

ÉTUDE D'UN SYSTÈME INDUSTRIEL

OPTION A : ÉLECTRONIQUE ET INFORMATIQUE INDUSTRIELLE

ÉLÉMENTS DE CORRECTION

A - Analyse du fonctionnement

A.1 - Étude d'une demande d'arrêt du bus

Q1a) Repérer le numéro de l'IOU et le type d'entrée utilisée pour la détection de l'appui sur le bouton poussoir Arrêt demandé C.

Dans l'annexe A2, on lit : RG_E_Bp_ArretDemandeC = RG_IOU6_ELOG4;
Le BP "arrêt demandé C" est donc relié à l'entrée logique numéro 4 de l'IOU 6.

Q1b) Préciser à quel élément du système (CMU, SCU, IOU), cette donnée sera envoyée. Préciser le type de communication utilisée (liaison directe, liaison série, réseau CAN).

Cette donnée sera envoyée au CMU par le réseau CAN, dans la trame NORM1, octet num4, bit num4.
(Annexe B3.1)

Q1c) Dans le cas d'une communication par réseau CAN, préciser la trame concernée (Norm1, Norm2, Norm3, Norm4).
Norm 1, Cf Q1b

Q1d) Repérer le module qui commande le panneau « Arrêt Demandé avant », le panneau « Arrêt Demandé milieu », le voyant « Arrêt Demandé » du tableau de bord et la sonnerie.

Panneau Arrêt Demandé avant : IOU7, sortie logique 5 RG_IOU7_OUT5_COMMAND(RG_S_EclairageArretDemandePorteAv);
Panneau Arrêt Demandé milieu : IOU 6
Voyant Arrêt Demandé (TdB) : SCU
Sonnerie : IOU 7

Q2a) Indiquer sur le document réponse DR 1, la signification du message ou les opérations principales associées à chaque flèche, en respectant la chronologie.

CF DR1 page suivante

Q3 Analyse du délai de réaction du système

Délai maximal entre l'appui sur le bouton poussoir « Arrêt Demandé C » et réception de cette information :

Appui BP à T = 0

Prise en compte par contrôleur CAN : 20 ms

Ttotal = 20 ms

Le cycle du CMU est décorrélié de celui de IOU. Dans le pire des cas, le début du cycle du CMU démarre 50 ms après. Il faut donc prévoir 50 ms pour que le CMU envoie une trame de requête à IOU lui demandant d'envoyer ses données :

Ttotal = 70 ms

Délai entre l'appui sur le bouton poussoir et l'allumage du panneau lumineux « arrêt demandé » Avant du bus.

Ensuite Il faut attendre 20 ms pour que le CMU prenne les données dans le contrôleur CAN et les place dans la zone de mémoire partagée du CMU (tache C3).

Il faut attendre MAJEntrée du cycle suivant pour les variables de l'application soient mises à jour avec les informations de la mémoire partagée car MAJEntrée a lieu après C1.

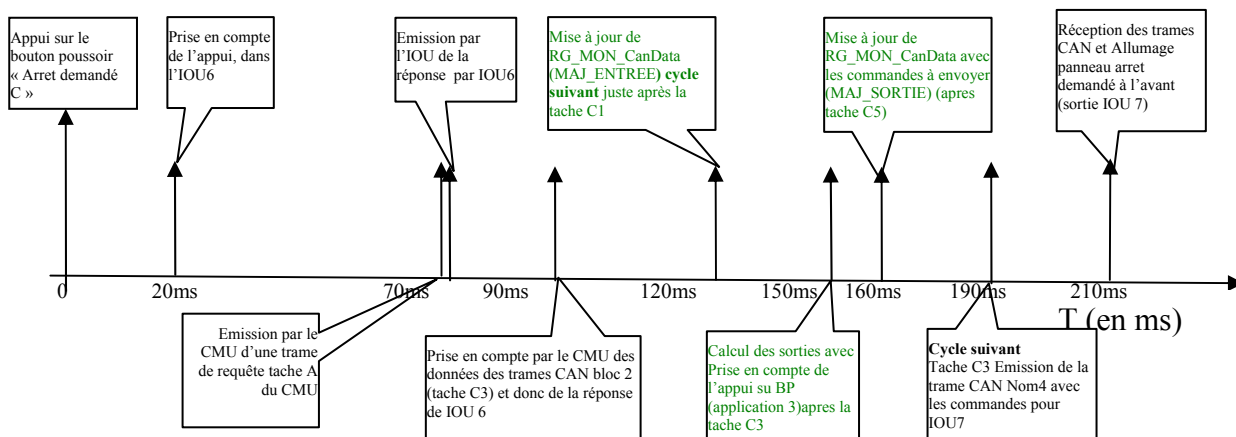
L'application 3 démarre au pire 30 ms après MAJEntrée.

Ttotal = 150 ms

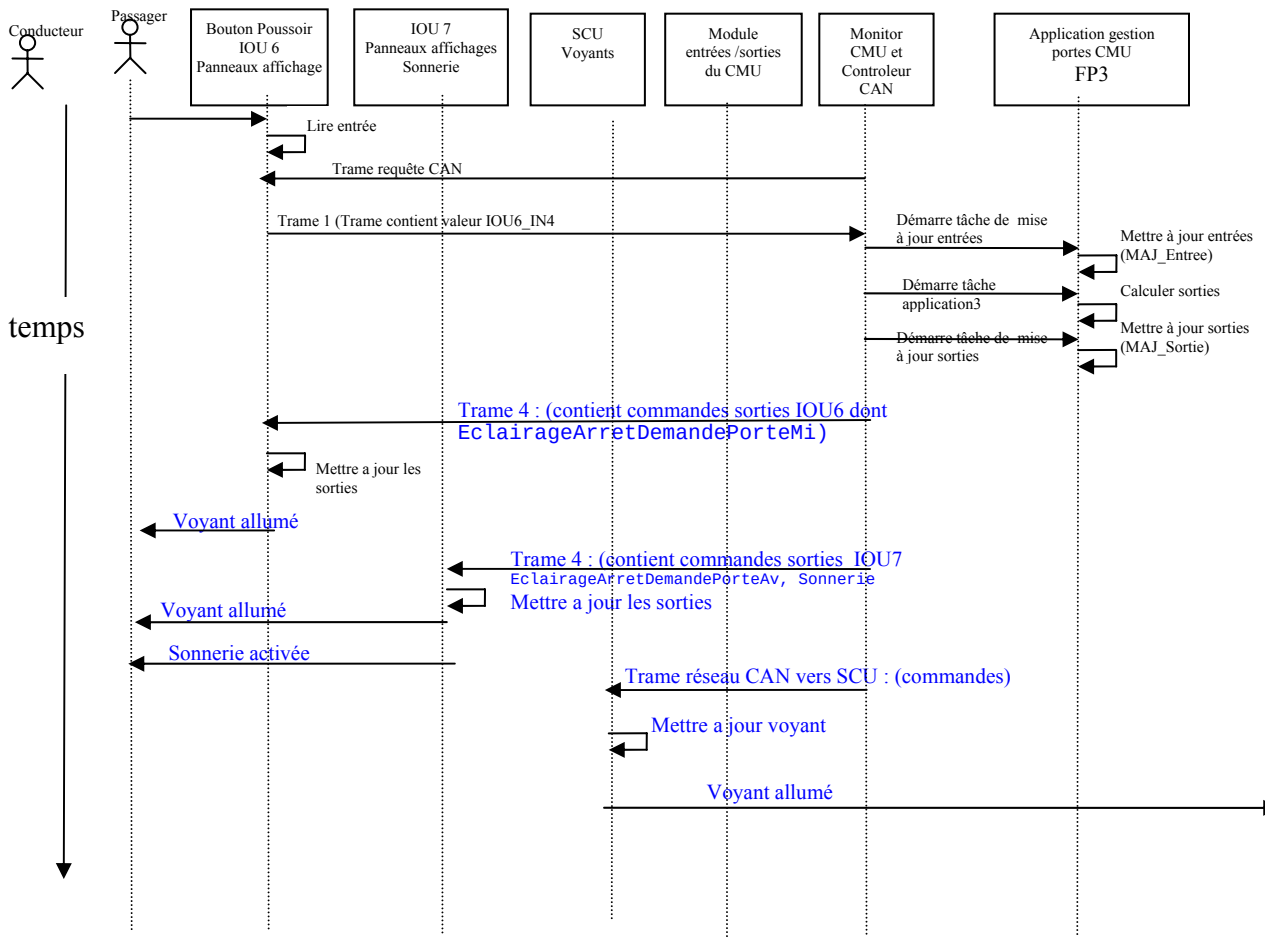
Puis il faut encore la tache C5 pour que la mémoire partagée du CMU récupère les données à envoyer. Ensuite c'est la tache C3 qui va lancer la tache d'envoi de la trame de données vers l'IOU 7. Ce sera dans le cycle suivant.

Le retard entre l'appui sur le bouton poussoir et l'éclairage du panneau lumineux arrêt demandé à l'avant est de 0,21 s. (0,20 si on prend affichage sur IOU6s)

Q3c) Compléter le document réponse DR 2 en faisant apparaître la chronologie des opérations intermédiaires.



Document réponse DR 1



A.2 - Étude de l'ouverture de la porte AVANT

Q4. Evolution de la position de la porte en fonction du temps

Q4a) Justifier la présence de la phase de démarrage du moteur.

Il s'agit d'un moteur à courant continu. On a $U_m = E + R_i$. Or au démarrage $E = 0$ V. La valeur de R (entre 1 et 10 Ohm suivant les moteurs) conduirait à $I = 24$ A avec $U_{bat} = 24$ V, cette donnée comme celle du courant rotor bloqué, n'est pas compatible avec ce que peut fournir l'alim (max 9 A). Il faut donc démarrer sous tension réduite.

Q4b) À partir des données extraites du fichier d'initialisation init_Appli (cf. annexe A.4.1.3), montrer que la durée de cette phase est de 0,3 s si la tension de la batterie est de 23,5 V.

Lors de la phase de démarrage la tension du moteur est incrémentée de `CT_MOTOR_SUPPLY_STEP` toutes les 50 ms du pas défini par :

```
#define CT_MOTOR_SUPPLY_STEP          20          // Inc. de 20 (2 V) toutes les 50 ms
```

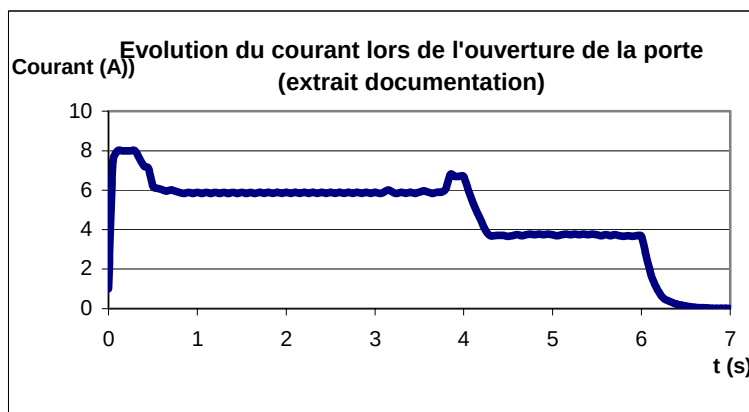
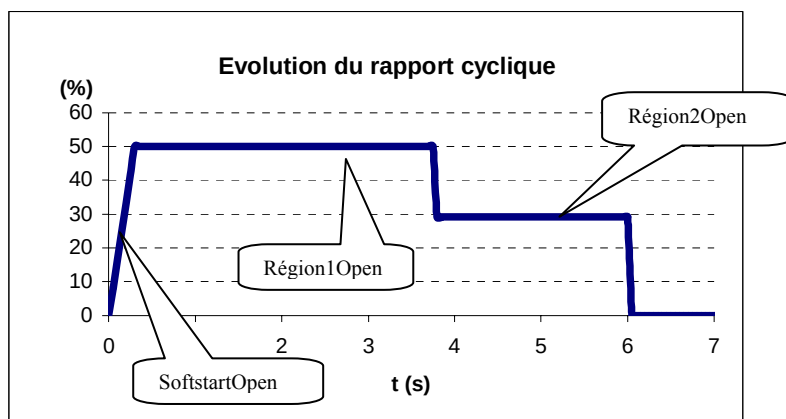
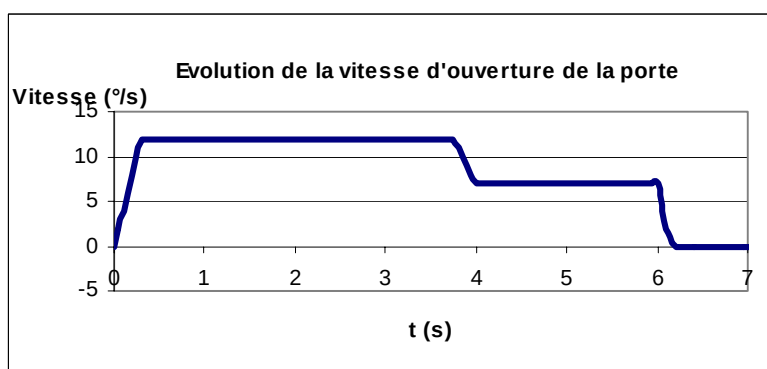
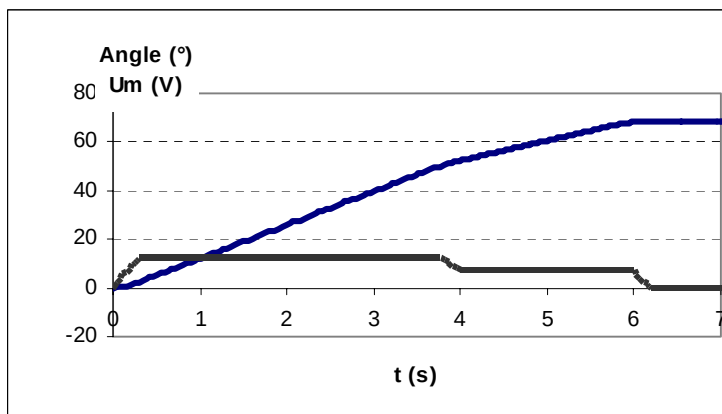
Pour $22\text{ V} \leq V_{bat} < 26\text{ V}$, la `TableNORMAL_VOLTAGE_OPEN_1[2]` donne une valeur pour la région1 égale à 120 ce qui correspondra à 12 V. Il faudra donc $120 / 20 = 6$ incréments avec d'arriver à 120.

Il faut donc, $6 \times 50\text{ ms}$, donc 0,3 s.

NB la `TableNORMAL_VOLTAGE_OPEN_1` donne une valeur pour la région2 égale à 70 ce qui donnera 7 V.

Q4c) Sur le document réponse DR 3, tracer en fonction du temps l'allure de la vitesse d'ouverture de la porte AVANT et l'évolution de l'angle d'ouverture de la porte AVANT. Préciser l'échelle sur les angles d'ouverture

DR 3



Q5 Étude du rapport cyclique de la tension PWM

Expression du rapport cyclique en fonction de la tension souhaitée aux bornes du moteur.

$\text{Rapport Cyclique} = \text{Tension souhaitée} / \text{Tension Batterie}$

Ou encore $\text{Duty_Cycle} = \text{Motor_Supply} / (\text{CT_THEORIC_VALUE_BATTERY})$;

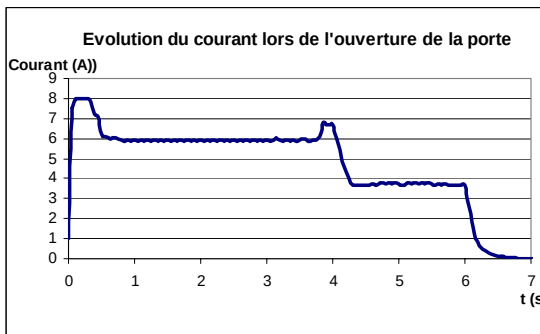
Evolution du rapport cyclique en fonction du temps : Cf. graphe ci dessus

Influence de la tension réelle de la batterie sur l'évolution de la position de la porte ?

Si la tension est plus faible que 24 V, la porte se déplacera moins vite.

Q6 Étude du courant dans le moteur

Q6a Justifier la forme du courant dans le moteur fournie figure 3 dans le document de présentation.



On peut distinguer les phases suivantes:

- Montée du courant, limité par la rampe de tension.
- Pointe de courant à 8A qui correspond au démarrage
- Maintien à 6A pendant l'ouverture
- 'Point dur' à t=4s (classiquement dû au système de verrouillage-blocage en fin de course)
- Maintien d'un couple de fermeture plus réduit pendant 2 s en fin de course.

Détection obstacle, à partir de la mesure du courant dans le moteur.

Le tableau TableCourantPorteAv donne pour différentes tensions de la batterie le courant absorbé. Un obstacle se traduira par une pointe de courant en dehors du gabarit pré-défini.

A.3 Influence de la tension de la batterie

Q7. Étude de la fonction Porte_Cmde_TensionPourPorte (cf. annexe A.4.3.2)

Q7a Expliciter ce que représente la variable RG_TensionPorteAv. Quel est l'intérêt de cette fonction ?

Dans l'extrait de Porte_Cmde_TensionPourPorte, on a :

$\text{RG_TensionPorteAv} = \text{RL_Somme_TensionPorte} / \text{CT_PeriodeMoyenneTensionPorte}$;

RG_TensionPorteAv représente la valeur moyenne de la tension de la batterie mesurée sur la durée qui dépend de CT_PeriodeMoyenneTensionPorte.

La fonction Porte_Cmde_TensionPourPorte aura un rôle de filtre passe bas. Son intérêt est d'éliminer l'influence des parasites sur la valeur de la tension de la batterie.

Remarque :

L'estimation de l'angle d'ouverture de la porte se fait à partir de la mesure du courant Moteur. Le courant Moteur dépend de la tension de la batterie. Il faut donc connaître sa valeur pour choisir le bon gabarit du courant (cf. annexes page 7 TableCourantPorteAv) dans l'application de gestion des portes.

Q7b Proposer en la justifiant, une valeur pour CT_PeriodeMoyenneTensionPorte et donner sa déclaration.

Cette variable définit la plage de moyennage. La tension de la batterie est quasiment constante donc on peut faire une moyenne sur une durée relativement longue (entre 0,5 s et 5 s).

La valeur de la tension de la batterie est envoyée par l'IOU toutes les 50 ms autrement dit la période d'échantillonnage de la batterie est de 50 ms.

En prenant 2 s par exemple, il faut 40 périodes

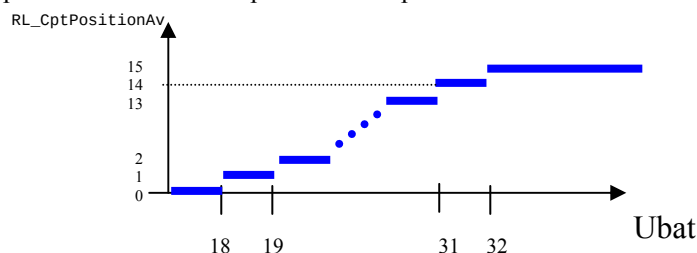
Exemple de solution

#define CT_PeriodeMoyenneTensionPorte 40 //40*50 ms = 2 s

Q8. Étude de la fonction Porte_Cmde_CalculParametreParRapportVBat (cf. annexe A.4.3.3)

Q8a Expliciter le rôle de cette fonction et tracer la caractéristique donnant la valeur de la variable RL_systCptPositionAv en fonction de la tension de la batterie Ubat.

Cette fonction permet (pour chaque zone de fonctionnement) de déterminer les incréments de position en fonction de la tension moyenne batterie pour l'estimation de la position de la porte.



A.4 Estimation de la position de la porte AVANT

Q9. Estimation de la position de la porte

Proposer l'algorithme de la fonction Porte_Cmde_DoorEstimationPosition qui estime la position de la porte pour le fonctionnement dans la région 1.

Si (Porte en mode ouverture)

Si (Pos_estime < limite_region1) alors

Pos_estime = Pos_estime+IncrementRegion1 (calculé Question 8)

Sinon

Porte_dans_region1 = 0

Porte_dans_region2 = 1

finsi

Finsi

NB en mode fermeture, il faut décrémenter

A.5 Élaboration des documents de présentation du système

Q10. Choisir la mise en situation générale, (c'est-à-dire restreindre et délimiter le système étudié pour illustrer un ensemble de concepts, définir le système dans son contexte)

Rappel des Thèmes demandés dans la question : acquisition et traitement de grandeurs physiques, transmission et transport de l'information.

Compte tenu du temps imparti, est attendue une réponse montrant les orientations pédagogiques principales du candidat.

Exemple de réponse attendue.

Mise en situation et contexte :

L'étude sera restreinte aux fonctionnalités suivantes,

- à la demande d'ouverture de porte par un passager (Bouton Poussoir porte Milieu1) ou par le chauffeur depuis son tableau de bord, l'affichage du voyant porte milieu ouverte sur le tableau de bord.
- à la gestion de l'ouverture de la porte du milieu suite à l'une de ces demandes.

Le système est donc limité aux modules matériels IOU6, SCU, CMU, logiciel associés, réseau CAN, moteur et actionneurs associés à la porte du milieu.

On se place dans des conditions de fonctionnement normal. Les phases d'initialisation ou de tests de fonctionnement sont supposées terminées. Les équipements (modules, équipements réseau,...) en état normal (pas de mode endormi).

Le bus est supposé être à l'arrêt, Les conditions de sécurité concernant l'ouverture des portes étant validées et le chauffeur ayant aussi validé la possibilité d'ouvrir les portes.

Les mesures et les transmissions correspondant à des détections de défauts ne sont pas prises en compte dans cette description. Ils seront abordés au fur et à mesure des besoins.

Ce choix permettra à la fois d'aborder

- l'acquisition et le traitement des signaux logiques (état des boutons poussoir, ...) et des signaux analogiques (courant dans le moteur, tension de la batterie,...)
- la transmission des informations (transmission des informations des états et des commandes via le réseau Can).

D'autres choix de mise en situation peuvent être retenus : par exemple

- Acquisition et traitement des demandes d'arrêt ou des demandes d'ouverture des portes sur l'ensemble de l'autobus, Affichage des ces informations sur l'ensemble des panneaux et le tableau de bord.

Ce choix permet d'aborder essentiellement l'acquisition, le traitement, la transmission des informations logiques (capteurs et actionneurs logiques). On se polarise sur les entrées et sorties logiques. On ne s'occupe pas de tout ce qui concerne les moteurs (plus simple à présenter, et permet de mieux traiter la vue d'ensemble concernant un ensemble d'entrée et sorties logiques)

- Gestion de la fermeture des portes depuis le tableau de bord du chauffeur, avec l'affichage de l'état des portes sur le tableau de bord (assez similaire à ouverture).

La limitation à un IOU donné et un CMU est moins pertinente car aucun IOU ne gère complètement une fonctionnalité. Donc ce choix ne donne pas une vue globale du cheminement de l'information complet ou alors il obligerait à modifier par rapport à la réalité l'affectation des entrées sorties d'un IOU pour que celui-ci gère complètement une fonctionnalité.

La limitation à un CMU est possible mais ne permet pas d'illustrer la transmission des données.

La limitation à un IOU (sans CMU) est irréaliste car l'application ne peut pas fonctionner.

On demandait une limitation du système existant et non pas des extensions à d'autres fonctionnalités, ni une étude plus générale des transports en commun.
Toutes les présentations de système faisant intervenir des éléments autres que ceux décrits dans le sujet sont hors propos.

Q11. Élaborer les principaux schémas de présentation associés (schémas fonctionnels, schéma d'architecture matérielle, diagrammes UML, algorithmes, etc.)

Compte tenu du temps imparti, il n'est pas attendu un document complet de description du système mais une ébauche de ce qui serait fourni aux élèves avec un minimum de caractérisation

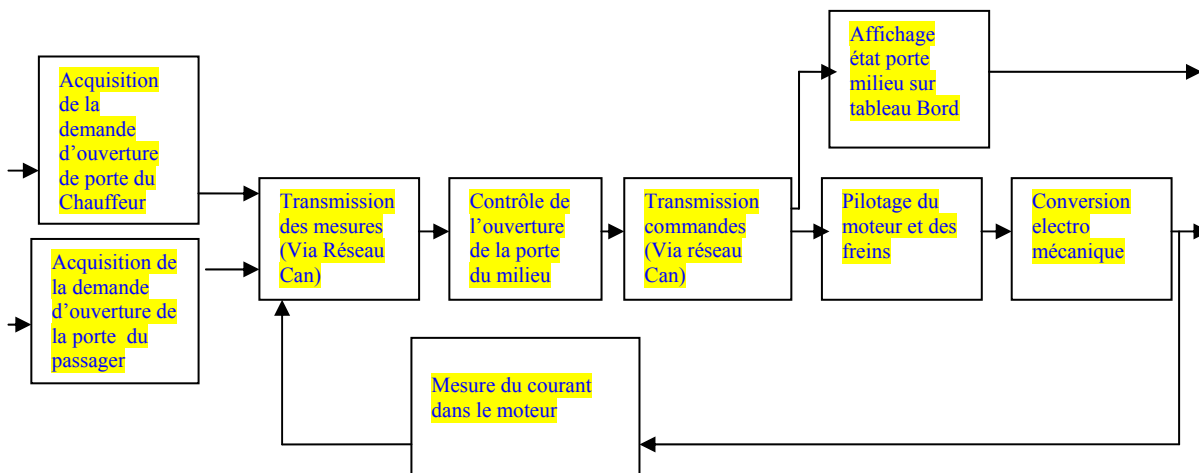
Il a été pris en compte la cohérence avec la réponse à la question précédente.

Il est demandé au moins un schéma d'architecture matérielle ou fonctionnelle

Schéma d'architecture matérielle.

On attend ici le schéma (éléments matériels retenus précédemment, les connecteurs et réseau CAN, capteurs et actionneurs) montrant le SCU avec BP(tableau bord), CMU, l'IOU 6, BP ouverture porte passager, réseau Can, moteur de porte.

Schéma fonctionnel On attend ici un schéma fonctionnel simple limité au contexte choisi



Q12. Expliciter les caractéristiques principales retenues (caractéristiques fonctionnelles, matérielles ou comportementales, contraintes du cahier des charges)

On attend ici une description des entrées sorties des fonctions du schéma fonctionnel ci-dessus, un minimum de caractérisation (nature, gammes de valeurs, relation quantitative entrée sortie,) et des repérages des structures matérielles associées est exigé.

Caractéristiques principales retenues

Acquisition

Demande ouverture de porte (Chauffeur et passager):

- Entrées : Etat du bouton poussoir passager (2 états possibles) et Etat du BP sur tableau Bord ouverture porte milieu
- Sorties : variable logicielle (logique ou boolean)(2 états) : RG_E_BPPorteMi_ParPassager (sortie RG_IOU6_Elog2) et RG-E_BP_PorteMil (sortie RG_MON_CMU_Elog6)

Cette fonction est réalisée par le bouton poussoir situé dans l'autobus relié au connecteur CN104 de l'IOU 6 et une partie de l'IOU 6. (Acquisition des entrées logiques Bloc repéré INPUT Folio 3 et logiciel exécuté par microcontrôleur de IOU)

Le bouton poussoir ouverture de port situé sur le tableau de bord directement relié au SCU (unité d'entrée sortie spécialisée tableau de bord) et une partie du SCU.

Mesure

- Position de la porte
 - Entrée : position de la porte = angle d'ouverture compris entre 0 et 100°
 - Sortie : RG_E_PositionPorte, variable logicielle Grandeur Codée variant entre 0 (porte fermée) et 100 (porte ouverte)
- Courant dans le moteur
 - Entrée Courant dans le moteur (A) ordre de grandeur en fonctionnement normal (entre 0 (inactif) et 8 A (début de ouverture de la porte))

- o Sortie RG IOU6_BR2 Current Measure : variable logicielle grandeur codée image du courant résolution 0,1A
- Détection porte fermée :
 - o Entrée état du switch,
 - o Sortie variable logicielle (logique ou boolean)(2 états) (RG_IOU6_Elog6)
- Tension de la batterie
 - o Entrée V1 tension d'alimentation présente sur IOU6, (Comprise entre 0 et 32V)
 - o Sortie variable logicielle Grandeur Codée résolution 0,2V (RG_IOU6_VAMS_Measure)

Cette fonction est réalisée

par un potentiomètre (2,2k), un switch reliés au connecteur CN104 de l'IOU 6

la résistance de mesure du courant dans le moteur et la structure associée (cf Folio 6 entrée CPUShunt du microcontrôleur)

la structure entre V1 et CPU_V1 (cf Folio 2)

la structure de l'IOU 6 (acquisition entrées logiques et analogiques Bloc repéré INPUT Folio 3)

une partie du logiciel exécuté par microcontrôleur de IOU.

Transmission des mesures (Via Réseau Can)

Les mesures transmises via le réseau CAN sont celles correspondant

- o à la demande d'ouverture de la porte par un passager RG_E_BPPorteMi_ParPassager (sortie RG_IOU6_Elog2)
- o au courant dans le moteur RG IOU6_BR2 Current Measure
- o l'état du switch détecteur porte fermée

Les mesures sont transmises toutes les 50 ms.

Le microcontrôleur de l'IOU envoie les informations à envoyer au contrôleur CAN de l'IOU (cf Folio 7 IOU). Celui-ci crée une trame et la transmet sur le câble CAN. Le contrôleur CAN situé dans le CMU reçoit la trame, en extrait les informations et les transmet au microcontrôleur du CMU.

Contrôle de l'ouverture de la porte du milieu

Cette fonction détermine la valeur de la tension d'alimentation moyenne à appliquer au moteur de la porte en fonction de la position de la porte, de la commande d'ouverture, et de la présence éventuelle d'un obstacle (détecté par un courant dans le moteur anormal). Elle en déduit le rapport cyclique qui permet d'obtenir la tension Umoteur en fonction de la tension de la batterie.

Cette fonction est essentiellement réalisée par une structure logicielle exécutée par le microcontrôleur du CMU.

Transmission des états et des commandes (Via Réseau Can)

Cette fonction permet d'envoyer à l'IOU 6

- La commande du voyant porte Milieu ouverte (affichage sur le tableau de Bord) : grandeur logique (2 états)
- La commande du moteur RG_IOU6_BR2_Parameter commande du moteur en mode PWM. Rapport cyclique Grandeur Codée 9 états possibles
- La commande des freins (RG_IOU6_OUT4 COMMAND(RG_S_Frein_PorteMil)) Grandeur logique 2 états possibles

Transmission série via un réseau Can, les commandes sont régulièrement mises à jour toutes les 50ms

Cette fonction est essentiellement réalisée par le contrôleur CAN du CMU qui envoie les ordres de commande (valeur du rapport cyclique, commande des freins) fourni par le CMU vers le réseau CAN, le câble CAN, le contrôleur CAN situé dans l'IOU 7 qui reçoit les informations du réseau et les transmet au microcontrôleur de l'IOU afin de les interpréter.

Pilotage des moteurs et de freins

- Énergie électrique fournie au moteur modulée en fonction de la commande RG_IOU6_BR2_Parameter commande du moteur en mode PWM. Cette fonction applique une tension aux bornes du moteur de type PWM (comprise entre 0 et Vbat, le rapport cyclique est proportionnel à la commande avec 9 valeurs possibles, la fréquence de hachage est de 50 kHz)

Éléments du cahier des charges :

Transmission des mesures et traitement des commandes toutes les 50 ms

Tension de la batterie entre 16 V et 32 V

Fréquence de hachage commande PWM :

D'autres éléments ou équipements pourront être pris en compte comme des éléments du cahier des charges complémentaires. Mais, ils interviendront uniquement pour expliquer des choix de solutions technologiques (contraintes de nombre entrée-sortie, de consommation, de distance, etc....). Ils ne seront pas détaillés dans le descriptif du fonctionnement.

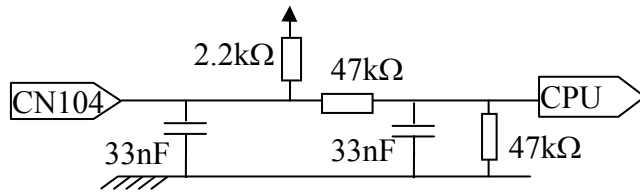
B. Étude de la structure d'une unité d'entrées-sorties

B.1 Étude des entrées Logiques

Q13. Validation de la structure vis-à-vis des perturbations

Q13a Représenter cette chaîne d'acquisition, en se limitant aux éléments placés entre le connecteur d'entrée CN104 et le port du microcontrôleur (CPU_IN_x).

:

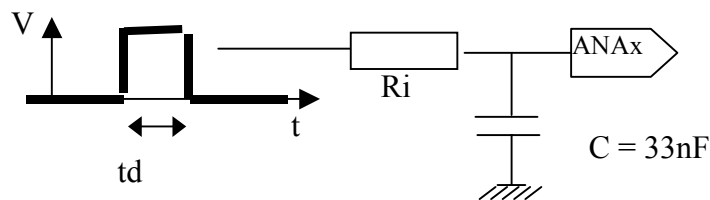


Q13b Perturbations intervenant dans la définition des immunités électriques (annexe B.1.2 EMC/ECM).

Electrical disturbance on signal lines ISO7637-3 : class B

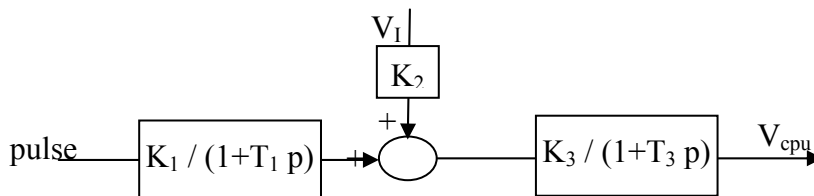
pulse 2 : +100 V; $R_i = 10 \Omega$; $t_d = 0,2 \text{ ms}$

pulse 3a,3b : $\pm 200 \text{ V}$; $R_i = 50 \Omega$; $t_d = 0,1 \mu\text{s}$



Q13c Tension à l'entrée du microcontrôleur pour chacun des signaux d'impulsion normalisés pulse2, pulse3a et pulse3b (norme ISO7637-3) appliqué sur le connecteur CN104.

Compte tenu des valeurs des résistances (50 Ohm, 2,2 kΩ, 47 kΩ) on peut découpler les différentes fonctions, les fonctions en aval absorbant peu de courant.



Pour le **pulse 2**, on a :

$$K_1 = 2,2 \text{ k}\Omega / (10 + 2,2 \text{ k}\Omega) = 0,995$$

$$T_1 = 32,85 \text{ ns}$$

$$K_2 = 4,5 \cdot 10^{-3}$$

$$K_3 = 47 \text{ k}\Omega / (47 \text{ k}\Omega + 47 \text{ k}\Omega) = 0,5$$

$$T_3 = 33 \text{ ns} \cdot (47 \text{ k}\Omega // 47 \text{ k}\Omega) = 775,5 \mu\text{s}$$

Compte tenu de la valeur de K_2 , on néglige l'influence de V_1 .

Après 100 ns ($= 3 T_1$), le pulse se retrouve quasi intact à l'entrée de (K_3, T_3). Considérons un échelon d'amplitude 100 volts à l'entrée de ce filtre.

Après 0,2 ms, nous avons :

$$V_{cpu} = 100 \cdot 0,5 (1 - e^{-t/T_3}) = 11,36 \text{ V} !!$$

Pour les **pulses 3a et 3b**, on a :

$$K_1 = 2,2 \text{ k} / (50 + 2,2 \text{ k}\Omega) = 0,978$$

$$T_1 = 1,61 \mu\text{s}$$

$$K_2 = 22,2 \cdot 10^{-3}$$

$$K_3 = 47 \text{ k} / (47 \text{ k}\Omega + 47 \text{ k}\Omega) = 0,5$$

$$T_3 = 33 \text{ ns} \cdot (47 \text{ k}\Omega // 47 \text{ k}\Omega) = 775,5 \mu\text{s}$$

Compte tenu de la valeur de K_2 , on néglige l'influence de V_1 . (+ 0,26 V sur l'entrée V_{cpu})

Après 0,1 μs , l'amplitude à la sortie du premier filtre est :

$$200 * 0,978 (1 - e^{-t/T1}) = 11,77 \text{ V}$$

Considérons un échelon d'amplitude 11,77 V à l'entrée de du second filtre.

Après 0,1 μ s, l'amplitude à la sortie de ce second filtre est :

$$11,77 * 0,5 (1 - e^{-t/T3}) = 0,76 \text{ mV}$$

En majorant très largement le calcul de l'influence du pulse 3, on voit qu'il n'aura aucune influence sur la tension d'entrée du μ C.

En ajoutant la contribution de V_1 , on vérifie que la tension à l'entrée du CPU est positive (même pour le **pulse 3b**)

Q13d Commenter les résultats obtenus du point de vue de l'immunité aux perturbations.

Au mieux, un pulse 2 est vu comme un niveau haut, au pire il détériore le μ C.

Les pulses 3a et 3b sont complètement filtrés par le filtrage analogique.

Q13e Post-traitement, interne au microcontrôleur de l'IOU.

Les entrées logiques sont 'filtrées' par un détecteur à seuil :

Un traitement interne au microcontrôleur de l'IOU permet par ailleurs de filtrer les entrées logiques grâce à l'utilisation d'un seuil de détection prenant une valeur entre 0 et 255.

Quand l'état de l'entrée logique ne change pas, un compteur est incrémenté toutes les 5ms.

Quand l'état de l'entrée change, le compteur est remis à zéro.

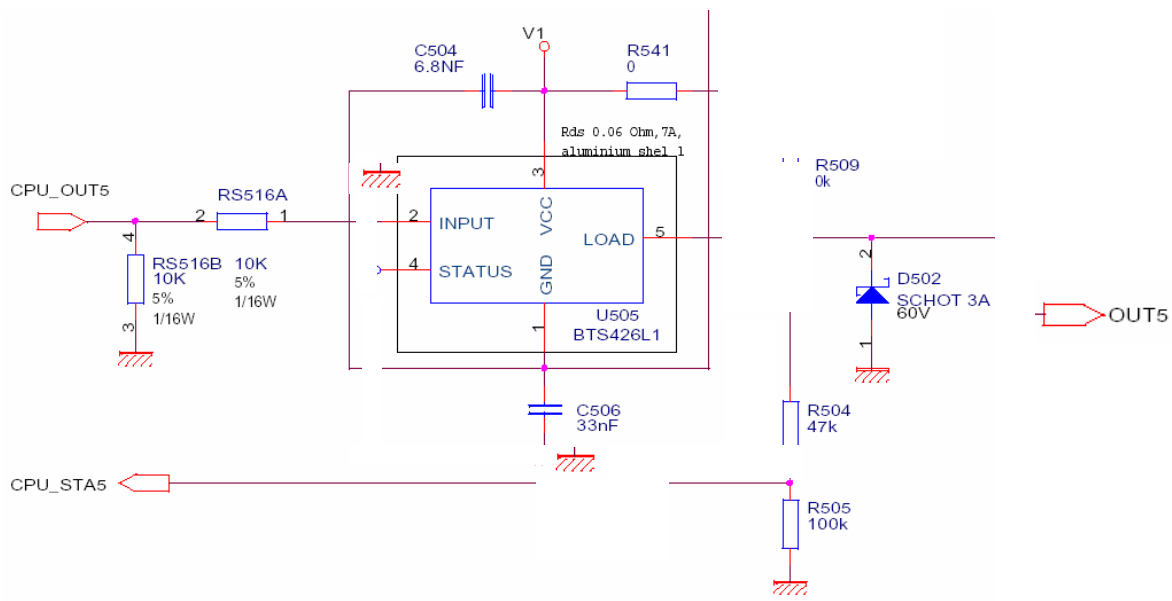
Lorsque la valeur du compteur est supérieure ou égale au seuil, l'entrée est considérée comme stable.

En fixant ce seuil à « 1 » (c'est-à-dire qu'une entrée est à 1 si elle est maintenu au moins 5 ms, le filtrage des pulses 2 est réalisé.

B.2 Étude des sorties des IOU

Q14. Étude du dispositif de détection des défauts sur la sortie OUT5

Q14a Identifier la structure et tracer un schéma simplifié du montage du conditionnement de la sortie OUT5 d'après le folio 5 (chaîne de détection de défaut de la sortie OUT5).



Q14b Détection d'un circuit ouvert et d'un circuit fermé.

Détection de CO :

Un circuit ouvert va se traduire par une tension « élevé » sur la borne 5 de U505, lorsque ce composant n'est pas commandé (à cause de la résistance de pull up R_{509}) C'est en détectant ce niveau par CPU_STA que l'on détecte un CO.

Pour voir un niveau haut sur CPU_STA (>4 V), il faut :

$$V_{out5} = V_{cpu_sta} \times (100 \text{ k}\Omega + 47 \text{ k}\Omega) / 100 \text{ k}\Omega = 5,88 \text{ V}$$

$$\text{Or } V_{out5} = V_1 \times R_{ch} // (147 \text{ k}\Omega) / (R_{ch} // (147 \text{ k}\Omega) + 10 \text{ k}\Omega) \quad (\text{si } I_{cpu_sta} = 0 \text{ A})$$

$$= V_1 \times 147 \text{ k}\Omega \times R_{ch} / (157 \text{ k}\Omega R_{ch} + 10 \text{ k}\Omega \times 147 \text{ k}\Omega)$$

$$R_{ch} = V_{out5} \times 10 \text{ k}\Omega \times 147 \text{ k}\Omega / (V_1 \times 147 \text{ k}\Omega - V_{out5} \times 157 \text{ k}\Omega) = 3,31 \text{ k}\Omega$$

Ou plus rapidement, en prenant $147 \text{ k}\Omega \gg R_{ch}$, on a :

$$R_{ch} = 10 \text{ k}\Omega \times V_{out5} / (V_1 - V_{out5})$$

$$R_{chmax} = 10 \text{ k}\Omega \times V_{out5} / (V_1 - V_{out5}) = 3,24 \text{ k}\Omega$$

Détection de CC :

En cas de CC, le BTS426 va ouvrir le circuit. On se retrouvera donc dans la situation où CPU_OUT5 est à l'état haut (sortie commandée) et CPU_STA5 est à l'état bas (forcé par le CC).

Pour mesurer cet état bas, il faut que $V_{out} < 1,57 \text{ V}$

$$R_{chmin} = 700 \text{ Ohm}$$

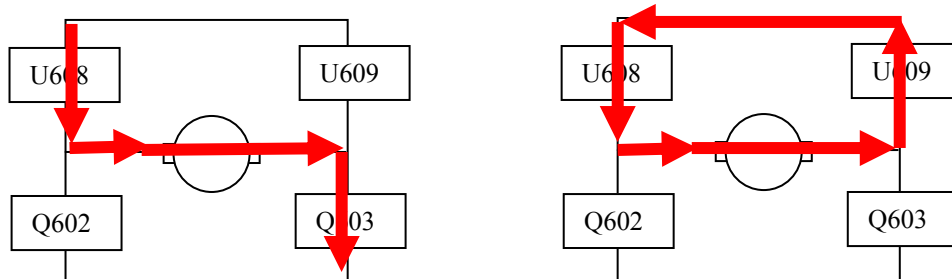
	CPU OUT	CPU STA	V OUT	État
Normal	0	0	$< 5,88 \text{ V}$	OFF
	1	1	24 V	ON
CC	0	0	$< 1,57 \text{ V}$	OFF
	1	0	$< 1,57 \text{ V}$	OFF
CO	0	1	$> 5,88 \text{ V}$	OFF
	1	1	24 V	ON

Q15. Étude du pont en H

Q15a. Interrupteurs du demi-pont.

Le BTS426 est dédié à la surveillance des paramètres (courant, tension, température) mais ne permet pas une utilisation à 50 kHz.

Q15b. Représenter la structure du pont en précisant pour chacun des états de **Q603** (fermé/ouvert) le cheminement du courant moteur.

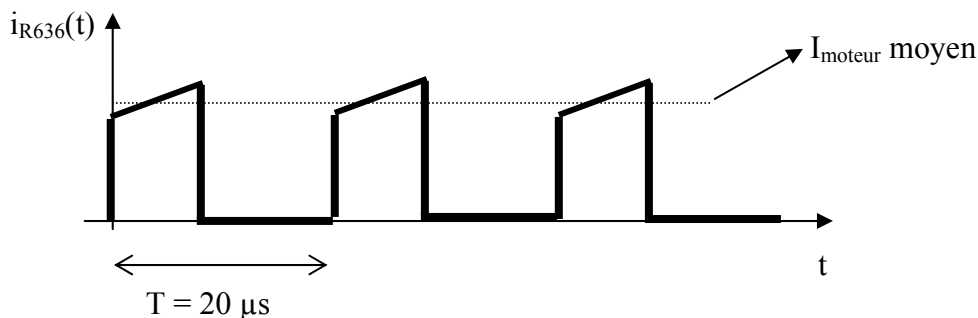


Q603 : ON : moteur sous 24 V

Q603 : OFF : phase de roue libre, moteur sous 0 V

Q16. Étude de la mesure du courant

Q16a. Tracer l'allure du chronogramme du courant dans la résistance R636.



Q16b. Déterminer la fonction de transfert liant la tension désignée par CPU_SHUNT1 au courant dans la résistance R636. En déduire le rôle de ce dispositif.

$$V \left(\frac{1}{R631} + \frac{1}{R632} + C616p \right) = (i_{R636} \times R636) / R631 + V_{cpu_shunt1} (1 + R632 \times C616p) / (R632)$$

$$V^+ = V_{cc} R645 / (R645 + R637)$$

$$V_{cc} R645 / (R645 + R637) \left(\frac{1}{R631} + \frac{1}{R632} + C616p \right) - (i_{R636} \times R636) / R631 = V_{cpu_shunt1} (1 + R632 \times C616p) / R632$$

$$V_{cc} / R637 - (i_{R636} \times R636) / R631 = V_{cpu_shunt1} (1 + R632 \times C616p) / R632$$

$$R632 / (1 + R632 \times C616p) \cdot V_{cc} / R637 - R632 / (1 + R632 \times C616p) \times (i_{R636} \times R636) / R631 = V_{cpu_shunt1}$$

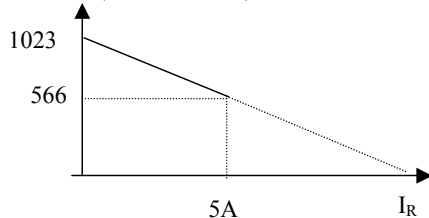
$$V_{cc} - R636 \times R632 / R631 / (1 + R632 \times C616p) \times i_{R636} = V_{cpu_shunt1}$$

$V_{mes} = V_{cc} - 0.47 I_R$ en statique avec un filtrage à 15,4 kHz)
(le filtrage élimine l'effet du PWM)

Rôle : Mesure du courant moteur car $\langle I_m \rangle = \langle I_{R636} \rangle / \alpha$

Q16c Donner la caractéristique statique de la conversion analogique numérique $N = f(I)$. Préciser la valeur de la résolution en courant et valider la plage de mesure du courant.

$$\begin{aligned} \text{Relation : } N &= f(I) &= 1024 / 5 \times V_{\text{mes}} = 1024 / 5 \times (V_{\text{cc}} - 0,47 \times I_{R636}) \\ &= 1024 - 96,25 I \\ &= 96,25 (10,64 - I_{R636}) \end{aligned}$$



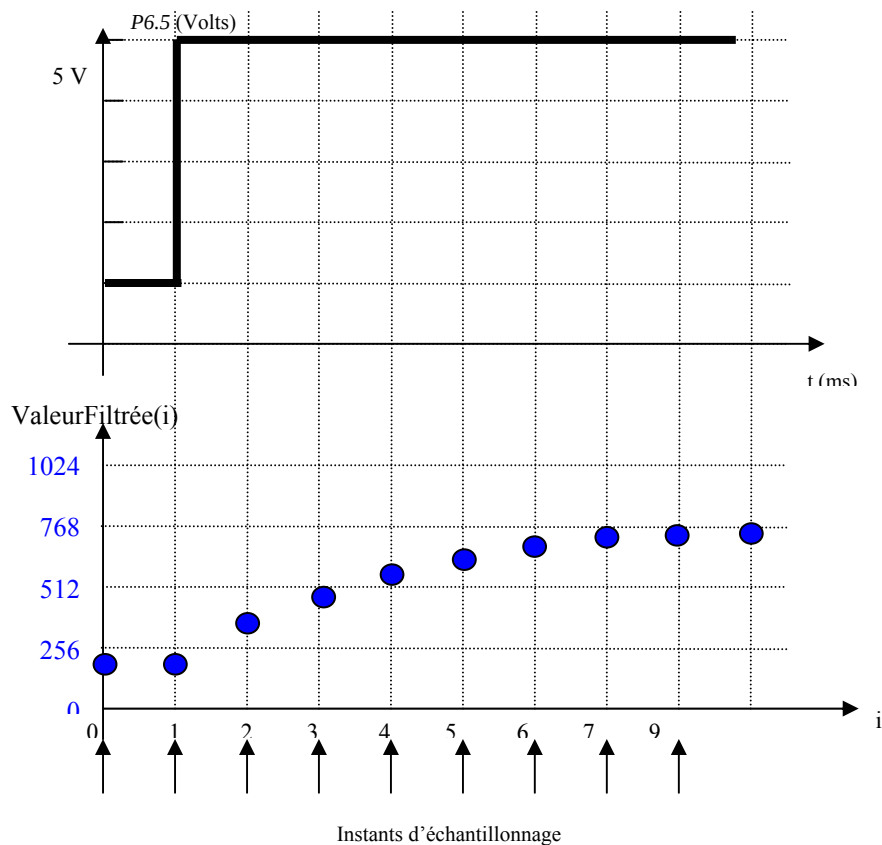
On a une résolution de $(1023 - 566) / 5 = 91,4$ bit/A
Ce dispositif mesure les courants de 0 à 5 A.

Soit 11 mA/bit

B.3 Étude partielle de la chaîne de mesures analogiques

Q17. Étude du filtre numérique

Q17a Le signal en entrée du convertisseur étant un échelon défini sur le document réponse DR 4, calculer et représenter sur celui-ci les premiers échantillons de la sortie du filtre numérique.



$$\text{Mesure}(0) = 1023 / 5 \times 1 = 104,6 \rightarrow 205 \quad \text{et} \quad \text{Mesure}(1) = 205$$

$$\text{Mesure}(2) = 1023 / 5 \times 4 = 818,4 \rightarrow 818 \quad \text{Mesure}(9) = 818$$

$$\text{ValeurFiltree}(1) = (3 \times 205 + 205) / 4 = 205$$

$$\text{ValeurFiltree}(2) = (3 \times 205 + 818) / 4 = 358$$

$$\text{ValeurFiltree}(3) = (3 \times 358 + 818) / 4 = 473$$

$$\text{ValeurFiltree}(4) = (3 \times 473 + 818) / 4 = 559$$

$$\text{ValeurFiltree}(5) = (3 \times 559 + 818) / 4 = 623$$

$$\text{ValeurFiltree}(6) = (3 \times 623 + 818) / 4 = 671$$

$$\text{ValeurFiltree}(7) = (3 \times 671 + 818) / 4 = 707$$

$$\text{ValeurFiltree}(8) = (3 \times 707 + 818) / 4 = 734$$

$$\text{ValeurFiltree}(9) = (3 \times 734 + 818) / 4 = 755$$

Q17b Déterminer la transformée en Z du filtre. Montrer qu'il s'agit d'un filtre passe-bas du premier ordre et donner son gain statique.

$$H(z) = VF(z) / M(z) = 1 / (K - (K-1) z^{-1})$$

1^{er} ordre (ordre de z au dénominateur)

de gain statique $H(1) = 1$, et

de pôle $z_0 = (K-1)/K$

< 1 (pour $K \geq 1$) donc stable

> 0 (pour $K \geq 1$) donc pas de dépassement

Passe bas car (soit)

1) C'est la forme en z d'un passe bas ou

2) Allure de la réponse Indiciel est passe bas ou

3) Gain Statique existe (laisse passer le continu)

Coupe les hautes fréquences

Q17c Proposer un filtre analogique équivalent.

En prenant $p = (z-1) / (zT_e)$, ce qui revient à dire que l'on remplace dx / dt par $[x(k) - x(k-1)] / T_e$

$$z = 1 / (1 - pT_e) \text{ donc } H(p) = 1 / [K - (K-1)(1 - pT_e)]$$

$$H(p) = 1 / [1 + pT_e (K - 1)]$$

Si on veut prendre en compte le retard moyen d'une demi période, on peut même écrire :

$$H(p) = e^{-(T_e p / 2)} / [1 + pT_e (K - 1)]$$

Et la constante de temps équivalente est : $\tau = T_e (K - 1)$

Q17d En le justifiant, proposer un choix concernant le type de données à utiliser pour la programmation du filtre numérique.

Il faut minimiser les calculs, donc on cherche à prendre le plus petit format de données compatible avec l'application.

Mesure est codé sur 10 bits (0..1023)

K est codé sur 8 bits mais entre (1..64) (et puissance de deux)

ValeurFiltree ne peut pas dépasser 1023

Si $\text{ValeurFiltree}(k) \leq 1023$ alors $\text{ValeurFiltree}(k+1) \leq 1023$

Donc, pour tout k, $\text{ValeurFiltree}(k) \leq 1023$ (car $\text{ValeurFiltree}(0) = 0$)

$$(K-1) \times \text{ValeurFiltree} \leq 63 \times 1023 = 64\,449 < 65\,536 \rightarrow 16 \text{ bits}$$

$$(K-1) \times \text{ValeurFiltree} + \text{Mesure} \leq 64\,449 + 1023 = 65\,472 < 65\,536 \rightarrow 16 \text{ bits}$$

$$((K-1) \times \text{ValeurFiltree} + \text{Mesure}) / 64 \leq 65\,472 / 64 < 1024$$

Tous les calculs peuvent être fait en entier (16 bits) non signés. La division par K se fait probablement par décalage à droite.

Q18 Étude du traitement numérique

Q18a Calculer les coefficients C1, C2 et D programmés dans l'EEPROM de l'IOU afin que la mesure de la tension de batterie V_{ams} fournisse une valeur convertie avec une résolution de 200 mV/bit.

Tensions V_{ams} . (mesuré par CPU_VI)

$$N_{\text{Mesure}} = VI / 11 \times 1024 / 5 = 18,06 \times VI$$

Comme $N_{\text{Mesure}} = N_{\text{Corrigée}}$ (dans la config de l'EEPROM, on a A = 1 et B = 0)

$$\text{Donc, si on veut avoir 200 mV/bit, il faut que } 0,2 = C2 / C1 / 18,06$$

$$\text{Soit } C2/C1 = 3,61$$

De nombreuses configurations fonctionnent, la meilleure étant C1 = 18 et C2 = 65 et D = 0

La doc donne C1 = 35, C2 = 127 et D = 0

B.4 Exploitation pédagogique concernant les unités d'entrées sorties

Q19. Rédiger le document permettant de présenter à des élèves de terminale STI la chaîne d'acquisition des signaux analogiques.

On attend dans la réponse au minimum un schéma fonctionnel, le repérage des entrées et sorties et leur description avec des données quantitatives.

La présentation fonctionnelle est limitée aux entrées utilisées dans le système étudié (les fonctionnalités étudiées sont restreintes afin d'obtenir une présentation simple et correspondant à un cas concret).

Exemple de réponse :

Présentation de la chaîne d'acquisition.

On se limite aux fonctionnalités associées à la gestion de l'ouverture de la porte.

Les entrées analogiques retenues sont :

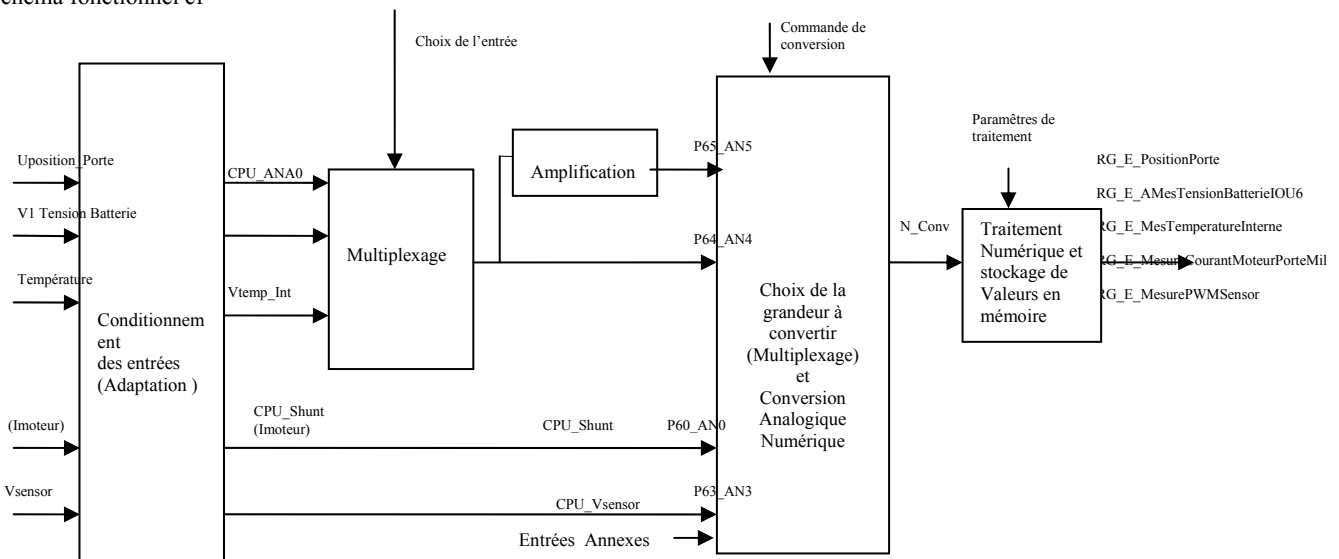
- Position de la porte (potentiomètre de mesure 2,2 kΩ couplé à la partie mécanique le potentiomètre est branché entre l'entrée ANA0 sur le connecteur CN104 et la masse).
- Tension de la batterie V1
- Courant dans le moteur
- Température interne
- *Éventuellement Mesure de CPUPWMSensor (son rôle n'est pas documenté)*

Il était demandé dans l'énoncé de se limiter à l'acquisition des entrées analogiques donc ce qui concerne les entrées de défauts (entrées logiques) n'est pas demandé.

Les Sorties sont :

- RG_E_PositionPorte
- RG_E_AMesTensionBatterieIOU6
- RG_E_MesTemperatureInterne
- RG_E_MesureCourantMoteurPorteMil
- RG_E_MesurePWMSensor

Schéma fonctionnel cf



Document de présentation destiné aux élèves.

Conditionnement des entrées.

- Uposition_Porte ddp analogique entre le curseur du potentiomètre de Porte (2,2 kΩ) et la masse. Cette tension dépend de la position du curseur du potentiomètre couplé à la porte. La sortie CPU_ANA0 est une ddp comprise entre 0 et 5 V. Elle est égale à 5 V lorsque le potentiomètre n'est pas branché. Sinon elle est égale à $CPU_ANA0 = R_{Pos} / (R_{Pos} + 2210) \times 5$ avec R_{Pos} la résistance entre le curseur du potentiomètre la masse.
- V1 tension d'alimentation de l'IOU, (batterie) comprise entre 16 V et 32 V. La sortie CPU_V1 est égale à $V1 / 11$.
- Température interne de l'IOU. Cette température est mesure par une thermistance R402 interne à l'IOU. $V_{TEMP_INT} = V_{CC} \cdot R0 / (R0 + 10 \text{ k}\Omega)$ R0 fonction de la température, valeur nominale 10 kΩ à 25°C.

- I Moteur courant dans le moteur et dans la résistance R641. Le courant dans le moteur peut être compris entre 0 et 12 A environ. La sortie VCPU_Shunt est égale à $V_{cc} - 0,47 I_{\text{Moteur}}$
- Vsensor tension du module (sensor Power source) la sortie du conditionnement est égale $\text{CPU_VSensor} = \text{VSensor} / 4,2$.

Multiplexage.

Entrées (cf. plus haut)

Entrée de sélection : SEL mot de 3 bits (SEL_AN0, SEL_AN1, SEL_AN2)

Sortie : Vx ddp analogique. Vx est égale à l'une des entrées suivant CPU_ANA0, CPU_V1, Vtemp_Int ou CPU_Vsensor suivant la valeur du mot de sélection SEL.

Amplification

Cette fonction permet d'amplifier par 3 le signal d'entrée.

Entrée Vx(cf. plus haut)

Sortie P65_AN5 ddp analogique La sortie est égale à $3,06 V_x + 0,66$

Cette fonction permet également de réaliser un filtrage.

Conversion Analogique Numérique.

Cette fonction réalise successivement la conversion de chacune des entrées P60_ANA0 à P67_ANA7. Le temps de cycle est de 50 ms. (Les signaux annexes sont des entrées correspondant à des mesures internes de test ou de surveillance du fonctionnement. Ils ne seront pas étudiés).

La sortie Nconv est un mot de 8 ou 10 bits disponible sur le bus interne du microcontrôleur

Pour une conversion avec 10 bits la valeur est $1024 \times P60_ANA_i / 5$
avec P60_ANAi successivement P60_ANA0 à P67_ANA7

Traitement Numérique

Les entrées du convertisseur sont de la forme $P60_ANA_i = (K_{id}) \times [\text{Entrée}(i) + \text{défaut}]$
avec Entrée(i) les grandeurs analogiques U_PositionPorte, V1 batterie, Imoteur à l'entrée de la fonction FP1.

Après le traitement numérique la sortie doit être égale à $(K_i) \times \text{Entrée}(i)$
avec Ki la valeur exacte souhaitée et le défaut de décalage supprimé.

Une mesure de ces défauts est réalisée lors de la configuration du fonctionnement. Les paramètres de traitement sont définis et stockés en mémoire EPROM pour chaque entrée analogique. Ils sont ensuite utilisés par le traitement numérique afin que les relations entre les valeurs mesurées en sortie de la fonction FP1 et les entrées soient correctes :

- $\text{RG_E_PositionPorte} = 100 \times (\text{AnglePosition porte}) \quad 100^\circ \text{ pour porte complètement ouverte et } 0^\circ \text{ porte fermée.}$
- $\text{RG_E_AMesTensionBatterieIOU6} = \text{TensionBatterie} / 0,2 \text{ soit } V1 / 0,2$
- $\text{RG_E_MesureCourantMoteurPorteMil} = \text{Imoteur} / 0,1$

Les sorties sont des grandeurs numériques codées sur 8 ou 10 bits.

Analyse Structurale du conditionnement Document Professeur

Pour l'entrée correspondant à la mesure de la Position de la porte à partir du potentiomètre entraîné par la porte (2,2 kΩ). Celui-ci peut être branché sur l'une des quatre entrées ANA0 et ANA3 qui permettent une mesure de résistance. On la considère branchée sur ANA0. La sortie de conditionnement correspondante est CPU_ANA0.

ANA0, ANA1 : mesure de résistance (basse résolution)

- La borne ANA0 est reliée au connecteur CN104.2 (planche 1) (avec condensateur de 33 nF entre ligne ANA0 et la masse)
- La borne CPU_EANA0 rentre dans le multiplexeur U403
- Les bornes CPU_ANA0 et CPU_ANA1 rentrent aussi directement sur le convertisseur du micro
- En absence de signal branché sur ANA0 :

$$V_{\text{ANA0}} = 5 \text{ V} \quad \text{et} \quad V_{\text{CPU_ANA0}} = 5 \text{ V}$$

- Le filtre R306-C314 et R319-C317 (sur impédance infinie) a pour FT :

$$\frac{1}{1 + (R_{306}C_{314} + R_{306}C_{317} + R_{319}C_{317})p + R_{306}R_{319}C_{317}C_{314}p^2}$$

Gain = 1
F(-3db) = 30 Hz Fo (-90°) = 268 Hz

Mesure d'une résistance R

$$V_{\text{ANA0}} = R / (R + 2210) \times 5$$

R (Ohm)	246	553	947	1473	2210	3315	5157	8840	19890
Cpu_ANA0 (Volt)	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5

ANA2 , ANA3 : mesure de résistance (haute résolution : réalisée par soft)

Idem, sans entrée directe dans le micro, mais : gain = 1 et F(-3db) = 1015 Hz (0,156 ms)

CPU_V1

Filtre : Gain = 1 / 11, coupure = 3,5 kHz (0,45 ms)

En statique, on a $V_{\text{cpu_V1}} = V_1 / 11$

Résolution de la mesure : 1 bit $\rightarrow 5 / 256 = 19,5 \text{ mV}$ (au niveau de CPU_V1)
 $\rightarrow 214 \text{ mV}$ (au niveau de V_1)

Donc 214mV/bit : dans la partie logicielle PORTEDRV.C on lit : 0,2V/bit

TEMP_INT :

$V_{\text{TEMP_INT}} = V_{\text{CC}} \times R_{402} / (R_{402} + R_{401}) = V_{\text{CC}} \times R / (R + 10 \text{ k}\Omega)$ avec R fonction de la température $R = R_0 = 10 \text{ k}\Omega$ résistance nominale (à 25°C)

CPU_VSENSOR : CPU_VSensor = VSensor / 4,2 (+ filtre 0,12 ms) (1347 Hz)

PONTS : mesure du courant : cf. Réponse question Q16

Q20. Donner les caractéristiques principales de la séquence, c'est-à-dire :

Q20a. Situer la séquence dans le cycle de formation et sa durée et définir la compétence principale visée

Exemple de réponse attendue

Séquence prévue en terminale STI entre novembre et janvier.

Compétence principale visée : analyser l'organisation structurelle d'une fonction afin de s'assurer que la fonction requise est assurée.

Durée 12 à 16 h

Situation de la séquence.

Les élèves savent caractériser des entrées et sorties logiques.

Les élèves ont identifié sur le schéma structurel de la carte de l'unité d'entrée sortie, les connecteurs, la carte d'entrée la carte des sorties, les fonctions multiplexage, amplification.

La description fonctionnelle du système et la présentation des entrées-sorties ont été faite.

Q20b. Préciser l'objectif de la séquence, les savoirs nouveaux et les pré-requis.

L'élève dispose de la description des entrées et sorties de chaque fonction, du schéma structurel, du repérage des connecteurs, des extraits de la documentation constructeur des composants. On donne la valeur de l'entrée de la chaîne d'acquisition.

L'élève doit être capable :

de déterminer la fonction de transfert du convertisseur analogique numérique intégré dans le microcontrôleur et de donner la valeur du code obtenu en sortie, pour diverses valeurs de l'entrée de la chaîne d'acquisition.

de valider que la fonction requise est assurée, et en particulier de déterminer la valeur de la résolution sur la mesure en entrée (courant dans le moteur, tension de la batterie, angle d'ouverture) connaissant le nombre de bits et la tension pleine échelle et de justifier la valeur de la fréquence d'échantillonnage compte tenu du nombre de voies et du temps de conversion.

Pre-requis :

Série parallèle, notion de bus

Notion de bit, d'octet, de mot. Notion de codage (la fonction comptage par exemple est connue)

Multiplexage analogique, filtrage

Grandeurs logiques,

Savoir nouveaux

Caractéristique de transfert d'un convertisseur analogique numérique,

Résolution, quantum, tension pleine échelle, échantillonnage, temps de conversion

Centres d'intérêts visés :

Identification des fonctions principales d'une chaîne d'acquisition (multiplexage, amplification ou mise à échelle, CAN,).

Identification des paramètres d'une conversion analogique numérique (résolution, pleine échelle, nombre de bits, temps de conversion, fréquence d'échantillonnage).

Q21. Donner l'organisation de la séquence

Exemple de réponse.

Thème : conversion analogique numérique : chaîne d'acquisition d'une grandeur analogique

Dans la première partie, on étudie le fonctionnement pour entrée analogique donnée (mise en situation avec l'exemple de la mesure du tension de la batterie).

Puis une étude est faite pour différentes entrées analogiques (mise en situation avec mesure de la position et du courant)

Déroulement de la séquence

Analyse du fonctionnement pour une seule entrée analogique

A. Caractérisation de l'entrée et de la sortie

Caractérisation de l'entrée :

- o Analyse du cahier des charges : plage des valeurs en entrée de la chaîne d'acquisition,
- o Repérage sur le schéma structurel. (cas de la mesure de la tension de la batterie)
- o Analyse du convertisseur : plage de valeurs possibles en entrée du convertisseur (analyse de la documentation constructeur et du schéma)
- o Conclusion : prise en compte de la nécessité d'une adaptation du signal à l'entrée du convertisseur. Premier aperçu de la **Notion de tension pleine échelle.**

Phase de TD suivi de synthèse.

Caractérisation de la sortie :

- Rappel de la définition d'un mot numérique. Codage d'un nombre

- Analyse de la plage de valeurs en sortie du convertisseur en fonction du codage (nombre de bits)
Relation entre l'entrée et la sortie dans le cas idéal.

- **Tracé de la caractéristique. Relation entrée sortie.**

- **Repérage de la tension pleine échelle.**

- Repérage de la tension de référence sur le schéma structurel. Nécessité d'avoir une valeur « stable ».

Rappel validation des pré-requis (intervention de l'enseignant).

Phase de TD TP guidé et de recherche dans documentation suivi de synthèse. Cette phase peut être réalisée avec un logiciel de simulation qui permet d'afficher la sortie du convertisseur directement (code Hexa ou décimal)

Phase de travail plus autonome et aide personnalisée de l'enseignant

Durée 1h à 2h. Cette phase peut être réalisée avec un logiciel de simulation qui permet d'afficher la sortie du convertisseur directement (code Hexa ou décimal)

Transfert dans le cas de la mesure du courant dans le moteur prévoir une Heure de plus.

B. Caractéristique statique. Relation Entrée sortie en tenant compte de la résolution.

Phase expérimentale simulation avec un convertisseur 8 bits.

Découverte expérimentale de la notion de résolution en entrée.

Durée : 2 h à 3 h.

Phase de synthèse collective, puis phase de TD TP permettant de s'approprier la relation entre le nombre de bits et la résolution en entrée. Retour sur l'étude expérimentale avec changement du nombre de bits du convertisseur ou de la tension pleine échelle.

- Prise en compte du quantum en entrée. **Notion de résolution**

- Synthèse sur la **caractéristique statique du convertisseur.**

- Choix du **nombre de bits du convertisseur en fonction de la résolution souhaitée en entrée.**

- Transfert dans le cas de la mesure du courant dans le moteur, dans le cas de la mesure de la position de la porte, de la tension de la batterie, de la mesure de CPU sensor de la température interne Temp_Int (NB mesure de la batterie est sur CPU_V1.

Étude expérimentale avec un microcontrôleur, affichage de la valeur code en sortie (étude statique)

Durée : 2 h à 3 h

Prévision d'une évaluation Intermédiaire (1/4 h) sur l'étude « statique », la caractéristique du convertisseur et la notion de résolution.

C. Échantillonnage temps de conversion.

- Analyse de la documentation constructeur (Conversion time 26,3 µs)

- **Définition du temps de conversion**, Recherche de la valeur dans différentes documentations constructeur

- Fréquence d'échantillonnage. Validation de la période d'échantillonnage (10 ms)

Recherche par les élèves de caractéristiques de convertisseur analogique numérique. Comparaison. Présentation par groupe d'étudiants des informations extraites des documentations. Synthèse.

Durée 1 h.

Analyse du fonctionnement dans le cas de plusieurs grandeurs à convertir.

D Chaîne d'acquisition

- Vérification des pré-requis sur la notion de multiplexage analogique

- Définition du **nombre de voies ou canaux d'un convertisseur** (Conversion time 26,3 µs **per one channel**)

- Avantage du multiplexage

- Contrainte concernant la choix de la fréquence d'échantillonnage compte tenu du temps de conversion et du nombre de voies. Validation de la solution retenue dans le système.

Commutation des voies et repérage sur les chronogrammes de la sortie du convertisseur, de la période d'échantillonnage pour une entrée donnée. Mise en correspondance de l'entrée du convertisseur et la valeur convertie en sortie. Aspect temporel.

Synthèse sur chaîne d'acquisition et généralisation de la caractéristique d'une conversion analogique numérique.

- o Résumé des cas étudié : mesure d'un courant, mesure d'une température, Mesure d'une tension, Mesure d'une position.

- o Tableau récapitulatif avec :

- o Entrée de la chaîne. Entrée du convertisseur (Tension). Sortie du convertisseur (Mot)

- o Caractéristique entrée sortie du convertisseur seul de l'ensemble de la chaîne. Caractéristique entrée sortie des trois cas et expression du quantum dans chaque cas ou de rapport de conversion (V/bit), (A/bit), (°/bit).

- o Retour sur l'intérêt de la présence d'une amplification optionnelle avant l'entrée du convertisseur (Analog input Gain).

Durée totale 3 à 4 h.

Évaluation finale

Q21d. Indiquer les éléments sur lesquels portera l'évaluation.

Exemple de réponse attendue

- Détermination de la valeur de la sortie du convertisseur (l'entrée de la chaîne d'acquisition étant fournie, ainsi que le nombre de bits et la tension pleine échelle).
- Tracé d'une caractéristique de transfert d'un convertisseur. Repérage des grandeurs caractéristiques (tension pleine échelle, pas ou quantum)
- Recherche de l'information temps de conversion dans une documentation, et extraction du nombre de voies du cahier des charges de l'application,
- Calcul de la fréquence d'échantillonnage minimale compte tenu du temps de conversion du convertisseur (à partir des deux données précédentes).

Q22. Définition de la partie de séquence choisie

Q22a. Repérer sa place au sein de la séquence et donner ses caractéristiques principales (organisation, objectif)

Ebauche d'un document élève qui pourrait être utilisé lors de la partie A.

La partie de séquence choisie est décrite dans la partie A ci-dessus

Q22b. Définir le concept principal visé et/ou les centres d'intérêts

Cf. partie A ci-dessus

Concept visé : conversion analogique numérique : caractéristique entrée/sortie

A. Caractérisation de l'entrée et de la sortie

Caractérisation de l'entrée

- o Analyse du cahier des charges : plage des valeurs en entrée de la chaîne d'acquisition,
- o Repérage sur le schéma structurel. (cas de la mesure de la tension de la batterie)
- o Analyse du convertisseur : plage de valeurs possibles en entrée du convertisseur (analyse de la documentation constructeur et du schéma)
- o Conclusion : prise en compte de la nécessité d'une adaptation du signal à l'entrée du convertisseur. Premier aperçu de la **notion de tension pleine échelle**.

Phase de TD suivi de synthèse.

Caractérisation de la sortie

- Rappel de la définition d'un mot numérique. Codage d'un nombre
- Analyse de la plage de valeurs en sortie du convertisseur en fonction du codage (nombre de bits)

Relation entre l'entrée et la sortie dans le cas idéal.

- **Tracé de la caractéristique. Relation Entrée sortie.**
- **Repérage de la tension pleine échelle.**
- Repérage de la tension de référence sur le schéma structurel. Nécessité d'avoir une valeur « stable ».

Rappel validation des pré-requis (intervention de l'enseignant).

Phase de TD TP guidé et de recherche dans documentation suivi de synthèse. Cette phase peut être réalisée avec un logiciel de simulation qui permet d'afficher la sortie du convertisseur directement (code Hexa ou décimal)

Phase de travail plus autonome et aide personnalisée de l'enseignant

Durée 1 h à 2 h. Cette phase peut être réalisée avec un logiciel de simulation qui permet d'afficher la sortie du convertisseur directement (code Hexa ou décimal)

Transfert dans le cas de la mesure du courant dans le moteur prévoir une heure de plus.

Q23. Élaborer un document qui guide l'élève dans son travail

On attend ici, par exemple un texte de TD avec une introduction qui donne le contexte des titres de paragraphe qui fixe la progression et des exemples de questions qui seraient posées aux élèves. Les réponses attendues doivent être ébauchées même si toutes les réponses et schémas ne sont pas complets.

Exemple de réponse attendue :

Conversion analogique numérique : chaîne d'acquisition d'une grandeur analogique

Mise en situation :

Dans l'exemple de l'ouverture des portes de l'autobus, la tension de la batterie, le courant dans le moteur, la position de la porte doivent être stockées en mémoire dans une unité d'entrée sortie mais aussi être envoyées via le réseau à l'unité de supervision qui gère l'ouverture des portes.

Pour ces opérations les grandeurs doivent être numérisées c'est à dire être codées et sont alors représentées par des mots (mots de 8 bits par exemple).

Analyse d'une acquisition numérique pour une seule entrée analogique (exemple de la mesure de la tension de la batterie)

A. Caractérisation de l'entrée et de la sortie

Caractérisation de la grandeur à mesurer et à convertir

- o Analyse du cahier des charges : plage des valeurs en entrée de la chaîne d'acquisition,

Donner les caractéristiques de l'entrée V1 qui correspond à la mesure de la tension de la batterie (nature valeur maximale, valeur minimale), à partir des informations fournies dans la description fonctionnelle. Préciser quelles seront sa forme et sa fréquence.

Réponse : ddp analogique comprise entre 0 et 32 V. (en fonctionnement normal la tension de la batterie est comprise entre 16 V et 32 V). La tension de la batterie est quasiment constante. C'est une ddp continue, sa fréquence est nulle.

Repérage sur le schéma structurel. V1 CPU_V1, P64_ANA4 (folio 2 et folio 4).

Le convertisseur analogique numérique est intégré dans le micro contrôleur CPU. Il peut convertir 8 entrées analogiques différentes. La broche PE64_ANA4 est une de ses entrées.

Repérer sur la schématisation des blocs fonctionnels du microcontrôleur (figure XX) le bloc conversion analogique numérique et le bus interne.

Cf. schéma page 29 de doc annexe AVCC AVSS, AN0 à AN7, AVRh AVRL ADTG.

Établir la correspondance entre les entrées sur le schéma structurel Folio 4 et le schéma bloc (doc constructeur du microcontrôleur)

Schéma

Donner la valeur de la tension d'alimentation du microcontrôleur et en particulier de celle de la partie Convertisseur Analogique Numérique ? Pourrait-on appliquer directement la tension à convertir V1 à l'entrée PE64_ANA4 du convertisseur ?

Tension d'alimentation du microcontrôleur VCC = 5 V pour la partie convertisseur analogique numérique,

Tension d'alimentation AVcc = VCC = 5 V

La ddp à mesurer est comprise entre 0 et 32 V. Sa valeur maximale est supérieure à la tension maximale possible à l'entrée du convertisseur. Il ne faut pas que sa valeur dépasse 5 V.

On ne peut donc pas appliquer directement V1 sur l'entrée.

Étude du « conditionnement du signal ».

Le conditionnement permet d'adapter le signal à mesurer au convertisseur analogique numérique.

Dessiner la structure entre V1 et CPU_V1 (Folio 2). La tension de la batterie est une tension quasiment continue. Donner la relation entre la tension CPU_V1 et V1 (on supposera que le courant d'entrée du composant 74 HC4051 est négligeable devant le courant dans R226)

V1 est une tension continue. Sa fréquence est nulle. L'impédance du condensateur est donc infinie.

$$\text{CPU_V1} = V1 \times R226 / (R226 + R225) = 0,09 \times V1$$

Calculer la valeur de CPU_V1 pour la valeur maximale de la tension de la batterie. Pourrait-on appliquer CPU_V1 à l'entrée du convertisseur analogique numérique ?

Pour V1 égal à 5 V, CPU_V1 = 2,9 V. Cette valeur est inférieure à 5 V tension d'alimentation du convertisseur. On peut connecter CPU_V1 à l'entrée du convertisseur.

Complément de l'enseignant sur la notion de tension pleine échelle.

La valeur maximale de la tension admissible à l'entrée du convertisseur est généralement appelée tension pleine échelle.

Caractérisation de la grandeur de sortie du convertisseur analogique numérique

Rappel validation des pré-requis (intervention de l'enseignant).

1. Rappel de la définition d'un mot numérique. Codage d'un nombre

- Retrouver dans la description fonctionnelle de la conversion Numérique analogique les caractéristiques de la sortie Nconv.
La description fonctionnelle indique que :
La sortie Nconv est un mot de 10 bits disponible sur le bus interne du microcontrôleur
Sa valeur est $1024 \times P6i_ANAi / 5$
avec P6i_ANAi successivement P60_ANA0 à P67_ANA7
- On se place dans le cas où le convertisseur convertit l'entrée P64_ANA4 et que celle-ci est égale à CPU_V1. Donner la relation que l'on doit avoir entre Nconv et CPU_V1.
$$\text{Nconv} = 1024 \times (\text{CPU_V1}) / 5$$
- Dans le cas d'un codage binaire, quelles sont les valeurs minimale et maximale prise par un mot de 10 bits. En déduire les valeurs maximale et minimale que peut prendre la sortie du convertisseur.
Pour un codage binaire non signé. Valeur minimale 0, valeur maximale $2^{10} - 1$ soit 1023
Nconv sera donc compris entre 0 et 1023.
- Tracer la caractéristique N_Conv en fonction de l'entrée dans le cas d'un codage binaire. Repérer sur ce graphe la valeur maximale que peut prendre la tension d'entrée, le nombre codé en sortie.
On attend ici le graphe de la caractéristique.
- Sur le Schéma structurel du convertisseur repérer la broche AVR+. Redessiner le schéma pour calculer la valeur de la tension $V_o = (V_{AVR+} - V_{AVR-})$. (Rappel RNM signifie que la résistance n'est pas câblée)
On attend ici le schéma structurel.
Avr+ est relié au condensateur C416 et Avr- est reliée à la masse. La résistance R418 n'est pas montée. VCC est une tension continue, donc le condensateur C418 a une impédance infinie. Une fois que le condensateur est chargé, la ddp V_o est donc égale à 5 V.

- La caractéristique d'un convertisseur numérique analogique est en général de la forme. $N_{conv} = 2^N \times V_{entrée} / V_{ref}$. avec N le nombre de bits du convertisseur. Établir la correspondance entre cette relation et celle donnée dans la description fonctionnelle pour le convertisseur.
La ddp V_{ref} serait égale à 5 V et N = 10 bits soit $2^N = 1024$.

Compléments et généralisation :

La tension V_{ref} est de fait fixée par la tension entre les broches AVR+ et Avr-
 $N_{conv} = 2^N \times V_{entrée} / V_{ref}$ avec N le nombre de bits du convertisseur.

- Quelle est la valeur de la tension d'entrée pour que le nombre N_{conv} en sortie soit égal à 1 ? Quel est alors le code binaire (10 bits de N_{conv}) ? En déduire le coefficient de transfert du convertisseur en V/bit
Pour $N_{conv} = 1$, l'entrée du convertisseur est égale à $V_{ref} / 1024$
soit entrée du convertisseur égale à 4,8828 mV pour $N_{conv} = 0000000001$. Le coefficient de transfert du convertisseur seul est alors de 4,88 mV/bit.
- Compléter le tableau. Quel est le coefficient de transfert $N_{conv} / V1$ entre la sortie du convertisseur et la tension $V1$ de la batterie. ?
 $CPU_V1 = 0,09 \times V1$
Pour $N_{conv} = 1$, l'entrée du convertisseur est égale $V_{ref} / 1024$
soit 4,88 mV pour $N_{conv} = 0000000001$.
 $N_{conv} = 2^N \times V_{entrée} / V_{ref}$
Pour $N_{conv} = 1$, la tension de la batterie est de 53,7 mV ce qui donne 53,7 mV/bit.

$V1 = CPU_V1 \times 11$	Entrée du convertisseur CPU $V1$	Sortie du Convertisseur N_{Conv}
55 V	5 V	1023
32 Valeur maxi	2,9 V	595
53,7 mV	4,88 mV	1

- Quels seraient les résultats si le nombre de bits du convertisseur est limité à 8 bits ? Compléter le tableau
 $N_{conv} = 2^N \times V_{entrée} / 5$
 $N_{conv} = 256 \times V_{entrée} / 5$
Les valeurs sont divisées par 4 pour les mêmes valeurs de la tension d'entrée du convertisseur

$V1 = CPU_V1 \times 11$	Entrée du convertisseur CPU $V1$	N_{Conv}
55 V	5 V	256
32 Valeur maxi	2,9 V	
0,21 V	19,5 mV	1

- Les caractéristiques fonctionnelles indiquent que la correspondance pour la mesure de la tension de la batterie est d'environ 0,20 V/Bit. Le convertisseur peut fonctionner en 8 bits ou en 10 bits. Quel est donc le choix qui a été fait pour la mesure de la tension de la batterie ?
Pour s'approcher d'un rapport de 0,2 V par bits soit N_{conv} égal à 1 pour $V1$ égal à 0,2 V. Il faut prendre le convertisseur en mode 8 bits avec la tension de référence égale à 5 V.

C ÉTUDE DE LA COMMUNICATION ENTRE LES UNITÉS D'ENTREES SORTIES (IOU) ET L'UNITÉ DE SUPERVISION (CMU)

Le réseau CAN a une topologie de type bus avec des résistances de terminaison.

C.1 ÉTUDE DE LA LIAISON CAN

Q24. Étude de la liaison physique

Le schéma associé au contrôleur CAN est présenté sur le schéma structurel folio 7.

- a) Compte tenu de la valeur des composants passifs associés au contrôleur CAN 82C251, indiquer le mode de fonctionnement choisi. Quel est l'intérêt de ce choix ?

Lecture de la doc du contrôleur CAN et du doc A3 – Page 7.

$16,5 \text{ k}\Omega < R_{ext} = R704 = 22 \text{ k}\Omega < 140 \text{ k}\Omega$: Slope control Mode

Fronts moins raides ce qui conduit à une réduction des parasites EM.

Permet l'utilisation de câble non blindé.

- b) Donner le schéma électrique équivalent du réseau CAN, en supposant qu'un des IOU est émetteur. Déterminer le nombre maximal de nœuds que l'on pourrait connecter au réseau en négligeant la résistance du câble et l'influence du transformateur.

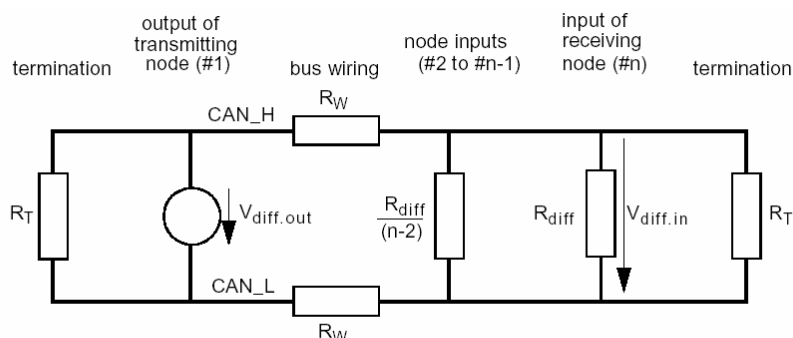


Fig. 7 Circuit diagram for the system setup of Fig. 6

On prend $R_W = 0$, et on lit :

$$n_{\max} < 1 + R_{\text{diff.min}} \times \left(\frac{1}{R_{L.\min}} - \frac{2}{R_{T.\min}} \right)$$

avec $R_{\text{diff.min}} = 20 \text{ k}\Omega$ (p 43)

$R_{L.\min} = 45 \Omega$

$R_{T.\min} = 120 \Omega$

On a un nombre de nœuds égal à 112

Q25. Transmission des trames de données échangées entre le CMU et les IOU

Le nombre maximal d'unité d'entrées sorties (IOU) avec lequel l'unité de supervision (CMU) peut échanger est fixé à 12.

- a) **Durée minimale nécessaire pour la transmission de l'ensemble des trames de données échangées entre les IOU et le CMU**

Une trame en mode étendu comporte (version 2.0B) avec un identificateur sur 29 bits et huit octets de données comporte $1+31+6+8*8+16+2+7$ bits soit 127bits, auquel il faut ajouter 3 bits d'intertrame. Cela donne un encombrement de 130 bits. Il y a 4 trames par IOU (3 trames dans le sens IOU vers CMU et une trame pour les commandes du CMU vers l'IOU) et 12 IOU. cela donne en tout 6240 bits à transmettre. Avec un débit de 250 kkbts/s, la durée de transmission sera de $4680/250$ soit 25 ms. (en fait on a un peu moins car la trame Norm3 ne contient que 5 octets de données)
Cette valeur est inférieure au temps de cycle de 50 ms

b) Identifiants des trames de données (Norm1 à Norm4) pour l'IOU1

Les identifiants sont donnés dans la documentation page 26

Trames	Norm1	Norm2	Norm3	Norm4
IOU1	14000004	14000008	1400000C	00050010
IOU2	14080004	14080008	1408000C	00050210
IOU3	14100004	14100008	1410000C	00050410
IOU4	14180004	14180008	1418000C	00050610
IOU5	14200004	14200008	1420000C	00050810

Les valeurs des identifiants sont construites de la manière suivante :

bit 28 - bit 24	bit 23 - bit 19	bit 18 - bit 14	bit 13 - bit 9	bit 8 - bit 0
Source Id.	Source number	Destination Id.	Destination number	Frame Id.

les 5 bits de poids fort définissent un repérage de type de l'émetteur pour les IOU ce sera 10100

les 5 bits 23 à 29 définissent le numéro de l'émetteur. Pour les IOU ce sera leur adresse logique.

Donc les IOU qui font partie du bloc 1 (IOU1, 2, et 3) auront un identifiant plus grand que ceux du bloc suivant.

c) Expliciter le mécanisme d'arbitrage utilisé sur un bus CAN. Définir un ordre de priorité entre les trames Norm1, Norm2, Norm3 et les trames Norm4 suivant les unités IOU

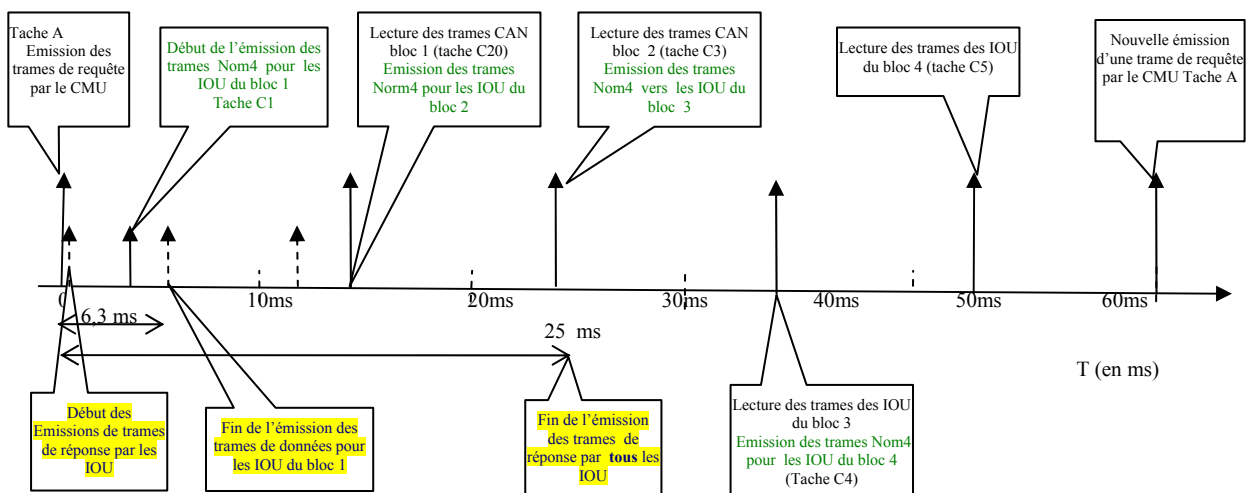
Un module CAN peut émettre sur le réseau CAN. Il « écoute » le réseau ou s'il ne détecte pas la présence d'une transmission sur le réseau. Il peut alors décider d'émettre. Deux nœuds peuvent décider d'émettre en même temps. Un arbitrage est donc nécessaire. Celui-ci est réalisé en définissant un bit dominant et un bit récessifs. Ici, c'est le bit « 0 » qui est dominant. Si deux modules commencent à émettre en même temps deux bits différents alors lorsque le nœud qui veut transmettre un '0' aura la priorité et verra son bit effectivement transmis. Donc le module qui détecte que le réseau ne prend pas en compte le bit qu'il cherche à émettre arrêtera sa tentative d'émission.

En conséquence comme c'est l'identifiant qui est transmis en premier dans la trame, la trame qui a un identifiant le plus faible sera prioritaire.

Ce sera donc les trames Norm4 qui seront prioritaires. C'est normal elles contiennent les commandes à destination des IOU. Ensuite on aura une priorité pour les trames Norm1, Norm2 et Norm3 qui contiennent les mesures effectuées par l'IOU1. Puis celles de l'IOU2 etc.

d) Montrer que le choix du débit et l'organisation de la lecture des trames CAN reçues permet de respecter les contraintes temporelles de l'application.

Les IOU vont émettre leurs trames concernant les données avec en priorité les 3 IOU du bloc 1 puis ceux du bloc 2 etc.. Il faut 4,7 ms pour les 9 trames Norm1 à Norm3 de 3 d'un des blocs d'IOU et 1,6ms pour les 3 trames Norm4 d'un bloc. En ce mettant dans le cas le plus défavorable, il faudra 6,3 ms pour être sûr que les trames Norm1 à Norm3 des 3 IOU du bloc 1 soient bien arrivées dans la CMU. Avec un débit = 250 kBits/s **Délai maximum pour la transmission des trames du bloc1 : 6,3 ms**
La lecture des trames du bloc 1 par le CMU aura lieu au plus tôt 10ms après l'émission de la trame de requête
Pour les trames des IOU du bloc 2, on a un délai de 13 ms. Or la lecture des ces trames par le CMU aura lieu après 20 ms.
On constate donc que les contraintes temporelles sont bien respectées si on a un débit de 250 kBits/s.



Q26. Lecture et mise à jour de la table RG_MON_CanData On considère les extraits donnés ci-dessous :

Extrait de RGIUO.h

```
#define RG_IOU6_ELOG4
```

```
(T_BOOLEEN)MC_TestBit(RG_MON_CanData[CT_Trm1_IOU6][4],CT_Bit4)
```

Extrait de Maj_Entree.c

```
RG_E_Bp_ArretDemandeC = RG_IOU6_ELOG4
```

Expliciter le rôle de ces deux lignes de code, en vous appuyant sur les extraits du fichier de définition des constantes et des macros const.h donnés en annexe A.4.1.4

Il s'agit de lire les données provenant de la trame Can et de mettre à jour la variable RG_E_BP Arret demandé.

La ligne RG_E_Bp_ArretDemandeC = RG_IOU6_ELOG4 permet de définir une variable « ayant un nom significatif pour l'application » (affectation de variable). RG_E_Bp_ArretDemandeC est l'état du BP ArretDemandeC, celui-ci étant l'état de l'entrée logique N°4 de l'IOU6 Cet état est transmis via le réseau CAN.

Cette variable doit être mise à jour à partir des données de la trame CAN. C'est le rôle de la ligne.

```
#define RG_IOU6_ELOG4 (T_BOOLEEN)MC_TestBit(RG_MON_CanData[CT_Trm1_IOU6][4],CT_Bit4)
```

Il faut accéder au bit 4 (ELOG4) de l'octet 4 (car ELOG) de l'IOU6 (annexe P22)

	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
Byte 0	Freq input 0 failure	Freq input 1 failure	Freq input 2 failure	Frequency input 0 (MSB)				
Byte 1	Frequency input 0 (LSB)							
Byte 2	Frequency input 1							
Byte 3	Frequency input 2							
Byte 4	Wakeup input 0	Logical input 6	Logical input 5	Logical input 4	Logical input 3	Logical input 2	Logical input 1	Logical input 0
Byte 5	not used				Bridge 3 failure	Bridge 2 failure	Bridge 1 failure	Wakeup input 1
Byte 6	Analogue input 0							
Byte 7	Analogue input 1							

L'octet contenant ce bit est situé dans le tableau RG_MON_CanData, à l'emplacement [20,4].
20, car CT_Trm1_I0U6 = 20, et 4, car il s'agit du 4^{ème} octet de la trame.

On utilise alors la fonction MC_TestBit(mot,bit) qui est définie par : `#define MC_TestBit(mot,bit) ((mot) & (bit) ? 1 : 0)`
Elle retourne 1 lorsque le bit 4 (CT_Bit4 = 0x0010) du mot RG_MON_CanData[20][4] est à 1 et 0 sinon.
On utilise cette méthode car le C ne connaît pas l'adressage niveau bit.

On trouve dans le fichier *Maj_Sortie.c* les lignes suivantes (cf. annexe A.4.2.3)

```
RG_I0U7_OUT5_COMMAND (RG_S_EclairageArretDemandePorteAv)
RG_I0U7_BR2_PARAMETER (RG_S_Pwm_Freq_CmdeMoteurPorteAv)
RG_I0U7_BR1_STOP
RG_I0U7_BR2D1_COMMAND
```

Expliciter l'action de ces lignes. Préciser comment ces commandes seront transférées et exploitées par l'unité d'entrées sorties (I0U)

Ces lignes permettent de définir les commandes à appliquer à l'I0U, Celles-ci sont placées dans les trames NORM4 affectées à chaque I0U.

RG_I0U7_OUT5_COMMAND (RG_S_EclairageArretDemandePorteAv)

On s'inspire de
`#define RG_I0U1_OUT5_COMMAND(Val) RG_MON_CanData[CT_Trm4_I0U1][4] =`
`(RG_MON_CanData[CT_Trm4_I0U1][4] & 0xF0) | ((T_BYTE)Val & 0x0F)`
 que l'on adapte en
`#define RG_I0U7_OUT5_COMMAND(Val) RG_MON_CanData[CT_Trm4_I0U7][4] =`
`(RG_MON_CanData[CT_Trm4_I0U7][4] & 0xF0) | ((T_BYTE)Val & 0x0F)`

La variable RG_S_EclairageArretDemandePorteAv doit définir la valeur de la sortie logique OUT5 de l'I0U7. Celle ci doit être envoyée dans la trame 4 de l'iou7 (CT_Trm4_I0U7 = 27), dans le quartet de poids faible de l'octet 4 ((T_BYTE)Val & 0x0F). Le poids fort de cet octet doit rester inchangé (RG_MON_CanData[CT_Trm4_I0U7][4] & 0xF0)

RG_I0U7_BR2_PARAMETER (RG_S_Pwm_Freq_CmdeMoteurPorteAv)

On s'inspire de :
`#define RG_I0U1_BR2_PARAMETER(Val) RG_MON_CanData[CT_Trm4_I0U1][6] = \`
`(RG_MON_CanData[CT_Trm4_I0U1][6] & 0xF0) | ((T_BYTE)Val & 0x0F)`
 que l'on adapte en :
`#define RG_I0U7_BR2_PARAMETER(Val) RG_MON_CanData[CT_Trm4_I0U7][6] = \`
`(RG_MON_CanData[CT_Trm4_I0U7][6] & 0xF0) | ((T_BYTE)Val & 0x0F)`

Cette commande permet d'écrire le paramètre (rapport cyclique) du bras 2 de l'iou7. Cette ci se trouve dans la trame 4 de l'iou7 (CT_Trm4_I0U7 = 27), dans le quartet de poids faible de l'octet 6 ((T_BYTE)Val & 0x0F). Le poids fort de cet octet doit rester inchangé (RG_MON_CanData[CT_Trm4_I0U7][6] & 0xF0)

RG_I0U7_BR1_STOP

On s'inspire de :
`#define RG_I0U1_BR1_STOP MC_ClrBit(RG_MON_CanData[CT_Trm4_I0U1][2],CT_Bit4)`
 que l'on adapte en
`#define RG_I0U7_BR1_STOP MC_ClrBit(RG_MON_CanData[CT_Trm4_I0U7][2],CT_Bit4)`

Cette commande efface le bit 4 de l'octet RG_MON_CanData[27][2] (bridge 1 on/off)
 Elle utilise la commande `#define MC_ClrBit(mot,bit) (mot) &= ~(bit)`
 qui fait un AND de l'octet actuel avec 0xEF (= ~0x10) → Effacement bit 4

RG_I0U7_BR2D1_COMMAND

```
#define RG_I0U7_BR2D1_COMMAND
RG_MON_CanData[CT_Trm4_I0U7][2] = (RG_MON_CanData[CT_Trm4_I0U7][2] & 0x3F) | 0x40
Met à 01.. .... les 2 bits de poids forts de l'octet 2, trame 4 (Bridge 2 direction = 0 et Bridge 2 On/Off = 1 )
```

C.2 EXPLOITATION PÉDAGOGIQUE CONCERNANT LA COMMUNICATION

C.2.1 CONTEXTE DE L'EXPLOITATION PÉDAGOGIQUE

Option 2 BTS IRIS

- Caractérisation des méthodes d'accès au média et des mécanismes d'arbitrage
- Modélisation des échanges dans un mécanisme de communication.

C.2.2 DOCUMENTS DE PRÉSENTATION DE LA COMMUNICATION PAR RÉSEAU CAN

Q27. Choisir la mise en situation, (c'est-à-dire restreindre et délimiter le système étudié, définir le contexte ou la « situation problème » retenue)

Mise en situation et contexte :

Dans un premier temps, l'étude sera restreinte aux fonctionnalités suivantes,

- Acquisition et traitement des demandes d'arrêt du bus sur l'ensemble de l'autobus. Affichage de ces informations sur l'ensemble des panneaux et le tableau de bord. Gestion de la sonnerie arrêt demandé.
- Mesures et transmission de la tension d'alimentation et de la température interne des IOU afin de suivre régulièrement leur évolution.

Le système est donc composé des modules matériels IOU1, IOU2, IOU3, IOU6, IOU7, CMU, logiciels associés, réseau CAN, BP et actionneurs associés.

Dans cette mise en situation, on se place dans des conditions de fonctionnement normal. Les phases d'initialisation ou de tests de fonctionnement sont supposées terminées. Les équipements (modules, équipements réseau,...) en état normal (pas de mode endormi). La configuration du réseau et en particulier la phase d'adressage des IOU sont supposés être terminés. Le module maître (CMU) connaît l'adresse de chaque IOU.

On ne tient pas compte dans le sous système retenu du SCU et du second réseau CAN. Celui-ci sera simplement cité ainsi que les informations qu'il affiche. Il est considéré comme extérieur à l'étude et pourra être pris en compte à titre d'exemple dans un deuxième temps.

Les phases d'initialisation et des tests, ainsi que les autres fonctionnalités gérées par le réseau CAN (liées à l'ouverture des portes et la gestion des moteurs) sont notés comme des éléments du cahier des charges. Ils interviendront pour expliquer des choix de solutions technologiques (contraintes de nombre entrée- sortie, de consommation, de distance, etc..). De même les mesures et les transmissions correspondant à des détections de défauts, ils seront cités dans le cahier des charges.

Ces éléments seront pris en compte et explicités au fur et à mesure des besoins pédagogiques pour illustrer certaines notions, transposer ou encore seront utilisés pour les évaluations.

Autre exemple de mise en situation

Reprise de la même mise en situation que dans la partie pédagogique précédente. À savoir :

L'étude sera restreinte aux fonctionnalités suivantes :

- à la demande d'ouverture de porte par un passager (Bouton Poussoir porte Milieu1) ou par le chauffeur depuis son tableau de bord. La gestion du voyant « porte milieu ouverte » sur le tableau de bord et l'affichage du panneau Arrêt demandé.

Q28. Expliciter les caractéristiques principales retenues (caractéristiques fonctionnelles, matérielles ou comportementales, contraintes du cahier des charges)

Exemple de réponse :

Caractéristiques principales retenues :

- 6 Boutons poussoir, (demande arrêt de l'autobus (passager) par bouton poussoir, répartis dans le bus)
- 5 Demandes d'ouverture de porte (un pour chaque porte, un sur le tableau de bord pour le chauffeur, un à l'extérieur du bus (porte avant)).
- 2 Affichages de la demande d'arrêt (milieu et à avant du bus).
- 6 voyants liés aux portes sur le tableau de bord (voyant arrêt demandé, Voyant autorisation ouverture de porte de l'extérieur, etc.)
- 1 Sonnerie arrêt demandé.

Contraintes complémentaires et éléments du cahier des charges :

Temps de réponse entre demande et affichage de la demande inférieur à 0,5 s.

Les transmissions prioritaires sont celles concernant la sécurité et les commandes à appliquer aux actionneurs.

Le fonctionnement du réseau doit être déterministe et garantir un temps inférieur à 100 ms entre la détection d'un changement d'état sur une entrée d'un IOU (bouton poussoir par exemple) et sa prise en compte par le calculateur central (CMU). Le temps de réaction du système (détection d'un changement d'état et action effective sur une sortie (actionneurs) doit être inférieur à 0,25 s.

Les données dont on veut suivre l'évolution (tension d'alimentation des IOU, température, position de la porte,...) doivent être connues toutes les 50 ms.

Norme ISO 11898

Chaque IOU doit en plus des valeurs de ses entrées, envoyer la valeur de sa tension d'alimentation, de sa température interne, la détection d'un défaut sur ses sorties.

Le réseau Can doit aussi permettre la transmission des informations concernant d'autres fonctionnalités : (par exemple commandes des moteurs d'ouverture des portes, de leurs freins, des essuies vitres, etc...). La totalité des informations à transmettre sur le réseau par chaque IOU ne dépasse pas 24 octets.

12 IOU doivent pouvoir être connectés sur le réseau CAN.

Q29. Rédiger en 2 ou 3 pages les documents détaillés permettant de présenter à des élèves la communication par réseau CAN dans le système étudié

Description générale du système

On attendait une ébauche d'au moins un des deux éléments cités ci-dessous correspondant à la mise en situation retenue.

- Schéma d'architecture matérielle avec BP, IOUs, Actionneurs retenus, CMU, câble réseau.
- Diagramme de séquence sur un des échanges.

Et un texte donnant la vue d'ensemble par exemple.

Les équipements connectés sur le réseau CAN sont :

- un module CMU, ce module définit les commandes à appliquer aux équipements en fonction de informations qu'il a reçu (il récupère les états des boutons poussoirs et envoie les commandes aux afficheurs par exemple) ;
- des modules d'entrées sorties (les IOU sont reliés aux entrées réparties dans le bus et assurent l'alimentation des actionneurs qui leur sont reliés en fonction des commandes reçues du module CMU)

Caractéristiques techniques :

(cf. réponse à question Q 28)

Maximum 12 IOU reliés sur le réseau.

Débit 250 kBits/s

Identifiants en mode étendu (29 bits)

....

Ensuite, un texte décrivant plus précisément les échanges et le fonctionnement du réseau.

Envoi par un IOU de ces mesures

Un IOU réalise l'acquisition des états des entrées qui lui sont connectés, (par exemple bouton poussoir arretdemandé) et effectue régulièrement des mesures en interne (tension d'alimentation, température,...). Cette opération est réalisée par le microcontrôleur de l'IOU. Les informations à transmettre sont ensuite récupérées par le contrôleur CAN de l'IOU. Le contrôleur CAN les stocke dans ses registres, crée les trames contenant ces informations et se charge les envoyer sur le réseau.

- L'ensemble des informations de mesures que doit transmettre un IOU sont regroupées en trois mots de 8 octets (cf. ci-dessous données de la trame 1, trame 2 et trame 3)
- Les IOU reçoivent du CMU toutes les 50 ms une trame de requête leur demandant de transmettre leurs mesures. La trame de requête est destinée à tous les IOU (mode Broadcast). Les échanges de l'IOU vers le CMU sont de type maître esclave.
- Chaque IOU enverra ses mesures après la réception de la trame de requête Une priorité est définie entre les IOU de manière à éviter les collisions entre les trames de mesures de chaque IOU.
- Cette priorité est définie à partir de la valeur des identifiants. L'identifiant le plus petit est le plus prioritaire.

Description des trames contenant les mesures d'un IOU

Les trames de données contenant les mesures des IOU sont organisées de la manière suivante.

bit début de trame,

champ d'identificateur (12 bits)

champ de commande (6 bits)

champ de données (8 octets)

champ de contrôle (16 bits)

champ d'acquiescement (2 bits)

fin de trame (7 bits)

inter trame (3 bits)

Le champ identificateur permet de repérer :

- l'IOU qui doit envoyer ses mesures
- ainsi que la nature des mesures envoyées.

Pour chaque IOU, il y a trois trames différentes permettant d'envoyer la totalité de ses mesures.

La trame 1 permet d'envoyer des mesures telles que les valeurs de ses entrées logiques IN0 à IN7 par exemple (l'entrée appui sur le bouton poussoir arretdemandeE est reliée à l'entrée logique N°1 de l'IOU3.)

Données de la trame 1

Data :

	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
Byte 0	Freq input 0 failure	Freq input 1 failure	Freq input 2 failure	Frequency input 0 (MSB)				
Byte 1	Frequency input 0 (LSB)							
Byte 2	Frequency input 1							
Byte 3	Frequency input 2							
Byte 4	Wakeup input 0	Logical input 6	Logical input 5	Logical input 4	Logical input 3	Logical input 2	Logical input 1	Logical input 0
Byte 5	not used				Bridge 3 failure	Bridge 2 failure	Bridge 1 failure	Wakeup input 1
Byte 6	Analogical input 0							
Byte 7	Analogical input 1							

Deux autres trames seront aussi utilisées par chaque IOU pour pouvoir envoyer la totalité de ses mesures. En particulier la mesure de sa tension d'alimentation ou de sa température interne, ou la présence d'un défaut sur ses sorties.

Données de la trame 2

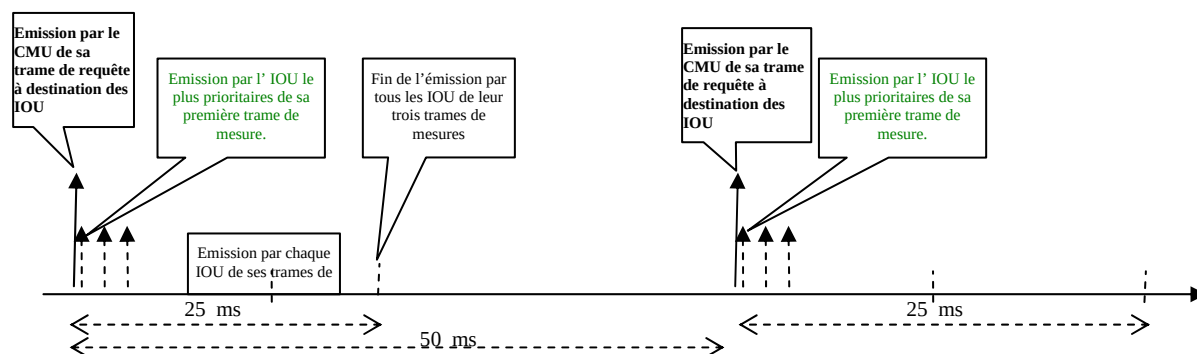
Tableau des 8 octets similaire à celui-ci dessus

Données de la trame 3

Idem

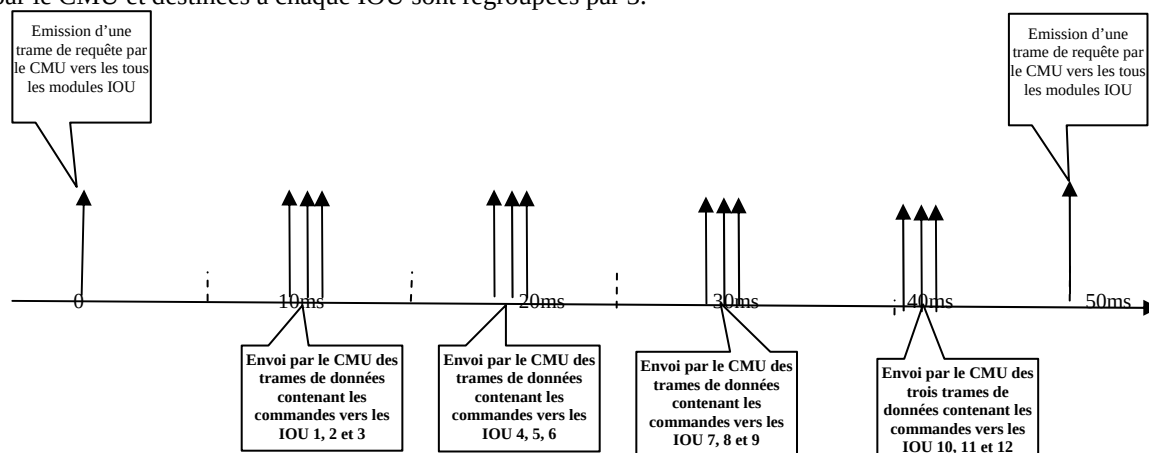
Les identifiants des IOU pour leurs trois trames de mesure sont données dans le tableau 1 suivant :

Nature de la donnée de la trame	Identifiant	Émetteur	Destinataire
Trame1 IOU 1	14000004	IOU 1	CMU
Trame1 IOU 2	14080004	IOU 2	CMU
....			
Trame 2 IOU 1	14000008	IOU 1	CMU
.....			



Transfert des commandes concernant les sorties d'un IOU

Chaque IOU reçoit du CMU toutes les 50 ms une trame de données lui indiquant les commandes à appliquer sur ces sorties (par exemple la commande de déclenchement de la sonnerie « arrêt demandé » pour l'IOU 7 ou de l'éclairage du panneau lumineux). L'ensemble des informations de commande reçues par un IOU est en un seul mot de 8 octets (cf. ci-dessous). Ces trames sont envoyées par le CMU suivant le cycle schématisé ci-dessous. Les trames envoyées par le CMU et destinées à chaque IOU sont regroupées par 3.



Les trames de données sont reçues par le contrôleur CAN de l'IOU qui le stocke dans ses registres. Les informations contenues dans les trames sont transférées stockées dans une mémoire de l'IOU. Le programme applicatif exécuté par le microcontrôleur traite les informations reçues et élabore les signaux adaptés aux actionneurs.

Description des trames contenant les commandes des sorties des IOU par le CMU

La trame de données contenant les commandes à envoyer aux IOU est organisée de la manière suivante.

bit début de trame,
 champ d'identificateur (12 bits)
 champ de commande (6 bits)
 champ de données (8 octets)
 champ de contrôle (16 bits)
 champ d'acquiescement (2 bits)
 fin de trame (7 bits)
 inter trame (3 bits)

Le champ identificateur permet de repérer l'IOU qui doit recevoir la donnée ainsi que la nature de la donnée. Ici la nature de la donnée est : Commandes à appliquer aux actionneurs de l'IOU.

Par exemple, la trame qui contient les commandes des sorties de l'IOU 7 a pour identifiant : 00050E10 (valeur en Hexa). Le tableau 2 donne les valeurs des identifiants pour chaque IOU.

Le champ de données comprend 8 octets qui sont définis ci-dessous. Par exemple, la sonnerie arrêt demandé est reliée à la sortie OUT 3 de l'IOU 7. C'est une commande logique (ON/OFF) dont la valeur sera contenu dans le bit 3 du second octet (byte 1).

Way : CMU → IOU

Function : commands to drive the IOU's outputs

Data :

	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
Byte 0	sensors supply tension (Unit: 0.1V)							
Byte 1	OUT8 on/off	OUT7 on/off	OUT6 on/off	OUT4 on/off	OUT3 on/off	OUT2 on/off	OUT1 on/off	OUT0 on/off
Byte 2	Bridge 2 direction	Bridge 2 on/off	Bridge 1 direction	Bridge 1 on/off	not used	Screen Wiper high speed	Screen Wiper low speed	Power down
Byte 3	not used						Bridge 3 direction	Bridge 3 on/off
Byte 4	not used				OUT5 Stat/Dyn			
Byte 5	OUT10 Stat/Dyn				OUT9 Stat/Dyn			
Byte 6	OUT12 Stat/Dyn				OUT11 Stat/Dyn / pont2Dyn			
Byte 7	OUT14 Stat/Dyn				OUT13 Stat/Dyn / pont3Dyn			

Remarks :

* Screen Wiper Stop = NOT(high speed) ET NOT(Low Speed)

* OUT5, OUT9, OUT10, OUT11, OUT12, OUT13, OUT14 drive : these outputs can work as PWM, frequency or logical outputs.

When driven in logical : The Output is ON if one of the 4 bits is ON

Tableau 2

Nature de la donnée de la trame	Identifiant	Émetteur	Destinataire
Commande des sorties de IOU1	00050010		
Commande des sorties de IOU2	000500210		
....			

Réception des informations par le CMU et émission des commandes pour les IOU

Un CMU dispose également d'entrée sortie comme un IOU. Mais il supervise également le fonctionnement de l'autobus.

Le contrôleur CAN du CMU reçoit les trames contenant les mesures envoyées par les IOU. Il transfère les données au programme applicatif exécuté sur le microcontrôleur du CMU. Celui-ci se charge de les traiter et d'élaborer les commandes à envoyer en retour à chaque IOU.

Les informations contenant les commandes à envoyer aux IOU sont alors récupérées par le contrôleur CAN du CMU. Le contrôleur CAN les stocke dans ses registres, crée les trames contenant ces informations et se charge les envoyer sur le réseau vers les IOU. .

C.2.3 DÉFINITION D'UNE SÉQUENCE

Il s'agit de proposer en une page maximum, la description d'une séquence d'enseignement pour laquelle le système étudié permet une mise en situation pertinente.

Q30. Donner les caractéristiques principales de la séquence

Séquence prévue en première année de SRS IRIS entre mars et mai.

Compétence principale visée : caractériser les contraintes principales d'un système de transmission, valider la configuration d'un réseau local.

Durée 12 à 16 h

Situation de la séquence.

Pre-requis :

Série parallèle,

Codage, grandeurs logiques, analogiques, unités d'entrées sorties

Notions sur les réseaux locaux, débit, notion de trame, adressage (par exemple architecture de la trame Ethernet, la notion d'adresse MAC et d'adresse IP) émetteur récepteur

Une séquence au cours de laquelle ce système a été utilisé comme exemple support a été réalisé. Lors de cette séquence les points suivants ont été traités :

Analyse de l'organisation fonctionnelle de la chaîne d'information, schématisation (flux de données et fonctions assurées)

Identification de la nature de l'information, reconnaître le type d'interface

Repérage des constituants matériels et logiciels du réseau et du système (IOU), identification des constituants de la couche physique ainsi que le média de transmission.

Les élèves savent caractériser des entrées et sorties logiques, des entrées sorties analogiques.

Les élèves connaissent des notions des bases sur les réseaux locaux, débit, notion de trame, adressage. Ils ont vu l'architecture de la trame Ethernet, la notion d'adresse MAC. Ils utilisent l'adresse IP pour configurer un poste de travail. Ils ont identifié quelques caractéristiques de la couche 1 et 2 du réseau Ethernet. Ils connaissent pour les avoir utilisé certains services (services ftp, http,) mais ont des connaissances très succinctes du modèle en couches.

Objectif de la séquence

L'élève doit être capable

D'identifier les couches 1, 2 et 7 du modèle OSI pour un réseau CAN et de repérer les constituants matériels et logiciels associés (ce point déjà abordé dans une séquence précédente sera approfondi en particulier pour la couche 2)

Caractériser au moins deux méthodes d'accès au média et le cas échéant le mécanisme d'arbitrage associé.

Valider le choix du débit d'un réseau de terrain, sachant que les contraintes sur les données échangées, leur organisation dans le champ de données, et l'architecture de la trame sont fournies.

Savoir Nouveaux

Caractéristiques des méthodes d'accès au média, mécanisme d'arbitrage. CSMA/CR,

Modèles d'échanges au niveau de la couche 7 (producteur consommateur, requête réponse, maître esclave),

Caractéristiques de la couche 2, filtrage acquittement, détection d'erreur,

Caractéristiques de la couche 1, codage des bits NRZ, stuffing,

Notions de RLI, (contrainte de temps, sécurité de fonctionnement),

Approfondissement notion de protocole, service, trames.

Principaux Centres d'intérêts visés :

Caractérisation des méthodes d'accès au média et des mécanismes d'arbitrage.

Modélisation des échanges.

Q31. Donner l'organisation de la séquence

Organisation de la séquence

Introduction : mise en situation

A. Caractéristiques des messages à échanger entre les nœuds d'un réseau.

- Classification des messages (notions)
 - Messages d'administration et Gestion du réseau (mise en route des stations, arrêt...)
 - Messages de configuration ou paramétrage des équipements
 - Messages liés à l'application (message « processus » ou encore message d'exploitation)
 - Message d'erreurs
- Analyse des messages liés au processus en fonctionnement normal dans le cas du système étudié, Identification des données et des contraintes (caractéristiques temporelles en particulier),
- Comparaison avec d'autres situations. Première caractérisation des contraintes (volume de données à échanger, contrainte de temps, sécurité, intégrité des données), notion de déterminisme

Phase classe entière avec alternance Analyse exemple (TD) et synthèse avec apport.

Objectif : Etre capable de caractériser les messages devant être échangés sur un réseau.

Durée 1h à 1h30 .

B. Caractéristiques d'un réseau CAN

- Différents types de trames
- Caractéristiques d'une trame de donnée,
- Méthode d'accès au réseau, mécanisme d'arbitrage (comparaison avec Ethernet)
- Mise en oeuvre de la communication sur un réseau CAN au niveau 2. Paramétrage de la connexion et du canal de transmission. Relevé et interprétation des trames et des champs de la trame de donnée. Utilisation outil de configuration et logiciel permettant émission et réception de trames (niveau 2).
- Identification des erreurs relevant de la couche 1 (débit, stuffing), et ceux relevant de la couche 2 (erreur de type de trame, acquittement, CRC)
- Filtrage de niveau 2

Phase de TD avec analyse de documentation du réseau CAN et apport sur le rôle de l'identifiant et son rôle dans le mécanisme d'arbitrage, avec une partie expérimentale.

Synthèse avec apport sur filtrage mis en oeuvre au niveau de la couche 2 dans le réseau CAN

Objectif : être capable de mettre en œuvre une communication par réseau CAN avec un outil de configuration de niveau 2 (analyseur de trames)

Durée 4 à 5 h.

C. Modélisation des échanges.

Notion de Producteur consommateur, Mode diffusion

Maître esclave, Requête réponse // émetteur récepteur

Mode Émission périodique des trames....

Phase de TD Cours associée à une partie expérimentale avec mise en œuvre des différents modes de fonctionnement.

Producteur Consommateur en mode multi-maître.

Mode Requête Réponse (maître esclave)

Mode émission périodique des trames....

Durée 4 à 5 h .

D. Détermination des besoins en débit de transmission.

Validation du choix retenu pour le débit et les modalités d'échange

Synthèse sur les Méthodes d'accès au média et les mécanismes d'arbitrage.

Synthèse sur la couche 2 du modèle OSI.

Durée 2 à 3 h.

Évaluation finale

Éléments sur lesquels pourra porter l'évaluation

- Repérer le contrôleur CAN et les broches qui vont véhiculer les trames. Interpréter dans une trame fournie, l'identifiant, la donnée, le champ de contrôle. Expliciter la fonctionnalités de filtrage réaliser par la couche 2 pour le CAN et proposer un masque pour sélectionner un identifiant donné.
- Tracer pour deux trames émises simultanément par deux nœuds CAN, les bits à émettre pour chacun d'eux et ceux qui seront sur le réseau. Expliciter la différence entre le CSMA/CD et CSMA/CR ou CA.
- Définir dans un échange le module émetteur et le récepteur, le producteur et le consommateur. Tracer le diagramme de séquence correspondant au modes d'échange maître esclave et producteur consommateur
- Calculer un débit de transmission.

C.2.4 ÉLABORATION DÉTAILLÉE D'UNE PARTIE DE LA SÉQUENCE

Q32. Définition de la partie de séquence choisie

Par exemple le début de la Partie C ou de la partie D.

Cas de la partie C.

Organisation et objectifs cf. réponse à la question Q31.

Objectif : à partir de la description des échanges et la structure de la trame étant fournie, être capable d'identifier les données principales échangées dans le cas d'un fonctionnement normal et leur fréquence de transmission, de calculer le débit de transmission minimal associé.

Q33. Élaborer un document qui guide l'élève dans son travail

Détermination des besoins en débit de transmission.

Validation du choix retenu pour le débit et les modalités d'échange