

SWR POWER METER F8KGL

Spécifications

V 0.7

F0EOS-F4BJH-11/05/20-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
2.1.2-Détecteur HF (source Wikipedia).....	7
2.2-Calculateur.....	8
2.2.1-ADC (source EMSE).....	9
2.2.2-MCU.....	10
2.3-Afficheur.....	11
2.4-Régulateur d'alimentation.....	12
3-SPECIFICATIONS GENERALES.....	15
3.1-Performances.....	15
3.2-Spécifications matérielles générales.....	15
3.3-Spécifications logicielles générales.....	16
3.4-Schéma bloc général.....	16
3.4.1-Matériel.....	16
3.4.2-Logiciel.....	18
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-Régulateur d'alimentation.....	31
5-SPECIFICATIONS LOGICIELLES.....	33
5.1-Généralités.....	33
5.2-MCU.....	34
5.2.1-Généralités.....	34
5.2.2-Firmware.....	34

5.2.2.1-Firmware de « TEST ».....	34
5.2.2.2-Firmware de « CALIBRATION ».....	36
5.2.2.3-Firmware « OPERATIONNEL ».....	36
5.3-Affichage sur le LCD.....	36
5.3.1-Message de boot	36
5.3.2-Firmware de « Test ».....	36
5.3.3-Firmware de « calibration ».....	37
5.3.4-Firmware « opérationnel ».....	38
5.4-Composant ADC.....	38
5.4.1-Initialisation ADC.....	38
5.4.2-Lecture des valeurs ADC Fwd et REF.....	38
5.5-Composant AOP.....	39
5.5.1-Initialisation.....	39
5.5.2-Fixer le gain AOP.....	39
5.6-EEP.....	40
5.6.1-Firmware de test.....	40
5.7-Calibrateur.....	41

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

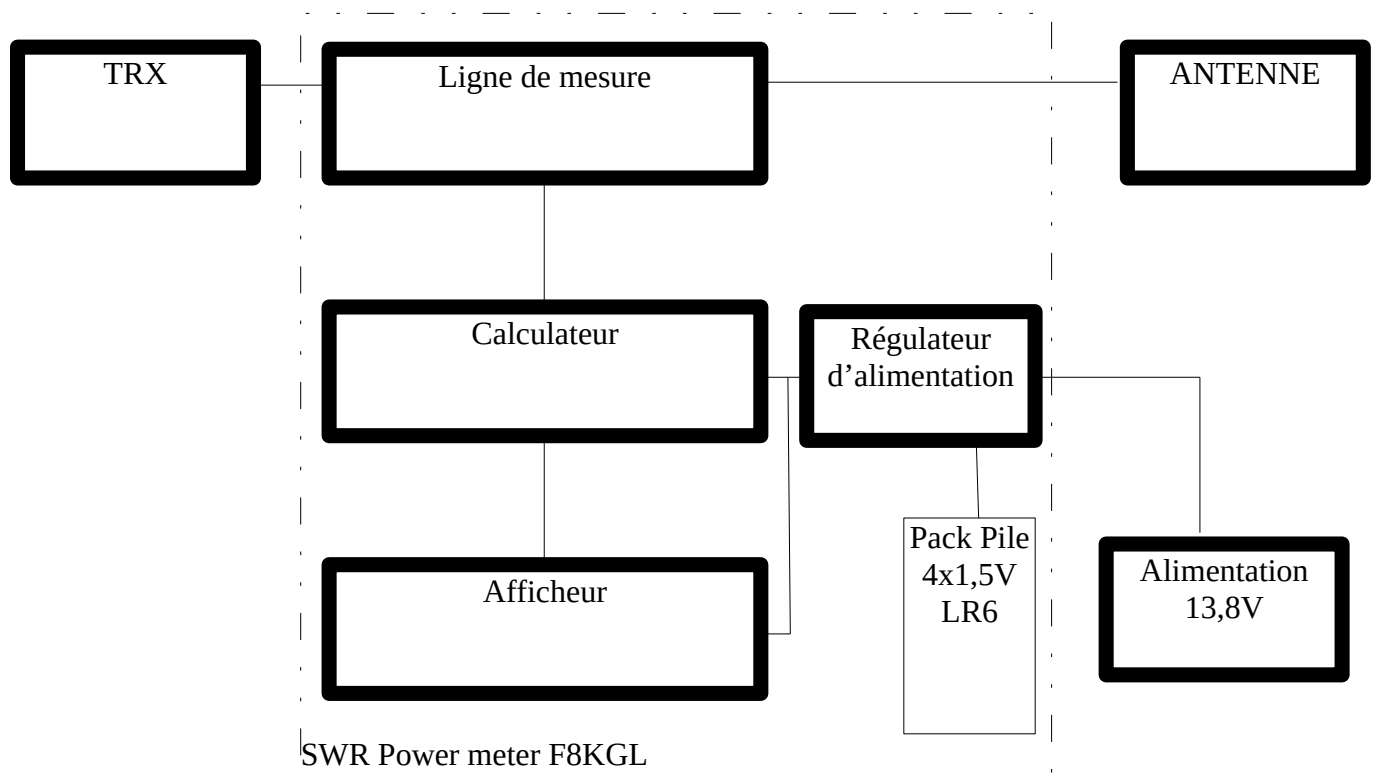


D'un point de vue fonctionnel, le « SWR Power Meter F8KGL » doit permettre :

- 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



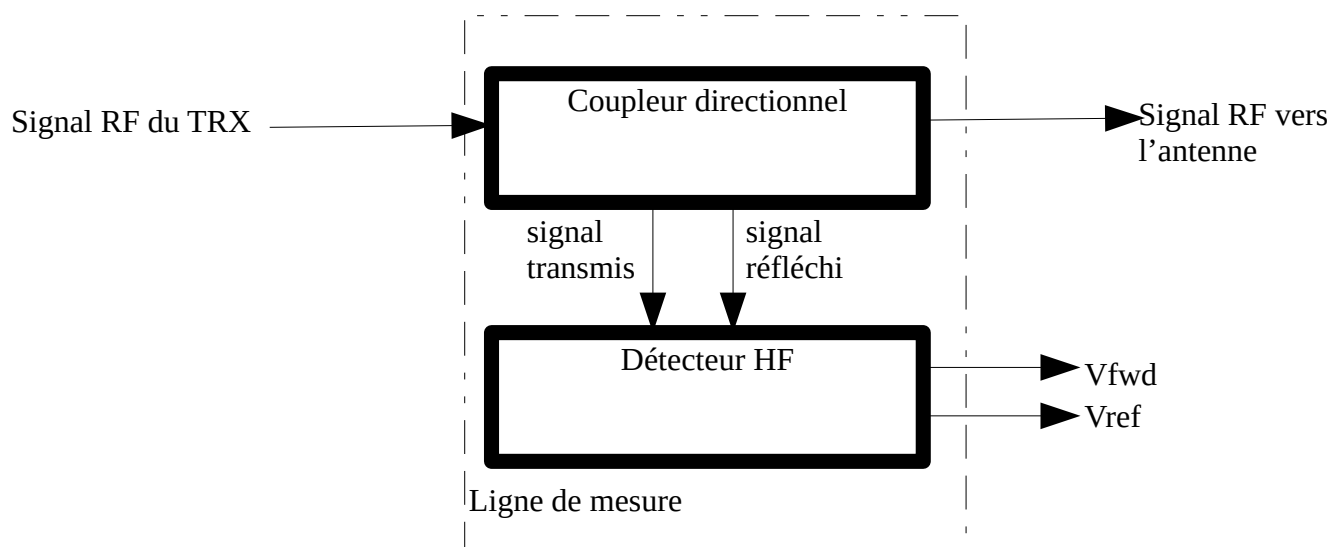
2.1-Ligne de mesure

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
- pour chacun de ces 2 signaux, fournir 2 tensions dont les valeurs sont liées à la puissance du signal transmis et réfléchi

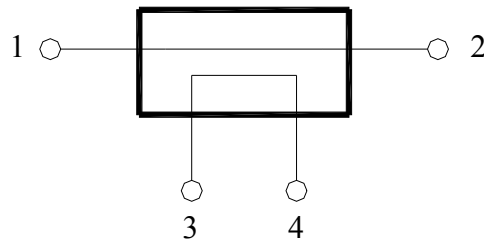
La ligne de mesure sera constitué de 2 dispositifs standards de l'état de l'art :

- coupleur directionnel
- détecteur HF



2.1.1-Coupleur directionnel (source F5ZV)

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



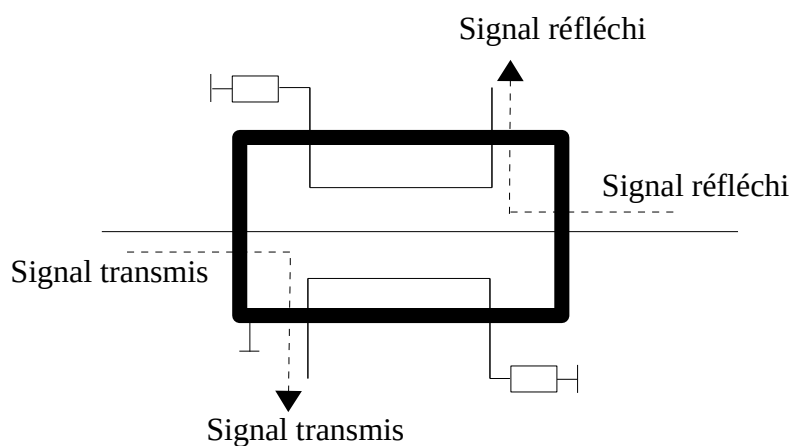
Un coupleur est constitué d'un tronçon de ligne de même impédance que celle sur laquelle il sera utilisé. Cette ligne peut être une ligne sur circuit imprimé, un guide d'onde, un câble coaxial. Parallèlement à l'âme de cette ligne, une ligne dite de « mesure » est placée à quelques millimètres. Le courant 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.

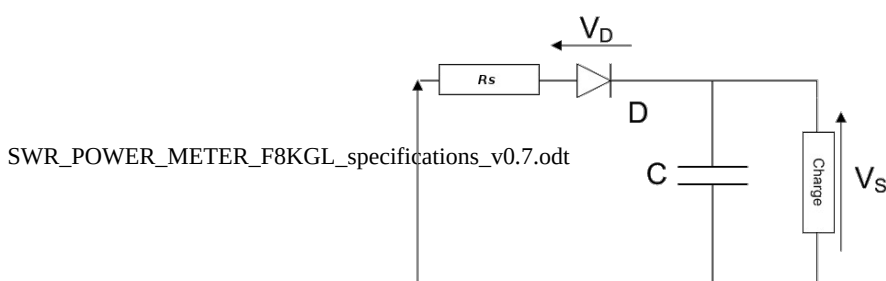
Le port 3 récupère alors une fraction de l'onde transmise au port 1.

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 et réfléchies sur les ports 3.



2.1.2-Détecteur HF (source Wikipedia)



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.

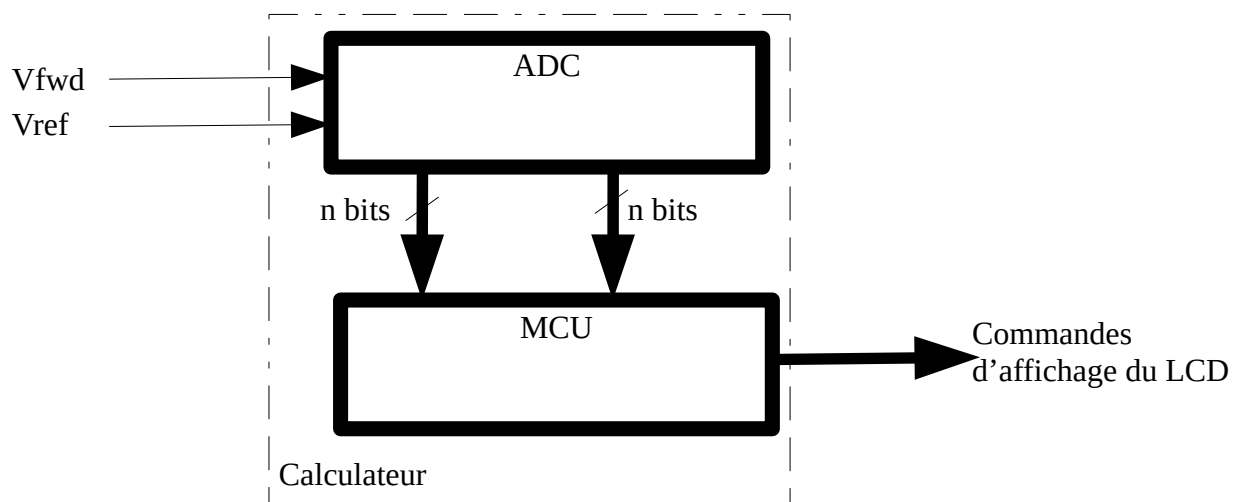
2.2-Calculateur

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 :

- 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 2 dispositifs standards de l'état de l'art :

- 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.

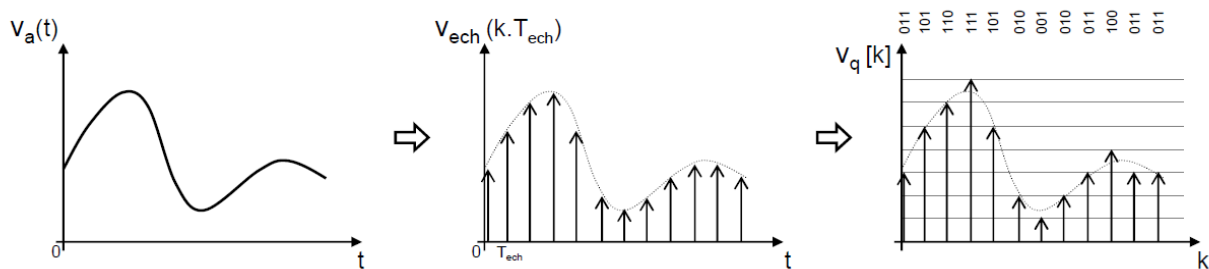
2.2.1-ADC (source EMSE)

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.



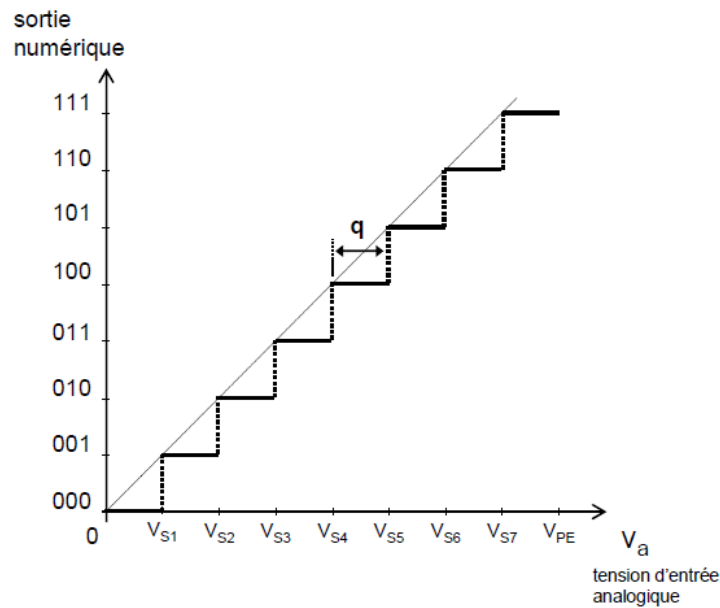
Un signal analogique, $v_a(t)$ continu en temps et en amplitude (i) est échantillonné à une période d'échantillonnage constante T_{ech} . On obtient alors un signal échantillonné $v_{ech}(k \cdot T_{ech})$ discret en temps et continu en amplitude.

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

2.2.2-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'instruction, 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 réfléchiée 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.

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 réfléchiées) en W
- Afficher le SWR
- Afficher les puissances calculées (puissances transmises, et réfléchiées) 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-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-Spécifications matérielles générales

- Le SWR POWER METER devra être robuste
- Le SWR POWER METER devra pouvoir être vendu en kit sous 2 formats :
 1. Entièrement en kit : PCB, composants électronique (sans la ligne de mesure), programme
 2. En kit partiel : PCB, boîtier, ligne de mesure, composants électronique, programme
- Le SWR POWER METER devra être convivial
- Le SWR POWER METER devra être sans bug
- Le SWR POWER METER devra pouvoir être calibré par l'OM, avec les moyens de mesures suivants :
 - TRX HF, VHF, UHF de 0 à 100W (10%)

- Wattmètre 100W
- Charge fictive 100W

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.

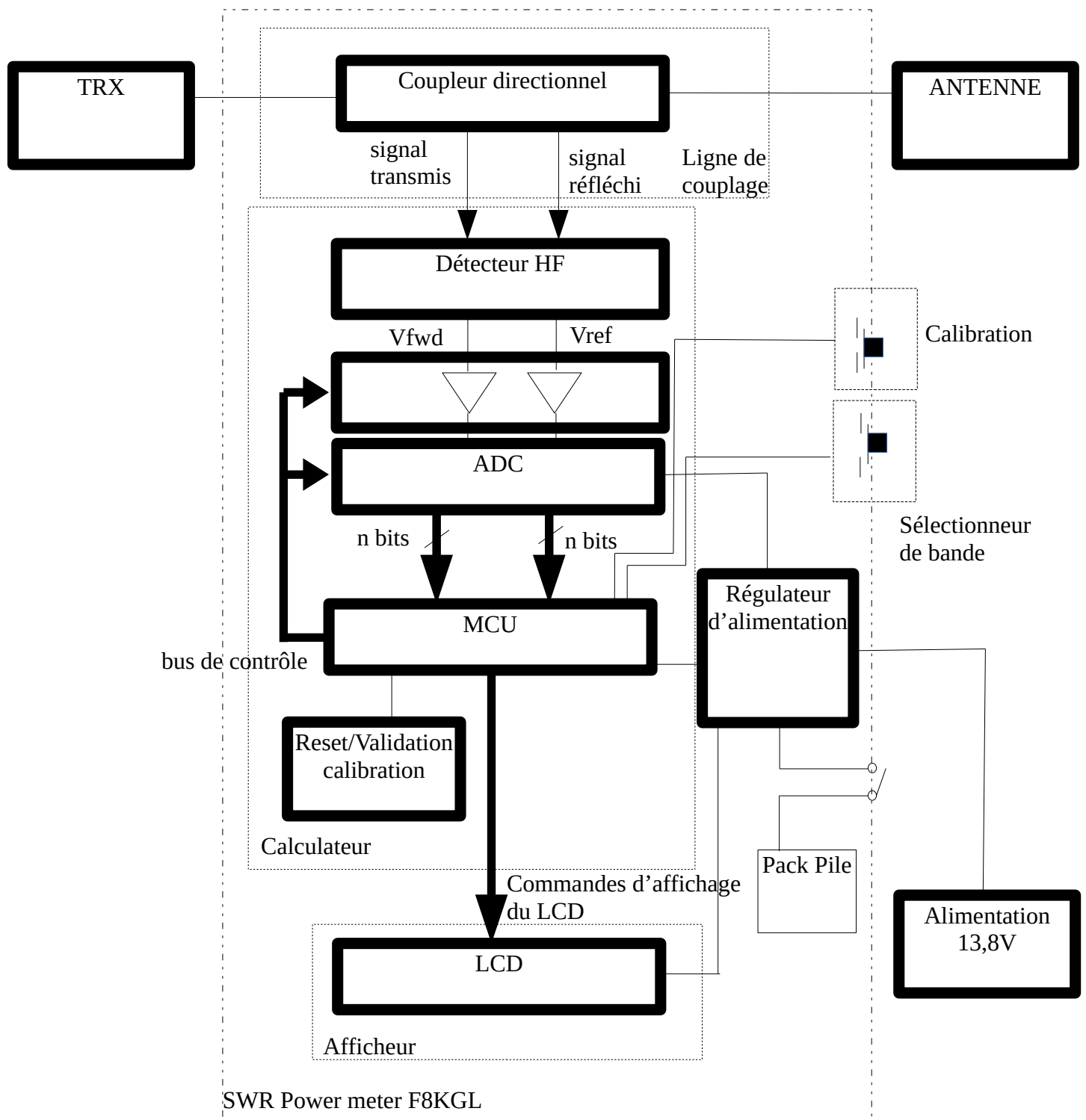
Le logiciel sera placé sous contrôle de version. Les versions primaires seront des versions de tests, à des fins de debug.

3.4-Schéma bloc général

3.4.1-Matériel

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

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

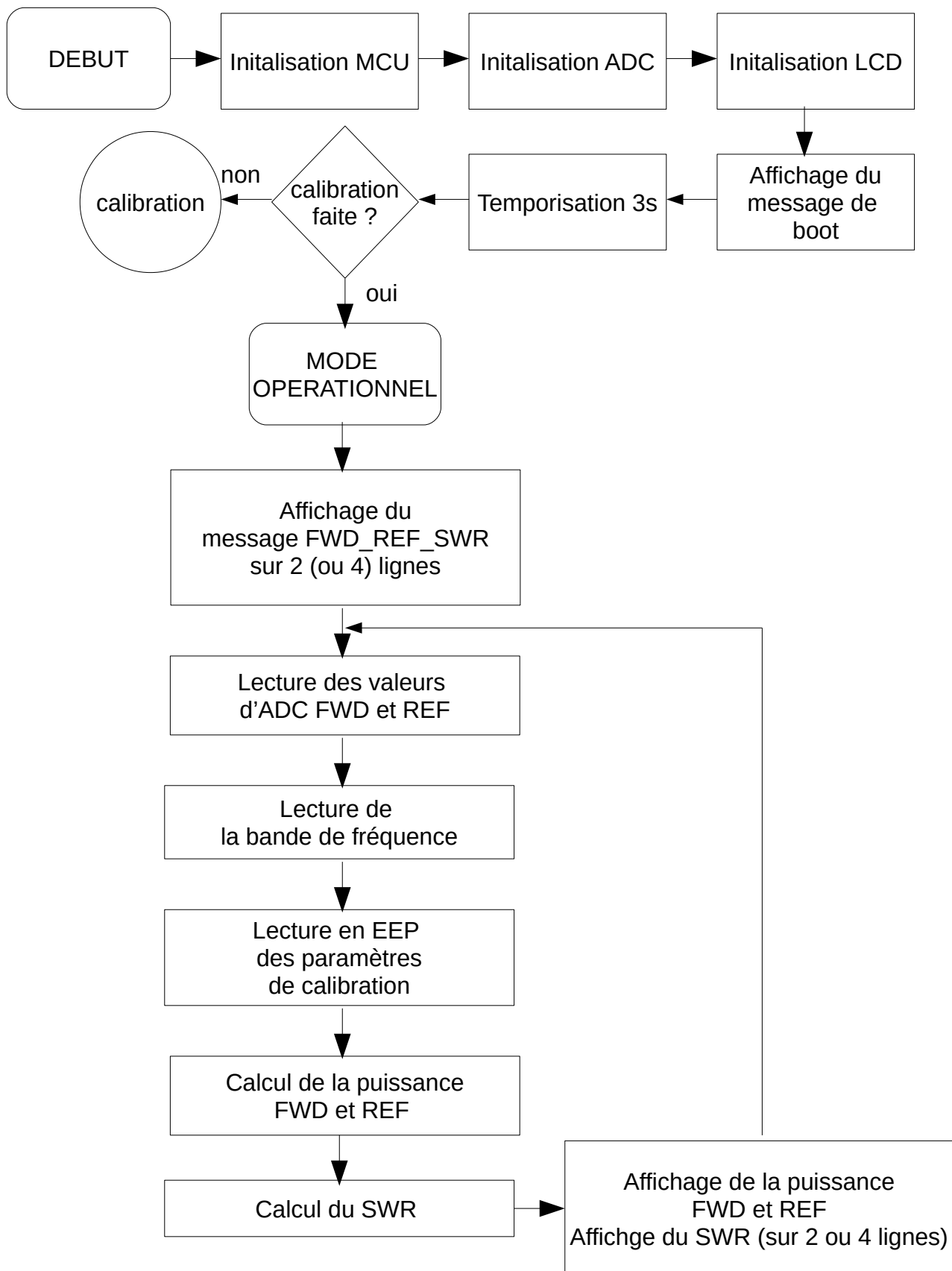
Le bloc « Alimentation » est composé de **tbd** modules :

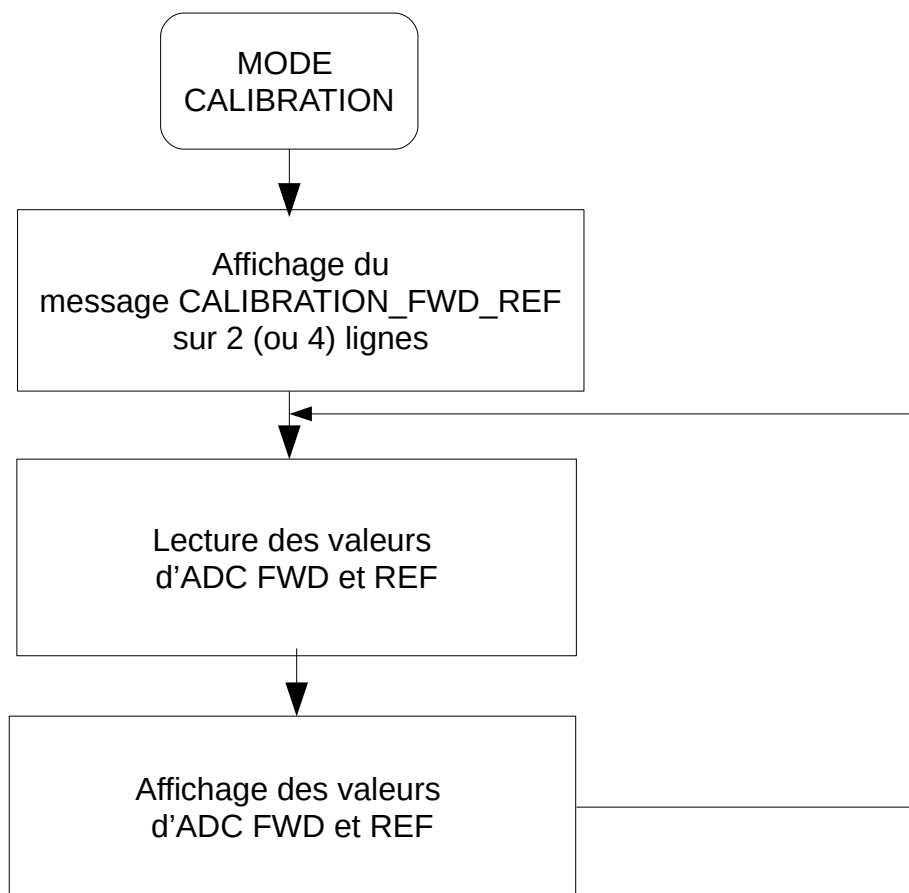
tbd

3.4.2-Logiciel

Le logiciel du SWR POWER METER F8KGL comporte plusieurs fonctions principales :

- Initialisation : consiste à mettre l'ensemble des modules matériel dans un état connu et défini à l'avance
- Affichage : consiste à envoyer une commande informatique au LCD pour l'affichage d'une chaîne de caractère
- Lecture des valeurs d'ADC : consiste à lire la mesure effectuée par l'ADC
- Calcul : consiste à faire un calcul mathématique





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 $\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$ <u>1</u>

(Source Wikipedia)

4.2-Connecteurs

LCD	HE10
Programmateur 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 meilleures 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

tdb

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

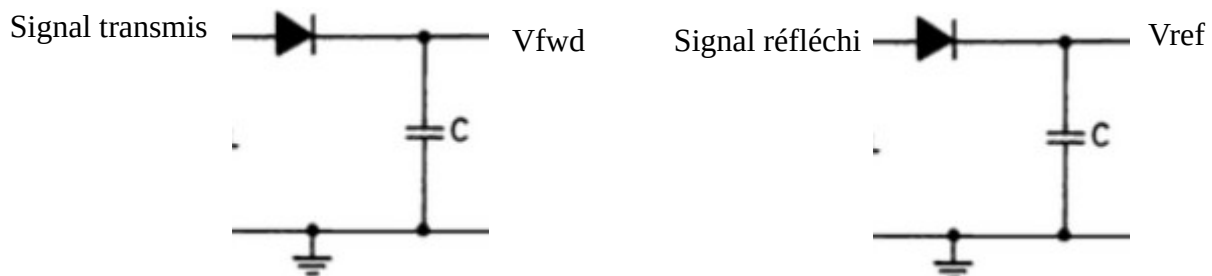


JV = Device Code
M = Date Code*
▪ = Pb-Free Package

(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 : $10k\Omega$
- résolution : 1024
- mémoire : 50 valeurs de résistances possible
- valeur de résistance contrôlé par bus I2C

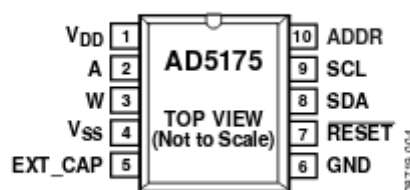
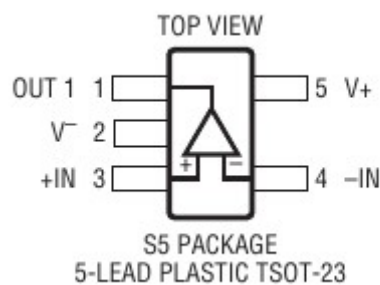


Figure 4. MSOP Pin Configuration

4.6.1.2-AOP faible bruit

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

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



4.6.2-Schéma de principe

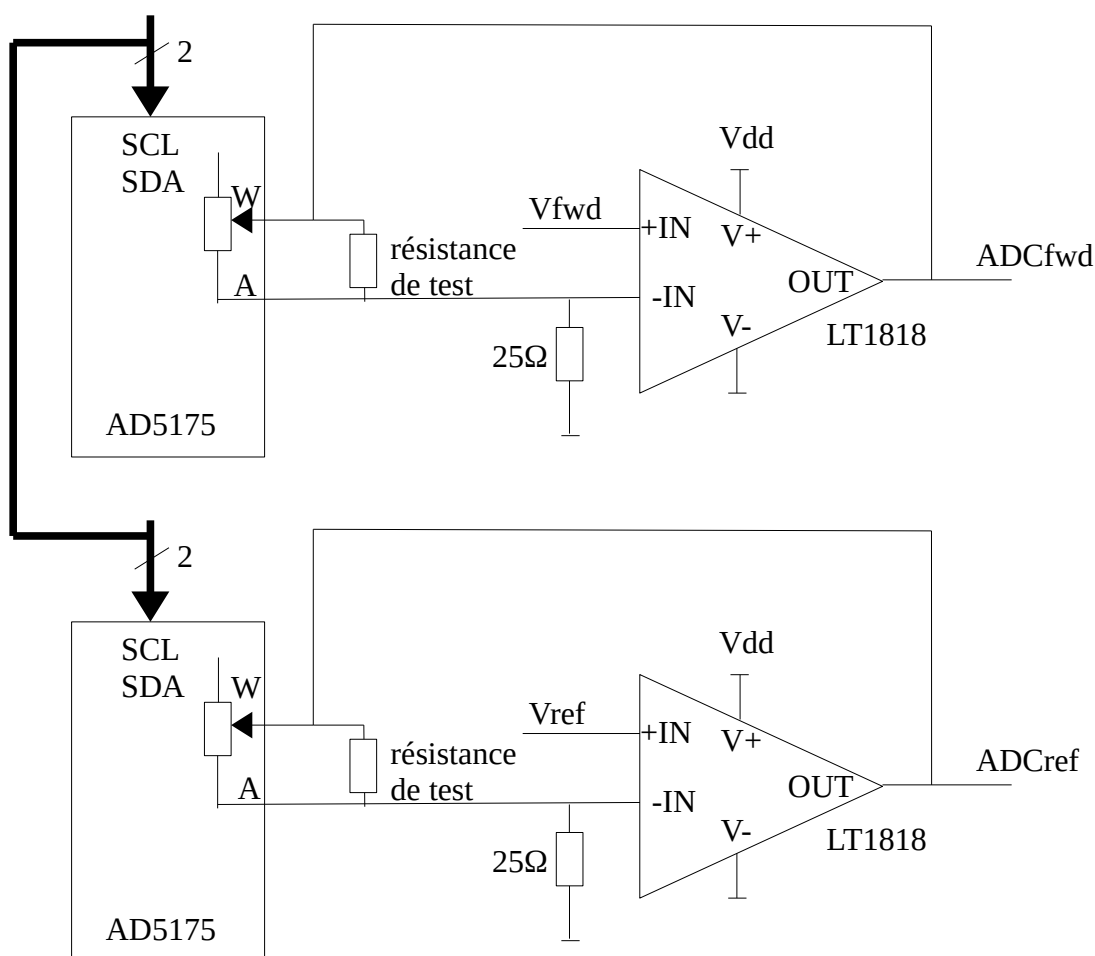
La procédure de calibration du SWR POWER METER F8KGL consiste à régler le gain de la chaîne d'amplification.

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 résistances 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 -	
EXT_CAP(5)	Condensateur externe	Placer 1µF entre EXT_CAP et la masse
GND(6)	Masse	
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

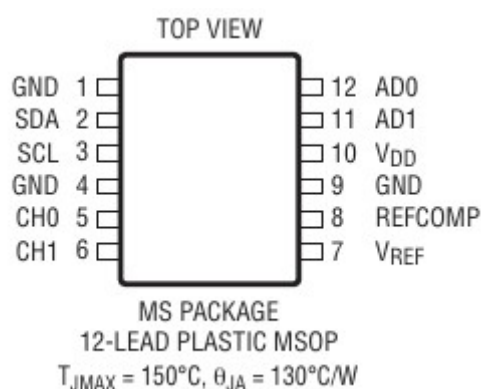
Pin	Fonction	Connection
OUT(1)	sortie	Voir schéma de principe
V-(2)	Alimentation -	masse
+IN(3)	Entrée non inverseur	Voir schéma de principe
-IN(4)	Entrée inverseur	Voir schéma de principe
V+(5)	Alimentation +	A découpler avec 100nF et 10µF

4.7-ADC

4.7.1-Composant

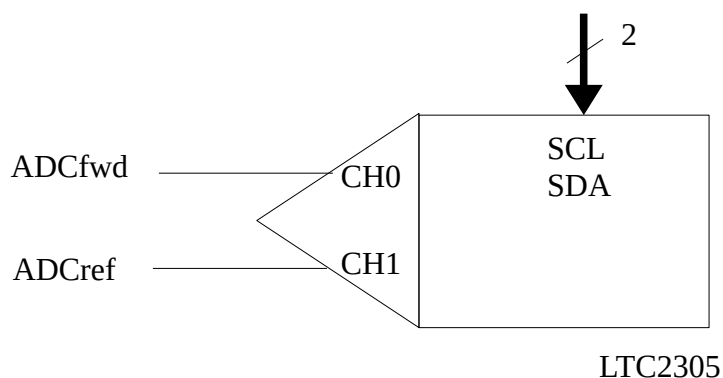
L'ADC est le LTC2305, car il offre les spécifications suivantes :

- 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)	tbd	tbd
REFCOMP(8)	tbd	tbd

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

4.8.1-Composant

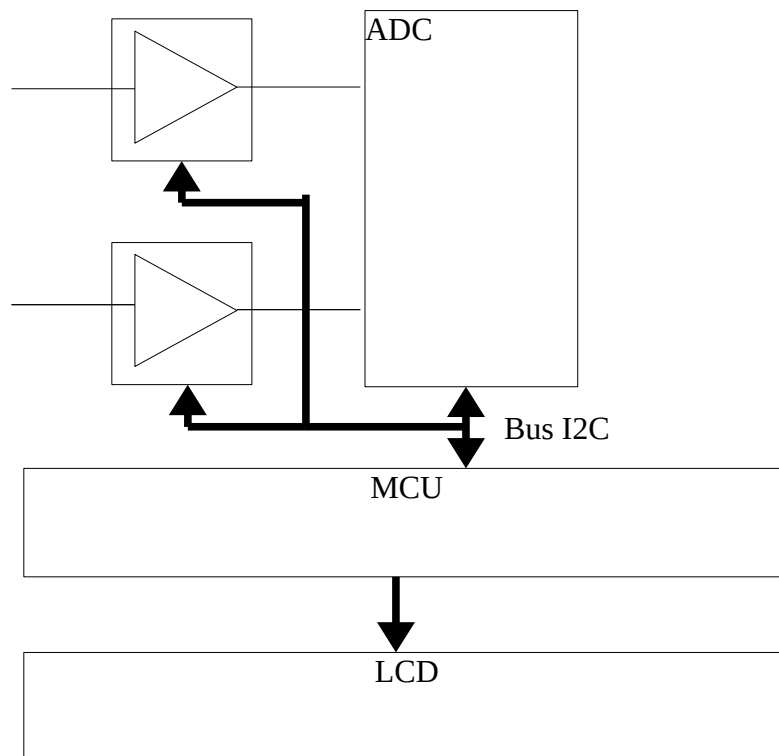
	min	typ	max	Unité
Tension d'alimentation	4,5	5	5,5	V
Intensité				
Horloge		4		MHz
Taille mémoire				
Programme				
Calibration ⁽²⁾		50ko		
Entrées/Sortie				
Nombre d'I/O ⁽¹⁾	15 ⁽¹⁾			
Nombre de canaux ADC		0		

⁽¹⁾Nombre d'I/O :LCD (6), sélectionneur de bande(1), ADC externe (3+1), EEP Externe (*tbd*), switch(3+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



Pin	Fonction	Connection
MCLR/VPP/RA5	tbd	tbd
OSC1/CLK1/RA7	tbd	tbd
OSC0/CLK0/RA6	tbd	tbd
RA0	tbd	tbd
RA1	tbd	tbd
RA2	Bus I2C	Données du bus I2C (SDA). Placer une pullup de 10kΩ
RA3	Bus I2C	Horloge du bus I2C (SCL). Placer une pullup de 10kΩ
RA4	tbd	tbd
RA5	tbd	tbd
RA6	tbd	tbd
RA7	tbd	tbd
RB0	tbd	tbd
RB1	tbd	tbd
RB2	tbd	tbd
RB3	tbd	tbd

RB4	tbd	tbd
RB5	tbd	tbd
RB6	tbd	tbd
RB7	tbd	tbd
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 - tbd

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-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).

3 firmwares seront génères :

-Firmware de test, correspondant au mode de fonctionnement « test » du « SWR Power Meter F8KGL. Ce firmware est généré en positionnant le flag de compilation TEST.

Nom : « swr_power_meter_f8kgl-Vn.m.TEST.hex »

Il permet le debug et le prototypage du projet.

Il sert également à la calibration du point de fonctionnement à 1W (§1.4)

-Firmware de calibration, correspondant à la fonctionnalité du mode « calibration » seule du « SWR Power Meter F8KGL ». Ce firmware est généré en positionnant le flag de compilation CALIBRATION.

Nom : « swr_power_meter_f8kgl-Vn.m.CALIBRATION.hex »

-Firmware opérationnel, correspondant au mode de fonctionnement opérationnel du « SWR Power Meter F8KGL » telle que décrite dans le §3.

Nom : « swr_power_meter_f8kgl-Vn.m.hex »

n : correspond à une version majeure du « SWR Power Meter F8KGL ».

m : correspond à une version mineure du « SWR Power Meter F8KGL ».

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	Mode calibration implémenté et validé en simulation	LTC2305, AD5175, LT1818 implémenté	
V1.0 et dérivées V1.m	Mode test et calibration validé sur cible matérielle Mode opérationnel implémenté et validé en simulation		
V2.0 et dérivées V2.m	Mode 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 (en simulation ou sur cible matériel selon le cas)

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 (de manière unitaire le cas échéant, ou avec la version de logiciel associé à l'état du matériel)

La version V0.7 est une version de prototype pour le logiciel et le matériel

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

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

5.2-MCU

5.2.1-Généralités

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.

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

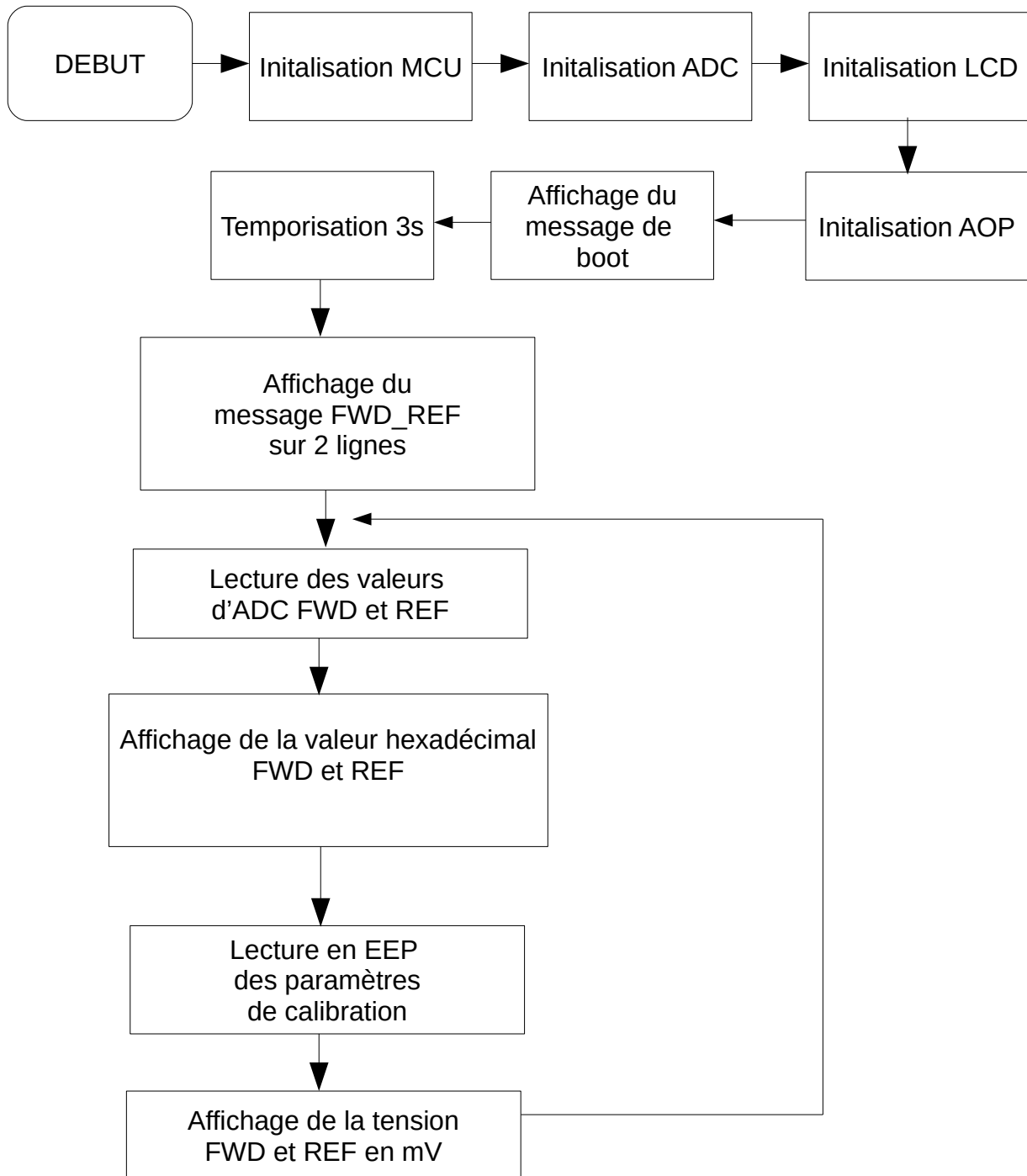
5.2.2-Firmware

5.2.2.1-Firmware de « TEST »

Le firmware de « test » est un firmware de validation du « SWR POWER METER F8KGL ».

Il doit implémenter les fonctionnalité :

- Initialisation des modules
- Lecture de ADCfwd, et ADCref
- Affichage de ADCfwd et ADCref (valeur ADC brute en hexadécimal, et valeur de la tension en mV à l'entrée du module « AOP »)



5.2.2.2-Firmware de « CALIBRATION »

5.2.2.3-Firmware « OPERATIONNEL »

5.3-Affichage sur le LCD

5.3.1-Message de boot

Le message de boot est commun à tous les firmware (test, calibration opérationnel)

A la mise sous tension, le « SWR POWER METER F8KGL », affiche le message suivant pendant 5s :

S	W	R	-	P	O	W	E	R		m	e	t	e	r	
F	8	K	G	L								V	n	.	m

LCD 2 lignes-16 caractères

S	W	R	-	P	O	W	E	R		m	e	t	e	r	
F	8	K	G	L								V	n	.	m

LCD 4 lignes-16 caractères

Vn.m correspond à la version du logiciel chargée dans la mémoire du microcontrôleur (ou MCU).

Au bout des 5 secondes, le « SWR-POWER METER F8KGL » détermine s'il est en phase de « calibration », ou en phase de « mesure ».

5.3.2-Firmware de « Test »

Le message FWD_REF sur le LCD a la forme suivante :

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

« 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 par le PIC 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)

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

A partir du mode opérationnel, il sera possible de retourner dans le mode de calibration, à condition de réinitialiser les valeurs de calibration. Dans ce cas, le SWR POWER METER F8KGL passe en mode calibration, sans possibilité d'en sortir, à moins d'avoir effectué de nouveau une calibration complète.

5.4-Composant ADC

5.4.1-Initialisation ADC

5.4.2-Lecture des valeurs ADC Fwd et REF

Trame write

trame read

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

5.5-Composant AOP

5.5.1-Initialisation

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

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

5.5.2-Fixer le gain AOP

1. Trame I2C Write

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.

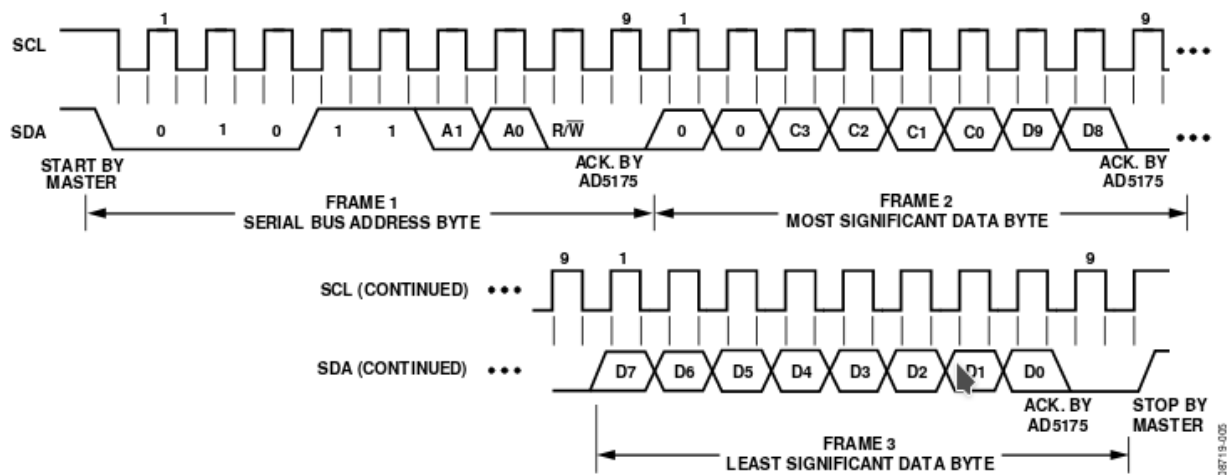


Figure 25. Write Command

5.6-EEP

5.6.1-Firmware de test

La conversion « valeur hexadécimal de l'ADC » vers « tension calculée de l'ADC en mV » se fera à l'aide d'une table de calibration, placée en mémoire flash. Elle portera le nom de « table de calibration théorique de l'ADC ».

ADC(hexa) sur 12 bits	Tension en mV	Valeur de la tension en mV stockée en EEP
0x0000	0	0x0000
0x0001	1	0x0001
0x0002	2	0x0002
...
0xFFE		
0xFFF		

5.7-Calibrateur

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.