

VE2ZAZ.net
SITE WEB RADIOAMATEUR DE BERTRAND ZAUHAR

Je supporte / I support RAQI AMSAT

Attenuateur de Puissance de 30dB / Charge fictive pour DC-500MHz

30dB Power Attenuator / Dummy Load for DC-500MHz

Par/By: Bertrand Zauhar, VE2ZAZ



Voici un atténuateur de puissance "maison" de 30dB (puissance à l'entrée divisée par 1000). Cet atténuateur peut accepter jusqu'à 40W en intermittance (SSB, CW) ou 30W en continu (AM, FM, FSK). Il couvre le spectre de 0 à 500MHz avec un ROS de 1.5:1 ou mieux. L'atténuateur peut aussi servir de charge fictive de 50 Ohms; pour cette application, la partie du circuit d'atténuation peut donc être omise où laissée non connectée.

L'intérêt de cet atténuateur est qu'il couvre les spectres HF, THF et une partie du spectre UHF (jusqu'à 500MHz) et ce, même s'il est construit avec des résistances de 2W axiales régulières et peu coûteuses.

DESCRIPTION DU CIRCUIT ÉLECTRIQUE
L'atténuateur est en fait de type "pi" de 50-820-50 Ohms. La partie résistive dissipant l'essentiel de la puissance est faite de 20 résistances de 1k Ohms de 2W connectées en parallèle. Le tout donne une résistance très près de 50 Ohms puisque les tolérances des différentes résistances tendent à s'annuler. Les résistances devraient préférablement être de type à composition métallique (métal-oxyde ou métal-film). Elles ont typiquement une couleur bleue. Des résistances classiques en composition carbone peuvent être utilisées, mais elles sont plus grosses et plus longues, ce qui forcera à agrandir les PCBs. Cela aura comme conséquence de dégrader légèrement les performances. En tous cas, assurez-vous de ne pas utiliser de résistances de puissance faites d'enroulement de fil.

Les résistances de 820 Ohms et de 51 Ohms, quant à elles, sont de type à "montage en surface" de grosseur 1206 de 125mW. L'utilisation de ce type de résistance est

Here is a "homemade" 30dB power attenuator (input power divided by 1000). This attenuator can take up to 40W intermittently (SSB, CW) or 30W continuous (AM, FM, FSK). It covers the 0 to 500MHz spectrum with a SWR of 1.5:1 or better. The attenuator can also serve as a 50 Ohm dummy load; in this application, the atténuation portion of the circuit can be omitted or left unconnected.

The interest in this attenuator is that it covers the HF and VHF spectrums and part of the UHF (up to 500MHz), despite the fact that the unit is built with affordable regular 2W axial resistors.

ELECTRICAL CIRCUIT DESCRIPTION
The attenuator is actually of the "pi" type in a 50-820-50 Ohm configuration. The resistive portion dissipating most of the power is made of 20 1k Ohm, 2W resistors connected in parallel. The combination gives a resistance very close to 50 Ohms since the individual resistor tolerances tend to cancel out. The resistors chosen should preferably be of metallic composition type (metal-oxyde or metal-film). Typically, they have a blue-colored body. Classic carbon composition resistors can also be used, but they are larger and longer; this will force to use larger PCBs. The consequence will be a slightly degraded performance. In any case, make sure you do not use wirewound resistors.

For their part, the 820 Ohm and 51 Ohm resistors, are of "surface mounted" type, 1206 size and 125mW rating. Using this type of resistor is mandatory to achieve a uniform performance as a function of frequency.

The assembly is completed with a Female BNC

essentiel pour obtenir une performance constante en fonction de la fréquence.

Le tout est terminé d'un connecteur BNC femelle à une extrémité et d'un connecteur SMA femelle à l'autre. Le BNC sert d'entrée RF de puissance et le SMA de sortie atténuée. Un condensateur variable vers la masse de 2 à 12 pF et une inductance de 7nH en série servent à compenser l'entrée pour les réactances parasites qui détériorent le ROS à hautes fréquences. Le schéma électrique suivant résume le tout.

on the left-hand side and a Female SMA on the opposite side. The BNC is used as the input power port and the SMA acts as the attenuated output port. A 2-12pF variable capacitor connected to ground and a 7nH series inductor are used to compensate the input for parasitic reactances that deteriorate the SWR at higher frequencies. The electrical schematic below illustrates this.

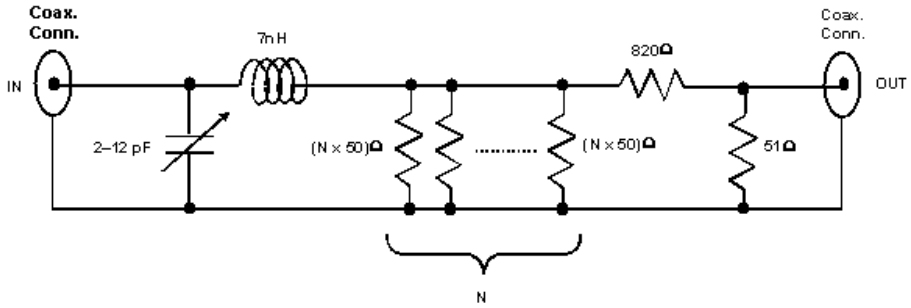


Schéma du Circuit / Circuit Schematics

ASSEMBLAGE

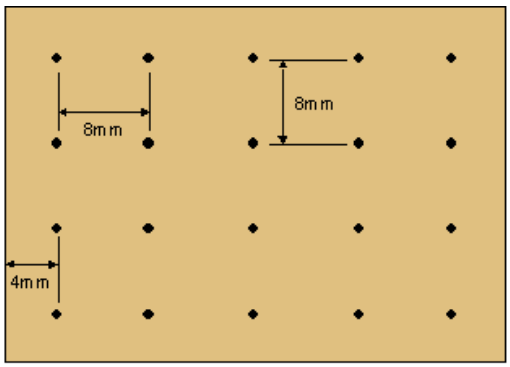
Le défi consistait donc à trouver un assemblage mécanique qui minimiserait les réactances non désirées. Il fallait aussi trouver un moyen de compenser pour les réactances (surtout inductives) causées par les caractéristiques physique des résistances axiales.

L'atténuateur est fait de N=20 résistances de 1k Ohms montées en "sandwich" entre deux plaquettes PCB cuivrées sur un côté. La face cuivrée des plaquettes est orientée vers l'extérieur pour pouvoir souder les résistances. La plaquette PCB inférieure sert de masse. La plaquette supérieure sert de point commun des résistances de la terminaison de puissance 50 Ohms. Les plaquettes sont trouées tel qu'illustré dans la figure ci-bas. Une mèche correspondant au diamètre des broches des résistances est utilisée pour percer les trous.

ASSEMBLY

The challenge consisted in finding a mechanical assembly that would minimize undesirable reactances. It was also necessary to find a way to compensate for reactances (mostly inductive) caused by the physical characteristics of axial resistors.

The attenuator is made of N=20 1k Ohm resistors mounted in a sandwich configuration between two single-sided copper PCBs. The copper faces of the PCB are oriented outside to allow for the resistors to be soldered. The bottom PCB acts as the ground. The top PCB serves as a common point for the resistors used in the 50 Ohm power termination. Both PCBs are drilled as illustrated on the drawing below. A drill bit corresponding to the resistor lead size is used to drill the holes.

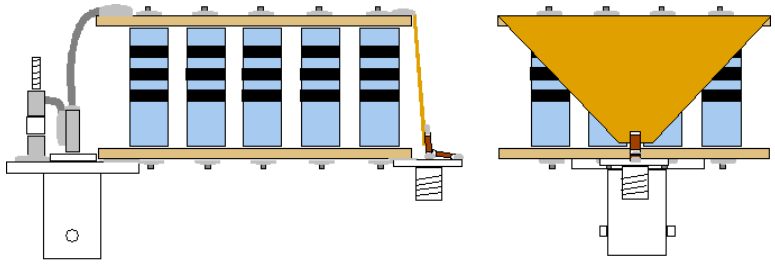


PCB À UNE FACE CUIVRÉE / ONE-SIDED-COPPER PCB

Les connecteurs coaxiaux (BNC et SMA) ont leur boîtier soudé à la plaquette PCB de la masse. Le condensateur variable est soudé directement entre la broche du connecteur BNC et son boîtier. L'inductance en série est faite d'un bout de fil solide de calibre AWG 20 reliant la broche centrale du connecteur BNC et la surface de la plaquette PCB opposée. La figure suivante montre l'assemblage mécanique.

Both coaxial connectors (BNC and SMA) have their body soldered to the ground PCB. The variable capacitor is soldered directly between the BNC connector's center pin and its body. The series inductor is made of a piece of AWG 20 gauge wire linking the BNC's center pin and the opposite PCB surface. The following figure shows the mechanical assembly.

Cliquer sur le dessin suivant pour le visualiser /
Click on the following drawing to visualize it



Une feuille de cuivre mince est découpée en forme de triangle inversé et soudée à l'extrémité droite du PCB. L'utilisation d'une surface conductrice large comme ce triangle minimise l'inductance série de cette connexion.

A thin copper foil is cut to an inverted triangular shape and soldered to the PCB's right-handside extremity. Using a wide conducting surface like this triangle minimizes the series inductance in this connection.

A l'extrémité étroite de ce triangle est soudée la résistance de 820 Ohms. L'autre extrémité de la résistance est soudée à la broche centrale du connecteur SMA. La résistance de 51 Ohms est soudée entre cette même broche centrale et le boîtier du connecteur SMA.

The 820 Ohm resistor is soldered at the narrow end of the triangle. The other resistor extremity is soldered to the SMA's center pin. The 51 Ohm resistor is soldered between this center pin and the SMA connector body.

Il est fortement suggéré de reproduire le plus fidèlement possible les dimensions physiques et aussi d'utiliser des résistances de puissance similaires. Ceci vous permettra d'obtenir un rendement similaire à celui montré ici.

It is highly suggested to reproduce as accurately as possible the physical dimensions and also to used similar power resistors. This will allow you to achieve a performace comparable the the one shown here.





RENDEMENT
Les deux graphiques qui suivent illustrent les deux caractéristiques les plus importantes de l'atténuateur, soit le ROS d'entrée et l'atténuation.

Le premier graphique montre le ROS d'entrée en fonction de la fréquence pour un atténuateur sans compensation LC (rouge) et pour un atténuateur avec compensation LC (vert). Le tout a été mesuré sur un analyseur de réseau HP8753E.

Visiblement, le circuit LC interagit avec l'impédance du réseau de résistances à partir de 300MHz environ et permet de ramener le SWR à un bon niveau. Si pour l'usager un ROS de 2.0:1 à 450MHz est satisfaisant, celui-ci peut construire l'atténuateur sans compensation LC, substituant une feuille de cuivre en forme de triangle inversé au circuit LC, tel qu'utilisé sur le circuit de sortie de l'atténuateur. L'addition du circuit LC permet cependant de compenser pour les variations mécaniques et electriques inhérentes à la construction.

Le circuit LC réagit de la sorte: La longueur de l'inductance série est ajustée pour positionner le creux de ROS aux environs de 450 MHz; le condensateur variable permet d'ajuster la profondeur du creux. Notez qu'il est possible d'ajuster le circuit pour obtenir un creux beaucoup plus profond que celui illustré ici. Ceci se fera cependant au détriment du ROS entre 200 et 300MHz.

Le deuxième graphique, quant à lui, montre que l'atténuation obtenue est de 30dB +/- 1dB entre 0 et 600MHz. Notez que l'atténuation est peu affectée par des variations de ROS d'entrée. Ceci est valable même sans circuit LC de compensation.

PERFORMANCE
The two following diagrams illustrate the two most important characteristics of this attenuator, namely SWR and attenuation.

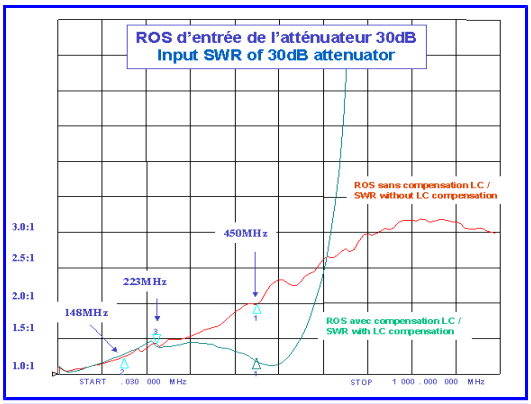
The first diagram shows the input SWR as a function of frequency for an attenuator without LC compensation (red) and with LC compensation (green). The measurements were made using a HP8753E network analyser.

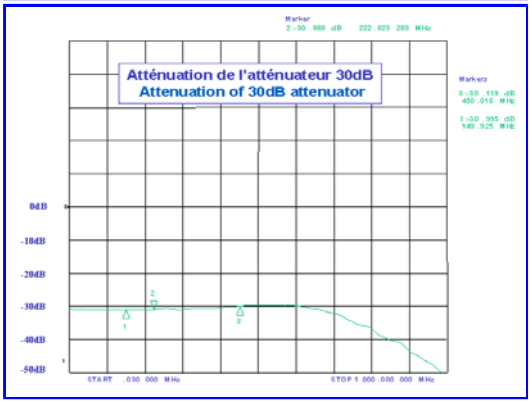
Clearly, the LC circuit interacts with the resistors' impedance starting at around 300MHz and allows to bring the SWR back at a fair level. If a 2.0:1 SWR is satisfactory to the user, he/she can build the attenuator without LC compensation; simply substitute a copper foil cut in a triangular shape, as it is done on the attenuator's output side. The LC circuit addition allows though to compensate for the mechanical and electrical tolerances inherent to construction.

The LC circuit reacts as follows: The series inductor's length is adjusted to move the SWR notch at around 450MHz; the variable capacitor allows to adjust the notch depth. Note that it is possible to adjust the circuit to obtain a much deeper notch than the one shown here. This will be achieved at the cost of a worse SWR from 200 to 300MHz.

The second diagram shows that the attenuation obtained is 30dB +/- 1dB between 0 and 600MHz. Note that attenuation is not significantly affected by variations in SWR. This is true even when LC compensation is not used.

Cliquer sur les graphiques suivants pour les visualiser /
Click on the following plots to visualize them





Les deux graphiques suivants montrent le ROS de sortie et l'impédance d'entrée en fonction de la fréquence.

Le graphique du ROS de sortie montre que l'utilisation de résistaces de type à "montage en surface" permet d'obtenir une impédance de sortie stable jusqu'au dela de 1GHz. La sortie SMA peut donc être aussi utilisée comme terminaison RF de 50 Ohms jusque dans la spectre micro-ondes.

Le dernier graphique montre l'impédance d'entrée en fonction de la fréquence pour un atténuateur sans compensation LC (rouge) et pour un atténuateur avec compensation LC (vert). Le tout a également été mesuré sur un analyseur de réseau HP8753E. Nous pouvons tirer les conclusions suivantes du graphiques:

- L'impédance apparente est légèrement capacitive en dessous de 400MHz, mais devient largement inductive au dessus de cette fréquence (courbe rouge).
- C'est cette réactance inductive qu'il faut compenser à l'aide du circuit LC. Le résultat donne la courbe verte.
- Le prix à payer pour cette compensation LC est une détérioration marquée de l'impédance au dessus de 500MHz (courbe verte).

L'optimisation du circuit LC a été conçue en faisant les étapes suivantes:

The two following diagrams show the output SWR and the input impedance as a function of frequency.

The output SWR diagram confirms that using "surface mount" type resistors provides a stable output impedance up to 1GHz and beyond. Thus, the SMA output can be used as a 50 Ohm RF termination up to the bottom end of the microwave spectrum.

The last diagram displays the input impedance as a function of frequency for an attenuator without LC compensation (red) and with LC compensation (green). These measurement were alaso made using a HP8753E network analyser. From this diagram, we can draw the following conclusions:

- The apparent impedance is lightly capacitive below 400MHz, but becomes heavily inductive above this frequency.
- It is this inductive reactance that is compensated by the LC circuit. The resulting response is shown as the green curve.
- The price to pay for this LC compensation is a drastic deterioration of the impedance above 500MHz (green curve)

The LC optimisation circuit was found by performing the following steps:

Parlons Techno
Tech Talk


QST's "At Last!" TR Sequencer


QEX's GPS-Derived Frequency Standard


WorkedGrids Ham Grid Square Mapping Software


My Arrow-Style Satellit Antenna


12GHz Prescaler for HP 5328A Counter


Amsat's Satellite L-Band Tx Converter with UHF Input


Atténuateur UHF 40W et Charge Fictive UHF 40W Attenuator and Dummy Load


Basic RF Voltmeter for 1MHz - 1GHz


Antennes AO-40
My AO-40 Antennas


Parabolique 2.4GHz
2.4GHz Offset Dish


Hélicoïdale 435MHz
435MHz Helix


Hélicoïdale 2.4GHz
2.4GHz Helix


Source RF 2.4GHz
2.4GHz RF Source



Ma Balise APRS
My APRS Tracker



Émetteur SuperQRP
SuperQRP Xmitter


RF Sensing Alarm


Resistor Finder for Win98/NT/XP


Essai Anti-Virus
Anti-Virus Test



Tables Électroniques
Electronics Tables


Les Trucs de ZAZ


Présentation sur Satellites Amateurs

Qui est VE2ZAZ?
Who is VE2ZAZ?


Je Me Présente...
I Present Myself...


Ma Carte QSL
My QSL Card

1. Mesure et obtention des paramètres S11 de l'atténuateur à l'aide de l'analyseur de réseau.
2. Introduction des paramètres S11 recréant l'atténuateur dans le logiciel de simulation Ansoft SerenadeSV (disponible gratuitement à **http://www.ansoft.com/**).
3. Addition d'un circuit LC dans SerenadeSV et optimisation de L et C par le logiciel pour un ROS de 1.5:1 ou mieux.
4. Implémentation réelle sur l'atténuateur des valeurs de L et C obtenues par logiciel.

1. Measurement and capture of the attenuator's S11 parameters using the network analyser,
2. Input of the S11 parameters (from above) modeling the attenuator into the Ansoft Serenade SV simulation software (available free of charge at **http://www.ansoft.com/**).
3. LC circuit addition into SerenadeSV and L / C optimization by software for a 1.5:1 or better SWR.
4. Physical implementation using L and C values provided by software.

Cliquer sur les graphiques suivants pour les visualiser /
Click on the following plots to visualize them

