

# Applications et Circuits

## Montages pratiques d'alimentation à découpage

Cet article est le complément de l'étude parue dans le numéro 499 de Toute l'Electronique sous la plume de M. R. Besson. Il décrit trois réalisations basées sur des schémas mis au point par le Laboratoire d'Application de RTC.

### ■ Une alimentation « fly-back » de 12 W

#### Caractéristiques :

- Sortie :  $P_s \text{ max} = 12 \text{ W} - 24 \text{ V} - 0,5 \text{ A}$ .
- Rendement à pleine charge :  $\eta = 84 \%$  secteur 220 V.
- Variation de la tension de sortie : par variation de la charge : 0,1 et 0,5 A :  $\Delta V_s = +1 \text{ V}$

par variation du secteur  $\pm 20\%$  :  $\Delta V_s = 0,2 \text{ V}$  pour 0,5 A.

- Ondulation de  $V_s$  pour 0,5 A et secteur 220 V.  
Composante 100 Hz : 016 50 mV  
Composante 33 kHz :  $\leq 500 \text{ mV}$
- Température de fonctionnement :  $\leq 60^\circ\text{C}$ .

• Le circuit est insensible au court-circuit ou au circuit ouvert de la charge.

#### Etude de l'alimentation

- Transistor utilisé BUX 82 :  $V_{CESM} : 800 \text{ V}$ .  $I_C : 0,5 \text{ A}$ .  $I_{Cmax} : 1 \text{ A}$ .  $P_{to}^1 = 20 \text{ W}$  - boîtier T0126.

- Transformateur :  
 $V_{E \text{ max}} : 220 \cdot 1,2 \cdot \sqrt{2} = 375 \text{ V}$   
 $V_s + 24 \text{ V}$

rapport de transformation :

$$\eta = \frac{N_1}{N_2} = \frac{V_{CDSM} - V_{E \text{ max}}}{V_s} = 9,4$$

- Rapport cyclique minimal de la commutation :

$$\delta \text{ min} = \frac{n V_s}{n V_s + V_{E \text{ max}}} = 0,38$$

- Valeur minimale de l'inductance primaire, afin de ne pas interrompre le courant magnétisant dans le transformateur

$$L_{1 \text{ min}} = \frac{(V_{E \text{ max}} \cdot \delta \text{ min})^2 \cdot T}{2 P_n} = 23 \text{ mH}$$

avec 10 % de majoration.

Avec  $P_n = 12 \text{ W}$ , en surcharge on admet  $P_n = 14 \text{ W}$ .

A pleine puissance de sortie, pour la plus faible tension secteur on a :

$$I_{C1 \text{ max}} = 0,2 \text{ A}$$

- Période de commutation :  $T : 30 \mu\text{s}$  -  $F = 33 \text{ kHz}$ .

#### Description du circuit

Le schéma de l'alimentation « fly-back » est donné sur la figure 1.

Pour mesurer la valeur de la tension de sortie, on utilise le bobinage  $N_3$  dont la tension est redressée et filtrée par  $D_8$

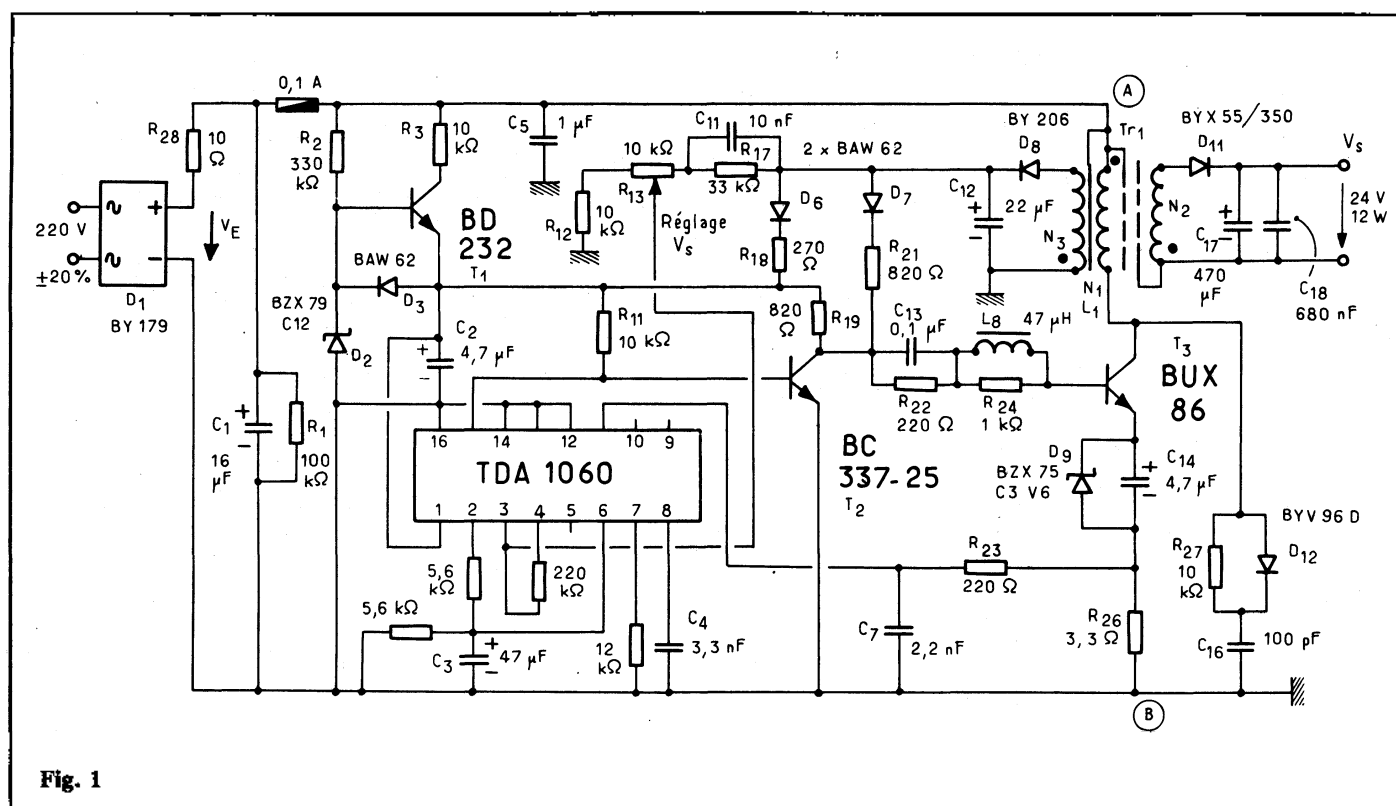


Fig. 1

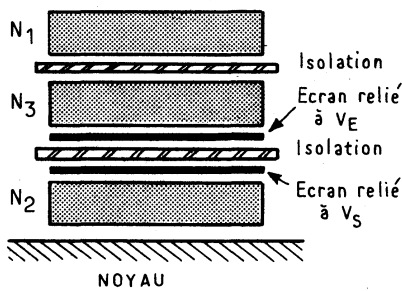


Fig. 2

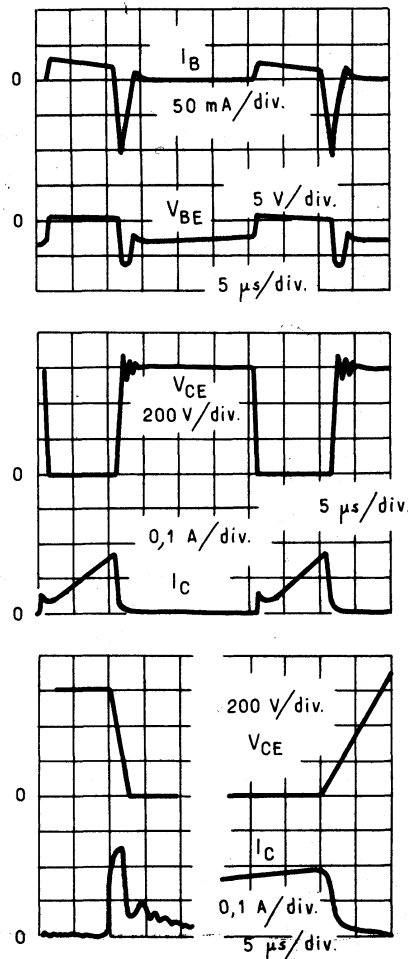


Fig. 3

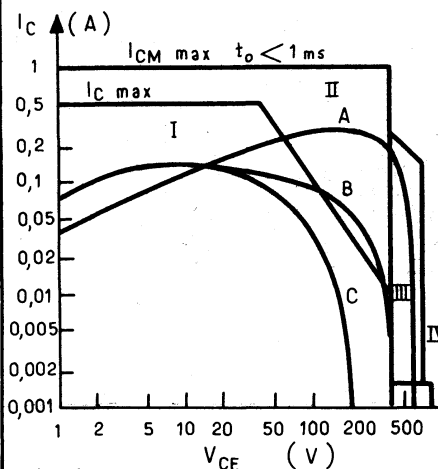


Fig. 4

et  $C_{12}$ . Une fraction de cette tension est appliquée par le potentiomètre d'ajustage  $R_{13}$ , à l'entrée de commande 3 du circuit intégré TDA 1060. En fonction de la valeur de cette tension, le circuit intégré délivre sur sa sortie 15 une onde carrée de rapport cyclique adapté à la stabilisation de la tension de sortie. Cette onde carrée commande la commutation du transistor de puissance  $T_3$ .

Afin de réduire la consommation, le circuit intégré et  $T_2$  sont alimentés par  $N_3$  et non par le secteur.

A la mise sous tension uniquement  $T_1$ ,  $R_2$  et  $R_3$  délivrent 25 mA qui alimentent  $T_3$ .  $N_3$  charge alors  $C_{12}$  à 11,5 V. Puis,  $D_6$  se met à conduire.  $D_3$  devient passante et commute  $T_1$  à l'état non conducteur. En fonctionnement la tension continue sur  $C_{12}$  est d'environ 20 V.

Afin de limiter le courant collecteur de  $T_3$ , la tension sur  $R_{26}$  est détectée par le TDA 1060 qui bloque la commutation en cas de surcharge.

Les connexions de  $C_5$  aux points A et B doivent être aussi courtes que possible pour que les variations de tension, par appel de courant, soient les plus faibles possibles au moment de la conduction de  $T_3$ .

#### Commande du transistor de sortie

Le transistor  $T_2$  inverse et amplifie les crêteaux issus de la sortie 15 du TDA 1060. Aucun transformateur n'est nécessaire pour cette commande. Lorsque  $T_2$  conduit,  $T_3$  est bloqué par une tension inverse sur sa base. La combinaison  $D_6$ ,  $C_{14}$ ,  $C_{13}$  applique une tension négative base-émetteur sur  $T_3$  pendant le blocage. La valeur de l'inductance  $L_B$ , calculée à partir du temps de stockage de  $T_3$ , est assez grande pour maintenir négative la tension base-émetteur pendant la chute du courant collecteur, réalisant une coupure rapide de  $T_3$ . Si on supprime  $D_6$  et  $C_{14}$ , le condensateur  $C_{13}$  aurait une valeur telle que le courant de base, au moment de la commutation, deviendrait dépendant du rapport cyclique.

Avec  $L_B = 47 \mu$ , un temps de récupération de  $1 \mu$ s est obtenu. Dans ce circuit, le temps de coupure du courant collecteur a une valeur typique de  $0,3 \mu$ s à  $100^\circ\text{C}$  de température du boîtier. Après coupure, le transistor est maintenu bloqué par la tension sur  $D_6$  et  $C_{14}$ .

#### Réalisation du transformateur

La figure 2 montre la disposition des enroulements.

#### Caractéristiques :

Noyau : 2 = U20/16/7 - 3 C8, entrefer 0,11 mm de chaque côté.

$N_1 = 252$  spires,  $\varnothing$  0,2 mm (4 couches)

$N_2 = 27$  spires,  $\varnothing$  0,5 mm (1 couche)

$N_3 = 22$  spires,  $\varnothing$  0,2 mm (1 couche).

Le noyau est relié au pôle positif de l'enroulement d'entrée  $N_1$ .

#### Refroidissement

Le transistor  $T_1$  BD 232 nécessite un

refroidisseur de  $13^\circ\text{C/W}$ , afin de supporter la surcharge de 3 W, en cas de court circuit de la sortie.

Le transistor  $T_3$  ne supporte que 1,3 W max., un refroidisseur de  $45^\circ\text{C/W}$  suffit : tôle aluminium de 1 mm et de  $8 \text{ cm}^2$ .

#### Mesures

Les oscillogrammes des courants et tensions du transistor  $T_3$  sont donnés sur la figure 3.

La surtension observée sur  $V_{CE}$  pour une tension d'alimentation  $V_E = 220 \text{ V} + 20\%$  ne dépasse pas 700 V et laisse une marge de sécurité avec la tension  $V_{CESM} = 800 \text{ V}$ .

La pointe de courant collecteur de 0,27 A est due à la charge de la capacité du bobinage primaire et au retard à la coupure de la diode  $D_{11}$ .

Ce point de fonctionnement se situe dans la région III de l'aire de sécurité du transistor (fig. 4). Cependant le temps de passage dans cette région est inférieur au maximum autorisé. Les autres limites ne sont pas franchies.

#### ■ Une alimentation « forward » de 200 W (R.T.C.)

##### Caractéristiques

- Sortie :  $P_o \text{ max} : 200 \text{ W} - 12 \text{ V} - 16,5 \text{ A}$ .
- Rendement à pleine charge :  $\eta = 86\%$  secteur 220 V.
- Variation de la tension de sortie par variation de la charge (0 à 100 %) :  $\leq 1,2\%$ .
- par variation du secteur  $\pm 10\%$  :  $< 0,1\%$ .
- Ondulation résiduelle : 50 mVcc.
- Température de fonctionnement :  $-10 + 55^\circ\text{C}$ .
- Fréquence de commutation : 45 kHz.
- Production contre les surcharges et les courts-circuits en sortie.

##### Etude de l'alimentation

- Transistor de commutation : BUS 11.  $C_{SE}S_{2SM} : 850 \text{ V}$ .  $I_{C \text{ MAX}} : 5 \text{ A}$ . P tot. : 100 W. Boîtier TO 3.
- Transformateur

Noyau EC 52. Caractéristiques :  $A_{cp} \text{ min} : 133,8 \text{ mm}^2$  -  $l_e = 105 \text{ MM}$   $V_E = 18\ 800 \text{ MM}^3$  -  $B_{\text{max}} = 0,32 \text{ T}$ .

Nombre de spires primaires :

$$N_p = \frac{V_{E \text{ max}} \cdot \delta_{\text{max}} \cdot T}{B_{\text{max}} \cdot A} = C_p \text{ min} \quad 72 \text{ spires}$$

$V_{E \text{ max}}$  = tension maximale de la tension redressée = 310 V.

$$\delta_{\text{max}} = 0,45 - B_{\text{max}} = 0,32 \text{ T} - T = 22,22 \mu\text{s pour } F = 45 \text{ kHz.}$$

Rapport de transformation :

$$n = \frac{N_p}{N_s} = \frac{V_{E \text{ min}} \cdot \delta_{\text{max eff}}}{V_S + V_{\text{pertes}}} = 695$$

$V_{E \text{ min}} = 340 \text{ V} - \delta_{\text{max}}$  effectif au secondaire : 0,42.

$V_S = 12 \text{ V} - V_{\text{pertes}}$  : tension directe de la diode de redressement et des pertes dans l'inductance secondaire, estimée 2,5 V.

Nombre de spires secondaires :

$$N_s = \frac{N_p}{n} = \frac{72}{6,95} = 11$$

Description du circuit

Le schéma de l'alimentation « forward » est donné sur la figure 5.

menté par un générateur de courant constitué de transistor TR<sub>1</sub> (BD136), de la diode D<sub>3</sub> et de la résistance R<sub>4</sub>. Le transistor TR<sub>2</sub> (BC 639) est commandé par l'étage de sortie du circuit intégré (15). Le réseau constitué de R<sub>5</sub> - C<sub>8</sub> protège TR<sub>2</sub> contre les surtensions.

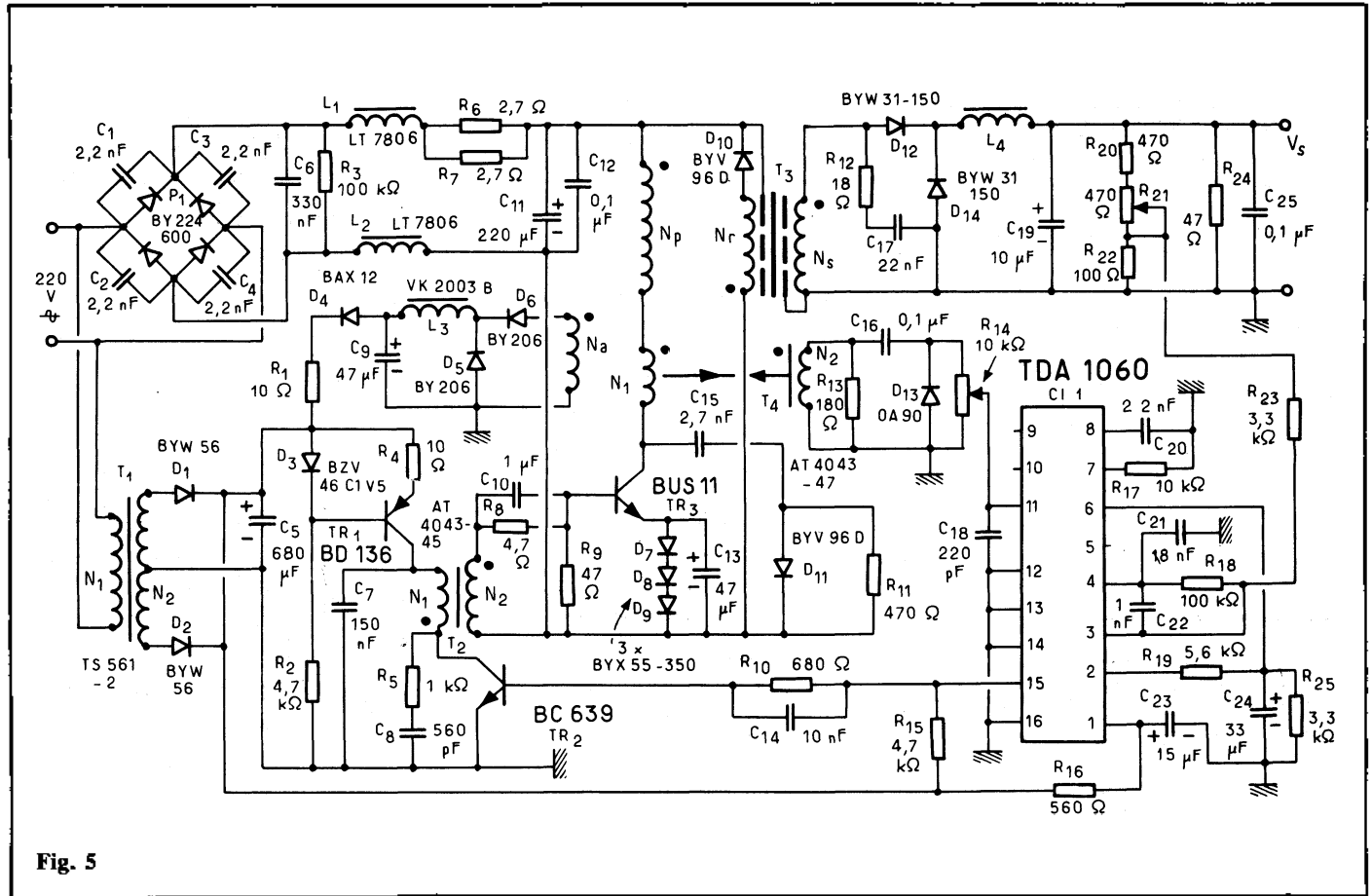


Fig. 5

La tension du secteur est redressée par un pont de diodes BY 224-600 protégées par des condensateurs de 2,2 nF. Les résistances R6-R7 limitent la valeur du courant de charge du condensateur de filtrage C11 à la mise sous tension.

### ● Circuit de commande

L'isolement du circuit de commande du transistor de puissance est assuré par le transformateur T<sub>2</sub>. Lorsque le transistor de commande TR<sub>2</sub> est conducteur, le transistor de puissance TR<sub>3</sub> est bloqué. L'énergie magnétique stockée dans N<sub>1</sub> de T<sub>2</sub> par TR<sub>2</sub> pendant sa conduction, crée au moment du blocage de TR<sub>2</sub> un courant de base dans TR<sub>3</sub>. Lorsque TR<sub>2</sub> redevient conducteur, l'inductance de fuite secondaire (6 ØH) provoque une décroissance lente du courant de base de TR<sub>3</sub>. Après avoir atteint sa valeur négative maximale - I<sub>B2</sub>, le courant de base s'annule et le courant collecteur chute très rapidement, limitant ainsi les pertes par commutation. Le condensateur C<sub>7</sub> de 0,15 µF détermine la valeur - V<sub>B</sub> pendant le blocage de TR<sub>3</sub>.

L'enroulement primaire N<sub>1</sub> de T<sub>2</sub> est ali-

### ● Transistor de puissance

En négligeant le courant magnétisant du transformateur, la valeur du courant primaire est :

$$I_p = \frac{1}{n} \cdot I_s = \frac{1}{6,95} \cdot 16,5 = 2,37 \text{ A}$$

Lorsque l'alimentation fonctionne en limitation de courant par le circuit de protection du TDA 1060, le courant de sortie peut augmenter de 10 % soit 2,6 A. La tension maximale V<sub>CE</sub> sera de :

$$V_{CE \text{ max}} = 2 \cdot V_{E \text{ max}} + 50 \text{ V} \\ = 2 \times 310 + 50 = 670 \text{ V.}$$

L'utilisation du réseau C<sub>15</sub> - D<sub>11</sub> - R<sub>11</sub> assure que l'aire de sécurité du transistor est respectée. Ceci impose que I<sub>C</sub> de TD<sub>3</sub> s'annule avant que V<sub>CE</sub> ait atteint la valeur V<sub>CEO</sub> publiée, soit 400 V. Le condensateur C<sub>15</sub> se charge pendant la période transitoire de blocage de TR<sub>3</sub>, ce qui permet de retarder la montée de la tension V<sub>CE</sub>. Il en résulte une réduction de la puissance dissipée par le transistor. R<sub>11</sub> permet de limiter la valeur du courant de décharge de C<sub>15</sub>, au moment de la condition de TR<sub>3</sub>.

### Inductance secondaire L4.

La valeur de cette inductance doit être élevée pour obtenir une faible résiduelle en sortie. Par contre, sa valeur doit être faible pour obtenir un temps de réponse rapide dans le cas de variations brusques de la charge. Cette va-

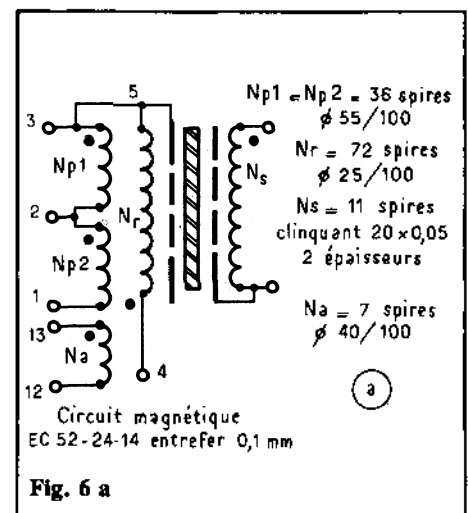
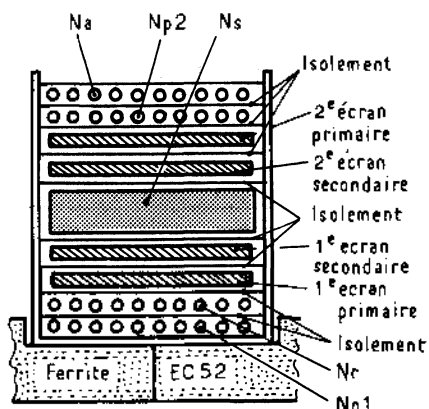


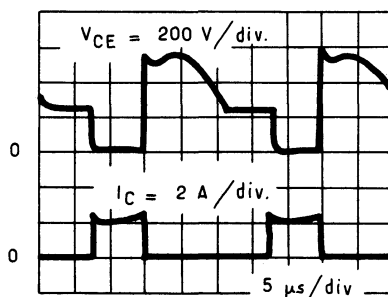
Fig. 6 a



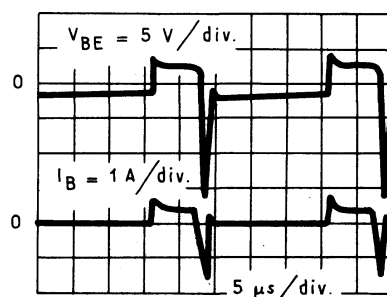
L'isolement est réalisé par du terphane non cranté de 100  $\mu$  d'épaisseur. Les écrans avec du clinquant 20 x 0,05 mm

(b)

Fig. 6 b



(a) Courant et tension du transistor TR<sub>3</sub> à pleine charge pour  
 $V_{\text{secteur}} = 220 \text{ V}$   $V_S = 12 \text{ V}$   
 $I_S = 16 \text{ A}$



(b) Tension et courant de base de TR<sub>3</sub> à pleine charge

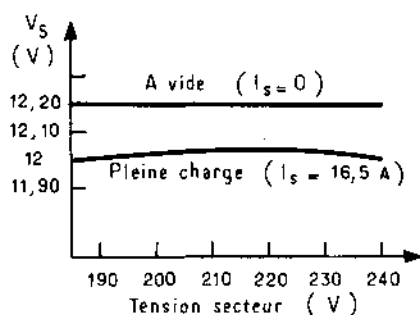
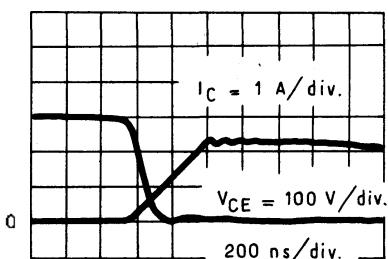
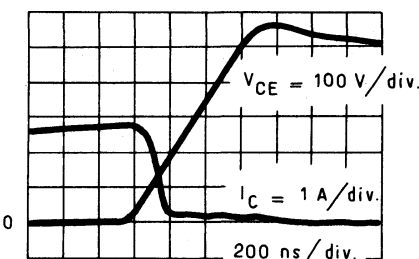


Fig. 8



(c) Période transitoire d'établissement du courant collecteur de TR<sub>3</sub> à pleine charge.



(d) Période transitoire d'annulation du courant collecteur de TR<sub>3</sub> à pleine charge.

Fig. 7

leur doit donc être un compromis. Dans cette réalisation a été fixée à 64  $\mu\text{H}$ .  
 Caractéristiques : noyau 2 x U30/25/16 - 368 entrefer 2 mm - 24 spires en clinquant 20 x 0,5 mm en 4 épaisseurs.

#### Redressement et filtrage secondaire

Les diodes de redressement épitaxiales BYW 31/150 ont pour caractéristiques :  
 $V_{RR \text{ max}} = 150 \text{ V}$  -  $I_{F(AV) \text{ max}} = 25 \text{ A}$  -  
 $V_F \text{ max} = 0,85 \text{ V}$  -  $t_{rr \text{ max}} = 50 \text{ ns}$ .

Le condensateur de filtre  $C_{19}$  a une valeur de 10 000  $\mu\text{F}$ .

Pour réduire les pointes de commutation un condensateur de 0,1  $\mu\text{F}$  est connecté en parallèle sur  $C_{12}$ .

#### Circuit de contrôle et de protection

Le circuit intégré TDA 1060 est placé dans la partie secondaire, cela nécessite l'isolement de son alimentation, grâce à un transformateur classique 50 Hz. La tension régulée peut ainsi être mesurée directement par le réseau  $R_{20}$ ,  $R_{22}$ ,  $R_{121}$ , afin d'obtenir une très bonne stabilisation. Le circuit intégré

possède une référence de tension interne de comparaison et génère les créneaux dont la fréquence est établie par  $C_{20}$  et  $R_{17}$ . Ces créneaux commandent le transistor TR<sub>2</sub>. Le rapport cyclique est modifié en fonction de la tension de sortie de manière à la stabiliser. La limitation du rapport cyclique maximal à 0,45 est déterminée par  $R_{19}$  et  $R_{25}$ . La limitation de courant et la protection contre les courts circuits sont obtenues sur la sortie 11, après mesure du courant collecteur par le transformateur de courant  $T_4$  et le réseau  $T_{13}$ ,  $R_{14}$ ,  $C_{18}$  et  $D_{13}$ . Le potentiomètre  $R_{114}$  permet de régler la valeur maximale du courant de limitation.

#### Réalisation du transformateur de puissance $T_3$

La figure 6 donne le détail de la fabrication du transformateur.

#### Mesures

La figure 7 montre les oscillogrammes des courants et tensions commutés par

le transistor BUS 11 (TR<sub>3</sub>) en a et b. La figure c montre la période transitoire d'établissement du courant collecteur et en d la période transitoire d'annulation du courant collecteur.

La figure 24 donne la variation de la tension de sortie en fonction de la tension du secteur.

#### Une alimentation multitenions 100 W

##### Caractéristiques

- Entrée : 200-240 V - 50 Hz.
- Sorties : + 5 V - 16,5 A  
 - 5 V - 0,3 A  
 + 12 V - 0,3 A  
 - 12 V - 0,3 A  
 + 28 V - 0,3 A
- Rendement à pleine charge :  $\eta = 65 \%$ .
- Variation de la tension de sortie par variation de la charge (0 à 100 %) : 1,25 %.
- par variation du secteur  $\pm 10 \%$  :  $\leq 0,02 \%$ .

- Ondulation résiduelle : 20 mVcc.
- Température de fonctionnement : 0 à 55 °C.
- Fréquence de commutation : 50 kHz.
- Protection contre les surcharges et les courts circuits en sortie.

la tension aux bornes de  $R_1$  ; ceci permet de maintenir la saturation de  $TR_1$  et de créer un auto-maintien. Le TDA 1060 étant alimenté, délivre les impulsions de commande aux transistors de puissance pendant une durée suffi-

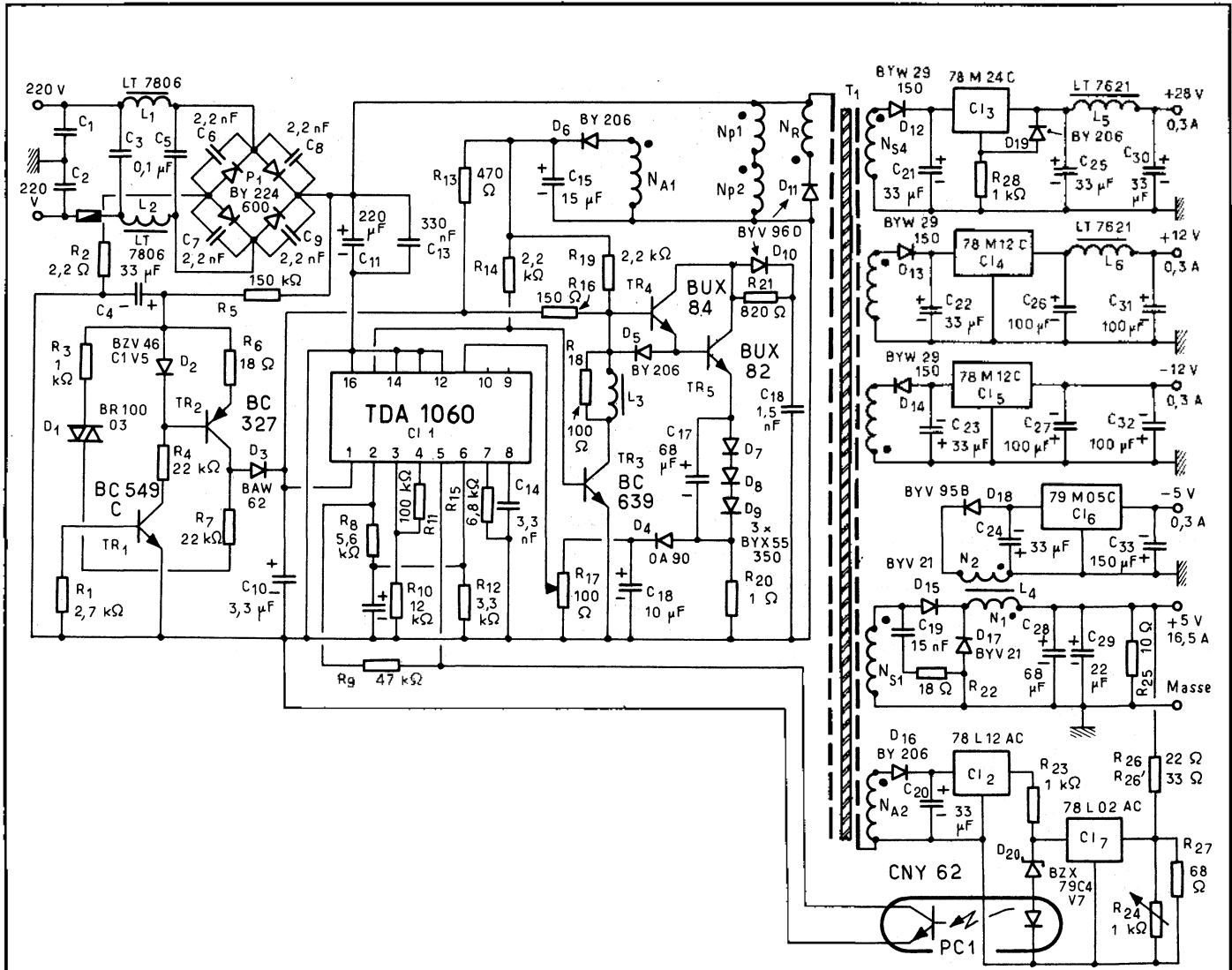


Fig. 8

**Description du circuit**

Le schéma de l'alimentation est donné sur la figure 8.

La tension secteur est redressée par point  $P_1$  (BY 224-600) ; un condensateur en parallèle sur chaque diode diminue les réjections parasites sur le secteur. La résistance  $R_2$  limite le courant de charge de  $C_4$  à la mise sous tension.

**Circuit de démarrage**

A la mise sous tension le condensateur  $C_4$  se charge à travers  $R_5$  sous un courant de 2 mA. La tension aux bornes de  $C_4$  croît jusqu'à une valeur de 30 V, point à partir duquel le diac  $D_1$  va conduire et saturer  $TR_1$  qui polarise  $TR_2$  monté en générateur de courant.

La résistance  $R_7$  dérive une partie du courant de sortie pour faire augmenter

sante pour fournir une tension sur l'enroulement d'auto-alimentation du transformateur principal. Dès que cette tension est suffisante, le circuit de démarrage est inhibé et seul l'enroulement  $N_{A1}$  alimente le TDA 1060 à travers  $R_{13}$ .

**Circuit de commande - Etage de puissance**

Le TDA 1060 fournit à la sortie 15 les impulsions qui sont appliquées sur la base de  $TR_3$ . Celui-ci inverse et amplifie les signaux et par l'intermédiaire de  $L_3$  et  $R_{18}$  attaque la base de l'étage de puissance. Ce dernier est constitué d'un transistor  $TR_4$  (BUX 82) et d'un transistor  $TR_5$  (BUX 84) montés en Darlington à gain élevé.

Le courant inverse de base, de pente

dB/dt calibrée par  $L_2$ , contribue à éliminer les charges stockées dans  $TR_4$ . La diode  $D_5$  est connectée entre la base et l'émetteur de  $TR_4$  pour appliquer la polarisation négative au transistor  $TR_5$  pendant le blocage de  $TR_4$ . Un réseau d'aide à la commutation constitué par  $R_{21}$ ,  $C_{18}$ ,  $D_{10}$  permet de ne pas sortir de l'aire de sécurité du transistor et de diminuer les pertes pendant le blocage de  $TR_4$ .

**Limitation en courant**

La tension aux bornes de  $R_{20}$  représente l'image du courant collecteur. Cette tension est redressée et appliquée à la borne 11 du TDA 1060. Lorsqu'une surcharge se produit en sortie, le courant collecteur augmente ainsi que la tension en 11 : ceci a pour effet de limiter le rapport cyclique et de ra-

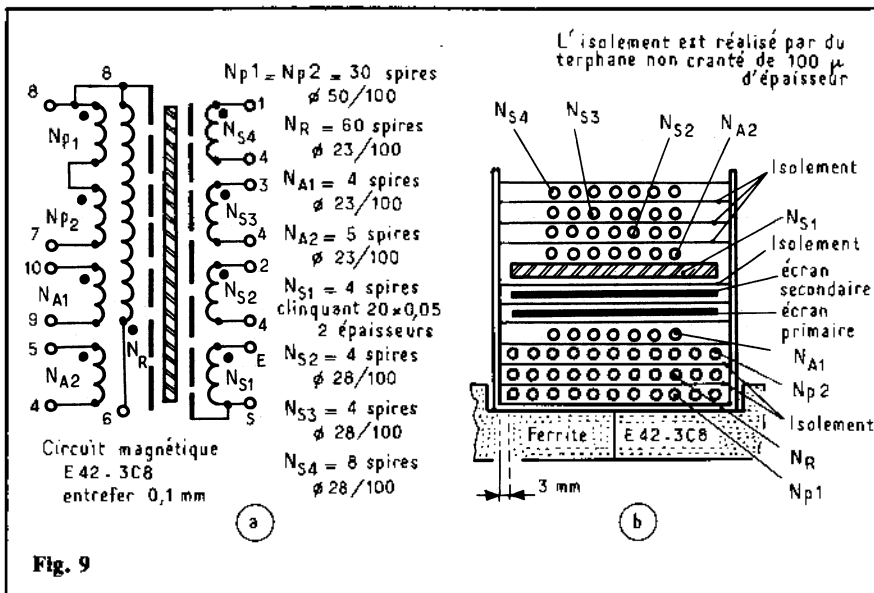


Fig. 9

mener la tension de sortie à sa valeur nominale.

Lors d'un court-circuit en sortie, le rapport cyclique étant très faible, la tension aux bornes de NA<sub>1</sub>, devient insuffisante pour alimenter le TDA 1060. Le circuit de démarrage entre en action. Dans ce cas, le circuit intégré envoie des trains d'impulsions au transistor de puissance, puis s'arrête lorsque la tension sur la borne 1 est inférieure à 12 V. On assiste à une disjonction, jusqu'à ce que le court-circuit soit supprimé.

#### Transformateur principal

C'est le ferrite E42 en 3CB qui est utilisé, caractéristiques :  $A_E = 182 \text{ mm}^2$  -  $I_0 = 92 \text{ mm}$  -  $V_0 = 17 600 \text{ mm}^3$  -  $B_{\text{max}} = 0,32 \text{ T}$ . La figure 9 donne la réalisation de ce transformateur.

#### Circuit de sortie

La tension aux bornes de NS<sub>1</sub> est redressée par la diode D<sub>15</sub> pendant la phase de conduction de TR<sub>5</sub>, la diode D<sub>17</sub> récupère l'énergie de l'inductance secondaire pendant le blocage. La ten-

sion de sortie étant de 5 V, on a intérêt d'utiliser des diodes Schottky.

Le redressement des tensions fournies par les trois secondaires NS<sub>2</sub>, NS<sub>3</sub> et NS<sub>4</sub> est assuré par une seule diode. Les trois tensions sont appliquées chacune à l'entrée d'un régulateur série qui délivre une tension continue stabilisée. En cas de court-circuit sur l'une de ces tensions, c'est le régulateur qui assure la protection.

#### Inductance secondaire L4

Le circuit magnétique est constitué par un noyau E42 en 3CB. La valeur de l'inductance est de 60  $\mu\text{H}$ .

Cette inductance est en réalité un transformateur dont le secondaire permet de fournir la tension de - 5 V. La tension recueillie au secondaire N<sub>2</sub> est redressée et appliquée à un régulateur série. La figure 10 donne le détail de fabrication de ce transformateur.

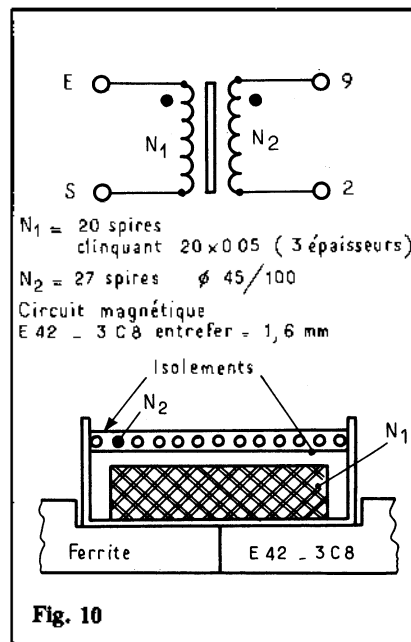


Fig. 10

#### Circuit de régulation de tension

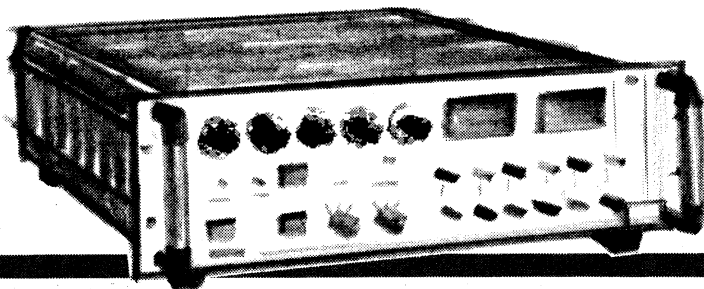
Le circuit intégré étant relié au primaire du transformateur principal, il est impossible de prendre l'information de tension directement à la sortie, laquelle doit être isolée du secteur. Pour assurer l'isolement on utilise un photocoupleur CNY 62.

Pour transmettre au TDA 1060 une tension d'erreur il est nécessaire d'utiliser un comparateur et une tension de référence.

La tension aux bornes de l'enroulement NA<sub>2</sub> du transformateur principal est redressée par D<sub>16</sub>, filtrée par C<sub>20</sub> et stabilisée par le régulateur 78 L 12 AC.

Elle est comparée à la tension de sortie + 5 V - 16,5 A par le circuit intégré 78 L 02 AC. La tension différentielle est appliquée à l'entrée du photocoupleur. La sortie agit sur la borne 5 du TDA 1060 pour obtenir la régulation de la tension.

R.B.



# GÉNÉRATEURS

## continus

- Sources haute tension ( $\leq 24 \text{ kV}$ )
- Sources fort courant ( $\leq 1000 \text{ A}$ )
- Sources forte puissance ( $\leq 20 \text{ kW}$ )

## alternatifs

- Sources haute stabilité ( $\leq 3 \text{ kVA}$ )
- Sources mono/triphasé

### Etudes et réalisations françaises

Catalogue sur Minitel: (3) 614.91.66 + 191040421

**ATNE** Dépt. Instrumentation et Systèmes

**APPLICATION DES TECHNIQUES NOUVELLES EN ELECTRONIQUE**

AV. DE L'ATLANTIQUE. Z.A. COURTABŒUF

B.P. 78. 91943 LES ULIS CEDEX

TEL. (6) 928.76.72



C.B. bro&pub 734