

Examen Final – EN50 – TNS

Durée estimée : 25 min

Calculatrice autorisée, documents non autorisés

Consignes :

- Les parties « Traitement Numérique du Signal » et « CEM » du final, doivent être traitées sur des copies **différentes**
- La qualité de **présentation** de la copie est notée sur **1 point** (écriture, schémas, graphiques, expression, organisation des réponses ...)
- Lire le sujet en entier, ne pas oublier les annexes ...

Exercice: Synthèse de filtre numérique RII

On désire réaliser un filtre numérique passe-haut dont le gabarit analogique est spécifié ci-dessous :

- | | |
|---|----------------------------|
| ▪ Ondulation en bande passante | $\delta_1 = 3 \text{ dB}$ |
| ▪ Atténuation en bande atténuée | $\delta_2 = 20 \text{ dB}$ |
| ▪ Fréquence de coupure à -3dB | $F_c = 3183 \text{ Hz}$ |
| ▪ Fréquence limite de la bande atténuée | $F_a = 1034 \text{ Hz}$ |
| ▪ Fréquence d'échantillonnage | $F_e = 10\text{kHz}$ |

1. Tracer le gabarit analogique en **atténuation** du filtre passe-haut. En déduire le gabarit analogique en **atténuation** du filtre passe-bas **normalisé**. (préciser les fréquences normalisées et les atténuation caractéristiques du filtre passe-bas normalisé)
2. On veut une réponse fréquentielle du type Butterworth, on appellera $H_N(p_N)$ la fonction de transfert du filtre passe-bas normalisé, avec p_N l'opérateur de Laplace de ce filtre. Déterminer à partir des abaques, l'ordre et la fonction de transfert du passe-bas normalisé $H_N(p_N)$.
3. Après dénormalisation, déterminer la fonction de transfert du filtre analogique passe-bas synthétisé $H_A(p)$.
4. Donner la fonction de transfert $H(z)$ du filtre numérique qui répond au gabarit de départ. (Transformation bilinéaire recommandée)
5. Déterminer l'équation récurrente, puis la structure canonique du filtre numérique RII.
6. En reprenant le gabarit de départ, proposer, en fonction de l'atténuation et de la bande de transition, le type de fenêtre qu'il faut utiliser si on réalise un filtre RIF.

Annexe 1: Caractéristiques des fenêtres

Type de fenêtre	Rapport d'amplitude entre lobe principal et lobe secondaire λ	Largeur du lobe principal $\Delta\Omega_m$	Atténuation minimale en bande atténuée ΔA
Rectangulaire	-13dB	$4\pi/N$	-21dB
Bartlett	-25dB	$8\pi/N$	-25dB
Hanning	-31dB	$8\pi/N$	-44dB
Hamming	-41dB	$8\pi/N$	-53dB
Blackman	-57dB	$12\pi/N$	-74dB

Zone de transition :

$$\Delta\Omega = |\Omega_C - \Omega_A|$$

$$\text{et } \Delta\Omega \cong \frac{\Delta\Omega_m}{2}$$

Annexe 2: Synthèse de filtre analogique

Coefficient des fonctions de Butterworth $F_n(p) = \frac{1}{\sum a_i p^i}$

Ordre	a ₀	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	a ₆
1	1	1					
2	1	$\sqrt{2}$	1				
3	1	2	2	1			
4	1	2,6131	3,4142	2,6131	1		
5	1	3,2361	5,2361	5,2361	3,2361	1	
6	1	3,8637	7,4641	9,1416	7,4641	3,8637	1

Ou bien :

Ordre	1/F _n (p)
1	1 + p
2	1 + 1,414p + p ²
3	(1 + p)(1 + p + p ²)
4	(1 + 0,765p + p ²)(1 + 1,848p + p ²)
5	(1 + p)(1 + 0,618p + p ²)(1 + 1,618p + p ²)
6	(1 + 0,5176p + p ²)(1 + 1,4142p + p ²)(1 + 1,9319p + p ²)

Annexe 3: Abaque pour synthèse de filtre analogique

