

ADAPTATEURS DU TFX3:

module de mesure des tensions efficaces

- I -

Principe

On sait que la mesure des tensions alternatives se heurte à pas mal de difficultés. Ces tensions ont en effet des amplitudes, des formes et des fréquences très différentes et cela rend le problème bien difficile. Généralement la mesure se fait indirectement en réalisant un redressement de ces tensions et en utilisant les tensions continues obtenues après filtrage, pour attaquer le galvanomètre associé. Mais dans ces conditions, le facteur de conversion dépend essentiellement de la forme du courant et n'est valable que pour une forme donnée sur laquelle on a fait l'étalonnage. Si la forme change, cet étalonnage n'est plus correct et la mesure est d'autant plus fautive que l'on s'éloigne de cette forme initiale.

Dans la quasi-totalité des cas, la forme retenue pour étalonner est la forme sinu-

soïdale, la plus courante et la plus classique. On règle alors le facteur de conversion pour lire la valeur de la tension efficace du courant alternatif.

Rappelons que la tension efficace est par définition, la tension de la source continue

qui produirait le même effet calorifique dans la même résistance morte. Ainsi une tension alternative de $12 V_{\text{eff}}$ produit dans une résistance pure le même effet thermique qu'une tension continue de 12 V.

Pour une forme sinusoï-

dale, la tension efficace est égale à

$$\frac{\sqrt{2}}{2}$$

fois la tension de crête, soit 0,707 fois. Ainsi, pour une sinusoïde de $10 V_{\text{cc}}$, soit de 5 V de tension de crête, la tension efficace est de $0,707 \times 5 = 3,535 V_{\text{eff}}$.

Tous les contrôleurs à aiguille ou multimètres numériques ordinaires n'ont donc un calibrage valable que lorsqu'on mesure des tensions sinusoïdales non déformées. Dès que la sinusoïde est distordue, ou pire, si l'on veut mesurer des tensions triangulaires ou rectangulaires, voire quelconques, les mesures sont sans signification.

Le montage que nous allons décrire est au contraire un mesureur de tensions efficaces vraies (True RMS). Cela signifie que, quelle que soit la forme du signal, la mesure faite est exacte !! On comprend immédiatement l'intérêt d'un tel dispositif et l'on peut se demander pourquoi il n'est pas plus répandu. La réponse est assez simple : c'est que le problème est

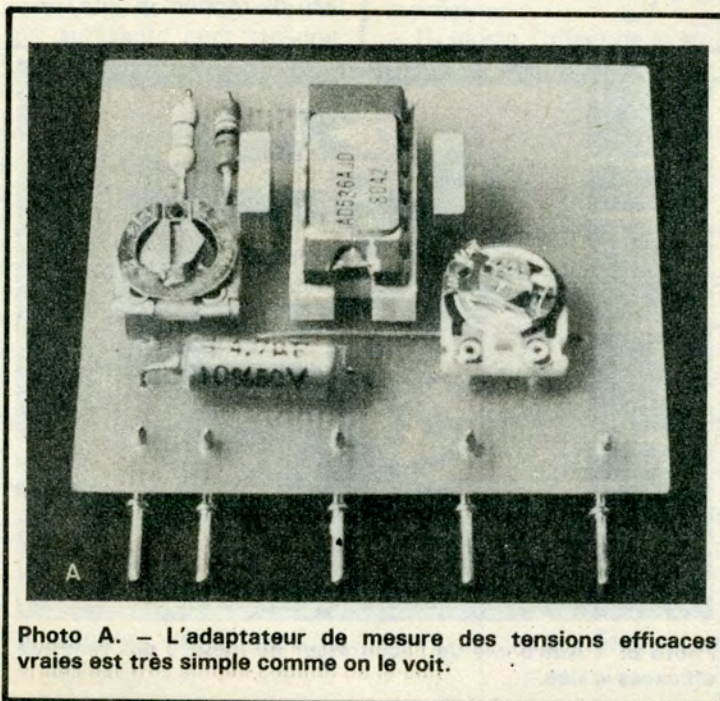


Photo A. — L'adaptateur de mesure des tensions efficaces vraies est très simple comme on le voit.

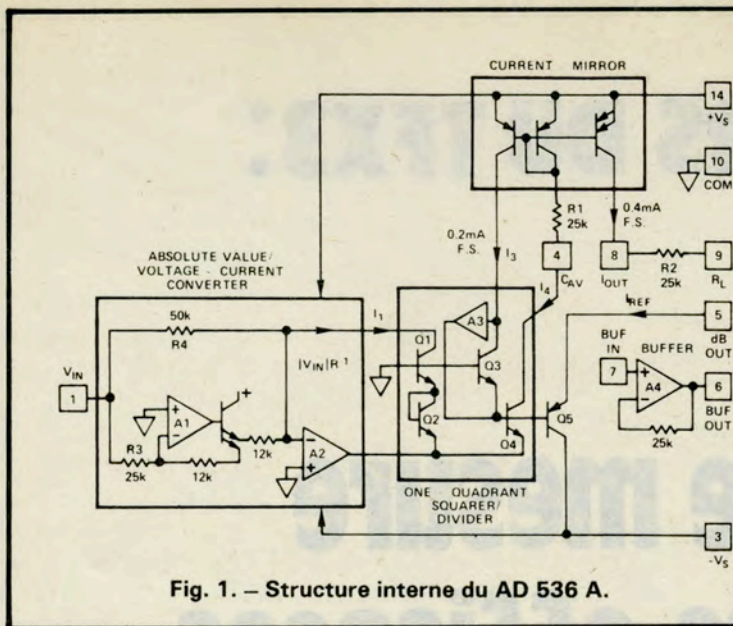


Fig. 1. - Structure interne du AD 536 A.

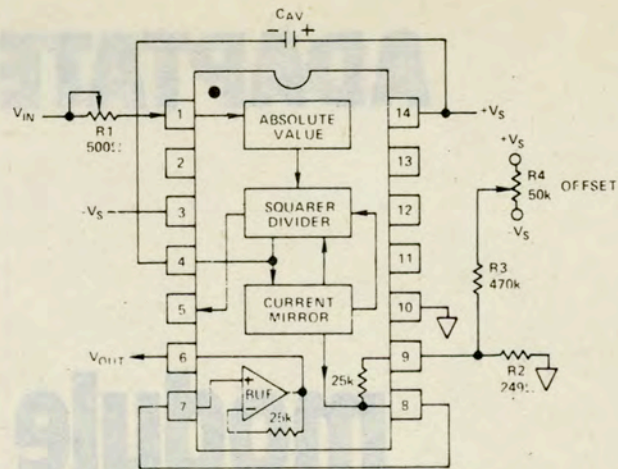


Fig. 2. - Le schéma pratique d'utilisation avec compensation externe.

lui... compliqué. Le dispositif doit faire un calcul relativement complexe. Avec des composants discrets le montage est lourd et difficile à régler. Heureusement, les circuits intégrés sont là pour résoudre ce genre de problème. On commence depuis quelque temps à trouver des circuits abordables et qui résolvent l'équation de la tension efficace vraie ! Il suffit d'en profiter et c'est ce que nous vous proposons de faire.

Les amateurs intéressés par le problème et qui voudraient en savoir plus, auront intérêt à se reporter aux n° 5 et 6 de la revue « Electronique Applications » dans lesquels M. J.C. Baud a fait une étude très intéressante sur les procédés de mesure des tensions efficaces vraies et sur l'aspect mathématique de la question.

- II -

Le circuit utilisé : le AD536A

Nous avons retenu le AD536A de Analog Devices, à cause de sa facilité d'emploi, de ses bonnes performances, de sa disponibilité correcte et de son prix de revient abordable. Nous allons en faire une étude assez rapide.

Le AD536A est un circuit complet permettant la conversion « Tension efficace vraie - tension continue ». Le AD536A calcule directement la tension efficace vraie de n'importe quelle forme d'onde, même si celle-ci est complexe et comporte ou non une composante continue. Il a un schéma permettant cette mesure avec moins de 1 % d'erreur pour des signaux très dissymétriques dont le facteur de crête atteint la valeur de 7. Le facteur de crête est le rapport entre l'amplitude de crête et la tension efficace :

$$FC = \frac{V_c}{V_{eff}}$$

Le AD536A est trimmé au laser, lors de la fabrication pour avoir des niveaux d'entrée, d'offset, de symétrie, donnant la plus grande précision. Aucun ajustage externe n'est en principe nécessaire.

Le circuit est entièrement protégé sur les entrées et sorties. L'entrée accepte des surtensions bien supérieures à la tension d'alimentation. Une coupure de l'alimentation, entrée connectée est sans danger. La sortie est protégée contre les courts-circuits.

Le AD536A existe en plusieurs versions. Nous avons choisi la plus favorable sur le plan du rapport qualité/prix :

le AD536AJD. Cette version est garantie avec une précision de 0,5 %.

Le AD536A est un calculateur analogique permettant de résoudre facilement l'équation de la tension efficace vraie, avec une large dynamique de fonctionnement. Le calcul interne est fait suivant la formule :

$$V_s = \sqrt{\text{Moyenne de } (V_n)^2}$$

La figure 1 donne un schéma simplifié. On y distingue 4 parties : un circuit d'entrée donnant la valeur absolue du signal d'entrée, un élévateur au carré/diviseur, un générateur de courant image et un amplificateur de sortie.

La tension d'entrée qui peut être positive, négative ou alternative est convertie en un courant de sens unique I_1 , par le redresseur actif A_1/A_2 . I_1 attaque ensuite une entrée de l'élévateur au carré/diviseur dont la fonction de transfert est

$$I_4 = \frac{(I_1)^2}{I_3}$$

Le courant de sortie I_4 de ce second étage attaque le générateur de courant image, à travers un filtre passe-bas formé de R_1 et d'une capacité externe C_{AV} . Si la constante de temps est plus longue que la plus longue période du signal d'entrée, alors I_4 représente effectivement une moyenne. Le courant image I_3 est égal à Moy. (I_1) et re-

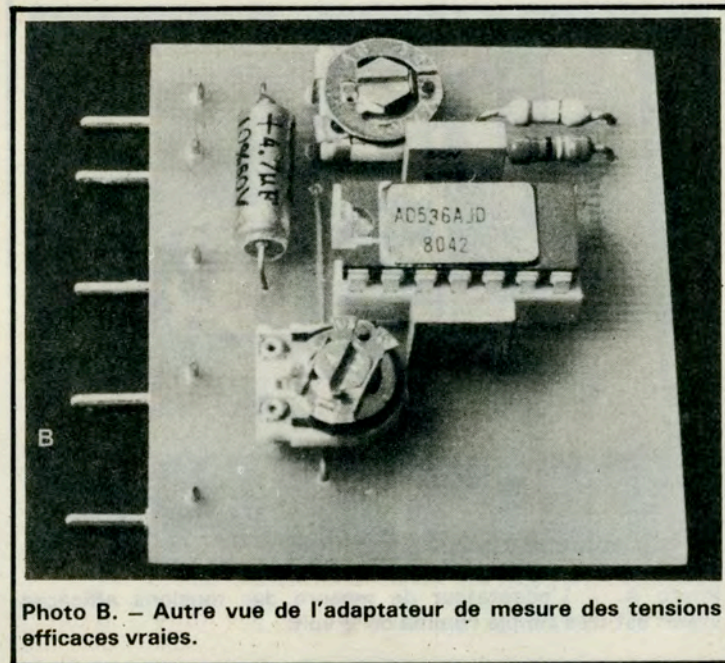


Photo B. - Autre vue de l'adaptateur de mesure des tensions efficaces vraies.

tourne vers le second étage pour terminer le calcul :

$$I_4 = \text{Moy.} \frac{(I_2)^2}{I_4} = I_1 \text{ eff.}$$

Le générateur de courant image fournit aussi le courant de sortie I_s qui est égal à $2 I_4$. I_s est converti en tension à l'aide de R_2 , puis traverse l'amplificateur de sortie A_4 , le fournissant à basse impédance.

On a alors $V_s = 2R_2 I_1 \text{ eff.}$, soit $V_s = V_o \text{ eff.}$

Quelques caractéristiques du AD536AJ :

- Précision avec ajustage externe complémentaire : $\pm 3 \text{ mV} \pm 0,3 \%$.

- Réponse en fréquence. Valeurs pour une erreur maximum de 1 %.

$10 \text{ mV} < V_o < 100 \text{ mV}$: 6 kHz

$100 \text{ mV} < V_o < 1 \text{ V}$: 40 kHz

$1 \text{ V} < V_o < 7 \text{ V}$: 100 kHz

- Entrée

Limite absolue : $\pm 25 \text{ V}$

Limite conseillée avec $\pm 15 \text{ V}$ d'alimentation : $\pm 20 \text{ V}$

Impédance : $16,7 \text{ k}\Omega$ $\pm 25 \%$

- Alimentation

Simple : $+ 5 \text{ V}$ à $+ 36 \text{ V}$

Double $\pm 3 \text{ V}$ à $\pm 18 \text{ V}$

Courant consommé : 2 mA maximum (1 mA typique)

- Gamme de température : de 0 à $+ 70 \text{ }^\circ\text{C}$.

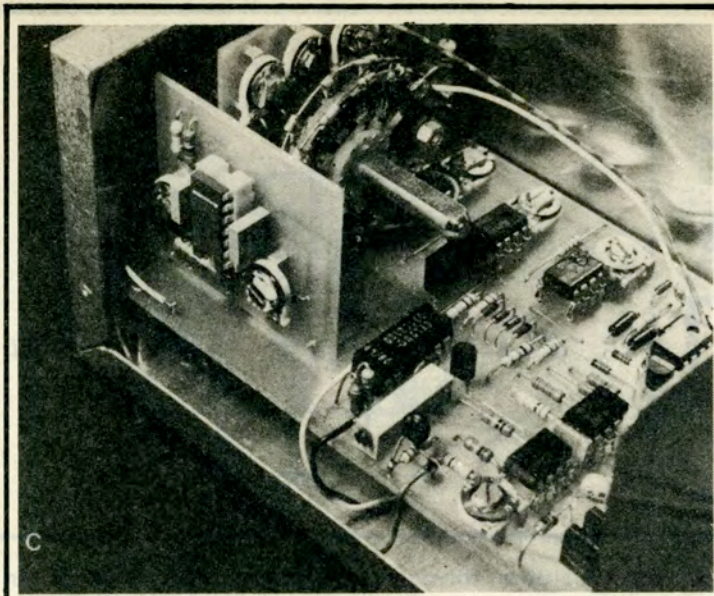


Photo C. - Le module de « True RMS » en place dans le bloc multimètre du TFX3. Noter le 10 nF ajouté sur la sortie S_A .

- III -

Le schéma d'utilisation

Si le AD536A peut être utilisé sans compensation externe, nous avons préféré prévoir une telle compensation permettant de faire passer la précision de $0,5 \%$ à $0,3 \%$. Nous utilisons donc le schéma de la figure 2 conseillé par Analog Devices.

Le condensateur C_{AV} de constante de temps du filtre passe-bas, doit avoir une valeur suffisante pour mesurer

sans erreur les basses fréquences. Avec $4 \mu\text{F}$ ($4,7$ en pratique) l'erreur additionnelle n'est que de $0,1 \%$ à 10 Hz et de 1% à 3 Hz ! La limite supérieure en fréquence est conforme aux caractéristiques ci-dessus. Nous n'éliminons pas la composante continue d'entrée. On pourra éventuellement le faire avec un condensateur extérieur, si le besoin s'en fait sentir. Des condensateurs de découplage au ras du circuit sont indispensables pour la stabilité.

Deux ajustables améliorent la précision :

- R_4 ajuste l'offset de la sor-

tie. Comme cela nécessite l'adjonction de la 249Ω , en série avec la résistance interne R_2 de $25 \text{ k}\Omega$, le facteur de conversion est augmenté de 1% environ.

- R_1 en réduisant le courant d'entrée dans le même rapport réajuste ce facteur de conversion.

Attention le AD536A est trimmé à la fabrication pour donner sa précision pour une tension efficace maximum d'entrée de 7 V .

- IV -

La réalisation

Elle est ultra simple. Le module est évidemment conçu pour s'adapter au bloc des adaptateurs du TFX3, dans le compartiment multimètre. On se reportera donc au numéro précédent traitant de ces adaptateurs. Dans notre réalisation personnelle, la plaquette est embrochable. Elle est donc pourvue de picots 10/10, s'adaptant aux douilles cage de Cambion soudées sur la platine principale. On peut, bien sûr, supprimer cela et procéder au raccordement par soudures directes, comme nous l'avons indiqué dans l'article précédent.

Comme l'entrée du AD536A est à impédance moyenne ($16,7 \text{ k}\Omega$), nous avons utilisé l'étage d'entrée

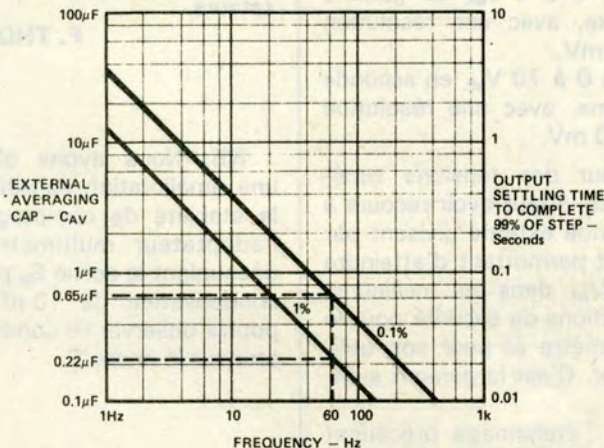


Fig. 3. - Influence de C_{AV} sur la précision aux fréquences basses.

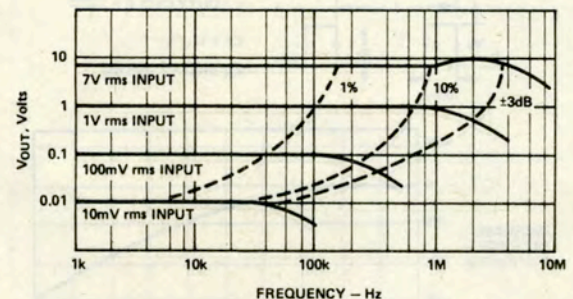


Fig. 4. - Réponse en fréquence du AD 536 A.

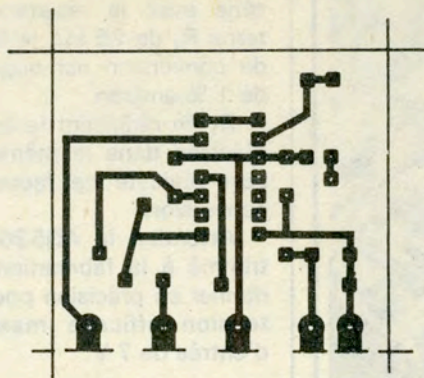
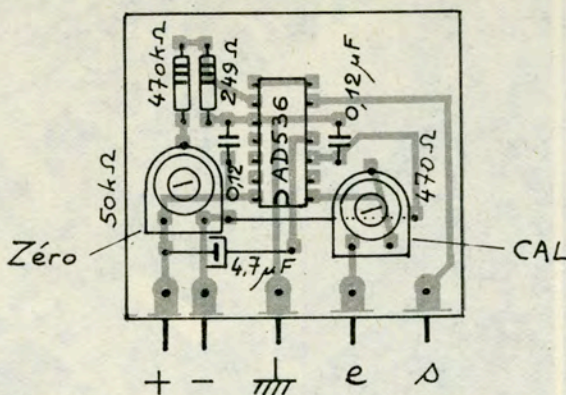


Fig. 6. - C.I. de l'adaptateur.



Liste des composants

- 1 AD536AJD
- 1 support DIL 14 br.
- 1 470 kΩ 1/4 W
- 1 249 Ω 1 %
- 1 VA05H 47 kΩ
- 1 VA05H 470 Ω
- 1 4,7 μF chimique
- 2 0,12 μF cér.

Tous ces composants disponibles chez Sélectronique, avec le circuit imprimé.

du multimètre pour obtenir la haute impédance nécessaire aux mesures. Donc, en alternatif, atténué ou non par la commande de sensibilité (directe ou : 10), le signal n'atteint le AD536A qu'à travers le premier LF356, monté en suiveur de tension.

Le dessin du CI est donné en figure 6. Il s'agit d'une simple face époxy 15/10. La pose des composants dont la liste est ci-dessous, se fait sans difficulté en suivant la figure 7. On veillera simplement à ne pas oublier le strap.

- VI -

Étalonnage

Mettre le AD536A en place dans le bon sens. Mettre TFX3 et adaptateurs sous tension dans la configuration

« Multimètre » et en fonction « alternatif ».

L'étalonnage précis ne doit se faire qu'après un temps de préchauffage d'une dizaine de minutes.

— Mettre le commutateur de fonctions sur la position « 0 » et régler l'offset du AD536A, par R₄ pour lire 0.

NB. Une autre méthode de réglage de R₄ consiste à mesurer une tension continue très faible, 10 mV par exemple en faisant le réglage pour lire cette valeur.

— Le zéro étant calé, mesurer maintenant en « x1 » une tension continue de 5 V environ. Cette tension préalablement mesurée en voltmètre « continu ». Faire le réglage de R₁ pour lire la bonne valeur.

— Injecter maintenant un signal alternatif 1 000 Hz, de forme quelconque et de niveau 5 V_{eff} environ. Mesurer

soigneusement ce niveau en gamme directe (x1). Passer alors en gamme atténuée (x10) et régler le petit ajustable de 2/22 pF du pont diviseur, pour lire exactement le 1/10 de la valeur précédente. Un tournevis isolant est de rigueur.

L'étalonnage est terminé. Le fait de pouvoir faire ce travail avec une tension continue n'est pas le moindre avantage de ce circuit !

Rappelons que la précision n'est gardée que jusque 7 V_{eff}. Notre multimètre ne sera donc que de 7 000 points en alternatif. Toujours penser aussi à la précision de 0,5 % environ. Cela donne une erreur possible de 35 points pour les 7 000 maximum !

Le multimètre ayant deux gammes nous permet de mesurer :

- de 0 à 7 V_{eff}. en gamme directe, avec une résolution de 1 mV,
- de 0 à 70 V_{eff}. en seconde gamme, avec une résolution de 10 mV.

Pour des tensions supérieures, il faut avoir recours à la sonde externe divisant par 10 et permettant d'atteindre 700 V_{eff}. dans les meilleures conditions de sécurité pour le multimètre et pour son utilisateur. C'est largement suffisant.

Si l'étalonnage précédent a été correctement fait, vous allez pouvoir maintenant mesurer les tensions efficaces vraies de tous les signaux entrant dans les limites d'ampli-

tude et de fréquence définies ci-dessus. Par exemple :

- Signal bien sinusoïdal de 10 V_{cc} ou de 5 V_{cc}. On a V_{eff} = 0,707 V_{cc}. Cela doit vous donner 3,535 V_{eff}.
- Signal triangulaire symétrique de 10 V_{cc}. Pour cette forme, on a

$$V_{\text{eff.}} = \frac{V_{\text{c}}}{\sqrt{3}}$$

On obtiendra 2,88 V_{eff}.

- Signal rectangulaire symétrique de 10 V_{cc}. Cette fois

$$V_{\text{eff.}} = \frac{V_{\text{cc}}}{2}$$

La mesure vous donnera donc 5 V_{eff}.

Vous vous rendrez compte alors que vos anciens mesureurs de tensions alternatives étaient des « plaisanteries » et encore une fois, nous l'espérons, vous serez heureux de nous avoir suivi en construisant le TFX3 et ses adaptateurs.

F. THOBOIS

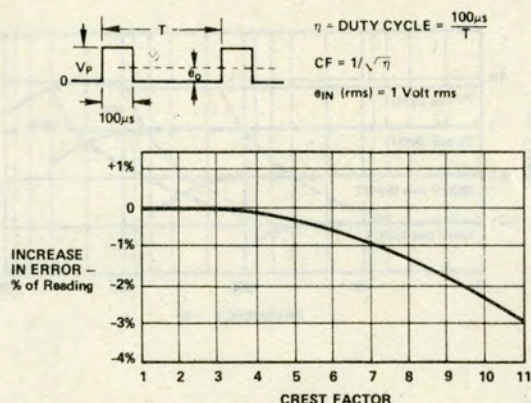


Fig. 5. - Influence du facteur de crête sur la précision des mesures.