

## 1. Etude convertisseur analogique numérique (CAN ou ADC) de l'ATMega 328P

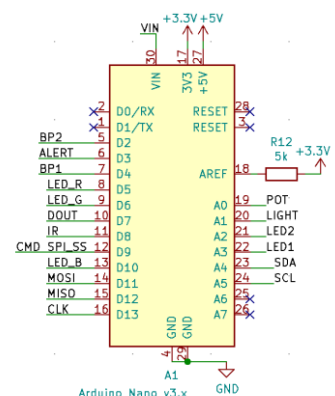
D'après le polycopié sur Moodle répondre aux questions suivantes :

- ✓ Quelle est la résolution du CAN : Combien de voies dispose-t-il ?
- ✓ Quelle est la fonction qui permet de convertir une tension, c.-à-d. de déclencher une conversion sur une voie et d'acquérir le résultat :
- ✓ Avec une tension positive de référence à 5v ( $V_{ref+} = 5v$ ,  $V_{ref-} = GND$  fixe) calculer le quantum, l'écart minimum de tension en entrée qui provoque une variation de 1LSB en sortie. En d'autres termes l'écart de tension minimum décelable en entrée du convertisseur.
- ✓ Quelle est l'instruction qui permet de changer cette valeur de  $V_{ref+}$  ?
- ✓ Que se passe-t-il si cette fonction est utilisée avec l'argument DEFAULT ?
- ✓ Quelles sont les deux autres possibilités, quelles sont à chaque fois les conséquences sur le quantum ?
  - 
  -
- ✓ Pour conclure avec une carte Arduino UNO ou NANO donc un ATMega 328P quelles sont les 3 possibilités pour fixer la tension de référence positive du convertisseur analogique numérique ?
  - 
  - 
  -

## 2. Compréhension du fonctionnement du convertisseur (ADC)

Dans cette partie, on va observer le fonctionnement du convertisseur analogique numérique de l'ATMega 328 et les fonctions Arduino correspondantes.

Sur la carte d'ER S1, deux entrées sont prévues pour fournir des tensions analogiques, la sortie du potentiomètre et la sortie du phototransistor (capteur de luminosité). Les tensions peuvent être comprises entre 0 et 5V. On peut aussi utiliser la carte Arduino Uno Shield du four avec le potentiomètre.



### a. Configuration du convertisseur en « DEFAULT »

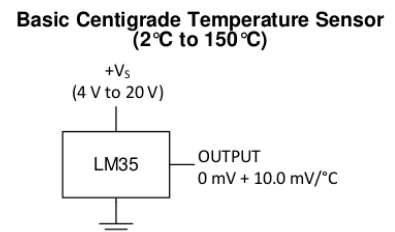
- ✓ Faites un programme sans « delay » qui :
  - Configure le convertisseur en mode « DEFAULT »
  - Fait une acquisition de la tension sur le potentiomètre toutes les 500 ms
  - Envoie sur la liaison série un message du type : « Valeur du potentiometre : xxxx », ou xxxx représente le nombre fourni par le convertisseur quand la valeur change.
- ✓ Régler le potentiomètre en butée (une mesure de chaque côté) et relever à la fois la tension entre la masse et la broche de l'Arduino et le nombre fourni.
- ✓ Régler ensuite le potentiomètre pour que le nombre fourni soit la moitié du nombre maximal et mesurez la tension correspondante.
- ✓ En conclure la valeur du quantum et la tension de référence utilisée par le convertisseur.
- ✓ Modifier le programme pour afficher également un message : « Valeur de la tension du potentiometre = yy.yy V », ou yy.yy représente la tension sur le potentiomètre.

### b. Configuration du convertisseur en « INTERNAL »

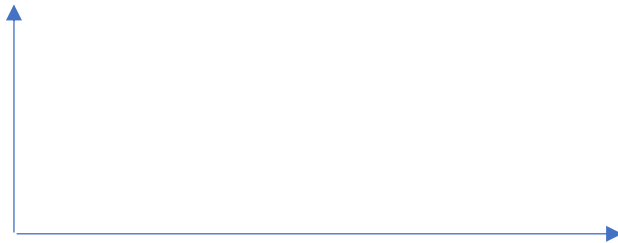
- ✓ Modifier la configuration du convertisseur pour choisir le mode « INTERNAL » et reprendre les mêmes mesures que précédemment.
- ✓ Quelles sont les nouvelles valeurs du quantum et de la tension de référence ?
- ✓ Modifier le programme pour que l'indication de la tension soit cohérente.

## 3. Etude du capteur de température LM35dz

En Annexe, on trouve un extrait de la documentation technique du capteur permettant de répondre aux questions suivantes. On utilisera le capteur avec le montage ci-contre (températures positives uniquement).



- ✓ Si on considère que la sensibilité d'un capteur représente la tension en fonction de la température, quelle est la sensibilité du capteur ?
- ✓ Le LM35dz est un capteur de température qui possède une caractéristique linéaire, justifiez !
- ✓ En quoi cette caractéristique permet-elle de facilement acquérir la température mesurée ? Comparer avec le télémètre IR utilisé en E&R.
- ✓ Tracer la caractéristique tension =  $f(\text{température } ^\circ\text{C})$



## 4. Acquisition d'une température avec le LM35dz

On travaillera ici avec une carte Arduino Nano avec le four et le Shield adapté.

- ✓ Ecrire le programme qui permet de convertir en continue l'entrée *temp* sur laquelle est câblée un LM35dz, on utilisera une tension de référence positive de 5v
- ✓ Modifier le code précédent de telle sorte à obtenir la température en degré Celcius !
- ✓ Dans ces conditions, quelle est la plus petite variation de température décelable, en d'autres termes, quelle est la plus petite variation de température qui corresponde à une variation de 1LSB convertie ?
- ✓ On utilise ce capteur dans les conditions suivantes, température positive et inférieure à 100°C. Que pouvons-nous faire pour améliorer simplement la résolution de la mesure c'est à dire faire en sorte de diminuer la plus petite variation de température décelable ?
- ✓ Avec cette solution quelle est cette plus petite variation de température décelable
- ✓ Ecrire le code correspondant !

## 5. Contrôle commande d'un four

Le but de cette manipulation est de commander une maquette représentant un four industriel entrant dans le processus de peinture de pièces métalliques. La commande du four devra permettre de respecter des profils de montée et descente en températures pré définis.

La maquette est composée des éléments suivants :

Capteurs :

- LM35 DZ, capteur de température analogique
- TC 74, capteur de température numérique sur bus I<sup>2</sup>C

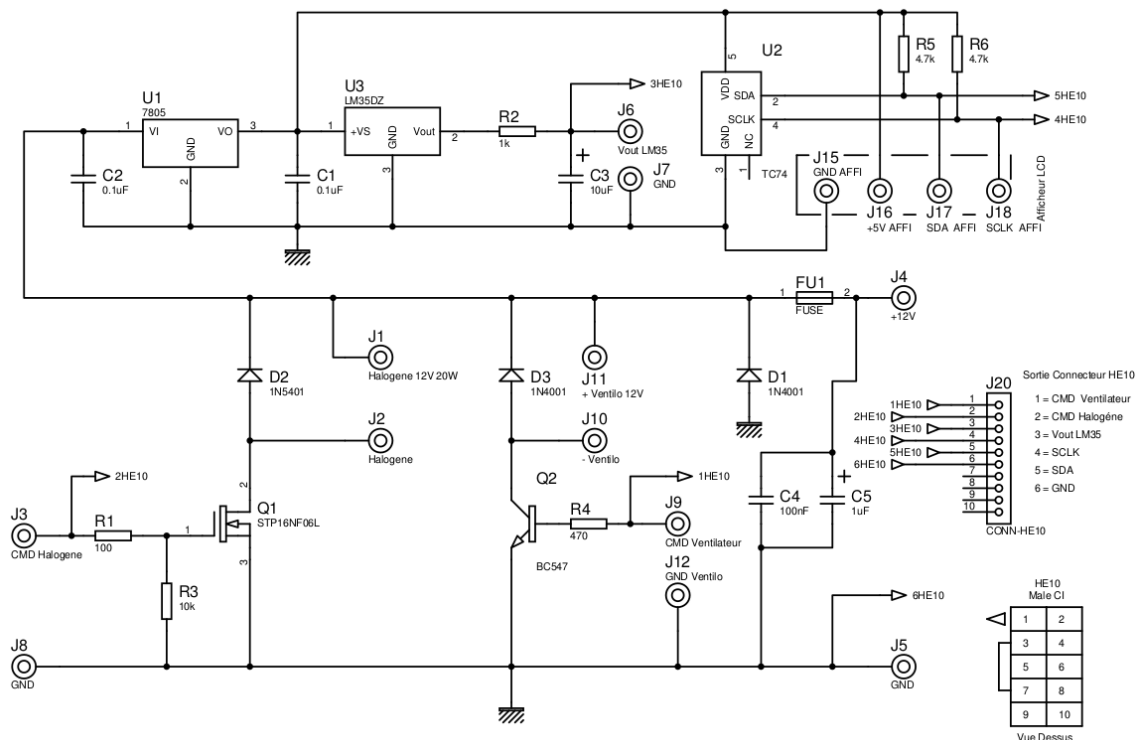
Actionneurs :

- Lampe halogène 12V, 20W
- Ventilateur 12V
- Ecran LCD sur bus I<sup>2</sup>C

### a. Etude du schéma électrique

Sur le schéma électrique de l'ensemble du four :

- ✓ Représenter la lampe halogène et le ventilateur.
- ✓ Isoler les capteur/codeur de température et l'écran LCD
- ✓ Pour la commande de la lampe halogène, définir le rôle des composants Q1, D2, R1 et R3
- ✓ Caractériser le signal de commande sur J3
- ✓ Pour la commande du ventilateur, définir le rôle des composants Q2, D3 et R4
- ✓ Caractériser le signal de commande sur J9
- ✓ Quel est le rôle de U1, pourquoi on pourrait s'en passer ?
- ✓ Justifier l'association de R2 et C3
- ✓ Quel est le rôle du composant Fu1 ? D1 protège le circuit contre quoi ?
- ✓ R5 et R6 s'appellent comment ? Quel est leur rôle ?



### b. Commande du four en boucle ouverte

**Attention, en boucle ouverte il n'y pas de contrôle sur la température du four. Veillez à ne pas dépasser 120°C sous peine de détruire le capteur de température !**

#### ➤ Commande en tout ou rien

- ✓ Allumer l'ampoule pendant quelques secondes !
- ✓ En tenant compte de la sensibilité du capteur de température LM35 dz afficher la température sur le moniteur série et/ou l'écran LCD.
- ✓ Commander l'éclairage de la lampe avec le moniteur série avec une commande du type 'lamp ON' et 'lamp OFF'.
- ✓ Afficher la température sur le traceur série !

Astuce : Pour éviter la mise à l'échelle automatique afficher aussi les extrémums de températures 0 et 120°C à chaque boucle temporisée.

### ➤ Commande en dent de scie

- ✓ En utilisant une PWM, réaliser une commande en dent de scie entre 0 et 100% de la lampe. Chaque cycle de chauffe devra durer 5 secondes.
- ✓ Représenter la commande et la température sur le traceur série.
- ✓ Commander l'éclairement de la lampe depuis le moniteur série avec une commande du type 'lampe=35%'.
- ✓ Commander l'éclairement de la lampe avec le potentiomètre du Shield. 5V donne 100% d'éclairement donc de chauffe !

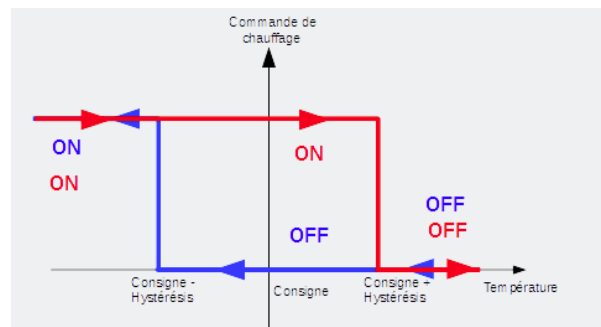
### c. Contrôle du four en boucle fermée

Dans cette partie l'opérateur donne une consigne en température comprise entre la température ambiante et 100°C. C'est votre programme qui calcule la valeur de la commande de la lampe.

#### ➤ Contrôle en tout ou rien avec hystérésis

On prend une valeur d'hystérésis fixée à 5°C. La consigne en température est donnée à l'aide du potentiomètre, 5V représente 100°C.

- ✓ Coder la commande TOR avec hystérésis.
- ✓ Représenter sur le traceur série, la consigne et la température relevée.



#### ➤ Contrôle avec régulation proportionnelle

La lampe est toujours commandée en PWM. Sa valeur est proportionnelle à l'écart calculé entre la température mesurée et la consigne (écart = consigne - mesure).

- ✓ Coder l'algorithme suivant :

*Répéter toutes les 250 ms*

*Acquérir la consigne*

*Acquérir la température*

*Ecart = consigne - température*

*Commande = Ecart \* 10*

*#On prend un gain de 10*

*Si commande > 100 alors commande = 100*

*Si commande < 0 alors commande = 0*

*PWM = Commande.*

Astuce : pensez à utiliser la fonction « constrain » pour coder les deux alternatives simples !

La consigne en température est donnée à l'aide du potentiomètre, 5V représente 100°C.

Représenter sur le traceur série, la consigne, la température relevée et l'écart calculé.

#### ➤ Contrôle avec régulation proportionnelle et gestion du refroidissement

Pour réguler ce processus il n'est pas nécessaire d'actionner le ventilateur, il suffit de moins ou de ne plus chauffer pour que naturellement la température baisse.

Cependant, on peut vouloir accélérer le refroidissement dans le cas où la consigne est très inférieure à la température.

- ✓ Ajouter au programme précédant la fonction suivante :
  - Si la consigne est inférieure à la température moins 5 degrés (si l'écart est inférieur à -5) alors le ventilateur se met en route.
- ✓ Représenter sur le traceur série, la consigne, la température relevée et l'écart calculé.