

Débuter avec Arduino

Application capteur de température

1 – Thermomètre sur liaison série



Objectifs : Être capable de développer des applications simples sur un module Arduino. L'étude s'appuie sur une application de mesure de température.

1. Présentation

Arduino est une carte électronique et un environnement logiciel qui permettent de développer très rapidement des applications logicielles et matérielles.

Arduino est très pratique pour effectuer du prototypage électronique : développer très rapidement et à coût réduit une application électronique réalisable en un ou quelques exemplaires.

Le logiciel et le matériel associés à Arduino sont libres : les schémas et logiciels peuvent être exploités sans payer de droits – mais sous certaines conditions. L'outil de développement est gratuit et libre.

Pour en savoir plus sur Arduino, se reporter au document : « C'est quoi Arduino ? » sur le serveur.

Sur internet, vous trouverez des tutoriels très bien faits comme :

Initiation à la mise en oeuvre matérielle et logicielle de l'**Arduino**
<http://www.craslab.org/arduino/LivretArduinoFr06.pdf>

Pensez aussi au site Arduino :
<http://www.arduino.cc/>

Et à sa version française :
<http://www.arduino.cc/fr/>

Le but de ces TP est de vous présenter les possibilités d'Arduino et vous montrer comment on peut très simplement réaliser rapidement et facilement une application électronique.

2. Le contexte : mesure de température

Présentation de l'application

La découverte et la mise en œuvre d'Arduino vont se faire ici sur une application de mesure de température très simple : un capteur de température « basique » est interfacé au module Arduino et celui-ci doit afficher la valeur de la température.

Le (micro) cahier des charges est le suivant :

But de la maquette : afficher la température ambiante.

Caractéristiques :

Gamme de température = -20 à 50 °C

Précision $\leq 1^\circ\text{C}$

Capteur imposé = CTN 4,7 k Ω

Après une phase de modélisation, nous mettrons en œuvre plusieurs maquettes utilisant la carte Arduino uno.

Le capteur de température.

La structure retenue utilise une thermistance CTN (à coefficient de température négatif).

La valeur de la résistance diminue lorsque la température augmente.

La relation théorique liant la température à la résistance est la suivante :

$$R = R_0 e^{B\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right)}$$

Attention : les températures sont ici exprimées en K.

$R_0 = 4,7\text{k}\Omega$ à $T_0 = 25^\circ\text{C}$ soit 298,15 K

$B = 3980$ K



Thermistance CTN

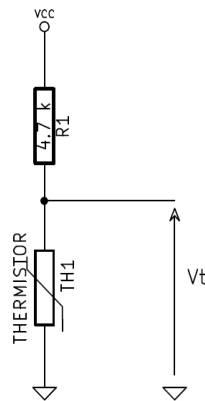
Dans notre application, les bandes de couleurs sont jaune, violet, rouge.



Modélisation- travail sur tableur

! Les 3 premières questions ont été déjà traitées au cours du TP « tableur ».

Le schéma structurel choisi pour le capteur est le suivant :



Remarques :

Il a été choisi de mettre la thermistance avec une borne à la masse pour des raisons de sécurité électrique : si on déporte la résistance, on ne risque pas de faire un court-circuit sur l'alimentation.

La valeur de $R1$ a été choisie égale à $4,7k\Omega$ pour avoir $V_T = V_{CC}/2$ à la température ambiante mais ce n'est pas la valeur optimale pour linéariser la caractéristique Tension-température (bien que cela reste du même ordre de grandeur). Pour plus d'info :

<http://www.univ-brest.fr/lpo/instrumentation/05.htm>

Q.1) Exprimer V_t , tension fournie par le capteur en fonction de V_{cc} , $R1$ et R_{TH} , résistance de la thermistance.

Q.2) Sans faire de calcul mais avec un raisonnement qualitatif, déterminer le sens de variation de V_t lorsque $T^\circ C$ varie.

Q.3) A l'aide d'un tableur, calculer V_t en fonction de $T(^\circ C)$ pour $T = -20^\circ C$ à $50^\circ C$ par pas de 5° .

Nous allons maintenant établir une relation permettant de déterminer la température à partir de la mesure de V_t .

Q.4) Tracer à l'aide du tableur, la caractéristique du capteur $T^\circ C = f(V_t)$.

Q.5) A l'aide du tableur, déterminer un modèle linéaire de cette courbe. Pour cela vous utiliserez la fonction « Insérer une courbe de tendance ». Noter l'équation de cette droite.

Q.6) Représenter sur le même graphe la courbe réelle et le modèle linéaire. Déterminer l'erreur maximale sur la plage de température. Le modèle linéaire permet-il de respecter le cahier des charges ? (Précision $\leq 1^\circ\text{C}$).

Q.7) Déterminer un modèle polynomial du second degré pour la caractéristique $T^\circ\text{C}(Vt)$. Relever l'équation associée et calculer l'erreur maximale sur la plage de température. Le modèle du second degré permet-il de respecter le cahier des charges ? (Précision $\leq 1^\circ\text{C}$).

Q.8) Déterminer un modèle polynomial du troisième degré pour la caractéristique $T^\circ\text{C}(Vt)$. Relever l'équation associée et calculer l'erreur maximale sur la plage de température. Le modèle du troisième degré permet-il de respecter le cahier des charges ? (Précision $\leq 1^\circ\text{C}$).

Q.9) Justifier le choix d'une fonction du troisième degré plutôt qu'une fonction du deuxième degré

Synthèse

L'équation $T_{\text{c}} = f(Vt)$ est donné par la relation :

$$T_{(\text{c})} = a.Vt^3 + b.Vt^2 + c.Vt + d$$

Relever les valeurs de a, b, c, d

$$\begin{aligned} a &= && (\text{ }^\circ\text{C} / \text{V}^3) \\ b &= && (\text{ }^\circ\text{C} / \text{V}^2) \\ c &= && (\text{ }^\circ\text{C} / \text{V}) \\ d &= && (\text{ }^\circ\text{C}) \end{aligned}$$

3. Prise en main du module Arduino



Expérimentation

Au cours de cette phase, vous allez (si nécessaire, télécharger le logiciel Arduino sur le serveur et l'installer), connecter votre module Arduino uno au PC et charger le programme (sketch) permettant de faire clignoter la led présente sur la carte.

Vous trouverez ce programme (sketch) dans File → Exemples → Basics → Blink.

Ne pas hésiter à consulter l'aide en ligne. Il existe aussi un site Arduino en français qui n'est pas toujours à jour mais qui pourra vous aider !

Q.10) Charger le programme sur votre Arduino uno et vérifier que celui-ci fonctionne de manière autonome (avec alimentation extérieure).

4. Mini-projet Arduino n°1 : Thermomètre sur liaison série

Modification du programme exemple



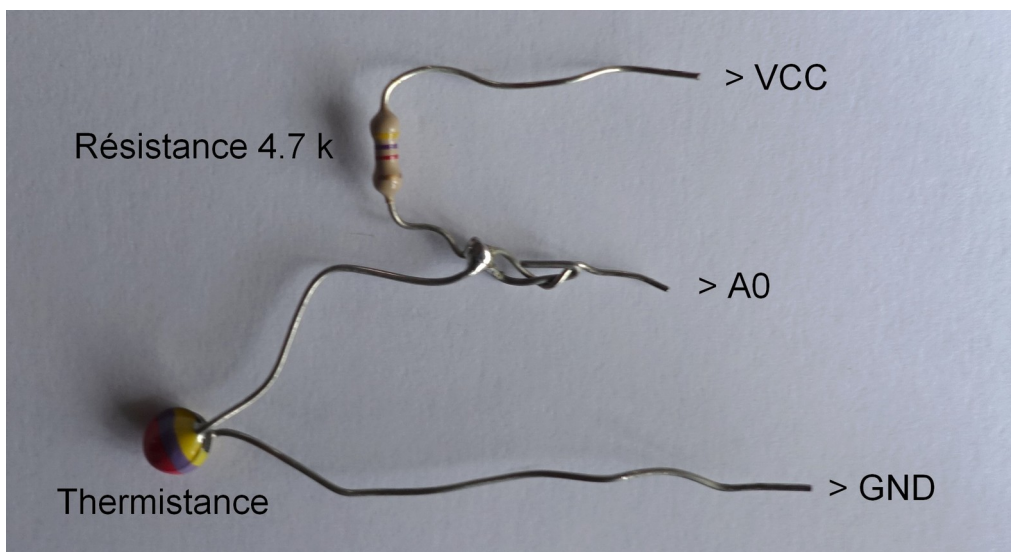
Expérimentation

Un capteur associant la thermistance et la résistance de 4,7kΩ vous est fourni. Mettre en place le capteur réalisé dans les bornes du connecteur Arduino en respectant le câblage suivant (voir photo).

Electrode « libre » de R 4,7kΩ reliée à Vcc

Electrode « libre » de la thermistance 4,7kΩ reliée à GND

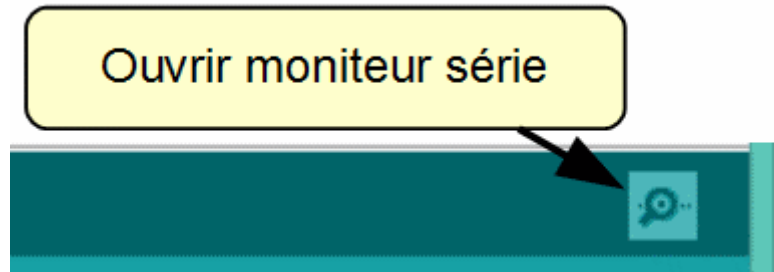
Point commun thermistance et résistance reliée à A0.



Q.11) Alimenter la carte et vérifier au multimètre la présence d'une tension voisine de 2,5V sur A0 lorsque le module Arduino uno est alimenté à la température ambiante.

Charger maintenant le programme Analog read serial. Ce programme permet de lire la tension présente sur l'entrée analogique A0 et renvoie l'information sur le moniteur série.

Le moniteur série est accessible à partir de la touche suivante :



Q.12) Observer l'information représentée par la variable sensorValue et envoyée sur le moniteur série. Vérifier que celle-ci évolue dans le bon sens lorsque l'on chauffe la thermistance (en la prenant dans vos doigts).

Pour répondre à la question suivante, vous pouvez débrancher VCC ou GND du capteur.

Q.13) Déterminer par manipulation les valeurs de sensorValue si $V_T = 0V$ et si $V_T = 5V$?

Analyser la documentation de l'instruction analogRead() dans l'aide du logiciel Arduino. Vérifier que le résultat obtenu par la manipulation est conforme.

Q.14) En déduire la relation entre sensorValue et V_T .

Nous allons maintenant calculer V_t . Attention V_t est un réel et doit être déclaré comme tel (float). De même sensorValue devra être converti en réel avant la division. Ne pas hésiter à utiliser l'aide en ligne, en particulier, on regardera les définitions des fonctions float, serialprintln, etc..., référence du langage Arduino accessible par Help puis reference.

Q.15) Modifier le programme afin que celui ci calcule la valeur de V_t et l'envoie sur le moniteur. L'enregistrer sous le nom TP1A.

Q.16) Modifier maintenant le programme pour afficher en plus de V_t , la température en degré celsius en vous aidant de la relation polynomiale du 3eme degré déterminée lors de l'étude du capteur. L'enregistrer sous le nom TP1B.

Q.17) Pour finir, modifier le programme pour afficher le résultat conformément à la ligne suivante. L'enregistrer sous le nom TP1C.

$N = (\text{valeur de sensorValue}) \text{ --- } V_t = (\text{valeur de } V_t) \text{ --- } T = (\text{valeur de } T)$

en effectuant une pause de 1 s entre deux mesures.

On pourra regarder la différence entre les fonctions Serial.print et Serial.println.

Q.18) Vérifier que le module fonctionne avec hyperterminal que vous aurez correctement configuré.



Modification du programme

Q.19) Modifier votre programme pour, en plus, faire allumer la led L du module Arduino accessible par la broche 13 lorsque la température est supérieure ou égale à 30°. cette led doit s'éteindre lorsque la température redescend en dessous de 30°C. Enregistrer le programme sous TP1D.

On pourra s'inspirer de l'exemple avec la led clignotante (blink).

Nous allons maintenant utiliser une sortie « analogique » du module Arduino à l'aide de l'instruction `analogWrite()`, il s'agit en fait d'une sortie PWM ou (MLI) en Français.

Q.20) Rechercher et expliquer le fonctionnement de cette instruction.

Q.21) Modifier une dernière fois le programme pour sortir l'information température sur une sortie analogique (PWM). La tension de sortie doit avoir un rapport cyclique nul pour $T = 0^{\circ}\text{C}$ et un rapport cyclique de 100% pour 50°C . Enregistrer le programme sous TP1E.

Q.22) Effectuer la mesure à l'oscilloscope, déterminer la fréquence du PWM et vérifier que le rapport cyclique est conforme à la mesure de la température ambiante.

Vous devez maintenant être à l'aise avec Arduino, pour les expériences suivantes, vous agirez plus en autonomie !