

Laboratorio #03

Este laboratorio será trabajado de forma individual y se entregará de forma digital de acuerdo a la fecha de entrega en Canvas. Haga los ejercicios **SIN** usar una calculadora (a menos que se le indique lo contrario). Deberá identificar su entrega con su nombre, carné y sección. Deberá hacer un repositorio con carpetas por cada ejercicio

Ejercicio 01

Una tabla de verdad con N entradas tiene 2^N filas: una por cada posible combinación de las entradas. Cada una de estas filas está asociada a un mintermino que es **VERDADERO** para esa fila (y **sólo** para esa fila). Es posible escribir una ecuación booleana de **cualquier** tabla de verdad haciendo una **suma (or)** de todos los minterminos para los cuales la salida es **VERDADERA**. Vea, por ejemplo, la siguiente tabla de verdad:

A	B	Y	minterm	minterm name
0	0	0	$\bar{A} \bar{B}$	m_0
0	1	1	$\bar{A} B$	m_1
1	0	0	$A \bar{B}$	m_2
1	1	1	$A B$	m_3

Figure 1: Ejemplo SOP

La tabla de verdad tiene **4** minterminos en total (m_0 hasta m_3). Sin embargo los minterminos para los cuales la salida es **verdadera** son únicamente el m_1 y el m_3 . Por lo tanto una ecuación booleana que describe el funcionamiento de la tabla sería:

$$Y = m_1 + m_3 = \bar{A} \cdot B + A \cdot B$$

Esta ecuación es llamada la *suma-de-productos* o **SOP**.

Así como existe una ecuación formada por minterminos llamada SOP existe también una ecuación formada por **maxtérminos** llamada **producto-de-sumas** (o **POS**). Utilicemos la misma tabla de verdad anterior:

A	B	Y	maxterm	maxterm name
0	0	0	$A + B$	M_0
0	1	1	$A + \bar{B}$	M_1
1	0	0	$\bar{A} + B$	M_2
1	1	1	$\bar{A} + \bar{B}$	M_3

Figure 2: Ejemplo POS

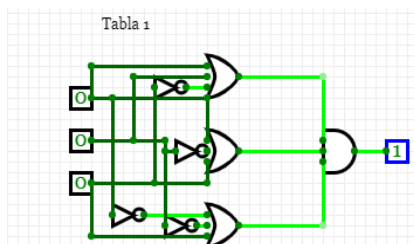
Ya que este circuito es de 2 entradas tendremos un total de $2^2 = 4$ maxtérminos. La ecuación booleana **producto-de-sumas** se forma haciendo un **AND** de todos los **maxtérminos** para los cuales la salida es **FALSA**. De esta cuenta la ecuación booleana sería la siguiente:

$$Y = M_0 \cdot M_2 = (A + B) \cdot (\bar{A} + B)$$

Tanta la ecuación **SOP** como la **POS** son ecuaciones que describen la tabla de verdad, pero no necesariamente son las ecuaciones minimizadas.

Para las siguientes tablas de verdad encuentre la ecuación SOP y POS:

Tabla 01

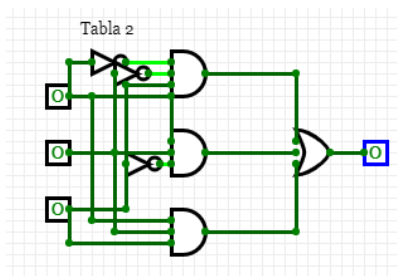


A	B	C	Y	
0	0	0	1	M0
0	0	1	0	M1
0	1	0	1	M2
0	1	1	0	M3
1	0	0	1	M4
1	0	1	1	M5
1	1	0	0	M6
1	1	1	1	M7

POS
 $Y = M_0 + M_2 + M_4 + M_5 + M_7$
 $Y = (A^-B^-C^-) + (A^-BC^-) + (AB^-C^-) + (AB^-C) + (ABC)$

SOP
 $Y = M_1 * M_3 * M_6$
 $Y = (A+B+C^-) * (A+B^-+C) * (A^-+B^-+C)$

Tabla 02

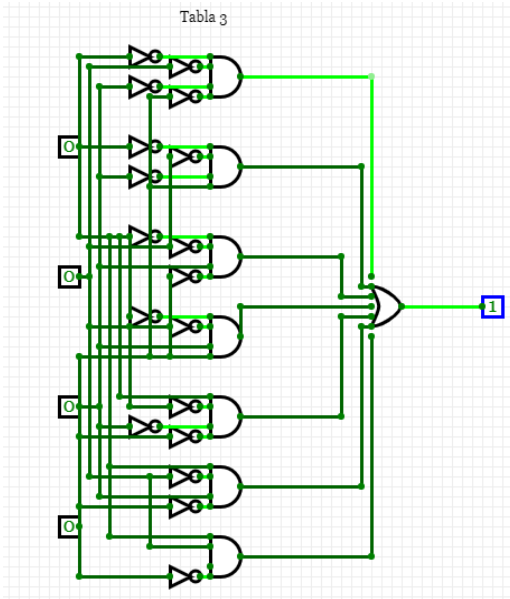


A	B	C	Y
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	1

POS
 $Y = M_1 + M_6 + M_7$
 $Y = (A^-B^-C) + (ABC^-) + (ABC)$

SOP
 $Y = M_0 * M_2 * M_3 * M_4 * M_5$
 $Y = (A+B+C) * (A+B^-+C) * (A+B^-+C^-) * (A^-+B+C) * (A^-+B+C^-)$

Tabla 03



A	B	C	D	Y
0	0	0	0	1 ^{M0}
0	0	0	1	1 ^{M1}
0	0	1	0	1 ^{M2}
0	0	1	1	1 ^{M3}
0	1	0	0	0 ^{M4}
0	1	0	1	0 ^{M5}
0	1	1	0	0 ^{M6}
0	1	1	1	0 ^{M7}
1	0	0	0	1 ^{M8}
1	0	0	1	0 ^{M9}
1	0	1	0	1 ^{M10}
1	0	1	1	0 ^{M11}
1	1	0	0	0 ^{M12}
1	1	0	1	0 ^{M13}
1	1	1	0	1 ^{M14}
1	1	1	1	0 ^{M15}

POS

$$Y = M0 + M1 + M2 + M3 + M8 + M10 + M14$$

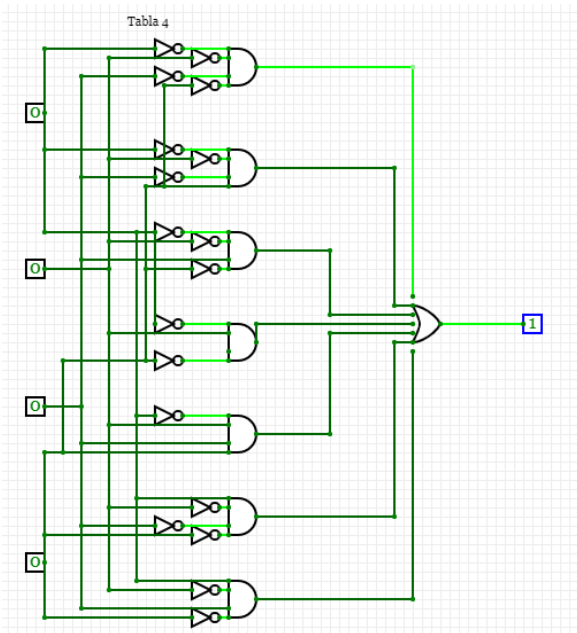
$$Y = (A^-B^-C^-D^-) + (A^-B^-C^-D) + (A^-B^-CD^-) + (A^-B^-CD) + (AB^-C^-D^-) + (AB^-C^-D) + (ABCD^-)$$

SOP

$$Y = M4 * M5 * M6 * M7 * M9 * M11 * M12 * M13$$

$$Y = (A+B+C+D)(A+B+C+D^-)(A+B+C^-+D)(A+B+C^-+D^-)(A^-+B+C+D)(A^-+B+C+D^-)(A^-+B+C^-+D)(A^-+B+C^-+D^-)$$

Tabla 04



A	B	C	D	Y
0	0	0	0	1 ^{M0}
0	0	0	1	0 ^{M1}
0	0	1	0	1 ^{M2}
0	0	1	1	1 ^{M3}
0	1	0	0	0 ^{M4}
0	1	0	1	0 ^{M5}
0	1	1	0	1 ^{M6}
0	1	1	1	1 ^{M7}
1	0	0	0	1 ^{M8}
1	0	0	1	0 ^{M9}
1	0	1	0	1 ^{M10}
1	0	1	1	0 ^{M11}
1	1	0	0	0 ^{M12}
1	1	0	1	0 ^{M13}
1	1	1	0	0 ^{M14}
1	1	1	1	0 ^{M15}

POS

$$Y = M0 + M2 + M3 + M6 + M7 + M8 + M10$$

$$Y = (A^-B^-C^-D^-) + (A^-B^-CD^-) + (A^-B^-CD) + (A^-BCD^-) + (A^-BCD) + (AB^-C^-D^-) + (AB^-CD^-)$$

SOP

$$Y = M1 * M4 * M5 * M9 * M11 * M12 * M13 * M14 * M15$$

$$Y = (A+B+C+D)(A+B+C+D^-)(A+B+C^-+D)(A+B+C^-+D^-)(A^-+B+C+D)(A^-+B+C+D^-)(A^-+B+C^-+D)(A^-+B+C^-+D^-)$$

En total deberá entregar 8 ecuaciones booleanas: una SOP y una POS por cada tabla.

Ejercicio 02

Implemente una ecuación booleana de cada tabla de verdad del Ejercicio 01 en el *assignment* en CircuitVerse. En total deberá implementar 4 circuitos: 1 por tabla (usted escoge si implementa la POS o la SOP).

Tome una captura de pantalla a cada ejercicio que implemente y agregue esta captura a su entrega de laboratorio en Canvas.

Ejercicio 03

Implemente **TODAS** las ecuaciones booleanas del ejercicio 01 en verilog utilizando *gate level modelling*.

Deberá hacer cada ejercicio en un folder individual (en total necesitará 8 carpetas). Dentro de cada carpeta deberá ejecutar el comando `apio init -b TinyFPGA-BX`. Este comando creará un archivo `.ini` que incluye la configuración del **TinyFPGA**.

Después de eso deberá crear **2** archivos con extensión verilog (`.v`). El nombre del primer archivo es irrelevante, pero el segundo sí tiene que tener un formato. A manera de ejemplo digamos que usted creó un archivo llamado `tabla01POS.v`. El segundo archivo deberá tener el siguiente nombre: `tabla01POS_tb.v`. Note que lo importante es agregar el `_tb` al final. Estas letras le indican al simulador que ese archivo será el *testbench*. Para este laboratorio uno de los dos archivos de verilog deberá estar completamente vacío y su ejercicio estará en el otro archivo. No importa cuál de los dos archivos escoja. Para poder ejecutar su código deberá utilizar el comando `apio sim`.

- Puede ver un ejemplo del código (que vimos en clase) en el siguiente repositorio: https://github.com/kekellner/digital1_lab03.
- Su simulación deberá incluir pruebas para **cada fila** de la tabla de verdad (es decir, si su tabla de verdad es de 3 entradas deberá tener 8 pruebas diferentes).

En la entrega de Canvas deberá adjuntar un link a su repositorio (su repositorio debe ser público) y también deberá entregar un archivo `.zip` con todos sus códigos.

<https://github.com/dar17320/Lab-3/tree/Final>

Ejercicio 04

Utilice *bubble pushing* (el teorema de DeMorgan) para re-dibujar los siguientes 2 circuitos para luego escribir la ecuación booleana del circuito por inspección sencilla.

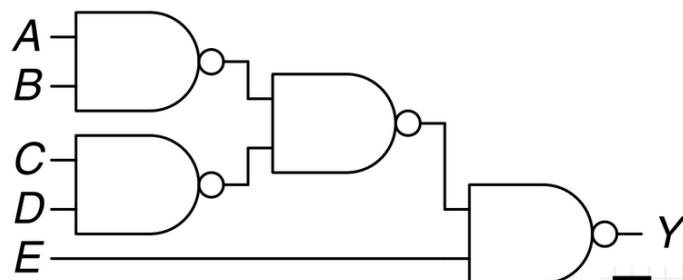


Figure 3: Ejercicio 00 de *Bubble Pushing*

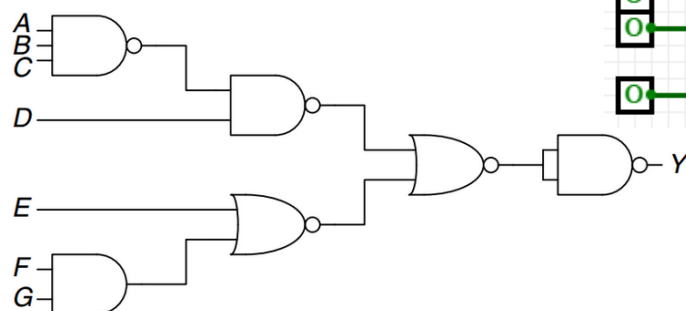


Figure 4: Ejercicio 01 de *Bubble Pushing*

