

électronique

n° 53

PDF Page Organizer - Foxit Software

mars 1993

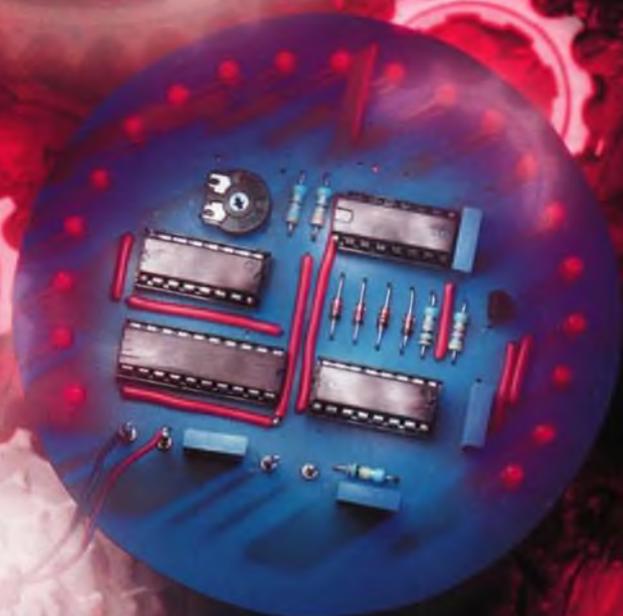
23 FF/168 FB/8,20 FS
mensuel

elekt

nouvelle série :
**le calcul des
composants**

mieux connaître :
les récepteurs radio

tachymètre analogique pour bicyclette



**générateur
de fonctions B. F.**

récepteur VHF

**réalisations avec dessins
de circuit imprimé**

explorez l'électronique

M2510 - 53 - 23,00 F



Photo White Light - Genk (B)

| | |
|--|----|
| Rési & Transi : bande dessinée | 4 |
| Le calcul des composants : bases | 8 |
| Commander un relais : quoi ? comment ? | 16 |
| Les radio-récepteurs : quoi ? comment ? | 26 |
| La mire TV : quoi ? comment ? | 36 |
| Liaisons radio sous-marines : quoi ? comment ? | 44 |
| Mesures de tension et de courant | 52 |
| Nouveautés | 56 |
| Astuce : rallonge souple pour axe de potentiomètre | 58 |
| Petites Annonces Gratuites | 60 |

au sommaire d'alex 53, mars 1993

| | |
|----|--|
| 6 | un avertisseur d'allumage de veilleuses pour l'automobile |
| 10 | une alarme anti-poison |
| 14 | un marieur de transistors |
| 18 | une commande d'antenne motorisée pour l'automobile |
| 21 | un tachymètre analogique pour bicyclette, avec dessin de circuit imprimé ! |
| 32 | une antenne FM "papillon" |
| 39 | un récepteur VHF - première partie avec dessin de circuit imprimé ! |
| 47 | un générateur de fonctions B.F. première partie : carré et triangle |

Annonces: AG ELECTRONIQUE p. 54 -
 B.H. ÉLECTRONIQUE p. 55 -
 CIF p. 59 - COMPOSIUM p. 55 -
 DIGITAL p. 7 - EURO COMPOSANTS p. 54 -
 FITEC p. 57 - HB COMPOSANTS p. 54 -
 JACKSON DIFFUSION ELECTRONIQUE p. 55 -
 J.REBOUL p. 55 - LAYO FRANCE p. 55 - LOISIRS ELECTRONIQUES p. 55 -
 MAGNETIC FRANCE p. 25 - MICROPROCESSOR p. 55 -
 NICE COMPOSANTS DIFFUSION p. 55 -
 PUBLITRONIC pp. 58, 59, 60, 61, 62 et 63 -
 SÉLECTRONIC pp. 2, 61, 62 et 64 - SPESYS p. 55 - SVE ELECTRONIC p. 55 -
 TSME p. 55 - URS MEYER ELECTRONIC SA p. 55 -

De nombreux lecteurs nous demandent de faire une place au calcul. Ces premières pages les décevront peut-être, mais il nous a paru essentiel de prendre les choses à leur commencement. Nous évoluerons assez vite sans chercher à atteindre de sommets : la pose de passerelles au-dessus des abîmes permettra au plus grand nombre de les franchir sans encombre. Certains exprimeront leur satisfaction de voir ainsi les choses reprises à partir de la loi d'Ohm, d'autres, beaucoup plus savants ou au-dessus de ça protesteront : si les choses leur paraissent faciles, qu'ils s'y arrêtent cependant, le temps d'un rafraîchissement ou d'une remise en ordre, ou pour nous critiquer. Ce n'est pas parce que la critique est facile qu'il faut s'en abstenir, surtout ici, où tous les risques sont pour nous...

Commençons les travaux, par la loi d'Ohm, comme nous l'avons dit : vous connaissez les signes, [·] pour la multiplication, [:] pour la division ? Nous utilisons aussi π (pi) = 3,14.

tension, courant, résistance

La loi d'Ohm est de loin la loi la plus importante en électricité. Elle exprime que la différence de potentiel U entre les extrémités d'un conducteur (ordinaire) est proportionnelle à l'intensité I du courant qui le traverse : $U = R \cdot I$

La différence de potentiel, vous lirez aussi « la tension aux bornes », la « tension sur », s'exprime en volts (V) ; l'intensité du courant, on lit souvent « le courant » ou « l'intensité », s'exprime en ampères (A). Le rapport entre tension et intensité (ou la pente de la droite d'équation $U = R \cdot I$ qui représente les variations de la tension en fonction de celles de l'intensité) est appelé résistance du conducteur. Elle dépend de ses dimensions et du matériau dont il est fait, de sa température, tenue pour constante ici. La résistance s'exprime en ohms (Ω).

exemple

La différence de potentiel entre les extrémités d'une résistance de 100 Ω est de 20 V, quelle est l'intensité du courant qui traverse cette résistance ?

$$I = U : R = 20 : 100 = 0,2 \text{ A}$$

Comme les résistances sont assez souvent de l'ordre du millier d'ohms et les intensités de celui du millième d'ampère, vous trouverez parfois : $I = 20 : 0,1 = 200 \text{ mA}$

Lorsque l'intensité est exprimée en milliampères, les résistances doivent l'être en kilohms (100 = 0,1 k Ω).

résistances

Les composants de l'électronique qui font l'objet des calculs les plus fréquents sont certainement les résistances. Elles sont uti-

bases de calcul ou calculs de base

camp de base

lisées en diviseurs de tension, câblées en série et/ou en parallèle. Le calcul de la résistance équivalente R_e à celles de la figure 1 ne nécessite qu'une addition :

$$R_e = R_1 + R_2 + R_3 + \text{etc.}$$

« etc. » s'il y en a d'autres. Il en est ainsi parce l'intensité du courant est la même partout et que la tension aux bornes de l'ensemble est égale à la somme des tensions aux bornes de chacune des résistances.

Si les résistances sont câblées en parallèle, comme sur la figure 2, la résistance équivalente est plus longue à calculer puisque le courant se divise entre les branches. La différence de potentiel U entre les extrémités de chacune des résistances est la même et la somme des intensités des courants qui traversent chacune des résistances $I_{R1} + I_{R2} + I_{R3}$ est égale à l'intensité du courant I du circuit principal. L'application de la loi d'Ohm à chacune des branches devrait vous permettre d'établir le résultat suivant :

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \text{etc. où } R_e = U : I$$

exemple

Quelle est la résistance équivalente à quatre résistances de 10 Ω , 20 Ω , 30 Ω et encore 10 Ω , câblées comme sur la figure 2 :

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{10} + \frac{1}{20} + \frac{1}{30} + \frac{1}{10} = 0,28$$

$$R_e = 3,5 \Omega$$

Lorsqu'il n'y a que deux résistances en parallèle, la résistance équivalente s'écrit : $R_e = (R_1 \cdot R_2) : (R_1 + R_2)$

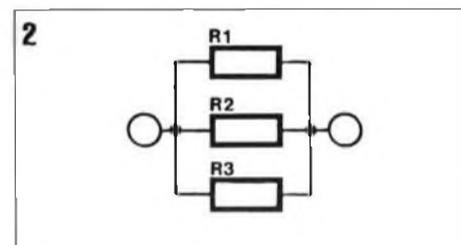
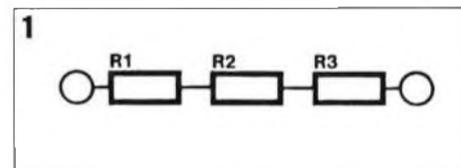
condensateurs

Rangeons pour l'instant de côté ce que nous venons de dire sur les résistances et parlons des condensateurs qui s'associent aussi en série ou en parallèle. La capacité équivalente à une série de condensateurs (figure 3) s'écrit comme suit :

$$\frac{1}{C_e} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \text{etc}$$

Lorsque les condensateurs sont en parallèle, regardez la figure 4, vous pouvez imaginer, en tassant verticalement le dessin, que vous n'avez qu'un seul condensateur de plus grande capacité C_e qui s'écrit : $C_e = C_1 + C_2 + C_3 + \text{etc.}$

À courant constant, une fois la tension établie à ses bornes, le condensateur ouvre le circuit, il équivaut à une résistance infinie. En alternatif, vous avez pu lire régulièrement dans nos colonnes, que le condensateur équivalait à un court-circuit si la fréquence était très grande. On ne parle pas de la résistance, mais de l'impédance d'un condensateur. Le calcul (d'une par-





Pour celles, en parallèle, de la figure 6 :

$$\frac{1}{L_e} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \text{etc}$$

de même que pour deux bobines en parallèle : $L_e = (L_1 \cdot L_2) : (L_1 + L_2)$

La « résistance » d'une bobine, comme celle d'un condensateur, dépend de la fréquence de la tension qu'elle a à ses bornes. Cette « résistance » qu'une bobine oppose au passage du courant alternatif (en sus de la résistance du fil qui la constitue), nous l'appelons réactance inductive. Son comportement est l'inverse de celui de la réactance capacitive. Là où la réactance d'un condensateur est maximale, celle d'une bobine est minimale : si la réactance d'un condensateur est infinie à courant constant, celle d'une bobine est nulle. Il ne faut cependant pas oublier qu'une bobine est un conducteur, un fil électrique enroulé en hélice, il a donc une résistance « pure » dont il faut parfois tenir compte. La réactance inductive X_L (en ohms) d'une bobine d'inductance L , exprimée en henrys (H) que traverse un courant de fréquence f (en hertz) s'écrit : $X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$

exemple

Soit une tension alternative de 100 Hz établie aux bornes d'une bobine de 500 mH (ou 0,5 H) d'inductance. Quelle est sa réactance ?

$$X_L = 2 \cdot 3,14 \cdot 100 \cdot 0,5$$

(C'est quasiment le double de la moitié de 100 fois 3,14!)

circuits LC

Comme nous l'avons vu dans l'article de l'an dernier cité (décembre 1992), si les condensateurs et les bobines sont utilisés séparément, ils le sont aussi en association, en série, comme sur la figure 7 ou en parallèle, comme sur la figure 8. De tels circuits présentent à une fréquence donnée une impédance Z (« résistance totale » au passage du courant alternatif) tout à

fait remarquable. À cette fréquence, la fréquence de résonance notée f_0 , pour des composants parfaits, l'impédance du circuit est nulle ou infinie, selon que l'on a à faire à un circuit résonant série ou parallèle (dit « bouchon »). Pourquoi en est-il ainsi ? Nous ne pouvons que résumer ce qui a été dit dans l'article cité plus haut, à savoir que bobine et condensateur provoquent des déphasages entre le courant et la tension qui sont opposés : la tension aux bornes d'un condensateur est déphasée de 90° en retard sur l'intensité, alors qu'elle l'est, mais en avance, aux bornes d'une bobine. À la fréquence de résonance, les réactances de la bobine et du condensateur sont égales, en conséquence de quoi le circuit résonne. Nous voilà bien avancés et nous n'irons, faute de place, que jusqu'à vous indiquer la relation établie entre la capacité C , l'inductance L et f_0 , la fréquence de résonance :

$$f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$$

exemple

À quelle fréquence f_0 un circuit parallèle composé d'un condensateur de 1 nF de capacité et d'une bobine de 1 mH résonnera-t-il ?

$$f_0 = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{10^{-9} \cdot 10^{-3}}} = 159 \text{ kHz}$$

Voilà, c'est tout pour aujourd'hui. Ce survol n'entre pas dans les détails, mais il devrait vous suffire à résoudre un grand nombre de problèmes. Pour la suite, nous avons pris rendez-vous avec Messieurs De Morgan et Karnaugh (dont nous avons eu des nouvelles depuis la lettre de M. Taraud), Kirchoff et ses lois, Thévenin et Norton son inévitable compère. D'autres personnes encore, qui toutes ont laissé (ou non) leur nom à des lois ou des techniques qui permettent de mettre les circuits en chiffres. Vos suggestions, sur carte postale sans enveloppe de préférence, sont bien sûr les bienvenues.

896022

tie) de cette impédance, la réactance X_C , exprimée en ohms, d'un condensateur de capacité C (en farads), soumis à une tension alternative de fréquence f (en hertz), s'écrit :

$$X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$$

exemple

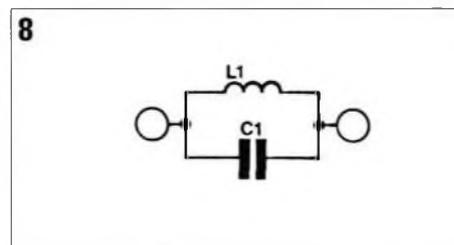
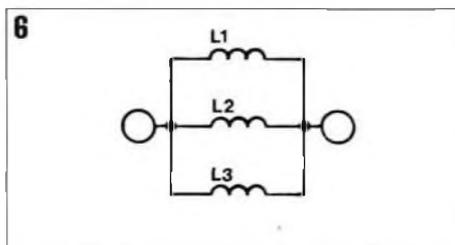
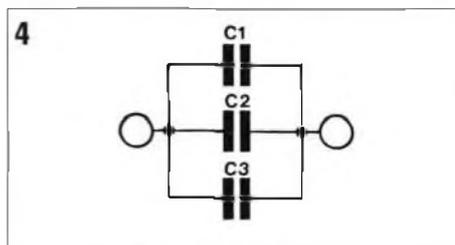
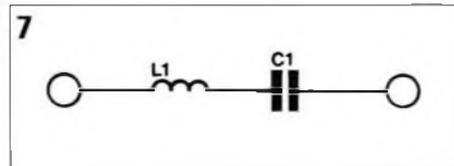
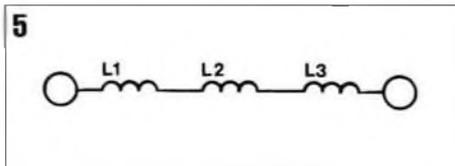
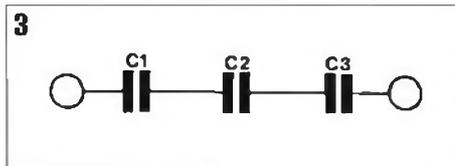
Quelle est la réactance d'un condensateur de 1 mF (0,001 F) à une fréquence de 10 Hz ?

$$X_C = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 10 \cdot 0,001} = 16 \Omega$$

bobines

Le calcul de l'inductance, (auto-inductance ou coefficient de self induction) L_e de la bobine équivalente à un ensemble de bobines câblées en série ou en parallèle est identique à celui de sa résistance. Pour les bobines en série de la figure 5, nous avons ainsi :

$$L_e = L_1 + L_2 + L_3 + \text{etc.}$$



transistor cherche son égal ou

Les caractéristiques des transistors sont souvent très dispersées, ce dont nous n'avons généralement pas à nous plaindre, puisqu'à cette dispersion correspond un coût de fabrication plus faible, dont nous bénéficions à l'achat. Il arrive cependant qu'un électronicien ait besoin de deux transistors de même gain en courant, identiques ou complémentaires. Il faut alors en tester quelques uns pour trouver ceux qui font la paire.

Certains circuits électroniques exigent la présence de transistors quasiment identiques. C'est le cas en audio des étages de sortie complémentaires, des amplificateurs différentiels, où se pose le problème de l'appariement des transistors. Pour ces sortes de montage, il est souvent absolument nécessaire que les caractéristiques des transistors concordent, à moins de mettre en œuvre générateurs de courant constant, contre réaction...

Pour l'appariement, on tient bien évidemment compte des caractéristiques élec-



triques des deux transistors : seuil de tension, gain en courant, en alternatif ou en continu, qui doivent être identiques. Leurs caractéristiques doivent aussi évoluer de la même façon dans un assez large domaine de températures : se pose ainsi le problème de leur stabilité thermique.

Les fabricants ont la possibilité de sélectionner les transistors en cours de fabrication : ceux qui viennent du même **wafer** (sorte de "gaufre" dans laquelle les transistors sont découpés) ont des caractéristiques très peu dispersées. On les retrouve

ensuite dans le commerce sous un même emballage, moyennant bien sûr un bon supplément de prix. D'autres restent leur vie durant siamois, ou **appariés**, puisqu'ils sont sur la même puce, composants uniques d'un même circuit intégré. Dans ce cas, leurs comportements sont en tous points identiques. De plus, comme ils sont sur le même substrat, la température des uns retentit immédiatement sur celle des autres : plus besoin de s'occuper de celle-ci pour les réglages.

On peut trouver dans ces réseaux intégrés différents transistors, aussi bien NPN que PNP. Le CA3046 offre pour sa part cinq NPN quasiment identiques, sous un même emballage. Certains réseaux contiennent des combinaisons de NPN et de PNP, comme le CA3096 qui regroupe dans un même boîtier trois d'une sorte et deux de l'autre. L'utilisateur dispose ainsi de transistors, complémentaires ou non, reliés thermiquement par construction. Cette solution idéale n'est pas toujours à portée de main ou de bourse. Il est quel-

appariement de transistors

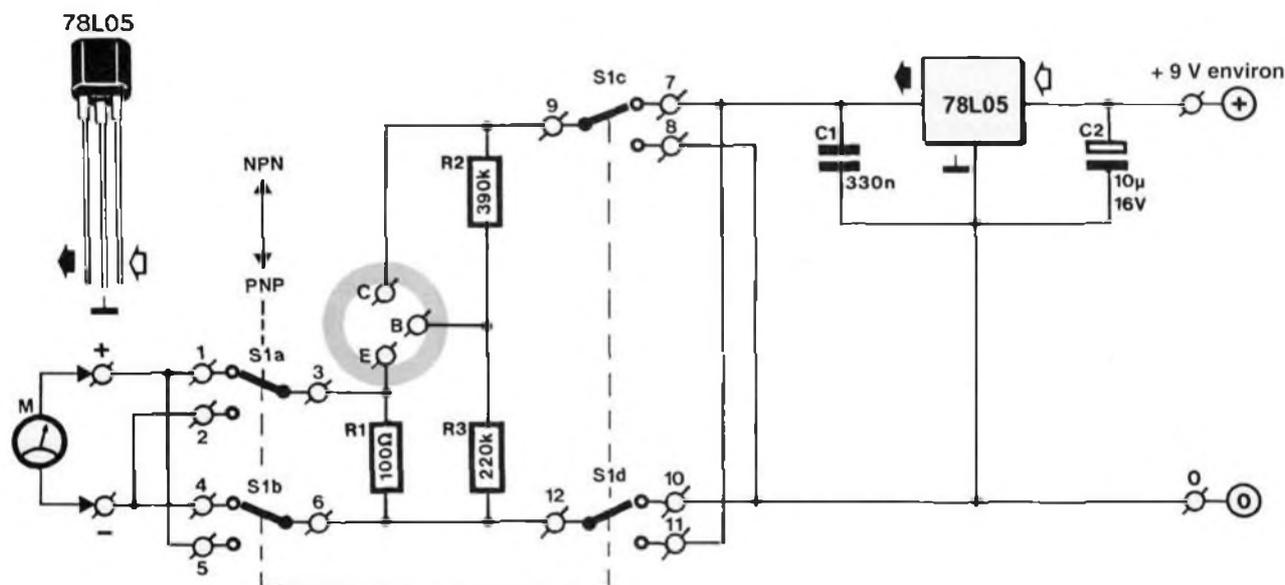


Figure 1 - Ce banc de test permet de comparer entre eux des transistors qui doivent être assez semblables pour être attelés ensemble.

son complémentaire

quefois plus intéressant, voire nécessaire, de fabriquer soi-même sa solution que de l'acheter dans le commerce, comme disent les chimistes. Si vous disposez de quelques transistors du même type, c'est bien le diable s'il n'y a pas dans le tas une paire de "jumeaux", homozygotes (issus du même œuf ou *wafer*) ou hétérozygotes). Le présent montage en permet la sélection. Ensuite, une petite lame de métal ou même une goutte de colle leur assure une liaison thermique satisfaisante.

apparieur

Le circuit de la **figure 1** brille par sa simplicité. Rien de moins compliqué en effet que la comparaison du gain de divers transistors. Il suffit de trois résistances, d'un régulateur de tension, accompagné de ses inévitables condensateurs (quel est leur rôle?), et d'un commutateur. Un voltmètre bien sûr vient compléter l'ensemble. Le régulateur fournit une tension continue et propre de 5 V qui permet une bonne reproductibilité de la mesure : les éven-

liste des composants

R1 = 100 Ω
R2 = 390 kΩ
R3 = 220 kΩ

C1 = 330 nF
C2 = 10 μF/16 V

IC1 = 78L05
S1 = commutateur rotatif,
à quatre inverseurs
Platine d'expérimentation de format 1

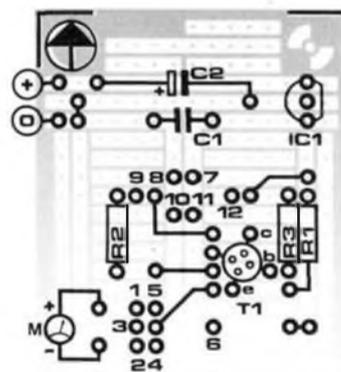


Figure 2 – Le plus difficile ici est le câblage du commutateur.

tuels défauts de l'alimentation, une pile de 9 V par exemple, n'ont ainsi pas d'influence sur les résultats. Le commutateur à quatre circuits S1 offre la possibilité de passer facilement de transistors NPN à PNP.

Avant de regarder plus en détail le fonctionnement du dispositif, rappelons brièvement quelques propriétés des transistors. Leur courant d'émetteur I_E est égal à leur courant de collecteur I_C augmenté du courant de base I_B dont il n'est le plus souvent pas tenu compte, puisqu'il est relativement très petit. Le courant de collecteur dépend du facteur d'amplification H_{FE} , nous avons :

$$I_C = H_{FE} \times I_B$$

Le courant d'émetteur est donc :

$$I_E = (H_{FE} \times I_B) + I_B \\ = (H_{FE} + 1) \times I_B$$

Nous pouvons alors calculer la tension aux bornes de la résistance R1 (figure 1), soit la tension U_E présente sur l'émetteur du transistor :

$$U_E = (H_{FE} + 1) \times I_B \times R1$$

Nous voyons que la tension de "sortie" du montage dépend du facteur d'amplification du transistor, de son courant de base et de la résistance R1. Comme nous l'avons dit plus haut, c'est le facteur d'amplification du transistor qui nous intéresse. La formule ne permet pas d'y accéder, puisque le courant de base reste inconnu. Ne nous en soucions pas : considérons les transistors comme identiques à partir du moment où la mesure aux bornes de R1 donne la même tension pour chacun d'eux. L'essentiel est que, placés dans les mêmes conditions, ils réagissent de la même façon*. Point besoin donc

d'un voltmètre à résistance d'entrée élevée. Qu'il soit analogique ou numérique, l'instrument de mesure convient, si ses indications permettent la comparaison.

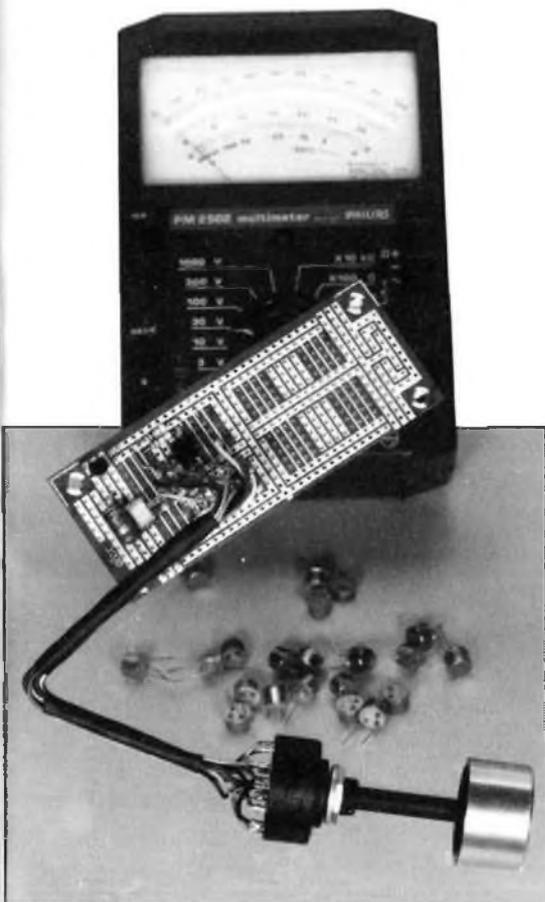
Le montage ne permet pas seulement de sélectionner deux transistors identiques. Si vous avez besoin d'une paire complémentaire NPN/PNP, le commutateur permet d'opérer. Testez le PNP qui convient à votre montage, notez la tension mesurée, puis commutez S1 en position NPN et cherchez le transistor qui affiche la même valeur. Ou inversement, commencez par tester le NPN.

construction

Le circuit n'est pas de construction plus compliquée que de conception. Les composants tiennent sur une platine d'expérimentation de format 1 sur laquelle prend place un support de transistor. Ces supports (contacts en bronze-béryllium nickelé, laiton étamé, voire doré), disponibles chez tous les détaillants, sont plus pratiques et plus fiables que les pinces crocodiles, dans le cas présent. Le multimètre est raccordé aux endroits indiqués sur la platine. Le plus difficile, c'est peut-être de relier le commutateur. L'opération ne nécessite pas moins de douze fils. Les points d'arrivée de ces fils sont numérotés sur la **figure 2**. L'alimentation, comme nous l'avons dit, se contente d'une pile de 9 V.

886014

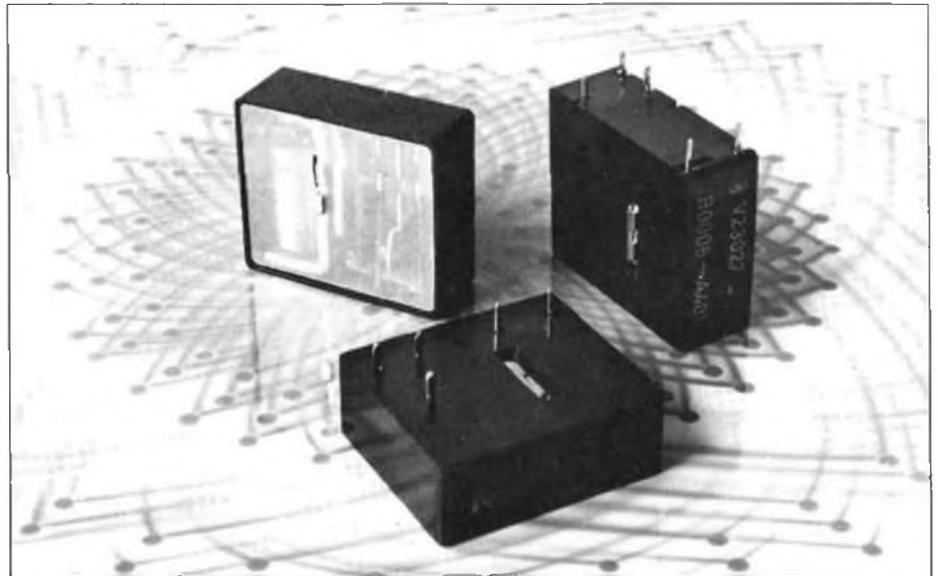
* Tant mieux si nos propos soulèvent des objections!



Un relais répond toujours aux sollicitations de son circuit de commande avec un retard relativement important. Certains dispositifs de protection ne le supportent pas. Comment faire pour y remédier ? Comprendre d'abord ce qui se passe à la commutation.

accélérateur de réponse pour relais électromagnétique

UNE COMMANDE de relais ressemble à ce que nous avons dessiné sur la figure 1. On câble l'engin dans le circuit de collecteur d'un transistor qui fonctionne en relais statique commandé par sa base. Une diode de roue libre court-circuite le relais de telle façon que le transistor ne subisse pas une surtension fatale lorsqu'il se bloque. La fonction précise de cette diode ne peut être expliquée que si nous savons ce qui se passe dans une bobine. Un relais électromagnétique n'est après tout pas autre chose qu'une bobine dans laquelle un courant engendre un champ magnétique qui commande une armature mobilisant des contacts : il y a ouverture ou fermeture d'un interrupteur. Lorsqu'on coupe le courant, la variation de flux



magnétique qui résulte de la variation de courant engendre dans la bobine une force électromotrice importante qui tente d'y maintenir le courant. Si celui-ci ne trouve pas son chemin, il y a danger pour les composants, voire pour la bobine dont l'isolant peut claquer.

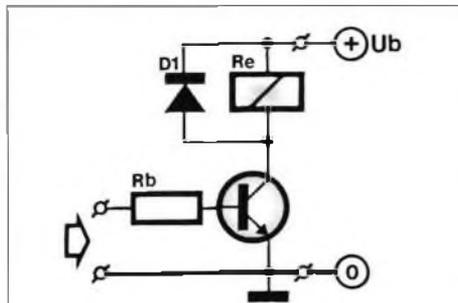


Figure 1 – Un relais commandé par un transistor tel qu'il doit être câblé avec une diode de roue libre protégeant le transistor des effets d'une surtension. Ce dispositif n'est pas toujours suffisamment rapide.

bobine idéale

Une bobine idéale est une inductance pure, sans résistance. Si nous la relierons par l'intermédiaire d'une résistance à une source de courant continu, le courant, dont l'intensité n'est limitée que par la résistance en série, va progressivement s'établir dans la bobine et créer à l'intérieur de celle-ci un champ magnétique. Le courant ne s'établit que progressivement du fait que la bobine emmagasine de l'énergie magnétique. C'est cette énergie emmagasinée qui va poser des problèmes à la coupure du courant, puisque la bobine

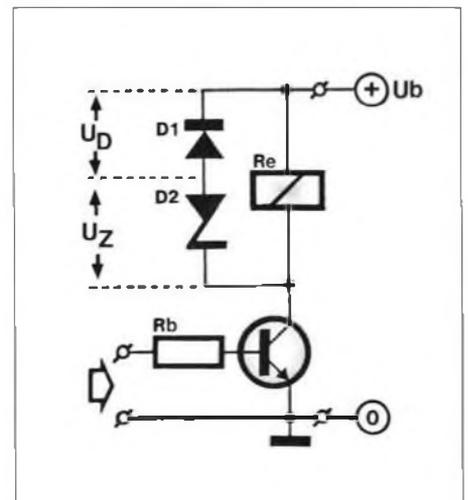


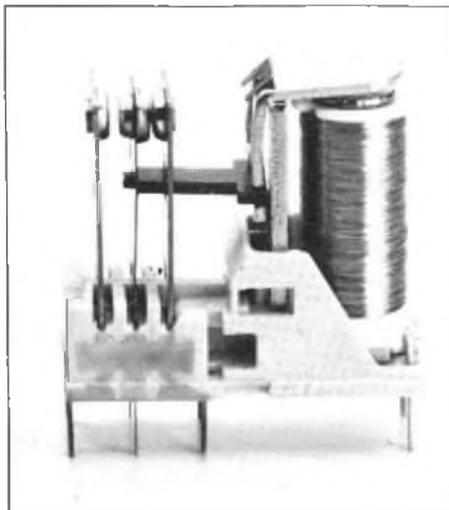
Figure 2 – Le câblage d'une zener en parallèle aux bornes du relais permet une évacuation plus rapide de l'énergie emmagasinée par la bobine et donc une réponse sans retard.

ne va la restituer. La bobine se transforme alors en générateur. Puisque le circuit est ouvert par le transistor, le courant ne peut pas circuler et la tension à ses bornes augmente jusqu'à ce que ça passe. Le transistor se retrouve avec une tension collecteur-émetteur telle que sa jonction collecteur-base subit un claquage inverse. Lorsque c'est un vulgaire interrupteur qui ouvre le circuit, c'est à des étincelles que donne lieu la coupure, étincelles qui à la longue détruisent les contacts. Une simple diode, comme sur la **figure 1**, en parallèle sur la bobine, permet au courant de circuler en circuit fermé, sans dommage pour les autres composants.

La perfection n'étant pas de ce monde, la diode de roue libre ne supprime pas tous les problèmes. Si la résistance de la bobine et la sienne étaient nulles, le courant de décharge n'en finirait pas de circuler, donc la bobine d'être alimentée. Il n'en est heureusement pas ainsi puisque la diode et la bobine, toutes deux résistives, dépendent l'énergie reçue par effet joule (transformation en chaleur). La situation idéale et peu intéressante ici d'un courant circulant indéfiniment sans apport d'énergie, donc sans pertes par effet joule, n'est cependant pas une vue de l'esprit. Les supraconducteurs, conducteurs sans résistance électrique, permettent le maintien de champs magnétiques constants sans dépense d'énergie qui trouvent leur application dans les accélérateurs de particules ou les trains, au stade expérimental, se déplaçant sur coussin magnétique. Ce que nous voulons, c'est le contraire, une disparition de champ magnétique aussi rapide que possible.

diminuer le temps de réponse

La diode de roue libre permet donc à l'énergie emmagasinée par la bobine du relais de s'épuiser (en pure perte) en cir-



cuit fermé sans détruire le transistor de commande. Cette dissipation n'est possible que si la diode et la bobine opposent au passage du courant une certaine résistance. La résistance est pourtant assez, voire trop faible de sorte que le courant met quelque temps à disparaître. Tant qu'il circule, le champ magnétique persiste et les contacts du relais restent collés. Or, pour certains circuits, il y a urgence : si le relais est la cheville ouvrière d'un dispositif de protection par exemple, tant qu'il reste collé, la sécurité ne joue pas. La lenteur de sa réponse peut être la cause de dommages irréparables. Que faut-il faire pour qu'il réponde plus rapidement ? La réponse vient de ce que nous avons dit plus haut : la dissipation de l'énergie stockée doit être plus rapide, nous devons donc augmenter la puissance du dispositif. Du côté de la bobine, il n'y a pas grand chose à faire, voyons celui de la diode. La tension à ses bornes est de l'ordre de 0,6 V et la puissance consommée de 0,6 fois le courant induit. Augmenter la résistance de la diode, il n'y faut pas songer, pas plus qu'à lui câbler une résistance en série. Juste après la coupure, le courant peut être assez intense pour que la tension dépasse une valeur susceptible d'endommager le

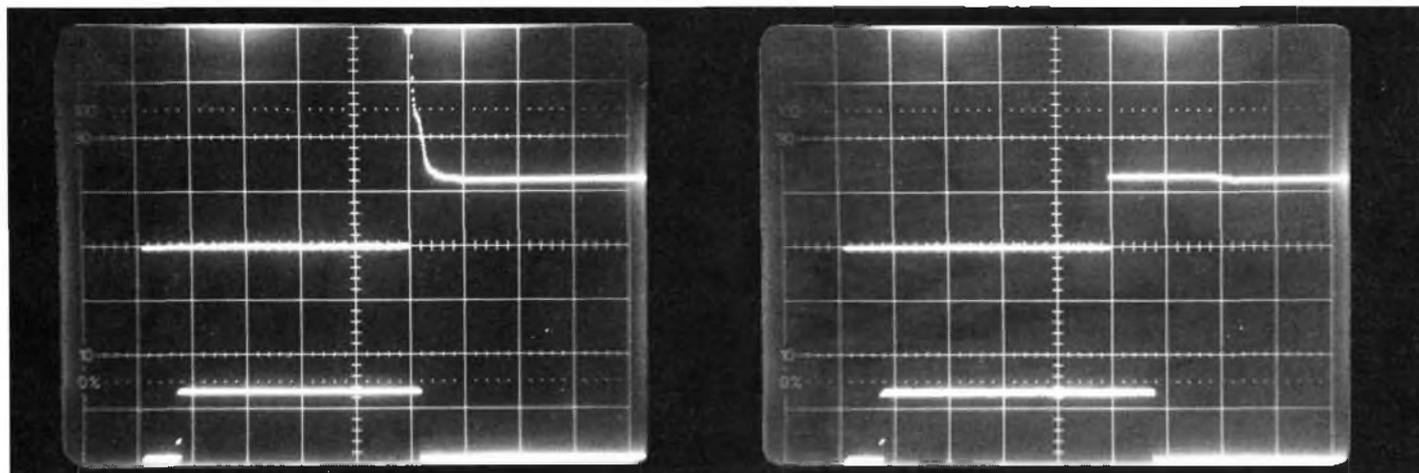
transistor. Il faut trouver quelque chose qui limite la tension à un maximum : pourquoi pas une diode zener ? Une zener se comporte en direct comme une diode ordinaire de sorte que sa présence court-circuiterait la bobine, ce que nous ne souhaitons bien évidemment pas. Nous conservons donc la petite diode de roue libre en série avec la zener, comme sur la **figure 2**. Quelle tension pour la zener, mais aussi quelle puissance ? C'est ce que nous allons calculer.

calcul

N'importe quelle zener ne convient pas à ce circuit de "freinage" en urgence. Il faut en premier lieu qu'elle supporte un courant inverse de pointe de surcharge important : une zener de 1,3 W devrait suffire. Elle stabilisera ensuite la tension à un maximum qui ne mette pas en danger le transistor. Si la tension collecteur-émetteur maximale du transistor $U_{ce\max}$ est de 45 V, la somme des trois tensions, celle de zener U_Z , celle de la diode U_D et celle de l'alimentation U_b devra lui être inférieure. Si l'alimentation délivre une tension de 12 V, U_Z sera donc inférieure à : $45 - 12 - 0,6 = 32,4$ V. Avec une diode zener de 24 V de 1,3 W de puissance, le transistor de commutation et la zener elle-même s'en tireront parfaitement. Nous le voyons sur les oscillogrammes de la **figure 3**, le relais répond plus rapidement en (3b) qu'en (3a) où nous n'avons qu'une diode de roue libre.

886036

Figure 3 – En (a), sans zener, lorsque le transistor se bloque, sa tension de collecteur (moitié supérieure de l'écran) passe de 0 à U_b , le relais (moitié inférieure de l'écran) répond avec un net retard à cette transition. En (b), avec zener, la tension de collecteur du transistor est plus importante à la commutation mais la réponse du relais est presque instantanée à notre échelle de mesure.



contrôleur de tension et d'intensité pour alimentation

Comment faites-vous pour connaître la tension aux bornes de votre alimentation réglable (ou non)? Vous utilisez votre multimètre? Et pour le courant, un ampèremètre en série avec le circuit alimenté? Alors lisez cet article, la recette qu'il propose vous concerne. Si un contrôle continu de la tension et du courant n'est pas indispensable, il n'a que des avantages. Comme sa réalisation n'est pas des plus compliquées, qu'elle se contente de petits moyens, pourquoi vous en priver plus longtemps?

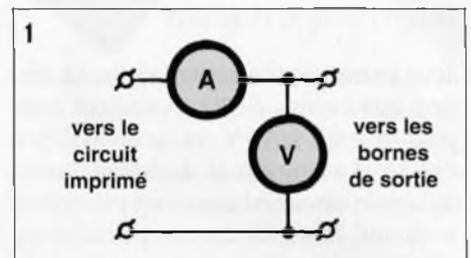
en parallèle ou en série

Équiper une alimentation d'un instrument de mesure, c'est facile, comme vous le voyez sur la figure 1. On envoie son valet de chambre chez son fournisseur préféré acheter un voltmètre et un ampèremètre de tableau tout cousus. Comme un voltmètre mesure la différence de potentiel entre ses extrémités et un ampèremètre le courant qui le traverse, il suffit de les câbler comme indiqué, l'ampèremètre en série, sur la ligne "plus" par exemple et le voltmètre en parallèle sur les bornes de sortie. Cette solution n'est pas la plus économique, puisqu'il est possible de s'en sortir avec un seul cadran dans la plupart des cas. En effet, un galvanomètre unique et quelques aménagements permettent de visualiser, tantôt ce que débite l'alimentation, tantôt la tension à ses bornes. Tout cela parce qu'une mesure de tension peut se ramener à celle d'une intensité et qu'il est possible, sans passer par Saint-Cyr*, de transformer un voltmètre en ampèremètre.

mesurer une intensité pour accéder à la tension

Un voltmètre peut n'être qu'un ampèremètre (galvanomètre), câblé en série avec une résistance (résistance plus galvanomètre en dérivation sur le circuit dont on mesure la tension). La résistance est choisie de telle façon que, lorsque la différence de potentiel entre les extrémités du voltmètre est maximale (égale à son calibre), l'intensité du courant qui le traverse est celle qui correspond au calibre du galvanomètre (intensité maximale). Un exemple pour habiller ces os: supposons que nous vou-

* On peut aussi passer par Saint-Cyr, mais ce n'est pas forcément le chemin le plus court.



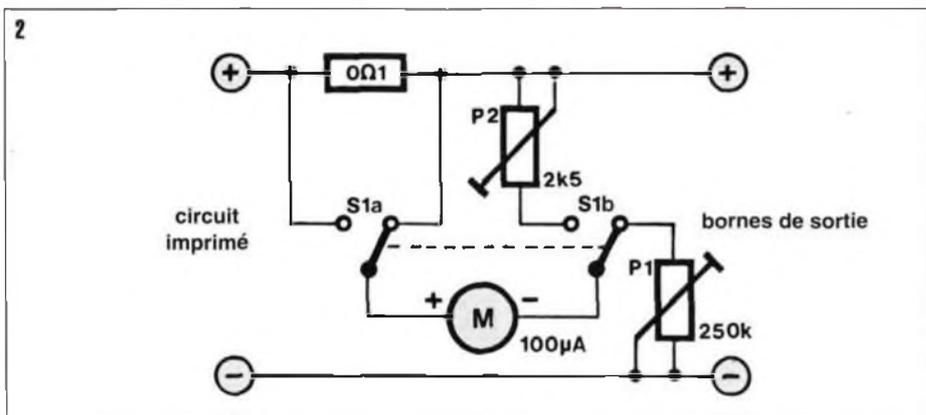
lions fabriquer un voltmètre pour mesurer des tensions comprises entre 0 et 10 V, donc de calibre 10 V. Nous disposons d'un galvanomètre marqué "1 mA" dont nous ne connaissons pas la résistance intérieure. Admettons qu'elle soit nulle. La tension maximale U aux bornes de la résistance (donc du voltmètre) sera de 10 V lorsqu'un courant I de 1 mA la traversera :

$$R = U : I = 10 \text{ k}\Omega \text{ (V : mA=k}\Omega\text{)}$$

La résistance intérieure d'un galvanomètre n'est cependant jamais nulle de sorte que la résistance à rajouter est inférieure à celle que nous avons calculée. Que faire alors? Mettre tout simplement un potentiomètre ajustable de 10 k Ω qu'il sera facile, lors de l'étalonnage de l'appareil, de régler à la bonne valeur.

mesurer une tension pour accéder à l'intensité

Maintenant que nous avons un voltmètre, comment le transformer en ampèremètre? Il suffit d'introduire dans le circuit dont nous voulons connaître le débit une petite résistance connue avec précision et de mesurer la différence de potentiel entre ses extrémités. La différence de potentiel U et la résistance de mesure R connues nous permettront de calculer l'intensité I du courant en appliquant la loi d'Ohm: le cadran sera gradué en U/R , comme on dit chez les prêteurs sur gages.



Cette petite introduction théorique terminée, passons aux applications.

bimètre ?

Il est donc possible, voire facile, d'équiper n'importe quelle alimentation d'un instrument de contrôle de l'intensité et de la tension composé d'un unique galvanomètre, d'un double inverseur et de quelques résistances. Les lecteurs attentifs auront cependant remarqué que le circuit de la **figure 2** comportait non pas un mais deux voltmètres sélectionnés par S1. Le premier, composé de M et P1 en parallèle sur la sortie, donne accès à la tension aux bornes de l'alimentation. Le second (M, P2, et S1 dans l'autre position) monté en parallèle sur R1 donne la mesure de l'intensité du courant débité.

Pourquoi avoir choisi ce montage à voltmètre pour une mesure d'intensité ? C'est simple, une alimentation de laboratoire est faite, en général, pour délivrer des courants relativement intenses. Il lui faut donc un ampèremètre de bon calibre. Transformer un tel ampèremètre en un voltmètre de calibre 30 V ne va pas de soi. Pourquoi ? Tout simplement parce que son aiguille n'indiquera "30 V" que s'il est traversé par le courant d'intensité maximum, prélevé bien sûr sur l'alimentation. N'allez cependant pas penser que nous avons choisi un galvanomètre de 100 µA pour maintenir le courant de mesure aussi bas que possible. Non, de petits VU-mètres bon marché de ce calibre, qui conviennent parfaitement à cet usage sont disponibles dans le commerce à des prix très intéressants, voilà la principale raison de notre choix. Il est cependant possible de prendre un galvanomètre moins sensible.

Le choix des résistances est évidemment fonction de l'alimentation. Les lecteurs dont la mémoire est bonne constateront que P1 et P2 correspondent aux valeurs choisies pour l'alimentation décrite en novembre 1991 qui délivrait 1,5 A sous 30 V (ELEX n°38, page 13). Quelques aménagements seront nécessaires pour d'autres, mais les procédures d'étalonnage que nous allons voir maintenant valent pour toutes.

étalonnage du voltmètre

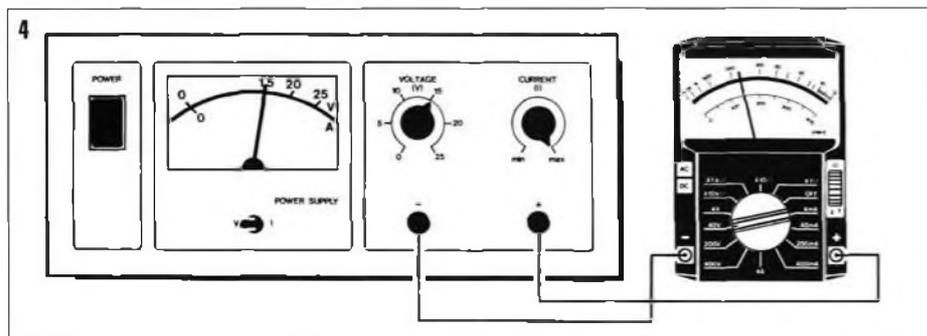
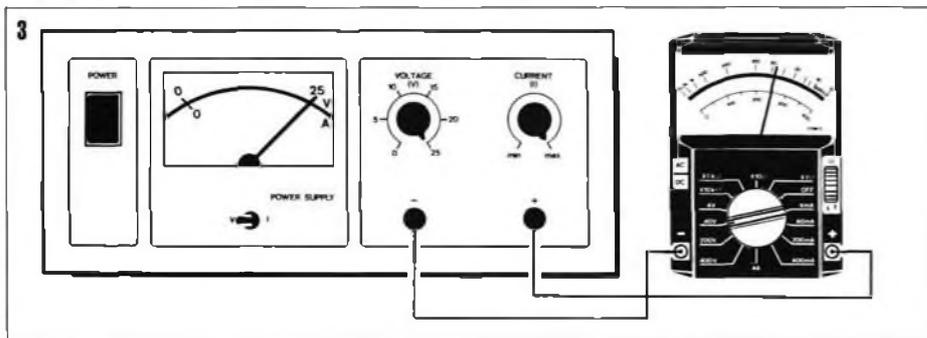
Commencez par le plus ennuyeux, le cadran. Enlevez le capot et fixez une petite feuille de papier blanc (de préférence transparent) sur l'ancien cadran, à l'aide de ruban adhésif, en laissant libre la partie sur laquelle les graduations (volts et ampères) seront inscrites. Procédez avec soin, sans tordre l'aiguille ni endommager le cadre mobile. Dessinez sur votre papier la forme de l'ancien cadran ainsi que l'arc de courbe sur lequel seront portées les divisions : vous pouvez déjà marquer le zéro d'un léger trait. Le double inverseur S1 en position "V" (pour "Volts"), P1 et P2 au maximum, mettez l'alimentation sous tension avec à ses bornes un bon multimètre. Réglez la tension au maximum et ramenez P1 avec précaution jusqu'à obtenir la pleine déviation (permise) de l'aiguille du galvanomètre, comme sur la **figure 3**. La tension qu'annonce le multimètre est alors la tension maximale de sortie de l'alimentation, "25 V" par exemple : notez-la soigneusement (crayon très fin) sur le cadran de papier en face de l'aiguille. Si la tension

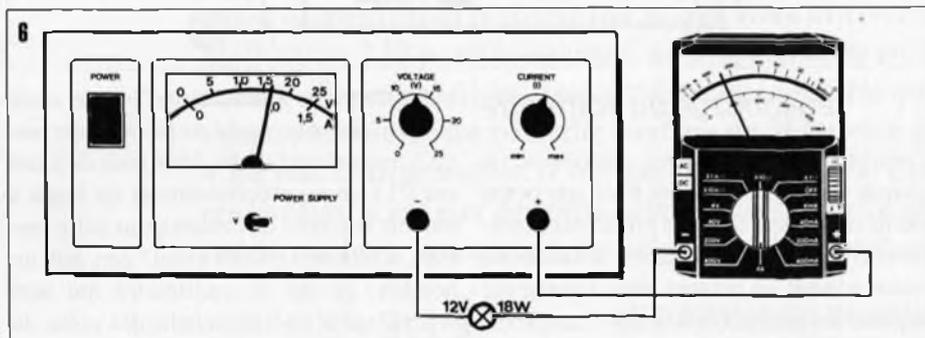
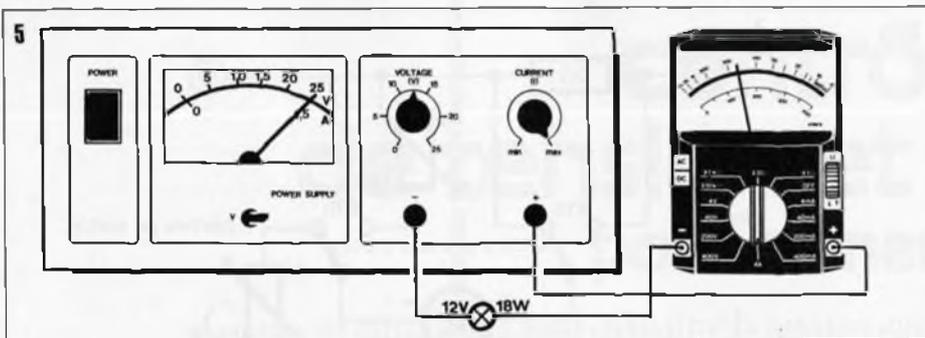
indiquée par le multimètre n'est pas assez "ronde", il est conseillé de la diminuer jusqu'à une valeur satisfaisante, puis de jouer sur P1 comme précédemment de façon à obtenir la pleine déviation pour cette tension. C'est ce "chiffre rond" (en fait un nombre) lu sur le multimètre qui sera reporté sur le cadran, échelle des volts, du contrôleur de l'alimentation.

Les deux bornes, zéro et tension maximale, ainsi repérées, continuez de diminuer la tension de l'alimentation, de 5 V en 5 V (lecture sur le multimètre), en marquant chaque fois d'un trait (ou de deux, un de chaque côté) sur le cadran de papier la position de l'aiguille correspondante (**figure 4**).

étalonnage de l'ampèremètre

Les choses se compliquent ici puisqu'il est nécessaire de charger l'alimentation avec une résistance telle qu'elle débite le courant souhaité. Pour l'alimentation prise en exemple, le courant d'intensité maximum de 1,5 A peut être celui consommé par une lampe de voiture de 12 V/18 W. Il n'est pas





du tout sûr que l'ampoule consomme ce courant-là précisément, c'est pourquoi il est conseillé de câbler un ampèremètre en série avec elle. Laissez S1 en position "V" comme précédemment. Réglez ensuite la tension de façon que l'ampèremètre annonce "1,5 A" (si l'alimentation est pourvue d'une limitation de courant réglable, celle-ci doit être au maximum). Placez maintenant S1 en position "A" (pour "Ampère") puis réglez P2, avec doigté, de façon à obtenir le maximum de déviation (permis) de l'aiguille: repérez d'un trait sa position sur le cadran de papier (figure 5). C'est le maximum de l'échelle des intensités.

Ensuite, le procédé est le même que pour la tension, à la différence près qu'il faut aussi jouer, le cas échéant, sur la limitation de courant. Vous réglez donc l'alimentation de façon que le multimètre en série affiche "1 A" puis "0,5 A", tout en marquant chaque fois la position correspondante de l'aiguille sur le cadran de papier.

Si votre alimentation n'est pas réglable en tension ou en courant, vous aurez recours à une série de (grosses) résistances ou à ces rhéostats que l'on trouvait autrefois sur les tramways ou dans certains laboratoires. Faites débiter sur la résistance, calculée pour laisser passer le courant désiré, non sans prendre chaque fois la précaution de vérifier au multimètre que l'intensité de ce courant est bien celle que vous escomptez. Il est aussi possible pour cet étalonnage, d'emprunter une autre alimentation, réglable celle-là, qui permet de procéder comme plus haut.

Lors des différents réglages il faut veiller à ce que ni P1 ni P2 n'aille en butée vers 0 Ω. Le courant qui risque de traverser l'appa-

reil de contrôle pourrait le foudroyer. Pour éviter cet accident, il est peut-être prudent de mettre une résistance de 10 kΩ en série avec P1 et une autre de 100 Ω avec P2.

finition

Lorsque tout est fini, vous disposez d'une échelle proprement et précisément relevée au brouillon. Il reste à la mettre au propre sur un bon support, à coller par exemple sur l'ancien cadran éventuellement retourné. Utilisez un bon feutre ou des autocollants, transferts: les catalogues de nos annonceurs fourmillent de solutions, reportez-vous à leurs sections "circuit imprimé, face avant, chimie". Il n'est pas interdit de subdiviser les intervalles précédemment repérés, en volts et centaines de milliam-pères. Ce travail marquera l'achèvement du contrôleur visuel de tension et d'intensité que vous n'aurez plus qu'à installer confortablement dans, sur, ou à côté de l'alimentation.

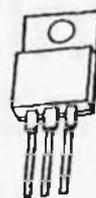
896021

si vous aimez elex

faites-le aimer à ceux que vous aimez



AG Composants Electroniques LYON



Professionnel et Grand Public

51, Cours de la Liberté
13, Bld des Brotteaux
Fax : 78 71 76 00

Vente Comptoir et Correspondance

Composants Japonais, Radio TV, Vidéo, kits, Mesure, Outils, Accessoires, Sono, Hauts-Parleurs
Lyon 3^{ème} 78 62 94 34
Lyon 6^{ème} 78 52 43 90

EURO-COMPOSANTS

4, route Nationale - B.P. 13
08110 BLAGNY
tél. 24 27 93 42 - fax 24 27 93 50

KITS
COMPOSANTS
CAPTEURS
MESURE
OUTILLAGE
ACCESSOIRES

Spécialistes de la vente par correspondance
Liste de nos promotions sur simple demande
CATALOGUE 1992 CONTRE 40 F



Votre spécialiste en composants, appareil de mesure, outillage, accessoires, kits, librairie technique

HB Composants
7 bis, Rue du Dr Morere
91120 PALAISEAU

Tél. : 69 31 20 37 - Fax : 60 14 44 65
Horaires : du Lundi au Samedi de 10 h à 13 h et de 14 h 30 à 19 h

VOUS VENDEZ DU MATÉRIEL D'ÉLECTRONIQUE ?
DES KITS ? DES ACCESSOIRES ?
ACHETEZ CET ESPACE PUBLICITAIRE
VOUS EN FEREZ UN.

point de rencontre

ENTRE VOUS ET LES JOURNAUX LECTEURS D'

