

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H04N 9/64 (2006.01)

H04N 9/77 (2006.01)



## [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200310108508.5

[45] 授权公告日 2006 年 10 月 11 日

[11] 授权公告号 CN 1279764C

[22] 申请日 2003.11.10

[74] 专利代理机构 上海智信专利代理有限公司

[21] 申请号 200310108508.5

代理人 邓 琦

[71] 专利权人 华亚微电子（上海）有限公司

地址 201203 上海市张江高科技园区碧波  
路 572 弄 116 号 8 号楼

[72] 发明人 朱 航

审查员 张 军

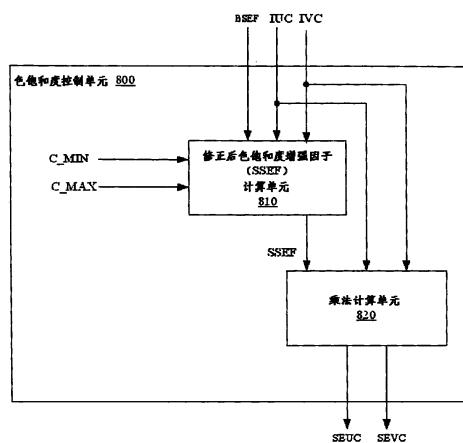
权利要求书 5 页 说明书 18 页 附图 9 页

### [54] 发明名称

一种视频图像的色饱和度增强系统与方法

### [57] 摘要

本发明提供了一种视频图像色饱和度控制的系统和方法。该方法先由一个修正后色饱和度增强因子计算单元利用一个基本色饱和度增强因子计算产生一个修正后色饱和度增强因子。再利用一个乘法计算单元将该修正后色饱和度增强因子与当前像素的 U 色度值和 V 色度值相乘得到经过色饱和度修正后的 U 色度值和 V 色度值。为使当前像素的颜色在修正前和修正后不发生变化，经色饱和度修正后的 U 色度值和 V 色度值之间的比值应该与修正前当前像素的 U 色度值和 V 色度值之间的比值相等。当基本色饱和度增强因子会使修正后的 U 色度值或 V 色度值超出视频系统允许的色度值范围时，利用一个查找表中预先存储的一组列表色饱和度增强因子进行色饱和度的修正计算。



1. 一种对由一系列像素构成的视频图像进行色饱和度增强的方法，其特征在于其中的视频图像的色度值范围由一个最大色度值和一个最小色度值决定，该方法包含：

利用一个基本色饱和度增强因子计算产生一个修正后色饱和度增强因子；

计算产生当前像素的一个色饱和度增强 U 色度值，该色饱和度增强 U 色度值等于当前像素的 U 色度值与修正后色饱和度增强因子的乘积，并且该色饱和度增强 U 色度值处于由视频系统的最大色度值和最小色度值决定的色度值范围之内；

计算产生当前像素的一个色饱和度增强 V 色度值，该色饱和度增强 V 色度值等于当前像素的 V 色度值与修正后色饱和度增强因子的乘积，并且该色饱和度增强 V 色度值处于由视频系统的最大色度值和最小色度值决定的色度值范围之内；及

上所述当前像素的色饱和度增强 U 色度值与色饱和度增强 V 色度值之间的比值等于当前像素的 U 色度值与当前像素的 V 色度值之间的比值。

2. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于所述利用一个基本色饱和度增强因子计算产生一个修正后色饱和度增强因子的操作包括：

计算产生一个最大 U 色度值增强因子；

计算产生一个最大 V 色度值增强因子；

将修正后色饱和度增强因子设置为最大 U 色度值增强因子，最大 V 色度值增强因子，和基本色饱和度增强因子之中的最小者。

3. 如权利要求 2 所述的方法，其特征在于所述最大 U 色度值增强因子等于视频系统的最大色度值除以当前像素的 U 色度值所得商的绝对值与视频系统的最小色度值除以当前像素的 U 色度值所得商的绝对值之中的较大者。

4. 如权利要求 3 所述的方法中，其特征在于所述最大 U 色度值增强因子在当前像素的 U 色度值为零时被设置为一个预先定义的大数值。

5. 如权利要求 2 所述的方法中，其特征在于所述最大 V 色度值增强因子等于视频系统的最大色度值除以当前像素的 V 色度值所得商的绝对值与视频系统的最小色度值除以当前像素的 V 色度值所得商的绝对值之中的较大者。

6. 如权利要求 5 所述的方法中，其特征在于所述最大 V 色度值增强因子在当前像素的 V 色度值为零时被设置为一个预先定义的大数值。

7. 如权利要求 1 所述方法中，其特征在于所述利用一个基本色饱和度增强因子计算产生一个修正后色饱和度增强因子的操作进一步包括：

计算产生一个查找表的索引，该查找表提供一个列表色饱和度增强因子；

按照索引的不同，将修正后色饱和度增强因子设置为列表色饱和度增强因子，或基本色饱和度增强因子，或数值 1.0。

8. 如权利要求 7 所述方法中，其特征在于所述按照索引的不同将修正后色饱和度增强因子设置为列表色饱和度增强因子，或基本色饱和度增强因子，或数值 1.0 的操作包括：

当索引大于或等于视频系统的最大色度值时，将修正后色饱和度增强因子设置为数值 1.0；

当索引乘以基本色饱和度增强因子小于或等于视频系统的最大色度值时，将修正后色饱和度增强因子设置为基本色饱和度增强因子；及

当索引小于视频系统的最大色度值，且索引乘以基本色饱和度增强因子大于视频系统的最大色度值时，将修正后色饱和度增强因子设置为列表色饱和度增强因子。

9. 如权利要求 7 所述方法中，其特征在于所述计算产生一个提供列表色饱和度增强因子的查找表的索引的操作包括将查找表的索引设置为当前像素 U 色度值的绝对值和当前像素 V 色度值的绝对值之中的较大者。

10. 如权利要求 9 所述方法中，其特征在于所述计算产生一个提供列表色饱和度增强因子的查找表的索引的操作进一步包括：当查找表的索引大于视频系统的最大色度值时将查找表的索引设置为视频系统的最大色度值。

11. 如权利要求 9 所述方法中，其特征在于所述的查找表含有一系列列表值，每一列表值有一个对应的索引。

12. 如权利要求 11 所述方法中，其特征在于，所述查找表的一个列表值根据以下公式确定：

$$TSEF = \text{INT}((C_{\text{MAX}}/\text{INDEX}) * 2^{\text{PB}}) / 2^{\text{PB}}$$

其中 PB 为所用乘法运算单元的精度位数，函数 INT 是取整函数。

13. 一种对由一系列像素构成的视频图像进行色饱和度增强的色饱和度增强单元，其特征在于其中的视频图像的色度值范围由一个最大色度值和一个最小色度值决定，该色饱和度增强单元包含：

一个修正后色饱和度增强因子计算单元，利用一个基本色饱和度增强因子计算产生一个修正后色饱和度增强因子；

一个接收修正后色饱和度增强因子的乘法计算单元，用以计算产生一个等于当前像素 U 色度值与修正后色饱和度增强因子乘积的色饱和度增强 U 色度值，和一个等于当前像素 V 色度值与修正后色饱和度增强因子乘积的色饱和度增强 V 色度值；及

其中色饱和度增强 U 色度值与色饱和度增强 V 色度值之间的比值和当前像素 U 色度值与当前像素 V 色度值之间的比值相等。

14. 如权利要求 13 所述色饱和度增强单元中，其特征在于所述的修正后色饱和度增强因子计算单元包含：

一个利用基本色饱和度增强因子，当前像素 U 色度值和当前像素 V 色度值的索引计算与控制电路以计算产生一个索引；

一个与索引计算与控制电路相联的查找表以提供一个列表色饱和度增强因子。

15. 如权利要求 14 所述色饱和度增强单元中，其特征在于所述的索引计算与控制电路还计算产生一个预置色饱和度增强因子，当当前像素 U 色度值等于视频系统的最大色度值，或者当前像素 U 色度值等于视频系统的最小色度值，或者当前像素 V 色度值等于视频系统的最大色度值，或者当前像素 V 色度值等于视频系统的最小色度值时，预置色饱和度增强因子被设置为数值 1.0。

16. 如权利要求 15 所述的色饱和度增强单元中，其特征在于当当前像素 U 色度值不等于视频系统的最大色度值，并且当前像素 U 色度值不等于视频系统的最小色度值，并且当前像素 V 色度值不等于视频系统的最大色度值，并且当前像素 V 色度值不等于视频系统的最小色度值时，预置色饱和度增强因子被设置为基本色饱和度增强因子。

17. 如权利要求 16 所述的色饱和度增强单元，其特征在于进一步包含一个多路选择器电路。该多路选择器电路的一个第一输入口接收基本色饱和度增强因子，一个第二输入口接收列表色饱和度增强因子，一个第三输入口接收数值 1.0；该多路选择器电路的一个输出口输出修正后色饱和度增强因子。

18. 如权利要求 17 所述色饱和度增强单元，其特征在于所述索引计算与控制电路还产生一个用以控制多路选择器电路的选择控制信号。
19. 如权利要求 18 所述色饱和度增强单元，其特征在于所述选择控制信号在索引小于视频系统的最大色度值，且索引乘以基本色饱和度增强因子大于视频系统的最大色度值时，控制多路选择器电路将修正后色饱和度增强因子设置为列表色饱和度增强因子。
20. 如权利要求 18 所述色饱和度增强单元，其特征在于所述选择控制信号在索引乘以基本色饱和度增强因子小于或等于视频系统的最大色度值，或在索引大于或等于视频系统的最大色度值时，控制多路选择器电路将修正后色饱和度增强因子设置为预置色饱和度增强因子。
21. 如权利要求 14 所述色饱和度增强单元，其特征在于进一步包含一个多路选择器电路。该多路选择器电路的一个第一输入口接收基本色饱和度增强因子，一个第二输入口接收列表色饱和度增强因子，一个第三输入口接收数值 1.0。该多路选择器电路的一个输出口输出修正后色饱和度增强因子。
22. 如权利要求 21 所述色饱和度增强单元，其特征在于其中的索引计算与控制电路还产生一个用以控制多路选择器电路的选择控制信号。
23. 如权利要求 22 所述色饱和度增强单元，其特征在于所述选择控制信号在索引小于视频系统的最大色度值，且索引乘以基本色饱和度增强因子大于视频系统的最大色度值时，控制多路选择器电路将修正后色饱和度增强因子设置为列表色饱和度增强因子；选择控制信号在索引乘以基本色饱和度增强因子小于或等于视频系统的最大色度值时，控制多路选择器电路将修正后色饱和度增强因子设置为基本色饱和度增强因子；及选择控制信号在索引大于或等于视频系统的最大色度值时，控制多路选择器电路将修正后色饱和度增强因子设置为数值 1.0。
24. 如权利要求 14 所述色饱和度增强单元，其特征在于其中的索引计算与控制电路将索引设置为当前像素 U 色度值的绝对值和当前像素 V 色度值的绝对值之中的较大者。
25. 如权利要求 24 所述色饱和度增强单元，其特征在于其中的索引计算与控制电路在索引大于视频系统的最大色度值时将索引重置为视频系统的最大色度值。

26. 如权利要求 14 所述色饱和度增强单元，其特征在于其中的查找表含有一系列列表值，每一列表值有一个对应的索引。

27. 如权利要求 26 所述色饱和度增强单元，其特征在于，所述查找表的一个列表值根据以下公式确定：

$$TSEF = \text{INT}((C_{\text{MAX}}/\text{INDEX}) * 2^{\text{PB}}) / 2^{\text{PB}}$$

其中 PB 为所用乘法运算单元的精度位数，函数 INT 是取整函数。

## 一种视频图像的色饱和度增强系统与方法

### 技术领域

[0001] 本发明有关数字显示系统。具体地说，该发明是关于对视频图像信号进行处理以增强其视觉品质的发明。

### 背景技术

[0002] 鉴于先进半导体处理技术的发展，集成电路(ICs)的功能及复杂程度大大的得到了强化。随着处理及存储能力的增加，许多以前由模拟方式完成的工作现在都能以数字的方式完成。例如，图像，音频甚至视频信号都能以数字的方式进行生成，传播及使用。

[0003] 图 1 描述了通常在电视系统中使用的隔行视频流 100 的一部分。隔行视频流 100 包含一系列隔行视频场 100\_1 至 100\_N，图 1 画出了其中的前 10 场。偶场包含场景的偶数行，而奇场包含了场景的奇数行。例如，对一个由 400 行，每行 640 个像素组成的场景，偶场将包含第 2, 4, ..., 400 行，而奇场将包含第 1, 3, ..., 399 行。通常，隔行视频流中的每一场是在不同时刻生成的。例如，一个隔行视频生成设备（如一个数字摄像机）在时间 T 捕捉及存储场景的奇数行以生成视频场 100\_1，而在时间 T+1 捕捉及存储场景的偶数行以生成视频场 100\_2。这个过程将不断重复以生成隔行视频流。

[0004] 由于带宽的限制，当逐行视频显示的帧频要求无法满足时，我们就使用隔行视频系统。具体的说，两组 30 场/秒的隔行视频场奇偶交替显示便可以达到类似 60 帧/秒的显示效果，这是因为电视上的像素在扫描过后可以保持一小段时间。逐行视频流使用的是完整的图像帧，既包括偶行又包括奇行的信息。显然，使用逐行扫描可以达到更高的显示质量，所以，在传统的隔行电视系统出现多年以后，现在的计算机显示器通常都使用逐行扫描的方法。而且，现在很多先进的电视及视频设备也开始使用逐行扫描的视频流。为与现存的隔行视频系统相兼容，现代逐行扫描视频系统可使用隔行到逐行转换技术将隔行视频流转化成逐行视频流。

[0005] 图 2(a)和 2(b)描述了一种从隔行视频流 100 转换到逐行视频流 200 的典型方法。具体的说，隔行视频流 100 中的每一隔行视频场 100\_X 被转换为逐行视频流 200 中的逐行视频图像帧 200\_X。这个转换是通过以拷贝或插值的方法产生缺失扫描行来完成的。以图 2 (b)为例，场 100\_1 有行 100\_1\_1, 100\_1\_3, 100\_1\_5, ..., 100\_1\_N，它被转换成图象帧 200\_1，方法是以行 100\_1\_X 作为奇行 200\_1\_X (X 为奇数)，并产生偶行 200\_1\_Y (Y 为偶

数)。偶行 200\_1\_Y 是以拷贝前一奇行 200\_1\_Y-1 来产生的。这种技术通常称为行重复。运用插值的方法产生缺失行可以得到更好的效果。例如，一种简单的插值方法是利用奇行 200\_1\_Y-1 和奇行 200\_1\_Y+1 的平均来作为偶行 200\_1\_Y。其它插值方法还包括以加权平均或更复杂的数据组合方法来从已存在的扫描行产生缺失的扫描行。另一种普通的隔行到逐行转换技术被称为三维隔行到逐行转换，该方法是利用当前场及临近的前后场数据来产生当前场的缺失行。将隔行视频场转换到逐行视频帧的隔行到逐行转换方法不是本发明要讨论的内容。

[0006] 虽然隔行到逐行转换技术使传统的隔行视频信号可以在逐行视频设备上进行播放，但经过隔行到逐行转换处理的视频图像的品质通常比真正的逐行视频图像(即由逐行视频获取设备直接得到的逐行视频图像)要差。所以，有需要提供一种系统或方法来提高经隔行到逐行转换处理产生的视频图像的品质。

### 发明内容

[0007] 本发明提供了一种视频图像品质增强的系统和方法。本发明中的系统和方法可以方便的利用在各类隔行到逐行转换的系统中，可被用来提高经隔行到逐行转换处理产生的视频图像，也可以直接作用于真正的逐行视频图像以进一步提升其品质。具体地说，本发明中的系统和方法对逐行视频图像的亮度和色度进行独立的处理。也就是说，本发明中的系统和方法对图像的亮度和色度的处理可以并行完成以缩减处理所需的时间。

[0008] 在基于本发明的一种系统和方法中，一个图像品质增强系统包括一个图像边缘增强单元和一个图像对比度拉伸单元，在视频图像的亮度域中进行信号增强。该图像品质增强系统还包括一个图像色彩瞬态增强单元和一个色饱和度控制单元，在视频图像的色度域中进行信号增强。具体地说，图像边缘增强单元增强图像中的线与边界以提高图像的景深；图像对比度拉伸单元拉伸图像的亮度曲线以提高整体图像的对比度；图像色彩瞬态增强单元对图像的色彩进行处理以消除不同颜色区域间的色彩失真过渡带；而色饱和度控制单元调节整体图像的色饱和度以补偿其它视频处理过程，如视频信号的模数转换所带来的色度失真。

[0009] 在一种图像边缘增强单元中，一个边缘检测单元被用来确定经过当前像素的主导边缘的方向；一个边缘增强亮度计算单元沿着当前像素的主导边缘方向按一个边缘增强因子再将边缘强度提升一个倍数。边缘方向由亮度变化的情况来近似决定。具体地说，计算一系列当前像素处不同方向上的亮度变化率，若横穿某方向的亮度变化率的绝对值最大，则用该方向来代表边缘的主导方向。一个边缘阈值比较单元将最大的亮度变化率绝对值与次大的亮度变化率绝对值之间的差和一个边缘增强阈值进行比较，当所得到的差值大于一个边缘增强阈值时，则在当前像素处进行图像边缘增强处理。

[0010] 在一种图像色彩瞬态增强单元中，一个色彩瞬态特征提取单元利用当前像素的一个色彩瞬态检测窗口计算出一组色彩瞬态特征值；一个瞬态阈值单元通过将这组色彩瞬态特征值与一个色度增强阈值进行比较来确定色彩瞬态检测窗口中是否存在色彩过渡。如果在当前像素的色彩瞬态检测窗口中存在色彩过渡，一个瞬态矫正单元将计算出经过改进的当前像素的 U 色度值和 V 色度值。

[0011] 在一种图像色饱和度控制单元中，一个修正后色饱和度增强因子计算单元利用一个基本色饱和度增强因子计算产生一个修正后色饱和度增强因子；一个乘法计算单元利用该修正后色饱和度增强因子计算出经过色饱和度修正的 U 色度值和 V 色度值。具体地说，经过色饱和度修正的 U 色度值等于修正后色饱和度增强因子乘以当前像素的 U 色度值。类似的，经过色饱和度修正的 V 色度值等于修正后色饱和度增强因子乘以当前像素的 V 色度值。为使当前像素的颜色在修正前和修正后不发生变化，经色饱和度修正后的 U 色度值和 V 色度值之间的比值应该与修正前当前像素的 U 色度值和 V 色度值之间的比值相等。一个索引计算与控制电路利用基本色饱和度增强因子，当前像素的 U 色度值，和当前像素的 V 色度值计算产生一个查找表的索引。该查找表中预先存储了一组列表色饱和度增强因子，可以在基本色饱和度增强因子会使修正后的 U 色度值或 V 色度值超出视频系统允许的色度值范围时作为修正后色饱和度增强因子进行色饱和度的修正计算。

#### 附图说明

[0013] 图 1 描述了一个隔行视频流。

[0014] 图 2(a) 和 2(b) 描述了一个隔行到逐行的转换过程。

[0015] 图 3 描述了基于本发明的一种系统和方法中使用的视频增强系统的方框图。

[0016] 图 4 描述了基于本发明的一种系统和方法中使用的视频图像边缘增强单元的方框图。

[0017] 图 5 是基于本发明的一种系统和方法中使用的视频图像对比度拉伸单元的功能描述。

[0018] 图 6(a)—图 6(e) 描述了色彩瞬态问题。

[0019] 图 7 描述了基于本发明的一种系统和方法中使用的视频图像色彩瞬态增强单元的方框图。

[0020] 图 8 描述了基于本发明的一种系统和方法中使用的视频图像色饱和度控制单元的

---

方框图。

[0021] 图 9 描述了基于本发明的一种系统和方法中使用的修正后色饱和度增强因子 (SSEF) 计算单元的方框图。

### 具体实施方式

[0012] 以下结合附图的描述将使本发明更易于理解。

[0022] 如上所述，经过隔行到逐行转换处理的视频图像的品质通常比真正的逐行视频图像（即由逐行视频获取设备直接得到的逐行视频图像）要差。本发明描述了四种视频图像增强技术，可分别单独或结合使用以提高逐行视频图像的品质。

[0023] 图 3 描述了一个视频增强系统 320 及其所用的视频缓存 310 的方框图。视频缓存 310 包括一个第一行缓存 310\_0，一个第二行缓存 310\_1，和一个第三行缓存 310\_2。行缓存的大小通常等于输入视频信号流 I\_VS 中视频帧的宽度。行缓存 310 是循环使用的，即视频信号流 I\_VS 中一个视频帧的第一行存入行缓存 310\_0，第二行存入行缓存 310\_1，第三行存入行缓存 310\_2。然后，第四行存入行缓存 310\_0，第五行存入行缓存 310\_1，第六行存入行缓存 310\_2。这个过程不断重复以处理视频帧中的所有行。

[0024] 像这样，视频缓存 310 存储着一个视频帧中的三行信息。在基于本发明的一种系统和方法中，视频增强系统 320 利用一个当前行指针 CLP 记录当前被处理行所在的存储位置，利用一个前行指针 PLP 记录当前行的前一行所在的存储位置，利用一个后行指针 NLP 记录当前行的后一行所在的存储位置。这样，开始时前行指针 PLP 指向行缓存 310\_0，当前行指针 CLP 指向行缓存 310\_1，后行指针 NLP 指向行缓存 310\_2。当输入视频信号流 I\_VS 中的信号不断写入视频缓存 310，前行指针 PLP，当前行指针 CLP 和后行指针 NLP 将以加一并除三取模的方式得到相应的行缓存位置，即将指针当前所指的行缓存的编号加一，若加一后的结果等于三则重置为零。具体地说，如果前行指针 PLP 现在指向行缓存 310\_X，在新的一年被写入视频缓存 310 后，前行指针 PLP 将指向行缓存 310\_{((X+1) MOD 3)}。为方便起见，视频缓存中前行指针 PLP 所指向的行被称为“前行”。类似的，当前行指针 CLP 所指向的行被称为“当前行”，后行指针 NLP 所指向的行被称为“后行”。基于本发明的其它系统和方法也可使用更大的视频缓存以存储更多的视频行。

[0025] 视频增强系统 320 包括一个图像边缘增强单元 322，一个图像对比度拉伸单元 324，一个图像色彩瞬态增强单元 326，和一个色饱和度控制单元 328。图像边缘增强单元 322 和图像对比度拉伸单元 324 只处理视频图像的亮度信息，而图像色彩瞬态增强单元 326 和色饱和度控制单元 328 只处理视频图像的色度信息，因此他们可以分两路进行并行处理。

[0026] 图像边缘增强单元 322 增强图像中的线与边界以提高图像的景深。具体地说，图像边缘增强单元 322 通过一个用户可调的边缘增强因子 CEF 增强视频图像中的线与边。图像边缘增强单元 322 将在稍后具体介绍。图像对比度拉伸单元 324 拉伸视频图像的亮度值以提高图像整体的对比度。图像对比度拉伸单元 324 将在稍后具体介绍。

[0027] 图像色彩瞬态增强单元 326 对图像的色彩进行处理以消除不同颜色区域间的色彩失真过渡带。图像色彩瞬态增强单元 326 将在稍后具体介绍。色饱和度控制单元 328 调节整体图像的色饱和度以补偿其它视频处理过程，如视频信号的模数转换所带来的色度失真。色饱和度控制单元 328 将在稍后具体介绍。

[0028] 视频增强系统 320 每次从视频缓存 310 中取出一个像素进行处理。为描述方便和清楚起见，当前被处理的像素被称为当前像素。如前所述，图像边缘增强单元 322 和图像对比度拉伸单元 324 将处理当前像素的亮度值 Y。具体地说，图像边缘增强单元 322 计算产生一个边缘增强亮度值 Y\_CE，而图像对比度拉伸单元 324 在 Y\_CE 的基础上计算产生一个对比度拉伸亮度值 Y\_CS。图像色彩瞬态增强单元 326 和色饱和度控制单元 328 将处理当前像素的色度值 U 与 V。具体地说，图像色彩瞬态增强单元 326 计算产生色彩瞬态增强色度值 IUC 和 IVC，而色饱和度控制单元 328 在 IUC 和 IVC 的基础上计算产生色饱和度修正的色度值 SEUC 和 SEVC。

[0029] 图 4 描述了基于本发明的一种系统和方法中使用的视频图像边缘增强单元 400 的方框图。视频图像边缘增强单元 400 包括一个边缘检测单元 410，一个边缘阈值比较单元 420，和一个边缘增强亮度计算单元 430。在图 4 中，边缘增强单元 400 使用视频缓存 310，其中包含了前行指针 PLP，当前行指针 CLP 和后行指针 NLP。边缘增强单元 400 利用当前像素 P4 的亮度值，和其相邻像素 P0, P1, P2, P3, P5, P6, P7 和 P8 的亮度值计算产生当前像素的边缘增强亮度值 Y\_CE。具体地说，当前像素 P4，及像素 P3 和 P5 在由当前行指针 CLP 所指向的当前行中，其中像素 P3 在当前像素 P4 的左边，而像素 P5 在当前像素 P4 的右边。像素 P0, P1 和 P2 在由前行指针 PLP 所指向的前行中，并且像素 P0, P1 和 P2 分别在像素 P3, P4 和 P5 之上。相反的，像素 P6, P7 和 P8 在由后行指针 NLP 所指向的后行中，并且像素 P6, P7 和 P8 分别在像素 P3, P4 和 P5 之下。为清楚起见，像素 PX 的亮度值记为 YX。由此，像素 P5 的亮度值为 Y5。

[0030] 边缘检测单元 410 检测当前像素 P4 处的边缘。在图 4 中，当前像素 P4 处的亮度变化率被用来代表边缘的强度。具体地说，图 4 中的边缘检测单元 410 计算出当前像素 P4 处的不同方向上的亮度变化率，并选取亮度变化率绝对值最大时所横穿的方向作为当前像素 P4 处的主导边缘方向。其中的最大亮度变化率的绝对值也被用来表示当前像素 P4 处主导边缘的强度。边缘检测单元 410 中所描述的一种方法计算产生三个方向的亮度变化率：

横穿水平方向的亮度变化率 S\_H，横穿竖直方向的亮度变化率 S\_V，和对角亮度变化率 S\_D。

[0031] 横穿水平方向的亮度变化率 S\_H 表示的是因存在通过当前像素 P4 的水平边缘而产生的亮度变化大小。方程（1）给出了基于本发明的一种系统和方法中使用的计算 S\_H 的公式。在方程（1）中，S\_H 等于像素 P3, P4 和 P5 的亮度平均值减去像素 P0, P1, P2, P6, P7 和 P8 的亮度平均值。

$$S_H = (Y3+Y4+Y5)/3 - (Y0+Y1+Y2+Y6+Y7+Y8)/6 \quad (1)$$

[0032] 相反的，横穿竖直方向的亮度变化率 S\_V 表示的是因存在通过当前像素 P4 的竖直边缘而产生的亮度变化大小。方程（2）给出了基于本发明的一种系统和方法中使用的计算 S\_V 的公式。在方程（2）中，S\_V 等于像素 P1, P4 和 P7 的亮度平均值减去像素 P0, P3, P6, P2, P5 和 P8 的亮度平均值。

$$S_V = (Y1+Y4+Y7)/3 - (Y0+Y3+Y6+Y2+Y5+Y8)/6 \quad (2)$$

[0033] 对角亮度变化率 S\_D 表示的是因存在通过当前像素 P4 的对角边缘，包括 45 度和 135 度，而产生的亮度变化大小。方程（3）给出了基于本发明的一种系统和方法中使用的计算 S\_D 的公式。在方程（3）中，S\_D 等于当前像素 P4 的亮度值减去像素 P1, P3, P5 和 P7 的亮度平均值。

$$S_D = Y4 - (Y1+Y3+Y5+Y7)/4 \quad (3)$$

[0034] 如果在视频系统中较大的亮度用较大的 Y 值表示，则正的 S\_H, S\_V 或 S\_D 的结果意味着当前像素 P4 在边缘两侧较亮的一侧。相反的，负的 S\_H, S\_V 或 S\_D 的结果意味着当前像素 P4 在边缘两侧较暗的一侧。

[0035] 基于本发明的其它系统和方法也可使用不同的方法来计算亮度变化率。例如，在基于本发明的另一种系统和方法中，可以不使用单一的对角亮度变化率 S\_D，而使用两个对角亮度变化率 S\_45 和 S\_135 来分别表示 45 度和 135 度方向上的对角亮度变化。而且，基于本发明的其它系统和方法也可类似定义更多方向的亮度变化率。例如，对于一个处在 45 度方向和 90 度方向之间的方向上的亮度变化率可以由像素 P2, P4 和 P7 的亮度平均值减去像素 P1, P3, P6, P5 和 P8 的亮度平均值来计算。

[0036] 通常边缘增强应当在主导边缘方向上进行。然而，当主导边缘的强度与次主导边缘的强度相差不大时就不会进行边缘增强操作。具体地说，只有当主导边缘的强度与次主导边缘的强度的差大于一个边缘增强阈值时才进行边缘增强操作，否则就不进行边缘增强。

操作。

[0037] 若利用亮度变化所横穿的方向来代表边缘方向，则边缘增强应当在亮度变化率绝对值最大时所横穿的方向上进行。亮度变化率绝对值最大时所横穿的方向拥有最大的亮度变化率绝对值。为清楚起见，亮度变化率绝对值最大时所横穿的方向所对应的亮度变化率被称为主导亮度变化率。如果  $S_{MAX}$  是所有计算出的亮度变化率，如  $S_H$ ,  $S_V$  和  $S_D$ ，的绝对值中的最大值，则主导亮度变化率的绝对值就等于  $S_{MAX}$ 。 $S_{MAX}$  表示主导边缘方向的边缘强度。所有计算出的亮度变化率的绝对值中的次大值，记为  $S_{NEXT}$ ，被用来表示次主导边缘方向的边缘强度。当主导边缘的强度与次主导边缘的强度相差不大时就不会进行边缘增强操作。由此，边缘阈值比较单元 420 计算出  $S_{MAX}$  和  $S_{NEXT}$ ，当  $S_{MAX}$  减去  $S_{NEXT}$  的差小于或等于一个边缘增强阈值  $CE_T$  时，就不进行边缘增强操作，而边缘增强亮度计算单元 430 则将边缘增强亮度值  $Y_{CE}$  设置为当前像素  $P_4$  的亮度值  $Y_4$ 。另一方面，当  $S_{MAX}$  减去  $S_{NEXT}$  的差大于边缘增强阈值  $CE_T$  时，就进行边缘增强操作，即边缘增强亮度计算单元 430 将利用一个边缘增强因子  $CEF$  来计算产生一个边缘增强亮度值  $Y_{CE}$ 。理论上讲，边缘增强阈值  $CE_T$  可以等于视频系统允许的任何像素亮度值。但是，使用过大的  $CE_T$  意味着只有那些已经非常突出的边缘会被增强。所以，通常  $CE_T$  应当较小，从而使图像中比较模糊的边缘得到增强而变得突出。例如，在基于本发明的一种系统和方法中，视频系统允许的像素亮度值从 0 到 255，即 8 位像素亮度值，而边缘增强阈值  $CE_T$  的范围可定在从 0 到 10，缺省值为 5。

[0038] 如果要进行边缘增强操作，边缘增强亮度计算单元就产生一个边缘增强亮度值  $Y_{CE}$ ，从而使由  $Y_{CE}$  代替  $Y_4$  所重新计算出的沿着主导边缘方向的边缘增强亮度变化率  $S_{CE}$  等于边缘增强因子  $CEF$  乘以由  $Y_4$  所计算的原来的主导边缘变化率。例如，如果横穿水平方向的亮度变化率  $S_H$  为主导边缘变化率，即  $S_H$  的绝对值等于  $S_{MAX}$ ，那么边缘增强亮度变化率  $S_{CE}$  就等于边缘增强因子  $CEF$  乘以  $S_H$ 。方程 (4) 描述了当  $S_H$  为主导边缘变化率时边缘增强亮度变化率  $S_{CE}$  的计算过程。具体地说，方程 (4) 和方程 (1) 除了以边缘增强亮度值  $Y_{CE}$  代替了当前像素的亮度值  $Y_4$  外没有区别。

$$S_{CE} = (Y_3 + Y_{CE} + Y_5) / 3 - (Y_0 + Y_1 + Y_2 + Y_6 + Y_7 + Y_8) / 6 \quad (4)$$

以边缘增强因子  $CEF$  乘以  $S_H$  代替方程 (4) 中的  $S_{CE}$  就得到方程 (5)。

$$CEF * S_H = (Y_3 + Y_{CE} + Y_5) / 3 - (Y_0 + Y_1 + Y_2 + Y_6 + Y_7 + Y_8) / 6 \quad (5)$$

[0039] 由方程 (5) 可得到方程 (6)，即当  $S_H$  为主导边缘变化率时边缘增强亮度值  $Y_{CE}$  的计算公式。

[0040]

$$Y_{CE} = 3*S_H*CEF + (Y_0+Y_1+Y_2+Y_6+Y_7+Y_8)/2 - Y_3 - Y_5 \quad (6)$$

[0041] 类似的，当  $S_V$  或  $S_D$  为主导边缘变化率时，可以分别得到方程 (7) 与方程 (8)，来计算相应的边缘增强亮度值  $Y_{CE}$ 。

$$Y_{CE} = 3*S_V*CEF + (Y_0+Y_3+Y_6+Y_2+Y_5+Y_8)/2 - Y_1 - Y_7 \quad (7)$$

$$Y_{CE} = S_D*CEF + (Y_1+Y_3+Y_5+Y_7)/4 \quad (8)$$

[0042] 然而，如前所述，当  $S_{MAX}$  减去  $S_{NEXT}$  的差小于或等于一个边缘增强阈值  $CE_T$  时，就不进行边缘增强操作。不管哪个方向是主导边缘方向，边缘增强亮度计算单元 430 都将边缘增强亮度值  $Y_{CE}$  设置为当前像素  $P_4$  的亮度值  $Y_4$ 。边缘增强因子  $CEF$  是一个大于或等于 1 的实数。如果  $CEF$  小于 1，则边缘将被变得更模糊而不是得到增强。通常，越大的边缘增强因子  $CEF$  将产生越突出的边缘。在基于本发明的一种系统和方法中，边缘增强因子  $CEF$  存储于一个用户可调的寄存器中，范围是从 1.0 到 3.0，缺省值为 1.5。

[0043] 如图 3 中所示，边缘增强单元 322 产生边缘增强亮度值  $Y_{CE}$ ，而  $Y_{CE}$  将由对比度拉伸单元 324 处理得到对比度拉伸亮度值  $Y_{CS}$ 。对比度拉伸单元 324 增加除了图像中较暗和较亮的区域外其它像素间的亮度差。在基于本发明的一种系统和方法中，对比度拉伸单元 324 利用一个类 S 型函数将边缘增强亮度值  $Y_{CE}$  映射到一个对比度拉伸亮度值  $Y_{CS}$ 。图 5 描述了一个类 S 型函数的曲线 510，其中的横轴代表边缘增强亮度值，而纵轴代表对比度拉伸亮度值。具体地说，图 5 中的边缘增强亮度值  $Y_{CE\_1}$  和  $Y_{CE\_2}$  被分别映射到对比度拉伸亮度值  $Y_{CS\_1}$  和  $Y_{CS\_2}$ 。对图像的大部分区域来说，对比度拉伸亮度值  $Y_{CS\_1}$  和  $Y_{CS\_2}$  之间的亮度差比边缘增强亮度值  $Y_{CE\_1}$  和  $Y_{CE\_2}$  之间的亮度差要大，从而提高了像素间的对比度。然而，对于很亮或很暗的图像区域，即边缘增强亮度值很大或很小的区域，对比度拉伸亮度值  $Y_{CS\_1}$  和  $Y_{CS\_2}$  之间的亮度差比边缘增强亮度值  $Y_{CE\_1}$  和  $Y_{CE\_2}$  之间的亮度差要小。所以，对比度拉伸单元 324 只增强了图像中很亮或很暗区域外的对比度。例如，对于 8 位亮度值的视频系统，其亮度值从 0 到 255，很亮区域通常可定为亮度值大于 240 的区域，而很暗区域通常可定为亮度值小于 15 的区域。对于亮度值范围不是很大的视频系统，例如 8 位亮度值从 0 到 255 的视频系统，基于本发明的很多系统和方法可以利用一个预先定义的查找表(LUT)来实现对比度拉伸单元 324。类 S 型函数的曲线可以通过改变查找表中的数值来调整。对于亮度值范围较大的视频系统，例如 10 位亮度值从 0 到 1023 的视频系统，可以通过各种拟合方法来分段表示所用的类 S 型函数，而避免使用包含整个亮度值范围的查找表。对比度拉伸亮度值  $Y_{CS}$  将与色饱和度增强 U 色度值  $SEUC$  和色饱和度增强 V 色度值  $SEVC$  一起定义出输出视频流  $O_{VS}$  中的像素。

[0044] 当边缘增强单元 322 和对比度拉伸单元 324 对像素的亮度值进行处理时，色彩瞬态增强单元 326 和色饱和度控制单元 328 对像素的色度值进行处理。图 6(a)至 6(e)描述了由于视频解码而带来的色彩瞬态问题。图 6(a)给出了 7 个像素 611—617。像素 611—613 处于一个第一颜色区域，像素 614—617 处于一个第二颜色区域。理想情况下，由第一颜色区域到第二颜色区域的过渡应是非常分明的。例如，在图 6(b)中，像素 611, 612 和 613 的 U 色度值为一个第一 U 色度值 U1，像素 614, 615, 616 和 617 的 U 色度值为一个第二 U 色度值 U2。类似的，在图 6(c)中，像素 611, 612 和 613 的 V 色度值为一个第一 V 色度值 V1，像素 614, 615, 616 和 617 的 V 色度值为一个第二 V 色度值 V2。但是，实际中两个颜色区域间色度值的过渡却通常较平缓而不是非常的分明。例如，在图 6(d)中，像素 611 的 U 色度值 U1 逐渐增加到像素 617 的 U 色度值 U2。类似的，在图 6(e)中，像素 611 的 V 色度值 V1 逐渐减小到像素 617 的 V 色度值 V2。

[0045] 图 3 中的色彩瞬态增强单元 326 检测如图 6(d)和 6(e)所示的存在于两个颜色区域间的色彩瞬态问题。然后色彩的过渡被变得更分明，更接近如图 6(b)和 6(c)所示的理想的色彩过渡。通常，水平方向的色彩瞬态问题比竖直方向的色彩瞬态问题严重。所以，图 7 中所示的基于本发明的在此描述的系统和方法将只针对水平方向的色彩瞬态问题。然而，一个熟练的设计人员也可以方便的利用这里介绍的技术类似地解决竖直方向的色彩瞬态问题。

[0046] 图 7 描述了一个色彩瞬态增强单元 700。该单元利用一个 3x7 的色彩瞬态检测窗口来检测色彩瞬态问题的发生。基于本发明的其它系统和方法也可利用不同大小的色彩瞬态检测窗口。通常，一个较宽的色彩瞬态检测窗口，即一个横向包含较多列的色彩瞬态检测窗口能更好的检测较宽色彩过渡区域上的色彩瞬态问题。但是，一个太宽的色彩瞬态检测窗口也可能因包含了多个色彩过渡区域而造成错误的检测结果。相反的，一个太窄的色彩瞬态检测窗口可能无法检测出一个较宽的色彩过渡区域上的色彩瞬态问题。为清楚起见，这里色彩瞬态检测窗口的宽度被定为 7 以作为基于本发明的一种系统和方法所用的缺省值。一个熟练的设计人员可以方便的利用这里介绍的技术类似地使用不同大小的色彩瞬态检测窗口。通常情况下，色彩瞬态检测窗口的宽度为从 5 到 15 时可以取得较好的结果。对于水平方向的色彩瞬态问题，在一个较高的色彩瞬态检测窗口，即一个竖向包含较多行的色彩瞬态检测窗口中利用如下介绍的列平均方法将能更好的避免色彩瞬态增强后不同颜色区域间的锯齿边缘现象。但是，如果色彩瞬态检测窗口太高，某些水平方向的色彩瞬态问题可能被漏检。而且，太高的色彩瞬态检测窗口有可能造成不同颜色区域间对角方向过渡带的失真。而使用更高的色彩瞬态检测窗口也需要更多的行缓存资源。在基于本发明的一种系统和方法中，色彩瞬态检测窗口的高度被定为从 1 到 5，缺省值为 3。

[0047] 色彩瞬态增强单元 700 使用视频缓存 310，其中包含了前行指针 PLP，当前行指

针 CLP 和后行指针 NLP。色彩瞬态增强单元 700 利用像素 P0 到 P20 的色度值计算产生当前像素 P4 的色彩瞬态增强 U 色度值 IUC 和色彩瞬态增强 V 色度值 IVC。为与其它图一致，像素 P0 到 P8 处于与图 4 中一样的位置。具体地说，当前像素 P4，及像素 P3 和 P5 在由当前行指针 CLP 所指向的当前行中，其中像素 P3 在当前像素 P4 的左边，而像素 P5 在当前像素 P4 的右边。像素 P0, P1 和 P2 在由前行指针 PLP 所指向的前行中，并且像素 P0, P1 和 P2 分别在像素 P3, P4 和 P5 之上。相反的，像素 P6, P7 和 P8 在由后行指针 NLP 所指向的后行中，并且像素 P6, P7 和 P8 分别在像素 P3, P4 和 P5 之下。而且，像素 P9 和 P10 在由前行指针 PLP 所指向的前行中，像素 P10 在像素 P0 左边紧靠像素 P0，像素 P9 在像素 P10 左边紧靠像素 P10。像素 P11 和 P12 在由前行指针 PLP 所指向的前行中，像素 P11 在像素 P2 右边紧靠像素 P2，像素 P12 在像素 P11 右边紧靠像素 P11。像素 P13 到 P16 在由当前行指针 CLP 所指向的当前行中，并分别处于像素 P9 到 P12 的下方。像素 P17 到 P20 在由后行指针 NLP 所指向的后行中，并分别处于像素 P13 到 P16 的下方。为清楚起见，像素 PX 的 U 色度值和 V 色度值分别记为 UCX 和 VCX。由此，像素 P5 的 U 色度值和 V 色度值分别为 UC5 和 VC5。

[0048] 列平均单元 710 通过计算色彩瞬态检测窗口中每一列中像素的色度值平均来得到对应色彩瞬态检测窗口中每一列的平均色度值。具体地说，列平均单元 710 计算得到 7 个平均 U 色度值 AUC1 到 AUC7，和 7 个平均 V 色度值 AVC1 到 AVC7。平均 U 色度值 AUC1 等于 U 色度值 UC9, UC13 和 UC17 的平均值，即色彩瞬态检测窗口中前行的第一个像素 P9 的 U 色度值，当前行的第一个像素 P13 的 U 色度值，和后行的第一个像素 P17 的 U 色度值的平均值。平均 U 色度值 AUC2 等于 U 色度值 UC10, UC14 和 UC18 的平均值。平均 U 色度值 AUC3 等于 U 色度值 UC0, UC3 和 UC6 的平均值。平均 U 色度值 AUC4 等于 U 色度值 UC1, UC4 和 UC7 的平均值。平均 U 色度值 AUC5 等于 U 色度值 UC2, UC5 和 UC8 的平均值。平均 U 色度值 AUC6 等于 U 色度值 UC11, UC15 和 UC19 的平均值。平均 U 色度值 AUC7 等于 U 色度值 UC12, UC16 和 UC20 的平均值。

[0049] 类似的，平均 V 色度值 AVC1 等于 V 色度值 VC9, VC13 和 VC17 的平均值。平均 V 色度值 AVC2 等于 V 色度值 VC10, VC14 和 VC18 的平均值。平均 V 色度值 AVC3 等于 V 色度值 VC0, VC3 和 VC6 的平均值。平均 V 色度值 AVC4 等于 V 色度值 VC1, VC4 和 VC7 的平均值。平均 V 色度值 AVC5 等于 V 色度值 VC2, VC5 和 VC8 的平均值。平均 V 色度值 AVC6 等于 V 色度值 VC11, VC15 和 VC19 的平均值。平均 V 色度值 AVC7 等于 V 色度值 VC12, VC16 和 VC20 的平均值。

[0050] 瞬态特征提取单元 720 利用平均 U 色度值和平均 V 色度值计算用来衡量色彩瞬态检测窗口中色彩瞬态问题发生可能性大小的色彩瞬态特征。具体地说，在基于本发明的一种系统和方法中，瞬态特征提取单元 720 计算产生一个平均 U 色度值递增特征值 AUCIS，一

一个平均 U 色度值递减特征值 AUCDS，一个平均 V 色度值递增特征值 AVCIS，和一个平均 V 色度值递减特征值 AVCDS。对于每一个色彩瞬态检测窗口，AUCIS，AUCDS，AVCIS 和 AVCDS 均先重置为零。对于平均 U 色度值 AUCX，其中 X 从 2 到 7，若 AUCX 大于或等于 AUC(X-1)，则平均 U 色度值递增特征值 AUCIS 加一。所以，平均 U 色度值递增特征值 AUCIS 衡量了由列平均单元 710 所计算产生的平均 U 色度值在色彩瞬态检测窗口中从左至右的递增程度。对于平均 U 色度值 AUCX，其中 X 从 2 到 7，若 AUCX 小于或等于 AUC(X-1)，则平均 U 色度值递减特征值 AUCDS 加一。所以，平均 U 色度值递减特征值 AUCDS 衡量了由列平均单元 710 所计算产生的平均 U 色度值在色彩瞬态检测窗口中从左至右的递减程度。

[0051] 类似的，对于平均 V 色度值 AVCX，其中 X 从 2 到 7，若 AVCX 大于或等于 AVC(X-1)，则平均 V 色度值递增特征值 AVCIS 加一。所以，平均 V 色度值递增特征值 AVCIS 衡量了由列平均单元 710 所计算产生的平均 V 色度值在色彩瞬态检测窗口中从左至右的递增程度。对于平均 V 色度值 AVCX，其中 X 从 2 到 7，若 AVCX 小于或等于 AVC(X-1)，则平均 V 色度值递减特征值 AVCDS 加一。所以，平均 V 色度值递减特征值 AVCDS 衡量了由列平均单元 710 所计算产生的平均 V 色度值在色彩瞬态检测窗口中从左至右的递减程度。

[0052] 如图 6(d)和 6(e)所示，当一行中像素的 U 色度值和 V 色度值均为单调关系时，这些像素处于一个色彩过渡区域中的可能性就很大。另一方面，由于列平均操作和一些噪音的影响，色彩过渡的存在并不一定要求像素的色度值为严格的单调关系。因此，色彩瞬态阈值单元 730 利用一个用户可调的色彩瞬态阈值 CCIT 来决定是否要改变当前像素的色度值。具体地说，色彩瞬态阈值单元 730 将平均 U 色度值递增特征值 AUCIS，平均 U 色度值递减特征值 AUCDS，平均 V 色度值递增特征值 AVCIS，和平均 V 色度值递减特征值 AVCDS 分别与 CCIT 进行比较。如果 AUCIS 或 AUCDS 大于或等于 CCIT，并且 AVCIS 或 AVCDS 大于或等于 CCIT，那么当前像素的色度值将被改变。用符号表达，色彩瞬态阈值单元 730 进行了如下的操作：

若  $((AUCIS \geq CCIT) \text{ 或 } (AUCDS \geq CCIT))$  及

$((AVCIS \geq CCIT) \text{ 或 } (AVCDS \geq CCIT))$

则 改变当前像素的色度值.

[0053] 色彩瞬态矫正单元 750 由左/右平均单元 740 和色彩瞬态阈值单元 730 提供的信息计算产生色彩瞬态增强色度值 IUC 和 IVC。如上所述，色彩瞬态阈值单元 730 决定是否改变当前像素的色度值。如果色彩瞬态阈值单元 730 决定不改变当前像素的色度值，则色彩瞬态矫正单元 750 将色彩瞬态增强色度值 IUC 和 IVC 设置为当前像素的 U 色度值 UC4 和 V 色度值 VC4。

[0054] 如果色彩瞬态阈值单元 730 决定改变当前像素的色度值，则色彩瞬态矫正单元 750 检测当前像素的色度值和色彩瞬态检测窗口中左侧像素的色度值与右侧像素的色度值的相近程度。基于本发明的在此描述的系统和方法应用了平均色度值 AUC4 和 AVC4，而不是当前像素的色度值 UC4 和 VC4，来与色彩瞬态检测窗口中左侧像素的色度值和右侧像素的色度值进行比较，以确定平均色度值是与色彩瞬态检测窗口中左侧像素的色度值更相近，还是与色彩瞬态检测窗口中右侧像素的色度值更相近。然而，在基于本发明的其它系统和方法中，也可以利用不同的有关当前像素色度值的函数代替当前像素色度值来与色彩瞬态检测窗口中左侧像素的色度值和右侧像素的色度值进行比较。

[0055] 左/右平均单元 740 计算产生色彩瞬态检测窗口中当前像素左侧像素的平均色度值，和色彩瞬态检测窗口中当前像素右侧像素的平均色度值。具体地说，在图 7 描述的系统与方法中，一个平均左侧 U 色度值 ALSUC 等于 U 色度值 UC9, UC10, UC0, UC13, UC14, UC3, UC17, UC18 和 UC6 的平均。一个平均左侧 V 色度值 ALSVC 等于 V 色度值 VC9, VC10, VC0, VC13, VC14, VC3, VC17, VC18 和 VC6 的平均。一个平均右侧 U 色度值 ARSUC 等于 U 色度值 UC2, UC11, UC12, UC5, UC15, UC16, UC8, UC19 和 UC20 的平均。一个平均右侧 V 色度值 ARSVC 等于 V 色度值 VC2, VC11, VC12, VC5, VC15, VC16, VC8, VC19 和 VC20 的平均。

[0056] 如果平均 U 色度值 AUC4 与平均左侧 U 色度值 ALSUC 比与平均右侧 U 色度值 ARSUC 更接近，并且平均 V 色度值 AVC4 与平均左侧 V 色度值 ALSVC 比与平均右侧 V 色度值 ARSVC 更接近，则色彩瞬态矫正单元 750 分别将色彩瞬态增强色度值 IUC 和 IVC 设置为平均左侧 U 色度值 ALSUC 和平均左侧 V 色度值 ALSVC。相反的，如果平均 U 色度值 AUC4 与平均右侧 U 色度值 ARSUC 比与平均左侧 U 色度值 ALSUC 更接近，并且平均 V 色度值 AVC4 与平均右侧 V 色度值 ARSVC 比与平均左侧 V 色度值 ALSVC 更接近，则色彩瞬态矫正单元 750 分别将色彩瞬态增强色度值 IUC 和 IVC 设置为平均右侧 U 色度值 ARSUC 和平均右侧 V 色度值 ARSVC。附录 I 中给出了色彩瞬态阈值单元 730 和色彩瞬态矫正单元 750 的一种实现的伪码。一个熟练的设计人员可以方便的将附录 I 中给出的伪码转换为 VHDL 或 Verilog 码以进行硬件的实现。

[0057] 在图 3 中，色彩瞬态增强色度值 IUC 和 IVC 将由色饱和度控制单元 328 进行进一步处理。具体地说，色饱和度控制单元 328 增强色彩瞬态增强色度值 IUC 和 IVC 所表示的色彩的饱和度，得到色饱和度增强色度值 SEUC 和 SEVC。色饱和度控制单元 328 将输入视频信号的色饱和度增强一个基本色饱和度增强因子。色彩瞬态增强 U 色度值 IUC 和色彩瞬态增强 V 色度值 IVC 之间的比值，即  $IUC/IVC$ ，定义了当前像素的颜色。而  $(IUC, IVC)$  的模定义了色饱和度。当色彩瞬态增强 V 色度值 IVC 为零时，当前像素的色彩信息由 IUC 决定，即当前像素的颜色由 IUC 的符号确定，而色饱和度由 IUC 的绝对值决定。当色彩瞬态增强 U

色度值 IUC 和色彩瞬态增强 V 色度值 IVC 均为零时，当前像素成为一个无色彩信息的黑白像素，其亮度由像素亮度信息决定。

[0058] 增强一个像素的色饱和度即增大 (IUC, IVC) 的模，也就是增大 IUC 与 IVC 平方和的平方根  $\text{SQRT}(\text{IUC}^2 + \text{IVC}^2)$  的值。但是，为了避免颜色的失真，色饱和度增强色度值 SEUC 和 SEVC 之间的比值，即  $\text{SEUC}/\text{SEVC}$ ，必须和色彩瞬态增强色度值 IUC 与 IVC 之间的比值  $\text{IUC}/\text{IVC}$  相等。为清楚起见， $\text{SEUC}/\text{SEVC}$  被称为色饱和度增强色度比，而  $\text{IUC}/\text{IVC}$  被称为色彩瞬态增强色度比。

[0059] 所以，可以通过将 IUC 和 IVC 同时乘以一个基本色饱和度增强因子 BSEF 来增强当前像素的色饱和度。但是，一个视频系统的色度值 U 和 V 通常有一个由最小色度值  $C_{\text{MIN}}$  和最大色度值  $C_{\text{MAX}}$  定义的色度取值区间  $C_{\text{RANGE}}$ 。例如，如果一个视频系统拥有 8 位色度值，最小色度值  $C_{\text{MIN}}$  通常为 -128，而最大色度值  $C_{\text{MAX}}$  通常为 127。如果一个像素的色度值经处理后结果超出了  $C_{\text{RANGE}}$ ，则应将其截取到  $C_{\text{RANGE}}$  中来，即将小于  $C_{\text{MIN}}$  的色度值取为  $C_{\text{MIN}}$ ，而将大于  $C_{\text{MAX}}$  的色度值取为  $C_{\text{MAX}}$ 。如果将当前像素的色彩瞬态增强色度值 IUC 和 IVC 同时乘以一个基本色饱和度增强因子 BSEF 后，U 色度值和 V 色度值中任何一个超出了视频系统的  $C_{\text{RANGE}}$ ，那么就会发生颜色的失真。例如，如果取 BSEF 等于 1.2，而 IUC 为 120，IVC 为 40，那么分别将 IUC 和 IVC 与 BSEF 相乘得到 SEUC 为 127，即由 120 乘以 1.2 得到 144 再截取到 127，而 SEVC 为 48。这样一来，色饱和度增强色度比  $\text{SEUC}/\text{SEVC}$  等于  $127/48$ ，和色彩瞬态增强色度比  $\text{IUC}/\text{IVC}$ ，即  $120/40$  并不相等。为了防止颜色的失真，本发明利用了一个修正后色饱和度增强因子 SSEF，用以在基本色饱和度增强因子 BSEF 因视频系统色度取值范围的限制会产生颜色失真时作为增强因子来使用。

[0060] 图 8 描述了一种色饱和度控制单元 800。图 8 中的色饱和度控制单元包含一个修正后色饱和度增强因子 SSEF 计算单元 810 和一个乘法计算单元 820。SSEF 计算单元 810 利用基本色饱和度增强因子 BSEF，色彩瞬态增强色度值 IUC 与 IVC，视频系统最小色度值  $C_{\text{MIN}}$  与最大色度值  $C_{\text{MAX}}$  来计算修正后色饱和度增强因子 SSEF 的取值。具体地说，修正后色饱和度增强因子 SSEF 应当等于基本色饱和度增强因子 BSEF 或在不造成色度值超出  $C_{\text{RANGE}}$  范围前提下的最大可能因子数。在基于本发明的一种系统和方法中，SSEF 计算单元 810 先计算一个最大 U 色度值增强因子 MUEF，和最大 V 色度值增强因子 MVEF。MUEF 等于视频系统最大色度值  $C_{\text{MAX}}$  除以 IUC 的结果和最小色度值  $C_{\text{MIN}}$  除以 IUC 的结果中的较大者。类似的，MVEF 等于视频系统最大色度值  $C_{\text{MAX}}$  除以 IVC 的结果和最小色度值  $C_{\text{MIN}}$  除以 IVC 的结果中的较大者。方程 (9)，(10) 和 (11) 给出了计算 MUEF，MVEF 和 SSEF 的公式。

$$\text{MUEF} = \text{MAX} (\text{C}_{\text{MAX}}/\text{IUC}, \text{C}_{\text{MIN}}/\text{IUC}) \quad (9)$$

$$\text{MVEF} = \text{MAX} (\text{C}_{\text{MAX}}/\text{IVC}, \text{C}_{\text{MIN}}/\text{IVC}) \quad (10)$$

$$\text{SSEF} = \text{MIN} (\text{BSEF}, \text{MUEF}, \text{MVEF}) \quad (11)$$

当 IUC 为零时, MUEF 将被直接设置成一个预先定义的大数值 DIV0 以避免除零错误的发生。类似的, 当 IVC 为零时, MVEF 也将被直接设置成 DIV0。鉴于方程 (11), DIV0 应当足够大以避免被选中作为 SSEF, 也就是说, DIV0 应当大于 BSEF 的最大可能值。

[0061] 由 SSEF 计算单元 810 得到 SSEF 后, 乘法计算单元 820 将 IUC 和 IVC 分别与 SSEF 相乘得到色饱和度增强色度值 SEUC 和 SEVC。

[0062] 考虑到方程 (9) 和 (10), 在图 8 中的 SSEF 计算单元 810 将需要进行浮点除法的运算。而浮点除法在集成电路实现中要耗费巨大的资源, 应当尽力避免。所以, 在基于本发明的一些系统和方法中, SSEF 计算单元 810 使用了查找表 (LUT) 来避免浮点除法的运算。图 9 描述了一个基于本发明的一种系统和方法的 SSEF 计算单元的实现架构 900, 其中包括一个索引计算与控制电路 910, 一个查找表 920, 和一个多路选择器 930。

[0063] 索引计算与控制电路 910 计算产生一个指向查找表 920 的索引 INDEX, 一个预置色饱和度增强因子 PSEF, 和一个选择控制信号 SCS 来控制多路选择器 930。预置色饱和度增强因子 PSEF 由多路选择器 930 的第一输入口输入。查找表 920 提供一个列表色饱和度增强因子 TSEF 并由多路选择器 930 的第二输入口输入。多路选择器 930 在索引计算与控制电路 910 的控制下选择预置色饱和度增强因子 PSEF 或列表色饱和度增强因子 TSEF 作为修正后色饱和度增强因子 SSEF。

[0064] 索引计算与控制电路 910 将预置色饱和度增强因子 PSEF 设置为基本色饱和度增强因子 BSEF 或数值 1.0。具体地说, 如果色彩瞬态增强色度值 IUC 或 IVC 等于视频系统的 C\_MAX 或 C\_MIN 时, 当前像素的色饱和度就不能再被增强了, 而 SSEF 应当为 1.0。所以, 索引计算与控制电路 910 将 PSEF 设置为数值 1.0, 并通过选择控制信号 SCS 控制多路选择器 930 使输出的修正后色饱和度增强因子 SSEF 等于 PSEF。否则, 索引计算与控制电路 910 将 PSEF 设置为基本色饱和度增强因子 BSEF。

[0065] 索引计算与控制电路 910 将索引 INDEX 设置为 IUC 的绝对值和 IVC 的绝对值中的较大值, 即  $\text{INDEX}=\text{MAX}(|\text{IUC}|, |\text{IVC}|)$ 。但是, 当 INDEX 大于视频系统的 C\_MAX 时, 例如在 8 位视频系统中 C\_MAX 为 127 而 IUC 或 IVC 为 C\_MIN 即 -128 时, 由于如上所述多路选择器 930 将选择 PSEF, 所以 INDEX 可被设置为任何有效的查找表 920 的索引值。当 INDEX 小于 C\_MAX 除以 BSEF 的整数部分与数值 1 的和时, 即  $1+\text{INT}(\text{C\_MAX}/\text{BSEF})$ , 索引计算与控制电路 910 将控制多路选择器 930 选择 PSEF 作为 SSEF。为避免浮点数除法, INDEX 与  $1+\text{INT}(\text{C\_MAX}/\text{BSEF})$  的比较可以变换成 INDEX 乘以 BSEF 与 C\_MAX 的比较, 即当 INDEX 乘以 BSEF 小于或等于 C\_MAX 时, 索引计算与控制电路 910 将控制多路选择器 930 选择 PSEF 作为

SSEF。如前所述，在这种情况下，PSEF 等于 BSEF。当 INDEX 乘以 BSEF 大于 C\_MAX 且 INDEX 小于 C\_MAX 时，索引计算与控制电路 910 通过选择控制信号 SCS 控制多路选择器 930 选择 TSEF 作为 SSEF。因为预置色饱和度增强因子 PSEF 等于基本色饱和度增强因子 BSEF 或数值 1.0，基于本发明的某些方法也可以使多路选择器 930 拥有三个输入口，第一输入口输入 BSEF，第二输入口输入列表色饱和度增强因子 TSEF，而第三输入口输入常数 1.0。附录 II 中给出了 SSEF 计算单元一种实现的伪码，其中运用了下面要介绍的查找表 920。一个熟练的设计人员可以方便的将附录 II 中给出的伪码转换为 VHDL 或 Verilog 码以进行硬件的实现。

[0066] 查找表 920 中包含了一组由索引 INDEX 进行选择的列表色饱和度增强因子 TSEF 的数值。TSEF 的实际数值与乘法运算单元 820 的精度有关。例如，如果色彩瞬态增强 U 色度值 IUC 是 123，色彩瞬态增强 V 色度值 IVC 是 40，C\_MAX 是 127，那么一个无限精确的乘法运算单元可以允许 SSEF 为  $1.0325203252\cdots$ ，即  $127/123$ 。但是，如果乘法运算单元 820 的精度只有 5 位，若 SSEF 被近似为 1.0625，则相应的色饱和度增强 U 色度值 SEUC 将为 130.7，即  $1.0625 \times 123$ ，截取后的数值 130 就会超出视频系统的色度值范围 C\_RANGE。对于一个精度为 5 位的乘法运算单元来说，SSEF 此时的值只能是 1.03125，相应的色饱和度增强 U 色度值 SEUC 将为 126.8，截取后的数值 126 在视频系统的色度值范围 C\_RANGE 以内。方程 (12) 提供了基于本发明的一种系统和方法的计算查找表 920 中列表色饱和度增强因子 TSEF 的公式，其中 PB 为所用乘法运算单元的精度位数，函数 INT 是取整函数。

$$TSEF = \text{INT}((C_{MAX}/INDEX) * 2^{PB}) / 2^{PB} \quad (12)$$

[0067] 为缩小查找表 920 的大小，基于本发明的一些系统和方法可设定基本色饱和度增强因子 BSEF 的最大值 MSEF。如上所述，当 INDEX 乘以 BSEF 大于 C\_MAX 且 INDEX 小于 C\_MAX 时，索引计算与控制电路 910 通过选择控制信号 SCS 控制多路选择器 930 选取 TSEF 作为 SSEF 输出。因此，如果 BSEF 的最大值为 MSEF，查找表 920 就只需要包括索引 INDEX 从 C\_MAX 除以 MSEF 取整后加一，即  $1 + \text{INT}(C_{MAX}/MSEF)$ ，到 C\_MAX 的 TSEF 数值。例如，如果 C\_MAX 为 127，MSEF 为 2，查找表 920 就只需要包括索引 INDEX 从 64 到 127，共 64 个 TSEF 的数值。

[0068] 以上介绍了基于本发明进行视频图像增强的各种系统和方法的实现架构。具体地说，边缘增强和对比度拉伸增强了视频图像的亮度信息，而色彩瞬态增强与色饱和度增强改进了视频图像的色度信息。以上介绍的各种视频图像增强方法与系统架构仅作为说明参考使用，并不限制本发明的适用范围。例如，在阅读了本说明书后，熟练的技术人员可以自行定义另外的边缘增强单元，对比度拉伸单元，色彩瞬态增强单元，色饱和度增强单元，边缘强度表示方法，边缘方向，亮度变化率，亮度变化方向，边缘检测单元，边缘增强亮度计算单元，边缘阈值比较单元，色彩瞬态检测窗口，色彩瞬态特征值，色彩瞬态的发生

与否, U 色度值代表方法, V 色度值代表方法, 色彩瞬态特征提取单元, 色彩瞬态阈值单元, 色彩瞬态矫正单元, 色饱和度增强因子, 色饱和度增强的色度值表示方法, 最大色饱和度增强因子, 查找表索引, 查找表, 查找表内容, 修正后色饱和度增强因子计算单元, 乘法运算单元, 索引计算单元, 多路选择电路, 索引计算与控制电路, 等等, 并且运用这些新的定义在本发明所描述的准则下设计出新的方法, 电路和系统。鉴于此, 本发明的适用范围仅受如下权项的限制。

## 附录 I

AUCIS = 平均 U 色度值递增特征值 (average U chrominance increment sum)

AUCDS = 平均 U 色度值递减特征值 (average U chrominance decrement sum)

AVCIS = 平均 V 色度值递增特征值 (average V chrominance increment sum)

AVCDS = 平均 V 色度值递减特征值 (average V chrominance decrement sum)

AUC4 = 色彩瞬态检测窗口中当前像素所在列的平均 U 色度值 (average U chrominance value of the current pixel column in the transient detection window)

AVC4 = 色彩瞬态检测窗口中当前像素所在列的平均 V 色度值 (average V chrominance value of the current pixel column in the transient detection window)

UC4 = 当前像素的 U 色度值 (U chrominance value of the current pixel)

VC4 = 当前像素的 V 色度值 (V chrominance value of the current pixel)

ARSUC = 平均右侧 U 色度值 (average right side U chrominance)

ALSUC = 平均左侧 U 色度值 (average left side U chrominance)

ARSVC = 平均右侧 V 色度值 (average right side V chrominance)

ALSVIC = 平均左侧 V 色度值 (average left side V chrominance)

CCIT = 色彩瞬态阈值 (chrominance color improvement threshold)

IUC = 色彩瞬态增强 U 色度值 (improved U chrominance )

IVC = 色彩瞬态增强 V 色度值 (improved V chrominance )

如果 ((AUCIS >= CCIT) 或 (AUCDS >= CCIT)) 且

((AVCIS >= CCIT) 或 (AVCDS >= CCIT))) 那么

{

如果  $\text{ABS}(\text{AUC4-ALSUC}) < \text{ABS}(\text{AUC4-ARSUC})$  且

$\text{ABS}(\text{AVC4-ALSVIC}) < \text{ABS}(\text{AVC4-ARSVC})$  那么

{

IUC = ALSUC

IVC = ALSVC

}

否则 如果  $\text{ABS}(\text{AUC4-ALSUC}) > \text{ABS}(\text{AUC4-ARSUC})$  且

$\text{ABS}(\text{AVC4-ALSVIC}) > \text{ABS}(\text{AVC4-ARSVC})$  那么

{

IUC = ARSUC

IVC = ARSVC

}

否则

{

IUC=UC4

IVC=VC4

}

}

否则

{

IUC=UC4

IVC=VC4

}

## 附录 II

IUC = 色彩瞬态增强 U 色度值 (improved U chrominance)  
 IVC = 色彩瞬态增强 V 色度值 (improved V chrominance)  
 C\_MAX = 视频系统最大色度值 (maximum chrominance value)  
 C\_MIN = 视频系统最小色度值 (minimum chrominance value)  
 BSEF = 基本色饱和度增强因子 (base saturation enhancement factor)  
 INDEX = 查找表索引 (index to a lookup table)  
 TSEF = 列表色饱和度增强因子 (tabled saturation enhancement factor)  
     (由一个以 INDEX 为索引的查找表中得到  
     from a lookup table indexed by INDEX)

INDEX = max(abs(IUC), abs(IVC))

如果 (INDEX >= C\_MAX) 那么

```
{
  INDEX=C_MAX
  SSEF = 1
}
```

否则 如果 (INDEX\*BSEF <= C\_MAX) 那么

```
{
  SSEF=BSEF
}
```

否则

```
{
  SSEF=TSEF
}
```

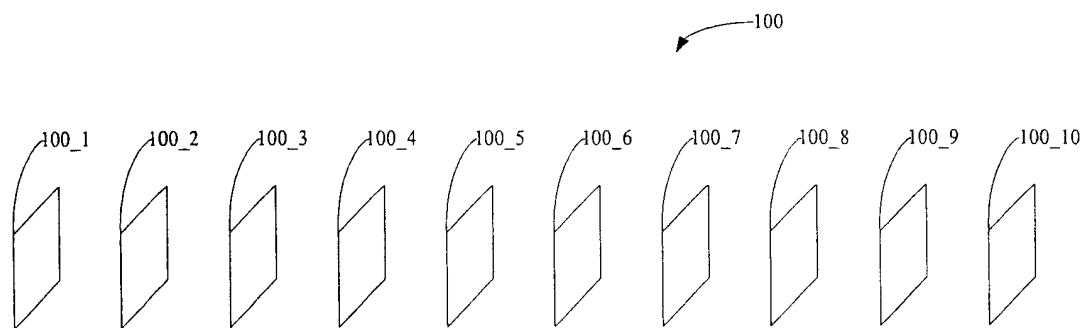


图 1

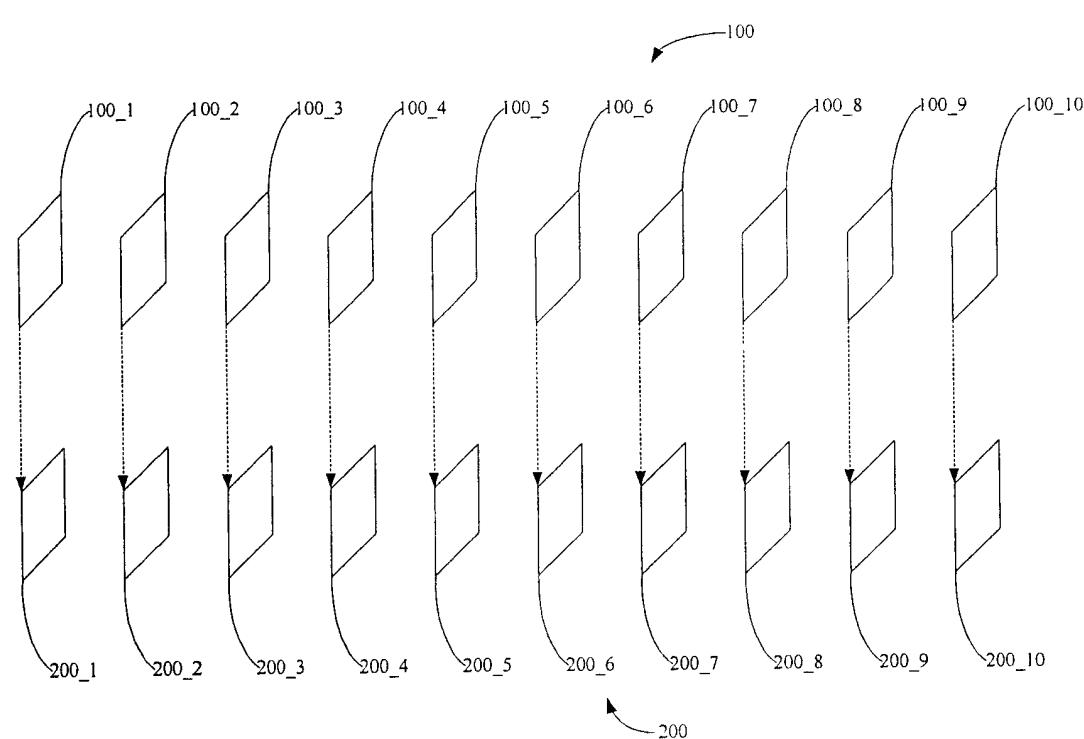


图 2(a)

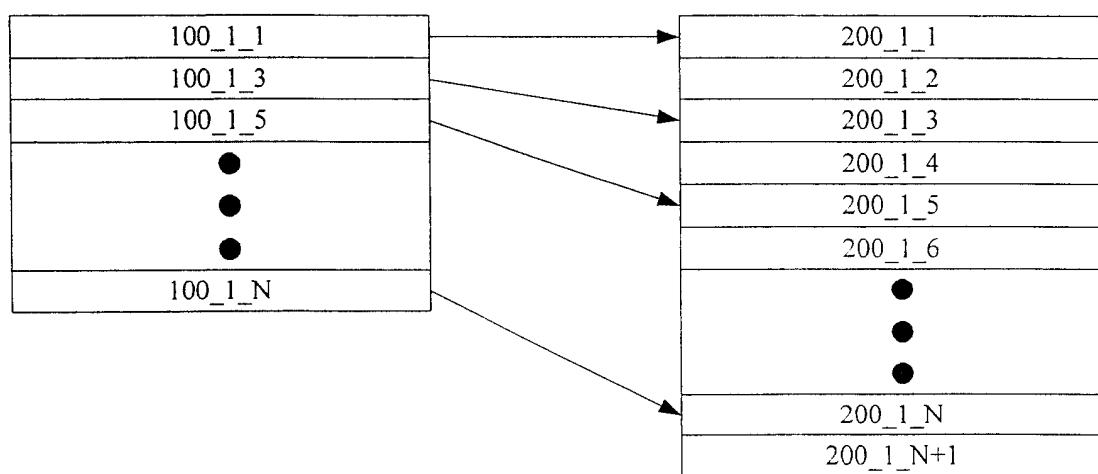


图 2(b)

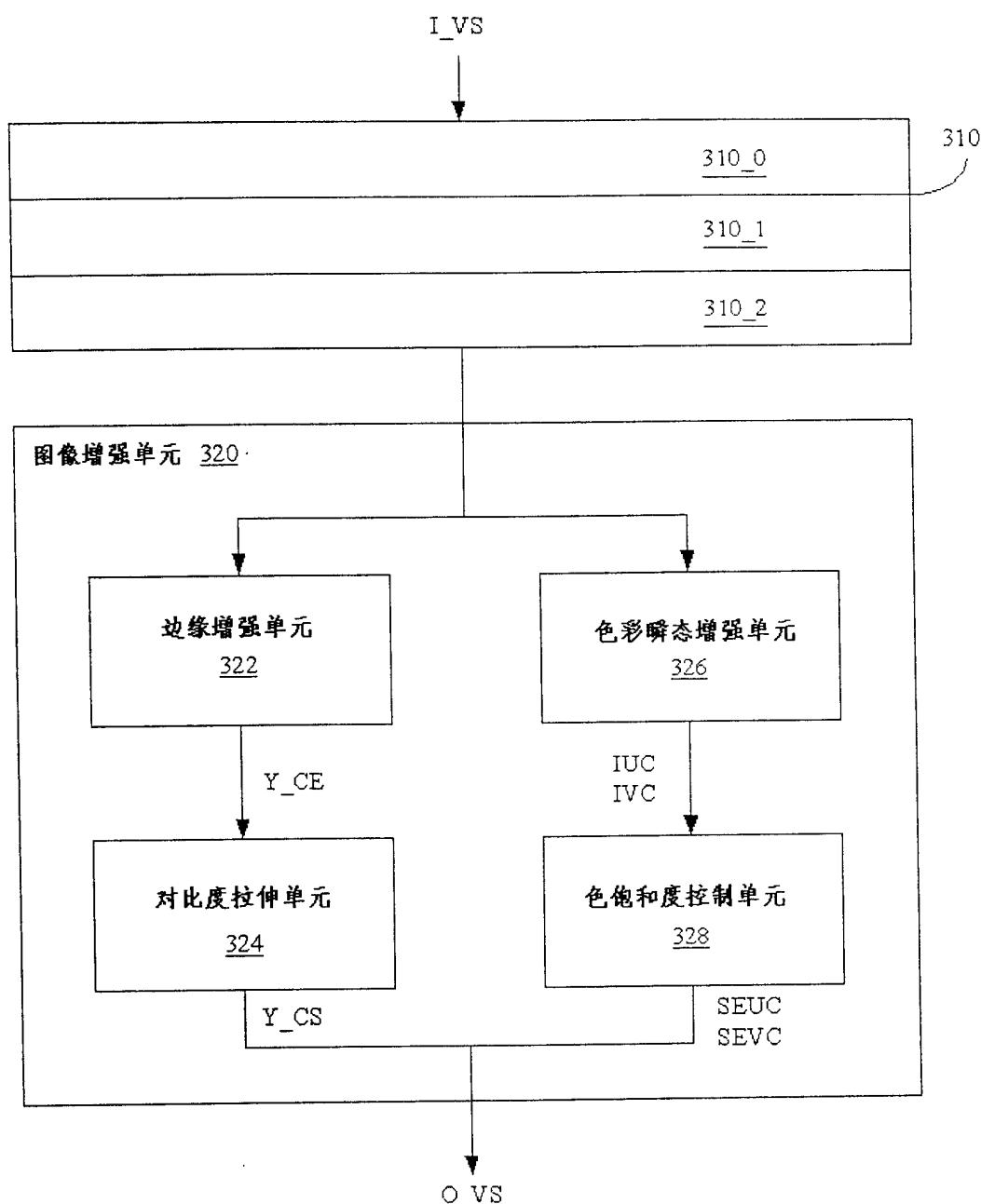


图 3

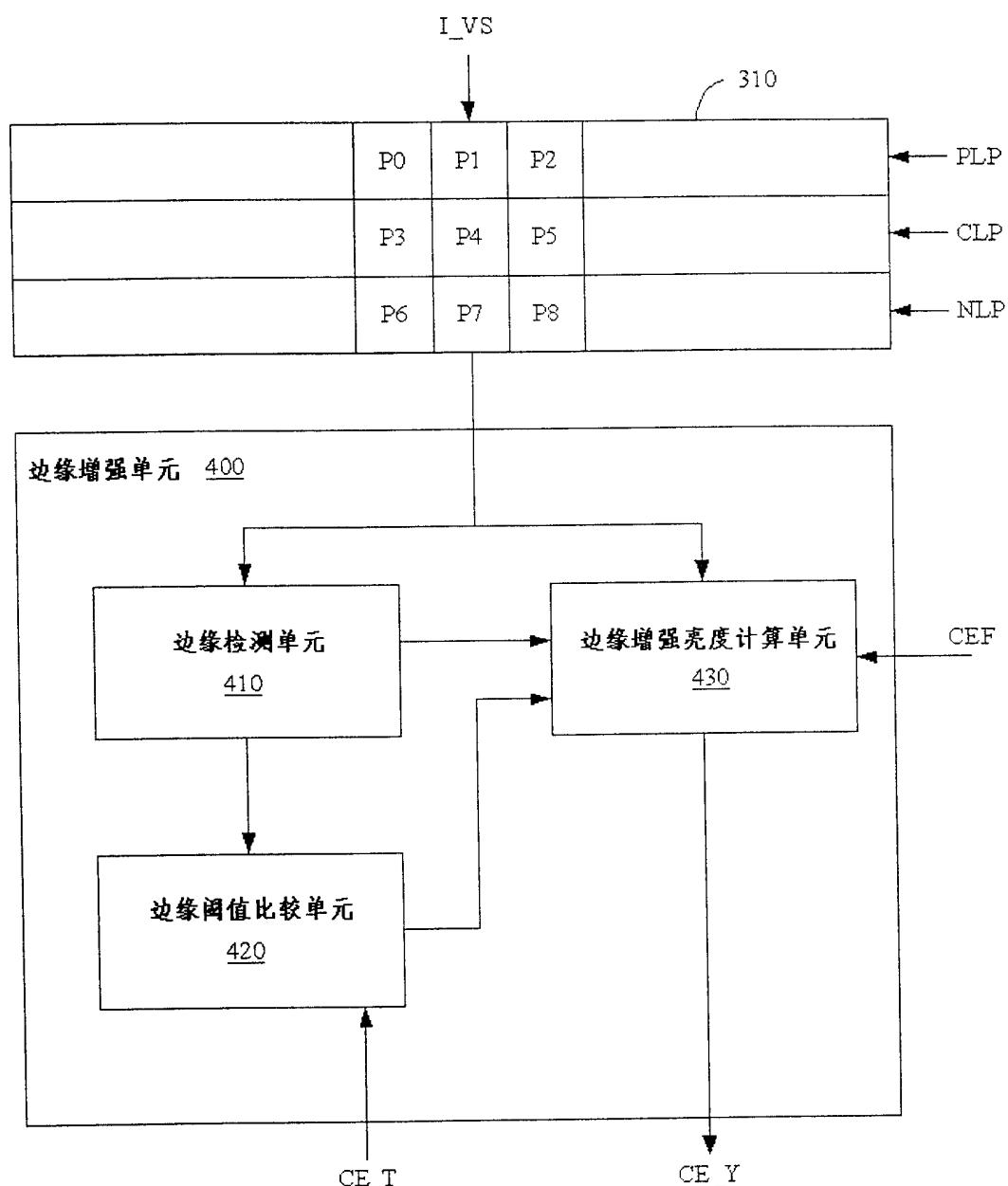


图 4

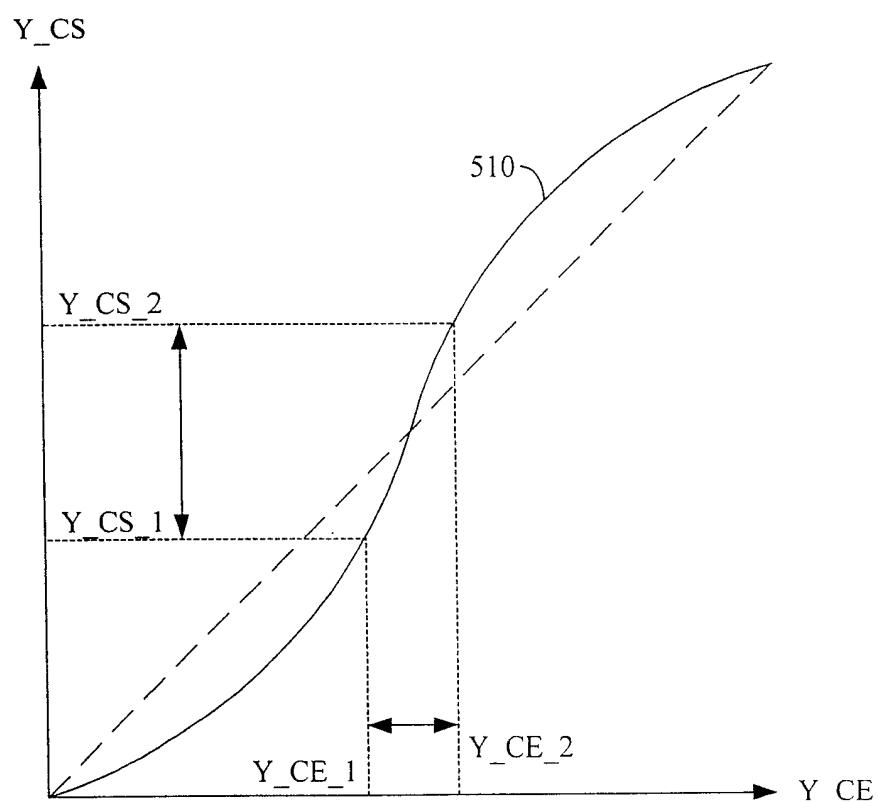


图 5

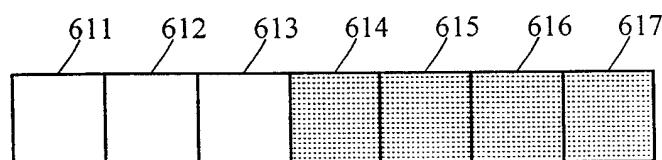


图 6(a)

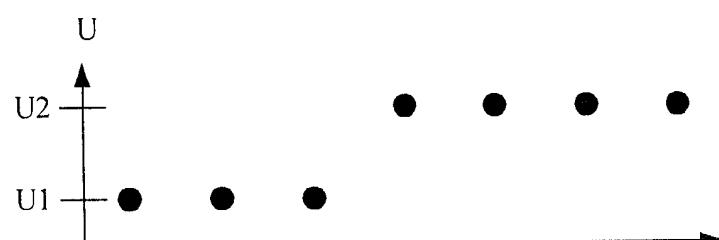


图 6(b)

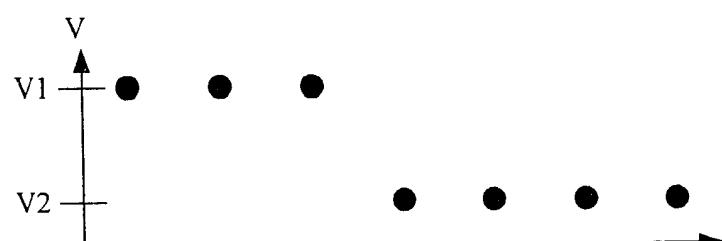


图 6(c)

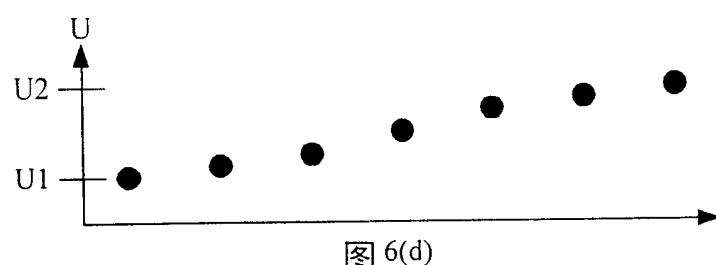


图 6(d)

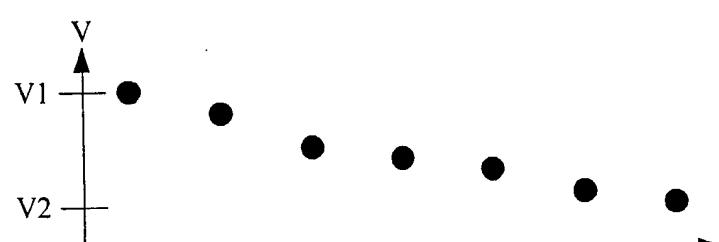


图 6(e)

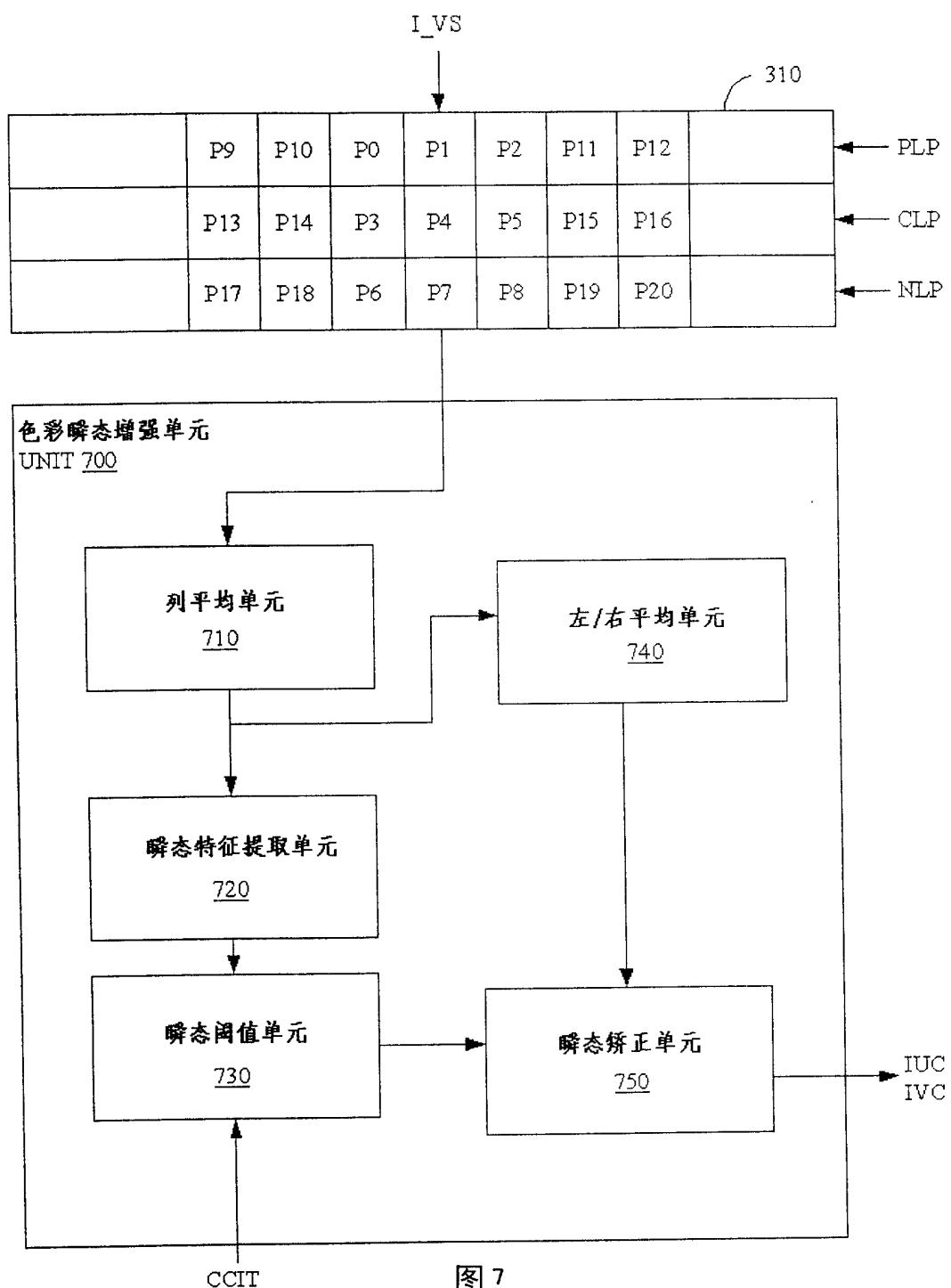


图 7

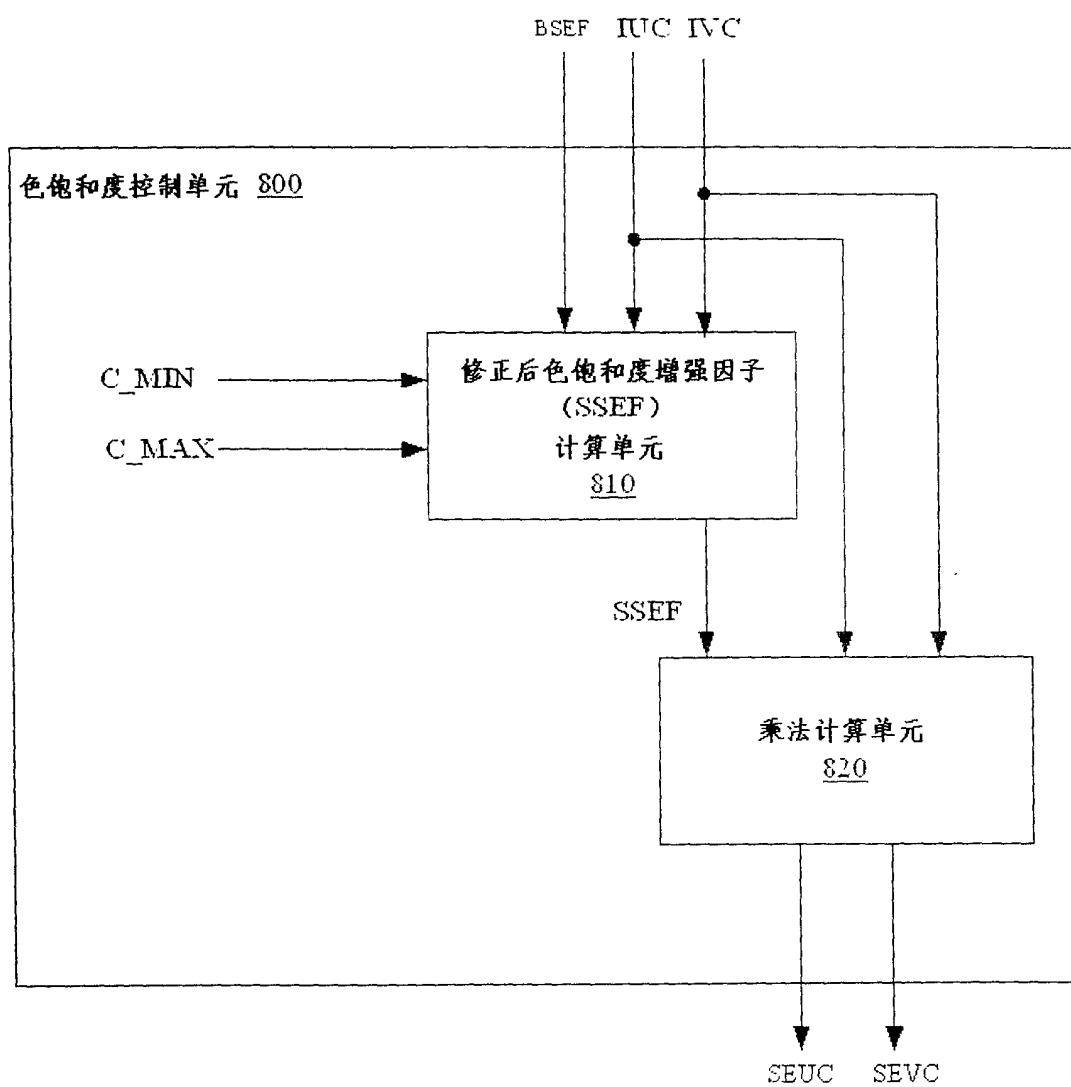


图 8

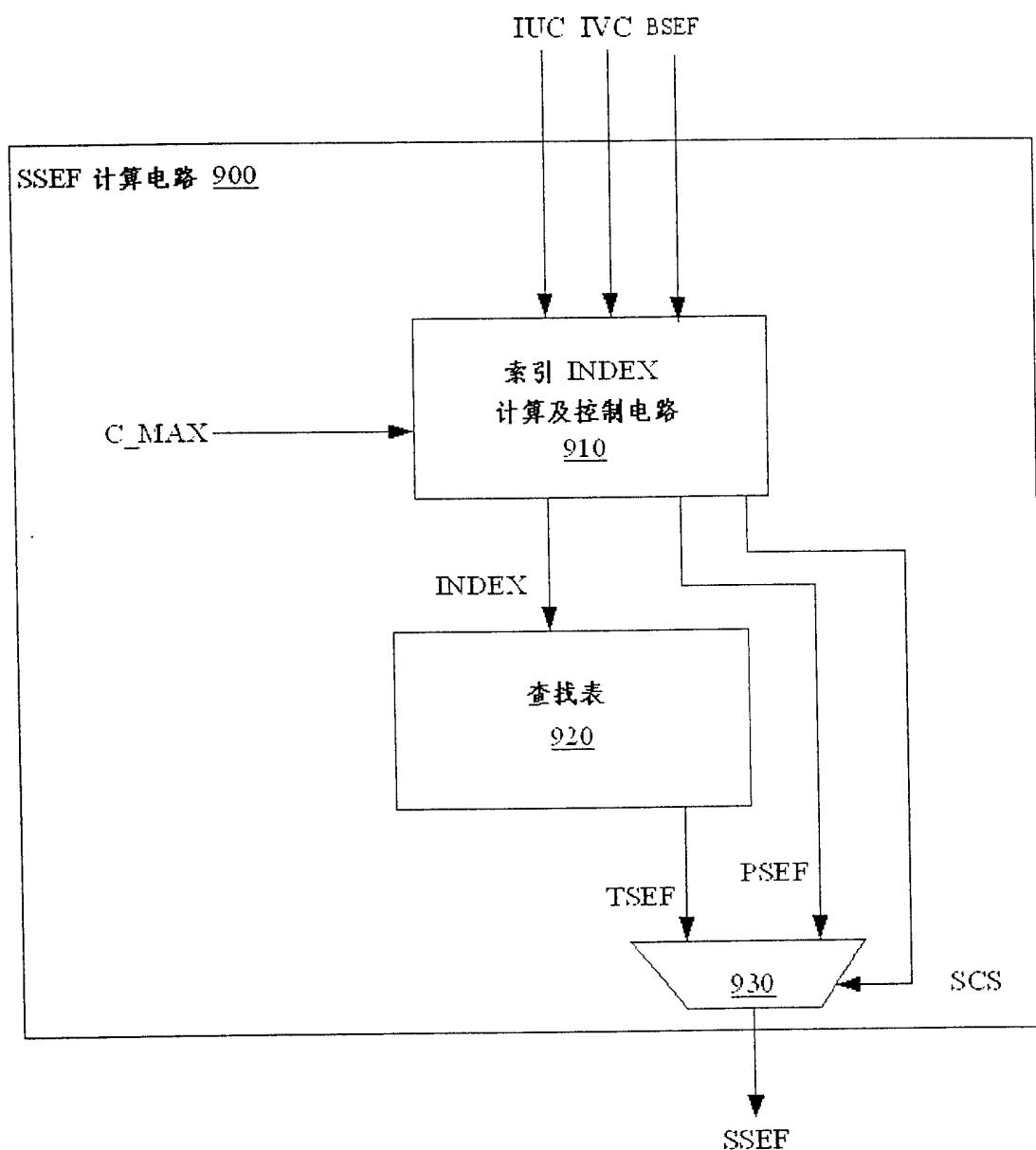


图 9