

Extensions du clavier

L'essentiel dans tout synthétiseur digne de ce nom, ce sont évidemment les circuits commandés en tension. Et bien souvent, le clavier fait figure de parent pauvre; peut-être à cause des difficultés qu'éprouve l'électronique à s'accommoder de dispositifs mécaniques qu'elle ne peut pas entièrement supplanter! Le circuit et la mécanique du clavier du FORMANT ont été largement décrits dans le livre 1 (chapitre 2 et chapitre 3). La fiabilité de ce module est sans aucun doute une composante importante du succès et de la réussite du FORMANT.

Mais la technologie a évolué depuis et avec elle, les exigences des musiciens qui ne sont plus à une gourmandise près. Ce premier chapitre devrait donc leur mettre l'eau à la bouche, tout en leur évitant d'avoir trop à mettre la main à la pâte: nous nous sommes efforcés de réduire au minimum les interventions à effectuer sur les circuits existants. Ce qui ne nous empêchera pas de proposer par ailleurs un circuit de clavier tout à fait nouveau, mettant en œuvre la technique numérique.

Circuit de modulation dynamique

(TOUCH CONTROLLER)

Le circuit de modulation dynamique délivre et mémorise une tension de commande proportionnelle au frapper de la touche. Cette tension disponible à la sortie d'un étage analogique va permettre diverses formes d'accentuation du jeu musical. On en déduit que du vulgaire "clavier d'interrupteurs" va sortir un véritable clavier d'instrument de musique, permettant à l'utilisateur de subtiles nuances de phrases. Ceci dit, les interrupteurs eux-mêmes restent nécessaires et devront être du type inverseur simple. Ce que l'on attend avant tout d'un clavier de synthétiseur, c'est qu'il modifie la fréquence des VCO auxquels il est connecté. Mais on apprend très vite à jouer du KOV (la tension de sortie du clavier) sur d'autres modules, notamment les filtres, dont on fait varier la fréquence de coupure; ou encore les VC-LFO comme on le verra au chapitre 5. Et ce n'est pas tout: il y a la très précieuse impulsion de porte délivrée par le clavier à chaque fois qu'une touche est actionnée; cette impulsion de porte (gate) est essentiellement destinée à déclencher les générateurs d'enveloppe ADSR.

Les VCA par contre, qui sont pourtant des modules de base fort importants dans un synthétiseur, ne semblent pas devoir être associés directement au clavier. En règle générale, bien que ces modules agissent sur l'amplitude du son, leur tension de modulation est fournie par un générateur d'enveloppe. On en conclut que le toucher proprement dit d'un clavier de synthétiseur reste sans influence directe sur l'amplitude du son émis.

C'est là que nous voulions en venir: rendre possible au musicien ce qu'il n'espérait peut-être même plus... la nuance, rien que la nuance et peut-être un peu d'air frais dans les vapeurs méphitiques du grand fleuve de boue synthétique.

L'adage veut que les possibilités d'un synthétiseur modulaire soient illimitées; certains disent infinies. Rien n'est

interdit! Il va de soi que le circuit de modulation dynamique du clavier devra donc prendre le train en marche: s'il est conçu au départ pour une commande de l'amplitude du son à l'aide du toucher, il faut aussi que l'on puisse le faire agir sur d'autres paramètres que l'amplitude. Les résultats musicaux (ou sonores, ce qui est plus juste) ne manqueront pas d'intérêt.

Le principe du circuit de modulation dynamique est donné par la figure 1. Au repos, le condensateur C3 est chargé positivement à travers le contact de l'inverseur de la touche considérée; dès que celle-ci est enfoncée, l'inverseur change de position et il n'y a pas de tension appliquée au condensateur pendant un instant. La durée de cet instant est liée à la force de frappe de la touche.

Selon la position de P1 ("touch range"), le condensateur C3 va se décharger plus ou moins vite à travers R8 pendant que le contact est "en l'air". La tension aux bornes de C3 ne pourra toutefois pas tomber en-dessous d'une valeur comprise entre $-0,8\text{ V}$ et $+1,0\text{ V}$ délivrée par la source de tension. Lorsque l'inverseur atteint la position "travail", la tension instantanée aux bornes de C3 est échantillonnée et maintenue. Lorsqu'une touche actionnée est relâchée, l'inverseur revient en position "repos". Par conséquent, C3 se recharge rapidement jusqu'à ce qu'il ait atteint la valeur de la tension déterminée par P2 (figure 2).

L'étage de mémorisation analogique ressemble au circuit échantillonneur-bloqueur (sample and hold) de l'interface du FORMANT. Pour limiter le plus possible la chute de tension, il a été prévu ici aussi un double circuit d'échantillonnage.

Pour les besoins d'un circuit de modulation dynamique, les problèmes de perte et de dérive sont beaucoup moins importants que dans le cas de la tension de sortie du clavier KOV dont la stabilité est indispensable.

Le commutateur électronique que cons-

Liste des composants

Résistances

(couche de carbone, 5 %):

R1 = 1 k

R2, R4 = 12 k (valeur approximative, voir texte)

R3 = 1 M

R8 = 2M2 (une par touche du clavier)

R11 = 220 Ω

R12 = 12 k

Résistances

(couche métallique, 1 %):

R5, R6, R7 = 100 k

R9 = 13k7

R10 = 1k5

Potentiomètres:

P1 = 10 k lin

P2 = 25 k ajustable

Condensateurs:

C1 = 220 n

C2, C4, C5 = 680 n

C3 = 100 n (un par touche du clavier)

Semiconducteurs:

T1, T3 = BF 245A (2N5549, BF 244A)

T2 = BF 245 A, B, C

D1, D2 = 1N4148

(D2: une diode par touche du clavier)

IC1, IC2 = μ A 741C

Divers:

2 entretoises

1 mini-jack (3,5 mm)

clavier à inverseurs simples

de modulation dynamique.

Le premier point à contrôler est le circuit de blocage analogique.

a) supprimer la connexion Z; relier l'entrée de ce circuit de blocage à la masse d'une part et au point A de

Table 1

U_S (V)	R_S (k Ω)
0,20	22
0,25	18
0,3 ... 0,4	15
0,4 ... 0,5	12
0,5 ... 0,8	10
0,8 ... 1,2	8,2
1,2 ... 1,6	6,8
1,6 ... 2,0	4,7

Tableau 1. On choisira la valeur ohmique de la résistance de source en fonction de la tension U_S relevée à l'aide du circuit de la figure 5.

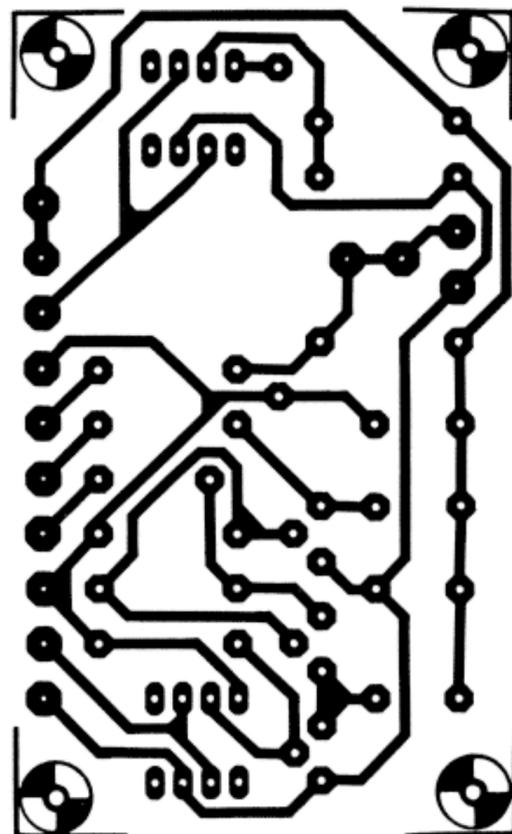
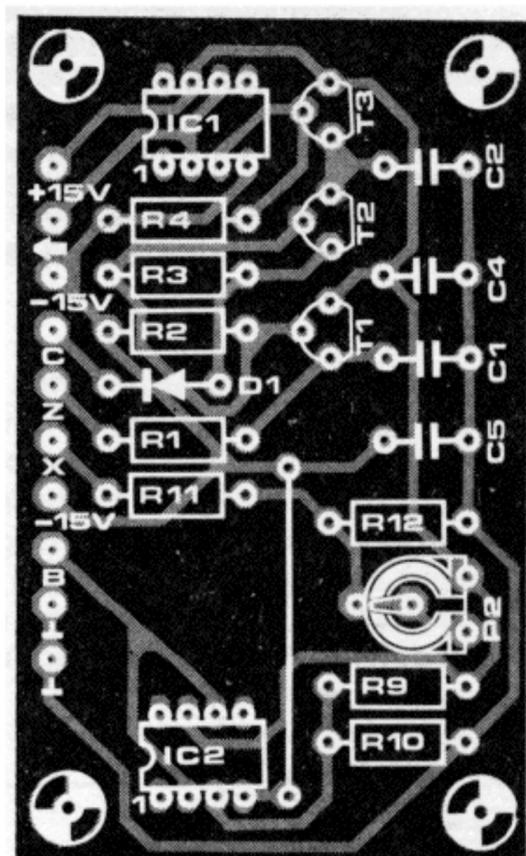
l'interface d'autre part à l'aide d'un inverseur; mettre ce dernier en position "masse" et actionner une touche quelconque. La tension de source de T3 doit être inférieure à 4 V et rester stable lorsque l'on relâche la touche précédemment actionnée.

b) mettre l'inverseur en position "A"; la tension de source de T3 ne doit pas changer; actionner une touche quelconque: à présent, la tension de source doit être supérieure de 3,5 ... 4,5 V à ce qu'elle était précédemment. Il doit être possible de relever les mêmes tensions-en sortie de l'étage tampon IC1.

C'est ainsi que l'on s'assure du bon fonctionnement du circuit d'échantillonnage et de blocage.

Pour régler la plage de tension de commande, il faut rétablir la connexion Z, mettre le curseur de P1 à la masse et actionner une touche quelconque aussi rapidement que possible; ajuster P2 de sorte que la tension de sortie du tampon ne dépasse pas 5 V ... 6 V.

3



4

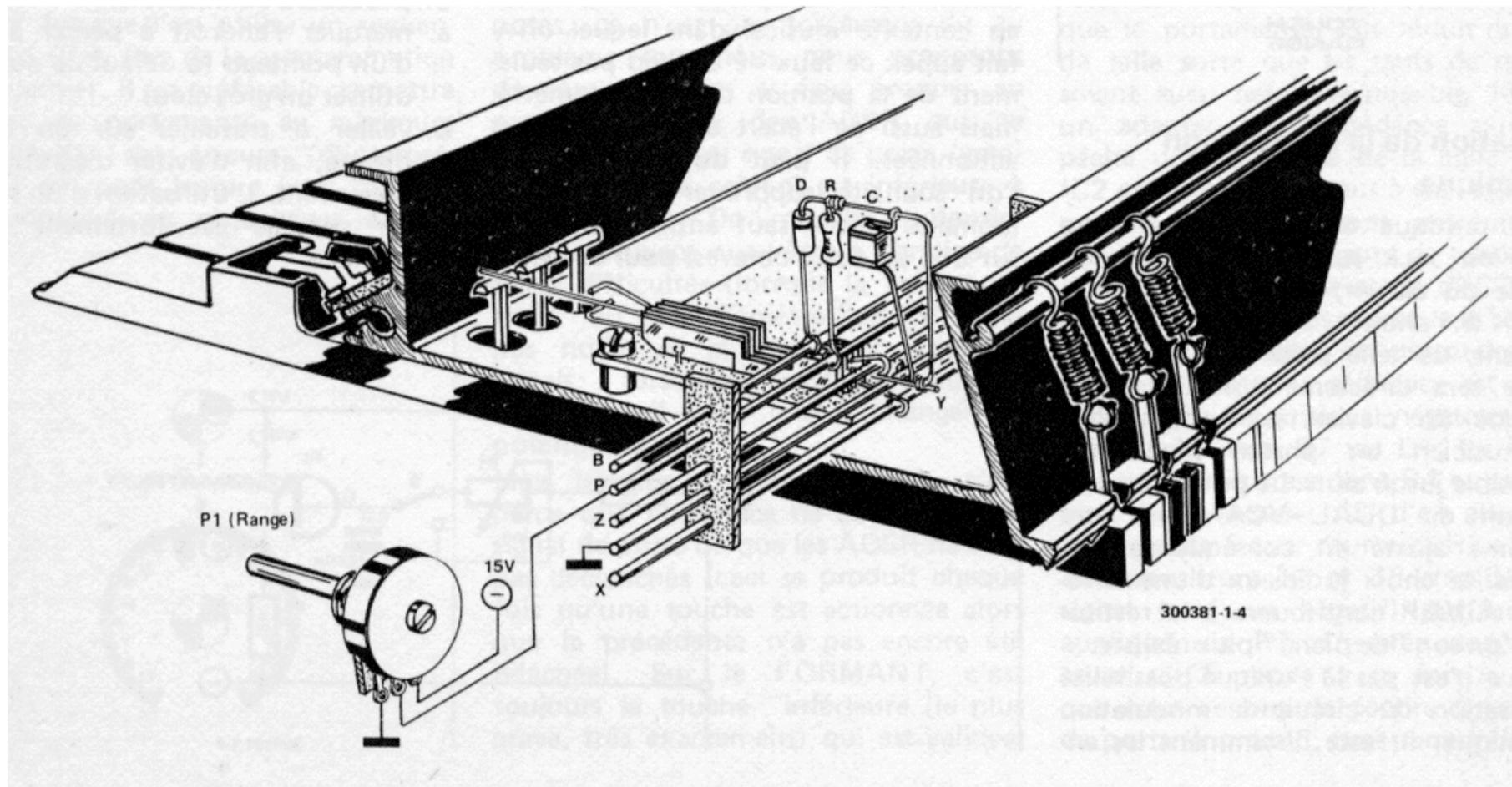
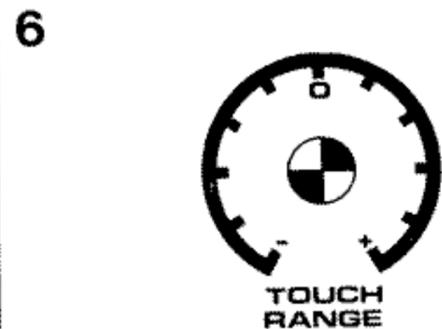
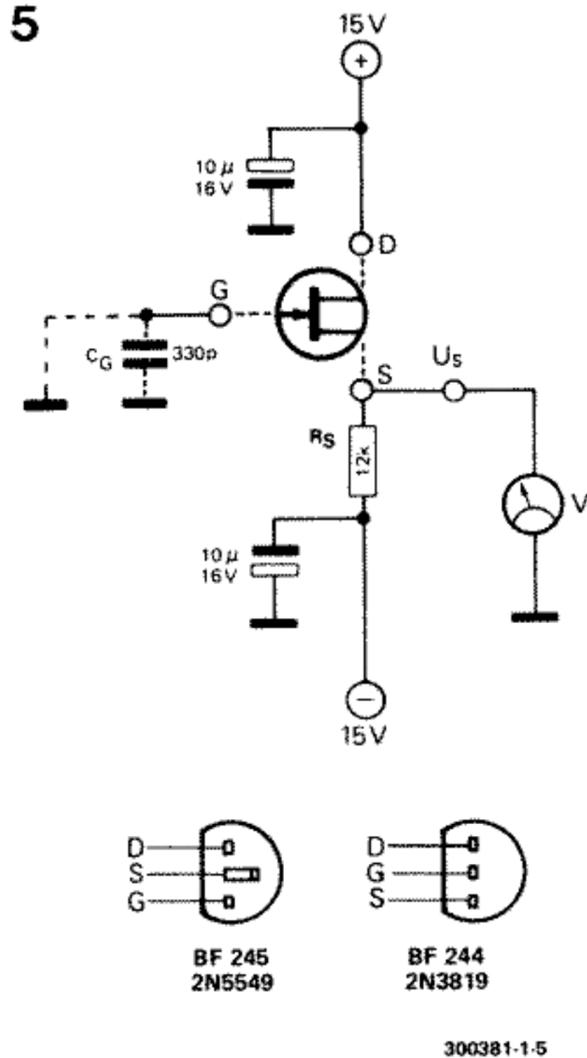


Tableau 2.

Caractéristiques techniques condensées:

Impédance d'entrée sur l'étage échantillonneur-bloqueur:	env. 10^{12} ohms
Dérive (chute de tension) relevée à la sortie de l'échantillonneur-bloqueur:	typ. 0,15 mV/s
Tension d'entrée max. de l'échantillonneur-bloqueur:	+ 15 V
Plage de tension de commande:	+ 0,8 V . . . env. + 5 V (ajustable)
Caractéristique:	env. 12 dB/oct (avec un VCA exponentiel)



Utilisation de la modulation dynamique

Il est pratique de prévoir une fiche Cinch ou Jack sur la face arrière ou latérale du clavier; celle-ci pourra être reliée à l'entrée AM des VCA du Formant; de telle sorte que le volume sonore sera directement influencé par l'attaque du clavier, permettant ainsi au musicien un phrasé pianistique impossible jusqu'alors. Le potentiomètre de gain du DUAL-VCA devra être lui-même ajusté en conséquence. Par ailleurs, le choix judicieux d'une enveloppe AD/AR contribuera à la restitution d'un son "de piano" plus réaliste. Mais ce n'est pas là l'unique possibilité d'utilisation du circuit de modulation dynamique; il reste notamment les en-

trées de commande de modulation de timbre des filtres, les entrées de modulation de fréquence des VCO et des VC-LFO. Il s'agit de modulations sans doute moins faciles à maîtriser mais dont l'intérêt n'échappera pas au manipulateur curieux... et patient! La modu-

Portamento on/off

Il suffisait d'y penser, bien sûr... Une fois que l'on s'est frotté au réglage toujours délicat du taux de portamento, le besoin d'un accès plus confortable qu'un simple potentiomètre se fait très vite sentir. Il suffit de rajouter un inverseur entre le potentiomètre de portamento et le circuit d'interface pour contourner le problème.

Bien que minime, cette "extension" du Formant mérite bien qu'on lui consacre une petite page. Les services qu'elle pourra rendre au musicien valent bien ça... Qu'il s'agisse de jouer sur scène ou en studio, le musicien n'aura plus désormais à effectuer de périlleuses corrections au taux de portamento qu'il pourra régler une bonne fois pour toutes avant de commencer à jouer, puis mettre en/ hors circuit d'un simple coup d'inverseur à tout moment sans aucun risque.

La difficulté de la procédure de réglage du taux de portamento réside essentiellement dans l'adaptation de cet effet au contexte musical dans lequel on y fait appel: ce taux ne dépend pas seulement de la position du potentiomètre, mais aussi de l'écart entre les touches actionnées. Il peut donc arriver que l'on souhaite supprimer l'effet à un moment précis (saut entre deux notes sur une ou deux octaves) pour le remet-

Figure 5. Circuit de test indispensable à la sélection des transistors et des valeurs des résistances de source. On se référera à la description qui en a été faite dans le livre sur le Formant.

Figure 6. Proposition de sérigraphie à rajouter sur la face avant de l'interface du Formant.

lation de timbre (TM sur les filtres) provoquera des effets de "wha-wha" proportionnels à l'intensité de frappe des touches, la fréquence de coupure des filtres étant directement liée à la tension délivrée par le circuit de modulation dynamique. Voilà qui promet!

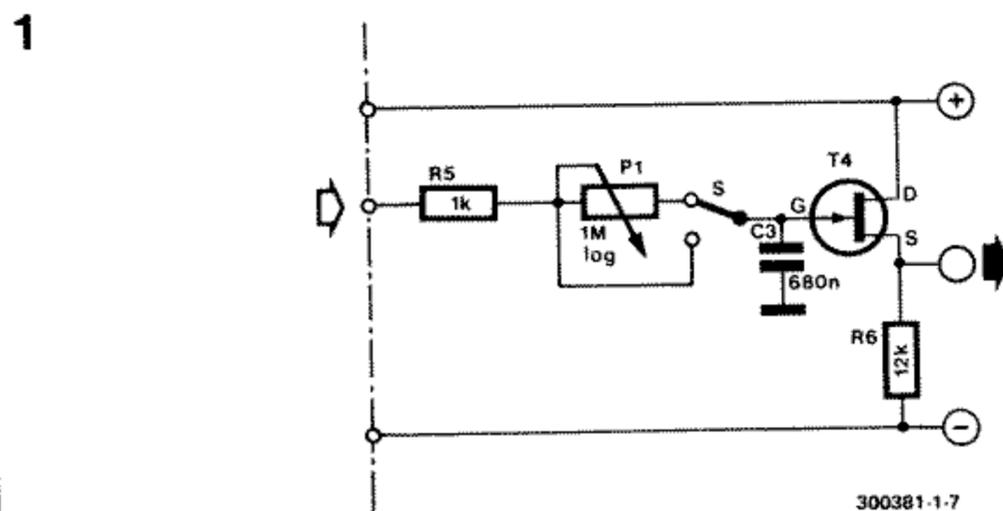
tre en circuit tout de suite après. Or sur l'interface actuelle du Formant, il faut ramener le potentiomètre à zéro pour supprimer le portamento (P1), puis le rouvrir pour restituer l'effet. Nombreux sont les lecteurs et musiciens qui auront perçu le caractère aléatoire de cette manœuvre.

La figure 1 reproduit une partie du circuit de l'interface du FORMANT (voir FORMANT synthétiseur page 019, figure 10) modifié. Le potentiomètre P1 pourra donc être court-circuité, quelle que soit la position de son curseur, à l'aide de l'inverseur S. La modification n'affecte que le câblage et apparaît sur la figure 2. Le plus logique est de monter le nouvel inverseur juste au-dessus du potentiomètre de portamento sur la face avant de l'interface, comme le montre la figure 3.

Réalisation

Pour percer la face avant de l'interface, on procédera comme suit:

- marquer l'endroit à percer à l'aide d'un pointeau (à défaut de pointeau, utiliser un gros clou)
- veiller à travailler sur un tableau propre, afin d'éviter d'égratigner la face avant. L'utilisation d'un support de perçage est fortement recommandée.



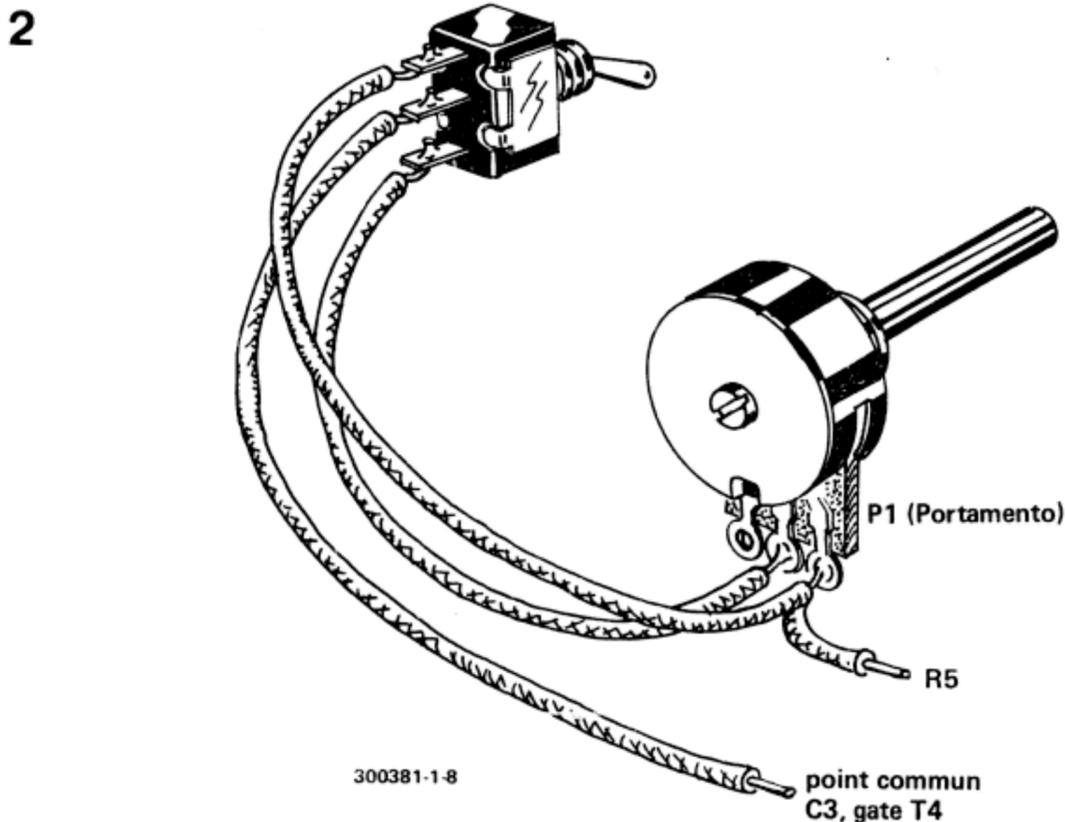


Figure 1. Bien que minime, cette modification du câblage de l'interface du FORMANT rendra de grands services en matière de confort d'utilisation.

Figure 2. La modification n'affecte que le câblage du potentiomètre de portamento et du circuit imprimé de l'interface.

Figure 3. Il est logique de monter l'inverseur à proximité du potentiomètre sur la face avant de l'interface.

Si l'on pousse la réflexion un peu plus loin, on peut imaginer un circuit de "portamento"! Il suffit de remplacer l'inverseur S par un poussoir à contact fugitif, de sorte que le portamento ne sera mis en circuit que fugitivement par l'utilisateur, au gré de ses besoins musicaux... porta — momento!

- c. percer un premier trou de 3 ou 4 mm de diamètre, que l'on élargira ensuite à 6,5 mm. Le centrage de la mèche devra être effectué avec soin, afin de percer un trou rond et non pas pentagonal ou hexagonal!
- d. lors de l'ébarbage, il faut veiller une fois de plus à ne pas blesser la face avant (utiliser une mèche de 8 mm à petite vitesse)
- e. procéder à la mise en place de l'inverseur après avoir réalisé le marquage de la face avant, qui n'en est que facilité.

Le marquage pourra être réalisé de différentes manières. La plus simple consiste à réaliser une bande adhésive du type "dymo". La plus élégante consiste à utiliser des lettres transfert que l'on vernit ou mieux encore, un auto-collant sérigraphié. Si l'on réalise aussi les autres montages destinés au circuit d'interface (modulation dynamique ou circuit de legato), on pourra s'inspirer du dessin de la face avant proposé plus loin dans ce même chapitre.

Pour finir, nous voudrions encore attirer l'attention des moins avertis d'entre nos lecteurs sur l'intérêt du "portamento on/off" lorsque l'on utilise un séquenceur: en effet, lors de la programmation de ce dernier, il est préférable de mettre le taux de portamento au minimum afin d'éviter des erreurs "d'interprétation" en mode lecture (voir l'appendice consacré au séquenceur à 256 notes).

Circuit de legato

(NEW PITCH DETECTOR)

Il arrive souvent qu'un synthétiseur de musique (et pas seulement le FORMANT) ne "répond" pas à l'une ou l'autre note jouée sur le clavier. Ceci arrive le plus souvent lorsque les VCF et les VCA du FORMANT sont "en poursuite", c'est-à-dire commandés par un ADSR et que le joueur actionne simultanément plusieurs touches. Le circuit de legato est destiné à supprimer cet inconvénient (qui n'en est d'ailleurs pas toujours un, car il permet de masquer l'imperfection d'un doigté "pâteux"...) et de faire en sorte que le synthétiseur réponde chaque fois qu'une nouvelle touche est actionnée, que l'ancienne soit relâchée ou non.

Ceci est obtenu à l'aide des variations de la tension de sortie du clavier KOV, à partir de laquelle on "tire" un signal de porte. Avant d'entrer dans les détails de ce circuit, on notera toutefois que si un synthétiseur "avale" certaines notes, ce n'est pas forcément dû au problème que nous nous proposons de résoudre ici. Il faut évoquer en premier l'inertie des ADSR qui ne réagissent plus au signal de porte (gate) si la durée de celui-ci est inférieure à environ 20 ms. De "mauvais" potentiomètres peuvent aussi être à l'origine de telles difficultés (lorsque la "résistance nulle" du potentiomètre "attack" n'est pas nulle, ce qu'elle n'est d'ailleurs jamais; lorsqu'elle est supérieure à 10 ohms, il vaut mieux changer de potentiomètre!).

Mais le plus souvent, bien sûr, c'est parce que l'interface ne délivre pas de signal de porte ou que les ADSR ne sont pas déclenchés (ceci se produit chaque fois qu'une touche est actionnée alors que la précédente n'a pas encore été relâchée). Sur le FORMANT, c'est toujours la touche inférieure (la plus grave, très exactement) qui est validée.

Lorsqu'une touche (ou plusieurs) est enfoncée alors que la précédente n'est pas encore relâchée, aucune impulsion de porte n'est émise; par conséquent, ni les VCF ni les VCA ne reçoivent d'enveloppe des ADSR. C'est cet inconvénient que se propose d'éliminer le circuit décrit ici. Il sera donc possible de jouer legato sans pour autant subir les imperfections du système actuel.

Le schéma synoptique de la figure 1 montre comment est conçu le "new pitch detector"; celui-ci se décompose en un "générateur d'impulsions" et un "suiveur d'impulsion de porte".

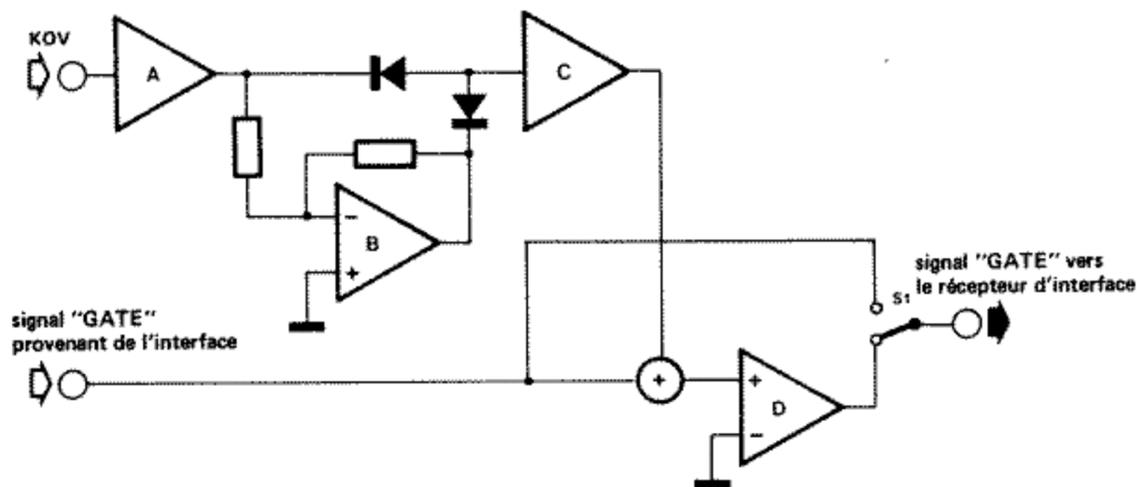
Le générateur d'impulsions

C'est à partir d'une différentiation de la tension de sortie du clavier que le circuit de legato détecte l'enfoncement d'une nouvelle touche, différente de la première. Pour que cette différentiation reste sans équivoque, il est préférable que le portamento soit réduit à zéro, de telle sorte que les sauts de tension soient aussi nets que possible. IC1 est un adaptateur d'impédance qui empêche une surcharge de la ligne KOV. IC2 est un amplificateur à gain élevé qui produit des impulsions extrêmement brèves à partir des sauts de tension du KOV. Le signal à la sortie d'IC2 subit une variation négative lorsque la séquence jouée au clavier est descendante et positive lorsque la séquence est ascendante. Les impulsions négatives sont acheminées vers R7 via D1; les impulsions positives traversent R4 et parviennent à l'inverseur IC3, d'où elles sont acheminées à leur tour vers R7 via D2. Les transistors T1 et T2 amplifient le signal (toujours négatif) qui leur est appliqué via R7. L'entrée non inverseuse d'IC5 reçoit à la fois le signal que nous venons de décrire et le signal de porte "normal"; ceci permet d'éviter

3



1



300381-1-10

que lorsque la même touche est ré-enfoncée, il n'y ait pas émission d'un signal de porte.

Le suiveur d'impulsion de porte

Le circuit de legato pourra être monté soit dans le boîtier du clavier, soit dans le boîtier du synthétiseur lui-même; pour le suiveur d'impulsion de porte, cela ne change pas grand chose.

Lorsque le "new pitch detector" est monté dans le boîtier du clavier, le suiveur consiste essentiellement en un comparateur (voir figure 2). Le seuil de basculement est fixé à +2,3 V environ par le diviseur de tension R11/R12. A la sortie G2, comme à la sortie du circuit de porte, on relève une tension de +12 V...+14 V tant qu'une touche est actionnée. Au repos, cette tension est de -12 V...14 V. Ce n'est que pendant un jeu legato qu'il y a une différence entre les deux sorties (voir figure 5): à chaque variation de la tension KOV, le potentiel sur G2 devient négatif l'espace de quelques 2 ms, ce qui permet un re-déclenchement des générateurs d'enveloppe. L'inverseur S1 permet de choisir les impulsions de porte "normales" ou les impulsions de porte du circuit de legato.

Si ce dernier doit être monté dans le clavier, c'est le circuit de la figure 3 qu'il faut réaliser; on notera la présence de deux composants supplémentaires: R16 et D6. La diode bloque les impulsions négatives d'IC4 au potentiel de la masse, tandis que le diviseur de tension R15/R16 ramène la tension des signaux positifs à +5 V environ, ce qui permet d'attaquer directement les ADSR du FORMANT. L'amplitude du signal G2 correspond ainsi à celle du signal du récepteur d'interface.

Réalisation et mise au point

La figure 4 donne le circuit imprimé avec sa face cuivrée et sa face sérigraphiée pour l'implantation des composants. Les modifications à apporter en fonction de l'implantation du circuit dans l'un ou l'autre boîtier sont minimales. Les liaisons à effectuer entre l'interface du FORMANT et le circuit de legato lorsque celui-ci est monté dans le boîtier du clavier sont les suivantes: relier le point nodal T3, R4 et R5 au point K et la sortie du signal de porte à l'entrée G. On ne devrait éprouver aucune difficulté à mettre en place ce nouveau circuit dans le boîtier du clavier. Si on renonce à l'inverseur S1, la sortie G2 sera reliée

Liste des composants

Résistances:
(couche de carbone, 5 %)
R1,R9 = 8k2
R2,R15 = 1 k
R3 = 100 k
R4,R6,R13 = 15 k
R5,R10 = 39 k
R7 = 4k7
R8 = 27 k
R11 = 2k2
R12 = 12 k
R14 = 1k8

Condensateurs:
C1 = 82 n (68 n + 15 n
ou 47 n + 33 n)
C2 = 47 n
C3,C4 = 470 n

Semiconducteurs:
D1,D2,D3,D4 = DUS
T1 = TUP
T2 = TUN
IC1...IC4 = μ A 741C

Divers:
1 inverseur simple miniature

La liste des composants de la figure 3 correspond aux exceptions suivantes près à celle de la figure 2:

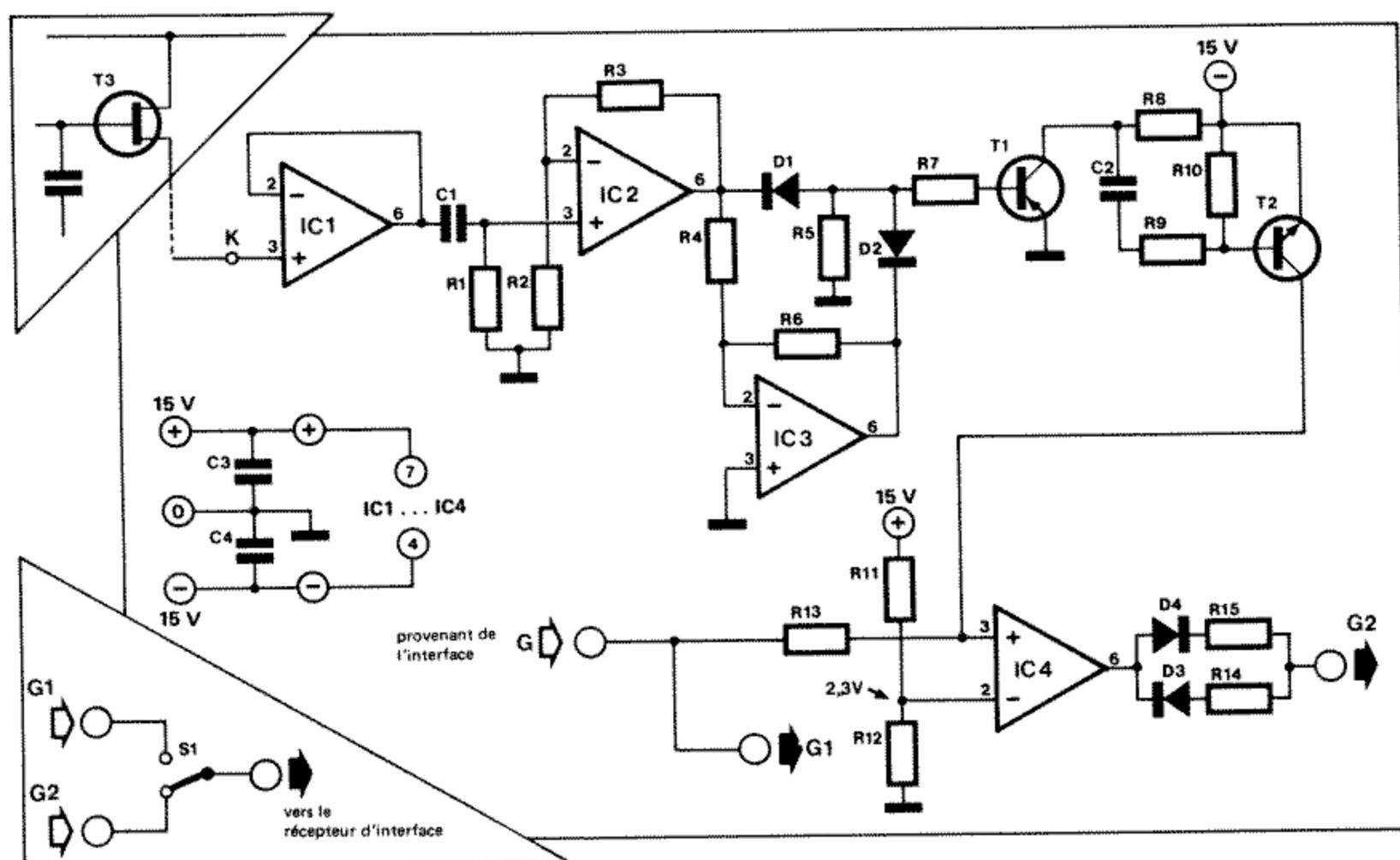
Résistances
(couche de carbone, 5 %):
R14 = 3k3
R15 = 1k8
R16 = 1 k

Semiconducteurs:
D5 = DUG

à la ligne ombilicale reliant le clavier au synthétiseur.

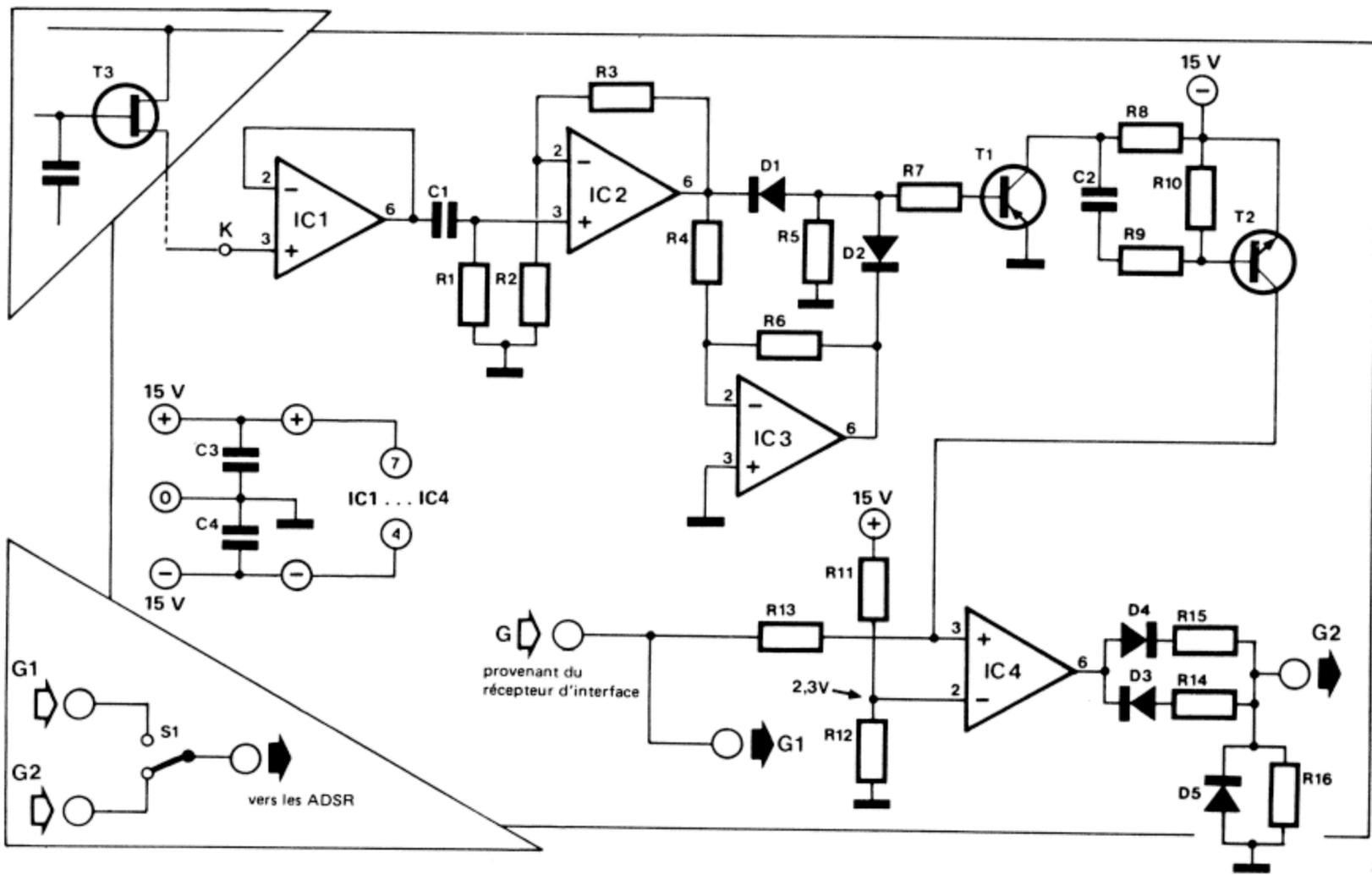
La diode D5 et la résistance R16 sont nécessaires si l'on monte le circuit dans le boîtier du synthétiseur. La sortie GATE du récepteur d'interface sera

2



300381-1-11

3



300381-1-12

4

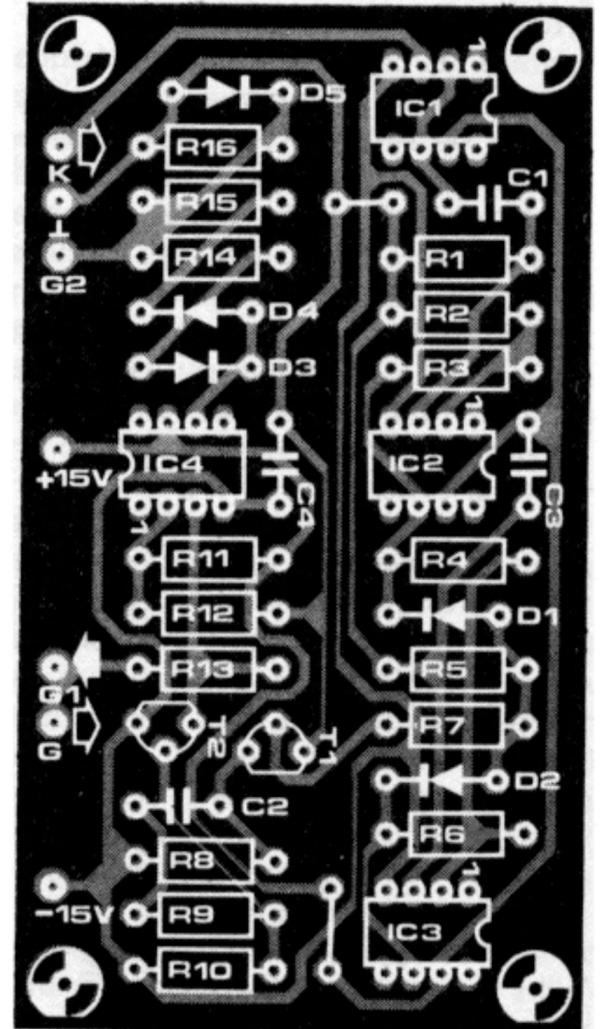
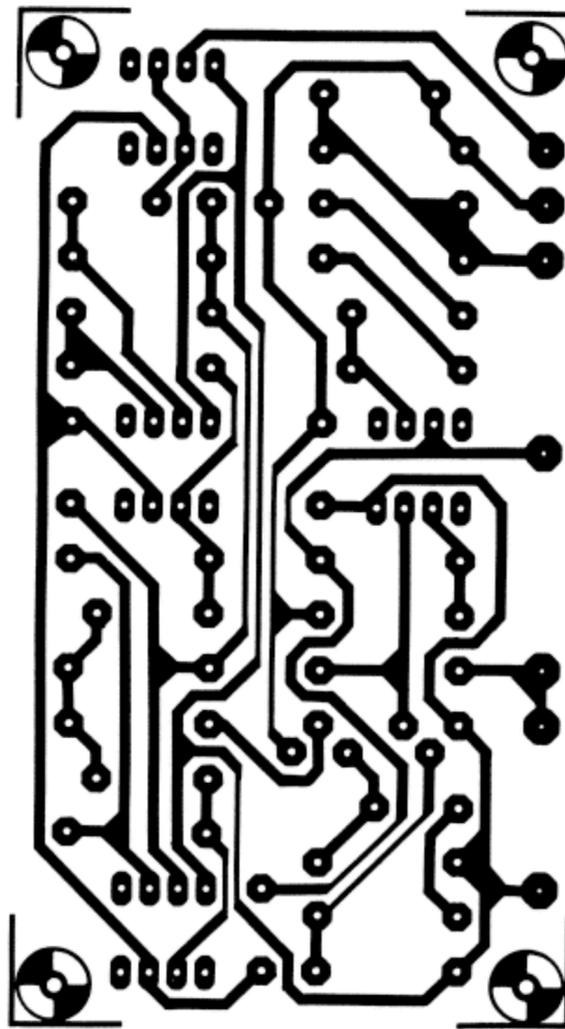


Figure 1. Schéma de principe du circuit de legato. Le signal KOV parvient au suiveur d'impulsion de porte (D) à travers un amplificateur (A), un inverseur (B) et un générateur d'impulsions (C).

Figure 2. Schéma du "new pitch detector" lorsqu'il doit être monté dans le boîtier du clavier. Le signal provenant de l'interface est appliqué à l'entrée G. Selon la position de l'inverseur S1, on trouve à la sortie soit le signal de porte original (G = G1), soit le nouveau signal de porte dérivé du KOV (G = G2).

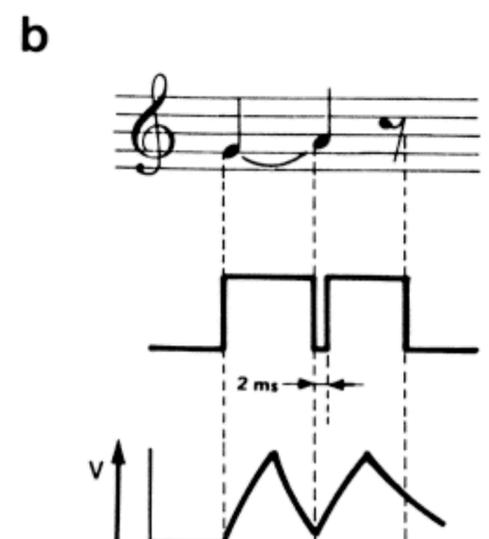
Figure 3. Schéma du "new pitch detector" lorsqu'il doit être monté dans le boîtier du synthétiseur. Ce circuit ne se distingue de celui de la figure 2 que par la présence de D5 et R16 qui rendent le nouveau signal de porte compatible avec l'entrée des ADSR.

Figure 4. Circuit imprimé du "new pitch detector" avec une face sérigraphiée pour l'implantation des composants. Selon l'endroit où on le monte, il y a de légères modifications à apporter au circuit.

Figure 5a. Variation de la tension de sortie du circuit de porte original du FORMANT et courbe d'enveloppe correspondante lorsqu'une touche est actionnée alors que la précédente n'est pas relâchée.



Figure 5b. Variation de tension sur la sortie G2 du nouveau circuit de porte (monté dans le boîtier du clavier) et courbe AD correspondante.



300381-1-14a

300381-1-14b

reliée au point G et la sortie KOV au point K. Nous insistons sur le fait qu'il est préférable de disposer d'un interrupteur de portamento, comme il a été décrit au début de ce chapitre.

Pour procéder aux essais, il faut que le circuit soit entièrement monté et câblé avec l'interface ou le récepteur d'interface. Lorsqu'une touche est enfoncée, la tension à la sortie G2 doit être de +12 V . . . 14 V (lorsque le circuit est monté dans le boîtier du clavier et connecté comme nous l'avons décrit ci-dessus, cette tension devra être de

+ 5 V!); lorsque la touche est relâchée, la tension doit passer à - 12 V . . . 14 V (ou 0 V si le circuit est monté dans le boîtier du clavier). Le fonctionnement parfait du générateur d'impulsions ne pourra être vérifié correctement qu'avec un oscilloscope (l'inertie d'un multimètre est trop importante).

Une description écrite ne suffit pas à démontrer l'intérêt, voire le caractère indispensable, d'un tel circuit. Les premiers essais au clavier devraient par contre se révéler éloquentes.

Clavier à circuit numérique

En anglais, "digit" signifie chiffre; bien souvent on utilise ce mot en français, tel quel, sans traduction scrupuleuse; ce qui prête à confusion, puisque ce qui est "digital" en anglais est en fait "numérique" en français. Un clavier "digital" ne serait donc pas un clavier pour les doigts (bien que ce ne soit pas tout à fait faux en l'occurrence! Que dire d'un pédalier digital?), mais un clavier dont le circuit est réalisé à partir de techniques numériques.

L'avantage de la technique numérique sur la technique analogique, en matière de clavier de synthétiseur plus précisément, est la stabilité quasi inébranlable de la tension de sortie KOV. D'autre part, si l'on fait appel à des circuits intégrés TTL-LS, la consommation d'un circuit numérique reste très faible. Et pour finir, un petit détail qui risque de peser lourd dans la balance: un circuit de clavier numérique ne requiert qu'un contact par touche!

La tendance à la "numérisation" a désormais largement entamé son travail de rénovation (pour ne pas dire plus pour l'instant) de l'électronique musicale. Il n'est pas une marque de synthétiseurs qui n'ait dans son dernier catalogue un "truc digital". Et si la technique analogique tient bon pour l'instant, c'est parce que les techniques numériques ne sont pas (encore) aptes à résoudre à moindres frais certains problèmes typiquement analogiques qu'elles rencontrent. Mais c'est là une autre question!

Le clavier est sans doute l'organe du synthétiseur le plus facilement réductible aux techniques numériques. Et c'est ce qui explique le fait qu'un tel circuit soit dès maintenant accessible sans difficulté particulière à l'amateur d'électronique musicale.

Le clavier est aussi le seul organe du synthétiseur qui se réfère sans équivoque au système musical occidental; ne partage-t-il pas ses touches noires et blanches à intervalle de demi-ton avec le piano, l'orgue et l'accordéon? Il est aussi le seul organe qui puisse faire croire (définitivement) que le synthétiseur est un instrument de musique, le seul organe dont on puisse jouer (le reste ne sont que des ... réglages!),

le seul dont on ne puisse pas se passer. C'est lui qui délivre la tension de commande pour les VCO, VCF, VCA, etc. et le signal de porte pour les ADSR. La qualité d'un synthétiseur se mesurerait il n'y a pas encore très longtemps (entre autres) à la stabilité de ses tensions de commande sur un laps de temps assez long. Il suffit d'un douzième de volt pour que l'oreille la moins avertie distingue une fluctuation d'un demi-ton (soit 83,3 mV lorsque l'on utilise la caractéristique 1 V/oct). Une oreille entraînée distingue sans difficulté des variations de l'ordre de 0,2 % de la hauteur d'un son (que l'on songe au pleurage qui affecte certains tourne-disques ou magnétoscopes).

On ose espérer que les synthétiseurs de la dernière génération ne présentent plus ce genre d'inconvénient, même avec les techniques analogiques. Celles-ci consistent le plus souvent en un (ou plusieurs) échantillonneur-bloqueur(s) dont la stabilité peut être sujette à caution selon l'importance des courants de fuite des condensateurs mis en œuvre et le coefficient thermique de l'ensemble des composants.

Le FORMANT n'a pas à avoir honte de son circuit de clavier dont les caractéristiques sont plus qu'honorables. La chute de tension typique peut être ramenée à 0,15 mV/s sans difficulté, à condition que le choix des composants ait été fait avec tout le soin que nous recommandons. Une dérive d'un demi-ton en l'espace de 9 min. 15 sec., ce n'est pas trop mal! Il est certains grands noms qui rougiraient si on leur demandait d'exhiber leurs chiffres. Trêve d'auto-satisfaction, nous sommes là pour faire mieux... et pour cela, la seule solution consiste à se tourner vers la technique numérique.

Le circuit

Est-il encore besoin d'insister ... *l'avenir est numérique!* Il est donc encore temps pour les musiciens de commencer avec les techniques numériques (si ce n'est déjà fait). La description du circuit qui va suivre est donc un prétexte comme un autre (le séquenceur à 256 notes présenté à la fin de ce livre

en est un autre...) pour aborder ce domaine, rebutant à première vue, mais dont les possibilités apparaissent de plus en plus nombreuses, alliant les performances au faible coût de leur réalisation. Le circuit du clavier numérique se décompose en deux parties différentes: l'une digitale (numérique est le terme exact en français) et l'autre analogique. Au besoin, elles pourront être dissociées l'une de l'autre, pour des applications particulières par exemple. Entre les deux, nous trouvons l'indispensable élément de liaison: le convertisseur numérique/analogique (Digital/Analog Converter en anglais, d'où l'abréviation DAC que nous adopterons pour la suite de cet article).

La partie numérique.

Les codeurs de priorité 8 à 3 (74LS148) convertissent l'information "de touche" (touche actionnée = 0; touche au repos = 1) en code BCD inversé. Il faut, pour cela, un codeur pour 8 touches; leurs sorties sont mélangées par l'intermédiaire de portes NAND (74LS10/20/30). A la sortie de ces dernières, nous trouvons une information qui reflète l'état du clavier et que l'on peut utiliser telle quelle pour l'appliquer à un séquenceur ou un microprocesseur.

La mémoire numérique est constituée de trois flip-flops de type D à 2 bits (2 x 74LS75). Le déclenchement retardé des entrées Enable permet de supprimer l'effet de rebond. Le circuit de déclenchement retardé se compose de deux multivibrateurs monostables à entrée trigger de Schmitt (74121). Ce sont les mêmes circuits qui fournissent l'indispensable signal GATE. Le circuit de porte proprement dit ressemble au comparateur déjà mis en œuvre dans le circuit d'interface du FORMANT.

Les figures 1a et 1b montrent comment est construit le circuit de codage pour un clavier de 4 à 5 octaves. Les touches sont dessinées en position de repos. Toute entrée de porte ou de codeur non utilisée devra être forcée au niveau logique haut par une résistance reliée au + 5 V. Le circuit de déclenchement et de mise en forme de l'impulsion de porte est donné par la figure 1c.

Convertisseur numérique/analogique.

C'est sur la figure 2 que l'on trouve le circuit du convertisseur; il a été mis en œuvre un ZN 426-E de Ferranti, dont les performances et la simplicité d'utilisation sont inversement proportionnelles au coût du circuit. Du fait qu'il est souhaitable que le convertisseur soit alimenté indépendamment, nous l'avons doté d'un régulateur propre, du type 78L05, qui fera parfaitement l'affaire, attendu la faible consommation du 426. Pour l'alimentation des circuits (LS-) TTL, on pourra se servir de la ligne + 5 V du FORMANT, ou alors de l'alimentation proposée au chapitre 4.

Le signal de sortie du convertisseur DAC est appliqué à un ampli op qui assure la conversion courant-tension nécessaire. Le tableau 1 résume les caractéristiques

Tableau 1

tension d'alimentation	max. +7 V (+5 V ± 0,5 V typ.)
tension d'entrée	max. +5,5 V
plage de températures	-55°C . . . +125°C
linéarité nominale	± ½ LSB
tension d'offset	typ. 3,0 mV max. 5,0 mV
consommation	5 mA typ. 9 mA max.
tension de référence interne	2,55 V ± 0,125 V

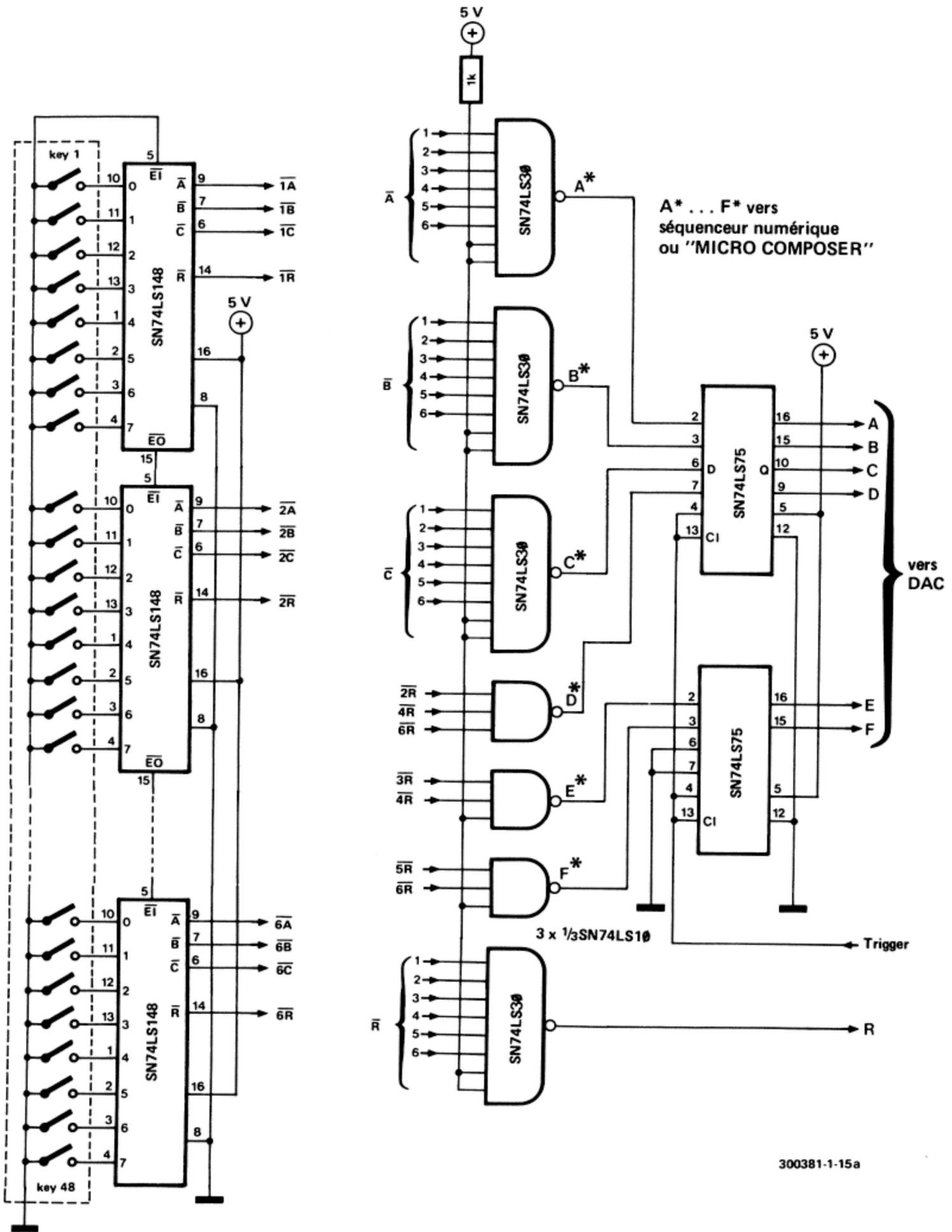
électriques essentielles du DAC.
La partie analogique.
 Celle-ci est reproduite par la figure 3. Le signal provenant du DAC est appliqué à un réseau portamento que l'on peut d'ailleurs mettre hors circuit. L'effet est obtenu très simplement par intégration de la tension de commande à l'aide d'un réseau RC. La constante de temps est déterminée par la position du curseur du potentiomètre "portamento". L'interrupteur de portamento a été décrit ailleurs dans ce même chapitre. Nous rappelons ici qu'il suffit de remplacer cet interrupteur par un bouton poussoir à contact fugitif (contact travail) pour obtenir un "portamento"...

Les transistors FET montés en drain commun dont on avait l'habitude de se servir dans le FORMANT sont remplacés ici par un suiveur de tension réalisé à l'aide d'un ampli op J-FET. Progrès oblige! La stabilité en température y gagne autant que la simplicité de la mise

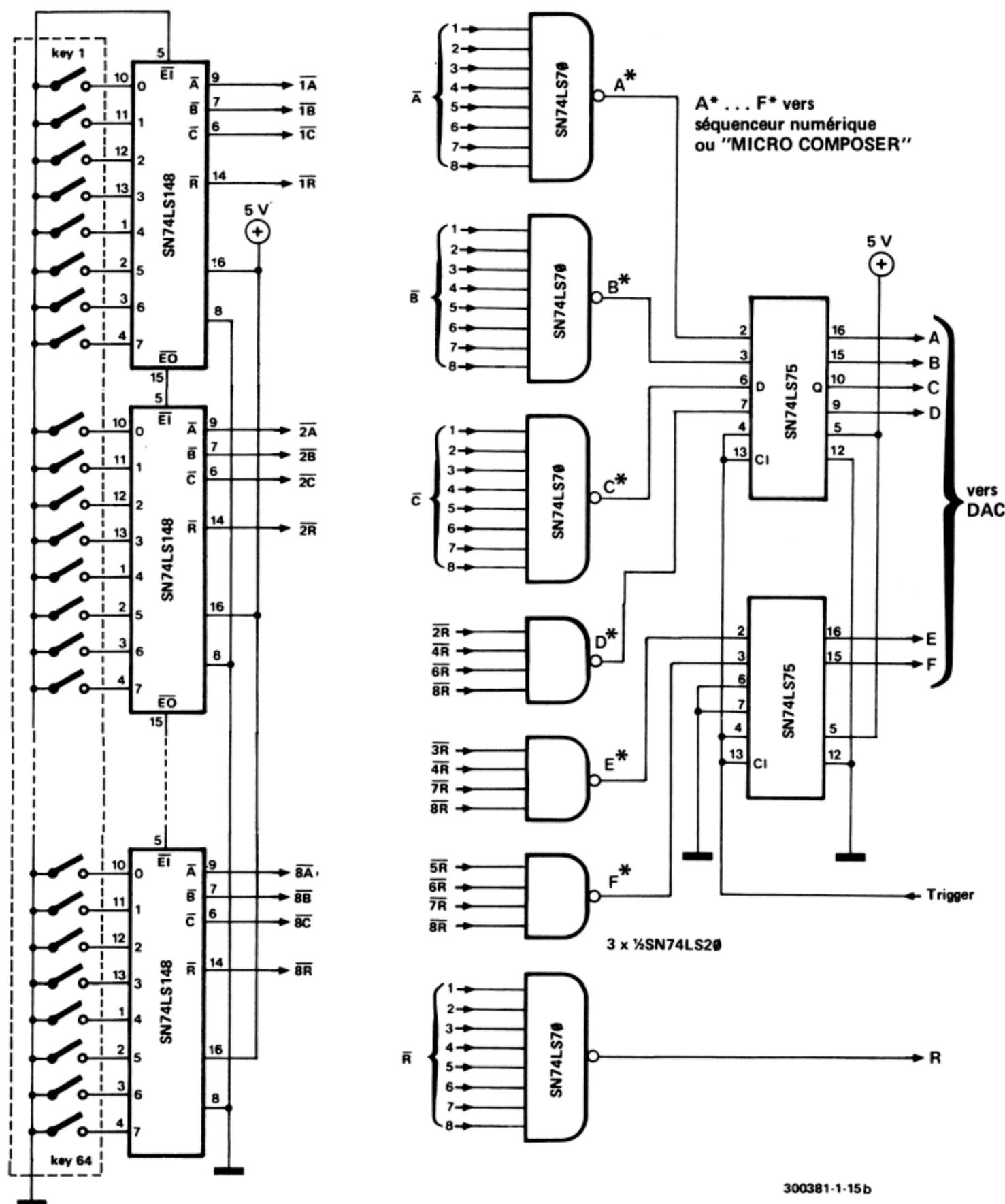
Tableau 1. Caractéristiques techniques du convertisseur ZN 426E-8 de Ferranti.

Figure 1a. Le circuit est prévu pour un clavier de 48 touches, soit 4 octaves. L'information venant du clavier est mémorisée via l'encodeur de priorité.

1a



1b



300381-1-15b

au point et des réglages. La suite ressemble au circuit d'interface du FORMANT. Elle assure les fonctions de l'accord "fin" et "grossier" ainsi que la commande de modulation de la fréquence centrale. Cette dernière pourra être déplacée sur cinq octaves (0-5 V).

L'accord fin se fait sur une plage de $\pm \frac{1}{2}$ ton. La modulation de fréquence (FM) provoque un déplacement maximal de la tension de commande de 0,5 V/Oct.

Réalisation

Pour des raisons d'économie, nous recommandons la réalisation de ce circuit sur des circuits imprimés d'essai, en câblage volant. La réalisation est certes plus astreignante, mais le résultat ne diffère en rien quant à la qualité de ce qui serait réalisé sur un circuit imprimé standard.

Nous avons déjà indiqué qu'il fallait alimenter séparément les parties digitale et analogique.

Les codeurs devront être montés le plus près possible des contacts de touche

afin d'éviter un câblage excessivement long et compliqué. Les condensateurs de découplage (47 n) seront bienvenus entre les lignes d'alimentation. Nous rappelons également la remarque faite sur les entrées non utilisées qu'il faut forcer au niveau logique haut.

Ajustage

Les points qui devront faire l'objet d'un réglage précis sont les suivants: caractéristique volt/octave, offset du convertisseur courant/tension et offset de l'additionneur de sortie. On procédera comme indiqué ci-après:

a) offset de l'additionneur de sortie (figure 3)

Supprimer la liaison entre les points A des figures 2 et 3; mettre le potentiomètre octaves/coarse hors-circuit (inverseur à la masse) et le curseur des potentiomètres octaves, fine et FM à la masse. Connecter un multimètre universel à la sortie KOV et ajuster le potentiomètre "offset" jusqu'à ce que la tension relevée soit nulle.

b) vérifier l'accord global

Mettre le curseur du potentiomètre octaves/coarse en position médiane et mettre le potentiomètre en circuit à l'aide de l'inverseur. Il doit être possible de faire varier la tension KOV entre ± 5 V.

c) vérifier l'accord fin

Remettre le potentiomètre octaves/coarse hors circuit. Le potentiomètre octaves/fine doit permettre de faire varier KOV entre 0 et +0,15 V.

d) réglage de l'offset du convertisseur courant/tension (figure 2)

Mettre les potentiomètres octaves/coarse, octaves/fine et FM à la masse, mettre le portamento hors circuit. Remettre en place la liaison entre les points A des figures 2 et 3. Jouer la note la plus grave sur le clavier et ajuster le potentiomètre d'offset du convertisseur (figure 2) de sorte que la tension KOV relevée soit de 0 V.

e) réglage de la caractéristique volt/octave

Jouer le "do" le plus aigu sur le clavier et noter la valeur de KOV correspondante. Jouer le "do" de l'octave infé-

Liste des composants

Résistances:
(couche de carbone, 5 %)
1 x 100 Ohms
1 x 390 Ohms
6 x 1,0 k
1 x 2,2 k
3 x 10 k
1 x 12 k
1 x 15 k
2 x 47 k
2 x 100 k

Résistances:
(couche métallique, 1 %)
1 x 6,81 k
1 x 18,2 k
5 x 100 k
1 x 301 k

Potentiomètres:
1 x 100 k lin (Cermet)
1 x 100 k lin
1 x 100 k log
1 x 1 M log
1 x 10 k ajustable
1 x 4,7 k (Cermet)
ajustable multi-tours

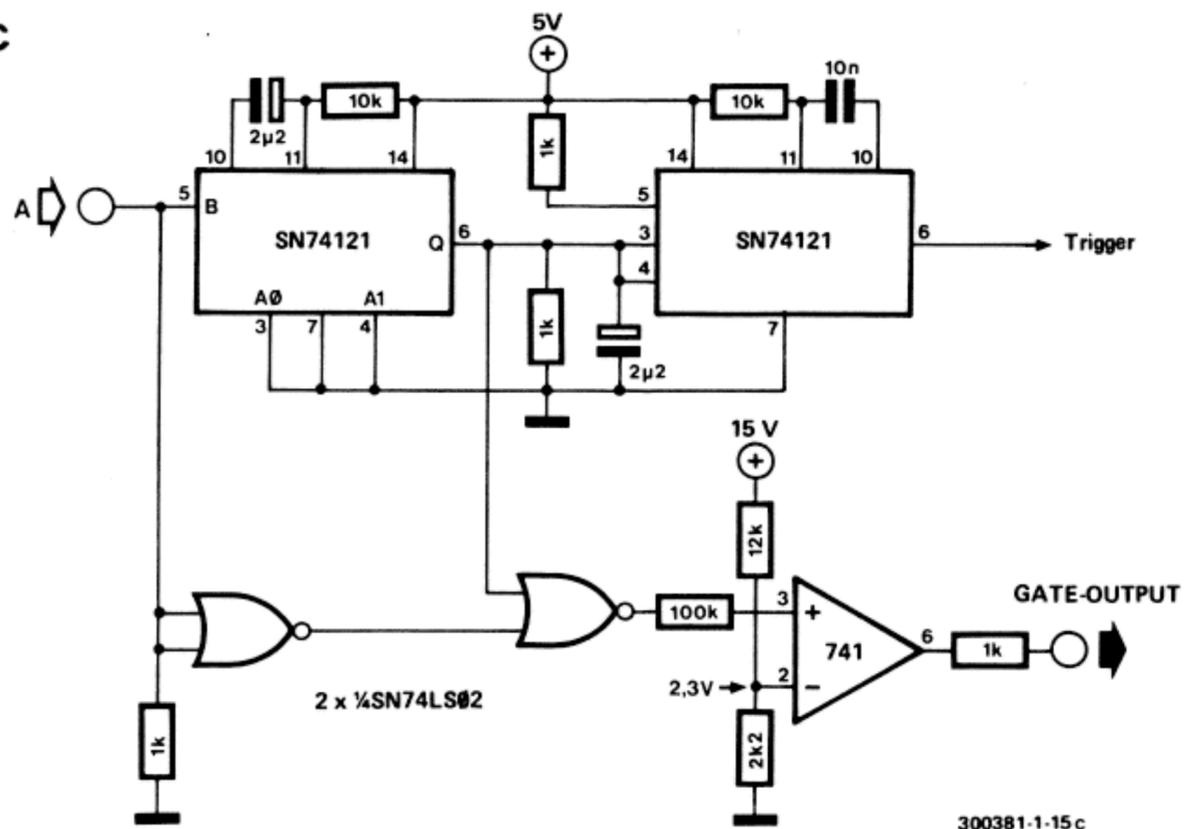
Condensateurs:
16 x 47 n environ (voir texte)
céramique
1 x 10 n
1 x 100 n MKM, MKS
1 x 680 n
1 x 1 µ
2 x 2,2 µ/25 V
1 x 10 µ/25 V

Semiconducteurs:
1 x SN74LS02
1 x SN74LS10 ou
2 x SN74LS20 (voir texte)
4 x SN74LS30
2 x SN74LS75
2 x SN74121 (pas de type LS)
8... 8 x SN74LS148
4 x µA741C
1 x TL081ACL ou LF 356H
1 x ZN 426E-8
1 x µA78L05

Divers:
1 interrupteur simple miniature
1 inverseur simple miniature
1 clavier (64 touches max.) à contacts simples

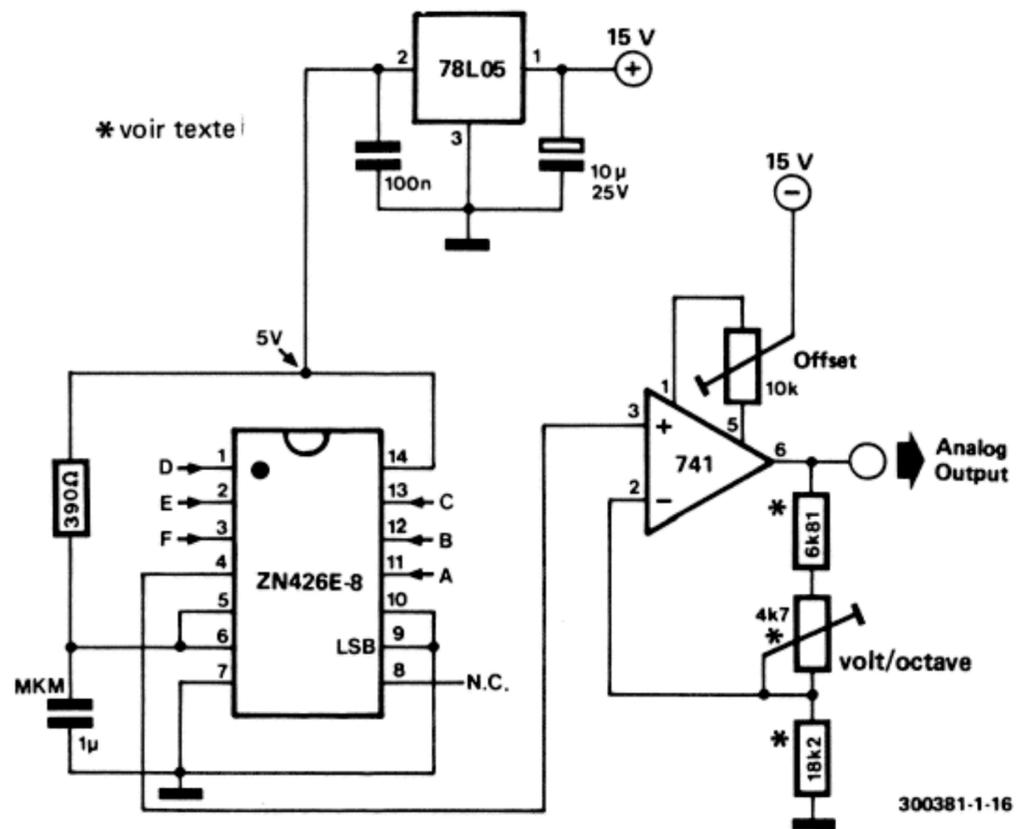
rieure au premier et ajuster le potentiomètre multitours de la figure 2 (volt/octave) de sorte que le KOV correspondant au premier "do" soit supérieur de 1,00 V à celui du deuxième "do". Actionner le "do" le plus grave du clavier: la tension relevée à la sortie KOV doit à présent être inférieure de X Volts à celle relevée pour le premier "do", X étant le nombre d'octaves qui séparent le "do" supérieur du "do" inférieur. Il faut répéter cette opération en corrigeant à chaque fois l'ajustable volt/octave jusqu'à ce que l'on obtienne ce résultat. Il faudra aussi faire un petit détour par le paragraphe d (compensation de l'offset du convertisseur).

1c



300381-1-15 c

2



300381-1-16

Figure 1b. Ce circuit est destiné à un clavier de 5 octaves, soit 64 touches.

Figure 1c. Le circuit de déclenchement assure la réjection des rebonds de touche, et délivre l'impulsion de porte. La tension de service maximale des électrochimiques utilisés doit être de 25 V au moins.

Figure 2. Le circuit de conversion numérique/analogique est construit autour du circuit intégré ZN 426E-8 de Ferranti. Les résistances munis d'un astérisque sont à 1%. Le potentiomètre V/oct. est du type multitours Cermet (10 ou 20 tours).

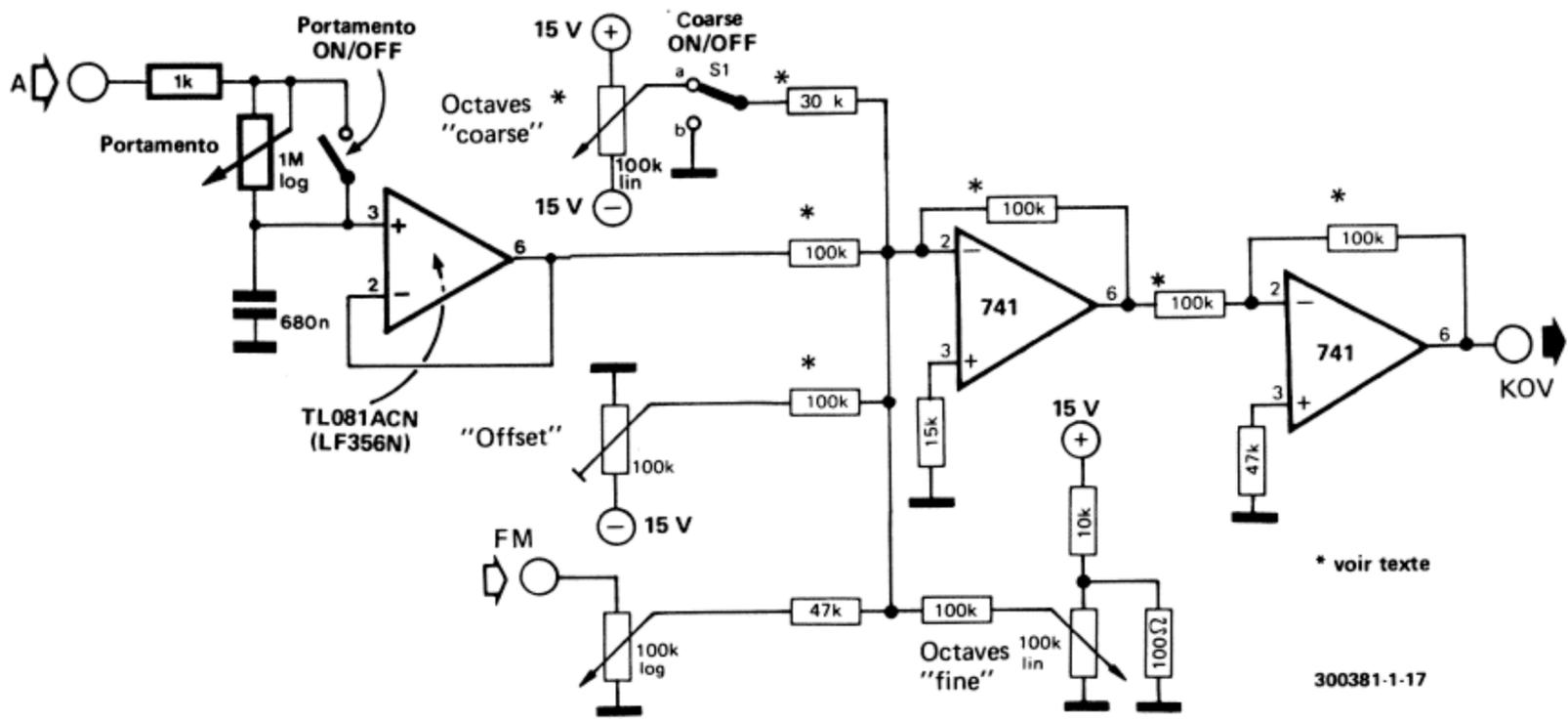
f) vérification de la fonction "portamento"

Mettre le potentiomètre portamento en position de résistance maximale (figure 3). Actionner la touche la plus grave du clavier après avoir mis l'inverseur portamento en position "on". Actionner ensuite la touche supérieure: la tension relevée à la sortie KOV doit atteindre la valeur de la touche supérieure en l'espace de 2 à 4 secondes.

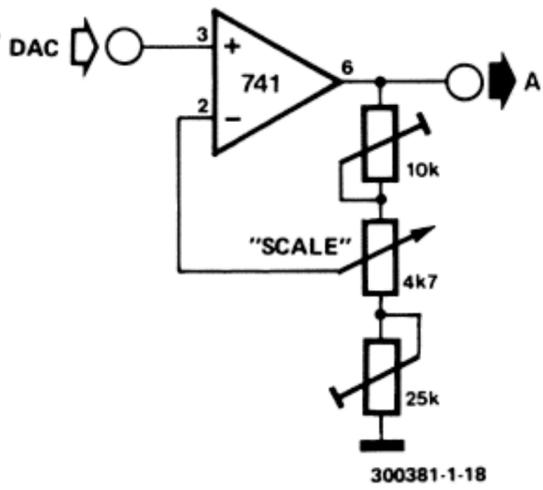
Un conseil à l'intention des bricoleurs

Il suffit d'une légère modification du tampon de sortie de la figure 2 pour modifier l'importance du saut de tension entre deux touches; il est ainsi possible d'obtenir des huitièmes, des quarts de ton, ou encore des secondes ou des tierces; et ceci entre deux touches normalement séparées par un demi-ton. Cette modification est illustrée par la figure 4. Il serait judicieux d'utiliser un potentiomètre dont le point milieu est marqué par un cran, de sorte qu'il sera facile de retrouver la caractéris-

3



4



6

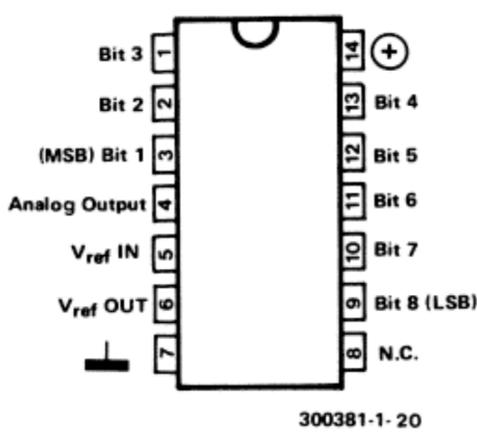


Figure 3. Circuit complet de portamento, avec l'additionneur et l'étage tampon qui lui font suite. Les composants de précision, tels que résistances à 1% ou potentiomètres Cermet sont indispensables partout où c'est indiqué.

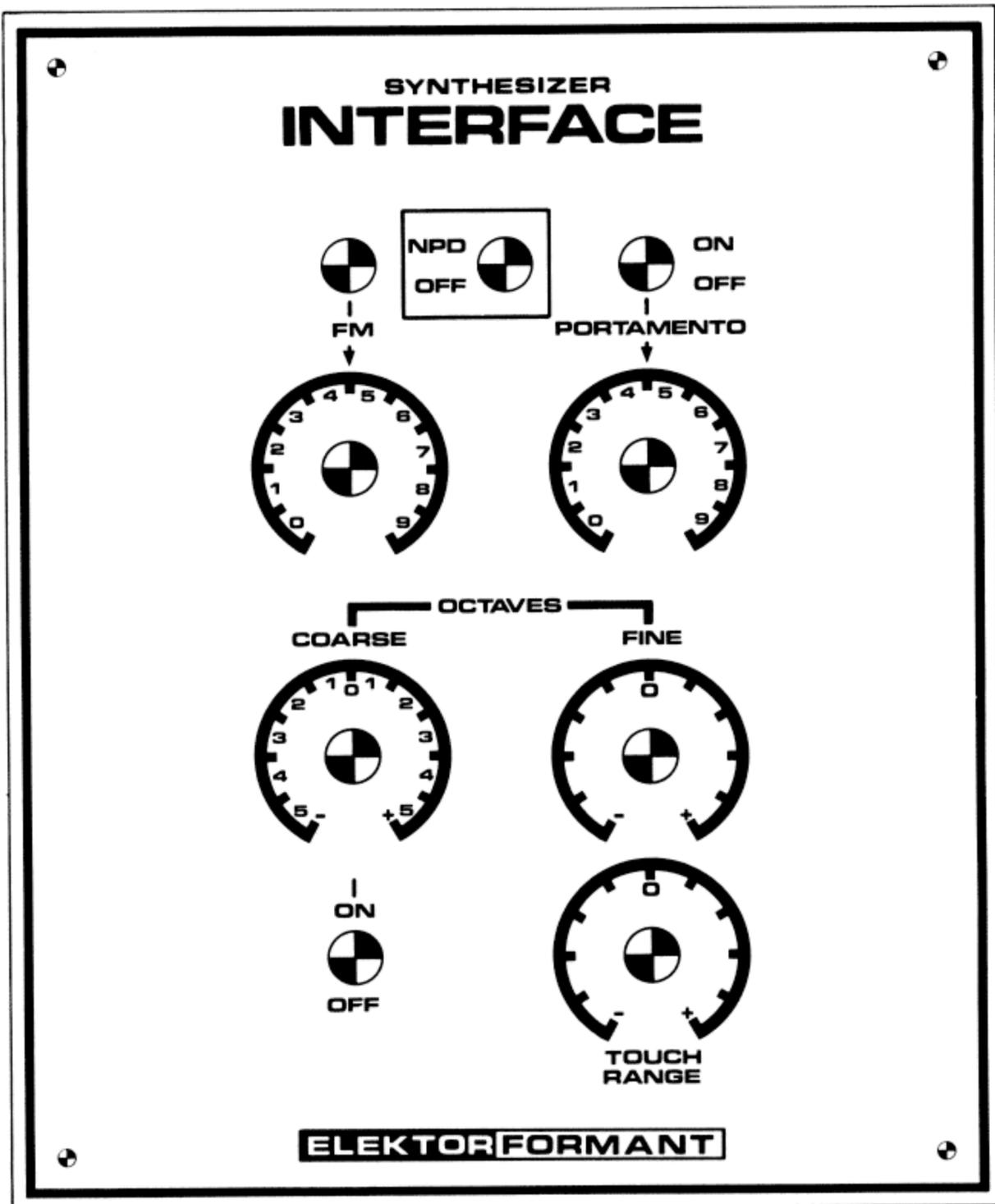
Figure 4. Proposition de modification du réglage de la caractéristique d'évolution des fréquences. Le potentiomètre SCALE pourra avantageusement être doté d'une position médiane "encliquetable". Les deux ajustables sont du type Cermet de préférence.

Figure 5. Proposition de face avant pour l'interface avec toutes les extensions proposées dans le chapitre 1. La reproduction a été réduite de 80% par rapport à l'original. On remarquera que ce détail est valable pour la plupart des faces avant proposées dans ce livre.

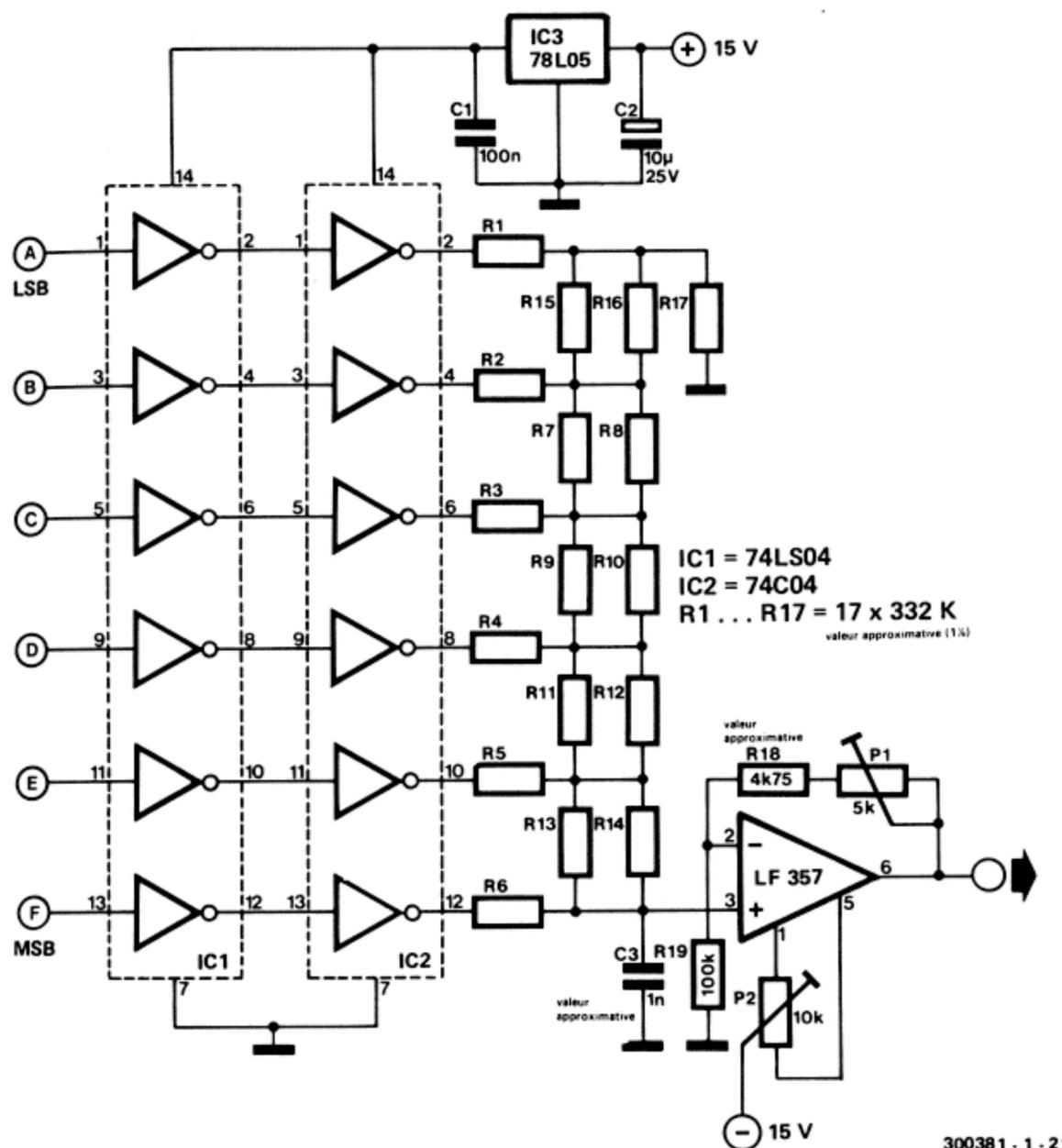
Figure 6. Brochage du convertisseur numérique/analogique intégré ZN 426E-8 de Ferranti.

Figure 7. A défaut de pouvoir se procurer le convertisseur intégré de Ferranti, on pourra réaliser ce convertisseur discret pour le circuit de clavier numérique.

5



7



300381 - 1 - 21

tique standard du 1/12 Volt produisant les demi-tons. On trouvera pour finir le brochage détaillé des circuits intégrés dans l'appendice à la fin de ce livre.

Face avant

La face avant proposée avec le clavier du FORMANT, destinée à l'interface, pourra être réutilisée ici, avec ou sans le nouvel interrupteur pour le portamento. On pourra aussi s'inspirer de la figure 5 pour en réaliser une nouvelle, comportant toutes les modifications que nous décrivons au cours du premier chapitre.

Remplacer le DAC intégré

D'aucuns éprouveront des difficultés à se procurer le circuit intégré ZN 426-E, bien que celui-ci soit désormais largement répandu. Peut-être aussi le trouvera-t-on encore trop cher! Voici donc une solution de rechange, plus compliquée, mais tout aussi performante, tant qu'il s'agit de délivrer un KOV. Le principe du circuit proposé n'a rien de révolutionnaire, bien au contraire. Il s'agit d'une échelle de résistances R-2R associée à des inverseurs du type 7404. Nous rappelons que ceux-ci devront être alimentés à part, comme le DAC intégré, par un régulateur du type 78L05. Les résistances indiquées sur la figure 7 pour l'échelle R-2R sont de 332k. Ceci n'est qu'une valeur indicatrice. Le pourcentage de tolérance est

par contre critique et il faut s'y tenir. Si l'on dispose par contre de résistances de 100k à film métallique (tolérance 1 %), on pourra les utiliser sans préjudice pour le convertisseur numérique/analogique. On améliorera les performances de ce dernier si l'on se donne la peine de choisir, parmi les résistances, celles qui présentent la plus faible tolérance par rapport à la valeur nominale pour laquelle on aura opté.

La valeur du condensateur (1n) à l'entrée de l'ampli-op FET devra éventuellement être réduite en cas de valeurs de résistances plus fortes.

La réalisation et la mise au point de ce convertisseur numérique/analogique discret sont identiques à celles du ZN 426 que nous avons décrites ci-dessus.

Extensions de modules existants

Extension du VCF

Les modules présentés dans le cadre du FORMANT n'ont rien à envier à des modules comparables de fabrication industrielle. Pour peu qu'ils aient été réalisés avec soin et selon les instructions données dans le livre, leurs performances sont étonnantes et souvent bien supérieures à celles de certains synthétiseurs du commerce. Mais ils ne sont pas parfaits pour autant et certains inconvénients ne sont apparus qu'à la lumière d'expérimentations musicales approfondies et diversifiées.

Les extensions décrites dans ce chapitre ne remettent donc pas en cause la structure fondamentale des modules, mais y apportent un confort musical qui devrait remporter l'adhésion de tous les utilisateurs invétérés du FORMANT. Ces petites modifications feront pleinement sentir leur efficacité dans la pratique musicale intense, que ce soit sur scène ou en studio.

Les lecteurs-bricoleurs qui auront eu du mal à arriver à bout de cette montage de circuits éprouveront un sentiment de retenue timoré devant de nouvelles interventions dans le ventre de la machine. Nous ne pouvons que les encourager à garder la tête froide devant ce qu'ils pourraient considérer comme une difficulté insurmontable et ils s'apercevront très vite qu'en fait ce

n'est qu'un jeu... et ce jeu là vaut bien la chandelle. Il ne faut pas oublier que la conception modulaire du FORMANT présente justement l'avantage de tolérer des interventions sur l'un ou l'autre module sans que pour autant l'ensemble du FORMANT soit inutilisable pendant ce temps-là.

Avant de commencer quoi que ce soit, nous recommandons la lecture de l'appendice de ce livre intitulé "des amplis op à FET pour le FORMANT".

L'énumération des points faibles des VCF du FORMANT sera brève: la plage de réglage du taux d'enveloppe laisse à désirer en mode passe-haut. Les transistors doubles nécessaires au VCF 24 dB ne sont pas faciles à trouver et le remplacement par deux transistors discrets plus ou moins bien appariés et couplés thermiquement (avec plus ou moins de bonheur) n'est pas la solution idéale. Les OTA ont tendance à faire bien du bruit lorsque le niveau du signal est faible; quand il est particulièrement élevé, ils ont par contre tendance à le distordre. Une indication optique serait la bienvenue sur l'entrée du signal. Il suffit d'un circuit à monter en "impériale" ou en "sandwich" sur le circuit du VCF pour résoudre tous ces problèmes. Ce circuit comportera donc trois sections:

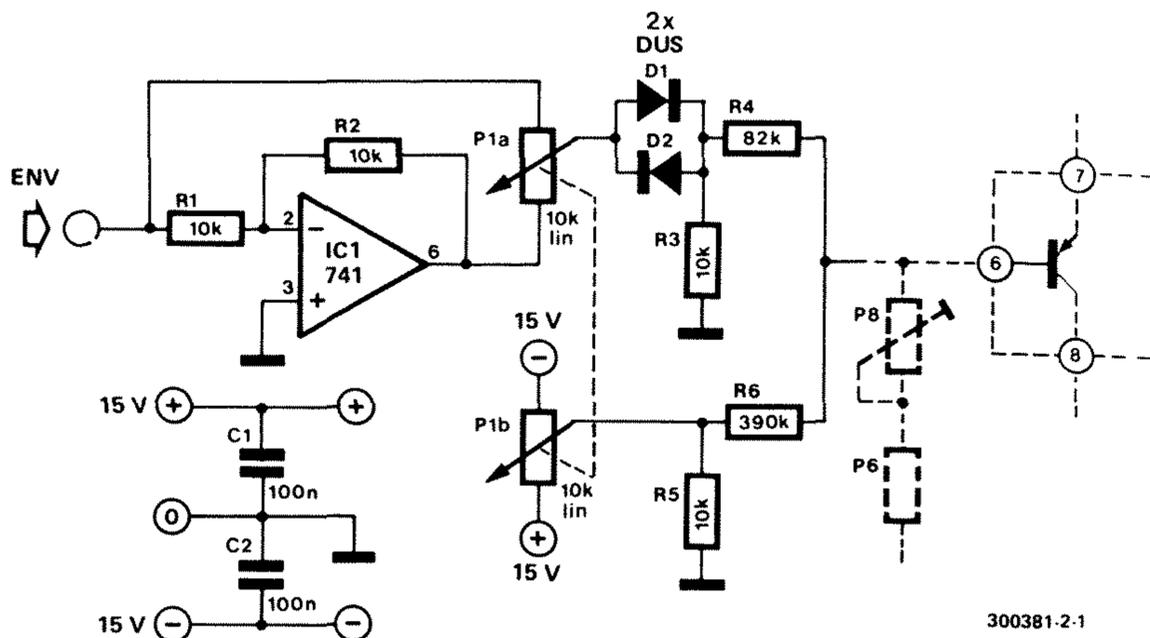
- l'extension de la plage de réglage du taux d'enveloppe;
 - un support DIL pour l'implantation du CA 3084 sur le VCF 24 dB;
 - une indication de surcharge à LED.
- Les liaisons avec le circuit imprimé du VCF ne seront heureusement pas nombreuses.

Extension du taux d'enveloppe

Il est peu propice qu'en mode passe-haut la fréquence de coupure soit déplacée vers le haut à tel point que très vite la totalité du signal soit coupée. Il ne reste donc qu'à déplacer la fréquence de coupure vers le bas du spectre. Ainsi en mode passe-haut, qui élimine les fréquences en commençant par le bas du spectre harmonique, la fréquence de coupure ne pourra plus s'élever jusqu'à éliminer la totalité du signal.

La figure 1 montre comment le potentiomètre déterminant le taux d'enveloppe a été modifié. IC1 inverse le signal provenant du générateur d'enveloppe; tandis que selon la position de P1, c'est soit le signal inversé, soit le signal non inversé qui parvient à l'entrée de l'exponentiateur. Pour faciliter la recherche du point "mort" (lorsqu'il ne doit pas y avoir d'enveloppe à l'entrée de l'exponentiateur du VCF) qui se trouve désormais dans la partie médiane de la plage de réglage, deux diodes sont montées anti-parallèlement, constituant ainsi une plage "morte".

1



Liste des composants de la figure 1

Résistances
(couche de carbone, 5 %):
R1, R2, R3, R5 = 10 k
R4 = 82 k
R6 = 390 k

Potentiomètre:
P1 = 10 k lin stéréo

Condensateurs:
C1, C2 = 100 n

Semiconducteurs:
IC1 = μ A 741C
(Mini Dip)
D1, D2 = DUS