

# 视频基色编码器的信号设计

明 军 吴 萍 王 亮

(安徽大学电子工程与信息科学系, 合肥 230039)

**摘 要** 在  $0 \leq R, G, B \leq 1$  条件下, 首次推导出基色编码器的信号设计公式, 可以满足不同类型和编码方式的电视测试信号的要求; 同时, 给出了部分典型测试信号的设计示例和实验结果。随着多媒体视听业务的迅速发展, 此可编程控制的设计技巧, 将会成为开发高级视听测试设备的首选方法。

**关键词** 信号设计 基色编码 测试信号 视频测量

## 0 引 言

当前, 多媒体视听业务是通讯业务发展的重点, 如电视会议、可视电话等, 尤其国内近几年将形成高潮。因此, 有关 IP 网上多媒体视听终端的测试及调整变得越来越重要, 这将推动视频测量技术的飞速发展, 促使测试信号类型和编码方式的不断增加, 更为研制和开发高级视频测试信号仪器提出了新的要求。

常规电视信号发生器, 如 XT-14B, 采用 4 个正交副载波的组合产生全色度电视信号。但是, 随着测试信号类型和编码方式的增加, 硬件结构亦相应复杂, 因而不利于电路集成化, 不能满足电视系统数字化、集成化、智能化发展的需要。由于集成芯片的成熟, 特别是与计算机技术的结合, 如 VGA-TV 转换卡, 能够智能地产生各种测试信号, 从而使基色编码方式将逐渐成为产生视频测试信号的主体。

实验系统结构如图 1 所示。图 1 中计算机采用 Pentium 586, 4MB 显存的 Trident 显示卡,  $R, G, B$  为三基色信号,  $SYN$  为行场同步信号, 由此控制视频编码器 (Creative TV-coder), 输出视频测试信号由矢量示波器 (Tektronix 1721)、波形监视器 (SS-5702) 以及视频监视器 (Z656-2A) 监测。基于下述理论分析, 我们利用 Borland C++ 语言, 开发了用于基色编码器

信号设计的应用程序, 输出包含棋盘、灰度级等黑白测试信号, 以及具有 5 种编码方式的彩条、四矢量等彩色测试信号, 约 40 余种类型。通过对测试信号的图象、波形、矢量图监视和测量, 与 XT-14B 电视信号发生器性能参数比较, 实验产生的视频测试信号, 其矢量图的相位偏差较小, 且信号波形的幅度、时间参数等更接近标准测试信号, 减少了图象的色调失真, 提高了图象的清晰度。总之, 此种软件控制的视频测试信号的设计方法不仅达到了类型和编码方式可任意选择的目的, 而且产生的测试信号拥有更良好的性能参数。

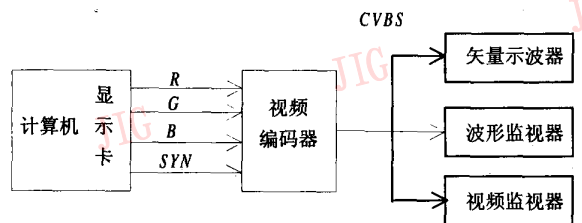


图 1 实验系统结构框图

## 1 三基色信号设计公式的推导

由亮度公式可知:

$$Y = k_R R + k_G G + k_B B \quad (1)$$

其中三基系数分别为  $k_R = 0.299, k_G = 0.587, k_B =$

0.114。

根据色度信号定义有:

$$\begin{cases} c = \sqrt{U^2 + V^2} = \sqrt{k_u^2(B-Y)^2 + k_v^2(R-Y)^2} \\ \operatorname{tg}\phi = \frac{V}{U} = \frac{k_v(R-Y)}{k_u(B-Y)} \end{cases} \quad (2)$$

式(2)中  $C$ 、 $\phi$  分别为色度信号模长和初相角,  $U$ 、 $V$  分别为蓝、红压缩色差信号, 对应压缩系数为  $k_U = 0.493$ ,  $k_V = 0.877$ 。

由式(1)和式(2)可以推出:

$$B = Y + \frac{C}{k_U} \cos\phi \quad (3)$$

$$R = Y + \frac{C}{k_V} \sin\phi \quad (4)$$

$$G = Y - \frac{C}{k_C} C_C \sin(\phi + \phi_c) \quad (5)$$

(5)式中:

$$\begin{aligned} C_c &= \sqrt{\left(\frac{k_R}{k_V}\right)^2 + \left(\frac{k_B}{k_U}\right)^2} \\ &= \sqrt{\left(\frac{0.299}{0.877}\right)^2 + \left(\frac{0.114}{0.493}\right)^2} \approx 0.412 \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \phi_c &= \operatorname{atan}\left[\left(\frac{k_R}{k_V}\right) / \left(\frac{k_B}{k_U}\right)\right] \\ &= \operatorname{atan}\left[\left(\frac{0.299}{0.877}\right) / \left(\frac{0.114}{0.493}\right)\right] \approx 34.1^\circ \end{aligned} \quad (7)$$

根据基色编码器的信号设计要求, 为了避免出现负值, 将三个基色信号规一化, 即

$$0 \leq \{R, G, B\} \leq 1 \quad (8)$$

将式(3)、(4)、(5)代入式(8)得到:

$$-\frac{C}{k_U} \cos\phi \leq Y \leq 1 - \frac{C}{k_U} \cos\phi \quad (9)$$

$$-\frac{C}{k_V} \sin\phi \leq Y \leq 1 - \frac{C}{k_V} \sin\phi \quad (10)$$

$$\frac{C}{k_C} C_C \sin(\phi + \phi_c) \leq Y \leq 1 + \frac{C}{k_C} C_C \sin(\phi + \phi_c) \quad (11)$$

为使  $Y$  有公共解, 有:

$$Y \geq \max\left\{-\frac{C}{k_U} \cos\phi, -\frac{C}{k_V} \sin\phi, \frac{C}{k_C} C_C \sin(\phi + \phi_c)\right\} \quad (12)$$

$$Y \leq \min\left\{1 - \frac{C}{k_U} \cos\phi, 1 - \frac{C}{k_V} \sin\phi, 1 + \frac{C}{k_C} C_C \sin(\phi + \phi_c)\right\} \quad (13)$$

又  $C \geq 0$ , 故:

$$k_{\max} = \max\left\{-\frac{1}{k_U} \cos\phi, -\frac{1}{k_V} \sin\phi, \frac{1}{k_C} C_C \sin(\phi + \phi_c)\right\} \quad (14)$$

$$k_{\min} = \min\left\{-\frac{1}{k_U} \cos\phi, -\frac{1}{k_V} \sin\phi, \frac{1}{k_C} C_C \sin(\phi + \phi_c)\right\} \quad (15)$$

代入式(12)、(13)有:

$$k_{\max} C \leq Y \leq 1 + k_{\min} C \quad (16)$$

$$C \leq \frac{1}{k_{\max} - k_{\min}} \quad (17)$$

通常设计为了提高彩色信杂比, 色度信号的模长希望取的大一点, 根据上式有:

$$C_{\max} = \frac{1}{k_{\max} - k_{\min}} \quad (18)$$

此时亮度信号有最小值:

$$Y_{\min} = \frac{k_{\max}}{k_{\max} - k_{\min}} \quad (19)$$

式(18)和(19)是基色编码器的主要计算公式, 对应的  $R$ 、 $G$ 、 $B$ , 由式(3)、(4)、(5)给出。若重新选择色度信号模长  $C$  和亮度信号  $Y$ , 应按式(16)、(17)式验证。

其中极限状态由式(14)和(15)得到。当  $\phi = 180^\circ$ ,  $k_{\max} = \frac{1}{k_U}$ ; 当  $\phi = 0^\circ$ ,  $k_{\min} = -\frac{1}{k_U}$ 。代入式(18)、

(19)得到:  $C_{\max} = \frac{k_U}{2} = 0.2465$ ,  $Y_{\min} = 0.5$ 。

条件  $C = 0.2465$ ,  $Y = 0.5$ , 可以保证任何色度信号相位, 其对应三基色信号的幅度被限制在标准幅度 0—1 之间。当然这种极端状态发生在矢量图的水平轴, 信号包含  $\phi = 0^\circ$  和  $\phi = 180^\circ$ , 随着色度信号相角  $\phi$  向矢量图的垂直轴偏转, 色度信号幅度  $C$  和亮度信号  $Y$  的选择范围将进一步放宽。

## 2 典型信号设计示例

### 2.1 $\phi$ 、 $C$ 、 $Y$ 无关信号

$\phi$ 、 $C$ 、 $Y$  无关信号是指单色面、彩条等信号, 其  $C$ 、 $Y$  相互之间没有联系, 计算数据见表 1。

例如, 要求产生测试信号初相角  $\phi = 326.1^\circ$  ( $G - Y = 0$ , 又称“ $-(G - Y)$ ”信号), 代入式(14)、(15)得到:  $k_{\max} = 0.6376$ ,  $k_{\min} = -1.6816$ , 代入式(18)、(19)得到:  $C_{\max} = 0.4311$ ,  $Y_{\min} = 0.2742$ , 代入式(3)、(4)、(5)得到:  $R = 0$ ,  $G = 0.2729$ ,  $B = 1$ 。若重新选择色度信号模长  $C$  和亮度信号  $Y$ , 应按式(16)、(17)加以验证。仍以“ $-(G - Y) = 0$ ”信号为例, 在 XT-15 电视信号发生器中规定  $C = 0.216$ ,  $Y = 0.14$ , 满足:  $C \leq 0.431$ ,  $0.093 \leq Y \leq 0.275$ , 此时三基色计算结果为  $R = 0$ ,  $G = 0.14$ ,  $B = 0.5$ 。

表1 部分无关测试信号的设计数据

序号	$\phi$	$C_{max}$	$Y_{min}$	$R$	$G$	$B$	备注
1	0.0°	0.4128	0.1626	0.1626	0.0000	1.0000	$+(B-Y)$
2	60.7°	0.5904	0.4129	1.0000	0.0000	1.0000	品红色
3	90.0°	0.5810	0.3375	1.0000	0.0000	0.3375	$+(R-Y)$
4	103.5°	0.6320	0.2993	1.0000	0.0000	0.0000	红色
5	146.1°	0.4311	0.7258	1.0000	0.7271	0.0000	$+(G-Y)$
6	167.1°	0.4481	0.8859	1.0000	1.0000	0.0000	黄色
7	180.0°	0.4128	0.8374	0.8374	1.0000	0.0000	$-(B-Y)$
8	240.7°	0.5904	0.5871	0.0000	1.0000	0.0000	绿色
9	270.0°	0.5810	0.6625	0.0000	1.0000	0.6625	$-(R-Y)$
10	283.5°	0.6320	0.7007	0.0000	1.0000	1.0000	青色
11	326.1°	0.4311	0.2742	0.0000	0.2729	1.0000	$-(G-Y)$
12	347.1°	0.4481	0.1141	0.0000	0.0000	1.0000	蓝色

2.2  $\phi$ 、 $C$ 、 $Y$  相关信号

$\phi$ 、 $C$ 、 $Y$  相关信号是指多种彩色信号相位  $\phi$  不同,但其  $C$ 、 $Y$  具有一定的关系。如 XT-14 电视信号发生器中四矢量信号,按时间顺序分别为初相角 180°、270°、90°、0° 信号,其色度信号幅度、亮度信

号幅度均相等。设计这类信号应注意  $k_{max}$  和  $k_{min}$  的计算,初相角  $\phi$  的选择应同时包含这 4 个相位。

例如“ $G - Y = 0$ ”的两个信号,初相角分别 146.1°、326.1°,要求色度信号幅度  $C$ 、亮度信号幅度  $Y$  均相等。首先使用式(14)、(15),计算  $k_{max} = 1.6836$  和  $k_{min} = -1.6836$ ,其余数据见表 2。

表2 相关“ $G - Y = 0$ ”信号设计数据

序号	$\phi$	$C_{max}$	$Y_{min}$	$R$	$G$	$B$	备注
1	146.1°	0.2970	0.5000	0.6889	0.5009	0.0000	$+G - Y$
2	326.1°	0.2970	0.5000	0.3111	0.4991	1.0000	$-(G - Y)$

对于四矢量信号,显然这一结果与极限状态是相同的,据此计算结果见表 3 所示。这里不再说明。

建议将表 2 和表 3 中的数据与表 1 进行比较。

表3 相关四矢量信号设计数据

序号	$\phi$	$C_{max}$	$Y_{min}$	$R$	$G$	$B$	备注
1	0.0°	0.2465	0.5000	0.5000	0.4029	1.0000	$+(B - Y)$
2	90.0°	0.2465	0.5000	0.7811	0.3568	0.5000	$+(R - Y)$
3	180.0°	0.2465	0.5000	0.5000	0.5971	0.0000	$-(B - Y)$
4	270.0°	0.2465	0.5000	0.2189	0.6432	0.5000	$-(R - Y)$

### 3 结束语

本文利用基色编码器易于与计算机相结合的特点,提出了一种可编程控制的信号设计方法,并且推导出用于设计不同类型和编码方式的视频测试信号的通用计算公式。此方法在设计一些典型的测试信号中的应用已在实验中得到验证,且收到了较好的效果。由于该方法具有电路结构简化,软件编程易于实现等特点,故有助于视频系统的自动化测量和调整。

#### 参考文献

- 1 Schafer R, Sikora T. Digital video coding standards and their role in



吴萍 安徽大学电子工程与信息科学系讲师,电路与系统专业硕士研究生。



明军 安徽大学电子工程与信息科学系副教授,硕士生导师。主要研究方向为视频图象处理。发表论文20多篇,专著1部。



王亮 安徽大学电子工程与信息科学系电路与系统专业硕士研究生。主要研究方向为视频基色编码器的信号设计。

## Signal Design of Video Primary-Color Encoder

Ming Jun, Wu Ping and Wang Liang

(Department of Electronics Engineering and Information Science Anhui University, Hefei 230039)

**Abstract** In this paper, under the condition of  $\{0 \leq (R, G, B) \leq 1\}$ , a set of explicit formulas for designing TV test signals of primary-color encoder have been derived, which can meet the demands of television test signals with different types and encoding modes. In addition, some typical test signals' examples and the results of experiment are given. With quick development of multimedia audiovisual services, this programmable design technique illustrated in this paper will be a preferred method used for developing advanced video test devices in a near future.

**Keywords** Signal design, primary-color encoding, Test signal, Video measurement