

BASE DE REGLAS EMULANDO CHIP ADN

ALBERTO DELGADO

Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica
Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá
Email : adelgado@ieeee.org

RESUMEN

En medicina, los chips de ADN permiten estudiar la expresión, en paralelo, de miles de genes. En electrónica, estos dispositivos se pueden emular para almacenar y evaluar bases de reglas explotando el paralelismo de los circuitos configurables.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha incrementado el interés por los chips de ADN como herramienta para el diagnóstico de enfermedades [1]. La principal ventaja de esta tecnología es que permite estudiar la expresión de miles de genes en un solo ensayo debido al paralelismo de la hibridación del ADN.

Los chips ADN se han propuesto como plataforma para almacenar y evaluar bases de reglas [2]. La principal ventaja es el paralelismo de la hibridación del ADN, lo cual permite que miles de reglas se evalúen simultáneamente reduciendo el tiempo de procesamiento. Es importante recordar que el número de reglas NR depende del

número de conjuntos N y del número de variables n , i.e., $NR = N^n$, para un número de conjuntos N fijo las reglas crecen exponencialmente con el número de variables n . Por ejemplo, una base de reglas Booleana, $N = 2 \{0, 1\}$, con $n = 2$ entradas contiene 4 reglas.

Una base de reglas difusa con $N = 5$ conjuntos difusos y $n = 2$ entradas contiene 25 reglas.

En robótica [3] podemos emular la operación de los chips de ADN para tareas como integración sensorial y evaluación de reglas explotando el paralelismo de los circuitos configurables como los arreglos programables análogos

(FPAAs) y digitales (FPGAs).

1. Chip ADN Electrónico

La celda básica de un chip ADN en electrónica digital se muestra en la figura 1.

La celda tiene dos registros, el primero corresponde al dato externo (target) y el segundo al dato almacenado (probe), la distancia entre los dos datos se calcula mediante la operación XOR. Cuando el dato de entrada y el dato almacenado son complementarios la bandera del registro

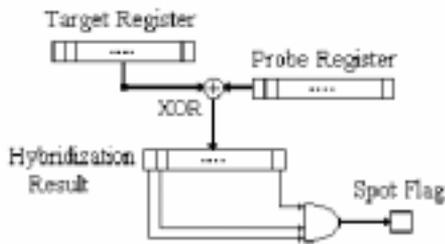


Fig.1. Celda del chip ADN electrónico, el dato de entrada se denomina *target* y el dato almacenado *probe*. Los datos son complementarios cuando la bandera toma el valor de uno.

resultado es uno, en otro caso es cero.

2. Reglas en Circuitos Configurables

La figura 2 corresponde a una regla usando dos celdas básicas, una por entrada. Las banderas individuales se combinan para obtener la bandera de la regla.

Cuando las lecturas de los sensores (x_1 , x_2) están presentes, los antecedentes de la regla se evalúan en paralelo y el resultado de la operación se manifiesta en la bandera de la regla *rule flag*, uno lógico significa regla activa. El número de Reglas y entradas está limitado por la capacidad del circuito configurable, note que el procesamiento de la base de reglas es paralelo, figura 3.

3. Mapa Entrada / Salida (E/S)

Una vez se tiene el vector que indica las

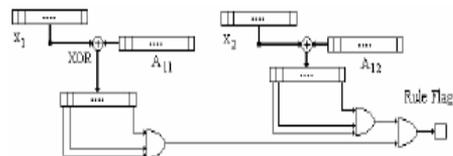


Fig.2. Se combinan dos celdas, una por entrada, para formar una regla.

reglas activas este se debe transformar en las salidas del sistema. Para continuar con el paralelismo es preciso diseñar en el mismo circuito bloques adicionales para el mapa: *reglas activas ? salida*.

La figura 4 es una posibilidad, i.e., el vector de banderas se utiliza para direccionar un bloque de registros (*rule actions*) hacia las salidas (y_1 , y_2). Fig.4. La banderas de la base de reglas se utilizan como dirección para enviar los registros *rule actions* a las salidas. El contenido de los registros de la base de

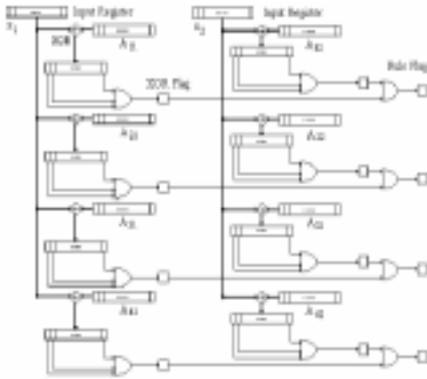


Fig.3. Base de reglas para dos entradas $\{x_1, x_2\}$. Las banderas de las cuatro reglas permiten seleccionar las salidas.

reglas así como los registros de salida se pueden ajustar en línea para aprender el mapa E/S : $(x_1, x_2) \rightarrow (y_1, y_2)$. Si tenemos un robot móvil las entradas son los sensores y las salidas los motores, el controlador se ajusta en operación para satisfacer una función de desempeño J.

4. Conclusiones

La ingeniería es una disciplina que se apoya en las ciencias básicas {biología, química, física, y matemáticas} para

transformar el mundo. Los sistemas naturales constituyen una fuente de inspiración y como ingenieros podemos tratar de emular aquellos que represente un avance tecnológico para mejorar nuestra calidad de vida.

Los chips ADN explotan el principio natural de la hibridación del ADN y nos sirven como inspiración para el diseño de sistemas electrónicos de procesamiento en paralelo. En robótica podemos integrar varios sensores alrededor de una base de reglas y obtener un desempeño en tiempo real con de comportamientos sencillos que generen emergencia.

La investigación en esta dirección está comenzando y esperamos desarrollar robots móviles alrededor de estos conceptos con circuitos configurables modernos.

Agradecimientos

El autor agradece a la Facultad de Ingeniería y a la División de Investigación Bogotá (DIB) por el soporte a esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Phimister, B. (Ed.) : *Nature Genetics Supplement*, Vol. 21, No.1, 1999.
2. Delgado, A.: *DNA Chips as Lookup Tables for Rule Based Systems*, IEE Computing and Control Journal, 13, 113-119, 2002. Disponible en el sitio web : www.iee.org/OnComms/pn/materials/librarian.cfm, último acceso Septiembre 2003.
3. Delgado, A. : *Robot Controller Using Electronic DNA Chip*, Memorias Congreso Internacional de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Bogotá, Marzo, 2003.