

SWR POWER METER F8KGL

Spécifications

V 0.8

F0EOS-F4BJH-13/05/20-Vauréal Amitié Radio

Table des matières

1-INTRODUCTION.....	4
2-ARCHITECTURE MATERIELLE.....	5
2.1-Ligne de mesure.....	6
2.1.1-Coupleur directionnel (source F5ZV).....	6
2.2-Calculateur.....	7
2.2.1-Détecteur HF.....	8
2.2.2-ADC (source EMSE).....	9
2.2.3-MCU.....	11
2.3-Afficheur.....	11
2.4-Régulateur d'alimentation.....	12
3-SPECIFICATIONS GENERALES.....	15
3.1-Spécifications matérielles générales.....	15
3.2-Performances.....	16
3.2.1-SWR POWER METER F8KGL et SWR POWER METER F8KGL kit.....	16
3.2.2-xWATT METER F8KGL et xWATT METER F8KGL kit.....	16
3.3-Spécifications logicielles générales.....	17
3.4-Schéma bloc général.....	17
4-SPECIFICATIONS MATERIELLES.....	21
4.1-Technologie PCB.....	21
4.2-Connecteurs.....	21
4.3-Interrupteur, sélectionneur de bande, reset/validation calibration.....	22
4.4-Coupleur directif.....	22
4.4.1-Coupleur en ligne imprimée.....	22
4.4.2-Coupleur en câble coaxial semi-rigide.....	22
4.5-Détecteur HF.....	22
4.5.1-Composants.....	22
4.5.2-Schéma de principe.....	23
4.6-AOP.....	24
4.6.1-Composant.....	24
4.6.1.1-Potentiomètre digital.....	24
4.6.1.2-AOP faible bruit.....	24
4.6.2-Schéma de principe.....	25
4.6.2.1-AD5175.....	26
4.6.2.2-LT1818.....	26
4.7-ADC.....	26
4.7.1-Composant.....	26
4.7.2-Schéma de principe.....	27
4.8-MCU.....	28
4.8.1-Composant.....	28
4.8.2-Schéma de principe.....	29
4.9-LCD.....	30
4.9.1-LCD 2 lignes – 16 caractères – contrôleur Hitachi HD44780.....	30
4.9.2-LCD 4 lignes – 16 caractères.....	31
4.10-EEP.....	31
4.10.1-Composant.....	31

4.10.2-Schéma de principe.....	32
4.11-Régulateur d'alimentation.....	32
5-SPECIFICATIONS LOGICIELLES.....	34
5.1-Généralités.....	34
5.1.1-Firmware.....	34
5.1.2-Versions.....	35
5.1.3-Conventions de nommage.....	36
5.2- Firmware de « TEST ».....	36
5.3-Firmware de « CALIBRATION ».....	38
5.4-Firmware « OPERATIONNEL ».....	39
5.5-Firmware de simulation.....	40
5.6-Spécifications des composants logiciels.....	41
5.3.3-Firmware de « calibration ».....	50
5.3.4-Firmware « opérationnel ».....	52
5.7-Compléments.....	55
5.7.1-EEP.....	55
5.7.1.1-Initialisation.....	55
5.7.1.2-Lecture d'une valeur d'ADC en EEP.....	55
5.7.2-Composant ADC.....	55
5.7.2.1-Initialisation ADC.....	55
5.7.2.2-Lecture des valeurs ADC Fwd et REF.....	55
5.7.2.2.1-Lecture ADC FWD.....	55
5.7.2.2.2-Lecture ADC REF.....	57
5.7.3-Composant AOP.....	58
5.7.3.1-Initialisation.....	58
5.7.3.2-Fixer la valeur de R_{DAC}	58
5.7.4-Plan d'adressage I2C.....	59
5.7.5-Log.....	59
5.8-Calibrateur.....	61
5.9-Programmateur.....	61
5.9.1-PIC.....	61
5.9.2-EEPROM.....	61

1-INTRODUCTION

Afin d'optimiser la qualité de ses communications, l'OM cherche à rendre maximum le transfert de puissance entre l'antenne et l'émetteur (et vice et versa). Ce point de fonctionnement optimum est atteint lorsque les impédances entre l'antenne et l'émetteur sont « adaptées ». Alors, la puissance réfléchie est minimale (idéalement nulle), ou le « SWR » (ou ROS), pour « Standing Wave Ratio » (ou Rapport d'Onde Stationnaire) est proche de (idéalement égal à) 1.

Le « SWR Power Meter F8KGL » (ou Wattmètre/ROSmètre F8KGL) est un dispositif permettant de mesurer la puissance transmise à l'antenne, la puissance réfléchie, et le « SWR ». Il donne ainsi la mesure de la qualité de la chaîne de transmission TRX/Antenne.

Le « SWR Power Meter F8KGL » doit répondre aux besoins suivants :

- mesurer une puissance de 1W à 500W, avec une précision de 10 %
- mesurer une puissance dans les 3 bandes radioamateurs HF, VHF, UHF
- être utilisable par une grande majorité des TRX radioamateurs (50 Ω)
- être alimenté par une source extérieure en 13,8V, ou par un pack batterie 4x1,5V LR6
- atténuer le moins possible le signal à transmettre (max 0,2dB)
- afficher le résultat de la mesure sur un écran LCD (puissance en W, et le SWR sans unité)
- être solide et robuste pour une utilisation en contest et /P
- être vendable sous la forme de kit

Ces besoins ont été définis par l'état de l'art technique actuel. En particulier, la technologie moderne appelle l'utilisation de l'électronique numérique le plus souvent possible. C'est pourquoi, l'affichage sur un écran LCD a été choisi. De plus, l'utilisation de moyens informatiques, aussi simples et modestes soient-ils, est préconisé. C'est pourquoi, un microcontrôleur a été choisi pour faire l'interface entre la mesure et l'affichage.

Ce dispositif a été conçu par les OM du club radioamateur « Vauréal Amitié Radio », situé à Vauréal (95), sous l'indicatif F8KGL.

Le projet a été développé par André F0EOS, et Fabrice F4BJH. Portons également à l'attention du lecteur, que l'idée initiale vient de Pierre F1FDD.

2-ARCHITECTURE MATERIELLE

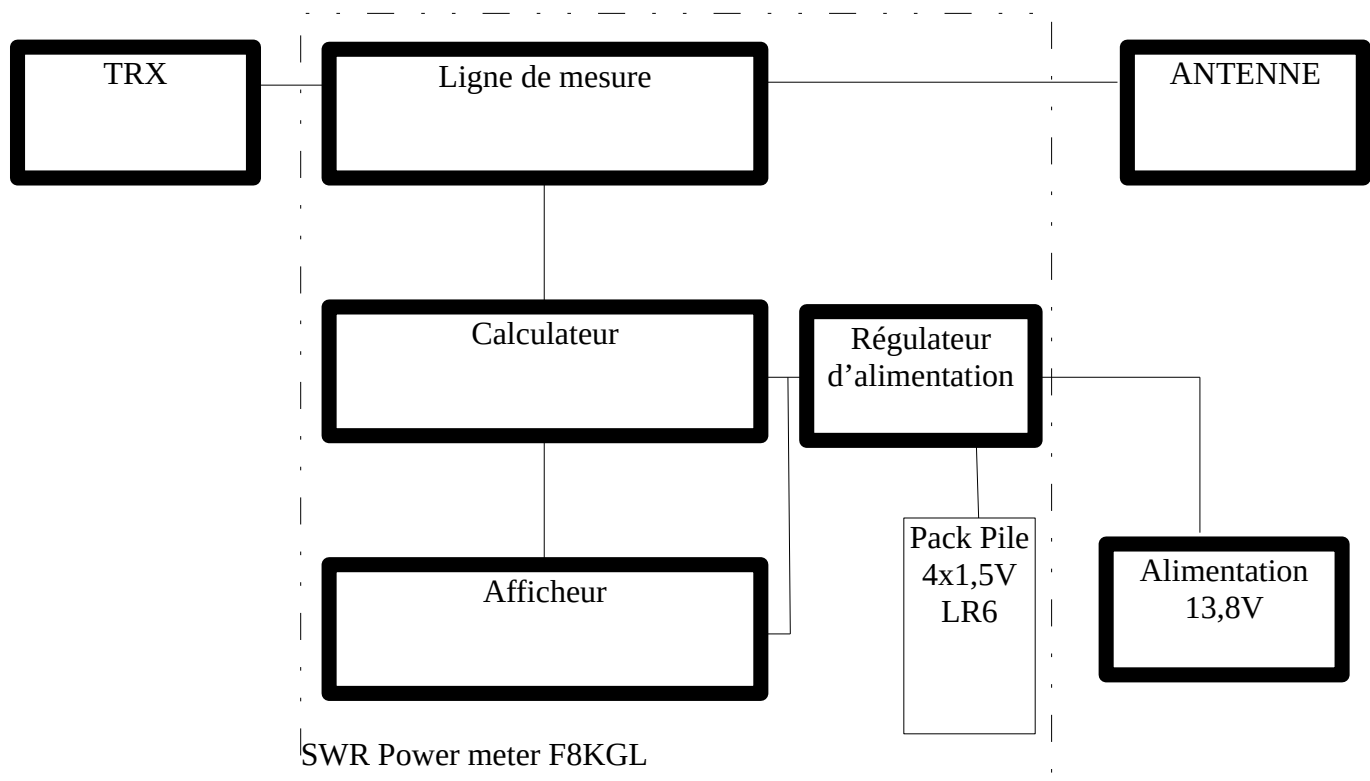


D'un point de vue fonctionnel, le « SWR Power Meter F8KGL » doit permettre :

- de mesurer la puissance transmise de l'émetteur (TRX) vers la charge (Antenne)
- de mesurer la puissance réfléchie par la charge.
- de calculer le SWR à partir de la mesure de ces 2 puissances
- d'afficher le résultat des ces 2 mesures en W, et le résultat du calcul du SWR.

Pour effectuer ces fonctionnalités, le « SWR Power Meter F8KGL » sera constitué de 4 dispositifs :

- une ligne de mesure
- un calculateur
- un afficheur
- un régulateur d'alimentation



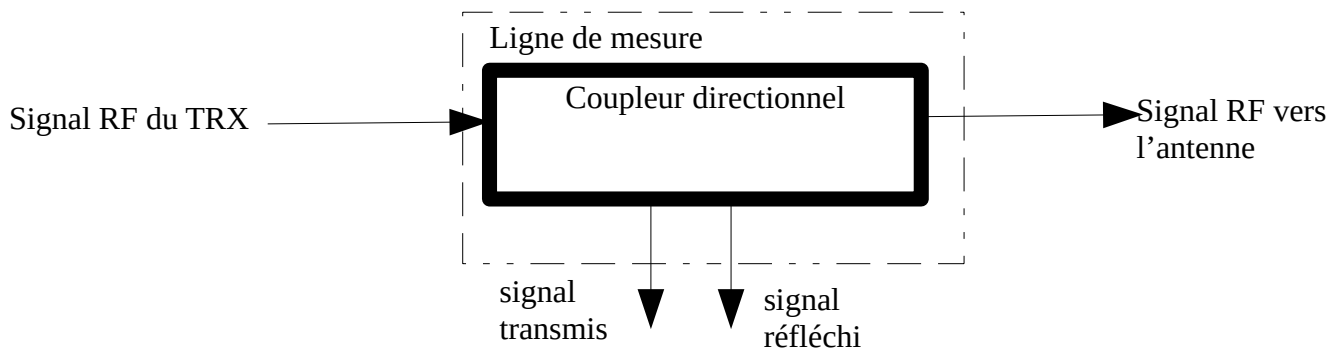
2.1-Ligne de mesure

Pour effectuer la fonctionnalités de mesure des puissances transmise et réfléchi, le « SWR Power meter F8KGL » devra être constitué d'un dispositif appelé « Ligne de mesure », permettant de :

- séparer le signal transmis du signal réfléchi

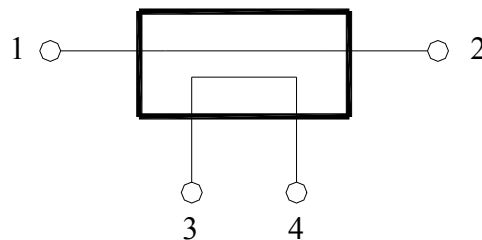
La ligne de mesure sera constitué de 1 dispositif standard de l'état de l'art :

- coupleur directionnel



2.1.1-Coupleur directionnel (source F5ZV)

Le coupleur directionnel doit remplir la fonction de séparer le signal transmis du signal réfléchi.

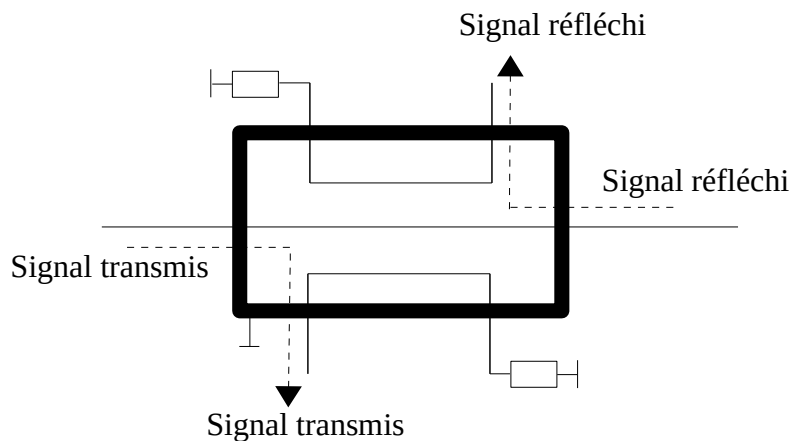


Un coupleur est constitué d'un tronçon de ligne de même impédance que celle sur laquelle il sera utilisé. Cette ligne peut être une ligne sur circuit imprimé, un guide d'onde, un câble coaxial. Parallèlement à l'âme de cette ligne, un ligne dite de « mesure » est placée à quelques millimètres. Le courant qui circule dans la ligne principale, du port 1 au port 2, induit un courant dans la ligne de mesure et provoque l'apparition d'une tension entre les deux armatures du condensateur que forment les deux lignes. Dans un coupleur parfait les signaux générés par ces deux phénomènes s'additionnent dans le sens direct et s'annulent dans le sens inverse.

Une des extrémités de la ligne de mesure (port 4) est reliée au blindage de la ligne principale au travers d'une charge purement résistive d'une valeur qui dépend des dimensions de cette ligne de mesure et qui peut être différente de l'impédance de la ligne principale. Lorsqu'un courant circule dans la ligne principale du coupleur, une fraction (un échantillon) de ce courant se retrouve à l'autre extrémité (port 3) de la ligne de mesure. Le port 3 récupère donc une fraction de l'onde transmise au port 1.

Si l'on branche le coupleur directionnel en inversant les port 1 et 2, le port 4 récupère alors une fraction de l'onde transmise au port 2.

En doublant les lignes de mesures, on peut alors récupérer une fraction des ondes transmises (respectivement réfléchies) sur les ports 3 et 4.



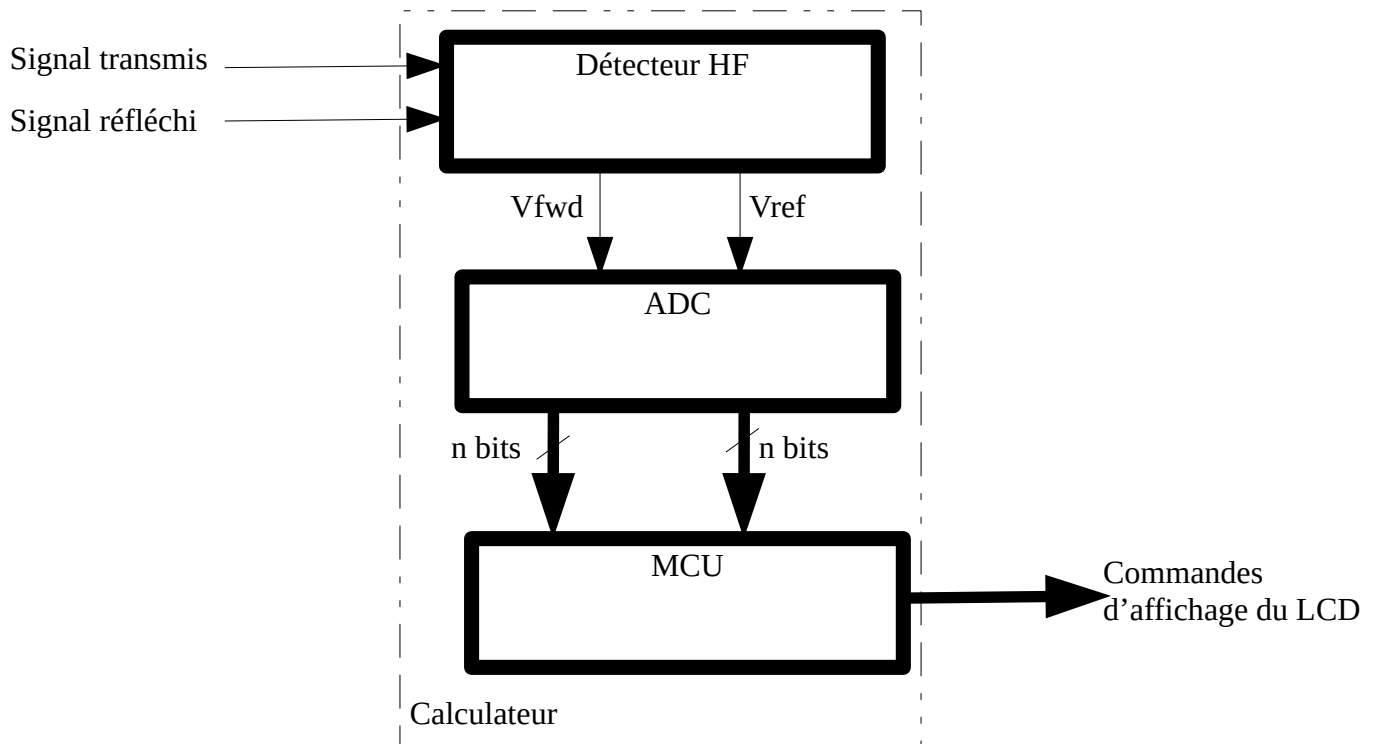
2.2-Calculateur

Pour effectuer la fonctionnalité d'affichage des puissances transmises et réfléchies, et de calcul du SWR, le « SWR Power Meter F8KGL » devra être constitué d'un dispositif appelé « Calculateur » permettant de :

- pour chacun de ces 2 signaux transmis et réfléchi, fournir 2 tensions dont les valeurs sont liées à la puissance du signal transmis et réfléchi
- mesurer une tension
- calculer une puissance correspondant à la tension mesurée (avec une précision de 10%)
- calculer le SWR à partir des puissances calculées
- faire afficher le résultat sur un écran LCD

Le calculateur sera constitué de 3 dispositifs standards de l'état de l'art :

- détecteur HF
- Convertisseur analogique numérique (ou « ADC »)
- unité de calcul informatique, intégrant sa propre mémoire (ou « MCU »)

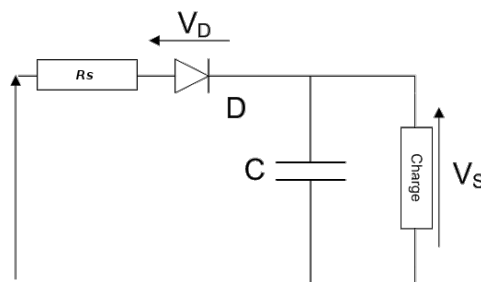


Dans l'état de l'art technique actuel, les performances (pertes en ligne, facteur de couplage, ROS) sont variables d'une ligne de mesure à l'autre. Le SWR POWER METER devra donc également prévoir une fonction de calibration de la ligne de mesure, qui sera intégrée dans le calculateur.

Le calculateur devra également pouvoir satisfaire les besoins suivants :

- fonctionnalité de micro-wattmètre
- configurable jusqu'à 3 bandes de fréquences différentes et 3 calibres de puissances différents

2.2.1-Décteur HF



Un circuit détecteur d'enveloppe est constitué d'une diode en série reliée à une charge constituée d'un condensateur et d'une résistance.

Son signal d'entrée est une fréquence porteuse dont on veut extraire la tension crête. C'est donc un courant alternatif, présentant une tension tantôt positive, tantôt négative.

Quand la tension d'entrée est positive, la diode conduit et le condensateur se charge. Quand la tension d'entrée est négative, la diode se bloque, le condensateur se décharge dans la charge.

Si la résistance présente dans le circuit lors de la charge de la capacité est faible, celle-ci est beaucoup plus rapide que la décharge dans la résistance. Alors, si la constante de temps du circuit résistance-condensateur est correctement choisie, sa tension reste *à peu près* constante entre deux crêtes de la porteuse.

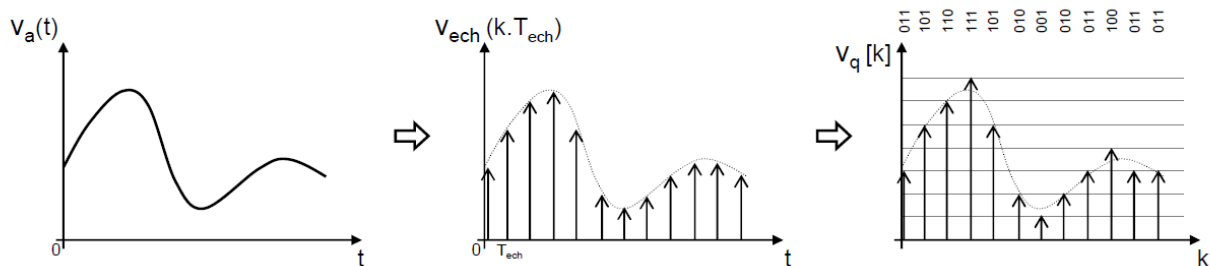
2.2.2-ADC (source EMSE)

Un convertisseur analogique – numérique (CAN, « ou ADC » pour Analog to Digital Converter) est un dispositif électronique permettant la conversion d'un signal analogique en un signal numérique.

Cette définition pour être complète en appelle deux autres :

- un signal analogique est un signal continu (au sens mathématique du terme) en temps et en amplitude
- un signal numérique est un signal échantillonné et quantifié, discret en temps et en amplitude.

Conceptuellement, la conversion analogique – numérique peut être divisée en trois étapes : l'échantillonnage temporel, la quantification et le codage.



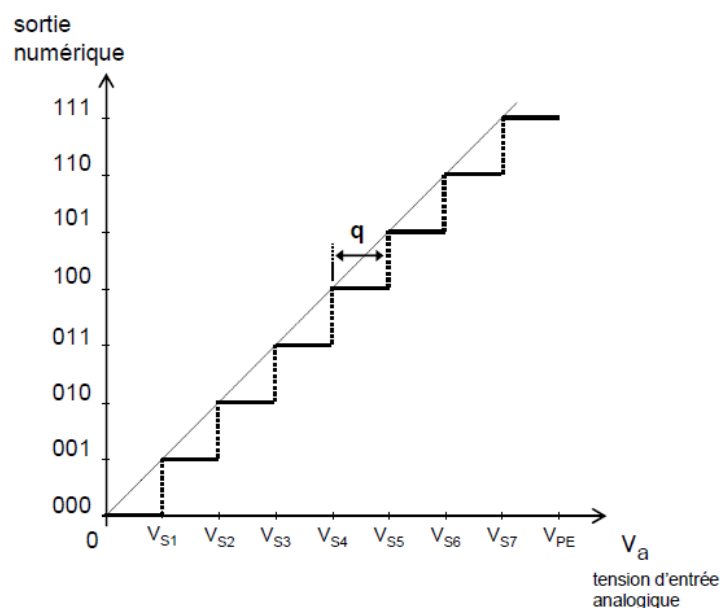
Un signal analogique, $v_a(t)$ continu en temps et en amplitude (i) est échantillonné à une période d'échantillonnage constante T_{ech} . On obtient alors un signal échantillonné $v_{ech}(k.T_{ech})$ discret en temps et continu en amplitude.

Ce dernier est ensuite quantifié, on obtient alors un signal numérique $v_q[k]$ discret en temps et en amplitude. La quantification est liée à la résolution de l'ADC (son nombre de bits)

Dans l'exemple précédent $v_q[k]$ peut prendre huit amplitudes différentes (soit 2^3 , 3 étant le nombre de bits de l'ADC). La figure précédente présente également l'étape de codage. Le résultat final est un code numérique sur trois bits (en code binaire naturel) associé à $v_q[k]$ en fonction du temps.

Un ADC (Analog to Digital Converter) est donc un dispositif électronique permettant de convertir une grandeur analogique (par exemple, une tension) en une valeur numérique, qui prend la forme d'un nombre binaire.

Cette valeur numérique peut être codée sur plusieurs bits, et est proportionnelle à la grandeur analogique d'entrée.



Le pas de quantification et la précision d'un ADC dépendent du nombre de bits en sortie, appelé résolution. Pour un ADC à N bits, le nombre d'états possibles en sortie est 2^N , ce qui permet d'exprimer des signaux numériques de 0 à 2^{N-1} en code binaire naturel. Un ADC est caractérisé également par la plage de variation acceptable de la tension analogique d'entrée, appelée Pleine Echelle (FS pour *Full Scale* en anglais) et que nous noterons V_{FS} .

$$q = V_{S1} = LSB = \frac{V_{FS}}{2^N}$$

Plus la résolution d'un ADC est élevée, plus la sortie numérique est une image précise du signal analogique d'entrée comme l'illustre le tableau ci-dessous pour une tension de pleine échelle de 5V.

N (résolution en bits)	Quantum (q = LSB)
8	19,5mV
10	4,8mV
12	1,22mV
14	305µV
16	76µV

2.2.3-MCU

L'ADC fournit une valeur numérique au format binaire naturel, et elle peut être facilement traitée par un dispositif informatique.

Le traitement que ce dispositif effectue s'appelle un programme informatique. Le programme est une succession d'instructions, dont le but est de produire un résultat en fonction de la valeur de données d'entrée.

Ces données d'entrées sont stockées dans une mémoire au format binaire. Les résultats produits dépendent des instructions programmées dans une autre mémoire. Dans le cas du « SWR Power Meter F8KGL », le résultat final est un affichage de la puissance transmise et réfléchie sur un écran LCD.

L'ensemble de ces traitements, synthétisé dans un programme informatique (lecture de la valeur numérique de l'ADC, stockage en mémoire, calcul) sera effectué par le MCU (microcontroller unit).

Le SWR POWER METER est prévue pour une utilisation en contest. Le choix technique du MCU devra donc s'attacher à une autonomie d'utilisation de 24H minimum.

Compte tenu des possibles variations de fabrication de la ligne de mesure, une phase de calibration du SWR POWER METER devra être implémentée.

Les données de calibration devront être enregistrées dans une mémoire non volatiles.

2.3-Afficheur

Pour effectuer la fonctionnalité d'affichage du SWR, le « SWR Power Meter F8KGL » devra être constitué d'un dispositif appelé « Afficheur » permettant de :

- Afficher un message de bienvenue au démarrage
- Afficher les puissances calculées (puissances transmises, et réfléchies) en W
- Afficher le SWR
- Afficher les puissances calculées (puissances transmises, et réfléchies) sous la forme d'un bar-graphe croissant.

L'afficheur sera constitué d'un dispositif standards de l'état de l'art :écran LCD (ou écran à cristaux liquide).

(source Wikipedia)

L'écran à cristaux liquides (ACL pour affichage à cristaux liquides, ou en anglais : LCD pour *liquid crystal display*) permet la création d'écran plat à faible consommation d'électricité. Aujourd'hui ces écrans sont utilisés dans presque tous les affichages électroniques.

Les écrans à cristaux liquides utilisent la polarisation de la lumière par des filtres polarisants et la biréfringence de certains cristaux liquides en phase nématique, dont on peut faire varier l'orientation en fonction du champ électrique. Du point de vue optique, l'écran à cristaux liquides est un dispositif passif : il n'émet pas de lumière, seule sa transparence varie, et il doit donc disposer d'un éclairage.

D'abord disponible en monochrome et de petite taille, il est utilisé dans les calculatrices, les appareils de mesure, les montres du fait de sa faible consommation électrique ; il permet actuellement d'afficher en couleurs dans des dimensions dépassant un mètre, en diagonale. Il a supplanté le tube cathodique dans la plupart des applications, sauf en très haute définition lorsque la palette des couleurs doit être précise et fidèle, et dans les environnements difficiles (par exemple quand la température d'utilisation est inférieure à 5 °C).

L'écran à cristaux liquides est constitué de deux polariseurs dont les directions de polarisation forment un angle de 90°, disposés de chaque côté d'un sandwich, formé de deux plaques de verre enserrant des cristaux liquides. À chacune des interfaces avec les cristaux liquides, une couche de polymère, généralement un polyimide, rainurée assure l'ancrage des molécules au repos.

Les deux faces internes des plaques de verre comportent une matrice d'électrodes transparentes pour le noir et blanc. L'épaisseur du dispositif et la nature des cristaux liquides sont choisies de manière à obtenir la rotation désirée du plan de polarisation, en l'absence de tension électrique (90° dans les écrans TN). Dans les écrans de grande dimension, on ajoute des espaceurs, petites billes transparentes, dans l'espace rempli de cristaux liquides pour maintenir la très faible épaisseur (20 µm) constante et précise.

L'application d'une différence de potentiel plus ou moins élevée entre les deux électrodes d'un pixel entraîne un changement d'orientation des molécules, une variation du plan de polarisation, et donc une variation de la transparence de l'ensemble du dispositif.

Cette variation de transparence est exploitée par un rétro-éclairage, par réflexion de la lumière incidente ou par projection.

Les électrodes des pixels ne sont accessibles que par ligne ou colonne entières et la commande d'allumage ou d'extinction doit se faire par un balayage régulier des lignes de points. Les petits afficheurs à cristaux liquides monochromes reposent sur le même principe, mais emploient souvent des électrodes avant en forme de segment de caractère, de façon à simplifier l'électronique (commande directe en tout ou rien), tout en obtenant une très bonne lisibilité (pas de balayage).

Les écrans ACL diffèrent aussi par leur taille, leur résolution et leur pitch (taille du pixel affiché à l'écran), dont voici une liste ci-après : ceci est à prendre en considération lors du choix d'un moniteur, en fonction de son usage, et de ses besoins.

2.4-Régulateur d'alimentation

Pour effectuer la fonctionnalité de régulation de l'alimentation, le « SWR Power Meter F8KGL » devra être constitué d'un dispositif appelé « Régulateur d'alimentation » permettant de :

- alimenter l'ensemble du « SWR Power Meter F8KGL » à partir soit d'un pack pile, soit d'une alimentation stabilisée 13,8V

Le régulateur d'alimentation sera constitué de dispositifs standards de l'état de l'art :

-régulateur de tension (*source Wikipedia*)

Un régulateur de tension, est un composant électronique qui maintient à sa sortie, dans certaines limites, une tension constante, indépendamment de la charge et de la tension d'entrée.

-1 pack pile (*source Wikipedia*)

On appelle pile alcaline un type de pile électrique primaire dont l'électrolyte est alcalin. Les modèles les plus courants sont la pile alcaline zinc-dioxyde de manganèse (Zn-MnO₂), et la pile alcaline lithium-dioxyde de manganèse (Li-MnO₂). La pile alcaline zinc-dioxyde de manganèse, que l'on appelle souvent pile alcaline par abus de langage, tire son nom du fait que ses deux électrodes, l'électrode négative en zinc et l'électrode positive en dioxyde de manganèse, sont plongées dans un électrolyte alcalin d'hydroxyde de potassium, par opposition à l'électrolyte acide de la pile saline (zinc-carbone) qui offre la même tension nominale et la même taille.

- Les fabricants, qui n'ont pas conçu les piles alcalines pour qu'elles soient réutilisables, recommandent de jeter les piles après un seul cycle de décharge.
- La construction d'une pile alcaline est très consommatrice d'énergie : il faut environ 50 fois plus d'énergie pour fabriquer une pile alcaline que ce qu'elle fournira pendant toute sa durée de vie.

Les batteries Ni-Cd (nickel-cadmium) sont aujourd'hui relativement dépassées en termes d'autonomie, et sont interdites dans l'Union européenne suite à la directive 2006/66/CE1. Elles sont remplacées par les batteries NiMH, elles-mêmes concurrencées par les batteries Li-ion.

- Le cadmium est très polluant.

Les accumulateurs Ni-MH (nickel-hydrure métallique) n'incorporent ni cadmium ni plomb et est donc peu polluant. De plus, son énergie massique est supérieure de 40 % à celle des Ni-Cd et son effet mémoire est très faible. La technologie NiMH est extrêmement répandue dans les accumulateurs portables d'usage courant :

- Les modèles AA/HR6 dont la capacité peut atteindre 2700 mAh pour les plus performants ;
- Les modèles AAA/HR3 dont la capacité maximale est de 1000 mAh.

Les accumulateurs à base de lithium (Li-Ion, Li-Po, etc.) sont issus d'une technique récemment mise au point et toujours en cours de développement. Ces piles présentent un très important potentiel électrochimique.

On distingue la technique lithium métal où l'électrode négative est composée de lithium métallique (matériau qui pose d'importants problèmes de sécurité, ce qui limite l'emploi de ce type de pilette combinaison), et la technique lithium ion, où le lithium reste à l'état ionique grâce à l'utilisation d'un composé d'insertion aussi bien à l'électrode négative (généralement en graphite) qu'à l'électrode positive. Des problèmes de sécurité demeurent (prise de feu) en cas de surcharge, de décharge trop rapide ou de court-circuit. Les accumulateurs lithium-ion sont parfois remplacés par leur variante lithium polymère dite Li-Po. Sa combinaison électrochimique est la même, mais un gel (polymère) fige l'électrolyte, ce qui permet de réduire son contenant à une simple enveloppe plastique souple. Le polymère ralentit le déplacement des ions ce qui a pour effet de limiter sa

capacité à fournir d'important courant et sa puissance spécifique (voir définition plus haut) est généralement inférieure à celle des éléments Li-Ion de même capacité.

- Les piles Li-Ion sont les piles rechargeables le plus utilisées dans le monde aujourd'hui.
- Ces piles sont fréquemment utilisées pour alimenter les téléphones mobiles, les ordinateurs portables, les voitures téléguidées, les perceuses électriques et même les voitures électriques.
- Le potentiel le plus répandu d'une cellule au lithium-ion est de 3,6 V ou 3,7 V. La densité énergétique des accumulateurs Lithium-ion peut atteindre un niveau de 200 Wh/kg.
- Recyclage : les difficultés rencontrées pour recycler le lithium ne permettent pas de valoriser les matériaux utilisés actuellement pour une seconde utilisation des composés chimiques. Les techniques de traitement permettent seulement de stabiliser les impacts dangereux des matériaux composant cette technologie d'accumulateur. Le coût de traitement est l'un des plus importants en fin de vie de l'ensemble des accumulateurs.

-1 interrupteur marche/arrêt pour arrêter le « SWR POWER METER » lorsqu'il est alimenté par le pack pile.

3-SPECIFICATIONS GENERALES

Dans cette partie sont présentées les performances attendues du SWR-POWER METER F8KGL. Dans les paragraphes qui suivront seront présentées les spécifications de chacun des dispositifs, permettant de satisfaire les performances attendues du SWR POWER METER F8KGL.

3.1-Spécifications matérielles générales

- Le SWR POWER METER devra pouvoir être vendu en kit sous plusieurs formats différents :

Nom	Format	Ligne de mesure	Matériel	Etat
« SWR POWER METER F8KGL »	Entièrement monté	Ligne imprimée sur PCB	Monté, testé et calibré	Prêt à être utilisé
« SWR POWER METER F8KGLkit »	Entièrement en kit	Ligne imprimée sur PCB	PCB et composants actifs livrés sans boîtier ni composants passifs	Matériel à monter par l'OM lui-même A tester et calibrer par l'OM lui-même
xWATT METER F8KGL	Calculateur monté	sans	Calculateur monté, calibré et testé	Prêt à être utilisé
xWATT METER F8KGLkit	Calculateur entièrement en kit	sans	Monté, testé et calibré	Matériel à monter par l'OM lui-même A tester et calibrer par l'OM lui-même

- Le « SWR POWER METER F8KGL » et ses versions dérivées devront être robustes
- Le « SWR POWER METER F8KGL » et ses versions dérivées devront être convivial
- Le « SWR POWER METER F8KGL » et ses versions dérivées devront être sans bug
- Le « SWR POWER METER F8KGL kit » devra pouvoir être calibré par l'OM, avec les moyens de mesures suivants :
 - TRX HF, VHF, UHF de 0 à 500W (10%)
 - Wattmètre 500W
 - Charge fictive 500W
- Le « xWATT METER F8KGL kit » devra pouvoir être calibré par l'OM, avec les moyens de mesures suivants :
 - Générateur HF, VHF, UHF de -120 à 30dBm (10%)
 - μWattmètre

3.2-Performances

3.2.1-SWR POWER METER F8KGL et SWR POWER METER F8KGL kit

Les versions « SWR POWER METER F8KGL » et « SWR POWER METER F8KGL kit » doivent répondre au même besoins de performances :

	min	typ	max	Unité
Paramètres radio				
Fréquence de fonctionnement	0		500	MHz
Puissance admissible	1		500	W
Impédance		50		Ω
Pertes en ligne insérées sous 50 Ω			0,1	dB
Alimentation				
Alimentation externe	12	13,8	15	V
Alimentation pack pile	4,5		5,5	V
Autonomie sur pack pile ⁽¹⁾	24			h
Consommation (alimentation externe ou pack pile)			100	mA
Mesures				
Précision de la mesure	± 10			%
ROS	1,1		∞	
Mécanique				
Dimensions	155x80x100			mm
Poids			1	kg
Connecteurs	N ou PL			

⁽¹⁾Avec un pack pile d'une capacité d'au moins 2500mAh

3.2.2-xWATT METER F8KGL et xWATT METER F8KGL kit

Les versions « xWATT METER F8KGL » et « xWATT METER F8KGL kit » sont les versions les plus configurables par l'utilisateur.

Les versions « xWATT METER F8KGL » et « xWATT METER F8KGL kit » doivent répondre au même besoins de performances :

	min	typ	max	Unité
Paramètres radio				
Fréquence de fonctionnement	0		500	MHz

Puissance admissible	-120		30	dBm
Impédance		50		Ω
Pertes en ligne insérées sous 50 Ω	N/A			
Alimentation				
Alimentation externe	12	13,8	15	V
Alimentation pack pile	N/A			
Autonomie sur pack pile ⁽¹⁾	N/A			
Consommation (alimentation externe ou pack pile)			100	mA
Mesures				
Précision de la mesure	± 10			%
ROS	1,1		∞	
Mécanique				
Dimensions				mm
Poids				kg
Connecteurs	SMA			

3.3-Spécifications logicielles générales

Dans la suite de ce document, et dans tous les fichiers associés au projet (code source, documentations, schéma, etc.), le logiciel ou le firmware désignera le programme.

Le logiciel devra être développé en assembleur, compte tenu de la simplicité des fonctions à intégrer.

Le logiciel ne devra pas comporter de bugs.

Un environnement de développement sous Linux sera privilégié, mais une compatibilité avec Windows devra être respecté.

Les outils de développement seront choisis parmi les outils sous licence GPL.

Le logiciel sera lui-même, placé sous licence GPL.

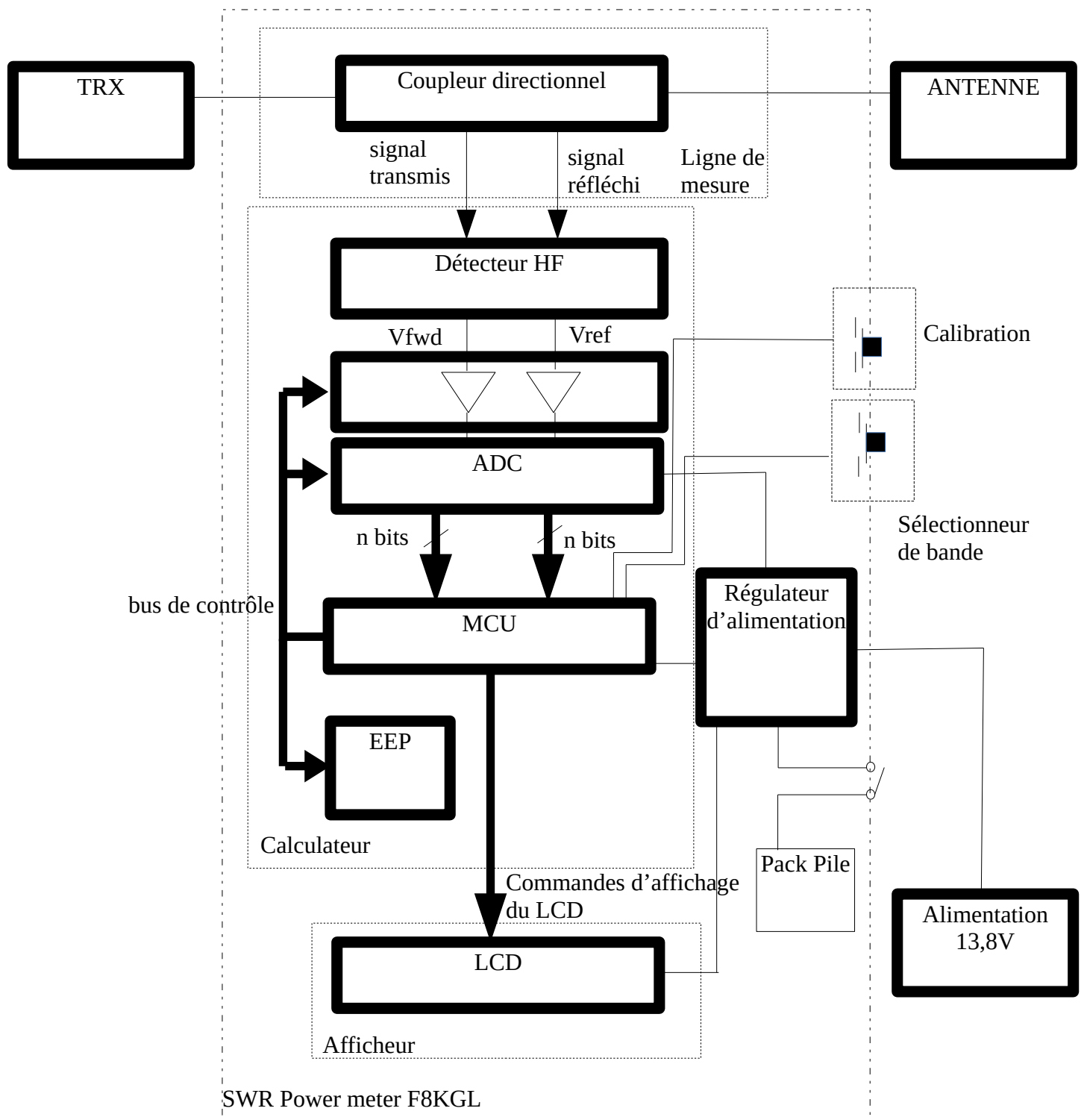
Le logiciel sera placé sous contrôle de version GIT.

3.4-Schéma bloc général

Le matériel du SWR POWER METER F8KGL est composé de 3 blocs :

- un bloc « ligne de mesure », dont la fonction est séparer le signal transmis du signal réfléchi.
- un bloc « calculateur », dont la fonction est de mesurer la puissance tranmise et réfléchi, et

- de calculer le ROS
- un bloc « afficheur », dont la fonction est d'afficher le résultat de la mesure, et le résultat du calcul
- un bloc « alimentation », dont la fonction est de réguler la tension d'alimentation



Le bloc « ligne de couplage » est composé d'un module :

- un coupleur directif, dont la fonction est de séparer le signal transmis et le signal réfléchi du signal se propageant sur la ligne de transmission TRX-Antenne. Il donne sur ses 2 sorties, une fraction des signaux transmis et réfléchis.

Le bloc « calculateur » est composé de 4 modules :

- un module « détecteur HF », dont la fonction est de redresser le signal. Il donne en sortie une tension dont la valeur est reliée à la puissance du signal d'entrée.
- Un module « AOP », dont la fonction est d'amplifier le signal. Il donne en sortie une tension dont la valeur est la valeur de tension d'entrée augmenté de son gain. Le gain de ce module est piloté par le MCU.
- Un module « ADC », dont la fonction est de convertir le signal en une valeur numérique sur 12 bits/
- Un module « EEP », dont la fonction est de stocker les données de calibration.
- Un module « MCU », dont la fonction est d'exécuter un programme informatique.

Le bloc « Afficheur » est composé d'un module :

- LCD 2 lignes/16 caractères, ou un LCD 4 lignes/16 caractères. Le choix est laissé à l'utilisateur.

Le bloc « Alimentation » est composé de **tbd** modules :

tbd

4-SPECIFICATIONS MATERIELLES

4.1-Technologie PCB

Tous les composants sont en CMS. Les composants passifs sont au format 1206 ou éventuellement 0805.

Le circuit imprimé sera en epoxy FR4, d'épaisseur 1,6mm, double face. La face du dessous sera exclusivement réservée au plan de masse.

Propriété	Valeur
Constante diélectrique	4,70 max, 4,35 à 500 MHz, 4,34 à 1 GHz
Facteur de pertes	0,02 à 1 MHz, 0,01 à 1 GHz
Rigidité diélectrique	20 kV/mm
Résistivité de surface (min)	2×10^5
Résistivité volumique (min)	$8 \times 10^7 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}$
Épaisseur typique	1,25 à 2,54 mm
Rigidité	17 GPa
Coefficient de dilatation thermique	11 ppm/K (dans la direction des fibres)
Coefficient de dilatation thermique	15 ppm/K (dans la direction perpendiculaire aux fibres)
Conductivité thermique	$0,3 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ (dans la direction des fibres)
Capacité calorifique	$800 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
Densité	de 1,80 à 1,90 $\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$

(Source Wikipedia)

4.2-Connecteurs

LCD	HE10
Programmateurs MCU	HE10
Signal transmis et signal réfléchi	SMA à souder sur PCB (à préciser)
Alim	tbd
tbd	
tbd	
tbd	
tbd	

4.3-Interrupteur, sélectionneur de bande, reset/validation calibration

Interrupteur M/A pour le pack pile	tbd
Sélectionneur de bande	tbd
Calibration	Tbd

4.4-Coupleur directif

Le choix du coupleur directif est laissé au choix de l'utilisateur.

Le coupleur directif peut donc être implémenté de plusieurs façons différentes :

- Ligne imprimée
- Coupleur en câble coaxial semi-rigide RG405
- Coupleur professionnel du commerce
- Coupleur avec tore

La connectique HF est de type fiche « N », car elle présente les meilleurs qualités et performances radio.

Dans ce document, seuls la solution de coupleur « en ligne imprimée » et « en câble coaxial semi-rigide » est présenté.

4.4.1-Coupleur en ligne imprimée

tbd

4.4.2-Coupleur en câble coaxial semi-rigide

Tbd

4.5-Détecteur HF

4.5.1-Composants

Le détecteur HF est le classique détecteur HF à diode. Une étude de ce détecteur a permis de montrer que la tension de sortie et la puissance d'entrée était reliée par $P(dBm) = \frac{1}{a} \log(V_{out} - b)$

La mesure de la BAT54XV2 a montré un gain légèrement plus élevé de 50MHz à 430MHz, raison pour laquelle cette diode a été choisie.



SOD-523
CASE 502

MARKING DIAGRAM

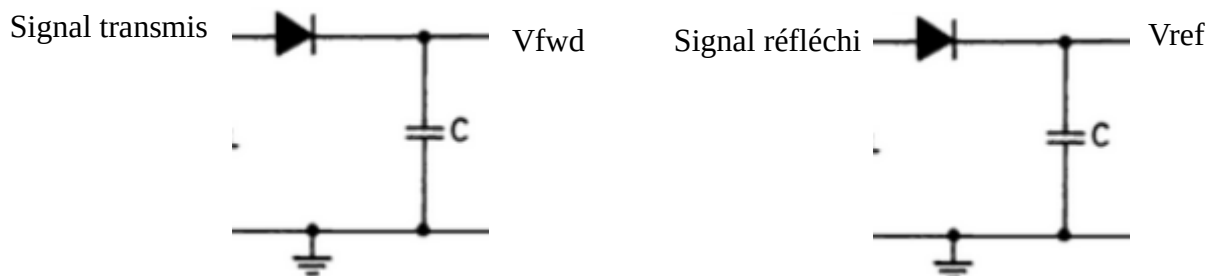


JV = Device Code
M = Date Code*
▪ = Pb-Free Package

(Note: Microdot may be in either location)

*Date Code orientation may vary depending upon manufacturing location.

4.5.2-Schéma de principe



Les mesures ont été effectuée avec $C=47\text{nF}$ /céramique/boîtier 1206.

4.6-AOP

4.6.1-Composant

4.6.1.1-Potentiomètre digital

Le potentiomètre digital retenu est le AD5175, car il offre les spécifications suivantes :

- résistance nominale : 10k Ω
- résolution : 1024
- mémoire : 50 valeurs de résistances possible
- valeur de résistance contrôlé par bus I2C

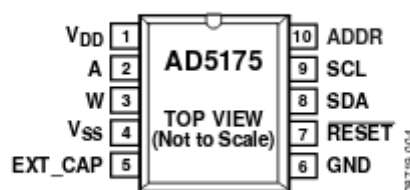
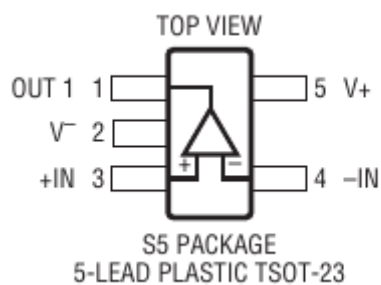


Figure 4. MSOP Pin Configuration

4.6.1.2-AOP faible bruit

Le choix s'est porté sur l'AOP LT1818, présentant les spécifications suivantes :

- alimentation asymétrique +5V
- $6\text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ de niveau de bruit à l'entrée
- consommation = 9mA



4.6.2-Schéma de principe

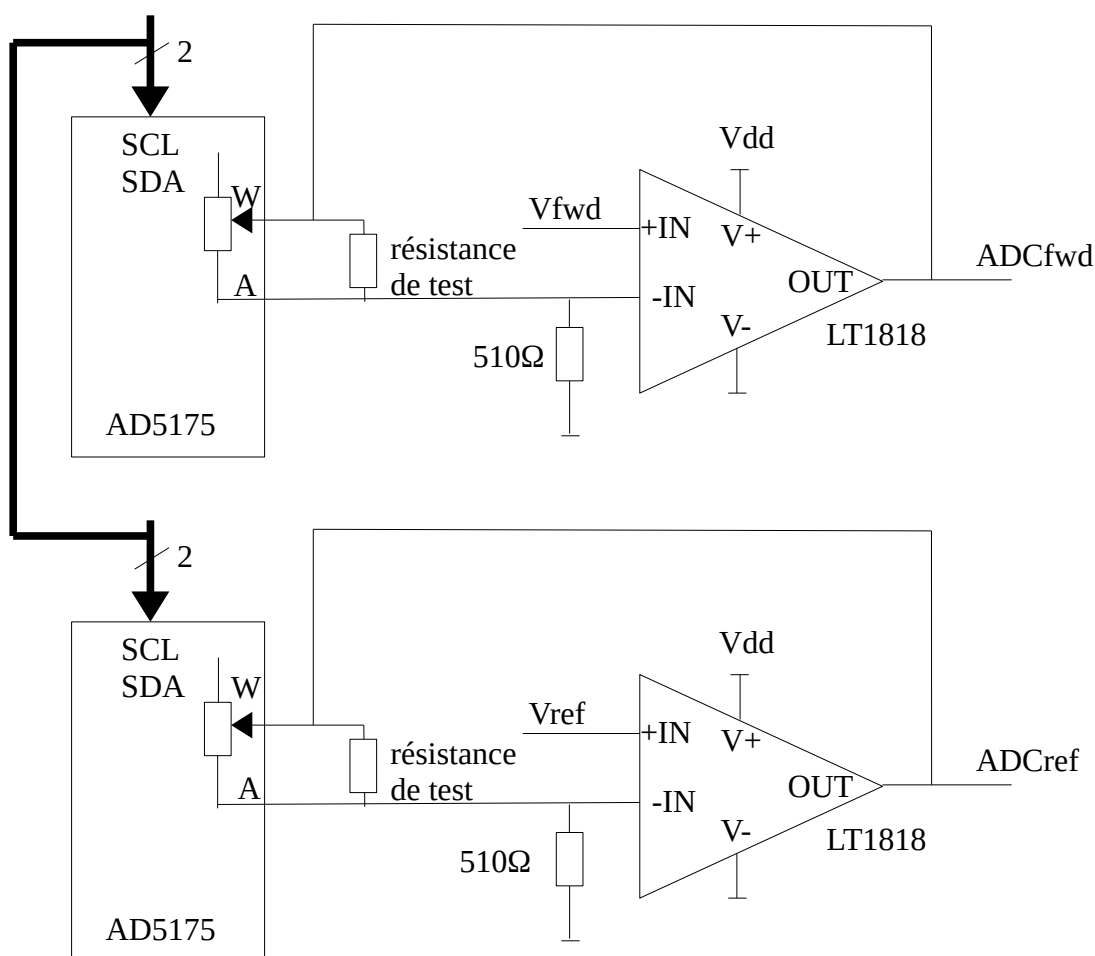
La procédure de calibration du SWR POWER METER F8KGL consiste à régler le gain de la chaîne d'amplification.

En phase de calibration, le SWR POWER METER F8KGL affiche une puissance mesurée non calibrée. L'OM est alors invité à calibrer son appareil de mesure avec un TRX de puissance connue sur les entrées FWD et REF. L'appui successif sur le bouton poussoir « Calibration » corrige l'affichage pour atteindre la puissance désirée.

Cette correction est effectuée par le réglage du gain de la chaîne d'amplification. Ce réglage est contrôlé par le MCU. Le potentiomètre digital est le composant permettant le réglage du gain dans un montage non inverseur.

Sur la version V0.7 du SWR POWER METER F8KGL, une résistance de test de 5,1k Ω est prévue en remplacement éventuel du potentiomètre digital.

Sur la version V1.0, et suivantes, cette résistance est supprimée.



4.6.2.1-AD5175

Pin	Fonction	Connection
Vdd(1)	Alimentation +	A découpler avec 100nF et 10µF
A(2)	Extrémité du potentiomètre	Voir schéma de principe
W(3)	Curseur du potentiomètre	Voir schéma de principe
Vss(4)	Alimentation -	Directe à GND
EXT_CAP(5)	Condensateur externe	Placer 1µF entre EXT_CAP et la masse
GND(6)	Masse	Directe à GND
RESET(7)	Reset	Directe à Vdd
SDA(8)	Bus I2C	Données du bus I2C
SCL(9)	Bus I2C	Horloge du bus I2C
ADDR(10)	Adresse device	Pour l'AD5175 connecté au LT1818 de Vfwd, la pin ADDR sera tiré à la masse. L'adresse I2C du device est alors (0101111) ₂ =0x2F Pour l'AD5175 connecté au LT1818 de Vref, la pin ADDR sera tiré à VDD. L'adresse I2C du device est alors (0101100) ₂ =0x2C

4.6.2.2-LT1818

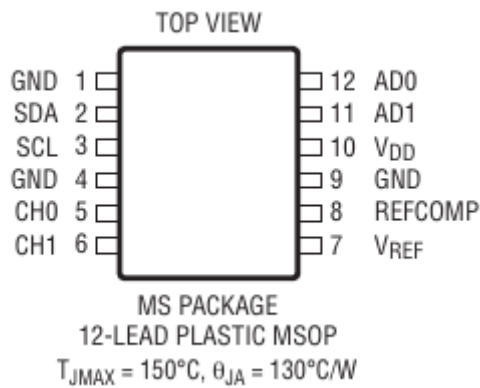
Pin	Fonction	Connection
OUT(1)	sortie	Voir schéma de principe
V-(2)	Alimentation -	masse
+IN(3)	Entrée non inverseur	Voir schéma de principe
-IN(4)	Entrée inverseur	Voir schéma de principe
V+(5)	Alimentation +	A découpler avec 100nF et 10µF

4.7-ADC

4.7.1-Composant

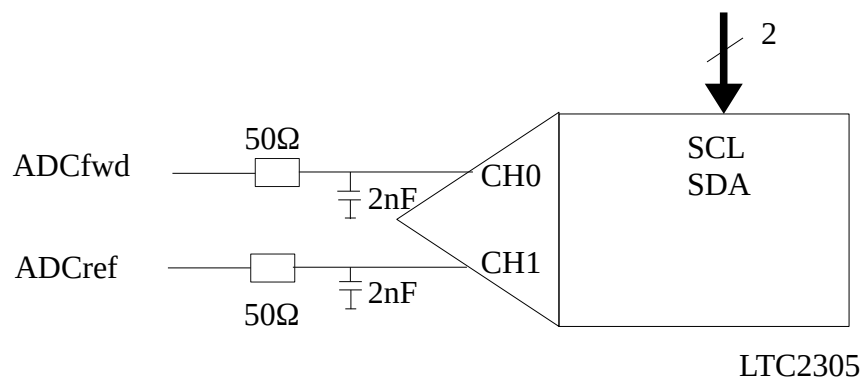
L'ADC est le LTC2305, car il offre les spécifications suivantes :

- résolution : 12 bits
- temps de conversion : 1,3µs
- bus I2C
- 2 canaux analogiques



4.7.2-Schéma de principe

La période d'échantillonnage n'a pas de contraintes forte pour le « SWR Power Meter F8KGL » car les puissances crêtes varient peu à l'échelle du temps du PIC (4MHz). Le logiciel s'attachera à faire du polling sur les valeurs retournées par les ADC, aussi vite que possible.
Les valeurs d'ADC seront récupérées sur un bus I2C (SDA,SCL)



Pin	Fonction	Connection
GND(1)	Alimentation -	A découpler avec 100nF et 10μF
SDA(2)	Extrémité du potentiomètre	Données du bus I2C
SCL(3)	Curseur du potentiomètre	Horloge du bus I2C
GND(4)	Alimentation -	masse
CH0(5)	Entrée analogique	Voir schéma de principe
CH1(6)	Entrée analogique	Voir schéma de principe
VREF(7)	Tension de référence 2,5V	Mettre 2,2μF à la masse
REFCOMP(8)	Sortie buffer Vref	Mettre 100nF et 10μF à la masse
GND(9)	Alimentation -	masse
VDD(10)	Alimentation +	A découpler avec 100nF et 10μF
AD1(11)	Adresse device	On imposera AD1=GND.

AD0(12)	Adresse device	On imposera AD0=GND.
---------	----------------	----------------------

4.8-MCU

Le MCU devra être un microcontrôleur PIC, pour sa simplicité d'utilisation, sa faible consommation en énergie, sa fiabilité, et sa robustesse, et répondant aux besoins de la fonctionnalité du « calculateur ». De plus, la simplicité (apparente en première lecture) du programme à développer pour ce dispositif, appelle tout naturellement un composant simple et efficace.

4.8.1-Composant

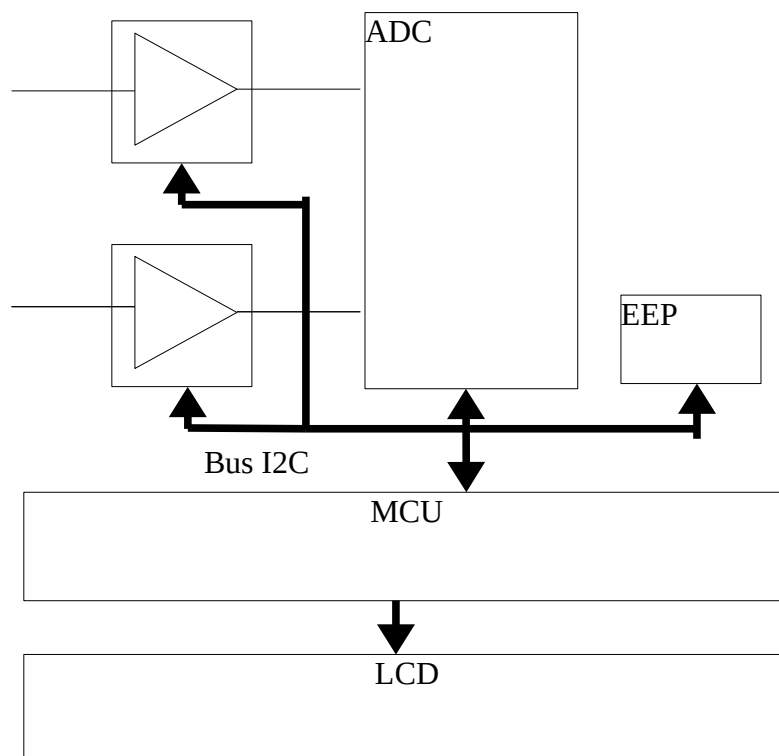
	min	typ	max	Unité
Tension d'alimentation	4,5	5	5,5	V
Intensité	tbd			
Horloge		4		MHz
Taille mémoire				
Programme		tbd		
Calibration ⁽²⁾		tbd		
Entrées/Sortie				
Nombre d'I/O ⁽¹⁾	10			
Nombre de canaux ADC		0		

⁽¹⁾Nombre d'I/O :LCD (6), sélectionneur de bande(1), bus I2C (1+1), bouton « calibration » (1)

Le MCU est un microcontrôleur PIC 18F1320. Son choix a été guidé par les principales caractéristiques suivantes :

Taille de la flash	8K (@0x0)
Taille de l'EEPROM	256 octets (@0xf00000)
Taille de la RAM	256 octets (@0x80) – seuls 127 octets sont exploités
ADC	10 bits
Nb de canaux ADC	7
Oscillateur interne	31 kHz, 125 kHz, 250 kHz, 500 kHz, 1 MHz, 2 MHz, 4 MHz, 8 MHz
Alimentation	Comprise entre 4,2V et 5,5V
GPIO	2x8 GPIO disponibles (multiplexés avec les entrées analogiques)

4.8.2-Schéma de principe



Le bus I2C est un bus informatique qui permet la communication entre un microcontrôleur et ses périphériques. Dans le cas du « SWR POWER METER F8KGL », la norme I2C a été choisie car c'est un bus série synchrone bidirectionnel et half-duplex.

Pin	Fonction	Connection
MCLR/VPP/RA5		Non connecté
OSC1/CLK1/RA7		Non connecté
OSC0/CLK0/RA6		Non connecté
RA0	Bus I2C	Horloge du bus I2C (SCL). Placer une pullup de 10kΩ
RA1	Bus I2C	Données du bus I2C (SDA). Placer une pullup de 10kΩ
RA2	Calibration	Bouton poussoir
RA3	Changement de bande de fréquence	Bouton poussoir
RA4		Non connecté
RA5		Non connecté
RA6		Non connecté

RA7		Non connecté
RB0		Non connecté
RB1		Non connecté
RB2	LCD	RS
RB3	LCD	E
RB4	LCD	D4
RB5	LCD	D5
RB6	LCD	D6
RB7	LCD	D7
VSS	Alimentation -	masse
VDD	Alimentation +	A découpler avec 100nF et 10µF

4.9-LCD

A des fins de facilité d’approvisionnement, et pour des raisons de coût, le LCD est choisi parmi les standards industriels les plus courants.

2 versions de LCD devront être implémentées :

LCD 2 lignes – 16 caractères – contrôleur type Hitachi HD44780

LCD 4 lignes – 16 caractères - **td**

4.9.1-LCD 2 lignes – 16 caractères – contrôleur Hitachi HD44780

(Source Wikipedia)

Le LCD utilisé dispose d'un contrôleur HD44780. C'est un contrôleur standard permettant de piloter un dispositif d'affichage par cristaux liquides.

Un module HD44780 comporte 16 bornes (dont les 2 dernières sont optionnelles si l'écran piloté ne dispose pas d'un rétroéclairage).

En « mode 4 bits », on n'utilise que les broches D4 à D7 (les broches D0 à D3 doivent être connectées à la masse).

L'octet de données est envoyé (ou lu) en 2 fois :

- d'abord les 4 bits de poids fort, par une première validation sur la broche E.
- puis les 4 bits de poids faible, par une seconde validation sur la broche E

Borne	Symbole	Type	Fonction
1	Vss ou V0	Alim	Masse 0V
2	Vcc ou Vdd	Alim	Alimentation générale 5V
3	Vee	Alim	Alimentation du panneau LCD (Contraste des caractères : Vee = 0 → Caractères invisibles, Vee = Vcc → Contraste

			maximum)
4	RS	Entrée	RS = 1 → Sélection du registre de données RS = 0 et R/W = 0 → Sélection du registre d'instruction RS = 0 et R/W = 1 → Sélection du drapeau BUSY et du compteur d'adresse
5	R/W	Entrée	R/W = 0 → Mode écriture R/W = 1 → Mode lecture
6	E	Entrée	Entrée de validation Les entrées RS et R/W sont lues sur le front montant, et le bus de données est lu sur le front descendant.
7	D0	Entrée/Sortie	Bus de données, bit n°0 (LSB)
8	D1	Entrée/Sortie	Bus de données, bit n°1
9	D2	Entrée/Sortie	Bus de données, bit n°2
10	D3	Entrée/Sortie	Bus de données, bit n°3
11	D4	Entrée/Sortie	Bus de données, bit n°4
12	D5	Entrée/Sortie	Bus de données, bit n°5
13	D6	Entrée/Sortie	Bus de données, bit n°6
14	D7	Entrée/Sortie	Bus de données, bit n°7 (MSB)
15	A	Alim	Anode du système de rétro-éclairage (à alimenter en 5V à travers une résistance de 50 à 100Ω pour limiter le courant à 100mA)
16	K	Alim	Cathode du système de rétro-éclairage (masse)

4.9.2-LCD 4 lignes - 16 caractères

Tbd

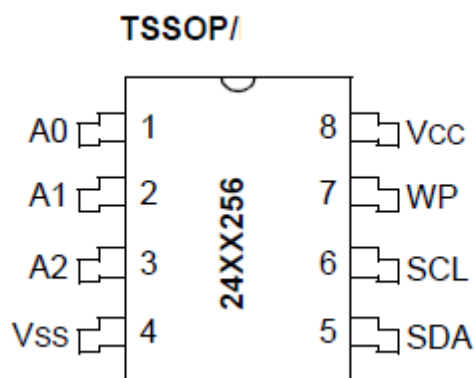
4.10-EEP

4.10.1-Composant

Conformément au document « SWR POWER METER F8KGL Principe de calibration.pdf », l'EEProm choisie a pour référence : 24AA256. Elle offre les spécifications suivantes :

- $V_{dd} = 5V$
- bus I2C
- densité : 256kbits (32768bytes)

- Fréquence de la clock : 400kHz
- Rétention des données : 200 ans
- Près de 1 million de fois ré-inscriptibles



4.10.2-Schéma de principe

Pin	Fonction	Connection
A0(1)	Adresse (bit 0)	On imposera A0=GND.
A1(2)	Adresse (bit 1)	On imposera A1=GND.
A2(3)	Adresse (bit 2)	On imposera A2=GND.
Vss(4)	Alimentation -	masse
SDA(5)	Bus I2C	Données du bus I2C
SCL(6)	Bus I2C	Données du bus I2C
WP(7)	Write Protect	On imposera WP=GND (protection désactivée)
Vcc(8)	Alimentation +	Mettre 100nF et 10μF à la masse

4.11-Régulateur d'alimentation

Le format de pile le plus courant, et le plus adapté a priori au SWR POWER METER est un pack pile LR6.

Format	Fabricant	Dimension	Tension	Capacité (mAh)	type
--------	-----------	-----------	---------	----------------	------

LR6(AA)	Duracell	50mm x 14,2mm	1,5V	2700	alcaline
---------	----------	------------------	------	------	----------

En toute rigueur, la relation entre capacité de la pile, et temps de décharge en fonction de la charge, n'est pas linéaire. (www.hackerschicken.eu/www/electric/piles.pdf)

D'après les données trouvées sur <http://data.energizer.com/>, on peut estimer que pour un fonctionnement de 24H (§3.1.1), le SWR POWER METER ne doit pas consommer plus de 100mA.

A des fins de facilité d'approvisionnement, et pour limiter les coûts, le régulateur d'alimentation devra fournir une tension de 5V.

	min	typ	max	unité
Spécifications d'entrée				
Tension d'entrée alimentation externe	12	13,8	15	V
Tension d'entrée pack pile	4,5	5	5,5	V
Intensité d'entrée ⁽¹⁾			100	mA
Spécifications de sorties				
Tension de sortie	4,5		5,5	V
Intensité de sortie ⁽³⁾			100	mA
Pack pile	4 piles 1,5V LR6 (capacité min = 2500mAh)			
Priorité alimentation	Alimentation externe 13,8V prioritaire sur le pack pile ⁽²⁾			

⁽¹⁾Intensité maximum délivrable par l'alimentation ou le pack pile. Valeur justifiée par le §3.2.1 pour obtenir une autonomie de 24H (capacité du pack pile de 2500mAh), et reportée dans le §3.1.1

⁽²⁾Dans le cas où l'interrupteur est placé sur la position ON, et que l'alimentation externe est également branchée (afin de ne pas consommer inutilement sur le pack pile)

⁽³⁾Intensité maximum délivrable par le régulateur d'alimentation. Il convient dès lors de préciser que la consommation totale maximum du SWR POWER METER, hors régulation, ne devra pas dépasser 100mA.

5-SPECIFICATIONS LOGICIELLES

5.1-Généralités

Le logiciel est développé sous Linux (Debian 10).

5.1.1-Firmware

5 firmwares seront générés :

-Firmware de test : « swr_power_meter_f8kgl-Vn.m.TEST.hex » pour les versions matériel « SWR POWER METER » et « xWATT POWER METER ».

Le firmware de « test » est un firmware pouvant fonctionner à la fois pour le « SWR POWER METER F8KGL » et pour le « xWATT METER F8KGL ». Les versions matériel en kit doivent également être couvertes.

Son utilisation doit permettre :

- Valider l'architecture HW choisie à l'aide d'une campagne de test sur le prototype. Cette campagne de test est appelée « test de validation »
- Valider la fabrication et le montage d'un « SWR POWER METER F8KGL » et « xWATT METER F8KGL » à l'aide d'une campagne de test appelée « test de production »

-Firmware de calibration : « swr_power_meter_f8kgl-Vn.m.CALIBRATION.hex » et « xwatt_meter_f8kgl-Vn.m.CALIBRATION.hex » pour les versions matériel « SWR POWER METER » et « xWATT POWER METER » respectivement.

-Firmware opérationnel : « swr_power_meter_f8kgl-Vn.m.hex » et « xwatt_meter_f8kgl-Vn.m.hex » pour les versions matériel « SWR POWER METER » et « xWATT POWER METER » respectivement.

Un 6ème firmware est également généré pour des tests fonctionnels sous GPSIM. Il a pour nom « « swr_power_meter_f8kgl-Vn.m.SIMU.hex »

5.1.2-Versions

n : correspond à une version majeure.
m : correspond à une version mineure.

Version	Etat logiciel	Etat matériel	Remarques
V0.5	Mode test implémenté et validé en simulation	PIC implémenté	ADC interne du PIC
V0.6	N/A	MAX11100 et MAX624 implémenté	
V0.7	Lecture des ADC, et pilotage de l'AOP implémenté et validé dans le firmware de test	LTC2305, AD5175, LT1818 implémenté au schéma	Pas de PCB
V0.8	Firmware de test implémenté et validé en simulation	EEP ajoutée au schéma PCB routé	Prototype
V1.0 et dérivées V1.m	Firmware test et calibration validé en simulation et sur cible matérielle Firmware opérationnel implémenté et validé en simulation		
V2.0 et dérivées V2.m	Firmware opérationnel validé sur cible matériel		

Pour le logiciel :

- l'état « implémenté » signifie que le code source est développé
- l'état « validé » signifie que le firmware a passé la campagne de test défini dans le cahier de test.

Pour le matériel :

- l'état « implémenté » signifie que le schéma et le PCB est développé
- l'état « validé » signifie que le firmware a passé la campagne de test défini dans le cahier de test.

La version V0.7 est une version de simulation sous gpsim.

La version V0.7 a les restrictions suivantes, et ne feront pas l'objet de corrections ou d'évolutions :

- la simulation ne tient pas compte du temps de conversion nécessaire à l'ADC
- la 1ère trame I2C du PIC vers ses esclaves provoquent un NACK
- la tension d'entrée de la simulation ne peut pas être mise à jour à la volée (il faut relancer la simulation)

- la tension en mV affichée par LCD est erronée
- la version V0.7 ne comporte pas de PCB

Elles seront corrigées pour les versions de firmware >0.8.

La version V0.8 est une version de prototype pour le logiciel et le matériel :

La version V0.8 a les restrictions suivantes, et ne feront pas l'objet de corrections ou d'évolutions :

- elle ne comporte d'applicatif de calibration, ni d'applicatif opérationnel.

La version V1.0 est la version de production pour le matériel.

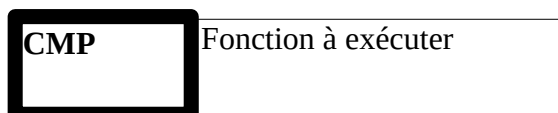
La version V2.0 est la version de production pour le logiciel.

5.1.3-Conventions de nommage

La convention de nommage dans le code source respectera la norme suivante :

type	Convention de nommage	Explication
Fonction	f_<nom_du_composant_adressé>_<fonction>	Commence par « f_ » <nom_du_dispositif_adressé> correspond au composant concerné par la fonction <fonction> correspond à un résumé de la fonctionnalité développée dans cette fonction
Variable	v_<nom_du_composant_adressé>_<fonction>	Commence par « v_ » <nom_du_composant_adressé> correspond au composant concerné par la variable <fonction> correspond à un résumé de la fonctionnalité développée dans cette variable

Dans les spécifications logicielles qui suivent, le lecteur est invité à adopter la convention suivante :



« CMP » représente le composant concerné la fonction. Il désigne un bloc du schéma bloc général du §3.4

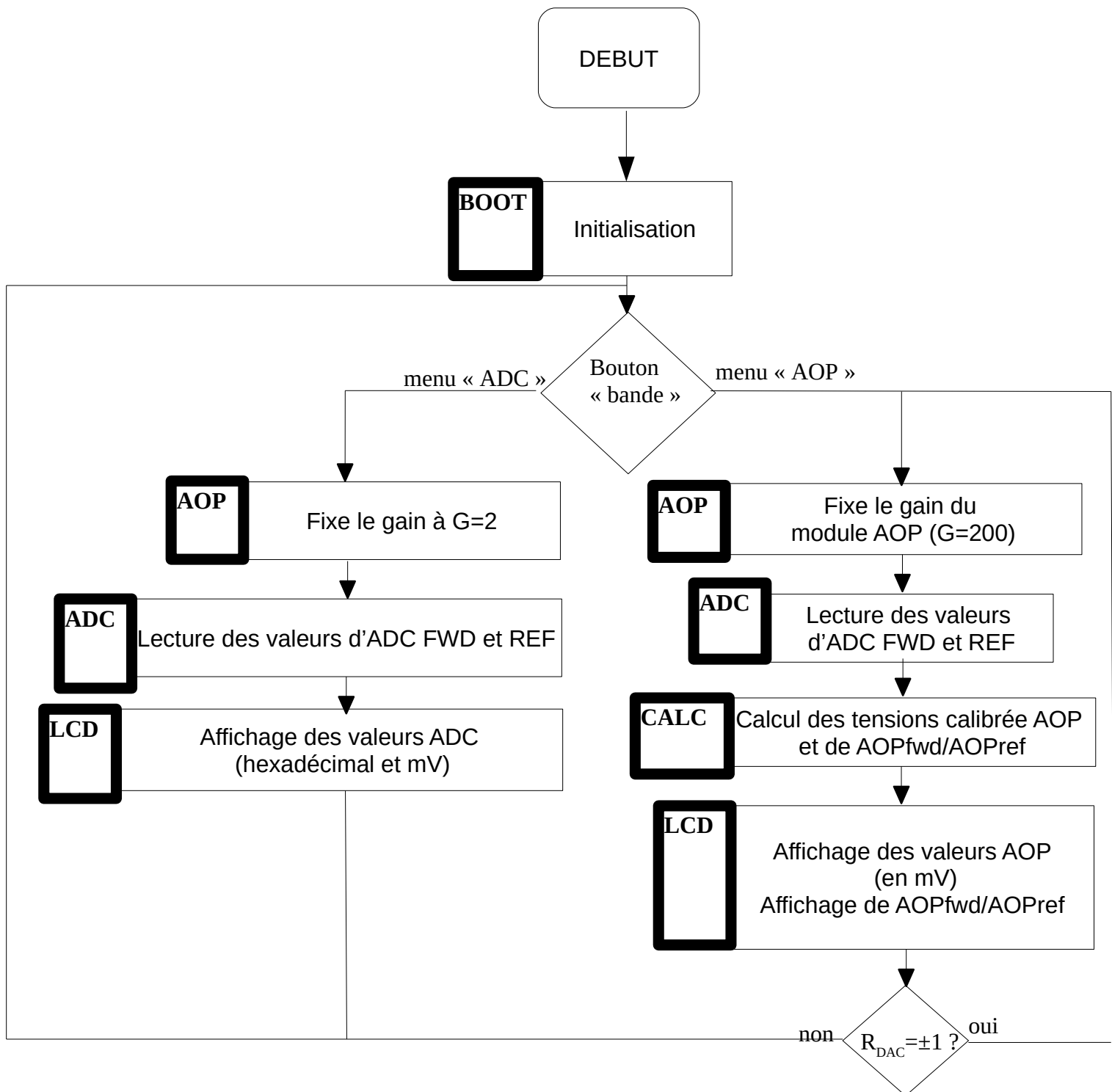
« Fonction à exécuter » représente la fonctionnalité à exécuter.

5.2- Firmware de « TEST »

Il doit implémenter les fonctionnalités :

- Initialisation des modules
- Fixer le gain du module AOP
- Lecture de ADCfwd, et ADCref
- Affichage de ADCfwd et ADCref (valeur ADC brute en hexadécimal, et valeur calibrée de la tension en mV à l'entrée du module « AOP »)
- Enregistrer les trames I2C émises et reçues dans un log (ACK, et NACK)
- Enregistrer les cas d'erreur du PIC (reboot, Vdd low, PIC stack overflow, etc.)

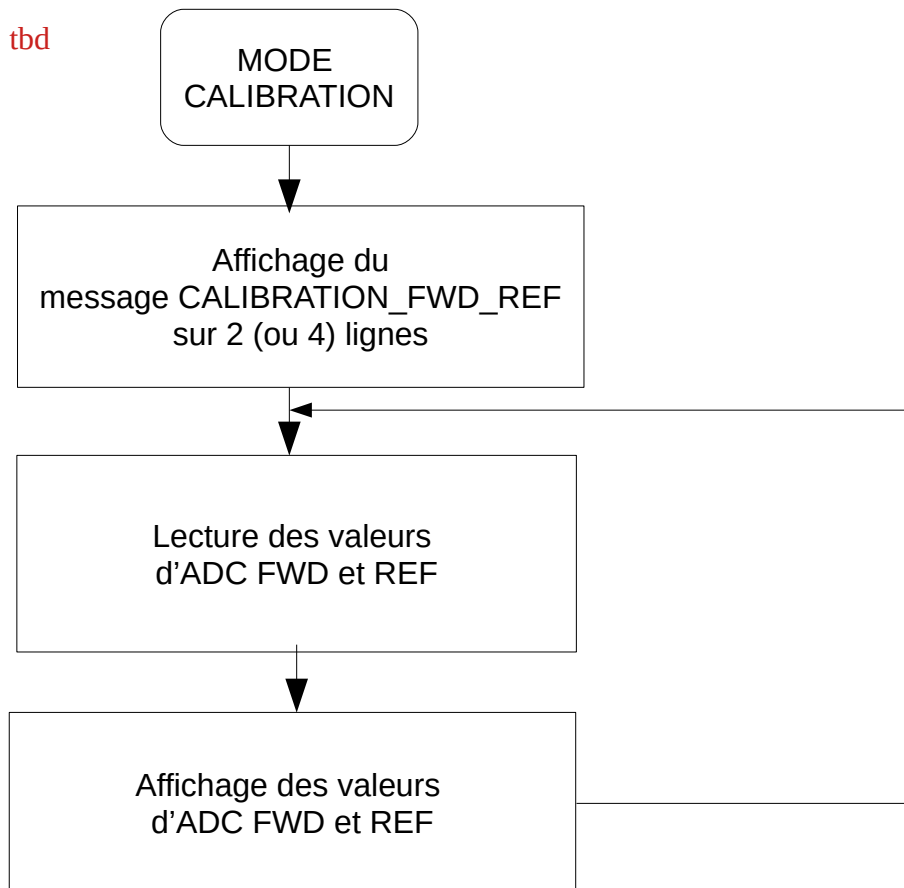
- Enregistrer des timestamp
- Mesure du niveau de bruit à l'entrée de l'ADC



L'appui sur le bouton « Bande » permet de changer de menu (« ADC » vers « AOP », ou « AOP » vers « ADC »). Tant que l'OM n'a pas appuyé sur le bouton « Bande », le menu ne change pas. Dans la suite de ce document, le menu « ADC » désigne les fonctionnalités d'affichage des valeurs de tension en entrée de l'ADC. Le menu « AOP » désigne les fonctionnalités d'affichage des valeurs de tension en entrée de l'AOP.

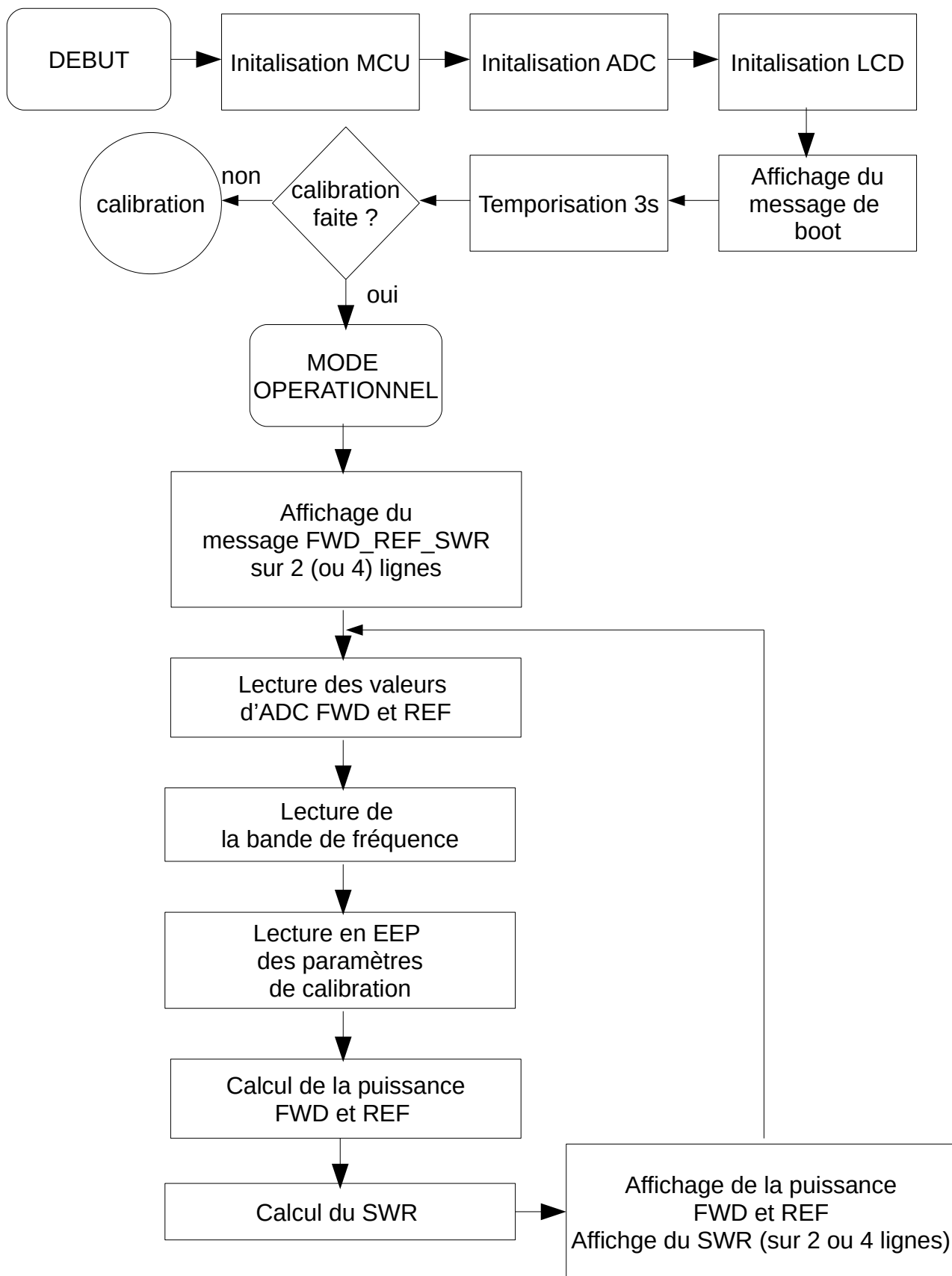
5.3-Firmware de « CALIBRATION »

tbd



5.4-Firmware « OPERATIONNEL »

tbd



5.5-Firmware de simulation

Ce firmware est à unique but de simulation sous GPSIM.

Il doit se rapprocher au maximum des versions dont la cible sera matériel.

5.6-Spécifications des composants logiciels

Composant	Nom	Application	Fonction
BOOT	Initialisation	TEST CALIBRATION OPÉRATIONNEL	Entrée : aucun
			Sorties :aucun
			Traitements : <div><div>Initialisation des composants</div><div>→</div><div>LCD</div><div>Affichage du message de boot</div><div>→</div><div>MISC</div><div>Temporisation 3s</div></div>
			Contraintes : sans
LCD	Affichage du message de boot	TEST CALIBRATION OPÉRATIONNEL	Entrée : <ul style="list-style-type: none">nb de lignes du LCDversion Vn.m correspondant à la version du logiciel chargée dans la mémoire du microcontrôleur (ou MCU).
			Sorties : LCD
			Traitements : <div><div><div>S</div><div>W</div><div>R</div><div>-</div><div>P</div><div>O</div><div>W</div><div>E</div><div>R</div><div></div><div>m</div><div>e</div><div>t</div><div>e</div><div>r</div><div></div></div><div><div>F</div><div>8</div><div>K</div><div>G</div><div>L</div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div>V</div><div>n</div><div>.</div><div>m</div></div></div> <div><div><div>S</div><div>W</div><div>R</div><div>-</div><div>P</div><div>O</div><div>W</div><div>E</div><div>R</div><div></div><div>m</div><div>e</div><div>t</div><div>e</div><div>r</div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div></div><div><div>F</div><div>8</div><div>K</div><div>G</div><div>L</div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div>V</div><div>n</div><div>.</div><div>m</div></div></div>
			Contraintes : respecter les timings du LCD

MISC	Temporisation	TEST CALIBRATION OPÉRATIONNEL	Entrée : temps en s							
			Sortie : aucune							
			Traitements : temporisation							
AOP	Table des commandes de l’AD5175	TEST	Entrée : aucune							
			Sortie :							
			Nom		CDE(3:0)	Opération				
			WRITE_RDAC		0x1	Ecrit le contenu du registre R _{DAC}				
			Traitements :							
			Contraintes : Pas d’espace mémoire alloué pour cette table							
AOP	Fixer le gain de l’AOP à G=2	TEST	Entrée : <ul style="list-style-type: none">Voie FWD ou REFTable des commandes de l’AD5175DAC(9:0)=0x34							
			Sortie : I2C							
			Traitements : 1. Préparer une trame I2C 1. Adresse = 0x2F pour la voie FWD – Adresse = 0x2C pour la voie REF 2. R/W=0 3. calculer data0							
			data0							
			7	6	5	4	3	2	1	0
			0	0	CDE(3:0)=WRITE_RDAC			DAC(9:8)		
			4. Calculer data1							
			data1							
			7	6	5	4	3	2	1	0
			DAC(7:0)							

			<div>2. Envoyer cette trame (Adresse, R/W, data0, data1) sur le bus I2C</div> <div>3. S'il y a eu un NACK : tbd</div>																								
			Contraintes : sans																								
ADC	Lecture des valeurs ADC FWD et REF	TEST	Entrée : <ul style="list-style-type: none">Voie FWD ou REFbits de configuration du LTC2305 (UNI=0, SLP=0)																								
			Sorties : ADCfwd et ADCref retournée par l'ADC																								
			Traitement : <div>1. Préparer une trame I2C<div>1. Adresse = 0x08 - R/W=0</div><div>2. Pour le port FWD : S/D=1, O/S=0 – Pour le port REF : S/D=1, O/S=1</div><div>3. Calculer data</div></div>																								
			<table><tr><td>data</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>7</td><td>6</td><td>5</td><td>4</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>S/D</td><td>O/S</td><td>0</td><td>0</td><td>UNI</td><td>SLP</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	data								7	6	5	4	3	2	1	0	S/D	O/S	0	0	UNI	SLP	0	0
			data																								
7	6	5	4	3	2	1	0																				
S/D	O/S	0	0	UNI	SLP	0	0																				
<div>2. Envoyer cette trame (Adresse, R/W, data) sur le bus I2C</div> <div>3. S'il y a eu un NACK : tbd</div> <div>4. Préparer une trame I2C<div>1. Adresse = 0x08 – R/W=1</div></div> <div>5. Envoyer cette trame (Adresse, R/W) sur le bus I2C</div> <div>6. Lire 2 octets sur le bus I2C</div> <div>7. Décaler de 4 bits à droite le résultat de la lecture</div> <div>8. Compensation de l'offset de l'AOP (2,048V) : ADC = ADC & 0x7FF</div>																											
			Contraintes : <div>Le temps de conversion est de 1,3µs typ (1,6µs max)</div>																								
LCD	Affichage des valeurs ADC (hexadécimal et mV	TEST	Entrée : valeurs d'ADC de la voie FWD et de la voie REF																								
			Sorties : LCD																								
			Traitement : <div>1. Convertir la valeur d'ADC hexadécimale en ASCII brute</div>																								

			<div><div><div><div>ADCfwd →</div><div>ADCreff →</div></div><div><div>LCD</div><div>Conversion ASCII</div></div><div><div>ADCfwd →</div><div>ADCreff →</div></div><div><div>LCD</div><div>Affichage des valeurs ADC en ASCII</div></div></div><div>2. Convertir la valeur d’ADC hexadécimale en mV</div><div><div><div>ADCfwd →</div><div>ADCreff →</div></div><div><div>LCD</div><div>Conversion BCD</div></div><div><div>ADCfwd →</div><div>ADCreff →</div></div><div><div>LCD</div><div>Affichage des valeurs ADC en ASCII</div></div></div></div>																													
			Contraintes :																													
LCD	Conversion ASCII Conversion BCD	TEST	Entrée : valeurs d’ADC de la voie FWD et de la voie REF																													
			Sorties : valeurs converties en ASCII et/ou BCD																													
			Traitements : <div>1. Convertir une valeur hexadécimale en caractères ASCII : (0000)₁₆=(30303030)_{ASCII} - (0001)₁₆=(30303031)_{ASCII} - ... - (07FF)₁₆=(30374646)_{ASCII} -</div> <div>2. Convertir une valeur hexadécimale en une valeur BCD : http://www.microchip.com/forums/m322713.aspx</div>																													
			Contraintes																													
LCD	Affichage des valeurs ADC en ASCII	TEST	Entrée : valeurs d’ADC de la voie FWD et de la voie REF en ASCII et BCD																													
			Sorties : LCD																													
			Traitements : <div><table><tr><td>F</td><td>W</td><td>D</td><td></td><td>u</td><td>u</td><td>u</td><td>u</td><td>h</td><td>-</td><td>v</td><td>v</td><td>v</td><td>v</td><td>m</td><td>V</td></tr><tr><td>R</td><td>E</td><td>F</td><td></td><td>x</td><td>x</td><td>x</td><td>x</td><td>h</td><td>-</td><td>y</td><td>y</td><td>y</td><td>y</td><td>m</td><td>V</td></tr></table><div>LCD 2 lignes-16 caractères</div></div>	F	W	D		u	u	u	u	h	-	v	v	v	v	m	V	R	E	F		x	x	x	x	h	-	y	y	y
F	W	D		u	u	u	u	h	-	v	v	v	v	m	V																	
R	E	F		x	x	x	x	h	-	y	y	y	y	m	V																	

F	W	D		u	u	u	u	h	-	v	v	v	v	m	V
R	E	F		x	x	x	x	h	-	y	y	y	y	m	V

LCD 4 lignes-16 caractères

« FWD » : chaîne de caractère fixe, indiquant que la ligne 1 du LCD est dédié au port FWD

uuuu : correspond à la valeur de l'ADC du port FWD en hexadécimal

vvvv : correspond à la tension calculée à partir de la valeur de l'ADC sur le port FWD en mV

« REF » : chaîne de caractère fixe, indiquant que la ligne 1 du LCD est dédié au port REF

xxxx : correspond à la valeur de l'ADC du port REF en hexadécimal

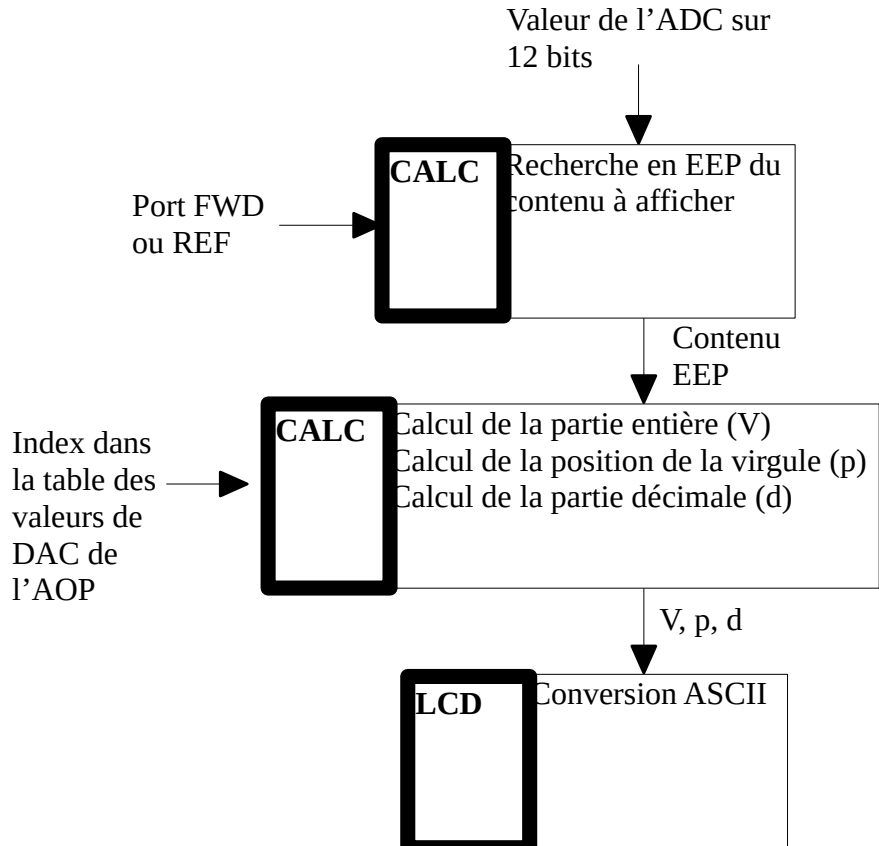
yyyy : correspond à la tension calculée à partir de la valeur de l'ADC par le PIC sur le port REF en mV

« h » : caractère symbolisant l'unité de la mesure de l'ADC (hexadécimal)

« mV » : chaîne de caractère indiquant l'unité de la mesure de la tension (mV)

Les valeurs de l'ADC sont codées sur 12 bits et la tension pleine échelle vaut 4,096V. L'ADC remonte une valeur sur une échelle [0;4,096V] par pas de 1mV.

ADC(hexa) sur 12 bits	Tension en mV
0x0000	0
0x0001	1
0x0002	2
...	...
0x7FD	2045
0x7FE	2046
0x7FF	2047

CALC	Calcul des tensions calibrées et de ADCfwd/ADCref	TEST	<p>Entrée :</p> <ul style="list-style-type: none"> valeur d'ADC des ports FWD ou REF Index dans la table de valeur de DAC de l'AOP <p>Sortie :</p> <ul style="list-style-type: none"> Partie entière de la tension calibrée (V) au format ASCII Position de la virgule en partant du dernier digit à droite (p) ex : p=3 : 1.234mV Partie décimale de la tension calibrée (d) au format ASCII  <pre> graph TD A[Valeur de l'ADC sur 12 bits] --> B[Port FWD ou REF] B --> C[CALC Recherche en EEP du contenu à afficher] C --> D[Contenu EEP] D --> E[Calcul de la partie entière (V) Calcul de la position de la virgule (p) Calcul de la partie décimale (d)] F[Index dans la table des valeurs de DAC de l'AOP] --> E E --> G[V, p, d] G --> H[LCD Conversion ASCII] </pre>
-------------	---	------	---

			Contraintes :											
CALC	Recherche en EEP du contenu à afficher	TEST	Entrées :											
			Valeur d'ADC											
			MSb											LSb
			Sorties :											
			EEP : contenu de l'EEP à afficher (valeur sur 12 bits)											
			Traitements :											
			1. Calculer l'adresse à consulter en EEPROM : Addr = ADC x 12/8											
			2. lire en EEP à l'adresse Addr et le stocker dans EEP_MSB											
			3. lire l'octet @Addr+1 et le stocker dans EEP_MSB											
			4. Si ADC _{LSb} = 0 : EEP = ((EEP_MSB décalé à gauche de 4)&0xFF0) (EEP_LSB décalé à droite de 4)											
			Si ADC _{LSb} = 1 : EEP = ((EEP_MSB décalé à gauche de 8)&0xF00) (EEP_LSB)											
			Contraintes :											
CALC	Calcul de la partie entière (V)		Entrée :											
			• EEP : contenu de l'EEP à afficher (valeur sur 12 bits)											
			• n : Index dans la table de valeur de DAC de l'AOP											
			Sortie : V = Partie entière de EEP											
			Traitements :											
			V = (contenu de l'EEP à afficher) décalé à droite de n											

			Contraintes			
CALC	Calcul de la position de la virugle	TEST	Entrée : <ul style="list-style-type: none">n : Index dans la table de valeur de DAC de l’AOP			
			Sortie : p position de la virgule			
			Traitements p = n			
			G (puissance de 2)	Position de la virgule (p)		
			0	0	0 chiffre après la virgule	
			1	1	1 chiffre après la virgule abc.d	
			2	2	2 chiffre après la virgule abc.de	
			3	3	3 chiffre après la virgule abc.def	
			4	4	4 chiffre après la virgule abc.defg	
			Contraintes :			
			CALC	Calcul de la partie décimale	TEST	Entrée <ul style="list-style-type: none">EEP : contenu de l’EEP à afficher (valeur sur 12 bits)n : Index dans la table de valeur de DAC de l’AOP
Sortie						
Traitements						
G (puissance de 2)	Précision	Conditions				Partie décimale (d)
0	1mV (1/2 ⁰)	N/A				0x00
1	0,5mV (1/2 ¹)	Contenu = (xxxxxxx0) ₂				0x00
		Contenu = (xxxxxxx1) ₂				0x05

			2	0,25mV ($1/2^2$)	Contenu = (xxxxxx00) ₂	0x00
					Contenu = (xxxxxx01) ₂	0x19
					Contenu = (xxxxxx10) ₂	0x32
					Contenu = (xxxxxx11) ₂	0x4B
			3	0,125mV ($1/2^3$)	Contenu = (xxxxx000) ₂	0x00
					Contenu = (xxxxx001) ₂	0x7D
					Contenu = (xxxxx010) ₂	0xFA
					Contenu = (xxxxx011) ₂	0x177
					Contenu = (xxxxx100) ₂	0x1F4
					Contenu = (xxxxx101) ₂	0x271
					Contenu = (xxxxx110) ₂	0x2EE
					Contenu = (xxxxx111) ₂	0x36B
			4	62,5μV ($1/2^4$)	Contenu = (xxxx0000) ₂	0x00
					Contenu = (xxxx0001) ₂	0x271
					Contenu = (xxxx0010) ₂	0x4E2
					Contenu = (xxxx0011) ₂	0x753
					Contenu = (xxxx0100) ₂	0x9C4
					Contenu = (xxxx0101) ₂	
					Contenu = (xxxx0110) ₂	
					Contenu = (xxxx0111) ₂	
					Contenu = (xxxx1000) ₂	
					Contenu = (xxxx1001) ₂	
					Contenu = (xxxx1010) ₂	
					Contenu = (xxxx1011) ₂	

					Contenu = (xxxx1100) ₂																																																														
					Contenu = (xxxx1101) ₂																																																														
					Contenu = (xxxx1110) ₂																																																														
					Contenu = (xxxx1111) ₂																																																														
			Contraintes :																																																																
LCD	Affichage des valeurs AOP	TEST	Entrée																																																																
			Sorties																																																																
			Traitements :																																																																
			<table><tr><td>F</td><td>W</td><td>D</td><td></td><td></td><td>R</td><td>E</td><td>F</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>a</td><td>a</td><td>a</td><td>a</td><td></td><td>b</td><td>b</td><td>b</td><td>b</td><td></td><td>c</td><td>.</td><td>c</td><td>c</td><td></td><td></td></tr></table> <div>LCD 2 lignes-16 caractères</div>				F	W	D			R	E	F									a	a	a	a		b	b	b	b		c	.	c	c																															
			F	W	D			R	E	F																																																									
a	a	a	a		b	b	b	b		c	.	c	c																																																						
<table><tr><td>F</td><td>W</td><td>D</td><td></td><td></td><td>R</td><td>E</td><td>F</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>a</td><td>a</td><td>a</td><td>a</td><td></td><td>b</td><td>b</td><td>b</td><td>b</td><td></td><td>c</td><td>.</td><td>c</td><td>c</td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> <div>LCD 2 lignes-16 caractères</div>				F	W	D			R	E	F									a	a	a	a		b	b	b	b		c	.	c	c																																		
F	W	D			R	E	F																																																												
a	a	a	a		b	b	b	b		c	.	c	c																																																						
« aaa » correspond à la mesure de la tension en mV du port FWD calibrée par les paramètres en EEPROM « bbb » correspond à la mesure de la tension en mV du port REF calibrée par les paramètres en EEPROM « c.cc » correspond au résultat du calcul ADCfwd/ADCref																																																																			
			Contraintes																																																																

5.3.3-Firmware de « calibration »

tbc

En mode « calibration », le « SWR-POWER METER F8KGL » affiche :

Pendant 5s

		C	A	L	I	B	R	A	T	I	O	N			

LCD 2 lignes-16 caractères

Puis

F	W	D	=	x	x	x	x			a	a	a	a	m	V
R	E	F	=	y	y	y	y			b	b	b	b	m	V

		C	A	L	I	B	R	A	T	I	O	N			
F	W	D	=	x	x	x	x			a	a	a	a	m	V
R	E	F	=	y	y	y	y			b	b	b	b	m	V

LCD 4 lignes-16 caractères

Pour effectuer la calibration dans les 3 bandes (HF, VHF, UHF), et sur une plage de puissance de 0 à 100W, l'utilisateur sera amené à interagir avec le SWR POWER METER afin de valider la sauvegarde des valeurs de calibration.

Un outil logiciel, appelé SWR_POWER_METER_calibrateur, permettra à l'utilisateur de générer un

fichier de calibration (voir § 3.7), à télécharger dans la mémoire du MCU.

- « xxxx » correspond à la mesure de calibration à reporter dans l’outil de calibration
- « yyyy » correspond à la mesure de calibration à reporter dans l’outil de calibration
- « aaaa » correspond à la valeur de l’ADC sur le port transmis
- « bbbb » correspond à la valeur de l’ADC sur le port réfléchi

5.3.4-Firmware « opérationnel »

tbc>

Le mode « opérationnel » correspond au mode de fonctionnement conventionnel du « SWR POWER METER F8KGL ». C’est ce mode de fonctionnement qui permet la mesure des puissances transmises, réfléchie, et du ROS.

En mode opérationnel le « SWR-POWER METER F8KGL » affiche :

F	W	D			R	E	F		S	W	R				
a	a	a	W		b	b	b	W	c	.	c	c	!	!	

LCD 2 lignes-16 caractères

F	W	D											a	a	a	W
R	E	F											b	b	b	W
S	W	R		c	.	c	c	!	!	!	!	!	!	!	!	!

LCD 4 lignes-16 caractères

- « aaa » correspond à la mesure de la puissance transmise en W
- « bbb » correspond à la mesure de la puissance réfléchie en W
- « c.cc » correspond à la mesure du ROS. 2 points d’exclamation clignotant s’affichent « !! » si le

			ROS>2
--	--	--	-------

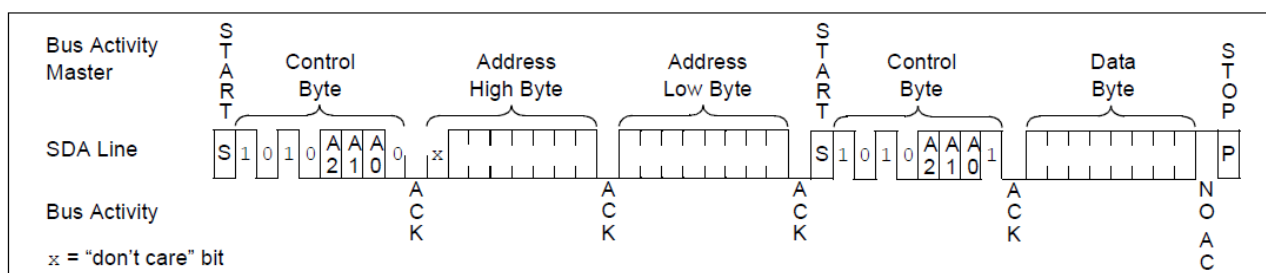
5.7-Compléments

5.7.1-EEP

5.7.1.1-Initialisation

Il n'y a rien à faire pour initialiser l'EEP 24AA256.

5.7.1.2-Lecture d'une valeur d'ADC en EEP



L'adresse du device est : $(1010000)_2 = 0x80$

5.7.2-Composant ADC

Le LTC2305 possède 4 bits de commande.

S/D	O/S	X	X	UNI	SLP
-----	-----	---	---	-----	-----

S/D = SINGLE-ENDED/DIFFERENTIAL BIT

O/S = ODD/SIGN BIT

UNI = UNIPOLAR/BIPOLAR BIT

SLP = SLEEP MODE BIT

Dans tous les cas de figures d'utilisation du LTC2305, il faut avoir : UNI=0 et SLP=0.

5.7.2.1-Initialisation ADC

Il n'y a rien à faire pour initialiser le LTC2305.

5.7.2.2-Lecture des valeurs ADC Fwd et REF

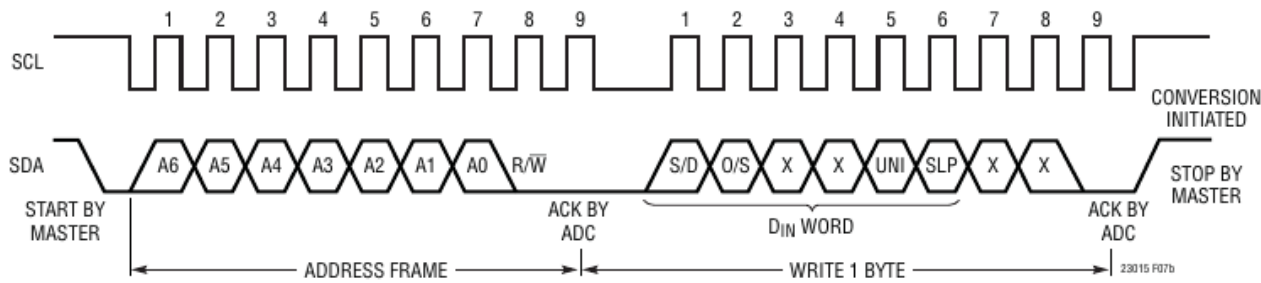
5.7.2.2.1-Lecture ADC FWD

1. Trame Write

L'adresse du device est $(0001000)_2=0x08$

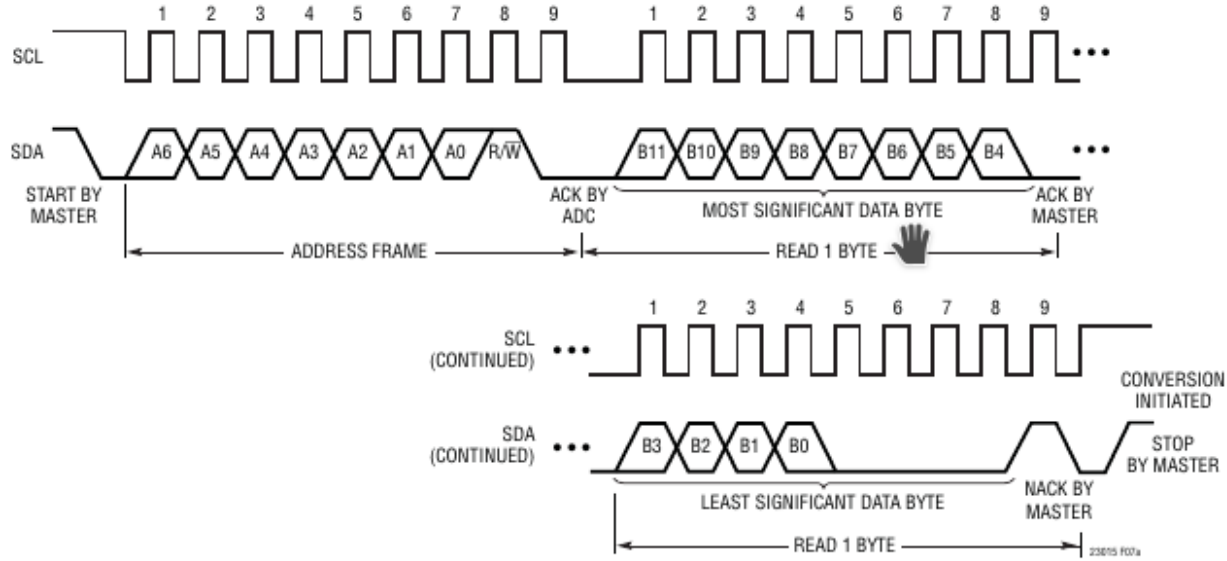
S/D	O/S	CH0	CH1
0	0	+	-
0	1	-	+
1	0	+	
1	1		+

UNI=0
SLP=0



A l'issue de cette trame, la conversion est initialisée. Typiquement, elle met 1,3µs (max 1,6µs)
Pendant la conversion, le LTC2305 répond NACK au trames I2C.

2. Trame Read



5.7.2.2.2-Lecture ADC REF

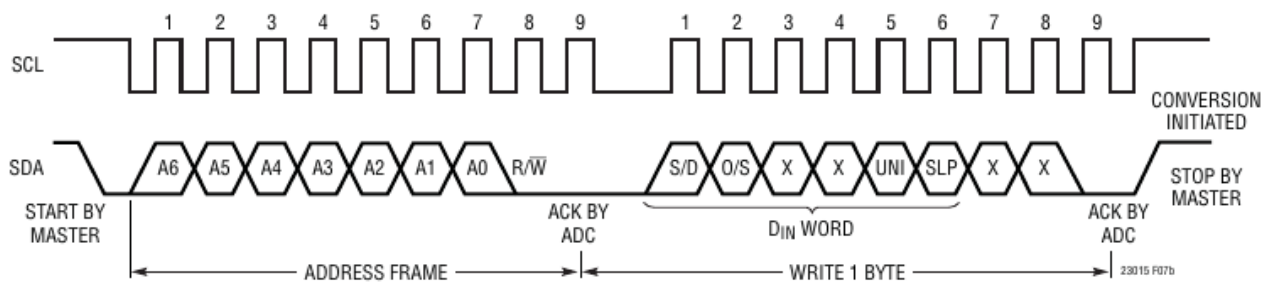
1. Trame Write

L'adresse du device est $(0001000)_2 = 0x08$

S/D	O/S	CH0	CH1
0	0	+	-
0	1	-	+
1	0	+	
1	1		+

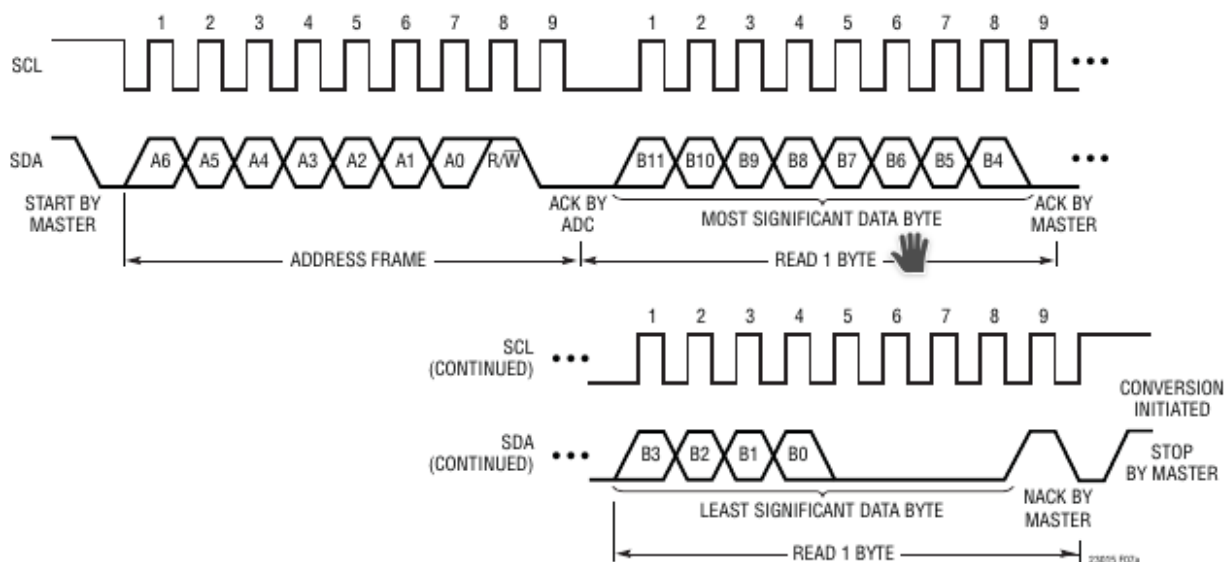
UNI=0

SLP=0



A l'issue de cette trame, la conversion est initialisée. Typiquement, elle met $1,3\mu s$ (max $1,6\mu s$)
Pendant la conversion, le LTC2305 répond NACK au trames I2C.

2. Trame Read



5.7.3-Composant AOP

5.7.3.1-Initialisation

Il n'y a rien à faire pour initialiser l'AD5175.

5.7.3.2-Fixer la valeur de R_{DAC}

1. Trame I2C Write

L'adresse I2C du composant AOP du port fwd est 0x2F.

L'adresse I2C du composant AOP du port ref est 0x2C.

Command Number	Command[DB13:DB10]				Data[DB9:DB0] ¹										Operation
	C3	C2	C1	C0	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
0	0	0	0	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	NOP: do nothing.
1	0	0	0	1	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D	Write contents of serial register data to RDAC.
2	0	0	1	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Read contents of RDAC wiper register.
3	0	0	1	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Store wiper setting: store RDAC setting to 50-TP.
4	0	1	0	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Software reset: refresh RDAC with the last 50-TP memory stored value.
5 ²	0	1	0	1	X	X	X	X	D5	D4	D3	D2	D1	D0	Read contents of 50-TP from the SDO output in the next frame.
6	0	1	1	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Read address of the last 50-TP programmed memory location.
7 ³	0	1	1	1	X	X	X	X	X	X	X	X	D1	D0	Write contents of the serial register data to the control register.
8	1	0	0	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Read contents of the control register.
9	1	0	0	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	D0	Software shutdown. D0 = 0; normal mode. D0 = 1; shutdown mode.

Figure 25. Write Command

5.7.5-Log

Le firmware de test doit être pourvu d'une fonctionnalité de trace. Cette fonctionnalité doit tracer :

- les aspects protocolaires des trames I2C échangées
- des performances de timing des algorithmes de calculateur

Les traces sont stockées dans l'EEP du PIC sur 128 octets sur le format TLV.

Le tag identifie le type de trame enregistrées suivant la définition suivante :

Signification du TAG (1 octet)							
bit7	bit6	bit5	bit4	bit3	bit2	bit1	bit0
1=I2C NACK	1=ADC	1=AOP	1=EEP	tbd	tbd	tbd	tbd
0	1=Erreur PIC	1=PIC Stackoverf low	tbd	tbd	tbd	tbd	tbd
0	0	1=Timer	tbd	tbd	tbd	tbd	tbd

La longueur identifie la longueur du champ « value » en octet. La valeur de ce champ est obligatoirement au moins égale à 1.

Le champ « Value » contient au moins 1 octet, qui identifiera le numéro de trame. Au démarrage, lors du premier enregistrement, le numéro de trame vaut 0. Il s'incrémente jusqu'à 127, et redémarre de 0

Type de trame	Value		
	Octet de poids fort	Octet(s) de poids faible	
I2C NACK	Timestamp	sans	
Erreur PIC	Timestamp	tbd	
Timer	Timestamp	tbd	

5.8-Calibrateur

tbd

Cette application, qui est un outil logiciel permettant la calibration du SWR POWER METER F8KGL, devra répondre aux exigences suivantes :

- Compatibilité Windows/Linux
- Interface graphique minimale mais conviviale
- Nombre de bande de calibration paramétrable par l'utilisateur ($N_{MAX}=3$)
- Génère en sortie, un fichier de calibration, contenant les paramètres de calibration, l'indicatif de l'utilisateur, et la date de la calibration. Le fichier de calibration reprendra l'indicatif et la date dans le nom du fichier généré.

Cette application assurera les fonctionnalités suivantes :

- téléchargement de l'application de calibration.
- Calibration du SWR POWER METER ou du xWATT METER suivant le cas
- téléchargement de la table de calibration depuis ou vers l'EEPROM
- calcul de la table de table de calibration
- contrôle des logs pour validation

5.9-Programmateu

5.9.1-PIC

Programmer le .hex

Comment récupérer les log ?

5.9.2-EEPROM