

Combinaison de filtres High-Pass et Low-pass du second ordre pour faire des Butterworth, Linkwitz-Riley, Bessel d'ordre 4, 6, 8 ou 10

Note1: Les filtres en cascade Butterworth et LR sont à la même fréquence. Pour les Bessel et Chebyshev, la F_c peut changer :

- pour LowPass diviser F_c par le nombre indiqué (formule comme écrite)
- pour un HighPass multiplier F_c par le nombre au lieu de diviser.

ordre 2 = un filtre générique LP ou HP (1 biquad)

BUT12 : $Q = 0,7071$

LR 12 : $Q = 0,5$

BE 12 : $Q = 0,5773$ et $Freq = F_c/0,7861$

ordre 4 = cascade de deux filtres

BUT24 : $Q1 = 0,5412$; $Q2 = 1,3067$

LR 24 : $Q1 = Q2 = 0,7071$

BE 24 : $Q1 = 0,8055$ et $F1 = F_c/0,6236$ (pour HighPass, multiplier F_c)
 $Q2 = 0,5220$ et $F2 = F_c/0,6992$

ordre 6 = cascade de trois filtres

BUT36 : $Q1 = 0,5177$; $Q2 = 0,7071$; $Q3 = 1,9320$

LR 36 : $Q1 = 0,5$; $Q2 = 1,0$; $Q3 = 1,0$

BE 36 : $Q1 = 0,5103$ et $F1 = F_c/0,6235$ (pour HighPass, multiplier F_c)
 $Q2 = 0,6111$ et $F2 = F_c/0,5919$
 $Q3 = 1,0233$ et $F3 = F_c/0,5250$

ordre 8 = cascade de quatre filtres

BUT48 : $Q1 = 0,5098$; $Q2 = 0,6013$; $Q3 = 0,8999$; $Q4 = 2,5628$

LR 48 : $Q1 = 0,5412$; $Q2 = 1,3067$; $Q3 = 0,5412$; $Q4 = 1,3067$

BE 48 : $Q1 = 0,5060$ et $F1 = F_c/0,5622$ (pour HighPass, multiplier F_c)
 $Q2 = 0,5596$ et $F2 = F_c/0,5458$
 $Q3 = 0,7109$ et $F3 = F_c/0,5120$
 $Q4 = 1,2257$ et $F4 = F_c/0,4568$

Ordre 10 = cascade de cinq filtres

LR 60 : $Q1 = 0,5$; $Q2 = 0,62$; $Q3 = 1,62$; $Q4 = 0,62$; $Q5 = 1,62$

tables complètes pour Butterworth , Bessel, Chebyshev

source TI <http://www.ti.com/lit/an/sloa049b/sloa049b.pdf>

note : filtre sans Q = filtre d'ordre 1. Les autres sont d'ordre 2.

Table 1. Butterworth Filter Table

FILTER ORDER	Stage 1		Stage 2		Stage 3		Stage 4		Stage 5	
	FSF	Q	FSF	Q	FSF	Q	FSF	Q	FSF	Q
2	1.000	0.7071								
3	1.000	1.0000	1.000							
4	1.000	0.5412	1.000	1.3085						
5	1.000	0.6180	1.000	1.6181	1.000					
6	1.000	0.5177	1.000	0.7071	1.000	1.9320				
7	1.000	0.5549	1.000	0.8019	1.000	2.2472	1.000			
8	1.000	0.5098	1.000	0.6013	1.000	0.8999	1.000	2.5628		
9	1.000	0.5321	1.000	0.6527	1.000	1.0000	1.000	2.8802	1.000	
10	1.000	0.5062	1.000	0.5612	1.000	0.7071	1.000	1.1013	1.000	3.1989

Table 2. Bessel Filter Table

FILTER ORDER	Stage 1		Stage 2		Stage 3		Stage 4		Stage 5	
	FSF	Q	FSF	Q	FSF	Q	FSF	Q	FSF	Q
2	1.2736	0.5773								
3	1.4524	0.6910	1.3270							
4	1.4192	0.5219	1.5912	0.8055						
5	1.5611	0.5635	1.7607	0.9165	1.5069					
6	1.6060	0.5103	1.6913	0.6112	1.9071	1.0234				
7	1.7174	0.5324	1.8235	0.6608	2.0507	1.1262	1.6853			
8	1.7837	0.5060	2.1953	1.2258	1.9591	0.7109	1.8376	0.5596		
9	1.8794	0.5197	1.9488	0.5894	2.0815	0.7606	2.3235	1.3220	1.8575	
10	1.9490	0.5040	1.9870	0.5380	2.0680	0.6200	2.2110	0.8100	2.4850	1.4150

Table 3. 1-dB Chebyshev Filter Table

FILTER ORDER	Stage 1		Stage 2		Stage 3		Stage 4		Stage 5	
	FSF	Q	FSF	Q	FSF	Q	FSF	Q	FSF	Q
2	1.0500	0.9565								
3	0.9971	2.0176	0.4942							
4	0.5286	0.7845	0.9932	3.5600						
5	0.6552	1.3988	0.9941	5.5538	0.2895					
6	0.3532	0.7608	0.7468	2.1977	0.9953	8.0012				
7	0.4800	1.2967	0.8084	3.1554	0.9963	10.9010	0.2054			
8	0.2651	0.7530	0.5838	1.9564	0.5538	2.7776	0.9971	14.2445		
9	0.3812	1.1964	0.6623	2.7119	0.8805	5.5239	0.9976	18.0069	0.1593	
10	0.2121	0.7495	0.4760	1.8639	0.7214	3.5609	0.9024	6.9419	0.9981	22.2779

Table 4. 3-dB Chebyshev Filter Table

FILTER ORDER	Stage 1		Stage 2		Stage 3		Stage 4		Stage 5	
	FSF	Q	FSF	Q	FSF	Q	FSF	Q	FSF	Q
2	0.8414	1.3049								
3	0.9160	3.0678	0.2986							
4	0.4426	1.0765	0.9503	5.5770						
5	0.6140	2.1380	0.9675	8.8111	0.1775					
6	0.2980	1.0441	0.7224	3.4597	0.9771	12.7899				
7	0.4519	1.9821	0.7920	5.0193	0.9831	17.4929	0.1265			
8	0.2228	1.0558	0.5665	3.0789	0.8388	6.8302	0.9870	22.8481		
9	0.3559	1.9278	0.6503	4.3179	0.8716	8.8756	0.9897	28.9400	0.0983	
10	0.1796	1.0289	0.4626	2.9350	0.7126	5.7012	0.8954	11.1646	0.9916	35.9274