

3.1 LOI DES NŒUDS

■ Énoncé

Dans un circuit, la somme des courants arrivant à un nœud est égale à la somme des courants qui en repartent.

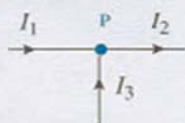
■ Utilisation

Au point P (nœud), connaissant la valeur de I_1 et I_2 , on peut facilement déduire la valeur du courant I_3 en utilisant la loi des nœuds :

Somme des courants entrant : $I_1 + I_2$.

Somme des courants sortant : I_3 .

Donc $I_1 + I_2 = I_3$. D'où $I_3 = I_1 + I_2$.



3.2 LOI DES MAILLES

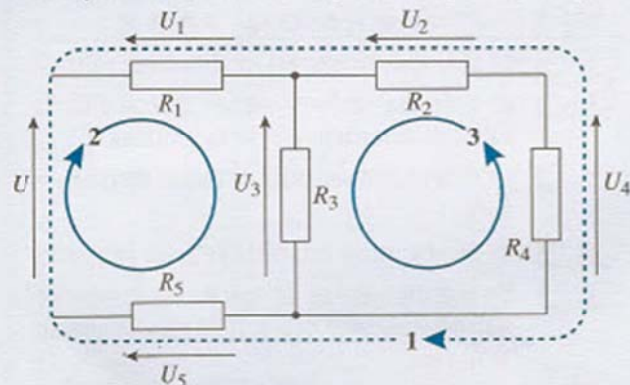
■ Énoncé

Dans un circuit, si on considère une maille orientée, la somme des tensions formant cette maille est égale à zéro. Dans cette somme, les tensions fléchées dans le sens de l'orientation de la maille sont comptées positivement et celles fléchées en opposition, sont comptées négativement.

■ Qu'est-ce qu'une maille ?

Une maille est une portion de circuit fermée :

- soit par un élément du circuit (exemple R_1) ;
- soit par une différence de potentiel (exemple U).



→ Le choix du sens d'orientation des mailles est arbitraire.

On peut considérer trois mailles dans ce circuit :

$$M_1 : -U_2 - U_4 + U_5 + U - U_1 = 0.$$

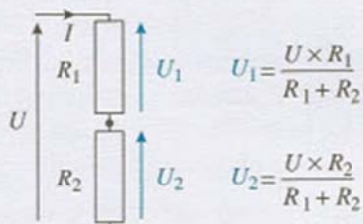
$$M_2 : -U_1 - U_3 + U_5 + U = 0.$$

$$M_3 : -U_3 + U_4 + U_2 = 0.$$

3.3 THÉORÈMES ET LOIS

■ Loi du pont diviseur

Schéma d'application



Démonstration

Calcul du courant I : $I = U / (R_1 + R_2)$

I est le courant circulant dans le résistor R_1 et dans le résistor R_2 (circuit série).

Donc : $U_2 = R_2 \times I$ et $U_1 = R_1 \times I$

$$U_2 = \frac{U \times R_2}{R_1 + R_2} \quad \text{et} \quad U_1 = \frac{U \times R_1}{R_1 + R_2}$$

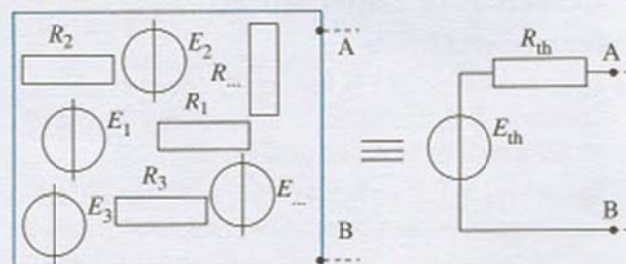
→ Cette loi peut s'appliquer uniquement si les courants traversant les 2 résistors sont les mêmes.

3.4 THÉORÈMES DE THÉVENIN /NORTON/ SUPERPOSITION/MILLMAN

■ Théorème de Thévenin

Ce théorème permet de transformer un montage à plusieurs sources de tension associées à plusieurs composants, en un montage à une seule source de tension équivalente associée à un seul composant équivalent en série.

Première approche où les composants ne sont que des résistors



Montage électrique composé de plusieurs sources de tension (ou de courant) et de plusieurs résistors.

Schéma équivalent composé d'une seule source de tension et d'un seul résistor en série.

Méthode de calcul des éléments du schéma équivalent de Thévenin d'un montage, vu entre deux points A et B quelconques de ce montage

- Pour déterminer la valeur du générateur de Thévenin (E_{th}), on considère le montage à vide (sans charge), c'est-à-dire, avec $I_s = 0$. On calcule ensuite la valeur de la différence de potentiel U_{AB} entre les points A et B en utilisant les lois et les théorèmes de l'électronique.

$$E_{th} = U_{AB} \text{ (à vide).}$$

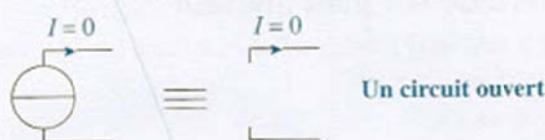
- Pour déterminer la valeur de la résistance équivalente de Thévenin, on considère le groupement de résistors vu des points A et B, en éteignant toutes les sources de tension et de courant.

On calcule ensuite la résistance équivalente R_{eq} de ce groupement : $R_{th} = R_{eq}$.

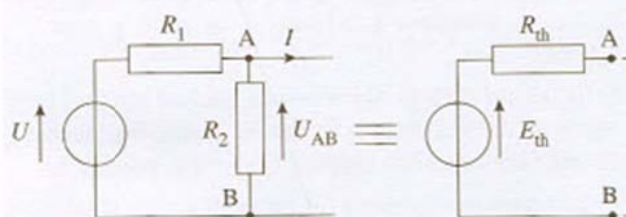
→ Une source de tension éteinte est équivalente à :



→ Une source de courant éteinte est équivalente à :



Exemple

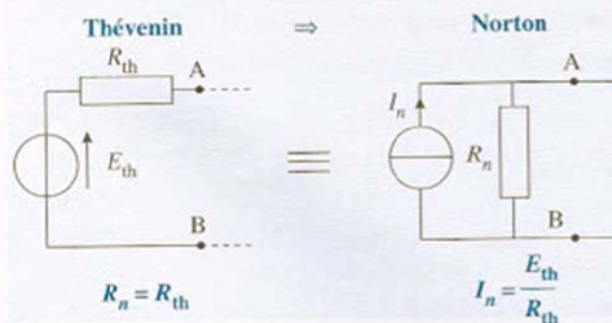


$$E_{th} = \frac{U \times R_2}{R_1 + R_2} \text{ pont diviseur utilisable car pas de charge en A - B (I = 0).}$$

$R_{th} = R_1 // R_2$ calculée en remplaçant U par un fil (source de tension éteinte).

■ Transformation Thévenin/Norton

Ce théorème permet de transformer un générateur de tension type Thévenin ($E_{th} + R_{th}$) en un générateur de courant type Norton ($I_n // R_n$).



■ Théorème de superposition

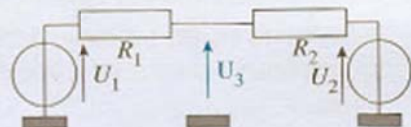
Énoncé

Dans un montage à n sources de tension (de E_1 à E_n), si on veut déterminer la valeur d'un potentiel ou d'une différence de potentiel quelconque du montage, il suffit :

- De calculer la valeur de ce potentiel en ne prenant en compte que la source E_1 , les $n - 1$ sources restantes étant éteintes.
- Répéter cette opération pour chaque source de tension (n calculs).
- Ajouter toutes les valeurs des tensions calculées en a) et b).

Exemple

U_1 et U_2 connues, on souhaite déterminer la valeur de U_3 .



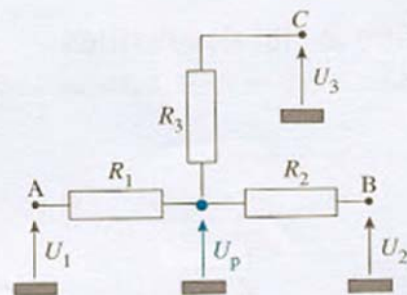
La valeur du potentiel U_3 peut être trouvée en 2 étapes :

- on éteint la source U_2 (remplacée par un court circuit) et on calcule U_{31} en fonction de U_1 , R_1 et R_2 ;
- on éteint la source U_1 (remplacée par un court circuit) et on calcule U_{32} en fonction de U_2 , R_1 et R_2 .

La différence de potentiel U_3 vaut alors : $U_{31} + U_{32}$.

■ Théorème de Millman

Cette loi s'applique en n'importe quel nœud d'un circuit électrique, permettant de déterminer la différence de potentiel entre ce nœud et la masse de référence du circuit :



On a :

$$U_p \times \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) = \frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2} + \frac{U_3}{R_3}.$$

→ Les tensions U_1 , U_2 et U_3 sont les potentiels des points A, B et C (par rapport à la masse).

→ Le départ de branche au nœud P n'est pas limité.

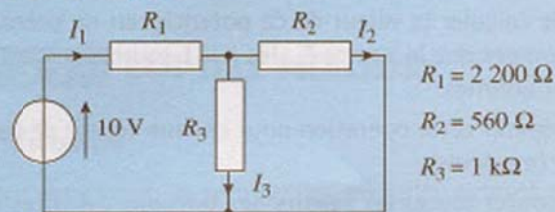
NOTIONS IMPORTANTES

- Les énoncés de la loi des mailles et de la loi des nœuds.
- Le schéma d'application de la loi du pont diviseur.
- Les méthodes de calcul de E_{th} et R_{th} .
- La méthode d'application du théorème de superposition.
- L'utilisation du théorème de Millman.

EXERCICES

Exercice 1 : utilisation des lois

Soit le montage :



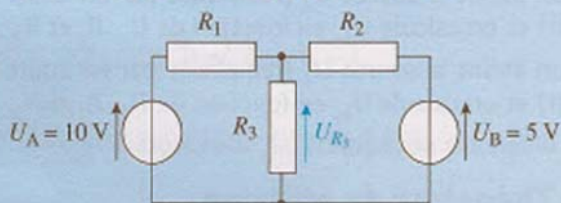
a) Calculer la résistance équivalente du circuit vue par le générateur, puis la valeur du courant I_1 .

Donner le sens des ddp aux bornes de R_1 , R_2 et R_3 (convention récepteur) et les placer sur le schéma.

Calculer U_{R_1} puis U_{R_2} et U_{R_3} .

Enfin, calculer I_2 et I_3 .

b) On modifie le schéma de la façon suivante :



Calculer U_{R_3} en utilisant :

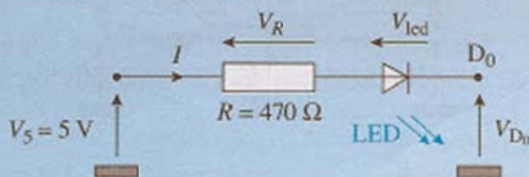
a) Le théorème de Millman.

b) Le théorème de superposition.

Exercice 2 : loi des mailles

Soit la fonction FA3 de l'objet technique Générateur de Fonction :

Isolons une partie du montage :



La tension V_{D_0} peut prendre deux valeurs : 0 ou 5 volts.

LED est une diode électroluminescente. Elle s'allume correctement si elle est parcourue par un courant I positif, compris entre 5 et 10 mA. La tension à ses bornes, lorsqu'elle est allumée, est $V_{led} = 1,6$ volts.

Lorsqu'elle est parcourue par un courant nul, elle est éteinte.

a) Écrire la loi des mailles comprenant V_R , V_{led} , V_{D_0} et V_S .

b) Remplacer V_R par sa relation en fonction de R et I .

c) Dans le cas où $V_{D_0} = 0$ volt, on a $V_{led} = 1,6$ volts. Calculer alors la valeur de I en utilisant la relation trouvée en b). La LED est-elle correctement allumée ?

d) Dans le cas où $V_{D_0} = 5$ volts, un courant peut-il circuler dans la branche ? La LED est-elle éteinte ou allumée ?

Exercice 3 : pont diviseur

Soit la fonction FP3 de l'objet technique Grade Eye. (Voir livre électronique numérique).

1. Préparation

a) Reproduire le schéma structural du circuit de polarisation comprenant les résistors R_{36} , R_{37} et le condensateur C_{24} . Penser à indiquer le potentiel V_{POL} et la source V_{cc} .

b) On fait une étude en régime continu. Sachant que dans ce régime les condensateurs se comportent comme des circuits ouverts, faire un schéma simplifié du circuit de polarisation.

c) Déterminer l'expression du potentiel V_{POL} et calculer sa valeur nominale.

2. Manipulation

Mettre en œuvre l'objet technique Grade Eye et relever V_{POL} .

3. Simulation 3-3.cir

Avec l'outil de simulation, saisir ce schéma, lancer la simulation temporelle par ALT + 4 (2 fois).



Exercice 4 : pont diviseur

Soit la fonction FP1 de l'objet technique Grade Eye. (Voir livre électronique numérique).

1. Préparation

a) Reproduire le schéma structural du circuit de polarisation comprenant les résistors R_1 , R_2 , R_3 et les condensateurs C_1 et C_2 . Pensez à indiquer le potentiel V_1 et V_2 et la source +5 volts.

b) On fait une étude en régime continu. Sachant que dans ce régime les condensateurs se comportent comme des circuits ouverts, faire un schéma simplifié du circuit de polarisation.

c) Déterminer les expressions des potentiels V_1 et V_2 et calculer leur valeur. Les courants partant des nœuds entre $R_1 - R_2$ et $R_3 - R_2$ vers FP3 et FP4 sont considérés comme nuls.

2. Manipulation

Mettre en œuvre l'objet technique Grade Eye et relever la valeur des tensions V_1 et V_2 .

3. Simulation 3-4.cir

Avec l'outil de simulation, saisir ce schéma, lancer la simulation temporelle par ALT + 4 (2 fois).

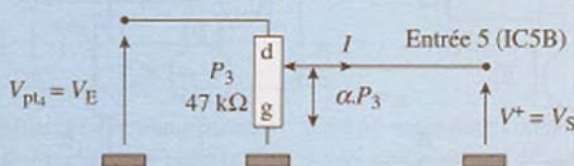


Exercice 5 : pont diviseur

Soit la fonction FP8 de l'objet technique Générateur de Fonction. Isolons le montage de l'entrée notée 5 de IC5B.

Nous savons qu'un tel composant ne consomme pas de courant en entrée (I sur la broche 5 vaut 0 A).

Nous avons donc le schéma équivalent suivant :



1. Préparation

- Redessiner le montage en remplaçant le potentiomètre P_3 par son schéma équivalent (2 résistors).
- Donner l'expression de V_S en fonction de V_E , α et P_3 .
- Que vaut V_S si $\alpha = 0,5$?
- Dans ce cas, si le générateur est réglé de façon à obtenir en V_E un signal triangle de valeur crête à crête de 10 volts et de fréquence 1 kHz, tracer sur deux périodes les chronogrammes de V_E et V_S .
- À quoi sert ce réglage pour l'utilisateur de l'appareil ?

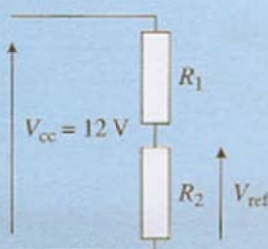
2. Simulation

Lancer l'exercice de simulation 3-5.cir.



Exercice 6 : pont diviseur

Soit le montage :



On souhaite obtenir $V_{ref} = 4 \text{ V} \pm 4\%$.

On choisit $R_1 = 2 \text{ k}\Omega \pm 1\%$ (série E96).

- En utilisant le pont diviseur, exprimer V_{ref} en fonction de V_{cc} , R_1 et R_2 .

- Calculer R_2 de façon à respecter le cahier des charges.

Choisir sa valeur normalisée dans la série E96 (la plus proche).

- Vu la tolérance de V_{ref} , déterminer l'intervalle de valeurs dans lequel doit être compris V_{ref} .

- Connaissant la tolérance des résistances de la série E96, calculer :

– $V_{ref_{min}}$ en remplaçant R_2 par $R_{2_{min}}$ et R_1 par $R_{1_{max}}$ dans la relation a).

– $V_{ref_{max}}$ en remplaçant R_2 par $R_{2_{max}}$ et R_1 par $R_{1_{min}}$, dans la relation a).

- Les valeurs de V_{ref} sont-elles compatibles ?

- Que se serait-il passé si R_2 avait été choisi dans la série E12 dont la tolérance est de $\pm 10\%$?

Exercice 7 : réglage par potentiomètre

On souhaite améliorer le schéma de l'exercice 6 afin d'obtenir une tension de 4 volts, précise, à partir de l'alimentation 12 V.

- Proposer un montage respectant le cahier des charges en utilisant un seul potentiomètre de 4 k Ω (organe réglage appelé α).

- Déterminer l'expression de V_{ref} en fonction de α et V_{cc} .

La valeur de V_{ref} dépend-elle de la valeur du potentiomètre ?

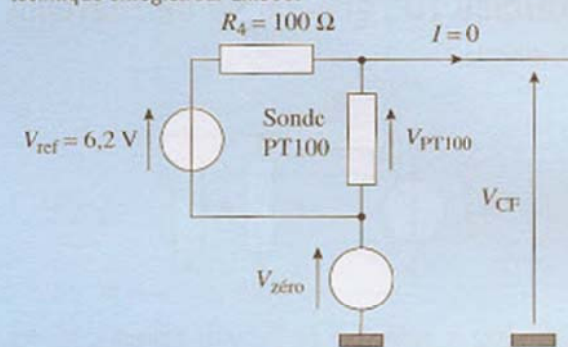
À quelle valeur doit être réglé α ?

- La valeur proposée existe-t-elle parmi les potentiomètres ajustables *model 89* (doc. [Pot-Aj-15trs-Bi.pdf](#)) ? Quelle valeur choisir ?



Exercice 8 : sonde PT100

Le schéma suivant est une version simplifiée de celui de la fonction FTH2. (Compensation de soudure froide) de l'objet technique enregistreur LM300.



- Donner l'expression de V_{PT100} en fonction V_{ref} , R_{PT100} et R_4 .

- D'après la table de résistance platine (voir dossier présentation du LM300) ou à l'aide de l'outil PT100 du CD Rom, calculer V_{PT100} pour les températures -20°C , 0°C , $+20^\circ\text{C}$ et $+40^\circ\text{C}$.

- Donner l'expression de V_{CF} en fonction de V_{ZERO} et V_{PT100} .

- V_{ZERO} est réglée exactement à la valeur de $-V_{PT100}$ pour une température de 0°C . Compléter alors le tableau suivant :

$T(^{\circ}\text{C})$	-20	0	20	40
$R_{PT100}(\Omega)$				
$V_{PT100}(\text{V})$				
$V_{CF}(\text{V})$				

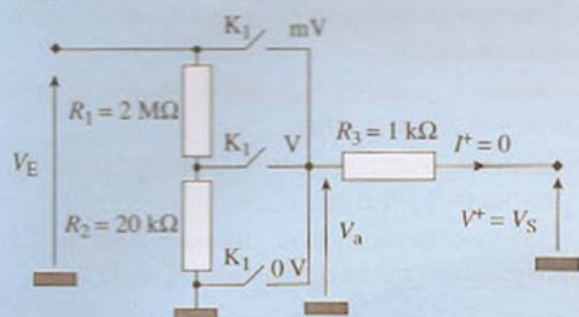
Exercice 9 : réglage de rapport de tension

Soit la fonction FS1-1 de l'objet technique Enregistreur LM300.

Isolons le montage de l'entrée notée + de IC₁.

Nous savons qu'un tel composant possède un courant d'entrée quasi nul (i sur la broche 3 vaut 0 A).

Nous pouvons donc raisonner sur le schéma suivant (ST₁ ouvert et C₂ équivalent à un circuit ouvert en régime permanent) :

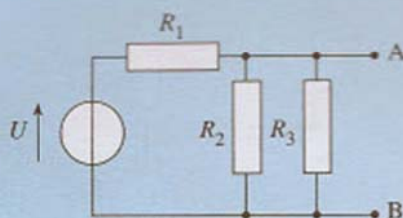


- a) Donner l'expression de V_3 en fonction de V_2 .
- b) Sachant qu'un seul des interrupteurs peut être fermé à la fois, remplir le tableau suivant :

Position de K_1	V	mV	0 V
V_3 en fonction de V_2 , R_1 et R_2			

Exercice 10 : générateur de Thévenin

Soit le montage :

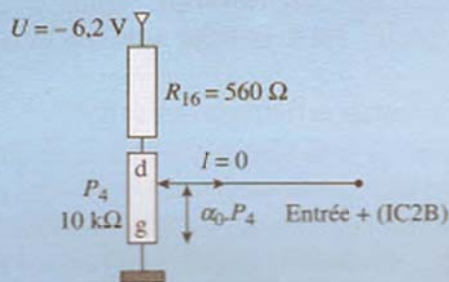


- a) Dessiner le générateur de Thévenin équivalent vu des points A et B.
- b) Exprimer E_{th} (générateur de Thévenin) en fonction de U , R_1 , R_2 et R_3 .
Exprimer R_{th} (résistance équivalente du générateur de Thévenin) en fonction de R_1 , R_2 et R_3 .
- c) Procéder à l'application numérique avec $U = 5$ V, $R_1 = R_2 = R_3 = 10$ k Ω .
- d) Donner le générateur de Norton correspondant (schéma et valeurs).

Exercice 11 : générateur de Thévenin

Soit la fonction FS1-4 de l'objet technique Enregistreur LM300.

On s'intéressera au montage de l'entrée notée + de IC2B, C5 étant remplacé par un circuit ouvert en régime permanent soit :



- a) Redessiner ce montage en remplaçant P_4 par ses 2 résistances équivalentes.
- b) Dessiner le générateur équivalent de Thévenin vu entre l'entrée + de IC2B et la masse.
- c) Exprimer E_{th} en fonction de U , R_{16} , P_4 et α_0 . Exprimer R_{th} en fonction de R_{16} , P_4 et α_0 .
- d) Quelles sont les valeurs min et max que peut prendre E_{th} ? Quelle valeur doit prendre α_0 afin d'avoir $E_{th} = U/2$?

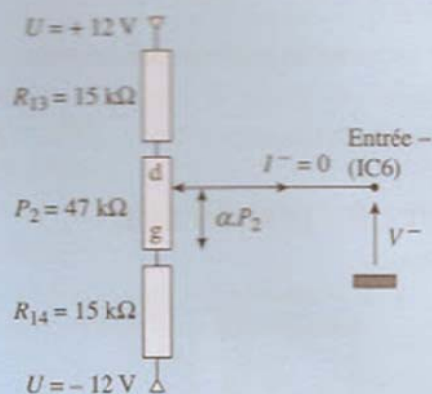
Exercice 12 : superposition / Millman

Soit la fonction FP10 de l'objet technique Générateur de Fonction.

Isoons le montage de l'entrée notée - de IC6.

Nous savons que les courants d'entrée d'un tel composant sont nuls (i sur la broche 2 vaut 0 A).

Nous avons donc le schéma équivalent suivant :



- a) Redessiner le montage en décomposant P_2 en deux résistances αP_2 et $(1 - \alpha) P_2$, α étant le réglage de P_2 .
- b) Donner l'expression de V^- en fonction de α , P_2 , R_{13} et R_{14} et des alimentations en utilisant le théorème de superposition.
- c) Que vaut V^- si $\alpha = 0,5$?
- d) À quoi sert ce réglage pour l'utilisateur de l'appareil?
- e) Retrouver la relation de la question b) en utilisant le théorème de Millman.
- f) Lancer l'exercice de simulation, 3-12.cir.

