



Réalisation d'un régulateur de température pour un réfrigérateur

GOUJON Benoît
GALAND Brice
2^{ème} année groupe P2
Promotion 2011-2013

Enseignant :
Thierry LEQUEU
Charles GLIKSOHN

Université François-Rabelais de Tours
Institut Universitaire de Technologie de Tours
Département Génie Électrique et Informatique Industrielle



Réalisation d'un régulateur de température pour un réfrigérateur

Études et réalisation

GOUJON Benoît
GALAND Brice
2^{ème} année groupe P2
Promotion 2011-2013

Enseignant :
Thierry LEQUEU
Charles GLIKSOHN

Sommaire

Introduction.....	4
1.Le microcontrôleur.....	5
1.1.Sa composition et son histoire.....	5
1.2.Son utilisation.....	6
2.La régulation.....	7
2.1.Le réfrigérateur.....	7
2.2.Une solution.....	7
2.3.Les problèmes rencontrés.....	12
Conclusion.....	13
Résumé.....	14
Bibliographie.....	15
Index des mots clefs.....	16
Index des tables.....	17
Index des illustrations.....	18
Annexes.....	19

Introduction

Etant l'appareil le plus commun dans tous les foyers, le principe du réfrigérateur est apparu en 1876 inventé par Carl Von Linde, mais son utilisation ne débuta véritablement en Europe que vers 1935.

Avant sa création, il était plus courant d'utiliser le froid naturel pour conserver des aliments. Plus communément appelé «frigo», le réfrigérateur est l'abrégié de la marque américaine frigidaire déposée en 1922. Une attention particulière doit être portée sur une température constante et sa surveillance requiert d'être disponible. La problématique sera donc : Comment pouvons-nous garder la même température sans avoir besoin d'intervenir.

Nous présenterons dans la première partie le microcontrôleur, sa création ainsi que l'utilisation que nous en ferons; dans la seconde partie nous traiterons de la régulation de la température du réfrigérateur avec une présentation du problème, des solutions trouvées et enfin des problèmes rencontrés.

1. Le microcontrôleur

1.1. Sa composition et son histoire

Propulsé dans les années 1970 et plus précisément en 1974 par Texas Instruments, le premier microcontrôleur à 4 bits voit le jour. Un microcontrôleur est une puce intégrant à la fois un processeur, de la mémoire vive RAM (Random Access Memory) dans laquelle le processeur place les données lors de ces multiples traitements. Ces caractéristiques sont diverses comme par exemple sa rapidité d'accès essentielle pour fournir rapidement les données au processeur, ou encore sa volatilité qui implique que toutes les données de cette mémoire sont perdues dès que le microcontrôleur cesse d'être alimenté en électricité. On trouve également de la mémoire ROM (Read-Only Memory), cette dernière contient le code du programme. Enfin, on trouve une technologie servant à la gestion des entrées et des sorties. Concrètement ce regroupement d'éléments permet de réaliser une unité indépendante et autonome avec un seul composant principal, donc dorénavant nous l'appellerons circuit intégré ou microcontrôleur.

Étant un appareil très complexe, il ne sera pas forcément aisé à utiliser. En effet le langage de communication est loin d'être proche du nôtre. Alors qu'il serait évident pour nous de rentrer de simples lignes de commandes compréhensibles pour tous, c'est l'inverse. Du fait que les microcontrôleurs soient utilisés dans le monde entier, il a donc fallu mettre en place un langage standardisé le langage C fut adopté pour les programmer. Étant un langage compréhensible pour l'homme, il faudra encore une étape pour que le microcontrôleur exécute de manière complètement compréhensible pour lui les lignes de commandes que nous lui avons ordonnées. Cette dernière étape s'appelle la compilation, elle est réalisée le plus souvent à l'aide d'un compilateur se trouvant avec l'environnement de programmation. A ce niveau là, le langage une fois compilé n'est plus du tout compréhensible pour l'utilisateur, seul le processeur pourra le comprendre car il se résume de 0 et de 1.

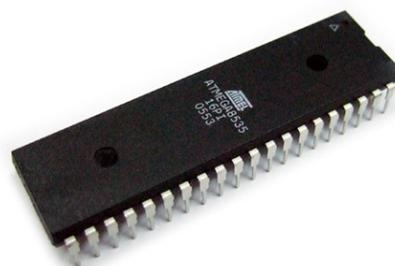


Illustration 1: Microcontrôleur ATmega8535 de la famille Atmel (source internet)

1.2. Son utilisation

Les microcontrôleurs prennent aujourd'hui une grande place dans notre société. On les trouve principalement dans les systèmes à technologies embarquées tels que les téléphones portables, les jouets ou encore les appareils électroménagers. Par exemple une automobile de milieu de gamme est équipée d'au moins 50 microcontrôleurs.

Dans le cadre de notre projet nous utiliserons un microcontrôleur **ATtiny 13**. Nous avons choisi ce modèle en fonction de nos besoins. En effet pour mener à bien notre projet nous avons seulement besoin d'acquérir la température, de la comparer à une échelle souhaitée puis alimenter ou non le réfrigérateur. En résumé seulement 1 entrée et 1 sortie nous seraient nécessaires, mais comme nous l'avons expliqué précédemment, le microcontrôleur est composé de plusieurs sous parties dont une contenant la mémoire avec notre programme. Il est donc nécessaire d'utiliser d'autres PORTs d'entrées pour programmer le microcontrôleur. Comme on peut le voir sur le schéma ci-dessous (cf illustration 3), nous aurons besoin du PB2 (SCK/ADC1/T0/PCINT2), du PB1 (MISO/AIN1/OC0B/INT0/PCINT1), du PB0 (MOSI/AIN0/OC0A/PCINT0) et enfin du PB5 (PCINT5/RESET/ADC0/dW) pour programmer le microcontrôleur. Ces PORTs seront reliés à un connecteur **HE10** pour réaliser le transfert du programme, nous l'expliquerons plus en détails par la suite.



Illustration 2: Connecteur HE10 (source internet)

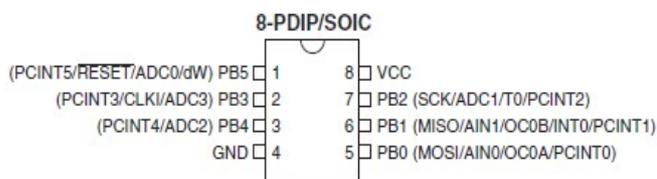


Illustration 3: Schéma de l'ATtiny 13 (source internet)

Les connexions 4 et 8 servant respectivement au **GND** et au **VCC**, nous utiliserons la connexion 2 (PB3) du microcontrôleur pour acquérir la température. Ceci sera réalisé à l'aide d'un capteur de température LM35. La commande du réfrigérateur quant à elle sera réalisée au moyen d'un relais **PCD-105-D2M (230V/10A)**.

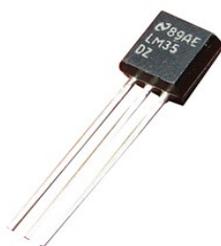


Illustration 4: Capteur de température LM35 (source internet)



Illustration 5: Relais PCD-105-D2M (illustration personnelle)

2. La régulation

2.1. Le réfrigérateur

Lors de la semaine 37, nous avons choisi notre projet parmi une liste de sujets. L'objectif principal était de réparer un réfrigérateur dont le système de régulation n'était plus fonctionnel ; de ce fait le réfrigérateur était constamment en fonctionnement car il ne recevait aucune commande lui indiquant de cesser de fonctionner. Cet appareil électroménager fonctionne sous **230V/50Hz** et consomme **0,69A** lorsqu'il est en marche. Ces informations ont été acquises grâce à la plaque signalétique du réfrigérateur et au moyen d'une pince ampèremétrique.



Illustration 6: Consommation du réfrigérateur (illustration personnelle)

2.2. Une solution

Au lieu de remplacer complètement le thermostat, nous avons préféré mettre en application plusieurs techniques vues au sein du département GEII, comme par exemple l'utilisation d'un microcontrôleur, la conception d'un programme en langage C, la réalisation de circuits imprimés. Notre maquette est donc composée principalement :

<i>Nom / Fonction</i>	<i>Référence</i>
<i>Une alimentation à découpage pour réaliser du 5V à partir de 12V</i>	<i>LM2574N</i>
<i>Capteur de température</i>	<i>LM35</i>
<i>Connecteur + Nappe de programmation</i>	<i>HE10</i>
<i>Relais 230V/10A</i>	<i>PCD-105-D2M</i>
<i>Microcontrôleur</i>	<i>ATtiny 13</i>
<i>Transformateur 230V/12V 0,5A</i>	<i>SYS1196-0612-W2E</i>
<i>Transistor</i>	<i>2N2222</i>

Tableau 1: Liste des principaux composants

Tout d'abord nous disposons d'un transformateur **230V/12V 0,5A**, le microcontrôleur ne fonctionnant seulement qu'avec du 5V, il nous a donc fallu réaliser une alimentation 5V à partir de 12V. Ayant étudié en MC-ET2 les alimentations à découpage, nous avons choisi de mettre en application nos connaissances théoriques. Cette alimentation sera conçue grâce à un **LM2574N** qui lorsque nous lui imposons une tension de **+12V** sur sa connexion 5 (Vin), générera du **+5V** sur sa connexion 7 (Output). Il pourra ensuite ajuster cette tension de sortie grâce à son entrée 1 (FeedBack).

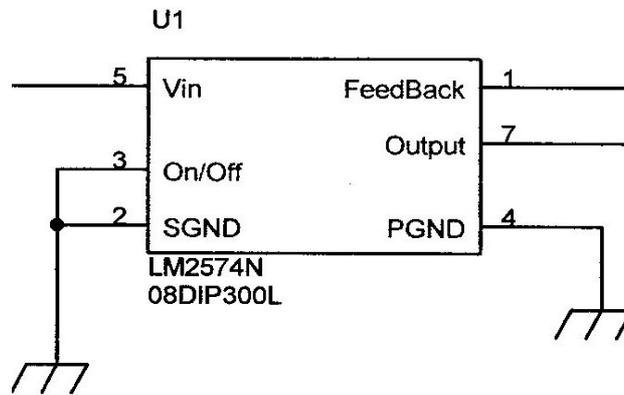


Illustration 7: Schéma du LM2574N (illustration personnelle)

Nous effectuons la liaison entre la maquette et le transformateur grâce à un connecteur **487-848**, puis nous procédons à la conception du schéma et du câblage complet de l'alimentation à découpage. Il s'agira notre premier typon.



Illustration 8: Connecteur 487-848 (source internet)

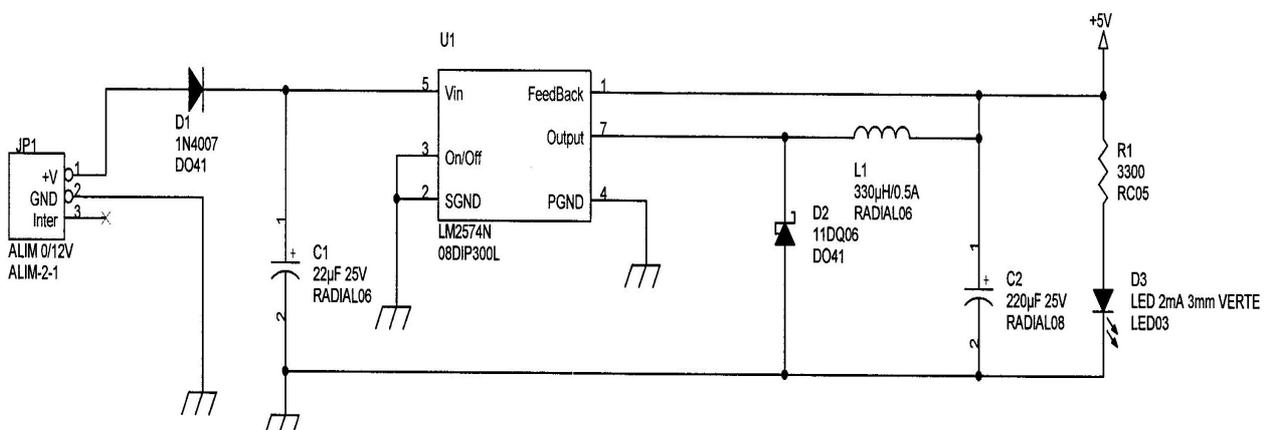


Illustration 9: Schéma de l'alimentation à découpage (illustration personnelle)

Une fois la carte réalisée, nous testons à l'aide d'un Voltmètre si nous avons bien +5V en sortie de l'alimentation.



Illustration 10: Tension de sortie du LM2574N (illustration personnelle)

Le microcontrôleur peut supporter au maximum **5,5V**, nous avons donc une alimentation correcte et stable.

Voyons maintenant la seconde partie de ce projet qui consiste à l'étude et à la réalisation de la partie programmation.

L'aspect le plus important de cette phase est d'acquérir de manière précise la température. Ayant déjà étudié en première année sur une maquette d'étude et réalisation possédant un capteur de température, nous avons choisi de le sélectionner pour notre projet. Il s'agit d'un **LM35** (cf illustration 4). Ce capteur doit être alimenté en +5V sur sa connexion 1 (la plus à gauche de l'illustration 4), la connexion 3 (à droite) quant à elle est reliée au 0V. Celle du milieu nous délivrera une tension qui variera de **10mV/°C** en fonction de la température. C'est cette tension qui nous intéresse et que nous allons traiter pour savoir si la mise en marche du réfrigérateur est nécessaire ou non.

Coté programmation, nous avons utilisé le logiciel AVR Studio. Il est assez facile d'utilisation et il nous a permis de gagner du temps grâce à son option AVR Wizard. Celle-ci nous propose de saisir les principaux paramètres à configurer afin d'utiliser convenablement le microcontrôleur. Une fois ces informations saisies, AVR Wizard nous propose de générer les lignes de code correspondant à cette configuration. De notre coté nous n'avons qu'à placer nos propres lignes de commande qui indiquent à quel moment faire fonctionner le réfrigérateur. Notre maquette fonctionnant sous 5V et le réfrigérateur sous 230V, nous ne pouvons pas le commander de manière directe. Il a donc fallu que nous utilisions un composant particulier nous permettant de faire cette liaison entre le 5 et le 230V. Notre choix s'est donc tourné vers un relais 230V ayant un pouvoir de coupure et une résistance supérieure à **10 fois le courant consommé** par l'appareil. L'IUT possédait des relais 230V/10A, nous utiliserons l'un d'eux.

Notre réelle préoccupation a été la syntaxe à écrire dans notre programme pour pouvoir acquérir la tension sur notre microcontrôleur et ainsi la comparer à notre température souhaitée. Mais il s'est révélé qu'en fait une fonction très simple allait nous faire gagner du temps. Il s'agit de la fonction **read_adc (3)** qui va lire la tension vue par l'entrée du convertisseur analogique numérique n°3, sur la connexion n°2 du microcontrôleur et la convertir en numérique pour qu'ensuite nous puissions plus facilement définir notre échelle de température.

Pour rester cohérente avec un fonctionnement réel de réfrigérateur, nous avons défini la température de ce dernier aux alentours de 4°C dans notre programme. Par conséquent, le réfrigérateur sera en fonctionnement tant que la température à l'intérieur est supérieure à 4°C. Pour commander le relais nous utiliserons le PORTB.4. Au niveau du programme cela donne les lignes de code suivantes :

Programme partiel :

```
        i = read_adc (3) ; // Lit la tension vue par l'entrée du
convertisseur analogique numérique n°3
    if (i > 40)    // Si la température est plus élevée que 4°C,
                  // 40 car le capteur est précis au dixième de
                  // degrés près
        {
            PORTB.4 = 1 ; // Réfrigérateur en marche
        }
    else          // Sinon
        {
            PORTB.4 = 0 ; // Réfrigérateur à l'arrêt
        }
}
```

Nous arrivons au stade d'introduire notre programme dans le microcontrôleur. Pour réaliser cette tâche nous avons utilisé une nappe et un connecteur HE10, le tout relié à un connecteur **ISP** faisant ainsi la liaison avec l'ordinateur.

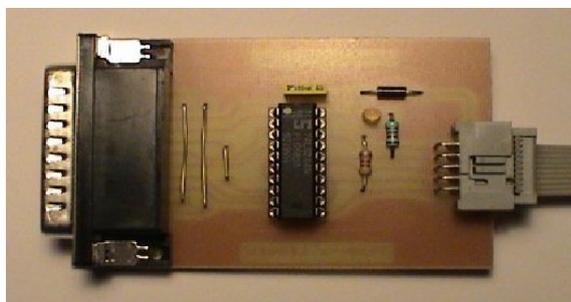


Illustration 11: Connecteur ISP (source site de M Lequeu)

Concernant de notre maquette, nous avons réalisé le câblage du connecteur grâce à la Datasheet du HE10 de la manière suivante.

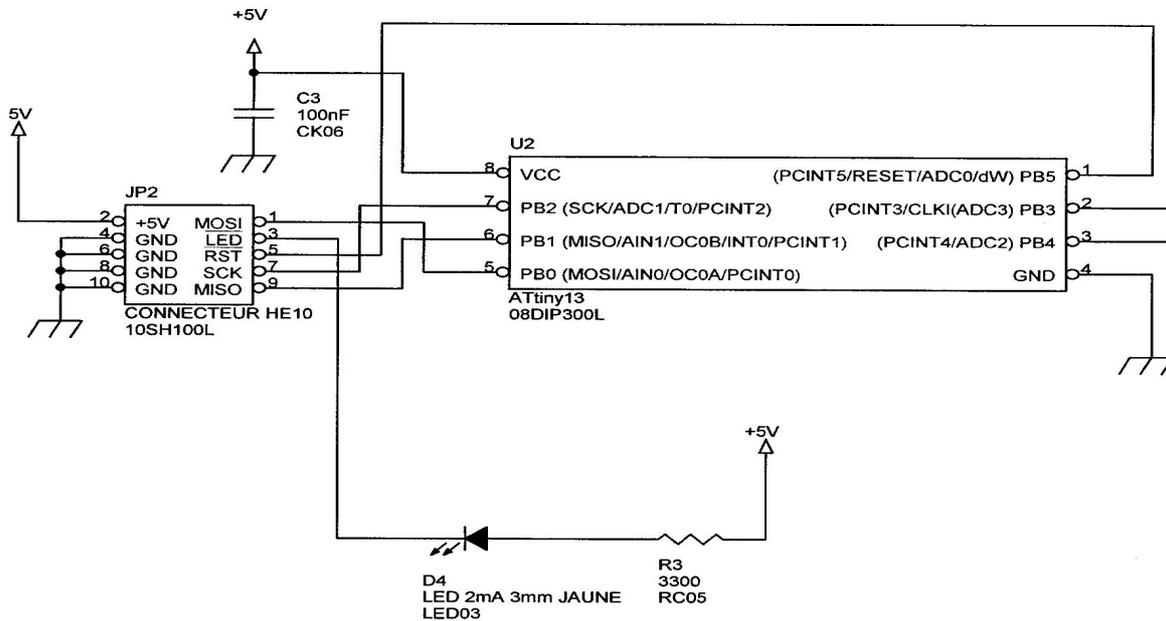


Illustration 12: Schéma de la liaison entre le connecteur HE10 et l'ATtiny (illustration personnelle)

La LED D4 se mettra à clignoter si le programme est bien en train d'être transféré.

Passons à présent à la dernière partie de la maquette, la fonction commande : comme expliqué précédemment, nous avons eu recours à un relais 230V/10A (cf illustration n°5). Nous avons donc réalisé un montage avec la bobine du relais en série avec une LED 2mA et une résistance 3300 Ω dans le but de savoir si la bobine est alimentée ou non. Le tout est en parallèle avec une diode 1N4007 pour éviter une éventuelle inversion du courant qui provoquerait la destruction de la LED. Cela donne le schéma suivant :

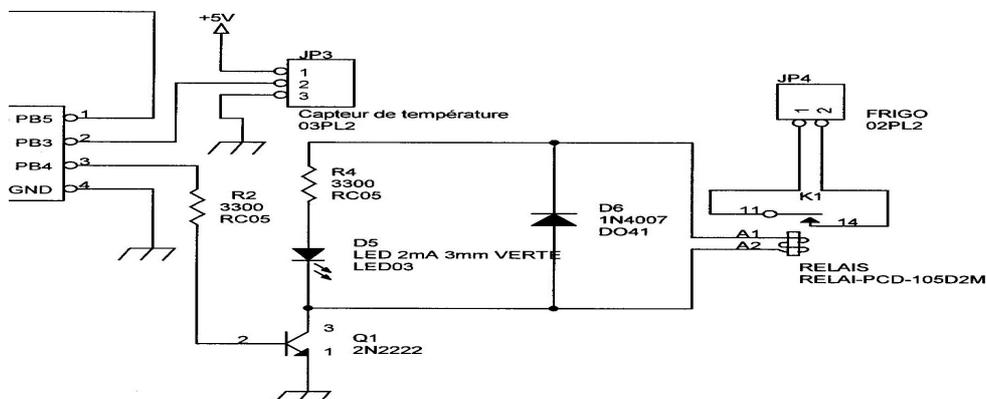


Illustration 13: Schéma de câblage du relais (illustration personnelle)

Le transistor quant à lui a pour fonction d'amplifier le courant sortant directement du PORTB.4 car ce dernier est faible; de l'ordre du mA alors qu'il faut un plus fort courant pour circuler dans la bobine et fermer l'interrupteur. Il a aussi une fonction d'interrupteur.

2.3. Les problèmes rencontrés

Les problèmes rencontrés durant ce projet auront été variés. Dans un premier temps nous avons eu le problème de la reprogrammation du microcontrôleur lors d'un second test de programme. Ce problème a été résolu en décochant une option dans l'environnement de programmation AVR Studio au moment du transfert du programme mais cela nous a valu le remplacement de notre microcontrôleur car il était devenu inutilisable. Puis s'est présenté quelque soucis de réalisations des circuits imprimés notamment avec la graveuse qui ne fonctionnait pas de manière optimale, provoquant la destruction des cartes en gravant trop la couche de cuivre. L'incident majeur aura été la mise en marche du relais. Pensant que ce dernier était défaillant, nous avons cherché le problème pendant longtemps, perdant du temps et prenant du retard notamment sur l'aménagement du réfrigérateur comme par exemple la réalisation du trou pour le passage du capteur et l'aménagement de l'alimentation du réfrigérateur. Le problème venait en fait du montage en lui même. En analysant de plus près le schéma de câblage du relais, nous nous sommes aperçu qu'il manquait une connexion importante : l'alimentation. Il est nécessaire d'apporter du +5V à ce montage car lorsque l'on désire faire fonctionner le réfrigérateur, il faut avoir un courant dans la bobine afin de fermer l'interrupteur du relais ; hors, sans une source de tension il n'y aura pas de courant dans cette partie du montage. Le montage modifié devient :

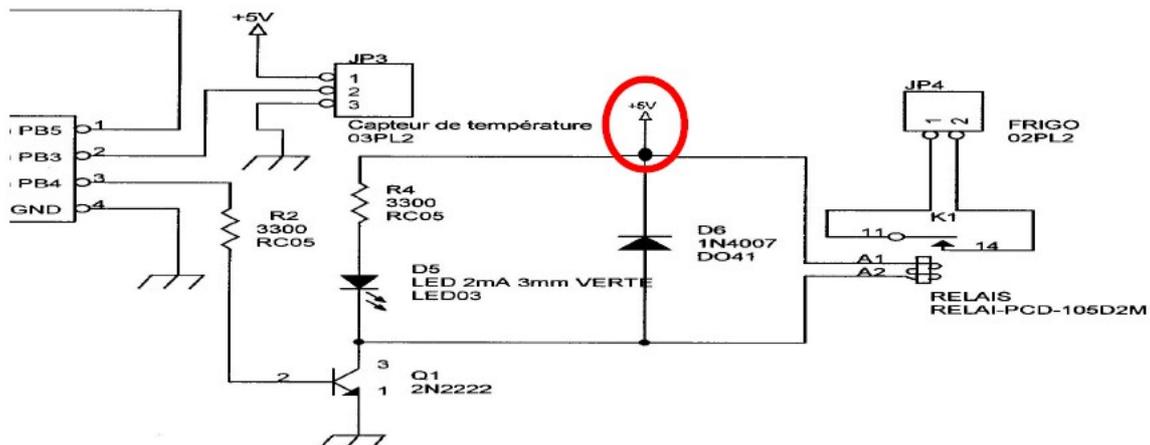


Illustration 14: Schéma de montage du relais modifié (illustration personnelle)

Conclusion

Ce projet de deuxième année nous a permis de mettre en application beaucoup de domaines du GEII que ce soit en électronique, en électrotechnique ou en informatique. Grâce à l'étude des transistors faite en première année, nous avons pu les utiliser dans notre projet. Les alimentations vues en MC-ET2 nous ont été utiles dans la réalisation de l'une d'elles, nécessaires pour le microcontrôleur. Enfin l'informatique et le logiciel AVR Studio nous a été d'une grande aide. Nous avons pu remarquer les réactions d'un capteur de température lors des variations de celle-ci grâce à un montage avec une LED, le capteur et le microcontrôleur. Malgré que nous n'ayons pas pu faire de tests sur le réfrigérateur, nous avons pu vérifié le bon fonctionnement de la maquette lors des tests des différentes parties qui la composent et que nous vous avons présentées.

Nous tenons à remercier notre magasinier M Richard VAUTIER qui s'est révélé d'une grande patience et d'un grand secours lors de nos multiples questions et visites pour obtenir des composants. Nous remercions également M Michel ZAPATA et M Thierry LEQUEU pour leur aide apportée dans le domaine électronique et pour la réalisation des cartes sur Orcad.

Résumé

Notre projet consistait en trouver une alternative au dysfonctionnement d'un thermostat de réfrigérateur. Celui-ci ne recevait plus la température et donc ne commandait plus le moteur de l'appareil électroménager. Notre première analyse s'est donc tournée vers les éléments existants et susceptibles de pouvoir convenir à la résolution de ce problème. Nous voulions pouvoir choisir la température présente dans le réfrigérateur donc nous avons établi notre première liste de composants et de fonctions à réaliser. Nous devions acquérir la température, la traiter, et enfin alimenter ou non le réfrigérateur. Pour ce faire, nous avons utilisé un capteur de température LM35, un microcontrôleur ATtiny 13 et enfin un relais 230V pour faire le lien entre notre signal de commande et la partie puissance. Aujourd'hui, nous arrivons à acquérir correctement la température. Ceci a pu être vérifié grâce à des mesures de variations de tension à différentes températures. Nous avons réalisé un montage constitué du capteur, d'une LED et du microcontrôleur, dont le programme intégrait une échelle de température (ambiante et une plus chaude réalisée avec la main) et ainsi fait varier le clignotement de la LED en fonction de la température captée. Cette étape étant validée nous sommes passés au test sur le réfrigérateur mais ce fut un échec. C'est après plusieurs semaines que nous avons trouvé que le problème venait du montage comportant le relais. Cela nous a fait prendre du retard et de ce fait nous n'avons pas pu finir comme nous le désirions l'installation de la maquette sur le réfrigérateur.

252 mots

Bibliographie

- [1] : *L'histoire du microcontrôleur*, Lycée Sarda Garriga 14 pages
[2] : Herve Voidey, *L'histoire du réfrigérateur*, Lycée St Michel, 2006 6 pages

Index des mots clefs

- **Régulation** : Fait de maintenir et de régler le fonctionnement d'un appareil ou d'un système.
- **Température** : Sensation de chaleur ou de froid éprouvée par le corps en un lieu.
- **Réfrigérateur** : Appareil électroménager servant à produire du froid.
- **Thermostat** : Appareil de réglage de la température qui permet de maintenir une température constante.
- **Microcontrôleur** : Appareil de dimensions réduites permettant de mesurer l'impédance, le voltage, la résistance de courants électriques, ses applications sont très variées.
- **Froid** : Qui donne la sensation d'être à basse température.
- **Capteur de température** : Mécanisme capable de délivrer une énergie électrique en captant une température.
- **Programme** : Liste des instructions permettant à un microcontrôleur d'exécuter une série d'opérations.
- **Relais** : Dispositif permettant la commutation à distance d'un circuit électrique.
- **Transistor** : Composant électronique qui peut amplifier un signal.

Index des tables

Tableau 1: Liste des principaux composants.....	7
---	---

Index des illustrations

Illustration 1: Microcontrôleur ATmega8535 de la famille Atmel (source internet).....	5
Illustration 2: Connecteur HE10 (source internet).....	6
Illustration 3: Schéma de l'ATtiny 13 (source internet).....	6
Illustration 4: Capteur de température LM35 (source internet).....	6
Illustration 5: Relais PCD-105-D2M (illustration personnelle).....	6
Illustration 6: Consommation du réfrigérateur (illustration personnelle).....	7
Illustration 7: Schéma du LM2574N (illustration personnelle).....	8
Illustration 8: Connecteur 487-848 (source internet).....	8
Illustration 9: Schéma de l'alimentation à découpage (illustration personnelle).....	8
Illustration 10: Tension de sortie du LM2574N (illustration personnelle).....	9
Illustration 11: Connecteur ISP (source site de M Lequeu).....	10
Illustration 12: Schéma de la liaison entre le connecteur HE10 et l'ATtiny (illustration personnelle).....	11
Illustration 13: Schéma de câblage du relais (illustration personnelle).....	11
Illustration 14: Schéma de montage du relais modifié (illustration personnelle).....	12

Annexes

Diagramme bête à corne du moteur

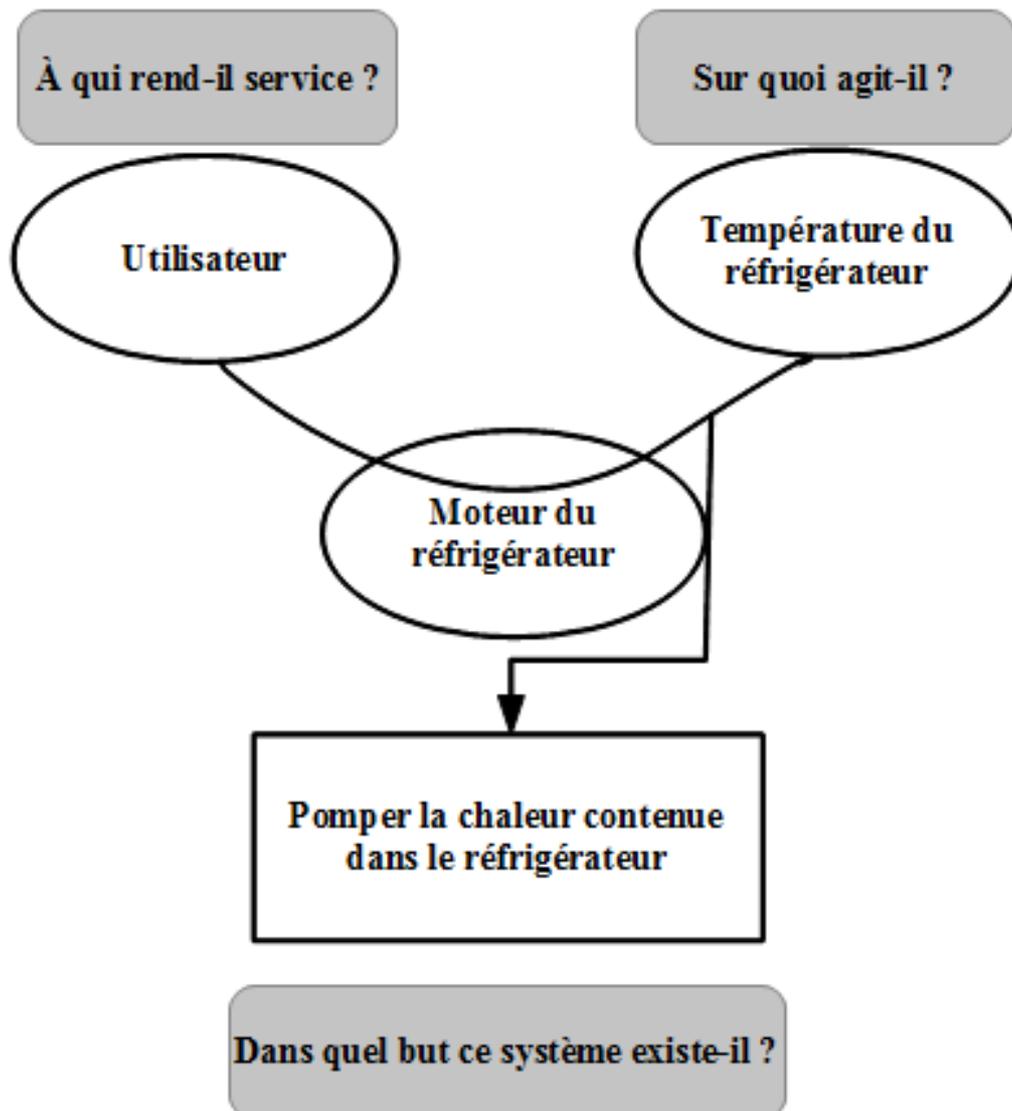
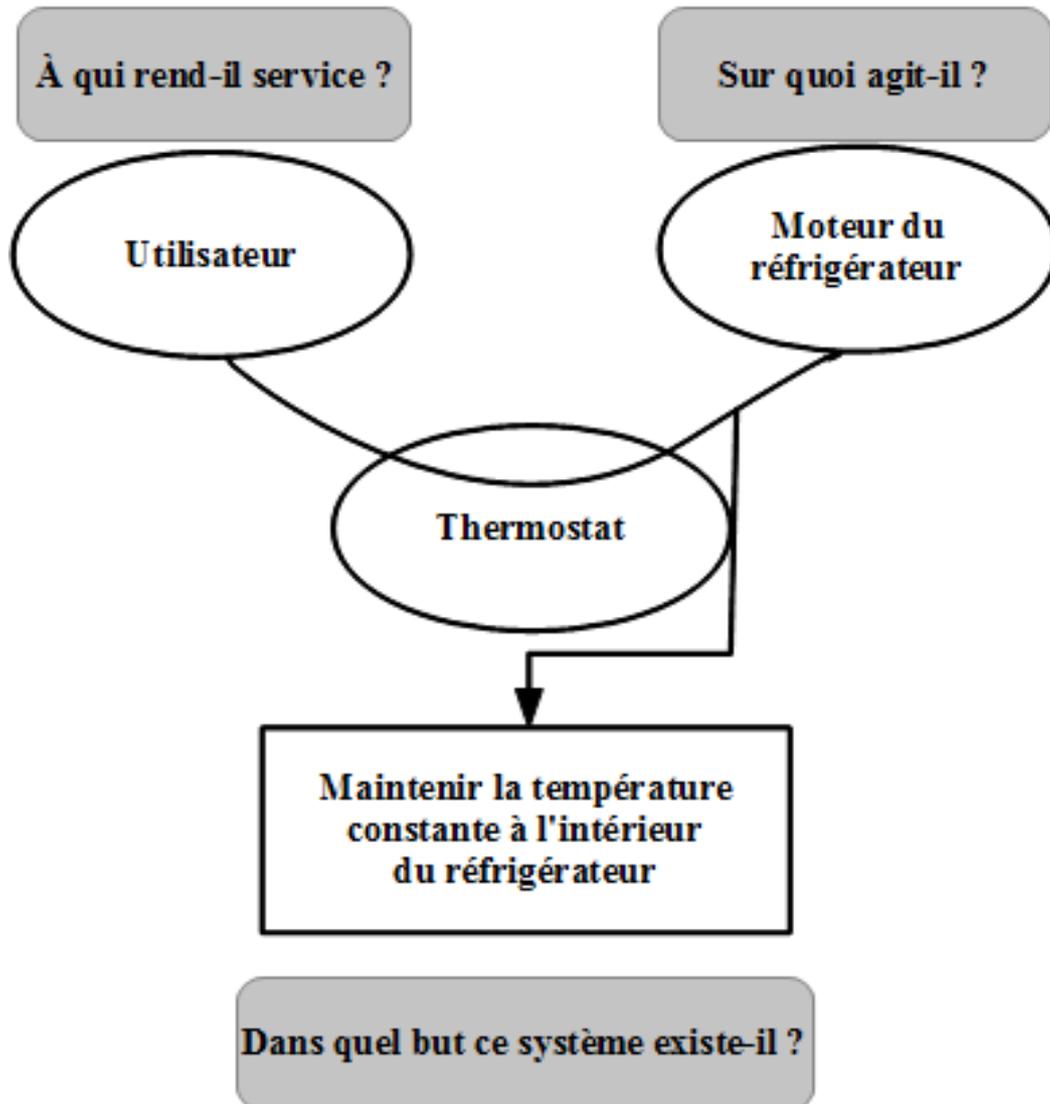


Diagramme bête à corne du thermostat



Datasheet de l'ATtiny 13

Features

- High Performance, Low Power AVR® 8-Bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
 - 120 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
 - 32 x 8 General Purpose Working Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 20 MIPS Throughput at 20 MHz
- High Endurance Non-volatile Memory segments
 - 1K Bytes of In-System Self-programmable Flash program memory
 - 64 Bytes EEPROM
 - 64 Bytes Internal SRAM
 - Write/Erase cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
 - Data retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C (see [page 6](#))
 - Programming Lock for Self-Programming Flash & EEPROM Data Security
- Peripheral Features
 - One 8-bit Timer/Counter with Prescaler and Two PWM Channels
 - 4-channel, 10-bit ADC with Internal Voltage Reference
 - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
 - On-chip Analog Comparator
- Special Microcontroller Features
 - debugWIRE On-chip Debug System
 - In-System Programmable via SPI Port
 - External and Internal Interrupt Sources
 - Low Power Idle, ADC Noise Reduction, and Power-down Modes
 - Enhanced Power-on Reset Circuit
 - Programmable Brown-out Detection Circuit
 - Internal Calibrated Oscillator
- I/O and Packages
 - 8-pin PDIP/SOIC: Six Programmable I/O Lines
 - 20-pad MUF: Six Programmable I/O Lines
- Operating Voltage:
 - 1.8 - 5.5V for ATtiny13V
 - 2.7 - 5.5V for ATtiny13
- Speed Grade
 - ATtiny13V: 0 - 4 MHz @ 1.8 - 5.5V, 0 - 10 MHz @ 2.7 - 5.5V
 - ATtiny13: 0 - 10 MHz @ 2.7 - 5.5V, 0 - 20 MHz @ 4.5 - 5.5V
- Industrial Temperature Range
- Low Power Consumption
 - Active Mode:
 - 1 MHz, 1.8V: 240 µA
 - Power-down Mode:
 - < 0.1 µA at 1.8V



8-bit AVR®
Microcontroller
with 1K Bytes
In-System
Programmable
Flash

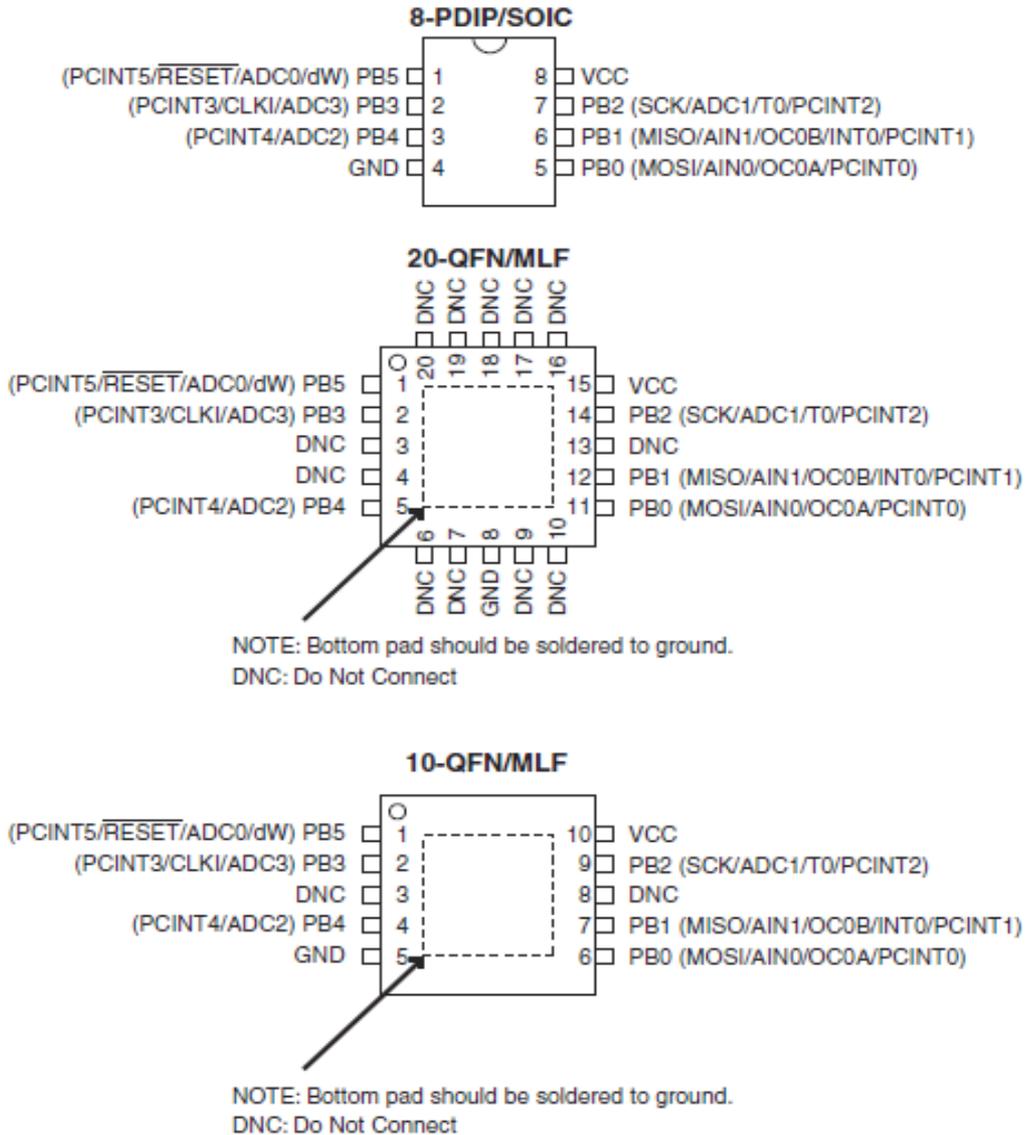
ATtiny13
ATtiny13V

Rev. 2535J-AVR-08/10



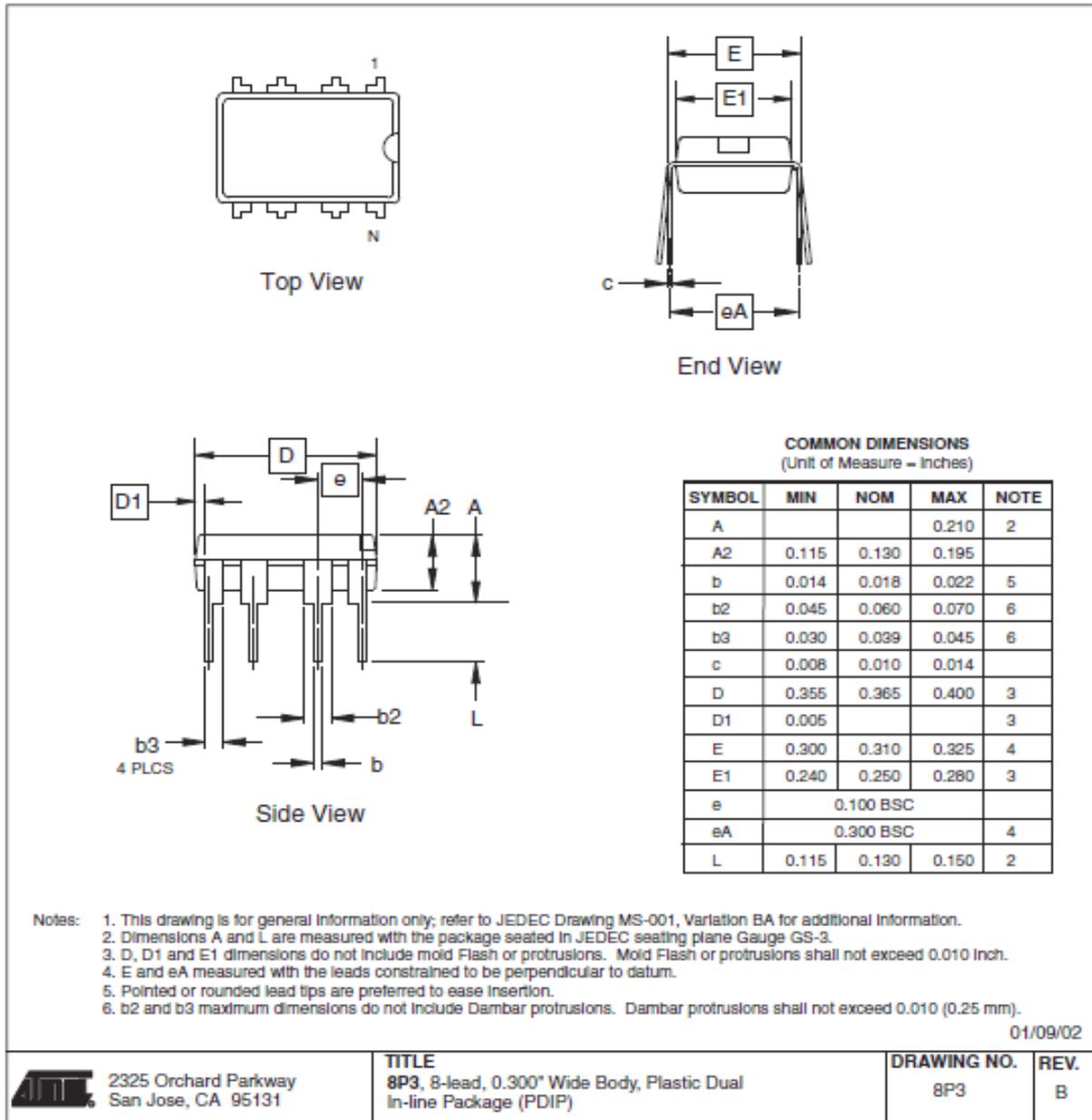
1. Pin Configurations

Figure 1-1. Pinout ATtiny13/ATtiny13V

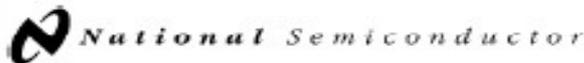


23. Packaging Information

23.1 8P3



Datasheet du LM35



December 1994

LM35/LM35A/LM35C/LM35CA/LM35D Precision Centigrade Temperature Sensors

General Description

The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, whose output voltage is linearly proportional to the Celsius (Centigrade) temperature. The LM35 thus has an advantage over linear temperature sensors calibrated in ° Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from its output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of $\pm\frac{1}{2}^{\circ}\text{C}$ at room temperature and $\pm\frac{3}{4}^{\circ}\text{C}$ over a full -55 to $+150^{\circ}\text{C}$ temperature range. Low cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The LM35's low output impedance, linear output, and precise inherent calibration make interfacing to readout or control circuitry especially easy. It can be used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As it draws only $60\ \mu\text{A}$ from its supply, it has very low self-heating, less than 0.1°C in still air. The LM35 is rated to operate over a -55° to $+150^{\circ}\text{C}$ temperature range, while the LM35C is rated for a -40° to $+110^{\circ}\text{C}$ range (-10° with improved accuracy). The LM35 series is

available packaged in hermetic TO-46 transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D are also available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D is also available in an 8-lead surface mount small outline package and a plastic TO-202 package.

Features

- Calibrated directly in ° Celsius (Centigrade)
- Linear $+10.0\ \text{mV}/^{\circ}\text{C}$ scale factor
- 0.5°C accuracy guaranteeable (at $+25^{\circ}\text{C}$)
- Rated for full -55° to $+150^{\circ}\text{C}$ range
- Suitable for remote applications
- Low cost due to wafer-level trimming
- Operates from 4 to 30 volts
- Less than $60\ \mu\text{A}$ current drain
- Low self-heating, 0.08°C in still air
- Nonlinearity only $\pm\frac{1}{2}^{\circ}\text{C}$ typical
- Low impedance output, $0.1\ \Omega$ for $1\ \text{mA}$ load

LM35/LM35A/LM35C/LM35CA/LM35D
Precision Centigrade Temperature Sensors

Connection Diagrams

TO-46
Metal Can Package*



BOTTOM VIEW

TL145516-1

*Case is connected to negative pin (GND)

Order Number LM35H, LM35AH,
LM35CH, LM35CAH or LM35DH
See NS Package Number H03H

TO-92
Plastic Package

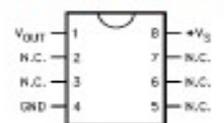


BOTTOM VIEW

TL145516-2

Order Number LM35CZ,
LM35CAZ or LM35DZ
See NS Package Number Z03A

SO-8
Small Outline Molded Package

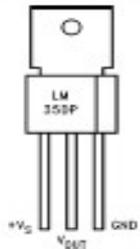


Top View

N.C. = No Connection

Order Number LM35DM
See NS Package Number M08A

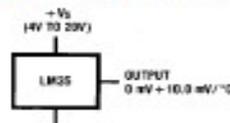
TO-202
Plastic Package



TL145516-3A

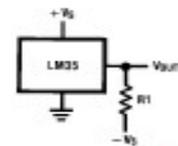
Order Number LM35DP
See NS Package Number P03A

Typical Applications



TL145516-3

FIGURE 1. Basic Centigrade
Temperature
Sensor ($+2^{\circ}\text{C}$ to $+150^{\circ}\text{C}$)



TL145516-4

Choose $R_1 = -V_{S1}/50\ \mu\text{A}$

$V_{OUT} = +1,500\ \text{mV}$ at $+150^{\circ}\text{C}$
 $= +250\ \text{mV}$ at $+25^{\circ}\text{C}$
 $= -550\ \text{mV}$ at -55°C

FIGURE 2. Full-Range Centigrade
Temperature Sensor

REGISTERED U.S. PATENTED TRADEMARK OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION

Absolute Maximum Ratings (Note 10)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage	+35V to -0.2V
Output Voltage	+6V to -1.0V
Output Current	10 mA
Storage Temp., TO-46 Package,	-60°C to +180°C
TO-92 Package,	-60°C to +150°C
SO-8 Package,	-65°C to +150°C
TO-202 Package,	-65°C to +150°C

Lead Temp.:

TO-46 Package, (Soldering, 10 seconds)	300°C
TO-92 Package, (Soldering, 10 seconds)	260°C
TO-202 Package, (Soldering, 10 seconds)	+230°C

SO Package (Note 12):

Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C
ESD Susceptibility (Note 11)	2500V
Specified Operating Temperature Range: T_{MIN} to T_{MAX}	
(Note 2)	
LM35, LM35A	-55°C to +150°C
LM35C, LM35CA	-40°C to +110°C
LM35D	0°C to +100°C

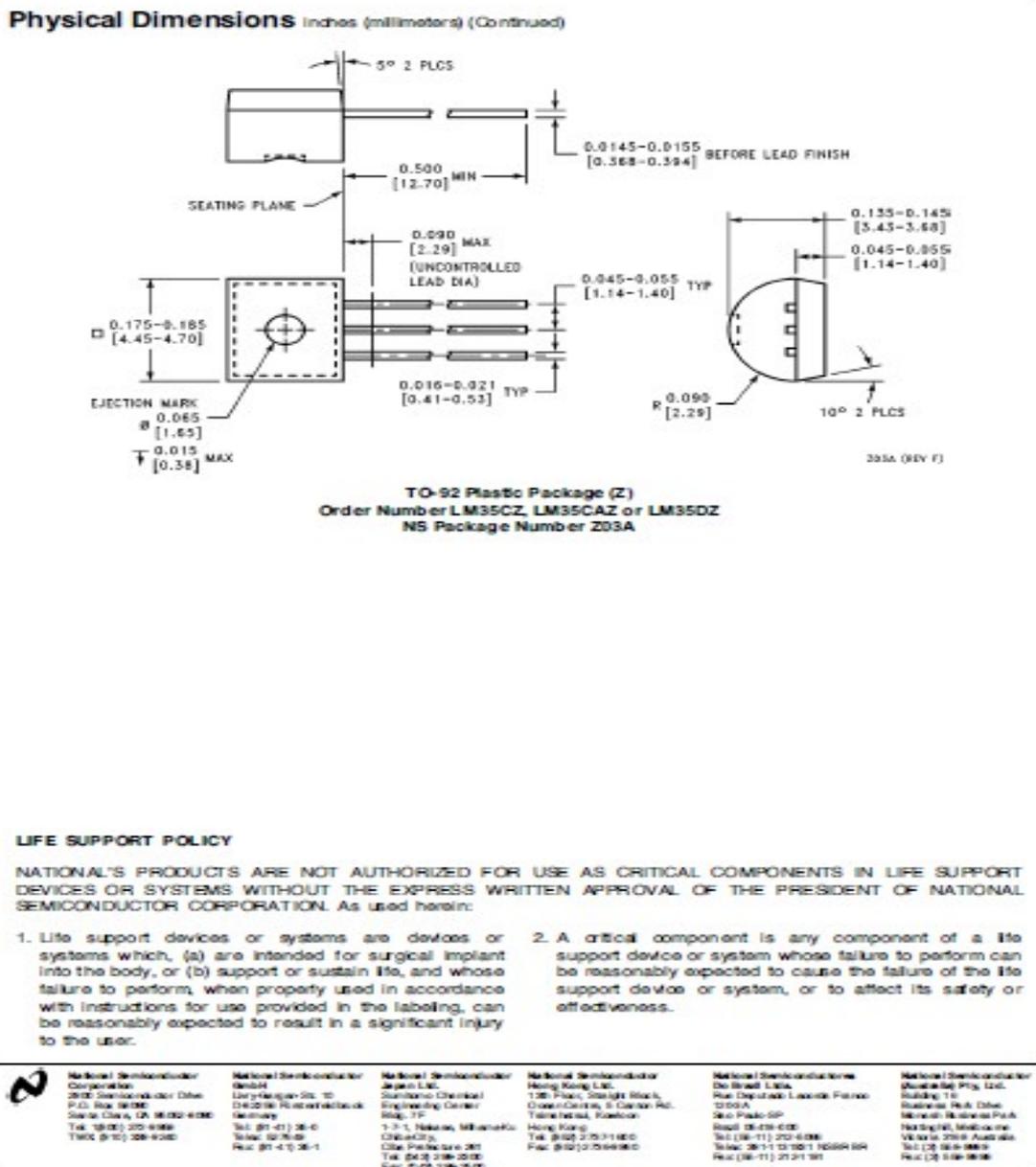
Electrical Characteristics (Note 1) (Note 6)

Parameter	Conditions	LM35A			LM35CA			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.2	± 0.5		± 0.2	± 0.5	± 1.0	°C
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	± 0.3			± 0.3		± 1.0	°C
	$T_A = T_{MAX}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4	± 1.0	± 1.5	°C
	$T_A = T_{MIN}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4	± 1.0	± 1.5	°C
Nonlinearity (Note 8)	$T_{MIN} < T_A < T_{MAX}$	± 0.18		± 0.35	± 0.15		± 0.3	°C
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{MIN} < T_A < T_{MAX}$	+10.0	+9.9, +10.1		+10.0		+9.9, +10.1	mV/°C
Load Regulation (Note 3) $0 < I_L < 1$ mA	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4	± 1.0	± 3.0	mV/mA
	$T_{MIN} < T_A < T_{MAX}$	± 0.5		± 3.0	± 0.5		± 3.0	mV/mA
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.01	± 0.05		± 0.01	± 0.05	± 0.1	mV/V
	$4\text{V} < V_S < 30\text{V}$	± 0.02		± 0.1	± 0.02		± 0.1	mV/V
Quiescent Current (Note 9)	$V_S = +5\text{V}, +25^\circ\text{C}$	56	67		56	67	114	μA
	$V_S = +5\text{V}$	105		131	91		114	μA
	$V_S = +30\text{V}, +25^\circ\text{C}$	56.2	68		56.2	68	114	μA
	$V_S = +30\text{V}$	105.5		133	91.5		116	μA
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4\text{V} < V_S < 30\text{V}, +25^\circ\text{C}$	0.2	1.0		0.2	1.0	2.0	μA
	$4\text{V} < V_S < 30\text{V}$	0.5		2.0	0.5		2.0	μA
Temperature Coefficient of Quiescent Current		+0.39		+0.5	+0.39		+0.5	μA/°C
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of Figure 1, $I_L = 0$	+1.5		+2.0	+1.5		+2.0	°C
Long Term Stability	$T_J = T_{MAX}$, for 1000 hours	± 0.08			± 0.08			°C

Note 1: Unless otherwise noted, these specifications apply $-55^\circ\text{C} < T_J < +150^\circ\text{C}$ for the LM35 and LM35A; $-40^\circ\text{C} < T_J < +110^\circ\text{C}$ for the LM35C and LM35CA; and $0^\circ\text{C} < T_J < +100^\circ\text{C}$ for the LM35D. $V_S = +5\text{Vdc}$ and $I_{LOAD} = 50 \mu\text{A}$ in the circuit of Figure 2. These specifications also apply from $+2^\circ\text{C}$ to T_{MAX} in the circuit of Figure 1. Specifications in **boldface** apply over the full rated temperature range.

Note 2: Thermal resistance of the TO-46 package is 400°C/W, junction to ambient; and 24°C/W junction to case. Thermal resistance of the TO-92 package is 160°C/W junction to ambient. Thermal resistance of the small outline molded package is 220°C/W junction to ambient. Thermal resistance of the TO-202 package is 85°C/W junction to ambient. For additional thermal resistance information see table in the Applications section.

**LM35/LM35A/LM35C/LM35CA/LM35D
Precision Centigrade Temperature Sensors**



LIFE SUPPORT POLICY

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform, when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

<p>National Semiconductor Corporation 2000 South Bascom Avenue P.O. Box 58000 Santa Clara, CA 95052-0000 Tel: (408) 252-0000 Telex: (953) 200-0000</p>	<p>National Semiconductor GmbH Luisenpark 50, 10 D-40226 Düsseldorf Germany Tel: (91-41) 28-0 Telex: 9276-0 Fax: (91-41) 28-1</p>	<p>National Semiconductor Japan Ltd. Sumitomo Chemical Engineering Center Bldg. 7F 7-7-1, Nakano, Nakano-Ku C1064235 Osaka Prefecture 565 Tel: (542) 2196-2000 Fax: (542) 2196-2000</p>	<p>National Semiconductor (Hong Kong) Ltd. 1201 Plaza, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 320, 321, 322, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 367, 368, 369, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 390, 391, 392, 393, 394, 395, 396, 397, 398, 399, 400, 401, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 410, 411, 412, 413, 414, 415, 416, 417, 418, 419, 420, 421, 422, 423, 424, 425, 426, 427, 428, 429, 430, 431, 432, 433, 434, 435, 436, 437, 438, 439, 440, 441, 442, 443, 444, 445, 446, 447, 448, 449, 450, 451, 452, 453, 454, 455, 456, 457, 458, 459, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 466, 467, 468, 469, 470, 471, 472, 473, 474, 475, 476, 477, 478, 479, 480, 481, 482, 483, 484, 485, 486, 487, 488, 489, 490, 491, 492, 493, 494, 495, 496, 497, 498, 499, 500, 501, 502, 503, 504, 505, 506, 507, 508, 509, 510, 511, 512, 513, 514, 515, 516, 517, 518, 519, 520, 521, 522, 523, 524, 525, 526, 527, 528, 529, 530, 531, 532, 533, 534, 535, 536, 537, 538, 539, 540, 541, 542, 543, 544, 545, 546, 547, 548, 549, 550, 551, 552, 553, 554, 555, 556, 557, 558, 559, 560, 561, 562, 563, 564, 565, 566, 567, 568, 569, 570, 571, 572, 573, 574, 575, 576, 577, 578, 579, 580, 581, 582, 583, 584, 585, 586, 587, 588, 589, 590, 591, 592, 593, 594, 595, 596, 597, 598, 599, 600, 601, 602, 603, 604, 605, 606, 607, 608, 609, 610, 611, 612, 613, 614, 615, 616, 617, 618, 619, 620, 621, 622, 623, 624, 625, 626, 627, 628, 629, 630, 631, 632, 633, 634, 635, 636, 637, 638, 639, 640, 641, 642, 643, 644, 645, 646, 647, 648, 649, 650, 651, 652, 653, 654, 655, 656, 657, 658, 659, 660, 661, 662, 663, 664, 665, 666, 667, 668, 669, 670, 671, 672, 673, 674, 675, 676, 677, 678, 679, 680, 681, 682, 683, 684, 685, 686, 687, 688, 689, 690, 691, 692, 693, 694, 695, 696, 697, 698, 699, 700, 701, 702, 703, 704, 705, 706, 707, 708, 709, 710, 711, 712, 713, 714, 715, 716, 717, 718, 719, 720, 721, 722, 723, 724, 725, 726, 727, 728, 729, 730, 731, 732, 733, 734, 735, 736, 737, 738, 739, 740, 741, 742, 743, 744, 745, 746, 747, 748, 749, 750, 751, 752, 753, 754, 755, 756, 757, 758, 759, 760, 761, 762, 763, 764, 765, 766, 767, 768, 769, 770, 771, 772, 773, 774, 775, 776, 777, 778, 779, 780, 781, 782, 783, 784, 785, 786, 787, 788, 789, 790, 791, 792, 793, 794, 795, 796, 797, 798, 799, 800, 801, 802, 803, 804, 805, 806, 807, 808, 809, 810, 811, 812, 813, 814, 815, 816, 817, 818, 819, 820, 821, 822, 823, 824, 825, 826, 827, 828, 829, 830, 831, 832, 833, 834, 835, 836, 837, 838, 839, 840, 841, 842, 843, 844, 845, 846, 847, 848, 849, 850, 851, 852, 853, 854, 855, 856, 857, 858, 859, 860, 861, 862, 863, 864, 865, 866, 867, 868, 869, 870, 871, 872, 873, 874, 875, 876, 877, 878, 879, 880, 881, 882, 883, 884, 885, 886, 887, 888, 889, 890, 891, 892, 893, 894, 895, 896, 897, 898, 899, 900, 901, 902, 903, 904, 905, 906, 907, 908, 909, 910, 911, 912, 913, 914, 915, 916, 917, 918, 919, 920, 921, 922, 923, 924, 925, 926, 927, 928, 929, 930, 931, 932, 933, 934, 935, 936, 937, 938, 939, 940, 941, 942, 943, 944, 945, 946, 947, 948, 949, 950, 951, 952, 953, 954, 955, 956, 957, 958, 959, 960, 961, 962, 963, 964, 965, 966, 967, 968, 969, 970, 971, 972, 973, 974, 975, 976, 977, 978, 979, 980, 981, 982, 983, 984, 985, 986, 987, 988, 989, 990, 991, 992, 993, 994, 995, 996, 997, 998, 999, 1000</p>	<p>National Semiconductor (Do Brasil) Ltda. Rua Desembargo Lavradio, 1000 05054-000 São Paulo-SP Brasil 05-119-6100 Tel: (08-11) 201-6100 Telex: 38111 D15011 NSBR BR Fax: (08-11) 21211101</p>	<p>National Semiconductor (Australia) Pty. Ltd. Building 10 Business Park Drive Melburn 3068 Australia Tel: (03) 949-9888 Fax: (03) 949-9888</p>
---	--	--	--	--	---

National does not assume any responsibility for use of its products described, not built under license and National reserves the right to say the without notice to change product design and specifications.

Datasheet du relais PCD-105-D2M

Low Profile PCB Relay PCD

- 1 pole 10 A
- 1 NO contact
- Low coil power 200 mW
- Height 10.2 mm
- Wash tight



Applications

Domestic appliances, coffee machines, irons, office equipment

Approvals

UL E82292

Technical data of approved types on request

Contact data

Contact configuration	1 NO
Contact set	single contact
Type of interruption	micro disconnection
Rated voltage / max. switching voltage AC	250 / 400 VAC
Rated current	10 A
Limiting continuous current	10 A
Maximum breaking capacity AC	2500 VA
Contact material	AgSnO ₂ , AgCdO
Rated frequency of operation with / without load	10 / 300 min ⁻¹
Operate / release time	max 8 / 2 ms
Bounce time NO / NC contact	max 3 / 2 ms

Contact ratings

Type	Contact	Load	Ambient temp. [°C]	Cycles
UL 508				
PCD-1...D2M(H)	NO	10 A, 250 VAC, resistive	85°C	50x10 ⁶
PCD-1...D2M(H)	NO	15 A, 125 VAC, resistive	23°C	100x10 ⁶

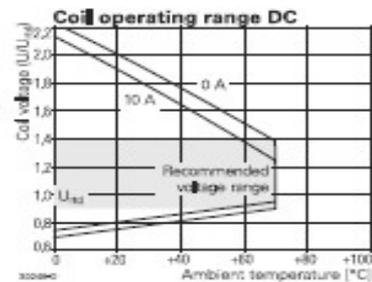
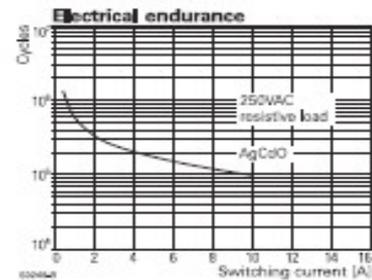
Coil data

Rated coil voltage range DC coil	3 ... 48 VDC
Operative range to IEC 61810	2

Coil versions, DC-coil

Coil code	Rated voltage VDC	Operate voltage VDC	Release voltage VDC	Coil resistance Ohm	Rated coil power mW
006	6	4.5	0.3	180±10%	200
012	12	9.0	0.6	720±10%	200
024	24	18.0	1.2	2880±10%	200

All figures are given for coil without preenergization, at ambient temperature +23°C
Other coil voltages on request



Veille technologique

L'histoire du microcontrôleur [1]

L'histoire du réfrigérateur [2]

Cahier des charges

Problème : Réfrigérateur dont le thermostat qui n'est plus fonctionnel

Conséquences :

- Le réfrigérateur fonctionne en permanence
- Le moteur ne sait pas quand est ce qu'il doit s'arrête
- Formation de glace, aliments détruit, consommation excessive d'énergies

Solutions proposées :

- Contrôler l'activation du moteur à l'aide d'un microcontrôleur
- Ce dernier obtiendra la température du frigo à l'aide d'un capteur de température et comparera la valeur obtenue à celle désirée par l'utilisateur
- Puis autorisera ou non la mise en marche du réfrigérateur

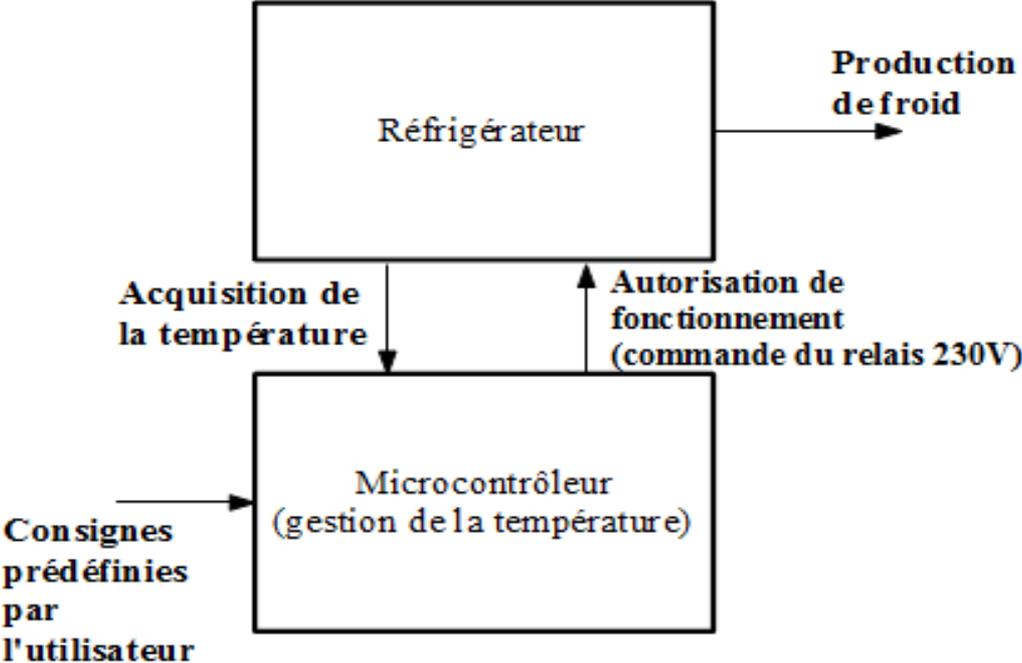
Composition du projet :

- Une carte comportant un microcontrôleur, un capteur de température, un composant pour commander du 230V (Tension sous lequel est le réfrigérateur)
- Une carte d'alimentation permettant d'abaisser la tension de 12V à 5V (Tension supportée par le microcontrôleur)
- Un transformateur secteur 230V/12V

Contraintes :

Nous allons devoir faire face à des contraintes d'espace (taille des cartes) et d'esthétique (maquette + réfrigérateur).

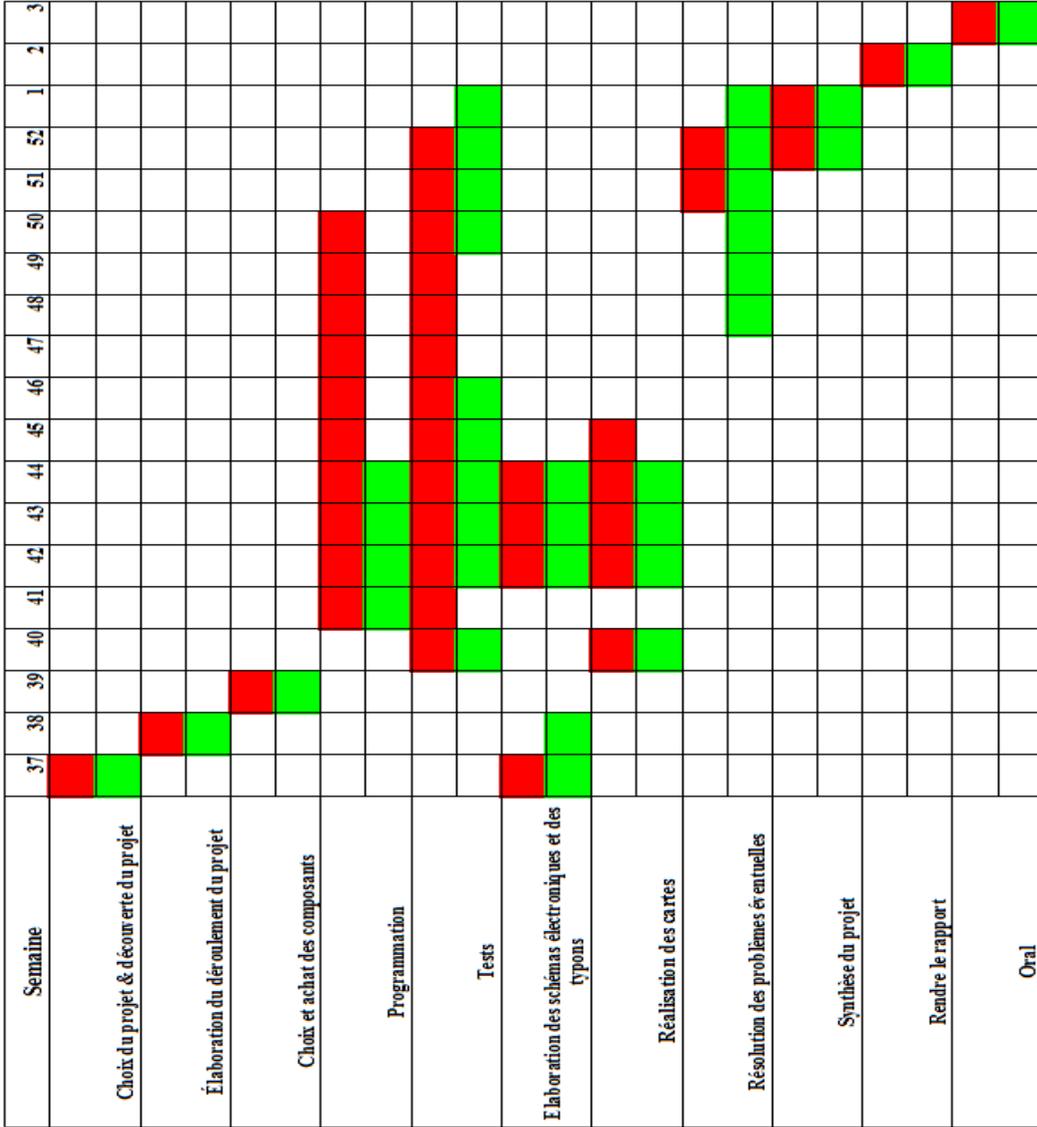
Schéma fonctionnel de niveau 2



Planning



Planning prévisionnel et réel



Nomenclature

Carte finale Revised: Tuesday, December 04, 2012

GOUJON Benoît - GALAND Brice - Projet E&R

Revision: 3

Bill Of Materials December 4,2012 17:35:30 Page1

Item	Quantity	Reference	Part
1	1	C1	22 μ F 25V
2	1	C2	220 μ F 25V
3	1	C3	100nF
4	2	D1,D6	1N4007
5	1	D2	11DQ06
6	2	D3,D5	LED 2mA 3mm VERTE
7	1	D4	LED 2mA 3mm JAUNE
8	1	JP1	ALIM 0/12V
9	1	JP2	CONNECTEUR HE10
10	1	JP3	Capteur de température
11	1	JP4	FRIGO
12	1	K1	RELAIS
13	1	L1	330 μ H/0.5A
14	1	Q1	2N2222
15	4	R1,R2,R3,R4	3300
16	1	U1	LM2574N
17	1	U2	ATtiny13
18	3	VIS1,VIS2,VIS3	VISSERIE

Typon principal

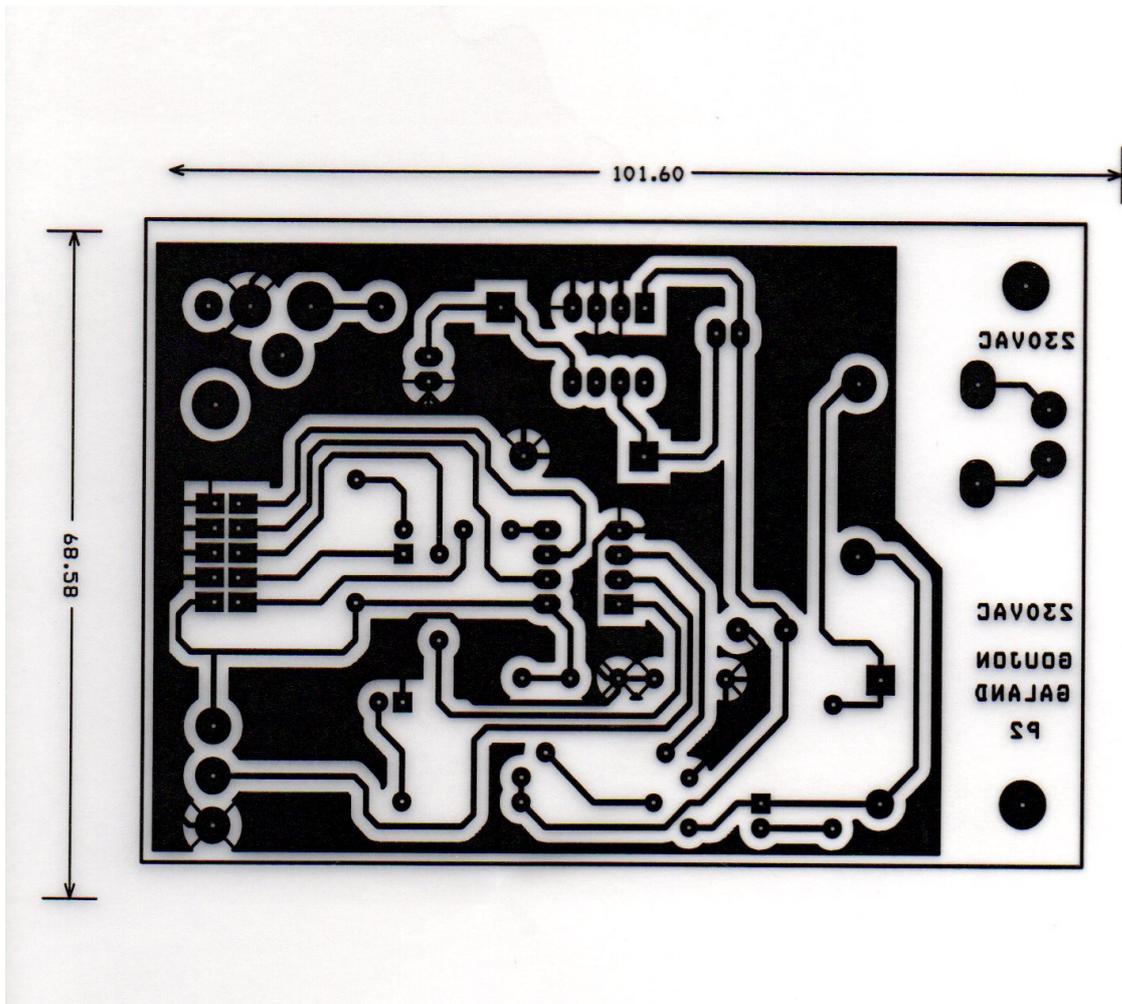
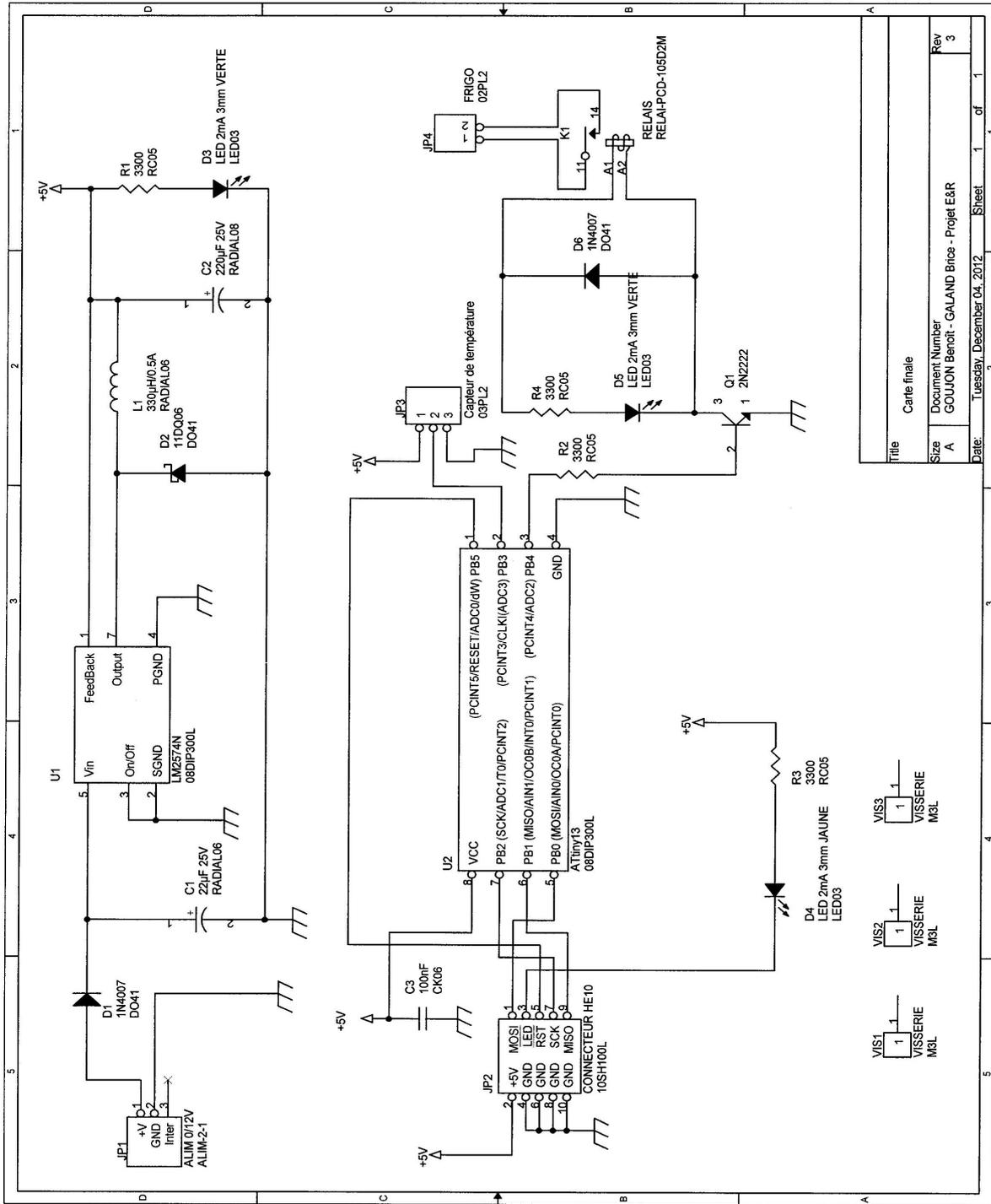


Schéma structurel



Title		Carte finale	
Size	A	Document Number	GOUJON Benoit - GALAND Brics - Projet E&R
Rev	3	Date:	Tuesday, December 04, 2012
Sheet	1	of	1

Premier typon (carte d'alimentation)

