

## **LAS COMPUERTAS LOGICAS COMO ESTRATEGIA DIDACTICA INTERDISCIPLINARIA**

Knopoff, Patricia<sup>1</sup>; Vilche, Ernesto<sup>1</sup>; Gonzalez, Mónica<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería, UNLP

koyatun@yahoo.com.ar

### **RESUMEN**

La presente propuesta surge en el marco de un proyecto de trabajo, desarrollado dentro de los lineamientos del Voluntariado Universitario de la SPU del Ministerio de Educación de la Nación, mediante el cual se pretende alcanzar el aprendizaje de conceptos y operaciones lógicas básicas, incluidos en el Álgebra de Boole, a partir de la manipulación de circuitos eléctricos serie / paralelo, debido a que el principio de funcionamiento de las Compuertas Lógicas Electrónicas se presenta como una oportunidad para la integración interdisciplinaria entre estos campos de conocimiento. La ausencia del área de la Lógica en los planes de estudio de la Enseñanza Secundaria de la Provincia de Buenos Aires aparece como marco adecuado para la implementación de este tipo de estrategias, basadas en la construcción del propio conocimiento por parte del estudiante secundario, orientado por secuencias didácticas apropiadas.

**Palabras clave:** compuertas lógicas – aprendizaje por proyectos – Algebra de Boole – Circuitos serie / paralelo

### **ABSTRACT**

This proposal arises in the context of a work project, developed within the guidelines of the university volunteering of the SPU from the Ministry of Education's Office through which it aims to achieve the learning of basic concepts and logical operations, included in Boolean Algebra, starting from the handling of series / parallel electrical circuits, because the operating principle of Electronic Logic Gates is presented as an opportunity for interdisciplinary integration between these fields of knowledge. The absence of the area of Logic in the curriculum of secondary education in the Province of Buenos Aires appears as a suitable framework for implementing such strategies, based on the construction of knowledge by the student, guided by appropriate didactic sequences.

**Keywords:** Logic Gates – Project-Based Learning – Boolean Algebra – Series / Parallel Circuits

### **1 INTRODUCCIÓN**

Se releva en los planes de estudio correspondientes a la Educación Secundaria en la Provincia de Buenos Aires que el espacio curricular correspondiente al área del conocimiento de la Lógica ha sido eliminado, con la natural y consecuente pérdida de la posibilidad de generar un espacio de enseñanza y aprendizaje alrededor de todo lo referente al razonamiento lógico y al *bien pensar*.

En esta presentación se pretende mostrar una propuesta que surge en el marco del proyecto de trabajo denominado **Laboratorio de Electrónica básica: un espacio para enseñar, aprender, compartir experiencias y despertar vocaciones**, aceptado dentro del Proyecto de Voluntariado Universitario, acreditado por la Secretaría de Políticas Universitarias del Ministerio de Educación de la Nación durante el año 2011, que se encuentra actualmente en ejecución en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata, dentro de las actividades de la Unidad de Investigación y Desarrollo para la Calidad de la Educación en Ingeniería con orientación en el uso de TIC (UNITEC), en el ámbito del Espacio de Investigación de las Tecnologías Aplicadas a la Educación (EITAE).

Se propone realizar un trabajo interdisciplinario en el cual se introduzca al estudiante secundario en los conceptos correspondientes a la lógica proposicional, introduciendo las bases del Álgebra de Boole mediante la utilización de circuitos electrónicos básicos, implementados con interruptores, como mecanismo primitivo del proceso de toma de decisiones mediante Compuertas Lógicas Electrónicas.

En este trabajo se presenta una experiencia de innovación metodológica que se está llevando a cabo en el marco del Proyecto de Voluntariado mencionado anteriormente. Esta propuesta, sustentada en la metodología del aprendizaje basado en proyectos y el fortalecimiento del aprendizaje autónomo, se basa en el principio de funcionamiento de las Compuertas Lógicas Electrónicas, tomando de ellas los principios lógicos subyacentes y la relación biunívoca que puede establecerse entre éstos y los circuitos eléctricos serie / paralelo.

## **2 MATERIAL DIDACTICO DISEÑADO**

Se diseñaron kits didácticos para el desarrollo de las secuencias en las sesiones de trabajo con los estudiantes. Cada kit se compone de tres cajas de madera (*"compuertas"*), donde cada una cuenta con un circuito eléctrico que corresponde a cada una de las equivalencias eléctricas de los operadores booleanos AND, OR y NOT.

Se trabaja con interruptores conectados en circuitos simple, serie o paralelo, según corresponda, de forma de lograr cada representación. Se utilizaron interruptores del tipo on/off, es decir que pueden encontrarse solamente en dos estados diferentes: *activo/cerrado/conectado* o *inactivo/abierto/no-conectado*. Cada interruptor colocado está acompañado (y conectado) con un led que indica el estado en que se encuentra. El led que acompaña a cada interruptor se enciende si éste se encuentra en el primer estado mencionado. Estos led cumplen la función de indicar al estudiante que la selección que ha realizado se está ejecutando efectivamente en el tablero que usa, de forma que si el interruptor se ha dañado, el led asociado no encenderá en ninguna de las dos posiciones del interruptor (Hill – Peterson, 1984; Taub, 1982; Taub – Schilling, 1982; Tocci, 2003)

Cada compuerta, a su vez, tiene incorporado un led adicional (*led de estado final*), que es el que indica el resultado de la operación que se está ejecutando en la misma, y un par de bornes donde se conecta la fuente de alimentación. Esta fuente consiste en un transformador 220V-5V, que cuenta con fusible (para evitar daños por sobrecarga de corriente) y un led (para indicar que la energía eléctrica está siendo suministrada).

Esta forma de diseñar los kits se fundamenta en que es necesario evitar que el estudiante se aparte de su razonamiento, en las conexiones que realiza, como consecuencia de fallas en los circuitos.

Cada caja cuenta, en su parte superior, con el esquema del circuito eléctrico equivalente al operador que representa y el nombre de dicho operador (Rojo, 2006). En la parte interna, la compuerta está formada por un circuito algo más complejo que el representado en el exterior, debido a la necesidad de establecer un circuito adecuado a las finalidades didácticas perseguidas.

## **3 METODOLOGÍA DE TRABAJO**

El Álgebra de Boole opera con relaciones lógicas sobre variables que admiten únicamente dos valores, designados convencionalmente con 1 y 0.

Son suficientes tres operadores para generar toda la variedad de funciones lógicas correspondientes a una lógica proposicional (con Principio de Tercero Excluido). En este proyecto se ha trabajado con los operadores AND (producto lógico), OR (suma lógica) y NOT (complementación) como base para la formación de las funciones y análisis de valor de verdad de diferentes proposiciones, aunque es posible generar otros conjuntos de operadores de base, equivalentes lógicamente a los mencionados.

Los valores posibles según el álgebra booleana (1 y 0) aparecen en las compuertas diseñadas como estados en los leds. Un led encendido corresponde al valor booleano 1 y un led apagado corresponde al valor booleano 0.

Con las compuertas AND, OR y NOT se inicia el trabajo con los estudiantes, analizando el comportamiento de cada circuito, a partir de la circulación de la corriente eléctrica según la disposición seleccionada de los interruptores y observando el estado del led que indica el estado final de la compuerta. Para cada compuerta, el estudiante varía las posiciones de los interruptores de forma de establecer todos los estados posibles de la compuerta en su tabla de estado correspondiente.

Con estas tres compuertas se introducen los conceptos de *circuito simple, serie y paralelo, estado y tabla de estado*, y con estos conceptos se inicia el trabajo con *tablas de verdad*, que para el estudiante serán, por el momento, simples indicadores de los estados posibles de cada compuerta.

Posteriormente, se comienza el análisis de funciones booleanas y el estudio de los teoremas de esta álgebra. De esta manera, los estudiantes pueden, por ejemplo, verificar por tablas de estado la equivalencia entre una compuerta NAND con la disyunción de dos compuertas NOT (*Compuerta "NOT ... OR NOT..."*) e introducir así las Leyes de Morgan. De forma similar se trabaja para el análisis de los diferentes teoremas (Copi, 2000; Gamut, 2004).

Llegados a este estadio, se presentan a los estudiantes situaciones concretas a ser resueltas de forma tal que se relacionan los conceptos adquiridos desde el área de la Electricidad con los de la Lógica, explicitando su potencialidad predictiva ante situaciones específicas. Por ejemplo, una situación elemental puede estar dada por:

*Una casa tiene un tanque de agua en el techo y una bomba de agua. La bomba debe encenderse si el tanque está vacío.*

*Si "tanque\_vacío" entonces... "bomba encendida"*

*donde "bomba encendida" aparece en la compuerta con el encendido del led de estado.*

Esta situación se resuelve con una compuerta NOT, ya que la condición de encendido de la bomba depende de una sola variable (tanque\_vacío).

*Se instala una cisterna subterránea, que agrega la siguiente complejidad al sistema. Si la cisterna está vacía, la bomba no debe encenderse. Es decir, la bomba deberá encenderse si el tanque está vacío y la cisterna tiene agua, ambas situaciones simultáneamente.*

Esta situación se representa con una compuerta AND:

*"tanque\_vacío" AND "cisterna\_llena" entonces.... "bomba\_encendida"*

donde "tanque\_vacío" se representará con la activación de un interruptor y "cisterna llena" se representará con la activación del otro interruptor de la compuerta. Sólo si ambos interruptores se encuentran en la posición activo/cerrado/conectado se encenderá el led de estado de la compuerta, indicando que se ha logrado "bomba encendida".

*Un edificio tiene dos tanques en el techo. La bomba debe encenderse si uno de los tanques está vacío.*

En este caso, la situación se resuelve con una compuerta OR:

*"tanqueA\_vacío" OR "tanqueB\_vacío" entonces ..... "bomba\_encendida"*

donde "tanqueA\_vacío" se representará con la activación de un interruptor y "tanqueB\_vacío" se representará con la activación del otro interruptor de la compuerta. Si alguno de los dos interruptores se encuentra en la posición activo/cerrado/conectado se encenderá el led de estado de la compuerta, indicando que se ha logrado "bomba encendida".

Estas situaciones son el inicio de una secuencia de situaciones adecuada que facilitará a los estudiantes la construcción de los conceptos que se pretenden presentar. Algunas situaciones más complejas a presentar son, por ejemplo, una casa con dos tanques y una cisterna o un sistema de luces que indica a un supervisor, en el interior de un local, si hay clientes por atender y cuántos hay.

Se induce a los estudiantes a generar una representación simbólica de los operadores y finalmente se los introduce en la estructura simbólica tradicional, a fin de alcanzar un lenguaje común por todos los grupos de trabajo.

Una vez establecida la estructura simbólica, se puede llevar a niveles de complejidad creciente las situaciones a resolver por los estudiantes, ya que ellos serán capaces de trabajarlas desde la esquematización simbólica y el análisis por tablas de verdad.

El grado de avance de los estudiantes participantes del proyecto se analiza mediante pretest, ejecutados antes de iniciar el trabajo con las tres compuertas básicas, y postest ejecutados al finalizar toda la secuencia de situaciones. Tomando en cuenta que el trabajo propuesto se realiza en grupos de hasta seis estudiantes y considerando que siempre existe la posibilidad de una mayor apropiación de saberes por parte de algunos integrantes de cada grupo, se decidió ejecutar estos test manera individual, para evaluar el avance de cada estudiante en particular.

#### **4 ESTADO ACTUAL DEL PROYECTO DE TRABAJO**

Este proyecto de trabajo ha sido acreditado para el período 2011-2012, con una asignación tardía de la partida presupuestaria correspondiente. Esta dilación en el acceso a los fondos necesarios para la adquisición de materiales para la construcción de los kits didácticos coloca al presente proyecto en situación de construcción de kits en la actualidad<sup>1</sup> y será ejecutado con los estudiantes de escuela media durante los meses de septiembre/octubre del corriente año.

En función de dar continuidad y permanencia al proyecto, se ha presentado la segunda edición del mismo a consideración de la SPU, que en caso de ser acreditado se ejecutará en el período 2012-2013. Para el mismo se está trabajando en el análisis y diseño de las compuertas lógicas complejas (NAND, NOR, NOT...AND NOT... y NOT... OR NOT...) con el objetivo de introducir a los estudiantes, a partir de ellas, en el trabajo con las compuertas lógicas electrónicas, compuestas por circuitos integrados, de forma tal de facilitar el acceso de los jóvenes a las nuevas tecnologías.

#### **REFERENCIAS**

- Copi, I. (2000). *Introducción a la Lógica*. México: Limusa
- Gamut, LTF. (2004). *Introducción a la Lógica*, Buenos Aires: EUDEBA
- Hill - Peterson. (1984). *Teoría de conmutación y diseño lógico*, México: Ed. Limusa.
- Rojo, A (2006). *Algebra I*, Buenos Aires: Magister Eos/Estudio Sigma
- Taub, H. (1982). *Circuitos digitales y microprocesadores*, México: Ed. McGraw-Hill.
- Taub - Schilling (1982). *Digital Integrated Electronics*, New Jersey: Ed. McGraw-Hill.
- Tocci, R. (2003). *Sistemas Digitales: Principios y aplicaciones*, México: Pearson Educación.

---

<sup>1</sup> Agosto 2012.

Universidad Nacional de Comodoro Rivadavia  
 Facultad de Ingeniería  
 Departamento de Electrotecnia



Unidad de Investigación y Desarrollo para la Calidad de la Educación en Ingeniería  
 con orientación al uso de TIC  
 Laboratorio de Investigación en Tecnologías Aplicadas a la Educación

## LAS COMPUERTAS LÓGICAS COMO ESTRATEGIA DIDÁCTICA INTERDISCIPLINARIA

Kroszoff, Patricia; Vilche, Roberto; Gonzalez, Mónica  
 kroszoff@uncomar.edu.ar

### INTRODUCCIÓN



Basándonos en el funcionamiento de las Compuertas Lógicas Electrónicas proponemos generar un trabajo interdisciplinario para la enseñanza de la Física y la Lógica. Las funciones y teoremas del Álgebra de Boole pueden ser construidas con una base de tres operadores independientes. Hemos elegido los operadores AND, OR y NOT como conjunto de operadores de base. Trabajamos sobre la relación biunívoca que se establece entre ellos y los circuitos eléctricos en serie y paralelo, para introducir los conceptos básicos de los sistemas de control lógico. Con las *compuertas didácticas*, realizaremos talleres con grupos de estudiantes de escuela media no técnica.

### MATERIAL DIDÁCTICO

Cada kit cuenta con:  
 • una compuerta OR  
 • una compuerta NOT  
 • una compuerta AND

- Cada Compuerta tiene:
- borne de conexión
  - interruptor/es on/off
  - simple
  - serie
  - paralelo
  - Led de estado del interruptor
  - Led de estado final de la compuerta

### METODOLOGÍA DE TRABAJO

Talleres en grupos de hasta 6 estudiantes

Estudio de Compuertas

- Seguimiento manual del circuito
- Determinación de los estados finales
- Construcción de las tablas de estado

Introducción de la simbolización

- Introducción de símbolos lógicos
- Introducción a tablas de Verdad
- Estudio de funciones y teoremas Booleanos

Secuencia de situaciones concretas

### CORRESPONDENCIA FÍSICA-LÓGICA DE LAS COMPUERTAS

Operador y símbolo	NOT	OR	AND																																														
Uso de la compuerta																																																	
Circuitos eléctricos																																																	
Tabla de verdad	<table border="1"> <tr><th>ES ALTO (VERDADERO)</th><th>ES ALTO FINAL</th></tr> <tr><td>A=0 / FALSO</td><td>B=0 / FALSO</td></tr> </table>	ES ALTO (VERDADERO)	ES ALTO FINAL	A=0 / FALSO	B=0 / FALSO	<table border="1"> <tr><th>ES ALTO (VERDADERO)</th><th>ES ALTO (VERDADERO)</th><th>ES ALTO (VERDADERO)</th></tr> <tr><td>A=0 / FALSO</td><td>A=0 / FALSO</td><td>B=0 / FALSO</td></tr> <tr><td>A=1 / VERDADERO</td><td>A=1 / VERDADERO</td><td>B=0 / FALSO</td></tr> <tr><td>A=0 / FALSO</td><td>A=1 / VERDADERO</td><td>B=1 / VERDADERO</td></tr> <tr><td>A=1 / VERDADERO</td><td>A=1 / VERDADERO</td><td>B=1 / VERDADERO</td></tr> </table>	ES ALTO (VERDADERO)	ES ALTO (VERDADERO)	ES ALTO (VERDADERO)	A=0 / FALSO	A=0 / FALSO	B=0 / FALSO	A=1 / VERDADERO	A=1 / VERDADERO	B=0 / FALSO	A=0 / FALSO	A=1 / VERDADERO	B=1 / VERDADERO	A=1 / VERDADERO	A=1 / VERDADERO	B=1 / VERDADERO	<table border="1"> <tr><th>ES ALTO (VERDADERO)</th><th>ES ALTO (VERDADERO)</th><th>ES ALTO (VERDADERO)</th></tr> <tr><td>A=0 / FALSO</td><td>A=0 / FALSO</td><td>B=0 / FALSO</td></tr> <tr><td>A=1 / VERDADERO</td><td>A=0 / FALSO</td><td>B=0 / FALSO</td></tr> <tr><td>A=0 / FALSO</td><td>A=1 / VERDADERO</td><td>B=0 / FALSO</td></tr> <tr><td>A=1 / VERDADERO</td><td>A=1 / VERDADERO</td><td>B=0 / FALSO</td></tr> <tr><td>A=0 / FALSO</td><td>A=0 / FALSO</td><td>B=1 / VERDADERO</td></tr> <tr><td>A=1 / VERDADERO</td><td>A=0 / FALSO</td><td>B=1 / VERDADERO</td></tr> <tr><td>A=0 / FALSO</td><td>A=1 / VERDADERO</td><td>B=1 / VERDADERO</td></tr> <tr><td>A=1 / VERDADERO</td><td>A=1 / VERDADERO</td><td>B=1 / VERDADERO</td></tr> </table>	ES ALTO (VERDADERO)	ES ALTO (VERDADERO)	ES ALTO (VERDADERO)	A=0 / FALSO	A=0 / FALSO	B=0 / FALSO	A=1 / VERDADERO	A=0 / FALSO	B=0 / FALSO	A=0 / FALSO	A=1 / VERDADERO	B=0 / FALSO	A=1 / VERDADERO	A=1 / VERDADERO	B=0 / FALSO	A=0 / FALSO	A=0 / FALSO	B=1 / VERDADERO	A=1 / VERDADERO	A=0 / FALSO	B=1 / VERDADERO	A=0 / FALSO	A=1 / VERDADERO	B=1 / VERDADERO	A=1 / VERDADERO	A=1 / VERDADERO	B=1 / VERDADERO
ES ALTO (VERDADERO)	ES ALTO FINAL																																																
A=0 / FALSO	B=0 / FALSO																																																
ES ALTO (VERDADERO)	ES ALTO (VERDADERO)	ES ALTO (VERDADERO)																																															
A=0 / FALSO	A=0 / FALSO	B=0 / FALSO																																															
A=1 / VERDADERO	A=1 / VERDADERO	B=0 / FALSO																																															
A=0 / FALSO	A=1 / VERDADERO	B=1 / VERDADERO																																															
A=1 / VERDADERO	A=1 / VERDADERO	B=1 / VERDADERO																																															
ES ALTO (VERDADERO)	ES ALTO (VERDADERO)	ES ALTO (VERDADERO)																																															
A=0 / FALSO	A=0 / FALSO	B=0 / FALSO																																															
A=1 / VERDADERO	A=0 / FALSO	B=0 / FALSO																																															
A=0 / FALSO	A=1 / VERDADERO	B=0 / FALSO																																															
A=1 / VERDADERO	A=1 / VERDADERO	B=0 / FALSO																																															
A=0 / FALSO	A=0 / FALSO	B=1 / VERDADERO																																															
A=1 / VERDADERO	A=0 / FALSO	B=1 / VERDADERO																																															
A=0 / FALSO	A=1 / VERDADERO	B=1 / VERDADERO																																															
A=1 / VERDADERO	A=1 / VERDADERO	B=1 / VERDADERO																																															
Ejemplo de aplicación	Una compuerta NOT puede ser utilizada para invertir el estado de un interruptor o de un sistema de control.	Una compuerta OR puede ser utilizada para detectar el estado de un interruptor o de un sistema de control.	Una compuerta AND puede ser utilizada para detectar el estado de un interruptor o de un sistema de control.																																														

### ESTADO ACTUAL DEL PROYECTO

- Proyecto aprobado por SPL para período 2011 - 2012
- Agosto 2011: fase de construcción de kits didácticos
- Septiembre - Octubre 2011: ejecución de talleres en Escuelas Medias
- A la espera de la evaluación de la segunda edición. Continuación y producción mediante la introducción de compuertas lógicas complejas (NOR, NAND y equivalentes por T. de Morgan), introducción a las Compuertas Electrónicas por circuitos integrados.