

模拟视频的信号宽度与分辨率

作者: Ferenc Barany

简介

不同于音频等传统信号(信息是加载到信号幅度上随时间传送的), 视频信号传送的图像信息同时包含每个图像像素随时间变化的值 and 位置。视频信号携带的大量信息使其频谱比音频等类似的基带信号要宽得多。这就需要在设计视频系统时予以特别注意, 以确保视频信号中含有的信息在从信号源传送到接收器的过程中尽量减少画质的下降。本应用笔记旨在概要介绍视频信号带宽要求, 说明如何根据频谱来估算其最小频率和最大频率。表1和表2中的计算结果是针对市场上最常见的分辨率给出的。

模拟视频信号频谱

由于图像内容在带宽方面存在显著差异, 因此, 视频信号频谱可与高斯噪声频谱相比较, 后者在直流与无穷之间表现平坦。由于视频信号的带宽有限, 其频谱中的最高频率组分 f_{MAX} 是由系统捕获图像最小细节的能力来决定的(见图1)。

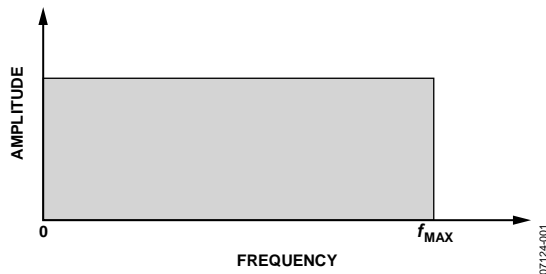


图1. 视频信号频谱。

为了不影响画质, 视频系统的频率响应需要在从直流到视频信号频谱中最高频率组分之间表现平坦。为此, 通常在同一系统不同级之间使用直流耦合技术。然而, 出于安全考虑, 在连接来自不同系统的视频电路时, 交流耦合是首选方法。采用交流耦合的优势在于这样可以避免因直接连接采用不同电源电压的电路而带来的大直流电流问题。由于交流耦合电容会阻止信号的直流组分, 所以, 设计师必须利用专门的电路来恢复视频信号的直流组分, 通常是一种直流箝位电路(见图2)。

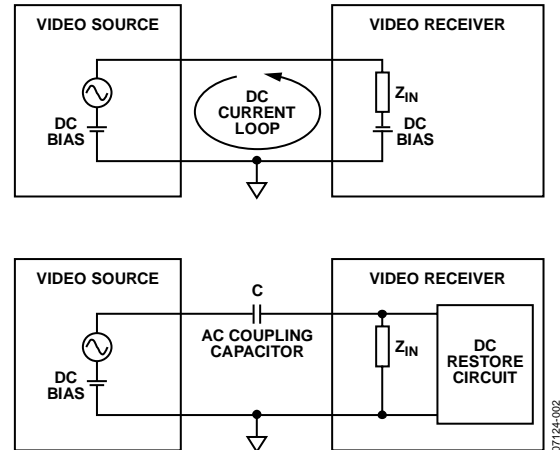


图2. 视频系统中的交流耦合

由交流耦合电容以及直流恢复电路等效输入阻抗形成的高通滤波器会使信号中的低频组分衰减。结果会导致总体表现为带通频率响应, 该响应须在视频信号频谱中最小和最大频率组分之间表现平坦, 如图3所示。

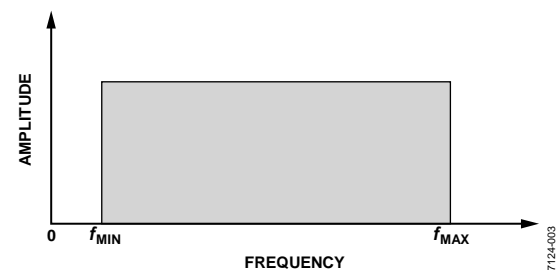
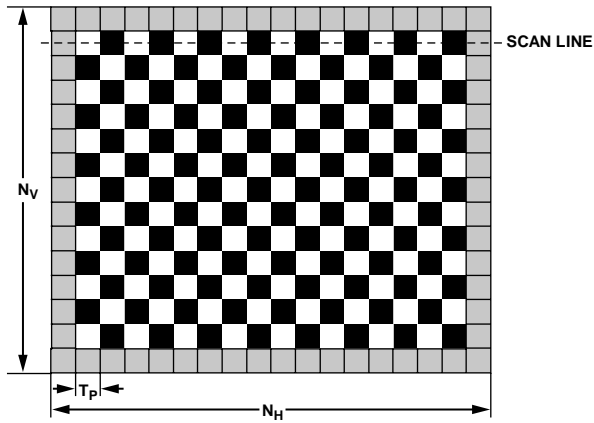


图3. 交流耦合的视频信号频谱

由于最小和最大视频频率高度依赖于视频信号特性, 因此, 本应用笔记将说明如何计算最常见分辨率(包括 SDTV、HDTV 和 PC 图像)下的这些组分。

最大视频频率

视频信号频谱中的最高频率组分决定着信号的带宽。这相当于可能再现的最小图片细节。在扫描过程中, 任何图像都被分成像素, 有些像素是有效的(在屏幕上可见), 有些是消隐的(在屏幕上不可见), 如图4所示。



LEGEND: OR = ACTIVE PIXELS (VISIBLE ON THE SCREEN)
 = BLANK PIXEL (NOT VISIBLE ON THE SCREEN)

图4. 扫描图像中的像素

07124-004

考虑到扫描图像所有像素(有效和消隐)需要的时间为 T_V , 则每一像素的持续时间可以通过下式算出:

$$T_p = \frac{T_V}{N_H \times N_V}$$

其中:

T_p 为单个像素的持续时间。

N_H 和 N_V 分别为水平和垂直像素总数, 包括有效像素和消隐像素。

T_V 为扫描一张图像所有像素需要的时间。

对于图4所示扫描图像, 其相邻像素拥有不同的值, 结果形成的视频信号为一个方波。

对应于最大视频频率的方波的一个完整周期等于两个相邻像素的持续时间。因此, 最大视频频率变为

$$f_{MAX} = \frac{1}{2 \times T_p} = \frac{N_H \times N_V}{2 \times T_V} = \frac{N_H \times N_V \times f_V}{2}$$

其中:

$$f_V = \frac{1}{T_V} \text{ 为垂直刷新率。}$$

最小视频频率

在使用交流耦合时, 必须确定需要系统不衰减通过的最小视频频率。最大视频频率代表可以再现的最小细节, 而最小视频频率是由最大图像细节决定的。由于最大细节是相当于整个图像大小的一个像素, 因此, 总分辨率等于1 ($N_H = N_V = 1$)。这种情况下, 像素持续时间 $T_p = T_V$ 。由于最小视频频率的全周期只含有一个像素, 因此, 最小视频频率 f_{MIN} 实际上取决于垂直刷新率

$$f_{MIN} = \frac{1}{T_V} = f_V$$

结论

由于高画质视频已是随处可见, 必须对系统带宽进行全面分析, 以确保不使画质受损。通过计算给定视频信号的最小和最大视频频率, 设计工程师可以选择正确的电路, 以确保为所支持的所有视频标准和接口提供最佳画质。

对应于最常见电视图像和电脑图像标准的最小和最大视频频率值分别列于表1和表2之中。

参考文献

1. Keith, Jack. 2005. *Video Demystified*. 4th edition, Elsevier.
2. VESA *Monitor Timing Specifications*, Version 1.0, Rev. 0.8, September 1998.

表1. 针对电视标准的最小和最大视频频率

标准	有效分辨率 (像素)	总分辨率 $N_H \times N_V$ (像素)	深宽比	扫描方式	垂直刷新率 (Hz)	最小视频频率 (Hz)	最大视频频率 (MHz)
480i	720 × 480	858 × 525	4:3	隔行	30	30	6.76
	960 × 480	1144 × 525	16:9	隔行	30	30	9.01
480p	720 × 480	858 × 525	4:3	逐行	60	60	13.51
576i	720 × 576	864 × 625	4:3	隔行	25	25	6.75
	960 × 576	1152 × 625	16:9	隔行	25	25	9.00
576p	720 × 576	864 × 625	4:3	逐行	50	50	13.50
720p	1280 × 720	1650 × 750	16:9	逐行	60	60	37.13
1080i	1920 × 1080	2200 × 1125	16:9	隔行	30	30	37.13
	1920 × 1080	2376 × 1250	16:9	隔行	25	25	37.13
1080p	1920 × 1080	2200 × 1125	16:9	逐行	60	60	74.25
	1920 × 1080	2376 × 1250	16:9	逐行	50	50	74.25

表2. 针对电脑图像标准的最小和最大视频频率

标准	有效分辨率 (像素)	总分辨率 $N_H \times N_V$ (像素)	深宽比	扫描方式	垂直刷新率 (Hz)	最小视频频率 (Hz)	最大视频频率 (MHz)
VGA	640 × 480	800 × 525	4:3	逐行	60	60	12.60
	640 × 480	832 × 520	4:3	逐行	72	72	15.58
	640 × 480	840 × 500	4:3	逐行	75	75	15.75
	640 × 480	832 × 509	4:3	逐行	85	85	18.00
SVGA	800 × 600	1024 × 625	4:3	逐行	56	56	17.92
	800 × 600	1056 × 628	4:3	逐行	60	60	19.90
	800 × 600	1040 × 666	4:3	逐行	72	72	24.94
	800 × 600	1056 × 625	4:3	逐行	75	75	24.75
	800 × 600	1048 × 631	4:3	逐行	85	85	28.10
XGA	1024 × 768	1344 × 806	4:3	逐行	60	60	32.50
	1024 × 768	1328 × 806	4:3	逐行	70	70	37.46
	1024 × 768	1312 × 800	4:3	逐行	75	75	39.36
	1024 × 768	1376 × 808	4:3	逐行	85	85	47.25
SXGA	1280 × 1024	1688 × 1066	5:4	逐行	60	60	53.98
	1280 × 1024	1688 × 1066	5:4	逐行	75	75	67.48
	1280 × 1024	1728 × 1072	5:4	逐行	85	85	78.73
UXGA	1600 × 1200	2160 × 1250	4:3	逐行	60	60	81.00
	1600 × 1200	2160 × 1250	4:3	逐行	65	65	87.75
	1600 × 1200	2160 × 1250	4:3	逐行	70	70	94.50
	1600 × 1200	2160 × 1250	4:3	逐行	75	75	101.25
	1600 × 1200	2160 × 1250	4:3	逐行	85	85	114.75

注释