

Systeme « Multibus »

Dossier questionnaire avec documents réponses : DR

Le candidat compose uniquement sur le présent document à rendre en intégralité en fin d'épreuve

Note à lire très attentivement

Le Concours Général des Lycées porte sur l'ensemble des compétences du programme de terminale Sciences et Techniques Industrielles option Génie Electronique.

Le questionnaire proposé aborde donc de très nombreux aspects du fonctionnement du système « Multibus ».

Le sujet comporte 4 parties indépendantes :

- Problématique A : Transfert du programme « Application ».
- Problématique B : Commande de déplacement du miroir d'un rétroviseur.
- Problématique C : Transmission des ordres issus du Joystick.
- Problématique D : Commande de dégivrage du miroir d'un rétroviseur.

Problématique A :

Transfert du programme « Application »

On souhaite vérifier que la liaison série permet le transfert du programme « Application » (spécifique à l'autocar utilisé) de l'ordinateur PC vers la mémoire Flash du calculateur central. Pour cela on devra :

- analyser l'interface série proposée ;
- analyser l'aiguillage des données vers le microcontrôleur depuis l'interface série ;
- identifier la zone de la mémoire utilisée pour stocker le programme « Application » ;
- analyser le processus de transfert des données entre l'ordinateur et la mémoire Flash.

Présentation

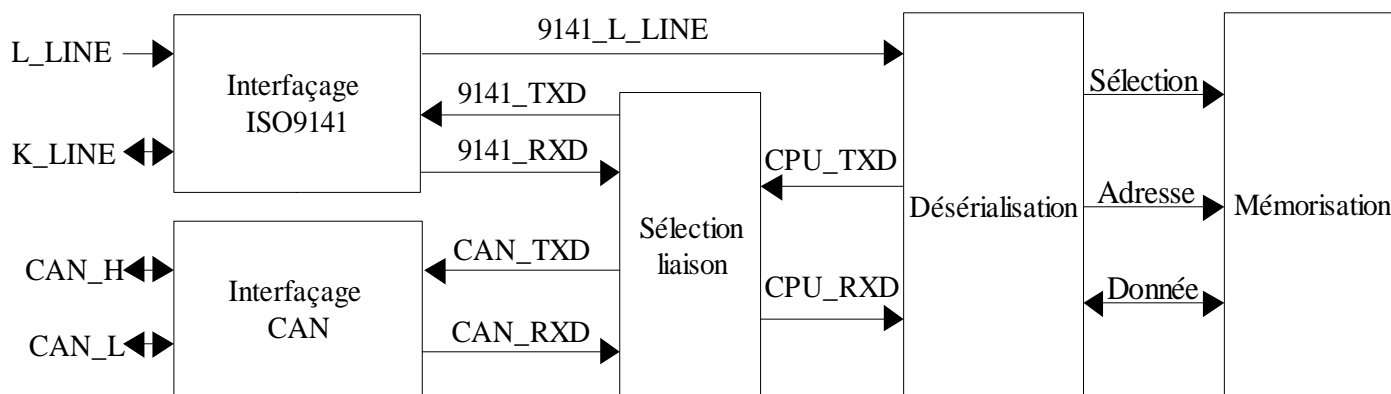
Le logiciel implanté dans la mémoire flash du calculateur central dépend des équipements de l'autocar. Le client (un constructeur d'autocar) doit adapter ce logiciel à son matériel.

Ce logiciel comporte trois parties distinctes qui sont :

- **Boot** : partie du logiciel qui est exécutée au démarrage du microprocesseur (non modifiable par le client);
- **Moniteur** : partie du logiciel qui réalise l'interface entre le matériel et la partie application;
- **Application** : partie du logiciel spécifique au client, qui dépend du cahier des charges.

Pour la suite de cette étude on s'intéressera au téléchargement du logiciel « **Application** ». Cette application est développée à l'aide d'un logiciel de programmation graphique sur un ordinateur PC. Ensuite le code compilé (au format .hex) doit être transféré au calculateur par l'intermédiaire d'une liaison ISO9141.

Synoptique partiel du calculateur central



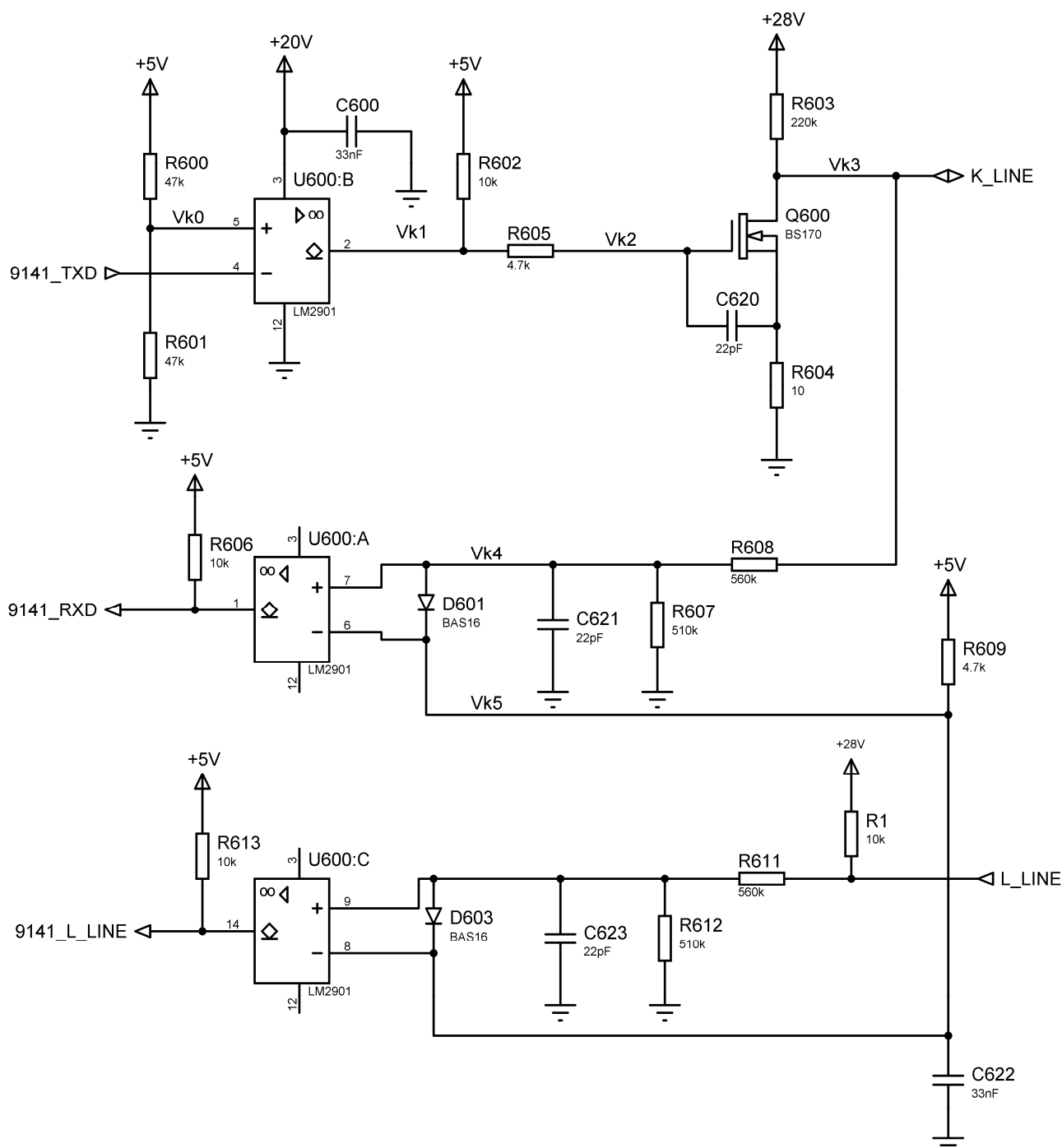
A.1 Étude de la fonction « Interfaçage ISO 9141 »

La liaison ISO9141 utilise les lignes K et L et les niveaux de tensions sont :

- Pour les lignes K et L :** niveau logique bas → 0V à V_{IL} (avec $V_{IL} = 0,3 \cdot V_{batterie}$) ;
niveau logique haut → V_{IH} à 32V (avec $V_{IH} = 0,7 \cdot V_{batterie}$)

Par la suite on utilise une batterie de 24V et on considère que $V_{batterie} = V_{bat} = 24V$.

Schéma structurel



Pour l'ensemble des questions ci – dessous on considère que le circuit LM2901 est parfait. De plus on ne tiendra pas compte de l'influence des condensateurs C620, C621, C622 et C623 ils seront remplacés par des circuits ouverts.

Les tensions Vk_x représentent la différence de potentiel entre le point Vk_x et la masse.

Transmission des données sur la ligne K

QA1 Donnez la valeur de la tension Vk_0 .

$$Vk_0 = 5 / 2 = 2,5V \text{ car } R600 = R601$$

QA2 Quel est le rôle de la résistance R602 ? La documentation du circuit LM2901 se trouve en annexe DT3.

La sortie du LM2901 étant de type collecteur ouvert, cette résistance de « pull - up » ramène une tension de +5V lorsque le transistor de sortie est bloqué (état logique haut).

QA3 Donnez la valeur de V_{GS} rendant le transistor Q600 passant. La documentation du transistor se trouve en annexe DT2.

Q600 passant si V_{GS} compris $V_{GSTHmin} = 0,8V$ et $V_{GSTHMax} = 3V$

QA4 Lorsque le transistor Q600 est passant, donnez la valeur maximum que peut prendre la tension V_{k3} (valeurs littérale puis numérique).

Dans le cas le plus défavorable $R_{DSONMax} = 5 \Omega$
 $V_{k3} = 28 * (R_{DSONMax} + R604) / (R603 + R_{DSONMax} + R604)$
 $V_{k3} = 28 * (5 + 10) / (220k + 5 + 10) = 1,9mV$

Note : on a négligé l'effet de R608, R607 et D601

QA5 Lorsque le transistor Q600 est bloqué, donnez la valeur de la tension V_{k3} (valeurs littérale puis numérique).

Note : on prendra une tension de seuil $V_d = 0,6V$ pour la diode D601.

$V_{k5} = 5V$ (ramené par R609). On peut négliger V_{R609} devant les autres tensions.
 $V_{k4} = 5 + V_d$ (diode V601 passante)
 $V_{R608} = (V_{bat} - 5 - V_d) * R608 / (R603 + R608)$
 $V_{k3} = (5 + V_d) + [(V_{bat} - 5 - V_d) * R608 / (R603 + R608)]$
 $V_{k3} = 5 + 0,6 + 16,1 = 21,7V$

QA6 En vous aidant du tableau ci – dessous, faites un choix de technologie (TTL ou CMOS) pour le circuit délivrant le signal 9141_TXD. Il faudra justifier la solution.

	Famille TTL 74xx	Famille CMOS 74HCxx
V_{OLMAX}	0,4 V	0,1 V
V_{OHmin}	2,4 V	4,9 V
V_{ILMAX}	0,8 V	1 V
V_{IHmin}	2 V	3,5 V

Les signaux 9141_TXD entrent sur un comparateur avec un niveau de basculement de 2,5V.

Il faut donc $V_{OLMAX} < 2,5V$ et $V_{OHmin} > 2,5V$.

Seule la série CMOS 74HCxx répond à ces critères, car pour la série TTL 74xx on a $V_{OHmin} = 2,4 V$ qui est trop faible (inférieur à 2,5V).

QA7 En supposant maintenant que les signaux transmis par la ligne 9141_TXD sont parfaits (0V à l'état logique bas, +5V à l'état logique haut), complétez le tableau ci – dessous.

Note : on négligera la tension aux bornes de R604.

État logique 9141_TXD	Tension 9141_TXD (en V)	Tension Vk1 (en V)	Tension Vk2 (en V)	Tension Vk3 (en V)
bas	0	5	5	1,9 mV (0V admis)
haut	5	0	0	21,7

QA8 Vérifiez la validité de ces niveaux logiques sur la ligne K par rapport à la norme ISO9141.

État logique bas :	$0 V \leq V_K \leq 7,2V$ ici on a 1,9mV -> conforme
État logique haut :	$16,8 V \leq V_K \leq 32V$ ici on 21,7V -> conforme

Réception des données sur la ligne K

QA9 Quel doit être l'état du transistor Q600 lorsque la ligne K reçoit des signaux ? En déduire l'état logique sur 9141_TXD pendant cette phase.

Le transistor doit être bloqué pour éviter des conflits donc 9141_TXD doit être à l'état logique haut.

QA10 L'interface par la ligne K_LINE reçoit des signaux avec des niveaux ISO9141. Pour chaque état logique complétez le tableau ci – dessous.

Note : sur la ligne K (pendant une phase de programmation), on suppose que la tension est de 0V à l'état logique bas, et de +24V à l'état logique haut.

État logique K_LINE	Tension Vk3 (en V)	Tension Vk5 (en V)	Tension Vk4 (en V)	Tension 9141_RXD (en V)
bas	0	5	0	0
haut	24	5	5,6	5

Comparaison ligne K et ligne L

QA11 Quelle est la principale différence entre la ligne K (K_LINE) et la ligne L (L_LINE)?

La ligne K est bidirectionnelle, alors que la ligne L est unidirectionnelle (réception de données). Les structures de réception sont identiques pour les 2 lignes.

A.2 Étude de la fonction « Sélection liaison »

Le microcontrôleur doit pouvoir communiquer soit avec l'interface ISO9141 (notamment pour la programmation) soit avec une interface CAN. Cette structure permet la sélection.

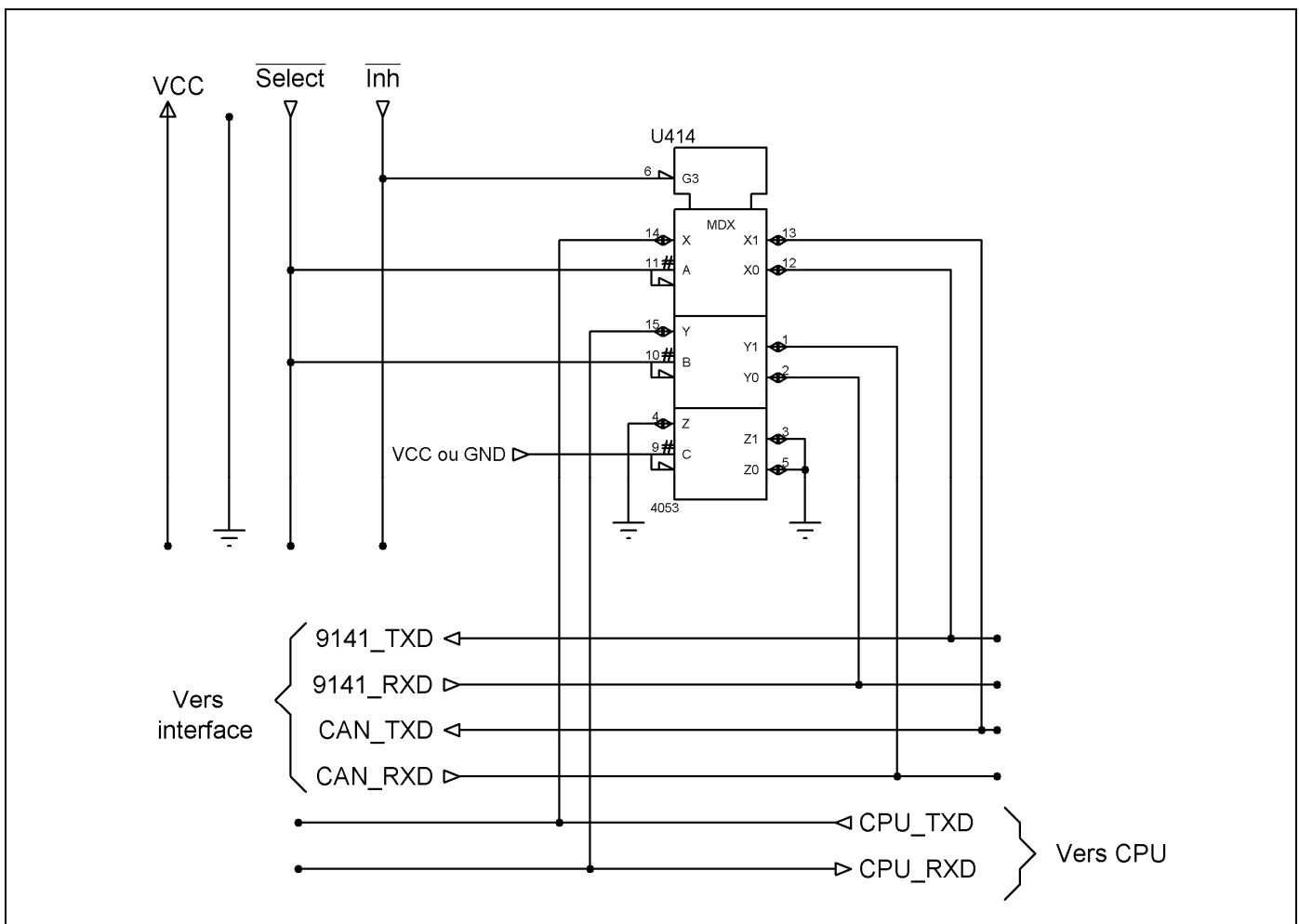
QA12 Complétez le schéma de la structure conformément au cahier des charges. La documentation du circuit 4053 se trouve en annexe DT4.

Cahier des charges de la fonction

Cette fonction permet d'aiguiller :

- « CPU_TXD » vers « 9141_TXD » si l'entrée de sélection « Select\ » = « 0 », sinon « CPU_TXD » sera aiguillé vers « CAN_TXD ».
- « 9141_RXD » vers « CPU_RXD » si l'entrée de sélection « Select\ » = « 0 », sinon « CAN_RXD » sera aiguillé vers « CPU_RXD ».

Dans tous les cas pour valider la fonction on aura « Inh\ » = « 0 ».

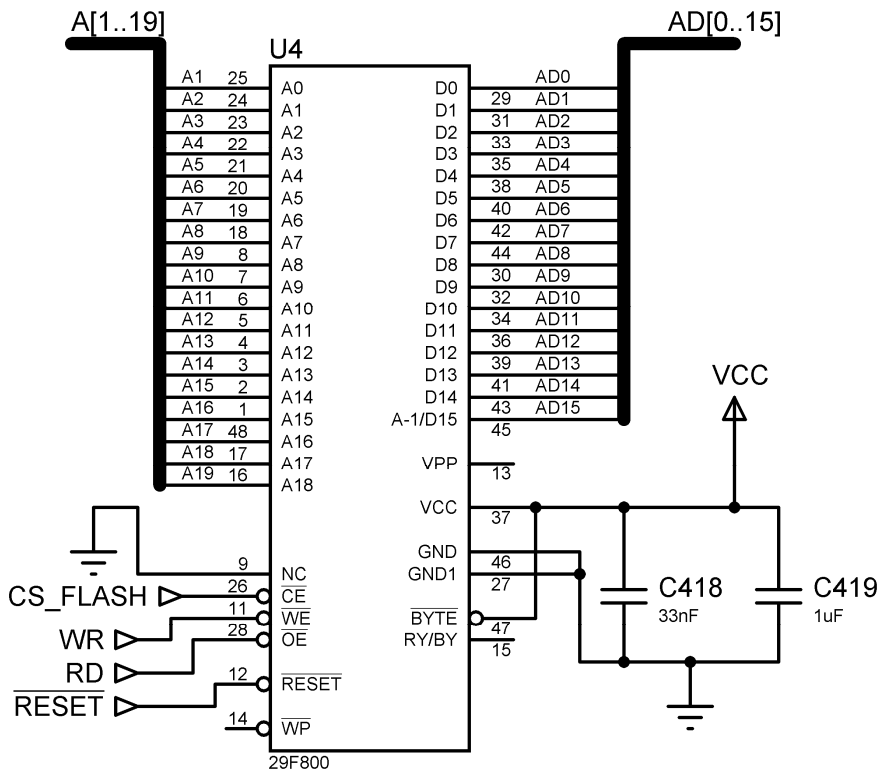


A.3 Étude de la fonction « Mémorisation »

Le microcontrôleur reçoit ou transmet des informations via sa liaison série (CPU_TXD et CPU_RXD). Lors d'une phase de programmation, au fur et à mesure (après désérialisation), il doit stocker en mémoire le programme reçu.

La mémoire utilisée pour stocker le programme est une mémoire Flash de référence MX29F800.

Schéma structurel



QA13 En observant le schéma ci – dessus, donnez la capacité en bits et méga bits de cette mémoire U4.

Capacité : $2^{19} * 16 = 8\ 388\ 608$ bits = 8 méga bits

QA14 Cette mémoire U4 utilise un format de données de 8 ou 16 bits. En déduire la capacité de cette mémoire en méga octets, mots (16 bits) et kilo mots.

Capacité : $8\ 388\ 608$ bits / 8 = 1 048 576 octets = 1 méga octets

$8\ 388\ 608$ bits / 16 = 524 288 mots = 512 kilo mots

QA15 Dans cette application, utilise – t'on un format de 8 bits ou 16 bits ? Justifiez la réponse. La documentation de la mémoire se trouve en annexes DT5 et DT6.

BYTE\ est à l'état haut on stocke des mots de 16 bits.

QA16 La mémoire est découpée en secteurs, qui sont la plus petite unité effaçable et re-programmable en une fois. D'après la documentation constructeur, donnez le nombre de secteurs ainsi que le nom et la taille du premier secteur (celui commençant à l'adresse basse).

La mémoire est découpée en 19 secteurs, le premier secteur s'appelle SA0, sa taille est de 16 Ko ou 8 Kmots.

QA17 Le microcontrôleur utilise un format de 22 bits (A0 à A21) pour adresser les différents périphériques. Donnez les lignes d'adresse utilisées par cette mémoire U4.

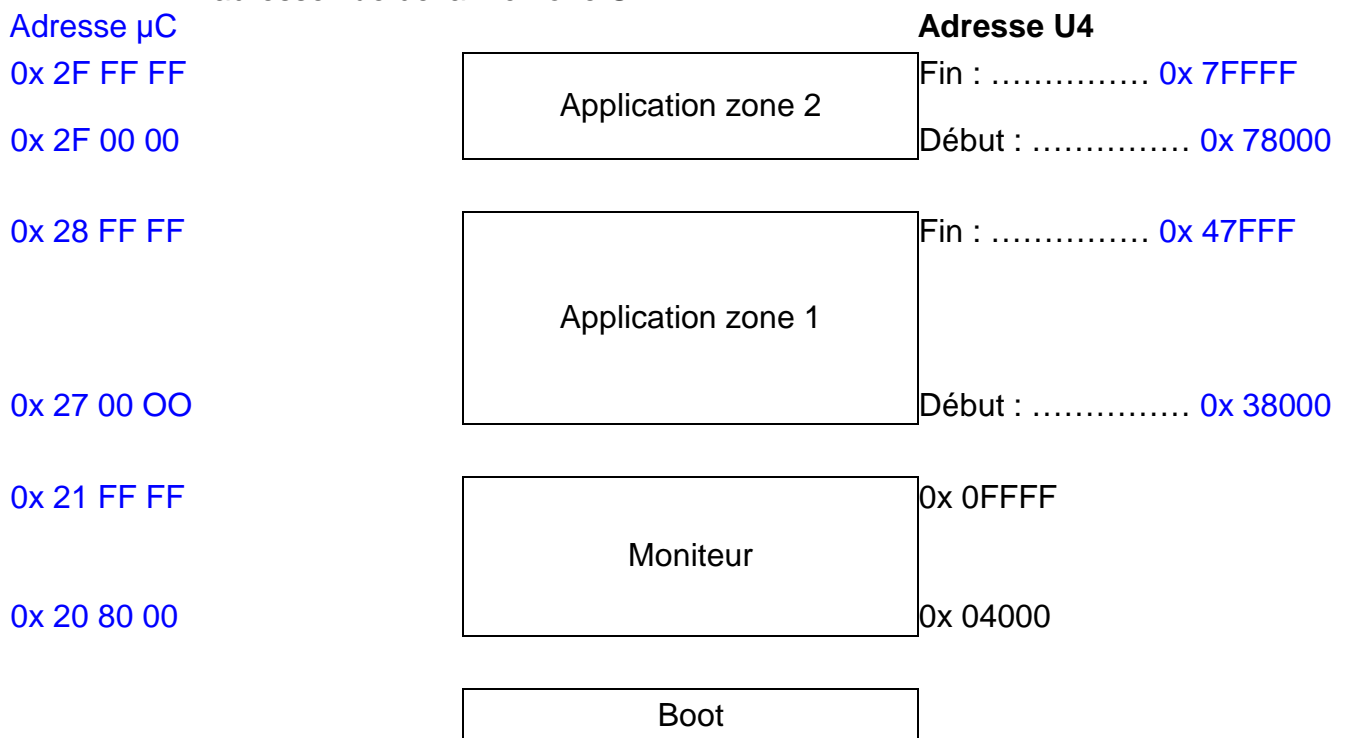
Cette mémoire utilise les lignes d'adresse A1 à A19.

QA18 On souhaite stocker le programme « Application » dans 2 zones différentes de la mémoire U4. A partir du plan mémoire partiel du microcontrôleur, donné ci – dessous, il faudra retrouver celui de la mémoire U4.

Adresse début (Hexa)	Adresse fin (Hexa)	Description
27 0000	28 FFFF	Application zone 1
2F 0000	2F FFFF	Application zone 2

Sur le plan mémoire de U4, complétez l'adresse (en hexadécimal) de début et de fin des 2 zones réservées au programme « Application ».

Note : La ligne A19 correspond au poids fort, la ligne A1 correspond au poids faible de l'adresse vue de la mémoire U4.



QA19 D'après la documentation constructeur, donnez le nom des différents secteurs utilisés à l'intérieur de cette mémoire pour stocker le programme « Application ». Donnez la taille en kilo mots de chaque zone réservée au programme « Application ».

	Nom du (ou des) secteur(s)	Taille du secteur (en ko)
Application zone 1	SA10 et SA11	64 kmots
Application zone 2	SA18	32 kmots

A.4 Étude du protocole de transfert utilisé

Le programme « Application » est téléchargé suivant la norme KWP2000. La procédure de téléchargement est donnée en annexe DT7.

L'adresse de l'outil de téléchargement « DLT » est toujours égale à D0 (en hexadécimal).

Il faut également noter qu'une résistance de 220Ω est connectée à l'entrée « EANA0 » du microcontrôleur afin de fixer son adresse.

QA20 Donnez la valeur (en hexadécimal) des octets FORMAT « Fmt », DESTINATION « Dest », SOURCE « Src » MOT D'ORDRE « Sid », et de données « Data » transmis lors d'une requête « Autorisation de commencer le téléchargement ».

Note : La transmission devra s'effectuer à la vitesse de 19200 bauds (pendant une phase d'effacement et re-programmation de la mémoire).

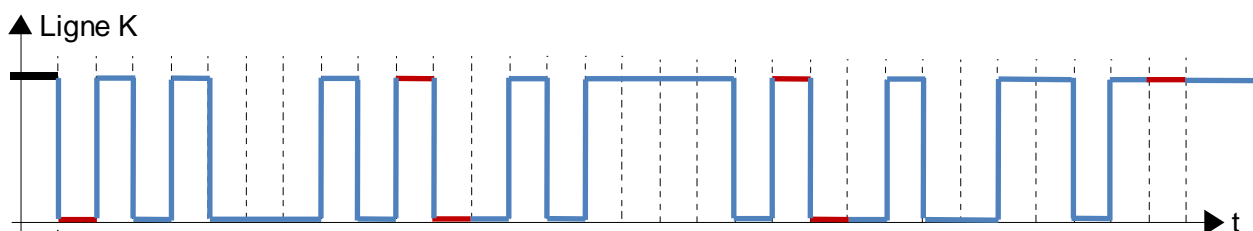
Fmt	Dest	Src	Sid	Data 1	Data 2
83	E9	D0	34	00	1F

QA21 Quelle est la durée d'un bit pendant une phase d'effacement et re-programmation de la mémoire ?

Durée d'un bit = $1 / 19200 = 52\mu s$

QA22 Les données sont transmises sur la ligne K de la liaison ISO9141. Pour chaque donnée on a un bit de « Start » (état logique bas), la donnée (transmission LSB en tête), puis un bit de « Stop » (état logique haut). Les données sont transmises une après l'autre sans état de repos. Au repos la ligne est à l'état logique haut.

Dessinez la trame sur la ligne K (il faudra préciser la valeur des niveaux de tension) dans le cas où l'on transmet les données 45, 7A, B2 (valeurs en hexadécimal).



Début émission

Niveau haut 24 V et niveau bas 0V

45 = 0100 0101

7A = 0111 1010

B2 = 1011 0010

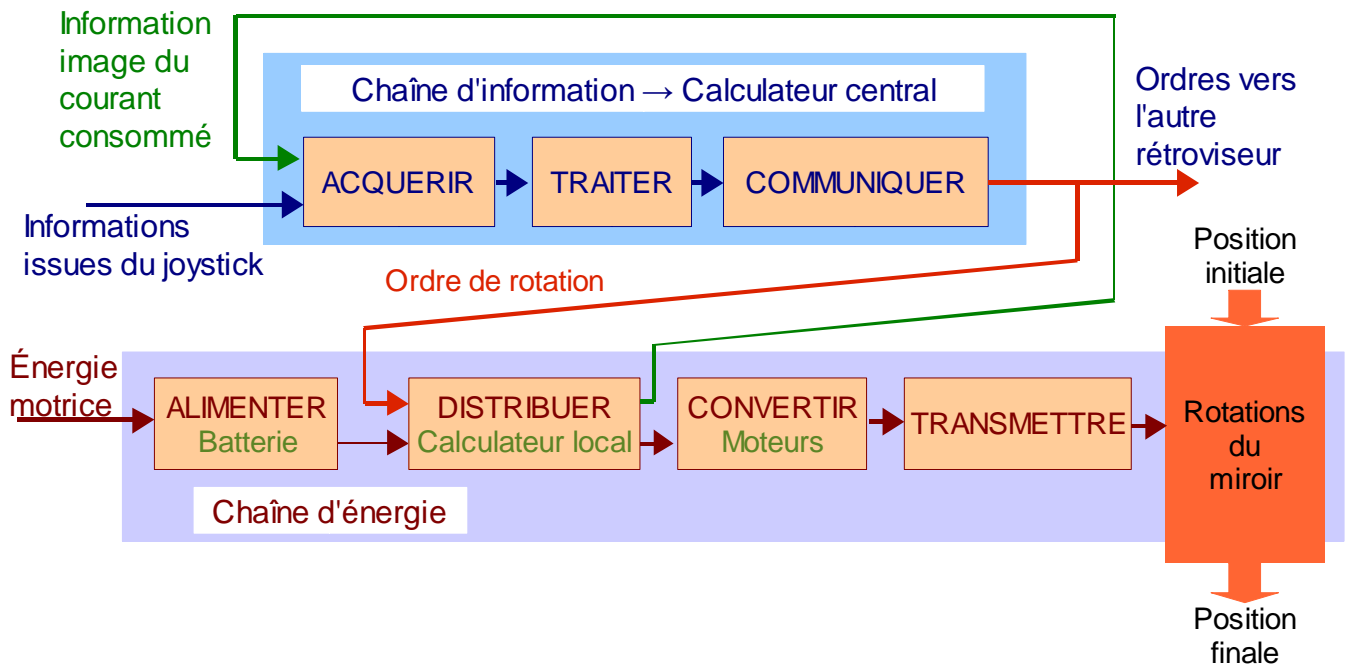
Problématique B :

Commande de déplacement du miroir d'un rétroviseur

On souhaite vérifier qu'un ordinateur local permet de commander correctement la mise en position du miroir d'un rétroviseur. Pour cela on devra :

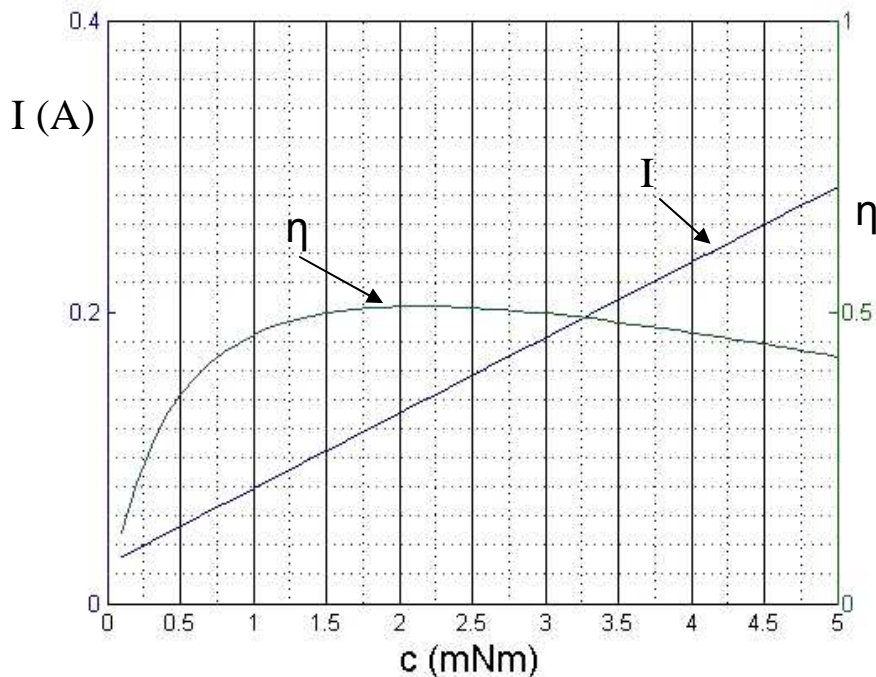
- vérifier que les caractéristiques du moteur sont adaptées à la charge (miroir) à actionner ;
- vérifier que l'interface de puissance est adaptée au moteur ;
- analyser le fonctionnement de l'interface de puissance.

Présentation du système de commande de déplacement d'un miroir



B.1 Analyse mécanique et de puissance

Caractéristiques partielles du moteur entraînant le miroir



Deux moteurs identiques (MH et MV) permettent d'assurer les rotations horizontale et verticale du miroir.

Le couple nécessaire pour faire tourner le miroir C_{miroir} est de 1,25 Nm et la vitesse de rotation du miroir N_{miroir} est de 1,23 tr/mn.

Le réducteur de vitesse en sortie du moteur a un rapport de réduction R de 5500 et un rendement de 7%.

On utilise un moteur à courant continu alimenté sous 24V.

QB1 Calculez la puissance P_{miroir} fournie au miroir et la puissance P_{moteur} nécessaire en sortie du moteur.

$$\Omega_{\text{miroir}} \text{ (rd/s)} = N_{\text{miroir}} * 2\pi/60 = 1,23 * 2\pi/60 = 0,129 \text{ rd/s}$$

$$P_{\text{miroir}} = C_{\text{miroir}} * \Omega_{\text{miroir}}$$

$$P_{\text{miroir}} = 1,25 * 0,129 = 0,16\text{W} = \eta_{\text{réducteur}} * P_{\text{moteur}}$$

$$P_{\text{moteur}} = P_{\text{miroir}} / \eta_{\text{réducteur}} = 0,16/0,07 = 2,3\text{W}$$

QB2 Calculez la vitesse N_{moteur} de rotation du moteur et le couple C_{moteur} qu'il fournit.

$$N_{\text{moteur}} = N_{\text{miroir}} * R = 1,23 * 5500 = 6765 \text{ tr/mn} = 708 \text{ rd/s}$$

$$C_{\text{moteur}} = P_{\text{moteur}} / \Omega_{\text{moteur}} = 2,3 / 708 = 3,25 \text{ mN.m}$$

QB3A l'aide des caractéristiques du moteur (voir page précédente), déterminez le courant consommé par le moteur en régime permanent pour obtenir ce couple.

D'après la courbe $I = f(C)$, $I = 190 \text{ mA}$

QB4 Calculez la puissance $P_{\text{absorbée}}$ consommée par le moteur et son rendement η_{moteur} . Comparez avec le rendement relevé sur la caractéristique du moteur (voir page précédente).

$$P_{\text{absorbée}} = U * I = 24 * 0,209 = 5 \text{ W}$$

$$\eta_{\text{moteur}} = P_{\text{moteur}} / P_{\text{absorbée}} = 2,3 / 5 = 46\%$$

Rendement relevé sur la courbe : 50%

Valeur approchée correcte

B.2 Étude de la commande du moteur

Pour la suite de l'étude on suppose que :

- le courant consommé par le moteur en régime établi est de 200 mA ;
- le moteur peut consommer en pointe jusqu'à 2,6A.

La spécification du calculateur local donne les caractéristiques suivantes pour les sorties qui alimentent le moteur :

	<i>Partie haute du pont (côté +24V)</i>	<i>Partie basse du pont (côté GND)</i>
Courant permanent maximum	3,2A	5A
Courant de pointe maximum	8A	20A

QB5 Vérifiez que ces caractéristiques du calculateur sont compatibles avec celles du moteur.

Imot vaut 200mA en fonctionnement normal et 2,6A en pointe, donc les sorties choisies peuvent l'alimenter car elles peuvent au moins délivrer jusqu'à 3,2A.

Étude du câblage simplifié des moteurs d'un rétroviseur

QB6 Pour chaque déplacement, complétez le tableau ci-dessous en indiquant les transistors passants et les signaux de commande actifs (voir schéma de principe de la commande des moteurs donné en annexe DT9) lors du déplacement souhaité.

Remarque : on ne commande jamais les 2 moteurs simultanément.

<i>Moteur</i>	<i>Déplacement du miroir</i>	<i>Transistors passants</i>	<i>Signaux de commande actifs</i>
MH	Vers la gauche	T1H, T2L	HS11, LS21
	Vers la droite	T2H, T1L	HS21, LS11
MV	Vers le bas	T2H, T3L	HS21, LS31
	Vers le haut	T3H, T2L	HS31, LS21

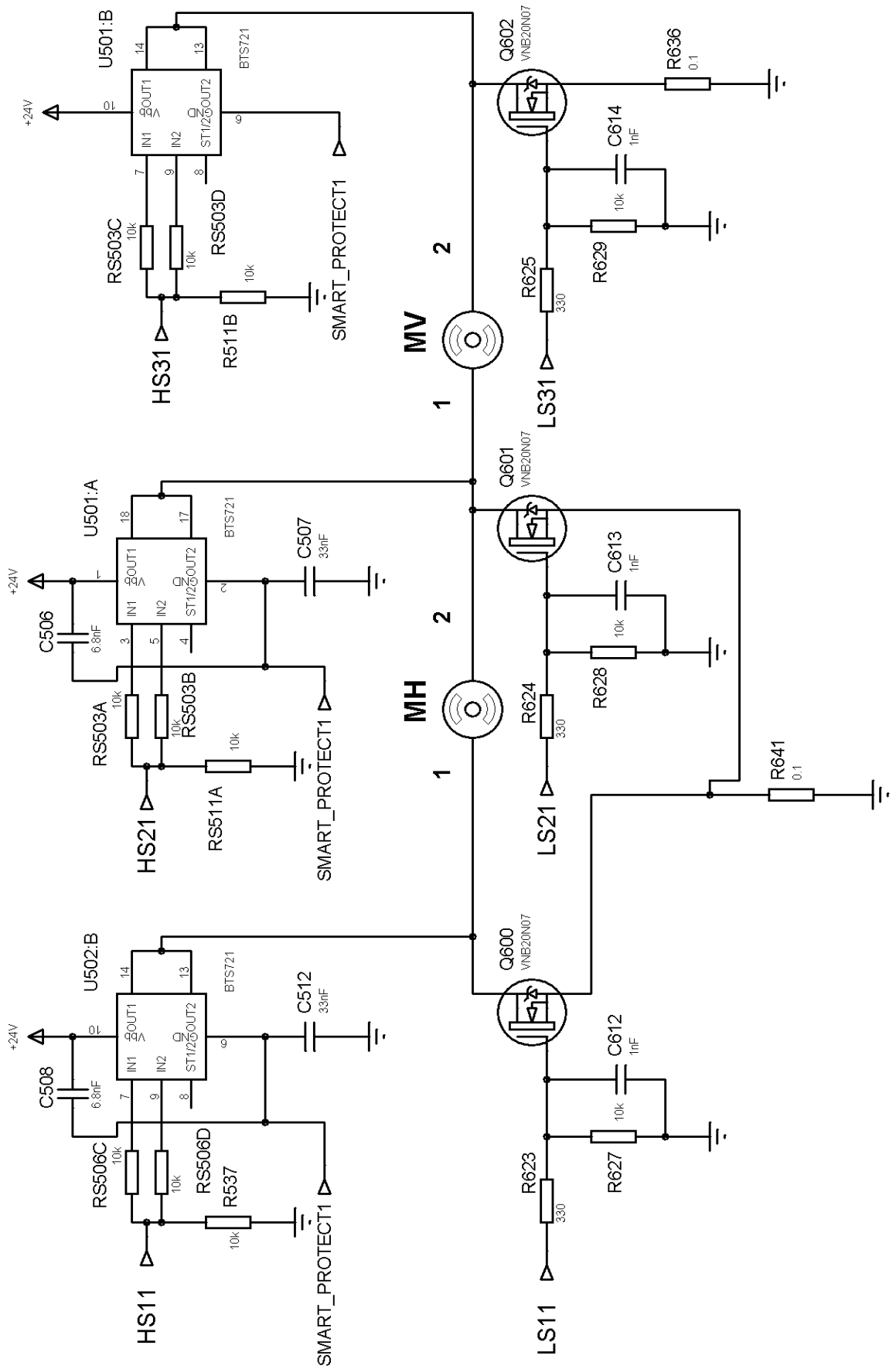
QB7 Proposez une combinaison de commandes possible pour stopper le déplacement du miroir.

On peut ne commander aucun transistor ($HSx1 = 0, LSx1 = 0$),

Ou activer seulement les commandes de la partie haute ($HSx1 = 1, LSx1 = 0$)

Ou activer seulement les commandes de la partie basse ($HSx1 = 0, LSx1 = 1$)

Schéma structurel



QB8 Repérez sur le schéma structurel de la page précédente les composants dans lesquels se trouvent ces transistors et reportez les dans le tableau ci-dessous.

Transistor	Composant
T1H, T2H, T3H	U502:B, U501 :A, U501 :B ou BTS721
T1L, T2L, T3L	Q600, Q601, Q602 ou VNB20N07

Étude de l'alimentation en puissance des moteurs du rétroviseur

QB9 D'après la documentation du circuit BTS721 (voir documentation en annexe DT10) et le schéma structurel, déterminez et commentez le mode d'utilisation des sorties de ce circuit.

OUT1 et OUT2 sont reliées ensemble : montage en 'two parallel outputs'.

QB10 A partir de la documentation des composants utilisés (voir documentation en annexes DT8 et DT10), indiquez :

- La valeur typique du courant nominal qu'ils peuvent fournir en régime permanent (*on admettra que V_{DS} reste inférieure à 0,5V et que les signaux de commande fonctionnent en 0-5V*).

Composant	Valeur typique du courant nominal
U502	BTS721 : 4,3A (car sorties câblées en 'two parallel outputs')
Q600	VNB20N07 : entre 7,5A et 10A d'après la courbe $I_D = f(V_{DS})$

- La valeur typique du courant maximum qu'ils peuvent supporter en pointe pour une température de jonction maximale.

Composant	Valeur typique du courant maximum
U502 :	BTS721 : $8 \times 2 = 16A$ (car sorties câblées en 'two parallel outputs')
Q600 :	VNB20N07 : 20A

QB11 Comparez avec les caractéristiques du calculateur local fournies pour l'étude précédente.

Partie haute du pont :

Courant nominal = 4,3 A > courant continu maximum = 3,2A donc conforme

Courant maximum = 16A > courant court-circuit maximum = 8A donc conforme

Partie basse du pont :

Courant nominal = 7,5 A > courant continu maximum = 5A donc conforme

Courant maximum = 20 A = courant court-circuit maximum = 20A donc conforme

QB12 Lorsque le moteur fonctionne en régime établi, quel boîtier pour le transistor Q600 (voir documentation du transistor VNB20N07 en annexe DT8) est – il préférable de choisir pour avoir la température de jonction T_j la plus faible possible ?

Il faut prendre celui qui a la résistance thermique $R_{thj-amb}$ la plus faible, soit le boîtier PowerSO-10.

QB13 Calculez la température de jonction T_j du transistor Q600 lorsque le moteur fonctionne en régime établi. Le boîtier du transistor est un D2PAK et la température ambiante est de 30°C.

$$P_d = R_{DS(on)} \cdot I_{mot}^2 = 0,05 \cdot 0,2^2 = 2mW$$
$$T_j = T_{amb} + P_d \cdot R_{thj-amb} = 30 + 0,125 = 30,125^\circ C$$

QB14 Faudra – t'il prévoir un radiateur pour ce transistor ?

Un radiateur ne sera pas nécessaire pour cette température de jonction.

QB15 En faut-il un lorsque le composant fonctionne aux limites de la spécification du calculateur local ? Justifiez.

$$I_{max} = 5A$$
$$P_d = R_{DS(on)} \cdot I_{mot}^2 = 0,05 \cdot 5^2 = 1,25W$$
$$T_j = T_{amb} + P_d \cdot R_{thj-amb} = 30 + 78,1 = 108,1^\circ C$$

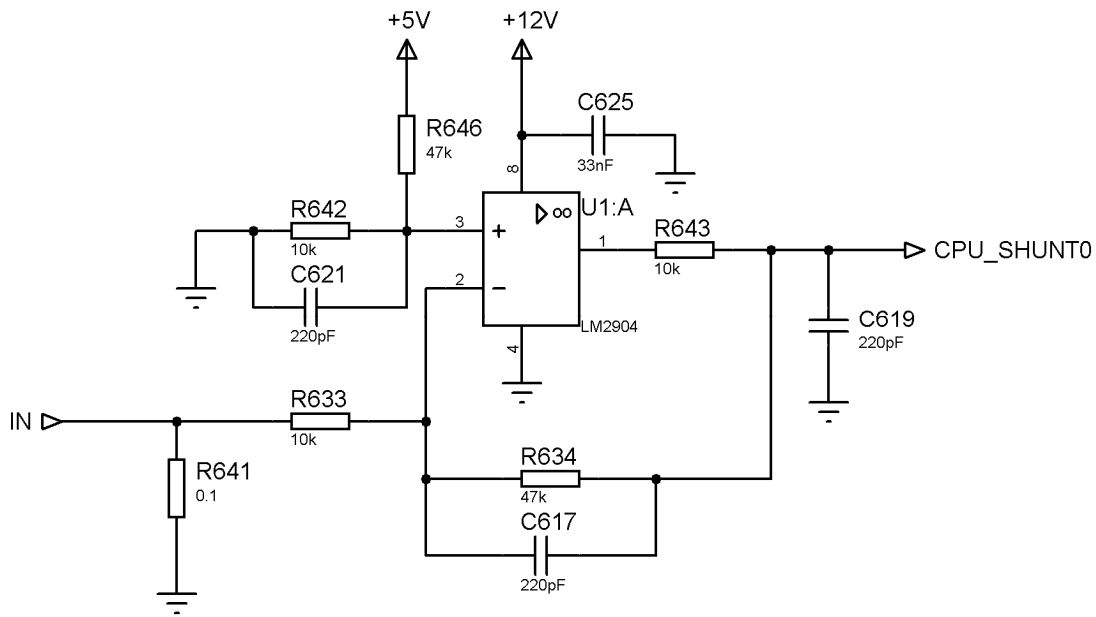
Valeur inférieure à 150°C : radiateur inutile.

QB16 Rappelez le rôle de la diode représentée à l'intérieur du composant Q600 pour la commande d'un moteur.

Le circuit électrique d'un moteur comportant des bobines, la diode de roue libre permet au dispositif de commande de recevoir le courant circulant dans le moteur lors des coupures de la commande sans générer de surtension et sans détruire le transistor.

B.3 Surveillance de l'évolution du courant

Schéma structurel



La résistance R641 de ce schéma se retrouve sur le schéma précédent (voir page DR13). Elle est donc traversée par le même courant, noté I_{mot} , que le moteur. L'étude se fait en régime continu.

Les tensions V_{XX} représentent la différence de potentiel entre le point XX et la masse.

QB17 Donnez la relation entre V_{IN} et I_{mot} .

$$V_{IN} = R641 * I_{mot} = 0,1 * I_{mot}$$

QB18 Donnez la relation numérique entre V_{CPU_SHUNT0} et V_{IN} , puis entre V_{CPU_SHUNT0} et I_{mot} . Que remarque - t'on concernant l'influence de R643 en régime continu ?

Note : on pourra simplifier les calculs en tenant compte des valeurs numériques des composants.

On pose : $R633 = R642 = R643 = R_A = 10k\Omega$ et $R646 = R634 = R_B = 47k\Omega$

AOP en fonctionnement linéaire : $i_+ = i_- = 0$ et $V_+ = V_-$

$$V_+ = 5 * R_A / (R_A + R_B)$$

$$V_- = (V_{IN} * R_B + V_{CPU_SHUNT0} * R_A) / (R_A + R_B)$$

$V_+ = V_-$ alors :

$$5 * R_A / (R_A + R_B) = (V_{IN} * R_B + V_{CPU_SHUNT0} * R_A) / (R_A + R_B)$$

$$5 * R_A = V_{IN} * R_B + V_{CPU_SHUNT0} * R_A$$

$$V_{CPU_SHUNT0} * R_A = 5 * R_A - V_{IN} * R_B$$

$$V_{CPU_SHUNT0} = 5 - V_{IN} * R_B / R_A = 5 - 4,7 V_{IN}$$

$$V_{CPU_SHUNT0} = 5 - 0,47 * I_{mot}$$

R643 n'intervient pas dans ce calcul et n'a donc pas d'influence en régime permanent

Suite éventuelle pour QB18 :

QB19 En déduire les valeurs de V_{CPU_SHUNT0} au démarrage du moteur, et en fonctionnement normal.

Au démarrage

$$V_{CPU_SHUNT0} = 5 - 0,47 \cdot 2,6 = 3,8V$$

Au fonctionnement normal

$$V_{CPU_SHUNT0} = 5 - 0,47 \cdot 0,2 = 4,9V$$

QB20 On souhaite que le courant I_{mot} ne dépasse jamais la valeur du courant continu maximum supportable par les transistors de commande du moteur.

Donnez la plage de tension dans laquelle on doit choisir la valeur limite de V_{CPU_SHUNT0} à détecter afin que la commande fonctionne correctement.

Pour un courant continu maximum = 3,2A (cas le plus défavorable)

$$V_{CPU_SHUNT0} = 5 - 0,47 \cdot 3,2 = 3,496V$$

Il faudra détecter une tension comprise entre 3,5V et 3,8V (pour ne pas déclencher au démarrage).

Le déclenchement se fera dès que la tension sera inférieure à la valeur réglée.

Problématique C :

Transmission des ordres issus du Joystick

On souhaite vérifier la façon dont les ordres issus du joystick sont interprétés par le calculateur central et transmis via le bus CAN à destination d'un calculateur local. Ensuite on vérifiera que les ordres reçus permettent le déplacement correct du miroir. Pour cela on devra :

- analyser les ordres envoyés par le joystick ;
- analyser les caractéristiques du bus de communication utilisé ;
- analyser l'interface d'entrée / sortie sur le calculateur central ;
- analyser le flux d'information circulant sur le bus puis interpréter la commande transmise ;
- donner un organigramme de commande de l'interface de puissance en fonction des ordres issus du joystick.

Présentation de la communication entre le joystick et calculateur central

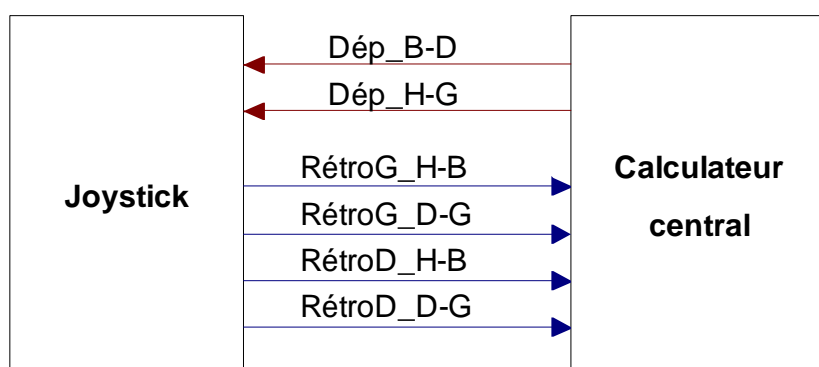
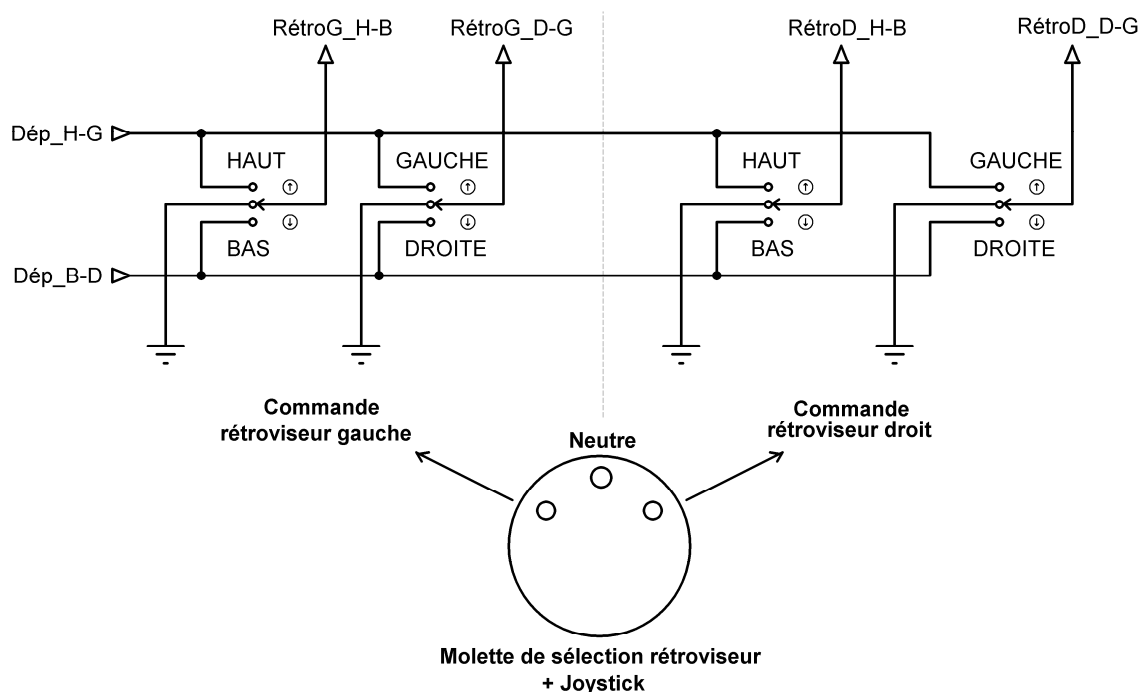


Schéma de principe de la molette de sélection et du joystick



Le chauffeur de l'autocar positionne la molette en fonction du rétroviseur commandé, puis actionne le joystick pour déplacer le miroir. Dans tous les cas, un seul inverseur à la fois pourra être actionné.

Au repos (neutre ou joystick non actionné), aucun inverseur n'est actionné (position représentée sur le schéma).

Description du fonctionnement

Le calculateur met alternativement à « 1 » les entrées Dép_B-D et Dép_H-G, l'entrée non activée étant alors à « 0 ».

Dép_B-D = « 1 » permet de détecter une demande de déplacement vers le bas ou vers la droite.

Dép_H-G = « 1 » permet de détecter une demande de déplacement vers le haut ou vers la gauche.

Selon le mouvement souhaité, l'action du chauffeur sur le joystick fait basculer l'un des inverseurs et la sortie correspondante du joystick est connectée à une des deux entrées.

En venant lire les sorties du joystick, et sachant quelle entrée il a activée, le calculateur peut identifier le miroir commandé (droit ou gauche) et le mouvement souhaité.

C.1 Étude de la commande par un joystick

QC1 Si la molette de sélection du rétroviseur est en position « Neutre » ou si le joystick n'est pas actionné, quels seront les états logiques sur les quatre sorties ?

Les 4 inverseurs sont au repos, donc les 4 sorties sont à l'état logique '0'.

QC2 Si le chauffeur commande une rotation vers la droite du miroir pour le rétroviseur droit, quelle combinaison d'entrées et de sorties permettra au calculateur central de la détecter ?

Pour détecter une rotation vers la droite il faut activer l'entrée Dép_B-D :

Dép_B-D = « 1 »

Dép_H-G = « 0 »

Quand la commande porte sur le rétroviseur droit, la sortie « RétroD_D-G » du joystick est reliée à Dép_B-D et se trouve à l'état logique '1'. Les autres sorties sont à l'état logique '0'.

QC3 Si le chauffeur commande une rotation vers le haut du miroir pour le rétroviseur gauche, quelle combinaison d'entrées et de sorties permettra au calculateur central de la détecter ?

Pour détecter une rotation vers le haut il faut activer l'entrée Dép_H-G :

Dép_B-D = « 0 »

Dép_H-G = « 1 »

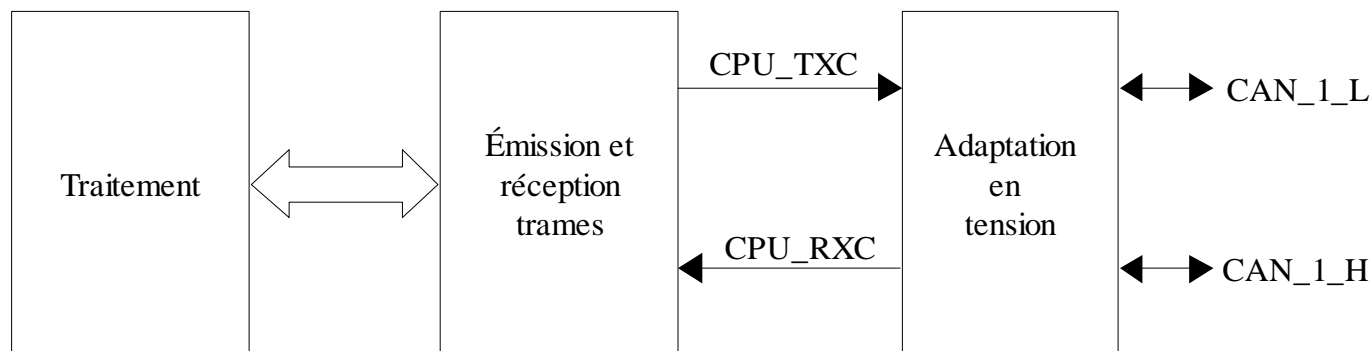
Quand la commande porte sur le rétroviseur gauche, la sortie « RétroG_H-B » du joystick est reliée à Dép_H-B et se trouve à l'état logique '1'. Les autres sorties sont à l'état logique '0'.

Présentation de la communication entre le calculateur central et un local

Entre les différents calculateurs locaux et le calculateur central des informations sont échangées par l'intermédiaire d'un bus CAN.

Sur chaque calculateur on retrouve une interface qui adapte en tension les informations reçues ou transmises sur le bus afin de pouvoir les traiter avec le microcontrôleur.

Synoptique de l'interface d'entrée / sortie sur le calculateur central



C.2 Étude des caractéristiques du bus CAN

Au préalable il faut connaître les caractéristiques du bus CAN (type HS) utilisé pour le dialogue entre les différents calculateurs. Donc pour répondre à ces questions il faut lire la documentation sur ce bus (voir documentation en annexe DT11 et DT12).

QC4 A quel état logique correspond un état dominant ? Un état récessif ?

Un état dominant correspond à un état logique bas, un état récessif correspond à un état logique haut.

QC5 Quelle est la principale différence entre une trame de données au format standard, et une autre au format étendu ? Quelle est la conséquence sur le nombre maximum de stations reliées au réseau ?

Une trame au format standard possède un champ d'arbitrage de 11 + 1 bits et la trame au format étendu possède un champ d'arbitrage de 29 + 3 bits.

Si on travaille avec des trames étendues on pourra connecter plus de stations au réseau.

QC6 Si le bus est libre, deux trames peuvent être émises simultanément, mais une doit s'interrompre et laisser la priorité à l'autre. Quel est le champ de la trame qui permet de faire ce choix ? Quel est le critère qui permet ce choix ?

Le champ d'arbitrage permet de faire le choix de la priorité. Le premier des messages qui aura un bit dominant dans son identificateur prendra la priorité sur la ligne.

QC7 Quel est le rôle du « Bit Stuffing » ? Au bout de combien de niveaux identiques retrouve – t'on ce bit ?

Il permet d'améliorer la synchronisation.

Dès que 5 bits identiques ont été transmis on insère un bit d'état opposé (bit de « Stuff »).

QC8 La transmission s'effectue par paire filaire différentielle. La différence de potentiel entre les deux signaux est alors $V_{DIF} = V_{CAN-H} - V_{CAN-L}$. Donnez la valeur de V_{DIF} pour un état dominant, puis pour un état récessif.

État dominant : $V_{DIF} = 3,5 - 1,5 = 2V$

État récessif : $V_{DIF} = 2,5 - 2,5 = 0V$

QC9 Les deux fils de transmission sont torsadés, donc si un parasite V_P apparaît il se retrouvera de façon identique sur les lignes CAN-H et CAN-L. Montrez que la valeur de la différence de potentiel V_{DIF} n'est pas affectée par ce parasite.

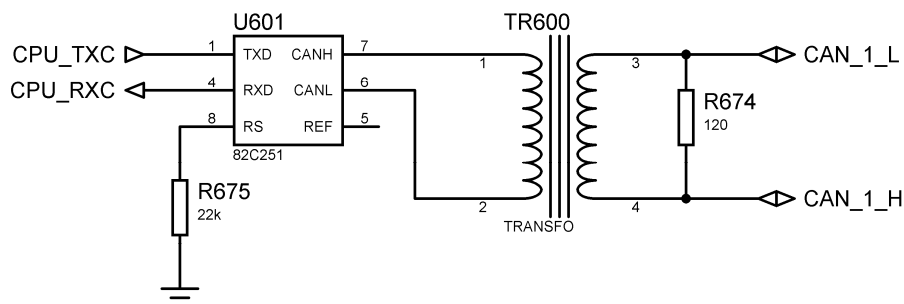
$$V_{DIF} = (V_{CAN-H} + V_P) - (V_{CAN-L} + V_P) = V_{CAN-H} + V_P - V_{CAN-L} - V_P = V_{CAN-H} - V_{CAN-L}$$

C.3 Étude de l'interface d'entrée / sortie sur le calculateur central

Le microcontrôleur reçoit (par CPU_RXC) ou transmet (par CPU_TXC) des signaux logiques. Il est de technologie CMOS et alimenté sous 0 – 5V.

Le bus CAN est connecté aux lignes CAN_1_L (CAN-L) et CAN_1_H (CAN-H). Le transformateur TR600 et la résistance R674 permettent une adaptation d'impédance et un filtrage des signaux du bus. On considère que le signal CANH (broche 7 de U601) est identique à CAN_1_H et que le signal CANL (broche 6 de U601) est identique à CAN_1_L.

Schéma structurel



Note : la documentation du circuit 82C251 se trouve en annexe DT13.

QC10 Quel est le rôle du circuit U601 ?

Il permet d'adapter le niveau de tension de signaux TTL vers des niveaux de tension compatibles avec le bus CAN et inversement.

C.4 Étude du flux d'information circulant sur ce bus

Deux calculateurs locaux pilotant les rétroviseurs et le calculateur central font circuler des trames sur le bus CAN. Un relevé de l'ensemble des trames, effectué avec un analyseur au moment de la mise sous tension, est donné ci – dessous :

Ident	Lg	Données
1C5	5	02 FF F8 75 18
205	8	00 20 00 00 00 00 00 00
209	8	00 20 00 00 00 00 00 00
1C9	5	02 EC F6 75 19
0C5	8	00 00 00 00 00 00 00 00
145	8	00 00 00 00 00 00 FF 07
0C9	8	00 00 00 00 00 00 00 00
149	8	00 00 00 00 00 00 FF 47
0007C084	0	
14000088	8	02 81 13 11 10 AB FC 00
00050098	2	01 01
000504A8	0	
1410009C	8	02 81 13 12 10 53 DD 00
000504AC	8	00 01 13 12 10 53 DD 00
0007C0A0	0	

↑ Identificateur ↑ Donnée n°1 transmises ↑ Donnée n°8 transmises

↑ Nombre de données transmises

De plus il faut noter que les trames au format étendu ne circulent qu'une seule fois à la mise sous tension (phase d'initialisation).

QC11 En cas de transmissions simultanées de trames au format étendu, donnez l'identificateur de celle qui sera la plus prioritaire (parmi l'ensemble des trames au format étendu présentes sur le relevé).

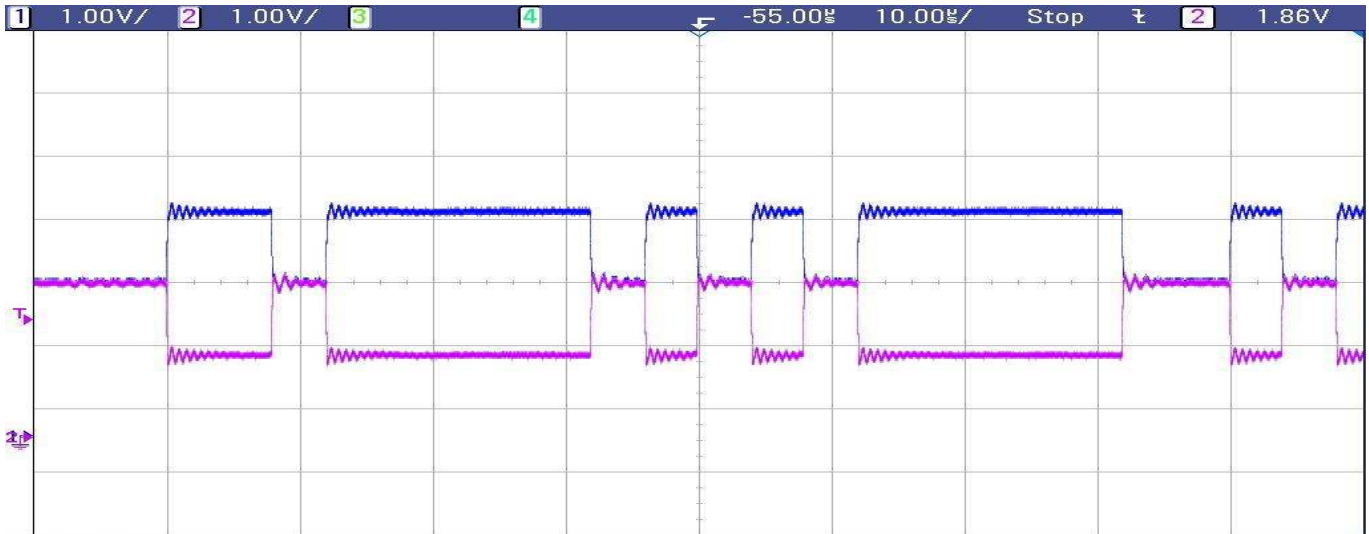
La trame la plus prioritaire sera la 00050098

QC12 En cas de transmissions simultanées de trames au format standard, donnez l'identificateur de celle qui sera la moins prioritaire (parmi l'ensemble des trames au format standard présentes sur le relevé).

La trame la moins prioritaire sera la 209

QC13 Le relevé partiel d'une trame (lignes CAN-L et CAN-H) est donné ci - dessous. Donnez l'état logique du bit « SOF » puis la valeur de l'identificateur (en binaire, puis en hexadécimal).

Note : la durée d'un bit est de 4µs, et la base de temps utilisée pour le relevé est 10µs/div.



Valeur « SOF »	0
Valeur identificateur (en binaire)	010 0000 (1) 0101
Valeur identificateur (en hexadécimal)	205

QC14 Quel est le débit de transmission de cette liaison ?

Vitesse de transmission : $1 / 4 \cdot 10^{-6} = 250 \text{ kbits/seconde}$

Le relevé ci – dessous, effectué après la phase d'initialisation, donne les trames obtenues lors d'un déplacement du miroir d'un rétroviseur :

Ident	Lg	Données
205	8	00 20 00 00 00 00 00 00
209	8	00 24 00 00 00 00 00 01
1C5	5	02 FF F8 72 18
1C9	5	02 EC F6 71 19
0C5	8	00 00 00 00 00 00 00 00
145	8	00 00 00 00 00 00 FF 07
0C9	8	00 00 00 00 00 00 00 00
149	8	00 00 00 00 00 00 F7 47

Le calculateur central émet les trames d'identificateur 205 (à destination du calculateur local IOU1 pilotant le rétroviseur droit) et 209 (à destination du calculateur local IOU2 pilotant le rétroviseur gauche).

Les autres trames sont émises par les 2 calculateurs locaux. Les identificateurs des trames émises par le calculateur local IOU1 se terminent par 5. Les identificateurs des trames émises par le calculateur local IOU2 se terminent par 9.

QC15 Donnez les identificateurs des trames émises par chaque calculateur local (IOU1 et IOU2).

Calculateur local IOU1 (rétroiseur droit): 1C5, 0C5, 145

Calculateur local IOU2 (rétroiseur gauche): 1C9, 0C9, 149

QC16 En comparant les trames émises par le calculateur central à la mise sous tension lorsqu'aucun déplacement n'est demandé avec celles émises lorsqu'un déplacement est demandé, précisez quel est le numéro d'identificateur de la trame ayant des données différentes. En déduire quel est le rétroiseur commandé ?

On constate que les données de l'identificateur 209 sont modifiées, donc le calculateur central envoie les ordres au calculateur local IOU2 afin de piloter le rétroiseur gauche.

Le calculateur central envoie des ordres, notamment pour piloter les déplacements des miroirs des rétroiseurs, via les données transmises par les trames d'identificateur 205 et 209. Le tableau ci – dessous donne le rôle des 8 données de ces trames :

	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
Donnée 1	NU							
Donnée 2	NU	NU	NU	NU	HS31	HS21	HS11	NU
Donnée 3	NU							
Donnée 4	NU							
Donnée 5	NU							
Donnée 6	NU							
Donnée 7	NU	NU	NU	LS21	NU	NU	NU	LS11
Donnée 8	NU	NU	NU	NU	NU	NU	NU	LS31

Notes : NU signifie « Non utilisée pour le pilotage des moteurs des rétroiseurs »

Les données HS11, HS21, HS31, LS11, LS21, LS31 permettent de transmettre les ordres de commande des transistors des ponts en H pour la commande des rétroiseurs (voir schéma de principe en annexe DT9).

QC17 Donnez les numéros et les valeurs (en hexadécimal) des 3 données qui portent les ordres de commande du rétroiseur.

Donnée n°2 : 24

Donnée n°7 : 00

Donnée n°8 : 01

QC18 Ces données sont alors reçues et interprétées par le calculateur local. A partir du tableau précédent et du schéma de principe de la commande des moteurs d'un rétroviseur (voir en annexe DT9) en déduire quels seront les transistors passants dans le pont ?

HS21 = LS31 = 1

HS11 = HS31 = LS11 = LS21 = 0

T2H et T3L seront passants.

QC19 En déduire le moteur en rotation, et le déplacement que fait le miroir.

Le moteur MV sera en rotation (sens horaire) et le miroir se déplacera vers le bas.

C.5 Recherche d'un organigramme de détection du mouvement

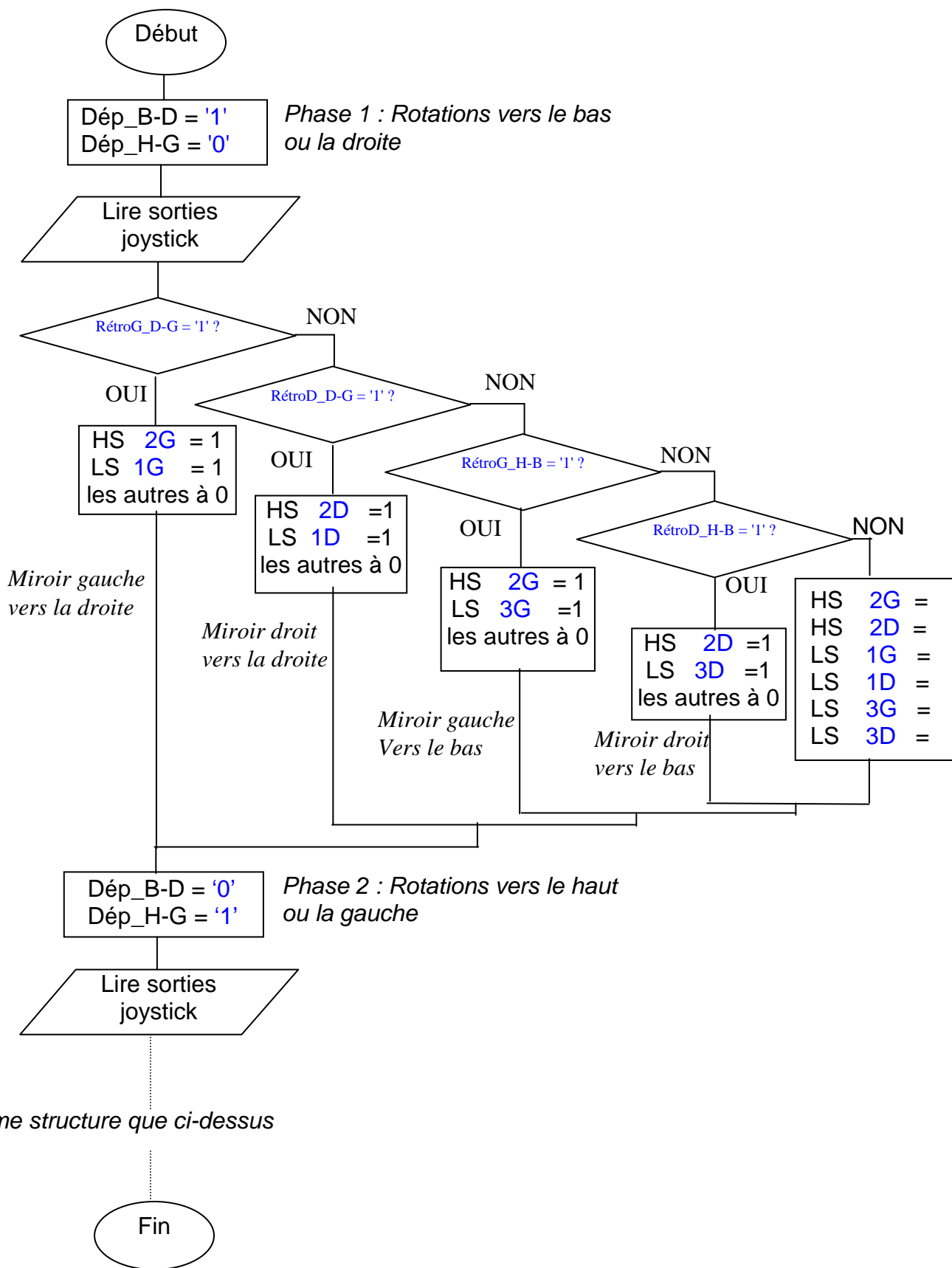
QC20 En utilisant la présentation sur le joystick, complétez l'organigramme de détection du mouvement des moteurs en fonction des entrées et sorties du joystick.

On appelle :

- MH-D le moteur qui commande la rotation gauche / droite du miroir droit,
- MV-D le moteur qui commande la rotation haut / bas du miroir droit,
- MH-G le moteur qui commande la rotation gauche / droite du miroir gauche,
- MV-G le moteur qui commande la rotation haut / bas du miroir gauche.

Les commandes envoyées par le calculateur sont repérées HSxG, LSxG pour le miroir gauche, HSxD, LSxD pour le miroir droit (par exemple HS2D pour la commande de HS21 sur le miroir droit).

Organigramme à compléter (sur les pointillés)



Problématique D :

Commande de dégivrage du miroir d'un rétroviseur

On souhaite vérifier que le système de dégivrage du miroir du rétroviseur fonctionne correctement en cas de givre.

Pour cela il faut notamment mesurer la température extérieure, afin de détecter l'apparition du givre. On doit donc :

- connaître la sensibilité du capteur utilisé ;
- analyser la transformation de la grandeur physique mesurée en grandeur électrique ;
- caractériser les filtres qui permettent d'immuniser le signal électrique issu du capteur aux éventuelles perturbations du système ;
- déterminer la précision de toute la chaîne de captage.

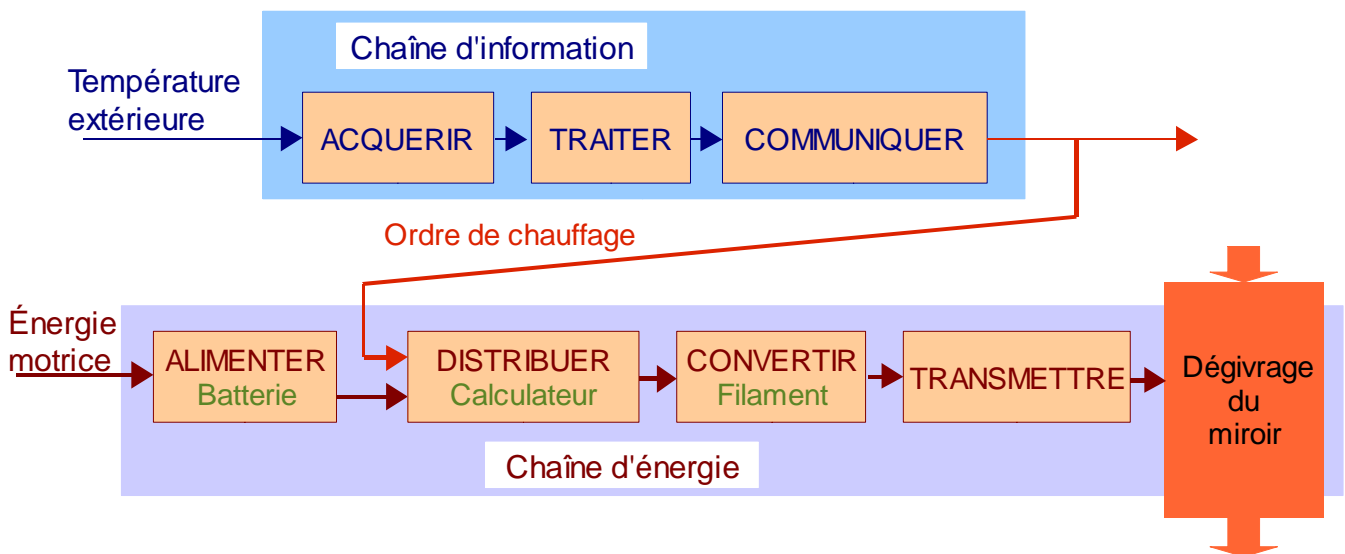
Il faut également commander le chauffage du miroir, on doit donc :

- vérifier que les caractéristiques du filament sont adaptées à la puissance à fournir ;
- vérifier que l'interface de puissance est adaptée au filament ;
- vérifier les conditions de sécurité de fonctionnement.

Présentation du système de dégivrage

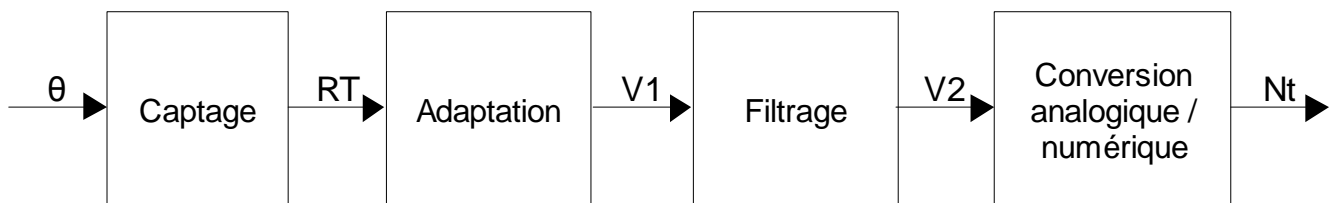
On dispose d'un capteur de température connecté à une entrée analogique d'un calculateur local. Il mesure la température extérieure afin de déclencher le dégivrage lorsque celle-ci chute et atteint 0°C.

La chaîne de mesure de la température doit pouvoir détecter le passage à 0°C avec une erreur maximale de 1°C.



ETUDE DE LA FONCTION « ACQUERIR »

La chaîne de mesure de la température peut être représentée par le synoptique ci - dessous (on ne s'intéressera qu'à la température extérieure).



D.1 Étude du captage de la température

La sensibilité σ d'un capteur est définie par la relation :

$$\sigma = \frac{\Delta S}{\Delta E}$$

ΔS , ΔE étant respectivement égales à la variation de la grandeur électrique et à la variation de la grandeur physique mesurée. σ est exprimée en unité de S par unité de E.

Le capteur utilisé dans notre application est une sonde de platine PT1000.

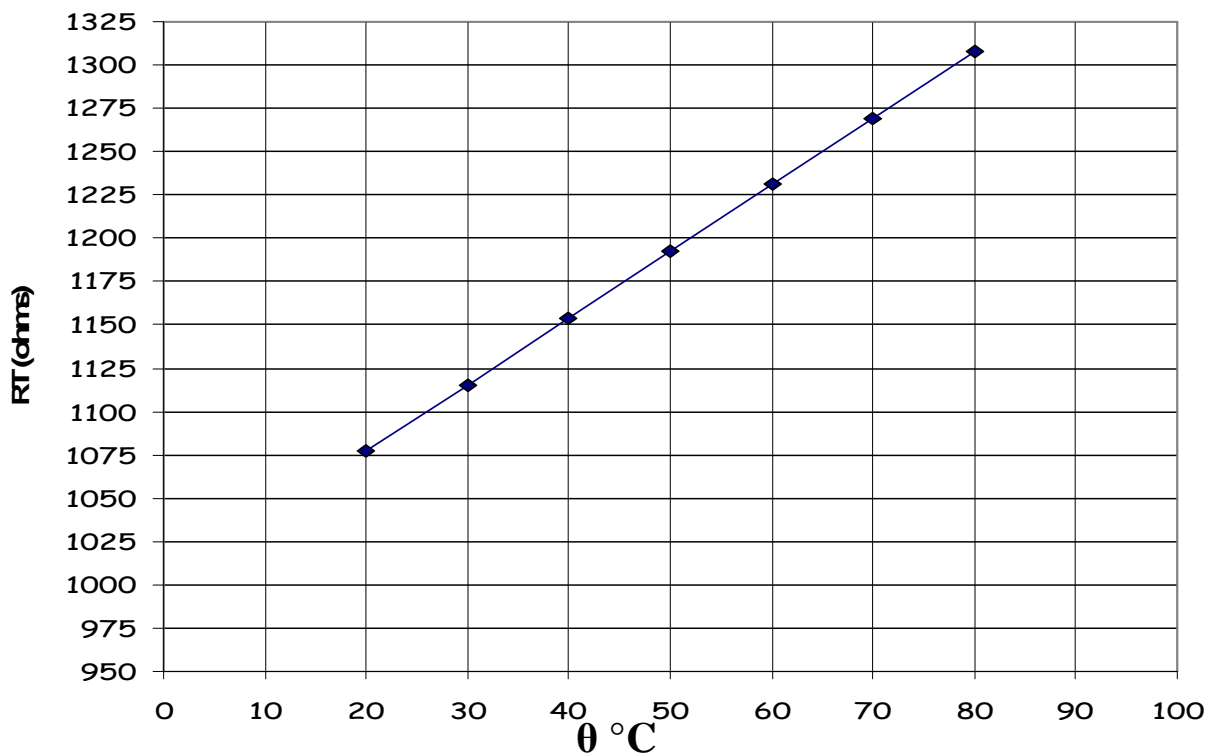
La sonde de platine est une résistance dont la valeur R_T varie en fonction de la température θ du milieu où se trouve la sonde. La loi de variation $R_T(\theta)$ dans la plage de basses températures (0 à 100°C), d'une sonde de platine est donnée par la relation :

$$R_T(\theta) = R_0 (1 + a.\theta)$$

a : coefficient de température

R_0 : Résistance à 0°C de la sonde

Le relevé de la variation de la résistance R_T de la sonde PT1000 dans la plage de température 20°C à 80°C est représenté par le graphe ci – dessous :



QD1 Donnez la nature de la grandeur physique mesurée. Donnez le nom de trois unités utilisées pour cette grandeur physique.

Température – unités : Kelvin, Degré Celsius, Degré Fahrenheit.

QD2 Donnez la nature de la grandeur électrique variable de ce capteur. Précisez son unité.

Résistance en Ohm

QD3 Déterminez graphiquement la valeur de la sensibilité de la sonde PT1000. Précisez son unité.

$$\sigma = \Delta RT / \Delta \theta = 3,85 \Omega / ^\circ\text{C} \text{ (coefficient directeur de la droite)}$$

QD4 Déterminez graphiquement la valeur de R_0 .

$$\text{Pour } \theta = 0^\circ\text{C}, \text{ on a } R = R_0 = 1000 \Omega \text{ (ordonnée à l'origine de la droite)}$$

QD5 Exprimez la sensibilité σ de la sonde PT1000 en fonction de ses paramètres a et R_0 .

$$RT = R_0 (1 + a.\theta) = R_0 + R_0.a.\theta \text{ donc } \sigma = R_0 . a$$

QD6 Déduisez-en la valeur du coefficient de température a . Précisez son unité.

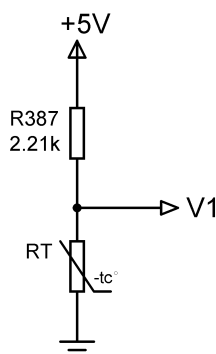
$$a = \sigma / R_0 = 3,85 / 1000 = 0,00385^\circ\text{C}^{-1}$$

QD7 Ce coefficient de température s'exprime généralement en ppm/K, et pour obtenir les « ppm » il suffit de multiplier par 10^6 . Exprimez alors le coefficient de température de la sonde dans cette unité.

$$\text{Coefficient de température} = 0,00385^\circ\text{C}^{-1} = 0,00385\text{K}^{-1} = 3850 \text{ ppm/K}$$

D.2 Étude de l'adaptation de la grandeur de sortie du capteur

Schéma structurel



La loi de variation de la résistance R_T (pour la sonde PT1000) en fonction de la température θ est donnée par la relation :

$$R_T(\theta) = 1000 + 3,85 . \theta$$

La tension V_1 représente la différence de potentiel entre le point V_1 et la masse.
On considère que le courant en sortie de ce pont diviseur est négligeable.

QD8 Exprimez V1 en fonction de R387 et RT.

$$V1 = 5 [RT / (RT + R387)]$$

QD9 Calculez les valeurs de la tension V1 correspondant aux deux valeurs de température 0°C et 100°C.

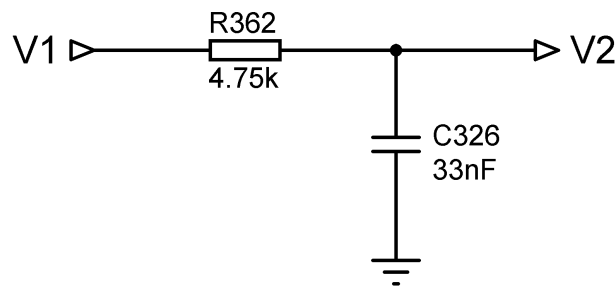
$$\theta = 0^\circ\text{C} \rightarrow RT = R_0 = 1000\Omega \text{ alors } V1 = 5 \times 1000 / (1000 + 2210) = 1,558 \text{ V}$$

$$\theta = 100^\circ\text{C} \rightarrow RT = 1000 + (3,85 \times 100) = 1385 \Omega \text{ alors } V1 = 5 \times 1385 / (1385 + 2210) = 1,926 \text{ V}$$

D.3 Étude du filtrage

Les entrées analogiques « mesure de résistance » comportent deux structures de filtres suivant qu'il s'agit d'une entrée haute résolution ou basse résolution.

Schéma structurel d'une entrée haute résolution

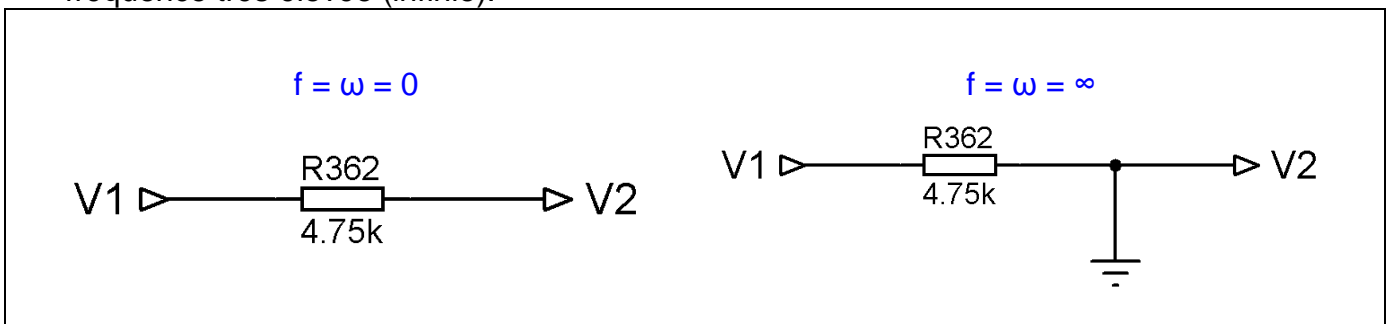


Les tensions Vx représentent la différence de potentiel entre les points Vx et la masse.

Pour cette étude on considère que :

- $v1(t)$ est un signal sinusoïdal de valeur efficace V1 et de pulsation ω .
- $\underline{V1}$ est la grandeur complexe qui lui est associée.
- $\underline{V2}$ est la grandeur complexe associée à la tension de sortie $v2(t)$.
- Le filtre est supposé chargé par une impédance infinie (à vide).

QD10 Dessinez les schémas équivalents de ce filtre pour une fréquence nulle puis pour une fréquence très élevée (infinie).



QD11 Déduisez l'amplification $A_{v1} = V2 / V1$ dans les 2 cas précédents.

$$f = \omega = 0 \text{ alors } Av1 = 1 \text{ (} V2 = V1 \text{)}$$

$$f = \omega = \infty \text{ alors } Av1 = 0 \text{ (} V2 = 0 \text{)}$$

QD12 Donnez l'expression de la fonction de transfert $A_{V1} = \underline{V2} / \underline{V1}$ du filtre en fonction de R362, C326 et ω .

$$A_{V1} = \underline{V2} / \underline{V1} = Z_c / (R + Z_c) = (1/jC\omega) / (R + (1/jC\omega)) = 1 / (1 + jRC\omega)$$

QD13 Donnez le gain en tension G_{V1} du filtre. Précisez son unité.

$$G_{V1} = 20 \log (A_{V1}) \text{ et l'unité est le décibel (dB)}$$

QD14 Définir la fréquence de coupure à -3dB du filtre.

$$\text{Fréquence pour laquelle } A_{V1} = A_{V1\text{max}} / \sqrt{2} \text{ ou } G_{V1} = G_{V\text{max}1} - 3\text{dB}$$

QD15 Donnez l'expression littérale de la fréquence de coupure f_{c1} du filtre en fonction de R362 et C326, puis calculez sa valeur.

$$f_{c1} = 1 / (2 \pi R362.C326) = 1 / (2 \pi . 4750 . 33 . 10^{-9}) = 1015 \text{ Hz}$$

QD16 Exprimez le module A_{V1} en fonction de f_{c1} et de la fréquence $f = \omega / 2\pi$ et montrez qu'on peut le mettre sous la forme :

$$A_{V1} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_{c1}}\right)^2}}$$

$$A_{V1} = 1 / \sqrt{1 + (R362.C326.\omega)^2} = 1 / \sqrt{1 + (R362.C326.f)^2} = 1 / \sqrt{1 + (f / f_{c1})^2}$$

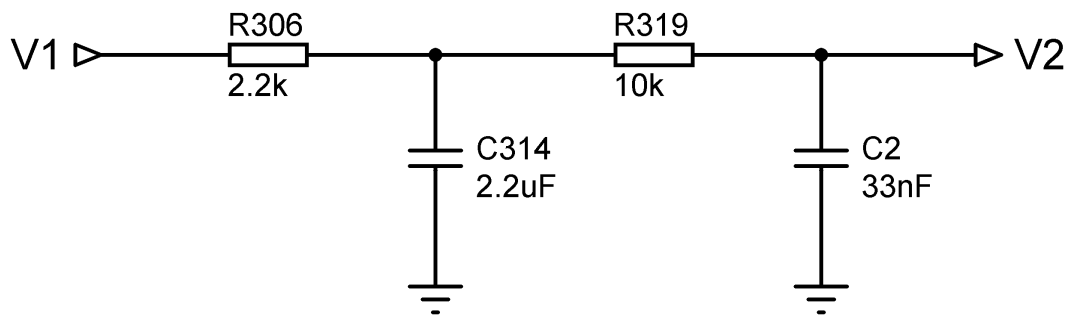
QD17 Calculez les valeurs de A_{V1} et de G_{V1} pour les fréquences $f_1 = 100\text{Hz}$, $f_2 = 1\text{kHz}$ et $f_3 = 10\text{kHz}$.

$$A_{V1}(100) = 1 / \sqrt{1 + (100 / 1015)^2} = 0,995 \text{ et } G_{V1}(100) = 20 \log 0,995 = -0,04 \text{ dB}$$

$$A_{V1}(1000) = 1 / \sqrt{1 + (1000 / 1015)^2} = 0,712 \text{ et } G_{V1}(1000) = 20 \log 0,712 = -2,95 \text{ dB}$$

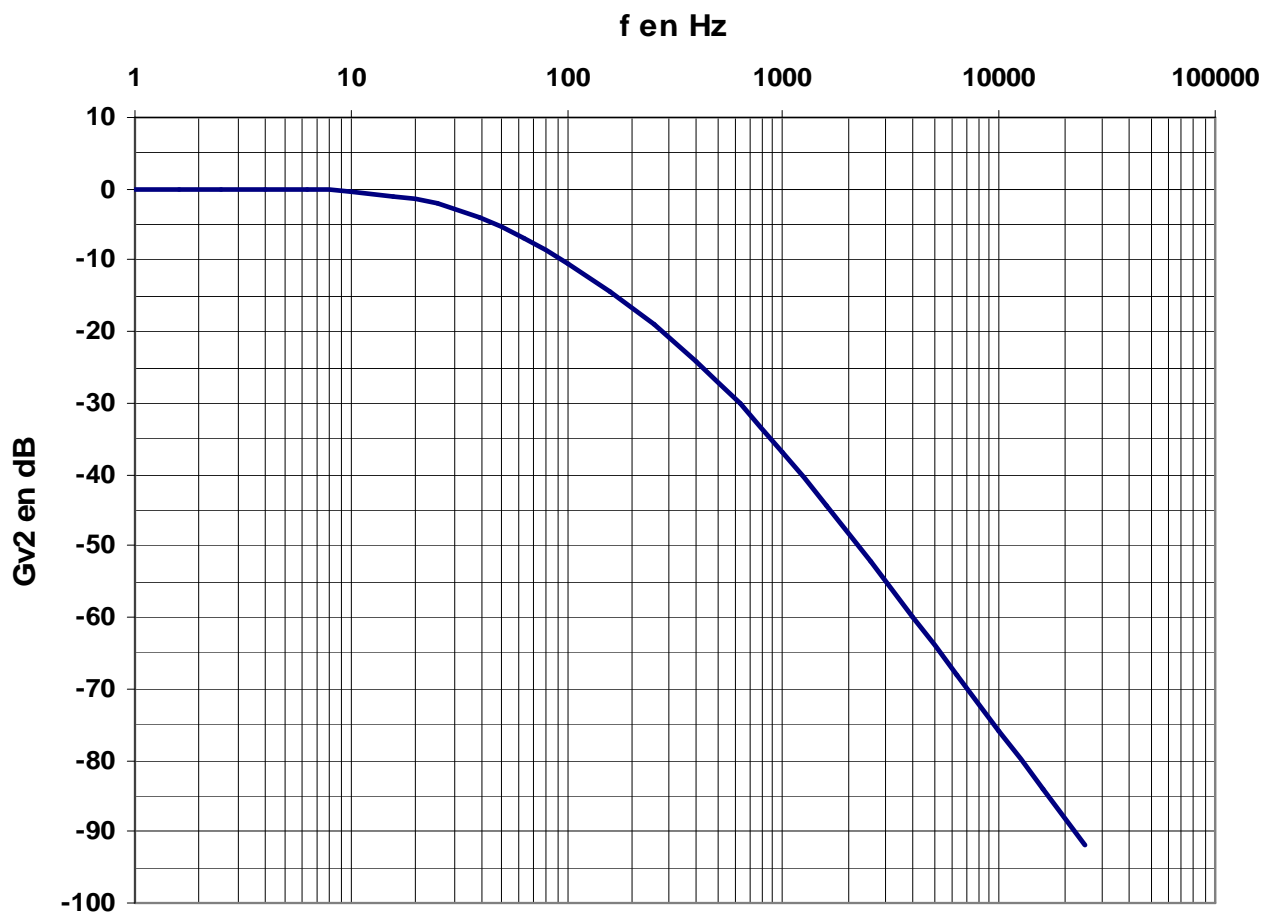
$$A_{V1}(10000) = 1 / \sqrt{1 + (10000 / 1015)^2} = 0,101 \text{ et } G_{V1}(10000) = 20 \log 0,101 = -19,9 \text{ dB}$$

Schéma structurel d'une entrée basse résolution



Pour cette étude on considère que le filtre est supposé chargé par une impédance infinie (à vide).

La courbe de variation du gain en tension $G_{V2} = 20 \log (A_{V2})$ de ce filtre est représentée sur le graphe ci – dessous.



QD18 Déterminez graphiquement la fréquence de coupure à -3dB, f_{c2} du filtre.

$$f_{c2} = 30 \text{ Hz}$$

QD19 Relevez graphiquement les valeurs du gain en tension G_{V2} pour les fréquences $f_1 = 100\text{Hz}$, $f_2 = 1\text{kHz}$, $f_3 = 10\text{kHz}$ et en déduire les valeurs de A_{V2} correspondantes.

$$G_{V2}(100) = -10,4 \text{ dB alors } A_{V2} = 10^{-(10,4/20)} = 0,301$$

$$G_{V2}(1\text{k}) = -37 \text{ dB alors } A_{V2} = 10^{-(37/20)} = 0,014$$

$$G_{V2}(10\text{k}) = -76 \text{ dB alors } A_{V2} = 10^{-(76/20)} = 16 \cdot 10^{-5}$$

Comparaison des deux types de filtrage

Le rôle de ces filtres est d'éliminer d'éventuels signaux parasites qui pourraient se superposer aux signaux issus des capteurs branchés sur les entrées analogiques du calculateur.

Ces signaux parasites sont supposés être constitués de trois tensions sinusoïdales V_{p11} , V_{p12} , V_{p13} de valeur maximale $V_{MAXp11} = V_{MAXp12} = V_{MAXp13} = 1 \text{ V}$ et de fréquence $f_1 = 100\text{Hz}$, $f_2 = 1\text{kHz}$ et $f_3 = 10\text{kHz}$, respectivement.

QD20 Calculez les valeurs maximales, V_{MAXp21} , V_{MAXp22} , V_{MAXp23} , des tensions sinusoïdales à la sortie de chacun des deux filtres si on leur appliquait chacune de ces tensions. Compléter le tableau suivant :

	V_{MAXp21}	V_{MAXp22}	V_{MAXp23}
Filtre haute résolution	0,995V	0,712V	101mV
Filtre basse résolution	0,301V	14mV	0,16mV

QD21 Tracez la courbe $G_{V1}(f)$ sur le même graphe que celui de la courbe $G_{V2}(f)$ et concluez sur les performances des deux types de filtrage.

Le filtre 'basse résolution' est beaucoup plus performant que le filtre 'haute résolution', en particulier pour les fréquences élevées.

D.4 Étude de la conversion et du traitement numérique

La conversion de la tension $V2$ s'effectue au niveau du microcontrôleur par un convertisseur analogique numérique (supposé parfait) de résolution ou quantum $q = 19,5\text{mV}$. Sa tension pleine échelle est de 5V . Nt est le nombre décimal (codé en binaire) correspondant à la conversion de la tension $V2$. De plus on considère que $V2 = V1$.

QD22 Calculez le nombre n de bits du convertisseur numérique analogique.

$$n = 5/0,0195 = 256 = 2^n \text{ donc } n = 8 \text{ bits}$$

QD23 A partir de l'expression $RT(\theta) = 1000 + 3,85 \cdot \theta$ et des résultats précédents, exprimez la tension $V1$ en fonction de la température θ mesurée par la sonde PT1000.

$$V1 = (5 \cdot Rt) / (RT + R387) = [5 \cdot (1000 + 3,85 \cdot \theta)] / [1000 + 3,85 \cdot \theta + R387]$$
$$V1 = (5000 + 19,25 \cdot \theta) / (3210 + 3,85 \cdot \theta)$$

QD24 Exprimez Nt en fonction de $V2$ et de la résolution q du convertisseur analogique- numérique.

$$Nt = V2 / q$$

QD25 Calculez les valeurs Nt_0 et Nt_{100} de Nt correspondant aux deux valeurs de températures 0°C et 100°C .

$$Nt = V2 / q = V2 / 19,5 \cdot 10^{-3}$$

$0^\circ\text{C} \rightarrow V1 = V2 = 1,558\text{V}$ donc $Nt_0 = 79$ (ou 80)

$100^\circ\text{C} \rightarrow V1 = V2 = 1,926\text{V}$ donc $Nt_{100} = 98$ (ou 99)

QD26 Déterminez l'expression de la température θ mesurée en fonction du nombre Nt (cette expression permet de programmer le microcontrôleur afin qu'il détermine la température mesurée).

$$V1 = (5000 + 19,25 \cdot \theta) / (3210 + 3,85 \cdot \theta) = V2 = q \cdot Nt$$
$$q \cdot Nt (3210 + 3,85 \cdot \theta) = 5000 + 19,25 \cdot \theta$$
$$\theta \cdot (3,85 \cdot q \cdot Nt - 19,25) = 5000 - 3210 \cdot q \cdot Nt$$
$$\theta = [5000 - 3210 \cdot q \cdot Nt] / (3,85 \cdot q \cdot Nt - 19,25)$$
$$\theta = (5000 - 62,6 \cdot Nt) / (0,075 \cdot Nt - 28,4)$$

QD27 Afin de déterminer la précision de la mesure de température autour de 0°C , on calcule la valeur de la température θ correspondant à $Nt = Nt_0 + 1$. Calculez cette valeur de θ .
Permet-elle de rester dans les limites de l'erreur maximale autorisée ?

$$Nt = (Nt_0 + 1) = 80$$
$$\theta = [5000 - 62,6 \cdot 80] / (0,075 \cdot 80 - 28,4) = 0,35^\circ\text{C}$$

Erreur maximale autorisée 1°C : on reste dans les limites

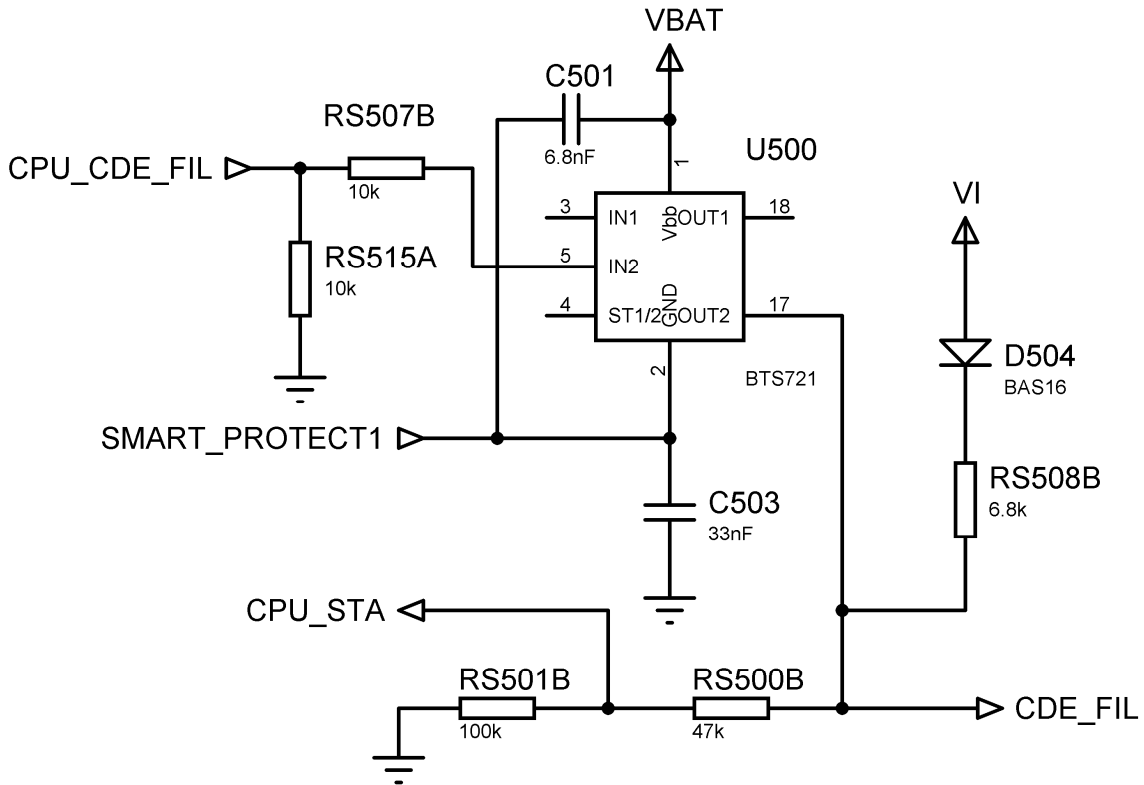
ETUDE DES FONCTIONS « DISTRIBUER » ET « CONVERTIR »

On va étudier la commande du filament permettant le chauffage du miroir d'un rétroviseur.

D.5 Étude de la commande du filament

Dans toute cette partie on prendra $V_{BAT} = 24V$ et $V_I = 20,5V$.

Schéma structurel



CPU_CDE_FIL est un signal issu du microcontrôleur qui donne l'ordre de dégivrer.

On suppose que la sortie OUT2 du composant utilisé est directement reliée à VBAT quand le circuit est activé par CPU_CDE_FIL.

Le filament utilisé est une résistance de valeur 15Ω , pouvant supporter 200W, branchée entre CDE_FIL et la masse.

Les tensions V_{XX} représentent la différence de potentiel entre le point XX et la masse.

Étude du fonctionnement d'un filament

QD28 D'après le document constructeur du BTS721 (voir annexe DT10) et le schéma structurel ci - dessus, déterminez le mode d'utilisation des sorties de ce circuit.

OUT2 n'est pas relié à une autre sortie : montage en 'one'

QD29 Déterminez l'intensité I_{fil} du courant qui traverse le filament quand le dégivrage est activé.

$$I_{fil} = V_{bat} / R_{fil} = 24 / 15 = 1,6A$$

QD30 Repérez dans le document constructeur du BTS721 la valeur typique de l'intensité du courant nominal qu'il peut fournir en continu et comparez avec la valeur précédente.

2,9A Valeur suffisante

QD31 Calculez la puissance consommée par le filament quand le dégivrage est activé et concluez sur l'utilisation de ce filament dans ces conditions.

$$P = U \cdot I = 24 \cdot 1,6 = 38,4W$$

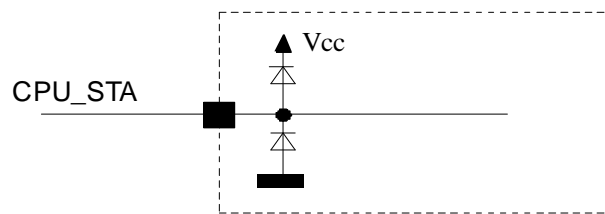
valeur largement inférieure à 200W, donc correcte

Étude des sécurités de fonctionnement du pilotage d'un filament

Le montage étudié doit permettre de détecter des anomalies dans le câblage entre le calculateur local et le rétroviseur : circuit ouvert ou court-circuit.

La détection se fait par l'intermédiaire du signal CPU_STA (voir schéma structurel).

Ce signal est relié à une entrée du microcontrôleur dont voici le schéma interne de principe :



On prendra 0,6V comme valeur de la tension aux bornes d'une diode qui conduit.

QD32 Donnez l'expression de la tension V_{CPU_STA} en fonction de V_{CDE_FIL} lorsqu'aucune des diodes ci-dessus ne conduit.

$$V_{CPU_STA} = V_{CDE_FIL} \times [RS_{501B} / (RS_{501B} + RS_{500B})]$$

QD33 Calculez la valeur maximale de V_{CDE_FIL} pour laquelle cette formule peut s'appliquer.

Cette formule s'applique tant que $V_{CPU_STA} < V_{CC} + 0,6V$ soit 5,6V

$$V_{CDE_FIL} = V_{CPU_STA} \times (1 + RS_{500B} / RS_{501B})$$

$$V_{CDE_FIL\ lim} = 5,6V \times (1 + (47/100)) = 8,23V$$

QD34 On assimile U500 à un interrupteur parfait entre VBAT d'une part et V_{CDE_FIL} d'autre part. Déterminez la valeur de V_{CPU_STA} en fonctionnement normal dans les 2 cas suivants et l'état logique vu par l'entrée du microcontrôleur.

1er cas : U500 est fermé

$$V_{CDE_FIL} = V_{BAT} = 24V$$

$V_{CPU_STA} = 5,6V$ -> état logique '1' pour CPU_STA

2ème cas : U500 est ouvert (on suppose que $V_{D504} = 1,25V$)

Soit, (en supposant qu'aucune des diodes d'entrée du microcontrôleur ne conduit)

$$R_{\text{eq}} = (R_{S501B} + R_{S500B}) // R_{\text{fil}} = (147k) // 15 = 15\Omega$$

$$V_{\text{CDE_FIL}} = (V_I - V_{D504}) \times (R_{\text{eq}} / (R_{\text{eq}} + R_{S508B}))$$
$$= 15 \cdot (20,5 - 1,25) / 6815 = (19,25 \cdot 15) / 6815 = 42mV$$

$$V_{\text{CPU_STA}} = V_{\text{CDE_FIL}} \times (R_{S501B} / (R_{S501B} + R_{S500B})) \approx 0V$$

(car $V_{\text{CDE_FIL}} < V_{\text{CDE_FIL lim}}$: hypothèse de départ vérifiée) -> état logique '0' pour CPU_STA

Détection d'un circuit ouvert

QD35 Déterminez la valeur de $V_{\text{CPU_STA}}$ en remplaçant le filament par un circuit ouvert dans les 2 cas précédents et concluez quant au(x) cas de figure permettant de détecter un circuit ouvert.

Quand U500 est fermé :

pas de changement -> état logique '1'

Quand U500 est ouvert :

si on suppose que $V_{\text{CDE_FIL}} < V_{\text{CDE_FIL lim}}$ alors $R_{\text{eq}} = R_{S501B} + R_{S500B}$

$$\text{donc } V_{\text{CDE_FIL}} = (V_I - V_{D504}) \times ((R_{S501B} + R_{S500B}) / (R_{S501B} + R_{S500B} + R_{S508B}))$$
$$= 19,25 \times (147 / 153,8) = 18,4V$$

valeur supérieure à $V_{\text{CDE_FIL lim}} = 8,23V$, donc $V_{\text{CPU_STA}} = 5,6V$

Le microcontrôleur voit une entrée à l'état logique '1', donc détecte une erreur

On suppose maintenant que le contact entre le calculateur et le filament est défectueux, sans être totalement coupé.

Le microcontrôleur détecte sur ses entrées un état logique '0' si la tension d'entrée est inférieure à 2,5V, un état logique '1' si la tension d'entrée est supérieure à 2,5V.

QD36 Pour quelle valeur de résistance vue par CDE_FIL cette tension est-elle atteinte ?

$$V_{CDE_FIL} = V_{CPU_STA} \times (1 + (RS_{501B} + RS_{500B})) = 2,5 \times 1,47 = 3,67V$$

$$\text{valeur de } R_{\text{eq}} : 1 + RS_{508B} / R_{\text{eq}} = (V_I - V_{D504}) / V_{CDE_FIL} = 19,25 / 3,67 = 5,25$$

$R_{\text{eq}} = RS_{508B} / 4,25 = 1,24k\Omega$ très petit devant $147k\Omega$, donc pratiquement égal à la résistance vue par CDE_FIL

Détection d'un court - circuit

Lors d'un court-circuit entre la sortie OUT2 et la masse, le courant lout augmente et provoque un échauffement du BTS721. Un capteur interne au circuit provoque une coupure du courant lout quand sa température est trop élevée.

QD37 Quelle est la valeur maximale possible du courant lout ?

Le BTS721 limite le courant lout à 8A

QD38 Comment le microcontrôleur détecte-t-il le problème ?

Lorsque le BTS721 coupe le courant, CPU_STA revient au '0'.

Synthèse sur la détection de défauts

QD39 Complétez le tableau suivant en donnant les états logiques de CPU_STA dans les différents cas précédents et dites dans quel(s) cas le microcontrôleur détecte les différents défauts :

	Circuit normal	Circuit ouvert	Court-circuit
Commande dégivrage active CPU_CDE_FIL = '1'	1	1	0
Commande dégivrage inactive CPU_CDE_FIL = '0'	0	1	0

Un circuit ouvert est détecté en l'absence de commande du dégivrage (C_{PU_STA} reste à '1')

Un court-circuit est détecté pendant la commande du dégivrage (C_{PU_STA} reste à '0')

On appelle DCO et DCC les variables logiques internes au microcontrôleur mises à 1 par la détection respectivement d'un circuit ouvert ou d'un court-circuit.

QD40 Etablissez l'organigramme du sous programme d'activation de DCO et DCC.

