

n° 117

HIVER 2011

THEREMIN PROFESSIONNEL

■ Alimentations à découpage STEP-DOWN & STEP-UP

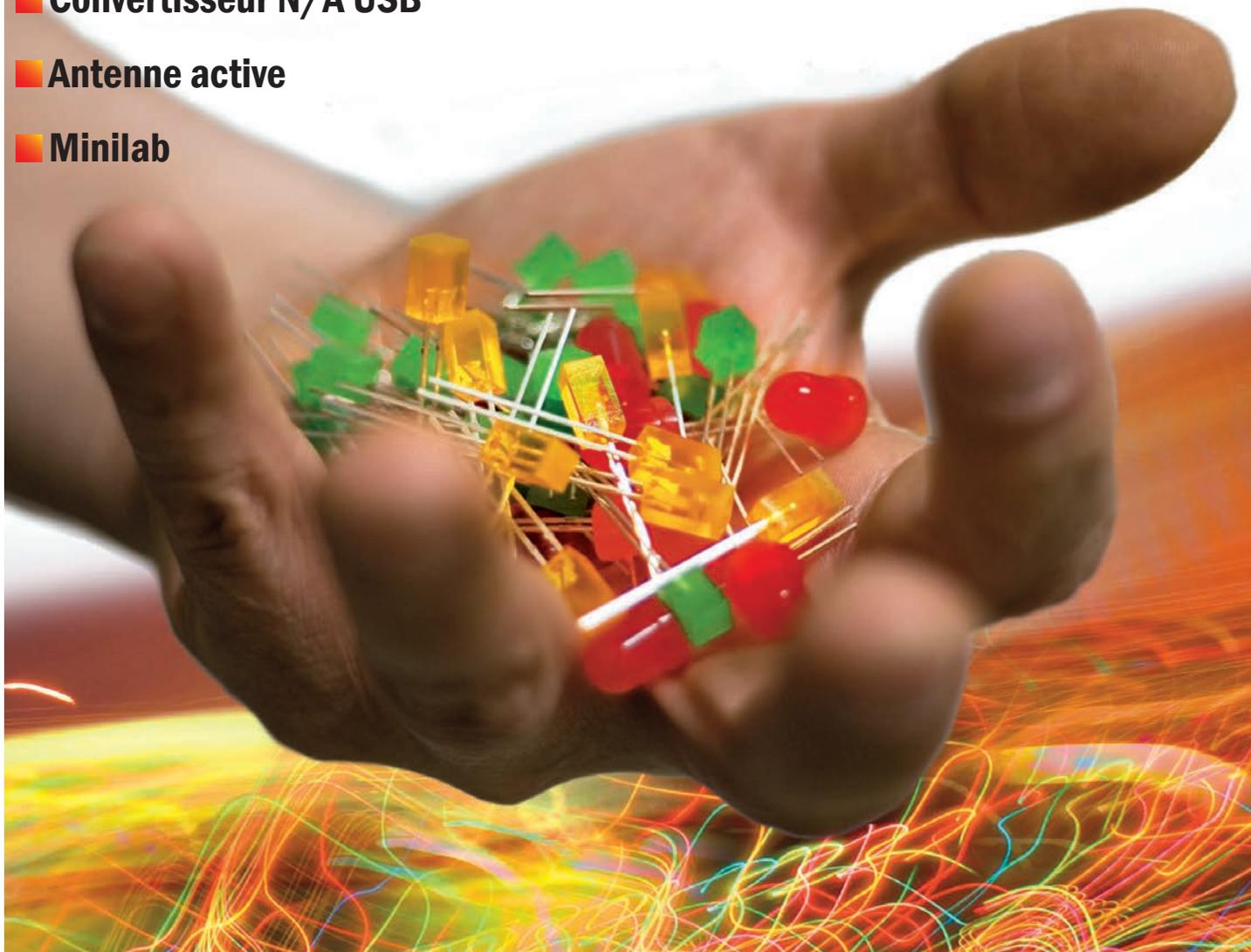
■ Synthétiseur 143-970 Mhz pour DDS

■ Platine universelle pour LM358

■ Convertisseur N/A USB

■ Antenne active

■ Minilab

**100 PAGES
D'ÉLECTRONIQUE**

N° 117 DÉCEMBRE 2011

SOMMAIRE DÉTAILLÉ PAGE 4

M 04662 - 117 - F: 7,50 € - RD



LES KITS DU MOIS...LES KITS DU MOIS

MINILAB OU APPRENDRE L'ÉLECTRONIQUE EN SE DIVERTISSANT

VERSION AVANCÉE



VERSION JUNIOR



Pour étudier facilement l'électronique, il ne suffit pas d'apprendre les formules dont dépendent les circuits mais il est indispensable de pouvoir construire ces derniers et d'en expérimenter le fonctionnement. Ce kit est un mini laboratoire d'électronique - oh vous verrez tout de suite qu'il n'a de mini que le nom et cette «accroche» n'a pas d'autre but que d'éviter de vous effrayer - destiné aux petits ou aux grands commençants (jeunes et moins jeunes mais désirant se former à l'électronique sans «se faire suer»). Ce MINILAB comporte en effet une plaque d'essais permettant d'essayer le circuit (voir si il fonctionne) avant même de le monter sur circuit imprimé; mais il contient aussi tous les appareils de laboratoire nécessaires. En effet la console **MINILAB EN3000** comprend:

- une alimentation double symétrique $\pm 15\text{ V} - 0,4\text{ A}$;
- un générateur de signaux sinusoïdaux, carrés, triangulaires, variable de 1 Hz à 8 kHz ;
- un générateur d'impulsions - un multimètre comprenant voltmètre, ampèremètre et ohmmètre - un amplificateur + haut-parleur.

Le **MINILAB EN3000** est disponible en deux versions: Junior pour les débutants et Avancée pour les élèves de niveau supérieur. Le **MINILAB EN3000** est également disponible tout monté et réglé, à la norme CE pour ceux qui le demandent pour seulement 50 € supplémentaires.

- La version Junior **EN3000J** comprend le MINILABEN3000 plus l'ensemble des cours d'électronique publiés dans la revue - Apprendre l'électronique en partant de zéro- (Disponible sous forme de CDROM)

- La version Avancée **EN3000A** comprend le MINILABEN3000 plus l'interface oscilloscope/analyseur de spectre BF EN1690 et son logiciel.

EN3000A ... Kit complet version avancé, livré avec boîtier 299,00 €
EN3000AKM Kit complet version avancé, livré monté..... 360,00 €

EN3000J Kit complet version junior, livré avec boîtier 229,00 €
EN3000JKM Kit complet version junior, livré tout monté 280,00 €

ANTENNE ACTIVE



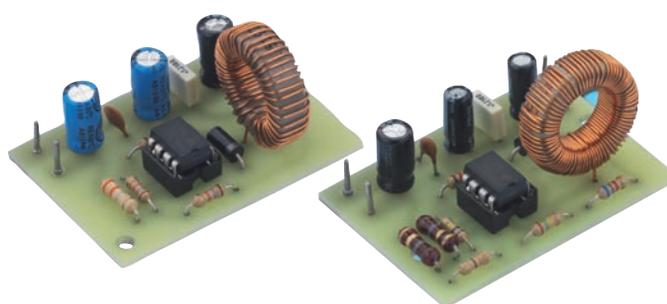
RÉCEPTEUR DRM - 500 KHZ À 30 MHZ



Ce kit est une antenne active conçue pour fonctionner avec le récepteur DRM ondes courtes EN1778, elle permet d'obtenir la sensibilité d'une antenne de 2,5 m sous un encombrement réduit. Elle peut fonctionner indifféremment en $75\ \Omega$ ou $50\ \Omega$. Elle peut aussi fonctionner avec un autre récepteur mais il faudra prévoir en plus une alimentation comprise entre 12 et 18 V 0.1 A. Gamme de fréquence de 0.5 à 30 MHz. Le kit EN1778 complet comprend les kits: EN1778 - EN1778B - EN1779 - le KM1644, le boîtier M01778 - Le CDR 1778 (Software)

EN1777 Kit antenne active sans boîtier 16,20 €
EN1777KM.Kit antenne active sans boîtier version montée..... 22,60 €
EN1778..... Kit récepteur DRM complet avec boîtier.....419,00 €
EN1778KM Kit récepteur DRM complet version montée 588,00 €

ALIMENTATIONS À DÉCOUPAGE STEP-DOWN / STEP-UP



Le kit **EN1786** est une alimentation à découpage de type STEP-DOWN utilisant le circuit intégré MC34063A dont la tension de sortie est inférieure à la tension d'entrée.

***Caractéristiques techniques du EN1786 :** Vout : + 5,0 V - I out max : 0,4 A (400 mA) - Fréquence de découpage : 50 kHz - Vin min : + 20 V - Vin max : +40 V (dans ce cas le rendement diminue) - V ripple : 25 mV pp (ondulation résiduelle) - Rendement : 80,6 % pour Vin= 20 V

Le kit **EN1787** est une alimentation à découpage de type STEP-UP utilisant le circuit intégré MC34063A dont la tension de sortie est supérieure à la tension d'entrée.

***Caractéristiques techniques du EN1787 :** Vout : + 28,0 V - I out max : 0,05 A (50 mA) - Fréquence de découpage : 50 kHz - Vin min : + 9 V - V ripple: 140 mV pp (ondulation résiduelle) - Rendement : 86,6 % pour Vin= 9 V

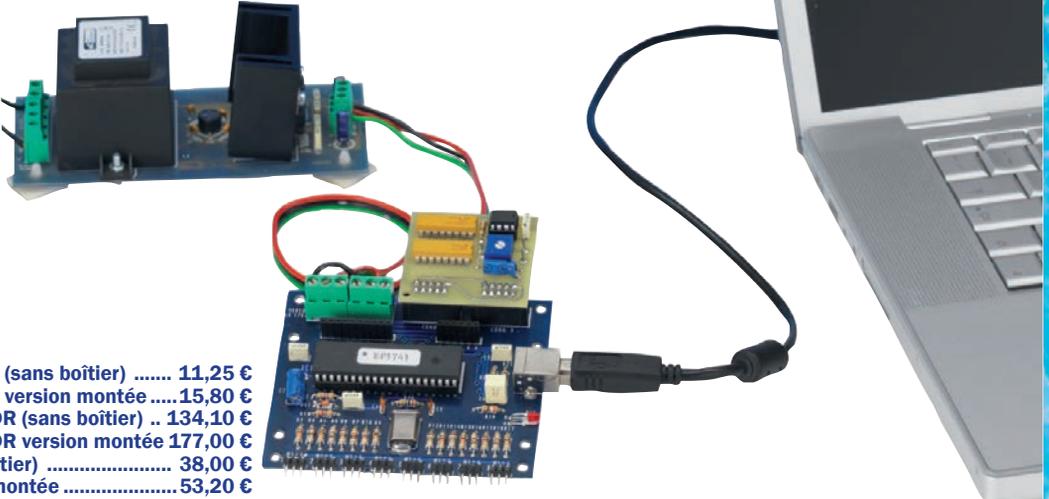
EN1786..... Kit complet sans boîtier14,10 €
EN1786KM.Kit complet sans boîtier version montée 19,75 €
EN1787 Kit complet sans boîtier14,10 €
EN1787KM.Kit complet sans boîtier version montée 19,75 €

Expéditions dans toute la France. Moins de 5 Kg : port 8,40 €. Règlement à la commande par chèque, mandat ou CB. Bons administratifs acceptés. De nombreux kits sont disponibles, envoyez nous votre adresse et cinq timbres, nous vous ferons parvenir notre catalogue général de 80 pages.

LES KITS DU MOIS...LES KITS DU MOIS

CONVERTISSEUR N/A USB

Ce kit EN1782 est un convertisseur de type R2R qui, utilisé avec l'interface USB EN1741, permet de réaliser un convertisseur Numérique/Analogique (8 bits) capable de générer un signal de sortie de 0 à 5V avec un pas de 19 mV ou de 0 à 10V avec un pas de 38 mV. Les kits EN 1741, EN1701 sont en options.



- EN1782..... Kit convertisseur complet (sans boîtier) 11,25 €
- EN1782KM.Kit convertisseur complet version montée15,80 €
- EN1741..... Kit interface USB avec CDR (sans boîtier) .. 134,10 €
- EN1741KM. Kit interface USB avec CDR version montée 177,00 €
- EN1701..... Kit alimentation (sans boîtier) 38,00 €
- EN1701KM.Kit alimentation version montée 53,20 €

THEREMIN PROFESSIONNEL

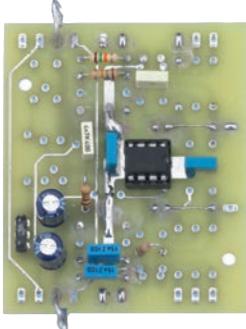


Ce kit est composé d'un boîtier électronique équipé de deux antennes, le thérémine a la particularité de produire de la musique sans être touché par l'instrumentiste. On commande la hauteur de la note de la main droite, en faisant varier sa distance par rapport à l'antenne verticale. L'antenne horizontale, en forme de boucle, est utilisée pour faire varier le volume selon sa distance par rapport à la main gauche.

***Caractéristiques techniques :** Alimentation 230 VAC - Réglage du volume - Réglage du pitch (intonation) - Réglage de la vitesse - Réglage de l'effet par commutateur - Sortie BF out - Sortie MIDI (0-5V) pitch - Sortie MIDI (0-5V) volume. L'alimentation, l'antenne ainsi que le boîtier sont inclus dans le kit.

- EN1790..... Kit Theremin complet avec boîtier 350,00 €
- EN1790KM.Kit Theremin complet version montée 399,00 €

PLATINE UNIVERSELLE POUR LM358



Ce kit est une platine universelle pour amplificateur opérationnel de type LM358. Selon les composants utilisés on peut réaliser différents types de circuits :

- amplificateur inverseur
- amplificateur non inverseur
- amplificateur différentiel
- filtre Sallen Key passe-bas du second ordre
- filtre Sallen Key passe-haut du second ordre
- comparateur de tension à anneau ouvert
- oscillateur sinusoïdal à pont de Wien

***Caractéristiques techniques :**

Alimentation +/- 15 V - AOP de type LM358 - Permet de réaliser des montages en simple ou double alimentation (symétrique) - Logiciel de simulation LTSpice fourni.

- EN1788..... Kit complet (sans boîtier ni alimentation)19,60 €
- EN1788KM.Kit version montée (sans boîtier ni alimentation).... 27,45 €
- EN1199..... Kit alimentation +/- 15 V 100 mA 35,30 €
- EN1199KM Kit alimentation version montée 49,40 €

SYNTHÉTISEUR 143 MHZ À 970 MHZ



GÉNÉRATEUR DDS 1 HZ À 120 MHZ



Ce kit est un synthétiseur de fréquence qui relié à la sortie VHF du générateur DDS EN1645 permet de générer une fréquence comprise entre 143 et 970 MHz avec une résolution de 10 Hz.

***Caractéristiques techniques :** - Alimentation 230 VAC - 8 gammes visualisées par LED : *143 - 178 MHz - *168 - 211 MHz - *209 - 274 MHz - *273 - 372 MHz - *334 - 422 MHz - *419 - 548 MHz - *546 - 744 MHz - *690 - 970 MHz - Entrée BF 2V crête à crête pour modulation FM - Entrée RF pour générateur DDS.

- EN1750..... Kit synthétiseur complet avec boîtier 199,25 €
- EN1750KM Kit synthétiseur version montée avec boîtier 281,20 €
- EN1645..... Kit générateur DDS BF-VHF avec boîtier..... 225,50 €
- EN1645KM Kit générateur DDS complet version montée 299,00 €

COMELEC

CD 908 - 13720 BELCODENE

Tél. : 04 42 70 63 90

Fax : 04 42 70 63 95

DEMANDEZ NOTRE CATALOGUE, 80 PAGES ILLUSTRÉES
AVEC LES CARACTÉRISTIQUES DE TOUS LES KITS

www.comelec.fr

Theremin professionnel..... 05



L'intérêt suscité par le Theremin publié dans le n° 95 d'ELM nous a poussés à prendre en considération la demande que beaucoup de musiciens nous adressent : réaliser un theremin en version professionnelle. Grâce à deux nouvelles antennes étudiées spécialement et à la révision de la partie électronique, nous pouvons enfin donner satisfaction à cette attente.

Synthétiseur de 143 MHz à 970 MHz 64



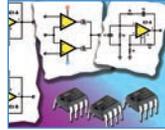
Nous vous avons déjà proposé un générateur DDS en mesure de fournir des ondes sinusoïdales de 1 Hz à 120 MHz et un générateur DDS pour la gamme 1,2 GHz - 2,8 GHz. Aujourd'hui nous voulons vous proposer un synthétiseur qui, relié au générateur DDS, peut fournir n'importe quelle fréquence comprise entre 143 MHz et 970 MHz avec une résolution de 10 Hz.

Deux alimentations à découpage 21



Grâce à leurs dimensions réduites et à la possibilité d'obtenir une vaste gamme de tensions, les alimentations à découpage ont désormais remplacé les traditionnelles alimentations stabilisées linéaires dans d'innombrables applications. Dans cet article nous vous expliquons comment réaliser avec le circuit intégré MC34063A différents types d'alimentations à découpage dans les deux configurations : élévatrice de tension «step-up» et abaisseur de tension «step-down».

Platine universelle pour LM358 82



Vous devez réaliser rapidement des préamplificateurs, des comparateurs et des filtres ? La réponse est notre platine universelle avec double opérationnel à partir de laquelle vous pourrez vous lancer et réaliser les applications pratiques les plus diverses. L'article offre différents exemples de schémas assortis de quelques formules utiles. Les fichiers LTSpice à utiliser pour la simulation sont également disponibles.

MINILAB : Emetteur FM 88-96 MHz 33



Avec le petit émetteur FM de 88-96 MHz que nous vous aiderons à construire sur la plaque d'essais du Minilab dans ce numéro de la revue, vous comprendrez comment on émet des ondes radio, en quoi consiste la modulation de fréquence et comment fonctionne un véritable émetteur. Vous entrerez ainsi à petits pas dans le monde enchanté de la radiofréquence (RF).

Antenne active pour ondes courtes 91



Si jusqu'à aujourd'hui vous avez renoncé à entrer dans le monde fascinant de l'écoute radio à cause de l'impossibilité d'installer de longues et encombrantes antennes filaires, avec la mini antenne active que nous vous proposons maintenant de construire, vous pourrez enfin satisfaire votre passion en mettant à profit même un espace vital très réduit.

Convertisseur N/A USB 52



Avec ce microscopique convertisseur R2R nous allons transformer notre interface USB EN1741 en un DAC (D/A Digital/Analogic Converter ou en français convertisseur N/A Numérique/Analogique) en mesure de générer un signal d'un minimum de 5

V jusqu'à 10 V avec une résolution moyenne de 0,04 V. Avec la platine de base, un CD-Rom contenant les sources est disponible : cela vous aidera à gérer personnellement le logiciel.

Le bulletin d'abonnement se trouve page..... 96

Les petites annonces se trouvent page..... 97

LISEZ
ELECTRONIQUE
ET LOISIRS magazine
LE MENSUEL DE L'ÉLECTRONIQUE POUR TOUS

Tous les articles et les revues sont
téléchargeables sur notre site internet
<http://www.electronique-magazine.com>

Les projets que nous vous présentons dans ce numéro ont été développés par des bureaux d'études et contrôlés par nos soins, aussi nous vous assurons qu'ils sont tous réalisables et surtout qu'ils fonctionnent parfaitement. L'ensemble des typons des circuits imprimés ainsi que la plupart des programmes sources des microcontrôleurs utilisés sont téléchargeables sur notre site à l'adresse : www.electronique-magazine.com dans la rubrique REVUES. Si vous rencontrez la moindre difficulté lors de la réalisation d'un de nos projets, vous pouvez contacter le service technique de la revue, en appelant la hot line, qui est à votre service du lundi au vendredi de 16 à 18 H au 0820 820 534 (N° INDIGO : 0,12 € / MM), ou par mail à redaction@electronique-magazine.com

Ce numéro a été envoyé à nos abonnés le 6 Décembre 2011

Crédits Photos : Corel, Futura, Nuova, JMJ

EN1789-1790

THEREMIN PROFESSIONNEL

L'intérêt suscité par le Theremin publié dans le n° 95 d'ELM nous a poussés à prendre en considération la demande que beaucoup de musiciens nous adressent : réaliser un theremin en version professionnelle. Grâce à deux nouvelles antennes étudiées spécialement et à la révision de la partie électronique, nous pouvons enfin donner satisfaction à cette attente.



Souvenez-vous de l'inoubliable et émouvante scène du film de Milos FORMAN : «*Vol au dessus d'un nid de coucou*», quand le gigantesque indien s'échappe de l'hôpital psychiatrique en portant sur ses épaules Jack Nicholson désormais «lobotomisé»? Vous serez peut-être étonné d'apprendre que les **notes poignantes** qui accompagnent la scène sont jouées sur un Theremin !

En réalité bien des «BOF» (bande originale du film) ou pistes son de films fameux mettent à contribution cet instrument original, par exemple celle de «*La Maison du docteur Edwards*» (1945) d'Alfred Hitchcock, ou celle du film de science-fiction «*Le jour où la terre s'arrêta*» (1951) de Robert Wise et

encore l'indicatif de «*Star Trek*» avec les mythiques *Spock* et *Kirk*, pour n'en citer que quelques uns.

Mais cela ne doit pas vous surprendre car le Theremin, premier instrument de musique électronique réalisé par l'ingénieur russe **Lev Sergeevic Termen** (1896-1993), depuis sa première apparition a suscité l'enthousiasme non seulement des amateurs éclairés, mais aussi des musiciens professionnels férus d'expérimentations. Parmi ces derniers l'ingénieur américain **Robert Moog** fut un des plus fameux pionniers de la musique électronique : Moog, avant d'inventer le premier synthétiseur à clavier, s'était longuement exercé sur le Theremin qu'il avait réalisé lui-même.

Pour la musique classique on retiendra l'américain **Charles Ives** : lui aussi utilise le Theremin dans la composition de sa célèbre *Quatrième symphonie*.

Avec le petit **Theremin** présenté dans le numéro **95** de la revue **ELM** nous avons voulu vous donner une idée de cet instrument, du son qu'il génère et du caractère unique des effets qu'il permet d'obtenir. Nous avons en outre souhaité revivre l'atmosphère d'effervescence et d'expérimentation musicale caractéristique des années '60-'70 (sixties & seventies), référence incontournable pour toute l'évolution de la musique de cette fin de XXe siècle. Dans ces années «bénies» (pour d'innombrables domaines) il n'existait guère de synthétiseurs ni d'ordinateurs avec lesquels «faire de la musique», mais dans le meilleur des cas seulement des synthétiseurs de sons constitués de multiples oscillateurs discrets, que d'habiles ingénieurs musiciens «mixaient» (mélangeaient) avec des bruits produits par les objets utilisés pour le bruitage cinématographique.

Le Theremin qui, comme le martelait son inventeur, avait été conçu pour donner au musicien la possibilité de jouer les sons d'un orchestre tout entier, apporta une contribution déterminante à la recherche expressive de ces années-là. Aujourd'hui encore, cet instrument continue à exercer une forte attirance, comme nous avons pu l'éprouver personnellement, en voyant notre petit Theremin sur les énormes enceintes Marshall ou Fender de jeunes groupes passionnés par la recherche d'effets sonores particuliers.

Pourquoi un Theremin professionnel ?

L'idée de réaliser ce nouveau Theremin a jailli à la lecture de lettres envoyées par des lecteurs musiciens lesquels, ayant beaucoup aimé le Theremin du numéro 95 d'ELM, l'ont toutefois jugé insuffisamment universel d'utilisation et surtout inadapté à un usage artistique professionnel.

Pour obtenir le résultat actuel, c'est-à-dire un **Theremin professionnel**, nous avons fait construire des antennes

par un artisan qui a mis toute son expérience à notre disposition : ces antennes «**vivent**» littéralement pour cet instrument. Grâce à son aide nous avons obtenu une meilleure **sensibilité** au **toucher** et une plus grande **universalité** d'emploi : cela se traduit par une **définition** des **notes** précise et, de par l'élargissement de l'espace physique entre une note et l'autre, par une meilleure **dynamique**. En ce qui nous concerne, nous avons revu la partie électrique et ajouté des éléments qui font de ce Theremin un **instrument complet** à parité égale avec ceux dont jouent les grands musiciens.

Comment on joue du Theremin

Rappelons que le Theremin, constitué de deux antennes montées sur un boîtier qui renferme tous les circuits électroniques, se joue en agitant les mains dans l'air, comme le font les chefs d'orchestre, comme si elles «caressaient» d'invisibles lignes de force constituées par les champs électriques des antennes. Quand on les éloigne et qu'on les rapproche de l'antenne supérieure (la verticale) on contrôle la **hauteur** de la **note**, alors qu'en les éloignant et les rapprochant de l'antenne latérale (l'horizontale), on règle l'**amplitude** (le volume).

Dans le numéro **95** d'**ELM**, nous donnons au sein de l'article dédié au Theremin une biographie de son inventeur, **Lev Sergeevic Termen**, mais nous ne disons pas grand chose sur la technique d'exécution qui est, comme il est facile de le comprendre, assez singulière.

Ici nous cherchons à combler cette lacune en décrivant une séquence d'exercices accompagnée, page ci-contre, de quelques exemples graphiques.

Exercice 1 - les notes (Figure 2)

Consiste à tenir la main gauche immobile et à utiliser la main droite, avec l'index sur le pouce (comme le «OK» des plongeurs), pour passer d'une note à l'autre sans jamais dépasser la note souhaitée. Initialement, ce mouvement est à exécuter lentement.

Exercice 2 - l'intensité (Figure 3)

L'exercice consiste à hausser et abaisser la main gauche très lentement sur l'antenne du volume en correspondance de chaque note et en ayant bien pris soin de rester sur la note en question.

Exercice 3 - la souplesse

Il s'agit d'effectuer des intervalles fortuits toujours plus rapidement ; chaque fois que vous aurez commis une «discordance» vous devrez ralentir et réessayer.

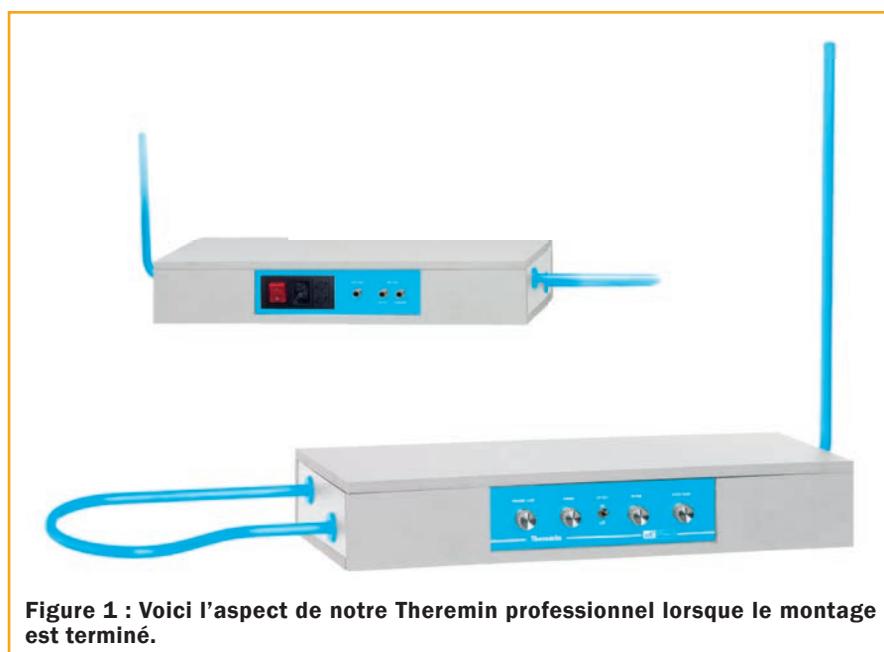


Figure 1 : Voici l'aspect de notre Theremin professionnel lorsque le montage est terminé.

Exercice 4 - la main gauche

Dans cet exercice il faut hausser la main gauche puis l'abaisser rapidement en face de chaque note pour produire un effet de «staccato»: l'exercice est à effectuer dans des tonalités différentes.

Exercice 5 - mouvements des doigts de la main droite (figure 4)

Répéter l'**Exercice 1**, avec index et pouce de la main droite unis. Ensuite, bras immobile dans la même position, bouger les doigts en les allongeant vers l'avant une ou deux fois, index et pouce toujours unis.

Exercice 6

Répéter l'**Exercice 5** mais en détachant les mouvements.

Exercice 7 - passer d'une note à l'autre

Apprendre à passer directement de la position de l'**Exercice 1** à la position de l'**Exercice 3** (en allongeant les doigts).

Exercice 8

Consiste à effectuer l'**Exercice 7**, mais en utilisant l'effet «staccato».

Exercice 9

Refaire les Exercices 1, 2, 3, 4, en demi-position. La demi-position s'obtient en allongeant les doigts pour jouer le demi-ton.

Exercice 10

Jouer «staccato» en passant directement de la position 1 des doigts à la position 4. Effectuer ensuite cet exercice en jouant «legato».

Selon la grande prêtresse du Theremin, **Clara Rockmore**, élève de Termen, il est nécessaire d'arriver au dixième exercice, même si cela implique de disposer d'une partition musicale sur laquelle lire les différentes notes à reproduire.

C'est là une condition très importante pour tirer de cet instrument tout ce qu'il a à donner.

Vous pouvez télécharger directement une méthode pour Theremin sur Internet. Grâce à Google, trouvez des sites, comme par exemple :

<http://www.etheremin.com/theremin/commentenjouer.html>

C'est un des meilleurs pour les francophones. Sur le **Web** vous pouvez trouver des vidéos de démonstration, filmées par des amateurs ou de magnifiques musiciens de métier : cela vous sera très utile pour apprendre cette extraordinaire technique. Tapez Theremin dans la case de recherche de **You Tube** et vous serez littéralement «inondés» de sons provenant du monde entier.

Bon ! Eh bien il ne nous reste plus qu'à commencer la description du schéma électrique de notre Theremin.

Le schéma électrique

Comme vous le voyez en regardant le schéma électrique de la figure 6, ce Theremin a été réalisé avec pour objectif d'obtenir un montage de type professionnel.

Mais entendons-nous bien : «professionnel» ne signifie pas que son principe de fonctionnement est différent de celui du Theremin précédent, mais seulement que nous lui avons ajouté des étages pour **augmenter** les performances de l'instrument et pour le rendre plus **sensible**.

Pour simplifier la description du schéma électrique, nous l'avons divisé en **5 étages**, en les prenant en considération l'un après l'autre :

- 1- L'étage qui génère les notes
- 2- L'étage qui génère les effets spéciaux sur les notes
- 3- L'étage qui prédispose les notes pour le (format) MIDI
- 4- L'étage qui contrôle le volume
- 5- L'étage qui prédispose le volume pour le (format) MIDI

1 - L'étage qui génère les notes (antenne droite)

L'antenne, avec le condensateur et les trois selfs en série, forment un circuit résonnant avec les deux oscillateurs (le premier oscillateur est constitué par le groupe **IC1/A + antenne**, le second oscillateur est constitué par **IC2/A**).

Rappelons que les trois selfs en série avec l'antenne augmentent également la sensibilité de l'instrument.

Deux oscillateurs sont en mesure de s'accorder et de se verrouiller sur la fréquence déterminée par la présence de la main dans l'espace entourant l'antenne. La fréquence des deux oscillateurs est d'environ **280 kHz**. Le circuit intégré **IC2/B** est monté en circuit de **syntonie** (ou **accord***) car il modifie, au moyen du potentiomètre **R10** (comme le ferait une diode varicap), la capacité interne du transistor, ce qui a pour effet de modifier la fréquence d'oscillation de l'étage oscillateur **IC2/A**.

L'étage n'est autre qu'un **superhétérodyne**** car on produit un signal dû au battement entre la fréquence de l'antenne et son oscillateur et le second oscillateur lequel, en même temps, génère une fréquence égale à la somme des deux fréquences et à la différence des deux fréquences. La diode **DS1** sert de **mélangeur** (**mixer** pour les anglophones, mais qui ne l'est pas ?) qui ne prend en considération que la fréquence produite par la différence des deux fréquences (**pitch**, pour les anglo-saxons !).

Une section de **IC3/A** est utilisée pour adapter l'impédance entre le mélangeur formé par la diode **DS1** et le circuit intégré **IC3/B**, dont la fonction est d'amplifier le signal **BF** produit par le battement de l'étage superhétérodyne.

* Nous nous servons alternativement des deux termes qui ont tous deux la même signification : les hellénistes préféreront le premier, les latinistes le second ... et les Bédiens ou ceux à qui c'est égal seront de notre côté.

** D'après Larousse c'est féminin, les autres sources en font un mot à la fois masculin et féminin, comme les prénoms Claude ou Dominique.



Figure 2 : Le premier exercice est à exécuter très lentement, en maintenant unis le pouce et l'index de la main droite.

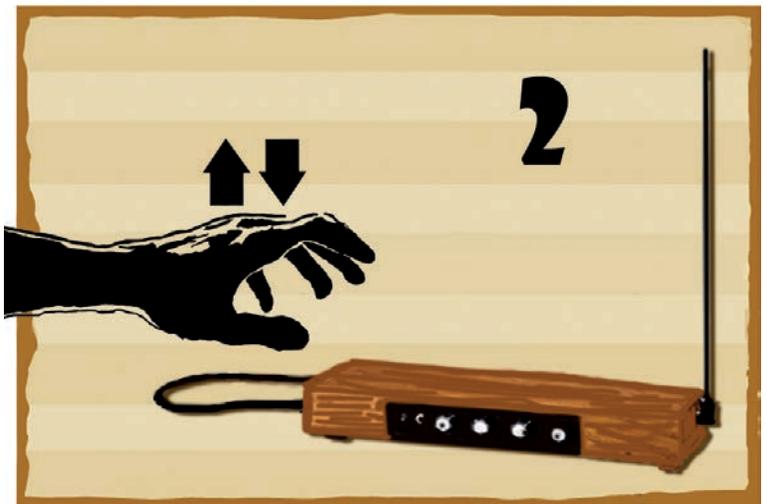


Figure 3 : Haussez et abaissez lentement la main gauche sur l'antenne horizontale du volume.



Figure 4 : Bougez la main droite avec index et pouce unis en allongeant les doigts vers l'avant, le bras restant immobile.

2 - L'étage qui génère des effets spéciaux sur les notes

L'étage formé de **IC4/A**, **IC4/B**, **IC5/A** et **IC5/B** forme un doubleur de fréquence qui produit l'effet le plus remarquable du Theremin : on dirait que l'instrument « chante » en produisant un son très suggestif (plus tard, avec les synthétiseurs et les effets de scène, on parlera de sons « voisés-dévoisés »).

Le signal étant une onde complexe, il est ensuite filtré par le filtre passe-bas de syntonie **IC9/A**, **IC9/B** lequel, grâce au double potentiomètre **R66** et **R67** ajoute ou enlève des harmoniques au signal. Au moyen d'un inverseur, nous ajoutons ou nous enlevons au signal audio de sortie l'effet semblable à un « Phasing », grâce au groupe constitué par **IC10**, **IC11**, **IC12** et les FET **FT2** à **FT7**.

3 - L'étage qui prédispose les notes pour le MIDI

La porte **IC4/C** et l'opérationnel **IC6/A** forment un convertisseur fréquence/tension qui produit un niveau de tension compris entre **0** et **5 V** en fonction des notes générées par la main qui s'approche de l'antenne. Ce niveau de tension sera mis à profit dans le futur montage

d'une interface **MIDI** spécifique avec laquelle notre instrument, associé à un ordinateur, sera en mesure de faire des choses véritablement merveilleuses : par exemple, simuler des instruments de musique simplement en approchant les mains de l'antenne.

4 - L'étage qui contrôle le volume

Ici nous ne trouvons qu'un oscillateur, celui composé de **IC7/B** plus l'antenne « loop » (ou boucle).

IC7/A a pour caractéristique de pouvoir modifier la valeur de sa capacité interne comme s'il était une diode varicap insérée dans le circuit oscillant. En tournant le potentiomètre **R46** on peut modifier la capacité et donc syntoniser l'oscillateur sur une fréquence d'environ **400 Hz**.

En rapprochant ou en éloignant la main de l'antenne « loop », on détermine une variation de la capacité qui modifie la fréquence de résonance.

La diode **DS4** détecte la fréquence de réponse et, à travers l'étage **IC8/A** - **IC8/B** et le FET **FT1**, règle le volume. Il s'agit en effet d'un étage **VCA** (Voltage Control Amplifier), ou amplificateur contrôlé en tension.

5 - L'étage qui prédispose le volume pour le MIDI

À la sortie de l'étage volume nous avons mis un autre circuit qui convertit la fréquence, proportionnelle au volume, en une tension comprise entre **0** et **5 V** : elle servira, toujours pour cette application future dont nous vous avons informés, à relier une interface **MIDI** à ce canal et à gérer aussi le volume avec un PC.

Comme vous voyez c'est un schéma un peu complexe, mais indispensable pour obtenir la qualité de son que nous nous sommes imposée.

Tous ces circuits sont renfermés dans un beau boîtier de bois que nous avons conçu et fabriqué spécialement.

La réalisation pratique

La figure 8a donne le schéma d'implantation des composants du circuit à l'échelle 1:1, ce qui vous sera bien utile pour vous guider au cours de la phase de réalisation pratique du Theremin. Le circuit imprimé double face à trous métallisés est disponible mais ceux qui

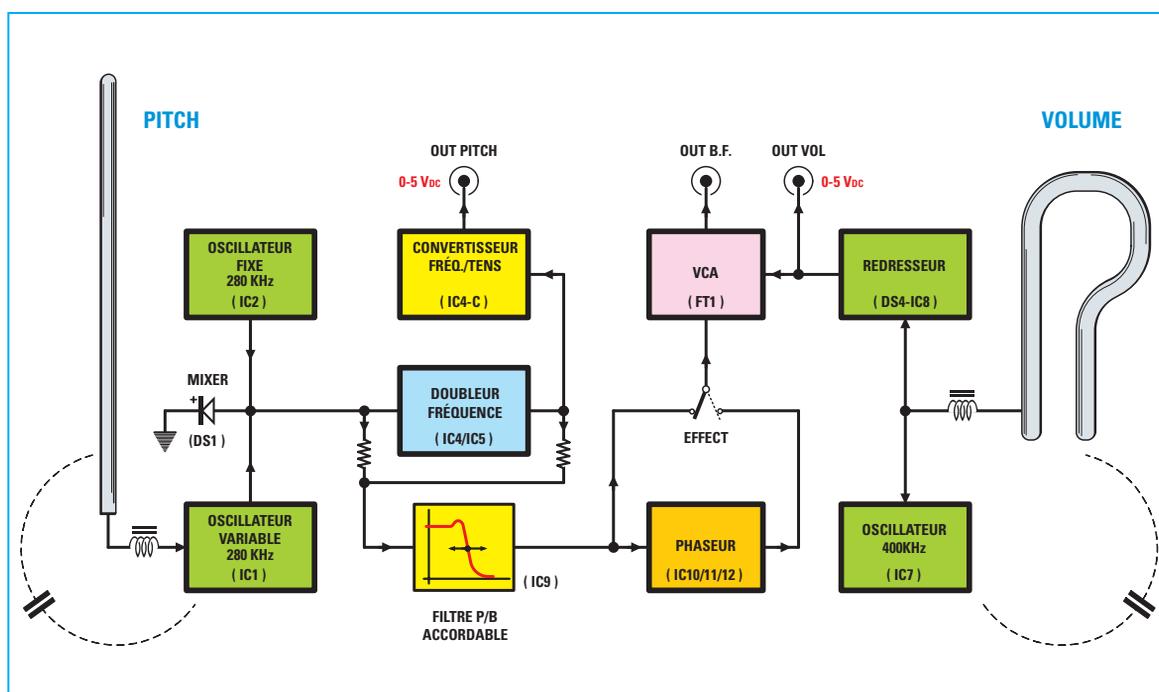


Figure 5 : Schéma synoptique du circuit du Theremin (son schéma électrique est visible à la figure 6).

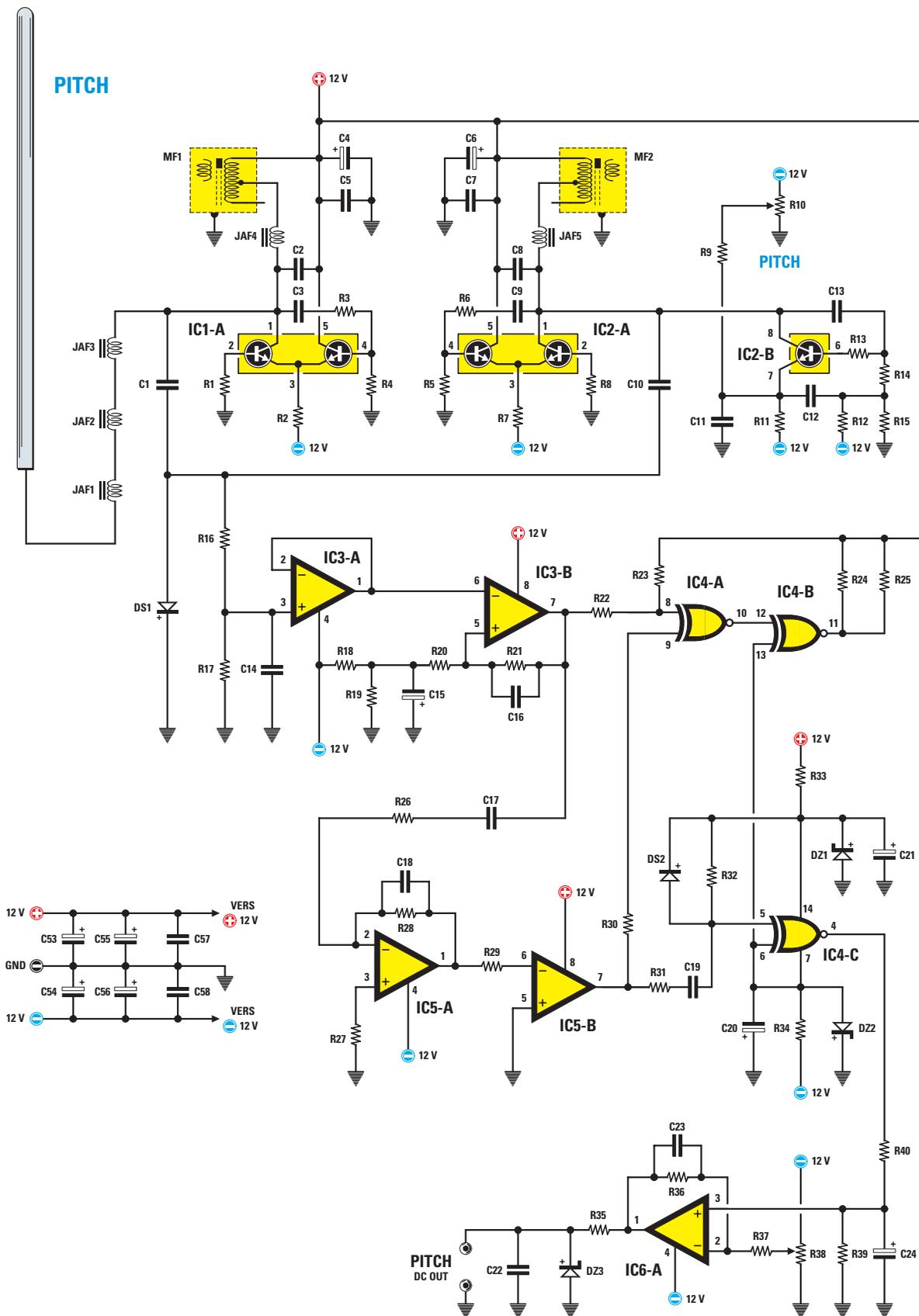
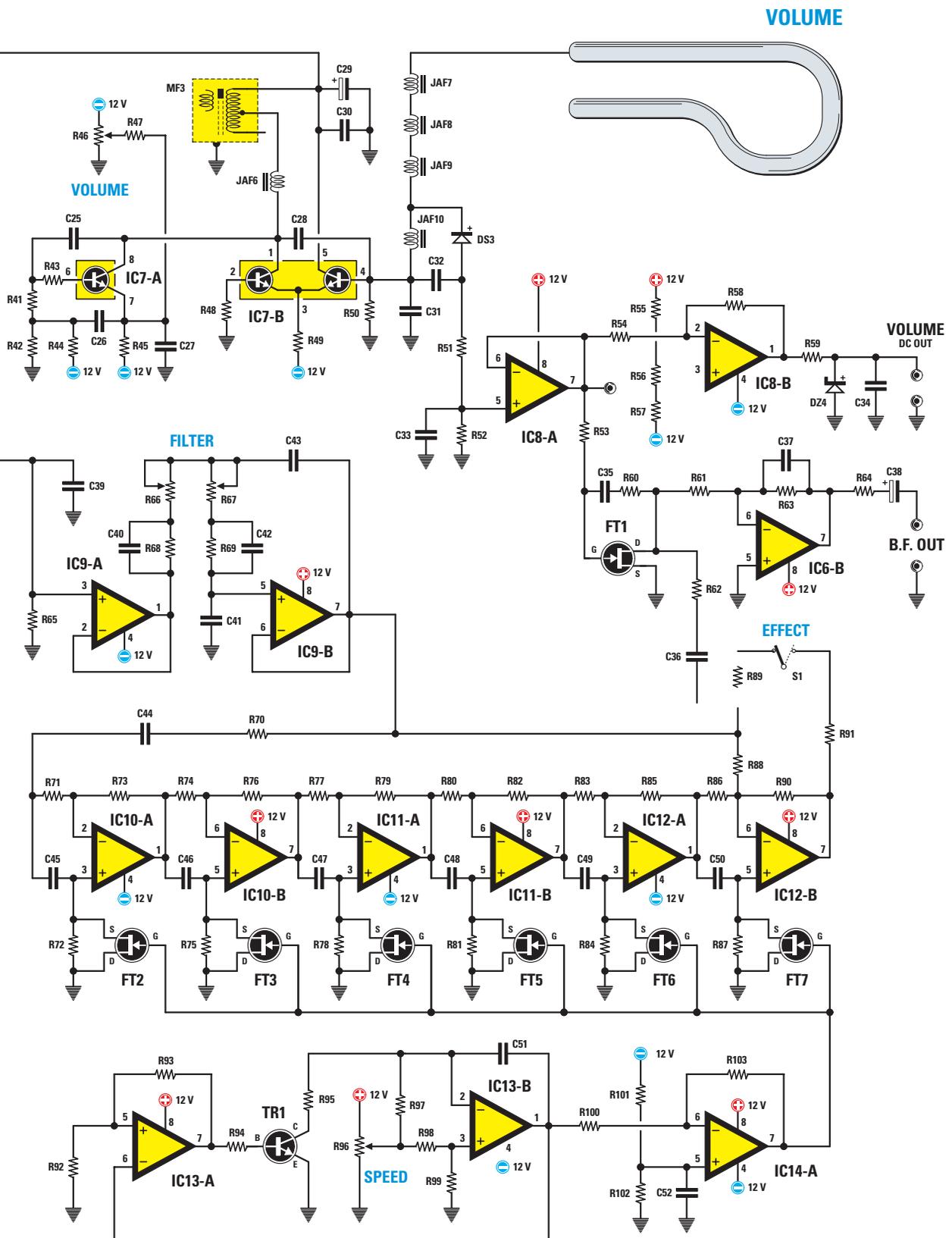


Figure 6 : Schéma électrique du circuit du Theremin



Liste des composants EN1790

R1 1 k
 R2 2,2 k
 R3 47 k
 R4-R5. 1 k
 R6 47 k
 R7 2,2 k
 R8 1 k
 R9 10 k
 R10 ... 4,7 k pot. lin.
 R11 ... 10 k
 R12 ... 10 k
 R13 ... 470
 R14 ... 33
 R15 ... 2,2 k
 R16 ... 10 k
 R17 ... 4,7 k
 R18 ... 33 k
 R19 ... 820
 R20 ... 10 k
 R21 ... 3,3 M
 R22 ... 10 k
 R23 ... 33 k
 R24 ... 33 k
 R25 ... 330 k
 R26 ... 100 k
 R27 ... 100 k
 R28 ... 1 M
 R29 ... 4,7 k
 R30 ... 10 k
 R31 ... 1 k
 R32 ... 47 k
 R33 ... 270 %
 R34 ... 270 %
 R35 ... 1 k
 R36 ... 100 k
 R37 ... 100 k
 R38 ... 10 k trimmer
 R39 ... 100 k
 R40 ... 100 k
 R41 ... 33 %
 R42 ... 2,2 k
 R43 ... 470
 R44 ... 10 k
 R45 ... 10 k
 R46 ... 4,7 k pot. lin.
 R47 ... 2,7 k
 R48 ... 470 %
 R49 ... 2,2 k
 R50 ... 470 %
 R51... 1 M
 R52 ... 1 M
 R53 ... 470 k
 R54 ... 100 k
 R55 ... 10 k
 R56 ... 10 k trimmer
 R57 ... 10 k
 R58 ... 120 k
 R59 ... 1 k
 R60 ... 470 k
 R61 ... 10 k

R62 ... 100 k
 R63 ... 10 k
 R64 ... 100 %
 R65 ... 12 k
 R66 ... 100 k pot. lin.
 R67 ... 100 k pot. lin.
 R68 ... 4,7 k
 R69 ... 4,7 k
 R70 ... 10 k
 R71 ... 22 k
 R72 ... 10 k
 R73 ... 22 k
 R74 ... 22 k
 R75 ... 10 k
 R76 ... 22 k
 R77 ... 22 k
 R78 ... 10 k
 R79 ... 22 k
 R80 ... 22 k
 R81 ... 10 k
 R82 ... 22 k
 R83 ... 22 k
 R84 ... 10 k
 R85 ... 22 k
 R86 ... 22 k
 R87 ... 10 k
 R88 ... 47 k
 R89 ... 1 k
 R90 ... 22 k
 R91 ... 1 k
 R92 ... 47 k
 R93 ... 47 k
 R94 ... 47 k
 R95 ... 47 k
 R96 ... 10 k pot. lin.
 R97 ... 100 k
 R98 ... 47 k
 R99 ... 47 k
 R100.. 100 k
 R101.. 4,7 k
 R102.. 1 k
 R103.. 47 k
 C1 15 pF céramique
 C2 2,2 nF polyester
 C3 10 nF polyester
 C4 10 µF électrolytique
 C5 100 nF polyester
 C6 10 µF électrolytique
 C7 100 nF polyester
 C8 2,2 nF polyester
 C9 10 nF polyester
 C10 ... 15 pF céramique
 C11 ... 470 nF polyester
 C12 ... 470 nF polyester
 C13 ... 33 pF céramique
 C14 ... 4,7 nF polyester
 C15 ... 10 µF électrolytique
 C16 ... 2,2 nF polyester
 C17 ... 100 nF polyester
 C18 ... 22 nF polyester
 C19 ... 10 nF polyester
 C20 ... 10 µF électrolytique
 C21 ... 10 µF électrolytique

C22 ... 100 nF polyester
 C23 ... 100 nF polyester
 C24 ... 2,2 µF électrolytique
 C25 ... 22 pF céramique
 C26 ... 1 µF polyester
 C27 ... 1 µF polyester
 C28 ... 2,2 nF polyester
 C29 ... 10 µF électrolytique
 C30 ... 100 nF polyester
 C31 ... 6,8 nF céramique
 C32 ... 1 nF céramique
 C33 ... 100 pF céramique
 C34 ... 100 nF polyester
 C35 ... 100 nF polyester
 C36 ... 1 µF polyester
 C37 ... 100 pF céramique
 C38 ... 10 µF électrolytique
 C39 ... 100 pF céramique
 C40 ... 1 nF polyester
 C41 ... 330 pF céramique
 C42 ... 1 nF polyester
 C43 ... 47 nF polyester
 C44 ... 1 µF polyester
 C45 ... 1 µF polyester
 C46 ... 470 nF polyester
 C47 ... 330 nF polyester
 C48 ... 150 nF polyester
 C49 ... 100 nF polyester
 C50 ... 47 nF polyester
 C51 ... 100 nF polyester
 C52 ... 100 nF polyester
 C53 ... 100 µF électrolytique
 C54 ... 100 µF électrolytique
 C55 ... 100 µF électrolytique
 C56 ... 100 µF électrolytique
 C57 ... 100 nF pol. x10
 C58 ... 100 nF pol. x10
 JAF1 .. 10 mH
 JAF2 .. 4,7 mH
 JAF3 .. 3,3 mH
 JAF4 .. 82 µH
 JAF5 .. 82 µH
 JAF6 .. 33 µH
 JAF7 .. 3,3 mH
 JAF8 .. 2,2 mH
 JAF9... 2,2 mH
 JAF10 2,2 mH
 MF1 à MF3 moyenne fréq. 455 kHz
 DS1 à DS3 1N4150
 DZ1 ... zener 6,8 V ½ W
 DZ2 ... zener 6,8 V ½ W
 DZ3... zener 5,6 V
 DZ4 ... zener 5,6 V
 TR1 ... NPN BC547
 FT1 ... FET J310
 FT2 à FT7 FET BF245
 IC1-IC2 LM3086
 IC3 ... LM082
 IC4 ... C/Mos 4077
 IC5-IC6 TL082
 IC7 ... LM3086
 IC8 à IC14 TL082
 S1 inverseur

voudraient le réaliser le pourront grâce aux dessins à l'échelle 1:1 des figures 8b-1 et 8b-2. Quand vous l'avez devant vous, montez tous les composants en suivant l'ordre que nous vous indiquons ci-dessous.

Comme d'habitude nous vous suggérons de commencer le montage par l'insertion des supports des circuits intégrés **IC1** à **IC14**, en ayant pris soin d'orienter les repères-détrompeurs en U comme indiqué sur le dessin.

Vous pouvez ensuite continuer par l'insertion de toutes les résistances, après en avoir déchiffré attentivement les valeurs indiquées par les bandes de couleur. Insérez les deux trimmers **R38** et **R56** dont le boîtier est en forme de parallélogramme.

Insérez alors les diodes au silicium **DS1-DS2-DS3** en orientant leurs bagues noires comme indiqué sur la figure et les diodes zener **DZ1-DZ2-DZ3-DZ4** en orientant leurs bagues comme indiqué sur le schéma d'implantation des composants que vous avez sous les yeux.

Poursuivez maintenant en soudant les condensateurs **polyesters**, les **céramiques** et les **électrolytiques** dans les positions qu'ils doivent prendre.

À propos des condensateurs électrolytiques, nous vous rappelons que vous devez porter une grande attention au respect de leur polarité. Après ces composants, occupez-vous des selfs **JAF1** à **JAF10** : elles sont en boîtier rectangulaire.

Placez-les dans leurs positions respectives : montez en haut à gauche **JAF7-JAF8-JAF9-JAF10** et, au dessous, **JAF6**. Placez ensuite, sur la droite du circuit imprimé, en haut **JAF1-JAF2-JAF3** et, plus bas, **JAF4** et **JAF5**.

Montez le transistor **TR1** en orientant son méplat vers la droite et les FET **FT1** à **FT7** avec les leurs dans les bonnes positions (voir figure 8a).

Insérez les moyennes fréquences **MF1-MF2-MF3** dans les bonnes positions également (voir figure 8a) : n'oubliez pas de supprimer au préalable le petit condensateur présent à l'intérieur.

Il ne vous reste qu'à enfoncer délicatement les quatorze circuits intégrés dans les supports **IC1** à **IC14**. Comme vous le voyez en regardant le dessin de la figure 8a, les repère-détrompeurs en U sont à orienter vers le bas, à l'exception du circuit intégré **IC7** (à gauche au milieu) dont le sien est à tourner vers le haut.

Pour achever le montage vous devez encore fixer sur le circuit imprimé la carcasse des **potentiomètres** : placez de gauche à droite, le potentiomètre **R46** du **volume tune**, le **R96** de **Speed**, le double potentiomètre **R66+R67** relatif au **filtre** et le **R10** relatif au **pitch tune**. Pour les monter, pliez délicatement leurs broches en **L**, insérez-les dans le circuit et soudez-les avec soin.

Vous voyez sur le boîtier de ces potentiomètres une fine barrette métallique servant à garantir une fixation parfaite sur le circuit imprimé.

Comme vous pouvez le voir figure 8a, en haut du circuit imprimé vous devrez souder les câbles blindés servant à la liaison avec la **prise de sortie de volume (DC OUT)**, la **prise de sortie BF OUT** et la prise **pitch DC OUT**.

À l'extrémité droite et gauche du circuit imprimé, reliez les deux fils de liaison à l'antenne du **volume** et à l'antenne **pitch**. Pour terminer cette phase de montage, fixez à droite le bornier de liaison à l'**étage d'alimentation EN1789** (voir figure 10a-b).

En ce qui concerne sa réalisation pratique sachez qu'elle ne présente pas non plus de difficulté. Le circuit imprimé simple face est disponible également mais ceux qui voudraient le réaliser le pourront grâce au dessin à l'échelle 1:1 de la figure 10c. Quand vous l'avez devant vous, montez les quelques composants en suivant l'ordre que nous vous indiquons ci-après.

Procédez comme d'habitude en insérant les **condensateurs polyesters** et les **électrolytiques**, en respectant bien la polarité de ces derniers. Montez ensuite le pont **RS1**, le + en bas côté C1 et le - en haut côté C5.

Montez les deux circuits intégrés **IC1-IC2** en orientant leurs semelles métalliques vers les condensateurs **C2-C3** et le transformateur **T1**. Enfin à gauche fixez le **bornier** des sorties et à droite les deux **borniers** servant à la liaison avec le bloc d'entrée secteur et visible figure 11. Sur ces derniers n'oubliez pas le strap.

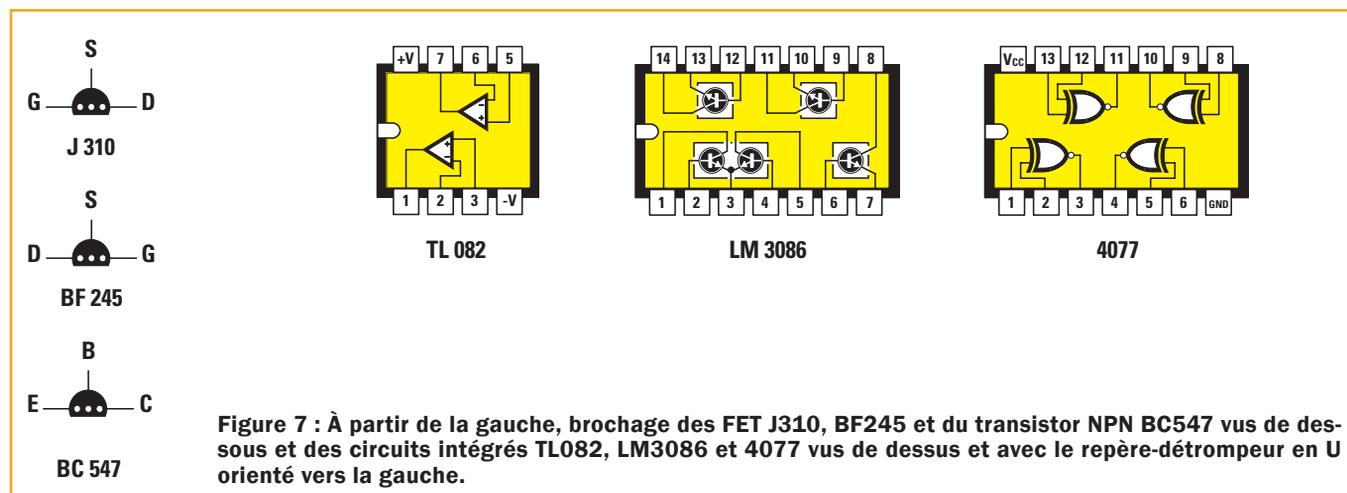


Figure 7 : À partir de la gauche, brochage des FET J310, BF245 et du transistor NPN BC547 vus de dessous et des circuits intégrés TL082, LM3086 et 4077 vus de dessus et avec le repère-détrompeur en U orienté vers la gauche.

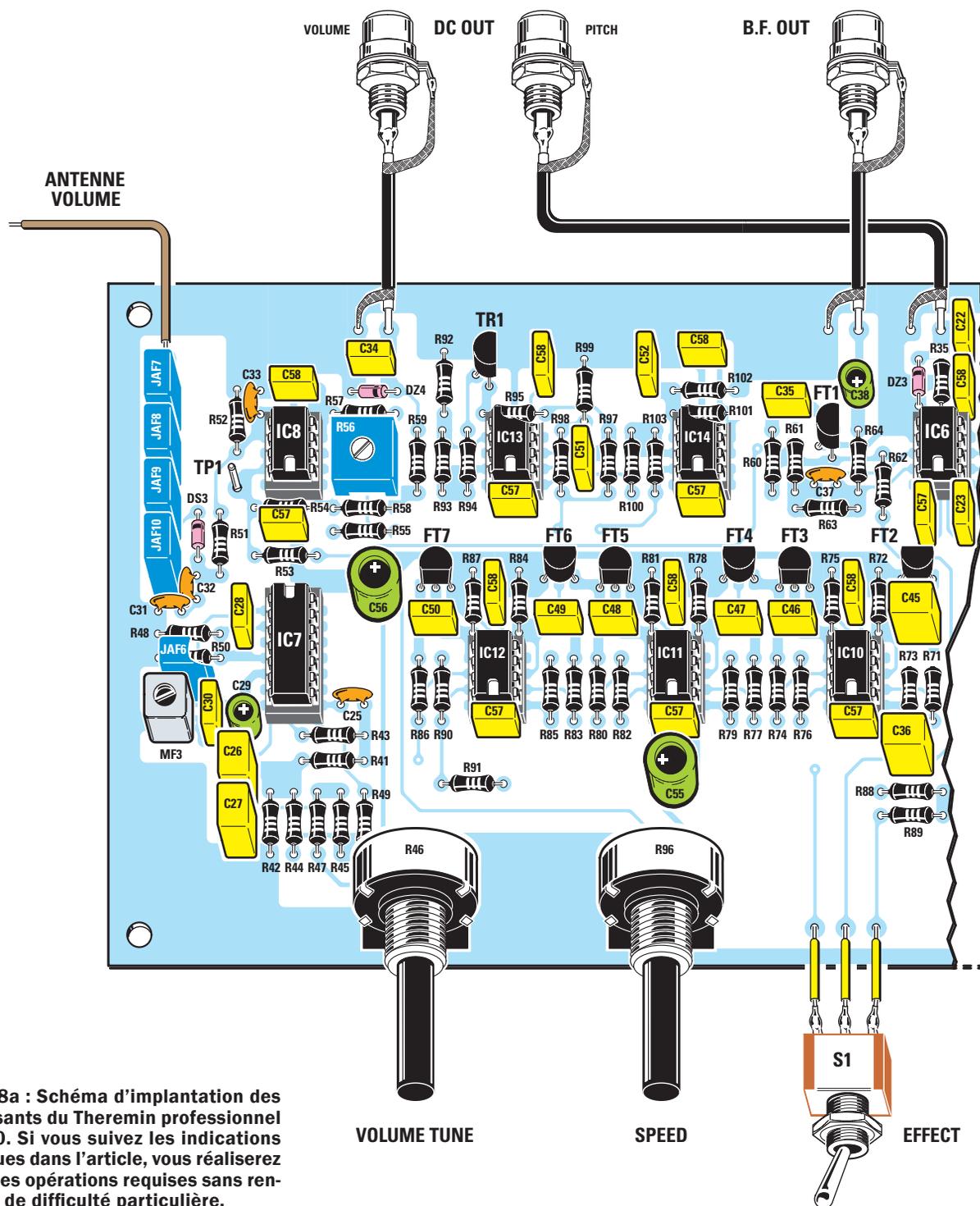


Figure 8a : Schéma d'implantation des composants du Theremin professionnel EN1790. Si vous suivez les indications contenues dans l'article, vous réaliserez toutes les opérations requises sans rencontrer de difficulté particulière.

L'installation dans le boîtier

Une fois réalisé le montage de la platine principale **EN1790** et de l'étage d'alimentation **EN1789**, vous devrez loger les deux platines à l'intérieur du boîtier que nous avons prévu et fixer sur la face avant et le panneau

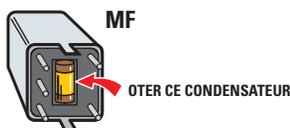
arrière tous les composants externes. Avec quelques courts morceaux de fils de cuivre isolés reliez les broches de l'inverseur **S1 (Effect)** aux pistes du circuit imprimé : laissez assez de longueur pour arriver jusqu'à la face avant.

Fixez-le alors au moyen de l'écrou. Toujours en face avant, insérez les axes des **potentiomètres** que vous avez

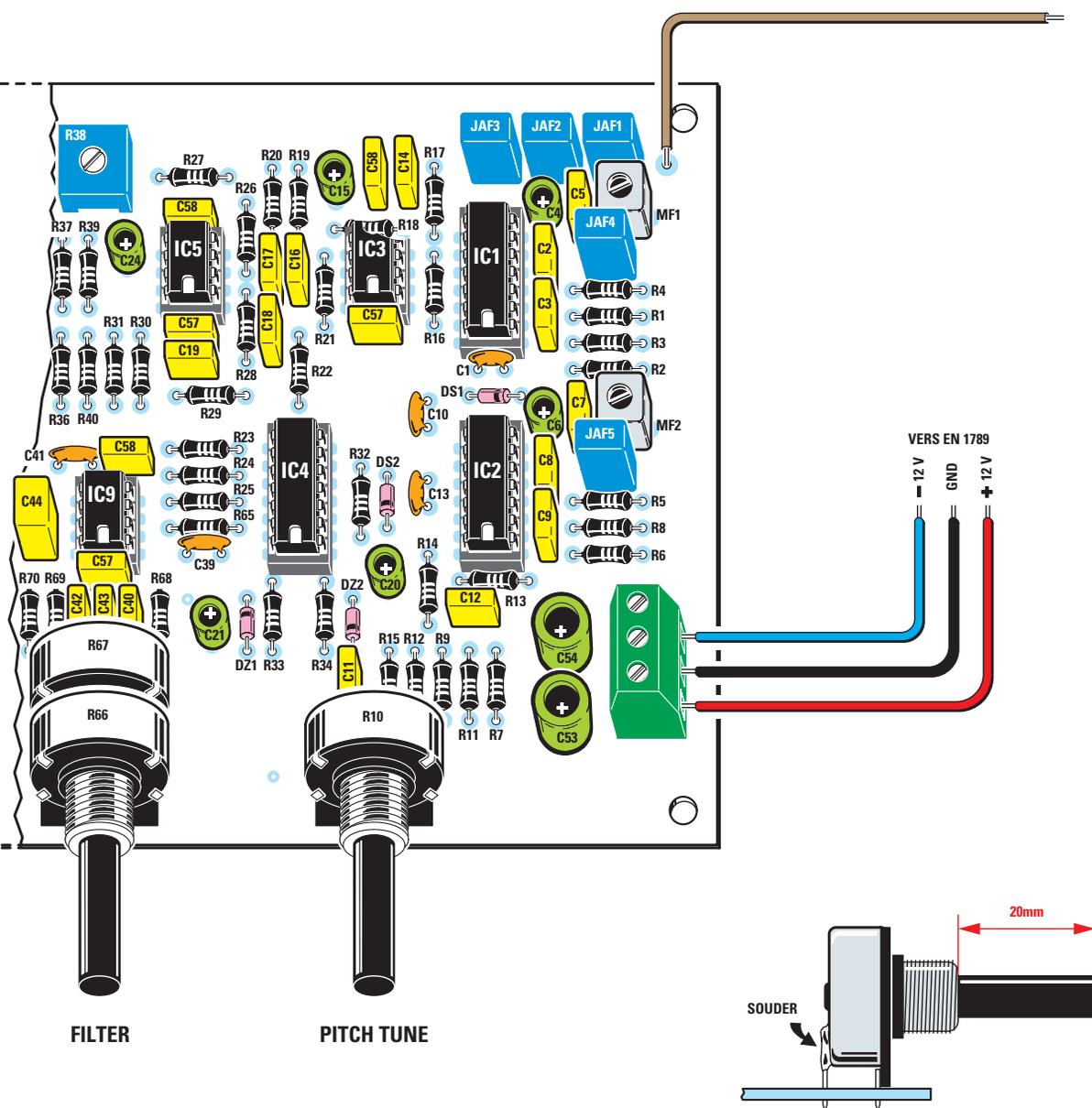
déjà fixés sur le circuit imprimé, mais au préalable coupez-les à la bonne dimension comme le montre la figure 9 : ils doivent sortir de la face avant d'environ **20 mm**. Montez ensuite les boutons de ces potentiomètres.

Dans le panneau arrière, insérez les prises RCA pour le **DC OUT (volume et pitch)** et pour la **basse fréquence BF**

Figure 9 : Indication de la longueur que doivent avoir les axes des potentiomètres pour sortir de manière adéquate de la face avant (en bas à droite).



ANTENNE
PITCH



OUT : reliez les câbles blindés à ces douilles (tresses aux cosses de masse et âmes aux points centraux). Montez le **bloc entrée secteur** (voir figure 11).

Effectuez ensuite le câblage de la platine principale EN1790 avec la platine d'alimentation EN1789 en ayant pris soin de ne pas intervertir les trois fils de liaison.

Le réglage

Avant de procéder à cette phase, précisons que le **Theremin** est à placer loin des objets métalliques qui pourraient influencer négativement sur les antennes. Dans certains cas il est conseillé de relier le pôle négatif de l'alimentation

à une prise de terre de l'installation électrique : sur le panneau arrière du boîtier un dispositif de connexion est prévu pour cela.

L'appareil est à alimenter avec une tension stabilisée de **6 V** et un courant d'au moins **0,5 A**. L'étage à découpage interne produit en effet, à partir de cette tension, le **± 12 V** utilisé par le circuit.

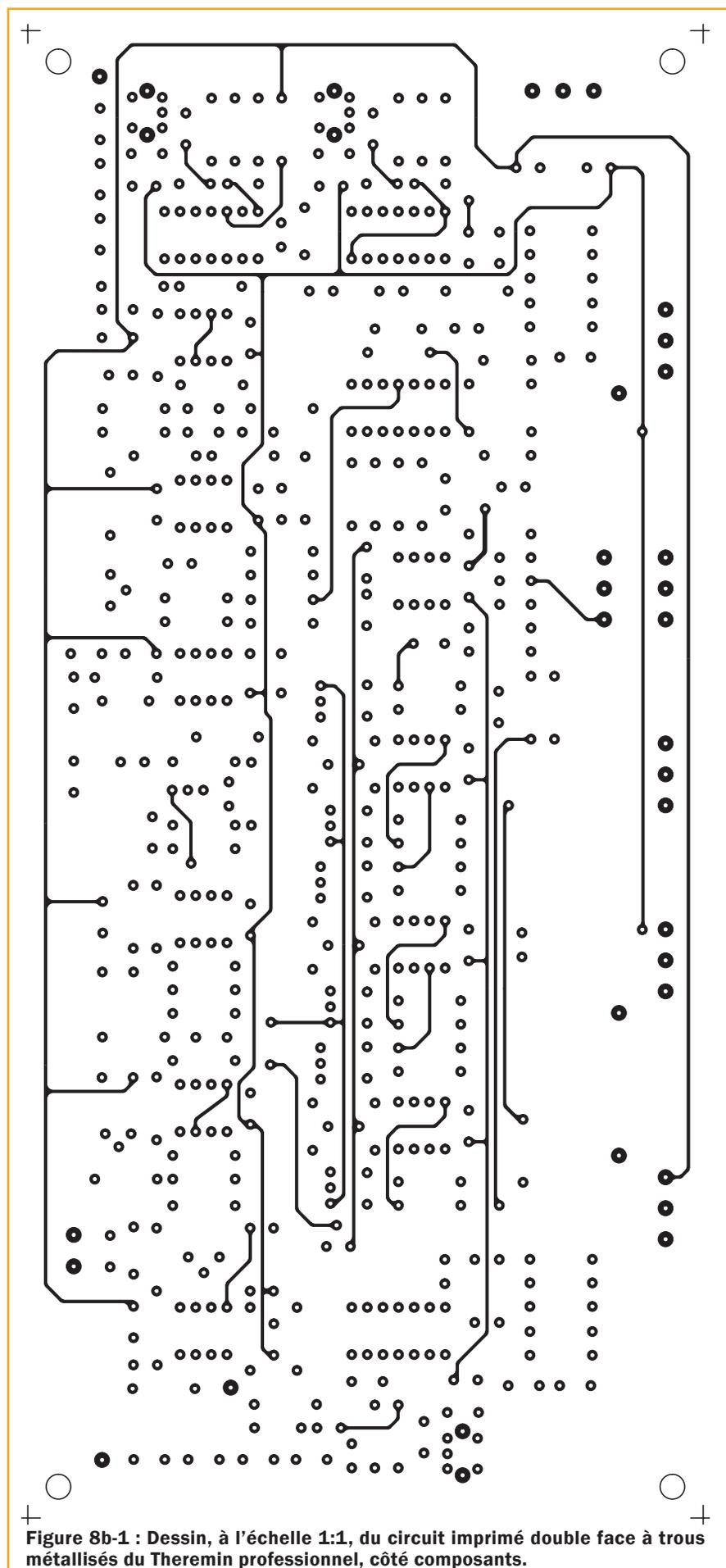


Figure 8b-1 : Dessin, à l'échelle 1:1, du circuit imprimé double face à trous métallisés du Theremin professionnel, côté composants.

Si vous le désirez, vous pourrez contrôler avec un multimètre le fonctionnement correct du circuit en mesurant les tensions générées. À ce propos, considérez que les valeurs peuvent être différentes des valeurs nominales dans une fourchette de $\pm 5\%$: si vous mesurez une valeur, par exemple, de **+11,5 V** au lieu de **12 V** nominal, ne considérez pas qu'il y a une erreur, mais que vous êtes parfaitement dans la norme, car cette petite différence n'aura aucun effet négatif sur le circuit.

Le réglage de l'étage «**Volume**», soit celui relatif à l'antenne «**loop**», peut être effectué sans que la sortie du Theremin soit reliée à un amplificateur basse fréquence et à des haut-parleurs : il est en effet suffisant d'utiliser un quelconque multimètre, réglé pour la mesure des tensions continues. Reliez au point-test **TP1** le cordon positif du multimètre. Le cordon négatif du multimètre est à relier à un quelconque point de masse du circuit.

Note : bien sûr avant de procéder au réglage, vous devrez insérer l'antenne «**loop**» dans sa douille.

Tournez à mi course le bouton du potentiomètre **R46** «**volume tune**», tout en agissant sur le noyau de la bobine **MF3** avec un petit tournevis et **sans approcher la main de l'antenne** : vous devrez amener la tension présente sur **TP1** le plus près possible de la valeur négative maximale (autour de **-5 V**).

Si vous approchez une main de l'antenne, la tension présente sur **TP1** doit tendre vers **0 V**. Donc à partir d'environ **-5 V** on doit atteindre **0 V** quand la main touche l'antenne. C'est là la condition à atteindre pour considérer que le réglage de la bobine **MF3** est terminé. Déplacez maintenant les cordons du multimètre, en respectant la polarité, sur la prise «**volume DC OUT**» de telle manière qu'en agissant sur le trimmer **R56**, on obtienne une tension d'environ **0 V** quand la main touche l'antenne et une tension de **+5 V** environ quand la main est éloignée de l'antenne. Cette tension sera ensuite utilisée pour envoyer des données «**MIDI**» à un générateur sonore externe, par l'intermédiaire d'une interface à laquelle nous travaillons et que nous vous proposerons prochainement.

Passons au réglage de l'étage «pitch»: il est nécessaire de relier la sortie **BF** du **Theremin** à l'entrée d'un quelconque amplificateur de puissance, de manière à pouvoir écouter dans un haut-parleur le signal généré.

Note : bien sûr, pour le réglage de cet étage également, vous devrez insérer d'abord l'antenne «pitch» dans sa douille.

Le bouton du potentiomètre **R10 (pitch tune)** doit être tourné à mi course avant de commencer le réglage. L'objectif est ici d'obtenir la condition pour laquelle on n'a à la sortie aucun signal **BF** quand notre main est éloignée de l'antenne verticale et on a en revanche un signal **BF** dont la fréquence croît d'autant plus que la main se rapproche davantage de l'antenne.

Nous vous suggérons tout d'abord de tourner à mi course les deux noyaux des bobines **MF1** et **MF2** et ensuite d'agir seulement sur un seul de ces noyaux (peu importe lequel, celui de **MF1** ou celui de **MF2**, voir figure 14), de manière à amener le signal de sortie que vous écoutez dans le haut-parleur à zéro.

Puisque la sensibilité maximale s'obtient seulement à une certaine fréquence des oscillateurs, ce réglage sera répété sur différentes positions des noyaux et se terminera en correspondance de celle pour laquelle on obtient l'effet de la main à la distance maximale de l'antenne.

Durant toute la phase de réglage tenez-vous le plus éloigné possible de l'antenne, car cette dernière ne doit pas être influencée par votre corps, dans le cas contraire vous pourriez fausser le réglage.

Il ne vous reste qu'à régler le trimmer **R38** de manière à obtenir à la sortie **pitch DC OUT** une tension continue variable de **0 V** à **+ 5 V** en fonction de la distance de la main par rapport à l'antenne.

Quand la main est éloignée de l'antenne, la tension de sortie doit être égale à environ **0 V** et en revanche, quand elle s'en rapproche au point de la toucher, la tension doit augmenter jusqu'à environ **5 V**.

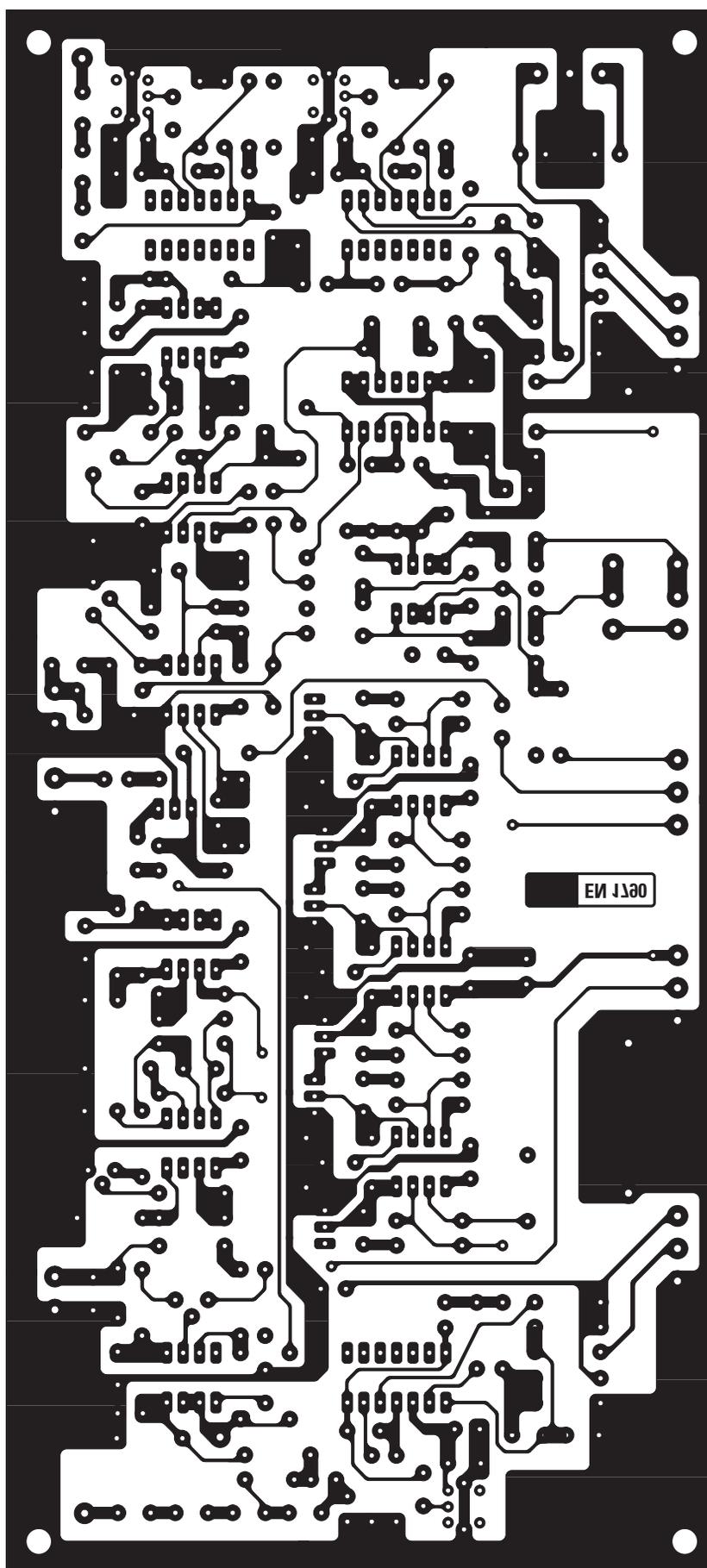
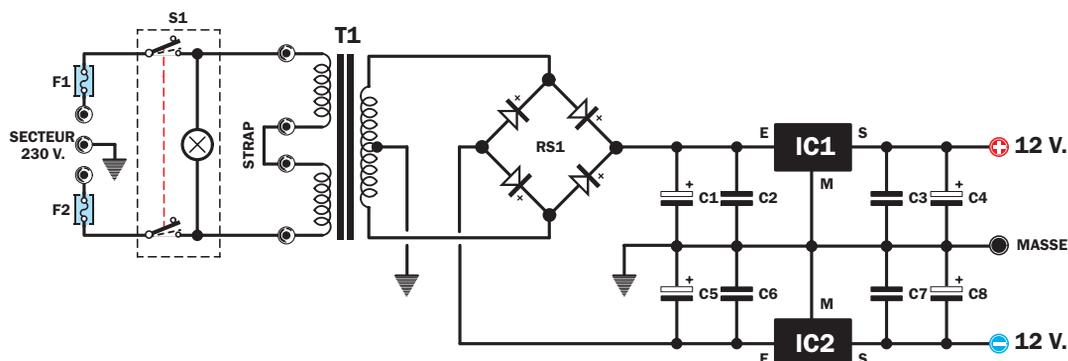


Figure 8b-2 : Dessin, à l'échelle 1:1, du circuit imprimé double face à trous métallisés du Theremin professionnel, côté soudures.

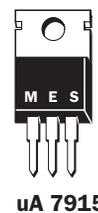
Figure 10a : Schéma électrique de l'étage d'alimentation EN1789 de ce Theremin professionnel et brochage des deux circuits intégrés uA7815 et uA7915 vus de face.



Liste des composants EN1789

C1 1 000 µF électrolytique/35 V
 C2 100 nF polyester
 C3 100 nF polyester
 C4 100 µF électrolytique
 C5 1 000 µF électrolytique/35 V
 C6 100 nF polyester
 C7 100 nF polyester

C8 100 µF électrolytique
 RS1 ... pont redresseur 100 V 1 A
 IC1 ... uA7815
 IC2 ... uA7915
 F1 fusible 1 A
 F2 fusible 1 A
 T1 transfo. 3 W (TS03.01) sec.
 19+19 V 100 mA
 S1 double interrupteur



uA 7815

uA 7915

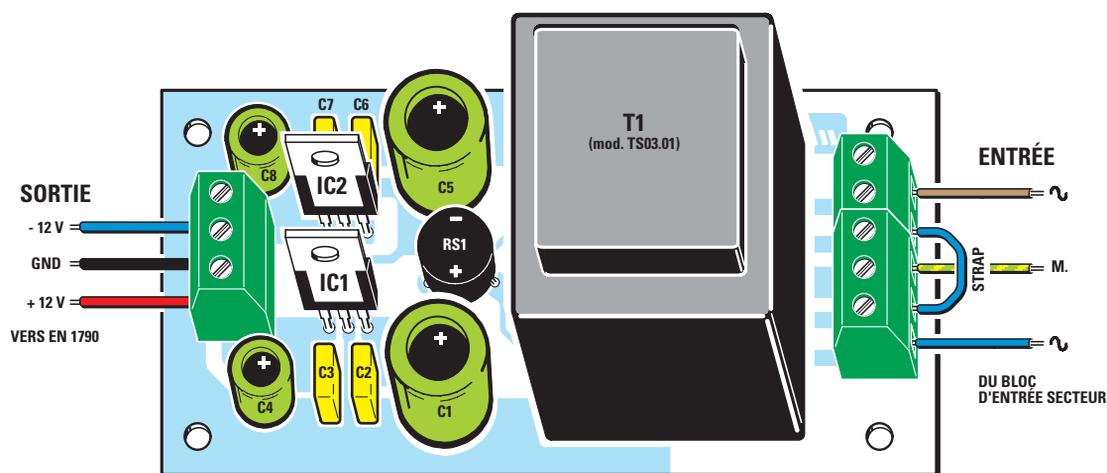


Figure 10b : Schéma d'implantation des composants. À droite vous pouvez voir comment effectuer le câblage du strap sur les borniers d'entrée et les trois fils destinés à la connexion avec le bloc de l'entrée secteur reproduit en figure 11.

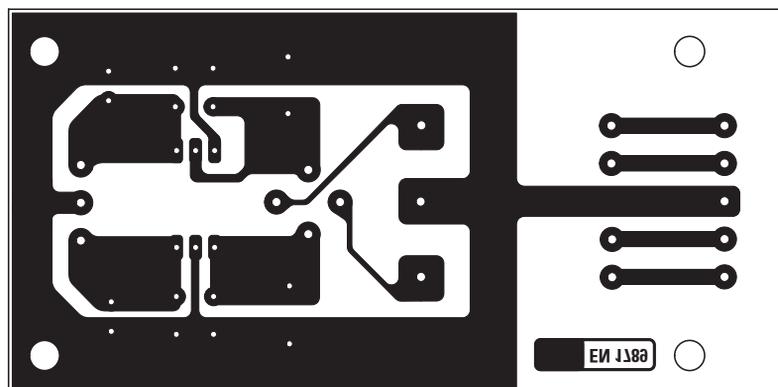


Figure 10c : Dessin, à l'échelle 1:1, du circuit imprimé.

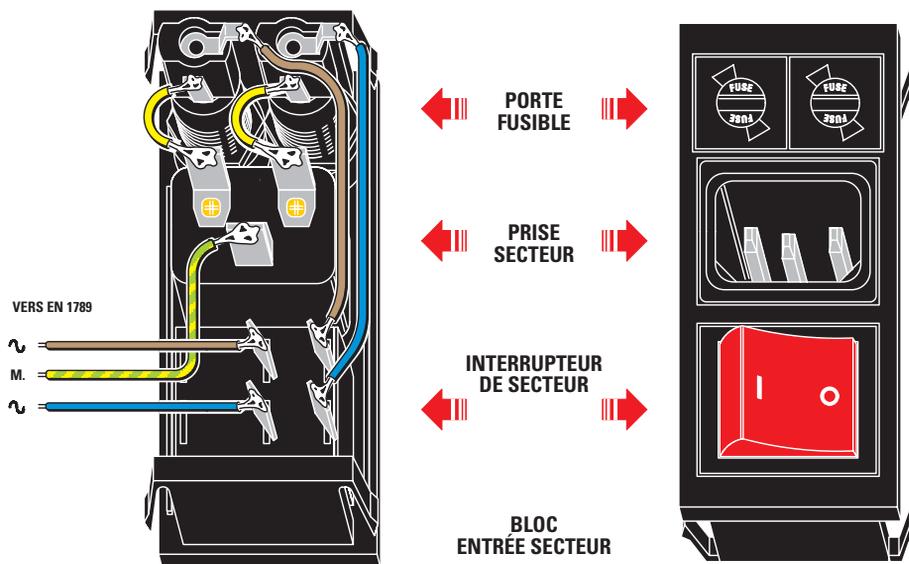


Figure 11 : Ce dessin représente le bloc de l'entrée secteur 230 V, vu de face/arrière. Il doit être inséré dans le logement prévu dans le panneau arrière du boîtier. Nous vous recommandons d'effectuer au préalable les liaisons entre les porte-fusibles et la prise secteur et entre les porte-fusibles et l'interrupteur secteur et, après avoir inséré les fusibles dans les porte-fusibles, entre le bloc et les borniers déjà montés sur le circuit imprimé de l'alimentation EN1789 (voir figure 10 à droite).

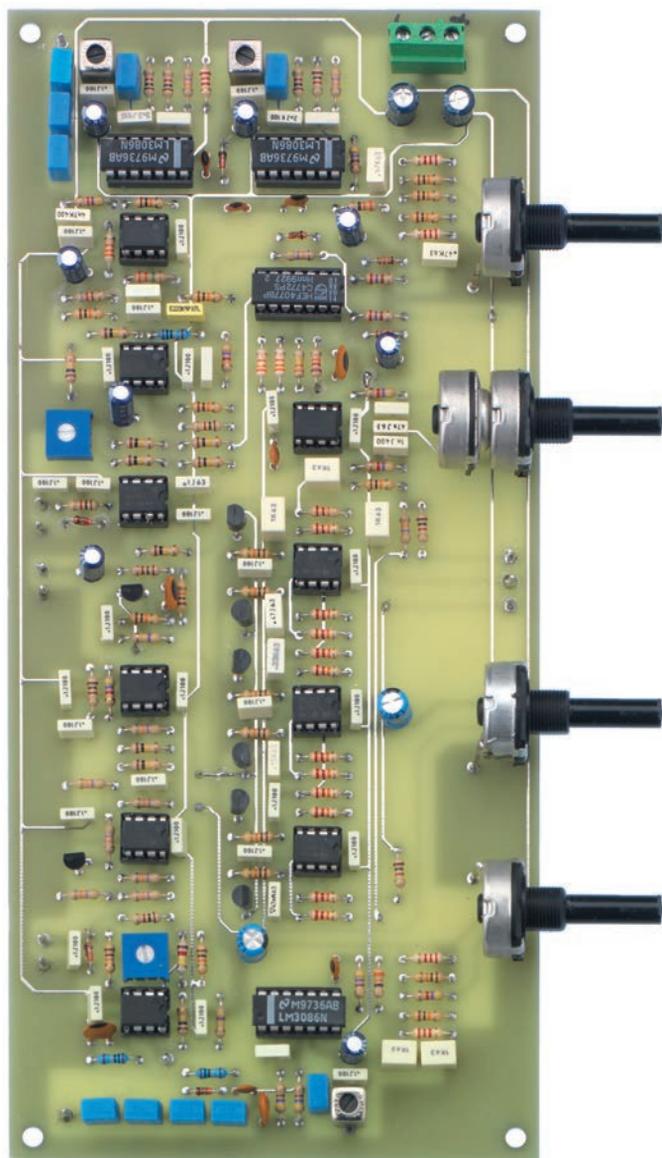


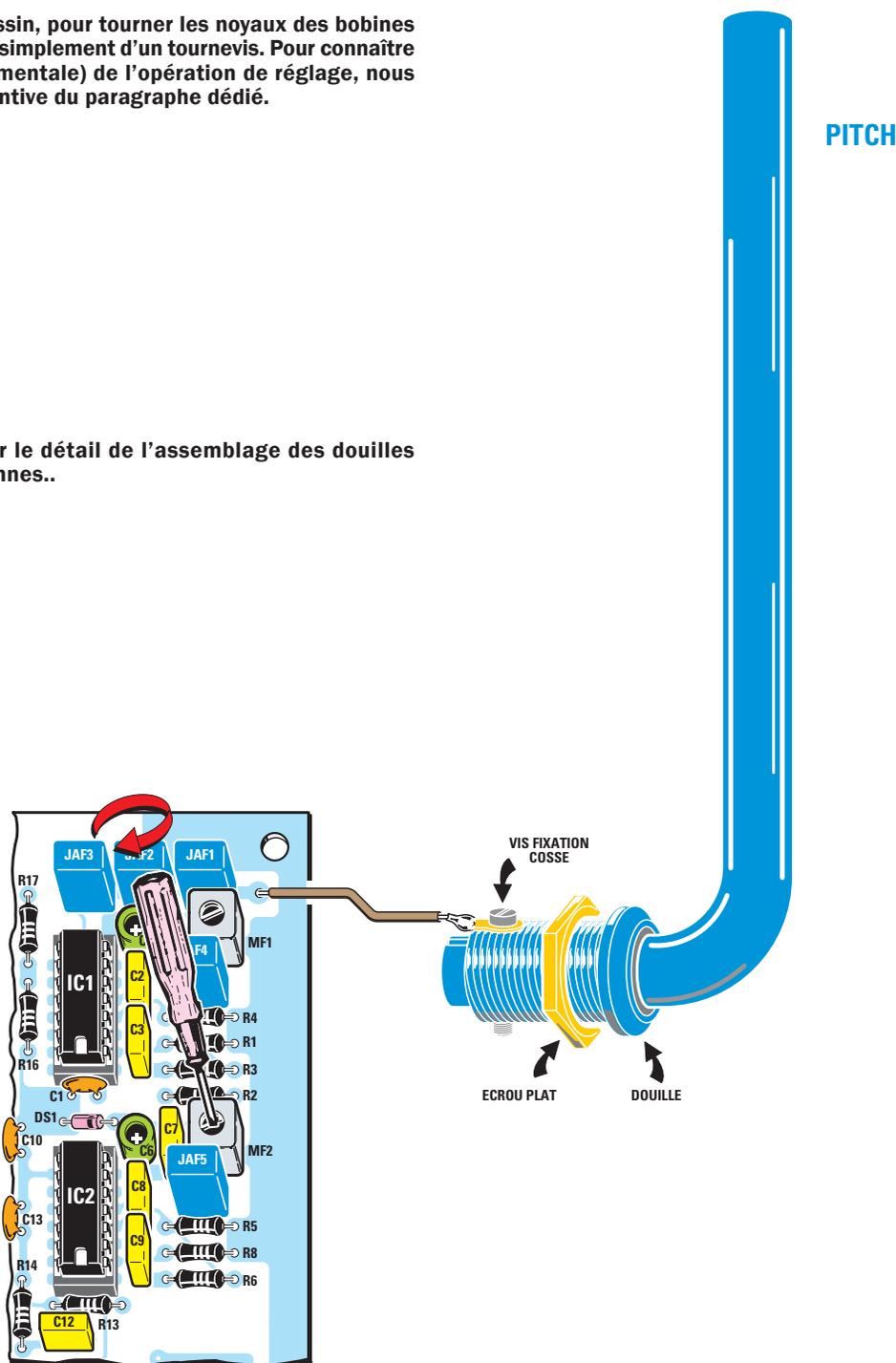
Figure 12 : Photo d'un des prototypes de la platine du Theremin professionnel EN1790 que nous avons montée pour effectuer les essais en laboratoire.

Figure 13 : Cette photo montre la platine principale du Theremin professionnel EN1790 et celle de l'alimentation EN1789, insérées à l'intérieur du boîtier en bois avec face avant et panneau arrière en aluminium anodisé.



Figure 14 : Comme le montre le dessin, pour tourner les noyaux des bobines MF1 et MF2 vous pouvez vous servir simplement d'un tournevis. Pour connaître la séquence complète (mais fondamentale) de l'opération de réglage, nous vous recommandons la lecture attentive du paragraphe dédié.

Note : ci-dessous vous pouvez voir le détail de l'assemblage des douilles dans lesquels on branche les antennes..



Cette tension également sera utilisée comme tension de contrôle pour l'interface **MIDI** que nous préparons. Enfin, contrôlez que l'antenne du volume agit aussi : quand vous approchez la main de cette antenne, le volume de sortie doit diminuer et vice versa. Les deux potentiomètres **R10 (pitch tune)** et **R46 (volume tune)** ont pour rôle de régler les oscillateurs, de telle manière qu'en agissant sur eux on atteigne toujours le réglage juste en présence de capacités externes.

Maintenant vous pouvez fermer le couvercle du boîtier pour commencer à apprendre à jouer du fabuleux instrument que vous venez de réaliser.

Comment construire ce montage ?

Tout le matériel nécessaire (boîtier,

composants) pour construire ce **Theremin EN1789-1790** est disponible chez certains de nos annonceurs. Voir les publicités dans la revue.

Les typons des circuits imprimés et les programmes **lorsqu'ils sont libres de droits** sont téléchargeables à l'adresse ci-après :

<http://www.electronique-magazine.com/circuitrevue/117.zip> ◆

Deux alimentations à découpage

Grâce à leurs dimensions réduites et à la possibilité d'obtenir une vaste gamme de tensions, les alimentations à découpage ont désormais remplacé les traditionnelles alimentations stabilisées linéaires dans d'innombrables applications. Dans cet article nous vous expliquons comment réaliser avec le circuit intégré MC34063A différents types d'alimentations à découpage dans les deux configurations : élévatrice de tension «step-up» et abaisseuse de tension «step-down».



Beaucoup de passionnés d'électronique, qui pourraient simplement construire une **alimentation** stabilisée **linéaire**, choisissent pourtant de se mesurer à bien des difficultés en réalisant une **alimentation à découpage**. S'il n'est pas difficile de comprendre dans les grandes lignes le principe de fonctionnement de cette dernière génération d'alimentations, en effet, en concevoir une qui fonctionne est tout de même plus ardu !

Les alimentations à découpage présentent, par rapport à une alimentation classique, un schéma électrique décidément plus complexe, sans compter que, même au moment de la réalisation, il est indispensable de mettre en œuvre certains moyens de construction.

Nées de la **technologie aérospatiale**, pour laquelle il est d'une importance fondamentale d'utiliser des appareils de **poids** et de **dimensions réduites**, dotés d'un **rendement élevé**, les **alimentations à découpage** sont entrées depuis quelques années dans le domaine «grand public» et elles y ont trouvé de multiples applications, en fait pour la plupart des appareils électroniques.

C'est grâce à leurs dimensions très réduites qu'il a été possible de réaliser des dispositifs toujours plus miniaturisés et avec un rendement s'approchant de plus en plus des mythiques cent pour cent, comme les **ordinateurs portables**, les **lecteurs de DVD**, les **chargeurs de batteries**, les **téléphones mobiles** et encore beaucoup d'autres appareils d'usage quotidien.

Les dimensions réduites et la légèreté ne sont cependant pas leur unique atout : en effet les alimentations à **découpage** offrent au concepteur électronicien bien d'autres possibilités, ce qui les rend quasiment irremplaçables dans certaines applications. Pour n'en citer qu'une, celle de pouvoir obtenir en **sortie** une tension **plus haute** que celle appliquée en **entrée**, ce que fait l'alimentation à découpage élévatrice de tension ou «**step-up**», fonction qui ne peut être assurée par une classique **alimentation linéaire**.

Cette dernière (voir figure 2) utilise en effet un **élément de réglage**, constitué généralement d'un **transistor de puissance**, sur lequel se produit la **chute de tension** permettant de régler la tension de sortie. Dans ce cas le transistor travaille comme une **résistance variable** en série avec la charge. Il s'ensuit que la tension de sortie est **toujours inférieure** à celle d'entrée.

C'est un système de régulation qui fonctionne très bien mais qui a pour inconvénient un **rendement** plutôt **bas**, généralement compris entre **30%** et **60%**, parce qu'une partie non négligeable de la puissance fournie en entrée est dissipée et par conséquent perdue sur l'**élément de régulation**. Ce dernier doit être monté sur un dissipateur adéquat de manière à travailler à des températures non excessives. Ce type d'alimentation est parfois appelé, pour cette raison, «**à dissipation**».

Cela n'arrive pas avec l'**alimentation à découpage**, laquelle travaille de manière complètement différente. Avec ce type d'alimentation, non seulement il est possible de produire en sortie des valeurs de tension **supérieures** à celles d'entrée, mais surtout on atteint un **rendement beaucoup plus élevé**, de l'ordre de **80-90%**, ce qui permet de réduire considérablement les dimensions, en particulier celles du **dissipateur** et du **transformateur** d'alimentation et de prolonger les durées de fonctionnement des appareils alimentés par pile(s) ou batterie(s).

D'un autre côté, l'alimentation à découpage présente certains inconvénients, comme une ondulation résiduelle ou «**ripple**», plutôt **consistante**, qui se

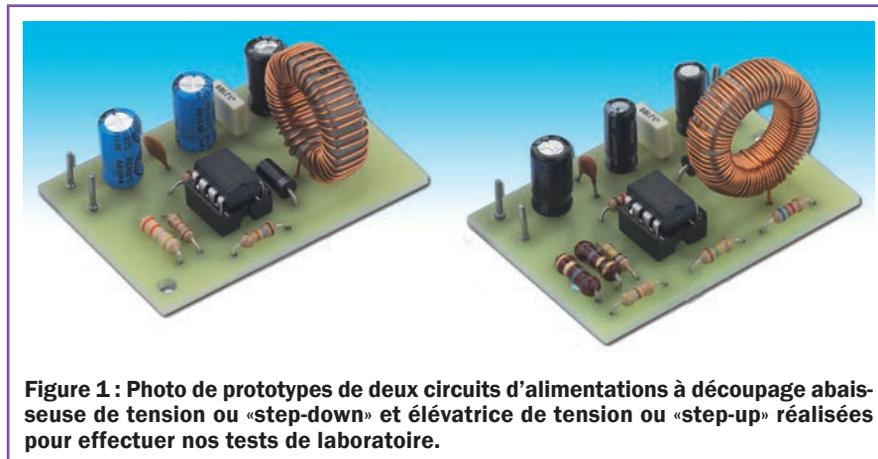


Figure 1 : Photo de prototypes de deux circuits d'alimentations à découpage abaisseur de tension ou «step-down» et élévatrice de tension ou «step-up» réalisées pour effectuer nos tests de laboratoire.

superpose à la tension de sortie et la présence de **bruit haute fréquence**. Tout cela fait que les alimentations à découpage sont déconseillées pour certaines applications sensibles, comme les **alimentations stabilisées** pour **laboratoire** ou bien les **amplificateurs hi-fi**, dans lesquels les alimentations linéaires traditionnelles tiennent encore le haut du pavé.

De toute façon, pour contourner la difficulté de mise en œuvre des alimentations à découpage, on trouve depuis pas mal de temps sur le marché de nombreux **circuits intégrés**, offrant à l'amateur la possibilité de réaliser ce type d'alimentation au plus près de ses besoins effectifs du moment. L'un de ceux-là est le circuit intégré **MC34063A**, qui permet de réaliser un vaste panel d'**alimentations à découpage**.

Cet article illustre les deux principaux types de ces alimentations, la **step-down**, abaisseur, dans laquelle la tension continue de sortie est de valeur **inférieure** à celle appliquée en entrée et la **step-up**, élévatrice, qui permet d'obtenir une tension continue de sortie **supérieure** à celle d'entrée.

Nous vous expliquons dans cet article, quelles sont les différences entre ces deux configurations et comment on calcule les divers composants nécessaires à leur réalisation.

Vous vous rendrez ainsi compte qu'avec ce circuit intégré la conception d'une alimentation à découpage ne présente aucune difficulté particulière et devient véritablement à la portée de tous.

Quand vous vous serez familiarisé avec cette matière, vous pourrez vous amuser à réaliser d'autres alimentations à découpage de types plus complexes et aux caractéristiques plus sophistiquées.

L'alimentation à découpage STEP-DOWN

La figure 3 illustre le principe de fonctionnement d'une alimentation à découpage du type **step-down**. On applique en entrée la tension **continue** venant du groupe de **redressement** et de **lissage** de tension ou bien d'une **batterie**. Dans ce dernier cas, l'alimentation à découpage peut être vue aussi comme un **convertisseur DC-DC**, c'est-à-dire **tension continue-tension continue**.

Sur la ligne d'entrée est monté un **interrupteur (S1)**, en aval duquel se trouve une **self L1** montée en série avec la **charge**, cette dernière étant schématisée par la résistance **RC**. En parallèle avec la charge est monté le condensateur **C1**. À une extrémité de la self est reliée la cathode K de la **diode DS1**.

Pour comprendre le fonctionnement de l'alimentation il faut regarder ce qui se passe au moment de la **fermeture** et à celui de l'**ouverture** de l'**interrupteur**. Nous appelons **Ton** le temps pendant lequel l'interrupteur reste **fermé**, **Toff** le temps pendant lequel l'interrupteur reste **ouvert** et **T** la somme des deux temps **Ton + Toff**. Au moment de la **fermeture** de l'interrupteur, un **courant** commence à s'écouler à travers

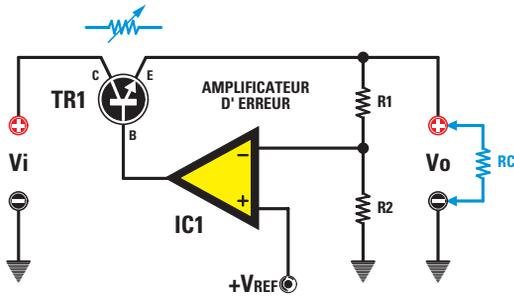


Figure 2 : Dans le dessin vous pouvez voir le schéma simplifié d'une alimentation stabilisée linéaire dans laquelle le transistor de puissance TR1 se comporte comme une résistance variable modifiant automatiquement sa valeur en fonction de la tension d'entrée V_i et du courant consommé par la charge RC afin d'avoir une V_o constante. Dans ce cas la puissance dissipée et donc la chaleur produite par le transistor sont élevées.

Figure 3 : Schéma simplifié d'une alimentation à découpage step-down dans la phase T_{on} pendant laquelle l'interrupteur S1 est fermé. Durant cette phase le courant qui traverse la self L augmente linéairement en fonction du temps de fermeture T_{on} et la polarité à ses extrémités sera celle indiquée sur cette figure et la diode DS1 se comportera comme un interrupteur ouvert.

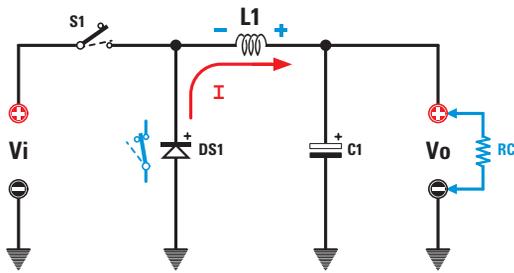
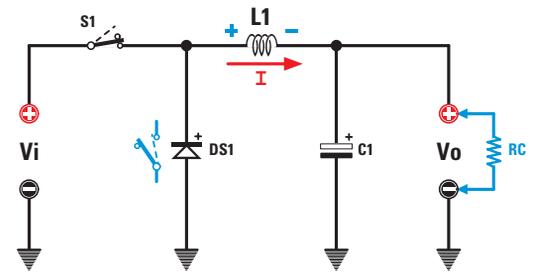


Figure 4 : Dans la phase T_{off} , quand l'interrupteur S1 est ouvert, la polarité aux extrémités de L1 s'inverse, ce qui met en conduction la diode DS1. Le courant I diminue alors linéairement en fonction du temps de fermeture T_{off} . Le condensateur maintient constante la tension de sortie.

ce dernier, une partie traverse la **self** montée en série et la **charge** et une autre partie va charger le **condensateur C1**.

La valeur du courant qui s'écoule dans la **self** croît de manière **progressive** durant le temps **Ton**, parce que ce composant a la caractéristique de **s'opposer** au changement du courant qui le traverse. Si, après le temps **Ton**, on **ouvre** l'interrupteur, la self tend à faire circuler dans le circuit la **même** valeur de **courant** que celle atteinte à ce moment.

Aux extrémités de la self se produit en effet une **tension**, avec la **polarité** indiquée figure 4, qui tend à faire s'écouler encore pendant le temps **Toff** le courant dans la charge à travers la diode **DS1** : cette dernière se trouve maintenant en polarisation **directe** et ainsi la tension aux extrémités de la charge est encore présente pendant le temps **Toff**, c'est-à-dire lorsque interrupteur est **ouvert**.

Quand le courant qui traverse la self diminue, c'est le **condensateur** qui entre en jeu : il se décharge sur la charge, en maintenant la tension **constante**. Si on ferme et ouvre périodiquement l'interrupteur, on obtient à la sortie une valeur de tension dont l'amplitude dépend du rapport entre le temps **Ton** et la période **T**.

Ce rapport est appelé **rapport cyclique**. On calcule précisément la tension de sortie avec la formule :

$$V_{out} = V_{in} \times \left[\frac{T_{on}}{T_{on} + T_{off}} \right] \text{ et :}$$

$$V_{out} = V_{in} \times \text{rapport cyclique}$$

Exemple : On alimente le circuit de la figure 5 avec une batterie de **12 V**. Supposons que l'interrupteur soit fermé pendant **5 ms** et ouvert pendant **15 ms**. Si nous répétons ce cycle nous aurons un **Ton** de **5 ms** et un **Toff** de **15 ms**, ce qui correspond à une période totale de **T = Ton + Toff** de **20 ms**.

Le **rapport cyclique** vaut dans ce cas :

$$5 \text{ ms} : 20 \text{ ms} = 25\%$$

La tension que nous préleverons à la sortie vaut donc :

$$12 \text{ V} \times 25\% = 3 \text{ V}$$

Si maintenant nous portons la valeur de **Ton** et de **Toff** à **10 ms**, nous aurons un **rapport cyclique** égal à :

$$10 \text{ ms} : 20 \text{ ms} = 50\%$$

La tension que nous préleverons à la sortie sera dans ce cas :

$$12 \text{ V} \times 50\% = 6 \text{ V}$$

Portons maintenant **Ton** à **15 ms** et **Toff** à **5 ms**, nous aurons un **rapport cyclique** de :

$$15 \text{ ms} : 20 \text{ ms} = 75\%$$

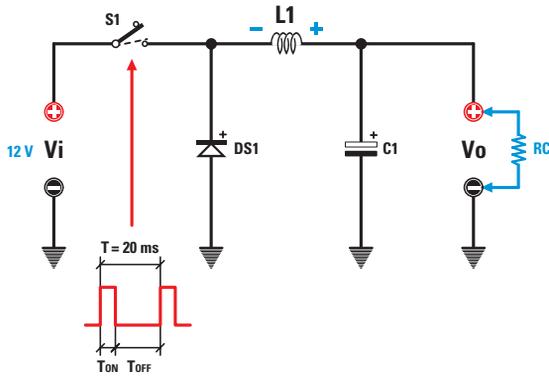


Figure 5 : Si nous pilotons l'interrupteur S1, qui est en fait un transistor ou un MOSFET, avec un rapport cyclique de 25% et une tension d'entrée égale à 12 V, la tension produite à la sortie sera égale à 3 V. En donnant au rapport cyclique d'autres valeurs, nous pouvons modifier la tension de sortie.

Figure 6 : Dans ce schéma l'interrupteur est constitué d'un transistor piloté par le circuit de contrôle lequel, par l'intermédiaire du pont diviseur de tension formé par R1 et R2, contrôle la tension de sortie Vo.

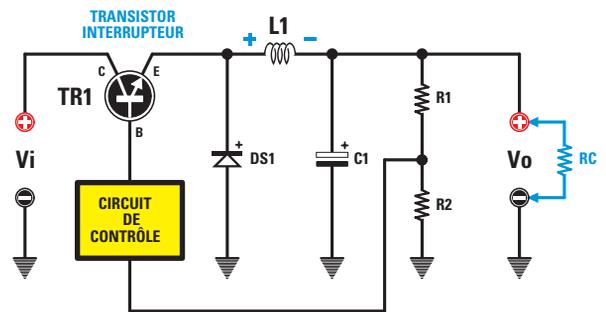
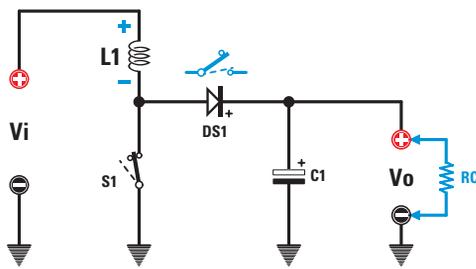


Figure 7 : Exemple de configuration d'une alimentation à découpage step-up dans laquelle la tension de sortie est supérieure à celle d'entrée. Durant la phase Ton il se produit un courant en forme de rampe qui croît linéairement en fonction du temps. La diode étant bloquée, elle isole le condensateur C1 et évite qu'il ne se décharge.



La tension obtenue à la sortie sera dans ce cas de :

$$12 \text{ V} \times 75\% = 9 \text{ V}$$

Comme vous l'avez compris à travers ces exemples, en changeant **Ton** il est possible de **changer** la valeur de la **tension de sortie**. Ce principe est à la base du fonctionnement de toutes les alimentations à découpage. À la lumière de ce que nous avons dit, le schéma synoptique d'une **alimentation à découpage** de type **step-down** est celui de la figure 6.

L'interrupteur a été remplacé par un **transistor** qui travaille en **commutation**. La **fréquence** de commutation est déterminée par le circuit de contrôle et elle est d'environ **50 kHz**, ce qui correspond à une **période T** d'environ **20 µs**. Quand le transistor est **bloqué** (interrupteur **ouvert**), la tension à ses extrémités

est **maximale**, mais le courant qui le traverse est **nul**. Quand il **conduit**, le courant qui le traverse a une **certaine valeur**, mais la tension à ses extrémités correspond à la tension de **saturation**, soit quelques **dixièmes de V**.

Vous avez déjà compris le secret de l'excellent rendement des alimentations à découpage : en faisant travailler l'élément de régulation, c'est-à-dire le transistor, en **commutation**, la puissance dissipée à ses extrémités est **quasiment nulle**.

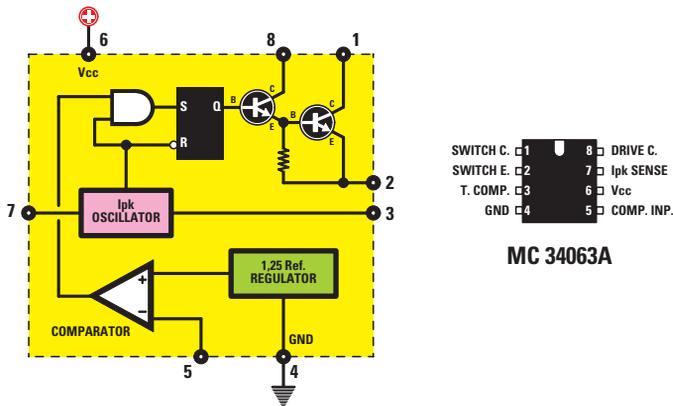
La régulation de la tension de sortie est obtenue en agissant pendant le temps **Ton** du **transistor**. Si la tension de sortie tend à baisser, le **circuit de contrôle augmente** le temps **Ton** pendant lequel le transistor conduit, ce qui restaure la tension au niveau précédent. Si au contraire la tension de sortie tend à **augmenter**, le circuit

de contrôle **réduit Ton** et cela abaisse la tension de sortie. En fait, dans l'alimentation à découpage, la régulation est obtenue en modifiant les **temps de commutation** du transistor lequel, travaillant toujours en mode **on-off**, dissipe une quantité de puissance **extrêmement basse**.

Le schéma que nous avons décrit vaut pour la configuration step-down.

La figure 7 illustre le schéma de principe d'une **alimentation step-up**. Voyons comment se comporte le circuit pendant les deux différents moments : lorsque l'interrupteur est fermé et lorsqu'il est ouvert. Quand l'interrupteur est fermé, le courant commence à s'écouler à travers la self **L1**. La valeur de ce courant croît graduellement durant le temps **Ton**, parce que la self tend à s'**opposer** au changement du courant qui la traverse.

Figure 8 : Durant la phase Toff la diode DS1, étant en conduction, charge le condensateur C1 à une valeur de tension supérieure à celle d'entrée Vi.



MC 34063A

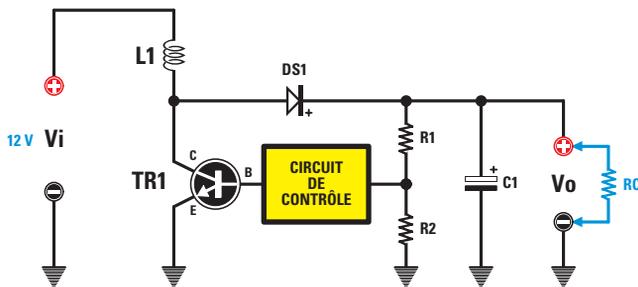


Figure 9 : À gauche, schéma synoptique du circuit intégré MC34063A et à côté brochage de ce même composant vu de dessus et avec le repère-détrompeur en U tourné vers le haut.

Figure 10 : L'interrupteur S1 est remplacé en fait par un transistor ou un MOSFET. Le circuit de contrôle, en modifiant le rapport cyclique du signal de pilotage de TR1, permet d'obtenir différentes valeurs de tensions de sortie Vo.

Lorsque le temps **Ton** est écoulé (voir figure 8), l'interrupteur est **ouvert**. La self tend alors à faire circuler dans le circuit la **même** valeur de **courant** que celle atteinte à ce moment à travers la **diode DS1**, laquelle est en polarisation **directe**. Le courant va en partie charger le condensateur **C1** et en partie traverser la charge **RC**. Ainsi, la tension aux extrémités de la charge est aussi présente pendant le temps **Toff**, quand l'interrupteur est **ouvert**.

Quand l'interrupteur se referme, pendant le temps **Ton**, le **condensateur** entre en jeu : il se décharge sur la charge, en maintenant la tension **constante**.

Si on ferme et ouvre périodiquement l'interrupteur, on obtient à la sortie une valeur de tension dont l'amplitude dépend comme toujours du rapport entre le temps **Ton** et la période **T**, c'est-à-dire du **rapport cyclique**.

Dans ce cas également, la tension de sortie dépend du rapport cyclique de la période de **fermeture/ouverture** de l'interrupteur **S1** mais, par rapport au type step-down, la formule à utiliser est légèrement plus complexe :

$$V_{out} = V_{in} \times [1 : (1 - (T_{on} : (T_{on} + T_{off})))]$$

Exemple : On veut alimenter le circuit de la figure 8 avec une batterie de **12 V**. Supposons que l'interrupteur est fermé pendant **5 ms** et ouvert pendant **15 ms**. Si le cycle se répète, nous aurons donc un **Ton** de **5 ms** et un **Toff** de **15 ms**, ce qui correspond à une période totale **T = Ton + Toff** de **20 ms**.

Le **rapport cyclique** vaut dans ce cas : **5 ms : 20 ms = 25%**

La tension que nous prélèverons à la sortie vaut donc :

$$V_{out} = 12 \times [1 : (1 - (5 : (5 + 15)))] = 16 V$$

soit une valeur plus élevée que celle d'entrée. Si nous portons maintenant la valeur de **Ton** et de **Toff** à **10 ms**, nous aurons un **rapport cyclique** égal à :

$$10 ms : 20 ms = 50%$$

La tension que nous prélèverons à la sortie sera dans ce cas :

$$V_{out} = 12 \times [1 : (1 - (10 : (10 + 10)))] = 24 V$$

Portons maintenant **Ton** à **15 ms** et **Toff** à **5 ms**, nous aurons un **rapport cyclique** de : **15 ms : 20 ms = 75%**

La tension obtenue à la sortie est de :

$$V_{out} = 12 \times [1 : (1 - (15 : (15 + 5)))] = 48 V$$

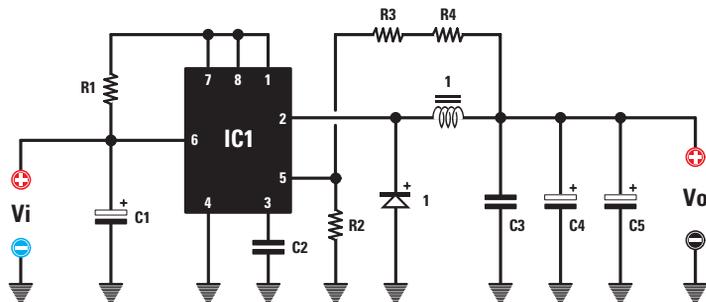


Figure 11 : Schéma électrique complet de l'alimentation à découpage step-down en mesure de fournir en sortie une tension de 5 V.

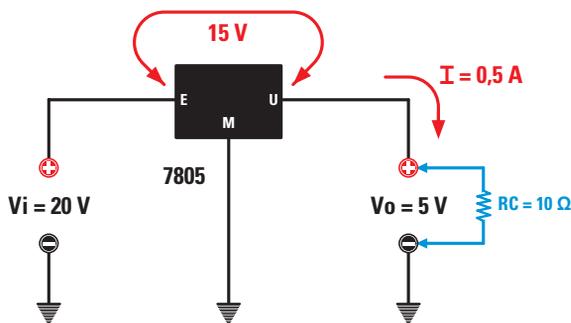


Figure 12 : Si à la place de l'alimentation à découpage nous avons utilisé une alimentation stabilisée linéaire 7805, le rendement obtenu serait de 25% et elle aurait produit une quantité de chaleur non négligeable.

$RC = 10 \Omega$ Rendement = $(2,5 \text{ W} : 10) \times 100 = 25 \%$

Liste des composants EN1786

- R1 0,33 Ω
- R2 12 k
- R3 18 k
- R4 18 k
- C1 100 μF électrolytique
- C2 220 pF céramique
- C3 100 nF polyester
- C4 100 μF électrolytique
- C5 100 μF électrolytique
- DS1 ... BYW100
- IC1 MC34063A
- L1 self 103 μH (voir texte)

40 SPIRES

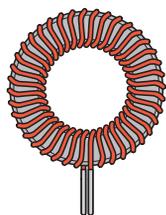


Figure 13 : Pour réaliser la self L1, vous devrez bobiner 40 spires autour du petit noyau torique que vous trouverez dans le matériel disponible. Le fil de cuivre pour réaliser ce bobinage a une section de 0,5 mm.

Comme vous l'avez compris à travers ces exemples, en modifiant **Ton** par rapport à **Toff**, il est possible de **modifier** la valeur de la **tension de sortie** laquelle, s'agissant d'une alimentation à découpage **step-up**, sera toujours supérieure à celle d'entrée.

Convertisseurs DC-DC réalisés avec le circuit intégré MC34063A dans la configuration step-down et dans la configuration step-up

Avec le circuit intégré **MC34063A**, il est possible de réaliser des **alimentations à découpage** de type **step-down**, dans lesquels la tension de sortie est **inférieure** à la tension d'entrée et de type **step-up**, où la tension de sortie est **supérieure** à celle d'entrée. Le circuit **intégré** est logé à l'intérieur d'un boîtier **DIL à 8 broches** et comprend tous les étages nécessaires à la réalisation d'une **alimentation à découpage**, soit :

- **générateur de tension de référence à 1,25 V, stabilisé en température**
- **oscillateur**
- **limiteur de courant de pic**
- **transistor de sortie**
- **comparateur de tension pour amplificateur d'erreur**

La tension maximale d'entrée ne doit pas dépasser **+40 V**, alors que le transistor de sortie peut travailler avec des courants de **pic** jusqu'à **1,5 A** (ne pas confondre avec le courant de **sortie**).

Note : Le courant maximal à débiter sur la charge ne doit pas dépasser **0,75 A**.

La première configuration que nous examinerons est celle de **step-down**, schématiquement illustrée figure 6.

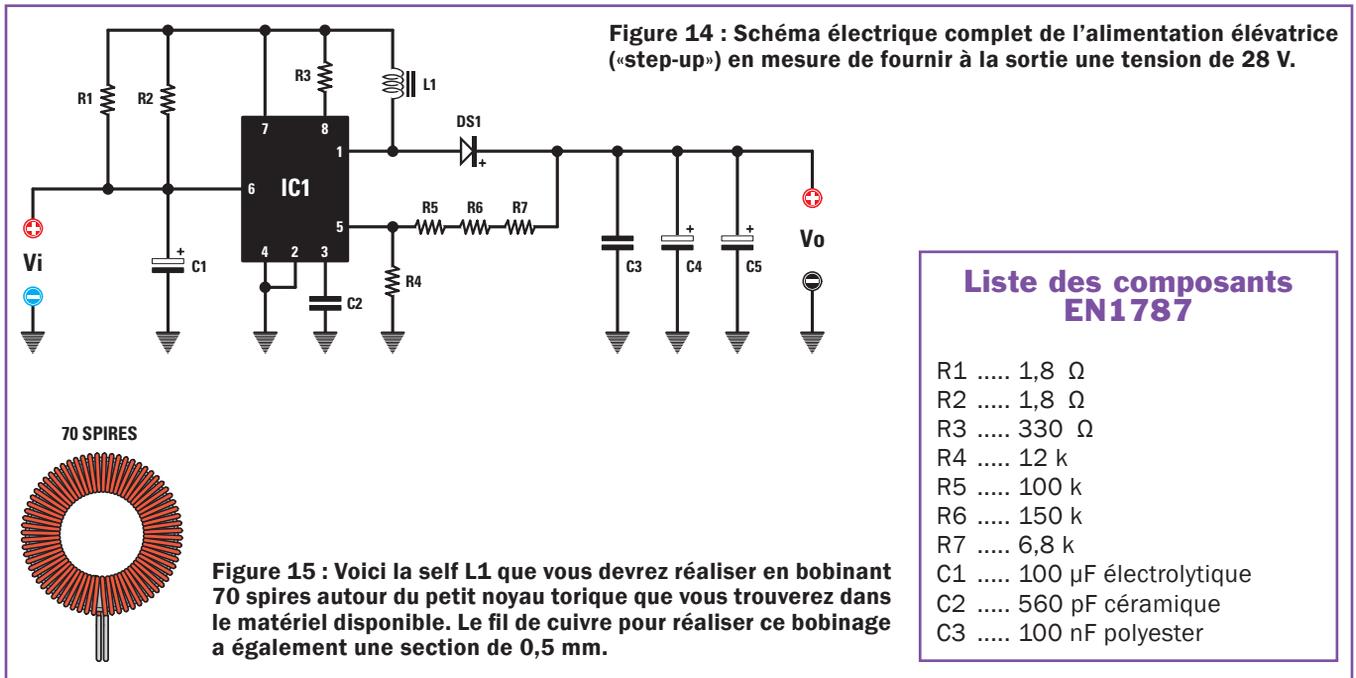
Le transistor de puissance **TR1**, logé à l'intérieur du **MC34063A**, est utilisé comme interrupteur piloté par une onde carrée à rapport cyclique variable.

En modifiant le rapport cyclique, nous pouvons obtenir à la sortie n'importe quelle valeur de tension inférieure à **Vin**. Même si, théoriquement, avec un rapport cyclique de **100%**, la tension de sortie pourrait coïncider avec celle d'entrée. En fait cela n'est pas possible parce que dans ce cas il n'y aurait aucune marge pour la régulation, la **fréquence** de travail est égale à :

$f = 1 : (\text{Ton} + \text{Toff})$

est comprise dans une fourchette de **25 kHz à 75 kHz**.

Exemple : On veut réaliser une alimentation **step-down** avec les caractéristiques suivantes :



Liste des composants EN1787

R1	.....	1,8 Ω
R2	.....	1,8 Ω
R3	.....	330 Ω
R4	.....	12 k
R5	.....	100 k
R6	.....	150 k
R7	.....	6,8 k
C1	.....	100 μF électrolytique
C2	.....	560 pF céramique
C3	.....	100 nF polyester

Vout = + 5,0 V

I out max = 0,4 A

Fréquence de découpage = 50 kHz

Vin min = + 20 V

V ripple (p/p) = 25 mV pp

1 - La première chose que nous devons déterminer est la période de temps **T** correspondant à la **somme** des deux temps (**Ton + Toff**). Pour une fréquence de découpage de **50 kHz**, soit **50 000 Hz**, le temps **T** est égal à :

$$T = (Ton + Toff) = 1 / 50\,000 \text{ Hz} = 0,00002 \text{ s} \text{ soit } 20 \mu\text{s}$$

2 - Après avoir déterminé la **somme** des deux temps (**Ton + Toff**), calculons le **rapport** entre les deux temps **Ton/Toff** nécessaire pour obtenir la tension de l'ordre de **5 V** à la sortie avec une tension d'entrée minimale de **20 V**. Pour calculer cette valeur, il faut utiliser la formule suivante :

$$Ton / Toff = (Vout + 0,8) : (Vin \text{ min} - 1 - Vout)$$

Si nous remplaçons les valeurs requises dans la formule, nous obtenons :

$$Ton / Toff = (5 + 0,8) : (20 - 1 - 5) = 5,8 : 14 = 0,41$$

3 - Trouvons maintenant les valeurs du temps **Toff**, avec la formule suivante :

$$Toff = (Ton + Toff) : (Ton / Toff + 1)$$

Si nous remplaçons dans la formule la valeur que nous avons trouvée précédemment, nous obtenons :

$$Toff = 20 \mu\text{s} : (0,41 + 1) = 20 \mu\text{s} : 1,41 = 14,1 \mu\text{s}$$

Trouvons maintenant **Ton** par soustraction à partir de la somme (**Toff + Ton**) :

$$Ton = 20 \mu\text{s} - 14,1 \mu\text{s} = 5,9 \mu\text{s}$$

Note : Il est important de ne pas oublier que le rapport entre la valeur de **Ton** et le **total (Ton + Toff)** doit de toute façon être inférieur à **0,857**. Cela revient à dire que le **rapport cyclique** ne pourra jamais dépasser **85,7%**.

4 - Calculons maintenant la valeur du **condensateur C2** - elle est liée à la durée de **Ton** - avec la formule :

$$C2 = 40 \times Ton \text{ où :}$$

C2 est exprimé en **pF**

Ton est exprimé en **μs**

Dans notre cas nous avons :

$$C2 = 40 \times 5,9 = 236 \text{ pF}$$

Nous utiliserons la valeur standard la plus proche soit **220 pF**.

5 - **Déterminons** maintenant le courant de **pic Ip** du transistor **TR1**, il est lié au courant maximum **I out max** prélevable à la sortie de l'alimentation, avec la relation :

$$Ip = 2 \times I \text{ out max}$$

Comme vous le voyez, au moment de la conception, il faut se souvenir que le courant de **pic** est **le double** du courant de sortie **maximum**.

Dans notre cas nous aurons :

$$Ip = 2 \times 0,4 \text{ A} = 0,8 \text{ A}$$

6 - Enfin, quand on connaît la valeur du courant de **pic Ip** et de **Ton**, on peut calculer la valeur de la **self L1** de sortie qui est donnée par :

$$L1 = [(Vin - 1 - Vout) : Ip] \times Ton \text{ où :}$$

L1 est la valeur de la self en **μH**

Vin est la tension d'entrée en **V**

Vout est la tension de sortie en **V**

Ip est le courant de pic en **A**

Ton est exprimé en **μs**.

Si nous remplaçons les valeurs dans la formule nous obtenons :

$$L1 = [(20 - 1 - 5) : 0,8] \times 5,9 \mu\text{s} = 103 \mu\text{H}$$

7 - Puisque nous connaissons le courant de pic **Ip**, calculons la résistance **R1** :

Note : Pour un calcul plus correct, il convient de recalculer le courant effectif de pic **I_p**, car maintenant nous connaissons de manière précise à la fois **Ton** et la valeur inductive de la self **L1**.

$$I_p = [(V_{in} - 1 - V_{out}) : L1] \times T_{on} \text{ où :}$$

I_p est le courant de pic en **A**

V_{in} est la tension d'entrée en **V**

V_{out} est la tension de sortie en **V**

L1 est la valeur de la self en **μH**

Ton est exprimé en **μs**.

Si nous remplaçons les valeurs dans la formule nous obtenons :

$$I_p = [(20 - 1 - 5) : 103] \times 5,9 = 0,8 \text{ A}$$

La formule pour calculer **R1** est :

$$R1 = 0,33 : I_p \text{ où :}$$

R1 est la valeur de la résistance en **Ω**

I_p est le courant de pic en **A**.

Si nous remplaçons les valeurs dans la formule nous obtenons :

$$R1 = 0,33 : 0,8 = 0,41 \text{ Ω}$$

Nous pouvons utiliser une valeur standard légèrement inférieure, soit **0,39 Ω**.

Note : Puisque le courant maximum du **MC34063A** ne doit pas dépasser **1,5 A**, la valeur minimale de cette résistance ne doit pas être inférieure à :

$$0,33 : 1,5 = 0,22 \text{ Ω}$$

La puissance de cette résistance ne doit pas être inférieure à :

$$WR1 = (I_p : 2)^2 \times R1 \text{ où :}$$

WR1 est la puissance en **W** de **R1**.

Si nous remplaçons les valeurs dans la formule nous obtenons :

$$WR1 = (0,8 : 2)^2 \times 0,39 = 0,062 \text{ W}$$

On utilise une résistance de **1/4** de **W**.

8 - La valeur minimale du condensateur de sortie ne doit pas être inférieure à :

$$C_{out} = (I_p \times (T_{on} + T_{off}) : (0,008 \times V_{ripple})) \text{ où :}$$

Cout valeur du condensateur en **μF**

I_p courant de pic en **A**

Ton exprimé en **μs**

Toff exprimé en **μs**

V ripple en **mV**.

Si nous remplaçons les valeurs dans la formule nous obtenons :

$$C_{out} = (0,8 \times 20) : (0,008 \times 25) = 80 \text{ μF}$$

Cette valeur satisfait seulement idéalement les réquisits du circuit, car les condensateurs électrolytiques présentent une tolérance considérable en termes de capacité nominale et, en outre, leur résistance **ESR** interne dégrade encore les choses en faisant augmenter l'ondulation résiduelle de sortie. C'est pourquoi il est conseillé d'au moins doubler la valeur de la capacité ainsi calculée ou mieux de monter deux ou plusieurs condensateurs en parallèle. Dans notre exemple nous pourrions monter deux condensateurs de **100 μF** en parallèle.

Note : La valeur en **mV** de l'ondulation résiduelle («ripple») est en général considérée égale à **0,5%** de la tension de sortie de l'alimentation, dans notre cas cela ferait **25 mV**.

$$V_{ripple} = 0,5\% \text{ de la } V_o = (0,5 \times 5) : 100 = 0,025 \text{ V soit } 25 \text{ mV.}$$

9 - Calculons maintenant le pont diviseur de tension qui détermine la valeur de la tension de sortie :

$$V_{out} = 1,25 \times [((R3 + R4) : R2) + 1]$$

La valeur **1,25** correspond à la valeur en **V** de la tension de référence interne du circuit intégré.

Nous pouvons trouver la valeur des résistances **R2** et **R3-R4** avec les formules :

$$R2 = 1,25 \times 10\ 000$$

$$R3+R4 = R2 \times [(V_{out} : 1,25) - 1] \text{ où :}$$

R2 et **R3+R4** sont les valeurs des résistances exprimées en **Ω**

V_{out} est la valeur de la tension de sortie exprimée en **V**.

Si nous remplaçons les valeurs dans la formule nous obtenons :

$$R2 = 1,25 \times 10\ 000 = 12\ 500 \text{ Ω}$$

$$R3+R4 = 12\ 500 \times [(5 : 1,25) - 1] = 37\ 500 \text{ Ω}$$

valeurs à modifier car ce ne sont pas des valeurs normalisées :

pour **R2** nous pourrions utiliser la valeur standard la plus proche, **12 k** ;

pour **R3-R4** nous pourrions monter deux résistances de **18 k** en série et obtenir ainsi une valeur totale de **36 k**.

Voyons avec ces valeurs quelle valeur de tension nous aurons en sortie :

$$V_{out} = 1,25 \times [(36\ 000 : 12\ 000) + 1] = 5 \text{ V}$$

Nous pouvons donc nous considérer satisfaits !

N'oubliez pas de toute façon que vous ne mesurerez pas exactement cette valeur de tension à la sortie, car la tolérance des résistances fera diverger la valeur théorique de celle effectivement constatée. Mais il est toujours possible d'insérer un trimmer dans le diviseur de tension, de manière à régler avec précision la tension de sortie.

La figure 11 nous montre le schéma complet de l'alimentation «step-down» (abaisseuse) que nous avons conçue.

Le condensateur de **100 μF** situé sur la broche **6** du circuit intégré **MC34063A** a pour fonction de filtrer la tension d'entrée. Sa valeur n'est pas critique, mais il vaut mieux qu'elle ne descende pas au dessous de **100 μF** et sa tension de travail doit être supérieure à celle d'entrée. À la place d'un seul condensateur de sortie, il est préférable d'en monter deux en parallèle (voir les deux condensateurs **C4-C5** de **100 μF**) et, pour filtrer les signaux à haute fréquence, il est utile d'insérer un autre condensateur de **100 nF (C3)** en parallèle avec les électrolytiques. La diode **DS1** doit être du type «rapide» avec un temps de recouvrement inverse réduit. En effet lorsqu'on polarise brutalement une diode en inverse après une période de conduction, des charges se sont accumulées dans la jonction passante. Cette charge stockée s'écoule au bout d'un certain temps avant que la diode

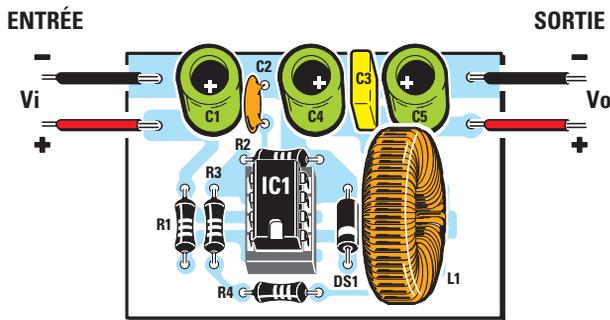


Figure 16a : Schéma d'implantation des composants de l'alimentation à découpage step-down qui fournit en sortie 5 V.

Figure 16b : Dessin, à l'échelle 1:1, du circuit imprimé de l'alimentation à découpage step-down.

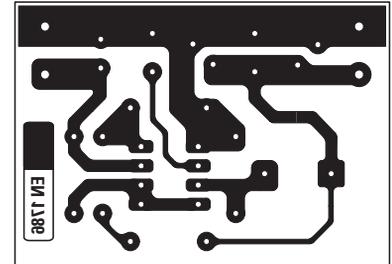


Figure 17 : Photo d'un des prototypes de la platine de l'alimentation à découpage step-down utilisée pour nos essais de laboratoire.

retrouve son **puissance bloquant** c'est ce que l'on appelle la **phase de recouvrement inverse ou temps de recouvrement inverse**. De plus, elle doit être en mesure de supporter le courant de pic (**1,03 A** dans notre cas).

Nous avons donc choisi une **BYW100** qui est bien adaptée à ce type d'applications. Il nous reste à construire la self de sortie **L1** ; bien sûr vous ne pouvez pas utiliser une self pour petits signaux, par exemple une minuscule Neosid, car elle ne supporterait pas le courant auquel elle serait soumise. Pour ces applications on utilise des selfs bobinées sur des noyaux en ferrite ou autre matériau spécial adapté, avec du fil de section suffisante, de manière à réduire les pertes résistives.

Nous avons choisi comme noyau un «torique» **Magnetics C058206A2**, que nous utiliserons pour la réalisation de la self **L1**. Par conséquent la réalisation de cette self en sera simplifiée (il est en effet plus complexe de bobiner sur un noyau **EI** en ferrite).

En outre, simplement en modifiant le nombre des spires, nous pouvons obtenir des valeurs d'inductance différentes,

en fonction des besoins de nos circuits. Pour calculer le nombre des spires, nous utiliserons la formule suivante :

$$N_{\text{spires}} = 100 \times \sqrt{L : 680} \text{ où :}$$

Nspires est le **nombre de spires** à bobiner à l'intérieur du noyau torique

L est la valeur inductive en **μH** de la self **680** est un **nombre fixe** caractéristique du type de noyau utilisé.

Pour construire notre self de **103 μH** nous aurons :

$$N_{\text{spires}} = 100 \times \sqrt{103 : 680} = 38,9 \text{ spires}$$

que nous pouvons arrondir à **40 spires**.

Le diamètre du fil isolé pour transformateur que nous utiliserons sera de **0,5 mm** et on peut voir figure 13 un dessin de la self ainsi construite.

Sur un exemplaire de cette alimentation, avec la sortie chargée par une résistance de **10 Ω** de manière à simuler une charge, nous avons mesuré les valeurs suivantes :

$$\begin{aligned} V_i &= 20 \text{ V} \\ V_o &= 5,0 \text{ V} \\ I_o &= 0,5 \text{ A} \\ I_i &= 0,155 \text{ A} \end{aligned}$$

Si nous connaissons la puissance d'entrée et celle de sortie, il est possible de calculer le rendement :

$$\begin{aligned} P_{\text{in}} &= V_i \times I_i = 20 \times 0,155 = 3,1 \text{ W} \\ P_{\text{out}} &= V_o \times I_o = 5,0 \times 0,5 = 2,5 \text{ W} \\ \text{Rendement} &= (P_{\text{out}} : P_{\text{in}}) \times 100 = (2,5 : 3,1) \times 100 = 80,6\% \end{aligned}$$

Donc seulement **19,4%** de la puissance d'entrée sera «perdu» en chaleur. Si à la place du régulateur à découpage nous avons utilisé un régulateur de tension du type linéaire, comme par exemple un classique **7805**, le rendement eut été bien inférieur (voir figure 12).

L'alimentation à découpage STEP-UP

Après la description de l'alimentation **step-down** où la tension de sortie est toujours inférieure à celle d'entrée,

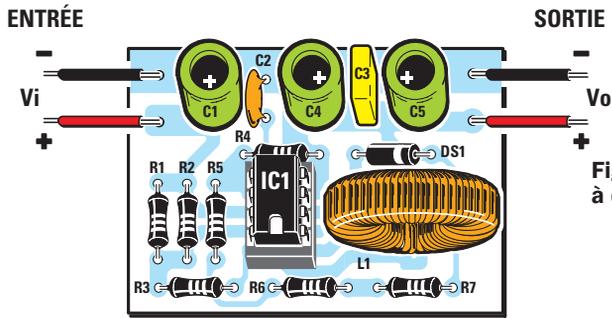


Figure 18a : Schéma d'implantation des composants de l'alimentation à découpage step-up qui fournit en sortie 28 V.

Figure 18b : Dessin, à l'échelle 1:1, du circuit imprimé de l'alimentation à découpage step-up.

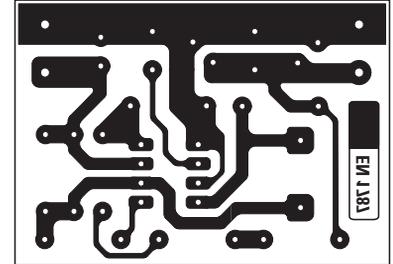


Figure 19 : Photo d'un des prototypes de la platine de l'alimentation à découpage step-up. Pour la réalisation de la self voir figure 15.



commençons à parler de l'alimentation **step-up** et à prendre un exemple de la manière dont elle est conçue avec le circuit intégré **MC34063A**.

Avec ce type de convertisseur, il est possible de prélever à la sortie une tension supérieure à celle appliquée en entrée, chose que l'on ne peut obtenir qu'avec une alimentation à découpage.

Les figures 7 et 8 donnent le schéma de base de cette configuration.

La self **L1**, par rapport à la configuration **step-down**, est montée en série, à travers la diode **DS1**, avec la tension d'entrée et avec celle de sortie. Durant la phase **Ton**, quand le transistor est saturé, la self accumule de l'énergie pour l'acheminer vers la sortie durant la phase **Toff**, ce qui ajoute à la tension d'entrée une tension supplémentaire qui produit en sortie une tension supérieure à celle d'entrée. La diode **DS1** évite que la tension de sortie ne soit court-circuitée par le transistor durant la phase **Ton**.

Exemple : Nous voulons réaliser un alimentation **step-up** avec les caractéristiques suivantes :

Vout = + 28 V
Iout max = 0,05 A soit 50 mA

Fréq. de découpage = 50 kHz
Vin min = +9 V
Vripple (p/p) = 140 mV pp

1 - Avant tout déterminons le rapport **Ton/Toff** :

$$\text{Ton/Toff} = \frac{(\text{Vout} + 0,8) - \text{Vin}}{(\text{Vin} - 1)}$$

Si nous remplaçons les valeurs requises dans la formule, nous obtenons :

$$\text{Ton/Toff} = \frac{[(28 + 0,8) - 9]}{(9 - 1)} = 2,47$$

2 - La seconde chose que nous devons déterminer est la période de temps **T** correspondant à la **somme** des deux temps (**Ton + Toff**).

Pour une fréquence de découpage de **50 kHz**, soit **50 000 Hz**, le temps **T** est égal à :

$$\text{T} = (\text{Ton} + \text{Toff}) = \frac{1}{50\,000\text{ Hz}} = 0,00002\text{ s soit } 20\ \mu\text{s}$$

3 - Calculons maintenant le **Toff** et, par différence, le **Ton** :

$$\text{Toff} = 0,00002 - [(\text{Ton} : \text{Toff}) + 1]$$

Si nous remplaçons les valeurs requis dans la formule, nous obtenons :

$$\text{Toff} = 0,00002 - (2,47 + 1) = 0,0000057\text{ s soit } 5,76\ \mu\text{s}$$

$$\text{Ton} = 20\ \mu\text{s} - 5,76\ \mu\text{s} = 14,24\ \mu\text{s}$$

Note : Le rapport **ton : (ton + toff)** ne doit pas dépasser la valeur **0,857**.

4 - Calculons maintenant la valeur du **condensateur C2** - elle est liée à la durée de **Ton** - avec la formule :

$$\text{C2} = 40 \times \text{Ton} \text{ où :}$$

C2 est exprimé en **pF**
Ton est exprimé en **µs**.

soit :

$$\text{C2} = 40 \times 14,24 = 569\ \text{pF}$$

La valeur la plus proche est : **560 pF**.

5 - Calculons maintenant le courant de pic du transistor interne du circuit **MC34063A** :

$$I_{pk} = (2 \times I_{out}) \times [(Ton : Toff) + 1]$$

Si nous remplaçons les valeurs requises dans la formule, nous obtenons :

$$I_{pk} = (2 \times 0,05) \times (2,47 + 1) = 0,347 \text{ A}$$

6 - Calculons la valeur de la self avec la formule :

$$L1 = [(Vin - 1) : I_{pk}] \times Ton$$

où la valeur de :

L1 est exprimée en μH

Vin est exprimée en **V**

I_{pk} est exprimée en **A**

Ton est exprimée en μs .

Si nous remplaçons les valeurs requises dans la formule, nous obtenons :

$$L = [(9 - 1) : 0,347] \times Ton = 328 \mu\text{H}$$

7 - Calculons la résistance **Rsc**, montée entre les broches **6-7** du circuit intégré **MC34063A**, puisque nous connaissons le courant de pic **I_{pk}** :

$$R_{sc} = 0,33 : I_{pk} \text{ où :}$$

0,33 est un nombre fixe

I_{pk} est exprimée en **A**.

Si nous remplaçons les valeurs requises dans la formule, nous obtenons :

$$R_{sc} = 0,33 : 0,347 = 0,95 \Omega$$

Note : Dans ce cas, pour obtenir cette valeur, nous pourrions relier en parallèle deux résistances de **1,8 Ω** afin d'obtenir une valeur de **0,9 Ω** (voir **R1-R2** dans le schéma).

8 - Calculons maintenant la valeur du condensateur **C4** :

$$C4 = (I_{out} : V_{ripple}) \times Ton \text{ où :}$$

I_{out} courant de sortie en **mA**

V_{ripple} tension d'ondulation résiduelle de sortie en **mV**

Ton en μs

C4 en μF .

Si nous remplaçons les valeurs requises dans la formule, nous obtenons :

$$C4 = (50 : 140) \times 14,24 = 5 \mu\text{F}$$

Note : En fait, il faut augmenter cette capacité d'au moins 4-5 fois par rapport à la valeur calculée pour compenser la tolérance élevée des condensateurs électrolytiques et pour faire en sorte qu'à la sortie la tension d'ondulation résiduelle ne soit pas supérieure à celle que nous nous sommes donnée comme maximale.

Nous utiliserons donc un condensateur de **22 μF** avec une tension d'au moins **50 V** (voir **C4** e **C5** de la figure 14).

9 - Calculons maintenant le pont diviseur de tension qui détermine la valeur de la tension de sortie, sachant que la formule à utiliser est :

$$V_{out} = 1,25 \times [(RX : R4) + 1]$$

La valeur **1,25** correspond à la valeur en **V** de la tension de référence interne du circuit intégré.

Les valeurs des résistances **R4** et **RX** peuvent être trouvées avec les formules :

$$R4 = 1,25 \times 10\,000$$

$$RX = R4 \times [(V_{out} : 1,25) - 1] \text{ où :}$$

R4 et **RX** sont les valeurs des résistances exprimées en Ω

V_{out} est la valeur de la tension de sortie exprimée en **V**.

Si nous remplaçons les valeurs dans la formule nous obtenons :

$$R4 = 1,25 \times 10\,000 = 12\,500 \Omega$$

Que nous pouvons arrondir à **12 k**, valeur standard.

$$RX = 12\,000 \times [(28 : 1,25) - 1] = 256\,800 \Omega$$

comme ce n'est pas une valeur normalisée, nous pourrions utiliser deux résistances, une de **150 k** et une de **100 k** en série afin d'obtenir une valeur totale de :

$$150 \text{ k} + 100 \text{ k} = 250 \text{ k}$$

Valeur assez proche de celle calculée.

Voyons, avec ces valeurs, quelle valeur de tension nous aurons à la sortie :

$$V_{out} = 1,25 \times [(250\,000 : 12\,000) + 1] = 27,29 \text{ V}$$

Si cette valeur était trop faible, on pourrait monter en série avec les deux résistances une autre résistance d'une valeur de **6 800 Ω** , afin d'obtenir pour la résistance **RX** la valeur totale de :

$$150 \text{ k} + 100 \text{ k} + 6,8 \text{ k} = 256,8 \text{ k}$$

(ces trois résistances sont dans le schéma électrique **R6-R5-R7**), ce qui est justement la valeur théorique calculée et avec cette valeur la tension de sortie serait bien de **28 V**.

N'oubliez pas que, de toute façon, vous ne mesurerez pas exactement cette tension à la sortie, car la tolérance des résistances fera diverger la valeur théorique et la valeur effectivement constatée. Mais il est toujours possible de monter un trimmer dans le diviseur de tension, de manière à régler précisément la tension de sortie.

La figure 14 montre le schéma électrique de l'alimentation **step-up**. Pour calculer le nombre de spires à bobiner sur le noyau torique, nous utiliserons la formule suivant :

$$N_{spires} = 100 \times \sqrt{L : 680} \text{ où :}$$

N_{spires} est le nombre de spires à bobiner à l'intérieur du noyau torique

L est la valeur en μH de la self requise **680** est un nombre fixe caractéristique du noyau.

Pour réaliser notre self de **328 μH** nous aurons :

$$N_{spires} = 100 \times \sqrt{328 : 680} = 69,4 \text{ spires}$$

que nous pouvons arrondir à **70 spires**.

Le diamètre du fil isolé pour transformateur que nous utiliserons est de **0,5 mm** et la figure 15 donne le dessin de la self ainsi construite. Pour cette alimentation aussi il faut utiliser une diode «rapide» du type **BYW100 (DS1)** et en parallèle avec le condensateur de sortie nous appliquerons également l'habituel condensateur de **100 nF (C3)** pour filtrer les signaux de fréquence élevée. N'oubliez pas que les valeurs des tensions de travail des

condensateurs de sortie doivent être adaptées aux tensions en jeu : dans notre exemple, nous ne pourrions pas utiliser un condensateur de **25 V** à la sortie, mais un d'au moins **35 V**.

10 - Enfin, il reste à calculer la résistance **Rb** montée entre la **broche 8** et la **broche 7 (R3** dans le notre schéma), qui sert à polariser la base du transistor interne avec un courant suffisant et à assurer une correcte saturation.

Pour avoir cette condition, il faut fournir au transistor final un courant de base d'au moins :

$$I_b = I_{pk} : 20$$

Dans notre cas nous aurons :

$$I_b = 0,347 : 20 = 0,01735 \text{ A}$$

soit **17,35 mA** auxquels il faut ajouter une valeur fixe de courant de **5 mA**.

Le courant total sera de :

$$I_{tot} = 17,35 \text{ mA} + 5 \text{ mA} = 22,35 \text{ mA}$$

R3 sera calculée avec la formule :

$$R3 = [(V_{in} - 1) - (I_{pk} \times R_{sc})] : I_{tot} \text{ où :}$$

R3 est exprimée en Ω

Vin est la valeur de la tension d'entrée exprimée en **V**

Ipk est le courant de pic exprimé en **A**

Rsc est la résistance totale exprimée en Ω montée entre les **broche 6** et **7** du circuit intégré **MC34063A** : dans notre cas elle correspond au montage en parallèle des deux résistances **R1-R2**

Itot est le courant total exprimé en **A**.

Si nous remplaçons les valeurs dans la formule nous obtenons :

$$R_b = [(9 - 1) - (0,347 \times 0,9)] : 0,02235 = 343 \Omega$$

que nous pourrions arrondir à la valeur normalisée inférieure, **330 Ω** .

Note : Dans cette formule nous avons converti les **mA totaux Itot** en **A** en les divisant par **1 000** comme le demande la formule, le **0,9** qui apparaît toujours

dans la formule correspond au montage en parallèle des deux résistances **R1-R2** de **1,8 Ω** montées entre la **broche 6** et la **broche 7** (valeur réduite de moitié).

Reportons ensuite les valeurs que nous avons trouvées sur un prototype d'alimentation que nous avons construit. La sortie à **28 V** a été chargée par une résistance de **500 Ω** pour un courant de **56 mA**.

Les valeurs des tensions d'entrée et des courants relatifs à cet étage sont les suivantes :

$$V_i = 9 \text{ V}$$

$$V_o = 28 \text{ V}$$

$$I_o = 0,056 \text{ A}$$

$$I_i = 0,2 \text{ A}$$

Connaissant la puissance d'entrée et celle de sortie, il est possible de calculer le rendement :

$$P_{in} = V_i \times I_i = 9 \times 0,2 = 1,8 \text{ W}$$

$$P_{out} = V_o \times I_o = 28 \times 0,056 = 1,56 \text{ W}$$

$$\text{Rendement} = (P_{out} : P_{in}) \times 100 = (1,56 : 1,8) \times 100 = 86,6\%$$

On voit que dans ce cas aussi nous sommes en présence d'un rendement élevé indiquant l'efficacité de ce type d'alimentation à découpage.

Terminons ici cette partie consacrée à la description théorique des alimentations à découpage step-down et step-up et passons à la réalisation pratique des deux circuits de base de la figure 11 et de la figure 14.

La réalisation pratique

Les figures 16a et 18a nous donnent les schémas d'implantation des composants respectivement de l'**alimentation abaisseuse «step-down» EN1786** et de l'**alimentation élévatrice «step-up» EN1787**. Comme vous le voyez, leur réalisation est des plus simples car les montages comportent peu de composants. Procurez-vous les deux circuits imprimés simple face ou réalisez-les à partir des dessins à l'échelle 1:1 des figures 16b et 18b. Commencez par l'**alimentation step-down** en montant

le support du circuit intégré **IC1** et continuez avec les **résistances** après en avoir attentivement identifié les valeurs ohmiques. Poursuivez avec la diode au silicium **DS1**, sa bague blanche est à orienter vers le bas.

Montez ensuite les condensateurs **polyesters**, les **céramiques** et les trois **électrolytiques**, en respectant dans ce dernier cas la polarité. Réalisez la self **L1** en bobinant **40 spires** de fil isolé de **0,5 mm** de diamètre autour du petit noyau en ferrite que vous trouverez avec le matériel disponible.

Avant d'en souder les fils de sortie sur les pastilles du circuit imprimé, prenez bien soin de décaper leurs extrémités et de les pré-étamer, afin de vous assurer d'un meilleur contact. Insérez ensuite le circuit intégré **IC1** dans son support et fixez à droite et à gauche les deux paires de fil destinées respectivement à l'entrée (**Vi**) et à la sortie (**Vo**) alimentation.

La réalisation pratique de l'**alimentation step-up** ne diffère guère de la précédente. À l'aide du dessin de la figure 18a vous ne rencontrerez aucune difficulté lors de cette réalisation. La seule précaution à prendre concerne la self **L1** qui comporte cette fois **70 spires** à bobiner autour du noyau en ferrite (voir la figure 15).

Eh bien il ne vous reste qu'à tester les deux circuits pour ensuite les utiliser en fonction de la tension dont vous avez besoin pour vos applications.

Comment construire ce montage ?

Tout le matériel nécessaire pour construire ces deux alimentations à découpages **EN1786-1787** est disponible chez certains de nos annonceurs. Voir les publicités dans la revue.

Les typons des circuits imprimés et les programmes **lorsqu'ils sont libres de droits** sont téléchargeables à l'adresse ci-après :

<http://www.electronique-magazine.com/circuitrevue/117.zip> ◆

Émetteur FM

88-96 MHz

Avec le petit émetteur FM de 88-96 MHz que nous vous aiderons à construire sur la plaque d'essais du Minilab dans ce numéro de la revue, vous comprendrez comment on émet des ondes radio, en quoi consiste la modulation de fréquence et comment fonctionne un véritable émetteur. Vous entrez ainsi à petits pas dans le monde enchanté de la radiofréquence (RF).



Quand vous allumez un **poste de radio**, par la simple pression d'un poussoir, vous pouvez écouter comme par magie des voix et de la musique. Si vous sélectionnez la **gamme** des différentes **longueurs d'onde** et que vous réglez la **syntonie (ou accord)**, vous vous trouvez en mesure de choisir parmi des centaines de **stations** différentes, certaines pouvant être situées à des **milliers de kilomètres**.

Même si cela peut vous paraître évident, pour arriver à ce «miracle», l'extraordinaire intuition d'un grand inventeur et un demi siècle d'innovations technologiques ont été nécessaires. Par les changements introduits dans l'histoire et dans le déroulement de notre vie quotidienne, cette invention peut être comparée à celle de l'ordinateur.

Ceux qui n'ont pas vécu l'évolution des radiocommunications et l'époque où la radio constituait le seul moyen d'ouvrir une fenêtre sur le monde, ne peuvent comprendre combien sa diffusion a contribué au développement de notre bien être. Il est facile de constater qu'aujourd'hui, à presque un siècle de distance de cette grande invention, la plupart des gens n'ont pas la moindre idée du fonctionnement de l'émission d'un signal radio.

C'est pourquoi, dans cette session d'utilisation du Minilab, nous voulons vous proposer une expérimentation qui puisse vous faire comprendre comment se passe la transmission des ondes électromagnétiques. Pour cela nous avons prévu de construire avec vous un minuscule **émetteur FM**.



Figure 1 : Photo de l'émetteur FM monté sur la plaque d'essais du MINILAB EN3000 (ça fonctionne !).

Précisons tout de suite qu'il n'a pas été facile de concevoir un circuit fonctionnant sur la **breadboard** (plaque d'essais) du Minilab, parce que les contacts de cette platine ne sont pas faits pour travailler avec des signaux **haute fréquence** comme ceux des ondes radio. Toutefois nous avons réussi à réaliser un circuit qui, de par son extrême simplicité, donne une garantie suffisante de fonctionnement tout en vous permettant de comprendre comment fonctionne un véritable émetteur radio.

La seule recommandation que nous avons à vous faire est de suivre à la lettre nos instructions de montage : en effet, quand on travaille avec des signaux haute fréquence, il arrive parfois qu'en modifiant une simple connexion, ou bien en laissant le fil d'un composant un peu trop long, le circuit **ne fonctionne pas**.

Si vous suivez scrupuleusement nos indications, vous verrez que la réalisation ne pose aucun problème. Lorsque le montage sera terminé, vous pourrez vous amuser avec votre petit **émetteur FM 88 - 96 MHz** et diffuser dans l'espace (on dit souvent «l'éther») votre **voix**, celles de votre famille et amis et, si vous voulez, votre **musique** préférée.

Le sigle **FM**, comme vous le savez probablement, signifie **modulation de fréquence**. Il s'agit d'un type d'émission et de réception particulier des ondes radio. Quant à **88-96 MHz**, cela indique la **bande** à l'intérieur de laquelle

travaille l'émetteur et correspond à une partie de la bande de réception d'un récepteur **radio FM**.

La portée de l'émetteur est limitée à environ **5-6 mètres**, ce qui est plus que suffisant pour vous permettre de profiter de ce jouet scientifique. Les ondes radio générées par votre émetteur pourront être reçues sur n'importe quel poste de **radio FM**, que vous aurez au préalable réglé sur la fréquence d'émission de l'émetteur, comme nous vous l'expliquerons au cours de l'article. Ainsi, en plaçant le poste FM à l'intérieur du rayon de portée de l'émetteur, vous pourrez surprendre vos amis en leur faisant écouter votre voix captée par le poste comme s'il s'agissait de n'importe quel programme radiophonique. Et si vous suivez avec attention les explications contenues dans l'article, vous comprendrez comment on **génère** et comment on **transmet** (sans fil) les **ondes électromagnétiques**, bref comment fonctionne un **émetteur radio** et en quoi consiste la **modulation de fréquence**. Ainsi vous commencerez à explorer, en vous divertissant, l'univers fascinant de la radiofréquence.

Comment se passe l'émission des ondes radio

Au moyen de votre poste de radio vous êtes en mesure de capter parfaitement la

voix d'un animateur ou bien un **morceau de musique**, c'est-à-dire des **ondes sonores** vous parvenant à distance, parfois à travers des centaines voire des milliers de kilomètres ! Ce prodige est possible grâce à l'existence des **ondes électromagnétiques** lesquels, comme vous le savez, se propagent dans l'éther (l'espace) à une très haute vitesse, proche de **300 000 kilomètres par seconde**. C'est en mettant à profit ces ondes électromagnétiques comme moyen de transport qu'il est possible de transmettre à grande distance les **ondes sonores** comprises dans la gamme acoustique, de **20 Hz à 20 000 Hz**, normalement perçues par notre oreille (**voix et sons**).

Pour cela on utilise un appareil appelé **émetteur**. L'émetteur convertit, au moyen du **microphone**, les ondes sonores en un **signal électrique basse fréquence (BF)**, comprises entre **20 Hz et 20 000 Hz**. Ce signal basse fréquence, correspondant aux sons que l'on désire transmettre, est ensuite envoyé à l'intérieur d'un autre signal électrique **sinusoïdal haute fréquence**, d'**amplitude et de fréquence constantes**, généré par un **circuit oscillateur** et appelé «**porteuse**», parce que son rôle est de le transporter dans l'espace (ou l'éther) sur une grande distance.

Cette superposition entre le **signal BF** à transmettre et la **porteuse** est appelée **modulation**. Le signal **modulé** est ensuite amplifié et envoyé à l'**antenne**, laquelle s'occupe de le faire rayonner dans l'espace de telle manière qu'il puisse être reçu et écouté à distance par un autre appareil, le **récepteur**. Le **récepteur** capte les ondes électromagnétiques par l'intermédiaire de son **antenne**, le retransforme en un **signal électrique** et, grâce à la **démodulation**, sépare le **signal original** (produit par le microphone) de la **porteuse**. Le signal résultant est ensuite amplifié et envoyé à un haut-parleur, ce dernier reconstruisant ainsi parfaitement la **son** envoyé (on a vu comment) par l'émetteur. Dans une émission de radio on utilise principalement deux systèmes de **modulation**, la modulation d'**amplitude** (en Anglais «**Amplitude Modulation**») **AM** et la modulation de **fréquence** (en Anglais «**Frequency Modulation**») **FM**. La figure 3 illustre le principe de fonctionnement de la modulation d'**amplitude**.

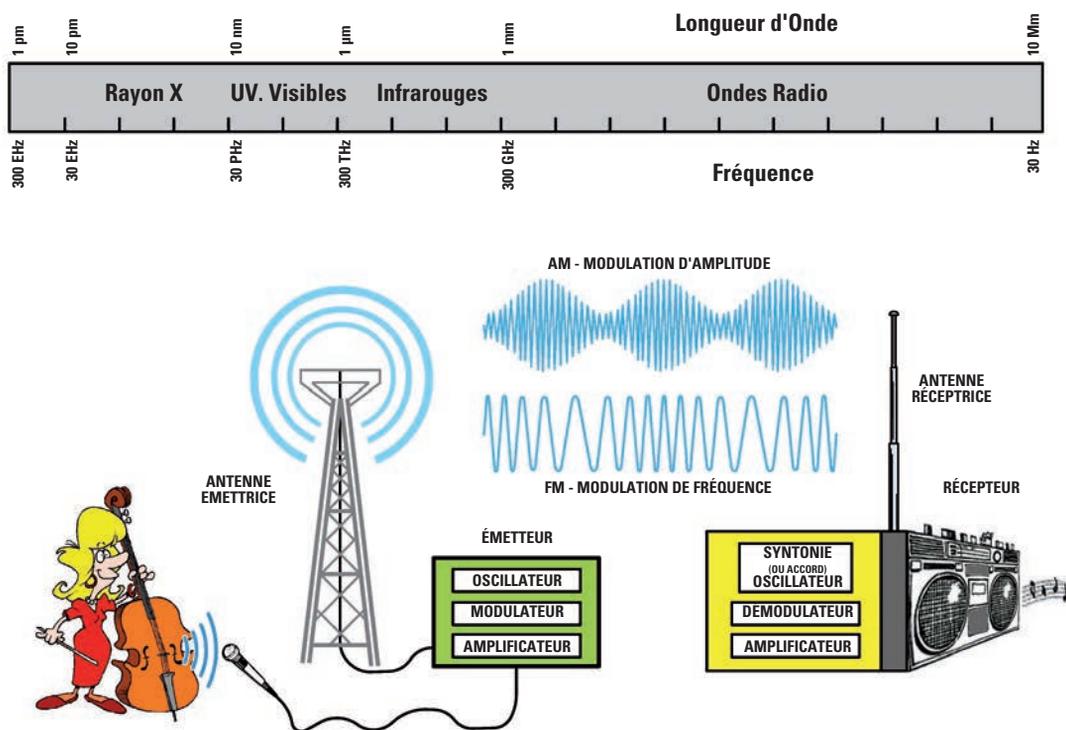


Figure 2 : Ce dessin schématise l'émission d'un signal radio. Les ondes sonores sont converties par le microphone en un signal électrique **BF** qui est envoyé à l'émetteur, lequel s'occupe de le moduler sur la porteuse et de le transmettre dans l'espace au moyen de l'antenne sous la forme d'ondes électromagnétiques. Les ondes électromagnétiques, modulées en amplitude (AM) ou bien en fréquence (FM), sont captées par l'antenne du récepteur, qui s'occupe de les transformer à nouveau en un signal électrique. Si on accorde le récepteur sur la même longueur d'onde que celle de l'émetteur, il est possible de séparer le signal BF de la porteuse et, après une amplification adéquate, l'envoyer au haut-parleur afin qu'il reproduise le son d'origine. En haut vous voyez où les ondes radio se situent, en fonction de leur longueur d'onde, au sein de l'ensemble des ondes électromagnétiques comme la lumière et les rayons X.

Avec ce type de modulation le signal électrique **BF** produit par le microphone détermine sur la porteuse haute fréquence des variations de l'**amplitude** des pics (ou crêtes). Le résultat est une onde haute fréquence dont l'amplitude d'un pic à l'autre varie exactement comme le signal produit par le microphone. Comme vous pouvez le noter, si vous regardez les deux pics (le positif et le négatif) de la porteuse, il est possible de «voir» exactement le signal basse fréquence que l'on veut transmettre. Dans ce cas on parle de modulation d'amplitude, parce que ce qui varie c'est uniquement l'**amplitude** de la porteuse, la fréquence restant la même.

La modulation d'amplitude offre l'avantage d'occuper une bande restreinte, mais elle a l'inconvénient d'être très sensible aux parasites. En outre, en modulation d'amplitude il n'est pas possible d'émettre des signaux de fréquence supérieure à **5 000 Hz**.

Par exemple, il est possible de transmettre facilement la voix humaine, laquelle généralement ne dépasse pas cette fréquence, mais il n'est pas possible de transmettre des sons **aigus** couvrant la gamme de **5 000 à 15-16 000 Hz**.

C'est pourquoi la modulation d'**amplitude AM** a été abandonnée pour la plupart des transmissions radiophoniques et remplacée par la (plus récente) modulation de **fréquence FM**, laquelle permet de couvrir toute la bande acoustique de **20 Hz à 20 000 Hz** avec en plus une **fidélité** bien meilleure pour la reproduction du son. La modulation **AM** est encore utilisée dans les émissions radiophoniques en ondes **moyennes** et en ondes **courtes**.

La figure 4 illustre quant à elle le principe de fonctionnement de la modulation de **fréquence** ou **FM**. Cette fois le signal électrique **BF** produit par le microphone «module», c'est-à-dire fait

varier continuellement, la **fréquence** de la porteuse. Précisément, quand l'amplitude du signal BF à transmettre croît, comme on le voit dans le dessin du haut, la fréquence de la porteuse **augmente** (ondes plus serrées). Quand l'amplitude du signal diminue, comme dans le deuxième dessin, la fréquence de la porteuse **diminue** (ondes moins serrées). La différence entre les deux systèmes de modulation est évidente : en **modulation de fréquence FM** la porteuse a toujours la même amplitude, mais la **fréquence** varie continuellement autour de la valeur centrale de la porteuse, comme on le voit sur la figure 4.

Cette variation de fréquence est telle que la modulation **FM** occupe une «largeur de bande», c'est-à-dire une série de fréquences, nettement supérieure à l'**AM**. C'est pour cela que les différentes stations FM ont tendance à se superposer. Pour éviter ce phénomène (assez cacophonique !), chaque station a à sa disposition

une bande de fréquences latérales par rapport à la fréquence centrale de la porteuse de +/- 75 kHz, soit +/- 75 000 Hz, largeur de bande **ne** pouvant absolument **pas** être dépassée. Cela signifie que si nous désirons émettre en utilisant une porteuse à **100 MHz**, en l'absence de tout signal du microphone nous aurons à la sortie de l'émetteur une porteuse non modulée, c'est-à-dire une onde de fréquence **100 millions de Hertz**, soit **100 000 000 de Hz** ou **100 MHz**.

Si maintenant nous transmettons un morceau de musique couvrant la **bande audio**, la fréquence à la sortie de l'émetteur variera, mais sans dépasser ces deux valeurs :

$$100000000 + 75\ 000 = 100\ 075\ 000\ \text{Hz}$$

$$100000000 - 75\ 000 = 99\ 925\ 000\ \text{Hz}$$

soit respectivement **100,075 MHz** et **99,925 MHz**.

Comme on l'a dit précédemment, pour produire la fréquence **porteuse** on utilise un type de circuit particulier appelé **oscillateur**.

L'oscillateur

La figure 5 donne le schéma d'un circuit constitué d'une **self L** et d'un **condensateur C**, reliés entre eux en série par une **résistance R**, d'un **inverseur S** et d'une quelconque **batterie** ou **pile**. Par l'intermédiaire de l'**inverseur** le condensateur peut être relié alternativement à la **batterie** ou bien à la **self**. Quand l'inverseur est dans la position «**A**», le condensateur se charge à la tension de la batterie, comme le montre la figure 5. Dès que l'inverseur est mis en position «**B**», voir figure 6, le condensateur commence à se décharger sur la **self L** à travers la **résistance R**.

Si la résistance est d'une valeur suffisamment **faible** pour satisfaire à la condition :

$$R^2 < 4 L / C$$

où **R²** est la valeur de la résistance en Ω au carré, soit **RxR**

L est la valeur de l'inductance (de la self) en **H**

C est la valeur de la capacité (du condensateur) en **F**

alors, dans le circuit s'amorce un phénomène **oscillatoire amorti** et le courant commence à s'écouler **alternativement** dans les deux sens, puis réduit progressivement jusqu'à **zéro** après un certain nombre d'**oscillations**, comme le montre le graphique de la figure 6. Si nous observons avec un oscilloscope la tension aux extrémités du condensateur, nous voyons

MODULATION D'AMPLITUDE A.M.

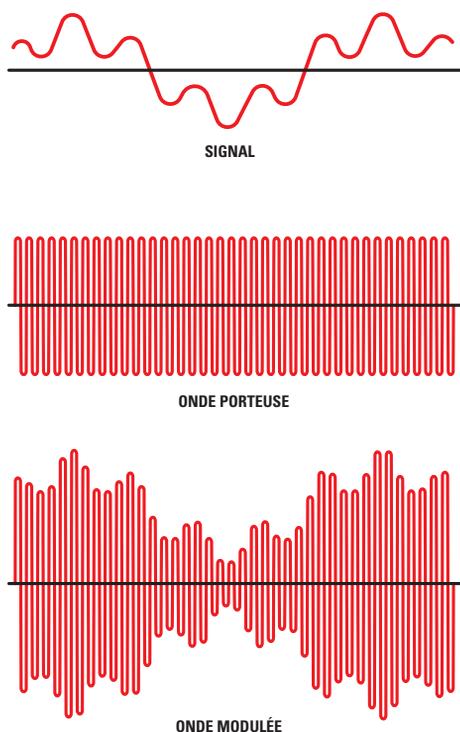


Figure 3 : En modulation d'amplitude le signal BF à transmettre va modifier l'amplitude de la porteuse. Si vous regardez l'amplitude des pics de l'onde modulée, vous pourrez reconnaître dans la partie supérieure et dans la partie inférieure la même évolution du signal BF. La fréquence de la porteuse reste en revanche parfaitement constante.

MODULATION DE FRÉQUENCE F.M.

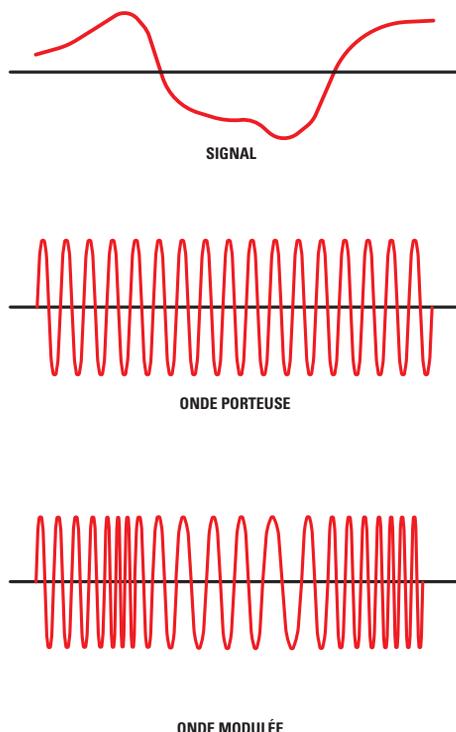


Figure 4 : En modulation de fréquence le signal BF va modifier la fréquence de la porteuse. Dans l'exemple de la figure, quand le signal BF croît en amplitude (demi-onde positive) la fréquence de la porteuse augmente (ondes plus serrées). Quand la fréquence diminue (demi-onde négative) la fréquence de la porteuse diminue (ondes plus espacées).

apparaître une **onde sinusoïdal amortie**, comme celle représentée figure 6.

Ce phénomène d'auto-oscillation est dû au fait que le condensateur comme la self sont deux composants capables d'**emmagasiner** de l'**énergie**, mais de manière opposée : le condensateur emmagasine l'énergie sous forme de **charge électrostatique** et la self l'emmagasine sous forme d'**énergie électromagnétique**. C'est ainsi que dès que nous mettons l'inverseur en position «**B**», le condensateur tend à se décharger en

faisant passer le courant à travers la self **L**, laquelle emmagasine l'énergie du condensateur sous forme d'énergie électromagnétique. Quand le condensateur est complètement déchargé, c'est au tour de la self de céder l'énergie emmagasinée au condensateur : le sens du courant s'inverse et le condensateur se recharge avec une tension de signe **opposé** par rapport à la fois précédente.

Après avoir consommé toute l'énergie de la self, le condensateur se trouve une nouvelle fois complètement chargé

avec une polarité inversée et il commence à se décharger à nouveau. Le cycle se répète un certain nombre de fois, avec les deux composants qui se «renvoient la balle» l'un l'autre (en fait ils se renvoient l'énergie accumulée). Cet échange ne dure toutefois pas indéfiniment, parce qu'à chaque cycle la valeur du courant **diminue** : en effet, une partie de l'énergie est dissipée par la résistance **R** sous forme de **chaleur**, par **effet Joule**. Si bien que les oscillations s'amortissent rapidement après un certain nombre de cycles.

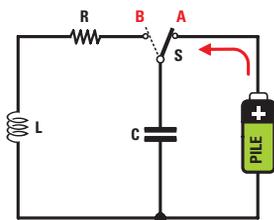
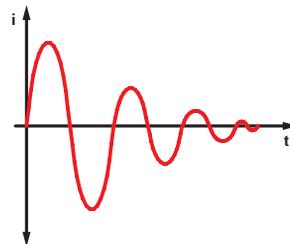
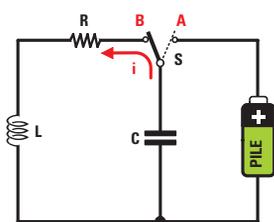


Figure 5 : Schéma d'un circuit oscillateur simple, constitué d'un condensateur C, d'une self L et d'une résistance R. Quand on met l'inverseur en position A, le condensateur se charge à la tension de la pile.



$$R^2 < \frac{4L}{C}$$

Figure 6 : Quand on met l'inverseur en position B, si la résistance R est inférieure à une certaine valeur, indiquée par la formule, le circuit est parcouru par un courant oscillant amorti, dont l'allure est représentée sur la figure.

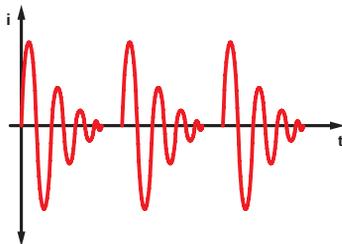


Figure 7 : Si nous déplaçons alternativement l'inverseur de la position A à la position B, nous produirons dans le circuit une série d'ondes sinusoïdales amorties se succédant comme le montre la figure.

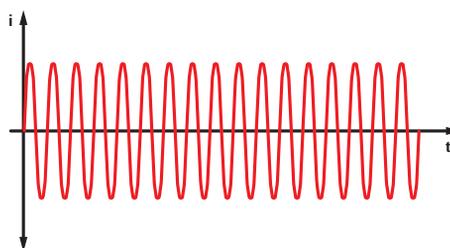
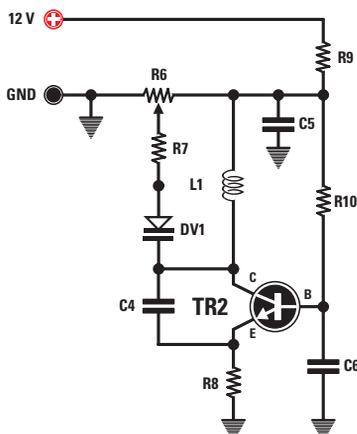


Figure 8 : Pour maintenir l'oscillation du circuit de manière permanente il suffit d'utiliser un composant actif comme un transistor. Celui-ci, en fournissant continuellement de l'énergie au circuit, produit une onde parfaitement sinusoïdale comme celle représentée sur la figure.

La fréquence des oscillations produites par le circuit peut être calculée avec la formule suivante :

$$f = 159 : \sqrt{L \times C}$$

où **f** est la fréquence en **MHz**

L est la valeur de la self en **µH**

C est la valeur de la capacité en **pF**

Exemple : nous voulons calculer la fréquence des oscillations générées par un circuit oscillant composé d'une self de **0,1 µH** et d'un condensateur de **22 pF**.

Remplaçons les valeurs dans la formule. Nous obtenons :

$$f = 159 : \sqrt{0,1 \mu\text{H} \times 22 \text{pF}} = 159 : \sqrt{2,2} = 159 : 1,483 = 107,21 \text{ MHz}$$

On dit dans ce cas que le circuit est **accordé** (ou syntonisé) sur la fréquence de **107,21 MHz**.

Supposons maintenant que l'on veuille modifier la fréquence du circuit oscillateur de manière à obtenir une fréquence de **87,5 MHz**. Quelle est la valeur du nouveau condensateur à utiliser ? Pour le calculer nous pouvons utiliser la formule suivante :

$$C = 25\,300 : (f^2 \times L)$$

où **f**² est la fréquence en **MHz** élevée au carré, soit **fxf**

L est la valeur de la self en **µH**

C est la valeur de la capacité en **pF**

Si nous remplaçons la valeur de la self et de la nouvelle fréquence dans la formule, nous pouvons calculer la nouvelle valeur du condensateur :

$$C = 25.300 : (87,5 \text{ MHz} \times 87,5 \text{ MHz} \times 0,1\mu\text{H}) = 25\,300 : 765,62 = 33,04 \text{ pF}$$

Vous avez pu voir avec cet exemple simple qu'en modifiant la valeur de la capacité de **22 pF** à **33 pF**, nous avons modifié la fréquence du circuit oscillateur en la faisant passer de **107,2 MHz** à **87,5 MHz**. C'est ce qu'on fait habituellement avec un émetteur quand, en agissant sur la **syntonie (ou accord)** pour modifier la fréquence de la porteuse, on change la valeur de la capacité **C** du **circuit oscillateur**.

Revenons à la figure 6 : si nous déplaçons de manière répétée l'inverseur de **A** à **B** et vice versa, nous obtiendrons une série

d'**ondes sinusoïdales amorties** comme le montre la figure 7, mais nous ne pourrions pas encore obtenir une porteuse formée d'ondes sinusoïdales **continues** et d'**amplitude constante**. Pour cela il est nécessaire d'utiliser un composant **actif** comme un **transistor** : un transistor, en fournissant continuellement au circuit l'énergie qu'il perd par effet **Joule**, permet de maintenir constante l'oscillation et d'obtenir à la sortie une onde **parfaitement sinusoïdale**, c'est-à-dire la porteuse à la fréquence désirée, comme le montre la figure 8. On arrive ainsi à réaliser un circuit oscillant **permanent**, comme celui utilisé par notre petit émetteur.

Notre émetteur

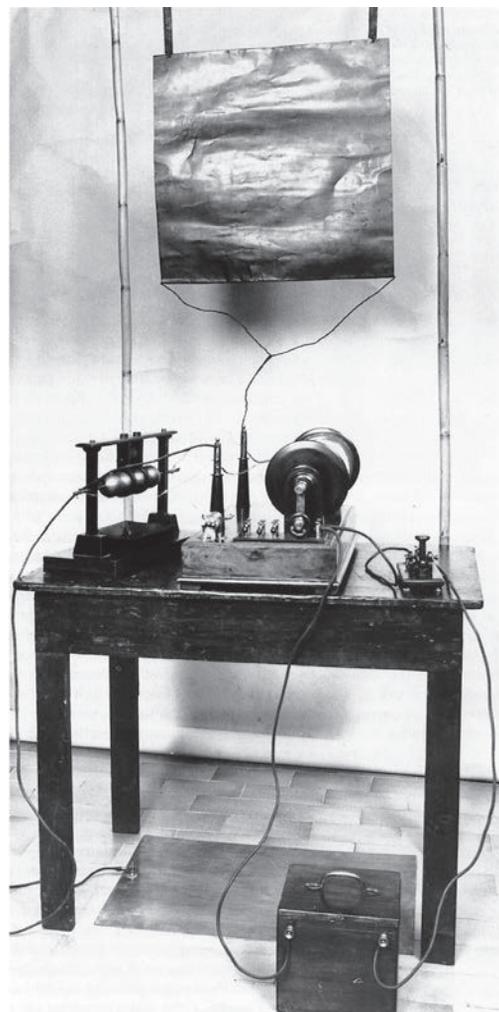
La figure 11 donne le schéma électrique de notre émetteur. Le cœur du montage est le **circuit oscillateur**, constitué du transistor **TR2**, de la **self L1** et de la **capacité** formée par le **condensateur C4** et par la **diode varicap DV1**. Le transistor **TR2** est un **2N2222** : ce transistor peut amplifier des signaux de **haute fréquence**, car sa **fréquence de coupure** est supérieure à **100 MHz**.

Tableau 1 : bandes des ondes radio

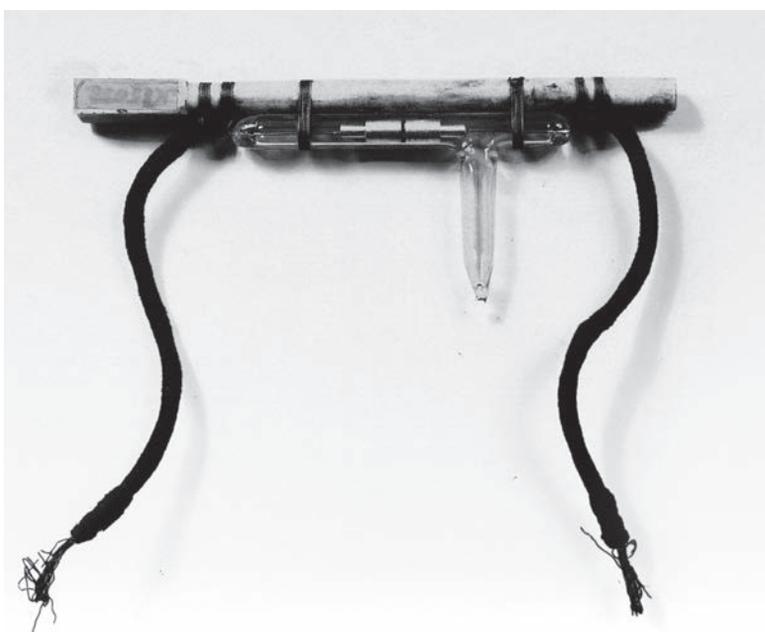
Bande	Fréquence	Longueur d'onde	Fréquence maximale
VLF (Very Low Frequency)	3 - 30 KHz	100 - 10 Km	Marine, communications avec les submersibles en immersion
LF (Low Frequency)	30 - 300 KHz	10 - 1 Km	Transmissions radios intercontinentales en AM, transmissions du signal de temps standard pour les horloges radio contrôlées
MF (Medium Frequency)	300 - 3 MHz	1 Km - 100 m	Émissions des stations radio en AM
HF (High Frequency)	3 - 30 MHz	100 - 10 m (Onde courte)	Radioamateurs, Cell. Broadcast, transmissions intercontinentales en cod. Morse
VHF (Very High Frequency)	30 - 300 MHz	10 - 1 m	Radios commerciales en FM, Aviation, Marine, Force de l'ordre, Télévision, Radioamateurs, Radiophonie
UHF (Ultra High Frequency)	300 MHz - 3 GHz	1 m - 10 cm	Télévision, Téléphonie mobile, WLAN
SHF (Super High Frequency)	3 - 30 GHz	10 - 1 cm	Radars, Satellites, WLAN
EHF (Extremely High Frequency)	30 - 300 GHz	1 cm - 0,1 cm	Transmissions satellitaires et radioamateurs



M. Guglielmo MARCONI, l'un des pionniers de la radio.



Appareil émetteur construit par MARCONI et utilisé lors de ses expérimentations de transmission de signaux radioélectriques en 1895 à la Villa Griffone. On voit clairement les deux plaques métalliques servant d'antenne.



Voici le fameux «cohéreur» que Guglielmo MARCONI perfectionna et qu'il utilisa comme détecteur sur son appareil récepteur. Il est constitué d'un tube de verre rempli à l'origine de limaille de fer, que MARCONI remplaça par un mélange d'argent et de nickel, ce qui le rendit plus sensible.

La fréquence de coupure d'un transistor est un paramètre très important, parce qu'il indique la fréquence maximale qu'il est capable d'amplifier. Si à la place du **2N2222** nous avons employé un banal transistor basse fréquence, notre oscillateur **ne** pourrait **pas** fonctionner.

Au paragraphe précédent nous avons vu que pour obtenir la porteuse à très haute fréquence utilisée pour l'émission, on utilise un circuit oscillateur formé d'une self **L** et d'une capacité **C**, couplées à un **transistor** dont la fonction est de «renflouer» le circuit

en énergie : cela en produisant une oscillation **continue** dans le temps. Nous avons dit en outre que si nous voulons émettre à différentes valeurs de fréquence, en utilisant la **modulation** de **fréquence**, nous devons avoir la possibilité de **modifier** la valeur de la

fréquence d'oscillation en changeant la valeur de la **capacité** présente dans le circuit oscillateur.

Cette fonction décisive est dévolue à la diode **varicap DV1**. La figure 9 représente le symbole de la **diode varicap**. Ce composant présente une particularité fort intéressante, que déjà son nom suggère : varicap signifie en effet **variation de capacité**. La diode varicap se comporte comme un **condensateur variable**, parce qu'elle a pour caractéristique de changer sa **capacité** en fonction de la **tension** appliquée à ses extrémités. De par cette propriété la varicap est représentée par le symbole du **condensateur** uni à celui de la **diode**. Le côté du condensateur est la **Cathode** (repérée par la lettre **K**) et le côté de la diode est l'**Anode** (repérée par la lettre **A**). Pour faire fonctionner correctement une diode varicap il faut appliquer à sa **Cathode** une tension **positive** et à l'**Anode** une tension **négative**. Sur la figure 10 nous avons appliqué aux extrémités de la diode varicap trois valeurs différentes de **tension** et nous avons mesuré les différentes valeurs de **capacité** obtenues.

Comme vous pouvez observer, si l'on applique à la diode varicap une **tension** de **1 V**, la valeur de sa capacité coïncide avec la valeur **maximale** c'est-à-dire **18 pF**. Si on applique à ses extrémités une tension de **3 V**, la valeur de sa capacité **tombe** à **11 pF**. Si on applique une tension de **10 V** sa capacité diminue encore et passe à une valeur de **5 pF**. Le graphique de la figure 12 montre comment varie la capacité de la diode varicap que nous avons utilisée dans notre émetteur en fonction de la tension appliquée à ses extrémités.

Si vous regardez le schéma de la figure 11 vous voyez que sur l'anode de la **diode varicap** arrive, à travers la résistance **R7**, la tension continue prélevée par le **trimmer** de **10 kΩ** (voir **R6**), lequel constitue le régulateur de la **syntonie (ou accord)** de notre émetteur. En faisant varier la tension prélevée par le trimmer, on modifie la capacité de la varicap **DV1**, laquelle s'ajoute à celle du condensateur **C4**. La fréquence de la **porteuse** produite par l'oscillateur change en conséquence.

Elle peut être réglée de **88 MHz** à **96 MHz** (rappelons que **1 MHz**, ou **Méga-hertz**, correspond à **1 000 000** de **Hz**, soit à une onde électromagnétique qui vibre **1 million** de **fois** à la **seconde**). Précisément, si le trimmer est entièrement tourné dans le sens **horaire** la fréquence de l'émetteur est **minimale** et correspond à environ **88 MHz**. Si en revanche il est entièrement tourné dans le sens **anti horaire** la fréquence de l'émetteur est **maximale** et correspond à environ **96 MHz**.

Jusqu'ici nous avons vu comment il est possible de modifier la fréquence porteuse de l'émetteur entre **88** et **96 MHz**, au moyen de la commande de la **syntonie (ou accord)**, laquelle agit par modification de la capacité de la diode varicap insérée dans le circuit oscillateur.

Vous vous demandez alors ce qu'il en est de la fameuse **modulation** de la porteuse ainsi obtenue avec le signal sonore que nous désirons transmettre... Vu que l'émetteur doit être en mesure de transmettre les **voix** et les **sons**, on utilise un minuscule **microphone piézo-électrique**, repéré par le sigle **Mic**, dont la fonction est de transformer en un **signal électrique** les **ondes sonores** arrivant sur sa membrane.

Chaque fois que la **variation** de **pression** de l'air accompagnant chaque onde sonore frappe la membrane du microphone, à ses extrémités un faible signal électrique **alternatif** se produit. Cela est dû à l'**effet piézo-électrique**, c'est-à-dire à la propriété qu'ont certains **cristaux** de produire une faible tension électrique quand ils sont soumis à une certaine pression. Le signal produit par le microphone est très faible, de l'ordre de quelques **mV**, soit quelques **millièmes de V**. C'est pourquoi on envoie ce signal à l'amplificateur constitué du transistor **TR1**, un **BC547**, qui l'amplifie environ **50 fois**. À la sortie de l'amplificateur le signal **BF** a une amplitude d'environ **800 mV** : il est envoyé sur l'anode de la diode **varicap DV1**.

Comme nous le verrons, outre le réglage de la syntonie (ou accord), la diode varicap joue un rôle fondamental également pour la **modulation** en **fréquence** de la porteuse. En effet, en superposant à la tension continue provenant du trimmer de syntonie (ou accord) **R6**, le **signal BF**

général par le microphone on modifie continuellement la valeur de la capacité de la varicap et par conséquent la **fréquence** de la porteuse générée par l'oscillateur. Le résultat est que la fréquence rigoureusement constante de la porteuse, déterminée par le trimmer de syntonie, se **modifie** continuellement en fonction de l'**amplitude** du signal BF provenant du microphone.

Le signal obtenu à la sortie de l'oscillateur est semblable à celui représenté figure 4. En absence de son le signal produit par le microphone est nul et la porteuse à la sortie a une fréquence rigoureusement constante, celle déterminée par la commande de l'accord. Dès que l'on commence à parler devant le microphone, le signal **BF** module la porteuse. La variation de fréquence de la porteuse est proportionnelle à l'amplitude du signal **BF**. Précisément, quand le signal augmente d'amplitude, voir première partie de la figure 4, la fréquence de la porteuse augmente et les ondes se resserrent.

Quand l'amplitude du signal diminue ou devient négative, voir la deuxième partie de la figure 4, la fréquence de la porteuse diminue et les ondes s'espacent. Vous vous demandez peut-être alors comment il se fait que notre émetteur ne comporte aucune **antenne** ? N'est-elle pas nécessaire à la diffusion des ondes électromagnétiques dans l'éther ? L'antenne n'a pas été prévue parce qu'elle aurait contribué à rendre **instable** le circuit monté sur la plaque d'essais. La fonction de l'antenne est dévolue (mais avec une efficacité moindre) à la self **L1** de **0,1 µH** située dans le circuit oscillateur. La self, traversée par le courant produisant la porteuse, rayonne dans l'espace des ondes électromagnétiques et fait ainsi fonction de petite antenne. Bien sûr en l'absence d'une véritable antenne la portée de l'émetteur se limite à environ **5-6 mètres**, parce que la puissance transmise avec ce procédé est nettement inférieure. Cependant, en réglant bien la radio FM qui vous servira pour vos essais et en la plaçant à l'intérieur de ce rayon de portée, vous pourrez capter très correctement le signal envoyé par l'émetteur.

Note : si vous avez besoin d'approfondir vos connaissances du fonctionnement des **diodes varicap** vous pouvez vous reporter au Cours «**AEPZ**» première partie. En ce qui concerne l'**oscillateur RF** revoyez la deuxième partie de ce même Cours.

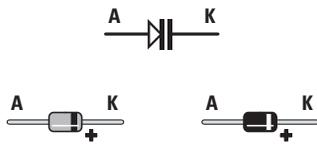


Figure 9 : En haut, symbole de la diode varicap. Ce composant se comporte exactement comme un condensateur variable. En effet, si on applique une tension positive variable à sa cathode (K) il est possible de changer de manière continue la valeur de sa capacité.

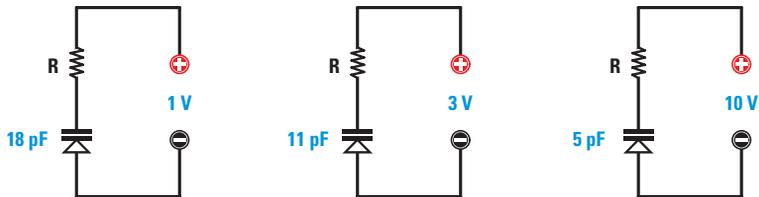


Figure 10 : Dans cet exemple nous avons appliqué à la cathode de la diode varicap une tension positive de 1-3-10 V et sa capacité est passée respectivement de 18 à 11 et enfin à 5 pF.

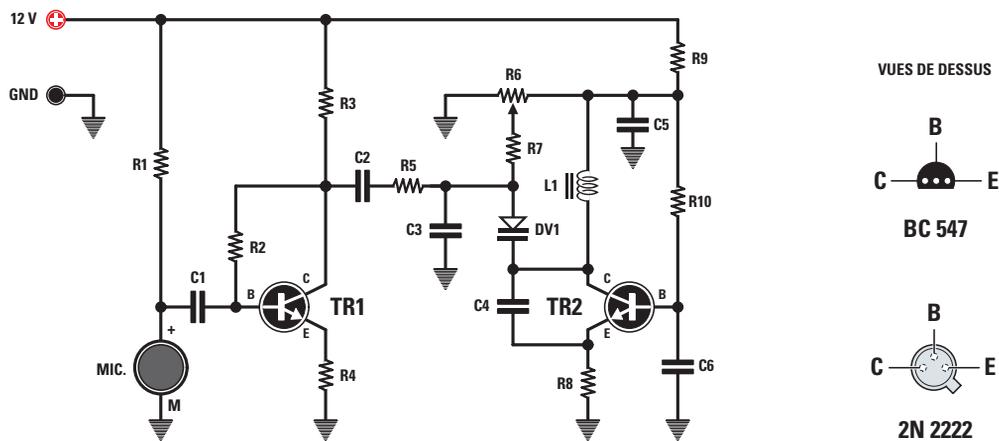


Figure 11 : Schéma électrique de notre petit émetteur. Vous voyez à droite l'oscillateur formé par la self L1, la diode varicap DV1, le condensateur C4 et le transistor TR2. Le trimmer R6 permet de régler la syntonie (ou accord), c'est-à-dire la fréquence de la porteuse.

Liste des composants EN3010

R1 3,3 k
R2 1 M
R3 3,3 k
R4 330
R5 10 k

R6 10 k trimmer
R7 100 k
R8 330
R9 330
R10 ... 33 k
C1 100 nF polyester
C2 100 nF polyester
C3 1 nF céramique

C4 4,7 pF céramique
C5 1 nF céramique
C6 1 nF céramique
L1 0,1 μH
DV1 ... varicap 18 - 1 pF
TR1 ... NPN BC547
TR2 ... NPN 2N2222
MIC ... capsule microphonique

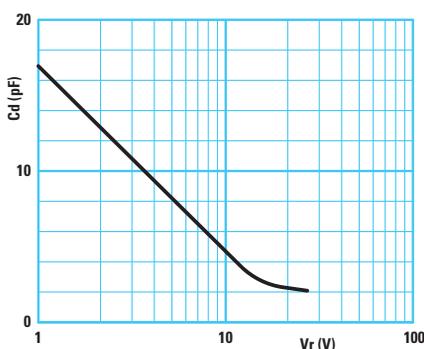


Figure 12 : Ce graphique représente la variation de la capacité en fonction de la tension appliquée à la cathode de la diode varicap employée sur notre émetteur.

Les montages du MINILAB

Émetteur FM 88-96 MHz

Notre émetteur se compose d'un **microphone** et de deux **transistors**, une petite **self**, une diode **varicap**, un **trimmer** pour le réglage de l'accord et une poignée de **condensateurs** et de **résistances**.

Bien que nous utilisons peu de composants, le montage de ce circuit requiert beaucoup de soins, parce qu'il n'est pas facile de le faire fonctionner sur la plaque d'essais des dispositifs travaillant en **haute fréquence**.

Dans ce cas, en effet, même les fils utilisés pour les **connexions** et les **fils de sortie des composants** peuvent donner lieu à des **auto-oscillations** indésirables, sauf si l'on respecte les précautions que nous indiquons. C'est pourquoi vous devez éviter d'apporter des modifications au montage, car vous risqueriez de ne pas réussir à faire fonctionner le circuit. Cependant, si vous suivez scrupuleusement nos conseils, vous vous apercevrez que le montage de cet émetteur ne présente aucune difficulté.

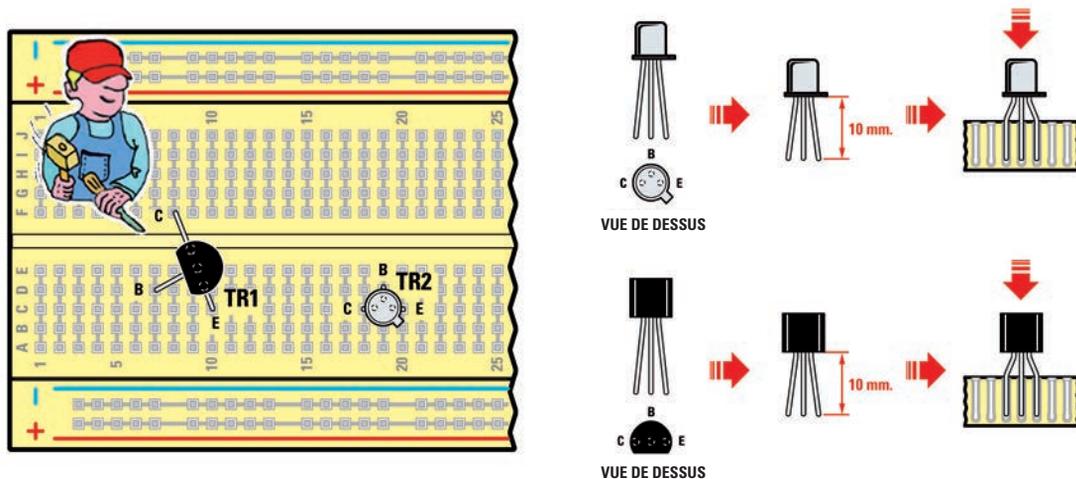


Figure 13 : Commençons par insérer dans la plaque d'essais les deux **transistors NPN BC547 et 2N2222**.

Après les avoir prélevés dans le matériel disponible, regardez-les : vous voyez qu'ils sont dotés de trois fils correspondant à la **base (B)**, à l'**émetteur (E)** et au **collecteur (C)**. Pour les insérer correctement dans la plaque d'essais vous devrez utiliser une petite pince et procéder comme le montre le dessin.

Le transistor **BC547** est constitué d'un boîtier plastique noir avec un méplat et vous devez le positionner à cheval sur la cannelure centrale de la plaque d'essais, comme le montre la figure : le méplat doit être tourné vers le bas à gauche (à 20 heures comme on dit en aviation).

C'est pourquoi le fil correspondant au collecteur **C** du transistor doit être légèrement plus long que les autres, comme le montre le dessin.

Le transistor **2N2222**, reconnaissable facilement à son boîtier métallique, est à placer sur la plaque d'essais dans la bonne position (comme indiqué à la figure 13). Avant d'insérer le transistor, examinez-le avec attention. Vous voyez sur son boîtier métallique un petit ergot servant de repère-détrompeur : il désigne le fil de l'émetteur (**E**).

Le transistor est à positionner avec l'émetteur vers le bas, comme le montre la figure. En outre, avant de le souder sur la plaque d'essais, nous vous conseillons de raccourcir ses fils avec une pince coupante, de manière à obtenir une longueur d'environ 1,5 cm.

Assurez-vous que les fils de ce transistor sont complètement enfoncés dans les trous de la plaque d'essais et pour cela utilisez éventuellement une paire de petites pinces à bec fin.

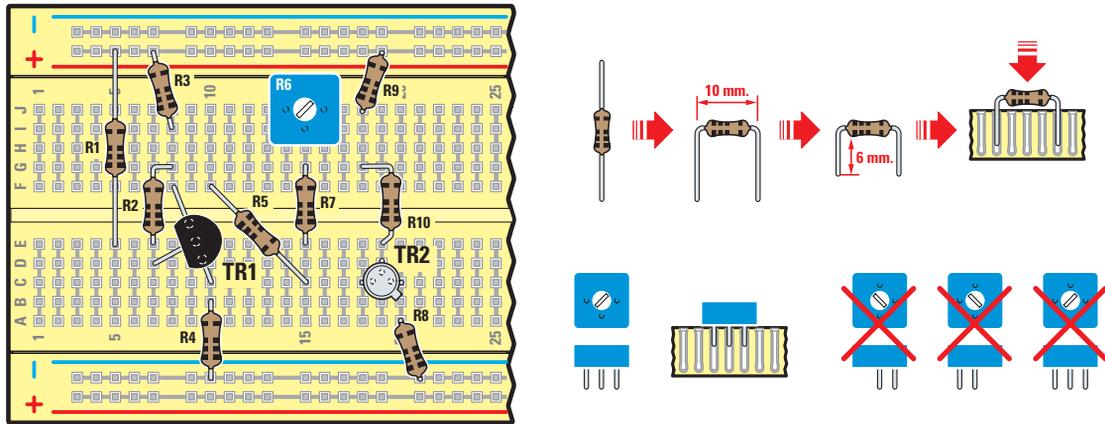


Figure 14 : C'est maintenant au tour des **résistances**, que vous pourrez identifier une à une en regardant bien les **couleurs** des anneaux.

NOTE : en cas de doute sur la signification de ces couleurs, revoyez là encore la première partie de votre Cours «**AEPZ**», vous y trouverez le **code des couleurs** des **résistances** et la manière de lire les valeurs.

Pour ce montage vous devez replier les fils des résistances à des dimensions différentes selon l'endroit où elles vont prendre place sur la plaque d'essais. Étant donné que le dessin ci-dessus est à l'**échelle 1:1**, pour mieux vous régler sur la dimension du pliage à adopter chaque fois, nous vous conseillons de vous servir du dessin comme d'un gabarit : à la distance entre les trous ajoutez environ 7 mm de chaque côté pour l'insertion dans la plaque. Enfoncez bien à fond les extrémités des composants dans les trous de la plaque d'essais, si vous voulez éviter tout problème de fonctionnement du circuit.

Après avoir monté les résistances, vous devez placer le **trimmer R6** utilisé pour le réglage de la syntonie (ou accord) de l'émetteur, en orientant bien ses broches comme l'indique la figure.

Si le trimmer est inséré correctement, le côté pourvu de **cannelures** sera orienté vers le **bas**, alors que le côté marqué **P103** (soit **10** suivi de **3 zéros**, soit **10 kΩ**) sera tourné vers le **haut**.

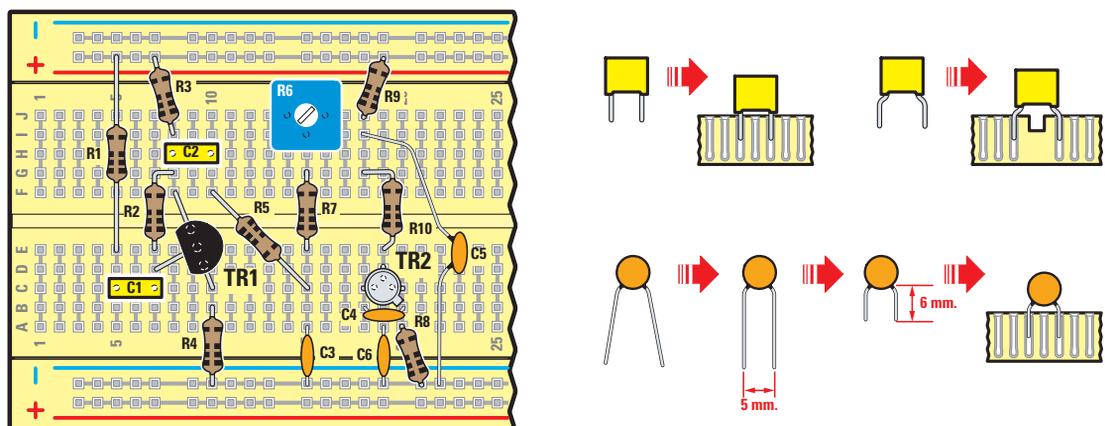


Figure 15 : Insérez maintenant les **deux condensateurs polyesters C1-C2**.

Nous vous rappelons que les condensateurs **polyesters n'ont pas de polarité** et que donc leurs fils peuvent être **intervertis** sans problème. Dans la liste des composants de la figure 11 on a indiqué les capacités de ces deux condensateurs en **nF**. Pour les reconnaître vous devez lire leur marquage, comme suit :

1 ou 100n condensateurs de 100 nF C1-C2

Prélevez maintenant dans le matériel disponible les **trois condensateurs céramiques C3-C5-C6** de **1 nF** chacun (ils sont marqués 102) et le condensateur céramique **C4** de **4,7 pF** (valeur indiquée sur l'enrobage). Après les avoir identifiés, insérez-les dans la plaque d'essais, chacun dans la position indiquée sur la figure, sans vous préoccuper du risque d'inversion de leurs fils (risque nul puisque ces composants ne sont pas polarisés).

En ce qui concerne les condensateurs **C3, C4** et **C6** vous devrez en revanche raccourcir leurs fils à environ 6 mm avant de les insérer dans la plaque d'essais. Le condensateur **C5** est à insérer dans la plaque d'essais en gardant ses fils à environ 3,5 cm, de manière à pouvoir le placer à cheval sur la cannelure centrale, comme le montre la figure.

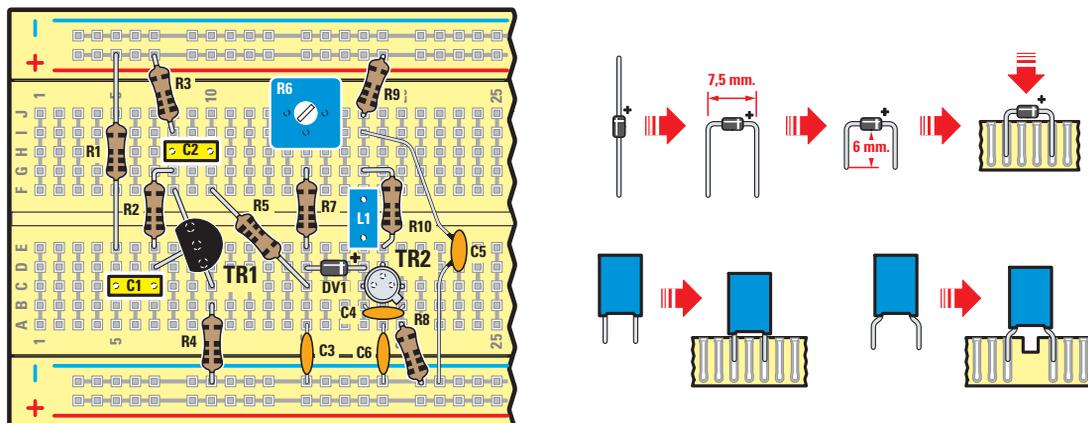


Figure 16 : Prélevez maintenant dans le matériel disponible la **diode varicap DV1** et la minuscule **self** de **0,1 μ H L1**, que vous pourrez reconnaître à son boîtier plastique parallélépipédique bleu.

Si vous regardez la diode varicap, vous voyez que, comme sur toutes les diodes, une fine **bande** est imprimée sur le boîtier, elle indique la **cathode (K)**.

Insérez la diode varicap dans la position prévue en orientant bien la bande-repère vers la **droite**.

Ensuite placez sur la plaque d'essais la minuscule **self L1**, dont les sorties en revanche peuvent être interverties car ce composant n'est pas polarisé.

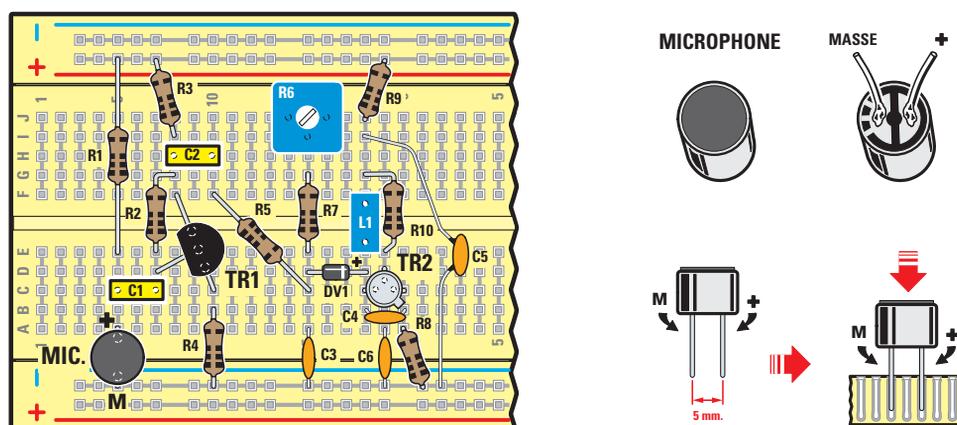


Figure 17 : Enfin il vous reste à monter le **microphone**. Après l'avoir prélevé, retournez-le afin d'observer le côté d'où sortent ses deux fils.

MICROPHONE MASSE

Identifiez le fil correspondant au **positif** et celui correspondant à la **masse**.

Pour cela regardez bien les deux **pastilles** sur lesquelles sont soudés les deux **fils** : à première vue elles peuvent sembler identiques mais en réalité elles ne le sont pas.

La pastille correspondant au pôle **positif** du microphone est en effet complètement **isolée** , alors que la pastille correspondant à la **masse** est **reliée** , par l'intermédiaire de **trois petites pistes** , à la partie métallique du microphone.

Après les avoir ainsi identifiés, insérez les fils du microphone dans les trous, en vous aidant d'une paire de petites pinces : attention, **ne les intervertissez pas** au moment de retourner la capsule pour l'insérer dans la plaque d'essais. Le fil **positif** doit se retrouver orienté vers le **haut** .

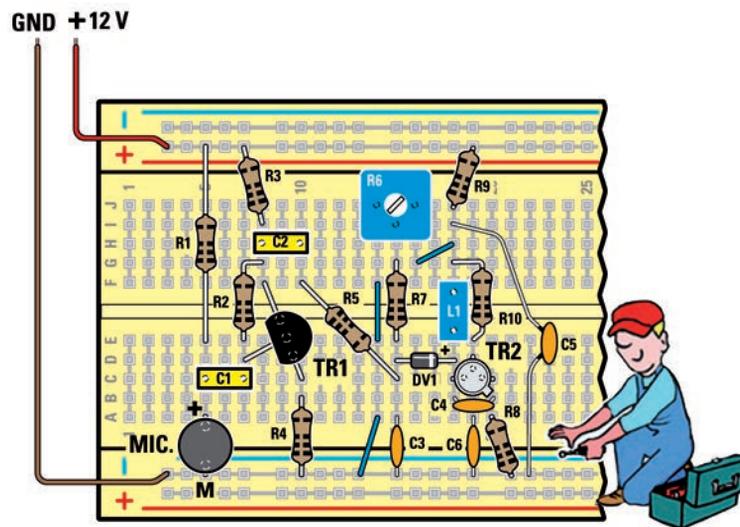


Figure 18 : Vous pouvez maintenant achever le circuit en exécutant les quelques connexions indiquées sur la figure.

Nous vous recommandons comme d'habitude de dénuder les extrémités des fils avec beaucoup de soin, puis de les enfoncer bien à fond dans les trous de la plaque d'essais, de manière à réaliser des **contacts sûrs** .

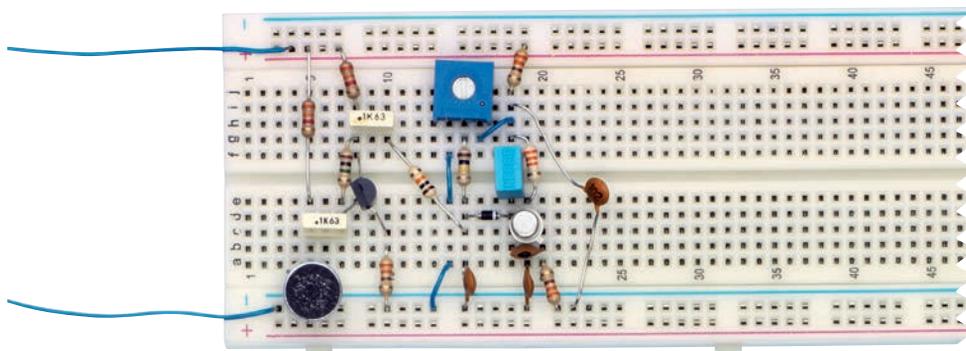
Si vous avez correctement inséré tous les composants dans la plaque d'essais, votre circuit fonctionnera tout de suite sans se faire prier.

Dans le cas contraire vous devrez reprendre tous les composants l'un après l'autre afin de vous assurer que leurs fils sont parfaitement enfoncés dans les trous.

Une fois les connexions à l'intérieur de la plaque réalisées, il ne vous reste qu'à effectuer les connexions nécessaires pour fournir au circuit l' **alimentation en + 12 V** et la **masse (GND)** au moyen de l' **alimentation du Minilab** .

Reliez tout d'abord le fil **rouge** du **+12 V** à la ligne **rouge (+)** située dans la partie **supérieure** de la plaque d'essais, comme indiqué sur la figure. Ensuite reliez le fil **marron** de la **masse (GND)** à la ligne **bleue (-)** située dans la partie inférieure de la plaque d'essais.

Effectuez un dernier contrôle visuel pour être bien certain d'avoir inséré tous les composants dans les bonnes positions et d'avoir réalisé correctement les connexions nécessaires.



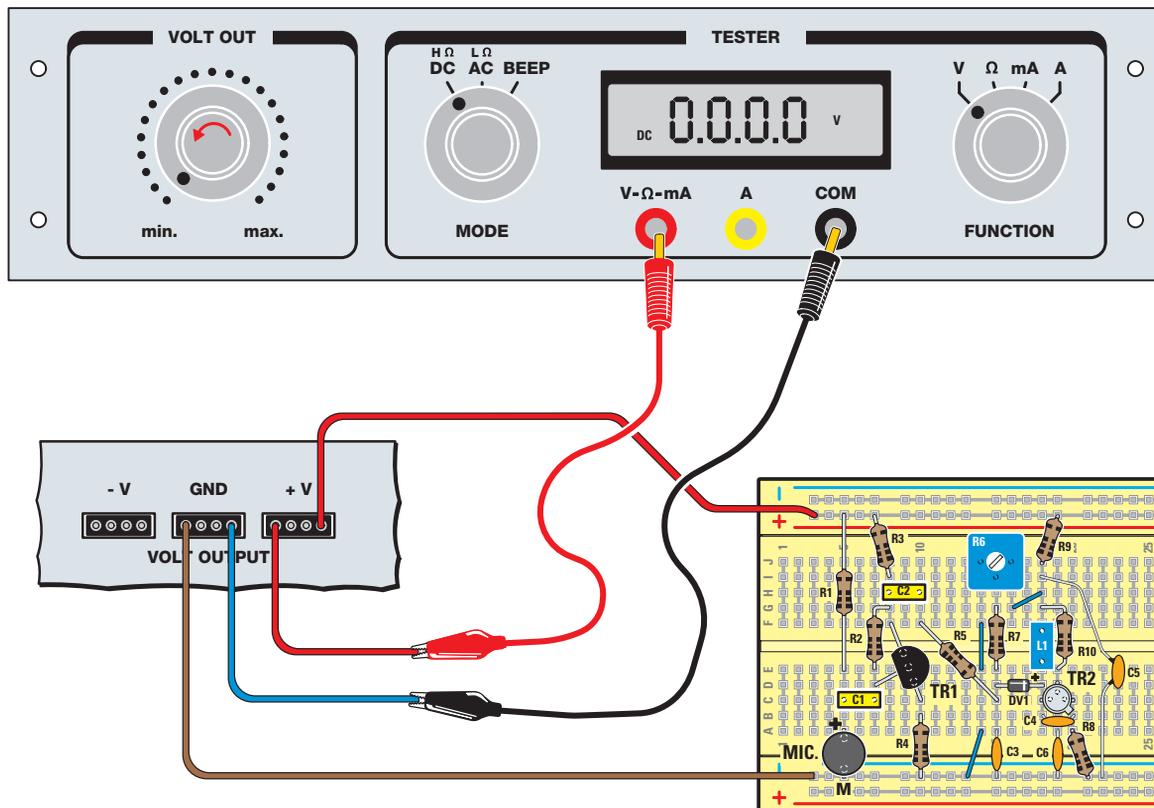
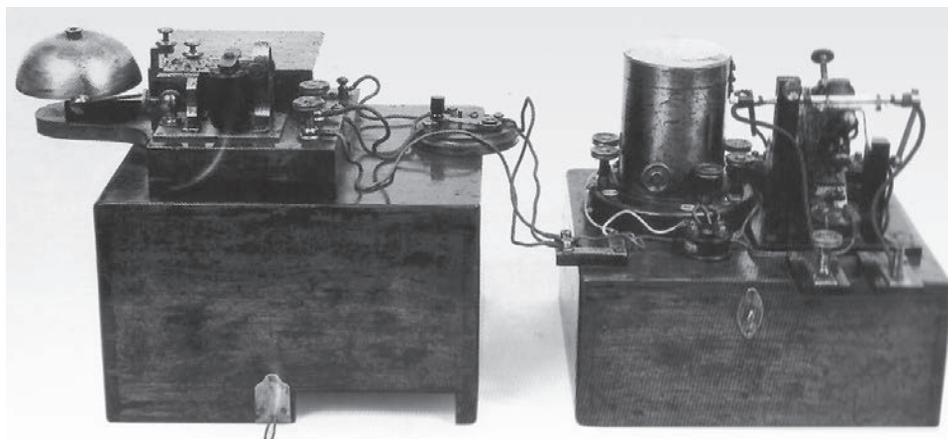


Figure 19 : Vous devez maintenant relier la plaque d'essais à l'**alimentation** du Minilab. Pour cela reliez le fil **marron** de la **masse** à un des quatre trous du connecteur **GND**. Ensuite vous devrez relier le fil **rouge** du **+12 V** à un des quatre trous du connecteur **+V**, comme indiqué sur la figure. Tournez le bouton **V OUT** entièrement vers la **gauche** et mettez-le en position **min.** Réglez le commutateur **MODE** sur **DC** et le commutateur **FUNCTION** sur **V**.

NOTE : quand vous tournez le commutateur **FUNCTION** vous devez toujours prendre la précaution suivante : **ne commutiez jamais** le sélecteur **FUNCTION** de la position **V** à la position **mA** si les douilles du multimètre sont reliées à une tension parce que, en passant par la position **Ω**, vous risqueriez d'endommager le circuit de mesure du multimètre. Dans ce cas débranchez **d'abord** les câbles du circuit de mesure, **ensuite** tournez le sélecteur **FUNCTION** et **ensuite** rebranchez les câbles. Pour la même raison **ne reliez jamais** les pointes de touche du multimètre à une **tension** si le sélecteur **FUNCTION** est réglé sur **Ω**.

Prenez un morceau de fil **bleu** (foncé) et insérez-le dans l'un des trous du connecteur **GND**. Prenez ensuite un morceau de fil **rouge** et insérez-le dans l'un des trous du connecteur **+V**. Reliez maintenant le fil **bleu** à la douille **COM** du multimètre et le fil **rouge** à la douille **V-Ω-mA** toujours en utilisant les petits câbles munis de pointes reliées aux petits câbles avec crocodiles. Cette liaison vous servira à mesurer avec le **voltmètre** la tension d'**alimentation** que vous fournirez au circuit.



La fameuse caisse transportée par le fidèle Tognetto MARCHI : elle contenait l'appareil récepteur. Ici c'est une reproduction réalisée avec des pièces d'époque, elle est due à Maurizio BIGAZZI (collection Fondation Marconi).

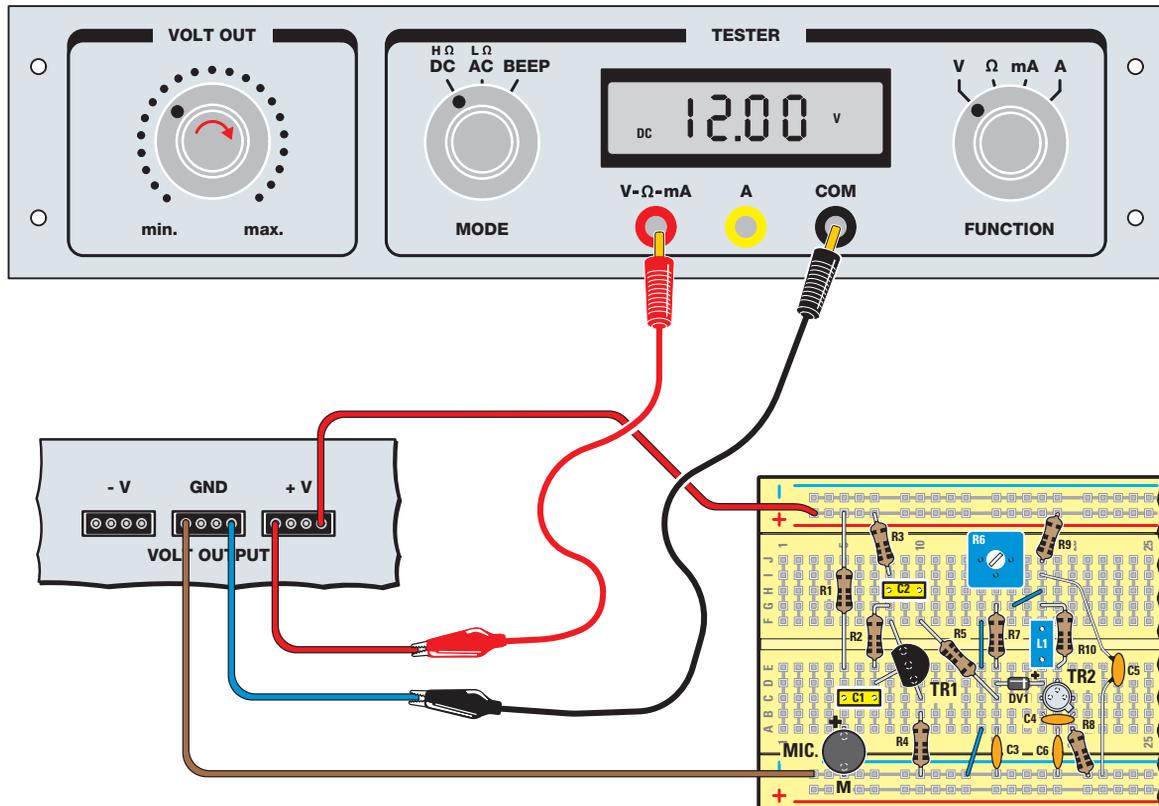


Figure 20 : Allumez maintenant le Minilab. Tournez tout doucement le bouton **V OUT** dans le sens **horaire** jusqu'à ce que vous lisiez sur l'**afficheur** du **multimètre** la valeur la plus proche possible de **12,00**. Sachez qu'il n'est pas indispensable d'obtenir exactement la valeur **12,00**, il suffit que la valeur affichée soit comprise entre **11** et **12 V**. Vous venez de fournir au circuit l'**alimentation** en **+12 V** nécessaire à son fonctionnement.

Maintenant le montage de l'émetteur est terminé et vous voulez certainement l'essayer. Une fois relié à l'alimentation du Minilab, l'émetteur est tout de suite en fonctionnement et il vous suffit de parler devant le microphone pour émettre la porteuse modulée par votre voix. Naturellement cela ne vous suffira pas et vous aurez certainement la curiosité d'écouter votre voix à travers un **récepteur**. Pour cela vous pourrez utiliser un petit poste de **radio FM**, que vous devrez **syntoniser** sur la **fréquence** de la porteuse de votre émetteur. Pour cela nous vous conseillons de procéder ainsi :

- avec l'interrupteur d'alimentation du Minilab, coupez l'alimentation de l'émetteur.
- localisez sur la plaque le **trimmer R6** de réglage de la **syntonie (ou accord)** de l'émetteur et avec un petit tournevis tournez-le jusqu'à ce que le curseur soit à **mi course** (voir figure 21).

La célèbre photo sur laquelle **Guglielmo MARCONI**, le **26 Mars 1930**, par la simple pression d'un bouton, alluma à partir du bateau «**Elettra**» les lumières de **Sidney** en **Australie**. A côté de lui on voit **Adelmo LANDINI**, son fidèle disciple.



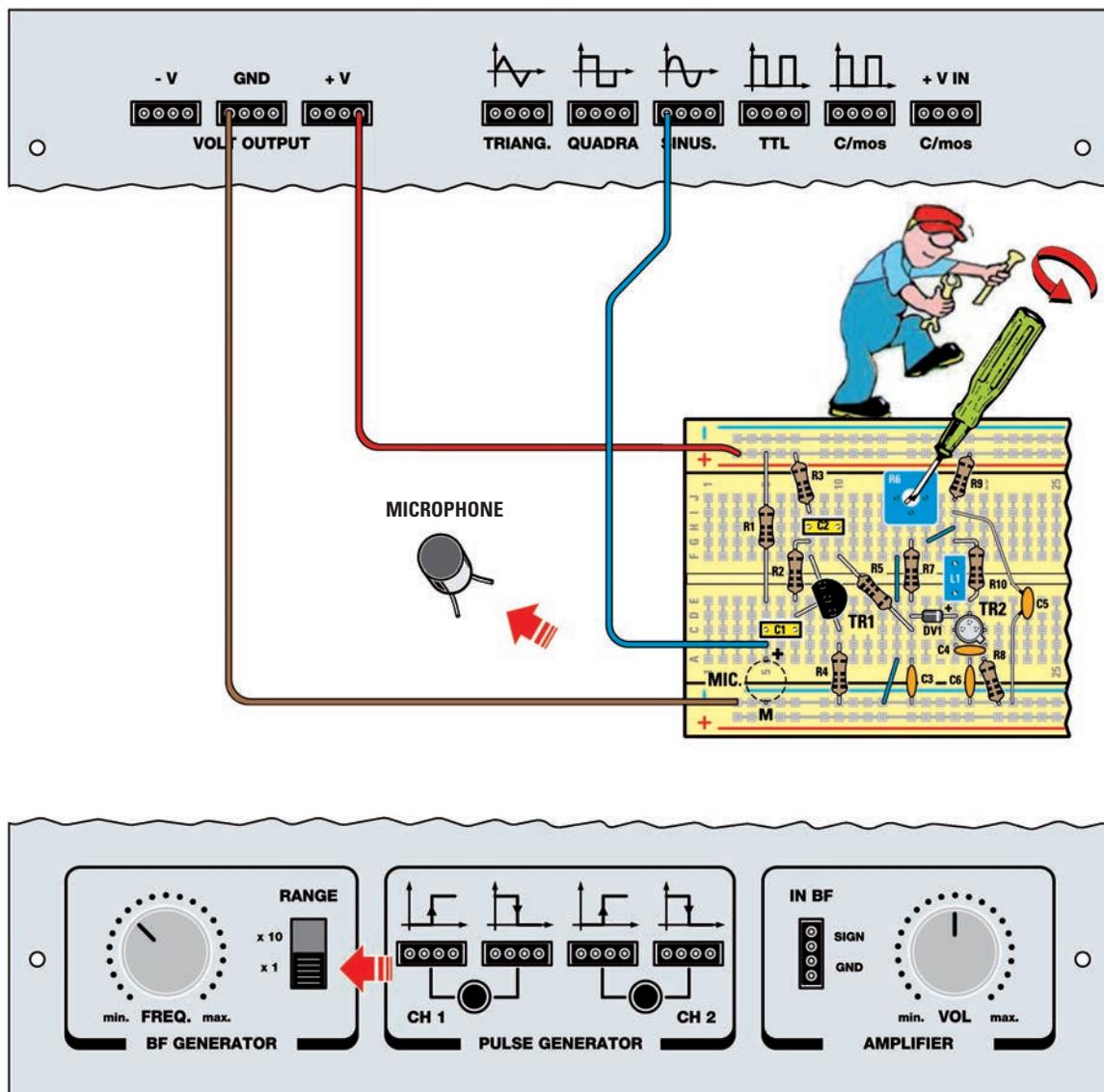


Figure 21 : Extrayez le **microphone** de la plaque d'essais et à la place de son fil **positif (+)** enfoncez un morceau de fil d'environ 15 cm de longueur.

Reliez le morceau de fil au **générateur BF** du Minilab en l'insérant dans le connecteur marqué **SINUS.**, comme l'indique la figure.

Le signal produit par le microphone est alors remplacé par un **signal sinusoïdal** fourni par le Minilab.

Réglez le bouton **FREQ.** du **BF GENERATOR** à environ un **tiers** de la course et mettez l'inverseur **RANGE** sur la position **x1** comme l'indique la figure.

Rallumez maintenant l'interrupteur du MINILAB EN3000 afin d'alimenter à nouveau l'émetteur. L'émetteur transmet alors le signal **BF** produit par le générateur du Minilab. Pour le capter vous pouvez vous servir de n'importe quel poste de **radio FM**, en effectuant ces opérations simples :

- placez le poste de radio FM à environ **5 mètres** de l'émetteur, allumez-le et sélectionnez la gamme **FM** comprise entre **87,5** et **108 MHz**.
- tournez très lentement le bouton de la syntonie (ou accord) de l'appareil, comme vous le faites normalement quand vous désirez rechercher une station.

Étant donné que la syntonie de l'émetteur est réglée à mi course, sa porteuse devrait être à peu près à **la moitié** de la bande de l'émetteur qui va de **88** à **96 MHz**, soit sur une fréquence d'environ **92 MHz**.

Réglez l'accord du récepteur radio FM à peu près sur cette fréquence et tournez le bouton d'accord en avant et en arrière jusqu'à ce que vous entendiez distinctement un **sifflement continu** sortir du poste.

Il se peut que pour capter le signal émis par l'émetteur vous deviez vous éloigner de la fréquence théorique de **92 MHz** à cause de l'inévitable tolérance des composants.

De toute façon, en tournant lentement le bouton d'accord, vous devriez être tôt ou tard en mesure d'entendre clairement le **sifflement** du signal **BF**. Arrêtez-vous sur ce point, parce que cela signifie que vous avez syntonisé le poste de radio sur la **porteuse** de votre émetteur.

Le sifflement que vous entendez est le signal sinusoïdal basse fréquence produit par le générateur du Minilab. Arrivés à ce point, **ne touchez plus, sous aucun prétexte, le bouton d'accord !**

Si vous essayez maintenant de tourner légèrement le bouton de la fréquence **FREQ** situé sur le Minilab, vous entendrez que la fréquence du sifflement transmis par la radio varie également.

Si vous tournez le bouton dans le sens **antihoraire**, vous entendrez que le son devient plus **grave**, alors que si vous le tournez dans le sens **horaire** vous entendrez le son devenir plus **aigu**. Cela signifie que votre émetteur fonctionne parfaitement.

Éteignez l'alimentation du Minilab. Le sifflement dans le poste de radio disparaît aussi, car aucun signal n'est plus envoyé par l'émetteur. Réinsérez le microphone dans la plaque d'essais en ayant bien soin de respecter sa polarité, voir figure 17.

Rallumez l'alimentation du Minilab, si vous parlez devant le **microphone** vous devez entendre votre voix dans le **poste de radio FM**.

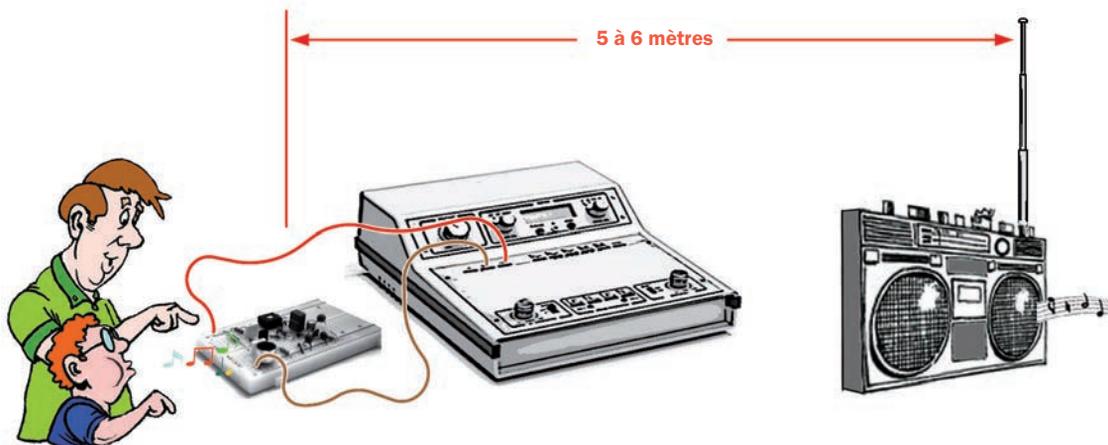


Figure 22 : Si vous avez effectué l'accord correctement, vous entendrez dans la radio la parole et les autres sons envoyés par l'émetteur.

Il est bon que vous le sachiez : votre voix peut être légèrement **distordue**. Ce phénomène se produit pour deux raisons. La première est que vous parlez peut-être trop **fort** ou bien trop **près** du microphone. Dans ce cas le signal produit par le microphone est trop fort et cela provoque une distorsion au niveau de la **modulation**.

Ou bien, et c'est le cas le plus fréquent, vous émettez sur une fréquence déjà **occupée** par une **station de radio FM**. Dans ce cas votre voix se superpose à l'émission sous-jacente et le résultat est que le son obtenu par ce «mélange» est inévitablement distordu. Pour améliorer la qualité de la réception l'idéal serait de rechercher une fréquence **libre** à l'intérieur de la bande de **88 à 96 MHz**.

Dans la réalité c'est assez difficile car aujourd'hui les fréquences de la bande FM sont presque toutes occupées par les différentes stations commerciales.

Dans tous les cas, même si la réception n'est pas des meilleures, vous avez vérifié que l'émetteur que vous avez construit fonctionne superbement et, peut-être qu'avec cette modeste expérimentation nous avons réussi à vous faire ressentir quelques bribes de l'émotion qui a parcouru – il y a un siècle – les pionniers de la radio.

CONTRÔLEZ VOTRE ENVIRONNEMENT

RADIOACTIVITÉ

COMPTEUR GEIGER MULTIFONCTION PROFESSIONNEL

Depuis Tchernobyl – 1986 vingt-cinq ans déjà ! Et plus récemment en mars 2011 Fukushima, nous sommes devenus très méfiants à l'égard des substances radioactives et de la radioactivité en général. Ce compteur Geiger multifonction professionnel vous permet de contrôler la radioactivité de l'air, même sur de longues périodes ; de plus il peut évaluer les trois types de rayonnement (alpha, bêta et gamma). Toutes les données recueillies sont mémorisées dans une SD-Card de 1 Go : avec un PC vous pourrez visualiser l'évolution du niveau de radioactivité ambiante.



Kit complet **327,00€**

Ref. EN1710K

Version montée **412,80 €**

Ref. EN1710KM2

Valise de transport (en option) **21,00 €**

Ref. MK60

MESUREZ LA POLLUTION DES ONDES QUI VOUS ENTOURENT

Kit complet **190,55 €**

Ref. EN1407

Version montée **252,05 €**

Ref. EN1407KM



COMPTEUR GEIGER ÉCONOMIQUE PUISSANT ET PERFORMANT

Cet appareil va vous permettre de mesurer le taux de radioactivité (ondes Bêta et Gamma) présent dans l'air, les aliments, l'eau, etc. Gamme de mesure: de 0.001 à 0.35 mR/h.

DÉTECTEUR DE TÉLÉPHONES PORTABLES

Ce détecteur vous apprend, qu'un téléphone portable dans un rayon de 30 mètres, appelle ou est appelé, On peut, grâce à ce détecteur, vérifier que le panneau affichant "Portables interdits" ou "Eteignez vos portables" est bien respecté.. Ce précieux appareil trouvera son utilité dans les hôpitaux, chez les médecins, dans les stations service, les cinémas et, plus généralement, dans tous les services privés ou publics où se trouvent des personnes sensibles aux perturbations radioélectriques.

Kit complet **43,25 €**

Ref. EN1523

Version montée **65,25 €**

Ref. EN1523KM



Retrouvez les caractéristiques techniques des kits sur notre site : WWW.COMELEC.FR

RADIOACTIVITÉ, CHAMPS ÉLECTRIQUES, MAGNÉTIQUES ET ÉLECTROMAGNÉTIQUES



Kit complet **126,90 €**

Réf. EN1435

Version montée **178,50 €**

Réf. EN1435KM

POLLUTION DES ONDES

POLLUOMETRE HF

Comment mesurer la pollution électromagnétique ?
Avec cet appareil mesurez l'intensité des champs électromagnétiques HF, rayonnés par les émetteurs FM, les relais de télévision et autres relais téléphoniques.

DÉTECTEUR DE CHAMPS

ÉLECTRIQUES, MAGNÉTIQUES ET ÉLECTROMAGNÉTIQUES

Cet appareil permet de mesurer les champs électriques et magnétiques basses fréquences émis par les câbles du réseau électrique ou les câbles à haute ou très haute tension qui passent près d'une habitation. En outre, il permet la mesure des niveaux des signaux radiofréquence émis par les réémetteurs de radio ou de télévision, sans oublier les relais pour téléphones mobiles et même les fours à micro-ondes. Il est capable de mesurer la valeur des champs magnétiques générés par les transformateurs des appareils électroménagers (aspirateur, mixer, frigo, lave linge ou lave-vaisselle) etc...



Kit complet **81,00 €**

Réf. EN1757

Version montée **113,40 €**

Réf. EN1757KM



Kit complet **96,35 €**

Réf. EN1310

Version montée **129,90 €**

Réf. EN1310KM

CHAMPS-MÈTRE

Comment mesurer la pollution électromagnétique ?
Avec cet appareil, mesurez l'intensité des champs électromagnétiques HF rayonnés par les émetteurs FM, les relais de télévision et autres relais téléphoniques.

COMELEC

CD 908 13720 BELCODENE Tél.: 04 42 70 63 90 Fax: 04 42 70 63 95

Convertisseur N/A USB

Avec ce microscopique convertisseur R2R nous allons transformer notre interface USB EN1741 en un DAC (D/A Digital/Analogic Converter ou en français convertisseur N/A Numérique/Analogique) en mesure de générer un signal d'un minimum de 5 V jusqu'à 10 V avec une résolution moyenne de 0,04 V. Avec la platine de base, un CD-Rom contenant les sources est disponible : cela vous aidera à gérer personnellement le logiciel.



L'interface **USB EN1741** a pour finalité le monitoring sur les mini-PC de dernière génération, des phénomènes évolutifs les plus divers (comme par exemple la fissuration des murs maçonnés). Mais la flexibilité et la modularité caractérisant cette platine, permettent de la configurer à volonté et par suite de s'en servir pour d'innombrables applications.

Notre réalisation

Dans le cas du montage présenté, en transformant sa sortie numérique (constituée de **8 bits**) en un signal analogique, nous avons obtenu un **DAC (Digital Analogic Converter)** tout simple à **8 bits**.

Le convertisseur utilisé pour cela se nomme **R2R** car il est constitué de deux groupes de résistances, une de valeur ohmique double par rapport à l'autre. Sachant que les bits à notre disposition sont au nombre de **8**, le nombre total de combinaisons sur les entrées sera égal à $2^8 = 256$. On en tire la résolution du convertisseur en divisant la tension de référence (**5 V**) par le nombre total de combinaisons (**256**), en effet :

$$5 : 256 = 0,019 \text{ V}$$

Ce qui signifie que la plus petite variation de la tension générée («step» ou pas en français) en fonction de l'état des **8** entrées est d'environ **19 mV**.

Résumons, au moyen de ce circuit il est possible de prélever à la sortie de l'interface **EN1741** une tension variable de **0** à **5 V** avec «step» (pas) de **19 mV**.

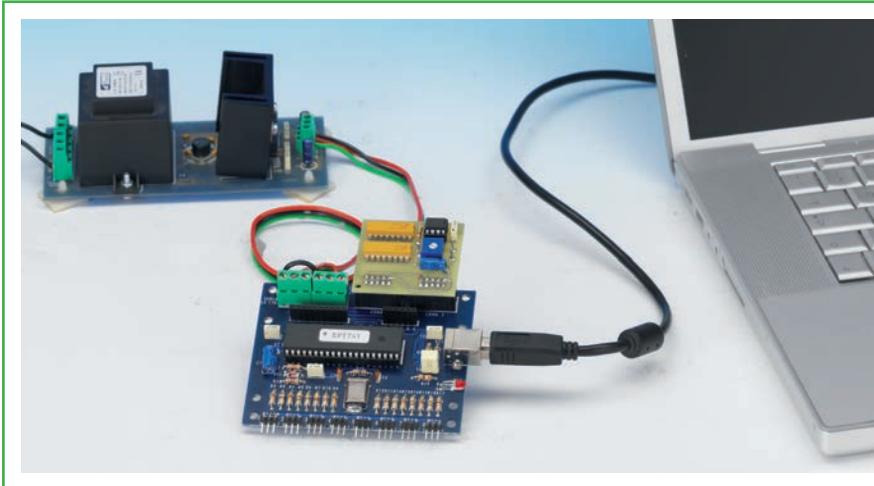


Figure 1 : Notre convertisseur numérique analogique EN1782 relié au PC, à la platine d'alimentation EN1701 et au convertisseur numérique analogique a 8 bits EN1741.

Les valeurs que l'on vient de donner pourront être augmentées jusqu'au double, en agissant sur le gain d'un amplificateur situé à la sortie.

Le schéma électrique

Comme nous l'avons dit, en mettant à profit les 8 sorties numériques de l'interface **USB** nous avons réalisé un **Convertisseur Numérique Analogique (DAC)**. Le réseau à échelle **R2R** est le système le plus communément utilisé pour la conversion de **numérique à analogique**.

Cette échelle de résistances forme un réseau constitué de résistances de valeur **R** ou **2R**. Voyons en détail comment fonctionne ce R2R en regardant le schéma de la figure 3 (schéma électrique du haut).

Vous devez toujours considérer les sorties **D0-D7** comme des inverseurs dotés de deux positions : vers **Vref** (tension générée à l'intérieur du processeur) ou vers **GND** (masse). Dans notre cas les sorties **D0-D1-D2-D3-D4-D5-D7** sont reliées à **Vref**, alors que seule la sortie **D6** est reliée au **GND** (n'oubliez pas que **Vref** correspond au niveau logique 1 et **GND** au niveau logique 0).

Un exemple de réseau **R2R** à échelle de résistance est donné à la figure 2. Comme vous pouvez le voir, **D7 MSB** (bit le plus significatif) et **D0 LSB** (bit le moins significatif) sont guidés idéalement par des portes logiques numériques.

En effet, les bits **D0-D7** sont allumés entre **0 V** (numérique 0) et **Vref** (numérique 1).

Le réseau **R2R** fait que chaque bit numérique contribue à former une portion de poids pour générer la tension de sortie **Vout**. Dans ce circuit on a **8 bits** et **256** combinaisons possibles. Selon que les bits sont paramétrés à **1** ou à **0**, la tension de sortie (**Vout**) aura une amplitude comprise entre **0 V** et **5 V (Vref)**, moins la valeur de la portion de tension minimale :

5 V : 255 combinaisons = 0,019

La valeur réelle de **Vref** dépend du type de portes logiques numériques utilisées pour piloter les diverses sorties **D7-D0**. Pour une valeur **VAL** numérique d'un **DAC**, la tension de sortie **Vout** est la suivante :

V out = Vref x VAL : 2ⁿ où :

Vref est la tension que fournit la sortie **VAL** est le bit (1, 2, 4, etc.)

2ⁿ sont les bits présents dans la porte

Dans l'exemple illustré, étant donné que :

si **n = 8**, il s'ensuit que **2⁸ = 256**

avec **Vref = 5 V** la tension **Vout** varie entre :

00000000 VAL = 0 et **11111111 VAL = 256**

En présence d'un **VAL minimum** (pas simple) **VAL = 0,019 V**, nous avons :

Vout = 5 x (1 : 256) = 0,019 V

Pour avoir **Vout maximal**, toutes les sorties doivent se trouver dans l'état logique **11111111** qui a comme valeur décimale **VAL = 256**, par conséquent :

Vout = 5 x (256 : 256) = 5 V

Le convertisseur **R2R** présente l'avantage que l'impédance de sortie est équivalente à la résistance utilisée dans le réseau, c'est pourquoi un ampli opérationnel comme **IC1/A** en configuration de suiveur suffit à l'adapter aux autres utilisateurs.

Nous avons inséré un autre amplificateur en configuration d'amplificateur de manière à ce qu'en tournant l'axe du trimmer **R4** de **0** au **maximum**, nous ayons à la sortie la tension générée par le **DAC** comprise entre **0** et **5 V (x1)** et entre **0** et **10 V (x2)**.

Ne projetez pas de brancher une ampoule en sortie, parce que le courant fourni est tellement faible qu'elle ne s'allumerait pas. Vous pouvez en revanche remplacer les deux contacts de sortie par un bornier pour atteindre la tension générée par le microprocesseur.

Par l'intermédiaire de deux connecteurs 5+5 femelles la petite platine **EN1782** est reliée aux connecteurs du circuit imprimé **EN1741** (voir la figure 4 **CONN2** et **CONN3**).

Nous vous rappelons que le **12 V** fourni à la platine de base **EN1741** par l'alimentation **EN1701** (voir figures 9-10-11) suffit pour alimenter aussi ce circuit. C'est pourquoi vous ne devrez recourir à aucune alimentation supplémentaire.

Figure 2 : Ce dessin est un schéma de réseau R2R à échelle de résistances. Dans le premier schéma électrique qui suit (EN1782, voir figure 3) vous voyez que nous l'avons utilisé pour réaliser notre nouvelle application à interface USB.

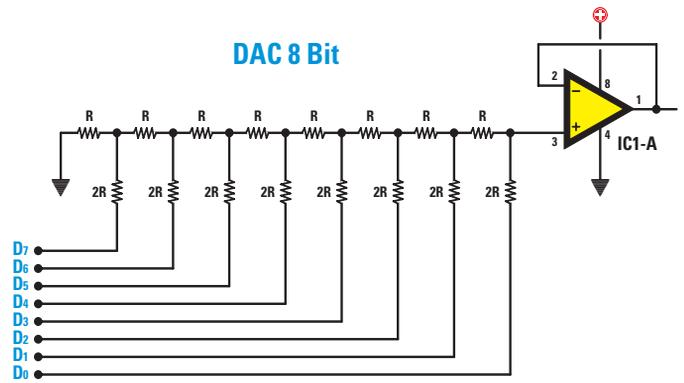
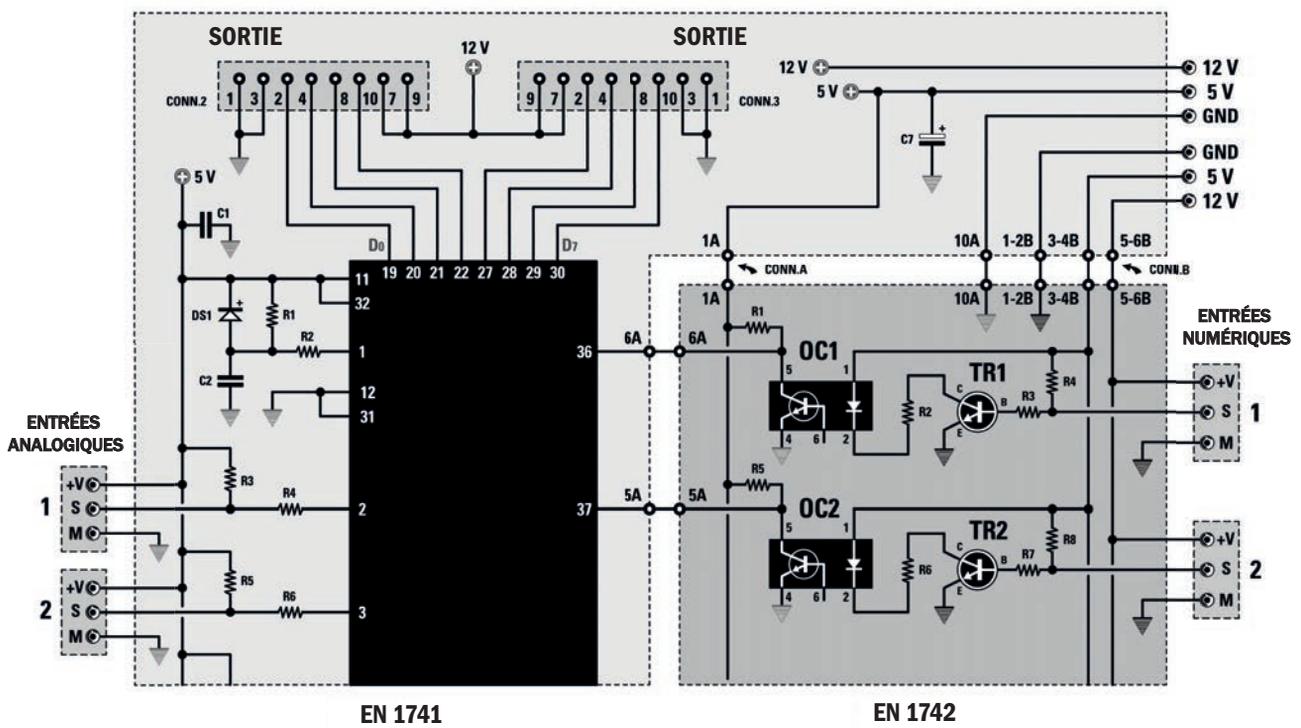
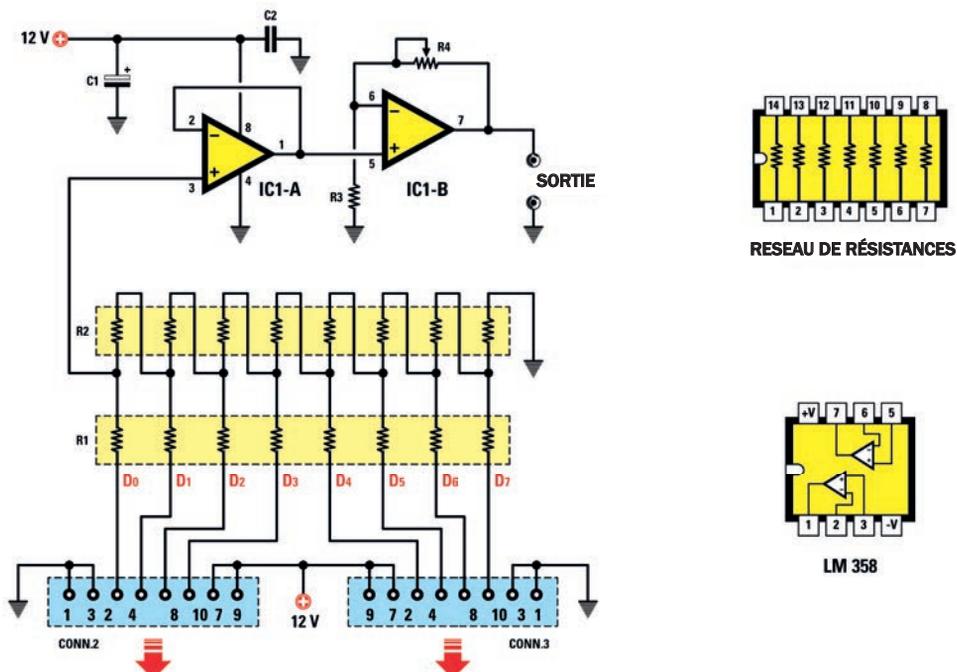
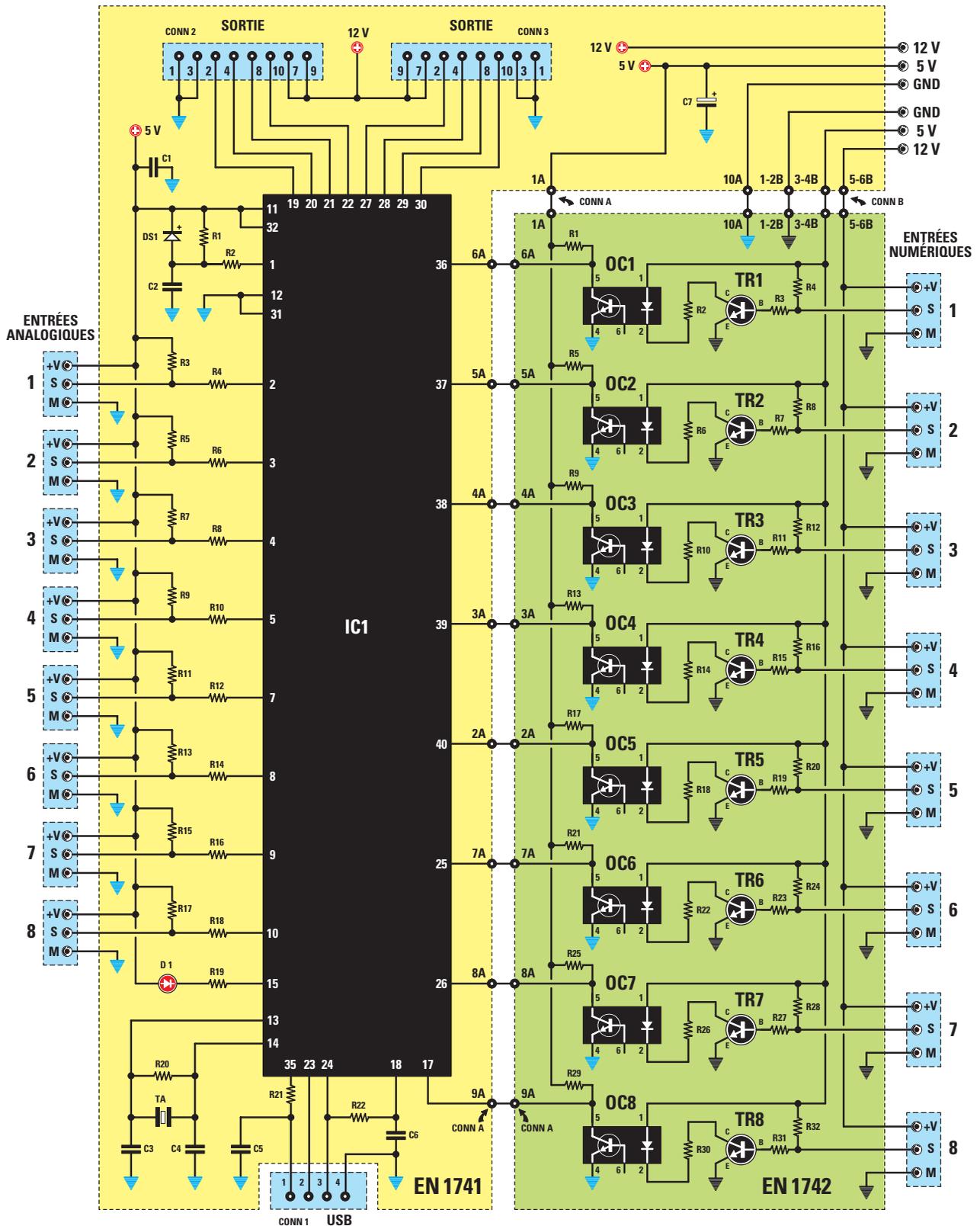


Figure 3 : Schéma électrique du convertisseur et brochage des composants.





- Liste des composants EN1782**
- R1 20 k réseau de résistances
 - R2 10 k réseau de résistances
 - R3 10 k
 - R4 10 k trimmer

- C1 10 µF électrolytique
- C2 100 nF polyester
- IC1 LM358
- CONN2 conn. femelle

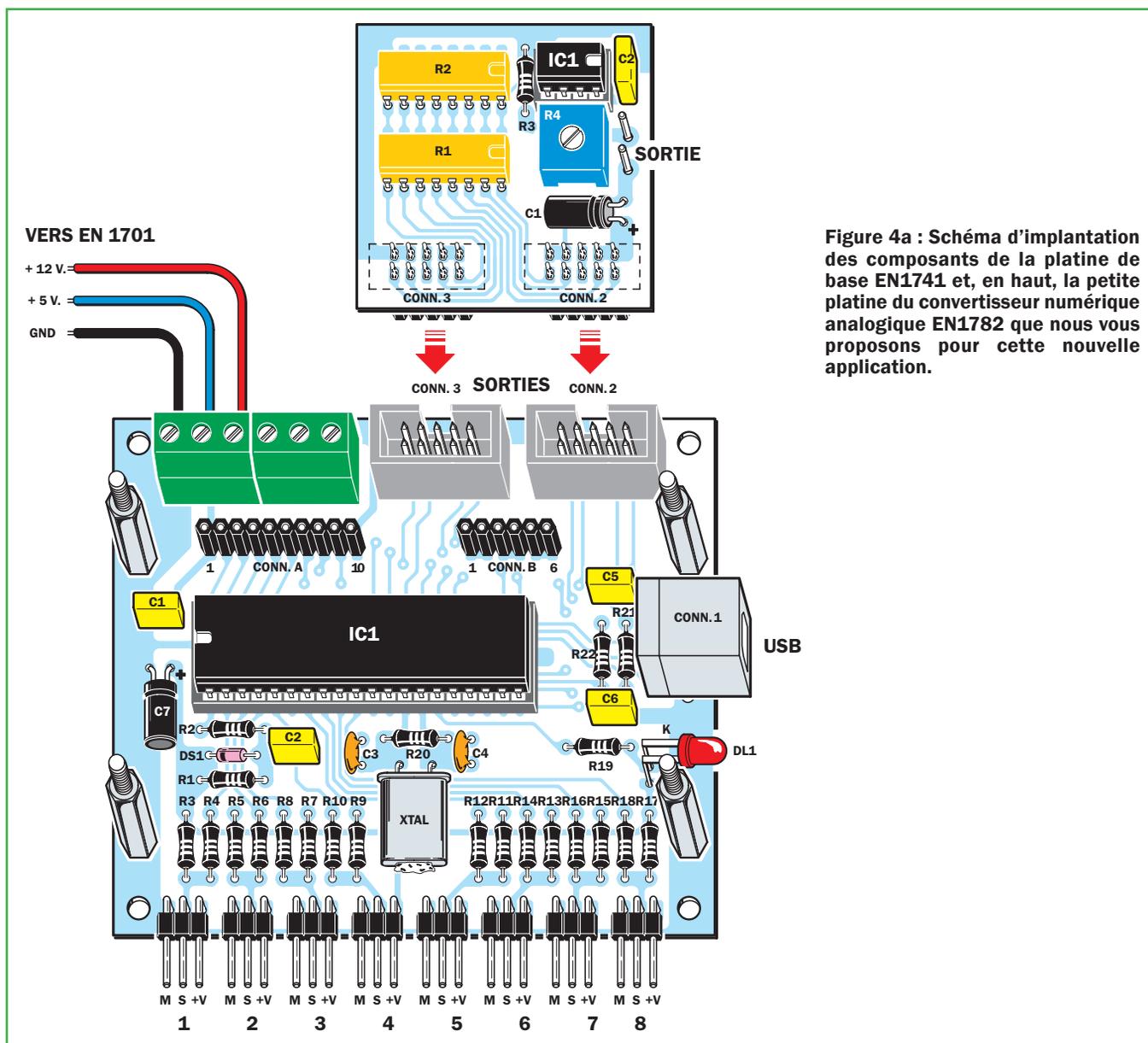


Figure 4a : Schéma d'implantation des composants de la platine de base EN1741 et, en haut, la petite platine du convertisseur numérique EN1782 que nous vous proposons pour cette nouvelle application.

La réalisation pratique

Vous allez devoir monter la platine de base **EN1741**, la platine des entrées numériques **EN1742**, la platine de l'étage d'alimentation **EN1701** et bien sûr la petite platine du convertisseur numérique analogique **EN1782**.

Procurez-vous les quatre circuits imprimés (trois sont des double face à trous métallisés, celui de l'alimentation est un simple face) ou réalisez-les à l'aide des dessins à l'échelle 1:1 fournis par les figures :

EN1741 : figure 4b-1 et 2

EN1742 : figure 6b-1 et 2

EN1701 : figure 10a

EN1782 : figure 4c-1 et 2

Pour monter les trois premières, appuyez-vous sur les figures correspondantes (schéma d'implantation des composants et photo du prototype) :

EN1741 : figure 4a au centre et figure 5 au centre

EN1742 : figure 6a et figure 7

EN1701 : figure 10a respectivement en bas et en haut

EN1782 : figure 4a en haut et figure 5 en haut

Nous allons détailler quelque peu le montage de la dernière petite platine

EN1782 en nous appuyant, donc, sur le haut des figures 4a et 5 où se trouvent le schéma d'implantation des composants et la photo du prototype : quelques composants seulement.

Commencez, comme toujours, par monter le support du circuit intégré **IC1** et poursuivez en insérant dans les positions prévues les trois résistances **R1-R2-R3** et le trimmer **R4**.

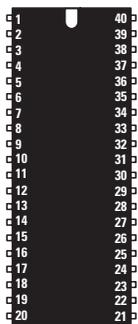
Montez ensuite le condensateur électrolytique **C1** de forme cylindrique, en ayant pris soin de le positionner horizontalement contre la surface du circuit imprimé. Pour obtenir cette condition vous devrez au préalable replier ses deux pattes en **L** : attention à la polarité !

Liste des composants EN1741

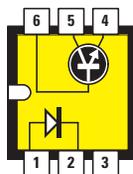
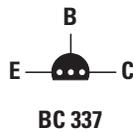
R1 4,7 k
R2 470
R3 10 k
R4 180
R5 10 k
R6 180
R7 10 k
R8 180
R9 10 k
R10 ... 180
R11 ... 10 k
R12 ... 180

R13 ... 10 k
R14 ... 180
R15 ... 10 k
R16 ... 180
R17 ... 10 k
R18 ... 180
R19 ... 390
R20 ... 1 M
R21 ... 10 k
R22 ... 1,5 k
C1 100 nF polyester
C2 100 nF polyester
C3 22 pF céramique
C4 22 pF céramique
C5 100 nF polyester

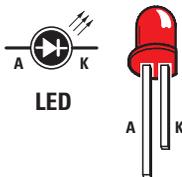
C6 1 μ F polyester
C7 100 μ F électrolytique
DL1 ... LED
DS1 ... 1N4150
XTAL .. quartz 20 MHz
IC1 ... CPU EP1741
CONN1.. connecteur USB
CONN2.. conn. 5+5 broches mâle
CONN3.. conn. 5 + 5 broches
mâle
CONNA.. conn. 10 broches
femelles
CONNB .. conn. 6 broches
femelles



EP 1741



4N35 - 4N37



LED

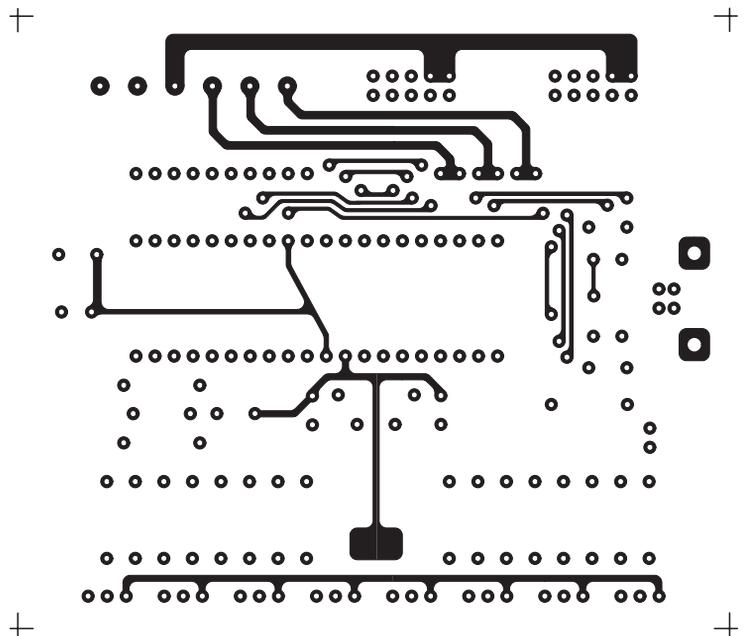
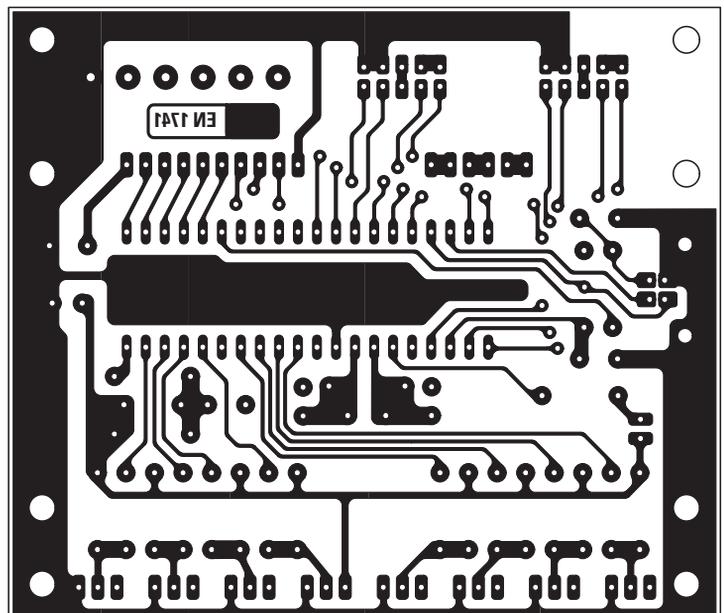


Figure 4b-2 : Dessin, à l'échelle 1:1, du circuit imprimé double face à trous métallisés de la platine de base EN1741, côté composants.

Figure 4b-1 : Dessin, à l'échelle 1:1, du circuit imprimé double face à trous métallisés de la platine de base EN1741, côté soudures.



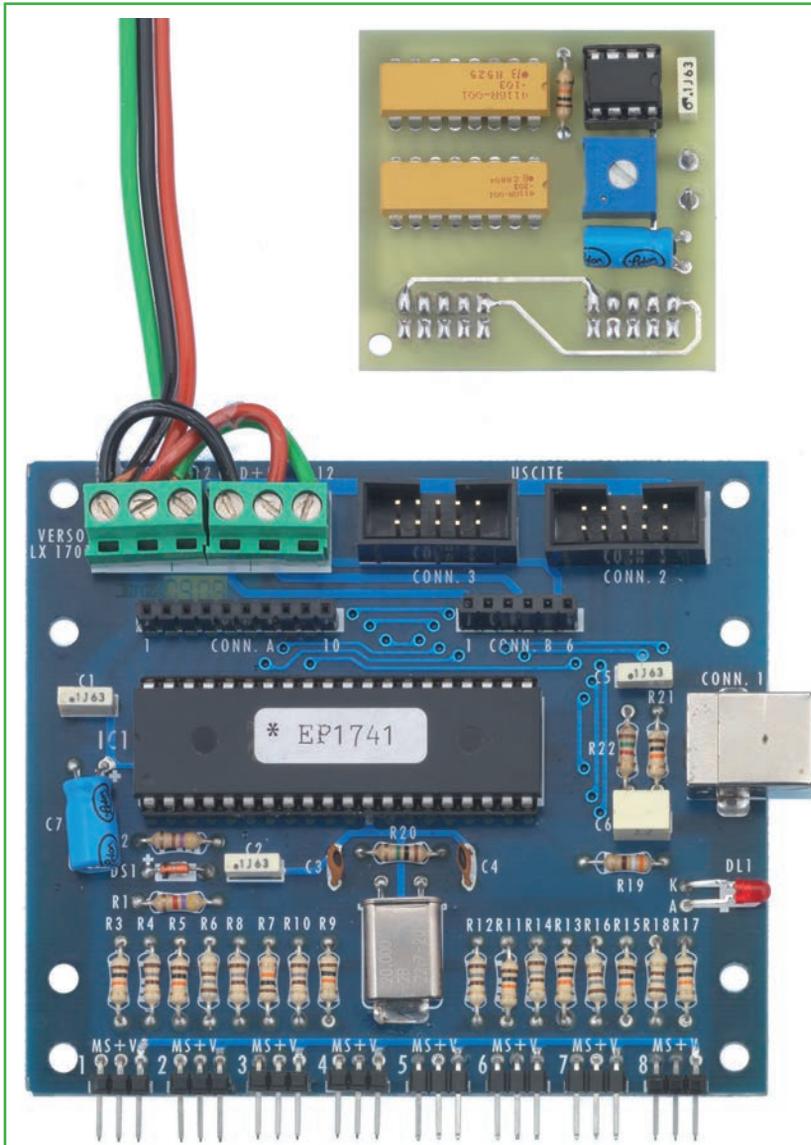


Figure 5 : Photo d'un des prototypes de la platine de base (au centre) et de la platine du convertisseur (en haut) terminées. Vous voyez que la liaison entre les deux circuits est réalisée au moyen des deux connecteurs CONN2 et CONN3.

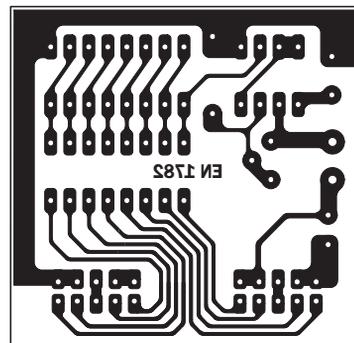


Figure 4c-1 : Dessin, à l'échelle 1:1, du circuit imprimé double face à trous métallisés de la platine du convertisseur N/A EN1782, côté soudures.

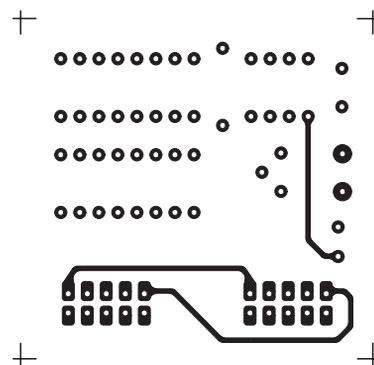


Figure 4c-2 : Dessin, à l'échelle 1:1, du circuit imprimé double face à trous métallisés de la platine du convertisseur N/A EN1782, côté composants.

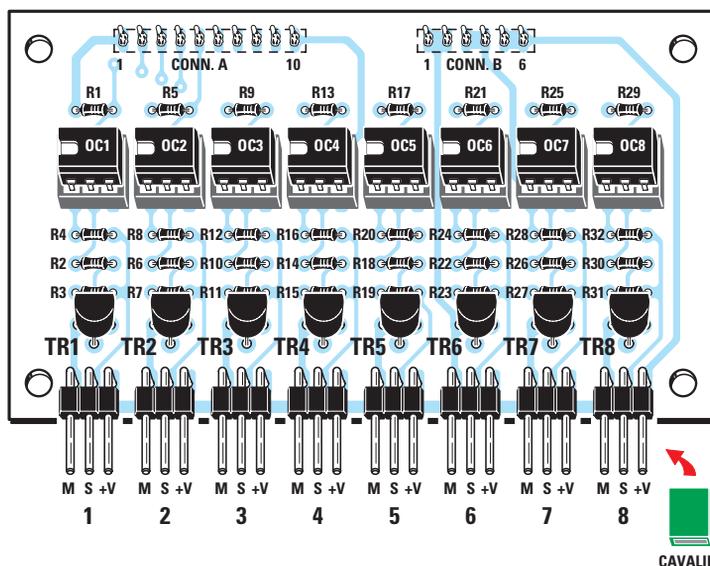


Figure 6a : Schéma d'implantation des composants de la platine des entrées numériques EN1742. Cette platine vous permettra de mettre à profit pleinement les potentialités du montage pour réaliser des applications personnalisées.

Liste des composants EN1742

R1 10 k
 R2 330
 R3 4,7 k
 R4 10 k
 R5 10 k
 R6 330
 R7 4,7
 R8 10 k
 R9 10 k
 R10 ... 330
 R11 ... 4,7 k
 R12 ... 10 k

R13 ... 10 k
 R14 ... 330
 R15 ... 4,7 k
 R16 ... 10 k
 R17 ... 10 k
 R18 ... 330
 R19 ... 4,7 k
 R20 ... 10 k
 R21 ... 10 k
 R22 ... 330
 R23 ... 4,7
 R24 ... 10 k
 R25 ... 10 k
 R26 ... 330
 R27 ... 4,7 k

R28 ... 10 k
 R29 ... 10 k
 R30 ... 330
 R31 ... 4,7 k
 R32 ... 10 k
 TR1 ... NPN BC337
 [...] NPN BC337
 TR8... NPN BC337
 OC1 ... photocoupleur 4N37
 [...] photocoupleur 4N37
 OC8 ... photocoupleur 4N37
 CONNA.. conn. 10 broches mâles
 CONNB.. conn. 6 broches mâles
 *toutes les résistances sont des 1/8 W

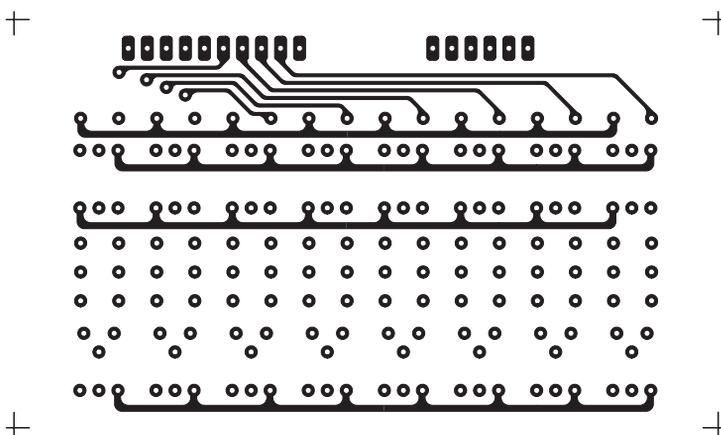


Figure 6b-1 : Dessin, à l'échelle 1:1, du circuit imprimé double face à trous métallisés de la platine des entrées numériques EN1742, côté soudures.

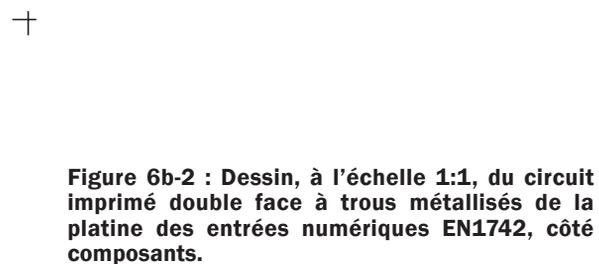


Figure 6b-2 : Dessin, à l'échelle 1:1, du circuit imprimé double face à trous métallisés de la platine des entrées numériques EN1742, côté composants.

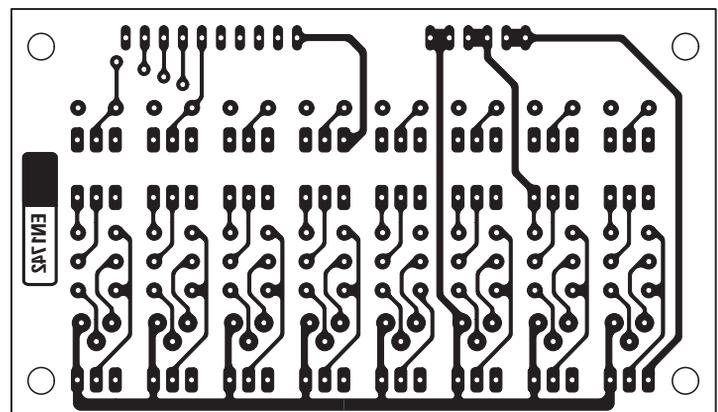
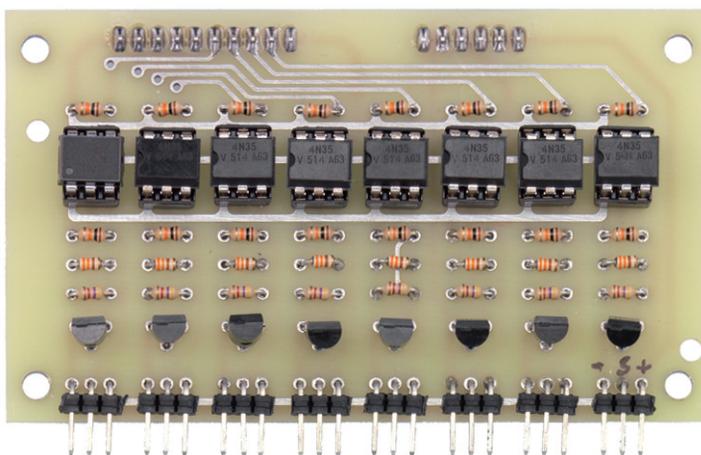


Figure 7 : Photo d'un des prototypes de la platine des entrées numériques EN1742 que vous devrez ensuite fixer sur la platine de base EN1741 comme le montre la figure ci-contre, avant d'effectuer la liaison avec le circuit d'alimentation EN1701 et avec la platine du convertisseur EN1782 visible au centre du dessin de la figure 8.



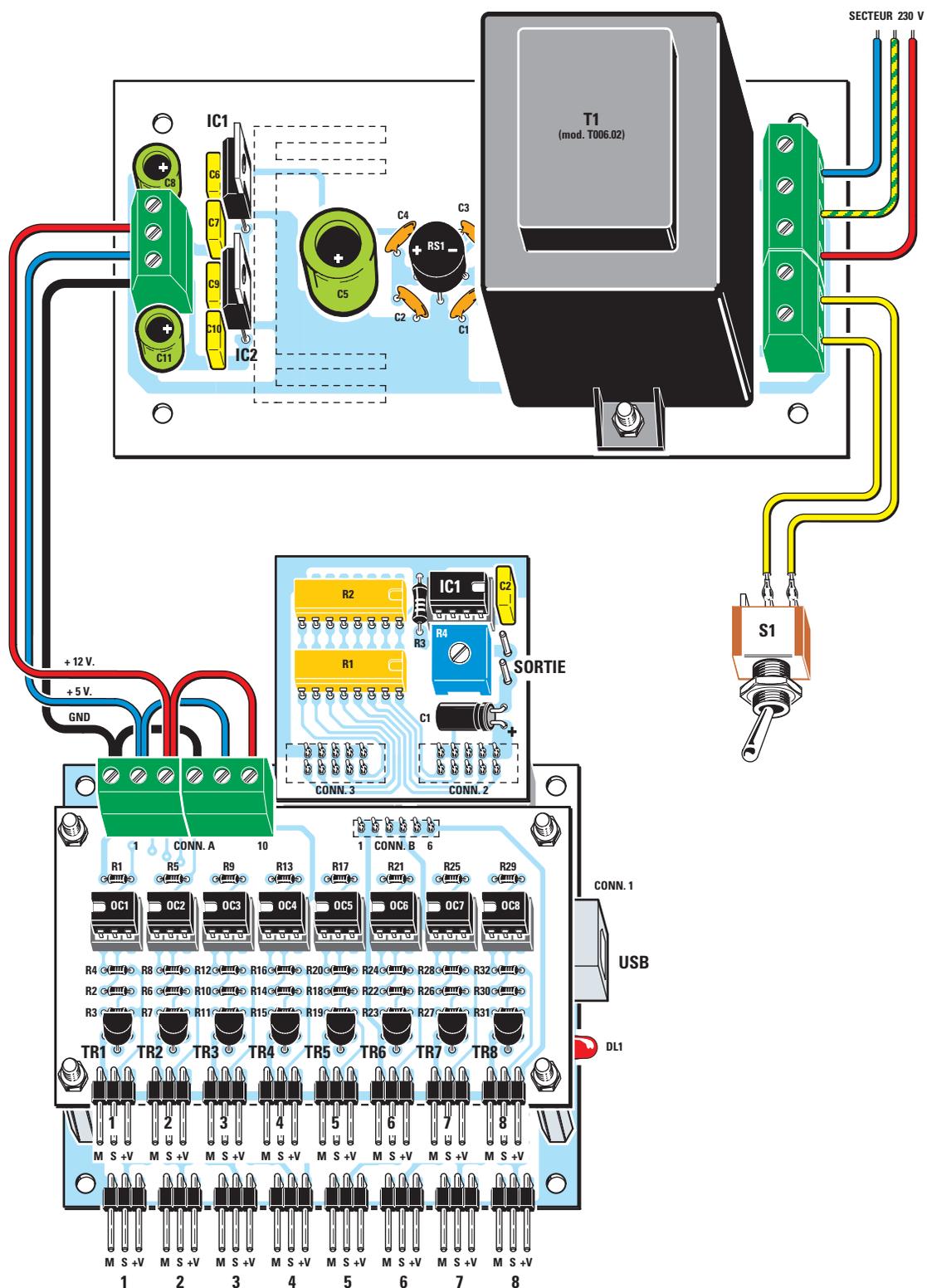


Figure 8 : Sur ce dessin on voit les connexions entre les trois platines qui constituent ce montage, y compris celle des entrées numériques qui est optionnelle.

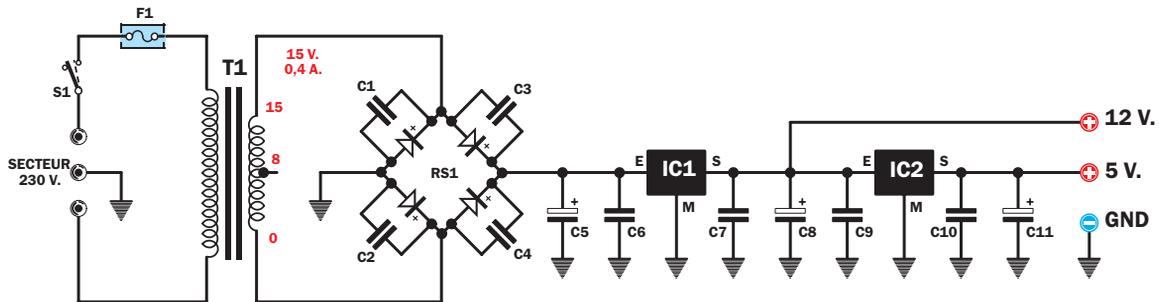


Figure 9 : Pour cette application nous avons utilisé une des innombrables alimentations que nous avons conçues, la EN1701. Bien sûr, vous pourrez aussi bien utiliser d'autres types d'alimentations pourvu qu'elles fournissent le 12 V requis par cette application.



Figure 10a : En haut la photo de l'alimentation EN1701 et dessous le schéma d'implantation des composants. Ce circuit, conçu pour le Générateur DDS, fournit une alimentation double au moyen de deux régulateurs.

Le positif + est en bas. Soudez ensuite le condensateur polyester **C2** en haut à droite et insérez enfin le circuit intégré **IC1** dans son support.

Retournez alors le circuit imprimé pour avoir face à vous le côté soudures et montez les deux petits connecteurs **CONN2-CONN3**, qui seront enfoncés dans les connecteurs **CONN2** et **CONN3** présents sur la platine de base **EN1741** (voir figure 4a en haut) pour connecter entre eux les deux platines. Vous obtiendrez ainsi l'assemblage visible figure 8.

Cette opération simple étant réalisée, pour effectuer l'application que nous avons décrite, il ne vous reste qu'à réaliser le câblage entre les deux platines ainsi assemblées et la platine d'alimentation **EN1701** (voir figure 8).

En fonction de vos projets personnels, vous pourrez étendre le système en utilisant la **platine des entrées numériques EN1742** comme cela est représenté figure 8. Vous pourrez ajouter des interfaces autant que nécessaire à la réalisation de votre projet.

À vous maintenant de tirer parti au mieux des nombreuses potentialités de ce montage.

Le logiciel Demo

Le logiciel de demo pour cette application est réalisé en **Visual Basic 6**, un langage de programmation simple, parfaitement compatible avec le système d'exploitation **XP** ou **Windows 98** et aujourd'hui accessible à tous car, n'étant plus commercialisé, il peut être téléchargé gratuitement sur Internet.

En effet, comme il s'agit d'un logiciel obsolète, Microsoft non seulement ne le fabrique plus, mais il n'exige même plus l'enregistrement. Nous qui l'avons acheté il y a des années, si nous l'installons sur une nouvelle machine, nous sommes renvoyés à un site d'enregistrement qui n'existe plus.

Pour réaliser ce logiciel nous nous sommes servis de la source utilisée avec l'interface **EN1741** pour maintenir sous

surveillance **l'évolution des fissures murales**. Nous avons ajouté «un peu» de code et transformé les huit sorties que nous avons adaptées pour activer ou désactiver **4 + 4 relais** (voir **EN1412**) en un magnifique générateur de tension de **0 à 5 V** ou de **0 à 10 V** à **8 bits**.

Une fois l'application lancée, dans l'écran de la figure 13 vous verrez apparaître en bas à gauche des nombres compris entre **0** et **255** : dans la case que vous voyez, sélectionnez **x1** ou **x2** (voir figures 13-14) selon que vous avez tourné l'axe du trimmer au maximum ou au minimum. Ce choix détermine la valeur de la tension à la sortie : elle peut être comprise entre **0** et **5 V** ou entre **0** et **10 V**.

Pour connaître le port **COM** utilisée par votre système pour communiquer avec l'**USB**, vous devez aller sur l'icône Ressource de l'ordinateur, cliquer sur la touche droite et sélectionner **Propriétés** et tout de suite après **Matériel, Gestion périphériques** et enfin **Ports (COM et LPT)**. Dans notre cas le port **COM** est le **COM9** (voir figure 12).

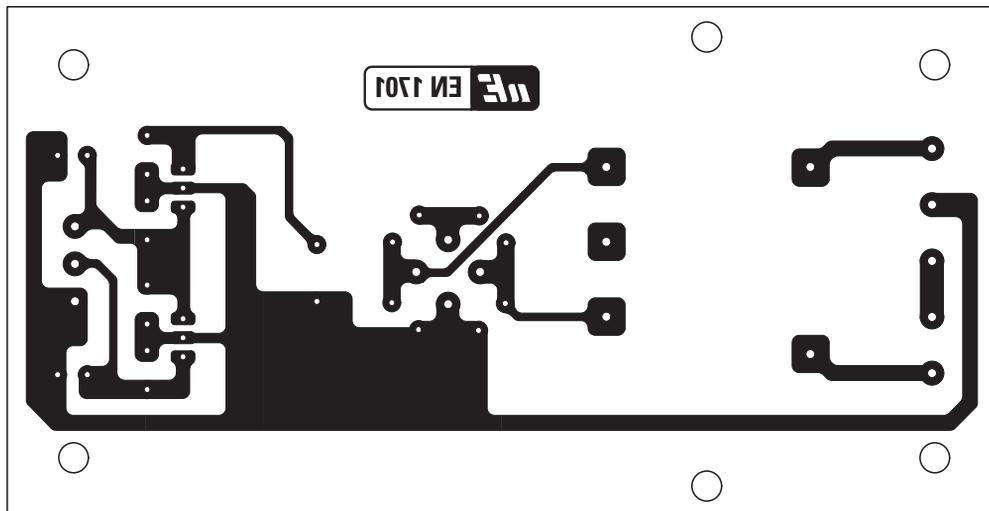


Figure 10b : Dessin, à l'échelle 1:1, du circuit imprimé de l'alimentation EN1701.

Cliquez ensuite dans le menu du haut sur la touche **Apriseriale** (voir la figure 13) et vous verrez les données arriver par votre **USB** dans le cadre central.

Quand vous avez sélectionné **x1**, en tournant vers la droite ou vers la gauche le curseur de la barre de défilement du bas, vous pourrez **augmenter** ou **diminuer** le signal à la sortie du **DAC**.

En même temps les dip-switchs se déplaceront en fonction de la valeur **binaire 1** ou **0** que vous pourrez comparer directement dans la fenêtre sous-jacente (voir figures 13-14).

En plus du format binaire, le nombre apparaîtra au format **décimal** et la valeur théorique de la tension à laquelle vous pouvez vous attendre en sortie sera visualisée.

Si vous avez tourné l'axe du trimmer de manière à avoir la tension **max 10 V**, utilisez l'échelle **x2** et vous aurez ainsi la valeur alignée sur la tension de sortie (voir figure 14). Vous pouvez enlever du code la gestion des poussoirs simplement en pointant tous les mots **Image**.

```
'visualise sur le dip-switch l'état binaire
des dips
'inverseur1
If bit(1) = 0 Then
```

```
'Image10.Picture = ImageList1.ListImages(7).
Picture
NewTX ("A")
Else
Image10.Picture = ImageList1.ListImages(6).Picture
NewTX ("B")
End If
```

```
'inverseur2
If bit(2) = 0 Then
Image11.Picture = ImageList1.ListImages(7).Picture
NewTX ("C") 'transmet les données à la
platine
Else
Image11.Picture = ImageList1.ListImages(6).Picture
NewTX ("D")
End If
```

```
'inverseur3
If bit(3) = 0 Then
Image12.Picture = ImageList1.ListImages(7).Picture
NewTX ("E")
Else
Image12.Picture = ImageList1.ListImages(6).Picture
NewTX ("F")
End If
'inverseur4
If bit(4) = 0 Then
Image13.Picture = ImageList1.ListImages(7).Picture
```

Vous pouvez maintenant gérer le signal pour actionner une pompe, un moteur ou simplement pour faire des essais afin de vous familiariser avec la programmation.

Dans tous les cas, vous apprendrez de manière pratique à créer un signal électrique avec un ordinateur.

Comment construire ce montage ?

Tout le matériel nécessaire pour construire ce **convertisseur N/A USB EN1782** (circuit imprimés, boîtier, logiciels) ainsi que la platine de base **EN1741**, la platine des entrées numériques **EN1742**, l'alimentation **EN1701** et le **logiciel de démonstration** sont disponibles chez certains de nos annonceurs.

Voir les publicités des annonceurs

Les typons des circuits imprimés et les programmes **lorsqu'ils sont libres de droits** sont téléchargeables à l'adresse ci-après :

<http://www.electronique-magazine.com/circuitrevue/117.zip> ◆

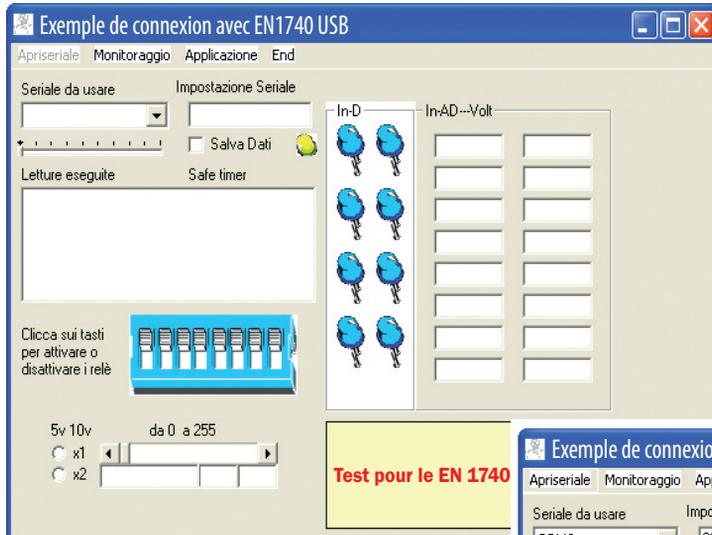


Figure 11 : Après avoir relié au PC le câble USB de l'interface normalement alimentée, procédez à l'installation du programme. La fenêtre ci-contre apparaît.

Figure 12 : Sélectionnez le port COM, dans notre cas c'est le COM9 et cliquez ensuite dans le menu du haut sur la touche Abriseriale.

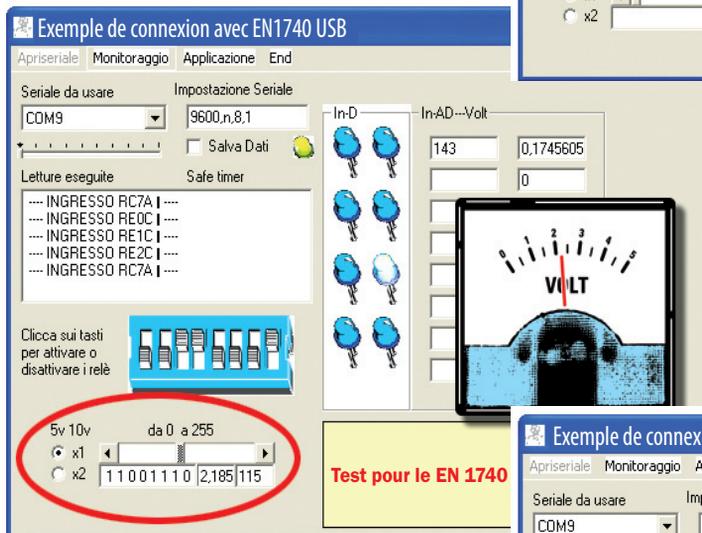
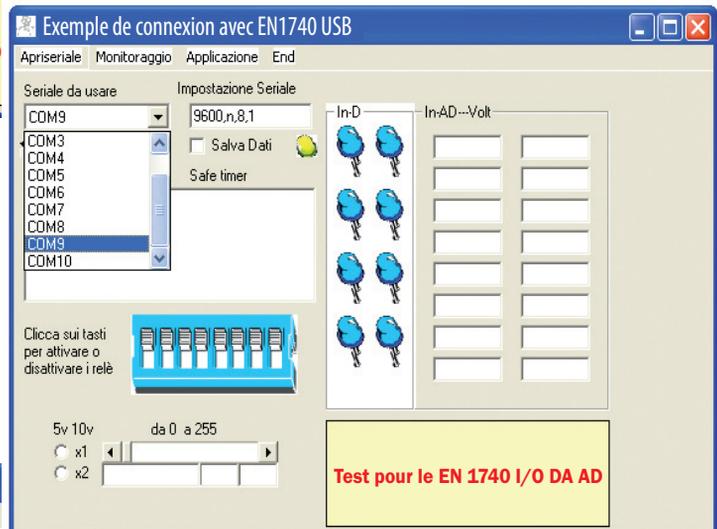
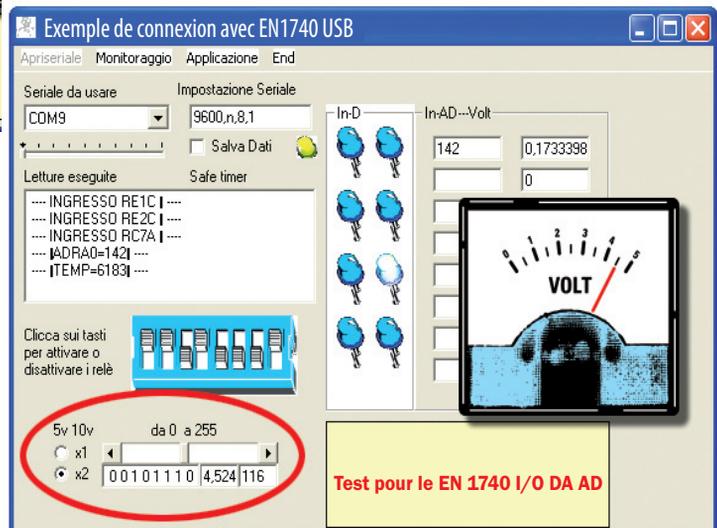


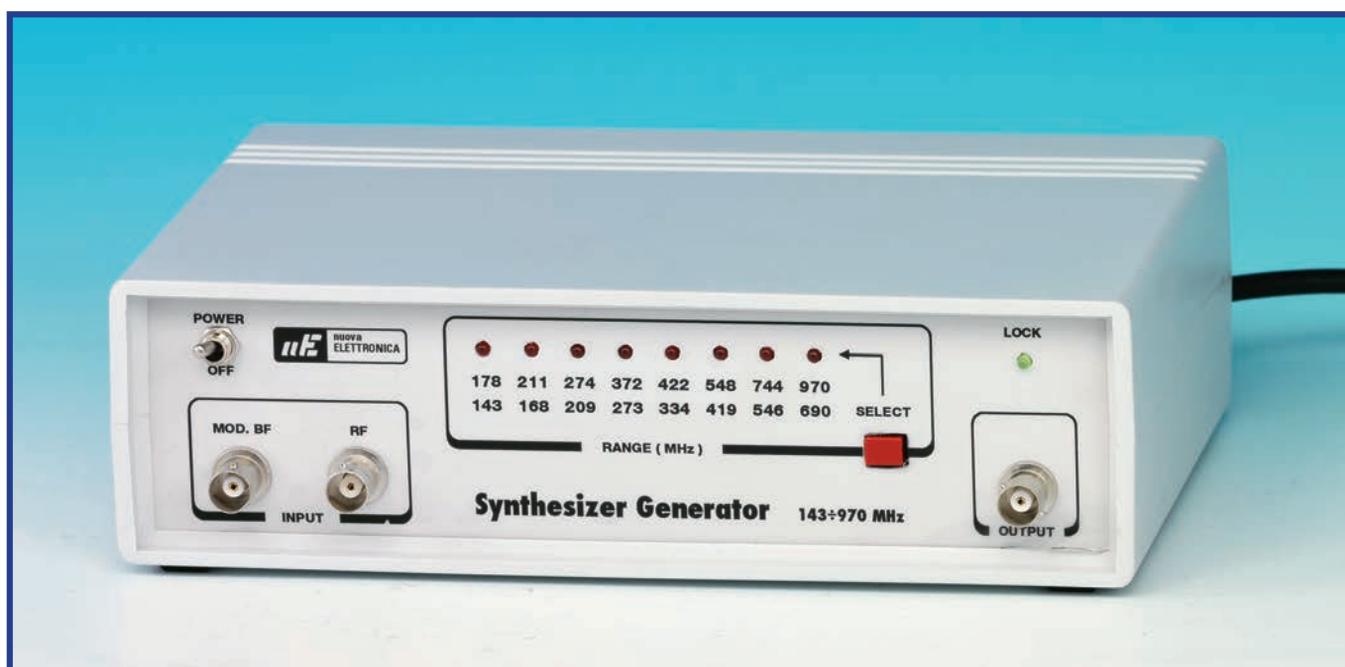
Figure 13 : Les données de tension commencent à arriver par le port USB. Elles sont visualisées en bas à gauche.

Figure 14 : Dans la case sélectionnez x1 ou x2 selon que le trimmer est tourné au maximum ou au minimum. La tension à la sortie variera de 0 à 5 V ou de 0 à 10 V.



Synthétiseur de 143 MHz à 970 MHz

Nous vous avons déjà proposé un générateur DDS en mesure de fournir des ondes sinusoïdales de 1 Hz à 120 MHz et un générateur DDS pour la gamme 1,2 GHz - 2,8 GHz. Aujourd'hui nous voulons vous proposer un synthétiseur qui, relié au générateur DDS, peut fournir n'importe quelle fréquence comprise entre 143 MHz et 970 MHz avec une résolution de 10 Hz.



Vous vous souvenez peut-être que dans les numéros 87 et 88 d'ELM nous vous avons proposé un **générateur DDS** (Direct Digital Synthesizer) en vous expliquant que, ce dispositif travaillant avec des **signaux numériques**, n'a besoin d'aucune **self** et permet de prélever en sortie des **ondes sinusoïdales** parfaites avec une **précision supérieure** à celle que l'on peut obtenir avec un **oscillateur à quartz**. Et ce n'est pas tout : la **pureté spectrale** de ces **générateurs DDS** est si élevée qu'aujourd'hui tous les nouveaux **récepteurs** et **oscillateurs VHF-UHF-SHF** utilisent la technique **DDS**.

Malheureusement les **oscillateurs VHF-UHF** en **DDS** réalisés industriellement atteignent des prix **astronomiques** inaccessibles pour les **amateurs**, lesquels se tournent en grand nombre vers **Électronique & Loisirs Magazine** afin de solliciter la conception d'instruments équivalents et bien sûr avec **disponibilité du matériel**, tout cela à un prix abordable.

Nos techniciens se sont donc mis à l'oeuvre, avec leur enthousiasme habituel, afin de trouver les meilleures solutions pour résoudre les innombrables problèmes qu'un tel montage comporte. Étant donné que les **circuits intégrés** techniquement les plus adaptés à cette réalisation sont des **microscopiques CMS**, nous avons fait en sorte qu'ils soient disponibles **déjà montés** sur un circuit imprimé. A vous ensuite d'insérer cette petite platine CMS dans une seconde platine que vous réaliserez avec les composants standard figurant dans le matériel disponible.

Ce que nous vous avons expliqué en **quelques lignes**, nous a pris en réalité des **semaines** de travail, car chaque fois que les **circuits intégrés** choisis **ne** pouvaient **pas** résoudre un problème, nous devions en chercher d'autres et **repenser complètement** tout le circuit. Initialement notre idée consistait à réaliser un simple **synthétiseur** lequel, relié au **générateur DDS** présenté dans les numéros **87** et **88** d'ELM, puisse fournir une fréquence **minimale** de **143 MHz** pour arriver à une fréquence **maximale** de **970 MHz**.

- 1 CP GND = broche à connecter à la masse
- 2 A Vpp = broche à alimenter en 3,3 V
- 3 A GND = broche à connecter à la masse
- 4 RF out A = première sortie signal RF
- 5 RF out B = seconde sortie signal RF
- 6 V VCO = alimentation 3,3 V pour VCO
- 7 V TUNE = entrée pour contrôle VCO
- 8 A GND = broche à connecter à la masse
- 9 L1 = self syntonie pour VCO
- 10 L2 = self syntonie pour VCO
- 11 A GND = broche à connecter à la masse
- 12 Cc = broche de compensation
- 13 R set = broche de réglage («Set»)
- 14 Cn = broche de compensation
- 15 D GND = broche à connecter à la masse
- 16 REF en = entrée signal RF par le DDS
- 17 CLK = entrée Horloge («Clock») par le micro ST7
- 18 DATA = entrée Donnée («Data») par le micro ST7
- 19 LE = entrée Charge Habilitée («Load Enable») du micro ST7
- 20 MUXOUT = sortie signal Multiplexeur
- 21 D Vpp = broche à alimenter en 3,3 V
- 22 A GND = broche à connecter à la masse
- 23 CE = Puce Habilitée («Chip Enable») à alimenter en 3,3 V
- 24 CP = filtre de la Boucle à verrouillage de phase («PLL»)

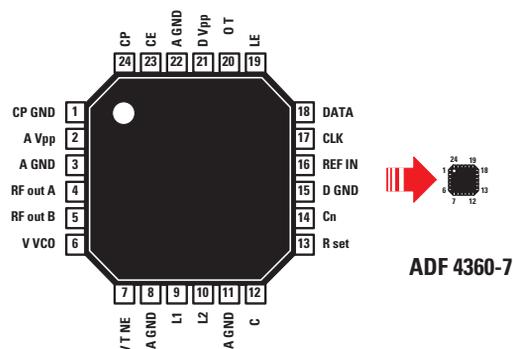


Figure 1 : Sur ce dessin, nettement agrandi, nous avons représenté le marquage des 24 broches du circuit intégré ADF4360-7 en prenant comme référence le «point blanc» repère-détrompeur qui se trouve entre les broches 1 et 24. Les dimensions réelles de ce circuit intégré sont de seulement 4x4 mm.

Le prototype une fois réalisé, pour avoir la certitude de sa fiabilité, nous avons monté plusieurs **exemplaires** et, une fois essayés, nous les avons confiés à des techniciens de **petites et moyennes entreprises industrielles** pour avoir un jugement objectif sur la validité du montage.

Le **retour positif** général que nous avons obtenu nous a encouragés à vous présenter ce que nous nommons un **synthétiseur** économique, étant donné que pour en acheter un dans le **commerce** (ayant les mêmes caractéristiques excellentes), il faudrait faire un prêt bancaire et hypothéquer la maison !

Le circuit intégré ADF4360-7

Le «cerveau» de ce montage est le circuit intégré **Analog Devices ADF4360-7** qui est un **synthétiseur VCO** complet réalisé en **CMS** : il est en mesure de travailler à partir d'un minimum de **175 MHz** jusqu'à un maximum de **1 800 MHz**.

Sur la figure 1 nous avons représenté ce circuit intégré, à partir des dimensions réelles de **4 x 4 mm**, nettement

agrandies pour rendre bien visibles les **6 broches** présentes sur ses quatre côtés, soit au total **24 broches** dont nous donnons la fonction dans le rectangle à fond gris de cette même figure.

Sur la figure 2 nous donnons le schéma **synoptique** interne du circuit intégré, nettement simplifié, mais même ainsi il restera pour beaucoup incompréhensible et seuls ceux qui savent comment fonctionne un **synthétiseur PLL (Phase Locked Loop)** comprendront la fonction de ce minuscule circuit intégré. À l'intérieur du **ADF4360-7** se trouvent tous les étages nécessaires pour réaliser un **VCO à PLL** complet, c'est-à-dire :

- diviseur par 100 du signal d'entrée
- diviseur par 1 000 pour le comparateur de Phase
- interface série pilotée par un micro extérieur
- oscillateur VHF-UHF à diodes varicap

Avant de continuer, précisons que **VCO** signifie **Voltage Controlled Oscillator** que nous pouvons traduire «**étage oscillateur** qui nous permet de modifier la **fréquence** en faisant varier simplement la **tension positive** aux extrémités des **diodes varicap** situées sur la **self oscillatrice**» (voir figure 4).

En ce qui concerne le **PLL (Phase-Locked-Loop)**, si vous n'avez aucune familiarité avec les **synthétiseurs PLL**, vous trouverez ici une explication complète du fonctionnement du PLL présent à l'intérieur du circuit intégré **ADF4360-7**.

La **fréquence** prélevée sur le **générateur DDS** est appliquée sur la broche **16** du **ADF4360-7** à travers lequel il arrive à un étage interne qui la **divise par 100** et la met en **quadrature** de manière à obtenir une parfaite **onde carrée**, ensuite appliquée sur une des broches de la porte **OR exclusif** (voir figure 4).

La **fréquence** prélevée sur le **VCO** de l'**ADF4360-7** est en revanche **divisée par 1 000** et ensuite mise aussi en **quadrature** avant d'être appliquée à un **comparateur de phase** qui alimente la seconde broche de la porte **OR exclusif** (voir figure 4).

Comme nous appliquons sur les deux broches de ce **OR exclusif** deux **ondes carrées** ayant une amplitude maximale de **3 V**, sur sa **sortie** nous retrouverons des **ondes carrées** avec un **rapport cyclique** variant en fonction du **déphasage** des deux signaux. Quand le **rapport cyclique** varie, la **tension** arrivant sur le **condensateur**

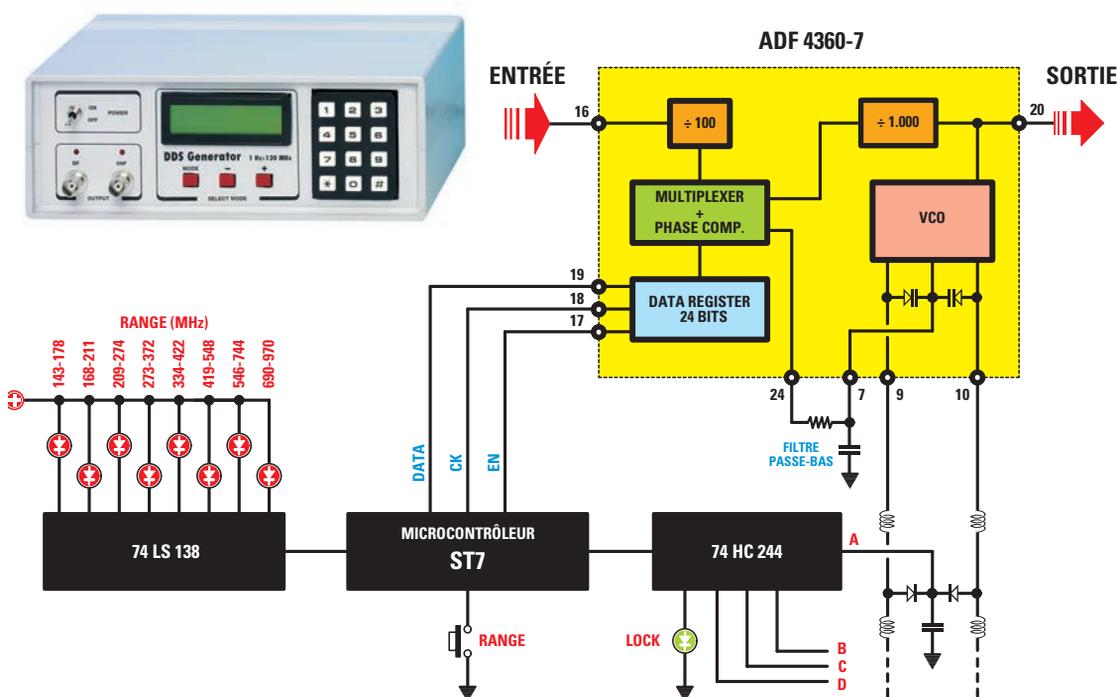


Figure 2 : À l'intérieur du circuit intégré ADF4360-7 sont insérés tous les étages requis pour réaliser un VCO à PLL. Sur la broche d'entrée 16 est appliqué le signal prélevé sur un générateur DDS et ce signal, divisé par 100, arrive sur l'une des deux entrées d'une porte Or Exclusif (voir figure 4). Sur l'entrée opposée de cette porte est appliquée la fréquence du VCO divisée par 1 000, de manière à obtenir en sortie une onde carrée ayant un rapport cyclique variable (voir figures 5-6-7-8). Le micro ST7 allume, à travers le circuit intégré 74LS138, les LED de la gamme de travail du VCO et, à travers le circuit intégré 74HC244, commute dans l'étage oscillateur les selfs requises. Quand la fréquence générée par le VCO est parfaitement identique à la valeur que nous voulons, la LED verte DL9 de verrouillage (Lock) s'allume.

qui alimente les **diodes varicap** du VCO varie aussi et, lorsque la **capacité** des **diodes varicap** se modifie, la valeur de la **fréquence produite** change.

Admettons que le **déphasage** entre les deux signaux soit de **0%**, sur les **diodes varicap** arrive une tension **positive** de :

$$(3 \times 0) : 100 = 0 \text{ V (voir figure 5)}$$

Si le **déphasage** entre les deux signaux atteint un valeur de **20%**, sur les **diodes varicap** arrive une tension **positive** de :

$$(3 \times 20) : 100 = 0,6 \text{ V (voir figure 6)}$$

Si le **déphasage** atteint une valeur de **50%**, sur les **diodes varicap** arrive une tension de :

$$(3 \times 50) : 100 = 1,5 \text{ V (voir figure 7)}$$

Admettons que le **déphasage** atteint une valeur de **90%**, sur les **diodes varicap** arrive une tension **positive** de :

$$(3 \times 90) : 100 = 2,7 \text{ V (voir figure 8)}$$

Donc, en faisant varier le **déphasage** des **ondes carrées** du **OR exclusif** on peut faire varier la tension positive sur les diodes varicap et, par conséquent, la **fréquence** produite par le VCO lequel, en partant d'une valeur **maximale**, atteint une valeur **minimale**. Quand la **fréquence** produite est parfaitement **identique** à celle que l'on souhaite produire, le détecteur de phase du VCO se **bloque** (ou se verrouille : to lock en Anglais, ce **L** étant le premier **L** de PLL).

Mais ce que nous venons de dire pourrait **ne pas** être suffisamment compréhensible, alors nous allons approfondir les différents concepts au moyen d'exemples simples.

Admettons que nous ayons sélectionné avec notre **synthétiseur VCO** la **1^{ère}** gamme comprise entre **143** et **178 MHz** (voir **Tableau 1**) et que

nous voulions prélever à sa sortie une **fréquence** de **145,6 MHz** : accordons (syntonisons) le **générateur DDS** (voir figures 2-3) sur la fréquence de :

$$145\,600\,000 : 10 = 14\,560\,000 \text{ Hz}$$

Note : le **générateur DDS** est toujours syntonisé sur une fréquence **10 fois moindre** par rapport à celle que nous voulons prélever à la sortie du VCO.

Dès que l'on allume le **synthétiseur**, celui-ci présente une fréquence de **143 MHz** qui est **déphasée** de **0°** (voir figure 5) par rapport à la fréquence prélevée sur le **générateur DDS** et par conséquent sur les **diodes varicap** du VCO arrive une tension de **0 V** qui le fera osciller sur la **fréquence** de **143 MHz**.

Ensuite le **déphasage** augmente de façon graduelle et automatique de **0%** à **5%** - **10%** - **20%**, etc. et de ce fait la tension sur les **diodes varicap** du VCO **augmente** aussi.



Figure 3 : La sortie VHF du générateur DDS, que nous vous avons présenté dans les numéros 87 et 88 d'ELM, sera reliée à travers un petit câble coaxial, à la BNC d'entrée du synthétiseur. En pressant la touche Select, la LED indiquant sa gamme de travail s'allume en face avant. À l'entrée de ce synthétiseur vous pourrez également insérer le signal prélevé sur un quelconque générateur ou VFO pourvu qu'il produise une fréquence comprise entre 14,3 MHz et 97,0 MHz (voir Tableau 1).

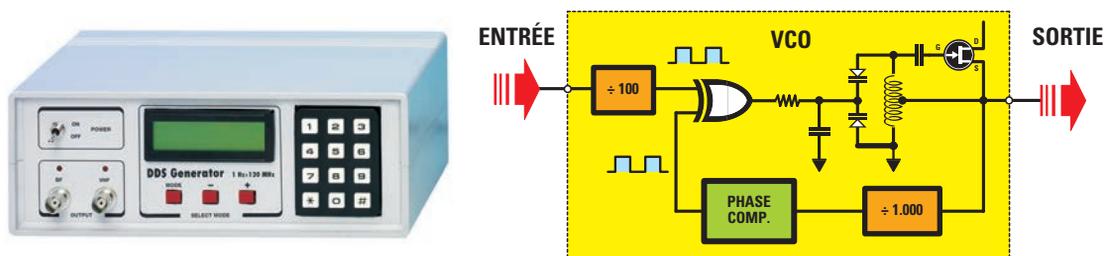


Figure 4 : Voici, de manière schématique, comment fonctionne un étage oscillateur PLL et aussi comment est utilisée la porte «Or Exclusif» pour faire varier la tension sur les diodes Varicap lesquelles, montées en parallèle avec la self de l'étage oscillateur VCO, feront varier la fréquence produite.

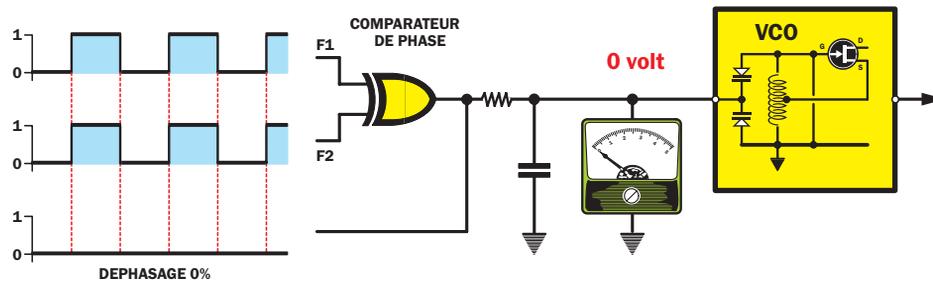


Figure 5 : Quand sur les deux entrées du Or Exclusif, arrivent deux ondes carrées avec une amplitude de 3 V et un déphasage de 0 degré, sur les diodes varicap arrive une tension de $(3 \times 0) : 100 = 0$ V.

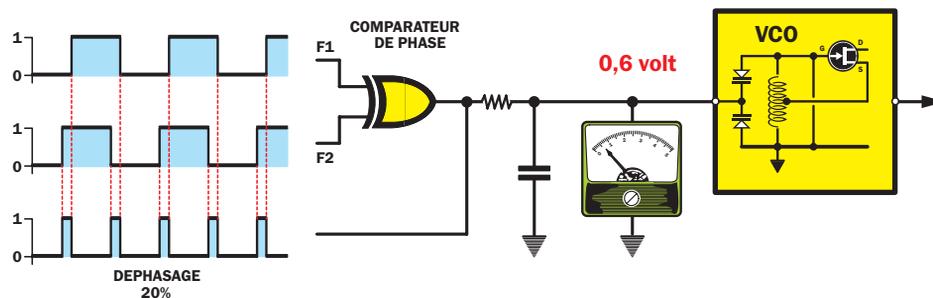


Figure 6 : Quand sur une des deux entrées du Or Exclusif arrive une onde carrée qui est «déphasée» de 20% par rapport à l'onde carrée qui arrive sur l'entrée opposée, sur les diodes varicap une tension de $(3 \times 20) : 100 = 0,6$ V sera présente.

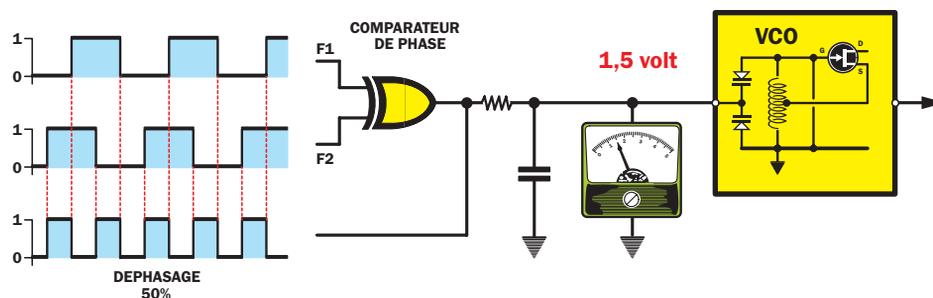


Figure 7 : Quand sur une des deux entrées du Or Exclusif arrive une onde carrée qui est «déphasée» de 50% par rapport à l'onde carrée qui arrive sur l'entrée opposée, sur les diodes varicap une tension de $(3 \times 50) : 100 = 1,5$ V sera présente.

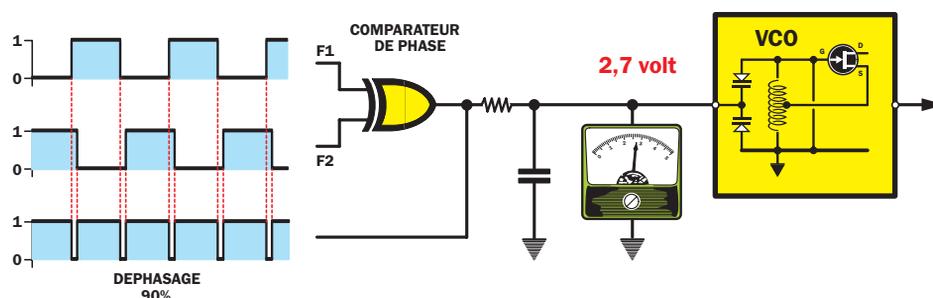


Figure 8 : Quand sur une des deux entrées du Or Exclusif arrive une onde carrée qui est «déphasée» de 90% par rapport à l'onde carrée qui arrive sur l'entrée opposée, sur les diodes varicap une tension de $(3 \times 90) : 100 = 2,7$ V sera présente.

TABLEAU 1

Bande	Fréquence de sortie du synthétiseur	Fréquence à taper sur le générateur DDS
1 ^{ère}	143.000.000- 178.000.000 Hz	14.300.000- 17.800.000 Hz
2 ^{ème}	168.000.000- 211.000.000 Hz	16.800.000- 21.100.000 Hz
3 ^{ème}	209.000.000- 274.000.000 Hz	20.900.000- 27.400.000 Hz
4 ^{ème}	273.000.000- 372.000.000 Hz	27.300.000- 37.200.000 Hz
5 ^{ème}	334.000.000- 422.000.000 Hz	33.400.000- 42.200.000 Hz
6 ^{ème}	419.000.000- 548.000.000 Hz	41.900.000- 54.800.000 Hz
7 ^{ème}	546.000.000- 744.000.000 Hz	54.600.000- 74.400.000 Hz
8 ^{ème}	690.000.000- 970.000.000 Hz	69.000.000- 97.000.000 Hz

Sur la face avant du synthétiseur il y a huit LED indiquant quelle gamme de fréquences nous pourrions prélever à la sortie. Nous vous rappelons qu'à l'entrée du synthétiseur on applique une fréquence 10 fois moindre (voir colonne générateur DDS).

Comme la tension augmente, la valeur de la **fréquence** du **VCO** augmente aussi et passe à **143,5 MHz**, puis à **144,0 MHz** et enfin à **145,0 MHz**.

Quand elle arrive à **145,6 MHz**, c'est-à-dire à la valeur de la **fréquence demandée**, la LED **verte** de **verrouillage** s'allume (voir DL9 figure 9) et, automatiquement, le **VCO bloque** ou **verrouille** la fonction de recherche de la **fréquence**.

Donc lorsque la LED **verte** de **verrouillage** s'allume, c'est qu'une **fréquence** de **145,6 MHz** sort du **synthétiseur**.

Si cela n'est pas encore suffisamment clair, voici un second exemple.

Admettons que l'on veuille prélever à la sortie du **synthétiseur** une fréquence de **358 MHz** : consultons le **Tableau 1** pour voir à quelle bande cela correspond. C'est dans la **5^{ème} bande** comprise entre **334 MHz** et **422 MHz**.

Après avoir pressé le poussoir **P1** pour allumer la **5^{ème} LED** liée au circuit intégré **IC1** (voir figure 9), nous syntoniserons le **générateur DDS** sur la fréquence de :

$$358\ 000\ 000 : 10 = 35\ 800\ 000\ \text{Hz}$$

Note : Vous savez déjà que le **générateur DDS** est syntonisé (accordé) sur une fréquence **10 fois moindre** par rapport à celle que l'on souhaite prélever à la sortie.

Dès que l'on allume le **synthétiseur**, une fréquence **déphasée** de **0°** par rapport à la fréquence prélevée par le **générateur DDS** se présente (voir figure 5) : par conséquent sur les **diodes varicap** du **VCO** arrive une tension **positive** de **0 V** qui le fera osciller sur la **fréquence** la plus **basse** de la **5^{ème} gamme**, soit **334 MHz**.

Ensuite le **déphasage** commence automatiquement à augmenter : il passe de **0%** à **5%** - **10%** - **20%**, etc. (voir figure 6) et par conséquent la tension arrivant sur les **diodes varicap** du **VCO** augmente aussi.

Comme la tension augmente, la **fréquence** du **VCO** augmente également et passe de **334 MHz** à **335 MHz** et arrive enfin à **350 MHz** : quand elle atteint **358 MHz**, c'est-à-dire la **fréquence choisie**, la LED **verte** de **verrouillage** (voir DL9 figure 9) s'allume et la fonction de **déphasage** de l'**onde carrée** se **bloque**. La mise sous tension de la LED **verte** de **verrouillage** indique que le **synthétiseur** s'est syntonisé exactement sur la **fréquence** de **358 MHz**.

Comme nous l'avons dit déjà, la **fréquence** appliquée sur l'entrée du **synthétiseur** doit être **10 fois moindre** par rapport à celle que l'on veut prélever à la sortie.

Pour obtenir la gamme complète allant de **143 MHz** à **970 MHz**, nous devons appliquer en entrée des **fréquences** allant de **14,3 MHz** à **97,0 MHz**.

Nous vous avons conseillé d'utiliser comme source notre **générateur DDS** présenté dans les numéros 87 et 88 d'ELM parce qu'il est doté d'un **afficheur** sur lequel il est possible de voir le nombre **tapé** sur le **clavier** et de savoir quelle fréquence sortira de notre **synthétiseur**.

Si l'afficheur visualise le nombre suivant **14 650 200**, il suffira d'ajouter un **0** à ce nombre pour savoir que le **synthétiseur** produit en sortie une fréquence de **146 502 000 Hz**.

Si sur les afficheurs on fait apparaître **75 150 000**, en ajoutant un **0** nous obtiendrons **751 500 000**, qui est la fréquence produite à la sortie du **synthétiseur**.

Utiliser un générateur RF ordinaire

Nous vous avons conseillé d'utiliser notre **générateur DDS** présenté dans les numéros 87 et 88 d'ELM parce que, en plus de fournir un signal **très stable**, il nous permet de savoir à l'instant quelle **fréquence** produira le **synthétiseur** en ajoutant un **0** au nombre **affiché**. Si vous ne disposez pas de ce **générateur DDS** mais si vous avez un simple **générateur RF**, vous pouvez également l'utiliser sans oublier qu'à l'entrée du **synthétiseur** on doit appliquer une fréquence **10 fois moindre** par rapport à celle que l'on veut prélever à la sortie (voir **Tableau 1**).

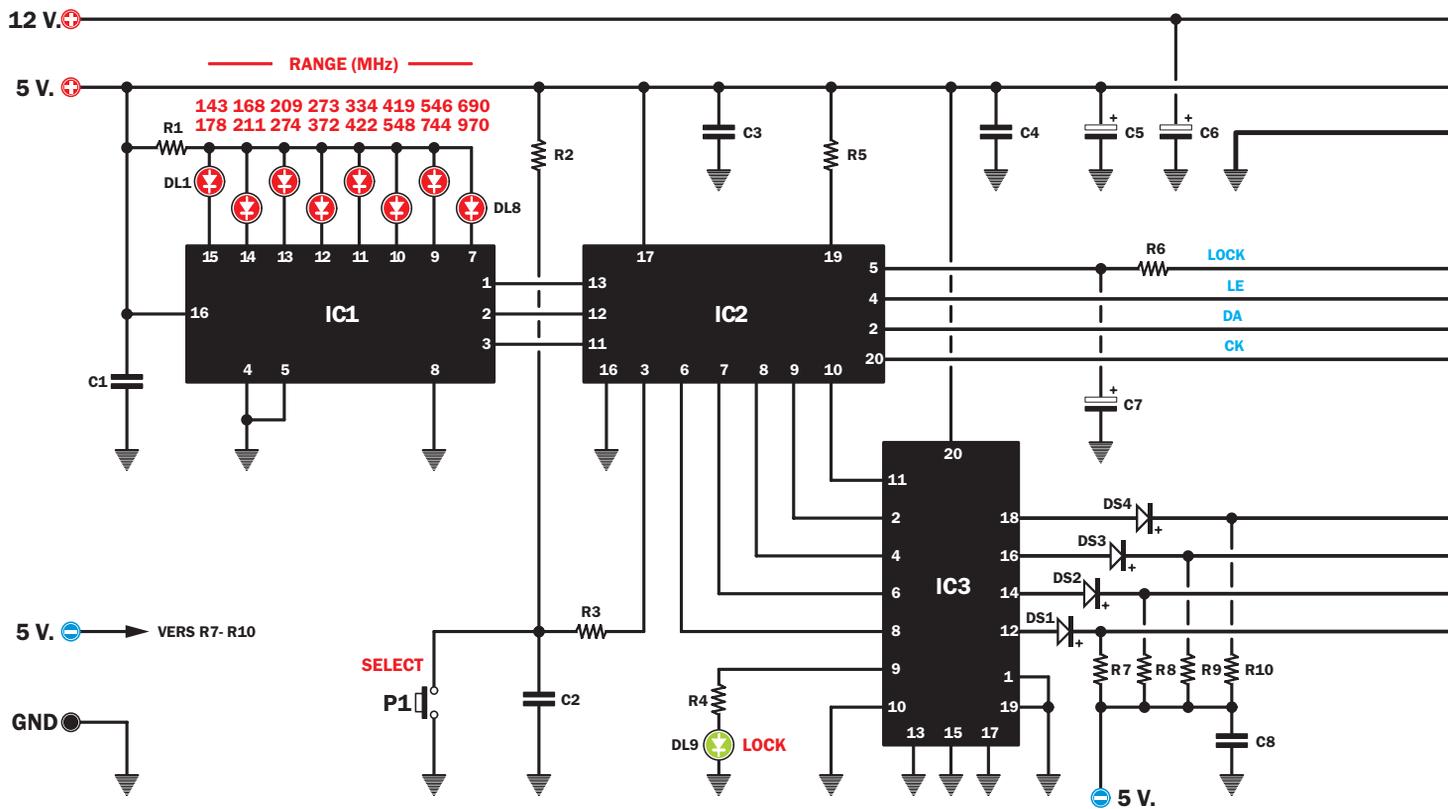


Figure 9 : Schéma électrique du synthétiseur complet. Sur le circuit imprimé EN1750 vous devrez monter seulement ces composants (voir figures 13-14).

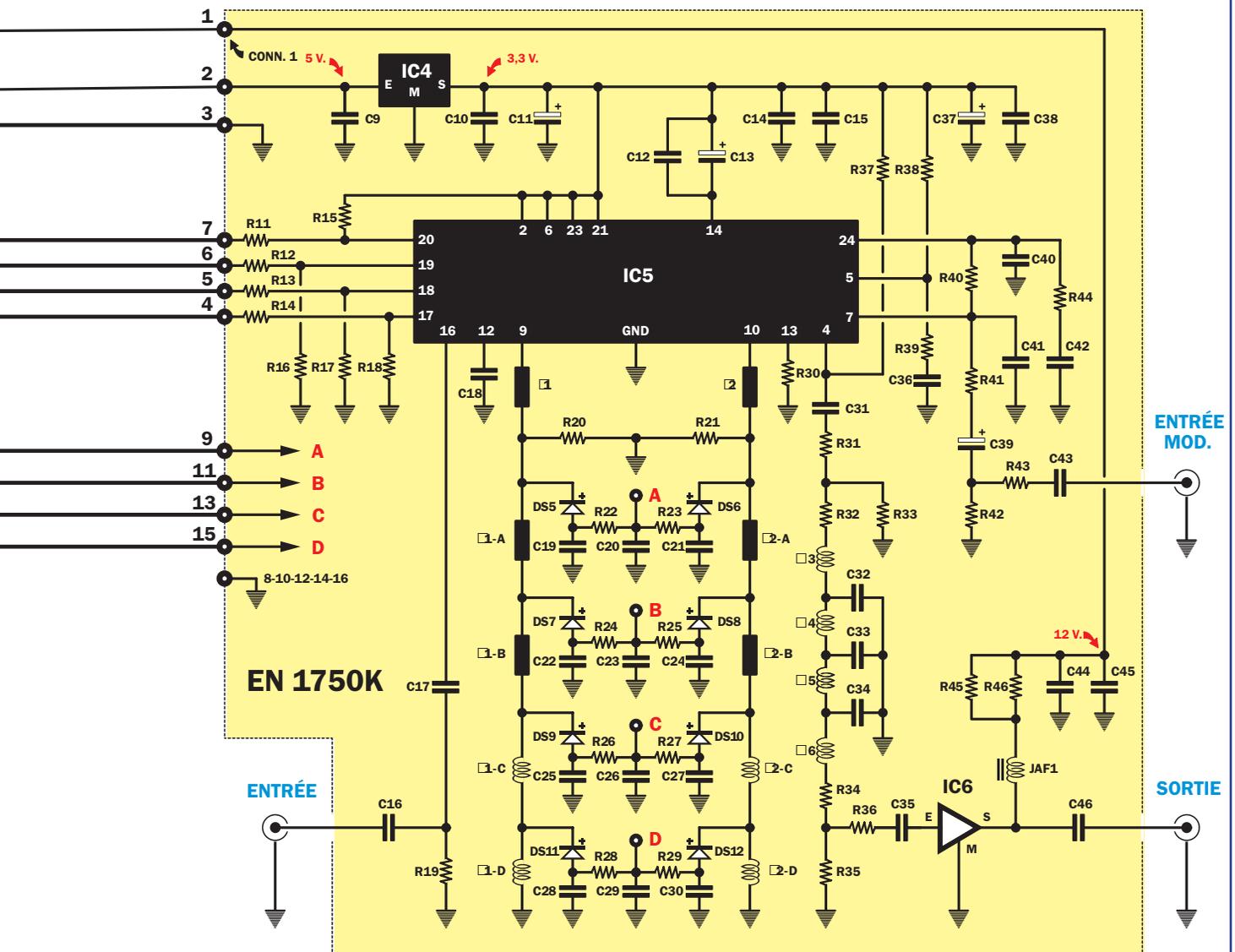
Liste des composants EN1750

R1 270
 R2 10 k
 R3 1 k
 R4 470
 R5 10 k
 R6 3,3 k
 R7 1 k

R8 1 k
 R9 1 k
 R10 ... 1 k
 C1 100 nF polyester
 C2 100 nF polyester
 C3 100 nF polyester
 C4 100 nF polyester
 C5 100 µF électrolytique
 C6 100 µF électrolytique
 C7 22 µF électrolytique
 C8 100 nF polyester

DS1 ... 1N4148
 [...]
 DS4.... 1N4148
 DL1 ... LED
 [...]
 DL9 LED
 IC1 TTL 74LS138
 IC2 ... CPU EP1750
 IC3 ... TTL 74HC244
 P1 poussoir

Figure 10 : Tous les composants compris dans ce cadre à fond jaune sont montés sur la platine EN1750K disponible déjà montée avec des composants CMS et testée (voir Figures 11-12).



Liste des composants EN1750K

R11 à R14 ... 330
 R15 à R18 ... 10 k
 R19....47
 R20 à R29 ... 470
 R30....4,7 k
 R31....6,8
 R32....6,8
 R33....180
 R34....6,8
 R35....180
 R36....6,8
 R37 à R39 ... 47
 R40....5,6 k
 R41....1 k
 R42....1 k
 R43....10 k
 R44....680
 R45....220
 R46....220

C9.....100 nF polyester
 C10 ...100 nF polyester
 C11 ...220 µF électrolytique
 C12 ...100 nF polyester
 C13 ...10 µF électrolytique
 C14....100 nF polyester
 C15100 nF polyester
 C16....10 nF polyester
 C17 ...10 nF polyester
 C18.... 1 nF polyester
 C31 ... 1 nF polyester
 C32.... 3,9 pF polyester
 C33.... 4,7 pF polyester
 C34.... 3,9 pF polyester
 C35.... 1 nF polyester
 C36.... 1 nF polyester
 C37 ... 10 µF électrolytique x2
 C38.... 100 nF polyester x6
 C39.... 10 µF électrolytique
 C40.... 100 nF polyester
 C41 ... 10 nF polyester
 C42 ... 1 µF polyester

C43.... 220 nF polyester
 C44.... 10 nF polyester
 C45.... 1 nF polyester
 C46.... 1 nF polyester
 L1 self strip-line
 L2 self strip-line
 L1-A - L2-A self strip-line
 L1-B - L2-B self strip-line
 L1-C...self 1 spire
 L2-C...self 1 spire
 L1-D - L2-D self 2 spires
 L3self 10 nH
 L4self 15 nH
 L5self 15 nH
 L6self 10 nH
 JAF1...self 68 nH
 DS5...BA592
 DS12 .BA592
 IC4LM2936
 IC5ADF4360-7
 IC6ERA5

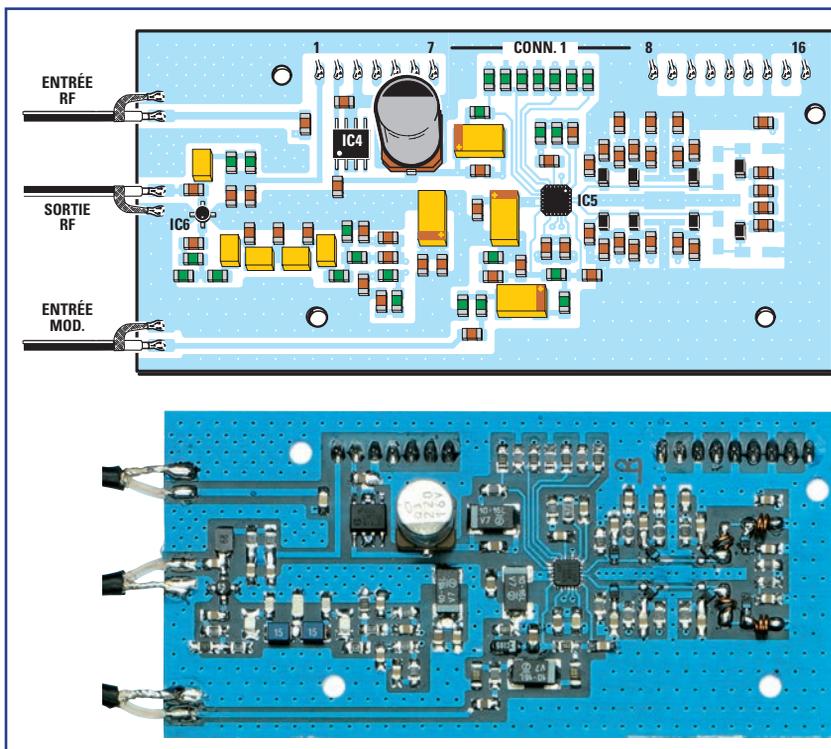


Figure 11 : Sur ce dessin on peut voir tous les composants CMS montés sur la platine EN1750K. Aux pistes de gauche sont reliées les extrémités des câbles coaxiaux pour l'entrée RF, pour la sortie RF et pour l'entrée Modulation.

Figure 12 : Sur cette photo vous pouvez voir à quoi ressemble la platine CMS EN1750K.

En utilisant un **générateur RF** ordinaire il n'est pas possible de savoir la valeur de la **fréquence** prélevée à la sortie, à moins que l'on ne dispose d'un **fréquence-mètre numérique** précis.

Le signal à appliquer à ce **synthétiseur** peut être prélevé aussi sur un quelconque oscillateur **VFO**, travaillant sur une bande comprise entre **14,3 MHz** et **97,0 MHz**.

Le schéma électrique

Après vous avoir expliqué comment fonctionne le circuit intégré **CMS ADF4360-7**, nous pouvons passer à l'étude du schéma électrique de ce **synthétiseur**, en mesure de vous fournir toutes les fréquences comprises entre **143 MHz** et **970 MHz** avec une **résolution** de **10 Hz**.

Nous en entamons la description par le circuit intégré **IC2** situé sur la page de **gauche** du schéma électrique de la figure 9.

Ce circuit intégré, un microcontrôleur de la série **ST7 F lite 29 Flash Memory**, est disponible **déjà programmé**, il gère

le premier circuit intégré **IC1**, un **décodeur multiplexeur 74LS138**, ainsi que le troisième circuit intégré **IC3**, un «**Buffer**» (**tampon**) à **trois étages 74HC244**.

En pressant le poussoir **Select P1**, situé sur la broche **3** de **IC2**, le microcontrôleur allume de manière séquentielle les LED **DL1** à **DL8** correspondant aux bandes suivantes :

- DL1** = bande **143 - 178 MHz**
- DL2** = bande **168 - 211 MHz**
- DL3** = bande **209 - 274 MHz**
- DL4** = bande **273 - 372 MHz**
- DL5** = bande **334 - 422 MHz**
- DL6** = bande **419 - 548 MHz**
- DL7** = bande **546 - 744 MHz**
- DL8** = bande **690 - 970 MHz**

Ce même circuit intégré **IC2** pilote le circuit intégré **IC3** dont les sorties, reliées aux diodes **DS4-DS3-DS2-DS1** commutent les paires de selfs **L1-A-B-C-D** et **L2-A-B-C-D** situées sur les broches **10- 9** du circuit intégré **IC5** visible en figure 10.

Admettons que l'on presse le poussoir **P1** de telle manière que le microcontrôleur **IC2** allume la LED **DL8** située sur la broche **7** du premier circuit intégré **IC1** (voir gamme **690-970 MHz**).

Automatiquement le **microcontrôleur** pilote le circuit intégré **IC3** de manière à faire sortir par la broche **18** une **tension positive** laquelle, à travers la diode **DS4**, arrive sur le point **A** situé sur les selfs **L1-A** et **L2-A** visibles sur la page de droite. Comme vous pouvez le noter en regardant le schéma électrique, à cette entrée **A** est reliée la paire de **diodes pin DS5-DS6** qui, en se mettant en conduction, relie au **VCO** les selfs **L1-A** et **L2-A** servant à produire les **690-970 MHz**.

Quand il sort du **VCO** une fréquence **10 fois plus grande** que celle fournie par le **générateur DDS**, la LED **verte DL9** s'allume tout de suite pour indiquer que la fréquence sortant par le **VCO** est exactement celle souhaitée.

Admettons qu'en pressant le poussoir **P1** on allume la LED **DL1** reliée à la broche **15** du circuit intégré **IC1**. Immédiatement le microcontrôleur **IC2** pilote le circuit intégré **IC3** de manière à faire sortir par la broche **12** une **tension positive** qui, à travers la diode **DS1**, arrive sur l'**entrée D**. Comme vous pouvez le voir sur le schéma électrique de droite, à cette **entrée D** est reliée la paire de **diodes DS11-DS12** qui, en se mettant en conduction, relie au **VCO** les selfs **L1-D** et **L2-D** servant à produire les **fréquences** de la gamme **143-178 MHz**.

Quand par le **VCO** sort une **fréquence** qui est **10 fois plus grande** que celle fournie par le **Générateur DDS**, la LED **verte DL9** s'allume pour indiquer que la fréquence sortant par le **VCO** est exactement celle désirée.

L'étage CMS EN1750K

Le schéma électrique de la page de **droite** (voir figure 10) est constitué de **CMS** (Composants à Montage en Surface) et **la platine est disponible déjà montée et testée**.

Le circuit intégré **IC4** est un minuscule **LM2936** utilisé pour obtenir une tension stabilisée de **3,3 V**, nécessaire pour alimenter le circuit intégré **IC5**, c'est-à-dire le **ADF4360-7**.

Le signal **RF** prélevé par sa broche de sortie **4**, est **filtré** pour atténuer toutes les **harmoniques** indésirables, puis amplifié par **IC6**, un minuscule **ERA5**. Sur la **Sortie RF**, située à droite du schéma électrique, il est possible de prélever un signal de **+ 6 dBm**, ce qui correspond à **440 mV**.

À droite on a également l'**entrée MOD**, pouvant servir à **moduler en FM** le signal produit. Pour cela, il faut utiliser un **signal BF** ayant une amplitude maximale ne dépassant pas **2 V crête-crête**.

Sur l'**entrée**, située en bas à gauche du schéma du **EN1750K**, on applique la fréquence prélevée sur notre **générateur DDS** ou sur n'importe quel autre générateur **RF**.

La réalisation pratique

Puisque la platine **CMS EN1750K** est disponible déjà montée (voir figure 11-12), vous n'aurez qu'à réaliser la platine **EN1750** qui utilise des composants **standards** et la platine de l'**alimentation EN1749** (voir figure 23). Procurez-vous ou réalisez à partir des dessins à l'échelle 1:1 des figures 13b et 14b le circuit imprimé double face à trous métallisés **EN1750**.

Figure 13a : Schéma d'implantation des composants de la platine EN1750. Avant de fixer les broches des deux connecteurs femelles CONN1 de 7 et 9 broches (voir en haut) lesquels, comme vous pouvez le voir sur ce dessin, se tiennent surélevés par rapport au circuit imprimé, il faut insérer à l'intérieur les connecteurs mâles du circuit EN1750K (voir figure 16) pour pouvoir en déterminer l'exacte longueur.

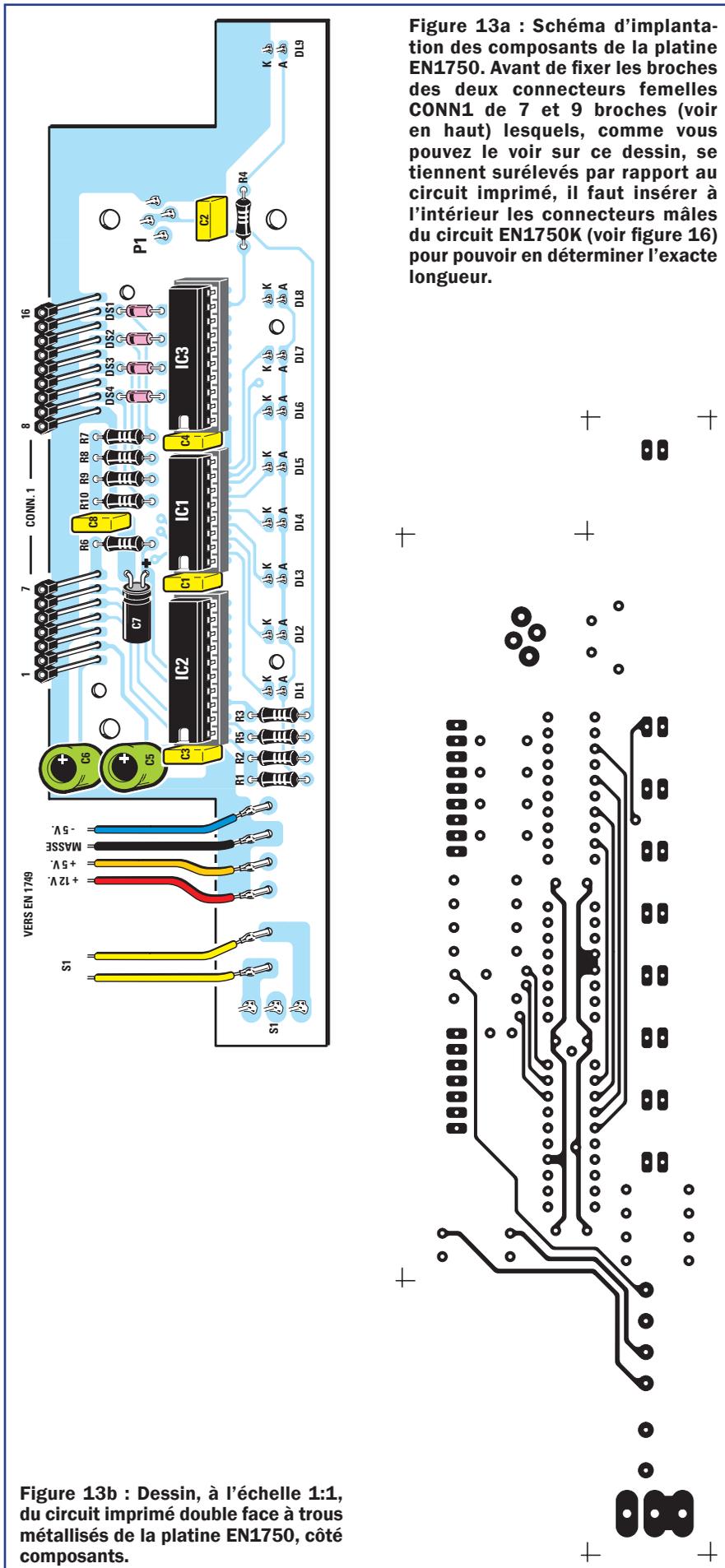


Figure 13b : Dessin, à l'échelle 1:1, du circuit imprimé double face à trous métallisés de la platine EN1750, côté composants.

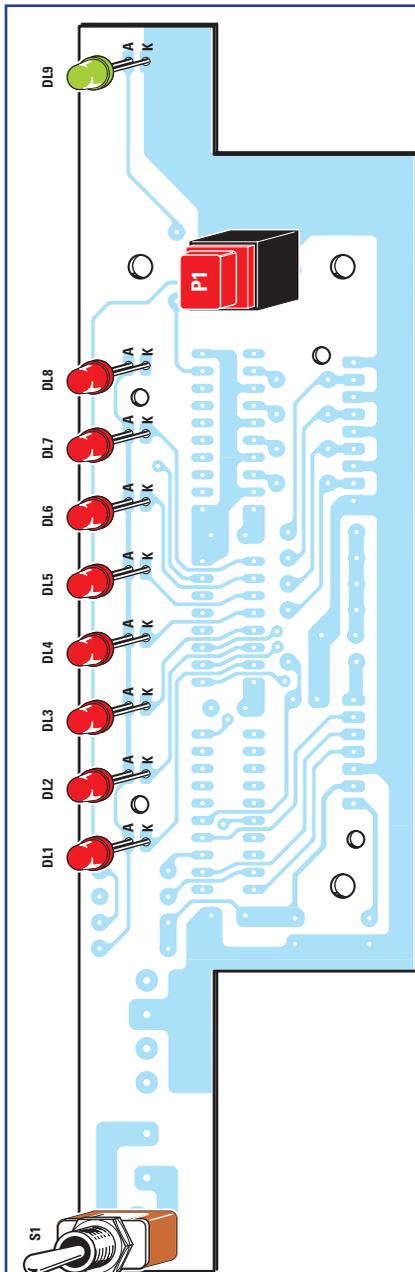


Figure 14a : Schéma d'implantation des composants de la platine EN1750, côté soudures, où sont montées les LED, l'interrupteur S1 et le poussoir P1. Comme vous le savez, la patte la plus longue des LED est l'anode (voir figure 15), insérez-la dans le trou A. Puisque les têtes de ces LED doivent sortir légèrement de la face avant, avant de souder leurs deux pattes sur les pistes de cuivre, il faut fixer provisoirement le circuit imprimé avec les deux entretoises métalliques présentes derrière la face avant (voir figure 16).

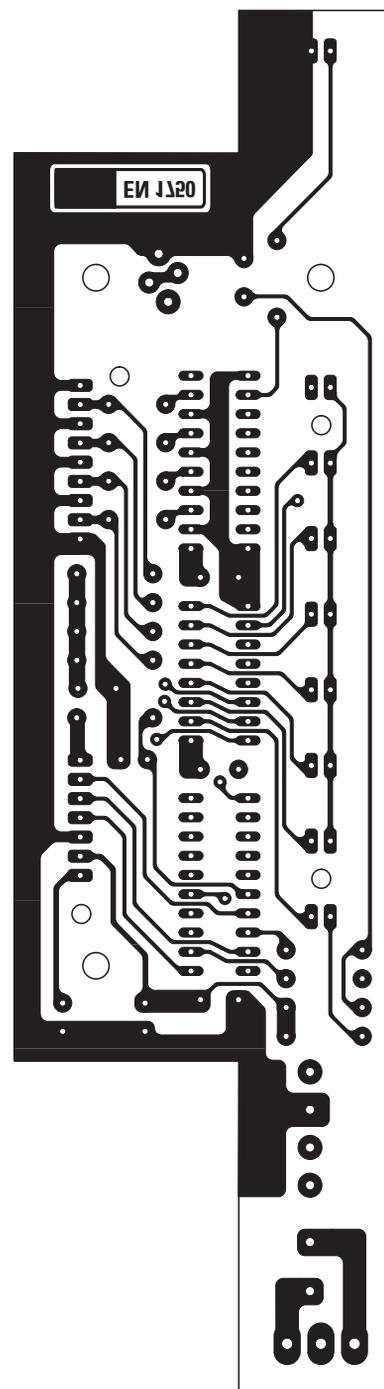
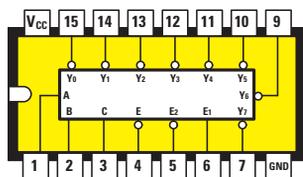
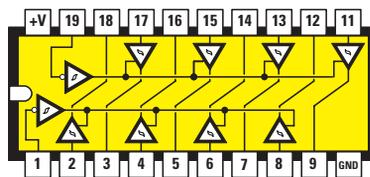


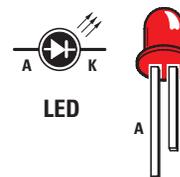
Figure 14b : Dessin, à l'échelle 1:1, du circuit imprimé double face à trous métallisés de la platine EN1750, côté soudures.



74LS138



74 HC 244



LED

Figure 15 : Brochage des circuits intégrés 74LS138 et 74HC244 vus de dessus et repère-détrompeurs en U tournés vers la gauche. Quant aux LED, leur patte A (anode) est plus longue que la K (cathode).

Une fois en sa possession, insérez les trois **supports** pour les circuits intégrés **IC1-IC2-IC3**, en orientant leurs repère-détrompeurs en **U** vers la gauche comme le montre la figure 13a.

Quand cette opération est terminée, montez les quelques **résistances**, les quatre **diodes** en orientant leur **bague noire** vers le **CONN1** comme le montre la figure 13a. Insérez ensuite les **condensateurs polyester** et les trois **condensateurs électrolytiques** en respectant bien la polarité **+/-** de leur deux pattes. Comme vous pouvez le voir figure 13a, le seul condensateur électrolytique **C7** est monté en position **horizontale**. Vous pouvez maintenant insérer les circuits intégrés **IC1-IC2-IC3** dans leurs **supports** en orientant les repères-détrompeurs en **U** vers la gauche.

Pour terminer cette face du circuit imprimé, vous devez monter les deux **connecteurs femelles CONN1** dans lesquels sera inséré le module **CMS EN1750K**, opération d'insertion que vous effectuerez un peu plus tard.

Vous pouvez à présent retourner le circuit imprimé pour insérer, côté soudures, l'inverseur à levier **S1**, le poussoir **P1** et toutes les **LED** (voir figure 14a) sans oublier que **DL9** est la **LED verte**. Souvenez-vous que la **patte la plus longue** de ces LED (voir figure 15) est l'anode et qu'elle doit donc être insérée dans le trou repéré par un **A**. Comme il est préférable de placer toutes les LED à la même hauteur, nous vous conseillons d'appuyer provisoirement la face avant du boîtier (voir figure 16) de manière à faire sortir **légèrement** les têtes des LED des **trous** de la face avant et de souder sur les pistes du circuit imprimé les deux **pattes A-K** : de cette manière, vous aurez la certitude qu'elles sont toutes placées à la même hauteur.

Pour monter les deux connecteurs femelles **CONN1** à **7** et **9** broches qui vous serviront à enfoncer les deux connecteurs **mâles** déjà présents sur le module **CMS EN1750K**, nous vous conseillons de procéder comme suit :

- insérez les connecteurs **femelles** dans les connecteurs mâles présents sur le module **CMS EN1750K** ;

- insérez dans la platine **EN1750** les **quatre entretoises plastiques** de **20 mm** ;

- retournez le module **EN1750K** et placez-le sur la platine **EN1750** en cherchant à faire entrer toutes les **broches** des deux connecteurs dans les **trous** des connecteurs femelles : en procédant ainsi vous aurez la certitude que les broches sont toutes placées à la même hauteur ;

-vous pouvez maintenant souder leurs broches sur les pistes du circuit imprimé ;

-pour détacher le module **CMS EN1750K** des quatre **entretoises plastiques**, il suffit de serrer, avec une paire de petites pinces, l'un après l'autre, les **ressorts** de blocage de leurs extrémités.

Le montage de l'étage d'alimentation

Le montage de l'alimentation ne présente aucune difficulté. Procurez-vous ou réalisez à partir des dessins à l'échelle 1:1 de la figure 23b le circuit imprimé simple face **EN1749**.

Une fois en sa possession, insérez tous les composants comme le montre la figure 23b. Comme il s'agit d'un circuit imprimé **simple face**, la première opération consiste à réaliser les deux «**straps**» au moyen de morceaux de fil de **cuivre dénudé**. Pour cela vous pourrez vous servir de chutes de pattes de **résistances** ou bien de fils prélevés sur un petit câble électrique. Le **premier** «strap» est situé entre le circuit intégré **IC2** et le condensateur électrolytique **C5**. Le **second** «strap» est situé à proximité du pont redresseur **RS1** (voir figure 23a). Lorsque cette opération est achevée, vous pouvez insérer les deux diodes au silicium **DS1-DS2** en orientant leur **bague blanche** vers l'électrolytique **C1**.

Après quoi vous pouvez monter tous les **condensateurs polyester** et les **condensateurs électrolytiques** en respectant la polarité **+/-** de leur deux pattes. Rappelons que sur le boîtier de ces **électrolytiques** est indiqué le pôle

négatif avec le symbole **-**, l'autre patte est donc le pôle **positif +** reconnaissable à sa longueur plus grande.

À proximité des condensateurs électrolytiques **C5-C9** vous pouvez insérer le pont redresseur **RS1** en respectant la polarité des deux pattes **+/-**, sinon en sortie **vous ne** prélèverez aucune tension. Le **boîtier** de ce pont redresseur ne doit pas être enfoncé complètement mais maintenu à une distance d'environ **5-6 mm**. Insérez ensuite les trois **circuits intégrés stabilisateurs** (régulateurs) que nous avons désignés par **IC1-IC2-IC3**. Prenez dans le matériel disponible le régulateur **L7812** et insérez-le dans la position marquée **IC1**, en orientant sa semelle **métallique** vers l'électrolytique **C1**. Poursuivez avec le régulateur **L7805** et insérez-le dans la position marquée **IC2**, en orientant sa semelle **métallique** vers l'électrolytique **C5**.

Le troisième régulateur **MC79L05**, qui a les dimensions d'un petit transistor (voir figure 22), est à insérer dans la position marquée **IC3**, en orientant le **méplat** vers **C11**.

Pour terminer le montage, insérez dans le circuit imprimé les **borniers plastiques** servant à relier les **trois fils** du cordon d'alimentation secteur **230 V** et les **deux fils** de l'interrupteur de mise sous tension **S1**. Souvenez-vous que parmi les **trois fils** du cordon, celui de couleur **vert-jaune** correspond à la **terre** et doit être inséré dans le second trou du bornier (voir figure 23a).

À **gauche** du circuit imprimé, insérez le **bornier plastique** desservant les **quatre sorties** de la tension **stabilisée**, que vous devrez ensuite relier aux picots de la platine **EN1750** (voir figure 13a) à travers une nappe à **quatre fils**.

Tout sur la face avant

La platine **EN1750** et le module **CMS EN1750K** sont à fixer toutes deux derrière la face avant du boîtier plastique (voir les figures 16 et 17).

Tout d'abord, fixez sur la face avant les trois **BNC**, en les serrant fortement.

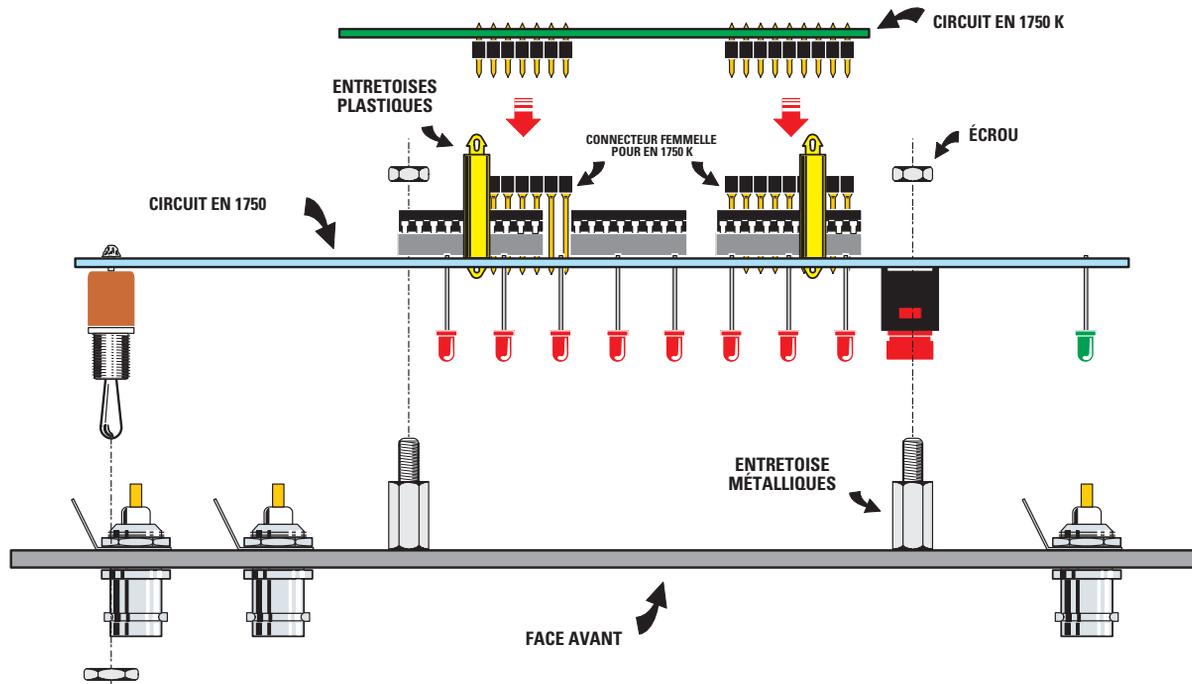


Figure 16 : Sur ce dessin vous pouvez voir que, lorsque le montage de tous les composants de la platine EN1750 est achevé, cette dernière doit être fixée sur les deux entretoises métalliques hexagonales présentes derrière la face avant du boîtier. On applique dessus la platine EN1750K en enfonçant les deux connecteurs mâles dans les connecteurs femelles de dessous et les axes des entretoises plastiques dans les trous du circuit imprimé.

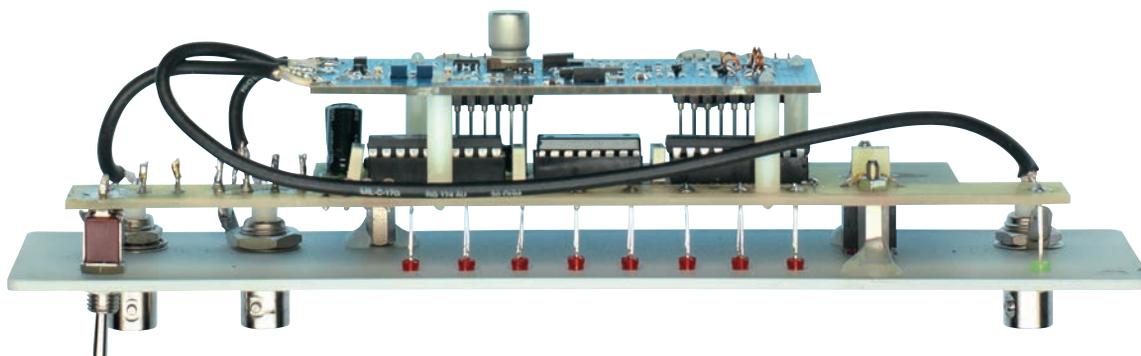


Figure 17 : Photo de la face avant sur laquelle on a déjà monté les platines EN1750 et EN1750K. Comme vous pouvez le voir sur le dessin de la figure 18, pour fixer la platine EN1750 sur cette face avant, vous devrez utiliser l'écrou de l'interrupteur à levier S1 (voir les figures 14 et 16) et les écrous des entretoises métalliques fixées sur la face avant. Pour fixer le circuit imprimé CMS EN1750K, vous utiliserez les entretoises plastiques insérées dans le matériel disponible.

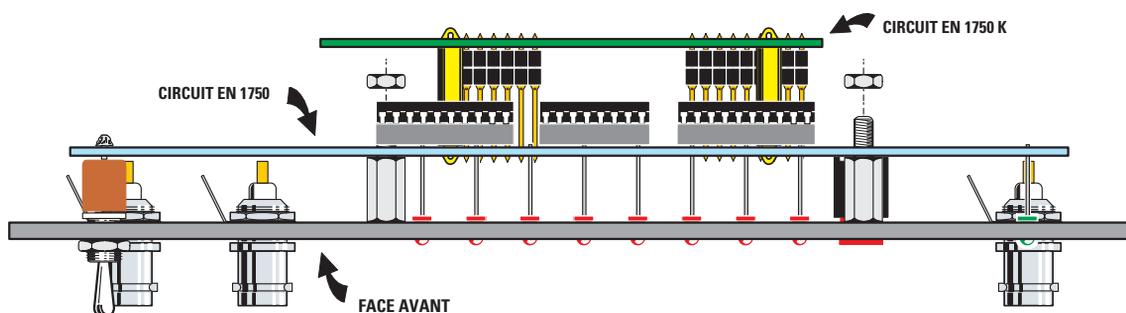


Figure 18 : Sur ce dessin on peut voir comment sont fixées les deux platines sur la face avant. Si vous avez des difficultés pour faire entrer les deux extrémités des entretoises plastiques dans les trous des circuits imprimés, réchauffez-les avec la pointe du fer à souder.

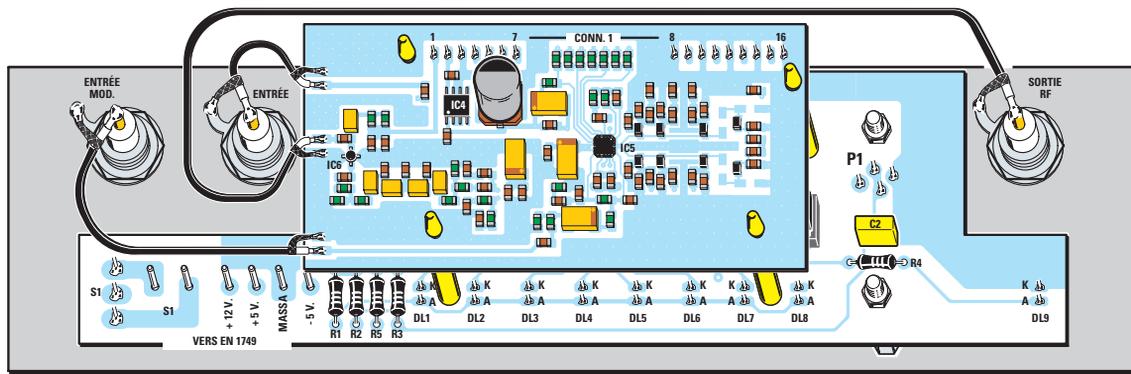


Figure 19 : Sur la platine CMS EN1750K vous devrez souder, sur les pistes visibles sur ce dessin, trois morceaux de petit câble coaxial que vous relierez ensuite aux BNC situées sur la face avant et désignées par Entrée Mod. - Entrée RF et Sortie RF (voir aussi la figure 11).

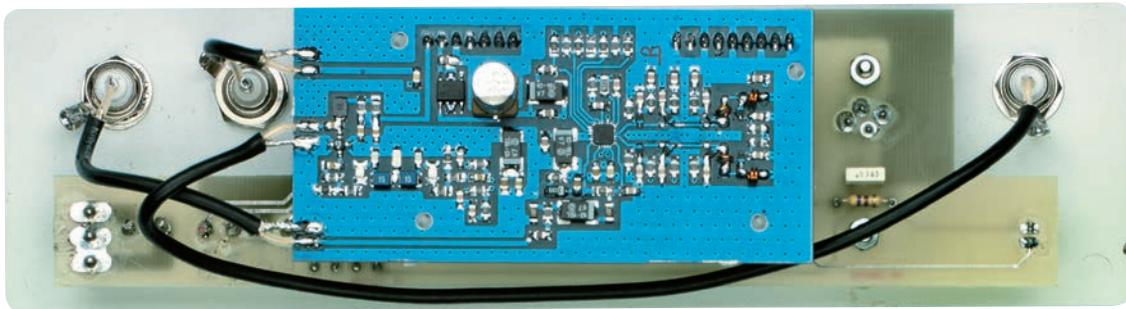


Figure 20 : Photo de la face avant avec dessus, déjà fixés, les deux platines. Quand vous relierez les petits câbles coaxiaux à la platine CMS, souvenez-vous que la tresse de blindage de chaque câble coaxial est à souder sur la piste de Masse.

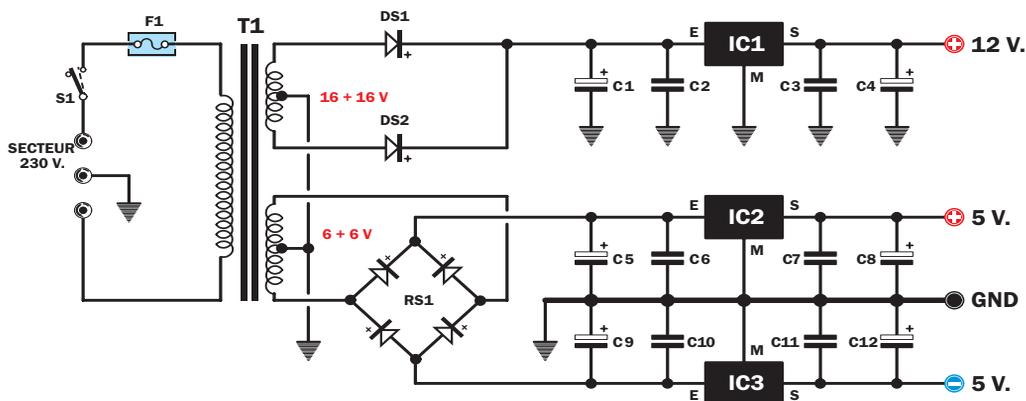


Figure 21 : Schéma électrique de l'étage d'alimentation EN1749 du synthétiseur.

Liste des composants EN1749

C1 470 μ F électrolytique/50 V
 C2 100 nF polyester
 C3 100 nF polyester
 C4 100 μ F électrolytique
 C5 1 000 μ F électrolytique
 C6 100 nF polyester

C7 100 nF polyester
 C8 100 μ F électrolytique
 C9 1 000 μ F électrolytique
 C10 ... 100 nF polyester
 C11.... 100 nF polyester
 C12 ... 100 μ F électrolytique
 DS1 .. 1N4007
 DS2 ... 1N4007
 RS1 ... pont redr. 100 V 1 A

IC1 L7812
 IC2 L7805
 IC3 ... MC79L05
 T1 transfo 6 W (T006.07) sec.
 16+16 V 0,25 A 6+6 V 0,1 A
 F1 fusible 1 A
 S1 interrupteur monté sur
 EN1750

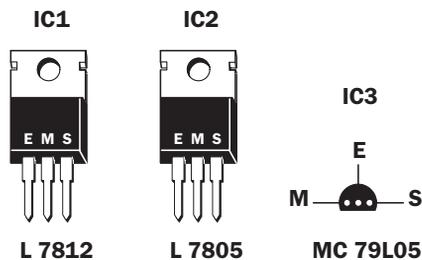


Figure 22 : Brochage des circuits intégrés L7812, L7805 et du MC79L05 vus de dessous.

Figure 23a : Schéma d'implantation des composants de l'alimentation EN1749. Souvenez-vous que vous devez insérer deux «straps» de fil de cuivre dénudé près de C5 et du pont RS1. Les quatre fils que vous prélèverez sur le bornier de gauche seront reliés aux quatre broches visibles sur le dessin de la figure 13a.

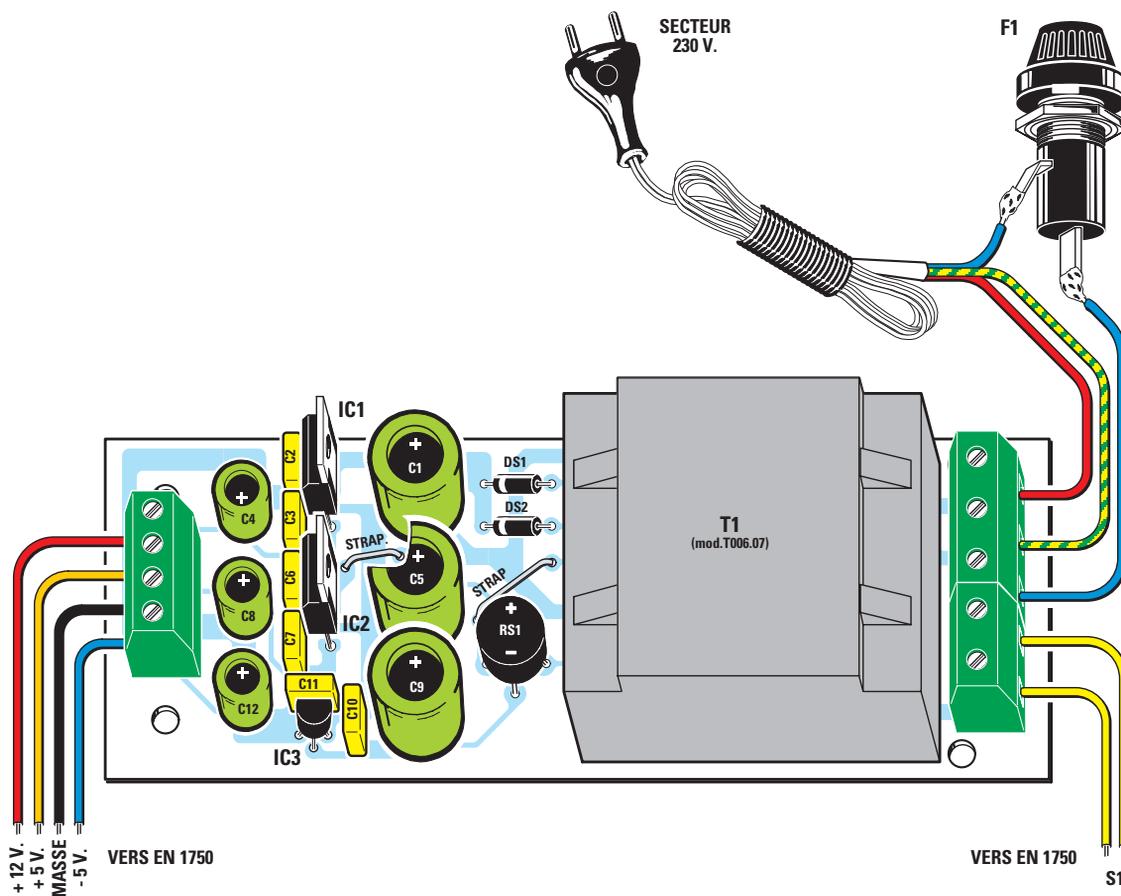
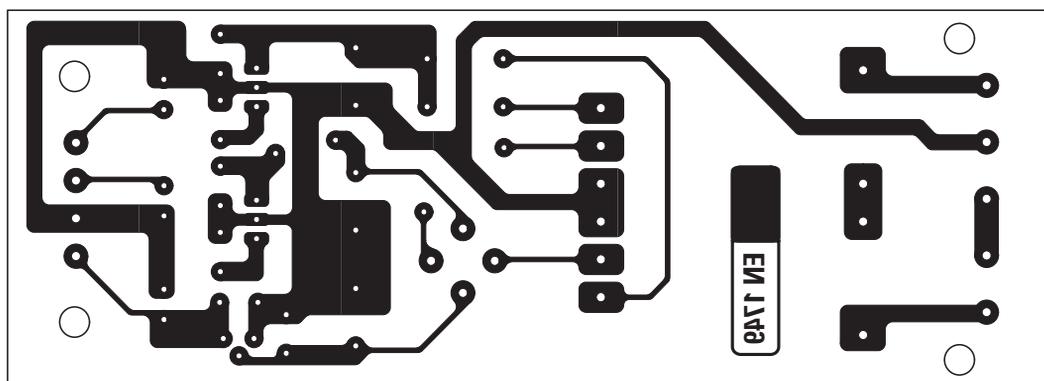


Figure 23b : Dessin, à l'échelle 1:1, du circuit imprimé de l'alimentation EN1749.



La première à gauche sert à faire entrer un signal **BF** dans le cas où on veut **moduler** en **FM** le signal produit. La deuxième, située toujours à gauche, désignée par les lettres **RF**, sert à faire entrer un signal **RF** prélevé sur notre **générateur DDS** ou sur n'importe quel autre **générateur** pouvant fournir un signal compris entre **14,3 MHz** et **97,0 MHz**.

Sachant que ces fréquences seront multipliées par **10** par notre **synthétiseur**, par la **BNC** située à droite de la face avant et désignée par le mot **Output** sortira un signal **RF** allant d'un minimum de **143 MHz** à un maximum de **970 MHz**.

Prenez maintenant la platine **EN1750** et appliquez-la derrière la face avant, contrôlez bien que toutes les **têtes** des **LED** entrent parfaitement dans les trous prévus pour les recevoir.

Cette platine, comme vous pouvez le voir également sur la figure 18, sera fixée à l'aide des **entretoises métalliques** présentes derrière la face avant. Bloquez-la au moyen des **écrous**. Après avoir fixé la platine **EN1750**, vous pouvez insérer les **quatre entretoises plastiques** devant soutenir le module **CMS EN1750K** (voir figure 16), vérifiez bien que toutes les broches des deux **connecteurs mâles** entrent parfaitement dans les **connecteurs femelles**.

Cette opération achevée, vous devrez relier les broches des **trois** connecteurs **BNC** aux picots présents sur le module **CMS EN1750K** (voir figure 19) en utilisant de courts morceaux du **câble coaxial** présent dans le matériel disponible. Comme vous le savez déjà, la **tresse de blindage** de ces petits câbles coaxiaux doit être soudée sur la cosse de **masse** des **BNC** et, côté circuit imprimé, sur la piste de **masse**. Si vous regardez bien le dessin de la figure 19, tout doute sera dissipé.

Le montage dans le boîtier

Puisque la platine **EN1750** et le module **CMS EN1750K** sont tous deux fixés derrière la face avant du boîtier, sur la base

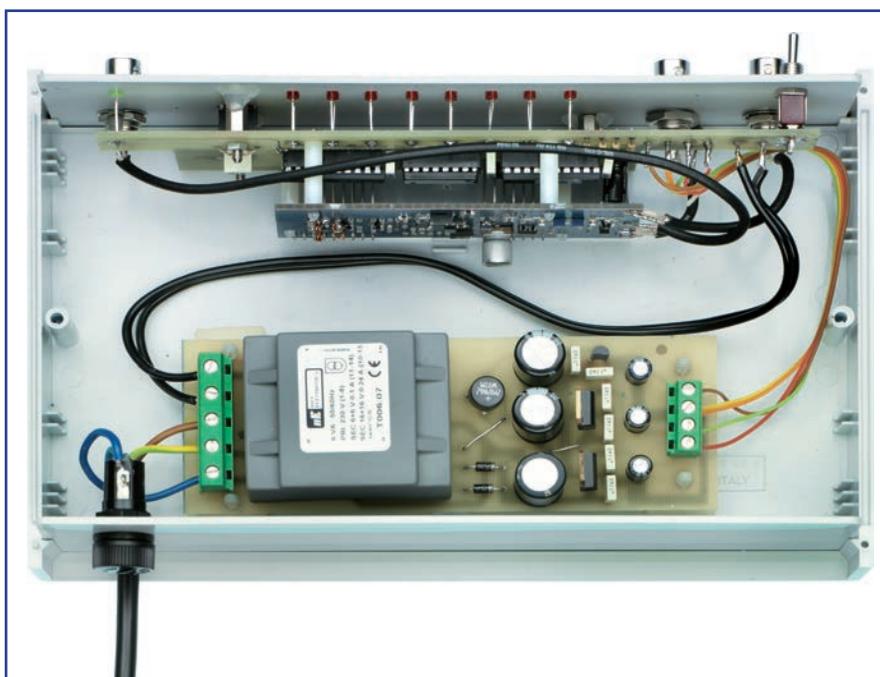


Figure 24 : Photo d'un des prototypes de la platine de l'alimentation **EN1749** qui doit être fixée sur la base du boîtier au moyen de quatre entretoises plastiques autocollantes, enfilées dans les trous de la platine d'un côté et collées sur cette base de l'autre (sans oublier d'enlever les papiers de protection). Pressez bien tout cet étage dans la bonne position afin que les quatre pieds autocollants adhèrent à la base sans que vous deviez vous reprendre. Vous pouvez aussi marquer les quatre trous de la platine au crayon (en utilisant le circuit imprimé comme gabarit) sur la base, puis coller les pieds carrés des entretoises autocollantes sur ces marques (un bon centrage est de rigueur) avant d'enfiler et de clipser la platine.

de ce boîtier vous devrez fixer seulement la platine d'alimentation **EN1749**, comme vous pouvez le voir figure 24. Pour fixer cette platine, insérez dans les **trous** les **axes** des entretoises plastiques à **base autocollante** que vous trouverez dans le matériel disponible. Après avoir enlevé de cette base autocollante le papier de protection de l'**adhésif**, vous pourrez presser toute la platine d'alimentation sur la base du boîtier plastique (voir figure 24 et lire les recommandations). Sur le panneau arrière montez le **porte-fusible F1** après avoir contrôlé que le **fusible** requis s'y trouve, car certains constructeurs oublient parfois de l'insérer !

Quand vous relierez les **quatre fils** venant du **bornier** visible à gauche sur le dessin de la figure 23a, à la platine **EN1750** visible figure 13a, prenez soin de **ne pas** les intervertir et pour cela nous vous conseillons d'utiliser **quatre fils** de différentes **couleurs**. Seuls les **deux fils jaunes**, désignés par **S1** et qui sont prélevés sur le bornier à **deux pôles**, situé sur la platine d'alimentation (voir figure 23a), peuvent être reliés indifféremment sur les deux picots de

gauche de la platine **EN1750** (voir la figure 13a). Sur les photos des Figures 24-25 vous pouvez voir comment la platine **EN1750** est directement fixée derrière la face avant, alors que la platine d'alimentation **EN1749** est en revanche fixée sur la base horizontale du boîtier, au moyen de **quatre** entretoises plastiques que vous prendrez dans le matériel disponible.

Comment construire ce montage ?

Tout le matériel nécessaire pour construire ce synthétiseur **EN1749 - EN1750** est disponible chez certains de nos annonceurs. Voir les publicités dans la revue.

Les typons des circuits imprimés et les programmes **lorsqu'ils sont libres de droits** sont téléchargeables à l'adresse ci-après :

<http://www.electronique-magazine.com/circuitrevue/117.zip> ◆

RESTEZ EN FORME

Préserver son capital santé

DÉCOUVREZ NOTRE GAMME ÉLECTROMÉDICALE

MAGNÉTHÉRAPIE BF À 100 GAUSS



299,00 €

Kit EN1680 livré avec le MP80

356,90 €

Version montée EN1680

35,00 €

MP1680 Difuseur 45 Gauss

15,00 €

MK50N Valise en plastique



MP80

MP1680



PC1680-3

63,80€

PC 1680-3.Nappe

20,00 €

MP1660A Bande d'application 1mètre

39,05 €

MP1660B Bande d'application 2 mètres

Cet appareil de magnétothérapie basse fréquence (BF) est capable de produire un champ magnétique de 100 gauss dans des fréquences pouvant varier de 5 à 100 Hz au pas de 1 Hz. Anti-inflammatoire - Antiangiogénique Régénération des tissus - Oxygénation des tissus - Accélération de la formation du périoste lors de la consolidation des fractures - Ostéoporose

COMELEC

CD 908 - 13720 BELCODÈNE Tél. : 04 42 70 63 90 Fax : 04 42 70 63 95

MICROPHONE ACTIF POUR AMÉLIORER L'AUDITION



9,00€
CUF32

37,50€
Kit EN1762

6,90€
CUF10

56,25 €

Version montée EN1762KM

Ce microphone préamplifié vous sera d'une grande utilité si vous souffrez d'un déficit d'acuité auditive et si vous avez besoin d'un support audio externe ou bien si vous aimez capter les sons discrets de l'environnement lors de vos promenades. Le circuit est doté de contrôles de tonalité et de volume et il vous permettra d'égaliser les sons faibles parvenant du monde extérieur.

DIFFUSEUR POUR LA IONOPHORÈSE



139,00 €
Kit EN1365

198,00 €

Version montée EN1365KM

Cet appareil permet de soigner l'arthrite, l'arthrose, la sciatique et les crampes musculaires. De nombreux thérapeutes préfèrent utiliser la ionophorese pour inoculer dans l'organisme les produits pharmaceutiques à travers l'épiderme plutôt qu'à travers l'estomac, le foie ou les reins. La ionophorese est aussi utilisée en esthétique pour combattre certaines affections cutanées comme la cellulite.

GÉNÉRATEUR D'ULTRasons À USAGE MÉDICAL



315,00 €
Kit EN1627

441,00 €

Version montée EN1627KM

Cet appareil à ultrasons que nous vous proposons est un générateur d'ultrasons à usage médical : il vous rendra de grands services pour traiter de nombreuses affections (Arthropathie, Arthrose, Arthrite, Névrite, Périarthrite, Tendinite, Epicondylite, Traumatisme par contusion, Retard de consolidation osseuse, Adiposité localisée, Ostéite, Myalgie, Bursite, Lomalgie, Rigidité et douleur articulaire)

THÉRAPIE PHOTODYNAMIQUE À LED ROUGE



26,70 €
Kit EN1747

38,50 €

Version montée EN1747KM

Cet appareil permet de tonifier les muscles, de calmer les douleurs articulaires, soigner les verrues, traiter l'acné, les taches de la peau, réduire la cellulite et rajeunir l'épiderme en atténuant les rides et autres imperfections. Les rayons infrarouges émis par des LED spéciales ont un effet bénéfique sur l'épiderme.

CESSEZ DE FUMER GRÂCE À ÉLECTRONIQUE LM ET SON ÉLECTROPUNCTEUR



24,50 €
Kit EN1621

36,00 €

Version montée EN1621KM

Cesser de fumer sans l'aide de contributeurs externes est plutôt difficile ! L'électrostimulateur, ou électropuncteur, que nous vous proposons réveillera dans votre corps l'énergie nécessaire (ce que l'on appelle à tort la volonté) pour tenir bon jusqu'au sevrage et à la désintoxication définitive.

MAGNETOTHERAPIE VERSION VOITURE



89,90 €
Kit EN1324

116,00 €

Version montée EN1324KM

La magnétothérapie est très souvent utilisée pour soigner les maladies de notre organisme (rhumatismes, douleurs musculaires, arthroses lombaires et dorsales) et ne nécessite aucun médicament, c'est pour cela que tout le monde peut la pratiquer sans contre indication. (Interdit uniquement pour les porteurs de Pace-Maker.

GÉNÉRATEUR D'IONS NÉGATIFS POUR AUTOMOBILE



47,00 €
Kit EN1010

69,00 €

Version montée EN1010KM

Cet appareil se branche sur l'allume-cigare, il a un effet curatif contre les nausées provoquées par le mal de voiture. De plus, il permet d'épurer et de désodoriser l'habitacle de la voiture.

STIMULATEUR MUSCULAIRE



59,00 €
Kit EN1003

75,00 €

Version montée EN1003KM

Cet appareil permet de soulager des douleurs tels que l'arthrose, les céphalées. Il est très pratique à utiliser et de faible encombrement,

STIMULATEUR ANALGESIQUE



147,10 €
Kit EN1408

189,10 €

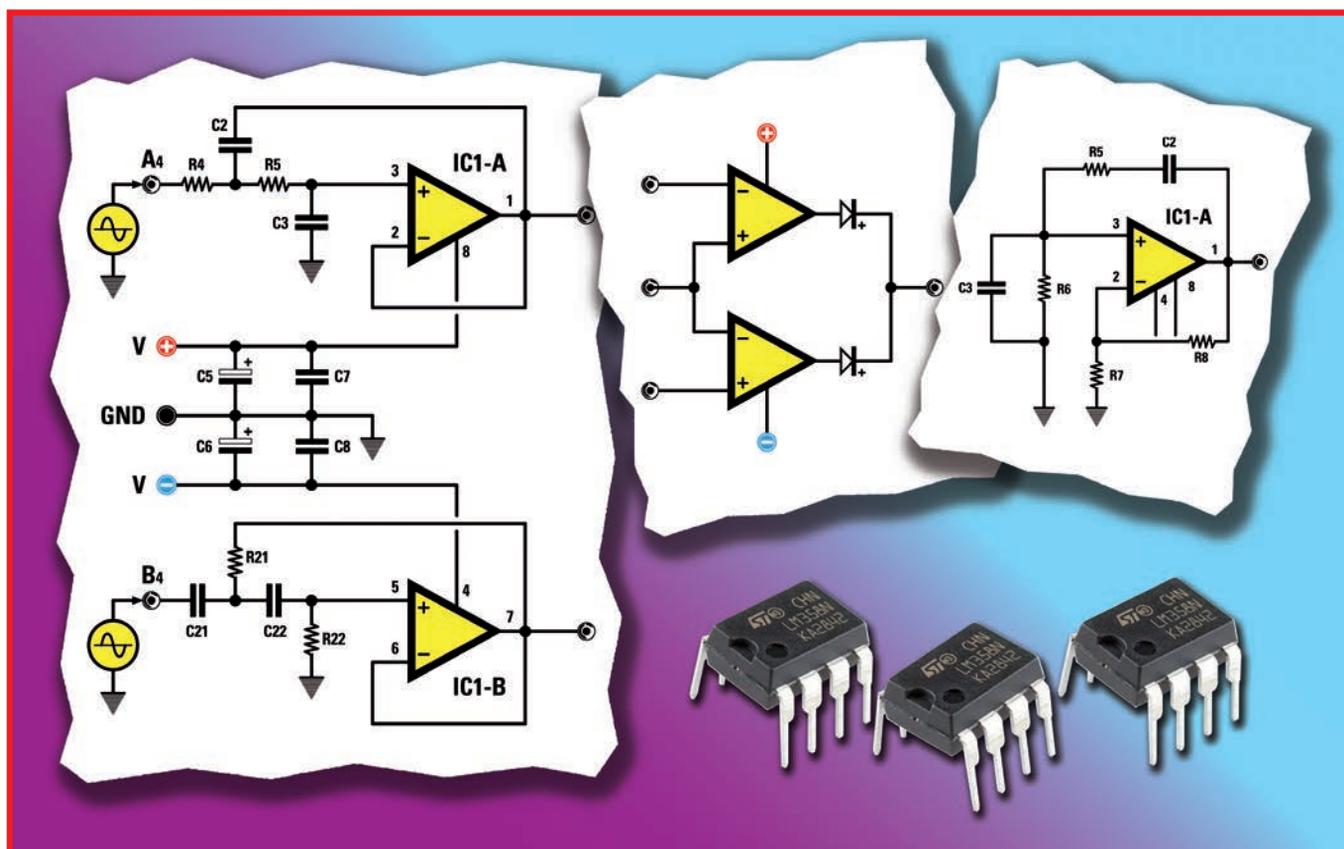
Version montée EN1408KM

Tonifier ses muscles sans effort grâce à l'électronique. Cet appareil Tonifie et renforce les muscles, livré avec (4 électrodes).

Platine universelle

avec double opérationnel

Vous devez réaliser rapidement des préamplificateurs, des comparateurs et des filtres ? La réponse est notre platine universelle avec double opérationnel à partir de laquelle vous pourrez vous lancer et réaliser les applications pratiques les plus diverses. L'article offre différents exemples de schémas assortis de quelques formules utiles. Les fichiers LTSpice à utiliser pour la simulation sont également disponibles.



Élaborer des signaux, les amplifier et les filtrer est une exigence récurrente en électronique et beaucoup de demandes de la part de nos lecteurs concernent justement ces sujets. De manière quasi automatique nous répondons : «suivez le schéma **X** avec ces valeurs, montez la platine sur un morceau de plaque expérimentale...». Le lecteur réplique alors : «J'ai peu d'expérience, je suis un débutant en électronique... vous n'auriez pas un kit que je pourrais adapter ?». Si le kit existe, le problème se résout facilement, mais dans le cas contraire, quelle solution proposer ?

Simplement une **petite platine** avec des amplificateurs opérationnels, qui puisse réaliser les circuits fondamentaux de l'électronique analogique et soit facilement configurable.

Un **LM358** et quelques composants assortis et hop, voici réalisé notre nouveau montage : le **EN1788**.

C'est une platine universelle car, selon les composants que vous y monterez, vous pourrez réaliser différents circuits. Dans cet article nous vous les présenterons dans l'ordre suivant :

- amplificateur inverseur
- amplificateur non inverseur
- amplificateur différentiel
- filtre Sallen Key passe-bas du second ordre
- filtre Sallen Key passe-haut du second ordre
- comparateur de tension à anneau ouvert
- oscillateur sinusoïdal à pont de Wien

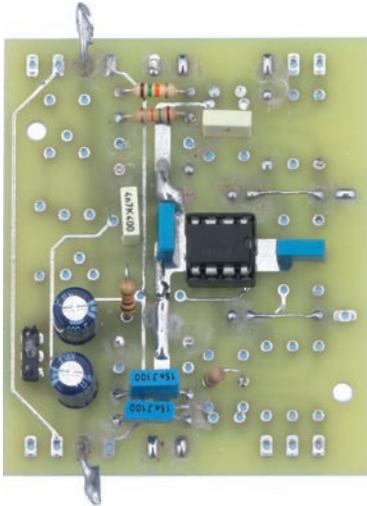
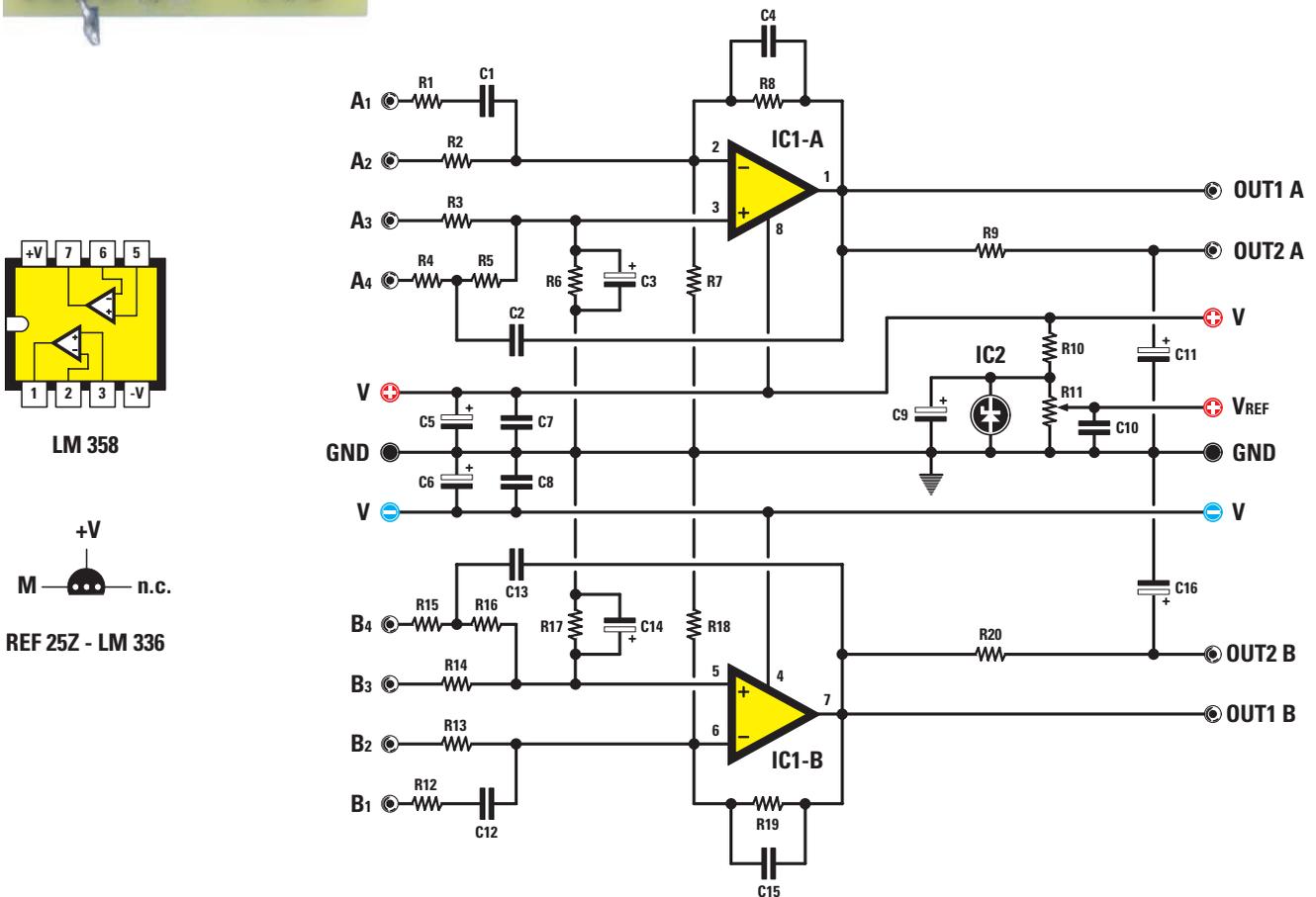


Figure 1 : La photo est celle d'un prototype de la platine sur laquelle on a monté le schéma du filtre Sallen Key passe-bas et passe-haut décrit au paragraphe 6 ci-après.

Figure 2 : En haut, schéma électrique de la platine universelle EN1788 dont les schémas d'application se trouvent dans les pages suivantes. Ci-contre, brochage du circuit intégré de référence REF25Z et du circuit intégré amplificateur opérationnel LM358 utilisés dans les schémas d'application.



Note : toutes les configurations peuvent être utilisées avec une alimentation simple ou double.

Nous donnons le schéma de chacun de ces circuits, la liste des composants et les formules fondamentales. La platine peut être utilisée pour réaliser des préamplificateurs stéréo (avec un opérationnel double), ou bien avec les étages en cascade dans le cas où l'on doit répartir le gain. Il est également possible de combiner les étages, par exemple un amplificateur suivi d'un

comparateur, en utilisant la source de tension variable pour régler le seuil d'intervention du comparateur. Comme nous l'avons expliqué dans l'article «Récepteur DRM s'affranchir des frontières pour l'écoute radio» publié dans le numéro 116 d'ELM, pour utiliser le **générateur DDS EN1778** pour les basses fréquences on a besoin d'un **filtre** spécial que maintenant vous allez pouvoir facilement réaliser avec une combinaison des circuits que nous présentons ici et dont nous allons tout expliquer en détail.

Pour les approfondissements théoriques, nous vous renvoyons à notre série d'articles «**Comment utiliser les amplificateurs opérationnels**» et au Cours «**AEPZ**». Pour faciliter votre travail, nous avons joint au matériel disponible pour la réalisation du **EN1788** un **CD-Rom** contenant le **simulateur LTSpice** et les circuits que nous présentons.

Note : Nous nous réservons la possibilité de continuer prochainement la description des circuits d'application à monter sur la platine **EN1788**.

Le schéma électrique

Venons-en maintenant à la description du schéma électrique de la **platine universelle EN1788** reproduit figure 2. Comme vous le voyez, le circuit tourne autour du double amplificateur opérationnel **LM358 IC1**.

Le schéma de la figure 2 n'est toutefois pas immédiatement compréhensible car, pour rendre la platine universelle, justement, on y trouve **tous** les composants destinés aux diverses configurations. En fait, pour les applications que nous vous proposons dans les pages suivantes, nous nous sommes servis chaque fois de certains composants seulement.

En plus de la sortie **OUT1 A** il est prévu une sortie **OUT2 A** pouvant être filtrée par un choix opportun des valeurs de **R9** et **C11**.

La platine est assortie d'un générateur de tension construit autour de la zener de référence **IC2** (voir **REF25Z-LM336**). La tension générée peut varier de **0** à **2,5 V** avec une stabilité thermique remarquable, grâce au circuit intégré employé.

Comment construire ce montage ?

Tout le matériel nécessaire pour réaliser les applications de la **platine EN1788**

décrits dans cet article – y compris le **CD-Rom CDR1788** contenant le **simulateur LTSpice** – est disponible chez certains de nos annonceurs. Voir les publicités dans la revue.

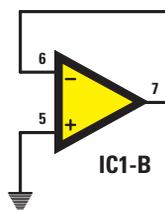
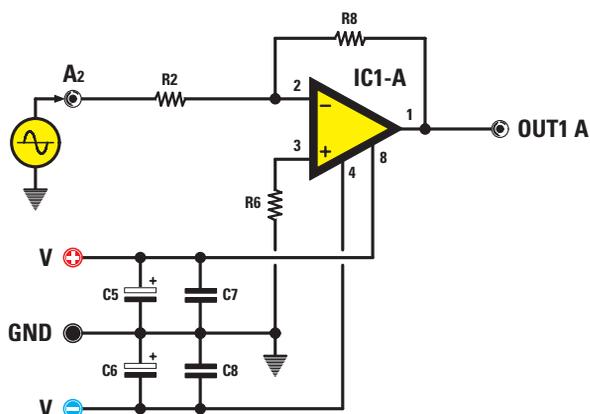
Note 1 : le logiciel **LTSpice** est **gratuit**. Le coût est celui de la réalisation matérielle du CD-Rom.

Note 2 : pour l'alimentation nous vous suggérons d'utiliser notre alimentation double **EN1199** de **15+15 V**.

Les typons des circuits imprimés et les programmes **lorsqu'ils sont libres de droits** sont téléchargeables à l'adresse ci-après :

<http://www.electronique-magazine.com/circuitrevue/117.zip> ◆

1 - Amplificateur inverseur avec alimentation double



Liste des composants

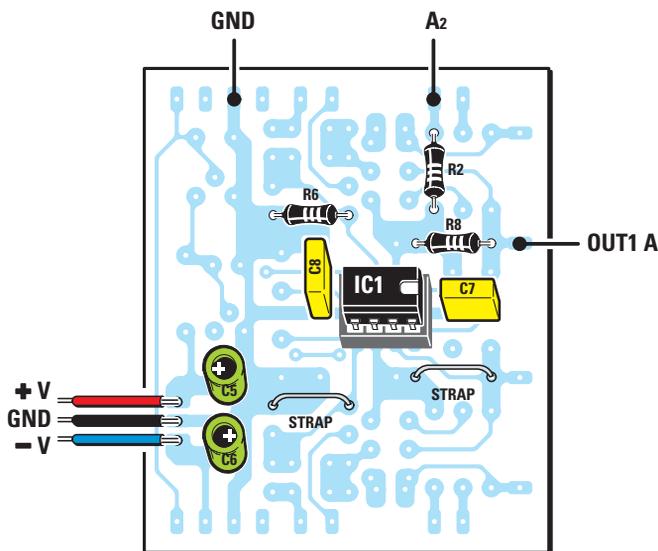
- R2 10 k
- R6 10 k
- R8 100 k
- C5 100 µF électrolytique
- C6 100 µF électrolytique
- C7 100 nF polyester
- C8 100 nF polyester

La figure donne le schéma d'un amplificateur inverseur dont on peut calculer le gain (**Av**) avec la formule :

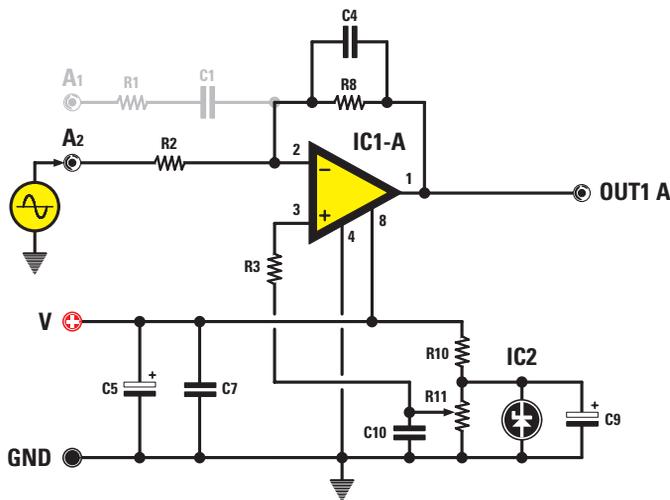
$$A_v = -R_8 : R_2$$

La résistance **R6** qui achemine vers la masse l'entrée non inverseuse, est là pour éviter l'offset en continu, sa valeur est donnée par les résistances **R8** et **R2** en parallèle (avec un rapport de **1** à **10**, cette valeur est proche de **10 k**). Le signe négatif indique que le signal de sortie est inversé en phase (**180°**) par rapport à l'entrée. La section inutilisée, **IC1/B**, est montée en suiveur et sa **broche 5** est à la masse pour éviter qu'elle ne capte des parasites. Le gain de notre circuit peut être calculé avec la formule :

$$A_v = -100 : 10 = -10$$

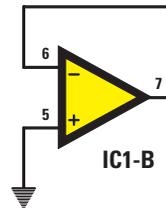


2 - Amplificateur inverseur avec alimentation simple



Liste des composants

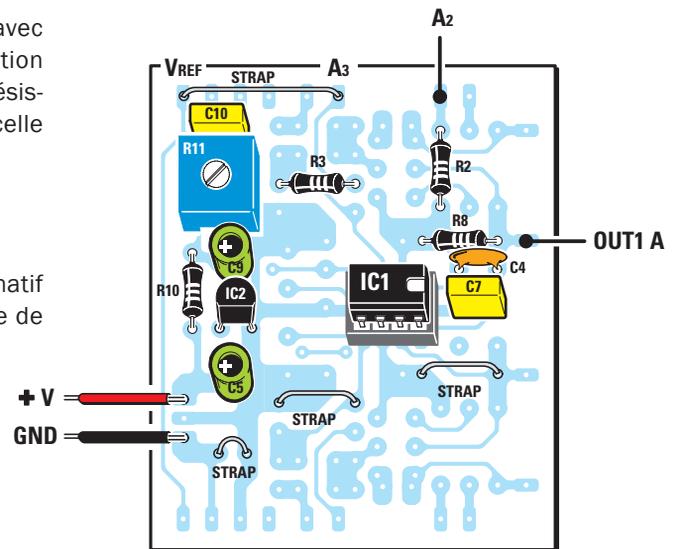
- R2 10 k
- R3 10 k
- R8 100 k
- R10 ... 10 k
- R11 ... 10 k trimmer
- C4 47 pF céramique
- C5 100 µF électrolytique
- C7 100 nF polyester
- C9 10 µF électrolytique
- C10 ... 100 nF polyester



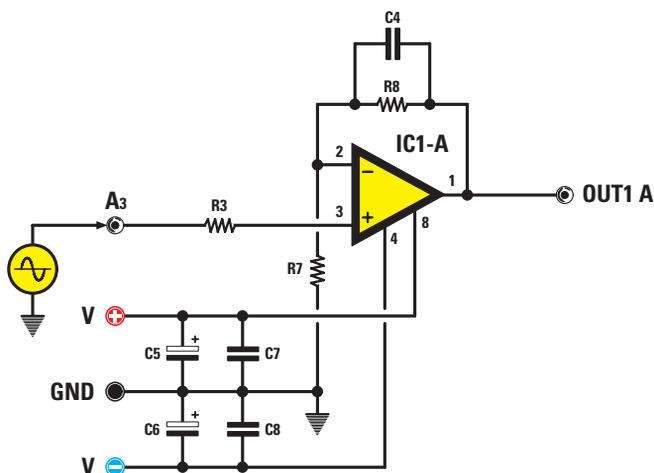
La figure donne le schéma d'un amplificateur inverseur avec cette fois une alimentation simple. La tension de polarisation est appliquée à l'entrée non inverseuse en passant par la résistance **R3**. La formule pour calculer le gain est identique à celle de la configuration précédente :

$$A_v = -R8 : R2$$

Dans le cas où vous auriez nécessité de découpler en alternatif l'entrée, utilisez l'entrée **A1**. Dans ce cas, il est nécessaire de monter les composants **R1** et **C1**.

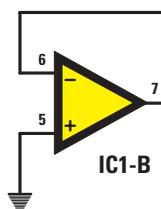


3 - Amplificateur non inverseur avec alimentation double



Liste des composants

- R3 10 k
- R7 10 k
- R8 100 k
- C4 47 pF céramique
- C5 100 µF électrolytique
- C6 100 µF électrolytique
- C7 100 nF polyester
- C8 100 nF polyester



Le gain de cet amplificateur non inverseur avec alimentation double se calcule avec la formule :

$$A_v = 1 + R_8 : R_7$$

En insérant les valeurs du schéma nous obtenons :

$$A_v = 1 + 100 : 10 = 11$$

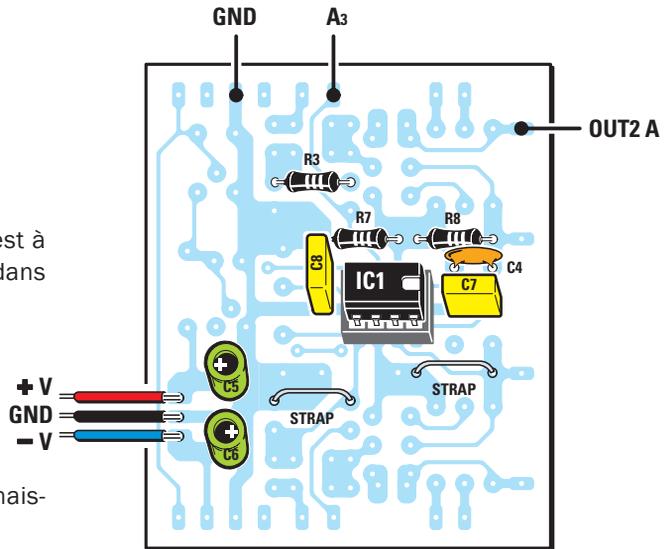
R3 est obtenue en mettant en parallèle **R8** et **R7** et elle est à peu près de **10 k**. **C12** a pour fonction de limiter la bande dans les hautes fréquences. La fréquence est donnée par :

$$F = 1 : (6,28 \times C_4 \times R_8)$$

$$F = 1 : (6,28 \times 47 \times 10^{-12}) \times 100\,000 = 33,87 \text{ KHz}$$

Si vous devez calculer la capacité du condensateur en connaissant la fréquence, la formule devient :

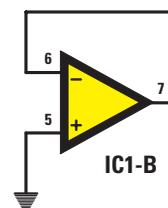
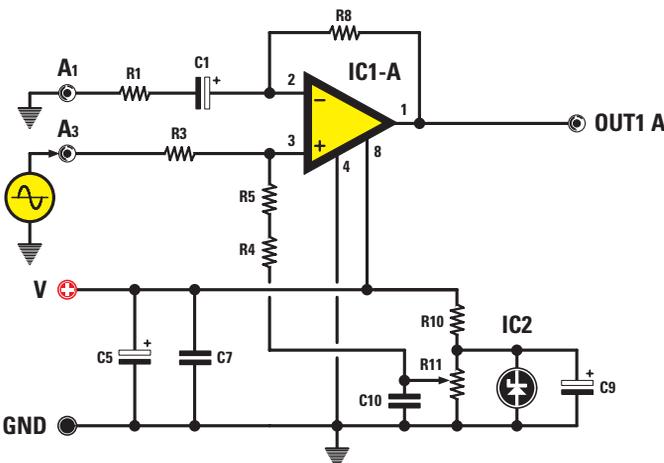
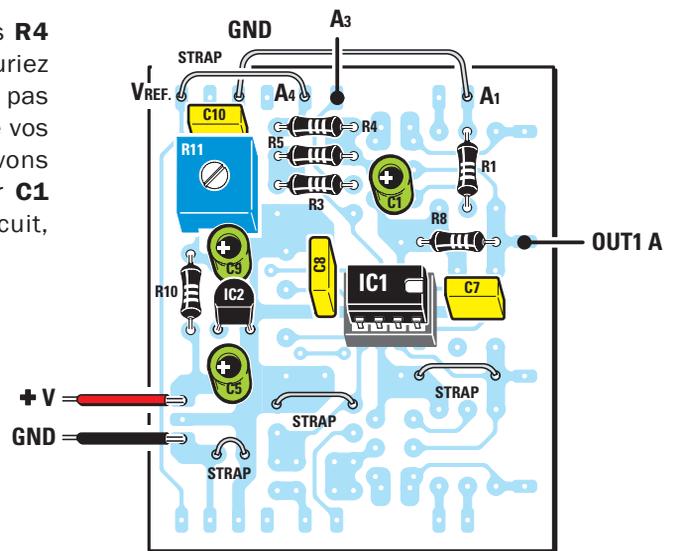
$$C_4 = 1 : (6,28 \times R_8 \times F)$$



4 - Amplificateur non inverseur avec alimentation simple

Cette figure montre que **IC1/A** est polarisé à travers **R4** et **R5**, avec la tension de référence. Au cas où vous auriez besoin de tensions de sortie différentes, il suffit de ne pas monter **IC2** et de régler le trimmer **R11** en fonction de vos exigences. Les formules restent celles que nous avons données pour le circuit précédent. Le condensateur **C1** détermine la fréquence de coupure inférieure du circuit, égale à :

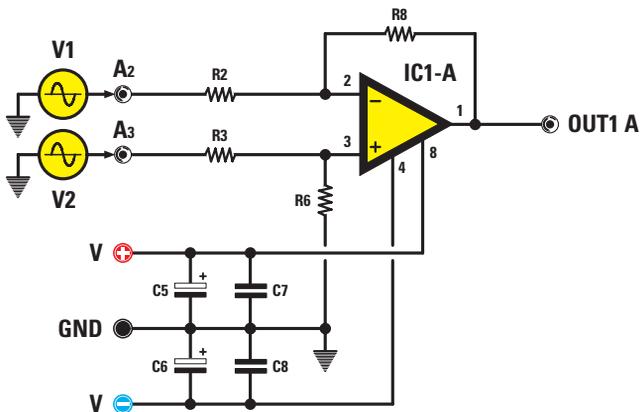
$$F = 1 : (6,28 \times 10\,000 \times 10 \times 10^{-6}) = 1,59 \text{ Hz}$$



Liste des composants

- R1 10 k
- R3 47 k
- R4 10 Ω
- R5 100 k
- R8 100 k
- R10 ... 10 k
- R11 ... 10 k trimmer
- C1 10 μF électrolytique
- C5 100 μF électrolytique
- C7 100 nF polyester
- C9 10 μF électrolytique
- C10 ... 100 nF polyester

5 - Amplificateur différentiel avec alimentation double



Liste des composants

- R2 10 k
- R3 10 k
- R6 100 k
- R8 100 k
- C5 100 µF électrolytique
- C6 100 µF électrolytique
- C7 100 nF polyester
- C8 100 nF polyester

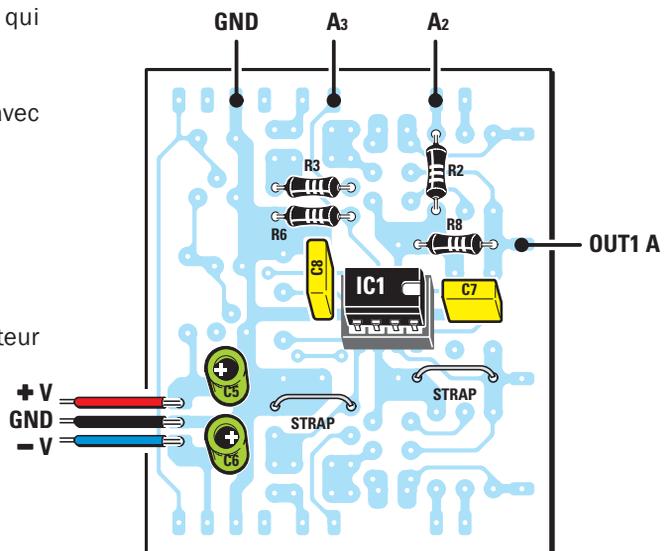
La figure donne le schéma de l'amplificateur différentiel qui amplifie la tension résultant de **V1-V2**.

Supposons que **R2 = R3** et **R8 = R6** le gain **Av** se calcule avec la formule :

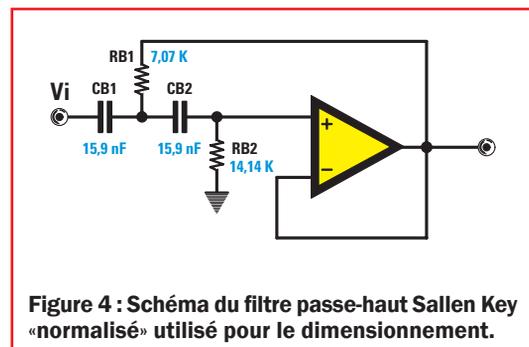
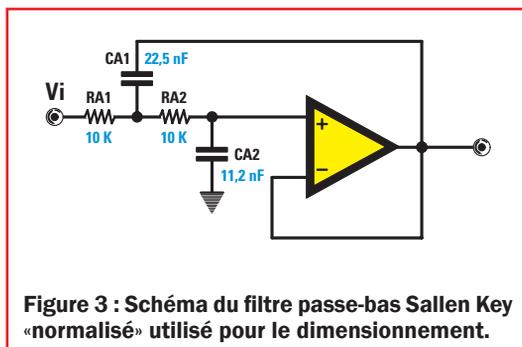
$$A_v = R8 : R2$$

et avec les valeurs utilisées cela fait **10**.

Rappelons que la principale caractéristique de cet amplificateur est la «**réjection**» des signaux de mode commun.



6 - Filtre Sallen Key passe-bas et passe-haut



Vous pouvez voir en figure 5 qu'autour de l'opérationnel **IC1/A** on a construit un **filtre passe-bas 12 dB/octave** du second ordre de type **Sallen Key**, alors qu'avec l'opérationnel **IC1/B** on a réalisé un **filtre passe-haut**.

Par commodité et pour rendre plus rapides les calculs, nous avons choisi la configuration à **gain 1** (suiveur) et utilisé le circuit normalisé à **1 KHz**.

Dimensionnez donc le **passé-bas** pour une fréquence de **1 500 Hz**. En vous référant à la figure 3, multipliez la valeur des résistances qui déterminent la fréquence, **RA1** et **RA2**, par **0,667** ($0,667 = 1\ 000 : 1\ 500$).

La valeur devient :

$$RA1 = RA2 = 10\ 000 \times 0,667 = 6\ 670\ \Omega$$

Il est nécessaire que **CA2** ait une valeur standard, par exemple **4,7 nF** ; donc il faut trouver le facteur de multiplication **0,419** ($0,419 = 0,0047 : 0,0112$). La valeur effective des résistances vaut $RA1 = RA2 = 6\ 670 : 0,419 = 15\ 918\ \Omega$ soit environ **15 k**, c'est pourquoi :

$$CA1 = 2 \times CA2 = 4,7 \times 2 = 9,4\ \text{nF} \text{ à arrondir à } 10\ \text{nF}$$

En ce qui concerne le **passé-haut** nous nous référons au circuit normalisé de la figure 4. Les condensateurs qui déterminent la fréquence de coupure sont **CB1** et **CB2**, arrondissons leur valeur de **15,9 nF** à **15 nF**.

$$RB1 \text{ vaut } 7,07\ \text{k} \times 0,667 = 4,71\ \text{k} \text{ arrondi à } 4,7\ \text{k}$$

$$RB2 \text{ vaut } 14,14\ \text{k} \times 0,667 = 9,43\ \text{k} \text{ arrondi à } 10\ \text{k}$$

Dans la figure suivante, vous pouvez voir le schéma complet avec les valeurs des deux filtres.

Note : Dans certaines configurations il peut arriver d'utiliser des condensateurs à la place des résistances et vice versa.

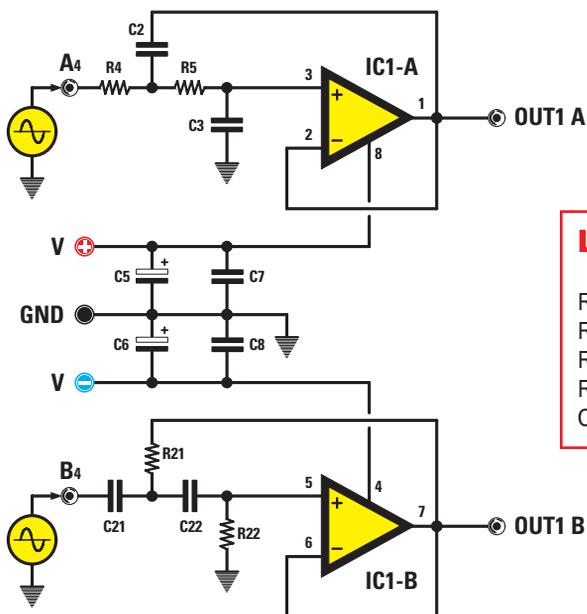


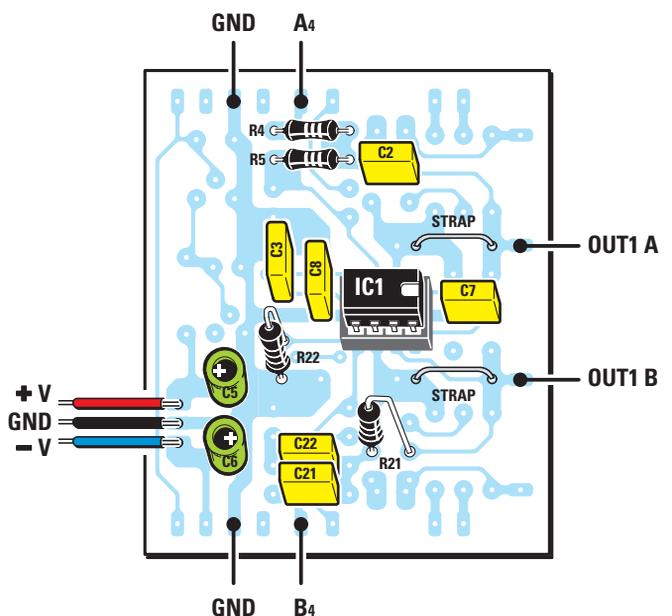
Figure 5 : Schéma du filtre Sallen Key passe-bas/passe-haut.

Liste des composants

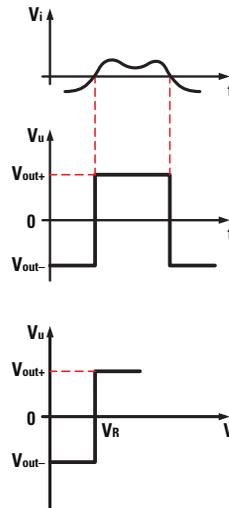
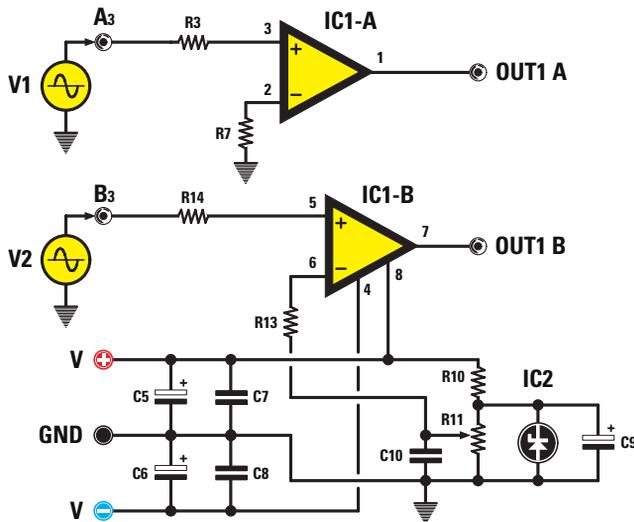
R4 15 k
 R5 15 k
 R21 ... 4 700 Ω
 R22 ... 10 k
 C2 10 nF polyester

C3 4 700 pF polyester
 C5 100 μF électrolytique
 C6 100 μF électrolytique
 C7 100 nF polyester
 C8 100 nF polyester
 C21 ... 15 nF polyester
 C22 ... 15 nF polyester

Note : Comme vous pouvez le noter, dans cette application les composants **R15-R16** et **C13-C14** remplacent respectivement **R21-R22** et **C21-C22** de la platine universelle de la figure 2.



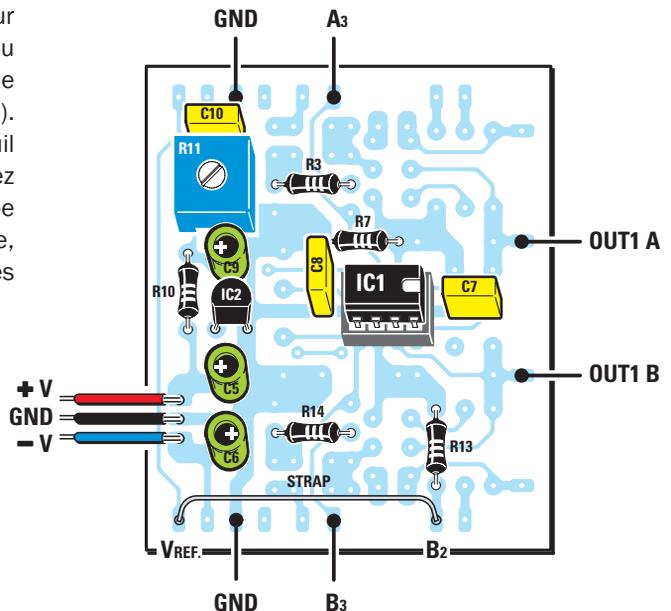
7 - Comparateurs de tension à anneau ouvert



Liste des composants

- R3 10 k
- R7 10 k
- R10 ... 10 k
- R11 ... 10 k trimmer
- R13 ... 10 k
- R14 ... 10 k
- C5 100 µF électrolytique
- C6 100 µF électrolytique
- C7 100 nF polyester
- C8 100 nF polyester
- C9 10 µF électrolytique
- C10 ... 100 nF polyester

La figure montre que **IC1/A** est configuré comme comparateur de **0 non inverseur** (zero crossing detector) ; la sortie passe au niveau logique haut quand le signal traverse le **0** (et retourne au niveau logique bas quand il le traverse dans l'autre sens). Avec **IC1/B** on réalise un comparateur «de niveau» dont le seuil d'intervention peut être modifié en tournant **R11**. Si vous avez besoin d'un comparateur inverseur, il suffit de changer l'entrée du signal et celle de référence. En haut à droite de la figure, vous pouvez voir les graphes concernant le fonctionnement des comparateurs quand la tension d'entrée varie.



8 - Oscillateur sinusoïdal à pont de Wien

Le plus classique des oscillateurs sinusoïdaux est réalisable à partir du schéma de cette figure. De par les données théoriques de ce circuit nous savons que le gain doit être de **3** ; si nous fixons la valeur de **R7** à **10 k**, **R8** devient **20 k**.

La fréquence est calculée avec la formule :

$$F = 1 : (6,28 \times R6 \times C3)$$

Si nous nous fixons une fréquence de **1 kHz** nous avons :

$$C8 = 1 : (6,28 \times 10\,000 \times 1\,000) = 15,9 \text{ nF arrondi à } 15 \text{ nF.}$$

IC1-A

3 (+) 2 (-) 1 OUT1 A 8 4

R5 C2

C3 R6

R7

R8

V (+)

GND

V (-)

C5 C7

C6 C8

IC1-B

6 7

5 (+)

Liste des composants

R5 10 k

R6 10 k

R7 10 k 1 %

R8 20 k 1 %

C2 15 nF polyester

C3 15 nF polyester

C5 100 µF électrolytique

C6 100 µF électrolytique

C7 100 nF polyester

C8 100 nF polyester

VIDÉO-SURVEILLANCE SANS FIL AVEC 4 CAMÉRAS CMOS AVEC IR

Super promo

159 €

Réf. ER295

Ensemble complet

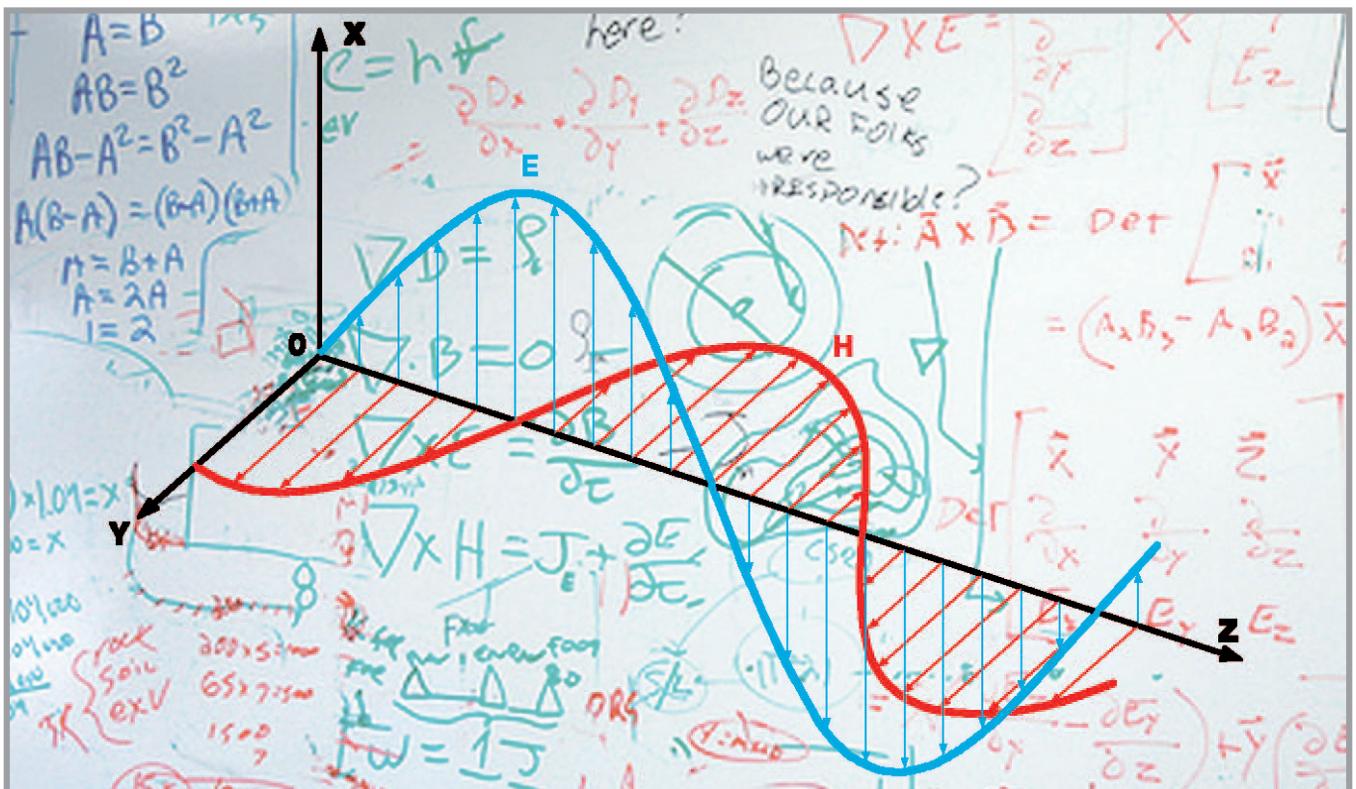
Système de vidéo-surveillance sans fil opérant sur la bande des 2.4 GHz composé de 4 petites caméras CMOS couleur avec audio et transmetteur A/V et d'un récepteur à quatre canaux avec sélecteur à glissière. Le coffret comprend :

- 4 caméras CMOS couleur avec un transmetteur A/V 2,4 GHz et illuminateur IR
- 1 récepteur 4 canaux A/V avec antenne
- 1 télécommande infrarouge
- 5 alimentations 12 Vdc / 500 mA.
- 4 supports de fixation
- 2 câbles A/V.

* Offre valable durant les mois de parution, jusqu'à épuisement du stock disponible. [Caractéristiques techniques sur notre site www.COMELEC.fr](http://www.COMELEC.fr)

Antenne active pour ondes courtes

Si jusqu'à aujourd'hui vous avez renoncé à entrer dans le monde fascinant de l'écoute radio à cause de l'impossibilité d'installer de longues et encombrantes antennes filaires, avec la mini antenne active que nous vous proposons maintenant de construire, vous pourrez enfin satisfaire votre passion en mettant à profit même un espace vital très réduit.



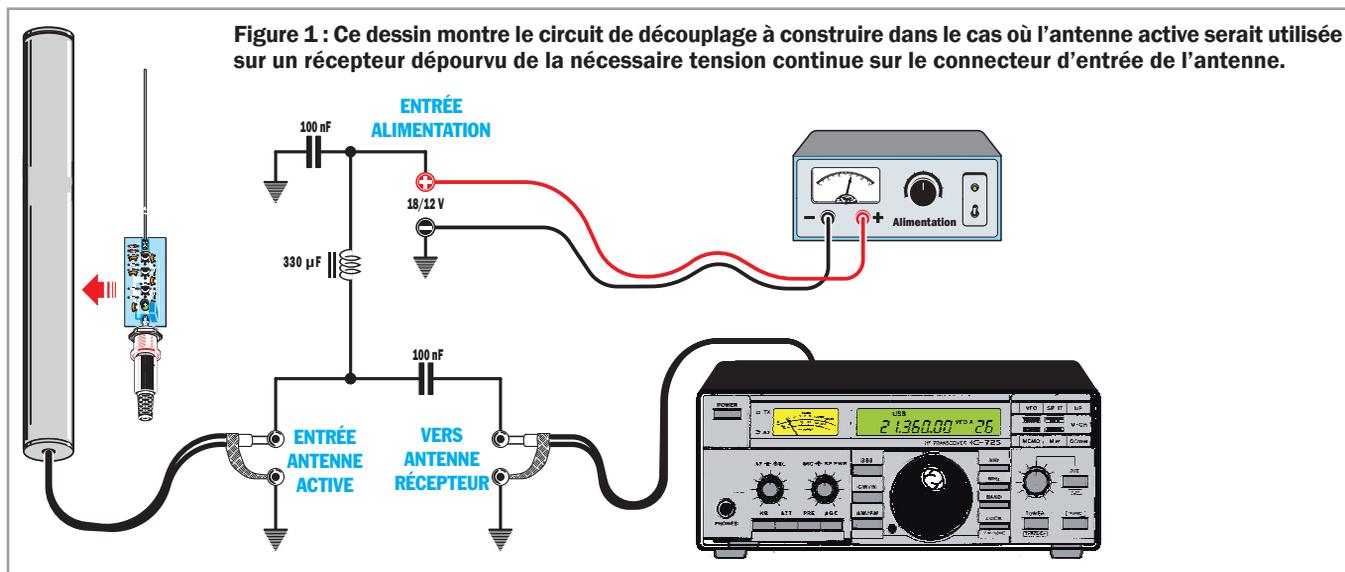
Dans le numéro précédent nous vous avons présenté un **récepteur** pour **ondes courtes** à relier à un **PC** (voir **EN1778-EN1778B-EN1779**), conçu pour recevoir les innombrables stations radio opérant sur cette bande et réparties sur toute la planète. Pour compléter le montage, nous avons réalisé cette **antenne active** et l'avons installée sur le toit de l'immeuble de notre siège.

Les tests effectués ont pleinement satisfait nos techniciens et nous sommes certains que vous-mêmes serez enchantés des caractéristiques et surtout du résultat en terme d'écoute radio. En effet, la fascination qu'elle exerce encore aujourd'hui, à l'époque d'**Internet** et du **Web**, est **inégalable** et, nous le croyons, **indémorable**. Il s'agit de l'unique système permettant d'envoyer des informations, de la musique, des paroles, sans l'aide de **réseaux Web** et autres **serveurs**,

simplement en mettant à profit l'éther comme moyen de transport et les ondes radio produites par des émetteurs qui alimentent des antennes.

Bien sûr la technologie fait son chemin et même dans l'univers de la radio les techniques numériques appliquées depuis peu à d'autres secteurs se sont affirmées. C'est le cas des stations Radio **DRM** pour lesquelles les informations transmises ne sont pas analogiques, comme dans le cas d'une émission normale en modulation d'amplitude, mais **numériques (digitales*)**. Ce type d'information, par des moyens spécifiques, permet d'effectuer des émissions audio stéréo et de qualité supérieure par rapport aux émissions en **radio-diffusion FM commerciale**. Cela se passe dans la bande des ondes courtes dont on pense par erreur qu'il n'y est pas possible de recevoir des stations radio offrant de l'audio en

Figure 1 : Ce dessin montre le circuit de découplage à construire dans le cas où l'antenne active serait utilisée sur un récepteur dépourvu de la nécessaire tension continue sur le connecteur d'entrée de l'antenne.



haute qualité sans le caractère «bruit» typique (disons-le : le «boucan») de la réception en **AM** et particulièrement des **OC**.

Pour recevoir les stations radio ayant des fréquences d'émission inférieures à **30 MHz**, il est d'importance vitale de disposer d'une antenne réceptrice optimale. Les radioamateurs le savent bien car ils s'occupent d'écoute radio. Les stations émettrices, en effet, sont normalement situées à bonne distance du point d'écoute et les signaux subissent des atténuations et des réflexions diverses avant d'atteindre notre antenne réceptrice.

Les conditions d'efficacité pour une antenne sont la **résonance** à la fréquence de réception et l'**adaptation de l'impédance** vers l'entrée du récepteur.

La résonance s'obtient lorsqu'on modifie la longueur du conducteur avec lequel est réalisée l'antenne, alors que la bonne impédance de sortie, laquelle doit correspondre à la valeur de l'impédance d'entrée du récepteur, s'obtient en prélevant le signal de sortie en un point déterminé du conducteur. Une antenne résonante doit avoir une longueur égale à $1/4 \lambda$ (un quart de longueur d'onde) de la fréquence à recevoir. Pour connaître la longueur d'onde en fonction de la fréquence on utilise la formule suivante :

$$\text{longueur d'onde en mètres} = \frac{300}{\text{fréquence en MHz}}$$

Dans notre cas nous avons un «**range**» (une gamme) comprise entre **600** et **10 mètres**. Si nous considérons la bande couverte par notre récepteur, comprise entre **0,5 MHz** et **30 MHz**, la longueur du brin devrait être comprise entre :

$$600 \text{ m} : 4 = 150 \text{ m} \text{ et } 10 \text{ m} : 4 = 2,5 \text{ m}$$

Il serait donc impensable et pratiquement impossible d'installer une antenne de ces dimensions, qu'en plus il faudrait modifier en fonction de la fréquence reçue. C'est pourquoi on recourt à des artifices, comme par exemple les «**antennes chargées**», qui suppléent à une longueur inférieure au moyen d'une «**self de charge**» située à la base du brin ou bien les «**antennes actives**» dotées d'un circuit préamplificateur relié à un brin de longueur inférieure à celle qu'il devrait normalement avoir et capables de fournir des prestations «**quasi**» analogues à des antennes de longueur normale. Le «**quasi**» est de rigueur car aucun préamplificateur, même le plus performant, ne réussit à suppléer à un manque de longueur physique de l'antenne et, en outre, n'importe quel circuit amplificateur introduit du «**bruit**», ce qui dégrade le signal, au demeurant déjà faible, reçu.

L'antenne que nous vous présentons ici a été développée par nous de concert avec le montage du **récepteur DRM** que nous vous avons présenté dans le numéro 116, car nous nous sommes tout de suite préoccupés de trouver une solution capable de satisfaire, de par

ses dimensions et la facilité de sa mise en œuvre, tous nos lecteurs intéressés par ce projet.

* on emploie en principe en français **numérique** et en anglais **digital**, mais ce dernier mot francisé en **digital, digitale**, etc., semble devenir irrésistible !

Le schéma électrique

Le circuit «**actif**» de l'antenne est composé de deux étages : un étage **amplificateur «cascode»** et un étage **adaptateur d'impédance** (voir figure 2). Dans les deux étages on utilise des transistors **FET** et précisément des **J310**, bien adaptés à un amplificateur **RF** en vertu du faible bruit produit et de la haute dynamique qu'ils peuvent gérer.

L'amplificateur est autoalimenté directement par le câble de descente, qui servira au transport du signal à appliquer à l'entrée du récepteur. La valeur de la tension d'alimentation est comprise entre **12 V** et **18 V**. La consommation de courant est de toute façon limitée à une valeur maximale de **50 mA** environ. Le brin rayonnant a une longueur de **un mètre (1 m)** et il est constitué d'un fil de cuivre argenté rigide de **1,5-2 mm** environ de diamètre. S'agissant d'une longueur **non critique**, vous pouvez essayer aussi des longueurs différentes. Le brin est couplé à l'entrée du premier étage

par l'intermédiaire du condensateur céramique **C1** de **82 pF**. Deux diodes **DS1** et **DS2** montées en anti-parallèle protègent la grille du FET **FT1** contre les tensions statiques élevées pouvant se produire et provoquer la rupture de ce composant. La résistance **R1** a pour rôle de déterminer l'impédance d'entrée de l'étage et la polarisation en continu.

L'amplificateur «cascode» est constitué en pratique de deux amplificateurs en cascade : le premier est du type à **source commune** (voir **FT1**) et le second à **grille commune** (voir **FT2**). La combinaison des deux donne des caractéristiques uniques à l'étage tout entier : **grande stabilité**, car le circuit de sortie est très bien isolé de celui d'entrée et **grand gain**, dans le cas de cet amplificateur il est d'environ **20 dB**. L'impédance d'entrée est très élevée et c'est pourquoi elle s'adapte si bien à la haute impédance que présente le brin, alors que l'impédance de sortie a une valeur moyenne s'adaptant mal aux **50 Ω** que le récepteur présente sur son connecteur d'entrée.

Par conséquent, pour obtenir le maximum de transfert de signal, on a dû insérer l'étage correspondant au FET **FT3**, lequel remplit la fonction d'adaptateur d'impédance et **non** d'amplificateur.

Le signal reçu par le brin et amplifié par le premier étage est prélevé sur le **drain** du FET **FT2** et appliqué, par l'intermédiaire du condensateur **C5** et de la résistance **R6**, à la grille du FET **FT3**. Le signal, enfin, par l'intermédiaire du condensateur **C7** est envoyé vers le connecteur de sortie prêt pour être appliqué à l'entrée du récepteur. La self **JAF1**, grâce à sa réactance, empêche que le signal **Radio Fréquence** de sortie puisse s'acheminer vers la masse par la présence des condensateurs de filtrage **C8** et **C2** situés sur la ligne d'alimentation ; elle n'oppose, en revanche, aucune résistance à la tension continue d'alimentation présente sur le point chaud central du câble coaxial conjointement avec le signal **Radio Fréquence**. Comme ligne de descente vous pourrez utiliser indifféremment du câble coaxial de **75 Ω** utilisé dans les installations d'antennes **TV** ou bien de **50 Ω**, **RG58**.

La partie finale du câble coaxial côté récepteur sera dotée d'une **BNC** mâle.

Note : si vous projetez d'utiliser l'antenne active avec d'autres récepteurs dépourvus de l'indispensable tension d'alimentation sur le connecteur d'entrée, il sera nécessaire de fournir cette tension au moyen d'une quelconque alimentation stabilisée capable de produire une tension de **12 à 18 V** et **un courant de 0,1 A**. On insèrera en outre un petit circuit de découplage composé d'une self de **330 μH** et de deux condensateurs de **0,1 μF céramiques** comme le montre la figure 1. Si en revanche vous utilisez notre récepteur (qui lui prévoit la tension d'alimentation de l'antenne active), vous n'aurez pas à réaliser ce petit circuit car vous avez déjà tout à l'intérieur du récepteur.

Quand vous relierez le câble coaxial d'antenne à notre récepteur, assurez-vous que la LED (**Antenne par défaut**) située sur la face avant du boîtier reste éteinte, car son allumage signifie que nous sommes en présence d'un court-circuit.

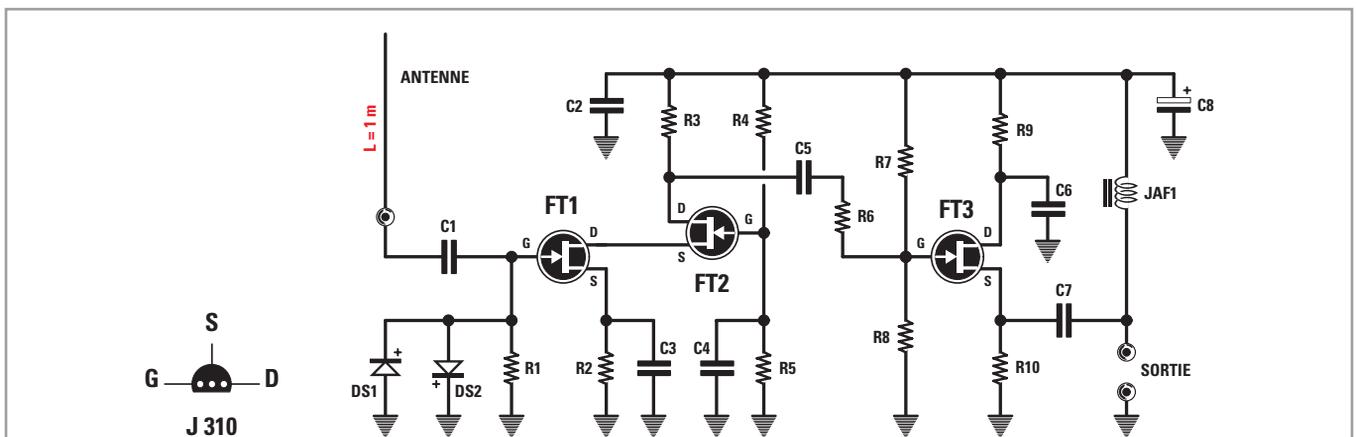


Figure 2 : Schéma électrique de l'antenne active pour ondes courtes EN1777. Tous les FET utilisés pour sa réalisation sont des J310. À gauche vous pouvez voir le brochage des FET vus de dessous, c'est-à-dire du côté des sorties des pattes G-S-D (grille - source - drain).

Liste des composants EN1777

- R1 1 M 1/8 W
- R2 220 Ω 1/8 W
- R3 470 Ω 1/8 W
- R4 33 k 1/8 W
- R5 10 k 1/8 W
- R6 22 Ω 1/8 W

- R7 560 k 1/8 W
- R8 220 k 1/8 W
- R9 100 Ω 1/8 W
- R10 ... 220 Ω 1/8 W
- C1 82 pF céramique
- C2 100 nF céramique
- C3 10 nF céramique
- C4 10 nF céramique
- C5 10 nF céramique
- C6 100 nF céramique

- C7 10 nF céramique
- C8 100 μF électrolytique
- JAF1 .. 330 μH
- DS1 ... 1N4150
- DS2 ... 1N4150
- FT1 ... FET J310
- FT2 ... FET J310
- FT3 ... FET J310

ANTENNE fil de cuivre L = 1 mètre

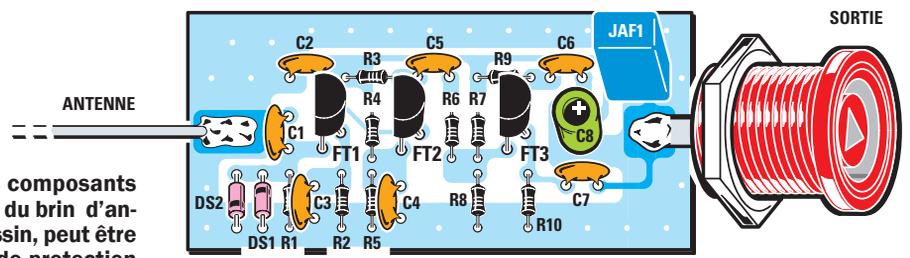


Figure 3a : Schéma d'implantation des composants de l'antenne active EN1777. La longueur du brin d'antenne qui est à peine amorcée sur ce dessin, peut être supérieure à 1 mètre. Bien sûr, le tube de protection devra être d'une longueur suffisante pour contenir le brin et la petite platine amplificatrice. Ci-dessous, photo d'un des prototypes de la platine.



Figure 3b-1 : Dessin, à l'échelle 1:1, du circuit imprimé double face à trous métallisés de l'antenne active EN1777, côté soudures.

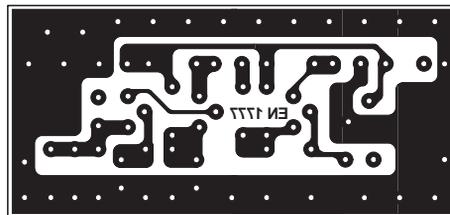


Figure 3b-2 : Dessin, à l'échelle 1:1, du circuit imprimé double face à trous métallisés de l'antenne active EN1777, côté composants (plan de masse).

Figure 4 : Les petites dimensions du circuit imprimé permettent l'insertion de l'amplificateur directement à l'intérieur du tube en matière plastique, d'un diamètre de 32 mm, prévu pour la protection contre les agents atmosphériques.

Dans ce cas, le court-circuit devra être recherché et éliminé pour obtenir le fonctionnement correct de l'antenne.

La réalisation pratique

Comme vous pouvez le voir à la figure 3a, le circuit imprimé de l'antenne

EN1777 est véritablement de petites dimensions et le nombre des composants à monter est limité, c'est pourquoi le montage sera facile et rapide. La platine de l'amplificateur est basée sur un circuit imprimé double face à trous métallisés (le côté composants est un plan de masse, comme toujours en HF). Procurez-vous le ou réalisez-le à partir des dessins à l'échelle 1:1 que donne la figure 3b-1 et 2.

Pour la réalisation de la platine, nous avons utilisé des **résistances** de **1/8 de watts** afin de réduire le plus possible les dimensions du circuit et faciliter ainsi son insertion dans un tube en plastique (PVC) destiné à protéger l'antenne des agents atmosphériques. Nous vous invitons donc à faire très attention au déchiffrement de la valeur ohmique des ces minuscules résistances : recourez, si nécessaire, à une loupe.

Une fois les pattes soudées sur le circuit imprimé, souvenez-vous que vous devez couper les longueurs excédentaires sortant côté cuivre avec une pince coupante.

Vous pouvez alors continuer par le montage des **condensateurs céramiques**, sur le boîtier desquels sont imprimés les nombres indiquant la capacité, c'est-à-dire :

- le nombre **104** indique le chiffre entier de **10+4 zéros** correspondant à **100 000 pF** soit **100 nF** ;

- le nombre **103** indique le chiffre entier de **10+3 zéros** correspondant à **10 000 pF** soit **10 nF** ;

- le nombre **82** indique directement la capacité de **82 pF**.

Poursuivez en montant le «**gros**» condensateur électrolytique de **100 µF**, à propos duquel nous vous recommandons de respecter la polarité. L'impédance de **330 µH** est facilement identifiable car son boîtier est de forme parallélépipédique et le nombre **330** y est imprimé, ce qui correspond à sa valeur d'inductance.

C'est maintenant au tour des composants **actifs**, soit les FET et les diodes. Insérez dans les trous prévus sur le circuit imprimé (un à la fois !) les trois FET **J310 (FT1-FT2-FT3)** en les maintenant à une distance d'environ 5 mm de la surface du circuit imprimé et orientez leur méplat vers la gauche (voir figure 3). Continuez en soudant les deux diodes au silicium **1N4150** en respectant la polarité. Ces diodes sont montées en anti-parallèle, il est donc nécessaire qu'elles soient montées tête-bêche, la bande noire indique la patte de **cathode K**.

La soudure des composants est achevée, il reste seulement à monter le **connecteur de sortie d'antenne** : soudez le point chaud central sur ce côté du circuit imprimé et la broche de masse sur le côté opposé. Avant de terminer la réalisation de l'antenne par la soudure du **brin** récepteur, il faut bien étirer le fil dont il est constitué, opération consistant à obtenir un fil le plus tendu possible.

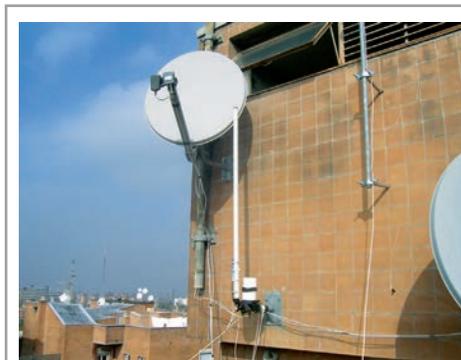


Figure 5 : L'antenne active montée sur le toit de l'immeuble où se trouve notre siège.



Figure 6 : Voici comment nous avons résolu le problème de la fixation du tube contenant l'amplificateur.

Pour cela nous vous conseillons de fixer une extrémité entre les mors d'un étau et, au moyen d'un manche en bois de lime ou de n'importe quel autre outil, de faire un ou deux tours morts et de tirer de toutes vos forces de manière à rendre le fil le plus linéaire possible. Ceci fait, coupez le fil à environ un mètre et soudez une extrémité à la pastille prévue sur la petite platine de l'amplificateur. Enfin, insérez ce dernier à l'intérieur d'un tube pour installations électriques en PVC de **32 mm** de diamètre extérieur, que vous pourrez acheter en grande surface de bricolage. Achetez aussi les bouchons pour la fermeture.

Note : vous pouvez de toute façon utiliser des longueurs supérieures mais dans ce cas, bien entendu, le tube de protection en PVC devra être plus long, assez pour loger la platine amplificateur et le brin rayonnant.

Les parties inférieure et supérieure du tube doivent être «**scellées**» avec des bouchons (on les trouve aussi en grande surface de bricolage). Dans le bouchon inférieur (seulement celui-ci) faites un trou d'un diamètre d'environ **5-6 mm** pour faire passer le câble coaxial de descente. Le connecteur, la platine amplificateur et le brin seront ainsi protégés des intempéries et de la pluie.

La partie inférieure du tube pourra être fixée à un support de telle manière qu'il soit bien vertical : de simples colliers en nylon doivent suffire car le poids de l'ensemble n'est pas excessif et la prise au vent est faible (voir figure 6). Nous vous recommandons enfin de positionner l'antenne éloignée des sources de parasites comme les lignes électriques ou les appareils électriques, par exemple les cabines moteur des ascenseurs.

La construction de l'antenne active est maintenant achevée et vous pouvez procéder à la réception des multiples signaux radio qui remplissent la bande des ondes courtes.

Comment construire ce montage ?

Tout le matériel nécessaire pour construire cette antenne active pour OC EN1777 est disponible chez certains de nos annonceurs.

Les typons des circuits imprimés et les programmes **lorsqu'ils sont libres de droits** sont téléchargeables à l'adresse ci-après :

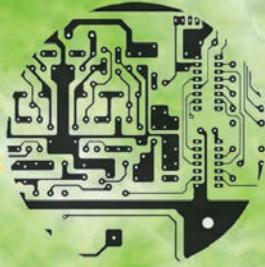
<http://www.electronique-magazine.com/circuitrevue/117.zip> ◆

SERILEC

E.MAIL : SERILEC2@WANADOO.FR

SPÉCIALISATION:

**PROTOTYPE
PETITES ET MOYENNES SERIES**



RÉALISATION:

**CIRCUITS SIMPLE FACE
CIRCUITS DOUBLE FACE
CIRCUITS MULTICOUCHES DE 3 à 6**

**FINITION SELECTIVE
TEST À SONDE**

TÉL. : 04.42.24.39.52 FAX : 04.42.24.47.55

**70 RUE LOUIS ARMAND
13795 AIX EN PROVENCE CEDEX**

Lycée Professionnel & Technologique
ÉCOLE MODÈLE D'ÉLECTRONIQUE

EME

**Bac Pro. SEN en 3 ans
(Systèmes Electroniques Numériques)**



**Bac STI
(Option Électronique)**

**BTS SE
(Systèmes Électroniques)**

233, Bd de saint Marcel 13396 MARSEILLE Cedex 11
Tél.: 04 91 44 65 37- Fax: 04 91 89 23 82

WWW.eme-enseignement.fr

ABONNEZ-VOUS

OUI, Je m'abonne à **ELECTRONIQUE** A PARTIR DU N° 118 ou supérieur

E0117

ELECTRONIQUE
ET LOISIRS
LE MENSUEL DE L'ÉLECTRONIQUE POUR TOUS

A PARTIR DU N° 118 ou supérieur



N°

Ci-joint mon règlement de _____ € correspondant à un abonnement de 4 revues Annuel

Règlement CB directement sur le site www.electronique-magazine.com rubrique **Abonnement**

Adresser mon abonnement à :

Nom _____ Prénom _____

Adresse _____

Code postal _____ Ville _____

Tél. _____ e-mail _____

Date, le _____

Signature obligatoire ▷

L'ASSURANCE de ne manquer aucun numéro en recevant votre revue directement dans votre boîte aux lettres près d'une semaine avant sa sortie en kiosques.

BÉNÉFICIER de 50% de remise** sur les CD-ROM des anciens numéros

TARIFS FRANCE

4 numéros **28€,00**

TARIFS CEE/EUROPE

4 numéros **32€,00**

DOM-TOM/HORS CEE OU EUROPE:

**NOUS CONSULTER SUR
www.electronique-magazine.com
rubrique **Abonnement****

**POUR TOUT CHANGEMENT
D'ADRESSE, N'OUBLIEZ PAS DE
NOUS INDIQUER VOTRE NUMÉRO
D'ABONNÉ (INSCRIT SUR
L'EMBALLAGE)**

Bulletin à retourner à: JMJ – Abo. ELM

B.P. 20025 - 13720 LA BOUILLADISSE - Tél. 0820 820 534 - Fax 0820 820 722

Recherche doc. sur gonios à cadres fixes et affichage revêtements sur tube cathodique, tel gonio marine PLATH, des décennies 60-80. Schéma de principe ou mieux notice technique. Achat ou emprunt, tous frais remboursés. Merci d'avance Tél. : 02 31 92 14 80

Achète notice oscilloscope Hameg HM 605 2X60 Mhz Tél. : 04 90 83 02 41

Achète et recherche Président Lincoln et Jackson 240 canaux même en panne faire offre au Tél. : 03 88 39 98 70

Achète et recherche Multimètre analogique Metrix Modèle 462 faire offre au Tél. : 06 83 63 28 11 E-mail. : schneider.audio@noos.fr

Papy à un os sur l'alimentation variable 5v à Z4 V 7 A. du numéro 53 54 Octobre 2003. La R1 100 ?? fume. Sur le torique ZX ZZ V couple en parallèle on trouve 24,6 volts est-ce une erreur de ma part ? Merci à vous M. Mathelein Gilbert N° 57 rue Auguste Renoir 17700 Surgères Tél. : 05 46 56 13 08

Recherche schéma pour TV Mitsubishi Réf. CT-29BFST pour réparation. Paiement des frais M. Cougnaud Tél. : 06 15 80 81 65 heures repas.

Vends Décca T5440 SAT 450€ - Analyseur de spectre 10 Mhz A 22 Ghz Affichage digital + paramètres rech. Revues Onde

magazine de 2005 à 2009 + Maga2 + Electronique pratique. Recherche Manuel + Doc Générateur Adret model 1 Ghz Tél. : 06 07 75 02 40

Achète et recherche Multimètre analogique Metrix Modèle 462 faire une offre au Tél. : 03 88 39 98 70

Vends : 2 décades d'inductances 111mH à 0,1mH // 1,11H à 0,001H ; 2 décades de capa : 1,11 ?F à 0,01 ?F // 1,111 ?F à 100 picoF atténuateur symétrique de 111 décibel à 0,1 décibel anciens tubes cathodiques d'oscilloscope DG 10/6-5CP7A neuf-OE411PAV. Brochages et caractéristique sur place département 87 M. Brethenoux Jean-Marie tél. : 05 55 38 13 15

Achète contrôleur de transistor EN1421 Comelec, Testeur de CMOS et TTL EN 1109 Comelec et Revue Radio-Plan + Q mètre + Dipmètre (HEATHKIT) ou autre. M. Braudel rue du parc 53350 St Michel de la Roë

Achète numéros Electronique et loisirs magazine 4, 26, 42 à 45, 58, 73, 75, 85, 87 à 92 Prix 102 € les 17 numéros soit 6 € chacun. Port 5 kg : 10,60 € M. Braudel rue du parc 53350 St Michel de la ROë.

Achète recherche appareil même en panne, Président Jackson 200 canaux ou 240 canaux faire offre Tél. : 06.83.63.28.11 M. Schneider Y. 4 rue de Freland 67100 Strasbourg.

ANNONCEZ-VOUS !

VOTRE ANNONCE POUR SEULEMENT 2 TIMBRES* À 0,57 € !

LIGNES	TEXTE : 30 CARACTÈRES PAR LIGNE. VEUILLEZ RÉDIGER VOTRE PA EN MAJUSCULES. LAISSEZ UN BLANC ENTRE LES MOTS.
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

*Particuliers : 2 timbres à 0,57 € - Professionnels : La grille : 90,00 € TTC - PA avec photo : + 30,00 € - PA encadrée : + 8,00 €

Nom Prénom

Adresse

Code postal Ville

Toute annonce professionnelle doit être accompagnée de son règlement libellé à l'ordre de JMJ éditions.

Envoyez la grille, avant le 10 précédent le mois de parution, accompagnée de votre règlement à l'adresse:

JMJ/ELECTRONIQUE • Service PA • BP 20025 • 13720 LA BOUILLADISSE

Directeur de Publication
Rédacteur en chef
Charles CARDONA
redaction@electronique-magazine.com

Direction - Administration
JMJ éditions
B.P. 20025
13720 LA BOUILLADISSE
Tél.: 0820 820 534

Secrétariat - Abonnements
Petites-annonces - Ventes
A la revue

Vente au numéro
A la revue

Publicité
A la revue

Maquette - Illustration
Composition - Photogravure
JMJ éditions sarl

Impression
Print Courtage
25 Bd Bouès
13003 Marseille

Distribution
NMPP

Hot Line Technique
0820 820 534 *

du lundi au vendredi de 16 h à 18 h

Web

www.electronique-magazine.com

e-mail

info@electronique-magazine.com

* prix d'un appel local

ELECTRONIQUE
ET LOISIRS magazine
LE MENSUEL DE L'ELECTRONIQUE POUR TOUS

EST RÉALISÉ
EN COLLABORATION AVEC :

ELECTRONICA
Elettronica In

JMJ éditions

Sarl au capital social de 7800 €

RCS MARSEILLE : 421 860 925

APE 221E

Commission paritaire: 1015T79056

ISSN: 1295-9693

Dépôt légal à parution

IMPORTANT

Reproduction, totale ou partielle, par tous moyens et sur tous supports, y compris l'internet, interdite sans accord écrit de l'Editeur. Toute utilisation des articles de ce magazine à des fins de notice ou à des fins commerciales est soumise à autorisation écrite de l'Editeur. Toute utilisation non autorisée fera l'objet de poursuites. Les opinions exprimées ainsi que les articles n'engagent que la responsabilité de leurs auteurs et ne reflètent pas obligatoirement l'opinion de la rédaction. L'Editeur décline toute responsabilité quant à la teneur des annonces de publicités insérées dans le magazine et des transactions qui en découlent. L'Editeur se réserve le droit de refuser les annonces et publicités sans avoir à justifier ce refus. Les noms, prénoms et adresses de nos abonnés ne sont communiqués qu'aux services internes de la société, ainsi qu'aux organismes liés contractuellement pour le routage. Les informations peuvent faire l'objet d'un droit d'accès et de rectification dans le cadre légal.



Au sommaire : MINILAB: Première partie: Réalisation pratique - Un variateur électronique de vitesse pour perceuse. Neuf schémas d'applications avec photorésistances. - Un relais s'active dans l'obscurité avec une photorésistance et des transistors. - Un relais s'active à la lumière avec un opérationnel et un transistor sonne quand on allume une lumière - Un relais activé par l'obscurité mais insensible aux éclairs lumineux. - Un relais activé par la lumière piloté par un thyristor. - Interrupteur crépusculaire piloté par un triac. Un interrupteur crépusculaire La mesure des câbles coaxiaux à l'oscilloscope - Cours: leçon 49 réalisation d'un mesureur TDR de câbles coaxiaux - Etc...

7,50 €



Au sommaire : MINILAB: apprendre l'électronique en se divertissant 2ème partie: La pratique des compteurs (Pour étudier facilement l'électronique) - La mesure du facteur Q d'un circuit L/C Réalisation d'un Q-mètre - Pointeur de parabole pour satellite - Calcul de la résistance de chute pour LED - Un distorseur PLL pour guitare à module JOP «un joyau pour l'audiophile» - Un conductimètre professionnel - Un récepteur FM 87,5-108 MHz - Nouvelle version de la magnétothérapie BF à 100 gauss - Nouvel éthylomètre ultra sensible pour alcoolotest. Nos lecteurs ont du génie! - Mesurez facilement la puissance de vos enceintes acoustiques - Etc...

7,50 €



Au sommaire : MINILAB: 3ème partie: construction d'un générateur sinusoïdal Interface AUDIO USB - Un audiomètre médical, vous désirez surveiller votre audition ou celle de vos enfants, appareil facile à réaliser que vous pourrez utiliser également comme oscillateur BF. La résonance série et parallèle d'un quartz. Un jeu de lumières animées par les sons. Filtre paramétrique à module JOP. Testeur de réflexes - Afficheur modulaire à 64 caractères - Rétrospective des montages de Noël - Feu virtuel EN1477 - Simulateur d'aube et crépuscule EN1493 - Enregistreur de voix compact EN1524 - Clignotant à LED bleues - Reproducteur de sons sur EPROM 27256 EN1571 - Etc...

7,50 €



Au sommaire : Contrôle de température pour aquarium à cellules de PELTIER - Plein feu sur les LED - MINILAB: stop au larcin et autres indiscretions - Mesurer une tension alternative - Adaptateur fréquence/mètre pour multimètre - Purificateur d'air électronique à ionisation négative - Soigner l'acouphène et les vertiges - Charger les batteries avec un dynamo - Jauge de niveau d'eau pour citerne - Oscillateur à quartz et circuit intégré TTL - Diviseur de fréquence numérique - Contrôle de tonalité à un amplificateur opérationnel. Trois préamplificateurs à FET et transistor. Testeur de niveaux logiques pour circuit intégré TTL - Clignotant à quatre LED - Oscillateur à ondes carrées. Etc...

7,50 €



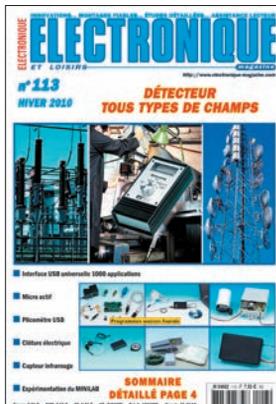
Au sommaire : Interphone à un seul circuit intégré - Mesurer la distorsion d'un amplificateur avec un PC - Compteur heures-minutes-secondes, ce compteur de temps ou «timer» offre le choix de compter seulement les secondes ou bien les minutes MINILAB : mesure d'une sinusoïde à l'oscilloscope, apprendre comment mesurer avec l'oscilloscope pour PC l'amplitude d'un signal électrique sinusoïdal et sa fréquence. - Relais piloté par un son ou clap-inter - Deux oscillateurs MAV11 jusqu'à 1 GHz dont un modulé en FM - Mémoire pour le générateur DDS Indicateur lumineux à 12 LED - VCO simple à double monostable - Qu'est-ce que l'impédance et comment la mesurer. Etc...

7,50 €



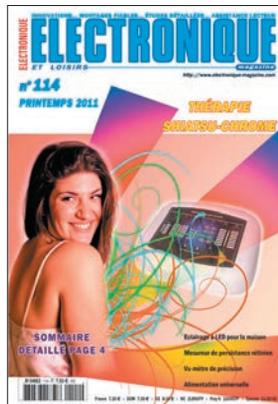
Au sommaire : Amplificateur HI-FI stéréo de 200 W à très faible distorsion 0,008% ...imaginez maintenant votre musique jouée avec dynamique et pureté par notre amplificateur. Atténuateur 0,1 MHz à 1 GHz de 1 à -60 dB - Générateur BF de 950 à 1 200 Hz - Impédancemètre dermatologique - Détecteur électronique de points d'acupuncture - Impédancemètre USB - Barrière à rayons infrarouges - Trois LED pour une thérapie photodynamique, cet appareil peut être utilisé par tout le monde car, c'est bien connu, les rayons infrarouges émis par des LED spéciales ont un effet bénéfique sur l'épiderme - Test de contrôle de la vue - Nos lecteurs ont du génie - Vibrato pour instruments de musique - Système d'alarme par "FIL coupé". Etc...

7,50 €



Au sommaire : Détecteur de trois types de champs polluants «électriques, magnétiques et électromagnétiques» Porte-clé sonore pour MINILAB, réalisation et fonctionnement. Avec la commande «Capture» nous explorerons ensemble les signaux électroniques, et nous vous montrerons comment visualiser sur votre oscilloscope des signaux d'une durée de quelques millièmes de secondes. Capteur infrarouge à réflexion, utile dans de nombreuses applications: contrôle de présence, un interrupteur de proximité etc. Carte USB pour cinq applications et plus Pilemètre USB pour mesurer la graisse corporelle - Clôture électrique pour protéger les jardins et les élevages. - Microphone actif pour améliorer l'audition - Qu'est-ce que la TNT ? - Nos lecteurs ont du génie. Etc...

7,50 €



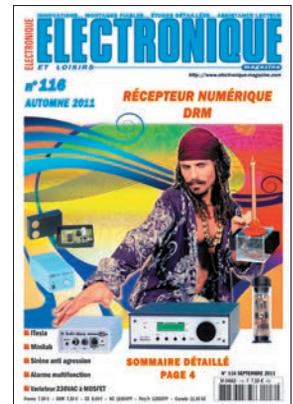
Au sommaire : Appareil pour la thérapie SHIATSU-CHROME agissant sur ces points par massage, il est possible de restaurer l'équilibre énergétique de l'organisme et de soulager les douleurs et les tensions - Des LED comme éclairage pour créer dans votre maison des effets de lumières enchanteurs - Une alimentation à tout faire avec transformateurs de récupération ayant un secondaire compris entre 13 et 24 V. Vu-mètre de précision avec échelle linéaire en dB - Vu-mètre de précision avec échelle linéaire en dB - Mesureur de fréquence de la persistance rétinienne pour effectuer des tests très utiles pour mieux connaître l'état de votre vue - Coussinet diffuseur pour la magnétothérapie, vous aurez la possibilité de soigner des zones plus étendues du corps BF. Etc...

7,50 €



Au sommaire : Chargeur de batterie sans fil, vous pourrez recharger vos batteries au plomb - Détecteur de métaux à impulsions - Taser/dissuadeur anti agression, dispositif délivrant des impulsions à haute tension, portatif, il peut être utilisé tant pour mesurer l'immunité de nos appareils électroniques par rapport aux parasites que pour la défense personnelle - MINILAB : Lumières psychédéliques à LED - Convertisseur d'ultrasons en sons audibles - Doubler la puissance du linéaire RF 88-108 MHz - Un automatisme pour faire face aux coupures de courant, ce montage vous permet de rallumer automatiquement les appareils domestiques mais pas tous en même temps, afin d'éviter le désagrément du black-out à répétition - Luminaire à LED en 230 V réglable par variateur. Etc...

7,50 €



Au sommaire : Récepteur DRM s'affranchit des frontières pour l'écoute Variateur 230 VAC à MOSFET - ITESLA La note aigüe d'un soprano, le chant d'un rossignol ou la totalité d'un morceau de musique peuvent-ils être reproduit fidèlement Signalisation d'alarme multifonction cet automatisme simple se prête à de multiples exigences - Sirène-flash anti agression ce dispositif a été conçu pour contribuer à la sécurité personnelle - Alarme anti inondation capacitive Une fuite d'eau peut rapidement se transformer en une petite catastrophe domestique - Facteur Q Leçon d'approfondissement, nous examinerons le Quality Factor des composants électroniques - condensateurs et selfs - et celui des circuits résonants. Etc...

7,50 €

Frais de port pour la France + 1€ par revue (CEE les DOM-TOM et autres Pays: Nous consulter.)

CD-ROM ENTièrement IMPRIMABLE

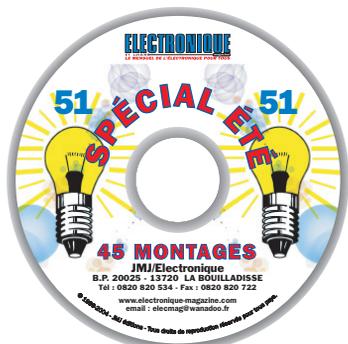
LISEZ ET IMPRIMEZ VOTRE REVUE SUR VOTRE ORDINATEUR PC OU MACINTOSH

50 € Les 3 CD du Cours d'Électronique en Partant de Zéro



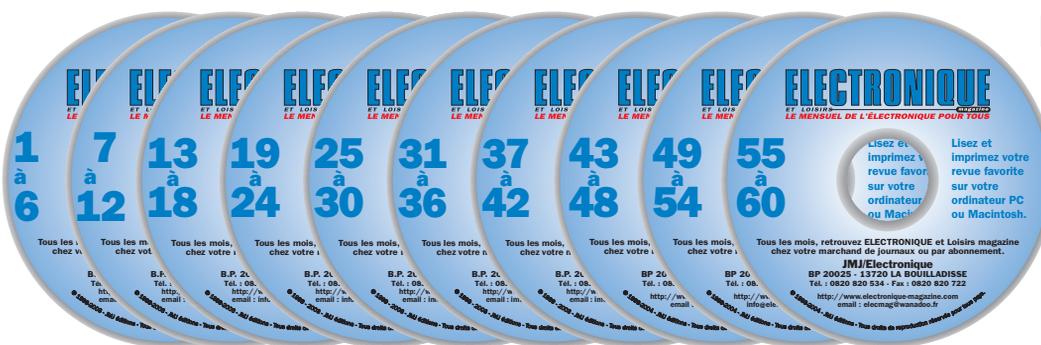
← **COURS**

SOMMAIRE INTERACTIF ENTièrement IMPRIMABLE



Numéros spéciaux

5.50 € l'unité



LE CD 6 NUMÉROS 25€

50% DE REMISE POUR NOS ABONNÉS

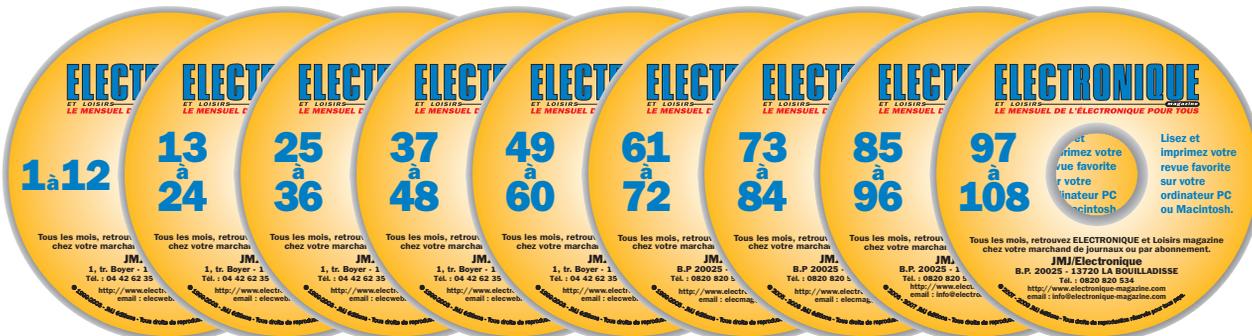
SUR TOUS LES CD

DES ANCIENS NUMÉROS

6 ou 12 NUMÉROS



LE CD 12 NUMÉROS 45€



FRAIS DE PORT INCLUS POUR LA FRANCE (DOM-TOM ET AUTRES PAYS: NOUS CONSULTER.)

JMJ/ELECTRONIQUE - B.P. 20025 - 13720 LA BOULLADISSE règlement par Chèque à l'ordre de **JMJ ÉDITIONS**
règlement par Carte Bancaire sur notre site: www.electronique-magazine.com - téléphone : 0820 820 534

À la découverte de l'énergie du futur



229,00 €
KNS14

119,00 €
KNS12

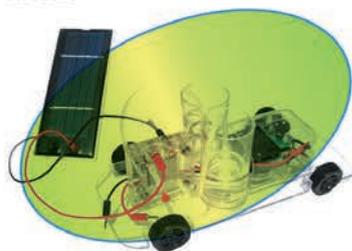


KIT D'EXPÉRIENCES HYDROGÈNE-ÉOLIEN

Ce kit d'expériences hydrogène-éolien vous permet de créer votre propre énergie renouvelable grâce à de l'eau, du vent et une pile à combustible

Apprendre en se divertissant avec ces kits didactiques. Comment utiliser l'énergie du soleil, du vent, de l'eau pour produire le combustible du futur.

65,00 €
KNS10



Voiture à hydrogène

Cette voiture produit son carburant grâce à une pile à combustion et l'électrolyse. Découvrez comment l'oxygène et l'hydrogène se forment dans deux réservoirs. La voiture se conduit elle-même et vire de 90° dès qu'elle rencontre un obstacle.

69,00 €
KNS9



Kit d'expériences à hydrogène

Ce kit montre comment produire et stocker une énergie renouvelable grâce à de l'eau et l'électrolyse. L'énergie produite peut ensuite être utilisée pour alimenter un véhicule ou un appareil électronique.

105,00 €
KNS13



Kit d'expériences à bioénergie

Ce kit offre la dernière version de la pile à combustible et utilise l'éthanol comme carburant. Ce kit produit directement de l'électricité à partir de l'éthanol (alcool) et ceci sans combustion. Éthanol non inclus.

119,00 €
KNS11



Voiture à hydrogène & station-service

Ce bolide du futur vous fait découvrir de façon ludique le monde de l'énergie renouvelable et de la technologie de l'automobile. Le mécanisme intérieur est à admirer à travers les parties transparentes de la carrosserie.