

TRACEUR DE COURBES CARACTÉRISTIQUES DE TRANSISTORS

par J.-P. Lavau

7^e prix de notre concours

RP 284 juillet 71

Pour l'heureux possesseur d'un oscilloscope, que celui-ci soit « modeste ou performant », il est possible d'adjoindre un traceur de caractéristiques à la panoplie de ses appareils de mesure.

Pour nous amateurs, quelle peut être l'utilité d'un tel appareil :

1° Vérification de quelques transistors « marqués ».

— Tension max. collecteur-émetteur.

— Gain β en statique et en dynamique.

— Courant de fuite collecteur-émetteur, pour base en l'air (I_{ceo}) et base reliée à l'émetteur (I_{ces}).

— Tension de saturation V_{ce} pour un courant collecteur donné.

— Approximation de la puissance dissipable.

— Linéarité du gain.

— Recherche de la droite de charge ou du point de polarisation optimum (pour les zeners particulièrement).

2° Vérification des zeners et des diodes.

— Tension inverse max.

— Tension directe pour un courant donné.

— Coude de zener.

3° Recherche des caractéristiques de transistors inconnus.

P.N.P.; N.P.N., silicium, germanium, gain, tension de claquage...

L'énumération succincte et incomplète des possibilités de cet appareil et la rapidité avec laquelle on peut déterminer les caractéristiques de l'élément mesuré, en font un outil indispensable à l'amateur qui possède des transistors soit vieux, de source inconnue ou plus couramment achetés à bas prix et dont il faut contrôler les performances, si l'on ne veut pas avoir de surprise lors de l'essai d'appareils construits avec ces composants.

LIMITES DU TRACEUR

— Tension V_{ce} de 0 à 110 V.

— Palier entre marches de ΔI_b 3 μ A à 3 mA.

— Courant collecteur max. 1 A.

— RC de 47 Ω à 5,6 k Ω .

— Nombre de caractéristiques visibles sur l'écran : 6.

— Possibilité d'appariement, supports de transistors mis en position « mesure » par un inverseur.

— Possibilité d'appliquer sur la base une tension inverse.

— Douilles pour le branchement de cordons doublant le support de transistors (pour élément monté sur châssis ou radiateur).

PRINCIPE DE LA MESURE

(Fig. 1)

Nous voulons relever la caractéristique $I_c = f(V_{ce})$ pour différentes valeurs (six) de I_b .

— Deux générateurs distincts alimentent le transistor.

— Un générateur de tension V_{ce} qui produit une tension en arches (redressement double alternance).

— Un générateur de courant I_b qui donne une valeur de I_b constante pendant une arche, mais progressant d'une certaine valeur (choix par ΔI_b) à chaque arche.

— Un circuit placé en série dans le générateur de V_{ce} permet de mesurer I_c .

La tension disponible au point C est la tension collecteur masse, c'est-à-dire dans le cas présent V_{ce} . Cette tension est appliquée en déviation horizontale.

Il nous fait mesurer I_c , cela est fait aux bornes de la résistance de sensibilité, en effet si I_c est faible, il faudra une résistance élevée pour avoir une tension suffisante pour provoquer une déviation appréciable sur le scope. Donc, en fonction du débit nous commuterons une résistance plus ou moins forte.

Ex. : Si le scope possède une entrée 0,1 V par division, nous prendrons pour valeur de résistance 100 Ω donc 100 mV lorsque 1 mA circule dans cette résistance, ce qui fera 1 division sur le scope pour 1 mA pour avoir 10 mA/division nous prendrons 10 Ω .

Remarque

Toute autre valeur de sensibilité peut être adoptée.

Ex. : Entrée du scope 200 mV.

Pour avoir 1 mA par division, il faudra 200 Ω .

Maintenant que nous avons une tension proportionnelle à I_c , nous l'appliquons sur l'entrée verticale du scope, et celui-ci nous tracera la courbe

$$I_c = (f) V_{ce}$$

Or, nous savons que I_b varie par paliers, donc I_c en fait autant, ce qui donnera plusieurs fonctions

$$I_c = (f) V_{ce}$$

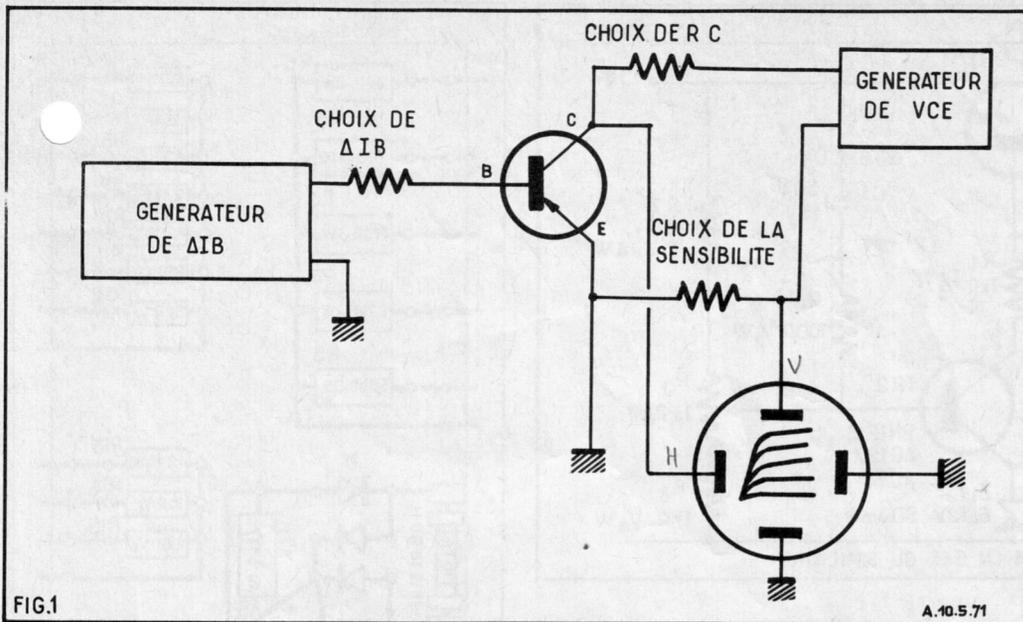


FIG.1 A.10.5.71

RÉALISATION DE L'APPAREIL

De nombreuses revues ont donné des descriptions d'un appareil semblable, mais, ou bien l'appareil était compliqué, donc de réalisation difficile, ou bien trop simple et d'emploi trop limité.

La présente réalisation s'intercale entre ces 2 extrêmes, cet instrument ayant été réalisé par l'auteur, on trouvera les dessins des 2 circuits imprimés que comprend le montage.

A. — RÉALISATION DU GÉNÉRATEUR VCE (Fig. 2)

La pièce maîtresse est un transformateur dont le primaire doit, obligatoirement être bobiné sur le noyau afin que l'on puisse enlever tous les enroulements à l'exclusion de ce primaire.

Lors du démontage, on comptera soigneusement le nombre de spires du chauffage 6,3 V.

Le transfo employé est un modèle courant pour poste radio, ses dimensions sont : $60 \times 75 \times 40$

Afin de bobiner le nouveau secondaire, on calcule les tensions nécessaires qu'il doit fournir.

Ex. : 0-3-10-20-35-45-75-100-115.

Toute autre valeur à la convenance du réalisateur peut être adoptée.

Attention

A chaque tension on ajoutera 1,5 V pour compenser la chute de tension dans les redresseurs.

Soit les valeurs à obtenir : 0-4,5-11,5-21,5-36,5-46,5-76,5-101,5-116,5. Or, les valeurs indiquées sur le traceur sont les maximums par lesquels passent les arches, ce maximum étant égal à :

$$U_{max} = U_{eff} \sqrt{2}$$

$$U_{max} = 1,414 \times U_{eff}$$

L'enroulement 6,3 V d'origine donnait en valeur max. :

$$6,3 \times 1,414 = 8,9 \text{ V}$$

pour avoir le nombre de spires, nous ferons la règle de trois suivante, pour chaque tension que nous désirons

Nombre de spires = $\frac{\text{nbre de spires pour } 6,3 \text{ V} \times \text{tension désirée}}{8,9}$

8,9

Le fil employé pourra être du 4/10^e, ou même de diamètre plus faible car le débit n'est pas constant (courant en arches) et surtout, le transformateur fonctionne peu (le temps d'une mesure) ce qui fait que l'on peut tolérer une forte densité au mm², sans s'exposer à un échauffement anormal.

Le générateur d'arches est constitué par un pont redresseur (fig. 2).

B. — RÉALISATION DU GÉNÉRATEUR DE ΔIB (Fig. 3)

Le signal secteur à 100 Hz (redressement double alternance) prélevé sur le pont de diodes de la plaquette générateur ΔI_b, attaque un transistor à grand gain, monté en écrêteur. Les créneaux disponibles sur son collecteur, alimentent l'émetteur de TR4 qui est le générateur de marches proprement dit. La capacité C₃ doit avoir un très faible courant de fuite car c'est elle qui conserve les paliers bien plats. L'UJT permet de décharger C₃ lorsque l'on a obtenu le nombre de marches désiré, ce choix se fait à l'aide de P₂ qui fixe le potentiel de la base B₂ de l'UJT. Le signal disponible sur C₃ attaque

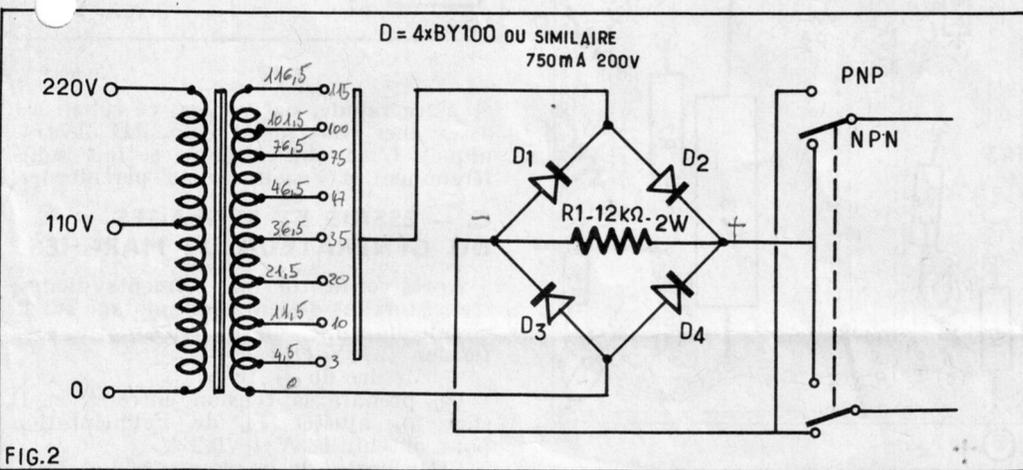


FIG.2

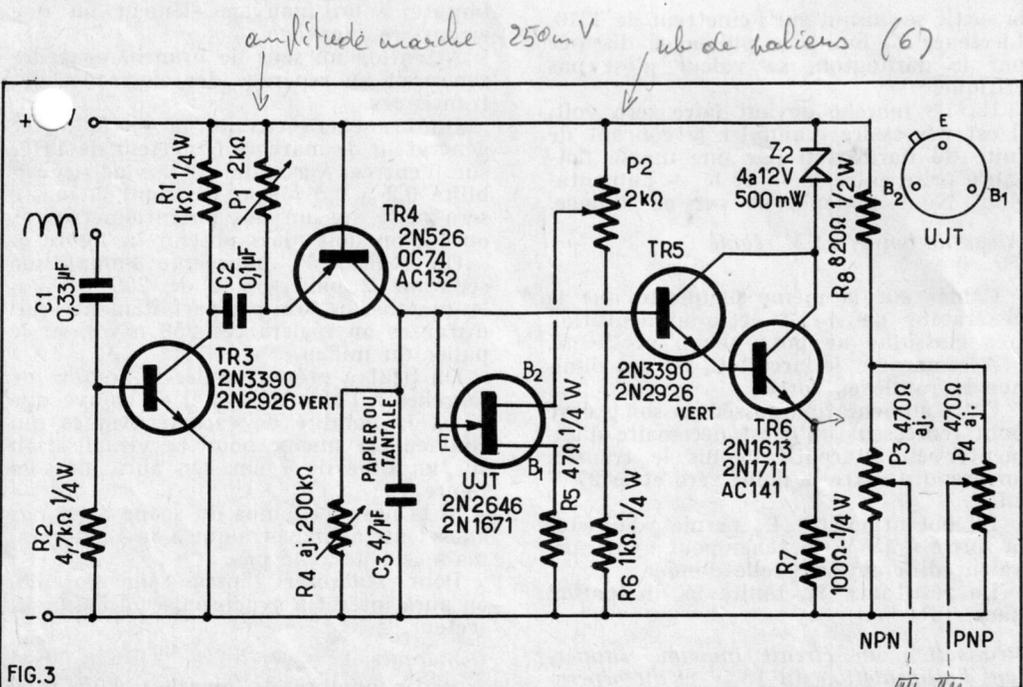


FIG.3

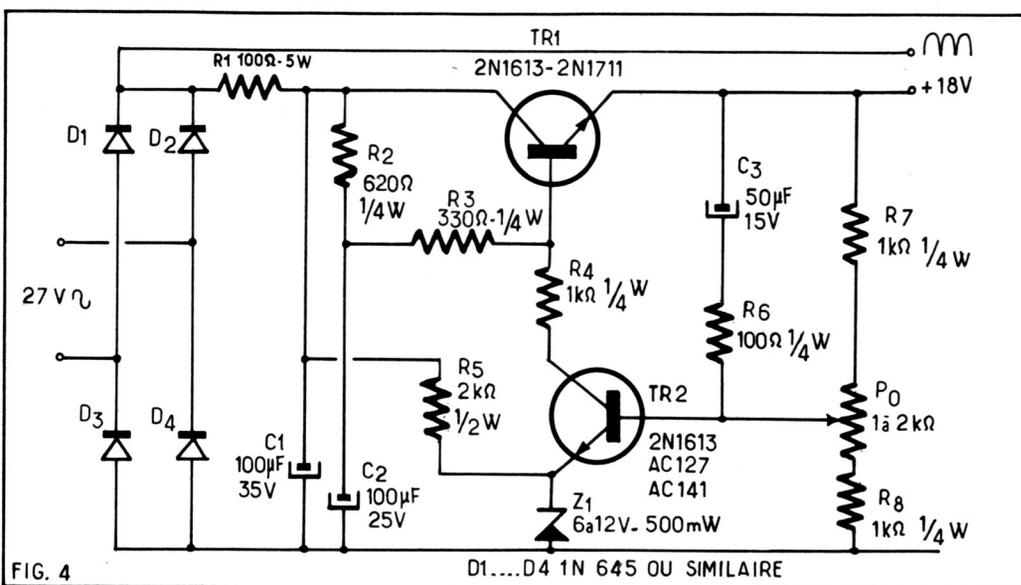


FIG. 4 D1....D4 1N 645 OU SIMILAIRE

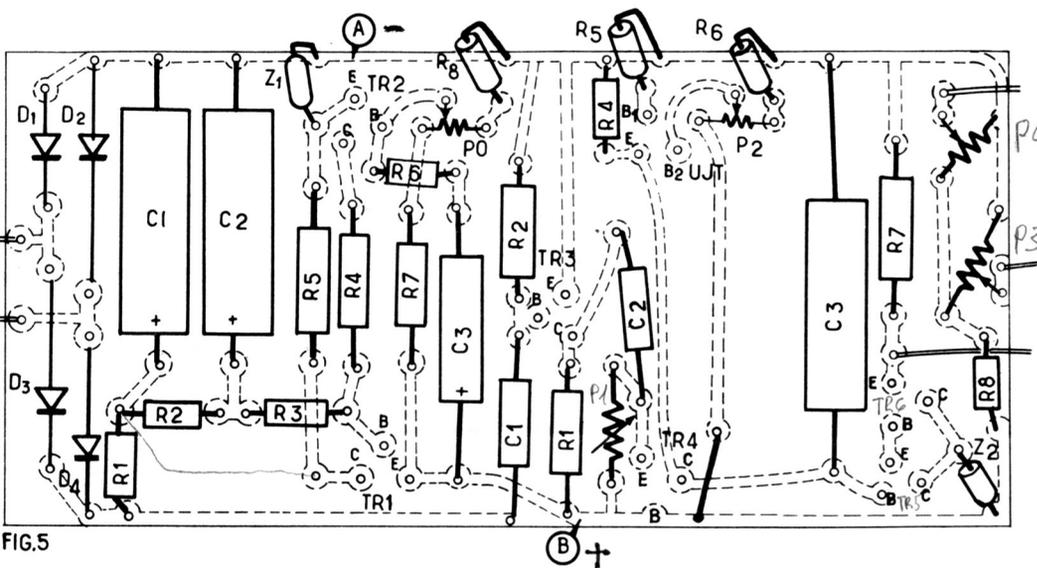


FIG. 5

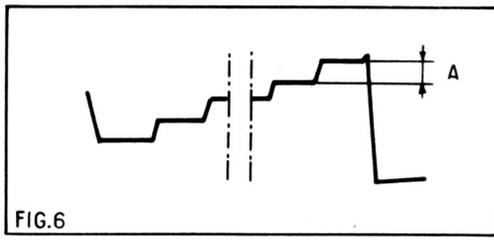


FIG. 6

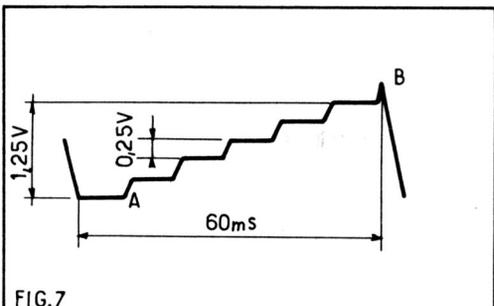


FIG. 7

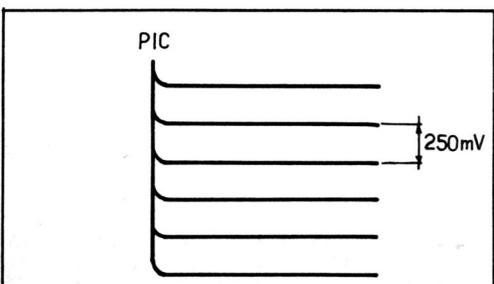


FIG. 8

la sortie se faisant sur l'émetteur de TR6. La zener Z₂ limite la puissance dissipée par le darlington, sa valeur n'est pas critique.

La 1^{re} marche devant faire zéro volt, il est nécessaire d'annuler le courant de fuite du darlington par une masse flottante prise entre le + et le - alimentation. Nous reviendrons sur ce réglage.

Alimentation + 18 V réglé
(Fig. 4)

Câblée sur la même plaquette que le générateur de A I_h, cette alimentation très classique ne pose aucun problème. A remarquer le circuit C₃ R₆ qui diminue la ronfle en sortie.

Cette alimentation possédant son propre pont redresseur qu'il est nécessaire d'alimenter en alternatif depuis le transfo, on prendra entre le point zéro et le 27 V eff.

Le potentiomètre P₀ permet d'ajuster la sortie à 18 V, la zener peut avoir une valeur différente de celle donnée.

La résistance R, limite la dissipation dans TR1.

Réalisation du circuit imprimé supportant l'alimentation du 18 V et du générateur de marches (fig. 5)

Ce circuit imprimé est réalisé suivant la méthode qui vous est familière ou suivant celle qui suit :

Le cuivre devant rester est masqué par du ruban adhésif de largeur désirée ; ici 1,5 mm, les pastilles pour souder les éléments sont également adhésives.

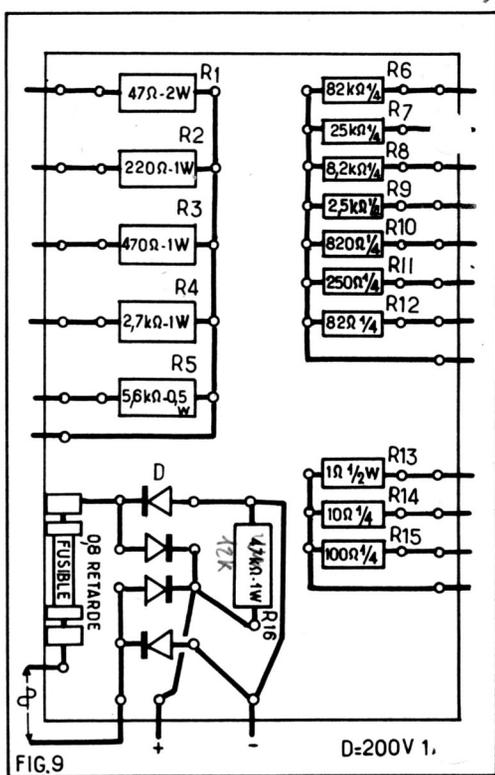


FIG. 9 D=200V 1.

et assez rapide, par contre, ce ruban est assez cher (Chart Pat chez RD électronique). L'attaque chimique se fait indifféremment à l'acide ou au perchlore.

C. - ESSAIS ET RÉGLAGES DU GÉNÉRATEUR DE MARCHES

Après vérification des éléments (diodes, transistors) et de leur bon montage sur le circuit imprimé, on pourra mettre sous tension (27 V eff.).

Mesure du + 18 V.
On prendra la tension entre A et B (fig. 5), ajuster P₀ de l'alimentation pour obtenir 18 V ± 0,2 V.

Cette partie de la plaquette doit fonctionner à coup sûr, le contraire doit être imputé à un mauvais élément ou une erreur de montage.

Attention au sens de branchement des zeners et au repérage des électrodes des transistors.

On branchera ensuite la sortie du générateur de marches (émetteur de TR6) sur l'entrée verticale du scope (sensibilité 0,2 à 0,5 V par division) la masse sera prise sur un des potentiomètres P₃ ou P₄, on doit alors obtenir la figure 6.

On réglera P₁ pour que l'amplitude séparant 2 paliers soit de 250 mV, si les marches ne sont pas parfaitement équidistantes on réglera ces 250 mV pour le palier du milieu.

On peut à présent régler le nombre de marches à l'aide de P₂. Il se trouve que 6 est le nombre de caractéristiques qui convient le mieux pour la visualisation sur un tube de 7 cm. On aura alors la figure 7.

Si la base de temps du scope n'est pas assez lente on ne verra que 3 ou 4 marches, mais cela ne gêne pas.

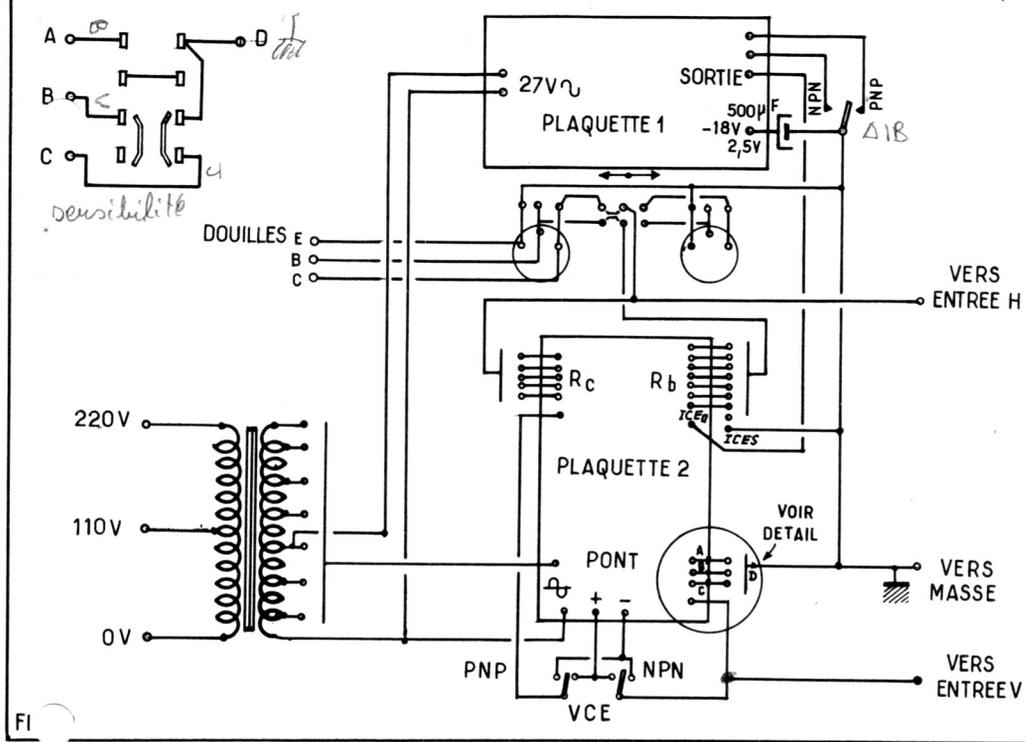
Pour stabiliser l'image sur l'oscillo, on aura intérêt à synchroniser à l'aide du secteur.

Remarques

Le nombre de marches peut facilement être réglé entre 4 et 10; pour des raisons de stabilité, ce nombre sera toujours pair.

Le petit pic qui apparaît en B des figures 7 et 8 devra faire à peu près la moitié de la hauteur d'une marche.

Pour compter facilement le nombre de marches on injectera en entrée hori-



FI

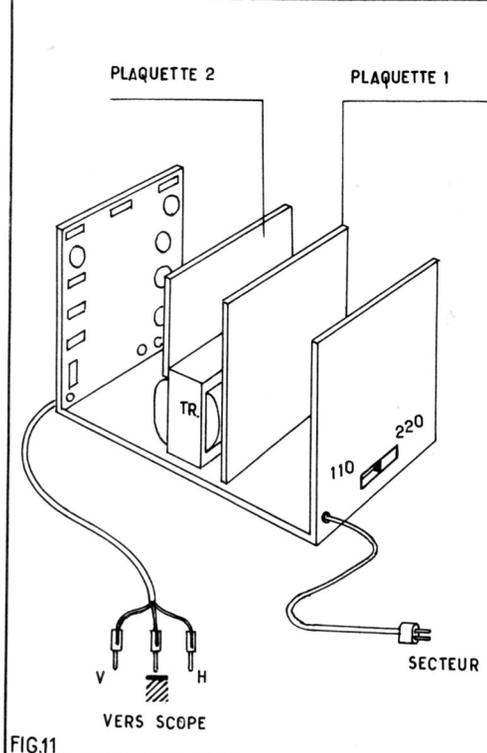


FIG.11

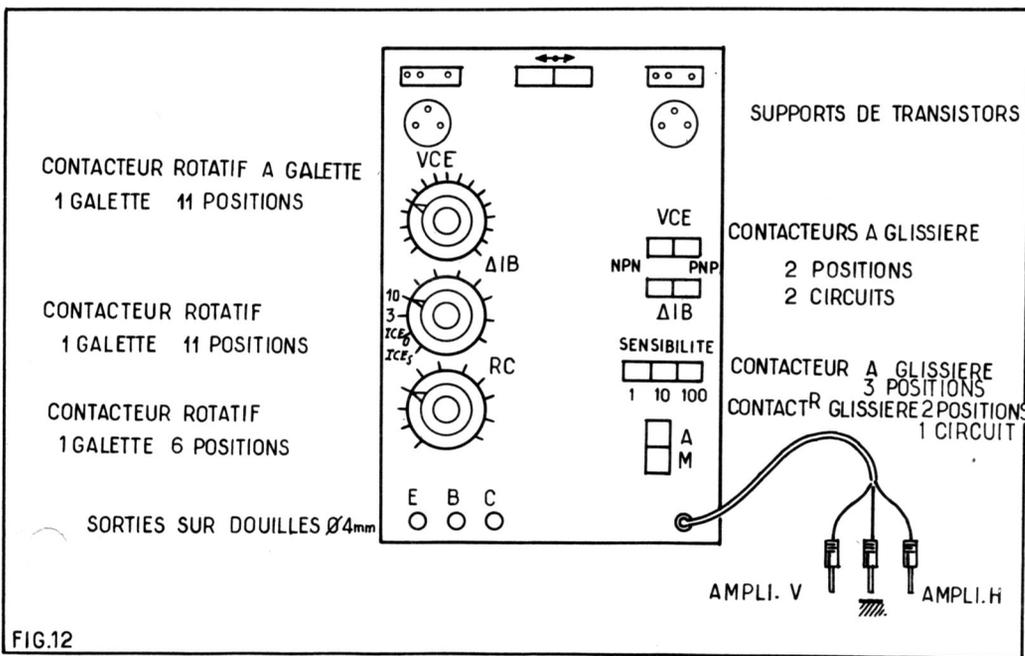


FIG.12

F. — RÉALISATION MÉCANIQUE

Le coffret a pour dimensions :
 hauteur 165 mm
 largeur 70 mm
 profondeur 150 mm

Celui-ci peut être fabriqué ou acheté tout fait, cela dépend de l'adresse du réalisateur.

La tôle étamée convient très bien pour réaliser un boîtier de ce genre (fig. 11). L'installation du transfo et des plaquettes peut être faite suivant cette même figure.

La face avant découpée dans une plaque d'aluminium peut être disposée suivant la figure 12.

Les lettres et chiffres sont des décalcomanies. Le tout est recouvert de plastique adhésif transparent.

disponible sur le générateur de V_{ce} : on aura alors la figure 8.

Réglage des potentiomètres P_3 et P_4 .

— Quand on prend P_3 pour masse (position NPN de ΔI_b) la partie A des marches (fig. 7) doit se trouver sur la référence zéro du scope (ampli vertical passant le continu).

— P_4 sera réglé (position PNP de ΔI_b) pour que la partie B des marches (fig. 7) se trouve sur cette même référence zéro.

Ne pas s'inquiéter si la 1^{re} marche n'est pas parfaitement horizontale.

Pour ceux dont le scope ne passe pas le continu on court-circuitera provisoirement le potentiomètre P_1 (fig. 3) puis on mesurera la chute de tension aux bornes de A7 (fig. 3). Cette tension doit être comprise entre 0,3 et 2 V si les transistors employés sont de bonne qualité.

P_3 sera réglé pour trouver à ses bornes, la même tension qu'en R_7 et P_4 lui, devra donner cette même tension plus 1,25 V.

D. — RÉALISATION DU CIRCUIT IMPRIMÉ SUPPORTANT LES DIFFÉRENTES RÉSISTANCES DES CONTACTEURS RC ; ΔI_b ET SENSIBILITÉ ET LE PONT DE DIODES POUR VCE (Fig. 9)

Ce circuit très simple est réalisé de façon légèrement différente. En effet, on recouvre la plaquette de plastique adhésif transparent (genre Vénilia) on aura au préalable dessiné ce circuit sur le cuivre. A l'aide d'une lame de rasoir on supprime le plastique sur les parties cuivrées qui doivent disparaître.

E. — SCHÉMA GÉNÉRAL D'INTERCONNEXIONS (Fig. 10)

Le câblage se fait à l'aide de fil multiconducteurs plat. Seul le circuit ΔI_b doit être éloigné des sources 50 Hz (en effet, il y circule des courants faibles).

L'ÉLECTRONIQUE au service des LOISIRS...

**Joignez l'utile à l'agréable
en réalisant vous-même vos
montages électroniques !**

- Émission-réception d'Amateurs grâce à nos modules R.D. et BRAUN.
- Télécommande de modèles réduits, avions, bateaux et tous mobiles.
- Allumage électronique pour votre voiture.
- Compte-tours électronique.
- Régulateur de pose pour essuie-glace.
- Alarme et antivol.
- Variateur de vitesse pour moteur.
- Variateur de lumière pour projecteur.
- Antenne d'émission.

...Et toutes les pièces détachées
spéciales et subminiatures.

Catalogue contre 6 F.

R.D. ÉLECTRONIQUE

4, rue Alexandre-Fourtanier - 31 - TOULOUSE
Téléphone : (15) 61/21-04-92

UTILISATION

Mesure sur un PNP (essai fictif).

- Les contacteurs V_{ce} : sur la tension voulue : ex. 10 V sur la position PNP
- Les contacteurs ΔI_b sur la valeur de ΔI_b que l'on désire. Ex. : $30 \mu A$ par marche sur la position PNP.
- Le contacteur RC sur la valeur faisant apparaître les 6 courbes (attention à la puissance dissipée par le transistor).
- Afficher la sensibilité permettant d'avoir un oscillogramme occupant tout l'écran.

On obtient alors l'oscillogramme de la figure 13.

On peut alors tirer les enseignements suivants :

- Gain en statique en A

$$\frac{I_c}{I_b} = \frac{1}{0,06} = 50$$

- Gain en dynamique

$$\frac{\Delta I_c}{\Delta I_b} = \frac{1}{0,03} = 33$$

- Linéarité de gain : dans le cas présent : excellent.

- Courant de fuite : 1 mA : mauvais.

En augmentant V_{ce} on peut connaître la tension max. que l'on peut appliquer on obtient alors la fig. 14.

Le point B (fig. 13) nous donne la tension V_{ce} pour un courant de collecteur donné (tension de saturation).

Pour appairer 2 transistors de même type, il suffit de les enficher dans les supports de droite et de gauche et à l'aide de commutateur faire apparaître soit la caractéristique de l'un, soit celle de l'autre.

Mesure sur un NPN.

Les manipulations sont identiques à la sélection près des contacteurs PNP-NPN la figure devient celle représentée fig. 15.

La figure est inversée car les tensions appliquées sur le NPN sont inversées par rapport au PNP.

Mesure sur une Zener.

On place celle-ci entre les plots émetteur et collecteur du support de transistor.

Le contacteur R. permet de choisir la résistance qui sera en série avec la zener, on aura la figure 16.

Connaissant la puissance de la zener on pourra choisir le point de fonctionnement donnant la meilleure régulation.

Les figures 17, 18 et 19 montrent quelques oscillogrammes correspondant à des cas particuliers.

Remarque

En général, lors d'essais de transistors au silicium on ne verra que 5 courbes; en effet, l'écart entre la 1^{re} et la 2^e marches n'étant que de 250 mV, ce signal sera insuffisant pour débloquer le transistor.

J. P. LAVAU

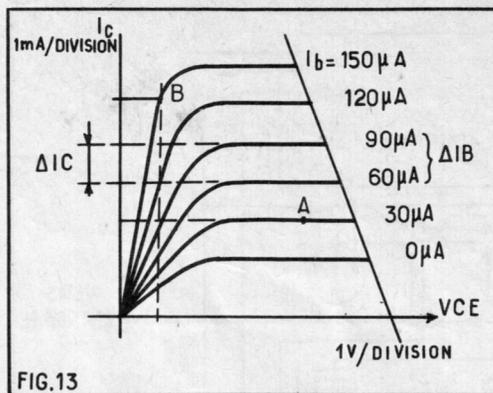


FIG.13

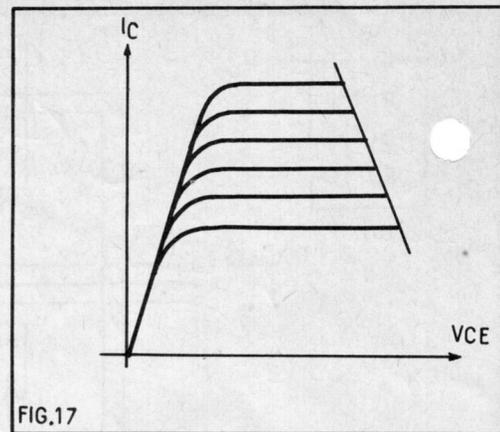


FIG.17

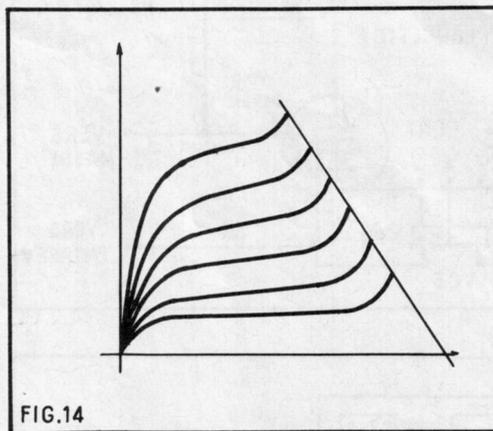


FIG.14

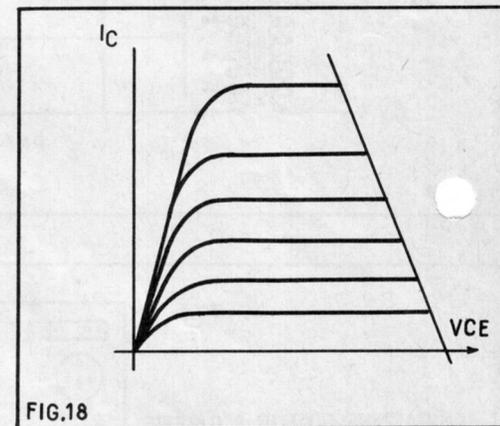


FIG.18

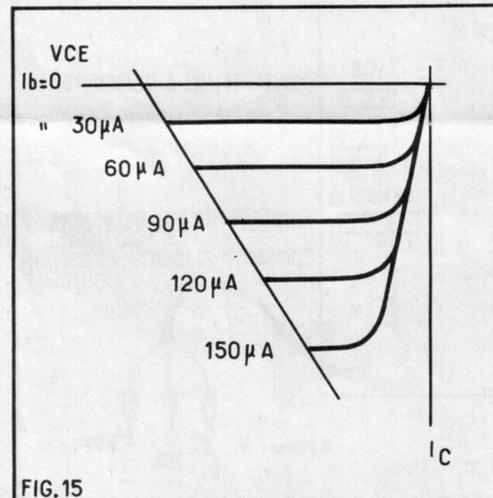


FIG.15

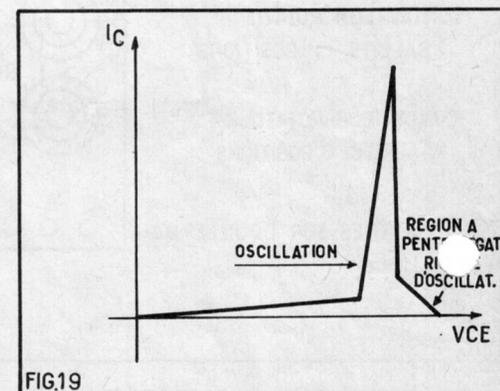


FIG.19

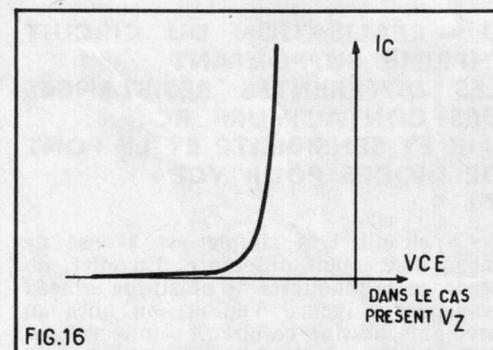


FIG.16

Fig. 17. — Transistor possédant un courant de fuite très élevé si le réseau se déplace vers le haut : emballement thermique.

Fig. 18. — Transistor pour signaux forts ; en effet le gain augmente avec le courant I_b .

Fig. 19. — Cas d'un transistor sur-alimenté et polarisé en inverse (avalanche).

Chaque mois lisez *Systeme D*

la revue des bricoleurs