

SINAD, THD + N, SNR, THD, SFDR, ENOB

LE SINAD (Signal to Noise and Distorsion Ratio)

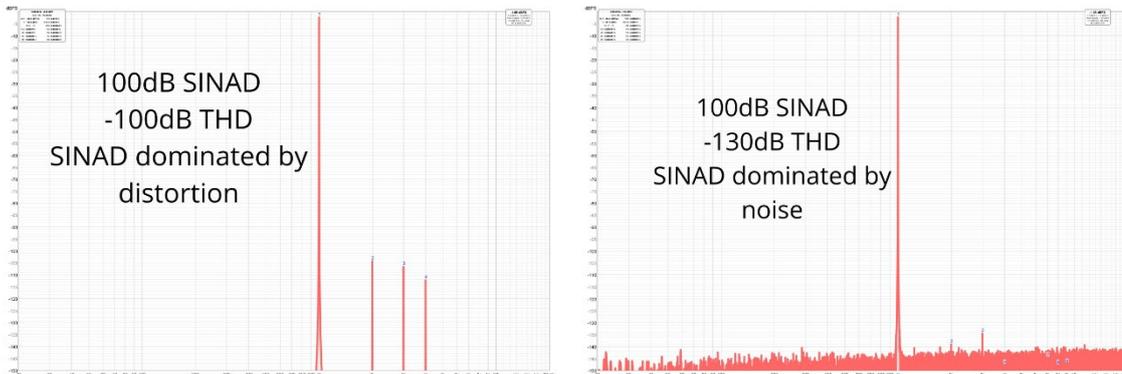
Le SINAD, ou Rapport Signal sur Bruit + Distorsion, est le rapport de la puissance du signal sur la puissance des composants spectraux indésirables, le bruit et la distorsion, en excluant la composante continue DC.

$$SINAD = \frac{P_{signal} + P_{bruit} + P_{distorsions}}{P_{bruit} + P_{distorsions}}$$

Le SINAD est probablement la valeur la plus intuitive pour qualifier la qualité d'un signal, Il représente la plage dynamique disponible entre le signal et les composantes de bruits et de distorsion. C'est, pour simplifier, la pureté spectrale du signal.

Un SINAD élevé indique que les distorsions et les bruits sont faibles. Un SINAD faible indique une dégradation importante du signal, soit à cause d'un bruit élevé, soit à cause d'une distorsion importante, soit à cause des deux.

La valeur SINAD seule ne permet pas de déterminer quel est la proportion de bruit ou de distorsion qui entre en jeu dans la détérioration du signal. Voici deux exemples d'un signal dont le SINAD est identique. Dans le premier cas le SINAD est dominé par la distorsion, dans l'autre cas il est dominé par le bruit.



Pour simplifier les mesures, on utilise généralement un signal de test simple, une sinusoïde.

La valeur du SINAD dépend de l'amplitude du signal, de sa fréquence, et de la largeur de bande d'analyse.

Ces trois paramètres doivent donc être spécifiés pour que la mesure du SINAD soit explicite.

Par exemple, pour le SINAD d'un signal audio numérique PCM, on précisera les conditions de mesure : signal 1 kHz sinus à une amplitude de -3 dBFS, mesuré sur la bande de fréquence 20 Hz à 20 KHz.

En radio, on utilise souvent le SINAD pour définir une base de mesure pour la sensibilité d'un récepteur :

On injecte un signal sinusoïdal RF modulé (en général une modulation sinusoïdale de 1 kHz dont l'amplitude génère une modulation à 60% du maximum) de plus en plus faible dans le récepteur jusqu'à obtenir un SINAD de 12 dB en sortie sur le signal audio démodulé.

L'amplitude du signal RF injecté, normalement exprimée en dBm (dB milliwatt sous 50 ohms) est alors la valeur de sensibilité du récepteur. On obtiendra par exemple -120 dBm, soit 0.22 microVolt.

On utilise un SINAD de 12 dB comme référence parce que c'est raisonnablement la valeur la plus faible qui permette d'obtenir l'intelligibilité d'un signal vocal.

La THD + N (Totale Harmonic Distorsion plus Noise)

La THD + N (Distorsion harmonique totale plus bruit) est simplement l'inverse du SINAD. Un signal dont le SINAD est de 70 dB a donc une THD + N de -70 dB.

$$THD + N = \frac{P_{bruit} + P_{distorsions}}{P_{signal} + P_{bruit} + P_{distorsions}}$$

Tout comme le SINAD, la THD + N dépend du niveau du signal, de sa fréquence et de la bande passante. Il faut donc également spécifier ces paramètres pour qualifier correctement la mesure THD + N.

Le SINAD est généralement exprimé en dB, alors que la THD + N est souvent exprimée en % dans le domaine de l'audio.

Correspondances entre valeur en dB et valeur en % pour la THD + N et le SINAD :

THD + N = 1% = -40dB → SINAD = 40 dB

THD + N = 0.1% = -60dB → SINAD = 60 dB

THD + N = 0.01% = -80dB → SINAD = 80 dB

THD + N = 0.001% = -100dB → SINAD = 100 dB

THD + N = 0.0001% = -120dB → SINAD = 120 dB

L'ENOB (Effective Number of Bits)

La valeur ENOB est directement liée au SINAD. Elle est souvent utilisée dans le domaine de l'audio pour qualifier la qualité d'un convertisseur analogique numérique.

L'ENOB représente le nombre de bits qu'un convertisseur est capable de résoudre.

Pour un signal sinusoïdal pleine échelle (à 0 dBFS) :

$$ENOB = \frac{SINAD - 1.76 \text{ dB}}{6.02}$$

Pour un signal sinusoïdal dont le niveau est inférieur à la pleine échelle :

$$ENOB = \frac{SINAD - 1.76 \text{ dB} + 20 \log \frac{\text{Amplitude Full Scale}}{\text{Amplitude du signal}}}{6.02}$$

Par exemple un signal sinusoïdal à 1 KHz à 0 dBFS dont le SINAD serait de 80 dB on aura un ENOB de :

$$(80 - 1.76) / 6.02 = 13 \text{ bits}$$

Cela signifie que pour ce convertisseur qui pourrait être un convertisseur 16 bits, seulement 13 bits représentent des valeurs significatives. Les trois bits restants codent du bruit et de la distorsion.

Pour un signal sinusoïdal à 1 KHz à -6 dBFS dont le SINAD serait de 80 dB, on aura un ENOB de :

$$(80 - 1.76 + 6.02) / 6.02 = 14 \text{ bits}$$

En pratique dans le domaine de l'audio, les meilleurs convertisseurs ADC ont un ENOB de 21 à 22 bits.

Le SNR (Signal to Noise Ratio)

Le rapport signal sur bruit est similaire au SINAD, sauf que les composantes de distorsions sont exclues du calcul. En pratique, il est souvent suffisant pour obtenir une bonne approximation du SNR d'exclure les 5 premières harmoniques de distorsion.

$$SNR = \frac{P_{signal}}{P_{bruit}}$$

Le SNR exprimé en dB est normalement une valeur positive, sauf si le bruit est plus fort que le signal. Dans ce cas, il est tout de même parfois possible d'exploiter un signal noyé dans le bruit.

Dans une conversion analogique numérique, le SNR se dégrade moins vite que le SINAD lorsque la fréquence du signal augmente, parce que le SNR ne tient pas compte des dégradations occasionnées par la distorsion harmonique.

La THD (Totale Harmonic Distorsion)

La distorsion harmonique totale est le rapport entre la somme des puissances des harmoniques du signal et la puissance de la composante fondamentale du signal. Elle peut être exprimée en dB ou en pourcentage. La THD inclue seulement les distorsions harmoniques, alors que le SINAD inclue également le bruit et les distorsions non harmoniques.

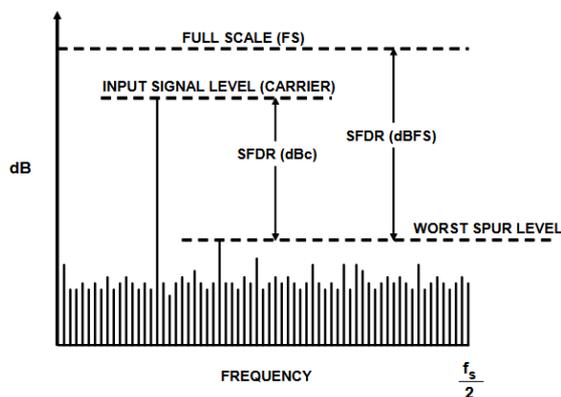
Si exprimée en dB, la THD est une valeur négative.

$$THD = \frac{P_{harmoniques}}{P_{signal}}$$

Le SFDR (Spurious Free Dynamic Range)

La plage dynamique sans parasites caractérise la plage dynamique disponible entre l'amplitude du signal et la plus grande composante parasite indésirable.

Elle peut être spécifiée en dBc, dans ce cas le niveau de la plus grande composante indésirable est défini par rapport à l'amplitude du signal (porteur), ou bien en dBFS lorsqu'on souhaite indiquer le niveau de la plus grande composante par rapport au niveau pleine échelle.



Relations entre SINAD, SNR et THD

SINAD, SNR et THD sont intimement liés puisque le SINAD dépend du bruit et de la distorsion, dont les valeurs sont définies par le SNR et la THD.

Si l'amplitude, la fréquence du signal et la largeur de bande de mesure est identique pour les mesures SNR, THD et SINAD, alors ces 3 formules établissent le lien entre SINAD, THD et SNR pour des valeurs en dB :

$$SINAD = -10 \log[10^{-SNR/10} + 10^{THD/10}]$$

$$SNR = -10 \log[10^{-SINAD/10} - 10^{THD/10}]$$

$$THD = 10 \log[10^{-SINAD/10} - 10^{-SNR/10}]$$

Sachant que $SINAD = -THD + N$