PDF Page Organizer - Foxit Software

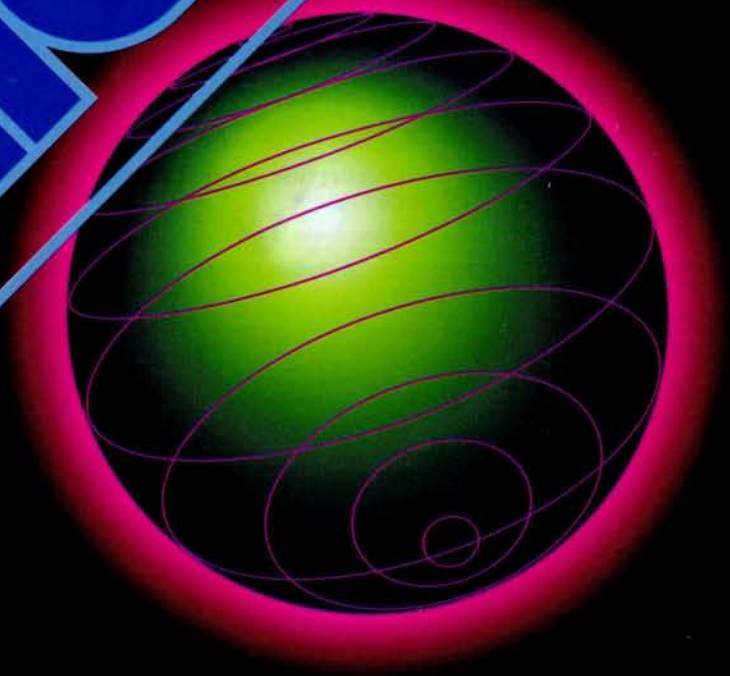
électronique nº57

juillet 1993
23 FF/168 FB/8,20 FS
mensuel

elex

explorez l'électronique

terre, masse, zéro : le retour



le calcul des composants (suite)

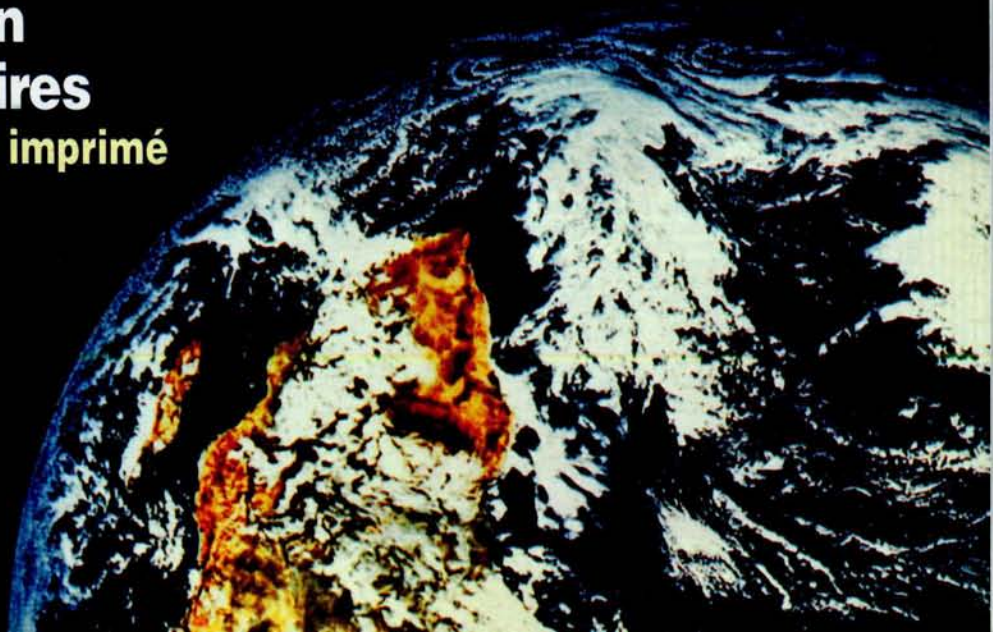
connaître et utiliser l'oscilloscope (suite)

mini-enceintes actives pour baladeur : le caisson de graves

avec dessin de circuit imprimé

mini-alimentation à panneaux solaires

avec dessin de circuit imprimé



M 2510 - 57 - 23,00 F

PDF Page Organizer - Foxit Software

lecture

Résí & Transí : bande dessinée 4
Le calcul des composants : suite 6
Astuce : connecteur de fortune 8
« Alors, sagace ? » 12
terre, masse et zéro : le retour ? 17
Connaître et utiliser les fusibles 47
Petites Annonces Gratuites 16

au sommaire d'elex 57, juillet 1993

réalisations

9 un indicateur de (sur-)régime pour l'auto

18 une oreille indiscrète
avec dessin de circuit imprimé !

22 une alimentation solaire
avec dessin de circuit imprimé !

28 un indicateur de balance stéréophonique
avec dessin de circuit imprimé !

32 un décodeur de tonalité
avec dessin de circuit imprimé !

36 un caisson de graves actif
avec dessin de circuit imprimé !

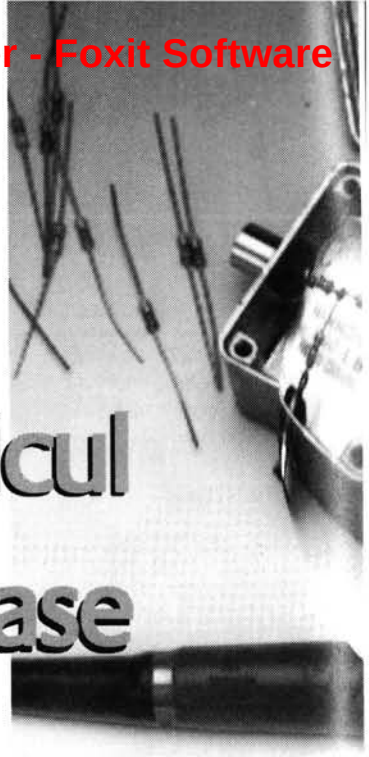
50 un interphone expérimental à un seul fil
avec dessin de circuit imprimé !

53 un circuit de protection de la batterie

Annonceurs: AG Electronique p. 31 – B.H. Électronique p. 35 – Composium p. 35 – J.Reboul p. 31 – Layo France p. 35 – Magnétic France p. 55 – Medelor p. 19 – Microprocessor p. 35 – Publitronic pp. 60, 61 et 62 – Sélectronic pp. 2, 61, 62, 63 et 64 – TSME p. 31 – Urs Meyer Electronic SA p. 31 –

PDF Page Organizer - Foxit Software

L'application du théorème de Thévenin, conséquence du théorème de superposition, lui-même application directe des lois de Kirchhoff, permet de remplacer simplement un réseau ne contenant que des éléments passifs linéaires (en gros, des résistances) et des sources de tension, aux bornes duquel règne une différence de potentiel, par un seul générateur de force électromotrice E_{th} et une seule résistance R_{th}, en série avec lui. Quelques exercices, dont un "vrai" montage, nous familiariseront avec lui.



bases de calcul ou calculs de base

théorèmes de superposition et de Thévenin (suite)

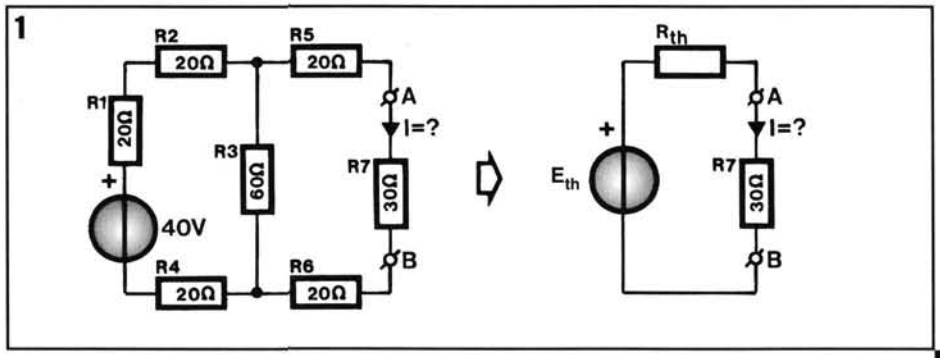
Nous avions terminé, dans une précédente livraison, par le circuit de la **figure 1**: avez-vous trouvé l'intensité I du courant qui traverse la résistance R7? Supprimons-la, comme sur la figure 2, pour la remplacer par un voltmètre (de résistance intérieure infinie) et mesurer la force électromotrice du générateur de Thévenin équivalent au circuit. Puisqu'aucun courant ne traverse le voltmètre, aucun courant ne traverse les résistances R5 et R6 qui ne donnent lieu à aucune chute de tension. La différence de potentiel $V_A - V_B$ est exactement celle que le voltmètre aurait mesurée aux bornes de R3. Nous n'allons pas calculer le courant qui traverse les résistances R1 à R3 pour la connaître: la chute de tension aux bornes de R3 est la même que celle que provoquent les autres résistances, puisque R3 est égale à leur somme. Elle est donc égale a la moitié des 40 V que fait régner le générateur aux bornes de leur ensemble. Cette différence de potentiel de 20 V est la force électromotrice du générateur équivalent de Thévenin du réseau vu des points A et B. Voyons sa résistance intérieure R_{th}.

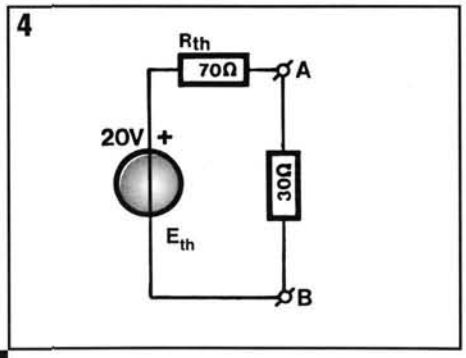
Nous remplaçons la source de tension, comme sur la figure 3, par sa résistance intérieure (nulle ici) et nous évaluons la résistance du réseau R_{th} vue des points A et B. Les résistances R1, R2 et R4 sont en série et leur résistance équivalente de $3 \cdot 20\ \Omega = 60\ \Omega$ est en parallèle à R3 (plus haut, elle était en série, mais nous n'avions pas le même point de vue): la résistance équivalente à deux résistances égales en parallèle est égale à la moitié d'une des résistances, donc 30 Ω. Cette résistance équivalente est en série avec R5 et R6, et R_{th} est donc égale à $30 + 2 \cdot 20\ \Omega = 70\ \Omega$.

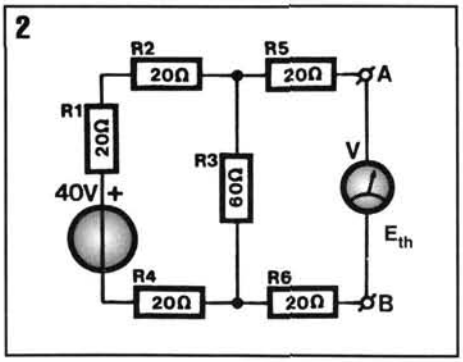
Nous pouvons remplacer le réseau de la figure 1 par celui de la figure 4 et brancher à ses bornes ce que nous voulons, la résistance R7 par exemple: l'intensité du courant qui la traverse n'est pas difficile à calculer. Il est égal à $E_{th}/(R_{th} + R7)$ soit 20/100 = 0,2 A.

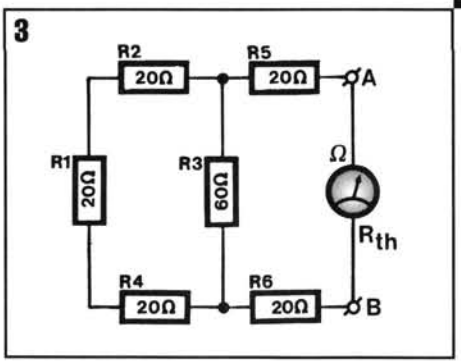
dernier exemple

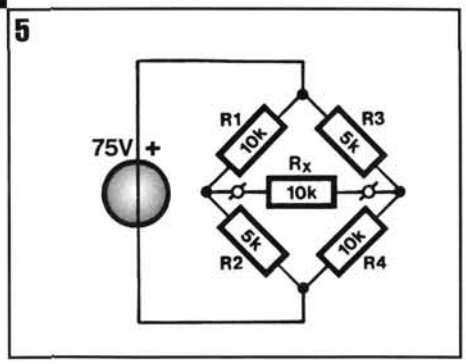
S'il fallait reprendre la démarche depuis les lois des mailles et des nœuds pour calculer l'intensité du courant qui traverse la résistance R_x du circuit de la **figure 5**, on aboutirait à un système de trois équations à trois inconnues. Le théorème de Thévenin va encore là nous faire gagner du temps et du papier. Remplaçons, comme sur la figure 6, la branche intéressée par un voltmètre. Les tensions indiquées devraient vous paraître évidentes après un peu de réflexion*. Le











PDF Page Organizer - Foxit Software



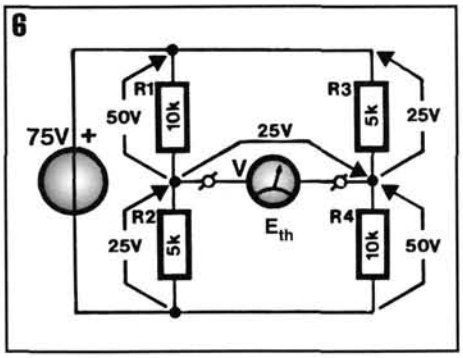
générateur de Thévenin (borne positive au nœud R3/R4) a donc une force électromotrice E_{th} de 25 V. Il faut peut-être un peu plus de temps et un autre dessin (**figure 7**) pour déterminer R_{th} après avoir court-circuité la source de tension. Une calculette vous indiquera une résistance de 6,666667 kΩ et le bon sens 7 kΩ. Le courant qui traverse R_x n'est alors plus difficile à évaluer sur la **figure 8**. Il est égal à $E_{th}/(R_{th} + R_x)$ soit à 1,5 mA.

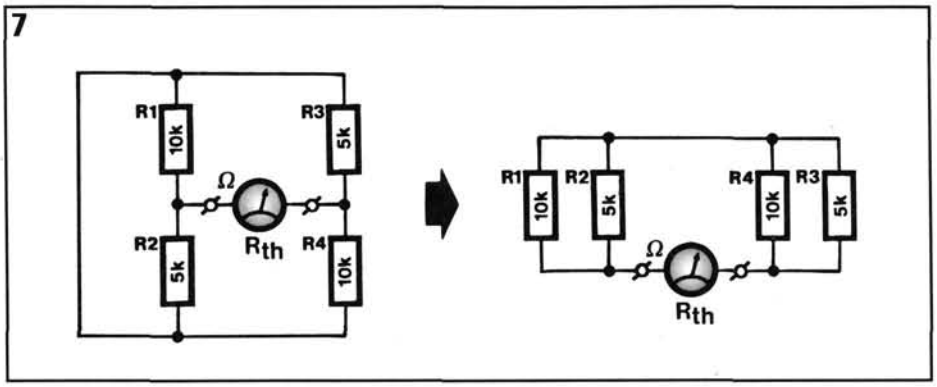
Souvent appliqués en électronique, les théorèmes de Thévenin et de superposition n'ont pas toujours à faire à des circuits qui se présentent sous une forme, a priori, aussi simple que ceux des **figures 1** et **5**. Il faut, le plus souvent, une ou plusieurs interprétations du montage suivant les conditions dans lesquelles il est amené à fonctionner. Voyez cependant sur la **figure 9** un problème qu'ils permettent de traiter directement.

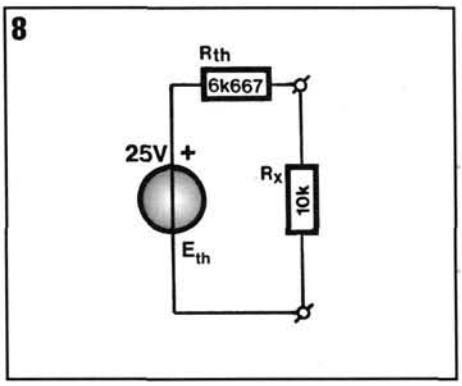
application au calcul d'un répartiteur d'antenne

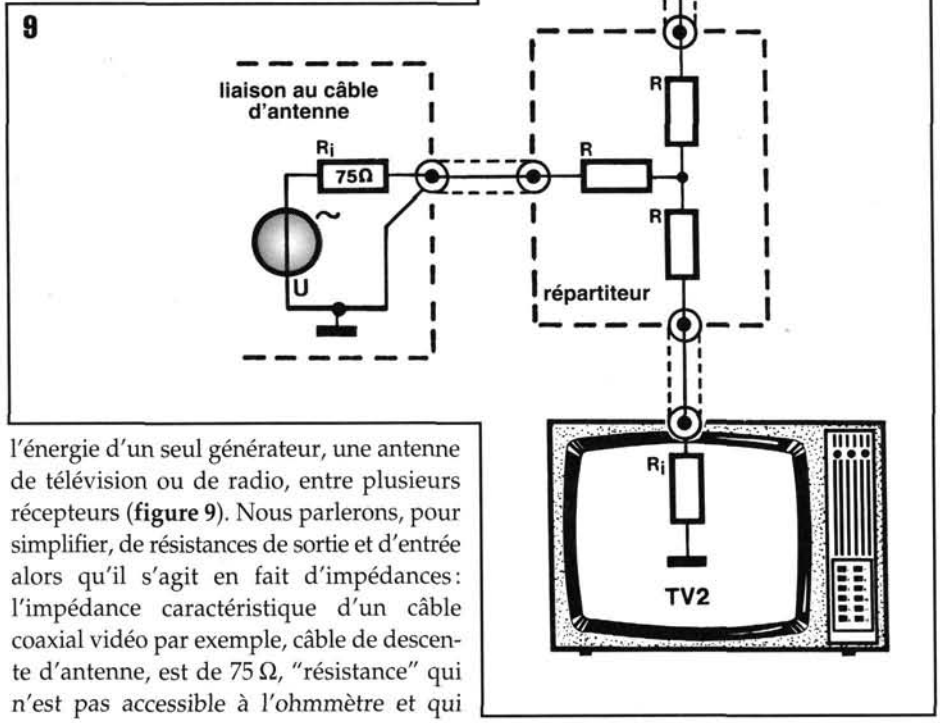
Nous allons appliquer le théorème de Thévenin au problème de la répartition de l'énergie d'un seul générateur, une antenne de télévision ou de radio, entre plusieurs récepteurs (**figure 9**). Nous parlerons, pour simplifier, de résistances de sortie et d'entrée alors qu'il s'agit en fait d'impédances: l'impédance caractéristique d'un câble coaxial vidéo par exemple, câble de descente d'antenne, est de 75 Ω, "résistance" qui n'est pas accessible à l'ohmmètre et qui dépend de la fabrication du câble et de ses conditions d'utilisation, mais non de sa longueur. L'impédance d'entrée des récepteurs de télévision ou celle de sortie des antennes est du même ordre. Lorsque l'énergie de haute fréquence disponible à la sortie du câble est suffisante, il est possible, pour un maximum de trois récepteurs, d'utiliser un simple répartiteur à résistances comme celui représenté sur le cliché. Dans les autres cas, des amplificateurs sont nécessaires.

Il s'agit de donner aux résistances une dimension telle que chaque récepteur, aussi bien TV1 que TV2, reçoive la même quantité d'énergie: c'est ce qu'en principe nous obtiendrions si nous câblions les récepteurs en parallèle sans autre précaution. Le répartiteur doit cependant satisfaire à une autre condition: il est nécessaire, pour une réception optimale, que la résistance du circuit, R_{th}, vue par TV1 ou TV2, soit égale à la résis-



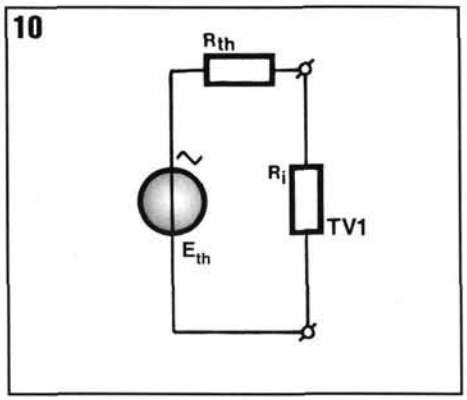


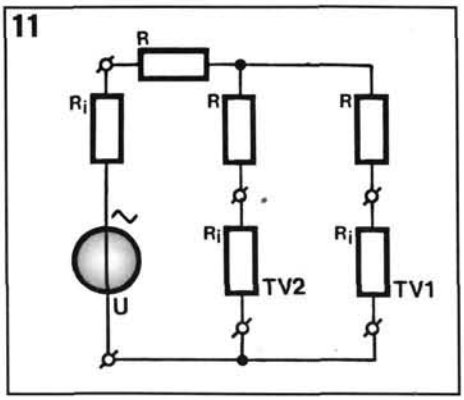


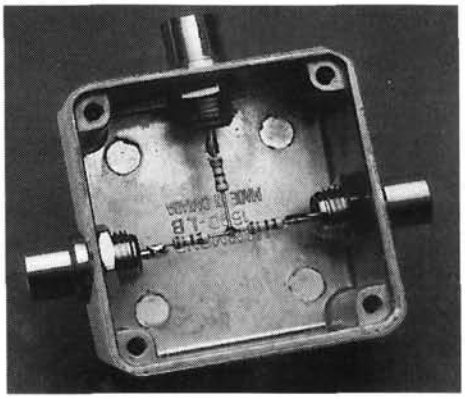


* Si vous avez de la peine à comprendre, supprimez R3 et R4 et appliquez la loi d'Ohm au circuit constitué par le générateur et les deux autres résistances. Vous constaterez que la tension aux bornes de R2 est égale à 75 · R2/(R1 + R2).

PDF Page Organizer - Foxit Software







tance d'entrée de ces appareils. Cette condition n'est pas réalisée par un câblage direct en parallèle où chaque récepteur voit le reste du circuit sous 75 Ω/2. Sur le schéma de la **figure 10**, R_{th} doit être de 75 Ω et le générateur de Thévenin équivalent avoir une force électromotrice E_{th} moitié de la différence de potentiel d'entrée. Sur la **figure 11** la représentation simplifiée du répartiteur de la figure 9 nous montre que nous avons en fait trois branches identiques si, pour déterminer R_{th}, nous remplaçons la source de tension par un court-circuit (puisque sa résistance intérieure est nulle). La résistance d'entrée de chaque récepteur, par construction comme nous l'avons dit plus haut, est en effet égale à la résistance de sortie du générateur, celle du câble en fait. Nous pouvons en conclure que les résistances R seront identiques puisque chaque résistance R_i, du générateur et des récepteurs, est de 75 Ω. Ces données sont suffisantes pour que nous puissions calculer R. Partons de la branche qui contient TV1 et évaluons la résistance du circuit vue de ce récepteur que nous écartons pour l'occasion : nous remplaçons TV1 et sa résistance R_i par un ohmmètre imaginaire qui mesure R_{th}, le générateur est en outre court-circuité. L'ohmmètre voit deux résistances identiques en parallèle (R et R_i du générateur et les mêmes résistances pour TV2), en série avec la résistance R de la branche TV1. Nous pouvons écrire : $R_{th} = 1/2(R_i + R) + R$

d'où : $R_{th} = 1/2R_i + 1{,}5\ R$

Nous savons que R_{th} et R_i sont de 75 Ω. Nous pouvons donc calculer R :

$$1{,}5 \cdot R = (75 - 75/2)$$

$$R = 25\ \Omega$$

Nous connaissons maintenant la valeur des résistances du répartiteur et pouvons vérifier que la force électromotrice du générateur équivalent de Thévenin qui alimente chaque récepteur est bien égale à la moitié de celle du générateur de départ. Remplaçons sur la **figure 11** TV1, donc sa résistance R_i, par un voltmètre. Puisque la résistance intérieure du voltmètre est infinie, aucun courant ne parcourt la branche dans laquelle il se trouve et la tension mesurée est celle qui règne aux bornes de la branche TV2 qui est bien égale à la moitié de U la tension d'entrée.

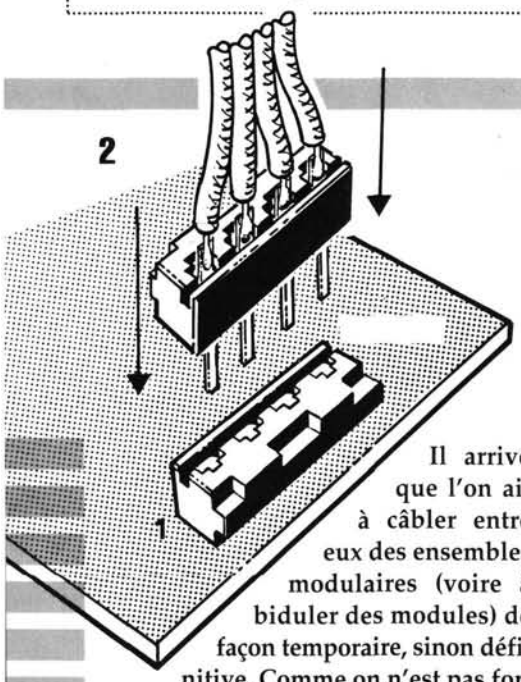
Dernier problème vite réglé, celui du choix des résistances : il n'y a aucun problème à prendre pour R la valeur de la série E12 la plus proche de 25 Ω, soit 27 Ω puisque les autres "résistances" ne sont pas connues avec une plus grande précision. Ce répartiteur est bien sûr monté dans un boîtier métallique.

896142

astuce

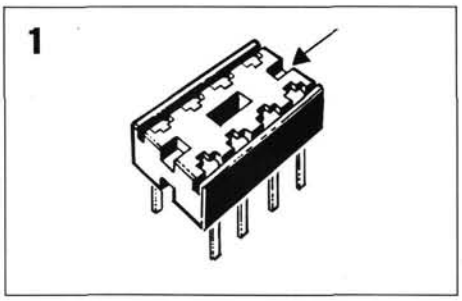
elex

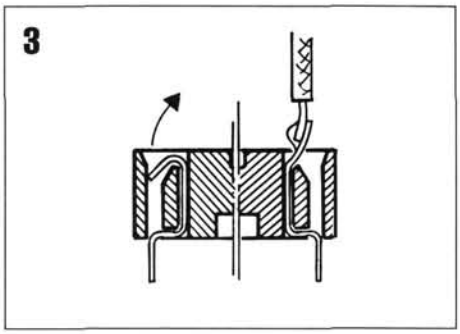
connecteur de fortune



Il arrive que l'on ait à câbler entre eux des ensembles modulaires (voire à biduler des modules) de façon temporaire, sinon définitive. Comme on n'est pas forcément riche ou que l'on a pas sous la main le connecteur idoine, on câble comme on peut, avec les moyens du bord : ce n'est, en général, ni pratique ni joli ni fiable. Un support de circuit intégré aurait pu pourtant, il n'est d'ailleurs pas trop tard, venir à notre secours, à peu de frais*. Commençons par couper en deux le support comme en (1). Une des deux parties est ensuite soudée sur le circuit imprimé où elle est promue "fiche femelle". Pour transformer l'autre en connecteur mâle, il suffit de souder (ce n'est pas toujours facile) les fils là où, normalement, viennent s'insérer les broches du circuit intégré. Si l'on a à faire à des contacts "lyres", il est même possible, avec une pince très fine, de sortir prudemment le ressort comme en (3) pour s'en servir de languette à souder. Il n'y a plus qu'à enficher, avec précaution et à l'endroit, si l'on a pas prévu de détrompage (2).

87630





* Il est même possible d'avoir pour rien, si l'on est bien placé, des supports à contacts "lyres" à la sortie de certaines usines dont ils ont été bannis au profit de contacts "tulipes", moins affectés par les vibrations.

PDF Page Organizer - Foxit Software

mesures à l'oscilloscope



Après une première prise de contact avec l'oscilloscope, sa structure et son mode d'emploi, quelques expériences démontreront l'étendue des possibilités de cet appareil de mesure. Il n'est pas tout à fait indispensable de posséder un oscilloscope pour profiter de cet article puisque nous avons fait les expériences pour vous, comme nous l'avons dit la dernière fois, avec un appareil à une seule voie dont les performances peuvent même satisfaire un professionnel.

deuxième partie : utilisation

Pour apprendre à se servir d'un oscilloscope, il n'y pas de mystère, il faut s'en servir. Son utilisation permet en outre de découvrir de nombreux phénomènes intéressants. Nous l'appliquerons à l'étude d'une alimentation élémentaire, de signaux produits à l'aide de réseaux RC et CR, puis nous verrons comment la mise hors circuit du générateur de balayage permet la comparaison de deux signaux (méthode de Lissajous).

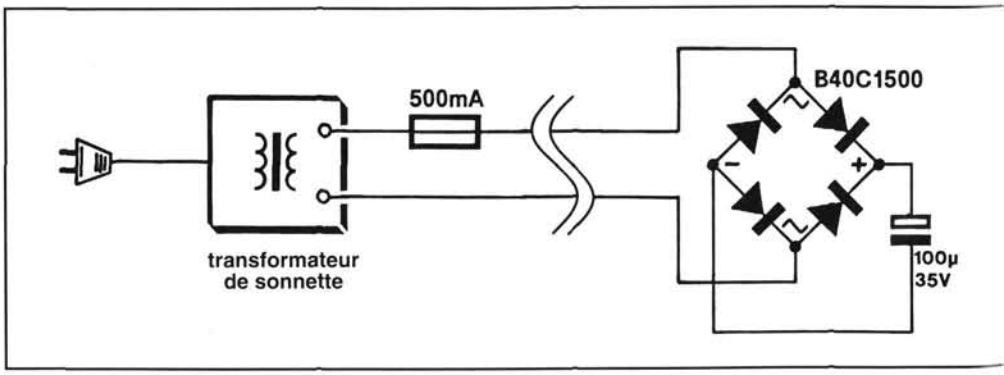
Voici la liste des quelques composants utilisés pour ces manipulations :

- un transformateur de sonnette aux normes VDE 0551 (pour des raisons de sécurité) 12 V efficaces au secondaire ;
- un pont redresseur du type B40C1500 (1,5 A/100 V) ;
- deux condensateurs électrolytiques de 100 µF/35 V et 1000 µF/35 V ;
- quelques résistances 1/2 W (330 Ω, 470 Ω, 560 Ω) ;
- une résistance de 10 kΩ ;
- un potentiomètre de 100 kΩ ;
- deux condensateurs de 100 nF et 220 nF ;
- un transistor PNP (BC557 par exemple) ;
- une diode 1N4148 ;
- une platine d'expérimentation ou une plaque de connexion sans soudure ;
- quelques câbles équipés de pinces crocodile.

préparation et réglages préliminaires

L'oscilloscope va servir ici à l'étude de l'alimentation décrite sur la figure 1. Il est bien entendu qu'en dehors du branchement du primaire du transformateur – il est d'ailleurs recommandé de le laisser à quelque distance de l'aire d'expérimentation – aucune intervention ne se fera directement sur le secteur. Un des fils de liaison entre le secondaire et la platine d'expérimentation est pourvu d'un fusible de 500 mA, inséré de façon provisoire, mais non sans isolement, pour limiter les dégâts en cas de court-circuit accidentel.

Qu'allons-nous mesurer pour commencer ? Une différence de potentiel alternative de 50 Hz que nous pouvons injecter sans l'atténuer (12 V efficace) à l'oscilloscope. La sonde utilisée est celle, dite sonde de tension passive, livrée en principe avec l'appareil, dont l'inverseur est en position 1:1 (ou X1) : elle divise le signal injecté par 1. Puisque la fréquence du signal est de 50 Hz nous pouvons régler la période de balayage (base de temps) de façon à pouvoir afficher plusieurs périodes du signal : une période dure 1/50 s = 20 ms. Le commutateur est positionné sur 5 ms/division : deux alternances du signal sinusoïdal observé s'étaleront horizontalement sur quatre carreaux. Le déclenchement (*trigger*) sera automatique (*Aut*) et *Interne* (sur le *Torg*, "marche", "ms", "interne" sont enfoncés). Choisissons un calibre de 5 V/division pour commencer, nous augmenterons la sensibilité s'il y a lieu pour obtenir avec le



PDF Page Organizer - Foxit Software

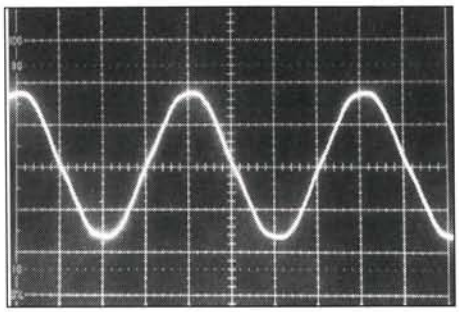


Figure 2a – Oscillogramme de la tension de sortie du transformateur.

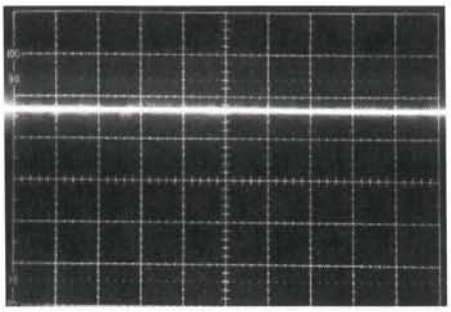


Figure 2b – Image de la tension hors charge aux bornes du condensateur de lissage.

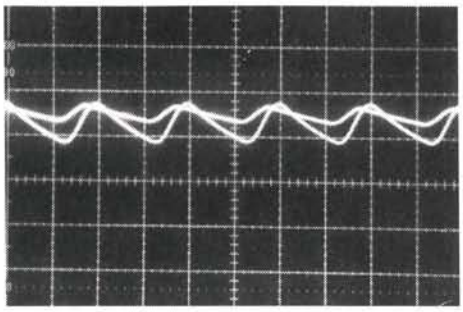


Figure 2c – Évolution de la tension aux bornes du condensateur lorsque l'alimentation débite sur une charge : le cliché présente deux oscillogrammes superposés qui permettent la comparaison, l'un concerne une charge de 82 Ω, l'autre de 220 Ω.

même signal une plus forte déviation verticale. Le "zéro" est réglé au milieu de l'écran, c'est-à-dire qu'en l'absence de signal ou si l'entrée Y est court-circuitée à la masse (ce que permet, lorsqu'il est présent, le bouton poussoir marqué *Gnd* pour *Ground*, masse) la ligne horizontale est positionnée au milieu de l'écran grâce au potentiomètre de cadrage vertical (*Y-Pos* ou bouton repéré par une double flèche verticale). Cette ligne est nette et sa luminosité n'est pas excessive (mise au point *focus* et luminosité *beam intensity, brightness*, qui correspondent aux symboles situés à la droite de l'écran du *Torg*). Sa position et sa luminosité peuvent un peu varier dans le temps lorsque l'appareil est plus chaud, il suffira de les rectifier. Ces réglages ne sont évidemment ni définitifs ni obligatoires mais ils permettent un langage commun.

mesure d'une différence de potentiel alternative

La connexion de masse de la sonde est reliée à une borne d'entrée (alternatif) du pont redresseur, la pointe de touche à l'autre. Une sinusoïde doit normalement s'afficher sur l'écran. Si vous enfoncez maintenant le bouton *Déclenchement* (*Trig.*) vous devez régler le niveau de déclenchement à l'aide du potentiomètre *Niveau* (*Level*) de façon à obtenir une image stable (changez "pour voir" la pente de déclenchement à l'aide de l'inverseur *Slope* ou (±) ou marqué d'un créneau sur le *Torg*). Vous pouvez aussi déplacer la courbe horizontalement avec le potentiomètre de cadrage horizontal. L'oscillogramme de la figure 2a correspond lui à un calibre 10 V/division. Vous pouvez obtenir la même courbe avec une sonde X10 qui divise le signal par 10 si vous vous placez sur le calibre 1 V/division. Déplacez-la de façon à pouvoir mesurer facilement son amplitude crête à crête qui est de 35 V. Cette amplitude crête à crête correspond à une tension maximale de 35/2 =17,5 V. Or une mesure au multimètre (attention, en alternatif) vous indiquerait quelque chose comme 12,5 V (la tension moyenne est même de 0 V). Que ceux qui connaissent l'explication de tous ces mystères la donnent aux autres qui la trouveront de toute façon ici : la différence de potentiel à un instant donné est inférieure, égale ou supérieure à 0 V. Qu'elle soit inférieure ou supérieure à 0 V n'est qu'une question de point de vue (celui d'un transistor ou d'une diode par exemple). Le point de vue d'une résistance R, si nous établissons cette différence de potentiel variable à ses bornes est toujours le même : – 17 V ou + 17 V font toujours 17 V et un courant de 17/R ampères, dans un sens ou dans l'autre cependant, ce qui peut avoir son importance. Il n'y a que peu souvent 17 V aux bornes de la résistance. On définit donc le courant efficace que cette tension de 35 V crête à crête, ou 17,5 V maximum ferait circuler dans la résistance comme l'intensité du courant continu qui aurait pour elle la même efficacité : qui provoquerait le même dégagement de chaleur s'il circulait pendant la même durée. La tension efficace, qui correspond à ce courant efficace, est inférieure à la tension maximale. Elle se calcule et, pour une tension sinusoïdale de fréquence constante, elle est égale à la tension maximale divisée par $\sqrt{2}$ (ou multipliée par l'inverse $1/\sqrt{2} = 0{,}707 = \sqrt{2}/2$). La tension efficace à la sortie du transformateur est donc de $17{,}5/\sqrt{2} = 12{,}5$ V comme le multimètre nous l'a indiqué. Appuyez maintenant sur l'inverseur marqué AC/DC (dernier poussoir en bas et à droite sur le *Torg*) : ça n'a aucun effet ici puisque la tension sinusoïdale est seule en cause, elle n'est pas décalée par une composante continue (*Offset* = décalage). Il n'en est plus de même dans l'expérience suivante.

Figure 1 – Circuit de base utilisé pour les expériences décrites. Maintenir, pour des raisons de sécurité, le transformateur à distance de l'aire d'expérimentation, et monter un fusible sur un des fils du câble de liaison.

mesure d'une tension constante

La sonde est maintenant déconnectée et le mode de déclenchement automatique, sinon l'écran reste vide (sans signal il n'y a pas de déclenchement "normal" donc pas de balayage). La connexion de masse de la sonde est reliée à la borne (–) du condensateur et sa pointe de touche à la borne (+). Le cliché de la figure 2b montre le résultat de cette manipulation. Si vous n'avez pas de décalage de la trace c'est que le condensateur d'entrée de la voie Y est en circuit : il ne laisse pas passer de signal continu. Appuyez sur la touche AC/DC (alternatif/continu) pour passer en position DC (au-dessus de la borne de masse sur le *Torg*). Pourquoi mesurons-nous un peu moins de 17,5 V ? Parce que le condensateur se charge à la tension crête, diminuée de la chute de tension due aux diodes du pont redresseur. La différence de potentiel est évidemment maximale aux bornes du condensateur puisque le circuit n'est pas chargé. Poursuivons.

chargez !

Si une résistance (470 Ω, 1/2 W) est connectée en parallèle aux bornes du condensateur, la tension, toujours continue, n'est plus aussi constante. La figure 2c montre les deux graphes obtenus quand l'alimentation débite sur deux charges différentes de 82 Ω et de 220 Ω (2 W et 1 W : puisque la puissance qu'elles doivent dissiper sous

PDF Page Organizer - Foxit Software

une tension U est de U^2/R, ce qui ne les empêche pas de chauffer). Plus la résistance est petite, plus la charge est importante donc plus l'alimentation débite de courant et plus le condensateur se vide entre deux crêtes de tension.

commutation ac/dc et amplificateur vertical

Nous avons donc une tension alternative, l'ondulation, superposée à une tension continue. C'est la tension alternative qu'il est ici intéressant d'examiner. La touche AC/DC en position AC met en circuit un condensateur (en série) qui élimine la composante continue du signal. Seule reste affichée la composante alternative (non sinusoïdale) qui reprend toutes les 10 ms la même valeur (sa fréquence est donc de 100 Hz). L'augmentation de la sensibilité verticale de l'oscilloscope à 0,5 V/division permet de mesurer son amplitude crête à crête, de 2 V dans notre expérience lorsque l'alimentation débite sur une résistance de 220 Ω (figure 2d). Nous n'aurions pas pu l'observer en position DC puisqu'alors la trace aurait disparu de l'écran. Pour des résistances plus élevées, l'ondulation diminue, pour des résistances plus petites (pas trop quand même sinon le fusible saute), elle augmente.

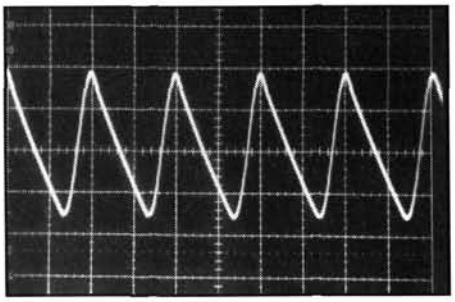


Figure 2d – En position AC, seule apparaît sur l'écran l'ondulation (pour une charge de 220 Ω) qu'il est alors possible d'observer plus en détail en augmentant la sensibilité verticale de l'appareil.

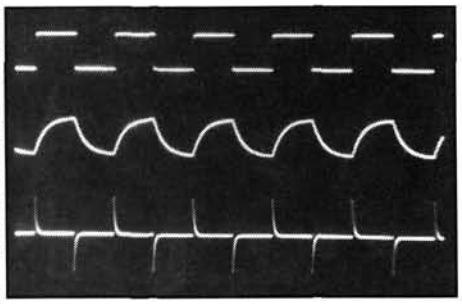


Figure 2e – Sur un seul cliché sont réunies, de haut en bas, les traces obtenues à la sortie du générateur de signaux rectangulaires, aux bornes du condensateur du réseau intégrateur et de la résistance du réseau différentiateur.

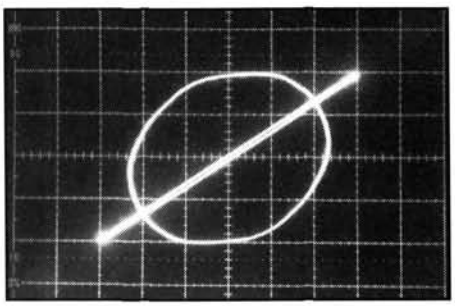


Figure 2f – La trace oblique correspond à un déphasage quasiment nul entre les signaux appliqués aux plaques de déviation X et Y. Si les signaux sont en quadrature (déphasage de 90°), la trace est circulaire.

constantes de temps

La vitesse à laquelle un condensateur se décharge (ou se charge) est proportionnelle à sa capacité et à la résistance du circuit dans lequel il se décharge. Nous venons de le voir, le courant de charge répétitif (flanc montant de l'ondulation), uniquement limité par les diodes et la résistance R_T des enroulements (vue du secondaire) du transformateur était plus rapide que sa décharge (flanc descendant) sur les résistances de charge R_c que nous avions choisies. Si le produit $R_T \cdot C$ avait été supérieur au produit $R_c \cdot C$, le flanc montant de charge aurait duré plus longtemps que le flanc descendant de décharge : le produit RC est donc homogène à un temps. On l'appelle constante de temps du circuit RC, elle

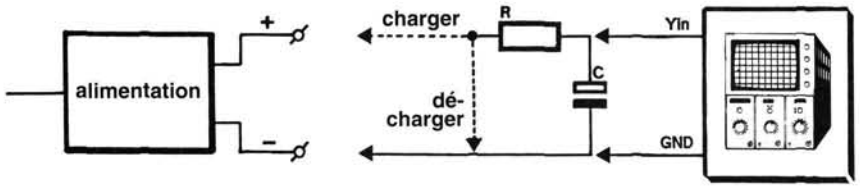


Figure 3 – Montage qui, associé à un voltmètre et un chronomètre, permet une mesure en fonction du temps de la différence de potentiel aux bornes d'un condensateur chargé à travers une résistance sous une tension constante.

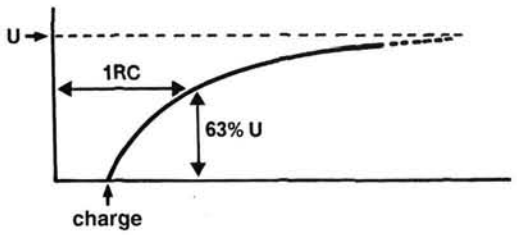


Figure 4 – Évolution en fonction du temps de la différence de potentiel entre les armatures d'un condensateur chargé sous une tension constante. Au bout d'une durée égale à une constante de temps la différence de potentiel atteinte est de 63% de la tension maximale.

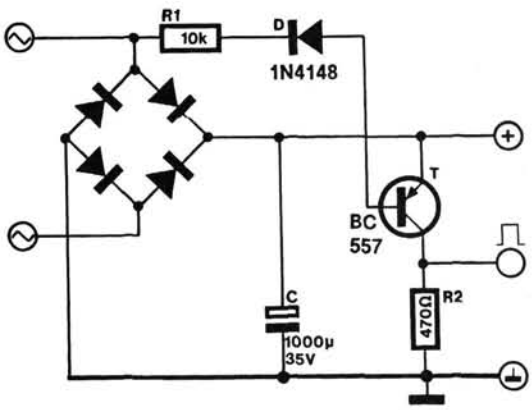


Figure 5 – Un générateur de signaux rectangulaires élémentaire. La fréquence du signal qu'il produit est due à celle du secteur.

PDF Page Organizer - Foxit Software

s'exprime en secondes, si la capacité est donnée en farads et la résistance en ohms. Pour simplifier, on la désigne parfois par la lettre grecque "tau" (τ).

La mesure suivante est celle d'un intervalle de temps relativement long qui nécessite un chronomètre. Le circuit est constitué comme celui de la figure 3, c'est-à-dire qu'aux bornes du pont redresseur nous câblons un circuit RC constitué d'une résistance de 10 kΩ et d'un condensateur de 1000 µF/35 V. Sa constante de temps est de $10^4 \cdot 10^{-3}$ secondes soit 10 s. La sensibilité verticale est de 2 V/division, la trace est déplacée vers la première ligne en bas de l'écran, ce qui n'est possible que parce que nous avons choisi le mode automatique de déclenchement, et le condensateur d'entrée de l'oscilloscope est court-circuité (position DC). Si le condensateur de 1000 µF n'a pas été chargé au préalable, nous observons à la mise sous tension du circuit que la trace monte, d'abord rapidement puis de plus en plus lentement: après 10 s, soit une constante de temps, la tension aux bornes du condensateur est de 63% de la tension maximale (17,5 · 0,63 = 11 V). Il faut prendre cette mesure "au vol" puisque la trace continue de monter: après deux constantes de temps elle est à 86,3% de son maximum, après trois, à 95%, quatre, 98%, cinq, 99% etc. En fait si la trace atteint 11 V après 10 s exactement, en supposant qu'il n'y ait pas d'erreur sur la mesure, c'est une chance, puisque la capacité d'un condensateur électrochimique n'est généralement connue qu'à 20% près et celle d'une résistance de la série E12 à 10%. Une autre valeur pour terminer cette expérience: après 0,7 τ la tension aux bornes du condensateur est de la moitié de la tension maximum. La lenteur du phénomène ne permet pas d'obtenir sur l'écran de l'oscilloscope la courbe de la figure 4, essayons autre chose.

Sur la figure 5, l'alimentation de départ est accommodée en générateur de créneaux de fréquence 50 Hz. Câblez-le, reliez la masse de la sonde à celle du circuit et observez la forme des signaux en différents points.

Ce générateur de signaux rectangulaires va ensuite alimenter le réseau, dit intégrateur, de la figure 6a. Le condensateur C a une capacité de 220 nF, un potentiomètre permet de faire varier la résistance R entre 0 et 100 kΩ. Lorsque R est très petite, les charges et les décharges successives du condensateur sont pratiquement immédiates: la forme du signal est identique à celle qui est obtenue à la sortie du générateur. Si R augmente, il n'en est plus de même, les fronts montants des créneaux s'arrondissent à l'image de la courbe de la figure 4 et les fronts descendants s'incurvent. Pour une résistance maximale, l'ondulation est en dents de scie: augmenter R, c'est augmenter la constante de temps du réseau intégrateur. Le condensateur se charge et se décharge alors de plus en plus lentement et si la constante de temps devient très supérieure à la durée de la charge, l'amplitude de l'ondulation diminue.

Si les positions de R et C sont interverties, ce qui ne change rien pour le générateur qui voit toujours une résistance en série avec un condensateur, nous obtenons un réseau différentiateur. Le condensateur est remplacé par une capacité de 1 µF/35 V et le signal est observé aux bornes de la résistance. Lorsqu'elle est maximale, c'est à un signal rectangulaire que nous avons à faire. La tension n'évolue cependant plus entre 0 V et le maximum de la tension d'alimentation, mais s'est décalée vers le bas de sorte que sa valeur moyenne est nulle: elle évolue entre moins la moitié et plus la moitié de la tension d'alimentation. Il faut donc décaler la trace vers le haut pour voir tout le signal. Si l'on diminue maintenant la valeur de R, les créneaux diminuent de largeur jusqu'à n'être plus représentés que par des impulsions très fines en forme d'aiguilles. L'effet est encore plus net avec un condensateur de 100 nF.

Les deux types de réseaux, RC intégrateur, ou CR différentiateur, se rencontrent fréquemment dans les filtres. Le réseau différentiateur est aussi utilisé pour la propriété qu'il a de sélectionner la composante variable d'un signal redressé dont il fait un signal alternatif. Le cliché de la figure 2e donne, de haut en bas, les oscillogrammes obtenus à la sortie du générateur de créneaux et à celles des réseaux intégrateur et différentiateur qu'il a alimentés.

mesures sans base de temps

Les plaques de déviation horizontale ont été jusqu'à maintenant laissées à la discrétion du générateur de balayage de l'oscillographe. Or il est possible de les utiliser pour comparer deux signaux sinusoïdaux de fréquence différente, ou de même fréquence, mais déphasés l'un par rapport à l'autre. Il peut être intéressant par exemple de connaître le déphasage entre l'intensité et la tension qu'occasionne un composant. Comment accéder à l'intensité? Tout simplement en ramenant sa mesure à celle d'une tension puisque l'intensité du courant qui traverse une résistance est proportionnelle à la différence de potentiel entre ses extrémités. Nous alimentons donc les plaques X comme sur la figure 7a avec un signal proportionnel à l'intensité et les plaques Y avec la tension alternative de 50 Hz.

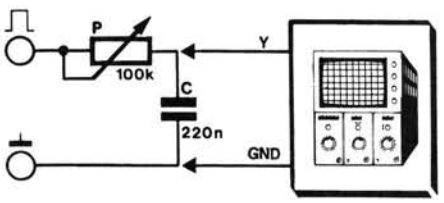


Figure 6a – Une résistance et un condensateur pour un réseau intégrateur.

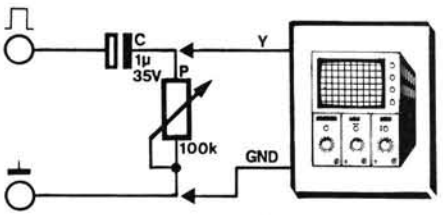


Figure 6b – Un condensateur et une résistance pour un réseau différentiateur.

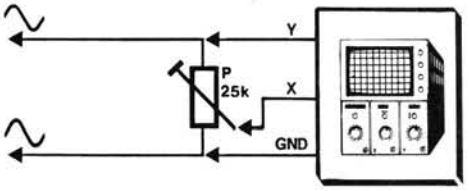


Figure 7a – Une résistance, à 50 Hz n'introduit pas de déphasage entre la tension et l'intensité. En HF et au-delà, les imperfections du composant (petite capacité et/ou petite self) peuvent se manifester.

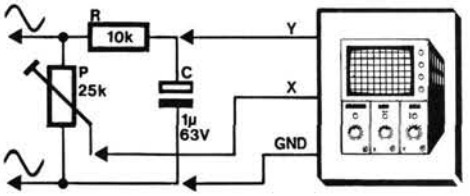


Figure 7b – Les signaux appliqués aux plaques X et Y sont déphasés de 90°.

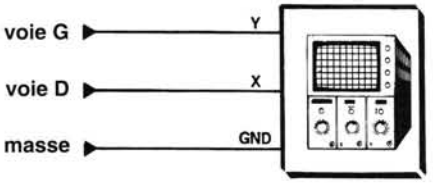
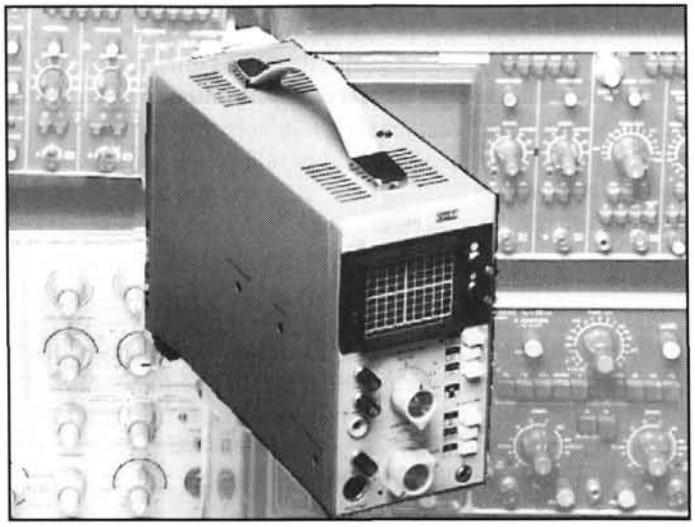


Figure 8 – Comparaison entre les signaux des deux voies d'un dispositif audio stéréophonique.

PDF Page Organizer - Foxit Software



ELEX
les Trois Tilleuls
BP59
59850 NIEPPE
☎ 20 48 64 64
télécopie 20 48 69 64
minitel 3615 code ELEX
standard de 8h30 à 16h

6e année nº57 JUILLET 1993

ABONNEMENTS : encart avant-dernière page
PUBLICITÉ:
Brigitte Henneron et Nathalie Defrance
ADMINISTRATION :
Jeanine Debuyser et Marie-Noelle Grare
DIRECTEUR DÉLÉGUÉ DE LA PUBLICATION : Robert Safie

Banque : Société Générale - Armentières nº01113-00020095042-21
CCP LILLE 7.472.29.A (libellé à «PUBLITRONIC»)
Société éditrice : PUBLITRONIC, SARL au capital de 50 000 F
siège social : Les Trois Tilleuls, 59850 NIEPPE
RC HAZEBROUCK 319.937.454.00027 APE 5120
Gérant et directeur de la publication : MENNAS LANDMAN
principal associé : Elektuur, b.v.
Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans la présente publication, faite sans l'autorisation de l'éditeur est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective, et d'autre part, les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (Loi du 11 mars 1957, art. 40 et 41 et Code Pénal art. 245)
Dépôt légal : juillet 1993
nº ISSN : 0990-737X – nº CPPAP : 70184
Tous droits réservés pour tous pays
© ELEKTUUR 1993

DIFFUSION CONTROLE
1991

Maquette et composition par ELEX
Photogravure PPS Hasselt (B)
imprimé aux Pays-Bas par NDB - Leiden

La trace obtenue est un segment de droite incliné de 45° sur l'horizontale qui correspond à une absence de déphasage (figure 2f) ou perpendiculaire au premier si les deux signaux sont en opposition de phase (déphasés de 180°). Entre ces deux limites nous avons affaire à une ellipse dont la grandeur du petit axe croît avec le déphasage. Lorsque les deux axes sont égaux, la trace est un cercle et le déphasage est de 90° (signaux en quadrature): à condition cependant que les déviations verticale et horizontale soient égales, ce qui suppose des tensions légèrement différentes si les sensibilités verticale et horizontales ne sont pas les mêmes. Le cercle que nous avons sur la figure 2f est dû au montage de la figure 7b où l'intensité, mesurée sur le curseur du potentiomètre, (voie X) est déphasée de 90° en avance sur la différence de potentiel aux bornes du condensateur (voie Y). La sensibilité verticale choisie est de 0,5 V/division et la trace déplacée à l'aide des potentiomètres de cadrage.

Terminons avec le montage expérimental de la figure 8 qui permet une comparaison entre les deux voies d'un dispositif audio stéréophonique: le signal spécifique à la voie gauche est appliqué aux plaques de déviation verticale et l'autre commande les déviations horizontales de la trace. En règle générale le signal audio arrive aussi bien sur l'une que sur l'autre voie avec quelques différences que vous pourrez constater. Si l'amplificateur est mis en position mono, la trace est le segment de droite oblique que nous avons vu plus haut lors de la comparaison de signaux en phase.

Ces quelques lignes sont loin de répondre à toutes les questions. Nous poursuivrons donc cet exposé dans un prochain numéro.

906072

Petites Annonces Gratuites Elex

Les petites annonces sont gratuites pour les particuliers. Les annonces à caractère commercial sont payables d'avance au prix de 50 FF TTC par ligne 42,16 FF/HT)
— Les textes, lisiblement rédigés, ne seront acceptés que *sur la grille* ci-dessous (ou sa photocopie). N'oubliez pas d'inclure *dans votre texte* vos coordonnées ou nº de téléphone complet (avec préfixe « 1 » pour zone Paris).
— L'offre est limitée à une annonce par mois et par lecteur : joindre obligatoirement le coin justificatif valable jusqu'à la fin du mois indiqué.
— Indiquez *aussi en dehors du texte* votre nom et votre adresse complète : les envois anonymes seront refusés.
— ELEX se réserve le droit de refuser à sa discrétion les textes reçus, soit que l'espace nécessaire vienne à manquer, soit que le texte remis n'ait pas trait à l'électronique. En principe, les textes reçus avant le 15 du mois paraîtront le mois suivant.
— ELEX n'acceptera aucune responsabilité concernant les offres publiées ou les transactions qui en résulteraient.
— L'envoi d'une demande d'insertion implique l'acceptation de ce règlement.

ELEX - p.a.g.e. - B.P. 59 59850 NIEPPE

Texte de l'annonce (inclure vos coordonnées)

Compléter obligatoirement (hors annonce).

Nom .....

Adresse .....

.....

Justificatif : photocopies refusées
gibet 1993
page elex

Ne rien inscrire ici. Merci.

bazar

VENDS livres électro. radio TV et logiciels électroniques sous DOS et WINDOWS. Prix très intéressants. Tél : 78.20.71.17.

VENDS scope portable HITACHI VT7000S + tuner + caméra PHILIPS VK4003 + valise. Faire offre. Tél : 63.72.57.73.

VENDS Lang. prog. Visual Basic sous Windows version 1.0 FR (avec licence) en disq. 5 ¼ + manuels. Prix : 600 F. Tél : 21.65.91.62.

VENDS AT 286 RAM 1 MO écran mono DD 20 MO : 1800 F. Imprimante EPSON FX850 : 900 F. Carte extension mémoire 2 Mo PCAT. Tél : 48.81.08.88.

VENDS platine magnéto à bandes 4 pistes AKAI GX4000DSMK2 état impec., peu servi : 1450 F. COUPRY Pascal Tél : 41.59.75.17.

VENDS télé couleurs portable 14 cm ORION Pal Sécam - Bon état : 800 F + port avec schéma. GUILLEMOT JOEL Tél : 46.07.02.09.

VENDS PC portable 386SX 20 MHz DD 40 Mo RAM 2 Mo sous garantie 6 mois. Prix : 5900 F. Tél : 35.76.03.77.

VENDS tubes émission QQE 06/40 QQE 04/20 QQE 03/12 + tubes triode 10000 0,25X chauffage 2,5 vocts. Tél : 20.09.79.48 le soir.

CHERCHE haut-parleur pour TSF années 20, et lampes même époque. AMAR Fabrice 8, rue E Zola 14750 ST AUBIN S/MER.

VENDS oscillo Téléquipment D65 2X15 MHz 1 MV à 50 V BT 20 NS à 2 S. Fonctions et présentations parfaites. Prix : 1500 F. Tél : 62.68.16.33.

PERDU piano à queue. Importante récompense. S'adresser à Elex qui transmettra.

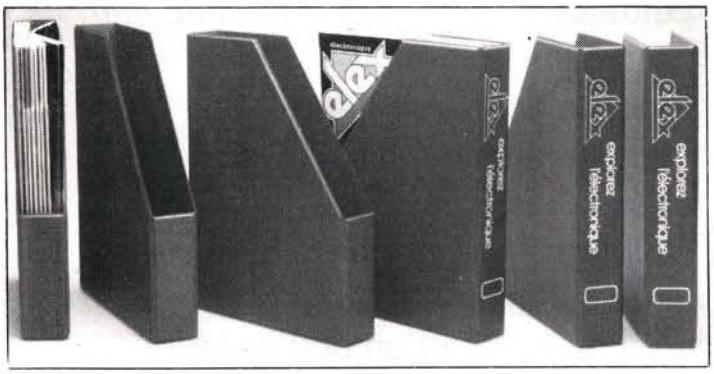
PDF Page Organizer - Foxit Software

pratiques

élégantes

pas chères

les cassettes de rangement

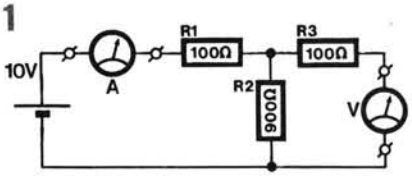


PRIX UNITAIRE : 49 F

FORFAIT PORT ET EMBALLAGE
1 CASSETTE : 15 F
2 CASSETTES OU PLUS : 30 F

» Alors, sagace ? «

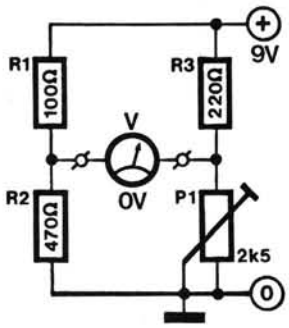
1



Une minute pour la lecture du voltmètre et autant pour celle de l'ampèremètre.
Puisque le voltmètre est excellent, sa présence équivaut, pour le circuit à son absence : aucun courant ne le traverse et ne traverse R3. Ce qu'il mesure est la même chose que ce qu'il mesurerait aux bornes de R2. La différence de potentiel* U_{R2} aux bornes de R2 est proportionnelle à cette résistance et au courant I qui la traverse ($U_{R2} = R2 \cdot I$).
Le courant nous est donné par cet excellent ampèremètre dont la résistance est très très petite comparée à celle du circuit dans lequel il se trouve : $I \cdot (R1 + R2) = 10$ V.
La somme des résistances R1 et R2, en série, a la bonne idée de faire 1 kΩ et l'intensité du courant est donc de 10 mA.
Ce courant traverse R2 de 900 Ω (0,9 kΩ) et y donne lieu à une chute de tension de $0,9 \cdot 10 = 9$ V.
Nous aurions pu, et vous pouvez le faire, trouver U_{R2} sans connaître le courant qui traverse la résistance en appliquant la "formule" des diviseurs de tension : $U_{R2} = 10 \cdot R2/(R1 + R2)$: il suffit d'appliquer judicieusement la loi d'Ohm. La bonne réponse est donc B.

Cette formule des diviseurs de tension ne vous sera pas très utile si le pont de résistances (dit de *Wheatstone*) de la figure 2 vous intéresse. Il s'agit de régler le curseur de P1 de façon que la différence de potentiel aux bornes du voltmètre soit de 0 V.

2



Quelle est la réponse ?
A. – 210 Ω
B. – 640 Ω
C. – 1030 Ω
D. – 1640 Ω

* c'est la force électromotrice du générateur équivalent de Thévenin étudié ailleurs dans ce numéro d'ELEX

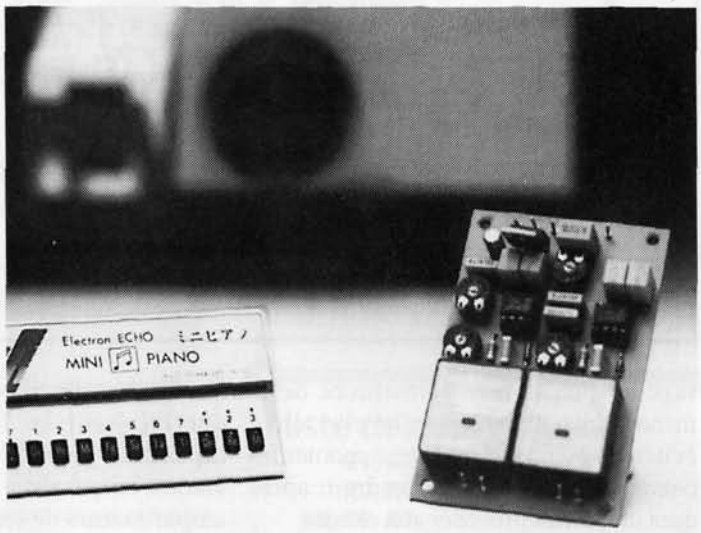
896064

3615 code ELEX

c'est encore Elex

PDF Page Organizer - Foxit Software

décodeur de tonalité



commutation au ton

Les montages que propose ELEX sont, le plus souvent, complets et tout ce qui y est éventuellement relié aux entrées et aux sorties est défini. Il n'en sera pas de même ici où nous ne vous proposerons que la description d'une interface. « Une interface, nous dit le Robert, est la limite commune à deux ensembles ou appareils ». À la chasse par exemple, l'interface entre l'homme et le gibier est le chien. Il est possible de dresser cet animal de telle façon qu'il réponde à un coup de sifflet d'une certaine fréquence pour exécuter certain ordre. Le présent circuit ne chasse pas, il mobilise un relais lorsqu'il perçoit sur son entrée un signal d'une fréquence donnée. Comme il a été conçu à l'origine pour des fréquences sonores, on l'appelle décodeur de tonalité, même s'il peut répondre à des fréquences beaucoup plus élevées. Nous vous en suggérerons quelques applications surprenantes.

Il y a bien des applications à imaginer dans lesquelles un ton ou une combinaison de tons commande certains dispositifs. Il suffit de penser aux effets des sifflets des maîtres de manœuvre de l'ancienne marine ou à ceux des sirènes... ou de la maréchaussée. Ces applications mettent en œuvre des cellules de notre cerveau ou, en électronique, des circuits qui changent le niveau logique de leur(s) sortie(s) en fonction de la fréquence simple (ou composite) du signal que reçoit leur entrée. On parle en principe de "tonalité" ou de "ton" ou de "fréquence vocale" lorsque la fréquence du signal appartient au domaine des sons que produit le langage articulé. Sa partie la plus utile (aux maîtres chanteurs, mais trop limitée pour les chanteurs), appartient elle-même à la bande à Bell, celui du téléphone (3400 Hz). Prenons l'exemple du téléphone à touches qui numérote en DTMF (pour *Dual Tone Multi Frequency*, l'autre méthode de numérotation, en voie de disparition, est dite par impulsions). Lorsque vous appuyez sur une de ses touches, le poste envoie vers le central un signal composite, mélange de deux signaux de fréquence différente. L'une correspond à la colonne, l'autre à la ligne sur lesquelles se situe la touche. À la touche [3] correspondent par exemple les fréquences de 1477 Hz (colonne) et de 697 Hz (ligne). Le [6] est dans la même colonne et sur une ligne différente à laquelle correspond la fréquence de 770 Hz : la fréquence du signal qu'il produit est donc composée de 1477 Hz et de 770 Hz. Le central, équipé de filtres qui séparent les deux composantes de chaque signal, reconnaît le chiffre composé par l'abonné en fonction des deux fréquences qu'il détecte.

Comme nos objectifs ne sont pas aussi compliqués que ceux du téléphone, le décodeur utilisé est aussi plus simple, puisqu'il ne reconnaît qu'une seule fréquence déterminée grâce à quatre composants extérieurs. Il s'agit du NE567 (compatible avec le XR-L567). Comme vous le voyez sur la **figure 1**, nous l'avons simplement doublé pour que le montage puisse commander deux relais et réagir à deux signaux de fréquence différente.

* La fréquence est en fait détectée par une boucle à verrouillage de phase, la fameuse PLL (*Phase Locked Loop*), dont nous reparlerons peut-être à une autre occasion. Cette chose n'est simple qu'une fois qu'on la comprise et il faut de nombreuses pages pour l'expliquer.

PDF Page Organizer - Foxit Software

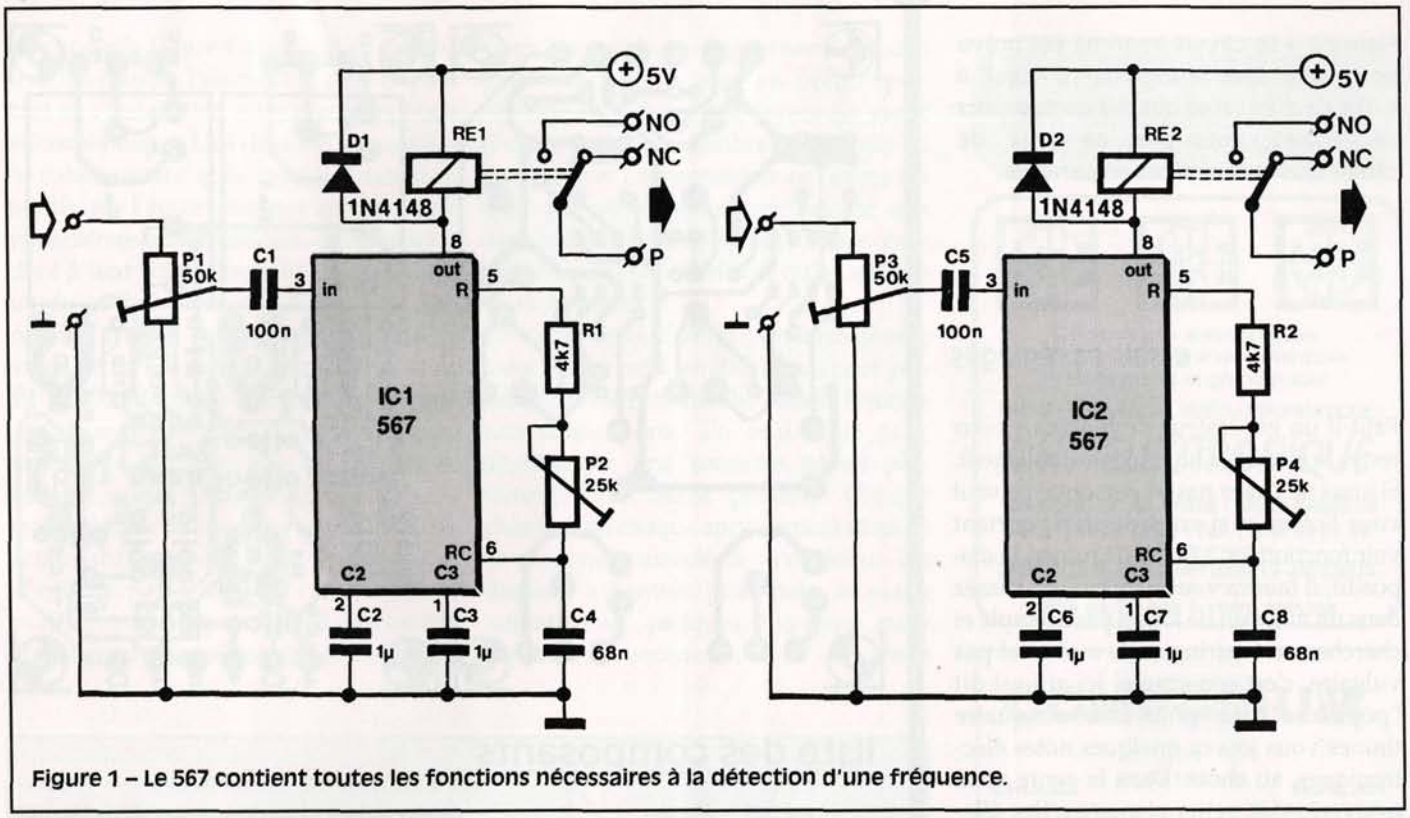
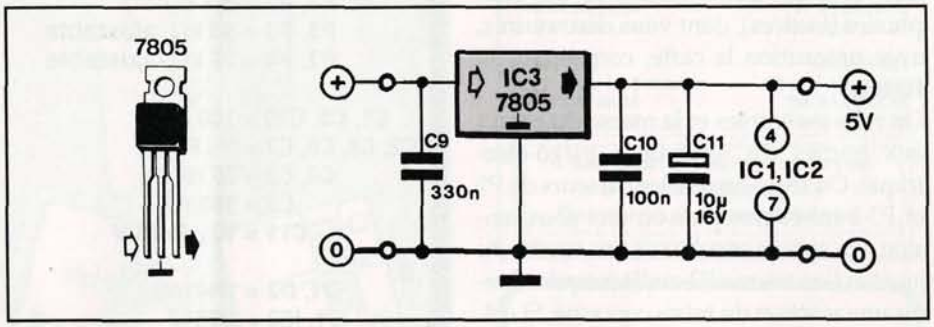
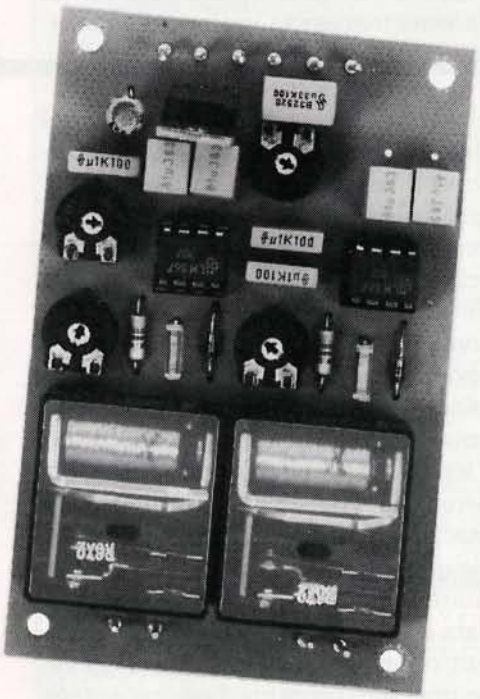


Figure 1 – Le 567 contient toutes les fonctions nécessaires à la détection d'une fréquence.



comparaison de fréquences

Nous ne donnerons qu'une vue globale du fonctionnement d'un décodeur de tonalité, sans rentrer dans les détails. Sachez déjà qu'il contient un oscillateur commandé en courant (CCO *Current Controlled Oscillator*), dont la fréquence est déterminée par les composants câblés sur ses broches 5 (résistance) et 6 (résistance et condensateur). Tout se passe comme si* le circuit comparait à la fréquence du signal reçu sur sa broche 3 celle de son oscillateur. Si les deux fréquences sont identiques, le transistor NPN de sortie du circuit est saturé. Par son collecteur, accessible sur la broche 8, un courant circule, courant qui, dans le cas présent, alimente la bobine d'un relais.



Un potentiomètre (P1 ou P3) permet d'adapter l'amplitude du signal d'entrée aux possibilités du décodeur. Si cette amplitude est trop élevée, il risque de manquer de sélectivité et de réagir à des signaux de fréquence différente de celle prévue. Il ne faut cependant pas que la tension du signal d'entrée soit inférieure à 25 mV efficaces. Le condensateur suivant est destiné à bloquer une éventuelle composante continue qui saturerait le transistor d'entrée du circuit et l'empêcherait de détecter la composante alternative du signal. Les condensateurs C2 et C3 sont là, l'un pour constituer un filtre passe-bas nécessaire au fonctionnement du circuit, l'autre, pour éliminer avant la sortie des composantes alternatives qui n'ont pas à s'y trouver.

Un régulateur de tension, IC3, complété par un adaptateur secteur bon marché, fournira au montage les 5 V dont il a besoin. Nous en avons assez dit pour passer à la suite.

montage

Le circuit de la **figure 2** devrait vous faciliter les choses une fois que vous l'aurez gravé. La présence d'une alimentation unique pour tous les composants détruit la symétrie de l'ensemble de sorte qu'il n'est pas possible de couper la platine si l'on ne désire utiliser qu'un décodeur. Il n'est pas interdit cependant de ne câbler que la moitié des composants nécessaire. Veillez dans tous les cas à les mettre à leur place, et dans le bon sens, s'ils sont polarisés, comme C11 ou les indispensables diodes de roue libre D1 et D2. En cas d'inversion vous risqueriez d'avoir quelques problèmes pour les essais et réglages que nous allons maintenant aborder.

PDF Page Organizer - Foxit Software

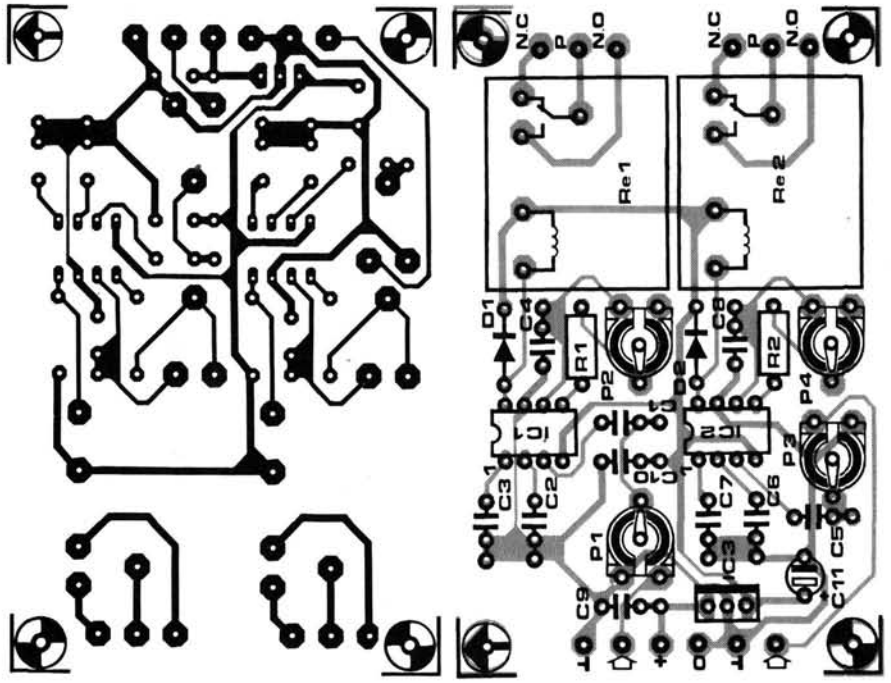


Figure 2 – Le circuit imprimé est prévu pour deux décodeurs. Pour un seul, il suffit de n'installer que les composants nécessaires; pour plus de deux, de câbler plusieurs platines en parallèle.

liste des composants

R1, R2 = 4,7 kΩ
P1, P3 = 50 kΩ, ajustable
P2, P4 = 25 kΩ, ajustable

C1, C5, C10 = 100 nF
C2, C3, C6, C7 = 1 µF
C4, C8 = 68 nF
C9 = 330 nF
C11 = 10 µF/16 V

D1, D2 = 1N4148
IC1, IC2 = NE567
décodeur de tonalité
IC3 = 7805

Re1, Re2 = relais 5 V

adaptateur secteur

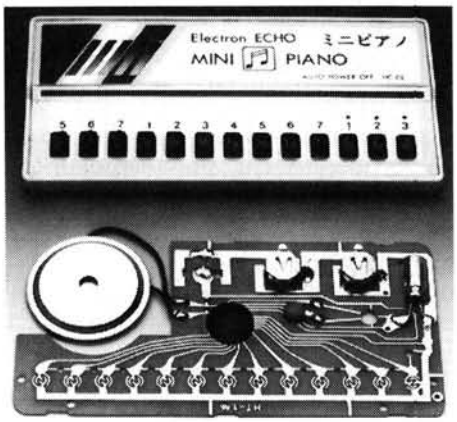


Figure 3 – Un générateur de signaux de diverses fréquences : un jouet d'enfant !

essais et réglages

Faut-il un générateur de fonctions pour tester le circuit ? Oui, incontestablement. Si vous ne l'avez pas, si personne ne veut vous l'offrir et si vous désirez pourtant voir fonctionner, sans vous ruiner, le dispositif, il faudra vous débrouiller. Passez dans un magasin de jouets par exemple et cherchez un bastringue (le mot n'est pas vulgaire, c'est son emploi ici qui est dit "populaire") qui pour trois ou quatre thunes vous jouera quelques notes électroniques, au choix. Dans le genre vous trouverez des petits pianos ou des téléphones (factices), dont vous découvrirez, avec précaution la carte, comme sur la **figure 3**.

On relie les entrées et la masse du circuit aux bornes du résonateur piézo-électrique. On règle ensuite les curseurs de P1 et P3 à mi-course puis on met sous tension. On appuie ensuite sur une touche du jouet et l'on tourne P2 ou P4 jusqu'à obtenir une réaction du relais concerné. Si celle-ci se fait attendre, on ramène les curseurs des potentiomètres de niveau (P1 et P3). La réaction des relais doit être franche et sans bavure, des bruits de crécelle signaleraient un mauvais réglage du niveau. Lorsqu'on a plus ces crépitements de mauvais augure** la modification de la position des curseurs des potentiomètres de fréquence pourra donner le résultat attendu. On les règle bien sûr l'un après l'autre de façon qu'ils répondent à deux sons de hauteur différente. Il se peut, puisque le jouet produit des notes qui sont loin d'être dépourvues d'harmoniques, qu'un seul décodeur réagisse à deux sons, l'un de la moitié haute du clavier, l'autre de la moitié basse. S'il vous arrivait de régler le circuit de façon qu'il ne réponde qu'à des notes du milieu du clavier, cette gêne serait supprimée. L'autre inconvénient de ces jouets est que lorsque l'on insiste sur une de leurs touches, ils ne maintiennent pas la note. La note ne se répète que si l'on renouvelle la pression après avoir laissé la touche revenir. On y pare en appuyant plusieurs coups répétés de façon à obtenir un signal d'amplitude assez constante pour permettre le réglage.

** Un z'augur était un monsieur ou l'objet dont s'occupait ce monsieur, le vol de z'oiseaux par exemple qui lui permettait de prédire l'avenir. Le vol des oiseaux, ou l'avenir, sont par la suite devenus indéchiffrables.

exemples d'application

À quoi peut bien servir un tel circuit ? Relié à un récepteur téléphonique, il pourrait servir d'interface téléphone-installations domestiques et permettre à distance la commande d'un dispositif, la remise en route du chauffage ou de la climatisation, par exemple, quelques heures avant que les occupants du logis ne rentrent : il suffirait de le programmer pour qu'il réponde à l'une ou l'autre des notes émises par un téléphone à touches. Le problème est alors de concevoir un dispositif qui décroche automatiquement, et, éventuellement, d'obtenir l'agrément de la compagnie du téléphone. La solution du premier problème n'est pas hors de votre portée, celle du second l'est sans doute un peu moins. On peut aussi l'associer à un récepteur de radio et lui envoyer sa note par les ondes. Dans le même ordre d'idée, certaines applications se passeront de relais : puisqu'il est possible sur une note, ou un « top » de faire commuter la sortie, deux décodeurs permettront de synchroniser le fonctionnement de deux dispositifs logiques distants l'un de l'autre.

Autre application, le *fondu-enchaîné* paru dans le numéro de décembre 1992 : le circuit commandé par un magnétophone pourrait vous permettre d'automatiser vos soirées de présentation de diapositives.

PDF Page Organizer - Foxit Software

Voyez sur la **figure 4** comment se présentent les choses : l'élément le plus important de l'installation est le magnétophone stéréophonique. Une de ses voies restitue le commentaire et la musique associée, tandis que l'autre transmet les notes préenregistrées aux décodeurs, qui commandent à leur tour la marche du circuit de fondu-enchaîné. Le dessin parle de lui-même (il omet peut-être de dire, mais vous l'avez deviné, qu'il faut, à l'aide de P1 et P3, adapter les entrées de chaque décodeur au niveau du signal de sortie du magnétophone). Il est bien sûr possible de ne commander de cette façon qu'un projecteur et une lampe par exemple. L'utilisation du magnétophone ne se limite d'ailleurs pas à la seule commande de projecteurs de diapositives. Il est possible d'enregistrer des séquences de "bips" de "tops" auxquels, en votre absence ou sans que vous ayez à vous en préoccuper, répondront, à des instants que vous aurez choisis, un certain nombre d'appareils ou de fonctions. Le magnétophone (même s'il n'est pas stéréophonique), associé aux décodeurs transmettra les ordres programmés : n'est-ce pas là ce qu'on appelle un ordinateur ?

En voulez-vous d'autres ? Un microphone, associé à un petit amplificateur, peut permettre de télécommander sans fil l'ouverture d'une porte. Un seul câble pour sélectionner une sonnette parmi plusieurs ? C'est aussi possible. Chaque chambre ou chaque appartement dispose de sa sonnerie associée à un décodeur. On dispose, à l'entrée principale, le piano miniature et quelques étiquettes pour identifier les occupants. 896123

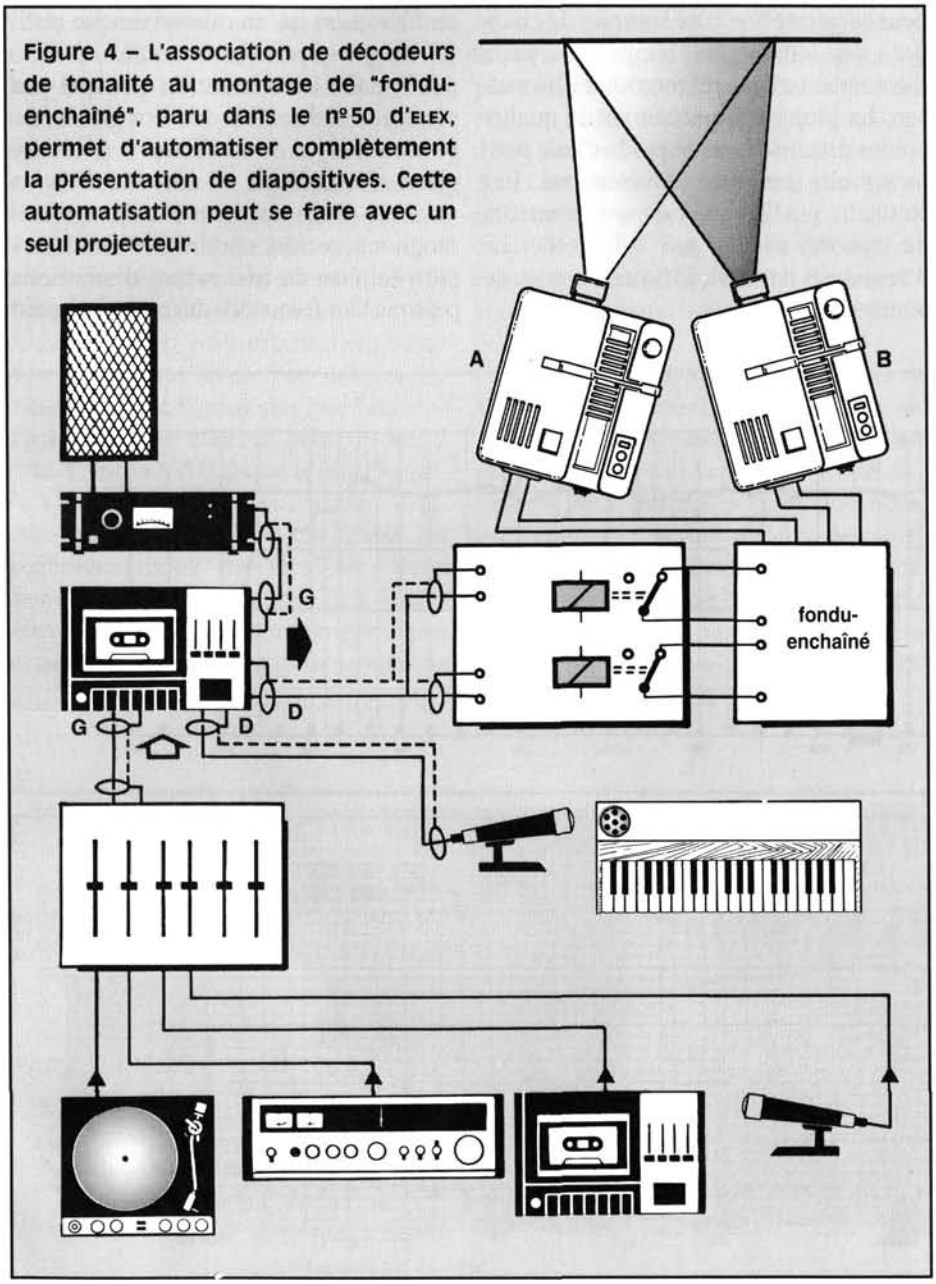


Figure 4 – L'association de décodeurs de tonalité au montage de "fondu-enchaîné", paru dans le nº 50 d'ELEX, permet d'automatiser complètement la présentation de diapositives. Cette automatisation peut se faire avec un seul projecteur.

LES CARRÉS D'ADRESSES
kits Δ composants Δ outillage
matériel Δ catalogues

Composants électroniques
Dépositaire de grandes marques
Professionnel et grand public
RADIO - TÉLÉVISION - VIDÉO - INFORMATIQUE
B.H. ÉLECTRONIQUE
164 à 166, av. Ar. Briand - 92220 BAGNEUX
Tél. (1) 46 64 21 59 • Fax (1) 45 36 07 08
SPÉCIALISTE DES COMPOSANTS JAPONAIS
plus de 20 ans à votre service

COMPOSIUM
ELECTRONIC
CHOLET
6, rue Nantaise
Tél. 41.58.63.64
Fax 41.58.21.14
MORLAIX
16, rue Gambetta
Tél. 98.88.60.53
Fax 98.63.84.55
VANNES
35, Rue De La Fontaine
Tél. 97.47.46.35
Fax 97.47.55.46
QUIMPER
33, rue Régulres
Tél. 98.95.23.48
Fax 98.95.91.29
4 SPÉCIALISTES PRETS A SE METTRE EN 4 POUR VOUS SERVIR
GRAND PUBLIC AU PROFESSIONNEL.

Des milliers d'ingénieurs et de professeurs considèrent le tandem de FCAO logique et d'autoroutage
Schéma III - Layol
Comme étant le meilleur sur le marché.
Pour vous permettre de les maîtriser à cent pour cent nous vous proposons une K7 d'apprentissage pas à pas.
Prix : Layo1E : 180 F, schéma IIIE : 255 F, K7 vidéo 275 F.
Toutes ces versions sont opérationnelles à 100 %.
Layo France, Château Garamache-Sauvebonne, 83400 Hyères
Tél. : 94 28 22 59, Fax : 94 48 22 16,
Minitel 3617 code LAYO

à BESANÇON
NOUVELLE ADRESSE
29, Bd J.F. Kennedy
Tél. : 81 80 72 13 - Fax : 81 80 72 24
µP microprocessor
Composants Electroniques
Point traçage CIAO-LABOTEC - Perçage

PDF Page Organizer - Foxit Software

masse, moins, référence, commun, neutre, terre : le retour

Parfois pris l'un pour l'autre, ces termes ne désignent pas la même chose. Un passage en revue, de la masse de référence à la terre, qui sont parfois en relation, nous amènera à parler du secteur (la basse tension) et du régime de neutre le plus courant des installations alimentées directement par un réseau de distribution public, le régime TT (neutre à la *T*erre, masse à la *T*erre). Commençons par le plus facile, le moins, dont nous ne pouvons pas parler sans parler du plus et du générateur. « Un générateur de courant continu est un appareil qui entretient entre deux pièces métalliques A et B, appelées bornes ou pôles, une différence de potentiel de signe constant. Cette différence de potentiel est due à l'accumulation de charges positives (déficit en électrons) sur la borne positive (A par exemple) et à l'accumulation de charges négatives (excès d'électrons) sur la borne dite négative (B). Cette différence de potentiel entraîne l'existence d'un champ électrique entre A et B, donc de forces sur des charges situées entre A et B, donc la possibilité de mouvement de ces charges (si elles sont mobiles), c'est-à-dire un courant électrique dans des corps conducteurs ». Or, on lit partout que sur la borne positive règne une tension et que la borne négative est le zéro volt ou la masse du circuit. On prend même parfois les choses à l'envers lorsqu'on prétend que, sur une borne repérée "plus", règne une tension nulle, et que la tension est négative sur la borne moins : c'est ainsi que l'on parle généralement de la partie négative des alimentations symétriques comme celle de la **figure 1b**. Pourquoi ? Par convention tout simplement. Il n'est pas inintéressant de mesurer toutes les différences de potentiel par rapport à une référence, toujours la même, à laquelle on attribue arbitrairement le potentiel zéro. Ce potentiel n'existe pas. Un potentiel ne peut s'envisager que par rapport à un autre potentiel. De même, une tension est une différence de potentiel, on ne parle ou on n'exprime de tension en un point d'un circuit que par rapport à une référence. Cette référence, dans le cas d'une alimentation simple, c'est la borne négative, dans le cas d'une alimentation symétrique, c'est la borne commune aux deux alimentations qui la constituent. « Et la masse dans tout ça ? » C'est le nom donné à cette référence ou 0 V que l'on appelle plus précisément « masse électronique » ou « masse fonctionnelle » pour ne pas la confondre avec la masse, celle du châssis que nous allons voir.

masse des châssis

De nombreux appareils sont enfermés dans un châssis de métal (blindage, terme que les bons auteurs suggèrent de remplacer par « écran électromagnétique ») destiné à les isoler des influences extérieures (champs électromagnétiques) ou à isoler l'extérieur de leur influence. Ce châssis sert souvent de référence de potentiel aux filtres d'entrée-sortie et aux câbles blindés (coaxial ou audio). Il est alors relié, par une liaison aussi courte que possible, à la borne de sortie du bloc d'alimentation, et c'est cette liaison qui fait de cette masse mécanique une masse électrique. Dans l'industrie, sur un même site, toutes les masses doivent être au même potentiel. Cette obligation, légale, concerne la sécurité des personnes, technique, celle des installations. Les masses sont donc reliées entre elles et reliées, individuellement (en dérivation sur un conducteur, en principe vert-jaune), à la terre par une prise unique ou par des prises qui ne sont pas susceptibles de présenter entre elles de différence de potentiel. Nous y reviendrons.

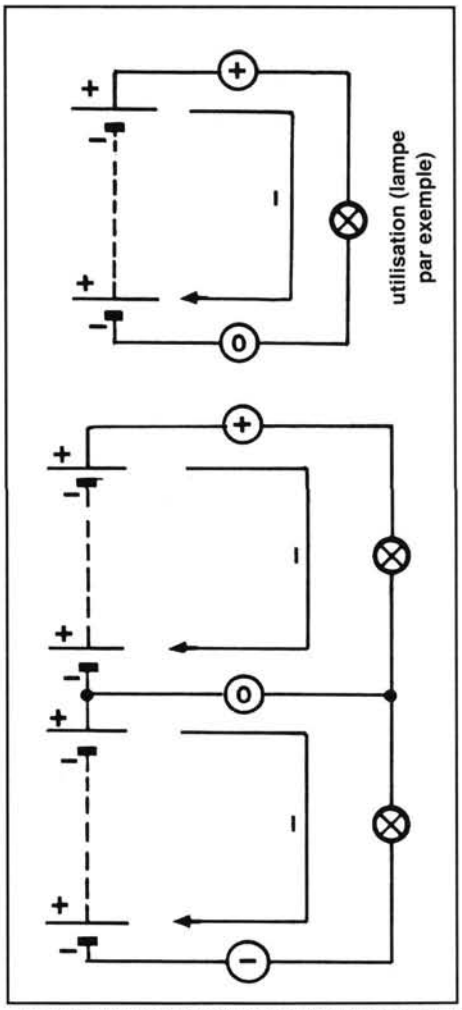
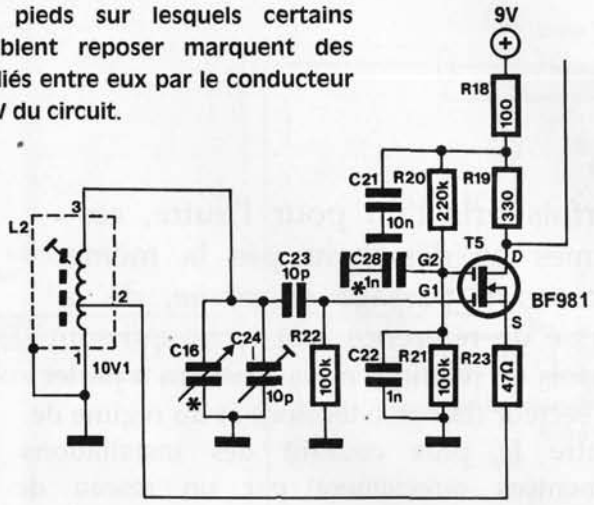


Figure 1 – Dans un cas, la référence des potentiels correspond à la borne négative du générateur ; dans l'autre, alimentation symétrique, à la borne commune des deux générateurs en série.

PDF Page Organizer - Foxit Software

On rencontre aussi le terme de "masse" mécanique dans des situations où le châssis ne joue pas le rôle d'écran électromagnétique (blindage) à proprement parler. Dans l'industrie automobile, une des bornes de la batterie est reliée à la carrosserie. Dans ce cas, la caisse n'est pas là pour protéger la machine des perturbations électromagnétiques mais sert de liaison commune, de conducteur (ou de masse) de référence. Il n'y a qu'un fil à tirer pour alimenter les différentes utilisations puisque le retour est assuré par la tôle. C'est une façon d'économiser (ou de ne pas gaspiller inutilement) du câble que connaissent aussi les cyclistes. Aujourd'hui, sur pratiquement tous les véhicules, c'est la borne négative de la batterie qui est à la masse mais il n'en a pas toujours été ainsi : les heureux possesseurs de Mini (*Austin*) s'en souviennent avec nostalgie, surtout s'ils ont essayé d'y installer un autoradio dont le moins était à la masse, ils ont peut-être alors eu droit à un court-circuit ou à une inversion de polarité puisque, sur ces voitures, la caisse était reliée à la borne positive de la batterie. Pour éviter ce genre d'incident, il est toujours conseillé, lors de l'installation d'un appareil sur un véhicule automobile, de vérifier si l'une des deux lignes d'alimentation continue est au boîtier de l'appareil. La seule liaison de ce type qu'il est parfois recommandé d'établir concerne les parasites. Elle est éventuellement assurée par un condensateur, câblé entre la masse intérieure de l'appareil (le 0 V) et le coffret (châssis) en contact avec le "commun" du véhicule (la carrosserie, reliée de nos jours au pôle négatif de la batterie). Il suffit de choisir le condensateur de façon que son impédance soit aussi petite que possible à la fréquence des parasites. Une liaison de la carrosserie avec la terre est parfois nécessaire, à l'arrêt bien sûr, pour permettre aux charges accumulées par frottement (triboélectricité) de circuler sans dommage : entre un camion qui a roulé sous un vent poussiéreux sec par exemple, et la pompe qui le ravitaille (ou qu'il ravitaille) en carburant la différence de potentiel peut être de plusieurs dizaines de kilovolts : une étincelle de décharge, dans ces moments-là, risque de mettre le feu aux vapeurs. Pour écarter ce danger, il suffit de mettre la citerne à la terre, de façon même rudimentaire. Sur les aéroports, c'est entre l'avion et le camion citerne qu'une liaison électrique est établie avant la distribution de carburant (qu'on appelle d'ailleurs "avitaillement").

Figure 2 – Les pieds sur lesquels certains composants semblent reposer marquent des points qui sont reliés entre eux par le conducteur de référence, le 0 V du circuit.



Nous pouvons dire qu'en général la masse est la liaison commune aussi bien à l'alimentation qu'aux signaux d'entrée et de sortie et qu'elle est souvent reliée électriquement au châssis. Ce châssis n'est pas toujours présent mais ce n'est pas parce que l'appareil bénéficie d'une coque de matière plastique qu'il est forcément absent : il suffit d'ouvrir un ordinateur pour constater que l'écran électromagnétique est là.

Voyons comment se présente la masse sur les schémas. Les ⊥ qui la symbolisent et sur lesquels les schémas semblent reposer ne signifient pas que les lignes qu'ils terminent sont à raccorder au châssis. Ils permettent uniquement de simplifier le dessin. Prenez celui de la **figure 2** (extrait du récepteur VHF décrit dans un numéro précédent) : si nous devions réunir par un trait continu tous les composants sous lesquels le symbole de masse est représenté, à la ligne de référence (le 0 V), le schéma perdrait en lisibilité et ça n'apporterait rien à sa compréhension (voyez les condensateurs C28 ou C21). Ce symbole est utilisé dans toute la littérature pour représenter les liaisons de masse fonctionnelles. On en utilise un autre, une sorte de balai peigné en brosse (**figure 3** repères D) pour représenter une liaison avec la masse mécanique, celle du châssis. Il existe un troisième symbole pour représenter la "terre" sur laquelle nous allons maintenant nous poser.

terre

De quelle terre s'agit-il ? De celle qui a la Lune pour satellite : la Terre. C'est un assez mauvais conducteur sur lequel circulent de nombreux mythes que nous ne répéterons pas. Elle a servi en tant que tel (on l'appelle dans ce cas « terre fonctionnelle ») comme support de transmission "sans fil" pendant la Grande guerre. On l'utilisait (on l'utilise peut-être encore dans certains pays) comme conducteur de retour de téléscripteur en courant continu... Tout cela fait partie du passé ou relève de l'anecdote (alimentation d'une île en courant électrique par un seul conducteur, l'autre étant la mer, utilisée comme « terre fonctionnelle » par exemple).

Dans l'industrie, la terre sert de poubelle à des perturbations électromagnétiques, dites de mode commun parce qu'elles affectent de la même manière tous les conducteurs. La mise à la terre, dans ce cas, n'est pas nécessaire à la protection des personnes et des biens : inutile donc, lorsque vous prenez l'avion, de faire demander au commandant de bord où est la prise de terre. Ce qui importe, dans un avion ou une usine, c'est qu'il n'y ait pas de différence de potentiel dangereuse entre deux masses accessibles simultanément pour les personnes (les masses de deux machines voisines par exemple) ou entre les masses des équipements interconnectés pour les matériels. La règle en ce domaine c'est « **équipotentialité** », toutes les masses au même potentiel et une seule "terre" pour tous : toutes les terres d'un même site doivent être interconnectées.

Dans les installations domestiques et pour les transformateurs de distribution haute/basse tension (schéma TT), la terre sert à évacuer les courants de fuite et de défaut. Ici, deux prises de terre : celle de l'utilisateur (souvent absente), à laquelle sont reliées les masses de ses appareils, et celle du poste de distribution HT/BT à laquelle est relié le neutre. La distribution du courant y est dite monophasée : sur les

PDF Page Organizer - Foxit Software

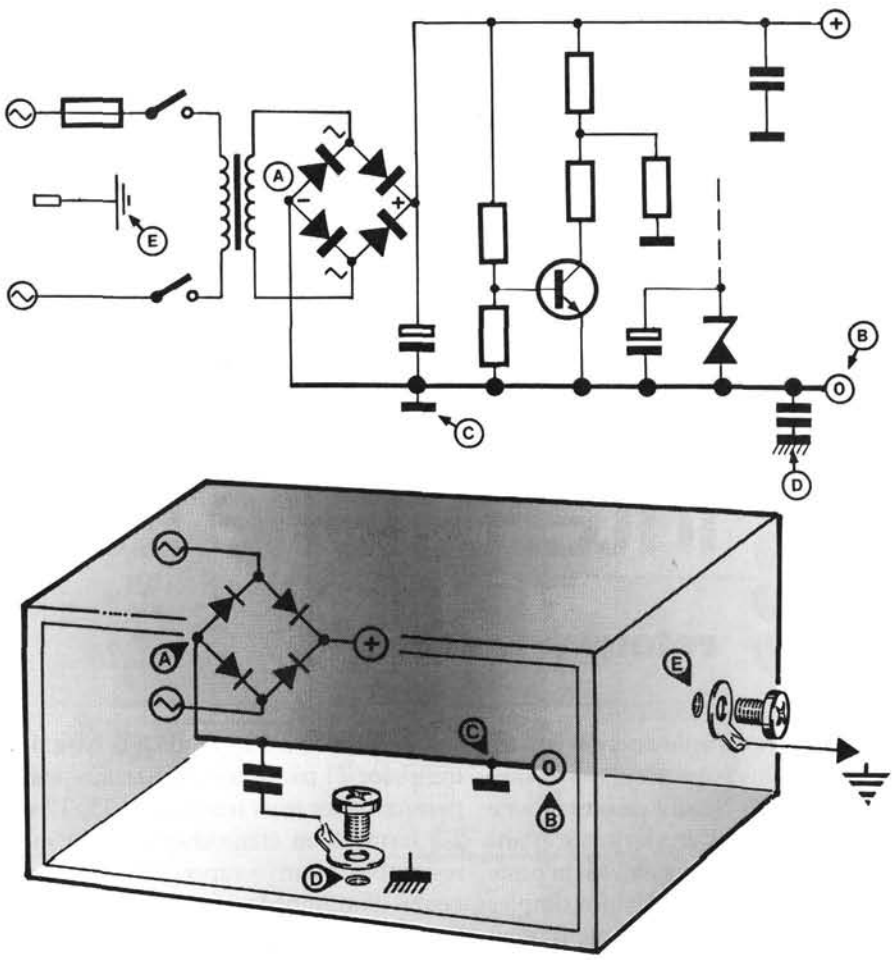


Figure 3 – Les points A, B et C sont au même potentiel, celui de la référence, 0 V ou masse fonctionnelle du circuit. Le point D est à la masse du châssis ou masse mécanique. Le point E est raccordé à la terre (lorsqu'elle existe) par un câble, le "vert-jaune", et aux autres masses (mécaniques) du même site.

prises, une phase et le neutre entre lesquels on mesure une différence de potentiel efficace de 230 V. Lorsque l'on branche un appareil sur la prise, le fil de phase et celui de neutre sont parcourus par le même courant. Ce courant circule cependant du compteur vers l'utilisation dans l'un, et de l'utilisation vers le compteur dans l'autre. Si les deux fils, parallèles, traversent une bobine fermée sur un instrument de mesure (pince ampèremétrique par exemple) leurs effets inducteurs s'annulent et l'instrument de mesure ne détecte pas de courant. Si l'utilisateur vient accidentellement en contact avec la phase (défaut), sans être isolé de la terre, un courant le traverse, uniquement limité par sa résistance (1 kΩ sous 230 V) et celle du sol. Le circuit se referme, par l'utilisateur et le sol, sur la prise de terre du transformateur HT/BT: il existe alors un déséquilibre entre l'intensité du courant qui parcourt le fil de phase et celle qui parcourt celui de neutre. Ce déséquilibre fait que l'intensité du courant induit dans la bobine n'est plus nulle. Au lieu d'un appareil de mesure, ce courant, à partir d'un certain seuil, peut déclencher un dispositif de coupure: nous avons alors à faire à un *DDR*, un Dispositif à courant Différentiel Résiduel. Si toutes les masses, la caisse du réfrigérateur, comme celle du four électrique ou de la baignoire (oui, rapport au décès de Claude François), sont connectées (en dérivation et non en série) à une même prise de terre (par l'intermédiaire de la borne de terre de leur cordon), un contact accidentel entre elles et la phase met en jeu le même processus. En absence de terre, c'est l'utilisateur qui, en contact avec l'équipement en défaut, est sonné. Si la masse mécanique de l'appareil est reliée à la terre, et, par son intermédiaire, au neutre du secondaire BT du poste de distribution, l'utilisateur n'a plus rien à craindre. « Et si au lieu de la masse des équipements le conducteur de phase vient en court-circuit avec celui de neutre ? » Il n'est pas là question de terre: l'intensité du courant atteint vite des valeurs telles que le fusible concerné fond ou qu'un disjoncteur (le "thermique") se déclenche.

en résumé

Nous avons rencontré le conducteur de référence, le **0 V**, appelé aussi **la référence** ou **masse fonctionnelle** ou **masse électronique**, système de conducteurs qui sert de référence de potentiel aux autres, ceux des signaux d'un circuit électronique. La masse proprement dite est celle du **châssis**, coffret métallique qui peut servir de blindage, c'est-à-dire **d'écran électromagnétique** lorsqu'il isole les circuits et/ou l'extérieur des perturbations électromagnétiques (les parasites). C'est la **masse mécanique** dite aussi **masse de sécurité**. Le châssis peut être en contact électrique avec le 0 V, on parle alors de mise à la masse, de même lorsque toutes les masses mécaniques d'une installation font cause commune et sont ainsi portées au même potentiel.

Dans une installation domestique (régime de neutre dit TT), les masses accessibles à l'utilisateur sont en principe reliées à la terre, même si elles n'appartiennent pas à un matériel électrique (baignoires par exemple, depuis l'accident de Clo-Clo) individuellement et directement par la borne de terre de leur cordon d'alimentation*. Au niveau du transformateur de distribution (HT/BT), c'est le neutre qui est à la terre. S'il n'y a pas de prise de terre à la maison, lors d'un défaut d'isolement (court-circuit plus ou moins franc entre le conducteur de phase et la masse d'un appareil), c'est l'utilisateur (non ou mal isolé de la terre) qui assure le retour lorsqu'il entre en contact avec la masse de l'appareil en défaut. Ceci concerne les appareils dits en protection "de classe I". En classe II, double isolation (tondeuses à gazon et autres outils de jardin par exemple), il n'y a pas de mise à la terre des masses: même si la prise du cordon est pourvue d'une borne de terre, celle-ci n'est pas reliée.

L'ouvrage d'Alain Charoy *Parasites et perturbations des électroniques, deuxième tome (Terres, Masses, Câblages)* aux Éditions Radio (DunodTech) jette une lumière éclatante sur les notions abordées dans cet article.

* Le cas échéant: ne cherchez pas de cordon de branchement sur la baignoire, elle n'en est en principe pas pourvue, mais vous pouvez trouver, dessous, une tresse de masse si sa coque est métallique.

PDF Page Organizer - Foxit Software



L'installation d'un interphone suppose en général que vous tiriez un câble à deux fils ou plus entre les différents postes. L'interphone que nous décrivons ici se contente d'un seul fil. N'importe quel autre aussi, direz-vous. Soit, mais celui-ci **fonctionne** avec un seul fil.

interphone radin

retour à la terre

Cet interphone se prête à toutes sortes d'utilisations, mais il est conçu d'abord comme un téléphone de campagne. C'est surtout dans ce genre d'applications que se fait sentir l'inconvénient d'avoir deux fils à tirer entre les différents postes. Nous n'avons pas supprimé cette contrainte, mais nous l'avons divisée par deux. Le système retenu permet de connecter par un seul fil un nombre illimité, du moins en principe, de postes identiques. La boucle sera constituée d'un simple fil fin isolé. La deuxième connexion, qui reste nécessaire, sera assurée par la terre : un petit piquet métallique dans le sol, voire une pointe dans un arbre. Hormis les économies de fil et le gain de temps lors de l'installation, ce système présente un gros avantage : la consommation est quasiment nulle au repos, tant que personne ne parle. L'alimentation par des piles est donc possible sans que vous ayez à en trimbaler tout un stock.

le circuit

Si vous plantez dans la terre à quelques mètres de distance deux piquets métalliques, vous pouvez mesurer entre eux une résistance de quelques kilohms à quelques dizaines de kilohms. Si vous éloignez les piquets de quelques dizaines ou centaines de mètres, la résistance ne varie pratiquement pas. La résistance électrique de la terre peut être considérée comme nulle, ce que nous mesurons, c'est la résistance des connexions, nos piquets et le contact entre eux et la terre. Cela établi, il n'est guère difficile de concevoir un circuit d'interphone qui prenne en compte cette résistance. Il suffit de prévoir une amplification en tension suffisante et une impédance suffisamment élevée du poste en position *écoute*. Ces principes simples devaient encore être traduits en un circuit pas trop compliqué. La simplicité est notre enseigne, mais c'est encore plus valable pour un projet comme un interphone ; si le montage est trop compliqué, le plaisir de la construction disparaît d'autant plus vite qu'il y a un nombre important de postes à réaliser.

La **figure 1** montre que nous avons su limiter l'importance du schéma. Chaque poste ne comporte que trois transistors, quelques composants passifs, un petit haut-parleur et un triple inverseur. Voyons d'un peu plus près comment ça marche. Le poste, avec l'inverseur S1ABC dans la positon représentée, est en mode *écoute*. Le signal, qui arrive par la ligne aux points **j-k**, est appliqué à la base du transistor T1 par le contact S1A. En position *écoute* les trois transistors, T1, T2 et T3, forment un étage amplificateur qui ressemble à un « super émetteur-suiveur ». Son impédance d'entrée est très élevée (quelques mégohms), ce qui supprime en grande partie l'inconvénient de la résistance de la liaison de masse par la terre. Le haut-parleur est connecté, par S1C, entre l'émetteur du transistor de sortie (T3) et la masse.

Les suspicieux et les coupeurs de cheveux en cinq ne manqueront pas d'objecter que l'étage amplificateur n'a guère de chance de fonctionner puisqu'il n'y a aucune tension continue de polarisation de la base de T1. C'est vrai, mais ils ont tort. Tant que l'appareil n'est pas appelé, la base de l'émetteur-suiveur ne reçoit pas de tension de polarisation, les trois transistors sont bloqués, si bien que le courant de repos est négligeable. Les choses changent



PDF Page Organizer - Foxit Software

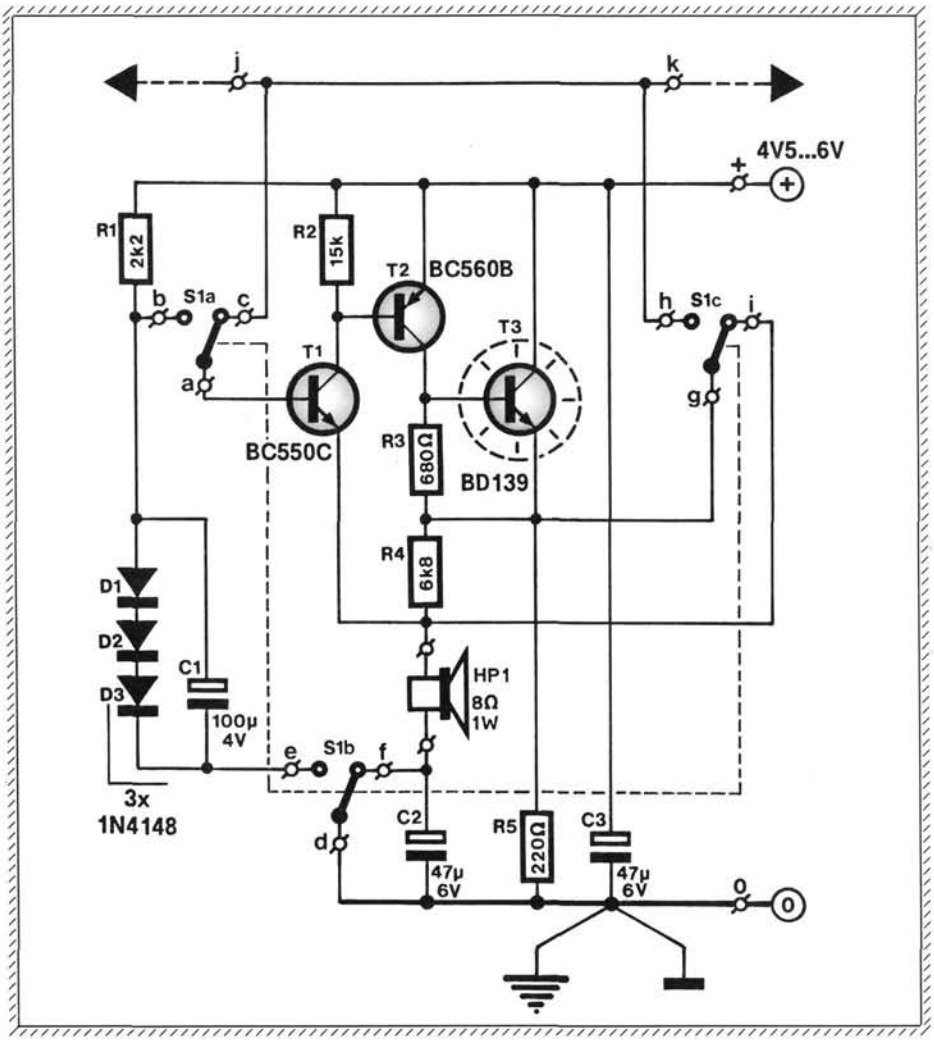


Figure 1 – Le schéma de l'interphone est particulièrement simple : il ne comporte que trois transistors et quelques composants passifs.

quand le poste est appelé par un autre car, comme nous allons le voir, la ligne transporte tout à la fois le signal et la tension continue de polarisation nécessaire au fonctionnement. Tout devient évident si nous basculons l'inverseur S1 sur *parole*. Les trois transistors se transforment en amplificateur de microphone, cependant que le haut-parleur devient le microphone.

Le changement de position de l'inverseur agit principalement sur le premier transistor, T1. Alors qu'il était monté en émetteur-suiveur dans la position *écoute*, sa base est maintenant connectée au diviseur de tension que constituent la résistance R1 et les diodes D1 à D3. En fait les trois diodes polarisées en direct fixent une tension de référence, et la base est court-circuitée à la masse pour les tensions alternatives par le condensateur C1. Nous avons donc un transistor monté en base commune qui amplifie le signal du haut-parleur raccordé à l'émetteur. Le signal amplifié est récupéré sur le collecteur de T1 et amplifié par T2 et T3 avant d'être injecté sur la ligne par l'intermédiaire de S1c.

La contre-réaction nécessaire à la stabilité de l'amplificateur de microphone est assurée par la résistance R4 de 6,8 kΩ, connectée entre la sortie (l'émetteur de T3) et l'entrée (l'émetteur de T1). Le gain global, ou facteur d'amplification, est déterminé par le rapport de R4 à la résistance interne du haut-parleur. Avec les valeurs du schéma, il prend une valeur importante, de 850 environ.

Voilà pour ce qui est de l'émission, mais il reste toujours à savoir comment la tension de polarisation est appliquée à la base de T1, en position *écoute*. Vous aurez sans doute compris qu'en position *émission* la ligne ne reçoit pas seulement le signal amplifié par T3, mais aussi la tension continue de l'étage de sortie puisqu'il n'y a pas de condensateur interposé. Cette tension continue est égale à la tension de seuil des trois diodes D1 à D3, diminuée de la tension de seuil base-émetteur de T1, augmentée de la tension aux bornes de R4. La valeur qui en résulte est donc, indépendamment de la tension d'alimentation, de quelque 1,5 V. Elle est suffisante pour faire conduire le transistor T1 du poste récepteur (ou de tous s'ils sont plusieurs) sans déterminer à travers le haut-parleur un courant d'intensité inutilement élevée.

la construction

L'électronique d'un poste tient à l'aise sur une demi-platine d'expérimentation de format 1, **figure 2**, ou sur le petit circuit imprimé de la **figure 3**. Le petit nombre de composants met la réalisation à la portée des moins expérimentés, à condition qu'ils sachent faire des soudures correctes. Comme d'habitude, il faut veiller à l'orientation des composants polarisés, c'est-à-dire tous sauf les cinq résistances. Le radiateur de T3 peut être une plaquette d'aluminium de 2 cm de côté.

Le haut-parleur et l'inverseur *écoute-parole* ne sont pas montés sur le circuit imprimé. Les connexions à établir par fils sont suffisamment repérées par les lettres du schéma. Le point **0** est commun, comme le montre le schéma, au pôle négatif de l'alimentation (masse du circuit électronique) et à la terre.

Comme la consommation est minime, l'alimentation par piles est possible. Il s'agira, au choix, de trois ou quatre piles de 1,5 V ou d'une bonne vieille pile plate de 4,5 V. Si l'installation comporte un ou plusieurs postes à l'intérieur, les blocs secteur sont utilisables aussi.

Le coffret de chaque poste sera choisi en fonction des dimensions du haut-parleur et des piles ou accumulateurs. Le choix est assez grand parmi les modèles du marché, sans compter la possibilité de réaliser vous-même une boîte sur mesure. Vous prévoirez deux douilles banane de 4 mm pour le raccordement à la ligne (j) et à la terre (0).

PDF Page Organizer - Foxit Software

l'utilisation

Le mode d'emploi n'occupera pas toute une page : il n'y a aucun réglage et la communication peut commencer dès que deux postes sont raccordés. Elle continue s'il y a plusieurs postes, bien sûr. Dès qu'un poste parle, tous les autres postes alimentés et raccordés écoutent, il n'est pas possible de choisir son interlocuteur ni de tenir des conversations secrètes.

Pour couvrir de grandes distances (le maximum est de 100 mètres), la connexion de terre doit se faire avec des piquets de tente ou même, si étrange que cela puisse paraître, avec une broche (de charpentier) d'une dizaine de centimètres enfoncée dans un arbre. Le contact électrique est assuré par la sève abondante dans l'aubier juste sous l'écorce. Une pointe plus longue ne servirait à rien d'autre qu'à endommager l'arbre. La résistance de la connexion sera d'autant plus faible quel le sol sera humide.

Pour les applications en plein air prévues, il est possible de tirer profit des clôtures de parcs, à condition qu'elles ne soient pas court-circuitées à la terre par des piquets métalliques. Si vous trouvez des clôtures en fil métallique lisse monté sur des isolateurs, ce n'est pas un coup de chance, au contraire : il s'agit de clôtures électriques destinées à donner aux animaux (vaches, chevaux) qui s'y frottent une secousse électrique de quelques kilovolts. Même les jeunes veaux se tiennent à distance, ne soyez pas plus bêtes qu'eux. Attention aussi aux ruraux, qui sont quelquefois susceptibles sur les questions de propriété.

896098

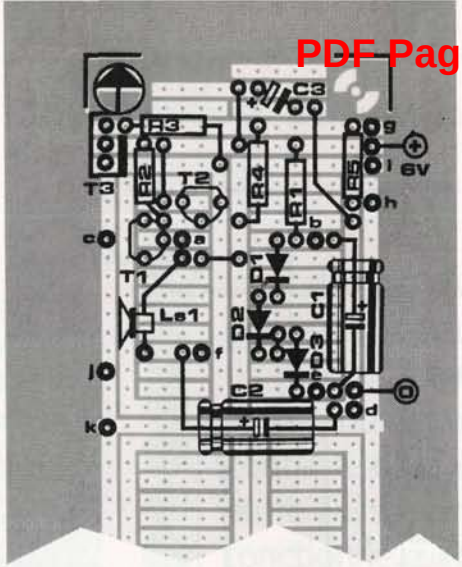


Figure 2 – Vous pourrez réaliser deux postes sur une platine d'expérimentation de format 1.

Figure 3 – Le circuit imprimé n'est pas plus encombrant que la moitié de la platine d'expérimentation. La disposition des picots A à I reproduit celle du triple inverseur, pour faciliter le câblage.

liste des composants pour 1 poste

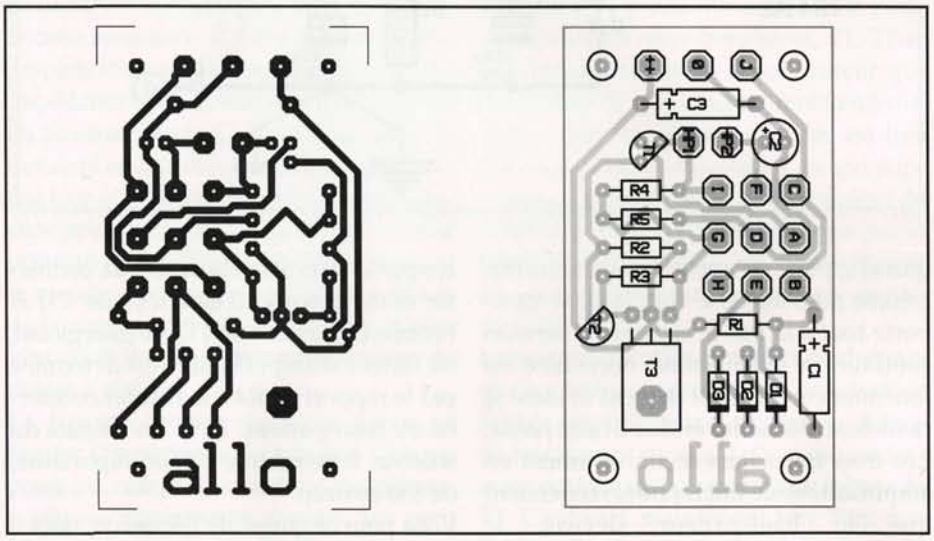
R1 = 2,2 kΩ
R2 = 15 kΩ
R3 = 680 Ω
R4 = 6,8 kΩ
R5 = 220 Ω

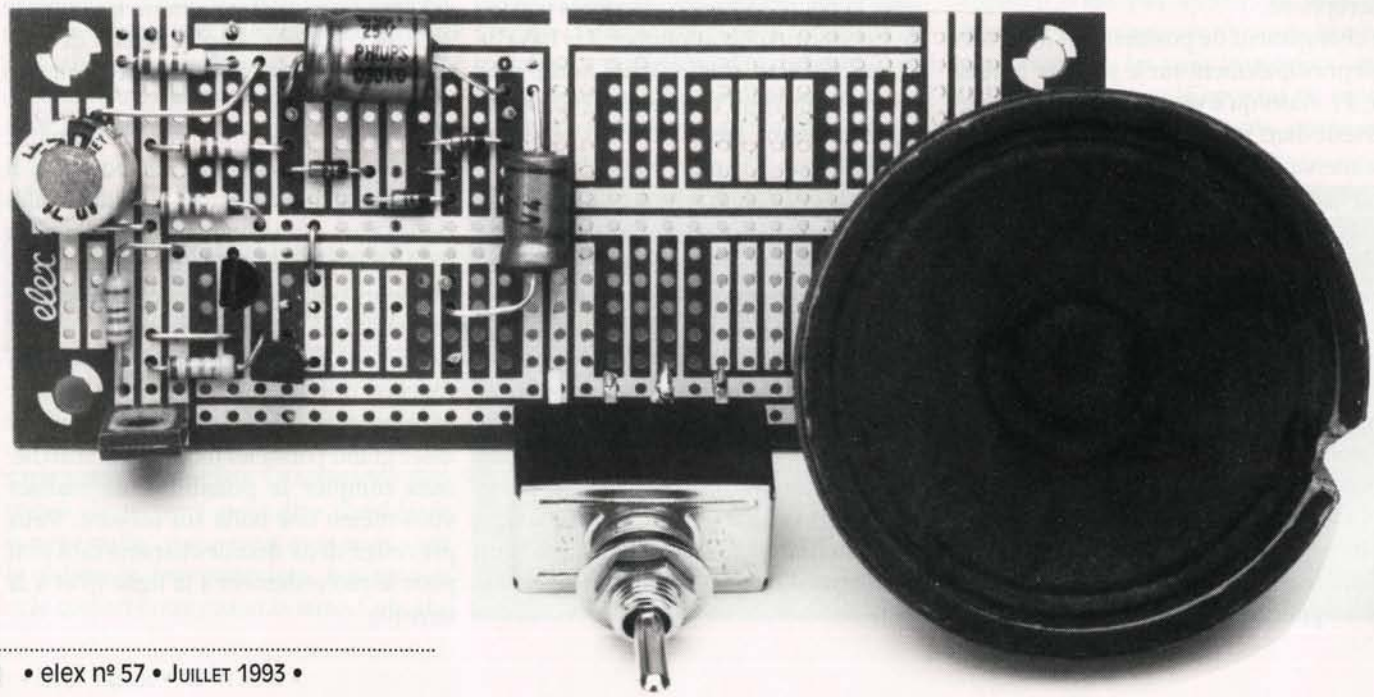
C1 = 100 µF/4 V axial
C2 = 47 µF/6 V radial
C3 = 47 µF/6 V axial

D1,D2,D3 = 1N4148
T1 = BC550C
T2 = BC560B
T3 = BD139

S1 = triple inverseur
HP1 = haut-parleur 8 Ω/1 W.

1 platine d'expérimentation format 1 ou 1 circuit imprimé.

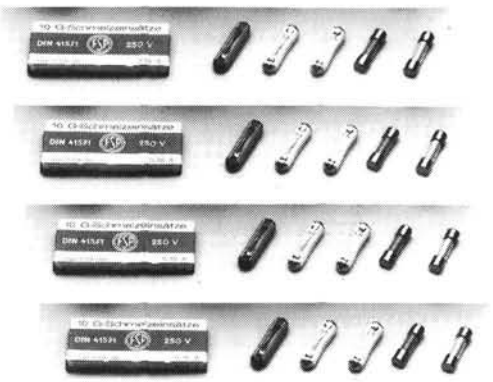




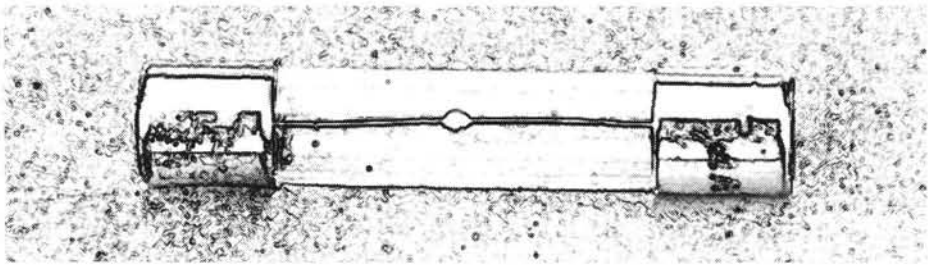
PDF Page Organizer - Foxit Software

coupe – circuit :

Un coupe-circuit offre à un circuit électrique une certaine sécurité lorsque l'intensité du courant dépasse une valeur donnée pendant un temps déterminé. Ceci ne vaut évidemment que si ses caractéristiques, tension d'utilisation, intensité nominale et rapidité de réaction, sont adaptées à son objectif.



quel type de fusible choisir ?



De quoi protègent les coupe-circuit? Des surintensités. Un conducteur est fait pour supporter, sans que cela nuise au câble qui le contient, un courant d'une certaine intensité, dite intensité admissible. On parle de surintensité lorsque le courant la dépasse. Plus la surintensité est élevée, moins longtemps le conducteur pourra la supporter. À quoi peut-elle être due ? À un court-circuit ou à une surcharge. Un court-circuit est provoqué par la mise en contact accidentelle de plusieurs conducteurs, défaut causé par exemple par la détérioration d'un isolant ou une erreur de câblage ; une surcharge se produit dans un circuit dont les conducteurs sont sains lorsque les récepteurs en fonctionnement sont trop nombreux ou demandent momentanément trop (courant de démarrage d'un moteur ou appel de courant lors de la charge d'un condensateur par exemple). En cas de surintensité, les conducteurs chauffent, ce qui peut donner lieu à leur destruction, voire à des incendies... si rien n'est fait pour la limiter. En réseau basse tension, la limitation des surintensités, comme celle de la vitesse sur les routes, est fixée par une règlementation (norme NF.C 15-100 et décret du 14 janvier 1962) qui a force de loi. Dans une installation, différentes protections (disjoncteurs, fusibles, etc.) sont prévues pour limiter leurs effets destructeurs et éventuellement séparer les parties défectueuses des autres. On distingue dans ce domaine des coupe-circuit à usage domestique (gf) et à usage industriel (gI, gII, et aM pour accompagnement-moteur). Ces cartouches, qui se caractérisent par leur tension d'utilisation, leur taille et leur pouvoir de coupure (1) ne concernent pas directement l'électronicien amateur qui en a d'autres à son usage.

En quoi les fusibles peuvent-ils concerner l'électronique ? Prenons l'exemple d'une alimentation dépourvue de protection contre les surintensités : en cas de court-circuit accidentel, ses transistors de sortie mourront de mort violente. La présence d'un fusible, moins onéreux et moins difficile à remplacer qu'un transistor, évite un dépannage qui peut prendre du temps.

Les fusibles sont là, en premier lieu, pour que l'appareil satisfasse aux normes de sécurité, en second pour limiter la casse. Ils ne remplissent cependant leur fonction à la satisfaction générale que si leur intensité nominale (2) est de l'ordre de celle du courant qu'il doivent normalement transporter. Un fusible de 100 mA ne tiendra pas longtemps s'il est dans un circuit normalement parcouru par un courant de 250 mA. Il faut, en second lieu, tenir compte d'appels de courant importants, lors de la mise sous tension par exemple : le fusible doit pouvoir les supporter. En d'autres termes, dans certaines applications, la protection ne doit pas réagir trop vite aux surintensités.

(1) Le pouvoir de coupure d'un appareillage de sectionnement, de commande ou de protection est la possibilité qu'a cet appareil de couper le courant de court-circuit présumé. On l'exprime en kA efficaces.

(2) L'intensité nominale est l'intensité maximale permanente du courant qui traverse un dispositif sans l'échauffer dangereusement.

rapides ou temporisés

La réaction du fusible sera donc, suivant le circuit dont il assure la protection, rapide ou lente. Que veulent dire ces adjectifs ? Un fusible rapide, c'est une idée assez répandue, sauterait dès que le courant dépasserait son intensité nominale alors qu'un fusible lent, dans les mêmes conditions, se donnerait un délai de réflexion avant de réagir. Ceci n'est pas tout à fait vrai puisqu'un fusible rapide peut aussi supporter sans destruction, pendant un certain temps, un courant supérieur à son courant nominal. Voyons ce qui se passe précisément pour un coupe-circuit en cas de surintensité.

comportement du fusible

Les coupe-circuit utilisés en électronique très basse puissance se présentent le plus souvent sous la forme de tubes de verre terminés à leurs extrémités par des manchons métalliques. Leur filament est fait d'un métal (ou d'un alliage) bon conducteur (argent par exemple, dont l'oxyde conduit encore mieux). Une fois choisi le matériau, la résistance du filament est déterminée par son diamètre et sa longueur. Parcouru par un courant, il dissipe une certaine puissance (3) par effet joule. En temps normal, les échanges avec le milieu extérieur, le tube de

PDF Page Organizer - Foxit Software

fusible ou ...

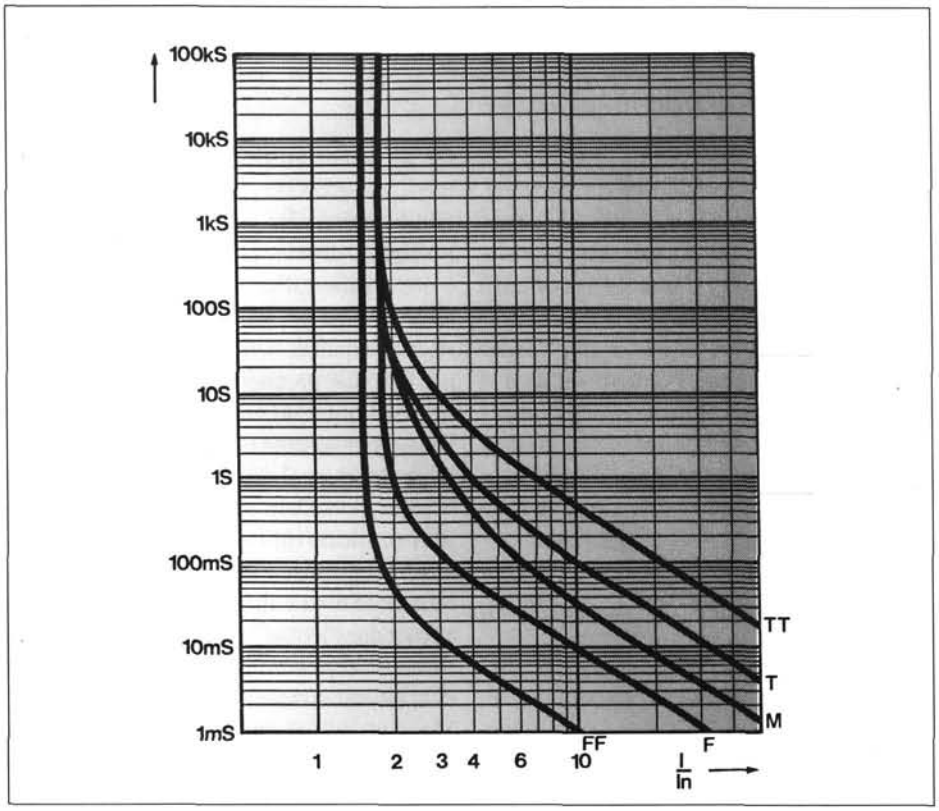


Figure 1 – Les courbes de fusion, en coordonnées logarithmiques cachent (ou montrent ?) les caractéristiques des différents fusibles utilisés en très basse tension. En abcisse sont exprimés les rapports entre l'intensité du courant que subissent les fusibles et leur intensité nominale ; en ordonnée le temps qu'ils mettent à couper.

verre, les manchons, le support, ne permettent pas une augmentation de température trop importante : un équilibre thermique s'instaure puisque l'énergie reçue par le filament est instantanément consommée par le milieu.

Un certain nombre de facteurs jouent un rôle pour que cet équilibre persiste. En premier lieu viennent l'intensité du courant qui traverse le filament et sa résistance. Nous laisserons ce dernier facteur de côté et supposerons qu'il reste constant pour simplifier. Il faut ensuite considérer les échanges d'énergie entre le fil et son environnement. Si, comme nous l'avons vu plus haut, le milieu dissipe instantanément l'énergie reçue, le filament ne s'échauffe pas.

Autre facteur à prendre en compte, la capacité thermique (ou calorifique) du fil, grandeur proportionnelle à sa masse et à sa capacité thermique massique (sa chaleur spécifique [4]). Pour augmenter la température du métal jusqu'à sa température de fusion, il faut "charger" cette sorte de "condensateur thermique" ce qui peut prendre un certain temps, d'autant plus petit que la puissance, donc l'intensité du courant, sera plus importante. Ceci veut dire que la rapidité avec laquelle le fusible sautera sera fonction de l'intensité du courant.

relation temps-intensité

La fusion du filament dépend principalement de l'intensité du courant et du temps pendant lequel il passe. N'importe quel type de coupe-circuit a besoin d'un certain temps pour opérer, d'autant plus petit que l'intensité du courant est plus grande. La **figure 1** exprime, logarithmiquement, cette relation entre les deux facteurs pour différents types de fusibles. Sur l'axe vertical sont exprimées les durées pendant lesquelles le courant doit circuler pour que le fusible fonde ; sur celui des abcisses le rapport de l'intensité de ce courant I à l'intensité nominale du fusible (I_n, qui est indiquée sur son emballage). Il est facile de voir que lorsque l'intensité du courant est égale ou même un peu supérieure à l'intensité nominale du fusible ($I/I_n = 1$), celui-ci ne saute qu'après un temps proprement infini. Il faut attendre qu'elle atteigne 1,5 fois I_n pour entrer dans la zone active. Les cinq courbes correspondent à cinq types de fusibles : ultra-rapides (FF), rapides (F, de l'anglais *fast* ou de l'allemand *flink*), normaux ou moyens (M), lents (T comme Temporisé), ou très lents (TT). Il est clair que pour couper le circuit en un temps donné, un fusible lent doit subir un courant beaucoup plus intense qu'un fusible rapide. Supposons par exemple que nous disposions de fusibles de 500 mA d'intensité nominale. Si ceux-ci doivent couper après 50 ms, l'intensité du courant pour un fusible FF sera de l'ordre de $2\,I_n$ (1 A), ou supérieure à $4{,}5\,I_n$ (2,25 A) pour un fusible F, à $8{,}5\,I_n$ (4,25 A) pour le type M. Un fusible de type T ne sautera dans le même temps que si le courant dépasse $15\,I_n$ (7,5 A) ou $30\,I_n$ (15 A) si c'est un fusible TT.

lequel choisir ?

Nous savons maintenant que la différence entre un fusible lent et un fusible rapide est cachée dans ces courbes de fusion qui indiquent, en fonction de l'intensité du courant qui les parcourt, le temps qu'ils tiennent

(3) Des problèmes avec "puissance" et "énergie" ? L'énergie, c'est ce que l'on paye, les kWh que les compteurs enregistrent, elle est proportionnelle au temps (t) et à la puissance (P) consommée. Un pétard de 14 juillet neuf contient toujours la même énergie (Pt), mais si vous en brisez mécaniquement l'emballage pour répandre la poudre, vous donnez à cette énergie le temps de se dépenser, vous perdez en puissance.

(4) La capacité thermique massique d'un corps est l'énergie (ou la chaleur) qu'il faut apporter à un kilogramme de ce corps pour, dans certaines conditions (pression et volume constants...), augmenter sa température de 1°C (1 K si vous insistez).

PDF Page Organizer - Foxit Software

avant de sauter. Le choix dépend bien sûr de l'intensité admissible par le circuit qu'ils ont à protéger. Voyons-le sur un exemple.
Supposons un appareil dont l'intensité nominale est de 100 mA. À la mise sous tension cependant, il va supporter pendant 50 ms un courant de 600 mA, dû en grande partie au transformateur et au condensateur de lissage de l'alimentation. Il a d'autre part pendant son fonctionnement à supporter des pointes de courant de 3 A d'amplitude dont la durée est de 5 ms. De la première donnée, nous pourrions tirer la conclusion que l'intensité nominale du fusible à choisir est de 100 mA ; de la seconde, que le fusible serait du type M qui supporte 6 I_n pendant 100 ms ; de la troisième, que ce type ne convient pas puisqu'il ne supporterait les pointes de courant de 30 I_n que pendant 3 à 4 ms. Nous prendrons donc un fusible temporisé (T). Il est évident qu'il n'y a pas de protection contre les appels de courant à la mise sous tension (ce qui est heureux !) ni contre les impulsions susdites. Le circuit doit donc être conçu pour y faire face.

pratique

Nous pouvons écrire que le choix du bon fusible est déterminé par le comportement du courant dans le circuit à protéger. Encore faut-il le connaître et c'est rarement évident. Peu de gens possèdent l'appareillage nécessaire à la mesure de toutes les pointes de courant qu'il a à subir. Rares sont ensuite les détaillants qui disposent d'une panoplie de fusibles complète. Tous offrent le choix entre fusibles retardés et rapides, peu stockent des fusibles normaux (M), très lents (TT) ou très rapides (FF). Il faudra faire avec, à l'aide de quelques règles empiriques adaptées à la solution des problèmes les plus courants. Passons-les en revue.

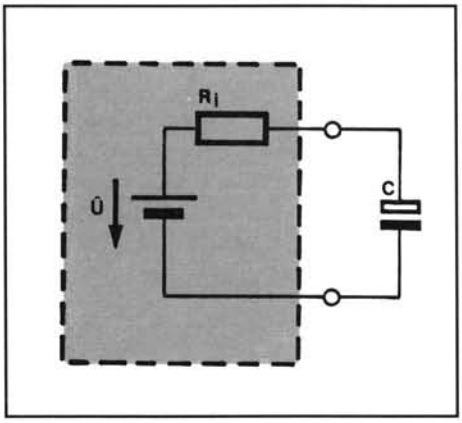


Figure 2 – On évalue au pire l'amplitude de l'impulsion de courant que subit le pont redresseur et sa durée lors de la charge du condensateur de lissage, en remplaçant l'ensemble transformateur–pont redresseur par un circuit constitué d' une source de tension continue dont la force électro-motrice est égale à la tension crête (û) du secondaire et la résistance intérieure celle du transformateur.

protection au primaire

Lorsque le transformateur qui alimente un dispositif n'est pas protégé en court-circuit, son primaire doit comporter un fusible temporisé. La norme lui impose une intensité nominale qui ne doit pas être supérieure à 1,25 fois celle du primaire. Pour un transformateur de 220 VA, alimenté au primaire sous 220 V, le courant nominal est de 1 A efficace. Celui du fusible ne sera pas supérieur à 1,25 A. Une telle valeur est parfois trop petite et il arrive qu'il saute avec régularité. Elle est pourtant obligatoire et il est tout à fait déconseillé de l'augmenter.

protection au secondaire

La protection au secondaire est particulièrement recommandée lorqu'il y a plus d'un enroulement qui ne délivrent pas la même puissance. Supposons qu'un seul soit en surcharge, la coupure ne s'effectuera au primaire que longtemps après que l'intensité au secondaire aura dépassé une valeur dangereuse, trop tard le plus souvent pour éviter les dégâts.
On commence par choisir un fusible rapide d'intensité nominale égale à celle du secondaire. S'il saute à la première mise sous tension, en l'absence de défaut, on le remplace par un fusible temporisé. On choisira évidemment le fusible temporisé d'emblée si le secondaire du transformateur alimente un pont redresseur suivi par une batterie de condensateurs, comme nous l'avons vu plus haut. Il est possible d'évaluer, au pire, l'intensité et la durée de l'impulsion de courant due à la charge des condensateurs de lissage à la mise sous tension. On remplace, comme sur la **figure 2** le secondaire du transformateur et le redresseur par un circuit constitué d'une source de tension continue de force électro-motrice égale à la tension crête û ($U \cdot \sqrt{2}$) et de résistance intérieure celle du transformateur (on néglige les diodes). L'amplitude de l'impulsion, très surévaluée, est alors de û/Ri et sa durée inférieure à cinq fois la constante de temps Ri × C.

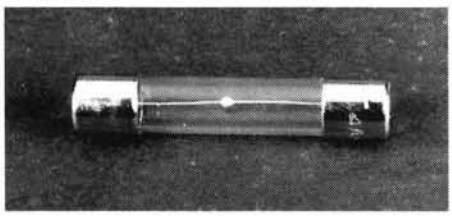


Figure 3 – Vu leur prix, ces petits tubes de verres sont sans doute les plus utilisés des fusibles.

en continu

Qu'ils soient au primaire ou, éventuellement, au secondaire, les fusibles sauvent les meubles dans les situations dangereuses, puisqu'ils sont en principe suffisants pour éviter les incendies. Il se peut qu'en plus ils assurent une protection efficace de l'appareil sur lequel ils sont installés, mais ce n'est pas leur rôle premier. Pour plus de sécurité, il arrive que l'on en rajoute, comme dans l'alimentation dont il était question en début d'article, en aval donc du redresseur ou de la régulation. Dans ces cas-là, lorsque la tension continue est tout ce qu'il y a de plus stable, on utilise des fusibles rapides dont l'intensité nominale est identique à celle du circuit dans lequel ils sont placés. S'ils sont suivis de condensateurs de forte valeur, ou si le circuit contient des bobines, selfs de choc ou relais, on peut supposer qu'ils réagiront trop rapidement et des fusibles temporisés sont alors préférables.

présentation

Les fusibles tubulaires sous verre sont les plus courants. Qu'ils soient rapides ou retardés, ils existent en suffisamment de calibres pour satisfaire à la plupart des utilisations. Ils sont en outre relativement bon marché et ne devraient jamais manquer dans une boîte à outils, au moins dans les calibres utilisés par les appareils que l'on a sous la main. Celui de la **figure 3** est un fusible retardé. On le reconnaît à la petite boule d'étain de son filament qui, à la manière d'un radia-

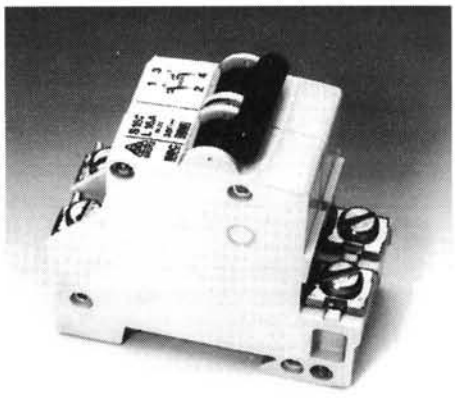


Figure 3 – Un disjoncteur a assurément bien des avantages sur un fusible. Cependant, même si ses dimensions sont réduites, il reste d'un prix élevé.

PDF Page Organizer - Foxit Software

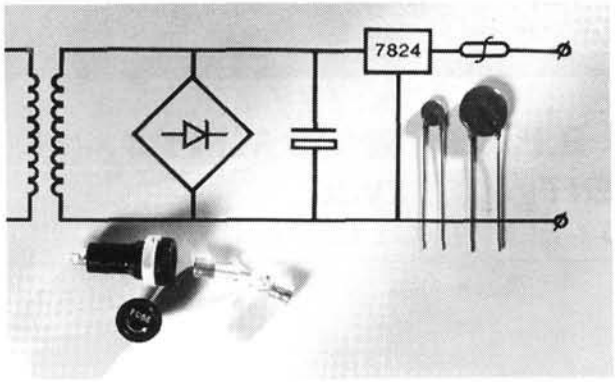


Figure 4 – Dans de nombreux cas, une résistance à coefficient de température positif (CTP) ou un MultiFuse™, qui n'aurait pas les mêmes défauts (rapidité de réaction accrue, résistance de "disjonction" plus élevée et surtensions supportées), peut avantageusement remplacer un fusible.

teur, augmente la surface d'échange : il dissipe une plus grande puissance et le fil atteint ainsi plus lentement son point de fusion. On obtient un résultat semblable lorsque le filament est en hélice. Certains tubes sont remplis de sable qui agit comme extincteur et empêche ou réduit la formation d'un arc électrique entre les deux tronçons de fil restant après la coupure d'un courant important.

Le plus gros inconvénient des fusibles utilisés en électronique est qu'ils ne sautent qu'une fois. Si l'on en a pas de rechange, il est exclu qu'on les court-circuite à l'aide de papier d'aluminium ou de fil de cuivre, surtout si l'on ignore la raison pour laquelle ils ont coupé (5). On peut envier les électriciens et leurs dispositifs réarmables, disjoncteurs thermiques ou électromagnétiques, discontacteurs etc. (**figure 4**). Mais les intensités auxquelles ces dispositifs travaillent sont sans commune mesure avec les nôtres. Il existe cependant de petits appareils de coupure adaptés aux courants faibles. Ils ont l'inconvénient d'être considérablement plus chers : le fusible reste encore "la" solution de protection, à moins que...

(5) Comme le faisaient certains anciens pour détecter les pannes: ils court-circuitaient le fusible et attendaient que le composant responsable du malaise se mette à fumer!

du nouveau ?

Depuis quelques années, la maison Bourns fabrique un nouveau (?) composant qu'elle appelle MultiFuse™, « une protection réarmable contre les surintensités ». C'est une sorte de résistance à coefficient de température constamment positif. Ce qui veut dire que lorsque sa température augmente, sa résistance augmente. De moins d'un ohm à la température ambiante (20°C), elle atteint plusieurs kilohms si le courant qui la traverse est suffisant pour lui faire atteindre sa température de "disjonction" ou si elle est chauffée par une source extérieure. Puisque sa résistance augmente, elle limite le courant. Sa réaction serait, relativement à celle des résistances céramiques à coefficient de température positif (les CTP), beaucoup plus rapide et beaucoup plus importante (résistance plus élevée). On sait d'autre part qu'une CTP, en cas de surtension, est détruite et se comporte en court-circuit, défaut que n'aurait pas le composant de Bourns. C'est du moins ce qu'on lit au recto d'un prospectus. Au verso, où l'on trouve les spécifications, le fabricant indique une tension V_{max} « tension maxi que le MultiFuse peut supporter sans détérioration » qui semble contredire cette assertion.

Contrairement à celle du fusible, la résistance de disjonction du MultiFuse n'est pas infinie. Elle permet la circulation d'un courant, inoffensif, qui la maintient en équilibre au-dessus de sa température de disjonction. Si le courant est fortement réduit ou si l'alimentation est coupée, le composant retrouve sa température et sa résistance de repos. On dit qu'il est réarmé. Les CTP, déjà bien utilisées en téléphonie (protection des lignes, régulation du courant) et dans d'autres domaines où les limitations de courant sont nécessaires, semblent avoir trouvé là un perfectionnement qui leur manquait pour remplacer un jour ou l'autre les fusibles dans bon nombre de leurs utilisations.

quelques remarques pour terminer

Vous pouvez déduire de ce qui précède que, pour des appareils alimentés à partir du secteur, un coupe-circuit de protection est, dans de nombreux cas, inévitable si l'on veut respecter les normes de sécurité. Une certaine latitude est cependant laissée à son choix, voire à son remplacement (sauf indication contraire du fabricant qui peut avoir ses raisons), à condition de ne pas substituer à un fusible rapide un autre temporisé. Attention aussi à la tension d'utilisation : ne jamais mettre un fusible marqué "30 V" pour couper le secteur. 896070

