

TD1 : Système de régulation thermique pour une serre automatisée

A- Présentation

Une serre permet de protéger les plantes des conditions climatiques défavorables (froid, vent, pluie) et de maintenir un microclimat stable. Elle régule la température, l'humidité et la luminosité pour optimiser la croissance. Certaines plantes sensibles comme la tomate cerise, la menthe, ou les fraises nécessitent impérativement une serre pour se développer correctement, notamment en hiver ou dans les régions arides. Elle permet également d'allonger les saisons de culture et d'améliorer le rendement agricole.



Objectif :

Concevoir et étudier un système électronique de régulation thermique pour maintenir une température optimale (18 à 28 °C) dans une serre destinée à des cultures sensibles telles que **la fraise** ou **le basilic**.

B- Etude expérimentation : Acquisition de la température

La température à l'intérieur de la serre est mesurée à l'aide du capteur LM335, dont la tension de sortie évolue proportionnellement à la température. Cette mesure permet un contrôle précis du climat. La caractéristique du capteur est présentée en figure 1.

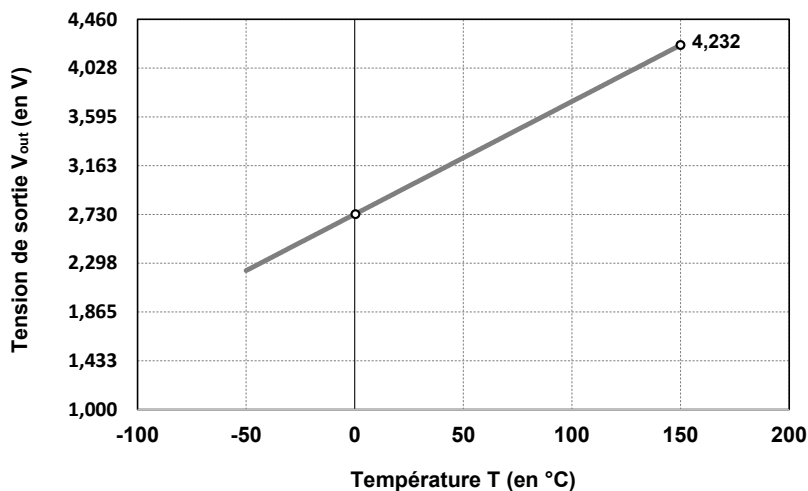


Figure 1 : Caractéristique du capteur LM335

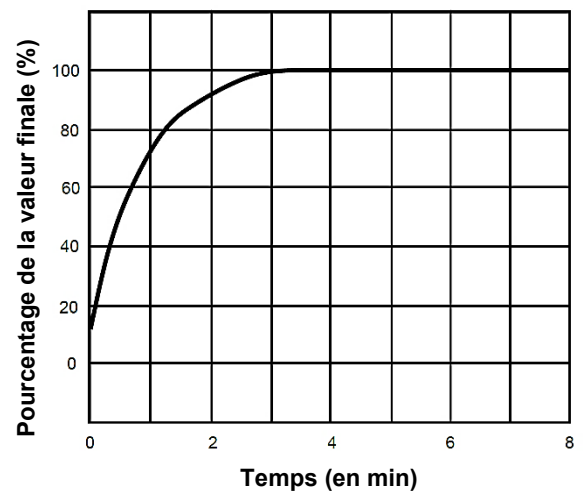


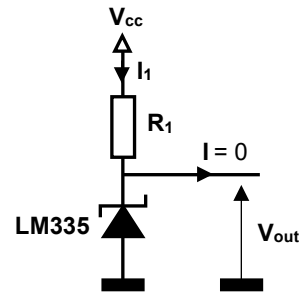
Figure 2 : Réponse thermique à l'air calme

- **Question 1** : Tracer un schéma synoptique en précisant les grandeurs d'entrée et de sortie du capteur. En déduire la plage de mesure et l'étendue de mesure (EM).
- **Question 2** : Calculer la sensibilité s du capteur, puis la comparer à celle donnée dans le document constructeur (annexe).
- **Question 3** : À partir de la caractéristique du capteur, écrire l'équation sous la forme $V_{out} = a \cdot T + b$. Déterminer les valeurs de a et b .
- **Question 4** : Estimer la tension de sortie du capteur dans la situation d'utilisation évoquée : **18 à 28 °C**
- **Question 5** : À l'aide de la **figure 2** et du document constructeur, déterminer le temps de réponse du capteur et sa précision.

C- Condition de fonctionnement du capteur LM335

Pour que le capteur fonctionne correctement, une résistance R1 est ajoutée en série afin de limiter le courant de polarisation entre 400 μA et 5 mA. Cette condition garantit un fonctionnement stable et conforme aux spécifications du LM335.

Le capteur LM335 peut être modélisé comme une diode Zener dont la tension inverse est proportionnelle à la température absolue. Cette modélisation permet d'expliquer son comportement linéaire et facilite son intégration dans des montages électronique de base.

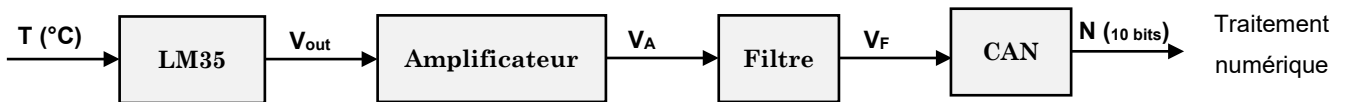


On donne : **R1 = 4.7 KΩ** et **Vcc = 5V**.

- **Question 6** : Écrire l'équation de la maille reliant I1, R1, Vcc et Vout , puis en déduire l'expression de I1.
- **Question 7** : Calculer la valeur du courant I1 pour une température comprise entre 18 °C et 28 °C.
- **Question 8** : Vérifier si le courant I1 obtenu respecte la plage de polarisation recommandée pour le capteur LM335.
- **Question 9** : Calculer la puissance dissipée par le capteur LM335 aux températures de 18 °C et 28 °C.
- **Question 10** : Sachant que la résistance thermique jonction/ambiance est de 165 °C/W, déterminer la température réelle de la jonction du capteur lorsque la température ambiante atteint 28 °C.

D- Intégration dans une chaîne de conversion numérique

Pour mesurer la température à l'intérieur de la serre, le capteur LM335 est intégré dans une chaîne d'acquisition numérique composée d'un amplificateur suiveur, suivi d'un filtre, puis d'un convertisseur analogique-numérique (CAN). Le signal ainsi numérisé est ensuite traité par une unité de traitement numérique.



Le tableau suivant regroupe les caractéristiques de chaque unité de la chaîne d'acquisition :

Unité	Expressions	Valeurs
Amplification	<ul style="list-style-type: none"> • L'amplificateur introduit un offset maximal V_{offset}. • L'erreur due à l'offset est donnée par : $\Delta_{offset} = V_{offset}$ 	<ul style="list-style-type: none"> • $V_{offset} = 2 \text{ mV}$ (Maximale) • $A_o = 1$
Filtrage	<ul style="list-style-type: none"> • Le filtre passe-bas possède un gain unitaire dans sa bande passante. 	<ul style="list-style-type: none"> • Filtre passif. • $A_f = 1$ dans la bande passante
Convertisseur	<ul style="list-style-type: none"> • Relation entrée/sortie : $V = q \cdot N$ • La résolution du CAN : $q = \frac{V_{ref}}{2^n}$ • Erreur maximale CAN : $\Delta_{CAN} = \frac{q}{2}$ 	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre de bits du CAN : n = 10 bits • Tension de référence : Vref = 5V

- **Question 11** : Déterminer les erreurs maximales commises par l'amplificateur δ_{offset} et par le convertisseur analogique-numérique δ_{CAN} sur la mesure de température (avec $\delta = \frac{\Delta}{s}$)
- **Question 12** : Calculer l'incertitude-type globale (δT), de la chaîne d'acquisition (capteur, amplificateur, filtre, CAN) par la méthode RSS, puis encadrer la température mesurée en tenant compte de cette incertitude.
- **Question 13** : Pour la valeur numérique $N = 613$ fournie par le convertisseur, calculer la température correspondante et encadrer la température réelle en tenant compte de l'incertitude globale δT .

Annexe : LM335



LM135, LM135A, LM235, LM235A, LM335, LM335A

SNIS160E – MAY 1999 – REVISED FEBRUARY 2015

LMx35, LMx35A Precision Temperature Sensors

1 Features

- Directly Calibrated to the Kelvin Temperature Scale
- 1°C Initial Accuracy Available
- Operates from 400 µA to 5 mA
- Less than 1-Ω Dynamic Impedance
- Easily Calibrated
- Wide Operating Temperature Range
- 200°C Overrange
- Low Cost

2 Applications

- Power Supplies
- Battery Management
- HVAC
- Appliances

3 Description

The LM135 series are precision, easily-calibrated, integrated circuit temperature sensors. Operating as a 2-terminal zener, the LM135 has a breakdown voltage directly proportional to absolute temperature at 10 mV/°K. With less than 1-Ω dynamic impedance, the device operates over a current range of 400 µA to 5 mA with virtually no change in performance. When calibrated at 25°C, the LM135 has typically less than 1°C error over a 100°C temperature range. Unlike other sensors, the LM135 has a linear output.

Applications for the LM135 include almost any type of temperature sensing over a -55°C to 150°C temperature range. The low impedance and linear output make interfacing to readout or control circuitry are especially easy.

The LM135 operates over a -55°C to 150°C temperature range while the LM235 operates over a -40°C to 125°C temperature range. The LM335 operates from -40°C to 100°C. The LMx35 devices are available packaged in hermetic TO transistor packages while the LM335 is also available in plastic TO-92 packages.

5 Recommended Operating Conditions

over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

		MIN	NOM	MAX	UNIT
Specified Temperature	LM135, LM135A	Continuous ($T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$)	-55	150	°C
		Intermittent ⁽¹⁾	150	200	
	LM235, LM235A	Continuous ($T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$)	-40	125	°C
		Intermittent ⁽¹⁾	125	150	
	LM335, LM335A	Continuous ($T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$)	-40	100	°C
		Intermittent ⁽¹⁾	100	125	
Forward Current		0.4	1	5	mA

(1) Continuous operation at these temperatures for 5,000 hours for LP package may decrease life expectancy of the device.

6 Thermal Information

THERMAL METRIC ⁽¹⁾		LM335 / LM335A	LM235 / LM235A	LM135 / LM135A	UNIT
		SOIC (D)	TO-92 (LP)	TO-46 (NDV)	
		8 PINS	3 PINS	3 PINS	
R _{θJA}	Junction-to-ambient thermal resistance	165	202	400	°C/W
R _{θJC}	Junction-to-case thermal resistance	—	170	—	

(1) For more information about traditional and new thermal metrics, see the *IC Package Thermal Metrics* application report, [SPRA953](#)