



普通高等教育“十五”国家级规划教材

电视原理实验

Dianshi Yuanli Shiyan

李文元 谢 斌 佟嘉琪 郭福云 编著



国防工业出版社

<http://www.ndip.cn>

U94

280



甲視原理與驗證

Abstract

Abstract

普通高等教育“十五”国家级规划教材

电视原理实验

李文元 谢斌 佟嘉琪 郭福云 编著

国防工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

电视原理实验/李文元等编著. —北京:国防工业出版社, 2004.9

ISBN 7-118-03505-X

I. 电... II. 李... III. 电视-理论-实验-高等学校-教学参考资料 IV. TN94-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 051055 号

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

腾飞胶印厂印刷

新华书店经售

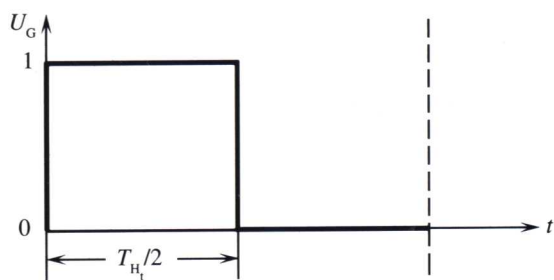
*

开本 787×960 1/16 印张 9 插页 2 186 千字

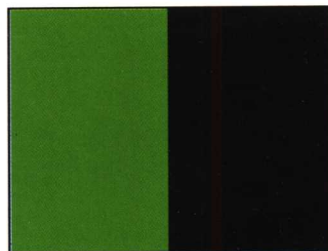
2004 年 9 月第 1 版 2004 年 9 月北京第 1 次印刷

印数:1—5000 册 定价:14.00 元

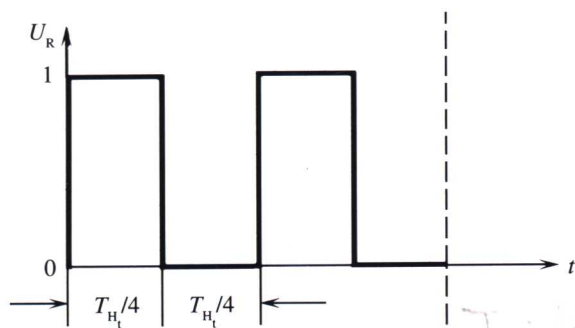
(本书如有印装错误,我社负责调换)



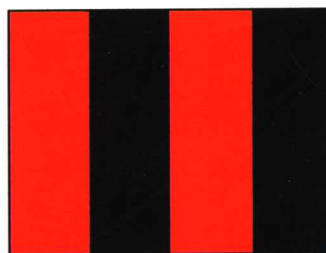
(a)



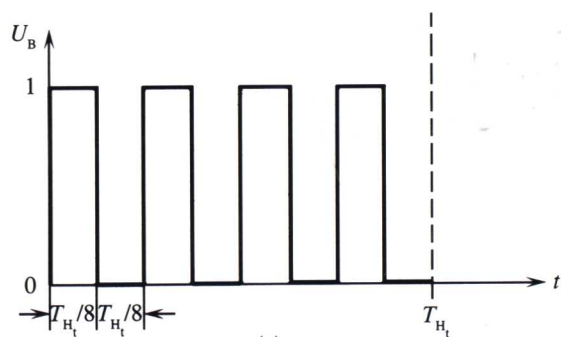
(a)



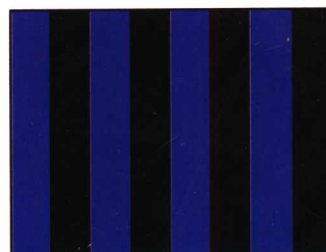
(b)



(b)

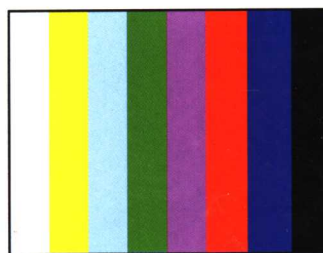


(c)



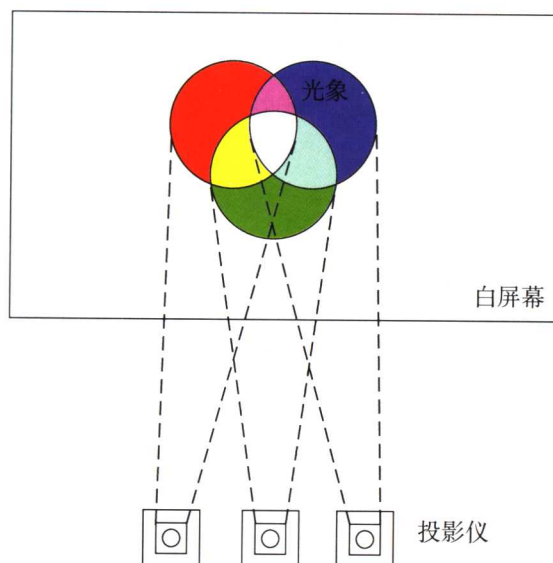
(c)

三基色信号波形

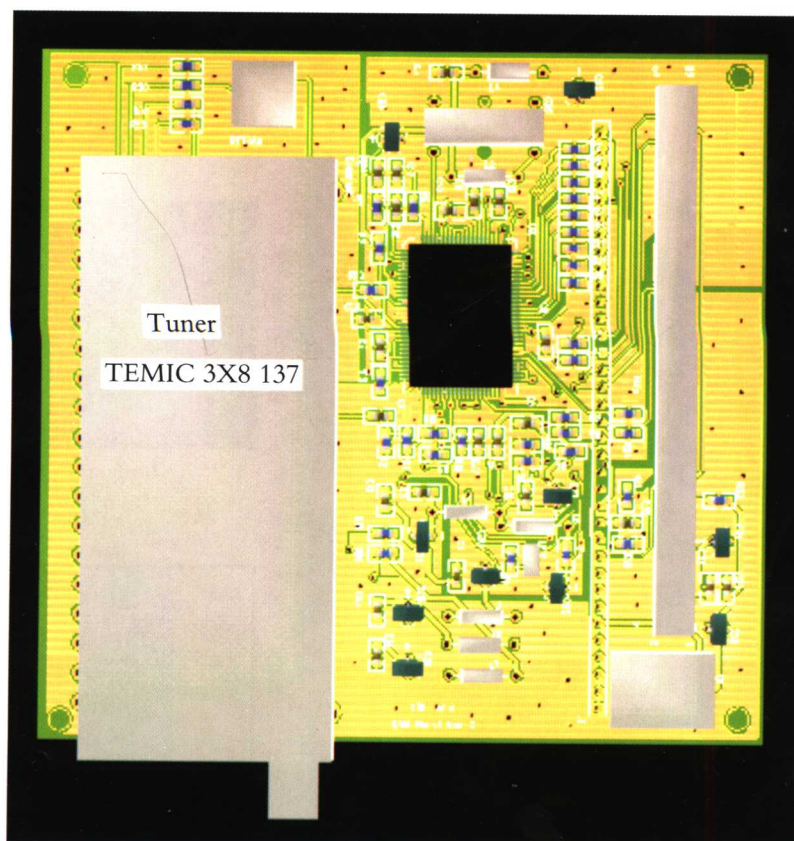


(d)

荧光屏彩条图像



投影仪混色实验示意图



前端板的实物照片

前 言

本书是教育部普通高等教育“十五”国家级规划教材《电视原理》的配套实验教材。本教材由天津大学李文元担任主编,南开大学丁守谦教授担任主审。

本书共讲述了 10 个实验,内容包括:三基色原理;电视传像基本原理;彩条全电视信号波形图及矢量图的观测;彩色全电视信号的频谱分析实验;PAL 制彩色电视信号编码器;行/场扫描电路原理;数字处理电视(DPTV)原理;MPEG-2 信源解码原理实验;DVB-C 信道解码原理实验;视频压缩编码(MPEG-2)实验。使用本教材时可根据专业培养目标和教学计划的需要选用。

上述 10 个实验是编者根据多年教学与科研实践经验编写而成的。每个实验都经过了多人验证,实验中所涉及的程序都是经运行无误后定稿的,读者可直接使用。另外,实验中使用的芯片都是编者在教学与科研实践中曾经使用过的,读者可根据实际情况选用。

为适应数字电视技术的迅速发展,本书适当地加大了数字电视相关实验的篇幅,对保留的几个传统的、实验也运用现代数字电路技术进行了改进。

在本教材的编写过程中参考了由清华大学、天津大学、北京邮电大学等单位集体编写的《电视原理实验》一书的相关内容,在此向作者们致谢。

参加本书编写工作的还有:谢斌、佟嘉琪、郭福云、王建慧、戴祥、袁亚斌、王云柱等。李昌福参加了本书插图的绘制工作。由于编者水平有限,书中难免还存在一些缺点和错误,殷切希望广大读者批评指正。

内 容 简 介

本书是高等学校电子信息类规划教材《电视原理》一书的配套实验指导书。内容包括:三基色原理;电视传像基本原理;彩条全电视信号波形图及矢量图的观测;彩色全电视信号的频谱分析实验;PAL制彩色电视信号编码器;行/场扫描电路原理;数字处理电视(DPTV)原理;MPEG-2信源解码原理实验;DVB-C信道解码原理实验;视频压缩编码(MPEG-2)实验共10个实验。本书不仅增添了数字电视的相关实验,而且运用现代数字电路技术对几个传统的实验进行了改进。

本书还可供从事电视技术工作的工程技术人员参考。

目 录

实验一	三基色原理	1
实验二	电视传像基本原理	6
实验三	彩条全电视信号波形图及矢量图的观测	23
实验四	彩色全电视信号的频谱分析实验	27
实验五	PAL 制彩色电视信号编码器	31
实验六	行/场扫描电路原理	44
实验七	数字处理电视(DPTV)原理	53
实验八	MPEG-2 信源解码原理实验	74
实验九	DVB-C 信道解码原理实验	101
实验十	视频压缩编码(MPEG-2)实验	121

实验一 三基色原理

实验目的

本实验运用物理的和计算机模拟的实验方法验证相加混色原理和相减混色原理,以便读者直观地学习色度学和三基色原理的基本知识。

实验原理

1. 相加混色原理

根据人眼彩色视觉的特性,在彩色复现过程中,并不要求恢复原景物辐射光(反射或透射)的光谱成分,而重要的是应获得与原景物相同的彩色感觉。

根据三基色原理,在彩色电视中。选用红、绿、蓝3种光作为基色光,自然界中人眼所能观察到的各种颜色几乎全能由它们相混合配出。从而使电视系统只要传送出R、G、B3种信号,接受端就能恢复出原景物的彩色。这种将3种基色按不同比例相加而获得不同彩色光的方法称为相加混色。

实验中,用3个投影仪,把红、绿、蓝3个基色光投射到一个白色的屏幕上,2种或3种色光重叠部分就显示出混合色光。3种基色光的不同组合,可以混合成3种补色光。3种基色光比例不同时,可以混合成各种彩色光,3种基色光按同量比例可以混合成白光。这种混合成彩色光的方法称为直接相加混色。彩色显像管、液晶显示屏、PDP显示屏等显示器件,则不能采用这种方法,他们采用空间相加混色的方法形成彩色图像。以彩色显像管为例,它的荧光屏上有红、绿、蓝3种荧光粉点,荧光粉点很小,点与点距离很近。当3个电子束分别轰击3个荧光粉点时,将分别发出红、绿、蓝色光。人在荧光屏前一定距离观看时,由于人眼的分辨力有限,将不能分辨出单个荧光粉点发出的基色光,而是看到3种基色光的空间相加混色所合成的色光。

在本实验中需要观察标准彩条信号在显示器的荧光屏上相加混色所形成的图像。彩条信号是用来对电视系统的传输特性进行测试和调整的一种测试信号,它在屏幕上显示白、黄、青、绿、品、红、蓝、黑8个等宽的彩色竖条,如荧光屏彩条图像(d)所示(见彩页)。

产生彩条信号的3个基色信号的电压波形分别如三基色信号波形(a)~(c)所示(见彩页)。而单独接通3个基色信号时屏幕上显示的彩色图像如荧光屏彩条图像(a)~(c)(见彩页)所示。若3个基色信号同时接通,则标准彩条信号的图像如荧光屏彩条图

像(d)(见彩页)所示。

2. 相减混色原理

与相加混色不同,在彩色印刷、彩色胶片和绘画中采用的是相减混色法。它是利用颜料、染料吸色性质来实现的。例如:黄颜料吸收蓝光,于是在白光照射下,反射光中因缺少蓝光成分而呈现黄色;青颜料吸收红光,于是在白光照射下,反射光中因缺少红光成分而呈现青色;若将黄、青两种颜料相混,则在白光照射下,因蓝、红光均被吸收而呈现绿色。在相减混色中,通常选用黄、品、青为三基色,他们能分别吸收各自的补色光,即蓝、绿、红光。当把这3种基色按不同比例相混合时,在白光照射下,蓝、绿、红光按相应比例被吸收,呈现出不同的彩色。

对透明物体,相减混色的实现是利用透明体透过和滤除(吸收)色光的性质来实现的,而对不透明体则是利用吸收色光的性质来实现的。

在实验中利用透明滤色片进行相减混色。选用黄、品、青3种滤色片,当在投影仪上放置品色滤色片时,由于投影仪灯泡射出白色的光被品色滤色片吸收了绿光,因而投射到白色屏幕上呈现品色。如在投影仪上放置了黄、品两种叠加的滤色片,当白光通过时,因黄滤色片只透过红、绿色光,品滤色片只透过红、蓝色光,结果只有红光可以透过这两种叠加的滤色片,所以白光通过黄、品叠加的滤色片后投射到白色屏幕上形成红光。白光通过其它两种不同叠加滤色片的情况,可以根据各种不同色调滤色片的透射特性,来推出最后呈现的色光。当白光通过黄、品、青3种重叠的滤色片时,如果3种滤色片的吸收特性一致,并分别把所有的色光都滤除了,因无光透过而呈黑色。如果不能全部滤除,每种滤色片还能等量透过一小部分色光,那么呈现的光接近中性色,即灰色。

3. 显像三基色

彩色电视系统中采用的三基色是以彩色显像管中红、绿、蓝荧光粉所发出的非谱色光作为基色光,称为显像三基色。显像三基色并非是CIE规定的标准光谱三基色(700nm红基色光、546.1nm绿基色光、435.8nm蓝基色光)。

选择显像三基色有两项原则,一是所选显像三基色在做相加混色时,应能获得尽量多的彩色,即在色度图中,由显像三基色所构成的三角形面积尽量大;另一方面基色的亮度应尽量大。这就需要寻找发光效率高、色彩鲜艳的荧光粉,实际上这两者之间是矛盾的。因为从要求色域大来考虑,显像三基色应尽可能靠近CIE光谱三基色;但从光谱光效率函数来看,当波长为700nm和435.8nm时,其函数值很小,分别为0.0041和0.0173。这表明为使得红、蓝基色光足够亮,所需的相对能量将很大。所以,一般只能折衷考虑。实践证明,在重现彩色中,牺牲一些重现色域,而换取重现彩色亮度是合理的。因为自然界中,深饱和色出现几率少。另外,重现彩色亮度高,则对比度可增强。图像受环境亮度的影响减小,更容易提高图像的质量。表1-1中列出NTSC制和PAL制荧光粉的2组色度坐标以及由它们所构成的标准白坐标。

表 1-1 NTSC 制和 PAL 制的荧光粉色度坐标

制 式	NTSC 制				PAL 制			
基色光源	$[R_{e1}]$	$[G_{e1}]$	$[B_{e1}]$	C_{r1}	$[R_{e2}]$	$[G_{e2}]$	$[B_{e2}]$	D_{65}
x	0.67	0.21	0.14	0.310	0.64	0.29	0.15	0.313
y	0.33	0.71	0.08	0.316	0.33	0.60	0.06	0.329

实验步骤

1. 用投影仪做混色实验

(1) 相加混色实验

本实验用 3 台投影仪,各产生红、绿、蓝 3 种色光,这 3 种光可视为基色光。将 3 种色光投向白色屏幕,适当调整 3 种色光的位置,即可观察相加混色的现象。具体步骤如下:

① 在 3 台投影仪的台面上各放一张开圆孔的遮光黑体,在这 3 个透光圆孔处分别放置红、绿、蓝滤色片。

② 当打开各投影仪的灯光时即可形成 3 种不同颜色的圆形光像。

③ 调整 3 个投影仪的相对位置,使光像在屏幕上的相对位置如投影仪混色实验示意图(见彩页)所示。观察未重合部分的基色光和重合部分的相加混色光。

④ 分别改变投影灯光的亮度,或叠加每种滤色片的数量,观察基色光和混色光的变化情况。

(2) 相减混色实验

关闭 3 台投影仪。用剩下的 1 台做相减混色实验。选用黄、品、青 3 种颜色的滤色片,依次把 2 种滤色片叠加,放置于透光圆孔处,观察光像,如:黄品叠加、黄青叠加、品青叠加,则可分别看到红、绿、蓝 3 种光像。改变不同饱和度的滤色片,重做上述实验。

2. 用彩条信号观察显示器的相加混色

(1) 观察彩色显像管荧光粉点(条)的形状和排列结构。打开彩色电视监视器,并做适当调整。接通彩色电视信号发生器,选择几种彩色图像。在显像管屏幕前用放大镜观察显像管的红、绿、蓝 3 色荧光粉点(条)的形状和排列结构。

(2) 观察标准彩条的图像,加深对白、黄、青、绿、品、红、蓝、黑 8 个彩条的印象。通过分别切断信号源或监视器 R、G、B 通道的开关,观察在仅有红绿、绿蓝、蓝红基色信号下标准彩条信号的彩条图像。根据三基色原理,对其颜色的变化做出解释。

3. 利用微机进行软件模拟混色实验

程序的设计原理:在 Visual C++ 6.0 开发环境下,调用 Windows 编程标准函数 GetSysColor(int nIndex)返回系统显示对象色彩的当前色彩值。如输入的索引值为 COLOR_MENU(代表整数索引值为 4),即为菜单的背景色。十进制下为 12632256,二进制下为 110000001100000011000000。将该序列由左至右的 3 个字节分别代表了 R、G、B 分量的值,

此时均为 192, 显示为银灰色。将其分量提取出来分别进行变换、组合、显示, 则可展现出色彩的变化。将该色彩的分量与控制界面的对象进行绑定则可使操作者方便地完成色彩的控制。该程序可运行在 Windows98/Windows2000 等操作系统之上。

该程序界面如图 1-1 所示, 拉动滚动条或改变编辑框中的数值可改变显示窗口的颜色。该颜色显示范围是将 R、G、B 各分为 256 个量化等级。通过三者的组合可得到不同色调、不同饱和度的各种色彩显示。

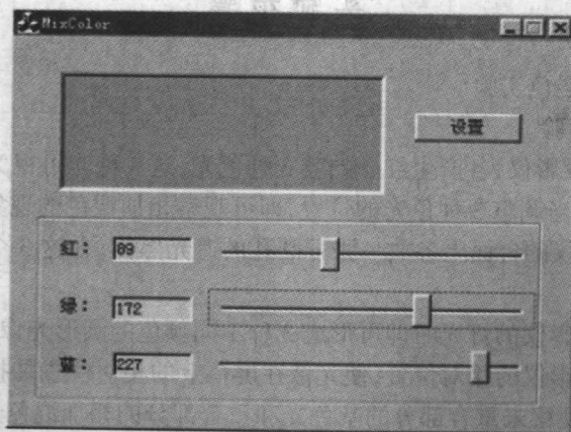


图 1-1 混色实验程序界面

(1) 选择三基色中的一种, 将其余两者数值置为 0, 拖动选中基色的滚动条或直接设置该色的幅值。观看单色调下, 基色的亮度变化。

(2) 将 R、G、B 中任意一基色设置为 0, 将其余两基色的数值设置成 255, 观看该基色所对应的补色。而后, 拖动所选单一基色的滚动条, 观察其补色饱和度的变化。

(3) 将 R、G、B 中任意二基色设置为 122, 将余者由 0 渐变至 255, 观察色彩显示框内的变化情况, 分析在达到 122 前后颜色变化的原因。

(4) 将 R、G、B 数值调整到数值较低位置, 同比例增加各基色数值, 观察任一色调下亮度的变化情况。

实验设备

1. 投影仪 4 台。
2. 红、绿、蓝透明滤色片各数片, 黄、品、青透明滤色片各数片。
3. 白色屏幕 1 块。
4. 示波器 1 台。
5. PAL 彩色电视信号发生器 1 台。
6. 彩色监视器 1 台。

7. 放大镜数个。
8. 计算机 1 台。

预 习 要 求

1. 预习三基色原理与色度图的基本知识。
2. 预习相加混色原理和相减混色原理。
3. 预习电视系统中彩色的重现原理。

实验报告要求

1. 记录用投影仪做相加混色、相减混色实验的结果和实验中发现的问题,并对这些问题进行解释。
2. 观察彩条信号在分别关断 R、G、B 通道后彩色的变化,并用三基色原理解释。
3. 运行 MixColour 混色演示程序,记录出现的现象,并用三基色原理解释。

思 考 题

1. 希望尽量在 HDTV 系统中扩展显示器的色域,通过上述实验思考扩展色域的途径?
2. 显像管上显示白、红、绿、蓝与物理三基色的红、绿、蓝有何不同?

实验二 电视传像基本原理

实验目的

1. 通过实验研究电视系统摄像端与显像端的同步扫描关系。
2. 通过实验研究黑白电视系统传输特征。
3. 观测黑白全电视信号及其各行扫描方式的同步信号。
4. 学习用复杂的可编程逻辑器件(CPLD)设计、产生复合同步信号的全过程。
5. 建立电视图像(监视器)及其波形(示波器)间的对应关系的概念。
6. 解析复合同步信号中行同步/场开槽脉冲、前后均横脉冲的作用。

实验原理

电视是一种以电信号的形式实时传送活动景象的技术。电视信号的产生、传输和显示要经过一系列复杂的光、机、电设备。本实验仅对黑白电视传像原理中的两个重要环节——同步扫描和传输特性进行实验研究。

同步扫描的基础是首先把图像分解成许多像素,然后在摄像管靶面和显像管屏幕上对一系列像素按严格相同的扫描规则同步地进行摄像与显像。其规律是首先由左至右对水平方向一行的像素以匀速运动的方式完成一行的扫描,然后从上到下对一行行的像素以匀速运动的方式完成一帧扫描(在隔行扫描中,一帧是由两场组成的)。

传统电视中的摄像与显像,是由摄像管与显像管中的电子枪产生的电子束进行行/场扫描来完成的。行扫描是由从左至右的行正程扫描和由右至左的行逆程扫描构成。在逆程扫描时,不对像素进行摄像与显像,因此在行逆程扫描时要加入一个行消隐脉冲,以便在行逆程时关断电子束。同样,场扫描是由从上至下的场正程扫描和由下部回到上部的场逆程扫描构成。在场逆程期间也要加入场消隐脉冲。行/场消隐脉冲的目的是使逆程扫描线不被显示,而只出现一行行的正程扫描亮线。由这些正程扫描亮线组成矩形发光面,称为扫描光栅。

摄像端与显像端二者之间由复合同步脉冲信号来实现同步扫描。在显像端,利用从摄像端传输来的视频信号中分离出的行/场同步脉冲来实现行/场扫描的同步。

为在接收端容易识别行/场同步行同步脉冲,将场同步脉冲宽度定为 $2.5T_H$,而行同步脉冲宽度则为 $4.7\mu s$,如图 2-1 所示,由于场同步期间没有行同步信号,这将影响到行

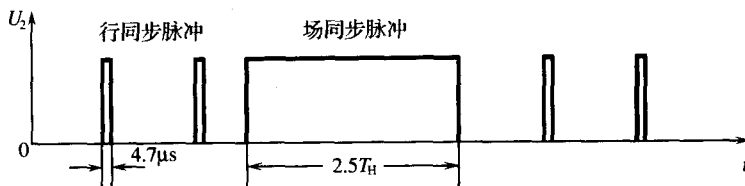


图 2-1 行/场同步脉冲

扫描的同步,因此在场同步脉冲内形成一些缺口(开槽),用来代替行同步信号,这样,整个扫描过程中的任何时刻都能保证严格的行同步。

由于采用奇数行隔行扫描,每场均包含半行。设每场的时间(即场周期)为 T_v ,因此,若把奇数场和偶数场的同步脉冲分两排来画,并令场同步脉冲对齐,则两场的行同步脉冲相互错开半行。由于场同步脉冲是利用积分电路来分离的,而相邻两场的场同步脉冲内的开槽及两个场同步脉冲前后的行同步脉冲都相差半行,从而使两场的场同步脉冲积分起始电平不同,积分后的波形也不完全重合,这一差异将严重影响隔行扫描的准确性并导致并行现象和垂直分解力降低。

为了消除这个误差,可以在场同步脉冲持续期间及其前、后若干行内,将行同步脉冲的频率提高一倍,这样就使得在这一段时间内偶数场与奇数场的同步脉冲波形完全相同。因此,通过积分电路后的两场场同步脉冲的积分起始电平相同,经过积分电路后两场输出信号的波形也一致,保证了两场的时间间隔相同。另外,为使频率提高后的行同步脉冲的平均电平不变,在脉冲间隔为 $T_H/2$ 的情况下将行脉冲的宽度减小到原来的一半。这种在场同步脉冲前、后的窄脉冲分别称为前均衡脉冲与后均衡脉冲。按照我国的电视标准,前后均衡脉冲均为 5 个,各占两行半时间。行同步脉冲宽度为 $4.7\mu s$,均衡脉冲的宽度为 $2.35\mu s$ 。场同步脉冲也占两行半时间。因开了 5 个槽而形成 5 个齿脉冲,场同步中齿脉冲宽度为 $27.3\mu s$,开槽脉冲宽度为 $4.7\mu s$ 。如图 2-2 所示。

本实验中摄像机的复合同步信号是由外部的 CPLD 提供的。CPLD 是新一代的数字器件,它不仅具有很高的速度和可靠性,而且具有用户可重复定义的逻辑功能。因此,可编程逻辑器件使数字系统的设计非常灵活,并且大大缩短了系统研制的周期,缩小了数字电路系统的体积和芯片的品种。在本实验中,采用 ALTERA 公司的 CPLD - EPM7128 产生 PAL 制的复合同步信号。时钟 CLK 为 13.5MHz,用软件(如 MAXPLUS II)编写程序,通过编程在 CPLD 内部设置水平像素计数器,垂直行计数器,在此基础上形成复合同步信号。其软件的顶层框如图 2-3 所示。

图中 pixentr 为水平像素计数器模块,vcnt 为垂直行计数器模块,signalgen 为信号发生模块。

输入信号为全局时钟信号 CLK,复位信号 RESET,模式选择输入 SEL0、SEL1。输出信号为复合同步信号 SYNC。

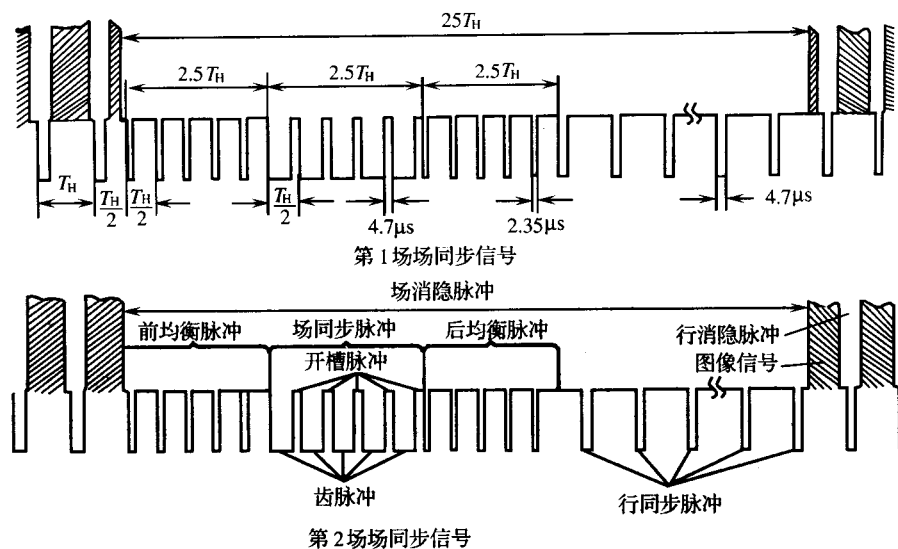


图 2-2 黑白全电视信号波形图

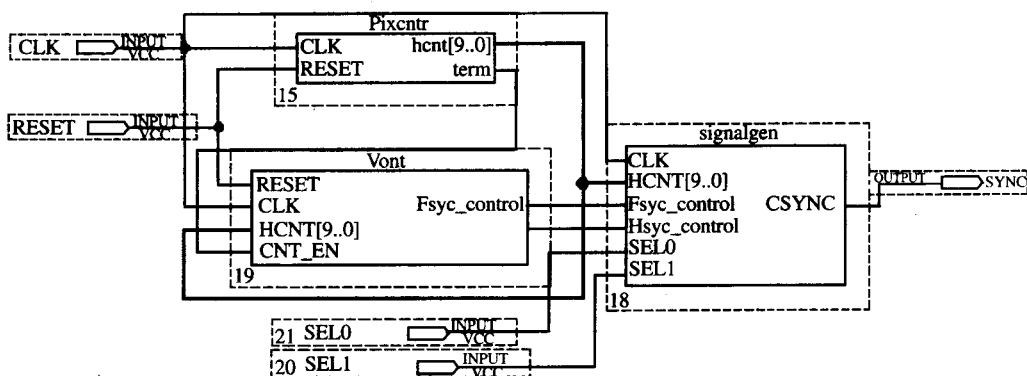


图 2-3 软件的顶层框

各个模块的简要说明如下。

(1) 水平像素计数器模块

根据我国 PAL 制定时的时序要求, 帧频为 25Hz, 场频为 50Hz, 每帧 625 行, 所以行频 f_H 为 15625 (25×625) Hz, 每行的周期 T_H 为 $64\mu s$, CLK 的频率为 13.5 (15625×864) MHz, 故水平点计数器的值设为 864, 调用 maxplus II 中的强函数 LPM_counter 实现。同时每计完 864 个数 (即一行的时间) 就输出一个 term 信号, 作为垂直行计数器的使能信号 cnt_en 输入, 用于垂直行计数器的计数。

(2) 垂直行计数器模块

垂直行计数器为同步逻辑设计, 它和水平像素计数器具有统一的全局时钟 clk, 而不