第 24 卷 第 2 期　　海 军 航 空 工 程 学 院 学 报　　Vol. 24 No.2
2009 年 3 月　　Journal of Naval Aeronautical and Astronautical University　　Mar. 2009

文章编号：1673–1522（2009）02-0207–04

基于高速 D/A 卡的复合视频信号发生器

徐　涛[a]，姜本清[b]

（海军航空工程学院 a．研究生管理大队；b．电子信息工程系，山东 烟台 264001）

摘　要：提出了一种运用高速 D/A 卡产生复合视频信号的方法。以 PAL 制式为例介绍了复合视频信号的特点和技术要求，重点阐述了设计过程中的难点问题及解决方法，例如副载波相位连续性、图像的缩放和插值等问题。

关键词：复合视频信号发生器；高速 D/A 卡；PAL；图像缩放；图像插值

中图分类号：TN948.57　　文献标志码：A

复合视频信号发生器是监视器和显示控制系统测试与维修的必备设备。自动测试系统在测试监视器时，要求提供激励信号的视频信号发生器具有体积小、成本低、便于集成控制等特点。而且，自动测试系统要求尽量采用通用的测试仪器，以减少仪器的种类和数量。本文提供了一种应用高速 D/A 产生复合视频信号的方法，可以得到高质量的多制式的复合视频信号。在某型测试系统中，利用系统中已有的 EP-H6171 高速 D/A 卡实现了该功能，从而不必配置专门的视频信号产生器，减小了系统体积和规模，节省了经费，取得了较好的应用效果。

1 EP-H6171 简介

EP-H6171[1]为成都恩菲特公司的高速 D/A 产品，是 PCI 卡式仪器，双通道输出（可同步或单独输出），采用 12 bits 高速 D/A 输出存贮在模块存贮器中的波形，信号输出幅度可进行调节，它的每个通道的波形存贮长度为 4 M 采样点，并可扩充至 32 M 采样点。在波形存贮器中，可同时存贮多段波形，EP-H6171 可将这些波形级联输出或单个输出。另外，EP-H6171 还可产生 16 路与通道 1 时钟同步的高速数字量输出，特别适合用于需要提供数字激励的 IC 测试等领域。

EP-H6171 使用 DDS（直接数字频率合成）技术来产生高速 D/A 所需的转换时钟信号。当使用内部参考时钟时，D/A 转换速率可从 0.04 sps 到 40 Msps，调节步长为 0.041 9 Hz。DDS 的参考时钟亦

收稿日期：2008-09-24

作者简介：徐　涛（1985–），男，硕士生。

可从前面板输入，频率范围为 1～30 MHz。

为便于用户开发应用，随产品提供了《软件参考手册》和 SDK[1]，主要的 API 函数如表 1 所示。

表 1 EP-H6171 主要 API 函数列表

函数名	功能
Eph6171_AutoConnectToFirst	自动连接找到的第一张模块，并返回句柄
Eph6171_LoadWave	装载数据到板上存储器
Eph6171_ImmeWaveOut	立即波形输出
Eph6171_StopWaveOut	停止立即波形输出
Eph6171_SetDACClkFreq	设置 DAC 时钟频率

2 复合视频信号

复合视频信号包含产生视频信号所需的各个成分，主要由 3 个部分组成：亮度信号、色度信号和同步信号。国际上采用的视频信号制式主要有 3 种：PAL、NTSC 和 SECAM。我国采用的是 PAL 制式，其参数：625 行/帧、575 有效行、帧频 25 f/s、行周期 64 μs、行有效时间 52 μs、通频带 6 MHz；图 1 给出了信号的波形[2]。

PAL 制又称逐行倒相正交平衡调幅制，它的色同步信号 $f(t)$和图像信号 E_m 的数学表达式为：

$$f(t)=k\times\sin(\omega_{sc}t+180°\pm45°)\ , \tag{1}$$

$$E_m=E_Y+E_U\sin\omega_{sc}t\pm E_V\cos\omega_{sc}t\ , \tag{2}$$

式中：k=150 mV；$\omega_{sc}=2\pi f_{sc}$，$f_{sc}=4\ 433\ 618.75$ Hz 为副载频；E_Y 为亮度信号；E_U 和 E_V 为色差信号。式(2)中的±符号若取正，该行就称为 NTSC 行，即非倒相行，则式(1)中的±取负。反之，式(2)中的±符号若取负，该行为 PAL 行，即倒相行，式(1)中±取正[3]。

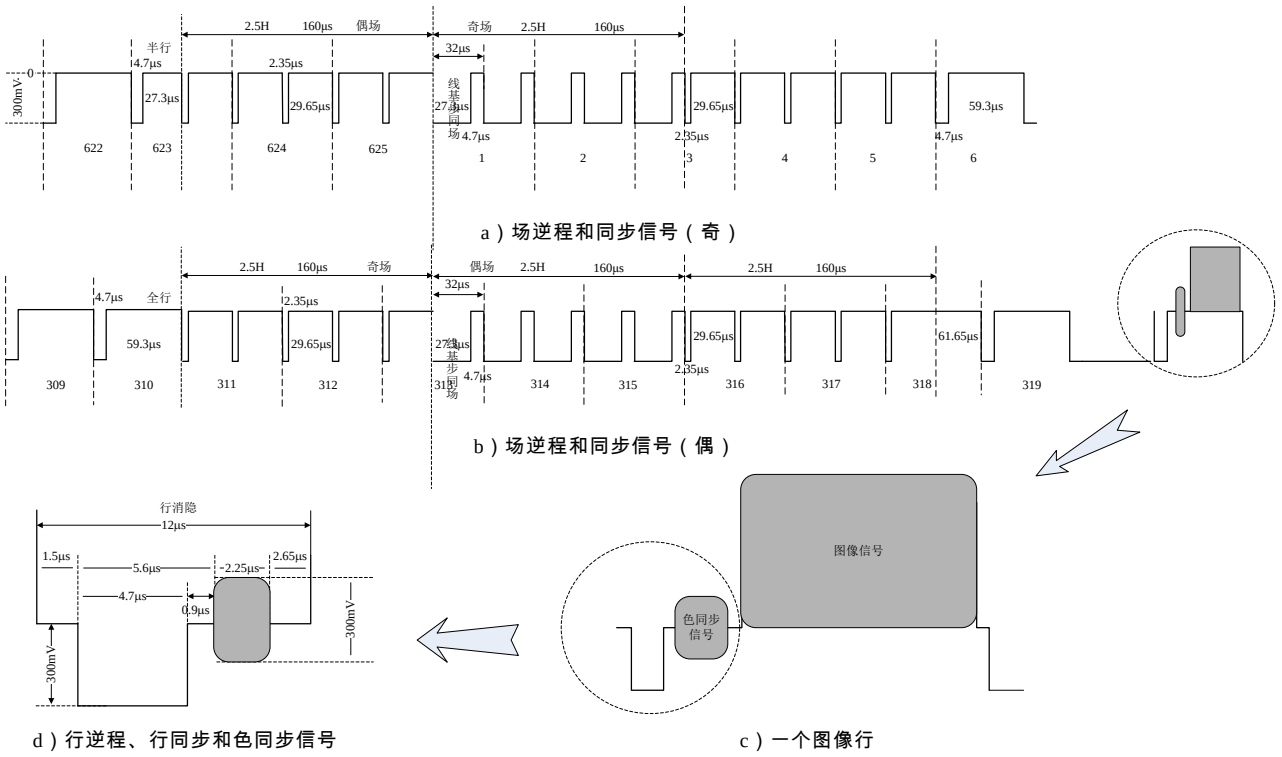


图 1　复合视频信号图解

3 采样数据产生软件的开发

软件使用 NI 公司的 LabWindows/CVI 编制。LabWindows/CVI 是一个完全的 ANSI C 开发环境。它将功能强大、使用灵活的 C 语言与测控专业工具有机结合起来。它的交互式开发平台、交互式编程方法、丰富的功能面板和函数库大大方便了应用程序的开发[4]。

3.1 框架设计

EP-H6171 具有两个通道和数字量输出，以及扫频输出，可以利用这些功能为信号发生器增加多种附加功能。程序设计框架图如图 2 所示。

在视频信号发生器的设计中，除了产生视频信号，还附加了以下几项功能：① 预置波形的产生：软件预置了几种波形的产生函数，如正弦波、方波、锯齿波等常用波形。② 加载波形文件：将需要产生的波形信息写入一个文件，然后利用本软件加载该文件，即可得到需要的波形，波形文件由用户按照规定的格式创建，便于移植和修改。③ 扫频信号的产生。④ 数字信号的产生。

上述 4 项功能本文不作具体阐述，重点介绍复

收稿日期：2008-09-24
作者简介：徐　涛（1985–），男，硕士生。

合视频信号的产生。

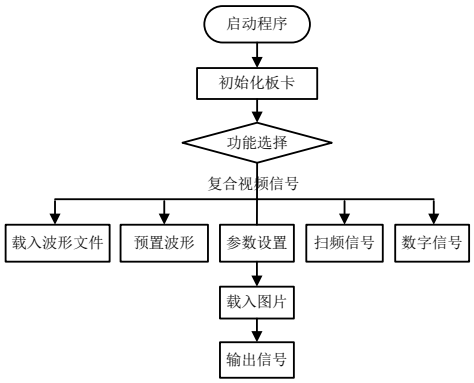


图 2　程序设计框架图

复合视频信号的产生包含两大步骤：信号参数的设置以及图片信号的装载。信号参数的设置是通过一个设置向导完成的 ,包括 D/A 转换速率的设置，图片处理与显示方式的选择等；图片信号的装载就是把生成的信号数据写入 DA 卡上的存储器。首先，选择待显示的图片，并对图片进行图像处理，处理的内容包括把图像的 RGB 数据转换为 YUV，图像分辨率的变换等；然后，计算得到 DA 卡规定格式的数据并写入存储器。

3.2 难点问题及解决方法

3.2.1 信号帧数的确定

DA 卡通过循环播放存储器内的数据的方式实现连续的波形输出。为了输出稳定的波形，需要知道视频信号的周期。以 PAL 制式为例，一帧图像为 625 行，从图像内容上来说，每一帧为一个周期。但是，由于它的色同步信号是逐行交替变化的，其变化整周期为偶数行，所以至少需要产生两帧信号才能保证逐行交替的连续性。但是如果以两帧为周期的话，会发现产生的图像上半部分色彩不稳定，如图 3 所示。这是电视解码时锁相电路没能及时锁定色同步信号的表现。下面分析问题产生的原因。

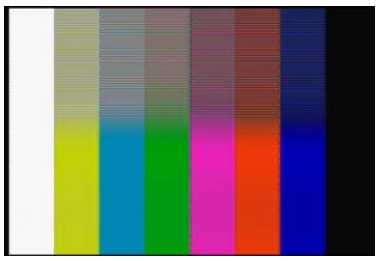


图 3　不稳定的图片

为了减少亮度信号与色度信号的相互干扰，PAL 制副载频采用了 1/4 行频偏置并附加了半场频偏置[3]，即

$$f_{sc}=(n-\frac{1}{4})f_h+\frac{1}{2}f_v=(n-\frac{1}{4}+\frac{1}{625})f_h\ ,\qquad (3)$$

式中：f_{sc} 为副载频；f_h 为行频；f_v 为场频。

一帧结束时，副载波的相位变化量为

$$\Delta p_{sc}=2\pi f_{sc}\times 625/f_h=(n-155)\times 2\pi-\frac{\pi}{2}。\qquad (4)$$

因此，两帧结束后，副载波正好反相。如果以两帧为一个周期产生信号，在每个周期的开始，锁相电路都要重新进行相位锁定，这个过程消耗的时

间大约为半场，因此图像上半部分色彩不稳定。

可见信号的产生应当以 4 帧为周期才能保证副载波相位的连续性。PAL 信号的帧周期为 40 ms，这样就需要产生 160 ms 的数据，并循环播放。

3.2.2 D/A 转换速率的选择

以 PAL 制式复合视频信号为例，其通频带为 6 MHz，根据香农定理，对信号的采样频率至少为 12 MHz，得到的离散信号频谱才不至于发生混叠，才能通过数模转换恢复原信号。也就是说，理论上讲 D/A 转换速率应当至少为 12 Msps。由于 D/A 卡是通过零阶保持实现模数转换，而且并不具备带宽为 6 MHz 的低通平滑滤波器，对视频信号的滤波只能依靠监视器的接收电路，要提高输出信号的质量，只能依靠提高 D/A 转换速率。采用的 D/A 转换速率越高，信号的失真就越小。

另一方面，D/A 转换速率要受到存储深度的限制。信号周期 T、采样率（D/A 转换速率）f_s 和存储深度 M 之间的关系为

$$M = T \times f_s \text{。} \tag{5}$$

由上节所述，PAL 制式复合视频信号的周期为 160 ms，而 EP-H6171 每个通道的存储深度为 4 M 采样点，可得转换速率最高为 25 Msps。若想达到的最高转换速率 40 Msps，必须扩展其存储深度。

3.2.3 图像处理

PAL 制式的视频信号的有效行数为 575，每行图像显示有效时间为 $t_{\text{active}} = 52\ \mu\text{s}$，所以每行图像信号的采样点数为：

$$N_{\text{active}} = t_{\text{active}} f_{\text{s}} \text{。} \tag{6}$$

仍以 $f_{\text{s}} = 20$ Msps 为例，得 $N_{\text{active}} = 1\,040$。也就是说，一幅分辨率 WIDTH×HEIGHT 的图像必须缩放为 1040×575 后再进行运算。设图像宽度和高度的放大因子分别为 r_{w} 和 r_{h}，则

$r_{\text{w}} = 1040/\text{WIDTH}$，$r_{\text{h}} = 575/\text{HEIGHT}$。

缩放变换矩阵为：

$$[x_0\ y_0\ 1] = [x_1\ y_1\ 1] \begin{bmatrix} 1/r_{\text{w}} & 0 & 0 \\ 0 & 1/r_{\text{h}} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \tag{7}$$

式中：(x_1, y_1) 表示缩放后的像素点坐标；(x_0, y_0) 表示 (x_1, y_1) 对应的原图中的点。由于放大图像时产生了新的像素以及浮点数的操作，得到的坐标可能并不是整数，因此新像素点的值要通过插值的方法得到。常用的两种图像插值的快速算法是最近邻域插值和二维线性插值[5]。

最近邻域插值是令输出像素点的值等于离其最

近的输入像素点的值。

双线性插值则是利用输出像素点的值相邻的 4 个邻近点进行运算。

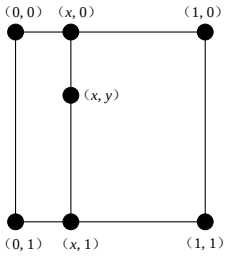


图 4　双线性插值算法示意图

如图 4 所示，令 $f(x,y)$ 表示 (x,y) 点的值，双线性插值可以分为 3 步进行：

$$f(x,0)=f(0,0)+x[f(1,0)-f(0,0)]\ ,\qquad (8)$$

$$f(x,1)=f(0,1)+x[f(1,1)-f(0,1)]\ ,\qquad (9)$$

$$f(x,y)=f(x,0)+y[f(x,1)-f(x,0)]\ 。\qquad (10)$$

最近邻域插值法运算速度较快，但对于邻近像素点的值有较大改变的细微结构，这种算法是粗糙的，会给图像的细节带来明显的失真；而双线性插值法可以较好的解决这个问题。由图 5 可以看到，图像经最近邻域插值法处理后，原本亮度均匀的竖亮线变得亮度不一（左图），而采用双线性插值处理的图像（右图）不存在这个问题。

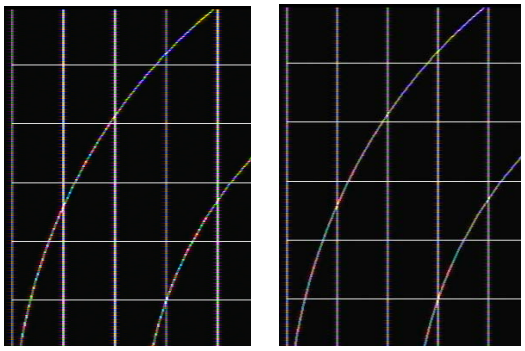


图 5　插值算法效果对比

由于电视画面的显示比例为 4:3，如果所载入的图片分辨率不满足这个比例，图像在长度或宽度方向会被拉伸。如果要求图片显示没有比例失真，可以采取下面两种方式进行图像处理算法改进：

1）将载入的图片补足 4:3 的比例。如果图片分辨率为 600×600，则在图片右侧添加 200×600 个黑色的点，将图片变为 800×600，然后进行运算。这样显示的画面左侧为原比例的图像，右侧 1/4 的画面为空白。效果图见图 6。

2）原始图片不变，在进行图像缩放的时候进行处理。仍以 600×600 的图像为例。如果比例不失真地显示的话，图像只占据屏幕的 3/4。因此，将图像缩放时的横向分辨率变为 $3/4N_{\text{active}}$，剩下的 $1/4N_{\text{active}}$ 采样点为空白。该法效果与方法 1）等效。



图 6　有无比例失真的图像显示对比

4 总结

本文提出的复合视频信号产生方法灵活实用，通过适当的软件处理可以产生任意给定图像。产品可以满足测试需求，并且具有多项附加功能，具有较强的实用价值。

在此设计方法的基础上，可将视频信号发生器的功能进行扩展。可以使信号发生器产生各种制式的视频信号，并使视频信号的参数可调节，如亮度、对比度等。还可以利用数字通道，同时产生各种视频同步信号，以满足实际应用中的多样化需求[6]。

参考文献：

[1] EP-H6171 用户手册[K]. 恩菲特科技有限公司, 2005.
[2] 国家技术监督局. GB 3174-1995, PAL-D 制电视广播技术规范[S]. 1995.
[3] 程玉林, 钟钦华. 彩色电视原理[M]. 合肥: 安徽科学技术出版社, 1992:91-97.
[4] 王建新, 杨世凤, 隋美丽. LabWindows/CVI 测试技术及工程应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006:3-4.
[5] 马平. 数字图像处理和压缩[M]. 北京: 电子工业出版社, 2007:22-23.
[6] 吴忠德, 李文海, 孟上. 一种基于 PXI 总线复合视频信号转接卡[J]. 海军航空工程学院学报, 2007,22(1): 181-184.

Composite Video Signal Generator Using High-Speed D/A Converter

XU Tao[a]，JIANG Ben-qing[b]

（Naval Aeronautical and Astronautical University a. Graduate Students' Brigade；
b. Department of Electronic and Information Engineering，Yantai Shandong 264001，China）

Abstract: One design method of composite video signal generator using high-speed D/A converter was proposed. A summarized review of composite video signal in case of PAL was provided. More attention was paid on difficulties in the design and corresponding solutions, such as continuity of the phase of sub carrier, image room and interpolating.

Key words: composite video signal generator; high-speed D/A converter; PAL; image zoom; image interpolation