

# Proyecto huerta automatizada

## Pontificia Universidad Javeriana de Cali

Joan Alejandro Sandoval Escobar, Cristian David Riascos,  
Danny Alejandro Vargas Martinez, Sebastian Tobar Quintero.

**Resumen** – En este trabajo se presentan los procesos y resultados del diseño de un sistema digital encargado de automatizar la administración de nutrientes, temperatura y humedad en una huerta, así mismo el sistema realizará los ajustes respectivos, para garantizar el crecimiento óptimo de las plantas.

### I. INTRODUCCIÓN

Se desea diseñar un sistema digital que automatice algunas tareas de la huerta, dentro de estas tareas se encuentra verificar las condiciones del suelo cada mes, leer la temperatura y humedad relativa diaria, con base en estas mediciones el sistema realizará los ajustes respectivos, para garantizar el crecimiento óptimo de las plantas.

El sistema se implementará en la tarjeta FPGA Cyclone II de Altera, y se hará uso de los visualizadores (siete segmentos y leds) en conjunto con botones e interruptores para comunicarse con el sistema.

Para conocer las condiciones del suelo, el sistema cuenta con tres sensores de nutrientes (Nitrógeno, fósforo y potasio), de acuerdo a los valores que indican estos sensores (los valores se podrán visualizar en los siete segmentos de la tarjeta), si están por encima o debajo del rango establecido el sistema debe aumentar o disminuir la cantidad de nutrientes

### II. MARCO TEÓRICO

#### a. Recolección de datos.

Para el propósito de este experimento y en pos de mantener la simplicidad del mismo, los datos se ingresan manualmente haciendo uso de los 10 interruptores así como los 4 botones con los cuales cuenta la tarjeta FPGA Cyclone II. A su vez el ciclo de días y meses será simulado por el último interruptor (10) el cual funciona como escritura cuando se encuentra en 1 y como lectura cuando no, ejecutando así labores de comparación que en una implementación real serían dictadas por el día del mes..

#### b. Plantas usadas

En este experimento se usaron 3 tipos de plantas distintas: Tomate, Caña de azúcar y Menta.

Según los rangos presentados en la tabla a continuación [Fig. 1]. El diseño se encargará de mantener la temperatura, humedad y densidad de nutrientes entre los rangos definidos.

Plantas	tomate	Caña de Azúcar	Menta
Temp. Min	23°C	27°C	20°C
Temp. Max	32°C	33°C	25°C
Humedad	60-80%	45-80%	70 -80%
N Min	200	130	225
N Max	240	200	280
P Min	65	80	50
P Max	90	100	100
K Min	300	300	335
K Max	330	350	350

*Fig. 1 Tabla de condiciones a medir para las plantas usadas, tenga en cuenta las siguientes abreviaciones; Temp(temperatura), N(nitrogeno), P(fosforo) y K(potasio). Las unidades del Nitrógeno, Fósforo y Potasio están dadas por kg/ha*

#### C. Manejo de condiciones

A la hora de administrar la cantidad de nutrientes presentes en la tierra se darán 6 casos; estos constan de una deficiencia en los nutrientes así como de un exceso de estos.

En caso de una deficiencia en nitrógeno, fósforo o potasio, estos serán agregados a la tierra y se mostrará en el 7 segmentos de la FPGA la sigla “n”, “f” o “p” respectivamente, según qué nutriente falte.

En el caso de que haya un exceso de los nutrientes se señala de la siguiente manera en la FPGA; para un exceso de nitrógeno el sistema lo disminuirá agregando bicarbonato al terreno, esto se visualiza por la sigla “b” en el siete segmentos. Para un exceso de fósforo o potasio, el sistema tendrá que regar el suelo por espacio de una hora; esto será visualizado por el encendido de 3 leds hasta que su contador de 60 a 0 llegue a su fin.

Con respecto a la temperatura, esta será medida cada día por cada planta individualmente. El diseño cuenta con una forma de regular la temperatura; si la temperatura de la planta excede el límite máximo propuesto anteriormente se extiende una polisombra sobre la planta, esto será representado usando la sigla “t” en el siete segmentos, así mismo si la planta está experimentando una temperatura por debajo de su rango se señalará encendiendo 3 leds.

La humedad relativa será medida por cada planta individualmente cada día, en este caso se cuenta con un método regulatorio de la humedad; éste será puesto en práctica si la planta alcanza unos niveles de humedad menores a los estipulados anteriormente, esta regulación se hará por aspersión aérea de agua en un área de 30 minutos, este conteo se visualizará en los 7 segmentos, iniciando en 30 y disminuyendo hasta llegar a cero, si por el contrario la planta está experimentando una humedad relativa mayor a la estipulada se notificará encendiendo un led

### III. Montaje experimental

#### A. Diagrama de entradas y salidas

Para este proyecto se uso un diagrama de entradas y salidas simplificado el cual consta de los siguientes elementos: 5 entradas; de estas 5, 4 son botones, en un orden de izquierda a derecha, el boton 1 funciona simulando el reloj, logrando así controlar los minutos en los contadores a nuestro antojo, el segundo, tercer y cuarto boton son utilizados como “enter”, permitiendo así indicar el tipo de planta a la cual se le van a realizar las operaciones, por último estan los switches, siendo una simplificación de los 10, permiten ingresar el dato en binario, datos los cuales pueden ser de cinco tipos: Nitrógeno el cual representa la densidad del mismo en el suelo medida en kg/Ha, Fósforo el cual representa la densidad del mismo en el suelo medida en kg/Ha, Potasio el cual representa la densidad del mismo en el suelo medida en kg/Ha, Temperatura la cual está medida en grados centígrados, humedad la cual hace referencia a la humedad relativa que experimenta la planta medido en porcentajes.

Este diagrama también consta de 2 salidas las cuales son el uso de los leds o del 7 segmentos de la siguiente manera agregar nitrógeno y “n” en 7 segmentos, Agregar fósforo y “f” en 7 segmentos, Agregar potasio y “p” en 7 segmentos, Agregar bicarbonato y “b” en 7 segmentos, Regar agua 1 hora y encender 3 leds por el mismo tiempo, Regar agua 30 minutos, visualizar conteo en 7 segmentos de 30 hasta 0 y extender polisombra y el encendido de un led exceso de humedad y 3 por temperaturas bajas.

Entradas	Salidas
Switches (Dato en binario)	7 segmentos x 4
Clock	Leds x 3
Enter_1	
Enter_2	
Enter_3	

Fig. 2 Diagrama de entradas y salidas

#### B. Diagrama de bloques funcionales.

En el diagrama de bloques funcionales [Fig. 3] podemos ver una diseño simplificado del circuito, este diseño consta de 5 bloques repetidos para cada planta, estos bloques son: un contador el cual determina qué característica ambiental se está ingresando, un controlador que verifica a qué planta pertenece la información, una memoria la cual contiene las características ideales a las cuales debe estar el entorno, un comparador el cual compara las características ideales con las características medidas y un bloque de secuencia el cual ejecuta la acción correspondiente según que requiera la planta para alcanzar sus condiciones ideales

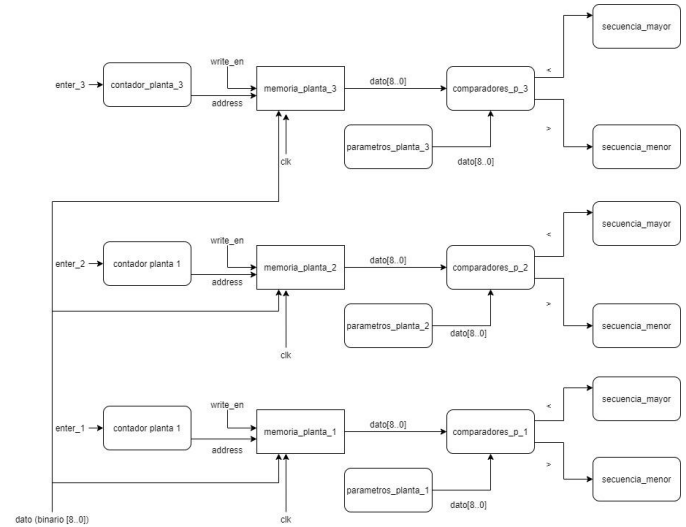
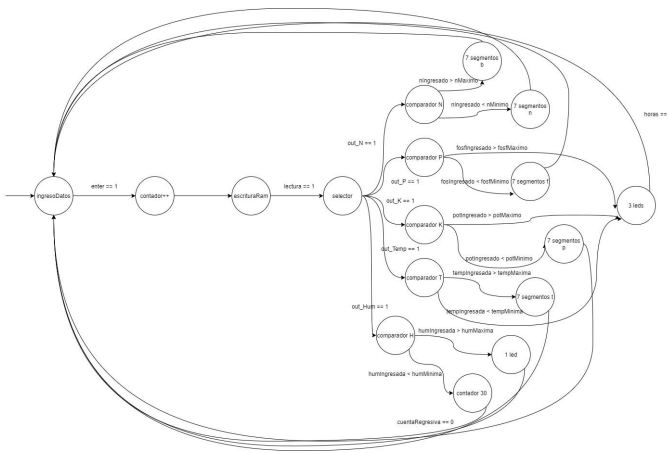


Fig. 3 Diagrama de bloques funcionales

#### C. Diagrama de estados

El diagrama de estados [Fig 4] representa los distintos procesos o estados en los cuales puede encontrarse el sistema así como las condiciones necesarias para el cambio entre estos. En este diseño se cuenta con 17 estados: una cadena de 4 estados en los que se ingresa un dato y se determina a que hace referencia el mismo haciendo uso de un contador y un selector, siendo esta secuencia estándar para todas las acciones de las cuales es capaz del circuito.

Así mismo se cuenta con 5 estados de comparación en los cuales se verifica si hay una carencia o exceso de la característica correspondiente, siendo estas nitrógeno, fósforo y potasio en el suelo, temperatura o humedad relativa. Por último se cuenta con 8 estados correspondientes a los distintos procesos visuales ejecutados en la FPGA.



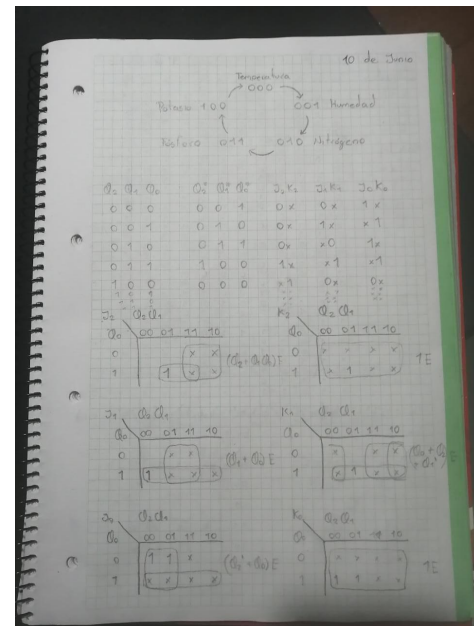
**Fig. 4 Diagrama de estados**

En el caso del diagrama de estados lo simplificamos como una única planta ya que son 3 circuitos con parámetros independientes pero mismos estados, bloques y por lo tanto funcionamiento, debido a esto no sería óptimo repetir tres veces los estados complicando su comprensión.

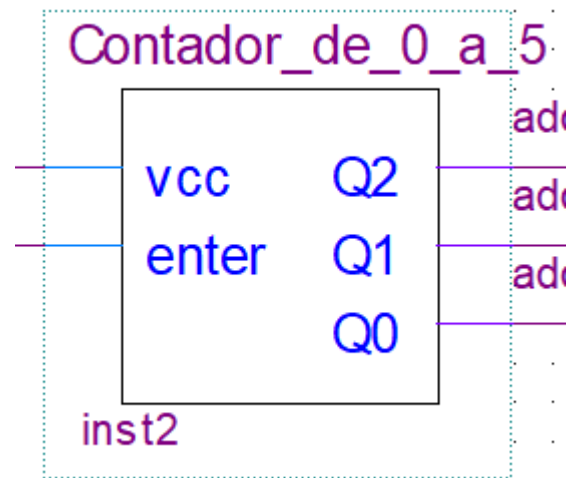
#### D. Construcción del circuito

Para la construcción del circuito comenzamos por el guardado de los datos en memoria, pero ello se utilizaron los 10 pines de la FPGA tomando el décimo (10) como escritura, guardando los datos cuando se encontraba en 1 y leyéndolos cuando era 0, para la memoria escogimos la referencia LPM\_RAM\_DQ dado a que con esta se realizó una demostración en clase de almacenamiento de datos.

Una vez tuvimos esto listo lo siguiente fue añadir el redireccionamiento a la memoria, logrando implementar un contador propio de 5 estados el cual realizaba un conteo en binario de 0 a 4 permitiendo así el almacenamiento en la dirección indicada del dato, este contador se hizo con 3 Flip-Flops JK.



**Fig. 5 Página de diagramas y ecuaciones**



**Fig. 6 Bloque del contador**

Después de implementar el contador lo que se hizo fue crear los bloques condicionales para el control de las operaciones, regar agua, abrir la polisorbra, etc. Logramos implementar estas condiciones por medio de dos comparadores anidados, en los cuales se compara primero el mínimo de la condición, y en caso tal de ser mayor al mínimo se compara entonces con el máximo, si es mayor se hace la correspondiente corrección modificando las condiciones de la planta, si es menor entonces está en el rango indicado y no se hace nada. Para simplificar los circuitos lo que se hizo fue crear bloques de cada circuito por separado para tener un diagrama más organizado.

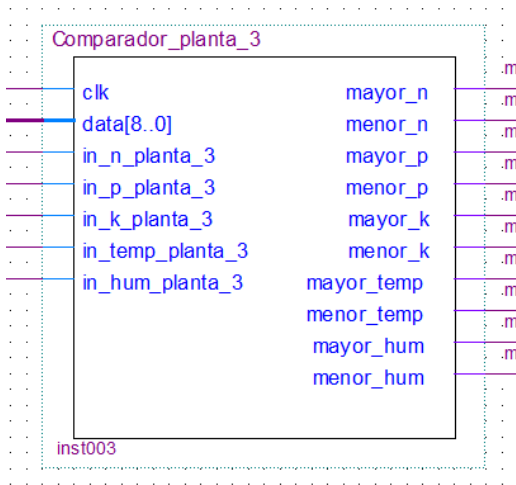


Fig. 7 Bloque de comparador de planta

Ya con las condiciones establecidas procedimos a darle valores a las salidas de la FPGA como por ejemplo, los leds 0, 1, y 2 y los cuatro 7 segmentos, encender los leds fue sencillo, inclusive el contador de 30 a 0 también lo fue, lo complejo llegó al momento de imprimir letras en el 7 segmentos ya que no logramos hacerlo funcionar correctamente, en ciertos momentos mostraba letras equivocadas y en otros encendía todos los segmentos, esto puede deberse a que la construcción de este decodificador fue bastante tediosa y fue elaborado por nosotros mismo, realizando los mapas, ecuaciones, simplificaciones, etc.

*Todos los procedimientos adjuntos en el git*

Por último unimos todas las etapas y conseguimos hacer un circuito funcional, con dificultades, pero cumple con lo básico, conteo de 30 a 0, encendido de leds y lamentablemente representación errónea de letras en los 7 segmentos.

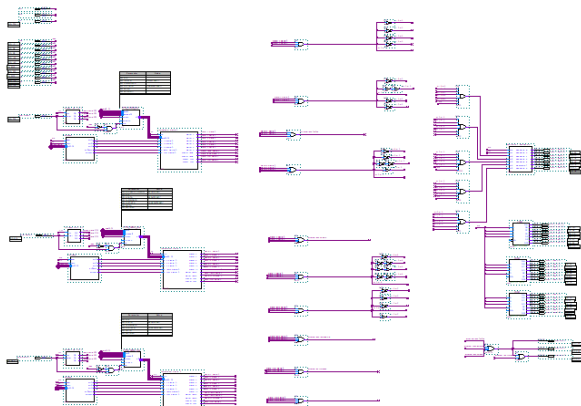


Fig. 8 Captura del esquema en Quartus II

#### IV. Resultados

Obtuvimos un circuito funcional el cual se asemeja bastante a la realidad de una huerta automatizada, se diferencia

únicamente en el manejo de entradas ya que no contamos con sensores propiamente, sin embargo, logramos cumplir con las exigencias básicas como lo son el ingreso, almacenamiento temporal, y comparación de datos.

Como punto en contra no logramos recrear un decodificador de 5 bits a las letras del abecedario en 7 segmentos, lamentablemente el decoder mostraba letras incoherentes en unos casos pero coherentes en otros, como fue el caso de la f, realmente es un circuito bastante extenso de realizar y se nos dificultó un poco manejar tantas variables en los mapas y ecuaciones.

#### V. Conclusiones

Durante la construcción de este circuito comprendimos mejor varios conceptos que habíamos venido abordando a lo largo del curso, y más aún, no logramos hacernos a una idea más específica de lo que son los circuitos en general, un complejo conjunto de compuertas las cuales en conjunto logran cosas como dibujar un pixel en una pantalla, almacenar información en una memoria, o controlar el suelo, temperatura y humedad de una huerta.

En la simulación del proyecto pudimos evidenciar la dificultad tan elevada que conlleva ejecutar un circuito “grande” en un diagrama de ondas, en ningún momento hicimos uso de la FPGA y creemos que eso nos hubiera ahorrado demasiado tiempo.

#### VI. Agradecimientos

Queremos agradecer a nuestros docentes Maribel Sacanamboy y Jose Oliden Sanchez por habernos guiado en este proceso de aprendizaje el cual ha sido complejo pero a su vez entretenido, además, resaltar la ardua labor de cada uno de los integrantes que con su esfuerzo y entendimiento lograron el funcionamiento del sistema.

#### VII. Referencias

- [1] Fig. 3, enlace: <https://ibb.co/Tc5MVMP>
- [2] Fig. 4, enlace: <https://ibb.co/1dQCRqR>
- [3] Fig. 5, enlace: <https://ibb.co/318SBPv>
- [4] GitHub: <https://github.com/Pinguill/Proyecto-logica>