

LOISIRS ELECTRONIQUES D'AUJOURD'HUI

N° 115

Led

COURS N° 5 : L'ELECTRONIQUE

NUMERIQUE : NUMERATION BINAIRE

ET COMPTAGE B.C.D.

AMPLIFICATEUR CLASSE A 2 x 40 Weff/8

ENCEINTE 2 VOIES EURIDIA

MODULE DE COMMANDE DU P.A.E.

EURIDIA LA 2 VOIES DE LA PASSION



M 1226 - 115 - 28,00 F



Led

L'équipe de Led
vous présente
ses meilleurs vœux
pour l'année 1994

Société éditrice :
Editions Périodes
Siège social :
1, bd Ney, 75018 Paris

SARL au capital de 51 000 F
Directeur de la publication :
Bernard Duval

LED
Mensuel : 28 F
Commission paritaire : 64949
Locataire-gérant des
Editions Fréquences
Tous droits de reproduction réservés
textes et photos pour tous pays
LED est une marque déposée
ISSN 0753-7409

Services Rédaction-
Abonnements :
(1) 44 65 80 88 poste 7314
1 bd Ney, 75018 Paris
(Ouvert de 9 h à 12 h 30
et de 13 h 30 à 18 h
Vendredi : 17 h)

Directeur technique
Réalisation-Fabrication
Thierry Pasquier

Rédaction
Ont collaboré à ce numéro :
Georges Matoré,
Bernard Duval,
Gabriel Kossmann
Jean-Claude Gaertner
Bernard Dalstein

Abonnements
10 numéros par an
France : 210 F
Etranger : 290 F
(voir encart au centre
de la revue)

Petites annonces gratuites
Les petites annonces sont
publiées sous la responsabilité de
l'annonceur et ne peuvent se
référer qu'aux cas suivants :
- offres et demandes d'emplois
- offres, demandes et échanges
de matériels uniquement
d'occasion
- offres de service

Composition
Edi Systèmes
Photogravure
Sociétés PRS/PSC - Paris
Impression
Berger-Levrault - Toui

6

L'ELECTRONIQUE NUMERIQUE (COURS N° 5 : DE LA NUMERATION BINAIRE AU COMPTAGE BCD)

Nous allons voir comment
l'électronique numérique, qui
parle le langage binaire, aux
deux seuls chiffres 0 et 1,
s'adapte au langage décimal
universel, aux dix chiffres 0
à 9...

18

AMPLIFICATEUR PURE CLASSE A A ALIMENTATION SYMETRIQUE (2^e PARTIE)

Nous avons consacré la pre-
mière partie de l'étude de cet
amplificateur à son fonctionne-
ment théorique et à la réalisa-

tion des différentes cartes.
Notre cheminement dans la réa-
lisation de ce classe A nous
amène à traiter le problème
important de la mécanique.

26

ENCEINTE 2 VOIES EURIDIA (2^e PARTIE)

Vous avez été séduits par Eurid-
dia ? Les plans très détaillés
fournis dans notre précédent
numéro vous ont permis
d'entreprendre (ou d'acquérir
dans une grande surface) les
découpes des différents pan-
neaux. Poursuivons le travail
d'assemblage.

39

SERVICE FILMS POSITIFS

Pour vous aider dans la gravure
de vos circuits imprimés, Tech-
nologie Step Circuits vous pro-

pose le film positif des implan-
tations publiées dans ce
n° 115 de Led.

SERVICE CIRCUITS IMPRIMES

Ce service permet aux lecteurs
de Led d'obtenir les circuits
imprimés gravés, percés ou
non.
Tous les circuits imprimés pro-
posés dans nos précédents
numéros sont toujours disponi-
bles.

40

PANNEAU D'AFFICHAGE ELECTROLUMINESCENT (5^e PARTIE)

Le moment est venu d'apporter
les derniers éléments — et pas
les moindres — de notre
module de commande, puisque
nous abordons dans ce dernier
chapitre le câblage et la mise au
point des circuits imprimés du
programmeur. Vous y trouve-
rez également toutes les infor-
mations nécessaires à la bonne
marche de votre réalisation.

DROITS D'AUTEUR

Les circuits, dessins, procédés et techniques publiés par les auteurs dans Led sont et restent leur propriété. L'exploitation commerciale ou industrielle de tout ou partie de ceux-ci, la reproduction des circuits ou la formation de kits partiels ou complets, voire de produits montés, nécessitent leur accord écrit et sont soumis aux droits d'auteur. Les contrevenants s'exposent à des poursuites judiciaires avec dommages-intérêts.

L'électronique numérique

Nous allons voir comment l'Electronique Numérique, qui parle le langage binaire, aux deux seuls chiffres 0 et 1, s'adapte au langage décimal universel, aux dix chiffres 0 à 9...

Lors du premier entretien de cette série (Led n°111), nous avons fait la connaissance des différents systèmes de numération.

Nous avons vu comment s'effectue la conversion d'un nombre, exprimé dans une base donnée, en son équivalent dans une autre base. Nous ne saurions trop vous inciter à vous reporter à cet exposé, acceptant de vous livrer à nouveau au petit entraînement alors suggéré.

En fait, il s'agit bien plus d'un divertissement que d'un travail !

Brièvement, rappelons qu'un système de numération se définit par une base, qui est une quantité convenue d'objets unitaires, symboliquement représentée du temps des Romains par un "calculus", un petit caillou, dont nous est venu le terme calcul...

En système décimal, la base est la quantité, le nombre 10.

Le premier rang est le rang des unités, qui a pour indice 10^0 .

Cette expression algébrique toute simple se lit 10 puissance zéro, la grandeur 0 a pour valeur 1, l'unité, $10^0 = 1$.

Le premier rang "fait le plein" avec 10 objets unitaires (la base est 10).

Le nombre des objets qu'il contient se symbolise par un signe, un chiffre, de 0 à 9 (ce qui fait bien 10 en tout !).

Lorsque le rang d'indice 10^0 a utilisé les 10 signes-chiffres de la base, nous créons un deuxième rang, disposé à gauche du premier, d'indice 10^1 , la grandeur 10^1 a pour valeur 10.

Chaque unité du deuxième rang est une dizaine, laquelle "vaut" 10^1 , soit 10 unités du premier rang.

Le nombre que nous écrivons 31, nous le lisons trente et un, exprime

la quantité groupant trois dizaines (10^1) et une unité (10^0), soit (30 unités + 1 unité) = 31 unités.

L'unité du troisième rang est la centaine, laquelle vaut 10^2 , soit 100 unités du premier rang, ou 10 unités du deuxième rang, 10 dizaines.

La suite est bien connue...

En système binaire, la base est le nombre 2.

Le premier rang, désigné par A, a pour indice 2^0 . Cette grandeur 2^0 a pour valeur 1, l'unité, $2^0 = 1$.

Le premier rang "fait le plein" avec deux objets unitaires, le nombre des objets qu'il contient est symbolisé par un signe, un chiffre 0 ou 1 (0 et 1, voilà bien qui fait 2 en tout !).

Lorsque le rang d'indice 2^0 a épuisé les 2 signes-chiffres de la base, nous créons un deuxième rang d'indice 2^1 , désigné par B et disposé à gauche du premier.

La grandeur 2^1 vaut deux unités du premier rang. Elle est appelée **deuxaine**.

Chaque unité du troisième rang, désigné par C et disposé à gauche du deuxième, est appelée **quatraine**. Elle vaut 2^2 , soit 4 unités du premier rang, ou 2^1 , soit 2 unités du deuxième rang, c'est-à-dire 2 deuxaines.

Chaque unité du quatrième rang, désigné par D et disposé à gauche du troisième, est appelée **huitaine**. Elle vaut 2^3 , soit 8 unités du premier rang, ou 4 deuxaines, ou 2 quatraines...

Nous avons appris, lors de notre premier entretien de cette série, comment convertir un nombre, exprimé en système décimal, en son équivalent exprimé en système binaire, de base 2, par le jeu de la division itérative par 2, dont la figure 1 nous rappelle le principe.

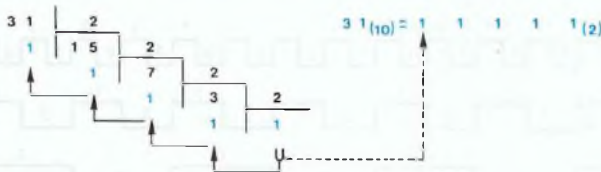


Fig. 1

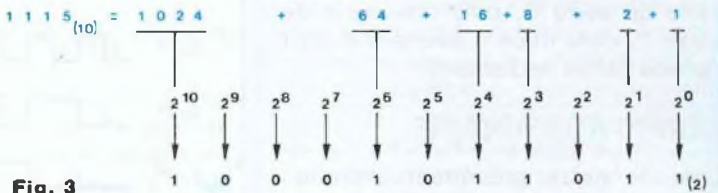
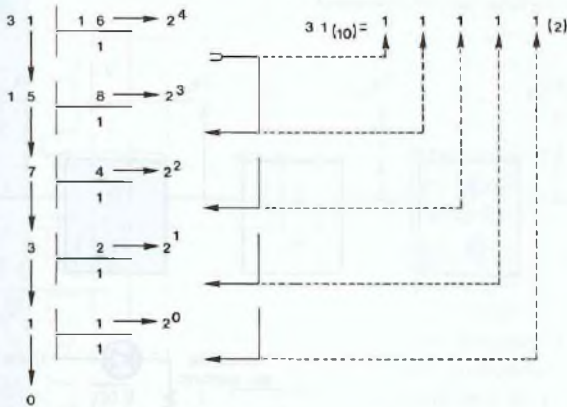


Fig. 3



$$31_{(10)} = (1 \times 2^4) + (1 \times 2^3) + (1 \times 2^2) + (1 \times 2^1) + (1 \times 2^0)$$

$$= 1 \dots 1 \dots 1 \dots 1 \dots 1_{(2)}$$

Fig. 2

Système décimal		Système binaire pur				
10 ¹	10 ⁰	2 ⁴	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰
dizaines	unités	seizaines	huitaines	quaraines	deuxaines	unités
0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	1
0	2	0	0	0	1	0
0	3	0	0	0	1	1
0	4	0	0	1	0	0
0	5	0	0	1	0	1
0	6	0	0	1	1	0
0	7	0	0	1	1	1
0	8	0	1	0	0	0
0	9	0	1	0	0	1
1	0	0	1	0	1	0
1	1	0	1	0	1	1
1	2	0	1	1	0	0
1	3	0	1	1	0	1
1	4	0	1	1	1	0
1	5	0	1	1	1	1
1	6	1	0	0	0	0
1	7	1	0	0	0	1
1	8	1	0	0	1	0
1	9	1	0	0	1	1

Fig. 4

Un peu plus familiarisés avec les "puissances de 2", nous pratiquerons aussi la division du nombre exprimé en système décimal, ainsi que la division des restes successifs par la plus haute puissance de 2 contenue dans le nombre. N'ayons pas peur des mots, reportons-nous à la figure 2, laquelle nous montre explicitement le procédé et la figure 3 nous présente un exemple tout banal d'application ! Un peu de bonne volonté, un peu d'entraînement et nous devenons tous des virtuoses de la conversion "décimal-binaire"...

Les électroniciens mémorisent très vite en leur esprit le petit récapitulatif que voici, qui se passe de commentaire...

$$2^{10} = 1\ 024 \cdot 2^9 = 512$$

$$2^8 = 256 \cdot 2^7 = 128 \cdot 2^6 = 64$$

$$2^5 = 32 \cdot 2^4 = 16 \cdot 2^3 = 8$$

$$2^2 = 4 \cdot 2^1 = 2 \cdot 2^0 = 1$$

A la figure 4 nous avons établi le tableau des équivalences, en base 2, des 20 premiers nombres décimaux (0 à 19). La colonne de droite, en système binaire, celle du rang 2⁰, retient immédiatement l'attention, par

l'alternance régulière de 0 et de 1 qu'elle présente. La colonne disposée immédiatement à gauche de la précédente, celle du rang 2¹, se caractérise par l'alternance régulière de tranches de deux 0 et de deux 1. La colonne suivante, celle du rang 2², présente l'alternance régulière de tranches de quatre 0 et de quatre 1. La colonne suivante, celle du rang 2³, se distingue par l'alternance de tranches de huit 0 et de huit 1. Quant à la dernière colonne, celle de gauche du tableau, du rang 2⁴, du

ystème binaire, elle présente une série de seize 0, puis une série de seize 1, dont nous n'avons transcrit qu'une partie seulement.

COMPTAGE BINAIRE

Lors de notre précédent entretien nous avons fait la connaissance du basculeur astable, dont nous avons démonté le mécanisme.

Nous savons construire ce basculeur, en particulier en mettant en œuvre le circuit intégré 555.

Le signal carré délivré par le basculeur astable A (figure 5) présente des paliers de niveau 0 et 1, dans une analogie parfaite avec l'alternance des valeurs 0 et 1 de la colonne de droite du tableau 4, la colonne des unités, de rang 2, en système binaire...

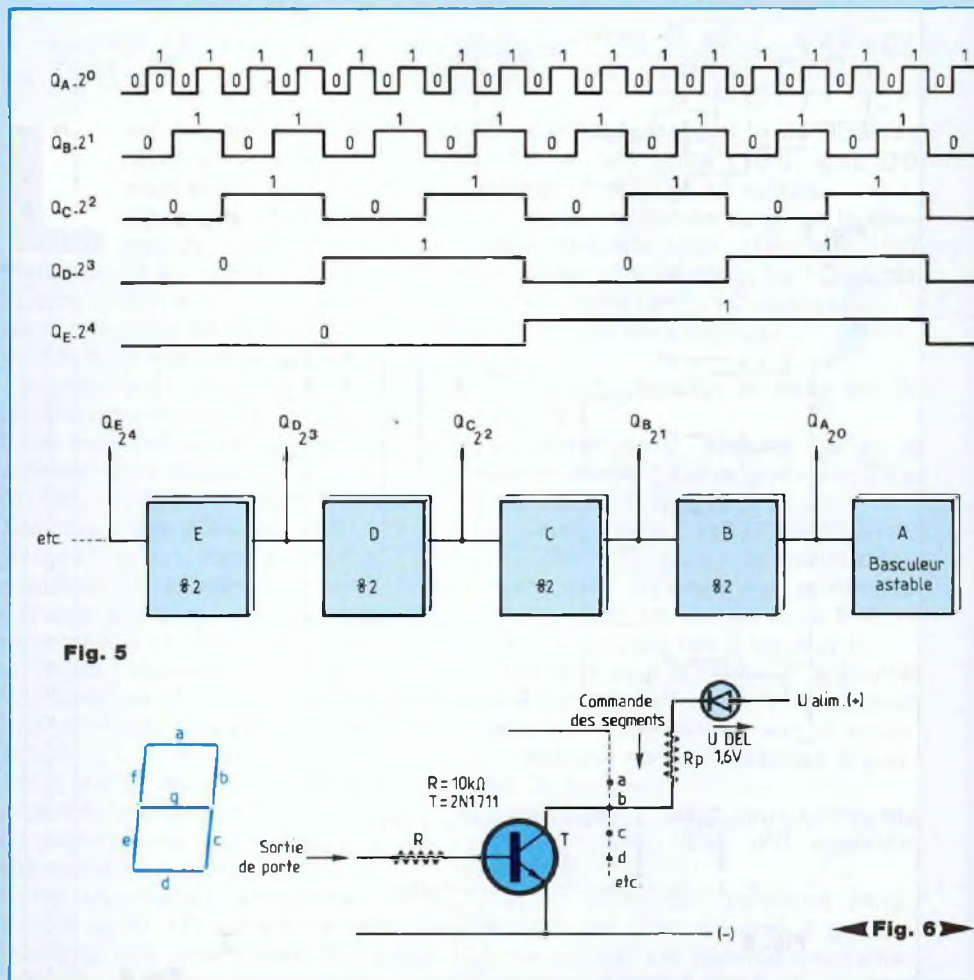
Un montage diviseur par 2, montage B, convenablement disposé en aval du basculeur astable et traitant le signal produit par ce dernier (même figure 5), va délivrer en sa sortie un signal dont les paliers hauts et bas, de niveau 1 et 0, ont la durée d'un créneau complet du signal provenant du basculeur. Cet espace temps n'est autre que la période du signal produit par le basculeur (notre précédent entretien).

Il faut noter, chez le tableau de la figure 4, la parfaite harmonie entre les tranches alternées successives de deux valeurs 0 et de deux valeurs 1, qui constituent la colonne des deuxaines, de rang 2, située immédiatement à gauche de la précédente, celle des unités, de rang 2.

Mais il faut encore noter l'analogie parfaite avec les paliers du signal sortie du diviseur par 2, disposé en aval du basculeur !

En associant ainsi en cascade des diviseurs par 2, nous obtenons de proche en proche ces colonnes de tranches alternées d'un même nombre de valeurs 2, 4, 8, 16...

L'assemblage judicieusement réalisé



(figure 5) nous vaudra de recueillir, en sortie des bascules et dans l'ordre, les niveaux correspondant à l'expression, en langage binaire, du nombre de créneaux du signal d'horloge, nous disons aussi du nombre de "coups d'horloge" présenté à l'entrée du système.

Vous avez traduit tout cela par comptage binaire du nombre de coups d'horloge...

Nous allons voir comment assembler les chaînes de bascules, en précisant préalablement les conventions universelles que voici :

Lorsque la commande horloge d'une

bascule d'un système compteur est directement pilotée par la sortie Q de la bascule précédente, nous sommes en présence d'un **compteur asynchrone**.

Lorsque le signal d'horloge est appliqué synchroniquement (simultanément) à toutes les commandes d'horloge des bascules d'un système compteur, nous sommes en présence d'un **compteur synchrone**.

CODE B C D

Il a fallu imaginer des compteurs capables de compter de 0 à 9, pour adapter l'esprit "binaire" de l'élec-

Correspondance BCD				Chiffre	Affichage	a	b	c	d	e	f	g
D	C	B	A									
0	0	0	0	0		1	1	1	1	1	1	0
0	0	0	1	1		0	1	1	0	0	0	0
0	0	1	0	2		1	1	0	1	1	0	1
0	0	1	1	3		1	1	1	1	0	0	1
0	1	0	0	4		0	1	1	0	0	1	1
0	1	0	1	5		1	0	1	1	0	1	1
0	1	1	0	6		1	0	1	1	1	1	1
0	1	1	1	7		1	1	1	0	0	0	0
1	0	0	0	8		1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	1	9		1	1	1	1	0	1	1

tronique numérique aux avantages incontestables (et jamais contestés !) du système décimal usuel.

Pour traduire en binaire tout nombre décimal de 0 à 9, nous avons besoin de quatre cellules s'exprimant en langage binaire, délivrant en leur sortie Q un signal de niveau 0 ou 1. Chaque information élémentaire, 0 ou 1, est appelée bit (vient de l'expression de langue anglaise binary digit, chiffre binaire).

Le nombre 1, en décimal, s'exprime 0001, en binaire.

Le nombre 2, en décimal, s'exprime 0010, en binaire.

Le nombre 3, en décimal, s'exprime 0011, en binaire.

Le nombre 4, en décimal, s'exprime 0100, en binaire.

Si nous voulons coder le nombre (décimal) 1 234, c'est un exemple, selon le principe des 4 (indispensables) cellules, nous écrivons :

1 2 3 4
DCBA DCBA DCBA DCBA
0001 0010 0011 0100

Cette méthode conventionnelle de représenter les nombres décimaux par leurs équivalences codées en binaire est le système BCD, pour Décimal Codé en Binaire (vient de Binary Coded Decimal).

En binaire pur, le nombre 1 234 s'exprime :

10011010010

Vous conviendrez volontiers que la signification d'un tel nombre n'est pas évidente, il nous est nécessaire de procéder à la conversion de ce nombre sous sa forme décimale pour l'estimer et l'exploiter !

En BCD il s'exprime :

0001 - 0010 - 0011 - 0100

Vous connaissez par cœur le code des couleurs des résistances, un peu de pratique vous vaudra de connaître également par cœur l'expression sous forme binaire des dix premiers nombres décimaux. Vous traduirez alors très facilement et très rapidement, en clair, tout nombre BCD...

Les calculs effectués en code BCD sont d'une complexité telle que les nombres (décimaux) seront convertis et traités en code binaire par les machines électroniques. Les résultats seront finalement retraduits en BCD, en raison de la commodité de conversion par le jeu des décodeurs, lesquels pilotent les afficheurs numériques.

AFFICHAGE NUMERIQUE

Qu'il s'agisse des "pavés

afficheurs" électroluminescents, ou des "afficheurs" à cristaux liquides, les afficheurs numériques écrivent convenablement les chiffres à l'aide de sept segments, conventionnellement (et universellement) désignés a, b, c, d, e, f et g (figure 6).

Il convient donc d'activer les segments en concordance avec les informations, en code BCD, à 4 bits, exprimant chacun des chiffres constituant le nombre résultat (à afficher).

Tout circuit intégré spécialisé assumant cette fonction est appelé décodeur à commande d'afficheur (decoder/driver, en langue anglaise). Les décodeurs sont des assemblages complexes de portes électroniques, dont les schémas structurels figurent dans la documentation technique accompagnant ces composants.

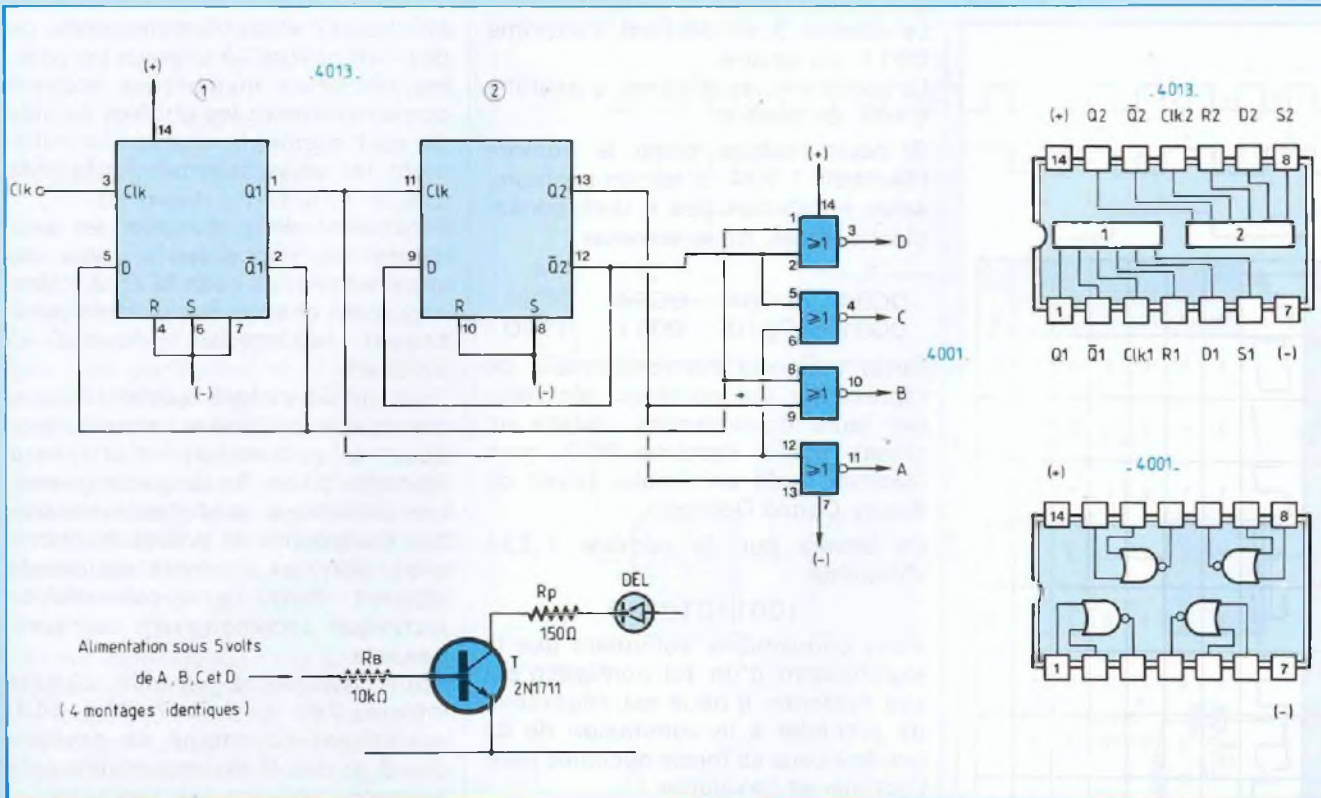
Notre préférence va aux circuits intégrés 74 -- 246, 247, 248, 249, qui offrent l'avantage de dessiner des 6 et des 9 électroluminescents achevés, activant les segments a, chez les chiffres 6 et les segments d, chez les chiffres 9, une esthétique à laquelle nous tenons beaucoup...

De tels circuits intégrés fonctionnent à "collecteur ouvert", c'est-à-dire que leurs transistors NPN (intégrés) chargés de faire passer le courant d'activation des segments, diodes électroluminescentes en forme de bâtonnet, "tirent" ce courant par la cathode des DEL.

Les pavés afficheurs utilisés seront, dans ce cas, du type à anode commune, puisque le courant arrivera sur une borne (anode), commune aux sept segments, pour être extrait par la cathode individuelle propre à chacun des segments.

Il va sans dire qu'une résistance de protection doit être disposée en série dans le circuit collecteur-DEL, sa valeur sera déterminée en fonction de la tension d'alimentation, laquelle peut atteindre 15 volts chez

L'électronique numérique



◀ Fig. 7 ▶

le 74 -- 247, pour un courant d'activation de 40 milliampères, voire 30 volts chez le 74 -- 246, pour un courant de 24 mA !

SEQUENCEUR

Analysons, si vous le voulez bien, le fonctionnement du montage dont la figure 7 nous présente le schéma. Deux bascules D, de type R-S (notre précédent entretien), sont mises en œuvre dans ce montage. Elles proviennent d'un circuit spécialisé 4013, lequel comporte quatre bascules de ce genre (même figure 7). Les broches correspondant aux commandes D, R et S des deux bascules non utilisées du 4013 doivent être mises au (-) alimentation, à la masse, cette précaution utile que nous connaissons bien ! La première bascule, située en amont, en entrée du montage, fonc-

tionne en diviseur par 2, puisque sa sortie Q est directement connectée à son électrode de commande D. Nous avons fait la connaissance de ce dispositif lors de notre précédente rencontre.

La sortie Q de la bascule 1 est directement reliée à l'entrée d'horloge de la bascule 2, elle-même conditionnée pour fonctionner en diviseur par 2 (sortie Q reliée à commande D). Le signal d'horloge est appliqué à l'entrée Clk de la bascule 1.

Un signal de fréquence moitié de ce signal est disponible en sortie Q1 (de la bascule 1), un signal de fréquence 1/4 de celle du signal d'horloge entrée est disponible en sortie Q2 (de la bascule 2).

Souvenons-nous que les signaux présents aux sorties Q1 et Q2 sont opposés, complémentaires de ceux présents en Q1 et Q2 !

Dressons-nous, toujours à la même

figure 7, le chronogramme des signaux recueillis en Q1, Q1, Q2, Q2.

Connectons les sorties des bascules aux entrées des quatre portes OU-NON que comporte un circuit intégré spécialisé 4001, comme l'indique le schéma du montage.

Les sorties A, B, C et D des portes OU-NON prennent, dans le temps, les niveaux repris au tableau de la figure 7. Pour visualiser ces niveaux, connectons un petit montage avec transistor et DEL à chacune d'elles (même figure 7).

Nous remarquerons que les sorties des portes occupent le niveau 1 à tour de rôle, dans un ordre parfait. Elles conservent ce niveau 1 durant un créneau, une période du signal d'horloge, c'est-à-dire l'espace temps qui sépare, dans le cas présent, deux flancs montants successifs du signal d'horloge.

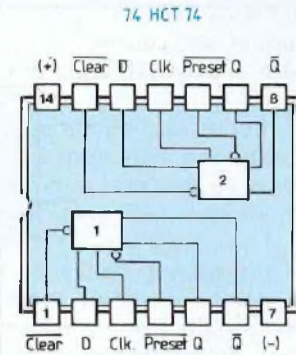
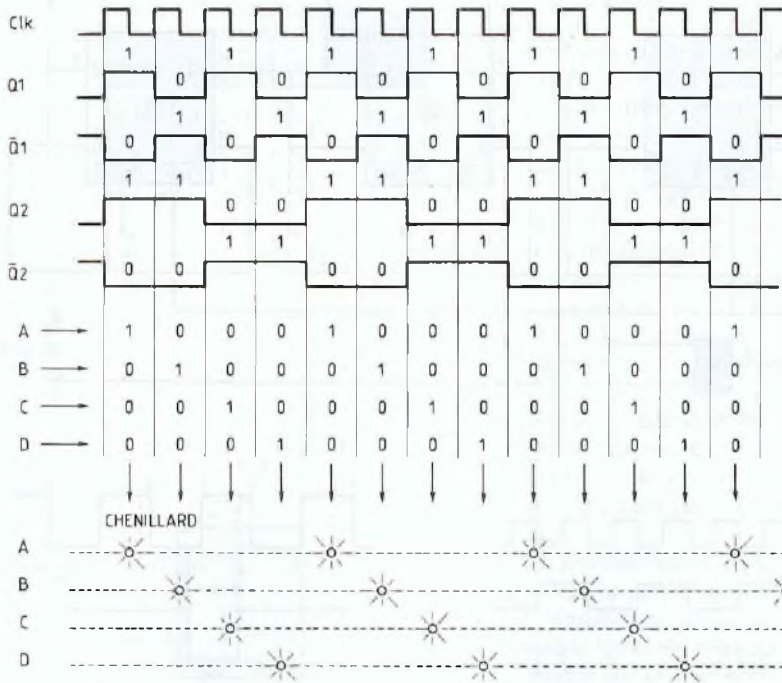


Fig. 8

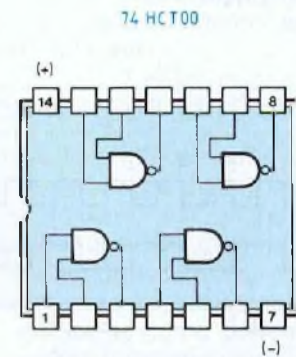


Fig. 8

Les sorties des portes se maintiennent au niveau 0 durant les trois créneaux suivants du signal d'horloge.

A partir des sorties A, B, C et D, il est possible de commander des séquences d'allumage (niveau 1) et d'extinction (niveau 0) de luminaires, ou de groupes de luminaires, vous avez reconnu le principe du "chenillard" d'animation lumineuse de vitrines, etc.

UNITE DE COMPTAGE ASYNCHRONE BCD

La vocation du compteur BCD est de compter des coups d'horloge jusqu'à la position des sorties DCBA = 1001, qui correspond au comptage de 0 à 9, en système décimal, nous avons vu cela...

Un compteur à l'image de celui dont la figure 8 nous présente la struc-

ture, constitué de quatre bascules disposées en série, effectuant chacune la division par 2, compte jusqu'au nombre DCBA = 1111, sa capacité, qui est l'expression, en binaire, du nombre décimal 15.

Un tel compteur compte donc 16 coups d'horloge, repasse à 0 au dix-septième, indiquant 0000 et continue le comptage.

Il est un compteur binaire à 4 bits, comptant jusqu'à 15.

Pour le faire fonctionner en code BCD (Décimal Codé en Binaire), nous devons limiter sa capacité à 10 coups d'horloge, correspondant au comptage de 0 à 9. Réfléchissons !

Considérons l'association série des quatre bascules D dont la figure 8 nous présente le schéma.

Ces bascules proviennent du circuit intégré 74 -- 74 (il en comporte 2), dont le brochage et la table de fonc-

tionnement nous sont également présentés par la même figure 8.

Lorsque sa commande Clear et sa commande Preset sont maintenues au niveau 1, étant reliées au (+) alimentation, la bascule D fonctionne en diviseur par 2 (toujours figure 8). Chez la présente association série de bascules D, vous remarquerez que le signal d'horloge n'est pas appliqué simultanément, synchroniquement, aux entrées de toutes les bascules, nous sommes ici en présence d'un compteur asynchrone.

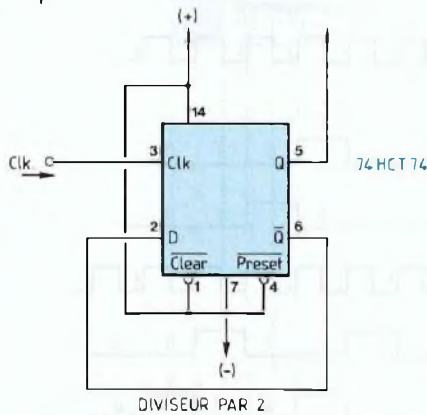
Mais vous remarquerez que c'est la sortie Q-bar d'une bascule qui est reliée, directement, à la commande horloge de la bascule suivante.

Voici la raison de cette façon de procéder :

La bascule D (du 74 -- 74) est activée, qui change d'état lors du flanc montant de chaque créneau du signal d'horloge. Le flanc montant

COMMANDES				SORTIES	
Preset	Clear	Clk	D	Q	\bar{Q}
0	1	X	X	1	0
1	0	X	X	0	1
1	1	↑	1	1	0
1	1	↑	0	0	1

Fig. 8



sortie S de la porte P est forcée à 0 et ce niveau 0 appliqué à l'ensemble des commandes Clear des bascules a pour effet de remettre à 0 le compteur.

Ainsi donc, lorsque le compteur arrive à la position DCBA = 1010, après dix coups d'horloge, ou comptage de 0 à 9, il se remet à 0 et reprend le comptage pour le cycle suivant, c'est ce que nous désirions. Chez le montage schématisé par la figure 8, capable de compter jusqu'à 15 (DCBA = 1111), le procédé peut naturellement être étendu au comptage (ou à la division de fréquence) par n'importe quel autre nombre compris entre 2 et 15, à la condition

de mettre en œuvre la ou les portes logiques qui provoqueront la remise à 0 à l'instant voulu.

Remarquons que le signal en sortie de la porte P, lequel gouverne le niveau des commandes Clear, se tient à 1 durant l'espace temps consacré à la remise à 0.

Ce même signal présente le profil requis pour être appliqué à l'entrée d'horloge de la bascule de tête d'une unité de comptage supplémentaire, disposée en aval de la précédente. Il activera cette bascule par flanc ascendant (figure 8).

Il est par conséquent théoriquement possible d'associer en série autant de compteurs que désiré, constituant ainsi des ensembles capables de compter par de très grands nombres.

Accordez-nous un peu de votre aimable attention !

L'impulsion négative de remise à 0, palier bas, de niveau 0, du signal en sortie de la porte P, doit être d'une durée très brève, en tout cas inférieure à la durée du créneau d'horloge au sein duquel est opérée cette remise à 0 (10 = 0 - 1, chez l'exemple traité), pour ne pas amputer le signal d'horloge, oublier des créneaux qui ne seraient pas comptabilisés !

Nous savons que le changement d'état d'une bascule exige, pour s'accomplir, un espace temps qui est le délai de commutation, ou délai de transfert.

Ce délai a beau être extrêmement court, de l'ordre de quelques dizaines de nanosecondes, il est néanmoins existant et... absolument incontournable !

L'importance du phénomène grandit avec la fréquence du signal à traiter, le délai de commutation devenant trop important devant la période, la durée du créneau d'horloge du signal.

Voilà qui limite en vitesse les performances de ce type de compteurs, à

l'entrée desquels il ne faut pas songer présenter des signaux dont la fréquence dépasse le mégahertz !

Nous allons maintenant faire la connaissance des compteurs synchrones, nous verrons ce qui les différencie d'avec les compteurs asynchrones.

Disons bien que les uns et les autres seront toujours choisis en fonction de leurs particularités spécifiques, critères d'orientation vers leurs destinations particulières...

Auparavant, précisons ce qu'il faut entendre par

COMPTEUR MODULO N

Dans la pratique, nous aurons souvent besoin de dispositifs comptant (ou divisant) par un nombre entier quelconque égal ou supérieur à 2.

Conventionnellement, c'est un langage universel, un compteur modulo N est un système conditionné pour compter, cycliquement, un nombre N de coups d'horloge.

Le signe chiffre 0 étant attribué au premier créneau de la tranche, un compteur modulo N compte jusqu'au nombre décimal (N - 1) et repasse à zéro, pour aborder le cycle de comptage suivant.

Par exemple, un compteur modulo 3 compte une tranche (modulo) de 3 coups d'horloge, il compte par conséquent de 0 à 2 (inclus) et se remet à 0, puis recommence, inlassablement : 0, 1, 2 - 0, 1, 2 - etc.

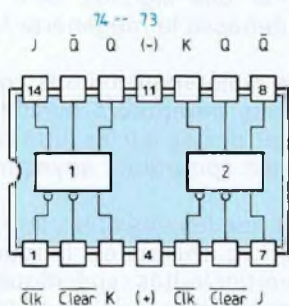
En code BCD, le compteur à quatre bascules est un compteur modulo 10.

En binaire pur, le compteur à quatre bascules est un compteur modulo 16.

COMPTEUR SYNCHRONE MODULO 2

Portons notre attention sur la bascule J-K du circuit intégré 74--73,

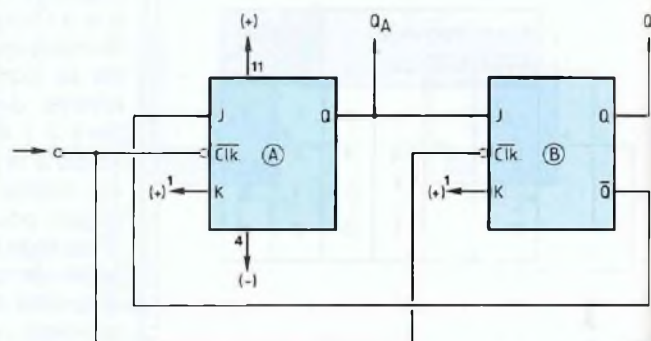
L'électronique numérique



Alimentation sous 5V

COMMANDES				SORTIES	
Clear	Clk	J	K	Q	Q̄
0	X	X	X	0	1
1	↓	1	0	1	0
1	↓	0	1	0	1
1	↓	1	1	TOGGLE	

Fig. 9-1



Commande $\overline{\text{Clear}}$ à 1

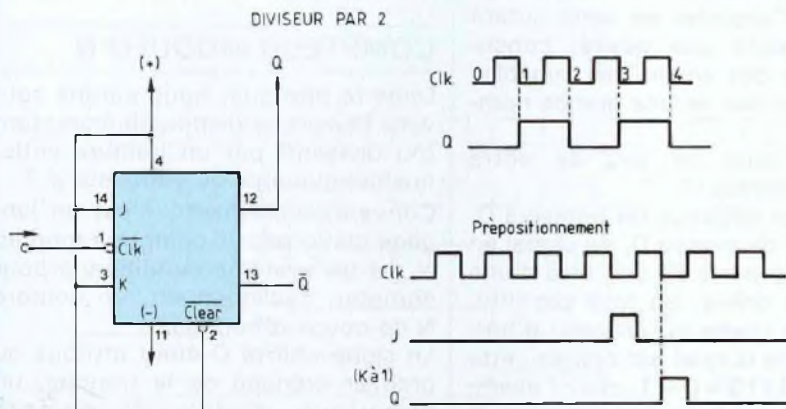


Fig. 9-2

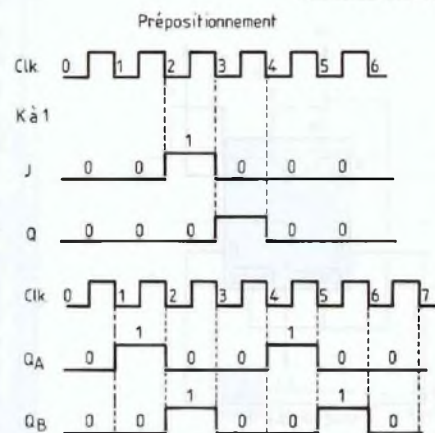


Fig. 9-3

lequel comporte 2 bascules identiques, dont la figure 9-1 nous montre le brochage et la table de fonctionnement.

Le petit cercle de la broche $\overline{\text{Clk}}$, tout comme celui de la sortie d'une porte logique inverseuse, symbolise l'inversion de niveau. Il indique que la bascule du 74--73 est activée par un flanc descendant (et non pas montant !) du signal d'horloge.

Cette particularité est également symbolisée par la barre au-dessus de l'indication Clk, à l'image de celle qui est affectée à la sortie $\overline{\text{Q}}$ d'une bascule !

Le schéma du compteur par 2 est immédiatement dessiné, à la figure 9-2.

La commande $\overline{\text{Clear}}$ doit être maintenue à 1, reliée au (+) alimentation, pour que le montage soit autorisé (validation), mais nous ne figurons par la liaison, cela pour alléger le dessin.

Les commandes J et K sont, toutes les deux, à 1, connectées au (+) alimentation.

Nous appliquons le signal d'horloge à l'entrée de la bascule (commande Clk)...

A un moment donné, la sortie Q de la bascule se trouve à 0...

Cette même sortie passe à 1 lors du premier flanc descendant du signal d'horloge, après un créneau positif complet du signal, à l'issue du créneau 0-1 (figure 9-2).

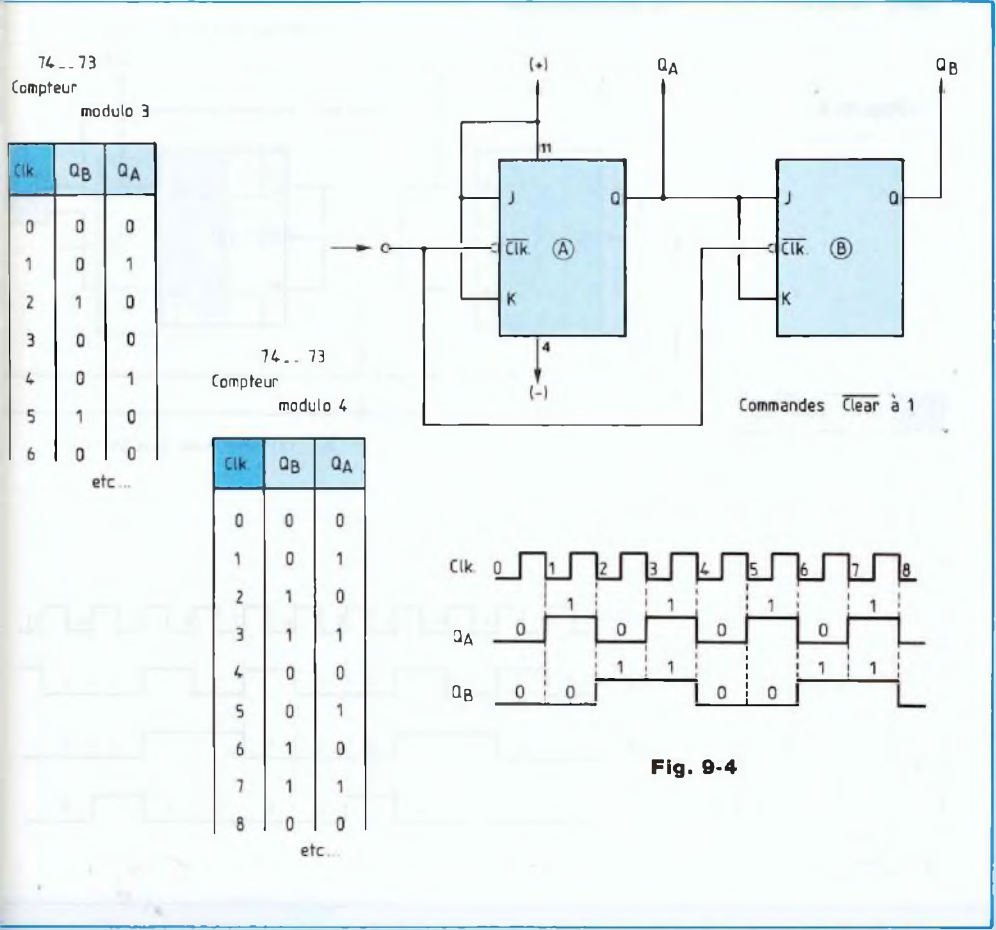
A l'issue du créneau suivant (créneau 1-2), lors du front descendant du signal, la sortie Q de la bascule repasse à 0.

La sortie Q de la bascule reprendra le niveau 1 à l'issue du créneau suivant (3-4), le compteur commençant un nouveau cycle, etc.

La sortie Q se trouve à 1 pendant un créneau de signal d'horloge et se maintient à 0 pendant le créneau suivant.

Nous sommes bel et bien en présence d'un compteur/diviseur par 2 des coups d'horloge, modulo 2, tout cela est clair !

Rappelons que le terme de langue anglaise Toggle signifie basculement, commutation...



**COMPTEUR SYNCHRONES
MODULO 3**

Nous passons maintenant au comptage par 3 (figure 9-3). Précisons préalablement une particularité essentielle de la bascule J-K, apparaissant à l'examen de sa table de fonctionnement, que la manipulation nous confirmera : La bascule ici mise en œuvre est sensible au flanc descendant du signal d'horloge, qui la fait changer d'état. Lorsque la commande K de la bascule J-K est maintenue à 1 et qu'une impulsion positive (niveau 1) est appliquée à sa commande J, la bascule est "prépositionnée" pour le

changement d'état qu'elle effectuera lors du flanc descendant suivant du signal d'horloge, phénomène traduit par le chronogramme de la figure 9-3. Reportons-nous au schéma de montage que nous montre la même figure. Une seule horloge commande synchroniquement les entrées Clk des deux bascules du 74 -- 73 du montage, nous sommes en présence d'un dispositif compteur synchrone. La sortie QA (de la bascule A) est directement reliée à la commande JB (de la bascule B) et la sortie QB (de la bascule B) est directement reliée à la commande JA (de la bascule A). Les commandes K et les commandes

Clear sont à 1, reliées en permanence au (+) alimentation. A un moment donné, l'instant d'origine, les sorties QA, de la bascule A, de tête et la sortie QB, de la bascule suiveuse B, sont, toutes les deux, à 0. Nous avons alors : QB, QA = 0, DCBA = 0000.

La sortie QB se trouve alors à 1, niveau opposé, complémentaire de celui de Q et ce niveau est appliqué à la commande JA, de la bascule A, laquelle est autorisée à fonctionner, en compteur/diviseur par 2, nous connaissons le montage !

Mais le niveau 1 imposé à la commande JA prépositionne la bascule A au changement d'état qu'elle opérera lors du flanc descendant à venir du signal d'horloge, c'est-à-dire à l'issue du créneau 0-1 de ce signal ! A cet instant, QA passe à 1, imposant son niveau 1 à la commande J, de la bascule B, laquelle se trouve ainsi prépositionnée à son tour.

La bascule B va donc opérer un changement d'état lors du flanc descendant à venir du signal d'horloge, c'est-à-dire à l'issue du créneau 1-2, sa sortie Q passant de 0 à 1, sa sortie QB passant de 1 à 0 (chronogramme de la figure 9-3).

Le niveau 0 apparu en sortie QB est répercuté sur la commande J de la bascule A, laquelle voit alors sa commande J portée à 0 et sa commande K à 1.

La bascule A est par conséquent condamnée à se maintenir, durant le créneau suivant, le créneau 2-3, dans l'état qu'elle venait de prendre (QA à 0).

A l'issue du créneau 2-3, la bascule B change d'état, sa sortie Q repasse de 1 à 0 et nous avons alors QB = QA = 0, le compteur se retrouve dans sa position initiale : DCBA = 0000, au bout de trois coups d'horloge, il peut recommencer son cycle !

Ce montage fonctionne donc bien en compteur synchrone, modulo 3.

A la figure 3 nous avons dessiné le

L'électronique numérique

chronogramme de fonctionnement de ce dispositif compteur par 3, accompagné du tableau des positions des sorties QA et QB. Vous n'aurez aucune peine à reconnaître le tableau des valeurs du système binaire, en parfaite concordance avec les niveaux occupés par les sorties...

COMPTEUR SYNCHRONE MODULO 4

Nous passons au comptage par 4. La figure 9-4 nous présente le schéma du montage effectuant l'opération.

Nous appliquons le signal d'horloge aux entrées Clk des deux bascules du dispositif, notre compteur est de type synchrone.

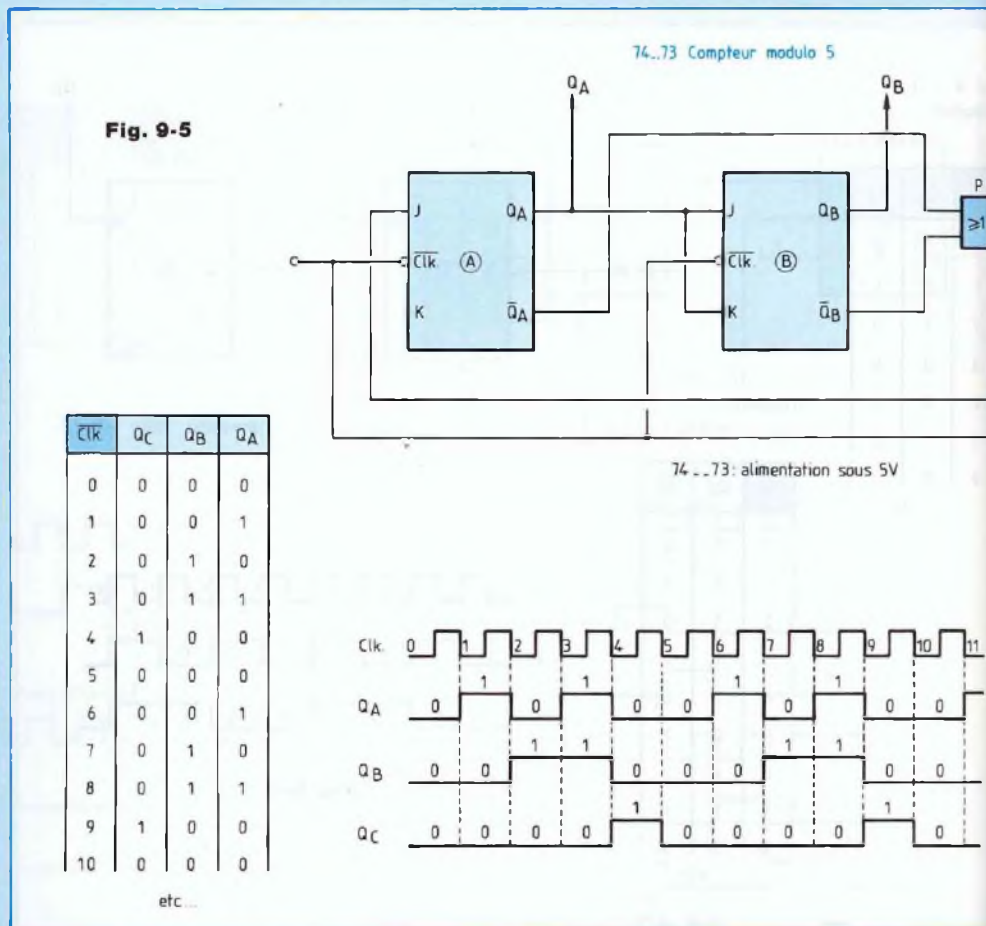
A un moment donné, les sorties QA et QB se trouvent à 0...

La bascule A fonctionne en compteur/diviseur par 2, ce montage n'a plus de secret pour nous ! Lors du premier flanc descendant à venir du signal d'horloge (à l'issue du créneau 0-1), la sortie QA prend le niveau 1 et le conserve jusqu'au flanc descendant suivant du signal (issue du créneau 1-2).

Mais le niveau 1 en QA est appliqué aux commandes J et K de la bascule B, prépositionnant cette bascule pour le changement d'état qu'elle accomplira lors du flanc descendant suivant du signal, à l'issue du créneau 1-2, sa sortie QB passant à 1. Durant le créneau 2-3, la sortie QA se tient à 0, imposant ce niveau 0 aux commandes J et K de la bascule B, laquelle est maintenue dans l'état qu'elle vient de prendre (QB à 1).

Mais à l'issue du créneau 2-3, sur flanc descendant du signal d'horloge, la bascule A change d'état, sa sortie Q repasse de 0 à 1.

Ce niveau 1, répercuté sur les commandes J et K de la bascule B, a pour effet de faire changer d'état la bascule B à l'issue du créneau 3-4, sa



sortie QB passant de 1 à 0, sa sortie QB de 0 à 1.

A cet instant, le système se retrouve placé dans sa position initiale, QB = QA = 0, DCBA = 0000 et le comptage reprend pour le cycle suivant... Le chronogramme reproduit à la figure 9-4 traduit les changements d'état successifs des sorties du système.

Nous sommes bien en présence d'un compteur synchrone modulo 4.

COMPTEUR SYNCHRONE MODULO 5

Associant convenablement des bascules J-K et les portes logiques adéquates, nous pouvons réaliser les

compteurs modulo N dont nous avons besoin.

La figure 9-5 nous montre le schéma du système effectuant le comptage par 5.

Nous y retrouvons trois bascules du même type que précédemment et une porte OU-NON, repérée P.

Nous appliquons simultanément le signal d'horloge aux commandes Clk des trois bascules, notre compteur est par conséquent du type synchrone.

Les commandes $\overline{\text{Clear}}$ des bascules sont portées à 1, reliées au (+) alimentation, mais nous n'avons pas figuré les liaisons, pour alléger le dessin.

La bascule A fonctionne en

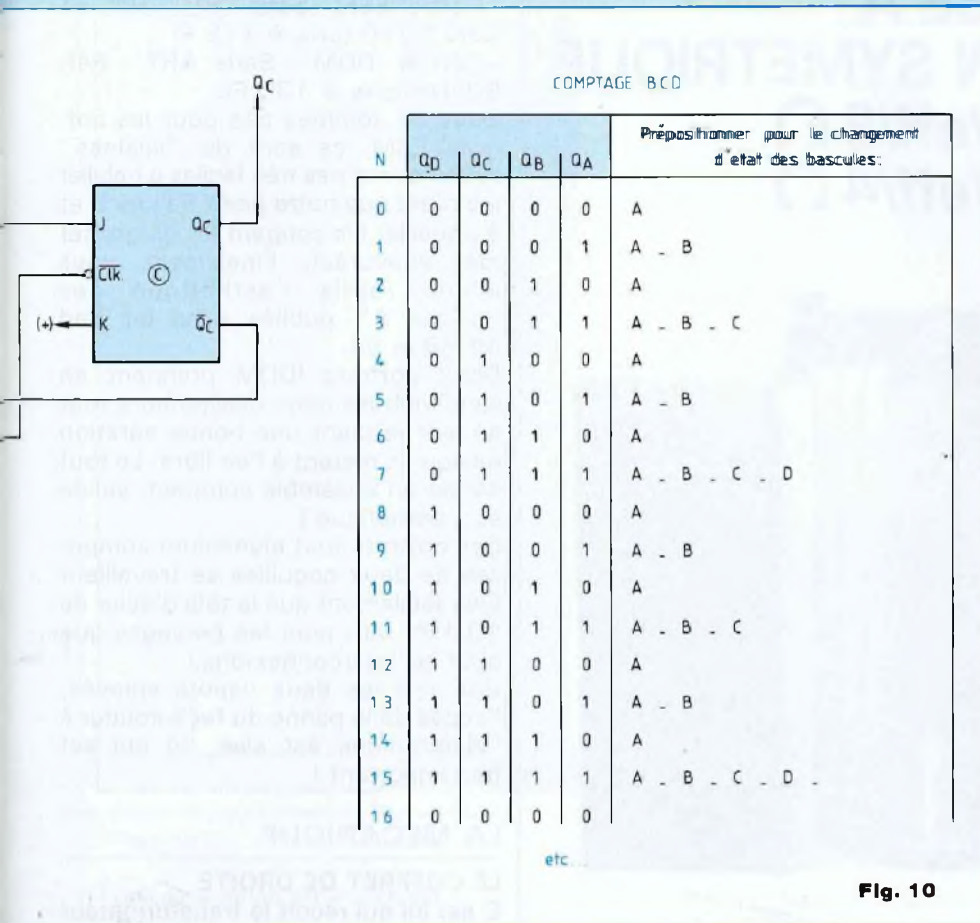


Fig. 10

compteur/diviseur par 2, la bascule B également, qui traite le signal venant de la sortie Q de la bascule A. A un moment donné, les sorties QA, QB et QC, des bascules A, B et C se trouvent à 0, les sorties QA, QB et QC sont à 1...

Les entrées de la porte OU-NON, directement reliées aux sorties Q des bascules A et B, sont alors toutes les deux à 1 et la sortie de la porte P est forcée à 0. Ce niveau 0 est répercuté sur la commande J, de la bascule C, confirmant l'état de cette bascule, QC à 0.

Le chronogramme du système (figure 9-5) nous indique que, durant le créneau 3-4 du signal d'horloge, les sorties QA et QB occupent, tou-

tes les deux, le niveau 1. Pendant le même espace temps les sorties QA et QB sont à 0, forçant à 1 la sortie de la porte OU-NON.

Ce niveau 1 est directement répercuté sur la commande J de la bascule C, prépositionnant cette bascule au changement d'état qu'elle opérera à l'issue du créneau 3-4.

La sortie QC (de la bascule C) prend le niveau 1 à l'issue du créneau 3-4 (lors du flanc descendant du signal d'horloge), cependant que les sorties QA et QB repassent à 0.

La sortie QC se maintient à 1 durant le créneau 4-5, la sortie QC prenant simultanément le niveau 0, complémentaire de celui de QC.

Ce niveau 0 est directement réper-

cuté sur la commande JA, de la bascule A, avec pour effet de confirmer la sortie QA à 0 durant le créneau 4-5.

La bascule B, dont la commande J est pilotée par la sortie QA, voit sa sortie QB également confirmée à 0 durant le même créneau 4-5. A l'issue de ce créneau 4-5, le compteur se retrouve à 0...

Le chronogramme de la figure 9-5 traduit graphiquement les changements d'état successifs du système. A la figure 10 nous avons reproduit le tableau bien connu des positions occupées par les sorties des bascules du compteur binaire jusqu'au nombre décimal 15, en d'autres termes du compteur modulo 16.

Mais nous avons indiqué, dans la partie droite du même tableau, les prépositionnements à prévoir pour l'obtention de la fin du cycle de comptage à la position souhaitée. A l'aide de ces précisions il est possible de se constituer un compteur du modulo désiré, en mettant en œuvre les portes logiques qui concrétiseront le prépositionnement nécessaire...

FAISONS LE POINT !

Nous avons fait la connaissance du code BCD, d'expression conventionnelle des nombres dans le langage qui permet leur écriture par les afficheurs numériques, par le jeu des décodeurs.

Nous savons ce qui différencie les compteurs synchrones des compteurs asynchrones...

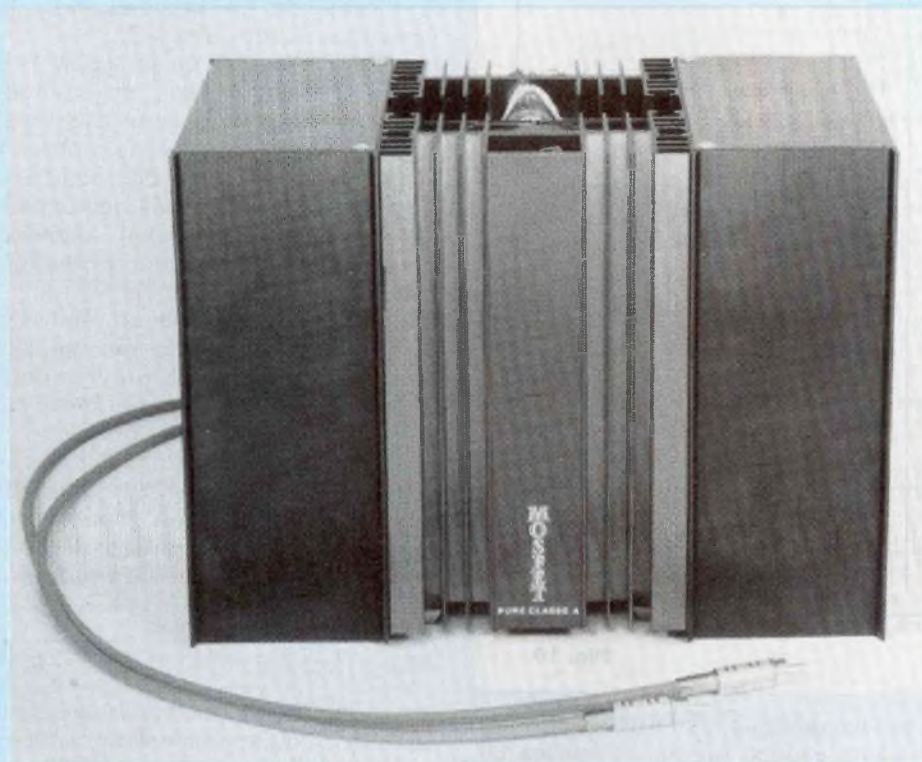
Nous avons démonté le mécanisme des compteurs synchrones modulo 2, 3, 4 et 5.

Nous pouvons maintenant aborder l'étude du fonctionnement et de la mise en œuvre des circuits intégrés compteurs et des circuits intégrés diviseurs, c'est ce nous ferons le mois prochain.

Georges Matoré

AMPLIFICATEUR CLASSE A A ALIMENTATION SYMETRIQUE

$2 \times 40 \text{ W}_{\text{eff}}/8 \Omega$
 $2 \times 80 \text{ W}_{\text{eff}}/4 \Omega$



2^e partie

Nous avons consacré la première partie de l'étude de cet amplificateur à son fonctionnement théorique et à la réalisation des différentes cartes. Notre cheminement dans la réalisation de ce classe A nous amène à traiter le problème important de la mécanique.

Et c'est un véritable problème ! Les coffrets disponibles dans le commerce du grand public ne sont pas très attirants esthétiquement bien que financièrement onéreux.

Nous réalisons un amplificateur classe A qui, comme tout classe A,

chauffe beaucoup. Il faut donc tenir compte de ce facteur important et prévoir pour les dissipateurs une possibilité d'évacuation thermique optimale.

Déjà, il faut qu'ils soient orientés dans le bon sens des ailettes. Leur hauteur de 200 mm ne laisse pas un grand choix de coffrets chez les

revendeurs :

- Coffret ESM - Série "ER" - Réf. ER48/22 150 (prix # 445 F)
- Coffret ESM - Série "ET" - Réf. ET 27/21 210 (prix # 175 F)
- Coffret IDDM - Série ART - Réf. 80205 (prix # 130 F).

Nous ne sommes pas pour les coffrets ESM, ce sont de "vilaines" boîtes noires pas très faciles à habiller (ce n'est que notre point de vue !) et à travailler (ils coupent les doigts car mal ébavurés). Finalement nous avons repris l'esthétique des "classe A" publiés dans les Led n^{os} 89 et 94.

Deux coffrets IDDM prennent en sandwich les deux dissipateurs tout en leur laissant une bonne aération puisqu'ils restent à l'air libre. Le tout donne un ensemble compact, solide et... esthétique !

Ces coffrets tout aluminium composés de deux coquilles se travaillent plus facilement que la tôle d'acier de 10/10^e, tant pour les perçages que pour les interconnexions.

Une fois les deux capots enlevés, l'accès de la panne du fer à souder à l'électronique est aisé, ce qui est très important !

LA MECANIQUE

LE COFFRET DE DROITE

C'est lui qui reçoit le transformateur d'alimentation de 500 VA. Le volume important de cette pièce remplit les 2/3 du coffret.

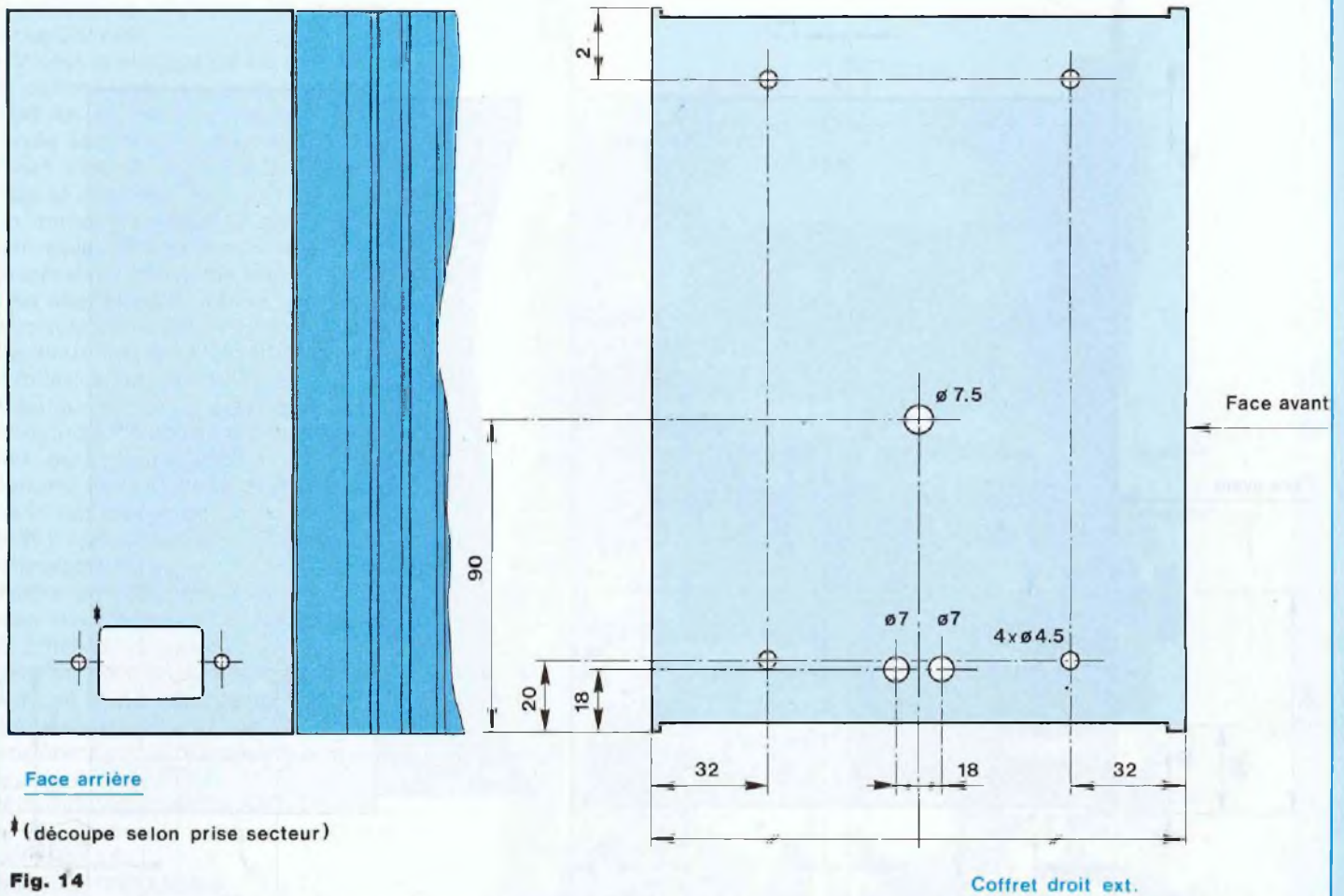
Un plan de perçage vous est fourni en figure 14. Nous n'avons pas précisé les cotations pour la prise secteur qui sont fonction du modèle utilisé.

Le prototype est équipé d'une fiche châssis mâle à encastrer, avec interrupteur unipolaire, porte-fusible 5 x 20 incorporé VDE 10 A/250 V. Il est également possible de remplacer cette fenêtre par un simple trou de $\varnothing 10$ mm dans lequel sera introduit un passe-fil. Cette solution est cependant beaucoup moins pratique car il y a toujours ce fil à traîner !

LE COFFRET DE GAUCHE

Là encore il n'y a que quelques trous

LA VOIE ROYALE DE L'AMPLIFICATION



a percer comme indiqué en figure 15. Les deux forages à $\varnothing 2$ mm recevront des vis Parker destinées à la fixation du module de régulation. Les pointes de ces deux vis seront limées de façon à ce qu'elles affleurent de l'autre côté du coffret et ne viennent pas buter dans les ailettes des dissipateurs.

EQUIPEMENT

• On commencera par le coffret de droite en y fixant le transformateur torique pris en sandwich par les deux coupelles et les deux rondelles en caoutchouc. Immobiliser celui-ci énergiquement avec la vis centrale de sorte que ses 6 fils de sorties (2 primaires + 4 secondaires) soient

situés vers le bas du coffret. Scier la vis au ras de l'écrou, filetage excédentaire gênant pour l'éventuel ventilateur.

Mettre en place le pont redresseur, celui-ci est situé en bas à gauche du boîtier. Utiliser de la visserie de 4×20 mm.

Repérer les 4 fils secondaires du torique. Les indications sont bien souvent imprimées sur le corps du transformateur directement.

Notre cas avec un torique IDDM :

— Vert	} 1 ^{er} secondaire
— Noir	
— Rouge	} 2 ^e secondaire
— Bleu	

Relier entre eux les fils noir et rouge.

Il s'agit là de notre référence de masse, le 0 V.

Souder les fils vert et bleu au pont redresseur, cosses marquées ~.

Replier les fils très rigides pour qu'ils ne sortent pas du coffret.

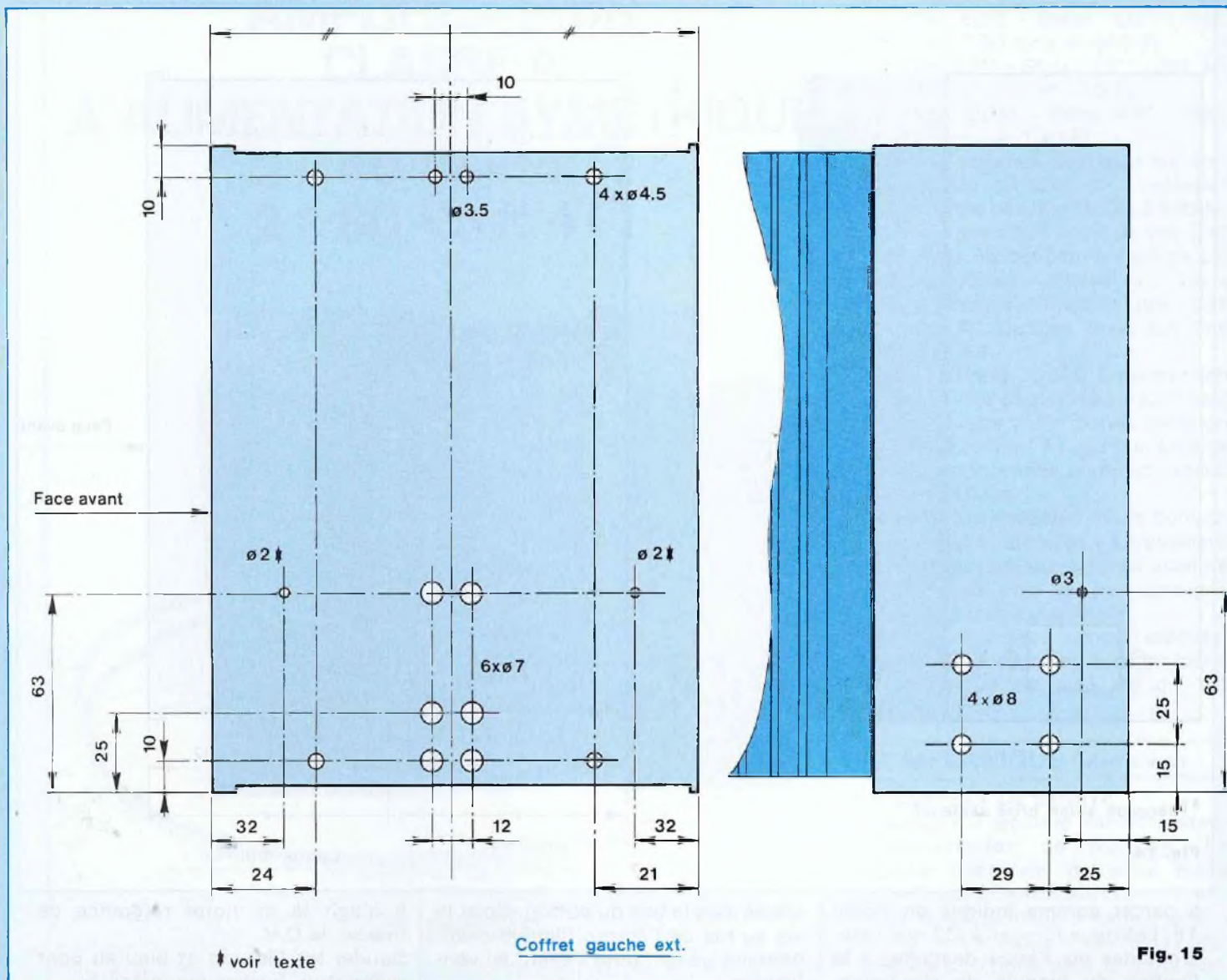
Mettre en place les deux équerres de 20×20 mm dans les trous supérieurs du coffret.

Au préalable, percer un trou sur deux à un \varnothing de 4 mm (\varnothing de 3 à l'achat).

Fixer ces équerres avec de la visserie de 4×10 mm et si possible avec des vis à tête carrée, sinon prévoir des rondelles plates.

Mettre en place le module pré-filtrage sous les deux équerres et

AMPLIFICATEUR PURE CLASSE A



repérer les positions des deux trous de fixation.

Forer ceux-ci à un \varnothing de 3 mm et fixer enfin ce module avec de la visserie de 3 x 5 mm.

Au préalable, côté pistes de ce module, souder des fils de section 1 mm² minimum et d'une longueur de 25 cm environ au (+), (-) et (0 V). Passer ces fils dans un morceau de gaine.

Le module fixé, leur faire contourner le transformateur en direction du pont redresseur et du 0 V.

Nous avons opté pour les couleurs suivantes :

- Vert pour le (-)
- Rouge pour le (+)
- Bleu pour la masse, le 0 V.

Prévoir une longueur de 40 cm de fils en nappe. Souder deux de ces fils aux cosses ~ du pont redresseur où sont déjà soudés les fils du transformateur. Le troisième fil est à relier au 0 V (fils noir et rouge du torique). A la cosse (+) du pont sont à relier le fil rouge du module pré-filtrage et un deuxième fil de même couleur et

d'une longueur de 40 cm environ.

A la cosse (-) du pont, faire de même avec les fils verts.

Le fil bleu du module pré-filtrage est à relier au 0 V.

A notre référence de masse, le 0 V, arrivent donc 5 fils qu'il faut souder ensemble. Attention à ne pas faire une soudure froide !

Il y a en fait 4 arrivées et 1 départ, le départ étant un fil bleu d'une longueur de 40 cm.

Passer les 3 fils de 1 mm² et de 40 cm dans l'un des trous de \varnothing 7,

LA VOIE ROYALE DE L'AMPLIFICATION

dans l'autre la nappe de 3 fils.

Raccorder le primaire du transformateur à la prise secteur au fusible et à l'interrupteur, suivant les composants utilisés.

- Visser le dissipateur de face avant au coffret (celui qui reçoit le ventilateur) en insérant les écrous à tête carrée (ou écrous normaux + rondelles plates) dans les rainures de fixation (voir fig. 5).

On immobilise ainsi le pont redresseur et le module pré-filtrage.

Passer dans une gaine les 6 fils (dont 3 en nappe) puis lui faire contourner le ventilateur. La maintenir au niveau des deux trous de fixation libres du ventilateur par des colliers.

- Au moyen des 3 équerres, fixer le module de filtrage/régulation à l'intérieur du deuxième coffret.

Comme nous l'avons déjà souligné, il est fait usage de deux vis Parker dont il faut limer les pointes jusqu'à affleurement.

Mettre en place les 4 fiches destinées aux sorties HP (2 fiches noires + 2 fiches rouges).

Fixer ce coffret au dissipateur, toujours au niveau des rainures.

Nous obtenons ainsi un U, le radiateur étant pris en sandwich entre les deux coffrets.

Réintroduire les 6 fils dans les trous de $\varnothing 7$ situés à la hauteur de 63 mm (voir fig. 15).

INTERCONNEXIONS

On commencera par la nappe, en se servant de la figure 10. Faire attention au fil à souder au point P.M. (point milieu du transformateur, c'est-à-dire la masse, le 0 V).

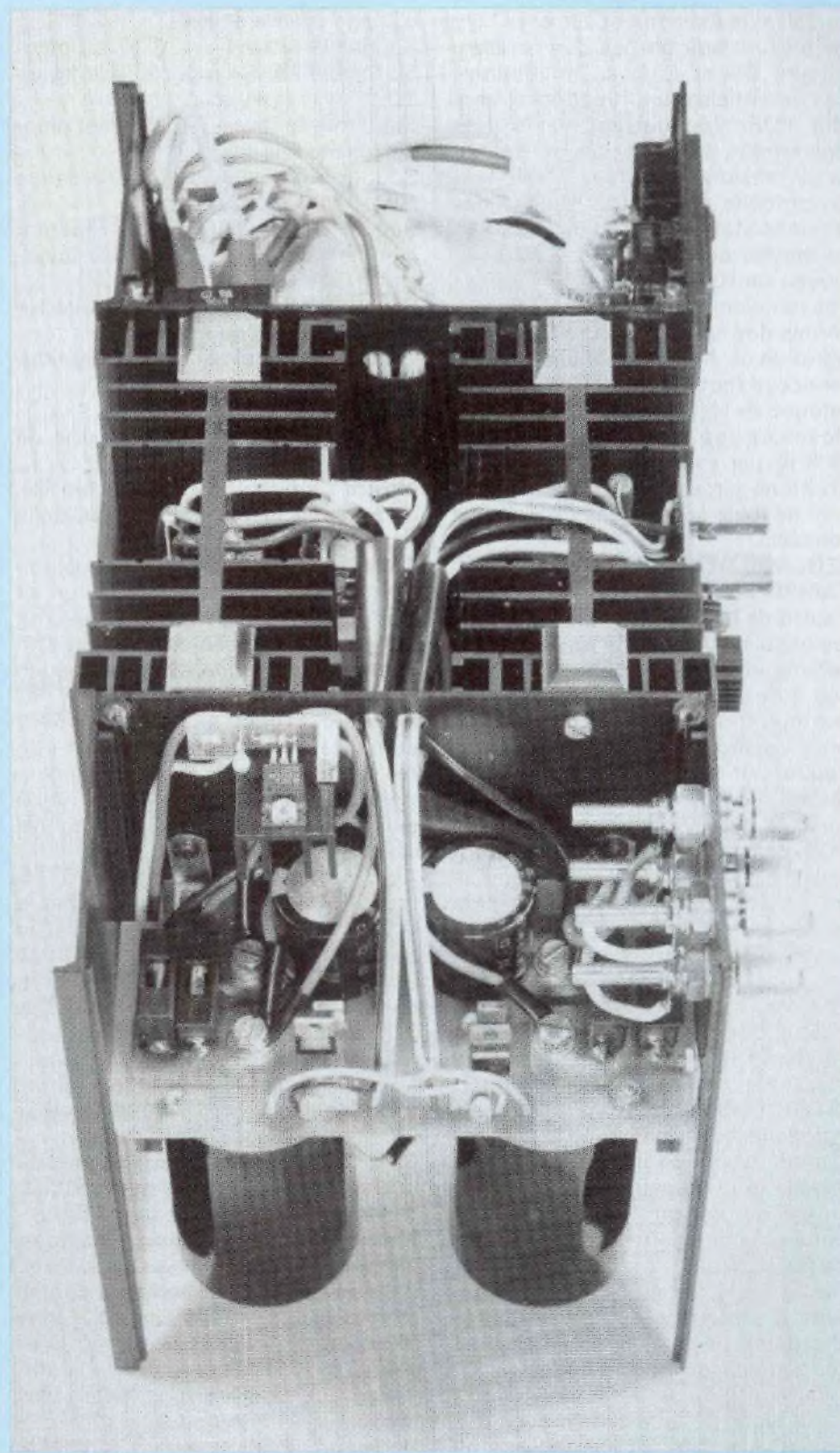
L'alimentation régulée $\pm U$ est prête à fonctionner.

Toujours en s'aidant de la figure 10, souder le fil vert à la cosse (-) de PR1. De même avec le fil rouge vers la cosse (+) de PR1 et le fil bleu à la cosse P.M. de TR1.

L'alimentation filtrée ± 36 V est prête à fonctionner.

PREMIERS REGLAGES

Il s'agit de mettre sous tension l'amplificateur à ce stade de la réalisation de façon à vérifier les 4 potentiels et tout d'abord les ± 36 V



AMPLIFICATEUR PURE CLASSE A

après redressement et filtrages. On les mesure aux bornes des condensateurs C9 et C10 au multimètre. Ces potentiels étant fonction du secteur EDF, ils pourront varier très légèrement, d'autant plus qu'il s'agit ici de tensions mesurées à vide !

On procède ensuite au réglage des tensions stabilisées fixées à +30 V, au moyen de RV1, et à -30 V au moyen de RV2.

Ces tensions sont mesurables aux bornes des condensateurs C4 et C8. Après avoir mis l'amplificateur hors service, il faut décharger les condensateurs de filtrage C9 et C10 (au moyen de votre résistance de charge de 8 Ω par exemple).

Un court circuit des bornes (+) et (-) de ces composants n'est pas conseillé.

REGLAGE DES CARTES "AMPLI EN TENSION"

Il suffit de les raccorder aux différentes pastilles de la carte de régulation comme indiqué en figure 10. Attention à ne pas permuter (+) et (-) ! Les multitours ayant été réglés avec leurs curseurs à mi-course, on doit trouver par rapport à la masse et les sorties 6 des LM344H des tensions voisines de 0 V.

Faire en sorte d'obtenir des potentiels de +4 V. Un premier réglage est obtenu, nous l'affinerons plus tard.

Dessouder les cartes et faire coulisser l'une d'elles dans les rainures "hautes" du dissipateur comme indiqué en figure 7.

Souder le fil à la cosse isolée en lui laissant le "mou", ne pas le couper.

INTERCONNEXIONS

Introduire les fils en nappe et celui de 1 mm² (cosse de masse de la DIN) dans le trou inférieur de Ø7 (10 mm du bas du coffret).

Dans celui situé au-dessus, y passer les 3 fils partant du dissipateur.

Passer les 4 fils de 1 mm², maintenant à l'intérieur du coffret, dans une gaine de quelques centimètres de longueur et de bon diamètre, de quoi y introduire 8 fils de 1 mm². Cette façon de faire évite d'avoir des fils en "fouillis" et de réaliser un

câblage propre et aéré.

Souder le fil vert (-36 V) au picot du fusible F4. Se reporter à la figure 10.

Souder le fil rouge (+36 V) au picot du fusible F1.

Souder le fil jaune à la fiche rouge HP.

Souder les fils en nappe en repérant bien les couleurs, gare aux inversions !

Souder un fil bleu à la fiche noire HP et à une cosse de masse.

Le premier canal est prêt à fonctionner.

REGLAGES

Relier une résistance de charge de 8 Ω aux bornes HP.

Mettre l'amplificateur sous tension après avoir inséré les fusibles dans leurs logements.

Connecter un multimètre en position (VDC) aux bornes de la charge et vérifier la tension continue présente aux bornes de celle-ci. Elle doit être faible, de quelques dizaines à quelques centaines de mV.

Attendre 10 mn que le dissipateur se mette en température (il est inutile de faire tourner le ventilateur).

Vérifier que la stabilisation est bien ajustée à ±30 V, à quelques mV près.

Agir sur les multitours 100 kΩ/15 tours et faire en sorte d'approcher le 0 V. A ce moment, le signe +/- du multimètre doit clignoter au rythme des faibles variations de tension, surtout sur le premier calibre 200 mV.

MESURES

Mettre l'appareil hors service et relier la prise CINCH à un générateur BF en position ~/1 kHz.

Relier un oscilloscope aux bornes de la charge, de même que le multimètre en position VAC, calibre 20 V.

Mettre les appareils sous tension et injecter un signal jusqu'à écrêtage de la sinusoïde. Cet écrêtage doit se manifester vers 18 V, ce qui donne bien une puissance de 40 W_{eff} (18²/8 = 40,5).

L'écrêtage doit se manifester tout d'abord sur l'alternance positive.

Relier en parallèle sur la première

charge un deuxième élément de 8 Ω de façon à obtenir une résistance de 4 Ω. La sinusoïde doit à peine "accuser le coup" et garder la même amplitude, ce qui se traduit bien par un doublement de la puissance, soit 80 W_{eff}/4 Ω.

DE LA MONO A LA STEREO

Il faut tout d'abord fixer le deuxième dissipateur aux coffrets. Les boîtiers TO3 des IRF150 et des 317HVK doivent se trouver face à face. Des vis de 10×4 et des écrous à tête carrée facilitent le serrage dans les rainures du dissipateur.

La suite des opérations est identique à ce que nous avons décrit ci-dessus, sauf pour la liaison ampli OP/résistance de 470 Ω qui est ici directe sans avoir recours à une cosse isolée.

Il est évident que le fil vert du (-36 V) se soude ici au picot du fusible F3, et le fil rouge (+36 V) au picot du fusible F2. Se reporter à la figure 10.

PARFAIRE LES REGLAGES

L'amplificateur est terminé, les deux canaux sont en service.

La consommation de l'appareil au repos, de l'ordre de 2 A par canal fait chuter les tensions redressées/filtrées à environ ±34 V.

Revérifier les tensions stabilisées ±30 V et au besoin les réajuster.

Revérifier les tensions continues aux bornes des charges de 8 Ω (le générateur est hors service mais connecté aux prises CINCH). Des tensions de l'ordre de 50 mV sont satisfaisantes, sinon réétalonner.

LE VENTILATEUR

Jusqu'à présent nous l'avons ignoré et nous pouvons d'ailleurs continuer. Cependant pour faciliter l'évacuation thermique et maintenir les boîtiers TO3 à des températures moindres (de l'ordre de 70°C sans), il est préférable d'équiper l'amplificateur de cet élément relativement silencieux.

Plusieurs cas peuvent se présenter :

- Il s'agit d'un modèle fonctionnant sous 220 V~ et alors dans ce cas il suffit de le relier au primaire du transformateur torique.

LA VOIE ROYALE DE L'AMPLIFICATION

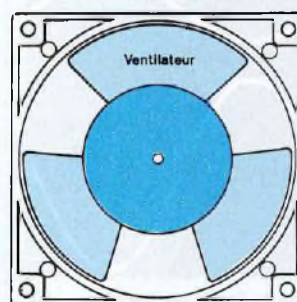
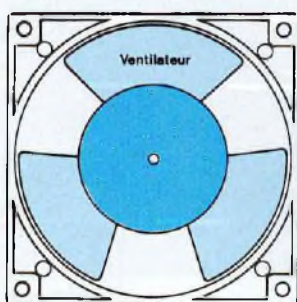
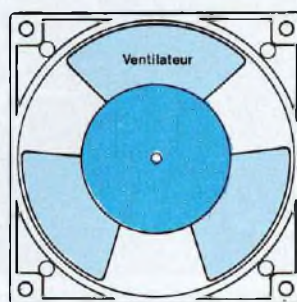
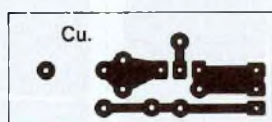
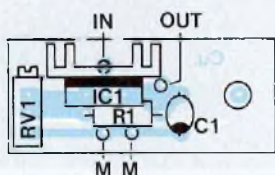


Fig. 16



C1 - 1µF
R1 - 100Ω
RV1 - 5kΩ
IC1 - LM337

• Il s'agit d'un modèle fonctionnant sous tension continue de 12 V par exemple (cas le plus courant) et il faut alors connaître sa consommation.

Le pourquoi ? Nous allons prélever la tension continue aux bornes du condensateur de filtrage C10, soit 34 V. Cette tension par l'intermédiaire d'une résistance de puissance nous allons la faire chuter à 12 V. Prenons le cas de notre ventilateur, un 12 V/100 mA, dont les pales peuvent tourner avec des tensions continues comprises entre 8 V et 14 V.

La résistance bobinée aura une valeur ohmique $R = \frac{34 - 12}{0,1} = 220 \Omega$ et une puissance de $220 \cdot 0,1^2 = 2,2 \text{ W}$.

Un modèle 220 Ω / 7 W sera parfait.

• Puisque la tension continue acceptée par le ventilateur se situe dans

un couloir de 8 à 14 V et que la vitesse de rotation des pales est directement liée à celle-ci, il est intéressant d'alimenter cet élément au travers d'un régulateur à tension de sortie ajustable comme indiqué en figure 16.

L'avantage de cet artifice est de pouvoir réduire au goût de chacun le bruit engendré par la rotation des pales, mais surtout de s'éloigner de la fréquence de résonance qui est située à 9,6 V sur notre ventilateur.

PRUDENCE !

Attention, cet appareil ne possède aucune protection contre les courts-circuits. Un court-circuit entre les bornes de sorties HP, même bref, c'est condamner l'IRF150 à coup sûr. La jonction Drain/Source se met en court-circuit (0 Ω sur un ohmmètre) et le fusible F1 ou F2 fond.

Par contre, les régulateurs LM317HVK dans cette version ne

subissent aucune détérioration, ce qui n'était pas le cas auparavant.

L'absence du condensateur de liaison, appréciable certes lors des écoutes, ne protège plus ici l'enceinte du continu lors d'un tel incident et le boomer manifeste énergiquement son martyre.

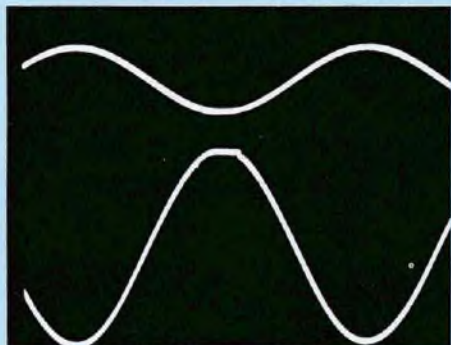
En fonctionnement normal lorsque tous les câbles sont bien raccordés, il n'y a absolument rien à craindre, l'appareil est très fiable.

La mise sous tension se manifeste par un petit "clac", le temps de charger les condensateurs d'entrées. Nous n'avons pas prévu ici, comme pour tous les autres classe A, de temporisation ce qui pourrait, si vous le désirez, se réaliser de la même façon !

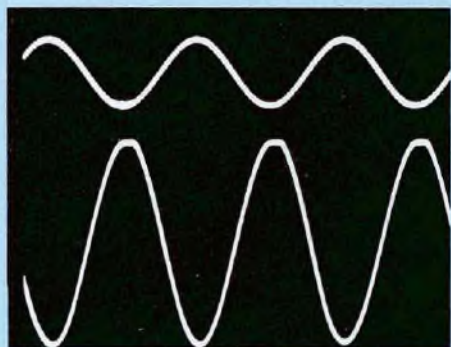
La mise hors service quant à elle est inaudible, pas le moindre bruit, si ce n'est le ventilateur qui décélère.

Bernard Duval

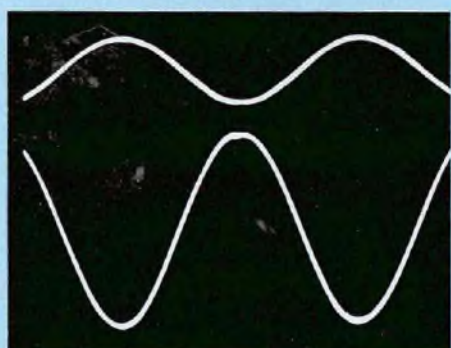
AMPLIFICATEUR PURE CLASSE A



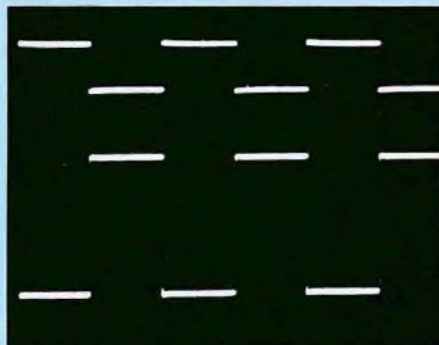
1. Signal à 1 kHz à la limite de l'écrêtage sur charge de 8Ω . $P_{max} = 41 W_{eff}$.



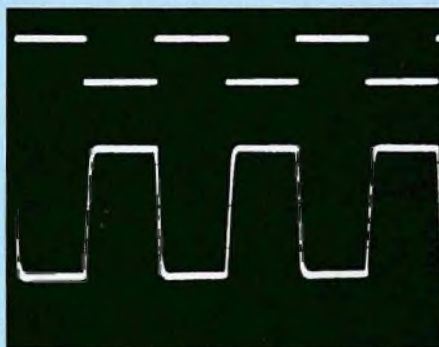
2. Signal à 20 kHz à la limite de l'écrêtage sur charge de 8Ω . $P_{max} = 41 W_{eff}$.



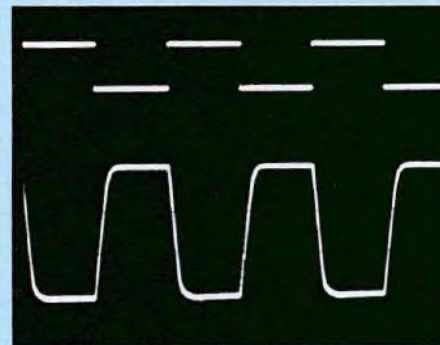
3. Signal à 20 Hz à la limite de l'écrêtage sur charge de 8Ω . $P_{max} = 41 W_{eff}$.



4. Signal carré à 1 kHz (amplitude 35 V c. à c.).



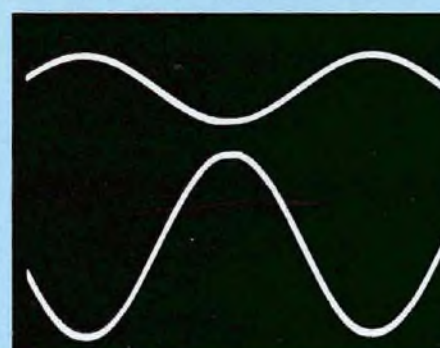
5. Signal carré à 10 kHz (amplitude 30 V c. à c.).



6. Signal carré à 20 kHz (amplitude 30 V c. à c.).



7. Signal carré à 100 Hz (amplitude 30 V c. à c.).



8. Signal à 1 kHz à la limite de l'écrêtage sur charge de 4Ω . $P_{max} = 76 W_{eff}$.

QUELQUES MESURES

- Réseau EDF 229 V (au moment des mesures)
- Alimentation filtrée : $\pm 34 V$
- Alimentation régulée : $\pm 30 V$
- Tension continue aux bornes de la charge :
 - # 40 mV au repos
 - # 120 mV à P_{max}
- Bande passante : 20 Hz à 50 kHz à 0 dB et à P_{max} (sur charge de 8Ω)
- Distorsion harmonique : $< 0,1\%$
- Sensibilité d'entrée : $1,22 V_{eff}$ pour P_{max}

NOMENCLATURE DES COMPOSANTS

Transformateur torique
 $2 \times 25 V/500 VA$
 Pont redresseur 200 V/10 A
 Prise secteur + Inter + fusible 1,5 A
 Pieds caoutchouc ($\times 4$)
 Ventilateur $118 \times 118 \times 20 mm$
 ($12 V =$ ou $220 V \sim$)

Prises châssis pour cosse à fourche
 et fiches bananes :
 $2 \times$ noire
 $2 \times$ rouge
 Coffret IDDM réf. 80205 ($\times 2$)
 Visserie de $4 \times 10 mm$
 (et $4 \times 15 mm$)

Vis Parker ($\times 2$)
 Visserie de $3 \times 10 mm$
 (et $3 \times 5 mm$)
 Fil de câblage $1 mm^2$ (rouge / noir /
 bleu / jaune)
 Fils de câblage en nappe
 3 conducteurs

ENCEINTE 2 VOIES

EURIDIA

2° partie

Vous avez été séduits par Euridia ? Les plans très détaillés fournis dans notre précédent numéro vous ont permis d'entreprendre (ou d'acquérir dans une grande surface) les découpes des différents panneaux. Poursuivons le travail d'assemblage.

PREMIER ASSEMBLAGE

Afin de faciliter le positionnement des panneaux du tunnel, sur les côtés du caisson et à l'intérieur, placez des tasseaux de petite section, 4 x 4 mm par exemple et de 297 mm de longueur (du panneau arrière moins le tasseau triangulaire de 15 mm) plans 2 et 3. Ces derniers seront collés et cloués à 120 mm du bord arrière de chaque côté, pour le panneau intérieur et à 61 mm pour le panneau extérieur (photos 11 et 12). Attention, par la suite, le tasseau triangulaire sera placé à la jointure des panneaux haut et bas de la boîte et ceux du tunnel. Veillez bien à ce que celui de 4 x 4 mm ne gêne pas son montage.

L'assemblage de chaque boîte se fera en deux phases ; la première, uniquement en maintenant les panneaux vissés. La seconde en démontant et remontant selon une certaine méthode tous les panneaux qui seront un à un collés définitivement. J'ai préféré le montage à l'aide de vis pour faciliter le travail à ceux qui ne disposent pas d'outillage complet comme des presses. C'est toujours mon souci de permettre au plus grand nombre de réaliser son système.

Pour cette opération, les possesseurs de visseuse électrique emploieront la fonction dynamométrique. Cette possibilité certifiera un couple de serrage identique sur toutes les vis. Des serre-joints seront les bienvenus, faute de quoi, chacun trouvera sa méthode pour réussir un assemblage parfait.

La face avant servira de marbre, si j'ose dire. On peut compter sur une planéité presque parfaite avec du 19 mm d'épaisseur en raison de la faible surface. Comme on peut l'observer sur la photo 14, la face repose sur la table. On assemble les deux côtés de la boîte sur le dessous de l'enceinte. Bien repérer le panneau du dessous dont les trous de fixation du tunnel sont à des positions différentes. Le serre-joint étant serré grassement, à l'aide d'une cale de bois et d'un marteau, ajustez les panneaux afin que l'équerrage et les alignements soient parfaits. Serrez fortement le serre-joint et vérifiez la conservation de l'assemblage. Maintenant, vissez les deux côtés ainsi préparés. Passez ensuite à l'autre partie en pratiquant de la même manière. Ceux qui ne disposent pas de serre-joints, je leur conseille d'en acheter au moins une paire. Maintenant on en trouve, de qualité acceptable, à des prix défiant toute concurrence, dans les grandes surfaces du bricolage. Sinon, l'opération du montage demeure praticable mais prendra un peu plus de temps et d'attention.

On poursuit l'assemblage par la face avant. Comme préconisé précédemment, attention à l'équerrage (photos 18 et 19).

Enfin, on termine avec les deux panneaux du tunnel d'accord. Leurs positions sont aisées à trouver par les tasseaux antérieurement fixés (photos 20 et 21). L'expérience acquise sur le premier caisson s'appliquera sur le second. Avant de passer à l'étape suivante, vérifiez

vos travaux, l'équerrage, les alignements et les dimensions.

LES DECOUPES

Il est temps de passer aux découpes circulaires de la face avant. Je préfère pratiquer l'usinage du baffle, avant de le coller définitivement car si, par malchance la découpe est ratée, il suffira d'en débiter une autre et de recommencer le travail. La figure 6 donne toutes les indications du traçage à effectuer. Concernant le tweeter on observe deux trous de 10 mm de diamètre sur un plan horizontal. Ces perçages serviront en un premier temps à passer la lame de la scie sauteuse. Ensuite ils permettront le passage des cosses de raccordement du haut-parleur. Pour le 17 cm, pointez le perçage le plus près possible du tracé mais en restant à l'intérieur de celui-ci (photo 22). N'oubliez pas le perçage circulaire de 22 mm prévu sur le panneau intérieur du tunnel. Ce trou recevra le connecteur spécial haut-parleurs au moment du câblage.

Avec une pointe carrée, pointez les centres, puis percez à petite vitesse avec une mèche ou un foret de 10 mm de diamètre.

Ensuite, découpez à la scie, à vitesse lente, avec une lame à fine denture. Progressez lentement en mordant sur le trait de coupe, ceci donnera le gras pour introduire les haut-parleurs (photo 23).

Ceux qui ne possèdent pas de scie sauteuse emploieront une autre méthode. A l'aide d'un foret de 5 ou 6 mm de diamètre, percez une multitude de trous les uns à côté des autres, en suivant le tracé, mais à l'intérieur de celui-ci. Terminez de couper le bois resté entre chaque perçage avec une fine lame de scie.

Avec une râpe ou une lime moyenne, finissez les découpes. Enfin, avec du papier de verre à grain moyen 100/120, ébavurez et lissez les bords. Achevez le travail par un dépoussiérage correct du panneau et l'intérieur du coffret (photos 24 et 25).

UNE ETUDE REELLEMENT OPTIMISEE

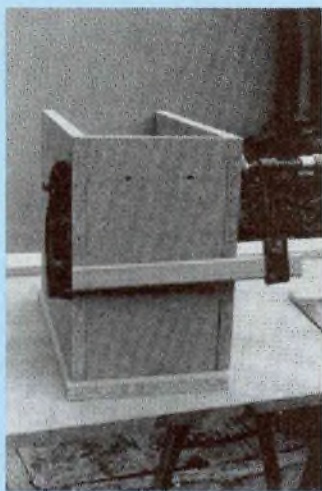


Photo 14



Photo 18



Photo 20



Photo 24



Photo 11



Photo 12

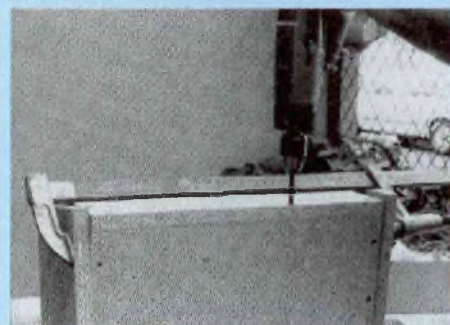


Photo 19

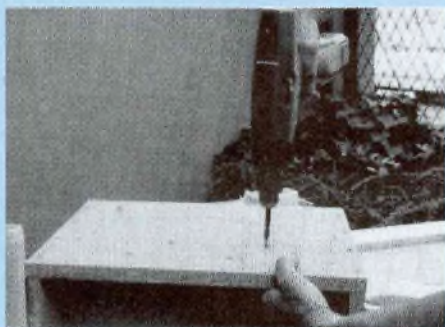


Photo 21



Photo 22



Photo 23

ASSEMBLAGE FINAL

Nous voici arrivés au terme du montage. Cette phase réclame encore plus d'attention et de soins pour achever le travail avec succès. Nous démonterons panneau après panneau afin d'éviter de rompre la rigidité de l'ensemble, de conserver les ajustements et les équerrages. Préparez la colle, à l'aide d'un bâton

tournez jusqu'à obtenir une fluidité parfaite. Posez le premier caisson, à plat sur le côté gauche avec la face avant vers soi.

Dévissez et retirez les 4 vis VBA du côté vertical droit de la façade puis les 14 autres vis du panneau de droite. Votre enceinte se présente comme sur la photo 26.

Démontez complètement le panneau intérieur du tunnel (5 vis) et encollez

généreusement la tranche qui repose sur le fond. Remontez cette plaque et fixez-la en serrant fermement les deux vis.

Procédure identique concernant le panneau extérieur (face arrière). A ce stade encollez les tranches (4) du dessus, du dessous ainsi que les plaques du tunnel d'accord. Il ne faut surtout pas de colle sur la face avant. Positionnez, ajustez le côté

ENCEINTE 2 VOIES EURIDIA



Photo 25

droit puis serrez les 14 vis. Deux vis sur la face avant aideront l'assemblage.

Poursuivez en retirant complètement la face avant. Encollez avec suffisamment le baffle, sur les bords droits, haut et bas sur l'intérieur. Remontez et vissez la façade. Ne vous trompez pas en remontant la face avant, le tweeter est en haut et le boomer/médium en bas. Observez en permanence les photos qui sont une aide appréciable pour ces manipulations. Retournez le caisson en le posant sur le côté nouvellement collé. Démontez complètement le panneau gauche à son tour et posez-le en lieu sûr. Il terminera plus tard la phase d'assemblage. A présent, reposez le montage sur la face avant, ouverte devant vous.

Nous allons habiller les angles intérieurs de tasseaux triangulaires. Le plan de coupe AA n° 1 indique les positions à équiper. N'oubliez pas le tasseau de renfort de 20 x 20 mm entre les deux haut-parleurs (photo 27). Quelques pointes fines, sans têtes, suffisent à maintenir les pièces pendant le séchage. Je conseille de chanfreiner d'un coup de rabot ou de râpe l'angle de 90° des tasseaux afin d'assurer l'emboîture entre angle vif et fermé. Si les collages précédents sont corrects, un cordon de colle subsiste. Les perfectionnistes et les patients équiperont tous les angles intérieurs si l'envie leur en prend. Ceci aura pour effet de penser que tout a été mis en œuvre pour empêcher la formation d'ondes sta-

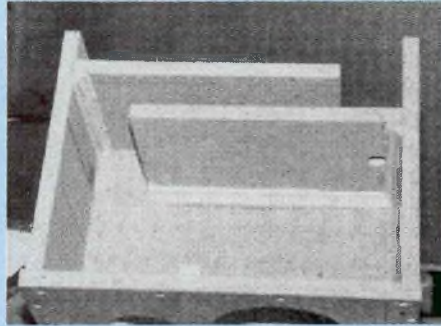


Photo 26

tionnaires. A ce stade, je reconnais que je coupe les décibels en 4, ou peut-être même en 8. Enfin, c'est vous qui voyez !

Petit à petit, nous cheminons vers le terme de l'assemblage. Avant de conclure, vérifiez d'abord si tous les joints sont bien collés. Si nécessaire, n'hésitez pas à renflouer un manque par un cordon de colle supplémentaire.

Vérifiez les alignements, si le dernier panneau à poser repose bien à plat sur tous les champs à assembler et rectifiez si nécessaire. Nettoyez tous les champs et l'intérieur avec un aspirateur pour un dépoussiérage total.

Dernier encollage avant la ligne droite ! Déposez toujours généreusement des cordons de colle sur tous les champs à assembler. N'oubliez pas le baffle. Positionnez le dernier panneau. Commencez le vissage par les 4 vis de la façade, pratiquez un serrage gras. Poursuivez par les plaques du tunnel et terminez par le haut et le bas du côté. Vérifiez une dernière fois les équerres et alignements, puis serrez définitivement toutes les vis VBA.

Avec une éponge humide, nettoyez grossièrement les surplus et bavures de colle.

Il est temps de passer au deuxième caisson qui bénéficie des mêmes attentions pour rejoindre son frère jumeau.

CONSEILS ET TOUR DE MAIN

L'emploi de la colle à prise lente per-

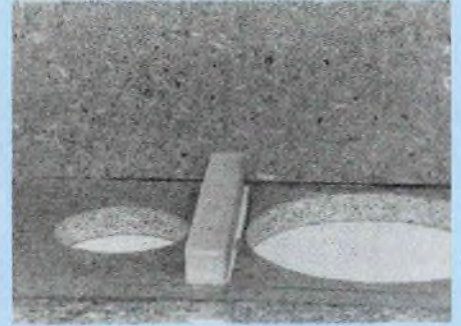


Photo 27

met de travailler assez longtemps les assemblages. La température ambiante ne doit pas être inférieure à 15°C, sinon la procédure de séchage ne sera pas respectée.

Si des petites imperfections d'équerage ou d'alignement subsistent, pas de panique, à l'aide de presses et avant le séchage complet, il sera possible d'y remédier. Selon les marques de colle, vous aurez de 30 à 45 mm de débattement.

L'utilisation de visserie "VBA Pozidriv" (cruciforme nouvelle norme) facilite grandement le travail. Bannissez les vis à têtes fendues de votre atelier. Elles sont peu pratiques et dangereuses pour les mains du bricoleur. La lame du tournevis glisse et : "Il y a de l'Urgo dans l'air". Ces vis sont auto-taraudeuses et en employant la dimension recommandée, nul besoin d'effectuer des avant-trous. Depuis quelques temps, on peut acheter la nouvelle forme, ogivale qui assure une pénétration aisée, sans risque de fendre le bois dans sa tranche.

Si une opération de vissage et d'alignement est ratée, le malheur sera réparé de la façon suivante. Démontez toutes les vis, et remplissez les trous de colle. Ensuite avec des petites chevilles de bois, comblez les trous, coupez et après séchage recommencez l'opération.

CONTRECOLLAGE

DE LA FACE AVANT

A l'aide de papier de verre moyen,

UNE ETUDE REELLEMENT OPTIMISEE

préparez la face avant afin qu'elle soit dénuée de restant de colle, d'éclats de bois.

En s'appuyant sur le plan 7, tracez les axes des deux découpes des haut-parleurs. Tracez le trou circulaire du tweeter avec un compas. Concernant le boomer, la forme est un peu plus délicate à réaliser. Pour ce faire, une méthode simple est possible. Les saladiers des 17 cm sont rectifiés et présentent une péri-métrie quasi-parfaite. Posez le haut-parleur sur le panneau à découper, centrez-le parfaitement par rapport à ses traits d'axes. Avec un crayon fin, il ne reste plus qu'à en tracer le pourtour directement sur la plaque. Et le tour est joué.

Avant de découper, assurez-vous du tracé car je le rappelle, cette contre-face se superposera au baffle de 19 mm où les découpes arrière des transducteurs ont été usinées. Méfiez-vous en utilisant la scie sauteuse, le panneau ne fait que 8 mm d'épaisseur et casse facilement. Ebavurez, dépoussiérez et placez les haut-parleurs dans leurs logements respectifs pour en contrôler l'encastrement.

Encollez abondamment la face venant se plaquer sur le baffle, centrez-la au plus juste par rapport à la face avant du caisson. Déposez de la colle sur tout le périmètre, dans l'angle formé par ce montage.

Coupez aux dimensions la baguette quart de rond et collez les morceaux tout autour de la face en vous aidant d'une cale de bois en guise de butée. Fixez-les avec trois ou quatre pointes fines sans tête.

Terminez en posant quelques pointes çà et là qui maintiendront les pièces pendant le séchage. Répétez l'opération sur la deuxième boîte.

Nettoyez correctement l'encastrement réalisé pour le 17 cm, retirez les surplus de colle et dépoussiérez l'endroit.

Avec la fabrication de la couronne d'épaisseur des tweeters (plan 8) et en la posant à son endroit, vous achevez la partie fabrication la plus fastidieuse. Utilisez une chute de

contreplaqué de 5 mm d'épaisseur. Déposez les deux boîtes dans une pièce normalement chauffée (20°C) pendant une à deux semaines de sorte que le séchage soit complet avant de procéder à la phase finition. Toutes les têtes de vis, trous et fissures seront bouchés à l'aide d'un mastic à double composante comme le Sintobois. Vous connaissez certainement le célèbre "Sintofer" (patron des carrossiers), c'est le produit similaire mais spécial bois. Attention, il existe aussi un mastic simple Sintobois. Je le déconseille, je trouve son utilisation inconfortable. Respectez scrupuleusement la notice du fabricant pour une réussite totale.

Après 24 heures, le ponçage peut s'opérer avec du papier abrasif moyen pour terminer avec du grain fin de 200.

EURIDIA : SIMULATIONS ET MESURES PAR JEAN-CLAUDE GAERTNER

J'avais suivi de près la création de PHL Audio par Philippe Lesage et Jacques Fuchs et je me promettais bien d'utiliser un de leur superbe haut-parleur. Aussi, est-ce bien volontiers que je me suis associé à cette réalisation lorsque Gabriel Kossmann a démarré ce projet.

1. MATERIELS UTILISES

Nous avons utilisé pour toutes les mesures acoustiques le système MLSSA conçu en 1986 par DRA (jcg1). Ce système composé d'une carte d'acquisition 12 bits pour PC et d'un logiciel dans sa version 8.5 utilise principalement des séquences MLS et reste un des meilleurs systèmes de mesure acoustique disponibles actuellement.

L'ensemble des simulations, optimisations de résultats et des présentations de résultats ont été faites en utilisant l'excellent logiciel CALSOD de la société AudioSoft (jcg2). Ce logiciel qui semble peut-être d'aspect un peu austère avec son interface de saisie de type texte, est

un formidable outil d'étude et de simulation de système acoustique à un petit prix (pour ce type d'outil). Des routines (dans la version 3.0) permettent d'importer les mesures des systèmes suivants : Audio Precision System one, Sysid d'Ariel, LMS de LinearX, IMP de Liberty et MLLSA de DRA. Il est bien sûr possible de créer ses propres courbes amplitude/fréquence ou d'impédance au travers des paramètres de Thiele & Small ou de courbes données par les fabricants de haut-parleurs. La documentation et les exemples donnés dans le manuel permettent une maîtrise rapide de ce produit professionnel performant.

2. CHARGE ACOUSTIQUE

Une charge de type bass reflex a été choisie avec un accord se rapprochant d'une réponse de Bessel. Ce type d'accord représente à notre avis le meilleur compromis entre réponse amplitude/fréquence et transitoire. La figure A montre la fonction de transfert de l'enceinte Euridia entre 20 Hz et 200 Hz, en champ proche. Nous avons utilisé la technique décrite par D.B. Keele (jcg3) dans une publication de l'AES en 1974 pour combiner la réponse de l'évent et du haut-parleur. La figure A est donc la somme dans le domaine complexe de la réponse du SP1220 PHL et de l'évent pondéré par un coefficient correcteur (rapport des diamètres HP/évent). Cette technique permet d'obtenir la réponse amplitude/phase réelle de l'enceinte Euridia dans les très basses fréquences.

La pente douce entre 100 et 50 Hz permettra à l'enceinte Euridia de s'adapter à la majorité des salles d'écoute tout en procurant un grave ferme et bien défini. Elle devient plus forte en dessous de 50 Hz et caractérise un fonctionnement en bass reflex.

3. SP1220 PHL

La figure B représente le diagramme de Bode du haut-parleur PHL dans l'enceinte Euridia. Cette mesure a été faite avec MLSSA dans la chambre assourdie de PHL Audio (jcg4)

ENCEINTE 2 VOIES EURIDIA

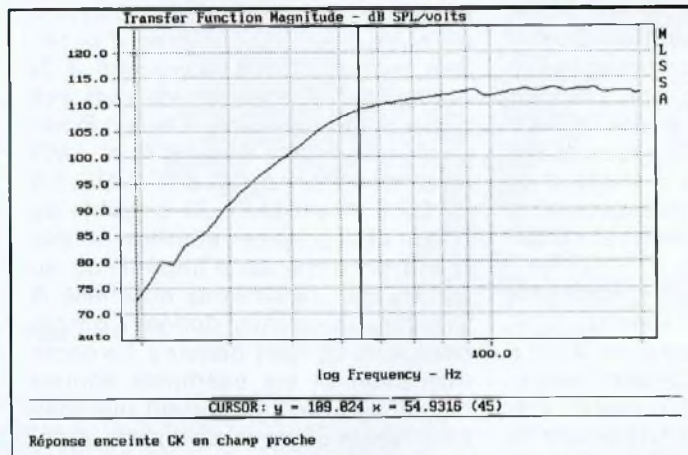


Fig. A : Réponse enceinte Euridia entre 20 et 200 Hz.

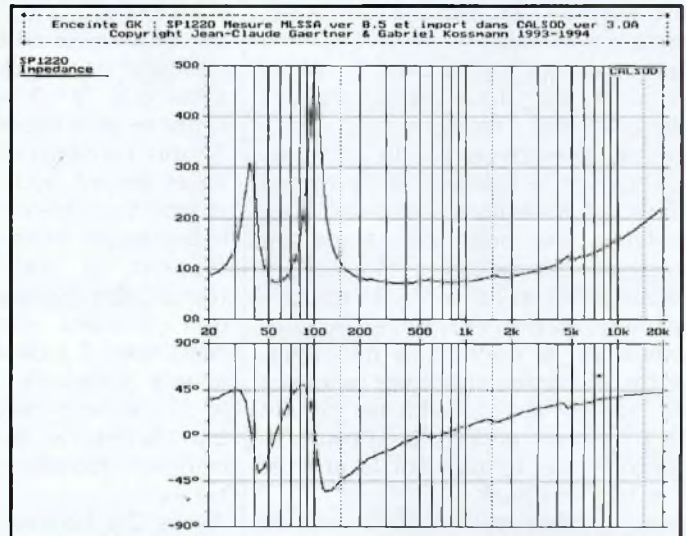


Fig. C : Impédance SP1220 sans filtre.

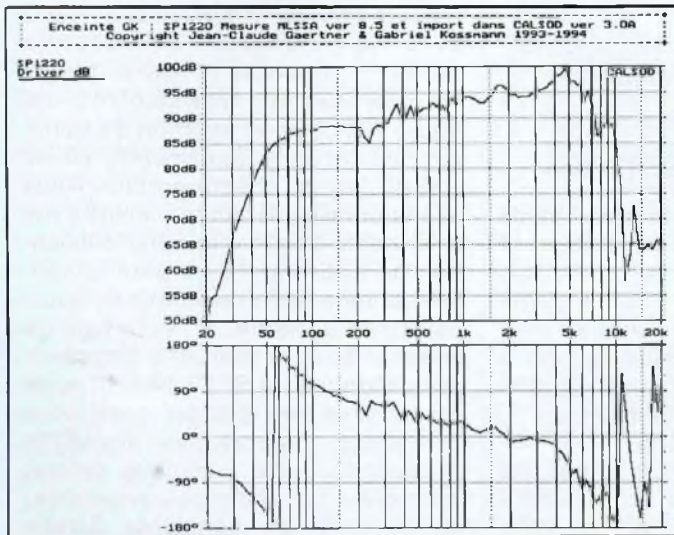


Fig. B : SP1220, dans l'enceinte Euridia, sans filtre.

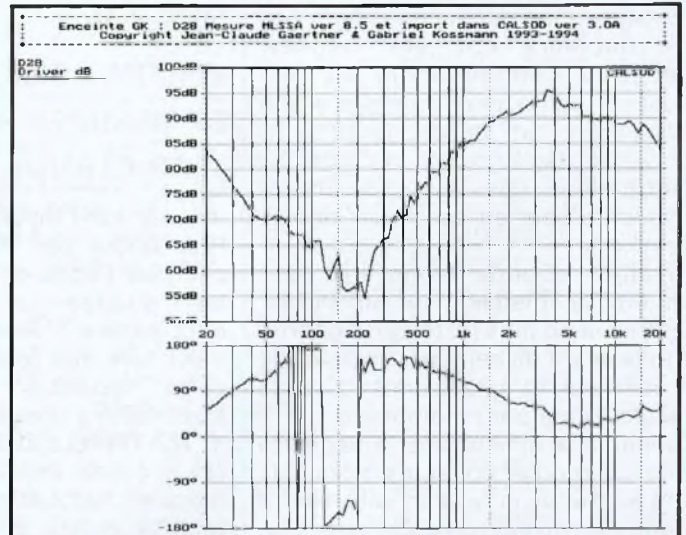


Fig. D : Réponse du D28 dans l'axe sans filtre.

puis importée dans CALSOD pour avoir une présentation homogène. Il faut noter que, pour des raisons de poids, nous n'avons pas ôté le grand panneau CEI qui se trouvait à l'intérieur de la chambre et les trois accidents creux à 250 Hz, bosses à 380 et 450 Hz sont dus à celui-ci. Il aurait été possible de les supprimer dans la présentation des courbes mais nous avons préféré ne faire aucune manipulation par soucis d'honnêteté intellectuelle.

On remarquera une courbe régulièrement montante de 100 Hz à 3 kHz avec un petit accident sans gravité à 4 800 Hz probablement dû à une interaction entre le cône et la suspension périphérique.

La courbe d'impédance (figure C) permet de vérifier l'absence d'anomalies notables. L'accord de l'évent se fait bien à 55 Hz, c'est-à-dire au minimum d'impédance entre les deux bosses où la courbe de phase passe par zéro. La remontée d'impé-

dance à partir de 1 kHz et la phase positive révèle le comportement sel- fique normal de tout haut-parleur dans le haut du spectre.

4. D28 DYNAUDIO

Le choix du tweeter fut difficile. Il fallait en trouver un qui soit à la fois doux mais précis tout en supportant une puissance élevée pour s'adapter aux excellentes caractéristiques du grave-médium utilisé. Après de nombreuses hésitations, deux furent sélectionnés et Gabriel Kossmann

UNE ETUDE REELLEMENT OPTIMISEE

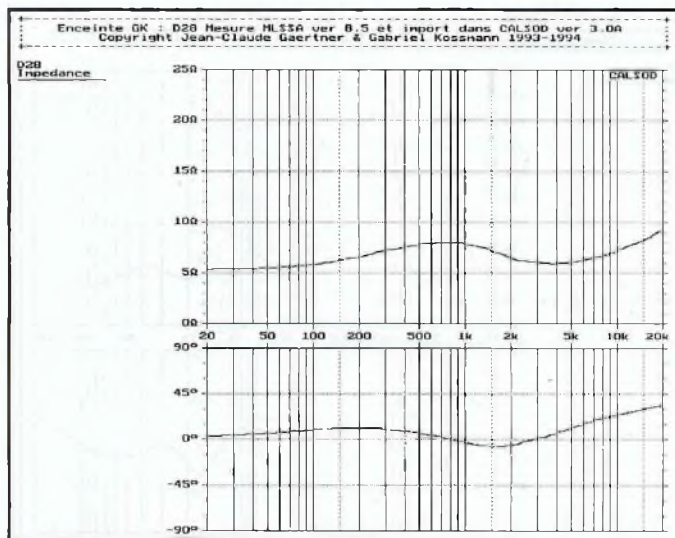


Fig. E : Courbe d'impédance D28.

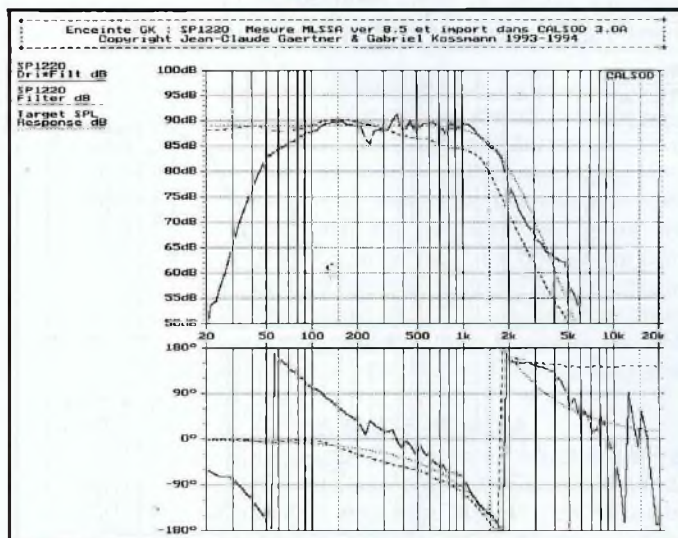


Fig. F : SP1220 avec filtre définitif.

construit deux enceintes, chacune avec un tweeter. Après avoir optimisé les filtres pour ces enceintes, de nombreuses écoutes furent effectuées pour déterminer la meilleure, les mesures ne permettant pas réellement de les départager. Le "vénéérable" D28 de Dynaudio (jcg5) sortit vainqueur bien que les résultats d'écoute du second furent proches. Je connais bien ce tweeter pour l'avoir utilisé en 1989 dans une enceinte de type d'Appolito, publiée dans Led en avril et mai 1990.

Ce tweeter n'a pas connu un franc succès auprès des constructeurs amateurs. Pourtant, de nombreux professionnels l'ont utilisé et continuent de l'utiliser. La figure D qui montre la courbe de réponse amplitude/fréquence du D28 dans l'axe explique sans doute son relatif insuccès auprès des amateurs. La réponse en forme de cloche, avec un sommet dans la zone des 3 kHz a de prime abord de quoi décourager. Elle est due en majeure partie à l'amorce de pavillon qui permet une meilleure adaptation au milieu dans cette zone. Cette amorce de pavillon est pourtant intéressante à deux titres :

- Le surcroît d'énergie apportée par le pavillon va nous permettre de filtrer électriquement à une fréquence

plus élevée et ainsi augmenter la tenue en puissance du tweeter.

- Le centre acoustique est reculé et se rapproche de celui du grave-médium sans avoir à réaliser une face avant complexe. C'est ainsi que le décalage des centres acoustiques entre le tweeter et le grave-médium de l'enceinte Euridia n'est plus que de 12,5 millimètres.

La courbe d'impédance du tweeter D28 (figure E) est très régulière avec un très bon contrôle de la fréquence de résonance.

5. FILTRE

Le filtre, pièce maîtresse d'une enceinte acoustique, demande un soin tout particulier afin de révéler le maximum des qualités des haut-parleurs utilisés. C'est certainement la partie la plus difficile à concevoir. Heureusement des logiciels tels que CALSOD permettent de gagner un temps précieux. Bien entendu le célèbre dicton "garbage in garbage out" est particulièrement d'actualité. L'utilisation d'outils puissants ne remplacera jamais la réflexion, la rigueur dans la conception et les écoutes prolongées.

Le premier choix à faire est celui du type de filtre (Bessel, Butterworth, Linkwitz-Riley, Cauer, etc.). Il existe de nombreuses écoles et il est hors

de propos ici de développer un argumentaire complet. Pour faire court, nous avons choisi un filtre de type Linkwitz-Riley du quatrième ordre, c'est-à-dire avec une pente de 24 dB par octave dans la bande atténuée et un déphasage de 180° à la fréquence de coupure. Parmi les avantages de ce type de filtre, on pourra noter une pente de coupure forte donc une plage relativement étroite de recouvrement entre les haut-parleurs, une réponse linéaire en phase dans la zone de coupure (+ et -180° donc en phase à la coupure) et une réponse transitoire correcte. Le choix de la fréquence de coupure dépend de plusieurs facteurs :

- courbes de réponse des haut-parleurs
- directivité
- tenue en puissance
- distorsion.

Les différents essais nous ont amenés à choisir une fréquence de coupure acoustique de 1 800 Hz pour le couple SP1220/D28 et 3 kHz pour l'autre.

La réponse dans l'enceinte Euridia, avec son filtre définitif, est indiquée à la figure F :

- La courbe du SP1220 en pointillé est l'objectif à atteindre : un filtre

ENCEINTE 2 VOIES EURIDIA

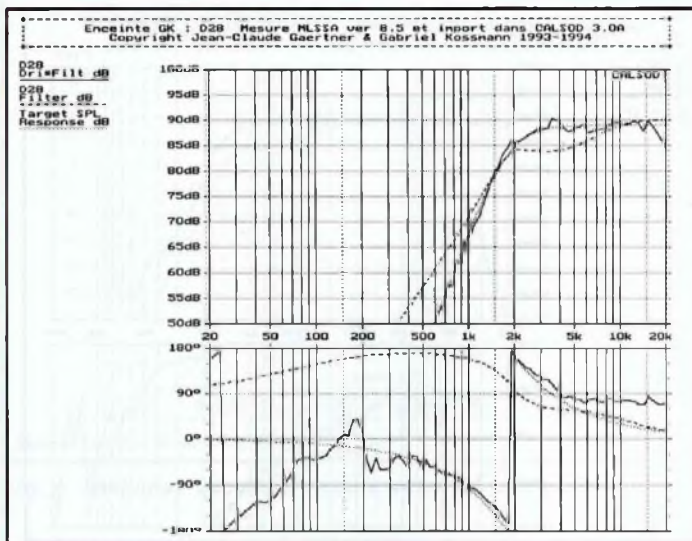


Fig. G : D28 avec filtre définitif.

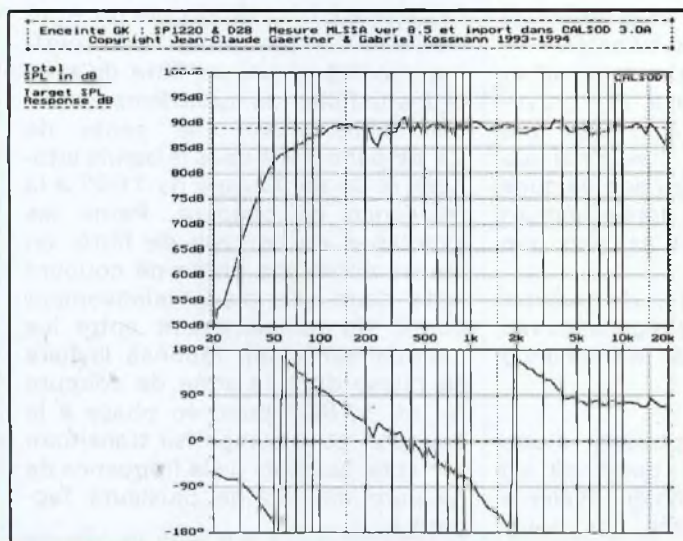


Fig. H : Enceinte Euridia dans l'axe à 1 m.

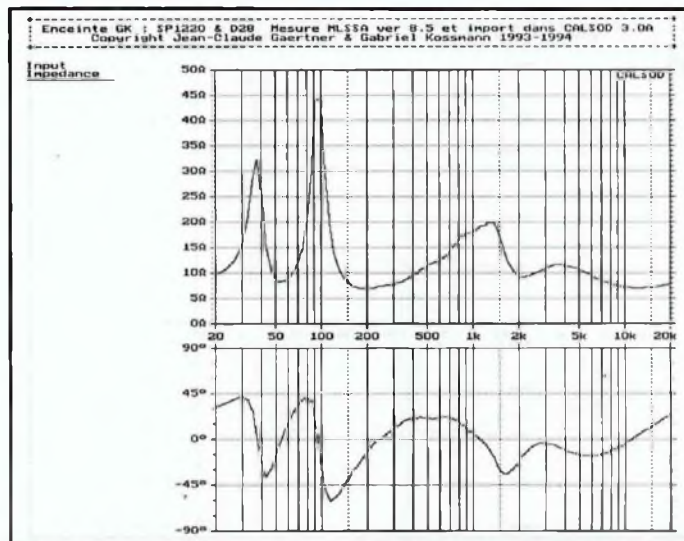


Fig. I : Courbe d'impédance enceinte Euridia sans correcteur.

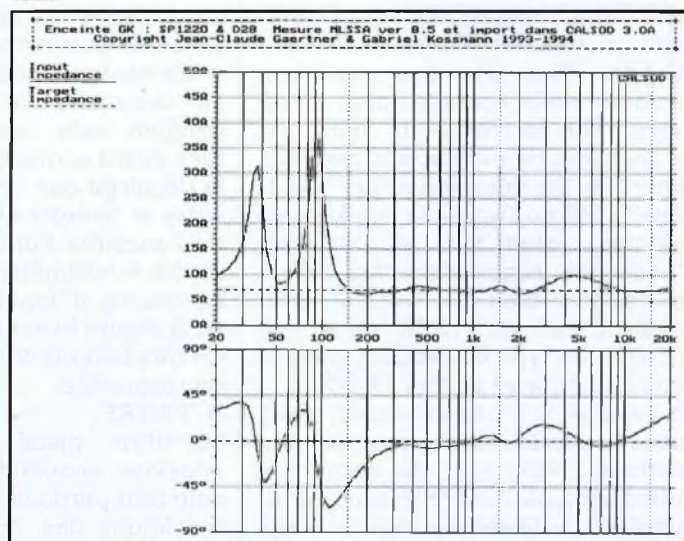


Fig. J : Courbe d'impédance enceinte Euridia avec réseau n° 1.

— passe-bas Linkwitz-Riley du quatrième ordre avec une fréquence de coupure de 1 800 Hz à -6 dB.

— La courbe en tiret est la réponse électrique du filtre optimisé et simulé avec l'impédance réelle du SP1220.

— La courbe en trait plein est la réponse acoustique du SP1220 chargé par son filtre.

L'examen de la réponse électrique du filtre passif utilisé est l'illustration même qu'il n'est pas suffisant d'appliquer des formules pour calcu-

ler un filtre (passif ou actif). Regardez l'allure de la réponse réelle du filtre qui a été nécessaire pour obtenir la coupure acoustique désirée. Nous avons pu simplifier le filtre en exploitant la remontée d'impédance du haut-parleur et deux selfs et un condensateur ont été suffisants pour aplatir la courbe de réponse et obtenir une pente approximative de 24 dB par octave au-dessus de 2 kHz. Notez que chaque graduation sur l'axe des y représente seulement

1 dB. Si on néglige les trois accidents dus au panneau CEI, mentionné précédemment, on constate que la courbe amplitude/phase/fréquence est très proche de l'objectif théorique.

Dans un premier temps, nous avons ajouté un condensateur supplémentaire qui permettait d'ajuster la réponse dans la bande 2 kHz à 10 kHz. Elle se confondait alors pratiquement avec l'objectif mais lors de l'optimisation globale de

UNE ETUDE REELLEMENT OPTIMISEE

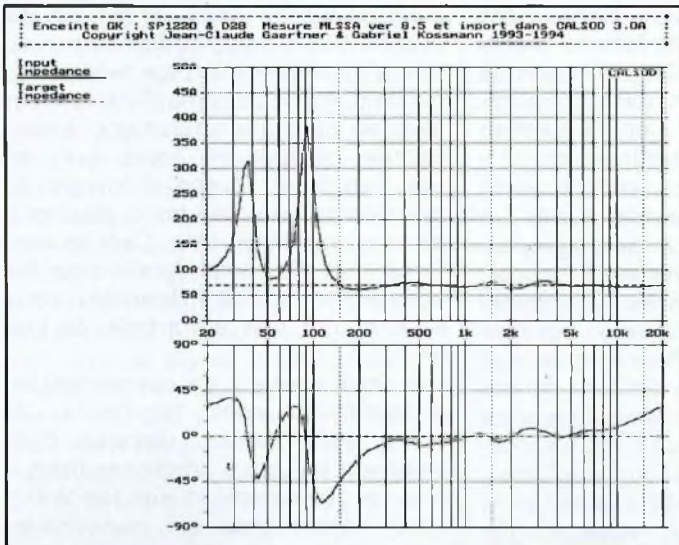


Fig. K : Courbe d'impédance enceinte Euridia avec réseau n°1 et n°2.

(jcg1) DRA Labs, 24 Halifax CT Sterling VA 20165 USA. Tél. (703) 430-2761. Fax (703) 430-0765 système MLSSA : US \$ 3250.
 (jcg2) Audiosoft, 128 Oriol Road, West Heidelberg 3081, Melbourne Australia. Fax (61) 3 497-4441 CALSOD ver 1.3 : AUD \$ 119 CALSOD ver 3.0 : AUD \$ 449.
 Correspondant en France : M. Jean-François Le Douarin, Euterpe Audio, 4, rue Thiers, 94130 Nogent-sur-Marne. Tél. 48.76.34.74. Fax 48.77.08.98

CALSOD 1.30 : 650 F. CALSOD 3.0 : 2 500 F.
 (jcg3) D.B. Keele, "Low Frequency Assessment by Nearfield Sound Pressure Measurement", AES Journal Vol. 22, N°3 April 1974.
 (jcg4) PHL Audio, 12, rue des Ormes 77770 Chartrettes, France. Tél. 60.69.10.08. Fax 60.69.10.28.
 (jcg5) Importateur M. Charles Henry Delaleu, SIEA, 1, boulevard Ney, 75018 Paris, France. Tél. 40.38.10.29. Fax 40.36.33.05.

l'enceinte, sa suppression nous a permis d'améliorer la réponse globale de l'enceinte Euridia.

La figure G représente la réponse du D28 et de son filtre dans l'enceinte Euridia, et comme pour la précédente figure :

- La courbe en pointillé est l'objectif donc un filtre passe-haut Linkwitz Riley du quatrième ordre avec une fréquence de coupure de 1 800 Hz à -6 dB.

- La courbe en tiret est la réponse

électrique du filtre optimisé et simulé avec l'impédance réelle du D28.

- La courbe en trait plein est la réponse acoustique du D28 chargé par son filtre.

Là aussi, on peut noter que la réponse électrique du filtre diffère notablement de l'objectif. Remarquons que grâce à l'amorce de pavillon, la puissance électrique nécessaire, pour un niveau acoustique donné, est diminuée de 6 dB à 4 kHz, 5 dB à 3 kHz et 2 dB à 2 kHz

renforçant ainsi la tenue en puissance déjà remarquable de ce tweeter.

Nous avons utilisé deux condensateurs, une résistance et une self pour réaliser le filtre passe-haut. La self et l'un des condensateurs conjugués à la pente naturelle du tweeter permettent de réaliser la pente de 24 dB par octave. Le deuxième condensateur sert à linéariser la courbe en cloche du D28, l'influence de ce condensateur est limitée en fréquence par une résistance en parallèle.

6. ENCEINTE EURIDIA

La réponse globale Amplitude/Fréquence de l'enceinte Euridia est indiquée en figure H. La courbe amplitude/fréquence se trouve dans un canal de ± 2 dB entre 100 Hz et 16 kHz. Cette courbe n'a subi aucune "retouche" cosmétique d'aucune sorte et le résultat obtenu est, soyons modestes, assez exceptionnel.

La réponse en phase permet de vérifier que la coupure est bien à 1 800 Hz avec un filtre de Linkwitz-Riley puisque la phase passe de -180° à $+180^\circ$.

Le rendement est de 89 dB/1 W/1 m, ce qui permettra d'utiliser sans problème tout ampli ayant une puissance de sortie supérieure à 30 W. L'excellente tenue en puissance du SP1220 et du D28 associée à la coupure franche du filtre permet à l'enceinte Euridia de délivrer sans aucune agressivité, des pressions acoustiques de 110 dB en crête, de quoi vous fâcher définitivement avec vos voisins !

La courbe d'impédance de l'enceinte Euridia est représentée en figure I. Cette réponse ne devrait pas poser de problème particulier aux amplificateurs. Elle est typique d'une enceinte bass-reflex et d'un filtre non compensé. On peut remarquer néanmoins qu'elle est très légèrement capacitive entre 1 kHz et 12 kHz.

Nous avons voulu aller un peu plus loin et nous vous proposons deux

ENCEINTE 2 VOIES EURIDIA

réseaux RLC correcteurs d'impédance.

Le premier (le plus important) supprime la remontée d'impédance dans la bande 400 Hz-2 kHz comme vous pouvez le constater sur la figure J. L'impédance est maintenant de $7 \Omega +$ ou $- 1 \Omega$ dans la bande 150 Hz-2 kHz.

Le second (fig. K) permet de compenser la petite remontée d'impédance autour de 5 kHz et l'on obtient ainsi, en associant les deux réseaux, une impédance de 7Ω quasi-constante de 150 Hz à 20 kHz.

7. CONCLUSION

Pour ne pas encombrer (inutilement ?) les pages de votre revue, je ne vous ai pas présenté les courbes énergie/temps, réponse impulsionnelle et temps de propagation de groupe mais sachez qu'elles sont à l'image de celle Amplitude/Fréquence c'est-à-dire excellentes. Je laisse le soin à Gabriel Kossmann de développer les nuances (à l'écoute) qu'apporte le bi-câblage et les réseaux de compensation d'impédance.

Bonne écoute.

Après cette intervention magistrale de Jean-Claude Gaertner, je reprends la plume (informatique) pour revenir sur la finition des caissons.

FINITION

DE L'EBENISTERIE

A ce stade, je considère que vos deux caissons sont prêts. C'est-à-dire qu'après le masticage et le ponçage il ne restera plus que la finition extérieure à achever.

Un minutieux dépoussiérage intérieur et extérieur sera le bienvenu afin de ne pas salir les haut-parleurs, particulièrement les membranes et le dôme du D28 qui s'est vu traité d'un produit légèrement poisseux.

La décoration est une affaire de goût personnel. Certains préféreront la chaleur du bois naturel. Alors ils plaqueront les faces extérieures avec

des essences nobles comme le merisier, le chêne ou autres. Concernant les angles arrondis de la face avant, on trouve facilement des baguettes quart de rond en bois massif de nombreuses essences. Ceci s'adresse aux plus habiles des bricoleurs.

Pour les autres, je conseille la peinture genre laque satinée. Après un bon enduit gras et un ponçage parfait, l'effet est surprenant. De surcroît, toutes les teintes sont possibles. On pourra délirer selon ses fantasmes artistiques. Pour ma part, j'ai tenté la couleur gris clair qui ne me déplaît pas. La prochaine paire sera noire car cette couleur neutre s'intègre parfaitement quel que soit l'environnement du local dans lequel elles seront installées. La laque satinée présente un avantage acoustique important car la surface lisse et semi-brillante favorise l'écoulement de l'air déplacé par les membranes des transducteurs. Les aigus bénéficient de cet avantage.

Jusqu'à présent, la meilleure peinture que j'ai utilisée porte le nom de Tollens, d'origine hollandaise : un véritable plaisir à travailler au pinceau. Elle s'achète chez tous les bons fournisseurs de peintures. De nombreux quincailliers la proposent aussi. Qu'elle soit brillante ou satinée, cette laque mérite d'être connue.

LES FILTRES PASSIFS

Je ne reviendrai pas sur l'importance du filtrage. Tout a été dit précédemment par Jean-Claude Gaertner.

Pour des raisons techniques évidentes, la section filtrage se compose de trois circuits imprimés totalement indépendants séparant ainsi le filtre passe-haut, le passe-bas et enfin les réseaux de compensation d'impédance. Pourquoi ce choix, me direz-vous ? Pour permettre le raccordement ampli-enceinte en utilisant la technique du bi-câblage. Dans cette configuration, chaque transducteur sera alimenté par sa propre paire de câbles de forte section. Les effets bénéfiques de cette technique ne

sont plus à prouver. Le fin du fin, c'est de placer (dans un coffret) les sections de filtrage et de compensation d'impédance le plus prêt possible de la sortie des amplificateurs car ainsi on applique totalement la conception câblage en étoile avec en son centre la source d'énergie de puissance. Tous les bons électroniciens connaissent cela. Ceci se confirme tout particulièrement pour les montages audio. Reportez-vous encore une fois à l'article de Led n°73.

Les deux réseaux de compensation d'impédance sont facultatifs. Si votre amplificateur dispose d'un excellent facteur d'amortissement, il réagira correctement sur les variations d'impédance qui, avouons-le, demeurent modestes par rapport à ce qu'on peut mesurer sur de nombreuses réalisations du commerce. En revanche, si vous possédez un amplificateur moyen, à tubes ou à MOSFETS, ce réseau s'impose. En effet, ce genre de montage ne supporte pas bien les variations d'impédance et surtout les effets capacitifs et selfiques générés.

Lors des écoutes, j'avoue ne pas avoir réussi à distinguer une différence audible avec ou sans compensation. Je dois dire que mes amplificateurs (fabrication Gaertner et Kossmann) sont des pures classes A. Avec un temps de commutation d'une rapidité fantastique et surtout un facteur d'amortissement, ils feraient rougir de honte bon nombre de montages de renommée.

De toute façon, compte tenu du faible prix de revient de ces quelques composants, ça ne mange pas de pain de les monter. Cette enceinte ne serait pas complète sans une linéarité quasi-parfaite de la courbe d'impédance.

Enfin, c'est vous qui décidez !

LE MATERIAU

D'AMORTISSEMENT

Maintenant, il est temps de garnir l'intérieur des coffrets par le maté-

UNE ETUDE REELLEMENT OPTIMISEE

riau d'amortissement. Cette partie d'une enceinte acoustique trop souvent négligée demeure d'une importance capitale pour aboutir au résultat escompté : la qualité optimale. Tellement d'inepties ont été dites et écrites à ce sujet. Il s'agit de traiter l'onde arrière et d'empêcher la formation d'ondes stationnaires dans le coffret. Ces dernières génèrent des contraintes mécaniques qui sont la source de distorsions audibles, gênant considérablement les déplacements des haut-parleurs, dénaturant ainsi le signal sonore. Philippe Lesage en parlait très bien dans le Led n° 73, son expérience à ce sujet m'a énormément servi. Les nombreux essais que j'ai entrepris à ce sujet, depuis de nombreuses années m'ont confirmé l'importance de ce composant. Alors les mousses acoustiques, l'isolé mou ou perforé, le feutre de laine collé sur les parois ou tendu dans le volume, j'en passe et des meilleurs, ne sont que des remèdes rigoureusement approximatifs et fantaisistes. Le matériau doit freiner l'énergie acoustique avec le maximum d'effet, sans colorer les sons. La solution vient par l'utilisation de la laine de verre savamment répartie dans le coffret. Cette laine de verre aura pour effet de dissiper l'énorme quantité d'énergie acoustique régnant à l'intérieur. Cette énergie perdra sa vélocité et sera dissipée en chaleur, grâce aux frottements entre les particules d'air et de verre constituant le matelas absorbant. Le remède tient dans l'utilisation de la laine de verre semi-rigide Telstar de chez Isover, référence Panolène PB du fabricant Saint-Gobain. Elle se présente en panneaux et a l'avantage de ne pas gratter après usage ou découpe. Ce produit s'achète dans la plupart des magasins de bricolage. Quelquefois on la trouve avec une feuille pare-vapeur en papier kraft goudronné. Une fois les matelas découpés, n'oubliez pas d'ôter cette feuille. Le coefficient d'absorption de cette laine se caractérise par une régularité exemplaire, s'étalant sur quasi-

ment la totalité de la bande passante d'une enceinte acoustique. Les plans n°9 montrent les positions exactes et les dimensions des deux matelas de matériau, à l'intérieur des caissons. La découpe se fera aisément à l'aide d'une lame de scie à métaux. Un dépoussiérage à l'aspirateur est conseillé, car la coupe produit des particules de verre. L'insertion se fera par la découpe du 17 cm. La légère compression des blocs assurera le maintien de ceux-ci, entre les parois du coffret. Attention de ne pas briser la rigidité en plaçant le matériau à l'intérieur.

Le premier matelas placé juste derrière le moteur du 17 cm brise efficacement l'onde arrière. Le deuxième, sur le chemin de la sortie du tunnel peaufine cet amortissement. Vous remarquerez les deux espaces laissés libres sur deux côtés de la laine.

Ce n'est pas le fruit du hasard. Il a fallu trouver un équilibre car il faut bien que l'air sorte quelque part pour s'accorder avec l'évent, le volume intérieur et le tunnel. Trop d'amortissement ou pas assez risque de provoquer un déséquilibre néfaste à la qualité d'écoute.

Je puis vous assurer que, malgré la simplicité des formes et le volume modeste, ce composant présente une efficacité remarquable.

CABLAGE

DES HAUT-PARLEURS

Pour effectuer les liaisons avec les bobines des transducteurs, j'ai choisi un connecteur spécialement conçu qui simplifiera le branchement avec les filtres et les amplis, surtout dans le cas du bi-câblage. Il s'agit d'un ensemble mâle/femelle appelé Speakon, fabriqué par Neutrik. Il permet de passer une intensité de 30 A par contact jusqu'à 250 V pour une résistance de contact de 3 mΩ.

Câblez les embases châssis Speakon à quatre broches avec du câble de bonne qualité. Par exemple la borne 1+ raccordera le + du tweeter (repérez par un point rouge) et la

borne 1- pour la masse. Renouvelez l'opération pour le 17 cm qui verra sa borne + (point rouge) connectée à la borne 2+ et sa masse à la borne 2-. Si vos moyens vous le permettent, utilisez du câble haute définition, mieux encore de l'O.F.C. (cuivre sans oxygène). Le meilleur rapport qualité/prix sera du câble servant à fabriquer les cordons de mesure. La section sera de 1,5 mm² minimum. Ces fils de longueurs égales, serviront à raccorder les haut-parleurs vers l'extérieur. Evitez les surplus de longueur, faites au plus court. Placez et fixez l'embase du connecteur H.P. sur le fond de chaque caisson avec deux vis Pozydriv de 3 x 15. Attrapez les fils de chaque haut-parleur et sortez-les en face avant par leurs découpes respectives. Soudez ces fils sur les cosses de leurs transducteurs respectifs.

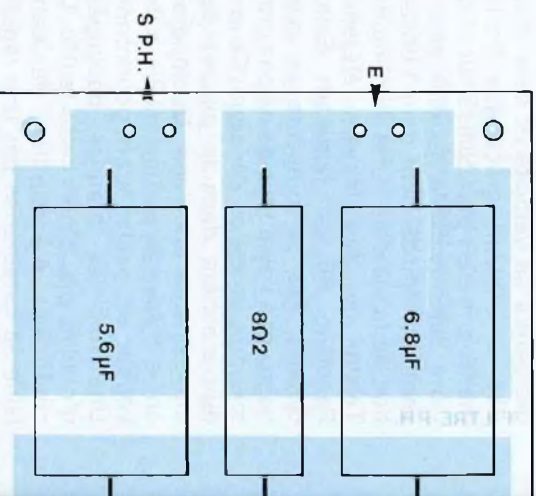
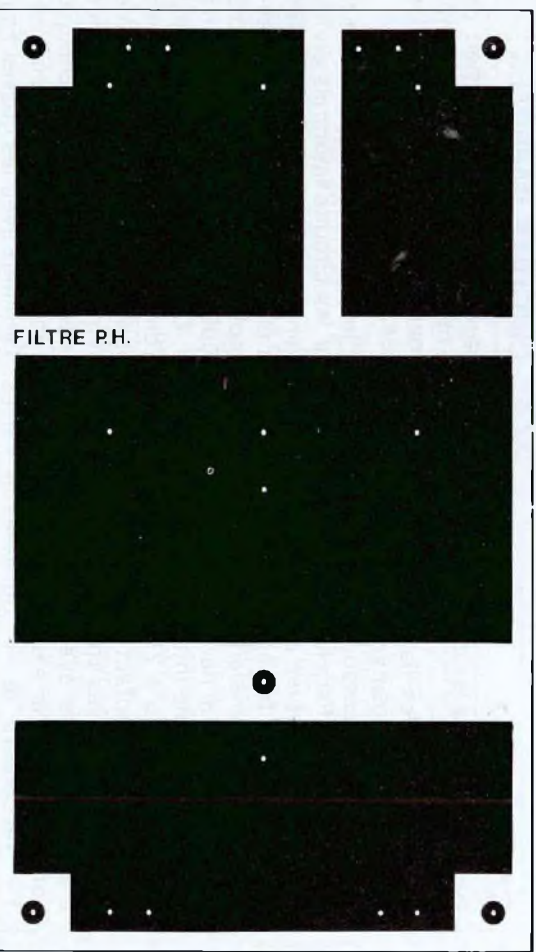
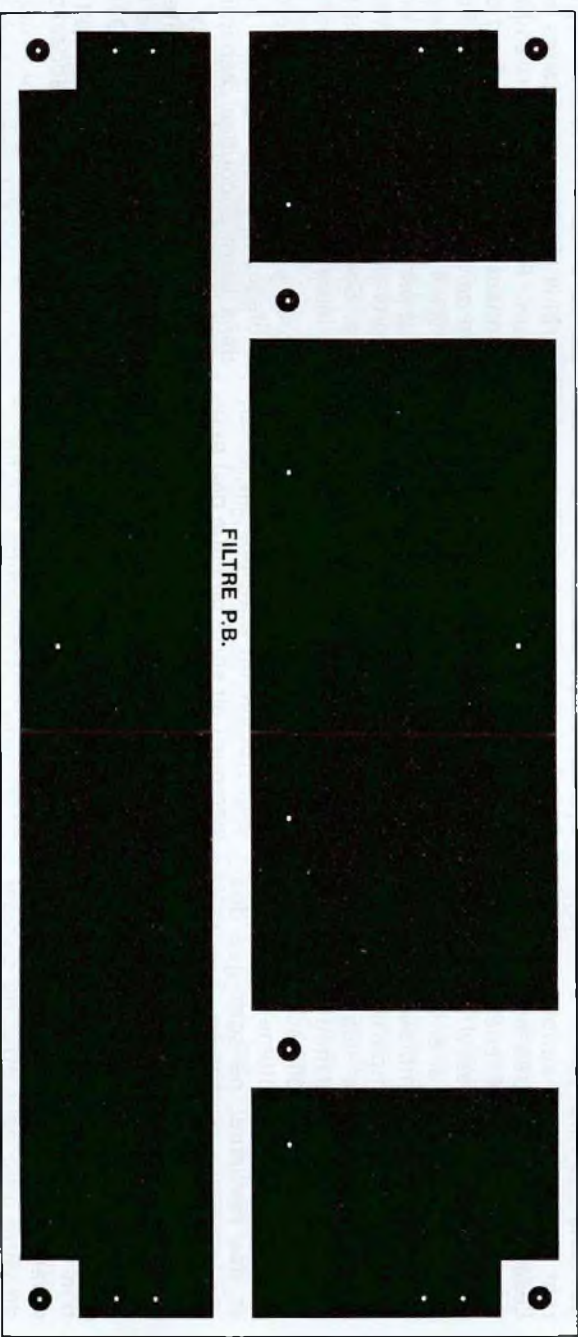
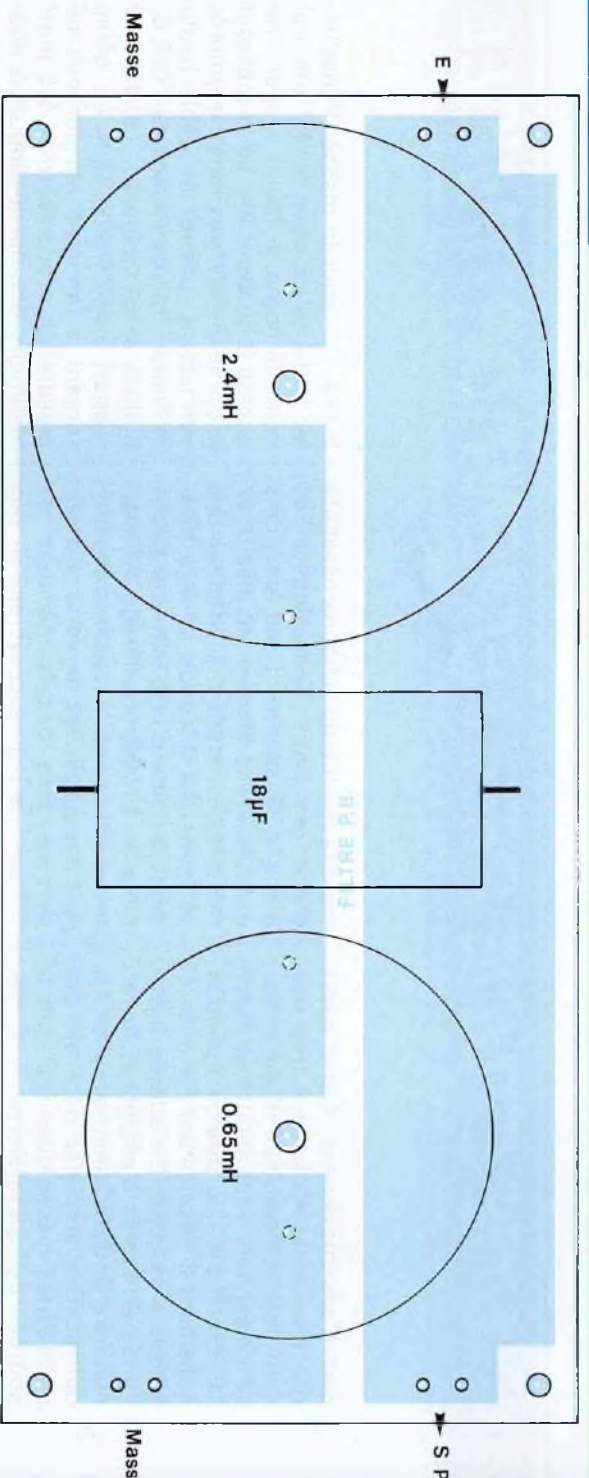
Après avoir vérifié attentivement le câblage, placez les haut-parleurs dans leurs découpes respectives et fixez-les à l'aide de 4 vis noires genre Parker de 4 x 20, à tête demi-ronde pour le 17 cm et tête fraisée de 3 x 20 pour le tweeter Dynaudio (pièces détachées Restagraf en vente chez tous les accessoiristes auto ou quincailliers).

CABLAGE

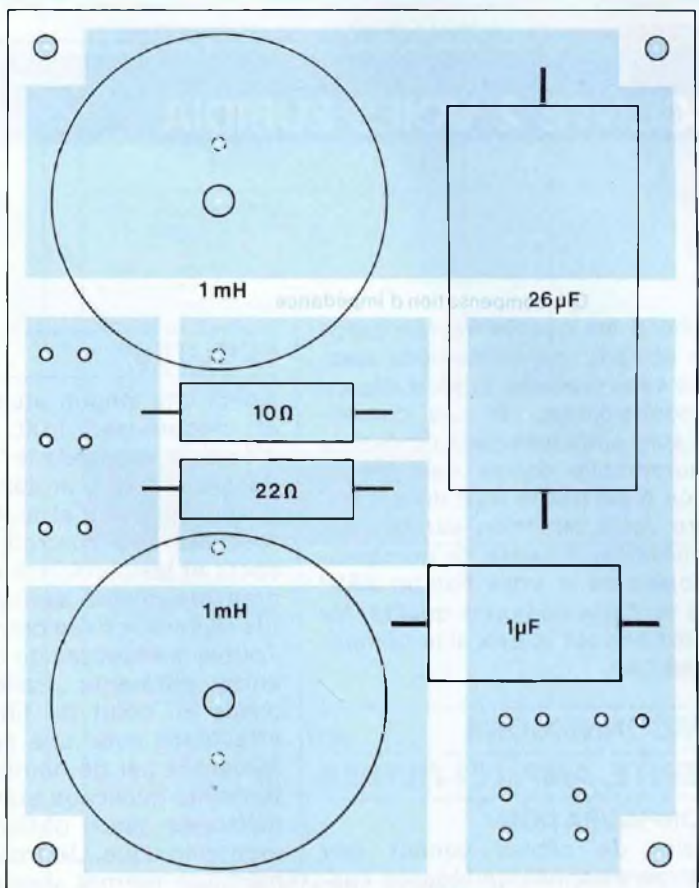
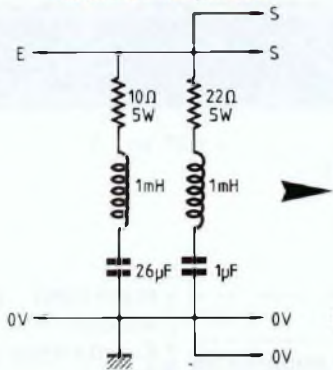
DES CIRCUITS IMPRIMES

Cette opération prend très peu de temps, mais réclame un soin attentif concernant les connexions et les soudures.

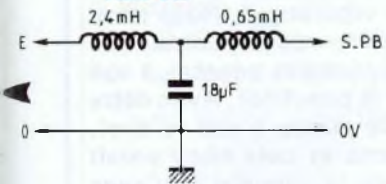
Placez les résistances en premier lieu, sur les circuits imprimés en les surélevant de quelques millimètres afin qu'elles ne touchent pas le circuit. Repliez les fils à souder, côté pistes cuivrées et plaquez-les contre la piste. Coupez ces derniers en laissant 1 cm ou plus. Soudez-les avec une bonne soudure à l'étain. Même motif et même punition pour tous les autres composants. Cette technique assure de parfaites connexions soudées. Terminez avec les cosses Faston 6,35 mm pour C.I.



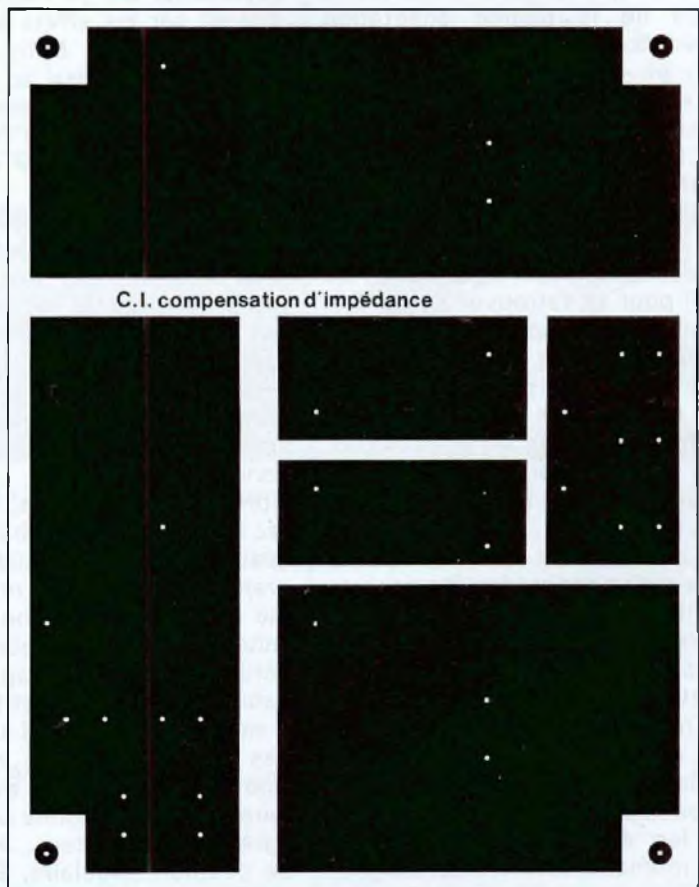
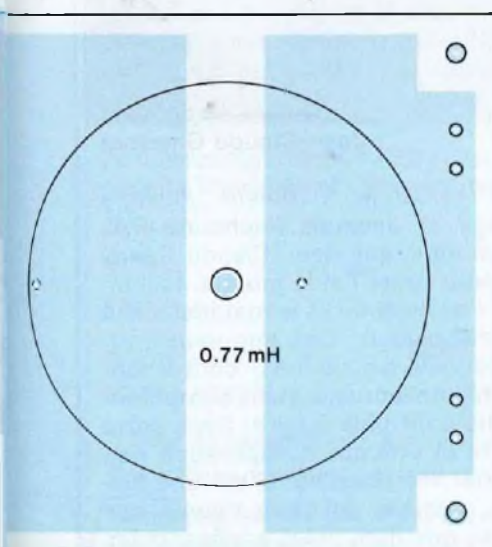
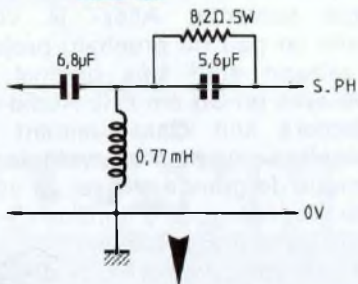
Linearisation d'impédance



Passe-bas



Passe-haut



ENCEINTE 2 VOIES EURIDIA

J'ai choisi les cosses Faston parce qu'on obtient des connexions électriques sans reproche et sans dépenses inconsidérées. Si ces composants sont employés dans l'industrie et l'automobile depuis des décennies, ce n'est pas le fruit du hasard. J'attire votre attention sur ce type de cosses car il existe de nombreuses copies de la vraie Faston AMP qui ne sont pas de bonne qualité. Ne négotez pas sur le prix si le composant est bon.

INTERCONNEXIONS

ENCEINTE, AMPLI ET FILTRES

1^{re} CONFIGURATION

La paire de câbles venant des amplis, sera connectée (cosses Faston isolées, femelles à sertir) à l'entrée de la platine adaptation d'impédance, en respectant les polarités + et -. De cette platine, 4 fils repartent et se raccordent sur les deux cosses mâles (entrée et masse) des C.I. Passe-bas et Passe-haut.

2^e CONFIGURATION

Si vous optez pour le bi-câblage intégral, deux câbles courts (sortie d'ampli et masse) partiront de l'ampli pour se retrouver sur le C.I. d'adaptation d'impédance. Ensuite effectuez la liaison avec les platines de filtrage. Deux paires de câbles longs relieront les sorties des circuits imprimés à la fiche Speakon. Cette dernière présente, comme l'embase châssis, quatre raccords repérés 1+, 1-, 2+ et 2-. Vous remarquerez que les quatre cosses maintiennent les fils par une vis à empreinte BTR. Cette fiche particulière est fournie avec un petit plan de montage à suivre scrupuleusement. **Vous voici au terme de votre réalisation acoustique. Avant toute chose, vérifiez minutieusement les montages, le câblage des composants et les raccordements entre les différents éléments.** Le grand moment arrive. Tout baigne, alors mise sous tension de la chaîne.

ECOUTES

Après une longue étude minutieuse et rigoureuse, fruit d'un travail d'équipe possédant une longue expérience des problèmes acoustiques, on peut s'attendre à de bons résultats. De surcroît, les composants et les matériaux employés, de première qualité assurent les objectifs rigoureux fixés pour cette étude. Toutes les écoutes de comparaisons entre différents transducteurs et mises au point du filtrage ont été effectuées avec une seule enceinte alimentée par de nombreux enregistrements musicaux stéréophoniques mélangés pour obtenir un signal monophonique. Je trouve que cette méthode permet des écoutes plus objectives. On ne risque pas d'être distrait par les effets spéciaux flatant les oreilles. Enfin, au fur et à mesure de la mise au point du filtrage, on perçoit mieux la progression vers le détail de l'image sonore. La situation d'écoute idéale est la suivante :

— les enceintes espacées de 2,5 m et à 1 m du sol, éloignées du mur d'au moins 50 cm pour ne pas contrarier la sortie de l'air par les événements, je le rappelle, se trouvent à l'arrière ;

— l'auditeur placé à 3 m minimum en ayant pris soin d'orienter les caissons pour un bon alignement source sonore/auditeur.

Après quelques essais, vous trouverez les positions optimales.

Les premiers instants d'écoute surprennent. En effet, le niveau d'énergie du grave est étonnant de puissance et de dynamique. Les aigus pétillants de vie n'agressent pas l'auditeur. Le D28 restitue finement le message sonore qui lui est confié. Pas de chuintements sur les voix. Une légère mise en avant (volontaire) de la voix donne une présence agréable à l'auditeur. Jusqu'à 30° de position angulaire, Euridia n'est pas prise en défaut de directivité et

maintient spatialement l'image sonore.

Euridia nous a révélé des qualités au-delà de nos espérances. Nous sommes largement récompensés des nombreuses journées passées à son chevet pour la peaufiner. Avec cette réalisation de classe (j'ose le dire), nous prouvons et cela nous paraît nécessaire de le rappeler, qu'avec une bonne expérience, une parfaite analyse, une rigueur sans faille, des composants de qualité et une instrumentation moderne, les objectifs sont réalisables.

Pour un prix qui reste abordable pour de nombreux amateurs, Euridia apportera beaucoup de bonheur à ceux qui auront fait ce choix.

A une époque de "médiocratie", nous sommes fiers de perpétuer la tradition de qualité. Je vous quitte pour prendre un peu de recul pour l'étape suivante. Allez- je vous dévoile un peu du prochain projet : un caisson actif très original de grave avec un 38 cm PHL Audio qui s'adaptera soit classiquement en stéréophonie ou pour un système triphonique de grande classe. Je vous laisse tirer la langue d'impatience. A bientôt dans nos colonnes.

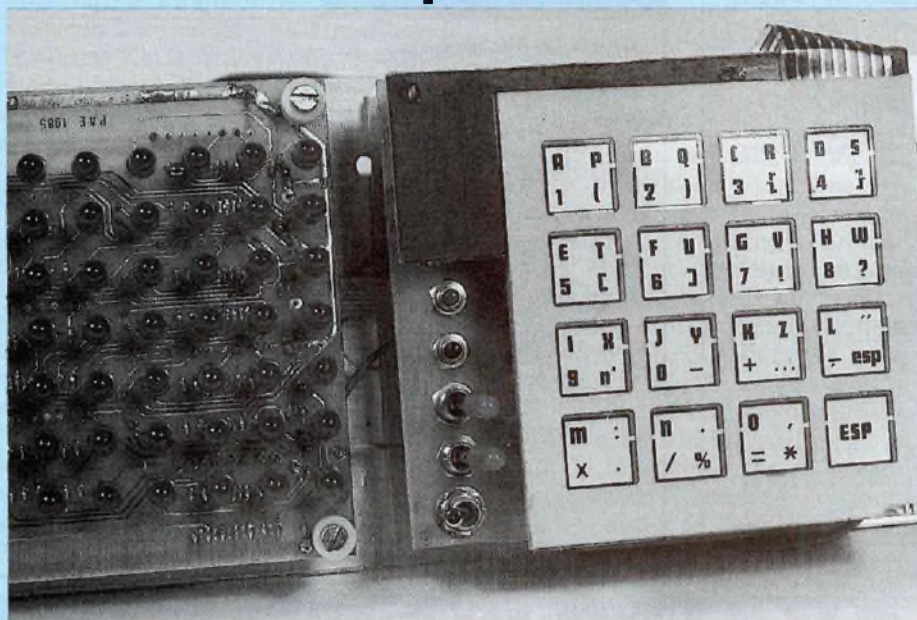
J'attends vos commentaires d'écoutes et, pourquoi pas, d'éventuelles modifications ou idées sur les améliorations possibles d'Euridia.

**Gabriel Kossmann
Jean-Claude Gaertner**

• Je remercie vivement Philippe Lesage et Jacques Fuchs de PHL Audio ainsi que Jean-Claude Gaertner pour toute l'aide morale, technique, l'assistance et le matériel mis à ma disposition. Ces rigoureux professionnels passionnés, dont l'honnêteté intellectuelle et les compétences ne sont plus à faire. Sans cette étroite et efficace collaboration rien n'aurait été possible. C'est une histoire d'amitié qui dure depuis des lustres que rien, ni les années, ni les événements n'ont réussi à briser.

UN PANNEAU D’AFFICHAGE ELECTROLUMINESCENT

5° partie



Le moment est venu d’apporter les derniers éléments — et pas les moindres — de notre module de commande, puisque nous abordons dans ce dernier chapitre le câblage et la mise au point des circuits imprimés du programmeur. Vous y trouverez également toutes les informations nécessaires à la bonne marche de votre réalisation, en particulier le listing du contenu de l’EPROM 2716 en décimal et hexadécimal.

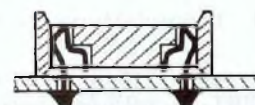
CABLAGE DE LA PLATINE REGROUPANT LE PROGRAMMATEUR ET LE DECODAGE CLAVIER

Ces deux sous-ensembles sont implantés sur un circuit époxy double face de 96 x 106 mm : si sa réalisation pose un problème à l’amateur, il pourra être fourni prêt à câbler à un prix avantageux, par l’intermédiaire du service «Circuits Imprimés» proposé par votre revue : c’est une solution qui peut éga-

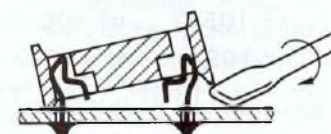
lement vous enlever une épine du pied en ce qui concerne les modules de la matrice d’affichage, qui sont à réaliser en plusieurs exemplaires.

L’implantation et le tracé des pistes de ce module sont données figures 1 et 2 ; on remarquera que la platine comporte une assez forte densité d’intégration, ce qui va nous imposer du soin et de la minutie au câblage. En effet, lorsque les composants seront câblés, il sera assez difficile de rattraper une mauvaise soudure.

En conséquence, on veillera à suivre



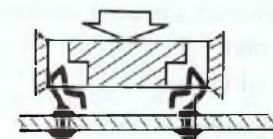
a) positionnement et soudage du support côté cuivre



b) extraction de l’enveloppe plastique du support



c) soudage des broches côté composants



d) repositionnement du boîtier

Fig. 3 : Utilisation de supports classiques.

scrupuleusement la chronologie qui sera indiquée pour la mise en place des éléments.

PROCEDURES DE CABLAGE

Au préalable, notons un détail important : les interrupteurs et boutons poussoirs (tous des modèles miniatures) sont implantés sur le circuit imprimé. Il n’y aura donc aucun problème de câbles volants qui se coupent à chaque manipulation. La mise en boîtier en sera d’autant simplifiée, bien qu’il soit possible d’en modifier la présentation selon le goût de chacun.

Pour les essais et la mise au point, la mise en place des boutons de manœuvre sur un support rigide apporte un confort appréciable.

Le circuit imprimé ne comporte qu’un seul strap de liaison entre les deux

PANNEAU D'AFFICHAGE

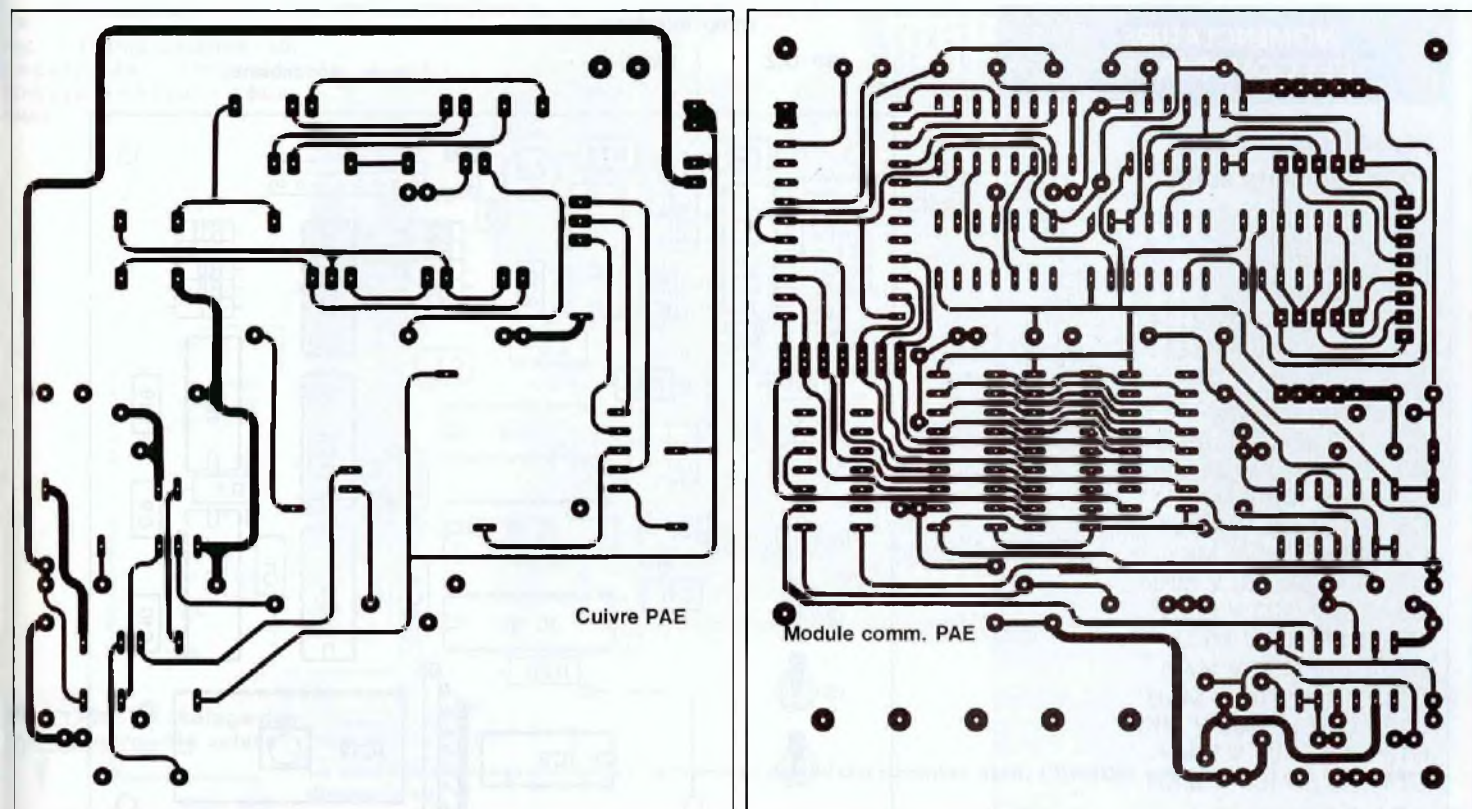


Fig. 2 : Tracé des pistes du module de commande du PAE.

faces, qu'il faudra câbler en premier : il est situé en haut et à gauche du circuit, côté implantation et est marqué d'une croix.

Dans un deuxième temps, il faut positionner tous les supports de circuits intégrés, qui sont impératifs pour un montage de cette envergure. Plutôt que de vous imposer l'utilisation de picots «tulipes» ou de supports spéciaux pour double face, nous vous proposons à la figure 3 une démarche qui permet d'utiliser certains supports classiques. Il faudra évidemment veiller à ce qu'ils correspondent à la description de la figure.

— Soudez toutes les broches du support du côté cuivre de la platine.

— Retirez l'enveloppe plastique à l'aide d'un petit tournevis.

— Soudez du côté composants les broches reliées à une pastille, en véri-

fiant la qualité de la soudure (court-circuit ou mauvais contacts).

— Remettez en place le boîtier plastique du support.

Génial, n'est-ce pas ? Cette opération est simple, esthétique et économique, mais l'idée n'est pas nouvelle, bien entendu !

Câblez ensuite dans l'ordre les résistances et les condensateurs, en n'omettant aucune soudure. Implantez R12 à R18 sous la forme d'un réseau, comme indiqué sur la figure 1 ; respectez particulièrement le sens de positionnement des circuits intégrés, qui seront implantés lorsque les tensions d'alimentation auront été vérifiées sur leur support.

Le plan de câblage des interrupteurs est représenté sur la figure 4 ; tous les fils de câblage seront tirés sous le circuit et soudés du côté composants.

CABLAGE DU MODULE DE PUISSANCE, REGROUPANT L'ALIMENTATION ET LES BUFFERS DE COMMANDE DU PAE

L'implantation et le tracé des pistes de ce module sont donnés sur la figure 5 ; le circuit simple face ne devrait pas poser le moindre problème de réalisation. Suivant le type d'interrupteur employé pour le programmeur, il sera peut-être nécessaire de découper une bande d'époxy sur la partie gauche de la platine. L'implantation a été prévue de telle sorte que les deux circuits puissent se superposer aisément avec un encombrement réduit : c'est la raison pour laquelle on trouve deux

CONSTRUISEZ VOTRE PAE

NOMENCLATURE DES COMPOSANTS

PROGRAMMATEUR

• Composants actifs

IC6 - CD4071
 IC7 - CD4001
 IC8 - 74LS93
 IC9 - CD4040
 IC10 - EF2114/MM2114
 IC11 - EF2114/MM2114
 IC12 - EPROM 2716

• Condensateurs

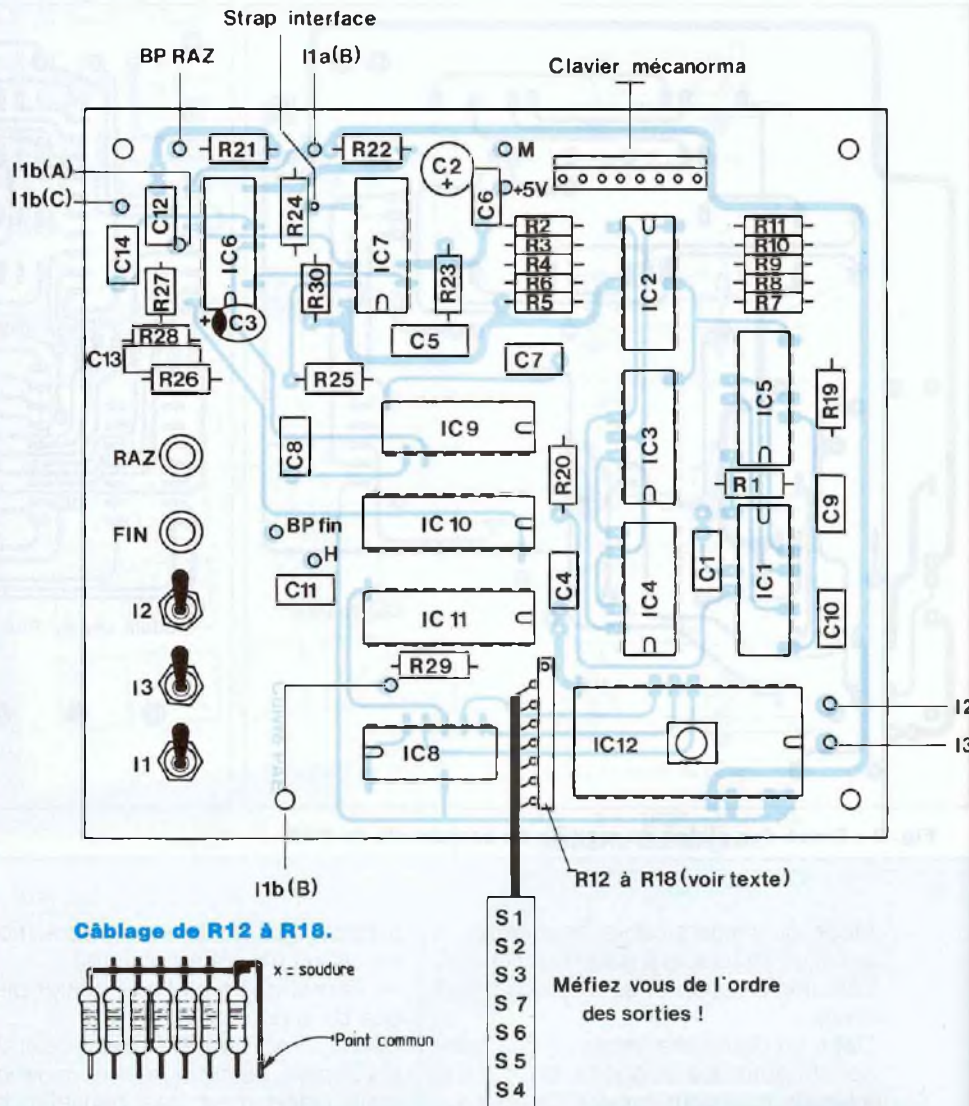
C2 - 100 μ F/10 V tantale
 C3 - 22 μ F/10 V tantale
 C4 - 1 μ F/100 V MKH
 C5 - 22 nF/100 V MKH
 C6 - 47 nF/100 V MKH
 C7 - 0,47 μ F/100 V MKH
 C8 - 10 nF/100 V MKH
 C9 - 1 nF/100 V MKH
 C10 - 1 nF/100 V MKH
 C11 - 10 nF/100 V MKH
 C12 - 0,47 μ F/100 V MKH
 C13 - 1 nF/100 V MKH
 C14 - 10 nF/100 V MKH

• Résistances

R12 à R18 - 3,3 k Ω
 R19 - 10 k Ω
 R20 - 3,9 k Ω
 R21 - 2,2 k Ω
 R22 - 2,2 k Ω
 R23 - 470 k Ω
 R24 - 2,2 k Ω
 R25 - 1 k Ω
 R26 - 2,2 k Ω
 R27 - 2,2 k Ω
 R28 - 1 k Ω
 R29 - 1 k Ω
 R30 - 3,9 k Ω

• Divers

Picots à souder double face (type «tulipe»)
 BP RAZ - poussoir miniature
 BP FIN - poussoir miniature
 I₁ - interrupteur double inverseur
 I₂ - interrupteur simple inverseur
 I₃ - interrupteur simple inverseur
 Clavier Mécanorma 16 touches



NOMENCLATURE DES COMPOSANTS

DECODAGE CLAVIER

• Composants actifs

IC1 - 74LS174
 IC2 - TL084
 IC3 - CD4002
 IC4 - CD4001
 IC5 - CD4071

• Composants passifs

C1 - condensateur plastique 1 nF
 R1 - 2,2 k Ω 1/4 W
 R2 à R5 - 10 k Ω 1/4 W
 R6... - 6,8 k Ω 1/4 W
 R7... - 100 k Ω 1/4 W
 R8 à R11 - 68 k Ω 1/4 W

• Divers

Clavier plat Mécanorma 16 touches

PANNEAU D'AFFICHAGE

Fig. 1 : Implantation du module de commande (programmeur + décodeur).

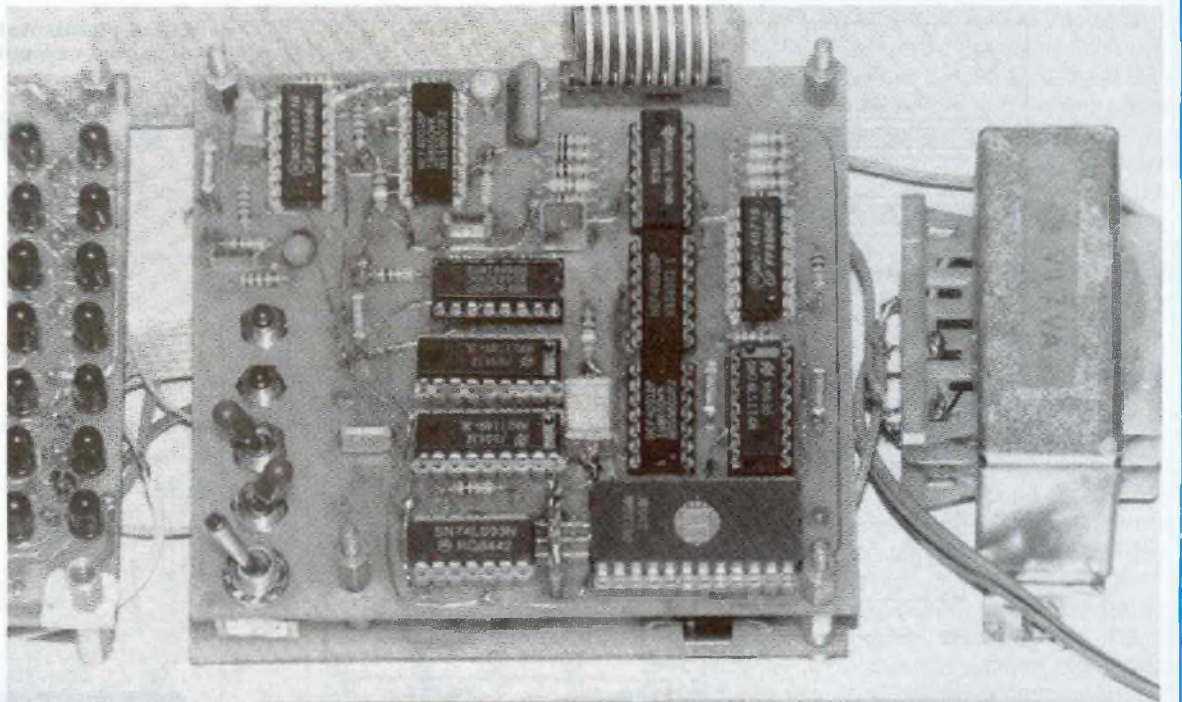
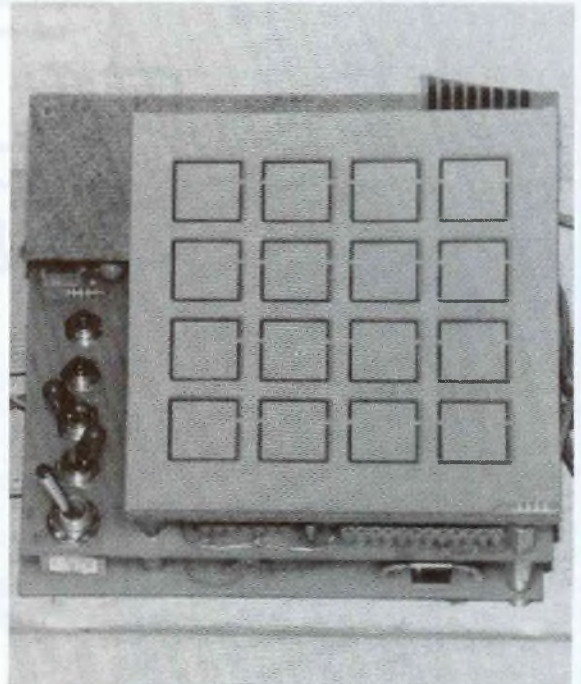
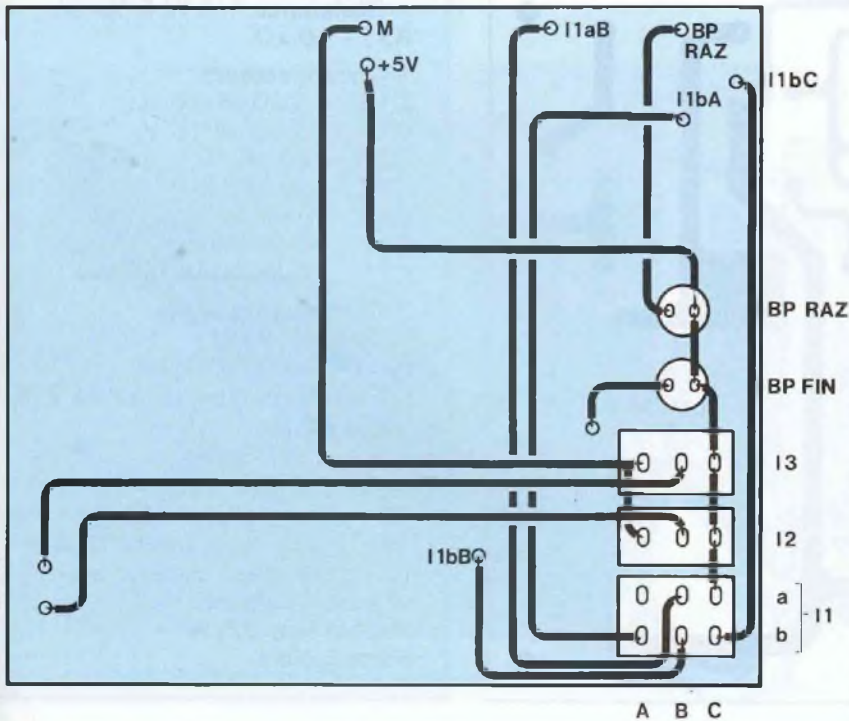


Fig. 4 : Plan de câblage des interrupteurs côté cuivre.

Le module de programmation terminé et câblé. Au premier plan, l'EPROM qui contient les caractères disponibles.



Le clavier Mecanorma.

CONSTRUISEZ VOTRE PAE

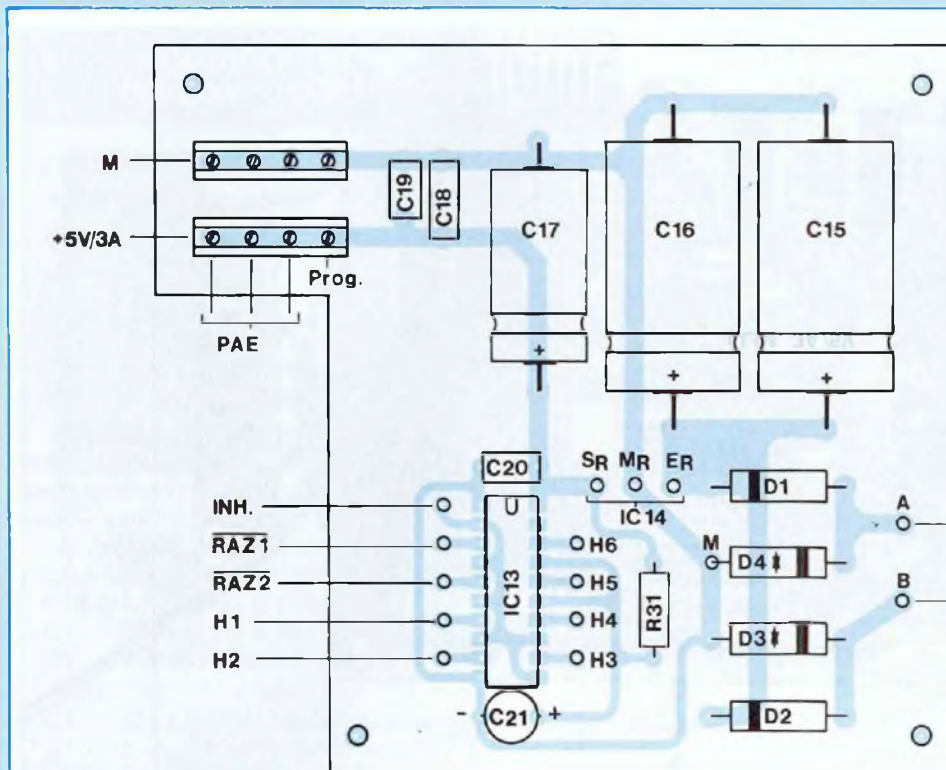
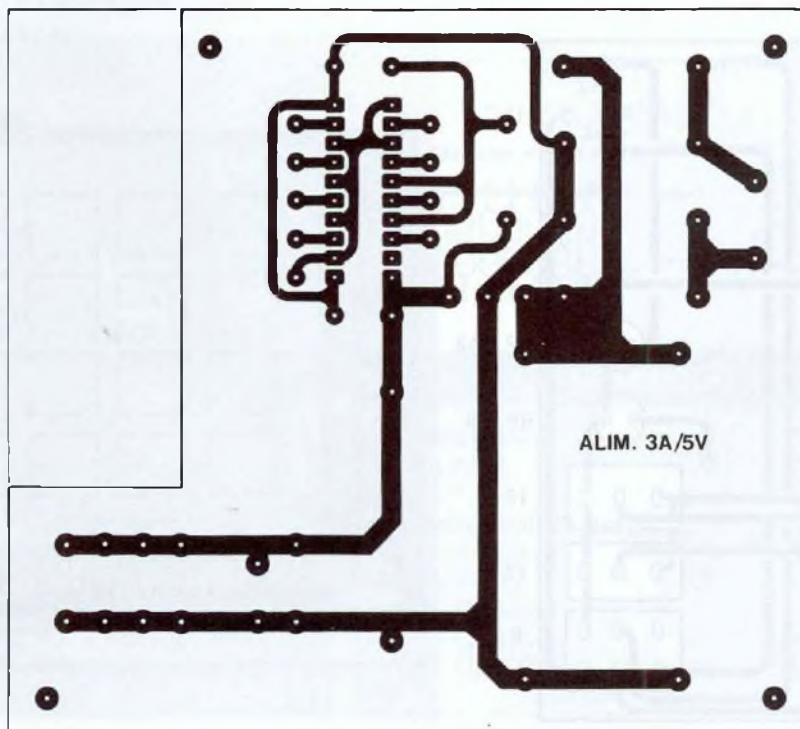


Fig. 5 : Implantation et tracé des pistes du module de puissance.



NOMENCLATURE DES COMPOSANTS

- Résistance 1/4 W 5 %
R31 - 10 k Ω
- Condensateurs
C15 - 2 200 μ F/16 V
C16 - 2 200 μ F/16 V
C17 - 220 μ F/10 V
C18 - 100 nF MKH
C19 - 10 nF MKH
C20 - 10 nF MKH
C21 - 10 μ F/10 V (tantale)
- Composants actifs
IC13 - 74LS241
IC14 - LM323K (T03)
D1 à D4 - diodes de red. de 3 A.
- Divers
Support C.I. 20 br.
Radiateur pour T03
TR1 - transfo. prim. 220 V
Sec. 9 V/3 A ou 2 x 9 V/2 A
I4 - Interrupteur secteur avec voyant incorporé
Fusible lent 0,5 A
Porte-fusible

PANNEAU D'AFFICHAGE

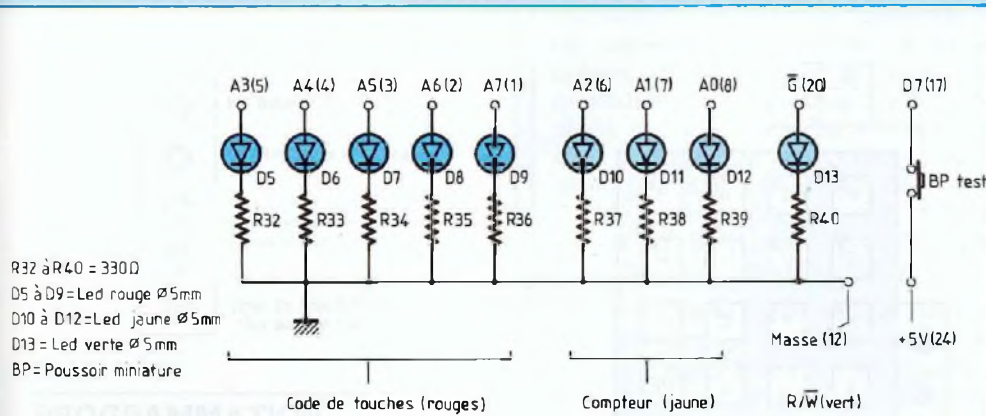
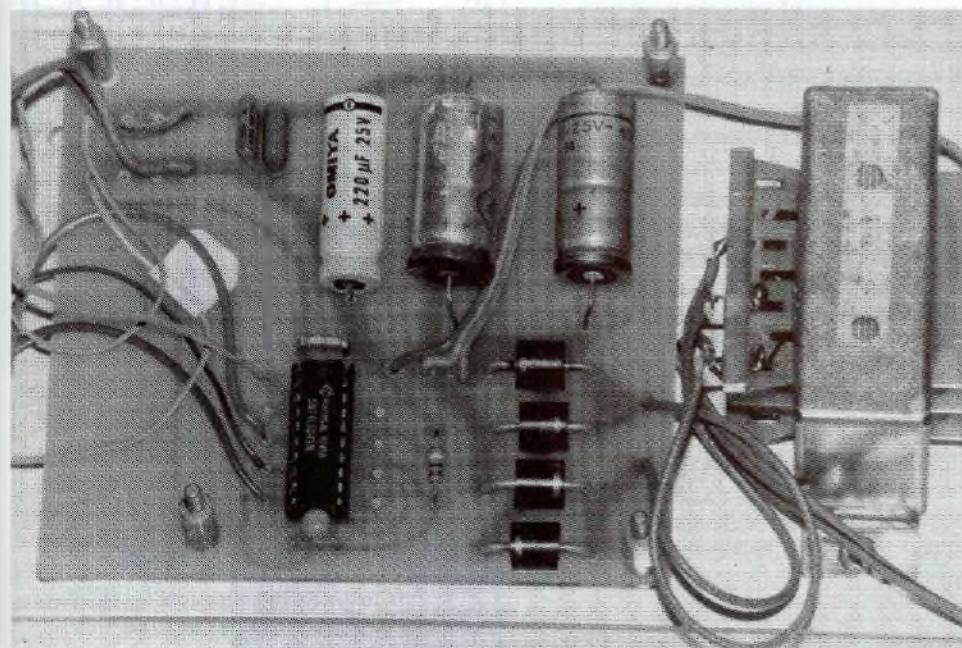
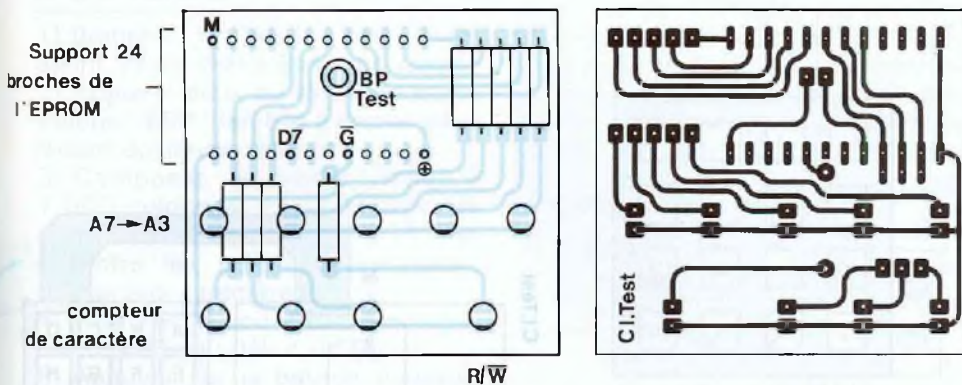


Fig. 6 : Schéma d'implantation du circuit test enfichable.



condensateurs de 2200 μ F en parallèle plutôt qu'un modèle plus imposant de 4 700 μ F pour le filtrage de l'alimentation. Les diodes de redressement D3 et D4 ne sont à câbler que si vous utilisez un transformateur à simple bobinage. Dans le cas contraire, n'oubliez pas de relier le point milieu du transformateur (M) au circuit imprimé.

Avant de câbler l'alimentation sur le programmeur et les modules d'affichage, assurez-vous de son fonctionnement : vous devez mesurer + 5 V sur la sortie régulée.

ESSAIS ET MISE AU POINT DU MONTAGE

En fait, il n'y en a aucune !... Le montage, en effet, devrait être opérationnel dès la mise sous tension. Cependant, la complexité des circuits nous a poussé à procéder préalablement à une vérification progressive de la maquette, qui est justifiée pleinement par le surcroît qu'occasionnerait la destruction de certains composants (en cas de court-circuit, par exemple). Nous savons que vous seriez tentés de tout câbler et d'essayer immédiatement l'ensemble de votre réalisation, ce qui est très compréhensible. C'est malheureusement une démarche que nous vous engageons à ne pas tenter, étant donné les raisons invoquées plus haut. Nous allons tester individuellement le décodage clavier, l'horloge et les deux compteurs.

VERIFICATION DU DECODAGE CLAVIER

Ne positionnez sur le circuit imprimé que IC1 à IC5. Réalisez le montage de test de la figure 6, enfichez-le sur le support de l'EPROM à l'aide de brins de fils rigides ou de pattes de résistances coupées, puis alimentez le programmeur : à la mise sous tension, les LED devraient rester éteintes, mise à part la diode D13 dont l'état dépend de l'inverseur I1 ; en mode lecture, elle doit être allumée.

Vérifiez que l'appui sur une touche provoque l'allumage de D5 à D9 selon un code bien défini, qui doit rester mémo-

CONSTRUISEZ VOTRE PAE

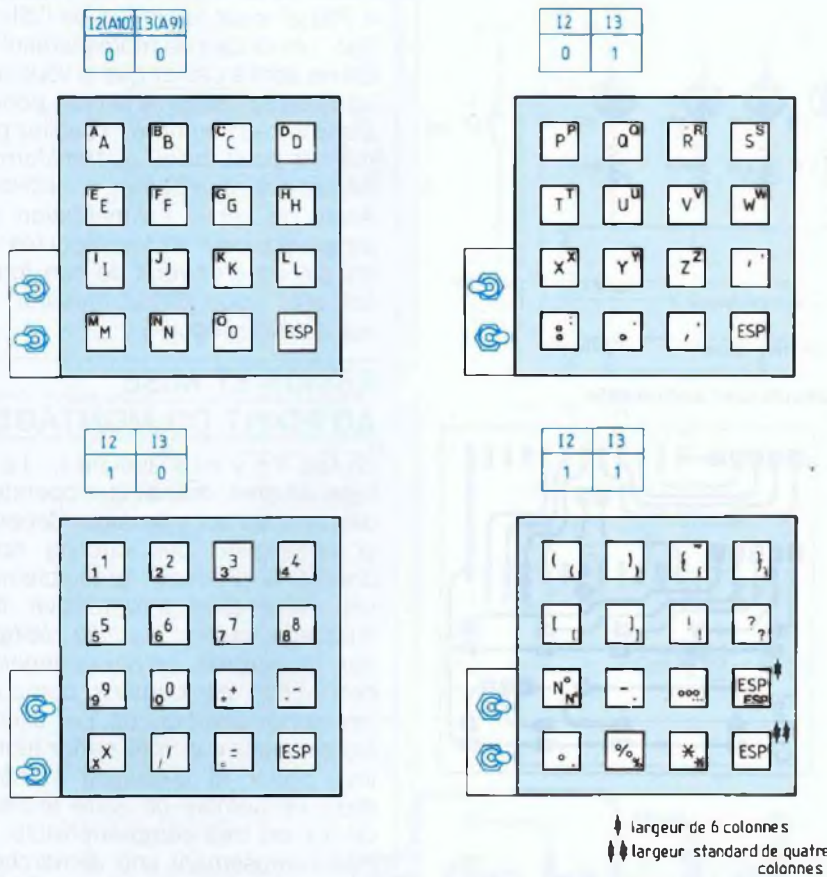


Fig. 8 : Configuration du clavier suivant la position de I2 et I3. Présentation des caractères et symboles disponibles.

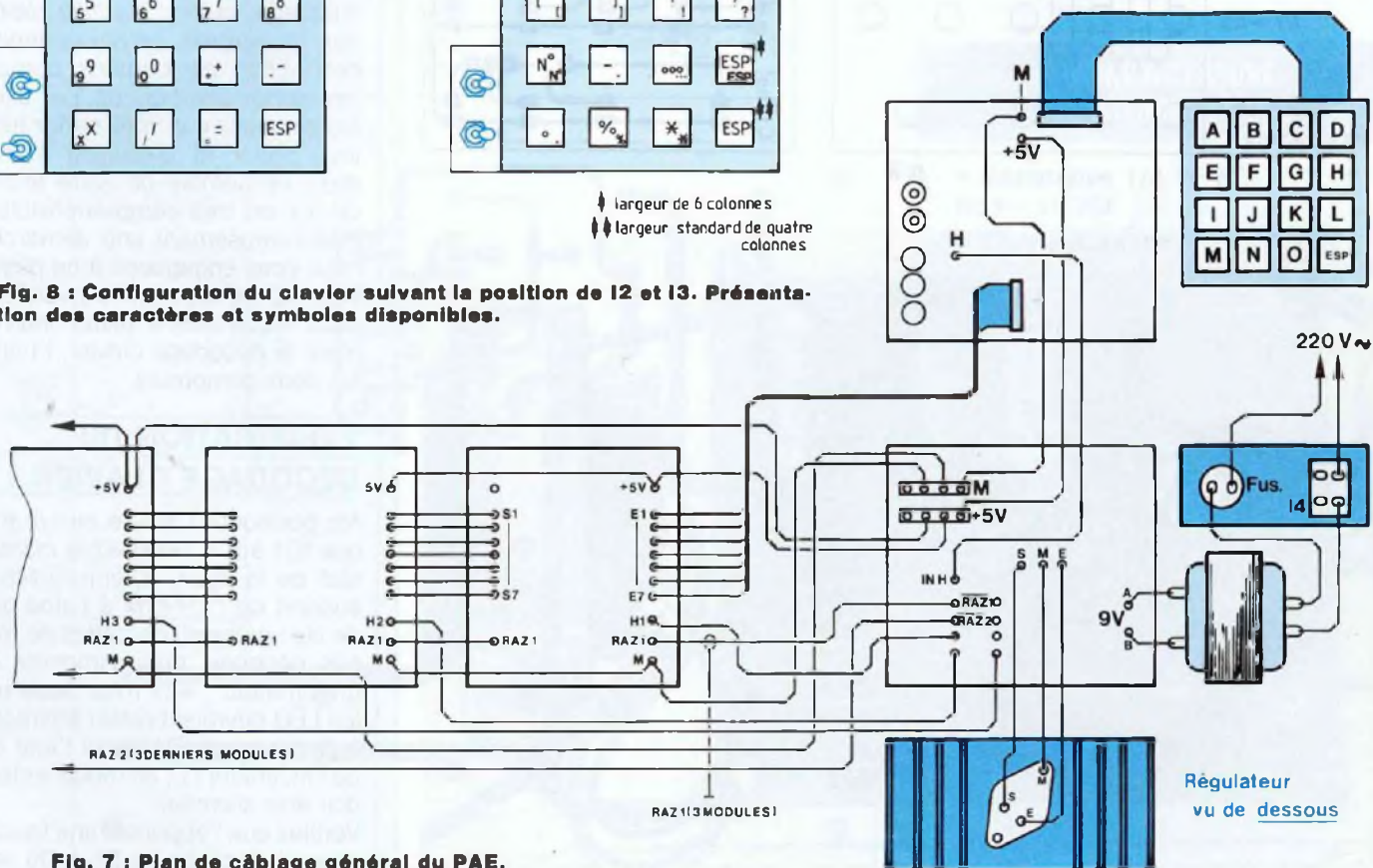
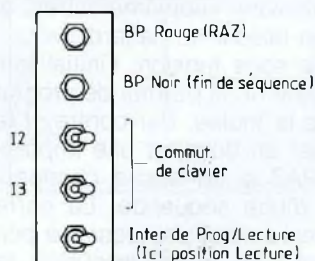


Fig. 7 : Plan de câblage général du PAE.



PROGRAMMATION D'UN TEXTE

- 1) Brancher le PAE : il doit rester éteint, et est prêt à être programmé.
- 2) Appuyer deux ou trois fois sur la touche "ESP" (en bas à droite) pour laisser quelques "blancs".
- 3) Composer le texte (jusqu'à 1 000 colonnes) \approx 200 mots ; le clavier est commuté par 12 et 13 (voir ci-contre les positions correspondantes aux caractères).
- 4) Terminer toujours par des espaces (comme au début du texte).
- 5) Appuyer sur le bouton poussoir noir de fin de séquence (permet le rebouclage du texte).

LECTURE DU TEXTE

Basculer l'inter. Prog/Lecture vers la droite, ce qui provoque le défilement continu du texte. (Au moment du basculement de l'inter., il peut se produire un parasite sur la première colonne du texte, c'est pourquoi on laisse des espaces avant pour éviter de détériorer le premier mot du texte.)

RAZ - NOUVEAU TEXTE)

La RAZ (rouge) permet de réenregistrer un texte sans débrancher le PAE.

Note : Si des caractères erronés apparaissent en cours de programmation, c'est que le connecteur du clavier est mal enfiché (transport !!).

risé jusqu'à une nouvelle manipulation du clavier. Pour contrôler le code obtenu, reportez-vous à la figure 7 du précédent article, qui fournit la table de vérité du décodeur. Par exemple, si vous appuyez sur la touche (1), vous devez obtenir l'affichage du code «01111» sur D5 à D9. De même, l'appui sur la touche (16) diamétralement opposée produit «10001».

Le tableau de la figure indique, dans la dernière rangée, un code particulier qui correspond au clavier non sollicité : on doit pouvoir l'obtenir en désactivant les registres par une action sur BP Test. Ce bouton poussoir simule la présence de l'EPROM, qui fournit un niveau logique haut sur le bit D_{Q7} (17) dès que le caractère est disponible, vous pouvez avoir l'assurance que le décodeur fonctionne admirablement bien.

VERIFICATION DU CIRCUIT D'HORLOGE ET DES COMPTEURS

Cette fois, ce sont les bits A_0 , A_1 et A_2 de l'EPROM qui vont être testés, car ils correspondent aux sorties Q_B , Q_C et Q_D du compteur de caractère. Dans un premier temps, positionnez I_1 en écriture (LED verte éteinte), puis câblez IC6, IC7, IC8 et IC9. A la mise sous tension, les diodes D10 à D12 doivent rester éteintes ; si ce n'est pas le cas, c'est que le circuit d'initialisation C3/R21 est inopérant. Vérifiez-en les soudures et les pistes le cas échéant.

Appuyez sur une touche quelconque : les diodes D10 à D12 doivent se mettre à clignoter, chacune à une vitesse différente (dans un rapport 2). Si vous obtenez cette réaction, c'est que l'horloge et le compteur sont opérationnels. Les trois diodes doivent s'éteindre définitivement quand vous appuyez sur BP Test, jusqu'à ce que vous remanipuliez le clavier. Par contre, si vous appuyez sur les poussoirs «RAZ», le comptage doit s'arrêter momentanément et reprendre dès que vous le relâchez. Maintenant, basculez I_1 en mode lecture : D13 doit s'allumer et le comptage s'effectuer en permanence.

L'action sur BP Test doit rester sans effet. Pour vérifier IC9, il suffit de brancher un voltmètre sur les sorties Q_1 à Q_{10} du compteur de texte et de contrôler que le comptage s'effectue normalement.

Le plus dur étant fait, nous pouvons (enfin !) implanter les mémoires sur notre module : l'EPROM doit être préalablement programmée — au moins en partie — suivant le listing présenté plus loin.

CABLAGE GENERAL DU SYSTEME D'AFFICHAGE

Nous allons solidariser nos cartes entre elles, en nous aidant du plan de câblage général de la figure 7. Méfiez-vous de l'orientation des câbles lorsque vous reliez les sorties S_1 à S_7 du programmeur aux entrées E_1 à E_7 du premier module d'affichage : certaines sorties sont inversées. Le câblage terminé, positionnez I_1 en écriture, puis mettez le montage sous tension. La matrice du PAE doit rester éteinte. Lorsque vous appuyez sur une touche, le caractère correspondant doit apparaître sur la matrice. Donnez une impulsion sur le poussoir de fin de séquence, puis basculez I_1 en lecture : le ou les caractères enregistrés doivent défiler en se rebouclant perpétuellement.

LE CONTENU DU GENERATEUR DE CARACTERES

Avoir de la mémoire, c'est bien, mais c'est nettement mieux si on a de quoi l'utiliser ! Avant de porter atteinte à la virginité de notre EPROM, peut-être serait-il intéressant de connaître l'éventail de caractères dont elle va être dotée. Les 64 caractères annoncés vont donc être répartis sur quatre claviers de 16 touches, dont l'accès dépendra de la configuration des deux inverseurs I_2 et I_3 . La position de chaque caractère est définie sur la figure 8 ; elle présente la combinaison à appliquer sur les adresses A9 et A10 de l'EPROM pour obtenir chaque bloc de symboles.

CONSTRUISEZ VOTRE PAE

Le contenu de la mémoire est donné en décimal et hexadécimal (afin de satisfaire tous les lecteurs) dans le tableau de la figure 9. Afin de vous laisser la possibilité d'en modifier le contenu, nous avons représenté le caractère concerné par chacune des séries de données. Chaque nombre correspond à une colonne du caractère cité en référence. Par exemple, le «A» est enregistré à partir de l'adresse \$178 et comprend six données :

- «00», qui définit l'espace entre chaque caractère dans un mot ;
- «7E, 11, 11, 7E», qui sont les données significatives du caractère ;
- «80», qui positionne le bit D_{07} à «1» pour indiquer au système la fin de la série de données : c'est un bit d'interruption.

En conséquence, chaque caractère ou symbole commencera par un espace (00) et finira par une donnée d'interruption (80). Entre ces deux nombres, vous pourriez mettre n'importe quoi à concurrence de six données, à condition de ne pas dépasser la valeur (7F). Pour plus de précision, le schéma de la figure 10 indique un moyen de créer un fichier de caractères, ou plutôt une suite numérique qui représente le caractère.

POSSIBILITE D'EXTENSION DE 64 CARACTERES SUPPLEMENTAIRES

Telle qu'elle a été définie, l'EPROM 2716 n'est que partiellement programmée : le bit d'adresse (A8) a été volontairement fixé à +5 V (niveau logique haut), car nous estimons que 64 caractères sont largement suffisants pour la plupart des applications.

Cependant, il est concevable de remplacer cette connexion par un inverseur câblé de la même manière que I_2 ou I_3 ; en portant (A8) au niveau bas, on augmente la capacité du clavier de 64 caractères. Il suffit, pour programmer les adresses correspondantes, de reprendre exactement celles qui figurent dans le tableau après leur avoir soustrait (100) en hexadécimal ou (256)

en décimal. Par exemple, le caractère qui sera implanté à la place du «A» débutera à l'adresse (078) en hexa ou (120) en décimal ; ce n'est pas plus compliqué que ça !... On peut envisager de rajouter des minuscules ou certains sigles particuliers à certains domaines (électronique, chimie...).

MISE EN COFFRET DU MONTAGE

Avec la configuration proposée, vous avez le choix entre deux solutions différentes pour la mise en boîtier :

1. Comme nous l'avons prévu, vous pouvez intégrer le programmeur et l'alimentation dans l'enceinte du PAE (figure 11(a)).

2. Vous réalisez un boîtier indépendant pour la matrice d'affichage, qui sera reliée au programmeur par un câble en nappe de 17 brins. La circuiterie de commande sera alors avantageusement logée dans un coffret de type «pupitre», à pans inclinés (figure 11(b)) : il en existe de nombreuses versions dans le commerce, et vous n'aurez que l'embarras du choix.

Dans les deux cas, les circuits imprimés du programmeur et de l'alimentation seront superposés à l'aide d'entretoises, et la matrice d'affichage devra être revêtue d'une fenêtre en plexiglas rouge : vous augmenterez du même coup le contraste et la définition des caractères. Le plexiglas doit être fixé le plus près possible de la surface des diodes électroluminescentes afin de limiter la diffraction du faisceau lumineux. Le clavier, s'il est superposé avec le module de commande, devra être collé sur une tôle de 1 mm d'épaisseur de la dimension de l'alimentation (figure 11(c)) : il sera alors impératif de découper la bande de dégagement des interrupteurs. La figure 11(c) peut vous aider à vous faire une idée des possibilités de fixation des modules sur le châssis du coffret.

MISE EN ROUTE ET UTILISATION

Le mode d'emploi de notre système a déjà été donné lors de l'étude fonction-

nelle du module de commande. Nous allons nous contenter de fournir quelques précisions supplémentaires, afin de ne rien laisser au hasard.

A la mise sous tension, l'initialisation automatique nous permet de programmer dans la foulée. Par contre, il faut réinitialiser en donnant une impulsion sur BP RAZ si on désire changer le contenu d'une séquence. La correction du texte n'est pas possible ponctuellement : en cas d'erreur, il faut réenregistrer le texte depuis le début. Un système de correction sophistiqué aurait demandé plus de place sur le circuit imprimé et augmenterait la complexité du montage. N'oubliez pas de donner une impulsion sur le poussoir de fin de séquence avant d'effectuer la lecture, si vous ne voulez pas faire défiler des données erronées derrière votre texte.

Dans tous les cas, enregistrez une série d'espaces à la suite du texte pour éviter qu'il ne se morde la queue : l'effet obtenu serait sinon très désagréable.

Enfin, signalons deux défauts qui découlent de l'architecture de notre montage, mais peuvent être compensés :

— un phénomène de rebond, qui se traduit par le doublement du caractère sur la matrice, peut se produire si on n'appuie pas franchement sur les touches du clavier : il est dû aux circuits utilisés pour le décodeur qui ne possèdent pas d'entrées à trigger de Schmidt, pour des raisons d'approvisionnement. Toutefois, le type de clavier utilisé nous préserve relativement bien de cet inconvénient. Si, par hasard, ce défaut se produisait quand même, il suffirait d'insérer une série de suiveurs à entrées trigger entre les sorties du clavier et les portes N_{11} , N_{12} et N_{13} du décodeur.

Le deuxième défaut apparaît à la commutation de I_1 : lorsqu'on stoppe le défilement d'une séquence, il peut arriver (mais ce n'est pas systématique) qu'on enregistre une colonne vide à l'emplacement mémoire sur lequel le pointeur de texte s'est arrêté. Pour éviter de détériorer un caractère, il suffit de ne stopper le texte que lorsque la

PANNEAU D'AFFICHAGE

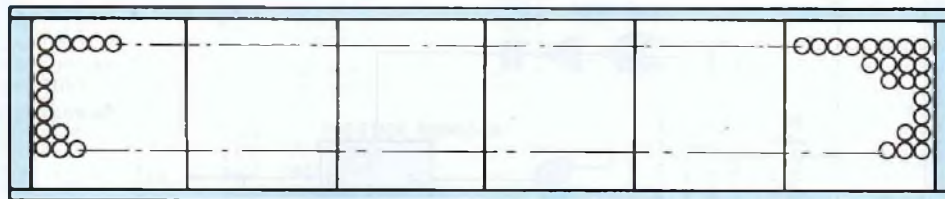


Fig. 11b : Programmeur logé dans un boîtier indépendant.

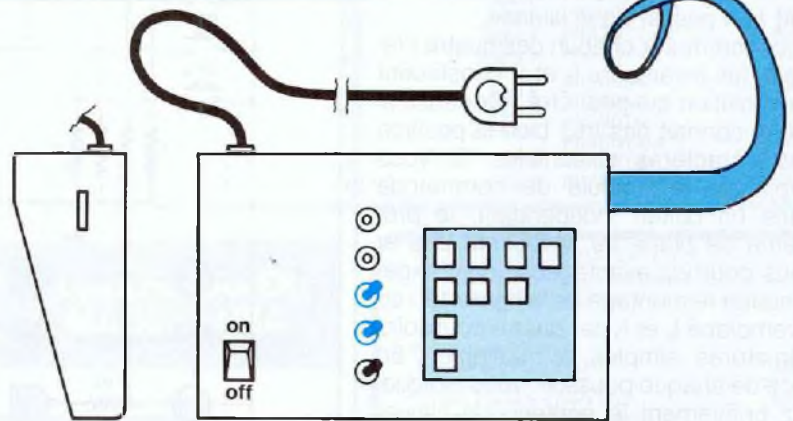
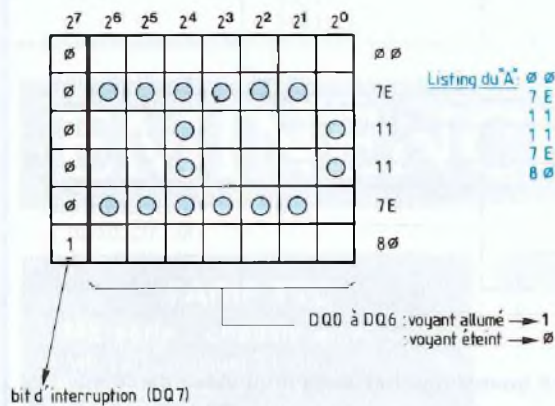


Fig. 10 : Réalisation d'une suite numérique pour la création du "A".

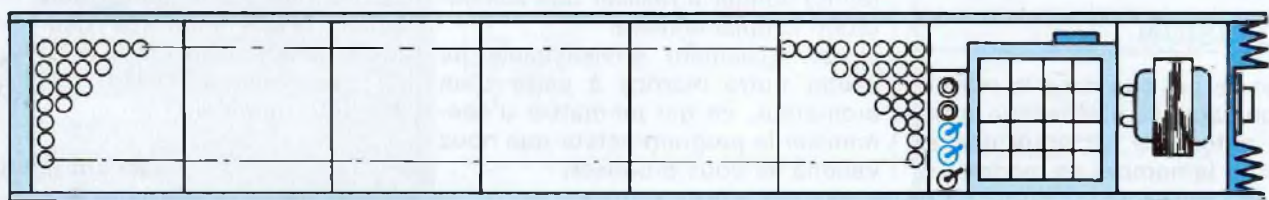


Fig. 11a : Clavier inséré dans le même boîtier que la PAE.

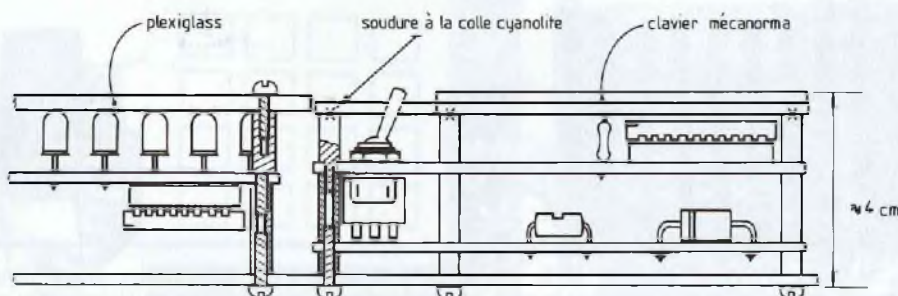


Fig. 11c : Disposition des modules dans le coffret. Détail des fixations.

CONSTRUISEZ VOTRE PAE

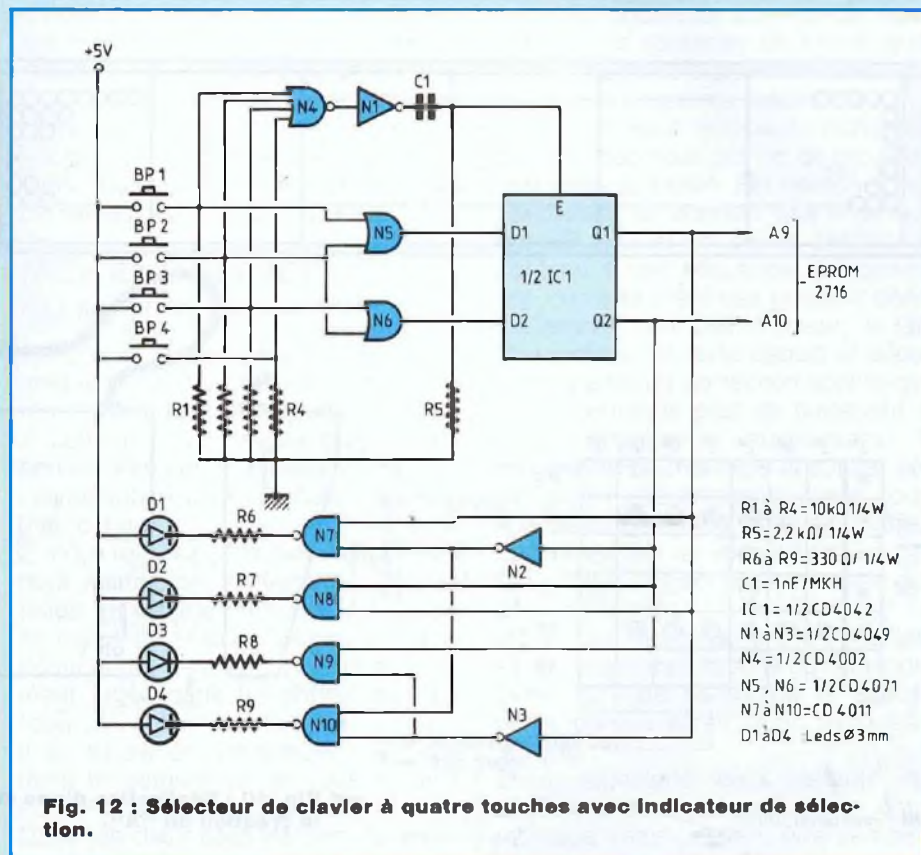
séquence présente un espace (à la fin du texte, par exemple).

Si vous respectez ces quelques précautions, vous ne devriez rencontrer aucune difficulté ou surprise désagréable. Précisons qu'il est probable que vous ne rencontriez jamais ces désagréments, mais une revue soucieuse de la satisfaction de ses lecteurs ne doit rien passer sous silence.

Pour commuter chacun des quatre claviers, les inverseurs I_2 et I_3 constituent une solution qui peut être laborieuse si on ne connaît pas très bien la position des caractères disponibles. Si vous implantez le module de commande dans un boîtier indépendant, le problème de place ne se posera pas et vous pourriez avantageusement expérimenter le montage de la figure 12 : on a remplacé I_2 et I_3 par quatre poussoirs miniatures simples à manipuler. En face de chaque poussoir, vous indiquerez brièvement le contenu du clavier correspondant (par exemple, (A→0) ou (P→Z),...). Les voyants — quatre LED de diamètre 3 mm — vous signaleront rapidement le clavier qui est sélectionné. Les deux sorties codées sont à câbler sur les entrées A_9 et A_{10} de l'EPROM 2716.

CONCLUSION

Voilà en ce qui concerne la réalisation d'un panneau d'affichage entièrement autonome. Si vous désirez augmenter le nombre de modules, il



faudra songer à réaliser une alimentation supplémentaire.

Il est également envisageable de piloter notre matrice à partir d'un ordinateur, ce qui permettra d'économiser le programmeur que nous venons de vous proposer.

Le prochain article concerne la réalisation d'une interface dédiée au MO5, ORIC, Atari (STF, STE, Mega ST) et aux compatibles IBM PC (XT, AT, tout modèle).

Bernard Dalstein

Dans notre prochain numéro nous publierons les deux pages du contenu de la mémoire en décimal et hexadécimal (tableau de la figure 9).

