

双路可编程光学多重成像并行二值逻辑处理器

刘立人 张子北 郑艳玲

(中国科学院上海光学精密机械研究所, 上海 201800)

提 要

基于多重成像原理, 在本文中提出一种光学并行图像逻辑处理系统. 对输入图案用两个正像和两个补像进行编码. 通过光调制器控制, 可以实现逻辑操作的实时可编程. 而且, 该系统可以通过控制一组四个偏振片的状态实现独立的双输出逻辑通道, 每一个输出通道各有十六种逻辑功能. 文中也给出了实验结果.

关键词 数字光计算, 光逻辑, 并行处理.

1 引 言

光学系统具有并行处理二维数据的能力. 如何使用光学方法并行地实现布尔逻辑操作是数字光计算的一个重要研究内容. 过去, 人们已经提出了几种基于非线性空间编码的并行数字光逻辑系统, 如阴影投影(Shadow-casting)系统^[1,2], 空间滤波系统^[3,4]等. 以上两种方法由于具有一些缺点, 它们并不能用于一些实际的处理系统之中, 如光学细胞逻辑像处理器^[5,6]等. 作者曾经提出一种基于多重成像的光学并行逻辑操作系统^[7], 该系统的输入采用双轨编码, 输出可以为双轨形式, 此时可以实现级联操作; 另外, 也可以通过控制一组四个偏振片实现相互独立的双输出逻辑通道. 与阴影投影系统及空间滤波系统相比, 多重成像处理系统的像素分辨率有原则性的改进. 但是该结构由两级多重成像系统构成, 光强损耗较大. 本文提出一种多重成像的改进系统. 在改进的系统中, 用两个正像和两个补像对输入进行编码, 从而可以使系统的结构更为简单, 并克服了光强损耗大的缺点. 在该系统中, 同样可以通过控制一组四个偏振片实现相互独立的双输出逻辑通道. 该系统能实现双路 256 种组合逻辑操作, 适合于光学细胞逻辑像处理器内逻辑部份的要求^[8], 因而具有一定的实用意义.

2 原 理

图 1 所示为实现两个输入、一个输出情况下双值逻辑操作的光学系统结构. 用两个正像和两个补像对每一输入图案进行空间编码. 两个二值的输入变量图案 A 和 B 经编码后分别输入到液晶显示屏 LCP1 和 LCP2 中. 图中, \bar{A} 、 \bar{B} 分别为 A 、 B 的反转图案, 即 $\bar{A} = 1 - A$, $\bar{B} = 1 - B$. 这里, 透过表示逻辑“1”, 不透过表示逻辑“0”. 用扩展的非相干光源照明 LCP1, 透镜 L 将

LCP1 上的图案 1:1 的成像在 LCP2 上. 考虑到成像时的像反转关系, LCP1 上的图案已事先作了反转. 当然, 更简单的方法是把两液晶屏直接贴在一起, 这样便不需输入图像反转. LCP1 上的图案通过 LCP2 上的图案, 其透射实现相乘运算. 从 LCP2 出射的图案包括四个子图案: AB 、 $A\bar{B}$ 、 $\bar{A}B$ 和 $\bar{A}\bar{B}$, 如图 2 中所示. 设每一个子图案的宽度为 d_1 , 相邻子图案间的中心距离为 d_2 . 图

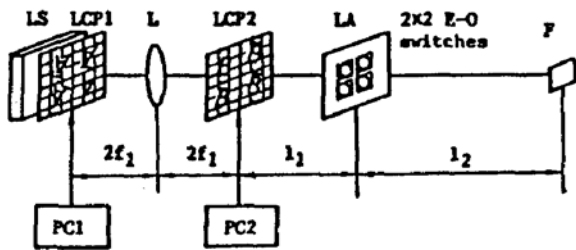


Fig. 1 Schematic diagram of multiple-imaging system for implementing the pattern logic operations

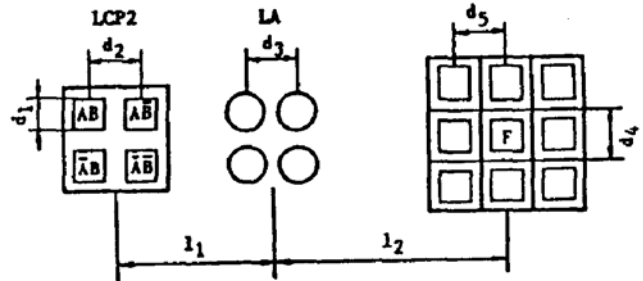


Fig. 2 Geometrical configuration of multiple-imaging logic system

1 中, LA 为 2×2 的透镜列阵, 透镜列阵相邻透镜间的中心距离为 d_3 . 透镜列阵中的每一个透镜分别对 LCP2 的出射图案成像, 因此, 在输出像面上共有 LCP2 出射图案的四个子像. 设相邻两个子像间的中心距离为 d_4 , 而每个子像中相邻子图案的中心距离为 d_5 . 物距 l_1 和像距 l_2 满足以下成像关系:

$$1/l_1 + 1/l_2 = 1/f, \quad (1)$$

式中, f 为透镜列阵中透镜的焦距. 放大率 M 为:

$$M = l_2/l_1. \quad (2)$$

因此, 子像中相邻子图案的中心距离 d_5 可以写为:

$$d_5 = Md_2. \quad (3)$$

而相邻两个子像的中心距离 d_4 可以写为:

$$d_4 = (1 + M)d_3. \quad (4)$$

在输出像面上若使四个子像进行如图 2 所示的叠合, 则必须满足 $d_4 = d_5$ 的几何关系, 即满足下式:

$$d_2 = (1 + 1/M)d_3 \quad (5)$$

在透镜列阵 LA 后, 有四个机械快门控制每个透镜的通光或不通光状态, 也可采用 2×2 的电光开关. 电光开关采用上海硅酸盐研究所生产的 PLZT 电光调制器, 它是由前后正交的两层偏振片中间夹一层带有叉状电极(间隔 1.25 mm)的 PLZT 组成, 其开关状态由外部电信号控制. 该 PLZT 调制器的口径为 $\phi 46$ mm, 开通透过率约 20%~30%左右. 用四个系数 p, q, r, s 分别表示四个透镜的开关的状态, 系数值为“1”, 表示“开”; 系数值为“0”表示“关”. 因此, 在输出像面的中心位置(图 2 中的中心图案), 输出图案 F 可以表示为:

$$F = PAB + qA\bar{B} + r\bar{A}B + s\bar{A}\bar{B} \quad (6)$$

p, q, r, s 共有十六种可能的组合, 相应于输出 F 的十六种逻辑功能. 因此, 通过机械控制或电控我们可以实现逻辑操作的实时编程.

以上系统实现的是两个输入、一个输出情况下的逻辑操作. 图 3 所示为实现两个输入、两个输出情况下二值逻辑操作的光学系统结构. 图 3 中相应于图 1 电光开关位置放置四个偏振

片 $P_1 - P_4$. 每一个偏振片的通光轴可以被设置成以下四种角种之一: 0° 、 45° 、 90° 和 135° . 照明光源仍采用扩展非相干光源, 但在透镜列阵 LA 前放置一起偏器 Q. 起偏器 Q 的偏振方向 45° (用矢量 $i+j$ 表示). 这样, 通过透镜列阵 LA 后的偏振片后, 相应于偏振片方向四种可能的角度, 出射光可以用矢量形式表示为: i 、 $i+j$ 、 j 和 0 . 在四个偏振片后, 用一分光镜 BS 将出射光分为两路. 一路光用偏振片 K_1 进行检偏, 另一路光用偏振片 K_2 进行检偏. 设 $K_1=i$ 、 $K_2=j$ 为两个偏振片 K_1 、 K_2 相互正交的检偏方向. 通过 K_1 、 K_2 后, 两路输出可以表示为:

$$F_1 = (K_1 \cdot P_1)AB + (K_1 \cdot P_2)A\bar{B} + (K_1 \cdot P_3)\bar{A}B + (K_1 \cdot P_4)\bar{A}\bar{B} \quad (7)$$

$$F_2 = (K_2 \cdot P_1)AB + (K_2 \cdot P_2)A\bar{B} + (K_2 \cdot P_3)\bar{A}B + (K_2 \cdot P_4)\bar{A}\bar{B} \quad (8)$$

the azimuth angle of P_i	0°	45°	90°	135°
$K_1 \cdot P_i$	1	1	0	0
$K_2 \cdot P_i$	0	1	1	0

表 1 所示为相应于偏振片 P_i 偏振方向四种可能的角度, 开关系数 $K_1 \cdot P_i$ 和 $K_2 \cdot P_i$ 的取值情况. 由表 1 可知, 相应于每一个偏振片偏振方向四种可能的角度, 通过一个透镜产生的两路输出两个像的开关系数 $K_1 \cdot P_i$ 和 $K_2 \cdot P_i$ 有四种可能的取值组合: $(0, 0)$ 、 $(0, 1)$ 、 $(1, 0)$ 、 $(1, 1)$, 即控制偏振片的偏振方向可独立控制两输出像的存在与否. 因此, 可以认为 $K_1 \cdot P_1 - K_1 \cdot P_4$ 和 $K_2 \cdot P_1 - K_2 \cdot P_4$ 是两组相互独立的开关系数. 两个输出 F_1 、 F_2 各有十六种不同的逻辑功能. 这样, 通过控制一组四个偏振片 $P_1 - P_4$ 的偏振方向, 便可以得到相互独立的两个逻辑输出 F_1 和 F_2 .

3 实验结果

首先进行了两个输入、两个输出情况下逻辑操作的实验. 实验装置如图 3 所示. 实验中选用放大机镜头作为透镜列阵, 其焦距为 90 mm, 相对孔径为 $1:4.5$. 相邻透镜间的中心距离 $d_s = 30$ mm. 用 $1:1$ 的成像关系, 即 $l_1 = l_2 = 2f = 180$ mm, $M = 1$. 因此(5)式可以得出在液晶屏 LCP1 和 LCP2 上相邻两个子图案的中心距离为 $d_2 = 60$ mm. 图 4 所示为两个原始输入图案 A

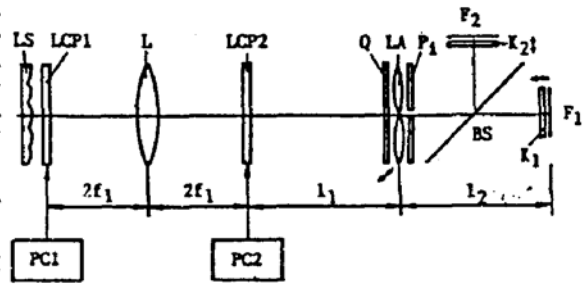


Fig. 3 System for implementing two independent pattern logic operations

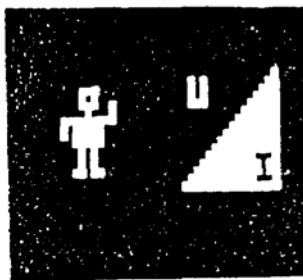


Fig. 4 Photograph of two input patterns (A-On the right; B-on the left)

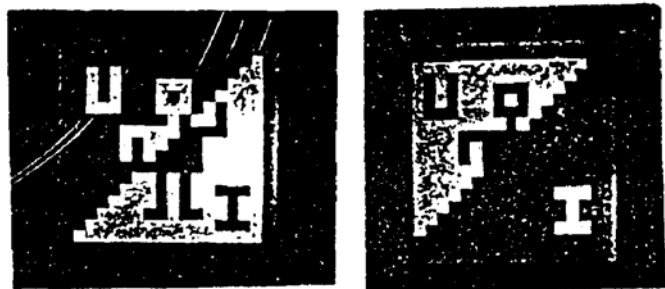


Fig. 5 Experimental results

和 B (摄于计算机屏幕). 图 5(a) 为一路的异或(XOR)逻辑输出, 图 5(b) 为另一路的或非(NOR)逻辑输出. XOR 输出需要 $K_1 \cdot P_i$ 和 $K_2 \cdot P_i$ 为 $(0, 1, 1, 0)$, NOR 输出需要 $K_2 \cdot P_i$ 和 $K_1 \cdot P_i$ 为 $(1, 1, 1, 0)$. 因此, 控制偏振片的方向分别为: P_1 为 90° , P_2 为 45° , P_3 为 45° , P_4 为 135° .

其次, 同时也进行了图 1 所示的单路输出的实验. 采用机械快门挡光时, 输出像亮度较高于采用 PLZT 调制器. 实验时输入图案与上述相同.

4 讨 论

本文提出了一种基于多重成像的光学并行逻辑操作系统. 以下从几个方面将该系统与其它逻辑操作系统进行比较.

1) 在空间滤波系统中, 实现光栅结构或散斑结构对像素的编码, 一般需要较多的像素面积使其包含足够的光栅或散斑结构. 阴影投影系统中, 对输入完成编码需要用四个像素. 本文中的系统与阴影系统一样, 实际上也需要用四个像素来编码输入图案的一个像素. 不同的是, 本文中的系统编码是用两个正像和两个补像来编码一个输入图案.

2) 阴影投影系统基于几何投影, 空间分辨率受到衍射的限制. 本文中的系统是成像系统, 因而具有较高的空间分辨率.

3) 本文中的系统可以通过控制一组四个偏振片得到两个相互独立的逻辑输出通道. 空间滤波法或阴影法实现双通道逻辑输出一般需要八个控制信号. 而且, 在阴影投影系统的逻辑输出面位置需要一个可变的周期分布的解码板, 在本文的系统中, 输出面位置不需要解码板.

4) 作者曾提出过的多重成像系统^[7], 由于两步成像中使用了中间散射屏而使光能损耗很大. 与此相比较, 这种方法虽然编码占用的像素数目扩大一倍, 但光学系统的结构却简化了, 光能损耗也降低了. 即使 PLZT 调制器引入较大的插入损耗(透过 $20\% \sim 30\%$), 但是还远胜于散射屏损耗(有效透过率百分之几). 因而本文中的逻辑系统更具有实用意义.

参 考 文 献

- [1] J. Tanida, Y. Ichioka, Optical logic array processor using shadow-grams, *J. Opt. Soc. Am.*, 1983, **73**(6): 800~809
- [2] Y. Ichioka, J. Tanida, Optical parallel logic gates using a shadow-casting system for optical digital computing, *Proc. IEEE*, 1984, **72**(7): 787~801
- [3] H. Bartelt, A. W. Lohmann, E. E. Sicre Optical logical processing in parallel with theta modulation, *J. Opt. Soc. Am.*, 1984, **1**(9): 944~951
- [4] J. Weigelt, Binary logic by spatial filtering, *Opt. Eng.*, 1987, **26**(1): 28~33
- [5] M. J. B. Duff, D. M. Watson, T. J. Fountain et al., A cellular logic array for image processing, *Pattern Recognition*, 1973, **5**: 229~247
- [6] K. Preston, M. J. B. Duff, S. Levialdi et al., Basics of cellular logic with some applications in medical image processing, *Proc. IEEE*, 1979, **67**(5): 826~859
- [7] L. Liu, X. Liu, Cascadable binary pattern logic processor using multiple-imaging, *Opt. Commun.*, 1991, **82**(5/6): 446~452
- [8] L. Liu, X. Liu, B. Cui, Optical programmable cellular logic array for image processing, *Appl. Opt.*, 1991, **30**(8): 943~949

Programmable optical parallel binary double-out logic processor based on multiple-imaging

LIU Liren ZHANG Zibei ZHENG Yanling

(Shanghai Institute of Optics & Fine Mechanics, Academia Sinica, Shanghai 201800)

(Received 19 June 1992)

Abstract

Based on multiple-imaging, an optical parallel pattern logic processor is proposed in this paper. The input pattern is encoded by the combination of two patterns and two negative patterns. All sixteen logic operations can be implemented, and the required logic functions in the two independent output channels can be redized by customizing the states of four polarizers. Experimental results are also presented.

Key words optical digital computing, optical logic, parallel processing

93' 青年学者激光学术讨论会在上海召开

由中国科学院和国家自然科学基金会联合主办,委托中国科学院上海光学精密机械研究所承办的 93' 青年学者激光学术讨论会于 1993 年 8 月 26~29 日在上海天马大酒店举行. 来自中国、美国、日本、英国、加拿大、澳大利亚、意大利、德国、法国等 9 个国家 80 余名青年学者参加了讨论会. 本届会议旨在增进我国留学人员与国内青年科技人员之间的学术交流、友谊和合作,促进我国的激光事业的发展.

在 27 日上午的开幕式上,中国光学界的前辈、学部委员王大衍教授就中国光学早期发展史为题,作了一个极为生动、有趣的报告,介绍了许多鲜为人知的史料,不仅使年青一代了解到我国光学事业起步之艰辛,也使与会的中年学者增进了知识,受到与会者热烈欢迎.

会议共收到 106 篇学术论文. 议题涉及到: 各类激光器件、基础研究、非线性光学、激光光谱、量子光学、光纤与光纤激光、全息与信息处理、元件与仪器以及激光应用等. 分宣讲与张贴两种形式进行了热烈而又活跃的学术交流和探讨. 与会的中、老年学者一致认为,这次青年学者的论文内容丰富且有深度、议题广泛又新颖,这样的交流为国内科研工作带来了国际学术动态前沿的信息,应该经常举行.

东道主上海光机所的工作人员,为了接待国内外青年学者的参观,放弃节假日做好实验室准备和接待表演工作,给参观代表留下深刻印象.

国家自然科学基金会和中国科学院院教育局领导分别召开了部份与会代表座谈会. 向海外青年学者介绍改革开放后国内的变化、科研体制改革和发展的概况,并表示殷切期望在海外青年学者以多种方式为建设祖国多贡献一份力量.

(黎 风)