PRATIQUE DE LA MESURE
LE CONTROLEUR UNIVERSEL

(Suite voir n° 1699)

Fonction outputmètre

Les contrôleurs universels possèdent en général la fonction dite « outputmètre ». Il s'agit simplement d'un cas particulier de voltmètre alternatif.

Parmi les exemples que nous avons développés dans les articles précédents, concernant la mesure des signaux alternatifs, nous avons toujours envisagé le cas des courants présentant une alternance positive et une alternance négative, donc centrés sur le 0 V. Ces courants ont, de ce fait, une valeur moyenne nulle, dans la mesure où les alternances sont symétriques. C'est le cas des signaux sinusoïdaux, des signaux triangulaires et des signaux carrés, fournis par de nombreux générateurs. De tel signaux existent également dans les montages amplificateurs. C'est par exemple le cas dans les montages à amplis OP, alimentés en tensions symétriques V^+ et V^- (+ 15 V et − 15 V, par exemple) et référencés au point commun des deux alimentations, appelé point 0 V.

Une mesure au voltmètre alternatif ordinaire, faite entre sortie de l'ampli OP et 0 V, donne des résultats corrects, abstraction faite de tous les problèmes d'impédance, de fréquence et de forme !

Par contre, il existe de nombreux montages, à transistors tout particulièrement, pour lesquels l'alimentation n'est pas double symétrique, mais simple. Un étage amplificateur est ainsi alimenté en + 9 V, par exemple. La référence de tous les signaux est alors le pôle − de l'alimentation 9 V, la masse en général. Il est évident que, dans ces conditions, toutes les tensions ne peuvent être que positives par rapport à la référence. Les signaux alternatifs directement issus de ces amplificateurs ne sont plus centrés sur la référence, mais sur un potentiel moyen souvent égal à la demi-tension d'alimentation. Ce serait + 4,5 V dans notre exemple. Au repos, le collecteur du transistor est à + 4,5 V. En amplification d'alternatif, cette tension oscille autour de + 4,5 V, dépassant cette valeur lors des alternances positives, puis tombant en dessous pendant les alternances négatives. Ainsi, si le signal alternatif mesure 2 Vcc, la tension maximum atteinte est de 4,5 + 1 = 5,5 V et la tension minimum est de 4,5 − 1 = 3,5 V. La tension moyenne est bien de + 4,5 V.

Il est évident qu'un voltmètre alternatif, étalonné sur la base d'une tension moyenne nulle avant redressement, va donner des indications totalement fausses dans ce cas. Pour revenir à une mesure correcte, il faut supprimer la « composante continue », ce qui est très facile puisqu'il suffit d'intercaler un condensateur dans la liaison du voltmètre. A noter que cette solution est utilisée dans l'amplificateur lui-même pour les liaisons entre étages. Cependant, il n'est pas possible de tirer parti du condensateur de liaison existant, pour le voltmètre, la sortie du condensateur étant soumise à la tension continue de polarisation de l'étage suivant. Cette tension continue, certes plus faible que celle de la sortie de l'étage précédent, n'en perturberait pas moins le voltmètre alternatif. Le condensateur extérieur est donc indispensable.

Pour éviter le « condensateur volant », les fabricants de contrôleurs prévoient ce composant dans le boîtier de l'appareil de mesure, avec une borne de sortie spéciale. Le voltmètre alternatif est devenu un outputmètre ! Il est utilisable directement, pour toute mesure d'alternatif, en des points où sont superposées, comme dans l'exemple ci-dessus, composante continue et tension alternative.

Le condensateur utilisé doit avoir une tension d'isolement suffisante pour résister aux composantes continues qu'il doit éliminer. A notre époque des transistors et amplis OP, ces tensions sont toujours faibles ($<$ 50 V), et il n'y a pas de problème. Il n'en était pas de même à l'époque des tubes où ces tensions continues dépassaient la centaine de volts !

Le condensateur de l'outputmètre se trouve placé en série avec la résistance de calibre du voltmètre. Il est donc important de savoir si sa présence ne va pas fausser la mesure. On sait qu'un condensateur présente en alternatif une

« résistance » appelée réactance et égale à 1/C × 2 πF. La réactance dépend donc de la capacité du condensateur et de la fréquence du courant alternatif.

Supposons ainsi que nous intercalions un condensateur de 0,1 μF dans le circuit d'un volmètre alternatif de calibre 10 V et présentant une résistance interne de 4 kΩ/V (ce qui est courant, nous l'avons vu le mois dernier). La réactance du condensateur, pour un courant à 50 Hz est de :

$$Z = \frac{1}{0,1 \cdot 10^{-6} \times 2 \times 3,14 \times 50}$$

$\simeq 31\,830\,\Omega$

La résistance interne du voltmètre n'étant que de 40 kΩ, on se doute que la présence du condensateur va diminuer la déviation de presque moitié. L'erreur apportée est très grande. L'appareil est inutilisable à 50 Hz !

En reprenant le calcul pour une fréquence de 1 000 Hz, nous obtenons :

$$Z = \frac{1}{0,1 \cdot 10^{-6} \times 2 \times 3,14 \times 1\,000}$$

$\simeq 1\,591\,\Omega$

Cette fois, la perturbation représente moins de 4 % et la lecture pourra être considérée comme correcte, toutes conditions respectées par ailleurs !

Conclusion pratique : n'utilisez la fonction outputmètre que pour des fréquences suffisamment élevées, au moins égales à 1 000 Hz.

Fonction décibelmètre

Voilà une fonction généralement peu utilisée, bien qu'elle existe sur certains contrôleurs universels. Peu d'amateurs et même de techniciens apprécient les « dB » et les ignorent prudemment ! Nous allons donc essayer de faire un point aussi simple que possible de cette question.

Tout vient de l'acoustique... donc de l'oreille ! En effet, celle-ci n'a pas une réponse linéaire en face des intensités des sons perçus ! Selon la loi de Fechner : « La sensation varie comme le logarithme de l'excitation. »

Si cette phrase est pleine de sens pour les mathématiciens, elle ne fait que contribuer à la confusion des autres. En effet, il faut savoir ce qu'est un logarithme ! C'est donc ce que nous allons expliquer en premier.

Dans l'un des premiers articles de cette série, nous vous avons parlé de puissances de 10 et de leur grande utilité (voir n° 1692). Nous allons y revenir. Ainsi :

$100 = 10 \times 10 = 10^2$
$1\,000 = 10 \times 10 \times 10 = 10^3$
$10 = 10 = 10^1$
$1 = 10^0$ par définition... et par nécessité !

1, 10, 100, 1 000 sont des puissances entières de 10. De surcroît, ces puissances sont positives. On peut aussi envisager des puissances négatives :

$0,1 = 1/10 = 10^{-1}$
$0,01 = 1/100 = 10^{-2}$
$0,001 = 1/1\,000 = 10^{-3}$

Rappelons aussi très rapidement les deux formules fondamentales du calcul sur ces puissances :

$10^n \times 10^m = 10^{n+m}$
et
$10^n : 10^m = 10^{n-m}$

En généralisant la notion de puissance, au départ définie avec des exposants entiers, il est possible d'admettre que puisque « 59 » (pris par exemple) est tel que :

$10 < 59 < 100$
$10^1 < 10^x < 10^2$
alors $59 = 10^x$
avec $1 < x < 2$

et il s'avère effectivement que $59 = 10^{1,77...}$.

Dans ces conditions, tout nombre réel positif a une valeur égale à une certaine puissance de 10, d'exposant positif si le nombre est supérieur ou égal à 1, ou négatif si le nombre est compris entre 1 et 0, l'exposant de la puissance de 10 pouvant être entier ou non.

On peut définir une relation entre les nombres de 0 à + ∞ et les exposants de ces puissances de 10 : à tout nombre réel positif correspond un exposant et à tout exposant correspond un nombre strictement positif.

Le tableau très résumé suivant donne une idée de cette bijection.

Nombres positifs	Puissances de 10	Exposants logarithmes
0	.....	.....
0,001	10^{-3}	− 3
0,01	10^{-2}	− 2
0,1	10^{-1}	− 1
1	10^0	0
10	10^1	+ 1
100	10^2	+ 2
1 000	10^3	+ 3

Cette relation définit le logarithme décimal d'un nombre. Nous dirons que le logarithme décimal de 0,001 est − 3, que celui de 1 est 0 et que celui de 100 est + 2. De même, celui de 59 est + 1,77... On écrit :

$\log_{10} 0,001 = -3$
$\log_{10} 59 = 1,77$
ou plus simplement
$\log 10 = 1$
$\log 59 = 1,77$
$\log 1\,000 = 3$.

Voyons quelques formules de calcul :

$0,01 \times 1\,000 = 10$
$10^{-2} \times 10^3 = 10^1 = 10^{-2+3}$

d'où
$\log (0,01 \times 1\,000) = \log 10 = \log 0,01 + \log 1\,000$

soit plus généralement
$\log (AB) = \log A + \log B$.

De même :
$\log (A : B) = \log A - \log B$
$\log A^2 = \log (AA) = 2 \log A$
$\log A^n = n \log A$
$\log \sqrt{A} = 1/2 \log A$,

toutes ces formules découlant tout simplement des formules de calcul sur les puissances de 10 dont les logarithmes décimaux sont directement issus.

Sur le plan de l'acoustique, l'usage est immédiat : la sensation auditive ne dépend pas de l'excitation directe, mais de son logarithme. L'excitation est produite par des vibrations sonores (de la masse d'air) obtenues par la mise en jeu d'une certaine énergie dont la valeur instantanée correspond à la puissance. Si deux sources sonores ont des puissances P_2 et P_1, avec $P_2 > P_1$, il est certain que l'oreille percevra cette différence, non dans le rapport des puissances mais dans celui de leurs logarithmes.

Ainsi si P_2 = 100 W et P_1 = 10 W, comme log 100 = 2 et log 10 = 1, la sensation auditive donnée par P_2 sera deux fois plus forte que celle donnée par P_1 et non pas dix fois, comme on aurait pu l'imaginer.

Pour « faciliter » la manipulation de ces rapports, on a défini une unité servant à les caractériser. Cette unité est le bel (B). Par définition, on a

$$r_{en\,B} = \log \frac{P_2}{P_1}$$

Ainsi, si P_2 et P_1 ont les valeurs précédentes

$$r = \log \frac{100}{10}$$

d'où r = log 10 = + 1B.

Nous dirons que le niveau sonore donné par P_2 est à 1 bel au-dessus de celui de P_1.

Le bel étant une différence de niveau un peu importante, il a été décidé d'utiliser le décibel (dB) qui est tout simplement le 1/10e de bel.

On a 1 B = 10 dB. Par conséquent, pour que la formule précédente donne directement le rapport en décibels, il suffit d'y inclure un facteur de 10 :

$$r_{en\,dB} = 10 \log \frac{P_2}{P_1}$$

Le décibel peut être considéré comme la différence de niveau minimum que l'oreille humaine est susceptible de discerner.

Le gros avantage des rapports de niveaux sonores exprimés en décibels apparaît dans l'exemple suivant.

Supposons une chaîne d'amplification à trois étages recevant 10 mW de la source initiale. Le premier étage amène la puissance à 200 mW, le second à 1 500 mW et le dernier à 25 W. Déterminons les rapports de niveaux en décibels.

– Pour le premier étage :

$$r_1 = 10 \log \frac{200 \,.\, 10^{-3}}{10 \,.\, 10^{-3}}$$
$$= 10 \log 20 \simeq + 13 \text{ dB}$$

– Pour le second étage :

$$r_2 = 10 \log \frac{1\,500 \,.\, 10^{-3}}{200 \,.\, 10^{-3}}$$
$$= 10 \log 7{,}5 \simeq + 8{,}75 \text{ dB}$$

– Pour le troisième étage :

$$r_3 = 10 \log \frac{25}{1{,}5}$$
$$= 10 \log 16{,}66$$
$$\simeq + 12{,}25 \text{ dB}$$

– Pour l'ensemble :

$$r = 10 \log \frac{25\,000 \,.\, 10^{-3}}{10 \,.\, 10^{-3}}$$
$$= 10 \log 2\,500 \simeq + 34 \text{ dB}$$

Constatons maintenant que :

$r_1 + r_2 + r_3$
= 13 + 8,75 + 12,25
= 34 dB

$r_1 + r_2 + r_3 = r$

Ainsi donc, les gains en puissance s'additionnent d'étages en étages lorsqu'ils sont exprimés en décibels. C'est très commode !

Si $P_2 > P_1$, $P_2/P_1 > 1$, le logarithme est positif, le rapport en dB aussi. Il s'agit d'un gain en puissance.

Si $P_2 < P_1$, $P_2/P_1 < 1$, le logarithme et le rapport en dB sont négatifs. Il s'agit d'une perte de puissance. On pourra ainsi caractériser la réduction apportée par un atténuateur.

Si $P_2 = P_1$, $P_2/P_1 = 1$, on a log 1 = 0 et le rapport en dB est de 0 dB, soit ni gain ni perte.

Au sens initial du mot, un nombre de dB est donc l'expression d'un rapport de puissances. Il a une valeur comparative entre les deux sources considérées.

Si P_2 = 10 mW
et P_1 = 1 mW,
r = 10 log (10/1)
= 10 log 10 = + 10 dB.

Si P_2 = 100 W
et P_1 = 10 W,
r = 10 log (100/10)
= 10 log 10 = + 10 dB.

Le rapport est le même dans les deux cas, bien que les puissances mises en jeu soient très différentes.

Un nombre de dB n'est donc pas du tout indicatif de la puissance effective des sources. Il ne concerne que leur rapport !

Mais les électroniciens ont voulu étendre le domaine d'application des dB plus loin que prévu à l'origine. En effet, non contents de pouvoir exprimer ainsi les rapports de puissances, ils ont voulu aussi exprimer les puissances absolues. Pour cela, il suffit de choisir une puissance de référence, par rapport à laquelle toute puissance sera exprimée.

La puissance généralement adoptée est de 1 mW.

Ainsi, dans notre exemple à trois étages, la puissance incidente est de 10 mW, soit par rapport à 1 mW :

r = 10 log (10/1)
= 10 log 10 = + 10 dB.

La puissance 10 mW est à + 10 dB au-dessus de 1 mW, nous dirons qu'elle correspond au niveau absolu de + 10 dB.

De la même manière :
200 mW correspondent à 10 log (200/1) = + 23 dB
1 500 mW correspondent à 10 log (1 500/1)
= + 31,75 dB
25 W correspondent à 10 log 25 000 = + 44 dB

Dans ces conditions, la valeur en dB mesure effectivement la puissance.

Notons que nous retrouvons bien les gains de nos étages :

Premier étage :
r_1 = (+ 23) – (+ 10)
= + 13 dB

Second étage :
r_2 = (+ 31,75) – (+ 23)
= + 8,75 dB

Troisième étage :
r_3 = (+ 44) – (+ 31,75)
= + 12,25 dB

Montage complet :
r = (+ 44) – (+ 10)
= + 34 dB

Mais, en réalité, on sent bien qu'il existe une « nuance de sens » entre les dB rapports de puissances, et les dB puissance absolue. Pour supprimer cette confusion, les seconds sont appelés « dBm ».

La formule permettant de convertir une puissance donnée en dBm est évidemment :

$$P_{dBm} = 10 \log \frac{P \text{ en mW}}{1 \text{ mW}}$$

ou plus simplement :

$$P_{dBm} = 10 \log P_{mW}$$

Ne jamais oublier que la puissance de référence est de 1 mW, qui de ce fait correspond à la valeur :

$$P_{dBm} = 10 \log 1 = 0 \text{ dBm}$$

Une puissance inférieure au mW est exprimée en dBm négatifs :

Par exemple :
P = 1 μW ou 1 . 10^{-3} mW
P_{dBm} = 10 log 1 . 10^{-3}
= – 30 dBm

Mais, au fait, comment trouver le logarithme décimal d'un nombre ?

Il y a encore une dizaine d'années, nous vous aurions répondu : avec une table de logarithmes ! Et nos explications de ce qu'il aurait fallu faire auraient sans doute découragé de nombreux lecteurs.

Heureusement, de nos jours, c'est beaucoup plus facile : il suffit de posséder une calculatrice scientifique, et tout devient simple !

Les calculatrices possèdent souvent deux fonctions logarithmes : les népériens et les décimaux. Seuls, les derniers sont ici à retenir. Ils sont souvent appelés par une touche spéciale, marquée LOG (les népériens par une touche Ln). Ainsi, pour trouver le logarithme décimal de 10, vous faites :
10, LOG et la machine répond 1

Pour celui de 59 :
59, LOG et vous lisez 1,77085...

Certaines calculatrices plus rudimentaires ne donnent que les logarithmes népériens (de nombreux ordinateurs également). Ce n'est pas grave, car on obtient le logarithme décimal par LOG a = Ln a/Ln 10.

Ainsi, pour 59, vous feriez :
59, Ln, : , 10, Ln, = ce qui donnerait 1,77085... soit la valeur ci-dessus. C'est un peu plus long, mais ça marche aussi bien !

Pour faire le rapport en dB de deux puissances, par exemple, rapport entre 25 W et 1,5 W :
25, :, 1,5, =, LOG, ×, 10, =
ce qui vous donne
+ 12,21... dB.

Avec les népériens, seuls :
25 , : 1,5 , = , Ln , : 10 , Ln , = , × , 10 , =

Exercice

Nous injectons une puissance de + 3 dBm à l'entrée d'un amplificateur, de gain 25 dB. Quelle est la puissance de sortie en W ?

Calculons d'abord cette puissance en dBm : elle sera de :
3 + 25 = + 28 dBm.

On a alors la relation
$+ 28 = 10 \log P_{mW}$
soit :
$2{,}8 = \log P$.

Il s'agit de faire le calcul inverse de celui du logarithme : trouver un nombre connaissant son log. Utiliser pour cela la touche 10^x de la calculatrice :
2,8, 10^x et nous lisons 630,9...
d'où P = 630,9 mW.

Mais vous voici maintenant en face d'un montage réel, comportant des étages amplificateurs, dont vous voudriez connaître les gains en dB. Facile ! Il suffit de connaître les puissances entrée/sortie de chaque étage et de se livrer aux petits calculs vus précédemment ! Mais, au fait, comment connaître ces puissances ? C'est que, sauf cas particulier, une puissance ne se mesure pas, mais se calcule ! Par exemple, on peut utiliser la formule classique P = U I. Dans ce cas, il faut mesurer U, puis I et faire le produit. Pratiquement, ce n'est pas facile, surtout pour mesurer I. Cherchons autre chose.

Souvenons-nous alors que I = U/R et remplaçons I dans la formule précédente qui devient :
P = U × U/R
soit $P = U^2/R$

Il suffit maintenant de mesurer la tension alternative au point considéré, ce que sait faire notre voltmètre, et de connaître la valeur de la résistance de charge (ou impédance). Un petit calcul fait le reste. Mais ce que nous voulons, c'est un rapport de puissance, pour un gain en dB.

Admettons alors que les résistances de charge de l'entrée et de la sortie soient égales toutes deux à R. Dans ce cas, le gain en dB est (U_s et U_e étant les tensions alternatives de sortie et d'entrée) :

$$r = 10 \log \left(\frac{U^2_s}{R} : \frac{U^2_e}{R}\right)$$

$$r = 10 \log \left(\frac{U^2_s}{R} \times \frac{R}{U^2_e}\right)$$

soit, en simplifiant par R :

$$r = 10 \log \left(\frac{U^2_s}{U^2_e}\right)$$

$$= 10 \log \left(\frac{U_s}{U_e}\right)^2$$

Sachant que
$\log A^2 = 2 \log A$:

$$r = 10 \times 2 \log \frac{U_s}{U_e}$$

$$\boxed{= 20 \log \frac{U_s}{U_e}}$$

Il suffit donc de mesurer les tensions d'entrée et de sortie pour en tirer le gain en puissance de l'étage considéré.

Exemple :
$Z_e = Z_s = 1\,000\ \Omega$,
$U_s = 10$ V, $U_e = 50$ mV.

On a
$r_{dB} = 20 \log (10\,000/50)$
$= 20 \log 200$
$= + 46$ dB

Notons que la valeur précise de l'impédance n'a aucune importance dans ce calcul. Il suffit que l'égalité entre l'entrée et la sortie soit respectée.

Vous devez commencer à comprendre pourquoi le contrôleur peut posséder une échelle « décibels » car, s'il est incapable de mesurer une puissance, il mesure bien les tensions alternatives.

Attention cependant, l'échelle « dB » des contrôleurs est en réalité une échelle « dBm ». En effet, elle prétend nous indiquer les niveaux absolus par rapport à la référence de base 1 mV, correspondant on le sait à 0 dBm.

Hélas, les choses se compliquent très vite car, si l'impédance de charge n'a pas participé au calcul précédent, il est évident qu'elle est un facteur essentiel dans le calcul de la puissance absolue :

$$P = \frac{U^2}{R} \text{ ou } U = \sqrt{PR}$$

On ne peut donc passer de la puissance P à la tension U, ou réciproquement, qu'en connaissant R. Ainsi dans l'exemple précédent :
$Z = 1\,000\ \Omega$
et $U_e = 50$ mV
donnent
$P_e = (50 \cdot 10^{-3})^2/1\,000$
soit
$P_e = 2{,}5\ \mu W$
$= 0{,}0025$ mW
$P_{dBm} = 10 \log 0{,}0025$
$= - 26$ dBm

La même tension de 50 mV aux bornes d'une impédance de 50 Ω correspondrait à :
$P_e = (50 \cdot 10^{-3})^2/50$
$= 50\ \mu W$
$= 0{,}05$ mW
$P_{dBm} = 10 \log 0{,}05$
$= - 13$ dBm

Nous en concluons que l'indication de l'échelle dB ou plutôt dBm des contrôleurs, qui veut être une indication de puissance absolue, n'est valable que sous une impédance donnée correspondant à l'étalonnage de l'appareil. Généralement, il est choisi une impédance de 600 Ω, correspondant au standard téléphonique international. Le contrôleur universel mesure donc plus précisément les « $dBm_{600\,\Omega}$ », et la lecture n'est exacte que sous cette impédance et, bien entendu, dans le calibre du voltmètre alternatif choisi par le constructeur. C'est le calibre 10 V, par exemple, dans le cas du 819 de Centrad. Si l'impédance de charge est différente de 600 Ω, il faut apporter une correction à la lecture.

Correction d'impédance

Supposons que notre « décibelmètre » en service nous indique un résultat P_{dBm}, correspondant à une tension alternative U, sous l'impédance réglementaire de 600 Ω.

On a $P = U^2/600$ en W et $P = 1\,000\ U^2/600$ en mW.

Quelle serait la valeur P'_{dBm} pour une résistance R différente, la tension restant la même ?

$P' = 1\,000\ U^2/R$ en mW
$P_{dBm} = 10\ (\log 1\,000\ U^2/600)$
$P'_{dBm} = 10\ (\log 1\,000\ U^2/R)$
$P_{dBm} = 10\ (\log 1\,000 + \log U^2 - \log 600)$
$P'_{dBm} = 10\ (\log 1\,000 + \log U^2 - \log R)$
d'où il ressort que :
$P'_{dBm} - P_{dBm}$
$= 10 \log 600 - 10 \log R$
$= 10\ (\log 600 - \log R)$

$$\boxed{P'_{dBm} - P_{dBm} = 10 \log \frac{600}{R}}$$

Ce résultat nous donne la correction à apporter à la lecture si nous ne faisons pas la mesure de tension sous 600 Ω.

Exemple 1 :

Nous mesurons + 15 dBm avec le contrôleur, mais l'impédance de charge est de 100 Ω. Quelle est la puissance réelle en dBm et W ?

La correction est de $10 \log \frac{600}{100}$
$= 10 \log 6 = + 7{,}7$ dBm

La puissance réelle est de
$+ 15 + 7{,}7 = + 22{,}7$ dBm

On a
$P_{dBm} = 10 \log P_{mW} = + 22{,}7$
$\log P = 2{,}27$
$P = 186{,}2$ mW
$= 0{,}1862$ W

Exemple 2 :

Même mesure aux bornes d'une impédance de 1 000 Ω. Mêmes questions.

La correction est de $10 \log \frac{600}{1\,000}$
$= 10 \log 0{,}6 = - 2{,}2$ dBm.

La puissance réelle est de
$+ 15 - 2{,}2 = + 12{,}8$ dBm
$\log P = 1{,}28$
$P = 19$ mW.

Remarquez l'écart considérable entre les résultats.

Signalons que les dBm sont rapportés à trois impédances typiques :

600 Ω. C'est le standard téléphonique, nous l'avons dit. Utilisation aussi dans certaines installations BF professionnelles.

Le niveau 0 dBm_{600} correspond à 1 mW sous 600 Ω, donc à une tension $U = \sqrt{PR}$
soit
$U = \sqrt{1 \cdot 10^{-3} \times 600}$
$\simeq 0{,}774$ V

50 Ω. C'est le standard HF et UHF américain, adopté par tous les fabricants de matériel de ce type. Le niveau 0 dBm 50 Ω correspond à
$U = \sqrt{1 \cdot 10^{-3} \times 50}$
$\simeq 0{,}224$ V

75 Ω. C'est le standard de notre TV. Le niveau 0 dBm 75 Ω correspond à
$U = \sqrt{1 \cdot 10^{-3} \times 75}$
$\simeq 0{,}274$ V

Ces données sont pour mémoire, car on devine que le contrôleur universel, avec sa bande passante de quelques kilohertz, ne peut rien en HF ou en TV (sauf mesures banales, bien entendu).

Correction de calibre

Reste un problème posé par le changement éventuel de calibre. Ainsi l'échelle dB du 819 est à utiliser en calibre 10 V. Que faire si l'on doit changer de calibre, la tension à mesurer étant trop forte ou trop faible ?

Nous allons traiter le problème généralement en considérant k comme facteur de calibre. Ce serait k = 5 en calibre 50 V ou k = 1/5 = 0,2 en calibre 2 V. Normalement sur le calibre type :

$$P_{dBm} = 10 \log 1\,000 \left(\frac{U^2}{600}\right)$$

(voir plus haut).

soit $P_{dBm} = 10 \log 1\,000 + 20 \log U - 10 \log 600$.

En changeant de calibre, la tension réelle est k fois la tension lue par le voltmètre, d'où
$P'_{dBm} = 10 \log (1\,000 + 10 \log (kU)^2 - \log 600$
$P'_{dBm} = 10 \log 1\,000 + 20 \log k + 20 \log U - \log 600$.

La correction à apporter est donc :

$$\boxed{P'_{dBm} - P_{dBm} = 20 \log k}$$

C'est ce qu'il faut ajouter à la lecture dBm en changement de calibre.

Exemple 1 :

Nous mesurons + 15 dBm (Z = 600 Ω) mais en calibre 50 V. Quelle est la puissance réelle ?

La correction est de 20 log k. Ici

$k = \frac{50}{10} = 5$

$20 \log 5 = + 14$ dBm.

La puissance réelle est de
$+ 15 + 14 = + 29$ dBm.

Si la lecture s'était faite en calibre 2 V, soit avec

$k = \frac{2}{10} = 0{,}2$

$20 \log 0{,}2 = - 14$ dBm, la puissance réelle serait de $+ 15 - 14 = + 1$ dBm.

Exemple 2 :

Nous lisons + 10 dBm en calibre 50 V, sous une charge de 250 Ω. Quelle est la puissance de la source ?

a) correction de calibre $= 20 \log k = 20 \log 5 = + 14$ dBm

b) correction d'impédance $= 10 \log 600/250 = + 3{,}8$ dBm.

Puissance réelle : $+ 10 + 14 + 3{,}8 = 27{,}8$ dBm, soit 602 mW.

F. THOBOIS

Bloc-notes

STAGE DE FORMATION

Le 9e stage de formation en technologie hybride (couche épaisse) se déroulera du 14 au 18 mai 1984 à l'I.U.T. « A » de Lille I. Département génie électrique, bd Paul-Langevin, bâtiment T4, 59650 Villeneuve-d'Ascq.

Le but de ce stage est d'apporter à des ingénieurs et à des techniciens un complément de formation dans le domaine des circuits hybrides couche épaisse.

Le stage de cinq jours se divise en deux parties distinctes :

– La première partie est essentiellement orientée vers le descriptif technologique des circuits hybrides couche épaisse. Les conférences traitent des problèmes de matériaux spécifiques (encres, substrats, etc.), décrivent les méthodes de fabrication, détaillent les techniques de report des composants, examinent les performances électriques de ces produits.

– La deuxième partie est consacrée à l'étude et à la réalisation d'un microcircuit.

Les stagiaires auront à exécuter complètement un circuit hybride (de l'implantation à la mise sous tension). Le sujet proposé concerne essentiellement des problèmes technologiques.

Pour des raisons liées à l'efficacité des enseignements pratiques, le nombre des participants est limité à 12.

Un deuxième stage pourrait être organisé la semaine du 4 au 8 juin.