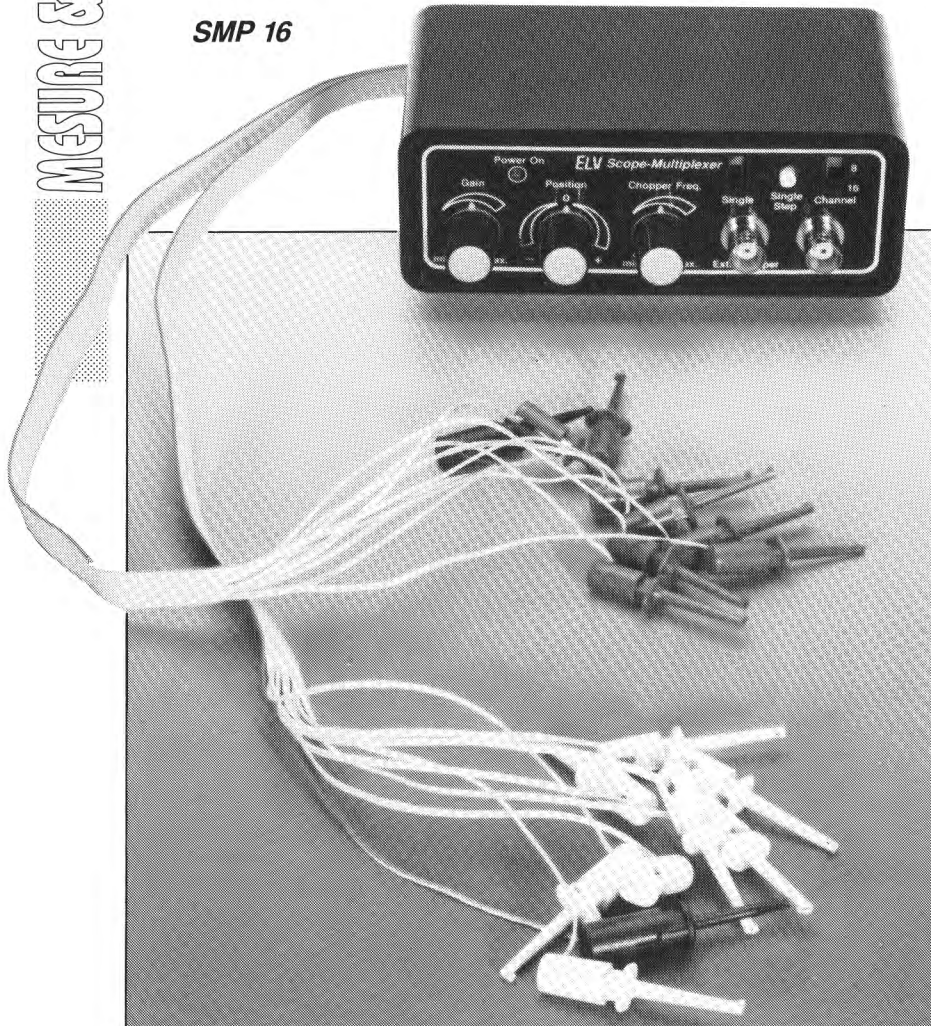


description d'un kit d'ELV

multiplexeur pour oscilloscope

SMP 16



Ce montage, dont l'une des caractéristiques principales est une simplicité exemplaire, en possède une autre, fort intéressante elle aussi, à savoir un prix de revient tout à fait acceptable, vous permettra de visualiser jusqu'à 16 courbes de signal distinctes et ce à l'aide de tout oscilloscope standard à un canal seulement.

En électronique numérique, il arrive souvent que l'on fasse appel, pour comprendre le principe logique d'un montage ou en vérifier le fonctionnement, à un dispositif qui permette de visualiser simultanément plusieurs signaux logiques. Si l'on ne dispose que d'un oscilloscope bi-courbe, voire pire encore, mono-canal, la mise au point d'un montage ou la recherche de la raison d'une panne devient une tâche plus que délicate, voire impossible à mener à bien.

Le **multiplexeur pour oscilloscope SMP 16** d'ELV se révèle ici un véritable magicien, visualisant **simultanément** 8, voire 16 signaux logiques, sur l'écran de votre oscilloscope. Tout un chacun peut alors faire apparaître sur l'écran de son oscilloscope un chronodiagramme significatif dont il pourra tirer un enseignement quelconque.

Vu que ce petit montage est relativement simple, ne fait appel qu'à des composants standard et ne nécessite

aucun étalonnage, nous pensons proposer ici un outil indispensable à tout électronicien.

Caractéristiques principales

Le SMP 16, logé dans un boîtier de dimensions très modestes, est tout simplement connecté à l'entrée Y de l'oscilloscope. Sa sortie prend la forme d'une embase BNC tandis que les 16 entrées de signal du multiplexeur sont reliées au monde extérieur par l'intermédiaire de 2 morceaux de câble plat à 9 brins.

Une fois "épissées" les extrémités des 2 câbles plats, chacun des brins est doté d'un griffe-fil miniature. Le brin coloré (rouge ou noir) de chaque série de 9 brins fait office de masse pour les signaux. Les 2 x 8 brins restant servent donc à connecter les signaux d'entrée 1 à 8 et 9 à 16 au multiplexeur. Étant donnée la finesse des pinces des griffe-fils utilisés, il devrait même vous être possible, à l'extrême, de dériver 16 des signaux à visualiser en les prenant sur un même circuit intégré logique.

Le potentiomètre "Gain" sert à adapter l'amplitude des signaux dérivés aux caractéristiques de l'oscilloscope utilisé; cet appareil devra être mis lui sur le calibre donnant une résolution verticale de 0,1 V/cm lorsque l'on veut obtenir l'affichage de 8 signaux ou en calibre 0,2 V/cm pour la visualisation de 16 signaux.

Le déclenchement s'effectue à travers l'entrée de déclenchement externe de l'oscilloscope (qu'il faudra donc activer), entrée à laquelle on appliquera une fréquence de synchronisation convenable en fonction du circuit à examiner. Si l'on dispose d'un oscilloscope bi-courbe (à 2 canaux), on peut également appliquer ce signal de synchronisation à l'entrée du canal 2 que l'on utilise dans ce cas-là pour le déclenchement.

L'inverseur "Channel" présent en haut à droite de la face avant du SMP 16 permet d'opter entre 2 modes: l'affichage simultané de 8 signaux ou celui de 16 oscillogrammes. Si l'on opte pour un affichage de 16 signaux, ces derniers sont représentés en 2 groupes de 8, un intervalle légèrement plus grand séparant le signal 8 du signal 9.

Un second inverseur à glissière, "Single", donne la possibilité d'affi-

cher un seul oscillogramme. Un bouton-poussoir, "Single Step", permet alors de passer successivement d'un signal à l'autre. En modifiant la résolution verticale de l'oscilloscope, cette option vous permettra donc d'examiner en détail la courbe de chacun des 8, voire 16, signaux (sorte de fonction zoom). On dispose d'un autre accessoire très utile, le potentiomètre "Position" qui sert à déplacer la ligne supérieure ou inférieure du signal vers le centre de l'écran (très pratique en fonction zoom).

La tension d'alimentation de 12 V arrive au montage à travers une embase jack implantée dans la face arrière du boîtier. Un simple module d'alimentation-secteur fournissant une tension de 12 V à un courant de 300 mA convient parfaitement.

Principes de fonctionnement

Lorsqu'il s'agit de visualiser simultanément plusieurs courbes sur l'écran d'un oscilloscope monocanal, on ne dispose pas, en pratique, de plusieurs faisceaux. Il n'y a qu'un seul chargé d'"écrire" la totalité de l'image. Et pourtant l'utilisateur a l'impression que l'image se compose de 8, voire 16, courbes bien étagées, parfaitement distinctes l'une de l'autre.

L'astuce utilisée pour créer cette "illusion", consiste à procéder à une combinaison appropriée des différents signaux d'entrée avec un niveau de tension Y prédéfini, incrémenté successivement pour chacun de ces signaux (canaux).

Le signal du premier canal est donc superposé à une tension Y de base relativement faible; pour le second canal cette tension Y est légèrement plus élevée, ce qui explique que, sur l'écran de l'oscilloscope, cette courbe se trouve au-dessus de la première. La tension Y du 3^e canal est encore plus élevée, etc.

Nous avons donc besoin d'une tension Y de base sous la forme d'un escalier à 16 marches. Une fois que la tension Y arrive à son niveau maximal – au haut de l'escalier n'est-ce pas – il est impératif qu'elle recommence aussitôt à son niveau le plus bas – en bas d'escalier donc.

La partie horizontale de chaque "marche d'escalier" est dotée, par l'intermédiaire d'une adjonction électronique rapide, du signal d'entrée approprié: le signal d'entrée 1 est superposé à la tension Y de la 1^e marche, le signal

d'entrée 2 à la tension Y de la 2^e marche, etc.

L'électronique de combinaison découpe donc un certain domaine de chacun des 8 ou 16 signaux d'entrée pour l'adjoindre au niveau (marche) convenable, en permettant une bonne visualisation. On se trouve donc ici en présence d'un véritable processus de découpage (*to chop* en anglais).

Le principe expliqué ci-dessus n'est pourtant pas suffisant pour garantir un affichage complet et simultané de tous les signaux sur l'écran d'un oscilloscope sans qu'ils ne prennent, à l'occasion, la forme d'un "escalier" avec des marches horizontales caractérisées par des modulations bizarres.

On risque de rencontrer ce type d'effet lorsque la tension Y en marches d'escalier prend, pour une raison quelconque, la même fréquence que le signal de déclenchement appliqué à l'oscilloscope. Il est donc très important de choisir une fréquence "d'escalier" qui présente une parfaite désynchronisation par rapport à la fréquence de déclenchement.

Cette désynchronisation est visible au fait que le faisceau de l'oscilloscope commence toujours à un endroit gauche différent de la "marche" et que les segments de signal affichés d'un certain canal apparaissent toujours à une autre position sur l'écran. Grâce à la relative lenteur de la perception oculaire de l'être humain et à la rémanence de l'écran de l'oscilloscope, ces segments prennent la forme d'une courbe continue, représentant le signal d'entrée du canal en question.

De par la combinaison asynchrone interactive des fréquences de déclenchement et d'escalier, il ne faut presque rien de plus que les 16 processus de déclenchement requis pour que chaque partie des courbes soit "dessinée" à l'écran. La lenteur de nos yeux et la rémanence de l'écran, comme nous le mentionnions plus haut, font alors que l'image nous semble cohérente et ininterrompue.

On notera que la fréquence d'escalier peut être inférieure à la fréquence de déclenchement sans que cela ne pose le moindre problème. Le plus important est de garder une désynchronisation suffisante entre ces 2 fréquences.

Sachant que la fréquence de déclenchement dépend du circuit à examiner, il ne saurait être question

que le SMP 16 fonctionne à une fréquence d'escalier fixe. Dans ces conditions il pourrait se produire une désynchronisation insuffisante, qui se manifesterait par des effets de scintillement, des courbes incomplètes et autres sauts de luminosité lors de l'affichage des signaux.

Pour éviter ces inconvénients, l'appareil est doté d'un potentiomètre (*Chopper Freq.*) servant à adapter la fréquence d'escalier (c'est-à-dire la fréquence de découpage).

Le SMP 16 est également doté d'une embase BNC d'entrée qui permet d'y appliquer une fréquence de découpage externe. Si l'on opte pour cette possibilité, le générateur de fréquence de découpage interne du SMP 16 est automatiquement mis hors-fonction.

L'électronique

Nous commençons la description du circuit par l'oscillateur de découpage, centré sur IC3, un 4011 de SGS-Thomson (voir **figure 1**). L'oscillateur proprement dit est réalisé à l'aide des 2 portes IC3B et IC3C. Le potentiomètre R4 permet ici de faire varier la fréquence de découpage entre 10 et 400 kHz.

Le **multiplexeur pour oscilloscope** est également doté d'une embase (BU3) qui permet d'appliquer une fréquence de découpage externe. Dès qu'un signal, de niveau TTL, est présent sur cette embase, le condensateur C8 se charge à travers la diode D2 à la valeur de crête de la tension du signal appliqué. IC3A entraîne alors la mise hors-fonction de l'oscillateur de découpage interne. À travers le condensateur C16 et la porte IC3C, la fréquence externe gagne ensuite le circuit compteur IC4 qui se trouve en aval de l'oscillateur de découpage.

La fréquence de découpage, peu importe qu'elle soit d'origine interne ou externe, sert à synchroniser le compteur synchrone binaire à 4 bits (IC4) de façon à ce que les nombres binaires 0 à 15 soient générés continuellement à ses sorties Q1 à Q4. À l'aide du réseau R-2R que constituent les résistances R8 à R11 et R21 à R28, le mot binaire à 4 bits généré par IC4 subit une conversion numérique/analogique. On dispose de ce fait, au point de sommation, d'une tension sous forme d'escalier à 16 marches.

On notera que la résistance R21 (bit le plus significatif) agrandit légèrement la partie verticale (augmenta-

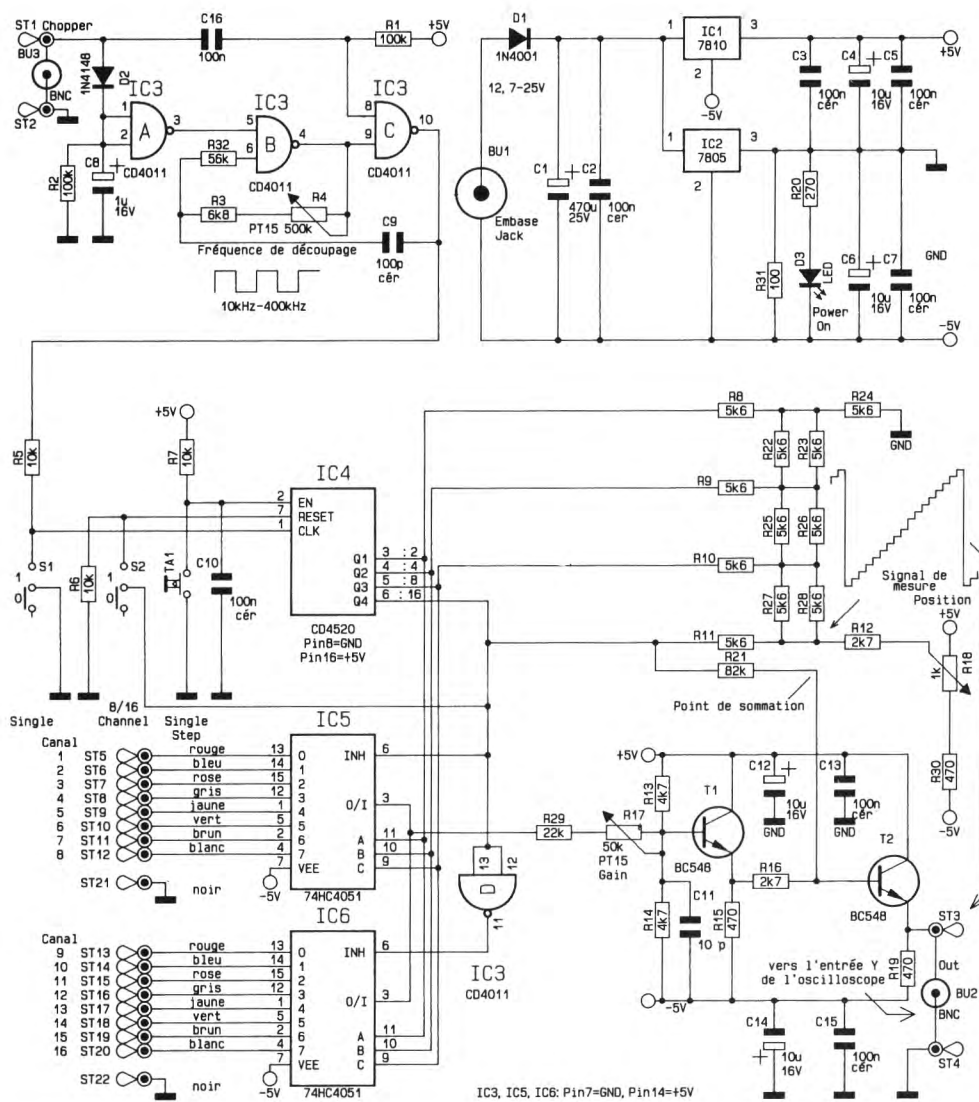


Figure 1. L'électronique simple mais astucieuse du multiplexeur pour oscilloscope, SMP 16.

tion de la tension Y) entre la marche 8 et la marche 9. Ceci se traduit par une séparation des 16 signaux en 2 blocs de 8 courbes, améliorant ainsi la lisibilité de l'écran.

Pour obtenir l'aspect physique convenable d'une courbe représentant un signal logique, il faudra doter du signal d'entrée correspondant chacune des 16 lignes de zéro générées. Pour ce faire, les 2 multiplexeurs analogiques à 8 canaux (IC5 et IC6) transfèrent l'un des 16 signaux d'entrée, transmission se faisant en fonction du niveau actuel de la tension en marches d'escalier et en parfaite synchronisation avec celui-ci.

Les circuits intégrés IC5 et IC6 sont eux aussi commandés par le 4011 (IC4), notre compteur binaire à 4 bits. Le signal d'entrée, correspondant au niveau actuel de la

tension en marches d'escalier, est de ce fait présent sur la broche 3, soit de IC5, soit de IC6. La valeur de ce signal de mesure subit une diminution, introduite par l'intermédiaire d'un diviseur de tension variable (R13, R14, R17 et R29) avant de gagner la base de l'étage-tampon centré sur le transistor T1. Le diviseur de tension, pris entre la base de T1 et les broches 3 de IC5 et IC6 est dimensionné de façon à ce que, normalement, la tension à la base de T1 soit, en absence d'un signal de mesure, de 0 V. On évite ainsi une contre-réaction en tension continue qui attaquerait l'entrée à travers le potentiomètre R17, la résistance R29 et l'interrupteur CMOS actif à ce moment-là.

Le potentiomètre R17 permet d'adapter le gain. Rien ne s'oppose donc à une visualisation optimale de signaux logiques, même s'ils ont une valeur inférieure à 2 V. Ce compo-

sant permettra également, en mode de visualisation individuelle des courbes, d'agrandir légèrement un signal sur l'écran de l'oscilloscope.

Au point de sommation, le signal en marches d'escalier du réseau R-2R, le signal de mesure (venant de la résistance R16) et la composante en tension continue (R12) sont "additionnés" fournissant ainsi le signal "total".

Le dimensionnement des composants électroniques a été choisi de façon à permettre l'obtention d'une image optimale, à 16 signaux distincts, lors de l'utilisation d'un oscilloscope ayant un écran de 8 cm, réglé à une résolution verticale de 0,2 V/cm.

Si votre oscilloscope est doté lui d'un écran de 7 cm (et non pas de celui de 8 cm "prévu") il suffit, pour obtenir un affichage correct, de remplacer la résistance R12 de 2kΩ7 d'origine par une résistance de 1kΩ8.

L'inverseur à glissière, S2, fournit la possibilité de limiter l'affichage à 8 signaux. Ceci se fait par une remise à zéro du compteur binaire à 4 bits (IC4) lorsque celui atteint la position 8. Pour obtenir une image optimale dans ce mode de fonctionnement, il faudra opter pour une résolution verticale de l'oscilloscope à 0,1 V/cm.

Le potentiomètre R18 (*Position*) permet de déplacer vers le centre de l'écran chacune des 16 courbes visualisées. Une diminution de la déviation Y de l'oscilloscope se traduit alors par un agrandissement de la courbe en question. Cette option peut être très utile lorsqu'il vous faut examiner le détail d'un signal donné.

Il va sans dire que la visualisation individuelle des signaux se fait mieux en mode pas-à-pas. On optera pour ce mode en mettant l'inverseur à glissière S1 dans la position correspondante. La touche TA1 (*Single Step*) vous permettra alors de vous "promener" successivement d'une courbe à l'autre.

Le signal de sommation, appliqué à la base du transistor T2, est présent, à une impédance faible, sur l'émetteur de ce transistor. Ce signal est appliqué, à travers l'embase BNC BU2, à l'entrée Y de l'oscilloscope. Les condensateurs C12 à C15 servent à bloquer du mieux possible les hautes fréquences dans l'étage amplificateur.

L'alimentation

La tension d'alimentation non stabilisée de 12 V/300 mA que fournit le module d'alimentation secteur est appliquée, à travers une embase jack, BU1, prise dans la face arrière du boîtier, et la diode D1, chargée de la protection contre une éventuelle erreur de polarité, aux entrées des régulateurs de tension, IC1 et IC2. Le condensateur électrolytique C1 effectue un premier lissage de cette tension.

Sachant que l'électronique du **multiplexeur pour oscilloscope** nécessite tout à la fois une tension positive de 5 V et une tension négative de 5 V, la sortie +5 V de IC2 sert de masse. Il est nécessaire, pour garantir un fonctionnement correct du montage, que le régulateur de tension de 5 V (IC2) soit plus chargé que celui de 10 V (IC1). Ceci s'explique par le fait qu'un 7805, étant un régulateur de tension positive, ne supporte pas l'application de courants d'entrée à sa sortie.

Comme cela pourrait être le cas sans la prise de précautions particulières, nous avons utilisé la LED "Power On" pour charger ce régulateur, charge augmentée par la résistance apparente, R31, prise entre les broches 2 et 3 de IC2. La totalité du courant fourni par IC1 doit donc circuler à travers cette résistance et la charge externe connectée à la tension de 5 V. En association avec le régulateur IC2, la résistance R31 se charge ainsi d'introduire une chute de tension constante de 5 V.

La LED D3, alimentée à travers la résistance R20, sert à la visualisation de la mise sous tension de l'appareil.

Les condensateurs C2 à C7 ont pour fonction d'éliminer toute tendance à l'entrée en oscillation; ils améliorent en outre sensiblement la régulation de la tension d'alimentation.

À vos fers . . .

Il est pour le moins étonnant qu'un montage aussi "puissant" que le SMP 16 puisse être tout à la fois aussi petit et aussi "aéré" — comme l'illustre la représentation de la sérigraphie de l'implantation des composants de la **figure 2**.

La réalisation pratique du multiplexeur ne devrait donc pas poser de problème particulier, même pour ceux d'entre nos lecteurs qui n'auraient encore que peu d'expérience de la réalisation d'un montage électronique.

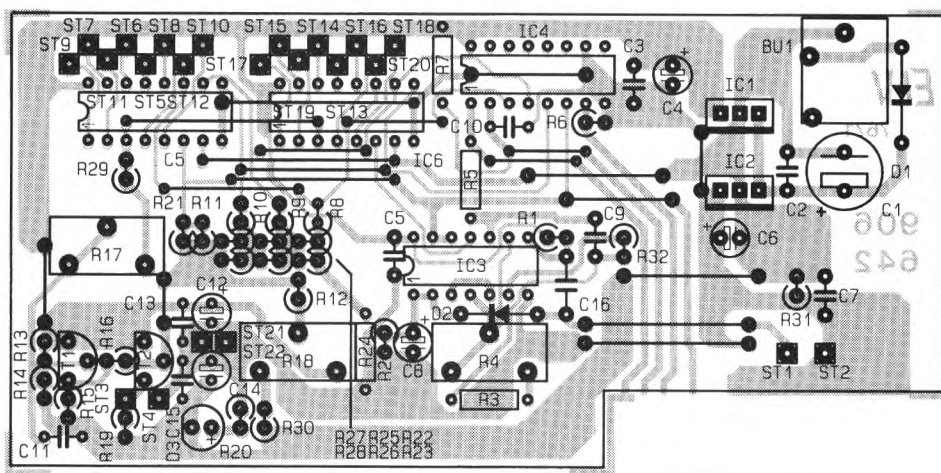
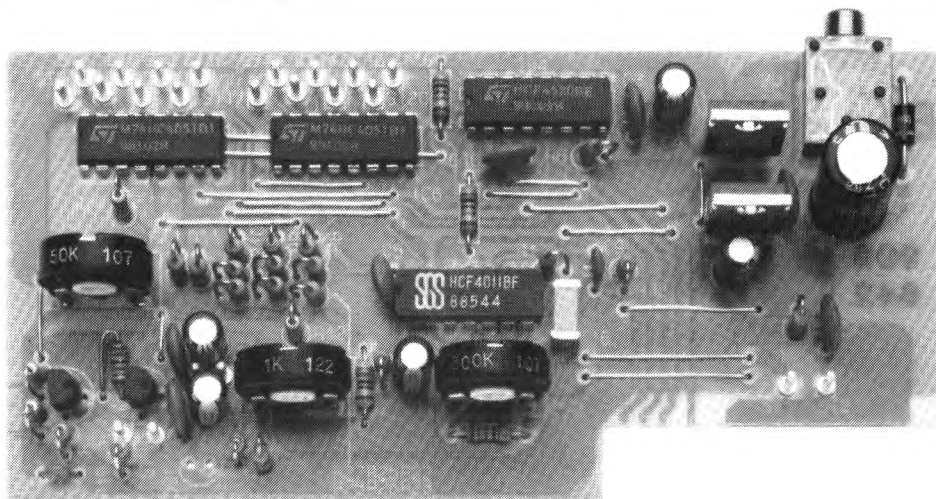


Figure 2. Représentation de la sérigraphie de l'implantation des composants de la platine principale du SMP 16.

On commencera par souder les 18 ponts de câblage sur la platine principale. Ce nombre élevé de ponts de câblage est le prix à payer si l'on veut éviter de devoir faire appel à un circuit imprimé double face et disposer ainsi d'une platine . . . bon marché.

La mise en place des composants se poursuit par l'implantation des résistances dont la majorité sont à souder **verticalement**. On mettra ensuite à la place prévue le reste des composants, exception faite cependant de la LED D3.

Il est recommandé, lors de la mise en place du transistor T1 et de la résistance R16, de vérifier que l'axe du potentiomètre R17 peut bien passer le long de ces composants sans les toucher. Il faudra, pour cette même raison raccourcir de quelque 3 mm les picots de soudure ST3 et ST4.

On raccourcira, pour garantir un glissement aisé de la platine principale dans le boîtier, tous les contacts des composants dépassant côté pistes de la platine à une longueur de 2 mm, voire moins encore.

Passons ensuite à la petite platine destinée aux inverseurs à glissière (S1 et S2) et à la touche TA1 (dont la sérigraphie est représentée en **figure 3**). Sachant que les 2 inverseurs ne sont pas du type encartable, il faudra, pour faciliter leur montage, doter la platine de 6 picots de soudure raccourcis ensuite à 3 mm. On pourra maintenant mettre en place chacun des inverseurs de façon à ce que leurs contacts reposent sur la collerette des picots.

Notons en outre que les contacts des inverseurs doivent se trouver du côté des 2 orifices, prévus pour les embases BNC, BU2 et BU3.

Le respect de ces conseils de montage garantira, plus tard, un montage facile de la face avant sur les différents organes de commande présents sur la platine principale.

Après avoir terminé les soudures, on vérifiera méticuleusement la disposition de chacun des composants polarisés ainsi que la qualité des soudures. Ce n'est qu'après cet examen que l'on pourra passer à

l'assemblage de 2 circuits imprimés. Pour ce faire on soudera la platine des inverseurs à l'équerre contre le circuit imprimé principal de façon à ce que la petite platine "carrée" déborde de 2 mm très exactement par rapport au côté pistes de la platine principale.

Il faudra ensuite séparer le brin extérieur **non marqué** du morceau de câble plat et le découper en 2 morceaux de 9 brins. À l'une des extrémités de ces 2 morceaux de

câble on sépare tous les brins sur une longueur de 10 à 15 cm environ pour souder sur chacun d'entre eux l'un des grippe-fils miniatures. On dote l'un des morceaux de câble plat de grippe-fils rouges, l'autre d'exemplaires blancs.

Il nous reste donc 2 grippe-fils noirs qu'il faudra souder au brin marqué d'un trait de couleur de chacun des morceaux de câble plat.

Attention: avant de souder les grippe-fils aux brins des câbles plats il ne faudra pas oublier d'enfiler le capuchon du grippe-fil sur le brin en question. En cas d'oubli, le mettre en place après devient impossible. Il vous faudra désouder puis resouder.

Les 2 câbles plats ainsi préparés seront superposés. On les pliera dans le sens de la longueur pour les faire passer par l'orifice percé dans la face arrière du boîtier, que l'on aura, au préalable, doté d'un passe-fil. On pourra mettre sur l'ensemble des 2 câbles plats, à quelque 8 cm de leurs extrémités, un serre-fil de nylon qui fera ainsi office de dispositif anti-arrachement.

Les brins non marqués des câbles doivent être soudés aux picots ST5 à ST20. Il est recommandé, lors de ce travail, de doter les grippe-fils d'un numéro allant de 1 à 16 (le grippe-fil connecté au picot ST5 aura le numéro 1, celui l'étant à ST6 s'appellant 2, etc jusqu'à ...ST20 = 16). Les 2 brins marqués, dotés des grippe-fils noirs, seront ensuite soudés aux picots ST21 et ST22 (masse).

La connexion des embases BNC d'entrée et de sortie à la platine principale doit être réalisée à l'aide de 2 morceaux de câble blindé. On soudera un morceau de câble blindé de 10 cm aux picots de soudure ST1 et ST2 et un morceau de 18 cm aux picots ST3 et ST4. Le blindage de ces 2 câbles blindés sera relié aux picots ST2 et ST4 respectivement. Le câble le plus long – celui relié à ST3/ST4 donc – passe par l'orifice droit de la platine des inverseurs; le

câble le plus court sort par l'orifice gauche.

Le croisement de ces 2 câbles ainsi effectué, en facilite ultérieurement le glissement dans le boîtier, lors de la mise en place de la face avant.

Les 2 embases BNC sont glissées dans la face avant, dotées ensuite chacune d'une cosse à visser à laquelle on soudera, plus tard, le blindage du câble de connexion avant d'en assurer la fixation.

Liste des composants

Résistances:

R1,R2 = 100 k Ω
 R3 = 6k Ω 8
 R4 = 500 k Ω ajust. PT15 vertical
 R5 à R7 = 10 k Ω
 R8 à R11, R22 à R28 = 5k Ω 6
 R12,R16 = 2k Ω 7
 R13,R14 = 4k Ω 7
 R15,R19,R30 = 470 Ω
 R17 = 50 k Ω ajust. PT15 vertical
 R18 = 1 k Ω ajust. PT15 vertical
 R20 = 270 Ω
 R21 = 82 k Ω
 R29 = 22 k Ω
 R31 = 100 Ω
 R32 = 56 k Ω

Condensateurs:

C1 = 470 μ F/25 V
 C2,C3,C5,C7,C10,C13,
 C15 = 100 nF céramique
 C4,C6,C12,C14 = 10 μ F/16 V
 C8 = 1 μ F/16 V
 C9 = 100 pF céramique
 C11 = 10 pF céramique
 C16 = 100 nF

Semi-conducteurs:

D1 = 1N4001
 D2 = 1N4148
 D3 = LED rouge 3 mm
 T1,T2 = BC548
 IC1 = 7810
 IC2 = 7805
 IC3 = CD4011 (SGS-Thomson)
 IC4 = CD4520 (SGS-Thomson)
 IC5,IC6 = 74HC4051

Divers:

BU1 = embase jack encartable mono 3,5 mm
 BU2,BU3 = embase BNC femelle fixation par écrou
 S1,S2 = inverseur à glissière unipolaire
 TA1 = bouton-poussoir
 28 picots de soudure, \varnothing 1,3 mm
 100 cm de câble plat à 10 brins
 8 grippe-fils miniatures rouges
 8 grippe-fils miniatures blancs
 2 grippe-fils miniatures noirs
 40 cm de fil de argenté semi-rigide
 28 cm de fil de câblage blindé
 3 axes pour potentiomètre, \varnothing 6 mm
 3 boutons avec repère pour axe de 6 mm
 1 serre-fils en nylon
 1 passe-fils

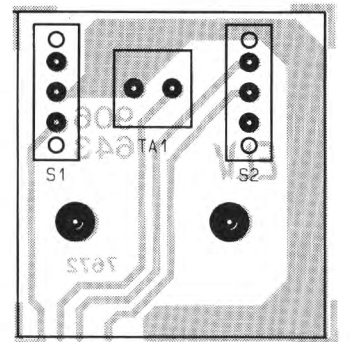
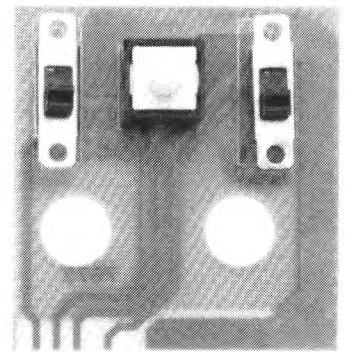



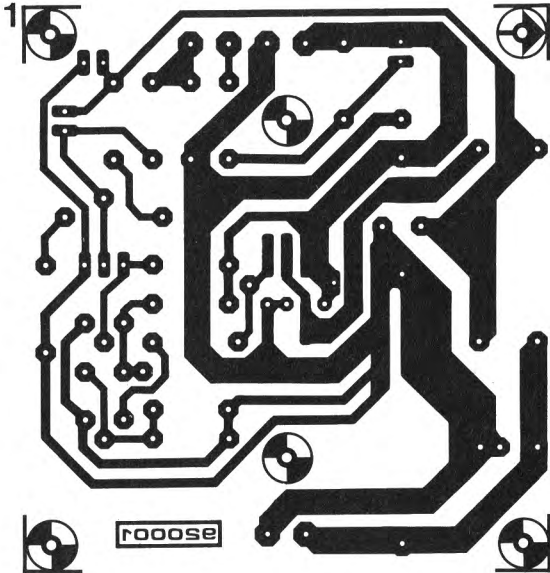
Figure 3. Représentation de la sérigraphie de l'implantation des composants de la platine sur laquelle seront fixés les 2 inverseurs à glissière et le bouton-poussoir.

Avant de procéder à la connexion de ces câbles aux embases BNC il faudra souder 2 morceaux de fil de câblage souple aux contacts, raccourcis à quelque 10 mm, de la LED D3. La LED est glissée dans l'orifice de la face avant prévu à cet effet et fixée à l'aide d'une goutte de colle. Les fils de connexion doivent être soudés à leur place sur la platine principale. Attention à la polarité !!

Après avoir soudé les câbles blindés aux embases BNC et avant de mettre le montage définitivement dans son boîtier, on pourra procéder à un premier test de bon fonctionnement.

Une fois ce test terminé, il ne nous reste qu'à doter les potentiomètres de leurs axes – à raccourcir probablement – à glisser l'ensemble des 2 platines dans les 2 rails de guidage présents à l'intérieur du boîtier et à mettre la face avant en place.

Après avoir doté les axes des potentiomètres de leurs boutons avec repère, vous disposerez d'un nouvel instrument, dont l'utilité est inversement proportionnelle à la complexité. Vous nous en donnerez des nouvelles... 



- 1 alimentation à découpage
- 2 multiplexeur pour oscilloscope: platine de base
- 3 amplificateur de mesure universel: commande + affichage
- 4 thermomètre à thermocouple: côté pistes
- 5 interface I²C pour PC: côté pistes
- 6 interface I²C pour PC: côté composants

