

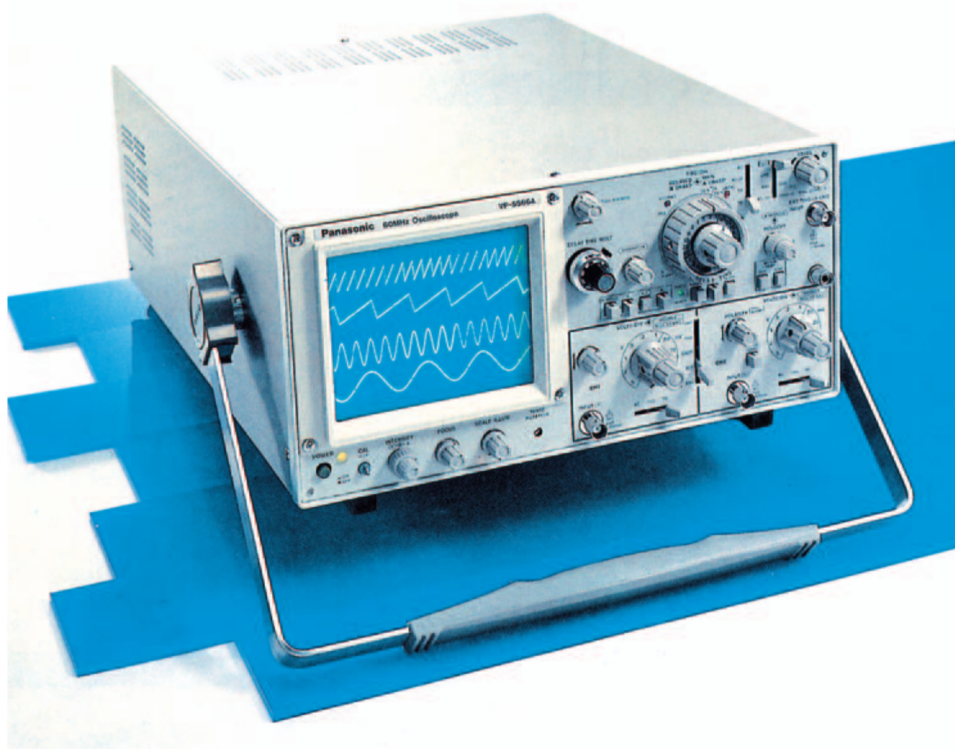
Apprendre
l'électronique
en partant de zéro

Niveau 4

Comment utiliser l'oscilloscope

Un convertisseur de 20 à 200 MHz pour oscilloscope Huitième partie

Si vous possédez un oscilloscope ordinaire avec bande passante de 20 MHz, il ne pourra jamais visualiser des signaux de fréquences supérieures. Réalisez cet accessoire simple et économique (le convertisseur EN1633) et vous pourrez visualiser n'importe quel signal HF jusqu'à environ 100 MHz et même au-delà.



Quand un débutant achète un oscilloscope, il choisit généralement un modèle bon marché, ce qui implique des performances limitées : la bande passante n'est le plus souvent que de 20 MHz, ce qui ne permet pas de visualiser des signaux de fréquences supérieures.

Or, si ce débutant est séduit par la HF (ce qui est "fréquemment" le cas !), il aura besoin d'un appareil "grimpant" au-delà : déjà la CB exploite le 27 MHz et les Radioamateurs vont en HF jusqu'à 29 MHz (de plus en VHF ils accèdent désormais à la bande des 50 MHz). Mais l'amateur

peut également s'intéresser aux radiomicrophones, à la radiocommande du modélisme et/ou à la bande FM, ce qui suppose des fréquences de 36 à 108 MHz. Si vous êtes dans ce cas, afin de vous éviter le coûteux achat d'un nouvel oscilloscope professionnel atteignant 100 MHz, vous serez intéressé par le convertisseur simple et économique que nous avons conçu et que nous vous proposons – dans le cadre du Cours, c'est-à-dire avec une visée didactique – de construire. Ce convertisseur vous permettra d'étendre à 115 MHz la limitation à 20 MHz de votre ancien oscilloscope.

Le principe de fonctionnement

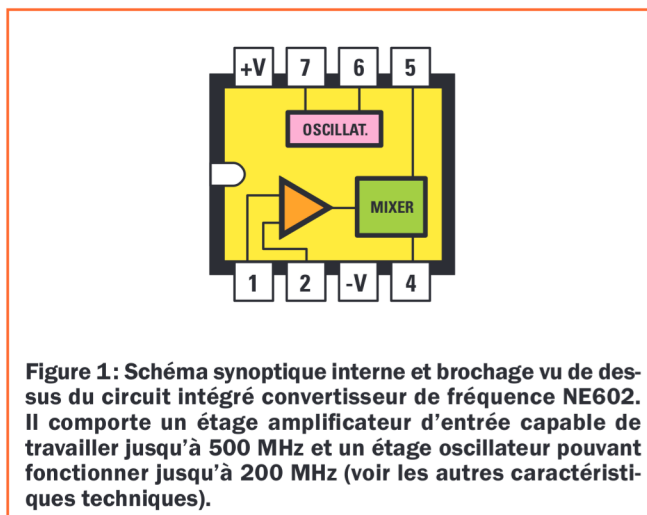
Pour convertir une fréquence supérieure à 20 MHz en un signal pouvant être visualisé sur un oscilloscope 20 MHz, on met en œuvre le même procédé qu'avec les récepteurs superhétérodynes : ces derniers, en effet, convertissent toutes les fréquences captées par l'antenne –qu'elles soient de 800 à 1 500 kHz ou bien de 10 à 100 MHz– en une valeur de fréquence fixe, nommée Moyenne Fréquence (MF) et qui peut être de 455 kHz ou de 10,7 MHz.

Pour obtenir dans notre circuit une telle conversion, nous utilisons un petit circuit intégré mélangeur NE602 (voir figure 1) contenant également un étage oscillateur complet. Ses caractéristiques techniques les plus importantes sont :

Tension d'alimentation	5 à 8 V
Courant consommé	2,4 à 2,8 mA
Fréquence maximale entrée	500 MHz
Amplitude max signal entrée	500 mV
Fréquence max oscillateur	200 MHz
Gain moyen	14 à 17 dB.

Sur sa broche de sortie 4 nous appliquons un filtre céramique FC1 accordé sur 10,7 MHz, nous préleverons un signal HF seulement lorsque la fréquence produite par l'étage oscillateur (broches 6 et 7) sera égale à la fréquence appliquée sur son entrée 1 ajoutée ou soustraite à la fréquence du filtre 10,7 MHz. Donc, si nous appliquons sur la broche d'entrée une fréquence de 80 MHz, nous la préleverons sur la broche 4 convertie sur les 10,7 MHz, mais seulement si l'étage oscillateur oscille sur la fréquence de :

$$80 - 10,7 = 69,3 \text{ MHz}$$



ou bien sur la fréquence de :

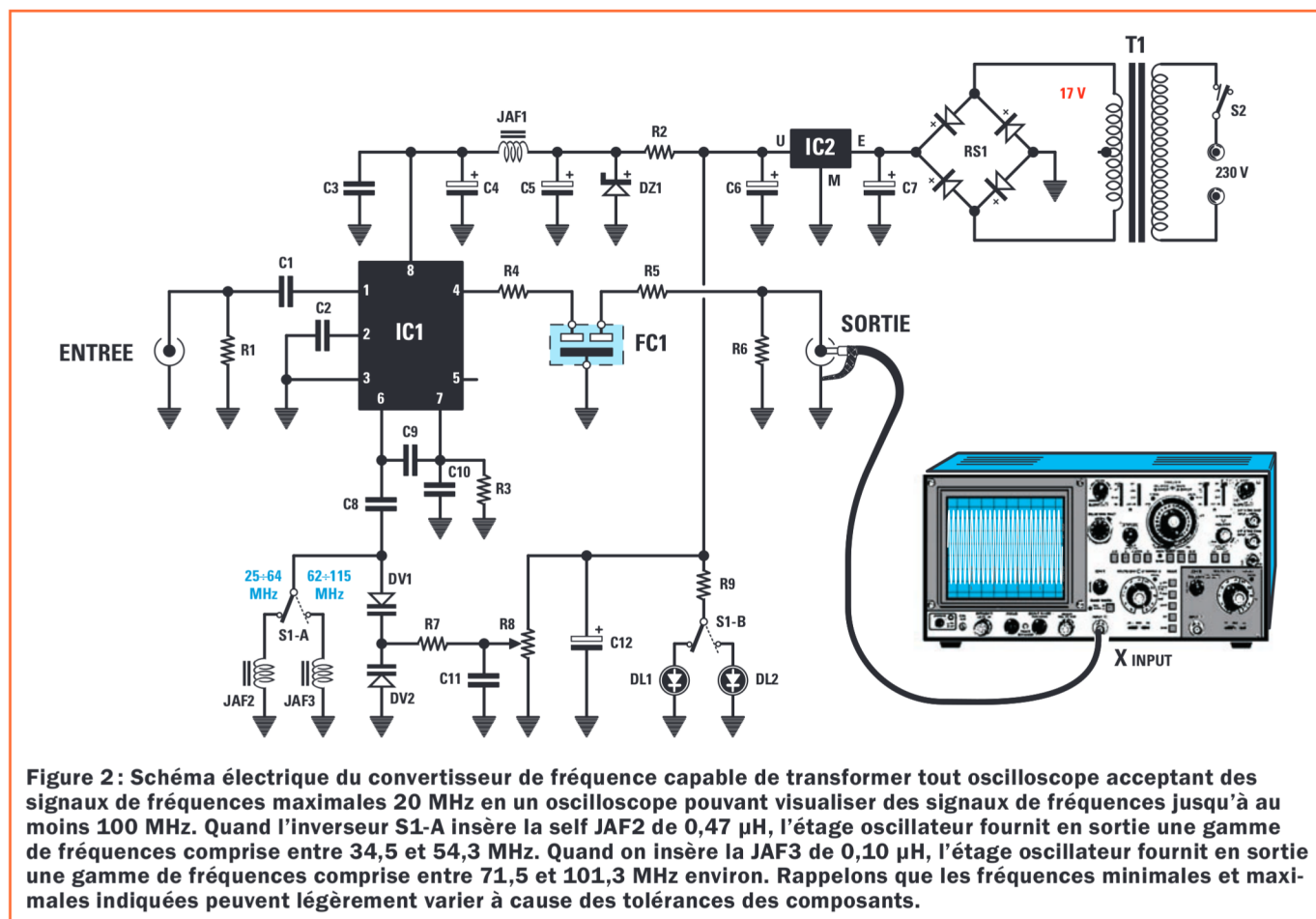
$$80 + 10,7 = 90,7 \text{ MHz.}$$

Bien sûr, si dans le premier exemple nous soustrayons à la fréquence appliquée sur l'entrée celle produite par l'étage oscillateur, nous obtenons :

$$80 - 69,3 = 10,7 \text{ MHz (valeur de FC1).}$$

Pour le second exemple aussi, si nous soustrayons à la fréquence produite par l'étage oscillateur celle appliquée à l'entrée, nous obtenons à nouveau :

$$90,7 - 80 = 10,7 \text{ MHz (valeur de FC1).}$$



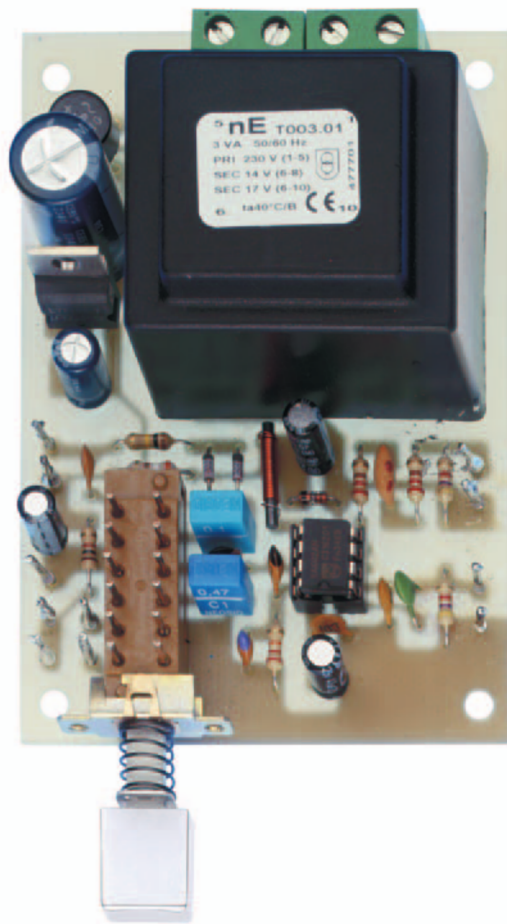


Figure 3 : Photo d'un des prototypes de la platine du convertisseur 20 à 100 MHz pour oscilloscope.

Si nous voulions alors visualiser sur l'oscilloscope un signal à 99 MHz, nous devrions faire osciller l'étage oscillateur sur la fréquence de :

$$99 + 10,7 = 109,7 \text{ MHz}$$

ou bien sur la fréquence de :

$$99 - 10,7 = 88,3 \text{ MHz.}$$

Donc, si vous possédez un oscilloscope ordinaire avec bande passante à 20 MHz, il suffit de réaliser un simple mélangeur pour pouvoir visualiser des signaux HF jusqu'à au delà de 100 MHz.

Le schéma électrique

Comme vous pouvez le voir, le schéma électrique du convertisseur (qui est un mélangeur), figure 2, est fort simple. Rappelons-nous que notre objectif est de visualiser sur un oscilloscope de 20 MHz des fréquences pouvant dépasser les 100 MHz : pour cela nous devons nécessairement utiliser dans l'étage oscillateur deux selfs de valeurs différentes et les accorder au moyen de deux diodes Varicap. Quand, dans la broche 6 de IC1, nous insérons la JAF2 de 0,47 μ H, l'étage oscillateur fournit en sortie une gamme de fréquences comprise entre 34,5 et 54,3 MHz environ. Si nous ajoutons ou soustrayons à cette gamme de fréquences les 10,7 MHz du

filtre céramique FC1, nous pourrions visualiser à l'écran de l'oscilloscope toutes les fréquences comprises entre 23,8 et 65 MHz :

$$\begin{array}{ll} \text{fréquence min} & 34,5 - 10,7 = 23,8 \text{ MHz} \\ \text{fréquence max} & 54,3 + 10,7 = 65,0 \text{ MHz.} \end{array}$$

Quand, dans la broche 6 de IC1, on insère la JAF3 de 0,1 μ H, l'étage oscillateur fournit en sortie une gamme de fréquences comprise entre 71,5 et 101,3 MHz environ. Si nous ajoutons ou soustrayons à cette gamme de fréquences les 10,7 MHz du filtre céramique FC1, nous pourrions visualiser à l'écran de l'oscilloscope toutes les fréquences comprises entre 60,8 et 112 MHz :

$$\begin{array}{ll} \text{fréquence min} & 71,5 - 10,7 = 60,8 \text{ MHz} \\ \text{fréquence max} & 101,3 + 10,7 = 112,0 \text{ MHz.} \end{array}$$

Etant donné que la conversion se fait en ajoutant ou en soustrayant à la fréquence produite par l'étage oscillateur, la valeur du filtre céramique FC1 de 10,7 MHz, nous pourrions visualiser n'importe quelle fréquence de 24 à 120 MHz.

Note : les fréquences minimales et maximales indiquées peuvent légèrement varier dans la réalité, à cause des tolérances des composants et des capacités parasites du montage.

Mais revenons au schéma électrique de la figure 2 : pour faire varier la fréquence de sortie, il suffit d'insérer dans la broche 6 de l'étage oscillateur la JAF2 ou la JAF3 au moyen du commutateur S1A, puis appliquer sur les deux diodes Varicap DV1 et DV2 une tension variable de 0 à 18 V en utilisant le potentiomètre dix tours R8. Ce circuit est alimenté par un petit transformateur T1 relié au secteur 230 V et doté d'un secondaire fournissant une tension de 17 VAC : cette dernière, après avoir été redressée par RS1 et lissée par l'électrolytique C7, donne une tension continue d'environ 24 V ensuite stabilisée à 18 V par le régulateur IC2 μ A7818 ou LM7818.

La réalisation pratique

Procurez-vous le circuit imprimé EN1633, ou réalisez-le à partir du dessin à l'échelle 1 de la figure 4b (la meilleure méthode quand on travaille à l'unité a été expliquée dans le numéro 26 d'ELM : c'est celle de la "pellicule bleue", voir nos annonceurs). Quoi qu'il en soit, quand vous l'avez devant vous, gravé et percé (et pourquoi pas étamé ?), montez tous les composants, comme le montre la figure 4a. Enfoncez et soudez tout d'abord les onze picots. Insérez et soudez le support du circuit intégré IC1 (vous n'insérerez le circuit intégré dans ce support qu'à la fin du montage dans le boîtier). Soudez le transformateur T1 (il vous permettra de manipuler facilement la platine). Soudez ensuite les deux borniers à deux pôles (une pour l'entrée du secteur 230 V par cordon, une pour l'interrupteur M / A S2). Montez les résistances, les condensateurs céramiques et électrolytiques, la zener DZ1 (anneau noir vers la gauche), le pont RS1 (+ vers le coin gauche de la platine), les Varicap DV1 et DV2 (bagues noires vers le transformateur), les selfs, le filtre céramique FC1, le régulateur IC2 (debout sans dissipateur, semelle vers C7) et terminez par le commutateur à glissière commandé par bouton poussoir. Vérifiez bien toutes les polarités des composants polarisés, voir figure 5 (= 95 % des pannes en construction amateur) et la qualité de vos soudures (ni court-circuit entre pistes ou pastilles ni soudure froide collée). Vérifications faites et refaites, laissez de côté cette platine.

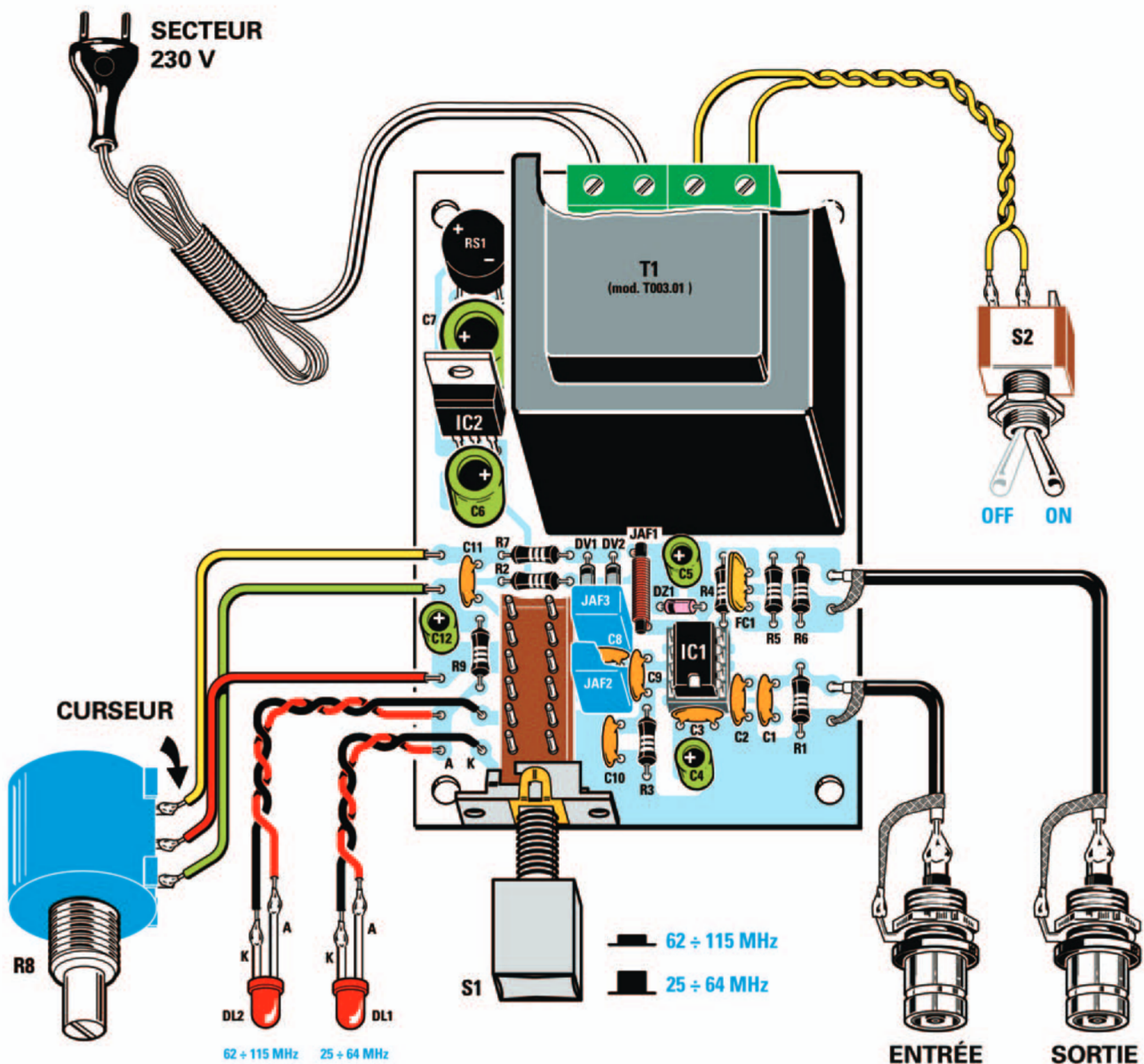


Figure 4a : Schéma d'implantation des composants de la platine du convertisseur 20 à 100 MHz pour oscilloscope.

L'installation dans le boîtier

Prenez le boîtier plastique avec face avant et panneau arrière en aluminium anodisé et sérigraphié. Montez en face avant le potentiomètre dix tours R8, les deux LED, l'interrupteur à levier S2 et les deux BNC, sans oublier leurs cosses de masse ; montez sur le panneau arrière le passe-fils en caoutchouc et enfitez le cordon secteur (faites un nœud anti arrachement à l'intérieur du boîtier). Voir figures 4a, 6, 10 et 11.

Fixez la platine au fond du boîtier à l'aide de quatre entretoises plastiques autocollantes : enfitez-les dans les trous du circuit imprimé, ôtez le papier de protection de leur base adhésive et pressez-les, une fois la platine bien positionnée, sur le fond du boîtier. Voir figures 10 et 11.

Passez aux liaisons avec les éléments périphériques situés sur la face avant et le panneau arrière en aluminium du boîtier plastique. Reliez les LED aux picots A et K à l'aide de torsades de fils rouge/noir, sans intervertir la polarité (la

patte A, anode, est la plus longue). Reliez interrupteur S2 et le cordon aux borniers arrières (avec de la paire secteur). Par contre, les BNC sont à relier aux quatre picots de la platine par des longueurs adéquates de câble coaxial blindé, sans intervertir tresse de masse et point chaud (conducteur central) : les tresses vont aux cosses de masse des BNC et aux picots de masse du circuit imprimé.

En soudant ces câbles blindés, ne faites pas fondre, par surchauffe, les isolants internes car vous provoqueriez un court-circuit et l'appareil ne fonctionnerait pas. Câblez les trois fils du potentiomètre R8 en utilisant de la nappe à trois conducteurs colorés et, grâce à ces couleurs, respectez l'ordre des connexions. Voir figures 4a, 6, 10 et 11.

Une fois tout cela bien vérifié, enfoncez le circuit intégré dans son support (repère-détrompeur en U vers C3) et fermez le couvercle du boîtier : vous allez pouvoir passer aux essais et, pour cela, vous allez d'abord devoir paramétrer les commandes de votre oscilloscope, comme vous avez appris à le faire.

Liste des composants

R1 4,7 k
R2 390
R3 22 k
R4 220
R5 220
R6 4,7 k
R7 100 k
R8 10 k pot. dix tours
R9 1 k

C1..... 2,2 nF céramique
C2..... 10 nF céramique
C3..... 10 nF céramique
C4..... 47 μ F électrolytique
C5..... 10 μ F électrolytique
C6..... 100 μ F électrolytique
C7..... 1000 μ F électrolytique
C8..... 33 pF céramique
C9..... 33 pF céramique
C10 ... 68 pF céramique
C11 ... 10 nF céramique
C12 ... 47 μ F électrolytique

JAF1 .. self 10 μ H
JAF2 .. self 0,47 μ H
JAF3 .. self 0,10 μ H

FC1.... filtre céramique SFE 10,7 MA
RS1 ... pont redr. 100 V 1 A
DZ1 ... zener 6,2 V 1/2 W
DV1 ... varicap BB909 ou BB329
DV2 ... varicap BB909 ou BB329
DL1 ... LED rouge
DL2 ... LED rouge

IC1..... NE602
IC2..... μ A7818 ou LM7818
T1..... transformateur 3 VA secondaire 17 V 200 mA
mod. T003-01
S1..... double commutateur poussoir à glissière
S2..... interrupteur

Comment utiliser le convertisseur (mélangeur)

La sortie du convertisseur-mélangeur OUTPUT sera reliée à l'entrée INPUT X de l'oscilloscope au moyen d'un câble coaxial BNC-BNC, comme le montrent les figures 2 et 9. Le bouton Time/div de l'oscilloscope devra être placé sur une des positions en μ s si vous voulez visualiser des sinusoïdes (voir figure 7), ou bien sur celle des ms si vous voulez visualiser un signal HF modulé en amplitude (AM), comme le montre la figure 8. Pour visualiser d'éventuelles déformations des sinusoïdes

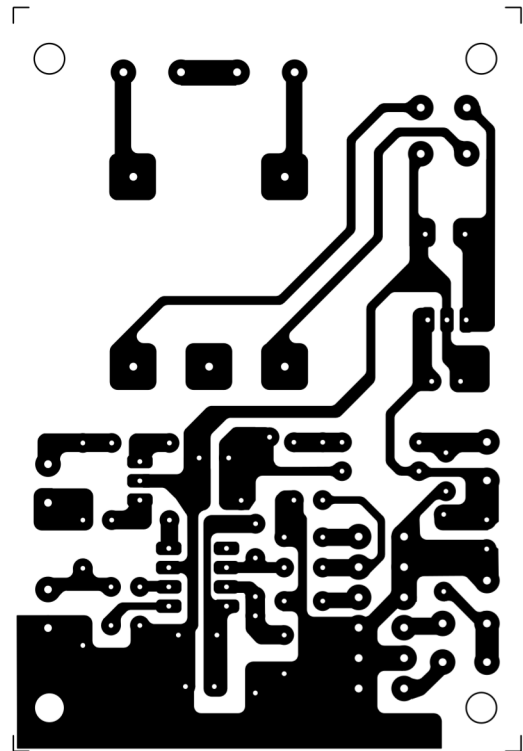


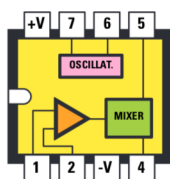
Figure 4b: Dessin, à l'échelle 1, du circuit imprimé de la platine du convertisseur 20 à 100 MHz pour oscilloscope.

(voir figure 17) ou bien pour observer un signal modulé en fréquence (FM), il faut placer le bouton de Time/div sur les μ s. Le bouton des V/div de l'oscilloscope devra être réglé en fonction de l'amplitude du signal appliqué à l'entrée, mais comme il est déconseillé d'appliquer des signaux très élevés afin de ne pas saturer le mélangeur, nous vous recommandons d'utiliser une sensibilité de 10 à 20 mV par carreau.

Quand le signal est calé sur la fréquence de conversion, vous voyez apparaître à l'écran un signal atteignant une amplitude d'environ 6 à 8 carreaux (voir figures 7 et 8). On l'a dit, le poussoir S1, monté directement sur le circuit, est utilisé pour sélectionner deux gammes de fréquences :

- si le poussoir est relâché, la gamme de fréquences 25 à 64 MHz est sélectionnée et
- si le poussoir est enfoncé, c'est la gamme de fréquences 62 à 115 MHz qui est sélectionnée.

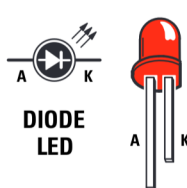
Pour prélever des signaux HF sur un émetteur, nous vous conseillons d'appliquer à l'entrée INPUT du convertisseur



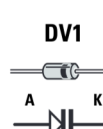
NE 602



LM 7818



DIODE
LED



FC1

Figure 5: Brochages du NE602 vu de dessus, du régulateur LM7818 et de la LED vus de face, de la diode Varicap (l'anneau noir est la cathode) et du filtre céramique (la broche centrale est la masse, les deux autres ne sont pas polarisées).



Figure 6 : Après réalisation, la platine est installée dans un boîtier plastique avec face avant et panneau arrière en aluminium anodisé. Le bouton commande le potentiomètre R8 d'accord et le poussoir rectangulaire le commutateur S1A et S1B de changement de gammes de fréquences (dont les LED témoignent).

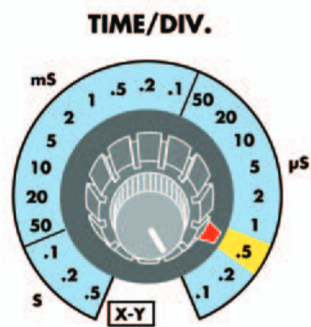
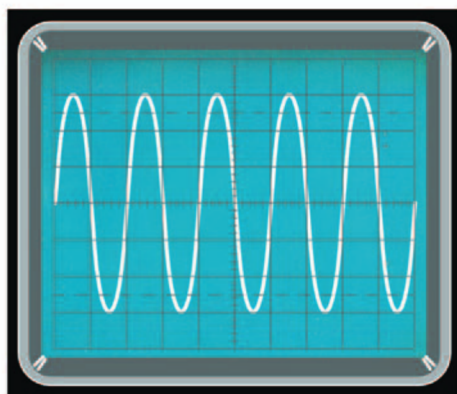


Figure 7 : Pour visualiser des sinusoïdes (voir figures 15 à 17), placez le bouton Time/div sur une des positions en μs et tournez le bouton du potentiomètre R8 de façon à vous accorder sur la fréquence à visualiser ; enfin, tournez le bouton des V/div pour obtenir un signal d'environ 6 ou 7 carreaux.

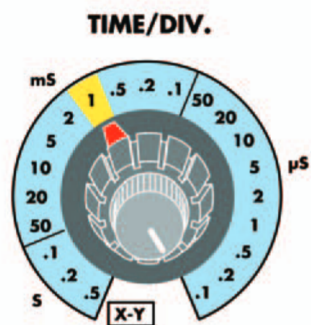
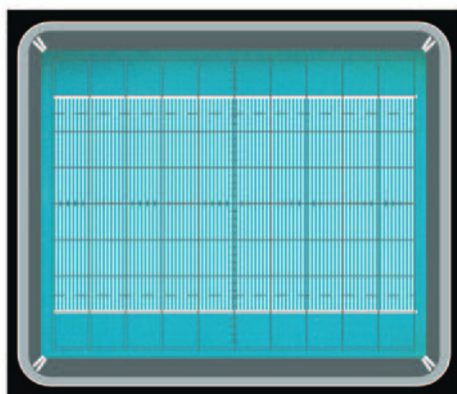


Figure 8 : Pour visualiser des signaux modulés en AM (voir figures 12 à 14), placez le bouton Time/div sur une des positions en ms et tournez le bouton du potentiomètre R8 de façon à vous accorder sur la fréquence à visualiser ; enfin, tournez le bouton des V/div pour obtenir un signal d'environ 6 ou 7 carreaux.

un petit morceau de fil isolé plastique d'environ 10 à 15 centimètres de longueur faisant office d'antenne réceptrice et de relier la sortie OUTPUT à l'entrée X de l'oscilloscope avec un câble coaxial BNC-BNC (voir figure 9).

Si on approche ce fil d'antenne du boîtier d'un transistor amplificateur ou oscillateur, ou bien de la self d'accord, il captera un signal HF d'une amplitude plus que suffisante pour que la conversion ait lieu.

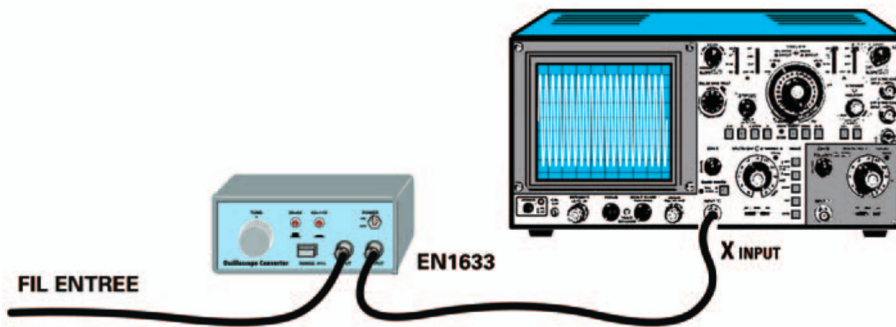


Figure 9: Pour prélever des signaux dans un étage final HF, il suffit de relier un morceau de fil à l'entrée INPUT du convertisseur et de relier sa sortie OUTPUT à l'entrée X de l'oscilloscope avec un câble coaxial BNC-BNC.

Toutes les commandes de l'oscilloscope devront être réglées ainsi :

Sélecteur AC-GND-DC: positionné sur AC
Sélecteur Mode: positionné sur CH1
Sélecteur Trigger Mode: positionné sur Auto
Sélecteur Trigger Source: positionné sur AC
Sélecteur Coupling: positionné sur Normal.

Si en plus du signal de la fréquence fondamentale, qui atteint toujours 6 à 8 carreaux, en tournant le potentiomètre R8

vous voyez apparaître des signaux atteignant seulement 3 à 4 carreaux d'amplitude, sachez qu'il s'agit de fréquences harmoniques.

Par conséquent si vous testez une fréquence de 27 MHz, par exemple, vous verrez apparaître d'abord un signal atteignant les habituels 6 à 7 carreaux mais, si vous continuez à tourner le bouton R8, vous rencontrerez un second signal qui ne dépassera pas 3 carreaux d'amplitude et vous saurez qu'il s'agit d'une fréquence harmonique correspondant à $27 + 27 = 54$ MHz (harmonique 2).

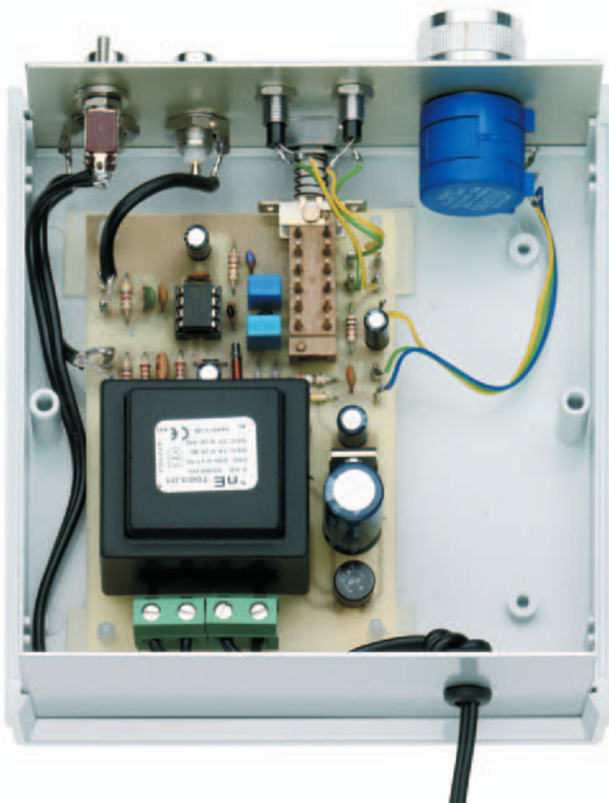
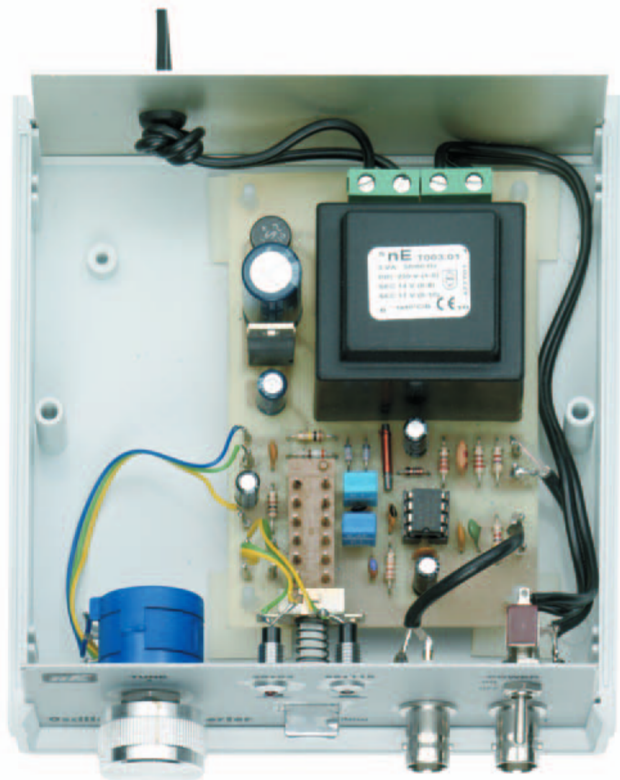


Figure 11: L'installation de la platine dans le boîtier plastique (vue de l'avant). Le câblage se fait avec du cordon secteur, de la nappe multicolore et du câble coaxial.

Figure 10: L'installation de la platine dans le boîtier plastique (vue de l'arrière). La platine est fixée au fond par des entretoises autocollantes, puis elle est reliée à la face avant et au panneau arrière grâce aux deux borniers à deux pôles et aux picots à souder. Le potentiomètre R8 (bleu) est un multitour.



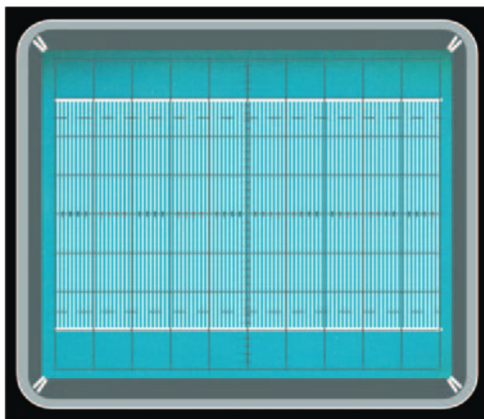


Figure 12: Pour visualiser un signal HF, il faut placer le bouton Time/div comme le montre la figure 8 et tourner le bouton du potentiomètre R8 jusqu'à faire apparaître à l'écran un signal de 6 à 7 carreaux de hauteur.

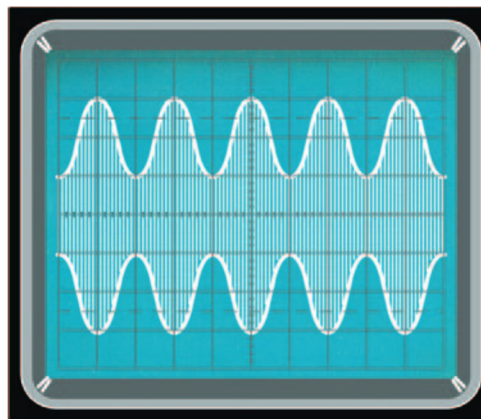


Figure 13: Si le signal HF est modulé en AM, son amplitude augmente presque du double car le signal HF est augmenté du signal BF. Pour la BF, utilisez une fréquence fixe d'environ 1 kHz.

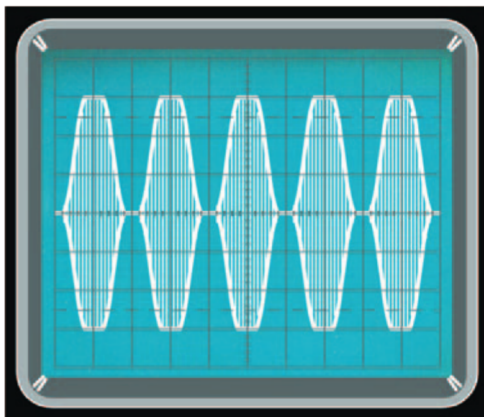


Figure 14: Si le signal HF est surmodulé par un signal BF d'amplitude excessive, on s'en apercevra tout de suite car les extrémités supérieures et inférieures des demi ondes seront écartées et celles du centre écartées.

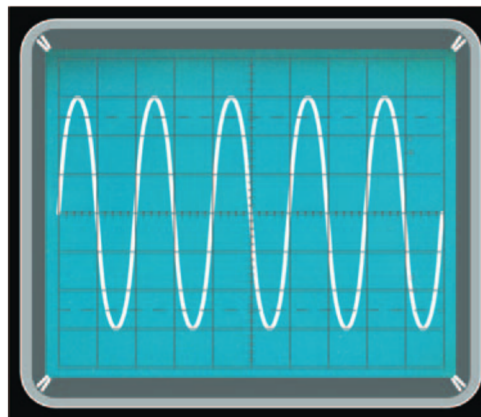


Figure 15: Pour visualiser de simples sinusoïdes, il suffit de placer le bouton Time/div comme le montre la figure 7 et de tourner le bouton du potentiomètre R8 pour chercher la fréquence de travail.

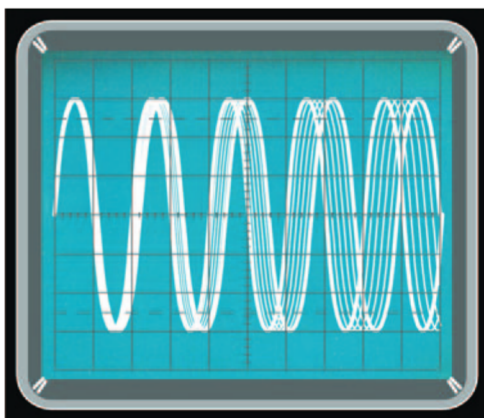


Figure 16: Si le signal HF est modulé en FM, on s'en apercevra immédiatement car les sinusoïdes s'étendront (axe horizontal) plus ou moins vers la droite en fonction du pourcentage du signal BF modulant.

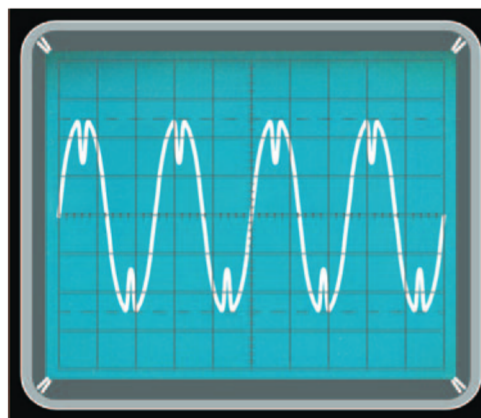


Figure 17: Si le signal sinusoïdal n'est pas parfait (voir figure 15) mais présente des déformations, cela signifie que les étages amplificateurs sont mal polarisés ou désadaptés par rapport à l'impédance de charge.

Comment construire ce montage ?

Tout le matériel nécessaire pour construire ce convertisseur 20 à 100 MHz pour oscilloscope EN1633 (ainsi que les câbles coaxiaux BNC-BNC) est disponible chez certains de

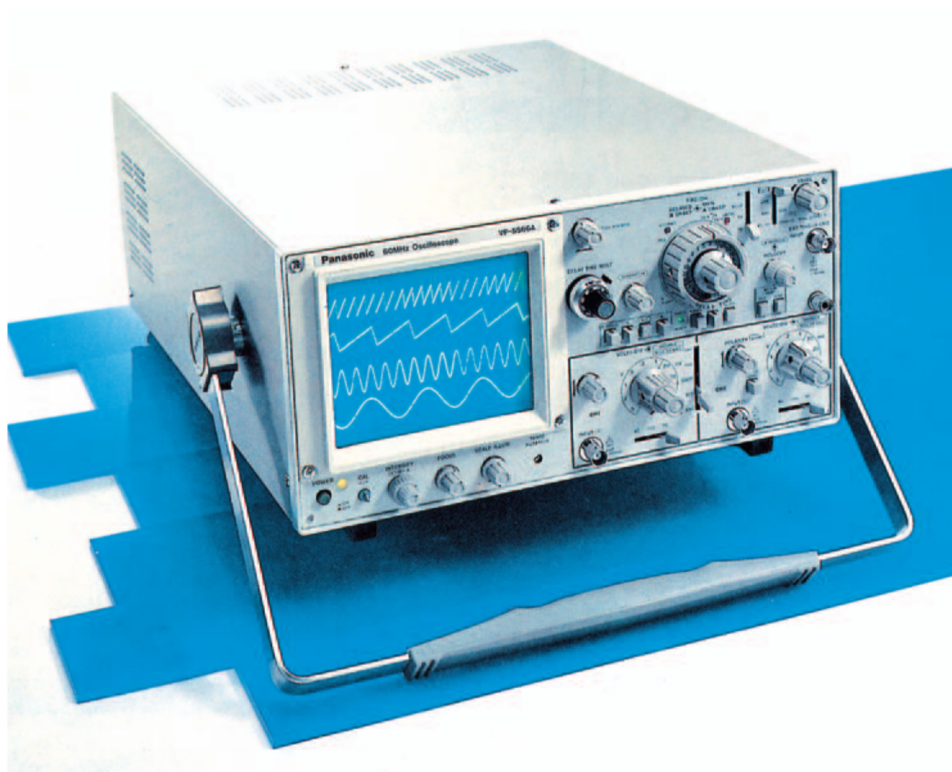
nos annonceurs. Voir les publicités dans la revue. Les typons des circuits imprimés ainsi que les programmes disponibles sont téléchargeables à l'adresse suivante : <http://www.electronique-magazine.com/circuitrevue/083.zip>.

Comment utiliser l'oscilloscope

Utiliser l'oscilloscope comme fréquencemètre

Neuvième partie

Même sans fréquencemètre numérique vous pouvez connaître la fréquence en Hz, kHz, MHz de n'importe quel signal : il vous suffit pour cela d'utiliser votre oscilloscope. Voici comment procéder.



Si on demande à un électronicien, même débutant, quel instrument est nécessaire pour mesurer une fréquence, il vous répondra "un fréquencemètre" (et s'il est numérique c'est encore mieux). Mais peu de gens savent qu'avec un oscilloscope on peut très bien également effectuer cette mesure. Dans cette Leçon nous allons vous expliquer comment mesurer avec cet instrument la fréquence d'un signal ayant n'importe quelle forme d'onde.

Comment mesurer une fréquence

Puisque tous les oscillos disposent d'un sélecteur de base de temps dûment calibré en s secondes- ms millisecondes- μ s microsecondes (en face avant Time/div, voir figure 1), nous pouvons trouver à partir de là la valeur d'une fréquence avec une excellente précision. Pour ce faire, il suffit de compter les carreaux occupés horizontalement par un

signal de n'importe quelle forme d'onde entière et de regarder sur quelle position est réglé le sélecteur Time/div de la base de temps. Pour déterminer une forme d'onde entière, on doit considérer la distance entre le début et la fin de l'onde ou, mieux encore, la distance entre ses deux sommets (voir les exemples des figures 4-5-6-7).

Quand on connaît le nombre de carreaux occupés par une onde complète, il suffit de voir sur quelle position est réglé le sélecteur Time/div (s seconde, ms milliseconde ou μ s microseconde) et, avec ces deux données, de calculer très simplement la fréquence, grâce aux formules du haut du Tableau 1.

Quand on connaît la fréquence en Hz-kHz-MHz, on peut aussi calculer combien de carreaux occupera une onde entière, grâce aux formules de la partie inférieure de ce même Tableau 1.

Comment préparer les réglages de l'oscilloscope

La figure 3 représente une face avant standard d'oscilloscope avec toutes ses commandes (vous la reconnaissez puisque vous lisez la neuvième partie de la Leçon 47 consacrée à l'oscilloscope): comme d'habitude, les diverses commandes sont indiquées par une lettre fléchée. Voici le rappel des noms de ces commandes et de leur utilisation :

Trigger Mode (flèche H) : presser la touche Auto.

Trigger Source (flèche G) : ce sélecteur, en principe à glissière, doit toujours être positionné sur Norm (normal).

Time/div (flèche E) : ce bouton doit être tourné jusqu'à la visualisation à l'écran d'une à trois ondes entières, qu'elles soient sinusoïdales, carrées ou triangulaires.

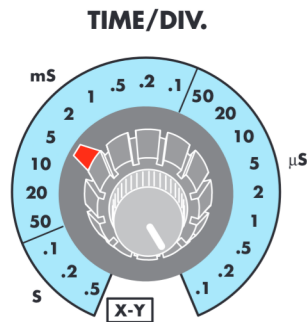


Figure 1: Pour mesurer une fréquence à l'oscilloscope, utilisez le bouton Time/div. Attention, toutes les valeurs précédées par un point, sur les calibres des s, ms, μ s, soit .5 - .2 - .1 sont à lire 0,5 - 0,2 - 0,1.

Vertical Mode (flèche D) : comme on se sert normalement de l'entrée CH1, pressez le poussoir CH1.

Sélecteur AC-GND-DC (flèche B) : comme nous utilisons l'entrée CH1, nous devons placer le levier de ce commutateur sur AC, soit sur courant alternatif.

Tableau 1

F en Hz = 1 : (Time/div en s x nombre de carreaux)

F en Hz = 1 000 : (Time/div en ms x nombre de carreaux)

F en kHz = 1 000 : (Time/div en μ s x nombre de carreaux)

F en MHz = 1 : (Time/div en μ s x nombre de carreaux)

nombre de carreaux = 1 : (Time/div en s x Hz)

nombre de carreaux = 1 000 : (Time/div en ms x Hz)

nombre de carreaux = 1 000 : (Time/div en μ s x kHz)

nombre de carreaux = 1 : (Time/div en μ s x MHz)

Tableau 2

Time/div	une onde entière occupe		
	1 carreau	2 carreaux	4 carreaux
0,5 s	2 Hz	1,0 Hz	0,5 Hz
0,2 s	5 Hz	2,5 Hz	0,5 Hz
0,1 s	10 Hz	5 Hz	0,5 Hz
50 ms	20 Hz	10 Hz	0,5 Hz
20 ms	50 Hz	25 Hz	0,5 Hz
10 ms	100 Hz	50 Hz	0,5 Hz
5 ms	200 Hz	100 Hz	0,5 Hz
2 ms	500 Hz	50 Hz	0,5 Hz
1 ms	1 KHz	500 Hz	0,5 Hz
0,5 ms	2 KHz	1 KHz	0,5 Hz
0,2 ms	5 KHz	2,5 KHz	0,5 Hz
0,1 ms	10 KHz	5 KHz	0,5 Hz
50 μ s	20 KHz	10 KHz	0,5 Hz
20 μ s	50 KHz	25 KHz	0,5 Hz
10 μ s	100 KHz	50 KHz	0,5 Hz
5 μ s	200 KHz	100 KHz	0,5 Hz
2 μ s	500 KHz	250 KHz	0,5 Hz
1 μ s	1 MHz	1,0 Hz	0,5 MHz
0,5 μ s	2 MHz	1,0 Hz	1 MHz

Figure 2: Si, quand vous réglez le bouton Time/div (voir figure 1) sur une des positions indiquées dans la colonne de droite, une onde entière apparaît à l'écran, qu'elle soit sinusoïdale, carrée, en dent de scie ou triangulaire, grâce à ce Tableau vous pourrez déterminer la fréquence du signal.

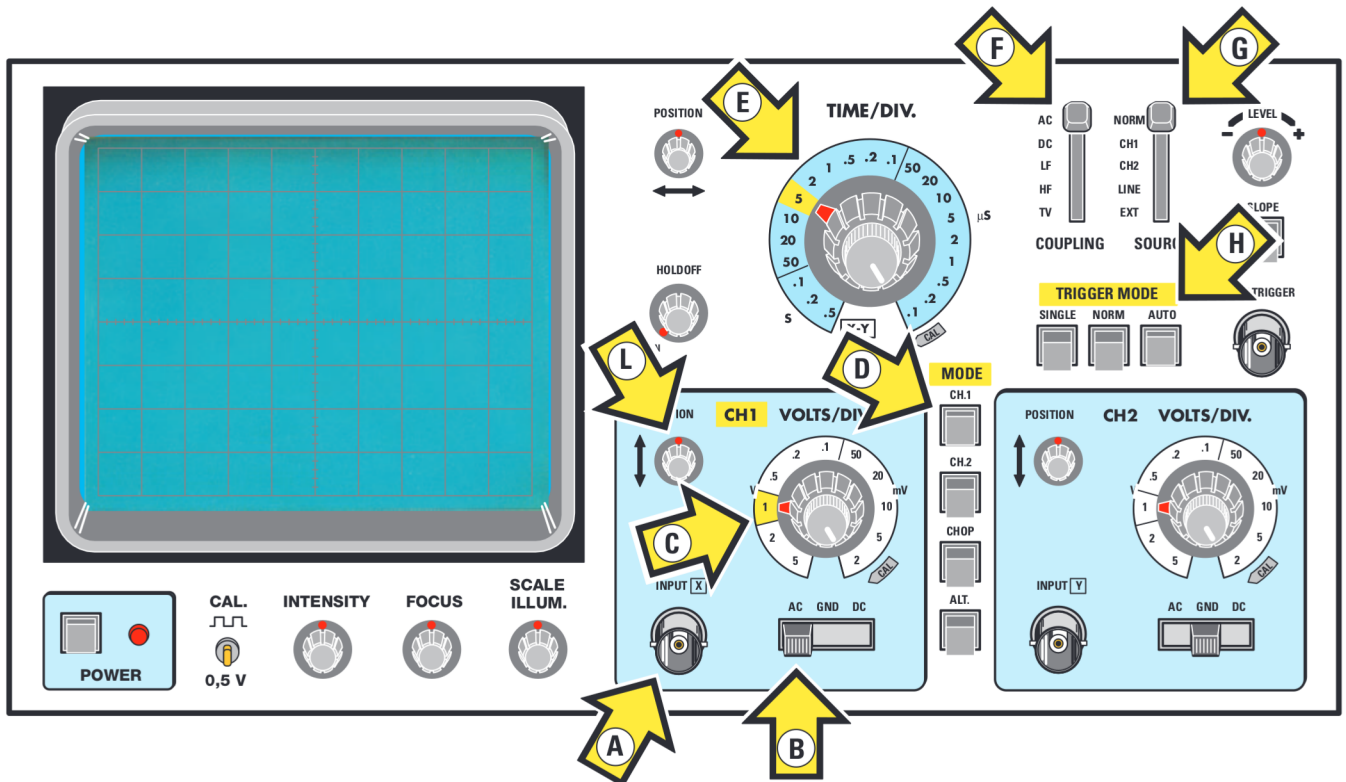


Figure 3 : Pour effectuer des mesures de fréquences vous devez placer le sélecteur AC-GND-DC sur AC (flèche B). Le texte de la Leçon rappelle les fonctions correspondant à toutes les lettres fléchées.

Votre nouveau site - www.electronique-magazine.com - est en ligne



Articles, Revues et CD téléchargeables au format PDF
Abonnements et anciens numéros papier en ligne

Les circuits imprimés et les programmes disponibles se trouvent dans le sommaire de chaque numéro

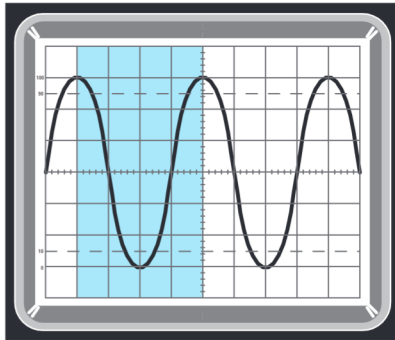


Figure 4: Pour mesurer la fréquence d'un signal sinusoïdal vous n'avez qu'à compter le nombre de carreaux occupés horizontalement par une onde entière (sinusoïde complète). Ici 4 carreaux.

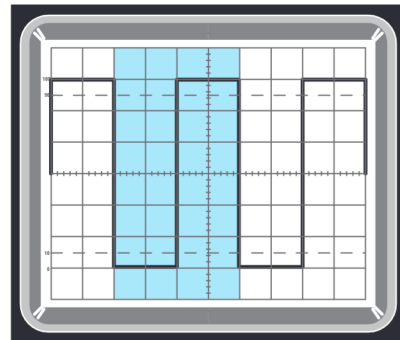


Figure 5: Pour mesurer la fréquence d'un signal carré il vous suffit de compter le nombre de carreaux occupés horizontalement par une onde entière. Ici 4 carreaux également.

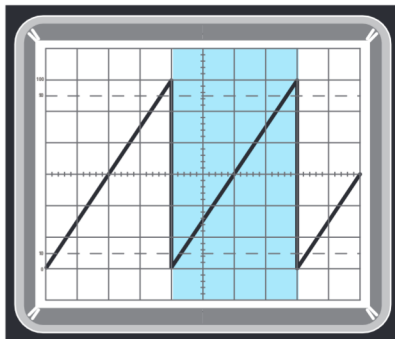


Figure 6: Pour mesurer la fréquence d'un signal en dent de scie il suffit de compter toujours le nombre de carreaux occupés horizontalement par une onde entière. Ici 4 carreaux à nouveau.

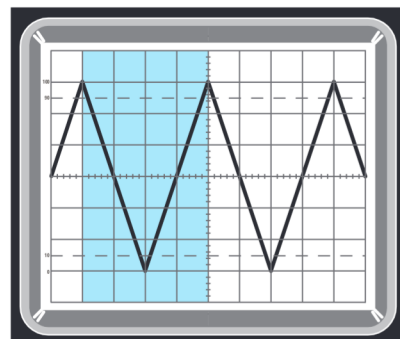


Figure 7: Pour mesurer la fréquence d'un signal triangulaire il faut compter le nombre de carreaux occupés horizontalement par une onde entière. Ici encore 4 carreaux.

Sélecteur V/div de CH1 (flèche C): puisque le signal alternatif que nous allons mesurer aura une tension (amplitude) inconnue, il nous faut tourner ce bouton jusqu'à visualiser à l'écran des formes d'onde couvrant verticalement trois ou quatre carreaux (si nécessaire, vous pouvez utiliser pour y parvenir les inverseurs x1 ou x10 situés sur la sonde).

Bouton de position (flèche L): ce petit bouton doit être tourné de manière à positionner la forme d'onde comme le montrent les figures 4-5-6-7.

Exemples de mesures d'une fréquence

Après ces brefs rappels (sans doute une révision nécessaire du Cours?), nous allons donner quelques exemples pratiques associés à des graphiques.

La fréquence d'une onde sinusoïdale

Quand on réalise des oscillateurs BF, il peut être utile de savoir quelles fréquences minimale et maximale il sera en mesure de produire.

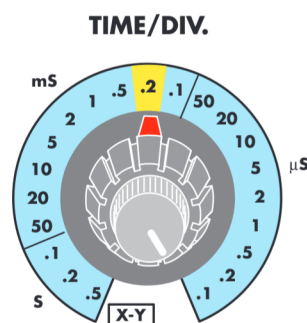
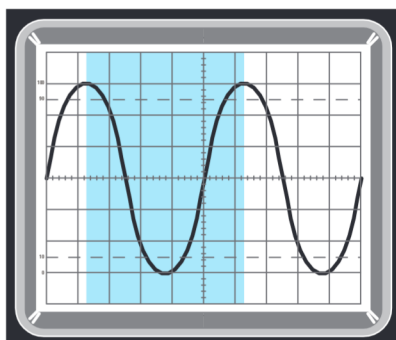


Figure 8: Si nous mesurons un signal sinusoïdal et si l'onde entière couvre 5 carreaux, le bouton Time/div étant réglé sur 0,2 ms, la fréquence $F = 1\,000 : (0,2 \times 5) = 1\,000 \text{ Hz}$ ou 1 kHz.

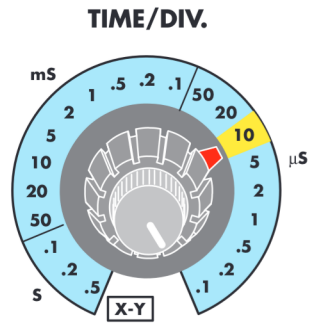
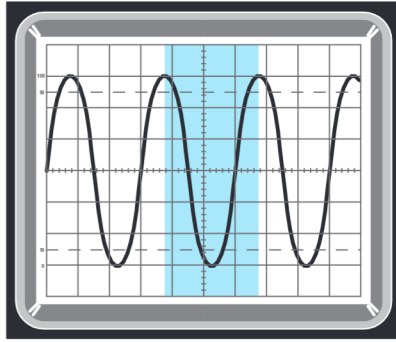


Figure 9: Si ce signal sinusoïdal couvre seulement 3 carreaux, le bouton Time/div étant réglé cette fois sur 10 μ s, la fréquence $F = 1\,000 : (10 \times 3) = 33,33\text{ kHz}$.

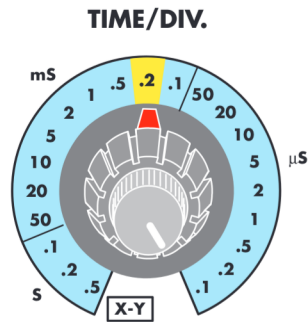
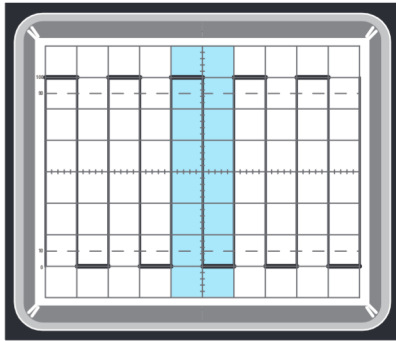


Figure 10: Si nous mesurons un signal carré et si l'onde entière couvre 2 carreaux, le bouton Time/div étant réglé sur 0,2 ms, la fréquence $F = 1\,000 : (0,2 \times 2) = 2\,500\text{ Hz}$ ou 2,5 kHz.

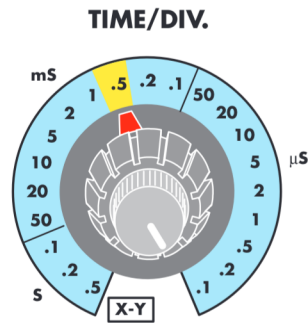
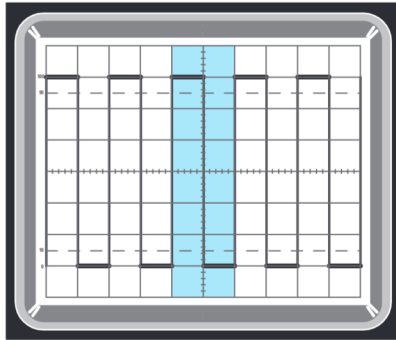


Figure 11: Si ce signal carré couvre toujours 2 carreaux, le bouton Time/div étant réglé cette fois sur 0,5 ms, la fréquence $F = 1\,000 : (0,5 \times 2) = 1\,000\text{ Hz}$ ou 1 kHz.

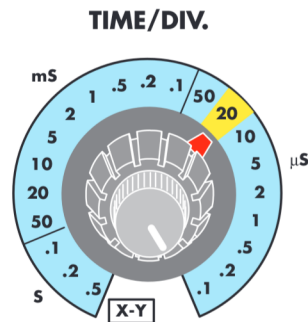
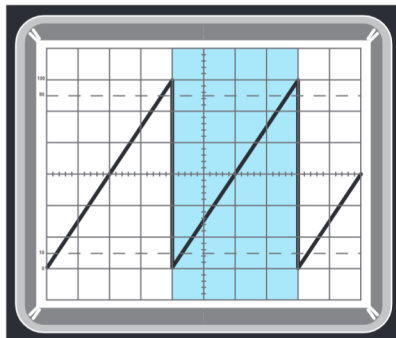


Figure 12: Si nous mesurons un signal en dent de scie et si l'onde entière couvre 4 carreaux, le bouton Time/div étant réglé sur 20 μ s, la fréquence $F = 1\,000 : (20 \times 4) = 12,5\text{ kHz}$.

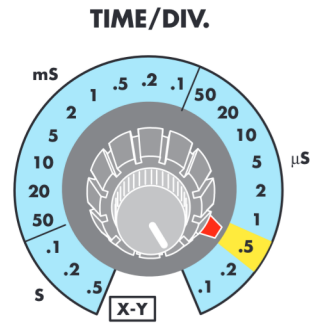
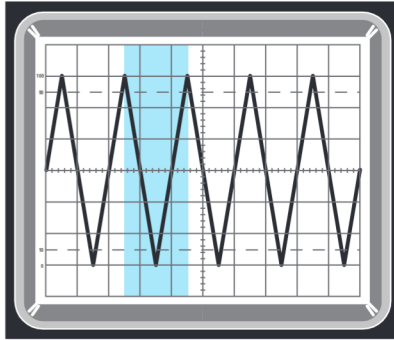


Figure 13 : Si nous mesurons un signal triangulaire et si deux sommets sont distants de 2 carreaux, le bouton Time/div étant réglé sur 0,5 μ s, la fréquence $F = 1\,000 : (0,5 \times 2) = 1\,000$ kHz.

Figure 14 : Chaque carreau est divisé horizontalement en 5 parties (ou traits) servant à calculer avec plus de précision les fréquences. Le Tableau 3 indique la valeur de chaque subdivision: 0,2 pour un trait, 0,4 pour deux traits, 0,6 pour trois traits, 0,8 pour quatre et 1,0 pour cinq (ce qui fait un carreau entier évidemment).

Tableau 3

1er trait ajouter 0,2
2e trait ajouter 0,4
3e trait ajouter 0,6
4e trait ajouter 0,8
5e trait ajouter 1,0

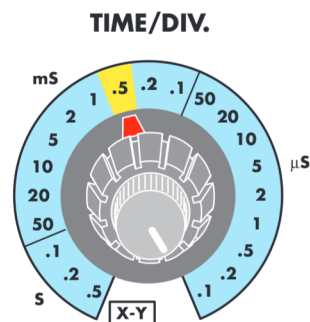
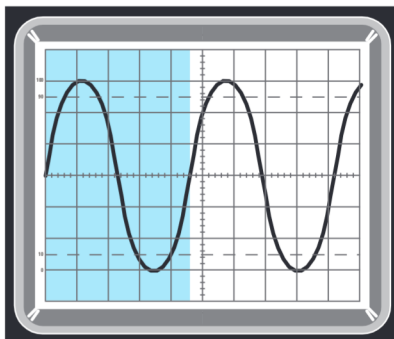
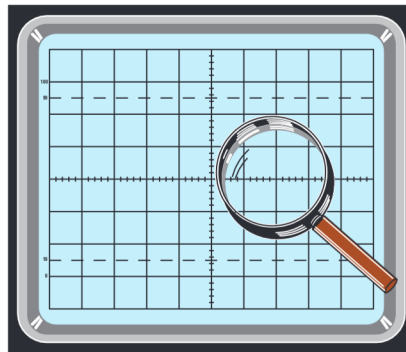


Figure 15 : Si nous mesurons une onde couvrant 4 carreaux et 3 traits (3 traits qui font une valeur de 0,6 : voir figure 14), le bouton Time/div étant réglé sur 0,5 ms, la fréquence $F = 1\,000 : (0,5 \times 4,6) = 434,78$ Hz.

Supposons une onde sinusoïdale entière couvrant exactement 5 carreaux comme le montre la figure 8; le bouton Time/div est sur 0,2 ms. Pour calculer la fréquence, utilisons la formule :

$$F \text{ en Hz} = 1\,000 : (\text{ms} \times \text{nombre de carreaux})$$

soit :

$$F = 1\,000 : (0,2 \times 5) = 1\,000 \text{ Hz ou } 1 \text{ kHz.}$$

Si l'onde sinusoïdale entière couvre exactement 3 carreaux comme le montre la fig. 9 et si Time/div est sur le calibre 10 μ s, pour calculer la fréquence, nous utilisons la formule suivante :

$$F \text{ en kHz} = 1\,000 : (\mu\text{s} \times \text{nombre de carreaux})$$

soit :

$$F = 1\,000 : (10 \times 3) = 33,33 \text{ kHz ou } 33\,330 \text{ Hz.}$$

La fréquence d'une onde carrée

Si vous avez réalisé un générateur de signaux carrés, vous pouvez facilement connaître la fréquence qu'il fournit en comptant combien de carreaux couvre l'onde entière.

Supposons une onde carrée entière couvrant exactement 2 carreaux comme le montre la figure 10; le bouton Time/div est sur 0,2 ms; pour calculer la fréquence, utilisons la formule :

$$F \text{ en Hz} = 1\,000 : (\text{ms} \times \text{nombre de carreaux})$$

soit :

$$F = 1\,000 : (0,2 \times 2) = 2\,500 \text{ Hz ou } 2,5 \text{ kHz.}$$

Si l'onde carrée entière couvre exactement 2 carreaux comme le montre la figure 11 et si Time/div est sur 0,5 ms, la fréquence sera :

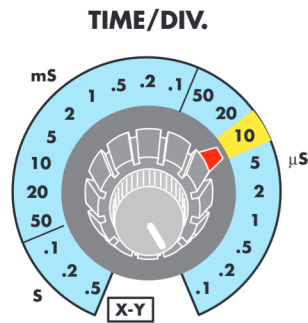
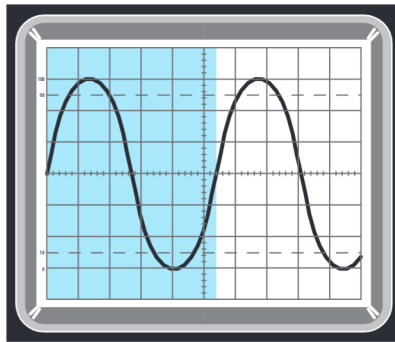


Figure 16: Si nous mesurons une onde sinusoïdale (ou n'importe quel autre type d'onde d'ailleurs) couvrant 5 carreaux et 2 traits (2 traits qui font une valeur de 0,4 : voir figure 14), le bouton Time/div étant réglé sur 10 μ s, la fréquence $F = 1\,000 : (10 \times 5,4) = 18,518$ kHz.

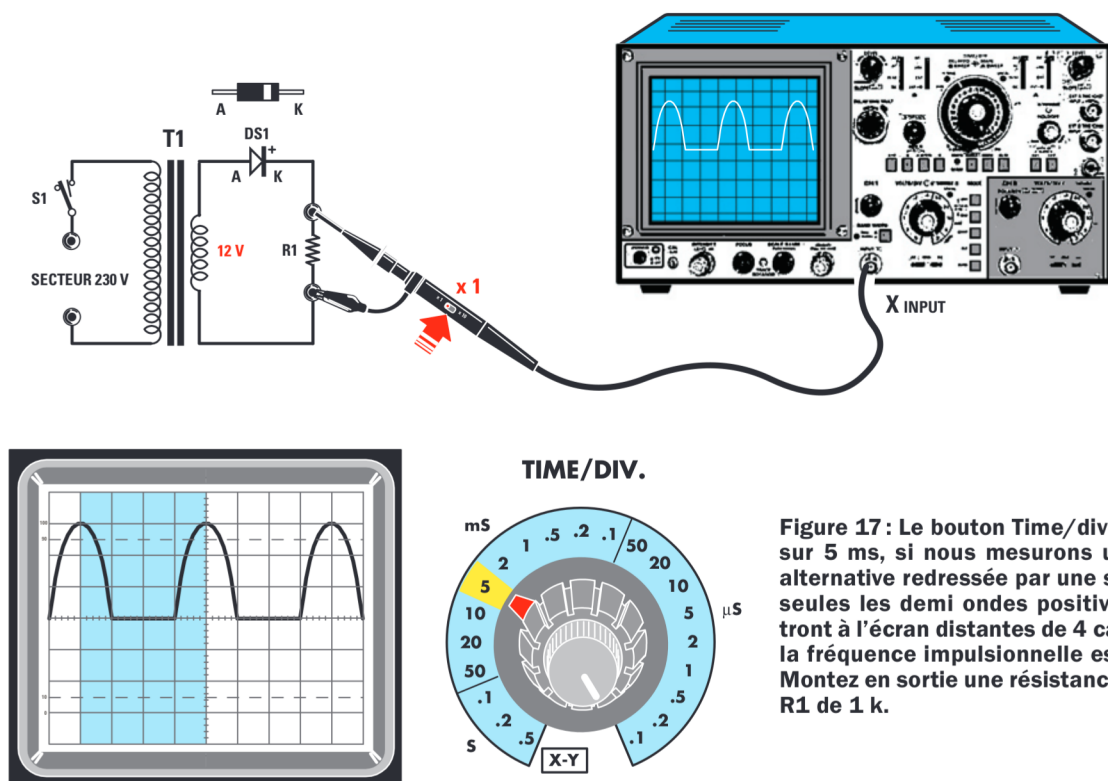


Figure 17: Le bouton Time/div étant réglé sur 5 ms, si nous mesurons une tension alternative redressée par une seule diode, seules les demi ondes positives apparaîtront à l'écran distantes de 4 carreaux, car la fréquence impulsionnelle est de 50 Hz. Montez en sortie une résistance de charge R1 de 1 k.

$$F = 1\,000 : (0,5 \times 2) = 1\,000 \text{ Hz ou } 1 \text{ kHz.}$$

La fréquence d'une onde en dent de scie

Quand on travaille sur des circuits électroniques on peut avoir à faire à des signaux en dent de scie comme le montre la figure 12. Les carreaux d'une onde entière en dent de scie peuvent être comptés en prenant comme référence le début et la fin d'une onde ou, mieux encore, en prenant la distance entre les deux sommets comme le montre la figure 12.

Supposons une onde en dent de scie entière couvrant exactement 4 carreaux; le bouton Time/div est sur 20 μ s; pour calculer la fréquence, utilisons la formule:

$$F \text{ en kHz} = 1\,000 : (\mu\text{s} \times \text{nombre de carreaux})$$

soit:

$$F = 1\,000 : (20 \times 4) = 12,5 \text{ kHz ou } 12\,500 \text{ Hz.}$$

Si l'onde carrée entière couvre 2 carreaux comme le montre la figure 11 et si Time/div est sur 0,5 ms, la fréquence sera:

$$F = 1\,000 : (0,5 \times 2) = 1\,000 \text{ Hz ou } 1 \text{ kHz.}$$

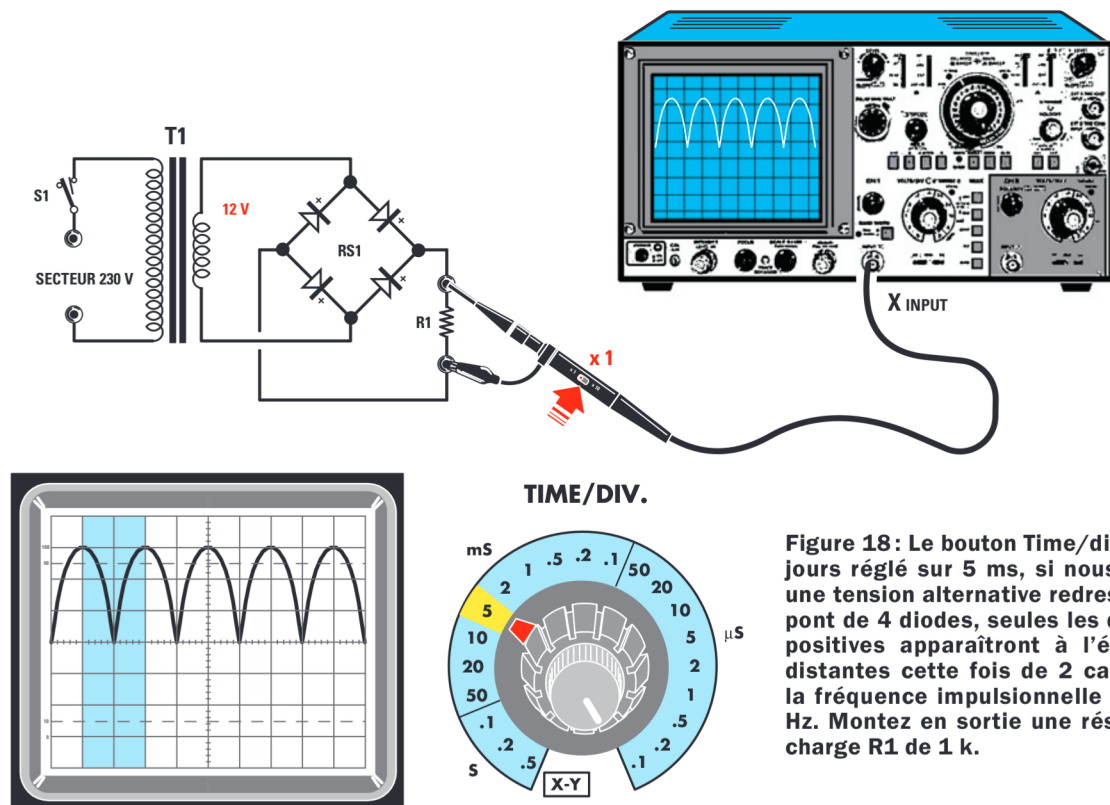
La fréquence d'une onde triangulaire

Cette forme d'onde (fig. 13) est moins courante que la sinusoïdale ou la carrée; mais pour calculer la fréquence nous utiliserons les formules du Tableau 1. Les carreaux d'une onde entière triangulaire peuvent être comptés en prenant comme référence la distance entre les deux sommets (fig. 13 et 7). Supposons une onde triangulaire entière couvrant exactement 2 carreaux; le bouton Time/div est sur 0,5 μ s; la fréquence, est:

$$F \text{ en kHz} = 1\,000 : (\mu\text{s} \times \text{nombre de carreaux})$$

soit:

$$F = 1\,000 : (0,5 \times 2) = 1\,000 \text{ kHz ou } 1 \text{ MHz.}$$



Les cinq traits de la ligne horizontale

Observons bien l'écran de l'oscilloscope (cela aussi est une révision, mais l'été est la période idéale pour réviser) : chaque carreau de la ligne horizontale de la "croix" partageant l'écran en quatre est divisé en cinq parties par quatre petits traits verticaux (comme sur n'importe quelle règle graduée). Voir figure 14. Ces cinq espaces par carreau permettent d'effectuer des mesures de fréquences avec une plus grande précision. Les exemples précédents "tombaient juste", c'est-à-dire sur un nombre entier de carreaux ; mais si ce n'est pas le cas, comment faire ? Eh bien nous allons mettre à profit ces petits traits pour effectuer des mesures de fréquences précises. La méthode que nous allons vous enseigner est simple et rigoureuse à la fois. Attribuons à chaque trait la valeur 0,2 (voir figure 14, Tableau 3) puis ajoutez la valeur au nombre de carreaux occupés par l'onde entière (voir l'exemple de la figure 15). Voici maintenant quelques exemples d'ondes entières ne "tombant pas juste" mais occupant aussi des portions de carreau (par commodité, nous ne prenons que des signaux sinusoïdaux, mais il en irait de même avec d'autres formes d'ondes).

Premier exemple : l'onde sinusoïdale couvre 4 carreaux et 3 traits (voir figure 15) ; le bouton Time/div est sur 0,5 ms ; calculons la fréquence exacte. Tout d'abord, voyons (Tableau 3 figure 14) la valeur du troisième trait (0,6) et ajoutons-la aux 4 carreaux, cela fait :

$$4 + 0,6 = 4,6 \text{ carreaux.}$$

Dans le Tableau 1, prenons la formule :

$$F \text{ en Hz} = 1\,000 : (\text{ms} \times \text{nombre de carreaux})$$

soit :

$$F = 1\,000 : (0,5 \times 4,6) = 434,78 \text{ Hz.}$$

Deuxième exemple : la nouvelle onde sinusoïdale couvre 5 carreaux et 2 traits (voir figure 16) ; le bouton Time/div est cette fois sur 10 μ s ; calculons la fréquence exacte. Tout d'abord, voyons (Tableau 3) la valeur du deuxième trait (0,4) et ajoutons-la aux 5 carreaux, cela fait :

$$5 + 0,4 = 5,4 \text{ carreaux.}$$

Dans le Tableau 1, prenons la formule :

$$F \text{ en kHz} = 1\,000 : (\mu\text{s} \times \text{nombre de carreaux})$$

soit :

$$F = 1\,000 : (10 \times 5,4) = 18,518 \text{ kHz ou } 18\,518 \text{ Hz.}$$

Une tension alternative redressée

On sait qu'une tension alternative secteur du réseau EDF a une fréquence standard de 50 Hz (60 Hz aux USA). A l'oscilloscope vous pouvez visualiser comment cette fréquence sinusoïdale de 50 Hz se transforme en une fréquence impulsionnelle à 50 ou 100 Hz selon que le redressement est à une diode (mono alternance, figure 17) ou à quatre diodes montées en pont de Graetz (double alternance, figure 18).

Si, sur le secondaire d'un transformateur fournissant une tension comprise entre 5 et 18 V, nous montons une diode DS1 (voir figure 17), l'écran de l'oscilloscope visualisera un signal incomplet car il ne sera composé que des demi ondes positives.

Si nous réglons le bouton de Time/div sur 5 ms, nous verrons que les deux sommets des deux demi ondes positives sont distantes de 4 carreaux (voir figure 17) et si nous appliquons la formule du Tableau 1 :

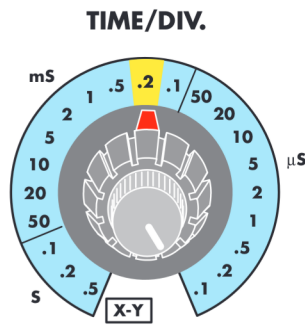
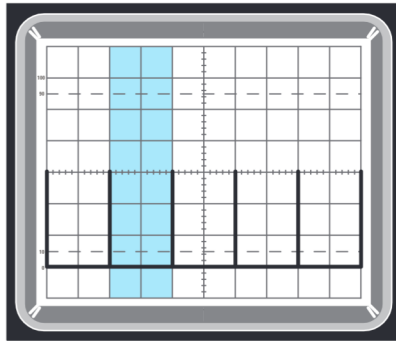


Figure 19 : Le bouton Time/div étant réglé sur 0,2 ms, si les impulsions apparaissant à l'écran sont distantes de 2 carreaux, la fréquence du signal est de 2 500 Hz.

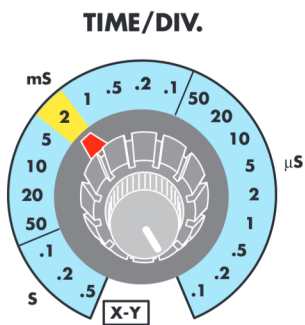
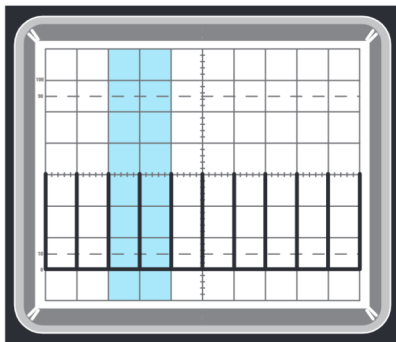


Figure 20 : Le bouton Time/div étant réglé sur 2 ms, si les impulsions apparaissant à l'écran sont distantes de 1 carreau, la fréquence du signal est de 500 Hz.

F en Hz = 1 000 : (ms x nombre de carreaux)

nous obtiendrons bien une fréquence de :

$$F = 1\,000 : (5 \times 4) = 50 \text{ Hz.}$$

Si, sur le secondaire de ce transformateur nous montions un pont de quatre diodes RS1 (voir figure 18), l'écran de l'oscilloscope visualiserait des doubles demi ondes positives. Si nous laissons le bouton de Time/div sur 5 ms, nous verrions que deux sommets de ces doubles demi ondes positives sont distants de 2 carreaux et si nous appliquons la formule du Tableau 1 nous obtiendrions une fréquence de :

$$F = 1\,000 : (5 \times 2) = 100 \text{ Hz}$$

En appliquant à la sortie de ces deux tensions impulsionnelles (voir figures 17 et 18) des condensateurs électrolytiques de capacités adéquates, nous les transformerions en tensions continues.

La fréquence d'une série d'impulsions

Si vous devez lire la fréquence d'une série d'impulsions, il vous suffira de compter les carreaux séparant deux impulsions. Supposons que deux impulsions soient séparées exactement par 2 carreaux comme le montre la figure 19 ; le bouton Time/div est sur 0,2 ms ; pour calculer la fréquence, utilisons la formule :

F en Hz = 1 000 : (ms x nombre de carreaux)

soit :

$$F = 1\,000 : (0,2 \times 2) = 2\,500 \text{ Hz ou } 2,5 \text{ kHz}$$

Si les deux impulsions sont séparées par 1 carreau et si le bouton Time/div est sur 2 ms, nous aurons une fréquence de :

$$F = 1\,000 : (2 \times 1) = 500 \text{ Hz}$$

Pour calculer avec plus de précision ces fréquences, utilisons éventuellement la méthode des petits traits comme vu ci-dessus (voir figure 14) : si entre deux impulsions le nombre de carreau n'est pas entier, ajoutez la valeur du ou des traits.

Conclusion

Regardez le bouton de Time/div : il vous indique la fréquence maximale que vous pourrez mesurer avec votre oscilloscope. Précisons que, pour obtenir une lecture suffisamment précise de la fréquence d'un signal, sa forme d'onde entière ne doit pas couvrir un espace inférieur à 1 carreau.

Cela implique que si le bouton Time/div atteint 0,5 μs, vous pourrez lire facilement une fréquence maximale de 2 MHz comme le montre la figure 2 (Tableau 2, première colonne). En effet, si nous nous référons à la formule du Tableau 1, nous avons :

$$1 : (0,5 \mu\text{s} \times 1 \text{ carreau}) = 2 \text{ MHz}$$

Si en revanche vous disposez d'un oscilloscope dont le Time/div descend jusqu'à 0,1 μs, vous pourrez mesurer des fréquences jusqu'à :

$$1 : (0,1 \mu\text{s} \times 1 \text{ carreau}) = 10 \text{ MHz}$$

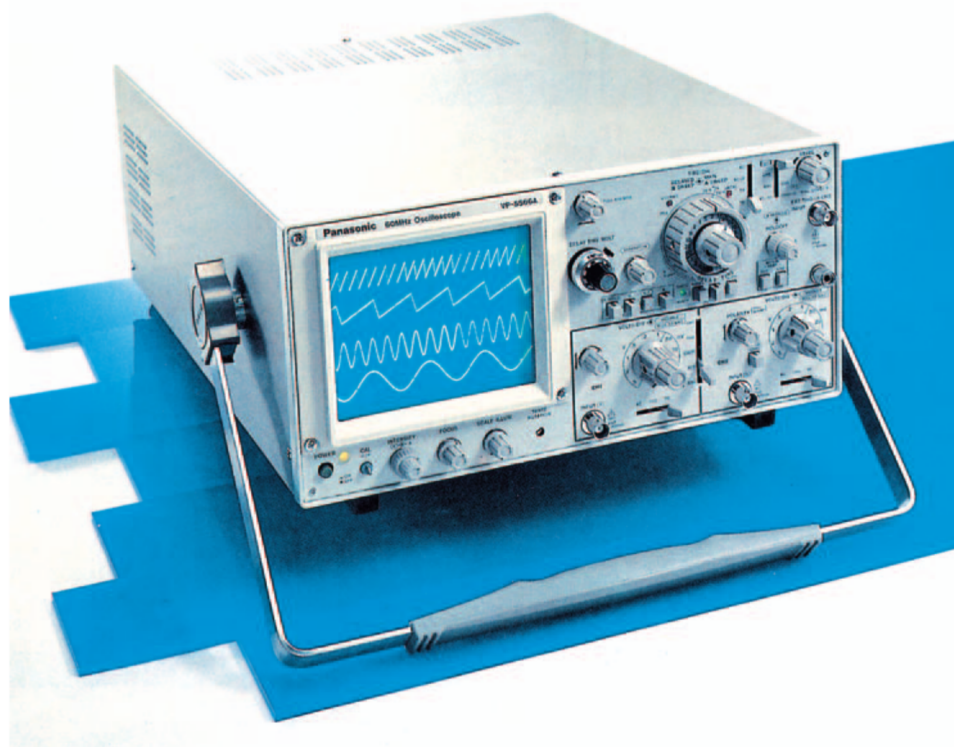
Note : sur tous les oscilloscopes se trouve une commande XMAG permettant d'étendre l'axe horizontal de 10 fois. En activant cette commande, les fréquences maximales que vous pouvez lire avec votre oscilloscope seront multipliées par dix. ♦

Comment utiliser l'oscilloscope

Rendez votre oscilloscope
plus performant avec le LM733

Première partie

Cette Leçon vous propose de construire un accessoire simple, introuvable dans le commerce, à relier à l'entrée de votre oscilloscope pour en augmenter les performances. Ce petit appareil de labo sera très utile pour l'amateur comme pour le laboratoire de physique des Lycées généraux et l'atelier des Lycées technologiques et professionnels.



Autrefois l'amateur possédant un oscilloscope était considéré comme fortuné et son labo passait pour professionnel; mais comme tout de même les oscillos de haut de gamme étaient chers (et ils le sont restés), on trouvait dans le commerce des accessoires pour "hobbystes" destinés à augmenter les performances des oscilloscopes de base. Avec de tels accessoires bon marché et leur modeste oscilloscope, les électroniciens en herbe pouvaient effectuer des mesures dans le domaine RF (on disait alors HF...tempus fugit!) comme avec un oscilloscope de pro.

Notre réalisation

Eh bien, nous avons ressorti des tiroirs le bon vieux circuit intégré qui permettait à l'époque cette heureuse métamorphose et nous avons réélaboré (disons rajeuni) le circuit allant avec; ce qui nous permet de vous proposer dans le cadre de votre Cours d'électronique –plus particulièrement dans les Leçons consacrées à l'oscilloscope– de construire l'accessoire qui vous permettra de rendre votre oscilloscope bien plus performant et de vous en servir –couplé avec votre

générateur – dans le domaine RF. Il s'agit d'un circuit intégré LM ou uA733 contenant un seul amplificateur RF (ou HF, précisons pour la dernière fois que c'est la même chose), comme le montre la figure 1.

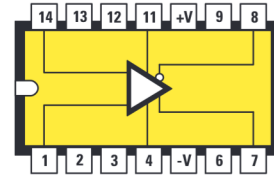
Le schéma électrique

Le schéma électrique de la figure 10 montre quant à lui comment le signal RF issu du générateur est appliqué à la broche d'entrée 14 du LM733 pour être récupéré broche 8 et être transféré sur l'entrée verticale CH1 de l'oscilloscope.

Pour visualiser correctement le signal, vous devez presser le poussoir CH1 du Vertical Mode (flèche D) et le poussoir Auto du Trigger Mode (flèche H) puis positionner Trigger Source sur Normal (flèche G), comme le montre la figure 4. Avant de l'utiliser, il faut déterminer l'amplitude du signal à prélever sur le générateur RF : réglez le bouton des V/div de CH1 sur 20 mV (voir figure 3), court-circuitez les deux entrées A-B (voir figure 6) et réglez le bouton d'accord du signal du générateur RF jusqu'à obtenir à l'écran une amplitude (donc une extension verticale) d'environ 7 carreaux (voir figure 6).

Ceci parce que le signal RF à appliquer à ces deux entrées ne doit jamais dépasser une amplitude de 120-150 mV, ce qui aurait pour effet de saturer l'entrée du LM773. Éliminons maintenant le court-circuit des deux entrées A-B et l'amplitude tombe à 1 carreau (voir figure 7). Afin de mieux visualiser le signal sur toute la gamme RF, réglez sur 0,1-0,2 milliseconde le bouton de Time/div, comme le montre la figure 5. Il faut de toute manière qu'à l'écran le signal présente une onde parfaitement sinusoïdale (voir figure 8); donc, une fois l'amplitude juste choisie, avec le générateur RF, ne touchez plus rien car, si vous l'augmentiez, l'entrée du LM733 serait saturée et la sinusoïde écrêtée deviendrait une onde carrée, comme le montre la figure 9 : vous ne pourriez alors plus effectuer des mesures précises.

Mais revenons au schéma électrique de la figure 10 : les broches 11-4 sont reliées aux points d'entrée A-B, utilisables pour tester nos montages. On l'a vu, quand on court-circuite les entrées A-B, le signal a une amplitude de 7 carreaux



LM 733

Figure 1: Brochage du circuit intégré LM733 (ou uA733) vu de dessus et repère-détrompeur en U vers la gauche.

verticaux, comme le montre la figure 6 ; si on élimine ce court-circuit (circuit ouvert), l'amplitude tombe à 1 carreau vertical, comme le montre la figure 7. Ce circuit intégré est alimenté par une tension double symétrique ne dépassant pas 8 V ; donc, si on utilise deux piles de 9 V, il faut monter en série dans chacune des piles deux diodes (ce sont DS1/DS2 et DS3/DS4) pour provoquer une chute de tension de $0,7 \times 2 = 1,4$ V par branche. Le 7,6 V (en effet $9 - 1,4 = 7,6$) positif va à la broche 10 +V et le 7,6 V négatif à la broche 5 -V. Pour alimenter cet accessoire, il suffit d'agir sur le double interrupteur S1 (-A et -B) : la LED DL1 servant de voyant de M/A s'allume.

Si vous montez cet accessoire, vous découvrirez toutes les mesures que vous pouvez faire avec : les Lycées (généralistes, technologiques ou professionnels) et les écoles post-bac d'électronique y trouveront leur compte ; mais l'amateur, avec son labo évolutif, ne sera pas en reste.

La réalisation pratique

Quand vous avez réalisé le petit circuit imprimé double face dont la figure 11b-1 et 2 donne les dessins à l'échelle 1 ou que vous vous l'êtes procuré, enfoncez et soudez tout de suite les seize picots et le support du circuit intégré. Vérifiez bien ces premières soudures (ni court-circuit entre pistes ou pastilles ni soudure froide collée) et montez tous les autres composants en commençant par les plus bas et en terminant par les plus volumineux.

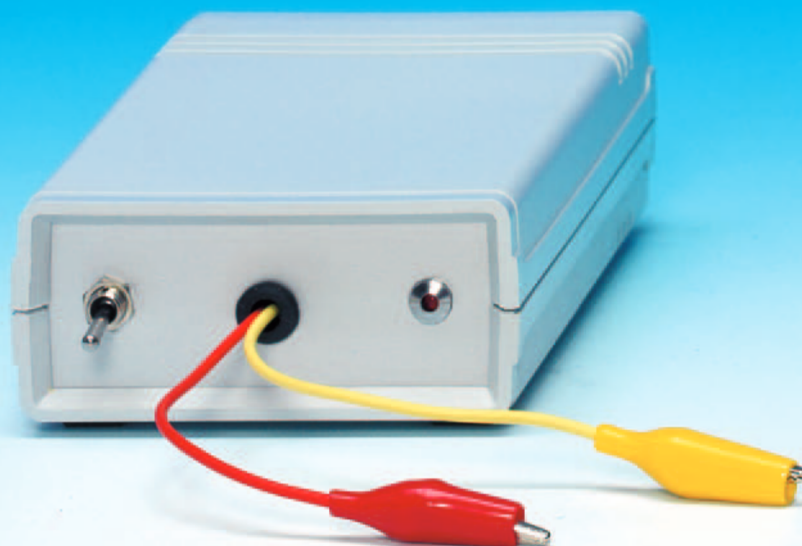


Figure 2: Photo d'un des prototypes de l'accessoire destiné à augmenter les performances de l'oscilloscope EN5060 installé dans son boîtier et prêt à l'emploi.

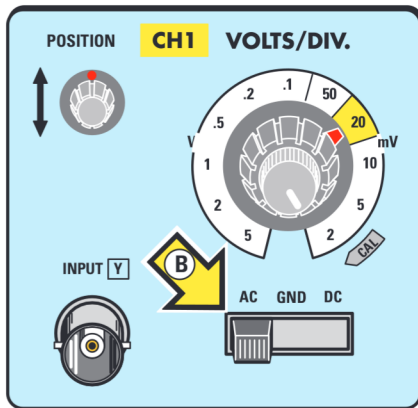


Figure 3 : Avant d'utiliser cet accessoire, il convient de placer l'index du bouton V/div sur le calibre 10-20 mV et de mettre le sélecteur AC-GND-DC sur AC.

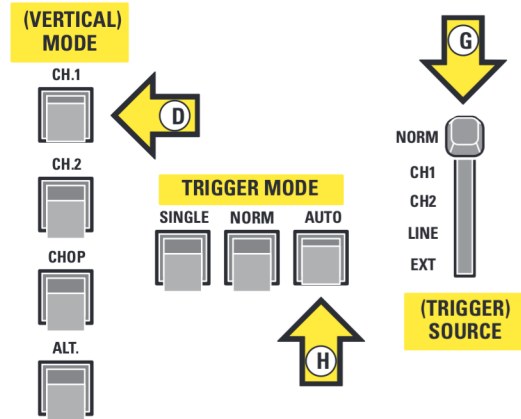


Figure 4 : Pressez le poussoir CH1 du Vertical Mode et le poussoir Auto du Trigger Mode situés en face avant ; positionnez en outre le Trigger Source sur Normal, comme le montre la figure.

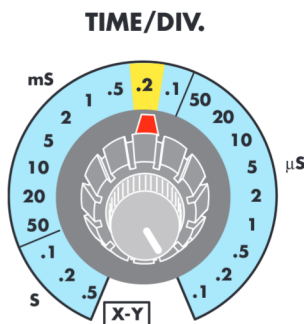


Figure 5 : Nous vous conseillons de régler le sélecteur Time/div sur 0,1-0,2 milliseconde pour une meilleure visualisation du signal.

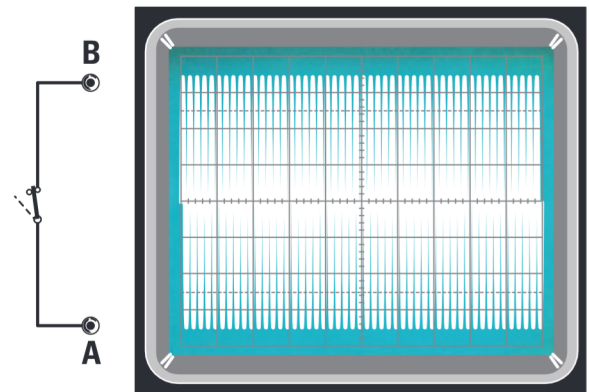


Figure 6 : Court-circuitez les deux entrées A-B puis tournez le bouton de sortie du générateur RF de façon à visualiser à l'écran un signal d'environ 7 carreaux.

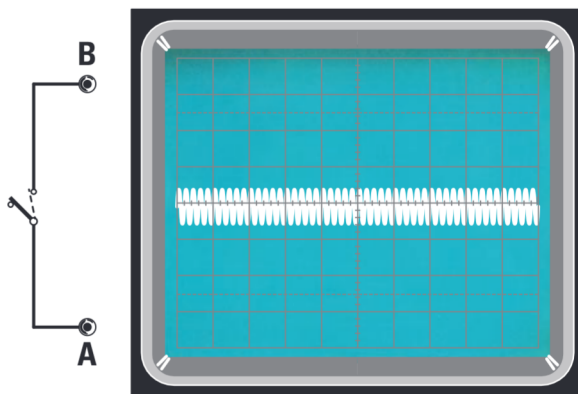


Figure 7 : Si vous éliminez le court-circuit entre les deux entrées A-B, vous verrez l'amplitude du signal RF passer de 7 à environ 1 carreau.

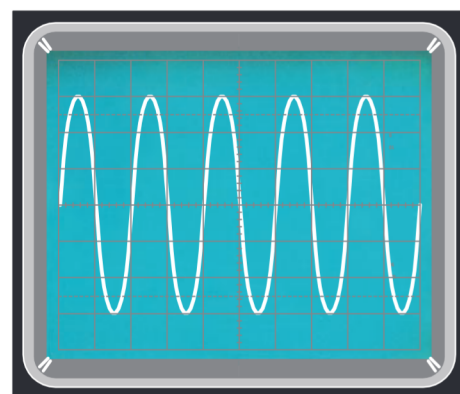


Figure 8 : Si le signal est correctement réglé, en réglant l'index du bouton des V/div de CH1 sur 20-10 mV vous verrez à l'écran un signal parfaitement sinusoïdal.

En vous aidant des figures 11a et 12 et de la liste des composants de la figure 10, montez les résistances, les diodes (attention à l'orientation de leurs bagues repère-détrompeurs) et la LED (l'anode A est la patte la plus longue), les condensateurs polyester puis les électrolytiques (attention à la polarité).

Quand tout ceci est terminé et que les soudures ont été vérifiées, montez la platine dans son boîtier plastique, à l'aide de quatre vis autotaraudeuses (voir figure 12) : le

double interrupteur S1 est à fixer en face avant, ainsi que la monture chromée de la LED ; les fils allant aux deux pinces crocos sortent également par cette face à travers un passe-fils en caoutchouc. Sur le panneau arrière on a monté les deux BNC d'E/S. Reliez soigneusement les fils des pinces crocos aux picots A-B ; si ce n'est déjà fait, les fils de la LED

aux picots A-K; les deux petits câbles coaxiaux, l'un aux picots près de R7 et à la BNC de sortie et l'autre aux picots près de R1 et à la BNC d'entrée (attention, n'intervertissez pas les points chauds et les masses); le double interrupteur aux picots S1-A et S1-B (4 fils); enfin les picots +9 V- et +9 V- aux deux prises de piles (4 fils torsadés deux par deux). Voir figure 11a.

Vous pouvez maintenant enfoncer le circuit intégré dans son support (attention, repère-détrompeur en U vers R1/R2). Alors seulement placez les piles dans leur logement (constitué de deux petites équerres en aluminium) et fixez-les à leurs prises

L'utilisation

Reliez la BNC d'entrée à la sortie du générateur RF et la BNC de sortie à l'entrée CH1 de l'oscilloscope (à l'aide de câbles coaxiaux BNC/BNC). Reliez les deux pinces croco A-B au circuit à tester (circuit accordé LC, MF, filtre céramique, quartz, diode varicap ou câble coaxial chargé, en court-circuit ou ouvert) et mettez sous tension à l'aide de l'interrupteur S1 et du voyant DL1.

A l'écran de l'oscilloscope doivent apparaître les différents oscillogrammes des figures 13 à 25. Il ne nous reste qu'à vous apprendre à les interpréter, c'est-à-dire à vous servir

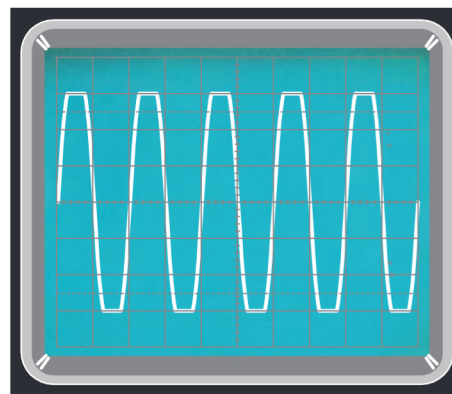


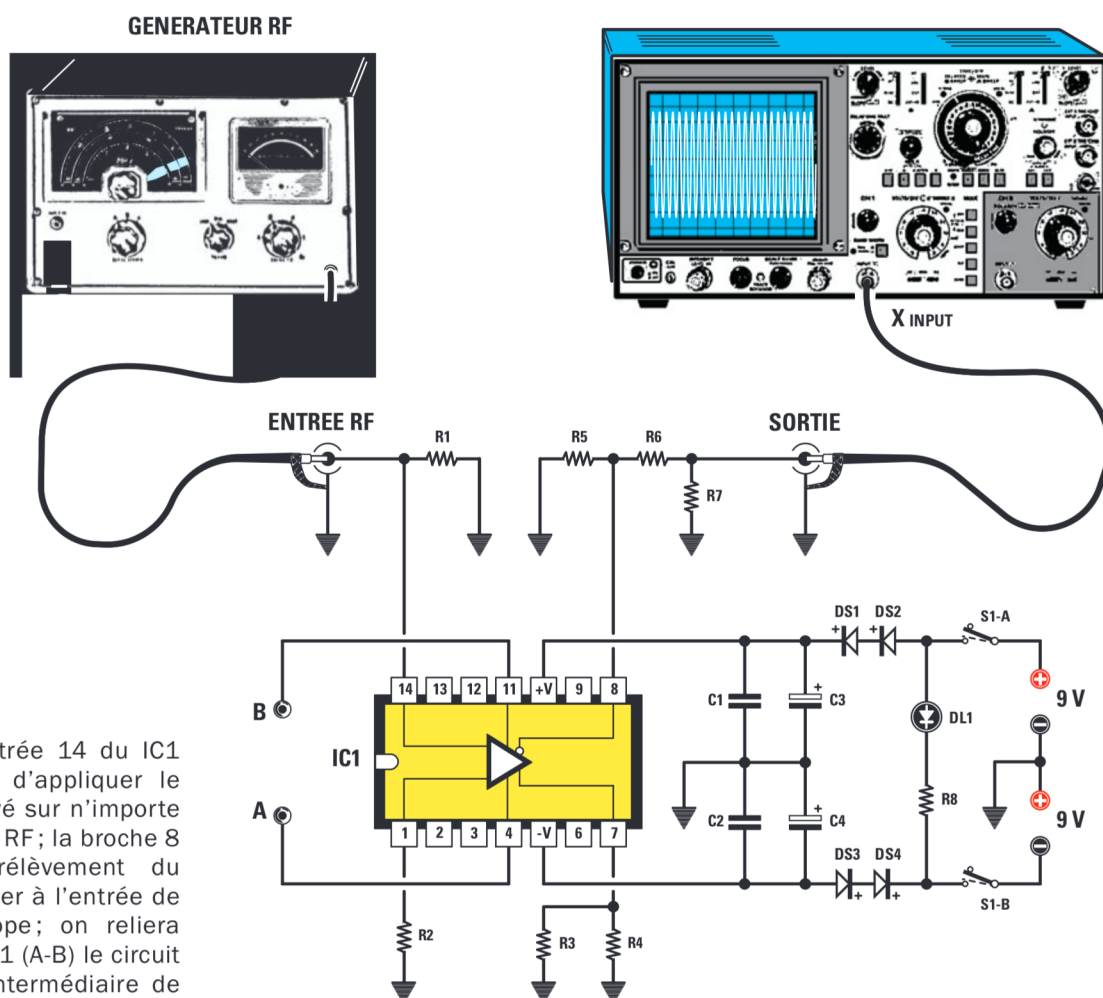
Figure 9: Le signal RF ne doit pas dépasser 120 à 150 mV; s'il dépasse cette valeur, vous verrez apparaître des ondes carrées, à cause de la saturation du circuit intégré LM733.

de la conjonction des trois appareils: l'oscilloscope et son accessoire (qu'on vient de construire) et le générateur RF.

La fréquence d'accord d'une MF

Il vous est peut-être déjà arrivé de vous demander quelle est la valeur d'une MF dont le marquage est effacé ou absent: 455 kHz, 10,7 MHz, 9 MHz ou que sais-je ?

Figure 10: Schéma électrique de l'accessoire pour oscilloscope EN5060.



La broche d'entrée 14 du IC1 LM733 permet d'appliquer le signal RF prélevé sur n'importe quel générateur RF; la broche 8 autorise le prélèvement du signal à appliquer à l'entrée de votre oscilloscope; on reliera aux broches 4-11 (A-B) le circuit à tester par l'intermédiaire de deux pinces crocos.

Liste des composants

R1 51,1 1%
 R2 51,1 1%
 R3 1,8 k
 R4 1,8 k
 R5 1,8 k
 R6 1,8 k
 R7 51,1 1%
 R8 120

C1..... 100 nF polyester
 C2..... 100 nF polyester
 C3..... 100 µF électrolytique
 C4..... 100 µF électrolytique

DS1... SB24086
 DS2... SB24086
 DS3... SB24086
 DS4... SB24086
 DL1 ... LED

IC1..... LM733
 S1..... interrupteur double

Note : toutes les résistances sont des 1/4 W 5 % sauf spécification différente.

Avec votre trio gagnant (oscilloscope + accessoire + générateur RF) ce sera un jeu d'enfant que de retrouver cette valeur inconnue par la mesure. Reliez le secondaire de la MF aux points d'entrée A-B de l'accessoire (voir figure 13) et tournez lentement le bouton d'accord du générateur du minimum (100 kHz) au maximum (30 MHz); la plupart des générateurs RF couvrent au moins cette gamme et pour nos mesures c'est plus que suffisant. Au cours de ce lent réglage de l'accord du générateur RF, à un moment l'amplitude du signal à l'écran va brusquement passer de 7 à 1 carreau vertical: c'est que vous avez atteint la fréquence d'accord du secondaire de la MF testée (voir figure 13). Lisez cette fréquence (sur le générateur RF ou sur un fréquencemètre annexe) et vous saurez si votre MF inconnue est une 455 kHz, 10,7 MHz, 9 MHz ou autre. Un conseil, tournez le bouton du générateur lentement, surtout quand vous approchez de la fréquence d'accord recherchée, car après la chute de l'amplitude de 7 à 1 carreau, le signal retourne vite à l'amplitude de 7 carreaux et si vous tournez trop vite le bouton du générateur vous passerez trop vite sur la fréquence d'accord sans voir le creux d'amplitude qui lui correspond.

La fréquence d'accord des filtres céramiques

De même si vous possédez des filtres céramiques dont la valeur vous est inconnue (455 kHz ou 10,7 MHz ou...?) vous pourrez procéder ainsi. Avec un filtre céramique à 3 broches: reliez les

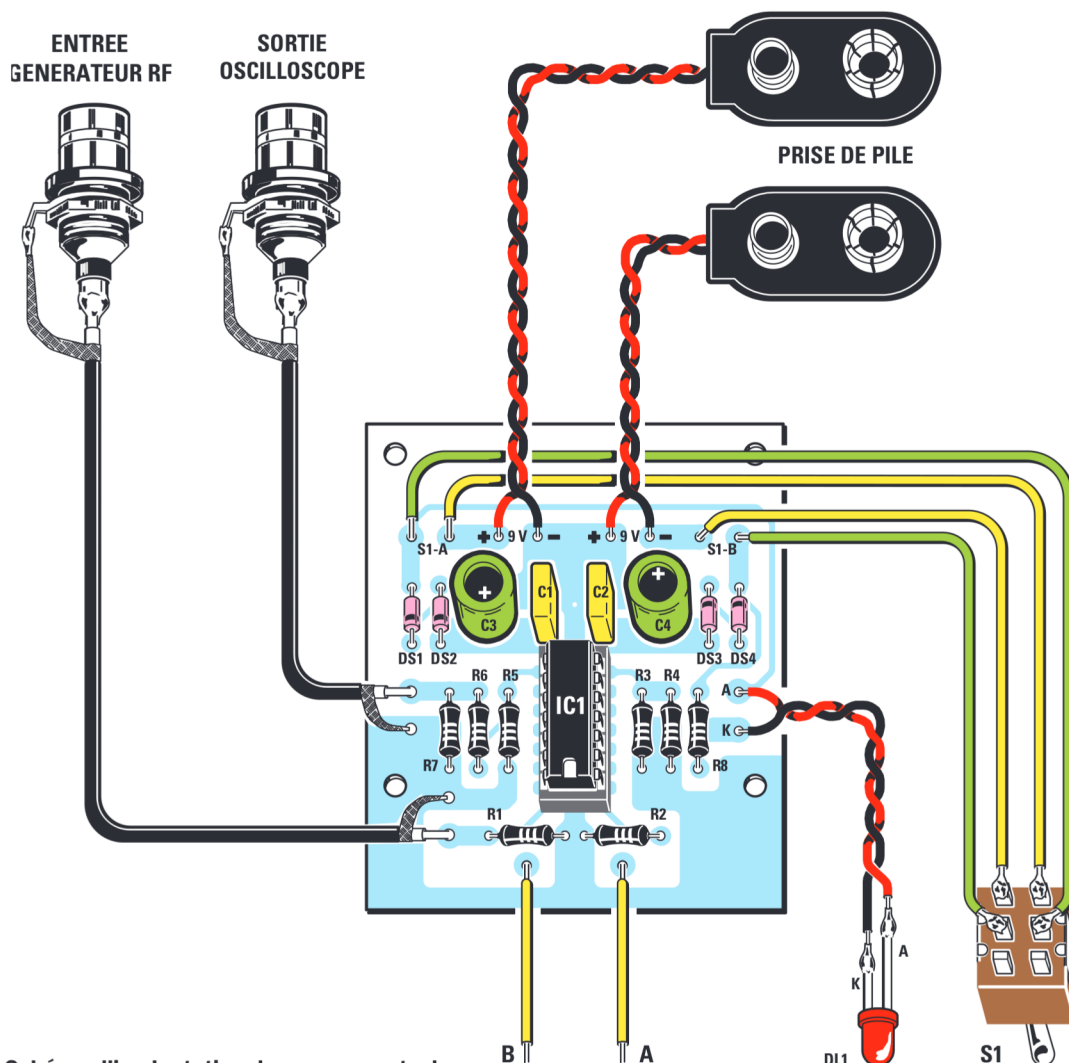


Figure 11a: Schéma d'implantation des composants de l'accessoire pour oscilloscope EN5060.

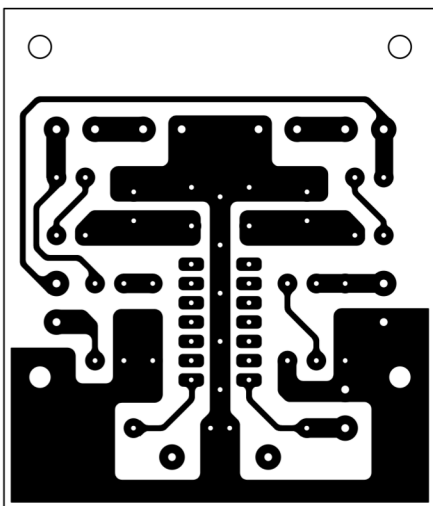


Figure 11b-1: Dessin, à l'échelle 1, du circuit imprimé double face à trous métallisés de la platine de l'accessoire pour oscilloscope EN5060, côté soudures.

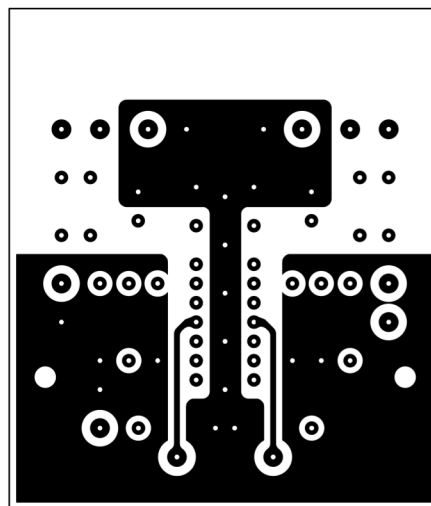


Figure 11b-2: Dessin, à l'échelle 1, du circuit imprimé double face à trous métallisés de la platine de l'accessoire pour oscilloscope EN5060, côté composants.

deux broches extrêmes (pas celle du milieu) aux points d'entrée A-B de l'accessoire (la broche centrale reste non connectée) et tournez lentement le bouton d'accord du générateur du minimum (100 kHz) au maximum (30 MHz); les filtres céramiques introduisant des atténuations, réglez le bouton V/div de l'oscilloscope sur 10-20 mV ou sur un calibre inférieur, 5 mV par exemple (voir figure 17). Contrairement aux MF, dès que vous introduisez un filtre céramique, l'amplitude du signal est minimale (0,5 carreau) et quand avec le bouton d'accord du générateur RF vous passez sur la fréquence d'accord du filtre, cette amplitude devient maximale (7 carreaux). Il suffit alors de lire cette fréquence pour savoir si votre filtre céramique inconnu est un 455 kHz, 10,7 MHz ou autre. Avec un filtre céramique à 4 broches (voir figure 15): reliez les deux broches extrêmes (pas celles du milieu) aux points d'entrée A-B de l'accessoire (les deux broches centrales restent non connectées) et tournez lentement le bouton d'accord du générateur du minimum (100 kHz) au maximum (30 MHz); ces filtres céramiques aussi introduisent des atténuations, il faut donc régler le bouton V/div de l'oscilloscope sur 10-20 mV ou sur une portée inférieure, 5 mV par exemple. Là encore, dès que vous introduisez un filtre céramique, l'amplitude du signal est minimale (0,5 carreau) et quand, avec le bouton d'accord du générateur RF, vous passez sur la fréquence d'accord du filtre, cette amplitude devient maximale (7 carreaux), comme le montre la figure 14. Il suffit alors de lire cette fréquence pour savoir si votre filtre céramique inconnu est un 455 kHz, 10,7 MHz ou autre.

Note: les filtres céramiques ayant une bande passante très étroite (c'est pour cela qu'on les utilise, pour augmenter la sélectivité des circuits d'accord), vous devrez tourner le bouton d'accord du générateur RF de manière micrométrique, afin de ne pas passer trop vite (sans le voir) sur le pic d'amplitude correspondant à la fréquence d'accord du filtre.

Si, lorsque vous tournez ce bouton d'accord, vous trouvez deux pics d'accord (voir figure 18), sachez qu'ils correspondent aux deux extrémités de la bande passante du filtre.

La fréquence d'accord des quartz, même les "overtones"

Pour connaître la fréquence de travail d'un quartz, il suffit de relier ses deux broches aux points d'entrée A-B de l'accessoire

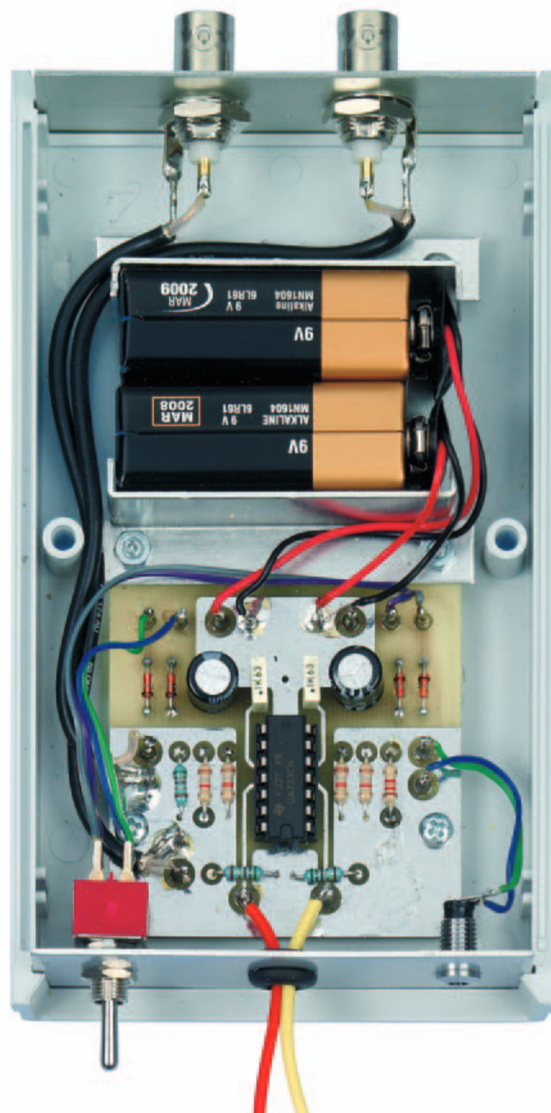


Figure 12: Photo d'un des prototypes de la platine de l'accessoire pour oscilloscope EN5060 installée dans son boîtier plastique avec face avant et panneau arrière en aluminium.

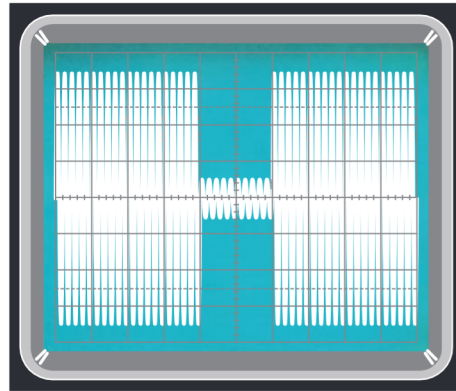
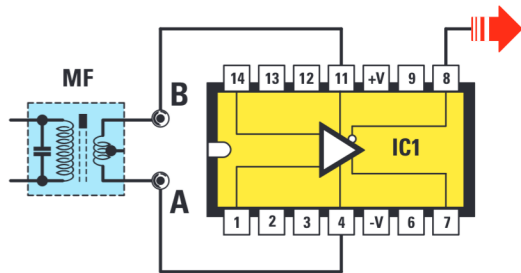


Figure 13: Pour connaître la fréquence d'accord d'une MF, reliez son secondaire aux entrées A-B puis tournez le bouton d'accord du générateur RF jusqu'à tomber sur une fréquence dont l'amplitude chutera brusquement de 7 à 1 carreau.

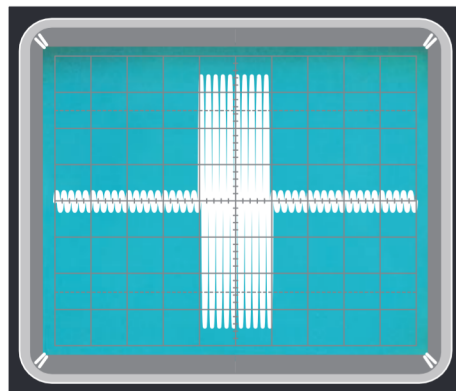
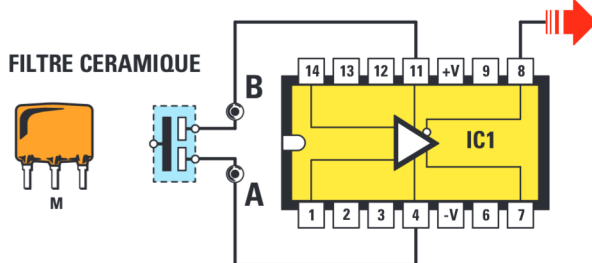


Figure 14: Pour connaître la fréquence de travail d'un filtre céramique à 3 broches, reliez les deux broches externes aux entrées A-B et tournez le bouton d'accord du générateur RF jusqu'à tomber sur une fréquence d'accord qui fera brusquement passer l'amplitude de 0,5 à environ 7 carreaux.

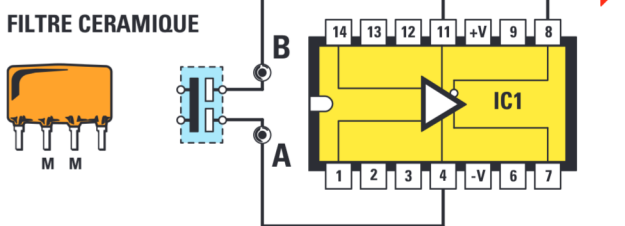


Figure 15: De même pour connaître la fréquence de travail d'un filtre céramique à 4 broches, reliez les deux broches externes aux entrées A-B et tournez le bouton d'accord du générateur RF jusqu'à tomber sur une fréquence d'accord qui fera brusquement passer l'amplitude de 0,5 à environ 7 carreaux.

(voir figure 16) et de tourner lentement le bouton d'accord du générateur du minimum (100 kHz) au maximum (30 MHz). Si la bande passante maximale de votre oscilloscope n'est que de 20 MHz, sachez qu'il peut visualiser en fait des fréquences 1,5 fois supérieures et vous pourrez donc compter sur une bande passante de 30 MHz. Le seul inconvénient est que les tensions indiquées par le bouton des V/div ne seront plus exactes. Tournez le bouton d'accord du générateur RF et vous verrez que l'amplitude du signal reste minimale (0,5 carreau environ) jusqu'au pic d'accord du quartz, où l'amplitude monte brusquement à 6 ou 7 carreaux (voir figure 16). Il suffit alors de lire la fréquence correspondant à ce pic pour savoir sur laquelle oscille votre quartz inconnu.

Note : si vous testez des quartz "overtones" (un doute ? Revoyez votre Cours, il vous explique tout cela !), vous verrez, si le boîtier indique une fréquence, que l'accord que vous avez détecté et mesuré se trouve à 1/3 ou 1/5 de la fréquence indiquée.

Supposons que vous testiez un quartz "overtone" de 27 MHz, sa fréquence d'accord sera de : $27 : 3 = 9$ MHz. Un quartz "overtone" de 100 MHz en 5e harmonique aura une fréquence d'accord détectée et mesurée de 1/5, soit $100 : 5 = 20$ MHz. Cet accessoire simple vous permet par conséquent d'établir, non seulement la fréquence fondamentale d'oscillation mais encore si les "overtones" sont de 3e ou de 5e harmonique.

Note : les quartz comme les filtres céramiques ayant une bande passante très étroite, vous devrez, là encore, tourner le bouton d'accord du générateur RF de manière micrométrique, afin de ne pas passer trop vite (sans le voir) sur le pic d'amplitude correspondant à la fréquence d'oscillation du quartz. Les quartz eux aussi introduisent des atténuations, il faut donc régler le bouton V/div de l'oscilloscope sur 20 mV ou sur un calibre inférieur, 10-5 mV par exemple (voir figure 17).

La fréquence d'accord d'un circuit LC (self plus condensateur)

Cette fois vous voulez savoir sur quelle fréquence s'accorde une self L d'inductance inconnue en parallèle avec un condensateur C de capacité connue ou l'inverse (voir figure 19).

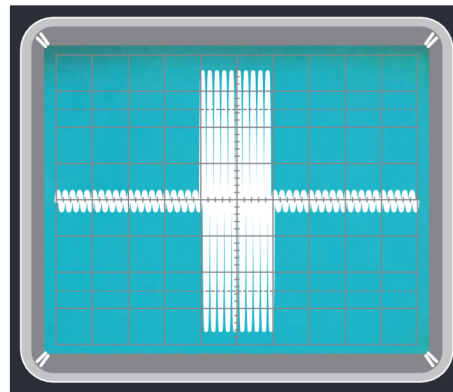
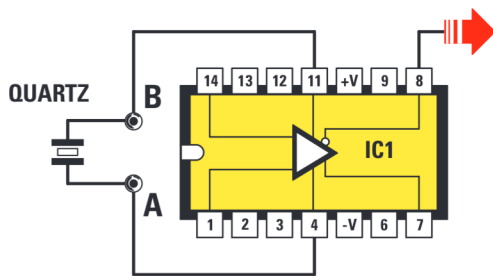


Figure 16 : Pour connaître la fréquence de travail d'un quartz, reliez ses deux broches aux entrées A-B et tournez le bouton d'accord du générateur RF jusqu'à tomber sur une fréquence d'accord qui fera brusquement passer l'amplitude de 0,5 à environ 7 carreaux, comme le montre la photo de gauche.

Pour cela il suffit de mettre en série les deux composants, comme le montre la figure 19. Tournez lentement le bouton d'accord du générateur du minimum au maximum (30 MHz); à un moment l'amplitude du signal à l'écran va brusquement passer de 0,5 à 6-7 carreaux : c'est que vous avez atteint la fréquence d'accord du circuit LC testé (voir figure 20). Lisez cette fréquence et vous pourrez calculer la valeur inconnue de L en μH ou de C en pF.

Si L a une inductance de 220 μH et le condensateur parallèle C une capacité de 100 pF, la fréquence d'accord du générateur est égale à :

$$159\,000 : \sqrt{220 \times 100} = 1\,071,9 \text{ kHz.}$$

Disons tout de suite qu'étant données les tolérances des condensateurs et des selfs, on est très près d'une des valeurs normalisées des MF ou des filtres céramiques : 10,7 MHz.

Connaissant la fréquence (lue sur le générateur ou le fréquencesmètre associé), vous pouvez calculer la capacité C si vous avez l'inductance L ou inversement vous pouvez calculer l'inductance L si vous connaissez la capacité C.

Pour connaître la capacité d'un condensateur ou l'inductance d'une self

Pour calculer la capacité inconnue d'un condensateur vous pouvez utiliser cette formule :

CALCUL DE LA CAPACITE :

$$C = 25\,300 : (F \times F \times L)$$

avec C en pF, F en MHz et L en μH .

Note : pour ceux qui ne sont pas du tout férus de mathématiques (vous verrez, ça n'a aucune importance), nous avons écrit FxF pour ne pas écrire F² (mais c'est la même chose de multiplier un nombre par lui-même ou de l'élever au carré, essayez avec votre calculatrice).

Supposons qu'on utilise une self de 220 μH avec en série, cette fois, un condensateur de capacité inconnue : cela donne une fréquence d'accord de 1,07 MHz ; nous voulons connaître la capacité du condensateur. Nous pouvons utiliser la formule suivante :

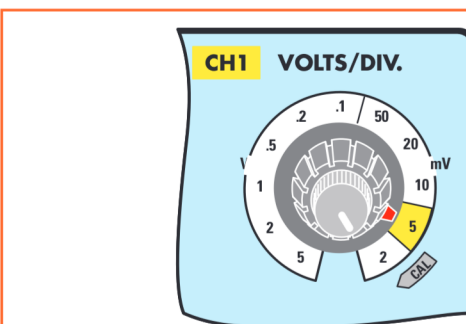


Figure 17 : Quand vous testez des circuits introduisant des atténuations élevées, vous notez que l'amplitude maximale ne peut atteindre les 6 ou 7 carreaux verticalement ; pour l'obtenir, vous devez régler l'index du bouton V/div sur le calibre 10-5 mV.

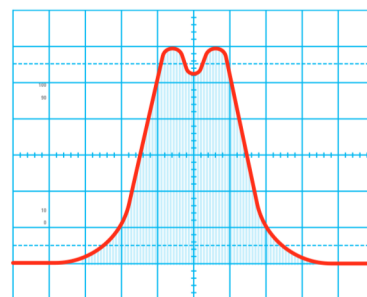


Figure 18 : Quand vous testez des filtres céramiques, vous trouvez toujours deux sommets voisins, ils correspondent aux deux extrémités de la bande passante du filtre, où le signal a la valeur maximale.

$$25\,300 : (1,07 \times 1,07 \times 220) = 100,4 \text{ pF.}$$

Nous savons maintenant que le condensateur a une capacité de 100 pF et qu'il est monté en série avec une self d'inductance inconnue : cela donne une fréquence d'accord de 1,07 MHz ; nous voulons connaître l'inductance de la self. Nous pouvons utiliser la formule suivante :

CALCUL INDUCTANCE :

$$L = 25\,300 : (F \times F \times C)$$

avec L en μH , F en MHz et C en pF.

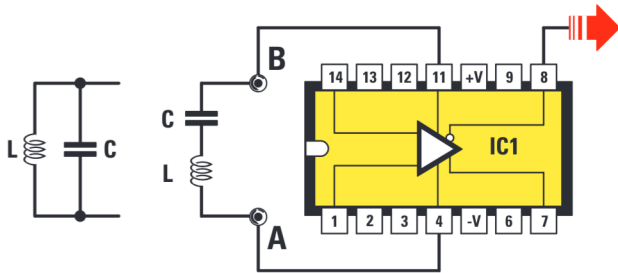


Figure 19 : Si vous utilisez cet accessoire EN5060 pour oscilloscope, vous pourrez facilement déterminer la fréquence d'accord d'un circuit accordé LC et trouver l'inductance de la self et la capacité du condensateur.

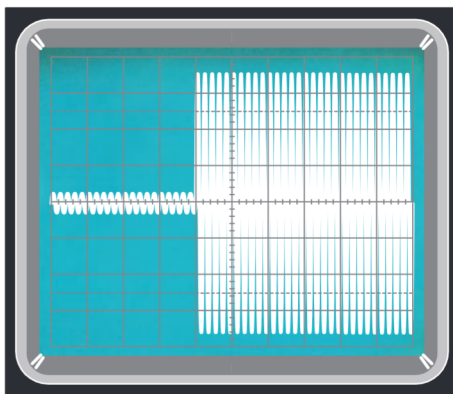


Figure 20 : Pour connaître la fréquence de travail d'un circuit accordé LC, reliez-le aux entrées A-B et tournez le bouton d'accord du générateur RF jusqu'à tomber sur une fréquence d'accord qui fera brusquement passer l'amplitude de 0,5 à environ 7-8 carreaux.

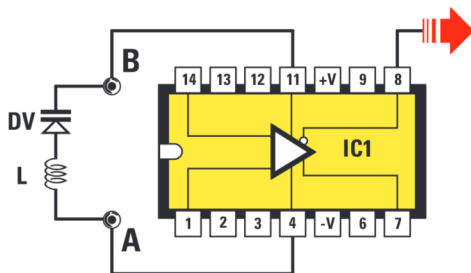


Figure 21 : Si vous voulez connaître la capacité d'une diode varicap, il suffit de la monter en série avec une self L d'inductance connue, puis de procéder comme s'il s'agissait d'un simple circuit accordé LC (voir figure 20).

Cela donnera :

$$25\,300 : (1,07 \times 1,07 \times 100) = 220,97 \mu\text{H}.$$

Si nous ne retrouvons pas exactement les 220 μH initiaux, c'est que nous avons exprimé la fréquence F avec une seule décimale, 1,07 au lieu de :

$$159 : \sqrt{220 \times 100} = 1,0719777 \text{ MHz}.$$

Pour connaître la capacité maximale d'une diode varicap

Notre accessoire peut également être fort utile pour trouver

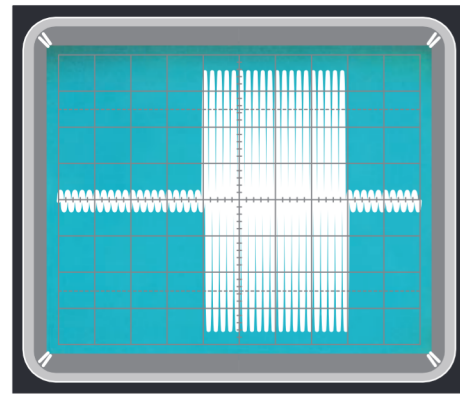


Figure 22 : Après avoir relié la varicap comme le montre la figure 21, réglez l'accord du générateur RF jusqu'à tomber sur une fréquence qui fera brusquement passer l'amplitude de 0,5 à environ 7 carreaux. Si vous continuez à tourner le bouton d'accord du générateur RF, vous verrez que l'amplitude du signal baisse à nouveau.

la capacité maximale d'une diode varicap dont on ignore les caractéristiques ou dont le marquage n'est pas visible ; il suffit de la monter en série avec une self d'inductance connue, comme le montre la figure 21.

Le générateur RF permet de trouver la fréquence d'accord du circuit L+DV : cette fréquence d'accord correspond à une brusque augmentation de l'amplitude du signal qui passe de 0,5 à 7 carreaux environ, comme le montre la figure 22. On peut alors utiliser la formule :

$$C = 25\,300 : (F \times F \times L),$$

avec C en pF, F en MHz et L en μH .

Les diodes varicap ont presque toujours une capacité faible ; il est donc conseillé de choisir une self d'inductance plutôt faible, afin d'obtenir un rapport L+C optimal.

Par exemple, avec une self de 15 μH en série avec une varicap de valeur inconnue on obtient une fréquence d'accord d'environ 8 MHz ; la capacité maximale de cette varicap est de :

$$25\,300 : (8 \times 8 \times 15) = 26,3 \text{ pF}.$$

Si vous retrouvez finalement les caractéristiques de cette varicap et que vous lisez qu'elle est de 22 pF, ne vous étonnez pas : la tolérance de fabrication, autrement dit la dispersion des caractéristiques d'un composant fabriqué en grande quantité industriellement afin de consentir à l'usager un faible coût, suffit à expliquer un tel écart (au demeurant fort typique) ; à ce facteur s'ajoute celui dû aux capacités parasites provenant des pistes du circuit imprimé ou de la proximité des composants.

Comment varie la capacité d'un condensateur en fonction de la température

Si vous avez déjà réalisé des oscillateurs RF, vous avez remarqué que –hélas– les variations de température font dériver la fréquence d'accord des circuits LC : eh bien, notre accessoire peut vous permettre de détecter cette anomalie. Reliez une self d'inductance connue en série avec un condensateur céramique à tester (voir figure 19) : vous allez pouvoir évaluer les variations de sa capacité lorsque vous

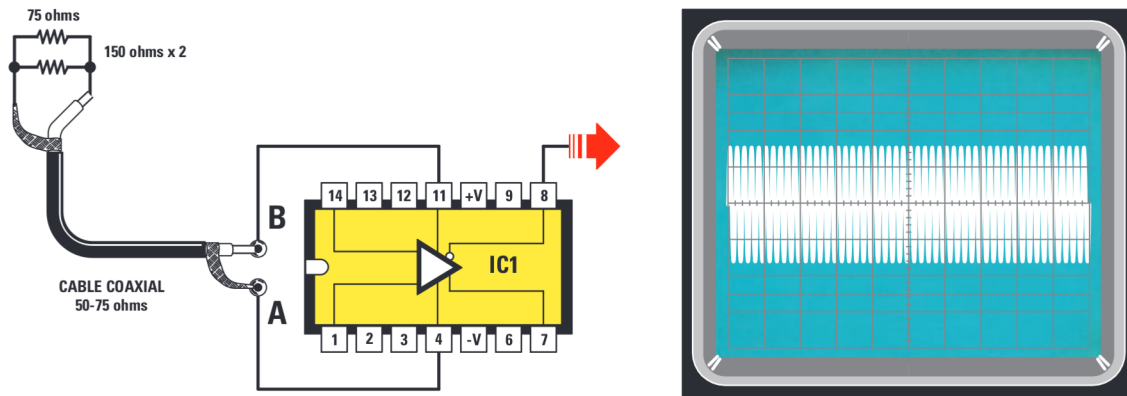


Figure 23 : Si vous montez à l'extrémité d'un câble coaxial de 50 ou de 75 ohms une résistance de même valeur, vous verrez qu'en faisant varier la fréquence du générateur RF du minimum au maximum l'amplitude du signal ne varie pas (elle reste égale à 3 carreaux).

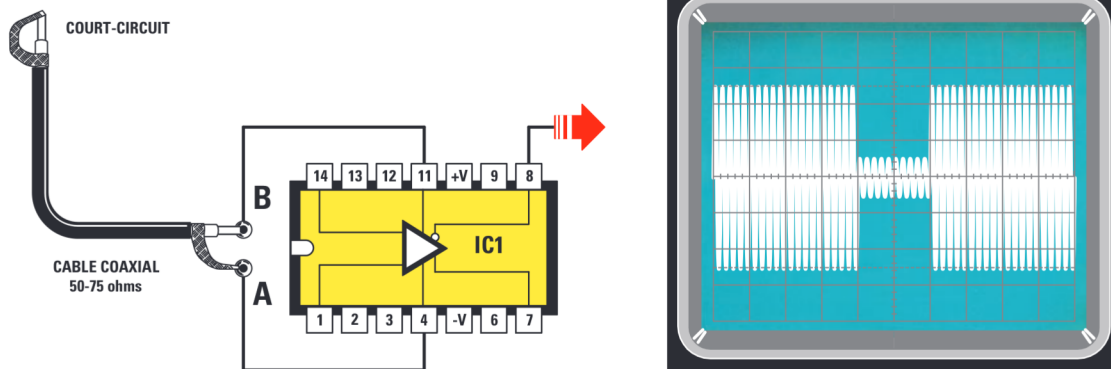


Figure 24 : Si vous court-circuituez l'extrémité du câble coaxial, vous verrez qu'en faisant varier la fréquence du générateur RF du minimum au maximum, on obtient des variations d'amplitude du signal sur les diverses fréquences par lesquelles on passe (l'amplitude passe brusquement de 5 carreaux à 1 carreau et vice-versa).

en échauffez l'enrobage avec la panne d'un fer à souder. Les condensateurs les plus sensibles aux changements de température sont en général les condensateurs céramiques : leur capacité diminue quand la température augmente. Prenez par exemple un condensateur céramique de 270 pF et une self de 330 µH et notez qu'à la température de 18-20 °C le circuit de la figure 19 s'accorde sur :

$$F = 159\,000 : \sqrt{330 \times 270} = 532,6 \text{ kHz environ.}$$

Si nous chauffons maintenant l'enrobage du condensateur céramique avec la panne d'un fer à souder, nous pouvons vérifier que la fréquence d'accord change : elle passe par exemple de 532,6 à environ 610 kHz et nous voulons calculer la nouvelle capacité du condensateur à cette température plus élevée. Cela donne (étant entendu que 610 kHz font 0,61 MHz) :

$$C = 25\,300 : (0,61 \times 0,61 \times 330) = 206 \text{ pF}$$

la capacité d'un condensateur céramique qu'on échauffe peut passer de 270 à 206 pF (rappelons que la fréquence d'un circuit accordé comprenant un condensateur qui s'échauffe augmente).

Si nous faisons la même manip avec des condensateurs polyester, nous constaterions que leur capacité ne varie que de quelques pF lorsqu'on les échauffe : ils sont en effet moins sensibles aux variations de température.

Les résistances NTC et les photorésistances

Si vous reliez aux deux points d'entrée A-B de notre accessoire deux types différents de résistances NTC, vous constaterez que l'amplitude de leurs signaux varie en fonction de la température. Si vous montez en A-B des photorésistances de différents types vous verrez de combien l'amplitude de leurs signaux varie en fonction de la luminosité qui frappe leur surface sensible (cela vous permettra de réaliser divers interrupteurs crépusculaires).

Les ondes stationnaires dans les câbles coaxiaux

Quand l'impédance de la sortie RF d'un émetteur ou celle d'entrée d'une antenne émettrice ne sont pas identiques à celle du câble coaxial qui relie cette sortie et cette entrée, des ondes stationnaires se produisent dont la quantification s'exprime en termes de SWR ou ROS : ces ondes retournent vers l'émetteur et peuvent endommager le ou les transistors finaux de puissance dont le pouvoir de dissipation calorifique est alors dépassé (rupture de la jonction par effet Joules). Ce SWR ou ROS, plutôt mal compris par beaucoup d'amateurs, votre accessoire peut vous le faire (presque) "toucher du doigt" (façon de parler, car vous pourriez vous brûler, même à la sortie d'un émetteur de 30 W !) : vous allez en effet pouvoir évaluer ce qui se passe à l'extrémité d'un câble coaxial quand on lui applique une charge d'impédance complètement

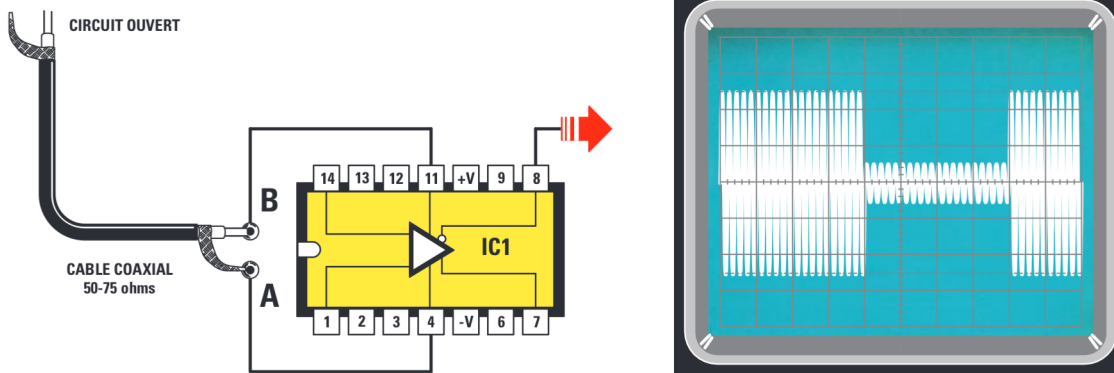


Figure 25 : Si au contraire vous laissez ouverte l'extrémité du câble coaxial, vous verrez qu'en faisant varier la fréquence du générateur RF du minimum au maximum, on obtient des variations d'amplitude du signal sur les diverses fréquences par lesquelles on passe (le signal ne reste plus constant sur 3 carreaux, comme le montre la figure 23, mais varie de 5 carreaux à 1 carreau et vice-versa).

différente de l'impédance caractéristique du câble coaxial. Mais attention, la puissance délivrée par notre accessoire étant dérisoire, il ne permet pas de mettre en évidence les deux valeurs de résonance du câble, c'est-à-dire :

- le ventre de tension, correspondant à la tension maximale présente le long du câble coaxial ;
- le nœud de tension, correspondant à la tension minimale présente le long de ce câble.

Moyennant cette restriction, on voit très bien par contre la condition de nœud de tension quand le signal RF tombe brusquement de son amplitude maximale de 5 carreaux (voir figure 25) à son amplitude minimale de 1 carreau (voir figure 25) lorsque le câble entre en résonance. Si vous voulez en faire l'expérience, mettez l'index du bouton V/div de l'oscilloscope sur 10 mV puis court-circuitez les entrées A-B et réglez le bouton d'accord du générateur RF jusqu'à visualiser à l'écran un signal couvrant 7 carreaux verticalement (voir figure 6).

Prenez maintenant un morceau de 5 m ou plus de câble coaxial de 50 ou 75 ohms, reliez une extrémité aux points A-B de l'accessoire et monter sur l'autre extrémité deux résistances de 150 ohms en parallèle (ce qui fera une valeur ohmique, mais aussi une impédance de 75 ohms) ; variante : montez deux résistances de 100 ohms pour obtenir une résistance ou une impédance de 50 ohms et prenez un câble coaxial de 50 ohms (voir figure 23). Pour la mise en parallèle (ou en série, mais ce n'est pas le cas ici) des résistances ou des impédances, revoyez les premières Leçons de votre Cours.

Allumez maintenant votre générateur RF et balayez toutes les fréquences des plus basses vers les plus hautes : vous voyez que l'amplitude du signal reste constante à environ 3 carreaux (voir figure 23) pour toutes les fréquences ; ceci car l'impédance de notre câble coaxial est parfaitement adaptée à l'impédance de la charge (les deux résistances en parallèle, charge purement résistive dont l'impédance résultante est de 75 ohms ; même chose pour la variante à 50 ohms)

Note : des variations très faibles de l'amplitude du signal pourraient tout de même se produire ; elles seraient dues à la tolérance de fabrication en grande série des résistances.

Si maintenant vous enlevez ces résistances et les remplacez par un simple court-circuit (impédance 0 ohm au lieu de 75 ou 50 ohms),

vous aurez une désadaptation d'impédance importante. Si, avec le générateur RF, vous balayez, dans cette nouvelle configuration, les fréquences du minimum au maximum, vous passerez par des fréquences faisant monter l'amplitude du signal à environ 5 carreaux (voir figure 24) et d'autres fréquences la faisant tomber à environ 1 carreau (voir figure 24). Ceci car l'impédance du câble coaxial n'est plus parfaitement adaptée (désadaptation importante) à celle de la "charge" (qui, rappelons-le, est maintenant de 0 ohm). Par exemple, vous notez à 16 MHz un pic d'amplitude du signal à 5 carreaux environ et à la fréquence de 32 MHz en revanche un creux d'amplitude à 1 carreau. Si par exemple vous prenez du câble coaxial de télévision, l'amplitude maximale sera à environ 24 MHz et la minimale à 12 MHz.

Si vous ouvrez alors l'extrémité du câble coaxial (remplacez le court-circuit par rien, l'âme et la tresse n'étant plus reliés), voir figure 25, vous aurez à nouveau une désadaptation d'impédance car à la place de la charge "adaptée", parfaite, de 75 ou 50 ohms, vous aurez une résistance théoriquement infinie, en pratique une impédance de beaucoup de mégohms.

Tournez le bouton d'accord du générateur RF afin de balayer à nouveau les fréquences du minimum au maximum et vous trouverez des fréquences pour lesquelles l'amplitude est maximale (environ 5 carreaux) et d'autres pour lesquelles elle est minimale (environ 1 carreau), comme le montre la figure 25. Cela est à nouveau dû à la désadaptation entre le câble coaxial et la "charge" (qui, rappelons-le, est maintenant de plusieurs mégohms). Par exemple, vous notez à 16 MHz un pic d'amplitude du signal à 5 carreaux environ et à la fréquence de 32 MHz en revanche un creux d'amplitude à 1 carreau. Dans d'autres cas, l'amplitude maximale sera à environ 24 MHz et la minimale à 12 MHz. La valeur des deux fréquences, maximale et minimale, dépend des caractéristiques du câble coaxial (75 ou 50-52 ohms) et de sa longueur.

Comment construire ce montage ?

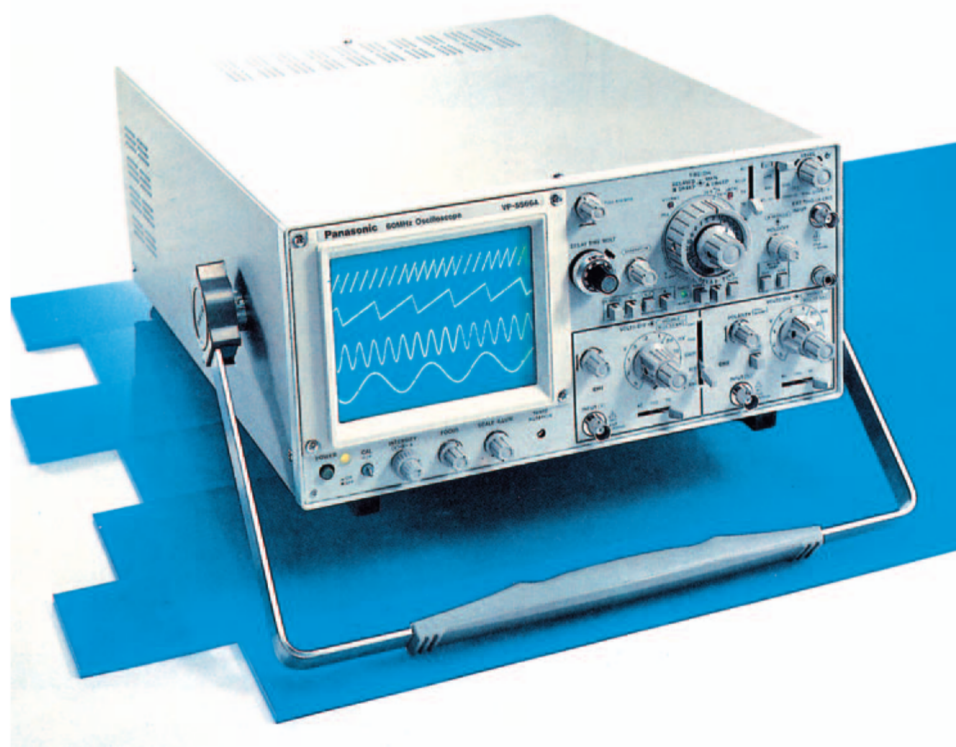
Tout le matériel nécessaire pour construire cet accessoire pour oscilloscope EN5060 est disponible chez certains de nos annonceurs. Voir les publicités dans la revue.

Les typons des circuits imprimés et les programmes disponibles sont téléchargeables à l'adresse suivante : <http://www.electronique-magazine.com/circuitrevue/088.zip>. ♦

Comment utiliser l'oscilloscope

Deuxième partie : La double base de temps de l'oscilloscope

La double base de temps, qu'on ne trouvait autrefois que sur les oscilloscopes professionnels, est présente aujourd'hui sur beaucoup d'oscilloscopes plus économiques. Cette Leçon va vous apprendre à l'utiliser et vous expliquer comment calculer les temps en milli ou micro secondes (ms ou μ s) en vous servant du petit bouton démultiplié (vernier) de la face avant.



Depuis la première des Leçons consacrées à l'oscilloscope nous nous référons à la configuration de base de cet appareil et à une face avant «standard» comportant les commandes les plus courantes. Mais, maintenant que vous êtes passés maîtres dans l'art de manœuvrer cet oscilloscope de base, le moment est venu d'apprendre à vous servir d'une commande (autrefois présente uniquement sur les oscilloscopes de haut de gamme et qu'on trouve aujourd'hui couramment même sur des modèles plus modestes) : il s'agit de la double base de temps. En effet, ceux d'entre vous qui possèdent un oscilloscope à double base de temps nous ont réclamé une extension du Cours vers cette très utile fonction.

En réalité, même si on a une forte impression du contraire quand on regarde une face avant d'oscilloscope à double base de temps (!), la série des commandes ayant trait à cette dernière est très simple à manipuler ; cette Leçon va vous rendre un peu plus savant en électronique de labo.

La double base de temps

La double base de temps répond à une nécessité bien précise : il s'agit de pouvoir analyser en détail des phénomènes électriques très rapides et donc de brèves durées.

La figure 1 représente une onde carrée prélevée sur un quelconque générateur BF : le front de montée de chaque pic est parfaitement vertical, comme si la commutation du niveau minimum au niveau maximum était pratiquement instantanée. Inversement, comme le montre la figure 2 cette fois, si on étale la base de temps de quelques centaines de fois, on voit que le front de commutation de l'onde carrée n'est pas vertical mais présente un temps de montée bien précis. La double base de temps nous permet de mesurer précisément ce temps de montée et d'analyser finement les détails d'un signal électrique qui, à cause de sa vitesse, pourraient passer inaperçus.

Les commandes de la double base de temps

Avant d'entrer dans la description des diverses fonctions, regardons un peu comment se présentent les commandes de la face avant d'un oscilloscope à double base de temps ; pour ce faire, reportons-nous aux figures 4-5-6.

Note : cette représentation est purement indicative car les commandes peuvent être disposées de manière différente selon la marque et même le modèle de l'oscilloscope dont vous disposez. La fonction double base de temps peut en effet être activée à l'aide de poussoirs, de commutateurs à levier, d'interrupteurs à glissière, etc. Ce qui saute tout d'abord aux yeux, quand on regarde le sélecteur Time/div de la figure 4, c'est que pour la base de temps on dispose de deux boutons coaxiaux :

- un bouton externe ou virole nommé Main Sweep - A,
- un bouton interne plus petit nommé Delayed Sweep - B.

Sur le sélecteur Time/div, il est presque toujours indiqué que le bouton externe A sert pour le Main Sweep, soit la base de temps principale et que le bouton interne B sert pour le Delayed Sweep (voir figure 4). Tous les oscilloscopes à double base de temps comportent trois commutateurs à poussoirs marqués A - A INT - B (voir figure 5), permettant de sélectionner respectivement :

- A** = la base de temps principale,
- A INT** = la base de temps A plus l'intensification de luminosité de la zone que l'on souhaite étaler
- B** = la base de temps retardée B.

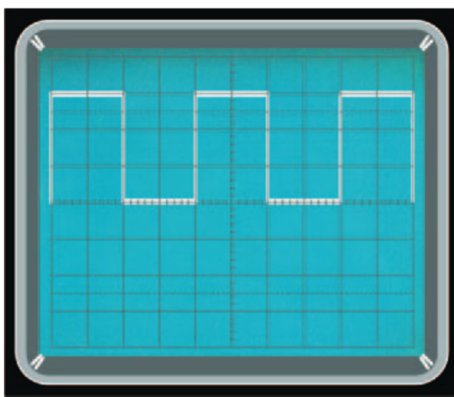


Figure 1 : Si on observe un signal électrique caractérisé par des commutations rapides, par exemple le signal à onde carrée que produit un générateur BF, on a l'impression que les passages d'un niveau logique à un autre ont lieu presque instantanément.

Il existe enfin une commande supplémentaire, nommée Delay Time Position (voir figure 6), permettant de mesurer avec précision le Delay Time qui, nous allons le voir, est le retard dans l'intervention de la base de temps B. Souvent cette commande est constituée d'un potentiomètre multitours doté d'un compteur (vernier), comme le montre la figure 6.

Comment lire le potentiomètre multitours

Si vous regardez ce potentiomètre multitours, vous voyez qu'en haut du bouton se trouve une petite fenêtre à l'intérieur de laquelle apparaît un chiffre de 0 à 9, alors que le cercle intérieur du bouton est gradué de 0 à 100. Ce bouton est une sorte de vernier de calibration. Le chiffre apparaissant dans la fenêtre est le nombre de tours effectués par le potentiomètre et la graduation externe indique les centièmes de tour à ajouter au nombre de la petite fenêtre.

Exemple : si vous lisez 6 dans la fenêtre et 40 sur le cercle gradué, comme le montre la figure 6, c'est que le potentiomètre a fait 6 tours et 40 centièmes de tour, soit 6,40 tours.

Sur le bouton vous avez généralement un levier servant à bloquer le potentiomètre en un point précis du tracé.

Comment utiliser la base de temps

Après cet aperçu panoramique sur les commandes, voyons comment utiliser la double base de temps. Si vous disposez d'un générateur BF pouvant produire un signal carré, reliez-le à une des entrées de l'oscilloscope, par exemple CH1. Si ce n'est pas le cas, vous pouvez tirer parti du signal carré produit par l'oscilloscope lui-même (il est normalement utilisé pour le réglage des sondes) : vous pouvez le prélever en reliant la sonde sur la borne CAL, comme expliqué dans la **Leçon 47-2 Comment mesurer des tensions continues avec l'oscilloscope**.

Préparez les commandes comme suit (voir figure 3) :

- mettez le sélecteur AC-GND-DC du canal CH1 sur DC,
- réglez le sélecteur V/div du canal CH1 sur le calibre 0,1 V/div,
- pressez le poussoir CH1 du sélecteur MODE,
- pressez le poussoir AUTO du TRIGGER MODE,

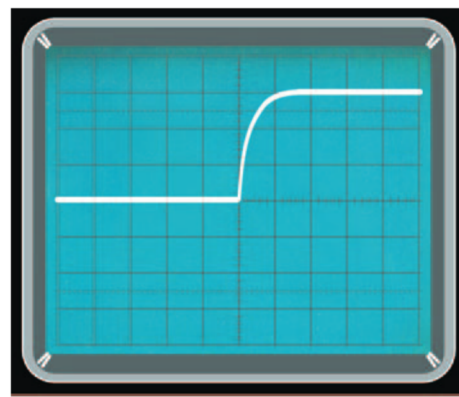


Figure 2 : En réalité, si on étale horizontalement le tracé, on voit que même les commutations les plus rapides ont un temps de montée que l'on peut mesurer avec précision si l'on dispose d'un oscilloscope à double base de temps.

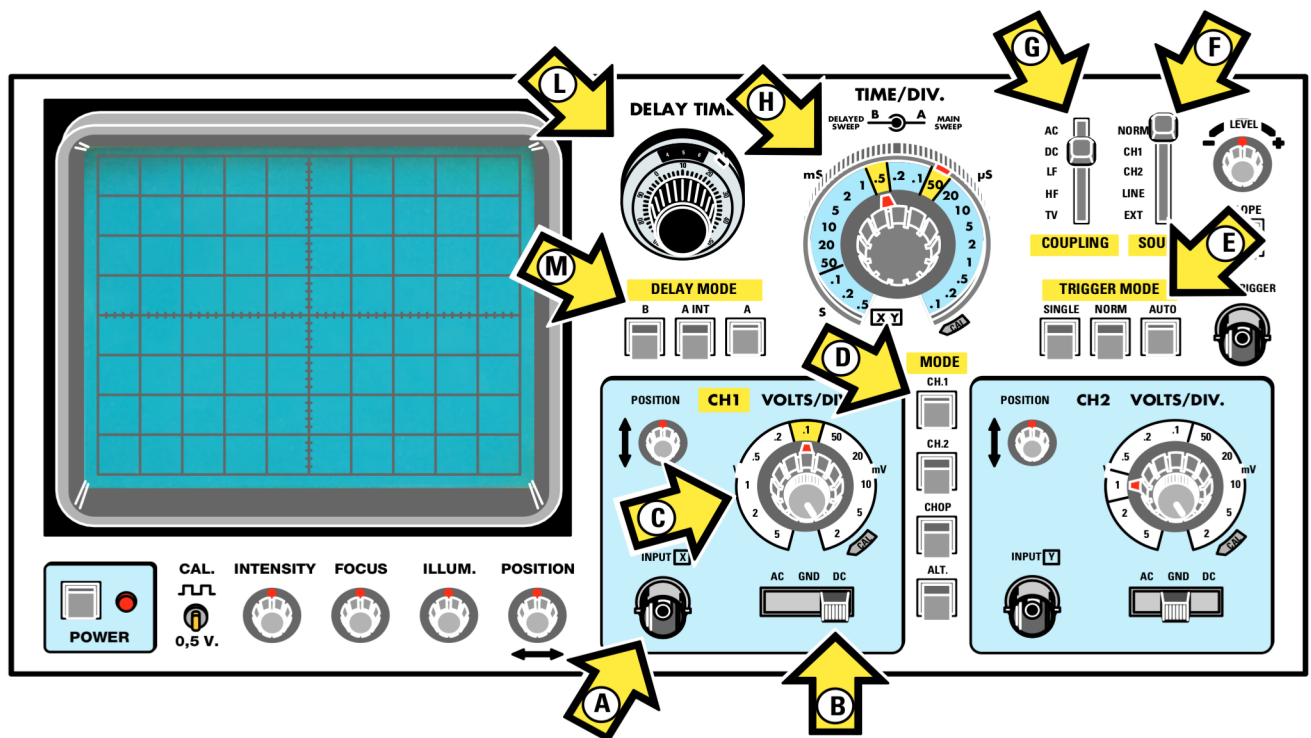


Figure 3 : Pour utiliser la double base de temps, vous devez préparer l'oscilloscope comme le montre la figure :

- A - reliez le signal à mesurer à l'entrée CH1
- B - placez le sélecteur AC-GND-DC sur DC
- C - mettez le sélecteur V/div de CH1 sur le calibre .1 (0,1) V/cm
- D - pressez le poussoir CH1 du sélecteur MODE
- E - mettez le sélecteur Trigger Mode sur AUTO
- F - mettez le sélecteur Trigger Source sur NORM
- G - mettez le sélecteur Trigger Coupling sur DC
- H - réglez le sélecteur de la base de temps principale A sur une valeur vous permettant de voir à l'écran plusieurs demi onde de signal (par exemple 0,5 ms) et le sélecteur de la base de temps B sur une valeur moindre, par exemple 50 μ s.
- L - le potentiomètre multitours permet de mesurer avec précision le «Delay Time»
- M - le sélecteur Delay Mode permet sur A de sélectionner la base de temps principale (A), sur A+ INT de mettre en évidence une portion du signal et sur B d'étaler la partie du signal sélectionnée en utilisant la base de temps retardée (B).

- mettez le sélecteur TRIGGER SOURCE sur NORM et le sélecteur TRIGGER COUPLING sur DC,
- pressez maintenant le poussoir A du Delay Mode, de façon à sélectionner la base de temps principale A et réglez le sélecteur Time/div (externe) de la base de temps A sur la portée 0,5 ms (soit 500 μ s), comme le montre la figure 7,
- préparez le générateur BF pour qu'il produise un signal carré de 1 kHz ; si vous utilisez le signal carré interne de l'oscilloscope, présent sur la borne CAL, sachez que la fréquence de ce signal est d'environ 1 kHz,
- tournez le sélecteur V/div de CH1 de façon à visualiser un signal carré de 4-5 carreaux d'amplitude et tournez le bouton du Trigger Level de manière à arrêter l'image à l'écran. Vous voyez alors 5 ondes carrées complètes, comme le montre la figure 7,
- réglez le sélecteur Time/div de la base de temps B (sélecteur interne) sur un temps inférieur à celui réglé avec le sélecteur A.

Exemple : réglez 50 μ s, comme le montre la figure 7.

Pressez le poussoir A INT, comme le montre la figure 8. Agissez alors sur le bouton de luminosité, baissez jusqu'à voir à l'écran une portion de signal plus lumineuse que le reste, comme le montre la figure 8. Avec les valeurs précédemment réglées, vous verrez une portion lumineuse correspondant à un peu plus d'un carreau.

Comment étaler une partie de la trace

Tournez alors le bouton du Delay Time et vous verrez circuler horizontalement la portion lumineuse précédemment mise en évidence. Tournez encore le bouton du Delay Time jusqu'à superposer la portion lumineuse avec la partie du signal que vous souhaitez étaler.

Exemple : supposons que vous désiriez observer le front de montée du deuxième pic ; tournez le bouton du Delay Time jusqu'à centrer parfaitement la portion lumineuse sur le front de montée du signal carré, comme le montre la figure 9.

Tournez encore le sélecteur Time/div B (interne) dans le sens horaire et vous verrez la portion lumineuse se resserrer, si vous mettez le sélecteur Time/div sur des valeurs de plus en plus basses, vous augmenterez l'étalement horizontal du signal à observer.

Exemple : réglez le sélecteur Time/div B (interne) sur 5 μ s. Vous verrez alors que la zone illuminée se réduit à environ 1 mm d'amplitude, comme le montre la figure 10. Tournez maintenant le bouton du Delay Time jusqu'à centrer parfaitement la portion lumineuse sur le front de montée que vous désirez observer, comme le montre la figure 10.

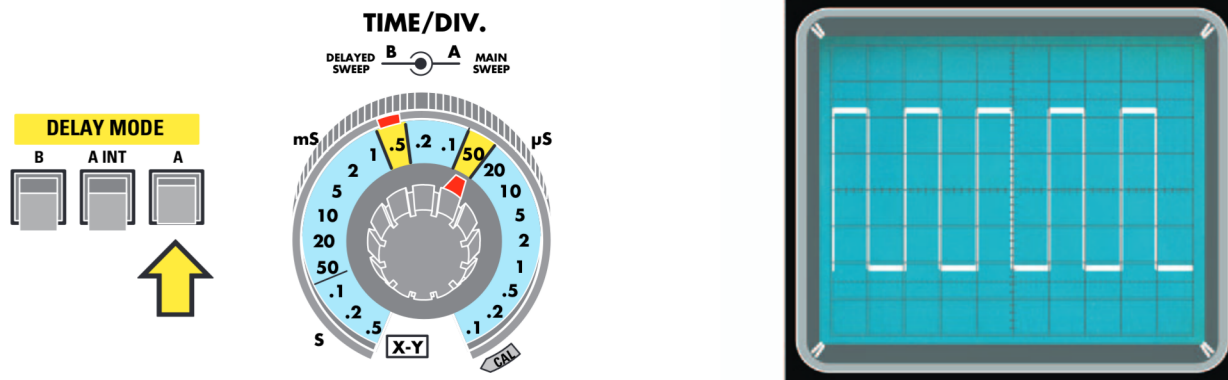


Figure 7 : Pour observer un signal électrique de 1 kHz, pressez la touche A du sélecteur Delay Mode et tournez la virole externe du sélecteur Time/div pour la placer sur .5 ms et le bouton interne sur 50 μ s.

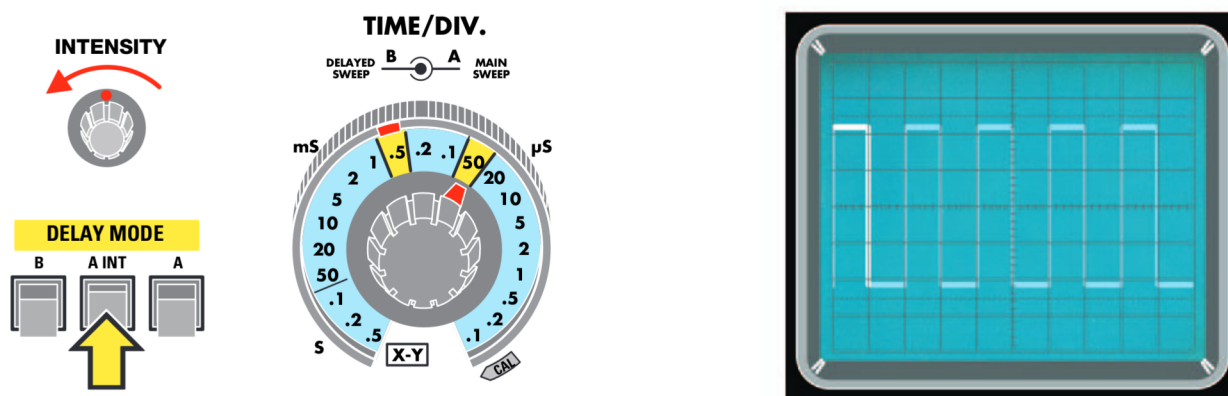


Figure 8 : Vous devrez ensuite presser la touche A+ INT du sélecteur Delay Mode et baisser le bouton de la luminosité de manière à mettre en évidence une portion du signal égale à un carreau environ ; sa luminosité supérieure le rendra visible.

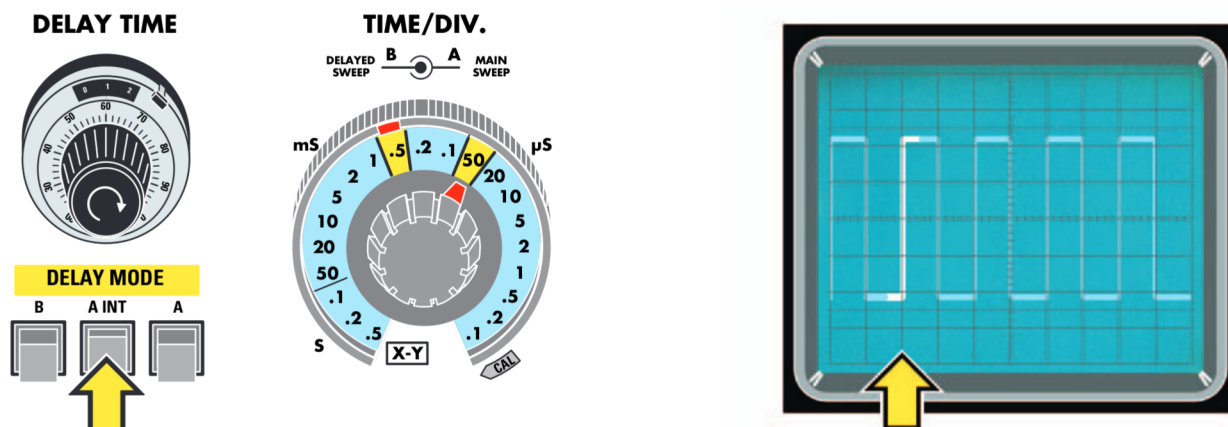


Figure 9 : Si vous tournez alors le bouton du potentiomètre multitours, vous verrez la partie du signal la plus lumineuse courir le long du tracé principal. Tournez le bouton jusqu'à positionner la partie la plus lumineuse sur le front de montée du deuxième pic.

DELAY TIME



DELAY MODE



TIME/DIV.

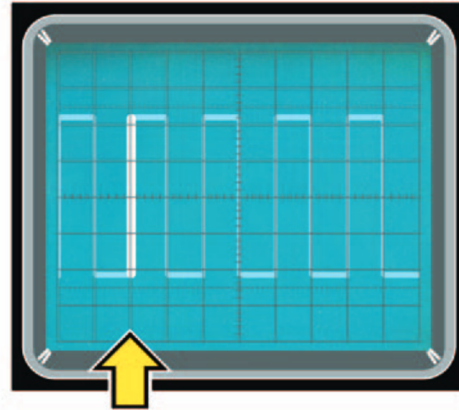
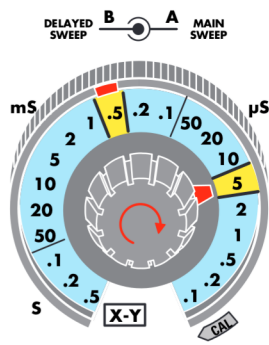
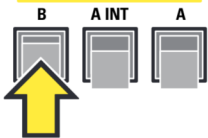


Figure 10 : Tournez maintenant le bouton interne du sélecteur Time/div sur le calibre 5 μ s et vous verrez la portion de signal mise en évidence se réduire à environ 1 mm de largeur. En agissant sur le potentiomètre, centrez à nouveau le front de montée du deuxième pic.

DELAY TIME



DELAY MODE



TIME/DIV.

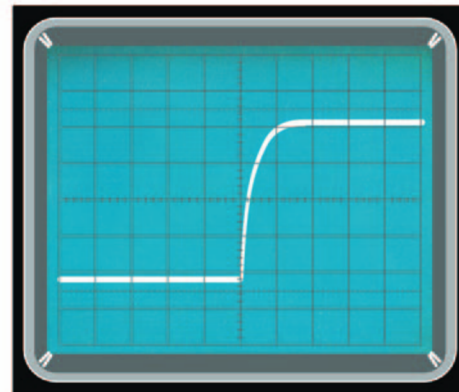
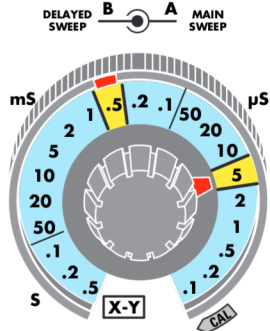


Figure 11 : Si vous pressez alors la touche B du sélecteur Delay Mode et si vous tournez légèrement le bouton du potentiomètre multitours, vous pourrez centrer à l'écran le front de montée du deuxième pic, encore étalé d'un facteur 100.

DELAY TIME

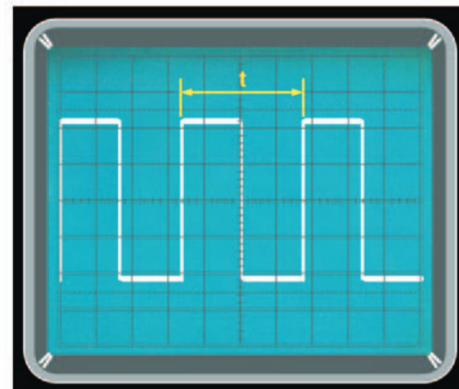


Figure 12 : Le potentiomètre multitours permet de mesurer avec précision la distance entre deux pics d'un signal, comme le montre la figure. Vous pourrez ainsi exécuter des mesures très précises de fréquences.

Si, par exemple, vous voulez mesurer la distance séparant le deuxième et le troisième front de montée du signal carré de la figure 12, vous devez procéder ainsi. Exécutez la procédure indiquée au paragraphe précédent et étalez le deuxième front de montée en tournant le sélecteur Time/div interne de la base de temps B (réglez-le sur un temps court comme par exemple 5 μ s). Tournez alors le bouton du Delay Time jusqu'à faire coïncider le front de montée avec la ligne graduée verticale située au centre de l'écran, comme vous l'avez fait précédemment. Notez le nombre de tours du potentiomètre (sans oublier les centièmes).

Exemple : supposons que le sélecteur Time/div de la base de temps A soit sur .5 ms (soit 0,5 ms), pour centrer le deuxième front de montée vous devez tourner le bouton du Delay Time de 3 tours et 20 centièmes, soit 3,20 tours. Maintenant, sans toucher les commandes de la base de temps, tournez le bouton du Delay Time dans le sens horaire et vous verrez le tracé circuler. Continuez à tourner le bouton du Delay Time jusqu'à ce qu'apparaisse le troisième front de montée. Tournez alors doucement le bouton du Delay Time jusqu'à centrer parfaitement le nouveau front de montée sur la ligne graduée du centre de l'écran et enregistrez le nombre de tours indiqués sur le bouton.

Exemple : supposons que vous lisiez 6 tours et 50 centièmes, soit 6,50 tours. Pour connaître le temps en ms qui s'écoule entre deux fronts de montée, appliquez la formule :

$$T = (\text{nbr de tours 2} - \text{nbr de tours 1}) \times \text{portée Time/div base de temps A}$$

Introduisons les valeurs de notre exemple :

$$T = (6,50 - 3,20) \times 0,5 \text{ ms} = 1,65 \text{ ms.}$$

A partir de cette valeur de T, vous pouvez trouver aussi avec une grande précision la fréquence du signal F avec la formule :

$$F = 1\,000 : T$$

T étant en ms et F en Hz.

Introduisons les valeurs, cela donne :

$$F = 1\,000 : 1,65 \text{ ms} = 606 \text{ Hz.}$$

La procédure que nous venons d'exposer vaut aussi pour n'importe quel type de signal périodique (sinusoïdal, triangulaire, etc.). Dans ce cas, pour mesurer avec précision le temps séparant deux demi ondes, vous pouvez utiliser, au lieu du front de montée, leur point d'intersection avec l'axe horizontal.

Conclusion

Puisque nous avons vu comment utiliser la double base de temps, vous allez pouvoir vous entraîner à analyser avec votre oscilloscope tous les phénomènes électriques, comme par exemple les commutations des circuits logiques ; sans cela vous n'auriez jamais pu les observer à cause de leur vitesse

CAO électronique

Winschem
Saisie de schémas

WinECAD
Simulateur

Wintypoon
Routage de la carte

Tygra
Usinage de la carte

- Import direct du typon fait avec Wintypoon
- Pilotage direct des fraiseuses UPA
- Choix des méthodes d'approximation des arrondis
- Génération ISO G-Code optimum

MICRELEC
4, place Abel Leblanc - 77120 Coulommiers
tel : 01 64 65 04 50 - Fax : 01 64 03 41 47

Microcontrôleurs

Multiprog
La plus simple des programmations graphiques !

AMEL

MICROCHIP
Plus besoin de connaître l'informatique pour utiliser des microcontrôleurs
Vous tracez un graphe ...
... et le code C est généré tout seul par MultiPROG !

ETICE

La communication Internet à la portée de tous

X-Relais

Les robots Programmables

Avec serveur Web embarqué

www.micrelec.fr

NOTES

[illegible]