



Apunts

Apunts d'electrònica analògica

Tema 3. Disseny de filtres Butterworth

Jordi Zaragoza Bertomeu, Néstor Berbel Artal

Assignatura: Electrònica analògica

Titulació: Grau en Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica

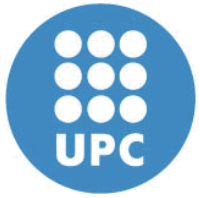
Curs: 3r

Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa (ESEIAAT)

Idioma: Català

2016





Universitat Politècnica de Catalunya
Departament d'Enginyeria Electrònica



Tema 3

DISSENY DE FILTRES BUTTERWORTH

- Introducció
- Breu repàs als filtres passius
- Breu repàs als filtres actius
- Disseny de filtres Butterworth

Bibliografia:

- Rafael Pindado, "**Electrónica analógica Integrada**", Ed. Marcombo. Capítols: 1 i 2.
- James M. Fiore, "**Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Lineales**", Ed. Thomson. Capítol: 11.
- Alvert Paul Malvino, "**Principios de Electrónica**", Ed. McGraw-Hill. Capítol: 21.
- Pérez García, Álvarez Antón, Campo Rodríguez, Ferrero Martín, Grillo Ortega, "**Instrumentación Electrónica**", Ed. Thomson. Capítol: 4.

- **Pautes pel disseny d'un filtre PL (Butterworth):**
 - **Requisits i filtre a implementar**
 - **Tipus d'aproximació**
 - **Representació de la plantilla**
 - **Determinar l'ordre del filtre**
 - **Determinar el circuit**
 - **Canvi d'escala en (ω_o)**
 - **Canvi en la impedància**
 - **Adaptació dels valors m i q**

□ Enunciat del problema

Dissenyar un filtre (PL) de butterworth amb una $\omega_0 = 20$ rad/s i una atenuació mínima de 60 dB per a $\omega = 50$ rad/s

- A. Determinar el circuit.
- B. Calcular els valors dels components.

□ **Pautes pel disseny d'un filtre (Butterworth):**

➤ **Requisits i filtre a implementar**

➤ **Tipus d'aproximació**

➤ **Representació de la plantilla**

➤ **Determinar l'ordre del filtre**

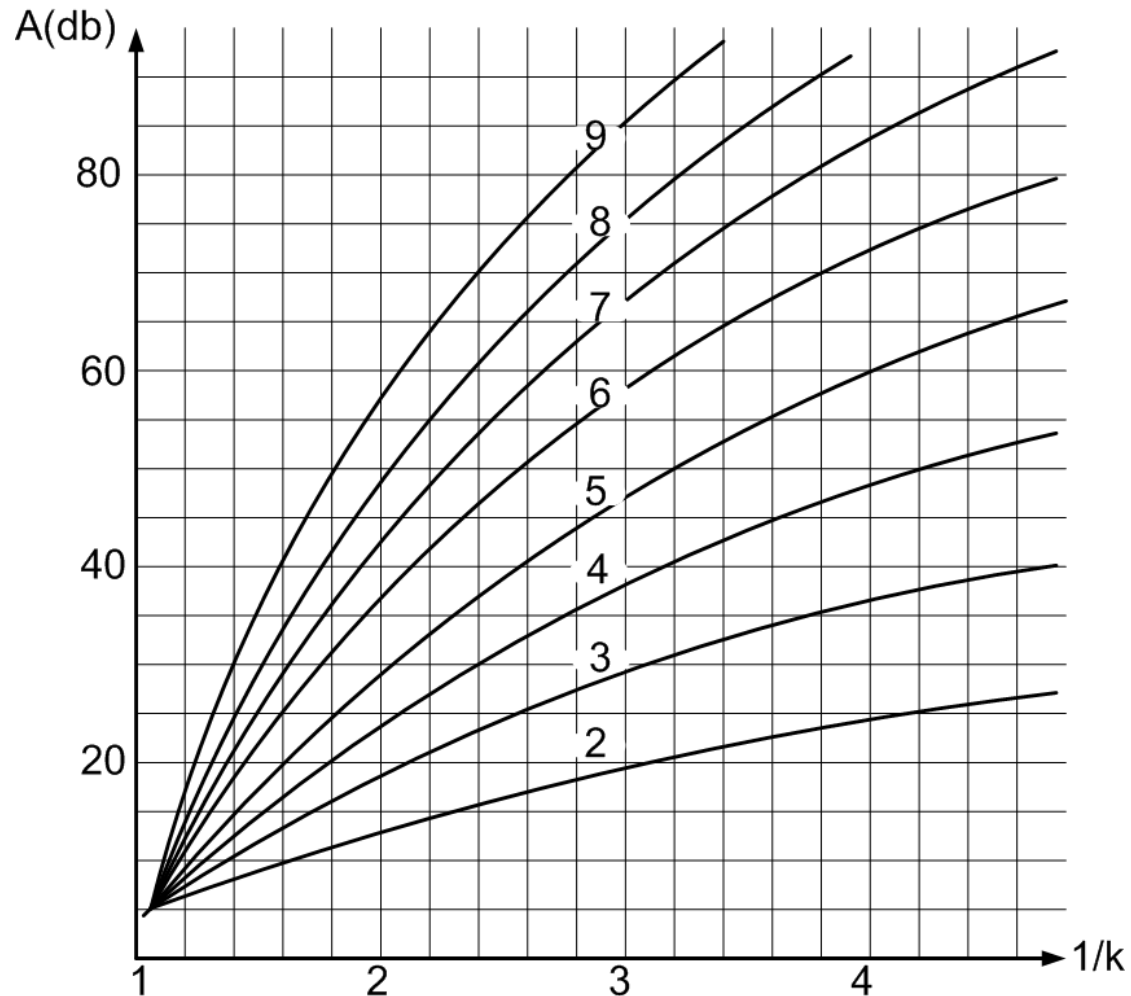
➤ **Determinar el circuit**

➤ **Canvi d'escala en (ω_o)**

➤ **Canvi en la impedància**

➤ **Adaptació dels valors m i q**

- Corbes per determinar l'ordre del filtre en funció de la freqüència



□ Representació de la plantilla:

➤ Requisits i filtre a implementar

➤ Tipus d'aproximació

➤ Representació de la plantilla

➤ Determinar l'ordre del filtre

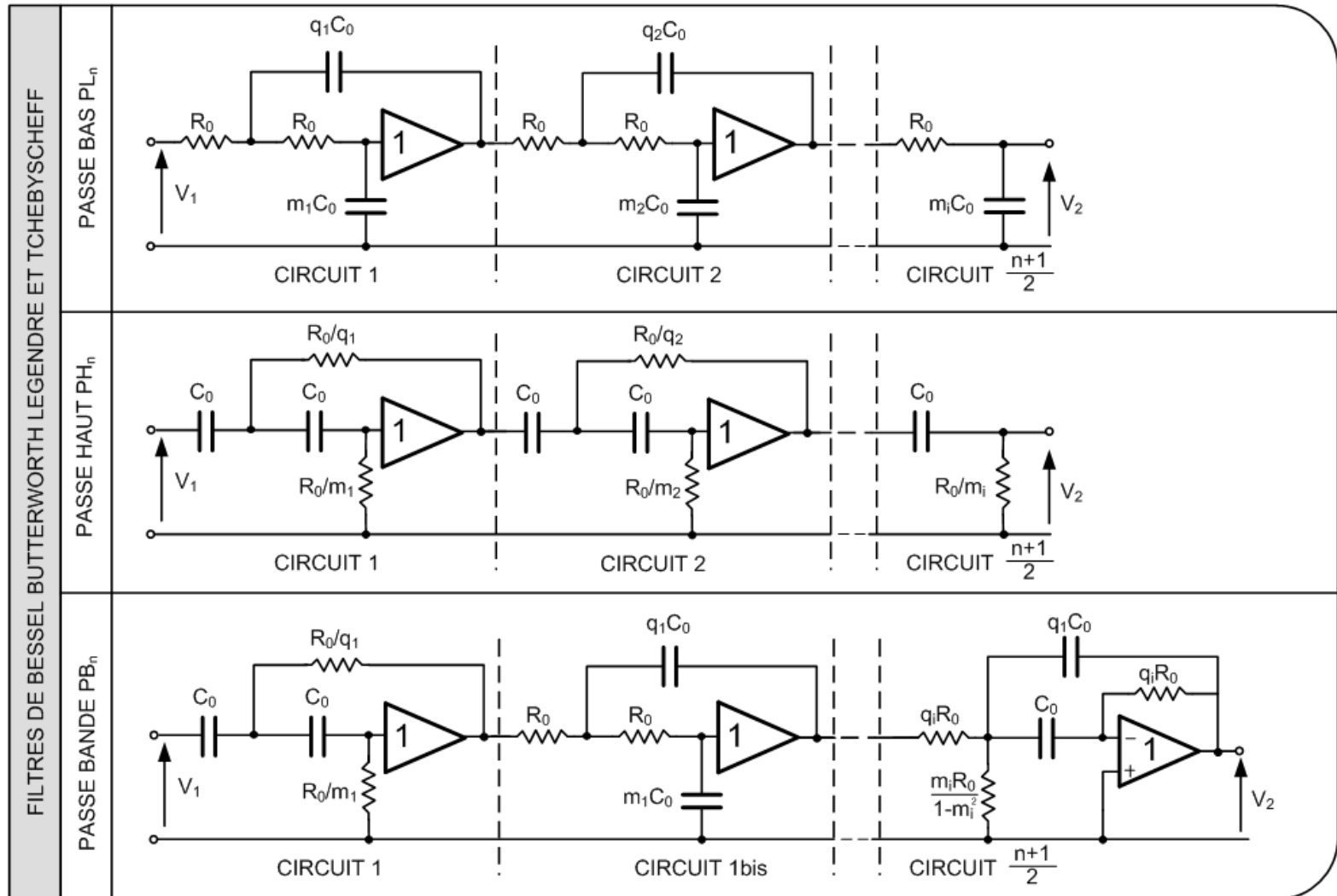
➤ Determinar el circuit

➤ Canvi d'escala en ($\omega\omega_0$)

➤ Canvi en la impedància

➤ Adaptació dels valors m i q

□ Configuració dels filtres elementals en cascada



□ Representació de la plantilla:

➤ Requisits i filtre a implementar

➤ Tipus d'aproximació

➤ Representació de la plantilla

➤ Determinar l'ordre del filtre

➤ Determinar el circuit

➤ Canvi d'escala en (ω_o)

➤ Canvi en la impedància

➤ Adaptació dels valors m i q

- Canvi d'escala en ω

De pulsació ω	a pulsació ω'
R	$R' = R$
L	$L' = (\omega/\omega')L$
C	$C' = (\omega/\omega')C$

□ **Pautes pel disseny d'un filtre (Butterworth):**

➤ **Requisits i filtre a implementar**

➤ **Tipus d'aproximació**

➤ **Representació de la plantilla**

➤ **Determinar l'ordre del filtre**

➤ **Determinar el circuit**

➤ **Canvi d'escala en (ω_o)**

➤ **Canvi en la impedància**

➤ **Adaptació dels valors m i q**

- Canvi d'escala en impedància

De impedància Z	a impedància kZ
R	$R' = kR$
L	$L' = kL$
C	$C' = C/k$

□ **Pautes pel disseny d'un filtre (Butterworth):**

➤ **Requisits i filtre a implementar**

➤ **Tipus d'aproximació**

➤ **Representació de la plantilla**

➤ **Determinar l'ordre del filtre**

➤ **Determinar el circuit**

➤ **Canvi d'escala en (ω_o)**

➤ **Canvi en la impedància**

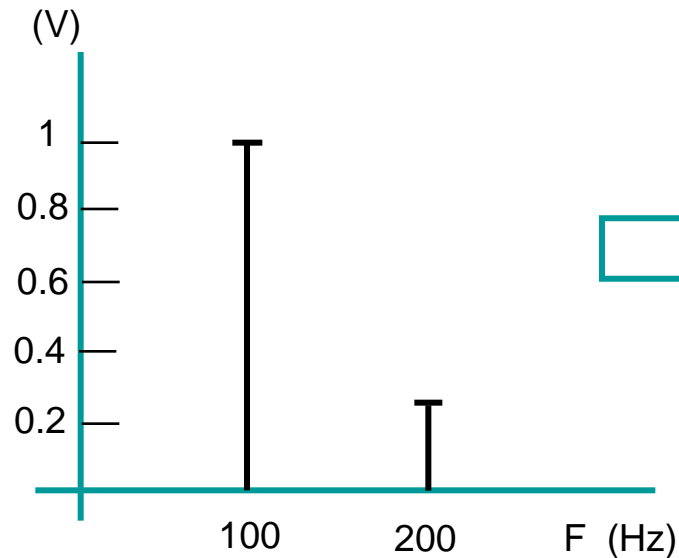
➤ **Adaptació dels valors m i q**

□ Taula de coeficients m i q

N	CIRCUIT	m	q	V _m	F _m	FONCTION DE TRANSMISSION
2	1	0.7071	1.4142	-	-	(p ² +1.4142p+1)
3	1	0.5000	1.9999	1.15	0.707	(p ² +1.0000p+1) (p+1)
	2	1.0000				
4	1	0.9238	1.0823	-	-	(p ² +1.8477p+1)
	2	0.3826	2.6131	1.41	0.540	(p ² +0.7653p+1)
5	1	0.8090	1.2360	-	-	(p ² +1.6180p+1)
	2	0.3090	3.2360	1.70	0.899	(p ² +0.6180p+1) (p+1)
	3	1.0000				
6	1	0.9659	1.0352	-	-	(p ² +1.9318p+1)
	2	0.7071	1.4142	-	-	(p ² +1.4142p+1)
	3	0.2588	3.8636	1.99	0.930	(p ² +0.5176p+1)
7	1	0.9009	1.1099	-	-	(p ² +1.8019p+1)
	2	0.6234	1.6038	1.02	0.471	(p ² +1.2469p+1)
	3	0.2225	4.4939	2.3	0.949	(p ² +0.4450p+1) (p+1)
	4	1.0000				
8	1	0.9807	1.0195	-	-	(p ² +1.9615p+1)
	2	0.8314	1.2026	-	-	(p ² +1.6629p+1)
	3	0.5555	1.7999	1.08	0.618	(p ² +1.1111p+1)
	4	0.1950	5.1258	2.61	0.961	(p ² +0.3901p+1)
9	1	0.9396	1.0641	-	-	(p ² +1.8793p+1)
	2	0.7660	1.3054	-	-	(p ² +1.5320p+1)
	3	0.5000	1.9999	1.15	0.707	(p ² +1.0000p+1)
	4	0.1736	5.7587	2.92	0.969	(p ² +0.3472p+1) (p+1)
	5	1.0000				

□ Enunciat del problema

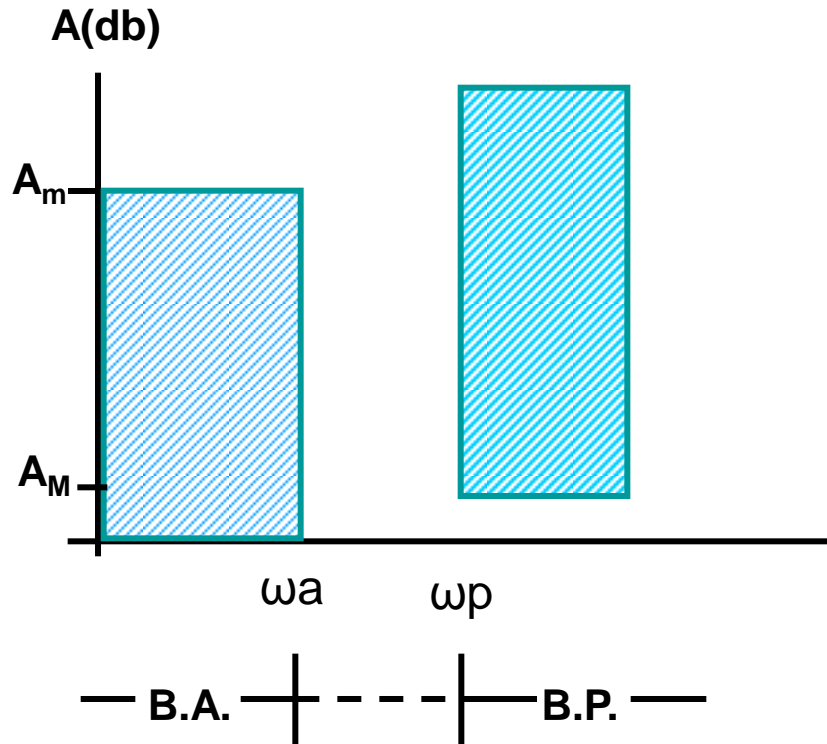
Es desitja separar la component de 100(Hz) d'un senyal el qual el seu espectre de freqüència es mostra a continuació. Dissenyar un filtre, per tal que en la seva sortida el segon harmònic no tingui una amplitud superior al 5% de la component fonamental



Es desitja aconseguir el valor mínim de l'ordre del filtre

- **Pautes pel disseny d'un filtre PH (Butterworth):**
 - Requisits i filtre a implementar
 - Tipus d'aproximació
 - Representació de la plantilla **és diferent !!!**
 - Determinar l'ordre del filtre **és diferent !!!**
 - Determinar el circuit **és diferent !!!**
 - Canvi d'escala en $(\omega_o) = PL$
 - Canvi en la impedància = PL
 - Adaptació dels valors m i q **és diferent !!!**

- Representació de la plantilla i determinar l'ordre d'un filtre en un PH

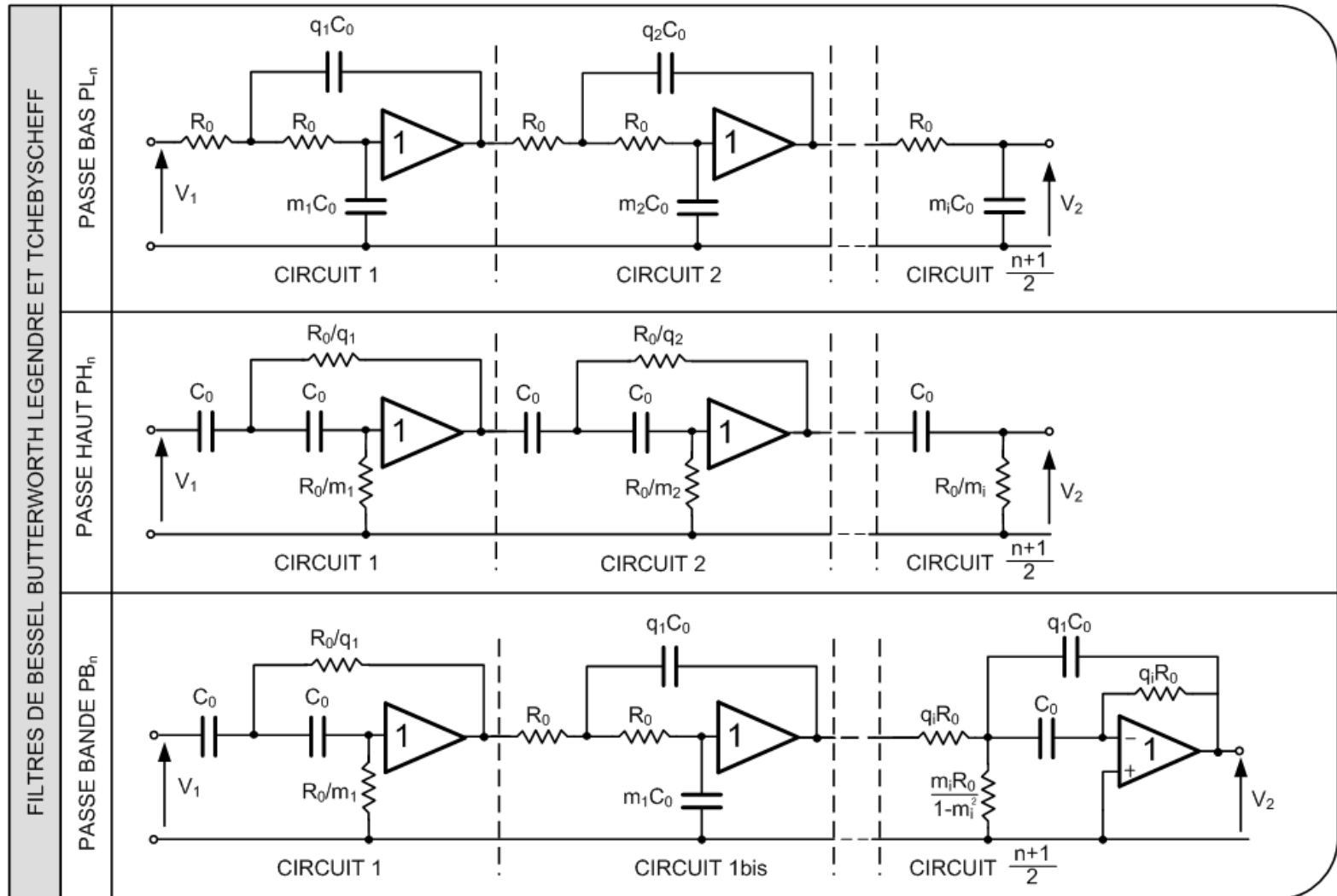


Factor de selectivitat

$$\frac{1}{k} = \frac{\omega_p}{\omega_a}$$

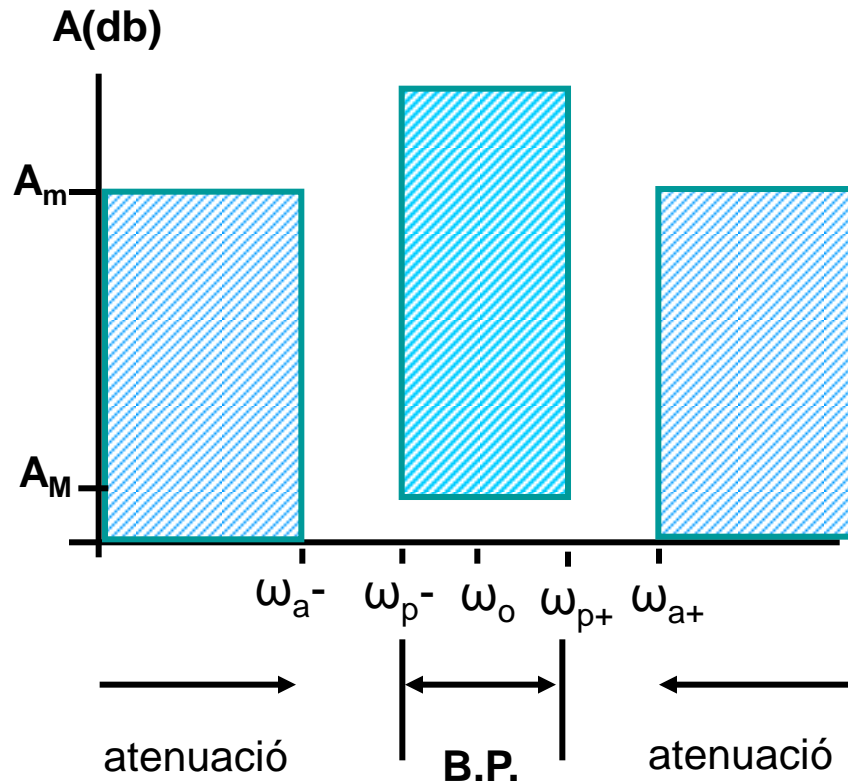


□ Configuració dels filtres elementals en cascada



- **Pautes pel disseny d'un filtre PB (Butterworth):**
 - Requisits i filtre a implementar
 - Tipus d'aproximació
 - Representació de la plantilla **és diferent !!!**
 - **Ajust de simetria**
 - Determinar l'ordre del filtre **és diferent !!!**
 - Determinar el circuit **és diferent !!!**
 - Canvi d'escala en $(\omega_o) = PL$
 - Canvi en la impedància = **PL**
 - Adaptació dels valors m i q **és diferent !!!**

- Representació de la plantilla i ajust de simetria



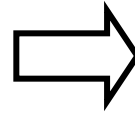
S'ha de complir:

$$\omega_o^2 = \omega_{a(-)} \cdot \omega_{a(+)}$$

$$\omega_o^2 = \omega_{p(-)} \cdot \omega_{p(+)}$$

- Determinar l'ordre del filtre

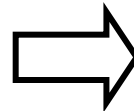
Factor



$$\frac{1}{k} = \frac{\omega_{a(+)} - \omega_{a(-)}}{\omega_{p(+)} - \omega_{p(-)}}$$

- Determinar el circuit

Ample de banda relatiu

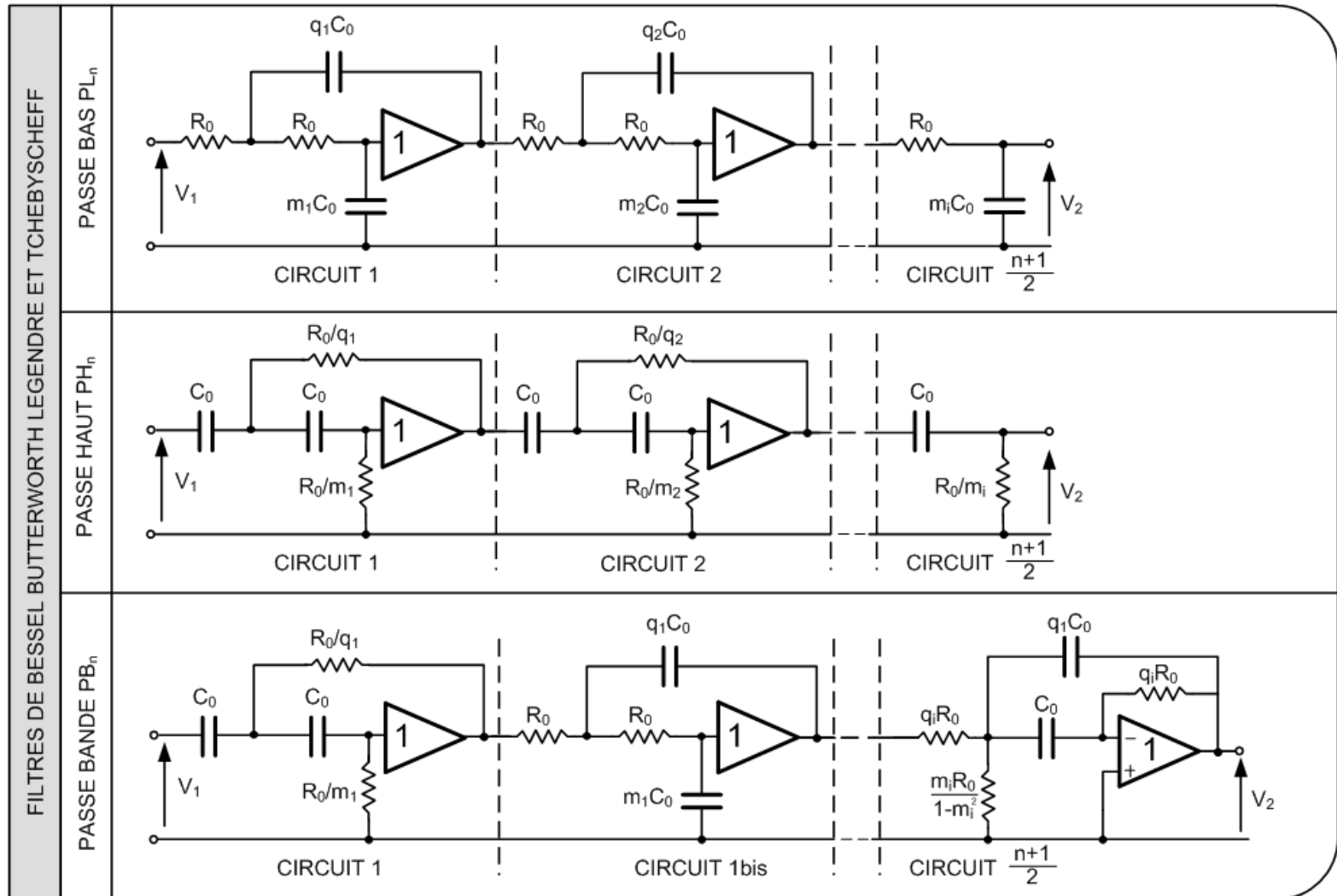


$$B(\%) = \frac{\omega_{p(+)} - \omega_{p(-)}}{\omega_o} 100$$

- Pautes pel disseny d'un filtre PB (Butterworth):

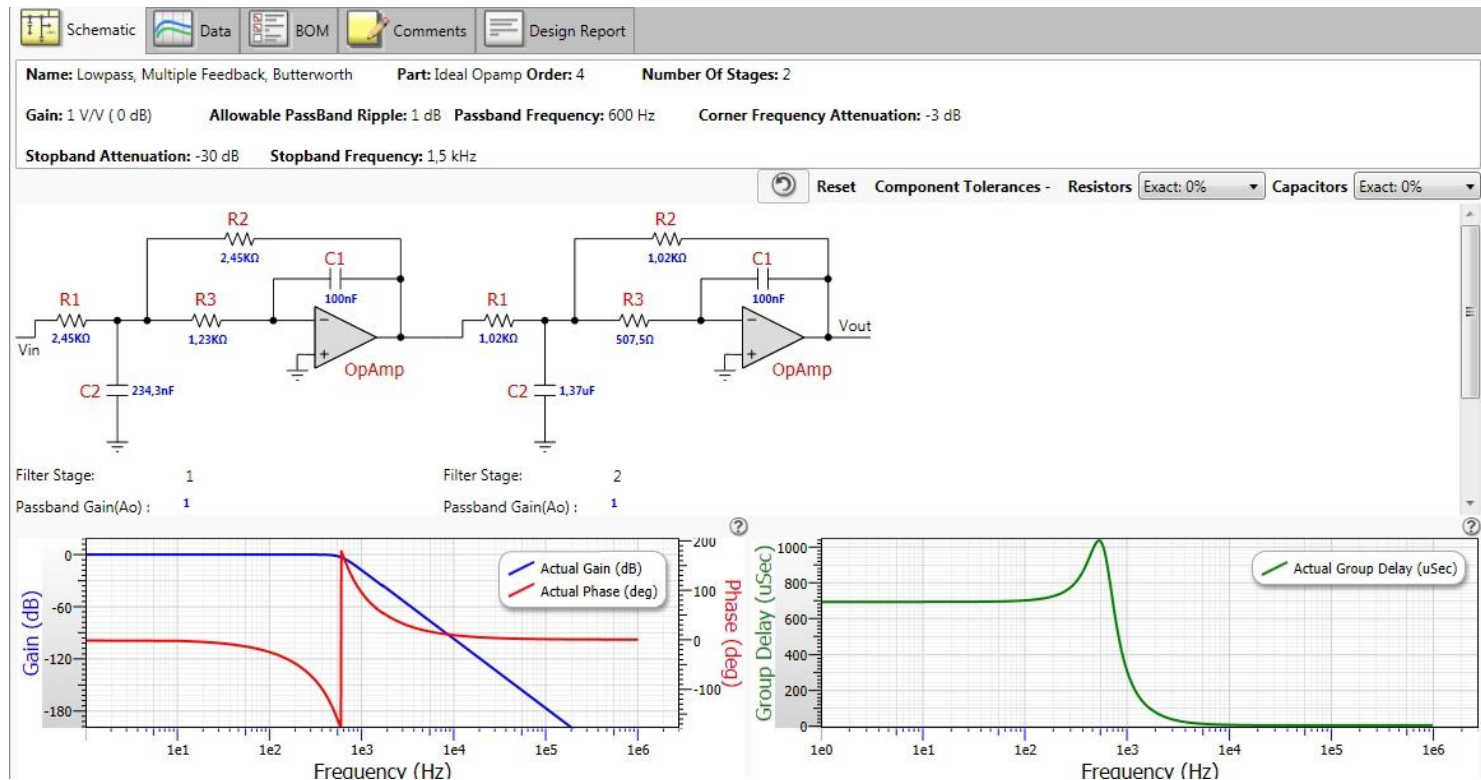


□ Configuració dels filtres elementals en cascada



□ Disseny de filtres mitjançant el software FilterPro.

- Accediu: <http://www.ti.com/tool/FILTERPRO>
- Registreu-vos en Register/Download
- Descarregar/instal·leu el software
- Descarregar FilterPro Users Guide



Tema 3

DISSENY DE FILTRES BUTTERWORTH

Gràcies per la seva atenció
