.
16	SYMA2	I	Wave Symetry Adjust 2.

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Test Conditions: Test Circuit of Figure 2. V_{CC} = 12V, T_A = 25°C, C = 0.01μF, R₁ = 100kΩ, R₂ = 10kΩ, R₃ = 25kΩ unless otherwise specified. S₁ open for triangle, closed for sine wave.

PARAMETERS	XR-2206M			XR-2206C			UNITS	CONDITIONS
	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX		
GENERAL CHARACTERISTICS								
Single Supply Voltage	10		26	10		26	V	
Split-Supply Voltage	±5		±13	±5		±13	V	
Supply Current		12	17		14	20	mA	R ₁ ≥ 10kΩ
OSCILLATOR SECTION								
Max. Operating Frequency	0.5	1		0.5	1		MHz	C = 1000pF, R ₁ = 1kΩ
Lowest Practical Frequency		0.01			0.01		Hz	C = 50μF, R ₁ = 2MΩ
Frequency Accuracy		±1	±4		±2		% of f ₀	f ₀ = 1/R ₁ C
Temperature Stability Frequency		±10	±50		±20		ppm/°C	0°C ≤ T _A ≤ 70°C R ₁ = R ₂ = 20kΩ
Sine Wave Amplitude Stability		4800			4800		ppm/°C	See Note 2.
Supply Sensitivity		0.01	0.1		0.01		%/V	V _{LOW} = 10V, V _{HIGH} = 20V, R ₁ = R ₂ = 20kΩ
Sweep Range	1000:1	2000:1			2000:1		f _H = f _L	f _H @ R ₁ = 1kΩ f _L @ R ₁ = 2MΩ
Sweep Linearity								
10:1 Sweep		2			2		%	f _L = 1kHz, f _H = 10kHz
1000:1 Sweep		8			8		%	f _L = 100Hz, f _H = 100kHz
FM Distortion		0.1			0.1		%	±10% Deviation
Recommended Timing Components								
Timing Capacitor: C	0.001		100	0.001		100	μF	Figure 5.
Timing Resistors: R ₁ & R ₂	1		2000	1		2000	kΩ	
Triangle Sine Wave Output								
Triangle Amplitude		160			160		mV/kΩ	See Note 1, Figure 3.
Sine Wave Amplitude	40	60	80		60		mV/kΩ	Figure 2., S ₁ Open
Max. Output Swing		6			6		V _{p-p}	Figure 2., S ₁ Closed
Output Impedance		600			600		Ω	
Triangle Linearity		1			1		%	
Amplitude Stability		0.5			0.5		dB	For 1000:1 Sweep
Sine Wave Distortion								
Without Adjustment		2.5			2.5		%	R ₁ = 30kΩ
With Adjustment		0.4	1.0		0.5	1.5	%	See Figure 7. and Figure 8.

Note: Bold face parameters are covered by production test and guaranteed over operating temperature range.

PARAMETERS	XR-2206M			XR-2206C			UNITS	CONDITIONS
	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX		
Amplitude Modulation								
Input Impedance	50	100		50	100		kΩ	
Modulation Range		100			100		%	
Carrier Suppression		55			55		dB	
Linearity		2			2		%	For 95% modulation
Square-Wave Output								
Amplitude		12			12		Vp-p	Measured at Pin 11.
Rise Time		250			250		nsec	$C_L = 10\text{pF}$
Fall Time		50			50		nsec	$C_L = 10\text{pF}$
Saturation Voltage		0.2	0.4		0.2	0.6	V	$I_L = 2\text{mA}$
Leakage Current		0.1	20		0.1	100	μA	$V_{CC} = 26\text{V}$
FSK Keying Level (Pin 9)	0.8	1.4	2.4	0.8	1.4	2.4	V	See section on circuit controls
Reference Bypass Voltage	2.9	3.1	3.3	2.5	3	3.5	V	Measured at Pin 10.

Note 1: Output amplitude is directly proportional to the resistance, R_3 , on Pin 3. See Figure 3.
Note 2: For maximum amplitude stability, R_3 should be a positive temperature coefficient resistor.

Specifications are subject to change without notice

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Power Supply	26V	Total Timing Current	6mA
Power Dissipation	750mW	Storage Temperature	-65°C to +150°C
Derate Above 25°C	5mW/°C		

SYSTEM DESCRIPTION

The XR-2206 is comprised of four functional blocks; a voltage-controlled oscillator (VCO), an analog multiplier and sine-shaper; a unity gain buffer amplifier; and a set of current switches.

The VCO produces an output frequency proportional to an input current, which is set by a resistor from the timing

terminals to ground. With two timing pins, two discrete output frequencies can be independently produced for FSK generation applications by using the FSK input control pin. This input controls the current switches which select one of the timing resistor currents, and routes it to the VCO.

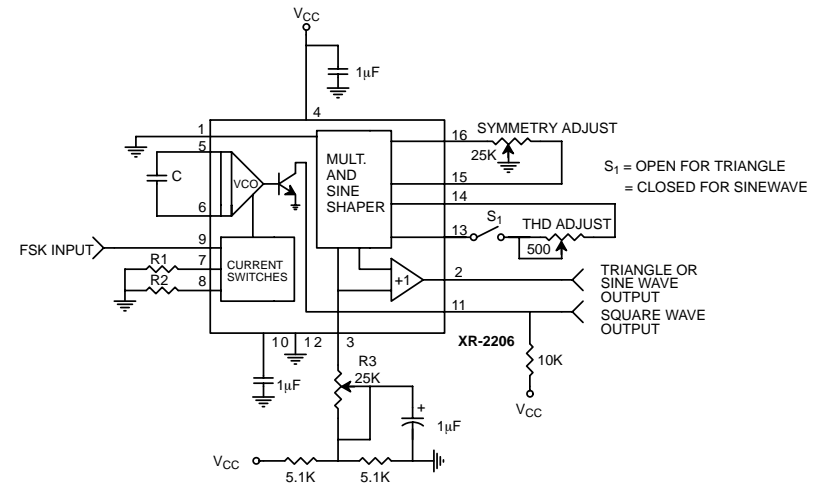


Figure 2. Basic Test Circuit.

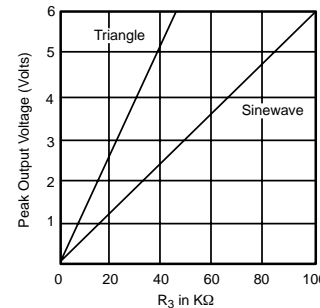


Figure 3. Output Amplitude as a Function of the Resistor, R_3 , at Pin 3.

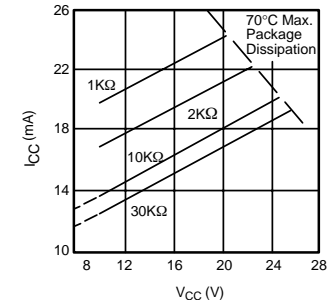


Figure 4. Supply Current vs Supply Voltage, Timing, R .

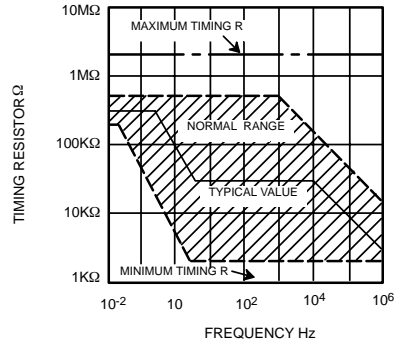


Figure 5. R versus Oscillation Frequency.

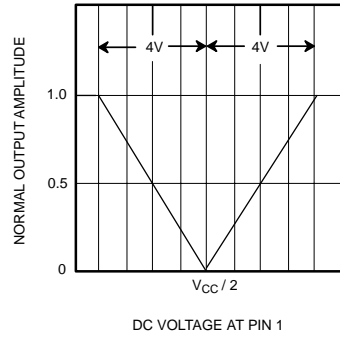


Figure 6. Normalized Output Amplitude versus DC Bias at AM Input (Pin 1)

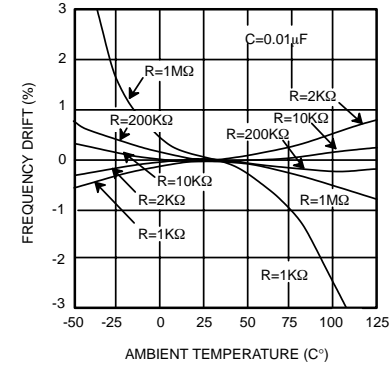


Figure 9. Frequency Drift versus Temperature.

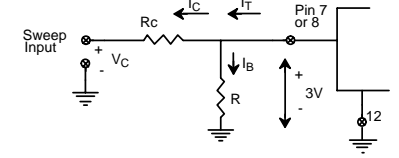


Figure 10. Circuit Connection for Frequency Sweep.

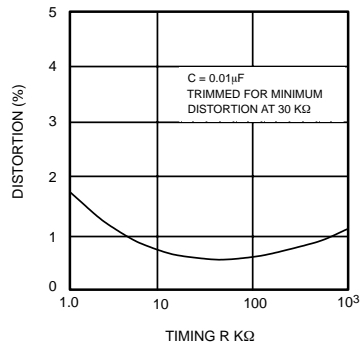


Figure 7. Trimmed Distortion versus Timing Resistor.

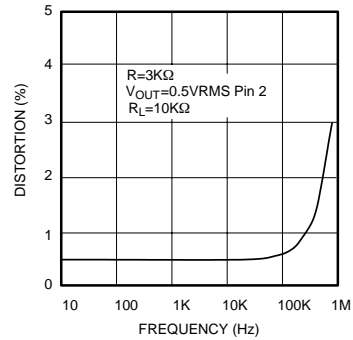


Figure 8. Sine Wave Distortion versus Operating Frequency with Timing Capacitors Varied.

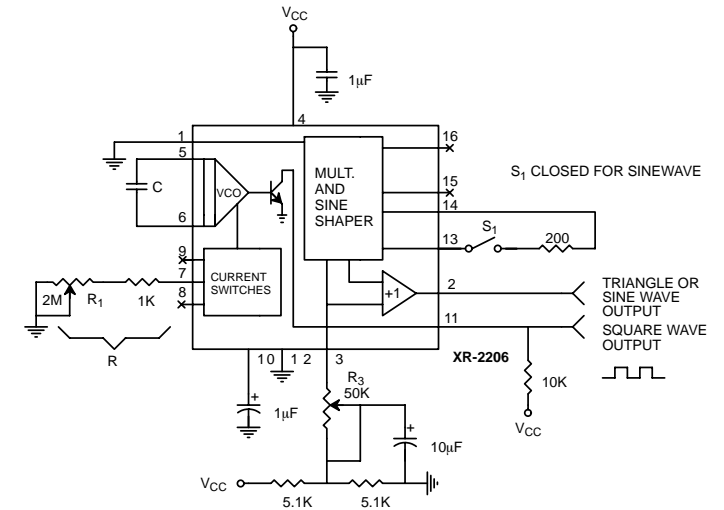


Figure 11. Circuit for Sine Wave Generation without External Adjustment. (See Figure 3. for Choice of R₃)

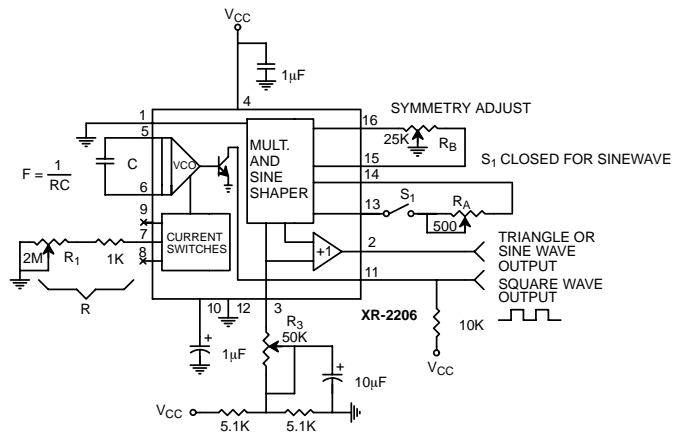


Figure 12. Circuit for Sine Wave Generation with Minimum Harmonic Distortion. (R₃ Determines Output Swing - See Figure 3.)

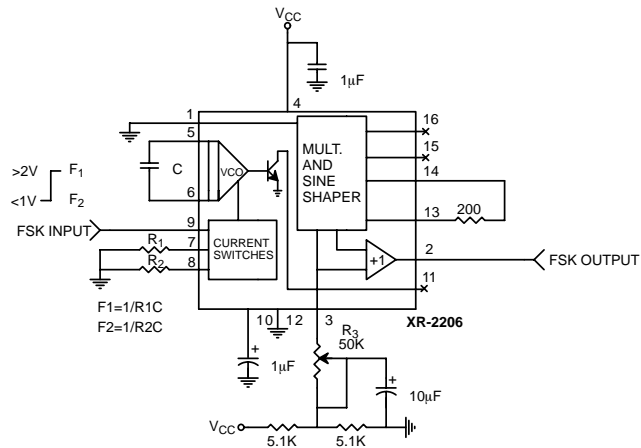


Figure 13. Sinusoidal FSK Generator

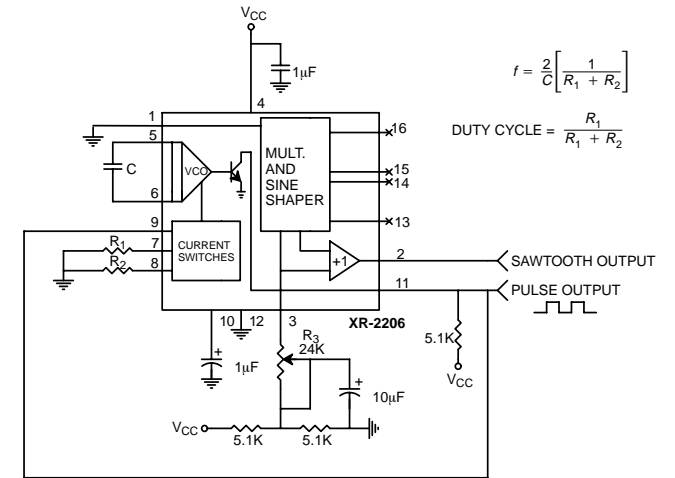


Figure 14. Circuit for Pulse and Ramp Generation.

Frequency-Shift Keying:

The XR-2206 can be operated with two separate timing resistors, R₁ and R₂, connected to the timing Pin 7 and 8, respectively, as shown in Figure 13. Depending on the polarity of the logic signal at Pin 9, either one or the other of these timing resistors is activated. If Pin 9 is open-circuited or connected to a bias voltage ≥ 2V, only R₁ is activated. Similarly, if the voltage level at Pin 9 is ≤ 1V, only R₂ is activated. Thus, the output frequency can be keyed between two levels. f₁ and f₂, as:

$$f_1 = 1/R_1C \text{ and } f_2 = 1/R_2C$$

For split-supply operation, the keying voltage at Pin 9 is referenced to V₋.

Output DC Level Control:

The dc level at the output (Pin 2) is approximately the same as the dc bias at Pin 3. In Figure 11., Figure 12. and Figure 13., Pin 3 is biased midway between V₊ and ground, to give an output dc level of ≈ V₊/2.

APPLICATIONS INFORMATION

Sine Wave Generation

Without External Adjustment:

Figure 11. shows the circuit connection for generating a sinusoidal output from the XR-2206. The potentiometer, R₁ at Pin 7, provides the desired frequency tuning. The maximum output swing is greater than V₊/2, and the typical distortion (THD) is < 2.5%. If lower sine wave distortion is desired, additional adjustments can be provided as described in the following section.

The circuit of Figure 11. can be converted to split-supply operation, simply by replacing all ground connections with V₋. For split-supply operation, R₃ can be directly connected to ground.

With External Adjustment:

The harmonic content of sinusoidal output can be reduced to -0.5% by additional adjustments as shown in Figure 12. The potentiometer, R_A, adjusts the sine-shaping resistor, and R_B provides the fine adjustment for the waveform symmetry. The adjustment procedure is as follows:

1. Set R_B at midpoint and adjust R_A for minimum distortion.
2. With R_A set as above, adjust R_B to further reduce distortion.

Triangle Wave Generation

The circuits of Figure 11, and Figure 12, can be converted to triangle wave generation, by simply open-circuiting Pin 13 and 14 (i.e., S₁ open). Amplitude of the triangle is approximately twice the sine wave output.

FSK Generation

Figure 13, shows the circuit connection for sinusoidal FSK signal operation. Mark and space frequencies can be independently adjusted by the choice of timing resistors, R₁ and R₂; the output is phase-continuous during transitions. The keying signal is applied to Pin 9. The circuit can be converted to split-supply operation by simply replacing ground with V₋.

Pulse and Ramp Generation

NO TAG shows the circuit for pulse and ramp waveform generation. In this mode of operation, the FSK keying terminal (Pin 9) is shorted to the square-wave output (Pin 11), and the circuit automatically frequency-shift keys itself between two separate frequencies during the positive-going and negative-going output waveforms. The pulse width and duty cycle can be adjusted from 1% to 99% by the choice of R₁ and R₂. The values of R₁ and R₂ should be in the range of 1kΩ to 2MΩ.

PRINCIPLES OF OPERATION

Description of Controls

Frequency of Operation:

The frequency of oscillation, f_o, is determined by the external timing capacitor, C, across Pin 5 and 6, and by the timing resistor, R, connected to either Pin 7 or 8. The frequency is given as:

$$f_o = \frac{1}{RC} \text{ Hz}$$

and can be adjusted by varying either R or C. The recommended values of R, for a given frequency range, as shown in Figure 5. Temperature stability is optimum for 4kΩ < R < 200kΩ. Recommended values of C are from 1000pF to 100μF.

Frequency Sweep and Modulation:

Frequency of oscillation is proportional to the total timing current, I_T, drawn from Pin 7 or 8:

$$f = \frac{320I_T(mA)}{C(\mu F)} \text{ Hz}$$

Timing terminals (Pin 7 or 8) are low-impedance points, and are internally biased at +3V, with respect to Pin 12. Frequency varies linearly with I_T, over a wide range of current values, from 1μA to 3mA. The frequency can be controlled by applying a control voltage, V_C, to the activated timing pin as shown in Figure 10. The frequency of oscillation is related to V_C as:

$$f = \frac{1}{RC} \left(1 + \frac{R}{R_c} \left(1 - \frac{V_c}{3} \right) \right) \text{ Hz}$$

where V_C is in volts. The voltage-to-frequency conversion gain, K, is given as:

$$K = \partial f / \partial V_c = - \frac{0.32}{R_c C} \text{ Hz/V}$$

CAUTION: For safety operation of the circuit, I_T should be limited to ≤ 3mA.

Output Amplitude:

Maximum output amplitude is inversely proportional to the external resistor, R₃, connected to Pin 3 (see Figure 3.) For sine wave output, amplitude is approximately 60mV peak per kΩ of R₃; for triangle, the peak amplitude is approximately 160mV peak per kΩ of R₃. Thus, for example, R₃ = 50kΩ would produce approximately 13V sinusoidal output amplitude.

Amplitude Modulation:

Output amplitude can be modulated by applying a dc bias and a modulating signal to Pin 1. The internal impedance

at Pin 1 is approximately 100kΩ. Output amplitude varies linearly with the applied voltage at Pin 1, for values of dc bias at this pin, within 14 volts of V_{CC}/2 as shown in Figure 6. As this bias level approaches V_{CC}/2, the phase of the output signal is reversed, and the amplitude goes through zero. This property is suitable for phase-shift keying and suppressed-carrier AM generation. Total dynamic range of amplitude modulation is approximately 55dB.

CAUTION: AM control must be used in conjunction with a well-regulated supply, since the output amplitude now becomes a function of V_{CC}.

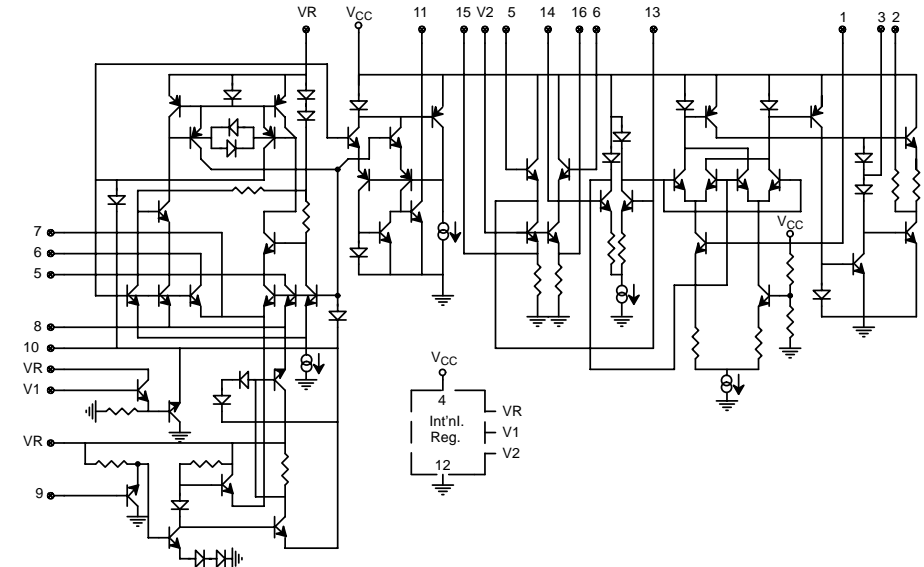


Figure 15. Equivalent Schematic Diagram

LM124/LM224/LM324/LM2902 Low Power Quad Operational Amplifiers

General Description

The LM124 series consists of four independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

Application areas include transducer amplifiers, DC gain blocks and all the conventional op amp circuits which now can be more easily implemented in single power supply systems. For example, the LM124 series can be directly operated off of the standard +5V power supply voltage which is used in digital systems and will easily provide the required interface electronics without requiring the additional $\pm 15V$ power supplies.

Unique Characteristics

- In the linear mode the input common-mode voltage range includes ground and the output voltage can also swing to ground, even though operated from only a single power supply voltage
- The unity gain cross frequency is temperature compensated
- The input bias current is also temperature compensated

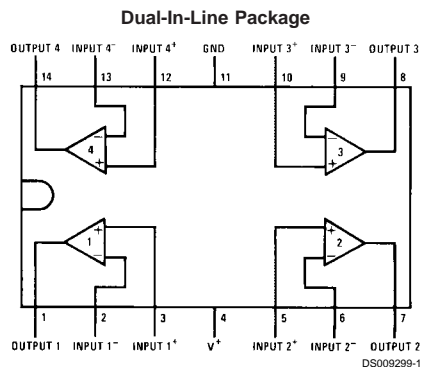
Advantages

- Eliminates need for dual supplies
- Four internally compensated op amps in a single package
- Allows directly sensing near GND and V_{OUT} also goes to GND
- Compatible with all forms of logic
- Power drain suitable for battery operation

Features

- Internally frequency compensated for unity gain
- Large DC voltage gain 100 dB
- Wide bandwidth (unity gain) 1 MHz (temperature compensated)
- Wide power supply range:
 - Single supply 3V to 32V
 - or dual supplies $\pm 1.5V$ to $\pm 16V$
- Very low supply current drain (700 μA) — essentially independent of supply voltage
- Low input biasing current 45 nA (temperature compensated)
- Low input offset voltage 2 mV and offset current: 5 nA
- Input common-mode voltage range includes ground
- Differential input voltage range equal to the power supply voltage
- Large output voltage swing 0V to $V^+ - 1.5V$

Connection Diagram



Order Number LM124J, LM124AJ, LM124J/883 (Note 2), LM124AJ/883 (Note 1), LM224J, LM224AJ, LM324J, LM324M, LM324AM, LM2902M, LM324N, LM324AN or LM2902N
LM124AJRQML and LM124AJRQMLV (Note 3)
See NS Package Number J14A, M14A or N14A

Note 1: LM124A available per JM38510/11006

Note 2: LM124 available per JM38510/11005

MC78XX/LM78XX/MC78XXA

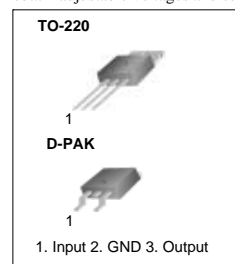
3-Terminal 1A Positive Voltage Regulator

Features

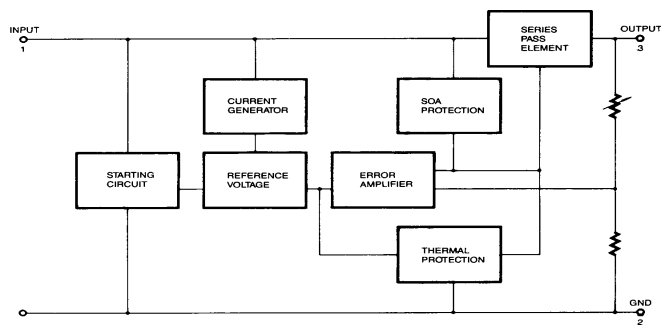
- Output Current up to 1A
- Output Voltages of 5, 6, 8, 9, 10, 12, 15, 18, 24V
- Thermal Overload Protection
- Short Circuit Protection
- Output Transistor Safe Operating Area Protection

Description

The MC78XX/LM78XX/MC78XXA series of three terminal positive regulators are available in the TO-220/D-PAK package and with several fixed output voltages, making them useful in a wide range of applications. Each type employs internal current limiting, thermal shut down and safe operating area protection, making it essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1A output current. Although designed primarily as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.



Internal Block Diagram



Rev. 1.0.1

Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Value	Unit
Input Voltage (for $V_O = 5V$ to $18V$) (for $V_O = 24V$)	V_I	35	V
	V_I	40	V
Thermal Resistance Junction-Cases (TO-220)	$R_{\theta JC}$	5	$^{\circ}C/W$
Thermal Resistance Junction-Air (TO-220)	$R_{\theta JA}$	65	$^{\circ}C/W$
Operating Temperature Range	T_{OPR}	0 ~ +125	$^{\circ}C$
Storage Temperature Range	T_{STG}	-65 ~ +150	$^{\circ}C$

Electrical Characteristics (MC7805/LM7805)

(Refer to test circuit, $0^{\circ}C < T_J < 125^{\circ}C$, $I_O = 500mA$, $V_I = 10V$, $C_I = 0.33\mu F$, $C_O = 0.1\mu F$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	MC7805/LM7805			Unit
			Min.	Typ.	Max.	
Output Voltage	V_O	$T_J = +25^{\circ}C$ $5.0mA \leq I_O \leq 1.0A$, $P_O \leq 15W$ $V_I = 7V$ to $20V$	4.8	5.0	5.2	V
			4.75	5.0	5.25	
Line Regulation (Note1)	Regline	$T_J = +25^{\circ}C$ $V_O = 7V$ to $25V$ $V_I = 8V$ to $12V$	-	4.0	100	mV
			-	1.6	50	
Load Regulation (Note1)	Regload	$T_J = +25^{\circ}C$ $I_O = 5.0mA$ to $1.5A$ $I_O = 250mA$ to $750mA$	-	9	100	mV
			-	4	50	
Quiescent Current	I_Q	$T_J = +25^{\circ}C$	-	5.0	8.0	mA
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$I_O = 5mA$ to $1.0A$ $V_I = 7V$ to $25V$	-	0.03	0.5	mA
			-	0.3	1.3	
Output Voltage Drift	$\Delta V_O / \Delta T$	$I_O = 5mA$	-	-0.8	-	mV/ $^{\circ}C$
Output Noise Voltage	V_N	$f = 10Hz$ to $100KHz$, $T_A = +25^{\circ}C$	-	42	-	$\mu V/V_O$
Ripple Rejection	RR	$f = 120Hz$ $V_O = 8V$ to $18V$	62	73	-	dB
Dropout Voltage	V_{Drop}	$I_O = 1A$, $T_J = +25^{\circ}C$	-	2	-	V
Output Resistance	r_O	$f = 1KHz$	-	15	-	m Ω
Short Circuit Current	I_{SC}	$V_I = 35V$, $T_A = +25^{\circ}C$	-	230	-	mA
Peak Current	I_{PK}	$T_J = +25^{\circ}C$	-	2.2	-	A

Note:

1. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.



Pin Programmable Precision Voltage Reference

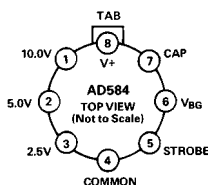
AD584*

FEATURES

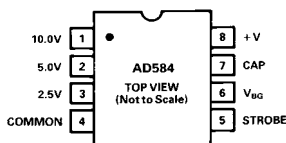
- Four Programmable Output Voltages: 10.000 V, 7.500 V, 5.000 V, 2.500 V
- Laser-Trimmed to High Accuracies
- No External Components Required
- Trimmed Temperature Coefficient: 5 ppm/°C max, 0°C to +70°C (AD584L) 15 ppm/°C max, -55°C to +125°C (AD584T)
- Zero Output Strobe Terminal Provided
- Two Terminal Negative Reference Capability (5 V & Above)
- Output Sources or Sinks Current
- Low Quiescent Current: 1.0 mA max
- 10 mA Current Output Capability
- MIL-STD-883 Compliant Versions Available

PIN CONFIGURATIONS

8-Pin TO-99



8-Pin DIP



GENERAL DESCRIPTION

The AD584 is an eight-terminal precision voltage reference offering pin-programmable selection of four popular output voltages: 10.000 V, 7.500 V, 5.000 V and 2.500 V. Other output voltages, above, below or between the four standard outputs, are available by the addition of external resistors. Input voltage may vary between 4.5 and 30 volts.

Laser Wafer Trimming (LWT) is used to adjust the pin-programmable output levels and temperature coefficients, resulting in the most flexible high precision voltage reference available in monolithic form.

In addition to the programmable output voltages, the AD584 offers a unique strobe terminal which permits the device to be turned on or off. When the AD584 is used as a power supply reference, the supply can be switched off with a single, low-power signal. In the "off" state the current drain by the AD584 is reduced to about 100 µA. In the "on" state the total supply current is typically 750 µA including the output buffer amplifier.

The AD584 is recommended for use as a reference for 8-, 10- or 12-bit D/A converters which require an external precision reference. The device is also ideal for all types of A/D converters of up to 14-bit accuracy, either successive approximation or integrating designs, and in general can offer better performance than that provided by standard self-contained references.

The AD584J, K and L are specified for operation from 0°C to +70°C; the AD584S and T are specified for the -55°C to +125°C range. All grades are packaged in a hermetically sealed eight-terminal TO-99 metal can; the AD584 J and K are also available in an 8-pin plastic DIP.

*Protected by U.S. Patent No. 3,887,863; RE 30,586

REV. A

Information furnished by Analog Devices is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Analog Devices for its use, nor for any infringements of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Analog Devices.

One Technology Way, P.O. Box 9106, Norwood, MA 02062-9106, U.S.A.
Tel: 617/329-4700 Fax: 617/326-8703

AD584

USING THE STROBE TERMINAL

The AD584 has a strobe input which can be used to zero the output. This unique feature permits a variety of new applications in signal and power conditioning circuits.

Figure 9 illustrates the strobe connection. A simple NPN switch can be used to translate a TTL logic signal into a strobe of the output. The AD584 operates normally when there is no current drawn from Pin 5. Bringing this terminal low, to less than 200 mV, will allow the output voltage to go to zero. In this mode the AD584 should not be required to source or sink current (unless a 0.7 V residual output is permissible). If the AD584 is required to sink a transient current while strobed off, the strobe terminal input current should be limited by a 100 Ω resistor as shown in Figure 9.

The strobe terminal will tolerate up to 5 µA leakage and its driver should be capable of sinking 500 µA continuous. A low leakage open collector gate can be used to drive the strobe terminal directly, provided the gate can withstand the AD584 output voltage plus one volt.

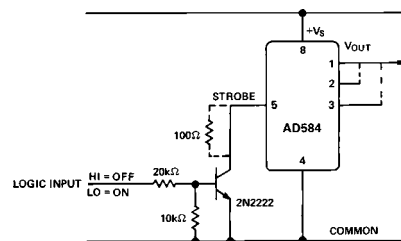


Figure 9. Use of the Strobe Terminal

PRECISION HIGH CURRENT SUPPLY

The AD584 can be easily connected to a power PNP or power Darlington PNP device to provide much greater output current capability. The circuit shown in Figure 10 delivers a precision 10 volt output with up to 4 amperes supplied to the load. The 0.1 µF capacitor is required only if the load has a significant capacitive component. If the load is purely resistive, improved high frequency supply rejection results from removing the capacitor.

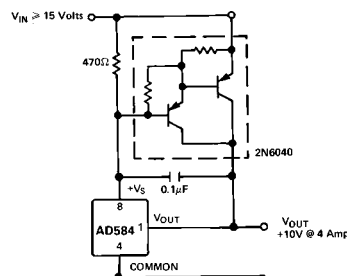


Figure 10. High Current Precision Supply

The AD584 can also use an NPN or Darlington NPN transistor to boost its output current. Simply connect the 10 V output terminal of the AD584 to the base of the NPN booster and take the output from the booster emitter as shown in Figure 11. The 5.0 V or 2.5 V pin must connect to the actual output in this configuration. Variable or adjustable outputs (as shown in Figures 1 and 2) may be combined with +5.0 V connection to obtain outputs above +5.0 V.

THE AD584 AS A CURRENT LIMITER

The AD584 represents an alternative to current limiter diodes which require factory selection to achieve a desired current. Use of current limiting diodes often results in temperature coefficients of 1%/°C. Use of the AD584 in this mode is not limited to a set current limit; it can be programmed from 0.75 mA to 5 mA with the insertion of a single external resistor (see Figure 12). Of course, the minimum voltage required to drive the connection is 5 volts.

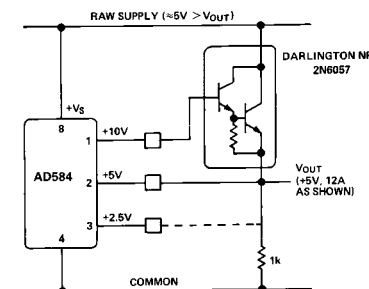


Figure 11. NPN Output Current Booster

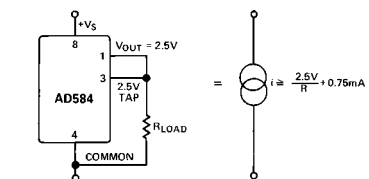


Figure 12. A Two-Component Precision Current Limiter

NEGATIVE REFERENCE VOLTAGES FROM AN AD584

The AD584 can also be used in a two-terminal "Zener" mode to provide a precision -10 volt, -7.5 volt or -5.0 volt reference. As shown in Figure 13, the V_{IN} and V_{OUT} terminals are connected together to the positive supply (in this case, ground). The AD584 common pin is connected through a resistor to the negative supply. The output is now taken from the common pin instead of V_{OUT} . With 1 mA flowing through the AD584 in this mode, a typical unit will show a 2 mV increase in output level over that produced in the three-terminal mode. Note also that the effective output impedance in this connection increases from 0.2 Ω typical to 2 Ω. It is essential to arrange the output load and the supply resistor, R_S , so that the net current through the AD584 is always between 1 mA and 5 mA (between 2 mA and 5 mA for operation beyond +85°C). The temperature character-

Glossaire

Glossaire

Termes de CEM

Perturbation de mode commun

Se dit d'une perturbation qui crée un courant qui circule sur le fil + (phase) et sur le fil – (neutre) et qui se reboucle par la terre ou le châssis.

Perturbation de mode différentiel

Se dit d'une perturbation qui crée un courant qui circule sur le fil + (phase) et se reboucle sur le fil – (neutre).

Perturbation rayonnée

Parasitage sous forme de rayonnement hertzien (ou électromagnétique). Produit par exemple par un émetteur radio, la foudre, les transformateurs, l'allumage d'un moteur thermique, une boucle magnétique ou un fil isolé soumis à des variations rapides de tension.

Perturbation conduite

Parasitage sous forme de courants ou tensions parasites sur les fils. Produit par exemple par une alimentation à découpage, un circuit d'électronique de puissance, de logique rapide ou d'électronique HF.

Susceptibilité

Capacité d'un système à encaisser les parasites tout en maintenant un fonctionnement et des performances nominales.

Capacités de découplage (« bypass »)

Capacités (sous forme de condensateurs) qui bloquent les signaux variables pour ne laisser passer que la valeur continue. Elles sont utilisées en particulier pour diminuer les fluctuations d'entrée.

Inductance de choc

Inductances qui bloquent les variations de courants pour ne laisser passer que la valeur continue. Elles sont souvent utilisées dans les émetteurs et récepteurs.

Termes d'électronique radio

Bande spectrale

Plage de fréquence occupée par un signal. Par exemple une sinusoïde occupe une bande spectrale infiniment fine (signal bande étroite), alors qu'une impulsion ou un bruit occupent une bande spectrale infiniment grande.

Bande étroite

Se dit d'un signal qui occupe une bande spectrale inférieure à la bande passante de l'appareil de mesure.

Bande large

Se dit d'un signal qui occupe une bande spectrale supérieure à la bande passante de l'appareil de mesure.

TOS : Taux d'ondes stationnaires

Coefficient de réflexion entre onde incidente et onde réfléchie (au bout d'un coaxial ou au pied de l'antenne par exemple) lors d'une désadaptation d'une ligne de transmission. Le TOS est toujours inférieur à 1 et vaut 0 pour une ligne parfaitement adaptée.

ROS : Rapport des Ondes Stationnaires

Le Rapport des Ondes Stationnaires est défini à partir du TOS :

$$ROS = \frac{1 + TOS}{1 - TOS}$$

Pour une ligne adaptée, ROS = 1.

L'adaptation commence à être franchement mauvaise pour un ROS supérieur à 2

Diagramme de rayonnement (d'une antenne)

Graphique représentant les performances de rayonnement en 3D de l'antenne dans un repère sphérique. Il est donc composé de deux graphiques (horizontal et vertical)

Impédance (Z)

Rapport $U(f)/I(f)$. Dépend de la fréquence considérée.

Résistance (R)

Rapport U/I en continu (pour toute fréquence).

Impédance de ligne (ou impédance caractéristique)

Rien à voir avec l'impédance électrique !!!!

C'est l'impédance que présente un câble à l'impulsion brève d'un générateur (plus courte que le temps de propagation du câble).

Autre définition :

Charge qu'il faut placer en série au générateur et en charge pour transmettre tout signal numérique sans déformations ni réflexion.

Par exemple, un câble 50 ohms ne transmet qu'un signal correctement en HF que s'il est chargé par 50 ohms et alimenté par un générateur HF 50 ohms.

Ligne adaptée

Ligne chargée par une impédance valant son impédance caractéristique.

Standard SNR

Le standard numérique de transmission utilisé par PLANETES SCIENCES.
Constitué d'un préfixe (0xFF) et de n octets, transmis à 1200 bauds ou 4800 bauds en UART (1 bit de start, deux bits de stop).

Standard IRIG

Le standard analogique de transmission utilisé par PLANETES SCIENCES.
Il est réalisé par un multiplexage de signaux audio modulés en fréquence.

Termes relatifs aux amplificateurs opérationnels

Courant de bias

Courant entrant (ou sortant) en quantité identique par les entrées V+ et V- d'un amplificateur opérationnel et servant à polariser les étages d'entrée des amplis op.

Ordre de grandeur : qq 10 pA pour les amplificateurs JFET, jusqu'à qq 10 nA pour les amplificateurs bipolaires.

Le Courant de bias se compense facilement en dimensionnant le circuit de telle façon que l'impédance à l'entrée V+ soit égale à l'entrée V-.

Les fabricants spécifient aussi la dérive en température du courant de bias qui représente sa variation en température.

Courant d'offset

Valeur absolue de la différence du courant entrant (ou sortant) des entrées V+ et V- d'un amplificateur opérationnel.

Ordre de grandeur : qq pA pour les amplificateurs JFET à quelques nA pour les amplificateurs bipolaires.

Impossible à compenser de façon systématique (sans potentiomètre). Gênant pour les amplificateurs à fort gain et les intégrateurs.

Les fabricants spécifient aussi la dérive en température du courant de d'offset qui représente sa variation en température.

Tension d'offset

Tension à appliquer entre V+ et V- pour obtenir 0V en sortie de l'amplificateur.

Typiquement de qq 10 μ V à qq mV pour les amplificateurs.

Très gênant pour les amplificateurs à fort gain. En effet, la tension d'offset est multipliée par le gain, et donc un amplificateur de gain 1000 peut présenter une tension de décalage 1000 fois supérieure en sortie. Se règle parfois par des broches extérieures (uA741 par exemple), sans que cela soit conseillé.

TRMC

Taux de réjection du mode commun.

Pour un amplificateur différentiel, rapport entre le gain en différentiel ($V_{e1} - V_{e2}$) et le gain en mode commun ($(V_{e1} + V_{e2})/2$).

Caractéristique importante pour les amplificateurs différentiels et d'instrumentation.

Réjection d'alimentation

Représente la capacité de l'AOP à rejeter les variations d'alimentation pour un montage en suiveur

défini par $20 \cdot \log\left(\frac{\Delta V_s}{\Delta V_{cc}}\right)$

Caractéristique très importante pour les amplificateurs à fort gain. En effet, un amplificateur de gain 1000 présente une réjection d'alimentation 1000 fois moins bonne que le montage suiveur. Diminue rapidement en haute fréquence.

Bruit équivalent en entrée

Bruit que génère systématiquement un amplificateur. Spécifié en racine de la bande passante de l'amplificateur. Ce bruit est ramené à un bruit équivalent qui serait présenté à l'entrée de l'amplificateur.

Slew Rate

Rapidité de montée ou descente de la sortie d'un amplificateur, d'un comparateur ou d'une porte logique.

Bande passante unitaire

Ensemble de fréquences inférieures à la fréquence qui est amplifiée par un gain de 1 de l'amplificateur.

Polarisation

Valeur de tension continue présentée aux entrées d'un circuit fonctionnant avec des signaux variables.

Termes relatifs à la mesure

Sensibilité

Capacité d'un système (récepteur, amplificateur) à distinguer un faible signal du bruit. La baisse de sensibilité peut être créée par le pas de numérisation d'un convertisseur analogique / numérique (LSB), le niveau de bruit, le parasitage.

Précision

Incertitude de la mesure. Les postes d'incertitude sont l'étalonnage, les tolérances des composants, la numérisation, l'effet température, vieillissement, etc...

Résolution

Pas élémentaire de réglage, de mesure ou de numérisation.

Stabilité

Quantifie la dérive d'un système (caractéristique, mesure) en fonction du temps ou de la température.

Signal / Bruit

Quantifie la qualité du signal. C'est le rapport d'amplitude entre le signal et le niveau de bruit.

Bruit

Quantité de signal aléatoire, par analogie avec un bruit sonore. Le bruit existe naturellement dans les circuits à cause de l'agitation thermique des électrons.

Termes relatifs à la modulation

VCO

Voltage Controlled Oscillator : Oscillateur contrôlé par une tension

Un VCO est un générateur de tension sinusoïdale dont la fréquence est déterminée par une tension en entrée du VCO. L'entrée du VCO est donc une tension. La sortie est une tension sinusoïdale dont la fréquence dépend de la tension d'entrée.

FSK

Modulation Frequency Shift Keying : Modulation par déplacement de clés de fréquences

Le codage des informations binaires est fait en associant le 0 et le 1 logique à deux fréquences distinctes. Pour faire cela, on utilise souvent un VCO

PSK

Idem FSK sauf qu'il s'agit d'une modulation de phase. Appelée QPSK quand il s'agit d'une modulation avec 4 phases distinctes (ce qui permet de coder deux bits simultanément).

Distorsion

C'est un terme qui permet de mesurer la qualité d'un sinus sortant d'un VCO par exemple.

Plus la « distorsion » est faible, plus le sinus est un sinus mathématique (pure). Un signal triangulaire est par exemple un sinus « vu de très loin ». Mais il aura une très mauvaise distorsion.

On peut forcer la distorsion du sinusoïde. C'est ce que font les joueurs de guitare électrique.

Quartz

C'est un composant basé sur du cristal (de quartz)

Ce composant, placé dans un oscillateur permet de fixer très précisément la fréquence.

Contrairement au condensateur, sa fréquence est aussi beaucoup plus stable en fonction de la température. C'est d'ailleurs pour cela que l'on fabrique des montres à Quartz et non pas des montres à condensateurs !

Par contre, il n'est pas très souvent utilisé dans les VCO. Sa fréquence est tellement stable qu'on ne peut donc pas la faire varier.

Termes relatifs aux microcontrôleurs

Bit : Binary digIT

Unité de base de l'électronique numérique. Prend deux états : 1 ou 0, généralement associés à une tension positive (1) et nulle (0)

Octet

Groupe de 8 bits.

Binaire

Binaire = base 2

En numérique, l'utilisation du binaire s'impose assez vite. L'électronique manipule beaucoup plus simplement les niveaux 1 et 0. On a donc deux chiffres de base, à comparer aux 10 du système décimal.

La représentation binaire d'un nombre est donc son expression en base 2 :

Puissance	n	3	2	1	0
Poids	2^n	$2^3=8$	$2^2=4$	$2^1=2$	$2^0=1$
Bits (1 ou 0)	B_n	B_3	B_2	B_1	B_0

On passe en décimal en calculant : $D = B_n \cdot 2^n + B_{n-1} \cdot 2^{n-1} + \dots + B_0 \cdot 2^0$

Pour un octet, $n = 7$

Exemples :

Hexadécimal

L'hexadécimal est la représentation des nombres en base 16. Comme on n'a que 10 chiffres dans notre système décimal, on complète en utilisant l'alphabet.

Le passage décimal – hexadécimal n'est pas évident. Par contre l'hexadécimal se prête très bien au passage binaire – hexadécimal. Pour cela, on groupe les bits par blocs de quatre bits en partant de la droite, qu'on convertit en hexadécimal. On juxtapose ensuite les conversions de chaque bloc de 4 bits.

'Graphiquement', on a donc la conversion :

Binaire	Décimal	Hexa
0000	0	0
	...	
1001	9	9
1010	10	A
1011	11	B
1100	12	C
1101	13	D
1110	14	E
1111	15	F

Pour indiquer qu'un nombre est écrit en hexadécimal, on peut le faire précéder du caractère \$ (assembleur), 0x (langage C), ... Il n'y a pas vraiment de règle.

Exemples :

0x80 = 1000 0000 = 128

0x3E = 0011 1110 = 62

0xFF = 1111 1111 = 255

Pour 11010101

1101 = 13 = B

0101 = 5 = 5

et on juxtapose : 11010101 = B5

UART : Universal Asynchronous Receiver / Transmitter

Périphérique intégré dans un microcontrôleur ou composant dédié qui assure les liaisons séries asynchrones.

USART : Universal Synchronous / Asynchronous Receiver / Transmitter

Comme une UART, mais peut aussi gérer les liaisons séries synchrones.

Liaison série synchrone

Liaison série : les octets sont transmis en série, en envoyant successivement les bits.

Le synchronisme est mis en place par l'ajout d'un signal d'horloge, généralement au prix une liaison supplémentaire, qui permet de synchroniser l'émetteur et le récepteur sur une même horloge.

Quelques standards utilisant une liaison série synchrone:

- Le bus I2C
A l'origine développé par Philips, maintenant largement utilisé par d'autres fabricants. Permet de connecter plusieurs composants entre eux au moyen d'un bus à 2 fils (l'un étant l'horloge, l'autre les données, la masse devant être commune). Il fonctionne selon une architecture maître / esclave, un seul maître et plusieurs esclave pouvant être sur le même bus.
- Le bus SPI
Permet des échanges plus rapides que l'I2C. Le protocole ne gère pas l'accès à plusieurs composants sur un même bus, c'est au contrôleur d'arbitrer quel composant est le destinataire, au moyen d'un signal de « Chip Select ». Il se compose, en plus de la masse et du chip select, d'un fil pour les transferts montants, un pour les descendants, et un troisième pour l'horloge.

Liaison série asynchrone

Liaison série : les octets sont transmis en série, en envoyant successivement les bits.

Par contre il n'y a pas de liaison assurant la synchronisation des horloges de l'émetteur et du récepteur pendant la durée de l'envoi. La synchronisation est assurée par un réglage assez précis de l'horloge du récepteur sur celle de l'émetteur.

Cette phase de synchronisation peut se faire soit par l'envoi d'une séquence sur laquelle le récepteur se synchronise (par exemple : 10101010), soit par le réglage fixe de la fréquence du récepteur et de l'émetteur.

Quelques liaisons asynchrones

- Liaison **RS232**

C'est le port série des PCs. Il faut distinguer la norme RS232, qui décrit le port série depuis la couche physique jusqu'au protocole, des liaisons « types RS232 », qui en général ne partagent pas les mêmes caractéristiques physiques. Par exemple, le niveau 0 d'une liaison RS232 est représenté par une tension entre +7V et +15V, tandis qu'une liaison asynchrone d'un microcontrôleur, « type RS232 », utilise généralement 0V pour le niveau logique 0.

Les baudrates standards des liaisons séries sont de 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 57600

- Bus **USB**

Le bus USB est une liaison asynchrone, la synchronisation des horloges se faisant par l'envoi d'une séquence de synchronisation spécifique. La norme USB englobe aussi des couches de haut-niveau, qui en font une liaison très puissante mais aussi très complexe.

Baud/s ou Bauds

Nombre de symboles transmis en une seconde.

Mais un seul symbole peut transporter plusieurs bits ! Il faut donc bien distinguer le nombre de bauds, qui donne le nombre de cycles par seconde dans la transmission, du « bitrate » (en bps, bits par seconde) qui donne le nombre de bits effectivement transmis

Si pour la plupart des liaisons séries on a généralement 1 bauds = 1 bps (bit/s), les modems utilisés en télécommunications ont en revanche des rapports très différents ! (penser qu'une ligne téléphonique est dimensionnée pour transmettre de la voix à une bande passante de 3kHz ~ 3000 bauds, mais que la modulation d'un modem classique permet de transférer 56K !!

Compilateur

Logiciel permet de traduire un langage de développement (C,...) en code machine exécutable par le processeur.

Opération booléenne

L'algèbre de Boole décrit les opérations élémentaires (addition, soustraction, opérations ET, OU, NON,...) en base 2.

En C, on utilise fréquemment ces opérations pour travailler sur les bits

Unités

- Henry : Unité d'inductance. Forte unité. Typiquement entre 10nH et 10mH.
- Farad : Unité de Capacité. Très forte unité. Typiquement entre 10pF et 1000µF.
- Ohm. Unité de résistance.
- Siemens. Unité de conductance (inverse de résistance)
- Watt. Unité de puissance délivrée par un signal d'un ampère sous un volt.
- Joule. Unité d'énergie. Energie délivrée par une puissance de un watt pendant une seconde.
- Décibel. Un dixième de Bel (Bel : unité jamais utilisée). C'est dix fois le logarithme décimal d'un rapport entre deux puissances, ou vingt fois le logarithme décimal d'un rapport entre deux amplitudes.
- A partir du décibel (qui est sans unité), on a décliné des unités souvent utilisées en radio :
 - DBm -> dix fois le logarithme décimal d'un rapport entre une puissance et 1 mW
 - DBµV -> dix fois le logarithme décimal d'un rapport entre une puissance et 1 µV
 - DBµA -> dix fois le logarithme décimal d'un rapport entre une puissance et 1 µA
 - Etc...

