

Nom :

Prénom :

Durée : 2 heures ; tous documents autorisés

Le sujet doit être rendu à l'intérieur de la copie. Toute réponse qui n'y figurera pas ne sera pas prise en compte. Utilisez la copie pour de courts éléments de démonstration, si nécessaire ; les démonstrations explicitement demandées (I.1.b et II.2) doivent figurer dans les cadres réservés sur le sujet, dont la taille devrait être suffisante.

I. Amplification (8 points)

On s'intéresse à la sortie casque de l'amplificateur HiFi Yamaha AX590 étudié en TD, et dont les caractéristiques techniques vous sont redonnées en annexe. On en extrait ici ce qui concerne spécifiquement la sortie casque :

- résistance de sortie : $R_s = 680 \Omega$;
- tension de sortie en régime harmonique (valeur efficace) à pleine puissance sur charge 8Ω :

$$V_s = 0.33 \text{ V}$$

On souhaite utiliser cet amplificateur avec 2 modèles de casque dont les caractéristiques principales vous sont données ci-dessous et en particulier comparer les niveaux sonores que l'on pourra obtenir.

Sennheiser HD-650

- Impédance interne $R = 300 \Omega$;
- Niveau de pression sonore : 103 dB SPL (Sound Pressure Level) pour 1 mW ;
- Puissance électrique d'entrée maximum : 500 mW.

AKG K-121 Studio

- Impédance interne $R = 55 \Omega$;
- Niveau de pression sonore : 101 dB_{SPL} pour 1 V ;
- Puissance électrique d'entrée maximum : 200 mW.

On remarquera que les niveaux sonores sont spécifiés de façons différentes pour les 2 casques, ce qui ne facilite pas le choix pour le bétien (que vous n'êtes plus !) mais permet d'enrichir cet exercice.

Le dB_{SPL} est une mesure relative de la pression acoustique, pression acoustique dont il nous suffira ici d'admettre que celle générée par un casque audio (et à laquelle est sensible notre oreille) augmente de 3 dB chaque fois que la puissance électrique qui lui est fournie est multipliée par 2.

I.1. Exploitation des données de la notice technique de l'amplificateur (1.5 points)

I.1.a. (0.5 point)

Calculez la puissance délivrée sur la sortie casque de l'amplificateur dans les conditions décrites dans la notice technique.

$$P_{8\Omega} = U^2/R = (0.33)^2/8 = 13.6 \text{ mW}$$

Nom :

Prénom :

Dans l'essai correspondant aux spécifications de l'amplificateur, la sortie casque est chargée par une résistance de 8Ω , aux bornes de laquelle la tension vaut 0.33 V .

I.1.b. (1 point)

Montrez, en utilisant les données de la notice technique de l'amplificateur que la valeur de la tension de sortie à vide (à volume maximum) de la sortie casque est de 28.4 V .

Réponse : $(0.33/U_V) = 8 / (680 + 8)$, d'où $U_V = 28.4 \text{ V}$

La tension à vide de la sortie casque de l'amplificateur se divise en charge entre une tension apparaissant aux bornes de la résistance de sortie de 680Ω et une tension de 0.33 V apparaissant aux bornes de la résistance de charge de 8Ω .

I.2. Caractéristiques avec le casque Sennheiser (3 points)
I.2.a. (1 point)

Calculez la tension de sortie toujours à volume maximum.

$$U_{\text{Senn}} = 28,4 \times 300 / (300 + 680) = 8,7 \text{ V}$$

Toujours une formule de pont diviseur de tension résistif de la tension à vide entre la résistance de sortie et la résistance de charge qui vaut maintenant 300Ω .

I.2.b. (1 point)

Calculez la puissance de sortie (toujours à volume maximum). Est-elle compatible avec les spécifications ?

$$P_{\text{Senn}} = (8.7)^2 / 300 = 250 \text{ mW} < P_{\text{max}} = 500 \text{ mW}$$

I.2.c. (1 point)

Quel niveau maximum de pression acoustique (en dB_{SPL}) obtiendra-t-on ?

$$P_{\text{AcSenn}} = 250 \approx 2^8 \text{ d'où } P_{\text{max}} \approx 103 + 8 \times 3 = 127 \text{ dB}_{\text{SPL}}$$

Pour 1 mW , le niveau de pression acoustique est de $103 \text{ dB}_{\text{SPL}}$; pour 250 mW , il faut y ajouter $10\log(250/1) = 24$.

I.3. Caractéristiques avec le casque AKG (3 points)
I.3.a. (0.5 point)

Calculez la puissance électrique absorbée dans les conditions des spécifications (1V , $101 \text{ dB}_{\text{SPL}}$).

Nom :

Prénom :

$$P = (1)^2 / 55 = 18.2 \text{ mW}$$

I.3.b. (0.5 point)

Calculez la tension de sortie (à volume maximum).

$$U_{AKG} = 28,4 \times 55 / (55 + 680) = 2,125 \text{ V}$$

I.3.c. (1 point)

Calculez la puissance de sortie (à volume maximum). Est-elle compatible avec les spécifications ?

$$P_{AKG} = (2,125)^2 / 55 = 82 \text{ mW} < P_{\max} = 200 \text{ mW}$$

I.3.d. (1 point)

Quel niveau maximum de pression acoustique (en dB_{SPL}) obtiendra-t-on ?

$$P_{AcAKG} = 101 + 10 \log(82/18) = 107.6 \text{ dB}_{SPL}$$

Réponse : $82 / 18 = 4.56 \approx 2^2$ d'où $P_{\max} \approx 101 + 2 \times 3 = 112 \text{ dB}_{SPL}$ (= 107 dB)

I.4. (0.5 points)

Avec lequel des 2 casques a-t-on le plus de chances de s'abîmer les oreilles (entourez la bonne réponse)?

Sennheiser	AKG
------------	-----

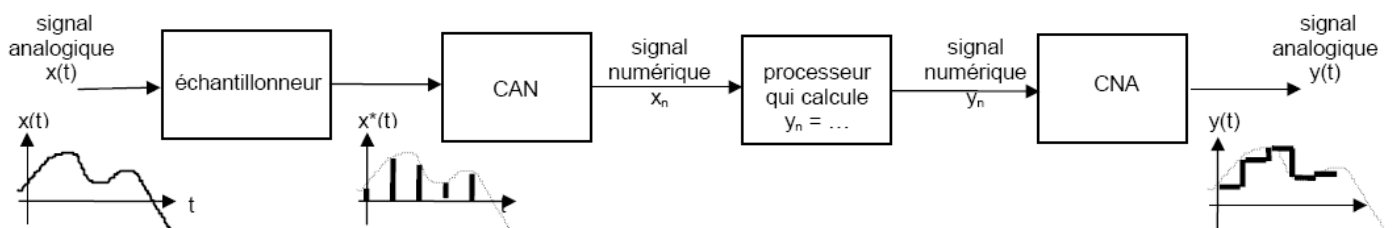
Réponse : Sennheiser ! J'ai les 2 et j'ai pu le constater expérimentalement.

II. Etude d'un filtre numérique à moyenne glissante (7 points)

Un système de filtrage numérique échantillonne le signal analogique à la fréquence $f_c = 10 \text{ kHz}$ et traite le signal numérique par l'algorithme :

$$y_n = 0,5.(x_n + x_{n-1})$$

puis retransforme le signal numérique en signal analogique.



Nom :

Prénom :

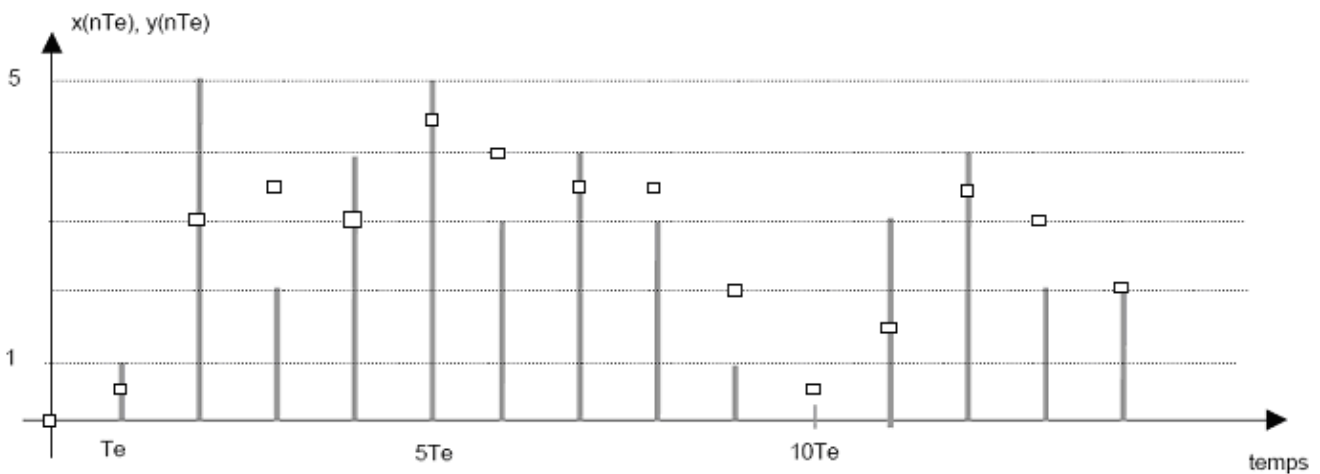
II.1. (2 points)

En faisant manuellement le même travail que le processeur, calculez et tracez dans le même système d'axes que x_n la réponse y_n du filtre à la séquence numérique x_n donnée ci-dessous (jusqu'à l'instant $14 T_e$).

$$\{y_n\} = \{0 \ 0.5 \ 3 \ 3.5 \ 3 \ 4.5 \ 4 \ 3.5 \ 3.5 \ 2 \ 0.5 \ 1.5 \ 3.5 \ 3 \ 2\}$$

On applique simplement l'équation de récurrence à chaque instant :

$$y_0 = (0 + 0)/2, \quad y_1 = (1 + 0)/2 = 0.5$$


II.2. 1.5 point

Montrez que la fonction de transfert $H(z)$ peut s'écrire sous la forme :

$$H(z) = 0.5 (1 + z^{-1})$$

La propriété fondamentale de la transformée en z est :

$$\mathcal{TZ} [x_{n-1}] = z^{-1} \mathcal{TZ} [x_n]$$

On l'applique à l'équation de récurrence :

$$Y(z) = 0.5 [X(z) + z^{-1} X(z)]$$

II.3. (1 point)

Pour un signal d'entrée sinusoïdal, dans quels intervalles la fréquence et la pulsation de ce signal peuvent-elles varier pour que la condition de Shannon reste respectée ?

$$f \in [0, 5 \text{ kHz}]$$

$$\omega \in [0, 31416 \text{ rd/s}]$$

$$f < f_c / 2 ; \quad \omega = 2\pi f$$

Nom :

Prénom :

II.4. (1 point)

Donnez l'expression de la transmittance isochrone $H(e^{j\omega T_e})$ (ou fonction de transfert en régime harmonique).

On rappelle que l'expression de la transmittance isochrone s'obtient en remplaçant z par $\exp(j \omega T_e)$ (T_e représentant la période d'échantillonnage) dans l'expression de $H(z)$.

$$H(e^{j\omega T_e}) = H(e^{j\omega T_e}) = 0.5(1 + e^{-j\omega T_e})$$

Réponses : $H(e^{j\omega T_e}) = 0.5(1 + e^{-j\omega T_e})$

II.5. (1 point)

Que vaut la transmittance isochrone à la fréquence nulle (transmittance statique) et à la fréquence maximum ?

$H_0 = 1$	$H_{f_{\max}} = 0$
-----------	--------------------

Réponses : la transmittance statique correspond à $z = 1$; elle vaut donc 1.

La transmittance à $f_c/2$ (fréquence maximum) correspond à $z = -1$; elle est donc nulle.

II.6. (0.5 point)

Quel est le type de ce filtre : passe-bas, passe-haut ou passe-bande (entourez la bonne réponse) ?

Passe-bas	Passe-haut	Passe-bande
------------------	------------	-------------

Réponses : compte tenu des réponses à la question précédent, il s'agit d'un filtre passe-bas.

III. Précision statique d'un CNA (7 points)

Soit un convertisseur numérique-analogique 3 bits, de quantum $q = 1.25$ V, travaillant en binaire naturel.

On a mesuré, dans l'ordre croissant des entrées numériques, les valeurs suivantes pour la sortie analogique V_s :

0,014 1,241 2,487 3,767 5,015 6,245 7,508 8,734 V.

III.1. (1 point)

Donnez les valeurs théoriques de la tension de sortie (correspondant à un convertisseur idéal).

Réponses

0 1,250 2,500 3,750 5,000 6,250 7,500 8,750 V.

III.2. (1 point)

Nom :

Prénom :

Déterminez l'erreur de décalage (ou d'offset).

Réponse : l'erreur de décalage est la valeur analogique de sortie pour l'entrée numérique 000. Elle est donc de 0.014 V, soit 0.0011 LSB

III.3. (1 point)

On suppose que l'erreur de décalage est compensée. *Donnez le tableau des 8 valeurs de la tension de sortie correspondant aux 8 combinaisons numériques d'entrée du convertisseur.*

Réponses (il suffit de soustraire 0.014 à toutes les valeurs)

0 1,227 2,473 3,753 5,001 6,231 7,494 8,720 V.

III.4. (1 point)

Déterminez l'erreur de gain (écart entre valeur pratique et valeur théorique pour la plus grande entrée numérique après compensation de l'erreur de décalage).

Réponse

L'erreur de gain est évaluée après réglage du zéro. A pleine échelle, elle se traduit par un écart :

$$(V_s)_{111} - [(V_s)_{111}]_{théorique}, \text{ soit } 8,72 - 8,75 = -0,03 \text{ V, soit } -0,024 \text{ LSB}$$

III.5. (1 point)

On corrige l'erreur de gain en modifiant la pente de la caractéristique de transfert de façon à ce qu'elle passe par le point théorique $V_{smax} = 8.75 \text{ V}$. *Donnez les 8 nouvelles valeurs de la tension de sortie.*

Réponses

Après réglage du zéro et du gain, les sorties du convertisseur deviennent (en les multipliant toutes par 8.75/ 8.72) :

0 1,231 2,482 3,766 5,018 6,252 7,520 8,750 V.

III.6. (1 point)

Déterminez l'erreur de non-linéarité intégrale (INL). *Exprimez la en pourcentage du LSB.*

INL = 0.020 V, soit 0.016 LSB

On rappelle que l'erreur de non-linéarité intégrale est définie par l'écart maximal entre les courbes de transfert réelle et idéale du convertisseur (après réglage du zéro et du gain)

Réponses

L'écart maximum par rapport à la valeur théorique se produit pour l'entrée numérique 110. Il est de 0.020 V, soit 0.016 LSB.

III.7. (1 point)

Déterminez l'erreur de non-linéarité différentielle (DNL ou ELD) et exprimez la en pourcentage du LSB.

DNL = 0.034 V ou 0.027 LSB

Réponses

Nom :

Prénom :

L'erreur de linéarité différentielle est l'écart par rapport à la valeur LSB de la différence des valeurs analogiques correspondant à 2 valeurs analogiques adjacentes.. Ici, cette différence est maximum pour les entrées 010 et 011 où elle vaut 1.284 V. L'erreur de linéarité différentielle est donc de $1.284 - 1.25 = 0.034$ V ou 0.027 LSB.

Nom :

Prénom :

SPECIFICATIONS

Minimum RMS Output Power per Channel <AX-590> 8 ohms, 20 Hz to 20 kHz, 0.015% THD100W+100W 6 ohms, 20 Hz to 20 kHz, 0.03% THD120W+120W <AX-490> 8 ohms, 20 Hz to 20 kHz, 0.019% THD85W+85W 6 ohms, 20 Hz to 20 kHz, 0.038% THD100W+100W	Maximum Input Signal (1 kHz, 0.007% THD) <AX-590> PHONO MM150 mV PHONO MC10 mV Maximum Input Signal (1 kHz, 0.003% THD) <AX-490> PHONO MM115 mV	Channel Separation (Vol. -30 dB) <AX-590> PHONO MM/MC (Input Shorted) 1 kHz/10 kHz75 dB/60 dB CD/TUNER/TAPE/AUX (Input 5.1 k-ohms Terminated 1 kHz/10 kHz)65 dB/50 dB <AX-490> CD/TUNER/TAPE/AUX (Input 5.1 k-ohms Terminated 1 kHz/10 kHz)65 dB/50 dB
Dynamic Power per Channel (by IHF Dynamic Headroom measuring method) <AX-590> 8/6/4/2 ohms140/170/220/290W <AX-490> 8/6/4/2 ohms130/150/185/220W	Output Level/Impedance <AX-590> REC OUT150 mV/470 ohms PRE OUT1.0V/1 k-ohms <AX-490> REC OUT150 mV/470 ohms	Tone Control Characteristics BASS: Boost/cut±10 dB (20 Hz) Turnover Frequency(350 Hz) TREBLE: Boost/cut±10 dB (20 kHz) Turnover Frequency(3.5 kHz)
DIN Standard Output Power per Channel (4 ohms, 1 kHz, 0.7% THD) [Europe model only] <AX-590>150W <AX-490>120W	Headphone Jack Rated Output/ Impedance <AX-590> Output Level (8 ohms, 0.015% THD)0.33V Impedance680 ohms <AX-490> Output Level (8 ohms, 0.019% THD)0.3V Impedance680 ohms	Filter Characteristics <AX-590 only> SUBSONIC FILTER15 Hz, -18 dB/oct
IEC Power [Europe model only] <AX-590> (8 ohms, 1 kHz, 0.015% THD)110W <AX-490> (8 ohms, 1 kHz, 0.019% THD)100W	Frequency Response (20 Hz to 20 kHz) CD/TUNER/TAPE/AUX0±0.5 dB MAIN IN <AX-590 only>0±0.5 dB	Continuous Loudness Control Attenuation-30 dB (1 kHz) (Level related equalization)
Power Band Width <AX-590> 8 ohms, 50W, 0.03% THD10 Hz to 50 kHz <AX-490> 8 ohms, 42.5W, 0.038% THD10 Hz to 50 kHz	RIAA Equalization Deviation (20 Hz to 20 kHz) PHONO MM±0.3 dB PHONO MC <AX-590 only>±0.5 dB	Gain Tracking Error (0 to -60 dB)2 dB
Damping Factor 8 ohms, 20 Hz-20 kHz <AX-590>more than 320 <AX-490>more than 240	Total Harmonic Distortion (20 Hz to 20 kHz) <AX-590> PHONO MM to REC OUT (3V)0.003% PHONO MC to REC OUT (3V)0.007% CD/TUNER/TAPE/AUX to PRE OUT (1V)0.005% CD/TUNER/TAPE/AUX to SP OUT (50W/8 ohms)0.008% <AX-490> PHONO MM to REC OUT (3V)0.003% CD/TUNER/TAPE/AUX to SP OUT (42.5W/8 ohms)0.008%	Power Supply [U.S.A. and Canada models]AC 120V, 60 Hz [Australia and U.K. models]AC 240V, 50 Hz [Europe model]AC 230V, 50 Hz [General model]AC 110/120/220/240V, 50/60 Hz
Damping Factor (DIN) 4 ohms, 40 Hz [Australia, U.K. and Europe models] <AX-590>more than 160 <AX-490>more than 120	Intermodulation Distortion (Rated output/8 ohms)0.01%	Power Consumption <AX-590> [U.K., Europe, Australia and General models]210W <AX-490> [U.S.A. model]190W [Canada model]320 VA, 250W [U.K., Europe, Australia and General models]210W
Maximum Power (EIAJ) 1 kHz, 10% THD [General model only] <AX-590> 8 ohms145W 6 ohms170W <AX-490> 8 ohms130W 6 ohms150W	Signal-to-Noise Ratio (IHF-A Network) <AX-590> PHONO MM (5 mV Input Shorted)92 dB PHONO MC (500 µV Input Shorted)76 dB CD/TUNER/TAPE/AUX (Input Shorted) (CD DIRECT AMP; ON)110 dB <AX-490> PHONO MM (5 mV Input Shorted)88 dB CD/TUNER/TAPE/AUX (Input Shorted) (CD DIRECT AMP; ON)110 dB	AC Outlets [U.S.A., Canada, Europe and General models] 3 SWITCHED OUTLETS100W max. total [U.K. and Australia models] 1 SWITCHED OUTLET100W max. total
Input Sensitivity/Impedance PHONO MM2.5 mV/47 k-ohms PHONO MC <AX-590 only>160 µV/220 ohms CD/TUNER/TAPE/AUX150 mV/47 k-ohms MAIN IN <AX-590 only>1.0V/10 k-ohms	Residual Noise (IHF-A Network) (CD DIRECT AMP; ON)35 µV (PURE DIRECT; ON)90 µV	Dimensions (W x H x D) <AX-590>435 x 146 x 388.5 mm (17-1/8" x 5-3/4" x 15-5/16") <AX-490>435 x 146 x 386 mm (17-1/8" x 5-3/4" x 15-3/16")
		Weight <AX-590>10.4 kg (22 lbs. 14 oz.) <AX-490>9.2 kg (20 lbs. 4 oz.)
		AccessoriesRemote control transmitter Batteries

Specifications subject to change without notice.