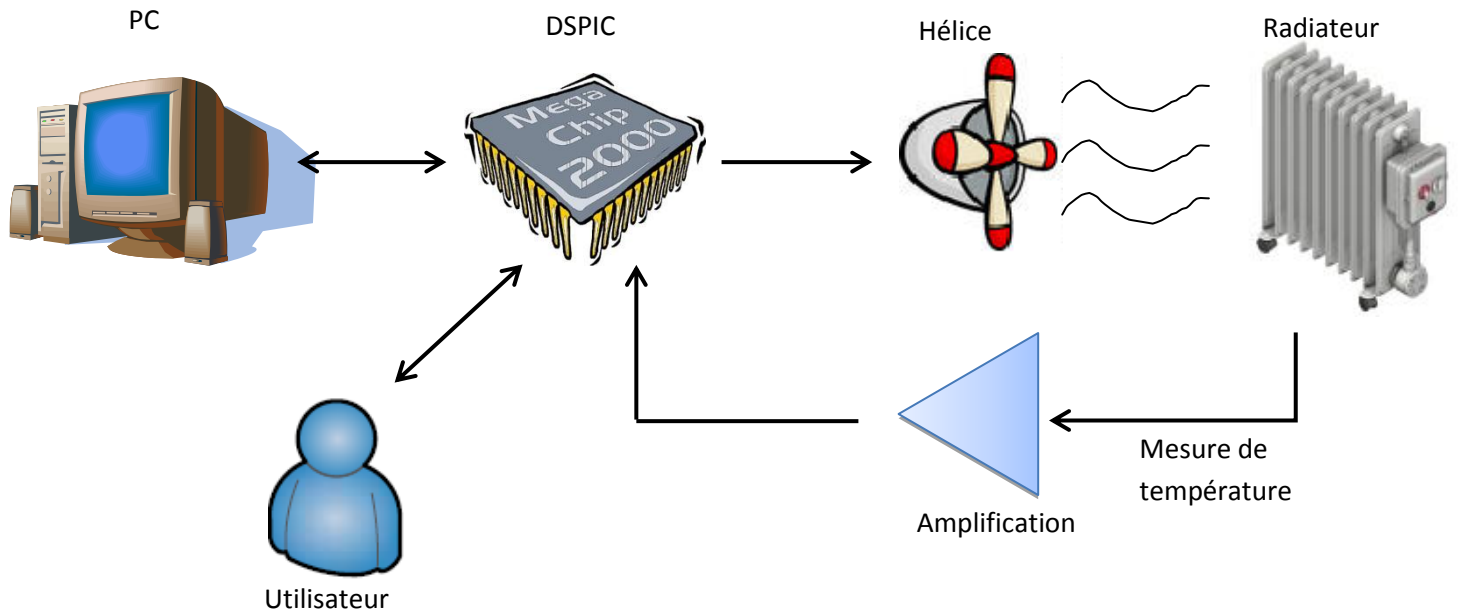


Projet : Conception d'une régulation de refroidissement

Introduction

Le but de ce projet est de réaliser un système de contrôle de la température analogue à celui que l'on trouve dans les ordinateurs portables.: grâce au courant d'air généré par un ventilateur à vitesse variable, on maintient la température du refroidisseur du processeur dans des limites imposées et ce malgré des variations dans la puissance du processeur liées à sa charge de calcul.



Dans ce projet vous disposerez de :

- La carte à microcontrôleur DSPIC du labo
- Une hélice entraînée par un moteur à courant continu qui joue le rôle de ventilateur
- Une résistance chauffante montée sur un refroidisseur incarnant le processeur qui dissipe de la puissance
- Une sonde de température
- Un clavier
- Un écran LCD

- Une connexion série avec un ordinateur permettant une interface homme-machine plus ergonomique que le clavier du dsPIC

Cahier des charges

Le projet étant relativement complexe, nous allons décrire les différentes demandes.

Afin de contrôler la température de la pièce chauffante, vous serez amenés à faire tourner une hélice à vitesse variable. Pour ce faire, vous devrez faire varier la tension d'alimentation délivrée au moteur de l'hélice.

Comme lors des laboratoires d'électronique appliquée, ce moteur est alimenté par un amplificateur de puissance commandé par une onde carrée de type PWM (voir plus loin), et il sera dès lors nécessaire de concevoir un système capable de générer des ondes carrées réglables à volonté. La période de l'onde carrée devra être courte par rapport à la constante mécanique du moteur (la vitesse du moteur doit être pratiquement constante lors d'une période de la PWM)

En mesurant la température de la résistance chauffante, vous pourrez ajuster la vitesse du moteur en réalisant une boucle de régulation numérique au sein de votre programme. Cette régulation pourra ici être très simple (un simple régulateur proportionnel), mais rien ne vous empêche de concevoir une boucle plus complexe si vous le désirez.

En régime, l'erreur sur la température devra être inférieure à un degré Celsius

La mesure de température est réalisée au moyen d'une résistance de platine du type Pt100. La résistance de ce composant varie linéairement avec la température selon la loi

$$R(T) = 100\Omega + \alpha T$$

Où $\alpha = 0.385 \Omega/^{\circ}\text{C}$ et la température est exprimée en degrés Celsius. En faisant passer un courant constant à travers la résistance, nous obtenons une différence de potentiel variable avec la température. A l'aide d'un amplificateur différentiel, vous serez amenés à conditionner cette tension avant de pouvoir la numériser. Le circuit de mesure complet est décrit plus loin.

Nous supposons que la température ne dépassera pas 45°C

Un utilisateur devra pouvoir interagir avec le comportement de l'ensemble à travers deux interfaces.

La première de ces interfaces est l'ensemble clavier + écran LCD présents sur la carte de développement. Votre fonction de gestion du clavier permettra de transformer une séquence de touches en commandes pour votre système :

- Touche 'A' + deux chiffres : changement de la température de commande. Exemple : « A23 » pour fixer la température voulue à 23°C
- Touche 'B' + 4 chiffres : changement de la période d'échantillonnage. La période est en milliseconde. Exemple : « B0250 » pour fixer la période à 250ms. Votre système devra accepter des périodes allant de 1ms à 1s.

- La touche 'F' sert à entrer définitivement la commande. Avant d'appuyer sur cette touche, la séquence entrée doit être affichée sur l'écran LCD, mais ne doit avoir aucun effet
- La touche 'C' permet de supprimer le dernier caractère entré
- La touche 'D' annule la saisie de caractères

En temps normal, la température sera affichée sur l'écran LCD et sera rafraîchie toutes les secondes. Le format d'affichage est le suivant : « 23.4C »

La seconde interface est la communication série entre un ordinateur et la carte. En programmant le module UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) du DSPIC, vous serez à même de réaliser une connexion RS-232 entre les deux éléments. Côté PC, vous devrez ouvrir un terminal et le configurer avec les mêmes paramètres que le microcontrôleur. Cela vous donnera une fenêtre permettant d'émettre des caractères et d'en recevoir. Votre microcontrôleur devra comprendre les chaînes de caractères suivantes :

- Caractère 'A' + deux chiffres : changement de la température de commande. Exemple : « A23 » pour fixer la température voulue à 23°C
- Caractère 'B' + 4 chiffres : changement de la période d'échantillonnage. La période est en milliseconde. Exemple : « B0250 » pour fixer la période à 250ms. Votre système devra accepter des périodes allant de 1ms à 1s.
- Caractère 'G' : affichage de la dernière température mesurée. Le μ C devra alors répondre sur le port série en envoyant la mesure sous la forme d'une chaîne du type « 23.4°C »
- En appuyant sur Enter, la commande sera confirmée. Cela correspond au caractère '\r' suivi de '\n'.
- Si votre chaîne de caractères se termine par 'C', la commande ne devra pas être prise en compte par le DSPIC
- Dans tous les cas, le DSPIC devra confirmer la réception du caractère reçu en le renvoyant vers le terminal (mode "écho")

La communication devra suivre le format de données suivant :

- Baudrate : 19200 bits/s
- Bits de données : 8
- Pas de bit de parité
- Un seul stop bit
- Par de contrôle de flux

Mode opératoire

Avant d'entamer un projet de cette envergure, il vous sera nécessaire de bien réfléchir à l'ordre de vos actions.

Il est fortement conseillé de commencer par réinterpréter le cahier des charges sous forme de schéma bloc fonctionnel comprenant les fonctions de base du projet. Par chacune de ces fonctionnalités, isolez les périphériques à utiliser et réalisez un schéma de principe de votre algorithme.

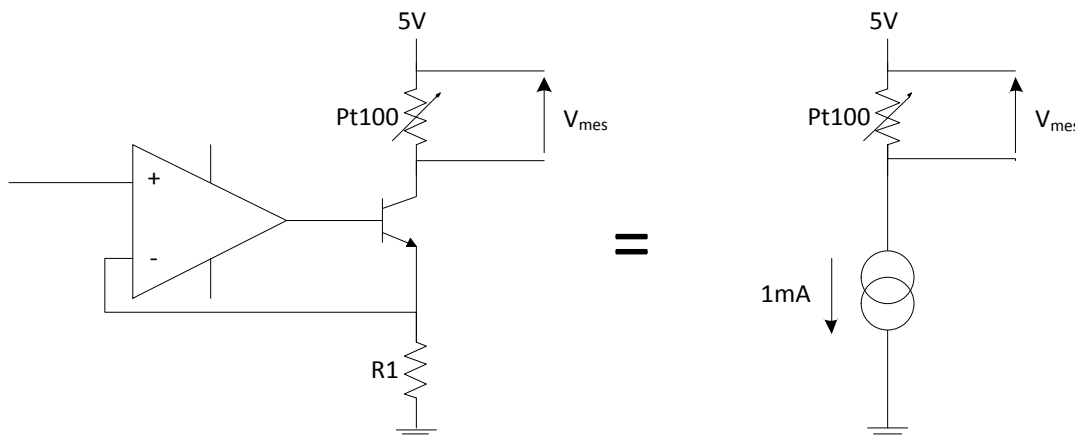
Une fois ce travail préparatoire terminé, attaquez le projet bloc par bloc. Commencez par une fonctionnalité simple comme la commande en vitesse de l'hélice et ajoutez ensuite le reste du projet petit à petit.

Ne réalisez pas de programme trop spécifique à une fonctionnalité : rappelez-vous que les différentes parties de votre algorithme devront dialoguer entre elles. A ce titre, il est avantageux de directement réaliser les interfaces des blocs à réaliser. Par exemple, pensez à prévoir une fonction permettant de modifier simplement la vitesse de l'hélice, car vous en aurez besoin plus tard.

L'objectif premier du projet est que vous arriviez à programmer un système tout en comprenant bien le programme que vous réalisez : inutile d'aller trop vite !

Mesure de la température

Comme dit précédemment, la mesure de température est réalisée au moyen d'une résistance de platine traversée par un courant continu de 1mA. Le schéma électronique est donné ci-dessous.



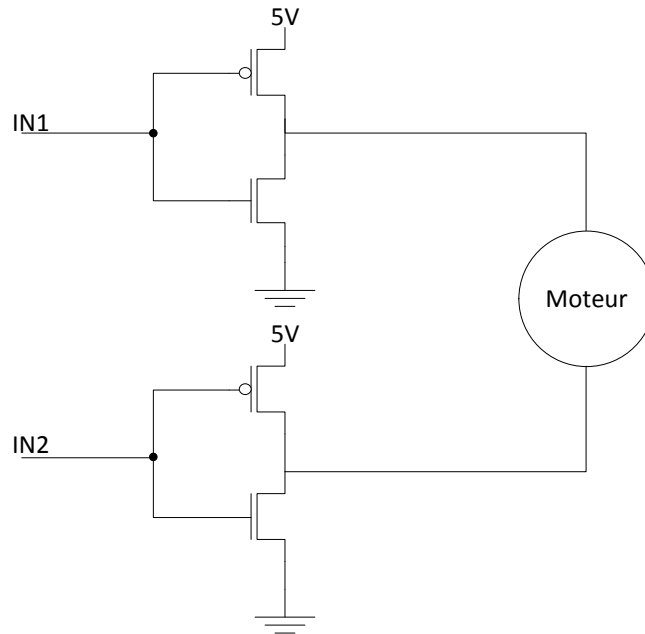
L'ensemble ampli-op + transistor peut être vu comme une source de courant contrôlable : en imposant la tension sur la résistance R1 par le zéro virtuel de l'ampli-op, nous fixons en même temps le courant à travers le transistor. Ce courant circule ensuite dans la sonde Pt100, ce qui provoque l'apparition à ses bornes d'une tension variant linéairement avec la température.

Cette mesure présente deux défauts : non seulement elle n'est pas référencée à la masse, mais en plus elle est de faible amplitude. Nous allons dès lors utiliser un amplificateur différentiel chargé d'amplifier la différence de potentiel aux bornes de la résistance, tout en atténuant fortement la tension de mode commun d'environ 5V.

A l'aide d'un amplificateur AD623 dont la notice se trouve ci-après, vous devrez réaliser sur protoboard le montage permettant de récupérer la tension et de l'adapter aux niveaux d'entrée du convertisseur analogique-numérique du DSPIC (0V – 3.3V).

Le circuit d'alimentation de l'hélice

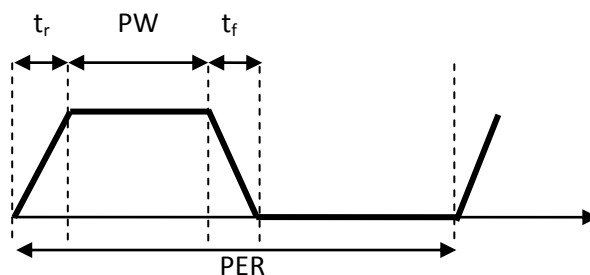
Le DSPIC n'est pas suffisamment puissant pour alimenter un moteur. Comme c'était le cas pour l'amplificateur audio, nous devons ajouter un circuit d'amplification de puissance (une extension de la catégorie *buffers* vue au cours). Cette fois, nous allons utiliser un amplificateur à commutation, ce qui signifie qu'il fournit à sa sortie une onde carrée et non un signal continu. Son schéma de principe est tracé ci-dessous.



Chaque branche du convertisseur peut être vue comme un inverseur à MOS lorsque la commande d'une branche est à l'état haut, le transistor du bas est rendu passant alors celui du haut de la branche est coupé. La différence par rapport aux circuits logiques classiques est que les transistors sont ici capables de fournir des courants nettement plus élevés.

L'avantage de ce système par rapport à une amplification classique est qu'il possède un rendement élevé. En première approximation, aucune puissance n'est dissipée dans les interrupteurs, ce qui implique que le rendement de l'alimentation est proche de 100%. Une entrée supplémentaire, nommée INHIB, permet de désactiver l'alimentation en forçant 0V sur les deux pattes de sortie quel que soit l'état des entrées.

La commande de l'amplificateur de puissance se fait à l'aide d'une onde carrée. Diverses définitions sont associées à ce type de signal :



Les différents temps caractéristiques sont les suivants :

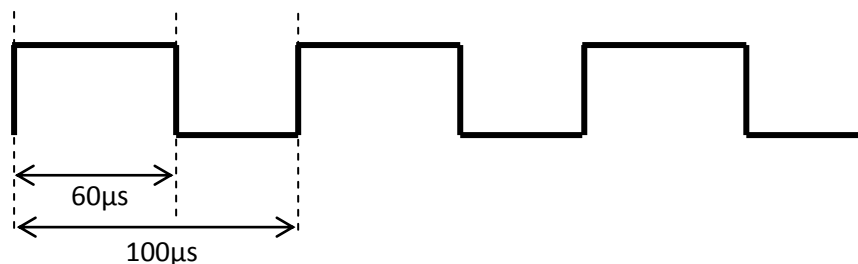
- PW (Pulse Width) est la durée de l'état haut
- PER est la période du signal
- t_r (rising time) est le temps de montée
- t_f (falling time) est le temps de descente

Dans la majorité des cas, y compris ici, les temps de montée et de descente sont négligeables.

Une autre caractéristique du signal est son *rapport cyclique* : il est défini comme $D = \frac{PW}{PER}$ et correspond à la proportion du temps passée à l'état haut.

La commande PWM (Pulse Width Modulation) consiste à envoyer à un circuit de puissance une onde carrée de période constante. Il suffit dès lors de modifier le rapport cyclique pour moduler la valeur moyenne du signal.

Dans le cas de notre ampli de puissance, cela correspond à la tension moyenne imposée aux bornes du moteur. Prenons par exemple le signal de commande sortant du PIC suivant :



Ce signal est imposé sur la borne IN1 du moteur, IN2 étant connectée à la masse (V- est donc en permanence connectée à la masse)

La période est de $100\mu s$ et le rapport cyclique de 60%, et. Lorsque la commande est à l'état haut, V- est connectée à la masse et le convertisseur impose 5V aux bornes du moteur. Dans le cas contraire, la ddp est de 0V. La tension moyenne est donc de $0.6 \cdot 5V = 3V$.

En jouant sur le rapport cyclique, vous pourrez faire varier la vitesse de l'hélice. C'est donc cette grandeur qui devra sortir de votre régulateur. Le DSPIC intègre un périphérique permettant de générer des ondes PWM : il suffit de définir sa période et d'ensuite modifier un registre spécifique pour modifier la durée de l'état haut.