

Expert Automobile 2004 – Electricité (14 points)

Un garagiste doit contrôler la tension E de la batterie d'un véhicule et la température θ du système de refroidissement lorsque le moteur tourne.

La tension E de la batterie doit être suffisante pour permettre le démarrage du moteur. Cette tension ne doit pas être trop importante pour éviter d'endommager les composants alimentés.

Un mauvais fonctionnement du système de refroidissement entraîne une surconsommation nuisible à l'environnement avec un risque d'endommager le moteur.

A - Contrôle de la batterie

Dans le montage de la figure 1 dans l'annexe, les amplificateurs opérationnels AO1 et AO2 sont supposés parfaits. Les tensions de saturation sont 0 V et 15 V. On note $V_{cc} = 15$ V. D1 et D2 sont des diodes électroluminescentes servant de voyant.

La tension aux bornes de la batterie doit rester comprise entre $E_1 = 11$ V et $E_2 = 14$ V .

1. Quel est le régime de fonctionnement des amplificateurs opérationnels ?
2. Quelle est la nature des deux transistors T_1 et T_2 ?
3. Exprimer ε_1 en fonction de E et E_1 , puis ε_2 en fonction de E et E_2 .
4. Etude des tensions de sortie
 - a) Déterminer V_{s1} et V_{s2} lorsque $0 < E < E_1 < E_2$.
 - b) Déterminer V_{s1} et V_{s2} lorsque $E_1 < E < E_2$
 - c) Déterminer V_{s1} et V_{s2} lorsque $E > E_2 > E_1$.
5. Compléter le tableau sur le document réponse.

B - Contrôle du système de refroidissement

On mesure la température du liquide de refroidissement à l'aide d'une sonde de platine (sonde PT100) dont la résistance électrique R_θ varie avec la température selon la loi : $R_\theta = R_0 (1 + a \theta)$

On donne : $R_0 = 100 \Omega$;

θ : température en $^\circ\text{C}$;

a : coefficient de température : $3,85 \times 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$.

La sonde de température est alimentée par un générateur de courant représenté sur la figure 2 dans l'annexe. Dans ce circuit, la sonde est modélisée par sa résistance R_θ .

La température du liquide de refroidissement doit être comprise entre 90°C et 105°C pour un fonctionnement optimal du moteur.

1. Calculer les valeurs limites de R_θ correspondant à ces températures.

L'amplificateur opérationnel AO3 est supposé parfait. On rappelle que les courants d'entrée I^+ et I^- sont négligés.

L'amplificateur opérationnel fonctionne en régime linéaire.

2. Etude du générateur de courant

- Que vaut ε dans ces conditions de fonctionnement ?
- Exprimer U_{R1} en fonction de V et V^-
- En déduire l'expression de I_1 en fonction de V , V^- et R_1 .
- Exprimer I_2 en fonction de V^+ et R_1 .
- En appliquant la loi des nœuds au point A, montrer que $I = -\frac{V}{R_1}$.

3. On donne $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$ et $V = 10 \text{ V}$.

Donner l'intervalle de variation de V_R quand θ varie entre 90°C et 105°C .

ANNEXE

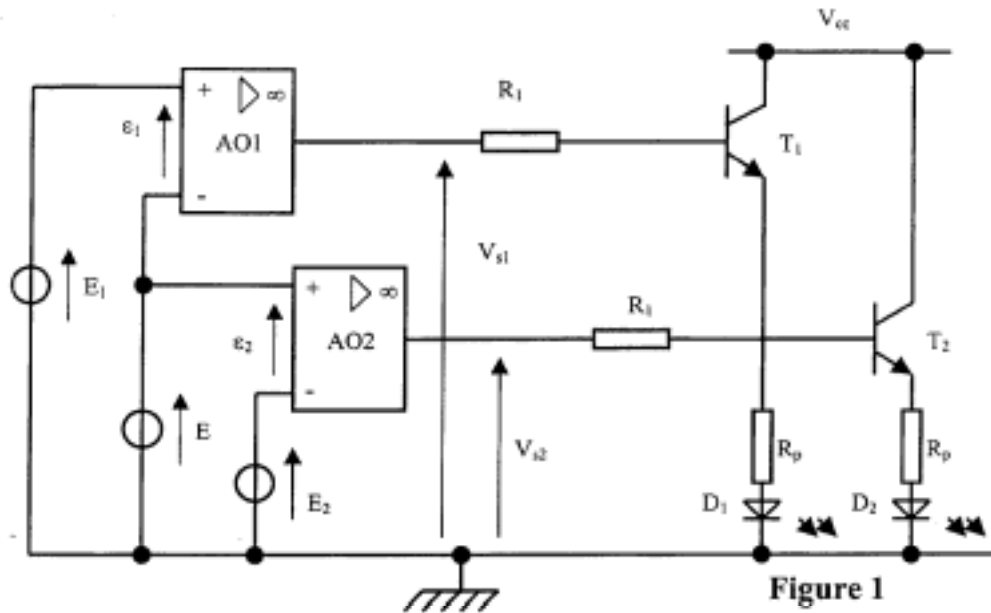


Figure 1

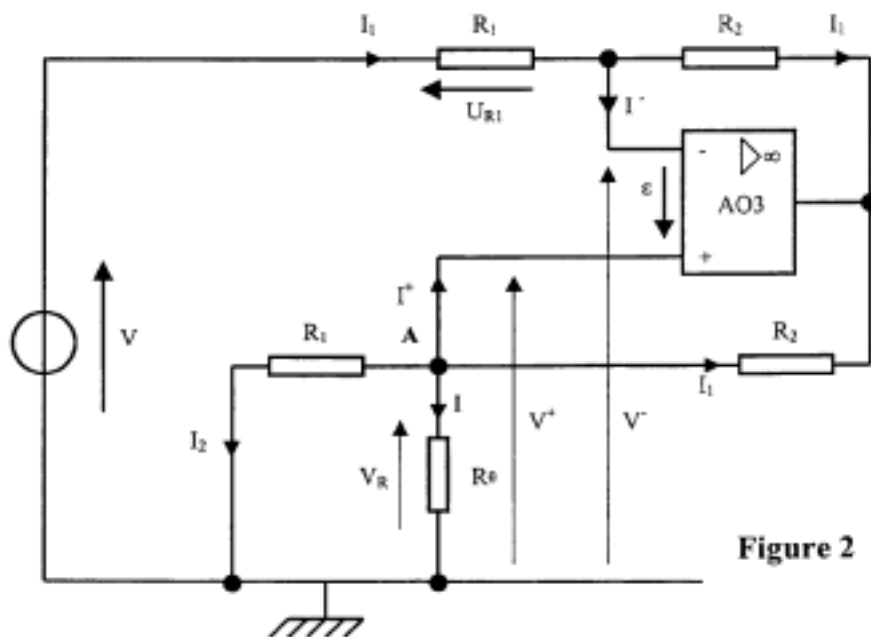


Figure 2

Document réponse :

	$0 < E < E_1 < E_2$	$E_1 < E < E_2$	$E > E_2 > E_1$
V_{s1}			
V_{s2}			
T_1 (bloqué / saturé)			
T_2 (bloqué / saturé)			
D_1 (allumée / éteinte)			
D_2 (allumée / éteinte)			

Réponses :

A – Contrôle de la batterie

1. Les amplificateurs opérationnels fonctionnent en saturation (pas de boucle de rétroaction entre l'entrée inverseuse et la sortie).
2. Les transistors sont des transistors NPN
3. $\varepsilon_1 = E_1 - E$ et $\varepsilon_2 = E - E_2$
- 4.

Condition	$\varepsilon_1 = E_1 - E$	V_{S1}	$\varepsilon_2 = E - E_2$	V_{S2}
$0 < E < E_1 < E_2$	$\varepsilon_1 > 0$	$V_{S1} = V_{cc} = 15 \text{ V}$	$\varepsilon_2 < 0$	$V_{S2} = 0 \text{ V}$
$E_1 < E < E_2$	$\varepsilon_1 < 0$	$V_{S1} = 0 \text{ V}$	$\varepsilon_2 = E - E_2 < 0$	$V_{S2} = 0 \text{ V}$
$E > E_2 > E_1$	$\varepsilon_1 < 0$	$V_{S1} = 0 \text{ V}$	$\varepsilon_2 > 0$	$V_{S2} = V_{cc} = 15 \text{ V}$

On complète, ensuite, le tableau du document-réponse (voir ci-après)

	$0 < E < E_1 < E_2$	$E_1 < E < E_2$	$E > E_2 > E_1$
V_{S1}	$V_{S1} = V_{cc} = 15 \text{ V}$	$V_{S1} = 0 \text{ V}$	$V_{S1} = 0 \text{ V}$
V_{S2}	$V_{S2} = 0 \text{ V}$	$V_{S2} = 0 \text{ V}$	$V_{S2} = V_{cc} = 15 \text{ V}$
T_1 (bloqué / saturé)	saturé	bloqué	bloqué
T_2 (bloqué / saturé)	bloqué	bloqué	saturé
D_1 (allumée / éteinte)	allumée	éteinte	éteinte
D_2 (allumée / éteinte)	éteinte	éteinte	allumée

B – Contrôle du système de refroidissement

1. $R_\theta \cong 135 \Omega$ pour $\theta = 90^\circ \text{C}$ et $R_\theta \cong 140 \Omega$ pour $\theta = 105^\circ \text{C}$
2. a) $\varepsilon = V^+ - V^-$; en régime linéaire $\varepsilon = 0$ ce qui entraîne $V^+ = V^-$
 b) $U_{R1} = V - V^-$
 c) Loi d'Ohm : $U_{R1} = R_1 I_1$ donc $I_1 = \frac{U_{R1}}{R_1} = \frac{V - V^-}{R_1}$
 d) Loi d'Ohm : $V^+ = R_1 I_2$ donc $I_2 = \frac{V^+}{R_1}$
 e) Loi des nœuds : $I = -(I_1 + I_2)$ donc : $I = -\left(\frac{V - V^-}{R_1} + \frac{V^+}{R_1}\right) = -\frac{V}{R_1}$ car $V^+ = V^-$
3. Loi d'Ohm : $V_R = R_\theta I = -R_\theta \frac{V}{R_1}$; $-1,40 \text{ V} < V_R < -1,35 \text{ V}$