

Un milliwattmètre 1 MHz à 8 GHz, 0 à -50 dBm

Angel Vilaseca HB9SLA (avilaseca@bluewin.ch)

Le milliwattmètre décrit peut mesurer, pour des fréquences allant de 1 MHz à 8 GHz, des puissances HF comprises entre 1 milliwatt (0 dBm) et un milliardième de watt (-60 dBm).

La mesure de faibles puissances HF-VHF-UHF-SHF

Cette grande sensibilité lui permet de mesurer avec précision, de très faibles puissances. Il peut être utilisé, relié à une antenne, comme mesureur de champ, par exemple.

Chez moi, connecté à rien, il affiche -60 dBm (1 nanowatt). Si je le connecte à mon antenne long fil, il affiche -24 dBm (4 microwatts). Si je le connecte à mon antenne Diamond tribande, qui se trouve sur le toit, il affiche -19 dBm (12 microwatts). En utilisant une antenne taillée pour les fréquences de la wifi, en me rapprochant de mon routeur, je peux mettre en évidence l'activité de ce dernier.

En examinant à l'analyseur de spectre les signaux captés par les antennes extérieures, chez moi, les émetteurs de loin les plus puissants, se trouvent dans les VHF. Il s'agit des stations de radiodiffusion FM, de 87 à 107 MHz et les émetteurs DAB, vers 210-220 MHz. C'est vraisemblablement pour cela que le signal capté par l'antenne Diamond (VHF-UHF) est le plus puissant.

En se déplaçant avec une petite antenne tenue à la main, il est aussi possible d'observer le régime d'ondes stationnaires qui se crée à l'intérieur d'une pièce. Les maxima ou les minima mesurés par le milliwattmètre sont, comme on pouvait s'y attendre, espacés à des distances compatibles avec la longueur d'onde de ces signaux puissants.

La mesure de fortes puissances HF-VHF-UHF-SHF

Le milliwattmètre permet aussi de mesurer de fortes puissances. Il faut pour cela, utiliser un coupleur directionnel - qui va prélever une

quantité précise du signal à mesurer - et/ou des atténuateurs.

Des coupleurs directionnels 800 - 2500 MHz 200 W, de qualité satisfaisante, sont disponibles sur internet pour une douzaine de francs. On pourrait imaginer, par exemple, un coupleur directionnel laissé à demeure dans la connexion par câble coaxial d'un émetteur à son antenne. Il prélève disons 1 pour mille de la puissance d'émission (coupleur -30 dB). On a ainsi 100 milliwatts (+20 dBm) pour 100 W (+50 dBm) de puissance d'émission. Un atténuateur -30 dB amène cette puissance à 0,1 mW (-10 dBm), qui peut ainsi être mesurée par le milliwattmètre. En inversant le sens de branchement du coupleur directionnel, on peut aussi mesurer le signal réfléchi par l'antenne, en cas de mauvaise adaptation d'impédance.

La mesure des puissances RF par le radioamateur

Le principe du coupleur directionnel est proche de celui du célèbre Wattmètre Bird. Il existe des bouchons Bird 800 - 1000 MHz, mais contrairement au milliwattmètre, ils sont conçus pour une gamme de puissances plutôt restreinte. Il est possible de calibrer ce milliwattmètre de manière à pouvoir faire des mesures absolues de la puissance, directement en dBm. On peut ainsi s'approcher des performances de matériels professionnels, comme par exemple le Hewlett-Packard HP 432A.



Fig. 1: Le milliwattmètre HP432A

Le milliwattmètre HP 432A (*figure 1*) est un grand classique de l'équipement du radioamateur. Il permet de mesurer des puissances comprises entre +10 dBm et -30 dBm, de 10 MHz à 18 GHz et même davantage, avec une bonne précision.

Les premiers appareils de ce type ont été produits par Hewlett-Packard dans les années 70. En examinant les circuits de cet appareil, on peut voir qu'ils comportent uniquement des composants discrets. On voit, en examinant le schéma de principe, qu'il est pourtant basé sur une circuiterie de type ampli opérationnel, mais l'appareil ne contient pas un seul circuit intégré! Les premiers amplis opérationnels, qui sont devenus rapidement de grands classiques, comme le 741, ne sont apparus qu'après la sortie du HP 432A.

On peut donc se poser aujourd'hui, un demi-siècle plus tard, la question suivante: Avec les composants disponibles aujourd'hui, serait-il possible de faire mieux et moins cher? La réponse que je peux apporter à cette question est: Oui...mais.

On trouve par exemple le circuit intégré AD 8318, que la datasheet présente comme un détecteur logarithmique de 1 MHz à 8 GHz, avec une dynamique de 70 dB. Son principe est simple: on applique le signal HF à mesurer à l'entrée de l'IC et ce dernier produit une tension continue inversément proportionnelle à la puissance HF, qu'il ne reste plus qu'à afficher. Le graphique de la *figure 2* résume bien les possibilités de l'AD8318.

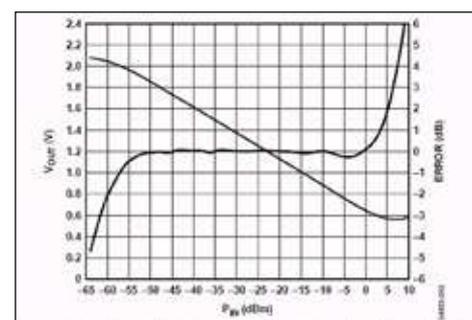


Fig. 2: Résumé des caractéristiques de l'AD 8318

On voit qu'il peut fonctionner de +10 à -65 dBm. Cependant, on voit aussi que sa tension de sortie n'est une fonction logarithmique de la puissance HF à mesurer qu'entre 0 et -50 dBm. On peut trouver sur Internet, des milliwattmètres à AD8318 tout faits. Ces instruments comportent deux petits circuits imprimés: Un avec l'AD8318 et l'autre avec un petit afficheur, le tout pour environ 30 francs (**figure 3**).

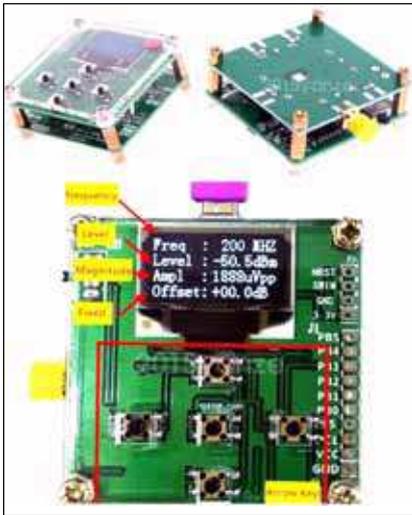


Fig. 3: Milliwattmètre disponible sur Internet

J'ai acheté un de ces petit appareils, mais je dois avouer qu'il m'a déçu. Avant de mesurer, il faut lui dire à quelle fréquence on travaille, autrement le résultat qu'il affiche est vraiment erroné. La figure 4 montre la réponse pour des puissances RF de 0 à -70 dBm, sur une gamme de fréquences allant de 1 à 3'000 MHz.

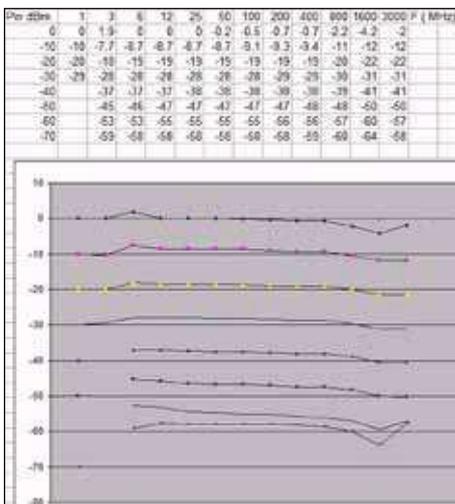


Fig. 4: Résultats des mesures milliwatt-mètre «Internet»

On voit que le résultat est acceptable pour les puissances allant de 0 à -30 dBm, mais à partir de -40 dBm, plus on diminue la puissance à mesurer, plus l'erreur augmente, dans le sens d'une puissance affichée trop élevée. Avec -60 dBm à l'entrée, l'appareil affiche -55 dBm. 5 dB d'erreur. Un peu moins bon que ce qui était dit dans la datasheet. Une autre critique que l'on peut faire à ce petit appareil est qu'il affiche les résultats à 0,1 dB près. Or on voit bien en lisant intégralement la datasheet, c'est que la précision de l'affichage serait plutôt à + ou - 1 dB, suivant la fréquence, la température et même suivant l'exemplaire de l'IC.

Un successeur au vénérable HP432A?

Ce que j'aime bien avec le vénérable HP 432A, c'est son affichage avec galvanomètre. Lorsque l'on fait une mesure pour régler un appareil, je trouve plus agréable de regarder une aiguille bouger sur un cadran, que de regarder un affichage numérique. Surtout si, comme dans le cas présent, la précision dudit affichage numérique n'est qu'une illusion. On trouve aussi sur internet, des AD 8318 montés sur circuit imprimé et prêts à l'emploi pour une dizaine de francs (**figure 5**).

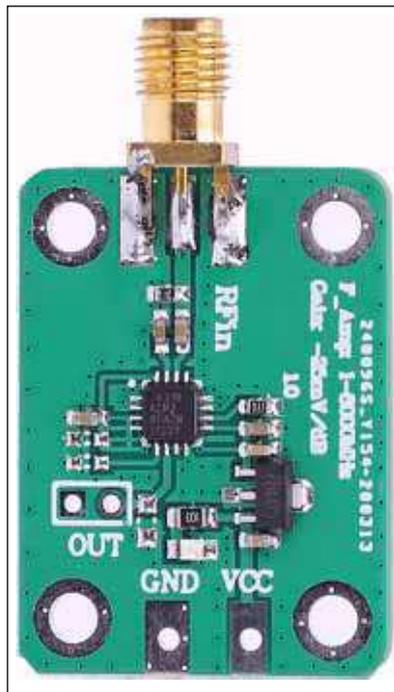


Fig. 5: Le circuit imprimé à AD 8318 «nu»

Ce petit circuit imprimé comporte

déjà la prise SMA, toute la circuiterie en composants SMD, un régulateur 5 V, permettant d'alimenter la platine sous 12 V et une LED témoin. Le point marqué OUT fournit la tension de sortie de l'AD 8318. J'ai fait les mesures de la tension de sortie en fonction de la puissance HF appliquée à l'IC. Les résultats sont visibles sur la **figure 6**.

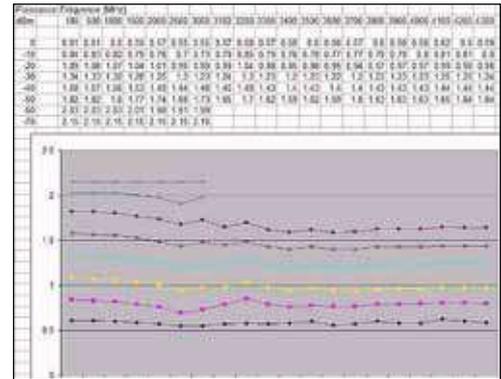


Fig. 6: Le comportement en fréquence et en puissance de l'AD 8318 «nu»

Par rapport à la **figure 4**, on notera que les courbes sont plutôt tassées vers le haut. C'est parce que, comme déjà, mentionné, l'AD 8318 fournit une tension de sortie inversement proportionnelle à la puissance HF à mesurer. Les courbes du haut correspondent donc aux puissances les plus faibles.

On constate que malgré l'absence de correction en fréquence, l'AD 8318 ne se comporte pas plus mal que la version avec affichage, présentée ci-dessus. J'ai donc réalisé une interface toute simple avec un galvanomètre, selon le schéma de la **figure 7**:

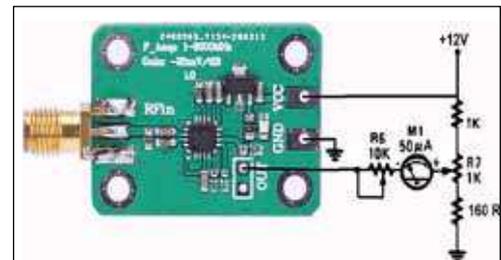


Fig. 7: Interfaçage de la platine à AD 8318 avec un galvanomètre

Le potentiomètre de 1 K sert à régler la déviation minimale du galvanomètre. On envoie -60 dBm à l'AD 8318 et on règle ce potentiomètre pour que le galvanomètre indique -60.

Le potentiomètre de 10 K sert à régler la déviation maximale du galvanomètre. On envoie 0 dBm à l'AD 8318 et on règle ce potentiomètre pour que le galvanomètre indique 0 dBm. Noter que le galvanomètre fonctionne donc de manière inversée.

Avec -60 dBm, V_{out} fourni par l'IC est à sa valeur maximale et le galvanomètre est à sa déviation minimale. Il indique tout à gauche de l'échelle.

Avec 0 dBm, V_{out} est minimale et le galvanomètre est à sa déviation maximale, tout à droite de l'échelle.

Dans un premier temps, j'ai essayé d'utiliser en guise de galvanomètre, un vu-mètre dont j'ai redessiné l'échelle (*figure 8*).

Contrairement au milliwattmètre HP432A, dans le cas présent, l'échelle du galvanomètre doit être linéaire, car la conversion de logarithmique (décibels) en linéaire est déjà faite par le circuit intégré. C'est même là son principal intérêt.

Sur l'échelle du vu-mètre modifié, les points 0 dBm, -50 et -60 dBm sont à la bonne place. J'ai marqué les points correspondant à -10, -20, -30 et -40 dBm (ainsi que -70, mais là on est hors échelle selon la datasheet, donc on n'en tient pas compte).

Comme on le voit, la déflexion de ce vu-mètre n'est malheureusement pas



Fig. 8: Le vu-mètre, avant et après changement de l'échelle

linéaire. Il n'est donc pas utilisable, à moins de dessiner une échelle tenant compte de cette non-linéarité. C'était une possibilité, mais j'ai préféré utiliser un galvanomètre pro que j'avais récupéré il y a un certain temps. Celui-ci est bien linéaire.

Instrument monobloc ou en deux sous-unités?

Pour mesurer la puissance en SHF, il est toujours plus favorable d'être au plus près du circuit à mesurer, plutôt que de se connecter avec un câble coaxial. Hewlett-Packard l'avait bien compris. Le HP432A se compose (*figure 1*):

a) d'une unité de base, comportant le galvanomètre, l'alimentation et les amplificateurs de mesure. Elle pèse 3 kilos et mesure 13 x 15 x 28 cm.

b) d'une tête bolométrique qui ne mesure que quelques centimètres, connectée à l'unité de base, par un câble d'un mètre ou plus.

Le signal HF ne circule que dans la tête bolométrique. Tout ce qui circule dans le câble est en continu,

ainsi que le reste de l'appareil (sauf les amplis de mesure, qui traitent le signal haché à 5 KHz).

Dans notre cas, il est facile de caser le petit circuit imprimé avec l'AD8318 dans un petit boîtier relié à une unité de base contenant l'alim, l'interface et le galvanomètre. Pour relier les deux, un câble BF stéréo suffit. Un des deux canaux est utilisé pour alimenter l'AD8318 et l'autre pour amener sa tension de sortie vers l'unité de base (*figure 9*).

Autres variantes de l'AD 8318

On trouve également des platines à base de AD 8313. La largeur de bande est plus réduite (0,1 à 2,5 GHz), mais il est plus sensible et la dynamique est plus élevée. En effet, son comportement reste logarithmique avec une erreur inférieure à 1 dB de -10 à -70 dBm au lieu de 0 à -50 dBm pour l'AD 8318.

L'AD 8317 est, quant à lui, utilisable de 1 MHz à 10 GHz. L'erreur de mesure reste dans des limites acceptables de -5 à -55 dBm. ■

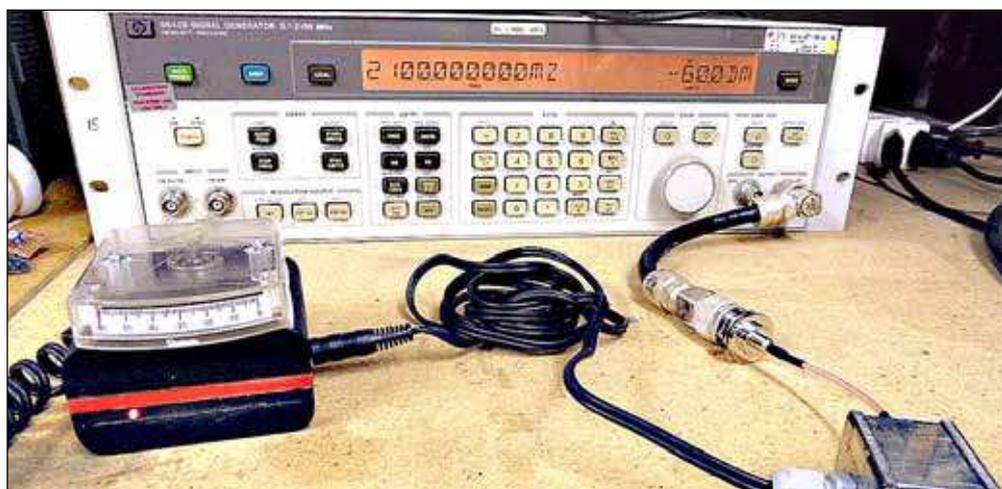


Fig. 9: Le milliwattmètre terminé