

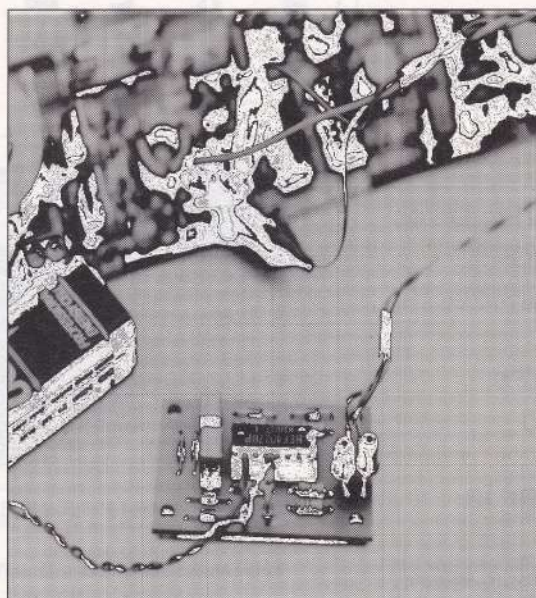
testeur de transistors

in situ

fil bleu = émetteur
 fil gris = base
 fil jaune = collecteur

Nous savons tous combien il est difficile de localiser un transistor défectueux, quand un appareil tombe en panne ou qu'un montage tout juste terminé refuse de fonctionner et de dire pourquoi. Le plus souvent, les autres composants du circuit influent sur le résultat des mesures à l'ohmmètre au point qu'il est impossible de savoir si les jonctions du transistor se comportent normalement. Il faut alors dessouder le transistor, le retirer du circuit, puis le mesurer, au risque de l'endommager en le dessoudant ou en le ressouyant. Un circuit relativement simple permet de tester les transistors sans les déconnecter de leur circuit. Voyons.

L'expression in situ n'est pas plus française que le in circuit des anglo-saxons, mais toutes les deux signifient la même chose : le transistor peut être vérifié sans que vous ayez à le retirer de l'endroit où il est censé jouer son rôle. Si vous n'avez pas à dessouder le suspect, notez tout de même que le circuit ne doit pas être sous tension pendant le test. Ce test in situ est rarement possible à l'ohmmètre car les composants extérieurs faussent les mesures : la résistance connectée entre base et émetteur, par exemple, conduit dans les deux sens et aucune mesure ne peut dire si la jonction base-émetteur est en bon état. Dessouder le transistor n'est pas une opération surhumaine,



mais la deuxième loi de Murphy dit que c'est toujours le dernier composant testé qui est défectueux. Il reste la possibilité de commencer par le dernier... ou bien de réaliser le testeur qui fait l'objet de cet article.

Le testeur permet de se faire une idée précise de l'état de santé d'à peu près tous les transistors, même montés dans un circuit, bien sûr. Non seulement il n'y a aucune commutation à effectuer suivant la polarité du transistor, mais le testeur permet, à condition que l'on connaisse son brochage, de savoir s'il s'agit d'un PNP ou d'un NPN.

bascule astable

Le circuit est construit autour de deux bascules JK, les deux rectangles de la figure 1. Les deux bascules, repérées IC1a et IC1b, sont contenues dans un même

circuit intégré CMOS, de type 4027. Bien qu'elles soient parfaitement identiques, elles sont utilisées de deux manières différentes dans ce montage. La première, IC1a, est transformée en multivibrateur astable, ou générateur de signaux carrés, alors que la deuxième sert de tampon entre l'oscillateur et le transistor à tester. Il existe une foule de types de bascule : D (data), RS (reset-set), RS synchrone, JK maître-esclave, etc. La postérité rendra grâce à elex d'avoir inventé la bascule astable. La transformation d'une bascule en multivibrateur n'est pas habituelle, mais pourtant facile. Bien que les types de bascules soient variés, leur principe est le même : il s'agit toujours d'un circuit logique muni de deux sorties complémentaires, c'est-à-dire dont le niveau est toujours opposé. Quand la sortie Q est à 1, la sortie \bar{Q} est à zéro

et inversement. Pour ce qui est du nombre des entrées, il en va autrement, et c'est ce qui différencie les types de bascules. Notre choix étant fixé sur les bascules JK du 4027, examinons le schéma de la figure 1.

le fonctionnement

Chaque bascule joue un rôle différent dans le fonctionnement du testeur. Les résistances R1, R2 et les condensateurs C1, C2 fixent à 100 Hz la fréquence de l'oscillation d'IC1a. L'oscillation se produit grâce à la charge des condensateurs, qui provoque le changement d'état de la bascule. Supposons que la sortie Q est à 1 : le courant qui traverse R1 s'en vient charger le condensateur C1, dont la tension augmente. À force d'augmenter, la tension va atteindre le niveau reconnu par l'entrée R (reset) comme

pour vérifier
 l'état des
 transistors
 sans
 les
 dessouder

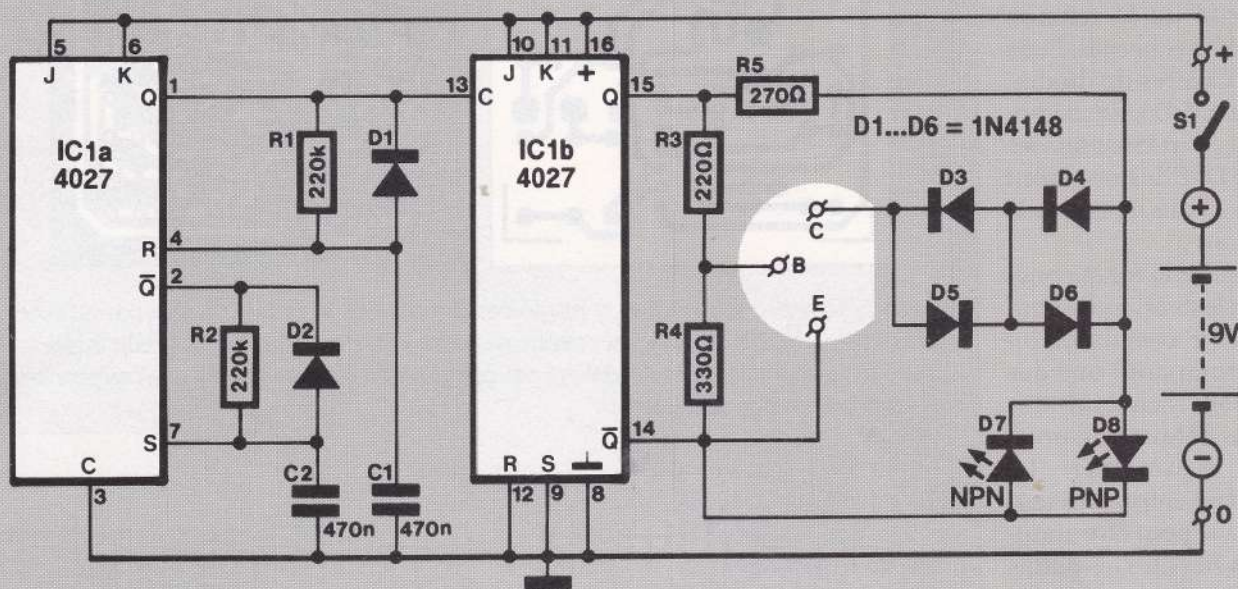


Figure 1 - La partie gauche du schéma représente un oscillateur ou multivibrateur astable qui délivre un signal carré. Ce signal carré est utilisé par le reste du circuit pour produire les tensions de test du transistor. Si le transistor est bon; une seule des deux LED doit s'allumer à la fois.

un 1 logique, et provoquer la remise à zéro de la bascule. La remise à zéro a deux conséquences : la première est que la sortie \bar{Q} (dite sortie complétement) passe à 1 et qu'elle commence la charge de C2 ; la deuxième est que le condensateur C1 se décharge par la diode D1 et se trouve prêt pour la prochaine alternance. Dès que C2 aura atteint la tension suffisante, l'entrée S (set) remettra à 1 la sortie vraie (Q) et le cycle pourra recommencer.

La deuxième bascule est actionnée, à travers son entrée d'horloge (C pour clock) par le signal carré de la première. La sortie prend à chaque front montant du signal d'horloge la valeur opposée à celle qu'elle avait jusque là. Autrement dit, elle délivre un signal carré dont la fréquence est la moitié de celle du signal d'horloge, soit 50 Hz. La sortie complétement \bar{Q} délivre un signal opposé à la même fréquence. Ce sont ces deux

tensions qui sont appliquées au transistor à tester par les connexions repérées E, B, C sur la figure 1. Les plus perspicaces auront deviné qu'il s'agit de l'Émetteur, de la Base et du Collecteur. Les autres peuvent le noter car nous ne le répéterons pas. Supposons qu'il n'y a pas de transistor raccordé à ces trois points, que les fils soient en l'air. Dans ce cas, la sortie Q étant à 1, la LED D8 s'allume puisque le courant qui traverse R5 retourne à la masse par la sortie \bar{Q} qui se trouve à zéro. Si c'est \bar{Q} qui est à 1, la LED D7 s'allume puisque Q est à zéro. Comme les deux sorties changent d'état 50 fois par seconde, notre oeil les voit allumées simultanément.

Comme il n'y a toujours rien de raccordé au point B, la tension qui y règne est d'environ la moitié de la tension d'alimentation, du fait de la division par R3 et R4. C'est cette tension que nous utiliserons comme tension de commande du transistor

suspect. Dans tous les cas, elle est suffisante pour mettre en conduction un transistor en bon état.

le test

Vous ne connaissez pas la polarité du transistor à tester, que le type vous en soit inconnu ou que le marquage soit effacé. Vous établissez la tension d'alimentation (du testeur) par l'interrupteur S1. À ce moment, la tension des broches 14 et 15 de la deuxième bascule passe alternativement de 9 V (ou à peu près) à 0 V (ou pas loin). Quand la tension de Q est haute, la tension du point B est positive par rapport à celle du point E. Si le transistor raccordé est un NPN en bon état, il va conduire et même se trouver quasiment saturé : sa tension émetteur-collecteur va tomber à une toute petite fraction de volt (0,1 V). Le courant débité par R5 traversera les deux diodes D3 et D4 et l'espace

collecteur-émetteur. La LED D8, qui seule avait une chance de conduire pour cette polarité de la tension entre Q et \bar{Q} , est court-circuitée par le transistor et elle reste éteinte. Pendant l'alternance suivante, le transistor est bloqué par une tension de base négative par rapport à l'émetteur, la LED D8 est polarisée en inverse, le courant de R5 peut traverser la LED D7 qui n'en demande pas plus pour s'allumer. En résumé, la LED D7, repérée NPN, s'allume seule si le transistor en test est du type NPN et qu'il est en bon état. Vous pouvez conduire (sans attendre l'âge du permis) un raisonnement similaire pour le cas d'un transistor PNP.

court-circuit C-E

Si une seule des LED s'allume, vous en déduisez à la fois la polarité et l'état du transistor en test. Si les deux s'allument, vous savez que le transistor est défectueux

ou absent. Que se passe-t-il si l'espace collecteur-émetteur est en court-circuit ?

Dans ce cas, quelle que soit la polarité de la tension appliquée aux bornes, l'une des deux paires de diodes, D3-D4 ou D5-D6, va conduire, ce qui court-circuitera les deux LED. Elles resteront éteintes et vous en tirerez la conclusion.

Pour vérifier le fonctionnement du testeur, vous pouvez simuler avec du fil, ou en interrompant l'une des connexions, chacun des types de défaut que nous venons d'examiner. Le court-circuit entre collecteur et émetteur peut être simulé par un fil entre les points C et E. Il s'accompagne le plus souvent d'un court-circuit entre base et émetteur, que vous pouvez simuler aussi. Le courant de R5 traversera le court-circuit et les diodes D3 et D4, ou D5 et D6 suivant la polarité à un moment donné. Comme les diodes au silicium ont une tension de seuil comprise entre 0,6 et 0,7 V, la tension n'atteindra pas les 1,6 V nécessaires pour une LED rouge.

La coupure de la jonction collecteur-émetteur peut être simulée en laissant les fils correspondants en l'air. Dans ce cas, les deux LED sont alimentées à tour de rôle et paraissent allumées simultanément.

les autres défauts

Il se peut aussi que l'une seulement des deux jonctions du transistor soit défectueuse, en court-circuit ou ouverte. Il peut s'agir aussi bien de la jonction base-émetteur que de la jonction base-collecteur. Dans le cas du court-circuit, le transistor se comporte comme une simple diode, constituée par celle des deux jonctions qui reste intacte. Dans le test d'un transistor en bon état,

la LED dont la polarité correspond à celle du transistor est éteinte parce que la tension collecteur-émetteur tombe à 0,1 V ; augmentée de celle des deux diodes, la tension ne s'élève qu'à 1,3 V, ce qui reste insuffisant pour allumer la LED. Au contraire, avec une jonction en court-circuit, le transistor présente une tension de 0,6 à 0,7 V ; ajoutée à celle des deux diodes, elle est suffisante (1,8 V) pour allumer la LED. Vous pouvez simuler cet état du transistor en branchant une diode entre le point B et le point C, et en reliant par un fil le point B et le point E. Vous pouvez aussi laisser le point E en

l'air, ce qui correspond à une jonction ouverte. Les deux LED s'allumeront ensemble. Ces essais du testeur vous donneront une image exacte de ce qui se passe pour chacun des défauts possibles des transistors. Dans tous les cas de défaut les deux LED s'allument ensemble. La nature du défaut n'est pas apparente, mais l'état du transistor ne fait pas de doute : il est défectueux si les deux LED s'allument. Un transistor en bon état ne laisse s'allumer qu'une seule des deux LED, à condition que vous n'ayez pas interverti les connexions.

la construction

Pour répondre à des demandes répétées du courrier des lecteurs, nous vous proposons un dessin de circuit imprimé pour ce petit appareil de test (figure 2). Comme d'autre part vous nous demandez souvent des indications quant aux coffrets que nous utilisons, le circuit est conçu pour se loger dans le coffret C1 de MMP qui a eu les honneurs d'un périscope dans *elex* n°34 de juin dernier. L'implantation ne pose pas de problème, si ce n'est le respect de la polarité des diodes. Un support à 16 broches est bienvenu pour le

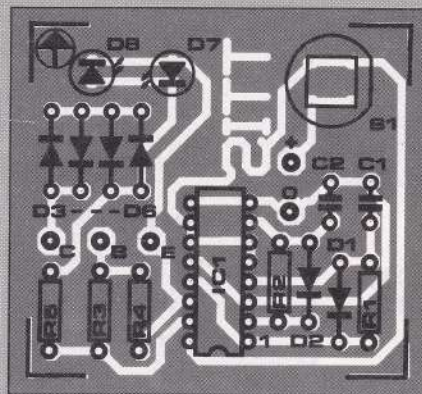
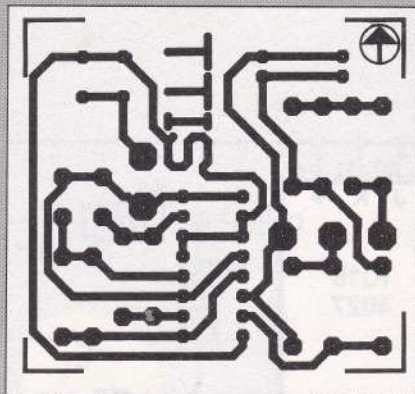
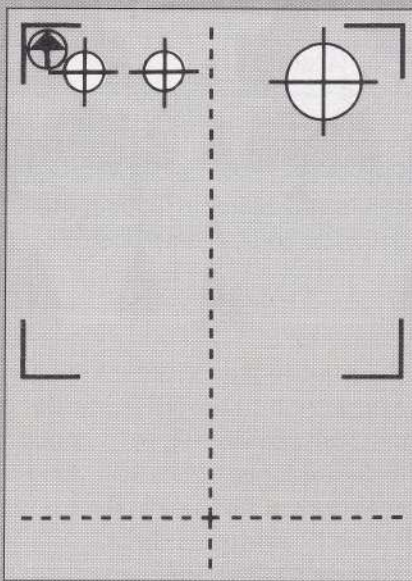


Figure 2 - La gravure du circuit imprimé dessiné pour ce montage ne sera pas difficile : les pistes sont épaisses à souhait et aucune ne passe entre les broches du circuit intégré. Malgré les dimensions réduites, la densité des composants est assez faible pour mettre le montage à la portée des débutants.

Figure 3 - Le perçage des boîtiers à bords arrondis n'est pas facile si on veut un minimum de précision. Il faudra utiliser l'axe du coffret, de préférence aux bords, pour repérer les perçages correspondant au circuit imprimé. Copiez le gabarit sur un papier calque, collez le papier calque suivant les repères,



puis pointez les trous à la pointe à tracer. L'idéal pour le perçage de la matière plastique est un foret à étages à une seule goujure entraîné à vitesse lente, voire à la main.

liste des composants

R1, R2 = 220 kΩ
R3 = 220 Ω
R4 = 330 Ω
R5 = 270 Ω

C1, C2 = 470 nF

D1 à D6 = 1N4148
D7, D8 = LED rouge 5 mm
IC1 = 4027

S1 = touche ronde D6

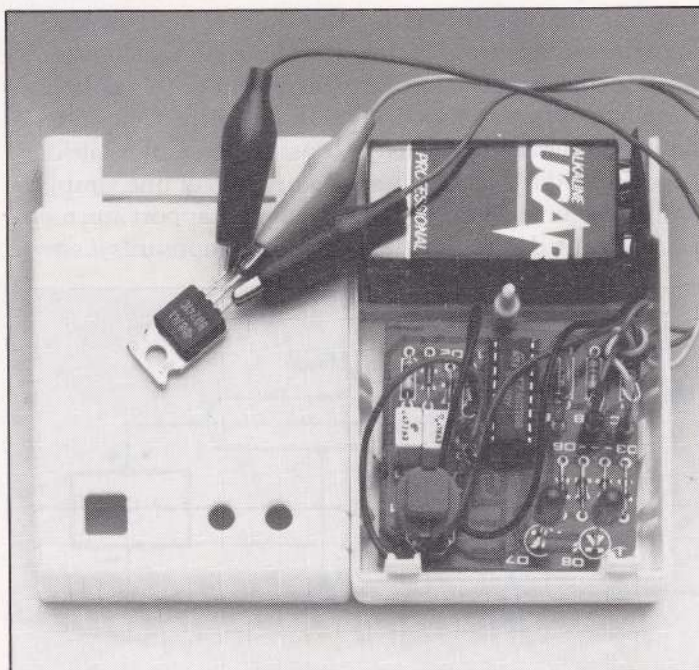
coffret MMP C1
coupleur de pile 9 V

circuit intégré. L'interrupteur S1 est une touche destinée à être implantée sur un circuit imprimé, mais elle n'est pas assez haute pour affleurer à la surface du coffret. Qu'à cela ne tienne ! Nous allons ruser en la montant sur quatre picots (mâles) à souder, lesquels assurent le contact électrique. Attention au sens de la touche, car les deux broches de chaque côté du méplat sont court-circuitées intérieurement. Ce court-circuit remplace les ponts de câblage dans certains dessins de circuits imprimés au tracé délicat ; vous le reconnaîtrez facilement à l'ohmmètre ou au testeur de continuité. Comme il est déconseillé de s'en remettre aux seules soudures pour l'assujettissement mécanique de la touche sur les picots, nous vous recommandons de couper une entretoise en matière plastique (≈1 cm) et de la coller sous la touche. L'alimentation est confiée à une pile de 9 V dont le logement est prévu dans le coffret. Pour le perçage du coffret, utilisez le gabarit de la figure 3. Les cotes ne sont pas prises par rapport aux bords

du coffret mais par rapport à son axe. Les bords sont arrondis et ne permettent pas une mesure facile. Il faudra donc avoir recours à une équerre de menuisier pour marquer l'axe longitudinal du coffret (sa largeur hors tout est de 58,5 mm) et tracer les perçages par rapport à lui. Dans l'autre sens, le repère ne pose pas de problème puisque c'est le bord du couvercle du compartiment à pile.

La connexion au transistor peut se faire de deux façons : soit vous percez un flanc du coffret pour y installer trois douilles banane de 2 mm, raccordées au circuit imprimé par des fils et des cosses ; soit vous soudez aux cosses des fils terminés par des pinces crocodile miniature. Dans les deux cas, les cosses viendront s'enficher sur les picots E, B et C. Les douilles (ou les orifices des fils) seront repérés E, B et C pour émetteur, base et collecteur, redisons-le. La pile de 9 V assure une autonomie importante puisque, grâce au poussoir, elle ne débite que pendant les mesures proprement dites.

89029



composants

transistors PNP & NPN

Les transistors sont constitués de trois couches de matériau semi-conducteur. Il s'agit actuellement de silicium, mais il pourrait s'agir d'autre chose : le germanium a été utilisé dans les débuts et rien ne dit que les recherches qui se poursuivent n'aboutiront pas à l'utilisation d'autres matériaux. Ce silicium est chargé en impuretés, ou en atomes étrangers, qui lui donnent ses propriétés suivant leur nature. Les impuretés peuvent comporter des électrons supplémentaires, qui font du silicium un matériau N, ou des « trous » qui en font un matériau P. La jonction entre une couche N et une couche P constitue une diode, les deux jonctions qui relient trois couches forment un transistor, PNP ou NPN suivant la nature des couches. Il est possible de vérifier à l'ohmmètre que les jonctions se comportent comme des diodes, il est possible aussi d'utiliser les jonctions comme des diodes, ou comme des diodes zener de 7 V environ, mais il n'est pas possible de construire un transistor avec deux diodes.

