

真值表查询式光学符号替换

陈历学 袁石夫 吕其昌 孙芳魁 王 勇

(哈尔滨工业大学应用物理系, 哈尔滨 150006)

提 要

本文提出了一种新的符号替换光学处理方法。采用互补编码和地点寻址的真值表查询, 构造了一种可进行返回运算的全加数字处理器。利用由液晶光阀构成的行逻辑器件对这一符号替换系统进行了实验验证并给出了实验结果。

关键词: 光计算, 真值表查询, 符号替换。

一、引 言

近几年来, 已经发表了好几种比较有效的光计算体系与结构, 其中真值表查询^[1~3]、光学符号替换^[4~6]、光学神经网络^[7]和先行进位^[8]等是几种较为新型的有前途的光计算体系结构。文献[1~3]用光学全息的方法, 实现了内容寻址的真值表查询, 最后的输出是光电信号, 和输入模式的编码方式不一致, 难以进行重复返回运算。而常规符号替换系统需要对图形平移后与原图形叠加, 然后进行逻辑操作, 结果使系统结构庞大。为了充分发挥真值表查询和符号替换的优越性, 同时克服各自存在的困难, 本文将真值表查询和符号替换结合起来, 提出了一种真值表查询式光学符号替换系统。采用这一系统构造了一种可以进行返回运算、完成高位数相加的全加器, 并利用由液晶光阀构成的行逻辑器件对该系统进行了实验演示和验证。

二、系统的原理描述

本文提出的真值表查询式光学符号替换系统结构框图如图1所示。它由查表输入平面、识别真值表模板、行或非逻辑平面、替换真值表模板和列或逻辑平面等五块平面构成。

该系统的数字图形模式采用光强互补编码方式^[9]。输入查表模式和输出模式的编码如图2(a)所示, 左白右黑为1、左黑右白为0; 而识别真值表模式的编码则采用如图2(b)所示的与图2(a)互补的方式, 左白右黑为0, 左黑右白为1。当查表输入模式与识别真值表模式重叠时, 其后出现的各种可能情况如图2(c)所示。只有当查表输入模式与识别真值表模式匹配时, 才能得到不含亮斑的全暗输出。

查表输入平面的编码方式是在图2(a)所示的编码的基础上扩展而成的竖条形。紧贴在查表输入平面后面是一个二值编码的识别真值表模板如图3所示, 包含了所有可能的查表输入模式对应的识别真值表模式。这样, 任何一个查表输入模式都会与识别真值表模板上

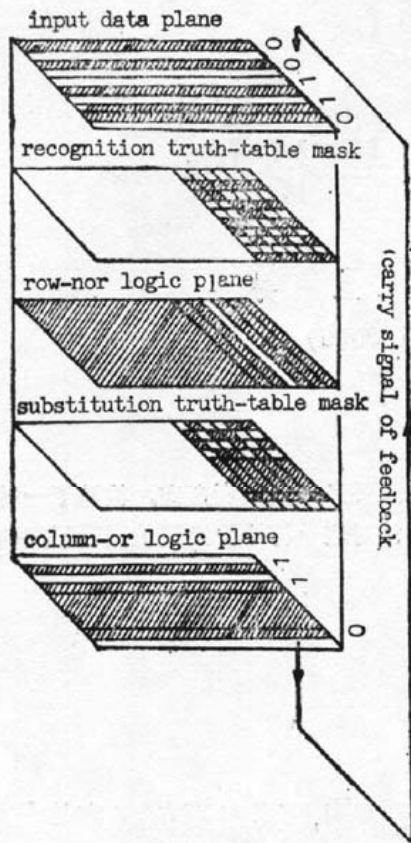


Fig. 1 Block diagram of the system

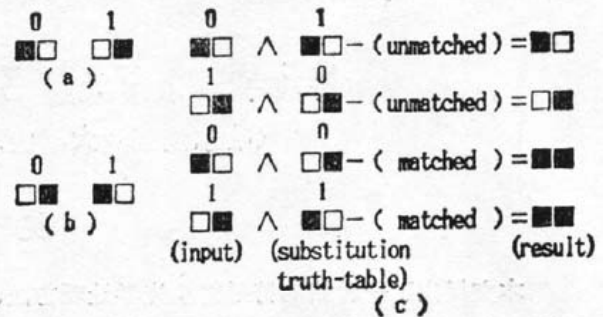


Fig. 2 Encoding method of one bit of patterns and matched results

- (a) Input, output pattern and substitution truth-table pattern;
- (b) Recognition truth-table pattern;
- (c) Unmatched and matched results of input pattern and recognition truth-table pattern

的唯一一个模式完全匹配从而导致这一行各个单元全黑。识别真值表模板后面是一个行或非逻辑平面。这个逻辑平面的特点是：对某一行而言，在这一行上只要有一个亮斑输入时，这一行的输出为全黑；只有当这一行上完全没有亮斑输入即为全黑时，该行的输出才是全亮。因而查表输入模式通过识别真值表模板和行或非逻辑平面之后，识别真值表模板中只有与查表输入模式完全匹配的那一行为全亮，其余各行皆为全黑，从而完成了对输入模式的识别过程。在识别过程中所射出的这一行亮光，照射到替换真值表模板上，将与查表输入模式对应的结果替换出来，这就完成了替换过程。为了使输出模式与输入模式的编码保持一

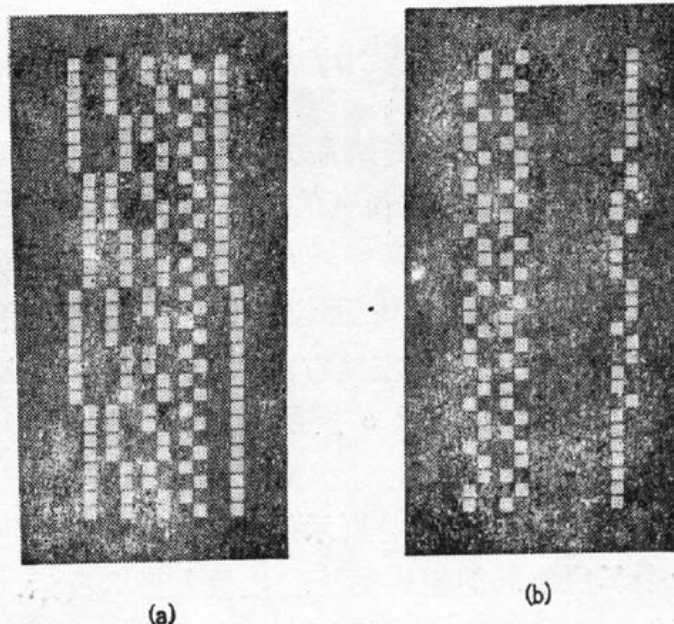


Fig. 3 Truth-table masks used to construct two-bit full-adder
 (a) Recognition truth-table mask; (b) Substitution truth-table mask

致, 将替换后的模式入射到图 1 中第五块平面列或逻辑平面上。这一逻辑器件的功效是只要该器件上某一行有一个亮斑入射, 该行的输出就是一列亮光。通过这五个平面, 一个输入模式便可以实时地被识别和替换成相应的空间光强编码的与输入模式一致的输出模式, 实现地点寻址的真值表查询式符号替换全过程。

三、利用真值表查询式符号替换实现加法运算

上述真值表查询式光学符号替换系统由于采用的是真值表查询方式, 原则上可以实现任何运算; 并且对于任何复杂运算查询的难易程度都是一样的。这里以全加运算为例, 说明这一符号替换系统的应用。

如要构成一个 m 位二进制全加器, 则应是由两个 m 位二进制数 $A_{im}A_{im-1}\cdots A_{i1}$ 和 $B_{im}B_{im-1}\cdots B_{i1}$ 外加一个前级进位信号 O_{i-1} 组成的查表输入模式 $A_{im}A_{im-1}\cdots A_{i1}B_{im}B_{im-1}\cdots B_{i1}O_{i-1}$ 去寻址, 经过识别与替换过程之后得到由和信号 $S_{im}S_{im-1}\cdots S_{i1}$ 和进位信号 O_i 组成的输出模式 $S_{im}S_{im-1}\cdots S_{i1}O_i$ 。考虑更高位数的加法运算, 例如 $m \times n$ 位的两个数的加法, 则需要考虑进位级联问题。仍使用 m 位全加器, 可将 $m \times n$ 位的加法运算转换成 n 个 m 位全加计算。由于输入输出的编码方式一致, 只要将第 i 级 m 位全加的进位信号返回到查表输入平面作为第 $i+1$ 级 m 位全加的进位信号, 就可以进行第 $i+1$ 个 m 位全加运算。依次进行 n 个 m 位全加运算, 便能完成 $m \times n$ 位的高位加法运算。

因为采用地点寻址的真值表, 则识别真值表模板和替换真值表模板中的模式应该包含了所有可能的查表输入模式, 其总数为 2^{m+1} 个。下面以 $m=2$ 为例说明实现全加运算的方法。此时包含全部 $2^5=32$ 个模式的识别真值表模板和替换真值表模板分别如图 5(a) 和图 5(b) 所示。识别真值表中的每一行对应于替换真值表中相应的一行。只要用某一查表输入模式去寻址, 就能最后得到对应此输入模式的全加结果。

四、实验安排与结果

上述真值表查询式符号替换系统中所需要的行或非和列或逻辑器件的最佳选择当然应是二维高速光开关和光学双稳阵列器件。但在目前情况下, 这种器件尚未达到实用水平。

利用液晶光阀输入-输出特性的非线性阈值效应, 曾构成了行或非和行或逻辑器件并获得了较为满意的实验结果^[9], 表明这两种器件可用来演示真值表查询式光学符号替换。利用这两个行逻辑器件, 构成了如图 4 所示的实验光路。图中 LCLV 表示液晶光阀, CL 表示柱面透镜, BS 表示半透半反镜, D 表示矩孔光阑, P 表示起偏器, A 表示检偏器, M 表示反射镜。四个柱面透镜的焦距均为 f 。紧跟在输入平面之后的 MASK1 是识别真值表模板。CL1 与 LCLV1 的写入面的距离和 CL2 与 LCLV1 的读出面的距离都是 f , 它们与 BS1、D1、P1 和 A1 一起构成了一个行或非逻辑器件。在反射镜 M 之后的 MASK2 是替换真值表模板, CL3 与 LCLV2 的写入面的距离和 CL4 与 LCLV2 的读出面的距离也都是 f , 它们与 BS2、D2、P2 和 A2 一起构成了一个列或逻辑器件。

由于是原理性实验, 真值表又是地点寻址的, 所以真值表模式数目不必太多即能说明问

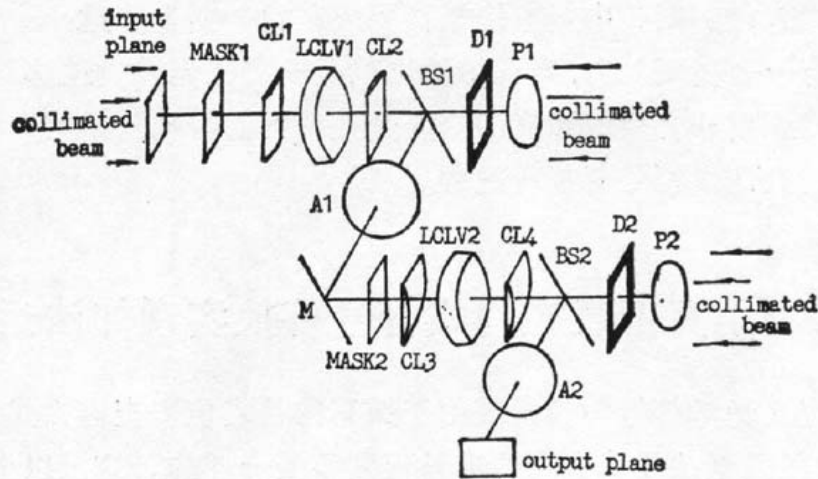


Fig. 4 Optical arrangement for implementing truth-table looking up symbolic substitution

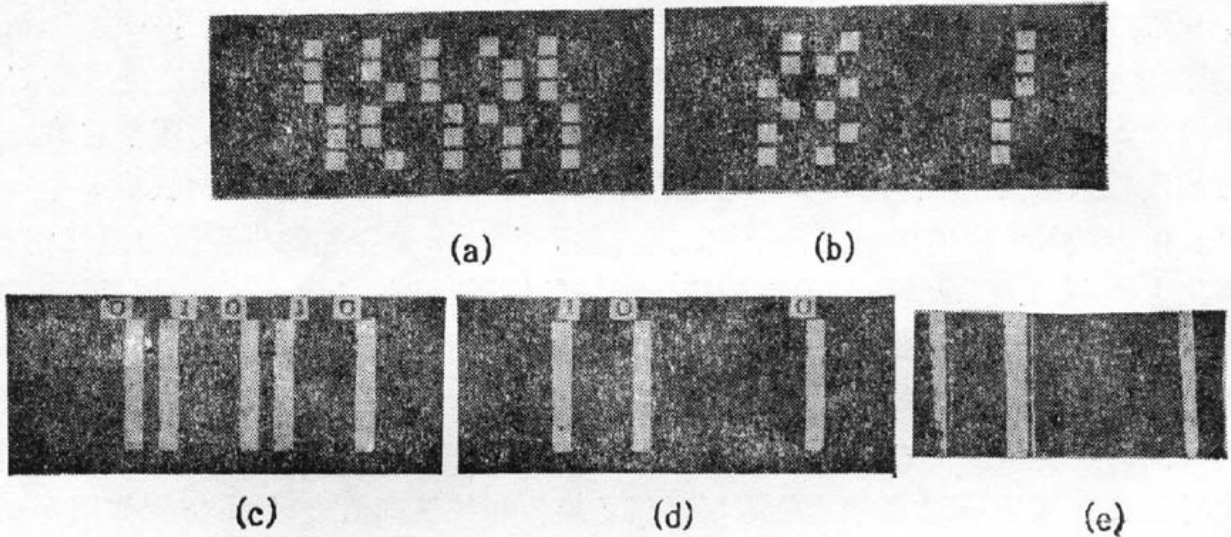


Fig. 5 Truth-table for experiment and experimental result
 (a) Recognition truth-table; (b) Substitution truth-table;
 (c) Input pattern for looking truth table;
 (d) Expected result; (e) Experimental result

题。对于上述二位二进制数的加法问题,当查表输入模式照射到识别真值模板以后,就识别真值表模板中某一行而言,模式完全匹配时,该行为全黑;当模式完全不匹配时,该行有五个亮斑。因而各行中含有亮斑的总数有六种情况:从0个(全黑)到五个。在本实验中,采用如图5(a)所示的由六个真值表模式00000, 00010, 01010, 10101, 10111, 11111组成的识别真值表模式和如图5(b)所示的由分别对应于每个识别真值表模式的输出结果000, 010, 100, 011, 101, 111组成的替换真值表模板。图5(c)是查表输入模式01010的编码方式,图5(d)是用查表输入模式01010去查表时的理想输出结果100,图5(e)给出了此时所得到的实验结果照片。实验结果表明,使用液晶光阀可以很好地完成符号替换过程,因而如果能采用高速二维光双稳和开关器件,该系统更是完全可行的。

五、结论与讨论

综上所述可得结论:采用互补编码的地点寻址真值表查询可完成光学符号替换过程;二

维高速光开关和光双稳阵列是最优的器件,在目前条件下可以利用液晶光阀来构成行逻辑器件;在建立的这一系统上可以演示基本的符号替换运算过程。

本文建议的光学数字处理系统,是真值表查询和符号替换两种方法的结合。就真值表查询而言,文献[1~3]中的内容寻址的全息真值表查询系统有一个严重困难,那就是输出模式在编码上无法与输入模式保持一致,难以进行闭环反馈运算。即使光存储器件有很大的存储量,仍无法满足高位数计算的要求。就符号替换而言,通常的符号替换,包含模式的识别与替换过程,往往要借助于待处理图象的移动。本文的符号替换系统中利用地点寻址的真值表,先识别模式后用对应的模式去替换,整个过程没有借助于图形移动,而是依靠真值表模板和特殊功能的逻辑器件完成识别和替换过程;同时输入编码与输出编码是一致的,可以方便地进行反馈运算。由于识别真值表模式与替换真值表模式一一对应,从原则上讲,该系统适合于乘法和其他的各种复杂运算。但由于采用光强度的互补编码,当识别真值表模式太多时便对模板存储密度和液晶光阀的分辨率提出了很高的要求;液晶光阀的开关速度不是很快,严重影响了该系统的识别和替换速度。而系统的运算速度完全取决于逻辑器件的反应速度,如果采用高速光开关和光双稳器件,系统将会以极快的速度运行。更进一步,如果采用二维平面阵列式光开关和光双稳器件,则此系统可成为平面紧密叠层的形式,这就大大节省系统占用空间,向集成化方向发展。作者已设计出一种改进的液晶光阀来执行行逻辑操作^[10]。可以相信,本文提出的真值表查询式符号替换是一种很有希望的数字处理系统。

参 考 文 献

- [1] T. K. Gaylord, M. M. Mirsalehi *et al.*; *Opt. Eng.*, 1985, **24**, No. 1 (Jan/Feb), 048~058.
- [2] M. M. Mirsalehi, T. K. Gaylord; *Appl. Opt.*, 1986, **25**, No. 14 (15 Jul), 2277~2283.
- [3] 陈历学,袁石夫等;《中国激光》,1991, **18**, No. 1 (Jan), 66~70.
- [4] K. Brenner, A. Huang, 等; *Appl. Opt.*, 1986, **25**, No. 18 (15 Sep), 3054~3060.
- [5] 薛唯,陈历学等;《光学学报》,1989, **9**, No. 9(Sep), 843~847.
- [6] 曹明翠等;《光学学报》,1989, **9**, No. 12(Dec), 1129~1132.
- [7] M. Takeda J. W. Goodman; *Appl. Opt.*, 1986, **25**, No. 18(Sep), 3033~3046.
- [8] 陈历学等;《中国激光》,1990, **17**, No. 11 (Nov), 675~678.
- [9] 袁石夫,陈历学等;91'光电子器件与集成技术年会(1991年4月,北京)。
- [10] Li-Xue Chen, Fang-Kui Sun *et al.*; *Proc. SPIE*, 1990, 1349.

Optical symbolic substitution based truth-table looking up

CHEN LIXUE, YUAN SHIFU, LU QICHANG, SUN FANGKUI AND WANG YONG

(*Applied Physics Department, Harbin Institute of Technology, Harbin 150006*)

(Received 17 December 1990; revised 26 April 1991)

Abstract

In this paper a new optical method to implement symbolic substitution is proposed. Adopting complementary-encode and location-addressable memory, a full-adder digital processor which can implement feedback computation is constructed. Using Row-logic devices constituted with liquid crystal light valves (LCLV), the symbolic substitution system is proved experimentally, and the experimental result is given.

Key words: optical computing, truth-table looking up, symbolic substitution.