

模拟视频的系统带宽与分辨率

作者: Ferenc Barany

简介

确保最佳画质是视频系统设计师的终极目标。随着高清电视的到来, 图像分辨率以及视频信号带宽大幅增高。由于视频系统倾向于支持多种分辨率和接口, 因此, 设计工程师必须仔细考虑系统带宽要求, 以确保信号不失真。

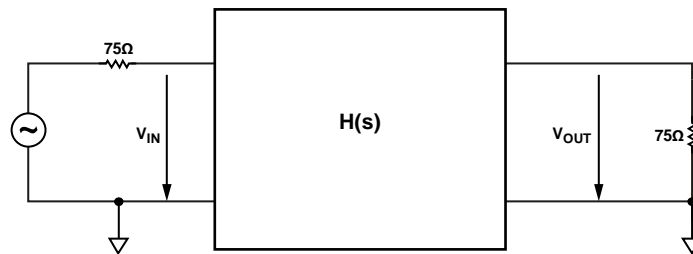
本应用笔记将概要介绍在确定系统带宽时使用的视频类术语, 以及它们与3 dB带宽之间的关系。

系统带宽定义

一般而言, 3 dB带宽是衡量系统带宽的一种指标。假设有一个低通频率响应, 则3 dB带宽可定义为输出功率在直流下下降至输出功率一半时的频率。与直流相比, 这相当于输出电压下降29.3%。

对于视频应用, 3 dB带宽意义不大, 因为它并不直接反映视频信号组分的衰减。有关视频的文献提到增益平坦度这个术语, 表示信号幅度在通带内允许的最大下降值。测试已揭示, 人眼无法分辨1%以下的亮度变化, 这相当于通带内的信号下降0.1 dB, 简单说就是0.1 dB增益平坦度。一种自由度较大的方式允许信号下降6%左右, 这相当于0.5 dB的增益平坦度。

以下各部分将描述0.1 dB和0.5 dB增益平坦度规格与3 dB带宽之间的关系。例子假定的是巴特沃兹频率响应, 这也是最常见的响应。



H(s) = VIDEO SYSTEM FREQUENCY RESPONSE
 V_{IN} = VIDEO INPUT SIGNAL
 V_{OUT} = VIDEO OUTPUT SIGNAL

07125-007

图1. 视频系统频率响应

目录

简介	1	高通频率响应	4
系统带宽定义	1	结论.....	4
低通频率响应	3		

低通频率响应

低通巴特沃兹响应的传递函数 $|H_{LP}(f)|$ 通过以下等式计算：

$$|H_{LP}(f)| = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_c}\right)^{2n}}} \quad (1)$$

其中：

f_c 为截止频率。

f 为信号频率。

n 为系统阶数。

图2展示的是在 $n=1$ 至 5 时， $f_c = 1$ MHz情况下的低通巴特沃兹响应。

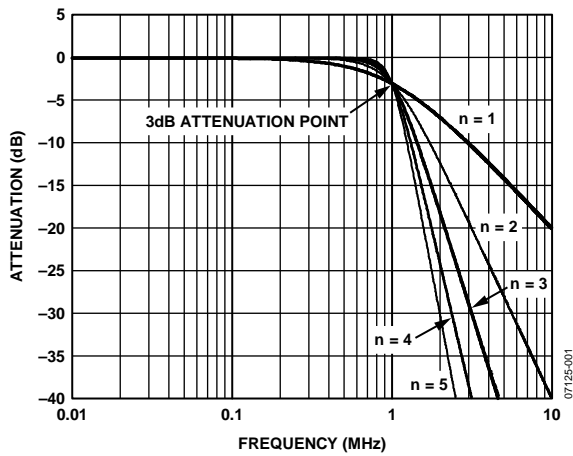


图2. 低通巴特沃兹频率响应

低通滤波器的衰减可以通过以下等式计算：

$$A_{dB} = 10 \times \log \left[1 + \left(\frac{f}{f_c}\right)^{2n} \right] \quad (2)$$

以最大视频频率(f_{MAX})替代 f ，则截止频率 f_c 与最大视频频率 f_{MAX} 之比可以表示为

$$\frac{f_c}{f_{MAX}} = \frac{1}{\sqrt[2n]{10^{\frac{A_{dB}}{10}} - 1}} \quad (3)$$

如果 A_{dB} 为0.1 dB或0.5 dB，根据两个视频增益平坦度规格，不同系统阶下的截止频率与最大视频频率之比如表1所示。

表1. 针对0.5 dB和0.1 dB增益平坦度的低通 f_c

增益平坦度	f_c/f_{MAX} 比				
	n = 1	n = 2	n = 3	n = 4	n = 5
0.1 dB	6.55	2.56	1.87	1.6	1.46
0.5 dB	2.86	1.69	1.42	1.3	1.23

图3和图4展示了在1 MHz 0.5 dB和0.1 dB增益平坦度规格下的低通频率响应。另外，我们有意图把衰减轴限制为-3 dB，以突出3 dB带宽，使其为各坐标图与频率轴的交集。

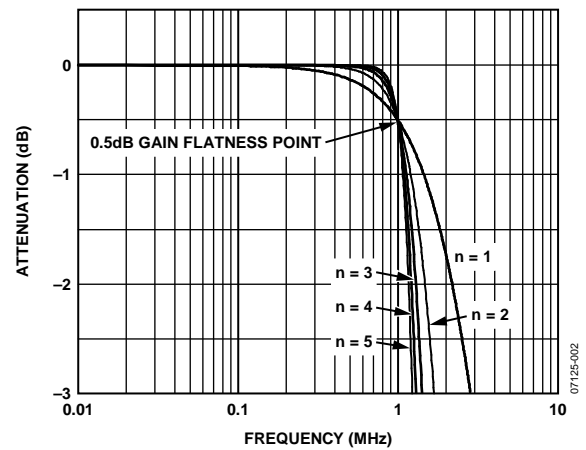


图3. 归一化系统的低通截止频率 (0.5 dB平坦度)

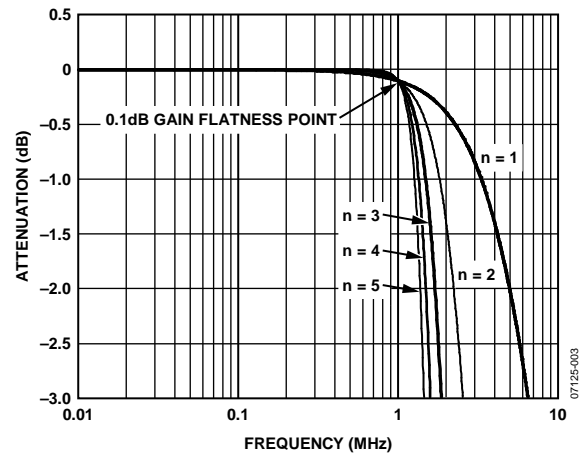


图4. 归一化系统的低通截止频率 (0.1 dB平坦度)

高通频率响应

使用交流耦合时，由交流耦合电容与视频接收器的输入阻抗形成的高通滤波器会衰减低频信号。巴特沃兹高通传递函数 $|H_{HP}(f)|$ 通过以下等式计算：

$$|H_{HP}(f)| = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_c}{f}\right)^{2n}}} \quad (4)$$

图5展示的是在 $n=1$ 至 5 时， $f_c = 1$ MHz情况下系统的高通巴特沃兹响应。

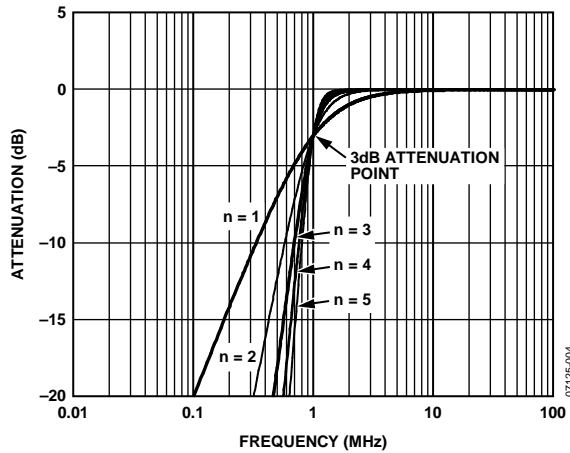


图5. 高通巴特沃兹频率响应

高通响应的衰减通过以下等式计算

$$A_{dB} = 10 \times \log \left[1 + \left(\frac{f_c}{f}\right)^{2n} \right] \quad (5)$$

以最小视频频率(f_{MIN})替代 f ，则截止频率 f_c 与最小视频频率 f_{MIN} 之比可以表示为

$$\frac{f_c}{f_{MIN}} = \sqrt[2n]{10^{\frac{A_{dB}}{10}} - 1} \quad (6)$$

表2列出了不同系统阶下，截止频率与最小视频频率分别对应于0.1 dB和0.5 dB增益平坦度的比率。

表2. 针对0.5 dB和0.1 dB平坦度的高通 f_c

平坦度	f_c/f_{MIN} 比				
	n = 1	n = 2	n = 3	n = 4	n = 5
0.1 dB	0.15	0.39	0.53	0.63	0.69
0.5 dB	0.35	0.59	0.7	0.77	0.81

图5和图6展示了在1 MHz 0.5 dB和0.1 dB增益平坦度规格下的高通频率响应。另外，我们有意把衰减轴限制为-3 dB，以突出3 dB带宽，使其为各坐标图与频率轴的交集。

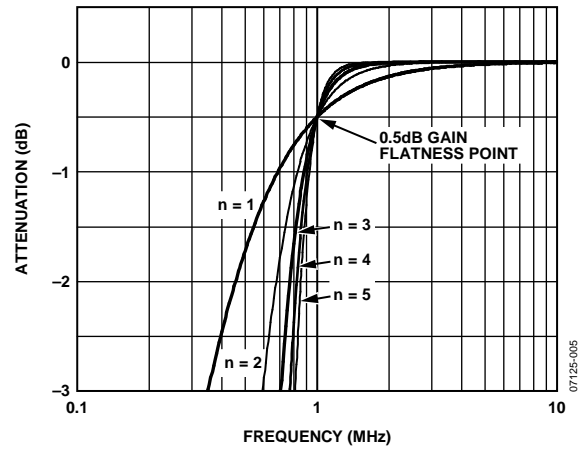


图6. 归一化系统的高通截止频率 (0.5 dB平坦度)

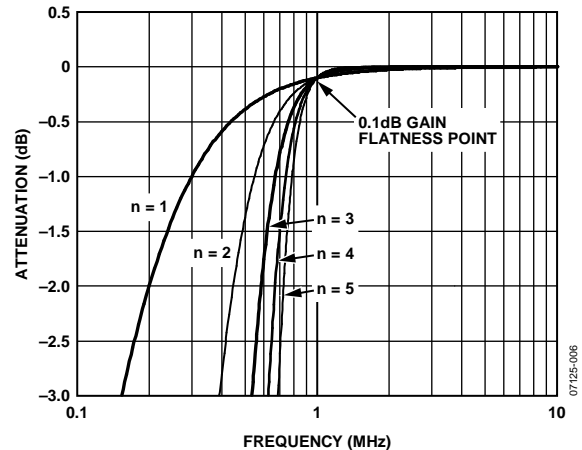


图7. 归一化系统的高通截止频率 (0.1 dB平坦度)

结论

在设计视频系统时，设计工程师必须仔细分析所需系统带宽，以确保实现最佳性能。一旦确定增益平坦度，工程师就可以根据频率响应的类型和系统阶数算出系统需要的3 dB带宽。

表3和表4同时列出了针对直流和交流耦合选项，在不同视频分辨率(包括电视和电脑图像标准)下所需的3 dB带宽(截止频率)。假设用的是巴特沃兹频率响应，且 $n = 1$ 至 5 。

表3. 直流耦合系统的3 dB带宽(低通响应)

标准	深宽比	刷新率 (Hz)	f_{MAX} (MHz)	低通截止频率(f_c)(单位: MHz)									
				0.1 dB增益平坦度					0.5 dB增益平坦度				
				n = 1	n = 2	n = 3	n = 4	n = 5	n = 1	n = 2	n = 3	n = 4	n = 5
480i	4:3	30	6.76	44.28	17.31	12.64	10.82	9.87	19.33	11.42	9.60	8.79	8.31
	16:9	30	9.01	59.02	23.07	16.85	14.42	13.15	25.77	15.23	12.79	11.71	11.08
480p	4:3	60	13.51	88.49	34.59	25.26	21.62	19.72	38.64	22.83	19.18	17.56	16.62
576i	4:3	25	6.75	44.21	17.28	12.62	10.80	9.86	19.31	11.41	9.59	8.78	8.30
	16:8	25	9.00	58.95	23.04	16.83	14.40	13.14	25.74	15.21	12.78	11.70	11.07
576p	4:3	50	13.50	88.43	34.56	25.25	21.60	19.71	38.61	22.82	19.17	17.55	16.61
720p	16:9	60	37.13	243.20	95.05	69.43	59.41	54.21	106.19	62.75	52.72	48.27	45.67
1080i	16:9	30	37.13	243.20	95.05	69.43	59.41	54.21	106.19	62.75	52.72	48.27	45.67
	16:8	25	37.13	243.20	95.05	69.43	59.41	54.21	106.19	62.75	52.72	48.27	45.67
1080p	16:8	60	74.25	486.34	190.08	138.85	118.80	108.41	212.36	125.48	105.44	96.53	91.33
	16:9	50	74.25	486.34	190.08	138.85	118.80	108.41	212.36	125.48	105.44	96.53	91.33
VGA	4:3	60	12.60	82.53	32.26	23.56	20.16	18.40	36.04	21.29	17.89	16.38	15.50
	4:3	72	15.58	102.05	39.88	29.13	24.93	22.75	44.56	26.33	22.12	20.25	19.16
	4:3	75	15.75	103.16	40.32	29.45	25.20	23.00	45.05	26.62	22.37	20.48	19.37
	4:3	85	18.00	117.90	46.08	33.66	28.80	26.28	51.48	30.42	25.56	23.40	22.14
SVGA	4:3	56	17.92	117.38	45.88	33.51	28.67	26.16	51.25	30.28	25.45	23.30	22.04
	4:3	60	19.90	130.35	50.94	37.21	31.84	29.05	56.91	33.63	28.26	25.87	24.48
	4:3	72	24.94	163.36	63.85	46.64	39.90	36.41	71.33	42.15	35.41	32.42	30.68
	4:3	75	24.75	162.11	63.36	46.28	39.60	36.14	70.79	41.83	35.15	32.18	30.44
	4:3	85	28.10	184.06	71.94	52.55	44.96	41.03	80.37	47.49	39.90	36.53	34.56
XGA	4:3	60	32.50	212.88	83.20	60.78	52.00	47.45	92.95	54.93	46.15	42.25	39.98
	4:3	70	37.46	245.36	95.90	70.05	59.94	54.69	107.14	63.31	53.19	48.70	46.08
	4:3	75	39.36	257.81	100.76	73.60	62.98	57.47	112.57	66.52	55.89	51.17	48.41
	4:3	85	47.25	309.49	120.96	88.36	75.60	68.99	135.14	79.85	67.10	61.43	58.12
SXGA	5:4	60	53.98	353.57	138.19	100.94	86.37	78.81	154.38	91.23	76.65	70.17	66.40
	5:4	75	67.48	441.99	172.75	126.19	107.97	98.52	192.99	114.04	95.82	87.72	83.00
	5:4	85	78.73	515.68	201.55	147.23	125.97	114.95	225.17	133.05	111.80	102.35	96.84
UXGA	4:3	60	81.00	530.55	207.36	151.47	129.60	118.26	231.66	136.89	115.02	105.30	99.63
	4:3	65	87.75	574.76	224.64	164.09	140.40	128.12	250.97	148.30	124.61	114.08	107.93
	4:3	70	94.50	618.98	241.92	176.72	151.20	137.97	270.27	159.71	134.19	122.85	116.24
	4:3	75	101.25	663.19	259.20	189.34	162.00	147.83	289.58	171.11	143.78	131.63	124.54
	4:3	85	114.75	751.61	293.76	214.58	183.60	167.54	328.19	193.93	162.95	149.18	141.14

表4. 交流耦合系统的3 dB带宽(高通响应)

标准	深宽比	刷新率 (Hz)	f _{MAX} (MHz)	低通截止频率(f _c)(单位: MHz)									
				0.1 dB增益平坦度					0.5 dB增益平坦度				
				n = 1	n = 2	n = 3	n = 4	n = 5	n = 1	n = 2	n = 3	n = 4	n = 5
480i	4:3	30	30	4.50	11.70	15.90	18.90	20.70	10.50	17.70	21.00	23.10	24.30
	16:9	30	30	4.50	11.70	15.90	18.90	20.70	10.50	17.70	21.00	23.10	24.30
480p	4:3	60	60	9.00	23.40	31.80	37.80	41.40	21.00	35.40	42.00	46.20	48.60
576i	4:3	25	25	3.75	9.75	13.25	15.75	17.25	8.75	14.75	17.50	19.25	20.25
	16:8	25	25	3.75	9.75	13.25	15.75	17.25	8.75	14.75	17.50	19.25	20.25
576p	4:3	50	50	7.50	19.50	26.50	31.50	34.50	17.50	29.50	35.00	38.50	40.50
720p	16:9	60	60	9.00	23.40	31.80	37.80	41.40	21.00	35.40	42.00	46.20	48.60
1080i	16:9	30	30	4.50	11.70	15.90	18.90	20.70	10.50	17.70	21.00	23.10	24.30
	16:8	25	25	3.75	9.75	13.25	15.75	17.25	8.75	14.75	17.50	19.25	20.25
1080p	16:8	60	60	9.00	23.40	31.80	37.80	41.40	21.00	35.40	42.00	46.20	48.60
	16:9	50	50	7.50	19.50	26.50	31.50	34.50	17.50	29.50	35.00	38.50	40.50
VGA	4:3	60	60	9.00	23.40	31.80	37.80	41.40	21.00	35.40	42.00	46.20	48.60
	4:3	72	72	10.80	28.08	38.16	45.36	49.68	25.20	42.48	50.40	55.44	58.32
	4:3	75	75	11.25	29.25	39.75	47.25	51.75	26.25	44.25	52.50	57.75	60.75
	4:3	85	85	12.75	33.15	45.05	53.55	58.65	29.75	50.15	59.50	65.45	68.85
SVGA	4:3	56	56	8.40	21.84	29.68	35.28	38.64	19.60	33.04	39.20	43.12	45.36
	4:3	60	60	9.00	23.40	31.80	37.80	41.40	21.00	35.40	42.00	46.20	48.60
	4:3	72	72	10.80	28.08	38.16	45.36	49.68	25.20	42.48	50.40	55.44	58.32
	4:3	75	75	11.25	29.25	39.75	47.25	51.75	26.25	44.25	52.50	57.75	60.75
	4:3	85	85	12.75	33.15	45.05	53.55	58.65	29.75	50.15	59.50	65.45	68.85
XGA	4:3	60	60	9.00	23.40	31.80	37.80	41.40	21.00	35.40	42.00	46.20	48.60
	4:3	70	70	10.50	27.30	37.10	44.10	48.30	24.50	41.30	49.00	53.90	56.70
	4:3	75	75	11.25	29.25	39.75	47.25	51.75	26.25	44.25	52.50	57.75	60.75
	4:3	85	85	12.75	33.15	45.05	53.55	58.65	29.75	50.15	59.50	65.45	68.85
SXGA	5:4	60	60	9.00	23.40	31.80	37.80	41.40	21.00	35.40	42.00	46.20	48.60
	5:4	75	75	11.25	29.25	39.75	47.25	51.75	26.25	44.25	52.50	57.75	60.75
	5:4	85	85	12.75	33.15	45.05	53.55	58.65	29.75	50.15	59.50	65.45	68.85
UXGA	4:3	60	60	9.00	23.40	31.80	37.80	41.40	21.00	35.40	42.00	46.20	48.60
	4:3	65	65	9.75	25.35	34.45	40.95	44.85	22.75	38.35	45.50	50.05	52.65
	4:3	70	70	10.50	27.30	37.10	44.10	48.30	24.50	41.30	49.00	53.90	56.70
	4:3	75	75	11.25	29.25	39.75	47.25	51.75	26.25	44.25	52.50	57.75	60.75
	4:3	85	85	12.75	33.15	45.05	53.55	58.65	29.75	50.15	59.50	65.45	68.85

注释

注释