



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102404569 A

(43) 申请公布日 2012. 04. 04

(21) 申请号 201110350154. X

(22) 申请日 2011. 11. 08

(71) 申请人 复旦大学

地址 200433 上海市杨浦区邯郸路 220 号

(72) 发明人 范益波 沈沙 沈蔚炜 曾晓洋

(74) 专利代理机构 上海正旦专利代理有限公司

31200

代理人 陆飞 盛志范

(51) Int. Cl.

H04N 7/26 (2006. 01)

H04N 7/30 (2006. 01)

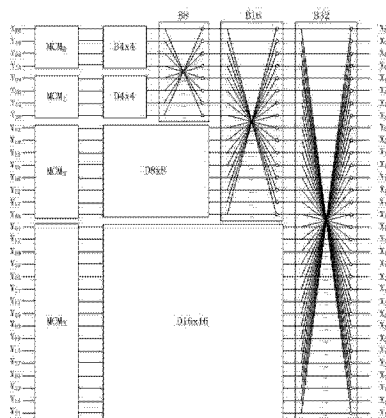
权利要求书 6 页 说明书 10 页 附图 6 页

(54) 发明名称

可用于多种视频标准、多尺寸二维整数余弦反变换的通用方法

(57) 摘要

本发明属于数字视频信号编解码技术领域，具体为一种可用于多种视频标准、多尺寸二维整数余弦反变换的通用方法。本方法通过配置常数乘法器的系数值可支持多种不同的视频编码标准并同时支持四种不同的变换尺寸：4x4、8x8、16x16、32x32。本发明首先将二维离散余弦反变换分解为两次一维离散余弦反变换，在计算 4 点一维离散余弦反变换时，采用传统的蝶形运算方法减少运算量，加快计算速度；对于 8 点、16 点、32 点的一维离散余弦反变换，采用改进的蝶形运算方法，使得较小尺寸的一维离散余弦反变换单元可以在计算较大尺寸的一维离散余弦反变换时能够得到复用，从而大幅降低整个系统的硬件资源开销。



1. 一种可用于多种视频标准、多尺寸二维整数余弦反变换的通用方法,其特征在于具体步骤为:

(1) 根据离散余弦反变换的特性,将一个二维整数离散余弦反变换转换为两次一维整数离散余弦反变换,即先进行水平方向的一维反变换,然后再进行垂直方向的一维反变换;

(2) 根据 4x4、8x8、16x16 和 32x32 四种不同的变换尺寸,将输入的 32 个系数:Y00-Y31 分为四组,为每一组设计相应的多输出常系数乘法器:MCM0、MCM1、MCM2 和 MCM3;通过对乘法器系数进行配置,即实现对各种不同视频标准的支持;

(3) 设计四组运算模块:B4x4、D4x4、D8x8 和 D16x16,对多输出常系数乘法器的输出进行处理;其中,B4x4 模块为 4 点的蝶形运算模块,D4x4 模块为 4 点的加法树模块,D8x8 模块为 8 点的加法树模块,D16x16 为 16 点的加法树模块;B4x4 模块的输出即为 4 点一维整数离散余弦反变换的结果;

(4) 对 B4x4 和 D4x4 模块的输出,进行 8 点的蝶形运算,其结果即为 8 点一维整数离散余弦反变换的结果;

(5) 对 8 点蝶形运算的输出和 D8x8 模块的输出进行 16 点的蝶形运算,其结果即为 16 点一维整数离散余弦反变换的结果;

(6) 对 16 点蝶形运算的输出和 D16x16 模块的输出进行 32 点的蝶形运算,其结果即为 32 点一维整数离散余弦反变换的结果。

2. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于步骤(1)中,

一个二维整数离散余弦反变换用如下公式表示:

$$X = C^T * Y * C \quad (1)$$

其中,Y 为需要进行二维整数离散余弦反变换的输入矩阵,C 代表整数离散余弦变换的系数矩阵,* 代表矩阵乘法, C^T 代表 C 的转置矩阵,X 代表二维整数离散余弦反变换的计算结果;对应于四种不同的变换尺寸,矩阵 C、X、Y 的大小分别为 4x4、8x8、16x16 和 32x32;

对公式(1)进行变换,得:

$$X = ((Y * C)^T * C)^T \quad (2)$$

令:

$$D = (Y * C)^T, \quad (3)$$

那么:

$$X = (D * C)^T \quad (4)$$

于是,二维整数离散余弦反变换就转换为两次一维整数离散余弦反变换:公式(3)表示先对矩阵 Y 的每一行的所有系数进行一维整数离散余弦反变换并将变换结果得到的矩阵进行转置操作,此步骤称为行变换操作;公式(4)表示对矩阵 D 再进行一次一维整数离散余弦反变换并将此变换结果再次进行转置操作,此步骤称为列变换操作,其运算结果就是矩阵 X,即为二维整数离散余弦反变换的运算结果;其中:

变换矩阵 $C_{32 \times 32}$ 表示为一个大小为 32x32 的矩阵,它可以分割为 4 个 16x16 的矩阵,分别为 K0、K1、K2、K3。

$$C_{32 \times 32} = \begin{bmatrix} K0 & | & K1 \\ \hline K2 & | & K3 \end{bmatrix}$$

其中,矩阵 K0 具体表示如下:

$$K0 = \begin{bmatrix} C_{00} & C_{00} & C_{00} & C_{00} & C_{00} & C_{00} & C_{00} & C_{00} & C_{00} & C_{00} & C_{00} & C_{00} & C_{00} & C_{00} & C_{00} & C_{00} \\ C_{01} & C_{03} & C_{05} & C_{07} & C_{09} & C_{11} & C_{13} & C_{15} & C_{17} & C_{19} & C_{21} & C_{23} & C_{25} & C_{27} & C_{29} & C_{31} \\ C_{02} & C_{04} & C_{10} & C_{14} & C_{18} & C_{22} & C_{26} & C_{30} & -C_{30} & -C_{26} & -C_{22} & -C_{18} & -C_{14} & -C_{10} & -C_{04} & -C_{02} \\ C_{03} & C_{09} & C_{15} & C_{21} & C_{27} & -C_{31} & -C_{23} & -C_{15} & -C_{07} & -C_{01} & -C_{05} & -C_{11} & -C_{17} & -C_{23} & -C_{29} & -C_{35} \\ C_{04} & C_{12} & C_{20} & C_{28} & -C_{28} & -C_{20} & -C_{12} & -C_{04} & -C_{04} & -C_{12} & -C_{20} & -C_{28} & C_{28} & C_{20} & C_{12} & C_{04} \\ C_{05} & C_{15} & C_{23} & -C_{29} & -C_{15} & -C_{09} & -C_{03} & -C_{11} & -C_{21} & -C_{31} & C_{23} & C_{15} & C_{03} & C_{07} & C_{27} & C_{27} \\ C_{06} & C_{18} & C_{30} & -C_{22} & -C_{10} & -C_{02} & -C_{14} & -C_{26} & C_{26} & C_{14} & C_{02} & C_{10} & C_{22} & -C_{30} & -C_{18} & -C_{06} \\ C_{07} & C_{21} & -C_{29} & -C_{15} & -C_{01} & -C_{13} & -C_{27} & C_{23} & C_{09} & C_{03} & C_{19} & -C_{31} & -C_{17} & -C_{05} & -C_{11} & -C_{23} \\ C_{08} & C_{24} & -C_{24} & -C_{08} & -C_{08} & -C_{24} & C_{24} & C_{08} & C_{08} & C_{24} & -C_{24} & -C_{08} & -C_{08} & -C_{24} & C_{24} & C_{08} \\ C_{09} & C_{27} & -C_{19} & -C_{01} & -C_{17} & C_{29} & C_{11} & C_{07} & C_{25} & -C_{21} & -C_{03} & -C_{19} & C_{31} & C_{13} & C_{05} & C_{23} \\ C_{10} & C_{30} & -C_{14} & -C_{06} & -C_{26} & C_{18} & C_{02} & C_{22} & -C_{22} & -C_{02} & -C_{18} & C_{26} & C_{06} & C_{24} & -C_{20} & -C_{10} \\ C_{11} & -C_{31} & -C_{09} & -C_{13} & C_{29} & C_{07} & C_{13} & -C_{27} & -C_{03} & -C_{17} & C_{23} & C_{03} & C_{19} & -C_{23} & -C_{01} & -C_{21} \\ C_{12} & -C_{28} & -C_{04} & -C_{20} & C_{20} & C_{04} & C_{28} & -C_{12} & -C_{12} & C_{28} & C_{04} & C_{20} & -C_{20} & -C_{04} & -C_{28} & C_{12} \\ C_{13} & -C_{23} & -C_{01} & -C_{27} & C_{11} & C_{15} & -C_{23} & -C_{03} & -C_{23} & C_{09} & C_{17} & -C_{21} & -C_{05} & -C_{21} & C_{07} & C_{19} \\ C_{14} & -C_{22} & -C_{06} & C_{30} & C_{22} & C_{26} & -C_{10} & -C_{18} & C_{18} & C_{10} & -C_{26} & -C_{02} & -C_{30} & C_{06} & C_{22} & -C_{14} \\ C_{15} & -C_{15} & -C_{11} & C_{22} & C_{07} & -C_{27} & -C_{03} & C_{21} & C_{01} & C_{23} & -C_{03} & -C_{23} & C_{09} & C_{21} & -C_{15} & -C_{17} \end{bmatrix}$$

矩阵 K1 具体表示如下:

K1 =

C ₀₅	C ₂₀	C ₀₀	C ₀₀	C ₀₀	C ₀₀	C ₀₀	C ₀₀	C ₀₀	C ₀₀	C ₀₀	C ₀₀	C ₀₀	C ₀₀	C ₀₀	C ₀₀
-C ₃₁	-C ₂₈	-C ₂₇	-C ₂₈	-C ₂₅	-C ₂₁	-C ₁₉	-C ₁₇	-C ₁₅	-C ₁₃	-C ₁₁	-C ₀₉	-C ₀₇	-C ₀₅	-C ₀₃	-C ₀₁
-C ₀₂	-C ₀₆	-C ₁₀	-C ₁₄	-C ₁₈	-C ₂₂	-C ₂₆	-C ₃₀	C ₃₀	C ₂₆	C ₂₂	C ₁₈	C ₁₄	C ₁₀	C ₀₆	C ₀₂
C ₂₉	C ₂₃	C ₁₇	C ₁₁	C ₀₅	C ₀₁	C ₀₇	C ₁₃	C ₁₉	C ₂₅	C ₃₁	-C ₂₇	-C ₂₁	-C ₁₅	-C ₀₉	-C ₀₃
C ₀₄	C ₁₂	C ₂₀	C ₂₈	-C ₂₈	-C ₂₀	-C ₁₂	-C ₀₄	-C ₀₄	-C ₁₂	-C ₂₀	-C ₂₈	C ₂₈	C ₂₀	C ₁₂	C ₀₄
-C ₂₇	-C ₁₇	-C ₀₇	-C ₀₃	-C ₁₃	-C ₂₃	C ₂₁	C ₂₁	C ₁₁	C ₀₁	C ₀₉	C ₁₉	C ₂₉	-C ₂₅	-C ₁₅	-C ₀₅
-C ₀₄	-C ₁₈	-C ₃₀	C ₂₂	C ₁₀	C ₀₂	C ₁₄	C ₂₆	-C ₂₆	-C ₁₄	-C ₀₂	-C ₁₀	-C ₂₂	C ₃₀	C ₁₈	C ₀₄
C ₂₃	C ₁₁	C ₀₅	C ₁₇	C ₃₁	-C ₁₉	-C ₀₃	-C ₀₉	-C ₂₉	C ₂₇	C ₁₅	C ₀₃	C ₁₅	C ₂₉	-C ₂₁	-C ₀₇
C ₀₈	C ₂₄	-C ₂₄	-C ₀₈	-C ₀₈	-C ₂₄	C ₂₄	C ₀₈	C ₀₈	C ₂₄	-C ₂₄	-C ₀₈	-C ₀₈	-C ₂₄	C ₂₄	C ₀₈
-C ₂₃	-C ₀₅	-C ₁₅	-C ₃₁	C ₁₅	C ₀₃	C ₂₁	-C ₂₅	-C ₀₇	-C ₁₁	-C ₂₉	C ₁₇	C ₀₁	C ₁₉	-C ₂₇	-C ₀₉
-C ₁₀	-C ₃₀	C ₁₄	C ₀₆	C ₂₆	-C ₁₈	-C ₀₂	-C ₂₂	C ₂₂	C ₀₂	C ₁₈	-C ₂₆	-C ₀₆	-C ₁₄	C ₃₀	C ₁₀
C ₂₄	C ₀₁	C ₂₃	-C ₁₉	-C ₀₃	-C ₂₈	C ₁₇	C ₀₅	C ₂₇	-C ₁₃	-C ₀₇	-C ₂₉	C ₁₃	C ₀₉	C ₃₁	-C ₁₁
C ₁₂	-C ₂₈	-C ₀₄	-C ₂₀	C ₂₀	C ₀₄	C ₂₈	-C ₁₂	-C ₁₂	C ₂₈	C ₀₄	C ₂₀	-C ₂₀	-C ₀₄	-C ₂₈	C ₁₂
-C ₁₉	-C ₀₇	C ₃₁	C ₀₉	C ₂₁	-C ₁₇	-C ₀₉	C ₂₉	C ₀₃	C ₂₃	-C ₁₅	-C ₁₁	C ₂₇	C ₀₁	C ₂₅	-C ₁₃
-C ₁₄	C ₂₅	C ₀₆	-C ₃₀	-C ₀₂	-C ₂₆	C ₁₀	C ₁₈	-C ₁₈	-C ₁₀	C ₂₆	C ₀₂	C ₃₀	-C ₀₆	-C ₂₂	C ₁₄
C ₁₇	C ₁₃	-C ₂₁	-C ₀₉	C ₂₅	C ₀₅	-C ₂₉	-C ₀₁	-C ₃₁	C ₀₅	C ₂₇	-C ₀₇	-C ₂₅	C ₁₁	C ₁₉	-C ₁₅

矩阵 K2 具体表示如下：

K2 =

C ₀₀	-C ₀₀	-C ₀₀	C ₀₀	C ₀₀	-C ₀₀	-C ₀₀	C ₀₀	C ₀₀	-C ₀₀	-C ₀₀	C ₀₀	C ₀₀	-C ₀₀	-C ₀₀	C ₀₀
C ₁₇	-C ₁₃	-C ₂₁	C ₀₉	C ₂₅	-C ₀₅	-C ₂₉	C ₀₁	-C ₃₁	-C ₀₃	C ₂₇	C ₀₇	-C ₂₃	-C ₁₁	C ₁₉	C ₁₅
C ₁₈	-C ₁₆	-C ₂₆	C ₀₂	-C ₃₀	-C ₀₆	C ₂₂	C ₁₄	-C ₁₄	-C ₂₂	C ₀₆	C ₃₀	-C ₀₂	C ₂₆	C ₁₀	-C ₁₈
C ₁₉	-C ₀₇	-C ₃₁	C ₀₃	-C ₂₁	-C ₁₇	C ₀₉	C ₂₉	-C ₀₃	C ₂₃	C ₁₅	-C ₁₁	-C ₂₇	C ₀₁	-C ₂₅	-C ₁₃
C ₂₀	-C ₀₄	C ₂₉	C ₁₂	-C ₁₂	-C ₂₈	C ₀₄	-C ₂₀	-C ₂₀	C ₀₄	-C ₂₈	-C ₁₂	C ₁₂	C ₂₈	-C ₀₄	C ₂₀
C ₂₁	-C ₀₁	C ₂₃	C ₁₉	-C ₀₃	C ₂₃	C ₁₇	-C ₀₈	C ₂₇	C ₁₅	-C ₀₇	C ₂₉	C ₁₃	-C ₀₉	C ₃₁	C ₁₁
C ₂₂	-C ₀₂	C ₁₈	C ₂₈	-C ₀₆	C ₁₄	C ₃₀	-C ₁₀	C ₁₀	-C ₃₀	-C ₁₄	C ₀₆	-C ₂₈	-C ₁₈	C ₀₂	-C ₂₂
C ₂₃	-C ₀₅	C ₁₉	-C ₃₁	-C ₁₅	C ₀₃	-C ₂₁	-C ₂₅	C ₀₇	-C ₁₁	C ₂₉	C ₁₇	-C ₀₁	C ₁₉	C ₂₇	-C ₀₉
C ₂₄	-C ₀₈	C ₀₈	-C ₂₄	-C ₂₄	C ₀₈	-C ₀₈	C ₂₄	C ₂₄	-C ₀₈	C ₀₈	-C ₂₄	-C ₂₄	C ₀₈	-C ₀₈	C ₂₄
C ₂₅	-C ₁₁	C ₀₃	-C ₁₇	C ₃₁	C ₁₉	-C ₀₅	C ₀₉	-C ₂₃	-C ₂₇	C ₁₅	-C ₀₁	C ₁₅	-C ₂₉	-C ₂₁	C ₀₇
C ₂₆	-C ₁₄	C ₀₂	-C ₁₀	C ₂₂	C ₃₀	-C ₁₈	C ₀₆	-C ₀₆	C ₁₈	-C ₃₀	-C ₂₂	C ₁₀	-C ₀₂	C ₁₄	-C ₂₆
C ₂₇	-C ₁₇	C ₀₇	-C ₀₃	C ₁₃	-C ₂₃	-C ₃₁	C ₂₁	-C ₁₁	C ₀₁	-C ₀₉	C ₁₉	-C ₂₉	-C ₂₅	C ₁₅	-C ₀₅
C ₂₈	-C ₂₀	C ₁₂	-C ₀₁	C ₀₁	-C ₁₂	C ₂₀	-C ₂₈	-C ₂₈	C ₂₀	-C ₁₂	C ₀₁	-C ₀₁	C ₁₂	-C ₂₀	C ₂₈
C ₂₉	-C ₂₃	C ₁₇	-C ₁₁	C ₀₅	-C ₀₁	C ₀₇	-C ₁₃	C ₁₉	-C ₂₅	C ₀₁	C ₂₇	-C ₂₁	C ₁₅	-C ₀₉	C ₀₃
C ₃₀	-C ₂₆	C ₂₂	-C ₁₈	C ₁₄	-C ₁₀	C ₀₆	-C ₀₂	C ₀₂	-C ₀₆	C ₁₈	-C ₁₄	C ₁₈	-C ₂₂	C ₂₆	-C ₃₀
C ₃₁	-C ₂₈	C ₂₇	-C ₂₃	C ₂₃	-C ₂₁	C ₁₉	-C ₁₇	C ₁₅	-C ₁₃	C ₁₁	-C ₀₉	C ₀₇	-C ₀₅	C ₀₃	-C ₀₁

矩阵 K3 具体表示如下：

$$K3 = \begin{bmatrix} C_{00} & -C_{00} & -C_{00} & C_{00} & C_{00} & -C_{00} & -C_{00} & C_{00} & C_{00} & -C_{00} & -C_{00} & C_{00} & C_{00} & -C_{00} & -C_{00} & C_{00} \\ -C_{15} & -C_{15} & C_{11} & C_{23} & -C_{07} & -C_{27} & C_{05} & C_{21} & -C_{01} & C_{29} & C_{03} & -C_{25} & -C_{05} & C_{21} & C_{13} & -C_{17} \\ -C_{16} & C_{10} & C_{26} & -C_{02} & C_{20} & C_{06} & -C_{22} & -C_{14} & C_{14} & C_{22} & -C_{06} & -C_{20} & C_{02} & -C_{26} & -C_{10} & C_{16} \\ C_{13} & C_{25} & -C_{01} & C_{27} & C_{11} & -C_{15} & -C_{23} & C_{09} & -C_{29} & -C_{09} & C_{17} & C_{21} & -C_{03} & C_{21} & C_{07} & -C_{19} \\ C_{20} & -C_{04} & C_{28} & C_{12} & -C_{12} & -C_{28} & C_{04} & -C_{20} & -C_{20} & C_{04} & -C_{28} & -C_{12} & C_{12} & C_{28} & -C_{04} & C_{20} \\ -C_{11} & -C_{31} & C_{08} & -C_{13} & -C_{29} & C_{07} & -C_{15} & -C_{27} & C_{05} & -C_{17} & -C_{25} & C_{03} & -C_{19} & -C_{23} & C_{04} & -C_{21} \\ -C_{22} & C_{02} & -C_{16} & -C_{26} & C_{06} & -C_{14} & -C_{20} & C_{10} & -C_{10} & C_{20} & C_{14} & -C_{06} & C_{26} & C_{16} & -C_{02} & C_{22} \\ C_{05} & -C_{27} & -C_{19} & C_{01} & -C_{17} & -C_{29} & C_{11} & -C_{07} & C_{25} & C_{21} & -C_{03} & C_{13} & C_{21} & -C_{13} & C_{05} & -C_{23} \\ C_{24} & -C_{08} & C_{08} & -C_{24} & -C_{24} & C_{08} & -C_{08} & C_{24} & C_{24} & -C_{08} & C_{08} & -C_{24} & -C_{24} & C_{08} & -C_{08} & C_{24} \\ -C_{07} & C_{21} & C_{28} & -C_{13} & C_{01} & -C_{12} & C_{27} & C_{29} & -C_{09} & C_{05} & -C_{13} & -C_{24} & C_{17} & -C_{03} & C_{11} & -C_{25} \\ -C_{26} & C_{14} & -C_{02} & C_{10} & -C_{22} & -C_{20} & C_{18} & -C_{06} & C_{06} & -C_{18} & C_{26} & C_{22} & -C_{10} & C_{02} & -C_{14} & C_{26} \\ C_{03} & -C_{15} & C_{25} & C_{29} & -C_{19} & C_{09} & -C_{01} & C_{11} & -C_{21} & C_{31} & C_{23} & -C_{13} & C_{03} & -C_{07} & C_{17} & -C_{27} \\ C_{28} & -C_{20} & C_{12} & -C_{04} & C_{04} & -C_{12} & C_{20} & -C_{28} & -C_{28} & C_{20} & -C_{12} & C_{04} & -C_{04} & C_{12} & -C_{20} & C_{28} \\ -C_{09} & C_{29} & -C_{13} & C_{21} & -C_{27} & -C_{21} & C_{25} & -C_{19} & C_{13} & -C_{07} & C_{01} & -C_{01} & C_{11} & -C_{17} & C_{23} & -C_{29} \\ -C_{30} & C_{26} & -C_{22} & C_{16} & -C_{14} & C_{10} & -C_{06} & C_{02} & -C_{02} & C_{06} & -C_{10} & C_{14} & -C_{10} & C_{22} & -C_{26} & C_{30} \\ C_{01} & -C_{03} & C_{03} & -C_{07} & C_{03} & -C_{11} & C_{13} & -C_{13} & C_{17} & -C_{13} & C_{21} & -C_{23} & C_{23} & -C_{27} & C_{29} & -C_{31} \end{bmatrix}$$

变换矩阵 C16X16 的系数取值如下：

$$C16x16 = \begin{bmatrix} C_{00} & C_{00} & C_{00} & C_{00} & C_{00} & C_{00} & C_{00} & C_{00} & C_{00} & C_{00} & C_{00} & C_{00} & C_{00} & C_{00} & C_{00} & C_{00} \\ C_{02} & C_{06} & C_{10} & C_{14} & C_{18} & C_{22} & C_{26} & C_{30} & -C_{30} & -C_{26} & -C_{22} & -C_{18} & -C_{14} & -C_{10} & -C_{06} & -C_{02} \\ C_{04} & C_{12} & C_{20} & C_{28} & -C_{28} & -C_{20} & -C_{12} & -C_{04} & -C_{04} & -C_{12} & -C_{20} & -C_{28} & C_{28} & C_{20} & C_{12} & C_{04} \\ C_{06} & C_{18} & C_{30} & -C_{22} & -C_{10} & -C_{02} & -C_{14} & -C_{26} & C_{26} & C_{14} & C_{02} & C_{10} & C_{22} & -C_{30} & -C_{18} & -C_{06} \\ C_{08} & C_{24} & -C_{24} & -C_{06} & -C_{06} & -C_{24} & C_{24} & C_{28} & C_{08} & C_{24} & -C_{24} & -C_{06} & -C_{06} & -C_{24} & C_{24} & C_{08} \\ C_{10} & C_{30} & -C_{14} & -C_{06} & -C_{26} & C_{18} & C_{02} & C_{22} & -C_{22} & -C_{02} & -C_{18} & C_{26} & C_{06} & C_{14} & -C_{30} & -C_{10} \\ C_{12} & -C_{28} & -C_{04} & -C_{20} & C_{20} & C_{04} & C_{28} & -C_{12} & -C_{12} & C_{28} & C_{04} & C_{20} & -C_{20} & -C_{04} & -C_{28} & C_{12} \\ C_{14} & -C_{22} & -C_{06} & C_{30} & C_{22} & C_{26} & -C_{10} & -C_{18} & C_{18} & C_{10} & -C_{26} & -C_{02} & -C_{20} & C_{06} & C_{22} & -C_{24} \\ C_{16} & -C_{00} & -C_{00} & C_{00} & C_{00} & -C_{00} & -C_{00} & C_{00} & C_{00} & -C_{00} & -C_{00} & C_{00} & C_{00} & -C_{00} & -C_{00} & C_{00} \\ C_{18} & -C_{10} & -C_{26} & C_{02} & -C_{30} & -C_{06} & C_{22} & C_{14} & -C_{14} & -C_{22} & C_{06} & C_{20} & -C_{02} & C_{26} & C_{10} & -C_{18} \\ C_{20} & -C_{04} & C_{28} & C_{12} & -C_{12} & -C_{28} & C_{04} & -C_{20} & -C_{20} & C_{04} & -C_{28} & -C_{12} & C_{12} & C_{28} & -C_{04} & C_{20} \\ C_{22} & -C_{02} & C_{18} & C_{26} & -C_{06} & C_{14} & C_{30} & -C_{10} & C_{10} & -C_{30} & -C_{14} & C_{06} & -C_{26} & -C_{18} & C_{02} & -C_{22} \\ C_{24} & -C_{00} & C_{30} & -C_{24} & -C_{24} & C_{00} & -C_{30} & C_{24} & C_{24} & -C_{00} & C_{30} & -C_{24} & -C_{24} & C_{00} & -C_{00} & C_{24} \\ C_{26} & -C_{14} & C_{02} & -C_{10} & C_{22} & C_{30} & -C_{18} & C_{06} & -C_{06} & C_{18} & -C_{30} & -C_{22} & C_{10} & -C_{02} & C_{14} & -C_{26} \\ C_{28} & -C_{20} & C_{12} & -C_{04} & C_{04} & -C_{12} & C_{30} & -C_{28} & -C_{28} & C_{20} & -C_{12} & C_{04} & -C_{04} & C_{12} & -C_{20} & C_{28} \\ C_{30} & -C_{26} & C_{22} & -C_{16} & C_{14} & -C_{10} & C_{06} & -C_{02} & C_{02} & -C_{06} & C_{10} & -C_{14} & C_{16} & -C_{22} & C_{26} & -C_{30} \end{bmatrix}$$

变换矩阵 C8X8 的系数取值如下：

$$C_{8 \times 8} = \begin{bmatrix} C_{00} & C_{00} & C_{00} & C_{00} & C_{00} & C_{00} & C_{00} & C_{00} \\ C_{04} & C_{12} & C_{20} & C_{28} & -C_{28} & -C_{20} & -C_{12} & -C_{04} \\ C_{08} & C_{24} & -C_{24} & -C_{08} & -C_{08} & -C_{24} & C_{24} & C_{08} \\ C_{12} & -C_{28} & -C_{04} & -C_{20} & C_{20} & C_{04} & C_{28} & -C_{12} \\ C_{00} & -C_{00} & -C_{00} & C_{00} & C_{00} & -C_{00} & -C_{00} & C_{00} \\ C_{20} & -C_{04} & C_{28} & C_{12} & -C_{12} & -C_{28} & C_{04} & -C_{20} \\ C_{24} & -C_{08} & C_{08} & -C_{24} & -C_{24} & C_{08} & -C_{08} & C_{24} \\ C_{28} & -C_{20} & C_{12} & -C_{04} & C_{04} & -C_{12} & C_{20} & -C_{28} \end{bmatrix}$$

变换矩阵 $C_{4 \times 4}$ 的系数取值如下：

$$C_{4 \times 4} = \begin{bmatrix} C_{00} & C_{00} & C_{00} & C_{00} \\ C_{08} & C_{24} & -C_{24} & -C_{08} \\ C_{00} & -C_{00} & -C_{00} & C_{00} \\ C_{24} & -C_{08} & C_{08} & -C_{24} \end{bmatrix}$$

行变换和列变换操作共用同一个一维整数离散余弦反变换模块。

3. 根据权利要求 2 所述的方法,其特征在于步骤(2)中,

采用多输出常系数乘法器对输入的待变换系数进行乘法操作,具体如下:

(1) 对于 32 点一维整数离散余弦反变换,令输入的待变换向量 Y_{32} 为:

$$Y_{32} = [Y_{00}, Y_{01}, Y_{02}, Y_{03}, Y_{04}, Y_{05}, Y_{06}, Y_{07}, Y_{08}, Y_{09}, Y_{10}, Y_{11}, Y_{12}, Y_{13}, Y_{14}, Y_{15}, Y_{16}, Y_{17}, Y_{18}, Y_{19}, Y_{20}, Y_{21}, Y_{22}, Y_{23}, Y_{24}, Y_{25}, Y_{26}, Y_{27}, Y_{28}, Y_{29}, Y_{30}, Y_{31}]$$

将向量 Y_{32} 的 32 个待变换系数分为四组:第一组为 $Y_{00}, Y_{16}, Y_{08}, Y_{24}$, 第二组为 $Y_{04}, Y_{20}, Y_{12}, Y_{28}$, 第三组为 $Y_{02}, Y_{18}, Y_{10}, Y_{26}, Y_{06}, Y_{22}, Y_{14}, Y_{30}$, 第四组为 $Y_{01}, Y_{17}, Y_{09}, Y_{25}, Y_{05}, Y_{21}, Y_{13}, Y_{29}, Y_{03}, Y_{19}, Y_{11}, Y_{27}, Y_{07}, Y_{23}, Y_{15}, Y_{31}$;第一组的四个系数作为多输出常系数乘法器 MCM_0 的输入,第二组的四个系数作为多输出常系数乘法器 MCM_1 的输入,第三组的八个系数作为多输出常系数乘法器 MCM_2 的输入,第四组的十六个系数作为多输出常系数乘法器 MCM_3 的输入;

(2) 对于 16 点一维整数离散余弦反变换,令输入的待变换向量 Y_{16} 为:

$$Y_{16} = [Y_{00}, Y_{02}, Y_{04}, Y_{06}, Y_{08}, Y_{10}, Y_{12}, Y_{14}, Y_{16}, Y_{18}, Y_{20}, Y_{22}, Y_{24}, Y_{26}, Y_{28}, Y_{30}]$$

将向量 Y_{16} 的 16 个待变换系数分为三组:第一组为 $Y_{00}, Y_{16}, Y_{08}, Y_{24}$, 第二组为 $Y_{04}, Y_{20}, Y_{12}, Y_{28}$, 第三组为 $Y_{02}, Y_{18}, Y_{10}, Y_{26}, Y_{06}, Y_{22}, Y_{14}, Y_{30}$;第一组的四个系数作为多输出常系数乘法器 MCM_0 的输入,第二组的四个系数作为多输出常系数乘法器 MCM_1 的输入,第三组的八个系数作为多输出常系数乘法器 MCM_2 的输入,多输出常系数乘法器 MCM_3 的输入全部取 0;

(3) 对于 8 点一维整数离散余弦反变换,令输入的待变换向量 Y_8 为:

$$Y_8 = [Y_{00}, Y_{04}, Y_{08}, Y_{12}, Y_{16}, Y_{20}, Y_{24}, Y_{28}]$$

将向量 Y_8 的 8 个待变换系数分为两组:第一组为 $Y_{00}, Y_{16}, Y_{08}, Y_{24}$, 第二组为 $Y_{04},$

Y20、Y12、Y28；第一组的四个系数作为多输出常系数乘法器 MCM0 的输入，第二组的四个系数作为多输出常系数乘法器 MCM1 的输入，多输出常系数乘法器 MCM2 和 MCM3 的输入全部取 0；

(4) 对于 4 点一维整数离散余弦反变换，令输入的待变换向量 Y4 为：

$$Y4 = [Y00, Y08, Y16, Y24]$$

向量 Y4 的 4 个待变换系数作为多输出常系数乘法器 MCM0 的输入，多输出常系数乘法器 MCM1、MCM2 和 MCM3 的输入全部取 0。

4. 根据权利要求 3 所述的方法，其特征在于步骤(3)中，所述通过四组运算模块：B4x4、D4x4、D8x8 和 D16x16，对多输出常系数乘法器的输出进行处理，其中：

对于 4 点蝶形运算模块：B4x4，步骤(2)中的输出 P0、P1、P2、P3 作为本次运算的输入，本次运算的结果分别记为 R0、R1、R2、R3；如果当前的变换尺寸是 4x4，那么 R0、R1、R2、R3 即为 4 点一维整数离散余弦反变换的结果；

对于 4 点加法树模块：D4X4，步骤(2)中的输出 P4、P5、P6、P7 作为本次运算的输入，本次运算的结果分别记为 R4、R5、R6、R7；

对于 8 点加法树模块：D8X8，步骤(2)中的输出 P8、P9、P10、P11、P12、P13、P14、P15 作为本次运算的输入，本次运算的结果分别记为 S8、S9、S10、S11、S12、S13、S14、S15；

对于 16 点加法树模块：D16X16，步骤(2)中的输出 P16、P17、P18、P19、P20、P21、P22、P23、P24、P25、P26、P27、P28、P29、P30、P31，作为本次运算的输入，本次运算的结果分别记为 T16、T17、T18、T19、T20、T21、T22、T23、T24、T25、T26、T27、T28、T29、T30、T31。

5. 根据权利要求 4 所述的方法，其特征在于步骤(4)中，以 R0、R1、R2、R3、R4、R5、R6、R7 作为输入，进行 8 点的蝶形运算；得到 8 点一维整数离散余弦反变换的结果，分别记为 S0、S1、S2、S3、S4、S5、S6、S7。

6. 根据权利要求 5 所述的方法，其特征在于步骤(5)中，以 S0、S1、S2、S3、S4、S5、S6、S7、S8、S9、S10、S11、S12、S13、S14、S15 作为输入，进行 16 点的蝶形运算，得到 16 点一维整数离散余弦反变换的结果，分别记为 T0、T1、T2、T3、T4、T5、T6、T7、T8、T9、T10、T11、T12、T13、T14、T15。

7. 根据权利要求 6 所述的方法，其特征在于步骤(6)中，以 T0、T1、T2、T3、T4、T5、T6、T7、T8、T9、T10、T11、T12、T13、T14、T15、T16、T17、T18、T19、T20、T21、T22、T23、T24、T25、T26、T27、T28、T29、T30、T31 作为输入，进行 32 点的蝶形运算，得到 32 点一维整数离散余弦反变换的结果，分别记为 X00、X01、X02、X03、X04、X05、X06、X07、X08、X09、X10、X11、X12、X13、X14、X15、X16、X17、X18、X19、X20、X21、X22、X23、X24、X25、X26、X27、X28、X29、X30、X31。

可用于多种视频标准、多尺寸二维整数离散余弦反变换的通用方法

技术领域

[0001] 本发明属于数字视频信号编解码技术领域,具体涉及一个可用于多种视频标准、可支持变换尺寸为 4x4、8x8、16x16 和 32x32 的二维整数离散余弦反变换的通用方法。

背景技术

[0002] 随着视频编码技术的发展,越来越多的视频编码标准进入了应用领域: VCD/DVD 视频光盘中普遍采用 MPEG-1/MPEG-2 视频标准,蓝光光盘中采用 H. 264 标准或 VC-1 标准,网络视频中普遍采用 RealVideo 或 MPEG-4 标准,而 AVS 视频标准已经成为中国的国家标准。很多新的标准如 H. 265/HEVC(High Efficiency Video Coding) 等也在制定当中。

[0003] 由于离散余弦变换能够对频域上的能量进行有效地集中,便于进一步压缩处理,所以现有的视频编码标准绝大多数都采用了离散余弦变换对视频信号进行处理。传统的 MPEG-1、MPEG-2 视频标准中采用的是浮点离散余弦变换,由于数字信号处理时需要浮点数截位,从而容易导致变换前后数据的失配问题,所以新一代标准如 H. 264、VC-1、AVS 等标准普遍采用整数离散余弦变换。

[0004] 由于当前多种标准并存的格局将长期存在,支持多种视频标准是当前编解码技术中的重要研究领域,有着迫切的实际需求。各种视频标准中二维离散余弦变换的尺寸大小有所不同。对于画面比较平坦的视频场景,较大的变换尺寸能够提高编码压缩效率。但是大的变换尺寸也使得运算复杂度大大增加。MPEG-1/MPEG-2/MPEG-4 中采用的尺寸是 8x8; H. 264 和 VC-1 采用的尺寸是 4x4 和 8x8;而正在制定当中的最新视频标准 HEVC 采用的变换尺寸有 4 种:4x4、8x8、16x16 和 32x32。为了更好的支持多标准编解码技术,有必要采取一种通用的架构来实现各种不同尺寸的整数离散余弦变换。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于提出一个可用于多种视频标准、多尺寸二维整数离散余弦反变换的通用方法。

[0006] 各种不同的视频标准规定了不同的变换尺寸和变换系数矩阵,但是由于这些变换都是基于离散余弦变换衍生而来的,不同的变换尺寸和变换系数矩阵之间有很多相似之处。本发明充分利用了这种相关性,进而提出了一种通用的变换方法,可以提高硬件复用程度,降低运算复杂度。

[0007] 本发明提出的方法具体可以分为如下 6 个步骤:

(1) 根据离散余弦反变换的特性,将一个二维整数离散余弦反变换转换为两次一维整数离散余弦反变换,即先进行水平方向的一维反变换,然后再进行垂直方向的一维反变换;

(2) 根据 4x4、8x8、16x16 和 32x32 四种不同的变换尺寸,将输入的 32 个系数:Y00-Y31 分为四组,为每一组设计相应的多输出常系数乘法器:MCM0、MCM1、MCM2 和 MCM3;通过对乘

法器系数进行配置,即可实现对各种不同视频标准的支持;

(3) 设计四组运算模块: $B_{4 \times 4}$ 、 $D_{4 \times 4}$ 、 $D_{8 \times 8}$ 和 $D_{16 \times 16}$, 对多输出常系数乘法器的输出进行处理; 其中, $B_{4 \times 4}$ 模块为 4 点的蝶形运算模块, $D_{4 \times 4}$ 模块为 4 点的加法树模块, $D_{8 \times 8}$ 模块为 8 点的加法树模块, $D_{16 \times 16}$ 为 16 点的加法树模块; $B_{4 \times 4}$ 模块的输出即为 4 点一维整数离散余弦反变换的结果;

(4) 对 $B_{4 \times 4}$ 和 $D_{4 \times 4}$ 模块的输出, 进行 8 点的蝶形运算, 其结果即为 8 点一维整数离散余弦反变换的结果;

(5) 对 8 点蝶形运算的输出和 $D_{8 \times 8}$ 模块的输出进行 16 点的蝶形运算, 其结果即为 16 点一维整数离散余弦反变换的结果;

(6) 对 16 点蝶形运算的输出和 $D_{16 \times 16}$ 模块的输出进行 32 点的蝶形运算, 其结果即为 32 点一维整数离散余弦反变换的结果。

[0008] 本发明的有益效果:

从上述步骤可以看到, 本发明实现了用于计算小尺寸二维整数离散余弦反变换的运算单元可以完全复用到更大尺寸的二维整数离散余弦反变换的运算过程中, 从而有效地降低了整体的运算复杂度和硬件实现成本。

[0009] 本发明方法可以同时支持多种视频标准、多种变换尺寸 (4×4 、 8×8 、 16×16 和 32×32) 的二维整数余弦反变换。如果在将来需要支持更多新的视频标准, 只需要对相应的多输出常系数乘法器 (MCM0、MCM1、MCM2 和 MCM3) 做相应改动即可, 其它模块如蝶形运算模块和加法树模块可保持不变, 因而本方法具有很好的可扩展性, 可以适应不断发展中的各种新兴视频编解码技术。

附图说明

[0010] 图 1: 二维离散整数余弦反变换的整体框图。

[0011] 图 2: 4 点、8 点、16 点和 32 点一维离散整数余弦反变换的整体框图。

[0012] 图 3: 多输出常系数乘法器 MCM0 的框图。

[0013] 图 4: 多输出常系数乘法器 MCM1 的框图。

[0014] 图 5: 多输出常系数乘法器 MCM2 的框图。

[0015] 图 6: 多输出常系数乘法器 MCM3 的框图。

[0016] 图 7: 4 点蝶形运算模块 ($B_{4 \times 4}$) 的框图。

[0017] 图 8: 4 点加法树模块 ($D_{4 \times 4}$) 的框图。

[0018] 图 9: 8 点加法树模块 ($D_{8 \times 8}$) 的框图。

[0019] 图 10: 16 点加法树模块 ($D_{16 \times 16}$) 的框图。

具体实施方式

[0020] 下面结合附图对本发明做进一步的描述。

[0021] 本发明提出了一个适用于多种视频标准、多尺寸二维整数余弦反变换的通用方法, 其具体实施方式如下述的 6 个步骤:

(1) 将一个二维整数离散余弦反变换转换为两次一维整数离散余弦反变换。

[0022] 二维整数离散余弦反变换可以用如下公式表示:

$$X = C^T * Y * C \quad (1)$$

其中, Y 为需要进行二维整数离散余弦反变换的输入矩阵, C 代表整数离散余弦变换的系数矩阵, * 代表矩阵乘法, C^T 代表 C 的转置矩阵, X 代表二维整数离散余弦反变换的计算结果。对应于四种不同的变换尺寸, 本发明中矩阵 C、X、Y 的大小可以分别为 4x4、8x8、16x16 和 32x32。

[0023] 根据矩阵运算的性质, 对公式(1)进行变换可得:

$$X = ((Y * C)^T * C)^T \quad (2)$$

如果令

$$D = (Y * C)^T, \quad (3)$$

那么

$$X = (D * C)^T \quad (4)$$

这样二维整数离散余弦反变换就可以转换为两次一维整数离散余弦反变换。公式(3)表示先对矩阵 Y 的每一行的所有系数进行一维整数离散余弦反变换并将变换结果得到的矩阵进行转置操作, 此步骤称为行变换操作。公式(4)表示对矩阵 D 再进行一次一维整数离散余弦反变换并将此变换结果再次进行转置操作, 此步骤称为列变换操作, 其运算结果就是矩阵 X, 即为二维整数离散余弦反变换的运算结果。

[0024] 根据离散余弦反变换的特性, 32x32 点整数离散余弦反变换的变换矩阵 $C_{32 \times 32}$ 可以表示为一个大小为 32x32 的矩阵, 它可以分割为 4 个 16x16 的矩阵, 分别为 K0、K1、K2、K3, $C_{32 \times 32}$ 可表示如下:

$$C_{32 \times 32} = \begin{array}{|c|c|} \hline K0 & K1 \\ \hline K2 & K3 \\ \hline \end{array}$$

其中, 矩阵 K0 具体表示如下:

K0 =

C ₀₀	C ₀₀	C ₀₀	C ₀₀	C ₀₀	C ₀₀	C ₀₀	C ₀₀	C ₀₀	C ₀₀	C ₀₀	C ₀₀	C ₀₀	C ₀₀	C ₀₀	C ₀₀
C ₀₁	C ₀₁	C ₀₅	C ₀₇	C ₀₉	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₅	C ₁₇	C ₁₉	C ₂₁	C ₂₃	C ₂₅	C ₂₇	C ₂₉	C ₃₁
C ₀₂	C ₀₆	C ₁₀	C ₁₄	C ₁₈	C ₂₂	C ₂₆	C ₃₀	-C ₂₅	-C ₂₆	-C ₂₂	-C ₂₈	-C ₁₄	-C ₁₉	-C ₀₆	-C ₀₂
C ₀₃	C ₀₉	C ₁₅	C ₂₁	C ₂₇	-C ₂₁	-C ₂₅	-C ₁₉	-C ₁₅	-C ₀₇	-C ₀₁	-C ₀₅	-C ₁₁	-C ₁₇	-C ₂₃	-C ₂₉
C ₀₄	C ₁₂	C ₂₀	C ₂₈	-C ₂₈	-C ₂₉	-C ₁₂	-C ₀₄	-C ₀₄	-C ₁₂	-C ₂₉	-C ₂₈	C ₂₈	C ₂₀	C ₁₂	C ₀₄
C ₀₅	C ₁₃	C ₂₅	-C ₂₉	-C ₁₉	-C ₀₉	-C ₀₁	-C ₂₁	-C ₂₁	-C ₀₁	C ₂₃	C ₁₃	C ₀₃	C ₀₇	C ₁₇	C ₂₇
C ₀₆	C ₁₈	C ₃₀	-C ₂₂	-C ₁₀	-C ₀₅	-C ₁₄	-C ₂₆	C ₂₆	C ₁₄	C ₀₂	C ₂₀	C ₂₂	-C ₃₀	-C ₁₈	-C ₀₆
C ₀₇	C ₂₁	-C ₂₉	-C ₁₅	-C ₀₄	-C ₁₅	-C ₂₇	C ₂₃	C ₀₉	C ₀₉	C ₁₉	-C ₂₄	-C ₁₇	-C ₀₃	-C ₁₁	-C ₂₅
C ₀₈	C ₂₄	-C ₂₄	-C ₀₈	-C ₀₈	-C ₂₄	C ₂₄	C ₀₈	C ₀₈	C ₂₄	-C ₂₄	-C ₀₈	-C ₀₈	-C ₂₄	C ₂₄	C ₀₈
C ₀₉	C ₂₇	-C ₁₉	-C ₀₁	-C ₁₇	C ₂₉	C ₁₁	C ₀₇	C ₂₅	-C ₂₁	-C ₀₃	-C ₁₅	C ₁₁	C ₁₃	C ₀₅	C ₂₃
C ₁₀	C ₃₀	-C ₁₄	-C ₀₆	-C ₂₆	C ₁₈	C ₀₂	C ₂₂	-C ₂₂	-C ₀₂	-C ₁₈	C ₂₆	C ₀₆	C ₁₄	-C ₂₀	-C ₁₀
C ₁₁	-C ₂₁	-C ₀₉	-C ₁₃	C ₂₉	C ₀₇	C ₁₅	-C ₂₇	-C ₀₆	-C ₁₇	C ₂₅	C ₀₃	C ₁₉	-C ₂₃	-C ₀₁	-C ₂₁
C ₁₂	-C ₂₈	-C ₀₄	-C ₂₀	C ₂₀	C ₀₄	C ₂₈	-C ₁₂	-C ₁₂	C ₂₈	C ₀₄	C ₂₀	-C ₂₈	-C ₀₄	-C ₂₈	C ₁₂
C ₁₃	-C ₂₅	-C ₀₁	-C ₂₇	C ₁₁	C ₁₅	-C ₂₃	-C ₀₃	-C ₂₉	C ₀₉	C ₁₇	-C ₂₁	-C ₀₃	-C ₁₁	C ₀₇	C ₁₉
C ₁₄	-C ₂₂	-C ₀₆	C ₃₀	C ₀₂	C ₂₆	-C ₁₀	-C ₁₈	C ₁₈	C ₁₀	-C ₂₆	-C ₀₂	-C ₃₀	C ₀₆	C ₂₂	-C ₁₄
C ₁₅	-C ₁₉	-C ₁₂	C ₂₃	C ₀₇	-C ₂₇	-C ₀₃	C ₃₁	C ₀₁	C ₂₉	-C ₀₅	-C ₂₅	C ₀₉	C ₂₁	-C ₁₃	-C ₁₇

矩阵 K1 具体表示如下：

K1 =

C ₀₀	C ₀₀	C ₀₀	C ₀₀	C ₀₀	C ₀₀	C ₀₀	C ₀₀	C ₀₀	C ₀₀	C ₀₀	C ₀₀	C ₀₀	C ₀₀	C ₀₀	C ₀₀
-C ₃₁	-C ₂₉	-C ₂₇	-C ₂₅	-C ₂₃	-C ₂₁	-C ₁₉	-C ₁₇	-C ₁₅	-C ₁₃	-C ₁₁	-C ₀₉	-C ₀₇	-C ₀₅	-C ₀₃	-C ₀₁
-C ₀₂	-C ₀₆	-C ₁₀	-C ₁₄	-C ₁₈	-C ₂₂	-C ₂₆	-C ₃₀	C ₃₀	C ₂₆	C ₂₂	C ₁₈	C ₁₄	C ₁₀	C ₀₆	C ₀₂
C ₂₉	C ₂₃	C ₁₇	C ₁₁	C ₀₅	C ₀₁	C ₀₇	C ₁₃	C ₁₉	C ₂₅	C ₃₁	-C ₂₇	-C ₂₁	-C ₁₅	-C ₀₉	-C ₀₃
C ₀₄	C ₁₂	C ₂₀	C ₂₈	-C ₂₈	-C ₂₉	-C ₁₂	-C ₀₄	-C ₀₄	-C ₁₂	-C ₂₉	-C ₂₈	C ₂₈	C ₂₀	C ₁₂	C ₀₄
-C ₂₇	-C ₁₇	-C ₀₇	-C ₀₃	-C ₁₅	-C ₂₃	C ₃₁	C ₂₁	C ₁₁	C ₀₁	C ₀₆	C ₁₉	C ₂₉	-C ₂₃	-C ₁₅	-C ₀₅
-C ₀₆	-C ₁₈	-C ₃₀	C ₂₂	C ₁₀	C ₀₂	C ₁₄	C ₂₆	-C ₂₆	-C ₁₄	-C ₀₂	-C ₁₀	-C ₂₂	C ₃₀	C ₁₈	C ₀₆
C ₂₅	C ₁₁	C ₀₅	C ₁₇	C ₃₁	-C ₁₉	-C ₀₅	-C ₀₉	-C ₂₃	C ₂₇	C ₁₃	C ₀₁	C ₁₅	C ₂₉	-C ₂₁	-C ₀₇
C ₀₈	C ₂₄	-C ₂₄	-C ₀₈	-C ₀₈	-C ₂₄	C ₂₄	C ₀₈	C ₀₈	C ₂₄	-C ₂₄	-C ₀₈	-C ₀₈	-C ₂₄	C ₂₄	C ₀₈
-C ₂₃	-C ₀₃	-C ₁₃	-C ₃₁	C ₁₃	C ₀₃	C ₂₁	-C ₂₃	-C ₀₇	-C ₁₁	-C ₂₉	C ₁₇	C ₀₁	C ₁₉	-C ₂₇	-C ₀₉
-C ₁₀	-C ₃₀	C ₁₄	C ₀₆	C ₂₆	-C ₁₈	-C ₀₂	-C ₂₂	C ₂₂	C ₀₂	C ₁₅	-C ₂₆	-C ₀₆	-C ₁₄	C ₃₀	C ₁₀
C ₂₁	C ₀₁	C ₂₃	-C ₂₉	-C ₀₃	-C ₂₅	C ₁₇	C ₀₅	C ₂₇	-C ₁₅	-C ₀₇	-C ₂₉	C ₁₃	C ₀₉	C ₂₁	-C ₁₁
C ₁₂	-C ₂₈	-C ₀₄	-C ₂₀	C ₂₀	C ₀₄	C ₂₈	-C ₁₂	-C ₁₂	C ₂₈	C ₀₄	C ₂₀	-C ₂₈	-C ₀₄	-C ₂₈	C ₁₂
-C ₁₉	-C ₀₇	C ₃₁	C ₀₅	C ₂₁	-C ₁₇	-C ₀₉	C ₂₉	C ₀₃	C ₂₅	-C ₁₅	-C ₁₁	C ₂₇	C ₀₁	C ₂₅	-C ₁₃
-C ₁₄	C ₂₂	C ₀₆	-C ₃₀	-C ₀₂	-C ₂₆	C ₁₀	C ₁₈	-C ₁₈	-C ₁₀	C ₂₆	C ₀₂	C ₃₀	-C ₀₆	-C ₂₂	C ₁₄
C ₁₇	C ₁₃	-C ₂₁	-C ₀₉	C ₂₅	C ₀₅	-C ₂₉	-C ₀₁	-C ₃₁	C ₀₃	C ₂₇	-C ₀₇	-C ₂₃	C ₁₁	C ₁₉	-C ₁₅

矩阵 K2 具体表示如下：

K2 =

C ₀₀	-C ₀₀	-C ₀₀	C ₀₅	C ₀₀	-C ₀₀	-C ₀₀	C ₀₀	C ₀₀	-C ₀₀	-C ₀₀	C ₀₀	C ₀₀	-C ₀₀	-C ₀₀	C ₀₀
C ₁₇	-C ₁₃	-C ₂₅	C ₀₉	C ₂₅	-C ₀₅	-C ₂₉	C ₀₁	-C ₃₁	-C ₀₃	C ₂₇	C ₀₇	-C ₂₃	-C ₁₁	C ₁₉	C ₁₃
C ₁₈	-C ₁₀	-C ₂₆	C ₀₂	-C ₃₀	-C ₀₆	C ₂₂	C ₁₄	-C ₁₄	-C ₂₂	C ₀₆	C ₃₀	-C ₀₂	C ₂₆	C ₁₀	-C ₁₈
C ₁₉	-C ₀₇	-C ₃₁	C ₀₅	-C ₂₁	-C ₁₇	C ₀₈	C ₂₉	-C ₀₃	C ₂₃	C ₁₅	-C ₃₁	-C ₂₇	C ₀₁	-C ₂₅	-C ₁₃
C ₂₀	-C ₀₄	C ₂₈	C ₁₂	-C ₁₂	-C ₂₈	C ₀₄	-C ₂₀	-C ₂₀	C ₀₄	-C ₂₈	-C ₁₂	C ₁₂	C ₂₈	-C ₀₄	C ₂₀
C ₂₁	-C ₀₁	C ₂₃	C ₁₉	-C ₀₃	C ₂₅	C ₁₇	-C ₀₅	C ₂₇	C ₁₅	-C ₀₇	C ₂₉	C ₁₃	-C ₀₉	C ₃₁	C ₁₁
C ₂₂	-C ₀₂	C ₁₈	C ₂₆	-C ₀₆	C ₁₄	C ₃₀	-C ₃₀	C ₁₆	-C ₃₀	-C ₁₄	C ₀₆	-C ₂₆	-C ₁₈	C ₀₂	-C ₂₂
C ₂₃	-C ₀₃	C ₁₃	-C ₂₁	-C ₁₅	C ₀₉	-C ₂₁	-C ₂₉	C ₀₇	-C ₁₁	C ₂₉	C ₂₇	-C ₀₁	C ₁₉	C ₂₇	-C ₀₉
C ₂₄	-C ₀₈	C ₀₀	-C ₂₄	-C ₂₄	C ₀₈	-C ₀₈	C ₂₄	C ₂₄	-C ₀₈	C ₀₈	-C ₂₄	-C ₂₄	C ₀₈	-C ₀₈	C ₂₄
C ₂₅	-C ₁₁	C ₀₅	-C ₁₇	C ₁₁	C ₁₉	-C ₀₅	C ₀₉	-C ₂₃	-C ₂₇	C ₁₃	-C ₀₁	C ₁₉	-C ₂₉	-C ₂₁	C ₀₇
C ₂₆	-C ₁₄	C ₀₂	-C ₁₀	C ₂₇	C ₃₀	-C ₃₀	C ₀₆	-C ₀₆	C ₁₈	-C ₂₀	-C ₂₂	C ₁₀	-C ₀₂	C ₁₄	-C ₂₆
C ₂₇	-C ₁₇	C ₀₇	-C ₀₂	C ₁₃	-C ₂₂	-C ₃₁	C ₂₁	-C ₁₁	C ₀₁	-C ₀₉	C ₁₉	-C ₂₉	-C ₂₃	C ₁₃	-C ₀₃
C ₂₈	-C ₂₀	C ₁₂	-C ₀₁	C ₀₄	-C ₁₂	C ₂₀	-C ₂₀	-C ₂₈	C ₂₀	-C ₁₂	C ₀₄	-C ₀₄	C ₁₂	-C ₂₀	C ₂₈
C ₂₉	-C ₂₃	C ₁₇	-C ₁₁	C ₀₅	-C ₀₁	C ₀₇	-C ₁₃	C ₁₉	-C ₂₅	C ₂₁	C ₂₇	-C ₂₁	C ₁₃	-C ₀₉	C ₀₃
C ₃₀	-C ₂₆	C ₂₂	-C ₁₈	C ₁₄	-C ₁₀	C ₀₆	-C ₀₂	C ₀₂	-C ₀₆	C ₁₀	-C ₁₄	C ₁₈	-C ₂₂	C ₂₆	-C ₃₀
C ₃₁	-C ₂₉	C ₂₇	-C ₂₅	C ₂₃	-C ₂₁	C ₁₉	-C ₁₇	C ₁₅	-C ₁₃	C ₁₁	-C ₀₉	C ₀₇	-C ₀₅	C ₀₃	-C ₀₁

矩阵 K3 具体表示如下：

K3 =

C ₀₀	-C ₀₀	-C ₀₀	C ₀₅	C ₀₀	-C ₀₀	-C ₀₀	C ₀₀	C ₀₀	-C ₀₀	-C ₀₀	C ₀₀	C ₀₀	-C ₀₀	-C ₀₀	C ₀₀
-C ₁₃	-C ₁₉	C ₁₁	C ₂₃	-C ₀₇	-C ₂₇	C ₀₃	C ₃₁	-C ₀₁	C ₂₉	C ₀₅	-C ₂₃	-C ₀₉	C ₂₁	C ₁₃	-C ₁₇
-C ₁₈	C ₁₀	C ₂₆	-C ₀₂	C ₃₀	C ₀₆	-C ₂₂	-C ₁₄	C ₁₄	C ₂₂	-C ₀₆	-C ₃₀	C ₀₂	-C ₂₆	-C ₁₀	C ₁₈
C ₁₃	C ₂₅	-C ₀₁	C ₂₇	C ₁₁	-C ₁₅	-C ₂₃	C ₀₁	-C ₂₉	-C ₀₉	C ₁₇	C ₂₁	-C ₀₅	C ₂₄	C ₀₇	-C ₁₉
C ₂₀	-C ₀₄	C ₂₈	C ₁₂	-C ₁₂	-C ₂₈	C ₀₄	-C ₂₀	-C ₂₀	C ₀₄	-C ₂₈	-C ₁₂	C ₁₂	C ₂₈	-C ₀₄	C ₂₀
-C ₁₁	-C ₃₁	C ₀₉	-C ₁₃	-C ₂₉	C ₀₇	-C ₁₅	-C ₂₇	C ₂₅	-C ₁₇	-C ₂₅	C ₀₃	-C ₁₉	-C ₃₁	C ₀₁	-C ₂₁
-C ₂₂	C ₀₂	-C ₁₈	-C ₂₆	C ₀₆	-C ₁₄	-C ₃₀	C ₁₀	-C ₁₀	C ₃₀	C ₁₄	-C ₀₆	C ₂₆	C ₁₈	-C ₀₂	C ₂₂
C ₀₉	-C ₂₇	-C ₁₃	C ₀₁	-C ₁₇	-C ₂₉	C ₁₁	-C ₀₇	C ₂₅	C ₂₁	-C ₀₃	C ₁₅	C ₃₁	-C ₁₃	C ₀₅	-C ₂₃
C ₂₄	-C ₀₈	C ₀₀	-C ₂₄	-C ₂₄	C ₀₈	-C ₀₈	C ₂₄	C ₂₄	-C ₀₈	C ₀₈	-C ₂₄	-C ₂₄	C ₀₈	-C ₀₈	C ₂₄
-C ₀₇	C ₂₁	C ₂₉	-C ₁₅	C ₀₁	-C ₁₃	C ₂₇	C ₂₃	-C ₀₉	C ₀₅	-C ₁₉	-C ₃₁	C ₁₇	-C ₀₁	C ₁₁	-C ₂₅
-C ₂₆	C ₁₄	-C ₀₂	C ₁₀	-C ₂₂	-C ₃₀	C ₁₈	-C ₀₆	C ₀₆	-C ₁₈	C ₃₀	C ₂₂	-C ₁₀	C ₀₂	-C ₁₄	C ₂₆
C ₀₅	-C ₁₅	C ₂₅	C ₂₉	-C ₁₉	C ₀₉	-C ₀₁	C ₁₁	-C ₂₁	C ₂₁	C ₂₅	-C ₁₅	C ₀₃	-C ₀₇	C ₁₇	-C ₂₇
C ₂₈	-C ₂₀	C ₁₂	-C ₀₄	C ₀₄	-C ₁₂	C ₂₀	-C ₂₀	-C ₂₈	C ₂₀	-C ₁₂	C ₀₄	-C ₀₄	C ₁₂	-C ₂₀	C ₂₈
-C ₀₃	C ₀₉	-C ₁₃	C ₂₁	-C ₂₇	-C ₂₁	C ₂₃	-C ₁₉	C ₁₃	-C ₀₇	C ₀₁	-C ₀₅	C ₁₁	-C ₂₇	C ₂₃	-C ₂₉
-C ₃₀	C ₂₆	-C ₂₂	C ₁₈	-C ₁₄	C ₁₀	-C ₀₆	C ₀₂	-C ₀₂	C ₀₆	-C ₁₀	C ₁₄	-C ₁₈	C ₂₂	-C ₂₆	C ₃₀
C ₀₁	-C ₀₃	C ₀₃	-C ₀₇	C ₀₉	-C ₁₁	C ₁₃	-C ₁₅	C ₁₇	-C ₁₉	C ₂₁	-C ₂₃	C ₂₅	-C ₂₇	C ₂₉	-C ₃₁

较小尺寸(4x4、8x8、16x16)整数离散余弦反变换的变换矩阵可以由变换矩阵 C32 X32

的各个系数组合而成,可以将这三个矩阵分别用 C4X4、C8X8 和 C16X16 来表示。变换矩阵 C16X16 的系数取值如下所示：

$$C16x16 = \begin{bmatrix} C_{00} & C_{00} & C_{00} & C_{00} & C_{00} & C_{20} & C_{00} & C_{20} & C_{00} & C_{00} & C_{00} & C_{00} & C_{00} & C_{00} & C_{00} & C_{00} \\ C_{02} & C_{06} & C_{10} & C_{14} & C_{18} & C_{22} & C_{26} & C_{30} & -C_{30} & -C_{26} & -C_{22} & -C_{18} & -C_{14} & -C_{10} & -C_{06} & -C_{02} \\ C_{04} & C_{12} & C_{20} & C_{28} & -C_{28} & -C_{20} & -C_{12} & -C_{04} & -C_{04} & -C_{12} & -C_{20} & -C_{28} & C_{28} & C_{20} & C_{12} & C_{04} \\ C_{06} & C_{18} & C_{30} & -C_{22} & -C_{18} & -C_{06} & -C_{14} & -C_{26} & C_{26} & C_{14} & C_{02} & C_{10} & -C_{22} & -C_{30} & -C_{18} & -C_{06} \\ C_{08} & C_{24} & -C_{24} & -C_{08} & -C_{08} & -C_{24} & C_{24} & C_{08} & C_{08} & C_{24} & -C_{24} & -C_{08} & -C_{08} & -C_{24} & C_{24} & C_{08} \\ C_{10} & C_{30} & -C_{14} & -C_{06} & -C_{26} & C_{18} & C_{02} & C_{22} & -C_{22} & -C_{02} & -C_{18} & C_{26} & C_{06} & C_{14} & -C_{30} & -C_{10} \\ C_{12} & -C_{28} & -C_{04} & -C_{20} & C_{20} & C_{04} & C_{28} & -C_{12} & -C_{12} & C_{28} & C_{04} & C_{20} & -C_{20} & -C_{04} & -C_{28} & C_{12} \\ C_{14} & -C_{22} & -C_{06} & C_{30} & C_{02} & C_{26} & -C_{10} & -C_{18} & C_{18} & C_{10} & -C_{26} & -C_{02} & -C_{30} & C_{06} & C_{22} & -C_{14} \\ C_{00} & -C_{00} & -C_{00} & C_{00} & C_{00} & -C_{00} & -C_{00} & C_{00} & C_{00} & -C_{00} & -C_{00} & C_{00} & C_{00} & -C_{00} & -C_{00} & C_{00} \\ C_{18} & -C_{18} & -C_{26} & C_{00} & -C_{30} & -C_{06} & C_{22} & C_{14} & -C_{14} & -C_{22} & C_{06} & C_{30} & -C_{02} & C_{26} & C_{18} & -C_{18} \\ C_{20} & -C_{04} & C_{28} & C_{12} & -C_{12} & -C_{28} & C_{04} & -C_{20} & -C_{20} & C_{04} & -C_{28} & -C_{12} & C_{12} & C_{28} & -C_{04} & C_{20} \\ C_{22} & -C_{02} & C_{18} & C_{26} & -C_{06} & C_{24} & C_{20} & -C_{10} & C_{10} & -C_{20} & -C_{14} & C_{06} & -C_{26} & -C_{18} & C_{02} & -C_{22} \\ C_{24} & -C_{08} & C_{08} & -C_{24} & -C_{24} & C_{08} & -C_{08} & C_{24} & C_{24} & -C_{08} & C_{08} & -C_{24} & -C_{24} & C_{08} & -C_{08} & C_{24} \\ C_{26} & -C_{14} & C_{02} & -C_{10} & C_{22} & C_{30} & -C_{18} & C_{06} & -C_{06} & C_{18} & -C_{30} & -C_{22} & C_{10} & -C_{02} & C_{14} & -C_{26} \\ C_{28} & -C_{20} & C_{12} & -C_{04} & C_{04} & -C_{12} & C_{20} & -C_{28} & -C_{28} & C_{20} & -C_{12} & C_{04} & -C_{04} & C_{12} & -C_{20} & C_{28} \\ C_{30} & -C_{26} & C_{22} & -C_{18} & C_{14} & -C_{10} & C_{06} & -C_{02} & C_{02} & -C_{06} & C_{10} & -C_{14} & C_{18} & -C_{22} & C_{26} & -C_{30} \end{bmatrix}$$

变换矩阵 C8X8 的系数取值如下所示：

$$C8x8 = \begin{bmatrix} C_{00} & C_{00} & C_{00} & C_{00} & C_{00} & C_{00} & C_{00} & C_{00} \\ C_{04} & C_{12} & C_{20} & C_{28} & -C_{28} & -C_{20} & -C_{12} & -C_{04} \\ C_{08} & C_{24} & -C_{24} & -C_{08} & -C_{08} & -C_{24} & C_{24} & C_{08} \\ C_{12} & -C_{28} & -C_{04} & -C_{20} & C_{20} & C_{04} & C_{28} & -C_{12} \\ C_{00} & -C_{00} & -C_{00} & C_{00} & C_{00} & -C_{00} & -C_{00} & C_{00} \\ C_{20} & -C_{04} & C_{28} & C_{12} & -C_{12} & -C_{28} & C_{04} & -C_{20} \\ C_{24} & -C_{08} & C_{08} & -C_{24} & -C_{24} & C_{08} & -C_{08} & C_{24} \\ C_{28} & -C_{20} & C_{12} & -C_{04} & C_{04} & -C_{12} & C_{20} & -C_{28} \end{bmatrix}$$

变换矩阵 C4X4 的系数取值如下所示：

$$C4x4 = \begin{bmatrix} C_{00} & C_{00} & C_{00} & C_{00} \\ C_{08} & C_{24} & -C_{24} & -C_{08} \\ C_{00} & -C_{00} & -C_{00} & C_{00} \\ C_{24} & -C_{08} & C_{08} & -C_{24} \end{bmatrix}$$

整个二维整数离散余弦反变换的实现框图如图 2 所示，图中的圆圈代表两个数相加

的加法,连线下方的“-”代表将输入的加数取负值。行变换和列变换操作可以共用同一个一维整数离散余弦反变换模块,提高了系统的复用性,降低了整个系统的实现成本。本步骤具体介绍了将二维整数离散余弦反变换变成两个一维整数离散余弦反变换的方法。随后的第 2-6 步骤具体介绍一维整数离散余弦反变换的实现方法。

[0025] (2) 采用多输出常系数乘法器对输入的待变换系数进行乘法操作。

[0026] 对于 32 点一维整数离散余弦反变换,令输入的待变换向量 Y32 为:

$$Y32 = [Y00, Y01, Y02, Y03, Y04, Y05, Y06, Y07, Y08, Y09, Y10, Y11, Y12, Y13, Y14, Y15, Y16, Y17, Y18, Y19, Y20, Y21, Y22, Y23, Y24, Y25, Y26, Y27, Y28, Y29, Y30, Y31]$$

将向量 Y32 的 32 个待变换系数分为四组:第一组为 Y00、Y16、Y08、Y24, 第二组为 Y04、Y20、Y12、Y28, 第三组为 Y02、Y18、Y10、Y26、Y06、Y22、Y14、Y30, 第四组为 Y01、Y17、Y09、Y25、Y05、Y21、Y13、Y29、Y03、Y19、Y11、Y27、Y07、Y23、Y15、Y31;第一组的四个系数作为多输出常系数乘法器 MCM0 的输入,第二组的四个系数作为多输出常系数乘法器 MCM1 的输入,第三组的八个系数作为多输出常系数乘法器 MCM2 的输入,第四组的十六个系数作为多输出常系数乘法器 MCM3 的输入。

[0027] 对于 16 点一维整数离散余弦反变换,令输入的待变换向量 Y16 为:

$$Y16 = [Y00, Y02, Y04, Y06, Y08, Y10, Y12, Y14, Y16, Y18, Y20, Y22, Y24, Y26, Y28, Y30]$$

将向量 Y16 的 16 个待变换系数分为三组:第一组为 Y00、Y16、Y08、Y24, 第二组为 Y04、Y20、Y12、Y28, 第三组为 Y02、Y18、Y10、Y26、Y06、Y22、Y14、Y30;第一组的四个系数作为多输出常系数乘法器 MCM0 的输入,第二组的四个系数作为多输出常系数乘法器 MCM1 的输入,第三组的八个系数作为多输出常系数乘法器 MCM2 的输入,多输出常系数乘法器 MCM3 的输入全部取 0。

[0028] 对于 8 点一维整数离散余弦反变换,令输入的待变换向量 Y8 为:

$$Y8 = [Y00, Y04, Y08, Y12, Y16, Y20, Y24, Y28]$$

将向量 Y8 的 8 个待变换系数分为两组:第一组为 Y00、Y16、Y08、Y24, 第二组为 Y04、Y20、Y12、Y28;第一组的四个系数作为多输出常系数乘法器 MCM0 的输入,第二组的四个系数作为多输出常系数乘法器 MCM1 的输入,多输出常系数乘法器 MCM2 和 MCM3 的输入全部取 0。

[0029] 对于 4 点一维整数离散余弦反变换,令输入的待变换向量 Y4 为:

$$Y4 = [Y00, Y08, Y16, Y24]$$

向量 Y4 的 4 个待变换系数作为多输出常系数乘法器 MCM0 的输入,多输出常系数乘法器 MCM1、MCM2 和 MCM3 的输入全部取 0。

[0030] 图 3、4、5、6 分别是多输出常系数乘法器 MCM0、MCM1、MCM2 和 MCM3 的内部结构框图。图 3、4、5、6 中的各个常系数 $C_{i,j}$ ($0 \leq i \leq 31$, $0 \leq j \leq 31$), 即为变换矩阵 C4、C8、C16、C32 中的变换系数。对于某一个特定的视频标准, MCM0 模块需要计算四组常系数乘法的结果:第一组为 $C00*Y00$, 图 3 中记为 P0;第二组为 $C00*Y16$ 和 $-C00*Y16$, 将 2 个结果整合为一个数组, 图 3 中记为 P1;第三组为 $C24*Y08$ 和 $C08*Y08$, 将 2 个结果整合为一个数组, 图 3 中记为 P2;第四组为 $-C08*Y24$ 和 $C24*Y24$, 将 2 个结果整合为一个数组, 图 3 中记为 P3。

[0031] 同理, MCM1 模块需要计算四组常系数乘法的结果:第一组为 $C04*Y04$ 、 $C12*Y04$ 、 $C20*Y04$ 和 $C28*Y04$, 将 4 个结果整合为一个数组, 图 4 中记为 P4;第二组为

$C20*Y20$ 、 $-C04*Y20$ 、 $C28*Y20$ 和 $C12*Y20$ ，将 4 个结果整合为一个数组，图 4 中记为 P5；第三组为 $C12*Y12$ 、 $-C28*Y12$ 、 $-C04*Y12$ 和 $-C20*Y12$ ，将 4 个结果整合为一个数组，图 4 中记为 P6；第四组为 $-C08*Y24$ 和 $C24*Y24$ ，将 4 个结果整合为一个数组，图 4 中记为 P7。

[0032] MCM2 模块需要计算八组常系数乘法的结果：第一组为 $C02*Y02$ 、 $C06*Y02$ 、 $C10*Y02$ 、 $C14*Y02$ 、 $C18*Y02$ 、 $C22*Y02$ 、 $C26*Y02$ 和 $C30*Y02$ ，将 8 个结果整合为一个数组，图 5 中记为 P8；第二组为 $C18*Y18$ 、 $-C10*Y18$ 、 $-C26*Y18$ 、 $C02*Y18$ 、 $-C30*Y18$ 、 $-C06*Y18$ 、 $C22*Y18$ 和 $-C10*Y18$ ，将 8 个结果整合为一个数组，图 5 中记为 P9；第三组为 $C10*Y10$ 、 $C30*Y10$ 、 $-C14*Y10$ 、 $-C06*Y10$ 、 $-C26*Y10$ 、 $C18*Y10$ 、 $C02*Y10$ 和 $C22*Y10$ ，将 8 个结果整合为一个数组，图 5 中记为 P10；第四组为 $C26*Y26$ 、 $-C14*Y26$ 、 $C02*Y26$ 、 $-C10*Y26$ 、 $C22*Y26$ 、 $C30*Y26$ 、 $-C18*Y26$ 和 $C06*Y26$ ，将 8 个结果整合为一个数组，图 5 中记为 P11；第五组为 $C06*Y06$ 、 $C18*Y06$ 、 $C30*Y06$ 、 $-C22*Y06$ 、 $-C10*Y06$ 、 $-C02*Y06$ 、 $-C14*Y06$ 和 $-C26*Y06$ ，将 8 个结果整合为一个数组，图 5 中记为 P12；第六组为 $C22*Y22$ 、 $-C02*Y22$ 、 $C18*Y22$ 、 $C26*Y22$ 、 $-C06*Y22$ 、 $C14*Y22$ 、 $C30*Y22$ 和 $-C10*Y22$ ，将 8 个结果整合为一个数组，图 5 中记为 P13；第七组为 $C14*Y14$ 、 $-C22*Y14$ 、 $-C06*Y14$ 、 $C30*Y14$ 、 $C02*Y14$ 、 $C26*Y14$ 、 $-C10*Y14$ 和 $-C18*Y14$ ，将 8 个结果整合为一个数组，图 5 中记为 P14；第八组为 $C30*Y30$ 、 $-C26*Y30$ 、 $C22*Y30$ 、 $-C18*Y30$ 、 $C14*Y30$ 、 $-C10*Y30$ 、 $C06*Y30$ 、和 $-C02*Y30$ ，将 8 个结果整合为一个数组，图 5 中记为 P15。

[0033] MCM3 模块需要计算 16 组常系数乘法的结果：第一组为 $C01*Y01$ 、 $C17*Y01$ 、 $C09*Y01$ 、 $C25*Y01$ 、 $C05*Y01$ 、 $C21*Y01$ 、 $C13*Y01$ 、 $C29*Y01$ 、 $C03*Y01$ 、 $C19*Y01$ 、 $C11*Y01$ 、 $C27*Y01$ 、 $C07*Y01$ 、 $C23*Y01$ 、 $C15*Y01$ 和 $C31*Y01$ ，将 16 个结果整合为一个数组，图 6 中记为 P16；第二组为 $C17*Y17$ 、 $-C13*Y17$ 、 $-C21*Y17$ 、 $C09*Y17$ 、 $C25*Y17$ 、 $-C05*Y17$ 、 $-C29*Y17$ 、 $C01*Y17$ 、 $-C31*Y17$ 、 $-C03*Y17$ 、 $C27*Y17$ 、 $C07*Y17$ 、 $-C23*Y17$ 、 $-C11*Y17$ 、 $C19*Y17$ 和 $C15*Y17$ ，将 16 个结果整合为一个数组，图 6 中记为 P17；第三组为 $C09*Y09$ 、 $C27*Y09$ 、 $-C19*Y09$ 、 $-C01*Y09$ 、 $-C17*Y09$ 、 $C29*Y09$ 、 $C11*Y09$ 、 $C07*Y09$ 、 $C25*Y09$ 、 $-C21*Y09$ 、 $-C03*Y09$ 、 $-C15*Y09$ 、 $C31*Y09$ 、 $C13*Y09$ 、 $C05*Y09$ 、 $C23*Y09$ ，将 16 个结果整合为一个数组，图 6 中记为 P18；第四组为 $C25*Y25$ 、 $-C11*Y25$ 、 $C03*Y25$ 、 $-C17*Y25$ 、 $C31*Y25$ 、 $C19*Y25$ 、 $-C05*Y25$ 、 $C09*Y25$ 、 $-C23*Y25$ 、 $-C27*Y25$ 、 $C13*Y25$ 、 $-C01*Y25$ 、 $C15*Y25$ 、 $-C29*Y25$ 、 $-C21*Y25$ 和 $C07*Y25$ ，将 16 个结果整合为一个数组，图 6 中记为 P19；第五组为 $C05*Y05$ 、 $C15*Y05$ 、 $C25*Y05$ 、 $-C29*Y05$ 、 $-C19*Y05$ 、 $-C09*Y05$ 、 $-C01*Y05$ 、 $-C11*Y05$ 、 $-C21*Y05$ 、 $-C31*Y05$ 、 $C23*Y05$ 、 $C13*Y05$ 、 $C03*Y05$ 、 $C07*Y05$ 、 $C17*Y05$ 和 $C27*Y05$ ，将 16 个结果整合为一个数组，图 6 中记为 P20；第六组为 $C21*Y21$ 、 $-C01*Y21$ 、 $C23*Y21$ 、 $C19*Y21$ 、 $-C03*Y21$ 、 $C25*Y21$ 、 $C17*Y21$ 、 $-C05*Y21$ 、 $C27*Y21$ 、 $C15*Y21$ 、 $-C07*Y21$ 、 $C29*Y21$ 、 $C13*Y21$ 、 $-C09*Y21$ 、 $C31*Y21$ 和 $C11*Y21$ ，将 16 个结果整合为一个数组，图 6 中记为 P21；第七组为 $C13*Y13$ 、 $-C25*Y13$ 、 $-C01*Y13$ 、 $-C27*Y13$ 、 $C11*Y13$ 、 $C15*Y13$ 、 $-C23*Y13$ 、 $-C03*Y13$ 、 $-C29*Y13$ 、 $C09*Y13$ 、 $C17*Y13$ 、 $-C21*Y13$ 、 $-C05*Y13$ 、 $-C31*Y13$ 、 $C07*Y13$ 和 $C19*Y13$ ，将 16 个结果整合为一个数组，图 6 中记为 P22；第八组为 $C29*Y29$ 、 $-C23*Y29$ 、 $C17*Y29$ 、 $-C11*Y29$ 、 $C05*Y29$ 、 $-C01*Y29$ 、 $C07*Y29$ 、 $-C13*Y29$ 、 $C19*Y29$ 、 $-C25*Y29$ 、 $C31*Y29$ 、 $C27*Y29$ 、 $-C21*Y29$ 、 $C15*Y29$ 、 $-C09*Y29$ 和 $C03*Y29$ ，将 16 个结果整合为一个数组，图 6 中记为 P23；第九组为 $C03*Y03$ 、 $C09*Y03$ 、 $C15*Y03$ 、 $C21*Y03$ 、 $C27*Y03$ 、 $-C31*Y03$ 、 $-C25*Y03$ 、 $-C19*Y03$ 、 $-C13*Y03$ 、 $-C07*Y03$ 、 $-C01*Y03$ 、 $-C05*Y03$ 、 $-C11*Y03$ 、 $-C17*Y03$ 、 $-C23*Y03$ 、 $-C29*Y03$ ，将 16 个结果整合为一个数组，图 6 中

记为 P24 ;第十组为 C19*Y19、-C07*Y19、-C31*Y19、C05*Y19、-C21*Y19、-C17*Y19、C09*Y19、C29*Y19、-C03*Y19、C23*Y19、C15*Y19、-C11*Y19、-C27*Y19、C01*Y19、-C25*Y19、-C13*Y19, 将 16 个结果整合为一个数组,图 6 中记为 P25 ;第十一组为 C11*Y11、-C31*Y11、-C09*Y11、-C13*Y11、C29*Y11、C07*Y11、C15*Y11、-C27*Y11、-C05*Y11、-C17*Y11、C25*Y11、C03*Y11、C19*Y11、-C23*Y11、-C01*Y11、-C21*Y11, 将 16 个结果整合为一个数组,图 6 中记为 P26 ;第十二组为 C27*Y27、-C17*Y27、C07*Y27、-C03*Y27、C13*Y27、-C23*Y27、-C31*Y27、C21*Y27、-C11*Y27、C01*Y27、-C09*Y27、C19*Y27、-C29*Y27、-C25*Y27、C15*Y27、-C05*Y27, 将 16 个结果整合为一个数组,图 7 中记为 P27 ;第十三组为 C07*Y07、C21*Y07、-C29*Y07、-C15*Y07、-C01*Y07、-C13*Y07、-C27*Y07、C23*Y07、C09*Y07、C05*Y07、C19*Y07、-C31*Y07、-C17*Y07、-C03*Y07、-C11*Y07、-C25*Y07, 将 16 个结果整合为一个数组,图 6 中记为 P28 ;第十四组为 C23*Y23、-C05*Y23、C13*Y23、-C31*Y23、-C15*Y23、C03*Y23、-C21*Y23、-C25*Y23、C07*Y23、-C11*Y23、C29*Y23、C17*Y23、-C01*Y23、C19*Y23、C27*Y23、-C09*Y23, 将 16 个结果整合为一个数组,图 6 中记为 P29 ;第十五组为 C15*Y15、-C19*Y15、-C11*Y15、C23*Y15、C07*Y15、-C27*Y15、-C03*Y15、C31*Y15、C01*Y15、C29*Y15、-C05*Y15、-C25*Y15、C09*Y15、C21*Y15、-C13*Y15、-C17*Y15, 将 16 个结果整合为一个数组,图 6 中记为 P30 ;第十六组为 C31*Y31、-C29*Y31、C27*Y31、-C25*Y31、C23*Y31、-C21*Y31、C19*Y31、-C17*Y31、C15*Y31、-C13*Y31、C11*Y31、-C09*Y31、C07*Y31、-C05*Y31、C03*Y31、-C01*Y31, 将 16 个结果整合为一个数组,图 6 中记为 P31。

[0034] 如果要支持多种视频标准,由于不同的视频标准规定了不同的变换系数 $C_{i,j}$,需要针对每一种标准都计算出相应 32 个乘法器输出结果(P0、P1、P2、P3、P4、P5、P6、P7、P8、P9、P10、P11、P12、P13、P14、P15、P16、P17、P18、P19、P20、P21、P22、P23、P24、P25、P26、P27、P28、P29、P30、P31),然后根据当前所支持的视频标准选出对应的结果作为输出。

[0035] (3)通过四组运算模块(B4x4、D4x4、D8x8 和 D16x16),对多输出常系数乘法器的输出进行处理。B4x4 模块为 4 点的蝶形运算模块,D4x4 模块为 4 点的加法树模块,D8x8 模块为 8 点的加法树模块,D16x16 为 16 点的加法树模块。

[0036] 4 点蝶形运算(B4x4)的流程如图 7 所示。步骤(2)中的输出 P0、P1、P2、P3 作为本次运算的输入,图中的圆圈代表两个数相加的加法,连线下方的“-”代表将输入的加数去负值。本次运算的结果分别记为 R0、R1、R2、R3。如果当前的变换尺寸是 4x4,那么 R0、R1、R2、R3 即为 4 点一维整数离散余弦反变换的结果。

[0037] 4 点加法树模块(D4X4)的整体框图如图 8 所示。步骤(2)中的输出 P4、P5、P6、P7 作为本次运算的输入,图中的圆圈代表两个数相加的加法。本次运算的结果分别记为 R4、R5、R6、R7。

[0038] 8 点加法树模块(D8X8)的整体框图如图 9 所示。步骤(2)中的输出 P8、P9、P10、P11、P12、P13、P14、P15 作为本次运算的输入,图中的圆圈代表两个数相加的加法,D4X4 代表上述的 4 点加法树模块。本次运算的结果分别记为 S8、S9、S10、S11、S12、S13、S14、S15。

[0039] 16 点加法树模块(D16X16)的整体框图如图 10 所示。步骤(2)中的输出 P16、P17、P18、P19、P20、P21、P22、P23、P24、P25、P26、P27、P28、P29、P30、P31,作为本次运算的输入,图中的圆圈代表两个数相加的加法,D8X8 代表上述的 8 点加法树模块。本次运算的结果分别记为 T16、T17、T18、T19、T20、T21、T22、T23、T24、T25、T26、T27、T28、T29、T30、T31。

[0040] (4) 以 $R_0, R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6, R_7$ 作为输入, 进行 8 点的蝶形运算。8 点的蝶形运算的流程如图 2 中黑框标示的 B8 模块所示。其结果即为 8 点一维整数离散余弦反变换的结果, 将其分别记为 $S_0, S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7$ 。

[0041] (5) 以 $S_0, S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7, S_8, S_9, S_{10}, S_{11}, S_{12}, S_{13}, S_{14}, S_{15}$ 作为输入, 进行 16 点的蝶形运算。16 点的蝶形运算的流程如图 2 中黑框标示的 B16 模块所示。其结果即为 16 点一维整数离散余弦反变换的结果, 将其分别记为 $T_0, T_1, T_2, T_3, T_4, T_5, T_6, T_7, T_8, T_9, T_{10}, T_{11}, T_{12}, T_{13}, T_{14}, T_{15}$ 。

[0042] (6) 以 $T_0, T_1, T_2, T_3, T_4, T_5, T_6, T_7, T_8, T_9, T_{10}, T_{11}, T_{12}, T_{13}, T_{14}, T_{15}, T_{16}, T_{17}, T_{18}, T_{19}, T_{20}, T_{21}, T_{22}, T_{23}, T_{24}, T_{25}, T_{26}, T_{27}, T_{28}, T_{29}, T_{30}, T_{31}$ 作为输入, 进行 32 点的蝶形运算。32 点的蝶形运算的流程如图 2 中黑框标示的 B32 模块所示。其结果即为 32 点一维整数离散余弦反变换的结果, 将其分别记为 $X_{00}, X_{01}, X_{02}, X_{03}, X_{04}, X_{05}, X_{06}, X_{07}, X_{08}, X_{09}, X_{10}, X_{11}, X_{12}, X_{13}, X_{14}, X_{15}, X_{16}, X_{17}, X_{18}, X_{19}, X_{20}, X_{21}, X_{22}, X_{23}, X_{24}, X_{25}, X_{26}, X_{27}, X_{28}, X_{29}, X_{30}, X_{31}$ 。

[0043] 对于变换尺寸为 4×4 的二维整数离散余弦反变换, 运算过程为第 1、2、3 步骤。对于变换尺寸为 8×8 的二维整数离散余弦反变换, 运算过程为第 1、2、3、4 步骤。对于变换尺寸为 16×16 的二维整数离散余弦反变换, 运算过程为第 1、2、3、4、5 步骤。对于变换尺寸为 32×32 的二维整数离散余弦反变换, 运算过程为第 1、2、3、4、5、6 步骤。从上述步骤可以看出, 各种不同变换尺寸的整数离散余弦反变换之间可以共享运算流程, 十分有利于降低硬件开销。同时, 如果需要支持新的视频标准, 只需要对步骤 2 中描述的多输出常系数乘法器作相应修改, 增加一组输出即可, 其它步骤无需作任何改动, 因此此方法具有非常灵活的扩展性。

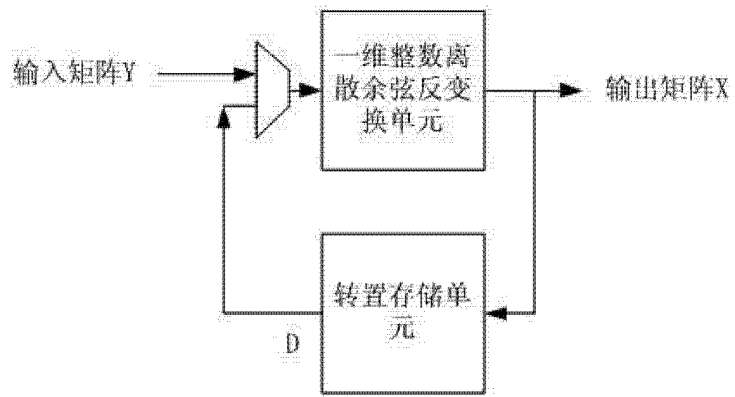


图 1

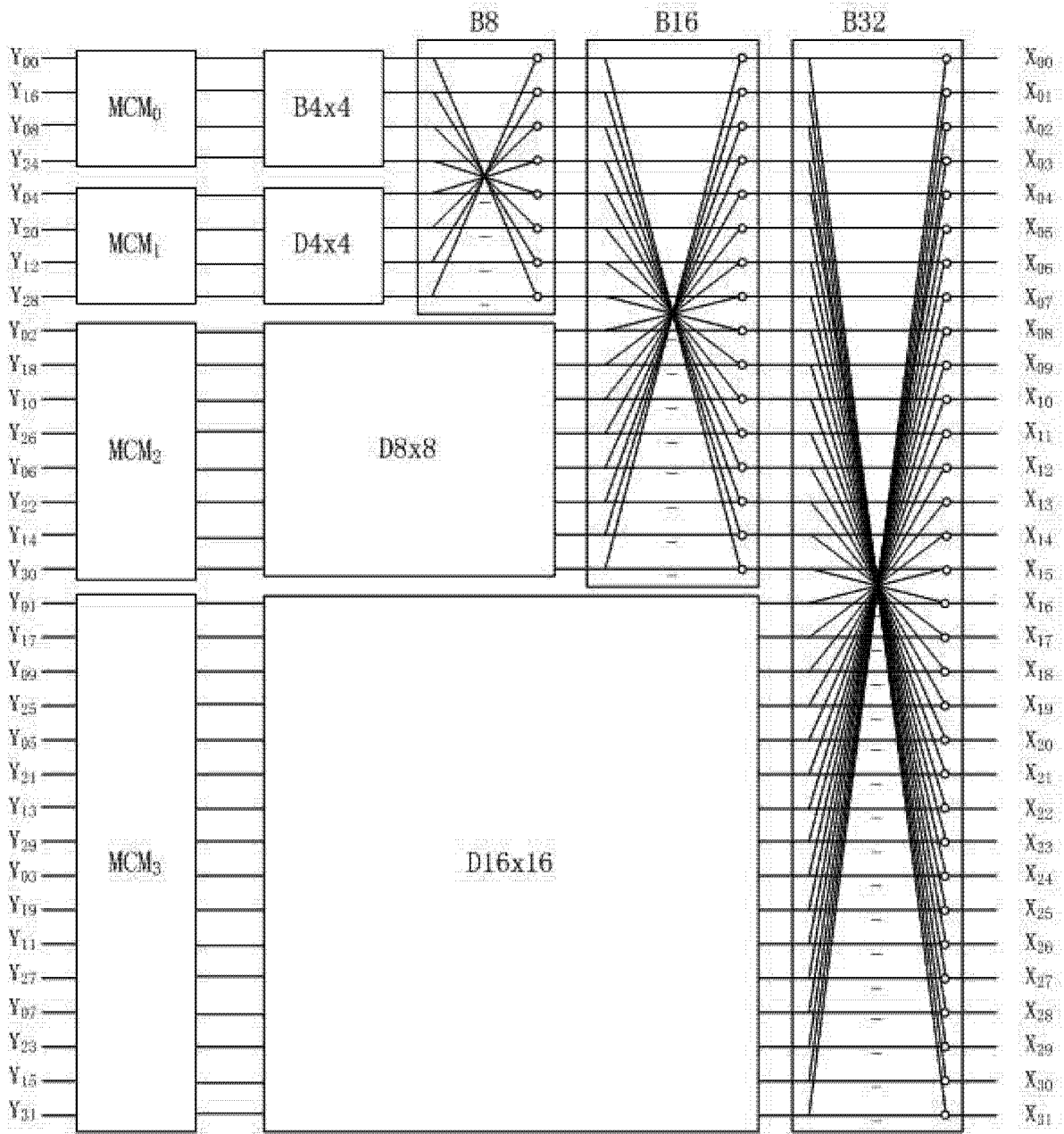


图 2

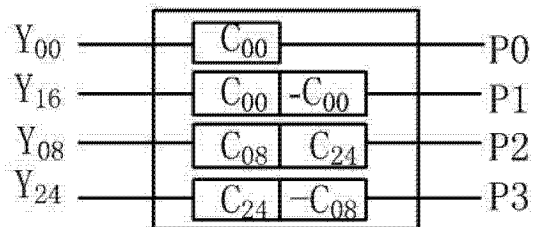


图 3

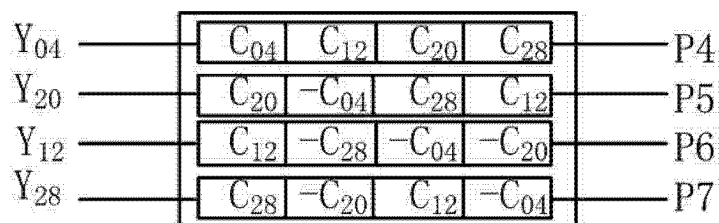


图 4

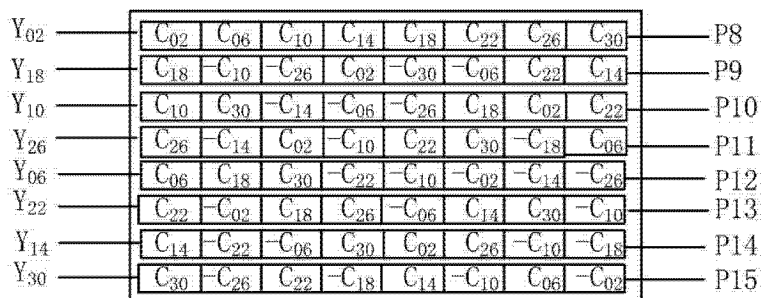


图 5

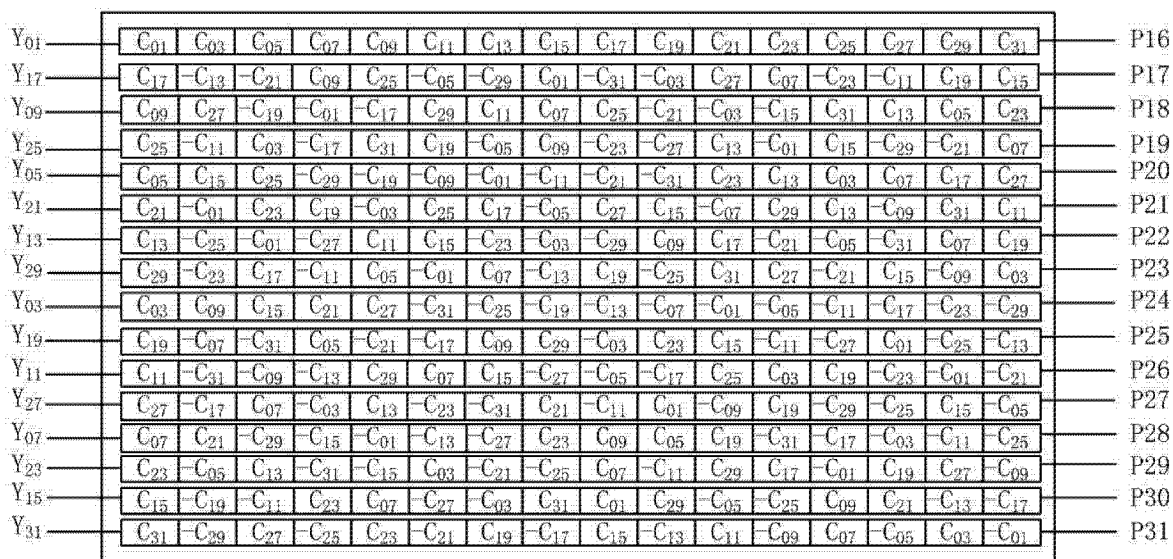


图 6

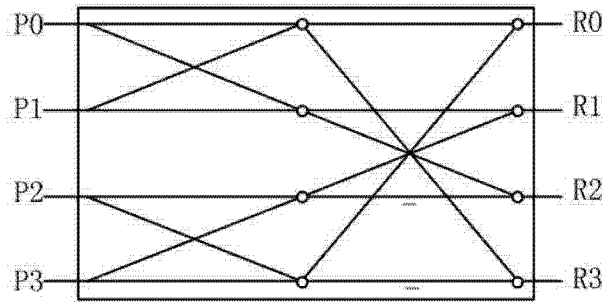


图 7

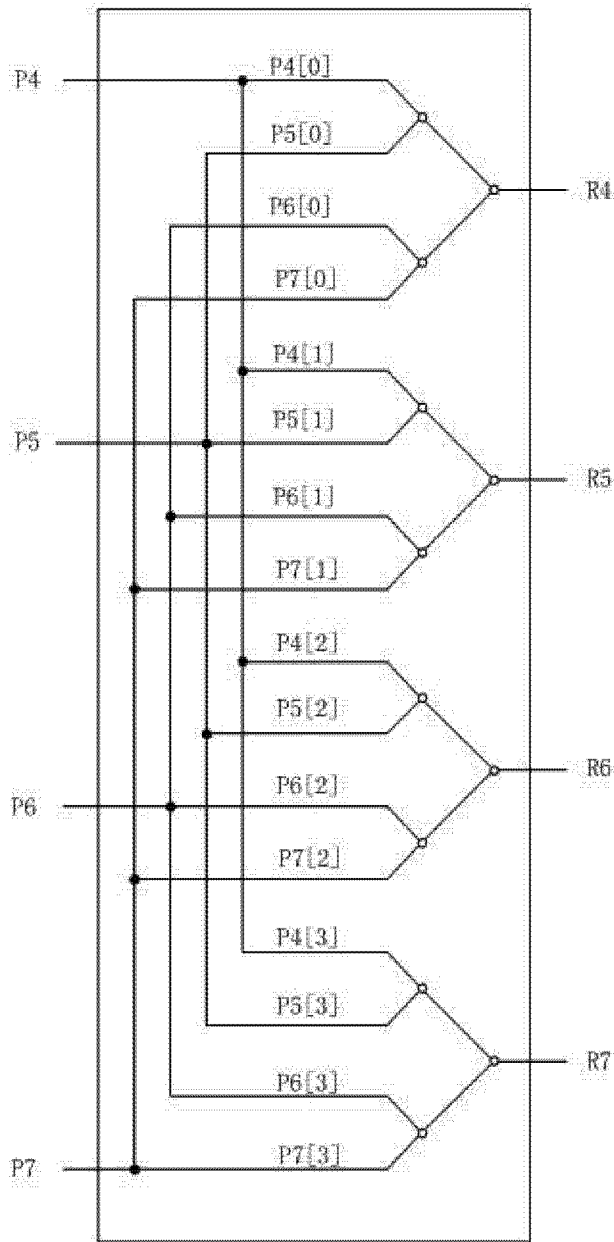


图 8

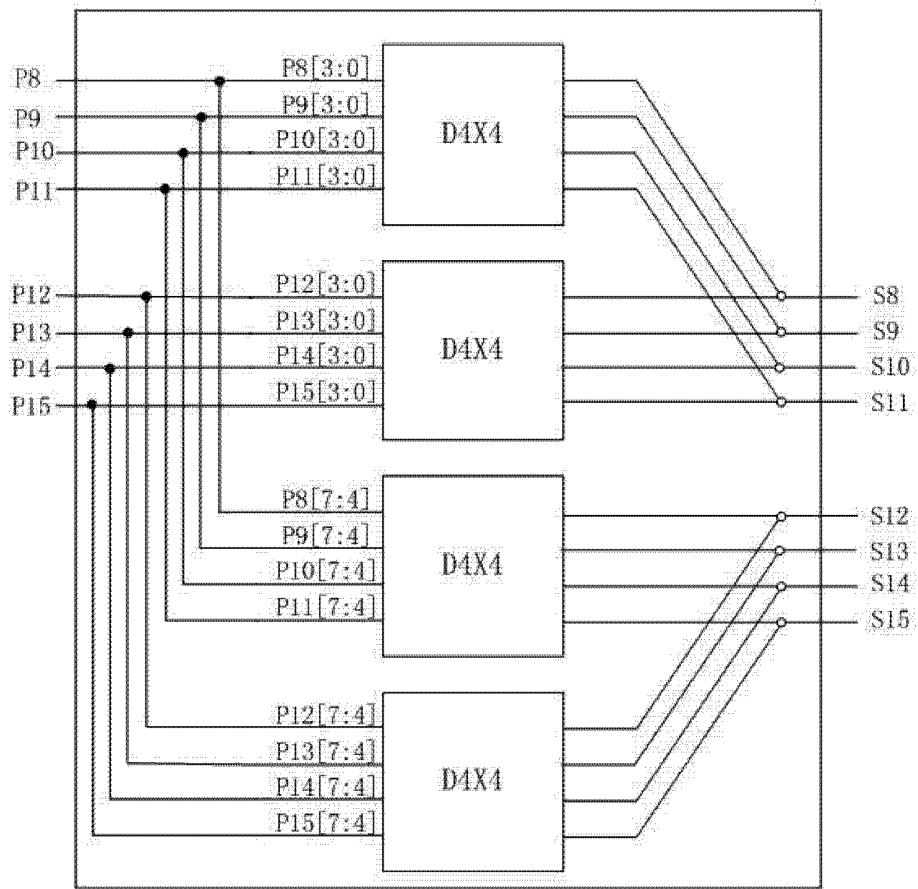


图 9

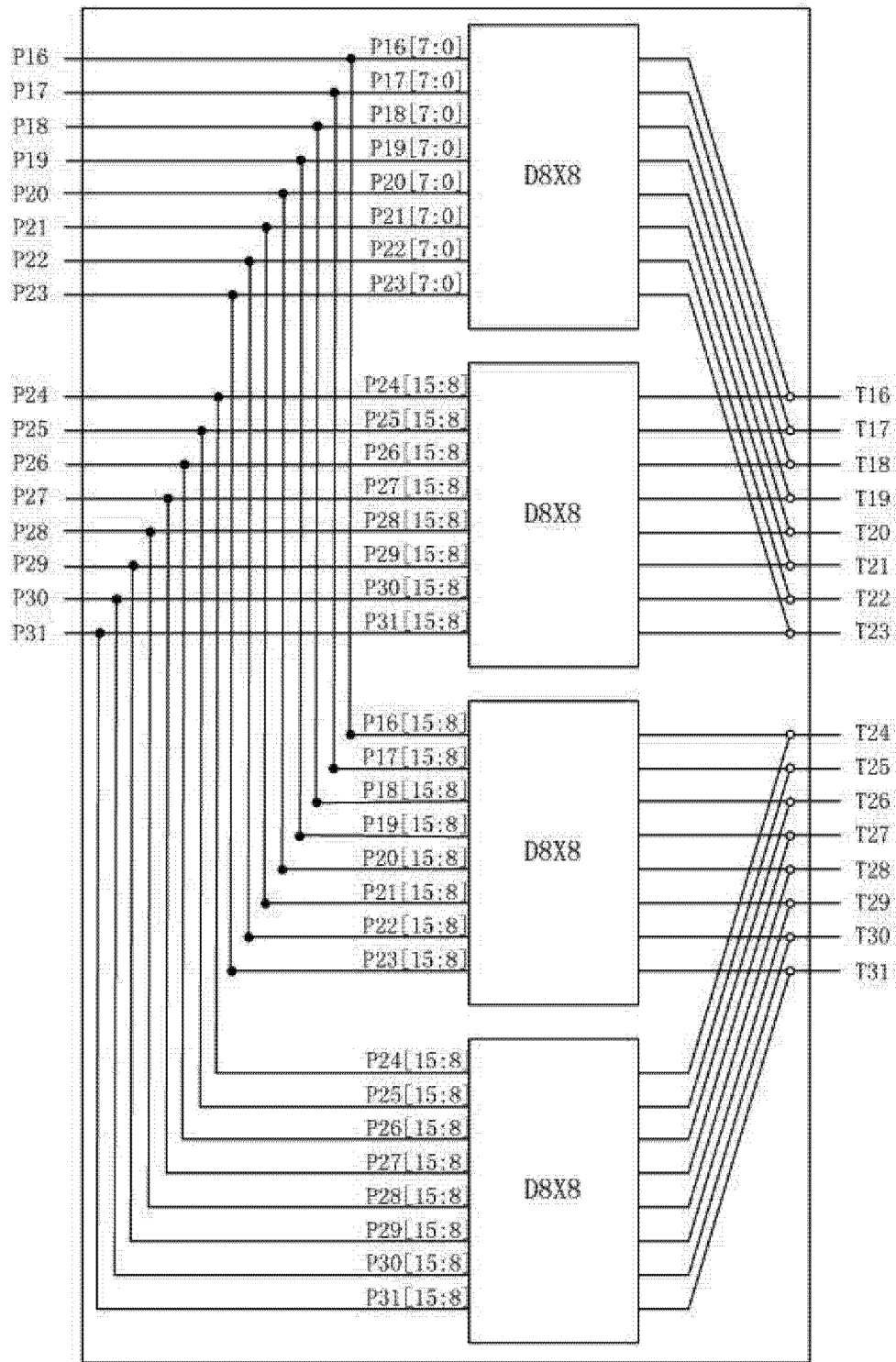


图 10