

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة سعد دحلب البلدية
UNIVERSITE SAAD DAHLEB DE BLIDA

كلية الهندسة – دائرة الطيران
FACULTE DE SCIENCE DE L'INGENIEUR
DIPARTEMENT D'AERONAUTIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR D'ETAT EN AERONAUTIQUE

OPTION : INSTALLATION

THEME

**CONCEPTION ET REALISATION D'UN
SYSTEME DE COMMANDE A DISTANCE
D'UN MINI DRONE**

Encadré par :
Mr. A.Benouared

Présenté par :
BOUDEY Ahmed

Année Universitaire : 2012

REMERCIEMENT

*Avant tout, je tiens à remercier " **DIEU** " Tout Puissant, de m'avoir donné la force et le courage pour mener à bien ce mémoire de fin d'études, et d'accomplir ma formation universitaire.*

Ensuite, je voudrais exprimer mes vifs remerciements :

A ma famille, pour l'amour qu'elle porte à quelqu'un qui travaille souvent tard le soir.

A ma femme, pour son 89, son engagement, ses sacrifices et son soutien.

J'exprime toute ma gratitude à mon chef de projet, pour ses efforts fournis, ses conseils prodigués, et sa patience.

J'adresse également mes remerciements, à tous mes enseignants, qui m'ont formé et appris les connaissances de base que j'aurais besoin.

Je remercie très sincèrement, les membres de jury d'avoir bien voulu accepter de faire partie de la commission d'examineur.

L'aboutissement de cette thèse a aussi été encouragé par de nombreux collègues de travail. Je ne citerai pas leurs noms, pour ne pas en oublier certains.

Je tiens à remercier aussi l'ensemble du personnel de CSC pour son aide et toute personne qui a participé de près ou de loin pour l'accomplissement de ce modeste travail.

Boudey_Ahmed



Dédicace



Je dédie ce mémoire

*A ma très chère mère **AICHA***

Tu es l'exemple de dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. Inchallah Dieu, le tout puissant, te préserve et t'accorde la santé et le bonheur.

*A mon chère père **THAMER***

Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon initiation et ma formation.

*A ma femme **NADIA**, qui a partagé avec moi les moments difficiles de ce travail et à sa famille surtout maman **ZOHRA** et ma belle-sœur **Khalissa**.*

*A mes chères frères et sœurs ; **Fatiha**, Ali, Kadi, Ibrahim, Yamna, Noura, Ismahane et la petite **Zohra**.*

Vous vous êtes dépensés pour moi sans compter. En reconnaissances de tous les sacrifices consentis par tous et chacun pour me permettre d'atteindre cette étape de ma vie.

A mes beaux frère ; Omar, B-Belkacem et M-Belkacem.

A mes neveux et nièces, meilleurs vœux de succès dans vos études.

A mes enseignants de l'école primaire jusqu'à l'université dont les conseils précieux qui m'ont guidée; qu'ils trouvent ici l'expression de ma reconnaissance.

A mes amis ; Adel et Mohamed ainsi que leurs familles.

Je vous remercie de votre patience qui m'a aidée toujours à avancer, vous êtes tous des grands amis si gentils, merci d'être toujours près de moi, amis avec lesquels je souris.

A mes collègues de travail.

Boudey_Ahmed

Sommaire

Introduction

Chapitre I : Généralités sur les drones

Introduction	1
I.1. Historique	1
I.2. Définition	2
I.3. Classification	4
I.4. Les différentes formes des drones	5
I.5. Systèmes de bord et charge utile	6
I.6. Des caractéristiques variées	8
I.7. Le « système drones»	8
I.8. Comment utilise-t-on un drone?	9
I.9. L'utilité des drones	11
Conclusion	15

Chapitre II : Généralité sur les capteurs et les commandes

Introduction	16
II.1. Les capteurs	16
II.1.1. Capteurs des paramètres de vol	16
II.1.2. Capteurs des paramètres du moteur	18
II.1.3. Capteurs de système avionique	18
II.2. Les commande du vol	19
II.2.1. Les hypersustentateurs (volets)	23
II.2.2. Les gouverne	24
II.2.3. Commande de la direction du train avant	27
II.2.4. Commande du régime moteur	27
II.3. Les commandes commutatives	30
II.3.1. Commande de l'alimentation électrique	30
II.3.2. Commande de l'électrovanne de carburant	31
II.3.3. Commande de l'éclairage (feux de position)	32
Conclusion	32

Chapitre III : Présentation les modules de Communications

Introduction	33
III.1. Modules de transmissions « TX3A / RX3A »	34
III.1.1. Caractéristiques générales	34
III.2. Émetteur « TX3A-860-64»	35
III.2.1. Applications	35
III.2.2. Caractéristiques	35
III.2.3. Brochage du module « TX3A-869 »	35
III.2.4. Les performances et spécifications	36
III.3. Récepteur « RX3A »	37
III.3.1. Applications	37
III.3.2. Caractéristiques	37
III.3.3. Brochage du module « RX3A-869 »	37
III.3.4. Les performances et spécifications	38
III.3.5. Signal reçu Indicateur de puissance (RSSI)	38
Conclusion	39

Chapitre IV : Le microcontrôleur « PIC 18F4550 »

Introduction	40
IV.1. Définition d'un microcontrôleur	40
IV.2. Architecture d'un microcontrôleur	41
IV.3. Le PIC 18F4550	42
IV.4. Brochage du PIC 18F4550	43
IV.5. Les ports d'entrées-sorties du PIC18F4550	44
IV.6. Les principaux registres liés aux ports	44
IV.7. L'horloge	44
IV.8. Timers	45
Conclusion	46

Chapitre V : Réalisation

Introduction	47
V.1. Cahier des charges	47
V.2. Architecture du projet	48
V.3. Partie logiciel	50
V.4. Station sol	52
V.4.1. Composition de station sol	52
V.4.2. Système de commande et d'affichage « PC »	53
V.4.2.1. L'interface graphique de la station au sol	54
V.4.3. Carte de commande au sol	57
V.5. La carte de commande à bord	60
V.5.1. Les différents étages constituant la carte de commande à bord	63
V.5.1.1. Etage de réception	63
V.5.1.2. L'étage FCU	64
V.5.2. Les fonctions principales exécutées par le-uC PIC18F4550 à bord	65
V.6. Programme de microcontrôleur « PIC18F4550 » de la carte à bord	67
V.6. l'Echange des données entre la carte de commande à bord et la station au sol »	68
V.6.1. Structure générale du MSG de données	68
V.6.2. Structure du MSG de données envoyé par la station au sol	71
V.6.3. La structure de MSG de données envoyé par le drone	73
V.7. Tests et résultats	74
Conclusion	77
Conclusion général	78

Introduction générale

Introduction :

Voler et restera est l'un des plus grands plaisirs de l'homme...

Toutefois, si celui-ci était à bord de la première machine volante, pour sa plus grande fierté, ses connaissances scientifiques et technologiques lui permettent aujourd'hui de rester au sol dans certaines circonstances et ce, pour son plus grand avantage.

Il étend ainsi de façon considérable le champ d'utilisation des aéronefs qui, prenant le nom de « drones », semblent être légitimement appelés à une carrière prometteuse.

Ce nouveau palier aéronautique franchi par l'homme est le fruit des plus récents progrès accomplis dans des domaines clés, tels que l'informatique, la robotique, l'optronique, l'imagerie radar, la transmission de données, etc.

Les drones occupent ainsi à juste titre une place de plus en plus importante dans les milieux aéronautiques et de la défense.

I.1. Historique :

Les drones sont les lourdes pertes subies pendant la seconde guerre mondiale par les aviations d'observation de chacun des antagonistes qui suscitèrent l'idée d'un engin d'observation militaire sans équipage (ni pilote, ni observateur).



Fig.I.1. Le drone OQ2.

Les premiers drones apparurent en France dans les années 1960, tel le R 20 de Nord-Aviation, dérivé de l'engin cible CT 20.

Pendant la guerre du Vietnam, les Américains ont utilisé des drones (Firebee) pour localiser les rampes de lancement des missiles sol-air soviétiques «SAM-2» : 3500 missions furent recensées. Plus tard, en 1991, lors de la guerre du Golfe, ils ont fait appel au drone (Pioneer) pour la surveillance jour/nuit, l'acquisition des objectifs, et les réglages de l'artillerie. Dans ce même conflit, les Britanniques et les Français commencèrent à servir des drones.

De leur côté, les Israéliens ont saturé les défenses aériennes le long du canal de Suez lors de la guerre du Kippour (1973) et ce, avec un grand nombre de drones.

D'une façon générale, les spécialistes considèrent que les drones ont pu vraiment démontrer leurs capacités opérationnelles d'observation aérienne (renseignement), sur les trois récents théâtres d'opération qu'ont constituée les conflits en ex-Yougoslavie, en Irak, et en Afghanistan.

C'est encore un drone (Hunter) qui a successivement assuré la surveillance des réunions du G8 à Evian en 2003, ainsi que les cérémonies de célébration du 60^{ème} anniversaire du débarquement allié en Normandie en 2004.

Les exemples d'utilisation civile, eux, se font plus rares. On peut toutefois citer la surveillance urbaine en Afrique du sud, et le traitement des cultures effectué au Japon par des drones hélicoptères télécommandés. En France, deux drones miniatures sont en expérimentation au sein de la Gendarmerie nationale et du GIGN (Coccinelle). De son côté, le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées a procédé à des essais de surveillance d'ouvrage d'art, également avec un drone à voile tournante.

Mais le drone est encore mal connu, et suscite de ce fait des appréhensions. Une demande d'expérimentation de surveillance de trafic routier sur le périphérique d'une grande ville française à partir d'un drone miniature (environ 6 Kg) a été refusée en 2004 par les autorités et ce, pour raisons de sécurité.

I.2. Définition :



Fig.I.2. Le drone Eagle I en vol.

Les drones sont des aéronefs capables de voler et d'effectuer une mission sans présence humaine à bord. Cette première caractéristique essentielle justifie leur désignation de Uninhabited (ou Unmanned) Aerial Vehicle (UAV). D'origine anglaise, le mot «drone», qui signifie «bourdon», ou «bourdonnement», est communément employé en Français en référence au bruit que font certains d'entre eux en volant.



Fig.I.3. Décollage automatique du RESSAC.

La désignation de drone est très limitative puisqu'elle ne recouvre qu'un véhicule aérien. Le drone n'est en fait qu'un des éléments d'un système, conçu et déployé pour assurer une ou plusieurs missions. C'est la raison pour laquelle les spécialistes parlent de «système de drones» qui est composé de :

- Un ou plusieurs vecteurs aériens équipés de capteurs de détection ;
- Une ou plusieurs stations au sol de commande et de recueil des détections ;
- Liaisons radioélectriques de données entre le vecteur aérien et la partie au sol.

Le terme drone désigne la plupart du temps le seul vecteur aérien équipé.

Le principe des drones peut être rapproché, toutes proportions égales par ailleurs, de celui de l'aéromodélisme, selon lequel des petites maquettes sont pilotées par télécommandes.

On distingue toutefois deux catégories de drones : ceux qui requièrent effectivement l'assistance d'un pilote au sol, par exemple pour les phases de décollage et d'atterrissage, et ceux qui sont entièrement autonomes. Cette autonomie de pilotage peut s'étendre à la prise de décision opérationnelle pour réagir face à tout événement aléatoire en cours de mission ; elle constitue la deuxième caractéristique essentielle des drones.



Fig.I.4. Le drone Prowler à l'atterrissage.

La vocation principale des drones est l'observation et la surveillance aériennes, vocation jusqu'à présent surtout utilisée à des fins militaires (actuellement 90% du marché mondial des drones). Ainsi, tous les drones, qu'ils soient autonomes ou non, requièrent la présence au sol d'au moins un opérateur, pour recueillir en temps réel les bénéfices de la mission : celui-ci reçoit, analyse et enregistre les informations transmises par le drone.

Aujourd'hui, les progrès réalisés, à la fois dans les performances des drones et leurs équipements, leur confèrent un très large potentiel d'utilisation dans le domaine civil.

Enfin, une troisième caractéristique essentielle des drones est qu'ils sont récupérables, ce qui permet de les réutiliser. Cela les différencie des missiles, auxquels on aurait pu être tenté de les assimiler.

I.3. Classification :

La classification des drones est relativement difficile par rapport aux avions pilotés, qui sont généralement classifiés selon la mission à effectuer, et le nombre des passagers embarqués. Par contre, les drones sont classifiés principalement selon les critères suivants :

- Endurance ;
- Plafond pratique de vol.

Ils peuvent ainsi classifiés selon des critères secondaires tel que :

- Rayon d'action (range) ;
- Dimensions ;
- Masse maximale au décollage.

Le tableau ci-dessous illustre le mode de classification :

	Catégories	Abréviation	Classifié selon :
Tactique	Nano	η	Dimensions, masse
	Micro	μ	Dimensions, masse
	Mini	Mini	Dimensions, masse
	Close Range	CR	range
	Short Range	SR	range
	Medium Range	MR	range
Low Altitude Deep Penetration		LADP	Altitude, vitesse
Low Altitude Long Endurance		LALE	Altitude, Endurance
Medium Altitude Long endurance		MALE	Altitude, Endurance
High Altitude Long Endurance		HALE	Altitude, Endurance

Tableau I.1 : Classification des drones.

I.4. Les différentes formes des drones :

La plupart des drones sont comparables aux avions, sauf que leur forme n'est pas dictée par celle d'un fuselage devant abriter au moins un pilote (de façon confortable) : les combinaisons de formules aérodynamiques et de propulsion sont donc plus larges. Il existe de nombreuses configurations de drones, très différentes les unes des autres – pratiquement une pour chaque machine – et dont certaines sont très novatrices. En fait, la forme d'un drone sera déterminée par la nature et le profil de sa mission, ainsi que par sa charge utile : à chaque demande correspond pratiquement une solution spécifique.

Les éléments composant un drone répondent aux mêmes fonctions que sur un avion.

La cellule, porte et abrite la charge utile, le moteur et les systèmes de bord, ainsi que le carburant.

La sustentation est en général assurée par une voilure fixe ou tournante, comme sur les hélicoptères. Cette dernière est choisie pour certaines missions spécifiques, requérant le vol stationnaire, ainsi qu'une grande souplesse de manœuvre; ou encore nécessitant l'appontage sur un bateau (surveillance maritime ou mission de recherche et sauvetage...).

Il existe également des projets de drones à ailes battantes, comme celles des oiseaux ou de certains insectes, ainsi que des projets de drones «convertibles», qui associent, grâce à leurs rotors basculants, les capacités de vol vertical de l'hélicoptère à celles des grandes vitesses de l'avion.

La motorisation du drone est également dictée par la mission qui lui est attribuée ; elle est déterminée par la grosseur de la machine (et sa masse), l'altitude et la durée de son vol. On retrouve sur les drones toute la palette des motorisations possibles pour les avions (moteurs à pistons, avec ou sans turbocompresseur, turbines à hélices, turboréacteurs), auxquelles s'ajoutent, pour les petits drones et ceux dotés d'une voilure tournante, les moteurs électriques.

Par la suite quelques photos illustrent les différentes formes des drones.



Golden Eye,
moteur caréné



X47,
aile volante



Convertible Eagle Eye



Tracker,
fuselage bipoutre



Drone hélicoptère Scorpio



Global Hawk

Fig.I.5. Les différentes formes des drones.

I.5. Systèmes de bord et charge utile :

Les systèmes de bord sont essentiels car ils assurent le pilotage et la navigation de façon automatique. Ils peuvent fonctionner en parfaite autonomie ou selon des ordres émis depuis le sol, par un opérateur chargé de conduire la mission.

Le système de conduite du vol asservit plusieurs équipements entre eux : les capteurs (mesurant les paramètres du vol) ; des calculateurs, respectivement dédiés au pilotage et à la navigation, et d'où sont émis les ordres de pilotage ; une mémoire (contenant la programmation du vol et, éventuellement, des critères de décision, préalablement enregistrés), et les actionneurs (agissant sur les commandes de vol). Cette chaîne est parfaitement comparable, au degré de décision près, à celle d'un pilote automatique sur avion, couplé à un système de navigation de type FMS (Flight Management System), se référant à des données GPS (Global Positioning System). En outre, elle doit être capable de maintenir le drone dans son enveloppe de vol, protégeant celui-ci des situations dangereuses, (turbulences, configurations instables...).

La charge utile, proprement dite, constitue l'un des éléments fondamentaux du système drone car c'est elle qui permettra, en parfaite adéquation avec le vecteur aérien, de réaliser la mission. Souvent placée en dessous de la structure, elle consiste en un ensemble d'équipements pouvant assurer trois fonctions essentielles :

- L'acquisition des données, par des capteurs, électro-optiques (caméras visibles ou infrarouges) ou électromagnétiques (radars), capables de restituer des images, ou tout autre capteur plus spécifique (par exemple, bio-senseurs, sorte de capteurs chimiques/biologiques capables de détecter la pollution et les radiations) ;
- Un éventuel traitement à bord des données, par des calculateurs, afin de les rendre directement et plus rapidement exploitables, en vol (mise à un format spécifique) ou au sol (restitution d'images pour interprétation par l'opérateur), et suivi, si nécessaire, de leurs fusion/compression ;
- Une possible sélection à bord des informations utiles qui seront transmises vers le sol, requérant une pré-analyse des données acquises (effectuée par des processeurs, par comparaison aux critères entrés en mémoire). L'ensemble de ces données peut aussi être enregistré à bord, pour envoi différé ou pour dépouillement ultérieur après retour au sol.



Fig.I.6. Le drone Seeker II en vol.

Un système spécifique produit l'énergie électrique nécessaire au fonctionnement de l'ensemble des équipements embarqués. Comme sur un avion, cette énergie est obtenue par transformation de l'énergie mécanique prélevée sur la partie tournante du moteur (arbre de l'hélice ou de la turbine).

Certaines charges utiles requièrent une grande quantité d'énergie, qui s'ajoute à celle consommée par les autres équipements. Ce paramètre peut devenir dimensionnant pour le drone et sa mission. Dans certains cas, et sur les drones de grande taille, un petit turboréacteur d'appoint ou APU (Auxiliary Power Unit) est nécessaire.

Un système de transmission de données entre le drone et le sol, achemine à la fois les ordres venant du sol (en temps réel) et les informations envoyées par le drone (en temps réel ou différé, le plus souvent par intermittence). Cette transmission s'effectue par télécommunication, soit en portée optique (ligne directe) sur de courtes distances - jusqu'à 150 km ; soit en utilisant un relais, ce dernier pouvant être un satellite ou un autre vecteur aérien (avion ou drone).

Dans les deux cas, la densité des données transmises (malgré fusion et compression) peut nécessiter des grands débits. En outre, la haute définition, en matière d'imagerie, n'est pas compatible avec une vitesse de transmission trop élevée.

La transmission par laser constitue une prospective qui demandera, d'une part, une connaissance précise de la position du drone, d'autre part, une parfaite stabilité du dispositif émetteur et ce, de façon à assurer avec précision et de façon constante la projection des faisceaux.

Une intelligence embarquée donne au drone ses différents degrés d'autonomie, en matière de pilotage et pour la réalisation de sa mission. Cette intelligence est fournie par des calculateurs dédiés, auxquels sont asservis le système de conduite de vol, d'une part, et la charge utile d'autre part, ainsi que par les bases de données spécifiques auxquelles sont comparées les informations acquises par le drone (par exemple, pour la reconnaissance et l'identification des éléments observés : terrains, sources de chaleur/départ de feu, objectifs militaires, etc.). Les logiciels mis-en œuvre revêtent une importance capitale, notamment dans la rapidité et la stabilité de leurs algorithmes.



Fig.I.7. Charge utile expérimentale du RESSAC.

Certains drones militaires peuvent également être armés (bombes, roquettes ou missiles) afin de remplir des missions d'attaque au sol, ce qui nécessite un système de gestion spécifique à l'armement embarqué.

I.6. Des caractéristiques variées :

De quelques centimètres à une quarantaine de mètres, de quelques dizaines de grammes à une quinzaine de tonnes, les drones sont de taille et de masse essentiellement variables : c'est, d'une part, les performances requises par la mission et, d'autre part, la nature et l'importance de la charge utile, qui sont déterminants.

On trouve ainsi des drones permettant des altitudes de vol qui peuvent évoluer de 0 à 20000 mètres, une vitesse largement subsonique, de 150 km/h à Mach 0,8, et un rayon d'action qui peut dépasser les 10000 km, avec une capacité transocéanique.

I.7. Le « système drones » :

La mise en œuvre d'un ou de plusieurs drones fait appel à différents éléments, constituant un « système drones ». Ce système a deux composantes :

- **Un segment air :** Lui-même composé du drone, de sa charge utile et de son système de transmission ; et
- **Un segment sol :** Constitué d'un ensemble de matériels, et de un ou plusieurs hommes, ayant un degré d'intervention plus ou moins élevé.

On distingue encore dans le composant sol deux catégories de matériels :

- Ceux ayant trait au lancement et à la récupération des drones (catapulte, filets, etc.), et auxquels s'ajoutent les moyens techniques nécessaires à la maintenance et au reconditionnement des drones, exactement de la même façon que pour l'exploitation des avions ; et
- Ceux ayant trait à la conduite de la mission, et devant permettre d'assurer, au sein d'une « station sol » les fonctions suivantes :
 - La gestion du vol et de la navigation (en temps réel si le drone est piloté du sol, ou en simple surveillance s'il est autonome) ;
 - La réception des données envoyées depuis le drone et, éventuellement, le décryptage ;
 - L'analyse et l'interprétation des données, leur éventuelle retransmission à un centre de décision ou d'intervention, ainsi que leur enregistrement.

La station de contrôle et de réception des données peut s'envisager, dans l'avenir, étant elle-même aéroportée (avions gros porteurs ou de combat).

L'ensemble de ces composantes intervient évidemment dans l'évaluation des coûts d'un « système de drones ».



Fig.I.8. Station de réception de données Sperwer.



Fig.I.9. Station au sol d'analyse d'informations transmises depuis un drone.

I.8. Comment utilise-t-on un drone?



Le départ d'un drone peut s'effectuer depuis une plate-forme terrestre ou maritime, ou encore depuis un autre véhicule aérien. Il peut être lancé à la main (c'est le cas des drones de petites dimensions) ; il peut être catapulté ; enfin, il peut décoller depuis une piste, soit en mode télécommandé par un pilote au sol, soit de façon entièrement automatique.



Fig.I.10. Phase de lancement sur catapulte d'un drone SDTI.

C'est une fois arrivé sur la zone de mission (après une navigation automatique) que les drones se distinguent par leur degré d'autonomie. Certains nécessiteront des interventions humaines, notamment face à des situations imprévues (dus à la mission ou au vol), d'autres seront dotés d'une intelligence embarquée leur donnant une entière autonomie de décision et donc, d'action ou de réaction.

Pour la récupération du drone, deux solutions sont possibles : faire revenir celui-ci à l'endroit d'où il est parti et le faire atterrir (en mode automatique ou télécommandé), ou le faire se poser à un endroit spécifié à l'avance. En général, cette dernière pratique s'applique à ceux qui sont partis d'une catapulte et qui ne sont pas dotés de train d'atterrissage. La séquence consiste, après réduction de l'altitude et de la vitesse, à ouvrir un ou plusieurs parachutes, puis à déployer des ballons gonflables «airbags» sous la structure. En outre, on peut également récupérer le drone dans un filet, ce qui élimine tout système embarqué pour l'atterrissage.



Fig.I.11. Récupération par parachute d'un Sperwer.

I.9. L'utilité des drones :

I.9.1. Militaire :



Fig.I.12. Le drone Sperwer en vol.

Le développement des drones sur une large gamme - du mini drone tactique, à l'échelle du fantassin, au drone stratégique de haute technologie - incite les forces armées à les intégrer progressivement dans la panoplie des moyens aériens engagés sur les théâtres d'opérations et ce, en complément des systèmes classiques, avions, hélicoptères, missiles de croisière, et satellites. Ainsi, le domaine d'action des drones ne cesse de s'élargir.

Des progrès réalisés au niveau des systèmes de guidage et des liaisons sécurisées pourront permettre d'envisager la généralisation de la gestion à distance des missions réalisées par les drones envoyés très loin dans la profondeur des dispositifs adverses aussi bien qu'au contact immédiat des forces ennemis.

On peut en fait décomposer en trois grandes catégories, les missions militaires confiées aux drones :

- La surveillance et le renseignement ;
- Le support au combat ; et
- Le combat proprement dit.



Fig.I.13. Catapultage opérationnel d'un drone Sperwer en Afghanistan.

I.9.1.1. La surveillance et le renseignement :

Le renseignement militaire au profit des instances gouvernementales ou des armées (incluant la Gendarmerie), qu'il soit d'ordre stratégique ou tactique, résulte de la très grande capacité d'observation aérienne et d'écoute des drones. Cette mission est naturellement la première qui leur ait été attribuée et reste encore la principale.

La conduite des opérations dans les nouveaux conflits devient extrêmement exigeante en termes de temps de réaction, de besoin d'identification ami/ennemi, ainsi que d'interopérabilité des forces terrestres, aériennes ou navales, non seulement entre elles mais également entre celles de plusieurs pays.

La variété des capteurs utilisés permet de recueillir plusieurs types d'informations, restituées sous forme d'images, d'origine électro-optique ou électromagnétique et ce, en temps réel, sur terre, sur mer, depuis l'espace aérien inférieur ou même supérieur.

Les drones peuvent observer à longue distance, à travers les nuages, hors des menaces sol-air, et pendant des périodes significatives (de 12 à 24 heures et potentiellement beaucoup plus : les opérateurs pouvant se relayer au sol) : l'autonomie n'est plus qu'une question de quantité de carburant embarquée.

Les informations transmises par le drone peuvent être exploitées de différentes manières : pour l'évaluation de la situation sur un théâtre d'opérations, la surveillance d'une zone, la détection et l'identification des objectifs à traiter à court terme, l'évaluation des dommages après une frappe aérienne ou un tir d'artillerie à longue portée, et même, pour l'alerte au départ de missiles balistiques.

Les drones répondent ainsi parfaitement aux exigences modernes de continuité d'enseignement par la permanence spatiale et temporelle qu'ils permettent d'assurer sur zone.



Fig.I.14. Drone du fantassin (bourdon).



Fig.I.15. Le drone SDTI en vol.

I.9.1.2. Le support au combat :

La polyvalence des équipements embarqués et les évolutions technologiques rapides des systèmes multiplient les perspectives d'emploi des drones dans le domaine dit du support au combat. Ces missions sont plus précisément les suivantes :

- **La désignation d'objectifs** : Une charge utile de type illuminateur laser confère aux drones des capacités d'illuminer un objectif fixe ou mobile en vue de sa destruction par des moyens d'attaque aéroportés, avions ou hélicoptères de combat (utilisant eux-mêmes des armes guidées par laser) ;
- **Le relais de communication** : L'évolution en altitude permet de s'affranchir du relief qui pénalise les faisceaux hertziens et permet éventuellement aux drones de remplacer avantageusement les satellites de communication géostationnaires, dont les capacités sont réduites en termes de débit et de largeur de bande ;
- **Le soutien aux opérations spéciales** : Les mini ou micro-drones, portables à dos d'homme, discrets et simples d'emploi, peuvent constituer l'œil avancé, de jour et de nuit, du commando appelé à intervenir en zone hostile, dans un environnement accidenté ou urbanisé ;
- **Le brouillage** : Communications, émissions des radars de défense aérienne, systèmes sol-air, localisation par GPS, etc. peuvent être brouillés par les drones, dans le but de gêner l'ennemi tout en assurant la protection électromagnétique des frappes aériennes par aéronefs ou missiles. Le brouillage des émissions radio et télévisées, la diffusion d'émissions parasites ou d'informations orientées seront également dans leur possibilités (action psychologique) ;
- **Le support au déploiement** : Evaluation de l'environnement des zones de déploiement des forces, notamment les menaces NRBC (Nucléaire, Radio logique, Bactériologique et Chimique), en évitant de compromettre la sécurité de vecteur de reconnaissance pilotés ;
- **Le transport** : Largage discret sur le terrain - éventuellement dans un contexte hostile - de charges de dimensions et de poids réduits (vivres ou équipements) au profit d'unités isolées ou en déploiement avancé.

I.9.1.3. Le combat :

L'emploi de drones à hautes performances, spécifiquement conçus pour le combat, est envisagé au sein de véritables systèmes de combat mixtes, aux côtés des aéronefs de combat pilotés.

Divers concepts d'emploi sont étudiés, tels que l'attaque d'objectifs fixes ou mobiles, pouvant par exemple permettre la neutralisation ou la destruction des moyens sol-air adverses.

L'utilisation des drones pour des combats aériens semble encore relever aujourd'hui du domaine de la prospective opérationnelle. Les états-majors étudient cependant l'hypothèse de les employer comme moyen d'identification avancée, sous contrôle d'un avion de combat piloté ou d'un PC volant. Dans ce contexte, l'étape tir de missiles air-air embarqués sur le drone apparaît envisageable.

I.9.2. Civil :



Fig.I.16. Quelques exemples de missions civiles qui pourraient être attribuées à un drone, dans le domaine de la surveillance.

Bien que le marché soit quasi inexistant aujourd'hui, c'est très probablement dans le domaine civil que les drones sont appelés à jouer le plus grand rôle et ce, du fait de leur souplesse et de leur polyvalence d'emploi. La palette des applications potentielles est presque illimitée, celles-ci étant d'autant plus crédibles qu'elles peuvent répondre à un besoin qui n'est pas couvert par un avion piloté. C'est le cas des missions qui peuvent être considérées comme dangereuses, pénibles physiquement pour l'équipage, ou ennuyeuses.

Comme dans le domaine militaire, les exemples d'applications potentielles peuvent se diviser en plusieurs grandes catégories :

I.9.2.1. La surveillance et l'observation :

- **Etudes scientifiques :**
 - Etude de l'atmosphère, des sols (géologie) et des océans ;
 - Etudes et prévisions météorologiques.
- **Surveillance d'urgence :**
 - Incendies de forêts, avalanches ;
 - Volcans, tornades ;
 - Recherche et sauvetage ;
 - Evaluation des dégâts en cas de catastrophe naturelle (inondation, tempête, marée noire, éruption, tremblement de terre, etc.)
- **Surveillance civile :**
 - Surveillance des cultures et épandage agricole ;

- Surveillance maritime (voies maritimes, trafic de drogue, clan destins, détection des pollutions par hydrocarbures, localisation pour sauvetage) ;
- Surveillance urbaine, des manifestations, ainsi que des frontières ;
- Inspection des ouvrages d'art tels les ponts, les viaducs, les barrages ;
- Surveillance des oléoducs, gazoducs, caténares et voies ferrées, lignes à haute tension ;
- Surveillance du trafic routier et du transport de matières dangereuses.

I.9.2.2. Des missions exploitant le vecteur aérien :

- Transport de fret ;
- Cartographie ;
- Utilisation par l'industrie cinématographique ;
- Largages de vivres et d'équipements de sauvetage en zones hostiles.

I.9.2.3. Des missions spécifiques :

- Relais de communications ;
- Missions dangereuses (détection de gaz toxiques, radiations) ;
- Recherche et sauvetage (mer, montagnes, désert...).

Ces applications sont évidemment susceptibles d'intéresser un large éventail de clients utilisateurs, publics et parapublics, tels que la Police, la Gendarmerie (corps d'état militaire mais ayant des besoins assimilables aux besoins civils), les Pompiers (évaluation de sinistres, repérage de réfugiés dans un immeuble ou sur le toit), la Sécurité civile, etc.

Conclusion :

L'expérience déjà acquise avec les drones et leurs développements technologiques potentiels permettent d'affirmer que leur rôle va considérablement s'accroître, tant dans les domaines civil que militaire. Dans le domaine civil, en couvrant des besoins auxquels les aéronefs pilotés traditionnels ne peuvent pas toujours satisfaire. Dans le domaine militaire, en complétant, voire en remplaçant les avions pour certaines missions dangereuses ou de très longue durée.

Grâce à leur intérêt tactique, voire stratégique, les drones constituent à la fois une opportunité industrielle exceptionnelle, avec un grand potentiel à l'exportation, et un facteur d'impulsion nouvelle pour la recherche et les bureaux d'études pénalisés par la restriction des programmes d'armement majeurs.

I. Introduction :

Pour contrôler notre machine à distance, on doit utiliser un émetteur/ récepteur permettant de transmettre les ordres du pilote.

Mais avant de faire le choix de composants électroniques constituant la carte de commande on doit d'abord dénombrer les différents ordres qu'on veut exécuter ainsi que les actionneurs de ces ordres.

II.1. Les capteurs :

Les capteurs sont les organes sensoriels d'un drone. Certains sont fragiles et doivent être protégés, d'autres au contraire doivent être capable d'absorber des chocs. Les plus simples peuvent être directement connectés au centre de contrôle, comme les interrupteurs.

Les autres types nécessitent une petite interface d'adaptation, comme les capteurs infrarouge ou à ultrasons. D'autres plus sophistiqués nécessitent une carte spéciale tel que les caméras.

II.1.1. Capteurs des paramètres de vol :

- **CAP magnétique :**

Le cap d'un mobile est la direction vers laquelle il est orienté. C'est l'angle exprimé en degrés (de 0 à 360°), dans le sens des aiguilles d'une montre, entre l'axe longitudinal de l'avion et le nord magnétique voire le figure « II.1 » Cet angle se mesure à l'aide d'une boussole, d'un compas magnétique ou gyroscopique.

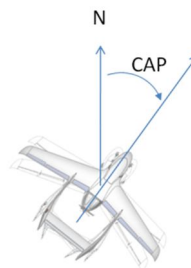


Fig II.1 : CAP magnétique d'un avion

Pour avoir l'information relative au cap magnétique de notre drone, un module de cap magnétique « CMP03 » est utilisé.



Fig II.2. Le capteur « «CMP03 » ».

La figure « II.3 » montre le bloqe diagramme du module CMP03.

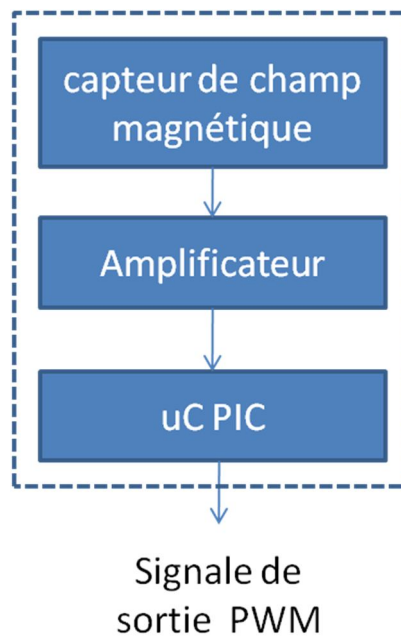


Fig II.3 : Block diagramme du module CMP03

Le Module CMP03 retourne signale moduler en impulsion « PWM », la largeur de l'impulsion est proportionnel de cap magnétique (fournissant une impulsion comprise entre 1 ms (0°) et 36,99 ms ($359,9^\circ$) avec une résolution d'environ 100 us / $^\circ$).

▪ **Roulis :**

Le roulis est le mouvement de rotation d'un mobile autour de son axe longitudinal (axe de roulis) « voir la figure II.4 ».

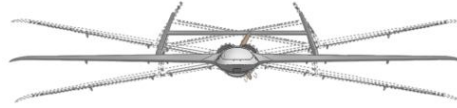


Fig II.4 : Mouvement de roulis

▪ **Tangage :**

Le tangage est un mouvement de rotation autour de l'axe transversal « voir la figure II.5 ».

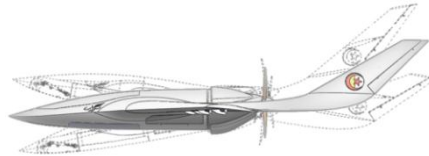


Fig II.5 : Mouvement de tangage

Pour avoir l'information relative au roulis ainsi qu'au tangage, un capteur d'inclinaison deux axes est indispensable « voir la figure II.6 »:

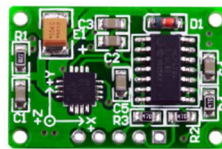


Fig II.6. Capteur d'inclinaison 3 axes.

La figure « II.7» montre le bloque diagramme de module.

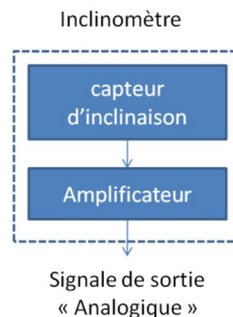


Fig II.7 Diagramme de capteur.

Le module délivre trois signaux électriques variables « Analogiques » selon les inclinaisons des axes.

- **Hauteur de l'avion AGL (Above Ground Level):**

Une hauteur est la distance verticale entre un aéronef et la surface qu'il survole (terre ou eau).

Il faut un radio altimètre qui mesure la hauteur entre le sol et l'avion.

Dans notre cas nous allons utiliser un module altimètre ultrasonique **SRF04**.



Fig II.8 Module Altimètre ultrasonique SRF04.

La figure « II.9 » montre le bloquo diagramme du module SRF04.

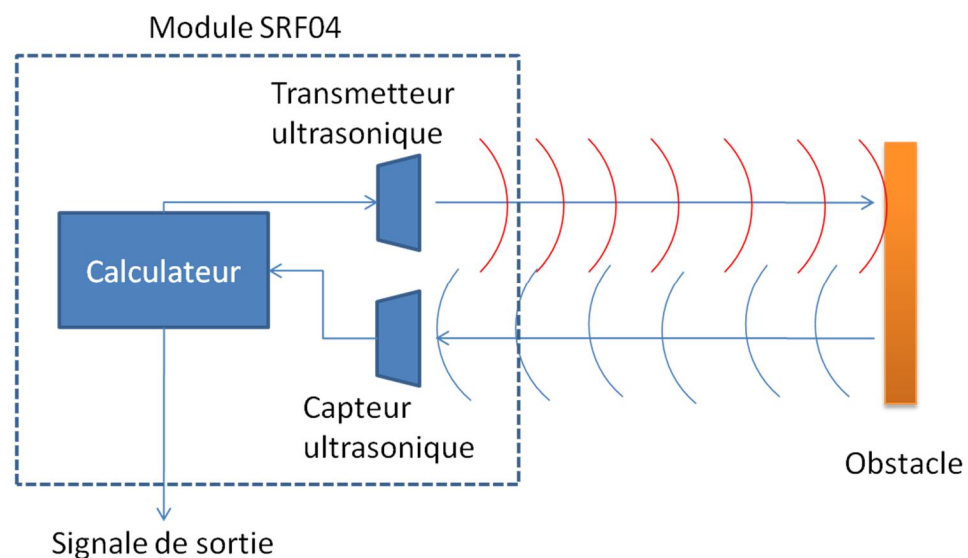


Fig II.9 : Block diagramme du module SRF04

Le module SRF04 retourne un signal de type PWM, la largeur de l'impulsion est proportionnel de la distance mesure entre le Capteur et l'obstacle.

II.1.2. Capteurs des paramètres du moteur :

Vitesse de rotation de moteur « RPM » :

En effet, savoir avec quelle vitesse le moteur tourne est une nécessité. Cette information peut être obtenue en calculant le nombre des impulsions sortie d'un compte-tours optique (RPM-SENSOR) durant un temps spécifique.



Fig.II.10. Compteur RPM Optique.

La figure « II.11 » Montre le schéma synoptique du module RPM-SENSOR et le principe de fonctionnement.

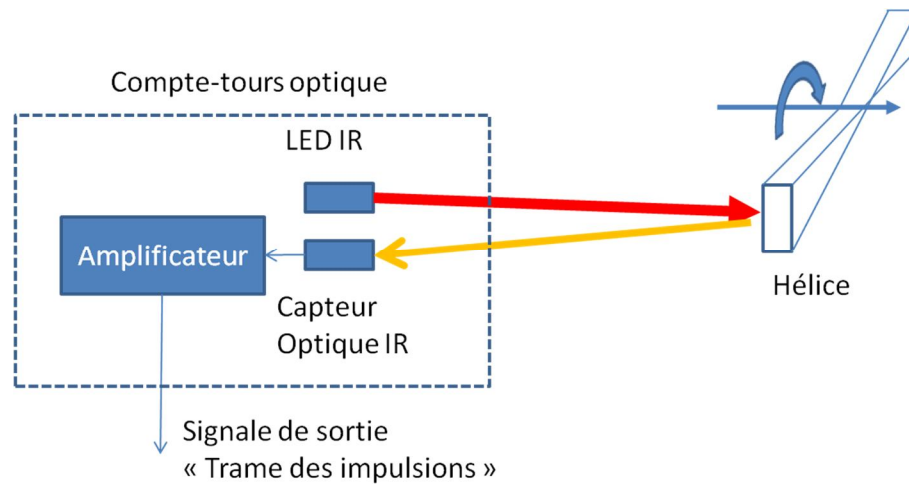


Fig II.11 : Block diagramme du module RPM-SENSOR.

- Niveau du carburant :

Pour savoir quel est le niveau de carburant dans le réservoir, on utilise une jauge à fuel « voir le figure II. ».



Fig II.12 : Jauge à fuel.

En peut schématiser le jauge à fuel comme une résistance variable, sa valeur est proportionnel du niveau de carburant « voir la figure II.13 ».

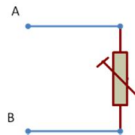


Fig II.13 : Schéma équivalent de la jauge à fuel.

Pour savoir le niveau du carburant en branche on série la jauge à fuel avec une résistance R « voir la figure II.14 »

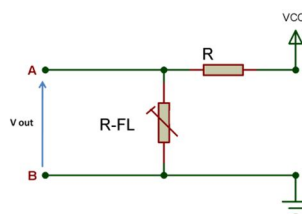


Fig II.14 : Circuit électrique d'utilisation de la jauge à fuel.

La figure « II.15 » Montre le schéma synoptique de principe de fonctionnement de la jauge à fuel.

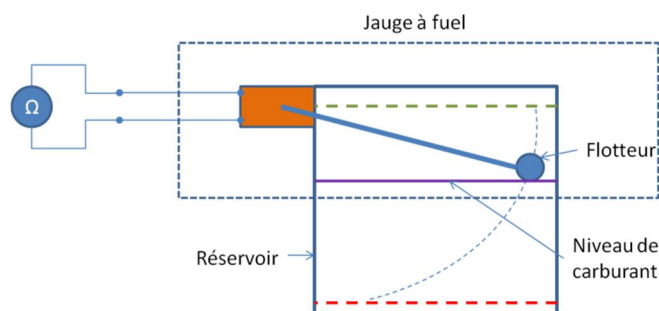


Fig.II.15 : Schéma synoptique de principe de jauge à fuel.

II.2. Les commande du vol :

En Aviation, les commandes de vol sont les systèmes qui font le lien entre le pilote et les gouvernes aérodynamiques qui permettent de modifier la trajectoire de l'avion. On distingue les commandes de vol primaires (profondeur, aileron, direction) utilisées pendant tous le vol, les commandes de vol secondaires (becs et volets, aérofrein) utilisées pendant les phases d'atterrissages et (becs, volets) les phases de décollage.

La figure «II.16 » montre les trois mouvements de rotation d'un avion.

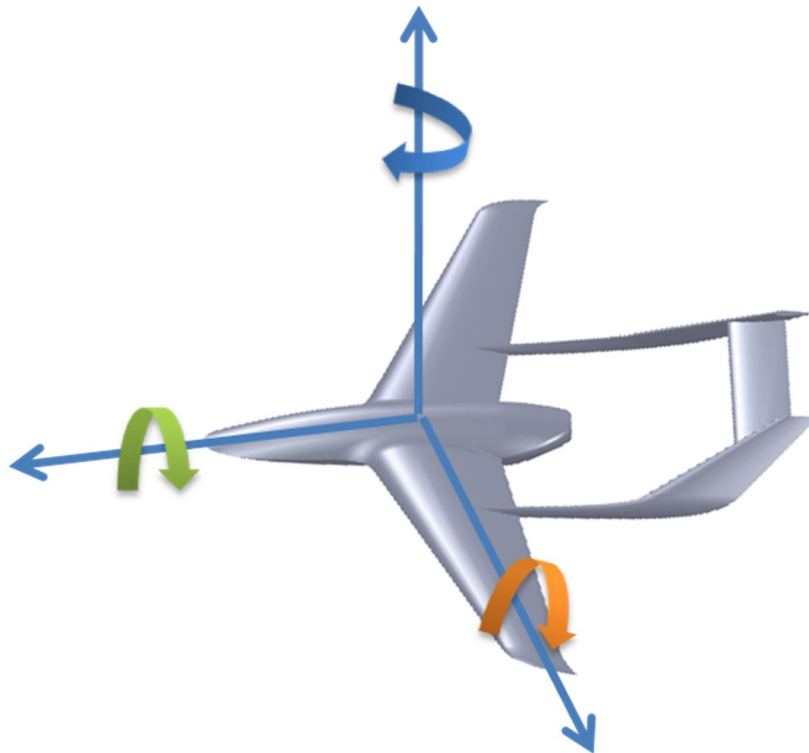


Fig.II.16 : Schéma descriptif des axes de drone.

II.2.1. Les hypersustentateurs (volets) :

Les volets se trouvent sur la partie interne de l'aile, entre le fuselage et les ailerons « voir la figure II.17 », les ailerons se trouvant sur la partie externe de l'aile. Il existe des volets courant sur tout le bord de fuite. Leur objectif est d'augmenter la cambrure de l'aile, voire dans certains cas la surface alaire.

Les angles de braquage des volets dépendent de la phase dans laquelle se trouve l'avion : décollage ou atterrissage. Les braquages sont généralement plus forts à l'atterrissage (portance maximale et action de freinage) qu'au décollage (portance intermédiaire, freinage minimal).

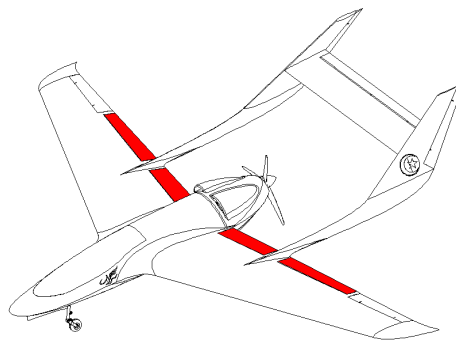


Fig.II.17 : Emplacement des volets du drone.

La figure « II.18 » montre le mécanisme de la commande du mouvement de volet.

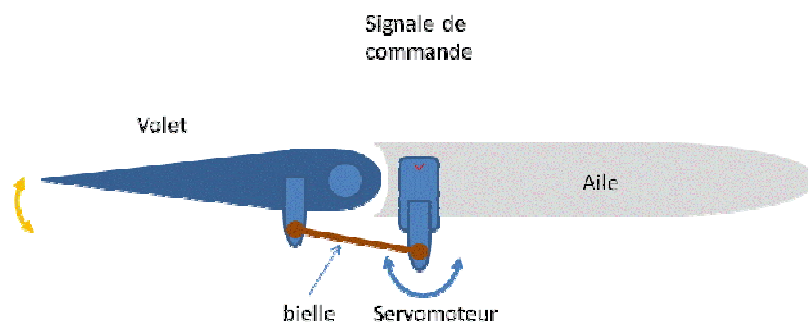


Fig II.18 : Mécanisme de la commande du mouvement de volet.

II.2.2. Les gouverne :

II.2.2.1. Commande de lacet :

La commande de lacet permet de manœuvrer la gouverne de direction (the ruder). Pour utiliser la gouverne de direction, cette dernière fonctionne comme un gouvernail. Il sert à contrôler l'avion lors de sa course de décollage ou à l'atterrissage et permet de maintenir un vol symétrique en croisière.

La figure « II.19» montre l'emplacement des gouvernes de directions.

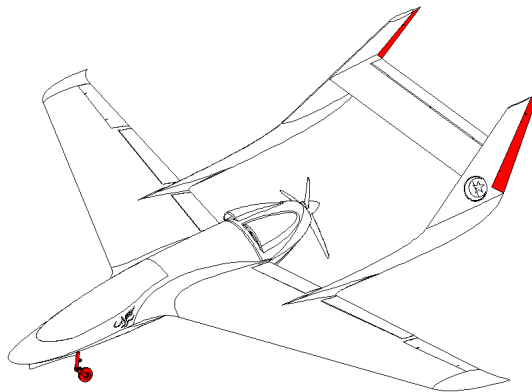


Fig II.19 : Emplacement des gouvernes de directions.

La figure « II.20» montre le mécanisme de la commande du mouvement de la gouverne de direction.

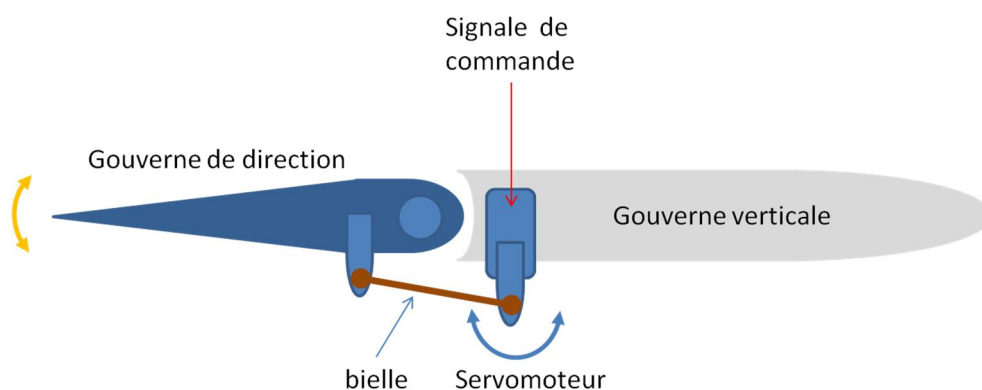


Fig II.20 : Mécanisme de la commande du mouvement de la gouverne de direction.

II.2.2.2. Commande de profondeur :

La commande de profondeur permet de manœuvrer la gouverne de profondeur, qui servant à faire cabrer ou piquer l'avion et donc de contrôler son assiette longitudinale.

La gouverne de profondeur est située à l'arrière de l'avion « voir la figure II.21 », c'est une surface horizontale articulée autour d'un axe horizontal également. Elle peut se relever ou s'abaisser afin de faire varier la résultante aérodynamique générée par l'empennage horizontal.

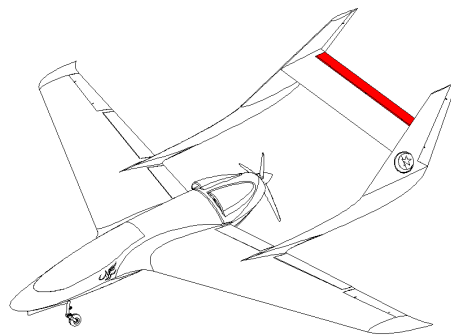


Fig.II.21 : Emplacement de la gouverne de profondeur.

La figure « II.22 » montre le mécanisme de la commande du mouvement de la gouverne de profondeur.

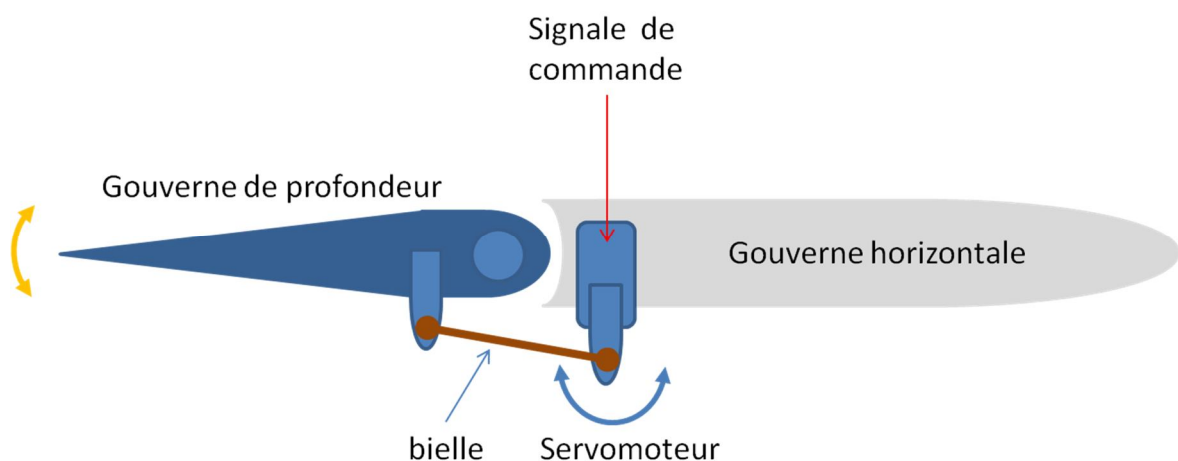


Fig II.22 : Mécanisme de la commande du mouvement de la gouverne de profondeur.

II.2.2.3. Commande de roulis (ailerons) :

La commande de roulis permet de manœuvrer les ailerons, ceux-ci servant à contrôler l'inclinaison de l'avion de droite à gauche.

Les ailerons sont des surfaces horizontales situées aux extrémités des ailes « voir la figure II.23 », coté bord de fuite (arrière de l'aile). En se relevant ou s'abaissant ils modifient le profil du bout d'aile et font ainsi varier la résultante aérodynamique qui s'applique à l'aile. Les ailerons se déplacent en sens opposés l'un de l'autre de telle sorte que lorsque l'un est baissé, l'autre est relevé et vice versa.

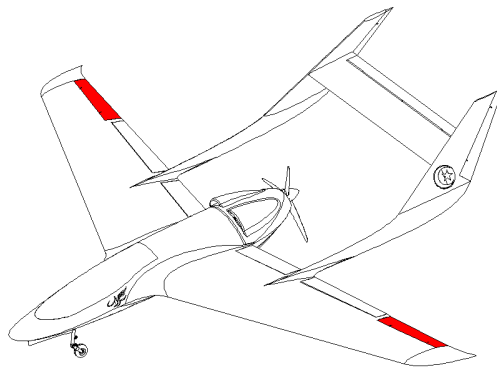


Fig II.23 : Emplacement des ailerons.

La figure « II.24 » montre le mécanisme de la commande du mouvement de l'aileron.

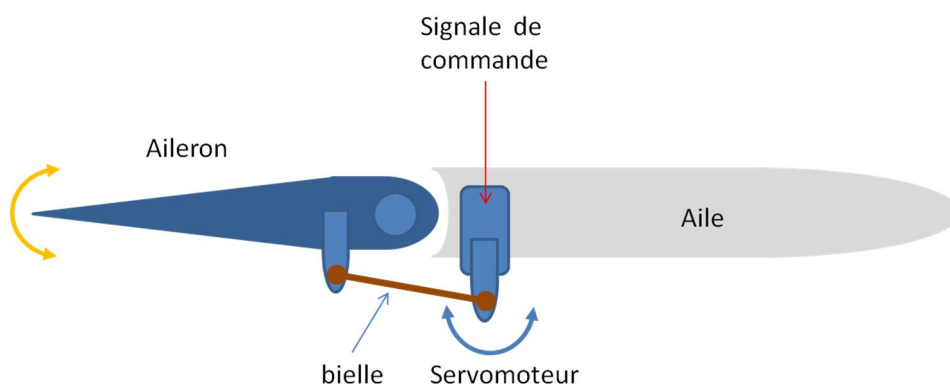


Fig II.24 : Montre le mécanisme de la commande du mouvement de l'aileron.

II.2.3. Commande de la direction du train avant:

La direction de tout l'avion correspond à celle de train avant.

La figure « II.25 » montre le schéma synoptique de mécanisme de commande de la direction du train avant.

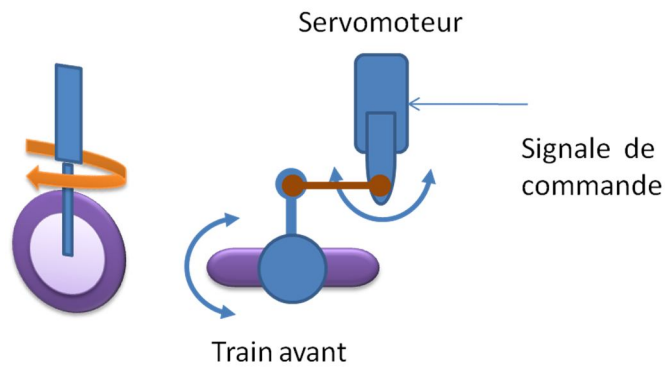


Fig II.25 : Schéma synoptique du mécanisme de Train avant.

II.2.4. Commande du régime moteur:

Cette commande permet de faire varier l'accélération de moteur, la figure « II.26 » montre schéma synoptique de la commande du régime moteur pour un moteur thermique.

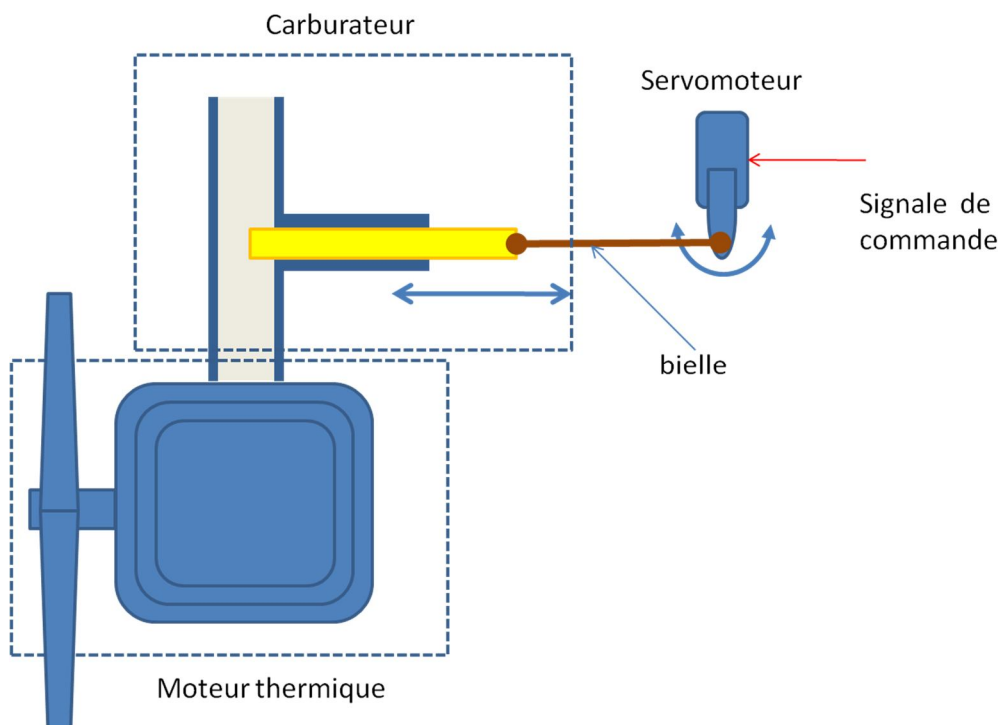


Fig II.26 : Schéma synoptique de la commande du régime moteur.

Toutes les commandes de vol sont assurées en reliant les surfaces mobiles correspondantes à chaque commande avec des servomoteurs de petite taille « voir la figure II.27 ».



Fig.II.27 : Un mini Servomoteur

II.2.5. Description d'un servomoteur :

Un servomoteur est un dispositif utilisé pour, par exemple, diriger une voiture télécommandée.

Il comprend :

- Un moteur électrique de petite taille.
- Un réducteur en sortie de ce moteur pour avoir moins de vitesse et plus de couple.
- Un capteur : un potentiomètre qui produit une tension variable en fonction de l'angle de l'axe de sortie.
- Un asservissement électronique pour contrôler la position de cet axe de sortie.

L'utilisateur envoie à chaque instant un signal PWM représentatif d'un angle. Le servomoteur tourne vers cet angle et s'y maintient.

La figure « II.28 » Montre le bloqe diagramme interne d'un mini servomoteur.

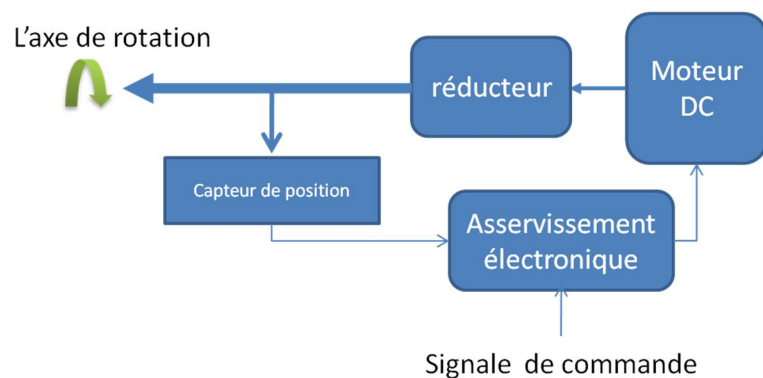


Fig II.28 : Block diagramme interne d'un mini servomoteur.

La commande du servomoteur :

Un connecteur à trois fils permet de commander un servomoteur :

Il y a la masse et le +5V (environ). Ces deux fils sont en général noir et rouge. Le 3^{ème} fil est le fil de commande. Il est normalement blanc ou jaune.

Le signal de commande d'un servomoteur est un signal **PWM** de fréquence 50Hz et dont le niveau haut doit être entre 1 et 2 ms « voir la figure II. 29 ».

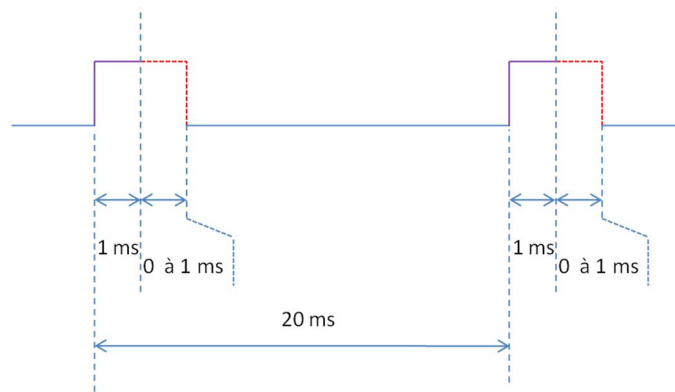


Fig II.29 : Format du signal de commande de servomoteur.

En clair, il faut fournir au servomoteur une impulsion. Le servomoteur va prendre en compte la largeur temporelle de cette impulsion qu'il va convertir de façon linéaire en un angle.

La figure « II.30 » montre position la rotation de l'axe de servomoteur en fonction de la largeur de l'impulsion.

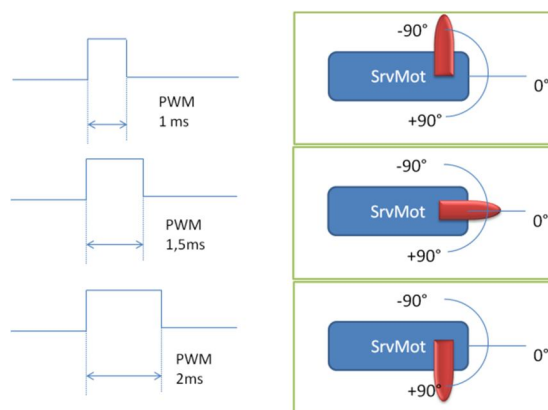


Fig II.30 : Signal modulé en code d'impulsion.

II.3. Les commandes commutatives :

Les commande commutative prendre deux état logique, l'état haute corresponde un signal électrique de **5 v**, et l'état bas corresponde un signal de **0 v**.

II.3.1. Commande de l'alimentation électrique :

L'alimentation électrique de tous les systèmes y compris, le système avionique et le système de propulsion à bord du drone est assurée par l'emploi des batteries.

Les commandes correspondantes à l'alimentation en courant sont toutes assurées par l'utilisation des simples relais « 1RT 5V ».



Fig.II.31 : Relais 1RT 5V.

La figure « II.32 » montre le schéma électrique de la commande d'alimentation électrique du système avionique.

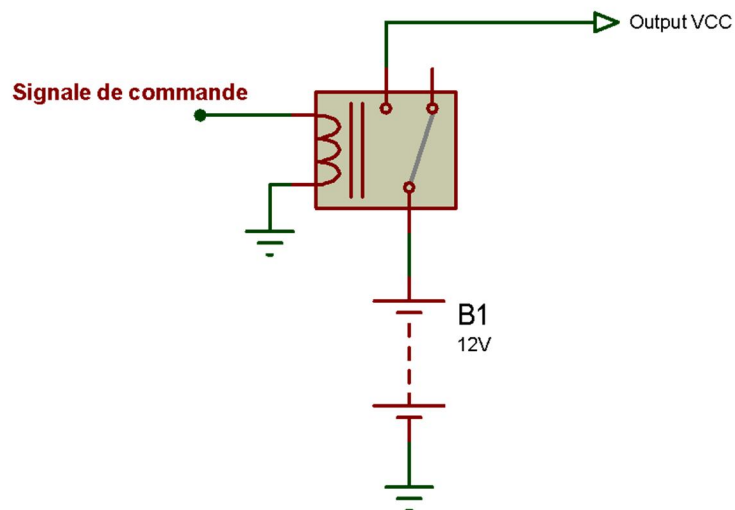


Figure « II.32 » schéma électrique de la commande d'alimentation électrique.

II.3.2. Commande de l'électrovanne de carburant :

Pour fonctionner, le moteur a besoin de carburant. Il faut donc un système spécifique pour l'alimenter. Le circuit de carburant comprend un réservoir, des canalisations, un filtre. Le réservoir a pour rôle de stocker le carburant et d'assurer une certaine autonomie au drone, or l'électrovanne « voir la figure II.33 » est un robinet électrique à cette différence près : l'électrovanne ne connaît que 2 positions : ouverte ou fermée. La commande électrique se fait par un électro-aimant, lui-même alimenté ou non par l'ordre venant de la carte de commande installer à bord.



Fig.II.33 : Électrovanne de carburant.

La figure « II.34 » montre le schéma synoptique de l'électrovanne du carburant et leur circuit de commande.

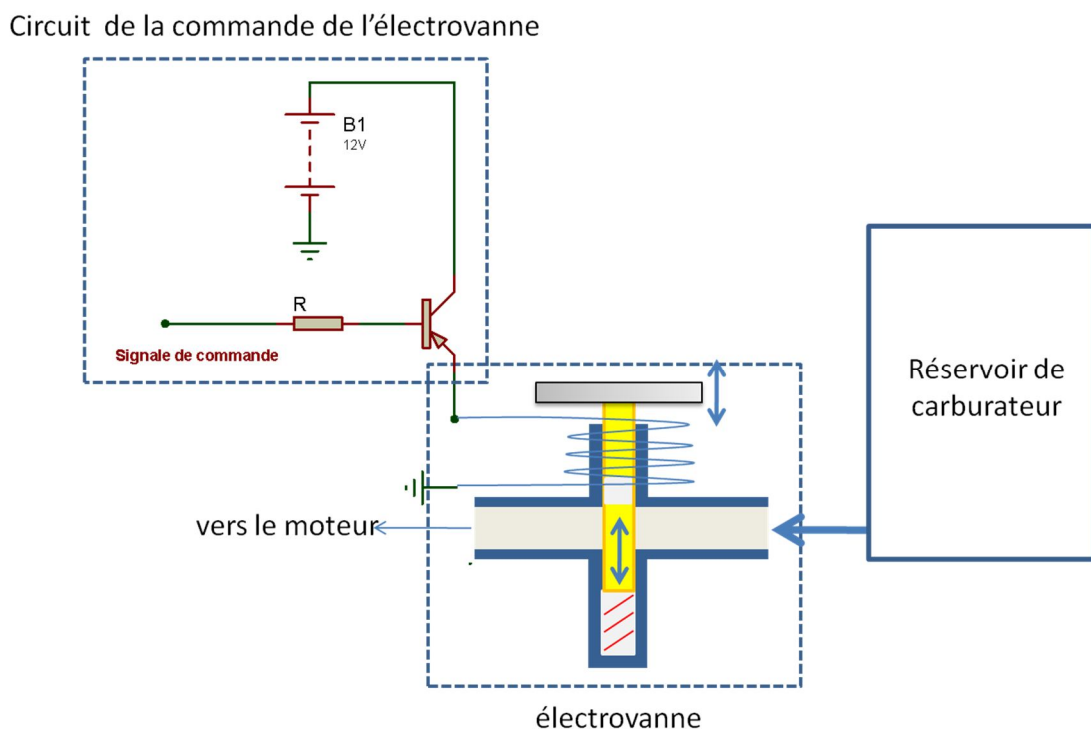


Fig II.34 : Schéma synoptique de l'électrovanne de carburant et sa circuit de commande

II.3.3. Commande de l'éclairage (feux de position) :

L'équipement lumineux d'un avion se compose principalement de feux de navigation, de feux de position, de feux anticollision et de phares d'atterrissage.



Fig.II.35 : L'éclairage du drone.

Les feux de position sont utilisés lors des missions de nuit ou par mauvais temps, ces feux sont positionnés de façon précise sur l'appareil, feu rouge sur l'aile gauche, feu vert sur l'aile droite, et feu blanc sur l'empennage horizontal de l'avion.



Fig.II.36 : Les feux « système LED ».

Les feux ne connaissent que deux états : allumés ou éteints. La commande électrique se fait par l'ordre venant de la carte de commande à bord.

Conclusion :

Après la saisie de nos besoins, on s'intéresse maintenant à l'étude théorique des différents montages conçus pour notre système. En effet, cette étape nécessite une présentation générale de toutes les parties principales de notre réalisation.

CHAPITRE III

Présentation les modules
de Communications

Introduction :

Les ondes radio restent un véhicule privilégié pour toutes d'ordres de télécommande à courte moyenne ou longue distance.

Tous les systèmes de radiocommunication repensent sur la propriété de créer un champ électromagnétique capable de se propager à distance. L'importance de ce phénomène de propagation dépend largement des caractéristiques de l'antenne d'émission pièce conductrice mise en jeu. Côté réception, une antenne similaire est capable de convertir le champ reçu en une tension HF, qui est alors possible d'être amplifier et traiter par des moyens électroniques appropriés.

La simple présence ou absence de champ émis permet déjà de transmettre des informations signaux « morse » ou ordres de télécommande « tout ou rien ». La transmission, dite à la « porteuse pure » risque cependant d'être perturbée par n'importe quel autre émetteur fonctionnant sur la même fréquence, dans le voisinage ou même à grande distance.

Pour augmenter la sécurité de transmission, il faut introduire une forme ou une outre de codage. Raccordé à un montage émetteur le générateur codé utilisé va pouvoir « hacher » la fréquence « porteuse » au rythme du train d'impulsions qu'il produit. Côté réception des circuits appropriés pourront facilement reconstituer le signal et le code programmé l'ordre de télécommande aboutira.

Si le rôle de l'émetteur consiste à produire la puissance suffisante pour faire passe son message, celui du récepteur est tout en finesse : il lui faut isoler, de la multitude de signaux forts ou faibles captés par l'antenne.



Fig III.1 Schématisation d'un système de transmission

III.1. Module de transmission « TX3A / RX3A » :

Le TX3A et RX3A sont des modules d'émission et de réception UHF miniatures conçu pour montage sur circuit imprimé. Ils facilitent l'implémentation simple de liaisons de données à des vitesses allant jusqu'à 64 kbps.

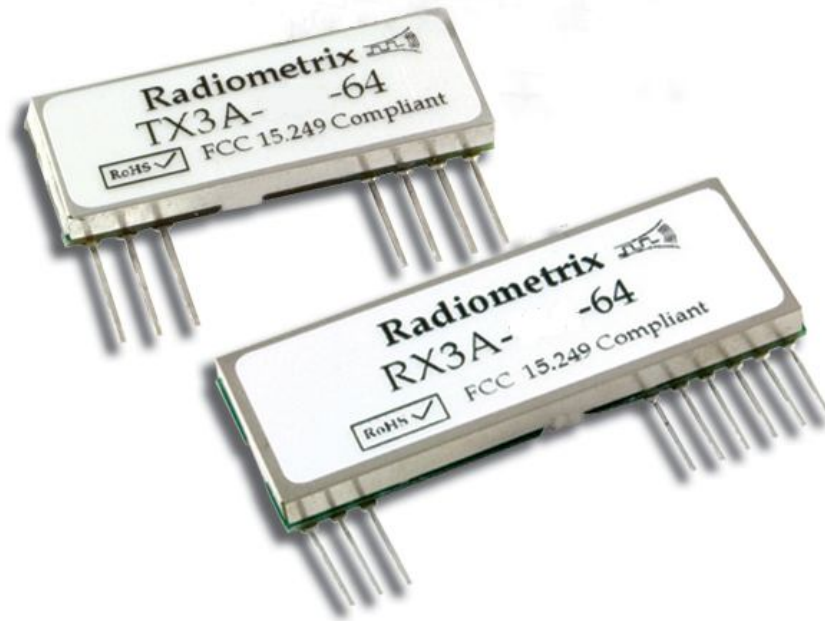


Fig.III.2. Les Modules RF « TX3A, RX3A ».

III.1.1. Caractéristiques générales:

- Les fréquences standards disponibles: 869.85MHz, 914.5MHz ;
- Les débits de données allant jusqu'à 64 kbps ;
- Entièrement blindé ;
- Dimensions réduites.

III.2. Émetteur « TX3A-860-64 » :

Ce module est un émetteur radiofréquence FM large bande dont la fréquence est stabilisée par un étage PLL contrôlé par un quartz. Economique et performant, il dispose d'une entrée DATA acceptant à la fois les données numériques ainsi que les signaux analogiques.

III.2.1. Applications :

- Transmission de données haut débit ;
- Télécommandes radio ;
- Systèmes de contrôle de processus à distance ;

III.2.2. Caractéristiques :

- Crystal-verrouillé PLL, modulé en FM à un maximum de 64 kb / s ;
- Opération de 2.2V à 16V à 7.5mA;
- Régulateur intégré pour une meilleure stabilité et la réjection du bruit d'alimentation ;
- sortie nominale RF : 1mW ;

III.2.3. Brochage du module « TX3A-869 » :

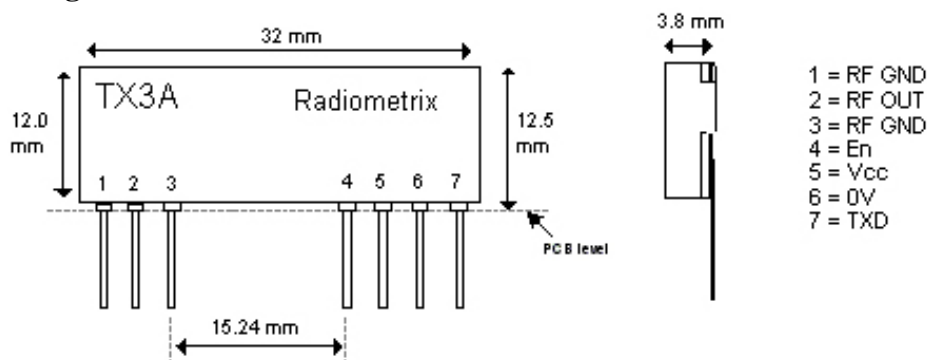


Fig III.3. Brochage et dimensions physiques du module « TX3A-869 ».

- **Broches 1 et 3 « RF GND » :** Connectées en interne à la broche 6 (0V). Ces broches doivent être directement reliées au chemin de retour RF ;
- **Broche 2 « RF OUT » :** La sortie « RF » out est destinée à recevoir une antenne externe de type hélicoïdale ;
- **Broche 4 « En » :** L'entrée « En » permettra de neutraliser l'étage « HF » afin de limiter la consommation de l'émetteur lorsque ce dernier n'a pas lieu d'être utilisé ;
- **Broche 5 « Vcc » :** Tension d'alimentation est de 2,2 V à 16 V ;
- **Broche 6 « 0V » :** la masse, en interne connectée aux broches 1 et 3 ;
- **Broche 7 « TXD » :** Accepte série de données numériques à niveaux 0V à 2.5V.

Dans tous les cas, les modules émetteurs « TX3A-869 » sont destinés à être utilisés en association avec les récepteurs large bande de la gamme « RX3A-869 ».

La figure « III.4 » montre le circuit de montage « utilisation » de module TX3A-869.

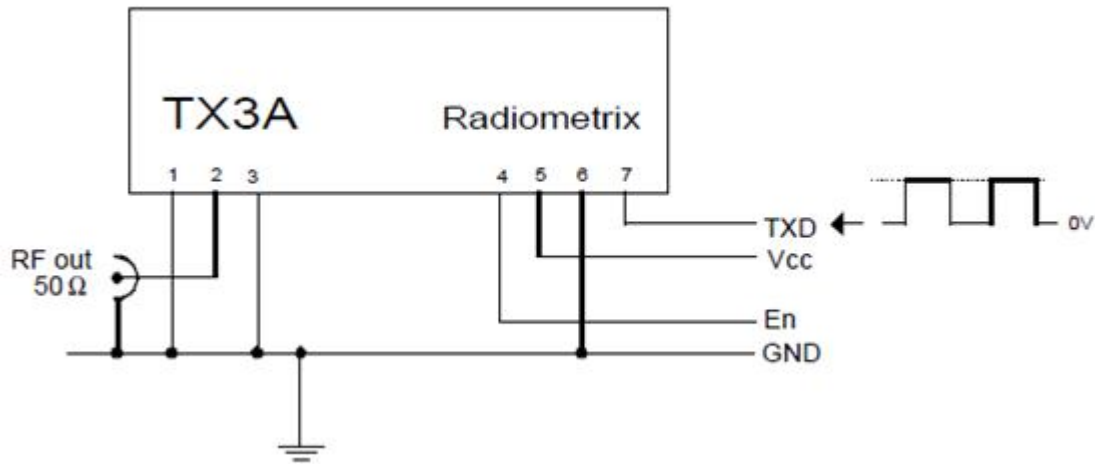


Fig III.4 Circuit de montage de module TX3A

III.2.4. Les performances et spécifications:

	Broche	Min	Typ	Max	Unités
Tension d'alimentation	5	2.2	3.0	16	V
Courant d'alimentation	5	-	7,5	9,5	mA
La puissance de sortie RF à Vcc=2,2V	2	-	-1	-	dBm
La puissance de sortie RF à Vcc≥2,8V	2	-	0	-	dBm
Fréquence d'émission	-	-	869,85	-	MHz
Débit max	-	-	-	64	Kbps
Niveau d'entrée TXD (logique bas)	7	-0.2	0	+0.2	V
Niveau d'entrée TXD (logique haut)	7	+2.3	+2.5	+3	V

Tableau III.1. Les performances et spécifications du module « TX3A-869 ».

III.3. Récepteur « RX3A » :

Ce module est un récepteur FM large bande. Economique et performant, il dispose de sorties pour signaux numériques et analogiques.

Bénéficiant d'une large plage d'alimentation, ce récepteur est également doté d'une sortie RSSI et d'un temps d'établissement rapide permettant par exemple de pouvoir l'utiliser en réception pulsée dans le cadre de la réalisation de systèmes nécessitant une faible consommation.

III.3.1. Applications :

- Transmission de données haut débit ;
- Télécommandes radio ;
- Systèmes de contrôle de processus à distance.

III.3.2. Caractéristiques :

- Opération de 2.7V à 16V à 11mA ;
- Régulateur intégré pour une meilleure stabilité et la réjection du bruit d'alimentation ;
- Sensibilité -100dBm;
- Sortie RSSI;

III.3.3. Brochage du module « RX3A-869 » :

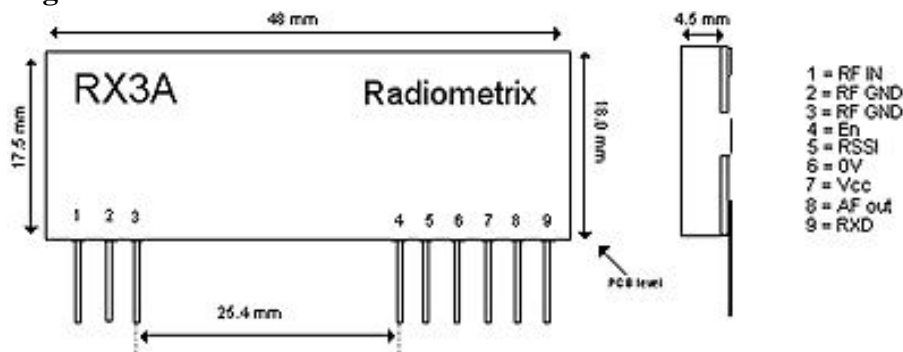


Fig III.5. Brochage et dimensions physiques du module « RX3A-869 ».

- **Broche 1 « RF IN »** : L'entrée RF in est destinée à recevoir une antenne externe de type hélicoïdale ;
- **Broches 2 et 3 « RF GND »** : Connecté en interne à la broche 6 (0V). Ces broches doivent être reliées au chemin de retour RF ;
- **Broche 4 « En »** : L'entrée « En » permettra de neutraliser l'étage de réception afin de limiter la consommation du module lorsque ce dernier n'a pas lieu d'être utilisé ;
- **Broche 5 « RSSI »** : La sortie RSSI délivre une tension analogique dont la valeur permet d'avoir une indication sur le niveau de réception ;
- **Broche 6 « 0V »** : La masse, en interne connecté aux broches 2 et 3 ;
- **Broche 7 « VCC »** : Tension d'alimentation est de 2,2 V à 16 V ;
- **Broche 8 « AF out »** : Tamponné et filtré la sortie analogique du démodulateur FM ;
- **Broche 9 « RXD »** : Sortie numérique de la donnée.
-

La figure « III.6 » montre le circuit de montage « utilisation » de module RX3A-869.

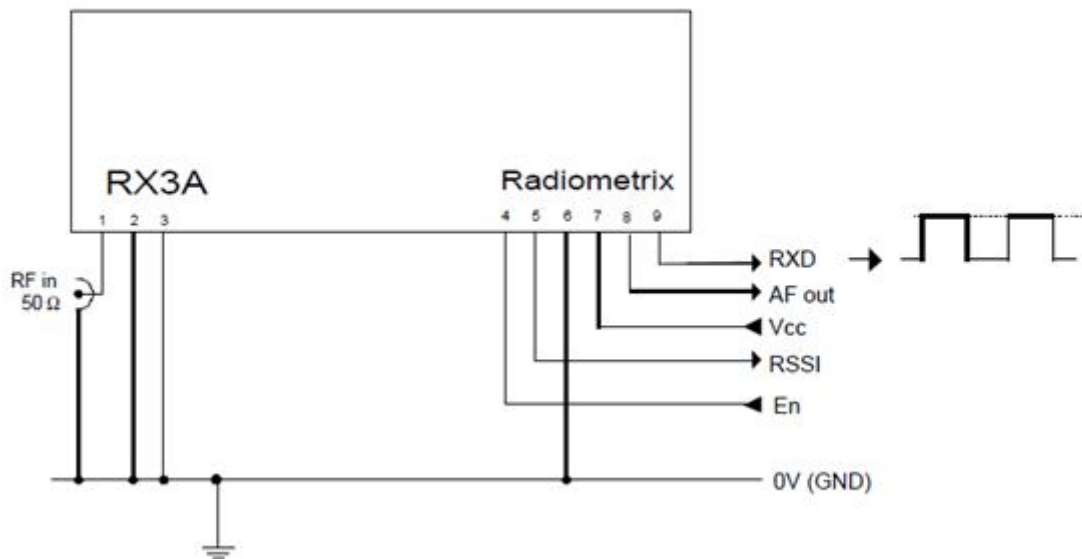


Fig III.6 Circuit de montage de module RX3A

III.3.4. Les performances et spécifications:

	Broche	Min	Typ	Max	Unités
Tension d'alimentation	7	2.7	5.0	16	V
Courant d'alimentation	7	10	11	16	mA
Sensibilité RF	1	-	-107	-	dBm
Entrée RF opérationnelle Max	1	-	-10	-	dBm
Seuil de RSSI	5	-	-120	-	dBm
Bande passante IF	-	-	180	-	KHz
Débit max	-	-	-	64	Kbps

Tableau III.2. Les performances et spécifications du module « RX3A-869 ».

III.3.5. Signal reçu Indicateur de puissance (RSSI) :

Le récepteur « RX3A » intègre une large gamme de RSSI qui mesure la force d'un signal entrant sur une plage de 60dB ou plus. Cela permet l'évaluation de la qualité du lien et la marge disponible et est utile lorsque nous effectuons des tests de portée.

La sortie sur la broche 5 du module a une polarisation CC permanent de 0.25V généralement sans signal, s'élevant à 1.1V à l'indication du maximum. L'impédance de sortie de source RSSI est supérieure à (~50kΩ) et le chargement externe devrait donc être maintenu au minimum. La caractéristique typique de RSSI est, comme indiqué ci-dessous:

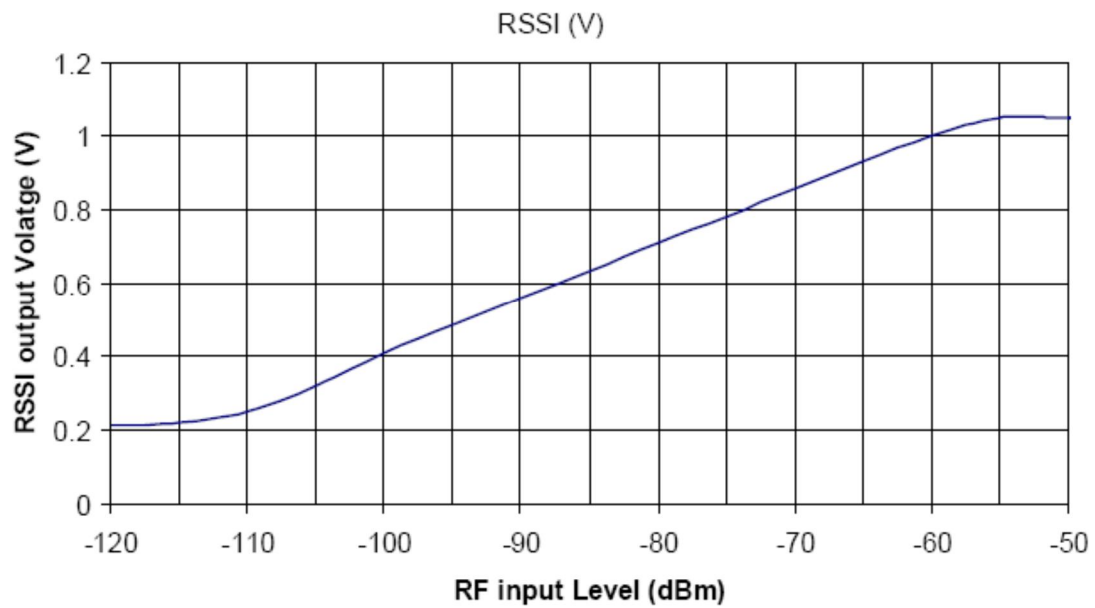


Fig III.7. Courbe de repense RSSI de « RX3A ».

Conclusion :

Dans le présent chapitre, nous avons essayé de représenter le module radiofréquence « TX3A/RX3A », son principe de fonctionnement, ses caractéristiques, ses applications ainsi que son brochage et ses dimensions.

Mais dans notre réalisation en doit utilisant deux transmetteurs TX3A et TX2 associés avec deux récepteur RX3A et RX2 pour avoir une liaison sans fil bidirectionnel, la différence entre eux c'est la fréquence de fonctionnement le TX3A/RX3A on 869 MHz et le TX2/RX2 à 433 MHz.

CHAPITRE IV

Le microcontrôleur

« PIC 18F4550 »

Introduction :

Comme notre système de commande est basé sur les microcontrôleurs 18F4550. Etant donné l'utilité de ce composant nous avons jugés nécessaire de consacrer un chapitre qui décrit ce type de composant.

La connaissance des différentes caractéristiques de ce composant va nous aider à mieux concevoir notre montage.

L'avènement des microcontrôleurs, qui associent au microprocesseur de base un programme intégré au circuit, ainsi que des périphériques et de la mémoire, a permis de faire évoluer les montages vers encore plus de simplicité et de rapidité, les périphériques étant intégrés au circuit. Les microcontrôleurs sont aujourd'hui implantés dans la plupart des réalisations grand public ou professionnelles, ils gèrent au plus juste et au plus vite les applications. Il existe aujourd'hui de nombreuses familles de microcontrôleurs.

Un pic est un microcontrôleur, c'est à dire une unité de traitement de l'information de type microprocesseur à laquelle on ajoute des circuits internes permettant de réaliser des montages sans nécessiter l'ajout de composants externes. Les pics sont des composants dits RISC (Reduced Instructions Set Computer), ou encore (composant à jeu d'instructions réduit).

Dans ce chapitre on va étudier en détail le composant principal de notre réalisation qui est le microcontrôleur pic 18F4550.

IV.1. Définition d'un microcontrôleur :

Les microcontrôleurs pic (ou pic micro dans la terminologie du fabricant) forment une famille de microcontrôleurs de la société Microchip. Ces microcontrôleurs sont dérivés du pic1650 développé à l'origine par la division microélectronique de General Instrument.

Le nom pic n'est pas officiellement un acronyme, bien que la traduction en «Peripheral Interface Controller » (contrôleur d'interface périphérique) soit généralement admise.

Cependant, à l'époque du développement du pic1650 par General Instrument, PIC était un acronyme de « Programmable Intelligent Computer » ou « Programmable Integrated Circuit ».

Un microcontrôleur est un composant électronique autonome doté de :

- Un microprocesseur ;
- Une mémoire RAM ;
- Une mémoire permanente ;
- Des interfaces d'Entrée/Sortie parallèle ;
- Des interfaces d'entrée/Sortie analogique ;
- Des timers pour gérer le temps ; et
- Autres modules plus au moins sophistiqués selon la taille des μ C.

IV.2. Architecture d'un microcontrôleur :

Les microcontrôleurs, quel que soit leurs constructeurs, ont des architecture très similaires et sont constitués de modules fondamentaux assurant les mêmes fonctions :

- UAL ;
- Ports d'Entrée/Sortie ;
- Interfaces de communications série ;
- Interfaces d'Entrée/Sortie analogiques ;
- Timers et horloge.

La figure « IV.1 » montre le bloque diagramme de PIC18F4550.

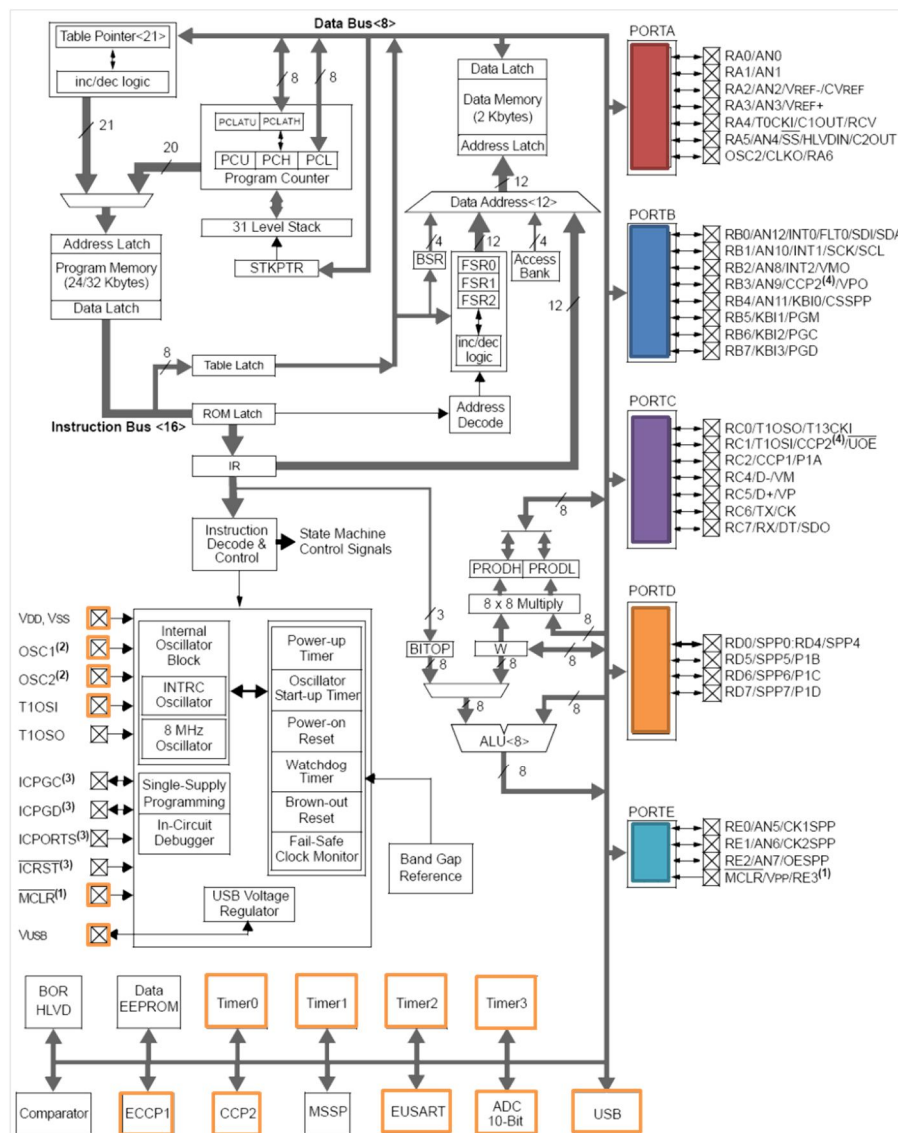


Fig IV.1 Le Block diagramme de PIC18F4550

IV.3. Le PIC 18F4550 :

Le PIC18F4550 est un microcontrôleur 8 bits de la famille PIC18. La famille PIC18F est basée sur jeu d'instructions 16-bit. Le PIC18F4550 se compose de 32 K Octets de mémoire flash, 2 K Octets de SRAM et 256 octets d'EEPROM.

Il s'agit d'un microcontrôleur PIC à 40 broches, composé de 5 ports d'Entrées/Sorties (PortA, PORTB, PORTC, PORTD et PORTE). PORTB et PORTD ont 8 broches pour recevoir et transmettre des données d'Entrée/Sortie de 8-bits. Les ports restants ont des nombres différents de broches pour les communications de données Entrée/Sortie.

Ce composant peut travailler sur différentes sources d'horloge interne et externe. Il peut fonctionner sur une gamme variée de la fréquence de 31 KHz à 48 KHz. Il a quatre timers. Il existe différents périphériques encastrables comme ADC, comparateurs etc. dans ce contrôleur.

C'est un microcontrôleur de pointe qui est équipé avec les protocoles de communication améliorés, tels qu'EUSART, SPI, I2C, USB, etc.

Caractéristiques du microcontrôleur:

- Contrôleur Famille / Série: PIC18 ;
- Nombre de bits: 8bits ;
- Nombre d'entrées/sorties: 35 ;
- Taille mémoire de programme: 32 k Octets ;
- Taille EEPROM: 256 Octets ;
- Taille mémoire, RAM: 2048 Octets ;
- Vitesse de processeur: 48MHz ;
- Type d'oscillateur: External, Internal ;
- Nombre de timers: 4 ;
- Périphériques: ADC, Comparator, PWM, Timer ;
- Type de boîtier CI numérique: DIP ;
- Gamme de tension d'alimentation: 4.2V à 5.5V ;
- Température de fonctionnement: -40°C à +85°C ;
- Nombre de broches: 40 ;
- Fréquence, horloge Max: 48MHz ;
- Interface: EUSART, I2C, SPI et USB ;
- Nombre d'entrées CAN: 13 ;

IV.4. Brochage du PIC 18F4550 :

Le 18F4550 est un circuit intégré de 40 broches, que l'on peut trouver dans un boîtier PDIP.

Il possède jusqu'à 35 entrées/sorties :

- ✓ 7 pins pour le port A (RA0 à RA6) ;
- ✓ 8 pins pour le port B (RB0 à RB7) ;
- ✓ 7 pins pour le port C (RC0 à RC2, RC4 à RC7) ;
- ✓ 8 pins pour le port D (RD0 à RD7) ;
- ✓ 4 pins pour le port E (RE0 à RE3).

Notez qu'il y a deux broches de masse (broches 12 et 31) et deux broches d'alimentation (broches 11 et 32).

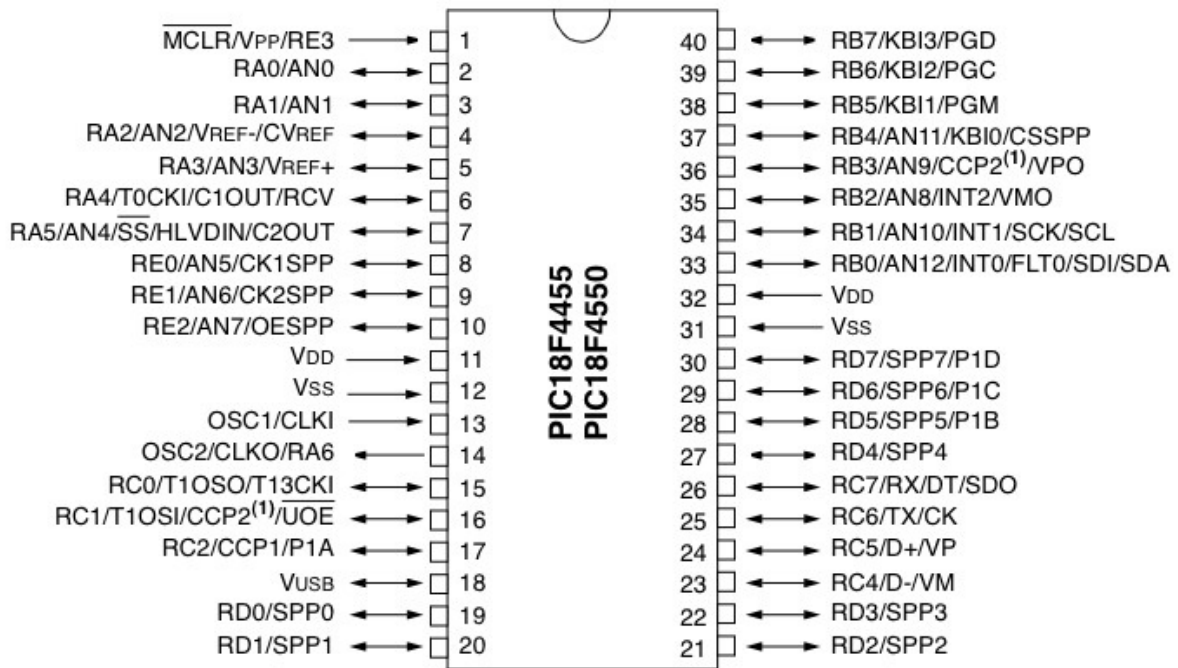


Fig IV.2. Brochage du PIC 18F4550.

IV.5. Les ports d'entrées-sorties du PIC18F4550 :

La plupart des broches du PIC18F4550 sont accessibles en entrée et en sortie tout-ou-rien, c'est-à-dire qu'il peut avoir en entrant ou en sortant un état haut logique (+VCC) ou un état bas logique (0V). Les broches sont regroupées par ports, chaque port pouvant contenir jusqu'à 8 broches. Il est possible d'utiliser chaque patte indépendamment en entrée, en sortie ou pour d'autres fonctions.

Sur la plupart des broches, le premier élément de la description est de la forme Rxy, avec x une lettre, correspondant au port auquel appartient la broche, et y le numéro de la broche dans le port. Par exemple la broche 6 du composant correspond à RA4, c'est-à-dire au bit 4 du port A.

Cependant sur les broches 1 et 14 la description sous forme de port n'est pas en premier dans la liste, mais en dernier. C'est parce que ces broches ont des affectations spéciales prioritaires sur les ports. La broche 1 est par défaut la broche de RESET (/MCLR), on peut l'utiliser comme RE3 en inhibant le RESET externe grâce à un bit de configuration (comme pour configurer l'horloge). La broche 14 peut être utilisée comme RA6 dans les modes d'horloge qui n'utilisent pas un résonateur externe.

IV.6. Les principaux registres liés aux ports :

Il y a deux registres que l'on utilise pour commander les ports : les registres TRISx et PORTx (avec x la lettre correspondant au port).

Les registres TRISx permettent de configurer la direction (entrée ou sortie) de chaque broche du port. Un 1 sur le bit y de ce registre placera Rxy en entrée, un 0 le placera en sortie. Pour le retenir c'est simple : 1 ressemble à la lettre « I » comme « Input », 0 ressemble à la lettre « O » comme « Output ». Par exemple pour placer RB2 en sortie, on placera le bit 2 de TRISB à 0.

Les registres PORTx permettent de placer la valeur de sortie ou de lire la valeur en entrée du port x.

IV.7. L'horloge :

Comme la grande majorité des systèmes numériques à l'heure actuelle, les microcontrôleurs sont des composants synchrones, c'est-à-dire que toutes les opérations y sont synchronisées par une horloge commune. Dans le cas d'un microcontrôleur, le nombre d'instructions par seconde exécutées par le processeur est directement proportionnel à la fréquence de l'horloge. Ainsi il est logique de penser que l'idéal est d'utiliser l'horloge la plus élevée possible, car les performances seront ainsi maximisées. Ce raisonnement est juste, mais maladroit, car une autre chose qui est directement proportionnelle à la fréquence d'horloge est la consommation électrique du composant.

Dans le PIC18F4550, en plus d'une horloge système, qui cadencera le cœur du microcontrôleur, on peut aussi avoir à fournir une horloge à certains périphériques tels que le contrôleur USB ou les Timers.

Le PIC18F4550 peut utiliser 4 types d'horloge comme horloge système:

- **XT** : Oscillateur à résonateur céramique ou à cristal (quartz) externe, jusqu'à 4 MHz. Il est nécessaire dans ce mode d'ajouter entre les pattes OSC1 et OSC2 du composant un quartz, ainsi que deux condensateurs adaptés entre chacune de ces deux broches et la masse.
- **HS** : Même fonctionnement que le précédent, mais pour des fréquences supérieures à 4MHz.
- **EC** : Dans ce mode, il faut directement apporter à la broche OSC1 un signal d'horloge (carré) généré par un oscillateur totalement externe.
- **INT** : Le PIC18F4550 possède un oscillateur interne de fréquence réglable entre 31kHz et 8MHz. Le choix de l'oscillateur se fait par des registres particuliers, les registres de configuration. Ces registres ont la particularité de ne pouvoir être écrits que lors de la programmation.

IV.8. Timers :

Timer	8 bits	16 bits
0	Oui	Oui
1	Non	Oui
2	Oui	Non
3	Non	Oui

Les caractéristiques des timers du PIC 18F4550 sont les suivantes :

- ✓ Source d'horloge peut être interne ou externe ;
- ✓ l'horloge interne: $F_{osc} / 4$ est l'alimentation pour générer le Timer ;



- ✓ Horloge externe: utilisé comme compteur (seulement Timer2 ne peut pas être utilisé comme compteur) ;
- ✓ registres de base de temporisateur ;
- ✓ PIC18 a un temporisateur large 16 bits: TMRxL et TMRxH ;
- ✓ Chaque temporisateur a le TCON (commande de la minuterie).

Conclusion :

Ce chapitre est consacré à la présentation du microcontrôleur tout en illustrant ces différentes caractéristiques afin de mieux l'exploiter.

On aura à définir l'unité de contrôle et tout ce qui l'englobe de part et d'autre de sa structure. La partie la plus importante sera celle qui traite les différents ports d'entrée/sortie.

Ainsi que le convertisseur qui jouera le rôle d'interface entre l'unité de contrôle et les entrées analogiques.

Maintenant, nous pouvons passer à la conception puisque le composant le plus important dans notre système nous est déjà familier.

CHAPITRE V

Réalisation

Introduction :

La réalisation des cartes électroniques est déjà une difficulté en soi, mais dans le cas des drones miniatures elle se double d'un encombrement réduit, car on doit minimiser au maximum leur taille.

L'électronique étant une partie très sensible du drone, elle doit être protégée. Toutes les liaisons entre les cartes, les capteurs, les moteurs et l'alimentation sont autant de points sensibles.

Notre réalisation doit assurer le contrôle des servitudes de notre drone tel que : les servomoteurs, les commandes commutatives, les captures, etc.

V.1. Cahier des charges :

Dans un premier lieu, on a imposé un cahier des charges définissant les caractéristiques du système voulu, qui sont :

- Un système d'affichage graphique au sol.
 - Un PC ;
 - Une interface graphique pour l'affichage des paramètres de vol.
- Une carte électronique de traitement de données au sol « GSC ».
 - Une interface électronique de commande au sol.
 - Une liaison « Data Link » sans fil bidirectionnels.
 - Avoir un port USB pour le transfert des données avec le PC;
- Une carte électronique de commande à bord :
 - La possibilité de commander cinq « 5 » servomoteurs ;
 - La possibilité de commander trois sorties commutatives (Logiques) ;
 - La possibilité de lecture de quatre entrées analogiques ;
 - Une liaison sans fil Bidirectionnels.
 - Deux Capteur PWM (Compas magnétique, Altitude de vole).
 - Un entre d'horloge (pour l'RPM).

V.2. Architecture du projet :

Le système intérimaire de drone SARAB est composé de deux segments distincts : le drone lui-même et l'ensemble de commande et de contrôle au sol (Ground control station). La liaison assurant, la transmission des ordres et des instructions, et la réception des données de vol.

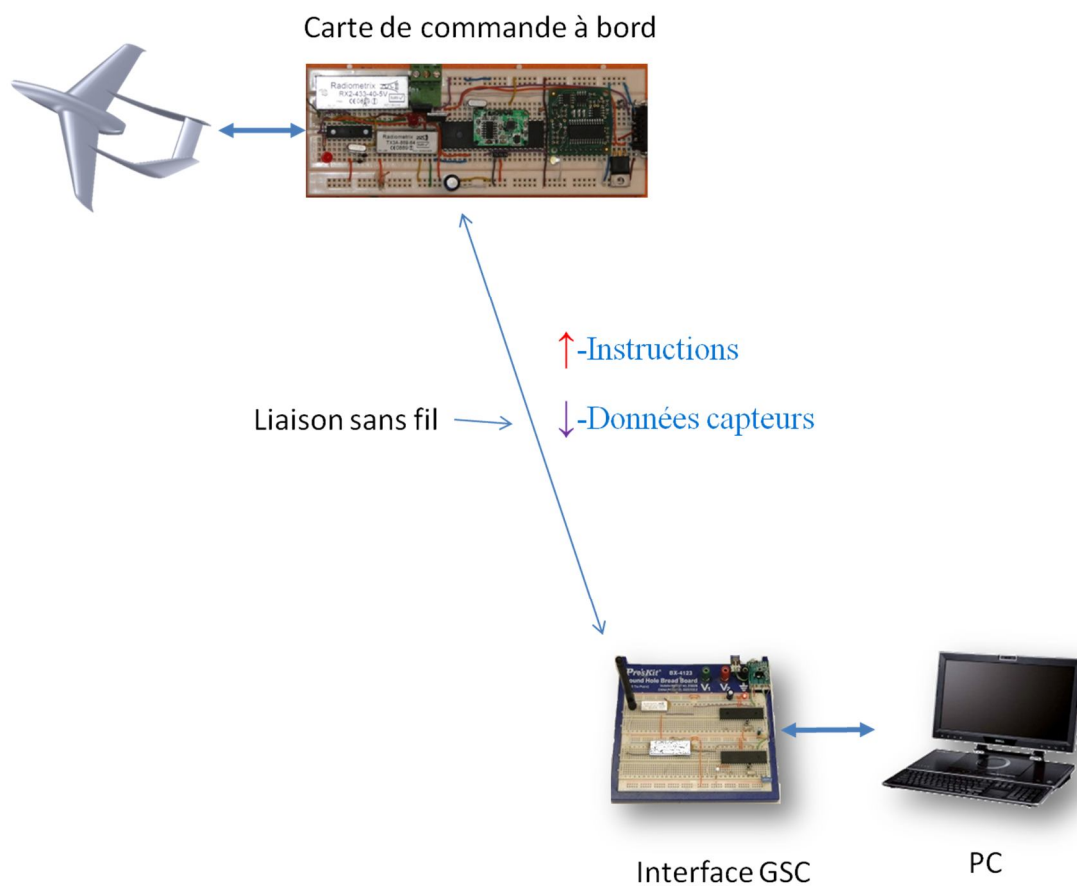


Fig V.1 : Schéma synoptique du système drone.

Le schéma détaillé de l'architecture matérielle retenue pour le projet, avec les types de communications mis en jeu entre les différents éléments est représenté en figure « V.2 ».

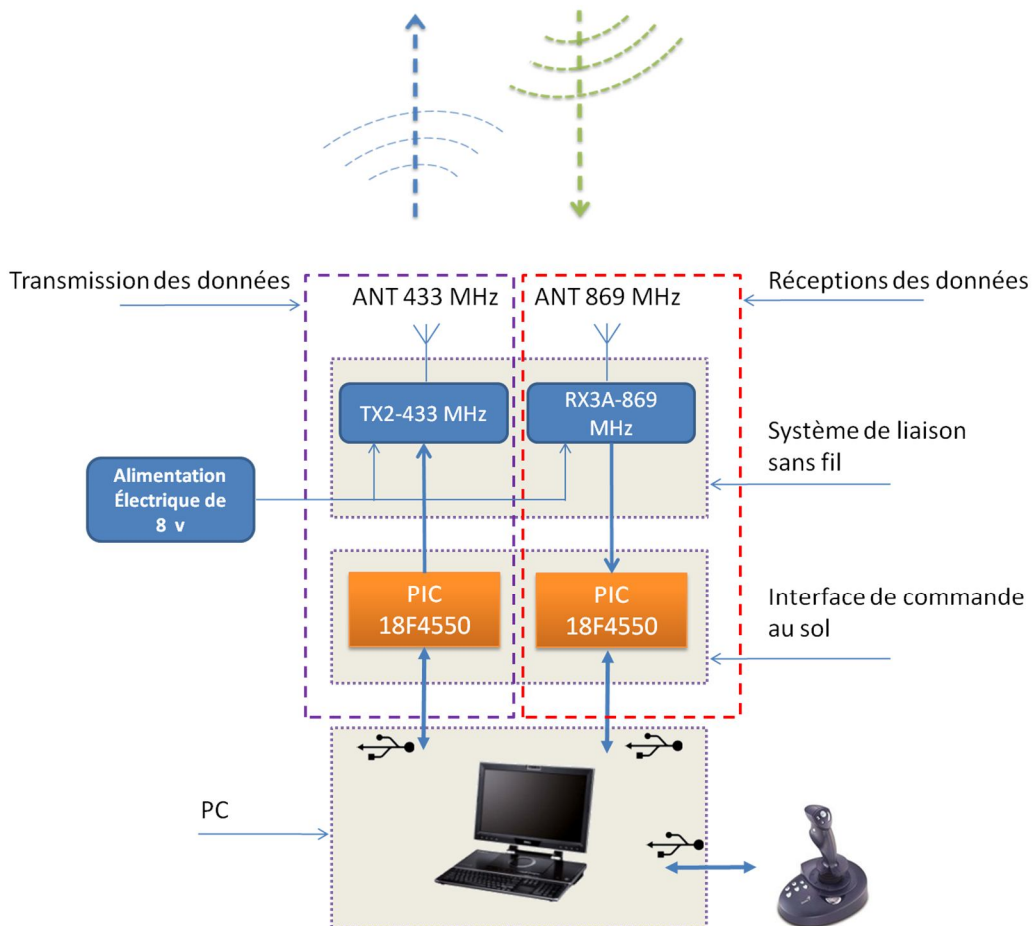
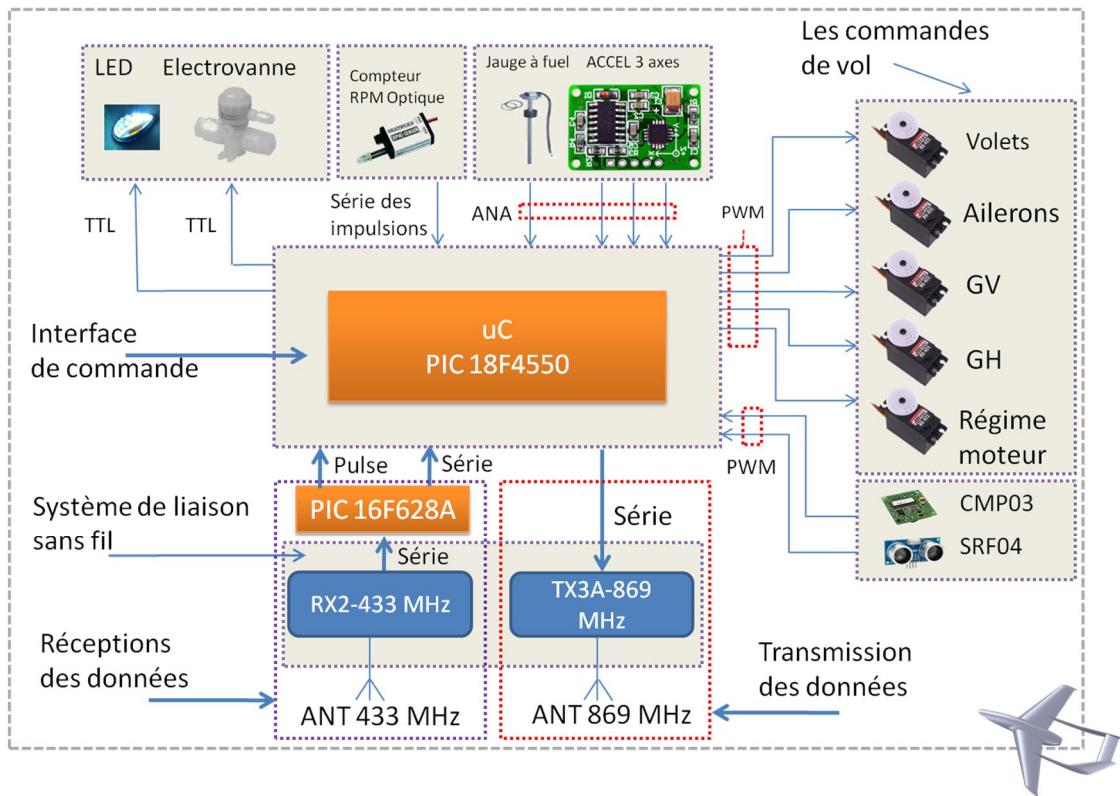


Fig V.2. Schéma détaillé du système de commande.

V.3. Partie logiciel :

Avant d'entamer la partie de la réalisation et la simulation de notre projet, nous sélectionnons d'abord les logiciels de développement qu'on va les utiliser. Ils sont :

- **Delphi 5** : Pour la création de l'interface d'affichage graphique au sol ;
- **PROTEUS** : Pour la réalisation et la simulation des schémas électroniques ;
- **MicroC** : Pour la compilation du programme de microcontrôleur PIC ;
- **WinPic800** : Pour la programmation de microcontrôleur PIC.

V.3.1. Les logiciels de développements et de simulations :

- **Delphi5 :**

Delphi est un environnement de développement créé par Borland. Celui permet de développer facilement et rapidement des applications visuelles pour Windows. La prise en main de Delphi est assez facile à adopter et permet de développer des programmes Win32.

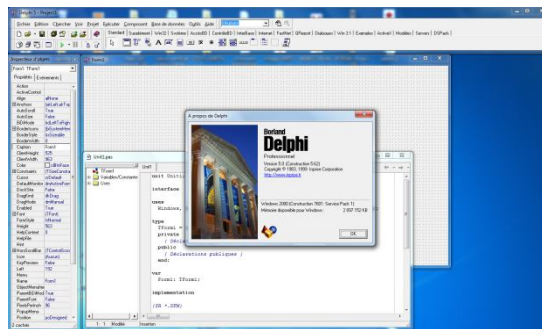


Fig V.3. Interface « Delphi-5 ».

- **L'éditeur de schéma « PROTEUS » :**

PROTEUS est une suite de deux logiciels « ISIS » et « ARES » ; ISIS permet le dessin des schémas électroniques et la simulation en temps réel de façon dynamique, et ARES permet de transformer les schémas en PCB (Tracé du circuit imprimé).

PROTEUS est un outil convivial facile à prendre en main. Il reconnaît et simule beaucoup de composants ainsi que de nombreux afficheurs, moteurs, etc.

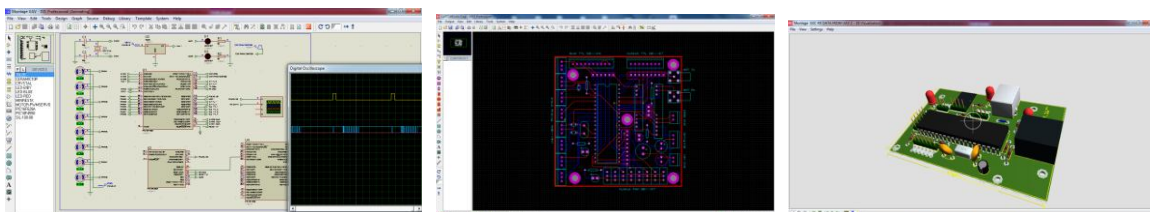


Fig V.4. Les interfaces «Proteus».

- **Le compilateur « MicroC » :**

La programmation des microcontrôleurs PIC peut se faire par plusieurs langages informatiques tels que l'assembleur et le langage C, qui sont les plus répandus dans les applications à base des PICs.

Dans notre projet nous avons opté pour le compilateur de MIKRO C qui est un compilateur en langage C et qui permet d'intégrer certaines routines en assembleur. Ceci nous a permis ainsi d'écrire les routines d'interruptions en assembleur afin de garantir un temps de traitement rapide, qui nous assure une commande en temps réel du drone.

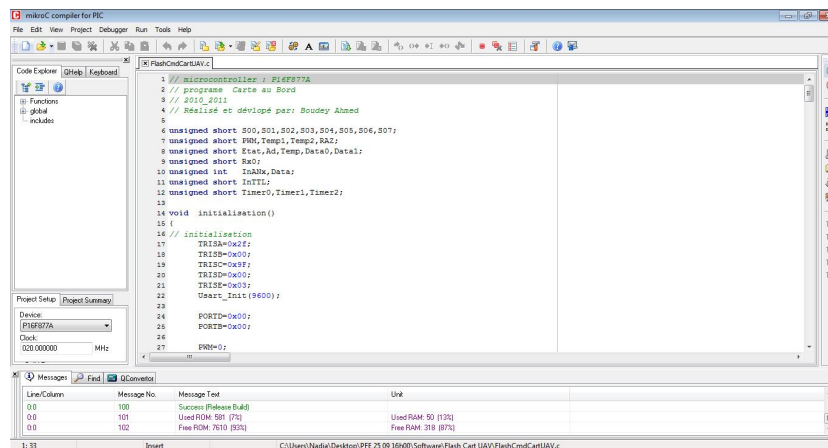


Fig V.5. Interface « MicroC ».

- **Le « WinPic800 » :**

WinPic800 est un programme qui nous permet de transférer un fichier compilé vers un PIC ou une mémoire.

C'est le logiciel qu'avec on va s'aider dans la programmation du PIC 16F877A.

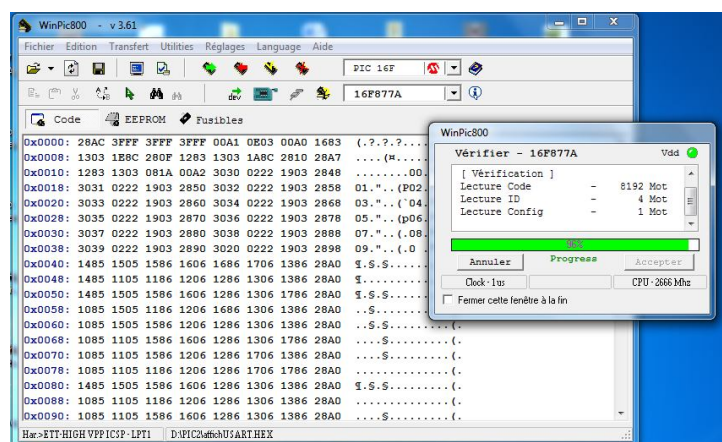


Fig V.6. Interface « WinPic800 ».

V.4.Station sol:

La station de contrôle est constituée d'un émetteur, d'un récepteur, d'une interface électronique « carte électronique » et d'un PC.

La sortie « DATA » de l'émetteur ainsi que l'entrée « DATA » du récepteur sont connectés à l'interface de commande au sol, et ce dernier connecté avec l'ordinateur via le port USB.

L'ordinateur reçoit les informations du lien descendant et diverses interfaces graphiques permettent de les afficher.

V.4.1.Composition de station sol :

La station sol se compose de :

- Système de contrôle, d'affichage et de traitements des données. Dans notre cas ce système est présenté par un PC ;
- Système de liaison sans fil, qui se compose des modules RF de transmission et de réception numérique;
- Interface « Carte » électronique pour le codage des données transmettent et décode les données reçus.

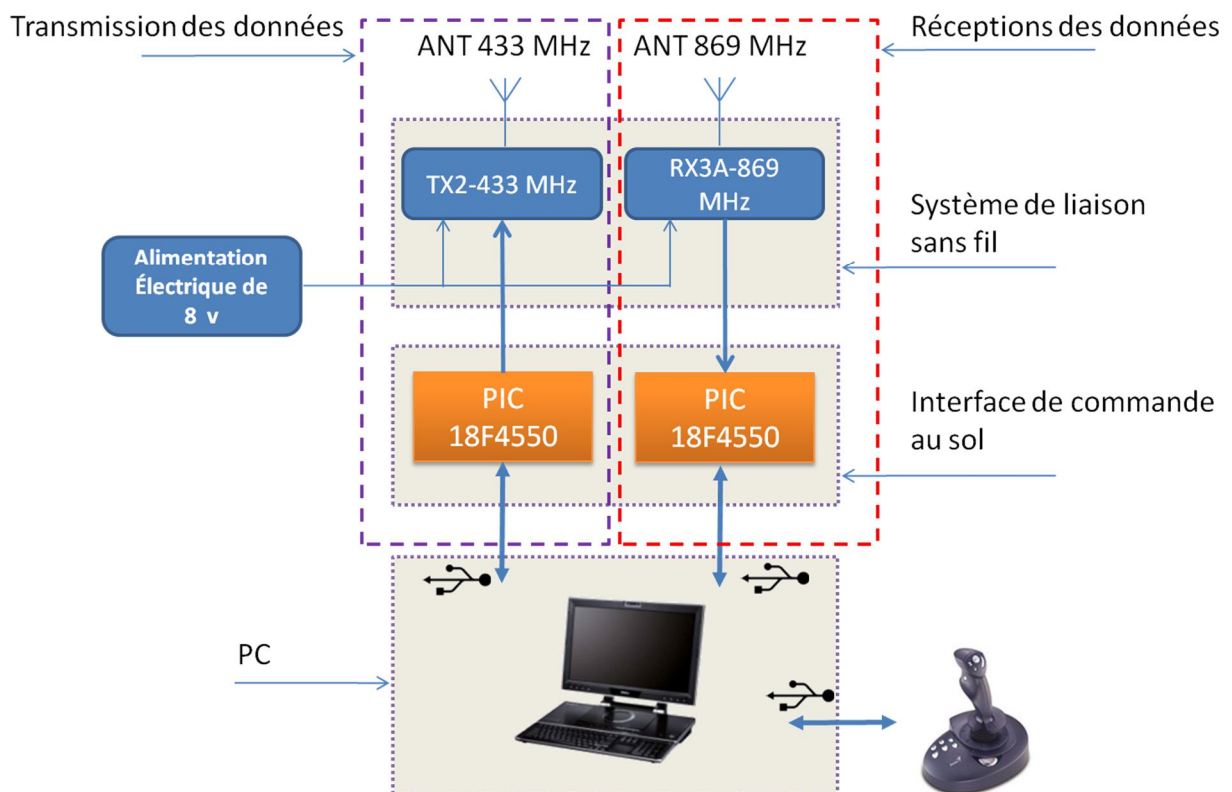


Fig V.7 : Schéma synoptique de la station sol.

V.4.2 Système de commande et d'affichage « PC » :

Un PC est utilisé comme station de commande et de l'affichage des paramètres de vol de notre drone. Ce dernier est commandé à l'intermédiaire des données lui ont envoyés par le PC, et le contrôle de vol s'effectue à l'aide d'une interface graphique affichant les paramètres de vol transmis par le drone au PC.

L'interface graphique est un tableau de bord d'avion. Elle regroupe les indicateurs de paramètres de vol « CAP, altitude de vol et l'attitude », paramètres moteur « RPM et niveau de carburant » ainsi que les boutons des commandes des surfaces mobiles de notre drone « volet, ailerons, GH et GV ».

Sa réalisation est faite à l'aide du logiciel de développement « Delphi version 5 », et son programme est développé en plusieurs phases :

- La conception graphique « voir la figure V. »;

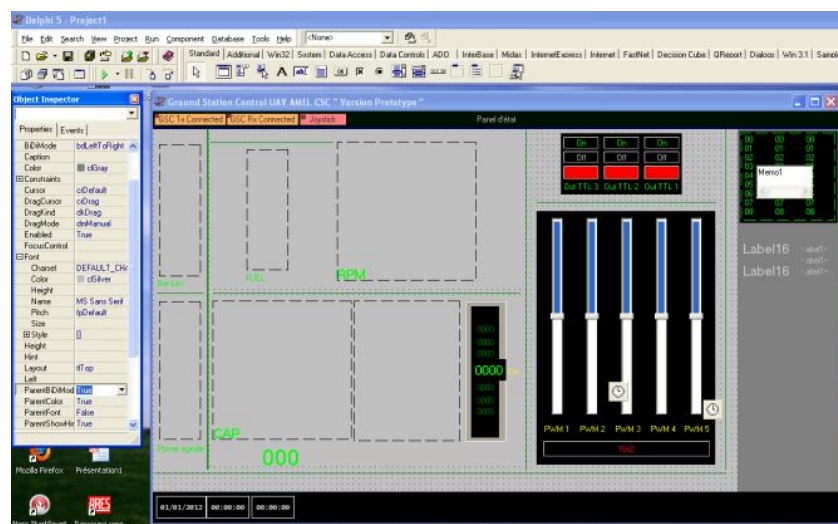


Fig V.8. L'interface en conception.

- La création des sous-programmes (procédures) ;
- Développement une procédure pour réceptionner les données envoyer par le périphérique de commande (joystick-USB) ;
- Développement la communication des données entre l'interface graphique « Pc » et l'interface de commande au sol;
- Et finalement une sérié des tests et de corrections.

V.4. 2.1.L'interface graphique de la station au sol :

La figure « V.9 » montre les zones constituons l'interface graphique de notre projet.

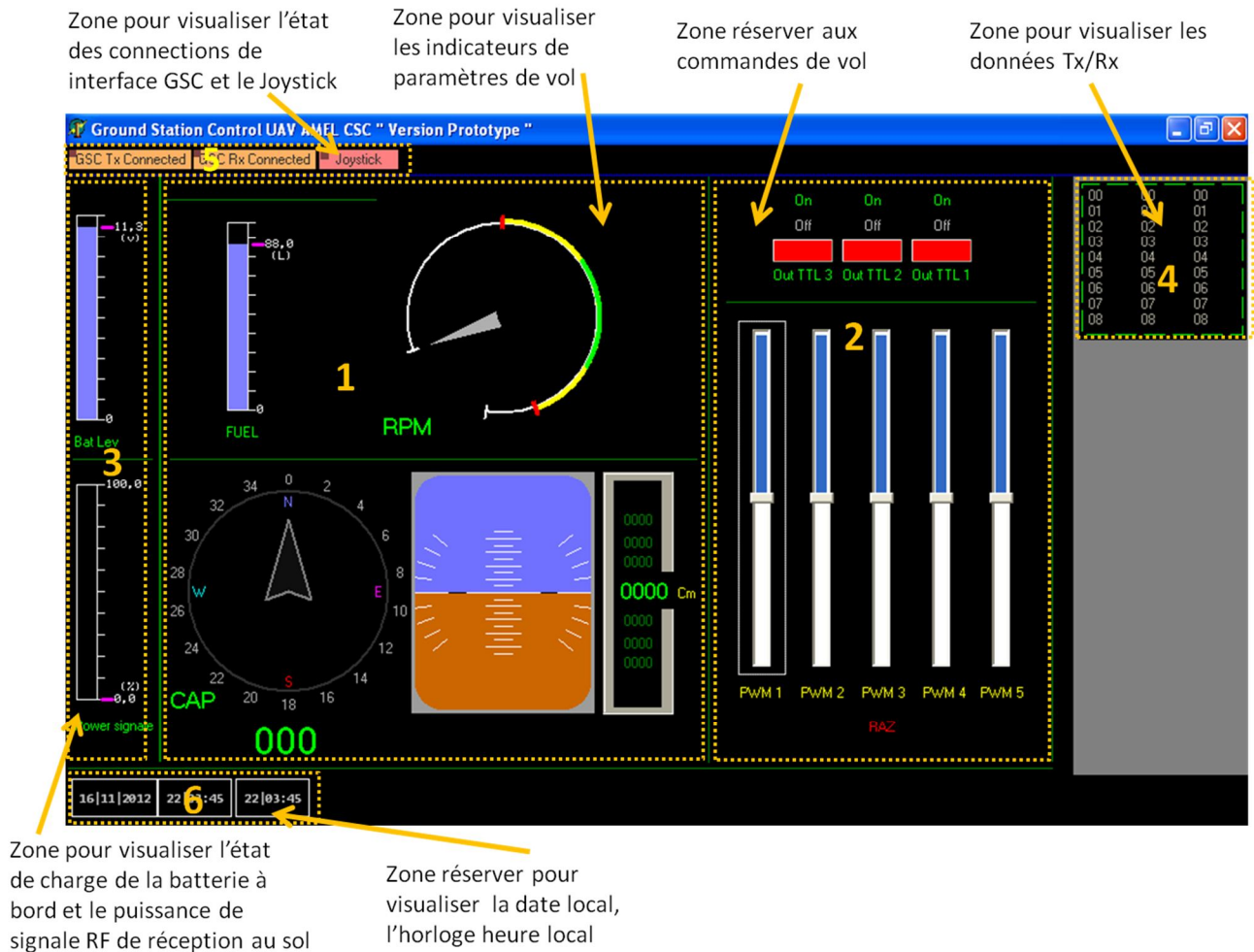


Fig V.9. Description de l'interface graphique en exécution.

L'interface se divise en six zones :

1- Zone de paramètres de vol:

Cette zone regroupe cinq indicateurs tel que :

- L'indicateur de niveau de carburant ;
- L'indicateur de l'RPM ;
- L'indicateur de CAP magnétique ;
- L'indicateur de l'Horizon et
- L'indicateur de l'altitude de vol.

2- Zone des commandes de vol :

- Cinq commandes proportionnelles ;
- Trois commande comitatifs « On/Off ».

3- Zone de puissance :

- L'indicateur d'état de charge de batterie.
- L'indicateur d'état de puissance de signale RF réceptionne au sol.

4- Zone de consultation des données :

Dans cette zone en visualise les données transmettes par la station sol ainsi les données envoyer par le drone.

5- Zone d'état de connexion des interfaces :

En visualise dans cette zone l'état des connections des interfaces USB tel que l'interface de commande au sol et le Joystick.

6- Zone des dates locales :

Dans cette zone en visualise la date locale, l'heure locale et le temps d'exécution de la mission de vol.

La figure « V.10 » montre le diagramme du programme de l'application de l'interface graphique.

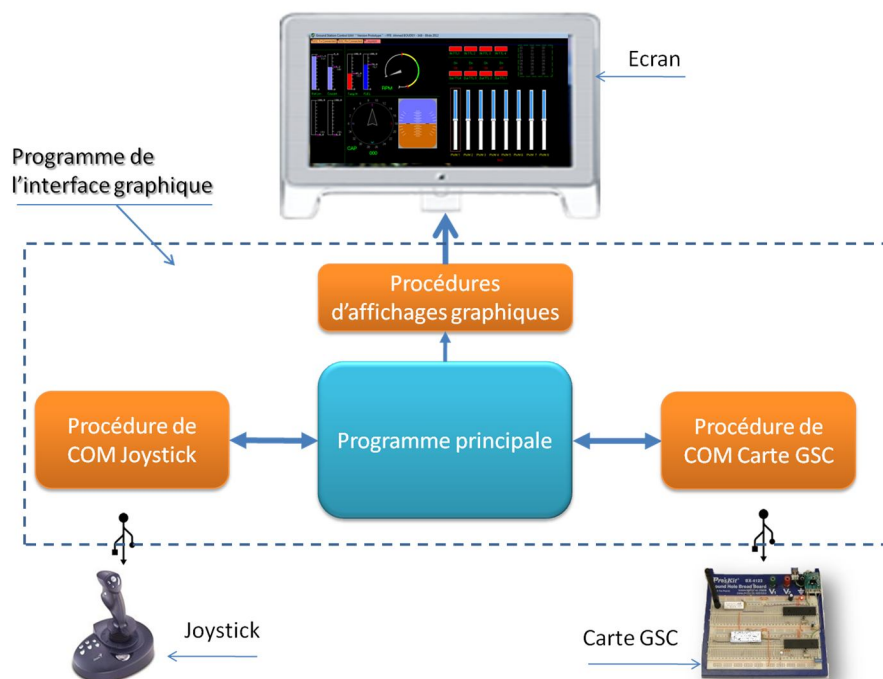


Fig V.10. Organigramme du programme de l'interface d'affichage GSC.

Pour simplifier le déroulement du programme de l'application, on à créé une procédure (ou sous-programme) pour chaque fonction traitée, cela nous a permet d'avoir une exécution plus fiable.

1- Procédures d'affichage « Indicateurs »:

- Procédure «IndHORIZON»:

Cette procédure permet d'afficher un indicateur similaire à l'horizon artificiel d'un avion classique.

Exemple d'appel : IndHORIZON (0, 0, ImgIndHORIZON)

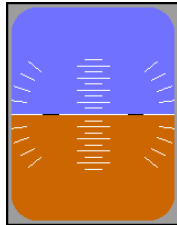


Fig V.11: Horizon Artificiel.

- Procédures «IndRPM»:

La retenue de cette procédure est un indicateur circulaire similaire à l'indicateur de RPM.

Exemple d'appel : IndRPM (0, clblack, ImageRPM);

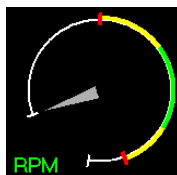


Fig V.12 : Indicateurs « RPM ».

- Procédures «IndRPM»:

La retenue de cette procédure est un indicateur circulaire dégradé, similaire à l'indicateur de CAP magnétique « boussole ».

Exemple d'appel : IndCAP (0, clBlack, ImgIndCap);



Fig V.13: Indicateurs « CAP ».

- **Procédure «IndLevel»:**

Cette procédure permet d'afficher un indicateur verticale de type tube de pourcentage, utilisé pour l'indication de température et de niveau de carburant et autre indication de type niveau.

Exemple d'appel:

```
IndLevel (45, 100, 1,'(C)', clred, clBlack, IndTM);
IndLevel (70, 100, 1,'(L)', clblue, clblack, IndFuel);
```

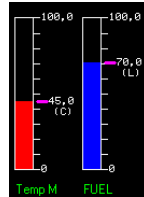


Fig V.14 : Indicateurs « Niveau de carburant et Température ».

V.4.3. Carte de commande au sol:

Le schéma synoptique de la carte est représenté en figure « V.15 ».

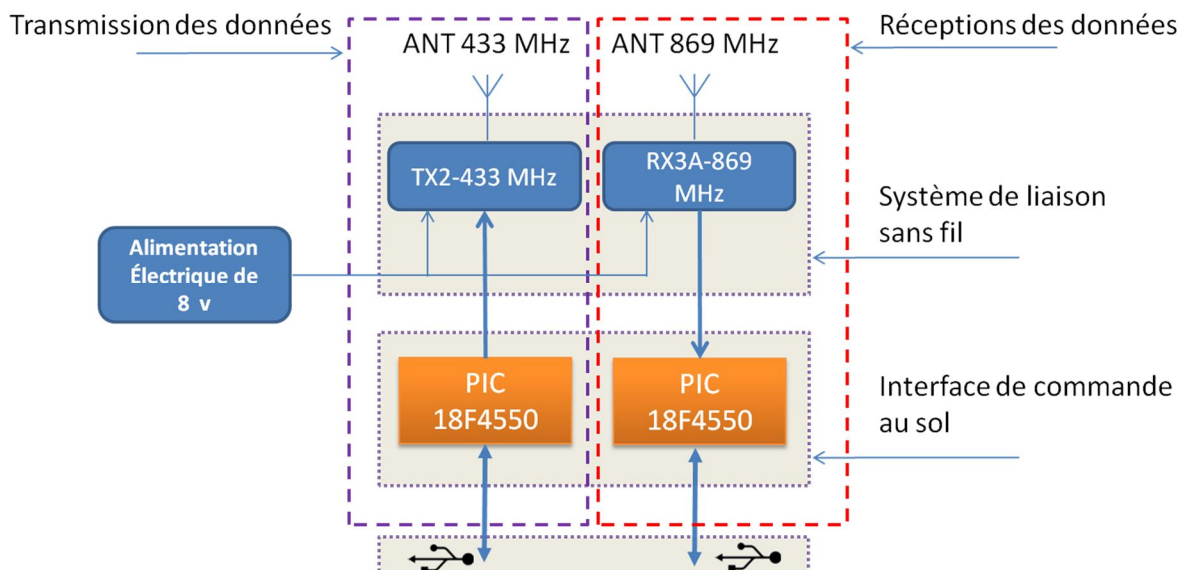


Fig V.15 : Schéma synoptique de la carte au sol.

Le schéma électrique de la carte de la station sol est représenté en figure « V.16 ». Elle est composé de :

- **Deux microcontrôleurs PIC 18F4550 :**
 - L'un sert à traiter et coder les données de commande reçu de PC via le port USB en format MSG, puis renvoyées ce dernier au drone à travers le module RF TX2;

- Et l'autre sert à décodé les messages reçue par le module RF RX3A en données, puis retransmettre ces données au PC à l'aide d'un port USB.
- **Des Modules RF TX2-433MHz / RX3A-869 MHz :**
 - Assurant la transmission et la réception des données entre la carte de commande au sol et la carte de commande à bord.

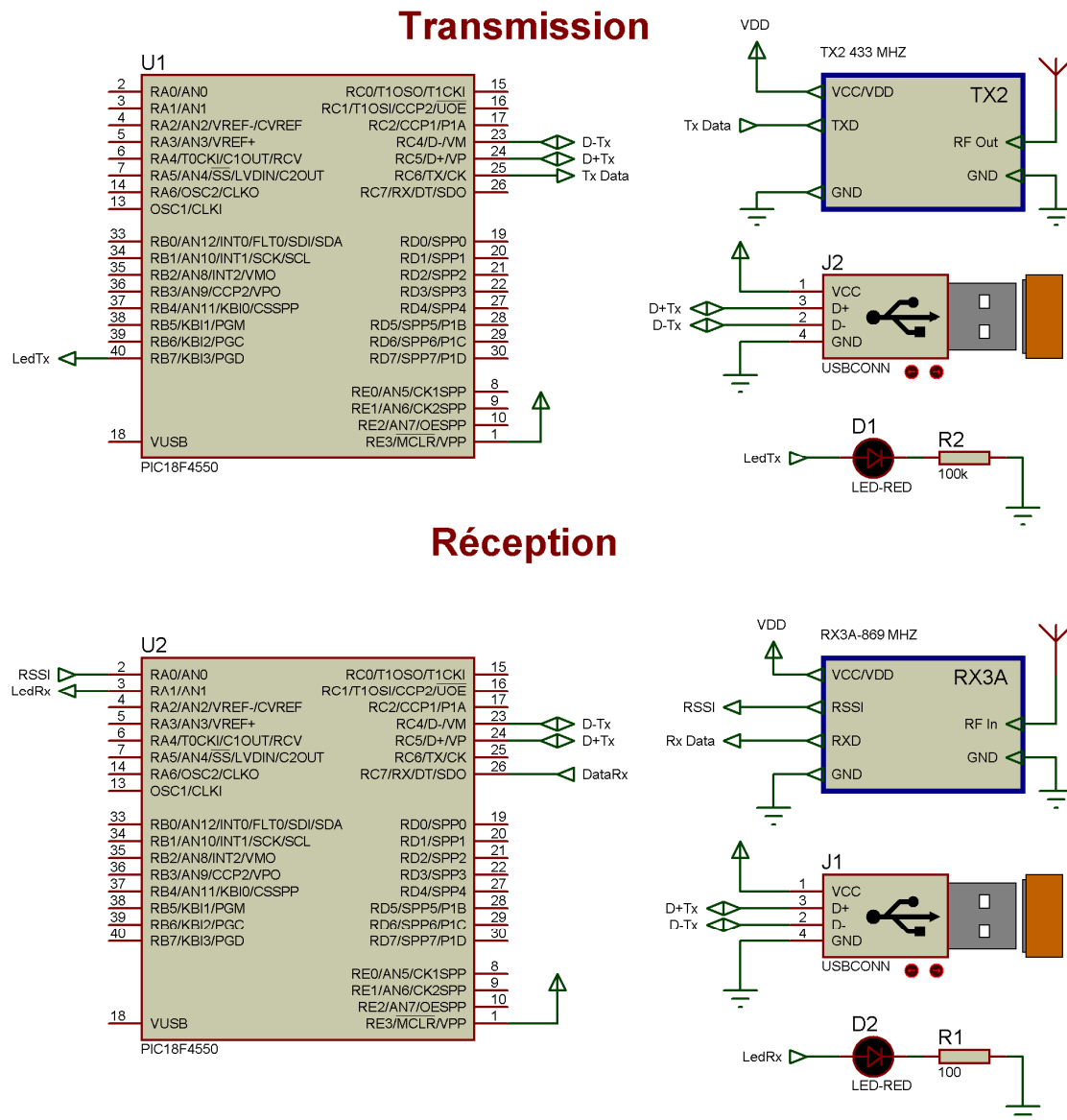


Fig V.16 : Schéma électrique de la carte de commande au sol.

Après le succès de la simulation de la carte de commande au sol par le logiciel de développement **ISIS Proteus** en passant à la réalisation du circuit de la carte de commande au sol.

La figure « V.17 » montre la réalisation de la carte de commande au sol.

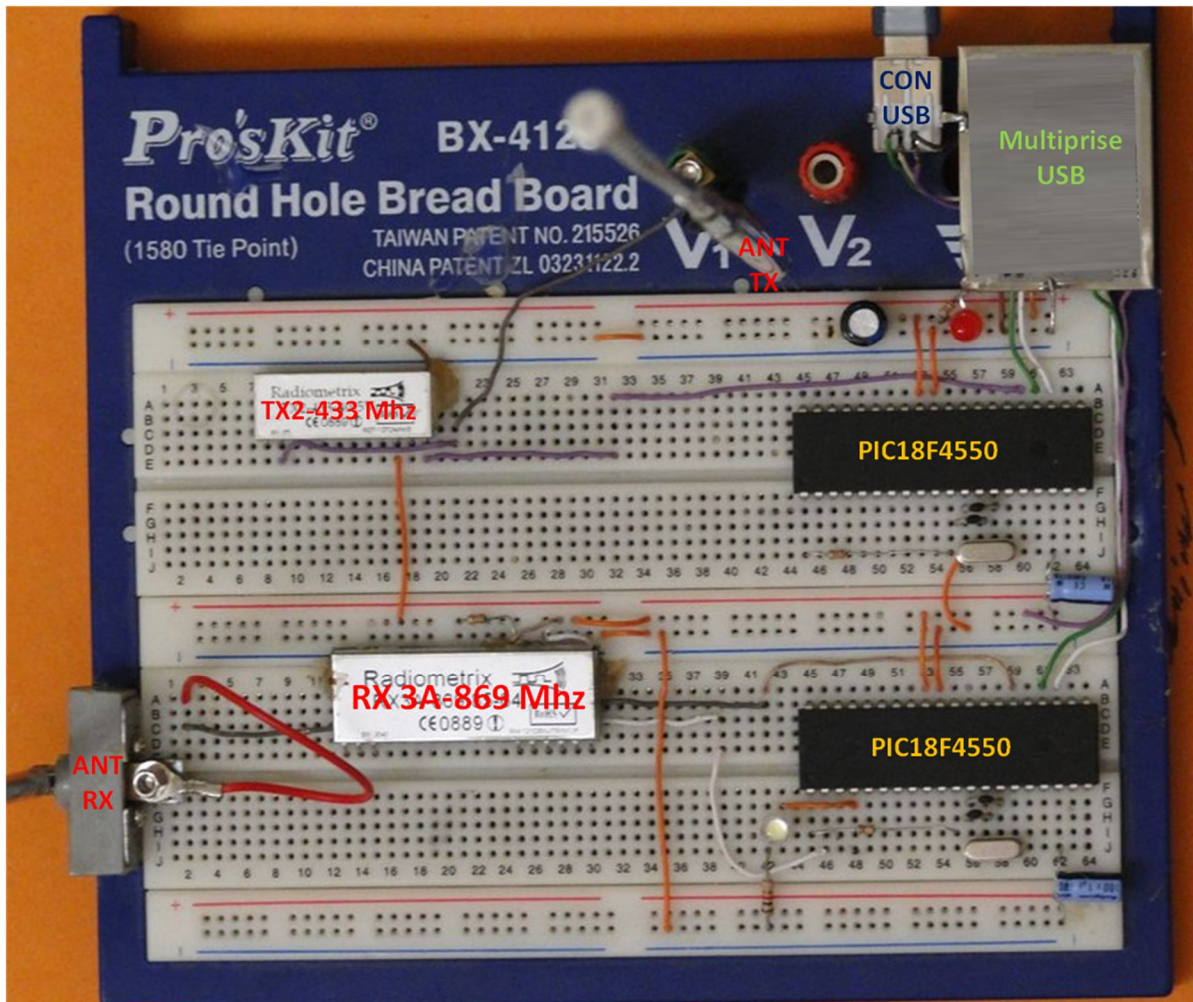


Fig V.17. Photo de la réalisation de la carte au sol.

V.5. La carte de commande à bord :

La partie électronique du bord est une carte de commande assurant une liaison bidirectionnelle avec la station au sol via une liaison sans fils RF.

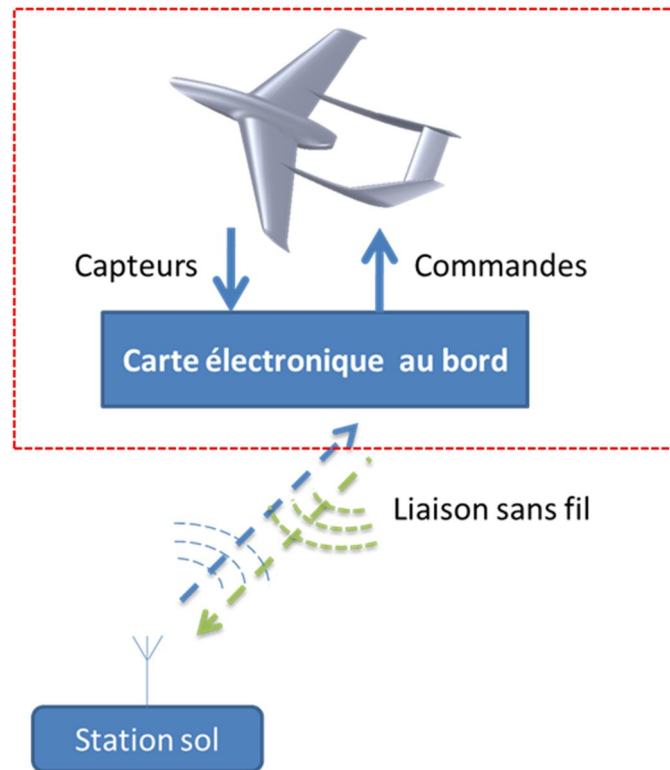


Fig V.18. Schéma synoptique

Le montage compose de plusieurs parties, est réalisé pour répondre aux exigences du cahier des charges.

Le Block diagramme de ce montage est montré en Figure «V.19 ».

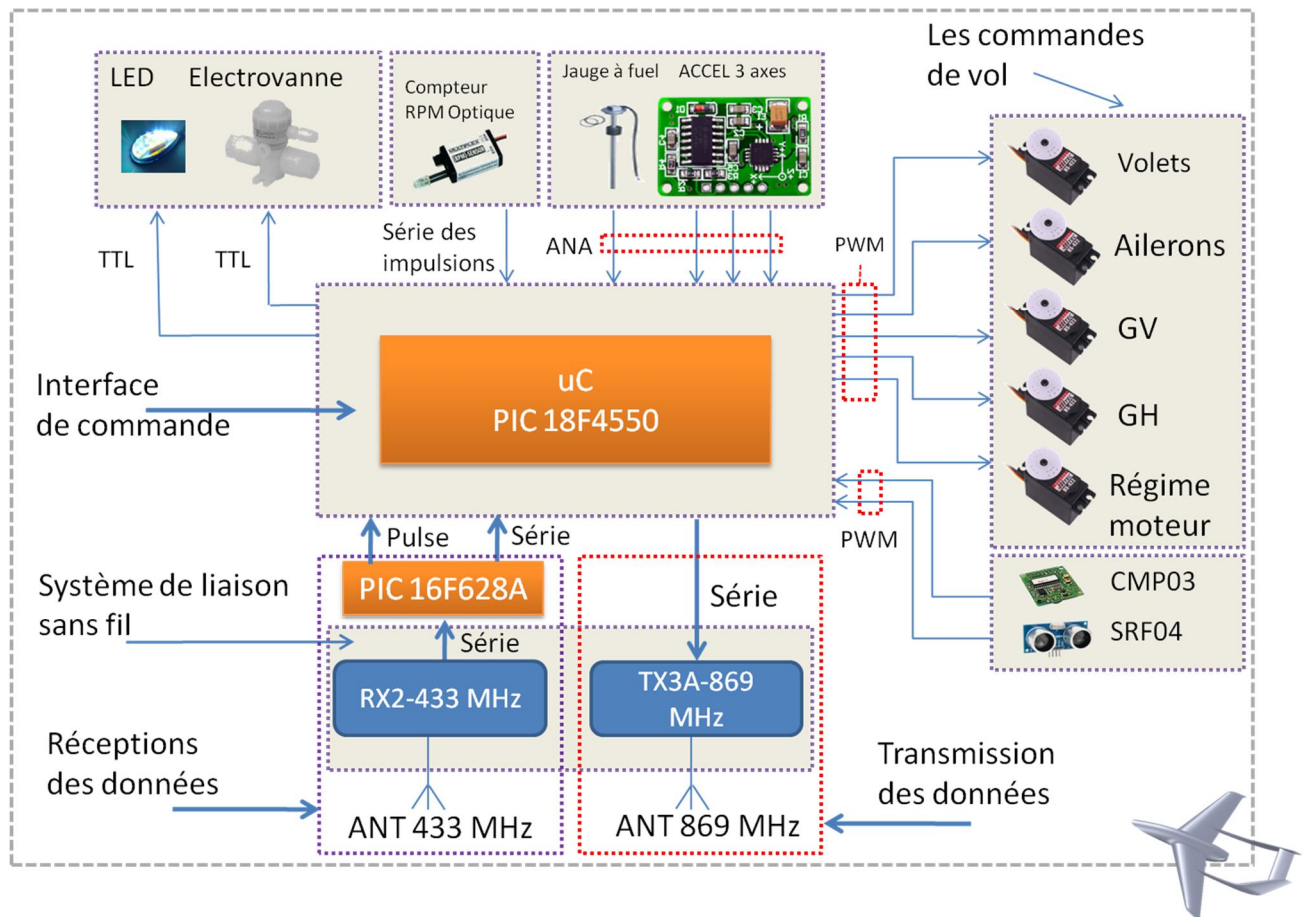


Fig V.19. Block diagramme de la carte de commande à bord.

A l'aide du module RF « RX2 », cette carte intercepte les ordres arrivés de l'émetteur du sol et les dirige vers le microcontrôleur « Pic 16F328A » afin de valider les MSG reçus, puis décode les MSG en données puis renvoie ces données vers le Pic18F4550 pour interpréter ces données en commandes de vol.

D'autre part, le microcontrôleur PIC18F4550 envoie les paramètres venant des différents capteurs au module RF « TX3A », à son rôle, ce module les transmet à la station au sol.

Le schéma électronique de la carte est montré en figure « V.20 »

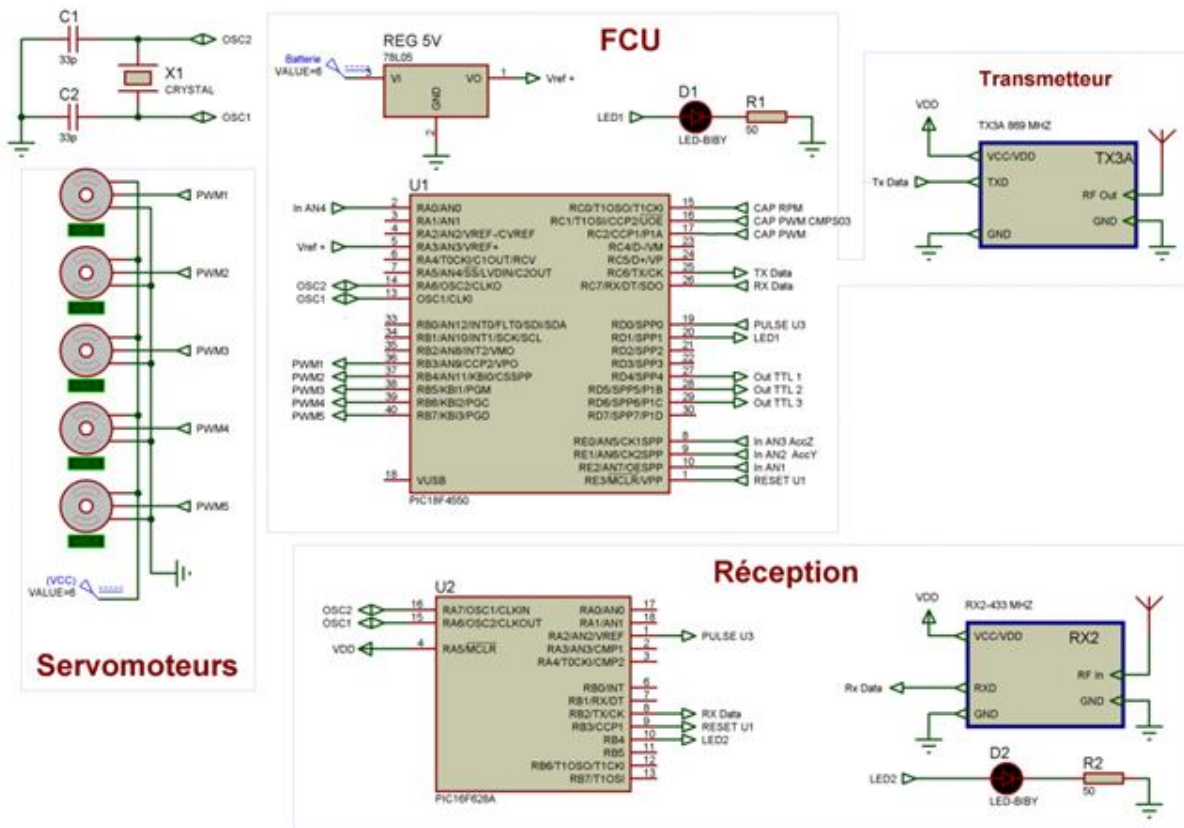


Fig V.20. Schéma électrique de la carte au bord.

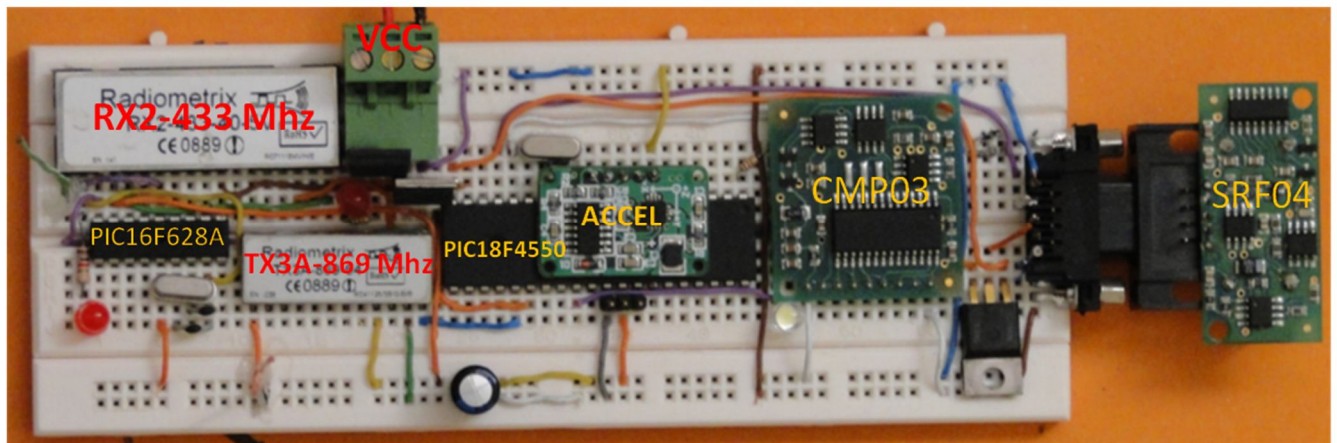


Fig V.20 La carte de commande au bord.

V.5.1. Les différents étages constituant la carte de commande à bord :

Cette carte est composée de plusieurs étages:

V.5.1.1. Etage de réception :

Cet étage assure la liaison entre la carte à bord et la station au sol.

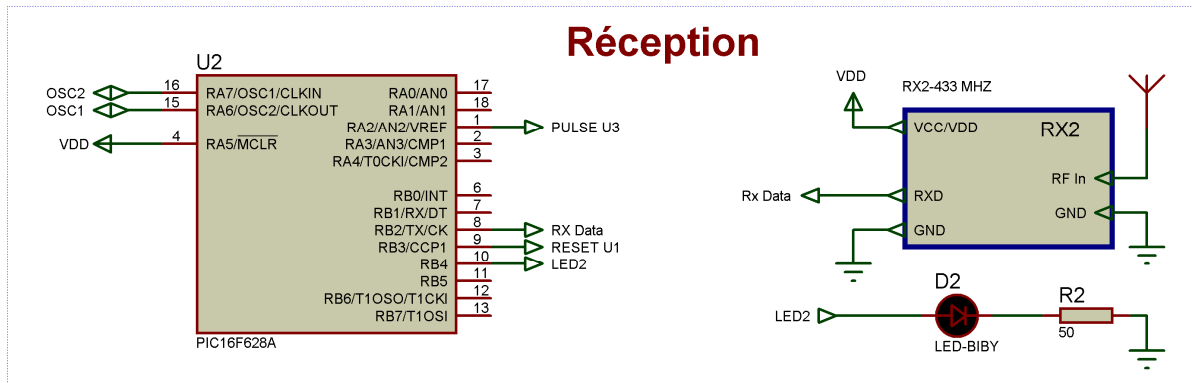
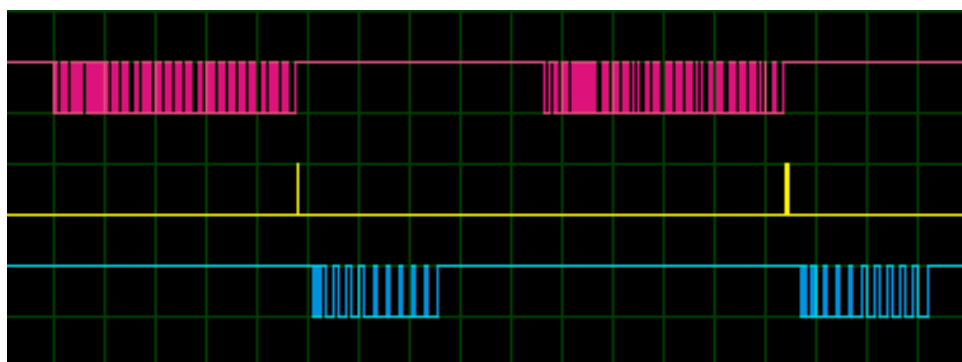


Fig V.23. Schéma électrique de l'étage de réception

L'étage se compose d'un récepteur RX2-433 MHz et d'un uC « PIC16F628A », le récepteur réceptionne les MSG envoyer par la station au sol, puis renvoyer le MSG à uC Pic16F628A via le port RX-USART, le Pic16F628A traiter et valider le MSG reçu, en suite si le MSG est valide le uC PIC16F628A Décode le en données.

Après le décodage le-uC Pic16F628A envoyer une impulsion à l'étage FCU via le pin RA2 pour dire le-uC Pic18F4550 qu'un nouveau MSG reçue, puis retransmettre les données à l'étage FCU « PIC18F4550 » via le port Tx-USART.



- Signale de MSG Reçu ;
- Impulsion généré par le-uC PIC16F628A ;
- Signale de données transmet au l'étage FCU.

Fig V.23. Les signaux de l'étage de réception.

V.5.1.2. L'étage FCU:

Notre drone est équipé d'une carte comprenant un uC qui joue le rôle de calculateurs du véhicule. Ils seront reliés à plusieurs capteurs dont ils utilisent les données entrantes et sont également utilisés pour définir les commandes qui permettent au véhicule de se déplacer dans l'espace.

En plus l'étage regroupe tous les ports liant la carte avec les différentes servitudes et les différents capteurs. Ces ports sont :

- Port des sorties logiques : 3 bits ;
- Port des entrées logiques : 3 bits ;
- Port des entrées analogiques : 4 canaux ;
- Port de sortie du signal PWM pour les commandes des servomoteurs : 5 canaux ;
- Port de Capteurs PWM : 2 canaux ;
- Port de compteur « Input D'horloge Timer » : 1 canal.

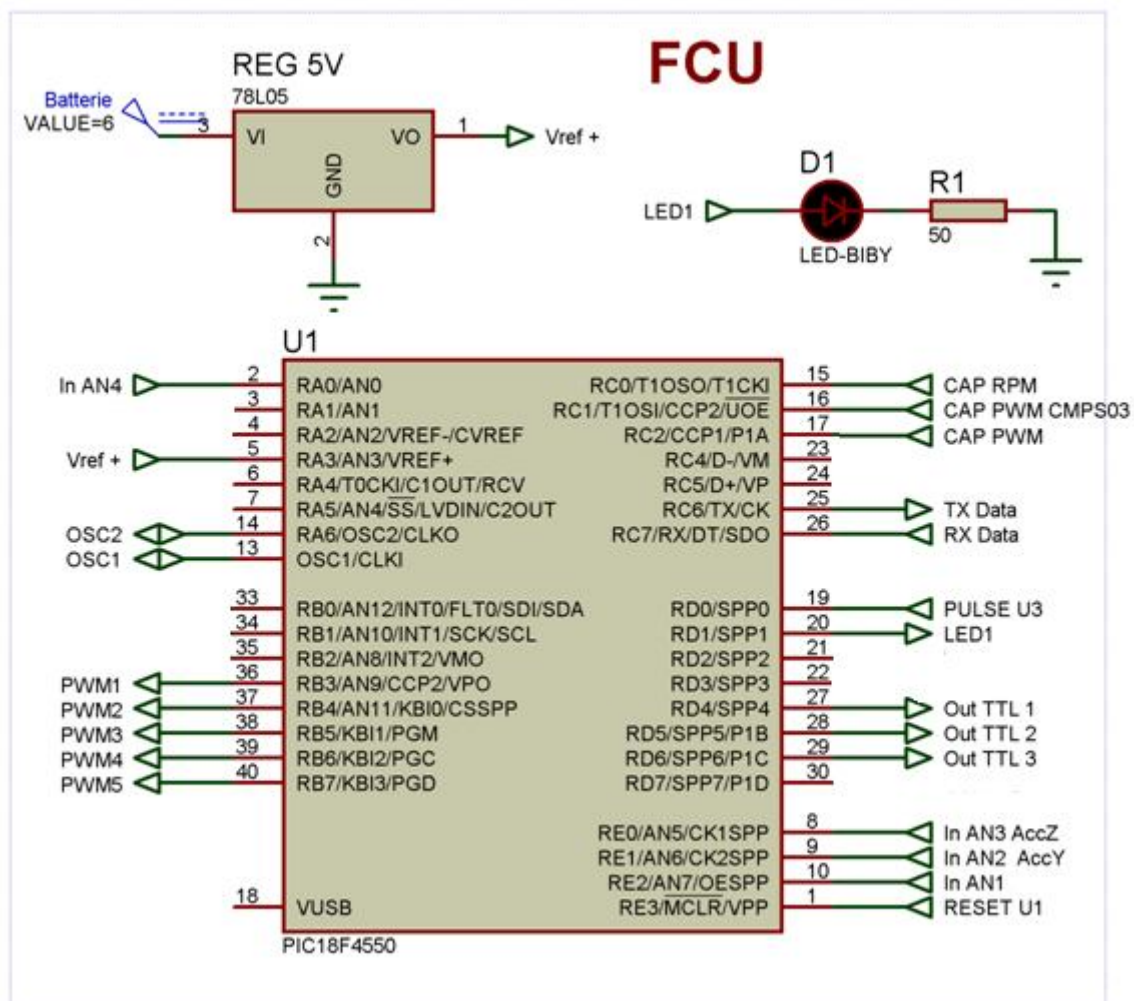


Fig V.24. Schéma électrique de l'étage FCU.

V.5.2 Les fonctions principales exécutées par le-uC PIC18F4550 à bord :

Pour réaliser les fonctions imputées à notre calculateur nous avons choisi d'utiliser un microcontrôleur de la famille PIC18F. Celui-ci doit, selon l'architecture définie par nos soins, accomplir les tâches suivantes :

- 1- Faire l'acquisition et la **conversion analogique** numérique (module ADC) avec une résolution de 10 bits des signaux suivant :
 - Signale d'accélération / x : Board ACCEL 3 Axes ;
 - Signale d'accélération / y : Board ACCEL 3 Axes ;
 - Signale de capteur de niveau de carburant ;
 - Signale de capteur de tension de la batterie à bord.

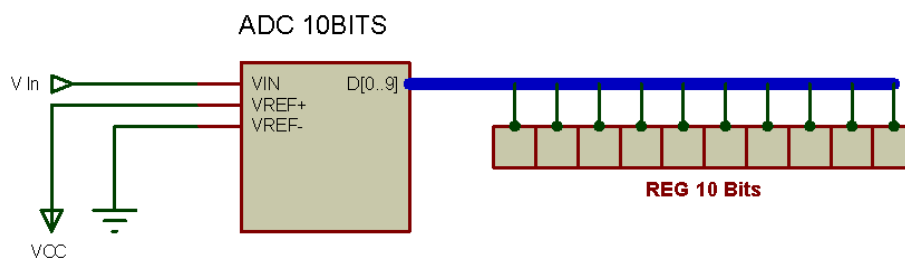


Fig V.25. Bloque diagramme d'un ADC

- 2- Générer les 5 signaux **PWM** pour contrôler des servomoteurs.

Les 5 PWM est générée « manuellement » à l'aide d'une fonction qui lui est propre. En faisant varier les 8 valeurs des paramètres de cette fonction qui sont les dures des signaux PWM, la fonction met les 5 pins « bits » de port B en état haut pendant un temps correspondant à la valeur de chaque PWM (entre 1 et 2ms), en met le pin « bit » correspondant à l'état bas. L'appel de cette fonction se fait périodiquement chaque 20 ms.

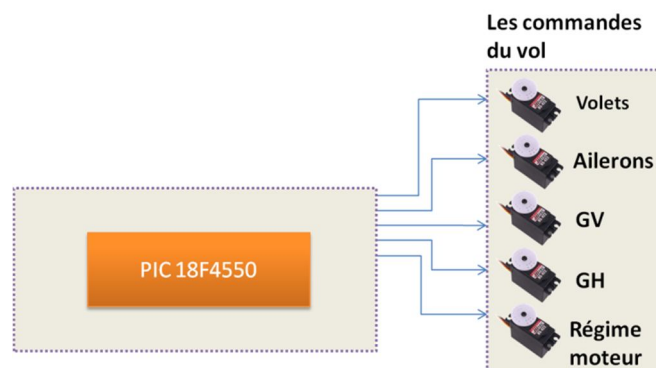


Fig V.26. Block diagramme de générations de 5 canaux PWM « Port B ».

- 3- Faire l'acquisition de 2 canaux PWM. Cette fonction est assurée par les modules Input Capture disponibles CCP1 et CCP2 qui permettent de mesurer la largeur des impulsions « PWM » provenant du compas magnétique **CMP03** et le Module Altimètre ultrasonique **SRF04**.

Le principe est simple : un Timer dont la fréquence est connue et utilisée ; à chaque front montant le Timer remis à zéro, et chaque front descendant la valeur du Timer est relevée, cette valeur constitue la largeur du signal PWM.

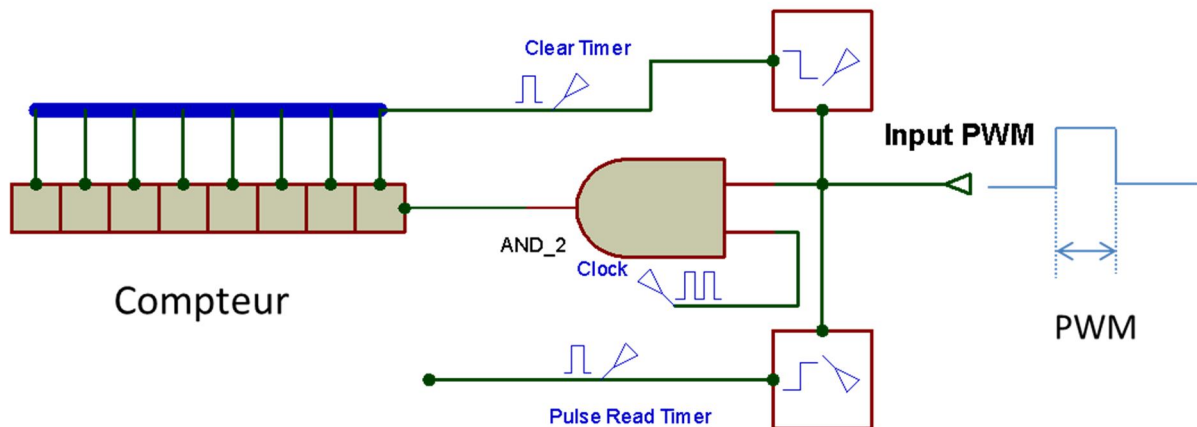


Fig V.27. Block diagramme de Capteur PWM « Port CCP »

- 4- Faire l'acquisition d'un signal carré provenant du capteur RPM, ce signal utiliser comme une source de signale d'horloge d'un Timer. Le principe de calculer l'RPM c'est simple, le capteur donne N impulsions chaque tour, donc en remise à zéro le Timer et pendant un temps DT en prélève la valeur de Timer.

Le schéma suivant montre le bloque diagramme de l'RPM.

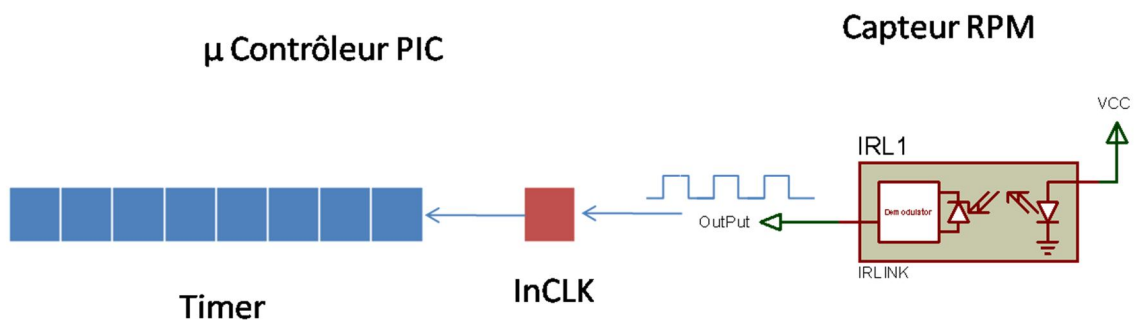


Fig V.28. Block diagramme de compteur RPM

V.5.2 Programme de microcontrôleur « PIC18F4550 » de la carte de commande à bord :

La programmation du microcontrôleur de la carte de bord passe par plusieurs étapes, qui sont les suivantes :

- L'établissement de l'organigramme;
- Transformation de l'algorithme en code source « MicroC » ;
- Compilation du code source en « MicroC » ;
- Simulation du programme en « ISIS »;
- A l'aide de logiciel « WinPic800 », en transfert le code HEX à la mémoire interne du microcontrôleur PIC ;

5.1. L'organigramme du programme de PIC18F4550 de la carte à bord :

Après avoir rédigé plusieurs organigrammes, un d'entre eux a été choisi finalement en raison de sa fiabilité d'exécution. La figure « VI.29 » représente l'organigramme final pour notre programme.

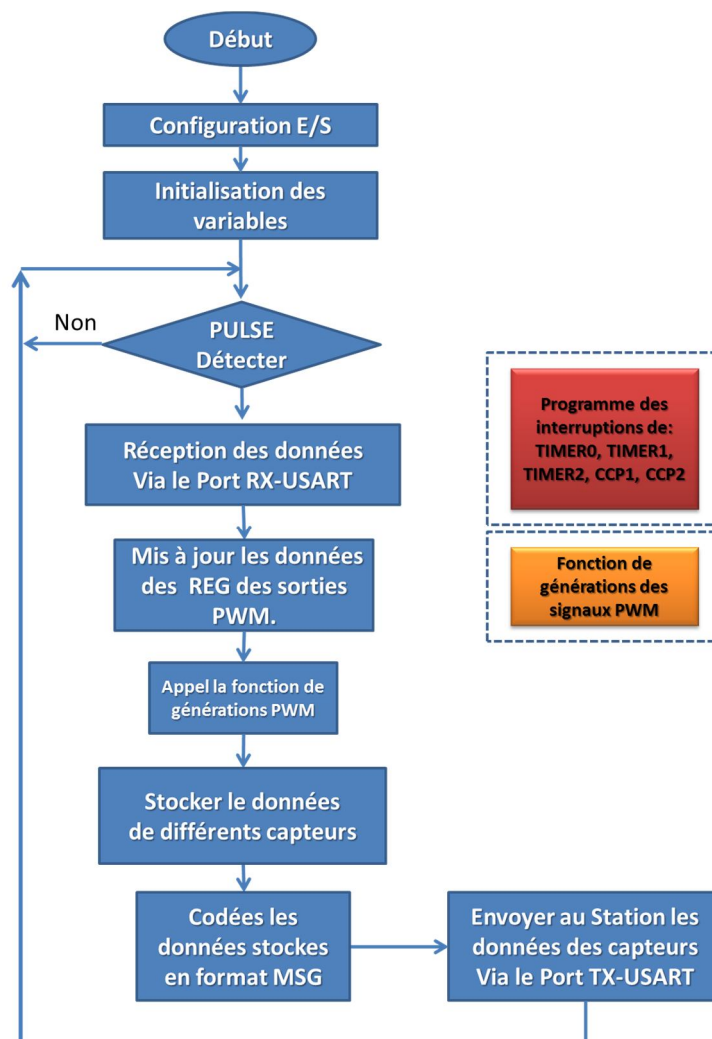


Fig V.29. L'organigramme du programme de PIC18F4550.

V.6. l'Echange des données entre le carte de commande à bord et la station au sol »:

Afin de commander notre drone, on a besoin de créer un codage des données « MSG » de communication entre le drone et la station au sol y associée.

V.6.1. Structure générale du MSG de données :

L'échange des données se fait par liaison sans fil à l'aide des modules RF qui jouent le rôle de télémétrie, le MSG envoyer ou recevez sera codé sur N octets. Il se compose de :

- Entête codé sur 10 bits.
- Un donnée de nombres des données envoyer codée sur 5 bits : cette donnée utilisé par le système de réception.
- Des données de 10 bit;
- Une donnée de fin de MSG codé sur 5 bit ; et
- Des bits de contrôle « ID » : Pour contrôler la validité de MSG à la réception.

La Figure « V.30» montre la structure générale du MSG de données

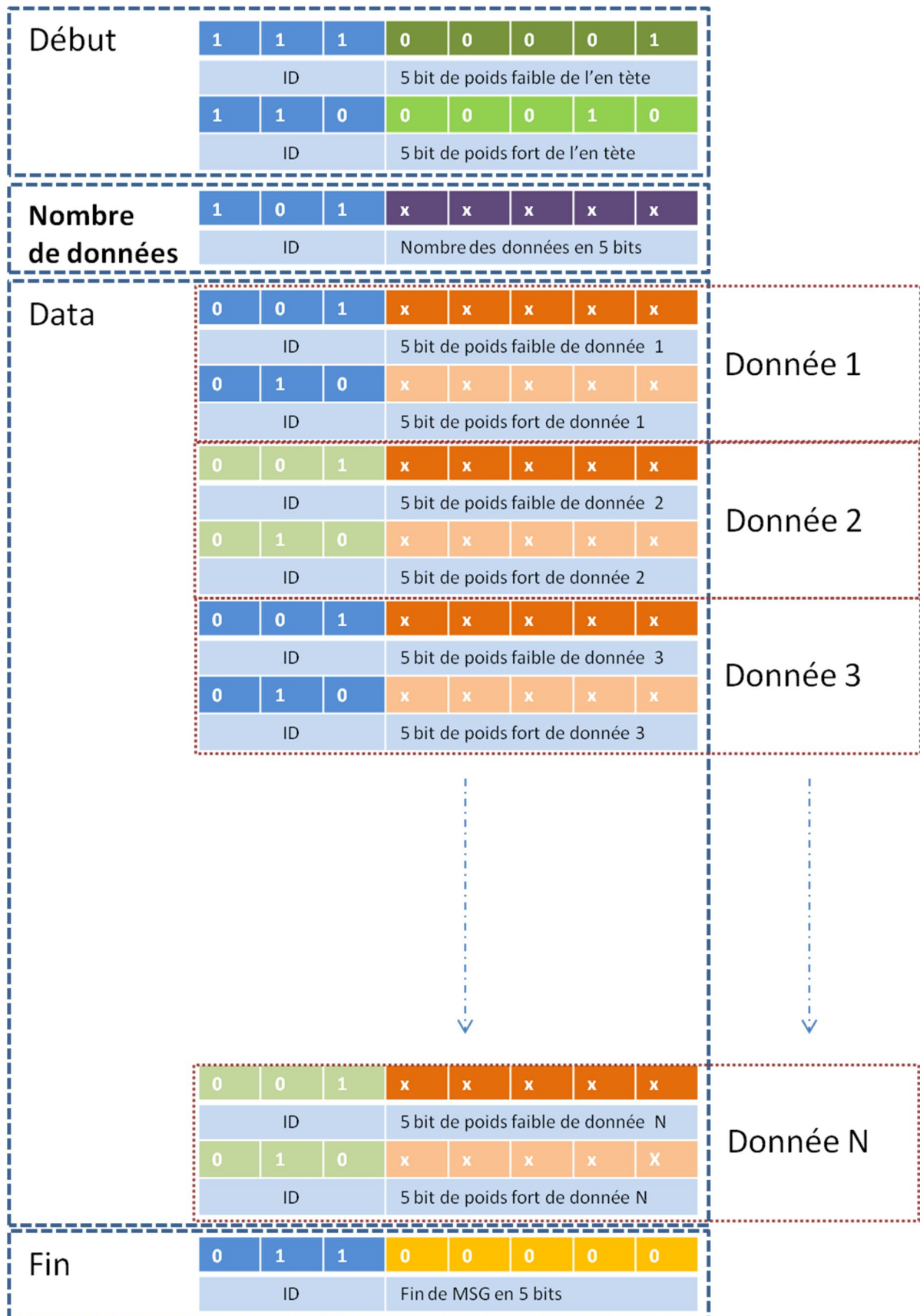


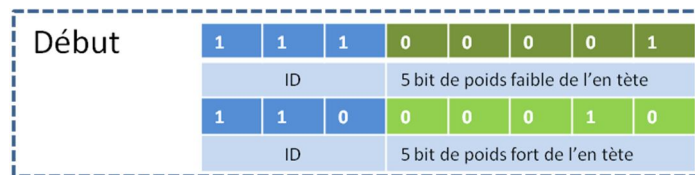
Fig V.30. Format générale du MSG de données

Le MSG « paquet des données » se composé de plusieurs data de 8 bit « octet », chaque Octet composé d'un identificateur de 3 bits et un donnée de 5 bits, l'identificateur ID utilisé pour identifier l'octet au niveau de réception.

Le MSG divisé en 4 parties :

A- L'Entête :

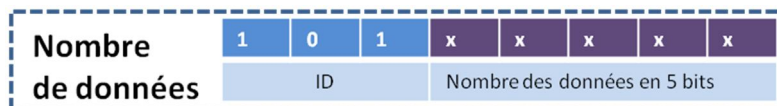
- ✓ **1^{er} Octet :** Comprend 5 bits de 1^{er} entête, et de 3 bit «ID» qui est toujours à 111 « 7 hex » pour identifier que cet octet est 1^{er} entête.
- ✓ **2^{ème} Octet :** Comprend 5 bits de deuxième entête, et de 3 bit «ID» qui est toujours à 110 « 6 hex » pour identifier que cet octet est 2^{ème} entête.



B- Le Nombre des données :

L'octet de nombre donnée possède 5 bits de donnée, et les bits ID qui sont toujours à 101 « 5 hex » pour identifier que cet octet est comprend le nombre des données au coure de MSG.

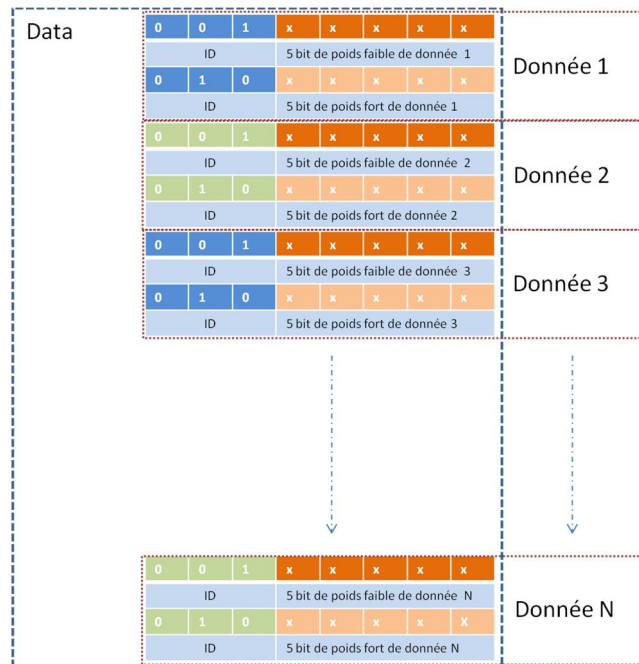
Le nombre de données capacité de donnée minimale de donnée de 00h (0 Déc) et une valeur maximale de 1Fh (31 Déc).



C- Les données :

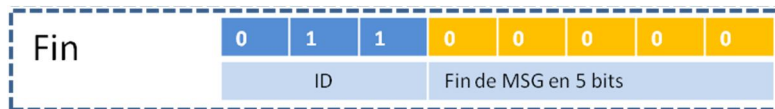
Le MSG comprendre N données, chaque donnée codée sur deux octet.

- ✓ **1^{er} Octet:** Contient 5 bits de poids faible de donnée, et un «ID» qui égale toujours à 001 « 1 hex » pour indiquer que les 5 bits de cet octet constituent le poids faible de la donnée « i ».
- ✓ **2^{ème} Octet:** Englobe 5 bits de poids fort de donnée, et un «ID» qui est toujours à 010 « 02 hex » pour indiquer que les 5 bits de cet octet constituent le poids fort de la donnée « i ».



D- Fin de MSG :

La fin du MSG codée sur 5bit de niveau bas « 00000 » et leur ID=011 bin « 3 hex ».



V.6.2. Structure du MSG de données envoyé par la station au sol :

Les données envoyer par la station au sol sont les commandes de vol « commande proportionnels » et les commande comitative « logique » ;

1- Les commandes proportionnelles :

- Commande de Volet « PWM1 » code sur 1 octet ;
- Commande des ailerons « PWM2 » code sur 1 octet ;
- Commande de Gouverne horizontale « PWM3 » code sur 1 octet ;
- Commande de gouverne verticale « PWM4 » code sur 1 octet et
- Commande de régime moteur « PWM5 » code sur 1 octet.

2- Les commandes comitatives ;

- Commande alimentation électrique sur un bit ;
- Commande de l'électrovanne sur un bit et
- Commande des feux sur un bit ;

La Figure « V.31» montre la structure du MSG envoyé par la station au sol.

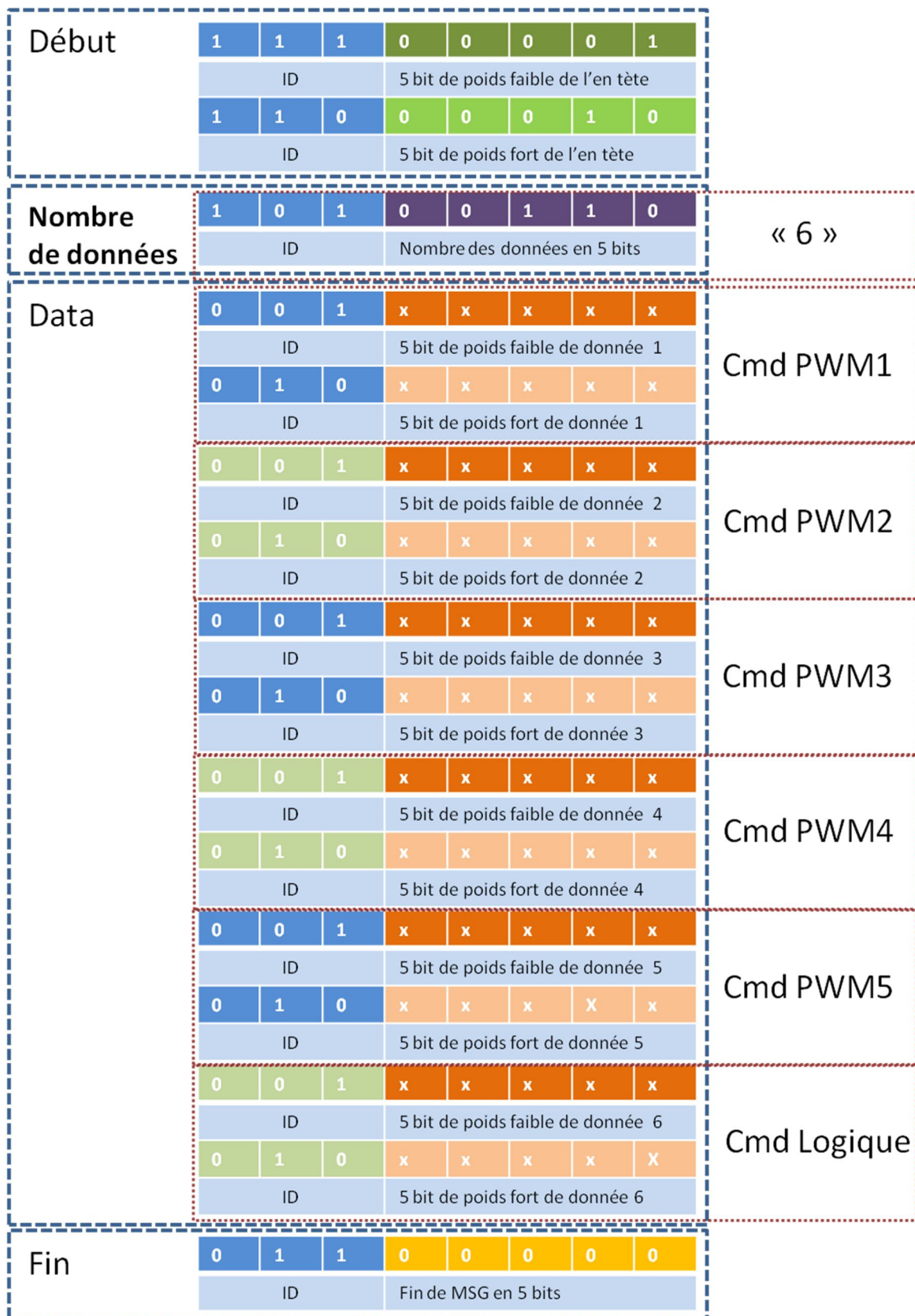


Fig V.31 Structure de MSG envoyé par la station au sol.

V.6.3. La structure de MSG de données envoyé par le drone :

Les données envoyées par le drone sont les données captées par les différents capteurs embarqués à bord. La figure « V.32 » montre la structure de MSG de données envoyé par le drone.

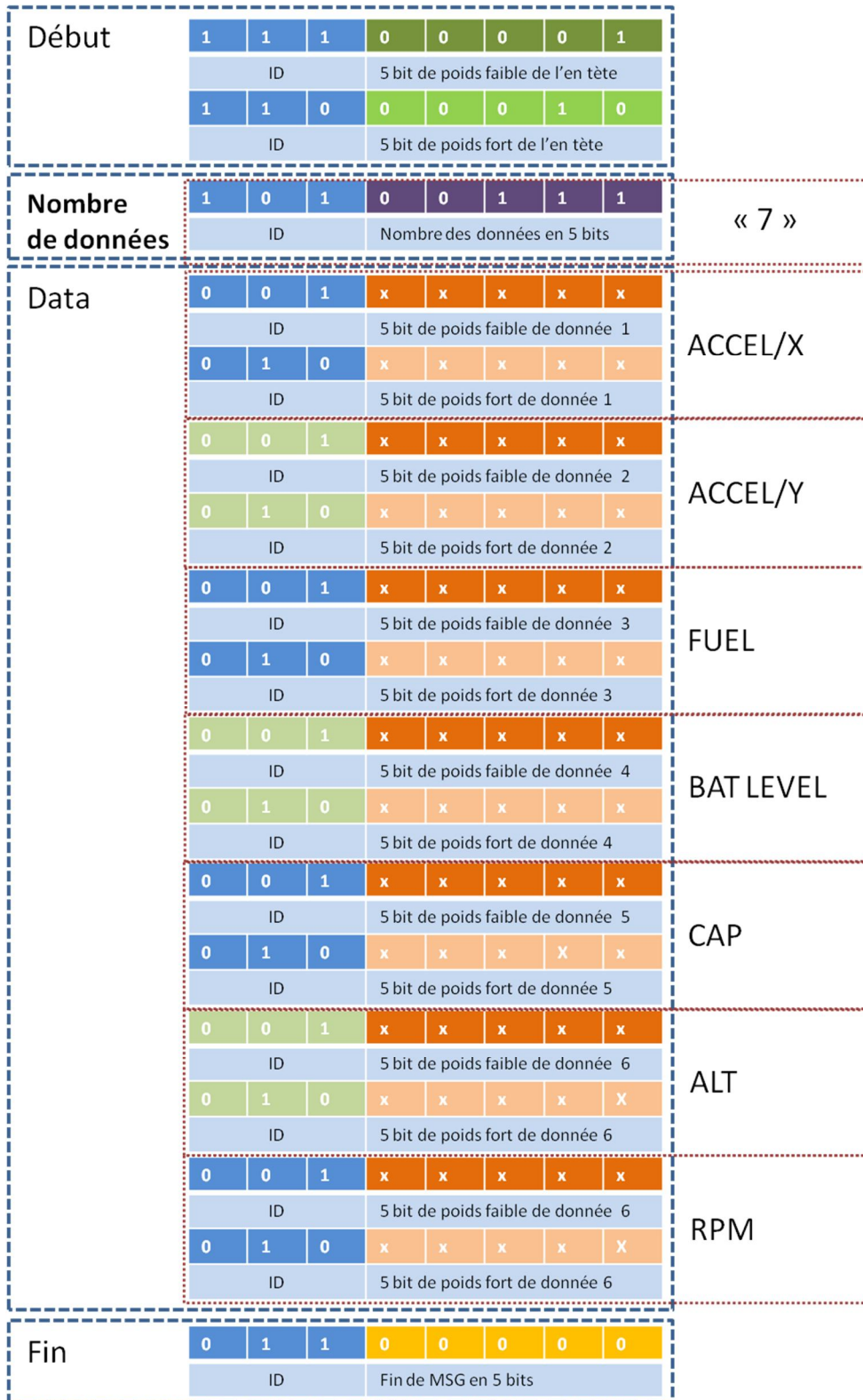
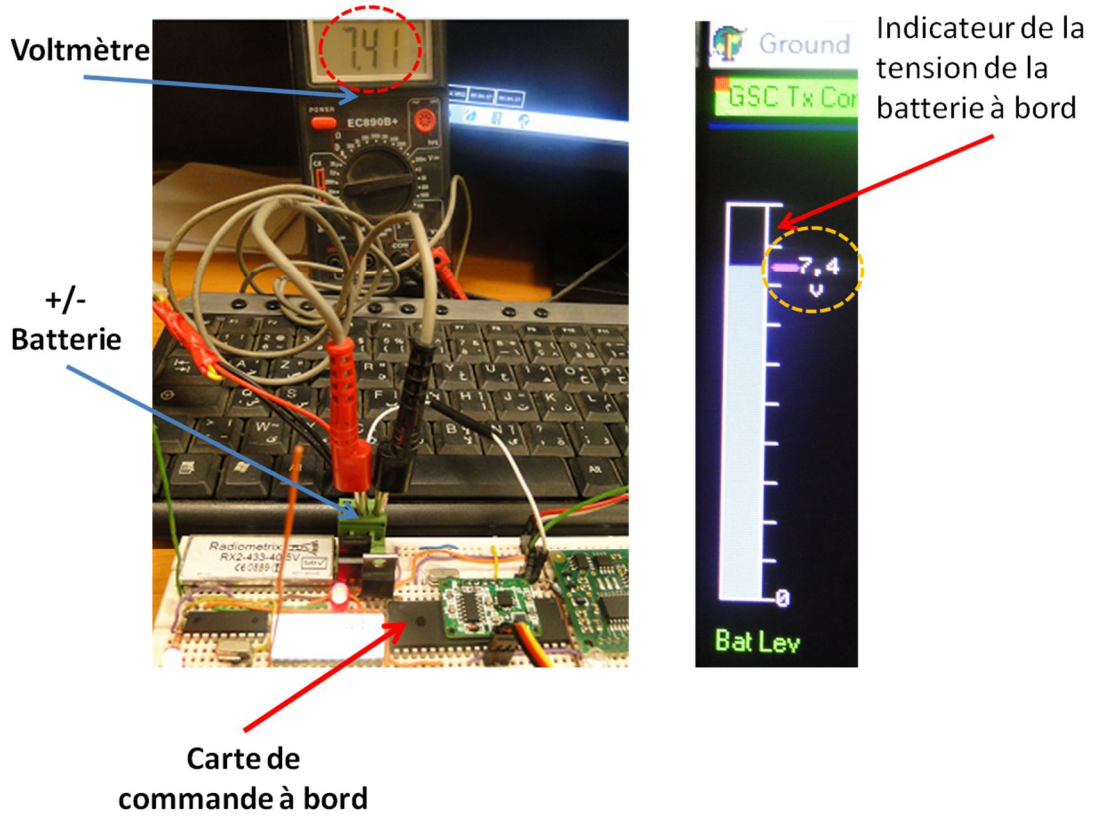


Fig V.32 Structure de MSG envoyé par le drone

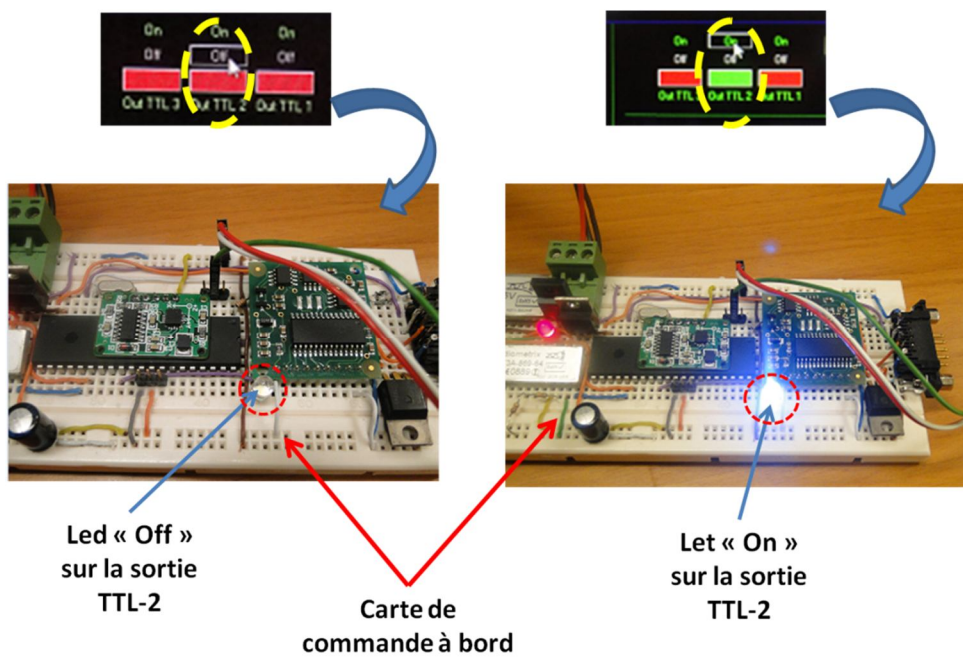
V.7. Tests et résultats :

Pour validé notre réalisation on à fait une séries des tests pratiques :

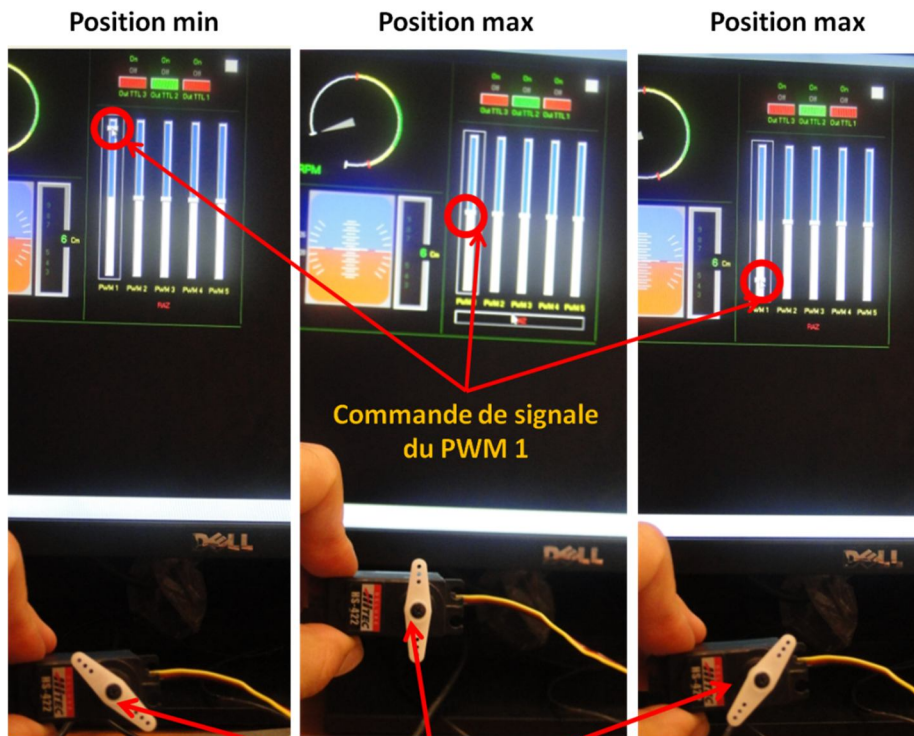
➤ 1) Test de capteur de la tension de la batterie à bord;



➤ 2) Test de commande TTL « On/Off de LED »;

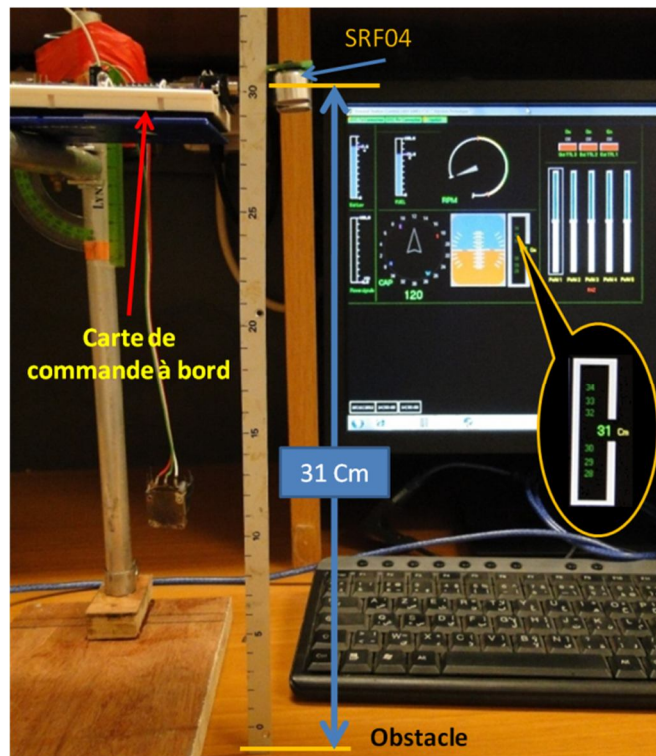


➤ 3) Test de commande de servomoteur ;

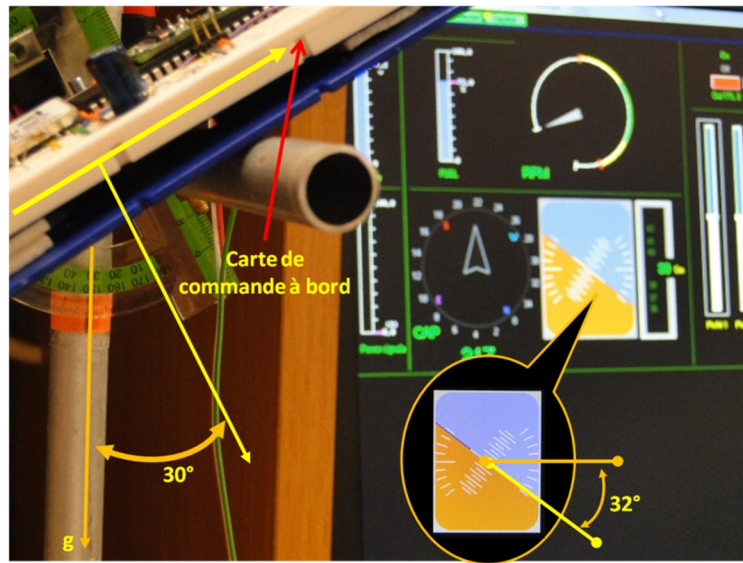


Servomoteur sur la sortie PWM 1 de la carte de commande à bord

➤ 4) Test de capteur ultrasonique « Altitude de vol » ;



➤ 5) Test de l'inclinomètre «l'angle de roulis et l'angle de tangage de drone»;



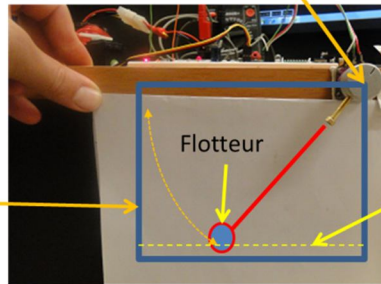
➤ Test du capteur de niveau de carburant ;

Indicateur de niveau de carburant



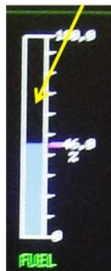
Réservoir

Jauge à fuel « Résistance variable »



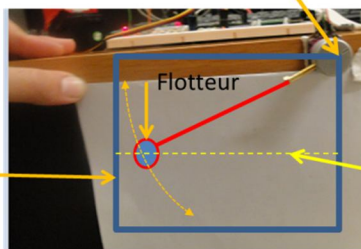
Niveau de carburant « Niveau Max »

Indicateur de niveau de carburant



Réservoir

Jauge à fuel « Résistance variable »



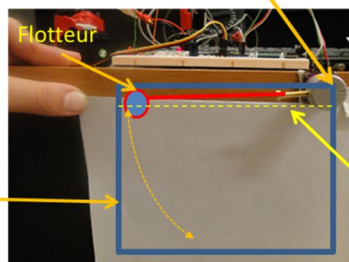
Niveau de carburant « Niveau Max »

Indicateur de niveau de carburant



Réservoir

Jauge à fuel « Résistance variable »



Niveau de carburant « Niveau Max »

Conclusion :

La simulation des montages était pour nous une expérience très enrichissante en matière des connaissances en domaine de conception des circuits électroniques, du fait que nous avons effectué une étude conceptuelle réelle. Les expériences que nous avons menées durant ce chapitre nous ont prouvé que l'étude de simulation est une phase d'une importance vitale, qui doit être entamé avant le passage à la réalisation pratique, car elle permet d'aboutir à un concept fiable, et à se rassurer du bon fonctionnement du dispositif, ce qui permet de réduire les coûts de développement considérablement. Nous avons donc pu tester notre montage afin de déterminer ses performances et ses limites.

Conclusion générale

Conclusion générale :

Le contrôle d'un drone nécessite un lien bidirectionnel vers le pilote. Le lien descendant est absolument nécessaire pour surveiller le fonctionnement des systèmes embarqués. Le mini-drone devant embarquer des captures et retransmettre les données au sol, c'est l'entrée « DATA » de l'émetteur associé qui a été utilisé pour transmettre ces données. Au sol, le récepteur est connecté à un ordinateur. La mise au point de ce lien descendant a été la première tâche du projet. Le lien montant est constitué par une station de contrôle, c'est la deuxième tâche du projet.

Nous avons exposé comment pouvait commander notre mini-drone à travers la description du projet. Cette réalisation a permis d'explorer la technologie du domaine.

Les résultats obtenus permettent d'envisager et d'imaginer des applications à court ou moyen terme. Certaines de ces applications pourront faire l'objet de devenir un centre d'intérêt important à notre département.

Les aspects réglementaires et technologiques peuvent donner lieu à de nombreux projets. En particulier, l'étude des mini-drones peut être un prétexte à des réalisations concrètes impliquant les compétences variées des équipes d'enseignants et de chercheurs.

Abbreviations

Abréviations

μ: Micro.

APU: Auxiliary Power Unit.

C: Carry.

CR: Close Range.

DC: Digit Carry.

DC: Direct Courant.

FM: Frequency Modulation.

FMS: Flight Management System.

GPR: General Purpose registers.

GPS: Global Positioning System.

HALE: High Altitude Long Endurance.

INDF: Indirect File.

INTEDG: Interrupt Edge Select.

ISCP: In Circuit Serial Programming.

L'USART: Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter.

LADP: Low Altitude Deep Penetration.

LALE: Low Altitude Long Endurance.

LOS: Line Of Sight.

MALE: Medium Altitude Long endurance.

MR : Medium Range.

NRBC: Nucléaire, Radiologique, Bactériologique et Chimique.

η: Nano.

OC: Operation Code.

PCM:

PD: Power Down.

PIC: Programmable Intelligent Computer, ou, Programmable Integrated Circuit.

PS: Prescaler Rate Select.

PSA: Prescaler Assignement.

PWM: Pulse Width Modulation.

RBPU: Pull Up Enable Bit.

RF GND: Radio Frequency Ground.

RF IN: Radio Frequency Input.

RISC: Reduced Instructions Set Computer.

RPM: Révolution Par Minute.

Rx: Receiver.

SFR: Special Function Register.

SR: Short Range.

TOSE: Timer TMR0 Source Edge Select.

TX: Transmitter.

UAV: Uninhabited (ou Unmanned) Aerial Vehicle.

UHF: Ultra Height Frequency.

Bibliographies

xxsBibliographies

PFE :

- Drone quadri rotor autonome
École Centrale d'Électronique
Rapport de projet
2009-2010.

Site web :

www.radiometrix.com

www.lextronic.fr

<http://sheepdogguides.com/dt4q.htm>

www.meuconaitrelesdrones.com

<http://www.google.fr/imghp?hl=fr&tab=wi>

Fiches techniques:

Data Sheet TX3A & RX3A.PDF

Data Sheet TX2 & RX2.PDF

Data Sheet PIC 18F4550 Microchip.pdf

Data Sheet PIC 16F628A Microchip.pdf

Data Sheet SRF04-UltraSonic.PDF

Data Sheet ACCEL_03.PDF

Data Sheet CMP03.PDF

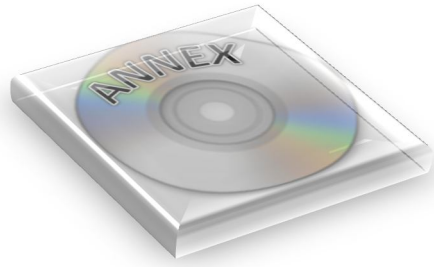
Aide des logiciels:

Aide Delphi: version 5.

Aide MicroC: Help version: 2007/06/01.

Sample design ISIS: Help.

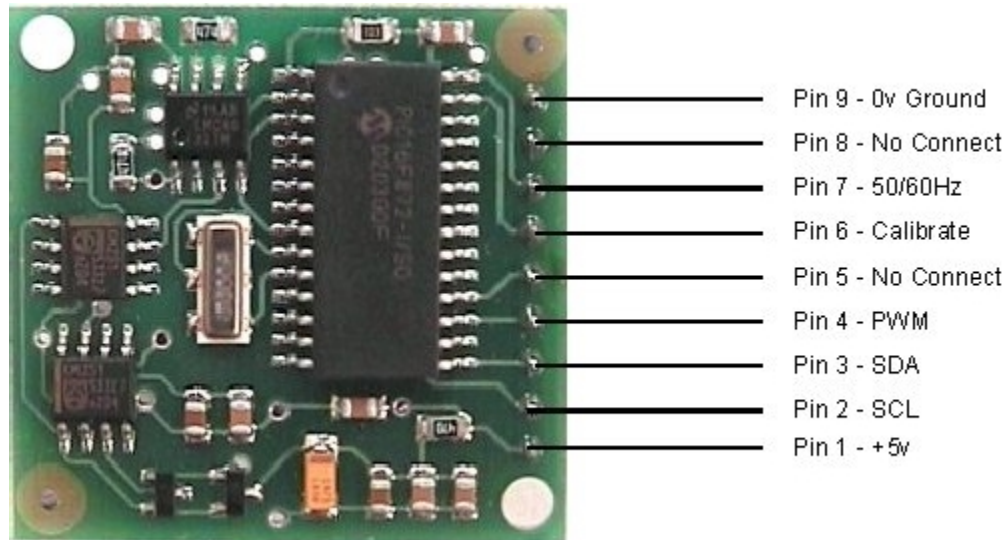
Sample design AERA: Help.



CMPS03 - Robot Compass Module

This compass module has been specifically designed for use in robots as an aid to navigation. The aim was to produce a unique number to represent the direction the robot is facing. The compass uses the Philips KMZ51 magnetic field sensor, which is sensitive enough to detect the Earth's magnetic field. The output from two of them mounted at right angles to each other is used to compute the direction of the horizontal component of the Earth's magnetic field.

Connections to the compass module

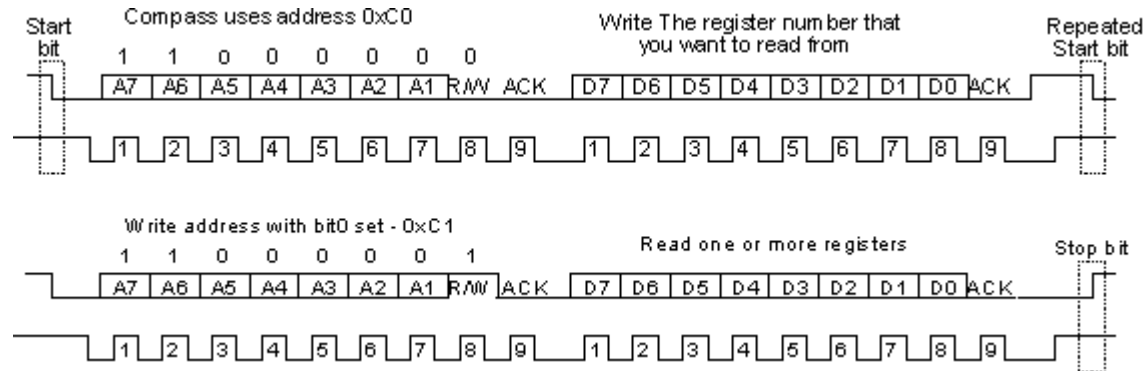


The compass module requires a 5v power supply at a nominal 15mA.

There are two ways of getting the bearing from the module. A PWM signal is available on pin 4, or an I2C interface is provided on pins 2,3.

The PWM signal is a pulse width modulated signal with the positive width of the pulse representing the angle. The pulse width varies from 1mS (0°) to 36.99mS (359.9°) – in other words $100\mu\text{S}/^\circ$ with a +1mS offset. The signal goes low for 65mS between pulses, so the cycle time is 65mS + the pulse width - ie. 66ms-102ms. The pulse is generated by a 16 bit timer in the processor giving a 1uS resolution, however I would not recommend measuring this to anything better than 0.1° (10uS). Make sure you connect the I2C pins, SCL and SDA, to the 5v supply if you are using the PWM, as there are no pull-up resistors on these pins.

Pin 2,3 are an I2C interface and can be used to get a direct readout of the bearing. If the I2C interface is not used then these pins should be pulled high (to +5v) via a couple of resistors. Around 47k is ok, the values are not at all critical.



I2C communication protocol with the compass module is the same as popular eeprom's such as the 24C04.. First send a start bit, the module address (0XC0) with the read/write bit low, then the register number you wish to read. This is followed by a repeated start and the module address again with the read/write bit high (0XC1). You now read one or two bytes for 8bit or 16bit registers respectively. 16bit registers are read high byte first. The compass has a 16 byte array of registers, some of which double up as 16 bit registers as follows;

Register	Function
0	Software Revision Number
1	Compass Bearing as a byte, i.e. 0-255 for a full circle
2,3	Compass Bearing as a word, i.e. 0-3599 for a full circle, representing 0-359.9 degrees.
4,5	Internal Test - Sensor1 difference signal - 16 bit signed word
6,7	Internal Test - Sensor2 difference signal - 16 bit signed word
8,9	Internal Test - Calibration value 1 - 16 bit signed word
10,11	Internal Test - Calibration value 2 - 16 bit signed word
12	Unused - Read as Zero
13	Unused - Read as Zero
14	Unused - Read as Undefined
15	Calibrate Command - Write 255 to perform calibration step. See text.

Register 0 is the Software revision number (8 at the time of writing). Register 1 is the bearing converted to a 0-255 value. This may be easier for some applications than 0-360 which requires two bytes. For those who require better resolution registers 2 and 3 (high byte first) are a 16 bit unsigned integer in the range 0-3599. This represents 0-359.9°. Registers 4 to 11 are internal test registers and 12,13 are unused. Register 14 is undefined. Don't read them if you don't want them - you'll just waste your I2C bandwidth. Register 15 is used to calibrate the compass.

The I2C interface does not have any pull-up resistors on the board, these should be provided elsewhere, most probably with the bus master. They are required on both the SCL and SDA lines, but only once for the whole bus, not on each module. I suggest a value of 1k8 if you are going to be working up to 400KHz and 1k2 or even 1k if you are going up to 1MHz. The compass is designed to work at up to the standard clock speed (SCL) of 100KHz, however the clock speed can be raised to 1MHZ providing the following precaution is taken; At speeds above around 160KHz the CPU cannot respond fast enough to read the I2C data. Therefore a small delay of 50uS should be inserted either side of writing the register address. No delays are required anywhere else in the sequence. By doing this, I have tested the compass module up to 1.3MHz SCL clock speed.

Pin 7 is an input pin selecting either 50Hz (low) or 60Hz (high) operation. I added this option after noticing a jitter of around 1.5° in the output. The cause was the 50Hz mains field in my workshop. By converting in synchronism with the mains frequency this was reduced to around 0.2° . An internal conversion is done every 40mS (50Hz) or every 33.3mS (60Hz). The pin has an on-board pull-up can be left unconnected for 60Hz operation. There is no synchronism between the PWM or I2C outputs and the conversion. They both retrieve the most recent internal reading, which is continuously converted, whether it is used or not.

Pin 6 is used to calibrate the compass. The calibrate input (pin 6) has an on-board pull-up resistor and can be left unconnected after calibration.

Pins 5 and 8 are No Connect. Actually pin 8 is the processor reset line and has an on-board pull-up resistor. It is there so that we can program the processor chip after placement on the PCB..

This datasheet has been downloaded from:

www.DatasheetCatalog.com

Datasheets for electronic components.



599 Menlo Drive, Suite 100
Rocklin, California 95765, USA
Office: (916) 624-8333
Fax: (916) 624-8003

General: info@parallax.com
Technical: support@parallax.com
Web Site: www.parallax.com
Educational: www.stampsinclass.com

Devantech SRF04 Ultrasonic Range Finder (#28015)

The Devantech SRF04 ultrasonic range finder provides precise, non-contact distance measurements from about 3 cm (1.2 inches) to 3 meters (3.3 yards). It is very easy to connect to BASIC Stamps or the Javelin, requiring only two I/O pins.¹ The SRF04 library makes this device very simple to use and is an ideal component for robotics applications.

The SRF04 works by transmitting an ultrasonic (well above human hearing range) pulse and measuring the time it takes to "hear" the pulse echo. Output from the SRF04 is in the form of a variable-width pulse that corresponds to the distance to the target.

The SRF04 is designed and manufactured by Devantech, who provides additional technical resources for the device. Their web site is <http://www.robot-electronics.co.uk>.

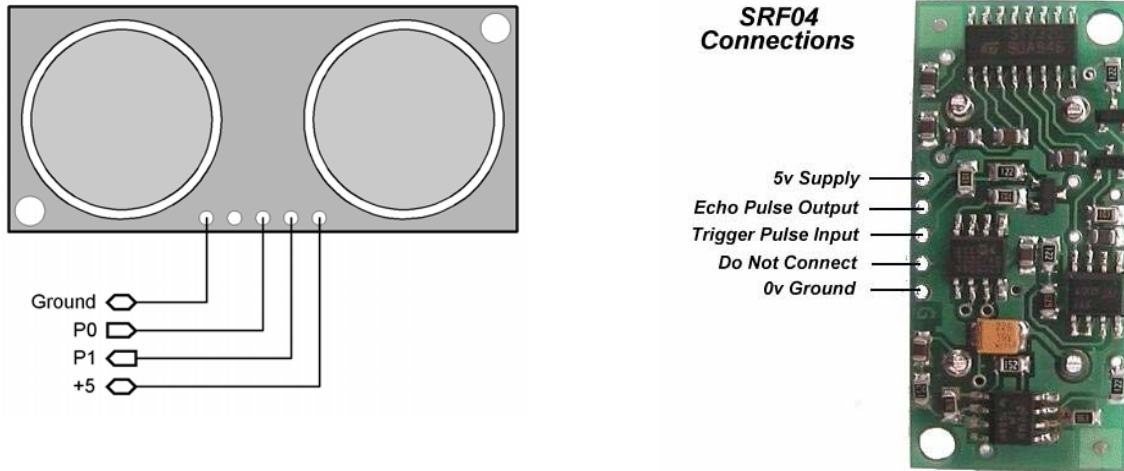
Features

- Voltage – 5 v
- Current – 30 mA Typ. 50mA Max.
- Frequency – 40 kHz
- Max Range - 3 m
- Min Range - 3 cm
- Sensitivity - Detect 3 cm diameter broom handle at > 2 m
- Input Trigger – 10 uS Min. TTL level pulse
- Echo Pulse - Positive TTL level signal, width proportional to range.
- Small Size – (1.7 in x .8 in x .7 in height) 43 mm x 20 mm x 17 mm height

¹ For a Javelin Stamp application note see www.javelinstamp.com.

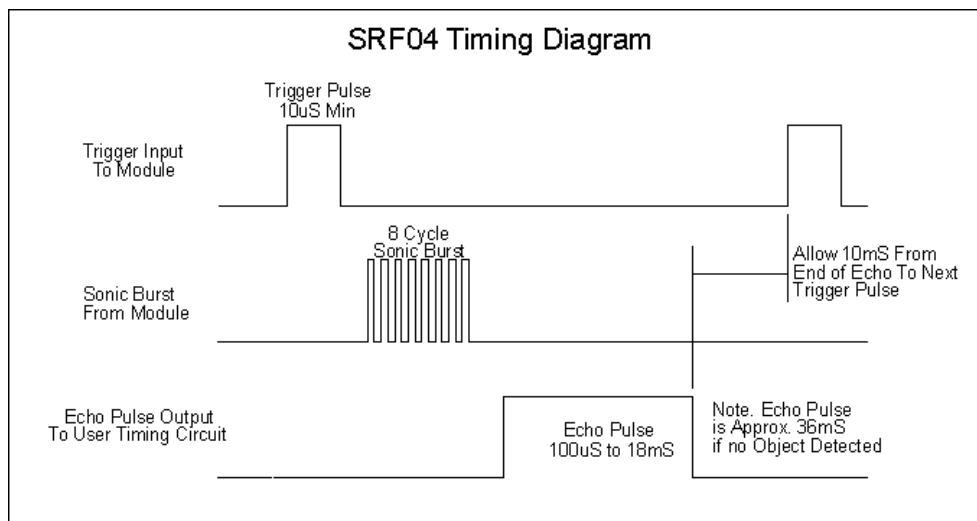
Connection to the BASIC Stamp 2

The SRF04 has four through-hole locations where you will need to solder wires to the hardware. These wires are not included with the kit.



Source Code Example

The SRF04 detects objects by emitting a short burst of sound and "listening" for the echo. Under control of the BASIC Stamp, the SRF04 emits an ultrasonic (40 kHz) sound pulse. This pulse travels through the air at about 1.125 feet per millisecond (the speed of sound), hits an object and then bounces back. By measuring the time between the transmission of the pulse and the echo return, the distance to the object can be determined.



The SRF04 outputs a high-going pulse that corresponds to time required for the echo to return. **RCTIME** (for the BS2 and BS2e) and **PULSIN** (for the BS2sx, BS2p, and BS2pe) can be used to measure it and determine the distance to the target. Using **RCTIME** on the BS2 and BS2e allows us to measure the echo

pulse without "seeing" the low-to-high transition of the echo's leading edge – something we may miss due to the setup time for `PULSIN` on the BS2 and BS2e.

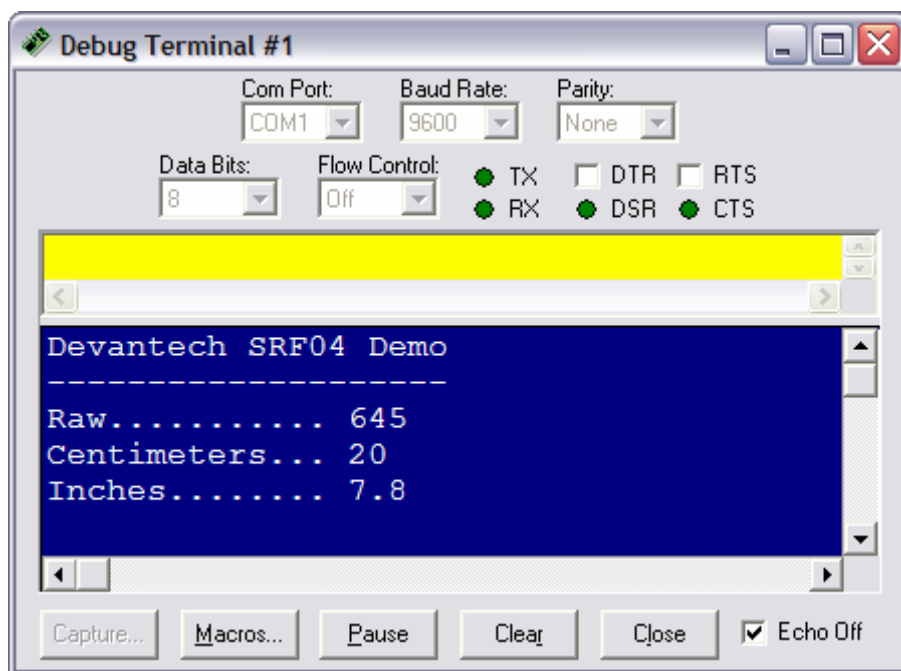
There are a couple of small technical details to be aware of, but otherwise, coding for the SRF04 is very straight forward. The trigger pulse must be at least 10 microseconds long. `PULSOUT` can do this for us. The other requirement is that we must wait at least 10 milliseconds between measurements.

The heart of this program is a subroutine called `Get_Sonar`. This routine started with the code sample that came with the sensor. While the Devantech example is perfectly suitable and easy to understand, the results seemed to bounce around a bit. Some software filtering (averaging several readings together) would smooth things out and make the output more useful.

The use of `RCTIME` versus `PULSIN` for the echo timing measurement is determined at compile time by the BASIC Stamp Editor/Compiler. The structure of the program is such that it may be used with any BASIC Stamp module. If the `$STAMP` directive does not match the module you're attempting to program, the editor will assist in correcting this declaration for you.

The value returned by the routine will be stored in `rawDist`, so the code starts by clearing it. Then, within a loop, the code takes five readings from the sensor and averages them together. This may look a bit odd because we usually think about adding numbers and then dividing to get an average. We do the dividing first and then add the result into the return value because we could have an overflow if we do all the addition first. Yes, the dividing first technique can lead to rounding errors, but only if the values were very small. We didn't observe this when using the SRF04. Since one inch (the minimum range of the sensor) is about 74 microseconds, dividing by five (loop value) each time through causes no problem.

Once returned to the main program the `rawDist` value is converted to centimeters by dividing the echo duration by the appropriate factor (`ToCm`) – this factor determined by the BASIC Stamp module installed. Conversion from centimeters to inches is straightforward math; in this case the centimeters value is multiplied by 3.937 to convert to tenths of inches.



```

' =====
'
' File..... SRF04_Demo.BS2
' Purpose.... Devantech SRF04 Ultrasonic Range Finder
' Author..... Parallax, Inc. (Copyright 2003 - All Rights Reserved)
' E-mail..... support@parallax.com
' Started.... 06 MAR 2002
' Updated.... 01 OCT 2003
'
'   {$STAMP BS2}
'   {$PBASIC 2.5}
'
' =====

' -----[ Program Description ]-----
'
' This program uses the Devantech SRF04 to measure the distance between the
' unit and a target.  Display is raw value, centimeters, and inches.

' -----[ Revision History ]-----
'
' 01 OCT 2003 : Updated for PBASIC 2.5 and for any BASIC Stamp module

' -----[ I/O Definitions ]-----
'
Trigger          PIN      0
Echo             PIN      1

' -----[ Constants ]-----

#SELECT $STAMP
#CASE BS2, BS2E
    Trig10      CON      5           ' trigger pulse = 10 uS
    ToCm        CON      30         ' conversion factor to cm
#CASE BS2SX, BS2P
    Trig10      CON      13
    ToCm        CON      78
#CASE BS2PE
    Trig10      CON      5
    ToCm        CON      31
#ENDSELECT

' -----[ Variables ]-----

samples          VAR      Nib           ' loop counter
pWidth           VAR      Word         ' pulse width from sensor
rawDist          VAR      Word         ' filtered measurement
cm               VAR      Word         ' centimeters
inches           VAR      Word

```

```

' -----[ Initialization ]-----
Setup:
  LOW Trigger
  DEBUG CLS,
    "Devantech SRF04 Demo", CR,
    "-----", CR,
    "Raw.....", CR,
    "Centimeters...", CR,
    "Inches....."

' -----[ Program Code ]-----

Main:
  DO
    GOSUB Get_Sonar           ' take sonar reading
    DEBUG CRSRXY, 15, 2, DEC rawDist, CLREOL

    cm = rawDist / ToCm      ' convert to centimeters
    DEBUG CRSRXY, 15, 3, DEC cm, CLREOL

    inches = cm * / $03EF    ' x 3.937 (to 0.1 inches)
    DEBUG CRSRXY, 15, 4,
      DEC inches / 10, ".", DEC1 inches,
      CLREOL

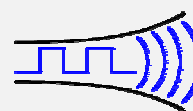
    PAUSE 250                ' delay between readings
  LOOP

  END

' -----[ Subroutines ]-----

Get_Sonar:
  rawDist = 0                ' clear measurement
  FOR samples = 1 TO 5      ' take five samples
    PULSOUT Trigger, Trig10 ' 10 uS trigger pulse
    #SELECT $STamp
      #CASE BS2, BS2E
        RCTIME Echo, 1, pWidth ' measure pulse
      #CASE #ELSE
        PULSIN Echo, 1, pWidth ' measure pulse
    #ENDSELECT
    rawDist = rawDist + (pWidth / 5) ' simple digital filter
    PAUSE 10                  ' minimum period between
  NEXT
  RETURN

```



UHF FM Data Transmitter and Receiver Modules

The TX2 and RX2 data link modules are a miniature PCB mounting UHF radio transmitter and receiver pair which enable the simple implementation of a data link at upto 160 kbit/s at distances upto 75 metres in-building and 300 metres open ground.



left: TX2 transmitter

right:RX2

Features:

- CE certified by independent Notified Body
- Verified to comply with harmonised radio standard EN 300 220-3 by accredited Test Laboratory
- Verified to comply with harmonised EMC standard EN 301 489-3 by accredited Test Laboratory
- Data rates up to 160 kbps
- Usable range up to 300 m
- 433.92 MHz versions.
- Fully screened

Available for operation at 433.92 MHz in Europe (including UK), both modules combine full screening with extensive internal filtering to ensure EMC compliance by minimising spurious radiations and susceptibilities. The TX2 and RX2 modules will suit one-to-one and multi-node wireless links in applications including car and building security, EPOS and inventory tracking, remote industrial process monitoring and computer networking. Because of their small size and low power requirements, both modules are ideal for use in portable, battery-powered applications such as hand-held terminals.

Transmitter - TX2

- 2 stage SAW controlled, FM modulated at up to 160 kbps
- Operation from 2.2V to 6V
- +9dBm on 433.92MHz
- High efficiency, >15% , DC → RF
- Improved frequency and deviation accuracy
- 2nd harmonic, < -60dBc

Receiver - RX2

- Double conversion FM superhet
- SAW front end filter, image rejection 50dB
- Supply 3.0V to 6.0V @ 13mA
- -96 dBm sensitivity @1ppm BER with 160kbps version
- -100 dBm sensitivity @ 1ppm BER with 40kbps-version
- -107 dBm sensitivity @ 1ppm BER with 14kbps-version
- LO leakage, < -60 dBm

Functional description:

The TX2 transmitter module is a two stage, SAW controlled FM transmitter operating between 2V and 6V and is available in 433.92MHz. The TX2 module is type approved to EN 300 220-3 for European use and delivers nominally +9dBm from a 5V supply at 12mA. The module measures 32 x 12 x 3.8 mm.

The RX2 module is a double conversion FM superhet receiver capable of handling data rates of up to 160kbps. The SIL style RX2 receiver measures 48 x 17.5 x 4.5 mm. It will operate from a supply of 3-6V and draws 14mA when receiving. A fast-acting carrier detect and a power-up enable time of less than 1ms. This allows effective duty cycle power saving and a -107 dBm sensitivity. This combined with a SAW front-end filter results in an excellent RF performance and EMC conformance.

TX2 transmitter:

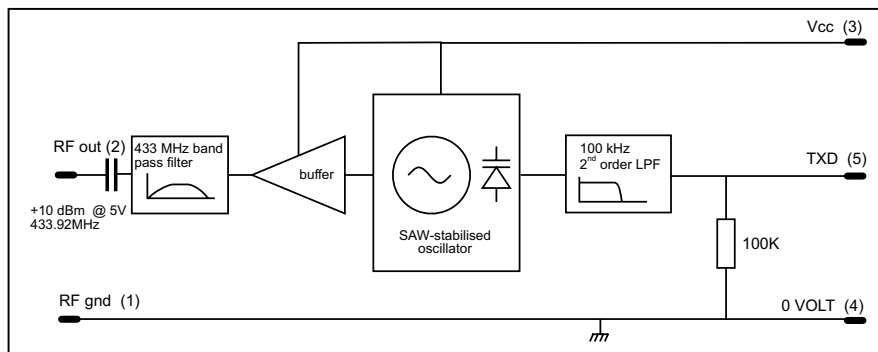


Fig. 1: TX2 block diagram

Pin description:

RF GND (pin 1)

RF ground pin, internally connected to the module screen and pin 4 (0V). This pin should be connected to the RF return path (e.g. coax braid, main PCB ground plane etc.)

RF out (pin 2)

50Ω RF output to the antenna, it is DC isolated internally. (see antenna section for suggested antenna/feeds).

Vcc (pin 3)

+ve supply pin. The module will generate RF when the Vcc supply is present. Maximum ripple content 0.1V_{P-P}. A 100nF de-coupling ceramic capacitor is suggested.

0V (pin 4)

Supply ground connection, connected to pin 1 and screen.

TXD (pin 5)

This DC coupled modulation input will accept either serial digital data (0V to Vcc levels) or high level linear signals. Input impedance is 100kΩ.

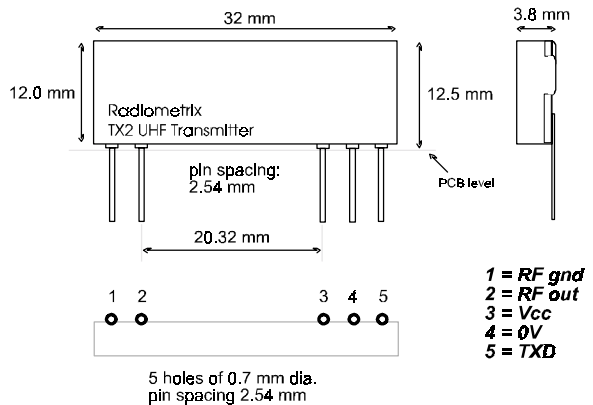


Fig.2: physical dimensions

RX2 receiver:

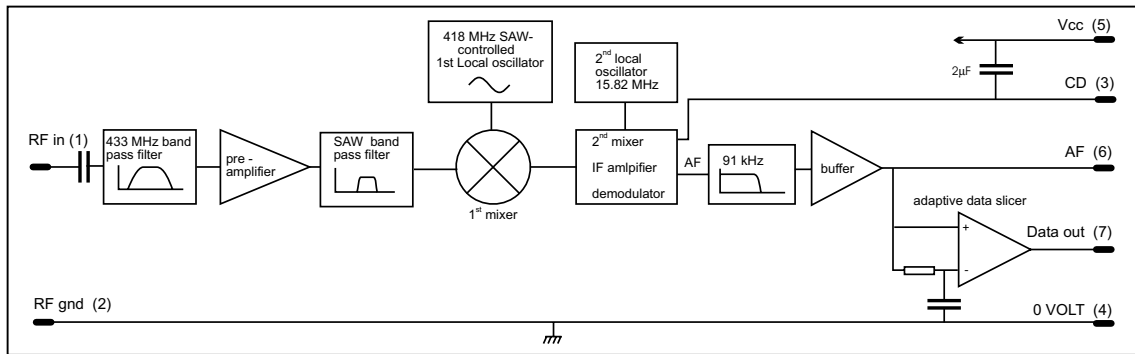


Fig. 3: RX2 block diagram

Pin description

RF in (pin 1)

50Ω RF input from the antenna, it is DC isolate internally. (see antenna section for suggested antenna/feeds).

RF GND (pin 2)

RF ground pin, internally connected to the module screen and pin 4 (0V). This pin should be connected to the RF return path (e.g. coax braid, main PCB ground plane etc.)

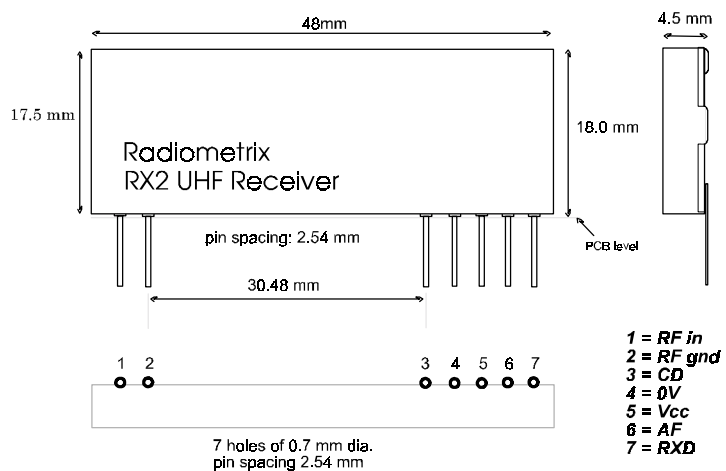


Fig. 4: physical dimensions

CD (pin 3)

The Carrier Detect may be used to drive an external PNP transistor to obtain a logic level carrier detect signal, see test circuit. If not required it should be connected to pin 5 (Vcc).

0 Volt (pin 4)

Supply ground connection, connected to pin 1 and screen.

Vcc (pin 5)

+ve supply pin. +3.0V to +6.0V @ <17mA . The supply must be clean < 2mV_{P-P} ripple. A 10µF decoupling capacitor and 10Ω series resistor is recommended if a clean supply is not available.

AF (pin 6)

This is a buffered and filtered analogue output from the FM demodulator. It has a standing DC bias of 1.2V and 400mV_{P-P} base band signal. It is useful as a test point or to drive linear decoders. Load impedance should be > 2kΩ and < 100pF.

RXD (pin 7)

This digital output from the internal data slicer is a squared version of the signal on pin 6 (AF). It may be used to drive external decoders. The data is true data, i.e. as fed to the transmitter. Load impedance should be > 1kΩ and < 1nF

Survival Maximums:

Operating temperature: -10°C to +55°C
 Storage temperature: -40°C to +100°C

TX2, all variants

Vcc (pin 3) -0.1V to +10.0V
 Data input (pin 5) -0.1V to +10.0V
 RF out (pin 2) ±50V @ < 10MHz , +20dBm @ > 10MHz

RX2, all variants

Vcc (pin 5) -0.1V to +10.0V
 Data, CD & AF (pin 7,3,6) -0.1V to + Vcc V
 RF input (pin 1) ±50V @ < 10MHz , +13dBm @ > 10MHz

note: Operation of the TX2 above 6V may cause the module to exceed the licensed power level.

Electrical Performance: TX2 transmitter

	pin	min.	typ.	max.	units	notes
DC LEVELS						
supply voltage	3	2.2	3.0	4.0	V	-3V version
supply voltage	3	4.0	5.0	6.0	V	-5V version
CURRENT & RF POWER						
TX2-433-3V						
supply current @ Vcc = 3V	3	4	6	10	mA	
RF power @ Vcc = 3V	2	0	+4	+6	dBm	1
TX2-433-5V						
supply current @ Vcc = 5V	3	7	10	14	mA	
RF power @ Vcc = 5V	2	+6	+9	+12	dBm	1
RF						
2 nd harmonic	2	-	-65	-54	dBc	1
harmonics @ > 1GHz	2	-	-50	-40	dBc	1
initial frequency accuracy	-	-30	0	+30	kHz	
overall frequency accuracy	-	-70	-	+70	kHz	
FM deviation (+/-)	-	20	25	30	kHz	
modulation bandwidth @ -3dB	-	DC	-	20	kHz	
modulation bandwidth @ -3dB	-	DC	-	100	kHz	2
modulation distortion (THD)	-	-	5	10	%	
power up time to full RF	-	-	-	100	µs	

note: 1. Measured into a 50Ω load.
 2. For 160kbps version

Electrical Performance: RX2 Receiver

Unless otherwise noted: Figures apply to 5V versions unless noted otherwise
Vcc = 5.0V, temperature 20°C unless noted otherwise

	pin	min.	typ.	Max.	units	notes
DC LEVELS						
supply voltage, Vcc standard	5	4.0	5.0	6.0	V	
supply voltage, Vcc, 3V version	5	3.0	3.5	4.0	V	
supply current	5	11	13	17	mA	
supply ripple	5	-	-	2	mV _{P-P}	1
data output high, 100µA source	7	-	V _{CC} -0.6	-	V	
data output low, 100µA sink	7	-	0.4	-	V	
load capacitance on AF / Data	6,7	-	-	100	pF	
RF						
RF sensitivity for 10dB (S+N)/N	1,6	-107	-113	-	dBm	14kbps version
RF sensitivity for 10dB (S+N)/N	1,6	-100	-107	-	dBm	40kbps version
RF sensitivity for 10dB (S+N)/N	1,6	-	-96	-	dBm	160kbps version
RF sensitivity for 1ppm BER	1,6	-100	-107	-	dBm	14kbps version
RF sensitivity for 1ppm BER	1,6	-93	-100	-	dBm	40kbps version
RF sensitivity for 1ppm BER	1,6	-	-90	-	dBm	160kbps version
CD threshold	1,3	-97	-107	-	dBm	14kbps version
CD threshold	1,3	-90	-100	-	dBm	40kbps version
CD threshold	1,3	-	-104	-	dBm	160kbps version
IF band width	-	-	250	-	kHz	
initial frequency accuracy	1	-30	0	+30	kHz	
E.M.C.						
image rejection (2*F _{IF})	1	-	-50	-	dB	2
spurious responses upto 1GHz	1	-	-70	-	dB	2
LO leakage, conducted	1	-	-65	-	dBm	
LO leakage, radiated	-	-	-70	-	dBm	
AF BASE BAND						
baseband bandwidth @ -3dB	6	0.006	-	7	kHz	14kbps version
baseband bandwidth @ -3dB	6	0.060	-	20	kHz	40kbps version
baseband bandwidth @ -3dB	6	0.250	-	91	kHz	160kbps version
AF level	6	-	450	-	mV _{P-P}	
DC offset on AF	6	0.8	1.2	1.6	V	
distortion on recovered AF	6	-	0.5	1	%	
ultimate (S+N)/N	6	35	45	-	dB	
ultimate (S+N)/N	6	-	28	-	dB	160kbps version
DYNAMIC TIMING						
Power up with signal present						
power up to valid CD, T _{PU-CD}	-	-	1	-	ms	
power up to stable data, T _{PU-DAT}	-	-	20	-	ms	14kbps version
power up to stable data, T _{PU-DAT}	-	-	5	-	ms	40kbps version
power up to stable data, T _{PU-DAT}	-	-	3	-	ms	160kbps version
power up to stable AF, T _{PU-AF}	-	-	0.6	-	ms	160kbps version
power up to valid CD, T _{PU-CD}	-	-	0.7	-	ms	160kbps version

	pin	min.	typ.	Max.	units	notes
Signal applied with supply on						
signal to valid CD, T_{SIG-CD}	-	-	0.5	-	ms	
signal to stable data, $T_{SIG-DAT}$	-	-	15	-	ms	14kbps version
signal to stable data, $T_{SIG-DAT}$	-	-	3	-	ms	40kbps version
signal to stable data, $T_{SIG-DAT}$	-	-	0.75	-	ms	160kbps version
signal to stable AF, T_{SIG-AF}	-	-	0.1	-	ms	160kbps version
signal to valid CD, T_{SIG-CD}	-	-	0.2	-	ms	160kbps version
time between data transitions	7	0.07	-	15	ms	4, 14kbps version
time between data transitions	7	0.025	-	1.5	ms	4, 40kbps version
time between data transitions	7	0.00625	-	0.5	ms	4, 160kbps version
mark:space ratio	-	20	50	80	%	3

- notes:**
1. For 6dB (S+N)/N degradation on wanted -100dBm signal
 2. Receiver spurious responses are at $F_{RF} \pm (n \times 15.92\text{MHz})$, $n=1,2,3$ etc.
 3. Average over 30ms (14kbps), 3ms (40kbps), 1ms (160kbs) at maximum bit rate.
 4. Values for 50:50 mark to space (i.e. square wave)

Module test circuits

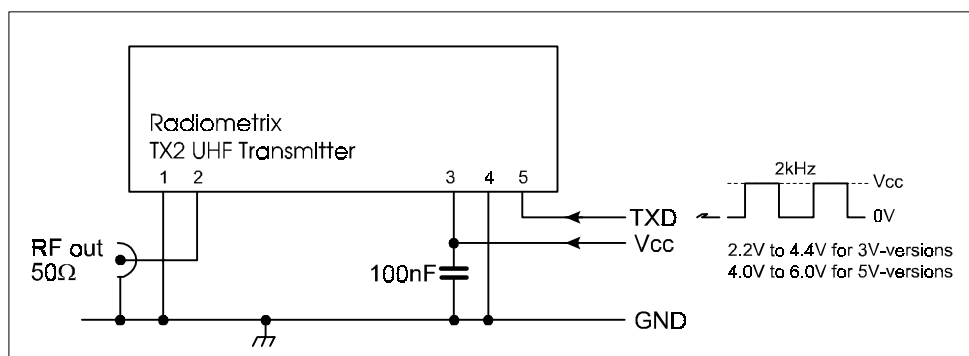


Fig.5: TX2 test circuit

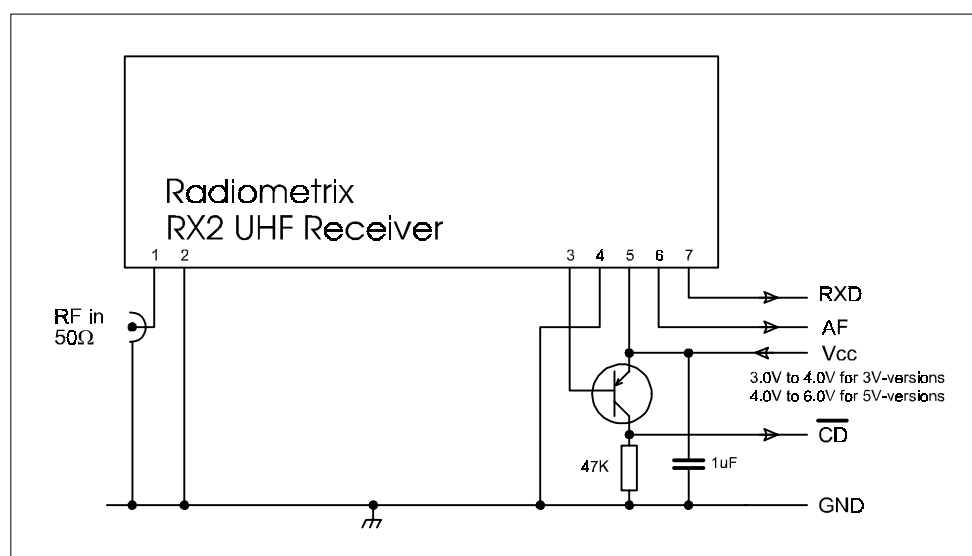


Fig.6: RX2 test circuit

* The PNP transistor (e.g. BC558B) enables a CMOS compatible Carrier Detect signal to be derived from pin 3. If no CD signal required pin 3 should be connected directly to pin 5 (Vcc)

Module mounting considerations

The modules may be mounted horizontally or vertically on an area of ground plane preferably close to the antenna to minimise feed length. The receiver and its antenna should be kept away from sources of interference (micro's, SMPS etc.). The modules may be potted if required in a viscous compound which can not enter the screen can..

Warning: Do NOT wash the modules. They are not hermetically sealed.

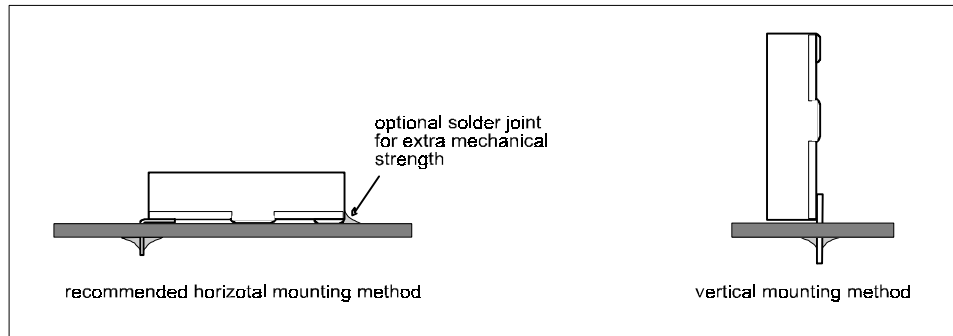


Fig. 7: module mounting options

Antenna requirements

Three types of integral antenna are recommended and approved for use with the module:

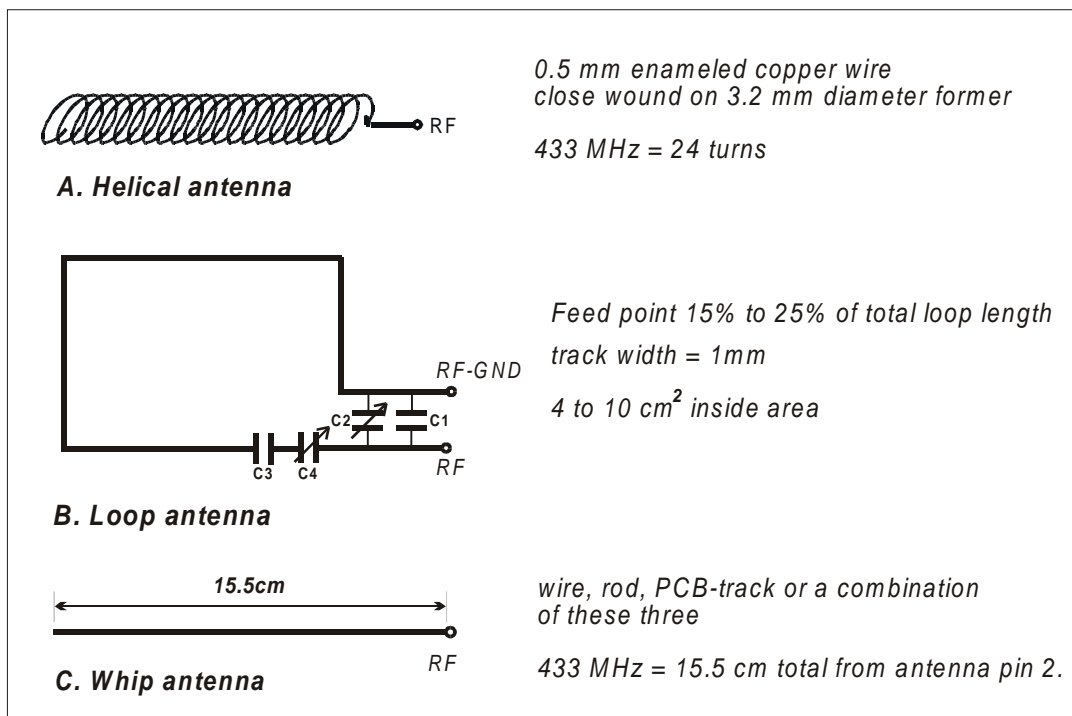


Fig.8: Antenna

	A	B	C
	<i>helical</i>	<i>loop</i>	<i>whip</i>
Ultimate performance	**	*	***
Easy of design set-up	**	*	***
Size	***	**	*
Immunity proximity effects	**	***	*
Range open ground to similar antenna (for TX2-433-14-5V & RX2-433-14-5V)	200m	100m	300m

Antenna selection chart

- A) *Helical* Wire coil, connected directly to pin 2, open circuit at other end. This antenna is very efficient given it's small size (20mm x 4mm dia.). The helical is a high Q antenna, trim the wire length or expand the coil for optimum results. The helical de-tunes badly with proximity to other conductive objects.
- B) *Loop* A loop of PCB track tuned by a fixed or variable capacitor to ground at the 'hot' end and fed from pin 2 at a point 20% from the ground end. Loops have high immunity to proximity de-tuning.
- C) *Whip* This is a wire, rod, PCB track or combination connected directly to pin 2 of the module. Optimum total length is 15.5cm (1/4 wave @ 433MHz). Keep the open circuit (hot) end well away from metal components to prevent serious de-tuning. Whips are ground plane sensitive and will benefit from internal 1/4 wave earthed radial(s) if the product is small and plastic cased

The antenna choice and position directly controls the system range. Keep it clear of other metal in the system, particularly the 'hot' end. The best position by far, is sticking out the top of the product. This is often not desirable for practical/ergonomic reasons thus a compromise may need to be reached. If an internal antenna must be used try to keep it away from other metal components, particularly large ones like transformers, batteries and PCB tracks/earth plane. The space around the antenna is as important as the antenna itself

Duty Cycle requirements

The duty cycle is defined as the ratio, expressed as a percentage, of the maximum transmitter "on" time on one or more carrier frequencies, relative to a one hour period. Where an acknowledgement message is required, the additional transmitter "on" time shall be included.

There is a 10% duty cycle restriction on 433.050-434.790 MHz band in most of the EU member states.

The TX2-433 is a RF module intended to be incorporated into a wide variety of applications and finished products, Radiometrix has no control over the end use of the TX2-433. The harmonised band 433.050 to 434.790 MHz as detailed in Annex 1 Band E of CEPT/ERC Recommendation 70-03 (which can be downloaded at <http://www.ero.dk/scripts/docmanag98/dm.dll/QueryDoc?Cat=Recommendation>) has list of countries where Duty Cycle restriction apply.

Module users should, therefore, ensure that they comply with the stated Duty Cycle requirements of the version of CEPT/ERC Recommendation 70-03 in place at the time of incorporation of the TX2-433 into their product. It should be noted that the stated Duty Cycle must not be exceeded otherwise any approval granted for the TX2-433 will be invalidated.

Variants and Ordering information

The TX2 transmitter and RX2 receiver are manufactured in several variants

Supply voltage 5V (4V to 6V TX2 & RX2)
3V (3V to 4V for RX2, 2.2V to 4V for TX2)

RX data rate: Slower version, 7kHz baseband BW, data rate up to 14kbps
Faster version, 20kHz baseband BW, data rate up to 40kbps
Very fast version 91kHz baseband BW, data rate up to 160kbps

TX data rate Faster version, 20kHz baseband BW, data rate up to 40kbps
Very fast version, 100kHz baseband BW, data rate up to 160kbps

The following are standard:

TX2-433-40-5V:	433.92 MHz , 5V TX , 10mW
TX2-433-160-5V:	433.92 MHz , 5V TX , 10mW
RX2-433-14-5V:	433.92 MHz , 5V RX , 14kbps
RX2-433-40-5V:	433.92 MHz , 5V RX , 40kbps
RX2-433-160-5V	433.92 MHz , 5V RX , 160kbps

3V versions of the above are available and should be ordered with a -3V suffix on the part number.
(e.g. RX2-433-14-3V is set-up for 3V to 4V operation)



Radio Frequency Investigation Ltd

Eythurst Park, Remondel, Basingstoke,
Hampshire RG26 5RD

Switchboard Tel: +44 (0) 1256 851183

Sales Tel: +44 (0) 1256 855400

Fax: +44 (0) 1256 851192

E-mail: sales@rfi-wireless.com

Web Site: www.rfi-wireless.com

CERTIFICATE OF CONFORMANCE FROM RADIO FREQUENCY INVESTIGATION LTD.

Test Of: Radiometrix
TX2-433 Transmitter

To: EN 300 220-1 V1.3.1 (2000-09)
according to the requirements of EN 300 220-3 V1.1.1 (2000-09),
Harmonised EN covering essential requirements
under Article 3.2 of the R&TTE Directive

Certificate of Conformance Serial No:
RFI/MPTB1/SC42346B

This is to certify that a sample of the equipment defined above has been tested by Radio Frequency Investigation Ltd. (Basingstoke) to the above standard as detailed in RFI report number RFI/MPTB1/RP42346B. In the configuration tested the equipment was compliant with the standard or parts of the standard applied to the sample.	
For full details please refer to document RFI/MPTB1/RP42346B	
Tested By: <i>N. J. Deale</i>	Approved Signatory: <i>[Signature]</i>
Certificate Copy No: 01	Test Item Receipt Date: 08 October 2001
Issue Date: 17 October 2001	Test Date: 08 October 2001
Issued to: Mr G. Sharples Managing Director Radiometrix Ltd Hartcran House Gibbs Couch Carpenders Park Watford Hertfordshire WD1 5EZ	Deviations from tested standard: None.
This certificate may be reproduced in full. Partial reproduction may only be made with the written consent of Radio Frequency Investigation Ltd. This certificate applies only to the sample(s) tested.	

A CATALYST IN WIRELESS DEVELOPMENT

Registered in England, No. 211 750 - Registered Office Eythurst Park, Remondel, Basingstoke, Hampshire RG26 5RD





Radio Frequency Investigation Ltd

Ewhurst Park, Ramodel, Basingstoke,
Hampshire RG26 5RQ

Switchboard Tel: +44 (0) 1256 851193

Sales Tel: +44 (0) 1256 855400

Fax: +44 (0) 1256 851192

E-mail: sales@rfi-wireless.com

Web Site: www.rfi-wireless.com

CERTIFICATE OF CONFORMANCE FROM RADIO FREQUENCY INVESTIGATION LTD.

Test Of: Radiometrix Ltd.
TX2-433

To: EN 301 489-1 V1.2.1 (2000-08)
according to the specific conditions
detailed in EN 301 489-3 V1.2.1 (2000-08)
(requested parts only)

Certificate of Conformance Serial No:
RFI/EMCB1/TC42346ETF01A

This is to certify that a sample of the equipment defined above has been tested by Radio Frequency Investigation Ltd. (Basingstoke) to the above standard as detailed in RFI report number RFI/EMCB1/TS42346ETF01A. In the configuration tested the equipment was compliant with the standard or parts of the standard applied to the sample.	
For full details please refer to document RFI/EMCB1/TS42346ETF01A	
Tested By: 	Approved Signatory: 
Certificate Copy No:	Test Item Receipt Date: 02 July 2001
Issue Date: 25 July 2001	Test Date: 02 July 2001
Issued to: Radiometrix Ltd Hartcran House Gibbs Couch Carpenders Park Watford WD1 5EZ Hertfordshire	Deviations from tested standard: None.
This certificate may be reproduced in full. Partial reproduction may only be made with the written consent of Radio Frequency Investigation Ltd. This certificate applies only to the sample(s) tested.	

A CATALYST IN WIRELESS DEVELOPMENT

Registered in England, No. 211 7901. Registered Office: Ewhurst Park, Ramodel, Basingstoke, Hampshire RG26 5RQ





Radio Frequency Investigation Ltd

Eshurst Park, Ramadeil, Basingstoke,
Hampshire RG26 5RQ

Switchboard Tel: +44 (0) 1256 851153

Sales Tel: +44 (0) 1256 855400

Fax: +44 (0) 1256 851182

E-mail: sales@rfi-wireless.com


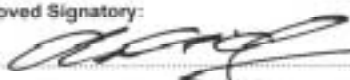
Web Site: www.rfi-wireless.com

CERTIFICATE OF CONFORMANCE FROM RADIO FREQUENCY INVESTIGATION LTD.

Test Of: Radiometrix Ltd.
RX2-433

To: EN 301 489-1 V1.2.1 (2000-08)
according to the specific conditions
detailed in EN 301 489-3 V1.2.1 (2000-08)
(requested parts only)

Certificate of Conformance Serial No:
RFI/EMCB1/TC42137ETF10A

This is to certify that a sample of the equipment defined above has been tested by Radio Frequency Investigation Ltd. (Basingstoke) to the above standard as detailed in RFI report number RFI/EMCB1/TS42137ETF10A. In the configuration tested the equipment was compliant with the standard or parts of the standard applied to the sample.	
For full details please refer to document RFI/EMCB1/TS42137ETF10A	
Tested By: 	Approved Signatory: 
Certificate Copy No:	Test Item Receipt Date: 11 June 2001
Issue Date: 25 July 2001	Test Date: 14 June 2001
Issued to: Radiometrix Ltd Hartcran House Gibbs Couch Carpenders Park Watford WD1 5EZ Hertfordshire	Deviations from tested standard: None.
This certificate may be reproduced in full. Partial reproduction may only be made with the written consent of Radio Frequency Investigation Ltd. This certificate applies only to the sample(s) tested.	

A CATALYST IN WIRELESS DEVELOPMENT

Registered in England, No. 2711 2001. Registered Office: Eshurst Park, Ramadeil, Basingstoke, Hampshire RG26 5RQ



CE Certificate of TX2 and its variants



Radio Frequency Investigation Ltd

NOTIFIED BODY OPINION RFI/NBCB1/RP42627JD06

Applicants Details

Applicant's Company Name: Radiometrix Ltd
Address: Hartcran House, Gibbs Couch, Carpenters Park, Watford, Herts.
WD1 5EZ
Contact Name: Mr S. Paramanathan

Manufacturers Details

Manufacturer's Company Name: Radiometrix Ltd
Address: Hartcran House, Gibbs Couch, Carpenters Park, Watford, Herts.
WD1 5EZ
Contact Name: Mr S. Paramanathan

Product Details

Product Name: TX2-433
Model Number(s): TX2-433-40-5V
TX2-433-40-3V
TX2-433-160-5V
TX2-433-160-3V
TCF Reference Number: RM/TX2/DTD
Standard(s): I ETS 300 220: 1993
Description: UHF FM Data Transmitter Module

In the opinion of RFI, the Technical Construction File demonstrates that the Apparatus to which it relates conforms to the essential requirements of Article 3.2 of Council Directive 1999/5/EC on radio equipment and telecommunications terminal equipment and the mutual recognition of their conformity.

Authorised Signatory:

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'N Cobb', is written over a horizontal line.

Mr N Cobb

16-10-06

Date



Company Seal

Notified Body Number - 0889

Radio Frequency Investigation Ltd, Ewhurst Park, Ramadell, Basingstoke, Hampshire RG26 5PQ, ENGLAND
Tel: +44 (0) 1256 851193 Fax: +44 (0) 1256 851192 E-mail: sales@rfl.co.uk
Registered in England, No. 211 7901

CE Certificate of RX2 and its variants



Radio Frequency Investigation Ltd

NOTIFIED BODY OPINION RFI/NBCB1/42627JD02

Applicants Details

Applicant's Company Name: Radiometrix Ltd
Address: Hartcran House, Gibbs Couch, Carpenters Park, Watford, Herts.,
WD1 5EZ
Contact Name: Mr S. Paramanathan

Manufacturers Details

Manufacturer's Company Name: Radiometrix Ltd
Address: Hartcran House, Gibbs Couch, Carpenters Park, Watford, Herts.,
WD1 5EZ
Contact Name: Mr S. Paramanathan

Product Details

Product Name: RX2-433
Model Number(s): RX2-433-40-5V
RX2-433-14-3V
RX2-433-40-3V
RX2-433-14-5V
RX2-433-160-3V
RX2-433-160-5V
RX2-433-40-TR
RX2-433-40-B
TCF Reference Number: RM/RX2/DTD
Standard(s): EN 300 220-1 V1.3.1 (2000-09) according to the requirements of EN
300 220-3 V1.1.1 (2000-09)
Description: UHF Radio Telemetry Receive Module

In the opinion of RFI, the Technical Construction File demonstrates that the Apparatus to which it relates conforms to the essential requirements of Article 3.2 of Council Directive 1999/5/EC on radio equipment and telecommunications terminal equipment and the mutual recognition of their conformity.

Authorised Signatory:

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'N Cobb', is written over a horizontal line.

Mr N Cobb

16-10-01

Date



Company Seal

Notified Body Number - 0889

Radio Frequency Investigation Ltd, Ewfurst Park, Ramsdell, Basingstoke, Hampshire RG26 5RQ, ENGLAND
Tel: +44 (0) 1256 851193 Fax: +44 (0) 1256 851192 E-mail: sales@rfi.co.uk
Registered in England, No. 211 7901

Radiometrix Ltd

Hartcran House

Gibbs Couch

Watford

WD19 5EZ

ENGLAND

Tel: +44 (0)20 8428 1220

Fax: +44 (0)20 8428 1221

info@radiometrix.co.uk

www.radiometrix.co.uk

Copyright notice

This product data sheet is the original work and copyrighted property of Radiometrix Ltd. Reproduction in whole or in part must give clear acknowledgement to the copyright owner.

Limitation of liability

The information furnished by Radiometrix Ltd is believed to be accurate and reliable. Radiometrix Ltd reserves the right to make changes or improvements in the design, specification or manufacture of its subassembly products without notice. Radiometrix Ltd does not assume any liability arising from the application or use of any product or circuit described herein, nor for any infringements of patents or other rights of third parties which may result from the use of its products. This data sheet neither states nor implies warranty of any kind, including fitness for any particular application. These radio devices may be subject to radio interference and may not function as intended if interference is present. We do NOT recommend their use for life critical applications.

The Intrastat commodity code for all our modules is: 8542 4090.

R&TTE Directive

After 7 April 2001 the manufacturer can only place finished product on the market under the provisions of the R&TTE Directive. Equipment within the scope of the R&TTE Directive may demonstrate compliance to the essential requirements specified in Article 3 of the Directive, as appropriate to the particular equipment.

Further details are available on Radiocommunications Agency (RA) web site:

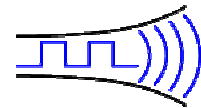
<http://www.radio.gov.uk/topics/conformity/conform-index.htm>

The Library and Information Service
The Radiocommunications Agency
Wyndham House
189 Marsh Wall
London
United Kingdom
E14 9SX
Tel: +44 (0)20 7211 0502/0505
Fax: +44 (0)20 7211 0507
library@ra.gsi.gov.uk

*For further information on radio matters
contact the Agency's 24 Hour Telephone
Enquiry Point: +44 (0)20 7211 0211*

European Radiocommunications Office (ERO)
Midtermolen 1
DK 2100 Copenhagen
Denmark
Tel. +45 35250300
Fax +45 35250330
ero@ero.dk
www.ero.dk

Radiometrix



Harteran House, 231 Kenton Lane, Harrow, HA3 8RP, England

Issue 1, 01 November 2004 Tel: +44 (0) 20 8909 9595, Fax: +44 (0) 20 8909 2233

TX3A & RX3A

UHF FM Data Transmitter and Receiver Modules

European versions: TX3A-869-64/RX3A-869-xx
USA versions: TX3A-914-64/RX3A-914-xx
Data speed options (-xx) : -10 (10kbps), -64 (64kbps)

The TX3A & RX3A are miniature UHF radio transmitter & receiver modules designed for PCB mounting. They facilitate the simple implementation of data links at speeds up to 64kbps and distances up to 75m in-building or 300m over open ground.



TX3A Transmitter

RX3A Receiver

Features:

- Frequencies available as standard: 869.85MHz, 914.5MHz
- CE certified by independent Notified Body
- Verified to comply with Radio standard EN 300 220-3 by accredited Test Laboratory
- Verified to comply with EMC standard EN 301 489-3 by accredited Test Laboratory
- North American version conforms to FCC part 15.249
- Data rates up to 64kbps
- Fully screened

Available for operation in the 868-870MHz band in Europe and the 902-928MHz band in North America, both modules combine full screening with internal filtering to ensure EMC compliance by minimising spurious radiation and susceptibility. The TX3A & RX3A will suit one-to-one and multi-node wireless links in such applications as car and building security, EPOS and inventory tracking, remote industrial process monitoring and data networks. Because of their small size and low power requirements, both modules are ideal for use in portable, battery-powered applications such as hand-held terminals.

Transmitter - TX3A

- Crystal-locked PLL, FM modulated at up to 64 kb/s
- Operation from 2.2V to 16V @ 7.5mA
- Built-in regulator for improved stability and supply noise rejection
- 1mW nominal RF output
- Enable facility

Receiver - RX3A

- Single conversion FM superhet with SAW front end filter
- Operation from 2.7V to 16V @ 11mA
- Built-in regulator for improved stability and supply noise rejection
- -100dBm sensitivity @ 1ppm BER, 64kb/s version
- -107dBm sensitivity @ 1ppm BER, 10kb/s version
- RSSI output with 60dB range
- Enable facility
- Extremely low LO leakage, -120dBm typical

Functional description

The TX3A transmitter module uses a frequency modulated crystal-locked PLL and operates between 2.2V and 16V at a current of 7.5mA nominal. At 3V supply it delivers nominally 0dBm (1mW) RF output. The SIL style TX3A measures 32 x 12 x 3.8 mm, excluding pins.

The RX3A module is a single conversion FM superhet receiver capable of handling data rates of up to 64kbps. It will operate from a supply of 2.7V to 16V and draws 11mA when receiving. The RX3 features a fast power-up time for effective duty cycle power saving and a signal strength (RSSI) output with 60dB of range. Full screening and a SAW front-end filter give good immunity to interference. The SIL style RX3A measures 48 x 17.5 x 4.5 mm, excluding pins.

TX3A transmitter

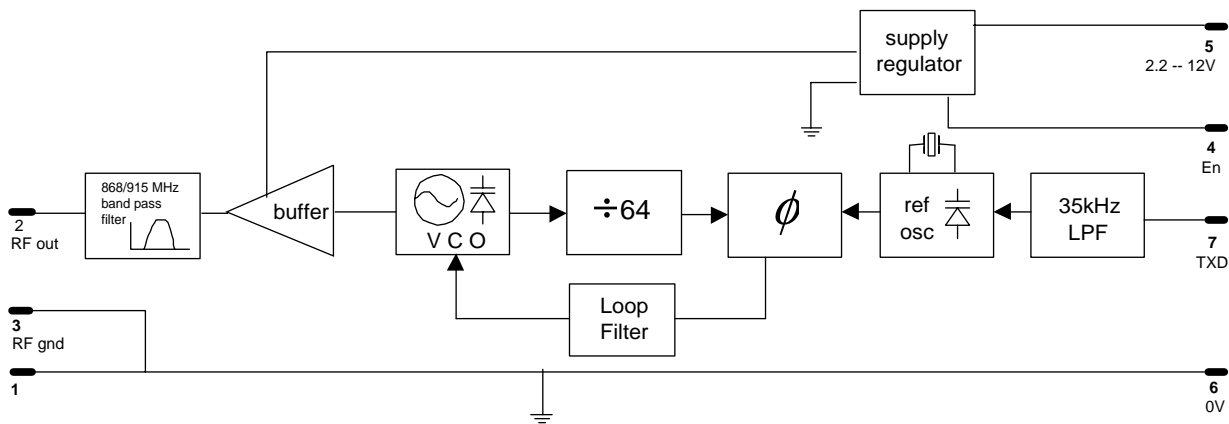


Fig 1 :TX3A block diagram

Pin description

RF GND (pins 1&3)

RF ground, internally connected to the module screen and pin 6 (0V). These pins should be directly connected to the RF return path - e.g. coax braid, main PCB ground plane etc.

RF OUT (pin 2)

50Ω RF output to the antenna. Internally DC-isolated. See antenna section of apps notes for details of suitable antennas.

En (pin 4)

Tx enable. <0.15V shuts down module (current <1μA). >1.7V enables the transmitter. Impedance ~1MΩ. Observe slew rate requirements (see apps notes).

Vcc (pin 5)

+2.2V to +16V DC supply. Max ripple content 0.1V_{P-P}. Decoupling is not generally required.

0V (pin 6)

DC supply ground. Internally connected to pins 1 & 3 and module screen.

TXD (pin 7)

DC-coupled modulation input. Accepts serial digital data at 0V to 2.5V levels. See applications notes for suggested drive methods. Input is high impedance (>100kΩ).

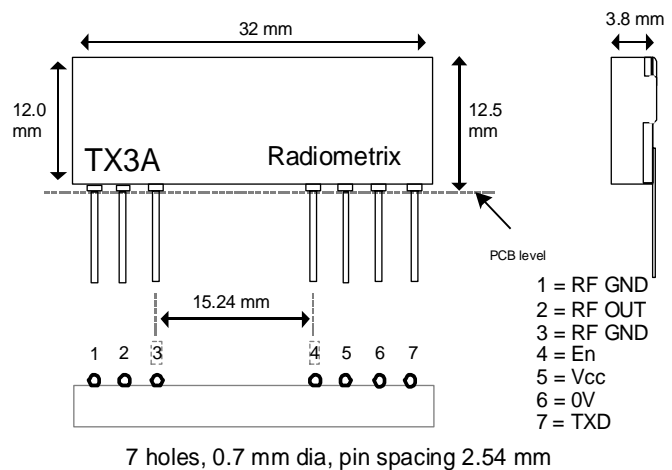


Fig2: TX3A physical dimensions

RX3A receiver

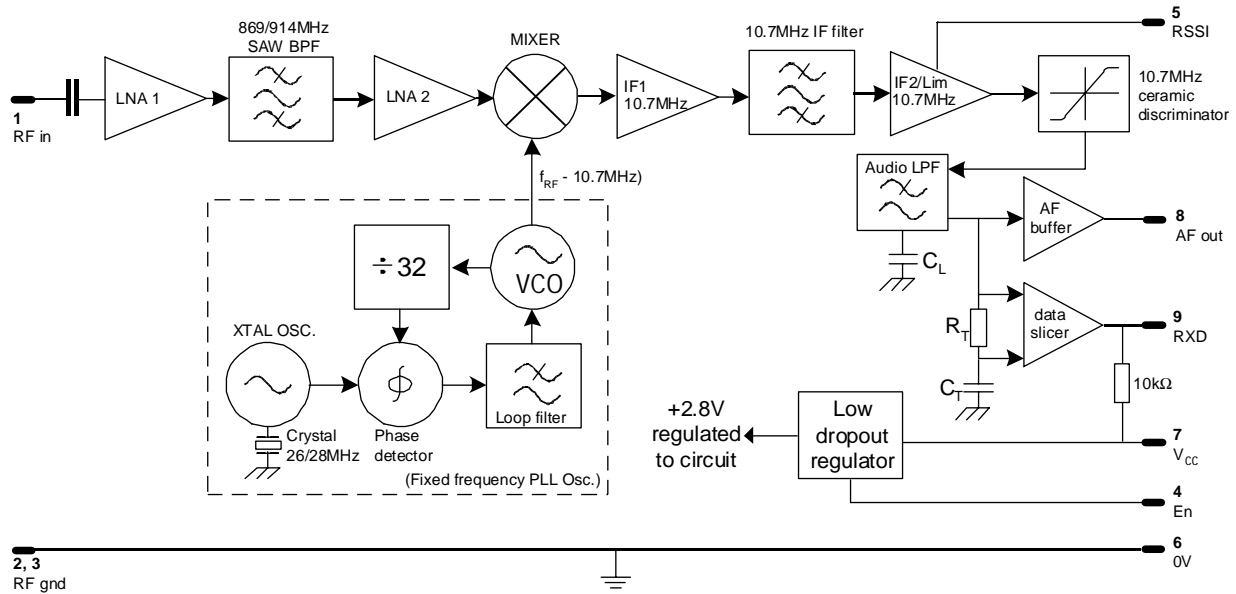


Fig.3: RX3A block diagram

Pin description

RF IN (pin 1)

50Ω RF input from antenna. Internally DC-isolated. See antenna section of applications notes for suggested antennas and feeds.

RF GND (pins 2 & 3)

RF ground, internally connected to the module screen and pin 6 (0V). These pins should be connected to the RF return path - e.g. coax braid, main PCB ground plane etc.

En (pin 4)

Rx enable. <0.15V shuts down module (current <1μA). >1.7V enables the receiver. Impedance ~1MΩ. Observe slew rate requirements (see apps notes).

RSSI (pin 5)

Received signal strength indicator with >65dB range. See applications notes for typical characteristics.

0V (pin 6)

DC supply ground. Internally connected to pins 2 & 3 and module screen.

Vcc (pin 7)

+2.7V to +16V DC supply. Max ripple content 0.1V_{P-P}. Decoupling is not generally required.

AF out (pin 8)

Buffered and filtered analogue output from the FM demodulator. Standing DC bias 1V approx. External load should be >10kΩ // <100pF.

RXD (pin 9)

Digital output from the internal data slicer. The data is true data, i.e. as fed to the transmitter. Output is "open-collector" format with internal 10kΩ pull-up to Vcc (pin 7).

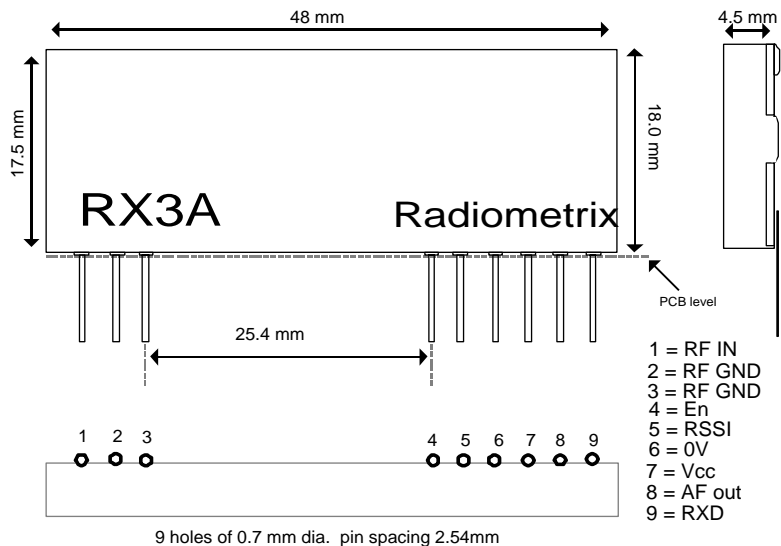


Fig.4: RX3A physical dimensions

Absolute maximum ratings

Exceeding the values given below may cause permanent damage to the module.

Operating temperature	-20°C to +70°C
Storage temperature	-40°C to +100°C

TX3A

Vcc (pin 5)	-0.3V to +16V
TXD (pin 7)	±7V
En (pin 4)	-0.3V to +Vcc V
RF OUT (pin 2)	±50V DC, +10dBm RF

RX3A

Vcc, RXD (pins 7,9)	-0.3V to +16V
En (pins 4)	-0.3V to +Vcc V
RSSI, AF (pins 5, 8)	-0.3V to +3V
RF IN (pin 1)	±50V DC, +10dBm RF

Performance specifications: TX3A transmitter
(Vcc = 3.0V / temperature = 20°C unless stated)

	pin	min.	typ.	max.	units	notes
DC supply						
Supply voltage	5	2.2	3.0	16	V	1,6
Supply current	5		7.5	9.5	mA	2
RF						
RF power output @ Vcc = 2.2V	2		-1		dBm	2
RF power output @ Vcc ≥ 2.8V	2		0		dBm	2
Harmonics / spurious emissions	2		-55	-45	dBc	3
Initial frequency accuracy		-25	0	+25	kHz	
FM deviation (peak)			±30		kHz	4
Baseband						
Modulation bandwidth @ -3dB		0		35	kHz	
Modulation distortion (THD)			5	10	%	6
TXD input level (logic low)	7	-0.2	0	+0.2	V	5,6
TXD input level (logic high)	7	+2.3	+2.5	+3	V	5,6
Dynamic timing						
Power-up time (En → full RF)			1.0	1.5	ms	

Notes:

1. RF output is automatically disabled below 2.2V supply voltage.
2. RF output terminated with 50Ω resistive load.
3. Meets or exceeds EN/FCC requirements at all frequencies.
4. With 0V – 2.5V modulation input.
5. To achieve specified FM deviation.
6. See applications information for further details.

Performance specifications: RX3A receiver
(Vcc = 3.0V / temperature = 20°C unless stated)

	pin	min.	typ.	max.	units	notes
DC supply						
Supply voltage	7	2.7	5.0	16	V	
Supply current	7	10	11	16	mA	1
RF/IF						
RF sensitivity @ 10dB (S+N)/N	1, 8		-114		dBm	10kbps
RF sensitivity @ 10dB (S+N)/N	1, 8		-107		dBm	64kbps
RF sensitivity @ 1ppm BER	1, 9		-107		dBm	10kbps
RF sensitivity @ 1ppm BER	1, 9		-100		dBm	64kbps
Max operational RF input	1		-10		dBm	
RSSI threshold	1,5		-120		dBm	
RSSI range	1,5		60		dB	
IF bandwidth			180		kHz	
Image rejection	1	40	50		dB	
IF rejection (10.7MHz)	1	100			dB	
LO leakage, conducted	1		-120	-110	dBm	
Baseband						
Baseband bandwidth @ -3dB	8	0		7.8	kHz	10kbps
Baseband bandwidth @ -3dB	8	0		50	kHz	64kbps
AF level	8	200	300	400	mV _{P-P}	2
DC offset on AF out	8	0.3	1.0	1.75	V	3
Distortion on recovered AF	8		1	10	%	3
Ultimate (S+N)/N	8		40		dB	
Load capacitance, AFout / RXD	8,9			100	pF	
Dynamic timing						
<i>Power up with signal present</i>						
Power up to valid RSSI	4,5		1		ms	
Power up to stable data	4,9		10	30	ms	3, 10kbps
Power up to stable data	4,9		5	10	ms	3, 64kbps
<i>Signal applied with supply on</i>						
RSSI response time (rise/fall)	1, 5		100		µs	
Signal to stable data	1, 9		5	30	ms	3, 10kbps
Signal to stable data	1,9		5	10	ms	3, 64kbps
Time between data transitions	9	0.1		15		4, 10kbps
Time between data transitions	9	15.6		1500	µs	4, 64kbps
Mark : space ratio	9	20	50	80	%	5

- Notes:**
1. Current increases at higher RF input levels (-20dBm and above).
 2. For received signal with ±30kHz FM deviation.
 3. Typical figures are for signal at centre frequency, max. figures are for ±50kHz offset.
 4. For 50:50 mark to space ratio (i.e. square wave).
 5. Average over 30ms (10kbps version) or 3ms (64kbps version) at maximum data rate.

Module test circuits

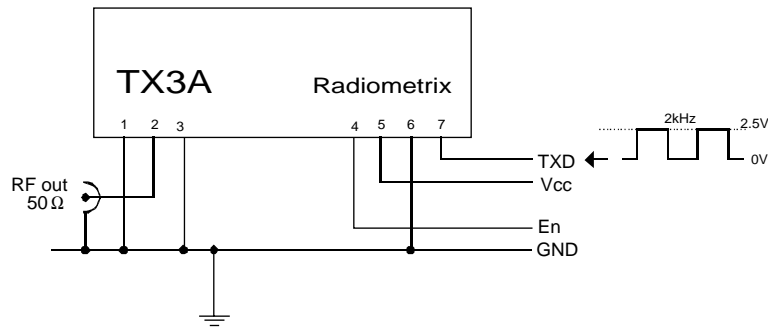


Fig.5: TX3A test circuit

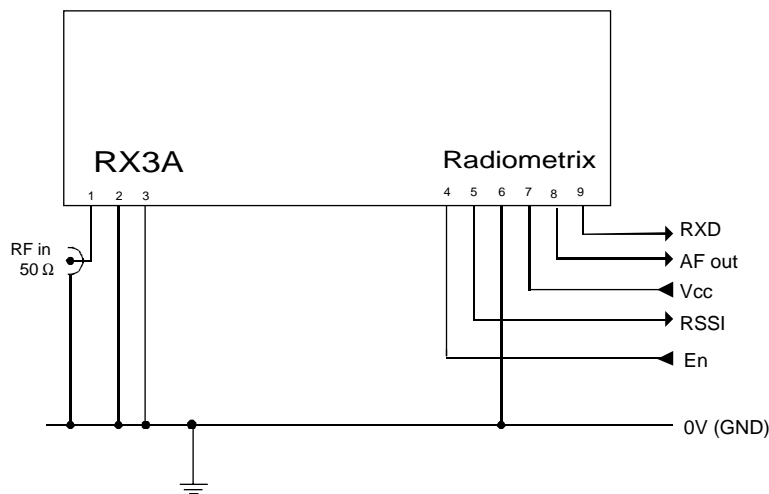


Fig.6: RX3A test circuit

Applications information

Power supply requirements

Both modules incorporate a built-in regulator which delivers a constant 2.8V to the module circuitry when the external supply voltage is 2.85V or greater, with 40dB or more of supply ripple rejection. This ensures constant performance up to the maximum permitted supply rail and removes the need for external supply decoupling except in cases where the supply rail is extremely poor (ripple/noise content $>0.1V_{p-p}$).

Note, however, that for supply voltages lower than 2.85V the regulator is effectively inoperative and supply ripple rejection is considerably reduced. Under these conditions the ripple/noise on the supply rail should be below $10mV_{p-p}$ to avoid problems. If the quality of the supply is in doubt, it is recommended that a $10\mu F$ low-ESR tantalum or similar capacitor be added between the module supply pin (Vcc) and ground, together with a 10Ω series feed resistor between the Vcc pin and the supply rail.

The Enable pin allows the module to be turned on or off under logic control with a constant DC supply to the Vcc pin. The module current in power-down mode is less than $1\mu A$.

NOTE: If this facility is used, the logic control signal must have a slew rate of $40mV/\mu s$ or more. Slew rates less than this value may cause erratic operation of the on-board regulator and therefore the module itself.

The TX3A incorporates a low voltage shutoff circuit which prevents any possibility of erratic operation by disabling the RF output if the supply voltage drops below 2.2V ($\pm 5\%$). This feature is self-resetting, i.e. restoring the supply to greater than 2.2V will immediately restore full RF output from the module.

TX3A modulation requirements

The module will produce the specified FM deviation with a TXD input to pin 7 of 2.5V amplitude, i.e. 0V “low”, 2.5V “high”. Reducing the amplitude of the data input from this value (usually as a result of reducing the supply voltage) reduces the transmitted FM deviation to typically $\pm 25\text{kHz}$ at the lower extreme of 2.2V. The receiver will cope with this quite happily and no significant degradation of link performance should be observed as a result.

Where standard 2-level digital data is employed with a logic “low” level of $0\text{V} \pm 0.2\text{V}$, the logic “high” level applied to TXD may be any value between +2.5V and +3V for correct operation. However, if using multi-level or analogue signalling the maximum positive excursion of the modulation applied to TXD must not exceed +2.5V or waveform distortion will result. If the input waveform exceeds this level a resistive potential divider should be used at the TXD input to reduce the waveform amplitude accordingly. This input is high impedance ($>100\text{k}\Omega$) and can usually be ignored when calculating required resistor values.

Data formats and range extension

The TX3A data input is normally driven directly by logic levels but will also accept analogue drive (e.g. 2-tone signalling). In this case it is recommended that TXD (pin 7) be DC-biased to 1.25V with the modulation ac-coupled and limited to a maximum of $2.5\text{V}_{\text{p-p}}$ to minimise distortion over the link. The varactor modulator in the TX3A introduces some 2nd harmonic distortion which may be reduced if necessary by predistortion of the analogue waveform. At the other end of the link the RX3A AF output is used to drive an external decoder directly.

Both the AF output on pin 8 and the RXD output on pin 9 of the RX3A are “true” sense, i.e. as originally fed to the transmitter.

Although the modulation bandwidth of the TX3A extends down to DC, as does the AF output of the RX3A, it is not advisable to use data containing a DC component. This is because frequency errors and drifts between the transmitter and receiver occur in normal operation, resulting in DC offset errors on the RX3A audio output.

The RX3A incorporates a low pass filter which works in conjunction with similar filtering in the TX3A to obtain an overall system bandwidth of 32kHz. This is suitable for transmission of data at raw bit rates up to 10kbps and 64kbps, depending on the receiver version. To keep settling times within reasonable limits for the data speed in use, the adaptive data slicer in the RX3A is subject to a maximum time limit between data transitions (see page 5). This limitation must be taken into account when choosing a code format. It is strongly recommended that a reasonably balanced code containing no long 1s or 0s (such as Manchester or similar) is employed.

In applications such as longer range fixed links where data speed is not of primary importance, a significant increase in range can be obtained by using the slowest possible data rate together with filtering to reduce the receiver bandwidth to the minimum necessary. In these circumstances, because of the limitations of the internal data slicer it is better to use the RX3A audio output to drive an external filter and data slicer.

RX3A Received Signal Strength Indicator (RSSI)

The RX3A receiver incorporates a wide range RSSI which measures the strength of an incoming signal over a range of 60dB or more. This allows assessment of link quality and available margin and is useful when performing range tests.

The output on pin 5 of the module has a standing DC bias of typically 0.25V with no signal, rising to 1.1V at maximum indication. The RSSI output source impedance is high (~50k Ω) and external loading should therefore be kept to a minimum.

Typical RSSI characteristic is as shown below:

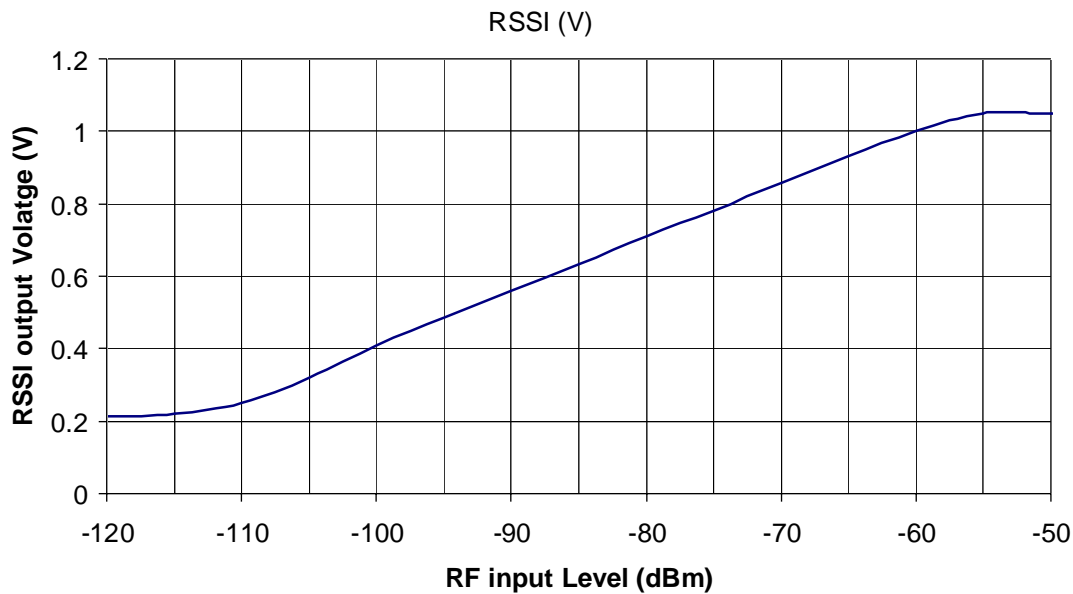


Fig.7: RX3A RSSI response curve

To ensure a reasonably fast response the RSSI has limited internal decoupling of 1nF to ground. This may result in a small amount of ripple on the DC output at pin 5 of the module. If this is a problem further decoupling may be added, in the form of a capacitor from pin 5 to ground, at the expense of response speed. For example, adding 10nF here will increase RSSI response time from 100 μ s to around 1ms. The value of this capacitor may be increased without limit.

Expected range

Predicting the range obtainable in any given situation is notoriously difficult since there are many factors involved. The main ones to consider are as follows:

- Type and location of antennas in use (see below)
- Type of terrain and degree of obstruction of the link path
- Sources of interference affecting the receiver
- “Dead” spots caused by signal reflections from nearby conductive objects
- Data rate and degree of filtering employed (see page 7)

Assuming the maximum 64kbps data rate and unobstructed $\frac{1}{4}$ -wave whip antennas on both transmitter and receiver, the following ranges may be used ***as a rough guide only***.

- | | | |
|---|---|-----------------|
| 1) Cluttered/obstructed environment, e.g. inside a building | : | 25-75m |
| 2) Open, relatively unobstructed environment | : | 100-300m |

It must be stressed that range obtained in practice may lie outside these figures. ***Range tests should always be performed before assuming that a particular range can be achieved in any given application.***

Antenna considerations and options

The choice and positioning of transmitter and receiver antennas is of the utmost importance and is the single most significant factor in determining system range. The following notes apply particularly to integral antennas and are intended to assist the user in choosing the most effective arrangement for a given application.

Nearby conducting objects such as a PCB or battery can cause detuning or screening of the antenna which severely reduces efficiency. Ideally the antenna should stick out from the top of the product and be entirely in the clear, however this is often not desirable for practical/ergonomic reasons and a compromise may need to be reached. If an internal antenna must be used try to keep it away from other metal components and pay particular attention to the “hot” end (i.e. the far end), as this is generally the most susceptible to detuning. The space around the antenna is as important as the antenna itself.

Microprocessors and microcontrollers tend to radiate significant amounts of radio frequency hash, which can cause desensitisation of the receiver if its antenna is in close proximity. 900MHz region is generally less prone to this effect than lower frequencies, but problems can still arise. Things become worse as logic speeds increase, because fast logic edges are capable of generating harmonics across the UHF range which are then radiated effectively by the PCB tracking. In extreme cases system range can be reduced by a factor of 3 or more. To minimise any adverse effects, situate the antenna and module as far as possible from any such circuitry and keep PCB track lengths to the minimum possible. A ground plane can be highly effective in cutting radiated interference and its use is strongly recommended.

A simple test for interference is to monitor the receiver RSSI output voltage, which should be the same regardless of whether the microcontroller or other logic circuitry is running or in reset.

Depending on the application and bearing in mind applicable legal requirements (see p.11), a variety of antenna types may be used with the TX3A and RX3A.

Integral antennas generally do not perform as well as externally mounted types, however they result in physically compact equipment and are the preferred choice for portable applications. The following can be recommended:

Whip (¼-wave). This consists simply of a piece of wire or rod connected to the module at one end. The lengths given below are from module pin to antenna tip including any interconnecting wire or tracking. This antenna is quite simple and performs well, especially if used in conjunction with a ground plane. This will often be provided by the PCB on which the module is mounted, or by a metal case.

Base-loaded whip. This is a shortened whip, tuned by means of a coil inserted at the base. This coil may be air-wound for maximum efficiency, or a small SMT inductor can be used if space is at a premium. The value must be carefully chosen to tune the particular length of whip in use, making this antenna more difficult to set up than a ¼-wave whip.

Helical. This is a compact but slightly less effective antenna formed from a coil of wire. It is very efficient for its size, but has high Q and tends to suffer badly from detuning caused by proximity to nearby conductive objects. It needs to be carefully trimmed for best performance in a given situation and the required dimensional tolerances can be difficult to achieve repeatably, nevertheless it can provide a very compact solution.

Loop. A loop of PCB track, tuned and matched with 2 capacitors. Loops are relatively inefficient but have good immunity to proximity detuning, so may be preferred in shorter range applications where very high component packing density is necessary.

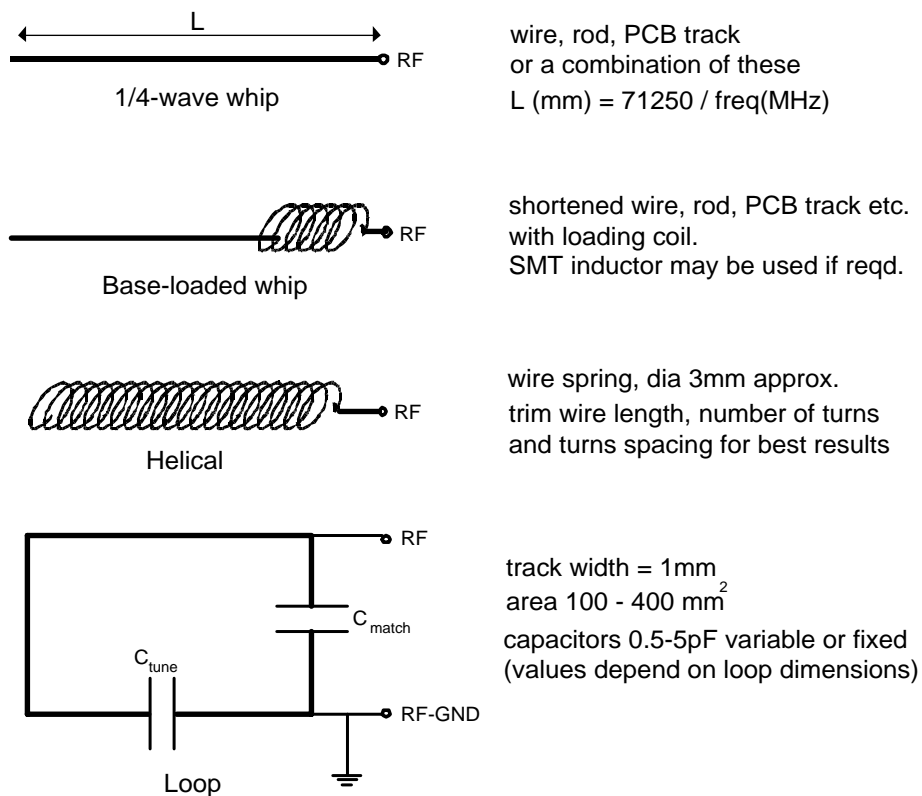


Fig.8: Integral antenna configurations

Integral antenna summary:

	whip	loaded whip	helical	loop
Ultimate performance	***	**	**	*
Ease of design set-up	***	**	*	*
Size	*	***	***	**
Immunity to proximity effects	**	*	*	***

External antennas have several advantages if portability is not an issue. They can be optimised for individual circumstances and may be mounted in relatively good RF locations away from sources of interference, being connected to the equipment by coax feeder. Apart from the usual whips, helicals etc, low-profile types such as microstrip patches can be very effective at these frequencies. Suitable antennas are available from many different sources and are generally supplied pre-tuned to the required frequency.

Type Approval requirements: Europe

The modules are verified to comply with European harmonised standard EN 300 220-3 and EMC standard EN 301 489-3 by United Kingdom Accreditation Service (UKAS) accredited Test Laboratory. The modules are CE Certified by independent Notified Body. The following provisos apply:

- 1) The modules must not be modified or used outside their specification limits.
- 2) The modules may only be used to transfer digital or digitised data. Analogue speech and/or music are not permitted.
- 3) The TX3A must not be used with gain antennas such as multi-element Yagi arrays, since this may result in allowed ERP or spurious emission levels being exceeded.
- 4) Final product incorporating the TX3A/RX3A should itself meet the essential requirement of the R&TTE Directive and a CE marking should be affixed on the final product.

Type Approval requirements: USA

Radiometrix TX3A & RX3A modules are sold as component devices which require external components and connections to function. They are designed to comply with FCC Part 15.249 regulations, however they are not approved by the FCC. The purchaser understands that FCC approval will be required prior to the sale or operation of any device containing these modules.

- 1) Antennas must be either permanently attached (i.e. non-removable) or must use a connector which is unique or not commonly available to the public.
- 2) The user must ensure that the TX3A/antenna combination does not radiate more than the maximum permitted level of 50mV/m at 3m distance (FCC Part 15.249).
- 3) The appropriate FCC identifying mark and/or part 15 compliance statement must be clearly visible on the outside of the equipment containing the module(s).

Module mounting considerations

The modules may be mounted vertically or bent horizontal to the motherboard. Good RF layout practice should be observed – in particular, any ground return required by the antenna or feed should be connected directly to the RF GND pins at the antenna end of the module, and not to the OV pin which is intended as a DC ground only. All connecting tracks should be kept as short as possible to avoid any problems with stray RF pickup.

If the connection between module and antenna does not form part of the antenna itself, it should be made using 50Ω microstrip line or coax or a combination of both. It is desirable (but not essential) to fill all unused PCB area around the module with ground plane.

The module may be potted, provided that precautions are taken to ensure that no compound can enter the screening can during the potting process.

Warning: *DO NOT wash the module. It is not hermetically sealed.*

Variants and ordering information

The TX3A transmitter and RX3A receiver modules are manufactured in the following variants as standard:

*For European applications in the 868-870MHz band:
Frequency = 869.85MHz*

TX3A-869-64	Transmitter
RX3A-869-64	Receiver, 64kbps
RX3A-869-10	Receiver, 10kbps

*For USA applications in the 902-928MHz band:
Frequency = 914.5MHz*

TX3A-914-64	Transmitter
RX3A-914-64	Receiver, 64kbps
RX3A-914-10	Receiver, 10kbps

Other variants can be supplied to customer requirements, at different frequencies and/or optimised for specific data speeds and formats. Please consult the Sales Department for further information.

CE Certificate for TX3A



Radio Frequency Investigation Ltd

NOTIFIED BODY OPINION RFI/NBCB1/42627JD04

Applicants Details

Applicant's Company Name: Radiometrix Ltd
Address: Hartcran House, Gibbs Couch, Carpenters Park, Watford, Herts.,
WD1 5EZ
Contact Name: Mr S. Paramanathan

Manufacturers Details

Manufacturer's Company Name: Radiometrix Ltd
Address: Hartcran House, Gibbs Couch, Carpenters Park, Watford, Herts.,
WD1 5EZ
Contact Name: Mr S. Paramanathan

Product Details

Product Name: TX3A-869
Model Number(s): TX3A-869
TCF Reference Number: RM/TX3A/DTD
Standard(s): EN 300 220-1 V1.3.1 (2000-09) according to the requirements of EN
300 220-3 V1.1.1 (2000-09)
Description: UHF FM Data Transmitter Module

In the opinion of RFI, the Technical Construction File demonstrates that the Apparatus to which it relates conforms to the essential requirements of Article 3.2 of Council Directive 1999/5/EC on radio equipment and telecommunications terminal equipment and the mutual recognition of their conformity. The Apparatus can only be used with a quarter wavelength whip antenna.

Authorised Signatory:

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'N Cobb', is written over a horizontal line.

Mr N Cobb

16-10-01

Date



Notified Body Number - 0889

Radio Frequency Investigation Ltd, Ewhurst Park, Ramsdell, Basingstoke, Hampshire RG26 5RQ, ENGLAND

Tel: +44 (0) 1256 851193 Fax: +44 (0) 1256 851192 E-mail: sales@rfi.co.uk

Registered In England, No. 211 7901

Company Seal

CE Certificate for RX3



Radio Frequency Investigation Ltd

NOTIFIED BODY OPINION RFI/NBCB1/RP42627JD05

Applicants Details

Applicant's Company Name: Radiometrix Ltd
Address: Hartcran House, Gibbs Couch, Carpenters Park, Watford, Herts.
WD1 5EZ
Contact Name: Mr S. Paramanathan

Manufacturers Details

Manufacturer's Company Name: Radiometrix Ltd
Address: Hartcran House, Gibbs Couch, Carpenters Park, Watford, Herts.
WD1 5EZ
Contact Name: Mr S. Paramanathan

Product Details

Product Name: RX3-869
Model Number(s): RX3-869-64
TCF Reference Number: RM/RX3/DTD
Standard(s): EN 300 220-1 V1.3.1 (2000-09) according to the requirements of EN
300 220-3 V1.1.1 (2000-09)
Description: UHF FM Data Receiver Module

In the opinion of RFI, the Technical Construction File demonstrates that the Apparatus to which it relates conforms to the essential requirements of Article 3.2 of Council Directive 1999/5/EC on radio equipment and telecommunications terminal equipment and the mutual recognition of their conformity.

Authorised Signatory:

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'N Cobb', is written over a horizontal line.

Mr N Cobb

16-10-01

Date



Company Seal

Notified Body Number - 0889

Radio Frequency Investigation Ltd, Ewhurst Park, Ramsdell, Basingstoke, Hampshire RG26 5RQ, ENGLAND
Tel: +44 (0) 1256 851193 Fax: +44 (0) 1256 851192 E-mail: sales@rfi.co.uk
Registered In England, No. 211 7901

Radiometrix Ltd
Hartcran House
231 Kenton Lane
Harrow, Middlesex
HA3 8RP
ENGLAND
Tel: +44 (0) 20 8909 9595
Fax: +44 (0) 20 8909 2233
sales@radiometrix.com
www.radiometrix.com

Copyright notice

This product data sheet is the original work and copyrighted property of Radiometrix Ltd. Reproduction in whole or in part must give clear acknowledgement to the copyright owner.

Limitation of liability

The information furnished by Radiometrix Ltd is believed to be accurate and reliable. Radiometrix Ltd reserves the right to make changes or improvements in the design, specification or manufacture of its subassembly products without notice. Radiometrix Ltd does not assume any liability arising from the application or use of any product or circuit described herein, nor for any infringements of patents or other rights of third parties which may result from the use of its products. This data sheet neither states nor implies warranty of any kind, including fitness for any particular application. These radio devices may be subject to radio interference and may not function as intended if interference is present. We do NOT recommend their use for life critical applications.

The Intrastat commodity code for all our modules is: 8542 6000

R&TTE Directive

After 7 April 2001 the manufacturer can only place finished product on the market under the provisions of the R&TTE Directive. Equipment within the scope of the R&TTE Directive may demonstrate compliance to the essential requirements specified in Article 3 of the Directive, as appropriate to the particular equipment.

*Further details are available on The Office of Communications (Ofcom) web site:
http://www.ofcom.org.uk/radiocomms/ifi/licensing/licensing_policy_manual/*

*Information Requests
Ofcom
Riverside House
2a Southwark Bridge Road
London SE1 9HA
Tel: +44 (0) 845 456 3000 or 020 7981 3040
Fax: +44 (0) 20 7783 4033
information.requests@ofcom.org.uk*

*European Radiocommunications Office (ERO)
Peblingehus
Nansensgade 19
DK 1366 Copenhagen
Tel. +45 33896300
Fax +45 33896330
ero@ero.dk
www.ero.dk*
