

SUJET

Les quatre parties du sujet sont indépendantes et porteront sur l'étude fonctionnelle et structurelle d'une station capteur.

La partie A traite des aspects fonctionnels et du choix du capteur de débit de sève en fonction des caractéristiques physiques de la plante étudiée.

La partie B propose l'étude de l'alimentation de l'élément chauffant devant fournir une quantité de chaleur connue à la plante en fonction du capteur utilisé.

La partie C porte sur la mesure exacte de la tension appliquée à l'élément chauffant et son acquisition sous forme numérique.

La partie D traite de l'aspect gestion de la communication via la liaison radiofréquence Xbee des informations échangées entre une station capteur et la centrale de mesure.

PARTIE A : Étude fonctionnelle

Vous devez avoir lu en totalité le dossier d'analyse fonctionnelle documents A1 à A8 pour traiter les questions suivantes.

- Q1.** Exprimer la fonction d'usage du système de mesure de débit de sève dans les pieds de maïs et son intérêt.
- Q2.** Donner les 5 paramètres environnementaux qui influent sur l'évapotranspiration d'une plante.
- Q3.** Calculer la superficie maximale théorique de déploiement des stations capteur que peut gérer une centrale de mesure.
- Q4.** Expliquer simplement le principe de mesure du débit de sève dans un plant de maïs.
- Q5.** À partir du schéma fonctionnel de degré 2 d'une station capteur (document A6), réaliser le repérage des fonctions suivantes : FS1.2, FS1.4, FS1.5, FS1.6, FS1.8, FS1.10, et FP2 en encadrant et repérant les structures concernées sur les schémas structurels des documents réponse BR1 et BR2.

Remarque : Pour une meilleure lisibilité, reportez vous aux schémas fournis au format A3, documents BAN2 et BAN3.

Une campagne de mesure dans un champ de maïs est prévue sur une durée de 30 jours, pour adapter au mieux la quantité d'eau d'irrigation à fournir pendant cette période.

La liaison filaire entre le capteur et la station capteur est de 2 mètres, ce qui permet de placer le capteur à une hauteur variable sans gêner la croissance de la plante et d'adapter le capteur utilisé au diamètre de la tige réceptrice.

BTS SYSTÈMES ÉLECTRONIQUES – Étude d'un Système Technique		Session 2014
U4.1 – Électronique – Sujet	14SEE4EL1	Page : B1/6

Le diamètre des tiges des plants de maïs sur lesquels vont être installés les capteurs de débit de sève est compris entre 15 mm et 17 mm au moment de l'installation des capteurs.

- Q6.** En consultant le tableau des caractéristiques mécaniques des capteurs Dynagage, document BAN4, effectuer le choix du capteur en le justifiant.

PARTIE B : Génération de la tension de chauffage VCH

La génération de la tension de chauffage VCH permet de fournir une puissance calorifique P_{ch} connue avec la précision nécessaire à la bonne utilisation du capteur. L'élément chauffant qui fournit cette puissance à la plante est réalisé en Constantan dont la résistivité électrique présente l'avantage d'être pratiquement indépendante de la température. Le schéma d'interconnexion avec la station capteur est donné Figure 3.2 document BAN5.

- Q7.** Compléter le tableau du document réponse page BR3 pour le capteur SGB16, en vous aidant des spécifications des capteurs « Dynagage » fournies documents BAN4 et BAN5.

- Q8.** Exprimer la puissance P_{ch} fournie à l'élément chauffant, en fonction de VCH et R_{ch} .

On désire déterminer les valeurs extrêmes VCH_{max} , VCH_{min} et ICH_{max} en fonction des caractéristiques électriques du capteur SGB16.

On donne le graphe de P_{ch} en fonction de VCH pour les valeurs extrêmes de R_{ch} du capteur SGB16 (Figure DR1 document réponse BR3).

- Q9.** Déterminer graphiquement VCH_{max} et VCH_{min} si le capteur SGB16 est piloté dans le domaine des puissances prévues en fonctionnement normal. Noter les valeurs trouvées sur le document réponse page BR3.

- Q10.** Dans le cas où la résistance de l'élément chauffant R_{ch} est minimale et égale à $50\ \Omega$, et en consultant le document BAN5, évaluer graphiquement la tension de chauffage maximale $VCH_{garantie}$ que devra générer la station capteur pour que la puissance appliquée à l'élément chauffant ne dépasse pas le maximum autorisé. Noter la valeur trouvée sur le document réponse BR3.

- Q11.** Calculer alors la valeur maximale du courant ICH au-delà de laquelle le capteur SGB16 n'est plus sous la garantie du constructeur Dynamax.

La fonction FS1.10 (Génération d'une tension de chauffage) est réalisée autour d'un régulateur à découpage type abaisseur TPS 62240DR (document BAN8) câblé en générateur de tension variable.

La variation de VCH est obtenue par la commande d'un potentiomètre numérique AD5165 à 256 positions, de valeur maximale $100\ k\Omega$ (documents BAN6 et BAN7).

On désire régler VCH entre 2 V et 5,5 V.

- Q12.** Donner le principal avantage d'un régulateur à découpage.

BTS SYSTÈMES ÉLECTRONIQUES – Étude d'un Système Technique		Session 2014
U4.1 – Électronique – Sujet	14SEE4EL1	Page : B2/6

- Q13.** Donner un inconvénient du régulateur à découpage.
- Q14.** Dessiner le schéma électrique équivalent au dipôle situé entre les points G et H du schéma document BAN3 en faisant apparaître le potentiomètre interne au circuit AD5165.
- Q15.** Exprimer R_{GH} en fonction de R_{48} et R_{WA} .
- Q16.** Écrire l'expression littérale de R_{WA} en fonction de R_{AB} , R_W et D .
Préciser les valeurs numériques que peuvent prendre ces grandeurs.
- Q17.** Établir la relation donnant V_{CH} en fonction de R_{46} , R_{GH} et V_{REF} (tension de référence interne au TPS 62240 DRV).
Déterminer la valeur minimale de R_{GH} permettant d'obtenir la valeur maximale de V_{CH} ($V_{CHmax} = 5,5V$).
- Q18.** D'après la documentation du potentiomètre numérique AD5165 (document BAN7), donner la valeur minimale de R_{WA} .
- Q19.** En déduire la valeur minimale de R_{48} correspondant à ces conditions.
Choisir sa valeur normalisée dans la série E96 (document BAN9).

La valeur de l'élément chauffant est indiquée précisément sur chaque capteur et doit être prise en compte afin de maîtriser la quantité de chaleur délivrée à la plante sous test.

Dans notre exemple le capteur choisi présente une résistance de $94,1 \Omega$.

On désire démarrer le capteur avec une puissance $P_{ch} = 0,15 W$.

Une liaison série synchrone permet de fixer la valeur du potentiomètre numérique (document BAN6).

On donne l'expression de D en fonction de V_{CH} :

$$D = 327,9 - \frac{364}{V_{CH} - 0,6}$$

- Q20.** Pour la puissance de démarrage désirée, calculer la valeur de V_{CH} nécessaire.
- Q21.** Calculer la valeur de D permettant d'obtenir $V_{CH} = 3,75 V$.
Exprimer cette valeur en binaire.
Compléter, sur le document réponse page BR4, les chronogrammes des signaux SDI et CS reçus par le potentiomètre numérique.
- Q22.** Pour les valeurs extrêmes de D , calculer les valeurs de V_{CH} correspondantes et les reporter dans le tableau du document réponse page BR4.
- Q23.** Compléter le tableau document réponse page BR4 en déterminant les valeurs de I_{CH} et P_{ch} manquantes.
- Q24.** Conclure quant au risque encouru par le capteur dans le cas le plus défavorable.

PARTIE C : Mesure de la tension de chauffage VCH

Le câble de liaison entre le capteur et la station capteur peut être de longueur supérieure ou égale à 10 mètres pour la mesure de débit de sève.

Cette liaison présente alors une résistance de perte R_p non négligeable dans chaque conducteur, qui, en fonction du courant débité ICH , entraîne une chute de tension ΔV_{CH} pouvant générer une erreur d'évaluation de la puissance P_{ch} délivrée nécessaire au calcul du débit de sève.

La tension aux bornes de l'élément chauffant est prélevée par une paire de fils différente de celle qui l'alimente (voir document BAN3 et schéma Fig 3.2 document BAN5).

Q25. Compléter le schéma électrique équivalent sur le document réponse BR5, en tenant compte de la résistance électrique R_p de chacun des fils utilisés.

Compte tenu des valeurs de $R1$ et de $R56$, la résistance R_p des câbles de mesure peut être négligée, seule la résistance des câbles d'alimentation intervient. Le courant I_{mes} est donc négligeable devant ICH .

Q26. Écrire l'expression de V_{CH_mes} (tension aux bornes de R_{ch}) en fonction de la tension V_{CH} générée et du courant ICH .

La liaison, longue de 10 mètres, est réalisée avec un câble de type AWG 28 7/36 étamé (Tin coating), document BAN9.

Q27. Calculer la valeur numérique de R_p .
Calculer l'écart ΔV_{CH} entre V_{CH_mes} et V_{CH} générée dans le cas où la puissance appliquée est $P_{ch} = 0,25 \text{ W}$ et $R_{ch} = 120 \Omega$.
Conclure quant à l'intérêt d'effectuer la mesure de V_{CH} avec une liaison différente de celle utilisée pour l'alimentation de R_{ch} .

La tension V_{CH_mes} est adaptée par FS1.4 pour être appliquée au convertisseur analogique numérique.

La tension différentielle V_{diff} est convertie sous la forme d'un nombre N_{mes} pour effectuer le calcul de la puissance totale transmise par le capteur.

Dans les questions suivantes, on étudie les caractéristiques du convertisseur analogique numérique intégré au microcontrôleur ATmega16L de chez ATMEL (documents BAN10 et BAN11).

Q28. Donner la résolution du CAN (CAN = convertisseur analogique numérique) intégré à l'ATmega16L.

On désire réaliser la conversion analogique numérique de la tension V_{diff} en mode différentiel (entrées ADC6 et ADC1 du CAN) avec une amplification interne programmable de 1, en utilisant la référence de tension externe AREF de 4,4 V fournie par la fonction FS1.8 et avec un résultat ajusté à droite dans le registre 16 bits ADC.

Q29. Compléter, document réponse BR5, le contenu du registre de configuration ADMUX.

BTS SYSTÈMES ÉLECTRONIQUES – Étude d'un Système Technique		Session 2014
U4.1 – Électronique – Sujet	14SEE4EL1	Page : B4/6

- Q30.** Sachant que le résultat N_{mes} est délivré codé en complément à deux, préciser la plage de variation théorique possible de N_{mes} sur 10 bits et énoncer une méthode simple de détection du signe (positif ou négatif) du résultat N_{mes} .
- Q31.** Exprimer N_{mes} en fonction de A_{REF} (tension de référence externe) et V_{diff} .
- Q32.** Calculer N_{mes} dans le cas où $V_{diff} = 2,5 \text{ V}$.
Exprimer N_{mes} en décimal et en hexadécimal.

PARTIE D : Communication XBEE

Les échanges entre le module radiofréquence XBee document BAN13 et BAN14) et le microcontrôleur ATmega16L d'une station capteur sont réalisés par l'intermédiaire de l'interface série type USART configurée par le programme d'exploitation.

Le mode de fonctionnement « Transparent » des modules XBee retenu équivaut à un simple remplacement d'une liaison série filaire par une liaison série radio, toutes les données présentées en entrée DIN (broche 3) du module émetteur seront reçues et récupérées sur le module XBee récepteur à la sortie DOUT (broche 2) avec les mêmes caractéristiques.

Les données transitent au format ASCII (document BAN15).

La liaison entre l'antenne du module émetteur et l'antenne du module récepteur présente, pour une distance d'éloignement de 100 m, une atténuation totale de 80 dB.

Le module XBee est alimenté en 3,3 V (tension VCC_XBEE).

- Q33.** Le module radiofréquence utilisé est de type XBee (document BAN13). Le module étant configuré en mode « *Boost disabled* », donner la puissance P_e émise en sortie du module.
Calculer en dBm la puissance P_r reçue par le module récepteur pour une distance de 100 m.

- Q34.** Donner la valeur de la sensibilité S_{rec} en réception du module XBee.
Donner la relation entre P_r et S_{rec} permettant d'assurer une bonne qualité de communication entre une station capteur et la centrale.
Conclure sur la qualité de la liaison radiofréquence dans les conditions étudiées.

Le transfert série des données entre la sortie TXD (broche 10, signal DI, entre 0 et 5 V) du microcontrôleur ATmega16L et l'entrée DIN (broche 3 entre 0 et 3,3 V) du module XBee nécessite une adaptation de niveau réalisée par le transistor Q1.

- Q35.** Compléter le tableau document réponse page BR5.

BTS SYSTÈMES ÉLECTRONIQUES – Étude d'un Système Technique		Session 2014
U4.1 – Électronique – Sujet	14SEE4EL1	Page : B5/6

La configuration des modules XBee se réalise en envoyant des commandes AT à 9600 bps au format : 8 bits, pas de parité et 1 bit de stop.

La fonction « configUSART() » permet de configurer les paramètres de la liaison série du microcontrôleur ATmega16L (document BAN12).

Le tableau 69 du document BAN12 donne la valeur (12 bits) à placer dans le registre UBRR, fixant la vitesse de communication.

On donne $F_{osc} = 4 \text{ Mhz}$.

Q36. Compléter sur le document réponse page BR5 la valeur à attribuer au registre UBRR en binaire puis en hexadécimal, fixant la vitesse de communication dans le cas où $U2X = 0$.

Des extraits du programme de gestion d'une station capteur sont fournis sur le document BAN16.

La fonction partielle « configXBee() » permet de programmer le module Xbee. Chaque commande AT est envoyée via la liaison série UART du microcontrôleur au module XBee par la commande en langage C « printf ». Cette commande permet l'envoi de la suite de caractères, codés en ASCII, indiquée dans la commande entre les doubles apostrophes ("...").

Q37. A partir de la lecture de la fonction partielle « configXBee() », encadrer, sur le document réponse page BR6, le module station capteur configuré.

Q38. A partir de la lecture de la fonction partielle « configXBee() » et du document BAN14, déterminer la puissance d'émission programmée pour ce module.

Q39. Pour la ligne de commande « printf("ATWR\r"); //Sauvegarde modifications », donner, en hexadécimal, la suite des octets qui transiteront sur la ligne de transmission série TXD du microcontrôleur.

Remarque : $\backslash r$ = carriage return, valeur 0x0D en ASCII.

Q40. Pour le premier octet transmis par la commande ci-dessus, compléter le chronogramme de DIN document réponse page BR6 (voir document BAN14).

BTS SYSTÈMES ÉLECTRONIQUES – Étude d'un Système Technique		Session 2014
U4.1 – Électronique – Sujet	14SEE4EL1	Page : B6/6