

SYSTEME D'EXTRACTION DE PETROLE EN MER

Partie électronique

On s'intéressera aux fonctions FP3 et FP7. Ces deux parties sont indépendantes.

Les amplificateurs sont considérés comme parfait.

Les diodes seront idéalisées, en considérant une DDP de seuil de 0,7V.

I – Etude de FP3 : « Captage et conversion du débit »

Dans toute cette étude, toutes les sous parties sont indépendantes sauf le §1.10 « synthèse »

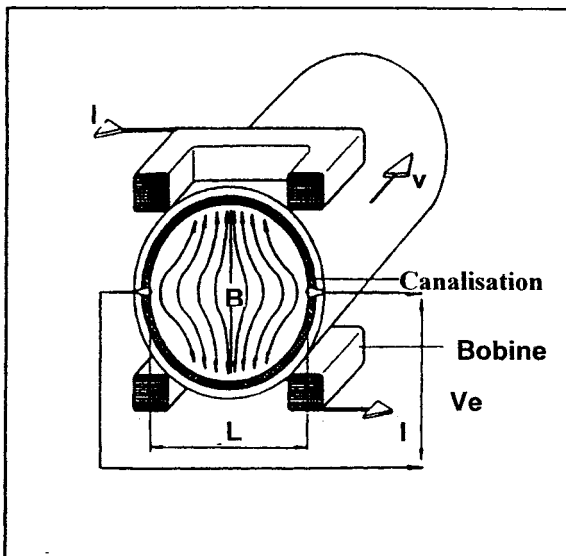
Cette fonction a pour rôle de transformer l'information « débit d'eau polluée » en un mot binaire de 8 bits image de cette valeur.

Au cours de cette étude seront abordés : le principe de la mesure, les solutions constructives et la méthode employée pour obtenir une bonne précision sur une large gamme de mesure.

1.1 Principe de fonctionnement

Le principe retenu est celui du débitmètre électromagnétique. Un champ magnétique est créé à l'intérieur de la canalisation. Le liquide en mouvement dans celle-ci induit une f.e.m. qui est captée par deux électrodes.

SCHEMA DE PRINCIPE DU DEBITMETRE :



On a $V_e = B.L.v$

- V_e : f.e.m. force électromotrice en Volts.
- B : norme du champ magnétique en Teslas.
- L : distance entre les électrodes en mètre.
- V : vitesse du liquide en $m.s^{-1}$

Ce principe a été retenu pour les raisons suivantes :

- La mesure ne dépend pas des caractéristiques du liquide (densité, viscosité, ...),
- Pas de pièce en mouvement (pas d'usure),
- Grande résistance à la corrosion.

Le champ magnétique \vec{B} est créé en faisant passer un courant dans une bobine. Le courant est bidirectionnel pour créer un champ magnétique alternatif ce qui élimine les risques de polarisation des électrodes.

On rappelle la formule liant la norme du champ magnétique en fonction du courant I :

$$B = k.I$$

où k est une constante

1.2 Principe de la mesure.

La ddp V_e provenant des électrodes va être référencée par rapport à la masse, amplifiée de manière optimale puis convertie en un mot binaire de 8 bits.

Pour améliorer la précision, la mesure s'effectue en deux temps (principe du dual slope) :

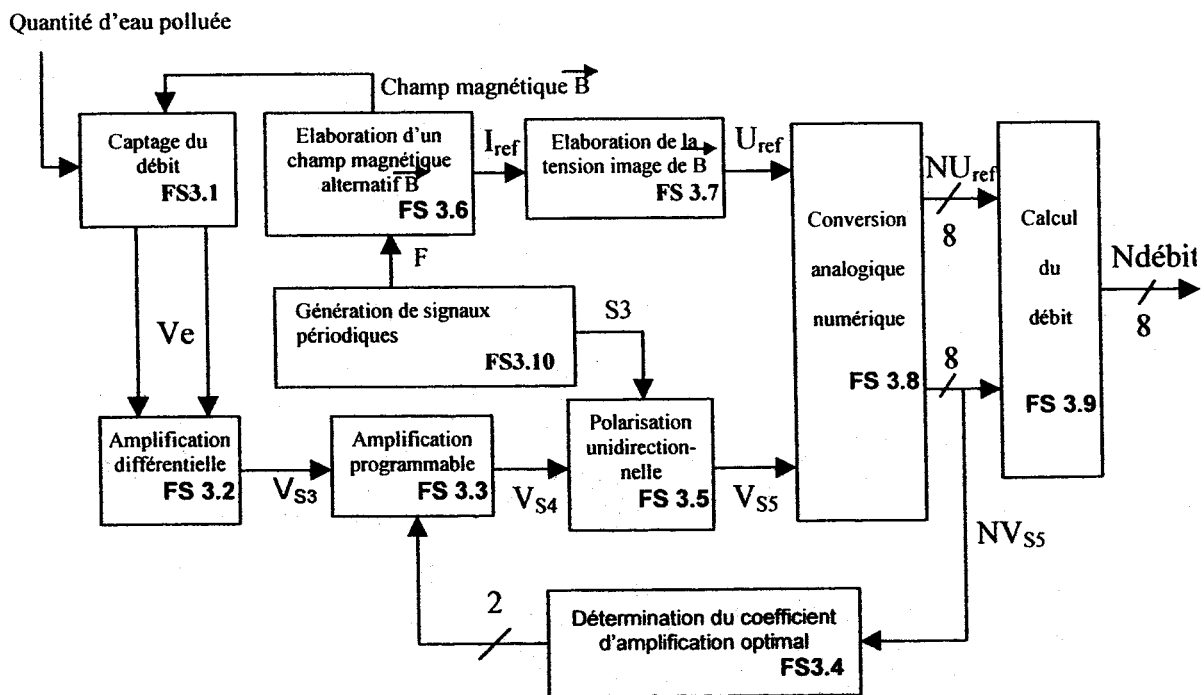
- le 1^{er} temps consiste à évaluer la tension V_e (en prenant le plus petit coefficient d'amplification),
- le 2^{ème} temps consiste à choisir un coefficient d'amplification optimal afin que la tension arrivant sur le convertisseur analogique numérique soit la plus grande possible tout en restant compatible avec les limites technologiques de ce dernier.

Le champ magnétique \vec{B} , intervenant de manière directe sur la valeur du débit, sera lui aussi mesuré pour obtenir un résultat le plus précis possible.

C'est un microcontrôleur qui assurera la gestion de la mesure et le calcul du débit en fonction des données mesurées et de constantes liées aux relations données précédemment.

Un étalonnage du débitmètre est nécessaire : un coefficient de correction (K_c) est calculé et mémorisé dans la mémoire du microcontrôleur.

1.3 Schéma fonctionnel de 2^{ème} degré.



Définition des fonctions secondaires :

FS31 : Captage du débit.

Son rôle est de transformer l'information « débit » en une différence de potentiels V_e image de cette information.

FS32 : Amplification différentielle.

Son rôle est d'amplifier V_e captée par les électrodes et de la référencer par rapport à la masse du montage.

FS33 : Amplification programmable.

Son rôle est d'amplifier de manière optimale le signal V_{S3} afin d'obtenir une V_{S4} qui soit la plus grande possible en restant compatible avec l'entrée du convertisseur, c'est à dire que sa valeur absolue maximale soit inférieure à 5V. FS34 sélectionne l'une des Quatre valeurs D'amplification.

FS34 : Détermination du coefficient d'amplification optimal.

Son rôle est de choisir l'amplification optimale parmi les quatre possibles en fonction de la première mesure.

FS35 : Polarisation unidirectionnelle.

Son rôle est de rendre V_{S5} positive quel que soit le sens du champ magnétique \vec{B} .

FS36 : Elaboration d'un champ magnétique alternatif \vec{B} .

Son rôle est de fournir un courant I_{bob} alternatif à partir d'une source continue et d'une commande F. Ce courant traverse une bobine placée de part et d'autre de la canalisation, et crée un champ magnétique \vec{B} la traversant.

I_{ref} est la valeur absolue du courant traversant la bobine I_{bob}

FS37 : Elaboration de la tension image de \vec{B} .

I_{ref} est convertie en tension. Celle-ci est amplifiée puis filtrée pour donner une tension V_{ref} . Compatible avec l'entrée FS38 « Conversion Analogique Numérique ».

FS38 : Conversion Analogique Numérique

Elle convertit les tensions U_{ref} et V_{S5} en deux mots binaires N_{uref} et N_{Vs5} .

FS39 : Calcul du débit

Le microcontrôleur calcule, à partir de N_{uref} et N_{Vs5} et du coefficient K_c , le débit qui est donné sous forme d'un mot binaire de 8 bits ($N_{débit}$).

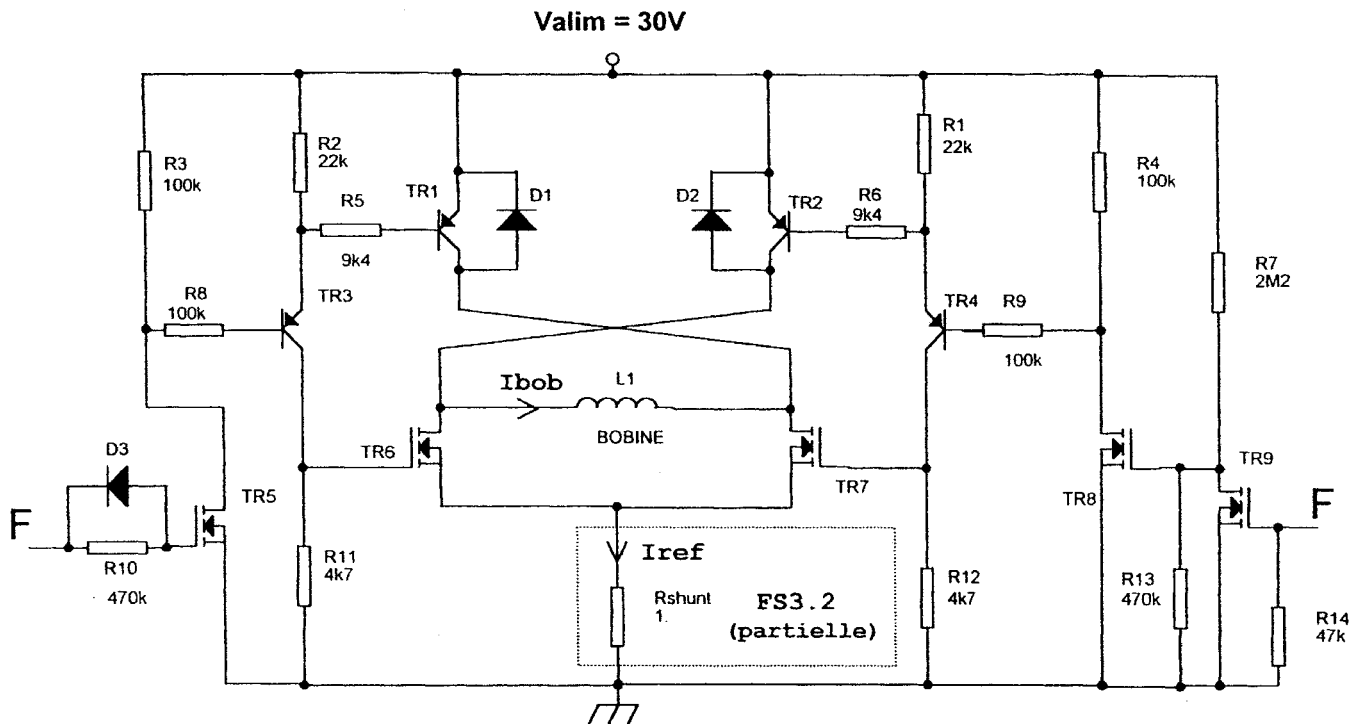
FS310 : Génération de signaux périodiques

Elle génère deux signaux périodiques carrés d'une dizaine de hertz (F et S3)

1.4 Etude de FS3.6 : Elaboration d'un champ magnétique alternatif \vec{B} .

On veut montrer que la structure suivante permet de générer un champ magnétique alternatif \vec{B}

Schéma structurel :



TR5=TR6=TR8=TR9=BS170

TR1=TR2=TR3=TR4=BC470A

D1=D2=D3=1N4148

Résistance propre de la bobine $R_{bob}=340\Omega$

Q1 : Rappeler pourquoi il est nécessaire que le champ magnétique crée soit alternatif ?

Q2 : Donner la technologie et le type des transistors TR3 et TR5

On donne la courbe caractéristique du transistor BS170 en annexe.

Q3 : Sachant que les transistors fonctionnent en commutation, indiquer, dans le tableau 1 sur le document réponse, l'état des transistors (Notation → **B** : Transistor bloqué ; **P** : transistor saturé ou transistor conducteur à résistance de canal nulle, selon le type de transistor).

Q4 : compléter le tableau 1 sur le document réponse le signe du courant I_{bob} .

Q5 : Justifier alors que le champ magnétique créé est alternatif.

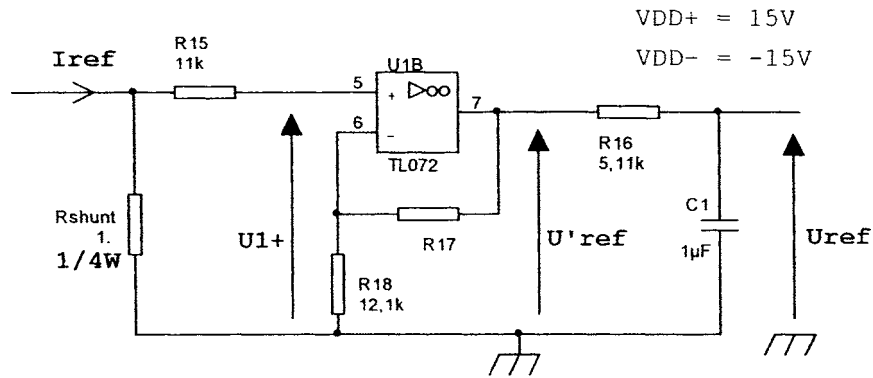
Q6 : Calculer la valeur maximale du courant I_{bob} lorsque TR2, TR7 sont dans l'état (P) et TR1, TR6 dans l'état B (on néglige les tensions V_{Ecsat} , V_{DSon} et la tension aux bornes de R_{shunt}).

Q7 : Expliciter le rôle des diodes D1 et D2 (que protègent-elles et à quel instant jouent-elles leur rôle) ?

1.5 Etude de FS3.7 : Elaboration de la tension image de \vec{B} .

On veut montrer que la structure utilisée permet de convertir le courant I_{ref} (produisant le champ magnétique \vec{B}) en une tension proche de 5V (tout en restant inférieure) et absente de perturbations de fréquences élevées.

Schéma structurel :



Q8 : Exprimer U_{1+} en fonction de I_{ref} et des éléments de la structure.

Q9 : Exprimer U'_{ref} en fonction de I_{ref} et des éléments de la structure.

On donne : $I_{refmax}=90mA$

Q 10 : Calculer R_{17} pour que la tension U'_{ref} reste inférieure ou égale à 5V.

Q11 : Choisir R_{17} dans la série E12 (donnée en annexe à la page CAN7) en expliquant votre choix.

Q12 : Justifier la valeur de la puissance de R_{shunt} .

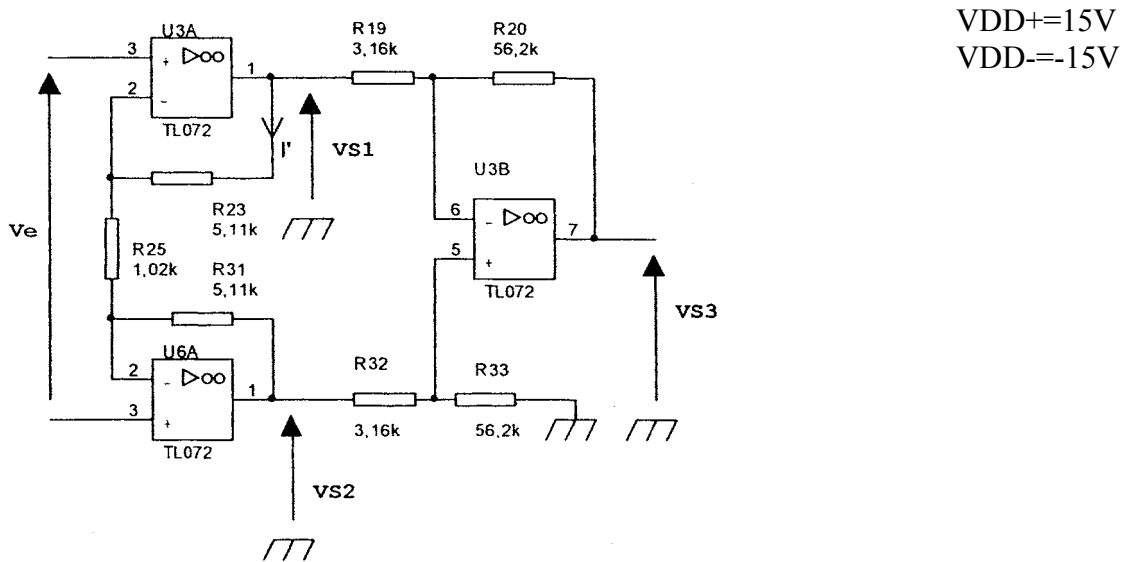
Q13 : Indiquer la nature du filtre réalisé par R_{16} et C_1 . Calculer sa fréquence de coupure.

Q14 : Justifier le rôle du filtre ainsi réalisé.

1.6 Etude de FS3.2 : Amplification différentielle

On veut montrer que la structure utilisée amplifie un signal sans référence commune en une tension référencée par rapport à la masse.

Schéma structurel :



Q15 : Exprimer littéralement V_e en fonction de R_{25} et I' .

Q16 : Exprimer littéralement $V_{s1}-V_{s2}$ en fonction de R_{23} , R_{25} , R_{31} et I' .

Q17 : En déduire que $V_{S1}-V_{S2}=K_1.V_e$ Avec $K_1=1+\frac{R_{23}+R_{31}}{R_{25}}$

Q18 : Exprimer littéralement V_{U3B}^- (broche 6 de U3B) en fonction de V_{S1} , V_{S3} , R_{19} et R_{20} .

Q19 : Exprimer littéralement V_{U3B}^+ (broche 5 de U3B) en fonction de V_{S2} , R_{32} et R_{33} .

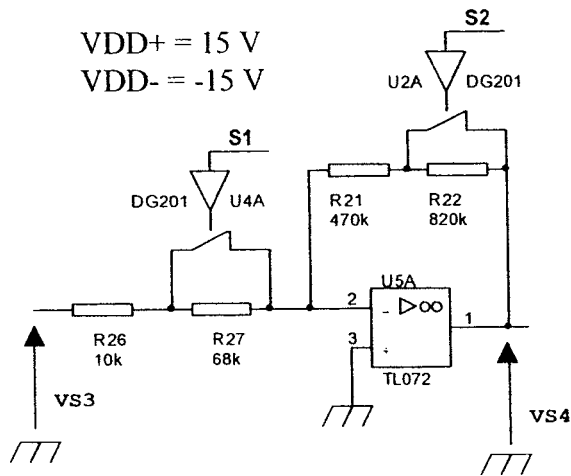
Q20 : En déduire que $V_{S3}=K_2(V_{S1}-V_{S2})$. On remarquera que $R_{19}=R_{32}$ et que $R_{20}=R_{33}$ avec $K_2=-\frac{R_{20}}{R_{19}}$
Calculer la valeur numérique de K_2 .

Q21 : Déduire des questions précédentes que $V_{S3}=K_3.V_e$
Calculer la valeur numérique de K_3 .

1.7 Etude de FS3.3 : Amplification programmable

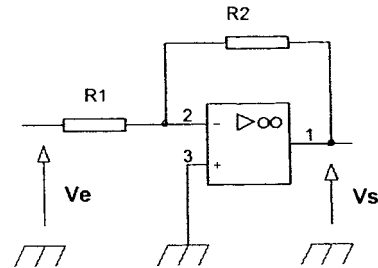
On veut montrer que cette structure permet d'obtenir quatre coefficients d'amplification différents dont on veut connaître les valeurs.

Schéma structurel :



On rappelle que pour cette structure :

$$V_S = -\frac{R_2}{R_1} V_e$$



Q22 : Compléter le tableau 2 du document réponse en donnant l'expression littérale de R1 et de R2 en fonction des éléments de la structure et de la résistance R_{dson} des interrupteurs analogiques. Montrer que l'on peut négliger l'influence de la valeur de R_{dson} des interrupteurs analogiques. (Consulter la documentation de l'interrupteur analogique).

Q23 : Soient les constantes $kS1$ et $kS2$ qui peuvent prendre les valeurs « 0 » ou « 1 » selon la valeur logique des variables S1 et S2 associées aux interrupteurs analogiques.

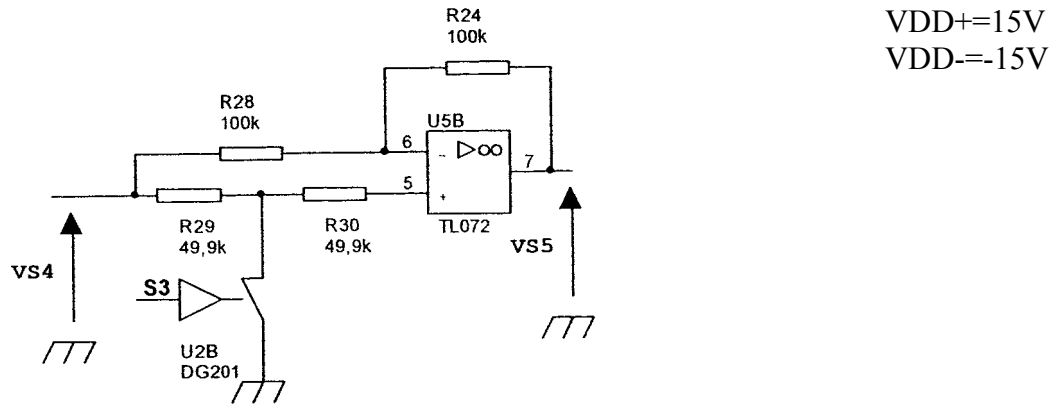
Montrer que $K_4 = \frac{V_{S4}}{V_{S3}}$, peut s'écrire $K_4 = -\frac{R_{21} + kS2 \cdot R_{22}}{R_{26} + kS1 \cdot R_{27}}$

Q24 : Compléter le tableau 3 sur le document réponse 1 en faisant apparaître les expressions littérales de $K_4 = \frac{V_{S4}}{V_{S3}}$, puis leur valeur numérique.

1.8 Etude de FS3.5 : Polarisation unidirectionnelle

On veut montrer que la structure ci-dessous permet d'obtenir une tension V_{S5} constamment positive quelle que soit la polarité de V_{S4} .

Schéma structurel :



Q25 : Justifier pourquoi le changement de polarité est nécessaire ?

Pour $S3=0$:

Q26 : Donner la valeur de la tension aux bornes de R_{30} .

Q27 : Exprimer littéralement puis numériquement V_{S5} en fonction de V_{S4} .

Pour $S3=1$:

Q28 : Donner la valeur des tensions aux bornes de R_{29} et de R_{30}

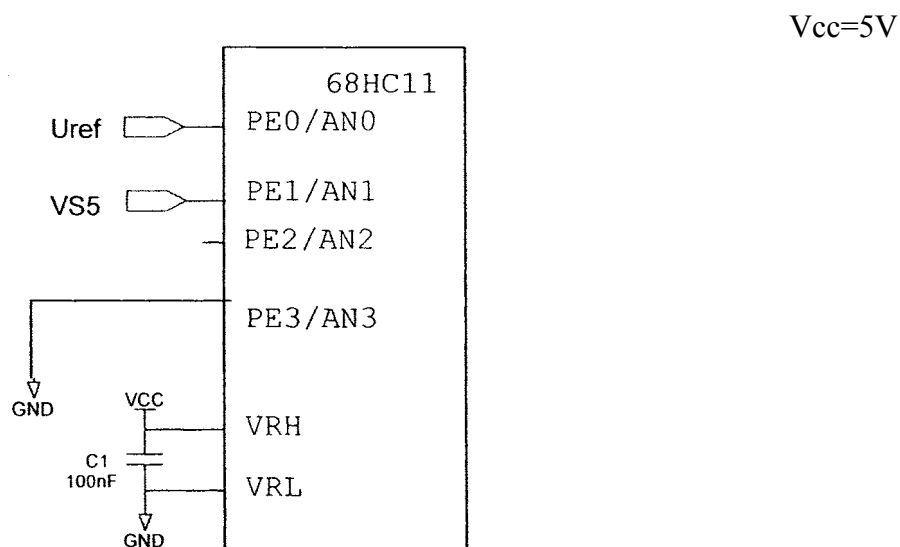
Q29 : Exprimer V_{S5} en fonction de V_{S4} .

Q30 : Déterminer l'état logique que doit présenter $S3$, en fonction de la polarité de V_{S4} , afin que la fonction $FS35$ soit remplie.

1.9 Etude de FS3.8 : Conversion Analogique Numérique

On désire monter comment cette structure est gérée afin de déterminer les mots binaires correspondant aux tensions d'entrée.

Schéma structurel partiel de la fonction.



La conversion analogique numérique est intégrée au microcontrôleur de type 68HC11E2 (voir documentation constructeur).

Q31 : Donner la résolution du convertisseur.

Q32 : Calculer le quantum du convertisseur, justifier votre réponse.

Q33 : Indiquer, d'après la documentation constructeur, le nom et l'adresse (en hexadécimal) du registre qui permet le contrôle du convertisseur.

Q34 : On donne ci-dessous les différents modes possibles de fonctionnement du convertisseur :

- *Conversion unique et à la suite des 4 canaux sélectionnés,*
- *Conversion répétitive, 4 fois de suite, d'un seul canal,*
- *Conversion répétitive et à la suite des 4 canaux sélectionnés,*
- *Conversion unique, 4 fois de suite, d'un seul canal.*

On demande d'associer à chacun de ces modes la combinaison correspondante des bits SCAN et MULT du registre de contrôle (on présentera les résultats sous forme de tableau).

Q35 : En déduire le contenu de ce registre de contrôle pour effectuer une conversion unique des grandeurs analogiques associées aux entrées PE0 à PE3.

Q36 : Indiquer le nom et l'adresse (en hexadécimal) du registre où est stocké le résultat de la conversion V_{S5} .

Q37 : Calculer le mot binaire récupéré si V_{S5} vaut 2,38V.

1.10 Synthèse

On donne $|B|=10^{-2}T$, $v=0,5\text{m/s}$ et $L=40\text{mm}$

Dans le 1^{er} temps de la mesure de V_{S5} , le microcontrôleur positionne $S1=1$, $S2=0$ et $S3=0$.

Q38 : Dresser un tableau rappelant les valeurs trouvées. Pour les coefficients K_1 , K_2 , K_3 , K_4 .
Donner l'expression littérale de $V_{S5}=K.V_e$ et la valeur numérique de K .

Q39 : Calculer V_e puis V_{S5} .

Q40 : Calculer le mot binaire récupéré après la conversion.

Une erreur de 1LSB est systématique lors de la conversion. On calcule la précision de conversion par :

$$P\% = \frac{1}{N} \cdot 100 \text{ ou } N \text{ est le mot binaire.}$$

Q41 : Calculer la précision sur la mesure obtenue.

Q42 : Déterminer alors l'amplification et la position de S1 et S2 que donnera la fonction FS3.4 lors du 2^{ème} temps de la mesure de V_{S5} .

Q43 : Calculer V_{S5} et le mot binaire après une nouvelle conversion.

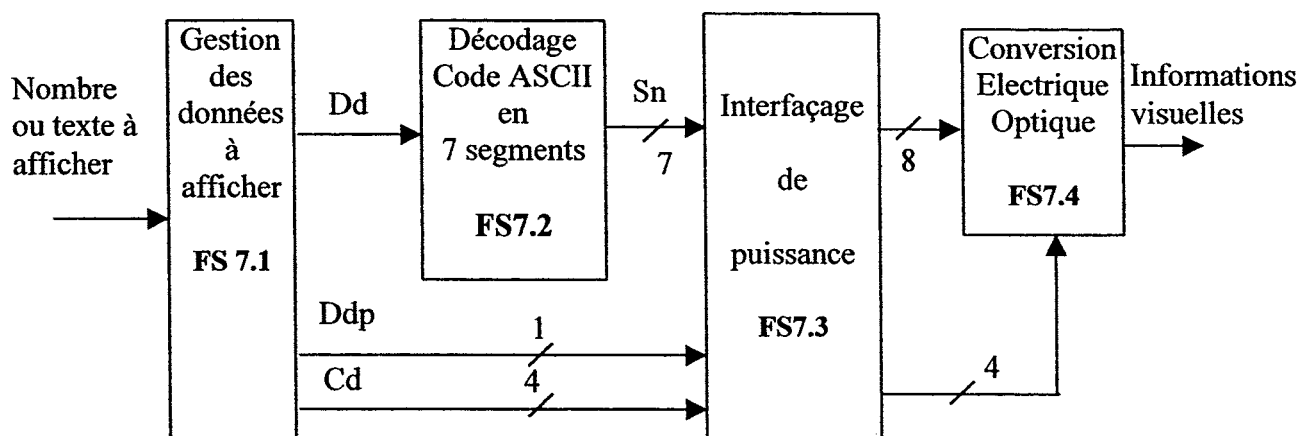
Q44 : Calculer la nouvelle valeur de la précision.

Q45 : Montrer l'intérêt du type de mesure « Dual Slope ».

II – Etude de FP7 : « Affichage »

Son rôle est de convertir les données à afficher en signaux lumineux compréhensibles par l'utilisateur. Un affichage multiplexé a été choisi pour la simplicité de la mise en œuvre matérielle, la gestion étant réalisé par logiciel.

2.1 Schéma fonctionnel de 1^{er} degré.



Description des fonctions secondaires :

FS71 : Gestion des données à afficher

Son rôle est d'envoyer séquentiellement les codes ASCII (Dd) des chiffres, des lettres ou du point décimal des informations à afficher vers FS7.2 « decodage code ASCII en code 7 segments ». Elle élabore aussi la commande d'allumage des digits (Cd).

FS72 : Décodage Code ASCII/7segments

Son rôle est de convertir le code ASCII de la donnée alphanumérique à afficher en commande d'allumage des segment à afficher (Sn).

FS73 : Interfaçage de puissance

Permet de fournir la puissance nécessaire au bon fonctionnement des afficheurs.

FS74 : Conversion Electrique / Optique

Son rôle est de convertir les signaux électriques en signaux lumineux visibles par l'opérateur.

2.2 Préliminaires.

Lors du calibrage du débitmètre, un débit très précisément connu est mesuré. Le technicien demande l'affichage de cette mesure. Dans le cas où la mesure est différente du débit connu, le technicien saisit la valeur du débit réel. La fonction traitement calcule alors la valeur de la constante de correction Kc qui sera utilisée pour les calculs ultérieurs de débit.

On rappelle que le microcontrôleur utilisé est de type **68HC11E20** et qu'il satisfait les fonctions **FS71** et **FS72**.

2.3 Etude de FS7.1 : Gestion des données à afficher.

Les données sont stockées temporairement avant d'être traitées pour être affichées, puis remplacées par de nouvelles valeurs.

Q46 : Préciser le type de mémoire dans laquelle ces données sont stockées.

Q47 : Préciser le type de mémoire dans laquelle le programme est stocké.

Q48 : Indiquer quelle peut-être la taille maximale, en nombre d'octets du programme ?

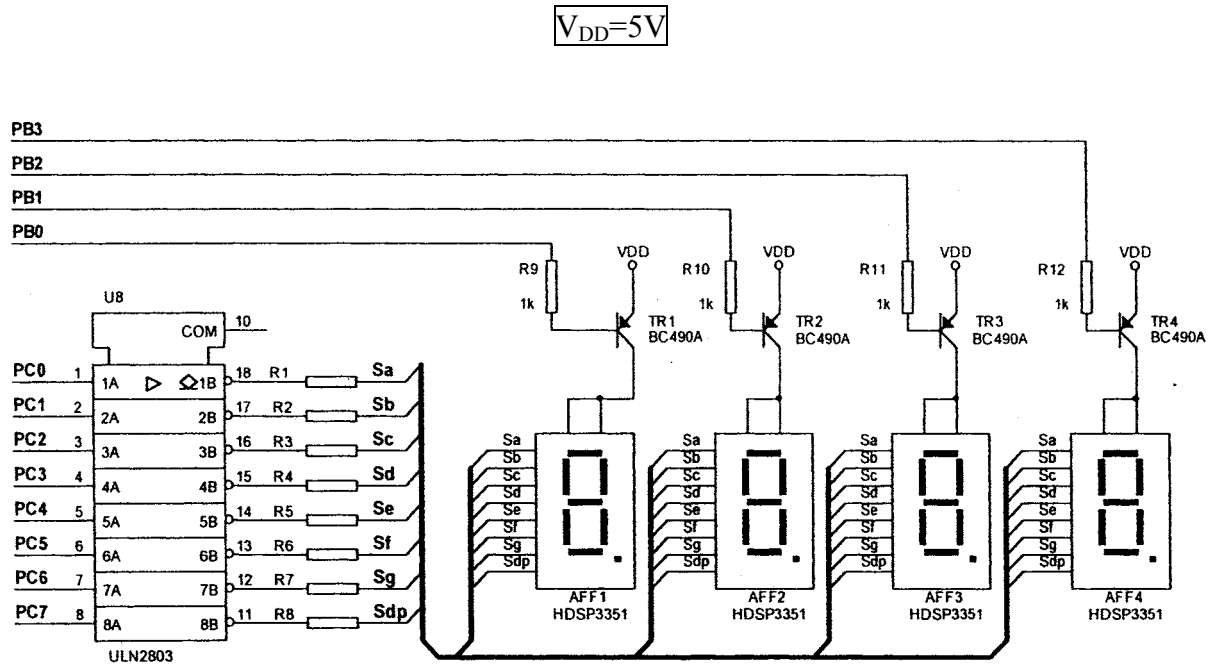
La constante Kc est stockée en EEPROM dont l'adresse de départ est \$B600

Q49 : Définir le terme EEPROM ?

Q50 : Indiquer la taille, en nombre d'octets, de cette mémoire dans le microcontrôleur utilisé ?

Q51 : Donner l'adresse de fin de la zone EEPROM.

Schéma structurel



Afficheurs à anodes communes, couleur rouge (HER)

Q52 : Décrire, sous une forme algorithmique, le principe général de l’affichage multiplexé.

Q53 : Caractériser le type de l'étage de sortie du circuit U8.

Q54 : Dessiner le schéma structurel partiel relatif à la maille contenant le segment « a » de AFF1 en repérant tous les composants et tensions rencontrés.

Q55 : En déduire les états logiques en sortie de U8 (18) et PB0 pour que ce segment « a » s'allume.

Q56 : En vous aidant des chronogrammes de commandes d'allumage des afficheurs donné en annexe et sachant que la valeur moyenne doit être égale à 10mA, justifier que l'intensité du courant traversant le segment « a » à pour valeur maximale 40mA.

Q57 : Justifier le choix des afficheurs utilisés en vérifiant la compatibilité des intensités de courant données dans la documentation constructeur. Et celles trouvées aux questions précédentes.

Q58 : En vous aidant des caractéristiques (valeurs typiques) des composants TR1, U8 et AFF8 définies dans la documentation constructeur, déterminer la valeur du composant résistif R1.

Q59 : Déterminer l'intensité maximale du courant traversant le transistor TR1 lorsque tous les segments sont allumés.

Q60 : Montrer, par le calcul, que le transistor TR1 est saturé lorsque PB0 est à l'état bas et que tous les segments sont allumés (on prendra $\beta=140$ pour le transistor BC490A).

Q61 : Compléter le tableau 4 du document réponse, en indiquant, pour chaque cas, quel caractère est affiché et sur quel afficheur (la structure de l'afficheur vous est donnée en annexe).

PC 7	PC 6	PC 5	PC 4	PC 3	PC 2	PC 1	PC 0	PB 3	PB 2	PB 1	PB 0		Caractère	Afficheur
0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0			
0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1			
0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1			
1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1			