

fréquence



automatique

à blocs - circuits

par J. HERBIN

Laboratoire d'Applications COPRIM

Le fréquencemètre automatique à affichage numérique décrit une gamme de mesure s'étendant de 20 Hz à 100 Hz et peut fonctionner en tachymètre de 20 à 10 000 tours par minute. En dehors de l'alimentation, les circuits sont entièrement réalisés à l'aide de blocs-circuits fonctionnels à semi-conducteurs.

This paper describes a numerical display, automatic frequency-meter using block-circuits. Its range covers from 20 c/s to 100 kc/s. It can be used as an rpm-meter in the range 20 to 10 000 r.p.m. Except for the power supply, the design is entirely based on transistorized functional block-circuits.

Introduction

Les besoins croissants des laboratoires d'électronique, de physique, et ceux de l'industrie, nécessitent la mise en œuvre de dispositifs de mesure où les interventions manuelles sont réduites au minimum. Lorsque la mesure traduit les variations d'une grandeur physique ou mécanique, sa clarté et sa rapidité d'interprétation sont primordiales.

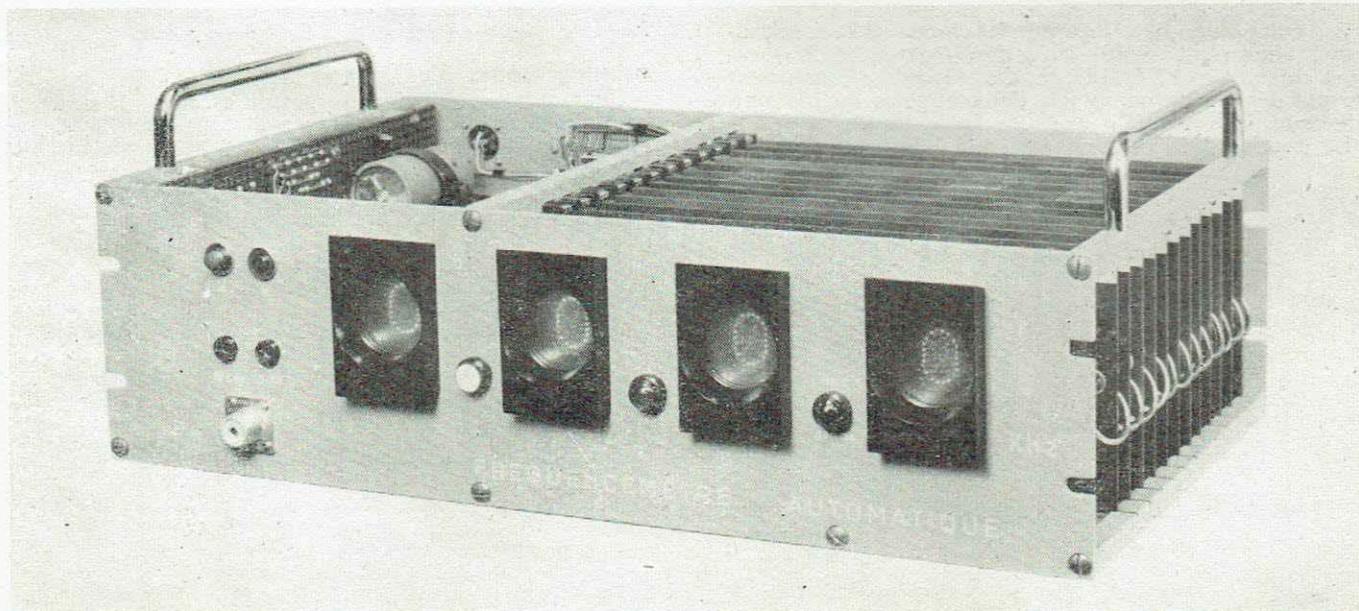
Cette étude décrit un fréquencemètre à affichage numérique, équipé de semi-conducteurs, et dont la gamme s'étend de 20 Hz à 100 kHz en conservant le nombre maximum de chiffres significatifs. Un capteur

photoélectrique placé à l'entrée peut le transformer en tachymètre automatique de capacité 20 à 10 000 tours par minute.

Exception faite des transistors d'affichage et de l'alimentation, les circuits sont entièrement réalisés à l'aide de blocs-circuits fonctionnels à semi-conducteurs.

Principe du fréquencemètre automatique

Le compteur d'impulsions C compte pendant une seconde le nombre de périodes du signal à mesurer ; le nombre d'impulsions enregistrées dans le compteur



Vue de trois-quart avant du fréquencemètre, côté plaques imprimées.

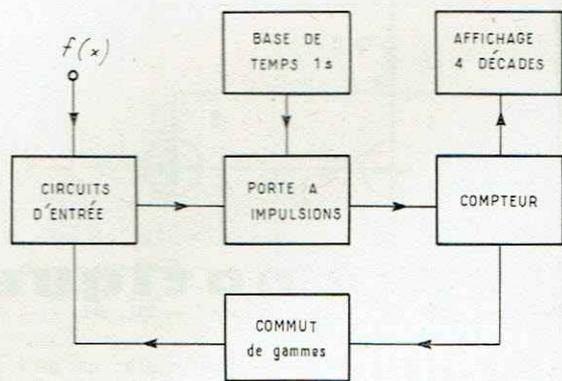


Fig. 1. — Schéma synoptique du fréquencesmètre.

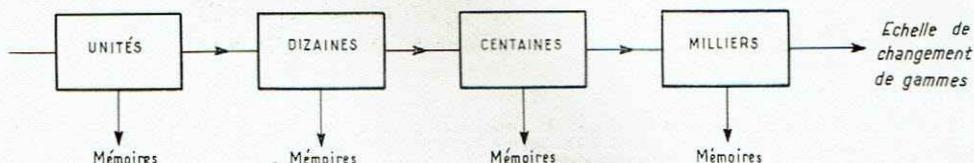


Fig. 2. — Schéma synoptique du compteur d'impulsions.

est donc numériquement égal à la fréquence cherchée (fig. 1).

Une base de temps B, de fréquence connue et très précise, fournit l'intervalle de temps de 1 seconde pendant lequel s'opère la mesure.

Afin d'accroître la facilité d'emploi de l'appareil, quatre dispositifs annexes sont prévus :

- Un affichage permanent de la fréquence que l'on mesure ;
- Un changement automatique de la gamme de mesure, afin de conserver le nombre maximum de chiffres significatifs ;
- Une signalisation « Hors-Gamme » ;
- Une sortie des informations du compteur destinée à la commande d'une machine imprimante.

Compteur d'impulsions

Le compteur, de capacité maximale 9 999 impulsions, comprend quatre décades. Quatre multivibrateurs bistables FF1, placés en cascade, constituent chaque décade de comptage, deux boucles de réaction ramenant leur capacité de $2^4 = 16$, à 10 (fig. 2).

La remise à zéro d'une décade s'effectue par un

signal négatif, d'amplitude 5 V, appliqué par l'intermédiaire de quatre résistances R1 à R4 à la base des quatre transistors de droite des multivibrateurs W2. Le signal de réaction, différencié par le circuit CR 5, provoque le rebasculer des deuxième et troisième bistables par l'intermédiaire des diodes D1 et D2 (fig. 3).

Mémoires du compteur

L'utilisation optimale d'un fréquencesmètre numérique impose le non-défilement des chiffres et la répétition de la mesure, toutes les secondes par exemple. Le circuit mémoire adopté répond à ce besoin.

Les huit collecteurs de la décade de comptage commandent les portes à impulsions incorporées dans quatre multivibrateurs FF2 (fig. 4). Ces multivibrateurs possèdent à chaque instant le même état binaire que ceux constituant la décade.

A la fin de la seconde de comptage, la porte à impulsions commandant l'entrée du compteur se referme. Une impulsion d'horloge permet alors d'afficher l'état des multivibrateurs-mémoires, soit celui du compteur. Le compteur est alors remis à zéro, son contenu ayant été mémorisé et affiché. On verra le même processus se dérouler à la fin de la seconde de comptage suivante (fig. 5).

Aucune mise à zéro n'est nécessaire aux mémoires des décades : si le compteur n'a enregistré aucun signal, le dispositif de mémoire affichera une seconde plus tard 0000 automatiquement.

Matrice de décodage

Les circuits de conversion de l'état binaire des multivibrateurs-mémoires FF2 en informations décimales se composent de quatre matrices à résistances, réalisant avec les amplificateurs d'affichage un ensemble de fonction logiques NI à résistances-transistors.

Amplificateurs d'affichage

Chacun des quarante amplificateurs d'affichage comprend deux étages inverseurs à transistors en cascade.

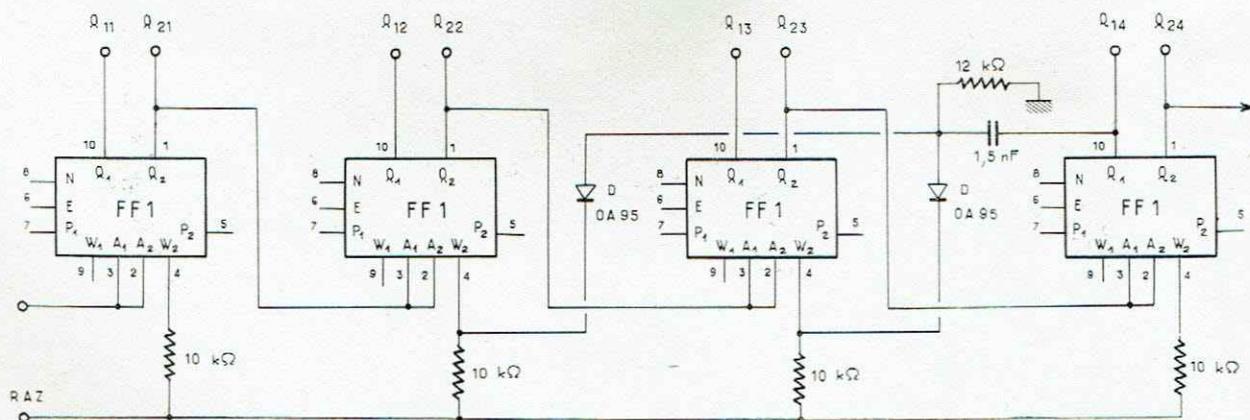
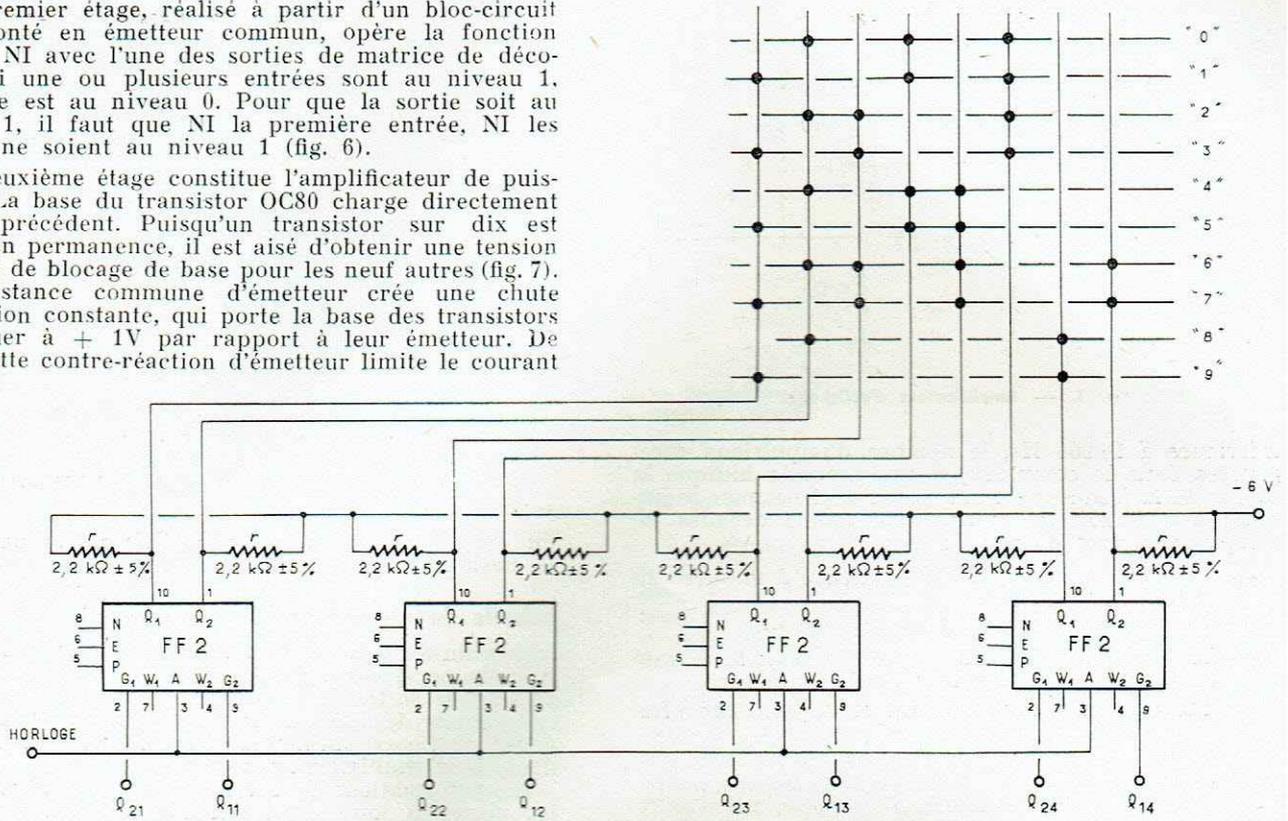


Fig. 3. — Décade de comptage.

Le premier étage, réalisé à partir d'un bloc-circuit EF1 monté en émetteur commun, opère la fonction logique NI avec l'une des sorties de matrice de décodage. Si une ou plusieurs entrées sont au niveau 1, la sortie est au niveau 0. Pour que la sortie soit au niveau 1, il faut que NI la première entrée, NI les autres, ne soient au niveau 1 (fig. 6).

Le deuxième étage constitue l'amplificateur de puissance. La base du transistor OC80 charge directement l'étage précédent. Puisqu'un transistor sur dix est saturé en permanence, il est aisé d'obtenir une tension positive de blocage de base pour les neuf autres (fig. 7). La résistance commune d'émetteur crée une chute de tension constante, qui porte la base des transistors à bloquer à +1V par rapport à leur émetteur. De plus, cette contre-réaction d'émetteur limite le courant



de crête à l'allumage de l'ampoule branchée dans le circuit collecteur.

L'utilisation de fonctions logiques NI à résistances et transistors permet l'économie des trente diodes utilisées dans les circuits ET. Par contre, la consommation est augmentée du fait qu'en permanence, neuf transistors intermédiaires EF1 sont saturés. Afin d'alléger la source stabilisée à -6 V, les amplificateurs d'affichage sont alimentés par la tension à -24 V non stabilisée, prévue pour les voyants d'affichage.

Changement de gammes automatique

La porte d'entrée du compteur est en condition pendant une seconde. Si la fréquence du signal est

Fig. 4. — Mémoires des décades de comptage et décodage. Chaque gros point est équivalent à la mise en place d'une résistance de 12 kΩ.

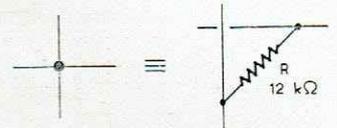
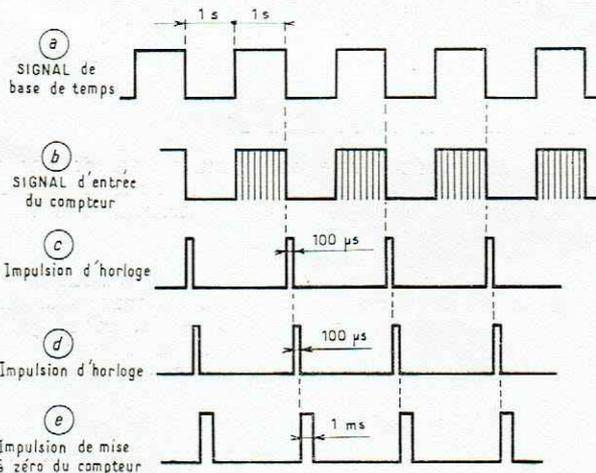
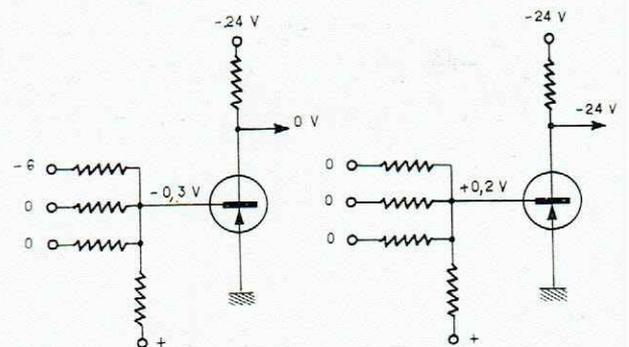


Fig. 6. — Deux positions d'un circuit NI.



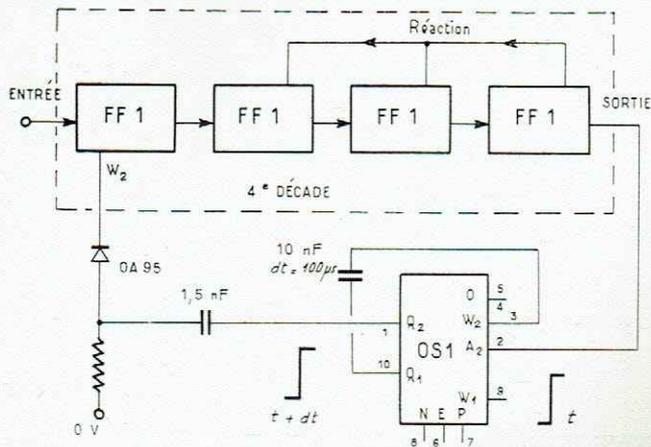


Fig. 10. — Positionnement de la dernière décade.

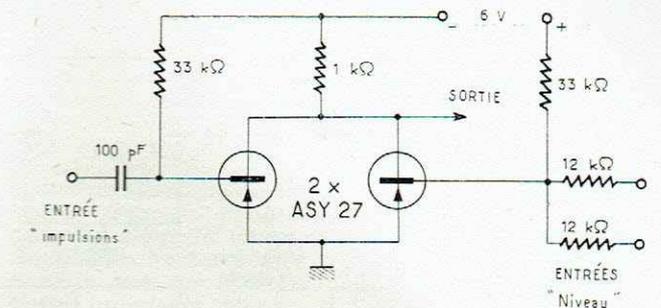


Fig. 13. — Porte sans piédestal à transistors.

L'amplificateur de mise en forme PS1 écrit ce signal et lui confère un temps de montée apte à commander les échelles de division de fréquence (fig. 11).

Division de fréquence de la base de temps

Deux échelles de 100, placées en cascade, ramènent le signal de la base de temps à une période de 1 s. Chaque diviseur par 100 comprend sept multivibrateurs FF1 munis d'une triple boucle de réaction, qui ramène leur capacité de $2^7 = 128$, à 100 (fig. 12). Un quinzième multivibrateur délivre le signal carré de demi-période égale à 1 s, définissant le temps de comptage.

Portes à impulsions

Les diverses portes utilisées dans le fréquencemètre (porte d'entrée du compteur, portes commandant la division de fréquence du signal) sont mises en condition par un ou plusieurs niveaux continus, dont les changements ne doivent pas être enregistrés comme des impulsions.

La porte « sans piédestal » à transistors, utilisée à cet effet, utilise un bloc-circuit 2EF1 dont les deux éléments sont montés en émetteur commun et dont la charge de collecteur est commune. En l'absence de signal impulsif extérieur, un transistor est bloqué, l'autre est saturé : le niveau de sortie de la porte est 0. Le niveau continu de mise « en » ou « hors » condition commande le transistor bloqué au repos. Les impulsions, par contre, commandent le transistor saturé (fig. 13).

Soit 1 le niveau continu de commande. Le transistor correspondant est alors saturé, et les impulsions positives bloquant le transistor initialement saturé ne font pas varier le niveau de sortie : la porte n'est pas en condition.

Soit 0 le niveau continu de commande. Chaque impulsion positive bloque le transistor initialement saturé. Le signal est bien transmis. La porte est en condition.

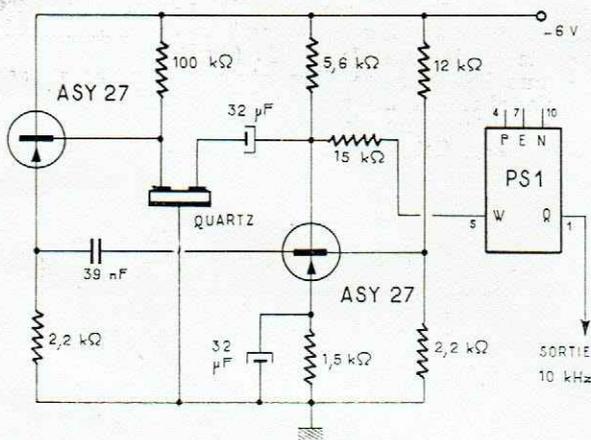
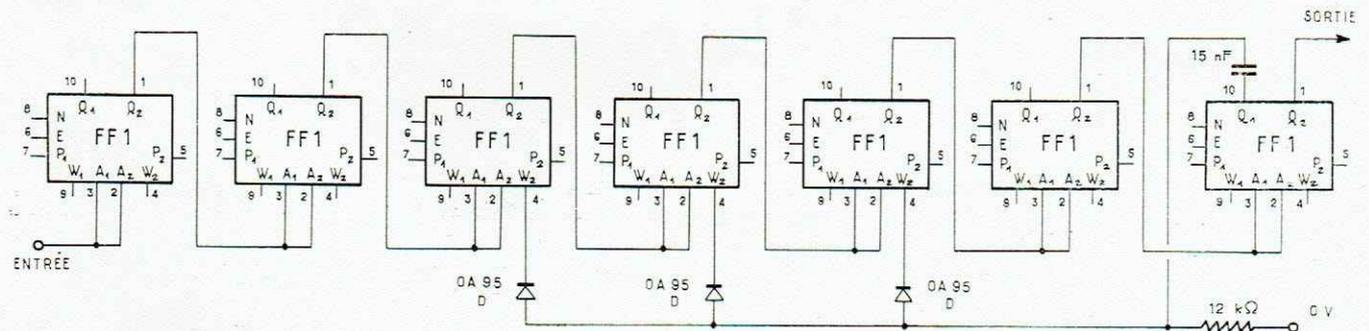


Fig. 11. — Oscillateur à quartz et mise en forme.

Fig. 12. — Echelle de 100.



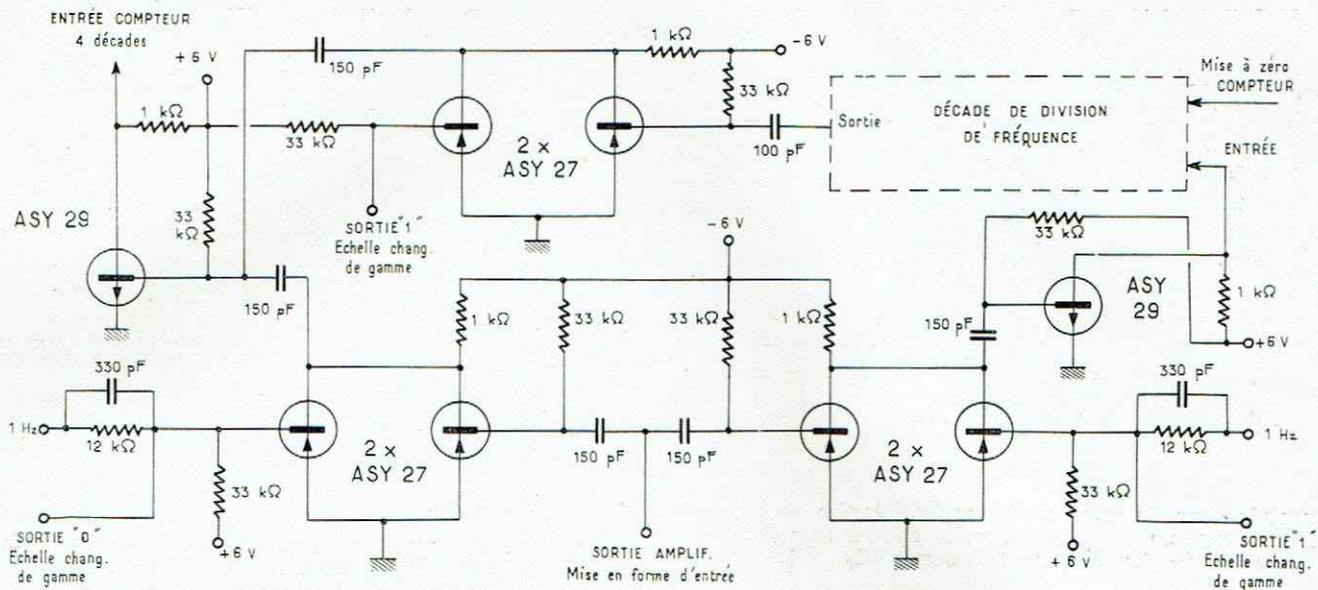


Fig. 14. — Division de fréquence du signal.

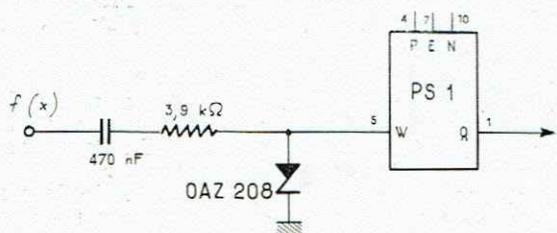


Fig. 15. — Circuit d'entrée et écréteur.

Division de fréquence du signal

Venant du circuit d'entrée, le signal est dirigé directement, pendant 0,1 s au moins, vers la porte d'entrée du compteur, mise en condition pendant 1 s par la base de temps.

Si un changement de gamme s'avère nécessaire, deux portes à transistors aiguillent le signal vers la décade de division de fréquence (fig. 14). Un amplificateur de mise en forme précède la porte d'entrée du compteur.

Circuits d'entrée

Un circuit d'entrée standard écrête et met en forme le signal à mesurer. Un préamplificateur peut être adjoint afin d'augmenter l'impédance d'entrée de l'appareil.

L'amplificateur de mise en forme PS1 est précédé d'un circuit d'écrêtage par diode zener. La valeur de

crête de la tension appliquée peut atteindre 200 V sans dommage : la mesure de la fréquence du secteur est ainsi directement possible sur un réseau à 125 V. Le condensateur d'entrée bloque toute composante continue et limite la valeur inférieure de la fréquence à mesurer à 20 Hz environ. L'impédance d'entrée, égale à 10 kΩ dans la gamme des fréquences mesurables, augmente au-dessous de 20 Hz (fig. 15).

Lorsque l'on dispose d'un niveau inférieur au seuil de déclenchement du circuit écréteur, soit 3 V crête à crête environ, un préamplificateur peut être interposé (fig. 16). Cet étage augmente la valeur de l'impé-

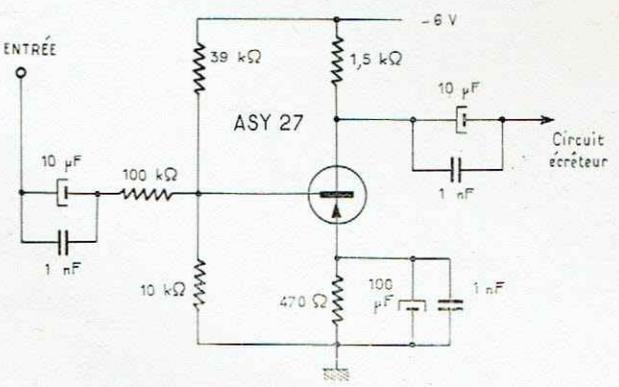


Fig. 16. — Préamplificateur d'entrée.

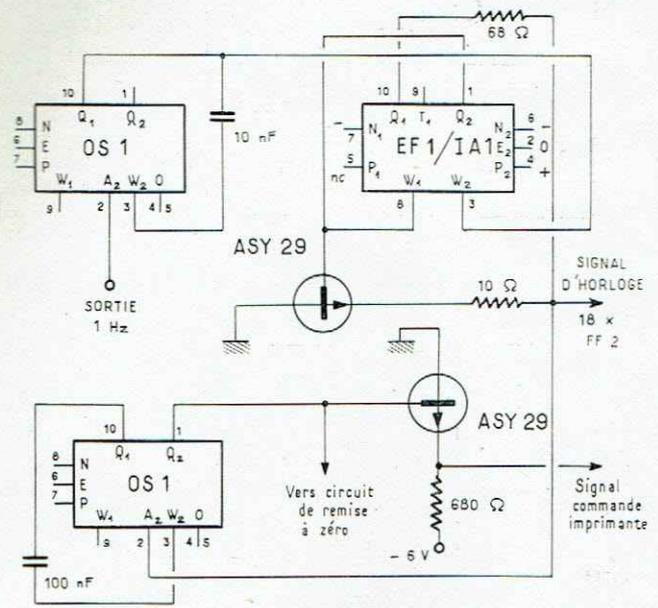


Fig. 17. — Circuits d'horloge.

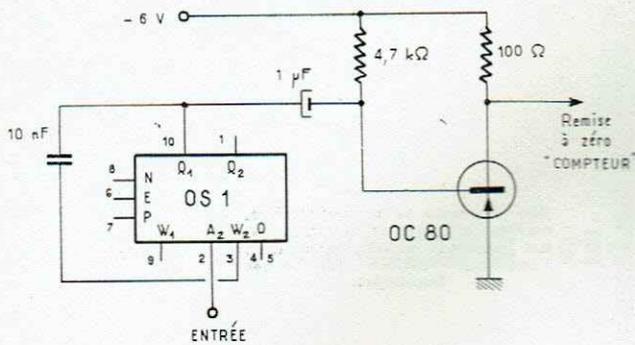


Fig. 18. — Mise à zéro.

dance d'entrée à 100 kΩ environ et abaisse le seuil de déclenchement à 0,3 V crête à crête.

Circuits d'horloge et de mise à zéro

Le générateur d'horloge commande l'affichage, toutes les deux secondes, de l'état du compteur, selon le diagramme de la figure 5. La mise à zéro du compteur s'opère ensuite.

Un multivibrateur monostable OS1 détermine l'intervalle de temps (100μs) séparant la fin du comptage et la commande d'affichage. Un étage émettodyne à transistors complémentaires diminue la capacité apparente d'entrée des dix-huit multivibrateurs mémoires FF2 à commander, afin de conserver un temps de montée inférieur à 0,4 μs (Fig. 17). Un deuxième multivibrateur monostable détermine l'intervalle de temps séparant l'impulsion d'horloge de la mise à zéro du compteur. Cette mise à zéro s'effectue par une impulsion rectangulaire calibrée, de durée 10 μs, fournie par un troisième multivibrateur monostable. Cette impulsion bloque un transistor PNP dont le collecteur est chargé par les 18 résistances de mise à zéro des décades de comptage et de l'échelle de changement de gamme (fig. 18).

Commande d'une machine imprimante

Les niveaux des collecteurs des transistors OC80 d'affichage sont directement utilisables pour la commande automatique d'une machine à écrire, destinée à imprimer les variations de la fréquence d'un signal. Ce prélèvement des informations de sortie n'entraîne aucune complication de l'appareil proprement dit, et permet ainsi une grande souplesse d'emploi. Le signal de la base de temps est aussi disponible pour

Vue de trois-quart arrière du fréquencesmètre, côté alimentations.

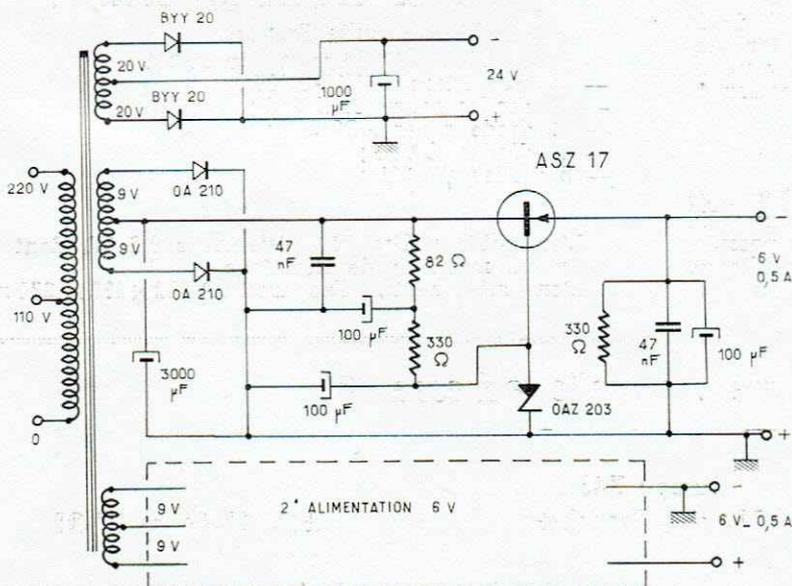
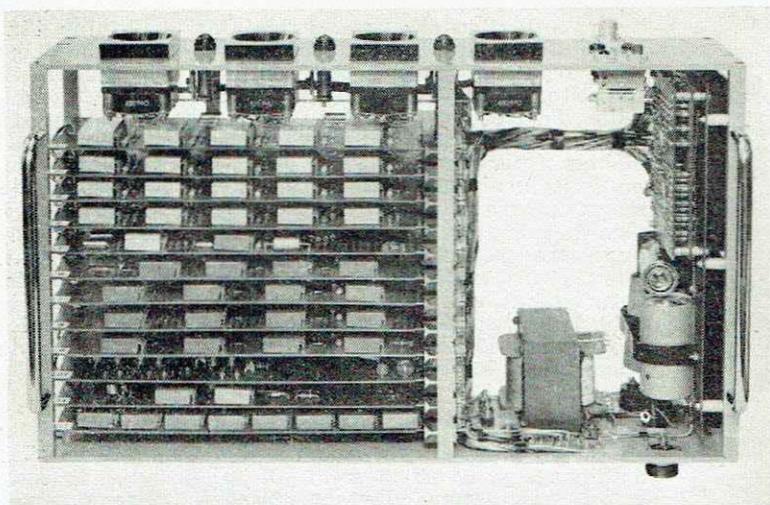


Fig. 19. — Alimentations fournissant les tensions continues de 24 V non stabilisée et deux fois 6 V, 0,5 A, stabilisées.



Vue de dessus du fréquencemètre, mettant en évidence la disposition des éléments et, en particulier, l'empilage vertical des cartes imprimées.

le sélecteur d'opérations de la commande d'imprimante.

Alimentations

Tous les circuits précédemment décrits sont alimentés par trois sources de tension, dont deux sont régulées.

Les alimentations + 6 V et - 6 V sont identiques : un transistor ASZ17 sert d'élément régulateur, une diode zener OAZ 203 fournit la tension de référence. Plusieurs cellules de filtrage suppriment toute ondulation de la tension de sortie et diminuent l'impédance interne de la source. On emploie les semiconducteurs suivants :

- Transistor ASZ 17 sur radiateur 80 cm² en aluminium 2 mm noirci ;
- Diode zener OAZ 203 avec clip 56.200 ;
- Diodes de redressement OA 210.

Le débit de la source - 6 V est d'environ 0,6 A. Le débit de la source + 6 V est d'environ 80 mA. L'alimentation - 24 V est constituée par un pont de diodes OA 210. Le débit est d'environ 0,9 A.

La consommation totale de l'appareil est 60 VA. Pour illustrer la sécurité des circuits et l'efficacité de la stabilisation, indiquons qu'une baisse de tension secteur de 40 % diminue la luminosité des voyants, mais ne perturbe en aucune manière le fonctionnement de l'appareil.

Vérification du fonctionnement

La face avant de l'appareil comporte une borne de sortie de l'oscillateur 10 kHz de la base du temps. En connectant l'entrée à cette prise d'essai, il est possible de vérifier le bon fonctionnement des circuits de comptage : les voyants indiquent 10 000 Hz.

Réalisation

La présentation du fréquencemètre automatique est identique à celle du chronomètre à blocs-circuits précédemment décrit (*Electronique et Automatisme*, N° 19, mars-avril 1962).

Douze cartes à circuits imprimés au standard de 3 unités sont utilisées :

- Amplificateurs d'affichage : 4 cartes ;
- Décades de comptage et mémoires associées : 4 cartes ;
- Base de temps et division de fréquence : 1 carte ;
- Circuits de changement de gamme : 1 carte ;
- Circuits d'entrée et portes à impulsions : 1 carte ;
- Circuits d'horloge et de mise à zéro : 1 carte.

Les composants correspondent aux spécifications suivantes :

- 37 multivibrateurs bistables FF1, type B8 920 00 ;
- 18 multivibrateurs bistables FF2, type B8 920 01 ;
- 4 multivibrateurs monostables OS1, type B8 950 01 ;
- 4 amplificateurs de mise en forme PS1, type B8 950 00 ;
- 26 doubles amplificateurs 2 EF1, type B8 910 01 ;
- 1 amplificateur EF1/IA1, type B8 940 00 ;

soit 90 blocs-circuits Transco.

- 43 transistors OC80 avec clip 56 200 ;
- 2 transistors ASZ17-OC35 ;
- 2 diodes zener OAZ 203 ;
- 1 diode zener AOZ 200 ;
- 15 diodes OA 95 ;
- 8 diodes OA 210 ;

soit 45 transistors et 26 diodes.

L'ensemble utilise 250 résistances 0,5 W, dont 130 pour les matrices de décodage.

L'encombrement de l'appareil est 482 × 132 × 280 mm.

Avez-vous bien noté notre nouvelle adresse ?

PEPTA

Bureau 743

PARIS-8°

11, rue Tronchet

ANJ. 31-44 et 85-21