

SWR POWER METER F8KGL

Spécifications

V 0.8

F0EOS-F4BJH-15/03/21-Vauréal Amitié Radio

Table des matières

1-INTRODUCTION.....	4
2-SPECIFICATIONS GENERALES.....	5
2.1-Versions.....	5
2.2-Architecture matérielle.....	6
2.2.1-Ligne de mesure.....	7
2.2.2-Calculateur.....	7
2.2.3-Afficheur.....	8
3-SPECIFICATIONS MATERIELLES.....	8
3.1-Schéma bloc général.....	8
3.2-Technologie PCB.....	10
3.3-Connecteurs.....	11
3.4-Interrupteur, bouton poussoir, connecteur d'alimentation.....	11
3.5-Coupleur directif.....	12
3.5.1-Coupleur en ligne imprimée.....	12
3.5.2-Coupleur en câble coaxial semi-rigide.....	12
3.6-Détecteur HF.....	13
3.6.1-Composants.....	13
3.6.2-Schéma de principe.....	13
3.7-AOP.....	14
3.7.1-Composant AOP faible bruit.....	14
3.7.2-Schéma de principe.....	15
3.8-ADC.....	15
3.8.1-Composant.....	15
3.8.2-Schéma de principe.....	16
3.9-MCU.....	17
3.9.1-Composant.....	17
3.9.2-Schéma de principe.....	18
3.9.3-Programmateurs.....	19
3.10-LCD.....	19
3.10.1-LCD 2 lignes – 16 caractères – contrôleur Hitachi HD44780.....	20
3.10.2-LCD 4 lignes – 16 caractères.....	21
3.12-Régulateur d'alimentation.....	21
4-SPECIFICATIONS LOGICIELLES.....	23
4.1-Généralités.....	23
4.1.1-Firmware.....	23
4.1.2-Versions.....	23
4.1.3-Conventions de nommage.....	25
4.2- Synoptique.....	25
4.3-Spécifications des composants logiciels.....	28
4.4-Compléments.....	36
4.4.1-Composant ADC.....	36
4.4.1.1-Initialisation ADC.....	36
4.4.1.2-Lecture des valeurs ADC Fwd et REF.....	36
4.4.1.2.1-Lecture ADC FWD.....	36
4.4.1.2.2-Lecture ADC REF.....	37

4.4.2-Plan d'adressage I2C.....	38
4.4.3-Log.....	39
4.4.4-Plan mémoire du code.....	40
4.4.5-Plan mémoire EEP interne du PIC.....	40
4.6-Programmeur.....	41
4.5.1-PIC.....	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.

Le tableau ci-dessous présente quelques solutions du commerce :

Caracteristique	NESSEI		surecom
	DG -503	RS-50	sw 102
Frequence	1.6 a 60 125 a 525	125-525	100-525
Puissance	200	120 +/-5%	120 +/-5%
Attenuation insertion	>0.1dB	0,3	<0.15 vhf <0.25 uhf
Type fiche	so239	N ou M	N ou J
Allimentation	12v	2 piles AA	3.7 li-on
tolerance			
Prix	115,83 €	85,00 €	51,30 €

Caracteristique	cn 501 h	cn 501 h2	cn501 vn	cn801hp	cn 901hp	cn901 hp3	cn901vn	cn801s2
Frequence	1.5-150	1.5-150	140-525	1.8-200	1.8-200	1.8-200	140-525	900-2500
Puissance	1500	2000	200	2000	2000	3000	200	20
Attenuation insertion								
Type fiche				PL				
Allimentation					12v			12v
tolerance	+ ou - 10%							
Prix	99,00 €	105,00 €	105,00 €	175,00 €	146,00 €	179,00 €	126,00 €	255,00 €

2-SPECIFICATIONS GENERALES

2.1-Versions

Phase	Versions	Fonctionnalités développées et testées
Prototype	V0.8	Les spécifications en version V1.n s'appuieront sur les résultats des tests de la phase d'étude. Les fonctionnalités de calibration et de mesure seront développées sur cette version. Les tests, et leurs résultats seront consignés dans le document de tests. Le prototype a vocation à passer l'ensemble de la procédure de production : tests de fabrication, calibration, tests de mesure. Une campagne de test et de mesure de performances sera réalisée.
Production	V1.n	Version de production
Maintenance	V2.n	Version de maintenance

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

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 sur le 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 prototype pour le logiciel et le matériel.

La version V1.0 est la version de production.

La version V2.0 est la version de maintenance.

En tout, il faut donc prévoir 2 runs de fabrication de cartes :

1. « run proto » : il sera fondé sur la v0.8 du projet en petite série (quantité = 5 max). Il passera tous les tests de calibration et mesure de puissance
2. « run production » : il sera fondé sur la V1.n du projet en grande série.

2.2-Architecture matérielle

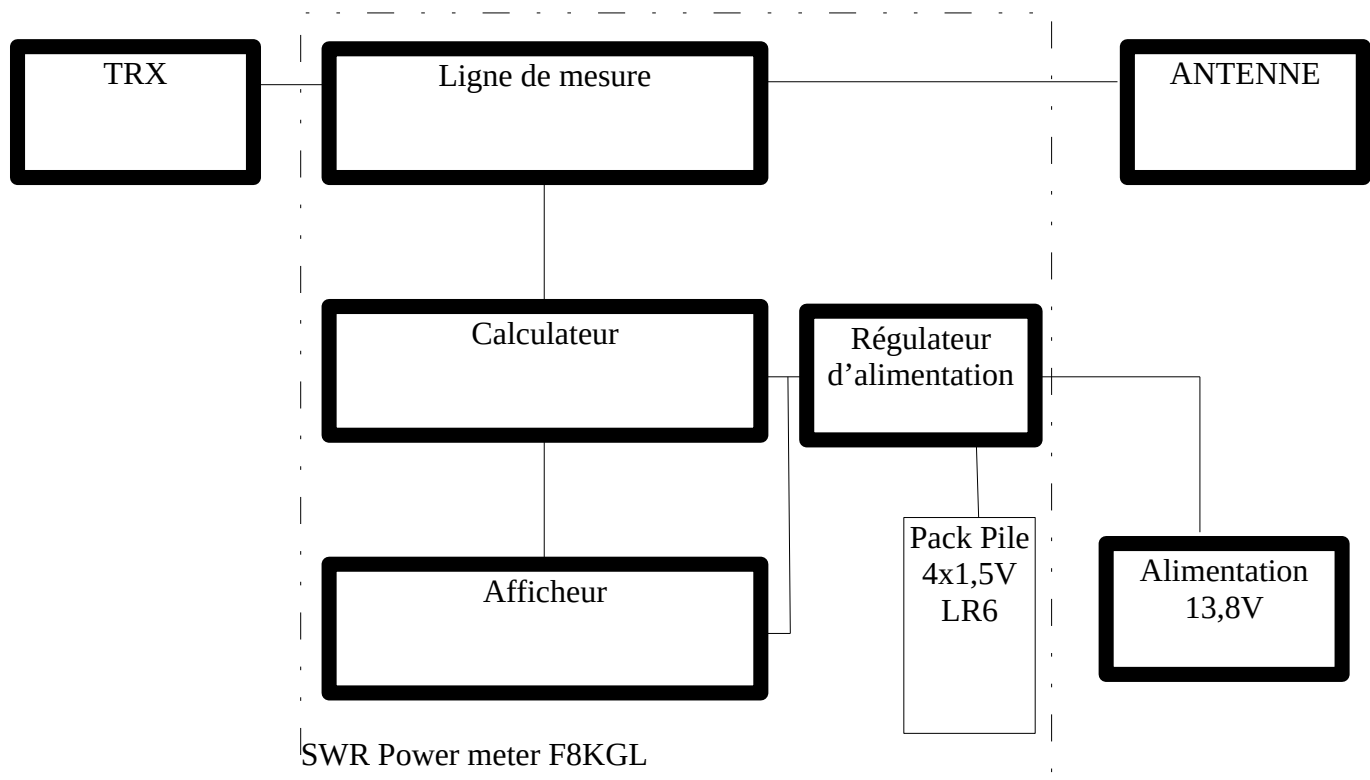


D'un point de vue fonctionnel, le « SWR Power Meter F8KGL » doit permettre :

- 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



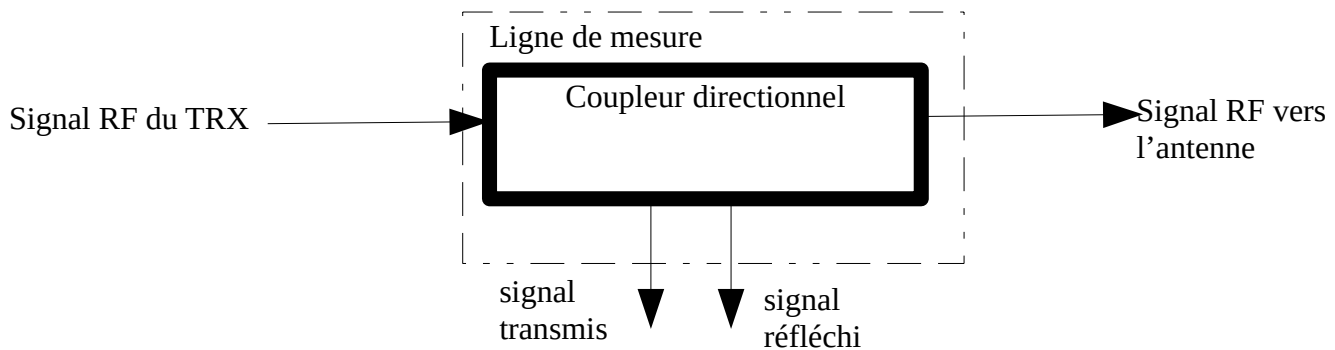
2.2.1-Ligne de mesure

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



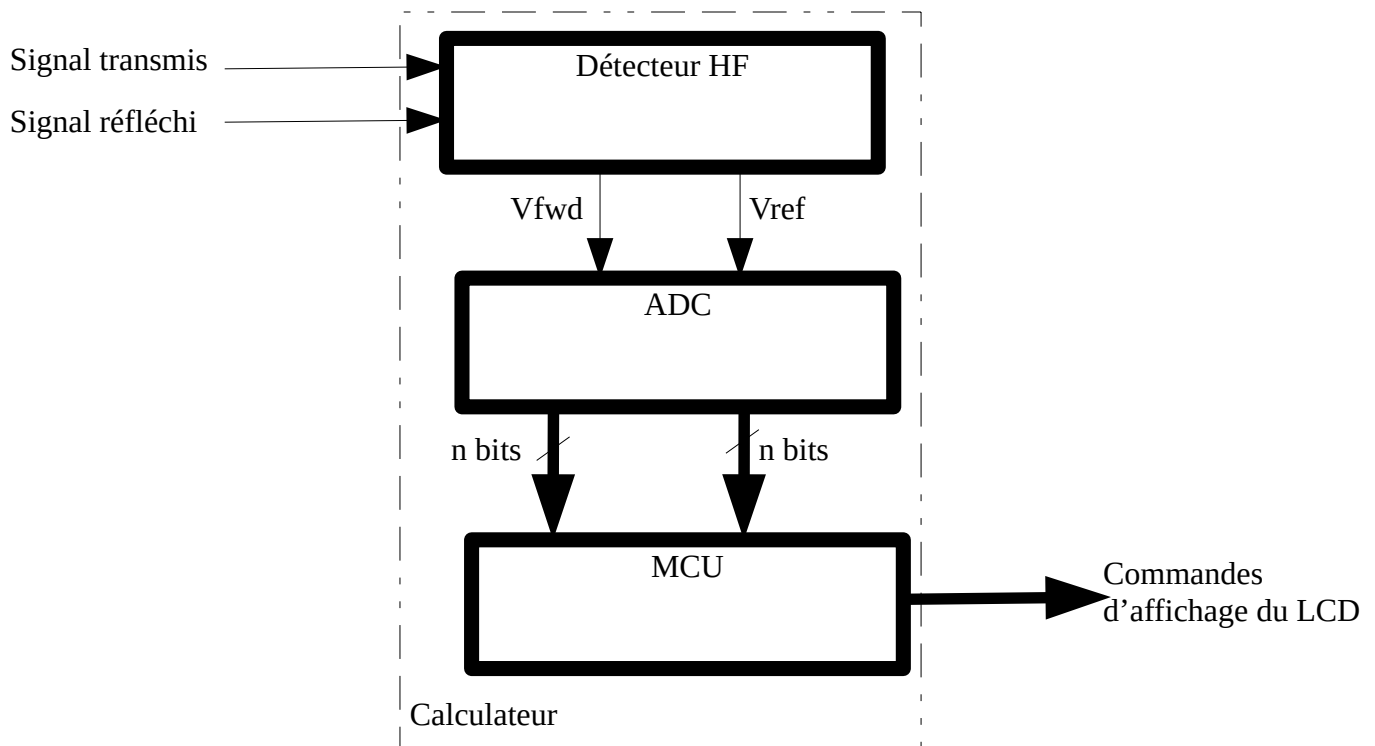
2.2.2-Calculateur

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

2.2.3-Afficheur

L'afficheur du SWR POWER METER F8KGL est un dispositif d'affichage de la puissance transmise et réfléchi qui devra répondre aux contraintes suivantes :

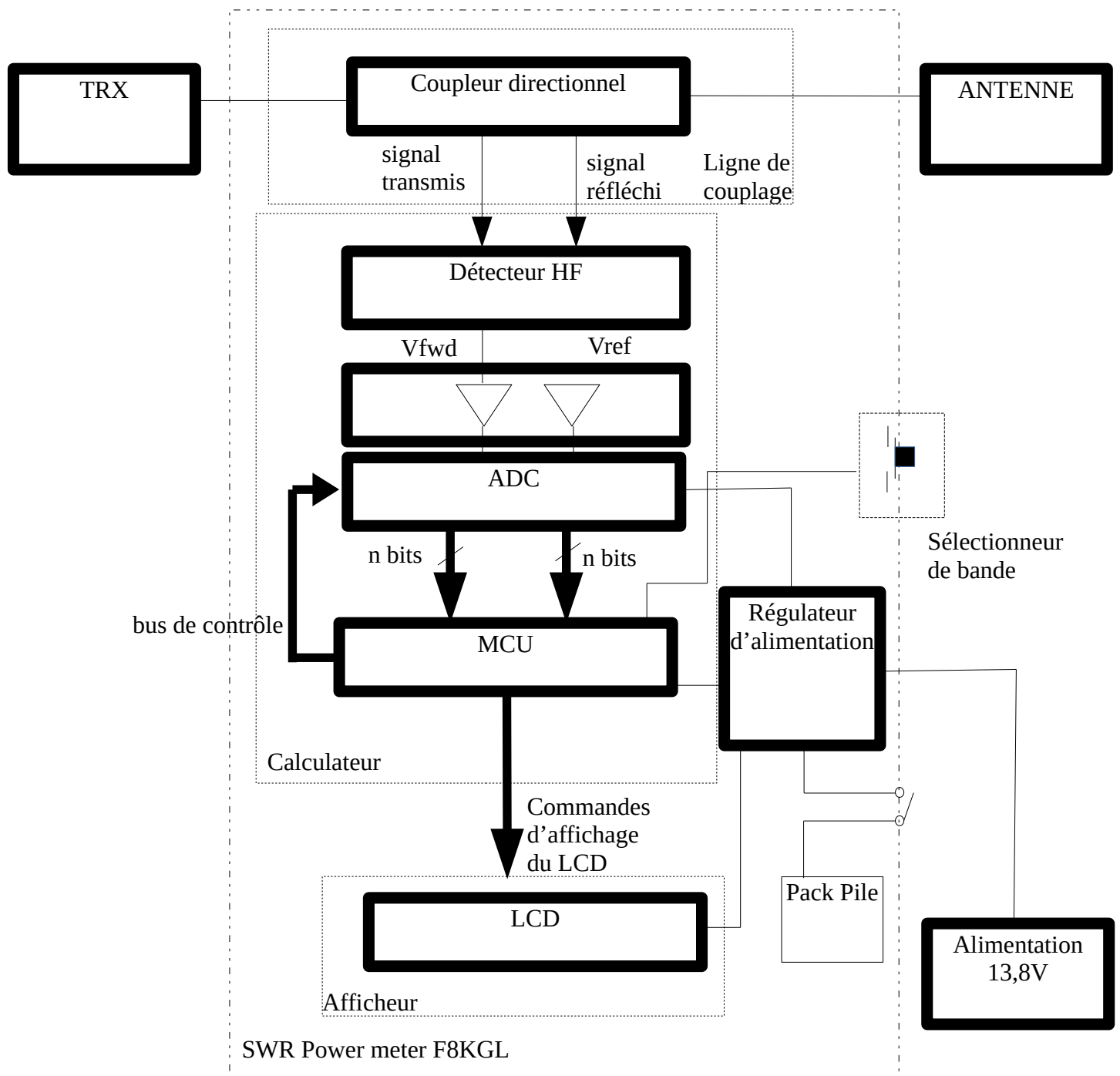
- affichage convivial pour l'OM
- affichage direct, clair et précis pour l'OM (sans difficultés, ni besoin de conversion)

3-SPECIFICATIONS MATERIELLES

3.1-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 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.
- 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 d'un module :

- un régulateur d'alimentation, dont la fonction est de convertir l'alimentation générale (12V/13,8V ou pack pile 4x1,5V) en une tension régulée de 5V, faible bruit.

3.2-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.

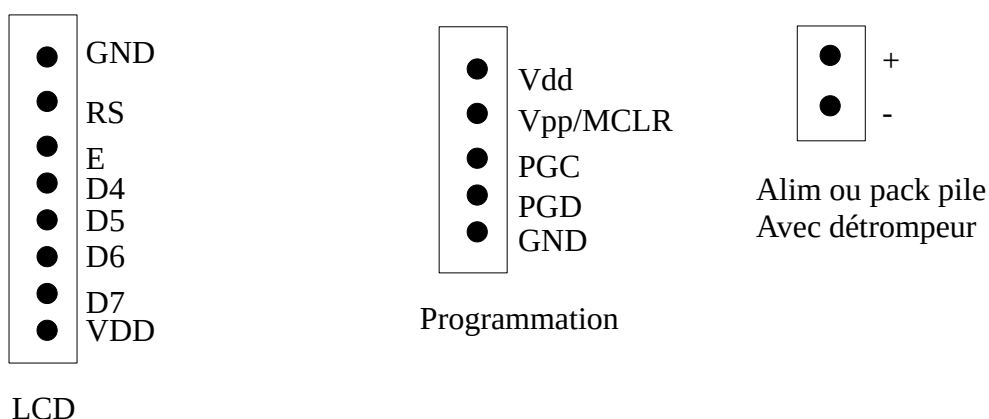
Propriété	Valeur
Constante diélectrique	4,70 max, 4,35 à 500 MHz, 4,34 à 1 GHz
Facteur de pertes	0,02 à 1 MHz, 0,01 à 1 GHz
Rigidité diélectrique	20 kV/mm
Résistivité de surface (min)	2×10^5
Résistivité volumique (min)	$8 \times 10^7 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}$
Épaisseur typique	1,25 à 2,54 mm
Rigidité	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)

3.3-Connecteurs

		Sur PCB	
		Fabricant	Référence
LCD	Header mâle 2,54mm – 8 points	AMP-TE connectivity	5-826629-0
Programmateurs MCU	Header mâle 2,54mm – 5 points	AMP-TE connectivity	5-826629-0
Signal transmis et signal réfléchi	SMA à souder sur PCB		
Alim 13,8V	2 points avec détrompeur	Molex	22-27-2021
Pack pile 6V	2 points avec détrompeur	Molex	22-27-2021
Interrupteur pour pack pile	Header mâle 2,54mm – 2 points	AMP-TE connectivity	5-826629-0
Bouton poussoir « bande »	Header mâle 2,54mm – 2 points	AMP-TE connectivity	5-826629-0

Ces connecteurs sont à câbler sur le schéma.



3.4-Interrupteur, bouton poussoir, connecteur d'alimentation

Fonction	Composant	Fabricant	Référence fabricant
Interrupteur M/A pour le pack pile	Inverseur		tbd
Sélecteur de bande	Bouton poussoir		tbd
Alim 12V	Jack barrel switch	Lumbert	161420

L'ensemble de ces éléments devront être déportés en façade, et ne doivent pas apparaître sur le schéma.

3.5-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.

3.5.1-Coupleur en ligne imprimée

tdb

3.5.2-Coupleur en câble coaxial semi-rigide

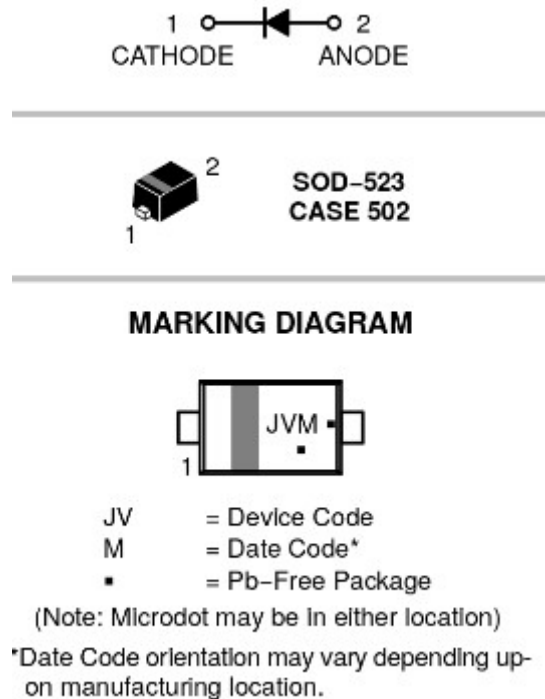
Tbd

3.6-Détecteur HF

3.6.1-Composants

Le détecteur HF est le classique détecteur HF à diode. L'étude de ce détecteur a permis de montrer que la tension de sortie et la puissance d'entrée était reliée par $P(W) = K \times V_{out}$

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

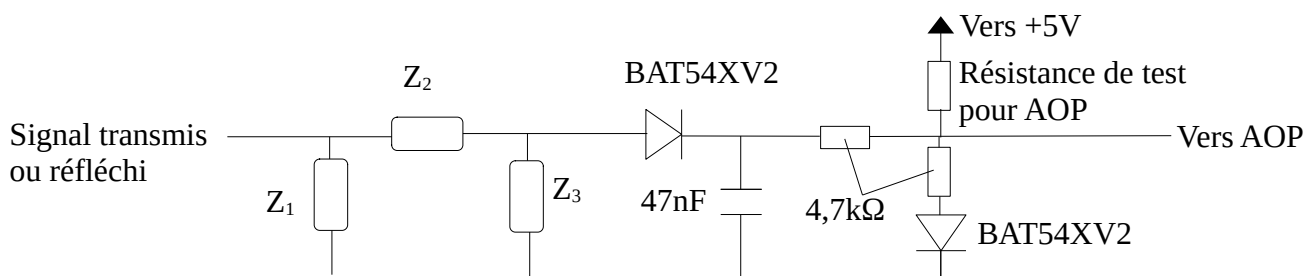


3.6.2-Schéma de principe

L'étude théorique a montré la nécessité de placer un circuit d'adaptation d'impédance en entrée du détecteur HF. Le schéma de principe ci-dessous pourra être éventuellement reconfigurer en fonction des résultats des tests sur le prototype.

L'étude théorique a également montré la nécessité de placer un circuit de compensation des effets de la température sur les performances du détecteur HF.

Enfin, une résistance de test sera montée sur les versions prototype, à des fins de mise au point et debug de l'AOP.

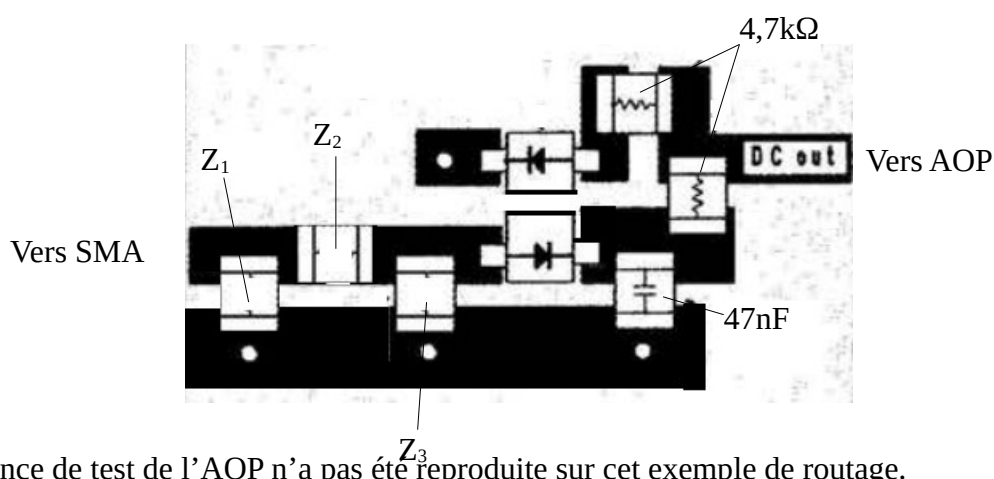


Tous les composants ci-dessus seront au format 1206, et doivent apparaître au schéma. Le circuit d'adaptation sera optimisé lors des tests du prototype. Par défaut, les valeurs de composants sont :

Z ₁	Non monté
Z ₂	Résistance de 0Ω
Z ₃	Non monté

Ce circuit devra être reproduit sur la voie FWD et la voie REF.

Des contraintes de placement de composants et de routage seront également imposées :



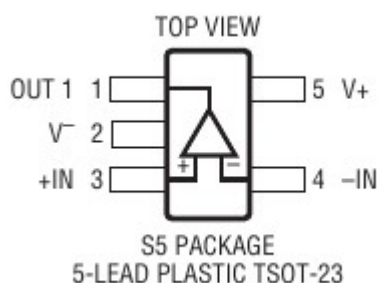
La résistance de test de l'AOP n'a pas été reproduite sur cet exemple de routage.

3.7-AOP

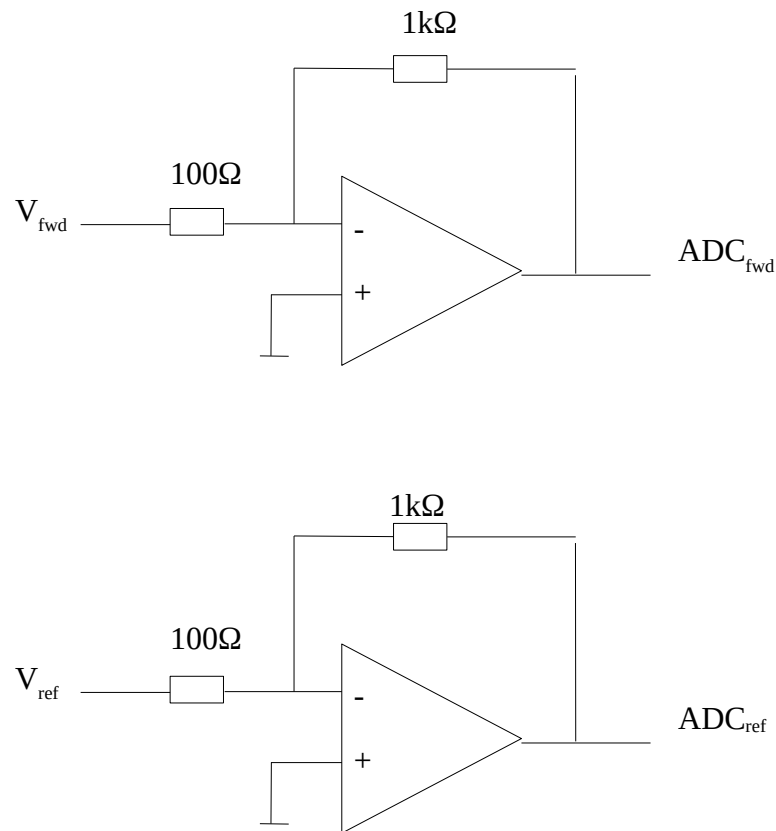
3.7.1-Composant AOP faible bruit

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



3.7.2-Schéma de principe



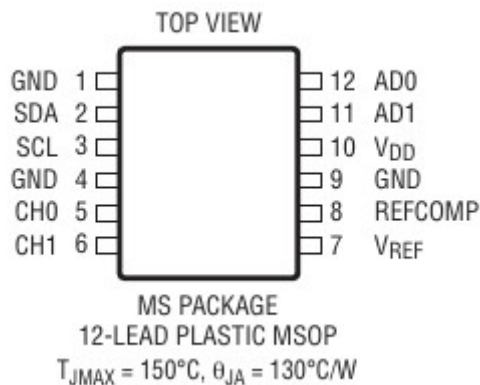
Pin	Fonction	Connection
OUT(1)	sortie	Voir schéma de principe
V-(2)	Alimentation -	masse
+IN(3)	Entrée non inverseur	Voir schéma de principe
-IN(4)	Entrée inverseur	Voir schéma de principe
V+(5)	Alimentation +	A découpler avec 100nF et 10μF

3.8-ADC

3.8.1-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

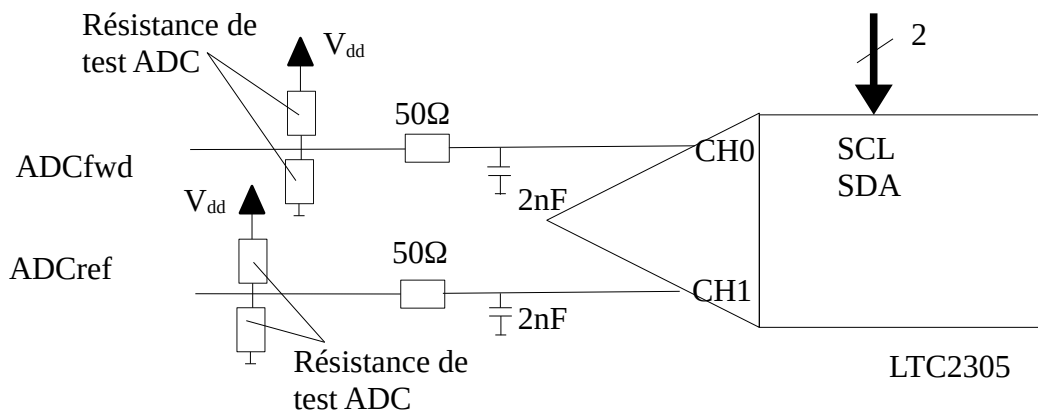


3.8.2-Schéma de principe

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)

1 pont de résistance sera prévu sur le prototype, à des fins de mise au point et debug.



Pin	Fonction	Connection
GND(1)	Alimentation -	masse
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.

Pour les tests sur la version de prototype (V0.8), un pont de résistance devra être inséré en entrée de l'ADC (type diviseur de tension). L'une des 2 résistances pourra être montée en lieu et place du condensateur de filtrage. Ce pont de résistance devra être supprimé sur les versions de production ($V \geq 1.0$).

3.9-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.

3.9.1-Composant

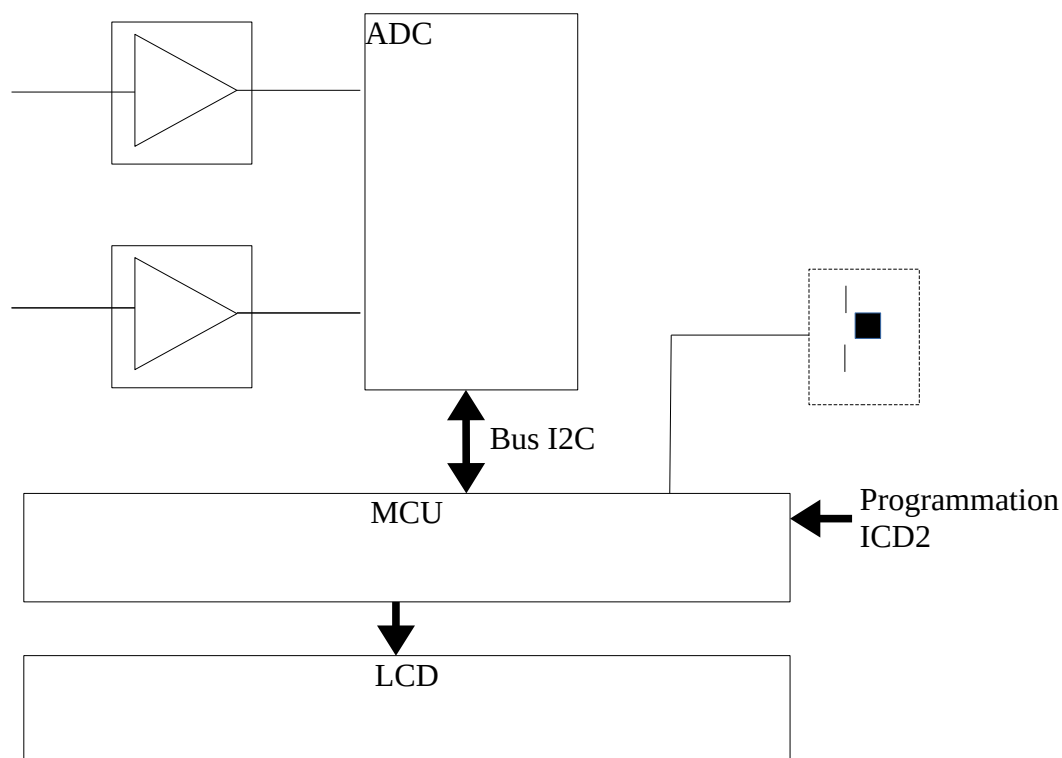
	min	typ	max	Unité
Tension d'alimentation	4,5	5	5,5	V
Intensité			2	mA
Horloge		4		MHz
Taille mémoire				
Programme			8	ko
Entrées/Sortie				
Nombre d'I/O ⁽¹⁾	10			

⁽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)

3.9.2-Schéma de principe

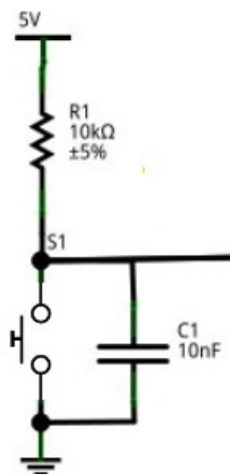


Le bus I2C est un bus informatique qui permet la communication entre un microcontrôleur et ses périphériques. Dans le cas du « SWR POWER METER F8KGL », la norme I2C a été choisie car c'est un bus série synchrone bidirectionnel et half-duplex.

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

RA6		Non connecté
RA7		Non connecté
RB0	LCD	RS
RB1	LCD	E
RB2		Ne pas utiliser
RB3		Ne pas utiliser
RB4	LCD	D4
RB5	LCD	D5
RB6	LCD Bus de programmation	D6 PGC
RB7	LCD Bus de programmation	D7 PGD
VSS	Alimentation -	masse
VDD	Alimentation +	A découpler avec 100nF et 10 μ F

Le bouton bande doit être déporté en façade. Un filtre anti-rebond et une résistance de tirage au +Vdd doit également être câblé au schéma :



3.9.3-Programmateur

3.10-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**

3.10.1-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)

3.10.2-LCD 4 lignes – 16 caractères

Tbd

3.12-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	alkaline

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

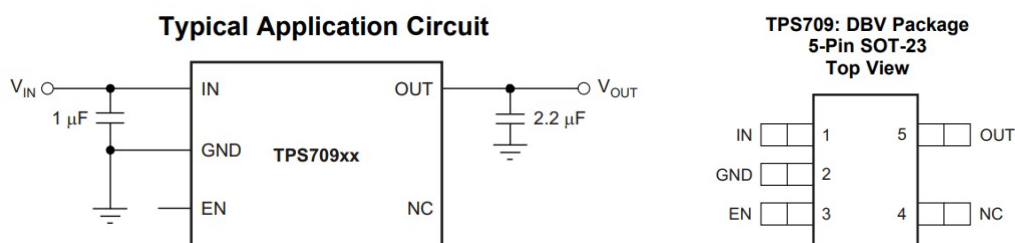
Intensité de sortie ⁽³⁾			100	mA
Pack pile	4 piles 1,5V LR6 (capacité min = 2500mAh)			
Priorité alimentation	Alimentation externe 13,8V prioritaire sur le pack pile ⁽²⁾			

⁽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.

Le régulateur choisi est le TPS70950DBVT :



4-SPECIFICATIONS LOGICIELLES

4.1-Généralités

Le logiciel est développé sous Linux (Debian 10).

4.1.1-Firmware

5 firmwares seront générés :

-Firmware de test : « x_watt_meter_f8kgl-Vn.m.TEST.hex »

Le firmware de « test » est un firmware pouvant fonctionner uniquement sur un « xWATT METER F8KGL ». Les versions matériel en kit doivent également être couvertes.

Son utilisation doit permettre :

- Valider l'architecture HW et SW choisies 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 »

4.1.2-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	Schéma câblé PCB routé	Prototype
V1.0 et dérivées V1.m	Firmware test, calibration, opérationnel validé sur cible matérielle (avec ses corrections le cas échéant)		Production
V2.0 et dérivées V2.m			Maintenance

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

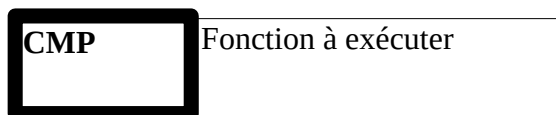
La version V2.0 est la version de production pour le logiciel.

4.1.3-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 développé 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 développé dans cette variable

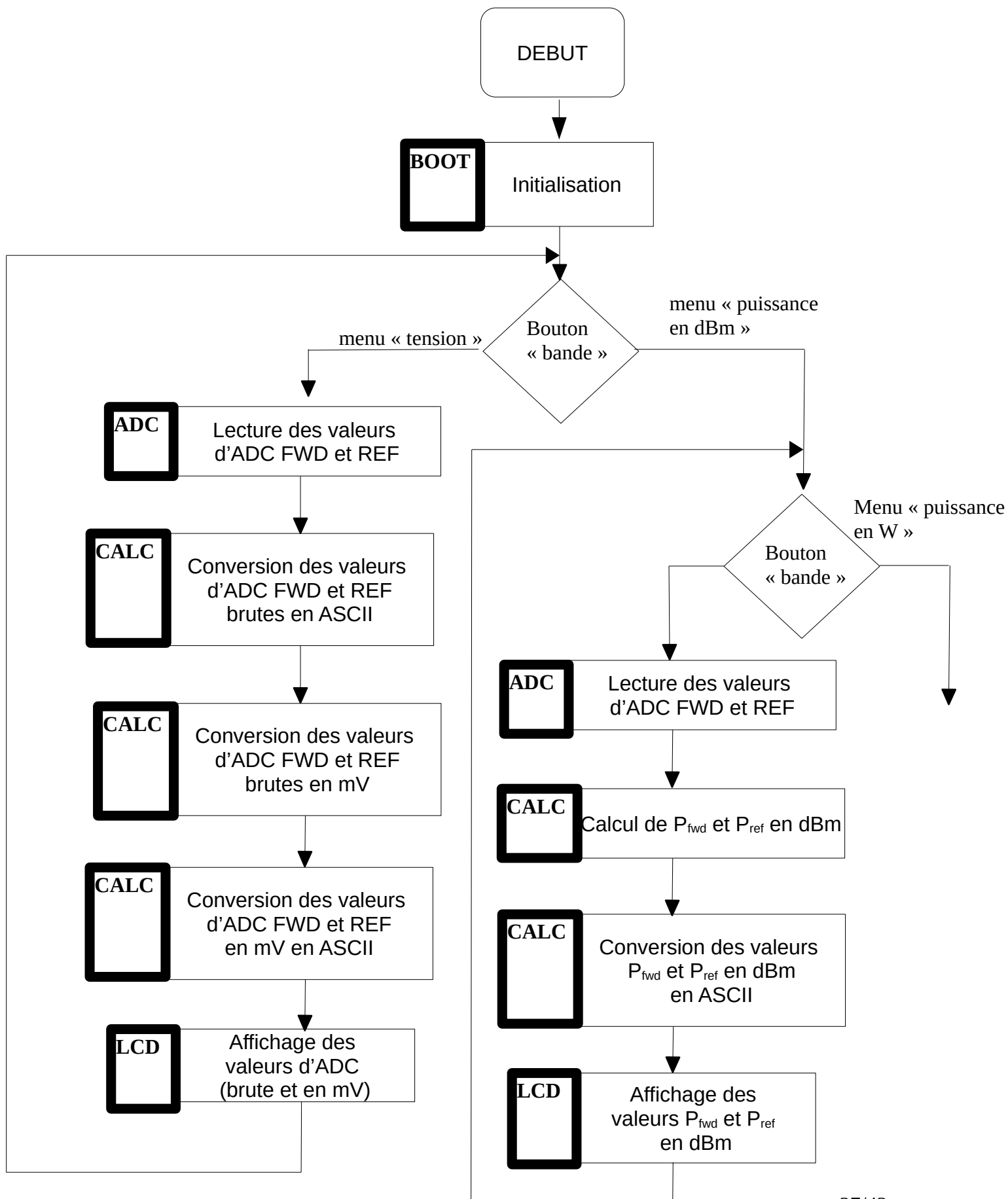
Dans les spécifications logicielles qui suivent, le lecteur est invité à adopter la convention suivante :

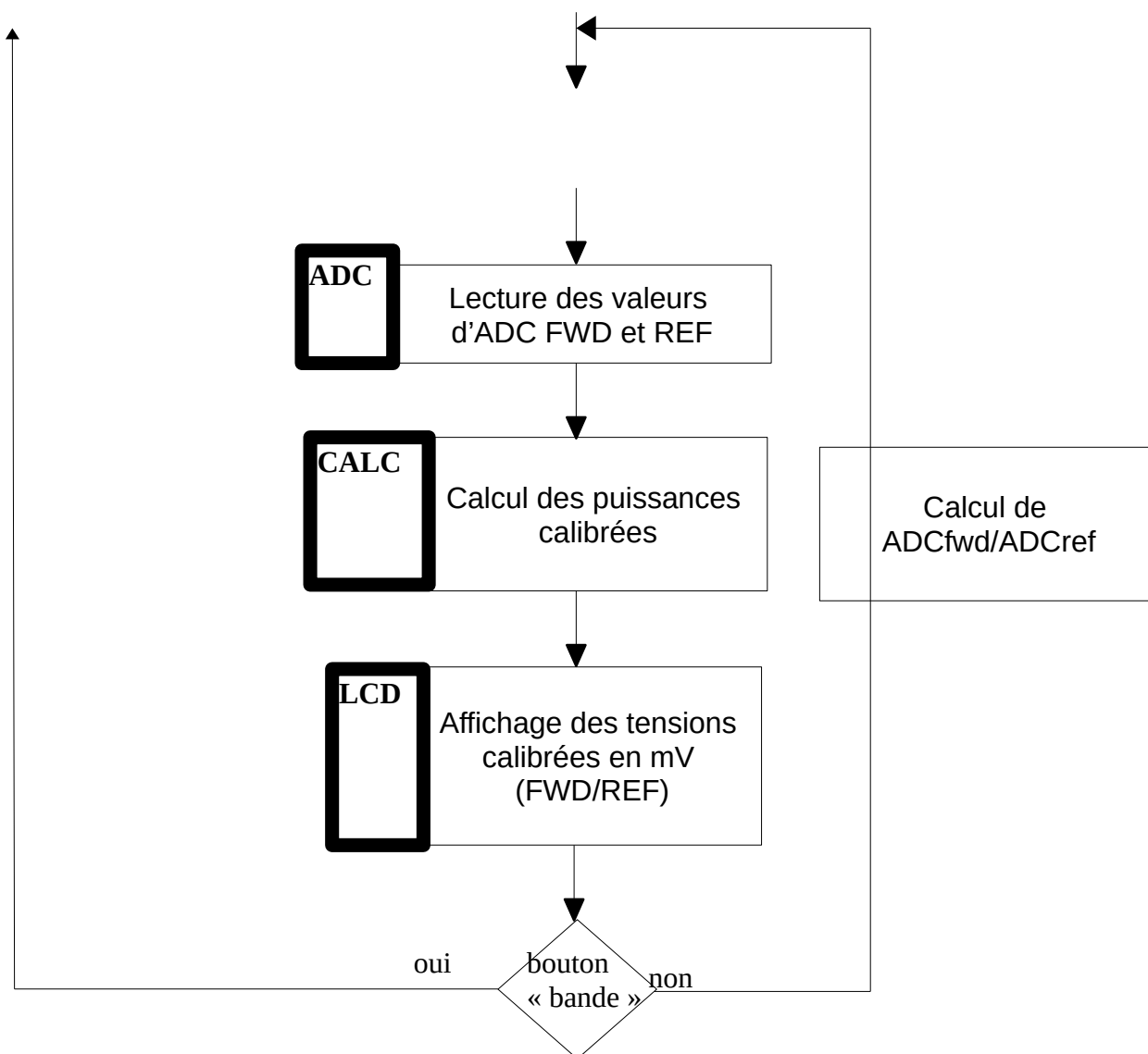


« CMP » représente le composant concerné la fonction. Il désigne un bloc du schéma bloc général du §3.4

« Fonction à exécuter » représente la fonctionnalité à exécuter.

4.2- Synoptique





4.3-Spécifications des composants logiciels

Composant	Nom	Application	Fonction
BOOT	Initialisation	TEST CALIBRATION OPERATIONNEL	Entrée : aucun
			Sorties :aucun
			Traitements : <pre> graph LR A[Initialisation PIC et LCD] --> B[LCD] B --> C[Affichage du message de boot] C --> D[MISC] D --> E[Temporisation 3s] E --> F[LOG] F --> G[BOOT Initialisation des composants logiciels] </pre>
			Contraintes : Dans le firmware de test : -Par défaut, on rentre dans le menu «tension» après la phase d’initialisation -la trace de LOG au démarrage contiendra également la valeur d’un timer pour calibration
BOOT	Initialisation des composants logiciels	TEST CALIBRATION OPERATIONNEL	Entrées : Sorties : Traitements : <pre> graph LR A[I2C] --> B[Power on reset] </pre>

			Contraintes : I2C : Power on Reset → SDA=SCL = 1																																																																																													
LCD	Affichage du message de boot	TEST CALIBRATION OPERATIONNEL	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 : <ul style="list-style-type: none">Pour le SWR POWER METER, quelque soit le firmware (test, calibration ou opérationnel)<div><table><tr><td>S</td><td>W</td><td>R</td><td>-</td><td>P</td><td>O</td><td>W</td><td>E</td><td>R</td><td></td><td>m</td><td>e</td><td>t</td><td>e</td><td>r</td><td></td></tr><tr><td>F</td><td>8</td><td>K</td><td>G</td><td>L</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>V</td><td>n</td><td>.</td><td>m</td></tr></table><i>LCD 2 lignes-16 caractères</i></div>	S	W	R	-	P	O	W	E	R		m	e	t	e	r		F	8	K	G	L								V	n	.	m																																																													
			S	W	R	-	P	O	W	E	R		m	e	t	e	r																																																																															
			F	8	K	G	L								V	n	.	m																																																																														
<div><table><tr><td>S</td><td>W</td><td>R</td><td>-</td><td>P</td><td>O</td><td>W</td><td>E</td><td>R</td><td></td><td>m</td><td>e</td><td>t</td><td>e</td><td>r</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><tr><td>F</td><td>8</td><td>K</td><td>G</td><td>L</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>V</td><td>n</td><td>.</td><td>m</td></tr></table><i>LCD 4 lignes-16 caractères</i></div>	S	W	R	-	P	O	W	E	R		m	e	t	e	r																																		F	8	K	G	L								V	n	.	m																																
S	W	R	-	P	O	W	E	R		m	e	t	e	r																																																																																		
F	8	K	G	L								V	n	.	m																																																																																	
<ul style="list-style-type: none">Pour le xWATT METER, et pour les firmwares de calibration et opérationnel<div><table><tr><td></td><td></td><td>x</td><td>W</td><td>A</td><td>T</td><td>T</td><td></td><td>m</td><td>e</td><td>t</td><td>e</td><td>r</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>F</td><td>8</td><td>K</td><td>G</td><td>L</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>V</td><td>n</td><td>.</td><td>m</td></tr></table><div><table><tr><td></td><td></td><td>x</td><td>W</td><td>A</td><td>T</td><td>T</td><td></td><td>m</td><td>e</td><td>t</td><td>e</td><td>r</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><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>F</td><td>8</td><td>K</td><td>G</td><td>L</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>V</td><td>n</td><td>.</td><td>m</td></tr></table></div></div>			x	W	A	T	T		m	e	t	e	r				F	8	K	G	L								V	n	.	m			x	W	A	T	T		m	e	t	e	r																																				F	8	K	G	L								V	n	.	m
		x	W	A	T	T		m	e	t	e	r																																																																																				
F	8	K	G	L								V	n	.	m																																																																																	
		x	W	A	T	T		m	e	t	e	r																																																																																				
F	8	K	G	L								V	n	.	m																																																																																	
Contraintes : respecter les timings du LCD																																																																																																

CALC	Conversion en ASCII	TEST	Entrée : 1 quartet	
			Sorties : 1 octet	
			Traitements :	
			Quartet à convertir	Valeur codée en ASCII
			(0) ₁₆	0x30
			(1) ₁₆	0x31
			(2) ₁₆	0x32
			...	
			(E) ₁₆	0x45
			(F) ₁₆	0x46
CALC	Conversion en mV	TEST	Contraintes :	
			Aucun paramètre stocké en RAM	
			Entrée : valeurs d'ADC de la voie FWD et de la voie REF	
			Sorties : valeurs converties en mV	
			Traitements :	
CALC	Multiplication 16 bits x 16 bits	TEST	1. FXM1616U (ADC,(5000) ₁₀) :	
			2. décalage à droite de 12 bits	
			3. Conversion 12 bits en BCD	
			Contraintes : tbd (temps d'exécution)	
CALC		TEST	Entrées : (A) et (B) codées sur 16 bits	
			Sorties : (A) x (B)	
			Traitement : FXM1616U de l'AN617 de chez Microchip	
			Contraintes : tbd (temps d'exécution)	

CALC	Conversion 12 bits en BCD	TEST	Entrée : valeur à convertir sur 12 bits (2octets)																																																																												
			Sorties : valeur convertie en BCD (2 octets)																																																																												
			Traitements : algorithme « double dabble » Pour rappel, le code BCD permet de représenter un chiffre décimal (de 0 à 9) par un ensemble de 4 bits																																																																												
			<table><tr><td>(0000)₂</td><td>0</td></tr><tr><td>(0001)₂</td><td>1</td></tr><tr><td>...</td><td>...</td></tr><tr><td>(1001)₂</td><td>9</td></tr></table>								(0000) ₂	0	(0001) ₂	1	(1001) ₂	9																																																													
			(0000) ₂	0																																																																											
			(0001) ₂	1																																																																											
...	...																																																																														
(1001) ₂	9																																																																														
https://fr.wikipedia.org/wiki/Double_dabble https://stackoverflow.com/questions/28670539/why-is-the-double-dabble-algorithm-working																																																																															
Contraintes :																																																																															
LCD	Affichage des valeurs d’ADC brute et en mV	TEST	Entrée : valeurs d’ADC de la voie FWD et de la voie REF brute et en mV																																																																												
			Sorties : LCD																																																																												
			Traitements :																																																																												
			<table><tr><td>F</td><td>W</td><td>D</td><td></td><td></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></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> <i>LCD 2 lignes-16 caractères</i>																F	W	D			u	u	u	h	-	v	v	v	v	m	V	R	E	F			x	x	x	h	-	y	y	y	y	m	V																													
F	W	D			u	u	u	h	-	v	v	v	v	m	V																																																																
R	E	F			x	x	x	h	-	y	y	y	y	m	V																																																																
<table><tr><td>F</td><td>W</td><td>D</td><td></td><td></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></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><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> <i>LCD 4 lignes-16 caractères</i>																F	W	D			u	u	u	h	-	v	v	v	v	m	V	R	E	F			x	x	x	h	-	y	y	y	y	m	V																																
F	W	D			u	u	u	h	-	v	v	v	v	m	V																																																																
R	E	F			x	x	x	h	-	y	y	y	y	m	V																																																																

			<p>« FWD » : chaîne de caractère fixe, indiquant que la ligne 1 du LCD est dédié au port FWD uuu : 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 xxx : 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)</p>
			Contraintes :
CALC	Calcul de P_{fwd} et P_{ref} en dBm	TEST	Entrée : ADC_{fwd} et ADC_{ref}
			Sorties : P_{fwd} et P_{ref} en dBm en valeur positive
			Traitements : <ul style="list-style-type: none"> Pour chaque port FWD et REF : $P(dBm) = K_{conv}(dBm) + 10 \times \log(ADC)$ <ol style="list-style-type: none"> Recherche de la valeur de $K_{conv}(dBm)$ pour chaque port (FWD et REF) Recherche de la valeur de $10 \times \log(ADC)$ Soustraction 12 bits Conversion 12 bits en BCD
			Contraintes :
CALC	Recherche de la valeur de $K_{conv}(dBm)$	TEST	Entrées : port (FWD ou REF)
			Sorties : $K_{conv}(dBm)$
			Traitements : Si port = FWD, $K_{conv}(dBm) = (\text{contenu de l'EEP Int @0x06}) \& 0x0FFF$ Si port = REF, $K_{conv}(dBm) = (\text{contenu de l'EEP Int @0x06}) \& 0x0FFF$
			Contraintes : sans

CALC	Recherche de la valeur de $10 \times \log (ADC)$	TEST	Entrée : valeur d’ADC sur 11 bits [0;2048]	
			Sortie : valeur de $10 \times \log (ADC)$	
			Traitements : recherche de $10 \times \log (ADC)$ dans une LUT, codée en Flash à une adresse fixée par le Makefile, au format $(XYZ)_{16}$ où $10 \times \log (ADC) = XY,Z$ dBm	
			ADC	$10 \times \log (ADC)$
			0	0x000
			1	0x000 (00,0 dB)
			2	0x01E (03,0 dB)
			3	0x030 (04,8dB)
			...	
			1023	0x12C (30,0dB)
			1024	0x12D (30,1dB)
			1025	0x12D(30,1dB)
			...	
			2046	0x14B (33,1dB)
			2047	0x14B (33,1dB)
2048	0x14B (33,1dB)			
Contraintes :				
CALC	Soustraction 12 bits	TEST	Entrées : $K_{conv}(\text{dBm})$ $10 \times \log (ADC)$	
			Sorties : $K_{conv}(\text{dBm}) - 10 \times \log (ADC)$ sur 12 bits	
			Traitements : Soustraction 12 bits	

			Contraintes :																																																																																																
EEP	Contenu de l’EEP Int	TEST	Entrée : adresse sur 1 octet																																																																																																
			Sorties : contenu de l’EEP interne sur 1 octet																																																																																																
			Traitements :																																																																																																
			Contraintes :																																																																																																
LCD	Affichage de P _{fwd} et P _{ref} en dBm		Entrées : P _{fwd} et P _{ref} en dBm en valeur positive																																																																																																
			Sorties : LCD																																																																																																
			Traitements : <div><table><tr><td>F</td><td>W</td><td>D</td><td></td><td>-</td><td>x</td><td>x</td><td>.</td><td>x</td><td></td><td>d</td><td>B</td><td>m</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>R</td><td>E</td><td>F</td><td></td><td>-</td><td>y</td><td>y</td><td>.</td><td>y</td><td></td><td>d</td><td>B</td><td>m</td><td></td><td></td><td></td></tr></table> <table><tr><td>F</td><td>W</td><td>D</td><td></td><td>-</td><td>x</td><td>x</td><td>.</td><td>x</td><td></td><td>d</td><td>B</td><td>m</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>R</td><td>E</td><td>F</td><td></td><td>-</td><td>y</td><td>y</td><td>.</td><td>y</td><td></td><td>d</td><td>B</td><td>m</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><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> <p>« FWD » : chaîne de caractère fixe, indiquant que la ligne 1 du LCD est dédié au port FWD «REF» : chaîne de caractère fixe, indiquant que la ligne 1 du LCD est dédié au port REF xx.x: correspond à la valeur de la puissance du port FWD en dBm yy.y: correspond à la valeur de la puissance du port REF en dBm</p>	F	W	D		-	x	x	.	x		d	B	m				R	E	F		-	y	y	.	y		d	B	m				F	W	D		-	x	x	.	x		d	B	m				R	E	F		-	y	y	.	y		d	B	m																																			
F	W	D		-	x	x	.	x		d	B	m																																																																																							
R	E	F		-	y	y	.	y		d	B	m																																																																																							
F	W	D		-	x	x	.	x		d	B	m																																																																																							
R	E	F		-	y	y	.	y		d	B	m																																																																																							
			Contraintes																																																																																																

4.4-Compléments

4.4.1-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.

4.4.1.1-Initialisation ADC

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

4.4.1.2-Lecture des valeurs ADC Fwd et REF

4.4.1.2.1-Lecture ADC FWD

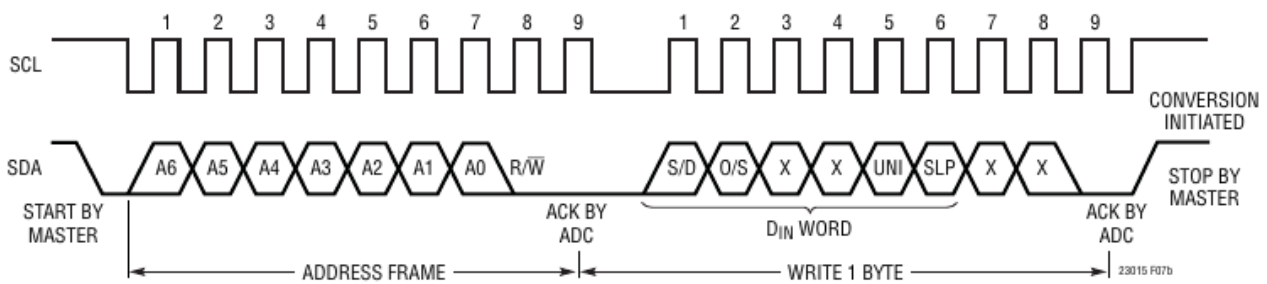
1. Trame Write

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

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

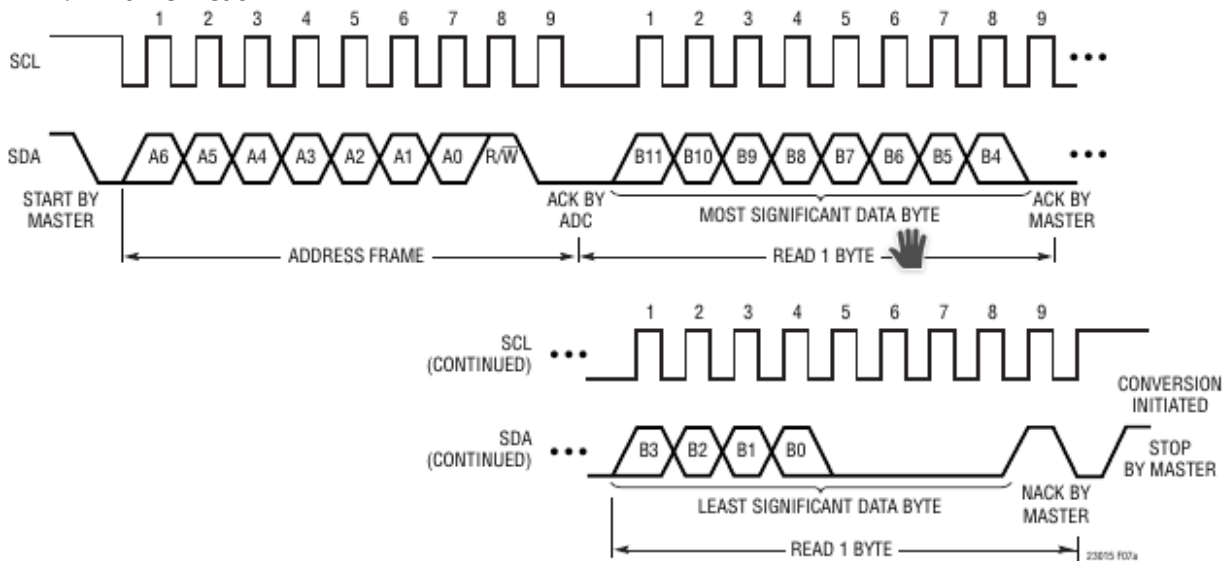
UNI=0

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



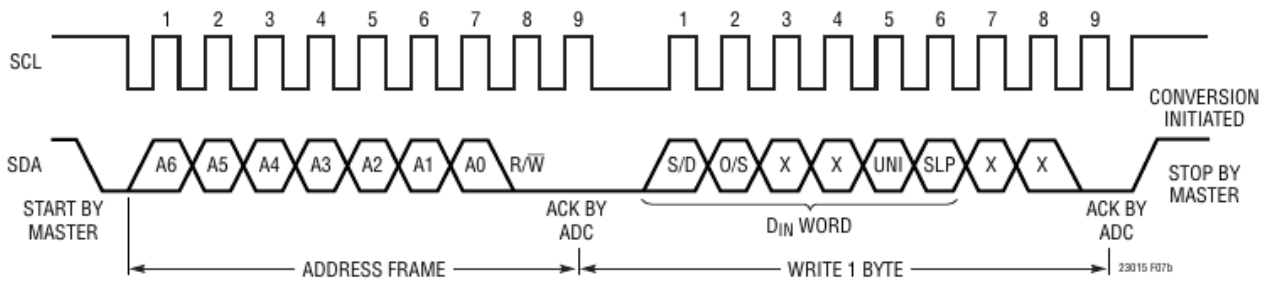
4.4.1.2.2-Lecture ADC REF

1. Trame Write

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

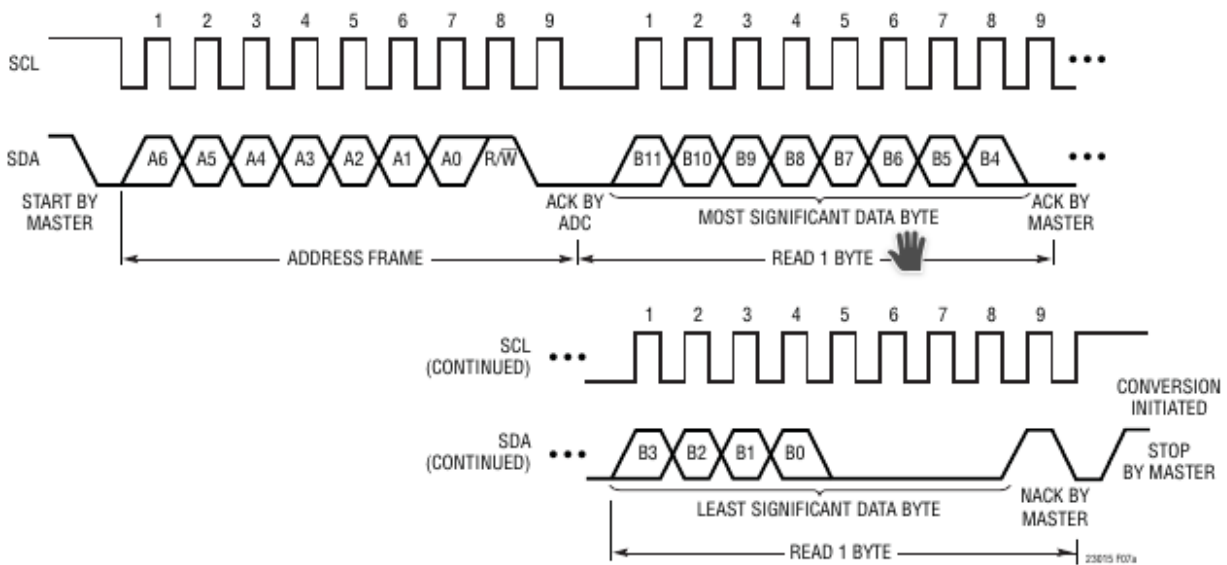
S/D	O/S	CH0	CH1
0	0	+	-
0	1	-	+
1	0	+	
1	1		+

UNI=0
SLP=0



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

2. Trame Read



4.4.2-Plan d'adressage I2C

Composant	Adresse
ADC	0x08

4.4.3-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
- les registres d'erreur du PIC

Les traces sont stockées dans l'EEP du PIC dans un buffer circulaire de 240 octets. Chaque trace possède une longueur fixe de 8 octets sous la forme :

Octet7	Octet6	Octet5	Octet4	Octet3	Octet2	Octet1	Octet0
TAG	Octets de valeurs						

Le tag identifie la trace enregistrée, et les octets de valeurs contiennent les informations associées au tag.

TAG		Contenu du champ valeur					
0x80 Nb de NACK	1 0 0 0 0 0 0 0	[Nb de NACK I2C ADC (2 octets)] ⁽¹⁾ [Nb de NACK I2C AOP_fwd (2 octets)] [Nb de NACK I2C AOP_ref (2 octets)] 0xFF					
0x40 Timer	0 1 0 0 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 1 1 0 1 0 0 0 1 0 0	[Calibration TIMER] [Timer SAMPLE fw de Test] [Timer FXM1616U fw de test] [Valeur d'ADC (3 octets) 2*12bits] [Timer ADC] [Timer écriture EEP interne] tbd tbd tbd tbd tbd					
0x20 Registres PIC	0 0 1 0 0 0 0 0	[Registre RCON] [Registre STKPTR] tbd tbd tbd tbd tbd tbd					
0x10	0 0 0 1 0 0 0 0	« TES » ou « CAL » ou « OPE » (4 octets max)					

firmware en cours d'exécution										chaîne de char « version »(4 octets)

⁽¹⁾s'il y a 0 NACK, ne pas mettre de trace

Un octet de configuration des traces en EEP permet d'activer ou de désactiver l'écriture effective des traces.

4.4.4-Plan mémoire du code

4.4.5-Plan mémoire EEP interne du PIC

Adresse (offset)	Taille (octets)	Contenu
0x00	5	Version du fw+0x00
0x05	1	Offset du prochain log
0x06	12 bits	K _{conv} (dBm) FWD bande 1 (défaut : 0x2A0)
0x08	12 bits	K _{conv} (dBm) REF bande 1 (défaut : 0x2A0)
0x0A	12 bits	K _{conv} (dBm) FWD bande 2 (défaut : 0x2A0)
0x0C	12 bits	K _{conv} (dBm) REF bande 2 (défaut : 0x2A0)
0x0E	12 bits	K _{conv} (dBm) FWD bande 3 (défaut : 0x2A0)
0x10	12 bits	K _{conv} (dBm) REF bande 3 (défaut : 0x2A0)
0x12		
0x14		
0x16		
0x18		
0x1A		
0x1B		
0x1C		
0x1D		
0x1E		
0x1F	8	Config des logs
0x20	8	Log 1
0x28	8	Log 2
0x30	8	Log 3

0x38	8	Log 4
...

4.6-Programmateur

4.5.1-PIC

Programmer le .hex

Comment récupérer les log ?