

贝塞尔响应

作者: ADI公司
Hank Zumbahlen

引言

贝塞尔滤波器是关注相位响应的运算放大器的理想选择,也是一系列小型指南中描述的多种分立式电路之一。

贝塞尔响应简介

巴特沃兹滤波器在幅度和过渡特性方面表现出色。切比雪夫滤波器在幅度响应方面有所改进,但过渡特性却有所折扣。因通带内的线性相位(即恒定延迟)特性,可以对贝塞尔(Bessel)滤波器进行优化,以获得更佳的瞬态响应。即是说,其频率响应相对较差(幅度鉴别稍显不足)。

贝塞尔滤波器是针对线性相位而设计的。换言之,通带中存在恒定延迟。阶跃响应未出现过冲现象,也无振铃现象。脉冲响应也未显示出振铃现象。因此,如果相位响应是主要问题,则贝塞尔滤波器是理想选择。

贝塞尔滤波器的极点可以通过以下方法确定:找到圆中的所有极点并用以下表达式分离其虚部,

$$\frac{2}{n}$$

其中, n 为极点数。

请注意,当圆与 $j\omega$ 轴相交于

$$\frac{1}{n}$$

或者其他极点间距离的一半时,顶部极点和底部极点相距最远。

图1展示的是一个5极点贝塞尔滤波器的极点位置。

贝塞尔极点位置

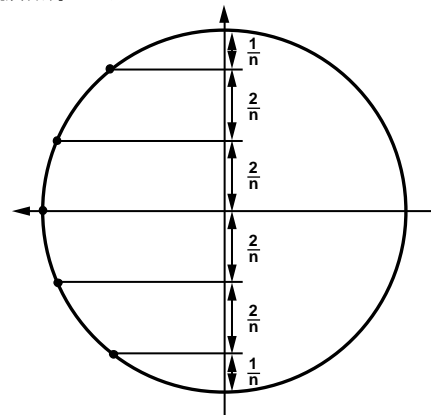


图1. 贝塞尔极点位置

贝塞尔滤波器的频率响应、群延迟、脉冲响应和阶跃响应如图2至图6所示。

贝塞尔滤波器的极点位置以及对应的 ω_0 和 α 项如图7所示。

贝塞尔响应

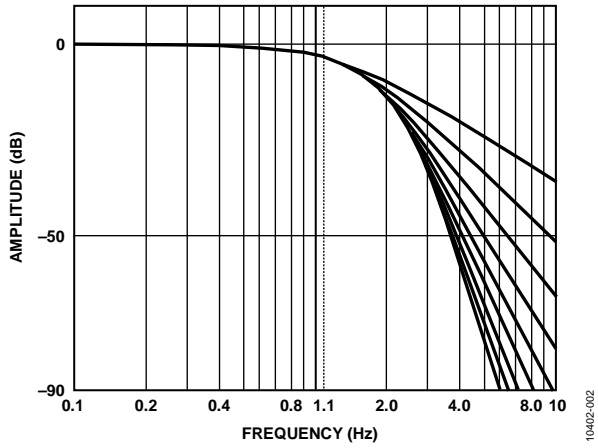


图2. 贝塞尔响应, 幅度

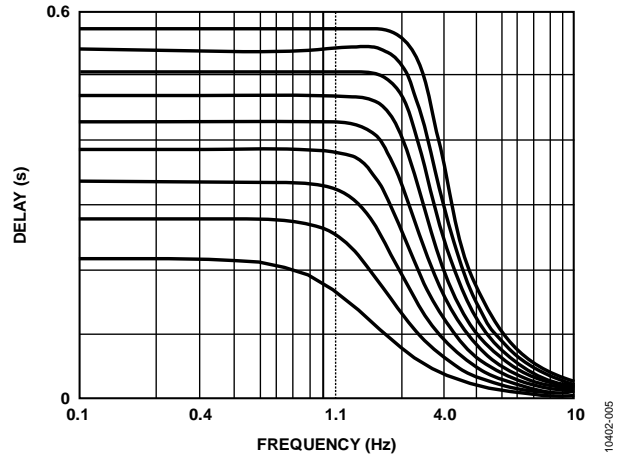


图5. 贝塞尔响应, 群延迟

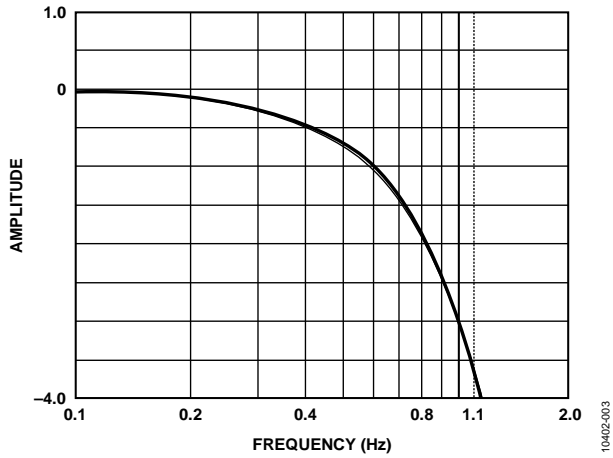


图3. 贝塞尔响应, 幅度(详)

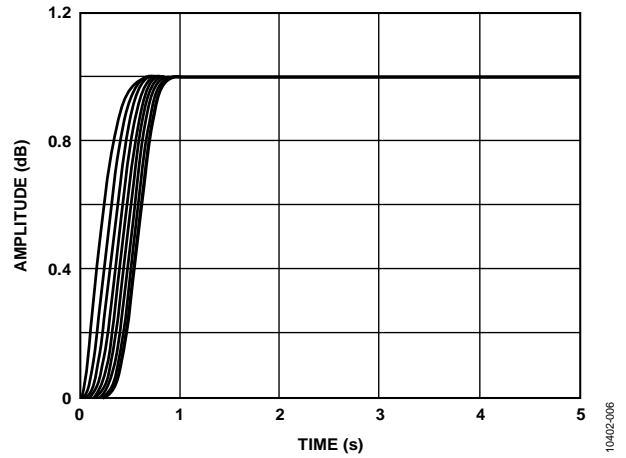


图6. 贝塞尔响应, 阶跃响应

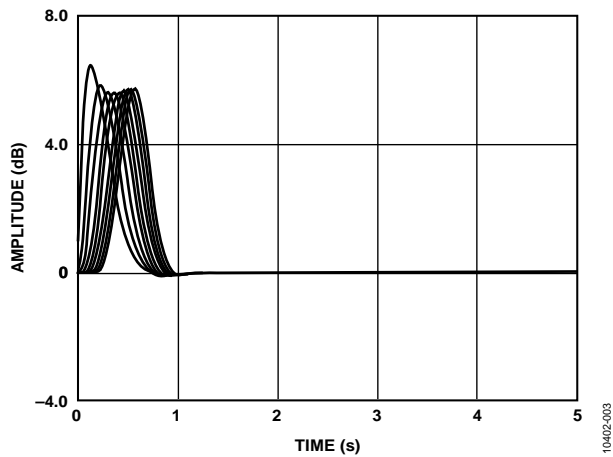


图4. 贝塞尔响应, 脉冲响应

贝塞尔表格设计

图7. 贝塞尔设计表

阶数	部分	实部	虚部	F_0	α	Q	-3 dB 频率	峰值 频率	峰值 电平
2	1	1.1050	0.6368	1.2754	1.7328	0.5771	1.0020		
3	1	1.0509	1.0025	1.4524	1.4471	0.6910	1.4185		
	2	1.3270		1.3270			1.3270		
4	1	1.3596	0.4071	1.4192	1.9160	0.5219	0.9705		
	2	0.9877	1.2476	1.5912	1.2414	0.8055		0.7622	0.2349
5	1	1.3851	0.7201	1.5611	1.7745	0.5635	1.1876		
	2	0.9606	1.4756	1.7607	1.0911	0.9165		1.1201	0.7768
	3	1.5069		1.5069			1.5069		
6	1	1.5735	0.3213	1.6060	1.9596	0.5103	1.0638		
	2	1.3836	0.9727	1.6913	1.6361	0.6112	1.4323		
	3	0.9318	1.6640	1.9071	0.9772	1.0234		1.3786	1.3851
7	1	1.6130	0.5896	1.7174	1.8784	0.5324	1.2074		
	2	1.3797	1.1923	1.8235	1.5132	0.6608	1.6964		
	3	0.9104	1.8375	2.0507	0.8879	1.1262		1.5961	1.9860
	4	1.6853		1.6853			1.6853		
8	1	1.7627	0.2737	1.7838	1.9763	0.5060	1.1675		
	2	0.8955	2.0044	2.1953	0.8158	1.2258		1.7932	2.5585
	3	1.3780	1.3926	1.9591	1.4067	0.7109		0.2011	0.0005
	4	1.6419	0.8256	1.8378	1.7868	0.5597	1.3849		
9	1	1.8081	0.5126	1.8794	1.9242	0.5197	1.2774		
	2	1.6532	1.0319	1.9488	1.6966	0.5894	1.5747		
	3	1.3683	1.5685	2.0815	1.3148	0.7606		0.7668	0.0807
	4	0.8788	2.1509	2.3235	0.7564	1.3220		1.9632	30949
	5	1.8575		1.8575			1.8575		
10	1	1.9335	0.2451	1.9490	1.9841	0.5040	1.2685		
	2	1.8467	0.7335	1.9870	1.8587	0.5380	1.4177		
	3	1.6661	1.2246	2.0678	1.6115	0.6205	1.7848		
	4	1.3648	1.7395	2.2110	1.2346	0.8100		1.0785	0.2531
	5	0.8686	2.2994	2.4580	0.7067	1.4150		2.1291	3.5944

参考文献

Zumbahlen, Hank. *Linear Circuit Design Handbook*. Elsevier. 2008. ISBN: 978-7506-8703-4.

修订历史

2012年2月—修订版0: 初始版