

# CODIFICADO COLOR DE LAS OPERACIONES LÓGICAS BOOLEANAS

Claudia Carletti<sup>†</sup> y Roberto Torroba<sup>\*</sup>

Centro de Investigaciones Ópticas

Casilla de Correo 124, (1900) La Plata

e-mail: postmaster@ciop.edu.ar

Se propone un método analógico para implementar las tablas de verdad booleanas mediante el codificado en color. Las 16 operaciones lógicas se realizan simplemente por medio de la rotación de los objetos que conforman la señal de entrada. El método se basa en una técnica de pseudo coloreado a través de la iluminación, con luz blanca, de redes de Ronchi, conocido como efecto Lau generalizado. Principales ventajas de esta técnica son: El procesamiento de la información se realiza en paralelo y a tiempo real, y la imagen generada presenta alto contraste. Se muestran resultados experimentales.

An analogical method is proposed to implement the Boolean logic gates by color encoded. The all 16 logic operations are obtained by rotation of the two input objects. The method is based on grating resonance under white light illumination. The principal advantage are: The operation are realized in parallel and on real time, and the images present high contrast.

A pesar del gran avance en el procesamiento de datos, existe la necesidad de incrementar la capacidad de las computadoras para realizar procesamientos en paralelo. Estas operaciones pueden ser implementadas a través del uso directo de las puertas lógicas Booleanas.

En este trabajo presentamos un método para realizar las operaciones lógicas basado en el fenómeno de resonancia de redes de difracción iluminadas con luz blanca (efecto Lau generalizado). La idea se centra en visualizar en tiempo real la estructura en frecuencia de una combinación de transparencias. Esta estructura es, a su vez, codificada mediante la asignación de falsos colores en una presentación simultánea y no secuencial.

Para explicar los aspectos teóricos, nos referiremos al arreglo óptico mostrado en la Fig. 1. Una fuente de luz blanca ilumina a la red codificadora  $G_1$ . Nuestro objeto es una red de Ronchi, denotada como  $G_2$  y rotada un ángulo  $\alpha$  con respecto a  $G_1$ . La disposición es tal que, mediante la lente  $L$ , se obtiene en  $P$  una réplica de  $G_1$  de magnificación unidad. En este preciso lugar se posiciona una copia de  $G_1$  que actuará a modo de filtro.

La intensidad monocromática  $I(x',y'; \alpha)$  en el plano  $P$  está dada por, (ver ref. 1):

$$I(x', y'; \alpha) = |G_1(x', y')|^2 \otimes \otimes |\tilde{G}_2(x', y'; \alpha)|^2$$

Donde  $\otimes \otimes$  representa una convolución 2-D y  $\tilde{G}_2$  la transformada de Fourier de  $G_2$ .

Si la transmitancia en amplitud de  $G_1$  es:

$$G_1(x, y) = 1 + \cos \frac{2\pi x}{d'}$$

para  $G_2$  rotada un ángulo  $\alpha$  será:

$$G_2(x'', y''; \alpha) = 1 + \cos \frac{2\pi}{d} (x'' \cos \alpha + y'' \sin \alpha)$$

donde  $d'$  y  $d$  son los espaciados de las redes  $G_1$  y  $G_2$

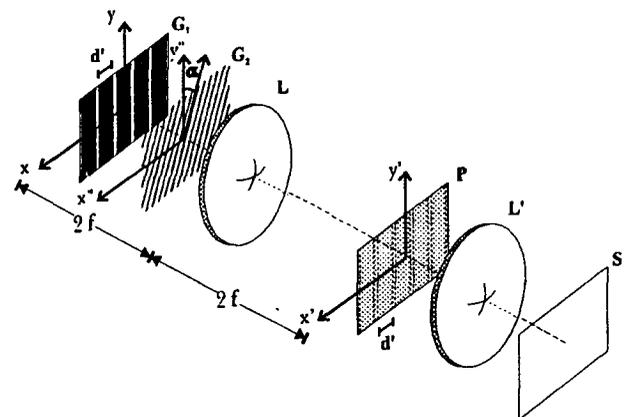


Figura 1. Arreglo óptico para explicar el proceso de codificación. Una fuente extensa de luz blanca ilumina a la red  $G_1$ , en tanto  $G_2$  representa la red objeto a codificar. En el plano  $P$  se ubica una réplica de  $G_1$  y  $S$  es el plano de observación.

<sup>†</sup> Becaria de CICBA

<sup>\*</sup> También Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata Bs. As

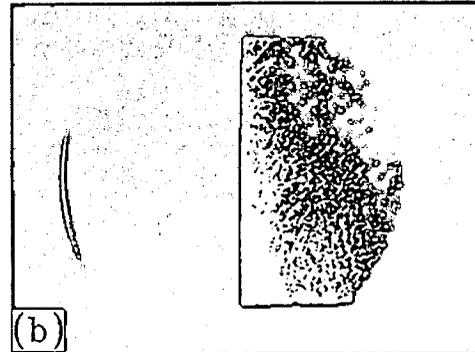
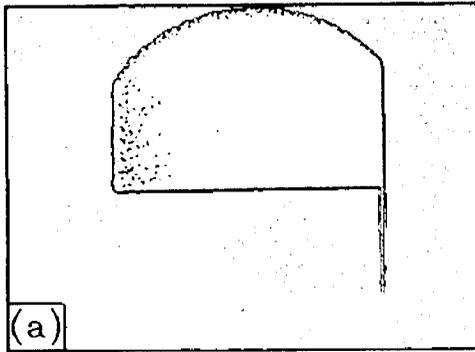


Figura 2: Reconstrucción en blanco y negro de los objetos de entrada, A y B, codificados en color. Los niveles de grises representan los colores correspondientes a las frecuencias  $f_A$  y  $f_B$ .

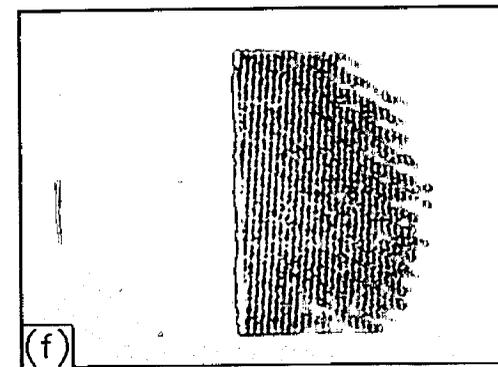
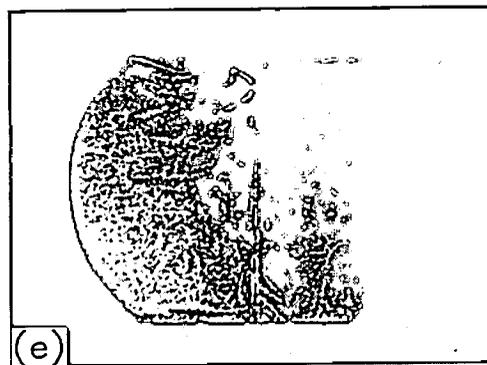
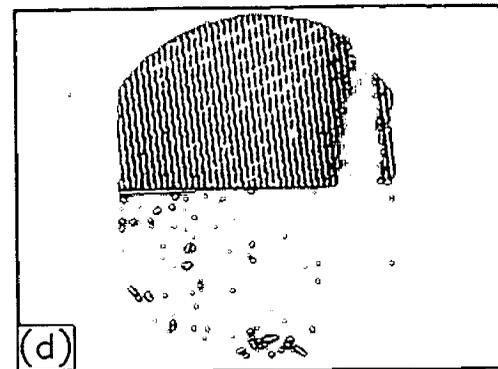
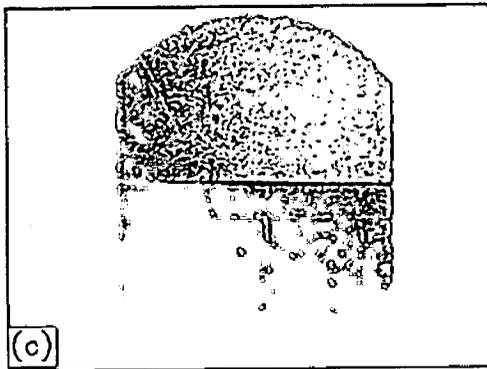
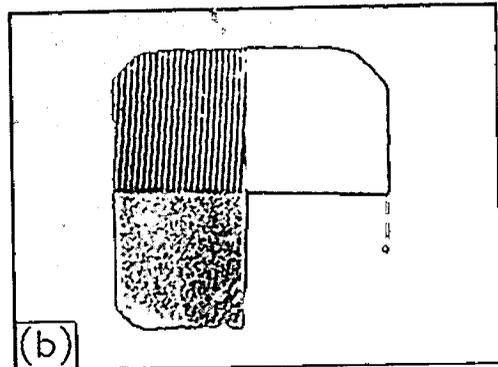
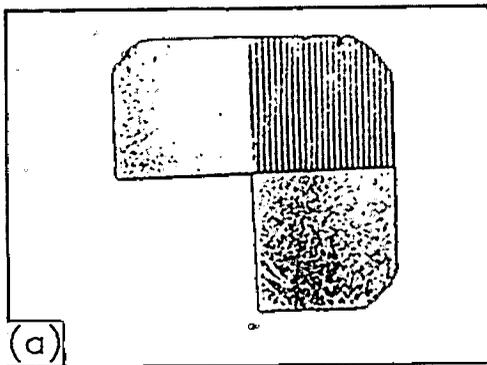


Figura 3: Reconstrucción en blanco y negro de algunas de las operaciones realizadas. (a)  $A \cdot B$ , (b)  $A \cdot \bar{B}$ , (c)  $A \cdot B$ , (d)  $A \cdot \bar{B}$ , (e)  $A \cdot B$ , (f)  $A \cdot \bar{B}$ .

Luego la distribución de intensidad en P es:

$$I(x', y'; \alpha) = 2.25 + \left( 2 + \cos\left(\frac{2\pi\lambda f \cos \alpha}{dd'}\right) \right) \cos\left(\frac{2\pi x'}{d'}\right) + \left( 0.5 + 0.25 \cos\left(\frac{4\pi\lambda f \cos \alpha}{dd'}\right) \right) \cos\left(\frac{4\pi x'}{d'}\right)$$

La intensidad máxima se obtiene cuando  $x'=ld'$  y  $\lambda f \cos \alpha / dd' = m$  con  $l$  y  $m$  números enteros. Esto indica que los puntos de máxima intensidad están espaciados una distancia  $d'$  y caracterizados por una longitud de onda  $\lambda$ . Si  $d$  varía, también cambia la longitud de onda para una posición de observación fija. La réplica de  $G_1$  en el plano P permite "sintonizar" una longitud de onda determinada.

En nuestro caso, cada operación lógica está representada por una transparencia, superposición de otras estructuras. Los cuatro objetos que permiten, a través de su superposición y rotación, obtener las 16 operaciones lógicas están definidos como:

El objeto A consiste en una transparencia dividida en dos mitades. La mitad superior es una red de frecuencia  $f_A$  orientada verticalmente y la otra mitad es transparente. El objeto A' es una transparencia cuya mitad izquierda es una red de la misma frecuencia y orientación y la mitad derecha es transparente. En la entrada B, la red de frecuencia  $f_B$  esta colocada a la derecha y la mitad izquierda es transparente. Y por último, en la entrada B', la mitad inferior consiste de una red de frecuencia  $f_B$  y la superior es transparente. En todos los casos las redes están orientadas verticalmente. En las figuras 2 a) y b) se muestran las imágenes que resultan de colocar las entradas A y B en el arreglo de la Fig. 1.

Con una rotación de 180 grados se obtienen las operaciones  $\bar{A}$  y  $\bar{B}$ . La superposición de A y B sin rotación da la operación A.AND.B (Fig. 3 a). En esta imagen se pueden observar las franjas de moiré debidas a  $f_A$  y  $f_B$ . Siguiendo el mismo razonamiento, mediante una rotación de 180 grados de B se genera la operación

A.AND. $\bar{B}$ , (Fig. 3 b). Reemplazando B por B' se obtiene la operación A.OR.B mostrada en la Fig. 2e. A.OR. $\bar{B}$  se obtiene mediante una rotación de 180 grados de B. A.EQV.B resulta de la superposición de A' y B, (fig. 3 e). Y como muestra final en la Fig. 3 f), la operación A.NAND.B resulta de rotar a B 180 grados. Aquí también se ven claramente las franjas de moiré.

En todos los casos las frecuencias de las redes A y B son de 10 l/mm y 20 l/mm respectivamente.

#### Conclusiones:

Se ha presentado un método analógico para implementar la tabla de verdad Booleana que tiene, sobre otras metodologías reportadas, la ventaja de que las operaciones se realizan en paralelo y no requieren de preprocesamiento alguno, además del hecho de que no hay presente ruido coherente y un máximo de luz participa en el proceso ya que no se requiere del filtrado de la fuente. También es de destacar el hecho de que el procesamiento se lleva a cabo a tiempo real, y las condiciones de alineamiento no son críticas, como en todo procesado de luz blanca.

#### Agradecimientos:

Al CONICET PID Nro. 3974/92 y al subsidio otorgado por la Universidad Nacional del Sur. También agradecemos los aportes de la Fundación Antorchas y de la Fundación Alexander Von Humboldt.

#### Referencias:

1. J. Jahns, A. Lohmann, Opt. Commun. 28 (1979), 263.
2. H. Bartel, A. Lohmann, E. Sicre. J. Opt. Soc. Am. A1 (1984) 944.
3. R. Arizaga, R. Torroba. Optik 9 (1992) 144.
4. S. Rehman, M. Zubairy. Optics Comm. 106 (1994) 25.
5. B. Warrett, Optics Comm. 56 (1985) 87.