

*Concours de Recrutement des Technologues Spécialité : Génie Electrique
Session 2016*

Epreuve de Technologie : Partie Electronique

Durée: 3 Heures

Coefficient : 0,5

Recommandations Générales

- Si au cours de l'épreuve, le candidat détecte ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il le signale dans sa copie et poursuit sa composition en indiquant précisément les raisons des initiatives qu'il a été amené à prendre.
- L'épreuve se compose de plusieurs parties indépendantes. A l'intérieur de chaque partie, de nombreuses questions sont également indépendantes.
- Les candidats sont priés de rédiger les différentes parties du problème sur des feuilles séparées et clairement repérées. Il leur est rappelé qu'ils doivent utiliser les notations propres au sujet, présenter clairement les calculs et dégager où encadrer tous les résultats. Tout résultat incorrectement exprimé ne sera pas pris en compte. En outre, les correcteurs leur sauront gré d'écrire lisiblement et de soigner la qualité de leur copie.

Organisation du sujet

Le sujet comporte un dossier technique : Présentation du système et trois grandes parties : A, B, C. Toutes les parties sont indépendantes

Partie A : Module énergie

Partie B : Module commande moteurs

Partie C : Communication inter-modules

Documents fournis aux candidats :

Nombre de pages Enoncé	Annexe
18 (pages) y compris la page de garde	Annexe A1 (6 pages), Annexe A2 (2 pages), Annexe A3 (1 page) Annexe B1 (5 pages), Annexe C3 (3 pages)

Système d'éclairage à panneau solaire

I. Présentation

I.1 Présentation générale

Le système présenté est celui d'une source d'énergie autonome utilisant un panneau solaire et permettant d'alimenter un système d'éclairage. Le système se décompose ainsi en une source d'énergie destinée à alimenter une application constituée ici d'une source d'éclairage.

I.2 Présentation du produit en version « Industrielle »

La version « industrielle » est destinée à fournir une source d'énergie autonome pour un dispositif de sécurité modulaire à bord d'une plateforme pétrolière destiné, entre autre, à produire un éclairage de secours. L'éclairage de secours est constitué d'un bloc de 60 LEDs à lumière blanche.

Le système est composé de deux parties :

- Partie opérative : formée du panneau solaire, de la motorisation et des batteries.
- Pupitre de commande : constitué d'un ensemble de modules, interconnectés par un bus système, chargés de gérer l'énergie produite par le panneau solaire, d'assurer le positionnement optimal du panneau et de produire l'éclairage souhaité.

Partie Opérative

La partie opérative comprend le panneau solaire proprement dit, les batteries et la motorisation. La motorisation permet d'orienter le panneau en Azimut et en élévation. L'ensemble étant monté sur un socle en profilé d'aluminium. Le socle intègre deux batteries de 12V/7Ah (figure1).

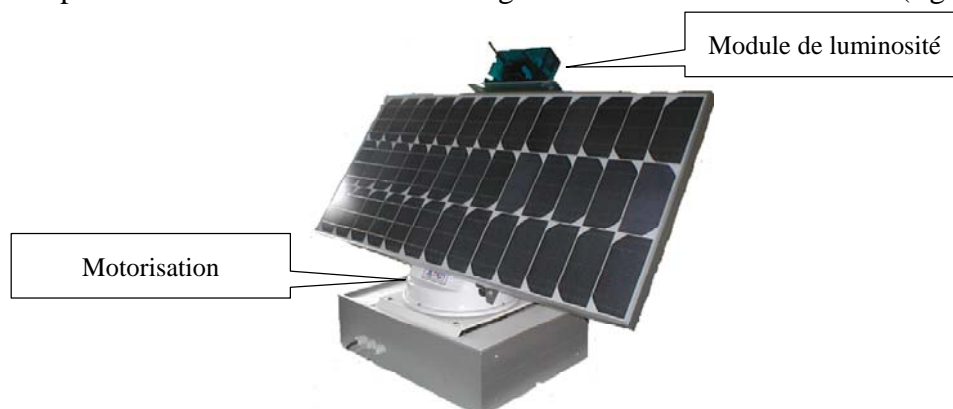


Figure 1

Le module de luminosité est solidaire du panneau solaire. Il est constitué de quatre capteurs qui analysent l'éclairement auquel est soumis le panneau. Ce module transmet, par ondes HF à 433 MHz ou ZIGBEE 2,4 GHz, les mesures au module CAN/HF, afin de pouvoir positionner le panneau à la normale du soleil.

Partie commande

Regroupe cinq modules interconnectés par le bus système. Cet aspect modulaire permet de rendre le système très évolutif tout en assurant une fiabilité accrue et une maintenance aisée (figure 2).



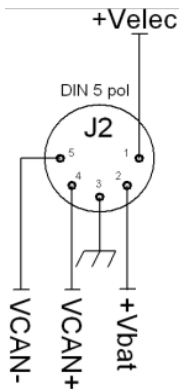
Figure 2

- Module éclairage : ce module est piloté par le bus système et fournit de la lumière à intensité réglable grâce à une matrice de 60 diodes à lumière blanche.
- Module énergie : ce module est raccordé à la batterie, au panneau solaire et au bus système. Il produit les tensions de 8V et 12V du bus système. Il délivre également, à la demande, des informations de diagnostics sur le bus système.
- Module commande moteurs : ce module est raccordé à la carte de contrôle moteur de la partie opérative, il permet la commande des moteurs Azimut et élévation. Il détecte les mouvements associés grâce à la lecture des informations issues de codeurs incrémentaux couplés à chacun des moteurs. Une mesure du courant dans les moteurs est également réalisée. Il est piloté par le bus système et délivre également, à la demande, des informations de diagnostics sur le bus système.
- Module CAN/HF (passerelle HF/CAN) : ce module est piloté par le bus système. Il échange également des informations sous formes d'ondes HF à 433MHz ou 2.4GHz avec le module luminosité déporté sur la partie opérative. Ce module intègre également un analyseur de trames CAN qui permet, par une liaison série associée à un logiciel sur PC, d'observer et d'injecter des trames sur le bus CAN inclus dans le bus système.
- Module de contrôle : ce module permet le contrôle du système par l'utilisateur grâce à un afficheur 2 lignes de 16 caractères et à un clavier. Il est raccordé au bus système. Une liaison série associée à un logiciel sur PC, permet de réaliser un diagnostic des informations du système et une prise de contrôle à distance afin de faciliter la maintenance de l'ensemble.

Bus système

Le bus système se compose de 5 fils et utilise des connecteurs DIN à 5 broches. Chaque module est équipé de 2 prises DIN femelles et on peut ainsi cascader les modules dans n'importe quel ordre.

On dispose des fils suivants :



La broche 3 véhicule un signal de masse qui sert de référence aux autres signaux.

La broche 1 +Velec véhicule une tension de l'ordre de 8V qui permet l'alimentation des modules après conversion en 5V ou 3,3V. Cette tension est produite par le module énergie.

La broche 2 +Vbat véhicule la tension batterie, cette tension est produite par le module énergie et est utilisée par le module moteur.

Les broches 4 VCAN+ et 5 VCAN- véhiculent les informations selon le protocole CAN.

Schéma synoptique

La figure 3 présente le digramme synoptique du système à étudier.

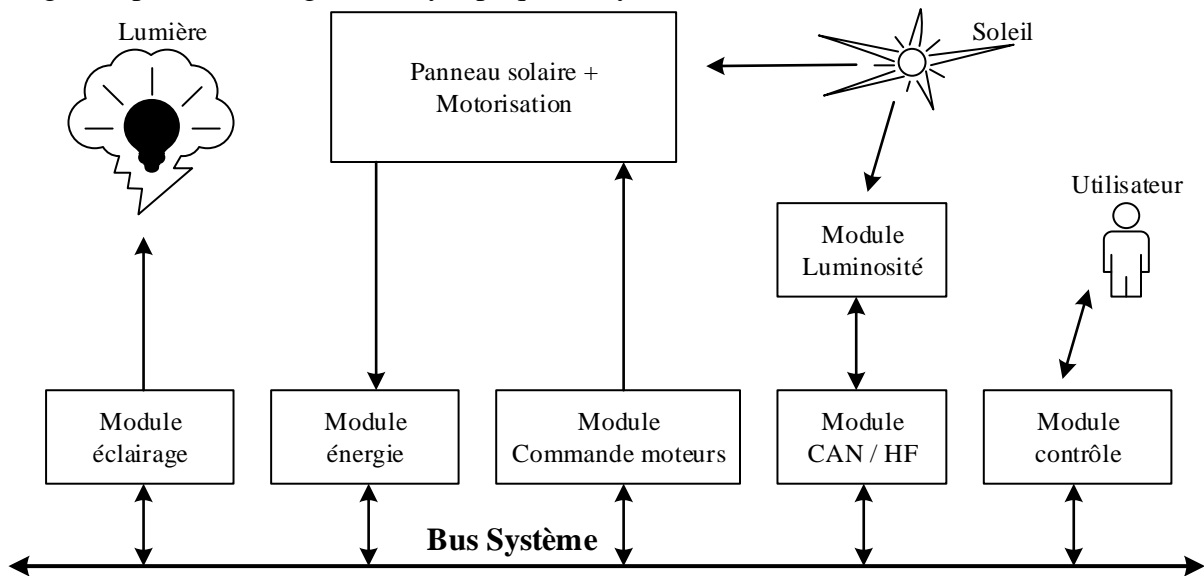


Figure 3

II. Etude du système

D'après le schéma synoptique (cf, figure 3), on propose d'étudier les parties suivantes :

- Partie A : Module énergie.
- Partie B : Module commande moteurs.
- Partie C : Communication inter-modules.

A. Module Energie

Le module énergie permet, à partir du panneau solaire, de charger la batterie et de fournir l'énergie nécessaire aux différents modules du système. Le module énergie dialogue avec le module de contrôle à travers le bus CAN.

Le schéma électronique du module énergie est donné en annexe A1.1

La fiche technique du circuit LTS-6NP est donnée en annexe A2.

Le pilotage de la carte est confié à un microcontrôleur PIC16F876. La programmation in situ du PIC est assurée depuis le connecteur RJ11. Elle utilise les broches RB6 et RB7 du PIC. La broche MCLR permet, en mode programmation d'appliquer la tension de programmation. L'horloge du processeur est fournie par la sortie SLK du circuit MCP2510 qui fournit un signal de fréquence 2,5 MHz (la fréquence du quartz divisée par 8).

L'alimentation de l'ensemble du système est obtenue depuis la batterie par la tension +Bat. Cette tension est mesurée par le microcontrôleur PIC après division.

Le courant débité par la batterie est mesuré par le PIC grâce au signal I/BAT obtenu après amplification de la tension délivrée par le capteur LTS-6NP.

La tension d'alimentation +Vbat du bus système est égale à la tension +Bat. Mais quand la tension +Bat devient inférieur au seuil de décharge profonde de la batterie, il convient de ne plus alimenter le système. Le circuit LM358 compare la tension +Bat à une tension de référence et n'alimente le relais que si +Bat est suffisante.

La tension +Velec du bus système est obtenue grâce à un convertisseur abaisseur à découpage depuis la tension +Vbat. En effet, les différents modules comportant des régulateurs linéaires pour fournir la tension de +5V nécessaires.

La tension fournie par le panneau solaire est mesurée par le PIC grâce au signal U/PS.

La batterie ne se charge que si la tension délivrée par le panneau est supérieure à celle disponible à ses bornes.

Le courant débité par le panneau est mesuré par le PIC grâce au signal I/PS.

Le circuit MCP2510 dialogue avec le microcontrôleur de la carte à travers une liaison série synchrone SPI.

La liaison du circuit MCP2510 avec le bus CAN s'effectue grâce aux broches TXCAN et RXCAN (niveau TTL) et le circuit d'interface PCA82C250T qui produit les signaux du bus. Le bus utilise les signaux VCAN+, VCAN- et GND.

Le circuit MCP2510 nécessite pour rythmer les signaux du bus CAN d'un quartz fixé ici à 20 MHz. La broche CLKOUT produit un signal de 2,5 MHz (division par 8 de la fréquence du quartz) qui est utilisé pour fournir une horloge au circuit PIC.

On notera la présence de la résistance RT de 120 ohms qui permet d'assurer, si nécessaire, la terminaison du bus CAN. La LED « TRAFFIC CAN » sera commandé par le PIC pour signaler une activité sur le bus CAN.

On se propose de partager la structure donnée en annexe A1.1 en différentes fonctions notées FS_i (i = 1 à 8) et de les étudier.

A.1. Etude de FS1

La fonction FS1 est donnée par la figure 4 :

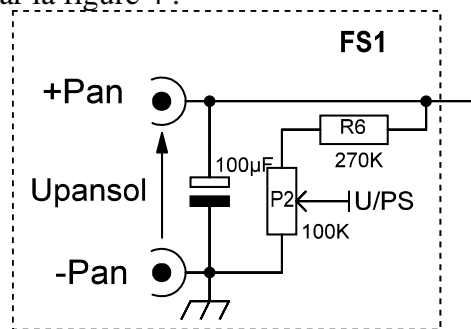


Figure 4

A.1.1. Quel est le type de cette structure ?

A.1.2. Comment se nomme le signal issu de cette structure ? Vers quelle entrée est-il dirigé ?

A.1.3. On notera a_{P2} la valeur de la résistance entre le curseur et la masse, donnez l'expression du signal U/PS et les valeurs limites haute et basse en fonction du signal d'entrée.

A.1.4. Quel est le rôle du condensateur 100µF.

A.2. Etude de FS2

La fonction FS2 est décomposée en trois parties (FS21, FS22, FS23) comme l'indique la figure 5.

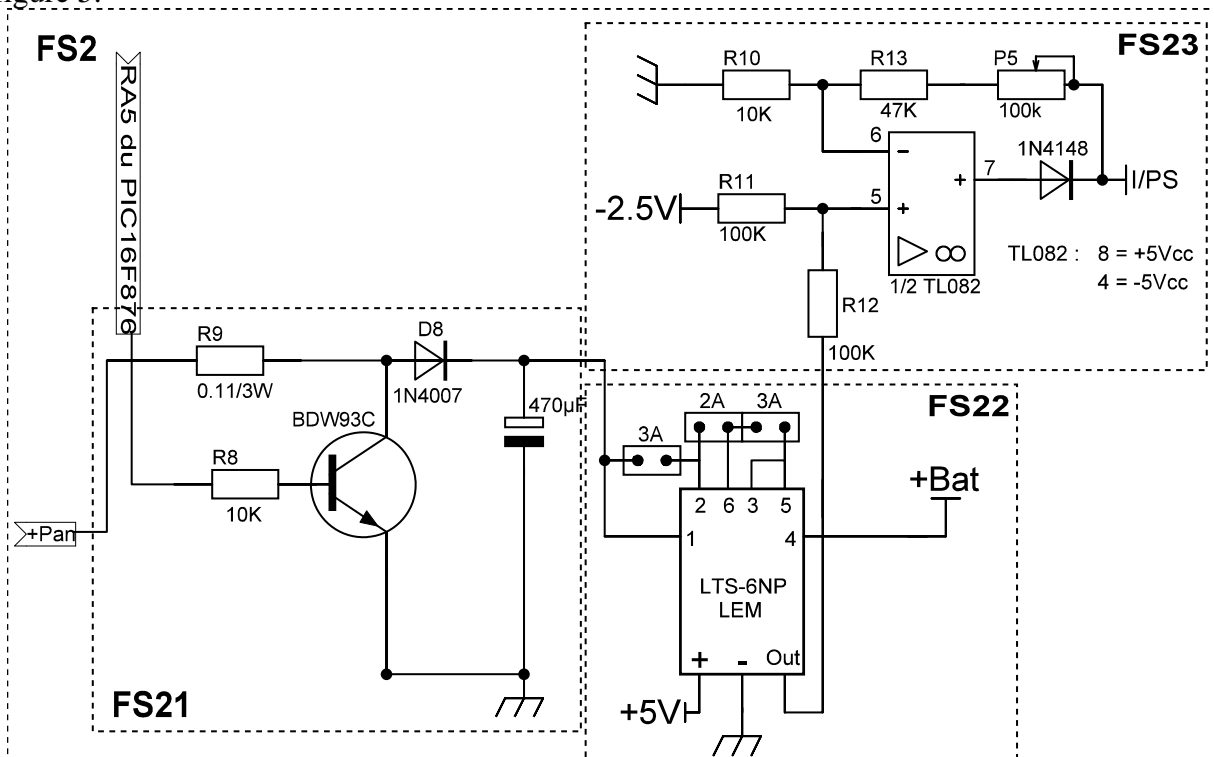


Figure 5

A.2.1. Etude de la fonction FS21.

A.2.1.1. En quel régime fonctionne le transistor ?

A.2.1.2. En fonction du signal de commande, expliquer le comportement du transistor.

A.2.1.3. Quel est le rôle de la diode ?

Sachant que l'impédance de sortie du panneau solaire est assez élevée.

A.2.1.4. Déduire le rôle de la fonction FS21.

A.2.2. Etude de la fonction FS22

A.2.2.1. Expliquer le principe de fonctionnement du circuit LTS-6NP.

A.2.2.2. Représenter la configuration du circuit LTS-6NP pour un courant de 3 A.

A.2.2.3. Pour un courant variant de 0 à 3 A, quel est l'intervalle de variation de V_{out} ?

A.2.2.4. Déduire le rôle de ce circuit.

A.2.3. Etude de la fonction FS23.

A.2.3.1. En quel régime fonctionne le circuit TLO82.

A.2.3.2. On notera $\alpha P5$ la valeur de la résistance variable $P5$ et on néglige la tension de seuil de la diode $D3$. Montrer que l'expression de la tension $I/PS = (V_{out} - 2,5) \times (2,85 + 5\alpha)$.

A.2.3.3. Déduire l'expression de la tension I/PS en fonction de α et du courant du panneau solaire I_p .

A.2.3.4. Pour $\alpha = 1$, Donner l'intervalle de variation de la tension I/PS lorsque le courant I_p varie de 0 à 3A.

A.2.3.5. Quel est le rôle de la diode $D3$?

A.2.3.6. Déduire le rôle de la fonction FS23.

A.3. Etude de FS3

Le schéma de la fonction FS3 est représenté par la figure 6.

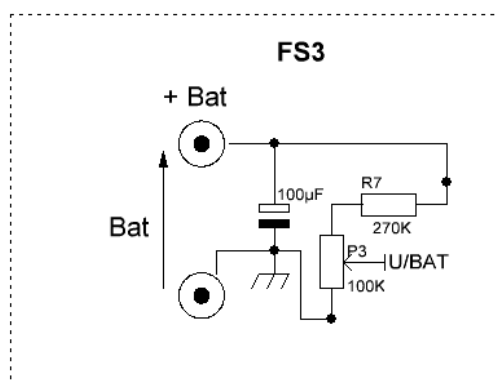


Figure 6

A.3.1. Quel est le type de cette structure ?

A.3.2. Comment se nomme le signal issu de cette structure ? Vers quelle entrée est-il dirigé ?

A.3.3. On notera $\alpha P3$ la valeur de la résistance entre le curseur et la masse, donnez l'expression du signal U/BAT et les valeurs limites haute et basse en fonction du signal d'entrée.

A.4. Etude de FS4

Cette fonction est décomposée en deux parties (FS41, FS42) comme l'indique la figure 7.

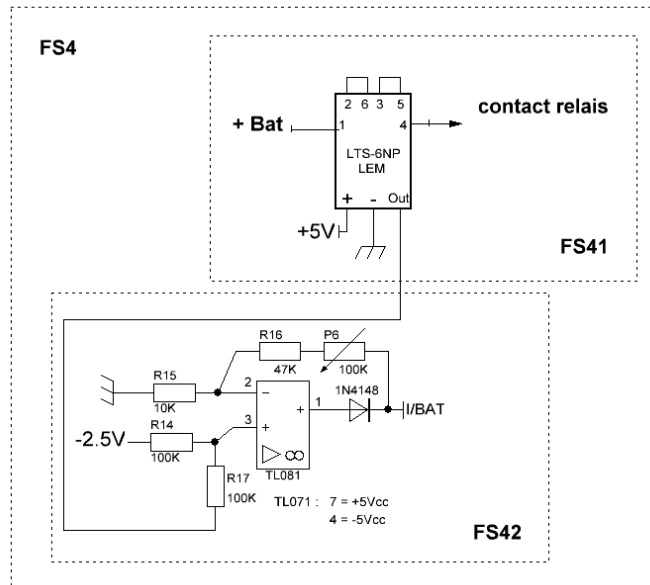


Figure 7

A.4.1. Expliquer le rôle de la fonction FS41.

A.4.2. Expliquer le rôle de fonction FS42.

A.4.3. On notera $\alpha P6$ la valeur de P6 et on néglige la tension seuil de la diode D4, déterminer l'expression de I/BAT en fonction de V_{out} du circuit LTS et de α .

A.4.4. Déduire le rôle de la fonction FS4.

A.5. Etude de FS5 :

Le schéma de la fonction FS5 est représenté par la figure 8.

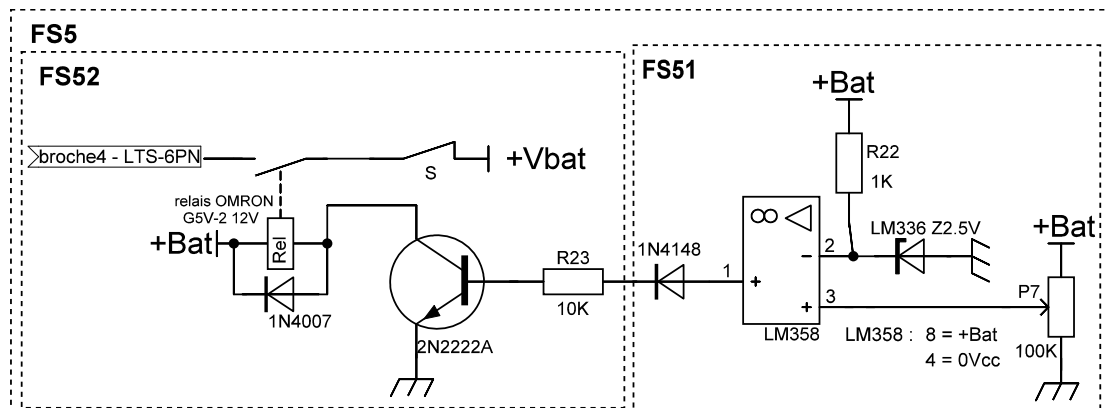


Figure 8

A.5.1. Etude de la fonction FS51

A.5.1.1. Dans quel régime fonctionne le circuit LM358 ?

A.5.1.2. Expliquer le fonctionnement de la fonction FS51

A.5.2. Etude de la fonction FS52

A.5.2.1. Dans quel régime fonctionne le transistor 2N2222A ?

A.5.2.2. Expliquer le fonctionnement de la fonction FS52.

A.5.3. Déduire le rôle de la fonction FS5.

A.6. Etude de FS6 :

Le schéma structurel de la fonction FS6 est donné par la figure 9. La fiche technique du circuit ICL7660S est donnée en annexe A3.

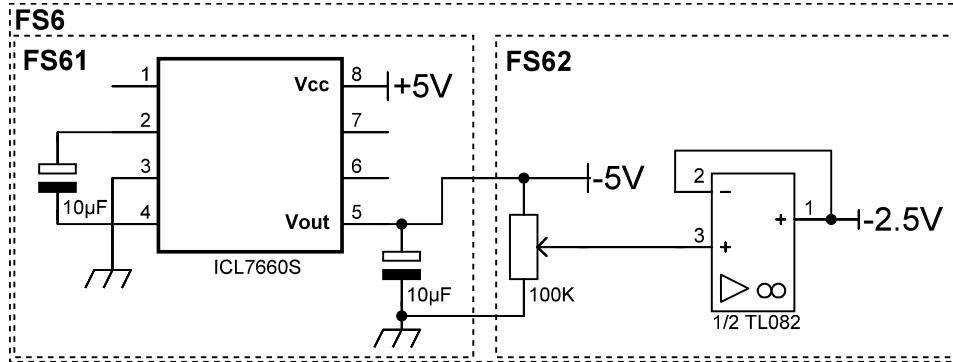


Figure 9

A.6.1. Donner la fonction du circuit ICL7660S.

A.6.2. Quel est le type de la structure FS62? Expliquez son rôle.

A.6.3. Donner le rôle de la fonction FS6.

A.7. Etude de FS7 :

Le schéma de la fonction FS7 est donné par la figure 10.

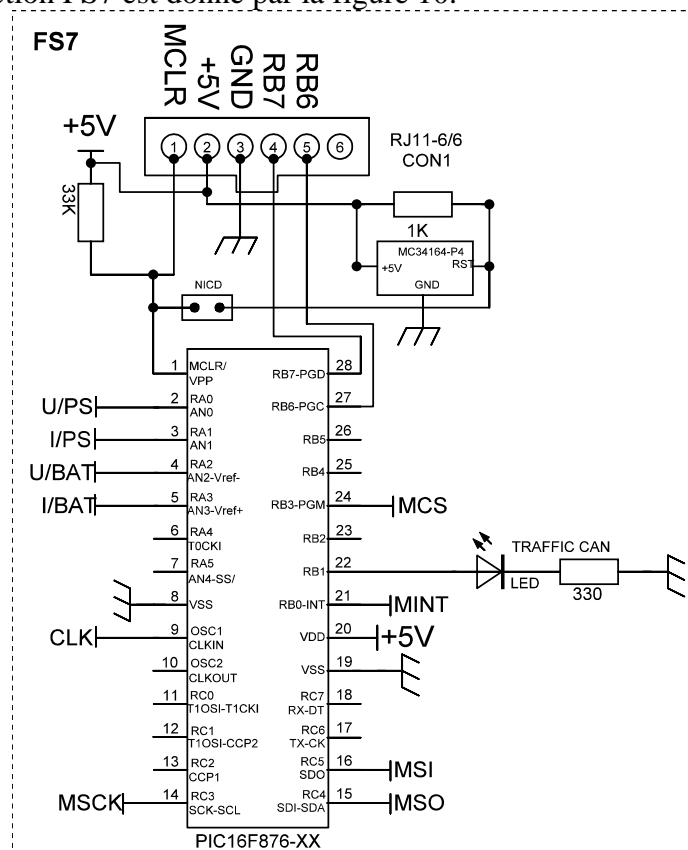


Figure 10

A.7.1. Quel rôle du microcontrôleur ?

A.7.2. Quelle est la valeur de sa fréquence d'horloge et par quel circuit est-elle fournie ?

B. Module commande moteurs

Le module moteur permet la commande des moteurs de positionnement du panneau solaire. Il dialogue aussi avec le module de contrôle via le bus CAN.

Le schéma structurel de ce module est donné en annexe A1.2.

La fiche technique du circuit L293D est donnée en annexe B1.

La motorisation du panneau est confiée à des moteurs à courant continu de 12V associé chacun à un réducteur mécanique de type roue et vis sans fin. Un codeur incrémental fournit 3 impulsions par tour. Des capteurs de fin de course permettent de limiter les mouvements du panneau.

Le positionnement du panneau doit permettre un éclairage maximal de ce dernier. Pour cela, on adopte la solution qui consiste à placer des capteurs solidaires au panneau solaire pour corriger la position en élévation et en azimut afin d'obtenir un éclairage maximal.

Nous étudions dans cette partie les fonctions principales qui composent la carte commande moteurs.

B.1. Etude du bloc FS1

B.1.1. Quelle est la fonction réalisée par le circuit L293D ? Quelle est la tension maximale tolérée ainsi que le courant max consommé ?

B.1.2. De quel type sont les signaux d'entrée du circuit L293D ? A quoi servent-ils ? Par quel composant sont-ils générés ?

B.1.3. Combien de moteurs à courant continu le circuit L293D peut-il commander dans le cas d'une rotation dans un seul sens. Même question si on souhaite une rotation dans les deux sens.

B.1.4. A quoi sert la porte logique IC7 ?

B.1.5. Donnez des indications sur les signaux SENS.MOT.ROT & ENA.MOT.ROT

B.1.6. Quel niveau de tension maxi pourrait-on lire sur les broches 12/13 & 4/5 du L293D ? Expliquez-le en vous servant de la documentation du circuit intégré.

B.1.7. Quel est le rôle des diodes ?

B.2. Etude des blocs FS3

On note que les blocs FS3 et FS4 sont identiques.

B.2.1. Pourquoi la masse GND du circuit intégré L293D est reliée à la masse par la résistance R9. Commenter la valeur numérique de cette résistance. Que se passe-t-il si cette valeur est élevée.

B.2.2. Quelle fonction réalise 1/2 IC8 ?

B.2.3. A quoi sert la paire R10 & C8 ? Donnez sa fonction de transfert ? Calculer la fréquence de coupure f_c .

B.2.4. A quoi sert le montage 2/2 IC8 et les éléments passifs R11/R12/P1 ? Donnez sa fonction de transfert. Quelle est la plage de la variation du gain de ce montage ? Sur quel composant (quelle entrée) est appliquée l'information I.MOT.ROT. ?

B.2.5. Calculer la valeur maximale de la tension I.MOT.ROT pour un courant de 1,2A.

B.3. Etude du bloc FS5

B.3.1. Quel rôle assure cette fonction ?

Sachant que la sortie du codeur est à collecteur ouvert.

B.3.2. A quoi servent R22 & R 23 ?

B.3.3. A quoi servent les paires R18/R19 & R20/R21? Donnez leur fonction de transfert ?

C. Communication inter-modules

Le module de contrôle assure les fonctionnalités suivantes :

- Le dialogue avec l'utilisateur à travers un Clavier et un LCD.
- La supervision du système à partir d'une interface graphique sur PC à travers une liaison série RS232.
- Le contrôle des autres modules via le bus CAN :
 - Récupération des informations à partir des autres modules.
 - Commande du déplacement du panneau en mode automatique ou manuel.
 - Commande de niveau d'éclairage.

Dans cette partie on s'intéresse à la communication inter-modules, c.à.d. à la transmission d'informations depuis et vers les autres modules (module CAN/HF, module énergie, module moteurs et module d'éclairage).

Nous rappelons que le « *Système d'éclairage à panneau solaire* » comporte six modules (carte) électroniques à base des microcontrôleurs PIC16F876/877. La figure 11 illustre la circulation d'informations entre les différents modules.

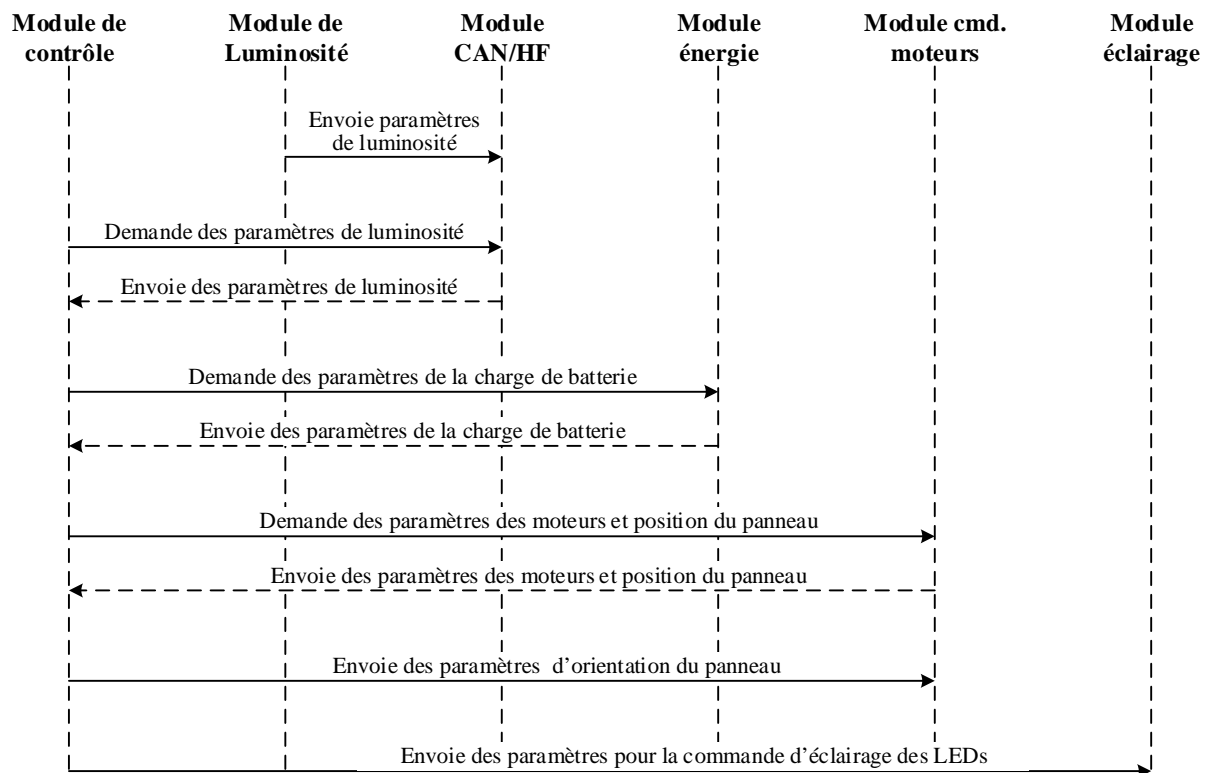


Figure 11

C.1. Module de luminosité

Le module de luminosité (solidaire au panneau solaire) est basé sur 4 capteurs LDR (Light Dependant Resistor) qui mesurent en permanence l'éclairement auquel soumis le panneau. Les 4 capteurs LDR sont connectés aux entrées analogiques AN0, AN1, AN2 et AN3 du microcontrôleur PIC16F876. Les valeurs numériques correspondantes (nommé : *Lum_est*, *Lum_ouest*, *Lum_nord* et *Lum_sud*) sont codées sur 10 bits (figure 12).

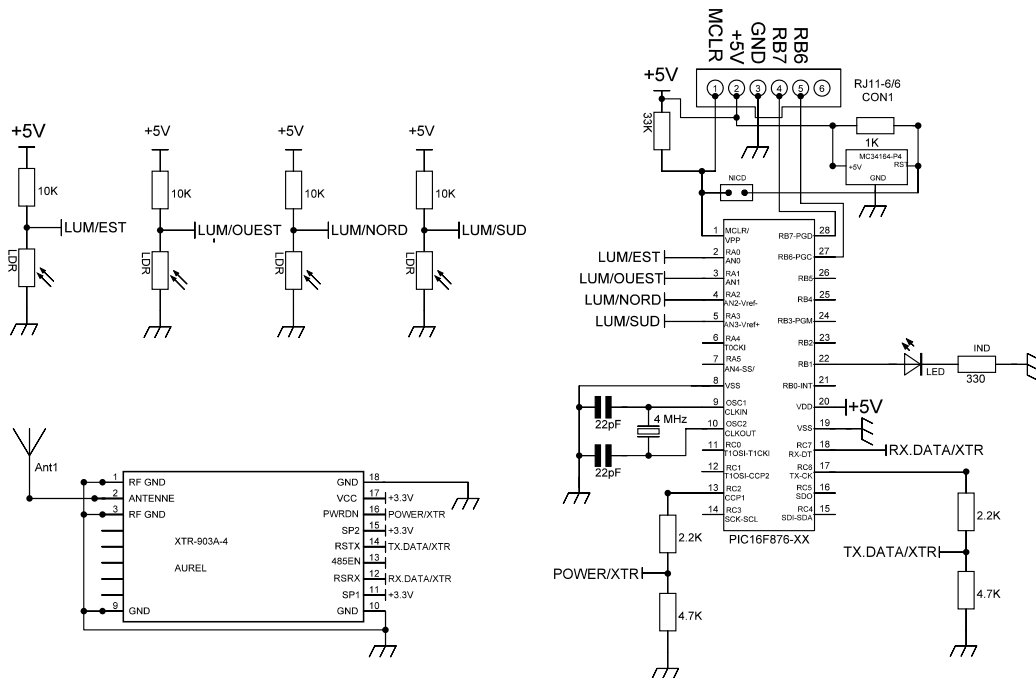


Figure 12

La résistance du capteur LDR varie en fonction de l'éclairement avec une loi de variation presque linéaire entre 10Ω (plein éclairement) et 10MΩ pour l'obscurité totale. Ces capteurs sont associés à des résistances de 10 kΩ afin de produire une tension qui dépend de l'éclairement.

C.1.1. Donner la valeur de tension minimale et maximale ($V_{AN0-Min}$ et $V_{AN0-Max}$) à l'entrée AN0.

C.1.2. Déduire alors leurs équivalents numériques Lum_est_{Min} et Lum_est_{Max} .

Les valeurs converties (*Lum_est*, *Lum_ouest*, *Lum_nord* et *Lum_sud*) sont envoyées dans une trame au **format ASCII** à un émetteur HF (XTR-903A-4) via une liaison série TTL-RS323 avec les paramètres suivants : un débit de 9600bps, 1 bit START, 8 bits de données, sans parité et 1 bit de STOP. Après modulation, les paramètres de luminosité sont transmis au module CAN/HF sous forme des ondes HF.

Le programme de gestion du module de luminosité, comporte principalement deux tâches périodiques exécutées par un Timer à une fréquence de 2Hz (500ms).

- Tâche « mesure » : convertie les signaux issus des capteurs solaire en équivalent numérique. Pour avoir une cohérence entre l'intensité lumineuse et la valeur numérique correspondante, il importe alors d'inverser la valeur convertie (1023 – valeur lue).
- Tâche « transmission » : transmet les paramètres de luminosité au module émetteur XTR-903A-4.

La trame transmise débute par le code 0x41 ('A') et se termine par le code 0x42 ('B') ; elle véhicule 16 octets de données ajustées en ASCII (0x30 à 0x39).

Nous donnons dans les tableaux suivants le code des tâches ainsi que le temps d'exécution des instructions.

Code en C	Temps d'exécution
<pre>void Mesure(){ set_adc_channel(0); // sélection de l'entrée AN0 delay_us(100); lum_est=1023-read_adc(); // paramètre de luminosité Est set_adc_channel(1); // sélection de l'entrée AN1 delay_us(100); lum_ouest=1023-read_adc();// paramètre de luminosité Ouest set_adc_channel(2); // sélection de l'entrée AN2 delay_us(100); lum_nord=1023-read_adc(); // paramètre de luminosité Nord set_adc_channel(3); // sélection de l'entrée AN3 delay_us(100); lum_sud=1023-read_adc(); // paramètre de luminosité Sud }</pre>	<p>Négligeable 100µs 30µs</p> <p>Négligeable 100µs 30µs</p> <p>Négligeable 100µs 30µs</p> <p>Négligeable 100µs 30µs</p>

Code en C	Temps d'exécution
<pre>void Transmission(){ putc(0x41); // 'A' pour début de trame printf("%4LU",lum_est); // transmission série de 4 octets - Est printf("%4LU",lum_ouest); // transmission série de 4 octets - Ouest printf("%4LU",lum_nord); // transmission série de 4 octets - Nord printf("%4LU",lum_sud); // transmission série de 4 octets - Sud putc(0x42); // 'B' pour fin de trame }</pre>	<p>?</p> <p>?</p> <p>?</p> <p>?</p> <p>?</p> <p>?</p>

On note respectivement le temps d'exécution et la période d'exécution des tâches Mesure et Transmissions : C_M , P_M , C_T et P_T .

C.1.3. Quel est l'utilité de l'utilisation des Timer pour l'exécution des tâches périodiques ?

C.1.4. Calculer le temps d'exécution de la tâche « Mesure ».

La fonction `putc(char c)` permet d'envoyer un caractère sur le port série RS232. Le corps de cette fonction est donné par les lignes de code suivantes :

<pre>void putc(char c){ while (TXIF == 0) {} // s'il y a un caractère en cours de sérialisation, on reste dans // la boucle jusqu'à la fin de sa transmission. TXREG = c ; // Ecriture du caractère à envoyer dans le buffer de transmission // (TXREG : Transmit REGISTER) }</pre>

C.1.5. Montrer que le temps nécessaire pour la transmission d'un caractère (octet) sur le port série RS232 est égal à 1,04ms

C.1.6. Sachant que le temps de traitement des instructions est supposé négligeable par rapport au

temps de transmission. Déduire alors le temps d'exécution de la fonction « putc(..) ».

La fonction « printf(..) » permet de réaliser en un seul appel :

- La conversion d'une variable numérique en chaîne de caractère,
- Le formatage de données (pour la présentation),
- La transmission des données caractère par caractère selon le protocole RS232.

C.1.7. Calculer le temps d'exécution de l'instruction « printf("%4LU", lum_est); » ; le temps de traitement des instructions est supposé toujours négligeable par rapport au temps de transmission.

C.1.8. Montrer que le temps d'exécution de la tâche « Transmission » $C_T = 18,72\text{ ms}$.

C.1.9. Calculer le facteur d'utilisation du processeur $U = \sum \frac{C_i}{P_i}$. Conclure.

C.1.10. Justifier le choix de la période d'exécution des tâches.

C.1.11. Calculer le rendement du protocole série défini dans la procédure « transmission () » lorsqu'il émet une trame.

$$\text{rendement} = \frac{\text{données utiles}}{\text{la totalité de la trame}}$$

C.2. Module CAN/HF

Le module CAN/HF joue le rôle d'une passerelle entre le module de luminosité et le module de contrôle (figure 13).

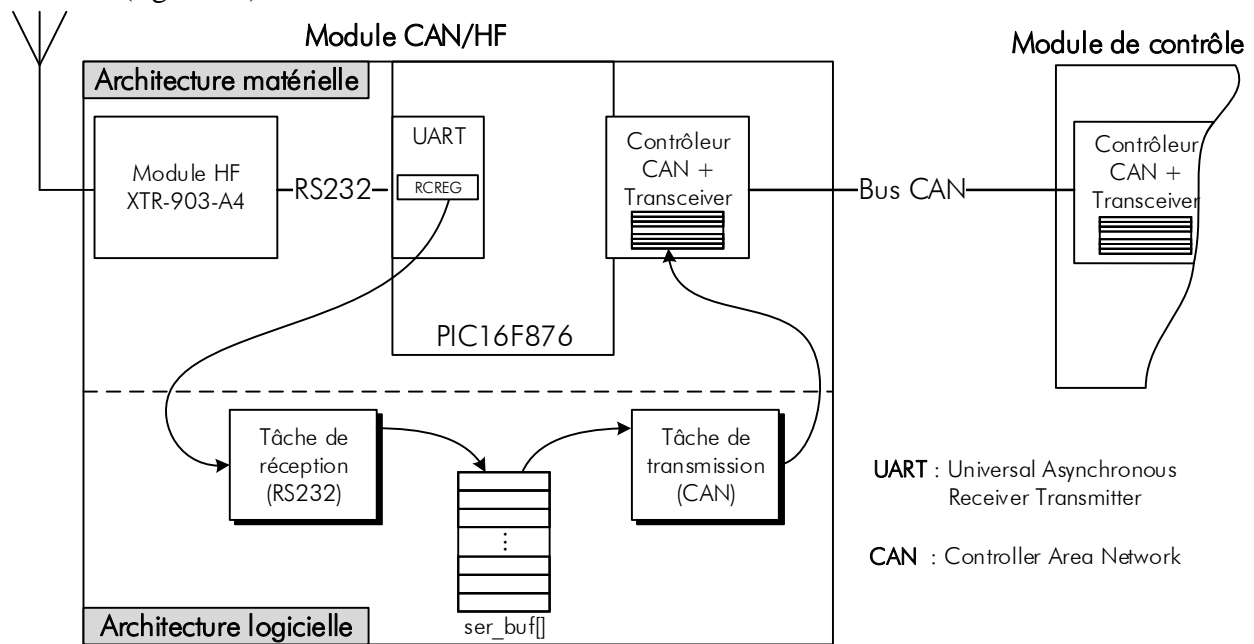


Figure 13

L'architecture logicielle comporte deux tâches :

- Réception RS232 : La trame contenant les paramètres de luminosité arrive au port série (UART) caractère par caractère pour être enfin déposée dans une mémoire tampon « ser_buf [] ».
- Transmission CAN : Le module de contrôle envoie périodiquement toutes les 500 ms, une trame de requête (demande des paramètres de luminosité). A la réception de cette trame, le module CAN/HF lui répond en envoyant ces paramètres dans une trame de données selon le protocole CAN : transfert du contenu du mémoire tampon « ser_buf[] » vers le contrôleur CAN.

Remarque : On suppose que le contrôleur CAN contient suffisamment de mémoire pour y charger la totalité de la trame, cependant le port série (UART) ne dispose que d'un seul registre (nommé RCREG pour ReCeive REGISTER).

Nous proposons dans la figure 14 les organigrammes du programme principal et de la procédure de réception des paramètres de luminosité.

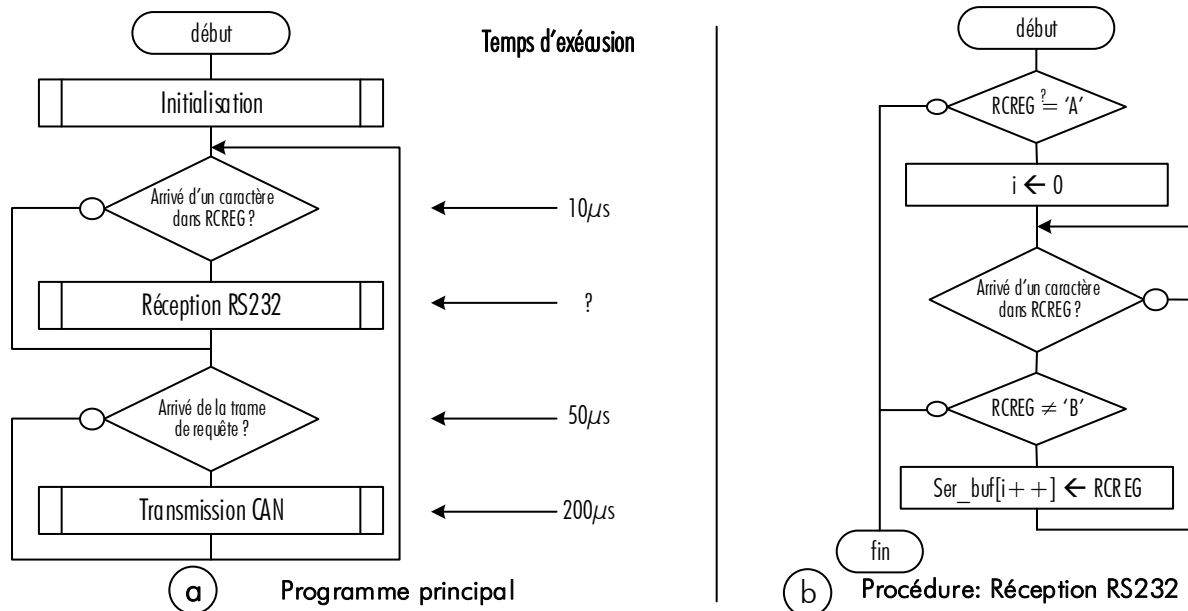


Figure 14

C.2.1. Rappeler la période d'exécution de la tâche de réception RS232, ainsi que les paramètres de configuration du port série.

C.2.2. L'arrivée d'un caractère dans le registre RCREG est un événement synchrone ou asynchrone ?

C.2.3. Sachant que le temps d'exécution des instructions est négligeable devant le temps d'arrivée des caractères au registre RCREG. Calculer le temps d'exécution de la procédure de réception RS232 (figure 15.b).

C.2.4. Donner la taille minimale du buffer « ser_buf[] ».

C.2.5. En réalité le protocole CAN (qu'on va étudier dans C3) ne réserve que 8 octets au maximum pour les données utiles alors que les données utiles reçues occupent 16 octets. Proposer une solution pour envoyer ces données au module de contrôle selon le protocole CAN.

C.2.6. Donner une estimation du temps de réponse minimal et maximal de la tâche transmission CAN. (Le temps de réponse est l'intervalle de temps entre le moment de l'occurrence de l'évènement et la fin du traitement correspondant).

On considère maintenant la configuration de la figure 15, où la tâche de réception RS232 est gérée par interruption.

C.2.7. Calculer le temps d'exécution de la routine d'interruption.

C.2.8. Dans ce cas, l'arrivée d'un caractère dans registre RCREG est un événement synchrone ou asynchrone ?

C.2.9. Que se passe-t-il, si la trame de requête arrive au moment de la réception de la trame provenant du module de luminosité ?

C.2.10. Proposer une solution pour remédier à ce problème.

C.2.11. Donner dans ce cas le temps de réponse maximal de la tâche « transmission CAN ».

C.2.12. Comparer les configurations proposées par les figures 14 et 15.

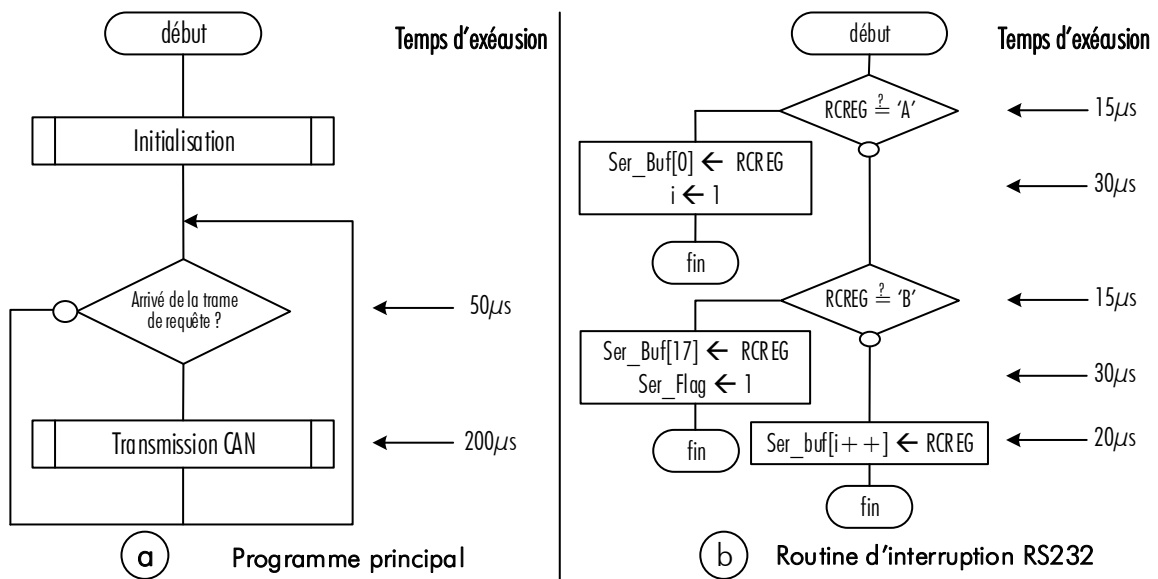


Figure 15

C.3. Etude du bus CAN

Dans cette application, le module de contrôle joue le rôle du maître du bus ; il recueille toutes les informations à partir des autres modules, traite, et renvoie les commandes nécessaires. Ces différents sous-systèmes (module de contrôle, module CAN/HF, module moteurs, module énergie et module d'éclairage) communiquent à travers le bus CAN (dont les spécifications sont fournies en annexe C3). Pour toutes les questions de cette partie nous considérons le protocole CAN 2.0A (identificateur sur 11 bits) avec un débit de 125Kbits/s.

Le tableau 2 présente les informations principales de toutes les trames circulant sur le bus.

C.3.1. Le module de contrôle veut connaître les paramètres de luminosité. Ecrire les champs SOF, Arbitrage et contrôle de la trame de requête correspondante (sans tenir compte de la méthode du bit stuffing). Les champs doivent être séparés par des tirets « - ».

C.3.2. Réécrire la trame précédente en respectant la méthode du bit stuffing.

C.3.3. Quel est l'intérêt de la technique du bit stuffing ?

En réponse de la trame de requête, le module CAN/HF envoie une trame de donnée contenant les données suivantes :

$$\text{Lum_Est} = 520, \quad \text{Lum_Ouest} = 506, \quad \text{Lum_Nord} = 615, \quad \text{Lum_Sud} = 611$$

C.3.4. Sans tenir compte de la méthode du bit stuffing, Ecrire les champs SOF, Arbitrage, contrôle et données de la trame de données correspondante. Le champ de données doit être écrit en Hexadécimal

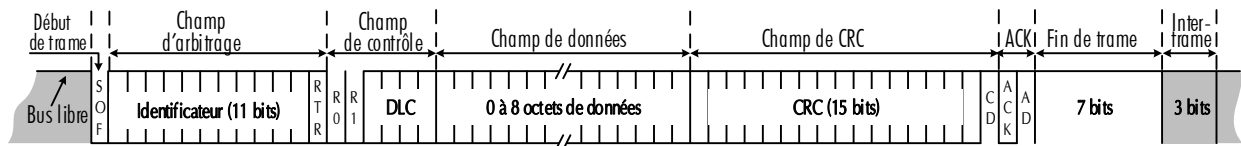
C.3.5. Dans le pire des cas (maximum des bits stuffing), au bout de combien de temps le contrôleur CAN du module de contrôle obtiendra-il la réponse d'une trame de requête ?

Le bus CAN autorise les différents nœuds à démarrer une transmission quand le bus est libre. Le conflit d'accès au bus est résolu par un arbitrage utilisant les identificateurs inclus dans le message. Chaque nœud compare bit à bit son identificateur avec celui des messages concurrents, dès qu'un nœud émetteur transmet un bit récessif et détecte un bit dominant, il perd la compétition. Tous les perdants deviennent automatiquement des récepteurs du message, et ne tentent à nouveau d'émettre que lorsque le bus se libère. Le bus est considéré libre lorsque un nœud détecte au moins 11 bits récessifs consécutifs (2^{ème} bit d'acquittement + 7 bits de fin de trame + 3 bits inter-trame. - cf. figure 16).

C.3.6. Le module de contrôle transmet périodiquement des trames de requête aux autres modules (tableau 2). En réponse à ces trames, est-il possible que plusieurs modules (deux ou plus) tentent à accéder au bus simultanément ? Justifier la réponse.

C.3.7. Si la probabilité de conflit est possible. Etudier les cas possibles et indiquer pour chaque cas le module qui détient le bus jusqu'à la fin de la trame.

Format des trames



SOF : Start Of Frame

RTR : Remote Transmission Request

R0, R1 : réservé (toujours dominant)

DLC : Data Length Code (de 0 à 8)

CRC : Cyclic Redundancy Check

CD : CRC Delimiter (toujours récessifs)

ACK : ACKnowledgement

AD : ACK Delimiter (toujours récessifs)

Figure 16

Tableau 2

Événement de déclenchement	Identificateur	Source	Destination	Type de trame	Taille de données	Description
Périodique: 500ms	0x100	Module de contrôle	Module CAN/ HF	Requête	—	Demande des paramètres de luminosité
(500ms)	0x100	Module CAN/ HF	Module de contrôle	Données	8 octets	Réponse à la requête : Lum_Est, Lum_Ouest, Lum_Nord et Lum_Sud
Périodique: 400ms	0x300	Module de contrôle	Module énergie	Requête	—	Demande des paramètres du module énergie (Panneau solaire et Batterie)
(400ms)	0x300	Module énergie	Module de contrôle	Données	7 octets	Réponse à la requête : Tension du panneau, Courant du panneau, Tension de la batterie, Courant de la batterie, Batterie en charge, pleine ou vide.
Périodique: 700ms	0x400	Module de contrôle	Module moteurs	Requête	—	Demande des paramètres du module moteurs
(700ms)	0x400	Module moteurs	Module de contrôle	Données	8 octets	Réponse à la requête : Courant du moteur élévation, Courant du moteur Azimut, surcharge moteur élévation, surcharge moteur Azimut, Sens de rotation des moteurs, Angle Azimut, Angle élévation, butée.
Périodique: 15mn	0x402	Module de contrôle	Module moteurs	Données	6 octets	Pour ajuster la position du panneau, le module de contrôle envoi : le sens de rotation du moteur Azimut, la durée de fonctionnement du moteur Azimut, le sens de rotation du moteur élévation, la durée de fonctionnement du moteur élévation, la commande d'arrêt des moteurs, le retour du panneau à sa position initiale.
Déclenché par l'utilisateur à partir du clavier	0x402	Module de contrôle	Module d'éclairage	Données	2 octets	Pour commander l'éclairage de la matrice à LEDs, le module de contrôle envoi : le numéro de bloc à allumer et le niveau d'éclairage (la matrice à LEDs est divisée en 4 blocs, le niveau d'éclairage est commandé par un signal PWM) .