

Initiation à la pratique de l'électronique

Les premiers pas

COMPRENDRE l'électronique, réaliser son premier montage, c'est le rêve de beaucoup de jeunes.

Notre objectif est de guider et aider le novice pour ses premiers pas dans le monde de l'électronique.

Le débutant réussira vite à réaliser des montages s'il connaît les règles de base et sait effectuer quelques calculs simples. Ce qui compte, c'est d'abord comprendre le fonctionnement des circuits, puis de les expérimenter avec méthode. C'est en manipulant ces circuits que les idées deviennent plus claires et que l'on avance dans cette passionnante technique.

En résumé, l'électronique n'est pas difficile. Pour l'apprendre, il faut certes étudier la théorie, mais aussi beaucoup pratiquer. S'intéresser à la théorie et négliger la pratique, ou inversement, est une erreur.

Le matériel

D'abord, il est indispensable de disposer d'un appareil de mesure pour effectuer les contrôles nécessaires tout au long des manipulations. L'appareil de mesure de base est le multimètre. Il en existe de nombreux modèles, il suffit de jeter un coup d'œil sur les pages publicitaires du Haut-Parleur. Posséder un modèle simple à aiguille fera l'affaire pour mesurer les tensions, les courants et les résistances, en continu et en alternatif. Nous vous proposerons bientôt la construction d'un multimètre.

Que faut-il comme autre matériel ? Un support est nécessaire pour fixer les composants. La meilleure solution est d'utiliser une plaque de connexion sur laquelle on a juste à « planter » les connexions, éliminant l'inconvénient de faire des soudures. On a ainsi la possibilité

de modifier rapidement un montage sans être l'esclave du fer à souder. On trouve ces plaques de connexion (Voc, Experimentor...) dans tous les bons magasins de composants. Leur seul défaut est leur prix relativement élevé, mais leur achat en vaut bien la peine. Ces plaques de connexion sont utilisées dans les laboratoires pour la mise au point des circuits. L'espacement (2,54) entre les contacts est normalisé pour pouvoir recevoir des circuits intégrés.

Une fois que le montage est au point, on peut se lancer dans la fabrication du circuit imprimé. On peut aussi penser à d'autres solutions, comme l'utilisation des « veroboards ». Ce sont des plaquettes de stratifié sur lesquelles sont disposés des conducteurs parallèles en cuivre. La coupure de ces bandes conductrices se fait au moyen d'un outil spécial.

Il existe aussi des plaquettes de verre époxy dont la surface est recouverte de petites pastilles de cuivre percées à leur centre.

Un autre support, plus économique est la plaquette de bakélite de forme allongée, bordée de deux rangées de cosses. La largeur de ces plaquettes est de 25 mm, 35 mm ou 50 mm. Elles se vendent au mètre et sont appelées souvent « bande mitrailleuse ». Elles se coupent à la scie à métaux.

Ces trois supports nécessitent l'emploi d'un fer à souder. En ce qui concerne cet outil, il n'est pas nécessaire d'acheter un modèle coûteux, le plus simple (type stylo), d'une puissance de 30 W maximum, fera l'affaire.

Le débutant doit savoir que la soudure est une opération délicate. Il est conseillé d'avoir une panne toujours propre et étamée. Là aussi, le moyen pour apprendre à faire de bonnes soudures est de s'exercer d'abord à souder des bouts de fils de cuivre.

Pour l'alimentation des circuits, une ou deux piles plates de type courant (3 R₁₂) seront d'abord suffisantes. Avec ces piles de 4,5 V, il est déconseillé de leur faire débiter plus de 200 mA afin d'éviter un vieillissement prématuré. La durée de fonctionnement d'une pile de ce modèle, en régime continu, est d'environ de 4 à 5 heures. Nous envisagerons par la suite la fabrication d'une alimentation secteur.

Courant, tension et résistance

Nous avons dit qu'avant de se lancer dans des montages compliqués, il était bon de bien connaître d'abord certaines lois de l'électricité et de les vérifier expérimentalement. Pour ces premiers circuits électriques, le calcul devra se faire en premier lieu, puis le résultat devra être constaté expérimentalement.

Le courant électrique est un flux d'électrons circulant dans un circuit électrique fermé, composé au moins d'un générateur et d'un récepteur. La quantité de courant parcourant ce circuit s'exprime en ampère, mais on emploie très souvent le milliampère (mA) égal à un millième d'ampère, ou le microampère (μA) égal à un millionième d'ampère. Le courant se mesure avec un ampèremètre.

La tension d'un générateur, telle qu'une pile, est la « force » appliquée au circuit afin d'y faire circuler les électrons. Pour un circuit donné, plus le courant souhaité est élevé, plus la tension du générateur sera élevée. La tension de ce générateur est appelée « force électromotrice », elle s'exprime en volt, mais on emploie souvent aussi le millivolt (mV), le microvolt (μV) et le kilovolt (kV). La tension se mesure à l'aide d'un voltmètre.

Le circuit possède une certaine résistance au passage

des électrons. Cette résistance s'exprime en ohm, dont le symbole est la lettre grecque oméga (Ω). Une résistance de l'ordre de l'ohm est un peu faible, aussi utilise-t-on le plus souvent le kilohm ($k\Omega$), ou encore le mégohm ($m\Omega$) qui est égal à un million d'ohms.

Une résistance se mesure généralement à l'aide d'un ohmmètre. Pour cette mesure l'ohmmètre peut être remplacé par un ampèremètre et un voltmètre, en appliquant la loi d'Ohm, comme nous le verrons plus loin. Les fractions : voltmètre, ampèremètre et ohmmètre sont remplies par le multimètre.

Un courant traversant une résistance crée à ses bornes une chute de tension. Plus ce courant est fort, plus la chute de tension est élevée. Cette tension aux bornes d'une résistance (ou d'un récepteur en général) est appelée « différence de potentiel ».

Les différents types de résistances

Nous venons de parler de la résistance, « caractéristi-

que » d'un circuit électrique, nous allons maintenant dire quelques mots sur la résistance, « composant » de ce circuit.

On peut dire que la résistance est le composant le plus employé dans les circuits électroniques. Nous avons vu que les valeurs pouvaient être très différentes, de quelques ohms à quelques mégohms. Du point de vue de leur technologie, les résistances de faible valeur (quelques ohms) sont le plus souvent constituées d'un fil métallique bobiné sur un support isolant. Ce fil résistant est généralement un alliage nickel-chrome (résistances bobinées). Lorsque les valeurs ohmiques sont plus élevées, les résistances peuvent être constituées par une mince pellicule métallique disposée sur un support isolant (résistances à couche). Une autre technique, pour les résistances de forte valeur, consiste à comprimer un mélange de carbone, de résine et de talc (résistance agglomérée).

Sur la figure 1 est dessinée une résistance, telle qu'elle se présente habituellement.

Comment reconnaître la valeur d'une résistance

Les quatre anneaux de couleur (fig. 1) permettent de déterminer la valeur ohmique de la résistance en utilisant un certain code.

Les couleurs doivent être lues en partant de l'anneau le plus proche du bord. Si nous avons une résistance ayant des anneaux brun, noir, rouge et argent, cela signifie que la résistance est de $1\ 000\ \Omega$ et que sa tolérance est de $\pm 10\%$. Dans les circuits usuels, une tolérance de $\pm 10\%$ est suffisante.

Une autre caractéristique pour une résistance est sa dissipation maximale, exprimée en watt. Nous en reparlerons le mois prochain. Pour le moment, sachez que les résistances utilisées pour nos premières expériences sont du type 0,5 W ou 0,25 W.

Une autre remarque doit être faite. Il s'agit des valeurs normalisées des résistances. Si après un calcul, il nous faut placer dans un montage une résistance de $175\ \Omega$, nous nous apercevons que cette valeur n'est pas cou-

rante, et que la valeur la plus proche (avec une tolérance de 20%) est $150\ \Omega$ ou $180\ \Omega$ (avec une tolérance de 10%). Une tolérance de $\pm 10\%$ sur $180\ \Omega$ signifie que ce composant risque d'avoir une valeur comprise entre 162 et $198\ \Omega$, et que nous avons des chances de trouver la valeur de $175\ \Omega$ en triant un certain nombre de ces résistances marquées $180\ \Omega$. On pourrait ainsi obtenir ces $175\ \Omega$ par combinaison de deux résistances.

Les valeurs normalisées à 20% sont : $100 - 150 - 220 - 330 - 470 - 680$, ou des multiples et des sous-multiples de 10 de ces valeurs.

Les valeurs normalisées à 10% sont : $100 - 120 - 150 - 220 - 270 - 330 - 390 - 470 - 560 - 680 - 820$. Pour les valeurs normalisées à 5% , il faut rajouter : $110 - 130 - 160 - 200 - 240 - 300 - 360 - 430 - 510 - 620 - 750$ et 910 .

Comment mesurer un courant

Pour commencer, quelques manipulations seront faites avec une pile et quelques résistances.



Couleur	1 ^{er} anneau	2 ^{ème} anneau	3 ^{ème} anneau	Tolérance
NOIR		0		
BRUN	1	1	0	$\pm 1\%$
ROUGE	2	2	00	$\pm 2\%$
ORANGE	3	3	000	
JAUNE	4	4	0 000	
VERT	5	5	00 000	$\pm 0,5\%$
BLEU	6	6	000 000	
VIOLET	7	7		
GRIS	8	8		
BLANC	9	9		
ARGENT			divisé par 100	$\pm 10\%$
OR			divisé par 1000	$\pm 5\%$
SANS				$\pm 20\%$

Fig. 1. - Code des couleurs. Exemple : jaune - violet - rouge - or = $4\ 700\ \Omega \pm 5\%$.

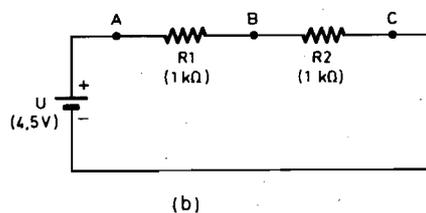
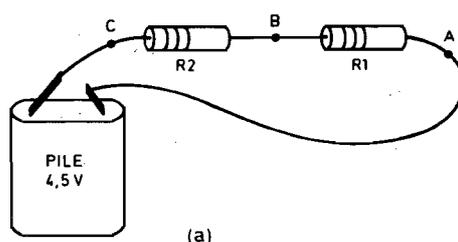


Fig. 2. - Circuit constitué d'une pile et de deux résistances en série (a) et son schéma équivalent (b).

Prenons deux résistances de 1 000 Ω et plaçons-les bout à bout (on dit qu'elles sont branchées « en série »). Alimentons le tout par une pile de 4,5 V. Les résistances peuvent être insérées sur une plaque de connexion. La pile est reliée par des fils souples isolés, dénudés aux extrémités. Ils peuvent être attachés aux bornes de la pile par des attaches dites « trombone ». Le circuit et le schéma équivalent sont représentés sur la figure 2.

La valeur du courant est donnée par la loi d'Ohm qui est la plus utile et la plus importante en électricité : « L'intensité du courant dans un circuit est égale à la tension divisée par la résistance du circuit. » Elle se traduit par la formule :

$$I = \frac{U}{R}$$

I est le courant en ampère, U la tension en volt et R la résistance en ohm.

Cette loi d'Ohm peut être représentée de deux autres façons.

$$U = RI \text{ et } R = \frac{U}{I}$$

L'ampère représentant un courant assez élevé pour les circuits électroniques usuels, on emploie de préférence le milliampère (1/1000^e d'ampère). De même, pour les ré-

sistances, il est plus courant de manier des kilohms (1 000 Ω) que des ohms. La loi d'Ohm peut s'appliquer si on utilise le kilohm, le volt et le milliampère comme unités.

Ainsi un courant de 10 milliampères (10 mA) traversant une résistance de 1 kilohm (1 kΩ) fait apparaître une tension de :

$$U = RI = 1\text{ k}\Omega \times 10\text{ mA} = 10\text{ V}$$

aux bornes de cette résistance. Si on avait utilisé l'ampère et l'ohm, le résultat aurait été évidemment le même :

$$(1\ 000\ \Omega \times 0,01\ \text{A} = 10\ \text{V}).$$

Revenons à notre circuit comportant deux résistances. Ces deux composants sont reliés en série. La résistance totale R_T d'un circuit série composé de deux résistances R_1 et R_2 est égale à :

$$R_T = R_1 + R_2.$$

Pour trois résistances,

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3.$$

Dans un montage de résistances disposées en série, la résistance totale R_T est toujours plus grande que la plus grande des résistances constituant ce circuit série. Si les résistances du montage en série ont les valeurs : 10 kΩ, 500 Ω et 100 Ω, la résistance totale sera supérieure à 10 kΩ.

La résistance totale de notre circuit est donc :

$$R_T = 2\ \text{k}\Omega.$$

La pile de 4,5 V étant supposée neuve, le courant dans le circuit est, d'après la loi d'Ohm :

$$I = \frac{U}{R} = \frac{4,5}{2} = 2,25\ \text{mA}$$

Pour mesurer le courant avec un multimètre, il est nécessaire de couper le circuit pour y insérer le multimètre mis sur la position « mA » et sur une sensibilité telle, que l'aiguille indiquera une valeur proche de la valeur calculée soit 2,25 mA (sensibilité 3 mA ou 5 mA suivant les modèles).

Remarquons que le courant est le même si la mesure est effectuée en A, en B ou en C (fig. 3). Le courant total I_T est le même dans la résistance R_1 et dans la résistance

$$R_2 = I_T = I_1 = I_2.$$

Comment mesurer une tension

Autre manipulation avec ce même circuit : la mesure des tensions aux bornes des résistances. Ici aussi la loi d'Ohm nous donne le résultat. Le courant dans le circuit étant de 2,25 mA, la chute de tension aux bornes de R_1 est égale à $U = R \times I$, soit $1\ \text{k}\Omega \times 2,25\ \text{mA} = 2,25\ \text{V}$. Et, comme R_2 a la même va-

leur, la tension à ses bornes est également 2,25 V. La tension totale aux bornes des résistances branchées en série est égale à la somme des tensions aux bornes de chaque résistance :

$$U_T = U_1 + U_2.$$

La tension totale (4,5 V) est égale à la tension de la pile.

Montage en parallèle

La figure 5 montre une autre disposition des deux résistances, c'est le montage en parallèle, appelé aussi montage en dérivation. La résistance totale R_T du circuit est égale à :

$$\frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

expression déduite de la forme :

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

pouvant s'appliquer dans le cas d'un nombre plus grand de résistances en parallèle :

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

Dans un montage de résistances disposées en parallèle, la résistance R_T est toujours plus petite que la plus petite des résistances constituant l'ensemble. Si les résistances du montage en paral-

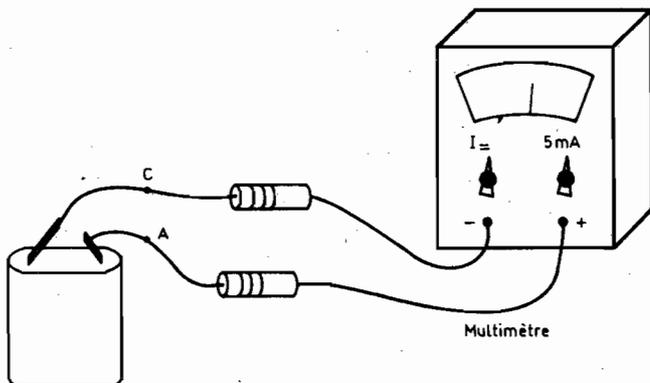


Fig. 3. — Mesure du courant : Il est nécessaire de couper le circuit pour mesurer le courant.

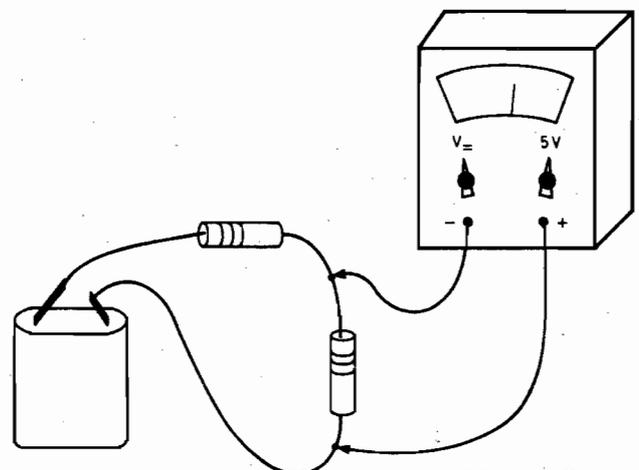


Fig. 4. — Mesure d'une tension.

lèle ont les valeurs : $10\text{ k}\Omega$, $500\ \Omega$ et $100\ \Omega$, la résistance totale sera inférieure à $100\ \Omega$.

Ici, la tension aux bornes de R_1 est égale à celle aux bornes de R_2 et est aussi égale à celle de la pile :

$$U = V_{R_1} + V_{R_2}$$

Le courant pourra être mesuré en différents points du circuit. Ce courant a un sens conventionnel. A partir du pôle + de la pile, il se scinde en deux parties égales, puisque les deux résistances ont la même valeur. Le courant retrouve sa valeur initiale après le passage dans les résistances :

$$I_T = I_{R_1} + I_{R_2}$$

La valeur du courant arrivant au point X (fig. 5) est égale à la somme des courants qui s'en éloignent.

Il sera intéressant pour le débutant de mesurer le courant aux points A, B, et C. La valeur des résistances seront ensuite changées (soit : $R_1 = 500\ \Omega$ et $R_2 = 2\text{ k}\Omega$),

et les mesures refaites. On constatera que le courant est inversement proportionnel à la résistance :

$$I = \frac{U}{R}$$

Quelques manipulations

A partir de ces quelques renseignements, essayons d'étudier quelques cas pratiques.

Nous disposons toujours d'une pile de $4,5\text{ V}$, et nous avons besoin de disposer d'une tension de 3 V .

Le problème peut être résolu par l'emploi d'un pont diviseur (fig. 6). Le choix judicieux de R_1 et de R_2 permet d'obtenir aux bornes de R_2 une tension de 3 V . La tension aux bornes de R_1 sera forcément égale à la tension de la pile ($4,5\text{ V}$) moins la tension de 3 V , soit $1,5\text{ V}$.

Si nous prenons pour R_2 la valeur de $1\text{ k}\Omega$, le courant traversant cette résistance est :

$$\frac{3\text{ V}}{1\text{ k}\Omega} = 3\text{ mA}$$

Nous possédons assez d'éléments pour calculer R_1 : la tension a ses bornes est $1,5\text{ V}$ et le courant dans le circuit (série) est 3 mA . La loi d'Ohm nous donne :

$$R_1 = \frac{1,5\text{ V}}{3\text{ mA}} = 0,5\text{ k}\Omega$$

Le montage étant réalisé, la lecture du cadran du multimètre nous indique que la tension aux bornes de R_2 est bien 3 V .

Si jamais le dispositif alimenté par ces 3 V consomme un courant non négligeable par rapport aux 3 mA , nous aurons une mauvaise surprise. Le courant demandé par ce dispositif viendra s'ajouter dans R_1 au courant de 3 mA , ce qui augmentera la chute de tension aux bornes de cette résistance, réduisant de ce fait la tension de 3 V .

Elargissons le problème. Cette tension de 3 V est faite pour alimenter un montage

dont la résistance interne est de $1,5\text{ k}\Omega$, ou, ce qui revient au même, dont le courant demandé est de 2 mA (fig. 7).

Si nous gardons la même valeur pour R_2 ($1\text{ k}\Omega$), la valeur de R_1 devra être modifiée. La tension aux bornes de celle-ci doit rester toujours $1,5\text{ V}$, or le courant la traversant est maintenant égal à : $3\text{ mA} + 2\text{ mA}$. La nouvelle valeur de R_1 est donc :

$$\frac{1,5\text{ V}}{5\text{ mA}} = 0,3\text{ k}\Omega, \text{ soit } 300\ \Omega$$

Le courant traversant R_2 est un courant consommé inutilement réduisant la vie de la pile. La tension aux bornes de R_1 pourrait être obtenue uniquement par la chute de tension due au courant utile (2 mA). On élimine alors la résistance R_2 , réalisant ainsi une économie double (d'énergie et de matériel), et le schéma devient celui de la figure 8. La nouvelle valeur de R_1 est alors :

$$\frac{1,5\text{ V}}{2\text{ mA}} = 0,75\text{ k}\Omega \text{ (ou } 750\ \Omega)$$

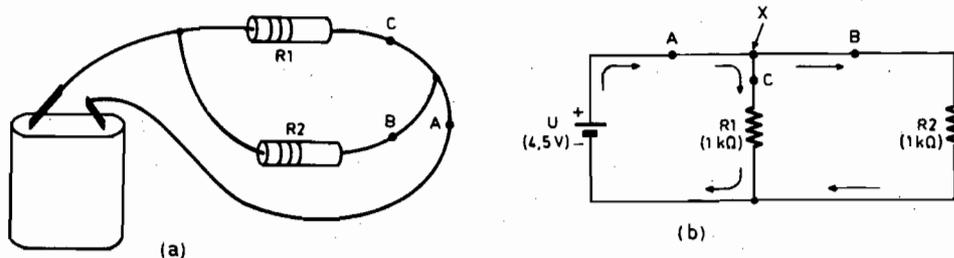


Fig. 5. - Montage en parallèle (a) et son schéma équivalent (b).

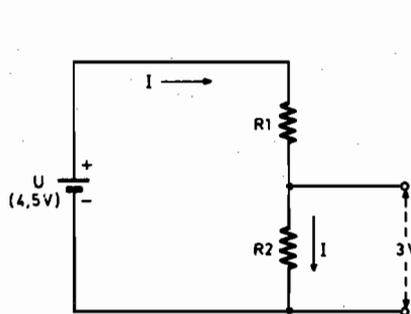


Fig. 6. - Pont diviseur.

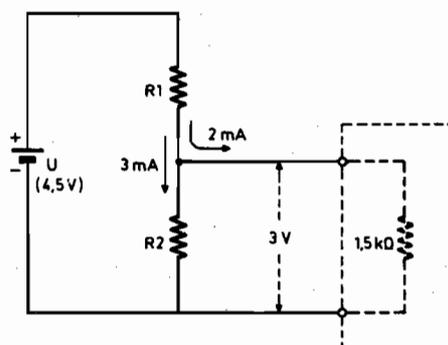


Fig. 7. - Le courant demandé par le montage (2 mA) s'ajoute au courant traversant le pont (3 mA).

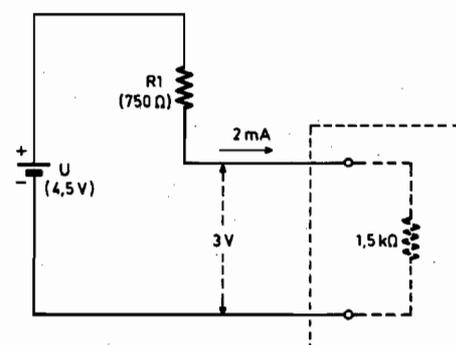


Fig. 8. - Suppression de la résistance R_2 . Le pont diviseur est en fait réalisé par R_1 et la résistance interne du montage ($1,5\text{ k}\Omega$).

Remarques pratiques

La formulé :

$$R_T = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

est pratique dans le cas où nous avons deux résistances de valeur connue et que nous voulons connaître la résistance de l'ensemble mis en parallèle. En pratique, le problème se pose d'une autre façon. Par exemple, un circuit contient une résistance dont la valeur est trop élevée, quelle doit être la valeur de la résistance à mettre en parallèle pour obtenir la valeur désirée ? Une formule utile, déduite de la formule ci-dessus, est :

$$R_2 = \frac{R_1 \times R_T}{R_1 - R_T}$$

Soit une résistance R_1 de 100Ω insérée dans un circuit (fig. 9). Quelle valeur doit avoir la résistance R_2 à mettre en parallèle pour réduire la valeur à 85Ω ($R_T = 85 \Omega$) ? L'application

de la nouvelle formule donne :

$$R_2 = \frac{100 \times 85}{100 - 85} = 567 \Omega$$

(valeur normalisée la plus proche : 560Ω).

Le branchement d'une résistance en parallèle sur une autre permet d'obtenir des valeurs intéressantes. Supposons que nous ayons une résistance de $1 \text{ k}\Omega$ et que nous souhaitons une valeur 10 % plus faible soit 900Ω . Il suffit de brancher à ses bornes une deuxième résistance de valeur égale à neuf fois sa valeur. Une approximation de dix fois sa valeur est correcte, et une résistance de $10 \text{ k}\Omega$ en parallèle sur cette $1 \text{ k}\Omega$ donnera bien 900Ω .

$$R_T = \frac{1 \text{ k}\Omega \times 10 \text{ k}\Omega}{1 \text{ k}\Omega + 10 \text{ k}\Omega} = \frac{10}{11} \approx 900 \Omega$$

S'il avait fallu réduire de 1 % la valeur de résistance, il aurait suffi de mettre en parallèle une résistance 100

fois plus forte. Dans notre exemple, la résistance de $1 \text{ k}\Omega$, sur laquelle on branche en parallèle une résistance de $100 \text{ k}\Omega$, est équivalente à une résistance de 990Ω , soit une réduction de 1 %.

Cette méthode donne ainsi la possibilité d'obtenir une résistance très précise, ce qui rend service par exemple pour la mise au point des appareils de mesure.

La résistance en parallèle peut être remplacée par un potentiomètre dont la valeur sera supérieure à cent fois la résistance fixe, pour obtenir une précision de 1 %, ou de l'ordre de 1 % (2 %, 3 %, etc.)

Qu'avons-nous appris ?

Nous avons appris que la loi d'Ohm donne la relation entre les trois caractéristiques fondamentales d'un circuit électrique : la tension, le courant et la résistance.

Nous avons appris que dans un circuit série :

- la résistance totale est égale à la somme des résistances qui composent ce circuit ;
- le courant dans le circuit est le même dans toutes les résistances ;
- la somme des chutes de tension aux bornes des résistances est égale à la tension de la source d'alimentation.

Nous avons appris que dans un circuit parallèle :

- la tension est la même aux bornes de chaque résistance ;
- le courant est inversement proportionnel à la valeur de la résistance traversée par ce courant ;
- la résistance totale est plus petite que la plus petite des résistances qui composent le circuit. La résistance totale de deux résistances en parallèle est égale au rapport du produit sur la somme des valeurs des deux résistances.

En guise de conclusion...

Nous vous proposons de répondre aux deux questions suivantes :

1° Quelle est la valeur du courant dans la résistance R_3 (fig. 10) ?

2° Que devient ce courant si on inverse la polarité de la pile U_2 ?

Le résultat sera donné dans le prochain article.

J.-B. P.

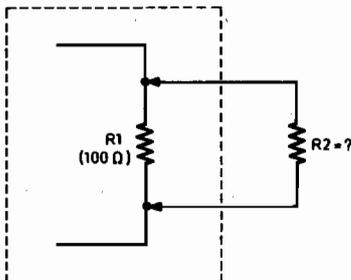


Fig. 9. - Quelle doit être la valeur de R_2 pour avoir une résistance de 85Ω ?

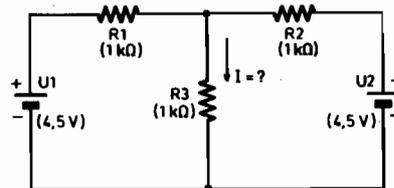


Fig. 10. - Quelle est la valeur de I ?

Bloc-notes

Séminaires techniques R.T.C.

Après le succès de sa première série de séminaires techniques I.F.L. (Integrated Fuse Logic), R.T.C. La Radiotechnique-Compelec organise une seconde série de séminaires d'une journée aux dates suivantes :

- 1982 : 6 octobre - 9 novembre - 8 décembre.

- 1983 : 12 janvier - 16 février - 9 mars - 13 avril - 4 mai - 8 juin.

Ce séminaire doit permettre aux participants, en une journée, de s'initier et de programmer des applications réelles à l'aide des réseaux logiques programmables des familles IFL 20 broches et 28

broches (FPGA, FPLA, FPLS).

L'I.F.L. permet de résoudre tous les problèmes de remplacement logique et met l'utilisateur à même de :

- simplifier la conception,
- réduire le temps de conception,
- améliorer les performances du

système, en réduisant jusqu'à vingt fois le nombre de boîtiers standard MSI/SSI.

Renseignements et inscriptions auprès de : Mlle Francine Pérot, R.T.C., 130, avenue Ledru-Rollin, 75540 Paris Cedex 11. Tél. : 355.44.99, poste 884. Nombre de participants limité.