

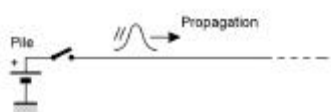


Réalisez un Mini-Radar pour tester vos câbles

Le but de cette réalisation est de pouvoir déterminer l'**impédance caractéristique** et la **vélocité** de n'importe quel câble de récupération ou dont la référence a été effacée.

Rappels de physique

Une impulsion électrique se propage dans un câble électrique à une vitesse comprise entre 200 mètres par microseconde (Isolant PVC) à 300 mètres par microseconde (Air libre).



Si le câble est ouvert à son extrémité (absence de charge), un écho revient vers la source, avec la même polarité et la même vitesse.



Si le câble est fermé à son extrémité (court-circuit), l'impulsion change brusquement de polarité avant de revenir vers la source.



Si le câble est chargé par une résistance, une partie de l'impulsion y est absorbée et l'écho est atténué (mais toujours positif pour une forte résistance, et négatif pour une faible résistance).

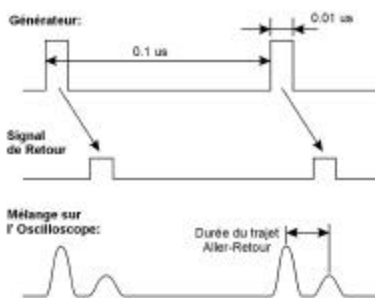


On commence à s'en douter, l'écho va disparaître pour un certain réglage de

la résistance, où l'impulsion sera complètement transformée en chaleur. La valeur trouvée sera celle de l'« Impédance caractéristique (Z_c) » du câble, par exemple : 50 Ohms, 75 Ohms, 300 Ohms ou toute autre valeur intermédiaire...

Principe du Mini-Radar

Il consiste à envoyer une impulsion électrique à l'entrée d'un câble, d'attendre le retour de l'écho, et de mesurer le temps séparant les 2 événements à l'aide d'un oscilloscope. Un câble inconnu, coupé à 3 mètres verra son écho apparaître au bout d'environ 30ns, correspondant à un trajet Aller-Retour de 6 mètres. Pour une lecture confortable, choisir un oscilloscope dont la base de temps va jusqu'à 0.1 us par division, avec loupe X10. Il reste alors à connecter une résistance variable à l'extrémité du câble pour découvrir quelle est son impédance caractéristique...



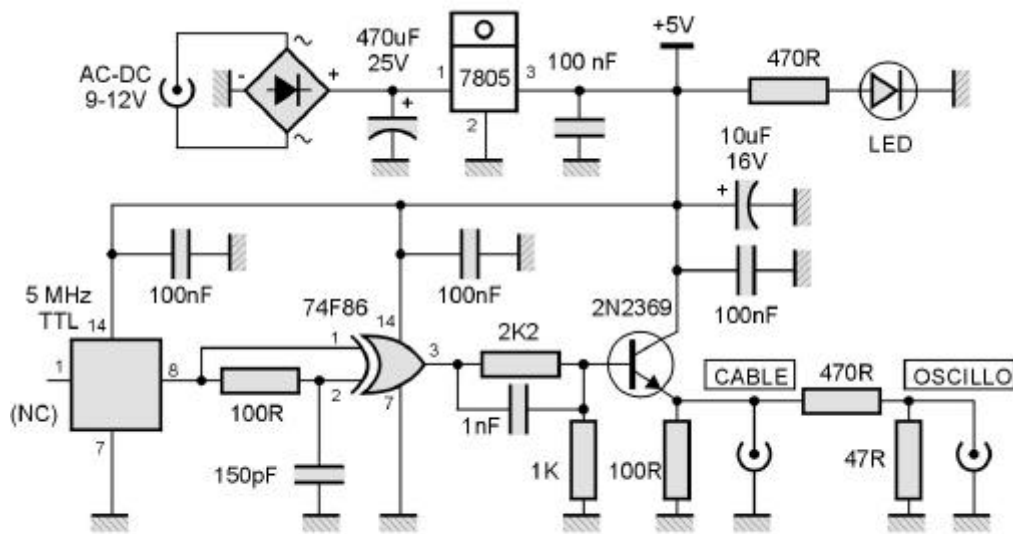
Intérêt de l'appareil

On l'aura compris, ce petit appareil va nous permettre de démystifier une fois pour toutes la notion d'impédance caractéristique, et de mesurer toutes sortes de câbles à 2 conducteurs présents dans l'atelier de l'OM ou du SWL. (Coaxial ou bifilaire HF, paires torsadées téléphoniques ou Ethernet, lignes de fabrication OM, et même un banal câble électrique d'éclairage...).

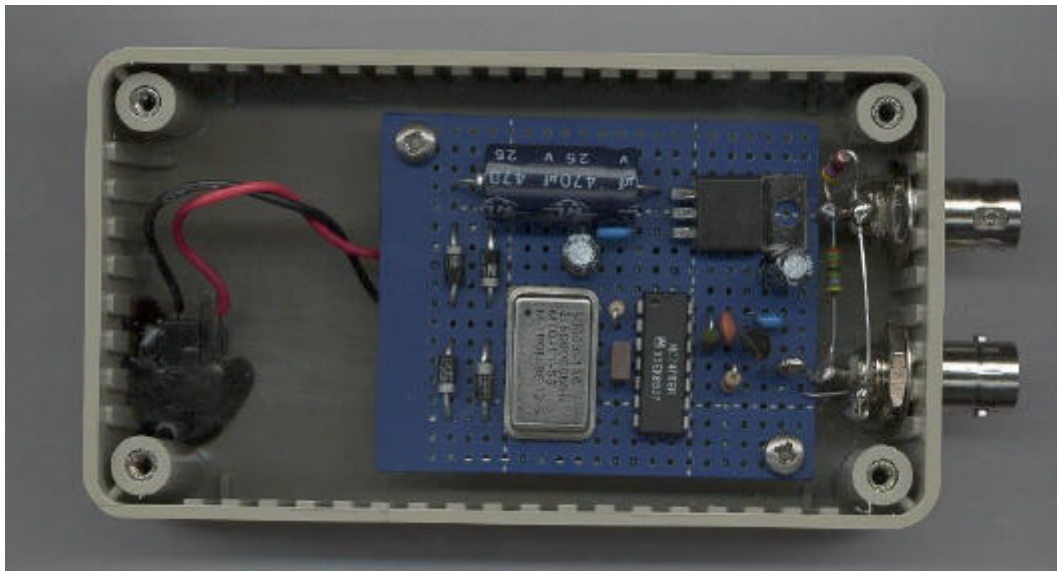


Génération des impulsions

Afin de couvrir une grande majorité d'oscilloscopes, le générateur fournira une impulsion de 10 ns toutes les 100 ns. Le schéma électrique est des plus simples, puisqu'il ne comporte que 3 étages : Un oscillateur TTL de 5 MHz pour obtenir un front toutes les 0.1 us, une porte « Ou Exclusif » pour former des impulsions de 0.01 us, et un transistor rapide pour fournir un signal à basse impédance.



Mini-Radar Réflectomètre / F6ICS / Oct 2003

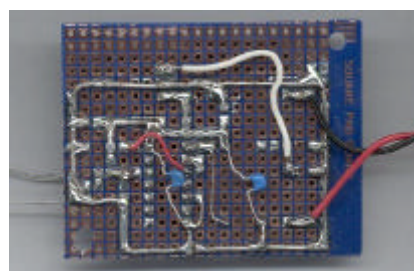


Câblage du générateur

Il sera avantagement réalisé sur une plaquette d'essais simple face de 6 x 5 cm, en procédant ainsi :

- 1- Découper la plaque et percer les trous de fixation de 3.5 mm.
- 2- Souder un fil de cuivre étamé de diamètre = 1 mm sur les pastilles extérieures, de façon à former ceinture de masse qui encerclera tous les composants, et servira de référence locale pour chaque découplage HF.
- 3- Placer les plus gros composants sur la plaque d'essais en suivant une disposition logique inspirée du schéma électrique: Régulateur 5 V, Oscillateur (DIP14), Porte Logique (DIP14), et transistor rapide près de la ceinture de masse.

- 4- Après confirmation du placement, souder définitivement les circuits puis souder les résistances, condensateurs et fils de liaison au plus court (câblage volant si nécessaire). L'important est que les connexions à la ceinture de masse ne dépassent pas 5 mm. Au bout d'une à deux heures de câblage, on arrive au résultat suivant:



Mise en route

- 1- Alimenter l'appareil avec un petit bloc adaptateur secteur de récupération, fournissant au moins 9 Volts sous 500 mA, continu ou alternatif, + ou - au centre de la prise Jack, peu importe...



2- Connecter un câble coaxial de 50 Ohms (longueur quelconque) entre la sortie « Oscillo » et une entrée de l'oscilloscope référencée 1 MOhm / 20 pF, puis vérifier la présence d'impulsions d'environ 300 mV se répétant toutes les 0.1 us.



3- Connecter un câble de 3 mètres non chargé sur la sortie « Câble », et vérifier la présence d'un écho positif après chaque impulsion.



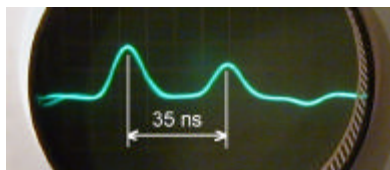
4- Court-circuiter le câble à son extrémité, et vérifier la présence d'un écho négatif après chaque impulsion.



Mesure de la vitesse

La mesure de la vitesse de déplacement de l'onde électrique dans un câble est très utile pour réaliser des lignes « 1/4 d'onde » ou « 1/2 onde » nécessaires au couplage et à l'adaptation des antennes ou encore pour réaliser des lignes à retard. D'une manière générale et pour une fréquence donnée, une section 1/4 d'onde réalisée avec un câble est toujours plus courte qu'une antenne 1/4 d'onde plongée dans l'air, la vitesse étant plus lente dans le plastique. Il existe plusieurs méthodes pour déterminer ce ralentissement (ou facteur de vélocité), dont celle extrêmement simple employant un Grid-Dip. Le Mini-Radar permet, en mesurant le retard de l'écho, de connaître le temps de propagation réel dans le câble. Voici un exemple de mesure, pour un câble de 3,40 mètres ouvert à son extrémité, en utilisant la

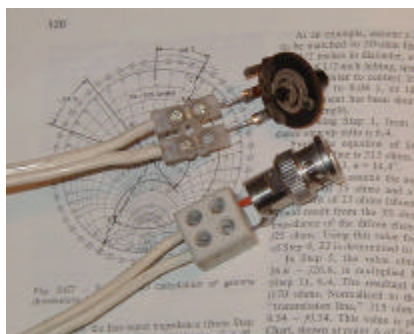
fonction « Loupe x 10 » de l'oscilloscope :



Le temps d'un trajet Aller-Retour est de 35 ns, alors qu'il serait dans l'air de 22.8 ns (6m80 à la vitesse de 300 m/us). Le facteur de vélocité de ce câble (Rapport entre la vitesse dans l'air et la vitesse dans l'isolant) est donc de $22.8 \text{ ns} / 35 \text{ ns} = 0.65$ valeur tout à fait courante.

Mesure de l'Impédance caractéristique

Comme expliqué plus haut, il suffit de connecter une résistance variable à l'extrémité du câble, de l'ajuster pour une annulation de l'écho, puis de mesurer sa valeur à l'ohmmètre (après avoir débranché le câble de l'appareil). Pour un échange rapide des câbles à mesurer, une solution pratique consiste à adapter le connecteur et la résistance avec un domino d'électricien, permettant de brancher indifféremment un coaxial ou un bifilaire.



Pour conclure

L'auteur espère avoir donné envie aux expérimentateurs que nous sommes d'aller plus loin dans la fabrication de nouvelles antennes et des lignes de transmission associées, sans investir dans de coûteux câbles de transmission, puisque tout se trouve à portée de main. Voilà une bonne occasion de chercher à contacter un OM ou un Radio-club de notre région (liste d'adresses sur le site du REF) pour qu'il partage ses connaissances ... et son oscilloscope !

73 à tous, et bonne réalisation.
Joseph Lemoine / F6ICS

Secteur 2 x 2.5 mm2	80 Ω
Cordon Abat-Jour 2 x 1 mm2	160 Ω
Secteur 2 x 0.75 mm2	120 Ω
Paire Réseau Informatique	100 Ω
Câble coaxial TV	75 Ω