

CORRIGE ETAT DE CHARGE BATTERIE TOYOTA PRIUS

Problématique **Comment indiquer l'état de charge de la batterie à l'utilisateur ?**

Contexte Le constructeur automobile japonais **TOYOTA** commercialise un véhicule de tourisme à motorisation hybride, la **TOYOTA PRIUS**. Cette motorisation repose sur la combinaison d'un moteur électrique et d'un moteur à essence. L'idée d'associer à bord d'un même véhicule, un moteur électrique et un moteur thermique permet de conserver un excellent niveau de performances dynamiques, tout en diminuant sensiblement la pollution en milieu urbain, grâce à une gestion énergétique optimisée.

Figure 1 : La TOYOTA PRIUS.



Questions Étude du Capteur de Température T

Une thermistance (R_{th}) placée à l'intérieur de la batterie permet de mesurer la température. Un montage à base d'amplificateurs linéaires intégrés, supposés parfaits, permet d'obtenir une tension v_{th} quasi proportionnelle à la température.

Les amplificateurs linéaires intégrés sont alimentés à partir d'une source de tension continue $V_{CC} = +12V$.

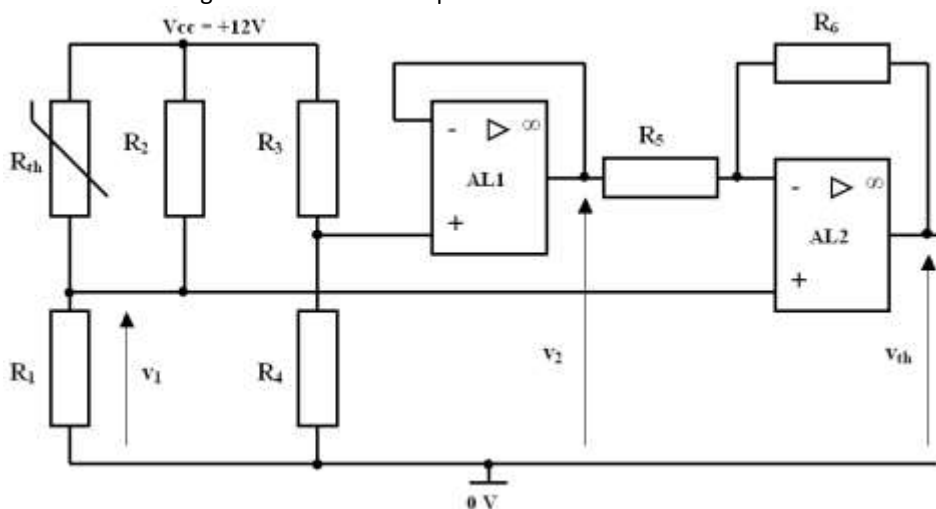


Figure 12: Capteur de Température.

Plage de mesure : $-10\text{ °C} < T < 40\text{ °C}$.

Cahier des charges : $V_{th} = 0\text{ V}$ pour $T = -10\text{ °C}$ et $V_{th} = 10\text{ V}$ pour $T = +40\text{ °C}$

Le signal v_{th} est ensuite transmis à l'unité de contrôle où il sera converti en une grandeur numérique.

Référence de R_{th} : Murata NTSA0XH103_E1B0.

$$R_{th} = 10^4 \cdot e^{3380 \left(\frac{1}{T+273} - \frac{1}{25+273} \right)}$$

R_{th} en Ω et T en $^{\circ}\text{C}$.

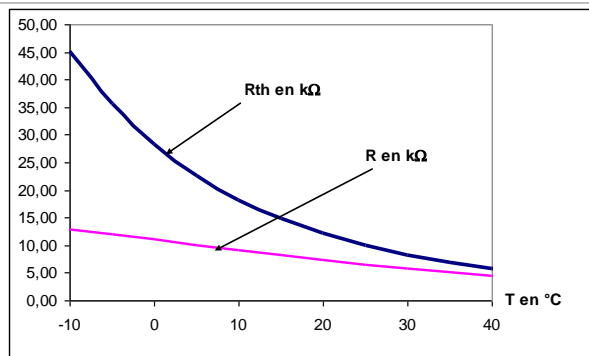
Courant maximal : 0,4 mA ($T = 25^{\circ}\text{C}$) $R_1 = 22\text{ k}\Omega$ $R_2 = 18\text{ k}$ $R_4 = R_5 = 22\text{ k}$

Q1 La thermistance est de type CTN, indiquer la signification du terme CTN.

CTN signifie Coefficient de Température Négatif, la résistance de la thermistance diminue lorsque la température augmente.

On appelle R la résistance équivalente à l'association de R_2 et R_{th} .

Le tracé de R_{th} et R en fonction de T est proposé ci-dessous.



Q2 En déduire le rôle de la résistance R_2 .

La résistance R_2 sert à obtenir une relation quasi linéaire entre la valeur de R et la température.

Q3 Exprimer v_1 en fonction de V_{CC} , R_1 et R.

$$v_1 = \frac{R_1}{R_1 + R} V_{CC}$$

Q5 Exprimer v_2 en fonction de R_3 , R_4 et V_{CC} . Quel est le rôle de l'amplificateur AL1 ?

CORRIGE ETAT DE CHARGE BATTERIE TOYOTA PRIUS

L'amplificateur AL1 est utilisé en suiveur, il joue le rôle d'adaptateur d'impédance, aucun courant n'est prélevé

en sortie du pont de mesure. On a la relation $v_2 = \frac{R_4}{R_4 + R_3} V_{CC}$

Q6 Exprimer v_{th} en fonction de V_{CC} , R_1 , R_3 , R_4 , R_5 , R_6 et R .

Les ALI sont en régime linéaire, $V^+ = V^-$

Loi de courant sur entrée - AL1 $\frac{v_2 - V^-}{R_5} + \frac{v_{th} - V^-}{R_6} = 0$ et $V^- = V_1$
 $R_6 \cdot v_2 - R_6 \cdot V_1 + R_5 \cdot v_{th} - R_5 \cdot V_1 = 0$

$$v_{th} = v_1 \left(\frac{R_6 + 1}{R_5} \right) - \frac{R_6}{R_5} v_2$$

Q7 Déterminer la valeur des résistances R_3 et R_6 qui permet de répondre au cahier des charges.

En remplaçant v_1 et v_2 par les expressions obtenues on obtient :

$$v_{th} = v_{CC} \frac{R_1}{R_1 + R} \left(\frac{R_6 + 1}{R_5} \right) - \frac{R_6}{R_5} \left(\frac{R_4}{R_4 + R_3} \right) v_{CC} \quad \text{avec } R_1 = R_4 = R_5 \quad v_{th} = v_{CC} \frac{R_5 + R_6}{R_1 + R} - \left(\frac{R_6}{R_4 + R_3} \right)$$

A.N. : Pour $T = -10^\circ C$ on a $R_7 = 12,9 \text{ k}\Omega$. On souhaite $v_{th} = 0 \text{ V}$, d'où la relation :

$$(a) \quad 0 = \frac{22 + R_6}{34,9} - \left(\frac{R_6}{22 + R_3} \right)$$

Pour $T = 40^\circ C$ on a $R_7 = 4,4 \text{ k}\Omega$. On souhaite $v_{th} = 10 \text{ V}$, d'où la relation

$$(b) \quad 10 = 12 \cdot \frac{22}{26,4} \left(\frac{R_6 + 1}{22} + 1 \right) - \frac{12 \cdot R_6}{22 + R_3} \Rightarrow \frac{-R_6}{22 + R_3} = \frac{10}{12} - \frac{22}{26,4} \left(\frac{R_6 + 1}{22} + 1 \right)$$

En utilisant (b) dans (a) on obtient :

$$0 = \frac{22}{34,9} \left(\frac{R_6 + 1}{22} + 1 \right) - \frac{22}{26,4} \left(\frac{R_6 + 1}{22} + 1 \right) + \frac{10}{12} \quad \text{d'où } R_6 = 69,3 \text{ k}\Omega.$$

En remplaçant R_6 par sa valeur dans (a) on obtient alors : $R_3 = 4,5 \text{ k}\Omega$.

Amplification et filtrage du signal mesure du courant batterie i_b

Le capteur qui permet de mesurer l'intensité qui traverse la batterie est un capteur à effet Hall de marque LEM et de référence LAS 100-TP. Ce capteur délivre une tension v_{out} proportionnelle au courant i_b .

La grandeur i_b peut subir des variations brutales et de très faibles durées. Pour déterminer l'état de charge de la batterie, il est nécessaire de s'affranchir de ces régimes transitoires à l'aide d'un filtre passe-bas.

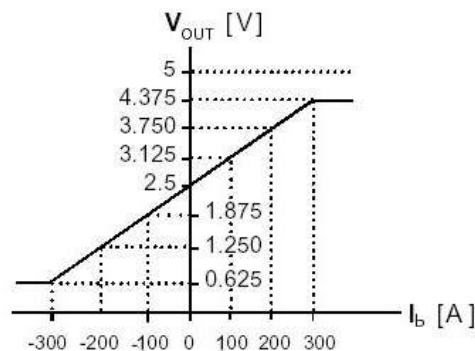


Figure 13 : Caractéristique de sortie du capteur LAS 100-TP

CORRIGE ETAT DE CHARGE BATTERIE TOYOTA PRIUS

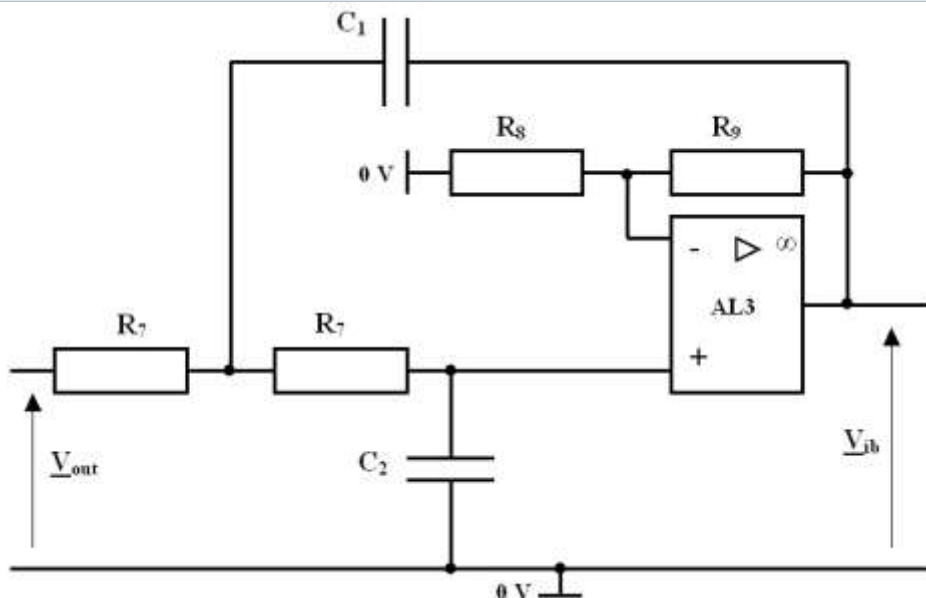


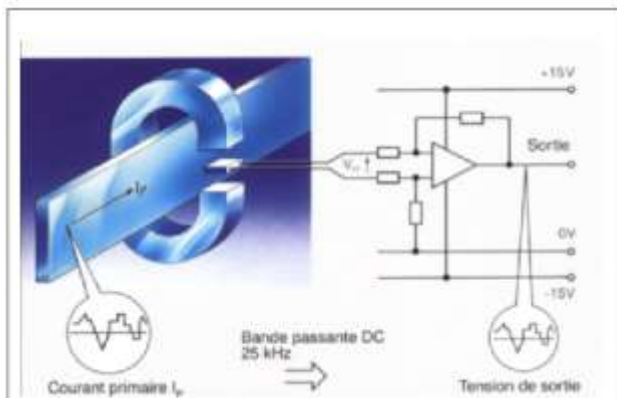
Figure 14 : Filtre passe-bas

Q8 Quels sont les avantages du capteur à effet Hall par rapport à un shunt ?

Le capteur à effet Hall fournit un signal de mesure isolé galvaniquement par rapport à la grandeur mesurée. Pas de chute de tension et de pertes Joule dues au capteur.

Principe d'un capteur à effet Hall :

Utilisation de l'effet Hall en boucle ouverte



Les capteurs à boucle ouverte exploitent l'effet Hall.

La tension du générateur de Hall est générée par le courant de cde I_c et par l'induction dans l'entrefer B_{pe} .

Le courant de cde I_c est fourni par une source à courant constant. Le courant I_p génère l'induction B_{pe} .

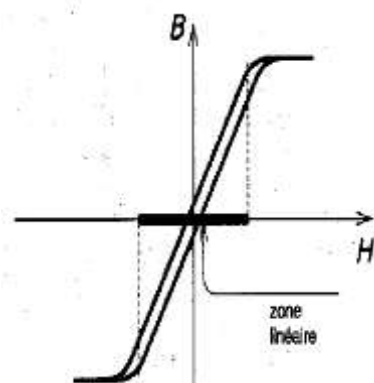
Dans la zone linéaire du cycle d'hystérésis, B_{pe} est proportionnel à I_p tel que : $B_{pe} = a \cdot I_p$

Inconvénient d'un capteur en boucle ouverte :

La caractéristique $B = f(H)$ du matériau magnétique possède 2 types de non linéarité :

- Saturation pour les fortes valeurs de H
- Hystérésis autour d'un point de fonctionnement soit une induction rémanente B_r pour $H = 0$.

Un entrefer important linéarise le cycle d'hystérésis et réduit notablement la tension d'offset liée à l'induction rémanente B_r du circuit magnétique. Mais l'entrefer augmente les risques de fuite magnétiques, pouvant perturber la tension de Hall : V_H .



Capteur à boucle fermée, mesure par compensation

Les capteurs à boucle fermée dits aussi à flux nul, possèdent un circuit de compensation intégré qui améliore notablement les performances.

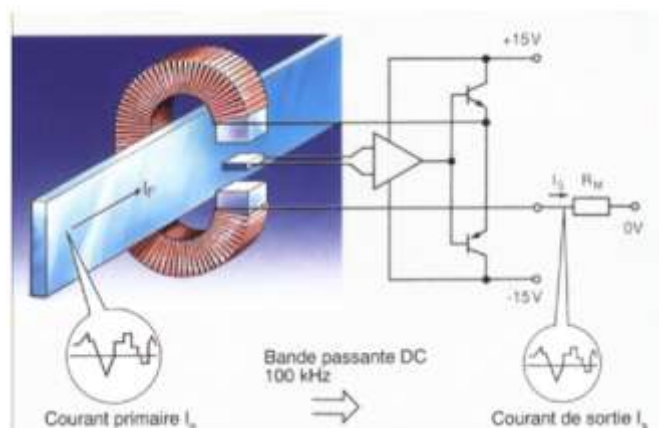
La détection de la tension de Hall V_H amène l'amplificateur à fournir un courant de compensation I_s dans un bobinage secondaire comprenant N_s spires et enveloppant le circuit magnétique.

Il y a compensation des ampères tours primaires ($N_p \cdot I_p$) par les ampères tours secondaires ($N_s \cdot I_s$) de signe opposé. Comme $N_s \gg N_p = 1$, le courant I_s est réduit à qq dizaine de mA.

CORRIGE ETAT DE CHARGE BATTERIE TOYOTA PRIUS

A l'équilibre, $N_p \cdot I_p + N_s \cdot I_s = 0$

I_s est donc l'image de I_p . La tension de mesure V_{M1} est récupérée aux bornes d'une résistance étalon R_M .



Pour un courant constant $I_b = 80 \text{ A}$, la valeur du signal de sortie doit correspondre à $V_{ib} = 10 \text{ V}$.

Q9 Déterminer l'expression H_{30} du gain statique du montage en fonction de R_8 et R_9 (les condensateurs ont une impédance infinie en continu).

montage amplificateur non inverseur classique avec $H_{30} = 1 + \frac{R_9}{R_8}$.

Q10 Indiquer la valeur de R_9 si $R_8 = 22 \text{ k}\Omega$.

Pour un courant constant $I_b = 80 \text{ A}$ on calcule $V_{out} = 3 \text{ V}$ à partir de la figure 13. Si l'on souhaite $V_{ib} = 10 \text{ V}$, il faut $H_{30} = 3,33$ d'où $R_9 = 51,3 \text{ k}\Omega$.

Q11 Indiquer la relation $V_{ib} = f(I_b)$ pour $-200 \text{ A} < I_b < 80 \text{ A}$.

La relation entre V_{ib} et I_b est évidemment linéaire. La question précédente nous fournit un point de cette caractéristique, il suffit de trouver un autre point pour déterminer l'équation de la droite.

Pour $I_b = 0 \text{ A}$ on a $V_{out} = 2,5 \text{ V}$ d'où $V_{ib} = 8,325 \text{ V}$ on sait que pour $I_b = 80 \text{ A}$ on a $V_{ib} = 10 \text{ V}$

D'où $V_{ib} = 0,021 I_b + 8,325$

En régime sinusoïdal, on donne l'expression de la transmittance du filtre $H_3 = \frac{V_{ib}}{V_{out}}$

$$H_3 = \frac{H_{30}}{1 + j\omega(C_1 R_7 + 2C_2 R_7 - C_1 R_7 H_{30}) + (j\omega)^2 C_1 C_2 R_7^2}$$

Q12 Mettre la transmittance sous la forme $H_3 = \frac{H_{30}}{1 + 2m \frac{j\omega}{\omega_3} + \left(\frac{j\omega}{\omega_3}\right)^2}$ et exprimer les grandeurs

caractéristiques de H_3 en fonction des éléments du montage.

$$\omega_3 = \frac{1}{\sqrt{C_1 C_2 R_7}} \quad \text{et} \quad m = \frac{C_1(1 - H_{30}) + 2C_2}{2\sqrt{C_1 C_2}}$$

Q13 On choisit $C_2 = 2,22 C_1$. Calculer m et déterminer une valeur qui convient pour les composants C_1 , C_2 et R_7 si $\omega_3 = 10 \text{ rad.s}^{-1}$.

On choisit $C_2 = 2,22 C_1$ et rappelons que $H_{30} = 3,33$ d'où $m = 0,708$

Choisissons le condensateur C_1 en premier :

Si $C_1 = 100 \text{ nF}$ alors $C_2 = 220 \text{ nF}$ et on déduit $R_7 = 674 \text{ k}\Omega$ pour $\omega_3 = 10 \text{ rd.s}^{-1}$.