

UN ANALYSEUR D'ANTENNES COMPLET ET FACILE A REALISER : L'ANTAN

L'ANTAN, inclue le générateur HF, le fréquencemètre, le pont de mesure et l'alimentation autonome.

La mise au point des antennes complexes, comme les multibandes, les antennes Isotron et autres EH, sera grandement facilité avec cet appareil. Mais il ne se limite pas qu'aux mesures sur les antennes, il est capable de rendre bien d'autres services.

DESCRIPTION :

L'analyseur comporte trois parties bien distinctes : le générateur HF, le fréquencemètre et le pont de mesure.

Le générateur HF :

Il est conçu autour d'un circuit intégré dédié à cette fonction, le LTC1799. Ce circuit a beaucoup d'avantages. Le générateur intégré est capable de couvrir une plage de fréquences allant de 100 KHz à plus de 30 MHz (il peut descendre à 1 KHz avec le diviseur intégré, que nous n'utiliserons pas ici), et ceci avec un niveau de sortie relativement constant et assez élevé (5 volts crête à crête sous environ 50 ohms). Le réglage de la fréquence se fait uniquement par la variation de la valeur d'une résistance entre le +Vcc et la broche 3. Le signal est carré et parfaitement symétrique, donc n'engendrant que des harmoniques impaires, mais le niveau de ces harmoniques est assez faible par rapport au signal utile et celles-ci n'ont aucune influence pratique sur les mesures.

Le schéma du générateur est très simple. L'alimentation se fait par une pile ou un petit accu de 9 volts (la consommation totale de l'analyseur, fréquencemètre et afficheur compris, est de 30 mA). Une diode Led (D1) indique la mise sous tension. Le régulateur IC2 (78L06) fournit les 6 volts nécessaires à IC1 (LTC1799). Un potentiomètre multitours (Pot3) permet de couvrir de 2 à 30 MHz. La mise en série par interrupteur d'une résistance supplémentaire (R2) permet une couverture supplémentaire de 1,3 à 4 MHz. Pot1 permet un réglage fin de la fréquence sur la gamme supérieure. Le signal issu de la broche 5 de IC1 est dirigé d'une part vers le fréquencemètre au travers de R3, d'autre part vers le pont de mesure au travers d'un atténuateur HF (Pot2).

Le fréquencemètre :

Le fréquencemètre utilisé dans notre kit est le modèle employé couramment dans nos montages. Il s'agit du FP50 dont vous trouverez le manuel en annexe. Bien sur n'importe quel autre fréquencemètre couvrant de 1 à 30 MHz et ne consommant pas trop d'énergie peut convenir si vous le souhaitez.

Le pont de mesure :

Le pont de mesure (dérivé du principe du pont de Wheatstone) est un pont de mesure différentiel. Nous utilisons ici un tore de ferrite avec un enroulement primaire alimenté par le signal HF, et deux enroulements secondaires différentiels. Ces deux enroulements sont le départ de deux branches constituées d'un côté par une capacité fixe (C*) et l'objet à mesurer (Zx), et de l'autre par les éléments variables, potentiomètre et condensateur variable. La tension HF est redressée par les deux diodes au germanium D2 et D3, ce qui permet de faire dévier le galvanomètre proportionnellement à la tension HF mesurée. Le germanium est utilisé ici pour pouvoir redresser les tensions les plus faibles possibles, ceci afin d'avoir une meilleure précision aux minima de lecture.

L'équilibre du pont, c'est à dire une tension HF mesurée nulle au point milieu des enroulements secondaires, est atteint quand les valeurs des deux côtés sont identiques. Les valeurs lues à ce moment-là sur les éléments variables (Pot4 et CV*) nous renseignent sur les valeurs de la résistance pure et des composantes réactives de l'objet mesuré. Pour la résistance pure, c'est-à-dire la charge résistive réelle, il suffit de lire sa valeur sur le potentiomètre Pot4. Si vous montez le condensateur variable CV* (non fournit dans le kit), vous pourrez aussi mesurer les composantes réactives. Dans ce cas il suffit de voir la position du condensateur variable. Il faut préciser que la valeur du condensateur de compensation C* est égal à la moitié de la valeur maximum du condensateur variable CV*, ceci pour avoir l'équilibre (quand les composantes réactives sont nulles) à mi-course de ce dernier. Si la valeur de CV* est inférieure à la moitié de sa valeur maximum, nous sommes en présence d'une composante réactive inductive (il faut diminuer la capacité pour compenser la composante inductive présente sur l'autre branche), et si cette valeur est supérieure à la moitié, la composante est capacitive (il faut rajouter de la capacité pour compenser la capacité présente dans l'autre branche). Plus la valeur s'éloigne de la position milieu de CV*, plus la composante réactive est forte.

MONTAGE :

L'implantation et le soudage du LTC1799 sont très délicats. Le dessin du circuit imprimé a été réalisé de façon à simplifier l'opération. Le circuit est soudé côté cuivre, attention à l'implantation. Equipé d'une panne très fine spéciale CMS, il ne devrait pas y avoir de problème particulier. De toute façon L'ARTRA soude le circuit sur simple demande. Après soudage, vérifier s'il n'y a pas de faux contacts. Le circuit imprimé ne comporte que le générateur et le pont de mesure. Le fréquencemètre FP50, relié par un petit câble blindé, étant sur un circuit à part. L'implantation du circuit imprimé ne devrait pas poser de problèmes particuliers. La liaison avec CV*

(optionnel) doit être au plus court, avec un fil assez gros (de la tresse à dessouder fait bien l'affaire), ceci pour éviter d'introduire une composante inductive faussant les résultats aux fréquences élevées. Le condensateur variable CV* est un modèle 200pF, valeur idéale. Si on ne peut disposer d'un tel modèle, on peut aller jusqu'à 500 pF de capacité maximum, mais pas au-delà, car les mesures seraient faussées sur les fréquences hautes. Bien sûr, la valeur du condensateur C* doit être la moitié de la valeur maxi de CV*. Si par exemple vous disposez d'un CV de 400 pF, la valeur de C* doit être de 200 pF.

Dans le cas de notre kit, il faut mettre un strap à la place de CV* et un autre à la place de C*. Vous ne mesurerez que la charge résistive réelle, mais cela est suffisant dans la plupart des cas.

Le transformateur T1 sera bobiné trois fils en main. Bien repérer les fils, soit avec des repères couleur avant bobinage, soit à l'ohmmètre après bobinage. A la moindre erreur d'implantation, le pont sera faussé (des lettres de repérage se trouvent sur les schémas).

Le boîtier disponible à L'ARTRA, permet la mise en place de tous les éléments. Si vous possédez un condensateur variable, vous n'aurez qu'un trou à percer pour le rajouter.

Vérifier le sens de branchement du galvanomètre, il y a un côté + et un côté -. La pile ou l'accu de 9 volts sera fixé par un clip à l'intérieur du boîtier.

Pour le fréquencemètre FP50, il n'y a qu'un cavalier à placer sur S3, ce qui inactive toutes les autres fonctions et affiche la fréquence mesurée. Celui-ci a été programmé par nos soins. Vous trouverez néanmoins sur notre site le fichier HEX pour le microcontrôleur ainsi que le soft Windows pour la calibration du fréquencemètre.

REGLAGES:

Après vérification de l'implémentation et du montage, placer Pot2 au minimum de gain et mettre sous tension. Tourner Pot3 (fréquences) jusqu'à afficher la valeur de fréquence la plus élevée (avec l'interrupteur de gammes fermé). Ajuster P1 pour lire 30 MHz. Bien que le générateur puisse aller au-delà de 30 MHz, il y est déconseillé de faire des mesures, elles seront fausses. Vous disposez dorénavant de deux gammes de fréquences : 2 à 30 MHz et 1,3 à 4 MHz.

Afficher environ 15 MHz. Placer une charge 50 ohms sur la borne de mesure (Zx). Cette charge pourra être une résistance non inductive de 51 ohms soudée directement sur un connecteur BNC mâle, ou mieux, une de ces petites charges 50 ohms qu'on trouve dans les magasins d'informatique, et qui servent de bouchon terminal sur les réseaux.

Augmenter le gain au maximum, et chercher avec Pot4 (Z) un creux bien franc de l'aiguille du galvanomètre. C'est la position où la valeur du potentiomètre est identique à la valeur résistive de la charge, et donc égale à 50 ohms. Marquer cette position par un repère « 50 ».

Si vous avez monté CV*, vérifier et parfaire ce creux avec CV*, et marquer la position de CV* par « 0 ». C'est le point où il n'y a aucune composante réactive. Vérifier en balayant toutes les valeurs de fréquence entre 1,5 et 30 MHz que l'aiguille ne bouge pas.

La plage entre le point milieu de CV* et le maximum de capacité sera marquée « Capacitive Xc » et la plage entre milieu et minimum de capacité sera marquée « Inductive XI ».

Pour étalonner le potentiomètre, il existe deux manières. Soit continuer à utiliser des résistances aux valeurs remarquables (75, 100, 150, etc.) sur la charge, soit mesurer les différentes positions du potentiomètre à l'ohmmètre. Sur le prototype a été monté un potentiomètre de 250 ohms, mais pour ceux qui sont confrontés à des mesures d'impédances supérieures, il peut être remplacé par un modèle 500 ohms.

L'analyseur est à présent réglé et prêt à être utilisé dans toutes les configurations. Il faudra prévoir une sangle pour l'attacher, car en haut d'un pylône, l'appareil a vite fait d'échapper des mains !

MESURES :

Dans ce chapitre sont donnés quelques exemples de mesure, mais la liste n'est pas limitative, et il existe de nombreux sites où on peut trouver d'autres exemples, bien plus détaillés souvent.

Mesures sur les antennes :

Les paramètres importants d'une antenne sont son impédance (charge réelle) et sa fréquence de résonance. Ces paramètres se mesurent directement au point d'alimentation de l'antenne.

Attention à ne pas confondre impédance et résistance de rayonnement d'une antenne. Cette dernière est définie par le type, l'emplacement et la hauteur au-dessus du sol de l'antenne. Ce que nous mesurons est l'impédance réelle de l'antenne, qui dans le cas où la fréquence de résonance est égale à la fréquence de travail, et les résistances de perte nulles, peut être identique à la résistance de rayonnement.

Brancher directement (ou au travers d'adaptateurs) l'analyseur sur l'antenne. Placer Pot4 sur 50 ohms et CV* sur 0. Chercher la fréquence où se trouve un creux très franc de l'aiguille (attention, d'autres minima sont possibles, mais ils sont moins francs et se trouvent sur les fréquences d'anti-résonance de l'antenne, avec souvent des valeurs d'impédance plus élevées). Quand on a un creux de l'aiguille bien prononcé, la fréquence affichée est la

fréquence de résonance de l'antenne. En affinant la valeur de Pot4, on trouve l'impédance exacte de l'antenne (pour un dipôle bien dégagé, elle sera de l'ordre de 60 à 70 ohms). Il suffit alors, par retouches successives, de retailler l'antenne jusqu'à amener la fréquence de résonance sur la fréquence de travail (en général le milieu d'une bande amateur).

Pour le réglage d'une antenne avec une adaptation par gamma-match, il faut d'abord tailler le ou les brins d'antenne pour avoir la bonne fréquence de résonance, et ensuite régler le gamma-match (condensateur ou longueur physique du gamma) pour avoir une impédance égale au câble d'alimentation (en général 50 ohms).

Pour une antenne verticale au sol, l'impédance mesurée à son point d'alimentation est la somme de la résistance de rayonnement ($R_r = 36,6$ ohms pour une antenne quart d'onde non raccourcie) et des résistances de pertes (R_p). Les résistances de pertes sont la somme des résistances propres du brin rayonnant et des résistances de pertes dans le sol. Meilleure est la qualité du sol, plus faibles sont les pertes. Sur un mauvais sol, il est impératif de l'améliorer par de nombreux radiais posés à même le sol. Prenons un exemple et faisons quelques calculs très simples : une antenne de 10m de haut résonant en quart d'onde sur la bande des 40m. Avec notre analyseur, nous mesurons, à la fréquence de résonance, 70 ohms. Super, on pourra y raccorder un câble 75 ohms sans trop de désadaptation. Très bien, mais qu'en est-il du rendement réel de l'antenne ? Sachant que la résistance de rayonnement est d'environ 36 ohms, la somme des résistances de pertes est de $70 - 36 = 34$ ohms. Ce qui nous donne un rendement de $100 \times R_r / (R_r + R_p) = 51,4\%$. Nous voyons que la moitié de la puissance seulement est rayonnée, l'autre est perdue en chaleur, principalement dans le sol. Pour une antenne raccourcie, c'est pire : bien que le gain d'une antenne raccourcie ne soit pas beaucoup plus faible que celui d'une antenne non raccourcie, sa résistance de rayonnement diminue énormément. Exemple, la même antenne verticale de 10 mètres de haut avec une self additionnelle pour la bande 80m . Cette antenne a une résistance de rayonnement de 7 ohms. Nous mesurons environ 50 ohms au point d'alimentation. En reprenant notre calcul , le rendement sera de seulement 14%. Sur 100 watts émis, 14 watts seulement seront rayonnés ! Conclusion, il est donc impératif d'avoir le minimum de pertes, c'est-à-dire le meilleur plan de sol possible, pour les antennes raccourcies.

Le réglage d'une antenne Isotron est réalisé rapidement. Sur Internet se trouvent des systèmes de calcul en ligne pour déterminer les dimensions des plaques du condensateur rayonnant et les valeurs des selfs. Pour ma part, après pas mal d'essais, je préconise des plaques circulaires dont le diamètre est égal à 0,01 fois la longueur d'onde et dont l'espacement est égal à leur diamètre (voir sur mon site). On branche l'analyseur au point d'alimentation et on cherche la fréquence de résonance, avec Pot4 sur 50 ohms et CV* sur 0. En fonction de la fréquence de résonance, on rallonge ou on raccourcie la self. On peut affiner en jouant très légèrement sur l'écartement des plaques. Il faut impérativement que la fréquence de résonance soit égale à la fréquence de travail (composantes réactives nulles), condition essentielle pour que l'antenne rayonne le maximum de HF et pour que la bande passante soit large (un seul réglage suffit par bande) !

Malgré mon peu d'expérience dans le domaine des antennes EH à réseaux de déphasage, je pense qu'il faut agir sur les réglages combinés des selfs et des condensateurs, pour avoir une impédance de 50 ohms sans composantes réactives.

A présent vous êtes armés pour faire des mesures et des réglages sur tous les autres types d'antennes, en passant par les quads, les yagis, et j'en passe...

Une petite formule qui peut être intéressante pour éviter les tâtonnements lors des réglages d'antennes :

$$L = 7,125 \times 1000000 \times (Fr - Ft) / Fr \times Ft$$

Fr (fréquence de résonance) et Ft (fréquence de travail) en KHz.

L en cm par quart d'onde à couper ou à rajouter (pour exemple, sur une quad le résultat est à multiplier par 4, puisque le périmètre est égal à une longueur d'onde).

Une mise en garde s'impose pour ceux qui habitent à proximité immédiate d'un puissant émetteur Petites Ondes. La tension HF induite par cet émetteur dans l'antenne peut être très importante, et fausser les mesures. Et inversement, la puissance générée par l'analyseur (10 à 25 mW) peut perturber le spectre radioélectrique, tenez-en compte.

Applications diverses :

L'analyseur d'antennes peut servir à d'autres fins. Une fois les antennes réglées, ne remisez pas trop vite cet appareil. Si vous avez une boîte de couplage entre votre émetteur et le câble d'alimentation, pourquoi utiliser votre émetteur habituel et polluer les ondes lors de vos réglages, alors que l'analyseur peut le faire sans « tune » intempestifs. Il suffit de remplacer, le temps du réglage de la boîte, votre émetteur par l'analyseur. Le régler sur

la fréquence de travail, placer Pot4 sur 50 ohms (en général l'impédance de sortie des émetteurs-récepteurs) et CV* sur « 0 » (pas de composantes réactives). Ajuster le gain au niveau nécessaire et régler votre boîte de couplage au minimum de l'aiguille du galvanomètre. Votre boîte est réglée et vous pouvez sans crainte remettre votre station en service.

On peut également déterminer la valeur d'une self ou d'un condensateur, faire des mesures de longueurs de câbles, de coefficients de vélocité, mesurer des rapports de transformations, régler des filtres HF, et bien d'autres applications. Mais cela fera l'objet d'un nouvel article.

LISTE DES COMPOSANTS :

R3 : 1 K (brun noir rouge)
R1 : 3,3 K (orange orange rouge)
R2 : 22 K (rouge rouge orange)
P1 : ajustable à plat 4,7 K
C1, C2, C5, C6 : 100 nF multicouches
C3, C4 : 220 nF multicouches
IC1 : LTC1799
IC2 : 78L06
D1 : Led faible courant
D2, D3 : AA118 ou AA119
Pot1 : potentiomètre linéaire 250 ohms
Pot2 : potentiomètre linéaire 500 ohms
Pot3 : potentiomètre bobiné 50 K multitours
Pot4 : potentiomètre linéaire 250
T1 : 8 spires tri filaires torsadées fil émaillé 0,3mm sur tore FT37-43
1 galvanomètre 200 μ A
1 embase femelle BNC
1 clip porte pile 9 volts
1 fréquencemètre FP50

Non fournit :

CV* : voir texte
C* : voir texte

Notre site internet : www.artra-grp.com
Pour nous contacter : artra68@aol.com