

Utiliser la notion de diviseur de tension

par D. GAUDE

Université Lyon-1

Laboratoire d'Électrotechnique et d'Électronique de Puissance

Le diviseur de tension est un quadripôle introduit très tôt, dans l'Enseignement de l'Electricité. Il apparaît alors comme une application de la loi d'Ohm pour les résistors et de la loi d'addition des tensions.

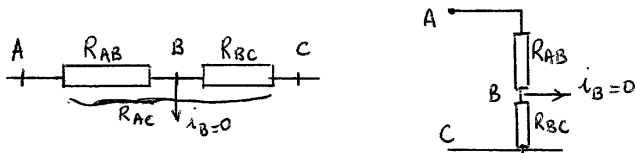
Mais ensuite, il n'est plus utilisé, au moins au lycée. Les élèves l'oublient, comme toute chose non pratiquée régulièrement.

Son utilisation, dans les exercices, permet pourtant :

- 1) d'éliminer des calculs l'intensité et son caractère algébrique,
- 2) de faire fonctionner les concepts de tension et de potentiel.

1. RELATION FONDAMENTALE DU DIVISEUR DE TENSION

La difficulté consiste à reconnaître un diviseur de tension dans les montages où il apparaît sous les deux formes suivantes :



$$\text{Lorsque } i_B = 0 \quad u_{BC}/u_{AC} = R_{BC}/R_{AC}$$

Cette relation reste valable en régime transitoire et en régime alternatif sinusoïdal, avec les grandeurs complexes.

La condition impérative $i_B = 0$ peut paraître contraignante à l'extrême pour les applications de la formule.

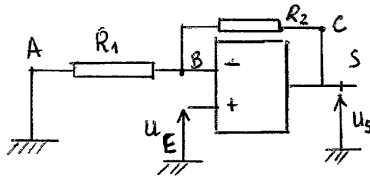
Il n'en est rien, car, notamment avec les circuits intégrés, on rencontre souvent des situations, avec un nœud de courant, d'où il ne part qu'une intensité (algébrique) négligeable.

Néanmoins cette condition existe et il faut vérifier à chaque fois.

2. MONTAGE DE BASE DE L'AMPLIFICATEUR OPÉRATIONNEL :

2.1. L'amplificateur non inverseur

Le calcul qui suit est accessible en classe de seconde :



Entre ABC existe un diviseur de tension.

La formule générale s'applique car i_- est nul pour un ampli-op parfait.

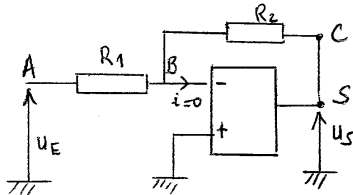
De plus $e = 0$ (mode linéaire) ; $u_E = V_B$ et $u_S = V_C$

$$V_B - V_A / V_C - V_A = u_E / u_S = R_1 / R_1 + R_2$$

Le gain du montage est donc G :

$$G = u_S / u_E = 1 + (R_2 / R_1)$$

2.2. L'amplificateur inverseur



Entre A, B et C existe un diviseur de tension.

$$i_- = 0$$

$$V_B = 0 \quad V_C = u_S \quad V_A = u_E$$

$$V_B - V_A / V_C - V_A = R_1 / (R_1 + R_2) = -u_E / (u_S - u_E)$$

après inversion : $G = u_S / u_E = -R_2 / R_1$

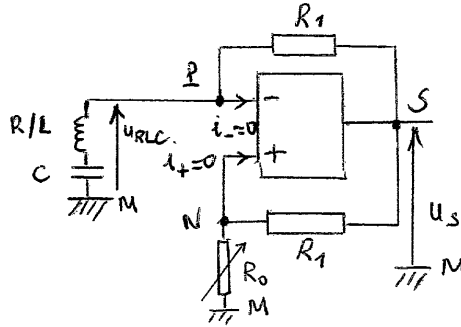
3. ENTRETIEN DES OSCILLATIONS D'UN DIPÔLE RLC, avec un ampli-op

$$U_{RLC} = L \, q'' + R \, q' + (q/C)$$

$$q' = i$$

$$i_+ = i_- = 0$$

$$V_p = V_n \text{ donc } u_{NM} = u_{PM} = U_{RLC}$$



Entre S, N et M se trouve un diviseur de tension :

$$u_{RLC} = u_{NM} = [R_0 / (R_0 + R_1)] \cdot u_S \text{ et } u_S - u_{RLC} = R_1 i$$

$$u_{RLC} [(R_0 + R_1) / R_0] = R_1 i + u_{RLC}$$

$$\text{d'où } u_{RLC} = R_0 i$$

L'équation différentielle devient alors :

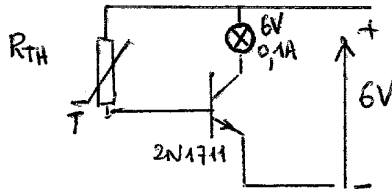
$$Lq'' + (R - R_0) q' + (q/C) = 0$$

Si $R = R_0$, les oscillations sont entretenues.

Ce calcul est rapide et bien compris par les élèves. Il ne nécessite aucune application de la loi des nœuds.

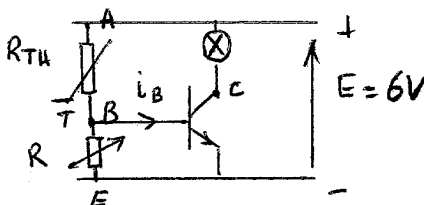
4. UN EXEMPLE DE MONTAGE À TRANSISTOR.

Le montage qui suit est un détecteur de température réalisable en classe de troisième.



Le montage classique manque de sensibilité, car R_{TH} varie trop peu lorsque la température varie de quelques degrés.

On gagne à le remplacer par le montage suivant :



Bien réglé à l'aide du potentiomètre R, la lampe s'allume, lorsqu'on tient quelques secondes la thermistance dans les doigts.

Le calcul des composants s'effectue à l'aide de la relation du diviseur de tension A, B, E.

En effet, le transistor reste bloqué tant que la jonction base émetteur (diode) est non passante : $u_{BE} < 0,7 \text{ V}$ (pour fixer les idées).

Dans ce cas $i_B = 0$ et

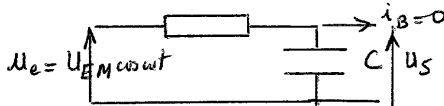
$$u_{BE} = u_{AE} \cdot [R / (R_{TH} + R)] = E \cdot [R / (R_{TH} + R)]$$

Si l'on choisit une thermistance $R_{TH} = 4,7 \text{ k}\Omega$ à 25°C , la condition $u_{BE} < 0,7 \text{ V}$ entraîne $R < 620 \text{ }\Omega$ lorsque $E = 6 \text{ V}$

Avec un potentiomètre de valeur $1000 \text{ }\Omega$, on règle sa valeur jusqu'à l'extinction limite de la lampe. Celle-ci s'allume et éclaire vivement lorsque on prend la thermistance entre pouce et index.

On peut imaginer d'autres montages bâtis sur ce modèle et conduisant au même type de calcul, avec une photorésistance ou en inversant les positions du potentiomètres et du capteur.

5. UN EXEMPLE EN ALTERNATIF : UN FILTRE RC



Afin de pouvoir utiliser la relation du diviseur de tension, la sortie du filtre est branchée sur un quadripôle de résistance infinie (entre les entrées d'un ampli-op par exemple). Le rapport des valeurs complexes de u_s et de u_E est :

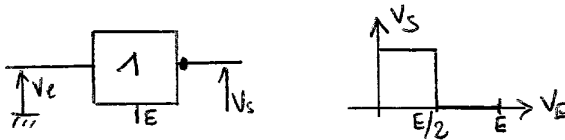
$$\overline{U_S}/\overline{U_E} = \overline{Z_C}/(R + \overline{Z})$$

$$|\overline{U_S}/\overline{U_E}|^2 = (1/C^2 \omega^2)/(R^2 + (1/C^2 \omega^2)) = 1/(1 + (RC\omega)^2)$$

La pulsation de coupure de ce filtre passe-bas à 3 dB est $\omega_C = 1/RC$.

6. MONTAGES COMPAREURS

Si l'on considère le montage suivant construit autour d'un circuit logique inverseur, on constate que la tension de sortie change de valeur lorsque la tension d'entrée est inférieure ou supérieure à une tension de référence V_r voisine de $E/2$, E désignant la tension d'alimentation du circuit logique.

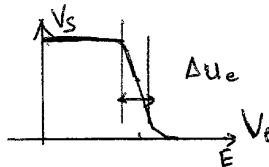


Le circuit compare la tension d'entrée U_e à cette tension V_r .

Ce comparateur présente deux inconvénients :

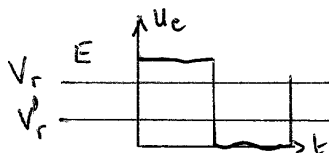
a) La tension de sortie V_s est mal définie si V_e varie lentement au voisinage du seuil V_r .

Ceci est lié à une largeur finie du seuil de basculement, comme le montre la caractéristique non idéalisée de ce circuit logique.



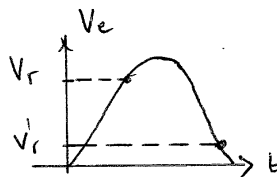
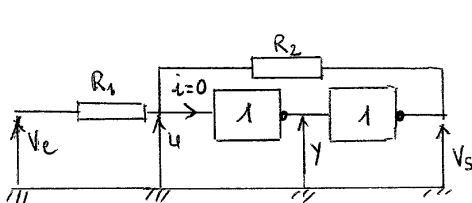
b) De plus tout retour en arrière de V_e fait rebasculer V_s .

Supposons qu'à la sortie d'un générateur de signaux on obtienne un signal carré déformé, par suite de mauvaise manipulation. On désire obtenir un signal carré correct.



On doit donc comparer les valeurs basses et hautes du créneau à deux tensions de référence différentes V_r et V_r' : on réalise cela avec un comparateur à hystérésis.

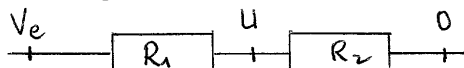
Étudions le montage suivant :



On suppose que V_e augmente puis rediminue (voir courbe précédente). Au départ si $U < V$, V tension de basculement des inverseurs logiques ($= E/2$) :

$$Y = E ; V_s = 0$$

Configuration des potentiels :



$$U/V_e = R_2/(R_1 + R_2) \text{ diviseur de tension}$$

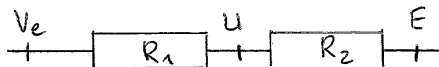
V_e augmente, U aussi. Il y a basculement si $U = V$

$$\text{alors } V_e = (R_1 + R_2) \cdot V / R_1 \quad (1)$$

$$\text{alors } V_s = E$$

Les potentiels ont la configuration suivante :

La relation du diviseur de tension donne :



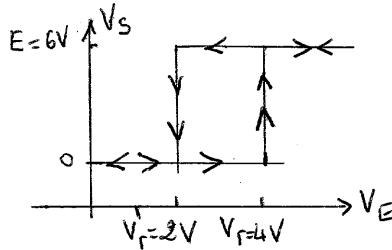
$$\text{d'où } U = [R_1 \cdot E + R_2 \cdot V_e] / (R_1 + R_2)$$

au basculement $U = V$, V_s repasse à une valeur nulle

$$V_e = [(R_1 + R_2) V - R_1 \cdot E] / R_2 \quad (2)$$

Avec un choix correct des résistances les deux valeurs (1) et (2) de V_e provoquant le basculement des portes ne sont pas identiques.

Avec $R_1 = 50\text{k}\Omega$, $R_2 = 150\text{k}\Omega$ et $E = 2 \times V = 6 \text{ V}$, on obtient le cyclogramme :



lorsque V_e augmente, V_s bascule

lorsque $V_e = 4 \text{ V} = V_r$;

lorsque V_e diminue, V_s bascule

lorsque $V_e = 2 \text{ V} = V_r'$.

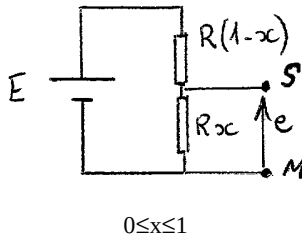
Si à l'entrée du montage on injecte le créneau déformé précédent, en sortie on obtient un créneau reformé.

Cet exemple fournit un exemple intéressant d'exercice sur les circuits logiques.

7. LE POTENTIOMÈTRE

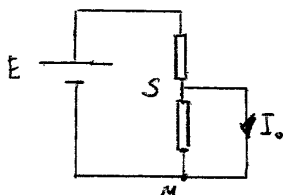
C'est l'application la plus connue du diviseur de tension. Ce peut être l'occasion d'une application concrète des théorèmes de Thévenin et de Norton.

Considérons le potentiomètre suivant, relié à un générateur de tension parfait de f.e.m. E .



Sa tension à vide est $e = R.x.E / [R.x + R(1-x)]$

soit $e = x.E$



Son intensité de court-circuit :

$$I_0 = E/R (1-x)$$

Sa résistance équivalente $r = E/I_0$

$$r = R.X.(1-x)$$

Dans les exemples qui précèdent, on peut apprécier l'étendue du champ d'application du diviseur de tension à tous les niveaux de notre enseignement, ainsi que sa commodité d'emploi.