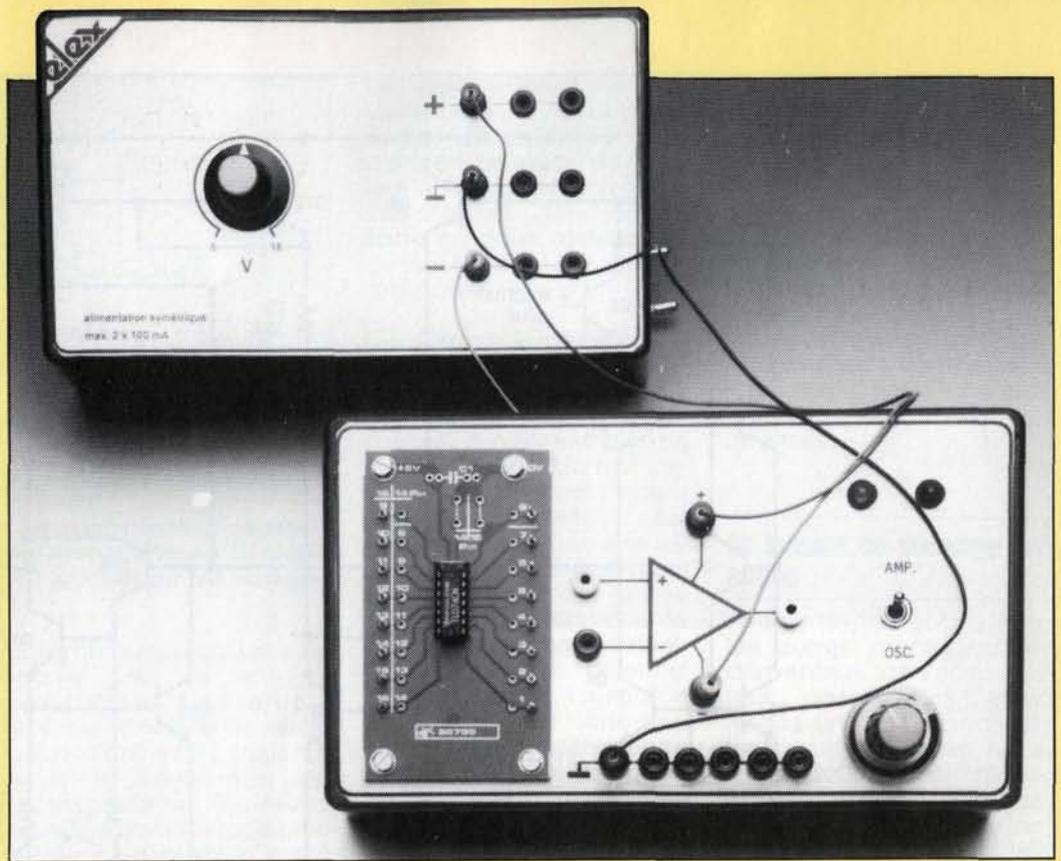


Comme promis le mois dernier, lors de la publication de l'alimentation symétrique variable, voici le testeur d'amplificateurs opérationnels, véritable stéthoscope à l'aide duquel vous pourrez sonder ces composants... Ce testeur a sa place dans l'outillage de tout électronicien qui utilise ou plutôt réutilise des amplificateurs opérationnels récupérés après une première jeunesse passée dans d'autres circuits, aujourd'hui caducs... Depuis le dernier numéro, nous avons entrepris une petite étude fondamentale des amplificateurs opérationnels, dont le deuxième volet paraît ce mois-ci. Vous ne perdrez pas votre temps en les lisant.

Rien ne s'oppose à la récupération, surtout par un amateur, de circuits intégrés. Compte tenu du fait que la plupart des pannes interviennent dans les pre-



# testeur d'amplificateurs opérationnels

le composant testé est mis à l'épreuve dans un multivibrateur astable et un amplificateur inverseur

mières heures d'utilisation, on peut même aller jusqu'à affirmer que des composants d'occasion sont, par la force des choses, moins sujets à des pannes précoces que ne le sont des composants neufs.

**Les composants d'occasion sont, par la force des choses, moins sujets à des pannes précoces que ne le sont des composants neufs**

Néanmoins, avant de les remettre en circuit, il importe de tester les compo-

sants récupérés. C'est pourquoi nous avons déjà publié des schémas de testeurs et que nous continuerons de le faire, avec notamment ce testeur d'amplificateurs opérationnels.

Pour tester un composant quel qu'il soit, il convient de le mettre dans un circuit de référence, avec lequel il doit se comporter de telle manière qu'un certain nombre de résultats bien définis soient obtenus. Ici, l'amplificateur opérationnel à tester est monté tour à tour dans un circuit de multivibrateur astable et d'amplificateur inverseur. Ce sont d'ailleurs là deux

des applications les plus courantes de ces composants. Ici, pour passer de l'une à l'autre, rien de plus à faire que d'inverser la position du levier d'un interrupteur.

Contrairement à ce que l'on pourrait craindre, le circuit du testeur est modeste, à en juger par le schéma de la **figure 1**. Ouf ! Le composant à tester est affublé du sigle C.A.T. et c'est aux symboles en forme de cercle barré d'une ligne oblique utilisés pour ses broches d'alimentation, d'entrée et de sortie que l'on reconnaît qu'il s'agit d'un composant

amovible. S'il n'y avait pas S1, on pourrait même affirmer qu'il s'agit d'un circuit très simple. C'est ce double interrupteur qui sert à changer de mode de fonctionnement : quand il est ouvert, le circuit fonctionne en multivibrateur astable, quand il est fermé, il devient amplificateur inverseur. Commençons par examiner le premier mode.

## Multivibrateur astable

Si l'on fait abstraction des oscillateurs à quartz, tous les circuits oscillants fonctionnent selon le même

principe qui consiste à charger et à décharger tour à tour un condensateur à travers une résistance, en bouclant le circuit sur lui-même. C'est ce que montre la figure 2 où l'on ne retrouve du schéma de la figure 1 que ceux des composants du testeur d'amplificateurs opérationnels qui participent au fonctionnement du multivibrateur astable. En regard du schéma du CAT monté en multivibrateur astable, nous vous donnons les courbes qui rendent compte du fonctionnement de ce circuit.

Les résistances R1 et R2 forment un diviseur de tension, alimenté par la sortie de l'amplificateur opérationnel, qui fixe sur l'entrée + du CAT la tension que celui-ci va s'efforcer d'élaborer sur son entrée -, à l'aide précisément de sa sortie. Cette tension devient la tension de charge et de décharge de C2 à travers R4.

Ne nous affolons pas et partons de la situation dans laquelle est le circuit lors de la mise en service, en considérant que la tension d'alimentation est de  $\pm 15$  V. Notre condensateur C2 est encore déchargé. Comme il ne règne aucune différence de potentiel entre ses armatures, la tension à l'entrée - du CAT est de 0 V. C'est le début de la courbe C de la figure 2b. S'il faut en croire cette même figure, la sortie de l'amplificateur opérationnel a adopté le potentiel positif de l'alimentation (courbe A de la figure 2b). Selon les caractéristiques particulières du circuit intégré, il se pourrait tout aussi bien que, lors de la mise sous tension du circuit, la sortie adopte le potentiel négatif de la tension d'alimentation. Laissons de côté pour l'instant les raisons qui font que la sortie part plutôt dans un sens que dans l'autre, et admettons sans discuter qu'elle est à +15 V.

La tension qui règne sur l'entrée + du CAT est par conséquent dès cet instant de

$$R1/(R1+R2) \times 15 \text{ V}$$

c'est-à-dire en gros 0,5 V.

Si nous en étions encore au début de la courbe C de la figure 2b, et que par

conséquent le niveau de tension sur l'entrée - du CAT serait toujours inférieur à celui de l'entrée +, le comparateur chercherait à compenser cette différence et laisserait la sortie à +15 V. Mais le temps a passé, et C2 a pu se charger à travers R4 assez pour atteindre le niveau de 0,5 V présent sur l'entrée +. Il vient même de le dépasser de quelques millivolts, lesquels ne passent pas inaperçus du CAT : aussitôt celui-ci rabat en quelque sorte sa sortie vers le potentiel opposé de l'alimentation, à savoir -15 V.

La tension au point B change aussitôt de signe. De +0,5 V, nous sommes maintenant à -0,5 V sur l'entrée + du CAT. Les rapports sont inversés. L'amplificateur opérationnel monté en comparateur voit que la tension de l'entrée - est supérieure à la tension de l'entrée +, il laisse sa sortie « rabattue » à -15 V pour tenter de réduire la différence entre les deux entrées. Ceci va effectivement permettre, mais pas instantanément, à C2 de se décharger à travers R4 jusqu'à ce que la tension entre ses armatures soit retombée à zéro, et même au-delà, à -0,5 V. Il suffit qu'elle devienne plus négative de quelques millivolts que l'entrée + pour que l'amplificateur opérationnel ramène sa sortie à +15 V et que le cycle recommence.

### Allez, ne boudez pas, nous aussi on a de grandes oreilles !

La capacité de C2 et la valeur de R4 déterminent le temps que dure la charge du condensateur avant d'atteindre le seuil fixé par R1 et R2. Selon le type d'amplificateur opérationnel utilisé (lui aussi joue un rôle dans l'affaire, nous en reparlerons), la cadence de ce cycle de charge et de décharge est de trois cycles et demi à cinq cycles et demi par seconde : le multivibrateur bascule à une fréquence de 3,5 à 5,5 Hz.

La tension sur C2 passe de -0,5 V à +0,5 V et inversement. On dira que sur ce circuit, la tension d'entrée différentielle est de 1 V, du

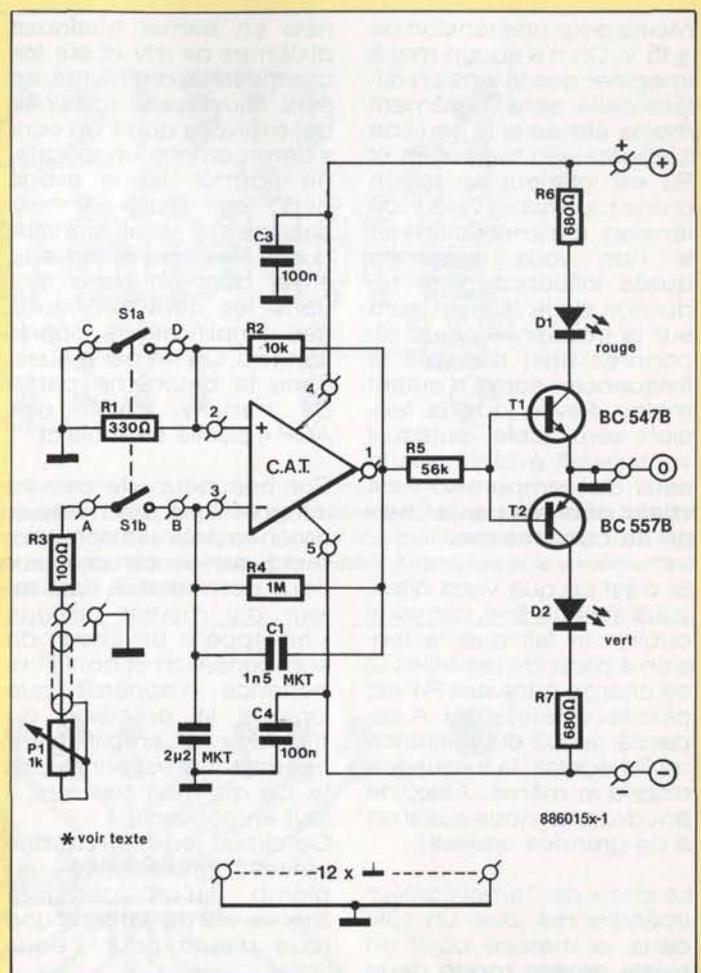


Figure 1 - Vous vous attendiez sans doute à un circuit plus imposant que cela : ce testeur d'amplificateur opérationnel, outre le composant à tester (CAT) ne comporte comme composant actif que deux transistors. Et pourtant ce circuit connaît deux modes de fonctionnement que les schémas des figures 2 et 3 vous donnent séparément.

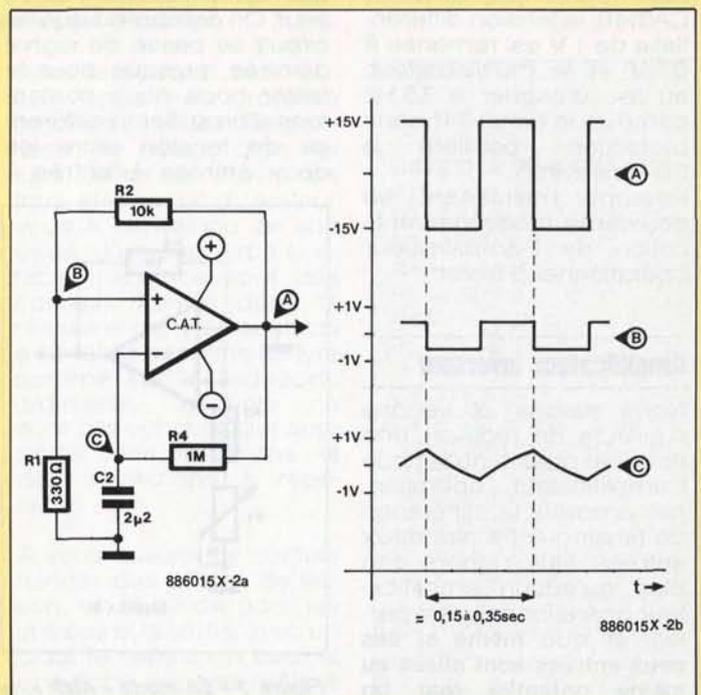


Figure 2 - En mode « OSC », le testeur d'amplificateur opérationnel est un multivibrateur astable (à propos de MVA, ne dites surtout pas au Père Noël que je vous ai raconté que le puzzle qu'il vous propose ailleurs dans ce numéro, eh bien c'est un MVA à deux transistors ; il ne faut pas qu'il le sache, c'est une peau de vache !). Sa fréquence est comprise entre 3 et 5 Hz, et vous pourrez suivre le clignotement à l'œil nu.

moins pour une tension de  $\pm 15$  V. On n'a aucun mal à imaginer que la tension différentielle sera forcément moins élevée si le seuil de comparaison fixé par R1 et R2 est inférieur en raison d'une plus faible valeur de tension d'alimentation. Et si l'on vous demande quelle influence cette réduction de la tension aura sur la fréquence, vous répondrez bien sûr que la fréquence sera d'autant moins élevée que la tension sera faible, puisqu'il vous paraît évident que le seuil de comparaison est atteint plus vite par la charge du condensateur.

Si c'est ce que vous dites, vous êtes un âne, car vous oubliez le fait que la tension à partir de laquelle C2 se charge à travers R4 est plus faible elle aussi. A capacité de C2 et résistance de R4 égales, la fréquence restera la même. Allez, ne boudez pas, nous aussi on a de grandes oreilles !

Le choix de l'amplificateur opérationnel joue un rôle dans la mesure où il en existe grosso modo deux catégories : les uns ont des entrées munies de diodes de protection contre les surtensions, les autres pas. Sur un exemplaire protégé, comme par exemple le CA3140, la tension différentielle de 1 V est ramenée à 0,7 V, et le multivibrateur, au lieu d'osciller à 3,5 Hz comme un banal 741 sans protection, oscillera à 5,5 Hz environ. Passons maintenant au deuxième mode de vérification de l'amplificateur opérationnel à tester.

### Amplificateur inverseur

Nous savons et venons d'ailleurs de recevoir une nouvelle preuve du fait que l'amplificateur opérationnel amplifie la différence de tension entre ses deux entrées. Nul n'ignore non plus qu'aucun amplificateur opérationnel n'est parfait, et que même si ses deux entrées sont mises au même potentiel (par un court-circuit), le potentiel de la sortie de l'amplificateur opérationnel ne sera pas parfaitement nul. Sur les meilleurs composants, ce décalage est de l'ordre de quelques  $\mu$ V, sur les bons amplificateurs opération-

nels on admet quelques dixièmes de mV et sur les composants ordinaires, ce sont quelques (dizaines de) millivolts que l'on considère comme un décalage normal. Nous avons déjà eu plusieurs occasions de vous signaler que c'était cela le fameux *offset* dont on parle tant dans les caractéristiques des amplificateurs opérationnels. On en parle aussi dans la deuxième partie de l'article « ABC des AOP » publié ce mois-ci.

Sur beaucoup de circuits intégrés il y a même deux broches prévues spécialement par le constructeur pour permettre à l'utilisateur d'y monter ce que l'on appelle un circuit de compensation et dont l'importance n'apparaît que lorsque la précision du montage à amplificateur opérationnel est primordiale. Ce qui n'est pas rare, il faut en convenir.

Ce circuit joue le rôle des petites masselottes en plomb qu'un garagiste monte sur la jante d'une roue d'auto pour l'équilibrer.

La figure 3 donne le schéma du testeur d'amplificateurs opérationnels simplifié dans son mode de fonctionnement comme amplificateur inverseur. On comprend que ce circuit se passe de signal d'entrée, puisque pour le tester nous nous contentons d'amplifier la différence de tension entre les deux entrées. L'entrée +

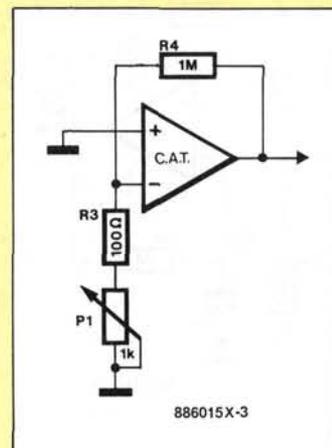


Figure 3 - En mode « AMP », le testeur d'amplificateur opérationnel amplifie sa propre tension de décalage. Le circuit ne fonctionne pas avec les très bons amplificateurs dont la tension de décalage est trop faible et les très mauvais exemplaires sur lesquels elle est trop forte.

est forcée directement au potentiel de masse équidistant des deux tensions d'alimentation : R1 a été court-circuitée et R2 quant à elle est négligeable puisqu'elle n'impose qu'une faible charge à la sortie. L'entrée - est reliée à la masse par l'intermédiaire de R3 et P1 et à la sortie de l'amplificateur opérationnel par R4. Ces trois composants forment un diviseur de tension qui détermine le gain (A) de l'amplificateur opérationnel, selon la formule

$$A = \frac{R4}{R3 + P1}$$

(pour plus de détails, veuillez vous reporter à l'article intitulé **ABC des Amplificateurs opérationnels 2<sup>e</sup> partie** dans ce numéro)

En mettant le curseur de P1 en fin de course pour obtenir la résistance la plus forte possible, le gain sera de

$1 \text{ M}\Omega / 100 \Omega = 910 \times$   
et quand le curseur de P1 sera à l'autre extrémité de la piste, nous aurons le gain le plus élevé :

$1 \text{ M}\Omega / 10 \Omega = 10000 \times$   
Avec ces deux valeurs de gain extrêmes, nous obtiendrons une amplification de la tension de décalage telle que nous pourrions commander un indicateur à deux LED, tout comme nous allons le faire avec le multivibrateur astable d'ailleurs.

Mais avant d'en arriver là, il faut évoquer le rôle de C1 et son importance. Quand on donne à un circuit comme celui-ci un gain aussi élevé que 10000, il devient instable et sensible aux moindres parasites. C'est pourquoi on ajoute ce condensateur, lequel redonne une source de problème pour certains types d'amplificateurs opérationnels qui se mettent justement à osciller à cause de lui. C'est pourquoi il faudra, pour des composants comme le LF357 remplacer C1 par une résistance de 10 k $\Omega$  montée en série avec un condensateur de 150 nF.

### L'indicateur

Pour rendre compte de l'état de l'amplificateur opérationnel testé, deux transistors sont mis en oeuvre pour commander chacun une LED. Le pre-

mier est un transistor NPN (BC547), le deuxième un transistor PNP (BC557). Ils forment donc une espèce d'étage complémentaire dans lequel ils réagiront de façon symétrique. Quand l'un commande l'allumage de D1, l'autre bloque le courant à travers D2 et inversement. Les résistances R6 et R7 limitent le courant qui circule à travers les LED.

Quand S1 est ouvert et que le testeur fonctionne en multivibrateur astable, la sortie de l'amplificateur opérationnel est soit haute (+15 V) soit basse (-15 V) sans état intermédiaire possible. Quand la sortie est haute, c'est T1 qui conduit et T2 qui est bloqué, ce qui permet au courant de circuler à travers R6, D1 et T1 de la ligne d'alimentation positive vers la masse. La LED rouge est allumée. Puis, quand la sortie de l'amplificateur opérationnel a basculé, T1 se bloque et c'est T2 qui conduit. Cette fois le courant circule de la ligne de masse à travers T2, D2 et R7 vers la ligne d'alimentation négative. La LED verte est allumée.

Le cycle se répète à raison de 3 à 5 alternances par seconde, indiquant que l'amplificateur opérationnel est en assez bon état pour faire un multivibrateur astable.

### Quand le testeur fonctionne en multivibrateur astable, la sortie de l'amplificateur opérationnel est soit haute soit basse sans état intermédiaire possible

Quand l'interrupteur S1 est fermé, le testeur fonctionne en amplificateur. Imaginons que la tension de décalage du CAT soit par exemple de 0,1 mV, positive ou négative. Le réglage de gain effectué avec P1 permet de faire passer la tension de sortie de 0,091 V (valeur de la tension de décalage de 0,1 mV multipliée par le gain minimal de 910) à 1 V (tension de décalage fois gain maximal).

Selon la polarité de la tension de décalage et selon le réglage de gain, l'un des deux transistors sera plus ou moins ouvert. En d'autres termes, si l'amplificateur opérationnel est en

bon état et si sa tension de décalage est normale, il est possible de régler la luminosité de l'une des LED sans discontinuer.

Si la tension de décalage de votre exemplaire est supérieure à 1 mV, l'une des deux LED sera allumée en permanence, compte tenu de la polarité de la tension de décalage. Dans ce cas-là, il faut augmenter la valeur de P1 et la porter à 2,2 k $\Omega$  (2,5 k $\Omega$ ). Si l'amplificateur opérationnel à tester est très bon (et partant très cher, comme par exemple un OP27), sa tension de décalage sera si faible que ce procédé de visualisation, somme toute assez simple, ne fonctionne plus de manière satisfaisante. Ce qui est rassurant dans ce cas c'est de pouvoir se dire qu'un amplificateur opérationnel qui a passé avec succès le test du multivibrateur astable a 99 chances sur 100 d'être en parfait état.

## Réalisation

Le testeur d'amplificateurs opérationnels vous est présenté non pas sous la forme habituelle d'un plan d'implantation de composants sur une platine d'expérimentation, mais sous celle d'un vrai dessin de circuit imprimé. Mieux encore : ce sont deux platines que nous vous proposons sur les figures 4 et 5.

Baucoup d'amplificateurs opérationnels sont présentés dans un petit boîtier DIL à 8 broches à raison d'un amplificateur par boîtier ; ceci n'est malheureusement pas le seul brochage possible. Il existe une grande variété de composants comme le montre la page de brochages que nous avons préparée pour vous. Il faut donc préparer le testeur à recevoir aussi bien un double amplificateur opérationnel dans un boîtier à 8 broches qu'un modèle quadruple dans un boîtier à 14 broches. Et comme il est impossible de mettre au point, avec des moyens simples, un circuit qui s'adapte automatiquement au boîtier, nous vous proposons un support de test universel que vous câblerez à la main en fonction des be-

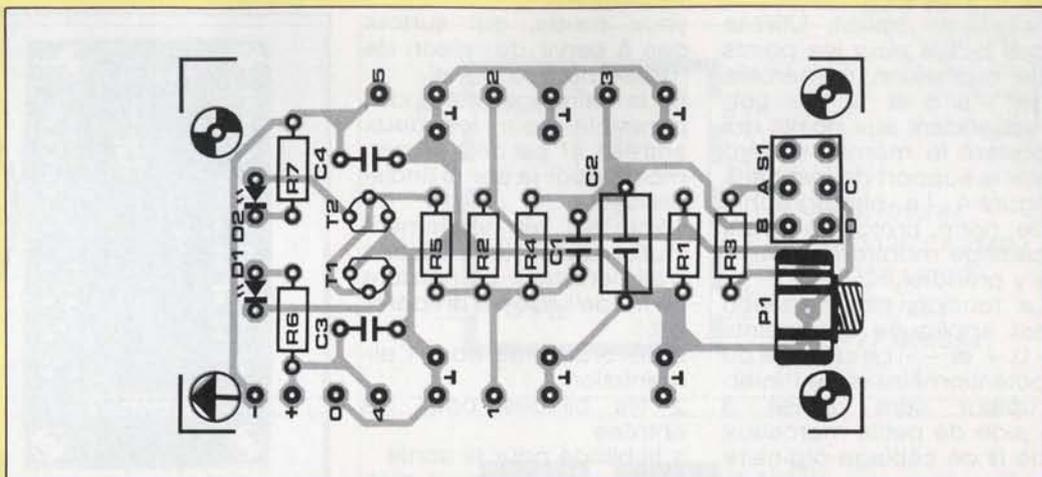


Figure 4 - Ce circuit universel peut recevoir un support à 14 ou 16 broches, toutes accessibles sur des picots de part et d'autre du support. Nous l'utilisons ici pour monter le circuit intégré à tester. Il ne sera pas tenu compte des indications sur la tension d'alimentation, le nombre de broches et le condensateur (destinées à une autre application de cette platine).

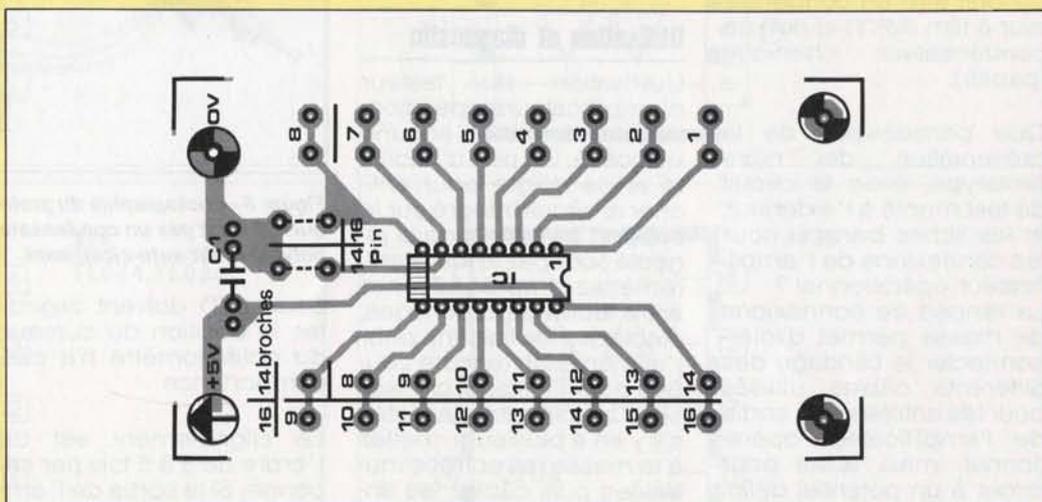


Figure 5 - Pour les composants du testeur d'amplificateur opérationnel, nous vous proposons un dessin de circuit imprimé. Utilisez des picots pour le câblage.

soins, et que vous pourrez d'ailleurs utiliser aussi pour d'autres circuits que ce seul testeur.

Pour d'autres applications que ce testeur, vous remarquerez que la platine est dotée d'une liaison d'alimentation (avec les mentions +5 V et 0 V) par l'intermédiaire des deux trous de fixation, d'un condensateur de découplage et d'un pont de câblage qui donne le choix, pour le support, entre un modèle à 14 ou 16 broches. Pour l'application envisagée ici, cette partie de la platine reste inutilisée, et le support du CAT sera un modèle à 14 broches et non à 16 broches. Si vous en avez les moyens, vous pouvez vous offrir un support spécial à force d'insertion nulle (aussi appelés supports ZIF pour *zero insertion force*). Ils sont munis d'un petit levier qui permet de bloquer et de débloquer le circuit intégré

dans le support sans aucun risque ni de tordre les broches, ni d'user les contacts. A défaut d'un tel luxe, faites au moins les frais, si le circuit du testeur vous a convaincu de son utilité, d'un support à contacts tulipe (ce sont des contacts fraisés dans la masse et non des contacts à lamelles en forme de lyre comme sur les supports ordinaires, lesquels ne sont pas conçus pour supporter des insertions et des extractions à répétition).

A vous ensuite de confectionner des câbles de liaison, en fil blindé pour les entrées et la sortie, avec un picot femelle à un bout et une fiche banane mâle à l'autre, pour établir les liaisons entre le support de test et le circuit du testeur lui-même.

Pour les composants de la platine principale du testeur, il y en a tout au plus pour une petite demi-

## LISTE DES COMPOSANTS

R1 = 330  $\Omega$   
 R2 = 10 k $\Omega$   
 R3 = 100  $\Omega$   
 R4 = 1 M $\Omega$   
 R5 = 56 k $\Omega$   
 R6, R7 = 680  $\Omega$   
 P1 = 1 k $\Omega$  lin. \*

C1 = 1,5 nF  
 C2 = 2,2  $\mu$ F MKT (pas de condensateur chimique)  
 C3, C4 = 100 nF  
 T1 = BC547B  
 T2 = BC557B  
 D1 = LED rouge  
 D2 = LED verte

S1 = interrupteur bipolaire

picots  $\sigma$  (1 mm) et  $\varnothing$   
 fiches banane  $\sigma$  et  $\varnothing$

\* cf. texte

heure de travail. Utilisez des picots pour les points de connexion numérotés de 1 à 5 et 12, qui correspondent aux points qui portent le même numéro sur le support de test de la figure 4. La photographie de notre prototype avant câblage montre comment s'y prendre.

La tension d'alimentation est appliquée aux points « 0, + et - ». Le câblage du potentiomètre et de l'interrupteur sera réalisé à l'aide de petits morceaux de fil de câblage ordinaire si leur longueur n'excède pas quelque trois ou quatre centimètres. Au-delà il faut avoir recours à du fil blindé.

C2 doit être un condensateur à film (MKT) et non un condensateur chimique (papier).

Que pensez-vous de la présentation de notre prototype, avec le circuit de test monté à l'extérieur, et les fiches banane pour les connexions de l'amplificateur opérationnel ?

La rangée de connexions de masse permet d'interconnecter le blindage des différents câbles utilisés pour les entrées et la sortie de l'amplificateur opérationnel, mais aussi pour forcer à un potentiel défini les entrées des amplificateurs opérationnels non testés dans le circuit intégré, lorsque celui-ci en contient deux ou quatre. Pour réussir, en électronique, il faut penser à tout, ne rien laisser au hasard...

Soulignons une dernière fois l'importance du blindage des fils de liaison pour les entrées et les sorties, surtout si le circuit à tester est doté d'entrées JFET à haute impédance (comme par exemple le CA3140). Pour confectionner un tel fil de liaison, vous reliez une extrémité de l'âme du fil blindé à un picot femelle (qui viendra s'enficher sur l'un des picots de la platine de test) et l'autre extrémité à une fiche banane, si tant est que vous adoptiez la même disposition que nous. Le blindage sera lui aussi relié à une fiche banane de ce côté-là. À l'autre extrémité, le blindage est coupé à ras de la gaine isolante, et n'est donc relié à rien. C'est le propre d'un blindage qui n'a pas, surtout pas

yeux ronds, oui surtout pas à servir de liaison de masse pour le signal.

Si le blindage est indispensable pour les deux entrées, il l'est déjà un peu moins pour la sortie (indispensable à partir de 10 cm), il est totalement inutile pour les liaisons d'alimentation. Le nombre de fils de liaison à préparer est :

- 2 fils ordinaires pour l'alimentation
- 2 fils blindés pour les entrées
- 1 fil blindé pour la sortie
- 6 fils ordinaires pour mettre à la masse les entrées des trois amplificateurs opérationnels non utilisés.

### Utilisation et diagnostic

L'utilisation du testeur d'amplificateurs opérationnels ne demande aucune virtuosité. Un peu d'habileté et de doigté pour enficher le circuit intégré sur le support de test, et de la jugeote : coupez le jus avant, remettez-le après ! Prenez votre feuille de brochages, établissez les liaisons pour l'alimentation (encore coupée pour l'instant), choisissez l'amplificateur à tester, s'il y en a plusieurs, mettez à la masse les entrées inutilisées puis câblez les entrées et la sortie de l'amplificateur à tester. Vérifiez le câblage. Révérifiez...

Puis mettez le circuit sous tension (voir l'alimentation symétrique du mois dernier). En mode « OSC » les

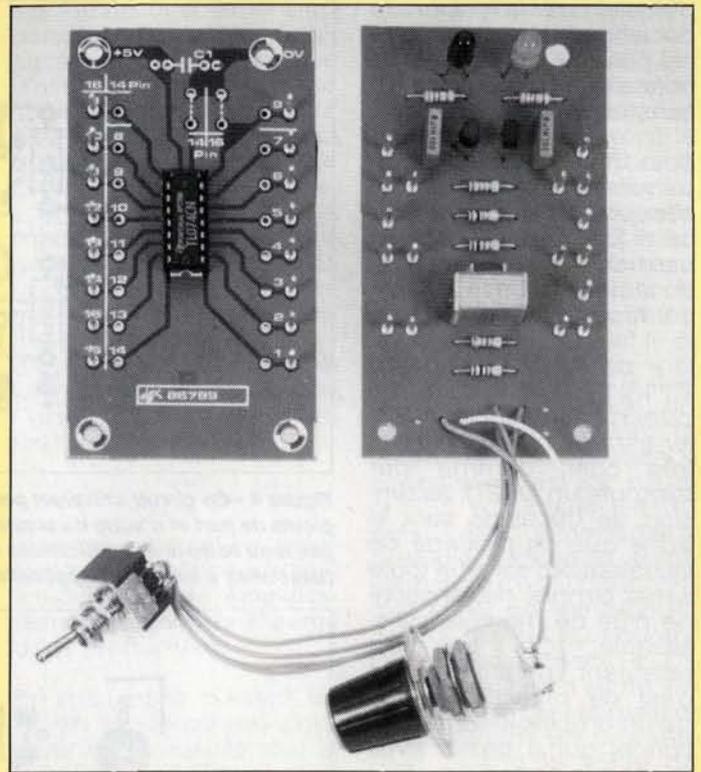


Figure 6 - Photographie du prototype avant assemblage. Remarquez que C2 n'est pas un condensateur chimique, mais un modèle à film polyester, dit auto-cicatrisant.

deux LED doivent clignoter, la position du curseur du potentiomètre n'a pas d'importance.

Le clignotement est de l'ordre de 3 à 5 fois par seconde. Si la sortie de l'amplificateur est défectueuse, il se peut que seule l'une des LED clignote, ou encore qu'elles restent allumées toutes les deux. Si c'est une entrée qui est défectueuse, il n'y aura pas d'oscillation du tout, ou alors à une fréquence qui

ne sera pas la bonne. En mode « AMP », le fonctionnement du testeur est encore plus simple à interpréter. Le potentiomètre doit permettre de commander la luminosité de l'une des deux LED, sauf si vous avez un amplificateur opérationnel de très bonne ou très mauvaise qualité.

886015

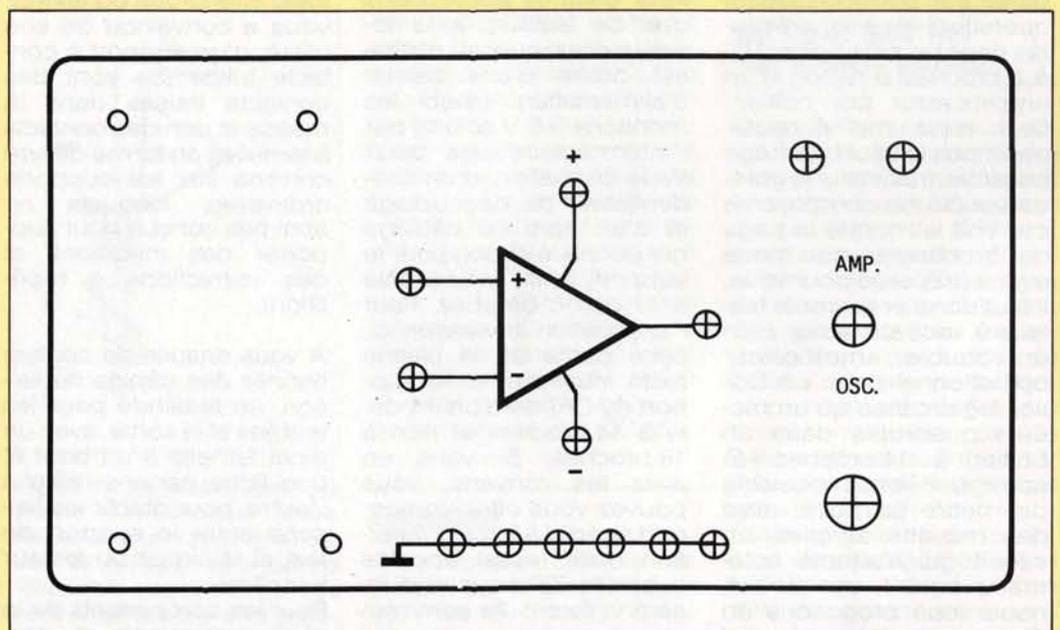
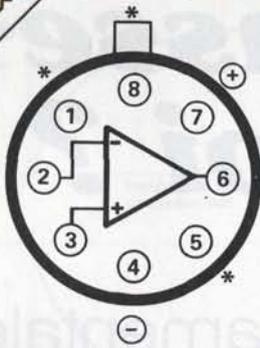
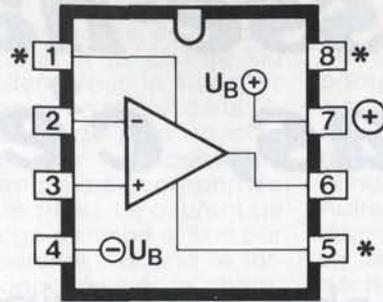


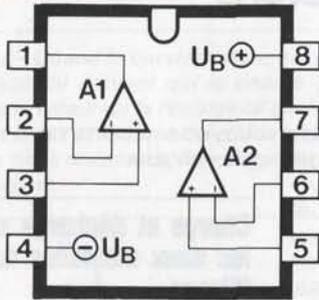
Figure 7 - Dessin de la face avant que nous avons utilisée pour confectionner notre prototype du testeur d'amplificateur opérationnel.



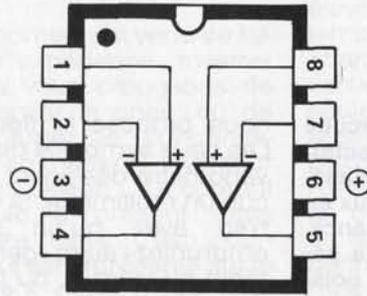
301,709,741  
CA3130,CA3140  
LF356,LF357  
OP27



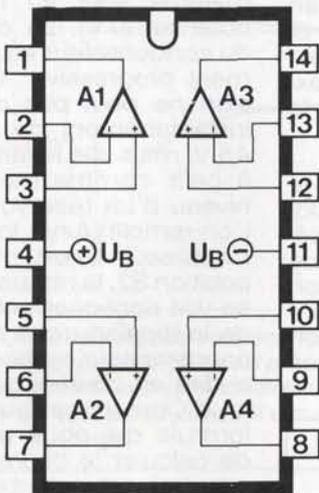
301,709,741,  
CA3130,CA3140,  
LF356,LF357  
TL071/081  
OP27,NE5534



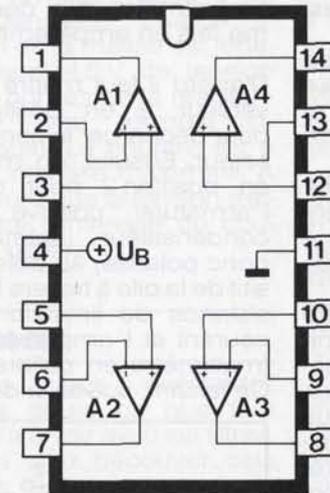
358,1458  
TL072,TL082  
NE5532



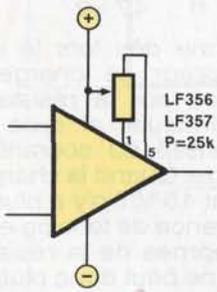
387



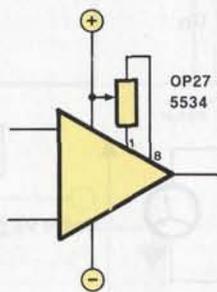
324  
TL074,TL084



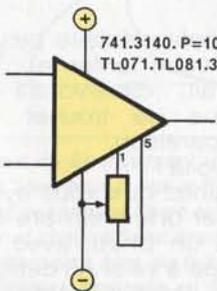
4136



LF356  
LF357  
P=25k



OP27 P=10k  
5534 P=100k



741,3140, P=10k  
TL071,TL081,3130, P=100k

COMPENSATION  
DE DÉCALAGE

type	tension d'alimentation				boîtier
	symétrique		asymétrique		
	min.	max.	min.	max.	
301	2	18	4	36	I, II
324	1,5	16	3	32	V
387	-	-	9	30	IV
709	9	18	18	36	I, II
741	2	18	4	36	I, II
1458	2	18	4	36	III
4136	2	18	4	36	VI
CA3140	2,5	8	5	16	I, II
CA3140	2	18	4	36	I, II
LF356	3	18	6	36	I, II
LF357	3	18	6	36	I, II
TL071/TL081	5	18	10	36	II
TL072/TL082	5	18	10	36	III
TL074/TL084	5	10	10	36	V
OP27					II, I
NE5532					III
NE5534					II