

第五章：DVE数字视频特技

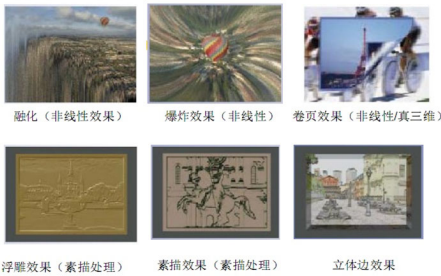
- 重点：
- 一、DVE的特点
  - 二、图像变换原理
  - 三、DVE数字处理系统

一、数字视频特技概述

(一)DVE基本内容

数字视频特技又称为数字视频效果系统,英文名称Digital Video Effect(缩写DVE),有些如Sony公司称之为多功能数字特技系统(DME)。它是从帧同步机为基础发展而来的一种数字视频处理设备。

数字特技运用数字技术将输入的视频在电视屏幕的二维或三维空间中进行各种方式的处理，把许多不同的图像元素组成单一的复杂图像或使画面具有压缩、放大、旋转、油画、裂像、随意轨迹移动等处理。



1.与传统视频特技切换的比较

特技切换所能实现的屏幕效果主要是两路或若干信号以不同的幅度比例进行组合，或者用各种形状和大小的分界线在屏幕的不同位置上分割屏幕，分割屏幕的分界线尽管能沿不同方向移动，但不能对各路图像本身进行处理。

而数字视频特技的特点是能对图像本身的视频信号作出尺寸、位置变化和亮度、色度、频谱变化等。



2. DVE与软件数字特技

软件特技主要是由计算机完成的，速度慢，视频质量一般没有数字特技机好。但是软件特技能同时完成特技、动画、字幕、配音等工作，灵活性强。

数字特技机是软件与硬件结合起来实现的，速度快，视频指标高。但它只能完成视频特效处理。

3. 2D与3D的区别

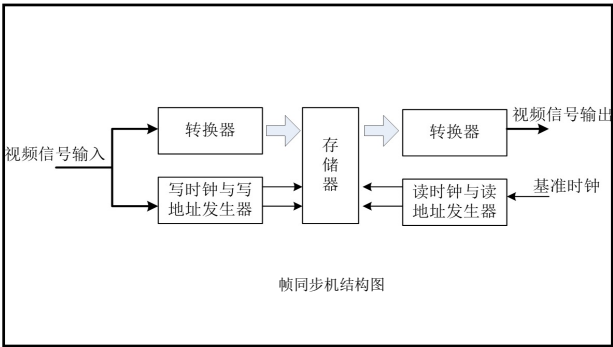
数字特技可分为二维和三维数字特技。其区分的主要标准是Z轴上的透视效果。

- 2D数字特技所实现的图像变化和运动仅在XY平面上完成，而在反映图像深度的Z轴上无透视效果发生。
- 3D数字特技实际上具有一定的立体视觉感的特技，三维变换时，会使变换的图像在屏幕上产生远近变化的透视感觉。
- 2.5D数字特效是仅在XY平面上完成的，为了模仿3D效果，2.5D会提供几种特定图形，比如等腰梯形，模仿某些角度的3D旋转效果

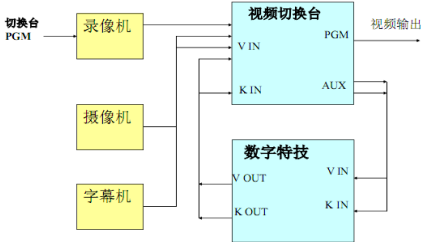


(二) 数字特技机的信号处理

- 视频信号经过转换器（如A/D变换或译码器）后写入到存储器中，这里写地址发生器的地址是从输入视频信号中导出的，以便使其具有正确的时序关系。
- 存入在存储器中的视频信号数据再经过读时钟和读地址控制，从存储器中读出数据经过D/A变换和编码后输出。
- 数字特技的实现是通过控制存储器的地址、存储器内的数据完成的。
- 数字特技机的原型是帧同步机（FS，Frame Synchro）



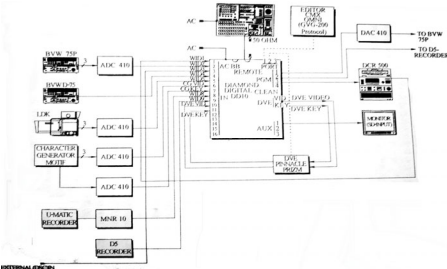
(三) 视频切换台与数字特技的连接



1. 切换台与外部特技机相连

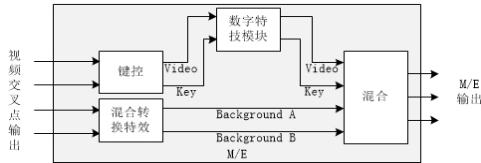
- 数字特技机对录像机、摄像机这类设备来说是**信号处理设备**，利用视频切换台的**辅助母线**，可令数字特技机得到来自录像机、摄像机等设备的图像信号，然后进行特效变换处理。
- 对视频切换台来说，数字特技机又是切换台的**视频信号源**之一，所以特技变换后的视频信号及其键信号又送到切换台的输入端。

视频切换台与数字特技的实际应用



2. 切换台嵌入的数字特技模块

切换台内部镶嵌有数字特技模块，供调用。



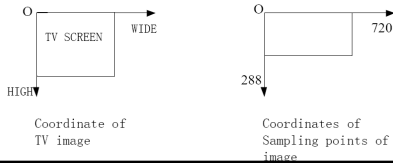
二、图像变换原理

图像变换主要是通过改变写入存储器的样值地址或改变存储器中读出样值的地址以及变更数字视频信号的数据流来实现的。

- 1. 改变地址可以完成图像的放大缩小Zoom，位移和2D、3D变换。
- 2. 变更数字视频信号的数据流可以产生油画效果Painting、版画效果cutout、负像效果negative等。

(一) 改变地址样值

- 通常，电视画面的位置定义在一个坐标内，电视屏幕的左上角为坐标原点。水平坐标沿画面宽度方向。垂直坐标沿画面高度方向。数字特技的各种图像处理以场为单位进行，一幅图像就是一场图像。



- 一些术语：
- 未变换的图像称为源图像Source Picture；
  - 存放的地址称为源地址Source Address；
  - 变换后的图像称为靶图像Target Picture；
  - 变换后的地址称为靶地址Target Address。

1. 2D特技原理

把电视画面的位置（靶地址）定义在一个坐标内，称作数字电视坐标。在数字电视坐标系下，设输入图像任一点的坐标值为(H,V)（源地址），该点输出的坐标值为(X,Y)（靶地址），2D变换时满足如下关系。

$$\begin{aligned} X &= S_H \cdot H + K_1 V + X_0 \\ Y &= S_V \cdot V + K_2 H + Y_0 \end{aligned}$$

其中 $S_H$ 和 $S_V$ 分别为水平方向和垂直方向的尺寸变换系数； $K_1$ 和 $K_2$ 为交错运算系数； $X_0$ 和 $Y_0$ 分别为水平方向和垂直方向的位移量。

(1)  $K_1=K_2=0$ ,

$$\begin{aligned} X &= S_H \cdot H + X_0 \\ Y &= S_V \cdot V + Y_0 \end{aligned}$$

图像水平和垂直方向各自独立乘以系数，并加入位移量。表现为：

- 宽度和高度的缩放，正向或颠倒的图像，并有位移。



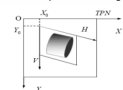
这样一场画面经过 $S_H=2$ 的2D变化后，输出的视频在显示器上是什么样子？

(2)  $K_1, K_2$  不全为零

(a)  $K_1 = 0, K_2 \neq 0$ ,

$$X = S_H \cdot H + X_0$$

$$Y = S_V \cdot V + K_2 H + Y_0$$



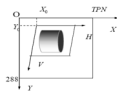
(a)  $K_1 = 0, K_2 \neq 0$

- V轴与Y轴平行，H轴与X轴倾斜的平行四边形。

(b)  $K_1 \neq 0, K_2 = 0$ ,

$$X = S_H \cdot H + K_1 V + X_0$$

$$Y = S_V \cdot V + Y_0$$



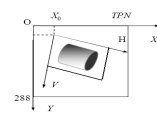
(b)  $K_1 \neq 0, K_2 = 0$

- 与第一种情况相比，输出的平行四边形倾斜方向发生了变化。V轴与Y轴倾斜，H轴与X轴平行的平行四边形。

(c)  $K_1 \neq 0, K_2 \neq 0$ ,

$$X = S_H \cdot H + K_1 V + X_0$$

$$Y = S_V \cdot V + K_2 H + Y_0$$



(c)  $K_1 \neq 0, K_2 \neq 0$

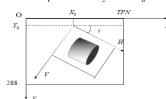
- 输出平行四边形。

(d)  $K_1 = -S_V \cdot \lg \theta$

$$K_2 = S_H \cdot \lg \theta$$

$$X = S_H \cdot H + K_1 V + X_0$$

$$Y = S_V \cdot V + K_2 H + Y_0$$



则使输出图像在保证源图像的基础上，围绕垂直于图像平面的Z轴旋转一个角度。

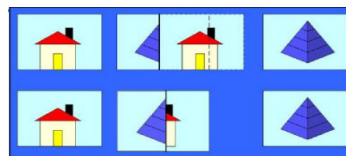
## 2. 2D运动特效实现原理

根据上面的数学表达式 对读、写地址进行变换，而且通过对上面放大、缩小、旋转和位移这些基本变换进行组合或适当的修改，还可以得到花样百变的二维特技效果。

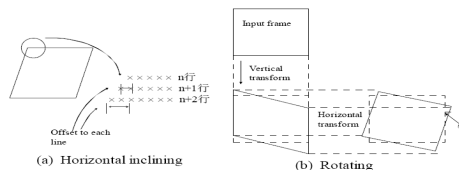
### a. 连续压缩 (Continuous Zooming)

图像每场一次连续缩小。

b. 移位及移进移出 (Shift and Move in/out) ——改变从存储器读取数字地址的方法，给写(或读)水平(或垂直)地址发生器加上每场有规律变化的起始地址。



c. 倾斜和旋转效果(Inclining and Rotating)——行地址加入不同偏置产生水平倾斜，场(垂直)地址加入不同偏置产生垂直倾斜，同时进行两个变换方式可得到旋转。

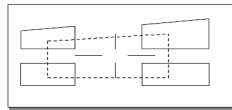


d. 冻结效果(Frozen)——禁止写入而重复读出存储器中的同一幅图像。分帧冻结(反复读出两场)和场冻结(反复读出一场)

e. 翻转效果(flip/inverting)——正序写入反序读出。



f. **裂缝效果(crack effect)**——原输入分成若干块，选定时刻上读出地址叠加常数。



Crack Effect



g. **多活动图像效果(Multiple Moving Picture Effect)**——正常写入满幅图像，读出使先将图像压缩到 $1/m$ ，然后一场内 $m$ 次位移图像。



h. **镜像效果(Mirror Effect)**——将原输入一正一反地在屏幕上同时显示，正常写入，读出式 $1/2$ 压缩，然后改变读出地址如：

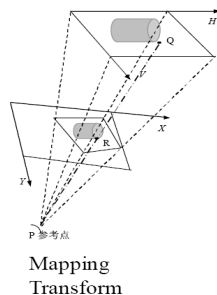
- 写入地址：从上到下，每行水平地址 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, .....;
- 读出地址：从上到下，每行水平地址 1, 3, 5, 7, .....; 7, 5, 3, 1, .....



### 3. 3D特技变换原理

3D特技是制作的三维空间运动图像在荧光屏上的投影，即仍然是平面图像。3D变换时输入和输出都是平面图像，**三维运动效果是通过图像平面坐标和投影平面坐标间的变换来实现的**。其变换基础是映射变换学(mapping transform)

- 观察点P、**投影平面(X,Y)**（靶地址）和**图像平面(H,V)**（源地址）位置固定后，两平面就在空间上确定了几何光学为基础的映射关系。**3D数字特效的任务是用数字形式把输入图像(H,V)变换成在(X,Y)平面上的投影**。让观察者看到的就像真的光学投影一样，具有透视感。又称数字光学特效。



三维变换的两个过程：

- 坐标变换
- 投影变换

(X,Y)平面可以看成由(H,V)平面经空间旋转和位移再投影得到的。将其想象到三维直角坐标系(H,V,W)，然后将它绕H轴旋转 $\alpha$ 角，再绕V轴旋转 $\beta$ 角，再绕W轴旋转 $\theta$ 角，又将得到的空间坐标(H',V',W')平移 $X_0$ 、 $Y_0$ 、 $Z_0$ ，再投影到(X,Y)平面上

坐标变换

设采用左手坐标系，并规定从坐标轴正方向向原点看去，绕该轴逆时针旋转为正，顺时针旋转为负，则绕X、Y、Z轴旋转 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\theta$ 角，则变换矩阵为：

$$R_x = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\alpha & \sin\alpha \\ 0 & -\sin\alpha & \cos\alpha \end{bmatrix} \quad R_y = \begin{bmatrix} \cos\beta & 0 & -\sin\beta \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin\beta & 0 & \cos\beta \end{bmatrix} \quad R_z = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta & 0 \\ -\sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

坐标变换

任意旋转变换可以分解成为分别绕三个坐标轴进行的旋转，变换矩阵如下：

$$\begin{aligned} R &= R_x \bullet R_y \bullet R_z \\ &= \begin{bmatrix} R_0 & R_3 & R_6 \\ R_1 & R_4 & R_7 \\ R_2 & R_5 & R_8 \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} \cos\beta\cos\theta & \cos\beta\sin\theta & -\sin\beta \\ \sin\alpha\sin\beta\cos\theta - \sin\theta\cos\alpha & \sin\alpha\sin\beta\sin\theta + \cos\alpha\cos\theta & \sin\alpha\cos\beta \\ \cos\alpha\sin\beta\cos\theta + \sin\alpha\sin\theta & \cos\alpha\sin\beta\sin\theta - \sin\alpha\cos\theta & \cos\alpha\cos\beta \end{bmatrix} \end{aligned}$$

坐标变换

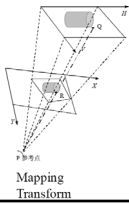
Q点是(H,V,W)坐标系中的一点( $X'_Q, Y'_Q, 0$ )，经过转变后，Q点在(H',V',W')坐标系中的坐标为：

$$\begin{bmatrix} X_Q \\ Y_Q \\ Z_Q \end{bmatrix} = R \begin{bmatrix} X'_Q \\ Y'_Q \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix}$$

投影变换

观察点P数据在(H',V',W')坐标系中，P点与Q点的连线在OXY平面上的交点R就是运动图像Q点在屏幕上的投影。此式投影平面 $Z=0$ ,R点坐标( $X_R, Y_R, 0$ )满足方程：

$$\begin{aligned} X_R &= \frac{-Z_Q X_P + X_Q Z_P}{Z_P - Z_Q} \\ Y_R &= \frac{-Z_Q Y_P + Y_Q Z_P}{Z_P - Z_Q} \end{aligned}$$



(二) 数据控制特技

如下特技不需要通过控制存储地址来完成，可用某种方法直接变更输入的视频数据流来实现。

1. 油画效果(Painting)

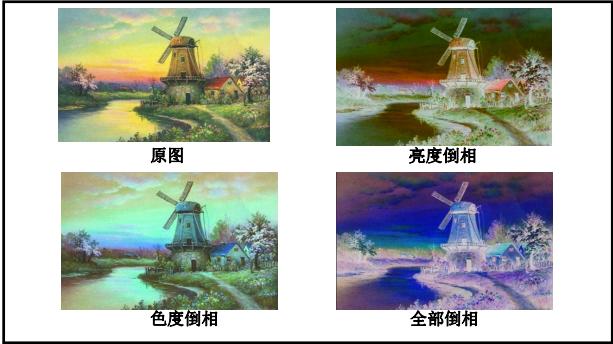
人为降低数字信号的比特数，强令几个低比特位为零，减少样值的量化等级，使图像变得粗糙，颜色成为大面积涂色，类似油画效果。如果衰减色度信号，并使亮度信号显现大面积的反差层次，则类似于版画效果。图像的粗糙程度由低比特位为零的位数决定。



2、负像(Negative)

输入的视频数据进行反码变换，相当于模拟信号通过一个倒相器。该倒相器可有选择的应用于色度或亮度数据通路，或两路都选。

- 仅亮度倒相——图像上黑白颠倒。
- 仅色度倒相——色调上产生补色，亮度保留。
- 均倒相——形成真实的补色。



**3、马赛克效果**

马赛克效果又称瓷砖效果，表现为画面上的图像变成一块一块的小方块。它是将画面沿水平和垂直方向分割成许多小区，每一小区的所有样值都用小区内某一点的亮度和色度样值代替。

**4、散焦效果(Strobe Effect)**

散焦效果就是我们常常看照片或电影上看到的模糊效果。将输入的视频信号通过一个低通滤波器，可以容易的得到水平模糊现象。而垂直散焦则需要一个垂直空间的滤波器，并且只能通过对垂直的相邻像素的处理才能得到。

**三、数字特技的工作原理**

DVE系统包括三部分：**输入输出处理、数字处理、特技控制。**

Composition of DVE System

**(一) 输入输出处理系统**

输入输出处理部分：

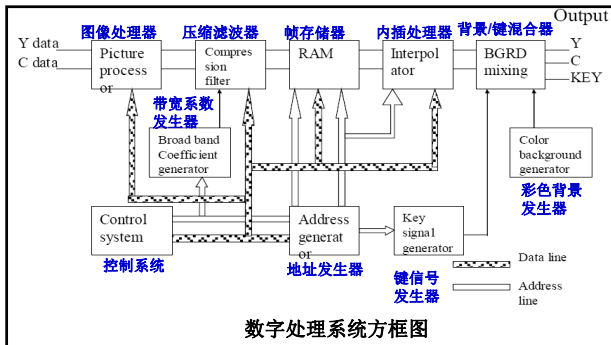
- 将输入的数字信号进行一些必要的处理(或是将输入的模拟视频信号转换成数字信号)，以便能进行后面的数字特技变换。
- 在设备的输出端又将所需要的数字信号输出(或将经处理后的信号重新转换成模拟视频信号)。

**(二) 特技变换的数字处理系统**

数字处理系统：

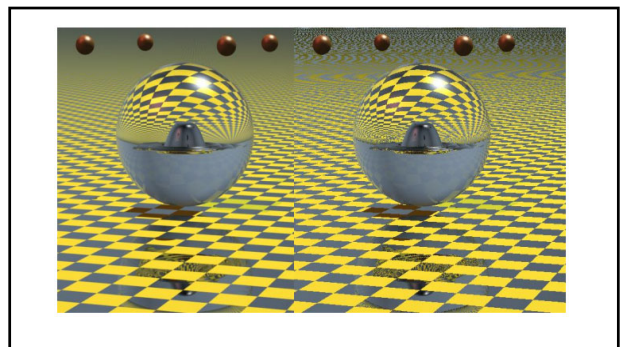
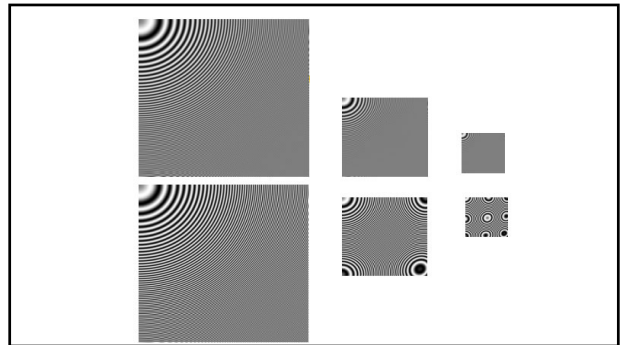
- 包括图像处理器、压缩滤波器、帧存储器、数字内插处理器、地址发生器等。
- 按照操作人员的指令，通过变换存储器地址的读写顺序，改变样值在图像上的位置，将画面上每一点在三维XYZ空间内沿Z轴的变化量折算到二维屏幕的XY轴上，获得一系列有透视效果的几何变形画面。





- 1、**图像处理**(picture processor)——变更输入数据流，实现类似马赛克、油画、负像、散焦等特技。
- 2、**压缩滤波器**(Compression Filter)——包括水平和垂直滤波，又叫空间滤波器(Space filter)，保证画面在放大缩小特技效果时的图像质量方面起到重要作用。随画面缩小比例而变化的数字滤波器，将带外信息除去。避免混叠失真。

- 现代空间滤波器不是简单的分为几档，而是通过改变滤波器的**加权系数**改变滤波器带宽。通过一个PROM使滤波器加权系数程序化。对于不同的压缩量给出不同的加权系数。
- **加权系数由压缩带宽系数发生器产生**，根据读写地址的运算，即画面尺寸的变化量，产生压缩带宽滤波系数控制压缩滤波器的带宽。图像信号带宽在写入帧存储器之前得到准确的压缩，图像的频率与水平、垂直压缩比相适应，从帧存储读出的被压缩的画面就不会有混叠失真了。





3、压缩带宽系数发生器

**作用：**是给出正确的带宽滤波系数去控制压缩带宽滤波器的滤波带宽，达到消除混叠干扰的目的。

- 根据水平、垂直方向上逐次从后一个样值地址减去前一个样值地址，便可得出地址变换率，进而知道图像的尺寸变化，将结果送到压缩带宽滤波器的PROM。

4、地址发生器

- 源画面存入帧存储器时的写地址是由**写地址发生器**给出的。
- 存入存储器的源画面中每一个样值与屏幕靶平面上每一个靶像素点间有一定的数学关系，地址发生器的任务就是确定了这种数学关系后，计算出经映射变换出现在屏幕靶面上的每一个靶像素点在帧存储器中的位置，给出帧存储器的读出地址，读出地址是由**读地址发生器**产生的。

两种读写运算方式：**写边运算、读边正常和写边正常、读边运算，后者更灵活。**

(1) 写地址发生器

以取样频率作为计数时钟，逐像素样值计数，一行一行地重复，产生出帧存储器的水平写入地址，并一帧一帧地重复，产生帧存储器的垂直写入地址。

(2) 读地址发生器

读地址运算是根据当前输出位置——画面上靶像素的位置来反向求出相应的输入位置——源像素在存储器中的位置。得到存储器的读出地址。

由**水平地址运算器、垂直地址运算器和Z地址运算器**组成。

5、内插处理器

**作用：**对特技变换过程中不能直接读出的数值进行估算，从而保证特技变换的图像质量。

- 由于数字图像是由平面上离散点阵组成，经过特技变换后变形画面的点不一定和输入图像的点都能找到一一对应的关系，有些点落在输入样点的间隔位置上，无法从存储器中直接读出，需要对这些点的样值进行估算，即使用内插处理器。

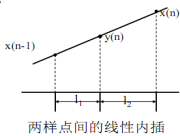
线性内插法：

- $x(n-1)$ 与 $x(n)$ 为相邻两点，内插得到的新样值 $y(n)$ ， $l_1$ 和 $l_2$ 是新样点与相邻点的距离。

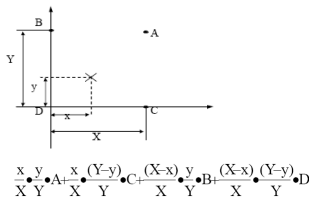
$$y(n) = l_2 x(n-1) + l_1 x(n)$$

这里  $l_1 + l_2 = 1$ ，如  $l_1 = k_i$ ， $0 \leq k_i < 1$ ，

则：  $y(n) = k_i x(n) + (1 - k_i) x(n-1)$



- 利用相邻四像素值计算内插值的方法。



6、帧存储器

**作用：**用于存储超过一场的亮度和色度信息，是数字特技设备的核心。

- 由包含亮度和色度信号缓冲器的随机存取存储器RAM组成。
- 帧存储器的存储量： $720 \times 288 \times 8$ (比特)
- 帧存储器一般用**两场存储器**，当一场信号写入存储器时，另一场信号正从它的存储器中读出，这样可降低对存储器读写周期的要求。
- 为了计算内插值的需要，使内插值计算得更精确，会采用**三场或四个场的存储器**，实现一场写，两场读，可读取垂直方向上真正意义上的相邻像素。

7、键信号发生器

**作用：**产生键信号输出。

- 这里的键信号一般是前景图像的4条边的边缘信号，以便前景与背景混合。它是一个8bit的自键，不仅保持前景画面自身的形状，还能跟踪对画面尺寸、位置、旋转等参数的控制。去台阶处理电路消除画面边缘的不平滑。

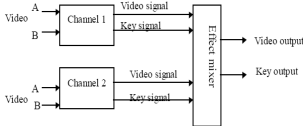
8、背景/键混合器

**作用：**使前景信号与由彩色发生器产生的背景混合，使经过特技变换的画面出现在彩色背景上。也可以是未加背景的特技变换画面自身的信号，有些特技设备中加入了背景信号通路，可使特技画面键控在背景画面上。

- 如果系统安装了键通道，外键信号可通过键通道输入到背景/键混合器中。
- 包括视频输出和键输出

四、多通道特技

单通道特技一次只能处理一个特技画面，将两个或多个特技设备组合，配置一个特技混合器，就构成了双通道或多通道特技系统。一次可完成两个或多个画面的特技制作。



思考

1.试分析彩条信号在使用负像效果(亮度色度全倒相)、油画、散焦和马赛克效果处理结果会怎样?

2.请画出下图所示画面经过DVE读写顺序变化后的图像。键信号?

- 写入地址: 0,1,2,3,4...718,719; 每列从上到下逐行写入。
- 读出地址: 1, 3, 5...717,719,719,717,..., 5,3,1;每列从上到下逐行读出。



3.DVE与传统切换台视频特技切换、软件数字特技的区别。