

Universidad Autónoma de Baja California  
Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería



**CIRCUITOS DIGITALES AVANZADOS**

**Practica 5**  
**Dispositivos Lógicos Programables**

**Docente:** Lara Camacho Evangelina

**Alumnos:**

Gómez Cárdenas Emmanuel Alberto **1261509**  
León Romero Pablo Constantino **1253171**

## INDICE

OBJETIVO .....	3
EQUIPO .....	3
FUNDAMENTO TEORICO .....	3
Dispositivos lógicos programables .....	3
GAL16V8 y GAL22V10.....	7
DESARROLLO .....	10
Circuito combinacional .....	10
Código del Circuito.....	10
Circuito Simulado.....	11
Circuito secuencial .....	12
Diagrama de Estados y Tabla de Transición .....	12
Código del Circuito en WinCUPL .....	13
Circuito Simulado en WinSim .....	14
CONCLUSIONES .....	15
VIDEO DE PRACTICA.....	15

## OBJETIVO

Diseñar circuitos combinacionales y secuenciales en Dispositivos Lógicos Programables.

## EQUIPO

Computadora personal con el software WinCUPL y WinSIM u otro software para desarrollo de código para PLDs.

## FUNDAMENTO TEORICO

### Dispositivos lógicos programables

Los dispositivos lógicos programables (Programmable Logic Device, PLD) permiten al desarrollador especificar la lógica de operación del dispositivo por medio de programación. De forma que los pasos de simplificación de relaciones algebraicas de las entradas y salidas del sistema y selección de los circuitos integrados para la implementación del circuito puede ser automatizadas por un software de desarrollo para PLDs. Usar lógica programable mejora la eficiencia del diseño y proceso de desarrollo. De esta manera, el trabajo del diseñador es identificar las entradas y salidas, especificar su relación lógica y seleccionar un dispositivo programable donde se pueda implementar el circuito al menor costo. El concepto detrás de los dispositivos programables es simple: están compuestos de muchas compuertas lógicas en un solo circuito integrado y controlan electrónicamente las interconexiones de estas compuertas. En la Fig. 1 se ilustra este concepto con un circuito combinacional sencillo.

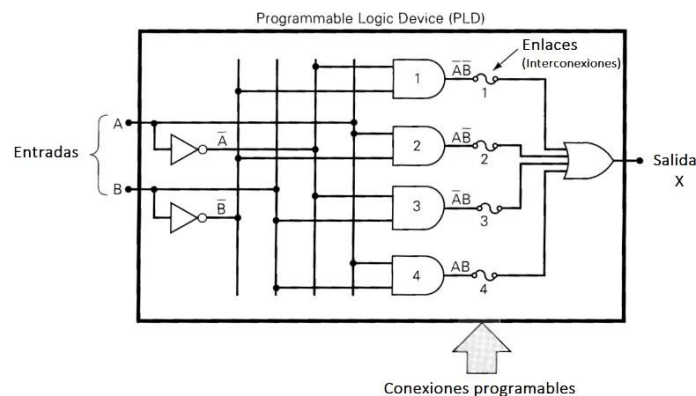


Figura 1. Ejemplo simplificado de un PLD.

La lógica en este PLD simplificado está en la forma de suma de productos (Sum of Products, **SOP**) con compuertas AND alimentando una OR final. La salida X es la función SOP de las entradas A y B. La función de salida depende de cuáles salidas de la AND están conectadas a las entradas de la OR. En el ejemplo, todas las salidas de la AND están conectadas a la OR por medio de conectar los enlaces 1 a 4. Al programar el dispositivo, todos los enlaces pueden ser dejados conectados como en este ejemplo, o podrían desconectarse algunos, de forma que algunas salidas de la AND estén desconectadas de la OR. Por ejemplo, si los enlaces 1 a 3 son abiertos, solo la compuerta 4 de la AND va a estar conectada y salida sería  $X = AB$ ; si los enlaces 1 y 4 están abiertos, la salida es  $X = AB + \overline{AB}$ . La circuitería de un PLD es tal que un enlace abierto produce un Bajo en su entrada en la OR.

El chip PLD inicialmente tiene todos los enlaces intactos. Para acceder a estos enlaces, el chip debe ser puesto en un modo especial de operación y voltajes especiales deben ser aplicados a ciertos pines. Esto es llamado *programar* el PLD. El chip es colocado en una fixtura llamada programador conectado a la computadora, un software de desarrollo traduce un archivo con el diseño a otro archivo llamado "fuse plot". Este es una especie de mapa que indica qué enlaces en el dispositivo van a ser desconectados y cuáles van a ser dejados intactos. El formato para transmitir los datos de programación al PLD sigue el estándar 3 **JEDEC** (Joint Electronic Device Engineering Council), donde se estandariza también la asignación de pines para varios empaquetados de circuitos integrados independientemente del fabricante, haciendo los programadores universales menos complicados. En la Fig. 2 se muestran los componentes para diseño de circuitos con PLDs. En la Fig. 3 se muestran los métodos en que se puede especificar un circuito en un compilador para desarrollo con PLDs.

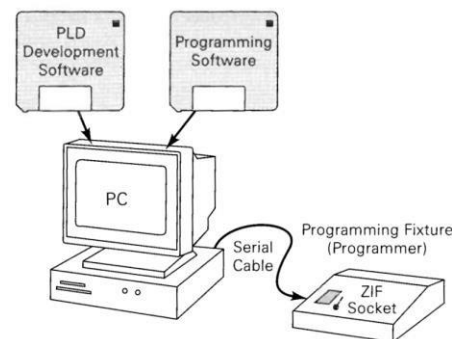


Figura 2. Sistema para diseño de circuitos con PLDs.

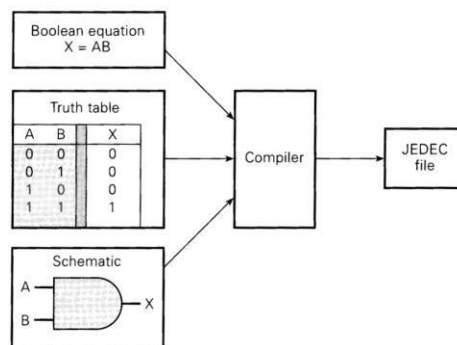


Figura 3. Métodos para describir un circuito en un compilador para PLDs.

La sintaxis para describir la operación de un circuito es llamada Lenguaje de Descripción de Hardware (Hardware Description Language, **HDL**). Un compilador común para diseño con PLDs es **CUPL**. En este compilador, el archivo de entrada es dividido en varias secciones. La Cabecera documenta detalles e información que el compilador puede usar para programar el dispositivo. La sección de *Especificación de Entradas y Salidas* es usada para asignar nombres a las señales para los pines del PLD. La sección de *Descripción de Hardware* permite indicar el diseño del circuito en uno de los modos ilustrados en la Fig. 3. A continuación, se muestra un ejemplo de un circuito combinacional descrito en lenguaje CUPL. En la Tabla 1 se presenta la sintaxis para las operaciones lógicas, en el Listado 1 está el código que describe la expresión SOP  $X = ABC + \bar{A}BC + A\bar{B}C + AB\bar{C}$  a implementarse en un PLD GAL16V8 y en la Fig. 4 el diagrama del dispositivo con las entradas y salidas.

Función	Operador	Formato CUPL
AND	&	A & B
OR	#	A # B
NOT	!	!A
XOR	\$	A \$ B

Tabla 1. Sintaxis de CUPL para operaciones lógicas.

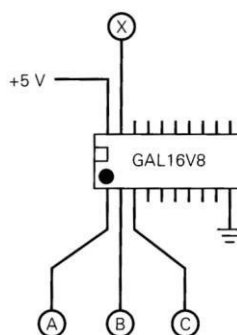
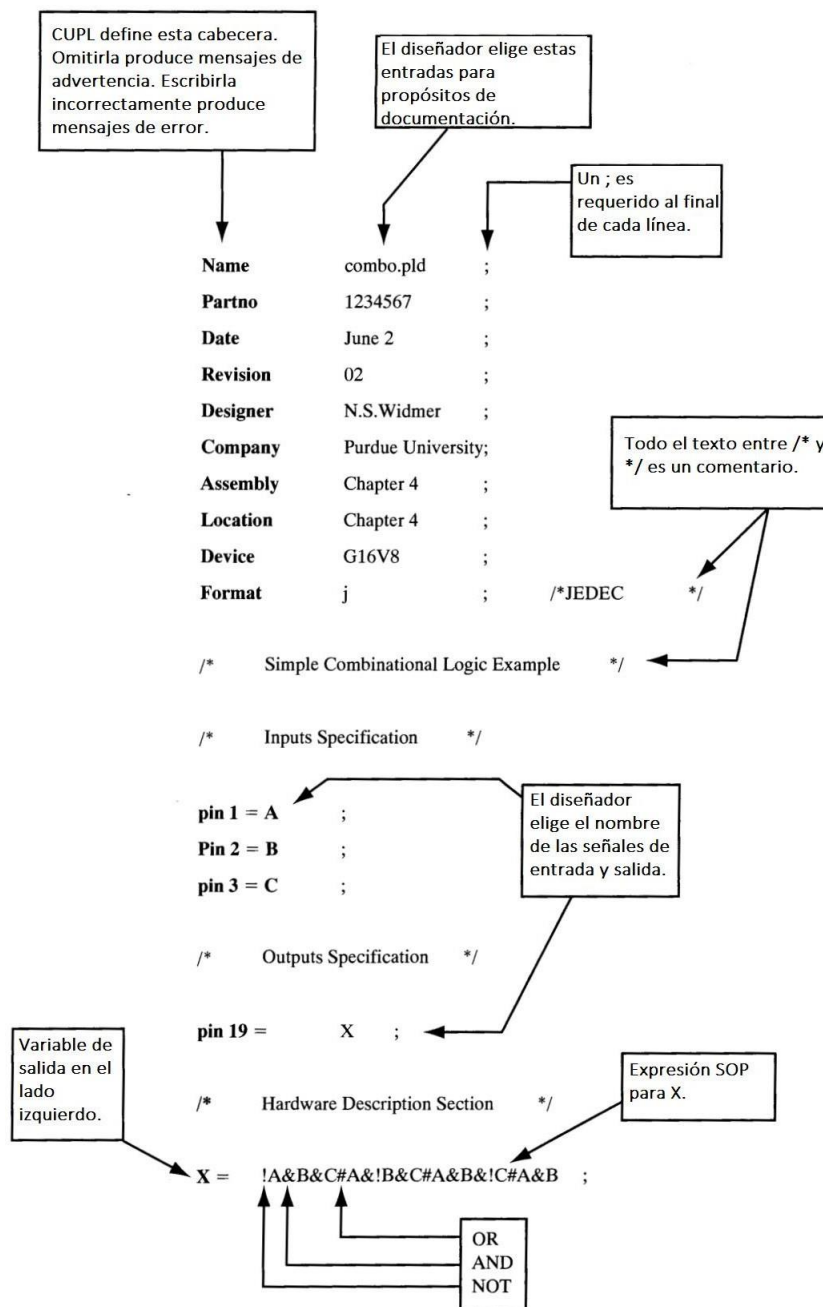


Figura 4. Diagrama de conexión del dispositivo GAL16V8.



Listado 1. Descripción en CUPL de un circuito combinacional.

El compilador reduce la ecuación a su forma más simple antes de generar el archivo de salida. En este punto, el diseño puede ser probado en un simulador, el cual es un programa que calcula los estados de salida basándose en la descripción del circuito y las entradas actuales. Los vectores de prueba son un conjunto de entradas hipotéticas y sus correspondientes salidas, las cuales prueban que el diseño opera correctamente. Si los vectores de prueba son comprensivos, el diseño puede ser probado incluso antes de programar el dispositivo.

## GAL16V8 y GAL22V10

Los dispositivos Arreglo Lógico Genérico (Generic Logic Array, **GAL**) usan un arreglo de EEPROMs donde ciertas localidades de memoria son designadas para controlar conexiones entre renglones y columnas de una matriz de términos de entrada. El uso de EEPROMs permite borrar y reprogramar el dispositivo. No es necesario que el desarrollador determine los datos en la EEPROM para las conexiones, el software de programación se encarga de ello.

El diagrama lógico del **GAL16V8** es mostrado en la Fig. 5. Este dispositivo tiene ocho pines de entrada dedicados, dos pines de selección de función y ocho pines que pueden ser usados ya sea como entrada o salida. Los componentes principales de un GAL son la matriz de términos de entrada, compuertas AND que generan los productos de los términos de entrada y las macro celdas de lógica de salida (**OLMC** en la figura). La flexibilidad del GAL16V8 recae en sus OLMCs programables. Ocho diferentes productos (salidas de las compuertas AND) son aplicados como entradas a cada una de las ocho OLMC. Dentro de ellas, los productos son ingresados a una OR para generar la suma de productos (SOP).

También dentro de la OLMC, la salida SOP puede ser ruteada a un pin de salida para implementar un circuito combinacional, o puede ser ingresada a un flip flop D para implementar un circuito con salida registrada (sincronizada). En las OLMC es donde se encuentran los bits programables de la EEPROM.

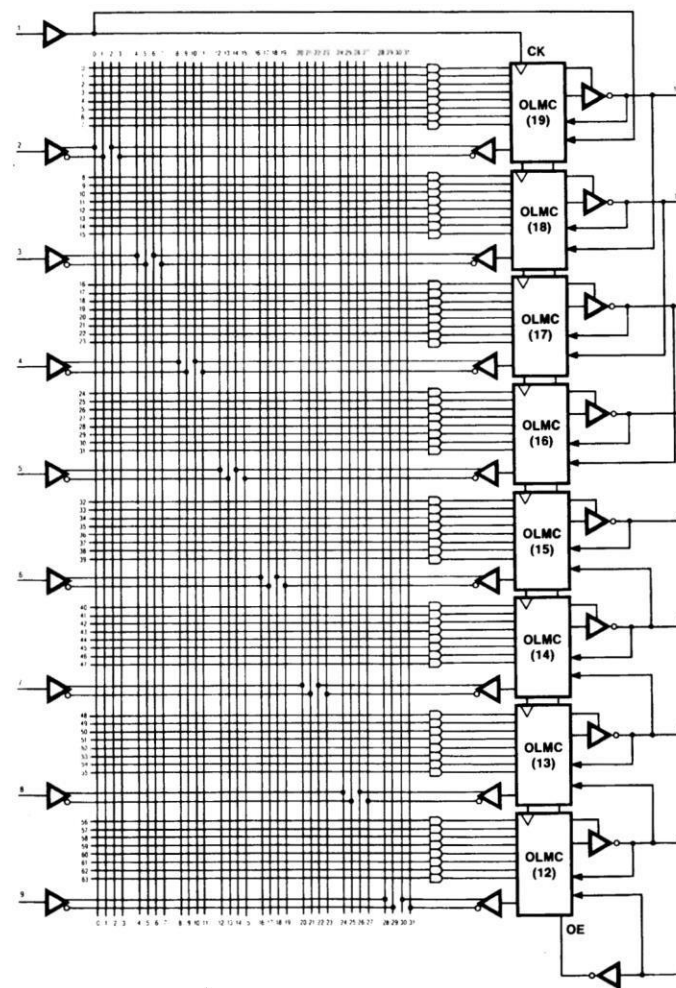


Figura 5. Diagrama Lógico de un GAL16V8.

Un GAL popular es el **GAL22V10**, el cual tiene doce entradas dedicadas y diez entradas o salidas. Su diagrama lógico se muestra en la Fig. 6, el cual es una arquitectura similar, mas no idéntica, al GAL16V8. A diferencia del 16V8, cada OR en el 22V10 no combina el mismo número de términos de producto. El número de términos va desde ocho a 16. Para tomar ventaja de los términos extra, se asignan las expresiones más grandes a los pines de salida correctos.



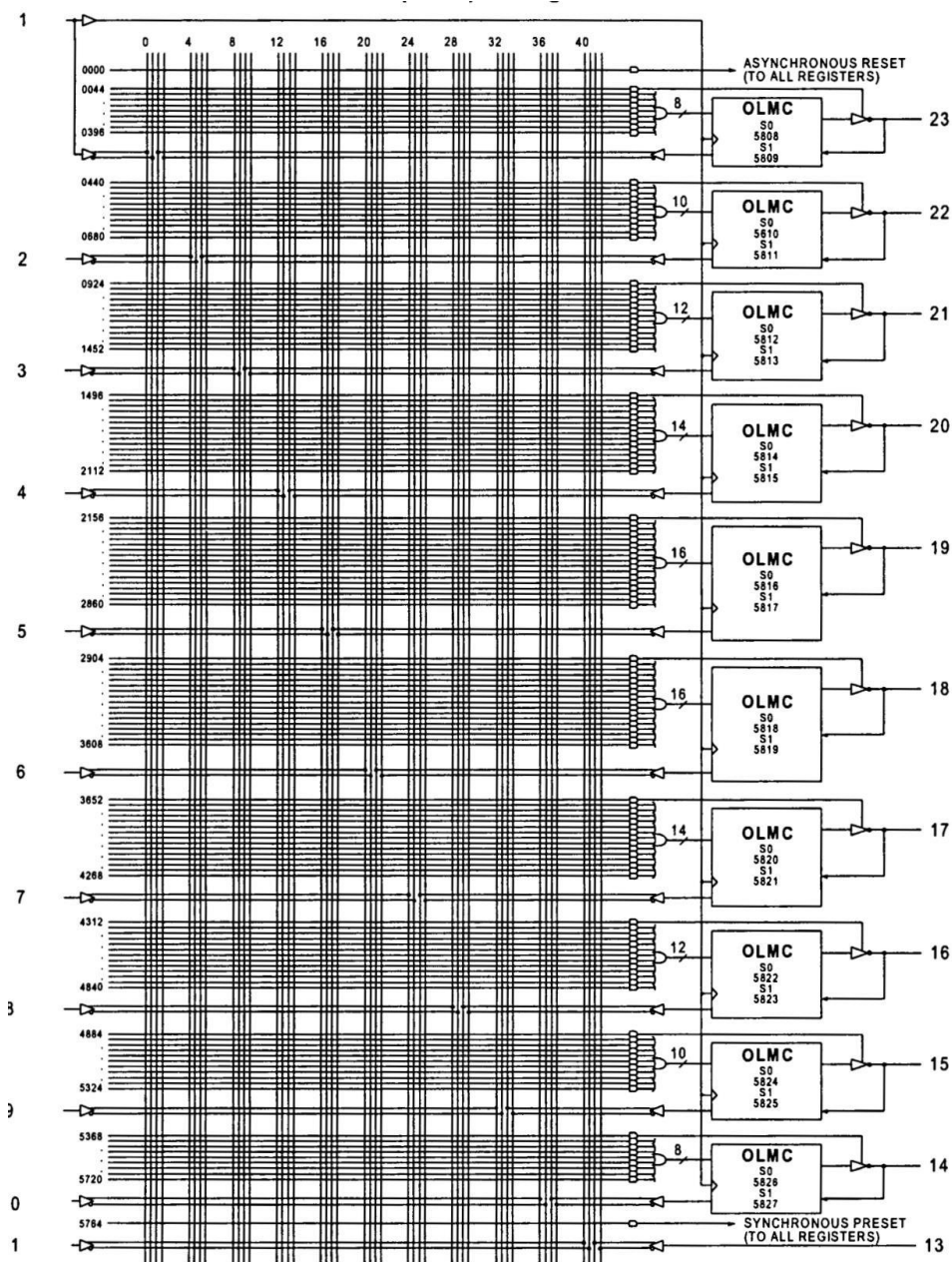


Figura 6. Diagrama Lógico de un GAL22V10.

## DESARROLLO

Descargue e instale el software de diseño para PLDs **WinCUPL** del sitio del fabricante Microchip. El software fue desarrollado por Atmel, esta compañía fue posteriormente adquirida por Microchip.

<https://www.microchip.com/design-centers/fpgas-and-plds/splds-cplds/pld-design-resources>

En el sitio se indica que es necesario usar el número de serie 60008009.

Es válido usar otro software para desarrollar código para dispositivos GAL.

### Circuito combinacional

0. Copie y compile el código del *Listado 1* que describe un circuito combinacional.
1. Simule en **WinSim** (se instala junto con WinCUPL) el circuito combinacional para distintos valores de entrada.
2. Modifique el código del *Listado 1* para describir la siguiente ecuación en el dispositivo GAL22V10:

$$F = A\bar{B} + ABD + AB\bar{D} + \bar{A}\bar{C}\bar{D} + \bar{A}B\bar{C}$$

3. Compile y simule el código desarrollado.
4. Realice un video donde describa la simulación. Indique los distintos valores de entrada que está aplicando al circuito y explique las salidas obtenidas.

### Código del Circuito

```

C:\WINCUPL\WINCUPL\PARTE1.PLD
Name      Partel ;
PartNo    00 ;
Date      12/11/2020 ;
Revision  01 ;
Designer  Engineer ;
Company   UABC ;
Assembly  None ;
Location  ;
Device    g22v10 ;

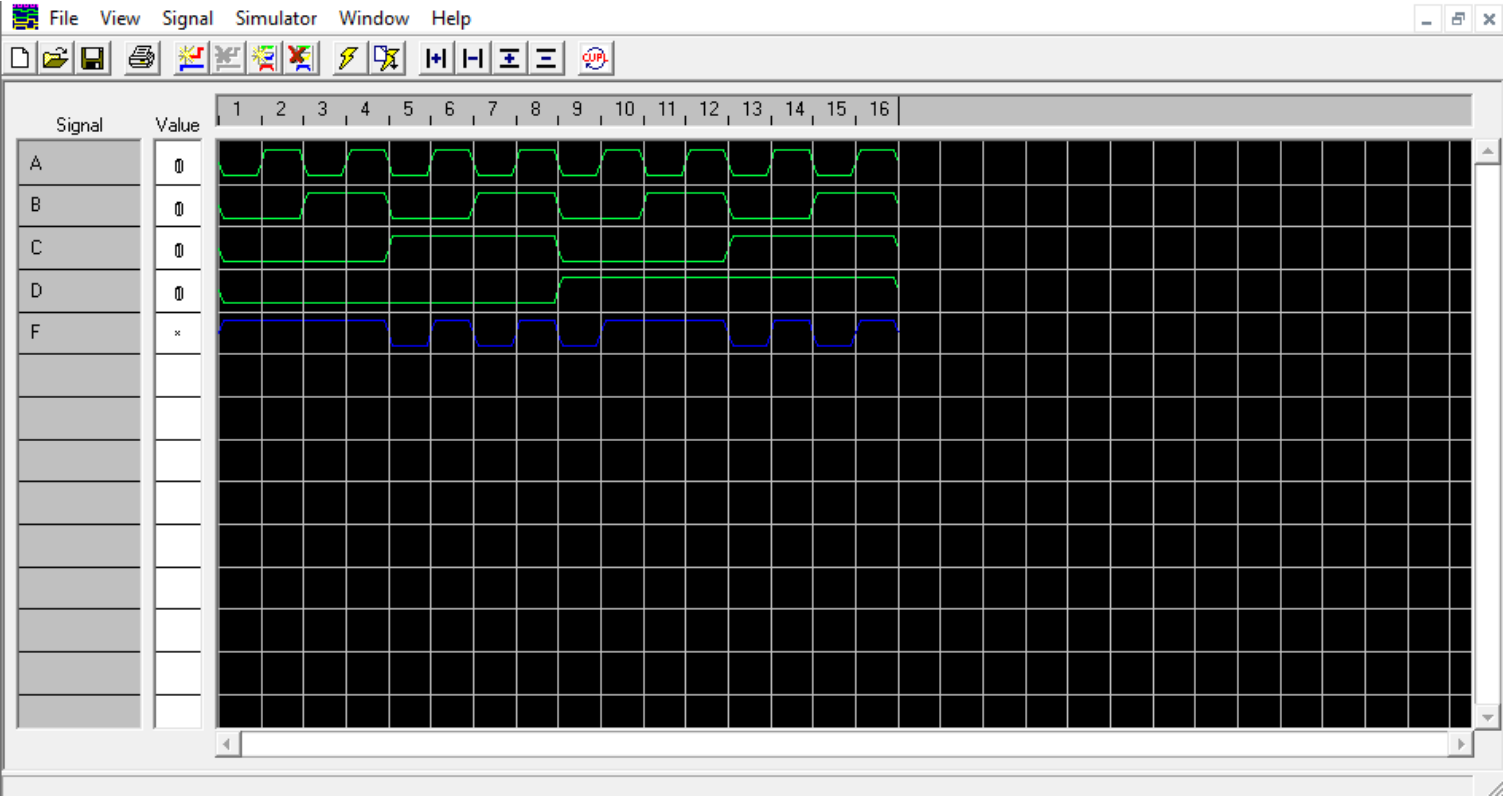
/* ***** INPUT PINS ***** */
PIN 1 = A      ; /*
PIN 2 = B      ; /*
PIN 3 = C      ; /*
PIN 4 = D      ; /*

/* ***** OUTPUT PINS ***** */
PIN 19 = F      ; /*

F= A&!B&A&B&D&A&B&!D&!A&!C&!D&!A&B&!C;

```

Circuito Simulado



Circuito secuencial

Diseñe un circuito detector de secuencia con una entrada **X** y dos salidas, **Z<sub>1</sub>** y **Z<sub>2</sub>**, que detecte la aparición de las secuencias 1011 y 1101 en la entrada. La salida **Z<sub>1</sub>** es 1 cada vez que se recibe la secuencia 1011, mientras que **Z<sub>2</sub>** es 1 cada vez que 1101 es recibida. El detector debe ser con traslape. El dispositivo a usar es un GAL22V10.

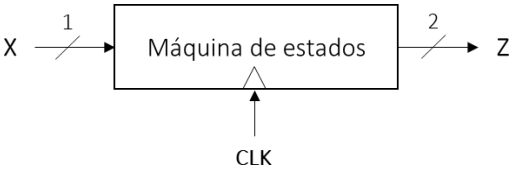


Diagrama de Estados y Tabla de Transición

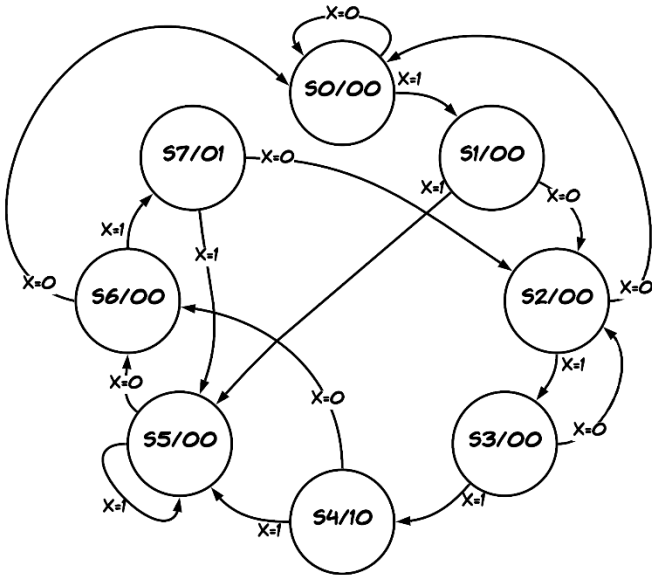


Tabla De transicion			
ESTADO	Proximo Estado (Q2, Q1, Q0)		Salidas
Actual	X = 0	X = 1	Z
000	000	001	00
001	010	101	00
010	000	011	00
011	010	100	00
100	010	101	10
101	110	101	00
110	000	111	00
111	010	101	01

## Código del Circuito en WinCUPL

```
Name practica5_2;
Partno 1253171;
Date 12/11/20;
Revision 01;
Designer CDA;
Company UABC;
Assembly None;
Location None;
Device g22v10;
```

```
/**INPUT**/
```

```
PIN 1 = CLK;
PIN 2 = X;
```

```
/**OUTPUT**/
```

```
PIN 20 = QC;
PIN 21 = QB;
PIN 22 = QA;
```

```
PIN 19 = Z1;
PIN 18 = Z2;
```

```
Z1 = QC&!QB&!QA;
Z2 = QC&QB&QA;
```

```
/**ESTADOS**/
```

```
$DEFINE s0 0
$DEFINE s1 1
$DEFINE s2 2
$DEFINE s3 3
$DEFINE s4 4
$DEFINE s5 5
$DEFINE s6 6
$DEFINE s7 7
```

```
/**MAQUINA DE ESTADOS**/
```

```
FIELD input = [QC,QB,QA];
```

```
SEQUENCE input
```

```
{
```

```
PRESENT s0
```

```
IF X NEXT s1;
DEFAULT NEXT s0;
```

```
PRESENT s1
```

```
IF X NEXT s5;
DEFAULT NEXT s2;
```

```
PRESENT s2
```

```
IF X NEXT s3;
DEFAULT NEXT s0;
```

```
PRESENT s3
```

```
IF X NEXT s4;
DEFAULT NEXT s2;
```

```
PRESENT s4
```

```
IF X NEXT s5;
DEFAULT NEXT s6;
```

```
PRESENT s5
```

```
IF X NEXT s5;
DEFAULT NEXT s6;
```

```
PRESENT s6
```

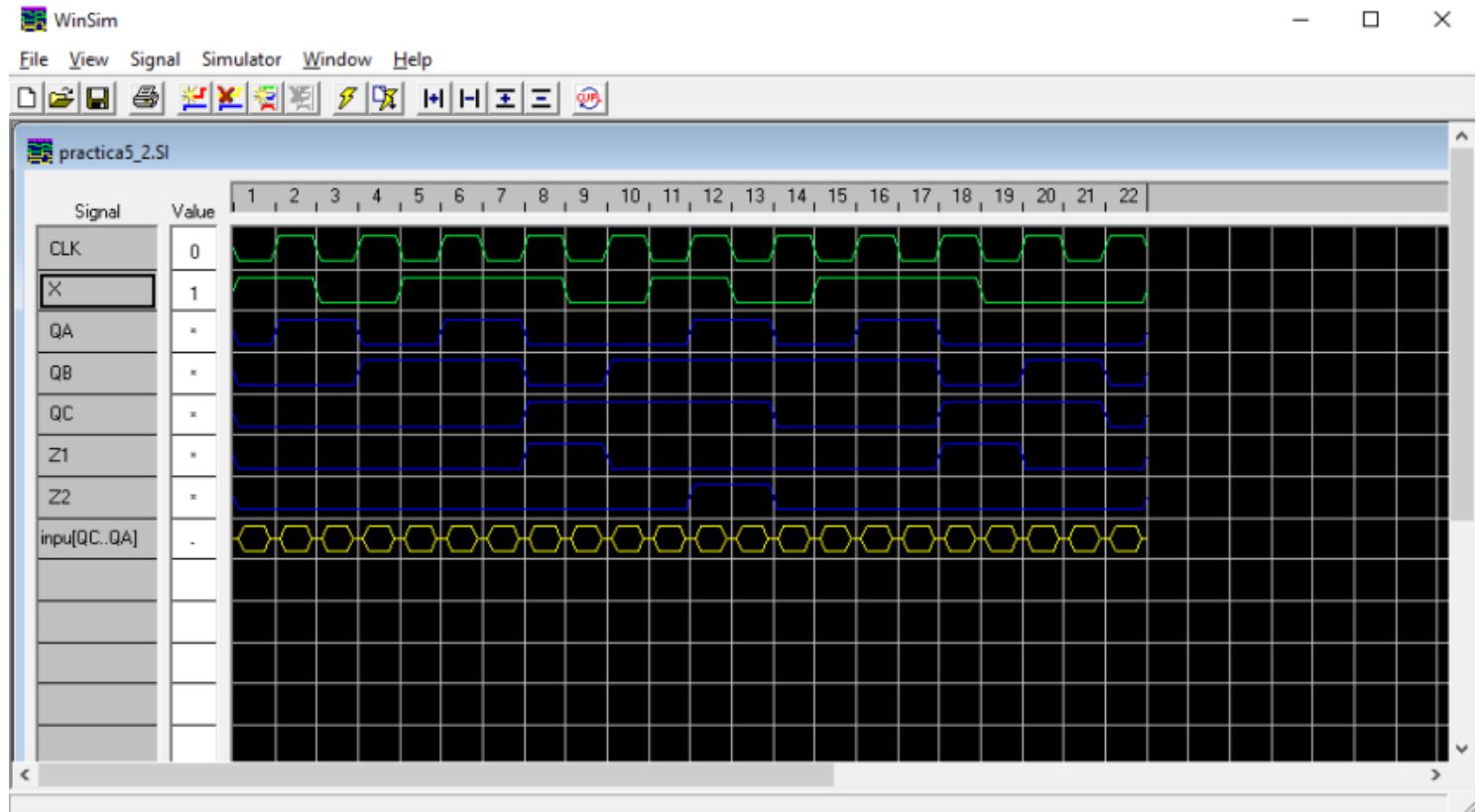
```
IF X NEXT s7;
DEFAULT NEXT s0;
```

```
PRESENT s7
```

```
IF X NEXT s5;
DEFAULT NEXT s2;
```

```
}
```

## Circuito Simulado en WinSim



## CONCLUSIONES

### **Gómez Cárdenas Emmanuel Alberto:**

Los dispositivos lógicos programables son bastantes útiles a la hora de hacer pruebas y experimentar con circuitos secuenciales, lo único con lo que batallamos bastante fue al utilizar WinCUPL y WinSim, especialmente WinCUPL. Debido a que su interfaz es un poco antigua, se nos hizo complicado entender su funcionamiento y, por lo tanto, detectar errores rápidamente.

### **Pablo Constantino León romero:**

Los Programas WinCUPL y WinSIM, son programas que nos ayudan a programar Circuitos Lógicos Programables, con los cuales podemos realizar diferentes tipos de ellos, como uno que responda a una ecuación dada, o realizar circuitos que detecten secuencias de entrada para encender salidas. Estos programas facilitan a la hora de trabajar ya que los tiempos para realizar la practica son acortados ya que nos brindan herramientas para agilizar el proceso. Aunque fue un poco difícil acostumbrarse a la interfaz y modo de trabajo considero que aprendí a manejar WinCUPL y WinSIM de manera básica.

## VIDEO DE PRACTICA

<https://drive.google.com/file/d/128ocY7Hd-TEL5RtOArfg96x3laVjWIWs/view?usp=sharing>