

MICROELECTRÓNICA.

ACTIVIDAD 4.
APLICAR DISPOSITIVOS LÓGICOS PROGRAMABLES.
Colaborativo 3: fase Evaluación Final.

ESTUDIANTES:
JORGE ENRIQUE RIAÑO CASTILLO
CRISTIAN RODRÍGUEZ
ANTONIO PACHECO
JAVIER BERMÚDEZ

TUTOR:
NÉSTOR JAVIER RODRÍGUEZ

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA-UNAD.
ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS TECNOLOGÍA E INGENIERÍA.
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA.
ZIPAQUIRÁ
2016.

CONTENIDO

CONTENIDO	2
INTRODUCCIÓN.....	3
OBJETIVOS.....	4
PROPUESTA.	5
ETAPA 1:	5
ETAPA 2:	5
ETAPA 3:	6
Actividades.	7
DESARROLLO DEL TRABAJO PARA LA FASE 4. Evaluación Final:	10
Funcionamiento del circuito controlador de las cámaras.	10
Diseño del circuito en DSCH	11
Simulación del circuito en DSCH	12
Construcción del Layout en Microwind.	15
CONCLUSIONES.....	18
BIBLIOGRAFÍA.....	19

INTRODUCCIÓN.

El desarrollo del curso microelectrónica se fundamenta en la ejecución teórica y práctica de diseños microelectrónicos, en donde los estudiantes en pequeños grupos colaborativos construyan y desarrolle soluciones a casos de estudio particulares. Estos casos de estudio están íntimamente relacionados con los temas propuestos en las unidades de contenidos teóricos.

Por lo tanto en este momento Fase 4 o evaluación final, los integrantes del grupo debemos revisar, analizar y proponer a partir de los contenidos del curso particulares de la unidad tres, la mejor manera de implementar los circuitos lógicos programables, definiendo el funcionamiento, simulación y obtención del layout correspondiente. Este circuito deberá dar solución al problema planteado en la guía como etapa tres, en donde se solicita a los estudiantes construir para el laboratorio de la universidad un control en micros que permita controlar las cámaras de vigilancia del laboratorio a través del control de posición de las cuatro cámaras y dos LED's de alarma de sector de vigilancia, es decir cuando se encuentre apuntando a uno o a otro salón del laboratorio.

Para dar solución particular a esta fase, se propone en la guía de trabajo colaborativa, no solo el estudio y conocimientos de los contenidos teóricos propios del conocimiento de los circuitos lógicos programables, sino que también las diferentes aplicaciones que con ellos se pueden elaborar con el fin de establecer soluciones a problemas típicos dentro de cursos de microelectrónica. Del mismo modo y ya que no solo es necesario conocer los dispositivos, en este momento del curso es importante conocer y comprender su funcionamiento básico. De donde será posible realizar las simulaciones requeridas y la posterior obtención del layout.

Finalmente estas actividades teórico-prácticas y experimentales, se deberán resumir y complementar mediante la ejecución de tres elementos que evidencien el aprendizaje. El primero es un blog final, en el cual se ha integrado a manera de informe final los desarrollos propuestos por el grupo en todas las etapas trabajadas. El segundo es la elaboración de un video con la explicación y simulación del proceso de obtención del layout a partir del diseño y funcionamiento del circuito etapa III. Y como tercer elemento, tenemos la creación de un libro en calaméo. En estos documentos y elementos no solo debe reunirse la información sino que deberá ser concluido el trabajo mediante el proceso de discusión generado por el grupo.

OBJETIVOS.

General

- Comprender y aplicar las metodologías del diseño e microelectrónica, dando solución al caso de estudio descrito en la guía, siguiendo las pautas requeridas en la guía, obteniendo los productos necesarios y realizando los aportes propios por parte de los integrantes siempre desde la rúbrica tigre.
- Propiciar espacios o ambientes de aprendizaje para la construcción del conocimiento científico en forma colectiva para la solución de problemas, el diseño y la construcción de layouts, utilizando como referente el software Microwind y DSCH.

Específicos.

- Realizar el diseño y montaje en simulación del micro necesario según las especificaciones del laboratorio de microelectrónica etapa 3.
- Proponer, explicar y simular en un video el diseño microelectrónico propio de la fase final.
- Construir el libro en Calaméo, cumpliendo con los requerimientos de la guía y las discusiones propias.
- Integrar esta información en el blog desarrollado por el grupo en las anteriores fases.
- Redactar y estructurar un informe final que evidencie el proceso seguido por el grupo en el trabajo colaborativo.

PROPUESTA.

En la universidad (Universidad Nacional de Ingenierías: UNI) cuya facultad de ingeniería electrónica ha comenzado a crecer en desarrollo tecnológico, desean construir un laboratorio automatizado con dos salones para que se puedan desarrollar prácticas de dos cursos al tiempo y también se pueda usar como laboratorio de experimentación de los cursos propios del programa y centro de investigación tecnológico.

El laboratorio que deberán desarrollar cuenta con tres etapas las cuales los ingenieros diseñadores irán desarrollando a medida que se avanza con el proyecto, el diseño del laboratorio contara con dos salones para que utilicen tanto para clase como para prácticas investigativas simultáneamente, contara con un sistema de apertura y cierre de las puertas de acceso, que en este caso serán dos para ingresar a cada salón, detección y control de temperatura y un sistema de seguridad para controlar las cámaras que vigilaran el laboratorio, a continuación se describe cada etapa de diseño y desarrollo en el cual los diseñadores deberán desarrollar:

En esta fase el estudiante junto con el grupo de trabajo colaborativo realizará lo siguiente:

ETAPA 1:

Para el diseño de la primera etapa, se va comenzar haciendo un banco de pruebas para los microcontroladores, para ello se solicita que se adquieran estos productos bajo la casa de diseño Arduino, mientras llegan al laboratorio, se ha solicitado al laboratorista haga un banco de pruebas básico para suplir la demanda de estudiantes queriendo hacer prácticas de microcontroladores, para este diseño se deben tener en cuenta las siguientes características básicas, usando la arquitectura del microcontrolador de Arduino:

1. Que permita tener entradas digitales y salidas digitales
2. Que tenga alimentación de 5v para todo el circuito
3. Que se pueda desarrollar prácticas con leds y displays de 7 segmentos

Siguiendo estas indicaciones el laboratorista debe programar la práctica simulando la arquitectura de un microcontrolador Arduino bajo compuertas lógicas. Para la práctica los estudiantes deben hacer una calculadora donde puedan sumar hasta 2 dígitos. Una vez desarrollado el esquema completo, se debe generar los layout's para que la empresa de fabricantes de circuitos haga estos físicamente y se desarrolle las prácticas demandadas. Más adelante se desglosa paso a paso las actividades

ETAPA 2:

Para la etapa 2, los diseñadores deberán crear un circuito integrado capaz de controlar la temperatura del laboratorio, para ello tendrán un sensor de grados de estados en los que se destacan mayormente las temperaturas más alcanzadas, también contaran con dos ventiladores para la ayuda de refrigeración del laboratorio de distinto radio, y dos led de indicación de estados caliente o frío según la temperatura del laboratorio y temperatura de

MICROELECTRÓNICA.

advertencia, para poder comenzar con el diseño del circuito integrado se ha diseñado la siguiente tabla con las condiciones predefinidas:

SENSOR TEMPERATUR A °C	VENTILADOR 1	VENTILADOR 2	LED DE TEMPERATUR A PROMEDIO	LED DE TEMPERATUR A DE ADVERTENCI A
10°	Apagar	Apagar	Apagado	Apagado
15°	Apagar	Encender	Apagado	Apagado
20°	Encender	Apagar	Apagado	Apagado
25°	Apagar	Encender	Encendido	Apagado
30°	Encender	Apagar	Encendido	Apagado
35°	Encender	Encender	Encendido	Encendido
40°	Apagar	Apagar	Encendido	Encendido
45°	Apagar	Encender	Apagado	Encendido
50°	Encender	Apagar	Encendido	Encendido
55°	Apagar	Encender	Encendido	Encendido
60°	Encender	Encender	Encendido	Encendido

Si por ejemplo la temperatura alcanza los 10° C, el ventilador 1 se apaga y el ventilador 2 se apaga, pero el led de indicación de temperatura promedio estará apagado, indicando la temperatura más baja, el led de temperatura de advertencia estará apagado, para ello se deberá diseñar el circuito integrado que satisfaga estas condiciones. **Más adelante se desglosa paso a paso las actividades que debe desarrollar el estudiante**

ETAPA 3:

En la etapa 3, los diseñadores deberán crear el último integrado capaz de controlar las cámaras de vigilancia, dado que solo se tienen cuatro cámaras, estas se deberán mover en un rango de derecha a izquierda según un tiempo dado, para ello se ha establecido un led de indicación de vigilancia en el salón 1 y el salón 2, para ello se a creado la siguiente tabla con las condiciones que se deberán diseñar para obtener el circuito integrado:

Tabla 1. Comportamiento esperado de las cámaras y LED's de vigilancia.

TIEMPO	CÁMAR A 1	CÁMAR A 2	CÁMAR A 3	CÁMAR A 4	LED VIGILAN CIA SALÓN 1	LED VIGILAN CIA SALÓN 2
1	Izquierda	Derecha	Derecha	Derecha	Encendido	Apagado
2	Derecha	Izquierda	Derecha	Derecha	Encendido	Apagado
3	Izquierda	Izquierda	Derecha	Derecha	Encendido	Apagado
4	Izquierda	Derecha	Izquierda	Izquierda	Encendido	Encendido
5	Izquierda	Izquierda	Izquierda	Izquierda	Apagado	Encendido
6	Derecha	Derecha	Izquierda	Izquierda	Apagado	Encendido
7	Derecha	Derecha	Derecha	Izquierda	Apagado	Encendido

Tenga en cuenta que el cambio del tiempo 1 al tiempo 2, en el que las cámaras 1, 2, 3 y 4 giran según la tabla anterior tiene una duración de 2 segundos (este tiempo se solo para el ejercicio, en la vida práctica se lleva más tiempo), para ello deberán utilizar un **temporizador** en DSCH que les permita hacer el cambio de cada tiempo según lo estipulado anteriormente, desde el tiempo 1 hasta el tiempo.

Actividades.

En esta fase el estudiante junto con el grupo de trabajo colaborativo realizará lo siguiente:

- Dentro del entorno de aprendizaje colaborativo se abrirá un foro (Trabajo Colaborativo – Fase 4 Final) destinado a la discusión y aportes que hagan los estudiantes referentes a las temáticas abordadas, para ello utilizarán la rúbrica TIGRE que se encuentra dentro del entorno de aprendizaje práctico.
- El grupo de trabajo colaborativo analizará el caso de estudio planteado dentro de esta guía integradora de actividades y discutirán dentro del foro de trabajo colaborativo las posibles soluciones que puedan surgir mediante las lecturas de referencias complementarias y sugeridas como también utilizando la rúbrica TIGRE
- Cada estudiante hará mínimo tres intervenciones respecto a las conclusiones y aspectos más relevantes que encontró según las lecturas de las unidades 1, 2 y 3, y usando la rúbrica TIGRE retroalimentará mínimo a dos compañeros junto con sus aportes.
- Utilizando el foro de “trabajo colaborativo – Fase 4 Final”, y teniendo en cuenta el caso de estudio, el grupo de trabajo colaborativo diseñará y desarrollará la tercera etapa (etapa 3) del caso de estudio, con ella deberá diseñar el circuito integrado, en primera instancia la simulación utilizando DSCH y luego generar el layout en Microwind, para el diseño de las compuertas tenga en cuenta que los sensores, actuadores, motores y demás elementos que intervienen se deben tomar como estados de entrada y salida al circuito 1 y 0, por ejemplo, teniendo en cuenta que en la etapa 3, el tiempo en que giran las cámaras son estados iniciales, se debe diseñar el circuito utilizando la siguiente tabla:

Tabla 2. Estados y entradas al circuito lógico combinacional.

TIEMPO DISEÑADO PARA EL MOVIMIENTO DE CÁMARAS	ESTADOS DE ENTRADA AL CIRCUITO DIGITAL DISEÑADO
1	000
2	001
3	010
4	011
5	100
6	101
7	110

MICROELECTRÓNICA.

Con la tabla anterior deberán diseñar el circuito digital, teniendo en cuenta las compuertas que deberán usar para que pueda dar solución a las condiciones planteadas en la etapa 3, del caso de estudio.

- El desarrollo lo sustentarán creando un video y la voz de un compañero de grupo quien explicará paso a paso, la utilización y desarrollo del diseño de del circuito y el uso de herramienta Microwind para generar el layout y DSCH para crear la simulación, este video lo subirán a YouTube, con una duración mayor a 8 minutos, luego lo publicaran dentro del blog que se diseñó en la fase 1.
- La presentación que el grupo de trabajo colaborativo desarrollará debe contener lo siguiente:
 - Presentación de los integrantes, para ello deberán hacer la siguiente diapositiva (Grupo que no tenga en su presentación esta diapositiva no se tendrá en cuenta y su calificación será 0.0):
 - Resumen
 - Orden del día (tabla de contenido)
 - Desarrollo del circuito integrado del caso de estudio – etapa 3
 - Retroalimentaciones de los compañeros correspondiente a la simulación
 - Conclusiones
 - Referencias Bibliográficas con normas APA
- El grupo de trabajo colaborativo utilizará el blog antes diseñado en la fase 1, en este, colocarán todos los aportes de las fases anteriores y subirán link correspondiente de este blog, dentro del foro de la fase 4, si el grupo de trabajo colaborativo no deja el link dentro del foro correspondiente no se podrá evaluar lo realizado por parte de los estudiantes
- El blog diseñado por el grupo de trabajo colaborativo deberá contener lo siguiente:
 - Portada incluyendo el nombre de los integrantes como sus respectivos códigos
 - Introducción de que es lo que se espera de la actividad
 - Resumen de las actividades desarrolladas
 - Objetivos planteados por el grupo de trabajo
 - Desarrollo de la actividad de la fase 4 (Complementado con las fases 1, 2 y 3)
 - Conclusiones referentes al desarrollo de la actividad
 - Recomendaciones que puedan surgir
 - Referencias Bibliográficas
- El grupo de trabajo colaborativo generará un documento final en formato PDF utilizando las normas APA, el cual deberá incluir lo siguiente:
 - Portada incluyendo el nombre de los integrantes como sus respectivos códigos
 - Introducción de que es lo que se espera de la actividad
 - Resumen de lo que se encuentra dentro del documento
 - Objetivos planteados por el grupo de trabajo colaborativo
 - Desarrollo de las fases 1, 2, 3 y 4
 - Diseño final del sistema Microelectrónico

MICROELECTRÓNICA.

- Conclusiones referentes al desarrollo de la actividad
- Recomendaciones que puedan surgir
- Referencias Bibliográficas
- El grupo de trabajo colaborativo entregara el documento dentro del entorno de evaluación y de seguimiento (Trabajo Colaborativo - Fase 4 Final), designando a uno de los integrantes del grupo para que realice la entrega oficial

DESARROLLO DEL TRABAJO PARA LA FASE 4. Evaluación Final: Funcionamiento del circuito controlador de las cámaras.

Lo primero que debemos definir son los estados del funcionamiento de las cámaras, por lo tanto tenemos la siguiente tabla para el comportamiento de las cámaras y los indicadores de vigilancia:

Tabla 3. Comportamiento esperado de las cámaras y LED's de vigilancia.

TIEMPO	CÁMAR A 1	CÁMAR A 2	CÁMAR A 3	CÁMAR A 4	LED VIGILAN CIA SALÓN 1	LED VIGILAN CIA SALÓN 2
1	Izquierda	Derecha	Derecha	Derecha	Encendido	Apagado
2	Derecha	Izquierda	Derecha	Derecha	Encendido	Apagado
3	Izquierda	Izquierda	Derecha	Derecha	Encendido	Apagado
4	Izquierda	Derecha	Izquierda	Izquierda	Encendido	Encendido
5	Izquierda	Izquierda	Izquierda	Izquierda	Apagado	Encendido
6	Derecha	Derecha	Izquierda	Izquierda	Apagado	Encendido
7	Derecha	Derecha	Derecha	Izquierda	Apagado	Encendido

Por tanto debemos definir para cada uno de los estados las posibles entradas, mediante la siguiente tabla, además presentamos la posible salida de los indicadores:

Tabla 4. Estados de entrada y salidas esperadas para el circuito.

TIEMPO DISEÑADO PARA EL MOVIMIENTO DE CÁMARAS	ESTADOS DE ENTRADA AL CIRCUITO DIGITAL DISEÑADO	A1	A2	A3	A4	L1	L2
1	000	0	1	1	1	1	0
2	001	1	0	1	1	1	0
3	010	0	0	1	1	1	0
4	011	0	1	0	0	1	1
5	100	0	0	0	0	0	1
6	101	1	1	0	0	0	1
7	110	1	1	1	0	0	1

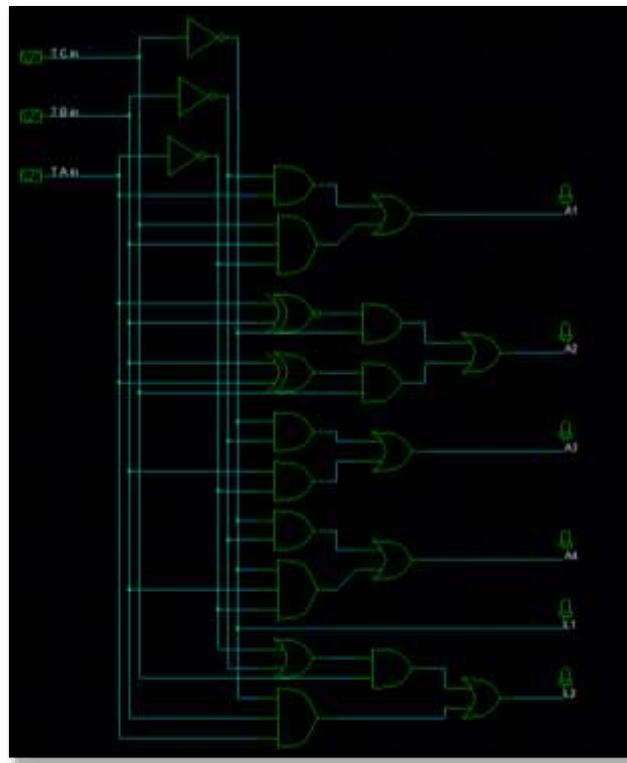
Es importante aclarar que las cámaras deberán girar de izquierda a derecha y viceversa, por lo tanto definimos 0 para el giro a la izquierda y 1 para el giro a la derecha, del mismo modo el estado 0 es apagado en los LED's y 1 es encendido.

Para simular este comportamiento en el DSCH, lo que se realiza es un diseñar un tren de pulsos para cada una de las entradas por tiempo. Debido a que se tiene un número impar por tanto no es sencillo controlarlo mediante la herramienta reloj, ya que no se tiene igual número de estados o un numero par de estado, es decir que por ejemplo para el bit de menor

importancia, el cual llamamos A se tiene la secuencia (0 1 0 1 0 1 0) la cual al repetirla queda con (0 1 0 1 0 1 0 0 1 0 1 0 1 0), al quedar dos ceros seguidos el comportamiento del reloj nos dificulta las operaciones, sin embargo se crea un tren de pulsos para cada bit, los cuales deberán estar separados cada dos segundos cumpliendo con lo solicitado en la guía.

Diseño del circuito en DSCH

Para este circuito suponemos un circuito lógico programable, de la siguiente manera:



Cada uno de los LED's, representa tanto las cámaras (A1 A2 A3 y A4) como los LED's indicadores de vigilancia (L1 y L2), las entradas denominadas trenes de pulsos (T C in, T B in y T A in).

Para obtener el circuito nos basamos en la tabla de verdad (ver tabla 4), en esta podemos ver que se espera de las salidas representadas en LED's a partir de las entradas suministradas al circuito, es importante tener en cuenta la convención que representa 1 encendido y 0 apagado en cuanto a los LED's se refiere y para las cámaras 0 es izquierda y 1 es derecha.

Por tanto obtenemos de la tabla 4 y por mapas de Karnaugh las ecuaciones que nos permiten construir el circuito:

Para la cámara uno (A1).

$$Y_{A1} = \overline{B}A + C\overline{B}\overline{A}$$

Para la cámara uno (A2).

$$Y_{A2} = \overline{C}(B \oplus A) + C(\overline{B} \oplus \overline{A})$$

Para la cámara uno (A3).

$$Y_{A3} = \overline{CB} + B\overline{A}$$

Para la cámara uno (A4).

$$Y_{A4} = \overline{CB} + \overline{C}B\overline{A}$$

Para el LED uno (L1).

$$Y_{L1} = \overline{C}$$

Para el LED uno (L1).

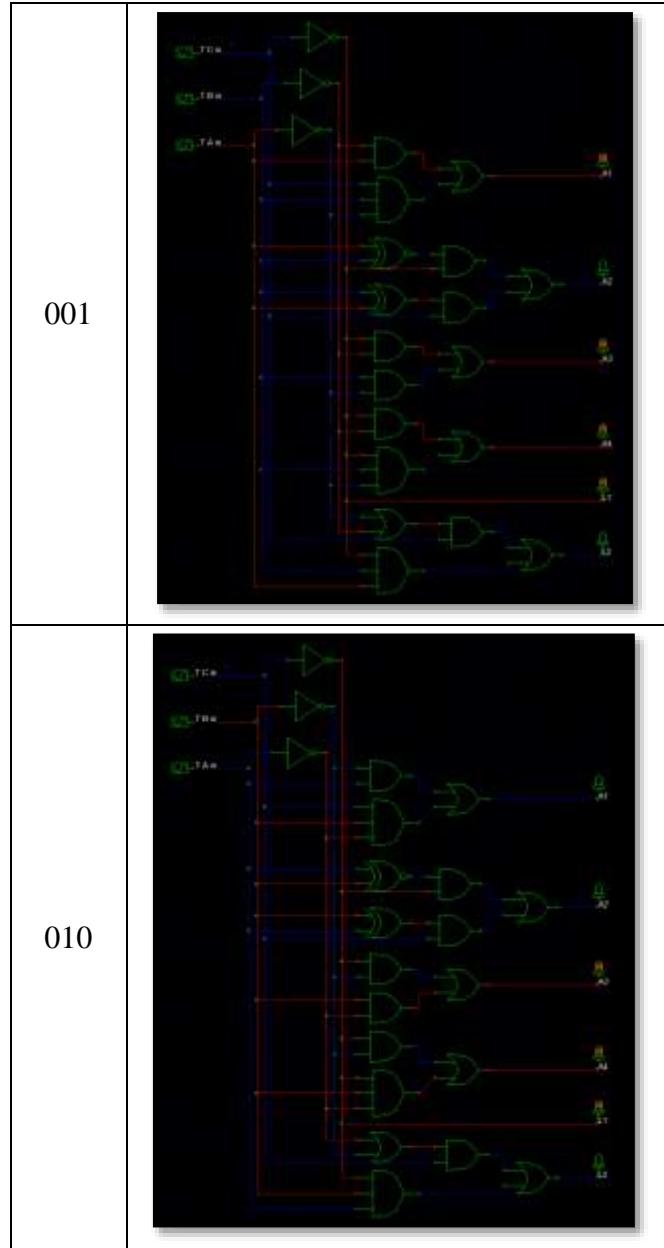
$$Y_{L2} = C(\overline{B} + \overline{A}) + \overline{C}BA$$

Simulación del circuito en DSCH

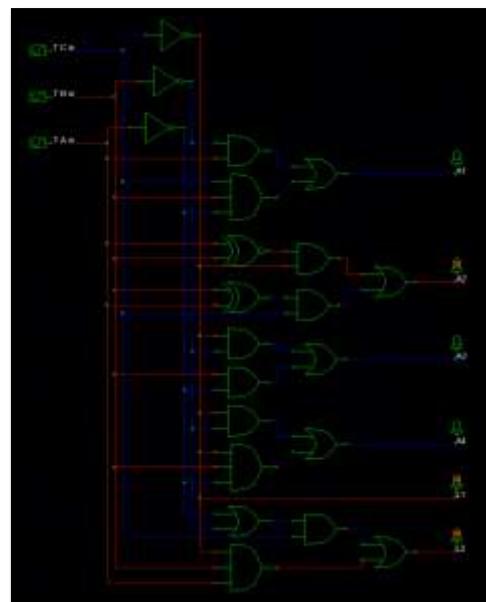
Para la simulación tenemos que el comportamiento de cada uno de los trenes de pulsos que representaran los cambios de cada uno de los bits de entrada según el comportamiento determinado en la tabla 4. Por lo tanto tenemos:

Tabla 5. Estados de la simulación y representación grafica del comportamiento.

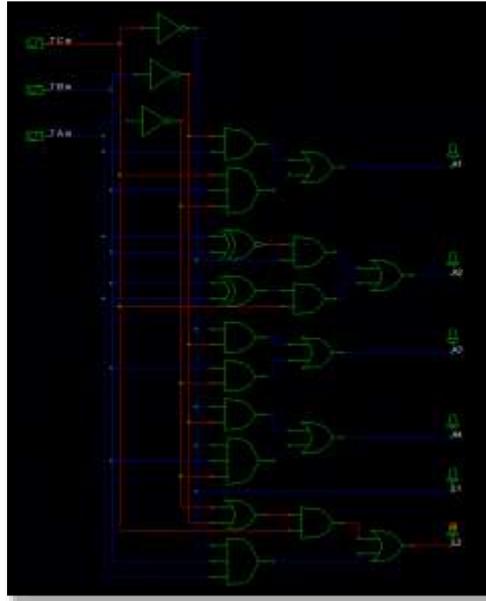
Estado	Simulación.
000	

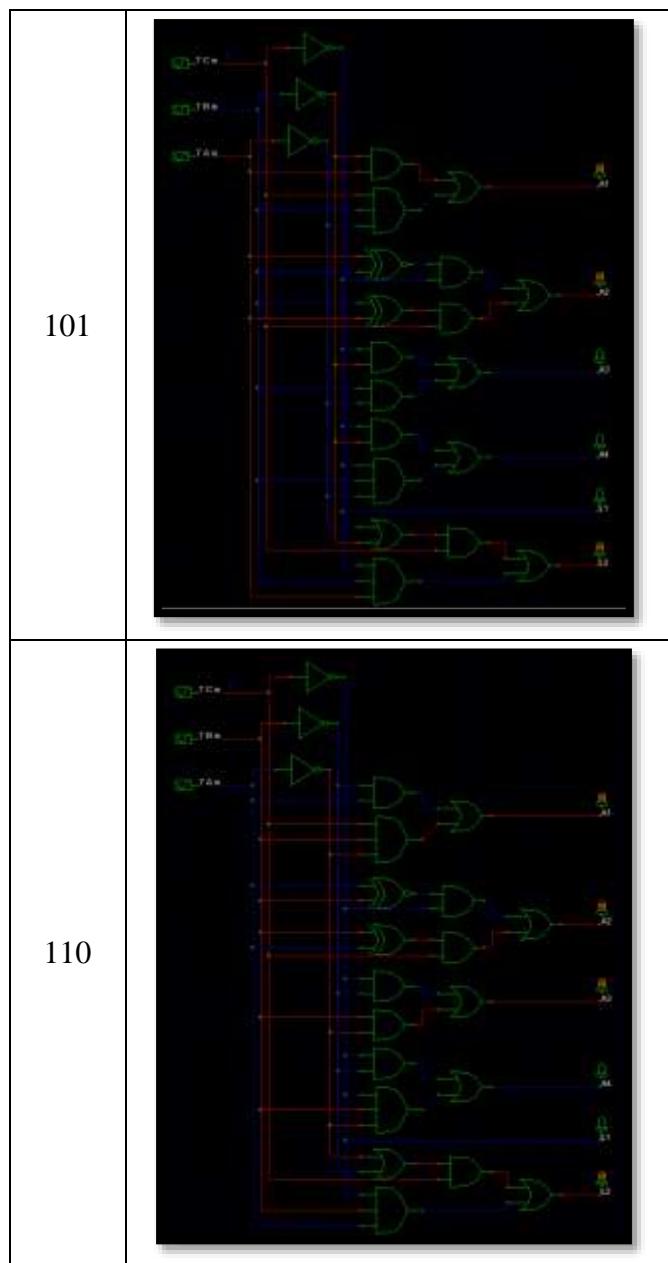


011



100





Construcción del Layout en Microwind.

Para obtener el Layout lo que debemos hacer es desde el DSCH luego de haber realizado el circuito hacer el archivo Verilog, posteriormente debemos abrir el Microwind y compilar dicho archivo. Al compilarlo en el Microwind obtenemos el siguiente diagrama y su respectiva paleta de convenciones de materiales por colores.

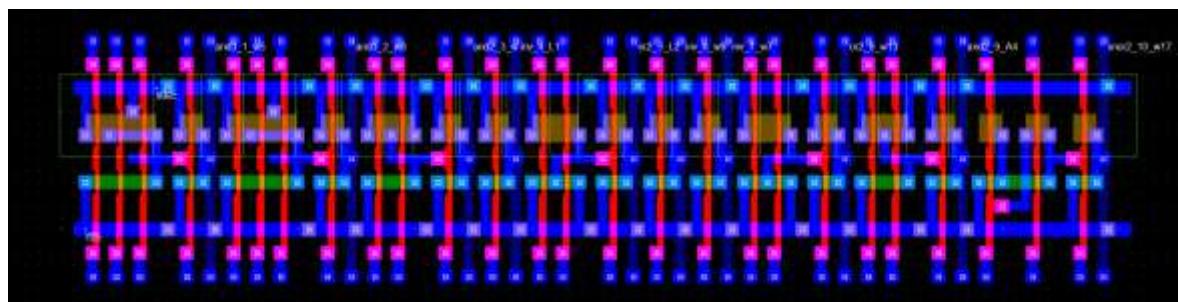


Ilustración 1. Representación de materiales y elemento en Microwind para el circuito.

Del mismo modo tenemos:

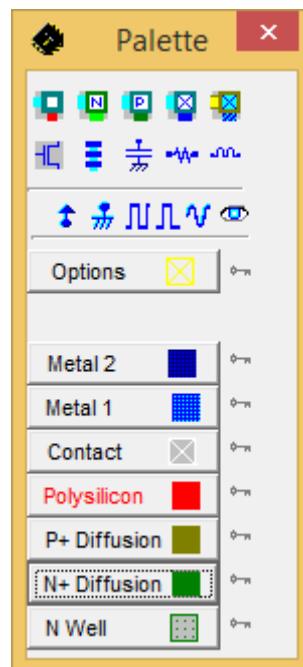


Ilustración 2. Paleta de convención de materiales y colores de elaboración

De ahí podemos obtener la representación del micro en 3D mediante la opción respectiva en el menú de opciones rápidas del Microwind.

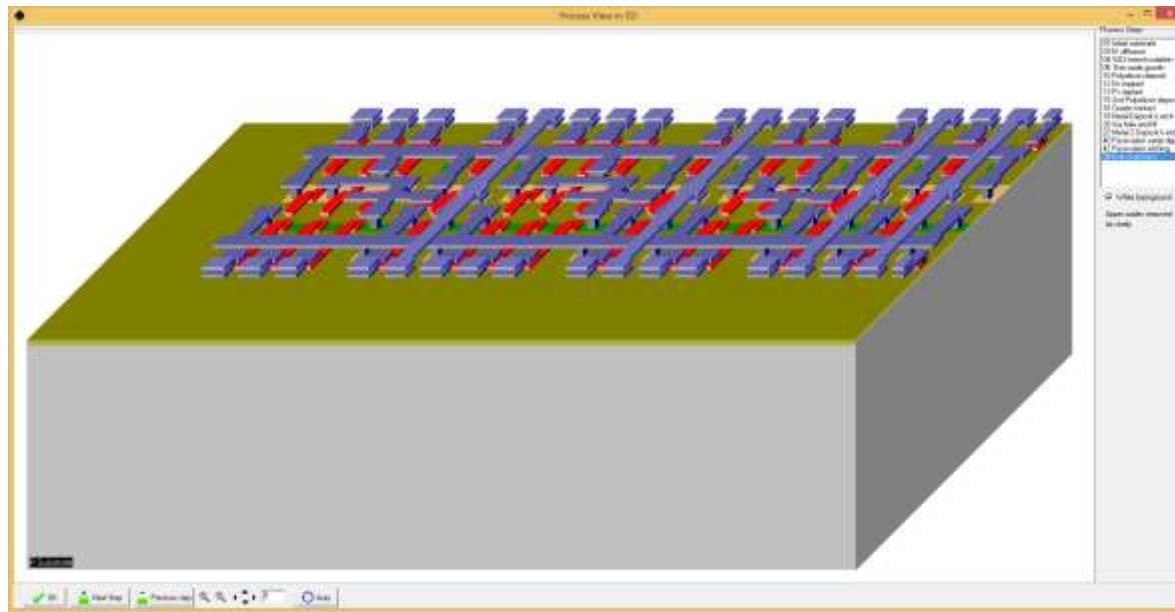


Ilustración 3. Representación en 3D obtenida en Microwind

Video y simulación.

Mediante el siguiente link es posible ingresar al blog, en este se encontraran los demás elementos elaborados en el grupo colaborativo y que además sustentan los diferentes pasos llevados a cabo en cada una de las fases del trabajo colaborativo.

Vinculo del video en YouTube.

<https://youtu.be/IliR1-Fh-Mo>

Vinculo del blog

<http://javieralber1990.wixsite.com/microelectronica/portada>

Vinculo del libro en Calaméo.

<http://www.calameo.com/read/004963959cd1048c7a5e3?authid=kPQ7m6SVUTnP>

CONCLUSIONES.

A partir de las lecturas propias de la unidad tres, es posible establecer con claridad las diferentes fases del diseño del dispositivo con lógica programable propio de la etapa 2, ya que con los aspectos técnicos descritos en las temáticas es posible definir qué aspectos son los más relevantes a la hora del diseño del dispositivo lógico programable, que cumpla con los requerimientos de la guía en su etapa III. Partiendo de las necesidades que se posean o se requieran para la unidad lógica de procesamiento, posteriormente con la integración de las diferentes compuertas, conocidas y repasadas en las unidades anteriores del curso, se puede proponer la mejor estructura para el funcionamiento del microcontrolador con el que se deberá contar en la etapa de diseño.

El uso de compuertas provee un alto grado de automatización en los dispositivos mecánicos; se pueden hacer combinaciones en donde, por ejemplo, funcione un determinado mecanismo cuando existan factores para que determinada acción se dé. Sólo se debe tener cuidado en el bajo voltaje que manejan a comparación de los que comúnmente se ven en mecánica, esto no debe representar un obstáculo ya que las compuertas tienen la función de dar vía a un proceso a partir de sensores, actuadores y demás dispositivos electrónicos con los que trabajan conjuntamente.

En el estudio de los circuitos lógicos programables, tema correspondiente a la unidad tres del curso de microelectrónica, es importante conocer el comportamiento básico así como el uso de los circuitos. De tal manera que sea posible para los estudiantes proponer circuitos que den respuesta o solución a problemas particulares de la ingeniería electrónica tal como el que se presentó en este trabajo o Etapa III del diseño de microcontroladores, en el cual el control de las cámaras de vigilancia para los dos salones del laboratorio, debe ser manipulado mediante un circuito integrado. Generando finalmente el Layout, el cual nos permite ver de manera simulada y grafica como podría quedar nuestro micro en dado caso de poder elaborarlos, ya que la finalidad de la que se vale el curso de microelectrónica para generar en los estudiantes conocimientos prácticos.

Dados los resultados de este trabajo, se considera que la metodología empleada resulta conveniente para permitir que los estudiantes adquieran mayores conocimientos en lo planteado, y sobre todo, en el manejo de programas nuevos para nosotros. En donde se ha permitido desarrollar aplicaciones altamente motivadoras para los estudiantes, ya que realizar proyectos de esta proporción genera más confianza en lo que se aprende debido a nuestra modalidad de estudio autónomo.

BIBLIOGRAFÍA

- Artero, O. T. (2013). *Arduino: curso práctico de formación*. Obtenido de RC Libros:
<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=6cZhDmf7suQC&oi=fnd&pg=PR15&dq=libro+arduino&ots=AZcGgTOABN&sig=44WuvUQbp0o7PP2uo8jw046SJao#v=onepage&q=libro%20arduino&f=false>
- López, S. A. (2002). *Diseño de sistemas digitales con VHDL*. Obtenido de
<http://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=c-GAqdx62lkC&oi=fnd&pg=PR3&dq=dise%C3%B1o+microelectr%C3%BDnico+&ots=C1GUiIxBIV&sig=pG5jzMrW9lJjNnkqon0z0JsMwKw#v=onepage&q=dise%C3%B1o%20microelectr%C3%BDnico&f=false>
- Blog, Jorge. (25 de febrero de 2009). *Electrónica integrada. Dispositivos lógicos programables*. Obtenido de Blog: <http://iindustrial.obolog.es/dispositivos-logicos-programables-parte-1-209085>
- Robayo, F. (2009). *Lenguajes de Descripción y Simuladores Físicos*. Bogotá D.C.: Universidad Nacional Abierta y/a Distancia.
- Robayo, F. (2009). *Metodologías de Diseño y Diagramas de Flujo*. Bogotá D.C.: Universidad Nacional Abierta y/a Distancia.
- Robayo, F. (2009). *Test y Pruebas de Circuitos Integrados*. Bogotá D.C.: Universidad Nacional Abierta y/a Distancia.
- Rubio, M. A. (2010). *Introducción al lenguaje VHDL*. Obtenido de Universidad Politécnica de Madrid Departamento de Sistemas Electrónicos y de Control:
<http://www.cartagena99.com/recursos/electronica/apuntes/Manual%20VHDL.pdf>.
- Sicard, E. (2005). *Microwind & Dsch Version 3.0*. Obtenido de
https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/3779571243591/manual_lite.pdf.
- SICARD, E. (1 de Oct de 2005). Microwind y DSCH 3. Toulouse, France.
- Sola, J. A. (2003). *Diseño de circuitos y sistemas integrados*. Obtenido de
<http://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=4AtUxr5u6JMC&oi=fnd&pg=PT16&dq=Procesos+de+fabricaci%C3%B3n+de+circuitos+integrados&ots=spJDCPZPo9&sig=Y8FgZlHmZBAKGn8-3GNnbxjqy8E#v=onepage&q=Procesos%20de%20fabricaci%C3%B3n%20de%20circuitos%20integrados&f=false>